Published online: 18 October 2019

อนุภาคซิลเวอร์นาโนที่สังเคราะห์จากสารสกัดใบมะแว้งและฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์

Silver nanoparticles synthesized using *Solanum trilobatum* leaf extract and its antimicrobial activity

ศุภวดี สังข์เภา

อีเมล์: 5951701288@lamduan.mfu.ac.th

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อำภา จิมไธสง อาจารย์ที่ปรึกษา

อีเมล์: ampa@mfu.ac.th

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

Mae Fah Luang University

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการสังเคราะห์ซิลเวอร์นาโนโดยใช้สารสกัดใบมะแว้งเป็นตัวรีดิวซ์ ซึ่งเตรียมสารสกัดใบมะแว้งเครือโดยใช้น้ำในการสกัดที่อัตราส่วนใบมะแว้งต่อน้ำ 3:1 โดยน้ำหนัก สารสกัดใบมะแว้งที่ได้ มีลักษณะเหลว สีน้ำตาลเข้ม มีค่า pH เท่ากับ 4.5 ทดสอบการเกิดปฏิกิริยาของอนุภาคซิลเวอร์นาโน ที่ปริมาณ 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรของสารสกัดใบมะแว้ง ต่อ 5 มิลลิลิตร 0.5 มิลลิโมลาร์ ซิลเวอร์ไนเตรท ณ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer พบว่า อนุภาคซิลเวอร์นาโนมีช่วงความยาวคลื่นอยู่ที่ 440 นาโนเมตร วัดขนาดอนุภาคซิลเวอร์นาโนด้วยเครื่อง Zetasizer มีขนาดเท่ากับ 101.57±1.65 นาโนเมตร และอนุภาคกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอโดยมีดัชนีการกระจายตัวเท่ากับ 0.300±0.028 อนุภาคซิลเวอร์นาโนมีค่าดิฟแฟรกโตแกรม ในช่วงพีค 2θ จำเพาะของซิลเวอร์นาโนอยู่ 5 ตำแหน่งที่ 38.115 , 44.299 , 64.443 , 77.397 และ 81.541 ซึ่งมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus epidermidis* ที่ 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

คำสำคัญ: อนุภาคซิลเวอร์นาโน/สารสกัดใบมะแว้ง/ฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

Abstract

The purpose of this research was to study synthesis of silver nanoparticles using leaf extract of *Solanum trilobatum* as a reducing agent. The *Solanum trilobatum* leaf was extracted at a ratio of 3:1 DI water by weight which resulting in brown liquid extract with pH value of 4.5. The reaction of silver nanoparticles at the amount of 0.03 and 0.05 ml of *Solanum trilobatum* per 5 ml 0.5 mM silver nitrate ($AgNO_3$) at 60 degrees Celsius using UV-Visible spectrophotometer showed that the silver nanoparticles maximal wavelength was 440 nm. When measured the size of silver nanoparticles by using Zetasizer it showed that the particles size was 101.57±1.65 nm and the particles were dispersed consistently with polydispersity index (PDI) equal to 0.300±0.028. The X-ray diffractogram of sliver nanoparticles indicated silver peaks with 5 position of 2θ at 38.115, 44.299, 64.443, 77.397 and 81.54. The lowest concentration that able to inhibit *Staphylococcus epidermidis* was at 500 mg/ml.

Keywords: Silver nanoparticles/*Solanum trilobatum* extract/Antimicrobials

บทนำ

นาโนเทคโนโลยีได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย อนุภาคนาโนที่มีขนาด 1-100 นาโนเมตร สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านการแพทย์ เครื่องสำอาง พลังงานทดแทน การบำบัดและฟื้นฟูระบบนิเวศ เป็นต้น (Tran & Le, 2013) ปัจจุบันอนุภาคนาโนเงินหรือซิลเวอร์นาโน (Silver nanoparticles) เป็นอนุภาคนาโนที่ได้รับความสนใจด้านเครื่องสำอางมากยิ่งขึ้น อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์ชำระล้าง แชมพูขจัดรังแค เป็นต้น เนื่องจากซิลเวอร์และสารประกอบสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อราได้ (Rajakannu และคณะ, 2015) การสังเคราะห์อนุภาคนาโนมีหลายวิธี ได้แก่ ปฏิกิริยาเคมีและเคมีโฟโตเคมิคัล (Chemical and photochemical reaction) การใช้คลื่นไมโครเวฟในการสังเคราะห์ (Microwave assisted synthesis) การสลายตัวโดยใช้ความร้อน (Thermal decomposition method) กระบวนการทางอิเล็กโตรเคมิคัล (Electrochemical method) และการสังเคราะห์โดยอาศัยปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction reaction) เป็นต้น วิธีการสังเคราะห์อนุภาคนาโนดังกล่าวต้องใช้สารเคมีที่มีราคาแพง ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของมนุษย์มากขึ้นจึงก่อให้เกิดการสังเคราะห์อนุภาคนาโนด้วยวิธีเคมีสีเขียว โดย

Mae Fah Luang University

ใช้สารสกัดจากพืชในการสังเคราะห์ เนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัด สะดวกและไม่ต้องใช้สารเคมีที่ก่อให้เกิดอันตรายกับสิ่งแวดล้อม เช่น ใบมะแว้ง (*Solanum trilobatum*) และ มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica)* ที่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ (Reducing agent) ได้ เนื่องจากมีสารประกอบทางเคมี เช่น สารประกอบฟีนอลลิก แทนนิน เป็นต้น (Pant, Nayak & Prasuna, 2013)

จากงานวิจัยก่อนหน้าโดย Pant และคณะ (2013) มีการศึกษาการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนจากสารสกัดใบมะแว้ง โดย Latha และ Kannabiran (2006) ได้ทำการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ของมะแว้งเครือ ที่ปลูกไว้ที่มหาลัยดีเมด (Deemed University) ประเทศอินเดีย ซึ่งพบว่า สารสกัดใบของมะแว้งเครือมีสารสำคัญทางเคมี ได้แก่ แทนนิน ไฟโตสเตอรอล ซาโปนิน ที่มีลักษณะเป็นสารประกอบอะโรมาติกที่ไวต่อการทำปฏิกิริยาจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวรีดิวซ์ของปฏิกิริยาในการเปลี่ยนไอออนในซิลเวอร์ไนเตรท (Ag^{+}) เป็นซิลเวอร์นาโน (Ag^{0}) ซึ่งงานวิจัยของ Pant และคณะ (2013) ได้สังเคราะห์ขนาดของอนุภาคอยู่ในช่วง 15-20 นาโนเมตร มีรูปทรงแบบลูกบาศก์ (Cubic) และหกเหลี่ยม (Hexagonal) พบว่า มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Micrococcus lucteus, Bacillus cereus, Staphylococcus aureus* และ *Salmonella typhi* และเชื้อรา *Candida albicans, Candida parapsilosis, Pityrosporum ovale* และ *Pityrosporum folliculitis* และการศึกษาของ Mookriang และคณะ (2013) ที่ใช้เทคโนโลยีสีเขียวในการสังเคราะห์ซิลเวอร์นาโนด้วยสารสกัดจากมะขามป้อมที่มีวิตามินซีสูง พบว่าความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเตรทและตัวรีดิวซ์ที่สูงมีผลต่อความเข้มข้นของซิลเวอร์นาโนที่เกิดเพิ่มสูงขึ้น และอุณหภูมิสูงสามารถช่วยทำให้ประสิทธิภาพในการเกิดซิลเวอร์นาโนเพิ่มสูงขึ้นโดยที่ลดระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาลงได้ การศึกษาวิจัยนี้จึงเป็นการวิจัยต่อยอดโดยศึกษาการสังเคราะห์ซิลเวอร์นาโนโดยใช้สารสกัดใบมะแว้งเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ซิลเวอร์นาโนโดยตรวจสอบเอกลักษณ์ของอนุภาคซิลเวอร์นาโนด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM), Zetasizer และ X-Ray Diffractometer (XRD) และศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 1 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus epidermidis* เนื่องจากเชื้อ *S. epidermidis* จะมีปริมาณที่สูงในสภาวะรังแค (Clavaud และคณะ ,2013) ทางผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่า ผลการวิจัยจะมีประโยชน์และเป็นแนวทางในการนำอนุภาคซิลเวอร์นาโนไปพัฒนาในผลิตภัณฑ์ขจัดรังแคต่อไป

Mae Fah Luang University

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างใบมะแว้งเครือ

วิธีการเตรียมสารสกัดใบมะแว้งดัดแปลงจาก Pant และคณะ (2013) โดยนำใบมะแว้งเครือจากต.ท่าราบ อ.เมืองราชบุรี จ.ราชบุรี เลือกใบสดมาทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและตากให้แห้งเป็นระยะเวลา 1 วันที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้ได้ขนาดใกล้เคียงกัน สกัดใบมะแว้งด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 3 นาทีในอัตาราส่วนใบมะแว้งต่อน้ำ 3:1โดยน้ำหนัก และกรองเอาสารละลายด้วยชุดกรองสุญญากาศ นำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำ Supernatant ที่ได้เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนต่อไป

2. การเตรียมอนุภาคซิลเวอร์นาโนจากสารสกัดใบมะแว้ง

เติมสารสกัดจากใบมะแว้ง 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตร ลงใน 0.5 mM $AgNO_3$ 5 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (Mookriang และคณะ, 2013) หลังจากนั้นคนสารละลายด้วย Magnetic bar แล้วสังเกตปฏิกิริยาหรือสีของสารละลายทุก ๆ 1 ชั่วโมง เมื่อสารละลายเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีน้ำตาลเข้ม นำสารละลายอนุภาคซิลเวอร์นาโนไปวัดค่าความดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นในช่วง 200-700 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-Visible spectrophotometer (Pant และคณะ, 2013) และตรวจสอบเอกลักษณ์ของอนุภาคซิลเวอร์นาโนด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM), Zetasizer และ X-Ray Diffractometer (XRD)

3. การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (Minimal Inhibitory Concentration: MIC)

การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของอนุภาคซิลเวอร์นาโนที่เตรียมต่อเชื้อ *Staphylococcus epidermidis* ด้วยวิธี Broth microdilution technique (CLSI M02-A11, 2012) โดยเตรียมอนุภาคซิลเวอร์นาโนในหลอดทดลองให้มีปริมาตร 1 มิลลิลิตร เจือจางสารด้วยวิธี Two-fold dilution ให้มีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 0.049 – 500 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ใส่หัวเชื้อ *Staphylococcus epidermidis* ปริมาตร 5 ไมโครลิตรใส่ลงแต่ละหลุม ปิเปตขึ้นลง 2-3 ครั้ง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาบ่มตรวจดูการเจริญของเชื้อในแต่ละหลุม หลุมสุดท้ายใน column 1 แถว A-C ที่ไม่มีการเจริญเติบโตของเชื้อให้อ่านค่าความเข้มข้นต่ำสุดของซิลเวอร์นาโนที่เตรียมในการยับยั้งเชื้อ *S. epidermidis*

Mae Fah Luang University

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

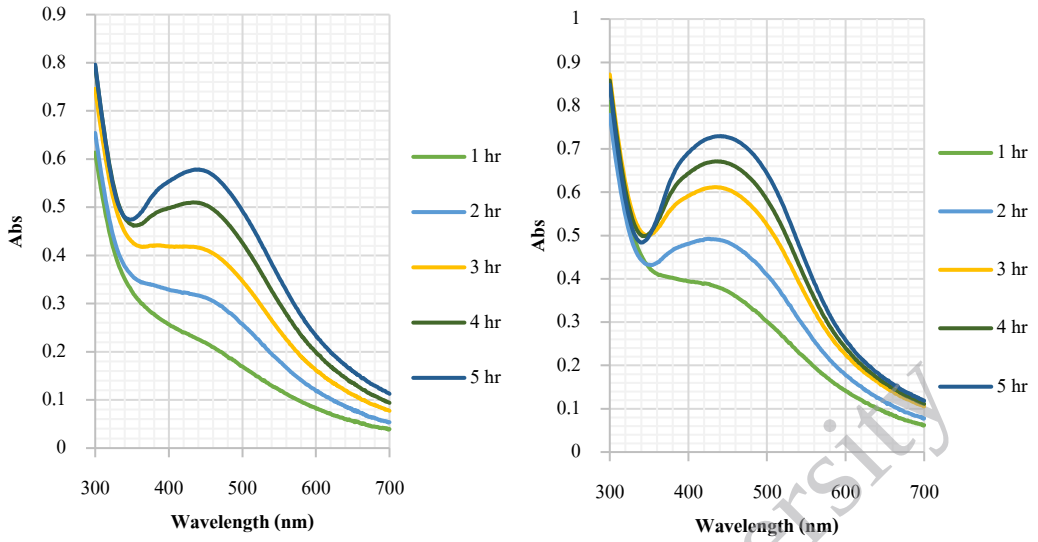
การเตรียมสารสกัดใบมะแว้งดัดแปลงจาก Pant และคณะ (2013) โดยใช้น้ำในการสกัดที่อัตราส่วนใบมะแว้งเครือต่อน้ำ 3:1 โดยน้ำหนัก ได้สารสกัดที่มีลักษณะเหลว สีน้ำตาลเข้ม (ภาพที่ 1) และกลิ่นค่อนข้างฉุน มีค่า pH เท่ากับ 4.5

(a) (b)

ภาพที่ 1 (a) ใบมะแว้งเครือสด (b) สารสกัดมะแว้งเครือ

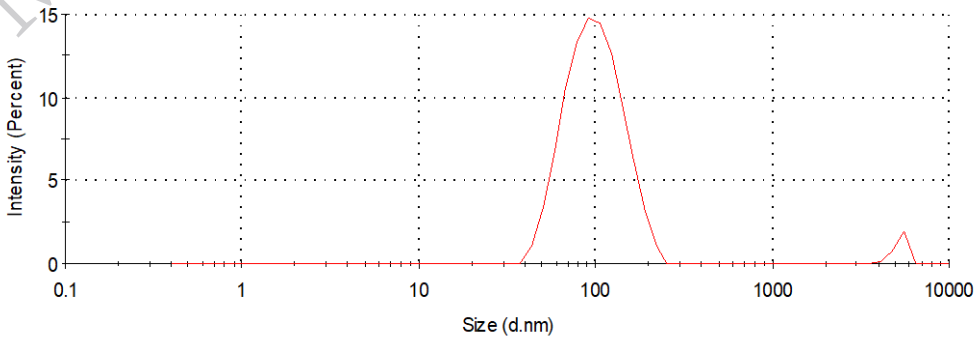
การเตรียมอนุภาคซิลเวอร์นาโนโดยใช้สารสกัดใบมะแว้งเป็นตัวรีดิวซ์เพื่อเปลี่ยน Ag^{+} เป็น Ag^{0} ซึ่งตรวจสอบเอกลักษณ์ของอนุภาคซิลเวอร์นาโนโดยการวัดด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ปริมาณ 0.03 และ 0.05 มิลลิลิตรของสารสกัดใบมะแว้ง ต่อ 5 มิลลิลิตร 0.5 mM $AgNO_3$ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่า เกิดการเปลี่ยนสีของสารละลายจากลักษณะไม่มีสีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม ที่ปริมาณสารสกัดใบมะแว้ง 0.05 มิลลิลิตร มีความยาวคลื่นสูงสุดเมื่อเกิดปฏิกิริยาที่ 5 ชั่วโมง เท่ากับ 440 นาโนเมตร มีค่าดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.73 ดังภาพที่ 2 (d) และที่ปริมาณ 0.03 มิลลิลิตร มีความยาวคลื่นสูงสุดเมื่อเกิดปฏิกิริยาที่ 5 ชั่วโมง เท่ากับ 440 นาโนเมตร มีค่าดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.58 ดังภาพที่ 2 (c) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าดูดกลืนแสงที่อัตราส่วนสารสกัดใบมะแว้ง 0.05 มิลลิลิตร มีค่ามากกว่า ที่อัตราส่วนสารสกัดใบมะแว้ง 0.03 มิลลิลิตร แสดงว่า อัตราส่วนสารสกัดใบมะแว้ง 0.05 มิลลิลิตรเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนได้ในปริมาณสูงกว่าเมื่อใช้สารสกัดใบมะแว้ง 0.03 มิลลิลิตร

Mae Fah Luang University



ภาพที่ 2 UV-Spectrum ของปฏิกิริยาการเตรียมอนุภาคซิลเวอร์นาที่ใช้สารสกัดใบมะแว้ง 0.03 (c) และ 0.05 (d) มิลลิลิตร ณ เวลาต่าง ๆ

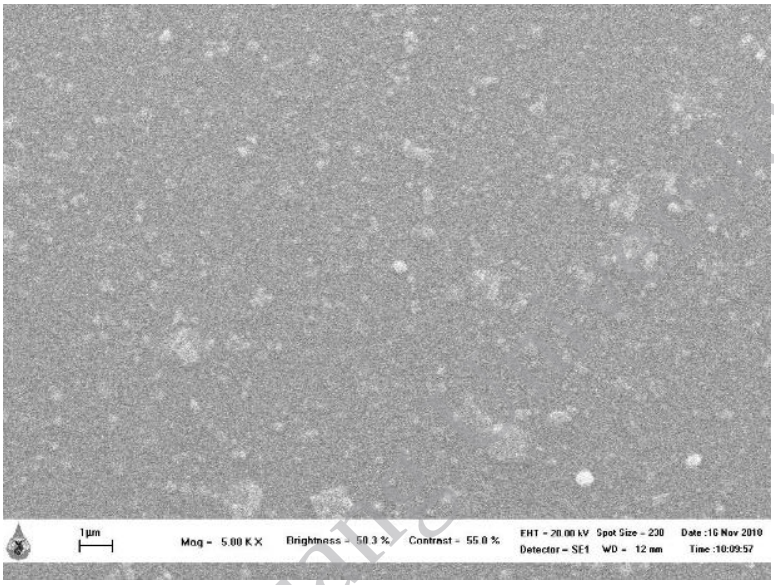
ทำการตรวจสอบขนาดของอนุภาพซิลเวอร์นาโนด้วยเครื่อง Zetasizer โดยการเจือจาง 1 : 100 สารสะลายซิลเวอร์นาโนต่อน้ำกลั่น พบว่า อนุภาคที่อัตราส่วนสารสกัดใบมะแว้ง 0.05 มิลลิลิตรต่อ 5 มิลลิลิตร 0.5 mM $AgNO_3$ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีขนาดเท่ากับ 101.57±1.65 นาโนเมตร มีค่า Polydispersity Index (PDI) หรือค่าดัชนีการกระจายตัว เท่ากับ 0.300±0.028 สรุปได้ว่า ขนาดอนุภาคที่เตรียมได้ ยังมีขนาดค่อนข้างใหญ่ เมื่อเทียบจากงานวิจัย Pant และคณะ (2013) ที่วัดขนาดอนุภาคได้ 15-20 นาโนเมตร อาจเกิดจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างของใบมะแว้งเครือ และขั้นตอนการเตรียมที่มีอัตราส่วนของซิลเวอร์ไนเตรทและสารสกัดใบมะแว้งที่เข้มข้นมากเกินไป และมีดัชนีการกระจายตัวของอนุภาคน้อยกว่า 0.5 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอดี ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขนาดอนุภาคซิลเวอร์นาโนวัดด้วยเครื่อง Zetasizer

Mae Fah Luang University

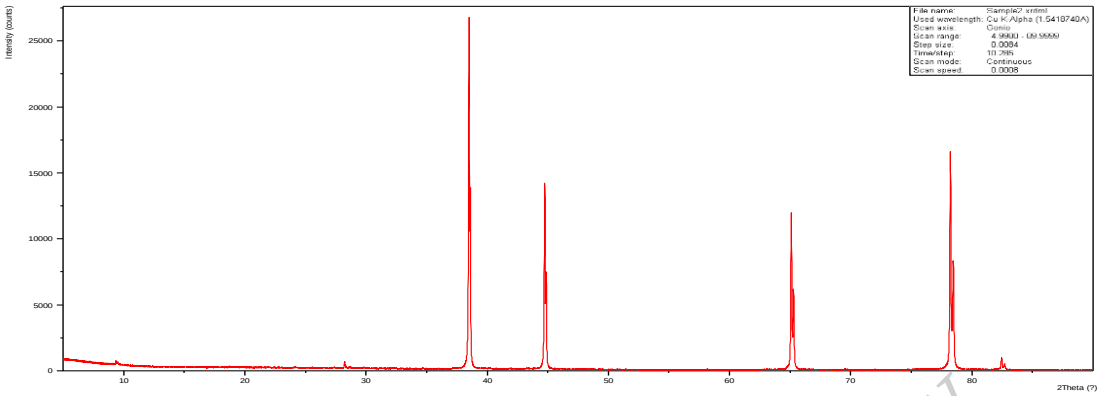
ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ของอนุภาพซิลเวอร์นาโนด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM) แสดงดังภาพที่ 4 อนุภาคซิลเวอร์นาโนส่วนใหญ่มีลักษณะกลม กระจายตัวทั่วไปบนสารสกัดและมีลักษณะเป็นผลึกขนาดใหญ่ผสมอยู่ด้วยเล็กน้อย จากการศึกษาของ Tippayawat และคณะ (2016) พบว่า เมื่อเตรียมอนุภาคซิลเวอร์นาโนจากสารสกัด อนุภาคที่ได้มีขนาดที่หลากหลายและรูปร่างของอนุภาคทรงกลมและผลึกกระจายตัวปะปนกันอยู่ ดังแสดงภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพถ่ายอนุภาคซิลเวอร์นาโนสารสกัดใบมะแว้งด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM)

การตรวจสอบเอกลักษณ์ของอนุภาคซิลเวอร์นาโนที่เตรียมได้โดยอาศัยหลักการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray) เพื่อวิเคราะห์และระบุชนิดของสารประกอบนั้น ซึ่งจากการทดลองนี้ พบว่า ดิฟแฟรกโตแกรม (Diffractogram) ของอนุภาคซิลเวอร์นาโนที่เตรียมจากสารสกัดใบมะแว้ง มีช่วงพีค 2θ จำเพาะของซิลเวอร์นาโนอยู่ 5 ตำแหน่งที่ 38.115, 44.299, 64.443, 77.397 และ 81.541 ซึ่งตรงตรงกันกับตำแหน่งอ้างอิง จากงานวิจัย Dipankar & Murugan (2012) และ Swanson, Tatge & Fuyat (1953) โดยตำแหน่ง 38.115 อยู่ในระนาบ h.k.l (1.1.1) , ตำแหน่ง 44.299 อยู่ในระนาบ h.k.l (2.0.0), ตำแหน่ง 64.443 อยู่ในระนาบ h.k.l (2.2.0) , ตำแหน่ง 77.397 อยู่ในระนาบ h.k.l (3.1.1) และตำแหน่ง 81.541 อยู่ในระนาบ h.k.l (2.2.2) ดังภาพที่ 5

Mae Fah Luang University



ภาพที่ 5 สเปกตรัมของอนุภาคซิลเวอร์นาโนที่เตรียมจากสารสกัดใบมะแว้งวัดด้วยเครื่อง XRD

จากการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (MIC) ผู้วิจัยสนใจการศึกษาครั้งนี้โดยดัดแปลงจากงานวิจัยของ Clavaud และคณะ (2013) ในความสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. epidermidis* ซึ่งเป็นเชื้อที่มีเมื่อหนังศีรษะเกิดรังแค โดยเตรียมซิลเวอร์นาโนในหลอดทดลองให้มีปริมาตร 1 มิลลิลิตร เจือจางสารด้วยวิธี Two-fold dilution ให้มีความเข้มข้น 0.049 – 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ใส่หัวเชื้อ *S. epidermidis* ปริมาตร 5 ไมโครลิตรใส่ลงแต่ละช่อง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาบ่มตรวจดูการเจริญของเชื้อในแต่ละหลุม พบว่า ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของซิลเวอร์นาโนที่เตรียมมีค่าการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus epidermidis* อยู่ที่ 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

สรุปผล

การศึกษานี้สามารถสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนโดยใช้สารสกัดใบมะแว้งเครือเป็นตัวรีดิวซ์ในปฏิกิริยา มีขนาดอนุภาคนาโนเท่ากับ 101.57±1.65 นาโนเมตร และค่าความเข้มข้นต่ำสุดของซิลเวอร์นาโนที่เตรียมในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus epidermidis* อยู่ที่ 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งผลการศึกษานี้มีประโยชน์ต่อการนำซิลเวอร์นาโนไปใช้ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเพื่อสุขอนามัยที่ดีของมนุษย์ อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์แชมพูขจัดรังแค เป็นต้น

Mae Fah Luang University

รายการการอ้างอิง

Clavaud, C., Jourdain, R., Bar-Hen, A., Tichit, M., Latgé, J., P. (2013). Dandruff is associated with disequilibrium in the proportion of the major bacterial and fungal populations colonizing the scalp. *Plos one*, *8*(3), e58203.

Dipankar, C., & Murugan, S. (2012). The green synthesis, characterization and evaluation of the biological activities of silver nanoparticles synthesized from Iresine herbstii leaf aqueous extracts. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, *98*, 112-119.

Latha, P. S., & Kannabiran, K. (2006). Antimicrobial activity and phytochemicals of Solanum trilobatum Linn. *African Journal of Biotechnology*, *5*(23), 2402-2404.

Mookriang, S., Jimtaisong, A., Saewan, N., Kittigowittana, K., Sarakornsri, T. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles using a vitamin C rich phyllanthus emblica extract. In *Advanced Materials Research*, *622*, 864-868.

Pant, G., Nayak, N., & Prasuna, R. G. (2013). Enhancement of antidandruff activity of shampoo by biosynthesized silver nanoparticles from Solanum trilobatum plant leaf. *Applied Nanoscience*, *3*(5), 431-439.

Rajakannu, S., Shankar, S., Perumal, S., Subramanian, S., & Dhakshinamoorthy, G. P. (2015). Biosynthesis of silver nanoparticles using Garcinia mangostana fruit extract and their antibacterial, antioxidant activity. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *4*, 944-952.

Swanson, H. E., Tatge, E., & Fuyat, R. K. (1953). *Standard X-ray diffraction owder patterns*. Washington: U. S. Dept. of Commerce, National Bureau of Standards.

Mae Fah Luang University

Tran, Q. H., & Le, A. T. (2013). Silver nanoparticles: synthesis, properties, toxicology, applications and perspectives. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, *4*(3), 033001.

Mae Fah Luang University