

การใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือจากการบริโภคอะโวคาโดเพื่อพัฒนา
เป็นผลิตภัณฑ์สำหรับป้องกันมลภาวะบนเส้นผมโดยไม่ต้องล้างออก

Waste Utilization from Avocado consumption for Development of
Anti-Pollution Leave-on Hair Product

รัชชนันท์ ฐิตญาณพงศ์

อีเมล: 6451701285@lamduan.mfu.ac.th

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐราวุธ ฐิติปราโมทย์

อีเมล: natthawut.thi@mfu.ac.th

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

บทคัดย่อ

มลภาวะทางอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ ส่งผลเสียต่อผิวหนังและเส้นผม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากวัสดุเหลือทิ้งของอะโวคาโด (*Persea americana* Mill.) ได้แก่ เปลือกและเมล็ด เพื่อนำมาใช้เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์บำรุงผมแบบไม่ต้องล้างออกที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและป้องกันมลภาวะ สารสกัดเตรียมด้วย 2 วิธี คือ การสกัดแบบดั้งเดิม-Conventional extraction (ที่ 200 rpm, เป็นเวลา 3 ชม.) และ การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง-Ultrasonication extraction (ที่ 24 Hz, เป็นเวลา 3 ชม.) โดยใช้ตัวทำละลาย 95%EtOH และ hexane ในอัตราส่วน Sample:Solvent 1:10 w/v จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย TPC, DPPH IC₅₀ และการยับยั้งการเกิด Lipid peroxidation พบว่าสารสกัดจากเปลือกด้วย 95% EtOH แบบ Conventional มีค่า Total phenolic content (TPC) สูงสุด (1.22 ± 0.03 mg GAE/g extract) ขณะที่ Ultrasonication ให้ค่า DPPH IC₅₀ ต่ำสุด (22.40 ± 0.01 µg/mL) และการยับยั้ง Lipid peroxidation สูงสุด ($70.65 \pm 1.26\%$; $p < 0.05$) สะท้อนถึงศักยภาพของเปลือกอะโวคาโดในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่โดดเด่น เพื่อนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์จึงเลือกใช้สารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดด้วย Ultrasonication ทั้ง 95% EtOH (P-EtOH-UAE) และ hexane (P-Hex-UAE) เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ครอบคลุมทั้ง Hydrophilic (Polyphenols) และ Lipophilic (Fatty acids) ซึ่งช่วยเสริมฤทธิ์และเพิ่มเสถียรภาพของสูตร โดยพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผมแบบ leave-on จำนวน 3 สูตร (F1-F3) ที่ความเข้มข้นต่างกัน คือ 95% EtOH (P-EtOH-UAE)/ Hexane (P-Hex-UAE) ที่สูตร F1 (0.1/0.01), สูตร F2 (0.2/0.02) และ สูตร F3 (0.05/0.005 %w/w)

ผลการประเมินพบว่า สูตร F2 มีพื้นผิวที่ต่างจากสูตรอื่นอย่างชัดเจน โดยคงความเรียบลื่นของเกล็ดผม ลดความเสียหายเชิงโครงสร้างและรักษาความแข็งแรงของเส้นผมได้ดีกว่าสูตรอื่นๆ ขณะที่ F1 ให้ผลลัพธ์ปานกลาง ส่วน F3 มีประสิทธิภาพต่ำสุด เส้นผมเสื่อมสภาพชัดเจนหลังการทดสอบโดยการรบกวนด้วยรูปและบุหรี สรุปได้ว่าประสิทธิภาพในการปกป้องเส้นผมสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของสารสกัด และสูตร F2 มีประสิทธิภาพสูงสุดในการปกป้องเส้นผมจากมลภาวะศักยภาพสูงสุด ในการพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ป้องกันมลภาวะบนเส้นผมแบบไม่ต้องล้างออก

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมต้านมลภาวะ, สารสกัดจากธรรมชาติ, อะโวคาโด

Abstract

Air pollution is a major factor contributing to excessive free-radical generation, leading to damage in both skin and hair. This study aimed to investigate the potential of avocado (*Persea americana* Mill.) by product extracts specifically peel and seed as bioactive ingredients for leave-on hair care formulations with antioxidant and anti-pollution properties. The extracts were prepared using two extraction methods: Conventional extraction (200 rpm, 3 h) and ultrasonication extraction (24 Hz, 3 h), employing 95% ethanol and hexane as solvents at a sample-to-solvent ratio of 1:10 (w/v). The extracts were subsequently evaluated for their bioactive constituents and antioxidant capacity using total phenolic content (TPC), DPPH radical-scavenging activity (IC_{50}), and lipid peroxidation inhibition. The 95% EtOH peel extract obtained via conventional extraction exhibited the highest total phenolic content (1.22 ± 0.03 mg GAE/g extract), whereas the ultrasonication extract demonstrated the lowest DPPH IC_{50} value (22.40 ± 0.01 μ g/mL) along with the highest lipid peroxidation inhibition ($70.65 \pm 1.26\%$; $p < 0.05$). These results highlight the strong antioxidant potential of avocado peel extracts. For product development, peel extracts prepared via Ultrasonication both 95% EtOH (P-EtOH-UAE) and hexane (P-Hex-UAE) were selected due to their complementary hydrophilic (polyphenols) and lipophilic (fatty acids) components, which are expected to enhance synergistic activity and improve formulation stability. Three leave-on hair treatment formulations (F1–F3) were developed using different concentrations of P-EtOH-UAE and P-Hex-UAE: [F1: 0.1 / 0.01 %w/w, F2: 0.2 / 0.02 %w/w and F3: 0.05 / 0.005 %w/w].

Evaluation results demonstrated that F2 showed markedly superior performance compared to the other formulas, effectively maintaining cuticle smoothness, reducing structural damage, and preserving hair strength following exposure to pollutants (incense and cigarette smoke). F1 yielded moderate outcomes, while F3 exhibited the lowest protective efficacy, with notable deterioration observed after pollutant exposure. In conclusion, the protective efficacy of the formulations correlated positively with extract concentration. F2 was identified as the most effective leave-on treatment for shielding hair from pollution-induced damage, indicating strong potential for further development into an anti-pollution hair care product.

Keywords: Anti-pollution Hair Care Product, Natural Extract, Avocado

บทนำ

มลภาวะทางอากาศ (Pollution) นับเป็นปัญหาใหญ่ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งภายในและภายนอกร่างกาย โดยมีสาเหตุจากฝุ่นควัน PM 2.5 การจราจรที่หนาแน่น รวมถึงการเผาขยะและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การสะสมของมลภาวะในร่างกายอาจทำให้ระบบต้านอนุมูลอิสระทำงานไม่เพียงพอและก่อให้เกิดภาวะ oxidative stress (Trüeb, 2015) ส่งผลให้เกิดการระคายเคือง ผิวหนังอักเสบ และโครงสร้างเส้นผมถูกทำลายจนสูญเสียความชุ่มชื้นและกลายเป็นผมแห้งเสีย ปัจจุบันแม้จะมีผลิตภัณฑ์ที่ช่วยลดผลกระทบจากมลภาวะและอนุมูลอิสระ แต่ส่วนใหญ่ยังใช้สารเคมี เช่น BHA, BHT ในการลดอนุมูลอิสระหรือซิลิโคนในการเคลือบเส้นผม ซึ่งอาจส่งผลข้างเคียงต่อผู้บริโภคในระยะยาว จึงเกิดความสนใจในการแสวงหาสารออกฤทธิ์ทางธรรมชาติที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

อะโวคาโด (*Persea americana* Mill.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมในการบริโภค เนื้อผลซึ่งคิดเป็นประมาณ 65% ของผลถูกนำมาใช้ประโยชน์ในด้านโภชนาการเนื่องจากมีสารอาหารที่สำคัญต่อร่างกาย เช่น โพแทสเซียม ลูทีน และไฟเบอร์ (ทวีทอง หงส์วิวัฒน์ และนิดดา หงส์วิวัฒน์, 2550) อย่างไรก็ตาม ส่วนที่เหลืออีกประมาณ 35% ได้แก่ เปลือก (15%) และเมล็ด (20%) มักถูกทิ้งเป็นเศษวัสดุ หากกำจัดด้วยการเผาอาจก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น PM2.5 (Marra et al., 2024) การนำวัสดุเหล่านี้มาใช้ประโยชน์จึงไม่เพียงแต่ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม แต่ยังเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือจากการบริโภคได้ด้วย จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าส่วนเปลือกและเมล็ดอะโวคาโดมีองค์ประกอบที่มีศักยภาพสูง เช่น สารประกอบฟีนอลิก เส้นใย สารต้านอนุมูลอิสระ และสารต้านจุล

ชีพ (Bangar et al., 2022; Lin & Li, 2024) ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นสารออกฤทธิ์ธรรมชาติในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผมและป้องกันผมร่วงได้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการสกัดสารออกฤทธิ์จากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด โดยเปรียบเทียบวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมกับการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง พร้อมทั้งวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมแบบ leave-on ที่มีคุณสมบัติช่วยปกป้องและลดผลกระทบจากมลภาวะต่อเส้นผม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างพืช

ใช้เศษวัสดุจากอะโวคาโดสายพันธุ์ Hass แบ่งเป็นเปลือกและเมล็ด โดยทำความสะอาด หั่น/ทุบเป็นชิ้นเล็ก และบดละเอียด ก่อนนำไปอบแห้งที่ 50 °C จนน้ำหนักคงที่ จากนั้นชั่งและบรรจุขวดละ 40 กรัม รวม 8 ขวด (เปลือก 4 ขวด เมล็ด 4 ขวด) โดยทำซ้ำ 3 ชุด

2. การเตรียมตัวอย่างสารสกัดวัสดุเศษเหลือของอะโวคาโด

ใช้ 2 วิธีการสกัด ได้แก่

1) Conventional extraction: ใช้ 95% EtOH และ Hexane อัตราส่วนตัวอย่างต่อสารละลาย 1:10 (w/v) เขย่าที่ 200 rpm ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชม. จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกด้วย rotary evaporator ที่ 50 °C และเก็บที่ 4 °C

2) Ultrasonication extraction: ใช้ 95% EtOH และ Hexane อัตราส่วนตัวอย่างต่อสารละลาย 1:10 (w/v) สกัดที่ 24 Hz ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชม. จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกด้วย rotary evaporator ที่ 50 °C และเก็บที่ 4 °C

3. การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม TPC (Total Phenolic Content)

ใช้วิธี Folin-Ciocalteu ดัดแปลงจาก Thitipramote et al. (2022) โดยนำตัวอย่างทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu reagent และ Na_2CO_3 บ่มที่มีด 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นวัดการดูดกลืนแสงที่ 765 nm ทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณปริมาณฟีนอลิกเทียบมาตรฐานกรดแกลลิก และรายงานผลเป็น mg GAE/g extract

4. การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

1) ทดสอบความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH Radical Scavenging Activity)

ดัดแปลงจากวิธีของสุวรรณ วรรัตน์ และคณะ (2560) โดยผสมสารสกัดกับสารละลาย DPPH (0.2 mM) บ่มที่มีด 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นวัดการดูดกลืนแสงที่ 517 nm ใช้กรดแอสคอร์บิกเป็น positive control คำนวณ % การยับยั้งอนุมูลอิสระ และหาค่า DPPH IC_{50}

2) ทดสอบด้วยวิธี Lipid Peroxidation Inhibitor

อ้างอิงวิธีของ Wang et al. (2004) โดยเตรียมระบบปฏิกิริยาที่มีน้ำมันอะโวคาโด ไข่แดง และ FeSO_4 ใน PBS เติมสารสกัดและสารละลาย TBA จากนั้นบ่มที่ 95°C 30 นาที ทำให้เย็น และ centrifuge เก็บส่วนใสเพื่อตรวจวัดการดูดกลืนแสงที่ 532 nm เพื่อประเมินความสามารถในการยับยั้งการเกิด lipid peroxidation

5. การพัฒนาผลิตภัณฑ์

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผมแบบไม่ต้องล้างออกจากสารสกัดเปลือกอะโวคาโด โดยเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลาย พบว่า 95% EtOH-Conventional ให้ค่า TPC และการยับยั้ง lipid peroxidation สูงสุด ส่วน Ultrasonication ให้ผลใกล้เคียงแต่ใช้เวลาน้อยกว่า ขณะที่ Hexane-Ultrasonication แม้ค่า TPC ต่ำ แต่ยับยั้ง Lipid peroxidation ได้ดีที่สุดในกลุ่ม Hexane แสดงถึงการทำงานของสาร Lipophilic ดังนั้นอัตราส่วน EtOH:Hexane = 1:10 ถือว่าเหมาะสม และสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้า โดยครอบคลุมทั้งสาร Hydrophilic และ Lipophilic

ตารางที่ 1 สูตรที่ใช้น้ำมันมะกอกเป็นสารตั้งต้นหลัก ถูกใช้เป็นสูตรต้นแบบ (Master Formula)

ส่วน	ลำดับ	ส่วนประกอบ	หน้าที่	%w/w
A	1	DI Water	Solvent	q.s. to 100
	2	Glycerin	Humectant	4
	3	Carbopol 941	Thickener	0.2
B	4	Olive Oil	Active Ingredient	1
	5	Cetearyl Alcohol	Emollient	3
	6	Glyceryl Stearate	Emulsifier	1
	7	Tween80	Emulsifier	3
	8	Span80	Emulsifier	3
	9	Dimethicone	Conditioning Agent	1
C	10	Phenoxyethanol	Preservative	0.8
	11	Fragrance	Fragrance Agent	0.1
D	12	Citric Acid	pH Adjuster	q.s.to pH
				7.2

สูตรตำรับแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วน A, B และส่วน C โดยเริ่มจากการผสมวัตถุดิบในส่วน A ทั้งหมด ยกเว้น Carbopol 941 แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ $70-75^\circ\text{C}$ เพื่อให้ส่วนผสมละลายและกระจายตัวได้ดี จากนั้นเตรียมเจล Carbopol 941 โดยละลายในน้ำกลั่นและคนด้วยแท่งแม่เหล็ก (Magnetic bar) เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้ได้เจลที่มีความสม่ำเสมอ ก่อนนำกลับมาผสมเข้า

กับส่วน A ที่ให้ความร้อนอยู่ ต่อมาทำการเตรียมส่วน B โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิเดียวกันจนวัตถุดิบละลายสมบูรณ์ และเติมลงในส่วน A พร้อมกวนอย่างต่อเนื่องอีกประมาณ 15 นาที หลังจากนั้นปล่อยให้ส่วนผสมเย็นลงจนกระทั่งอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 40 °C แล้วเติมวัตถุดิบในส่วน C และทำการวัดค่า pH ขั้นสุดท้ายปรับค่า pH ของสูตรตำรับด้วยส่วน D ให้อยู่ที่ประมาณ 5.5 เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน

6. ทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์บำรุงผมและป้องกันมลภาวะที่มีสารสกัดจากอะโวคาโด

ทดสอบความคงตัวด้วยวิธี Long-Term Stability Test โดยการเก็บรักษาสารสกัดจากอะโวคาโดที่อุณหภูมิห้องโดยทั่วไป $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นระยะเวลา 6 เดือนเพื่อดูความคงตัวทั้งในด้านลักษณะภายนอก สี กลิ่น การแยกชั้น และความหนืด (Silva et al., 2025)

7. ทดสอบการป้องกันมลภาวะแบบไม่ต้องล้างออก (Anti-Pollution)

1) การยี้ดเกาะฝุ่นละอองบนเส้นผม

จำลองมลภาวะด้วยควันบุหรี่และธูปในกล่องปิด แล้วนำปอยผมที่บำรุงด้วยผลิตภัณฑ์สารสกัดอะโวคาโดสัมผัสควัน 15 นาที จากนั้นตรวจสอบเกล็ดผมด้วย SEM ก่อนและหลังใช้ผลิตภัณฑ์

2) ทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์บนปอยผม

ทดสอบผลิตภัณฑ์บนปอยผมจริง โดยประเมิน การป้องกันมลภาวะ ความหิวง่าย งาม และความชุ่มชื้น เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและผลิตภัณฑ์อ้างอิงที่มี Olive oil และ Avocado oil

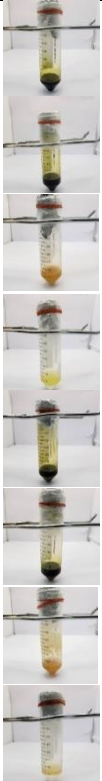
8. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม IBM SPSS version 21 ใช้ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วย Duncan's test รายงานเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

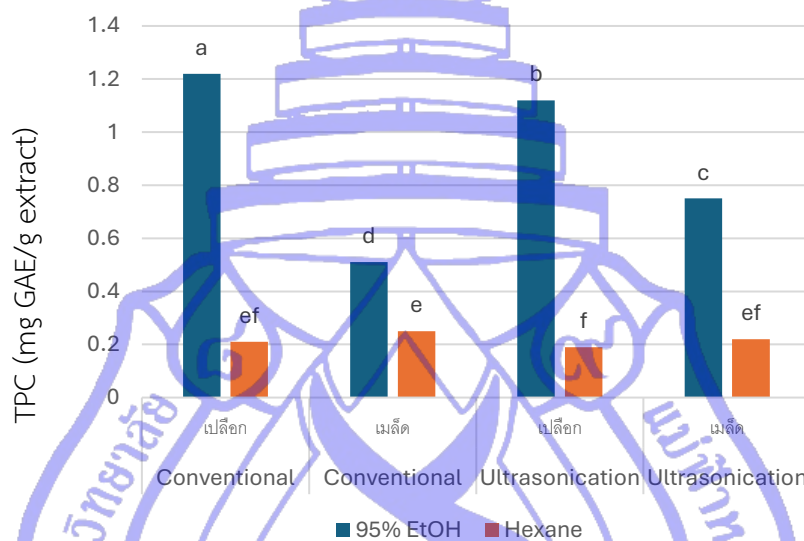
การเตรียมสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือของอะโวคาโดพบว่าผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย เมล็ด Hexane Ultrasonication ให้ผลผลิตสูงที่สุด ($11.26 \pm 4.46\%$) ส่วนเปลือกที่สกัดด้วย 95%EtOH มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่า Hexane แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ด้านลักษณะทางกายภาพ เปลือก EtOH ให้สีเขียวถึงเขียวอมดำสะท้อนการมีฟีนอลิก (Lyu, Agar, Barrow, Dunshea, & Suleria, 2023) ขณะที่ เมล็ด Hexane ให้สีเหลืองใสไม่ตกตะกอน บ่งชี้การดึงสารไขมันที่มีขั้วน้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยืนยันว่า Hexane เหมาะสมต่อการสกัดสารกลุ่ม Lipophilic (Flores et al., 2019)

ตารางที่ 2 ร้อยละผลผลิตและลักษณะทางกายภาพของสารสกัดจากวัสดุเศษเหลืออะโวคาโด (เปลือกและเมล็ด) ที่สกัดด้วยวิธี Conventional และ Ultrasonication

วิธีที่ใช้สกัด	ตัวอย่าง	สารสกัด	ร้อยละของผลผลิต	ลักษณะทางกายภาพ	รูปภาพ
Conventional	เปลือก	95%EtOH	4.78±1.71 ^b	สีเขียวเข้มอมดำ ลักษณะใสเล็กน้อย ไม่แยกชั้น ไม่เหนียว	
		Hexane	2.69±0.52 ^b	สีเขียวเข้ม ไม่เหนียว มีตะกอนเข้มข้นอยู่ที่ก้นหลอดเล็กน้อย	
	เมล็ด	95%EtOH	4.04±1.84 ^b	สีเหลืองอมน้ำตาล ขุ่นเล็กน้อย มีความหนืดปานกลาง และมีการกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ	
		Hexane	1.69±0.39 ^b	สีเหลืองอ่อนใส แยกชั้นเล็กน้อย บางส่วนตกตะกอนเล็กน้อย	
Ultrasonication	เปลือก	95%EtOH	4.03±1.42 ^b	สีเขียวเข้มอมดำ มีตะกอนที่ก้นหลอด แยกชั้นเล็กน้อย	
		Hexane	3.20±0.69 ^b	สีเขียวเข้ม แยกชั้นค่อนข้างชัด มีตะกอนสะสมอยู่ที่ก้นหลอด หนืดเล็กน้อย	
	เมล็ด	95%EtOH	3.74±1.59 ^b	สีเหลืองเข้มอมน้ำตาล ค่อนข้างขุ่น มีตะกอน หนืดปานกลาง	
		Hexane	11.26±4.46 ^a	มีการแยกชั้นชัดเจน ไม่เหนียว ชั้นบนเหลืองใสมีตะกอน ชั้นล่าง ไม่มีสี ไม่มีตะกอน	

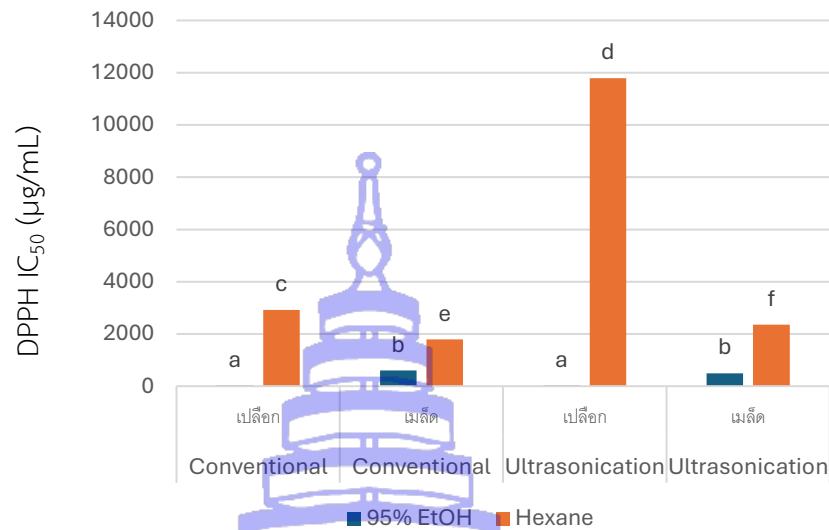
หมายเหตุ Mean±S.D. (n=3) ตัวอักษรยกที่แตกต่างกัน (a, b) ในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ANOVA, Duncan Test ; $p < 0.05$)

พบว่าสารสกัดจาก เปลือกมะนาวโหระพาด้วย 95% EtOH มีค่า TPC สูงที่สุด ทั้งแบบ Conventional (1.22 ± 0.03 mg GAE/g extract) และ Ultrasonication (1.12 ± 0.05 mg GAE/g extract; $p > 0.05$) สะท้อนประสิทธิภาพของ EtOH ในการสกัดสารฟีนอลิกจากเปลือก ขณะที่ เมล็ด ให้ค่า TPC ต่ำสุด โดยเฉพาะการสกัดด้วย Hexane ($0.22\text{--}0.25$ mg GAE/g extract; $p > 0.05$) แสดงว่า Hexane ไม่เหมาะต่อการสกัดฟีนอลิก อย่างไรก็ตาม Ultrasonication สามารถเพิ่มค่า TPC ของเมล็ดได้อย่างมีนัยสำคัญ (0.75 ± 0.03 เทียบกับ 0.51 ± 0.04 mg GAE/g extract; $p < 0.05$) จากกลไกการทำลายผนังเซลล์ (Xin Qu et al., 2018)



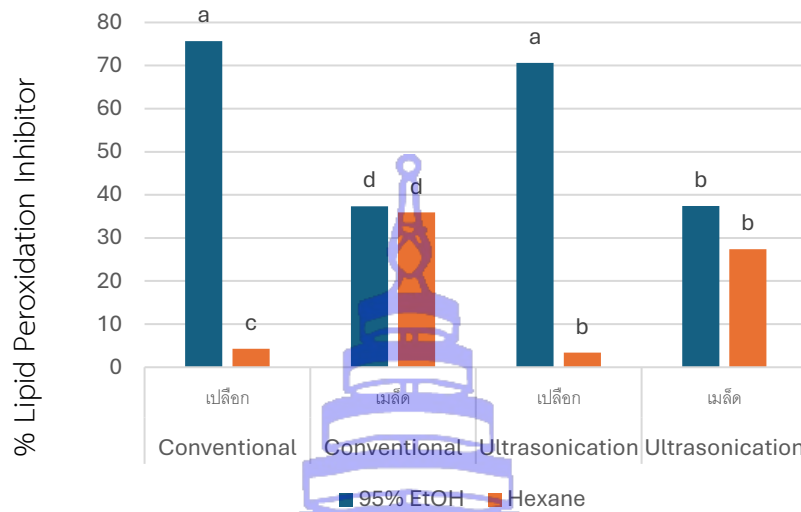
ภาพที่ 1 แสดงปริมาณสารฟีนอลิกที่พบจากสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดมะนาวโหระพาที่สกัดจาก 95% EtOH และ Hexane ด้วยกระบวนการ Conventional และ Ultrasonication ตัวอักษรที่แตกต่างกัน (a, b, c, d, e, f) ของแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$ ANOVA, Duncan Test)

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดจากเปลือกมะนาวโหระพาที่สกัดด้วย 95%EtOH ให้ค่า DPPH IC₅₀ ต่ำที่สุด โดยวิธี Ultrasonication และ Conventional เท่ากับ 22.40 ± 0.01 และ 24.01 ± 0.96 µg/mL ตามลำดับ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกที่สูง แสดงถึงบทบาทสำคัญของสารฟีนอลิกต่อการต้านอนุมูลอิสระ ตรงกันข้าม สารสกัดที่ใช้ Hexane มีค่า DPPH IC₅₀ สูงมาก โดยเฉพาะเมล็ดที่สกัดด้วย Ultrasonication ($11,789.17 \pm 91.00$ µg/mL; $p < 0.05$) สะท้อนว่า Hexane ไม่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์เนื่องจากไม่สามารถละลายสารต้านอนุมูลอิสระที่มีโครงสร้างขั้วได้ดี



ภาพที่ 2 แสดงปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดวัสดุเศษเหลือของอะโวคาโด (เปลือกและเมล็ด) ที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50% (IC₅₀) ตัวอักษรที่แตกต่างกัน (a, b, c, d, e, f) ของแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$ ANOVA, Duncan Test)

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งกระบวนการเกิด Lipid Peroxidation พบว่าสารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดที่ใช้ 95% EtOH ให้ค่าการยับยั้งสูงสุด โดยวิธี Conventional และ Ultrasonication เท่ากับ $75.68 \pm 0.35\%$ และ $70.65 \pm 1.26\%$ ตามลำดับ ($p > 0.05$) สะท้อนถึงประสิทธิภาพของ EtOH ในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่เมล็ดที่สกัดด้วย Hexane แบบ Conventional ให้ค่าต่ำที่สุด ($3.36 \pm 1.22\%$; $p < 0.05$) บ่งชี้ถึงความไม่เหมาะสมของตัวทำละลายไม่ขั้ว อย่างไรก็ตาม การใช้ Ultrasonication สามารถเพิ่มค่าการยับยั้งในกลุ่มเมล็ดได้อย่างมีนัยสำคัญจาก $3.36 \pm 1.22\%$ เป็น $35.93 \pm 4.25\%$ ($p < 0.05$) สะท้อนถึงศักยภาพของเทคนิคนี้ในการช่วยแตกเซลล์และปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ (Dias et al., 2015)

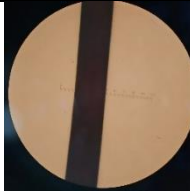
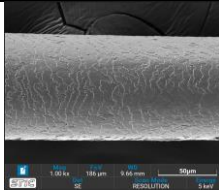
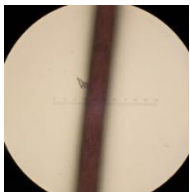
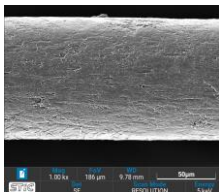
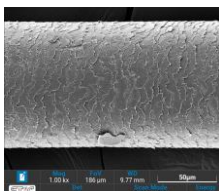
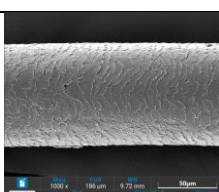
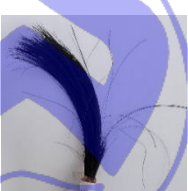
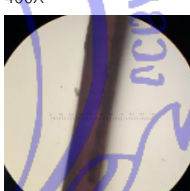
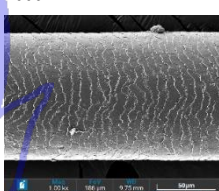
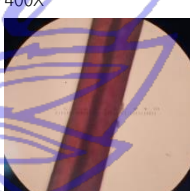
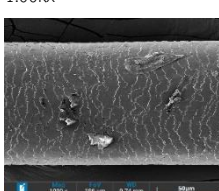
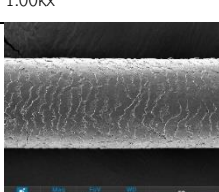


ภาพที่ 3 เปรียบเทียบความสามารถในการยับยั้งกระบวนการเกิด Lipid Peroxidation ของสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโดที่สกัดจาก 95% EtOH และ Hexane ด้วยกระบวนการ Conventional และ Ultrasonication ตัวอักษรที่แตกต่างกัน (a, b, c, d, e, f) ของแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$ ANOVA, Duncan Test)

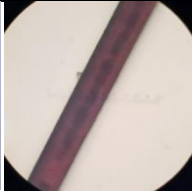
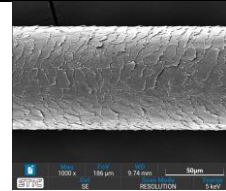
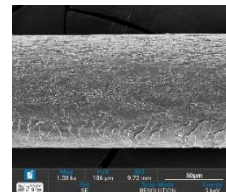
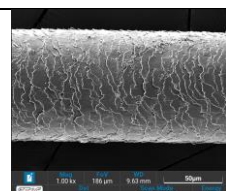
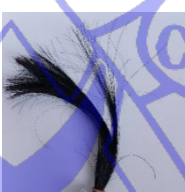
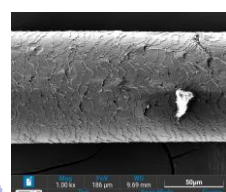
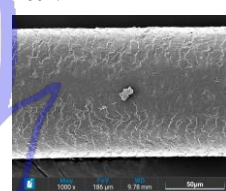
ตารางที่ 3 ลักษณะปอยผมหันหลังจากสระแล้วทาผลิตภัณฑ์ที่มีสารสกัดจากวัสดุเศษเปลือกอะโวคาโด (เปลือก) ที่สกัดด้วยวิธี Conventional และ Ultrasonication ก่อนและหลังทดสอบผลภาวะด้วยการจุ่มและบุหรี

สูตร	สภาพผมหัน	ลักษณะกายภาพ (ปอยผมหัน)	ภาพปอยผมหัน (ภายนอก)	ภาพ 2D (Microscope)	ภาพ 3D (SEM)
Control	ก่อนทดสอบ	เส้นผมมีเกล็ดผมหัน (cuticle) เรียงตัวสม่ำเสมอ ไม่บิ่นหรือหลุดลอก และไม่มียาหรือสิ่งแปลกปลอมเกาะบนพื้นผิว			
	หลังทดสอบ	เส้นผมมีลักษณะเกล็ดผมหัน (cuticle) เริ่มแสดงร่องรอยการยกตัวและไม่เรียบเสมอบางจุด มีลักษณะเกาะอยู่รอบ ๆ พื้นผิวจำนวนมาก			
	บุหรี	เกล็ดผมหัน (cuticle) มีความเสียหายชัดเจน โดยปรากฏรอยแยกและการลอกของเกล็ดผมหันในหลายตำแหน่ง มีลักษณะเกาะอยู่รอบ ๆ พื้นผิวจำนวนมาก			

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สูตร	สภาพผม	ลักษณะกายภาพ (ปอยผม)	ภาพปอยผม (ภายนอก)	ภาพ 2D (Microscope)	ภาพ 3D (SEM)
Olive Oil	ก่อนทดสอบ	เกล็ดผม (cuticle) เรียงตัว ค่อนข้างสม่ำเสมอและแนบชิด กันดี ไม่มีมีลภาวะเกาะบนพื้นผิว			
	หลังทดสอบ	เกล็ดผม (cuticle) ถูกทำลาย จนผิวเส้นผมเรียบผิดปกติ ไม่สามารถสังเกตเห็นเกล็ดผมได้ ชัดเจน มีมีลภาวะเกาะอยู่รอบ พื้นผิวปานกลาง			
	บุหรี	เกล็ดผม (cuticle) มีการเรียงตัว ไม่สม่ำเสมอ เกล็ดผมเปิด ทำให้ สูญเสียความชุ่มชื้นได้ มีมีลภาวะ เกาะบนพื้นผิวบางจุด			
F1	ก่อนทดสอบ	เกล็ดผม (cuticle) ยังคงสภาพ ค่อนข้างดี เรียงตัวเป็นชั้น ๆ อย่างชัดเจนและแนบสนิท ไม่มี มีลภาวะบนพื้นผิว			
	หลังทดสอบ	เกล็ดผม (cuticle) ยังคงเรียงตัว เป็นชั้นได้ค่อนข้างดี แต่เริ่มมี มีลภาวะขนาดใหญ่เกาะอยู่ รอบๆ พื้นผิวปานกลาง และบาง บริเวณมีรอยแยกเล็กน้อย			
	บุหรี	มีมีลภาวะขนาดใหญ่จำนวนมาก เกาะรอบๆ บนพื้นผิวของเส้นผม และเกล็ดผม (cuticle) เริ่มยก ตัวหรือแยกชั้นบางส่วน			
F2	ก่อนทดสอบ	เกล็ดผม (cuticle) เรียงตัวเป็น ชั้นค่อนข้างสม่ำเสมอ			

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สูตร	สภาพผม	ลักษณะกายภาพ (ปอยผม)	ภาพปอยผม (ภายนอก)	ภาพ 2D (Microscope)	ภาพ 3D (SEM)
F3	หลังทดสอบ รูป	เกล็ดผม (cuticle) มีการยกตัวหลาย จุด พื้นผิวไม่เรียบ แต่ไม่มีมีลภาวะมา เกาะบนเส้นผม		 400X	 1000X
	หลังทดสอบ บุหรี	มีการยกตัวของเกล็ดผม (cuticle) และการหลุดลอกเกล็ดผมหลายจุด ไม่มีมีลภาวะมาเกาะบนเส้นผม		 100X	 1.00 kx
F3	ก่อนทดสอบ	เกล็ดผม (cuticle) ยังเรียงตัวชัดเจน และแนบสนิทดี		 400X	 1.00 kx
	หลังทดสอบ รูป	เกล็ดผม (cuticle) มีลักษณะหยาบ ไม่สม่ำเสมอ และเริ่มมีรอยแยกหลาย บริเวณ และมีมีลภาวะขนาดใหญ่ เกาะติดบนพื้นผิวอย่างชัดเจน		 400X	 1.00 kx
	หลังทดสอบ บุหรี	เกล็ดผม (cuticle) มีการเรียงตัว ค่อนข้างดี แต่มีมีลภาวะขนาดใหญ่ เกาะอยู่บนพื้นผิว แสดงให้เห็นว่าแม้ โครงสร้างผมจะไม่เสียหายชัดเจน แต่มีการสัมผัสกับสิ่งสกปรกภายนอก		 400X	 1000X

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มุ่งเน้นการพัฒนาสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโดโดยใช้ตัวทำละลาย 95% Ethanol และ hexane ผ่านกระบวนการสกัดสองวิธี ได้แก่ Conventional extraction และ ultrasonication extraction ผลการทดลองพบว่าสารสกัดที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือเปลือก-EtOH (conventional) ซึ่งให้ค่าปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิด lipid peroxidation สูงที่สุด ขณะที่สารสกัดเปลือก-EtOH (ultrasonication) ให้ค่า IC_{50} ต่ำที่สุด แสดงถึงศักยภาพด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ได้เลือกใช้สารสกัดจากเปลือก-EtOH และเมล็ด-Hexane ที่ได้จากกระบวนการ Ultrasonication ร่วมกัน

เพื่อให้ครอบคลุมองค์ประกอบเชิงชีวภาพทั้งกลุ่มสารที่มีขั้ว (Hydrophilic; polyphenols) และสารที่ไม่มีขั้ว (Lipophilic; fatty acids, sterols) ซึ่งคาดว่าจะช่วยเสริมฤทธิ์ทางชีวภาพระหว่างกันและส่งเสริมความเหมาะสมของสูตรตำรับ นอกจากนี้ ข้อมูลจากการทดลองสะท้อนให้เห็นว่า Ultrasonication สามารถช่วยเพิ่มการแตกตัวของโครงสร้างเซลล์และปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ได้มากขึ้น แม้ว่าจะใช้ตัวทำละลายชนิดเดียวกันก็ตาม

สำหรับการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ มีทั้งหมด 3 สูตร ได้แก่ สูตร F1 (ความเข้มข้นมาตรฐาน: เปลือก-EtOH 0.1% และเมล็ด-Hexane 0.01%), สูตร F2 (ความเข้มข้นสูงสุด: เปลือก-EtOH 0.2% และเมล็ด-Hexane 0.02%) และ สูตร F3 (ความเข้มข้นเจือจาง: เปลือก-EtOH 0.05% และเมล็ด-Hexane 0.005%) ผลการประเมินทางกายภาพพบว่า F2 เป็นสูตรที่มีศักยภาพสูงที่สุด ทั้งในด้านเนื้อสัมผัส ความคงตัว และการกระจายตัวบนเส้นผม เมื่อวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าสูตร F2 แสดงลักษณะพื้นผิวของเส้นผมที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสูตรอื่น รวมถึงกลุ่มควบคุมและผลิตภัณฑ์อ้างอิง (น้ำมันมะกอก) ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการปกป้องเกล็ดผมจากความเสียหายที่เกิดจากมลภาวะได้ดียิ่งขึ้น สะท้อนถึงศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมแบบไม่ต้องล้างออก (leave-on) ที่ช่วยปกป้องเส้นผมจากมลภาวะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาความปลอดภัยต่อผิวหนังและหนังศีรษะในระยะยาว
2. การทดสอบในสภาวะใช้งานจริงและการปรับปรุงสูตรเพื่อรองรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม เพื่อยืนยันประสิทธิภาพและเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณสำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอางและศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (CENPi) มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงที่สนับสนุนเครื่องมือและห้องปฏิบัติการในโครงการนี้

รายการอ้างอิง

ทวีทอง หงส์วิวัฒน์ และนิตดา หงส์วิวัฒน์. (2550). ผลไม้ 111 ชนิด: คุณค่าอาหารและการกิน. สำนักพิมพ์แสงแดด.

สุวรรณา วรรณรัตน์, วันชัย อินทรพิทักษ์ และวรุฒ พรหมพิทยารัตน์. (2560). การเปรียบเทียบวิธี

วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยเทคนิคเชิงภาพกับวิธีไมโครเพลสตีฟิเคชัน. วารสาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 19(3), 147-153.

- Bangar, S.P., Dunno, K., Dhull, S.B., Siroha, A. K., Changan, S., Maqsood, S., . . . Rusu, A.V. (2022). Avocado seed discoveries: Chemical composition, biological properties, and industrial food applications. *Food Chemistry: X*, 16, 100507.
- Fernandes, G. D., Gómez-Coca, R. B., Pérez Camino, M. C., Moreda, W., & Barrera-Arellano, D. (2018). Chemical characterization of commercial and single-variety avocado oils. *Grasas y Aceites*, 69(2), e256.
- Flores, M., Saravia, C., Vergara, C. E., Ávila, F., Valdés, H., & Ortiz-Viedma, J. (2019). *Avocado oil: Characteristics, properties, and applications*. *Molecules*, 24(11), 2172.
- Lyu, X., Agar, O. T., Barrow, C. J., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. R. (2023). *Phenolic compounds profiling and their antioxidant capacity in the peel, pulp, and seed of Australian grown avocado*. *Antioxidants (Basel)*, 12(1), 185.
- Marra, A., Manousakis, V., Zervas, G. P., Koutis, N., Finos, M. A., Adamantidi, T., . . . Tsoupras, A. (2023). Avocado and its by-products as natural sources of valuable anti-inflammatory and antioxidant bioactives for functional foods and cosmetics with health-promoting properties. *Applied Sciences*, 13(14), 8599.
- Qu, X., Niu, L., Kroon, B., & Foltis, L. (2018). Pollution damage and protection of Asian hair. *Cosmetics*, 5(1), 17.
- Silva, T. F., Duarte, J. L. P., Velez-Olmedo, J. B., dos Santos Vieira, W. A., Blum, L. E. B., & Pinho, D. B. (2025). Four new fungal pathogens causing avocado dieback in Brazil. *Crop Protection*, 192, 107168.
- Thitipramote, N., Imsonpang, S., Sukphopetch, P., Pradmeeteekul, P., Nimkamnerd, J., Nantitanon, W., & Chaiyana, W. (2022). Health benefits and safety of red pigmented rice (*Oryza sativa* L.): in vitro, cellular, and in vivo activities for hair growth promoting treatment. *Cosmetics*, 9(6), 111.
- Trüeb, R. M. (2015). The impact of oxidative stress on hair. *International journal of cosmetic science*, 37, 25-30.
- Wang, L., Hu, C., Shao, L., Zhu, X., Liu, J., & Zhang, Y. (2020). Effects of airborne particulate matter on skin: A review of literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 7540.