การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนาโนซิลเวอร์จากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาด

Green Technology of Nano Silver in Wipe Formulation

วีรพณ ปฐวินทรานนท์

verapon@pathawin.com

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ดร. อำภา จิมไธสง

ampa@mfu.ac.th

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

บทคัดย่อ

การผลิตนาโนซิลเวอร์โดยเทคโนโลยีสีเขียวด้วยสารสกัดจากมะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) สามารถช่วยทำให้เกิดนาโนซิลเวอร์ที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และไม่เป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาการประยุกต์ใช้นาโนซิลเวอร์ที่ได้ ลงบนผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาด ศึกษาความคงตัว การระคายเคือง ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ตลอดจนทดสอบความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อผลิตภัณฑ์ จากผลการศึกษาพบว่านาโนซิลเวอร์สามารถประยุกต์ใช้ได้จริงกับผ้าเช็ดทำความสะอาด มีความคงตัวในสภาวะเร่งต่างๆ ทั้งในส่วนของเนื้อผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ดี และผลการทดสอบกับอาสาสมัครทั้งหมดจำนวน 33 คนไม่พบอาการระคายเคือง ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งแกรมบวกชนิด *Staphylococcus aureus* และแกรมลบ ชนิด *Pseudomonas aeruginosa* และสามารถยับยั้งเชื้อยีสต์และราชนิด *Candida albicans* และ *Aspergillus niger* ได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลอดทดลอง นอกจากนี้ผลการทดสอบในอาสาสมัครพบว่าสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าร้อยละ 50 ในอาสาสมัคร คิดเป็นร้อยละ83.33±5.77 ซึ่งมากกว่ากลุ่มควบคุมประมาณร้อยละ 20 และอาสาสมัครทั้งหมดจำนวน 30 คนมีความพึงพอใจผลิตภัณฑ์อย่างน้อยร้อยละ 70

คำสำคัญ: นาโนซิลเวอร์ / เทคโนโลยีสีเขียว / ผ้าเช็ดทำความสะอาด / ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

Abstract

Silver nano particles have been reported to possess antimicrobial properties. Recently, green process is very popular method in term of environmentally friendly, safe, nontoxic and cost effective ways. Previous research showed that silver nano particles can be successfully prepared using the natural extract of *Phyllanthus emblica* as the reducing agent and it has antimicrobial activities and shows nontoxicity on human skin fibroblast. Therefore, this work aims to study the application of green nano silver in wipes formulation. The stability, irritating test, and microbial inhibition of the product were studied. Moreover, the nanosilver cleansing wipes (NSw) finished product was evaluated by volunteers. The results showed that both of bulk and finished product were good in stability. The NSw showed no irritation in the volunteers and it could inhibit both positive and negative gram bacteria (*Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*). Furthermore, it could inhibit yeast and mold (*Candida albicans* and *Aspergillus niger,* respectively*)* and it showed 50% inhibit microbial growth in 83.33±5.77% of volunteers which was higher than the control group (20%). Finally, the 30 volunteers satisfied (at least 70.00%) after using NSw product.

Keywords: Cleansing wipes / Green process / Microbial inhibition / Nano silver

บทนำ

ซิลเวอร์และสารประกอบของซิลเวอร์ มีคุณสมบัติใช้ในทางยา สารกันเสีย ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และปัจจุบันอนุภาคนาโนซิลเวอร์ได้ถูกใช้มากขึ้นในผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพ ด้วยคุณสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อรา [1] ในอดีตการผลิตนาโนซิลเวอร์จะต้องใช้ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี มีความรุนแรง อันตราย และต้องใช้ต้นทุนการผลิตสูง ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้ก่อให้เกิดมลพิษและไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการผลิตด้วยเทคโนโลยีสีเขียวโดยใช้สารสกัดจากพืชร่วมในการผลิตนาโนซิลเวอร์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงเป็นอีกหนึ่งวิธีการที่จะสามารถหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้ได้ ซึ่งการใช้สารชีวโมเลกุลบริสุทธิ์เช่น สารเปปไทด์ และ เอนไซม์ สามารถช่วยในการผลิตนาโนซิลเวอร์ได้สำเร็จ [2-4]

เป็นที่ทราบกันดีว่าอนุภาคนาโนซิลเวอร์เป็นสารที่ใช้ในเรื่องการต่อต้านและยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งแกรมลบ และแกรมบวก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สารประกอบซิลเวอร์ได้ถูกประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยา อาหารและน้ำ ด้วยคุณสมบัติการต่อต้านและยับยั้งการเจริญเติบโต

ของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อไวรัสที่มีประสิทธิภาพ [1,5,6] จากการศึกษาพบว่ามีพืชหลายชนิดที่ถูกนำมาใช้ร่วมการผลิตนาโนซิลเวอร์ [1,7,8] ตลอดจนสารสกัดจากมะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) ก็สามารถช่วยเป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) ในการผลิตนาโนซิลเวอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [9] พร้อมทั้งยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และไม่เป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ [10] ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงเป็นการวิจัยแบบต่อยอดการศึกษาโดยจะทำการศึกษาการประยุกต์ใช้นาโนซิลเวอร์ที่ได้จากการผลิตด้วยเทคโนโลยีสีเขียวจากสารสกัดมะขามป้อมลงในผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดเพื่อคาดหวังว่าด้วยคุณสมบัติของนาโนซิลเวอร์จะสามารถช่วยลดการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์บนผิวของมนุษย์และเป็นการเพิ่มมูลค่าทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้นาโนซิลเวอร์ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีสีเขียวในผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาด
2. เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีสีเขียว
3. เพื่อศึกษาความคงตัว การระคายเคือง และความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีสีเขียว

ขอบเขตการวิจัย

โครงการนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้นาโนซิลเวอร์ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีสีเขียว พัฒนาในสูตรตำรับเครื่องสำอางประเภทผ้าเช็ดทำความสะอาดผิวโดยมีการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในสภาวะที่แตกต่างกัน คือที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 45°C ที่สภาวะภายใต้แสงฟลูออเรสเซนซ์ (fluorescence) และ ที่ 50°C เป็นเวลา 1 เดือน ตลอดจนการทดสอบแบบวัฏจักร ร้อนเย็น (heat-cooling cycle) ประเมินผลการทดสอบ การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อในหลอดทดลอง โดยทำการถ่ายเชื้อที่จำนวนเชื้อประมาณ 10^6-10^7 CFU/ml ลงผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 1 เดือน เชื้อที่ใช้ในการทดสอบคือ *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *C. albicans* และ *A. niger* และทำการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในอาสาสมัครจำนวน 30 คน ทำการทดสอบการระคายเคืองในอาสาสมัคร และการประเมินความพึงพอใจหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์ของอาสาสมัครจำนวนทั้งหมด 30 คน

การทบทวนวรรณกรรม

นาโนซิลเวอร์เป็นคำศัพท์ที่ใช้เรียกอนุภาคที่มีขนาดเล็กที่ระดับอนุภาคนาโนเมตรมีขนาด 1-100 นาโนเมตร มีคุณสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย [11,112] การผลิตนาโนซิลเวอร์สามารถผลิตได้หลากหลายวิธีเช่น การผลิตด้วยคลื่นไมโครเวฟ (microwave assisted synthesis) [13,14] การผลิตด้วยเลเซอร์ (laser mediated synthesis) [15] การใช้ความร้อนช่วยในการแตกสลายของสารประกอบซิลเวอร์ (thermal decomposition of silver compound) [16] ซึ่งในอดีตการเตรียมนาโนซิลเวอร์จะเกี่ยวข้องกับขั้นตอนที่ต้องใช้สารเคมีที่รุนแรง อันตราย ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมรวมไปถึงการใช้ต้นทุนการผลิตที่สูง แต่ในปัจจุบันได้มีการผลิตนาโนซิลเวอร์โดยคำนึงถึงความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นโดยใช้กระบวนการเทคโนโลยีสีเขียว ซึ่งวิธีการที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการผลิตที่พยายามลดหรือหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีที่รุนแรง ลดการเกิดอันตรายและต้นทุนการผลิตที่สูง วิธีดังกล่าวจึงเป็นอีกหนึ่งวิธีทางเลือกที่คาดหวังว่าจะเป็นมิตรต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมก่อให้เกิดความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น เป็นที่ทราบกันดีว่าอนุภาคนาโนซิลเวอร์เป็นสารที่ใช้ในเรื่องการต่อต้านและยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งแกรมลบ (เช่น *Escherichia coli* และ *P. aeruginosa*) และแกรมบวก (เช่น *Bacillus subtilis* และ *S. aureus*) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สารประกอบซิลเวอร์ได้ถูกประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยา อาหารและน้ำ ด้วยคุณสมบัติการต่อต้านและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อไวรัสที่มีประสิทธิภาพ [1,5,6] นอกจากนี้ผลของการศึกษาในหลอดทดลอง ยังพบว่านาโนซิลเวอร์ที่ใช้ใบของ *Dalbergia spinose* ร่วมในการผลิตมีคุณสมบัติช่วยต่อต้านสารอนุมลลอิสระ (antioxidant activity) และช่วยต่อต้านการอักเสบ (anti-inflammatory activity) ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับสารควบคุมในการทดลอง [17] จากการศึกษาพบว่าในกระบวนการเทคโนโลยีสีเขียวได้มีการใช้สารสกัดธรรมชาติมาช่วยเป็นตัวรีดิวซ์เพื่อก่อให้เกิดนาโนซิลเวอร์ได้หลากหลายชนิด เช่นผลของมะข้ามป้อม [9], สารสกัดใบมะกอก [8], สารสกัดใบของ *Dalbergia spinosa* [12], สารสกัดใบเข็ม [18] และสารสกัดใบสะเดา [19] เป็นต้น

กลไกลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของนาโนซิลเวอร์เริ่มต้นที่นาโนซิลเวอร์ถูกออกซิไดซ์ ด้วยออกซิเจนที่ผิวสัมผัสของเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียทำปฏิสัมพันธ์กับสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น โปรตีน ทำให้แบคทีเรียถูกทำลายได้ [20-23] โดยแบคทีเรียแกรมลบและแกรมบวกจะแตกต่างกันออกไป โดยที่นาโนซิลเวอซ์จะเข้าไปเกาะติดกับเนื้อเยื่อหุ้มผิวชั้นนอกของแบคทีเรียแกรมลบและเข้าไปติดกับผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวก [24] จากการศึกษาของ อำภา จิมไธสง และคณะ เกี่ยวกับการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และการทดสอบความเป็นพิษด้วย MTT cytotoxicity test

พบว่านาโนซิลเวอร์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และอาจจะไม่ส่งผลหรือความมีพิษรุนแรงต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ (fibroblast) ของมนุษย์ [10]

ผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดผิวมีหลายประเภทเช่น ผ้าเช็ดทำความสะอาดพร้อมปกป้องผิวจากแบคทีเรีย (cleansing & antibacterial wipes), ผ้าเช็ดทำความสะอาดผิวเด็ก (baby cleansing wipes), ผ้าเช็ดทำความสะอาดจุดซ่อนเร้น (feminine wipes), ผ้าเช็ดทำความสะอาดผิวกาย (body cleansing wipes) และผ้าเช็ดทำความสะอาดเครื่องสำอาง (makeup remover wipes) เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันพบว่ามีแนวโน้มการใช้เพิ่มขึ้นเนื่องจากพกพาสะดวกและหาซื้อได้ง่าย ผ้าเช็ดทำความสะอาดผิวพร้อมปกป้องผิวจากแบคทีเรียเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเนื่องจากในปัจจุบันมีมลภาวะที่เสี่ยงต่อการสะสมของเชื้อแบคทีเรียได้หลากหลายสภาวะ โดยผ้าเช็ดทำความสะอาดทั่วไปได้มีการใส่สารเคมีเช่น สารไตรโคซาน, สารเบนซาลโคเนียมคลอไรด์ ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารเคมีที่มีข้อจำกัดในการเตรียมสูตรตำรับ เนื่องด้วยความสามารถในการละลาย และการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการประยุกต์ใช้นาโนซิลเวอร์ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีสีเขียวโดยใช้สารสกัดจากธรรมชาติช่วยในการเตรียมการผลิตนาโนซิลเวอร์ซึ่งมีความปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งช่วยต่อต้านและลดการสะสมของเชื้อแบคทีเรียจึงเป็นอีกหนึ่งวิธีทางเลือกสำหรับแก้ไขปัญหาดังกล่าว [25]

วิธีดำเนินการวิจัย

เตรียมตำรับผลิตภัณฑ์

เตรียมตำรับที่มีส่วนผสมของนาโนซิลเวอร์เป็นสูตรอิมัลชันเหลว แบบอ่อนโยนอุณหภูมิที่ใช้ทำอิมัลชันอยู่ที่ 70-75 °C นาโนซิลเวอร์ถูกเติมเมื่ออุณหภูมิ ต่ำกว่า 40 °C และค่าพีเอช (pH) ของสูตรตำรับคือ 5.00-6.00 กรอกเนื้อผลิตภัณฑ์ปริมาณ 40±0.2 กรัม ลงผ้าเช็ดทำความสะอาด 10 ชิ้น ที่มีขนาด ความยาว 20 เซนติเมตร กว้าง 17.5 เซนติเมตร หนา 45 แกรม และผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวี หลังจากการกรอกแล้ว บีบเนื้อผลิตภัณฑ์ให้ทั่วแผ่นผ้าแล้วบรรจุลงซองผลิตภัณฑ์ปิดซองให้สนิท แล้วทำการปิดฉลากผลิตภัณฑ์เพื่อเตรียมการนำไปใช้ทดสอบความคงตัวในลำดับต่อไป

ทำการทดสอบเนื้อผลิตภัณฑ์ดูการเปลี่ยนแปลงลักษณะ สี กลิ่น ค่า พี เอช (pH) โดยทดสอบภายใต้สภาวะเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 4 , 25 , 45 °C เป็นเวลา 3 เดือน และที่ภายใต้แสงฟลูออเรสเซนซ์ และ ที่ 50 °C เป็นเวลา 1 เดือน ตลอดจนการทดสอบแบบวัฏจักร ร้อนเย็น (heat-cooling cycle) นาน 6 รอบวัฏจักร หลังจากนั้นทำการประเมินเนื้อผลิตภัณฑ์ตำรับด้วยวัดการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอก การเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น และค่าพีเอช ทดสอบความคงตัวในส่วนของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Finished product) มีรูปแบบทำการทดสอบคล้ายกับความคงตัวของ

เนื้อผลิตภัณฑ์ตำรับ ปรับเพิ่มการคำนวณค่าการสูญเสียของน้ำสูตรตำรับ (% weight loss) และการเข้ากันของผลิตภัณฑ์กับบรรจุภัณฑ์

ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์

ทดสอบด้วยวิธีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ลงในผลิตภัณฑ์และดูประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในการยับยั้งเชื้อที่เติมโดยวิธี Challenge test โดยทำการถ่ายเชื้อจำนวน 10^6-10^7 CFU/ml ลงผลิตภัณฑ์และอ่านผลที่ 7, 14, 28 วัน 1 เดือน โดยทดสอบการยับยั้งเชื้อ *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *C. albicans* และ *A. niger* ทำการทดสอบในอาสาสมัครจำนวนทั้งหมด 30 คน เพื่อทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์นาโนซิลเวอร์ 4 สูตรตำรับโดย สูตรตำรับที่ 1 เป็นสูตรควบคุม (Control) คือไม่มีสารกันเสียและนาโนซิลเวอร์ สูตรตำรับที่ 2 เป็นสูตรที่มีสารกันเสียหลัก (preservative, phenoxyethanol and sodium benzoate 0.5 %) สูตรตำรับที่ 3 เป็นสูตรที่ใส่นาโนซิลเวอร์ร้อยละ 0.5 สูตรตำรับที่ 4 ใส่ทั้งสารกันเสียหลักและนาโนซิลเวอร์อย่างละร้อยละ 0.5 โดยให้อาสาสมัครทำการทดสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ (swap test) ทำการตรวจสอบหาเชื้อจุลินทรีย์ก่อนและหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์ ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

ทดสอบการระคายเคืองในอาสาสมัคร

โดยทำการทดสอบด้วยการแปะแผ่นทดสอบลงบนผิวหลังของอาสาสมัครจำนวน 33 คนมีอายุช่วง 18-65 ปีเป็นชายจำนวน 12 คนและหญิงจำนวน 21 คนเป็นคนไทย มีสุขภาพผิวดีไม่แพ้ง่าย จากนั้นทำการประเมินผลที่ 48 และ72 ชั่วโมงโดยอ่านผลหลังจากที่นำ แผ่นทดสอบออก หลังจาก 30 นาที เกณฑ์ที่ใช้วัดเพื่อบ่งบอกการระคายเคืองได้จาการสังเกตได้ด้วยตา คืออาการผื่นแดง (erythema), อาการแห้งของผิว (dryness) และอาการบวมน้ำ (edema)

ทดสอบความพึงพอใจของอาสาสมัคร

ทดสอบผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาด จำนวน 10 ชิ้นต่อ 1 ซองกับอาสาสมัครจำนวน 30 คน ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดจนหมดซอง แล้วทำการประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์โดยการกรอกแบบสอบถามเพื่อลงคะแนนความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์

ผลการวิจัย

การเตรียมสูตรตำรับผลิตภัณฑ์

จากการเตรียมสูตรตำรับเป็นแบบอิมัลชัน (emulsion)โดยเติมส่วนผสมของนาโนซิลเวอร์ลงในสูตรตำรับร้อยละ0.5 ได้สูตรตำรับที่มีลักษณะเป็นน้ำนมสีขาวดังภาพที่ 1 มีค่า พีเอช อยู่ในช่วง 5.00-6.00 มีกลิ่นหอมของว่านหางจระเข้ผสมกับกลิ่นแตงกวาและเนื้อของสูตรตำรับมีความนุ่มชุ่มชื่นเมื่อสัมผัสกับผิว จากนั้นเตรียมผ้าเช็ดทำความสะอาดจำนวน 10 ชิ้นต่อ 1 ซองที่มีขนาด

20 x 17.5 เซนติเมตร และหนา 45 แกรม ที่ผ่านฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีแล้วถูกกรอกด้วยเนื้อผลิตภัณฑ์ตำรับปริมาณ 40±0.2 กรัมต่อ 1 ซองแล้วทำการบีบเนื้อผลิตภัณฑ์ให้ทั่วผ้าเช็ดทำความสะอาด ได้ผ้าเช็ดทำความสะอาดดังภาพที่ 2 และทำการปิดฉลากด้านหลังผลิตภัณฑ์เพื่อที่จะได้ทำการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในลำดับต่อไป

ภาพที่ 1 ลักษณะของเนื้อผลิตภัณฑ์ (Bulk) ตำรับของผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์ (A) และผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดที่กรอกเนื้อผลิตภัณฑ์ (B)

การทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์

ผลการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง(25±2°C), สภาวะที่มีแสงฟลูออเรสเซนต์ และทดสอบแบบวัฏจักรร้อน-เย็น เป็นเวลา 6 รอบ พบว่าเนื้อผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดีและกลิ่นผลิตภัณฑ์ลดลงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับสภาวะควบคุม (4±2 °C) ที่อุณหภูมิ 45 °C และ 50°C เนื้อผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองขึ้น ความเข้มของกลิ่น และพบว่าทุกสภาวะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชเพียงเล็กน้อยอยู่ในเกณฑ์ของค่ากำหนดคุณภาพที่กำหนดไว้ โดยสรุปจากผลการทดสอบความคงตัวที่ต่างสภาวะเร่งและเวลาต่างกัน เนื้อผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดีและสูตรมีแนวโน้มมีสีเหลืองขึ้น และกลิ่นจางลงเมื่อเวลาผ่านไป จากผลการทดลองนี้ทำให้ทราบว่าการเก็บรักษาเนื้อผลิตภัณฑ์ควรเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

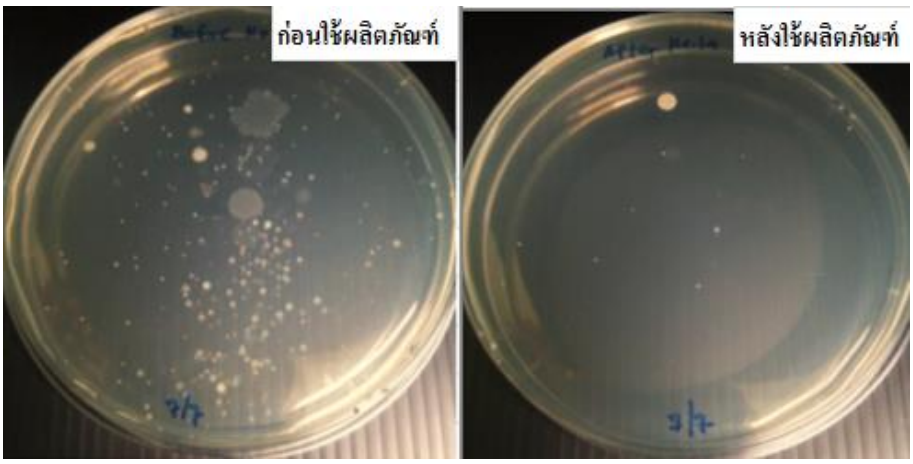
ผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์ที่สภาวะและเวลาที่แตกต่างกัน โดยใช้สภาวะที่ 4±2°C เป็นตัวควบคุม พบว่าการทดสอบวัฏจักรร้อนเย็น ที่อุณหภูมิห้อง 25±2 °C และที่ภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์ ทั้งสามสภาวะ มีกลิ่นของผลิตภัณฑ์อ่อนลงเล็กน้อย และน้ำหนักสูญเสียไปจากเดิม ร้อยละ 4.56, 2.86 และ 12.81 ตามลำดับและพบว่าที่อุณหภูมิ 45±2 °C และ 50±2 °C กลิ่นมีแนวโน้มอ่อนลงในระดับ 2 และพบการสูญเสียน้ำ ที่ร้อยละ 30.78 และ 13.30 ตามลำดับ ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูง เนื่องจากจะทำให้กลิ่นเกิด

การระเหยทำให้ความเข้มของกลิ่นอ่อนลง และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์ก็จะสูงขึ้นตาม ส่งผลให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไม่ตรงตามค่ากำหนดคุณภาพที่ตั้งไว้ของผลิตภัณฑ์ได้

ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าเช็ดทำความสะอาดสูตรตำรับที่ 4 ซึ่งมีส่วนผสมของนาโนซิลเวอร์ร้อยละ 0.5 โดยวิธี challenge test ไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อ *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *C. albicans* และ *A. niger* แสดงให้เห็นว่าผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์ที่ได้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อทั้ง 4 ชนิด

การทดสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์เป็นวิธีทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ โดยมีการประเมินผลจากการวัดเทียบเชื้อจุลินทรีย์ก่อนและหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์ของอาสาสมัครทั้ง 30 คน โดยทำการทดสอบทั้งหมด 4 สูตรตำรับเพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มการยับยั้งเชื้อจุลลินทรีย์เบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาด โดยที่สูตรตำรับที่ 1 คือสูตรควบคุม (ไม่ใส่สารกันเสียและนาโนซิลเวอร์) สูตรตำรับที่ 2 เป็นสูตรที่มีสารกันเสียหลัก (preservative, phenoxyethanol and sodium benzoate 0.5 %) แต่ไม่มีสารนาโนซิลเวอร์ สูตรตำรับที่ 3 เป็นสูตรที่ใส่นาโนซิลเวอร์ร้อยละ 0.5 แต่ไม่ใส่สารกันเสียหลัก สูตรตำรับที่ 4 ใส่ทั้งสารกันเสียหลักและนาโนซิลเวอร์อย่างละร้อยละ 0.5 ทำวิธีการทดสอบโดยการนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์รวมกันที่เรียกว่า total plate count (TPC) มีหน่วยเป็น Colony Forming Units ต่อ ml (CFU/ml) ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง แบ่งเป็นทดสอบครั้งละ 1 วัน เป็นเวลา 3 วัน ต่ออาสาสมัคร 1 คน หลังการทดสอบพบว่าผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์สามารถช่วยยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าร้อยละ 50 ในอาสาสมัคร จำนวน 30 คน ในสูตรตำรับที่ใส่ทั้งสารกันเสียหลักและนาโนซิลเวอร์อย่างละร้อยละ 0.5 คิดเป็นร้อยละ 83.33±5.77 (ภาพที่ 2) ซึ่งมากกว่ากลุ่มควบคุมคือ ประมาณร้อยละ 20 ในสูตรตำรับที่ 1 และ 2 และ ร้อยละ10 ในสูตรตำรับที่ 3 ตามลำดับ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในอาสาสมัครพบว่าผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดที่ผสมด้วยสารกันเสียหลักและนาโนซิลเวอร์ซึ่งช่วยในการยับยั้งเชื้อจุลทรีย์มีแนวโน้มยับยั้งเชื้อจุลลินทรีย์ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม และอาจสรุปผลได้ว่าผลิตภัณฑ์สูตรตำรับที่ผสมด้วยสารกันเสียหลักและนาโนซิลเวอร์สามารถช่วยเช็ดทำความสะอาดและยับยั้งเชื้อจุลลินทรีย์ในอาสาสมัครได้อย่างมีประสิทธิภาพ



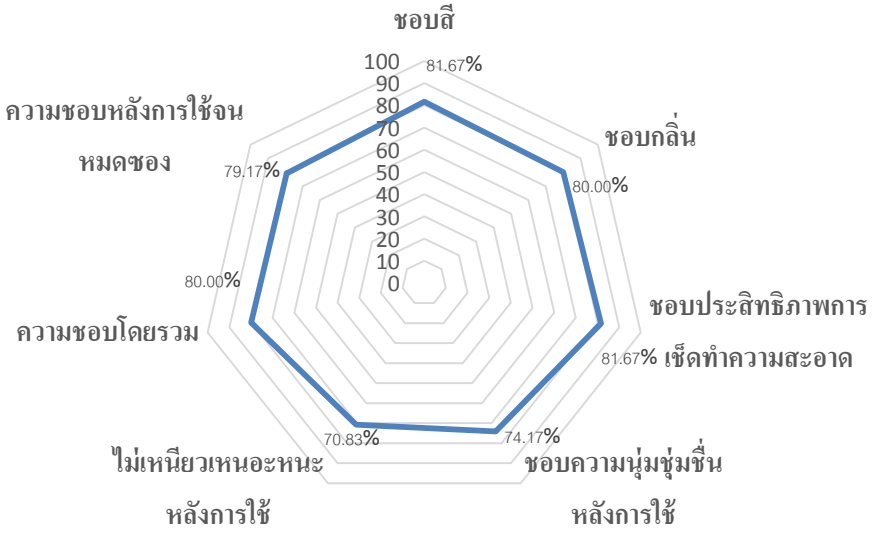
ภาพที่ 2 ผลการทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ก่อนและหลังใช้ผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์สูตรตำรับที่ 4

ทดสอบการระคายเคืองในอาสาสมัคร

จากการทดสอบผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์สูตรตำรับที่ผสมด้วยสารกันเสียหลักและนาโนซิลเวอร์กับอาสาสมัครทั้งหมด 33 คน ผลพบว่าผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์ไม่ทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่ออาสาสมัครทั้ง 33 คน เมื่อทดสอบติดผลิตภัณฑ์ลงบนผิวนาน 48 และ 72 ชั่วโมง

ทดสอบความพึงพอใจของอาสาสมัคร

การทดสอบความพึงพอใจนี้ได้ทำการทดสอบกับอาสาสมัครจำนวน 30 คน โดยให้อาสาสมัครทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์ คนละ 1 ซอง ผลการทดสอบของอาสาสมัครทั้งหมด 30 คน พบว่า สีและประสิทธิภาพการเช็ดทำความสะอาด มีความชอบมากที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 81.67 รองลงมาคือ กลิ่นและความชอบโดยรวมอยู่ที่ ร้อยละ 80.00 ความชอบหลังจากการใช้จนหมดซองอยู่ที่ร้อยละ 79.17 ความชอบของความนุ่มชุ่มชื่นอยู่ที่ ร้อยละ 74.17 ความเหนียวเหนอะหนะของผลิตภัณฑ์มีความชอบน้อยที่สุดคือร้อยละ 70.83 จากการทดสอบความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อผลิตภัณฑ์นี้สามารถสรุปได้ว่าอาสาสมัครทั้งหมด 30 คน มีความชอบในคุณสมบัติทั้ง 7 ข้อ มากกว่าร้อยละ 70 ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความพึงพอใจในคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์สูตรตำรับที่ 4 ในอาสาสมัคร 30 คน

สรุปผลการวิจัย

นาโนซิลเวอร์ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีสีเขียวโดยใช้สารสกัดจากมะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) สามารถประยุกต์ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาด ด้วยการผสมเข้ากับเนื้อผลิตภัณฑ์ตำรับแบบอิมัลชันได้และผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดมีประสิทธิภาพช่วยลดการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุของผิวสกปรก จากการทดสอบความคงตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์ตำรับและผลิตภัณฑ์ที่สภาวะเร่งและเวลาที่ต่างกันพบว่ามีความคงตัวดี แต่มีแนวโน้มกลิ่นอ่อนลงและมีสีเหลือง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในหลอดทดลองของผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์ พบว่าผลิตภัณฑ์สามารถช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกชนิด *S. aureus* และแบคทีเรียแกรมลบ ชนิด *P.aeruginosa* นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งเชื้อยีสต์ชนิด *C. albicans* และเชื้อราชนิด *A. niger* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในอาสาสมัคร 30 คน พบว่าสูตรตำรับผสมด้วยสารกันเสียหลักและนาโนซิลเวอร์ สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์มากกว่าร้อยละ 50 ในอาสาสมัครจำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33±5.77 ซึ่งมากกว่ากลุ่มควบคุมคือ ประมาณร้อยละ 20 ในสูตรตำรับที่ไม่มีสารกันเสียและนาโนซิลเวอร์และสูตรที่มีสารกันเสียหลัก และ ร้อยละ 10 ในสูตรตำรับที่ใส่นาโนซิลเวอร์ร้อยละ 0.5 ตามลำดับ และผลของการทดสอบการระคายของ

อาสาสมัครพบว่า ไม่มีอาการระคายเคืองเกิดขึ้น ผลการประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ผ้าเช็ดทำความสะอาดนาโนซิลเวอร์พบว่า อาสาสมัครส่วนใหญ่ชอบสีและประสิทธิภาพการเช็ดทำความสะอาดคิดเป็นร้อยละ 81.67 ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์และกลิ่นคิดเป็นร้อยละ 80.00 ชอบหลังการใช้จนหมดซองคิดเป็นร้อยละ 79.17 ความนุ่มชุ่มชื่นคิดป็นร้อยละ 74.17 ในขณะที่คะแนนความชอบของความไม่เหนอะหนะของผลิตภัณฑ์อยู่ที่ร้อยละ 70.83 จากผลการทดลองครั้งนี้ทำให้ทราบข้อมูลที่เป็นประโยชน์พื้นฐานสำคัญและสามารถนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นต่อไปได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงที่คอยสนับสนุนข้อมูลสำคัญเชิงวิชาการและสถานที่อำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย

รายการอ้างอิง

[1] Phuphansri, N., Jimtaisong, A. & Mookriang, S. (2012). Green synthesis and antibacterial activities of silver nanoparticles. 1st Mae Fah Luang University. *International Conference*, 1-14.

[2] Ghodake, G., Lim, S. R. & Lee, DS. (2013) Casein hydrolytic peptides mediated green synthe-sis of antibacterial silver nanoparticles. *Colloids Surf B*, *108*,147–51.

[3] Tanvir, S., Oudet, F., Pulvin, S. & Anderson, W. A. (2012). Coenzyme based synthesis of silver nanocrystals. *Enzyme MicrobTechnol*, *51*, 231–6

[4] Hebeish, A., El-Bisi, M. K., & El-Shafei, A. (2015). Green synthesis of silver nanoparticles and their application to cotton fabrics. *International Journal of Biological Macromolecules*, *72*, 1384-1390.

[5] Xu, G., Qiao, X., Qiu, X. & Chen, J. (2013). Green Synthesis of Highly Pure Nano-Silver Sols—Electrolysis. *Rare Metal Materials and Engineering, 42*(2), 249-253.

[6] Sheehy, K., Casey, A., Murphy, A. & Chambers, G. (2015). Antimicrobial properties of nano-silver: A cautionary approach to ionic interference. *Journal of Colloid and Interface Science, 443*, 56-64.

[7] Sathishkumar, M., Sneha, K., Won, S. W., Cho, C. W., Kim, S. & Yun, Y. S. (2009). *Cinnamon zeylanicum* bark extract and powder mediated green synthesis of nanocrystalline silver particles and its bactericidal activity. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 73*(2), 332-338.

[8] Khalil, M. M. H., Ismail, E. H., El-Baghdady, K. Z. & Mohamed, D. (2014). Green synthesis of silver nanoparticles using olive leaf extract and its antibacterial activity. *Arabian Journal of Chemistry, 7*(6), 1131-1139.

[9] Mookriang, S., Jimthaisong, A., Saewan, N., Kittigowittana, K., Rachtanapun, P., Pathawinthranond, V. & Sarakornsri, T. (2013). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using a Vitamin C Rich *Phyllanthus Emblica* Extract. *Advanced Materials Research,622-623,* 864-868.

[10] อำภา จิมไธสง และคณะ. (2558) การสังเคราะห์อนุภาคเงินนาโนด้วยเทคโนโลยีสีเขียวโดยใช้สารสกัดที่อุดมด้วยวิตามินซีเพื่อใช้ในเครื่องสำอาง, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง: รายงานวิจัย

[11] Chen, X. & Schluesener, H. J. (2008). Nanosilver: A nanoproduct in medical application. *Toxicol Lett, 176*, 1–12.

[12] Nowack, B., Krug, H. F. & Height, M. (2011). 120 Years of Nanosilver History: Implications for Policy Makers. *Environ SciTechnol,45,* 1177–1183.

[13] Sreeram, K.J., Nidhin, M. & Nair, B.U. (2008). Microwave assistedtemplate synthesis of silvernanoparticles. *Bull. Mater. Sci, 31*, 937–942.

[14] Joseph, S. & Mathew, B. (2015). Microwave-assisted green synthesis of silver nanoparticles and the study on catalytic activity in the degradation of dyes. *Journal of Molecular Liquids, 204*, 184-191.

[15] Zamiri, R., Zakaria, A., Abbastabar, H., Darroudi, M., Husin, M.S. & Mahdi, M.A. (2011). Laserfabricated castor oil-capped silvernanoparticle. *Int. J. Nanomed, 6*, 565–568.

[16] Navaladian, S., Viswanathan, B., Viswanath, R.P. & Varadarajan, T.K. (2007). Thermaldecomposition as route for silver nanoparticles. *Nanoscale Res. Lett, 2*, 44–48.

[17] Muniyappan, N. & Nagarajan, N.S. (2014). Green synthesis of silver nanoparticles with *Dalbergia spinosa* leaves and their applications in biological and catalytic activities. *Process Biochemistry, 49*(6), 1054-1061.

[18] Karuppiah, M. & Rajmohan, R. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles using *Ixora coccinea* leaves extract. *Materials Letters, 97,* 141-143.

[19] Ahmed, S., Ullah, S., Ahmad, M., Swami, B. L., & Ikram, S. (2015). Green synthesis of silvernanoparticles using *Azadirachta indica* aqueous leaf extract. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 3,* 1-7.

[20] Sanford, J. & Venkatapathy, R. (2010). State of the Science Literature Review: Everything Nanosilverand More. In: Varner, K., editor. Scientific, Technical, Research, Engineering, and Modeling Support Final Report. U. S. Environmental Protection Agency, *Office of Research and Development*. United States: Washington DC

[21] Reidy, B., Haase, A., Luch, A., Dawson, K. A. & Lynch, I. (2013). Mechanisms of silver nanoparticle release, transformation and toxicity: a critical review of current knowledge and recommendations for future studies and applications. *Materials, 6,* 2295–2350.

[22] Sharma, V. K. (2013). Sustainable Nanotechnology and the Environment: Advances and Achievements. Vol. 1124. American Chemical Society. *Stability and Toxicity of Silver Nanoparticles in Aquatic Environment*: A Review; p. 165-179.

[23] Yu, S. J., Yin, Y. G. & Liu, J. F. (2013). Silver nanoparticles in the environment. *Environ Sci: Proc Impacts, 15,* 78–92.

[24] Grigor'Eva, A., Saranina, I., Tikunova, N., Safonov, A., Timoshenko, N., Rebrov, A. & Ryabchikova, E. (2013). Fine mechanisms of the interaction of silver nanoparticles with the cells of *Salmonella typhimurium* and *Staphylococcus aureus*. *BioMetals, 26,* 479–488.

[25] Hebeish, A., El-Bisi, M. K. & El-Shafei, A. (2015). Green synthesis of silver nanoparticles and their application to cotton fabrics. *International Journal of Biological Macromolecules, 72,* 1384-1390.