



การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง
DEVELOPMENT OF GREY HAIR COVERAGE PRODUCT CONTAINING
HENNA LEAVES EXTRACT

สุภานาฏ เบญจนราสุทธิ

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2568

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง
DEVELOPMENT OF GREY HAIR COVERAGE PRODUCT CONTAINING
HENNA LEAVES EXTRACT

สุภานาฏ เบญจนราสุทธิ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2568

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง



หน้าอนุมัติการค้นคว้าอิสระ

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

การค้นคว้าอิสระเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง
Development of Grey Hair Coverage Product Containing Henna
Leaves Extract

ผู้ประพันธ์ สุภานาฏ เบญจนราษฎร์

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพงษ์ ใจวุฒิ	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐารุณี ฐิติปราโมทย์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญาวัฒน์ ปินดาทอง	กรรมการ
อาจารย์ ดร.วิทย์พันธ์ นันติตานนท์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรา ศรีชะแย้ม	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา


.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐารุณี ฐิติปราโมทย์)

คณบดี


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี รังสิจิตรประภา)

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวราวุฒิ จิตติปราโมทย์ ที่ช่วยให้ความรู้ ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย รวมถึงการดูแลเอาใจใส่เสมอมา ช่วยแก้ไขปัญหาระหว่างดำเนินงาน รวมถึงช่วยตรวจสอบแก้ไขรูปเล่มของโครงร่างอิสระฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณอาจารย์จากสำนักวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดความรู้และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง (Center of Excellence in Natural Products : CENPi) ที่ให้ข้อมูลวิธีการทดสอบ (Protocol) ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ทำให้งานวิจัยสามารถดำเนินไปได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสำนักวิทยาศาสตร์เครื่องสำอางทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกตลอดการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมา และขอบคุณเพื่อน ๆ นักศึกษาปริญญาโท สำนักวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และเป็นกำลังใจตลอดการทำการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้

สุภานาฏ เบญจนราษฎร์

ชื่อเรื่องการค้นคว้าอิสระ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง

ผู้ประพันธ์

สุภานาฏ เบญจนราษฎร์

หลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐราวุฒิ ฐิติปราโมทย์

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีสารเคมีที่อาจก่อให้เกิดการระคายเคือง และหันมาเลือกใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมและประเมินสารสกัดจากใบเทียนกิ่ง (Henna Leaves : HL) เพื่อใช้เป็นองค์ประกอบหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาว โดยใช้ใบเทียนกิ่งซึ่งเป็นพืชสมุนไพรที่นิยมใช้ในการย้อมสีผมตามธรรมชาติ โดยให้เจดสีตั้งแต่สีน้ำตาลเข้มถึงน้ำตาลแดง ในการศึกษานี้ได้ทำการเตรียมสารสกัด HL ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic extraction) โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น, 75% เมทานอล และ 75% อะซิโตน ที่อัตราส่วน 1:10 (w/v) จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH activity) และวิเคราะห์สารลัสโลว์โซน (Lawsone) ของใบเทียนกิ่ง ด้วยเทคนิค HPLC จากนั้นนำสารสกัด HL ที่ได้ไปพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่งชนิดไม่ต้องล้างออก พร้อมทั้งศึกษาความคงตัวและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองพบว่า สารสกัด HL ที่สกัดด้วย 75% อะซิโตนให้ปริมาณสาร TPC สูงที่สุดเท่ากับ 151.00 ± 1.71 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด (mg GAE/g extract) ขณะที่สารสกัด HL จาก 75% เมทานอลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เท่ากับ 136.75 ± 3.01 mg TEAC/g extract อย่างไรก็ตาม สารสกัด HL ด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาณสาร Lawsone สูงที่สุด คือ 1.76 ± 0.03 $\mu\text{g/ml}$ จึงถูกเลือกใช้ในการพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัด HL โดยพัฒนาสูตรที่ความเข้มข้นของสารสกัด HL ที่ 5.0% (F1), 7.5% (F2) และ 10.0% (F3) (w/w in formula) ผลการทดสอบการติดสีและความคงตัวของผลิตภัณฑ์พบว่า สูตร F1 ที่มีสารสกัด HL ความเข้มข้น 5.0% สามารถปกปิดผมขาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ สีติดทนนานแม้หลังการสระผมถึงสองครั้ง และมีลักษณะเนื้อผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของสารสกัดใบเทียนกิ่งจากธรรมชาติในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวที่ปลอดภัย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถพัฒนาไปสู่ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้ในอนาคต นอกจากนี้ยังส่งเสริมการใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติแทนการใช้สารเคมีในการดูแลเส้นผม โดยเฉพาะสำหรับผู้ที่มี

ผมขาวหรือเริ่มมีผมขาวเมื่ออายุมากขึ้น การใช้สารสกัด HL จึงเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยและยั่งยืนใน การบำรุงและปกปิดผมขาว ซึ่งอาจนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผมอื่น ๆ ในอนาคต

คำสำคัญ: ใบเตียนกิ่ง, ปกปิดผมขาว, ผมขาว, ลอว์โซน, สีจากธรรมชาติ, เฮนน่า



Independent Study Title Development of Grey Hair Coverage Product Containing Henna Leaves Extract

Author Supanatd Benjanarasut

Degree Master of Science (Cosmetic Science)

Advisor Assistant Professor Natthawut Thitipramote, Ph. D.

ABSTRACT

Nowaday, consumers tend to avoid chemical-based cosmetic products, which are often associated with irritation. They are instead favoring natural, safe, and eco-friendly alternatives. This study aimed to prepare and evaluate henna leaves extract (*Lawsonia inermis* ; HL) as the main active ingredient in a grey hair coverage product. HL is traditional used as a natural herbal dye (hair shades ranging from dark brown to reddish brown). HL extract was prepared using ultrasonic-assisted extraction with three different solvents: distilled water, 75% methanol, and 75% acetone at a 1:10 (w/v) ratio. Total phenolic content (TPC), antioxidant activity using the DPPH assay, and the lawsone as major coloring compound, via HPLC techniques were determined. These HL extracts were then used as active in the formulation of grey hair coverage leave on products. Their stability and efficacy of these HL products were evaluated. The results showed that the HL extract obtained using 75% acetone extraction exhibited the highest total phenolic content (151.00 ± 1.71 mg GAE/g dry extract), while the HL extract from 75% methanol demonstrated the strongest antioxidant activity (136.75 ± 3.01 mg TEAC/g dry extract). However, the distilled water HL extract contained the highest concentration of lawsone (1.76 ± 0.03 μ g/ml). Therefore, HL—DI water extract was selected as active ingredient for product development. Three formulations (F1-F3) containing HL—DI extract at concentrations of 5.0% (F1), 7.5% (F2), and 10.0% (F3) were evaluated. Comparing between these formulas, the F1 containing 5.0% HL extract showed high effectively covered grey hair, maintained color durability after two shampoo washes, and exhibited a texture suitable for practical application. This study

demonstrated the potential of natural HL extracts in the development of safe and eco-friendly grey hair coverage care products. It might contribute to promotion of natural products as alternatives to chemical-based hair treatments, particularly for individuals with gray hair. The use of henna leaf extract offered a sustainable and non-toxic option for hair nourishment and grey hair coverage, with potential for expansion into other natural hair care innovations in the future.

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



สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาปัญหาและความสำคัญของปัญหาวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเส้นผม	4
2.2 ชนิดของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผม	7
2.3 เทียนกิ่งหรือเฮนน่า	8
2.4 การสกัดสารด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic Extraction)	12
2.5 สาร Lawsone	12
2.6 กลไกการติดสีของสาร Lawsone กับเส้นผม	13
2.7 สารอนุมูลอิสระ	14
2.8 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)	15
2.9 รูปแบบของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผมแบบชั่วคราวในท้องตลาดปัจจุบัน	16
3 ระเบียบวิธีวิจัย	20
3.1 ผงใบเทียนกิ่ง	20
3.2 สารเคมีและวัตถุดิบที่ใช้	20
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้	21
3.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	22
3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ	26
4 ผลของการศึกษา	27
4.1 สารสกัดจากผงใบเทียนกิ่งด้วยวิธี Ultrasonication	27
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวม (TPC) ในสารสกัดใบเทียนกิ่ง	28
4.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH	29
4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสาร Lawsone	29

สารบัญ

บทที่	หน้า
4.5 การทดสอบลักษณะทางกายภาพ (Physical Property) ของสารสกัดใบ เทียนกิ่งในรูปแบบของสารละลาย (Solution)	32
4.6 การทดสอบการติดสีของสารละลายที่มีส่วนผสมสารสกัดใบเทียนกิ่งที่ความ เข้มข้นต่าง ๆ กับปอยผมที่ได้จากการฟอกสี	34
4.7 การพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์	36
4.8 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพสูตรตำรับผลิตภัณฑ์	37
4.9 ศึกษาลักษณะความคงตัวของผลิตภัณฑ์	38
4.10 ศึกษาประสิทธิภาพการติดสีบนปอยผมที่ย้อมด้วยผลิตภัณฑ์ปิดผมขาว จากสารสกัดใบเทียนกิ่ง	39
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	44
5.1 สรุปผลการวิจัย	44
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
รายการอ้างอิง	47
ภาคผนวก	54
ภาคผนวก ก กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก จากสารสกัดใบเทียนกิ่ง	54
กราฟมาตรฐานร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสาร Trolox ในการวิเคราะห์ฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ	55
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS	56
ประวัติผู้ประพันธ์	76

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
4.1 ร้อยละผลผลิต และลักษณะของสารสกัดใบเทียนกิ่งหลัง Freeze dry ด้วยตัวทำละลายแตกต่างกัน	28
4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) และฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยตัวทำละลายแตกต่างกัน	29
4.3 การวิเคราะห์สาร Lawsone จากสารมาตรฐานเปรียบเทียบกับสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น, 75% เมทานอล, 75% อะซีโตน	31
4.4 แสดงเปรียบเทียบการละลายและลักษณะทางกายภาพ, pH, ค่าสี ของสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น, 75% เมทานอล, 75% อะซีโตน ในน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	33
4.5 ลักษณะการติดสีบนปอวยผมที่ระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ด้วยสารละลายสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	35
4.6 สูตรตำรับผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง	36
4.7 คุณสมบัติทางกายภาพของสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง	37
4.8 คุณสมบัติทางกายภาพของสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่งหลังทดสอบความคงตัวภายใต้สภาวะเร่ง (Heating Cooling Test)	38
4.9 ลักษณะเส้นผมหงอกหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่งที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (F1-F3) ทั้งไว้ที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง หลังสระผมครั้งที่ 1 และหลังสระผมครั้งที่ 2	40
4.10 แสดงค่าความต่างของสี L^*, a^*, b^* ของเส้นผมหงอกก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง (F1-F3) 6 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง	41
4.11 แสดงค่าความต่างของสีระบบ CIE (L^*, a^*, b^*) ของเส้นผมหงอกก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง (F1-F3) 12 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง	42
4.12 แสดงค่าความต่างของสีระบบ CIE (L^*, a^*, b^*) ของเส้นผมหงอกก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง (F1-F3) 24 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง	42

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 แสดงโครงสร้างเส้นผม และวงจรแสดงการเติบโตของเส้นผม	5
2.2 ใบเทียนกิ่ง	10
2.3 ประโยชน์ของ Lawsone ในด้านต่าง ๆ	13
2.4 ลิปสติกปิดผมขาวแบบแห้ง	16
2.5 สเปรย์เปลี่ยนสีผม	17
2.6 แฮร์คูชชั่น	17
2.7 แป้งฟัพเปลี่ยนสีผม	18
2.8 แฮร์ บลัชออน	18
2.9 มาสคาร่าเปลี่ยนสีผม	19
4.1 สารสกัดใบเทียนกิ่งหลังระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง Rotary evaporation สารสกัดที่ได้จากน้ำกลั่น (ก), 75% เมทานอล (ข), 75% อะซีโตน (ค)	27
4.2 โครมาโตกราฟจากเครื่อง HPLC ของสารมาตรฐาน Lawsone (ก) และสารสกัด ใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น (ข), 75% เมทานอล (ค), 75% อะซีโตน (ง)	30
4.3 แสดงการละลายของสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น (ก), 75% เมทานอล (ข), 75% อะซีโตน (ค) ในน้ำกลั่นที่ความเข้มข้น 1mg/ml	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาวิจัย

ผมหงอกหรือผมขาว (Grey hair) เป็นส่วนหนึ่งตามธรรมชาติของกระบวนการชรา (Aging) และเกิดขึ้นเมื่อรากผมหยุดผลิตเมลานินซึ่งเป็นเม็ดสีที่ให้สีผม เมื่ออายุมากขึ้นรากผม (Hair follicles) จะผลิตเมลานินน้อยลงส่งผลให้ผมหงอกหรือขาว โดยปัจจัยหลักในการเกิดผมหงอก คือ พันธุกรรม นอกจากนี้ยังมีภาวะผมหงอกก่อนวัย ซึ่งก็มีปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความเครียด การสูบบุหรี่ และสภาวะทางการแพทย์บางอย่าง ทั้งนี้สำหรับบางคนการมีผมขาวหรือผมหงอกทำให้เสียบุคลิกและมีผลต่อความมั่นใจ ทำให้มีความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อปกปิดผมขาวหรือเปลี่ยนสีผมให้เป็นธรรมชาติ

ปัจจุบันการย้อมผมเป็นที่ต้องการมากขึ้น ส่วนใหญ่จะใช้เพื่อปิดผมขาวหรือเปลี่ยนสีผม การศึกษาต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่า สีสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์ย้อมผมเป็นสารก่อกลายพันธุ์ สารก่อมะเร็ง ภูมิแพ้ และเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะที่สีย้อมธรรมชาติเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ และไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ (Boonsong et al., 2012) ปัจจุบันความสนใจของผู้คนที่มีย้อมผมที่มาจากธรรมชาติจึงเพิ่มขึ้นทุกวัน เนื่องจากปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แหล่งที่มาหลักของสารให้สีจากธรรมชาติ ได้แก่ พืช สัตว์ และแร่ธาตุ

ต้นเทียนกิ่งหรือเฮนน่า (Henna; ชื่อวิทยาศาสตร์: *Lawsonia inermis*) เป็นพรรณไม้จากต่างประเทศ มีถิ่นกำเนิดและเขตการกระจายพันธุ์อยู่ทางตอนเหนือของแอฟริกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และออสเตรเลีย (แหล่งปลูกต้นเทียนกิ่งที่สำคัญของโลกคือที่ประเทศอินเดีย อียิปต์ และชูดาน) เนื่องจากมีความหลากหลายทางชีวภาพมาก ตัวอย่างเช่น *Lawsonia inermis* (เฮนน่า) ถูกนำมาใช้ตั้งแต่สมัยโบราณสำหรับการย้อมผม ผิวหนัง เล็บมือ และผ้าประเภทต่าง ๆ (Alam et al., 2007) เป็นพืชสมุนไพรที่นิยมมากในการนำมาใช้ในการย้อมสีผม และย้อมปิดผมขาว สีที่ได้จากการย้อมผมด้วยเฮนน่า จะเป็นโทนสีน้ำตาลเข้มถึงสีน้ำตาลแดง นอกจากเฮนน่าจะสามารถปิดผมหงอกและบำรุงผมให้เงางามแล้ว ไม่มีสารเคมีที่เป็นอันตราย จึงปลอดภัยสำหรับผู้ที่ต้องย้อมปิดผมขาวเป็นประจำ ซึ่งสารสีในเทียนกิ่งคือ Lawsone (2-hydroxy-1, 4- naphthoquinone) พบมากที่สุดในส่วนองใบ สาร Lawsone จะยึดติดแน่นกับโปรตีนหรือเคอราตินของเส้นผม ทำให้สีติดแน่นทนนาน โดยส่วนใหญ่จะเคลือบอยู่บนเส้นผม จึงไม่ทำลายโครงสร้างของเส้นผม (อรัญญา ศรีบุษราคัม, 2563)

แต่การย้อมผมห้วยสมุนไพรธรรมชาติก็มีข้อเสีย คือ มีขั้นตอนการเตรียมที่ยุ่งยาก ใช้เวลาในการย้อมเพื่อให้ผมหติดสีค่อนข้างนาน คือ 2 - 4 ชม.

ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีแบบชั่วคราวเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับผู้ที่ต้องการทดลองทำสีผมแบบต่าง ๆ และไม่ทำให้ผมเสีย ผลิตภัณฑ์ย้อมผมชั่วคราวมีหลายรูปแบบ รวมทั้งสเปรย์ เจล มูส และมาสคาร่า โดยทั่วไปแล้วสีย้อมผมแบบชั่วคราวถือว่าปลอดภัยในการใช้ เนื่องจากไม่ซึมผ่านแกนผมและล้างออกได้ง่ายด้วยแชมพู สำหรับผู้ที่ผมขาวผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผมแบบชั่วคราวมีความจำเป็นมาก เพื่อใช้แต่งเติมโคนผมสีขาวที่เริ่มยาวขึ้น ไม่ว่าจะเป็นช่วงกรอบหน้า ไพรผม ซึ่งเป็นตำแหน่งที่สังเกตเห็นได้ง่าย ผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจึงเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผมแบบชั่วคราวที่ได้รับความนิยม เนื่องจากสามารถใช้งานได้ง่าย แต้มเฉพาะจุดได้แม่นยำ ไม่เลอะเทอะ แห้งเร็ว และพกพาสะดวก เหมาะสำหรับการปกปิดผมขาวเฉพาะบริเวณ เช่น โคนผมและไพรผมรอบหน้า ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน ให้สีติดทนนาน แม้ผ่านการสระผม ผมขาวยังคงติดสีจากสารสกัดธรรมชาติ และไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองเหมือนสารเคมีที่มีฤทธิ์รุนแรง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อเตรียมสารสกัดใบเทียนกิ่งด้วยวิธี Ultrasonic extraction
- 1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และปริมาณสาร Lawsone ด้วยเครื่อง HPLC
- 1.2.3 เพื่อทดสอบลักษณะทางกายภาพ และทดสอบการติดสีของสารละลายสารสกัดใบเทียนกิ่ง
- 1.2.4 เพื่อพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง และประสิทธิภาพการติดสีของผลิตภัณฑ์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การวิจัยนี้จะทำการเตรียมสารสกัดสีจากใบเทียนกิ่งโดยใช้วิธีการสกัดแบบ Ultrasonic extraction และนำมาพัฒนาสูตรตำรับพื้นฐานผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวแบบชั่วคราวที่มีสารสกัดจากใบเทียนกิ่ง และทดสอบประสิทธิภาพการติดสีของปอยผม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้สารสกัดใบเตียนกิ่งที่ได้จากการสกัดด้วยวิธี Ultrasonic extraction

1.4.2 ทราบถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ และปริมาณสาร Lawsone ในสารสกัดใบเตียนกิ่งด้วยวิธี Ultrasonic extraction

1.4.3 ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของสารสกัดในรูปแบบของสารละลาย เช่น การละลาย สี ค่า pH และการติดสีของสารสกัดใบเตียนกิ่ง

1.4.4 ได้สูตรตำรับผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเตียนกิ่งที่มีประสิทธิภาพการติดสีของปอยผม



บทที่ 2

บททวนวรรณกรรม

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเส้นผม

2.1.1 โครงสร้างของเส้นผม

เส้นผมเป็นส่วนประกอบของผิวหนังที่ประกอบด้วยโปรตีนเคราติน โดยโครงสร้างของเส้นผมแบ่งออกเป็น 3 ชั้นหลัก ได้แก่

2.1.1.1 เมดัลลา (Medulla) เป็นชั้นในสุดของเส้นผม ประกอบด้วยเคราตินโนไซด์ (Keratinocyte) ขนาดใหญ่มัดตัวกันอย่างหลวม ๆ ไม่พบชั้นนี้ในเส้นผมของทุกคนหรือทุกเส้นผม โดยเฉพาะในเส้นผมที่มีเส้นเล็กมากอาจจะไม่มีชั้นนี้ (Chernova, 2005)

2.1.1.2 คอร์เท็กซ์ (Cortex) เป็นชั้นกลางของเส้นผม เป็นชั้นที่หนาที่สุดของเส้นผม ประกอบด้วยเคราตินรูปแกนยาว เรียงตัวอย่างมีระเบียบ ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง ให้ความแข็งแรงและความยืดหยุ่นแก่เส้นผม และเป็นที่อยู่ของเมลานิน (Melanin) ซึ่งกำหนดสีผมของแต่ละบุคคล (Patel & Schwartz, 2009)

2.1.1.3 คิวติเคิล (Cuticle) เป็นชั้นนอกสุด มีลักษณะเป็นแผ่นบางใสคล้ายเกล็ดปลา เรียงซ้อนกันประมาณ 5 – 10 ชั้น มีหน้าที่ป้องกันเส้นผมจากสภาวะแวดล้อมและความเสียหาย ชั้นคิวติเคิลสามารถถูกทำลายได้ง่ายจากการใช้สารเคมี เช่น การทำสีผม การดัดผมหรือใช้ความร้อนสูง ส่งผลให้เส้นผมเกิดความแห้งเสียและแตกปลาย (Messenger & Rundegren, 2012) แสดงดังภาพที่ 2.1

เส้นผมประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนแรกที่อยู่เหนือผิวหนังเรียกว่า เส้นขน (Hair Shaft) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ไม่มีชีวิต งอกออกมาจากผิวหนังโดยเกิดจากกระบวนการเจริญเติบโตของเซลล์ภายใต้ชั้นผิวหนัง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยาหลังจากพ้นจากผิวหนังแล้ว ส่วนที่สองคือ ส่วนที่อยู่ใต้ผิวหนังเรียกว่า รูขุมขน (Hair Follicle) ซึ่งฝังลึกอยู่ในชั้นผิวหนังและทำหน้าที่สำคัญในการผลิตเส้นผม โดยประกอบด้วยโครงสร้างหลักดังต่อไปนี้ รากผม (Hair Root), กระเปาะผม (Hair Bulb), พาพิลลา (Papilla) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการรวมตัวของหลอดเลือดและเส้นประสาท ทำหน้าที่ในการลำเลียงสารอาหารและพลังงานไปยังเซลล์รากผม เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของเส้นผม (Blume-Peytavi et al., 2008)

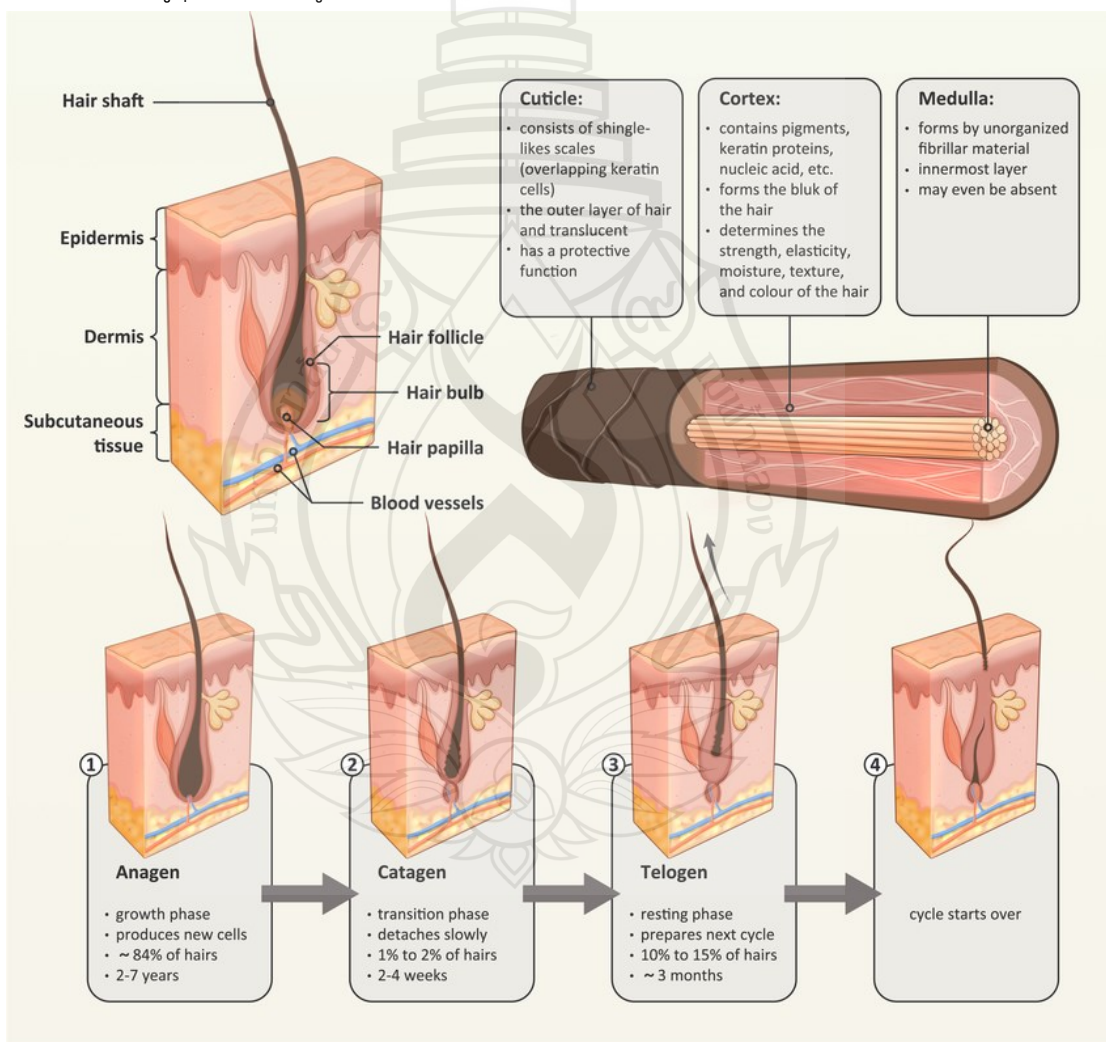
2.1.2 วงจรการเจริญเติบโตของเส้นผม (Paus & Cotsarelis, 1999)

วงจรการเจริญเติบโตของเส้นผมแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่

2.1.2.1 ระยะเจริญเติบโต (Anagen Phase) เป็นระยะที่ใช้เวลานานที่สุดประมาณ 2 - 7 ปี เส้นผมประมาณ 85 - 90% จะอยู่ในระยะนี้

2.1.2.2 ระยะเปลี่ยนผ่าน (Catagen Phase) เป็นช่วงสั้นที่รูกุมขนหยุดการเจริญเติบโต และเซลล์รากผมเริ่มฝ่อ มีระยะเวลาประมาณ 2 - 3 สัปดาห์

2.1.2.3 ระยะพัก (Telogen Phase) เป็นระยะที่เส้นผมหยุดเจริญเติบโต ระยะเวลาประมาณ 3 - 4 เดือน เส้นผมประมาณ 10 - 15% จะอยู่ในระยะนี้ ในช่วงนี้เส้นผมจะหลุดร่วงตามธรรมชาติและรูกุมขนจะเข้าสู่ระยะ Anagen phase แสดงดังภาพที่ 2.1



ที่มา Liu (2023)

ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างเส้นผม และวงจรแสดงการเติบโตของเส้นผม

2.1.3 กลไกการเกิดผมหงอก

ผมหงอก (Grey Hair) เป็นส่วนหนึ่งตามธรรมชาติของกระบวนการชรา (Aging) และเกิดขึ้นเมื่อรากผมหยุดผลิตเมลานินซึ่งเป็นเม็ดสีที่ให้สีผม เมื่ออายุมากขึ้นรากผม (Hair Follicles) จะค่อย ๆ ผลิตเมลานินน้อยลงส่งผลให้ผมหงอก การผลิตเม็ดสีผมเกิดจากเซลล์เมลานोไซต์ (Melanocyte) ที่อยู่ในบริเวณรูขุมขน ซึ่งทำหน้าที่สร้างเมลานินที่กำหนดสีผมของแต่ละบุคคล การเกิดผมหงอกมีสาเหตุหลักมาจากการเสื่อมสภาพของเซลล์เมลานोไซต์ ซึ่งนำไปสู่การลดลงหรือหยุดผลิตเม็ดสีเมลานินในเส้นผม ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดผมหงอก ได้แก่ พันธุกรรม อายุ และความเครียด (Tobin, 2008) การสร้างเม็ดสีในรูขุมขนผมมีความสัมพันธ์กับวัฏจักรการเจริญเติบโตของเส้นผม ซึ่งแตกต่างจากการสร้างเม็ดสีอย่างต่อเนื่องในหนังกำพร้า กระบวนการสร้างเม็ดสีนี้จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเฉพาะในช่วงประมาณ 10 วัฏจักรแรกของเส้นผม หรือจนถึงอายุประมาณ 40 ปี จากนั้นจะเกิดภาวะเสื่อมของหน่วยสร้างเม็ดสีที่ควบคุมโดยพันธุกรรม ส่งผลให้เกิดผมหงอก (Slominski et al., 2004) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันภายในเซลล์ (Oxidative Stress) โดยเฉพาะการสะสมของอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species : ROS) มีบทบาทในการทำลายเมลานोไซต์และเร่งการเกิดผมหงอก (Wood et al., 2009)

กระบวนการเกิดผมหงอกสามารถอธิบายได้จากหลายกลไกหลัก ได้แก่

2.1.3.1 การสะสมของอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species : ROS)

ในระยะเจริญเติบโต (Anagen) ของเส้นผม เซลล์เมลานोไซต์จะผลิตเมลานิน ซึ่งกระบวนการนี้สร้าง ROS ที่อาจทำลายเซลล์ได้ หากไม่มีระบบต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ เมื่ออายุมากขึ้น ระบบต้านอนุมูลอิสระในร่างกายจะลดประสิทธิภาพลง ทำให้ ROS สะสมและทำลายเซลล์เมลานोไซต์ ส่งผลให้ผมหงอกเกิดขึ้น (Wood et al., 2009)

2.1.3.2 การลดลงของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ

การลดลงของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น คาตาเลส (Catalase) และเมธิโอนีนซัลฟอกไซด์รีดักเทส (Methionine Sulfoxide Reductase: MSR) ทำให้ไม่สามารถกำจัด H_2O_2 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เซลล์เมลานोไซต์ถูกทำลายและผมหงอกเกิดขึ้น (Wood et al., 2009)

2.1.3.3 การลดลงของเซลล์เมลานोไซต์

การสะสมของ ROS และการขาดเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระทำให้เซลล์เมลานोไซต์ตายหรือไม่สามารถผลิตเมลานินได้ ส่งผลให้ผมหงอกเกิดขึ้น (Wood et al., 2009)

2.2 ชนิดของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผม

ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผมเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายโดยมีจุดประสงค์เพื่อการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณ์ ปกปิดผมขาว หรือเพื่อสร้างมั่นใจและเสริมบุคลิกของผู้ใช้ ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้รับการพัฒนาให้มีความหลากหลายมากขึ้น ทั้งในด้านสูตรเคมี ระยะเวลาการติดทน และความปลอดภัยต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดหลักตามระยะเวลาของสีที่ติดบนเส้นผมและองค์ประกอบทางเคมีที่ใช้ (Pharmacy180, n.d.) ได้แก่

2.2.1 สีผมแบบชั่วคราว (Temporary Hair Color)

ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ให้สีติดอยู่บนผิวของเส้นผมเท่านั้น โดยไม่ซึมเข้าไปในแกนกลางของเส้นผม (Cortex) สีจะหลุดออกได้ง่ายเมื่อสระผมเพียง 1-2 ครั้ง ส่วนใหญ่มาในรูปแบบของสเปรย์ มาสคาร่า หรือมูส มีขนาดของเม็ดสีมีขนาดใหญ่ จึงไม่สามารถแทรกซึมเข้าสู่เส้นผมได้ (Panchaprateep & Asawanonda, 2013)

2.2.2 สีผมแบบกึ่งถาวร (Semi-Permanent Hair Color)

ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีโมเลกุลขนาดเล็กกว่าแบบชั่วคราว สามารถซึมผ่านผิวเส้นผมบางส่วน และติดอยู่ประมาณ 4-8 ครั้งของการสระผม โดยไม่ต้องใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแอมโมเนีย มีความปลอดภัยมากกว่าแบบถาวร เหมาะกับผู้ที่ต้องการเปลี่ยนสีผมชั่วคราวโดยไม่ทำลายโครงสร้างของเส้นผมมากนัก (Draelos, 2015)

2.2.3 สีผมแบบถาวร (Permanent Hair Color)

เป็นผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผมที่ให้ผลลัพธ์ถาวรที่สุด โดยกระบวนการทำงานจะมีการใช้แอมโมเนียเพื่อเปิดเกล็ดผม และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับเม็ดสีธรรมชาติในเส้นผม แล้วเติมเม็ดสีสังเคราะห์ลงไป สีที่ได้จะติดทนนานจนกว่าเส้นผมใหม่จะงอกขึ้นมา ส่วนใหญ่นิยมใช้ในเชิงพาณิชย์ เช่น การย้อมผมหงอก (Draelos, 2015)

2.2.4 สีผมจากพืชธรรมชาติ (Natural Hair Dyes)

ตัวอย่างที่รู้จักกันดี ได้แก่ เฮนนา (Henna) และอินดิโก (Indigo) ซึ่งให้สีผมโดยการเคลือบผิวของเส้นผมหรือซึมเข้าสู่เส้นผมบางส่วน ส่วนใหญ่ให้สีที่ไม่สม่ำเสมอ ติดทนนานในระดับปานกลาง ปลอดภัยกว่าแบบเคมี แต่มีข้อจำกัดในด้านโทนสีที่ไม่หลากหลาย (Shahi et al., 2017)

2.3 เทียนกิ่งหรือเฮนนำ (*Lawsonia inermis*)

2.3.1 ข้อมูลทั่วไป

เทียนกิ่งหรือเฮนนำ (Henna; ชื่อวิทยาศาสตร์: *Lawsonia inermis* L.) หรือที่รู้จักในชื่อพ้องว่า *Lawsonia alba* เป็นพืชในวงศ์ Lythraceae และเป็นพืชชนิดเดียวในสกุล *Lawsonia* (Kumar et al., 2005) มีดอกชนิดเดียวในสกุล *Lawsonia* เป็นไม้พุ่มเล็กขนาดปานกลาง สูง 2 - 6 เมตร ทรงพุ่มโปร่ง เปลือกเรียบสีน้ำตาลอมเทา กิ่งแก่มีหนาม ใบเป็นใบเดี่ยว กว้าง 1-2 เซนติเมตร ยาว 3 - 4 เซนติเมตร ออกตรงข้ามกัน ติดลำต้นแบบเกือบไร้ก้าน รูปวงรีแกมรูปใบหอกเส้นใบเป็นร่องลึกมองเห็นชัดเจนบริเวณผิวด้านล่างของใบ (Kumar et al., 2005) เนื้อใบค่อนข้างแข็ง และหนา ดอกเป็นดอกแบบช่อกระจุก ช่อดอกออกที่ปลายกิ่ง ดอกมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ มีดอกทั้งปี กลีบดอกสีขาวหรือสีแดง ดอกย่อยขนาดเล็ก มี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ดอกขาว และพันธุ์ดอกแดง กลีบเลี้ยงสีเขียวโคนเชื่อมติดกันเป็นหลอดสั้น ผลเป็นผลแห้งแตก รูปทรงกลมสีเขียว ขนาด 0.5-0.8 เซนติเมตร เมื่อแก่มีสีน้ำตาล ดอกขาวเรียกเทียนกิ่งขาว ดอกแดงเรียกเทียนกิ่งแดง ผลกลมสีเขียว แก่แล้วสีน้ำตาล ผงใบแห้งใช้ย้อมผมให้เป็นสีแดงส้ม ใบมีสารลอว์โซน เป็นผลึกสีส้มแดง (ชยันต์ พิเชียรสุนทร และวิเชียร จีรวงศ์, 2548) แสดงดังภาพที่ 2.2 ในประเทศไทย เทียนกิ่งเป็นพืชสมุนไพรที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางตอนล่าง ซึ่งมีสภาพอากาศร้อนและค่อนข้างแห้งเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชชนิดนี้ โดยมักปลูกเป็นไม้ประดับแนวรั้วหรือไม้ยืนต้นสมุนไพรในสวนสมุนไพร ทั้งนี้ เทียนกิ่งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิด โดยเฉพาะดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำดี และทนแล้งได้ดี จึงเป็นพืชที่ไม่ต้องการการดูแลมาก (ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์, 2552) ในระดับท้องถิ่น เทียนกิ่งมักนำมาใช้ย้อมผม แกะผดผื่นคัน และใช้เป็นส่วนประกอบในตำรับยาพื้นบ้านหลายสูตร เช่น “ยาเหลืองปิดสมุทร” ซึ่งบรรจุอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ (คณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ, 2554) ปัจจุบันมีการแปรรูปใบเทียนกิ่งเป็นผลิตภัณฑ์สีธรรมชาติสำหรับย้อมผม ย้อมเล็บ และเครื่องสำอางสมุนไพร โดยเฉพาะในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีรายงานว่ามีการเก็บตัวอย่างใบเทียนกิ่งจาก 12 พื้นที่ในประเทศไทย ซึ่งพบว่าปริมาณสารลอว์โซนในใบมีความแตกต่างกันสูง โดยอยู่ในช่วง 0.01%–1.47% แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านพื้นที่ปลูก ดิน อากาศ และพันธุกรรม ส่งผลต่อคุณภาพของพืชสมุนไพรชนิดนี้ เทียนกิ่งจึงเป็นพืชที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรและเครื่องสำอางจากธรรมชาติ ทั้งในเชิงเศรษฐกิจระดับชุมชนและเชิงอุตสาหกรรม (Charoensup et al., 2017) จากแนวโน้มความนิยมในการใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ปลอดภัยต่อสุขภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เทียนกิ่งจึงเป็นพืชที่มีศักยภาพในการส่งเสริมให้เป็นพืชเศรษฐกิจระดับชุมชน โดยเฉพาะในกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์สีธรรมชาติ หรือกลุ่ม OTOP ที่

สามารถต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรและเครื่องสำอางได้ในเชิงพาณิชย์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565)

2.3.2 องค์ประกอบทางเคมี

จากการศึกษาพบว่า ใบของต้นเทียนกิ่ง (*Lawsonia inermis* L.) ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด โดยสารสำคัญที่พบมาก คือ สารในกลุ่มแนฟโทควิโนน (Naphthoquinone) โดยเฉพาะ ลอโซน (Lawson; 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone) ซึ่งมีปริมาณประมาณ 0.5-0.9% โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ยังพบสาร 1,4-naphthoquinone และสารในกลุ่มแทนนิน (Tannins) ประมาณ 5-10% รวมทั้งฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ได้แก่ กลูโคไซด์ของอะพิจีนิน (Apigenin), ลูทีโอลิน (Luteolin) รวมถึงกรดฟีนอลิก (Phenolic acid) กรดไขมัน และแซนโทน (Xanthones) เช่น แลคแซนโทน I และ II (Laxanthone I, II) นอกจากนี้ยังมีรายงานเพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของใบเทียนกิ่ง ได้แก่ กลุ่มเบนซีนอยด์ (Benzenoids) ได้แก่ กรดแกลลิก (Gallic acid), ลาลอยไซด์ (Laloiside) กลุ่มคูมารินส์ (Coumarins) ได้แก่ เอสคูเลติน (Aesculetin), ฟราเซติน (Fraxetin), สโคโปเลติน (Scopoletin) กลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ได้แก่ ไซนาโรไซด์ (Cynaroside), ทิลียานิน (Tilianin) กลุ่มโพลีไซคลิก (Polycyclics) ได้แก่ ลอโซเนียไซด์ (Lawsoniaside) และกลุ่มสเตียรอยด์ (Steroids) ได้แก่ เบต้า-ซิโตสเตอรอล (β -sitosterol) องค์ประกอบเหล่านี้มีบทบาททั้งในด้านฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ยาและเวชสำอาง (วันชัย ศรีวิบูลย์ และคณะ, 2547)



ทิมา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (2568)

ภาพที่ 2.2 ใบเทียนกิ่ง

2.3.3 คุณประโยชน์ของเทียนกิ่ง

เทียนกิ่งหรือเฮนนำจัดเป็นเครื่องสำอางเก่าแก่ชนิดหนึ่งของโลก มีการใช้ในหลายประเทศทั้ง ตะวัน ออกกลาง เอเชีย ยุโรป และแอฟริกา โดยใช้สารสีจากใบ ทาและตกแต่งสีเล็บ ฝ่ามือ และฝ่า เท้า ใ้ย้อมสีผม ซึ่งจะทำให้ได้ สีผมไปทางสีแดงหรือแดงปนส้ม หรือจะผสมเทียนกิ่งกับสารสีอื่น ๆ ทำให้ได้สีสรรที่หลากหลายมากขึ้น เช่น ผสมกับครามทำให้ได้สีดำ เทียนกิ่งมีคุณสมบัติเทียบเท่าสีย้อม ผมหแบบกิ่งถาวร คือ จะย้อมติดเส้นผมนาน 3-4 สัปดาห์จากนั้นจะค่อย ๆ ลอกออกกระหว่างสระผม จึง ทำให้ต้องย้อมซ้ำบ่อย ๆ สารสีในเทียนกิ่ง คือ Lawsone (2-hydroxy-1, 4- naphthoquinone) พบ มากที่สุดในส่วนของใบ นอกจากนี้ยังพบในส่วนของดอก กิ่ง เปลือกต้น และเมล็ด พบว่าสาร lawsone จะให้สีส้มแดง สามารถละลายได้ในน้ำร้อน และจะใ้ย้อมสีผมได้ดีเมื่ออยู่ในสารละลายที่มี สภาวะเป็นกรด สาร lawsone จะยึดติดแน่นกับโปรตีนหรือเคอราตินของเส้นผม ทำให้สีติดแน่นทน นาน โดยส่วนใหญ่จะเคลือบอยู่บนเส้นผม จึงไม่ทำลายโครงสร้างของเส้นผม (Lemmens & Wulijarni-Soetjipto, 1991)

2.3.4 งานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับใบเตียนกิ่ง

งานวิจัยหลายฉบับได้ศึกษาคุณสมบัติของใบเตียนกิ่ง (*Lawsonia inermis* L.) และพบว่าใบเตียนกิ่งมีองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดที่มีความสำคัญทางการแพทย์และอุตสาหกรรม เช่น กลุ่มสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ได้แก่ กรดแกลลิก (gallic acid), กรดเฟอร์ูลิก (ferulic acid), ลูทีโอลิน (luteolin), เควอซีทิน (quercetin) และลอว์โซน (lawsone) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ และต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Khantamat et al., 2021) การศึกษาของ Muhammad พบว่า สารสกัดจากใบเตียนกิ่งสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อในแผลไฟไหม้ เช่น *Staphylococcus aureus* และ *Candida albicans* ซึ่งแสดงถึงศักยภาพในการนำมาใช้เป็นสมุนไพรทาอาการแผลไฟไหม้ (Muhammad, 2005) ในด้านอุตสาหกรรม Bhuiyan et al. (2018) รายงานว่าเฮนน่าเป็นสีย้อมธรรมชาติที่ปลอดภัย ไม่เป็นพิษ และสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องสำอางอย่างยั่งยืน นอกจากนี้ Lertworasirikul et al. (2023) ได้ศึกษาการเตรียมสารสกัดจากใบเตียนกิ่งด้วยตัวทำละลายต่างชนิด และพบว่าสารสกัดจากเอทานอลและเมทานอลมีปริมาณสารฟีนอลิกสูง และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านเชื้อรา (*Penicillium* sp.) และต้านเซลล์มะเร็ง SW480 และ A549 ได้ดี Kongtaweelert et al. (2015) รายงานว่าสารลอว์โซนที่สกัดได้จากใบเตียนกิ่งสามารถยับยั้งการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบในเซลล์แมโครฟาจมนุษย์ ซึ่งแสดงถึงศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ลดการอักเสบในอนาคต จากผลการศึกษาทั้งหมดข้างต้น แสดงให้เห็นว่าใบเตียนกิ่งที่ปลูกในประเทศไทยมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรเครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะในกลุ่มผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ปลอดภัยและยั่งยืน

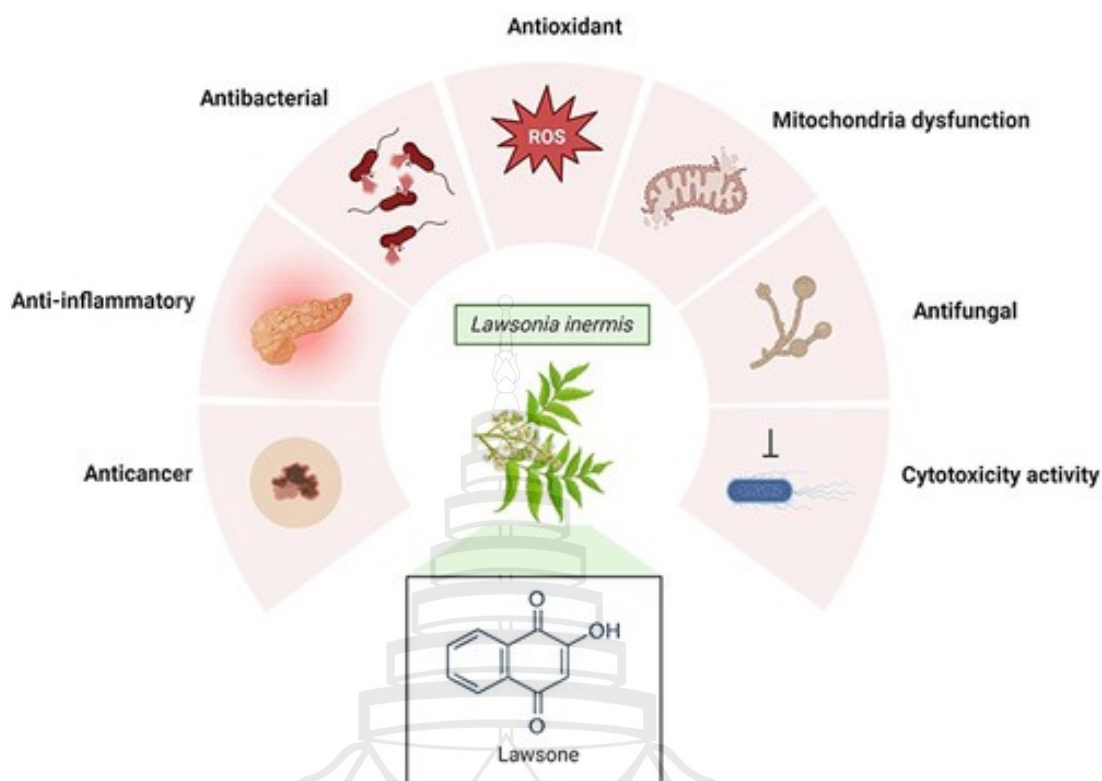
งานวิจัยหลายฉบับได้ศึกษาคุณสมบัติของใบเตียนกิ่ง (*Lawsonia inermis* L.) ซึ่งพบว่าใบเตียนกิ่งมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดที่มีประโยชน์ทางการแพทย์และอุตสาหกรรมต่าง ๆ คือ มีสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูง เช่น กรดเฟอร์ูลิก กรดแกลลิก และลูทีโอลิน ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและด้านการอักเสบ นอกจากนี้ ยังไม่พบความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนัง (Khantamat et al., 2021) สารสกัดจากใบเฮนนามีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราบางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อในแผลไฟไหม้ จึงสามารถบรรเทาอาการแผลไฟไหม้ได้ (Muhammad, 2005) เฮนน่าเป็นสีย้อมธรรมชาติที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและปลอดภัยต่อผู้ใช้ ในการย้อมผ้าและเครื่องสำอาง โดยเน้นถึงคุณสมบัติที่ไม่เป็นพิษและสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ทำให้เฮนน่าเป็นทางเลือกที่ยั่งยืนสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องสำอาง (Bhuiyan et al., 2018)

2.4 การสกัดสารด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic Extraction)

การสกัดด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง Ultrasonic Extraction เป็นวิธีที่ใช้คลื่นเสียงช่วยแตกเซลล์พืชทำให้สารสำคัญออกมาได้ง่ายและรวดเร็ว ช่วยลดระยะเวลาในการสกัดเมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิม ยังช่วยลดการใช้ตัวทำละลาย ประหยัดตัวทำละลาย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นการสกัดที่อุณหภูมิไม่สูง ทำให้เหมาะกับการสกัดพืชที่ไม่ทนต่อความร้อน และยังรักษาคุณภาพของสารสำคัญ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการสกัดสูงใช้ตัวทำละลายในการสกัดต่ำ ค่าใช้จ่ายต่ำและไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Tao et al., 2014) จากการศึกษาพบว่า Ultrasonic Extraction ให้ประสิทธิภาพในการสกัดสารสี เช่น lawsone ซึ่งเป็นสารสำคัญในใบเทียนกิ่ง ได้ดีกว่าวิธีดั้งเดิม นอกจากนี้วิธีนี้ใช้เวลาน้อยกว่า และสามารถคงคุณภาพของสารสีได้มากกว่า (Qadariyah et al., 2019)

2.5 สาร Lawsone

สาร Lawsone คือ สารประกอบเคมีที่มีชื่อเต็มว่า 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone เป็นสารออกฤทธิ์หลักที่พบในใบของพืชเฮนนำ (*Lawsonia inermis* L.) เป็นสารในกลุ่ม naphthoquinone ซึ่งมีโครงสร้างทางเคมีที่ช่วยให้เกิดสีซึ่งเป็นแหล่งธรรมชาติสำคัญของสีย้อมสีส้ม-น้ำตาล Lawsone มีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์มากมาย เช่น ด้านจุลชีพ (Antimicrobial) ยับยั้งแบคทีเรียและเชื้อรา ด้านการอักเสบ (Anti-inflammatory) ด้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) โดยช่วยลดความเสียหายจาก Oxidative Stress เป็นต้น มีการนำมาประยุกต์ใช้ในหลายอุตสาหกรรมทั้งเครื่องสำอาง ยา สมุนไพร รวมถึง สีย้อมผ้าธรรมชาติที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Nair et al., 2024) แสดงดังภาพที่ 2.3



ที่มา Nair et al. (2024)

ภาพที่ 2.3 ประโยชน์ของ Lawsone ในด้านต่าง ๆ

2.6 กลไกการติดสีของสาร Lawsone กับเส้นผม

สารลอว์โซน (lawsone; 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone) เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบมากในใบเทียนกิ่ง โดยเป็นสารสำคัญที่ทำหน้าที่เป็นเม็ดสีธรรมชาติในกระบวนการย้อมผมและย้อมผิวหนัง Lawsone มีโครงสร้างเป็นอนุพันธ์ของแนฟโทควิโนน ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และหมู่คาร์บอนิล (C=O) ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับโปรตีนเคราตินในเส้นผมได้ (Singh & Luqman, 2014) กลไกการติดสีของ Lawsone กับเส้นผมส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยา Michael addition ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มคาร์บอนิลของ Lawsone กับกลุ่มนิวคลีโอไฟล์ (-NH₂, -SH) บนกรดอะมิโนในเคราตินของเส้นผม เช่น ไลซีน (lysine) และซิสเทอีน (cysteine) ทำให้เกิดพันธะเคมีแบบกึ่งถาวร และทำให้สีส้มแดงจากลอว์โซนติดอยู่กับโครงสร้างของเส้นผมได้อย่างยาวนาน (Elshafie et al., 2022; Al-Fatimi, 2019) จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR และ NMR ในงานวิจัยของ Lertworasirikul et al. (2023) พบว่า สาร Lawsone มีหมู่ฟังก์ชันที่เหมาะสมสำหรับการเกิดพันธะกับเคราติน เช่น หมู่คาร์บอนิลที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนหรือพันธะโควาเลนต์กับหมู่เอมีนของโปรตีนในเส้นผมได้ โดยการติดสีนี้จะเกิดขึ้นที่ชั้นคิวติเคิล (cuticle) และคอร์ติคัล (cortex) ของเส้น

ผม ซึ่งเป็นบริเวณที่มีกรดอะมิโนสะสมอยู่มาก นอกจากนี้ Lawsone มีขนาดโมเลกุลเล็ก (~174 Da) และมีคุณสมบัติเป็น amphiphilic จึงสามารถแทรกซึมเข้าสู่โครงสร้างของเส้นผมได้ดี และไม่จำเป็นต้องใช้สารช่วยเปิดเกล็ดผมเหมือนสารย้อมผมเคมีทั่วไป (Kumar et al., 2005) สีจากการย้อมเฮนน่า (lawson) ถือว่าปลอดภัย มีความสามารถจับกับเคราตินผมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สีติดทนนาน และมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ย้อมผมแบบ semi-permanent ที่ไม่ใช้สารเคมีแรง (ScienceDirect Topics, n.d.)

2.7 สารอนุมูลอิสระ (Free Radical)

อนุมูลอิสระ (Free Radical) คือ โมเลกุลที่ไม่เสถียรจากการขาดอิเล็กตรอน ทำให้โมเลกุลมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่น ๆ โดยจะไปแย่งอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่น ทำให้โมเลกุลนั้น ไม่เสถียรและเกิดเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์หรือเนื้อเยื่อในร่างกาย (Halliwell, 1995) แหล่งกำเนิดอนุมูลอิสระเกิดได้จากทั้งภายในร่างกายและภายนอก ภายในร่างกาย เช่น กระบวนการเผาผลาญอาหาร (Metabolism) ระบบภูมิคุ้มกันกำจัดเชื้อโรคความเครียดการออกกำลังกายหนักเกินไป และจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น มลพิษทางอากาศ ควันบุหรี่ แสง UV สารเคมี ซึ่งความเสียหายเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อร่างกาย ทำลายเซลล์และดีเอ็นเอ จนเกิดการเสื่อมของอวัยวะ และยังเป็นสาเหตุของโรค เช่น มะเร็ง เบาหวาน โรคหัวใจ อัลไซเมอร์ และริ้วรอยก่อนวัย (Valko et al., 2006)

กระบวนการเกิดผมหงอกเป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมของเซลล์สร้างเม็ดสีในรากผม หรือ melanocyte ซึ่งทำให้การผลิตเม็ดสีเมลานินลดลงหรือล้มเหลว โดยมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ชื่อว่า “ความเครียดออกซิเดชัน” (Oxidative Stress) อันมีสาเหตุมาจาก อนุมูลอิสระ (Free Radicals) มีบทบาทสำคัญในการทำลายเซลล์เมลานোসัยต์เหล่านี้ (Halliwell, 1995) อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้จากทั้งปัจจัยภายใน เช่น กระบวนการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย และจากปัจจัยภายนอก เช่น รังสี UV มลพิษ หรือควันบุหรี่ เมื่อสะสมมากขึ้นจะทำลายโครงสร้างเซลล์และดีเอ็นเอของเมลานোসัยต์ ทำให้ไม่สามารถผลิตเมลานินได้ตามปกติ ส่งผลให้เส้นผมเปลี่ยนเป็นสีขาวหรือสีเทา ซึ่งเป็นลักษณะของผมหงอก (Halliwell, 1995)

2.8 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) เป็นสารที่ช่วยยับยั้งหรือชะลอความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species : ROS) และอนุมูลไนโตรเจน (Reactive Nitrogen Species : RNS) โดยการให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนกับอนุมูลอิสระเหล่านี้อย่างปลอดภัย โดยไม่กลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน โดยพบได้หลากหลายส่วนใหญ่มากจาก พืช ผัก ผลไม้ สมุนไพร สารกลุ่มวิตามิน เช่น วิตามิน C (Ascorbic Acid) พบในส้ม ฝรั่ง พริกหวาน วิตามิน E (Tocopherols/Tocotrienols) พบในน้ำมันพืช ถั่ว เมล็ดพืช สารกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) พบในชาเขียว ผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ ส้ม ส่วนสารกลุ่มฟีนอลิก (Phenolic acids) เช่น caffeic acid, ferulic acid พบในพืช ผัก สมุนไพร สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) พบในแครอท ฟักทอง ผักใบเขียว ไลโคปีน (Lycopene) พบในมะเขือเทศ (Lobo et al., 2010)

ภาวะผมหงอกเกิดจากการเสื่อมสภาพของเซลล์สร้างเม็ดสี (Melanocytes) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการผลิตเมลานินให้เส้นผมมีสีตามธรรมชาติ หนึ่งในสาเหตุสำคัญของการเสื่อมสภาพนี้ คือ ความเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ที่เกิดจากการสะสมของอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species: ROS และ Reactive Nitrogen Species: RNS) ในร่างกาย ซึ่งสามารถทำลายโครงสร้างเซลล์และดีเอ็นเอ ส่งผลให้การผลิตเม็ดสีลดลงและเกิดผมหงอกในที่สุด (Lobo et al., 2010)

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) จึงมีบทบาทสำคัญในการชะลอการเกิดผมหงอก โดยทำหน้าที่กำจัดหรือยับยั้งอนุมูลอิสระก่อนที่มันจะทำลายเซลล์เม็ดสี ด้วยกลไกการให้อิเล็กตรอนหรืออะตอมไฮโดรเจนให้กับอนุมูลอิสระอย่างปลอดภัย ซึ่งช่วยลดความเสียหายของเซลล์ ส่งผลให้กระบวนการสร้างเม็ดสีดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องและลดโอกาสการเกิดผมหงอกก่อนวัย (Lobo et al., 2010)

2.8.1 กลไกการต้านอนุมูลอิสระ

2.8.1.1 การจับอนุมูลอิสระ (Free Radical Scavenging) สารต้านอนุมูลอิสระจะให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ เช่น Superoxide, Hydroxyl Radical, Peroxyl Radical, Tocopheroxyl Radical และ Alkoxyl Radical ซึ่งทำให้อนุมูลอิสระเหล่านี้มีความเสถียรและไม่สามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์ได้ (Krystian et al., 2022)

2.8.1.2 การระงับพลังงานของซิงเกิลออกซิเจน (Singlet oxygen quenching) สารต้านอนุมูลอิสระบางชนิด สามารถระงับการทำงานของ Singlet Oxygen โดยการเปลี่ยน Singlet oxygen (1O_2) ให้ไปอยู่ในรูป triplet oxygen (3O_2) และปล่อยพลังงานที่ได้รับออกไปในรูปความร้อน

ร้อน ซึ่งช่วยลดความเสียหายที่เกิดจาก Singlet Oxygen เช่น สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) (Sies et al., 1992)

2.8.1.3. การจับโลหะหนัก (Metal Chelating) เป็นการจับโลหะหนัก Fe^{2+}/Fe^{3+} และ Cu^{2+} ซึ่งนำไปสู่การเกิดอนุมูลอิสระหลายชนิด การที่มีสารไปจับกับโลหะเหล่านี้ จะช่วยยับยั้งหรือชะลอการเกิดอนุมูลอิสระได้ สารที่มีคุณสมบัตินี้ ได้แก่ Ascorbic acid (วิตามินซี), Flavonoids, Phosphoric acid, Citric acid (Ouahhoud et al., 2022)

2.8.1.4 การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (Enzyme Inhibition) สารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต Superoxide Radical การยับยั้งเอนไซม์นี้จะช่วยลดการผลิตอนุมูลอิสระและความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ (Lee & Lee, 2022)

2.9 รูปแบบของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผมแบบชั่วคราวในท้องตลาดปัจจุบัน

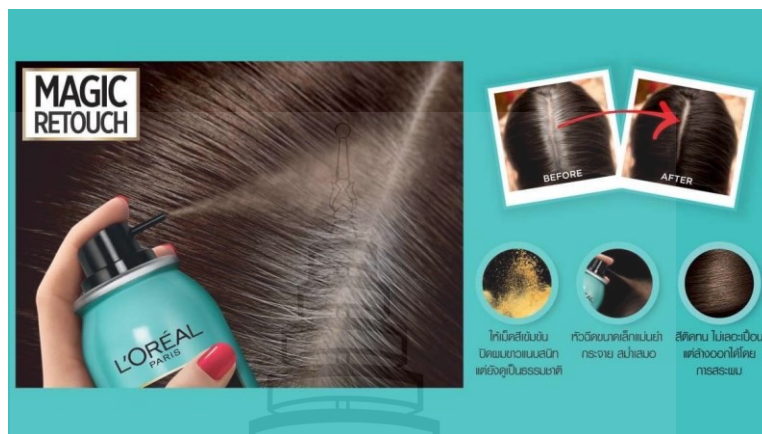
2.9.1 ลิปสติกปิดผมขาวแบบแท่ง เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบแข็ง (Solid Stick) ควบคุมบริเวณการใช้งานได้แม่นยำ เหมาะกับการปกปิดผมขาวเฉพาะจุด เช่น ปกปิดเส้นผมที่เริ่มเป็นสีผมขาว หรือเปลี่ยนสีแฟชัน แสดงดังภาพที่ 2.4



ที่มา ThaiPick (n.d.)

ภาพที่ 2.4 ลิปสติกปิดผมขาวแบบแท่ง

2.9.2 สเปรย์เปลี่ยนสีผม เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบ Aerosol เป็นระบบพ่นฝอยในบรรจุภัณฑ์แรงดัน เมื่อฉีดจะปล่อยของเหลวเป็นละอองออกมา ใช้เปลี่ยนสีผมได้อย่างรวดเร็วและในบริเวณกว้าง เช่นผมด้านบนหรือโคนผม แห้งเร็วโดยการพ่นผลิตภัณฑ์ไปยังบริเวณที่ต้องการ แสดงดังภาพที่ 2.4



ที่มา L'Oréal Paris (n.d.)

ภาพที่ 2.5 สเปรย์เปลี่ยนสีผม

2.9.3 แฮร์คัชชั่น เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบกึ่งแข็งกึ่งเหลว (Semi – Solid Emulsion) บรรจุในฟองน้ำพิเศษ พร้อมปั๊มสำหรับแตะทา ใช้งานง่าย สามารถใช้ได้ทั้งปกปิดบริเวณผมบาง และเปลี่ยนสีผม ให้ผลลัพธ์ดูเป็นธรรมชาติ ควบคุมปริมาณได้ดี แสดงดังภาพที่ 2.6



ที่มา Dashu (n.d.)

ภาพที่ 2.6 แฮร์คัชชั่น

2.9.4 แป้งพัฟเปลี่ยนสีผม เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบผงแป้ง (Pressed Powder) อยู่ในลักษณะของแป้งอัดแข็งพร้อมอุปกรณ์ สามารถใช้ได้ทั้งปกปิดบริเวณผมบาง และเปลี่ยนสีผม เนื้อผลิตภัณฑ์เป็นแป้งฝุ่นเคลือบบนเส้นผม ทำให้เส้นผมดูมีสีใกล้เคียงธรรมชาติไม่เหนียวเหนอะหนะ



ที่มา Shopee (n.d.a)

ภาพที่ 2.7 แป้งพัฟเปลี่ยนสีผม

2.9.5 แฮร์ บลัชออน เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบกึ่งครีมกึ่งแว็กซ์ (Semi – Solid Wax) เป็นครีมเปลี่ยนสีผมชั่วคราวที่สามารถยัดเกาะกับเส้นผมได้ดี ให้สีชัดเจน และสามารถใช้งานได้ง่ายโดยการใช่แปรงหรือพู่ ปัดหรือแต้มลงบริเวณที่ต้องการเปลี่ยนสี เช่น โคนผม รอยแสกหรือแนวผม ขวากันน้ำแต่สามารถล้างออกได้ด้วยแชมพู



ที่มา Shopee (n.d.b)

ภาพที่ 2.8 แฮร์ บลัชออน

2.9.6 มาสคาร่าเปลี่ยนสีผม เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของเหลวหนืดคล้ายเจล (Liquid Gel) บรรจุในหลอดพร้อมแปรงปัด ใช้เปลี่ยนสีผมเฉพาะที่ได้แม่นยำ ใช้งานสะดวก แห้งเร็ว ปกปิดเส้นผม บริเวณโคนผมที่เริ่มเป็นสีผมขาว, บริเวณจอนผม, ไผผม



ที่มา Cruset (n.d.)

ภาพที่ 2.9 มาสคาร่าเปลี่ยนสีผม

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ผงใบเทียนกิ่ง

ใบเทียนกิ่งตากแห้งบดละเอียด จากต.บ่อแก้ว อ.นาคู จ.กาฬสินธุ์ เก็บในช่วงเดือนมีนาคม ปี 2566

3.2 สารเคมีและวัตถุดิบที่ใช้

3.2.1 Methanol	Carlo Erba, France
3.2.2 Acetone	J.T.Baker, USA
3.2.3 Folin-Ciocalteu's phenol reagent	Merck, Germany
3.2.4 Sodium Carbonate	Merck, Germany
3.2.5 Gallic acid	Merck, Germany
3.2.6 Sodium nitrite	RCI Labscan, Ireland
3.2.7 Dimethylsulphoxide (DMSO)	Carlo Erba, Italy
3.2.8 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)	Sigma, China
3.2.9 Trolox	Sigma Aldrich, USA
3.2.10 Absolute ethanol	Spread Business Co Ltd, Thailand
3.2.11 Lawsone	AKSCi, USA
3.2.12 Hair Bleaching Powder	Lolane, Thailand
3.2.13 AMP (Acrylates/Allyl Methacrylate Copolymer)	Lubrizol, USA
3.2.14 Butylene Glycol	KH Neochem, Japan
3.2.15 PVA (Polyvinyl alcohol)	Dai-Ichi Kogyo Seiyaku, Japan
3.2.16 Cyclopentasiloxane/Dimethicone	Dow Corning, Thailand
3.2.17 Liquid Germal Plus	Sunpu Biochem, China

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

3.3.1 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง	Percisa/ XB 2200C, Switzerland
3.3.2 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง	METTLER TOLEDO, Switzerland
3.3.3 เครื่องเขย่าสารโดยคลื่นความถี่สูง	CREST, USA
3.3.4 เครื่องหมุนเหวี่ยงตกตะกอน (Centrifuge)	HERMLE, Germany
3.3.5 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	Thermo Fisher Scientific, USA
3.3.6 เครื่องกวนสารละลายและให้ความร้อน	LMS/HIS-1003-SP, Japan
3.3.7 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)	QIs, Suntex
3.3.8 เครื่องเขย่าสาร (Vortex)	OHAUS, USA
3.3.9 เครื่องอบลมร้อน (hot air oven)	Memmert, Germany
3.3.10 ตู้ดูดควัน (Fume Hood)	ELEXLAB, China
3.3.11 เครื่อง Freeze Dryer	Labconco, USA
3.3.12 เครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท	BMG Labtech, Germany
3.3.13 Micropipettes	OHAUS, USA
3.3.14 HPLC (High-performance liquid chromatograph)	ACQUITY Arc System, USA

3.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.4.1 การเตรียมสารสกัดจากใบเตียนกิ่งด้วยวิธี Ultrasonic Extraction

เตรียมสารสกัดจากผงใบเตียนกิ่ง ใช้วิธีการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic Extraction) โดยนำใบเตียนกิ่งแห้งมาบดให้ละเอียด แล้วทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น, 75% เมทานอล และ 75% อะซิโตน โดยใช้อัตราส่วนระหว่างผงใบเตียนกิ่งต่อตัวทำละลายที่ 1:10 (w/v) สำหรับการทดลองในแต่ละตัวทำละลาย ทำซ้ำจำนวน 3 ชุด สกัดโดยใช้อุปกรณ์ Sonicator ที่ให้คลื่นเสียงความถี่ 25 กิโลเฮิร์ตซ์ (kHz) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที (Dezashibi et al., 2019) หลังจากสกัดแล้ว สารละลายที่ได้จะถูกกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 สำหรับสารละลายที่ใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำกลั่น เนื่องจากมีลักษณะขุ่นหนืดจากการที่ผงใบเตียนกิ่งดูดซับน้ำและเกิดการบวมน้ำ จึงจำเป็นต้องกรองเบื้องต้นผ่านผ้าขาวบางก่อนจึงกรองซ้ำด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 หลังจากนั้น สารละลายที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกนำไป

ตกตะกอนด้วยการหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 6,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที และทำการกรองอีกครั้งด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุน (Rotary Evaporator) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำสารสกัดที่ได้ไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Dryer) เพื่อให้ได้สารสกัดใบเทียบกึ่งที่พร้อมสำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยสารประกอบฟีนอลิกที่ต้องการทดสอบจะถูกออกซิไดส์ในสภาวะที่เป็นด่าง ติดตามการเปลี่ยนสีของ phenol reagent ซึ่งเปลี่ยนสีจากสารละลายสีเหลืองเป็นสีน้ำเงิน และมีการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำสารสกัดใบเทียบกึ่งที่สกัดมาเจือจางด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิดของแต่ละตัวอย่าง เช่น สารสกัดใบเทียบกึ่งที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 20 ไมโครลิตร และเติม Folin-Ciocalteu's reagent (เจือจาง 10 เท่า) 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติม 7.5% (w/v) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร และทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน ความเข้มข้นเริ่มต้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ลดลงทีละ 2 เท่า (Two-fold serial dilution) ให้มีความเข้มข้น 0.0078125 – 0.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปริมาณฟีนอลิกรวมสามารถคำนวณได้จากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกรายงานผลในหน่วย mg GAE/ g extract ดังสมการที่ 1 (AOAC, 2017)

$$\text{mg GAE/ g extract} = \frac{(\text{Abs}_{765-b}) \times \text{dilution factor} \times \text{volume of extract (ml)}}{\text{slope} \times \text{mass of extract (g)}} \quad \text{สมการที่ 1}$$

3.4.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอช (DPPH Assay)

เตรียมสารสกัดใบเทียบกึ่งมาเจือจางด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด เช่น สารสกัดใบเทียบกึ่งที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เจือจางด้วย DMSO ลงทีละ 5 เท่า ให้มีความเข้มข้นในช่วง 0.0016 – 0.2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (16 – 200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ผสมสารละลายสารสกัดใบเทียบกึ่ง ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ปริมาตร 190 ไมโครลิตร โดยผสมให้เข้ากันอย่างรวดเร็ว ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง ในสภาวะมืดเป็นเวลา 120 นาที (2 ชั่วโมง) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร ใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐาน ใช้ความเข้มข้นเริ่มต้น 0.2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ดังสมการที่ 2 แล้วรายงานผลเป็นมิลลิกรัม

สมมูลไทรลอกซ์ต่อกรัมของตัวอย่างแห้ง (mg Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC)/g extract (Sharma & Bhat, 2009; Thaipong et al., 2006)

$$\% \text{ Inhibition DPPH} = \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \quad \text{สมการที่ 2}$$

โดยที่ A_{control} หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตรของสารควบคุม

A_{sample} หมายถึง ค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตรของสารตัวอย่าง

$$\text{mg TEAC/g extract} = \frac{(\% \text{ Inhibition DPPH} - b) \times \text{dilution factor} \times \text{volume of extract (mL)}}{\text{Slope} \times \text{mass of extract (g)}}$$

3.4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสาร Lawsone

วิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ Lawsone จากสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดจากตัวทำละลายทั้ง 3 ตัวทำละลายด้วยวิธี Ultrasonic extraction โดยใช้เครื่องโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High-Performance Liquid Chromatography: HPLC) ภายใต้สภาวะที่กำหนด โดยใช้คอลัมน์ Kinetex 5 μm EVO C18 100Å ขนาด 150 $\times$ 2.1 มม. อุณหภูมิคอลัมน์ควบคุมที่ 30 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่อยู่ที่ 0.3 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรการฉีดตัวอย่าง 1 ไมโครลิตร และตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจจับแบบ UV ที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร เฟสเคลื่อนที่ใช้ระบบไอโซแครติก (Isocratic) ประกอบด้วยสารละลาย A คือ กรดอะซิติก 0.1% ในน้ำ และสารละลาย B คือ เมทานอล ในอัตราส่วน 40:60 โดยมีเวลาในการรัน 10 นาที จากนั้นกรองผ่านเมมเบรนขนาด 0.45 ไมโครเมตรก่อนนำเข้าสู่ระบบ HPLC การวิเคราะห์ทำโดยเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคของสารตัวอย่างกับกราฟมาตรฐานที่สร้างจากสารบริสุทธิ์ Lawsone เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณสารสำคัญในตัวอย่าง

3.4.5 ทดสอบลักษณะทางกายภาพ (Physical Property) ของสารสกัดใบเทียนกิ่งในรูปแบบของสารละลาย (Solution)

ในการศึกษาลักษณะทางกายภาพของสารสกัดใบเทียนกิ่ง ได้ทำการทดสอบการละลายของสารสกัดในตัวทำละลาย propylene glycol และ น้ำกลั่น ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในรูปแบบสารละลาย โดยใช้สารสกัดใบเทียนกิ่งที่เตรียมจากตัวทำละลายทั้งสามชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น, 75% เมทานอล และ 75% อะซิโตน จากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่า สารสกัดใบเทียนกิ่งที่ได้จากทั้งสามตัวทำละลายมีความสามารถในการละลายแตกต่างกันใน propylene glycol และน้ำกลั่น ดังนั้นจึงเลือกใช้เฉพาะน้ำกลั่น เป็นตัวทำละลายหลักในการศึกษาลักษณะทางกายภาพของสารสกัดใบเทียนกิ่ง โดยเตรียม

สารละลายของสารสกัดใบเทียนกิ่งที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้งสามชนิด ให้มีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

จากนั้นจึงทำการบันทึกลักษณะทางกายภาพของสารละลายที่ได้ ได้แก่ ความใส ความขุ่น และการตกตะกอน วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายด้วยเครื่องวัดค่า pH และวัดค่าสีของสารสกัดด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) เพื่อประเมินลักษณะเฉพาะของสารละลายในแต่ละความเข้มข้น และเปรียบเทียบผลระหว่างตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด

3.4.6 ทดสอบการติดสีของสารสกัดใบเทียนกิ่งกับปอยผมฟอกสี

เตรียมปอยผมยาว 7-8 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 2.5 กรัม ทำเป็นแผงเส้นผมกว้างประมาณ 7-8 เซนติเมตร เพื่อให้เกลี่ยสีของผลิตภัณฑ์ได้สม่ำเสมอ ทำการฟอกผมด้วยผงฟอกผมที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 12% โดยฟอกทิ้งไว้ 60 นาที ทำการฟอก 2 ครั้ง และวัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) พร้อมถ่ายภาพ จากนั้นนำปอยผมที่ฟอกแล้วทาสารสกัดใบเทียนกิ่งที่มีความเข้มข้น (1, 5, 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) และทิ้งไว้ 6, 12, 24 ชม. วัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) โดยวัดซ้ำ 3 ครั้งเพื่อดูการติดสี

3.4.7 การพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์

เริ่มต้นการพัฒนาสูตรตำรับในรูปแบบ แวกซ์ (Wax-based) ซึ่งเป็นระบบที่มีน้ำมันเป็นเบส เนื่องจากคาดว่าจะช่วยให้เนื้อผลิตภัณฑ์เกาะติดเส้นผมได้ดี อย่างไรก็ตามผลจากการทดลองพบว่า สารสกัดจากใบเทียนกิ่งไม่สามารถละลายหรือกระจายตัวได้ดีในระบบน้ำมัน ส่งผลให้การย้อมสีผมไม่สม่ำเสมอ จึงได้มีการปรับเปลี่ยนสูตรเป็น เนื่อครีมเบสน้ำ (Water-based cream) เพื่อช่วยให้สารสกัดสามารถกระจายตัวได้ดีขึ้นในระบบ แต่เมื่อทดสอบเนื้อสัมผัสของสูตรที่ปรับเป็นเบสน้ำ พบว่าเมื่อนำผลิตภัณฑ์มาปิดลงบนเส้นผมแล้ว เส้นผมมีความรู้สึกเหนียวเหนอะหนะ ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน จึงได้มีการปรับสูตรเพิ่มเติมโดยเปลี่ยนเป็นระบบ อิมัลชันแบบเหลว (liquid emulsion) ที่มีความหนืดต่ำลง แต่ยังสามารถเกาะติดเส้นผมได้ดี ด้วยการเติม สารช่วยยึดเกาะ (fixative) เช่น Polyvinylpyrrolidone (PVP) ซึ่งช่วยเพิ่มความคงตัวของเนื้อฟิล์มบนเส้นผม นอกจากนี้ยังได้เติมสารให้ความลื่นประเภทซิลิโคน เพื่อช่วยให้เนื้อผลิตภัณฑ์สามารถเกลี่ยได้ง่าย ลดแรงเสียดทานขณะใช้งาน และเพิ่มความเงางามให้กับเส้นผม

ลักษณะผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ เป็นของเหลวที่มีความข้นเล็กน้อย สีน้ำตาลเข้ม เกลี่ยง่ายเมื่อปิดลงบนเส้นผม ให้เฉดสีที่สม่ำเสมอ เกาะติดเส้นผมได้ดี และไม่เลอะเทอะเมื่อแห้ง เหมาะสำหรับใช้เป็นผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง

3.4.8 ศึกษาคุณสมบัติสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ปิดผนึกจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง

นำสูตรตำรับผลิตภัณฑ์มาประเมินสมบัติทางกายภาพได้แก่ ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และลักษณะภายนอกอื่นๆ ที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า เช่น ความชื้นเหลว การแยกชั้นและการตกตะกอน โดยตรวจวัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) โดยทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

3.4.9 ศึกษาสมบัติความคงตัวของผลิตภัณฑ์ปิดผนึกจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง

นำสูตรตำรับผลิตภัณฑ์มาทดสอบความคงตัวด้วยสภาวะเร่ง โดยวิธี Heating–Cooling cycle ด้วยการเก็บผลิตภัณฑ์ปิดผนึกที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนำมาเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับเป็นหนึ่งรอบ (ทำซ้ำ 5 รอบ) และประเมินลักษณะภายนอก คือ ค่าสี การแยกชั้น การตกตะกอน และ ค่า pH

3.4.10 ศึกษาสมบัติการติดสืบน้อยของผลิตภัณฑ์ปิดผนึกจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

3.3.10.1 เตรียมปอยผสมยาว 8-10 เซนติเมตร กว้างประมาณ 7-8 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 2.5 กรัม ทำเป็นแผ่นเส้นผม เพื่อให้เกลี่ยสีของผลิตภัณฑ์ได้สม่ำเสมอ ทำการพอกผสมด้วยผงพอกผสมที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 12% โดยพอกทิ้งไว้ 60 นาที ทำการพอก 2 ครั้ง และวัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) พร้อมถ่ายภาพ วัดซ้ำ 3 ครั้ง ก่อนทาผลิตภัณฑ์เพื่อใช้เป็นตัวควบคุม

3.3.10.2 จากนั้นทาผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรตำรับ น้ำหนักเฉลี่ย 0.5 กรัมให้สม่ำเสมอโดยสูตร 1, สูตร 2, สูตร 3 ลูบจากโคนถึงปลายให้แผ่นเส้นผมติดสีผลิตภัณฑ์สม่ำเสมอทั่ว แล้วใช้ไดร์เป่าผมเป่าแรงลมระดับ 3 ที่ความร้อนเบอร์ 3 ให้แห้งโดยใช้เวลาประมาณ 3 นาที ทิ้งไว้เป็นเวลา 6, 12, 24 ชั่วโมง ทำการถ่ายภาพหลังปอยผสมแห้งและวัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) โดยวัดซ้ำ 3 ครั้ง

3.3.10.3 ประเมินการติดสี โดยทำการสระผมด้วย Texapon N800 (Sodium Lauryl Sulfate) ความเข้มข้น 28 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 0.1 กรัม แล้วล้างออกด้วยน้ำโดยการปล่อยน้ำผ่านนานประมาณ 1 นาที ซับน้ำด้วยผ้าขนหนู นำมาเป่าแห้งโดยใช้ไดร์เป่าผมที่ระดับความร้อนที่ 3 ความแรงลมระดับ 3 เป่าจนผมแห้ง ทำการถ่ายภาพหลังผมแห้ง แล้วไปวัดสีด้วยเครื่อง Colorimeter วัดสี L^* , a^* , b^* ; วัดซ้ำ 3 ครั้ง นับเป็น 1 รอบ ก่อนนำไปสระซ้ำขั้นตอนเดิมอีกครั้งรวมเป็น 2 ครั้ง ถ่ายภาพและวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) วัดซ้ำ 3 ครั้ง

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลผลการทดลองทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ ($n = 3$) ถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences (SPSS Statistics version 21) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance: One-Way ANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าตัวแปรระหว่างกลุ่มทดลองต่าง ๆ โดยแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบของค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ S.D.) และพิจารณาระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ในกรณีที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มเพิ่มเติมด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) เพื่อจำแนกกลุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยวิธีดังกล่าวเหมาะสมสำหรับการเปรียบเทียบหลายกลุ่มที่มีจำนวนตัวอย่างเท่ากันได้อย่างมีประสิทธิภาพ



บทที่ 4

ผลของการศึกษา

4.1 สารสกัดใบเตียนกึ่งด้วยวิธี Ultrasonication

การสกัดผงใบเตียนกึ่งด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด คือ น้ำกลั่น, 75% เมทานอล และ 75% อะซีโตน เพื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตและการสกัดสารสำคัญอื่น ๆ ใช้คลื่นความถี่สูงช่วยในการสกัดด้วยเครื่อง Sonicator จากนั้นกรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรอง สำหรับสารละลายน้ำกลั่น มีความหนืด เนื่องจากผงใบเตียนกึ่งมีความบวมน้ำ ต้องกรองผ่านผ้าขาวบางก่อน นำสารละลายที่ผ่านการกรองไปเซ็นตริฟิวจ์แล้วจึงกรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรอง นำมาระเหยตัวทำละลายออกด้วย Rotary evaporation ลักษณะของสารสกัดที่ได้ในแต่ละตัวทำละลาย แสดงดังภาพที่ 4.1 นำสารสกัดที่ได้ไประเหยแห้งด้วยเครื่อง Freeze Dryer โดยการสกัดด้วยน้ำกลั่นจะให้ร้อยละผลผลิตมากที่สุดอยู่ที่ $18.36 \pm 3.52\%$ ได้สารสกัดที่มีลักษณะเป็นของแข็งเป็นเกล็ดเล็ก ๆ เป็นเงา สีน้ำตาลเข้ม รองลงมาเป็นการสกัดจาก 75% อะซีโตนให้ร้อยละผลผลิตที่ $15.96 \pm 0.97\%$ ได้สารสกัดที่มีลักษณะเป็นของแข็งเป็นก้อนเหนียวติดมือ, สีน้ำตาลเข้มไม่เป็นเงา และการสกัดด้วย 75% เมทานอลให้ร้อยละผลผลิตน้อยที่สุด คือ $11.94 \pm 1.32\%$ ได้สารสกัดที่มีลักษณะเป็นของแข็งเป็นก้อนเหนียวติดมือ, สีน้ำตาลเข้มไม่เป็นเงา โดยร้อยละผลผลิตและลักษณะของสารสกัด แสดงดังตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 สารสกัดใบเตียนกึ่งหลังระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง Rotary evaporation สารสกัดที่ได้จากน้ำกลั่น (ก), 75% เมทานอล (ข), 75% อะซีโตน (ค)

ตารางที่ 4.1 ร้อยละผลผลิต และลักษณะของสารสกัดใบเทียนกิ่งหลัง Freeze dry ด้วยตัวทำละลายแตกต่างกัน

สารสกัด	ร้อยละผลผลิต (%Yield dry basis)	ลักษณะกายภาพ	รูปภาพ
น้ำกลั่น	18.36 ± 3.52^a	ลักษณะเป็นเกล็ดเล็ก ๆ เป็นเงา สีน้ำตาลเข้ม แต่ละเกล็ดไม่ติดกัน	
75% เมทานอล	11.94 ± 1.32^b	ลักษณะเป็นก้อนเหนียวติด มือ สีน้ำตาลเข้มไม่เป็นเงา มีทั้งขนาดเล็กและใหญ่	
75% อะซีโตน	15.96 ± 0.97^{ab}	ลักษณะเป็นก้อนเหนียวติด มือ สีน้ำตาลเข้มไม่เป็นเงา มีทั้งขนาดเล็กและใหญ่	

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

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวม (TPC) ในสารสกัดใบเทียนกิ่ง

จากผลการศึกษาในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดใบเทียนกิ่งโดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu พบว่า การสกัดด้วย 75% อะซีโตน ให้ค่าปริมาณสารฟีนอลิกรวมสูงสุดเท่ากับ 151.00 ± 1.71 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด (mg GAE/g extract) ซึ่งสูงกว่าการสกัดด้วย 75% เมทานอล ซึ่งมีปริมาณสารฟีนอลิกเท่ากับ 126.86 ± 0.11 mg GAE/g extract และการสกัดด้วยน้ำกลั่น ซึ่งให้ค่าเท่ากับ 84.23 ± 0.70 mg GAE/g extract ตามลำดับ ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงผลดังตารางที่ 4.2 ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Uma et al. (2010) การสกัดใบเทียนกิ่งด้วย 75% อะซีโตน ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

สูงกว่าตัวทำละลายในกลุ่มแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอลหรือเอทานอล แสดงให้เห็นว่าอะซีโตนในความเข้มข้นดังกล่าวมีความสามารถในการละลายสารออกฤทธิ์กลุ่มฟีนอลิกจากพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

4.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าการสกัดด้วย 75% เมทานอล ให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงสุดมีค่าเท่ากับ 136.75 ± 3.01 mg TEAC/g extract มากกว่าการสกัดด้วย 75% อะซีโตน ที่ได้ค่าเท่ากับ 112.51 ± 2.89 mg TEAC/g extract และการสกัดด้วยน้ำกลั่นมีค่าเท่ากับ 6.24 ± 0.93 mg TEAC/g extract ตามลำดับ โดยผลดังกล่าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) และฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยตัวทำละลายแตกต่างกัน

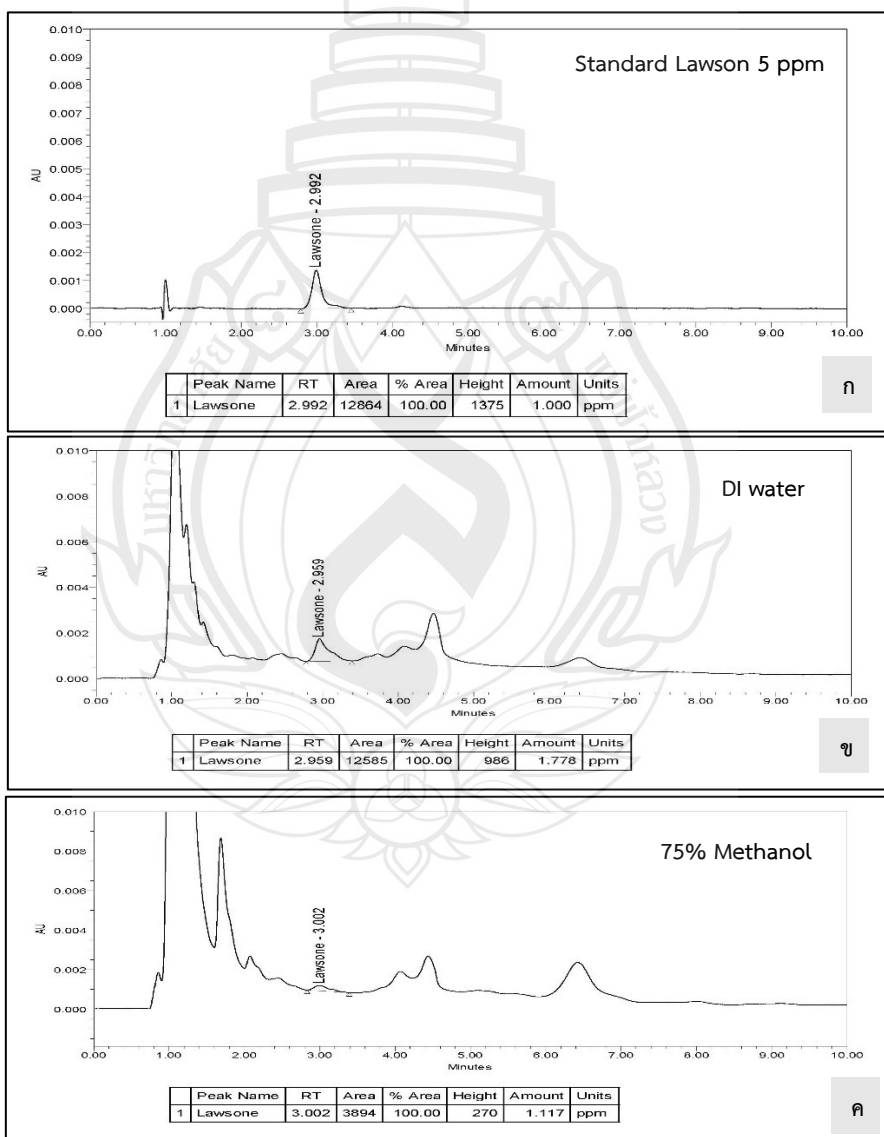
สารสกัด	TPC (mg GAE/g extract)	Antioxidant DPPH activity (mg TEAC/g extract)
น้ำกลั่น	84.23 ± 0.70^c	6.24 ± 0.93^c
75% เมทานอล	126.86 ± 0.11^b	136.75 ± 3.01^a
75% อะซีโตน	151.00 ± 1.71^a	112.51 ± 2.89^b

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

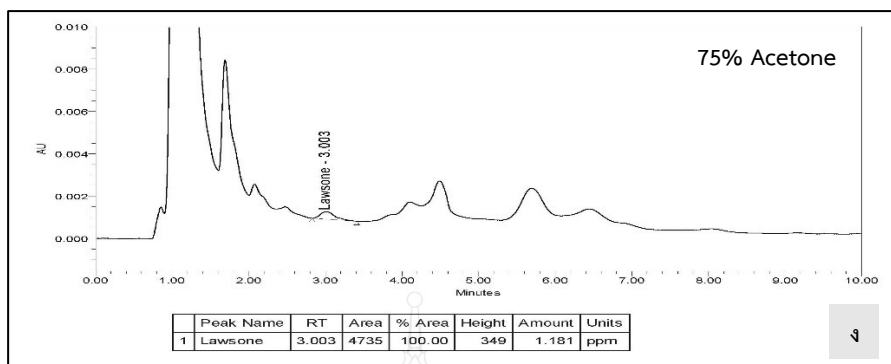
4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสาร Lawsone

การวิเคราะห์ปริมาณสาร Lawsone ในสารสกัดจากใบเทียนกิ่งทำโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Lawsone ที่มีเวลาเก็บตัวอย่าง (Retention Time) เท่ากับ 2.981 นาที โดยทำการทดสอบสารสกัดใบเทียนกิ่งที่ความเข้มข้น 1 mg/ml พบว่า สารสกัดจากใบเทียนกิ่งที่เตรียมด้วยตัวทำละลายต่างชนิดมีพีคของกราฟปรากฏในบริเวณที่ใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน โดยตัวอย่างที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าระยะเวลาการกักเก็บ (RT)

เฉลี่ย 2.947 ± 0.02 นาที ซึ่งใกล้เคียงกับค่า RT ของมาตรฐานมากที่สุด แสดงถึงการมีอยู่ของสาร Lawsonsone ในตัวอย่างอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสาร Lawsonsone ที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ พบว่า ตัวอย่างที่สกัดด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาณสาร Lawsonsone สูงที่สุด คือ $1.76 \pm 0.03 \mu\text{g/ml}$ ($1.76 \pm 0.03 \text{ ppm}$) รองลงมาคือ 75% อะซิโตนที่มีค่า $1.24 \pm 0.14 \mu\text{g/ml}$ ($1.24 \pm 0.14 \text{ ppm}$) และ 75% เมทานอลที่มีปริมาณ $1.12 \pm 0.03 \mu\text{g/ml}$ ($1.12 \pm 0.03 \text{ ppm}$) ตามลำดับ แสดงในภาพที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายที่สามารถสกัดสาร Lawsonsone ได้ดีที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากความสามารถในการละลายสารที่มีขั้วของน้ำมากกว่าตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ แสดงดังตารางที่ 4.3



ภาพที่ 4.2 โครมาโตกราฟีจากเครื่อง HPLC ของสารมาตรฐาน Lawsonsone (ก) และสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น (ข), 75% เมทานอล (ค), 75% อะซิโตน (ง)



ภาพที่ 4.2 (ต่อ)

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์สาร Lawsone จากสารมาตรฐานเปรียบเทียบกับสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น, 75% เมทานอล, 75% อะซีโตน

ตัวอย่าง	RT	Area	Heigh	Amount (µg/ml)
Standard (Lawsone)	2.992	12864	1375	1
น้ำกลั่น	2.947 ± 0.02	12325 ± 368	979.50 ± 295	1.76 ± 0.03 ^a
75% เมทานอล	2.993 ± 0.01	3875.33 ± 350	295.33 ± 38	1.12 ± 0.03 ^b
75% อะซีโตน	3.015 ± 0.04	5516.67 ± 1849	468.33 ± 198	1.24 ± 0.14 ^b

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

จากผลการศึกษาพบว่า ตัวทำละลายมีผลต่อปริมาณสารสำคัญที่สกัดได้จากใบเทียนกิ่งอย่างมีนัยสำคัญ โดยการสกัดด้วยอะซีโตนให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด ซึ่งอาจเนื่องจากอะซีโตนมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายกึ่งมีขั้ว (Semi-polar solvent) ที่สามารถละลายสารกลุ่มฟีนอลิกได้ดี (Meda et al., 2005) ขณะที่เมทานอลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ (Do et al., 2014) ที่ระบุว่าเมทานอลสามารถสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกฟลาโวนอยด์และฟีนอลิกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในส่วนของน้ำกลั่นแม้จะมีขั้วสูงแต่กลับให้ปริมาณสารลอร์โชน (Lawsone) มากที่สุด ซึ่งอาจไม่ได้เกิดจากความสามารถในการละลายของตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดจากปัจจัยทางกายภาพระหว่างกระบวนการเตรียม เช่น ขั้นตอนการกรองด้วยผ้าขาวบางร่วมกับการบีบคั้นตัวอย่างในการสกัดด้วยน้ำกลั่น ซึ่งอาจทำให้ผนังเซลล์พืช (Cell wall) แตกตัว

มากกว่ากระบวนการกรองปกติ ทำให้สารออกฤทธิ์อย่าง Lawsone ที่อยู่ในเซลล์ถูกปลดปล่อยออกมาได้มากขึ้น

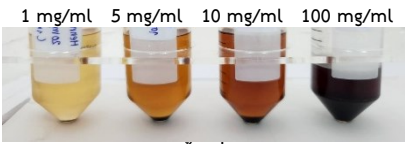
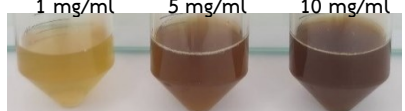
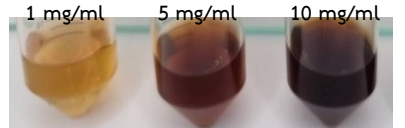
4.5 การทดสอบลักษณะทางกายภาพ (Physical Property) ของสารสกัดใบเทียนกิ่ง ในรูปแบบของสารละลาย (Solution)

ทดสอบการละลายของสารสกัดใบเทียนกิ่งจากทั้ง 3 ตัวทำละลายโดยใช้น้ำกลั่นในรูปแบบสารละลาย โดยเริ่มที่ความเข้มข้นที่ 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยนำทั้ง 3 ตัวทำละลายเข้าเครื่อง Sonicator ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 10 นาที เพื่อดูความสามารถการละลายของสารสกัดใบเทียนกิ่งจากทั้ง 3 ตัวทำละลาย พบว่าสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นให้สารละลายใส สีเหลืองอ่อนมีสารแขวนลอย สารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วย 75% เมทานอลให้สารละลายขุ่นมีสารแขวนลอย สีเหลืองอ่อน และสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วย 75% อะซีโตน ให้สารละลายใสสีเหลืองอ่อน มีตะกอนที่ก้นหลอดทดลองตามภาพที่ 4.3 หลังจากนั้นศึกษาคุณสมบัติและลักษณะทางกายภาพในรูปแบบของสารละลายที่ความเข้มข้น 1, 5 และ 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เพื่อดูคุณสมบัติการละลาย บันทึกลักษณะทางกายภาพ, วัด pH สารสกัด และวัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ผลตามตารางที่ 4.4



ภาพที่ 4.3 แสดงการละลายของสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น (ก), 75% เมทานอล (ข), 75% อะซีโตน (ค) ในน้ำกลั่นที่ความเข้มข้น 1mg/ml

ตารางที่ 4.4 แสดงเปรียบเทียบการละลายและลักษณะทางกายภาพ, pH, ค่าสี ของสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น, 75% เมทานอล, 75% อะซีโตน ในน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

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

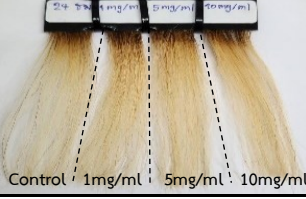
หมายเหตุ ข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD), n = 3 และด้วยอักษรภาษาอังกฤษ (a, b, c) ในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ANOVA, Duncan's test ; $p < 0.05$)

จากผลการทดสอบการละลายและการวิเคราะห์ปริมาณสาร Lawsone ซึ่งเป็นสารสีสำคัญในสารสกัดใบเตียนกิ่งพบว่าสารสกัดใบเตียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีการละลายที่ดีและให้ปริมาณสาร Lawsone มากที่สุด จึงได้เลือกสารสกัดใบเตียนกิ่งที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่นมาพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผมจากสารสกัดใบเตียนกิ่ง

4.6 การทดสอบการติดสีของสารละลายที่มีส่วนผสมสารสกัดใบเตียนกิ่งที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กับปอยผมที่ได้จากการฟอกสี

ทดลองการศึกษาการติดสีของสารละลายที่มีส่วนผสมของสารสกัดใบเตียนกิ่งละลายในน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้น 1, 5, และ 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร นำสารละลายที่มีส่วนผสมของสารสกัดใบเตียนกิ่งทั้งสามความเข้มข้นมาศึกษาการติดสีบนปอยผม โดยเตรียมปอยผมยาว 7-8 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 2.5 กรัม ทำเป็นแผงเส้นผมกว้างประมาณ 7-8 เซนติเมตร เพื่อให้เกลี่ยสีของผลิตภัณฑ์ได้สม่ำเสมอ ทำการฟอกผมด้วยผงฟอกผมที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 12% โดยฟอกทิ้งไว้ 60 นาที ทำการฟอก 2 ครั้ง และวัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) พร้อมถ่ายภาพ จากนั้นนำปอยผมที่ฟอกแล้วทาสารสกัดใบเตียนกิ่งที่มีความเข้มข้น 1, 5 และ 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และทิ้งไว้ 6, 12, 24 ชม. วัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) โดยวัดซ้ำ 3 ครั้งเพื่อดูการติดสี จากการทดสอบการติดสีของสารละลายสารสกัดใบเตียนกิ่งพบว่าการย้อมปอยผมด้วยสารละลายที่มีสารสกัดใบเตียนกิ่งในความเข้มข้นที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าพารามิเตอร์สี L^* a^* b^* โดยสังเกตได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) ของเส้นผมมีแนวโน้มลดลงซึ่งแสดงให้เห็นว่าผมมีความเข้มของสีเพิ่มขึ้นหรือมีลักษณะสีที่เข้มขึ้นเมื่อได้รับสารสกัดในปริมาณสูงขึ้นในขณะเดียวกัน ค่า a^* ซึ่งแสดงถึงระดับของโทนสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อได้ย้อมด้วยปริมาณสารสกัดที่เข้มข้นขึ้น แสดงให้เห็นว่าสารสกัดใบเตียนกิ่งส่งผลให้สีผมเปลี่ยนไปในโทนแดงมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น ส่วนค่า b^* ที่แสดงถึงระดับของสีเหลืองหรือน้ำเงิน มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แสดงว่าสีผมยังมีโทนเหลืองอยู่ แต่มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นนอกจากนี้ ค่า ΔE ซึ่งใช้ในการวัดความแตกต่างของสีจากตัวควบคุม มีค่ามากขึ้นตามลำดับความเข้มข้นของสารสกัด โดยเฉพาะในความเข้มข้น 10 mg/ml ที่ให้ค่าสูงสุด ผลแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ลักษณะการติดสีบนปอยผมที่ระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ด้วยสารละลายสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

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

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

4.7 การพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์

การพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ปิดผนึกขวามีลักษณะเป้าหมาย (target) คือ สามารถเกลี่ยง่าย บนเส้นผมได้ง่ายและสีสามารถเคลือบติดอยู่บนเส้นผมชั้นนอกหลังสระผมด้วยแชมพูทั้งครั้งแรกและครั้งที่สอง การพัฒนาสูตรจะใช้น้ำเป็นตัวทำละลายหลัก มี Fixative เพื่อให้สีเคลือบติดเส้นผม มีสารให้ความชุ่มชื้นและสารให้ความนุ่มลื่น เกลี่ยง่ายในสูตรดังตารางที่ 4.6 วิธีการเตรียมสูตรตำรับปิดผนึกขวาดังนี้ โดยวิธีการจะทำในปิกเกอร์ที่มี Magnetic paddle ตั้งอุณหภูมิที่ 35°C ขั้นตอนแรกเริ่มจาก part A ค่อย ๆ โปรย HEC ลงในน้ำกลั่น เติม EDTA, TEA และ Butylene Glycol ตามลำดับ ผสมให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ต่อมา part B เติม Polyvinyl Alcohol (PVA) ลงในส่วนผสมรอให้ละลายจนหมด แล้วค่อยเติม Acrylates/Allyl Methacrylate Copolymer (AMP) เมื่อส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงเติม part C คือ สารสกัดใบเทียนกิ่งโดยสูตรที่ 1 ใช้ 5.0% สูตรที่ 2 ใช้ 7.5% และสูตรที่ 3 ใช้ 10.0% เมื่อสารสกัดใบเทียนกิ่งกระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับส่วนผสมอื่นจึงค่อยเติม part D คือ Cyclopentasiloxane /Dimethicone และ Liquid Germal plus ตามลำดับ หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์เข้าเครื่อง Homogenizer 3,500 rpm เป็นเวลา 5 นาที ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้มมีความหนืด โดยความเข้มข้นและความหนืดจะแปรผันตามปริมาณของสารสกัดใบเทียนกิ่ง โดยสูตรที่ 3 จะให้ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลเข้มและมีความหนืดที่สุด

ตารางที่ 4.6 สูตรตำรับปิดผนึกขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง

Part	INCI Name	สูตร (%w/w)			Function
		F1	F2	F3	
A	DI water	qs to 100	qs to 100	qs to 100	ตัวทำละลายหลัก
	Hydroxyethylcellulose (HEC)	0.2	0.2	0.2	สารเพิ่มความหนืด
	Disodium EDTA	1	1	1	สารปรับค่า pH
	Triethanolamine (TEA)	8	8	8	สารให้ความชุ่มชื้น
	Butylene Glycol				
B	Polyvinyl Alcohol (PVA)	0.8	0.8	0.8	สารก่อให้เกิดฟิล์ม
	Acrylates/Allyl Methacrylate Copolymer (AMP)	6	6	6	สารก่อให้เกิดฟิล์ม, กันน้ำ
C	สารสกัดใบเทียนกิ่ง (ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น)	5	7.5	10	สีธรรมชาติ

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

Part	INCI Name	สูตร (%w/w)			Function
		F1	F2	F3	
D	Cyclopentasiloxane/ Dimethicone	8	8	8	สารปรับสภาพเส้นผม , สารให้ความนุ่มลื่น
	Liquid germal plus	1	1	1	สารกันเสีย
ปริมาณรวม		100	100	100	

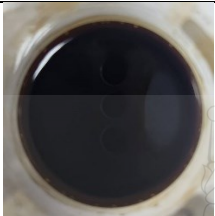
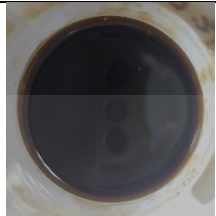
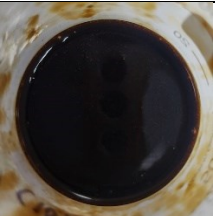
4.8 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพสูตรตำรับผลิตภัณฑ์

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่งที่ได้จะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้มมีความหนืด โดยความเข้มข้นและความหนืดจะแปรผันตามปริมาณของสารสกัดใบเทียนกิ่ง โดยสูตรที่ 3 จะให้ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลเข้มและมีความหนืดที่สุด นำผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร มาตรวจวัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) โดยทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และลักษณะภายนอกอื่น ๆ ที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า เช่น ความหนืด การแยกชั้นและการตกตะกอน ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 คุณสมบัติทางกายภาพของสูตรตำรับปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง

คุณสมบัติ	F1 (สารสกัด 5.0%)	F2 (สารสกัด 7.5%)	F3 (สารสกัด 10.0%)
ลักษณะทางกายภาพ	ของเหลว ข้นเล็กน้อย สีน้ำตาลเข้ม ทึบแสง เป็นเนื้อเดียวกัน	ของเหลว ข้นมากกว่าสูตร 1 สีน้ำตาลเข้ม ทึบแสง เป็นเนื้อเดียวกัน	ของเหลวข้นที่สุด 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
a^*	0.02 ± 0.03	0.08 ± 0.02	0.20 ± 0.04
b^*	-1.35 ± 0.03	-1.25 ± 0.02	-1.16 ± 0.02

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

คุณสมบัติ	F1 (สารสกัด 5.0%)	F2 (สารสกัด 7.5%)	F3 (สารสกัด 10.0%)
ภาพผลิตภัณฑ์			

หมายเหตุ ข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD), n=3

ความหนืด** ให้คะแนนเปรียบเทียบกับ น้ำกลั่นและTexapon N800

โดยให้ความหนืดของน้ำกลั่น = 1 และ Texapon N800 = 10

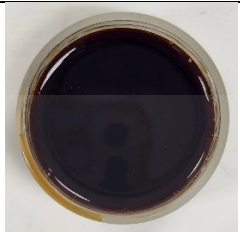
4.9 ศึกษาลักษณะความคงตัวของผลิตภัณฑ์

หลังทดสอบความคงตัวภายใต้สภาวะเร่งโดยวิธี Heating-Cooling Cycle ด้วยการเก็บดำรับพื้นฐานอุณหภูมิ 4 °C 48 ชั่วโมง สลับกับนำเข้าสู่ตู้อบที่อุณหภูมิ 45 °C 48 ชั่วโมง นับเป็นหนึ่งรอบ ทำซ้ำ 5 รอบ และประเมินลักษณะภายนอก คือ สี (ด้วยเครื่อง chroma meter) การแยกชั้น การตกตะกอน และค่า pH (อัสวชัย ช้วยพรหม และคณะ, 2553) แสดงผลดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 คุณสมบัติทางกายภาพของสูตรตำรับปิดผนึกจากสารสกัดใบเทียนกิ่งหลังทดสอบความคงตัวภายใต้สภาวะเร่ง (Heating Cooling Test)

คุณสมบัติ	F1 (สารสกัด 5.0%)	F2 (สารสกัด 7.5%)	F3 (สารสกัด 10.0%)
ทดสอบความคงตัว	ไม่แยกชั้น คงตัว	แยกชั้น	แยกชั้น
ลักษณะทางกายภาพ	ของเหลว ข้นขึ้นเล็กน้อย สีน้ำตาลเข้ม ทึบแสง	ของเหลว ข้นมากกว่าสูตร 1 สีน้ำตาลเข้ม	ของเหลวข้น สีน้ำตาลเข้มเกือบดำ
ความหนืด**	3	5	6
ค่า pH	5.77 $\pm$ 0.01	5.41 $\pm$ 0.00	4.93 $\pm$ 0.00
ค่าสี			
L*	38.50 $\pm$ 0.16	38.83 $\pm$ 0.01	38.78 $\pm$ 0.06
a*	0.07 $\pm$ 0.01	0.08 $\pm$ 0.01	0.23 $\pm$ 0.02
b*	-1.27 $\pm$ 0.02	-1.23 $\pm$ 0.03	-1.07 $\pm$ 0.02
ΔE	0.48 $\pm$ 0.13	0.31 $\pm$ 0.02	0.53 $\pm$ 0.04

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

คุณสมบัติ	F1 (สารสกัด 5.0%)	F2 (สารสกัด 7.5%)	F3 (สารสกัด 10.0%)
ภาพผลิตภัณฑ์			

หมายเหตุ ข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD), $n=3$

ความหนืด** ให้คะแนนเปรียบเทียบกับ น้ำกลั่นและTexapon N800

โดยให้ความหนืดของน้ำกลั่น = 1 และ Texapon N800 = 10

4.10 ศึกษาประสิทธิภาพการติดสีบนปอยผมที่ย้อมด้วยบิตผสมขาวจากสารสกัดใบเตียนกิ่ง

โดยเตรียมปอยผมสีดำยาว 8-10 เซนติเมตร กว้างประมาณ 7 - 8 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 2.5 กรัม ทำเป็นแผงเส้นผม เพื่อให้เกลี่ยสีของผลิตภัณฑ์ได้สม่ำเสมอ ทำการพอกผมด้วยผงพอกผมที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 12% โดยพอกทิ้งไว้ 60 นาที ทำการพอก 2 ครั้ง ผลที่ได้ คือ ปอยผมสีดำเปลี่ยนสีเป็นสีขาวเหลือง จากนั้นทาผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรดำรับ น้ำหนักเฉลี่ย 0.5 กรัมให้สม่ำเสมอโดยลูบจากโคนถึงปลายให้แผงเส้นผมติดสีผลิตภัณฑ์สม่ำเสมอทั่ว แล้วใช้ไดร์เป่าผมแรงลมระดับ 3 ที่ความร้อนเบอร์ 3 ให้แห้งโดยใช้เวลาประมาณ 3 นาที ทิ้งไว้เป็นเวลา 6, 12, 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการสระผมด้วยสารละลาย Texapon N800 ความเข้มข้น 28% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร หลังจากนั้นล้างออกด้วยน้ำเปล่าอุณหภูมิห้อง พบว่าทั้ง 3 สูตรดำรับสามารถเปลี่ยนสีผมให้มีสีน้ำตาลเข้มอมทองแดงได้อย่างชัดเจน โดยค่าความเข้มสีจะแปรผันตามความเข้มข้นของสารสกัดใบเตียนกิ่งในสูตร โดยหลังสระผมสีจากสารสกัดใบเตียนกิ่งยังคงติดสีผมทั้งหลังสระผมครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ทุกระยะเวลาที่ทาทั้งผลิตภัณฑ์ไว้ คือ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการยึดเกาะของสีจากสารสกัดใบเตียนกิ่ง มีการเปลี่ยนแปลงของสีผมหลังใช้ผลิตภัณฑ์ในแต่ละสูตร แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนดังรูปในตารางที่ 4.9 โดยเปรียบเทียบสีผมก่อนและหลังใช้ รวมถึงหลังสระผมครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 การยึดเกาะของสีจากสารสกัดใบเตียนกิ่งกับเส้นผมนี้สามารถอธิบายได้โดย กลไกการจับกันระหว่างสารลอว์โซน (Lawsone; 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone) ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ให้สีในใบเตียนกิ่งกับโครงสร้างของโปรตีนเคราตินในเส้นผมโดย Lawsone มีหมู่ไฮดรอกซี (-OH) ที่สามารถ

เกิดปฏิกิริยาแบบ Michael addition หรือ hydrogen bonding กับกรดอะมิโนในโครงสร้างโปรตีนของเส้นผมโดยเฉพาะหมู่ $-NH_2$ หรือ $-SH$ ใน cysteine ส่งผลให้เม็ดสีสามารถแทรกซึมและเกาะอยู่บนเส้นใยผมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ali et al., 2020) ทั้งนี้การติดสีผมด้วยเฮนน่ามีลักษณะเป็น semi-permanent dyeing กล่าวคือเม็ดสีไม่ได้แทรกเข้าสู่แกนกลางของเส้นผม (cortex) เช่นเดียวกับการย้อมผมแบบถาวร แต่เกิดการเคลือบและจับกับผิวเส้นผมบริเวณเกล็ดผม (cuticle) และบางส่วนอาจซึมเข้าสู่ชั้นกลางของเส้นผมในระดับตื้น ส่งผลให้ สีติดทนได้ในระยะหนึ่งแม้จะผ่านการสระผม ผลการวิเคราะห์ค่าความต่างของสีในระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) แสดงให้เห็นว่า สีของเส้นผมหลังใช้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผมจากสารสกัดใบเตียนกึ่งมีการติดสีอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับสีเส้นผมก่อนใช้ผลิตภัณฑ์ โดยค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่ได้จากแต่ละสูตรตำรับในความเข้มข้น 5.0%, 7.5% และ 10.0% ภายใต้ระยะเวลาที่ทาทั้งไว้ที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงดังตารางที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 ลักษณะเส้นผมหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเตียนกึ่งที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (F1 - F3) ทั้งไว้ที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง หลังสระผมครั้งที่ 1 และหลังสระผมครั้งที่ 2

เวลาทดสอบ	หลังทดสอบ	หลังสระครั้งที่ 1	หลังสระครั้งที่ 2
6 ชั่วโมง			
12 ชั่วโมง			

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

เวลาทดสอบ	หลังทดสอบ	หลังสระครั้งที่ 1	หลังสระครั้งที่ 2
24 ชั่วโมง			

หมายเหตุ Control : ปอยผมสีดั้งเดิมก่อนใช้ผลิตภัณฑ์และไม่ได้ทาผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความต่างของสี L^* , a^* , b^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง (F1 - F3) 6 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

เวลา	สูตร	สถานะ	ค่าสี			ΔE
			L	a^*	b^*	
6 ชม.	F1 (5.0%)	ตัวควบคุม	75.92 $\pm$ 0.08 ^a	4.83 $\pm$ 0.05 ^d	23.45 $\pm$ 0.05 ^a	-
		หลังทาผลิตภัณฑ์	47.39 $\pm$ 0.03 ^d	10.14 $\pm$ 0.02 ^a	15.26 $\pm$ 0.09 ^c	30.16 $\pm$ 0.07 ^a
		หลังสระผมครั้งที่ 1	56.95 $\pm$ 0.13 ^c	9.65 $\pm$ 0.06 ^b	19.20 $\pm$ 0.09 ^b	20.03 $\pm$ 0.05 ^b
		หลังสระผมครั้งที่ 2	58.35 $\pm$ 0.03 ^b	8.96 $\pm$ 0.05 ^c	19.07 $\pm$ 0.08 ^b	18.58 $\pm$ 0.09 ^c
	F2 (7.5%)	ตัวควบคุม	75.92 $\pm$ 0.08 ^a	4.83 $\pm$ 0.05 ^d	23.45 $\pm$ 0.05 ^a	-
		หลังทาผลิตภัณฑ์	45.22 $\pm$ 0.23 ^d	9.24 $\pm$ 0.03 ^c	12.25 $\pm$ 0.03 ^d	32.98 $\pm$ 0.17 ^a
		หลังสระผมครั้งที่ 1	54.47 $\pm$ 0.04 ^c	9.53 $\pm$ 0.05 ^a	18.73 $\pm$ 0.14 ^c	22.47 $\pm$ 0.05 ^b
		หลังสระผมครั้งที่ 2	54.92 $\pm$ 0.02 ^b	9.45 $\pm$ 0.77 ^b	19.22 $\pm$ 0.04 ^b	21.92 $\pm$ 0.07 ^c
	F3 (10.0%)	ตัวควบคุม	75.92 $\pm$ 0.08 ^a	4.83 $\pm$ 0.05 ^c	23.45 $\pm$ 0.05 ^a	-
		หลังทาผลิตภัณฑ์	44.82 $\pm$ 0.06 ^d	9.28 $\pm$ 0.06 ^a	12.10 $\pm$ 0.07 ^d	33.40 $\pm$ 0.12 ^a
		หลังสระผมครั้งที่ 1	53.35 $\pm$ 0.13 ^c	9.15 $\pm$ 0.02 ^b	17.22 $\pm$ 0.09 ^c	23.82 $\pm$ 0.09 ^b
		หลังสระผมครั้งที่ 2	55.32 $\pm$ 0.06 ^b	9.23 $\pm$ 0.03 ^{ab}	18.68 $\pm$ 0.09 ^b	21.60 $\pm$ 0.03 ^c

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

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความต่างของสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์
ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง (F1-F3) 12 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

เวลา	สูตร	สภาวะ	ค่าสี			ΔE
			L^*	a^*	b^*	
12 ชม.	F1 (5.0%)	ตัวควบคุม	72.36 ± 0.05^a	5.50 ± 0.04^d	21.45 ± 0.12^a	-
		หลังทาผลิตภัณฑ์	49.24 ± 0.03^d	10.16 ± 0.07^a	16.17 ± 0.13^d	24.18 ± 0.05^a
		หลังสระผมครั้งที่ 1	55.48 ± 0.27^c	9.70 ± 0.07^b	18.54 ± 0.15^c	17.64 ± 0.34^b
		หลังสระผมครั้งที่ 2	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	-
		หลังทาผลิตภัณฑ์	45.10 ± 0.06^d	9.37 ± 0.08^b	11.87 ± 0.08^d	29.15 ± 0.09^a
		หลังสระผมครั้งที่ 1	55.41 ± 0.19^c	9.95 ± 0.03^a	19.41 ± 0.03^b	17.64 ± 0.16^b
		หลังสระผมครั้งที่ 2	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	-
		หลังทาผลิตภัณฑ์	44.30 ± 0.25^d	9.12 ± 0.09^b	11.82 ± 0.03^d	29.89 ± 0.32^a
		หลังสระผมครั้งที่ 1	51.19 ± 0.13^c	9.59 ± 0.03^a	16.94 ± 0.10^b	22.03 ± 0.12^b
		หลังสระผมครั้งที่ 2	53.08 ± 0.08^b	8.52 ± 0.02^c	16.74 ± 0.05^c	20.08 ± 0.02^c

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

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความต่างของสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์
ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง (F1-F3) 24 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

เวลา	สูตร	สภาวะ	ค่าสี			ΔE
			L	a^*	b^*	
24 ชม.	F1 (5.0%)	ตัวควบคุม	70.84 ± 0.29^a	7.06 ± 0.14^b	23.78 ± 0.31^a	-
		หลังทาผลิตภัณฑ์	48.86 ± 0.53^d	9.77 ± 0.26^a	14.71 ± 0.58^d	23.94 ± 1.04^a
		หลังสระผมครั้งที่ 1	54.62 ± 0.11^c	9.73 ± 0.04^a	17.42 ± 0.07^c	17.63 ± 0.26^b
		หลังสระผมครั้งที่ 2	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	-
		หลังทาผลิตภัณฑ์	44.55 ± 0.20^d	8.78 ± 0.09^a	10.34 ± 0.11^d	29.57 ± 0.53^a
		หลังสระผมครั้งที่ 1	55.70 ± 0.06^c	8.60 ± 0.77^a	17.94 ± 0.05^c	16.30 ± 0.40^b
		หลังสระผมครั้งที่ 2	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	-
		หลังทาผลิตภัณฑ์	42.55 ± 0.09^d	8.04 ± 0.02^c	9.38 ± 0.07^d	31.75 ± 0.44^a
		หลังสระผมครั้งที่ 1	51.78 ± 0.08^c	9.52 ± 0.11^b	16.11 ± 0.09^c	20.90 ± 0.10^b
		หลังสระผมครั้งที่ 2	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), $n = 3$ และด้วย

อักษรภาษาอังกฤษ (a, b, c) ในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ANOVA, Duncan's test ; $p < 0.05$)

จากผลการศึกษาพบว่า สารสกัดใบเทียนกิ่งในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 5.0 – 7.5% เป็นช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิดผนวก เนื่องจากสามารถให้ประสิทธิภาพในการปกปิดผนวกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับมีลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริง ทั้งนี้ สารสกัดในความเข้มข้น 5.0% (สูตรที่ 1) แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการย้อมสีได้ดีเพียงพอ และเมื่อนำไปทดสอบความคงตัวภายใต้สภาวะเร่งโดยวิธี Heating-Cooling Cycle พบว่ามีความคงตัวดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิดผนึกจากสารสกัดใบเตยขึ้นกึ่ง โดยสกัดสารสกัดจากตัวทำละลายน้ำกลั่น, 75% เมทานอล, 75% อะซีโตน พบว่าตัวทำละลายมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณสารสำคัญที่สกัดได้จากใบเตยขึ้นกึ่ง โดยตัวทำละลายแต่ละชนิดให้ปริมาณสารออกฤทธิ์แตกต่างกันอย่างชัดเจน สารละลาย 75% อะซีโตนซึ่งเป็นตัวทำละลายกึ่งมีขี้ความสามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกรวมได้ในปริมาณสูงสุดเท่ากับ 151.00 ± 1.71 mg GAE/g extract ขณะที่สารละลาย 75% เมทานอลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเท่ากับ 136.75 ± 3.01 mg TEAC/g extract ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้เกี่ยวกับคุณสมบัติของเมทานอลในการสกัดสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนการสกัดด้วยน้ำกลั่นให้ร้อยละผลผลิตและปริมาณสาร Lawsone ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ทำหน้าที่ให้สีได้มากที่สุดเท่ากับ 1.76 ± 0.03 $\mu\text{g/ml}$ (1.76 ± 0.03 ppm) เนื่องจาก Lawsone มีขี้สูงและสามารถละลายได้ดีในน้ำ ดังนั้น ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิดผนึกจากสารสกัดใบเตยขึ้นกึ่งจึงเลือกใช้สารสกัดที่ได้จากน้ำกลั่น เนื่องจากให้ปริมาณสาร Lawsone สูงสุดและละลายได้ดี ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการนำไปใช้ในสูตรผลิตภัณฑ์

โดยสูตรตำรับที่พัฒนาขึ้นมีการใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายหลัก ซึ่งมีความเหมาะสมกับการละลายสารสำคัญที่มีขี้อย่างสาร Lawsone ที่เป็นองค์ประกอบหลักของสารสกัดใบเตยขึ้นกึ่ง ทำให้สามารถคงคุณสมบัติของสารให้สีไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีการเติมสาร Fixative ได้แก่ Acrylates/Allyl Methacrylate Copolymer (AMP) และ Polyvinyl Alcohol (PVA) ซึ่งทำหน้าที่ยึดจับเม็ดสีให้เคลือบติดเส้นผมได้ดีช่วยให้สีคงอยู่แม้ผ่านการสระผมด้วยแชมพู มีสารเพิ่มความชุ่มชื้น เช่น Butylene Glycol และสารให้ความนุ่มลื่น เช่น Cyclopentasiloxane/Dimethicone เพื่อช่วยลดความฝืดและเพิ่มความลื่นในการปาดผลิตภัณฑ์ลงบนเส้นผม จากการทดลองใช้งานจริงพบว่าผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้มที่มีความข้นพอเหมาะ เกลี่ยได้ง่าย โดยความเข้มข้นและความหนืดของสูตรมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารสกัดใบเตยขึ้นกึ่งที่ใช้ ผลจากการทดสอบการย้อมปอยผมด้วยผลิตภัณฑ์ปิดผนึกขาวแต่ละสูตรพบว่า ความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อพารามิเตอร์สีของเส้นผมอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความสว่าง (L^*) ลดลงตามความเข้มข้นของสารสกัด แสดงถึงการที่สีของผมเข้มขึ้น ค่า a^* ซึ่งแสดงถึงโทนสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น แสดงว่าสีผม

เปลี่ยนไปในโทนแดงมากขึ้น ขณะที่ค่า b^* มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย บ่งชี้ว่าสีผมยังคงมีโทนเหลืองอยู่ แต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ค่า ΔE ที่ใช้ในการประเมินความแตกต่างของสีจากตัวควบคุม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้น แสดงให้เห็นว่าสูตรผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวสามารถเปลี่ยนสีผมได้ชัดเจนมากขึ้นเมื่อมีปริมาณสารสกัดที่มากขึ้น การทดสอบความคงตัวด้วยวิธี Heating-Cooling Test พบว่า ค่า pH ของแต่ละสูตรมีแนวโน้มลดลงหลังการทดสอบ ความหนืดของผลิตภัณฑ์ลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ค่าพารามิเตอร์สี L^* , a^* , b^* ไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก โดยดูจากค่า ΔE ที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสีของผลิตภัณฑ์ยังคงเสถียรในระดับหนึ่ง แต่พบการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะในสูตรที่มีความเข้มข้นของสารสกัดสูง จึงควรมีการเขย่าหรือคนผลิตภัณฑ์ให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนใช้งานเพื่อให้ได้เนื้อผลิตภัณฑ์ที่สม่ำเสมอ

จากการพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวโดยใช้สารสกัดใบเทียนกิ่งใน 3 ระดับความเข้มข้น คือ 5.0% (สูตร 1), 7.5% (สูตร 2) และ 10.0% (สูตร 3) พบว่า ความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อทั้งประสิทธิภาพในการให้สีผมและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยที่สูตรที่มีความเข้มข้น 5.0% (สูตรที่ 1) สามารถให้เฉดสีที่ครอบคลุมผมขาวได้ดี เหมาะสมสำหรับผู้ที่ต้องการปิดผมขาวหรือปรับสีผมในระดับธรรมชาติ หากต้องการสีที่เข้มชัดขึ้น ค่า L^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ควรสูตรที่มีความเข้มข้น 7.5% (สูตรที่ 2) ซึ่งให้สีที่ชัดเจนมากขึ้น โดยยังคงมีเนื้อผลิตภัณฑ์ที่สามารถเกลี่ยได้ง่าย อย่างไรก็ตาม สูตรที่มีความเข้มข้นสูงสุดที่ 10.0% (สูตรที่ 3) แม้จะให้สีเข้มที่สุด แต่เนื้อผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดมากเกินไป อาจทำให้เกลี่ยยากและไม่เหมาะสมกับการใช้งานจริง จากการเปรียบเทียบสูตรทั้ง 3 สูตร โดยใช้สารสกัดใบเทียนกิ่งในความเข้มข้น 5.0%, 7.5% และ 10.0% พบว่า สูตรที่ 1 (5.0%) มีความเหมาะสมมากที่สุดในการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากให้ประสิทธิภาพในการปิดผมขาวที่ดีเพียงพอ ลักษณะเนื้อผลิตภัณฑ์ใช้งานง่าย และมีความคงตัวที่สุดหลังการทดสอบภายใต้สภาวะเร่ง

นอกจากนี้ การทดลองในครั้งนี้ใช้เส้นผมฟอกสีเป็นตัวทดสอบ ซึ่งมีข้อได้เปรียบในด้านโครงสร้างของเส้นผมที่ถูกเปิดเกล็ดผม (Cuticle) ทำให้สารสกัดจากธรรมชาติ เช่น Lawsone แทรกซึมเข้าสู่ชั้นนอกของเส้นผมได้ง่าย ส่งผลให้เกิดการติดสีได้ชัดเจนและรวดเร็ว อย่างไรก็ตามหากพิจารณาจากโครงสร้างของผมขาวที่มีเกล็ดผมสมบูรณ์และไม่ผ่านการทำลายทางเคมี อาจทำให้การแทรกซึมของสารสกัดเข้าสู่เส้นผมทำได้ยากกว่า แต่ด้วยความที่ผมขาวไม่มีเม็ดสีเมลานิน จึงมีคุณสมบัติเหมาะสมในการแสดงสีของเม็ดสีธรรมชาติอย่างชัดเจน โดยเฉพาะกลุ่มเม็ดสีจากพืช เช่น Lawsone ที่ทำหน้าที่เคลือบผิวเส้นผมและยึดเกาะกับโปรตีนเคอราตินในบริเวณเกล็ดผม ผ่านพันธะไฮโดรเจนและพันธะโควาเลนต์บางส่วน (Ali et al., 2020; Robbins, 2012) ตามหลักการย้อมผมด้วยใบเทียนกิ่ง เป็นการย้อมแบบกึ่งถาวร (Semi-permanent dyeing) เม็ดสีไม่ได้แทรกเข้าสู่แกนกลางของเส้นผม (Cortex) แต่เกิดจากการจับกับผิวเส้นผมเป็นหลัก (Bhowmick et al., 2021) ดังนั้น แม้ผม

ชาวจะมีการแทรกซึมของเม็ดสีน้อยกว่าผมฟอก แต่การแสดงผลของสีกลับชัดเจนกว่า เนื่องจากไม่มีสีพื้นของเส้นผมมาบดบัง ทั้งนี้ การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีคุณสมบัติในการยึดเกาะที่ดี เช่น การใส่ fixative หรือการเพิ่มสารช่วยการแทรกซึม จะช่วยให้การติดสีบนผมขาวอย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยนี้สนับสนุนการใช้สีจากธรรมชาติแทนสารเคมี และแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของสารสกัดใบเทียนกิ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ย้อมผมที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ทั้งประสิทธิภาพในการเปลี่ยนสีผมและความสะดวกในการใช้งาน ผลการศึกษาดังกล่าวได้ผลสอดคล้องกับเป้าหมายของการศึกษาคือการนำสีธรรมชาติมาใช้กับผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวแทนการใช้สารเคมี ทั้งนี้ ยังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของสารสกัดใบเทียนกิ่งในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ย้อมสีผมจากธรรมชาติที่มีความปลอดภัยและประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 หากต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีเฉดสีที่หลากหลายมากขึ้น เช่น สีโทนน้ำเงินหรือม่วง อาจพิจารณาผสมสารสกัดจากพืชธรรมชาติชนิดอื่นที่ให้สีต่างกัน เช่น ใบคราม ซึ่งมีคุณสมบัติให้สีในโทนเย็น เพื่อขยายกลุ่มผลิตภัณฑ์และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่หลากหลาย

5.2.2 ควรมีการศึกษาการยึดเกาะของเม็ดสีจากสารสกัดกับเส้นผมในระดับโครงสร้าง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง เพื่อให้เห็นภาพการยึดเกาะของอนุภาคสีกับเกร็ดผมอย่างชัดเจน ข้อมูลที่ได้จะช่วยให้สามารถปรับปรุงสูตรให้มีความคงทนของสีดีขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานต่อไป

5.2.3 เพื่อความสะดวกในการใช้งาน อาจปรับรูปแบบของผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวเป็นรูปแบบอื่น เช่น รูปแบบสเปรย์ ซึ่งอาจเหมาะกับการใช้งานในพื้นที่กว้างกว่า เช่น บริเวณโคนผมหรือปลายผม และเหมาะกับผู้ใช้งานที่ต้องการความรวดเร็วและสะดวกยิ่งขึ้น

5.2.4 ขยายการทดสอบไปยังผู้บริโภคเพื่อประเมินความพึงพอใจและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ในระยะยาวต่อไป

รายการอ้างอิง

- คณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ. (2554). *บัญชียาหลักแห่งชาติ พ.ศ. 2554*. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.
- คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (2568). *เทียนกิ่ง*. ฐานข้อมูลสมุนไพรไทยเขตอีสานใต้. <https://phar.ubu.ac.th/herb-DetailPhargarden/320>
- ชยันต์ พิเชียรสุนทร และวิเชียร จีรวงศ์. (2548). *คู่มือเภสัชกรรมแผนไทย เล่ม 5: คณาเภสัช* (รวมเทียนกิ่ง). อมรินทร์.
- ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์. (2552). *ไม้ดอกไม้ประดับ*. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- วันชัย ศรีวิบูลย์, แววดา ประพัทธ์สร, อรอนงค์ ตันทวีวัฒน์ และวีณา จิรัจฉริยากุล. (2547). เทียนกิ่ง. ใน กลุ่มควบคุมเครื่องสำอาง สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (บ.ก.), *สมุนไพรธรรมชาติที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง* (หน้า 343–348). สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). *OTOP สมุนไพร เทียนกิ่ง...พืชธรรมชาติสู่เครื่องสำอาง*. https://www.oae.go.th/assets/portals/1/article/OAEcircular/otop_lawsonia.pdf
- อรัญญา ศรีบุษราคัม. (2563). *เทียนกิ่ง: สมุนไพรย้อมผืนธรรมชาติ*. สำนักพิมพ์สมุนไพรเพื่อสุขภาพ.
- อัสวชัย ช่วยพรหม. (2564). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพจากสารสกัดกัญชงกัญชา*. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ คลังข้อมูลงานวิจัยไทย. <https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:176230>
- 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.
- Al-Fatimi, M. (2019). Antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of selected medicinal plants from Yemen. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19, 1–11. from <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2585-2>
- Ali, A., Maqbool, M., Malik, A. R., & Anwar, R. (2020). Mechanistic study on the interaction of natural dye lawsone with keratin fibers for sustainable hair dyeing applications. *Journal of Molecular Structure*, 1201, 127194. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2019.127194>

- Ali, S. M., Ansari, S. H., & Arora, S. (2020). Lawsone and its potential as hair dye: An overview. *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 12(2), 103–110.
- AOAC Official Method. (2017). *Total Phenolic Content in extracts Folin-c (Folin and Ciocalteu) colorimetric method*. AOAC.
- Bhowmick, S., Nath, A., Das, A. P., & Barman, I. (2021). Insight into the structural features of hair fiber influencing dyeing and bleaching behavior: A review. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 20(5), 1347–1355.
<https://doi.org/10.1111/jocd.13962>
- Bhuiyan, M. A. R., Ali, A., Islam, A., & Rahman, M. M. (2018). Coloration of polyester fiber with natural dye henna (*Lawsonia inermis* L.) without using mordant: A new approach towards a cleaner production. *Fashion and Textiles*, 5(2), 1-10.
- Bhuiyan, M. A. R., Ali, M. Y., Hossain, M. I., & Uddin, M. S. (2018). Natural dyeing of textile materials: A review. *Journal of Textiles*, 2018, Article ID 1353850.
<https://doi.org/10.1155/2018/1353850>
- Blume-Peytavi, U., Tosti, A., Whiting, D. A., & Trüeb, R. M. (2008). *Hair growth and disorders*. Springer.
- 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.
- Charoensup, R., Somana, J., Srisang, W., Sangthong, S., & Thongrakard, V. (2017). Determination of lawsone content in henna (*Lawsonia inermis* L.) leaves from twelve locations in Thailand. *Journal of Health Research*, 31(1), 29–35.
- Chernova, O. (2005). Architectonics of the medulla of guard hair and its importance for identification of taxa. *Doklady Biological Sciences*, 401(1), 105–107.
- Cruset. (n.d.). *Cruset hair mascara*. Retrieved July 20, 2025, from <https://cruset.co.th/product/cruset-hair-mascara/>
- Dashu. (n.d.). *Anti-hair loss hair cushion – natural dark brown* [Product]. Retrieved July 20, 2025, from <https://www.dashukorea.com>

- 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, 3251–3259. from <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00255-z>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2013.11.001>
- Draelos, Z. D. (2015). *Cosmetic Dermatology: Products and Procedures* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Elshafie, H. S., Aliberti, L., Amato, M., De Feo, V., & Camele, I. (2022). Green dyeing of hair using henna leaves extract: Binding mechanisms and fastness properties. *Journal of Natural Products*, 85(1), 111–119. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.1c00850>
- Halliwell, B. (1995). Free radicals and antioxidants: Updating a personal view. *Nutrition Reviews*, 70(5), 257–265.
- Halliwell, B. (1995). How to characterize a biological antioxidant. *Free Radical Research*, 22(6), 479–480.
- Khantamat, O., Dukaew, N., Karinchai, J., Chewonarin, T., Pitchakarn, P., & Temviriyankul, P. (2021). Safety and bioactivity assessment of aqueous extract of Thai Henna (*Lawsonia inermis* Linn.) Leaf. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 84(7), 298–312.
- Kongtaweelert, P., Peerapornpisal, Y., & Jaisin, Y. (2015). Anti-inflammatory effects of lawsone on LPS-induced human macrophages. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 14(2), 119–12. <https://doi.org/10.12982/CMUJNS.2015.0009>
- Krystian, M., Wójcik, M., & Kowalski, R. (2022). Free radical scavenging mechanisms of phenolic compounds: A quantitative structure–property relationship (QSPR) study. *Frontiers in Nutrition*, 9, 882458.

- Kumar, A., Rawat, P., Dixit, V. K., & Tripathi, Y. B. (2005). Hepatoprotective activity of *Lawsonia inermis* in carbon tetrachloride treated rats. *Indian Journal of Experimental Biology*, 43(11), 1033–1035.
- Kumar, S., Kumar, R., & Dwivedi, N. (2005). Ethnobotanical, phytochemical and pharmacological profile of *Lawsonia inermis* L.: A review. *Journal of Pharmacy and Pharmacology Research*, 1(1), 1–10.
- Lee, C., & Lee, Y. (2022). Modulation of antioxidant enzyme activity influences carotenoid accumulation in *Dactylococcus dissociatus* MT1. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10, Article 101460. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1014604>
- Lemmens, R. H. M. J., & Wulijarni-Soetjpto, N. (1991). Henna: *Lawsonia inermis* L. In R. H. M. J. Lemmens & N. Wulijarni-Soetjpto (Eds.), *Plant resources of South-East Asia: No. 2. Medicinal and poisonous plants* (pp. 312–315). Pudoc Scientific Publishers.
- Lertworasirikul, S., Worasith, N., & Srisawat, T. (2023). Pharmacological activities of *Lawsonia inermis* leaf extracts from different solvents against free radicals, fungi, and cancer cell lines. *Scientific Reports*, 13, Article 4695. from <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31752-5>
- Liu, Z., Simayijiang, H., Wang, Q., Yang, J., Sun, H., Wu, R., & Yan, J. (2023). DNA and protein analyses of hair in forensic genetics. *International journal of legal medicine*, 137(3), 613–633. <https://doi.org/10.1007/s00414-023-02955-w>
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118–126.
- L'Oréal Paris. (n.d.). *Magic Retouch สเปรย์ปิดผมขาว* [Product]. Retrieved July 20, 2025, <https://www.lorealparis.co.th/magic-retouch>
- Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O. G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(4), 571–577. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006>

- Messenger, A. G., & Rundegren, J. (2012). The hair follicle and its disorders. *Acta Dermato-Venereologica*, 92(3), 368–374.
- Muhammad, S. (2005). In vitro antibacterial and antifungal activities of the Saudi *Lawsonia inermis* extracts against some nosocomial infection pathogens. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 9(1), 17–22.
- Nair, A. S., Sekar, M., Gan, S. H., Kumarasamy, V., Subramaniyan, V., Wu, Y. S., Mat Rani, N. N. I., Ravi, S., & Wong, L. S. (2024). Lawsone unleashed: A comprehensive review on chemistry, biosynthesis, and therapeutic potentials. *Drug Design, Development and Therapy*, 18, 3295–3313.
- Ouahhoud, S., Khoulati, A., Kadda, S., Bencheikh, N., Mamri, S., Ziani, A., Baddaoui, S., Eddabbeh, F.-E., Lahmass, I., Benabbes, R., Addi, M., Hano, C., Asehraou, A., & Saalaoui, E. (2022). Antioxidant activity, metal chelating ability and DNA protective effect of the hydroethanolic extracts of *Crocus sativus* stigmas, tepals and leaves. *Antioxidants*, 11(5), 932.
- Panchaprateep, R., & Asawanonda, P. (2013). Hair coloring and hair structure changes: An electron microscopy study. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 12(2), 104–107.
- Patel, R. M., & Schwartz, R. A. (2009). *Hair anatomy for the clinician*. Medscape.
- Paus, R., & Cotsarelis, G. (1999). The biology of hair follicles. *The New England Journal of Medicine*, 341(7), 491–497.
<https://doi.org/10.1056/NEJM199908123410706>
- Pharmacy180. (n.d.). *Classification of hair colourants*. Retrieved May 24, 2025. from <https://www.pharmacy180.com/article/classification-of-hair-colourants-838/>
- Robbins, C. R. (2012). *Chemical and Physical Behavior of Human Hair* (5th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-25611-0>
- ScienceDirect Topics. (n.d.). *Lawsone – an overview*. Retrieved July 28, 2025, from ScienceDirect database:
<https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/lawsone>
- Shahi, Z., Khajeh Mehrizi, M., & Hadizadeh, M. (2017). A review of the natural resources used to hair color and hair care products. *Journal of Natural Hair Dye Research*, 9(7), 1026–1030.

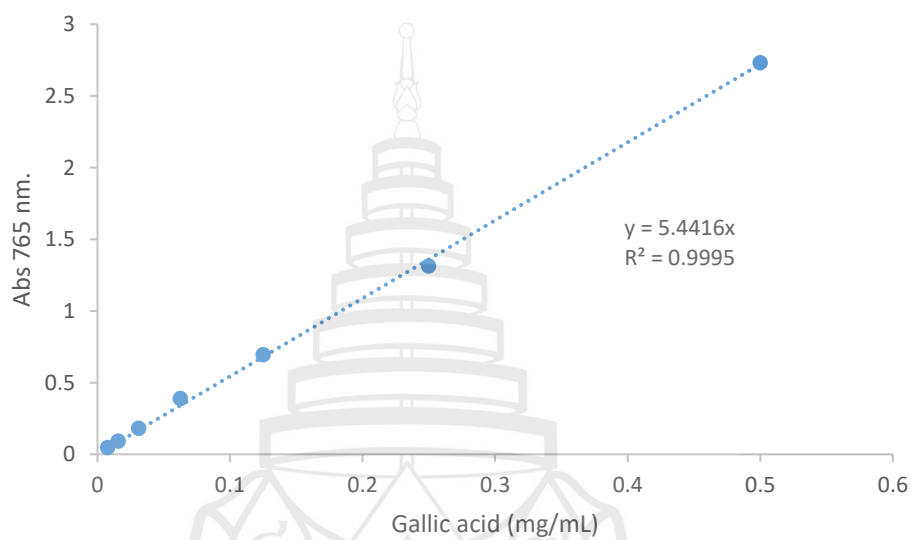
- Sharma, O. P., & Bhat, T. K. (2009). DPPH antioxidant assay revisited. *Food Chemistry*, 113(4), 1202–1205.
- Shopee. (n.d.a). แป้งตลับปิดผมขาว ปิดเด็ก ปิดผมบาง ปิดเหม่ง ของแท้ (พร้อมส่งจากไทย) [Product]. Retrieved July 28, 2025, from <https://shopee.co.th/แป้งตลับปิดผมขาว-ปิดเด็ก-ปิดผมบาง-ปิดเหม่ง-ของแท้-พร้อมส่งจากไทย-i.55258024.20283245761>
- Shopee. (n.d.b). *Lolane Nature Code Hair Blush On 4.5 g*. Retrieved July 28, 2025, from <https://shopee.co.th/Lolane-Nature-Code-Hair-Blush-On-4.5g-i.790056910.42805906751>
- Sies, H., Stahl, W., & Sundquist, A. R. (1992). Antioxidant functions of vitamins. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 669, 7–20.
- Singh, M., & Luqman, S. (2014). *Lawsonia inermis* (L.): A perspective on anticancer potential of "Henna". *Biomedicine & Preventive Nutrition*, 4(3), 355–361. <https://doi.org/10.1016/j.bionut.2014.04.002>
- Slominski, A., Tobin, D. J., Shibahara, S., & Wortsman, J. (2004). Melanin pigmentation in mammalian skin and its hormonal regulation. *Physiological Reviews*, 84(4), 1155–1228.
- Tao, Y., Zhang, Z., & Sun, D. W. (2014). Kinetic modeling of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from grape marc: Influence of acoustic energy density and temperature. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(4), 1063–1070.
- ThaiPick. (n.d.). *Cover Up White Hair Color Dye Stick 3.8 g* [Photograph]. Retrieved July 20, 2025, from <https://thaipick.com/product/shopee/1005965>
- 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.
- Tobin, D. J. (2008). Aging of the hair follicle pigmentation system. *International Journal of Trichology*, 1(2), 83–93.
- Valko, M., Rhodes, C. J., Moncol, J., Izakovic, M., & Mazur, M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*, 160(1), 1–40.

Wood, J. M., Schallreuter, K. U., & Behrendt, H. (2009). Senile hair graying: H₂O₂-mediated oxidative stress affects human hair color by blunting methionine sulfoxide repair. *The FASEB Journal*, 23(7), 2065–2075



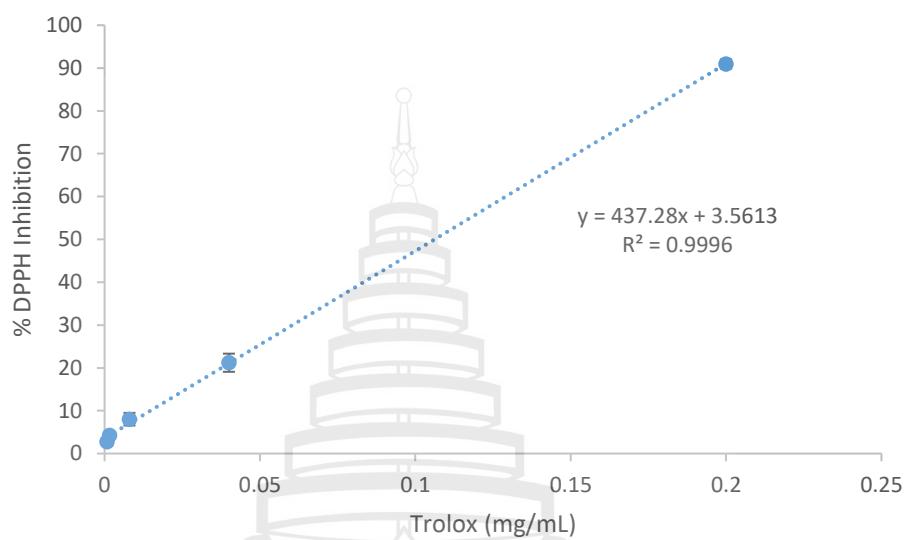
ภาคผนวก ก

กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก จากสารสกัดใบเทียนกิ่ง



ภาพที่ ก1 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกใช้วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

กราฟมาตรฐานร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสาร Trolox ในการวิเคราะห์
ฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ



ภาพที่ ก2 กราฟมาตรฐานร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสาร Trolox ในการวิเคราะห์
ฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

1. One-way ANOVA ใช้การทดสอบ Duncan ในการวิเคราะห์ Yield สารสกัดใบเทียนกิ่ง

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Replication	Between Groups	.000	2	.000	.000	1.000
	Within Groups	6.000	6	1.000		
	Total	6.000	8			
Yield	Between Groups	63.206	2	31.603	6.279	.034
	Within Groups	30.198	6	5.033		
	Total	93.404	8			
TPC	Between Groups	6859.019	2	3429.509	3012.805	.000
	Within Groups	6.830	6	1.138		
	Total	6865.849	8			
DPPH	Between Groups	28913.709	2	14456.855	2371.058	.000
	Within Groups	36.583	6	6.097		
	Total	28950.292	8			
Lawsone	Between Groups	.699	2	.349	50.196	.000
	Within Groups	.042	6	.007		
	Total	.741	8			

		Yield		
		N	Subset for alpha = 0.05	
Solvent			1	2
Duncan ^a	DI	3		18.3633
	75% Methanol	3	11.9400	
	75% Acetone	3	15.9633	15.9633
	Sig.		.070	.238

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

2. One-way ANOVA ใช้การทดสอบ Duncan ในการวิเคราะห์ TPC สารสกัดใบเทียนกิ่ง

TPC

Solvent	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Duncan ^a DI	3	84.2267		
75% Methanol	3		126.8600	
75% Acetone	3			151.0000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

3. One-way ANOVA ใช้การทดสอบ Duncan ในการวิเคราะห์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สารสกัดใบเทียนกิ่ง

DPPH

Solvent	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Duncan ^a DI	3	6.2414		
75% Methanol	3			136.7542
75% Acetone	3		112.5059	
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

4. One-way ANOVA ใช้การทดสอบ Duncan ในการวิเคราะห์ปริมาณ Lawsone

Lawsone

Solvent	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Duncan ^a DI	3		1.7590
75% Methanol	3	1.1153	
75% Acetone	3	1.2403	
Sig.		.116	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

5. การทดสอบค่า L* ของค่าสีของสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น, 75% เมทานอล, 75% อะซิโตน ในน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Replication	Between Groups	.000	9	.000	.000	1.000
	Within Groups	20.000	20	1.000		
	Total	20.000	29			
L *	Between Groups	1029.282	9	114.365	5703.026	.000
	Within Groups	.401	20	.020		
	Total	1029.683	29			
a *	Between Groups	182.232	9	20.248	12654.996	.000
	Within Groups	.032	20	.002		
	Total	182.264	29			
b *	Between Groups	528.976	9	58.775	2984.013	.000
	Within Groups	.394	20	.020		
	Total	529.370	29			

L*

Sample		N	Subset for alpha = 0.05							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Duncan ^a	DI 100 mg/ml	3	37.1500							
	DI 10 mg/ml	3		41.1400						
	Act 10 mg/ml	3			41.4833					
	Met 10 mg/ml	3				43.1167				
	DI 5 mg/ml	3					45.7067			
	Act 5 mg/ml	3						46.6700		
	Met 5 mg/ml	3						46.8867		
	Met 1 mg/ml	3							54.0633	
	DI 1 mg/ml	3							54.2333	
	Act 1 mg/ml	3								55.0167
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.076	.157	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

6. การทดสอบค่า a^* ของค่าสีของสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น, 75% เมทานอล, 75% อะซิโตน ในน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

		a^*									
Sample	N	Subset for alpha = 0.05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DI 100 mg/ml	3	.5567									
Act 1 mg/ml	3		.8333								
Met 1 mg/ml	3			1.1500							
DI 1 mg/ml	3				2.0700						
Act 5 mg/ml	3					3.8333					
Act 10 mg/ml	3						4.0033				
Met 5 mg/ml	3							5.1700			
Met 10 mg/ml	3								6.3900		
DI 10 mg/ml	3									6.9433	
DI 5 mg/ml	3										7.3933
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

7. การทดสอบค่า b^* ของค่าสีของสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น, 75% เมทานอล, 75% อะซิโตน ในน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

		b^*								
Sample	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
DI	3	-								
100 mg/ml		.3333								
DI 10 mg/ml	3		4.1200							
Act 10 mg/ml	3			5.4267						
Met 10 mg/ml	3				8.2700					
DI 1 mg/ml	3					9.7900				
Met 1 mg/ml	3						10.2900			
DI 5 mg/ml	3							10.7733		
Act 1 mg/ml	3								11.2633	
Act 5 mg/ml	3									13.5200
Met 5 mg/ml	3									13.7033
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.125

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

8. การทดสอบค่า L^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาด้วยสารละลายสารสกัดใบเพ็ญกึ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 6 ชั่วโมง

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Duplicate	Between Groups	.000	3	.000	.000	1.000
	Within Groups	8.000	8	1.000		
	Total	8.000	11			
L^*	Between Groups	382.390	3	127.463	2140.145	.000
	Within Groups	.476	8	.060		
	Total	382.867	11			
a^*	Between Groups	75.517	3	25.172	4992.866	.000
	Within Groups	.040	8	.005		
	Total	75.557	11			
b^*	Between Groups	2.997	3	.999	16.829	.001
	Within Groups	.475	8	.059		
	Total	3.472	11			
ΔE	Between Groups	98.053	2	49.027	1296.236	.000
	Within Groups	.227	6	.038		
	Total	98.280	8			

L^*					
Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
After 10mg/ml	3	64.2333			
After 5mg/ml	3		67.4933		
After 1mg/ml	3			71.7833	
Before	3				79.3133
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

9. การทดสอบค่า a^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาด้วยสารละลายสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 6 ชั่วโมง

a^*					
Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Before	3	2.2300			
After 1mg/ml	3		5.8133		
After 5mg/ml	3			7.7400	
After 10mg/ml	3				8.8267
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

10. การทดสอบค่า b^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาด้วยสารละลายสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 6 ชั่วโมง

b^*				
Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	
After 1mg/ml	3	21.9233		
After 5mg/ml	3	22.0833		
After 10mg/ml	3	22.2167		
Before	3			23.2033
Sig.		.195		1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

11. การทดสอบค่า E ของเส้นผมก่อนและหลังทาด้วยสารละลายสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 6 ชั่วโมง

ΔE					
Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Before	3	.0000			
After 1mg/ml	3		8.4400		
After 5mg/ml	3			13.0867	
After 10mg/ml	3				16.4933
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

12. การทดสอบค่า L* ของเส้นผมก่อนและหลังทาด้วยสารละลายสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 12 ชั่วโมง

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Duplicate	Between Groups	.000	3	.000	.000	1.000
	Within Groups	8.000	8	1.000		
	Total	8.000	11			
L*	Between Groups	337.943	3	112.648	2633.497	.000
	Within Groups	.342	8	.043		
	Total	338.286	11			
a*	Between Groups	88.584	3	29.528	1929.937	.000
	Within Groups	.122	8	.015		
	Total	88.706	11			
b*	Between Groups	6.897	3	2.299	37.349	.000
	Within Groups	.492	8	.062		
	Total	7.390	11			
ΔE	Between Groups	551.691	3	183.897	1990.406	.000
	Within Groups	.739	8	.092		
	Total	552.430	11			

L*

Sample		N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Duncan ^a	After 10mg/ml	3	60.4033	66.6033	73.0800
	After 5mg/ml	3			
	After 1mg/ml	3			
	Before	3			
	Sig.		1.000	1.000	.326

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

13. การทดสอบค่า a^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาสารละลายสารสกัดใบเพ็ญกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 12 ชั่วโมง

a*

Sample		N	Subset for alpha = 0.05			
			1	2	3	4
Duncan ^a	Before	3	2.8767	4.7400	8.0467	9.8133
	After 1mg/ml	3				
	After 5mg/ml	3				
	After 10mg/ml	3				
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

14. การทดสอบค่า b^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาสารละลายสารสกัดใบเพ็ญกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 12 ชั่วโมง

b*

Sample		N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Duncan ^a	After 1mg/ml	3	21.2067	21.7733	22.8167
	After 10mg/ml	3			
	Before	3			
	After 5mg/ml	3			
	Sig.		1.000	1.000	.252

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

15. การทดสอบค่า E ของเส้นผมก่อนและหลังทาด้วยสารละลายสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 12 ชั่วโมง

ΔE					
Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Before	3	.0000			
After 1mg/ml	3		4.0533		
After 5mg/ml	3			11.4700	
After 10mg/ml	3				17.6233
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

16. การทดสอบค่า L* ของเส้นผมก่อนและหลังทาด้วยสารละลายสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 24 ชั่วโมง

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Duplicate	Between Groups	.000	3	.000	.000	1.000
	Within Groups	8.000	8	1.000		
	Total	8.000	11			
L*	Between Groups	74.770	3	24.923	1859.943	.000
	Within Groups	.107	8	.013		
	Total	74.877	11			
a*	Between Groups	20.941	3	6.980	3878.054	.000
	Within Groups	.014	8	.002		
	Total	20.956	11			
b*	Between Groups	33.825	3	11.275	3451.499	.000
	Within Groups	.026	8	.003		
	Total	33.851	11			
ΔE	Between Groups	149.698	3	49.899	5409.159	.000
	Within Groups	.074	8	.009		
	Total	149.772	11			

L*

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
After 10mg/ml	3	65.4200			
Before	3		69.7967		
Duncan ^a After 5mg/ml	3			70.1833	
After 1mg/ml	3				72.2833
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

17. การทดสอบค่า a^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาด้วยสารละลายสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 24 ชั่วโมง

a*

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Before	3	5.7200			
After 1mg/ml	3		6.4633		
Duncan ^a After 5mg/ml	3			7.5233	
After 10mg/ml	3				9.2367
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

18. การทดสอบค่า b^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาด้วยสารละลายสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 24 ชั่วโมง

b*

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
After 5mg/ml	3	21.9533			
After 10mg/ml	3		22.3667		
Duncan ^a After 1mg/ml	3			22.4900	
Before	3				26.1200
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

19. การทดสอบค่า ΔE ของเส้นผมก่อนและหลังทาด้วยสารละลายสารสกัดใบเทียนกิ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 24 ชั่วโมง

ΔE					
Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Before	3	.0000			
After 1mg/ml	3		2.2767		
After 5mg/ml	3			4.6633	
After 10mg/ml	3				9.5267
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

20. การทดสอบค่า L^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง (F1-F3) 6 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Replication	Between Groups	.000	9	.000	.000	1.000
	Within Groups	20.000	20	1.000		
	Total	20.000	29			
L *	Between Groups	2136.012	9	237.335	23132.031	.000
	Within Groups	.205	20	.010		
	Total	2136.217	29			
a*	Between Groups	59.474	9	6.608	4013.072	.000
	Within Groups	.033	20	.002		
	Total	59.507	29			
b*	Between Groups	325.334	9	36.148	5642.279	.000
	Within Groups	.128	20	.006		
	Total	325.462	29			
ΔE	Between Groups	2453.350	9	272.594	36459.352	.000
	Within Groups	.150	20	.007		
	Total	2453.499	29			

L*

		N	Subset for alpha = 0.05									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Duncan ^a	10%After	3	44.82 33									
	7.5%After	3		45.22 33								
	5%After	3			47.38 67							
	10%Was h1	3				53.34 67						
	7.5%Was h1	3					54.46 67					
	7.5%Was h2	3						54.91 67				
	10%Was h2	3							55.32 00			
	5%Wash 1	3								56.95 33		
	5%Wash 2	3									58.35 33	
	Before	3										75.92 33
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

21. การทดสอบค่า α^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบ
เทียนกิ่ง (F1-F3) 6 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

 α^*

Sample		N	Subset for alpha = 0.05							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Duncan ^a	Before	3	4.8267							
	5%Wash2	3		8.9600						
	10%Wash1	3			9.1467					
	10%Wash2	3				9.2300				
	7.5%After	3				9.2367				
	10%After	3				9.2833				
	7.5%Wash2	3					9.4533			
	7.5%Wash1	3						9.5333		
	5%Wash1	3							9.6533	
	5%After	3								10.1433
	Sig.		1.000	1.000	1.000	.143	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

22. การทดสอบค่า b^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบ
เตียนกิ่ง (F1-F3) 6 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

b^*

Sample	N	Subset for alpha = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Duncan ^a 10%After	3	12.1033							
7.5%After	3		12.2467						
5%After	3			15.2633					
10%Wash1	3				17.2167				
10%Wash2	3					18.6833			
7.5%Wash1	3					18.7267			
5%Wash2	3						19.0700		
5%Wash1	3						19.2033	19.2033	
7.5%Wash2	3							19.2233	
Before	3								23.4500
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	.515	.055	.763	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

23. การทดสอบค่า ΔE ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบ
เตียนกิ่ง (F1-F3) 6 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

ΔE

Sample	N	Subset for alpha = 0.05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Duncan ^a Before	3	0.0000									
5%Wash2	3		18.5800								
5%Wash1	3			20.0300							
10%Wash2	3				21.6033						
7.5%Wash2	3					21.9233					
7.5%Wash1	3						22.4700				
10%Wash1	3							23.8167			
5%After	3								30.1567		
7.5%After	3									32.9767	
10%After	3										33.4000
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

24. การทดสอบค่า L^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบ
เตียนกิ่ง (F1-F3) 12 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Replication	Between Groups	.000	9	.000	.000	1.000
	Within Groups	20.000	20	1.000		
	Total	20.000	29			
L^*	Between Groups	1672.153	9	185.795	7671.129	.000
	Within Groups	.484	20	.024		
	Total	1672.637	29			
a^*	Between Groups	47.778	9	5.309	1618.508	.000
	Within Groups	.066	20	.003		
	Total	47.844	29			
b^*	Between Groups	271.862	9	30.207	2855.989	.000
	Within Groups	.212	20	.011		
	Total	272.073	29			
ΔE	Between Groups	1901.096	9	211.233	7425.577	.000
	Within Groups	.569	20	.028		
	Total	1901.665	29			

L*										
Sample		N	Subset for alpha = 0.05							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Duncan ^a	10%After	3	44.2967							
	7.5%After	3		45.1033						
	5%After	3			49.2367					
	10%Wash1	3				51.1900				
	10%Wash2	3					53.0833			
	7.5%Wash1	3						55.4100		
	5%Wash1	3						55.4833		
	7.5%Wash2	3							55.9400	
	5%Wash2	3								56.7600
	Before	3								72.3633
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.570	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

25. การทดสอบค่า a^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง (F1-F3) 12 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

a^*

Sample		N	Subset for alpha = 0.05							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Duncan ^a	Before	3	5.4967							
	10%Wash2	3		8.5233						
	10%After	3			9.1167					
	5%Wash2	3			9.1800					
	7.5%After	3				9.3700				
	7.5%Wash2	3				9.4267				
	10%Wash1	3					9.5867			
	5%Wash1	3						9.7033		
	7.5%Wash1	3							9.9500	
	5%After	3								10.1600
	Sig.		1.000	1.000	.191	.240	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

26. การทดสอบค่า b^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบเทียนกิ่ง (F1-F3) 12 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

b^*

Sample		N	Subset for alpha = 0.05								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duncan ^a	10%After	3	11.8200								
	7.5%After	3	11.8667								
	5%After	3		16.1733							
	10%Wash2	3			16.7433						
	10%Wash1	3				16.9367					
	5%Wash1	3					18.5433				
	7.5%Wash2	3						18.9733			
	5%Wash2	3							19.2300		
	7.5%Wash1	3								19.4067	
	Before	3									21.4467
	Sig.		.585	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

27. การทดสอบค่า ΔE ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบ
เทียนกิ่ง (F1-F3) 12 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

ΔE

Sample	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duncan ^a Before	3	0.0000								
5%Wash2	3		16.1900							
7.5%Wash2	3			17.0667						
5%Wash1	3				17.6400					
7.5%Wash1	3				17.6433					
10%Wash2	3					20.0767				
10%Wash1	3						22.0333			
5%After	3							24.1800		
7.5%After	3								29.1533	
10%After	3									29.8900
Sig.		1.000	1.000	1.000	.981	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

28. การทดสอบค่า L^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบ
เทียนกิ่ง (F1-F3) 24 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Replication	Between Groups	.000	9	.000	.000	1.000
	Within Groups	20.000	20	1.000		
	Total	20.000	29			
L^*	Between Groups	1805.229	9	200.581	1623.349	.000
	Within Groups	2.471	20	.124		
	Total	1807.700	29			
a^*	Between Groups	28.159	9	3.129	168.216	.000
	Within Groups	.372	20	.019		
	Total	28.531	29			
b^*	Between Groups	503.770	9	55.974	718.757	.000
	Within Groups	1.558	20	.078		
	Total	505.327	29			
ΔE	Between Groups	2267.182	9	251.909	868.992	.000
	Within Groups	5.798	20	.290		
	Total	2272.980	29			

L*

Sample		Subset for alpha = 0.05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Duncan ^a	10%After	3	42.553 3								
	7.5%After	3		44.553 3							
	5%After	3			48.863 3						
	10%Wash2	3				51.780 0					
	5%Wash1	3					54.616 7				
	7.5%Wash 2	3						55.700 0			
	5%Wash2	3							57.306 7		
	10%Wash1	3								58.063 3	
	7.5%Wash 1	3									60.150 0
	Before	3									70.840 0
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

29. การทดสอบค่า a^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบ
เทียนกิ่ง (F1-F3) 24 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

 a^*

Sample		N	Subset for alpha = 0.05					
			1	2	3	4	5	6
Duncan ^a	Before	3	7.0633					
	10%After	3		8.0400				
	7.5%Wash2	3			8.6033			
	7.5%After	3			8.7800			
	10%Wash2	3				9.5200		
	5%Wash1	3				9.7267	9.7267	
	5%After	3					9.7700	
	5%Wash2	3					9.8933	
	7.5%Wash1	3					9.9533	
	10%Wash1	3						10.2967
	Sig.		1.000	1.000	.128	.078	.075	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

30. การทดสอบค่า b^* ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบ
เทียนกิ่ง (F1-F3) 24 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

b^*

Sample	N	Subset for alpha = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Duncan ^a 10%After	3	9.3800							
7.5%After	3		10.3400						
5%After	3			14.7133					
10%Wash2	3				16.1067				
5%Wash1	3					17.4167			
10%Wash1	3					17.6500	17.6500		
7.5%Wash2	3						17.9400		
7.5%Wash1	3							19.4867	
5%Wash2	3							19.6700	
Before	3								23.7767
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	.318	.218	.431	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

31. การทดสอบค่า ΔE ของเส้นผมก่อนและหลังทาผลิตภัณฑ์ปิดผมขาวจากสารสกัดใบ
เทียนกิ่ง (F1-F3) 24 ชั่วโมง และหลังสระผมทั้ง 2 ครั้ง

ΔE

Sample	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duncan ^a Before	3	0.0000								
7.5%Wash1	3		11.8867							
5%Wash2	3			14.4267						
10%Wash1	3			14.5400						
7.5%Wash2	3				16.3000					
5%Wash1	3					17.6267				
10%Wash2	3						20.9000			
5%After	3							23.9367		
7.5%After	3								29.5700	
10%After	3									31.7533
Sig.		1.000	1.000	.799	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ประวัติผู้ประพันธ์

ชื่อ

สุภานาฏ เบญจนาสุทธิ์

ประวัติการศึกษา

2544

ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ประวัติการทำงาน

2568 - ปัจจุบัน

Product Specialist

บริษัท แอมเจน (ประเทศไทย) จำกัด

2564 - 2568

Senior Medical Representative

บริษัท แอ็บบอต ลาบอแรตอรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

2558 - 2560

Medical Representative

บริษัท แอ็บบอต ลาบอแรตอรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

2547 - 2557

Medical Representative

บริษัท ซาโนฟี - อเวนติส (ประเทศไทย) จำกัด

2545 - 2547

Research and Development

บริษัท เอสแอนด์พี ซินดิเคท จำกัด