

การพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C ในคลินิกแพทย์แผนไทยสำหรับลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบ พืชสมุนไพรที่ใช้ทำยา กรณีศึกษา ขมิ้นชัน

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.

(Received: February 5, 2024 ; Revised: February 18, 2024 ; Accepted: February 24, 2024)

จักรกฤษณ์ คณารีย์¹ วนิษา ปันฟ้า¹ พรพรรณ มณีวรรณ¹ ศราวุฒิ ทับช่วยขวา¹ ทวีศักดิ์ หลีแก้วสาย²
Chakkrit Khanaree, Ph.D.¹ Wanisa Punfa, ¹ Pornphun Maneewan¹ Sarawut Thapchuaikhw¹
Taweesak Leekaewsai²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เพื่อพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C ในคลินิกแพทย์แผนไทยสำหรับใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร และตรวจสอบคุณภาพทางยาของวัตถุดิบพืชสมุนไพรภายหลังการฉายรังสี UV-C ในตัวอย่างขมิ้นชัน โดยเริ่มจากศึกษาความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C เพื่อนำมาออกแบบและผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฉายรังสี UV-C ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในขมิ้นชัน ตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมือ (Fingerprint) ด้วยวิธี Thin layer chromatography ตรวจสอบปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก รวมและสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม พร้อมทั้งตรวจสอบฤทธิ์ชีวภาพเบื้องต้น ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS assay ในขมิ้นชันที่ผ่านการฉายรังสี UV-C เทียบกับขมิ้นชันที่ไม่ผ่านการฉายรังสี UV-C จากการศึกษาความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C ที่มีผลต่อการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ สามารถออกแบบและผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ในลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์รูปวงรี ที่ผลิตจากโลหะที่รังสี UV-C ไม่สามารถทะลุทะลวงออกมายังผู้ใช้งานได้ มีระบบควบคุมการปิด-เปิดภายนอกตู้ มีระบบสายพานทำให้วัตถุดิบพืชสมุนไพรสามารถเคลื่อนที่ได้ จึงทำให้รังสี UV-C สามารถสัมผัสกับวัตถุดิบพืชสมุนไพรได้อย่างทั่วถึง ภายในเครื่องฉายรังสี UV-C มีจำนวนหลอด UV-C และ UV dose ที่เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฉายรังสี UV-C พบว่าสามารถลดการปนเปื้อนเชื้อราและเชื้อ *Clostridium* spp. ที่พบในขมิ้นชันได้ นอกจากนี้ยังพบว่าลายพิมพ์นิ้วมือ (Fingerprint) ของขมิ้นชันที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ไม่แตกต่างกัน รวมถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันในขมิ้นชันที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ดังนั้นเครื่องฉายรังสี UV-C สามารถลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในขมิ้นชันได้ โดยไม่มีผลต่อคุณภาพทางยาของขมิ้นชัน

คำสำคัญ: รังสี UV-C; การปนเปื้อน; เชื้อจุลินทรีย์; วัตถุดิบพืชสมุนไพร; ขมิ้นชัน

ABSTRACT

This study aimed to develop the UV-C projection machine in Thai traditional medicine clinic for the reduction of microbial contamination in medicinal plant raw materials and to examine the medicinal quality of medicinal plant raw materials after UV-C irradiation: a case study of *Curcuma longa* Linn. Thus, the knowledge of UV-C radiation was studied to design and manufacture a UV-C projection machine for reducing microbial contamination. Then, the UV-C projection machine's disinfection efficiency was examined in *Curcuma longa* Linn. Moreover, the fingerprint by thin layer chromatography, total phenolic contents, total flavonoid contents, and antioxidant capacities by DPPH and ABTS assay were further determined in *Curcuma longa* Linn. after exposure with UV-C radiation compared with non-exposure. After studying the

¹ วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย

² ผู้ประพันธ์บรรณกิจ : วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย

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 characteristics as follows; in the form of an oval tunnel-type cabinet made from metal that UV-C radiation cannot penetrate the user, there is an on/off switch outside the cabinet, there is a conveyor system that allows the medicinal plant materials to move and UV-C radiation could be contacted with medicinal plant raw materials thoroughly, and there are a sufficient number of UV-C lamps and a UV dose to kill microorganisms inside the UV-C projection machine. The results of the efficiency of the UV-C projection machine found that it could reduce fungi and *Clostridium* spp. contamination in *Curcuma longa* Linn. Moreover, *Curcuma longa* Linn. after exposure to UV-C radiation, had no difference in the TLC fingerprint, total phenolic contents, total flavonoid contents, and antioxidant capacities when compared with non-exposure. Thus, the UV-C projection machine could be the reduction of microbial contamination without affecting the medicinal quality of *Curcuma longa* Linn.

Keywords: UV-C; Contamination; Microbials; Medicinal Plant Raw Material; *Curcuma longa* Linn.

บทนำ

พืชสมุนไพรนั้นมีความสำคัญต่อวิชาชีพการแพทย์แผนไทยเนื่องจากแพทย์แผนไทยมีการนำพืชสมุนไพรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการปรุงยารักษาโรค โดยก่อนที่จะนำวัตถุดิบพืชสมุนไพรใช้ในการปรุงยาต่างๆ จะต้องมีการตรวจสอบถึงคุณภาพทางยาเพื่อให้แน่ใจว่าวัตถุดิบพืชสมุนไพรนั้นมีสารสำคัญทางยา รวมถึงมีการตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนัก สารเคมีตกค้างและจุลินทรีย์ซึ่งเป็นการตรวจสอบความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภค¹ ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพทางยาและความปลอดภัยของวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ในการปรุงยาต่างๆ จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก แต่ในปัจจุบันเกิดปัญหาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร โดยมีรายงานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่มีการตรวจวิเคราะห์วัตถุดิบพืชสมุนไพรจำนวน 94 ตัวอย่าง พบมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 44.68²

ปัจจุบันมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรโดยการนำวัตถุดิบพืชสมุนไพรมาฉายด้วยรังสีแกมมาที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูงซึ่งมีความสามารถในการทะลุทะลวงสูง พบว่าสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ แต่มีข้อจำกัดในด้านสถานที่ในการฉายรังสีแกมมาที่มีจำนวนจำกัด ทำให้ใช้เวลาในการรอคิวฉายรังสีที่นาน และมีค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้การใช้รังสีแกมมาในพืชสมุนไพรยังส่งผลกระทบต่อสารสำคัญประเภทน้ำมันหอมระเหยบางชนิดและในบางประเทศนั้นยังไม่ยอมรับวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา³ อย่างไรก็ตามยังมีรังสีอีกหนึ่งชนิด ที่มีความอันตรายน้อยกว่ารังสีแกมมาและสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือ รังสี

UV-C ที่มีระดับความยาวคลื่นเท่ากับ 253.7 nm จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งการนำรังสี UV-C มาใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์สามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว กระบวนการไม่ยุ่งยาก และมีการประยุกต์ใช้ทางด้านการแพทย์ เช่น การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในเครื่องมืออุปกรณ์ผ่าตัด รวมถึงห้องปฏิบัติการทั้งในโรงพยาบาลและในโรงงานอุตสาหกรรม⁴ แต่ยังไม่มีการนำรังสี UV-C มาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยา

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C ในคลินิกแพทย์แผนไทยสำหรับใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร โดยรวบรวมความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C ที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร ได้แก่ กลไกการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยรังสี UV-C ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีการกำหนดมาตรฐานด้านการปนเปื้อนในยาสมุนไพรและการใช้รังสี UV-C ความเข้มหรือปริมาณของรังสี UV-C (UV dose) ที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ระยะทางและระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี UV-C ความชื้นที่มีผลต่อการทำงานของรังสี UV-C และความสามารถในการทะลุทะลวงของรังสี UV-C จากเอกสาร ตำราและบทความวิจัยต่างๆ จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการนำรังสี UV-C ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบและพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C พร้อมทั้งศึกษาคุณภาพทางยาด้วยการตรวจสอบเอกลักษณ์ (Fingerprint) รวมถึงปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ทางชีวภาพเบื้องต้นของพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยาหลังจากการฉายด้วยรังสี UV-C ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ที่พัฒนาขึ้นมา เพื่อตรวจสอบว่าเครื่องฉายรังสี UV-C ที่พัฒนาขึ้นมาสามารถลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสารสำคัญ

ของพืชสมุนไพรที่จะใช้ทำยา โดยการศึกษานี้ได้คัดเลือกวัตถุดิบพืชสมุนไพรคือ ขมิ้นชัน เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากขมิ้นชันจะใช้ส่วนหัวเหง้าทำยา โดยส่วนหัวเหง้าเป็นส่วนที่อยู่ใต้ดิน และภายในดินมักเป็นที่อาศัยอยู่ของเชื้อจุลินทรีย์จำนวนมากจึงทำให้ขมิ้นชันมีโอกาสปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่าย นอกจากนี้ขมิ้นชันยังเป็นพืชสมุนไพรที่ถูกนำมาปรุงเป็นยารักษาโรคของแพทย์แผนไทยที่มีการนำมาใช้บอ้ยทั้งสมุนไพรเดี่ยวและปรุงเป็นตำรับยา เช่น ยาขมิ้นชัน ยาคุมธาตุ เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฉายรังสี UV-C สำหรับใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพทางยาของวัตถุดิบพืชสมุนไพรภายหลังผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C กรณีศึกษา ขมิ้นชัน

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เริ่มจากการวิจัยเอกสาร (Documentary Research) จากแหล่งข้อมูลบทความและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้ของการใช้รังสี UV-C ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบและพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C จากนั้นทำวิจัยเชิงคุณภาพในการทดสอบประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยาของเครื่องฉายรังสี UV-C และเปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือ (Fingerprint) ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยาก่อนและหลังการฉายรังสี UV-C พร้อมทั้งทำการวิจัยเชิงปริมาณในการตรวจสอบปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ทางชีวภาพเบื้องต้นในวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ทำยาเปรียบเทียบก่อนและหลังการฉายรังสี UV-C โดยมีรายละเอียดวิธีการวิจัยดังนี้

การเตรียมวัตถุดิบพืชสมุนไพร

การศึกษานี้ได้ใช้ขมิ้นชันเป็นวัตถุดิบพืชสมุนไพรในการทดสอบประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ของเครื่องฉายรังสี UV-C โดยนำขมิ้นชันมาอบที่อุณหภูมิ 50 °C ด้วยตู้อบสมุนไพรชนิดไฟฟ้าเป็นระยะเวลา 4-5 ชั่วโมง เพื่อลดปริมาณความชื้นในวัตถุดิบพืชสมุนไพร จากนั้นทำการบดขมิ้นชันให้อยู่ในรูปแบบผงละเอียด พร้อมทั้งร่อนผงยาขมิ้นชันด้วยตะแกรงเบอร์ 80 และวัดความชื้นของสมุนไพร⁵

การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องฉายรังสี UV-C ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในขมิ้นชัน

นำตัวอย่างขมิ้นชันแห้งบดละเอียด จำนวน 10 กรัม มาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3, และ 5 ชั่วโมง ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ที่พัฒนาขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ จากนั้นทำการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในขมิ้นชันแห้งบดละเอียด ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3, และ 5 ชั่วโมงเปรียบเทียบกับขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ด้วยวิธี Standard plate count โดยการศึกษาครั้งนี้จะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 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 โดยนำขมิ้นชันแห้งบดละเอียดจำนวน 1 กรัม มาผสมกับสารละลายฟอสเฟต (Phosphate buffer) จำนวน 9 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากัน รอให้ตกตะกอนและนำมาเจือจางเพื่อให้ได้ความเข้มข้นต่างๆ หยดตัวอย่างจำนวน 0.1 มิลลิลิตร ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิด และทำการกระจายเชื้อด้วยวิธี Spread Plate ทำการบ่มเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาทำการตรวจนับจำนวนโคโลนี (Colony) ของจุลินทรีย์ และคำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์⁶

การศึกษาคุณภาพทางยาของขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C

นำตัวอย่างขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3, และ 5 ชั่วโมง ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C และขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C มาทำการตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมือ (Fingerprint) ด้วยวิธี Thin layer chromatography (TLC) โดยชั่งขมิ้นชันแห้งบดละเอียดจำนวน 1 กรัม นำมาสกัดด้วย 80% เอทานอล ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และนำมาเขย่าประมาณ 10 นาที ด้วยเครื่องเขย่าสาร แล้วแช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลาทำการกรองผ่านกระดาษกรอง เพื่อแยกสารสกัดออกจากกากที่เหลือ จากนั้นนำสารสกัดปริมาตร 0.01 มิลลิลิตร มาหยดลงบนแผ่นอลูมิเนียมที่เคลือบด้วย Silica gel ที่ใช้เป็นวัสดุภาคคงที่ แล้วนำไปวางในภาชนะปิด (Developing chamber) ที่เตรียมไว้ ที่มีวัฏภาคเคลื่อนที่ โดยมีวัฏภาคเคลื่อนที่ คือ Chloroform: Methanol ในอัตราส่วน 95:5 จากนั้นนำแผ่นอลูมิเนียมที่เคลือบด้วย Silica gel ออกจากภาชนะปิด

(Developing chamber) ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วนำไปตรวจสอบภายใต้แสงธรรมชาติและภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) ที่ความยาวคลื่น 254 และ 366 นาโนเมตร⁷ พร้อมทั้งตรวจสอบตำแหน่งและสีของแถบสาร เพื่อหาค่าคงที่อัตราไหล (Rate of flow: R_f) รวมถึงความเข้มข้นแถบสาร

การสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียด

นำขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3, และ 5 ชั่วโมง ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C และขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C จำนวน 20 กรัม นำมาสกัดด้วย เอทานอล 70% ปริมาตร 200 มิลลิลิตร โดยการปั่นทิ้งไว้ข้ามคืน จากนั้นนำสารสกัดมากรองแยกกากด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำมาระเหยเอทานอลออกด้วย Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และจึงนำมาทำให้เป็นผงแห้งด้วยเครื่อง Freeze dryer จะได้สารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียด⁸ จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลักซ์เคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total phenolic content)

ละลายสารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ความเข้มข้นต่างๆ ผสมกับสารละลายฟอลิน-ซีโอแคลทู (10% Folin–Ciocalteu) เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate : Na_2CO_3) เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องในที่มืด 30 นาที นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิด Microplate reader ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้ น้ำกลั่นเป็นสารละลายอ้างอิง จากนั้นนำค่าที่วัดได้เทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก โดยแสดงค่าในหน่วย mg Gallic acid equivalent (GAE)/g extract การทดสอบจะทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย⁹

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (Total flavonoid content)

ละลายสารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ความเข้มข้นต่างๆ มาทำการผสมด้วยสารละลาย 5% Sodium nitrite (NaNO_2) หลังจากนั้น 5 นาทีเติมสารละลาย 10% Aluminum chloride (AlCl_3) และเติม 1M Sodium hydroxide (NaOH) ทิ้งไว้อีก 10 นาที เขย่าให้เข้ากันและนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิด Microplate reader จากนั้นนำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปคำนวณหาปริมาณของสารประกอบ ฟลาโวนอยด์รวมเทียบกับกราฟ

มาตรฐาน Catechin โดยแสดงค่าในหน่วย mg Catechin equivalent (CE)/g extract การทดสอบจะทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย¹⁰

การทดสอบความสามารถในการกำจัดสารอนุมูลอิสระชนิด DPPH ของสารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียด

นำสารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 20 μL มาทำการผสมกับสารอนุมูลอิสระชนิด DPPH (0.2 mM DPPH) 180 μL ใน 96-well plate ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 15 นาทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรโดยใช้เครื่อง ELISA plate reader โดยใช้เมทานอลเป็นสารละลายอ้างอิงของ Control และใช้เมทานอลผสมกับสารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ความเข้มข้นต่างๆ ใช้เป็นสารละลายอ้างอิงของตัวอย่าง การทดสอบจะทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย พร้อมทั้งหาค่าความสามารถในการกำจัดสารอนุมูลอิสระได้ 50% (50% scavenging inhibition : SC_{50})¹¹

การทดสอบความสามารถในการกำจัดสารอนุมูลอิสระชนิด ABTS ของสารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียด

นำสารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 10 μL มาทำการผสมกับ สารอนุมูลอิสระชนิด ABTS 990 μL ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 6 นาทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตรโดยใช้เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้ น้ำกลั่นเป็นสารละลายอ้างอิงของ Control และใช้ น้ำกลั่นผสมกับนำสารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ความเข้มข้นต่างๆ ใช้เป็นสารละลายอ้างอิงของตัวอย่าง การทดสอบจะทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย พร้อมทั้งหาค่าความสามารถในการกำจัดสารอนุมูลอิสระได้ 50% (50% scavenging inhibition : SC_{50})¹¹

วิธีการประเมินผลทางสถิติ

การทดลองเชิงปริมาณจะแสดงผลในรูปแบบ Mean $\pm$ SD และจะพิจารณาความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p < 0.05$) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะใช้ One-way ANOVA ด้วยโปรแกรม SPSS Statistics

ผลการวิจัย

รังสี UV-C เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ 100 - 280 นาโนเมตร โดยเป็นรังสีที่ไม่พบในธรรมชาติ เนื่องจากไม่สามารถผ่านชั้นโอโซนมายังผิวโลก

ได้ ซึ่งรังสี UV-C ที่ความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร พบว่ามีประสิทธิภาพและความสามารถสูงสุดในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ทั้งในกลุ่มแบคทีเรีย เชื้อรา รวมถึงไวรัส โดยการศึกษาส่วนแรกนี้จะเป็นการศึกษาความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C โดยสามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการนำรังสี UV-C มาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนในวัตถุดิบพืชสมุนไพรดังต่อไปนี้

1) หลอดรังสี UV-C ที่ใช้ต้องมีค่า UV dose ที่เหมาะสมหรือเพียงพอในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์

2) มีระยะเวลาในการฉายที่เหมาะสมสำหรับการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร เนื่องจากโครงสร้างและความหนาแน่นของเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดแตกต่างกัน จึงต้องศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด

3) ระยะห่างระหว่างหลอดรังสี UV-C กับวัตถุดิบพืชสมุนไพรต้องไม่เกิน 2 เมตร เนื่องจากหลอดรังสี UV-C จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการปล่อยความเข้มแสงได้ในระยะทางไม่เกิน 2 เมตร หากระยะห่างมากกว่า 2 เมตรขึ้นไป ความเข้มแสงของรังสี UV-C จะลดลงในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ให้ตายจึงต้องมีการเพิ่มระยะเวลาในการฉาย

4) เนื่องจากความชื้นส่งผลประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ให้ลดลง วัตถุดิบพืชสมุนไพรนั้นต้องมีความชื้นต่ำ เนื่องจากรังสี UV-C จะมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุดในสภาพอากาศที่แห้งหรือความชื้นต่ำ

5) เนื่องจากความสามารถในการทะลุทะลวงของของรังสี UV-C ต่ำ จึงมีการเลือกใช้วัตถุดิบสมุนไพรในรูปแบบผงบดละเอียดเพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของวัตถุดิบพืชสมุนไพรให้สัมผัสกับรังสี UV-C อย่างทั่วถึง นอกจากนี้จำเป็นต้องมีการออกแบบชั้นวางวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่สามารถเคลื่อนที่ได้เพื่อให้วัตถุดิบพืชสมุนไพรไม่เกิดการบดบังกันและเพิ่มโอกาสสัมผัสกับรังสี UV-C ได้อย่างทั่วถึง

การออกแบบและผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการ

ผู้วิจัยศึกษารูปแบบของเครื่องฉายรังสี UV-C ที่มีการใช้ในปัจจุบันเพื่อใช้เป็นแนวทางการออกแบบและ

ผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C จากเอกสาร ตำราและบทความวิจัยต่างๆ จากนั้นนำความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการนำรังสี UV-C ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพรและรูปแบบของเครื่องฉายรังสี UV-C ที่มีการใช้ในปัจุบันมาออกแบบและทำการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการ ทางคณะผู้วิจัยได้สรุปลักษณะของเครื่องฉายรังสี UV-C ที่ออกแบบและผลิตโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) เป็นเครื่องฉายรังสี UV-C ที่ผลิตจากโลหะที่รังสี UV-C ไม่สามารถทะลุทะลวงออกมายังผู้ใช้งานได้ มีระบบควบคุมการปิด-เปิดแบบการตั้งเวลาภายนอกตู้เพื่อป้องกันรังสี UV-C กระทบต่อผู้ใช้งานจะมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อมรอบๆ บริเวณที่ทำการทดลอง

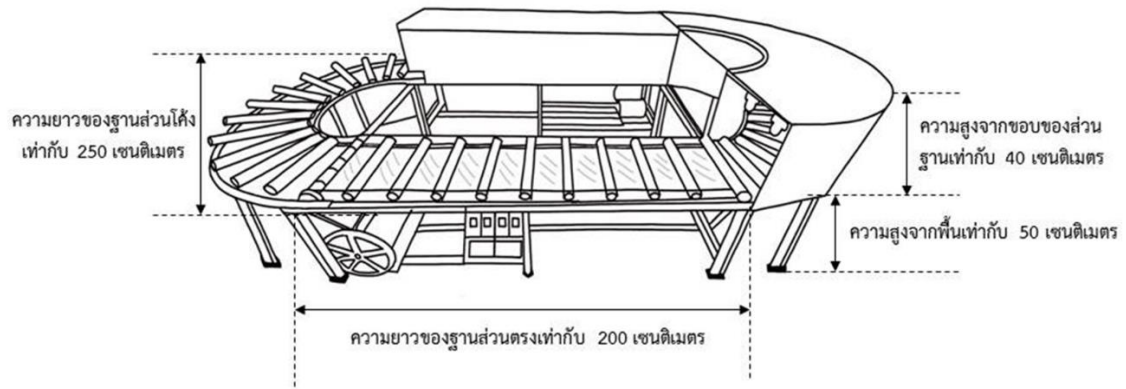
2) เป็นตู้ฉายรังสี UV-C ในลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ โดยเครื่องฉายรังสี UV-C จะเป็นรูปวงรี ฐานเครื่องมีความกว้างเท่ากับ 40 เซนติเมตร มีความยาวเส้นรอบวงเท่ากับ 900 เซนติเมตร ฐานเครื่องมีความสูงจากพื้นเท่ากับ 50 เซนติเมตร พร้อมติดตั้งระบบสายพานให้เคลื่อนที่แบบหมุนรอบด้วยลูกกลิ้งลำเลียงโดยใช้มอเตอร์กำลังแบบทดรอบให้เกิดการหมุน โดยสามารถเคลื่อนที่ได้ซึ่งมีความเร็วของการเคลื่อนที่ 1 รอบ เท่ากับ 1 นาที ส่วนโครงกรอบแบบอุโมงค์มีความกว้างเท่ากับ 40 เซนติเมตร มีความยาวเส้นรอบวงเท่ากับ 900 เซนติเมตร และมีความสูงจากขอบของส่วนฐานเท่ากับ 40 เซนติเมตร

3) ตู้ฉายรังสี UV-C จะต้อง มี UV dose ที่เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และมีหลอด UV-C ที่สามารถฉายได้ทั่วทิศทางเพื่อให้รังสี UV-C สามารถสัมผัสกับวัตถุดิบพืชสมุนไพรได้อย่างทั่วถึง โดยการผลิตครั้งนี้ได้ทำการติดตั้งหลอด UV-C ในส่วนโครงกรอบแบบอุโมงค์จำนวน 24 หลอด แต่ละหลอดมีความยาวคลื่นของรังสี UV-C เท่ากับ 254 นาโนเมตร หลอดละ 36W ทำให้มีความเข้มของรังสี UV-C (UV dose) เท่ากับ 2,280 W/m²

4) เครื่องฉายรังสี UV-C จะมีการออกแบบกลไกให้อากาศของวัตถุดิบสมุนไพรมีการเคลื่อนที่เพื่อให้สามารถฉายรังสี UV-C ได้อย่างทั่วถึง

5) ระยะห่างระหว่างหลอด UV-C กับวัตถุดิบพืชสมุนไพรจะต้องไม่เกิน 2 เมตร

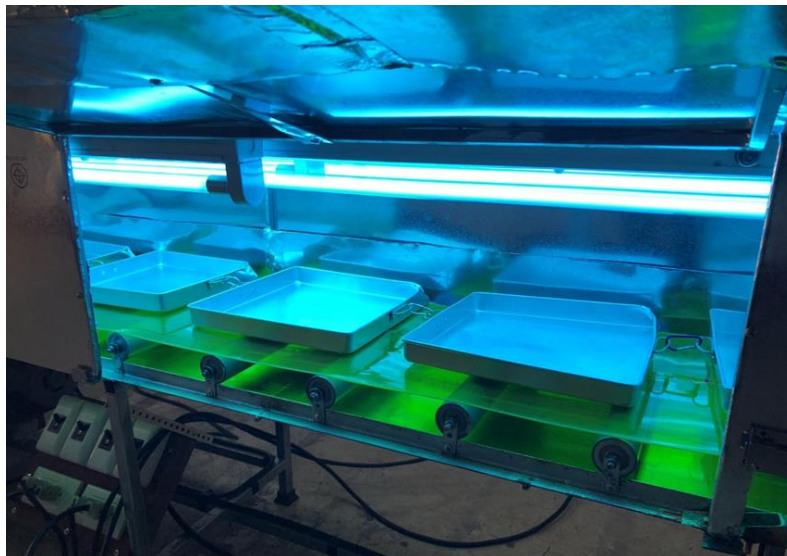
6) สามารถบรรจุวัตถุดิบสมุนไพรในรูปแบบผงละเอียดได้ จำนวน 5-10 กิโลกรัม



รูปที่ 1 แสดงการออกแบบเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์



รูปที่ 2 แสดงเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ที่ทำการผลิตในการศึกษาครั้งนี้



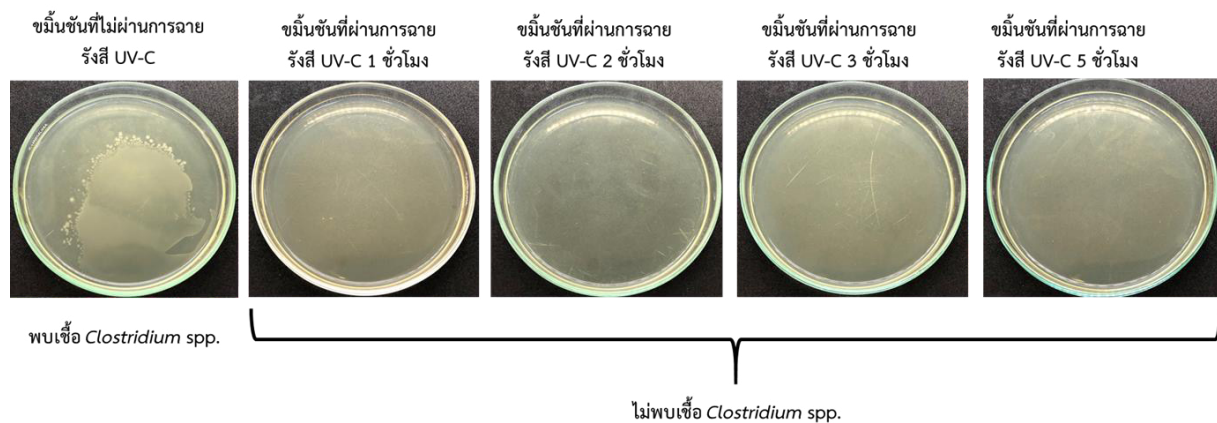
รูปที่ 3 แสดงเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ขณะเปิดรังสี UV-C โดยภายในเครื่องฉายรังสี UV-C มีถาดสำหรับใส่วัตถุพิษสมุนไพร

ประสิทธิภาพของเครื่องฉายรังสี UV-C ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในขมิ้นชันแห้งบดละเอียด

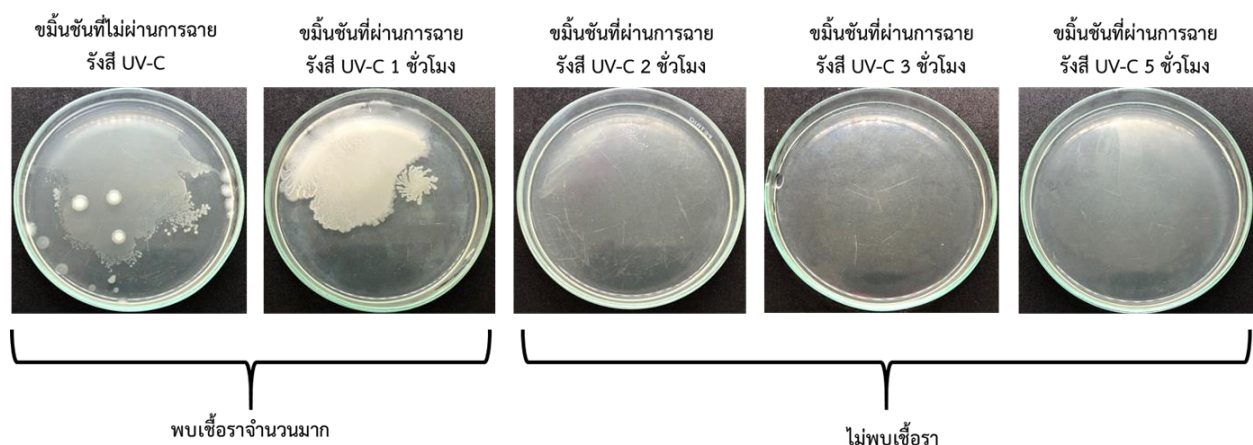
สำหรับการศึกษานี้ใช้ขมิ้นชันเป็นตัวอย่างในการทดลอง โดยขมิ้นชันที่ใช้จะอยู่ในรูปแบบผง

บดละเอียดที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 80 และทำการอบไล่ความชื้น จนมีความชื้นเท่ากับ 3.87% จากนั้นจึงนำไขมันชั้นแห้งบดละเอียด มาทำการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยการฉายรังสี UV-C ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง จากนั้นทำการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ผลการศึกษาพบว่า ไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ตรวจพบการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. และเชื้อรา โดยไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-

C พบเชื้อ *Clostridium* spp. เริ่มต้นจำนวนมาก เมื่อนำไขมันชั้นแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่า ไม่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียด ขณะที่เชื้อราสามารถพบได้ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C จำนวนมากจนไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ เมื่อนำไขมันชั้นแห้งบดละเอียดมาผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 2, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่า ไม่พบการปนเปื้อนเชื้อราในไขมันชั้นแห้งบดละเอียด จากทดลองนี้แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของเครื่องฉายรังสี UV-C ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในไขมันชั้นแห้งบดละเอียดได้ (ดังแสดงในรูปที่ 4-5)



รูปที่ 4 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. ในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์

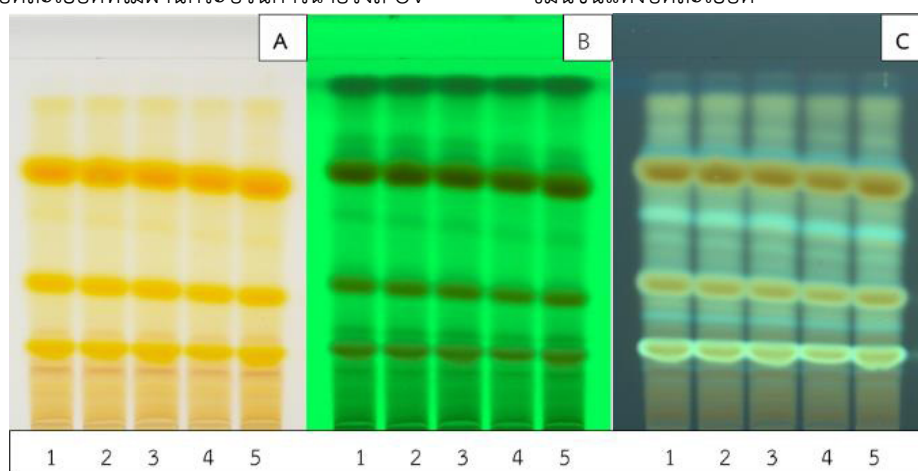


รูปที่ 5 แสดงผลการตรวจการปนเปื้อนเชื้อราในไขมันชั้นที่ผ่านการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์

คุณภาพทางยาของขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C

การศึกษานี้จะทำการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของขมิ้นชันแห้งบดละเอียดจากลายพิมพ์นิ้วมือ (Fingerprint) โดยอาศัยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบชั้นบาง (Thin Layer Chromatography : TLC) เพื่อใช้บ่งบอกคุณภาพทางยาซึ่งเป็นการตรวจสอบสารสำคัญของขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C ผลการศึกษพบว่าขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-

C และขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C เวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง มีเอกลักษณ์ทางเคมีภายใต้แสงธรรมชาติ ภายใต้แสง UV254 และภายใต้แสง UV366 เหมือนกัน คือ สามารถพบแถบของสารจำนวน 3, 5 และ 8 แถบสาร ตามลำดับ โดยสารแต่ละแถบมีค่า R_f ใกล้เคียงกันในทุกตัวอย่าง (แสดงในรูปที่ 6 และตารางที่ 1) นอกจากนี้ยังพบความเข้มของแถบสารแต่ละแถบในตัวอย่างทั้งหมดมีความเข้มของแถบสารที่ใกล้เคียงกัน จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการฉายรังสี UV-C ไม่ได้มีผลต่อเอกลักษณ์ทางเคมีหรือคุณภาพทางยาของขมิ้นชันแห้งบดละเอียด



รูปที่ 6 แสดงผล TLC chromatogram ของขมิ้นชันที่ผ่านและไม่ผ่านการฉายรังสี UV-C

(A) ภายใต้แสงธรรมชาติ (B) ภายใต้แสง UV 254 nm และ (C) ภายใต้แสง UV 366 nm.

Lane 1: ขมิ้นชันไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C; Lane 2: ขมิ้นชันผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C 1 ชม.; Lane 3: ขมิ้นชันผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C 2 ชม.; Lane 4: ขมิ้นชันผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C 3 ชม.; Lane 5: ขมิ้นชันผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C 5 ชม.

ตารางที่ 1 แสดงผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C

Detection	TLC fraction	ค่า R_f สารสกัดขมิ้นชันที่ฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ				
		0 ชม.	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	5 ชม.
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

Detection	TLC	ค่า R _f สารสกัดขมิ้นชันที่ฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาต่างๆ				
	fraction	0 ชม.	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	5 ชม.
	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

ปริมาณสารสำคัญของสารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียด

ขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C และขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C เวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง นำมาสกัดด้วย 70% เอทานอล และเมื่อทำเป็นผงแห้งหรือสารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียดจะมี %Yield เท่ากับ 21.3, 22.2, 22.2, 21.9 และ 21.7% ตามลำดับ จากนั้นนำสารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียดมาทำการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม ผลการศึกษาพบว่า ขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C และขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C เวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม เท่ากับ 164.78 ± 5.66 , 164.40 ± 2.44 , 165.36 ± 3.04 , 166.32 ± 1.41 และ 166.18 ± 2.99 mg GAE/g extract ตามลำดับ ขณะที่ขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C และขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C เวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม เท่ากับ 184.84 ± 4.83 , 187.62 ± 3.00 , 186.24 ± 3.56 , 187.79 ± 3.03 และ 186.17 ± 4.23 mg CE/g extract ตามลำดับ การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการฉายรังสี UV-C ไม่มีผลต่อปริมาณสารสำคัญในขมิ้นชันแห้งบดละเอียด

ความสามารถในการกำจัดสารอนุมูลอิสระของสารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียด

สำหรับการกำจัดสารอนุมูลอิสระของสารสกัดขมิ้นชันแห้งบดละเอียดด้วยเทคนิค DPPH และ ABTS assay พบว่า ขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C และขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C เวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง มีค่า SC₅₀ ในการกำจัดอนุมูลอิสระชนิด DPPH เท่ากับ 56.64 ± 2.28 , 55.87 ± 4.72 , 54.96 ± 4.09 , 54.26 ± 5.36 และ 54.34 ± 6.18 µg/mL ตามลำดับ ขณะที่ขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ไม่ผ่านกระบวนการฉายรังสี UV-C และขมิ้นชันแห้งบดละเอียดที่ผ่านกระบวนการ

ฉายรังสี UV-C เวลา 1, 2, 3 และ 5 ชั่วโมง มีค่า SC₅₀ ในการกำจัดอนุมูลอิสระชนิด ABTS เท่ากับ 16.82 ± 0.95 , 16.52 ± 0.89 , 16.78 ± 0.84 , 16.65 ± 0.88 และ 17.11 ± 1.11 µg/mL ตามลำดับ การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการฉายรังสี UV-C ไม่มีผลต่อฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

อภิปรายผล

รังสี UV-C พบว่ามีประสิทธิภาพและความสามารถในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ทั้งในกลุ่มแบคทีเรีย เชื้อรา รวมถึงไวรัสได้ จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ โดยเฉพาะภายในโรงพยาบาลและห้องปฏิบัติการโดยมีเป้าหมายเพื่อป้องกันการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ให้แก่ผู้ป่วยและการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ ในขณะที่การนำรังสี UV-C มาประยุกต์ใช้ด้านพืชหรือสมุนไพร พบการศึกษาของ Abbasi และคณะ (2021) ที่มีการนำรังสี UV-C มาฉายในสมุนไพร *Fagonia indica* (L.) ที่อยู่ในขวดแก้วขณะที่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยทำการฉายรังสี UV-C ในสมุนไพร *Fagonia indica* (L.) และพบว่า สมุนไพร *Fagonia indica* (L.) ที่ฉายด้วยรังสี UV-C มีปริมาณของสารสำคัญและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในสมุนไพร *Fagonia indica* (L.) มีปริมาณที่ลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้รับการฉายรังสี UV-C¹² รวมถึงการศึกษาของ Takeda และคณะ (2021) ได้ทำการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C แบบหุ่นยนต์อัตโนมัติเพื่อมาใช้ในการควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อราในสตรอว์เบอร์รี โดยทำการฉายรังสี UV-C ในตอนกลางคืนหรือช่วงมืด ผลการศึกษาพบว่าในสตรอว์เบอร์รีที่ผ่านการฉายรังสี UV-C มีปริมาณรอยโรคน้อยกว่าในสตรอว์เบอร์รีที่ไม่ผ่านการฉายรังสี UV-C¹³ จากการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ารังสี UV-C สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในพืชหรือสมุนไพรได้ แต่ยังไม่มีการศึกษาหรือการนำมาใช้กับวัตถุดิบพืชสมุนไพร โดยวัตถุดิบพืชสมุนไพรคือ พืชสมุนไพรที่ผ่านกระบวนการแปรรูปก่อนนำมาปรุงเป็นยา

รักษาโรค ซึ่งมีความสำคัญต่อแพทย์แผนไทยในการรักษาโรคด้วยกรรมวิธีเภสัชเวช แต่เนื่องด้วยกระบวนการแปรรูปพืชสมุนไพรก่อนการปรุงยา ต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอน เช่น การตัดแต่ง การคัดแยกสิ่งแปลกปลอม การล้างทำความสะอาด การลดขนาด การทำเป็นผงหยาบ และผงละเอียด เป็นต้น จึงมีโอกาสนปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มเติมได้ ประกอบเชื้อจุลินทรีย์ที่หลงเหลือในพืชสมุนไพรตั้งแต่เริ่มต้น ดังนั้นการลดการปนเปื้อนในวัตถุดิบพืชสมุนไพรจึงมีความสำคัญต่อการปรุงยาจากสมุนไพรและลดอันตรายหรือผลข้างเคียงที่อาจจะเกิดขึ้นให้กับผู้ป่วยได้

การศึกษานี้จึงได้ทำการศึกษาความรู้เกี่ยวกับรังสี UV-C เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบพืชสมุนไพร โดยทำการศึกษาดังแต่กลไกการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยรังสี UV-C ความเข้มหรือปริมาณของรังสี UV-C ที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ระยะห่างและระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี UV-C ความชื้นที่มีผลต่อการทำงานของรังสี UV-C และความสามารถในการทะลุทะลวงของรังสี UV-C ทำให้ทราบถึงข้อคำนึงหรือปัจจัยในการนำรังสี UV-C มาประยุกต์ใช้กับรังสี UV-C การลดการปนเปื้อนในวัตถุดิบพืชสมุนไพร โดยมีการศึกษาพบว่ารังสี UV-C สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ *Clostridium* spp., *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* และเชื้อราได้ โดยเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้เป็นเชื้อจุลินทรีย์เป้าหมายที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และ Thai Herbal Pharmacopoeia ได้มีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนในยาสมุนไพรไว้¹⁴ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีโครงสร้างที่แตกต่างกันทำให้ความเข้มหรือปริมาณของรังสี UV-C (UV dose) ที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้มีความแตกต่างกันไปด้วย โดยความเข้มหรือปริมาณของรังสี UV-C (UV dose) ที่ 220, 90, 41, 148 และ 3,960 W/m² สามารถฆ่าเชื้อ *Clostridium* spp., *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* และเชื้อรา ตามลำดับ¹⁵ โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการผลิตเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ที่มีหลอดรังสี UV-C จำนวน 24 หลอด แต่ละหลอดจะมีกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 36W ความยาวของหลอดรังสี UV-C คือ 120 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างหลอดรังสี UV-C และวัตถุดิบสมุนไพรประมาณ 1 เมตร ซึ่งสามารถนำมาคำนวณความเข้มหรือปริมาณของรังสี UV-C (UV dose) ของเครื่องฉายรังสี UV-C ได้จากสูตร $E = P (2\alpha + \sin 2\alpha) / 2LD\pi^2$ โดย P คือ ขนาดวัตถุของหลอดไฟ UV-C, L คือ ความยาวของหลอด (เมตร), D คือ ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ UV-C และวัตถุ

เป้าหมาย (เมตร) และ E คือ ความเข้มข้นของรังสี UV-C ที่ระยะใช้งาน (W/m²) โดยหลอดรังสี UV-C 1 หลอด มีความเข้มข้นของรังสี UV-C เท่ากับ 95 W/m² ดังนั้นเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะเครื่องฉายแบบอุโมงค์ในการศึกษาครั้งนี้จะมีความเข้มข้นของรังสี UV-C (UV dose) เท่ากับ 2,280 W/m² ในกรณีที่ตัวอย่างสมุนไพรเคลื่อนที่ครบ 1 รอบของเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฉายรังสี UV-C ลักษณะตู้ฉายแบบอุโมงค์ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพืชสมุนไพร โดยการศึกษานี้ใช้หมั่นชั้นเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากส่วนที่ใช้ปรุงยาหรือมีฤทธิ์ในการรักษาโรคคือหัวเหง้าของหมั่นชั้น ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ใต้ดินและมีโอกาสนปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าส่วนอื่นๆ โดยการนำหมั่นชั้นมาทำการทดลองจะต้องทำการเตรียมตัวอย่างให้มีความชื้นต่ำที่สุด เนื่องจากความชื้นในวัตถุดิบพืชสมุนไพรจะส่งผลต่อประสิทธิภาพหรือความสามารถในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของรังสี UV-C อีกทั้งวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่ใช้ในการทดลองต้องมีลักษณะเป็นผงละเอียด เนื่องจากความสามารถในการทะลุทะลวงของรังสี UV-C ที่ต่ำจึงไม่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในส่วนลึกของสมุนไพรได้ โดยผลการศึกษาพบว่าหมั่นชั้นแห้งบดละเอียดมีการปนเปื้อนเชื้อ *Clostridium* spp. และเชื้อรา เมื่อทำการฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ได้หมด นอกจากนี้ยังพบว่าการฉายรังสี UV-C ในหมั่นชั้นแห้งบดละเอียดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลายพิมพ์นิ้วมือ (Fingerprint) โดยอาศัยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบชั้นบาง (Thin Layer Chromatography : TLC) ซึ่งวิธีการนี้ถูกนำมาใช้เป็นวิธีมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพทางยาในทางการแพทย์แผนไทย¹⁶

นอกจากนี้ในการวิจัยเชิงปริมาณได้ทำการตรวจวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม เนื่องจากสารเหล่านี้เป็นสารสำคัญที่สามารถพบได้ในหมั่นชั้นและสารเหล่านี้ยังมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ¹⁷ โดยผลการศึกษาพบว่าการฉายรังสี UV-C ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นชั้น ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวเป็นการยืนยันคุณภาพทางยาอีกทางหนึ่ง

สรุป: รังสี UV-C เป็นรังสีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบสมุนไพรได้โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ

สารสำคัญภายในวัตถุดิบสมุนไพร โดยการศึกษาสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องฉายรังสี UV-C ให้แก่แพทย์แผนไทยที่ใช้พืชสมุนไพรในการปรุงยารักษาโรคในคลินิกแพทย์แผนไทยที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับวัตถุดิบพืชสมุนไพรที่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งในหน่วยงานของภาครัฐหรือเอกชน รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมยาไทยได้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนสนับสนุนงานวิจัยเพื่อการพัฒนา สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่มอบทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณบุคลากรและเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องทุกท่านของวิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการสนับสนุน ทำให้งานวิจัยสำเร็จลงด้วยดี

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. กระทรวงสาธารณสุข. ข้อกำหนดคุณภาพสมุนไพร (Monograph) [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [สืบค้นเมื่อ 10 ธ.ค. 66]. เข้าถึงจาก: <https://www.phonabon.go.th/>
2. ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 9. การประเมินความเสี่ยงด้านคุณภาพและความปลอดภัยของสมุนไพรด้านการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ [อินเทอร์เน็ต]. 2554. [สืบค้นเมื่อ 23 ต.ค. 66]. เข้าถึงจาก: https://cloud.dmsc.moph.go.th/itc/annual_report/pdf/2559/59-9.pdf
3. เขาวลิต มณฑล. การฉายรังสีแกมมา: กระบวนการทำไรเชื้อสำหรับผลิตภัณฑ์สมุนไพร. วารสารไทยโภชนาการ 2566; 8(1):41-54.
4. กองวิโรค. กรมควบคุมโรค. กระทรวงสาธารณสุข. แนวทางการใช้ UV ทำลายเชื้อโรค [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [สืบค้นเมื่อ 20 พ.ย. 66]. เข้าถึงจาก: <https://www.tbthailand.org/>
5. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1 เชียงใหม่. คู่มือการแปรรูปวัตถุดิบสมุนไพร. เชียงใหม่: สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่; 2556.
6. พรพรรณ ก่อใจ, เกียรติภูมิ ลาภภิญโญ และจักรกฤษณ์ คณารีย์. การศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักและเชื้อจุลินทรีย์ในดีปลีที่เพาะปลูกในพื้นที่จำกัด. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 2566; 40(3):43-54.
7. พรพรรณ ก่อใจ, ศิวพงษ์ ต้นสุวรรณวงศ์, กันยานุช เทาประเสริฐ, ยัยยง เทาประเสริฐ และจักรกฤษณ์ คณารีย์. การนำเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบชั้นบางมาปรับใช้ในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ พืชสมุนไพรของแพทย์แผนไทย (กรณีศึกษาขมิ้นชัน). รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการพะเยาวิจัย ครั้งที่ 9; 2563 ม.ค. 23-24; พะเยา.
8. Tonin LT, de Oliveira TF, de Marco IG, Palioto GF and Düsman E. Bioactive compounds and antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of extracts of *Curcuma longa*. J Food Meas Charact 2021;15:3752-3760.
9. Chumphukam O, Pintha K, Khanaree C, Chewonarin T, Chaiwangyen W, Tantipaboonwong P, et al. Potential anti-mutagenicity, antioxidant, and anti-inflammatory capacities of the extract from perilla seed meal. J Food Biochem 2018;42(11):e12556.
10. Min B, McClung AM and Chen MH. Phytochemicals and antioxidant capacities in rice brans of different color. J Food Sci 2011;76(1):C117-126.
11. Wu Q, Er-Bu A, Liang X, Luan S, He C, Yin L, et al. Determination of the main naphthoquinones in *Onosma hookeri* Clarke. var. longifolium Duthie and its optimization of the ultrasound-assisted extraction using response surface methodology. J Food Sci 2020;86(2):357-365.
12. Abbasi BH, Khan T, Khurshid R, Nadeem M, Drouet S and Hano C. UV-C mediated accumulation of pharmacologically significant phytochemicals under light regimes in *in vitro* culture of *Fagonia indica* (L.). Sci Rep 2021;11(1):679.

13. Takeda F, Janisiewicz W, Short B, Leskey T and Stager A. Ultraviolet-C (UV-C) for disease and pest management and automating UV-C delivery technology for strawberry. *Acta Hort* 2021;1309:533-542.
14. กองยา. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. กระทรวงสาธารณสุข. หลักเกณฑ์การพิจารณาขึ้นทะเบียนตำรับยาแผนโบราณเกี่ยวกับมาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และโลหะหนัก [อินเทอร์เน็ต]. 2566. [สืบค้นเมื่อ 15 พ.ย. 66]. เข้าถึงจาก: www.fda.moph.go.th/sites/drug/download/manual-herbal-medicines.pdf
15. ผกากรอง วณไพศาล. การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี (UVC) [อินเทอร์เน็ต]. 2563. [สืบค้นเมื่อ 9 ธ.ค. 66]. เข้าถึงจาก: <https://pharmacy.mahidol.ac.th>
16. พรพรรณ ก่อใจ, ศิวพงษ์ ต้นสุวรรณวงศ์, กันยานุช เทาประเสริฐ, ยิ่งยง เทาประเสริฐ และจักรกฤษณ์ คณารีย์. ภูมิปัญญาในการตรวจสอบพืชสมุนไพรอย่างร่วมสมัย. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาตินานาชาติ ครั้งที่ 6 มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ; 2562 ก.ค. 20; ขอนแก่น.
17. Alafiatayo AA, Syahida A and Mahmood M. Total anti-oxidant capacity, flavonoid, phenolic acid and polyphenol content in ten selected species of Zingiberaceae rhizomes. *Afr J Tradit Complement Altern Med* 2014;11(3):7-13.