

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง
Development of Grey Hair Coverage Product Containing
Henna Leaves Extract

สุภานาฏ เบญจนราสุทธิ์

อีเมล: 6451701294@lamduan.mfu.ac.th

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐราวุฒิ ฐิติปราโมทย์

อีเมล: natthawut.thi@mfu.ac.th

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์ที่มีสารเคมีและหันมาใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเตรียม และประเมินสารสกัดจากใบเทียนกิ่ง (Henna Leaves: HL) เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวแบบชั่วคราว โดยใช้วิธี ultrasonic extraction กับตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น, 75% เมทานอล และ 75% อะซีโตน (อัตราส่วน 1:10, w/v) จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total Phenolic Content: TPC) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH Activity) และสารสีลอว์โซน (Lawsone) ด้วยเทคนิค high performance liquid chromatography (HPLC) ผลการทดลองพบว่า การสกัดด้วย 75% อะซีโตน ให้ TPC สูงสุด (151.00 ± 1.71 mg GAE/g extract) ขณะที่ 75% เมทานอลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (136.75 ± 3.01 mg TEAC/g extract) และน้ำกลั่นให้ปริมาณสาร Lawsone สูงสุด (1.76 ± 0.03 μ g/ml) จึงเลือกสารสกัดน้ำกลั่นเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ได้ทดลองพัฒนาสูตรปิดผมขาวไม่ต้องล้างออกที่ความเข้มข้น HL 5.0% (F1), 7.5% (F2) และ 10.0% (F3) (w/w) พบว่า สูตร F1 มีประสิทธิภาพปกปิดผมขาวดีที่สุด และมีลักษณะผลิตภัณฑ์เหมาะสมที่สุดต่อการใช้งาน สรุปได้ว่า สารสกัดใบเทียนกิ่งมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากธรรมชาติที่ปลอดภัย และยังสามารถต่อยอดสู่ผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผมอื่น ๆ ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: ปกปิดผมขาว, ใบเทียนกิ่ง (*Lawsonia inermis*), ลอว์โซน, สีจากธรรมชาติ

Abstract

Currently, consumers tend to avoid cosmetic products containing synthetic chemicals and prefer natural, safe, and eco-friendly alternatives. The objective of this study was to prepare and to evaluate Henna leaf (HL) extracts for development temporary grey hair conceal product. HL extracts were obtained by ultrasonic extraction using three solvents distilled water, 75% methanol, and 75% acetone at a 1:10 (w/v) ratio. The extracts were analyzed for total phenolic content (TPC), antioxidant activity (DPPH), and lawsone concentration by high performance liquid chromatography (HPLC). The results showed that HL extracted with 75% acetone contained the highest TPC (151.00 ± 1.71 mg GAE/g extract), while 75% methanol extract exhibited the strongest antioxidant activity (136.75 ± 3.01 mg TEAC/g extract). Distilled water extract provided the highest lawsone content (1.76 ± 0.03 μ g/ml) and was selected for product formulation. Leave on gray hair concealer prototypes were developed with HL extract at concentrations of 5.0% (F1), 7.5% (F2), and 10.0% (F3) (w/w). Among these, formulation F1 effectively concealed gray hair and demonstrated the most suitable product characteristics. In conclusion, henna leaf extract exhibits strong potential for the development of safe, sustainable, and eco-friendly natural hair concealing products, and may be further applied to other herbal hair care formulations in the future.

Keywords: Hair Coverage, *Lawsonia inermis*, Lawsone, Natural Dye

บทนำ/หลักการและเหตุผล (Introduction)

ผมหงอกหรือผมขาว (Grey Hair) เกิดจากกระบวนการชราที่รากผมหยุดผลิตเมลานิน ซึ่งเป็นเม็ดสีของเส้นผม เมื่ออายุมากขึ้นการสร้างเมลานินจะลดลง ทำให้ผมเปลี่ยนเป็นสีขาวหรือเทา ปัจจัยสำคัญคือพันธุกรรม แต่ก็อาจเกิดก่อนวัยจากความเครียด การสูบบุหรี่ หรือปัญหาสุขภาพบางอย่าง การมีผมหงอกส่งผลต่อความมั่นใจ ทำให้หลายคนหันมาใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อปกปิดหรือเปลี่ยนสีผม การย้อมผมเป็นวิธีที่นิยมมากในการปิดผมหงอก แต่สีสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์ย้อมผมถูกพบว่าเป็นสารก่อมะเร็ง ก่อภูมิแพ้ และเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Boonsong et al., 2012) ขณะที่สีย้อมจากธรรมชาติมีข้อดีคือเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ย่อยสลายได้ ไม่ก่ออาการแพ้ และไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ จึงเป็นที่นิยมมากขึ้น

ต้นเทียนกิ่งหรือเฮนน่า (*Lawsonia inermis*) เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในแอฟริกาเหนือ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และออสเตรเลีย โดยอินเดีย อียิปต์ และชูดานเป็นแหล่งปลูกสำคัญ เฮนน่าใช้มาตั้งแต่สมัยโบราณในการย้อมผม เล็บ ผิวหนัง และผ้า (Alam et al., 2007) สีที่ได้จากการย้อมผมด้วยเฮนน่าเป็นโทนน้ำตาลเข้มถึงแดง มีความปลอดภัยเพราะปราศจากสารเคมีอันตราย จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องปิดผมหงอกบ่อย ๆ สารสำคัญ คือ lawsone (2-hydroxy-1,4-naphthoquinone) ซึ่งพบมากในใบ และสามารถยึดติดกับโปรตีนเคราตินของเส้นผม ทำให้สีติดเกาะได้ดีโดยไม่ทำลายโครงสร้างผม (อรัญญา ศรีบุษราคัม, 2563)

ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผมชั่วคราว เป็นอีกทางเลือกสำหรับผู้ที่ต้องการปกปิดผมขาวเฉพาะจุด เช่น โคนผม และไรผมรอบหน้า มีหลายรูปแบบ ได้แก่ สเปรย์ เจล มูส และมาสคาร่า ข้อดีคือปลอดภัยเพราะไม่ซึมเข้าแกนผม ล้างออกง่าย และใช้งานสะดวก โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวที่ได้รับความนิยมสูง เนื่องจากเตรียมเฉพาะจุดได้แม่นยำ แห้งเร็ว และพกพาง่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง เพื่อให้ใช้งานง่าย สีติดติดได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ผ่านการสระผม โดยเตรียมสารสกัดสีจากใบเทียนกิ่งด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน และนำมาพัฒนาสูตรตำรับพื้นฐานผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวแบบชั่วคราวในรูปแบบอิมัลชันแบบเหลว (Liquid Emulsion) ที่สามารถเกาะติดเส้นผมได้ดี และให้ความงามแก่เส้นผม

ระเบียบวิธี (Research Methodology)

1. การเตรียมสารสกัดจากใบเทียนกิ่งด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ใบเทียนกิ่งจาก ต.บ่อแก้ว อ.นาคู จ.กาฬสินธุ์ ทำให้แห้ง บด และสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด (น้ำกลั่น, 75% เมทานอล, 75% อะซิโตน) อัตราส่วนผงแห้งใบเทียนกิ่งต่อตัวทำละลาย 1:10 (w/v) ใช้คลื่นเสียงความถี่สูง 25 kHz ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ใ้การช่วยสกัด ระเหยตัวทำละลายออกด้วย rotary evaporator และทำให้แห้งด้วย freeze dryer (Dezashibi et al., 2019)

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง

ใช้วิธี Folin-Ciocalteu โดยเจือจางสารสกัดเข้มข้น 1 mg/mL เติม Folin reagent และโซเดียมคาร์บอเนต 7.5% ทิ้งไว้ 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ 765 nm ใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน (0.0078–0.5 mg/mL) คำนวณผลเป็น mg GAE/g extract (Kupina et al., 2018)

3. การวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอชจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง

สารสกัดเจือจางใน dimethyl sulfoxide (DMSO) ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.0016–0.2 mg/mL ผสมกับสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ปริมาตร 190 μ l วัดการดูดกลืนที่

515 nm ตั้งบ่มปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 120 นาที ใช้ Trolox เป็นมาตรฐาน (Sharma & Bhat, 2009; Thaipong et al., 2006) รายงานผลเป็น mg TEAC/g extract

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารลอร์วีน

ทำการวิเคราะห์สารลอร์วีน (Lawson) จากสารสกัดใบเทียนกิ่งทั้งสามตัวทำละลายด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High-Performance Liquid Chromatography: HPLC) โดยใช้คอลัมน์ Kinetex EVO C18 (150×2.1 mm, 5 μ m) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส flow rate 0.3 mL/min, injection 1 μ L, ตรวจวัดที่ 260 nm ระบบ mobile phase แบบไอโซแครติก (0.1% กรดอะซิติก:เมทานอล 40:60) เวลารัน 10 นาที ตัวอย่างกรองผ่านเมมเบรน 0.45 μ m คำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟของสารที่สกัดได้เทียบกับของสารมาตรฐาน (Patel et al., 2013)

5. ทดสอบลักษณะทางกายภาพ และการติดสีของสารสกัดใบเทียนกิ่งกับปอยมมฟอกสี

เตรียมสารละลายเข้มข้น 1, 5, 10 mg/mL จากตัวทำละลายทั้งสามชนิด บันทึกความใส ความขุ่น การตกตะกอน วัดค่า pH และค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง และใช้ปอยมม 7-8 ชั่วโมง น้ำหนักเฉลี่ย 2.5 กรัม ฟอกด้วย 12% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 2 รอบ แล้วย้อมด้วยสารสกัดเข้มข้น 1, 5, 10 mg/mL เป็นเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง วัดค่าสีระบบ CIE (Patel et al., 2013)

6. การพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ และการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ปิดผนึกจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง

ทำการพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ปิดผนึกแบบชั่วคราวโดยประกอบไปด้วย น้ำ, hydroxyethyl cellulose (HEC), disodium EDTA, triethanolamine (TEA), butylene glycol, polyvinyl alcohol (PVA) และ acrylates/allyl methacrylate copolymer (AMP) และสารสกัดใบเทียนกิ่งที่ความเข้มข้น 5, 7.5 และ 10 %w/w (F1, F2 และ F3 ตามลำดับ) และทำการประเมินสมบัติทางกายภาพ เช่น ค่าสี ค่า pH ทดสอบความคงตัวด้วยวิธี heating cooling cycle จำนวน 5 รอบ ที่อุณหภูมิ 4 และ 45 องศาเซลเซียส และตรวจสอบการแยกชั้นการตกตะกอน (Sharma & Bhat, 2009)

7. ศึกษาสมบัติการติดสีบนปอยมมของผลิตภัณฑ์ปิดผนึกจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง

ใช้ปอยมมฟอกสี ทาผลิตภัณฑ์สูตร F1-F3 (0.5 กรัม) เป่าแห้ง 3 นาที และทิ้งไว้ 6, 12, 24 ชั่วโมง วัดค่าสี ถ่ายภาพ จากนั้นสระด้วย 28% Texapon N800 (Sodium Lauryl Sulfate) ซับให้แห้งและวัดค่าสีซ้ำ (Patel et al., 2013)

ผลวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

1. สารสกัดใบเตียนกึ่งด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง

การสกัดผงใบเตียนกึ่งด้วยน้ำกลั่น, 75% เมทานอล และ 75% อะซีโตน และทำแห้งด้วยเครื่อง freeze dryer พบว่า น้ำกลั่นให้ผลผลิตสูงสุด ($18.36 \pm 3.52\%$) โดยได้สารสกัดลักษณะเป็นเกล็ดเล็ก สีน้ำตาลเข้มเป็นเงา ขณะที่การสกัดด้วย 75% อะซีโตนให้ผลผลิต $15.96 \pm 0.97\%$ และ 75% เมทานอลให้ผลผลิตต่ำสุด ($11.94 \pm 1.32\%$) โดยทั้งสองชนิดให้สารสกัดเป็นก้อนเหนียว สีน้ำตาลเข้มไม่เป็นเงา ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิต และลักษณะของสารสกัดใบเตียนกึ่งหลัง Freeze dry ด้วยตัวทำละลายแตกต่างกัน

สารสกัด	ร้อยละผลผลิต (%Yield)	ลักษณะกายภาพ	รูปภาพ
น้ำกลั่น	18.36 ± 3.52^a	ลักษณะเป็นเกล็ดเล็ก ๆ เป็นเงา สีน้ำตาลเข้ม แต่เกล็ดไม่ติดกัน	
75% เมทานอล	11.94 ± 1.32^b	ลักษณะเป็นก้อนเหนียวติดมือ สีน้ำตาลเข้มไม่เป็นเงา มีทั้งขนาดเล็ก และใหญ่	
75% อะซีโตน	15.96 ± 0.97^{ab}	ลักษณะเป็นก้อนเหนียวติดมือ สีน้ำตาลเข้มไม่เป็นเงา มีทั้งขนาดเล็ก และใหญ่	

หมายเหตุ ข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD), $n = 3$ และด้วยอักษรภาษาอังกฤษ (a, b) ของคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ANOVA, Duncan's test; $p < 0.05$)

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวม และการยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอในสารสกัดใบเตียนกึ่ง

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดใบเตียนกึ่งด้วยวิธี Folin-Ciocalteu พบว่า การสกัดด้วย 75% อะซีโตนให้ค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ 75% เมทานอล และน้ำกลั่น โดยผลต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 2 และผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า 75% เมทานอลให้ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดด้วย 75% อะซีโตน และ

น้ำกลั่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 2 สะท้อนถึงความแตกต่างของคุณสมบัติการละลายสารออกฤทธิ์ในตัวทำละลายแต่ละชนิด โดยที่อะซีโตนมีประสิทธิภาพในการสกัดฟีนอลิกรวมสูงกว่า ขณะที่เมทานอลให้ประสิทธิภาพสูงกว่าในการแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) และฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยตัวทำละลายแตกต่างกัน

สารสกัด	TPC (mg GAE/g extract)	Antioxidant DPPH activity (mg TEAC/g extract)
น้ำกลั่น	84.23 ± 0.70 ^c	6.24 ± 0.93 ^c
75% เมทานอล	126.86 ± 0.11 ^b	136.75 ± 3.01 ^a
75% อะซีโตน	151.00 ± 1.71 ^a	112.51 ± 2.89 ^b

หมายเหตุ ข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD), n = 3 และด้วยอักษรภาษาอังกฤษ (a, b, c) ของคอลัมน์เดียวกันในแต่ละพารามิเตอร์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ANOVA, Duncan's test; $p < 0.05$)

การสกัดใบเทียนกิ่งด้วยน้ำกลั่นร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงให้ผลผลิตสูงสุด (18.36%) ซึ่งมากกว่าการสกัดด้วยเมทานอล อะซีโตน และตัวทำละลายที่มีความขั้วต่ำอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้ การใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยทำลายโครงสร้างเซลล์พืชและเพิ่มการละลายของสารสำคัญในตัวทำละลาย (Dezashib et al., 2013) สำหรับการสกัดสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่าการใช้อะซีโตนผสมน้ำในความเข้มข้น 40-75% มีประสิทธิภาพสูงกว่าการสกัดด้วยแอลกอฮอล์หรือน้ำเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะอะซีโตนมีค่าความมีขั้วใกล้เคียงกับโครงสร้างฟีนอลิก ช่วยให้เกิดการละลายได้เหมาะสม อีกทั้งยังซึมผ่านเนื้อเยื่อพืชและลดการจับตัวของโปรตีนกับฟีนอลิก ส่งผลให้การสกัดมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Tan et al., 2013)

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารลอว์โซน

การวิเคราะห์สารลอว์โซน (Lawson) ด้วยเทคนิค HPLC โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานที่มีค่า retention time (RT) 2.981 นาที พบว่าตัวอย่างที่สกัดด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาณสาร lawson สูงสุด รองลงมา คือ 75% อะซีโตน และ 75% เมทานอลตามลำดับ โดยผลต่างดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์สารลอว์โซนจากสารมาตรฐานเปรียบเทียบกับสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น, 75% เมทานอล, 75% อะซีโตน

ตัวอย่าง	RT (นาที)	Area	Height	Amount ($\mu\text{g/ml}$)
Standard (Lawsonia)	2.992	12,864	1375	1
น้ำกลั่น	2.947 ± 0.02	$12,325 \pm 368$	979.50 ± 295	1.76 ± 0.03^a
75% เมทานอล	2.993 ± 0.01	$3,875.33 \pm 350$	295.33 ± 38	1.12 ± 0.03^b
75% อะซีโตน	3.015 ± 0.04	$5,516.67 \pm 1849$	468.33 ± 198	1.24 ± 0.14^b

หมายเหตุ ข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD), $n = 3$ และด้วยภาษาอังกฤษ (a, b) ของคอลัมน์เดียวกันในแต่ละพารามิเตอร์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ANOVA, Duncan's test; $p < 0.05$)

จากผลการศึกษา พบว่า น้ำกลั่นแม้จะมีข้อสูงแต่กลับให้ปริมาณสาร lawsonia มากที่สุด ซึ่งอาจไม่ได้เกิดจากความสามารถในการละลายของตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดจากปัจจัยทางกายภาพระหว่างกระบวนการเตรียม เช่น ขั้นตอนการกรองด้วยผ้าขาวบางร่วมกับการบีบคั้นตัวอย่างในการสกัดด้วยน้ำกลั่น ซึ่งอาจทำให้น้ำเซลล์พืช (Cell Wall) แตกตัว มากกว่ากระบวนการกรองปกติ ทำให้สารออกฤทธิ์อย่าง lawsonia ที่อยู่ในเซลล์ถูกปลดปล่อยออกมาได้มากขึ้น (Do et al., 2014)

4. การทดสอบลักษณะทางกายภาพ และการติดสีของสารละลายที่มีส่วนผสมสารสกัดใบเทียนกิ่งที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กับปอยผมที่ได้จากการฟอกสี

ได้ทำการทดสอบการละลายของสารสกัดใบเทียนกิ่งจากตัวทำละลายทั้งสามชนิด โดยละลายในน้ำกลั่นเริ่มต้นที่ความเข้มข้น 1 mg/ml และทดสอบการละลายด้วยเครื่อง sonicator ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เพื่อตรวจสอบความสามารถในการละลาย พบว่าสารสกัดที่ได้จากน้ำกลั่นให้สารละลายใส สีเหลืองอ่อน มีสารแขวนลอย ขณะที่สารสกัดจาก 75% เมทานอลให้สารละลายขุ่น สีเหลืองอ่อน มีสารแขวนลอย และสารสกัดจาก 75% อะซีโตนให้สารละลายใส สีเหลืองอ่อน แต่เกิดการตกตะกอนที่ก้นหลอดทดลอง จากนั้นได้ศึกษาคุณสมบัติและลักษณะทางกายภาพของสารละลายในความเข้มข้น 1, 5 และ 10 mg/ml โดยบันทึกลักษณะทางกายภาพ วัดค่า pH และวัดสีด้วยระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4 สำหรับการศึกษาการติดสีของสารละลายที่มีส่วนผสมของสารสกัดใบเทียนกิ่งละลายในน้ำกลั่นที่ความเข้มข้น 1, 5 และ 10 mg/ml โดยนำมาทดสอบการย้อมบนปอยผม ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์สี (L^* , a^* , b^*) พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) ของเส้นผมลดลง แสดงถึงความเข้มของสีที่

มากขึ้น ขณะที่ค่า a^* ซึ่งแสดงถึงโทนสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารสกัด สะท้อนว่าสีผสมมีความเป็นโทนแดงมากขึ้น ส่วนค่า b^* ซึ่งแสดงถึงโทนสีเหลืองหรือน้ำเงิน มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ค่า ΔE ซึ่งใช้บ่งชี้ความแตกต่างของสีเมื่อเทียบกับตัวควบคุม มีค่ามากขึ้นตามความเข้มข้น โดยที่ความเข้มข้น 10 mg/ml ให้ค่า ΔE สูงที่สุดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่า pH, ค่าสี ของสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น, 75% เมทานอล, 75% อะซีโตน ในน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

สารสกัด	ความเข้มข้น (mg/ml)	ค่าสี		a^*	b^*
		pH	L*		
น้ำกลั่น	1	6.08 ± 0.00^a	54.23 ± 0.10^a	2.07 ± 0.01^c	9.79 ± 0.01^b
	5	5.74 ± 0.01^b	45.71 ± 0.09^b	7.39 ± 0.10^a	10.77 ± 0.14^a
	10	5.48 ± 0.02^c	41.14 ± 0.02^c	6.94 ± 0.03^b	4.12 ± 0.10^c
	100	5.17 ± 0.12^d	37.15 ± 0.06^d	0.56 ± 0.03^d	0.33 ± 0.02^d
75% เมทานอล	1	4.35 ± 0.09^a	54.06 ± 0.37^a	1.15 ± 0.04^c	10.29 ± 0.05^b
	5	3.87 ± 0.15^b	46.89 ± 0.17^b	5.17 ± 0.03^b	13.70 ± 0.31^a
	10	3.83 ± 0.12^b	43.12 ± 0.04^c	6.39 ± 0.03^a	8.27 ± 0.14^c
75% อะซีโตน	1	3.95 ± 0.03^a	55.02 ± 0.09^a	0.83 ± 0.01^c	11.26 ± 0.03^b
	5	3.53 ± 0.17^b	46.67 ± 0.06^b	3.83 ± 0.03^b	13.52 ± 0.21^a
	10	3.36 ± 0.17^b	41.48 ± 0.02^c	4.00 ± 0.02^a	5.43 ± 0.01^c

หมายเหตุ ข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD), $n = 3$ และด้วยภาษาอังกฤษ (a, b, c) ของคอลัมน์เดียวกันในแต่ละพารามิเตอร์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ANOVA, Duncan's test; $p < 0.05$)

ตารางที่ 5 ลักษณะการติดสีบนปอยผมที่ระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ด้วยสารละลายสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (mg/ml)	ΔE	ค่าสี		
			L*	a*	b*
6	ตัวควบคุม	-	79.31 $\pm$ 0.12 ^a	2.23 $\pm$ 0.05 ^d	23.20 $\pm$ 0.32 ^a
	1	8.44 $\pm$ 0.23 ^c	71.78 $\pm$ 0.31 ^b	5.81 $\pm$ 0.06 ^c	21.92 $\pm$ 0.14 ^b
	5	13.09 $\pm$ 0.17 ^b	67.49 $\pm$ 0.06 ^c	7.74 $\pm$ 0.02 ^b	22.08 $\pm$ 0.06 ^b
	10	16.49 $\pm$ 0.17 ^a	64.23 $\pm$ 0.35 ^d	8.83 $\pm$ 0.12 ^a	22.22 $\pm$ 0.33 ^b
12	ตัวควบคุม	-	73.26 $\pm$ 0.27 ^a	2.88 $\pm$ 0.06 ^d	22.82 $\pm$ 0.09 ^a
	1	4.05 $\pm$ 0.28 ^c	73.08 $\pm$ 0.23 ^a	4.74 $\pm$ 0.20 ^c	21.21 $\pm$ 0.47 ^c
	5	11.47 $\pm$ 0.31 ^b	66.60 $\pm$ 0.15 ^b	8.05 $\pm$ 0.13 ^b	23.07 $\pm$ 0.11 ^a
	10	17.62 $\pm$ 0.44 ^a	60.40 $\pm$ 0.15 ^c	9.81 $\pm$ 0.06 ^a	21.77 $\pm$ 0.05 ^b
24	ตัวควบคุม	-	69.80 $\pm$ 0.21 ^b	5.72 $\pm$ 0.08 ^d	26.12 $\pm$ 0.10 ^a
	1	2.28 $\pm$ 0.10 ^c	72.28 $\pm$ 0.05 ^a	6.46 $\pm$ 0.01 ^c	22.49 $\pm$ 0.02 ^b
	5	12.66 $\pm$ 0.12 ^b	66.18 $\pm$ 0.07 ^c	7.52 $\pm$ 0.02 ^b	21.95 $\pm$ 0.04 ^d
	10	17.53 $\pm$ 0.12 ^a	61.42 $\pm$ 0.02 ^d	9.24 $\pm$ 0.03 ^a	22.37 $\pm$ 0.01 ^c

หมายเหตุ ข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD), n = 3 และด้วยอักษรภาษาอังกฤษ (a, b, c) ของคอลัมน์เดียวกันในแต่ละพารามิเตอร์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ANOVA, Duncan's test; $p < 0.05$)

6. การพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์

การศึกษาการติดสีของสารสกัดใบเทียนกิ่ง พบว่า ความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อค่าพารามิเตอร์สี (L*, a*, b*) อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ของเส้นผมลดลง โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น นอกจากนี้ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุมเพิ่มขึ้นตามลำดับความเข้มข้น โดยที่ 10 mg/ml ให้ค่า ΔE สูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าสารสกัดใบเทียนกิ่งมีศักยภาพในการย้อมสีผมซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของสารสกัด

7. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพสูตรตำรับผลิตภัณฑ์

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้มมีความหนืด โดยความเข้มข้นและความหนืดจะแปรผันตามปริมาณของสารสกัดใบเทียนกิ่ง โดยสูตร F3 จะให้ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลเข้มและมีความหนืดที่สุด เมื่อนำมาตรวจวัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE วัดค่า pH ซึ่งไม่พบความ

แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ และลักษณะภายนอกอื่น ๆ ที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า เช่น ความหนืด การแยกชั้นและการตกตะกอน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางกายภาพของสูตรตำรับปิดผนวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง

คุณสมบัติ	F1 (สารสกัด 5.0%)	F2 (สารสกัด 7.5%)	F3 (สารสกัด 10.0%)
ลักษณะทางกายภาพ	ของเหลว ชั้นเล็กน้อย สีน้ำตาลเข้ม ทึบแสง เป็นเนื้อเดียวกัน	ของเหลว ชั้นมากกว่าสูตร F1 สีน้ำตาลเข้ม เป็นเนื้อเดียวกัน	ของเหลวชั้นที่สุด สีน้ำตาลเข้มเกือบดำ เป็นเนื้อเดียวกัน
ความหนืด**	3	4	5
ค่า pH	6.34 ± 0.00	5.87 ± 0.01	5.47 ± 0.00
ค่าสี L*	38.97 ± 0.03	39.14 ± 0.02	39.30 ± 0.02
ค่าสี a*	0.02 ± 0.03	0.08 ± 0.02	0.20 ± 0.04
ค่าสี b*	-1.35 ± 0.03	-1.25 ± 0.02	-1.16 ± 0.02
ภาพผลิตภัณฑ์			

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD), n=3 ความหนืด** ให้คะแนนเปรียบเทียบกับสารละลายน้ำกลั่นและTexapon N800 โดยให้ความหนืดของน้ำกลั่น = 1 และ Texapon N800 = 10

8. ศึกษาลักษณะความคงตัวของผลิตภัณฑ์

หลังทดสอบความคงตัวภายใต้สภาวะเร่งโดยวิธี heating cooling cycle ด้วยการเก็บตำรับพื้นฐานอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง สลับกับนำเข้าสู่ตู้อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง นับเป็นหนึ่งรอบ ทำซ้ำ 5 รอบ และประเมินลักษณะภายนอก คือ สี การแยกชั้น การตกตะกอน และค่า pH พบว่า สูตร F1 ให้ผลการทดสอบที่ไม่แยกชั้น มีความคงตัว ในขณะที่สูตร F2 และ F3 พบว่า เนื้อผลิตภัณฑ์มีการแยกชั้นไม่คงตัวหลังการทดสอบ

9. ศึกษาประสิทธิภาพการติดสับนอยมที่เชื่อมด้วยปิดผนวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง

ผลการทดสอบพบว่า ทั้ง 3 สูตรตำรับสามารถเปลี่ยนสีมเป็นสีน้ำตาลเข้มอมทองแดงได้อย่างชัดเจน โดยความเข้มสีเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัดใบเทียนกิ่ง และยังคงติดอยู่หลังการสระผมครั้งที่ 1 และ 2 ในทุกช่วงเวลาที่ยังผลิตภัณฑ์ (6, 12 และ 24 ชั่วโมง) ดังตารางที่ 7 แสดงถึง

ความสามารถในการยึดเกาะสีอย่างมีประสิทธิภาพ กลไกการย้อมอธิบายได้จากการจับของ lawsone (2-hydroxy-1,4-naphthoquinone) ซึ่งเป็นสารสำคัญในใบเทียนกิ่ง กับโปรตีนเคราตินในเส้นผม โดยหมู่ไฮดรอกซีของ lawsone สามารถเกิด Michael addition หรือ hydrogen bonding กับหมู่ $-NH_2$ หรือ $-SH$ ใน cysteine ทำให้เม็ดสีแทรกซึมและยึดเกาะเส้นผมได้ดี การย้อมด้วยสารสกัดใบเทียนกิ่งจัดเป็นแบบชั่วคราวเนื่องจากเม็ดสีเคลือบเกล็ดผม (Cuticle) และซึมเข้าสู่ cortex ในระดับตื้น ส่งผลให้สีคงทนในระยะหนึ่งแม้ผ่านการสระผม การวิเคราะห์สีในระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ยืนยันว่าค่าความแตกต่างสี (ΔE) ของเส้นผมที่ผ่านการย้อมแตกต่างจากก่อนย้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยขึ้นกับความเข้มข้นของสารสกัด (5.0, 7.5 และ 10.0 %w/w) และระยะเวลาการทำผลิตภัณฑ์ทิ้งไว้ชั่วคราวดังตารางที่ 8

จากการพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวโดยใช้สารสกัดใบเทียนกิ่งใน 3 ระดับความเข้มข้น คือ 5.0 %w/w (สูตร F1), 7.5 %w/w (สูตร F2) และ 10.0 %w/w (สูตร F3) พบว่า ความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อทั้งประสิทธิภาพในการให้สีผม และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยที่สูตรที่มีความเข้มข้น 5.0% สามารถให้เฉดสีที่ครอบคลุมผมขาวได้ดี เหมาะสมสำหรับผู้ที่ต้องการปิดผมขาวหรือปรับสีผมในระดับธรรมชาติ หากต้องการสีที่เข้มชัดขึ้น ค่า L^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ควรสูตรที่มีความเข้มข้น 7.5% ซึ่งให้สีที่ชัดเจนมากขึ้น โดยยังคงมีเนื้อผลิตภัณฑ์ที่สามารถเกลี่ยได้ง่าย อย่างไรก็ตาม สูตรที่มีความเข้มข้นสูงสุดที่ 10.0% แม้จะให้สีเข้มที่สุด แต่เนื้อผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดมากเกินไป อาจทำให้เกลี่ยยากและไม่เหมาะสมกับการใช้งานจริง จากการเปรียบเทียบสูตรทั้ง 3 สูตร โดยใช้สารสกัดใบเทียนกิ่งในความเข้มข้น 5.0%, 7.5% และ 10.0% พบว่า สูตร F1 (5.0%) มีความเหมาะสมมากที่สุดในการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากให้ประสิทธิภาพในการปิดผมขาวที่ดีเพียงพอ ลักษณะเนื้อผลิตภัณฑ์ใช้งานง่าย และมีความคงตัวดีที่สุดหลังการทดสอบภายใต้สภาวะเร่ง

ตารางที่ 7 ลักษณะเส้นผมหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเตียนกิ่งที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (F1 - F3) ทิ้งไว้ที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง หลังสระผมครั้งที่ 1 และหลังสระผมครั้งที่ 2

เวลาทดสอบ	หลังทดสอบ	หลังสระครั้งที่ 1	หลังสระครั้งที่ 2
6 ชั่วโมง			
12 ชั่วโมง			
24 ชั่วโมง			

ตารางที่ 8 แสดงค่าความต่างของสี L^* , a^* , b^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเตียนกิ่ง (สูตร F1 - F3) 6, 12 และ 24 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

เวลา (ชั่วโมง)	สูตร	สถานะ	ค่าสี			ΔE
			L	a^*	b^*	
6 ชม.	F1 (5.0%)	ตัวควบคุม	75.92 ± 0.08^a	4.83 ± 0.05^d	23.45 ± 0.05^a	-
		หลังทาทันที	47.39 ± 0.03^d	10.14 ± 0.02^a	15.26 ± 0.09^c	30.16 ± 0.07^a
		หลังสระผม*	56.95 ± 0.13^c	9.65 ± 0.06^b	19.20 ± 0.09^b	20.03 ± 0.05^b
		หลังสระผม**	58.35 ± 0.03^b	8.96 ± 0.05^c	19.07 ± 0.08^b	18.58 ± 0.09^c
	F2 (7.5%)	ตัวควบคุม	75.92 ± 0.08^a	4.83 ± 0.05^d	23.45 ± 0.05^a	-
		หลังทาทันที	45.22 ± 0.23^d	9.24 ± 0.03^c	12.25 ± 0.03^d	32.98 ± 0.17^a
		หลังสระผม*	54.47 ± 0.04^c	9.53 ± 0.05^a	18.73 ± 0.14^c	22.47 ± 0.05^b
		หลังสระผม**	54.92 ± 0.02^b	9.45 ± 0.77^b	19.22 ± 0.04^b	21.92 ± 0.07^c
	F3 (10.0%)	ตัวควบคุม	75.92 ± 0.08^a	4.83 ± 0.05^c	23.45 ± 0.05^a	-
		หลังทาทันที	44.82 ± 0.06^d	9.28 ± 0.06^a	12.10 ± 0.07^d	33.40 ± 0.12^a
		หลังสระผม*	53.35 ± 0.13^c	9.15 ± 0.02^b	17.22 ± 0.09^c	23.82 ± 0.09^b
		หลังสระผม**	55.32 ± 0.06^b	9.23 ± 0.03^{ab}	18.68 ± 0.09^b	21.60 ± 0.03^c
12 ชม.	F1 (5.0%)	ตัวควบคุม	72.36 ± 0.05^a	5.50 ± 0.04^d	21.45 ± 0.12^a	-
		หลังทาทันที	49.24 ± 0.03^d	10.16 ± 0.07^a	16.17 ± 0.13^d	24.18 ± 0.05^a
		หลังสระผม*	55.48 ± 0.27^c	9.70 ± 0.07^b	18.54 ± 0.15^c	17.64 ± 0.34^b
		หลังสระผม**	56.76 ± 0.05^b	9.18 ± 0.06^c	19.23 ± 0.16^b	16.19 ± 0.06^c
	F2 (7.5%)	ตัวควบคุม	72.36 ± 0.05^a	5.50 ± 0.04^c	21.45 ± 0.12^a	-
		หลังทาทันที	45.10 ± 0.06^d	9.37 ± 0.08^b	11.87 ± 0.08^d	29.15 ± 0.09^a
		หลังสระผม*	55.41 ± 0.19^c	9.95 ± 0.03^a	19.41 ± 0.03^b	17.64 ± 0.16^b
		หลังสระผม**	55.94 ± 0.20^b	9.43 ± 0.77^b	18.97 ± 0.07^c	17.07 ± 0.13^c
	F3 (10.0%)	ตัวควบคุม	72.36 ± 0.05^a	5.50 ± 0.04^d	21.45 ± 0.12^a	-
		หลังทาทันที	44.30 ± 0.25^d	9.12 ± 0.09^b	11.82 ± 0.03^d	29.89 ± 0.32^a
		หลังสระผม*	51.19 ± 0.13^c	9.59 ± 0.03^a	16.94 ± 0.10^b	22.03 ± 0.12^b
		หลังสระผม**	53.08 ± 0.08^b	8.52 ± 0.02^c	16.74 ± 0.05^c	20.08 ± 0.02^c
24 ชม.	F1 (5.0%)	ตัวควบคุม	70.84 ± 0.29^a	7.06 ± 0.14^b	23.78 ± 0.31^a	-
		หลังทาทันที	48.86 ± 0.53^d	9.77 ± 0.26^a	14.71 ± 0.58^d	23.94 ± 1.04^a
		หลังสระผม*	54.62 ± 0.11^c	9.73 ± 0.04^a	17.42 ± 0.07^c	17.63 ± 0.26^b
		หลังสระผม**	57.31 ± 0.12^b	9.89 ± 0.08^a	19.67 ± 0.10^b	14.43 ± 0.23^c
	F2 (7.5%)	ตัวควบคุม	70.84 ± 0.29^a	7.06 ± 0.14^b	23.78 ± 0.31^a	-
		หลังทาทันที	44.55 ± 0.20^d	8.78 ± 0.09^a	10.34 ± 0.11^d	29.57 ± 0.53^a
		หลังสระผม*	55.70 ± 0.06^c	8.60 ± 0.77^a	17.94 ± 0.05^c	16.30 ± 0.40^b
		หลังสระผม**	60.15 ± 0.81^b	9.95 ± 0.26^a	19.49 ± 0.46^b	11.89 ± 0.96^c
	F3 (10.0%)	ตัวควบคุม	70.84 ± 0.29^a	7.06 ± 0.14^d	23.78 ± 0.31^a	-
		หลังทาทันที	42.55 ± 0.09^d	8.04 ± 0.02^c	9.38 ± 0.07^d	31.75 ± 0.44^a
		หลังสระผม*	51.78 ± 0.08^c	9.52 ± 0.11^b	16.11 ± 0.09^c	20.90 ± 0.10^b
		หลังสระผม**	58.06 ± 0.34^b	10.30 ± 0.03^a	17.65 ± 0.29^b	14.54 ± 0.39^c

หมายเหตุ ข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD), $n = 3$ และด้วยภาษาอังกฤษ (a, b) ในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ANOVA, Duncan's test; $p < 0.05$) หลังสระผม* ** หมายถึง หลังสระผมครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

สรุปผล (Conclusion)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวแบบชั่วคราวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง (*Lawsonia inermis* L.) โดยเปรียบเทียบตัวทำละลายที่ต่างกัน พบว่า อะซิโตน 75% ให้สารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด ขณะที่เมทานอล 75% แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด อย่างไรก็ตาม น้ำกลั่นให้ปริมาณ lawsone สูงที่สุด และละลายน้ำได้ดี จึงถูกเลือกเป็นตัวทำละลายหลักในการพัฒนาสูตรตำรับ ผลการทดสอบสูตรที่มีความเข้มข้นของสารสกัด 5.0% (F1), 7.5% (F2) และ 10.0% (F3) พบว่า ความเข้มข้นของสารสกัดมีอิทธิพลต่อค่าพารามิเตอร์สี โดยค่า L^* ลดลง และค่า a^* รวมถึง ΔE เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้น การทดสอบความคงตัวแบบ heating-cooling แสดงว่าสูตรมีความคงตัว แม้ค่า pH และความหนืดลดลงเล็กน้อย และสูตรที่มีความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มแยกชั้นซึ่งแก้ไขได้ด้วยการเขย่า นอกจากนี้การเติมสาร fixative ช่วยยืดเกาะเม็ดสีให้ทนต่อการสระผม และสารเพิ่มความชุ่มชื้นช่วยให้เนื้อผลิตภัณฑ์เกลี่ยง่าย ผลโดยรวมชี้ว่าสูตรที่มีความเข้มข้น 5.0% เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาเชิงพาณิชย์ แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ควรเพิ่มเติมการศึกษาในอาสาสมัคร และปรับเปลี่ยนเวลาการทดสอบในการศึกษาต่อไป

รายการอ้างอิง

- อรัญญา ศรีบุษราคัม. (2563). เทียนกิ่ง: สมุนไพรย้อมผมธรรมชาติ. สำนักพิมพ์สมุนไพรเพื่อสุขภาพ.
- Alam, M. M., Rahman, M. S., & Haque, M. E. (2007). Traditional uses and pharmacological properties of *Lawsonia inermis* Linn. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6(1), 1–13.
- Boonsong, S., Laohakunjit, N., & Kerdchoechuen, O. (2012). Natural hair dyes: Alternatives to synthetic chemicals for grey hair coverage. *Journal of Health Research*, 26(3), 149–155.
- Dezashibi, Z., Mohagheghi Samarin, A., Hematyar, N., & Khodaparast, M. H. H. (2019). Phenolics in henna: Extraction and stability. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(1), 3251–3259.

- Dezashibi, Z., Samarin, A. M., Hematyar, N., & Khodaparast, M. H. (2013). Phenolics in Henna: Extraction and stability. *European Journal of Experimental Biology*, 3(1), 38–41.
- Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., & Ju, Y. H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22(3), 296–302.
- Kupina, S., Fields, C., Roman, M. C., & Brunelle, S. L. (2018). Determination of Total Phenolic Content Using the Folin-C Assay: Single-Laboratory Validation, First Action 2017.13. *Journal of AOAC International*, 101(5), 1466–1472.
- Patel, M. M., Solanki, B. R., Gurav, N. C., Patel, P. H., & Verma, S. S. (2013). Method development for Lawsone estimation in Trichup herbal hair powder by high-performance thin layer chromatography. *Journal of advanced pharmaceutical technology & research*, 4(3), 160–165.
- Sharma, O. P., & Bhat, T. K. (2009). DPPH antioxidant assay revisited. *Food Chemistry*, 113(4), 1202–1205.
- Tan, M. C., Tan, C. P., & Ho, C. W. (2013). Effects of extraction solvent system, time and temperature on total phenolic content of henna (*Lawsonia inermis*) stems. *International Food Research Journal*, 20(6), 3117–3123.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Byrne, D. H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 669–675.