



การพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C ในคลินิกแพทย์แผนไทย
สำหรับลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบ
พืชสมุนไพรที่ใช้ทำยา กรณีศึกษา ขมิ้นชัน

จักรกฤษณ์ คณารีย์

โปรแกรมวิชาการแพทย์แผนไทย
วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C สำหรับลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยาในครั้งนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.ยิ่งยง เทาประเสริฐ คณบดีผู้ก่อตั้งวิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่เป็นผู้ริเริ่มในการให้คำแนะนำและแนวทางในการพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C สำหรับลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาระบบการแพทย์แผนไทยให้ร่วมสมัยสามารถผลิตยาสมุนไพรที่มีคุณภาพได้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณวิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่เอื้ออำนวยสถานที่ในการทำวิจัย รวมถึงบุคลากรสายสนับสนุนของวิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ทุกท่านที่เข้ามาช่วยในการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายคณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่ให้โอกาสและมอบทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

นายจักรกฤษณ์ คณารีย์ และคณะ

พฤษภาคม 2567

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C ในคลินิกแพทย์แผนไทยสำหรับลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยา ภูมิคุ้มกัน

ชื่อผู้วิจัย : นายจักรกฤษณ์ คณารักษ์ และคณะ

สาขาวิชา/คณะ : สาขาการแพทย์แผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ : 2566

ระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัยปี : เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C ที่ใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรและโพล และศึกษาผลของการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพทางยาของวัตถุดิบพืชสมุนไพรและโพล

ผลการศึกษาความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการนำรังสี UV-C มาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร ดังนี้ 1) ต้องมีค่าปริมาณความเข้มของรังสี UV-C (UV dose) ที่เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ 2) ต้องมีระยะเวลาที่ใช้ในการฉายรังสี UV-C ที่เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ 3) ระยะห่างระหว่างหลอดรังสี UV-C และเชื้อจุลินทรีย์ต้องไม่เกิน 2 เมตร 4) รูปแบบวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ด้วยรังสี UV-C ต้องอยู่ในรูปแบบผงละเอียดที่มีความชื้นต่ำ

จากความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการนำรังสี UV-C มาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร สามารถออกแบบและผลิตตู้ฉายรังสี UV-C ในการทดลองครั้งนี้ โดยมีลักษณะดังนี้ 1) เป็นเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ รูปแบบวงรี ที่มีสายพานลำเลียงวัตถุดิบสมุนไพรที่สามารถเคลื่อนที่ได้ซึ่งมีความเร็วของการเคลื่อนที่ 1 รอบ เท่ากับ 1 นาที 2) ประกอบไปด้วยหลอดรังสี UV-C จำนวน 24 หลอด ทำให้มีความเข้มของรังสี UV-C (UV dose) เท่ากับ 1400 W/m^2 3) มีช่องสำหรับใส่วัตถุดิบสมุนไพร และช่องสำหรับตรวจสอบการเคลื่อนที่ของสายพานและวัตถุดิบสมุนไพร 4) วัสดุที่ใช้ผลิตทำจากโลหะซึ่งสามารถป้องกันการสัมผัสกับรังสี UV-C ของผู้ใช้งาน 5) สามารถบรรจุวัตถุดิบสมุนไพรในรูปแบบผงละเอียดได้ จำนวน 5-10 กิโลกรัม 6) สามารถแยกส่วนของโรงครอบได้ทำให้สามารถทำความสะอาดได้ง่าย และ 7) มีแผงควบคุมการเปิดปิดหลอดรังสี UV-C

เมื่อนำวัตถุดิบพืชสมุนไพรและโพลในรูปแบบผงละเอียดมาทดลองฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ พบว่าวัตถุดิบพืชสมุนไพรและโพล

แห้งบดละเอียดที่ผ่านการฉายรังสี UV-C สามารถลดปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ได้ เมื่อเทียบกับไขมันชั้นและไพลบดละเอียดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี UV-C โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้รังสี UV-C ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ คือ 3-5 ชั่วโมง สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางยา โดยการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของไขมันชั้นและไพลแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับไขมันชั้นและไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C พบว่าหลังการฉายรังสี UV-C ไขมันชั้นและไพลยังคงมีสารสำคัญในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

จากการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า การฉายรังสี UV-C ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ สามารถลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรได้ รวมถึงยังคงปริมาณสารสำคัญในพืชสมุนไพร ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ในการปรุงยาของแพทย์แผนไทยในการประกอบการคลินิกแพทย์แผนไทย รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมยาไทยได้

คำสำคัญ : รังสี UV-C, การปนเปื้อน, เชื้อจุลินทรีย์, ไขมันชั้น, ไพล

Research Title : The Development of UV-C Projection Machine in Thai Traditional Medicine Clinic for Reduction of Microbial Contamination in Medicinal Plant Raw Material: A Case Study of *Curcuma longa* Linn.

Author : Chakkrit Khanaree, et al.

Faculty : Program in Thai Traditional Medicine, School of Traditional and Alternative Medicine

Fiscal Year : 2023

Year of Research : May 2023 – May 2024

Abstract

The objectives of this study were to develop the UV-C projection machine for the reduction of microbial contamination in *Curcuma longa* L. and *Zingiber cassumunar* and to examine the medicinal quality of *Curcuma longa* L. and *Zingiber cassumunar* after UV-C irradiation.

The results found that the factors on the application of UV-C radiation used to reduce microbial contamination in medicinal plant raw materials were 1) the amount of UV-C dose was sufficient to kill microorganisms, 2) the time exposure of UV-C dose was sufficient to kill microorganisms, 3) the distance between the UV-C lamp and microorganisms was not more than 2 meters, 4) the finely ground dried from medicinal plant raw materials with low humidity would be used in the reduction of microbial contamination by UV-C.

After studying the knowledge about UV-C radiation used for the reduction of microbial contamination in raw plant materials, it could be designed and manufactured a UV-C cabinet that has the characteristics as follows; 1) an oval tunnel-type cabinet has a moving herbal raw material conveyor system with a moving speed of 1 revolution equal to 1 minute, 2) 24 UV-C lamps in UV-C cabinet that has a total UV dose equal to 1400 W/m², 3) UV-C cabinet has a input compartment for raw plant materials and channel for checking movement, 4) UV-C cabinet made from metal that can be protected UV-C radiation to the user, 5) UV-C cabinet could be contained 5-10

kilograms of herbal raw materials in finely powder form, 6) UV-C cabinet can be separated for making it easy to clean, and 7) there is an on/off switch outside the cabinet.

Then, finely ground dried *Curcuma longa* L. and *Zingiber cassumunar* were exposure to UV-C at 1, 2, 3, and 5 hours by UV-C projection machine. The results of the efficiency of the UV-C projection machine found that it could reduce microbial contamination in finely ground dried *Curcuma longa* L. and *Zingiber cassumunar* after exposure to UV-C radiation when compared with non-exposure. The appropriate time for UV-C radiation to reduce microbial contamination was 3-5 hours. Moreover, the medical quality of finely ground dried *Curcuma longa* L. and *Zingiber cassumunar* after exposure to UV-C radiation had no difference in the TLC fingerprint compared to non-exposure.

All findings implied that exposure to UV-C radiation by a UV-C projection machine in the form UV-C cabinet could reduce microbial contamination and still the phytochemicals in raw plant materials. This machine can be applied to reduce microbial contamination of medicinal plant raw materials used in the medicine preparation of Thai traditional medicine doctors in Thai traditional medicine clinics as well as Thai pharmaceutical industry factories.

Keywords: UV-C radiation, Contamination, Microorganism, *Curcuma longa* L., *Zingiber cassumunar*

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ	ii
Abstract	iv
สารบัญ	vi
สารบัญตาราง	viii
สารบัญภาพ	ix
 บทที่	
1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
โจทย์การวิจัย	2
คำถามการวิจัย	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	4
2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ปัญหาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร	5
มาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร	5
รังสี UV-C	7
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไขมันชั้น	13
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไฟล	15
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
ขอบเขตของโครงการวิจัย	17
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	18

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 (ต่อ)	
วิธีการดำเนินงานวิจัย	18
4 ผลการวิจัย	
ความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C ที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร	21
การออกแบบและผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการ	25
การเตรียมวัตถุดิบพืชสมุนไพรสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่า	
เชื้อจุลินทรีย์โดยทำการฉายรังสี UV-C	40
การตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์	40
การตรวจสอบคุณภาพทางยา	63
5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
บทสรุป	76
ข้อเสนอแนะ	78
บรรณานุกรม	80
ประวัติผู้วิจัย	82

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เกณฑ์มาตรฐานการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในยาสมุนไพรตามข้อกำหนด ของ Thai Herbal Pharmacopoeia ปี 2020	6
2	ปริมาณรังสี UV-C (UV dose) ที่ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด	10
3	ปริมาณรังสี UV dose ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่มีการกำหนด มาตรฐานการปนเปื้อนในยาสมุนไพร	22
4	ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านและ ผ่านกระบวนการฉาย UV-C ในการทดลองครั้งที่ 1	67
5	ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านและ ผ่านกระบวนการฉาย UV-C ในการทดลองครั้งที่ 2	68
6	ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านและ ผ่านกระบวนการฉาย UV-C ในการทดลองครั้งที่ 3	69
7	ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของโพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านและผ่าน กระบวนการฉาย UV-C ในการทดลองครั้งที่ 1	73
8	ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของโพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านและผ่าน กระบวนการฉาย UV-C ในการทดลองครั้งที่ 2	74
9	ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของโพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านและผ่าน กระบวนการฉาย UV-C ในการทดลองครั้งที่ 3	75

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	รูปแบบการติดตั้งรังสี UV-C ทั่วไป	9
2	เครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสี UV-C เคลื่อนที่ (UV mobile)	9
3	เครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตซี (UV-C) แบบพ่นย่นต์อัตโนมัติ	12
4	รอยโรคที่เกิดจากเชื้อราในใบสตรอว์เบอร์รี่ที่ผ่านและไม่ผ่านการฉายรังสี UV-C	12
5	เครื่องฉายรังสี UV-C แบบฟลูอิดไคซ์เบด (Fluidized Bed)	13
6	รูปแบบของเครื่องฉายรังสี UV-C ในรูปแบบกล่องหรือตู้ฉายรังสี UV-C	13
7	หัวเห้งน้ำมินชั้นและผงมินชั้นบดละเอียด	14
8	หัวเห้งน้ำไฟลและผงไฟลบดละเอียด	15
9	การออกแบบเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์	27
10	การผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนฐาน	30
11	การผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนชุดลูกกลิ้ง	31
12	การผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนชุดลูกกลิ้งลำเลียง สายพาน	32
13	การผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนมอเตอร์	33
14	การผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนโครงครอบ	34
15	การผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนรางหลอดไฟพร้อม ขาเสียบหลอด	35
16	การผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนระบบไฟฟ้า	36
17	เครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์	37
18	เครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์พร้อมภาคบรรจุวัตถุดิบสมุนไพร	38
19	เครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ขณะเปิดรังสี UV-C	38
20	เครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ที่มีช่องสำหรับตรวจสอบการ เคลื่อนที่ของสายพานและวัตถุดิบสมุนไพร	39
21	ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ Clostridium spp. ในมินชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 1)	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 1)	44
23	ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 1)	45
24	ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ <i>Clostridium</i> spp. ในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 2)	46
25	ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 2)	47
26	ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 2)	48
27	ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ <i>Clostridium</i> spp. ในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 3)	49
28	ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 3)	50
29	ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 3)	51
30	ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ <i>Clostridium</i> spp. ในไพลที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 1)	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
31 ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ในโพลีที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตุ๋นแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 1)	55
32 ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในโพลีที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตุ๋นแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 1)	56
33 ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ <i>Clostridium</i> spp. ในโพลีที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตุ๋นแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 2)	57
34 ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ในโพลีที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตุ๋นแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 2)	58
35 ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในโพลีที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตุ๋นแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 2)	59
36 ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ <i>Clostridium</i> spp. ในโพลีที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตุ๋นแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 3)	60
37 ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> ในโพลีที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตุ๋นแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 3)	61
38 ผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในโพลีที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตุ๋นแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 3)	62
39 TLC chromatogram ของไขมันชั้นทั้ง 5 ตัวอย่าง (A) ภายใต้แสงธรรมชาติ (B) ภายใต้แสง UV 254 nm และ (C) ภายใต้แสง UV 366 nm. ในการทดลองครั้งที่ 1	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
40	TLC chromatogram ของไขมันชั้นทั้ง 5 ตัวอย่าง (A) ภายใต้แสงธรรมชาติ (B) ภายใต้แสง UV 254 nm และ (C) ภายใต้แสง UV 366 nm. ในการทดลอง ครั้งที่ 2	65
41	TLC chromatogram ของไขมันชั้นทั้ง 5 ตัวอย่าง (A) ภายใต้แสงธรรมชาติ (B) ภายใต้แสง UV 254 nm และ (C) ภายใต้แสง UV 366 nm. ในการทดลอง ครั้งที่ 3	66
42	TLC chromatogram ของไฟลทั้ง 5 ตัวอย่าง (A) ภายใต้แสงธรรมชาติ (B) ภายใต้แสง UV 254 nm และ (C) ภายใต้แสง UV 366 nm. ในการทดลอง ครั้งที่ 1	70
43	TLC chromatogram ของไฟลทั้ง 5 ตัวอย่าง (A) ภายใต้แสงธรรมชาติ (B) ภายใต้แสง UV 254 nm และ (C) ภายใต้แสง UV 366 nm. ในการทดลอง ครั้งที่ 2	71
44	TLC chromatogram ของไฟลทั้ง 5 ตัวอย่าง (A) ภายใต้แสงธรรมชาติ (B) ภายใต้แสง UV 254 nm และ (C) ภายใต้แสง UV 366 nm. ในการทดลอง ครั้งที่ 3	72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

สมุนไพรตามพระราชบัญญัติคุ้มครองและส่งเสริมภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทย พ.ศ. 2542 หมายความว่า พืช สัตว์ หรือธาตุวัตถุ ที่ใช้ปรุงเป็นยาหรืออาหารเพื่อการตรวจวินิจฉัย บำบัด รักษา ป้องกัน หรือส่งเสริมสุขภาพร่างกายมนุษย์ (พระราชบัญญัติคุ้มครองและส่งเสริมภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทย พ.ศ. 2542, 2542, น. 50) โดยปัจจุบันมีความนิยมในการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพ อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะพืชสมุนไพร ซึ่งพืชสมุนไพรนั้นมีความสำคัญต่อวิชาชีพการแพทย์แผนไทย เนื่องด้วยแพทย์แผนไทยมีการนำพืชสมุนไพรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการปรุงยารักษาโรค หรือนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ในการดูแลสุขภาพ โดยก่อนที่จะนำวัตถุดิบพืชสมุนไพรใช้ในการปรุงยาหรือผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพต่างๆ จะต้องมีการตรวจสอบถึงคุณภาพทางยาเพื่อให้แน่ใจว่าวัตถุดิบพืชสมุนไพร นั้นมีสารสำคัญทางยา รวมถึงมีการตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนัก สารเคมีตกค้างและจุลินทรีย์ซึ่ง เป็นการตรวจสอบความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภค (กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. กระทรวงสาธารณสุข, 2562) ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพทางยาและความปลอดภัยของ วัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ในการปรุงยาหรือผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพต่างๆ จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก

แต่ในปัจจุบันเกิดปัญหาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร ซึ่งการปนเปื้อน เชื้อจุลินทรีย์มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในทุกๆ ขั้นตอนของกระบวนการผลิตวัตถุดิบพืชสมุนไพรตั้งแต่การ ปนเปื้อนในต้นพันธุ์ กระบวนการขยายพันธุ์ การเพาะปลูก การดูแล และการเก็บเกี่ยว จนถึงขั้นตอน การแปรรูปก่อนนำวัตถุดิบพืชสมุนไพรมาใช้ปรุงเป็นยา โดยมีรายงานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่มีการตรวจวิเคราะห์วัตถุดิบพืชสมุนไพรจำนวน 94 ตัวอย่าง พบมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ใน วัตถุดิบพืชสมุนไพรที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 44.68 (ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 9, 2554)

ปัจจุบันมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรโดย การนำวัตถุดิบพืชสมุนไพรมาฉายด้วยรังสีแกมมาที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูงซึ่งมี ความสามารถในการทะลุทะลวงสูง พบว่าสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ แต่มี ข้อจำกัดในด้านสถานที่ในการฉายรังสีแกมมาที่มีจำนวนจำกัด ทำให้ใช้เวลาในการรอคิวฉายรังสีที่ นาน และมีค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้การใช้รังสีแกมมาในพืชสมุนไพรยังส่งผลกระทบต่อสารสำคัญ ประเภทน้ำมันหอมระเหยบางชนิดและบางประเทศนั้นยังไม่ยอมรับวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ผ่านการ

ฉายรังสีแกมมา อย่างไรก็ตามยังมีรังสีอีกหนึ่งชนิด ที่มีความอันตรายน้อยกว่ารังสีแกมมาและสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือ รังสี UV-C ที่มีระดับความยาวคลื่นเท่ากับ 253.7 nm จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ อาทิ เช่น เชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัสและเชื้อรา เป็นต้น ซึ่งการนำรังสี UV-C มาใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์สามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว กระบวนการไม่ยุ่งยาก และมีการประยุกต์ใช้ในทางด้านการแพทย์ เช่น การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในเครื่องมืออุปกรณ์ผ่าตัด รวมถึงห้องปฏิบัติการทั้งในโรงพยาบาลและในโรงงานอุตสาหกรรม (ศรีประภา เนตรนิยมและคนอื่นๆ, 2562) แต่ยังไม่มีการนำรังสี UV-C มาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยา

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C สำหรับใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร รวมถึงศึกษาคุณภาพทางยาด้วยการตรวจสอบเอกลักษณ์ (Fingerprint) ของพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยาหลังจากการฉายด้วยรังสี UV-C เพื่อตรวจสอบว่ารังสี UV-C สามารถลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสารสำคัญของพืชสมุนไพรที่จะใช้ทำยา สำหรับใช้เป็นแนวทางให้แก่แพทย์แผนไทยหรือผู้ประกอบการทางด้านพืชสมุนไพรให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยาได้

สำหรับการศึกษานี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกวัตถุดิบพืชสมุนไพรคือ ขมิ้นชันและไพล ซึ่งพืชสมุนไพรทั้ง 2 จะใช้ส่วนหัวเหง้าเป็นส่วนของที่ใช้ทำยา โดยส่วนหัวเหง้าเป็นส่วนที่อยู่ใต้ดิน และภายในดินมักเป็นที่อยู่ของเชื้อจุลินทรีย์จำนวนมาก เช่น *Clostridium* spp., *E.coli*, *Salmonella* spp. และเชื้อรา เป็นต้น จึงทำให้ขมิ้นชันและไพลมีโอกาสปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้ นอกจากนี้ขมิ้นชันและไพลยังเป็นสมุนไพรที่ถูกนำมาปรุงเป็นยารักษาโรคของแพทย์แผนไทยที่ใช้บ่อย ได้แก่ ยาประสะไพลที่มีสรรพคุณบรรเทาอาการปวดประจำเดือน แก้กษุมมาไม่สม่ำเสมอ และยาประสะกานพลูที่มีสรรพคุณบรรเทาอาการปวดท้อง จุกเสียดจากอาหารไม่ย่อย ดังนั้นการศึกษานี้จึงจะใช้ขมิ้นชันและไพลเป็นกรณีศึกษา

1.2 โจทย์การวิจัย

วัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยามีปัญหาการปนเปื้อนจึงไม่สามารถนำมาทำเป็นยาที่มีคุณภาพได้ โดยการแก้ไขปัญหการปนเปื้อนมีหลากหลายวิธีแต่ก็มีข้อจำกัด เช่น การฉายรังสีแกมมา มีข้อจำกัดในการรื้อควฉายรังสีที่นาน และมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นหากจะนำรังสี UV-C ที่มีคุณสมบัติการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์มาประยุกต์ใช้สำหรับการลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรจะทำได้หรือไม่ และจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางยาของวัตถุดิบพืชสมุนไพรหรือไม่

1.3 คำถามการวิจัย

1.3.1 เครื่องฉายรังสี UV-C สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในไขมันชั้นและไพลได้หรือไม่

1.3.2 การฉายรังสี UV-C มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางยาของไขมันชั้นและไพลหรือไม่ อย่างไร

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.4.1 เพื่อพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C ที่ใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในไขมันชั้นและไพลที่ใช้ทำยา

1.4.2 เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพทางยาของไขมันชั้นและไพลที่ใช้ทำยา

1.5 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร

พืชสมุนไพรที่ปราศจากสิ่งปนเปื้อนหรือมีปริมาณสิ่งปนเปื้อนอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย ก็จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย โดยการปนเปื้อนด้วยเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรเป็นสาเหตุทำให้เกิดการสูญเสียสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางยาได้ง่าย เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สมุนไพรมีคุณภาพต่ำ

จากการศึกษาของกุลธิดา อัมพันธ์ทอง ธีรชัยชนก ขวัญปึกและพรสฤติ มีสฤติ (2561) ที่ได้ทำการตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรซึ่งเป็นการควบคุมคุณภาพ เพื่อลดความเสี่ยงที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอันที่เกิดมาจากการปนเปื้อนและให้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรมีประสิทธิภาพในการรักษาโรค พบว่า วัตถุดิบพืชสมุนไพรและยาจากสมุนไพรมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 36 ตัวอย่าง จากตัวอย่างที่เก็บมาได้ 293 ตัวอย่าง โดยพบการปนเปื้อน Enterobacteria, *Escherichia coli* และ *Clostridium perfringens* ทั้งการปนเปื้อนดังกล่าวพบมากในผงวัตถุดิบพืชสมุนไพร รวมถึงรายงานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่มีการตรวจวิเคราะห์วัตถุดิบพืชสมุนไพรจำนวน 94 ตัวอย่าง พบมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 44.68 (ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 9, 2554)

2.2 มาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร

มาตรฐานการปนเปื้อนของวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยาจะอ้างอิงตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง หลักเกณฑ์การพิจารณาขึ้นทะเบียนตำรับยาแผนโบราณ เกี่ยวกับมาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และโลหะหนัก กำหนดมาตรฐานยาแผนโบราณต้องไม่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจก่อให้เกิดโรคตามมาตรฐานที่ระบุใน Thai Herbal Pharmacopoeia 2000 ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. กระทรวงสาธารณสุข, ม.ป.ป.)

Staphylococcus aureus ต่อยา 1 กรัมหรือ 1 มิลลิลิตร

Clostridium spp. ต่อยา 10 กรัมหรือ 10 มิลลิลิตร

Salmonella spp. ต่อยา 10 กรัมหรือ 10 มิลลิลิตร

นอกจากเกณฑ์มาตรฐานยาแผนโบราณของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแล้ว ยังมีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในยาสมุนไพรตามข้อกำหนดของ Thai

Herbal Pharmacopoeia ปี 2020 (สำนักยาและวัตถุเสพติด กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข, 2563)

ตารางที่ 1 เกณฑ์มาตรฐานการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในยาสมุนไพรตามข้อกำหนดของ Thai Herbal Pharmacopoeia ปี 2020

ที่	ชนิดของยาสมุนไพร	รายการวิเคราะห์	เกณฑ์มาตรฐาน
1	ยาสมุนไพรที่เป็นสารสกัด การเตรียม Crude drug extract ที่ผ่านกระบวนการลด การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ (สำหรับรับประทาน)	จำนวนของแอโรบิกแบคทีเรีย	$\leq 5 \times 10^3$ CFU/g หรือ mL
		จำนวนของเชื้อราและยีสต์	$\leq 5 \times 10^2$ CFU/g หรือ mL
		<i>Escherichia coli</i>	ไม่พบใน 1 g หรือ mL
	ยาสมุนไพรที่เป็นสารสกัด การเตรียม Crude drug extract ที่ผ่านกระบวนการลด การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ (สำหรับใช้ภายนอก)	<i>Salmonella spp.</i>	ไม่พบใน 10 g หรือ mL
		จำนวนของแอโรบิกแบคทีเรีย	$\leq 5 \times 10^2$ CFU/g หรือ mL
		จำนวนของเชื้อราและยีสต์	$\leq 5 \times 10^1$ CFU/g หรือ mL
2	ยาสมุนไพร การเตรียม Crude drug และ ส่วนผสมของ Crude drug ที่ ผ่านกระบวนการลดการ ปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ (เช่น การชงด้วยน้ำร้อน) สำหรับ รับประทาน	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ไม่พบใน 1 g หรือ mL
		<i>Staphylococcus aureus</i>	ไม่พบใน 1 g หรือ mL
		จำนวนของแอโรบิกแบคทีเรีย	$\leq 5 \times 10^7$ CFU/g หรือ mL
		จำนวนของเชื้อราและยีสต์	$\leq 5 \times 10^5$ CFU/g หรือ mL
		<i>Escherichia coli</i>	ไม่พบใน 1 g หรือ mL
3	ยาใช้ภายนอก การเตรียม Crude drug และ ส่วนผสมของ Crude drug สำหรับใช้ภายนอก	<i>Clostridium spp.</i>	ไม่พบใน 1 g หรือ mL
		<i>Salmonella spp.</i>	ไม่พบใน 10 g หรือ mL
		จำนวนของแอโรบิกแบคทีเรีย	$\leq 5 \times 10^7$ CFU/g หรือ mL
		จำนวนของเชื้อราและยีสต์	$\leq 5 \times 10^5$ CFU/g หรือ mL
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ไม่พบใน 1 g หรือ mL
		<i>Staphylococcus aureus</i>	ไม่พบใน 1 g หรือ mL

ที่	ชนิดของยาสมุนไพร	รายการวิเคราะห์	เกณฑ์มาตรฐาน
4	ยาสมุนไพรแบบผง การเตรียมชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ สมุนไพร crude drug หรือการ บดผงยาสมุนไพร สำหรับ รับประทาน	<i>Clostridium spp.</i>	ไม่พบใน 1 g หรือ mL
		จำนวนของแอโรบิกแบคทีเรีย	$\leq 5 \times 10^5$ CFU/g หรือ mL
		จำนวนของเชื้อราและยีสต์	$\leq 5 \times 10^4$ CFU/g หรือ mL
		จำนวนแบคทีเรียแกรมลบที่ ทนน้ำดี	$\leq 5 \times 10^3$ CFU/g หรือ mL
		<i>Escherichia coli</i>	ไม่พบใน 1 g หรือ mL
		<i>Clostridium spp.</i>	ไม่พบใน 1 g หรือ mL
		<i>Salmonella spp.</i>	ไม่พบใน 10 g หรือ mL

การก่อโรคของเชื้อจุลินทรีย์ที่ห้ามพบตามมาตรฐานสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และข้อกำหนดของ Thai Herbal Pharmacopoeia ปี 2020 ส่วนใหญ่จะเป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารเป็นหลัก เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นยาที่ใช้รับประทาน หากผู้ป่วยรับประทานยาสมุนไพรที่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ อาจเกิดอาการท้องเสียหรืออาหารเป็นพิษได้ โดยพบว่าเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhi* ก่อให้เกิดไข้ไทฟอยด์ได้ จะมีอาการ ไข้สูง อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร แน่นท้อง ท้องผูก อาจมีผื่นขึ้นตามลำตัว และตามมาด้วยอาการท้องเสีย ส่วนเชื้อแบคทีเรีย *Clostridium botulinum* สามารถผลิตสารพิษชนิดเอกโซทอกซิน ที่มีผลต่อระบบประสาท โดยในระยะแรกจะมีอาการปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ในระยะที่ 2 จะมีอาการทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ได้แก่ ตา มัว เห็นภาพซ้อน กลืนและพูดลำบาก หายใจลำบาก แขนขาอ่อนแรงร่วมด้วย เชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย อาการจะรุนแรงมากขึ้นขึ้นอยู่กับความไวของร่างกายแต่ละคน และเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* จะทำให้เกิดอาการ อาเจียน ปวดท้อง ถ่ายเหลว ถ่ายเป็นเลือด อาจมีไข้แต่ไข้ไม่สูง (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2554)

2.3 รังสี UV-C

รังสี UV-C เป็นรังสีที่ช่วงความยาวคลื่น 100 - 280 nm เป็นรังสีที่มีอันตรายต่อร่างกายมากที่สุดซึ่งมีผลต่อร่างกาย เช่น ผิวแดงไหม้เกรียม (Erythema) หรือ เยื่อบุตาอักเสบ (Conjunctivitis) รังสี UV-C สามารถฆ่าเชื้อโรคได้โดยการทำลายโครงสร้างกรดนิวคลีอิกซึ่งเป็นองค์ประกอบของ DNA และ RNA ทำให้เชื้อโรคไม่สามารถเพิ่มจำนวนและตายในที่สุด โดยลักษณะการใช้งานของรังสี UV-C ในการฆ่าเชื้อโรค สามารถทำได้ 3 วิธี คือ

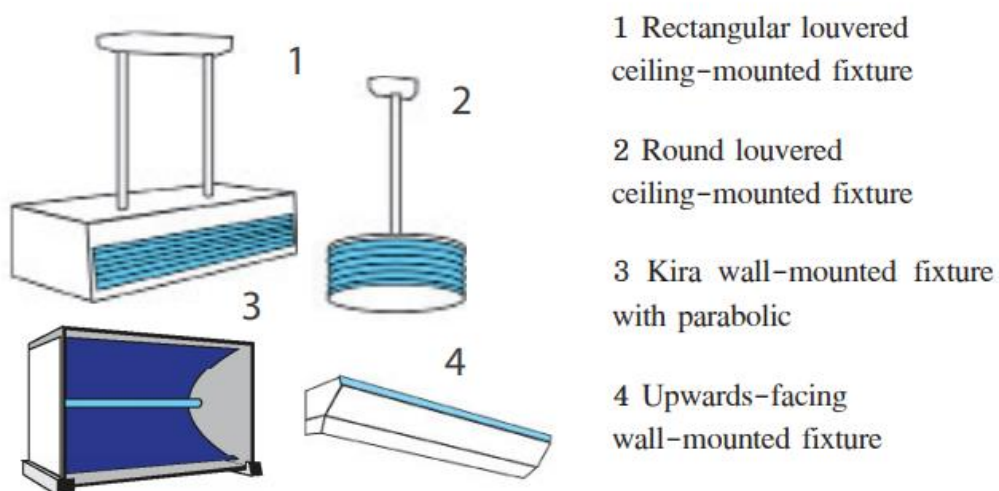
1) การฆ่าเชื้อโรคในอากาศ (Air Disinfection) ตัวอย่างเช่น การติดตั้งบนฝ้าเพดาน (Ceiling-mounted UV Lamp) การฉายรังสีส่องไปยังฝ้าเพดานหรือส่องขึ้นด้านบน (Upper – Air Irradiation) การฉายรังสีที่บริเวณพื้นห้อง (Floor – Zone Irradiation) หรือการฉายรังสีในท่ออากาศหรือท่อลม (Air – Ducts) สำหรับระบบที่ติดตั้งในท่อลมเหมาะกับพื้นที่ที่มีการปรับอากาศ (Air Conditioning System) ข้อพึงระวังคือ ไม่ควรให้รังสีโดนตัวคนหรือส่องเข้าตาโดยตรง

2) การฆ่าเชื้อโรคที่พื้นผิวของวัตถุ (Surface Disinfection) ส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตอาหารหรือภาชนะบรรจุ

3) การฆ่าเชื้อโรคในของเหลว (Liquid Disinfection) ใช้ในการฆ่าเชื้อเพื่อผลิตน้ำดื่ม ตู้ปลา หรือสระว่ายน้ำ

ในปัจจุบันจึงมีการประยุกต์ใช้งาน (Applications) รังสี UV-C ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในสถานที่สาธารณะ ที่มีคนอยู่เป็นจำนวนมากหรืออยู่เป็นเวลานาน เช่น ห้องเรียน ค่ายทหาร โรงภาพยนตร์ หอประชุม ห้องรับรอง สำนักงาน ฯลฯ ในโรงพยาบาล (Hospital) เช่น ห้องตรวจ ที่เก็บเครื่องมือผ่าตัดและอุปกรณ์ของใช้ต่างๆ ในเรือนปศุสัตว์ คอก ฟาร์ม เล้า กรงขัง รวมถึงห้องทดลอง (Laboratory) และเครื่องมือทดลองต่างๆ (ศรีประภา เนตรนิมและคนอื่นๆ, 2562)

สำหรับนวัตกรรมเครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยแสง UV-C โดยทั่วไปจะมีการมาติดตั้งรังสี UV-C ในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ 1) Rectangular louvered ceiling-mounted fixture 2) Round louvered ceiling-mounted fixture 3) Kira wall-mounted fixture with parabolic และ 4) Upwards-facing wall-mounted fixture (ศรีประภา เนตรนิมและคนอื่นๆ, 2562) ซึ่งทั้ง 4 รูปแบบจะเป็นการติดตั้งโดยการยึดติดกับเพดานหรือพื้นทำให้เกิดปัญหาของการฆ่าจุลินทรีย์ที่ไม่ทั่วถึง ทั้งนี้เนื่องจากรังสี UV-C ไม่สามารถสัมผัสได้กับพื้นที่ผิววัตถุทั้งหมด ทำให้มีโอกาสในการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ จากปัญหาดังกล่าวจึงมีการประดิษฐ์และคิดค้นเครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยแสง UV-C เคลื่อนที่ (UV mobile) ซึ่งสามารถใช้งานง่าย สามารถฆ่าเชื้อโรคได้อย่างทั่วถึง ตามจุดต่างๆ ที่เข้าถึงยากหรือบริเวณปิด อีกทั้งยังประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งรังสี UV-C เนื่องจากสามารถเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่ต่างๆ ได้



ภาพที่ 1 รูปแบบการติดตั้งรังสี UV-C ทั่วไป



ภาพที่ 2 เครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสี UV-C เคลื่อนที่ (UV mobile)

ที่มา : <https://www.dkthailand.com/15576572/uv-c-mobile>

การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยการฉายรังสี UV-C จำเป็นต้องมีการประเมินประสิทธิภาพของรังสี UV-C ในรูปแบบ UV dose หรือปริมาณรังสี UV-C ที่เชื้อจุลินทรีย์สัมผัสแล้วสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดยสามารถหาระยะเวลาที่ใช้ในการฉายรังสี UV-C ดังการคำนวณดังนี้

สูตรการคำนวณคือ

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

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 ความเข้มข้นของรังสี UV ที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Ws/m^2)

ตารางที่ 2 ปริมาณรังสี UV-C (UV dose) ที่ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด

ชนิดของเชื้อ	UV dose (Ws/m^2) และประสิทธิภาพการทำลายเชื้อ	
	90%	99.99%
แบคทีเรีย		
<i>Staphylococcus aureus</i>	22-49	66-148
<i>Clostridium spp.</i>	13	220
<i>Salmonella spp.</i>	215	41
<i>Escherichia coli</i>	30	90
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	55	165
เชื้อรา		
<i>Aspergillus flavus</i>	600	1,800
<i>Aspergillus niger</i>	1320	3,960
<i>Mucor racemosus A</i>	170	510
<i>Penicillium expansum</i>	130	390
<i>Rhizopus nigricans</i>	1110	3,330
ยีสต์		
ยีสต์ขนมปัง	60	132
<i>Chlorella vulgaris</i>	130	220
<i>Nematode Eggs</i>	450	920

ที่มา : Ministry of Higher Education, 2020

2.3.1 รังสี UV-C ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

รังสี UV-C มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 100 – 280 nm โดยระดับความยาวคลื่นที่ 253.7 nm มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นหลอดรังสี UV-C ที่มีขายในปัจจุบันจึงเป็นหลอดรังสี UV-C ที่มีระดับความยาวคลื่นที่ 254 nm อย่างไรก็ตามความเข้มของรังสี UV-C หรือ UV dose จะขึ้นอยู่กับกำลังวัตต์ของหลอดรังสี UV-C แต่ละชนิด ดังนั้นการจะใช้หลอดรังสี UV-C จะต้องคำนึงถึงระดับความยาวคลื่นของหลอดรังสี UV-C รวมถึงกำลังวัตต์ของหลอดรังสี UV-C จึงจะทำให้มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

2.3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้รังสี UV-C ในการลดการปนเปื้อนในสมุนไพร

2.3.2.1 งานวิจัยของ Bilal Haider Abbasi และคณะ (2021) ได้ทำการฉายรังสี UV-C โดยตรงที่ระยะเวลา 0-60 นาที ในพืชสมุนไพร *Fagonia indica* ที่อยู่ในลักษณะการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่าการฉายรังสี UV-C โดยตรงกับพืชสมุนไพร *Fagonia indica* สามารถเพิ่มปริมาณสารสำคัญ เช่น สาร Gallic acid และ Kaempferol ได้ ขณะเดียวกันยังสามารถลดการติดเชื้อจุลินทรีย์ของพืชสมุนไพร *Fagonia indica* ในขณะทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้

2.3.2.2 งานวิจัย Fumiomi Takeda และคณะ (2021) ได้ทำการผลิตเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตซี (UV-C) แบบหุ่นยนต์อัตโนมัติ (ภาพที่ 3) และทำการฉายเพื่อควบคุมโรคเชื้อราในสตรอว์เบอร์รี เช่น ราสีเทา แอนแทรคโนส และโรคราแป้ง โดยมีการฉายในระยะเวลา กลางคืนหรือช่วงมืด เป็นระยะเวลาสั้นๆ 15-60 วินาที ติดต่อกันเป็นเวลา 1 เดือน ผลการทดลองพบว่า ใบสตรอว์เบอร์รีที่ผ่านการฉายรังสี UV-C มีรอยโรคที่เกิดจากเชื้อราลดลงเมื่อเทียบกับใบสตรอว์เบอร์รีไม่ที่ผ่านการฉายรังสี UV-C (ภาพที่ 4)

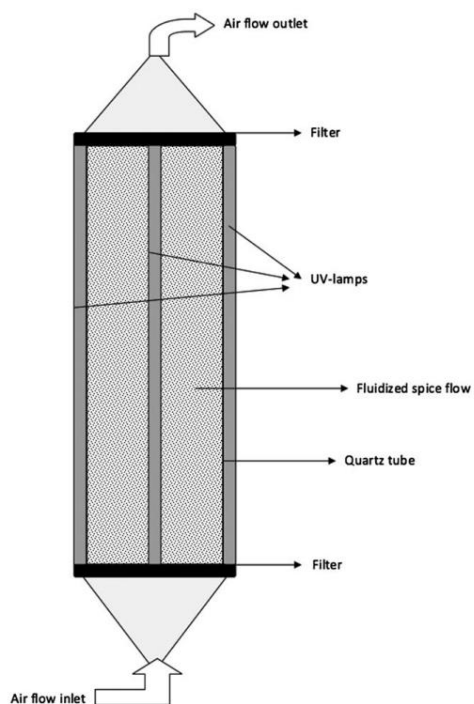


ภาพที่ 3 เครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตซี (UV-C) แบบหุ่นยนต์อัตโนมัติ



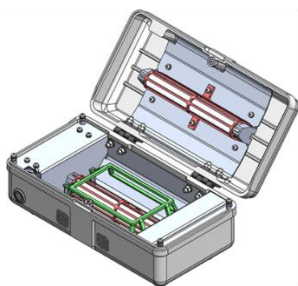
ภาพที่ 4 รอยโรคที่เกิดจากเชื้อราในใบสตอร์วเบอร์รี่ที่ผ่านและไม่ผ่านการฉายรังสี UV-C

2.3.2.3 งานวิจัยของ Esra Dogu-Baykut และ Gurbuz Gunes (2018) ได้ทำการผลิตเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตซี (UV-C) ในรูปแบบฟลูอิดซ์เบด (Fluidized Bed) โดยทำให้อนุภาคของของแข็งที่บรรจุภายในเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตซี (UV-C) เกิดการเคลื่อนที่ โดยจะนำมาประยุกต์ใช้กับการลดการปนเปื้อนในใบไทม์ (*Thymus vulgaris*) ผลการศึกษาพบว่าเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตซี (UV-C) ในรูปแบบฟลูอิดซ์เบด (Fluidized Bed) สามารถลดการปนเปื้อนของ Mesophilic bacteria, *Bacillus cereus*, เชื้อราและยีสต์ได้ โดยต้องใช้ UV dose เท่ากับ 205.6 J/cm^2



ภาพที่ 5 เครื่องฉายรังสี UV-C แบบฟลูอิดไคส์เบต (Fluidized Bed)

นอกจากนี้ยังมีการพัฒนารูปแบบของเครื่องฉายรังสี UV-C ในรูปแบบกล่องหรือตู้ฉายรังสี UV-C (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 รูปแบบของเครื่องฉายรังสี UV-C ในรูปแบบกล่องหรือตู้ฉายรังสี UV-C

2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับขมิ้นชัน

ชื่ออื่นๆ : ขมิ้น (ทั่วไป) ขมิ้นแกง ขมิ้นหยวก ขมิ้น ตายอ สะยอ หมิ่น (ภาคใต้) ขมิ้นหัว (เชียงใหม่)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Curcuma longa* L.

ชื่อวงศ์ : Zingiberaceae

ขมิ้นชันจะใช้ส่วนหัวเหง้าในการทำยา โดนหัวเหง้ามีรูปไข่ มีแก่งแขนงรูปทรงกระบอก หรือคล้ายนิ้วมือ ตรงหรือโค้งเล็กน้อย ยาว 4-7 เซนติเมตร กว้าง 1-1.5 เซนติเมตร หนาประมาณ 1-1.8 เซนติเมตร ปลายทั้งสองข้างตัด สีภายนอกสีน้ำตาลถึงเหลืองเข้มๆ มีรอยย่นๆ ตามความยาวของแก่ง มีวงแหวนตามขวาง (Leaf scars) บางที่มีแขนงเป็นปุ่มเล็กๆ สั้นๆ หรือเห็นเป็นรอยแผลเป็นวงกลมที่ปุ่มนั้นถูกหักออกไป ผิวนอกสีเหลืองถึงสีเหลืองน้ำตาล สีภายในสีเหลืองเข้มหรือสีส้มปนน้ำตาล เป็นมัน แข็งและเหนียว เมื่อบดเป็นผงมีสีเหลืองทองหรือสีเหลืองส้มปนน้ำตาล กลิ่นหอมเฉพาะตัว รสขม ฝาด เผื่อน เผ็ดเล็กน้อย



ภาพที่ 7 หัวเหง้าขมิ้นชันและผงขมิ้นชันบดละเอียด

สรรพคุณของขมิ้นชันตามตำราการแพทย์แผนไทย: ช่วยเจริญอาหาร ยาบำรุงธาตุ ฟอกเลือด แก้ท้องอืดเฟ้อ แน่น จุกเสียด ลดน้ำหนักร ปวดประจำเดือน ประจำเดือนมาไม่ปกติ อาการดีซ่าน แก้อาการวิงเวียน แก้วหวัด แก้อาการชัก ลดไข้ ขับปัสสาวะ รักษาอาการท้องมาน แก้ไข้ผอมแห้ง แก้เสมหะและโลหิตเป็นพิษ โลหิตออกจากทวารหนักและเบา แก้กตเลือด แก้อาการตาบวม แก้ปวดฟันเหงือกบวม มีฤทธิ์ระงับเชื้อ ต้านวัณโรค ป้องกันโรคหนองใน แก้ท้องเสีย แก้บิด รักษาเมะเร็งลำไส้ ใช้ภายนอก ช่วยลดอาการฟกช้ำบวม ปวดไหล่และแขน บวมช้ำและปวดบวม แก้ปวดข้อ สมานแผลสดและแผลถลอก ผสมยานวดคลายเส้นแก้เคล็ดขัดยอก แก้น้ำกัดเท้า แก้ชันนะตุ แก้กลากเกลื้อน แก้โรคผิวหนังคัน สมานแผล รักษาฝี แผลพุพอง ลดอาการแพ้ อักเสบจากแมลงสัตว์กัดต่อย ตำใส่แผลห้ามเลือด รักษาฝี บำรุงผิว

องค์ประกอบทางเคมี: พบสารกลุ่มเคอร์คิวมินอยด์ (Curcuminoids) ประกอบด้วย เคอร์คิวมิน (Curcumin), Monodesmethoxycurcumin, Bisdesmethoxycurcumin และกลุ่มน้ำมันระเหยง่าย (Volatile oil) ที่มีสีเหลืองอ่อน สารหลักคือ เทอร์เมอโรน (Turmerone), ซิงจีเบอรีน (Zingiberene), Borneol, Camphene, Ciniol, Sabinene และ Phellandrene (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, มปป.)

2.5 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไพล

ชื่ออื่นๆ : ปูลอย ปูเลย (ภาคเหนือ) ปูขมิ้น น้ำมันสะล่า (ไทยใหญ่-แม่ฮ่องสอน) ว่านไฟ (ภาคกลาง) ว่านปอบ (ภาคอีสาน)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Zingiber cassumunar* Roxb.

ชื่อวงศ์ : Zingiberaceae

ไพลจะใช้ส่วนหัวเหง้าในการทำยา เหง้าของไพลมีเปลือกนอกสีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อในสีเหลืองแกมเขียว เหง้าสดฉ่ำน้ำ รสเผ็ด ขื่น เย็น ร้อนซ่า มีกลิ่นเฉพาะ เหง้าไพลแก่สด และแห้ง มีรสเผ็ดเล็กน้อย



ภาพที่ 8 หัวเหง้าไพลและผงไพลบดละเอียด

สรรพคุณของไพลตามตำราการแพทย์แผนไทย: เหง้า ขับโลหิตร้ายทั้งหลายให้ตกเสีย ขับระดูสตรี แก่ฟกช้ำ เคล็ดบวม ขับลมในลำไส้ ขับระดู โล้แมลง แก้จุกเสียด รักษาโรคเหน็บชา แก้ปวดท้อง บิดเป็นมูกเลือด ช่วยสมานแผล สมานลำไส้ แก่ลำไส้อักเสบ แก่มุตกิดระดูขาว ขับลม แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แก้ปวดท้อง แก่ท้องผูก แก่อาเจียน แก้ปวดฟัน เป็นยารักษาหิด แก่เคล็ดขัดยอก ข้อเท้าแพลง แก่โรคผิวหนัง แก้ฝี ทาเคลือบแผลป้องกันการติดเชื้อ ดูดหนอง สมานแผล แก้ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ เป็นยาชาเฉพาะที่ ใช้ป้องกันเล็บถอด และใช้ต้มน้ำอาบหลังคลอด รักษาอาการปวดเมื่อย เคล็ดขัดยอก ฟกช้ำ ลดอาการอักเสบ บวม เส้นตึง เมื่อยขบ เหน็บชา และลดอาการปวด มีฤทธิ์เป็นยาชาเฉพาะที่ สมานแผล หรือต้มน้ำสมุนไพรรอบ เป็นส่วนประกอบในยาประคบ ญวดตัว บำรุง

ผิวพรรณ ราก แก้วโรคันบั้งเกิดแต่โลหิตอันออกทางปากและจมูก ขับโลหิต แก้อาเจียนเป็นโลหิต แก้วปวดท้อง ช่วยทำให้ประจำเดือนมาปกติ แก้วท้องอืดท้องเฟ้อ แก้วท้องผูก แก้วโรคผิวหนัง แก้วเคล็ดขัดยอก นอกจากนี้ในบัญชียาหลักแห่งชาติ ปรากฏการใช้เหง้าไพล ในยารักษาอาการทางระบบทางเดินอาหาร ตำรับ “ยาประสะกานพลู” มีส่วนประกอบของไพลร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่นๆ ในตำรับ มีสรรพคุณบรรเทาอาการปวดท้อง จุกเสียด แน่นเฟ้อจากอาหารไม่ย่อย และยารักษากลุ่มอาการทางสูติศาสตร์-นรีเวชวิทยา ปรากฏตำรับ “ยาประสะไพล” มีไพลเป็นส่วนประกอบหลักร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่นๆ ในตำรับ ใช้ในสตรีที่ระดูมาไม่สม่ำเสมอ หรือน้อยกว่าปกติ และขับน้ำคาวปลาในสตรีหลังคลอดบุตร ตำรับ “ยาแก้ลมอัมพฤกษ์” มีส่วนประกอบของไพลร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่นๆ ในตำรับ มีสรรพคุณบรรเทาอาการปวดตามเส้นเอ็น กล้ามเนื้อ มือ เท้า ตึงหรือชา ตำรับ “ยาผสมเถาวัลย์เปรียง” มีส่วนประกอบของไพลร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่นๆ ในตำรับ มีสรรพคุณบรรเทาอาการปวดเมื่อยตามร่างกาย ตำรับ “ยาเลือดงาม” มีส่วนประกอบของเหง้าไพล ร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่นๆ ในตำรับ มีสรรพคุณบรรเทาอาการปวดประจำเดือน ช่วยให้ประจำเดือนมาเป็นปกติ แก้วมูกิต

องค์ประกอบทางเคมี: กลุ่มน้ำมันระเหยง่าย มีสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ Terpinen-4-ol, Sabinene, Caryophyllene, Cineol, Alpha-pinene, Beta-pinene, Myrcene, Terpinene เป็นต้น กลุ่มสารสีเหลือง ได้แก่ Curcumin, Cassumunarins A, B, C และสารกลุ่มฟีนิลบีทานอยด์ หลายชนิด เช่น (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl) butadiene (DMPBD) ที่มีฤทธิ์ลดการอักเสบ และสารอื่นๆ ได้แก่ 4-(4-hydroxyl-1-butenyl)-veratrole, Naphthoquinone derivative, Vanillin, Vanillic acid, Veratric acid, β -sitosterol เป็นต้น (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, มปป.)

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตของโครงการวิจัย

3.1.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

- การศึกษาความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C ที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบสมุนไพร ได้แก่ ความสามารถในการทะลุทะลวงของรังสี UV-C กลไกการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยรังสี UV-C ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถฆ่าได้ด้วยรังสี UV-C ความเข้มข้นหรือปริมาณของรังสี UV-C ที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และระยะห่างและระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี UV-C

- การศึกษารูปแบบของเครื่องฉายรังสี UV-C ที่มีการใช้ในปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นแนวทางการออกแบบและผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C

- การพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C ต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการ สำหรับการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบสมุนไพรที่ใช้ทำยา

- การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ก่อนและหลังการฉายรังสี UV-C ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร ด้วยวิธี Standard plate count รวมถึงการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพทางยาของพืชสมุนไพรด้วยการตรวจสอบเอกลักษณ์ (Fingerprint) ของพืชสมุนไพร โดยใช้วิธี Thin layer chromatography (TLC)

3.1.2 ขอบเขตด้านประชากรที่ศึกษา

วัตถุดิบพืชสมุนไพร ได้แก่ ขมิ้นชันและไพล ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งและบดเป็นผงละเอียด

3.1.3 ขอบเขตด้านสถานที่ศึกษา

- โรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

- ห้องปฏิบัติการวิจัยเชื้อโรค วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

- ห้องปฏิบัติการพฤกษเคมี วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- แบบบันทึกการตรวจการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในไขมันชั้นและไพลที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ
- ตู้อบสมุนไพร
- เครื่องวัดความชื้น
- ตู้อบลมร้อน
- ตู้บ่มเลี้ยงเชื้อ
- เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ

3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 ศึกษาความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C ที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร ได้แก่ กลไกการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยรังสี UV-C ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนในยาสมุนไพรและการใช้รังสี UV-C ความเข้มหรือปริมาณของรังสี UV-C ที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ระยะห่างและระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี UV-C ความชื้นที่มีผลต่อการทำงานของรังสี UV-C และความสามารถในการทะลุทะลวงของรังสี UV-C จากเอกสาร ตำราและบทความวิจัยต่างๆ

3.3.2 ศึกษารูปแบบของเครื่องฉายรังสี UV-C ที่มีการใช้ในปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นแนวทางการออกแบบและผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C จากเอกสาร ตำราและบทความวิจัยต่างๆ

3.3.3 นำความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C ที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรและรูปแบบของเครื่องฉายรังสี UV-C ที่มีการใช้ในปัจจุบันมาออกแบบและทำการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการในรูปแบบตู้ฉายรังสี UV-C โดยตู้ฉายรังสี UV-C ในการผลิตครั้งนี้จะต้องเป็นตู้เหล็กซึ่งรังสี UV-C ไม่สามารถทะลุผ่านได้ รวมถึงการใช้ระบบเปิด-ปิดรังสี UV-C ด้วยรีโมตคอนโทรลหรือสวิตช์คอนโทรลที่อยู่ภายนอกตู้ฉายรังสี UV-C เพื่อให้ได้ตู้ฉายรังสี UV-C ที่มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและสิ่งแวดล้อมรอบๆ บริเวณที่ทำการทดลอง รวมทั้งภายในตู้ฉายรังสี UV-C จะมีการออกแบบกลไกให้อุณหภูมิของวัตถุดิบสมุนไพรมีการเคลื่อนที่เพื่อให้สามารถฉายรังสี UV-C ได้อย่างทั่วถึง

3.3.4 เตรียมวัตถุดิบพืชสมุนไพร ได้แก่ ไขมันชั้นและไพล โดยนำไขมันชั้นและไพลมาอบที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นระยะเวลา 4-5 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้นในวัตถุดิบพืชสมุนไพร จากนั้นทำการบดไขมันชั้นและไพลให้อยู่ในรูปแบบผงละเอียด

3.3.5 นำเครื่องฉายรังสี UV-C ที่ทำการผลิตในการวิจัยนี้มาทำการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยการฉายรังสี UV-C ในหมั่นชั้นและโพลีเอทิลีนที่ระยะเวลาต่างๆ

3.3.6 ทำการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในหมั่นชั้นและโพลีเอทิลีนที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับหมั่นชั้นและโพลีเอทิลีนที่ไม่ผ่านการฉายรังสี UV-C ด้วยวิธี Standard plate count โดยมีรายละเอียดของวิธีการทดสอบด้วยวิธี Standard plate count ดังนี้

สำหรับการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ Clostridium Agar, Salmonella Shigella Agar, Mannitol Salt Agar, MacConkey Agar และ Potato Dextrose Agar สำหรับการตรวจหาเชื้อ *Clostridium* spp., *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* (*E.coli*) และเชื้อรา ตามลำดับ โดยนำหมั่นชั้นและโพลีเอทิลีนจำนวน 1 กรัม มาผสมกับสารละลายฟอสเฟต (Phosphate buffer) จำนวน 9 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากัน รอให้ตกตะกอนและนำมาเจือจางเพื่อให้ได้ความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นหยดตัวอย่างจำนวน 0.1 มิลลิลิตร ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิด และทำการกระจายเชื้อด้วยวิธี Spread Plate ทำการบ่มเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาทำการตรวจนับจำนวนโคโลนี (Colony) ของจุลินทรีย์ และคำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้สูตร

$$\begin{array}{c} \text{ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์} \\ \text{(Colony forming unit/gram)} \\ \text{(CFU/g)} \end{array} = \frac{\text{จำนวนโคโลนี (Colony) เฉลี่ย}}{\text{Dilution factor} \times \text{ปริมาตรตัวอย่างที่ใส่ในเพลต (มล.)}}$$

3.3.7 ทำการเปรียบเทียบคุณภาพทางยาของหมั่นชั้นและโพลีเอทิลีนที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ กับหมั่นชั้นและโพลีเอทิลีนที่ไม่ผ่านการฉายรังสี UV-C ด้วยวิธี Thin layer chromatography (TLC) โดยมีรายละเอียดของวิธีการทดสอบด้วยวิธี Thin layer chromatography (TLC) ดังนี้

เตรียมตัวอย่างโดยชั่งหมั่นชั้นและโพลีเอทิลีนจำนวน 1 กรัม นำมาสกัดด้วย 80% เอทานอล ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และนำมาเขย่าประมาณ 10 นาที ด้วยเครื่องเขย่าสาร แล้วแช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลาทำการกรองผ่านกระดาษกรอง เพื่อแยกสารสกัดออกจากกากที่เหลือ จากนั้นนำสารสกัดปริมาตร 0.01 มิลลิลิตร มาหยดลงบนแผ่นอลูมิเนียมที่เคลือบด้วย Silica gel ที่ใช้เป็นวัฏภาคคงที่ แล้วนำไปวางในภาชนะปิด (Developing chamber) ที่เตรียมไว้ ที่มีวัฏภาคเคลื่อนที่ จากนั้นนำแผ่นอลูมิเนียมที่เคลือบด้วย Silica gel ออกจากภาชนะปิด (Developing chamber) ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วนำไปตรวจสอบภายใต้แสงธรรมชาติและภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต (UV)

ที่ความยาวคลื่น 254 และ 366 นาโนเมตร พร้อมทั้งตรวจสอบตำแหน่งและสีของแถบสาร เพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง และหาค่าคงที่อัตราไหล (Rate of flow: Rf) ซึ่งหาได้จากอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่สารเคลื่อนที่กับระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่

3.3.8 ทำการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 พัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C ที่ใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในขมิ้นชันและโพลที่ใช้ทำยา

4.1.1 ความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C ที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร

รังสี UV-C เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ 100 - 280 นาโนเมตร โดยเป็นรังสีที่ไม่พบในธรรมชาติ เนื่องจากไม่สามารถผ่านชั้นโอโซนมายังผิวโลกได้ ซึ่งรังสี UV-C ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร พบว่ามีประสิทธิภาพและความสามารถสูงสุดในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ทั้งในกลุ่มแบคทีเรีย เชื้อรา รวมถึงไวรัส และมีการประยุกต์ใช้ในโรงพยาบาล โรงงานและห้องปฏิบัติการต่างๆ แต่ยังไม่มีการนำมาประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่พร้อมนำมาปรุงยา โดยวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่นำมาใช้ในการผลิตยา หากเกิดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์เมื่อนำไปผลิตยาจะทำให้ยาสมุนไพรดังกล่าวเกิดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสารสำคัญในยาสมุนไพรทำให้คุณภาพลดลงและอาจก่อให้เกิดโรคต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) และ Thai Herbal Pharmacopoeia จึงมีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนในยาสมุนไพร โดยมีเกณฑ์ว่าต้องไม่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium spp.*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* และสามารถปนเปื้อนเชื้อราได้ แต่ต้องไม่เกิน 50,000 CFU/g

โดยการศึกษาส่วนแรกนี้จะเป็นการศึกษาความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C ได้แก่ กลไกการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยรังสี UV-C ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถฆ่าได้ด้วยรังสี UV-C ความเข้มหรือปริมาณของรังสี UV-C (UV dose) ที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ระยะห่างและระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี UV-C ความชื้นที่มีผลต่อการทำงานของรังสี UV-C และความสามารถในการทะลุทะลวงของรังสี UV-C โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1.1 กลไกการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยรังสี UV-C

รังสี UV-C สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้โดยตรง โดยรังสี UV-C จะเข้าไปทำลายกรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของ DNA ส่งผลให้ DNA เสียหาย ไม่สามารถเกิดกระบวนการจำลองตัวเองได้ (DNA replication) รวมถึงยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่มีผลต่อการทำงานของ DNA ส่งผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตและตายไปในที่สุด (อาลักษณ์ ทิพยรัตน์, 2561)

4.1.1.2 ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนในยาสมุนไพร และการใช้รังสี UV-C

เชื้อจุลินทรีย์มีอยู่หลายประเภท เช่น แบคทีเรีย (Bacteria) เชื้อรา (Fungi) โปรโตซัว (Protozoa) สาหร่าย (Algae) ไวรัส (Virus) เป็นต้น ซึ่งแต่ละประเภทจะมีรูปร่างลักษณะที่ต่างกัน ในการศึกษานี้สนใจเชื้อจุลินทรีย์ที่มีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนในยาสมุนไพร ซึ่งมี 2 ประเภท คือ 1) แบคทีเรีย ได้แก่ เชื้อ *Clostridium spp.*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* และ 2) เชื้อรา ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีโครงสร้างรูปร่างลักษณะที่ต่างกัน โดย *Escherichia coli* และ *Salmonella spp.* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างแบบท่อน คล้ายคลึงกัน *Staphylococcus aureus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ที่มีลักษณะกลมเรียงตัวเป็นกลุ่ม คล้ายพวงองุ่นหรืออาจจะพบเป็นเซลล์เดี่ยวเป็นคู่หรือเป็นสายสั้นๆ และ *Clostridium spp.* ที่มีโครงสร้างแคปซูลห่อหุ้มเซลล์ด้านนอกหนาและมีคุณสมบัติในการทนความร้อนได้ถึง 121°C ส่งผลทำให้ในการทำลายเชื้อ *Clostridium spp.* สามารถทำลายได้ยากมากกว่าเชื้อแบคทีเรียอื่น จึงต้องใช้ UV-dose ที่มากกว่าแบคทีเรียชนิดๆ รวมถึงเชื้อราที่มีโครงสร้างพิเศษเป็นสปอร์ที่ทนต่อสภาพอากาศ มีความทนทานมากกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มแบคทีเรีย ดังนั้นในการทำลายเชื้อราจึงต้องใช้ UV dose ที่สูงกว่า ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณรังสี UV dose ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่มีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนในยาสมุนไพร

เชื้อจุลินทรีย์	UV dose (W/m ²)
	Disinfection 99.99 %
<i>Clostridium spp.</i>	220
<i>Escherichia coli</i>	90
<i>Salmonella spp.</i>	41
<i>Staphylococcus aureus</i>	148
เชื้อรา	3,960

(ที่มา : ผกากรอง วณไพศาล, 2563)

4.1.1.3 ความเข้มหรือปริมาณของรังสี UV-C ที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (UV dose)

UV dose หมายถึง ค่าปริมาณความเข้มข้นของรังสี UV-C ที่ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ตาย ซึ่งปริมาณของ UV dose จะขึ้นอยู่กับกำลังวัตต์ของหลอด UV-C ซึ่งหลอด UV-C แต่ละชนิดจะมีค่ากำลังวัตต์ที่แตกต่างกันไป โดย UV dose สามารถนำค่ากำลังวัตต์ของหลอด UV-C มาคำนวณหาว่า UV dose ได้โดยมีสูตร คือ

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

โดย P คือ ขนาดวัตต์ของหลอดไฟ UV-C (W)

L คือ ความยาวของหลอด (เมตร)

D คือ ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ UV-C และวัตถุเป้าหมาย (เมตร)

E คือ ความเข้มข้นของรังสี UV-C ที่ระยะใช้งาน (Ws/m²)

ซึ่ง UV dose มีค่าความเข้มมากยังสามารถทำลายเชื้อได้ดีและมีหน่วยวัด คือ วัตต์ต่อตารางเมตร (Ws/m²) หรือไมโครวัตต์วินาทีต่อตารางเซนติเมตร (μWs/cm²)

4.1.1.4 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี UV-C

ระยะเวลาในการฉายรังสี UV-C มักขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อจุลินทรีย์และค่าปริมาณความเข้มของรังสี UV-C หรือ UV dose เนื่องจากลักษณะของโครงสร้างและความทนทานของเชื้อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน การใช้ปริมาณความเข้มข้นหรือ UV dose เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดจึงมีค่าที่แตกต่างกัน ส่งผลทำให้ระยะเวลาในการฉายรังสี UV-C กับเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันไปด้วย โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนและทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีจะต้องใช้ค่า UV dose ที่สูง ส่งผลทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการฉายรังสี UV-C นาน แต่ในทางตรงกันข้ามเชื้อจุลินทรีย์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนและไม่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมจะใช้ระยะเวลาในการฉายรังสี UV-C น้อยกว่า ซึ่งระยะเวลาในการฉายรังสี UV-C สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$t = H/E$$

โดย t คือ ระยะเวลาในการฉายรังสี UV-C (วินาที)

H คือ ความเข้มข้นของรังสี UV-C ที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Ws/m²)

E คือ ความเข้มข้นของรังสี UV-C ที่ระยะใช้งาน (Ws/m²)

4.1.1.5 ระยะห่างระหว่างหลอด UV-C กับเชื้อจุลินทรีย์

เนื่องจากหลอด UV-C สามารถปล่อยความเข้มแสงได้สูงสุดและคงที่ในระยะทางไม่เกิน 2 เมตร ดังนั้นระยะห่างระหว่างหลอด UV-C กับเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่เกิน 2 เมตร รังสี UV-C จะมีประสิทธิภาพในการทำลายสูงสุด แต่หากระยะห่างระหว่างหลอด UV-C กับเชื้อจุลินทรีย์มากกว่า 2 เมตรขึ้นไป รังสี UV-C จะมีประสิทธิภาพหรือความเข้มของแสงจะลดลงตามระยะทางที่เพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ระยะห่างมากกว่า 2 เมตร ขึ้นไปจึงต้องมีการเพิ่มระยะเวลาในการฉายรังสี UV-C ที่มากขึ้นถึงจะสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้

4.1.1.6 ความชื้นที่มีผลต่อการทำงานของรังสี UV-C

รังสี UV-C จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในสภาพอากาศที่แห้งหรือความชื้นในอากาศต่ำ ในทางตรงกันข้ามประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของรังสี UV-C จะลดลงในสภาพอากาศที่ชื้นหรือความชื้นในอากาศสูง ดังนั้นการใช้รังสี UV-C ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่สภาพอากาศที่ชื้นหรือความชื้นในอากาศสูง จะต้องใช้ระยะเวลาในการฉายรังสี UV-C เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

4.1.1.7 ความสามารถในการทะลุทะลวงของรังสี UV-C

รังสี UV-C เป็นรังสีที่มีความยาวคลื่น 100 - 280 นาโนเมตร ในธรรมชาติจะไม่พบรังสี UV-C เนื่องจากรังสีชนิดนี้ไม่สามารถผ่านชั้นโอโซนมายังผิวโลกได้ แสดงว่ารังสี UV-C มีความสามารถในการทะลุทะลวงต่ำ จากการศึกษาพบว่ารังสี UV-C ไม่สามารถทะลุผ่านผ้า กระดาษ กระจก ไม้ กระดาษ อะลูมิเนียม โลหะ โพลีคาร์บอเนต ไม่สะท้อนกระจกเงา รวมถึงไม่สามารถทะลุผ่านเซลล์พืชได้ แต่รังสี UV-C สามารถทะลุทะลวงผ่านถุงพลาสติกบางได้ เช่น ถุงข้าวแกง ถุงร้อน เป็นต้น

จากความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C ที่มีผลต่อการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร สามารถสรุปเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการนำรังสี UV-C มาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนในวัตถุดิบพืชสมุนไพรได้ ดังต่อไปนี้

- 1) หลอดรังสี UV-C ที่ใช้ต้องมีค่า UV dose ที่เหมาะสมหรือเพียงพอในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์
- 2) มีระยะเวลาในการฉายที่เหมาะสมสำหรับการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร เนื่องจากโครงสร้างและความหนาแน่นของเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดแตกต่างกัน จึงต้องศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด
- 3) ระยะห่างระหว่างหลอดรังสี UV-C กับวัตถุดิบพืชสมุนไพรต้องไม่เกิน 2 เมตร เนื่องจากหลอดรังสี UV-C จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการปล่อยความเข้มแสงได้ที่ในระยะทางไม่เกิน 2 เมตร หากระยะห่างมากกว่า 2 เมตรขึ้นไป ความเข้มแสงของรังสี UV-C จะลดลงในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ให้ตายจึงต้องมีการเพิ่มระยะเวลาในการฉาย
- 4) เนื่องจากความชื้นในอากาศสูงส่งผลประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ให้ลดลง วัตถุดิบพืชสมุนไพรนั้นต้องมีความชื้นต่ำ เนื่องจากรังสี UV-C จะมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุดในสภาพอากาศที่แห้งหรือความชื้นในอากาศต่ำ
- 5) เนื่องด้วยความสามารถในการทะลุทะลวงของรังสี UV-C ต่ำ จึงมีการเลือกใช้วัตถุดิบสมุนไพรในรูปแบบผงบดละเอียดเพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของวัตถุดิบพืชสมุนไพรให้สัมผัสกับรังสี UV-C อย่างทั่วถึง นอกจากนี้จำเป็นต้องมีการออกแบบชั้นวางวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่

สามารถเคลื่อนที่ได้เพื่อให้วัตถุบิพิษสมุนไพรไม่เกิดการบดบังกันและเพิ่มโอกาสสัมผัสกับรังสี UV-C ได้อย่างทั่วถึง

จากการศึกษาความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C ที่มีผลต่อการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุบิพิษสมุนไพร ผู้ศึกษาสามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษามาสรุปเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการนำรังสี UV-C มาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนในวัตถุบิพิษสมุนไพรได้ โดยหลอดรังสี UV-C ที่ใช้ต้องมีค่า UV dose ที่เหมาะสมหรือเพียงพอในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ มีระยะเวลาในการฉายที่เหมาะสมสำหรับการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุบิพิษสมุนไพร ระยะห่างระหว่างหลอด UV-C กับวัตถุบิพิษสมุนไพรต้องไม่เกิน 2 เมตร วัตถุบิพิษสมุนไพรต้องมีความชื้นต่ำและวัตถุบิพิษสมุนไพรที่ใช้ต้องอยู่ในรูปแบบผงบดละเอียด จากปัจจัยดังกล่าวนี้จะนำไปสู่การออกแบบเครื่องมือในการทดลองเพื่อใช้สำหรับทดลองฉายรังสี UV-C ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุบิพิษสมุนไพร รวมถึงการเตรียมวัตถุบิพิษสมุนไพรที่จะใช้ในการทดลองครั้งนี้

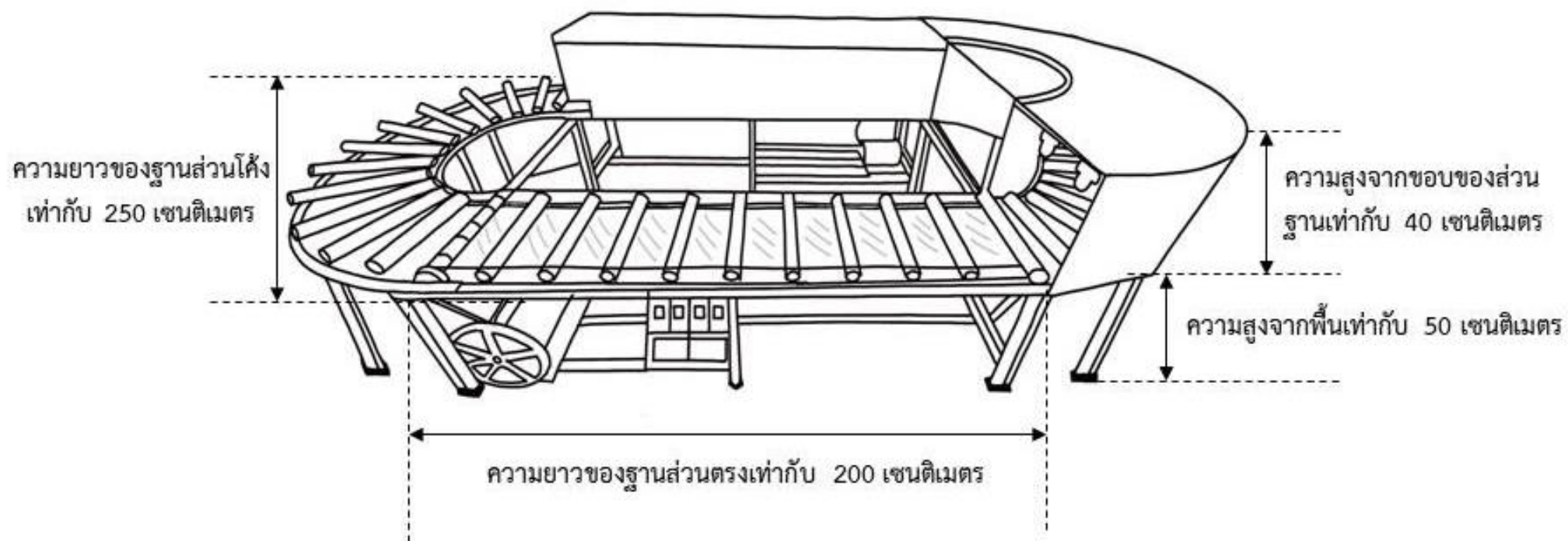
4.1.2 การออกแบบและผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการ

จากการศึกษารูปแบบของเครื่องฉายรังสี UV-C ที่ใช้กับวัตถุบิพิษสมุนไพรในปัจจุบัน ประกอบกับปัจจัยที่มีผลการนำรังสี UV-C มาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนในวัตถุบิพิษสมุนไพร ทางคณะผู้วิจัยจึงได้สรุปลักษณะของเครื่องฉายรังสี UV-C ที่จะออกแบบและผลิตในการศึกษานี้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) จะต้องเป็นตู้ฉายรังสี UV-C ที่ผลิตจากโลหะที่รังสี UV-C ไม่สามารถทะลุทะลวงออกมายังผู้ใช้งานได้ มีสวิตช์ปิด-เปิดภายนอกตู้เพื่อป้องกันรังสี UV-C กระทบต่อผู้ใช้งานจะมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อมรอบๆ บริเวณที่ทำการทดลอง
- 2) ตู้ฉายรังสี UV-C จะต้องมีการมี UV dose ที่เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และมีหลอด UV-C ที่สามารถฉายได้ทั่วทิศทางเพื่อให้รังสี UV-C สามารถสัมผัสกับวัตถุบิพิษสมุนไพรได้อย่างทั่วถึง
- 3) ตู้ฉายรังสี UV-C จะมีการออกแบบกลไกให้อุณหภูมิของวัตถุบิพิษสมุนไพรมีการเคลื่อนที่เพื่อให้สามารถฉายรังสี UV-C ได้อย่างทั่วถึง
- 4) ระยะห่างระหว่างหลอด UV-C กับวัตถุบิพิษสมุนไพรจะต้องไม่เกิน 2 เมตร

จากการศึกษารูปแบบของเครื่องฉายรังสี UV-C ที่ใช้กับวัตถุบิพิษสมุนไพรในปัจจุบัน และข้อสรุปลักษณะของเครื่องฉายรังสี UV-C ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบเครื่องฉายรังสี UV-C ต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการในลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ ดังแสดงในภาพที่ 9 โดยเครื่องฉายรังสี UV-C จะเป็นรูปวงรี ฐานเครื่องมีความกว้างเท่ากับ 40 เซนติเมตร มีความยาวเส้นรอบวงเท่ากับ 900 เซนติเมตร ฐานเครื่องมีความสูงจากพื้นเท่ากับ 50 เซนติเมตร พร้อมติดตั้งระบบสายพานให้เคลื่อนที่แบบหมุนรอบด้วยลูกกลิ้งลำเลียงโดยใช้มอเตอร์กำลังแบบทดรอบให้เกิดการหมุน ส่วนโครงครอบ

แบบอุโมงค์มีความกว้างเท่ากับ 40 เซนติเมตร มีความยาวเส้นรอบวงเท่ากับ 900 เซนติเมตร และมีความสูงจากขอบของส่วนฐานเท่ากับ 40 เซนติเมตร พร้อมติดตั้งหลอด UV-C ในส่วนโครงกรอบแบบอุโมงค์จำนวน 24 หลอด โดยแต่ละหลอดมีความคลื่นของรังสี UV-C เท่ากับ 254 นาโนเมตร และมีสวิตช์ปิด-เปิดภายนอกตู้ฉายรังสี UV-C



ภาพที่ 9 แสดงการออกแบบเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์

สำหรับกระบวนการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์จะต้องใช้วัสดุ ดังต่อไปนี้

- 1) ส่วนของฐานเครื่องที่มีความกว้างเท่ากับ 40 เซนติเมตร มีความยาวเส้นรอบวงเท่ากับ 900 เซนติเมตร มีความสูงจากพื้นเท่ากับ 50 เซนติเมตร ใช้วัสดุตามรายการดังนี้
 - เหล็กกล่องกัลวาไนซ์ขนาด 1x1 นิ้ว ยาว 6 เมตร จำนวน 9 เส้น
 - เหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว ยาว 6 เมตร จำนวน 3 เส้น
 - เหล็กเส้นขนาด 3/8 นิ้ว ยาว 10 เมตร จำนวน 1 เส้น
 - แผ่นสังกะสีเบอร์ 35 ขนาด 120x240 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น
 - ท่อน้ำขนาด 1½ นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 7 เส้น
 - ลูกล่อพลาสติกขนาด 2 นิ้ว จำนวน 92 ลูก
 - เหล็กสตั๊ด (Stud Rod) ขนาด 3/8 นิ้ว ยาว 1 เมตร จำนวน 20 เส้น
 - ม่านพลาสติกเหลือง (ชนิดเรียบ) ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร จำนวน 20 เมตร
 - เหล็กยูขนาด 20x300x2 มิลลิเมตร จำนวน 60 เส้น
 - มอเตอร์กำลังขนาด ½ แรงม้า จำนวน 2 ตัว
 - มอเตอร์ทดรอบ (Gear Motor) พร้อมมูเล่ย์ จำนวน 2 ชุด
 - สายพานร่อน A-47 จำนวน 2 เส้น
 - สายพานร่อน FM-31 จำนวน 2 เส้น
 - น็อตหกเหลี่ยม (Hex Nuts) ขนาด 6x1.0 MxP (Coarse)
- 2) โครงครอบแบบอุโมงค์มีความกว้างเท่ากับ 40 เซนติเมตร มีความยาวเส้นรอบวงเท่ากับ 900 เซนติเมตร และมีความสูงจากฐานเท่ากับ 40 เซนติเมตร
 - เหล็กกล่องขนาด ¼ x ¼ นิ้ว ยาว 6 เมตร จำนวน 7 เส้น
 - แผ่นสังกะสีเบอร์ 35 ขนาด 120x240 เซนติเมตร จำนวน 4 แผ่น
 - หลอดไฟ UV ขนาด 36 วัตต์ (หลอดยาว 120 เซนติเมตร) จำนวน 12 หลอด
 - หลอดไฟ UV ขนาด 18 วัตต์ (หลอดยาว 60 เซนติเมตร) จำนวน 12 หลอด
 - รางหลอดไฟพร้อมขาเสียบหลอด (หลอดยาว 120 เซนติเมตร) จำนวน 12 ชุด
 - รางหลอดไฟพร้อมขาเสียบหลอด (หลอดยาว 60 เซนติเมตร) จำนวน 12 ชุด
 - สายไฟ VC ขนาด 2x1.5 SQ.MM (ทองแดงหุ้มฉนวน 2 ชั้น) ยาว 20 เมตร
 - สายไฟ VC ขนาด 4x1.5 SQ.MM (ทองแดงหุ้มฉนวน 2 ชั้น) ยาว 20 เมตร
 - สายไฟเดี่ยว THW ขนาด 1x1.5 SQ.MM สีฟ้า จำนวน 30 เมตร
 - สายไฟเดี่ยว THW ขนาด 1x1.5 SQ.MM สีน้ำตาล จำนวน 30 เมตร
 - ปลั๊กกราวด์คู่ จำนวน 2 ตัว

- ปลั๊กเสียบตัวผู้ จำนวน 4 ตัว
- เซฟตี้เบรกเกอร์ 20 แอมป์ 1 เฟส จำนวน 4 ตัว

โดยมีขั้นตอนการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์

1. ทำส่วนฐานของเครื่องมีความกว้างเท่ากับ 40 เซนติเมตร มีความยาวเส้นรอบวงเท่ากับ 900 เซนติเมตร โดยตัดเหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว ตามขนาดแล้วตัดเข้าตามรูปให้เป็นวงรีพร้อมกับเชื่อมประกอบสำหรับติดตั้งลูกกลิ้งลำเลียงสายพาน
2. ส่วนฐานของเครื่องให้ความสูงจากพื้นเท่ากับ 50 เซนติเมตร โดยตัดเหล็กกล่องกลวงวไนซ์ขนาด 1x1 นิ้ว ตามขนาดแล้วตัดเข้าตามรูปให้เป็นวงรีพร้อมกับเชื่อมประกอบ



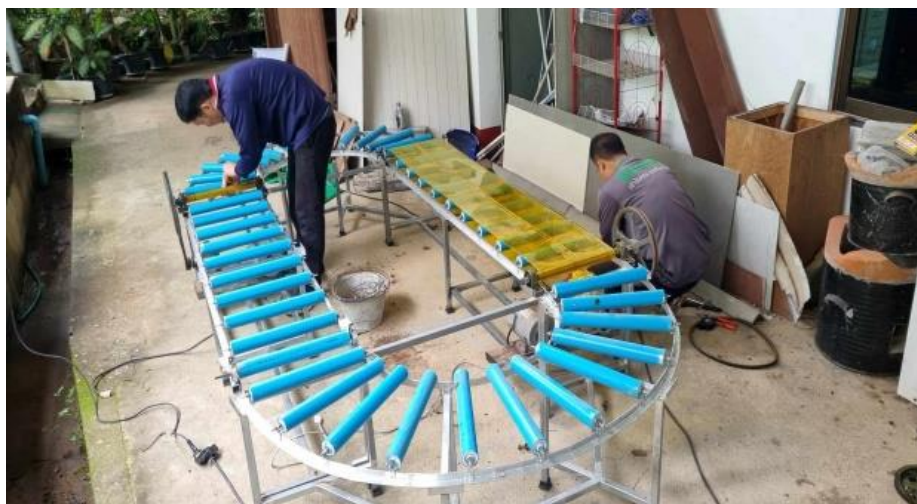
ภาพที่ 10 แสดงการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนฐาน

3. ทำชุดลูกกลิ้งลำเลียงสายพานมีความกว้างเท่ากับ 40 เซนติเมตร มีความยาวเส้นรอบวงเท่ากับ 900 เซนติเมตร โดยตัดท่อน้ำขนาด 1½ นิ้ว ให้ความยาวเท่ากับระยะความกว้าง ปิดส่วนหัวและท้ายด้วยลูกล้อพลาสติกขนาด 1½ นิ้ว ยึดด้วยเข้าด้วยกันด้วยเหล็กสตัด (Stud Rod) ขนาด 3/8 นิ้ว ให้ความยาวเท่ากับระยะความกว้าง พร้อมกับยึดขาเข้ากับส่วนฐานของเครื่องด้วยเหล็กแบริ่งและยึดด้วยสกรูให้แน่น



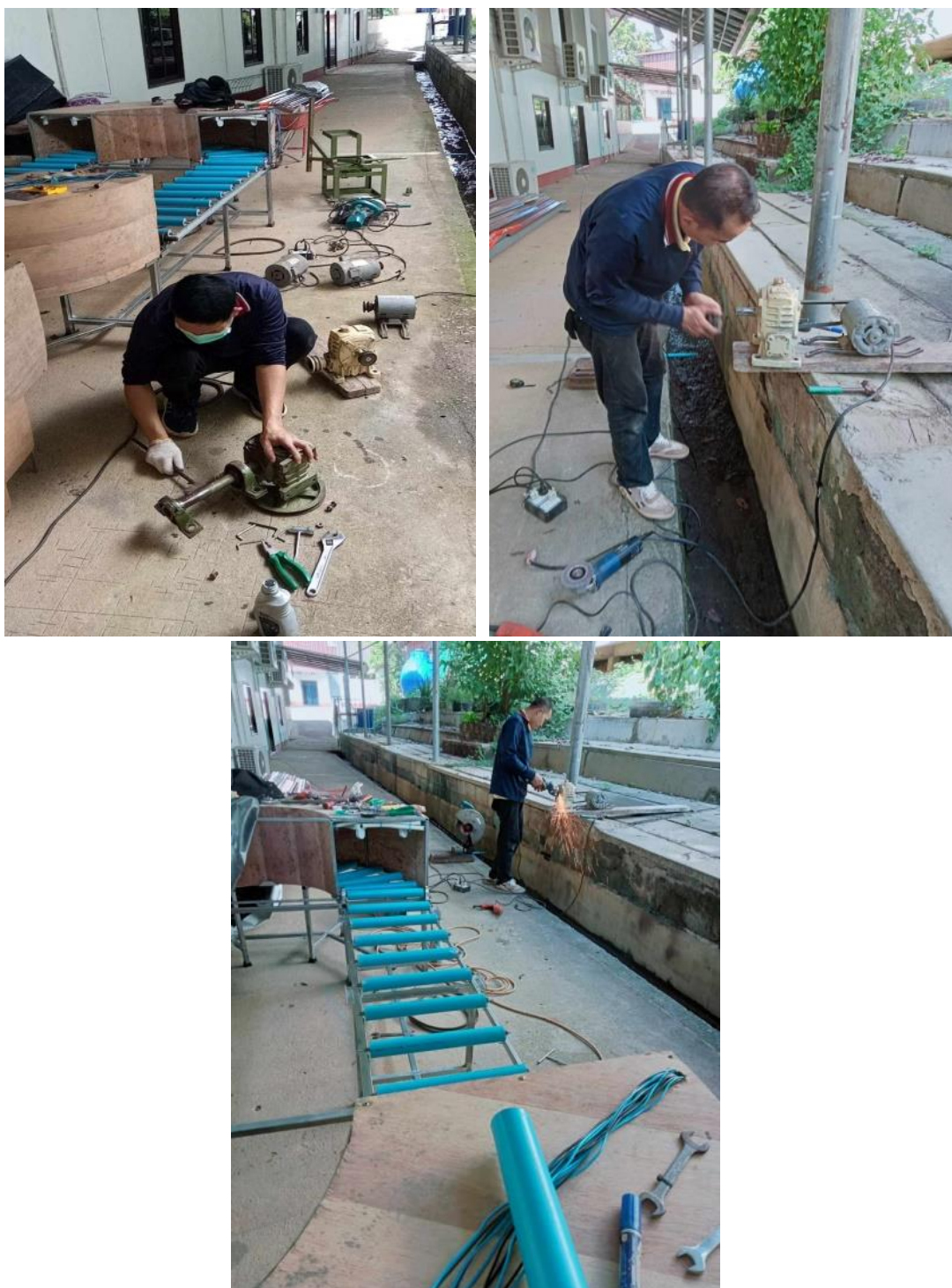
ภาพที่ 11 แสดงการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนชุดลูกกลิ้ง

4. ทำสายพานลำเลียงมีความกว้างเท่ากับ 40 เซนติเมตร มีความยาวเส้นรอบวงเท่ากับ 900 เซนติเมตร โดยตัดแผ่นพลาสติกเหลือ (ชนิดเรียบ) จำนวน 2 แผ่น พร้อมกับเชื่อมประสานกันด้วยการเย็บด้วยเชือกทั้งส่วนกลางของสายพานและส่วนหัวและท้ายของสายพาน



ภาพที่ 12 แสดงการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนชุดลูกกลิ้งลำเลียงสายพาน

5. ติดตั้งมอเตอร์กำลังขนาด $\frac{1}{2}$ แรงม้า ประกอบเข้ากับมอเตอร์ทดรอบ (Gear Motor) พร้อมมู่เล่ย์และสายพาน



ภาพที่ 13 แสดงการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนมอเตอร์

6. ทำโครงกรอบมีความกว้างเท่ากับ 40 เซนติเมตร มีความยาวเส้นรอบวงเท่ากับ 900 เซนติเมตร ความสูงจากฐานเท่ากับ 40 เซนติเมตร โดยตัดเหล็กกล่องขนาด $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$ นิ้วตามขนาด

พร้อมกับเชื่อมประกอบ และปิดให้ทีบลักษณะเป็นอุโมงค์ด้วยแผ่นสังกะสีเบอร์ 35 ที่ตัดตามขนาด ประกอบกันยึดด้วยสกรู



ภาพที่ 14 แสดงการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนโครงกรอบ

7. ติดตั้งรางหลอดไฟพร้อมขาเสียบหลอดด้วยสกรูกับโครงครอบ พร้อมกับประกอบหลอดไฟ UV ขนาด 36 วัตต์ (หลอดยาว 120 เซนติเมตร) จำนวน 12 หลอด ในส่วนโครงครอบส่วนตรง หลอดไฟ UV ขนาด 18 วัตต์ (หลอดยาว 60 เซนติเมตร) ในส่วนโครงครอบส่วนโค้ง พร้อมกับเดินสายไฟเดี่ยว THW ขนาด 1x1.5 SQ.MM สีฟ้า (สายไฟ) เดินสายไฟเดี่ยว THW ขนาด 1x1.5 SQ.MM สีน้ำตาล (สายดิน)



ภาพที่ 15 แสดงการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนรางหลอดไฟพร้อมขาเสียบหลอด

8. ติดตั้งระบบไฟฟ้าใช้สายไฟ VC ขนาด 4x1.5 SQ.MM (ทองแดงหุ้มฉนวน 2 ชั้น) เป็นสายไฟเมนส์ ใช้สายไฟ VC ขนาด 2x1.5 SQ.MM (ทองแดงหุ้มฉนวน 2 ชั้น) เป็นสายไฟสำหรับมอเตอร์และสายไฟระบบหลอด UV-C พร้อมกับประกอบเข้าตัวเซฟตี้เบรกเกอร์ 20 แอมป์ 1 เฟส และทดสอบระบบไฟฟ้า



ภาพที่ 16 แสดงการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ส่วนระบบไฟฟ้า

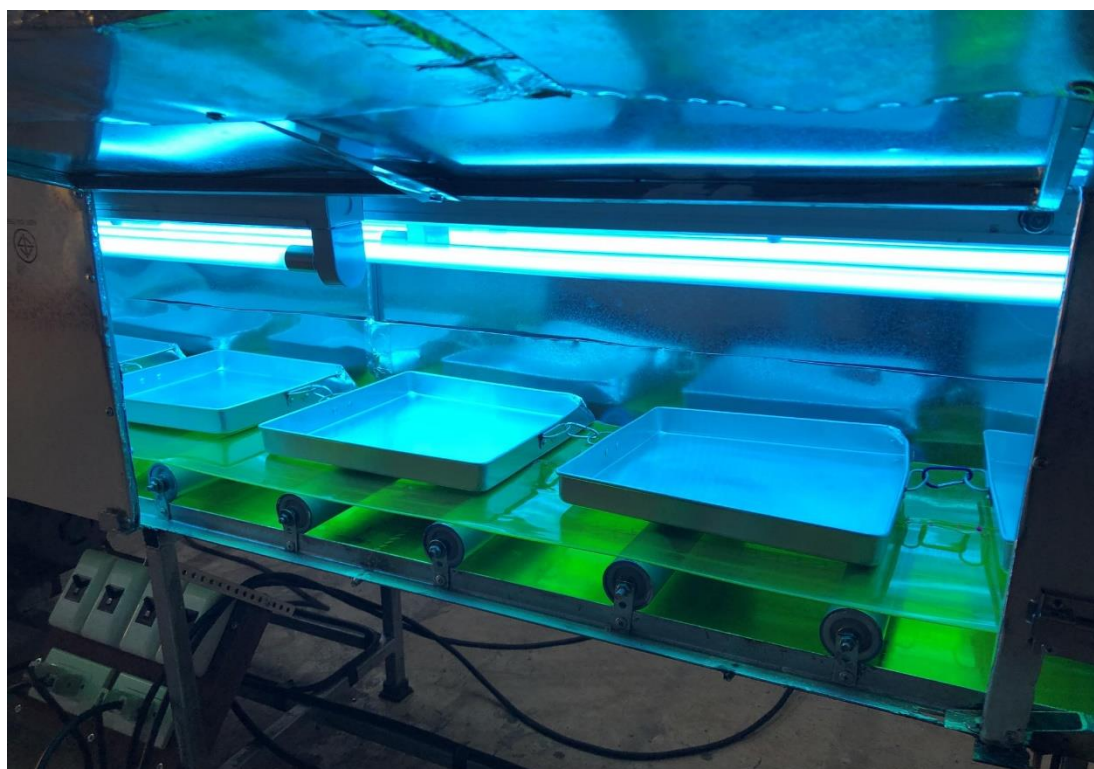
หลังจากการผลิตจะได้เครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ ดังแสดงภาพที่ 17 โดยลักษณะเด่นของเครื่องฆ่าเชื้อด้วยแสง UV-C นอกเหนือจากการเคลื่อนที่เป็นการหมุนแบบวงกลมแล้ว ยังสามารถควบคุมระยะเวลาสำหรับการฆ่าเชื้อด้วยการตั้งระบบตั้งเวลา (Timer) ทำให้ผู้ใช้งานลดการสัมผัสกับรังสี



ภาพที่ 17 แสดงเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์



ภาพที่ 18 แสดงเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์พร้อมถาดบรรจุวัตถุพิษมูลไพร



ภาพที่ 19 แสดงเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ขณะเปิดรังสี UV-C



ภาพที่ 20 แสดงเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ที่มีช่องสำหรับตรวจสอบการเคลื่อนที่ของสายพานและวัตถุดิบสมุนไพร

จากการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการในการศึกษาครั้งนี้ สามารถสรุปลักษณะของเครื่องฉายรังสี UV-C ต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการ ได้ดังนี้

1. เป็นเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ รูปแบบวงรี ที่มีสายพานลำเลียงวัตถุดิบสมุนไพรที่สามารถเคลื่อนที่ได้ซึ่งมีความเร็วของการเคลื่อนที่ 1 รอบ เท่ากับ 1 นาที
2. ประกอบไปด้วยหลอดรังสี UV-C จำนวน 24 หลอด หลอดละ 36W ทำให้มีความเข้มของรังสี UV-C (UV dose) เท่ากับ 2295 W/m^2
3. มีช่องสำหรับใส่วัตถุดิบสมุนไพร และช่องสำหรับตรวจสอบการเคลื่อนที่ของสายพานและวัตถุดิบสมุนไพร
4. วัสดุที่ใช้ผลิตทำจากโลหะซึ่งสามารถป้องกันการสัมผัสกับรังสี UV-C ของผู้ใช้งาน
5. สามารถบรรจุวัตถุดิบสมุนไพรในรูปแบบผงละเอียดได้ จำนวน 5-10 กิโลกรัม
6. สามารถแยกส่วนของโรงครอบได้ทำให้สามารถทำความสะอาดได้ง่าย
7. มีแผงควบคุมการเปิด-ปิดหลอดรังสี UV-C และมอเตอร์

4.2 การศึกษาผลของการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพทางยาของขมิ้นชันและไพลที่ใช้ทำยา

4.2.1 การเตรียมวัตถุดิบพืชสมุนไพรสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยการฉายรังสี UV-C

จากปัจจัยที่มีผลต่อการนำรังสี UV-C มาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนในวัตถุดิบพืชสมุนไพร สามารถนำปัจจัยดังกล่าวมาเป็นแนวทางในการเตรียมวัตถุดิบ โดยการศึกษาที่ใช้ขมิ้นชันและไพลเป็นตัวอย่างในการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากขมิ้นชันและไพลเป็นส่วนหัวเหง้าของพืชที่อยู่ใต้ดิน ทำให้มีโอกาสปนเปื้อนได้ง่ายกว่าส่วนอื่นๆ ของพืช อีกทั้งสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดนี้ยังมีความสำคัญต่อการนำมาปรุงยารักษาโรคของแพทย์แผนไทยด้วย โดยขมิ้นชันและไพลที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้จะต้องคำนึงถึงรูปแบบของวัตถุดิบและความชื้นในวัตถุดิบ จึงมีวิธีการเตรียมวัตถุดิบขมิ้นชันและไพลที่ใช้ในการทดลองดังต่อไปนี้

1) รูปแบบขมิ้นชันและไพลที่ใช้จะต้องเป็นรูปแบบผงบดละเอียดที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 80 เนื่องจากความสามารถในการทะลุทะลวงของรังสี UV-C ดำจึงใช้ในรูปแบบผงเพื่อเพิ่มโอกาสและพื้นที่ผิวสัมผัสให้แสง UV-C ฉายอย่างทั่วถึง

2) ทำการอบไล่ความชื้นในขมิ้นชันและไพล ด้วยการใช้ตู้อบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ทำให้ความชื้นของขมิ้นชันและไพลลดลง โดยมีผลการวัดความชื้นดังต่อไปนี้

- ขมิ้นชัน มีความชื้นก่อนอบไล่ความชื้นเท่ากับ 10.61% และความชื้นลดลงเหลือ 3.87% หลังจากตู้อบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง

- ไพล มีความชื้นก่อนอบไล่ความชื้นเท่ากับ 10.81% และความชื้นลดลงเหลือ 3.30% หลังจากตู้อบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง

จากนั้นจึงนำสมุนไพรในรูปแบบผงละเอียดทั้ง 2 ชนิด มาทำการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยการฉายรังสี UV-C ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ ในขมิ้นชันและไพลแห้งบดละเอียดที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง จากนั้นทำการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในขมิ้นชันและไพลแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับขมิ้นชันและไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C

4.2.2 การตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์

การตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในขมิ้นชันและไพลแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับขมิ้นชันและไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ในการศึกษานี้จะทดสอบด้วยวิธี Standard plate count และทำการกระจายเชื้อด้วยวิธี Spread Plate โดยจะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่

- Clostridium Agar สำหรับการตรวจหาเชื้อ *Clostridium* spp.

- Salmonella Shigella Agar สำหรับการตรวจหาเชื้อ *Salmonella* spp.
- Mannitol Salt Agar สำหรับการตรวจหาเชื้อ *Staphylococcus aureus*
- MacConkey Agar สำหรับการตรวจหาเชื้อ *Escherichia coli* (*E.coli*)
- Potato Dextrose Agar สำหรับการตรวจหาเชื้อรา

4.2.3 การตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ

การตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ครั้งที่ 1 พบว่า ไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ตรวจพบการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus* และเชื้อรา โดยพบเชื้อ *Clostridium* spp. เริ่มต้นจำนวน 930 CFU/g เมื่อนำไขมันชั้นแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่า ไม่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียด ขณะที่เชื้อ *Staphylococcus aureus* สามารถพบได้ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C จำนวนมากจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ เมื่อนำไขมันชั้นแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง จะพบเชื้อ *Staphylococcus aureus* ลดลงเหลือ 1466, 1100, 1100 และ 830 CFU/g ตามลำดับ และเชื้อราสามารถพบได้ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C จำนวนมากจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ เมื่อนำไขมันชั้นแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่า ไม่พบการปนเปื้อนเชื้อราในไขมันชั้นแห้งบดละเอียด ดังแสดงในภาพที่ 21-23

การตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ครั้งที่ 2 พบว่า ไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ตรวจพบการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus* และเชื้อรา โดยพบเชื้อ *Clostridium* spp. เริ่มต้นจำนวนมาก เมื่อนำไขมันชั้นแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า การปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดลดลง และไม่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียด เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 2, 3 และ 5 ชั่วโมง ขณะที่เชื้อ *Staphylococcus aureus* สามารถพบได้ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C จำนวนมากจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ เมื่อนำไขมันชั้นแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง จะพบเชื้อ *Staphylococcus aureus* ลดลง และเชื้อราสามารถพบได้ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C จำนวนมากจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ เมื่อนำไขมันชั้นแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 2, 3

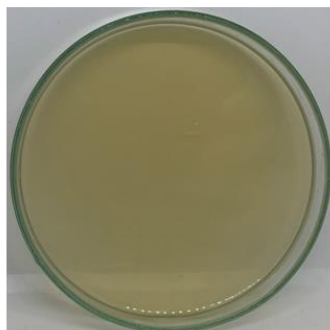
และ 5 ชั่วโมง พบว่า การปนเปื้อนเชื้อราในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดลดลงอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในภาพที่ 24-26

สำหรับการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ครั้งที่ 3 พบว่า ไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ตรวจพบการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus* และเชื้อรา โดยพบเชื้อ *Clostridium* spp. เริ่มต้นจำนวนมาก เมื่อนำไขมันชั้นแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง ไม่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียด ขณะที่เชื้อ *Staphylococcus aureus* สามารถพบได้ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C จำนวนมากจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ เมื่อนำไขมันชั้นแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง จะพบเชื้อ *Staphylococcus aureus* ลดลง และเชื้อราสามารถพบได้ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C จำนวนมากจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ เมื่อนำไขมันชั้นแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 2, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่า การปนเปื้อนเชื้อราในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดลดลงอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในภาพที่ 27-29

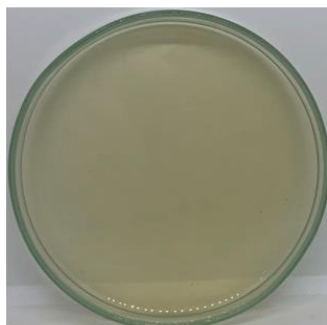
นมชั้นที่ไม่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C



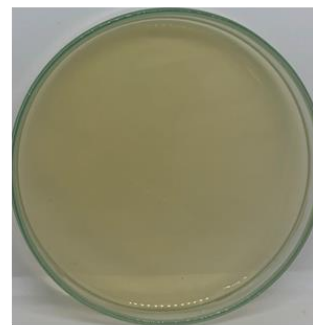
นมชั้นที่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C 1 ชั่วโมง



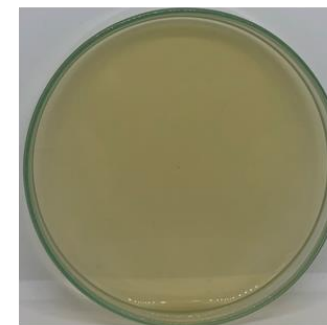
นมชั้นที่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C 2 ชั่วโมง



นมชั้นที่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C 3 ชั่วโมง



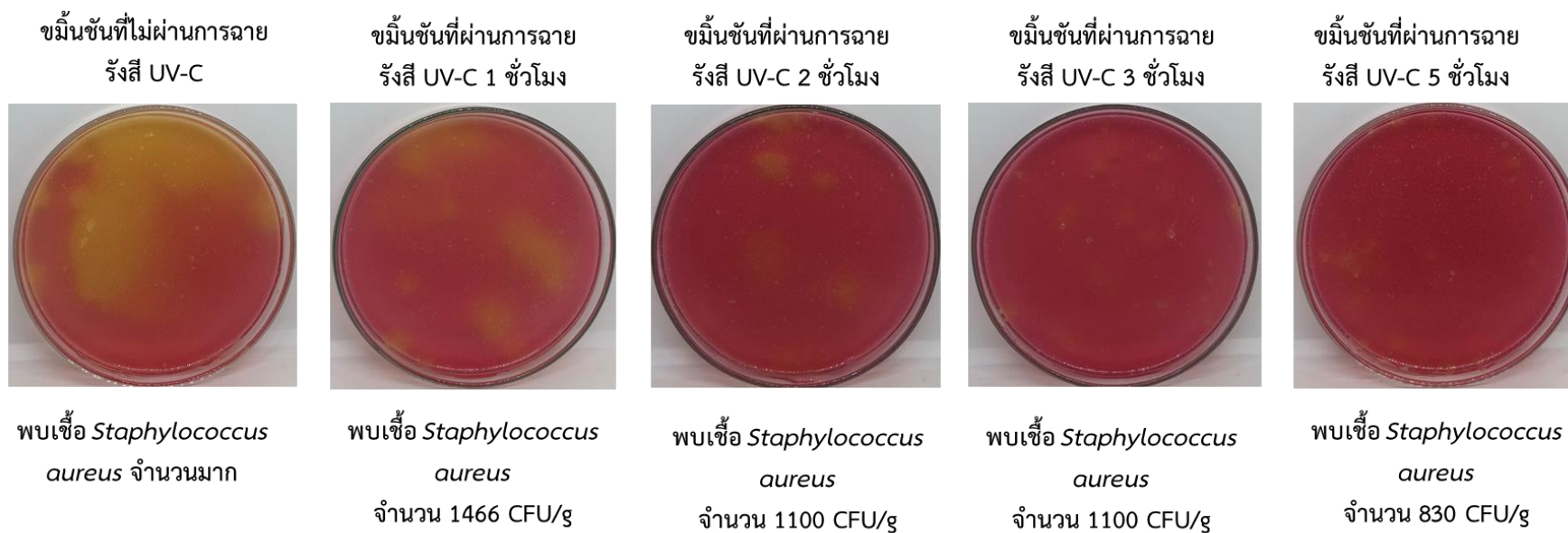
นมชั้นที่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C 5 ชั่วโมง



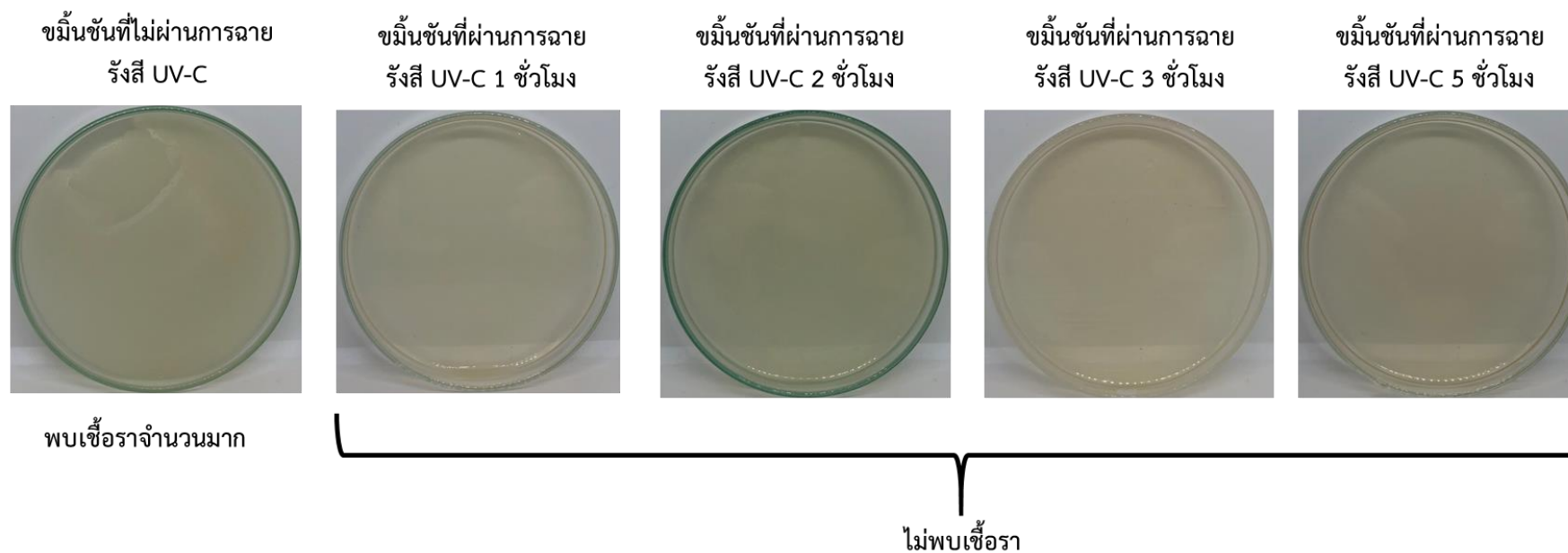
พบเชื้อ *Clostridium* spp.
จำนวน 930 CFU/g

ไม่พบเชื้อ *Clostridium* spp.

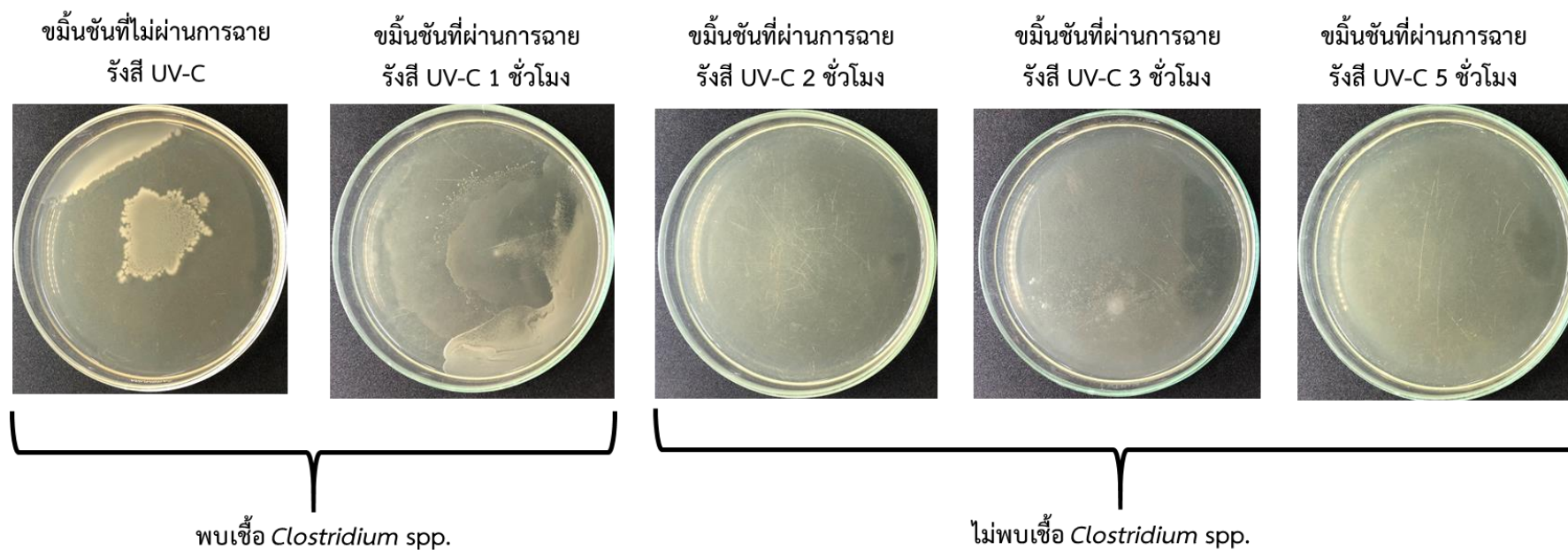
ภาพที่ 21 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. ในนมชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 1)



ภาพที่ 22 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C
ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 1)



ภาพที่ 23 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในขมิ้นชันที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 1)

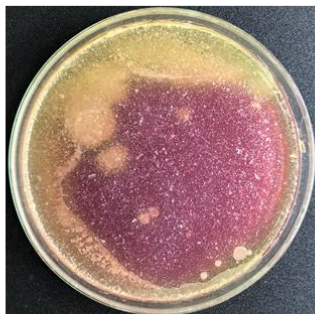


ภาพที่ 24 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. ในขมิ้นชันที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตุ่มฉวยแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 2)

ไขมันชั้นที่ไม่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C



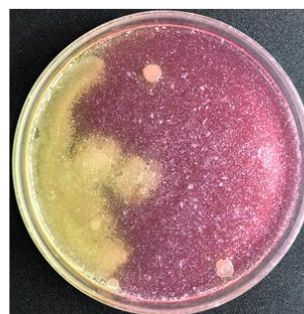
ไขมันชั้นที่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C 1 ชั่วโมง



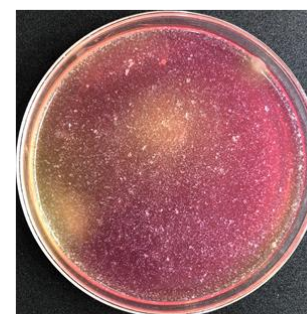
ไขมันชั้นที่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C 2 ชั่วโมง



ไขมันชั้นที่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C 3 ชั่วโมง



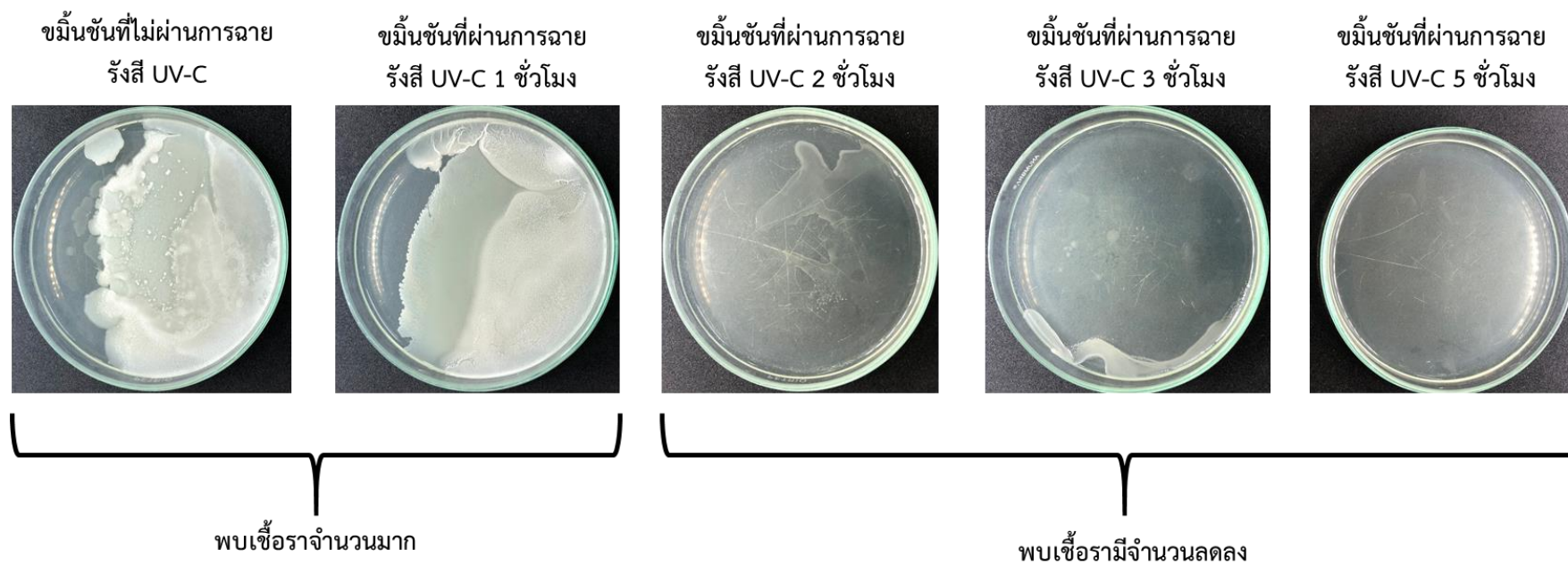
ไขมันชั้นที่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C 5 ชั่วโมง



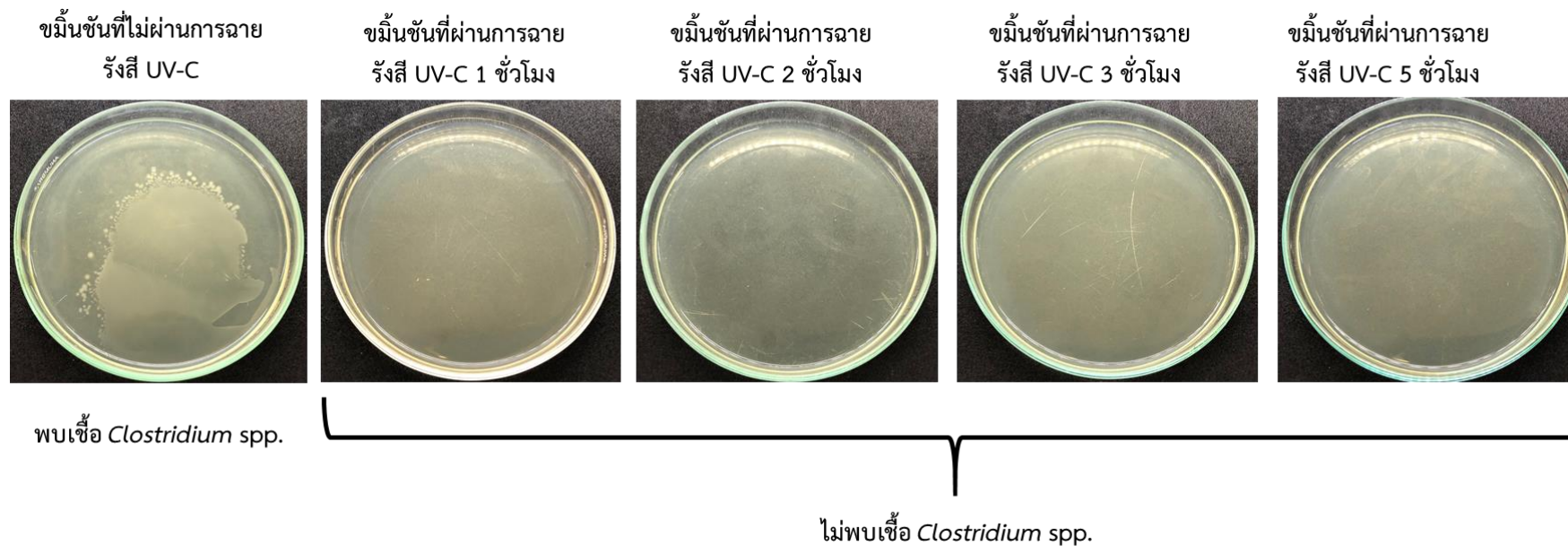
พบเชื้อ *Staphylococcus*
aureus จำนวนมาก

พบเชื้อ *Staphylococcus aureus* มีจำนวนลดลง

ภาพที่ 25 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C
ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 2)



ภาพที่ 26 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 2)



ภาพที่ 27 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. ในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 3)

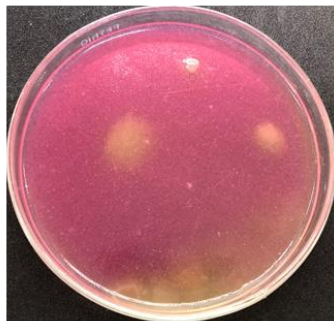
นมชั้นที่ไม่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C



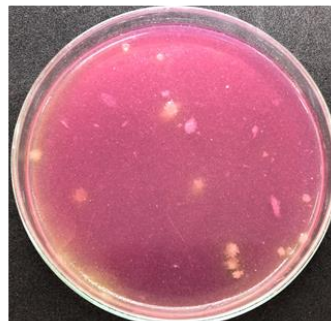
นมชั้นที่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C 1 ชั่วโมง



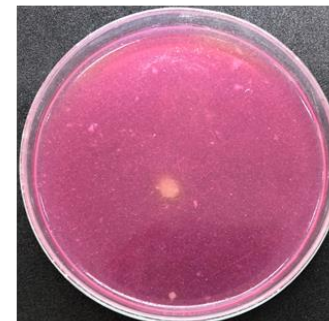
นมชั้นที่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C 2 ชั่วโมง



นมชั้นที่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C 3 ชั่วโมง



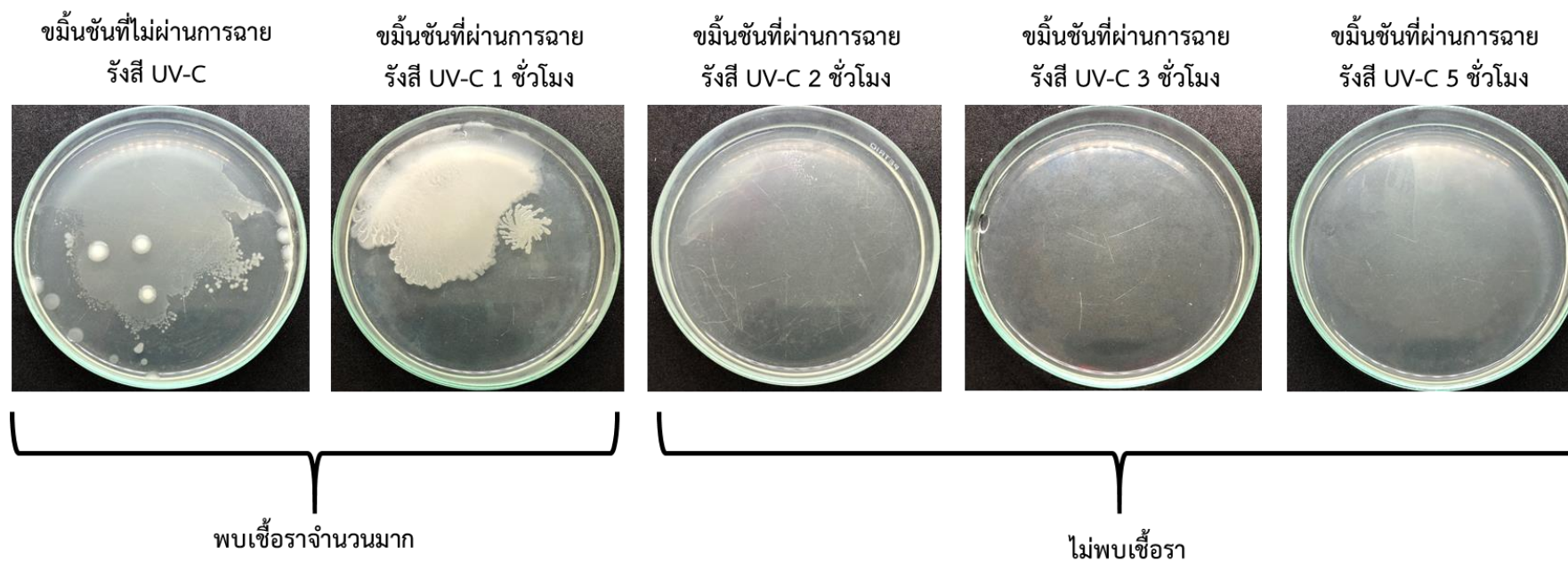
นมชั้นที่ผ่านการฉาย
รังสี UV-C 5 ชั่วโมง



พบเชื้อ *Staphylococcus aureus* จำนวนมาก

พบเชื้อ *Staphylococcus aureus* มีจำนวนลดลง

ภาพที่ 28 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในนมชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C
ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 3)



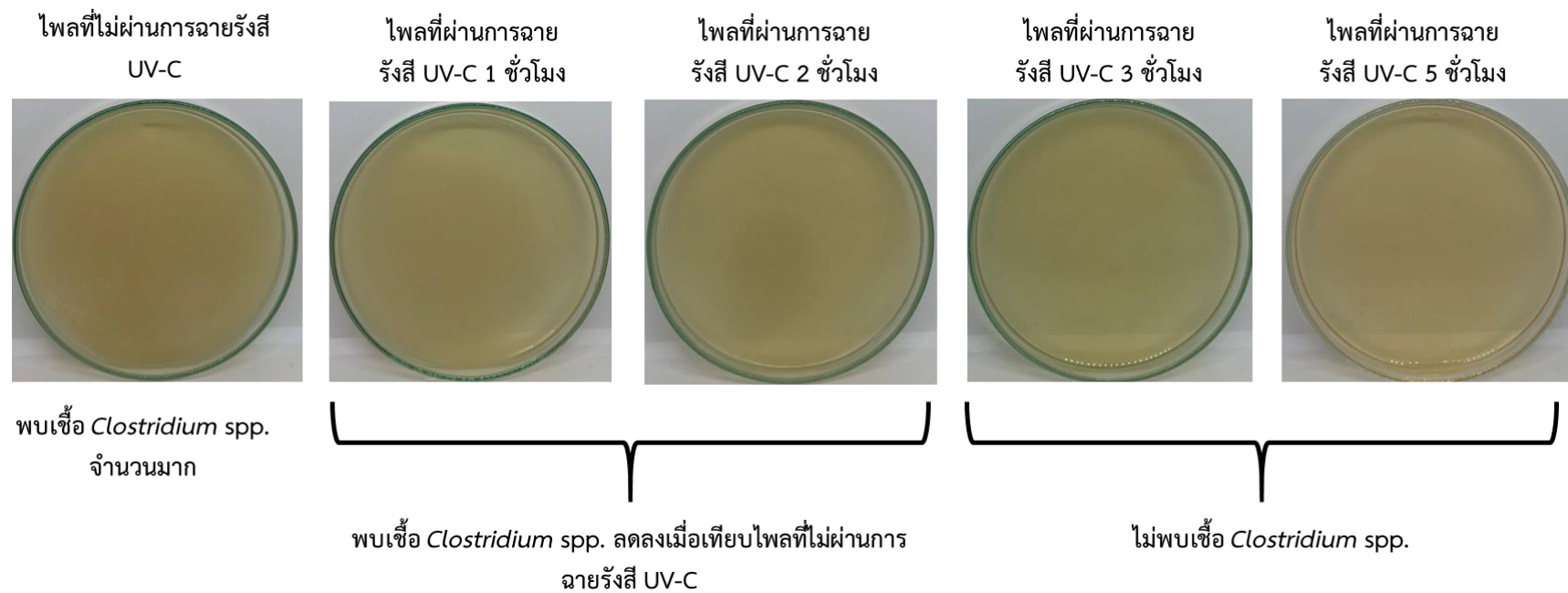
ภาพที่ 29 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 3)

4.2.4 การตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในไพลแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ

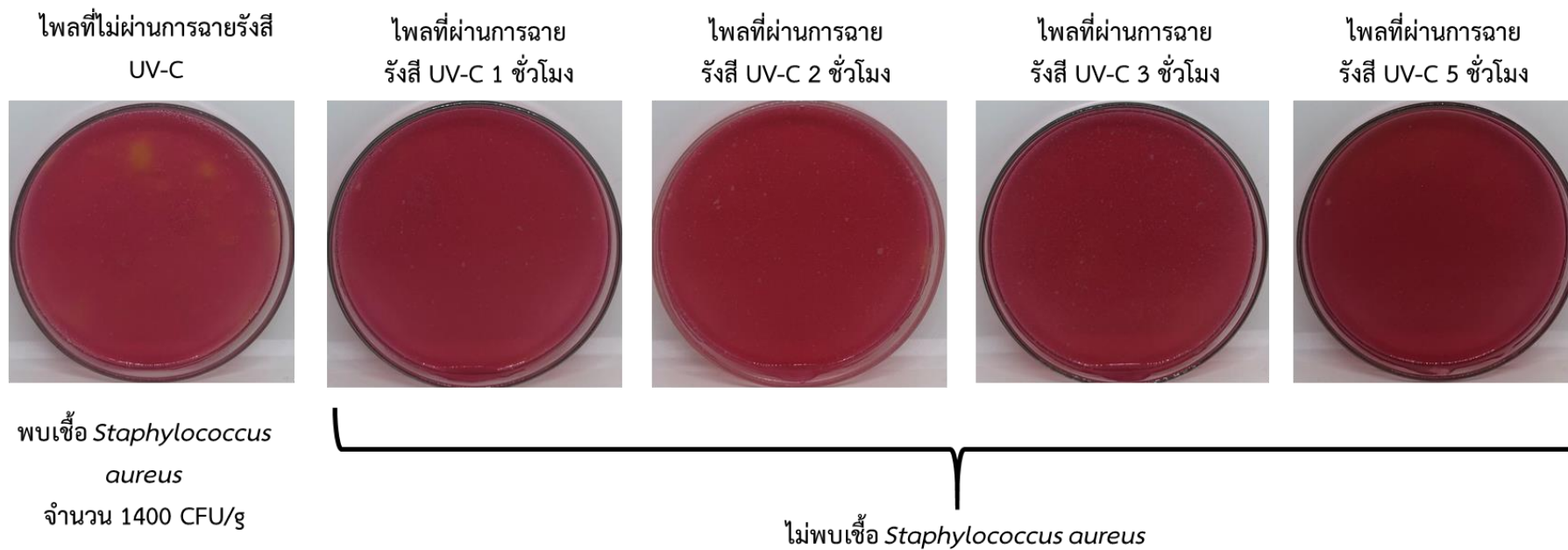
สำหรับการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในไพลแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ครั้งที่ 1 พบว่า ไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ตรวจพบการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus* และเชื้อรา โดยพบเชื้อ *Clostridium* spp. เริ่มต้นจำนวนมากจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ เมื่อนำไพลแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่าไพลแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง มีจำนวนเชื้อ *Clostridium* spp. ลดลง แต่เมื่อนำไพลแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 3 และ 5 ชั่วโมง จะไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อ *Clostridium* spp. ขณะที่เชื้อ *Staphylococcus aureus* สามารถพบได้ในไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C จำนวน 1400 CFU/g เมื่อนำไพลแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่า ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในไพลแห้งบดละเอียด และเชื้อราสามารถพบได้ในไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C จำนวนมากจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ เมื่อนำไพลแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่าไพลแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง มีจำนวนเชื้อราลดลง แต่เมื่อนำไพลแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 3 และ 5 ชั่วโมง จำนวนเชื้อราจะเหลือเพียง 460 และ 60 CFU/g ซึ่งมีจำนวนที่ไม่เกินมาตรฐานการปนเปื้อนของ อย. ดังแสดงในภาพที่ 30-32

การตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในไพลแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ครั้งที่ 2 พบว่า ไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ตรวจพบการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus* และเชื้อรา โดยพบเชื้อ *Clostridium* spp. เริ่มต้นจำนวนมากจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ เมื่อนำไพลแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่า ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อ *Clostridium* spp. ขณะที่เชื้อ *Staphylococcus aureus* สามารถพบได้ในไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C เมื่อนำไพลแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่า ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในไพลแห้งบดละเอียด และเชื้อราสามารถพบได้ในไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C จำนวนมากจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ เมื่อนำไพลแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 3 และ 5 ชั่วโมง ไม่พบการปนเปื้อนเชื้อรา ดังแสดงในภาพที่ 33-35

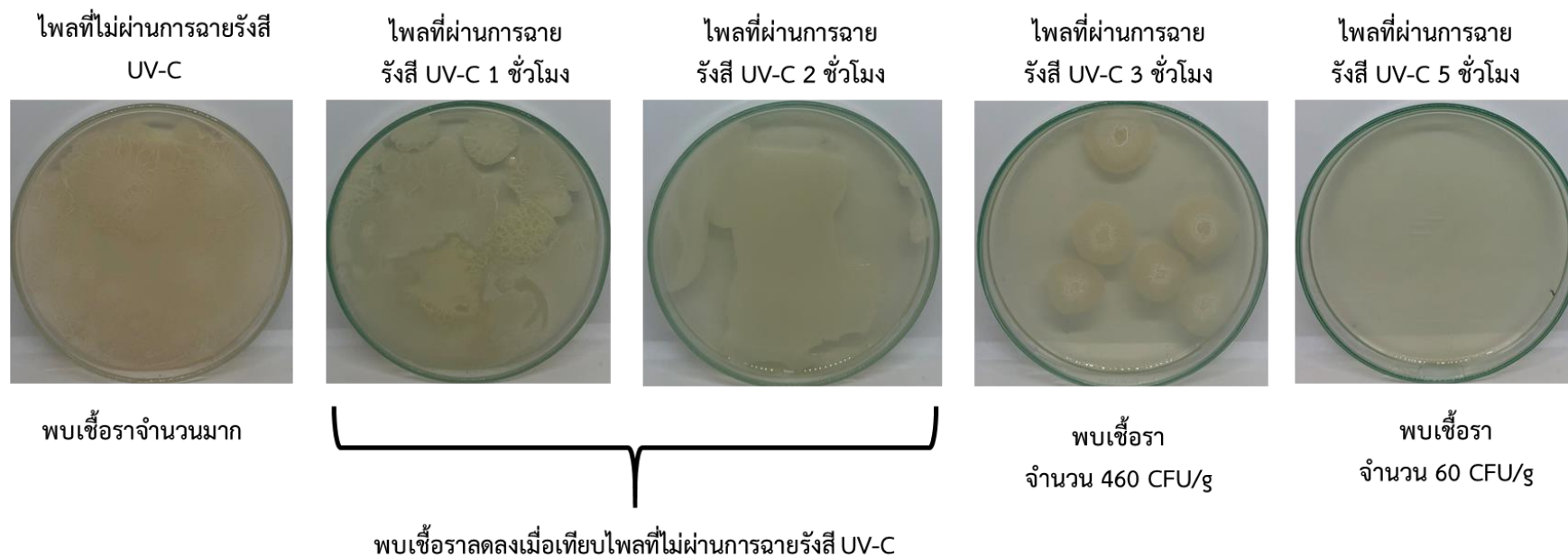
สำหรับการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในไพลแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ครั้งที่ 3 พบว่า ไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ตรวจพบการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus* และเชื้อรา โดยพบเชื้อ *Clostridium* spp. เริ่มต้นจำนวนมากจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ เมื่อนำไพลแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่า ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อ *Clostridium* spp. ขณะที่เชื้อ *Staphylococcus aureus* สามารถพบได้ในไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C เมื่อนำไพลแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่า ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในไพลแห้งบดละเอียด และเชื้อราสามารถพบได้ในไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C จำนวนมากจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ เมื่อนำไพลแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 3 และ 5 ชั่วโมง ไม่พบการปนเปื้อนเชื้อรา ดังแสดงในภาพที่ 36-38



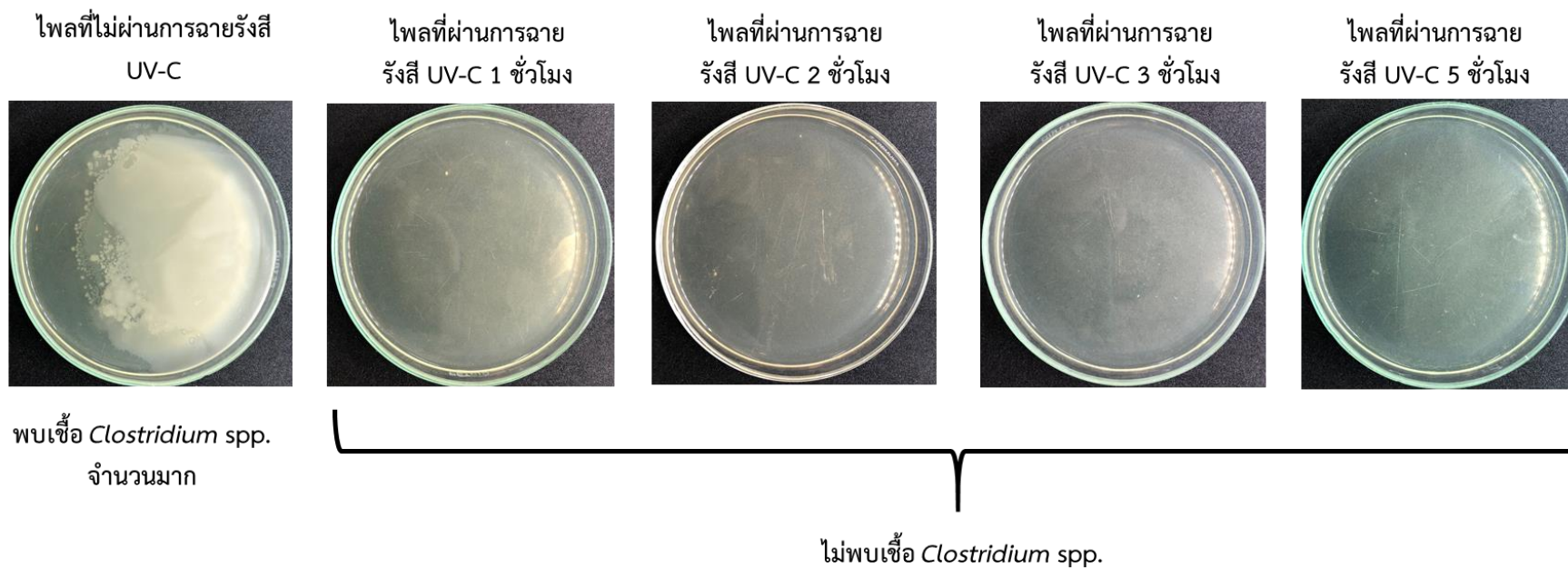
ภาพที่ 30 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. ในโพลที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 1)



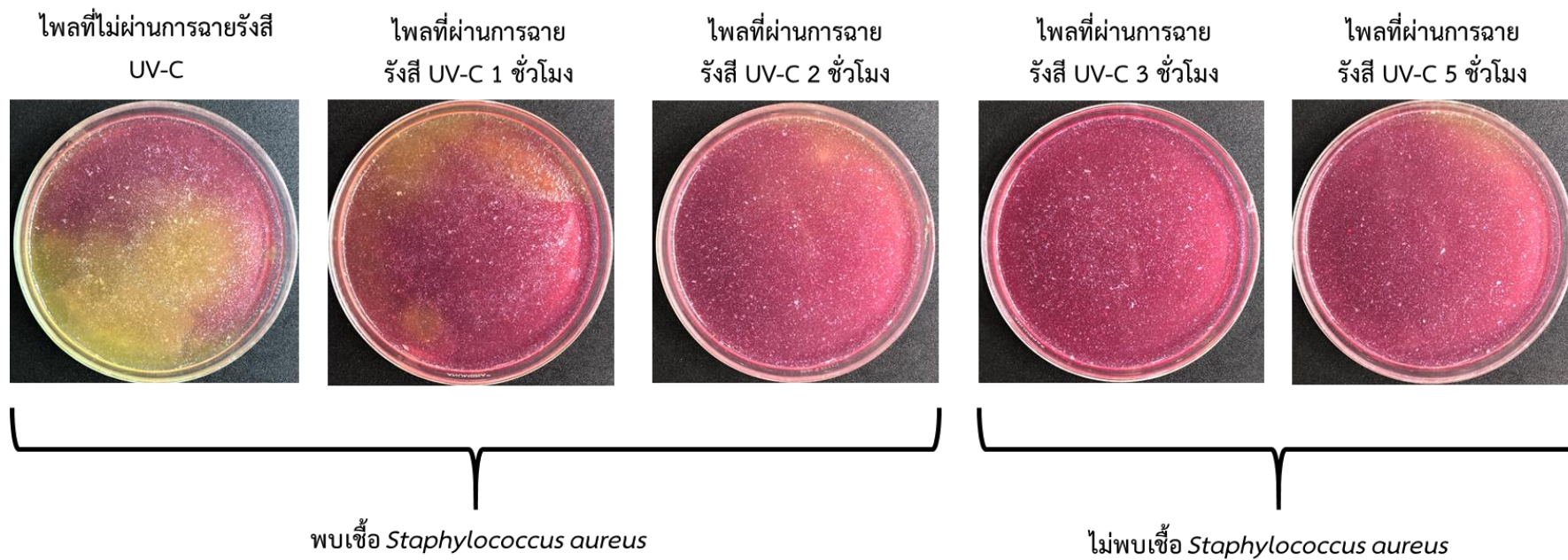
ภาพที่ 31 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในโพลที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 1)



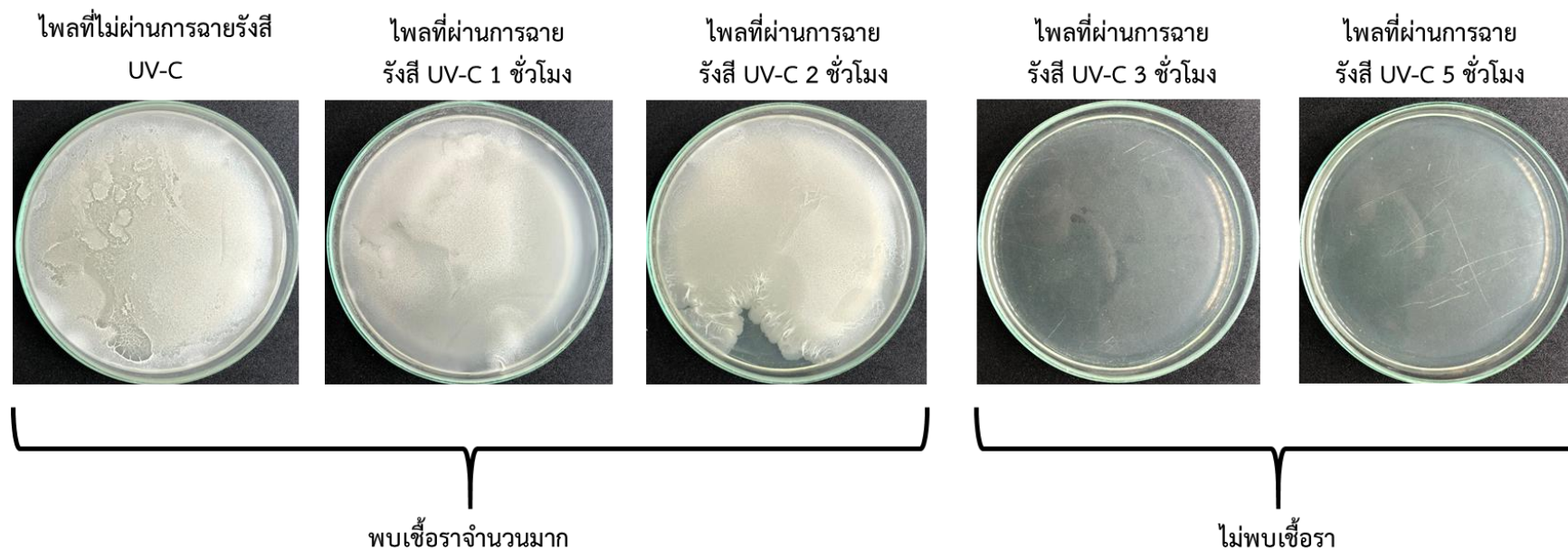
ภาพที่ 32 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในโพลที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 1)



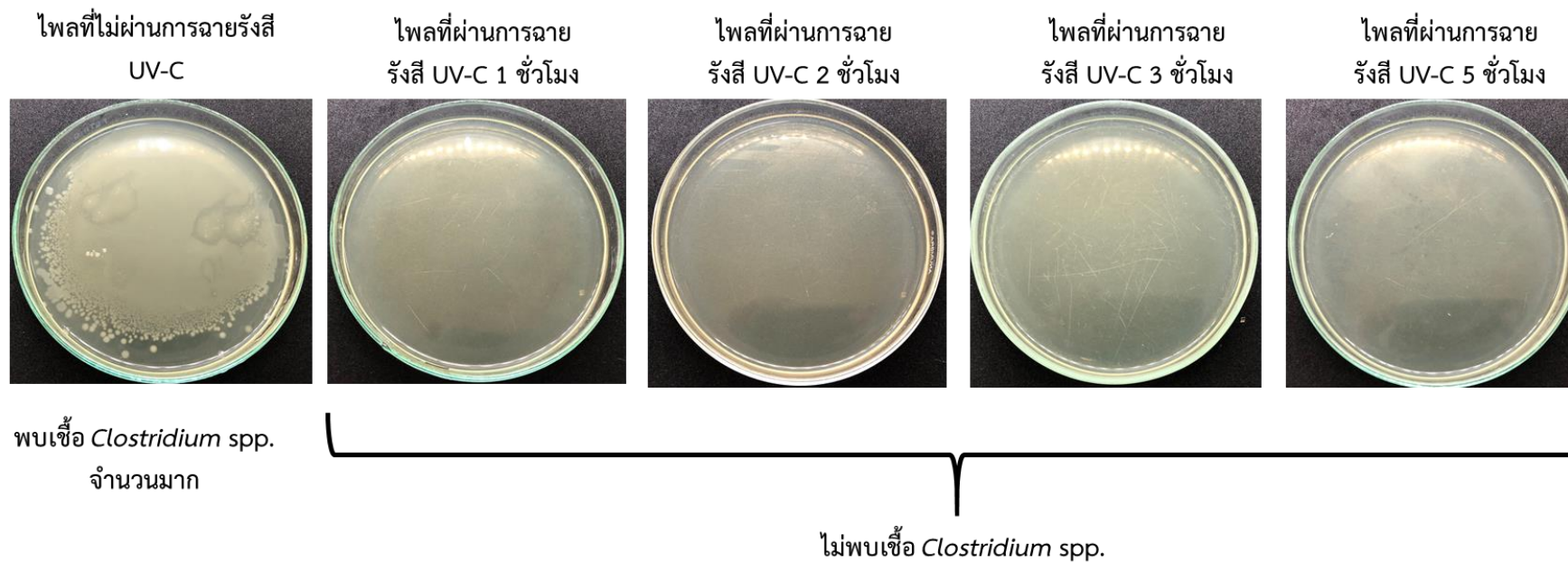
ภาพที่ 33 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. ในโพลที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 2)



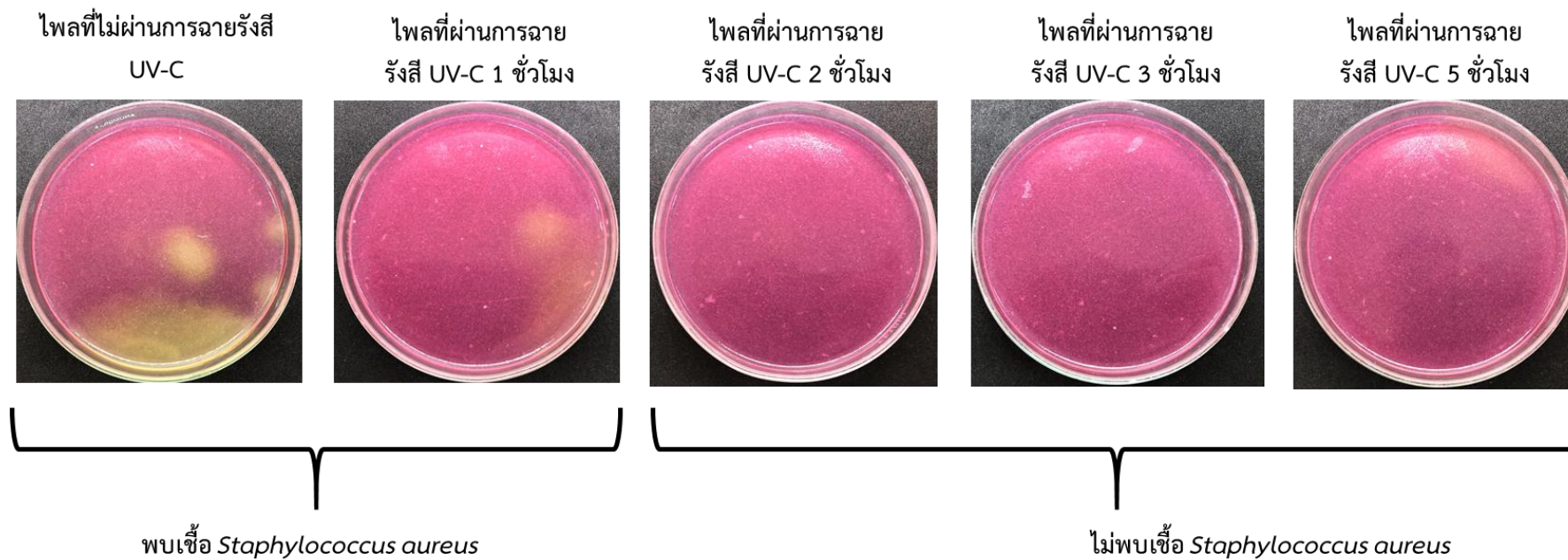
ภาพที่ 34 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในโพลที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะ
 ตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 2)



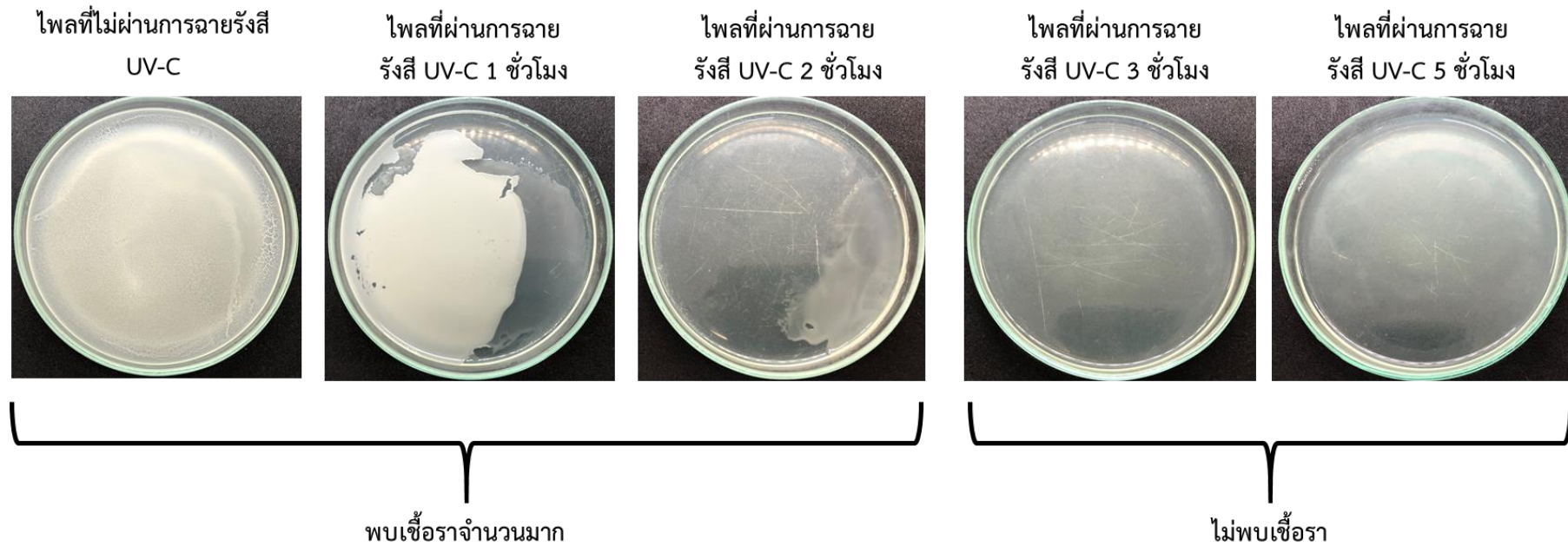
ภาพที่ 35 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในโพลที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 2)



ภาพที่ 36 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. ในโพลที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 3)



ภาพที่ 37 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในโพลที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะ
 ตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 3)



ภาพที่ 38 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในโพลที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ (การทดลองครั้งที่ 3)

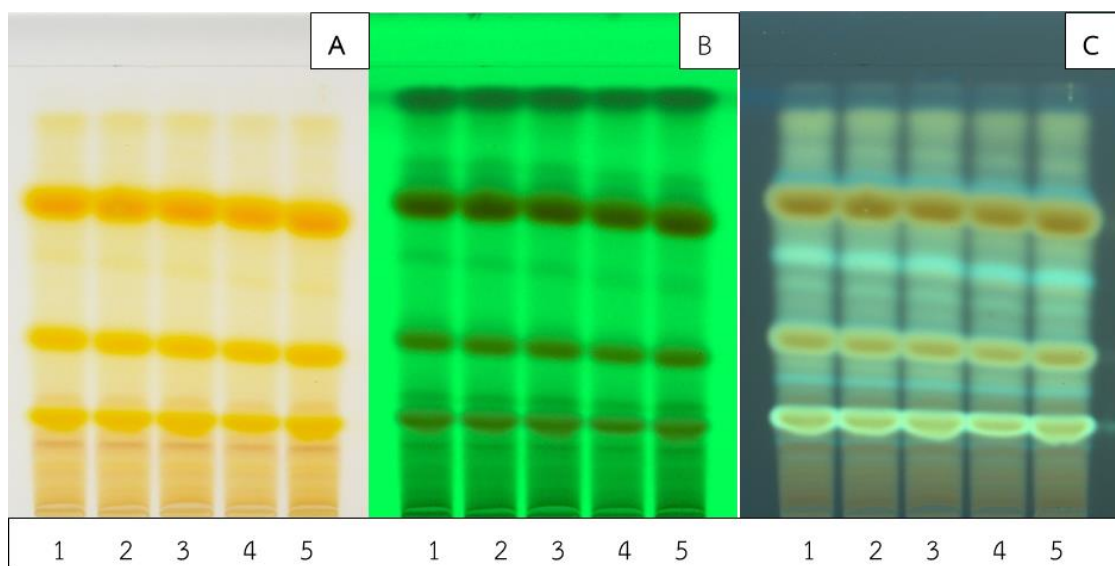
จากการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในไขมันชั้นและโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับไขมันชั้นและโพลีเอสเตอร์ที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C พบว่ารังสี UV-C สามารถลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างวัตถุดิบสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดได้ โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้รังสี UV-C ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ คือ 3-5 ชั่วโมง

4.2.5 การตรวจสอบคุณภาพทางยา

การศึกษานี้จะทำการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของไขมันชั้นและโพลีเอสเตอร์จากลายพิมพ์นิ้วมือ (Fingerprint) โดยอาศัยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบชั้นบาง (Thin Layer Chromatography : TLC) เพื่อใช้บ่งบอกคุณภาพทางยาซึ่งเป็นการตรวจสอบสารสำคัญของไขมันชั้นและโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับไขมันชั้นและโพลีเอสเตอร์ที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C โดยนำตัวอย่างไขมันชั้นและโพลีเอสเตอร์มาทำการสกัดด้วย 80% เอทานอล เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการทดสอบโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบชั้นบาง (Thin Layer Chromatography : TLC) โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) คือ Chloroform: Methanol ในอัตราส่วน 95:5

4.2.5.1 การตรวจสอบคุณภาพทางยาของไขมันชั้นและโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ

การตรวจสอบคุณภาพทางยาของไขมันชั้นและโพลีเอสเตอร์ทั้ง 5 ตัวอย่าง ได้แก่ ไขมันชั้นและโพลีเอสเตอร์ที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C และไขมันชั้นและโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C เวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1-3 พบว่า หลังจากตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของไขมันชั้นภายใต้แสงธรรมชาติ ภายใต้แสง UV254 และภายใต้แสง UV366 สามารถพบแถบของสารจำนวน 3, 5 และ 8 แถบสาร ตามลำดับ ทั้ง 5 ตัวอย่าง (แสดงในภาพที่ 39-41) โดยสารแต่ละแถบมีค่า Rf ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 4-6 นอกจากนี้ยังพบความเข้มของแถบสารแต่ละแถบในตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่างมีความเข้มของแถบสารที่ใกล้เคียงกัน จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการฉายรังสี UV-C ไม่ได้มีผลต่อเอกลักษณ์ทางเคมีหรือคุณภาพทางยาของไขมันชั้นและโพลีเอสเตอร์



ภาพที่ 39 TLC chromatogram ของไขมันชั้นทั้ง 5 ตัวอย่าง (A) ภายใต้แสงธรรมชาติ (B) ภายใต้แสง UV 254 nm และ (C) ภายใต้แสง UV 366 nm. ในการทดลองครั้งที่ 1

Lane 1: ไขมันชั้นไม่ผ่านกระบวนการฉาย UV-C

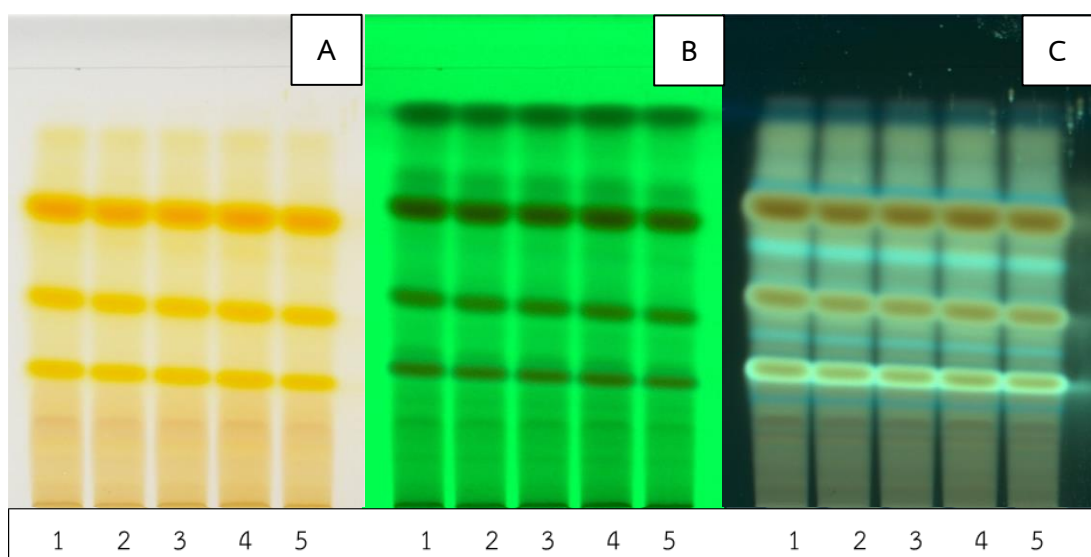
Lane 2: ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C 1 ชม.

Lane 3: ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C 2 ชม.

Lane 4: ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C 3 ชม.

Lane 5: ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C 5 ชม.

Adsorbent: Silica gel; Solvent system: Chloroform: Methanol = 95:5



ภาพที่ 40 TLC chromatogram ของไขมันชั้นทั้ง 5 ตัวอย่าง (A) ภายใต้แสงธรรมชาติ (B) ภายใต้แสง UV 254 nm และ (C) ภายใต้แสง UV 366 nm. ในการทดลองครั้งที่ 2

Lane 1: ไขมันชั้นไม่ผ่านกระบวนการฉาย UV-C

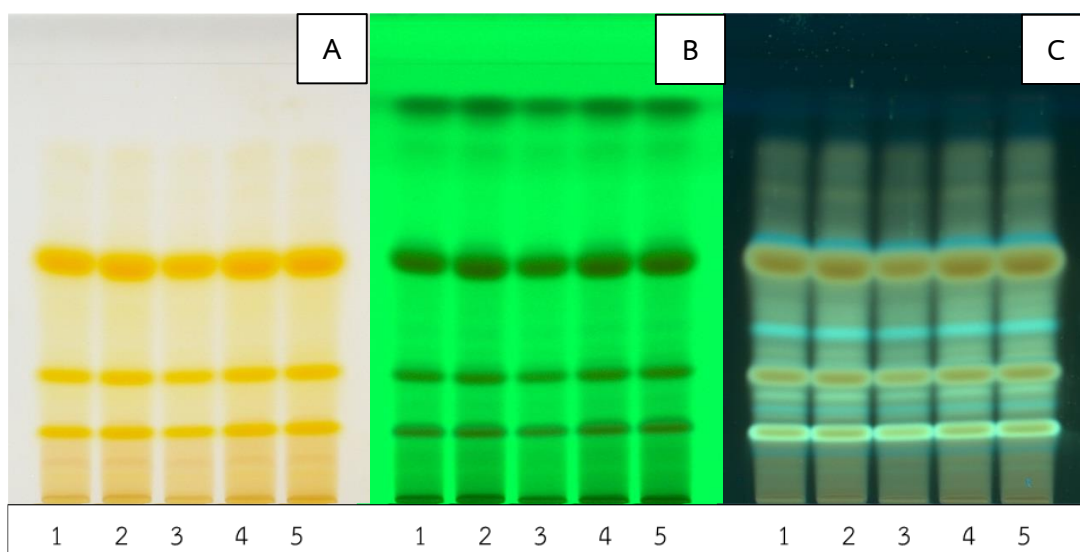
Lane 2: ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C 1 ชม.

Lane 3: ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C 2 ชม.

Lane 4: ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C 3 ชม.

Lane 5: ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C 5 ชม.

Adsorbent: Silica gel; Solvent system: Chloroform: Methanol = 95:5



ภาพที่ 41 TLC chromatogram ของไขมันชั้นทั้ง 5 ตัวอย่าง (A) ภายใต้แสงธรรมชาติ (B) ภายใต้แสง UV 254 nm และ (C) ภายใต้แสง UV 366 nm. ในการทดลองครั้งที่ 3

Lane 1: ไขมันชั้นไม่ผ่านกระบวนการฉาย UV-C

Lane 2: ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C 1 ชม.

Lane 3: ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C 2 ชม.

Lane 4: ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C 3 ชม.

Lane 5: ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C 5 ชม.

Adsorbent: Silica gel; Solvent system: Chloroform: Methanol = 95:5

ตารางที่ 4 แสดงผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการฉาย UV-C ในการทดลองครั้งที่ 1

Detection	TLC fraction	ค่า R _f				
		ไขมันชั้นไม่ผ่าน	ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C	ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C	ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C	ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C
		กระบวนการฉาย UV-C	1 ซม.	2 ซม.	3 ซม.	5 ซม.
Normal lighting	1	0.23	0.21	0.21	0.21	0.21
	2	0.40	0.39	0.38	0.37	0.37
	3	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67
UV254	1	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15
	2	0.23	0.22	0.21	0.21	0.21
	3	0.39	0.39	0.38	0.37	0.37
	4	0.71	0.69	0.69	0.68	0.67
	5	0.93	0.94	0.93	0.93	0.93
UV366	1	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20
	2	0.31	0.30	0.30	0.29	0.28
	3	0.40	0.39	0.39	0.38	0.37
	4	0.52	0.51	0.49	0.47	0.47
	5	0.58	0.57	0.56	0.55	0.55
	6	0.69	0.69	0.69	0.69	0.67
	7	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74
	8	0.89	0.89	0.89	0.88	0.87

ตารางที่ 5 แสดงผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการฉาย UV-C ในการทดลองครั้งที่ 2

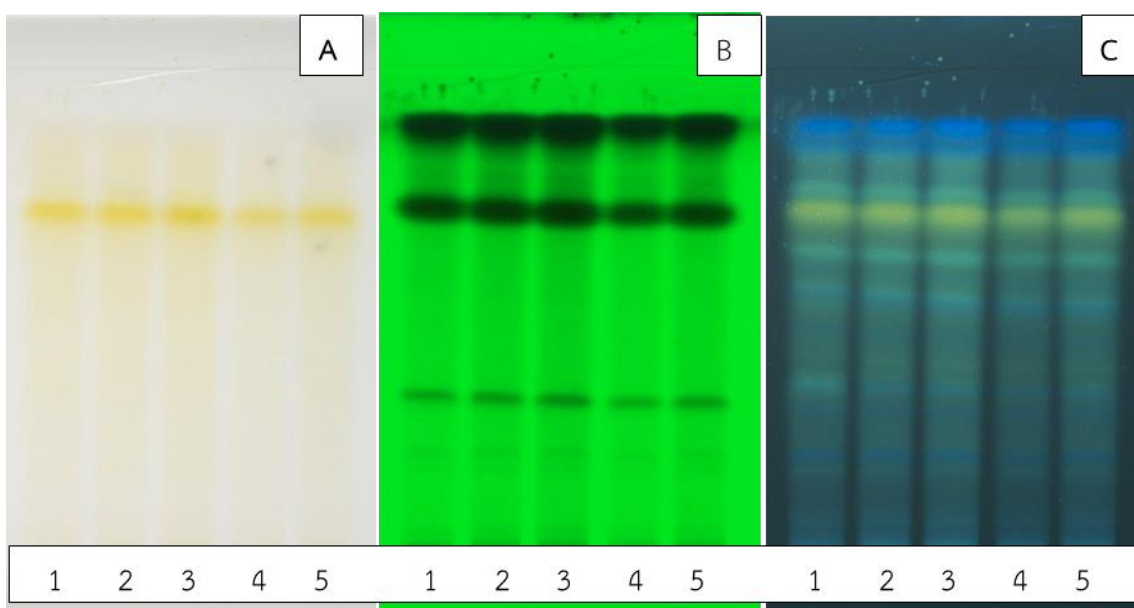
Detection	TLC fraction	ค่า R _f				
		ไขมันชั้นไม่ผ่าน	ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C	ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C	ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C	ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C
		กระบวนการฉาย UV-C	1 ซม.	2 ซม.	3 ซม.	5 ซม.
Normal lighting	1	0.32	0.31	0.30	0.30	0.29
	2	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44
	3	0.69	0.68	0.67	0.66	0.66
UV254	1	0.31	0.30	0.30	0.29	0.28
	2	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44
	3	0.69	0.67	0.67	0.64	0.65
	4	0.76	0.75	0.74	0.72	0.72
	5	0.90	0.91	0.91	0.90	0.90
UV366	1	0.31	0.30	0.30	0.30	0.29
	2	0.39	0.38	0.38	0.37	0.35
	3	0.47	0.46	0.46	0.45	0.45
	4	0.54	0.54	0.52	0.52	0.51
	5	0.59	0.58	0.58	0.57	0.55
	6	0.69	0.69	0.67	0.66	0.65
	7	0.74	0.74	0.72	0.72	0.70
	8	0.86	0.86	0.86	0.86	0.85

ตารางที่ 6 แสดงผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการฉาย UV-C ในการทดลองครั้งที่ 3

Detection	TLC fraction	ค่า R _f				
		ไขมันชั้นไม่ผ่าน	ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C	ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C	ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C	ไขมันชั้นผ่านกระบวนการฉาย UV-C
		กระบวนการฉาย UV-C	1 ซม.	2 ซม.	3 ซม.	5 ซม.
Normal lighting	1	0.15	0.16	0.15	0.15	0.16
	2	0.28	0.28	0.28	0.27	0.28
	3	0.55	0.54	0.55	0.54	0.54
UV254	1	0.15	0.16	0.15	0.15	0.16
	2	0.28	0.28	0.27	0.29	0.28
	3	0.55	0.55	0.56	0.55	0.56
	4	0.81	0.80	0.80	0.81	0.81
	5	0.92	0.91	0.92	0.92	0.91
UV366	1	0.16	0.17	0.16	0.16	0.17
	2	0.21	0.20	0.21	0.21	0.20
	3	0.28	0.28	0.27	0.28	0.27
	4	0.39	0.40	0.39	0.39	0.40
	5	0.54	0.54	0.55	0.54	0.55
	6	0.60	0.61	0.60	0.60	0.61
	7	0.70	0.70	0.71	0.71	0.70
	8	0.80	0.81	0.80	0.80	0.81

4.2.5.2 การตรวจสอบคุณภาพทางยาของโพลบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ

การตรวจสอบคุณภาพทางยาของโพลแห้งบดละเอียดทั้ง 5 ตัวอย่าง ได้แก่ โพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C และโพลแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C เวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง ครั้งที่ 1-3 พบว่า หลังจากตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของโพลภายใต้แสงธรรมชาติ ภายใต้แสง UV254 และภายใต้แสง UV366 สามารถพบแถบของสารจำนวน 1, 3 และ 5 แถบสาร ตามลำดับ ทั้ง 5 ตัวอย่าง (แสดงในภาพที่ 42-44) โดยสารแต่ละแถบมีค่า Rf ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 7-9 นอกจากนี้ยังพบความเข้มของแถบสารแต่ละแถบในตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่างมีความเข้มของแถบสารที่ใกล้เคียงกัน จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการฉายรังสี UV-C ไม่ได้มีผลต่อเอกลักษณ์ทางเคมีหรือคุณภาพทางยาของโพลแห้งบดละเอียด



ภาพที่ 42 TLC chromatogram ของโพลทั้ง 5 ตัวอย่าง (A) ภายใต้แสงธรรมชาติ (B) ภายใต้แสง UV 254 nm และ (C) ภายใต้แสง UV 366 nm. ในการทดลองครั้งที่ 1

Lane 1: โพลไม่ผ่านกระบวนการฉาย UV-C

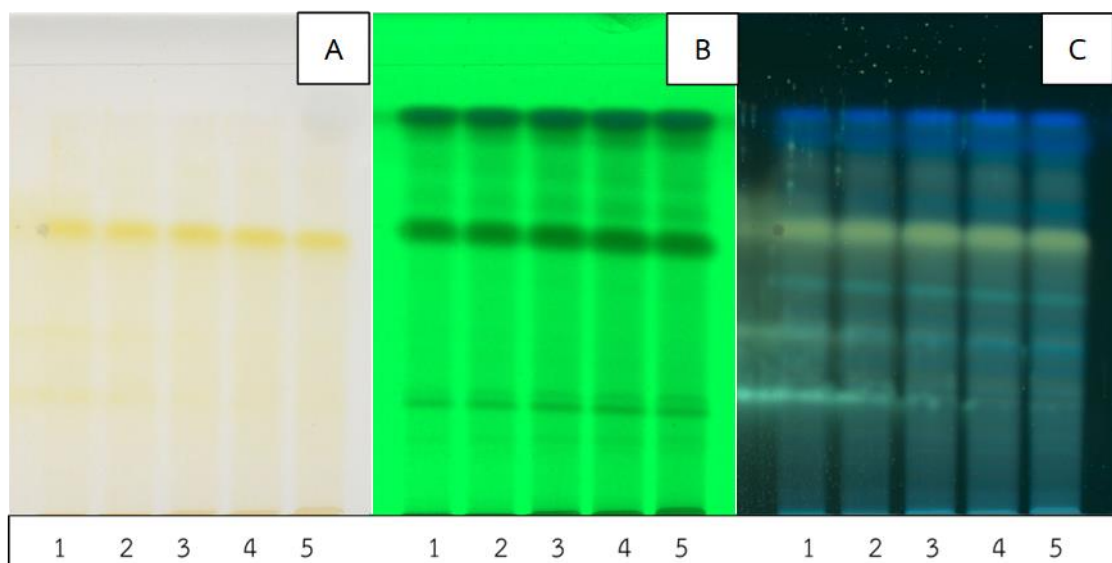
Lane 2: โพลผ่านกระบวนการฉาย UV-C 1 ชม.

Lane 3: โพลผ่านกระบวนการฉาย UV-C 2 ชม.

Lane 4: โพลผ่านกระบวนการฉาย UV-C 3 ชม.

Lane 5: โพลผ่านกระบวนการฉาย UV-C 5 ชม.

Adsorbent: Silica gel; Solvent system: Chloroform: Methanol = 95:5



ภาพที่ 43 TLC chromatogram ของไพลทั้ง 5 ตัวอย่าง (A) ภายใต้แสงธรรมชาติ (B) ภายใต้แสง UV 254 nm และ (C) ภายใต้แสง UV 366 nm. ในการทดลองครั้งที่ 2

Lane 1: ไพลไม่ผ่านกระบวนการฉาย UV-C

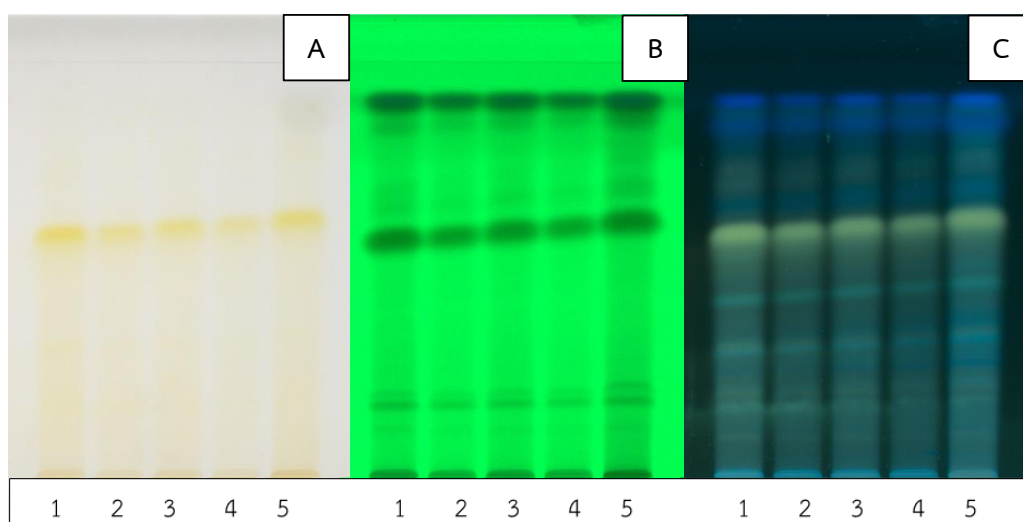
Lane 2: ไพลผ่านกระบวนการฉาย UV-C 1 ชม.

Lane 3: ไพลผ่านกระบวนการฉาย UV-C 2 ชม.

Lane 4: ไพลผ่านกระบวนการฉาย UV-C 3 ชม.

Lane 5: ไพลผ่านกระบวนการฉาย UV-C 5 ชม.

Adsorbent: Silica gel; Solvent system: Chloroform: Methanol = 95:5



ภาพที่ 44 TLC chromatogram ของโพลีทั้ง 5 ตัวอย่าง (A) ภายใต้แสงธรรมชาติ (B) ภายใต้แสง UV 254 nm และ (C) ภายใต้แสง UV 366 nm. ในการทดลองครั้งที่ 3

Lane 1: โพลีไม่ผ่านกระบวนการฉาย UV-C

Lane 2: โพลีผ่านกระบวนการฉาย UV-C 1 ชม.

Lane 3: โพลีผ่านกระบวนการฉาย UV-C 2 ชม.

Lane 4: โพลีผ่านกระบวนการฉาย UV-C 3 ชม.

Lane 5: โพลีผ่านกระบวนการฉาย UV-C 5 ชม.

Adsorbent: Silica gel; Solvent system: Chloroform: Methanol = 95:5

ตารางที่ 7 แสดงผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของโพลีเอทิลีนที่ผ่านและผ่านกระบวนการฉาย UV-C ในการทดลองครั้งที่ 1

Detection	TLC fraction	ค่า R _f				
		โพลีเอทิลีนที่ไม่ผ่าน	โพลีเอทิลีนที่ผ่าน	โพลีเอทิลีนที่ผ่าน	โพลีเอทิลีนที่ผ่าน	โพลีเอทิลีนที่ผ่าน
		กระบวนการฉาย UV-C	กระบวนการฉาย UV-C	กระบวนการฉาย UV-C	กระบวนการฉาย UV-C	กระบวนการฉาย UV-C
			1 ซม.	2 ซม.	3 ซม.	5 ซม.
Normal lighting	1	0.71	0.71	0.70	0.71	0.70
UV254	1	0.33	0.32	0.33	0.32	0.33
	2	0.70	0.71	0.70	0.72	0.71
	3	0.88	0.88	0.89	0.88	0.88
UV366	1	0.21	0.20	0.21	0.21	0.20
	2	0.54	0.54	0.55	0.54	0.55
	3	0.63	0.64	0.63	0.63	0.64
	4	0.70	0.71	0.70	0.70	0.71
	5	0.89	0.89	0.90	0.89	0.90

ตารางที่ 8 แสดงผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของโพลีเอทิลีนที่ผ่านและผ่านกระบวนการฉาย UV-C ในการทดลองครั้งที่ 2

Detection	TLC fraction	ค่า R _f				
		โพลีเอทิลีนที่ไม่ผ่าน	โพลีเอทิลีนที่ผ่าน	โพลีเอทิลีนที่ผ่าน	โพลีเอทิลีนที่ผ่าน	โพลีเอทิลีนที่ผ่าน
		กระบวนการฉาย UV-C	กระบวนการฉาย UV-C	กระบวนการฉาย UV-C	กระบวนการฉาย UV-C	กระบวนการฉาย UV-C
			1 ซม.	2 ซม.	3 ซม.	5 ซม.
Normal lighting	1	0.64	0.64	0.63	0.63	0.62
UV254	1	0.24	0.23	0.24	0.24	0.23
	2	0.63	0.62	0.63	0.63	0.61
	3	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89
UV366	1	0.27	0.27	0.26	0.27	0.26
	2	0.41	0.39	0.39	0.40	0.38
	3	0.51	0.50	0.51	0.51	0.48
	4	0.63	0.62	0.62	0.63	0.61
	5	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89

ตารางที่ 9 แสดงผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของโพลีเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการฉาย UV-C ในการทดลองครั้งที่ 3

Detection	TLC fraction	ค่า R _f				
		โพลีเอทิลีนที่ไม่ผ่านกระบวนการฉาย UV-C	โพลีเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการฉาย UV-C	โพลีเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการฉาย UV-C	โพลีเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการฉาย UV-C	โพลีเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการฉาย UV-C
			1 ซม.	2 ซม.	3 ซม.	5 ซม.
Normal lighting	1	0.59	0.59	0.60	0.60	0.61
UV254	1	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19
	2	0.57	0.57	0.58	0.59	0.59
	3	0.91	0.90	0.91	0.91	0.91
UV366	1	0.31	0.31	0.32	0.32	0.33
	2	0.42	0.43	0.42	0.43	0.44
	3	0.59	0.60	0.60	0.60	0.61
	4	0.77	0.78	0.77	0.77	0.78
	5	0.91	0.90	0.91	0.91	0.91

จากการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของไขมันชั้นและโพลีเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับไขมันชั้นและโพลีเอทิลีนที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C พบว่าหลังการฉายรังสี UV-C ไขมันชั้นและโพลีเอทิลีนมีค่า R_f ใกล้เคียงกับก่อนการฉายรังสี UV-C แสดงว่าหลังการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ยังคงมีสารสำคัญคงอยู่ไม่หายไป นอกจากนี้ยังพบความเข้มของแถบสารแต่ละแถบในตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่างมีความเข้มของแถบสารที่ใกล้เคียงกัน จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการฉายรังสี UV-C ไม่ได้มีผลต่อเอกลักษณ์ทางเคมีหรือคุณภาพทางยาของโพลีเอทิลีน

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

พืชสมุนไพรนั้นมีความสำคัญต่อวิชาชีพการแพทย์แผนไทย เนื่องด้วยแพทย์แผนไทยมีการนำพืชสมุนไพรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการปรุงยารักษาโรค หรือนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ในการดูแลสุขภาพ โดยก่อนที่จะนำวัตถุดิบพืชสมุนไพรมาใช้ในการปรุงยาหรือผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพต่างๆ จะต้องมีการตรวจสอบถึงคุณภาพทางยาเพื่อให้แน่ใจว่าวัตถุดิบพืชสมุนไพรนั้นมีความสำคัญทางยา และไม่มี การตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนัก สารเคมีตกค้างและจุลินทรีย์เพื่อความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภค (กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. กระทรวงสาธารณสุข, 2562) แต่ในปัจจุบัน เกิดปัญหาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร ซึ่งการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์มีโอกา สเกิดขึ้นได้ในทุกๆ ขั้นตอนของกระบวนการผลิตวัตถุดิบพืชสมุนไพรตั้งแต่การปนเปื้อนในต้นพันธุ์ กระบวนการขยายพันธุ์ การเพาะปลูก การดูแล และการเก็บเกี่ยว จนถึงขั้นตอนการแปรรูปก่อนนำ วัตถุดิบพืชสมุนไพรมาใช้ปรุงเป็นยา โดยปัจจุบันมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อน เชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรโดยการนำวัตถุดิบพืชสมุนไพรมาฉายด้วยรังสีแกมมาที่เป็นคลื่น แม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูงซึ่งมีความสามารถในการทะลุทะลวงสูง พบว่าสามารถลดปริมาณ เชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ แต่มีข้อจำกัดในด้านสถานที่ในการฉายรังสีแกมมาที่มีจำนวนจำกัด ทำ ให้ใช้เวลาในการรอคิวฉายรังสีที่นาน และมีค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้การใช้รังสีแกมมาในพืชสมุนไพร ยังส่งผลกระทบต่อสารสำคัญประเภทน้ำมันหอมระเหยบางชนิดและบางประเทศนั้นยังไม่ยอมรับ วัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา อย่างไรก็ตามยังมีรังสีอีกหนึ่งชนิด ที่มีความอันตราย น้อยกว่ารังสีแกมมาและสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือ รังสี UV-C ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการฆ่า เชื้อจุลินทรีย์ได้ ซึ่งการนำรังสี UV-C มาใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์สามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว กระบวนการไม่ยุ่งยาก และมีการประยุกต์ใช้ในทางด้านการแพทย์ เช่น การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ใน เครื่องมืออุปกรณ์ผ่าตัด รวมถึงห้องปฏิบัติการทั้งในโรงพยาบาลและในโรงงานอุตสาหกรรม (ศรี ประภา เนตรนิยมและคนอื่นๆ, 2562) แต่ยังไม่มีการนำรังสี UV-C มาประยุกต์ใช้ในการลดการ ปนเปื้อนในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยา

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C สำหรับใช้ในการลดการปนเปื้อน เชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร รวมถึงศึกษาคุณภาพทางยาด้วยการตรวจสอบเอกลักษณ์ (Fingerprint) ของพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยาหลังจากการฉายด้วยรังสี UV-C เพื่อตรวจสอบว่ารังสี UV-C สามารถลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสารสำคัญของ

พืชสมุนไพรที่จะใช้ทำยา สำหรับการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกวัตถุดิบพืชสมุนไพรคือ ขมิ้นชันและไพล ซึ่งพืชสมุนไพรทั้ง 2 จะใช้ส่วนหัวเหง้าเป็นส่วนใหญ่ทำยา โดยส่วนหัวเหง้าเป็นส่วนใหญ่ที่อยู่ใต้ดิน และภายในดินมักเป็นที่อยู่ของเชื้อจุลินทรีย์จำนวนมาก เช่น *Clostridium* spp., *E.coli*, *Salmonella* spp. และเชื้อรา เป็นต้น จึงทำให้ขมิ้นชันและไพลมีโอกาสปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้

จากการศึกษาความรู้ของรังสี UV-C ที่มีผลต่อการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร ได้แก่ กลไกการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยรังสี UV-C, ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนในยาสมุนไพรและการใช้รังสี UV-C, ความเข้มหรือปริมาณของรังสี UV-C ที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (UV dose), ระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี UV-C, ระยะห่างระหว่างหลอด UV-C กับเชื้อจุลินทรีย์, ความชื้นที่มีผลต่อการทำงานของรังสี UV-C และความสามารถในการทะลุทะลวงของรังสี UV-C สามารถสรุปเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการนำรังสี UV-C มาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนในวัตถุดิบพืชสมุนไพรได้ ดังต่อไปนี้

- 1) หลอดรังสี UV-C ที่ใช้ต้องมีค่า UV dose ที่เหมาะสมหรือเพียงพอในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์
- 2) มีระยะเวลาในการฉายที่เหมาะสมสำหรับการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร เนื่องจากโครงสร้างและความทนทานของเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดแตกต่างกัน จึงต้องศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด
- 3) ระยะห่างระหว่างหลอดรังสี UV-C กับวัตถุดิบพืชสมุนไพรต้องไม่เกิน 2 เมตร เนื่องจากหลอดรังสี UV-C จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการปล่อยความเข้มแสงได้ที่ในระยะทางไม่เกิน 2 เมตร หากระยะห่างมากกว่า 2 เมตรขึ้นไป ความเข้มแสงของรังสี UV-C จะลดลงในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ให้ตายจึงต้องมีการเพิ่มระยะเวลาในการฉาย
- 4) เนื่องจากความชื้นในอากาศส่งผลประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ให้ลดลง วัตถุดิบพืชสมุนไพรนั้นต้องมีความชื้นต่ำ เนื่องจากรังสี UV-C จะมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุดในสภาพอากาศที่แห้งหรือความชื้นในอากาศต่ำ
- 5) เนื่องด้วยความสามารถในการทะลุทะลวงของรังสี UV-C ต่ำ จึงมีการเลือกใช้วัตถุดิบสมุนไพรในรูปแบบผงบดละเอียดเพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของวัตถุดิบพืชสมุนไพรให้สัมผัสกับรังสี UV-C อย่างทั่วถึง นอกจากนี้จำเป็นต้องมีการออกแบบชั้นวางวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่สามารถเคลื่อนที่ได้เพื่อให้วัตถุดิบพืชสมุนไพรไม่เกิดการบดบังกันและเพิ่มโอกาสสัมผัสกับรังสี UV-C ได้อย่างทั่วถึง

จากปัจจัยดังกล่าวนี้จะนำไปสู่การออกแบบและผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ที่มีลักษณะดังนี้

1. เป็นเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ รูปแบบวงรี ที่มีสายพานลำเลียงวัตถุดิบสมุนไพรที่สามารถเคลื่อนที่ได้ซึ่งมีความเร็วของการเคลื่อนที่ 1 รอบ เท่ากับ 1 นาที

2. ประกอบไปด้วยหลอดรังสี UV-C จำนวน 24 หลอด หลอดละ 36W ทำให้มีความเข้มของรังสี UV-C (UV dose) เท่ากับ 1400 W/m^2
3. มีช่องสำหรับใส่วัตถุดิบสมุนไพร และช่องสำหรับตรวจสอบการเคลื่อนที่ของสายพานและวัตถุดิบสมุนไพร
4. วัสดุที่ใช้ผลิตทำจากโลหะซึ่งสามารถป้องกันการสัมผัสกับรังสี UV-C ของผู้ใช้งาน
5. สามารถบรรจุวัตถุดิบสมุนไพรในรูปแบบผงละเอียดได้ จำนวน 5-10 กิโลกรัม
6. สามารถแยกส่วนของโรงครอบได้ทำให้สามารถทำความสะอาดได้ง่าย
7. มีแผงควบคุมการเปิด-ปิดหลอดรังสี UV-C และมอเตอร์

จากนั้นจึงนำขมิ้นชันและไพลในรูปแบบผงละเอียดทั้ง 2 ชนิด มาทำการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยทำการฉายรังสี UV-C ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ ในขมิ้นชันและไพลแห้งบดละเอียดที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง และทำการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในขมิ้นชันและไพลแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับขมิ้นชันและไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ผลการศึกษาพบว่า เครื่องฉายรังสี UV-C สามารถลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างวัตถุดิบสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดได้ โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้รังสี UV-C ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ คือ 3-5 ชั่วโมง สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางยาโดยการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของขมิ้นชันและไพลแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับขมิ้นชันและไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C พบว่าหลังการฉายรังสี UV-C ขมิ้นชันและไพลยังคงมีสารสำคัญคงอยู่ไม่หายไป ปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าการฉายรังสี UV-C ไม่ได้มีผลต่อเอกลักษณ์ทางเคมีหรือคุณภาพทางยาของไพลแห้งบดละเอียด

จากการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า การฉายรังสี UV-C ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ สามารถลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรได้ รวมถึงยังคงปริมาณสารสำคัญในพืชสมุนไพร ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ในการปรุงยาของแพทย์แผนไทยในการประกอบการคลินิกแพทย์แผนไทย รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมยาไทยได้

5.2 เสนอแนะ

5.2.1 การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาและทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ การนำมาประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมยาแผนโบราณ หรือในคลินิกประกอบการ จึงต้องมีการต่อยอดและ

พัฒนาเครื่องมือ อุปกรณ์ในการฉายรังสี UV-C รวมถึงการคำนวณความคุ้มค่าในการฉายรังสี UV-C เพิ่มเติม

5.2.2 การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้วัตถุดิบพืชสมุนไพรคือ ขมิ้นชันและไพลในการทดลอง โดยมีระยะเวลาในการฉายรังสี UV-C ที่ 3-5 ชั่วโมง ดังนั้นการประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบพืชสมุนไพรชนิดอื่นๆ ควรมีการศึกษาระยะเวลาในการฉายรังสี UV-C ให้เหมาะสมกับวัตถุดิบพืชสมุนไพรแต่ละชนิด

5.2.3 การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาคุณภาพทางยาโดยการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของ ขมิ้นชันและไพลแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับ ขมิ้นชันและไพลแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ซึ่งเป็นการทดลองเบื้องต้น ยังไม่ได้ตรวจวัดปริมาณสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางยาในขมิ้นชันและไพล ดังนั้นควรมีการศึกษาเกี่ยวกับ ปริมาณสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางยาในขมิ้นชันและไพลเพิ่มเติม

บรรณานุกรม

- กระทรวงสาธารณสุข. กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. (2562). *ข้อกำหนดคุณภาพสมุนไพร (Monograph)*. <https://www.phonabon.go.th/>
- กุลธิดา อัมพันธ์ทอง, ธัญชนก ขวัญปึกและพรสกลิต มีสกลิต. (2561). การพัฒนาแหล่งผลิตและผลิตภัณฑ์สุขภาพจากสมุนไพรเขตสุขภาพที่ 9. *วารสารอาหารและยา*, 1, 40-49.
- นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. (2554). *จุลชีววิทยาทั่วไป* (พิมพ์ครั้งที่ 9). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ผกากรอง วนไพศาล. (2563). *การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี (UVC)*. <https://pharmacy.mahidol.ac.th>
- พระราชบัญญัติคุ้มครองและส่งเสริมภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทย พ.ศ. 2542. (2542, พฤศจิกายน 29). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 116 ตอนที่ 120 ก. น. 50.
- มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. คณะเภสัชศาสตร์. (ม.ป.ป.). *สมุนไพรชั้น*. <https://apps.phar.ubu.ac.th/thaicrudedrug/main.php?action=viewpage&pid=34>
- มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. คณะเภสัชศาสตร์. (ม.ป.ป.). *ไพล*. <https://apps.phar.ubu.ac.th/thaicrudedrug/main.php?action=viewpage&pid=96>
- ศรีประภา เนตรนิม (บ.ก.). (2562). *แนวทางการใช้ UV ทำลายเชื้อโรค*.
- ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 9. (2554). *การประเมินความเสี่ยงด้านคุณภาพและความปลอดภัยของสมุนไพรด้านการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์*. ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 9.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. (ม.ป.ป.). *หลักเกณฑ์การพิจารณาขึ้นทะเบียนตำรับยาแผนโบราณ เกี่ยวกับมาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และโลหะหนัก*. ม.ป.ท.
- สำนักยาและวัตถุเสพติด กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2563). *Thai Herbal Pharmacopoeia 2020*. ศูนย์สื่อและสิ่งพิมพ์แก้วเจ้าจอม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- อาลักษณ์ ทิพย์รัตน์. (2561). *โครงการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี UV/Ozone ในการกำจัดเชื้อ E. Coli/Coliforms ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารและสินค้าระหว่างผลิตเพื่อลดน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตอาหารและน้ำวัตถุดิบระหว่างผลิตกลับมาใช้ใหม่*. https://dspace.lib.buu.ac.th/bitstream/1234567890/3698/3/2563_190.pdf

- Abbasi BH, Khan T, Khurshid R, Nadeem M, Drouet S, Hano C. (2021). UV-C mediated accumulation of pharmacologically significant phytochemicals under light regimes in in vitro culture of *Fagonia indica* (L.). *Sci Rep*, 12;11(1), 679.
- Esra DB. and Gurbuz G. (2018). Ultraviolet (UV-C) radiation as a practical alternative to decontaminate thyme (*Thymus vulgaris* L.). *The International Conference on Raw Materials to Processed Foods*, e13842.
- Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation. (2020). *UVC Sterilization*. Ministry of Higher Education.
- Takeda F, Janisiewicz WJ, Short BD, Leskey TC, Stager A. (2021). *Ultraviolet-C (UV-C) for disease and pest management and automating UV-C delivery technology for strawberry*. *Acta Horticulturae*.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.76>.

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ - สกุล นายจักรกฤษณ์ คณารีย์

วัน เดือน ปี เกิด 16 กรกฎาคม 2530

ที่อยู่ปัจจุบัน

เลขที่ 16/7 หมู่ 2 ตำบล ชี้เหล็ก

อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2561	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2556	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2552	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2552-2553	นักเทคนิคการแพทย์ ประจำโรงพยาบาลเซ็นทรัลเอนเนอร์ล เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2556-2560	ผู้ช่วยนักวิจัย คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัย พะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา
พ.ศ. 2561 - ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำ วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและ การแพทย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ - สกุล นางสาววนิษา ปันฟ้า

วัน เดือน ปี เกิด 5 ธันวาคม 2527

ที่อยู่ปัจจุบัน

เลขที่ 398 หมู่ 8 ตำบล เหมืองจี้

อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2558	วิทยาศาสตร์สุขภาพบัณฑิต สาขาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2550	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2550-2552	ผู้ช่วยนักวิจัย ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2558-2560	นักวิจัยผู้ช่วย ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2561 - ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำ วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและ การแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ - สกุล นางพรพรรณ มณีวรรณ

วัน เดือน ปี เกิด 12 มิถุนายน 2533

ที่อยู่ปัจจุบัน

เลขที่ 636 หมู่ 4 ตำบล ริมกก

อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

ประวัติการศึกษา

- | | |
|-----------|--|
| พ.ศ. 2562 | การแพทย์แผนไทยมหาบัณฑิต สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย
วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย |
| พ.ศ. 2556 | การแพทย์แผนไทยบัณฑิต สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย
วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย |

ประสบการณ์การทำงาน

- | | |
|----------------------|--|
| พ.ศ. 2556 - ปัจจุบัน | อาจารย์ประจำ วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและ
การแพทย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย |
|----------------------|--|

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ - สกุล นายทวีศักดิ์ หลีแก้วสาย

วัน เดือน ปี เกิด 17 ตุลาคม 2535

ที่อยู่ปัจจุบัน

เลขที่ 53 หมู่ 4 ตำบลแม่หมอก

อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2564	การแพทย์แผนไทยมหาบัณฑิต สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย
พ.ศ. 2558	การแพทย์แผนไทยบัณฑิต สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2558 - ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำ วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
----------------------	---

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ - สกุล นายศราวุฒิ ทับช่วยขวา

วัน เดือน ปี เกิด 6 ธันวาคม 2535

ที่อยู่ปัจจุบัน

เลขที่ 161 หมู่ 4 ตำบลหนองจะบก

อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2564	การแพทย์แผนไทยมหาบัณฑิต สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย
พ.ศ. 2558	การแพทย์แผนไทยบัณฑิต สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2558 - ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำ วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและ การแพทย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
----------------------	--