



การใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือจากการบริโภคอะโวคาโดเพื่อพัฒนา
เป็นผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผมและป้องกันมลภาวะโดยไม่ต้องล้างออก

UTILIZATION FROM OF AVOCADO CONSUMPTION FOR DEVELOPMENT OF
NOURISHING AND ANTI-POLLUTION HAIR LEAVE-ON PRODUCT

รัชชนันท์ ฐิตญาณพงศ์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2568

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือจากการบริโภคอะโวคาโดเพื่อพัฒนา
เป็นผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผมและป้องกันมลภาวะโดยไม่ต้องล้างออก
UTILIZATION FROM OF AVOCADO CONSUMPTION FOR DEVELOPMENT OF
NOURISHING AND ANTI-POLLUTION HAIR LEAVE-ON PRODUCT

รัชชนันท์ ฐิตญาณพงศ์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2568

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง



หน้าอนุมัติการค้นคว้าอิสระ

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

การค้นคว้าอิสระเรื่อง การใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือจากการบริโภคอะโวคาโดเพื่อพัฒนา

เป็นผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผมและป้องกันมลภาวะโดยไม่ต้องล้างออก

Utilization from of Avocado Consumption for Development of

Nourishing and Anti-pollution Hair Leave-on Product

ผู้ประพันธ์ รัชชนันท์ จิตตญาณพงศ์

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพงษ์ ใจวุฒิ

ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐฐาวุฒิ จิตติปราโมทย์

กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญาวัฒน์ ปินตาทอง

กรรมการ

อาจารย์ ดร.วิทยาพันธ์ นันตitanนท์

กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรา ศรีชะแย้ม

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐฐาวุฒิ จิตติปราโมทย์)

คณบดี

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี รังสีจิตรประภา)

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวดี ฐิติปราโมทย์ อาจารย์ที่ปรึกษาอย่างสูงยิ่ง ที่ได้ให้คำแนะนำ ความรู้ ความเอาใจใส่ และคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ตลอดระยะเวลาการดำเนินการวิจัย จนกระทั่งสามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

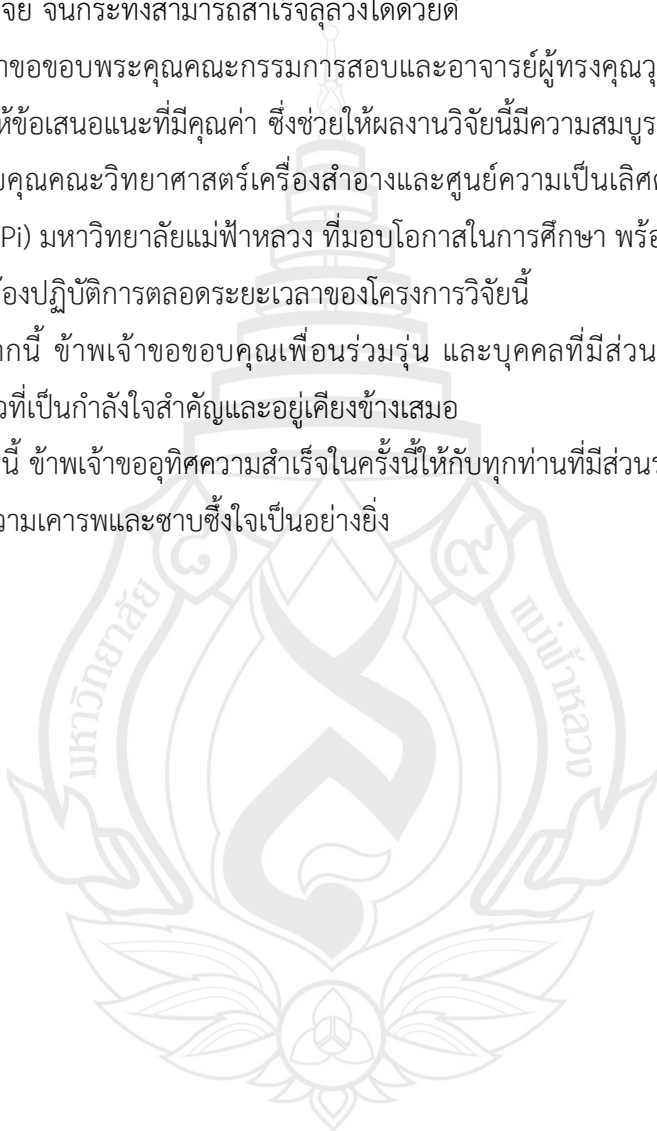
ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบและอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้ให้เกียรติตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะที่มีคุณค่า ซึ่งช่วยให้ผลงานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์เครื่องสำอางและศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (CENPi) มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่มอบโอกาสในการศึกษา พร้อมทั้งสนับสนุนทรัพยากรเครื่องมือ และห้องปฏิบัติการตลอดระยะเวลาของโครงการวิจัยนี้

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่น และบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ รวมถึงครอบครัวที่เป็นกำลังใจสำคัญและอยู่เคียงข้างเสมอ

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขออุทิศความสำเร็จในครั้งนี้ให้กับทุกท่านที่มีส่วนร่วม ไม่ว่าจะทางตรงหรือทางอ้อม ด้วยความเคารพและซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่ง

รัชชนันท์ ฐิตญาณพงศ์



ชื่อเรื่องการค้นคว้าอิสระ	การใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือจากการบริโภคอะโวคาโดเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับดูแลเส้นผมและป้องกันมลภาวะโดยไม่ต้องล้างออก
ผู้ประพันธ์	รัชชนันท์ จิตญาณพงศ์
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง)
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐฐาวุฒิ จิตติปราโมทย์

บทคัดย่อ

มลภาวะทางอากาศเป็นหนึ่งในปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผิวหนังและเส้นผม ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งก่อให้เกิดความเสื่อมสภาพต่อโครงสร้างผิวและเส้นผม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของสารสกัดธรรมชาติจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด (*Persea americana* Mill.) ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อนำมาใช้เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์ป้องกันมลภาวะบนเส้นผมโดยไม่ต้องล้างออกที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและป้องกันผลกระทบจากมลภาวะ สารสกัดถูกเตรียมด้วยสองวิธี ได้แก่ การสกัดแบบดั้งเดิม (Conventional) ที่ 200 rpm เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonication) ที่ 24 Hz เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วต่างกัน ได้แก่ 95% EtOH และ Hexane โดยอัตราส่วนของ Sample : Solution คือ 1:10 w/v จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และฤทธิ์) การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Scavenging IC₅₀ และการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (Lipid Peroxidation Inhibition) ผลการศึกษา พบว่าสารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดด้วยวิธีดั้งเดิมที่ใช้ 95% EtOH ให้ค่าปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดที่ 1.22±0.03 mg GAE/g extract ขณะที่สารสกัดจากวิธี ultrasonication แสดงศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด โดยให้ค่า IC₅₀ ของ DPPH ต่ำสุดที่ 22.4±0.01 µg/mL และสารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดด้วยวิธีดั้งเดิมที่สกัดด้วย 95% EtOH ยังให้ค่าการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันสูงสุดที่ 70.65±1.26% โดยความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของสารสกัดจากอะโวคาโดในการใช้เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผมที่มีคุณสมบัติในการป้องกันเส้นผมจากมลภาวะ โดยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะเลือกใช้สารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดที่สกัดด้วย 95% EtOH โดยวิธี Ultrasonication (P-EtOH-UAE) และเปลือกอะโวคาโดที่สกัดด้วย Hexane โดยวิธี Ultrasonication (P-Hex-UAE) เนื่องจากค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระและการป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมันสูงจึงนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมแบบไม่ต้องล้างออก จำนวน 3 สูตร (F1-F3) ซึ่งมีสารสกัด 2 ชนิด คือ P-EtOH-UAE และ P-Hex-UAE โดยสูตร F1 มี P-EtOH-UAE 0.1/

P-Hex-UAE 0.01 ,สูตร F2 มี P-EtOH-UAE 0.2/ P-Hex-UAE 0.02 และสูตร F3 มี P-EtOH-UAE 0.05/ P-Hex-UAE 0.005 %w/w in formula ตามลำดับ เมื่อทดสอบประสิทธิภาพ พบว่าผลิตภัณฑ์สามารถป้องกันมลภาวะบนเส้นผมได้อย่างมีนัยสำคัญ สูตรทั้ง 3 สูตรลดความเสียหายของโครงสร้างเส้นผมได้ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะสูตร F2 ที่ความเข้มข้นของสารสกัดสูงสุด ช่วยปกป้องเส้นผมจากมลภาวะดีที่สุด หลังการทดสอบเส้นผมยังคงสภาพความเรียบลื่นของเกล็ดผม (Cuticle) ได้ดีในระดับหนึ่ง แม้จะมีการแยกตัวของเกล็ดผมบางจุด แต่ไม่พบร่องรอยความเสียหายรุนแรงหรือการหลุดลอกของชั้นเกล็ดผมอย่างมีนัยสำคัญ เส้นผมยังแข็งแรงและไม่เปราะบาง ขณะที่สูตร F1 ที่เข้มข้นรองลงมาปกป้องเส้นผมจากมลภาวะได้ดีในระดับกลาง โดยมีการยกตัวเล็กน้อยบริเวณปลายผม แต่เมื่อเทียบกับสูตร F2 พบว่าสูตร F1 คงสภาพโครงสร้างผมได้น้อยกว่า โดยเฉพาะเมื่อเผชิญกับมลภาวะ ส่วนสูตร F3 ที่เข้มข้นต่ำสุด ปกป้องเส้นผมจากมลภาวะต่ำสุด เส้นผมเสื่อมสภาพอย่างชัดเจนหลังการทดสอบ เกล็ดผมแยกตัวออกจากกันหลายจุด โครงสร้างเส้นผมขรุขระ มีอนุภาคขนาดเล็กที่ยึดเกาะผิวเส้นผม สะท้อนถึงความสามารถในการปกป้องที่ลดลงอย่างชัดเจน จึงสรุปได้ว่า สูตร F2 มีประสิทธิภาพในการปกป้องเส้นผมจากมลภาวะดีที่สุด รองลงมาคือสูตร F1 และสูตร F3 ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพในการปกป้องจะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารสกัดในสูตร

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมต้านมลภาวะ, สารสกัดจากธรรมชาติ, อะโวคาโด

Independent Study Title Utilization from of Avocado Consumption for Development of Nourishing and Anti-pollution Hair Leave-on Product

Author Ratchanan Thitayanapong

Degree Master of Science (Cosmetic Science)

Advisor Assistant Professor Nattawut Thitipramote, Ph. D.

ABSTRACT

Air pollution contributes significantly to oxidative damage in skin and hair, primarily through the formation of reactive oxygen species (ROS). This study aimed to develop leave-on hair care formulations using natural extracts from avocado (*Persea americana* Mill.) peel and seed agricultural by-products rich in antioxidants to protect hair from pollution-related damage. Two extraction methods were employed: conventional maceration (200 rpm, 3 hours) and ultrasonication (24 Hz, 3 hours), using 95% ethanol and hexane as solvents at a 1:10 (w/v) sample-to-solvent ratio. The extracts were analyzed for total phenolic content (TPC), DPPH radical scavenging activity (IC_{50}), and lipid peroxidation inhibition. Results showed that the 95% ethanol extract from avocado peel (conventional method) had the highest TPC (1.22 ± 0.03 mg GAE/g extract), while the ultrasonicated ethanol extract (P-EtOH-UAE) had the strongest antioxidant activity ($IC_{50} = 22.4 \pm 0.01$ μ g/mL). Lipid peroxidation inhibition was also highest in the ethanol extract from the conventional method ($70.65 \pm 1.26\%$), with statistically significant differences ($p < 0.05$).

These findings supported the use of P-EtOH-UAE and P-Hex-UAE (ultrasonicated hexane extract) in product development. Three leave-on hair treatment formulas were created: F1 (P-EtOH-UAE 0.1%, P-Hex-UAE 0.01%), F2 (0.2% / 0.02%), and F3 (0.05% / 0.005%). Their efficacy against air pollutants (PM_{2.5} and cigarette smoke) was evaluated through physical observation and SEM imaging. Formula F2, containing the highest extract concentration, showed the best protection. Hair maintained smooth cuticle structure with minimal damage post-exposure. Formula F1 provided moderate protection, with slight lifting of cuticle layers but overall preserved structure. In

contrast, Formula F3 demonstrated the least efficacy, showing cuticle disruption and rough surface texture. In conclusion, avocado peel extracts exhibit strong antioxidant and anti-pollution properties. Formula F2 was the most effective, followed by F1 and F3. It can thus be concluded that Formula F2 exhibited the highest protective efficacy against pollution-induced hair damage, followed by Formula F1 and Formula F3, respectively. This protective performance was directly correlated with the concentration of extract in each formulation. These results suggest that avocado by-products can serve as sustainable bioactive ingredients in pollution-protective hair care products.

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



สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 ข้อมูลทั่วไปของอะโวคาโด	4
2.2 ประโยชน์และสรรพคุณ	7
2.3 การเพาะปลูกอะโวคาโดในประเทศไทยและความนิยมบริโภค	9
2.4 วัสดุเศษเหลืออะโวคาโด	10
2.5 มลภาวะ อนุมูลิสร และ การต่อต้านมลภาวะ (Anti-pollution)	11
3 วิธีการทดลอง	14
3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมีที่ใช้	14
3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย	17
3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	23
4 ผลและอภิปรายผลการทดลอง	24
4.1 ผลผลิตและลักษณะทางกายภาพของสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือ (เปลือกและเมล็ดอะโวคาโด)	24
4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม (Total Phenolic Content)	26
4.3 การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ	27
4.4 การพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผมแบบไม่ต้องล้างออกที่มีสารสกัดจาก วัสดุเศษเหลือ (เปลือกและเมล็ด) ของอะโวคาโด	30
4.5 การทดสอบการป้องกันมลภาวะเส้นผมแบบไม่ต้องล้างออก (Anti-pollution)	33
5 สรุปผลการวิจัย	39
รายการอ้างอิง	41
ภาคผนวก	47
ประวัติผู้ประพันธ์	52

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 สารเคมี	14
3.2 เครื่องมือ	15
3.3 สูตรที่ใช้น้ำมันมะกอกเป็นสารตั้งต้นหลัก ถูกใช้เป็นสูตรต้นแบบ (Master Formula)	22
4.1 ร้อยละผลผลิตและลักษณะทางกายภาพของสารสกัดจากวัสดุเศษเหลืออะโวคาโด (เปลือกและเมล็ด) ที่สกัดด้วยวิธี Conventional และ Ultrasonication	24
4.2 สูตรตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผมแบบไม่ต้องล้างออกที่มีสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือ (เปลือก) ของอะโวคาโด	31
4.3 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ของสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ที่มีสารสกัดจากวัสดุเศษเหลืออะโวคาโด (เปลือก) ที่สกัดด้วยวิธี Conventional และ Ultrasonication	32
4.4 ปอยผมหลังจากสระแล้วหาผลิตภัณฑ์ที่มีสารสกัดจากวัสดุเศษเหลืออะโวคาโด (เปลือก) ที่สกัดด้วยวิธี Conventional และ Ultrasonication ก่อนและหลังทดสอบผลภาวะด้วยการจัดรูปและบุหรี)	34

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 Avocado สายพันธุ์ Lula	4
2.2 Avocado สายพันธุ์ Buccaneer	5
2.3 Avocado สายพันธุ์ Peterson	5
2.4 Avocado สายพันธุ์ Pinkerton	6
2.5 Avocado สายพันธุ์ Hass	6
2.6 Avocado สายพันธุ์ Booth	7
2.7 Avocado สายพันธุ์ Fuerte	7
2.8 โครงสร้างของสารสำคัญที่พบได้ในอะโวคาโด	9
2.9 กลไกความเสียหายของเส้นผมและหนังศีรษะจากมลภาวะทางอากาศ	13
3.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย	17
3.2 โครงสร้างของอะโวคาโด	18
3.3 เปลือกอะโวคาโดที่นำไปหั่นให้มีขนาดเล็ก (ก) และเมล็ดอะโวคาโดที่นำไปทุบให้แตก (ข) เปลือกอะโวคาโดหลังจากนำไปปั่นให้ละเอียดและอบไล่ความชื้น (ค) เมล็ดอะโวคาโดที่นำไปปั่นให้ละเอียดและอบไล่ความชื้น (ง)	19
3.4 การสกัดด้วยวิธีแบบดั้งเดิม (ก), การนำตัวทำละลายออกด้วยวิธี Rotary Evaporator (ข)	19
3.5 การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง (ก), การนำตัวทำละลายออกด้วยวิธี Rotary Evaporator (ข)	20
4.1 กราฟแท่งแสดงปริมาณสารฟีนอลิกรวมที่พบจากสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโดที่สกัดจาก 95% EtOH และ Hexane ด้วยกระบวนการ Conventional และ Ultrasonication	26
4.2 กราฟแท่งแสดงปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดพิเศษเหลือของอะโวคาโด (เปลือกและเมล็ด) ที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50% (IC50)	28
4.3 กราฟแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยับยั้งกระบวนการลิพิดเปอร์ออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโดที่สกัดจาก 95% EtOH และ Hexane ด้วยกระบวนการ Conventional และ Ultrasonication	29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญ

ปัจจุบันปัญหาเรื่องของมลภาวะในอากาศ (Pollution) ถือเป็นอีกปัญหาใหญ่ใกล้ตัวที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพเราได้อย่างคาดไม่ถึง ซึ่งเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น ฝุ่นควัน PM2.5 ควันรถที่มาจากการจราจรที่หนาแน่น การเผาขยะหรือวัสดุเศษเหลือจากการเกษตรหรือจากการบริโภค ฯลฯ มลภาวะที่เกิดจากการกระทำเหล่านี้ นอกจากจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพภายในร่างกายแล้วยังส่งผลกระทบต่อภายนอกอย่างผิวหนังและเส้นผม และหากมลภาวะสะสมจนเกินกว่าที่ระบบต้านอนุมูลอิสระในร่างกายจัดการได้จะเกิดเป็นภาวะ Oxidative Stress (Trüeb, 2015) นอกจากนี้มลภาวะที่มาสัมผัสผิวอาจก่อให้เกิดการระคายเคือง การแพ้ ผิวหนังอักเสบ หรือหากมีขนาดเล็กมากก็สามารถเข้าไปทำลายแกนกลางของเส้นผม ส่งผลให้โครงสร้างเคราตินถูกทำลาย เกิดการสูญเสียความชุ่มชื้น ทำให้ผมแห้งเสียได้ ดังนั้นหากกำจัดมลภาวะหรือป้องกันได้ก็จะส่งผลให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดที่ให้ความสำคัญเรื่องการป้องกันมลภาวะและลดอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น โดยส่วนใหญ่ใช้สารเคมีเป็นสารออกฤทธิ์ที่สามารถต้านอนุมูลอิสระ เช่น BHA, BHT และสารเคลือบเส้นผมเพื่อป้องกันมลภาวะสัมผัสเส้นผม เช่น ซิลิโคน ซึ่งสารเหล่านี้อาจส่งผลข้างเคียงต่อผู้บริโภคในระยะยาว ดังนั้นจึงมีการศึกษาหาสารออกฤทธิ์ทางธรรมชาติในการช่วยลดมลภาวะมาใช้ทดแทนสารเคมีดังกล่าว เช่น สารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของพืชที่ช่วยต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาการป้องกันมลภาวะจากสารสกัดธรรมชาติดังกล่าวยังมีน้อย

อะโวคาโด (Avocado) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Persea americana* เป็นพืชยืนต้นขนาดปานกลาง ลักษณะต้นสูงประมาณ 20 เมตร มีถิ่นกำเนิดจากประเทศเม็กซิโก ในประเทศไทยพบว่ามีปลูกมากในพื้นที่ทางภาคเหนือ เช่น ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ (เกษตรที่สูง) และเอกชนทั่วไป ผลมีขนาดกลมจนถึงผลรี (แล้วแต่สายพันธุ์) เปลือกผลมีทั้งหนา และบาง เนื้ออะโวคาโดจะมีสีเหลืองอ่อนจนถึงเหลืองเข้ม รสชาติมัน เนื้อละเอียดไม่มีกลิ่น อะโวคาโดอุดมด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ โพแทสเซียม (Potassium), ลูทีน (Lutein), โฟเลต (Folate), วิตามินบี (Vitamin B), ไฟเบอร์ (Fiber) (ทวีทอง หงส์วิวัฒน์ และนิคดา หงส์วิวัฒน์, 2550) จากประโยชน์ของอะโวคาโดทำให้มีความต้องการบริโภคอะโวคาโดมากยิ่งขึ้นและมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นต่อไป ส่วนของผลอะโวคาโดที่นิยม

บริโศค คือ เนื้อผลไม้ (65% ของผลทั้งหมด) ส่วนของเปลือก (15%) และเมล็ด (20%) จะไม่สามารถบริโศคได้ทำให้เกิดวัสดุเศษเหลือจากการบริโศค (รวมประมาณ 35% จากผลทั้งหมด) ดังนั้นจากความต้องการของผู้บริโศคที่เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้เกิดวัสดุเศษเหลือจากการบริโศคที่มากขึ้น (เปลือกและเมล็ดอะโวคาโด) (Marra et al., 2024) วัสดุเศษเหลื่อดังกล่าวอาจก่อให้เกิด มลพิษทั้งทางตรง (เป็นขยะ) และทางอ้อม โดยต้องเผาทิ้งทำลาย ทำให้เกิดฝุ่นควัน PM 2.5 หากมีการนำวัสดุเหล่านี้มาใช้ประโยชน์จะเป็นการลดมลภาวะและเพิ่มมูลค่าวัสดุเศษเหลือ จากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า อะโวคาโดมีประโยชน์ต่อร่างกายและเส้นผม (Lin & Li, 2024) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระจากเมล็ดและเปลือกอะโวคาโด เปลือก (15%) มักพบ เส้นใย (Fiber), สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compounds), สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) เนื้อ (65%) มักพบ Carotenoids, สารประกอบที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic Compounds) และเมล็ด (20%) มักพบ สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compounds), สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant), สารต้านจุลชีพ (Antimicrobial) (Bangar et al., 2022) แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือที่ได้จากการบริโศคอะโวคาโด (เปลือกและเมล็ด) ยังมีน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จะมุ่งศึกษาสารสกัดธรรมชาติจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด มาใช้ในผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมและต้านมลภาวะแบบไม่ต้องล้างออก

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อสกัดสารออกฤทธิ์จากวัสดุเศษเหลือ (เปลือกและเมล็ด) อะโวคาโดที่ใช้วิธีแบบดั้งเดิม (Conventional Extraction) และ การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonicate Extraction)

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด

1.2.3 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมและต้านมลภาวะแบบไม่ต้องล้างออกที่มีสารสกัดจากอะโวคาโด

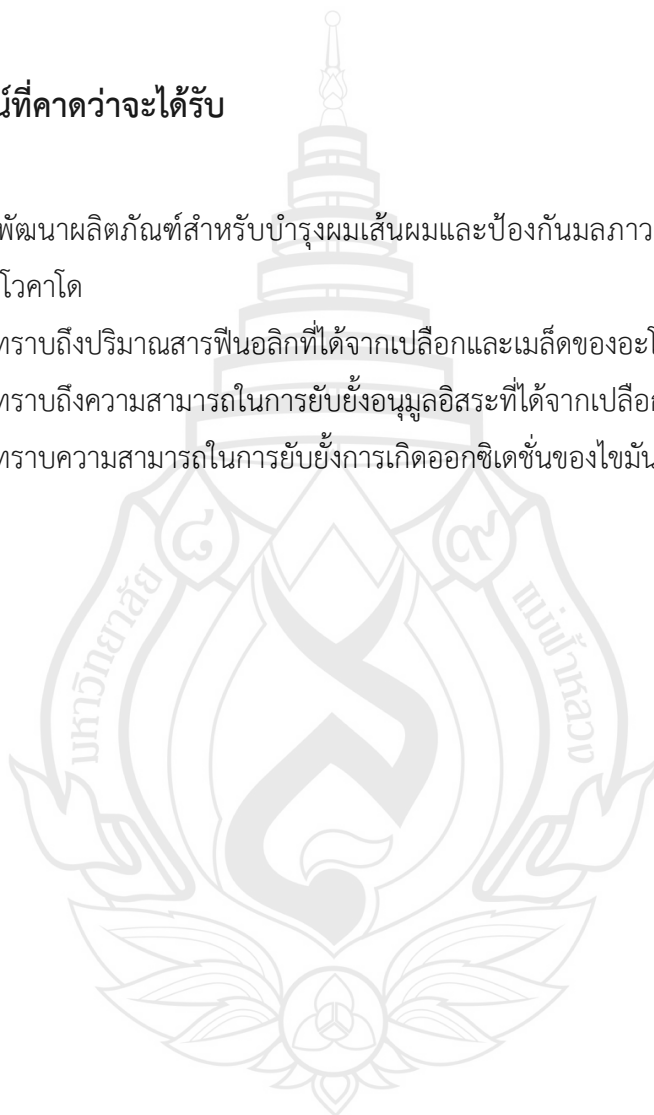
1.3 ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษานี้ได้ทำการสกัดสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากวัสดุเศษเหลือ (เปลือกและเมล็ด) ของอะโวคาโดด้วยสองวิธี ได้แก่ การสกัดแบบดั้งเดิม (Conventional) และการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonication) โดยใช้ตัวทำละลาย 95% เอทานอลและเฮกเซน จากนั้นวิเคราะห์

ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด โดยการทดสอบปริมาณฟีนอลิกรวม (TPC), ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH IC50) และการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (Lipid Peroxidation) คัดเลือกสารสกัดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดมาพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์บำรุงผลและต้านมลภาวะแบบไม่ต้องล้างออกที่มีสารสกัดจากอะโวคาโด และนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันมลภาวะบนเส้นผม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 พัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงผมเส้นผมและป้องกันมลภาวะชนิดไม่ต้องล้างออกที่มีส่วนผสมของอะโวคาโด
- 1.4.2 ทราบถึงปริมาณสารฟีนอลิกที่ได้จากเปลือกและเมล็ดของอะโวคาโด
- 1.4.3 ทราบถึงความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ได้จากเปลือกและเมล็ดของอะโวคาโด
- 1.4.4 ทราบความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันที่ได้จากเปลือกและเมล็ดของอะโวคาโด



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ข้อมูลทั่วไปของอะโวคาโด

อะโวคาโด (*Persea Americana*) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังนี้ ลักษณะต้นสูงประมาณ 20 เมตร เปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน ผิวขรุขระ ใบลักษณะใหญ่ยาวรี จับดูสามมือ ใบมีเส้นลายลึกชัดเจนสีเขียวสด ดอกจะมีสีเขียวอมเหลือง มีขนาดเล็ก ออกเป็นช่อ ๆ ที่ปลายกิ่ง ผลมีขนาดกลมจนถึงผลรี (แล้วแต่สายพันธุ์) เปลือกผลมีทั้งหนาและบาง เนื้ออะโวคาโดจะมีสีเหลืองอ่อนจนถึงเหลืองเข้มรสชาติมัน เนื้อละเอียดไม่มีกลิ่น มีไขมันดีปริมาณมากน้อยแล้วแต่สายพันธุ์ ซึ่งระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวก็มีผลต่อปริมาณไขมันของอะโวคาโด ผลอะโวคาโดประกอบด้วย เนื้อ 65% เปลือก 15% และเมล็ด 20% (Marra et al., 2023) โดยอะโวคาโดมีหลายสายพันธุ์ เช่น

1. Avocado สายพันธุ์ Lula

ลักษณะเป็นผลทรงคล้ายหลอดไฟ ผลมีขนาดกลาง ผิวเรียบ น้ำหนัก 300-400 กรัม เนื้อเหลืองปนเขียว เมล็ดขนาดใหญ่ติดอยู่ในช่อง เมล็ดแน่น มีไขมัน 11% (Kowalska & Nowak, 2024)



ที่มา PlantOGRAM (n.d.)

ภาพที่ 2.1 Avocado สายพันธุ์ Lula

2. Avocado สายพันธุ์ Buccaneer

ลักษณะ ผลแก่จะมีความนวลที่ผิวผล สีผิวผลเป็นสีเขียว มีจุดสีน้ำตาลบนผล มีน้ำหนักผลตก คุง่าย ขนาดต้นใหญ่ มีไขมันประมาณ 12-18% (Babpraserth & Chomchalow, 1997)



ที่มา Sukanya's Farm (n.d.)

ภาพที่ 2.2 Avocado สายพันธุ์ Buccaneer

3. Avocado สายพันธุ์ Peterson

ลูกค่อนข้างกลม ผลมีขนาดเล็กถึงกลาง เปลือกบาง ผลสีเขียวอ่อน ถ้าสุกจะเขียวออกเหลืองและตกกระทงลูก เนื้อข้างในสีเหลืองเนียน รสชาติมัน ติดหวานนิด ๆ (Schaffer & Baranowski, 1986)



ที่มา Shutterstock (n.d.)

ภาพที่ 2.3 Avocado สายพันธุ์ Peterson

4. Avocado สายพันธุ์ Pinkerton

ลักษณะผลผิวขรุขระ ผลแก่จะเปลี่ยนสีจากเขียวเป็นเขียวเข้ม เพอร์เซ็นต์น้ำมันสูง ไกล่เคียงพันธุ์แฮสแต่ผลใหญ่กว่า และระยะเวลาเก็บเกี่ยวสั้นกว่าพันธุ์แฮสมาก (Sippel et al., 1993)



ที่มา Specialty Produce (n.d.b)

ภาพที่ 2.4 Avocado สายพันธุ์ Pinkerton

5. Avocado สายพันธุ์ Hass

ผลรูปแป้น ผิวขรุขระมาก ผิวสีเข้ม เมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำ เนื้อสีเหลือง เมล็ดเล็ก ถึงกลาง เปลือกค่อนข้างหนา ทนทานต่อการขนส่ง เมื่อผลแก่แล้วก็ยังสามารถอยู่บนต้นได้อีกหลาย เดือน มีปริมาณไขมันสูงมากถึง 20-25% มากกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ เติบโตได้ดีในอากาศเย็น (Seid et al., 2023)



ที่มา Specialty Produce (n.d.c)

ภาพที่ 2.5 Avocado สายพันธุ์ Hass

6. Avocado สายพันธุ์ Booth

ลูกผสมระหว่างกัวเตมาลากับอินเดียนตะวันตก ผลค่อนข้างกลม ขนาดกลาง ผิวผลขรุขระ เล็กน้อย สีเขียว เปลือกหนา เนื้อแน่นสีเหลือง รสนุ่มละมุนลิ้น เมล็ดขนาดกลาง มีไขมัน 7-14% (Schaffer & Baranowski, 1986)



ที่มา Alibaba (n.d.)

ภาพที่ 2.6 Avocado สายพันธุ์ Booth

7. Avocado สายพันธุ์ Fuerte

รูปแพร์ ผิวขรุขระเล็กน้อย ผิวสีเขียวเข้ม เนื้อเหลืองครีม เมล็ดขนาดกลาง รสชาติดี อ่อนแอต่อโรค เปลือกผลบางจึงไม่ทนทานต่อการขนส่ง ชอบอากาศเย็น มีไขมัน 18% (Seid et al. 2023)



ที่มา Specialty Produce (n.d.a)

ภาพที่ 2.7 Avocado สายพันธุ์ Fuerte

2.2 ประโยชน์และสรรพคุณ

จากการศึกษาวิจัยชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของอะโวคาโดในฐานะแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ โดยมีการทดสอบจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ใบ เนื้อ เปลือก และเมล็ด ที่ช่วยยับยั้งองค์ประกอบสารออกฤทธิ์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะอะโวคาโดสายพันธุ์ 'Hass' เป็นพันธุ์ที่ได้รับการวิจัยมากที่สุดในด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ อาจเนื่องจากความแพร่หลายและหาซื้อได้ง่าย การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีชี้ให้เห็นว่า สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารสำคัญที่ทำหน้าที่ต้านอนุมูล

อิสระได้ดีในอะโวคาโด จากงานวิจัยพบรายงานความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากอะโวคาโด โดยพบว่าสารฟีนอลิกเหล่านี้ยังสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ลดการอักเสบ และลดการเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือดได้ด้วยการศึกษาเพิ่มเติมยังระบุว่า ส่วนของพีชอะโวคาโดที่ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง คือ ส่วนที่เป็นผลพลอยได้ของอะโวคาโด ได้แก่ ใบ เปลือก และเมล็ด ซึ่งให้ค่าความสามารถต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเนื้อผลอย่างมีนัยสำคัญ ถือเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระและสารพฤกษเคมีที่สำคัญ (Bhuyan et al., 2019)

ในวงการเครื่องสำอางมีการวิจัยเกี่ยวกับน้ำมันอะโวคาโดว่าเป็นน้ำมันที่สามารถซึมลงสู่ผิวได้ง่าย มีสารที่ให้ความชุ่มชื้น และมีสารป้องกันแสงแดดจากธรรมชาติ (Swisher, 1988) น้ำมันอะโวคาโดที่ถูกสกัดจากเมล็ดอะโวคาโดมีทั้งไขมันที่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัวที่ช่วยบำรุงให้เส้นผมมีสุขภาพดีและพบแร่ธาตุอื่น ๆ เช่น โพแทสเซียมที่ช่วยลดอาการผมร่วง และพบโปรตีนในปริมาณที่สูงซึ่งช่วยให้เส้นผมแข็งแรง (Dewi et al., 2024) นอกจากนี้ยังอุดมด้วยวิตามินต่าง ๆ โดยองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ของน้ำมันอะโวคาโดขึ้นกับหลายตัวแปร เช่น พื้นที่ปลูก อายุ เวลาเก็บเกี่ยว อายุความสุกอม โดยในการศึกษาจะใช้พารามิเตอร์คุณภาพในการเทียบ (Fernandes et al., 2018; Wang et al., 2020; Wong et al., 2010)

องค์ประกอบและสารสำคัญในอะโวคาโด (Weschenfelder et al., 2015)

โดยหลัก ๆ จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ เปลือก เนื้อ และเมล็ด (Marra et al., 2023)

1. เปลือก (15%) มักพบ Fiber/ Phenolic Compounds
2. เนื้อ (65%) มักพบ Carotenoids/ Hydrophobic Compounds
3. เมล็ด (20%) มักพบ Phenolic Compounds

1) Phenolic Compounds สารกลุ่ม Phenolic ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระต่อต้านการอักเสบ ช่วยยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและไวรัส

2) Carotenoids เช่น Lutein และ Zeaxanthin ที่นอกจากจะช่วยเรื่องต้านอนุมูลอิสระแล้ว ยังช่วยกรองรังสียูวีจากแสงแดด ชะลอการเกิดโรคต้อกระจกและจอประสาทตาเสื่อม

3) Flavonoid มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ ความดันโลหิต ป้องกันการเกิดลิ่มเลือดในหลอดเลือด ลดน้ำตาลในเลือด

4) Chlorophyll ช่วยกระตุ้นเรื่องการสร้างเม็ดเลือดแดง ทำให้หัวใจทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มการไหลเวียนของเลือดในร่างกาย และรักษาสภาพผิวให้สดใส

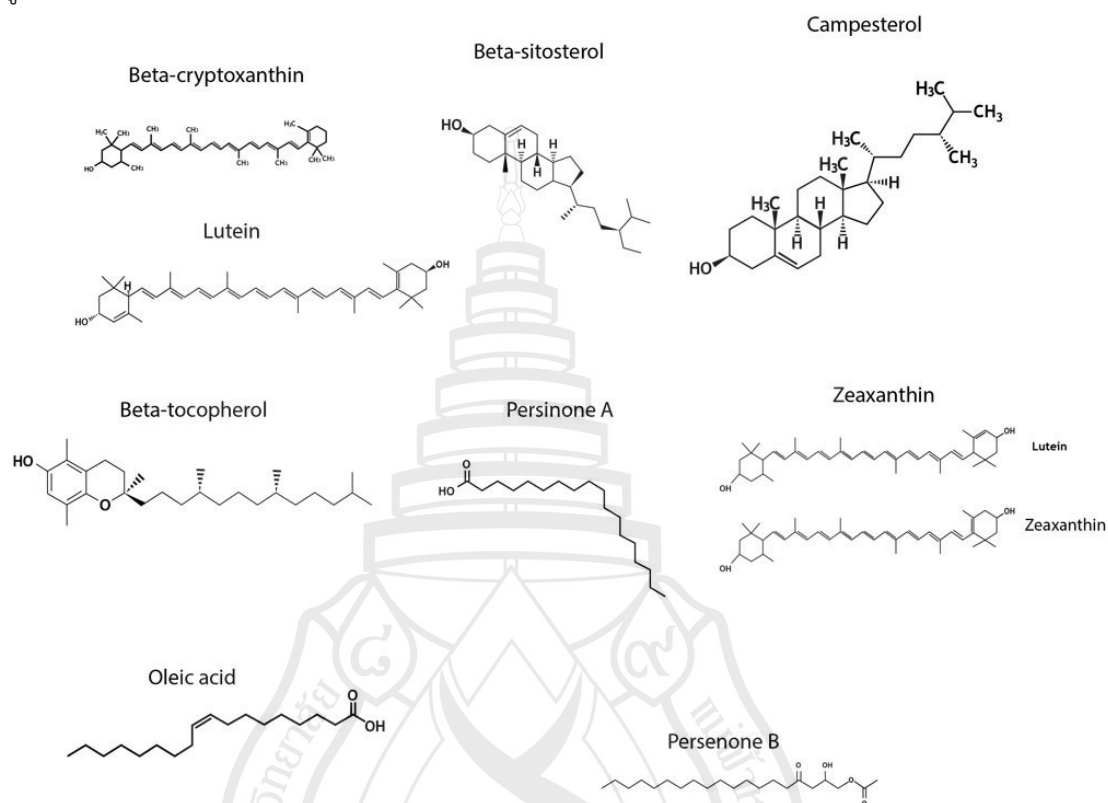
5) Beta-Tocopherol ช่วยเรื่องการต้านอนุมูลอิสระและป้องกันการอักเสบ

6) Campesterol ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล ลดปัญหาเกี่ยวกับการปัสสาวะเนื่องจากต่อมลูกหมากโต (BPH)

7) Beta-Sitosterol ช่วยเรื่องโรคสะกิดเงิน การแพ้ต่าง ๆ รวมถึงหนังศีรษะล้าน

8) Beta-cryptoxanthin ช่วยเรื่องด้านการอักเสบของร่างกาย เช่น ข้ออักเสบ

รูมาตอยด์



ที่มา Disthai (n.d.)

ภาพที่ 2.8 โครงสร้างของสารสำคัญที่พบได้ในอะโวคาโด

2.3 การเพาะปลูกอะโวคาโดในประเทศไทยและความนิยมบริโภค

อะโวคาโด (*Persea americana* Mill.) เป็นไม้ผลพื้นเมืองของทวีปอเมริกาใต้ ซึ่งถูกนำเข้ามาในประเทศไทยโดยมิชชันนารีประมาณ 90 ปีก่อน โดยเริ่มทดลองปลูกที่จังหวัดน่าน ต่อมาในปี พ.ศ. 2508 คณะพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้แนะนำพันธุ์ต่างประเทศ เช่น Kanao, Ruehle, Kampong และ Monk มาปลูกที่สถานีวิจัยปากช่อง จ.นครราชสีมา นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2518 ได้มีการนำเข้าอีก 11 สายพันธุ์จากรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา ด้วยการสนับสนุนจากธนาคารโลก ได้แก่ Buccaneer, Booth 7, Booth 8, Catalina, Choquette, Hall, Lula, Peterson, Queen, Taylor และ Waldin และต่อมาในปี พ.ศ. 2536 ยังมีการแนะนำพันธุ์จากรัฐแคลิฟอร์เนีย

เพิ่ม ได้แก่ พันธุ์แฮส (Hass), พันธุ์เบคอน (Bacon) และ พันธุ์รีด (Reed) (Babpraserth & Subhadrabandhu, 1999)

ปัจจุบันอะโวคาโดถือเป็นพืชทางเลือกใหม่ที่กำลังเป็นที่นิยมเนื่องจากเป็นผลไม้เพื่อสุขภาพ มีการปลูกกระจายอยู่ในหลายจังหวัด แต่เกษตรกรของไทยส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในเรื่องของพันธุ์อะโวคาโดที่เหมาะสมจะปลูกเป็นพันธุ์การค้า ทั้งยังมีปัญหาเรื่องของเกษตรกรที่เพาะปลูกจากเมล็ด จึงทำให้ต้นอะโวคาโดกลายเป็นพันธุ์ ส่งผลต่อระยะเวลาในการออกผลผลิต ไปจนถึงเรื่องของคุณภาพ เช่น ผลผลิตคุณภาพไม่ดี รสชาติขม จึงเริ่มมีการคัดเลือกสายพันธุ์ที่เป็นพันธุ์ทางการค้า ได้แก่ พันธุ์แฮส (Hass), พันธุ์บูช-7 (Booth-7), พันธุ์ปีเตอร์สัน (Peterson), พันธุ์บัคคาเนีย (Buccanear) และ พันธุ์พังก์เคอร์ตัน (Pinkerton) (ขวัญหทัย ทนงจิตร, 2566) ตลาดภายในประเทศยังมีความต้องการบริโภคอะโวคาโดอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2561 มีการนำเข้าถึง 762 ตัน มูลค่า 154,399,344 บาท ขณะที่การส่งออก ประเทศไทยสามารถส่งออกเพียง 19 ตันในปี 2561 มูลค่า 763,607 บาท ขณะที่ตลาดโลกมีความต้องการสูงมาก เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำเข้า คิดเป็นมูลค่า 2,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐในปี 2560 กรมส่งเสริมการเกษตร จึงได้ดำเนินการวิจัยพัฒนาและส่งเสริมให้อะโวคาโดเป็นพืชเศรษฐกิจทางเลือกใหม่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562) ในปี 2565 ประเทศไทยมีการผลิตอะโวคาโดในประเทศรวม 4,701 ตัน และมีปริมาณการบริโภคทั้งประเทศสูงถึง 6,647 ตัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความต้องการบริโภคในประเทศสูงกว่าปริมาณผลผลิต ส่งผลให้ไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าเป็นสัดส่วนถึง 34.5% ของการบริโภคทั้งหมดในปีเดียวกัน และคาดว่าสัดส่วนการนำเข้าจะเพิ่มขึ้นเป็น 40.3% ภายในปี 2569 สะท้อนถึงแนวโน้มความต้องการในการบริโภคอะโวคาโดภายในประเทศที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Euromonitor International, 2022)

2.4 วัสดุเศษเหลืออะโวคาโด

เนื่องจากอะโวคาโดถูกบริโภคผลสดเป็นหลักและในปัจจุบันความต้องการในการบริโภคของตลาดโลกที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดปริมาณเศษเหลือจากอะโวคาโด (เปลือกและเมล็ด) เพิ่มขึ้นตามมา โดยส่วนใหญ่จะถูกทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมโดยไม่มีการจัดการอย่างเหมาะสม ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจก การเกิดของเสียจากอะโวคาโดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการเก็บเกี่ยว โดยโดยเฉพาะในประเทศที่มีการผลิตขนาดใหญ่ โดยมีการประมาณว่าทั่วโลกมีการสูญเสียอะโวคาโดมากถึง 40% ของผลผลิตทั้งหมด ซึ่งเกิดจากการทิ้งผลที่ไม่ได้คุณภาพหรือจากเศษเหลือที่มาจากการแปรรูป รวมถึงการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลให้เกิดการสูญเสียผลผลิตมากถึง 80% นอกจากนี้ปริมาณของเสียจากอะโวคาโดยังขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดของอุตสาหกรรมแปรรูป วิธีการจัดการ

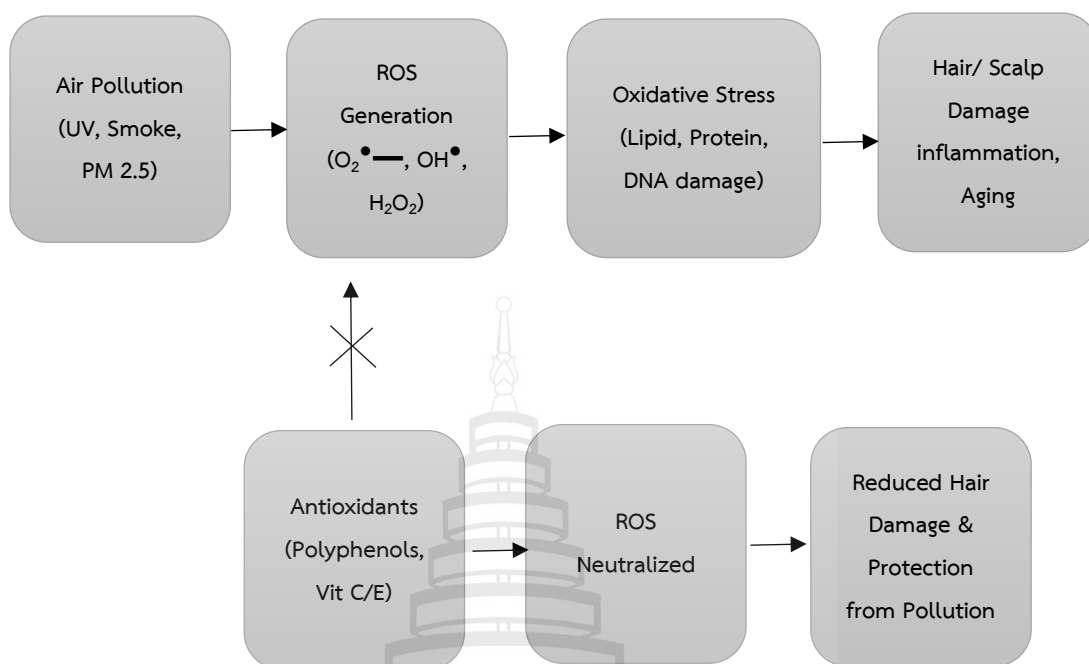
ของเสีย และพันธุ์ของผลไม้ เช่น พันธุ์ Fuerte มีสัดส่วนของเศษเหลือ (เปลือกและเมล็ด) สูงกว่าพันธุ์ Hass โดยสัดส่วนอยู่ที่ 31% และ 24% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลของสายพันธุ์เดียวกันก็อาจแตกต่างกันได้ เช่น พันธุ์ Hass รายงานว่า มีเศษเหลืออยู่ที่ 24% และ 27% ตามแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน นอกจากนี้รูปแบบของการแปรรูปผลิตภัณฑ์ก็ส่งผลต่อปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น ในการผลิตน้ำมันจากเมล็ดด้วยวิธี Cold-pressed จะได้ผลิตภัณฑ์เพียง 80 กิโลกรัม จากอะโวคาโดสด 1,000 กิโลกรัม ซึ่งหมายความว่าปริมาณของเสียจำนวนมากจากกระบวนการนี้ อย่างไรก็ตามของเสียจากอะโวคาโดยังอุดมไปด้วยสารอาหารและสารสำคัญที่มีคุณค่า สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และเภสัชภัณฑ์ ของเสียจากอะโวคาโดจึงเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาอย่างยั่งยืนเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเปลี่ยนของเสียให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่า แนวคิดนี้สอดคล้องกับหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) ที่เน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและลดปริมาณของเสีย โดยกระบวนการนี้รวมถึงการสกัดสารออกฤทธิ์และวัสดุที่มีคุณค่าจากของเสีย การนำกลับมาใช้ซ้ำ และการคืนเข้าสู่ห่วงโซ่มูลค่า ซึ่งจะช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและเปิดโอกาสในการสร้างมูลค่าเศรษฐกิจใหม่ ผ่านการใช้เป็นวัตถุดิบทางเลือกในการผลิตผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง (Sandoval-Contreras et al., 2023) โดยการเติบโตของตลาดในประเทศไทยได้รับแรงหนุนหลักจากการขยายตัวของการค้าปลีกสมัยใหม่ที่มีบทบาทสำคัญในการผลักดันการเข้าถึงอะโวคาโดในกลุ่มผู้บริโภคใหม่ การบริโภคเติบโตเฉลี่ยปีละ 13.4% สะท้อนว่าปริมาณผลผลิตภายในเติบโตเร็วกว่า แต่ยังไม่สามารถปิดช่องว่างความต้องการในการบริโภคอะโวคาโดที่เพิ่มขึ้นได้ และจากแนวโน้มการบริโภคที่สูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณของเปลือกและเมล็ดที่เป็นส่วนเหลือใช้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ยเปลือกและเมล็ดรวมกันคิดเป็นประมาณ 30–35% ของน้ำหนักผลทั้งหมด ซึ่งหากไม่มีการจัดการที่ดี อาจกลายเป็นของเสียชีวภาพในระบบอุตสาหกรรมอาหารและแปรรูป (Salazar-López et al., 2020)

2.5 มลภาวะ อนุมลิสระ และ การต่อต้านมลภาวะ (Anti-pollution)

ผิวหนังถือเป็นอวัยวะที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของร่างกายและเป็นปราการด่านแรกในการปกป้องร่างกายจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เนื่องจากการสัมผัสโดยตรงกับอากาศจึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงผลกระทบจากมลพิษทางอากาศได้ มลพิษในอากาศประกอบด้วยสารเคมีและอนุภาคแขวนลอยหลายชนิด เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x), ฝุ่นละออง (Particulate Matter), ควีน รวมถึงโลหะหนักอย่างตะกั่ว ซึ่งล้วนเป็นอันตรายต่อสุขภาพทั้งภายในและภายนอก (Son & Kwon, 2023) ในระดับผิวหนังมลพิษเหล่านี้สามารถก่อให้เกิดความเสียหายผ่านกลไกของการเกิดอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen

Species: ROS) ที่นำไปสู่ภาวะความเครียดออกซิเดชัน (Oxidative Stress) ซึ่งเป็นภาวะที่ร่างกายมีความไม่สมดุลระหว่างการเกิดอนุมูลอิสระและความสามารถในการกำจัดด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) ผลที่ตามมาคือการเสื่อมของเซลล์ผิว การเกิดริ้วรอยก่อนวัย ผื่นแพ้ การอักเสบ และภาวะผิวแห้งขาดน้ำ (Charitakis et al., 2022) หนึ่งสรีระก็เป็นอวัยวะที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากมลภาวะเช่นกัน งานวิจัยหลายฉบับรายงานว่า มลพิษสามารถกระตุ้นต่อมไขมันให้ผลิตซีบัม (Sebum) มากผิดปกติ ส่งผลให้เกิดภาวะหนังศีรษะมัน Seborrheic dermatitis และการสะสมของซีบัมซึ่งนำไปสู่การเกิดรังแค (Jun et al., 2020) นอกจากนี้ ROS ยังสามารถทำลายสมดุลของไขมันบนหนังศีรษะและเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของชั้นปกป้องผิว ทำให้ความสามารถในการกักเก็บน้ำลดลงและเกิดการอักเสบเรื้อรัง ผลกระทบที่เกิดขึ้นยังส่งต่อมายังเส้นผมโดยตรง อนุภาคของมลพิษ เช่น PM2.5 สามารถทะลุผ่านชั้นเกล็ดผม (Cuticle) และเข้าสู่ชั้นแกนกลางของเส้นผม (Cortex) ซึ่งเป็นบริเวณที่อุดมด้วยเคราตินและไขมันธรรมชาติ การที่อนุมูลอิสระจากมลภาวะเข้าไปทำลายพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide bonds) ของโปรตีนเคราตินในชั้น Cortex ทำให้โครงสร้างเส้นผมอ่อนแอลง ผมจึงแห้งเปราะ ขาดง่าย และไม่มี ความเงางาม (Trüeb, 2015; Robbins, 2012) นอกจากนี้ การยกตัวของเกล็ดผมที่ถูกทำลายจาก ROS ทำให้ความชื้นในเส้นผมระเหยออกง่ายยิ่งขึ้น ส่งผลให้ผมแห้งเสียและจัดทรงยาก (Robbins, 2012; Son & Kwon, 2023) อีกหนึ่งกลไกสำคัญที่เกี่ยวข้องคือการเกิดปฏิกิริยา Lipid Peroxidation ซึ่ง ROS เข้าไปทำลายกรดไขมัน 18-MEA ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของชั้นไขมันบนเส้นผมทำให้ผมขาดการปกป้องจากภายนอก มีลักษณะหยابกระด้างและเสื่อมสภาพ (Son & Kwon, 2023; Limón-Pacheco & Gonsebatt, 2009) นอกจากนี้ในระดับชุมชนซึ่งมีเซลล์มีชีวิต เช่น Keratinocytes และ Melanocytes ROS ยังสามารถรบกวนกระบวนการสร้างเคราติน ทำให้วงจรของเส้นผมผิดปกติและนำไปสู่ภาวะผมบางหรือผมร่วงก่อนเวลาอันควร (Jun et al., 2020)

จากผลกระทบดังกล่าวทำให้แนวคิดเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ป้องกันมลพิษ (Anti-Pollution Product) ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างมากในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง โดยสารออกฤทธิ์ที่นิยมใช้ ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านการอักเสบและสารฟื้นฟูเกราะป้องกันผิว ซึ่งสามารถอยู่ในรูปแบบของครีมบำรุง โลชั่น เซรั่ม หรือผลิตภัณฑ์กันแดด โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดความเสียหายของผิวหนังและเส้นผมจากมลภาวะและเพิ่มความแข็งแรงของผิวหนังและเส้นผมในการต้านทานต่อสิ่งแวดล้อม (Mistry, 2017)



ภาพที่ 2.9 กลไกความเสียหายของเส้นผมและหนังศีรษะจากมลภาวะทางอากาศ

มลภาวะสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ ($O_2^{\bullet-}$), ไฮดรอกซิล ($OH^{\bullet}$) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกระบวนการทำลายเชิงออกซิเดชันต่อองค์ประกอบชีวภาพสำคัญของเซลล์ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน และกรดนิวคลีอิก กระบวนการเกิดอนุมูลอิสระที่ไม่สามารถควบคุมได้จะนำไปสู่ความเสียหายสะสมที่ชั้นหนังกำพร้าและเส้นผม ส่งผลให้เกิดการอักเสบ การเสื่อมสภาพของเซลล์ และปัญหาความงาม เช่น เส้นผมแห้งเสีย เปราะขาดง่าย และเสื่อมตามวัยก่อนเวลาอันควร (Ghoneim et al., 2020)

ในการตอบสนองต่อกลไกดังกล่าว สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) และวิตามิน C/E มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งหรือชะลอกระบวนการทำลายจากอนุมูลอิสระ โดยทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนหรือบริจาคโปรตอนให้กับอนุมูลอิสระเพื่อลดปฏิกิริยาโซ่ของการออกซิเดชัน ส่งผลให้อนุมูลอิสระถูกทำให้เป็นกลาง (ROS neutralized) เมื่อมีการใช้สารต้านอนุมูลอิสระอย่างมีประสิทธิภาพ จึงสามารถลดความเสียหายของเส้นผมที่เกิดจาก ROS ได้ และช่วยฟื้นฟูสภาพเส้นผม พร้อมทั้งปกป้องจากผลกระทบของมลภาวะทางอากาศในระยะยาว (Petersen & Simmonds, 2003)

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้

3.1.1 วัตถุดิบ

อะโวคาโดสายพันธุ์ Hass จากเชียงใหม่ ซื้อช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2568

3.1.2 สารเคมีที่ใช้

ตารางที่ 3.1 สารเคมี

สารเคมี	บริษัท	ประเทศ
เอทานอล 95%	วันรัต (หน้าเขียน) จำกัด	Thailand
DI Water	TKA	Germany
Gallic Acid	Fluka	Switzerland
Folin-Ciocalteu reagent	Merck	Germany
2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)	Fluka	Switzerland
Na ₂ CO ₃	Supelco	Germany
FeSO ₄ · 7H ₂ O	Kemaus	Australia
Hexane	Supelco	Germany
สารละลาย Thiobarbituric Acid (TBA)	FAB Chemical	India
น้ำมันมะกอก (olive Oil)	Henry Lamotte	Spain
Cetyl Alcohol	BASF	Germany
Glyceryl Stearate	BASF	Germany
Tween 80	NOF Corporation	Japan
Span 80	NOF Corporation	Japan
Dimethicone	Xiameter Form Dow	Thailand
	Corning	
Glycerin	Thai Glycerine	Thailand

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

สารเคมี	บริษัท	ประเทศ
Carbopol 941	Lubrizol	USA
Phenoxyethanol	Myskinrecipes	Thailand
Citric Acid	Myskinrecipes	Thailand

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้

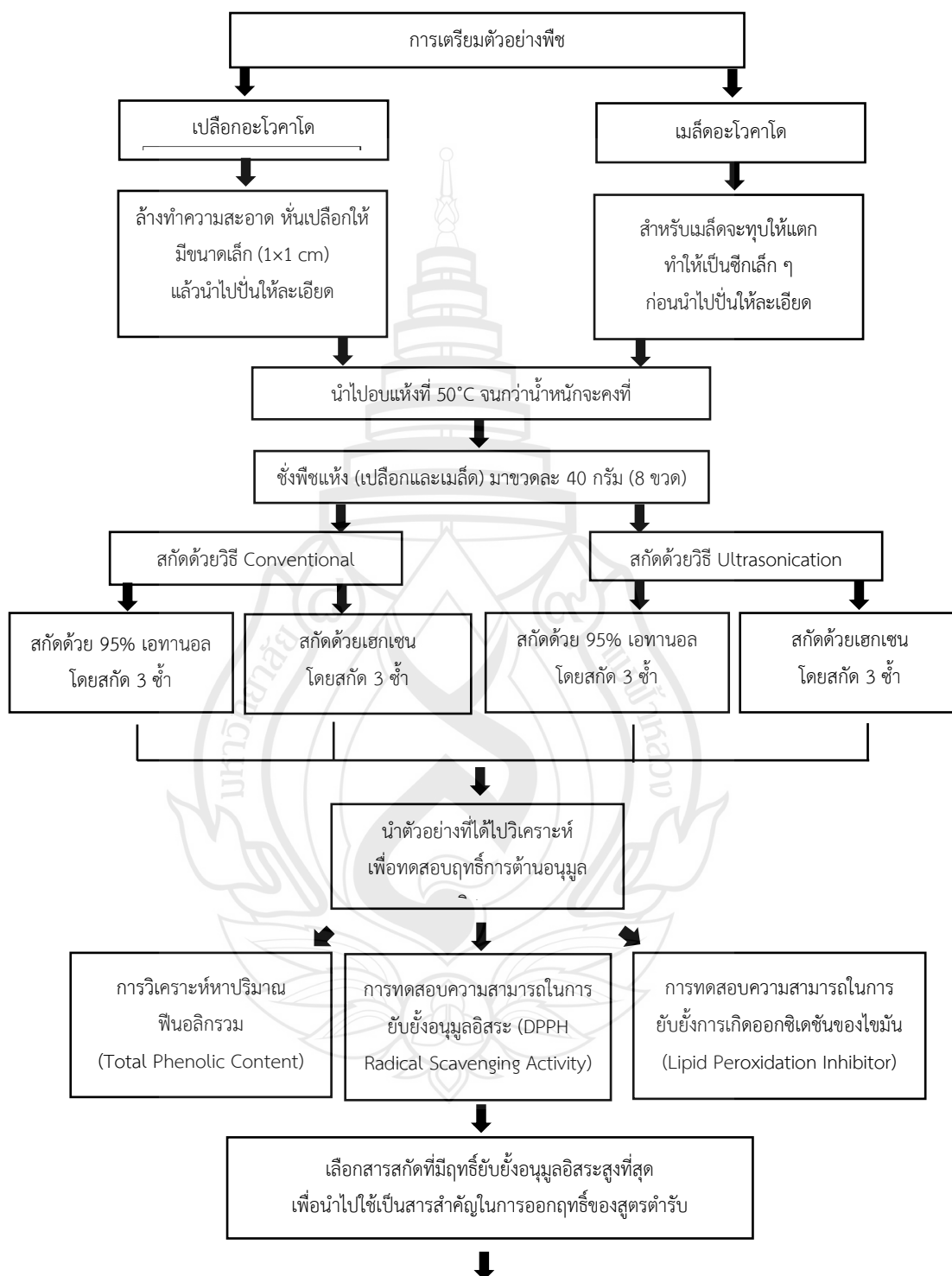
ตารางที่ 3.2 เครื่องมือ

เครื่องมือ	บริษัท	ประเทศ
เครื่องปั่นบดละเอียด	Hibell	Korea
เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	Sartorius BP 2015	Mettler Toledo
Vortex Mixer	OHAUS	USA
Microplate reader (DPPH)	MeterTech	Taiwan
Microplate reader (Lipid Peroxidation)	Biotek-Synergy HY	USA
กรวยกรอง Buchner funnel- Porcelain	JIPO	Germany
กระดาษกรอง No.1	What man	England
เครื่อง Evaporator	Greatwall	China
Orbital Shaker	Lebnet	Slovenia
อุปกรณ์เครื่องแก้ว	Pyrex	England
ตู้อบลมร้อน	Memmert UF110	Germany
ตู้เย็น	Smart i-250S	Accuplus
Rotary Evaporator	Heidolph	Germany
	Eyela	Japan
96 well microtiter plate	Nunc	Denmark
Microplate Reader	BMG Labtech	Germany
ปิเปต	Rainin	Switzerland
แท่งแก้วคนสาร	Pyrex	England

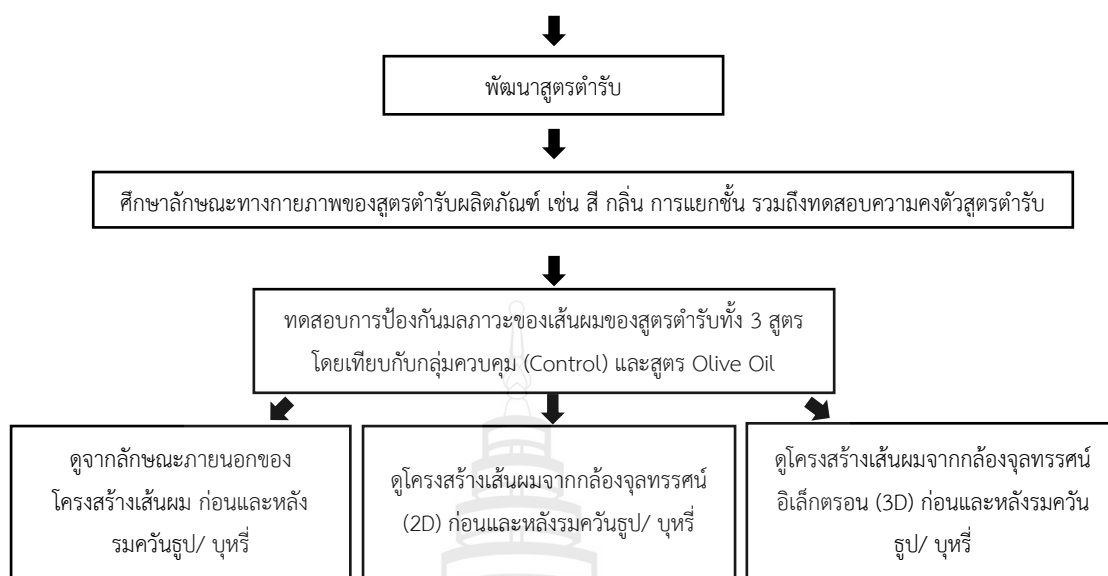
ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

เครื่องมือ	บริษัท	ประเทศ
เครื่อง Centrifuge	Thermo IEC	China
Ultrasonication Bath	Crest	USA
pH Indicator	Merck	Germany
Electron Microscope (2D)	Motic	China
Water Bath	Memmert WB29	Germany
Hot Plate	LMS	Japan
เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	Mettler Toledo	Switzerland
Fume Hoot	ElexLab	English
เครื่องดูดจ่ายละลายอัตโนมัติ 2-20 ไมโครลิตร	Gilson	France
เครื่องดูดจ่ายละลายอัตโนมัติ 100-1,000 และ 500-1,000 ไมโครลิตร	Ohaus	USA
ตู้เย็น	Haier	China

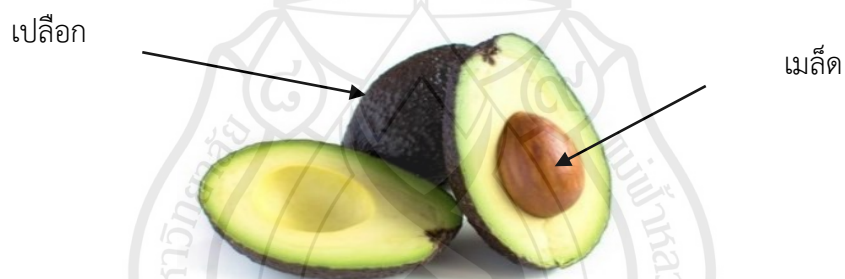
3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 3.1 (ต่อ)

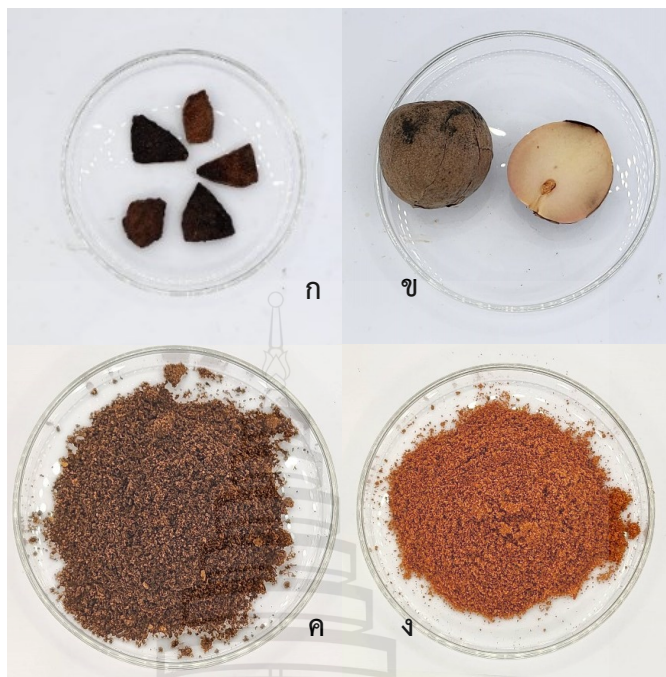


ที่มา Lauren Mullin et al. (2017)

ภาพที่ 3.2 โครงสร้างของอะโวคาโด

3.2.1 การเตรียมตัวอย่างพืช

นำเปลือกและเมล็ดที่เหลือจากการบริโภคอะโวคาโดสายพันธุ์แฮส (Hass) มาล้างทำความสะอาด หั่นเปลือกให้มีขนาดเล็ก (1×1 cm) สำหรับเมล็ดทุบให้แตก นำตัวอย่างส่วนเปลือกและเมล็ดไปปั่นให้ละเอียดเป็นผง ก่อนจะนำไปอบแห้งที่ 50°C จนกว่าน้ำหนักจะคงที่



ภาพที่ 3.3 เปลือกอะโวคาโดที่นำไปหั่นให้มีขนาดเล็ก (ก) และเมล็ดอะโวคาโดที่นำไปทุบให้แตก (ข) เปลือกอะโวคาโดหลังจากนำไปปั่นให้ละเอียดและอบไล่ความชื้น (ค) เมล็ดอะโวคาโดที่นำไปปั่นให้ละเอียดและอบไล่ความชื้น (ง)

3.2.2 สกัดด้วยวิธีแบบดั้งเดิม (Conventional Extraction)

สกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโดด้วยตัวละลาย 95% EtOH และ Hexane อัตราส่วน พืช : Solvent (1 : 10) w/v โดย Shaking Method ด้วยความเร็ว 200 rpm ณ อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง นำตัวทำละลายออกด้วย Rotary Evaporator ที่ 50°C นำสารสกัดที่ได้เก็บไว้ที่ 4°C



ภาพที่ 3.4 การสกัดด้วยวิธีแบบดั้งเดิม (ก), การนำตัวทำละลายออกด้วยวิธี Rotary Evaporator (ข)

3.2.3 เตรียมสารสกัดด้วยวิธี Ultrasonication Extraction

สกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเปลือก, เมล็ดและเนื้ออะโวคาโดด้วยตัวละลาย 95% EtOH และ Hexane อัตราส่วน พืช : Solvent (1 : 10) w/v โดย Ultrasonic extractions ที่ 24 Hz ณ อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง นำตัวทำละลายออกด้วย Rotary Evaporator ที่ 50°C นำสารสกัดที่ได้เก็บไว้ที่ 4°C



ภาพที่ 3.5 การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง (ก), การนำตัวทำละลายออกด้วยวิธี Rotary Evaporator (ข)

3.2.4 การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

3.2.4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม (Total Phenolic Content)

การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกรวมในสารสกัดอะโวคาโดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยดัดแปลงจาก Thitipramote et al. (2022) มีวิธีทำดังนี้ นำตัวอย่าง 60 μL เติมสารละลาย (v/v) 10% Folin-Ciocalteu Reagent ปริมาณ 300 μL และเติม 7.5% Na_2CO_3 (w/v) ปริมาณ 240 μL เขย่าให้สารละลายผสมกันและตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิแวดล้อม เพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 765 นาโนเมตร (A_{765}) ด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ (Microplate Reader) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ใช้กรดแกลลิกเป็นมาตรฐานอ้างอิง โดยปริมาณฟีนอลิกรวมจะแสดงค่าเป็นมิลลิกรัมของกรดแกลลิกเทียบเท่ากับสารสกัด 1 กรัม (mg GAE/ g Extract)

คำนวณค่าที่ได้จากสมการมาตรฐาน

$$\text{mg GAE/ g extract} = \frac{(\text{Abs}_{765} - b) \times \text{Dilution Factor} \times \text{Volume of extract (ml)}}{\text{Slope} \times \text{Mass of extract (g)}}$$

3.2.4.2 ทดสอบความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH Radical Scavenging Activity)

การทดสอบดัดแปลงจากวิธีที่รายงานโดย สุวรรณ วรรัตน์ และคณะ (2560) มีวิธีทำดังนี้ ปิเปตน้ำมันที่ต้องการทดสอบมา 50 ไมโครลิตร และสารละลาย DPPH ที่มีความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันในไมโครเพลทเป็นเวลา 1 นาที จากนั้น ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบไมโครเพลท โดยจะใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นตัวควบคุมบวก (Positive Control) ทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูล DPPH จากปฏิกิริยาที่ "ไม่ได้" ใส่ และคำนวณหาค่า IC50 จากผลการทดลอง โดยคำนวณหา % Radical Scavenging โอภา วัชรคุปต์ และคณะ (2550)

3.2.4.3 Lipid Peroxidation Inhibitor

การทดสอบความสามารถในการยับยั้ง Lipid Peroxidation ตามวิธีการของ Wang et al. (2004) โดยการเติมน้ำมันที่สกัดได้จากอะโวคาโด ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลายไข่แดง 0.2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ที่ 0.2 มิลลิลิตร และ Phosphate Buffer Saline (PBS, PH 7.45) 1.5 มิลลิลิตร ในชุดควบคุมใช้ PBS แทนสารตัวอย่าง จากนั้นวัดปฏิกิริยา Lipid Peroxidation โดยการเติมสารละลาย Thiobarbituric Acid (TBA) ในปริมาณที่เท่ากันลงในหลอดทดลองไปบ่มที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 30 นาที และนำหลอดทดลองไปแช่ในถังน้ำแข็งเพื่อหยุดปฏิกิริยา และไป Centrifuge เป็นเวลา 30 นาที นำส่วนที่ใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

3.2.5 พัฒนาสู่ผลิตภัณฑ์บำรุงผมและป้องกันผมร่วงที่มีสารสกัดจากอะโวคาโด

พัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผมและป้องกันผมร่วงที่มีสารสกัดจากอะโวคาโดชนิดไม่ต้องล้างออก (Leave-on) ที่อยู่ในรูปแบบเนื้อโลชั่นบางเบา ไม่เหนอะหนะ เคลี่ยง่าย แห้งไว โดยมีสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือจากอะโวคาโดที่ผ่านกระบวนการสกัดเพื่อนำมาเป็นสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหลักในสูตร และศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น สี กลิ่น การแยกชั้น ตะกอน ฯลฯ ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษาได้มีการอ้างอิงสูตรมาตรฐานที่ใช้ น้ำมันมะกอก (Olive oil) เป็น Negative Control ที่ใช้ส่วนประกอบหลักในสูตรต้นแบบ (Master Formula) สำหรับใช้ในการเปรียบเทียบกับสูตรที่พัฒนาขึ้นโดยใช้น้ำมันอะโวคาโด เนื่องจากน้ำมันมะกอกมีองค์ประกอบของกรดไขมันใกล้เคียงกับน้ำมันอะโวคาโดโดยเฉพาะกรดโอเลอิก (Oleic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวที่มีคุณสมบัติช่วยบำรุงเส้นผมและลดการสูญเสียความชุ่มชื้น นอกจากนี้ น้ำมันมะกอกยังเป็นน้ำมันพืชที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และมีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์รองรับถึงประสิทธิภาพในการซึมเข้าสู่เส้นผม ช่วยลดการดูดซับน้ำ และป้องกันความเสียหายของเส้นผม (Dias et al., 2015) อีกทั้งยังมีคุณสมบัติให้ความนุ่มลื่นและต้านอนุมูลอิสระ จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นสูตรอ้างอิงในการ

เปรียบเทียบกับสูตรที่พัฒนาขึ้นใหม่ (Barrera-Arellano et al., 2019) ทั้งนี้เพื่อประเมินคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงเส้นผม เช่น ความนุ่มลื่น การลดการชี้ฟู และการปกป้องเส้นผมจากมลภาวะ ซึ่งจะเปรียบเทียบระหว่างสูตรที่ใช้น้ำมันมะกอกกับสูตรปกติที่ใช้น้ำมันอะโวคาโดเป็นองค์ประกอบหลักของสูตร

ตารางที่ 3.3 สูตรที่ใช้น้ำมันมะกอกเป็นสารตั้งต้นหลัก ถูกใช้เป็นสูตรต้นแบบ (Master Formula)

ส่วน	ลำดับ	ส่วนประกอบ	หน้าที่	%
A	1	DI Water	Solvent	82.9
	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	3 drops

ในการเตรียมสูตรตำรับ แบ่งวัตถุดิบออกเป็นสามส่วน ได้แก่ A, B และ C โดยเริ่มจากส่วน A (ยกเว้น Carbopol 941) ผสมรวมกันแล้วให้ความร้อนด้วย Water Bath ที่อุณหภูมิ 70–75 °C นำ Carbopol 941 มาละลายด้วย DI Water (โดยแบ่งน้ำบางส่วนมาใช้ในการละลาย) ค่อย ๆ โปริยให้ละลายจนได้เนื้อเจล จากนั้นนำไปคนด้วย Magnetic Bar บน Hot Plate ประมาณ 15 นาที จนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จึงนำไปเทรวมกับส่วน A ที่ผสมไว้ พร้อมคนต่อเนื่องตลอดเวลา ต่อมาทำส่วน B โดยใส่ในปักเกอร์แล้วให้ความร้อนด้วย Water Bath ที่อุณหภูมิ 70–75 °C เมื่อละลายดีแล้ว จึงนำส่วน A เทรวมกับ B พร้อมคนให้เข้ากันประมาณ 15 นาที จากนั้นปล่อยให้เย็นลงจนกระทั่งอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 40 °C แล้วจึงเติมส่วน C ลงไป และทำการวัดค่า pH จากนั้นใช้ส่วน D เพื่อปรับค่า pH ให้อยู่ที่ประมาณ 5.5

3.2.6 ทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์บำรุงผมและป้องกันมลภาวะที่มีสารสกัดจากอะโวคาโด

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

3.2.7 ทดสอบการป้องกันมลภาวะเส้นผมแบบไม่ต้องล้างออก (Anti-pollution)

3.2.7.1 การยืดเกาะฝุ่นละอองบนเส้นผม

ใช้คว้นบุหรืและคว้นรูปมาจำลองในกล่องใสระบบปิดแทนสภาพแวดล้อมที่เป็นมลพิษ เพราะคว้นที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์, PM2.5, ไนโตรเจนออกไซด์ และทาร์จากบุหรื คล้ายกับมลพิษของอากาศในแง่การดูดซับโลหะหนักเข้าสู่พื้นผิว จึงเทียบได้กับมลพิษทางอากาศ, (Qu et al., 2018) โดยใส่ปอยผมที่ใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงผมและป้องกันมลภาวะที่มีสารสกัดจากอะโวคาโด ในกล่องใสระบบปิด ก่อนใส่บุหรื/ รูป 5 ตัวที่จุดไว้เพื่อรมคว้น ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที สังเกตลักษณะเส้นผม โดยใช้เครื่อง SEM ส่องดูการเปลี่ยนแปลงของเกล็ดผมก่อนและหลังใช้ผลิตภัณฑ์ (การทดลองที่ใช้รูปก็ใช้วิธีเดียวกัน)

3.2.7.2 ทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์บนปอยผมที่เตรียมไว้

เมื่อได้ตำรับผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้วนำมาทดสอบลงบนปอยผม โดยชโลมที่ปอยผมที่เตรียมไว้และดูเรื่องการป้องกันมลภาวะ ความหวัง่าย ความชอบน้ำของเส้นผมเพื่อดูความเงางามและชุ่มชื้นบนเส้นผมโดยเปรียบเทียบก่อนและหลังใช้ผลิตภัณฑ์ โดยเทียบปอยผมที่ไม่ทาผลิตภัณฑ์ให้เป็น Control/ เทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ Active Ingredient หลักเป็น Olive Oil และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ Active Ingredient หลักเป็น Avocado Oil

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลตัวอย่างที่ได้ นำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS version 21 ใช้วิธีทดสอบ One-Way ANOVA Test ในการทดสอบแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ (Mean $\pm$ S.D.) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ด้วยวิธี Duncan test

บทที่ 4

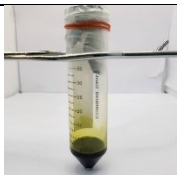
ผลและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลผลิตและลักษณะทางกายภาพของสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือ (เปลือกและเมล็ดอะโวคาโด)

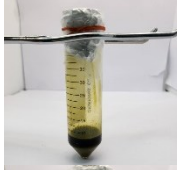
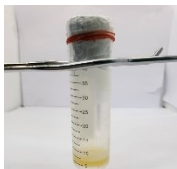
จากการสกัดสารออกฤทธิ์จากวัสดุเศษเหลือของอะโวคาโด ได้แก่ เปลือกและเมล็ด ด้วยวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม (Conventional) และวิธีคลื่นความถี่สูง (Ultrasonication) โดยใช้ตัวทำละลาย 95% EtOH และ Hexane พบว่าร้อยละของผลผลิตของสารสกัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยกลุ่มที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ สารสกัดเมล็ดที่สกัดด้วย Hexane โดยวิธี Ultrasonication ซึ่งให้ค่าร้อยละผลผลิต $11.26 \pm 4.46\%$ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบ ร้อยละของผลผลิตจากเปลือกอะโวคาโดระหว่างตัวทำละลาย พบว่าสารที่สกัดด้วย 95% EtOH มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าสารที่สกัดด้วย Hexane ภายใต้เงื่อนไขวิธีสกัดเดียวกัน แต่ความแตกต่างดังกล่าวไม่เป็นนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตาราง 4.1

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดของอะโวคาโดภายใต้เงื่อนไขการสกัดต่าง ๆ พบความแตกต่างที่ชัดเจนในด้านสี ความใส และลักษณะตะกอน โดยกลุ่มของสารสกัดจากเปลือกให้สีเขียวถึงเขียวอมดำในทุกเงื่อนไข โดยเฉพาะเมื่อใช้ 95% EtOH ไม่ว่าจะเป็นวิธี Conventional หรือ Ultrasonication ซึ่งแสดงถึงองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์หรือสารฟีนอลิกที่มีโครงสร้างพิกษเคมีในเปลือก ในขณะที่สารสกัดจากเมล็ดให้สีเหลืองถึงเหลืองอมน้ำตาลอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในตัวทำละลาย Hexane ซึ่งมีความใสและไม่มีตะกอน แสดงถึงองค์ประกอบของสารจำพวกไขมันที่มีขั้วน้อย นอกจากนี้เมื่อใช้ Hexane ในการสกัดสารสกัดจากเมล็ด จะให้สารสกัดที่มีลักษณะ ใส ไม่มีตะกอน เนื่องจากเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว

ตารางที่ 4.1 ร้อยละผลผลิตและลักษณะทางกายภาพของสารสกัดจากวัสดุเศษเหลืออะโวคาโด (เปลือกและเมล็ด) ที่สกัดด้วยวิธี Conventional และ Ultrasonication

วิธีที่ใช้สกัด	ตัวอย่าง	สารสกัด	ร้อยละของผลผลิต	ลักษณะทางกายภาพ	รูปภาพ
Conventional	เปลือก	95%EtOH	4.78 ± 1.71^b	สีเขียวเข้มอมดำ ลักษณะใสเล็กน้อย ไม่แยกชั้น ไม่หนืด	

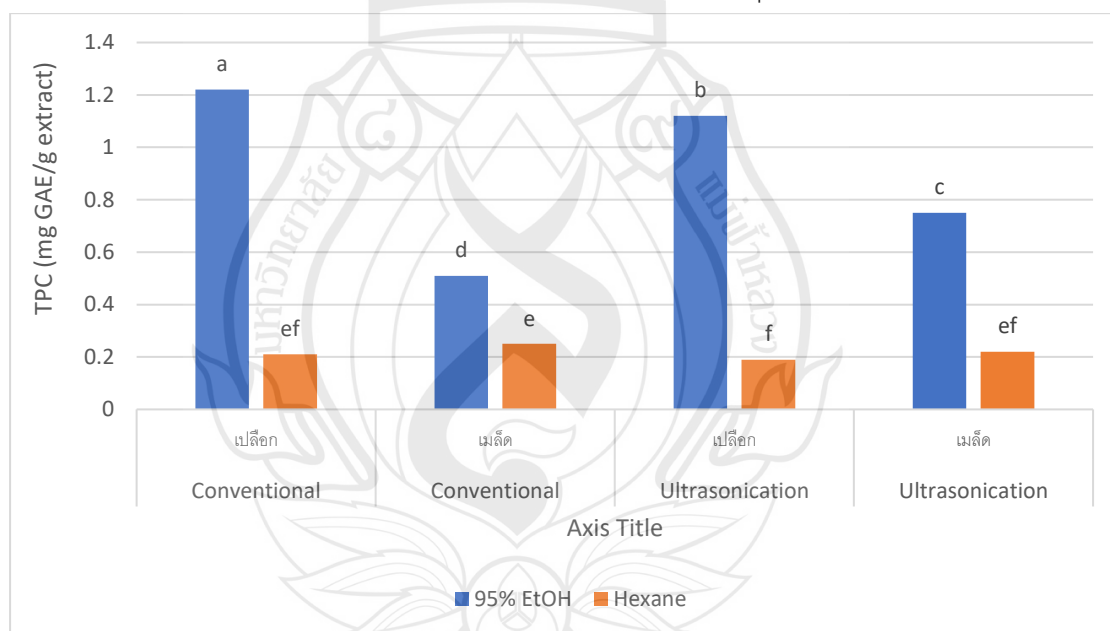
ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

วิธีที่ใช้สกัด	ตัวอย่าง	สารสกัด	ร้อยละของผลผลิต	ลักษณะทางกายภาพ	รูปภาพ
Ultrasonication	เมล็ด	Hexane	2.69 ± 0.52^b	สีเขียวเข้ม ไม่หนืด มีตะกอนเข้มข้นอยู่ที่ ก้นหลอดเล็กน้อย	
		95%EtOH	4.04 ± 1.84^b	สีเหลืองอมน้ำตาล ขุ่นเล็กน้อย มีความ หนืดปานกลาง และ มีการกระจายตัว ค่อนข้างสม่ำเสมอ	
	เปลือก	Hexane	1.69 ± 0.39^b	สีเหลืองอ่อนใส แยก ชั้นเล็กน้อย บางส่วน ตกตะกอนเล็กน้อย	
		95%EtOH	4.03 ± 1.42^b	สีเขียวเข้มอมดำ มีตะกอนที่ก้นหลอด แยกชั้นเล็กน้อย	
	เมล็ด	Hexane	3.20 ± 0.69^b	สีเขียวเข้ม แยกชั้น ค่อนข้างชัด มีตะกอนสะสมอยู่ที่ ก้นหลอด หนืด เล็กน้อย	
		95%EtOH	3.74 ± 1.59^b	สีเหลืองเข้มอม น้ำตาล ค่อนข้างขุ่น มีตะกอน หนืดปาน กลาง	
		Hexane	11.26 ± 4.46^a	มีการแยกชั้นชัดเจน ไม่หนืด ขึ้นบน เหลืองใสมีตะกอน ชั้นล่าง ไม่มีสี ไม่มีตะกอน	

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

4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม (Total Phenolic Content)

จากผลการทดลอง พบว่าสารสกัดจาก เปลือกอะโวคาโดที่ใช้ตัวทำละลาย 95%EtOH ให้ค่าปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) สูงที่สุดในทุกกลุ่มการทดลอง โดยเฉพาะในกลุ่มสกัดด้วยวิธี Conventional (1.22 ± 0.03 mg GAE/g extract และ Ultrasonication 1.12 ± 0.05 mg GAE/g extract; $p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า EtOH มีความสามารถในการละลายสารฟีนอลิกได้ดี โดยเฉพาะจากส่วนเปลือกของอะโวคาโด ในขณะที่สารสกัดจากเมล็ดให้ค่า TPC ต่ำกว่าทุกกลุ่ม โดยเฉพาะเมล็ดที่สกัดด้วย Hexane (0.22 ± 0.03 mg GAE/g extract และ 0.25 ± 0.06 mg GAE/g extract; $p > 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า Hexane ไม่เหมาะสมในการสกัดสารฟีนอลิกเนื่องจากเป็นตัวทำละลายไม่ขั้ว ทั้งนี้วิธีการสกัดด้วย Ultrasonication มีแนวโน้มเพิ่มค่า TPC ของเมล็ดเมื่อเทียบกับ Conventional (0.75 ± 0.03 mg GAE/g extract และ 0.51 ± 0.04 mg GAE/g extract; $p < 0.05$) ซึ่งอาจมาจากกลไกการแตกตัวของเซลล์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์



หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน (a, b, c, d, e, f) ในกราฟเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$ ANOVA, Duncan Test)

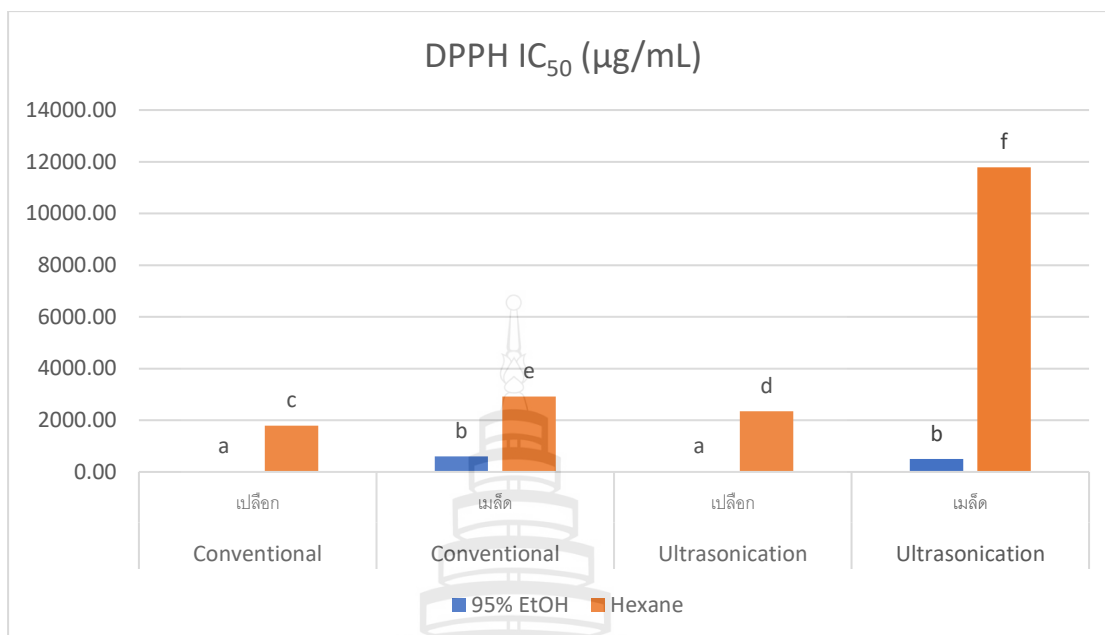
ภาพที่ 4.1 กราฟแท่งแสดงปริมาณสารฟีนอลิกรวมที่พบจากสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโดที่สกัดจาก 95% EtOH และ Hexane ด้วยกระบวนการ Conventional และ Ultrasonication

4.3 การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม (TPC), ทดสอบความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH Radical Scavenging Activity) และ ทดสอบความสามารถในการยับยั้ง (Lipid Peroxidation Inhibitor) ของสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือ ได้แก่ เปลือกและเมล็ดอะโวคาโด ที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน คือ Conventional และ Ultrasonication โดยสารละลาย 95%EtOH และ Hexane

4.3.1 การทดสอบความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH Radical Scavenging Activity)

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า กลุ่มที่มีค่า IC_{50} ต่ำที่สุด ได้แก่ สารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดที่สกัดด้วย 95% EtOH โดยวิธี Ultrasonication และ Conventional ซึ่งให้ค่า IC_{50} เท่ากับ $22.40 \pm 0.01 \mu\text{g/mL}$ และ $24.01 \pm 0.96 \mu\text{g/mL}$ ตามลำดับ ($p > 0.05$) ผลลัพธ์ดังกล่าว สอดคล้องกับค่าปริมาณสารฟีนอลิกที่พบว่าสูงในกลุ่มนี้ สะท้อนให้เห็นว่าสารฟีนอลิกมีบทบาทสำคัญในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในทางตรงกันข้าม กลุ่มสารสกัดที่ใช้ ตัวทำละลาย Hexane ให้ค่า IC_{50} สูงมากในทุกกลุ่ม โดยเฉพาะ กลุ่มเมล็ดที่สกัดด้วยวิธี Ultrasonication ซึ่งให้ค่า IC_{50} เท่ากับ $11,789.17 \pm 91.00 \mu\text{g/mL}$ ($p < 0.05$) ซึ่งให้เห็นว่า ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ใช้ Hexane ต่ำมาก เนื่องจาก Hexane เป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว จึงไม่สามารถละลายสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งส่วนใหญ่มีโครงสร้างขั้วได้ดี



หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกัน (a, b, c, d, e, f) ในกราฟเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$ ANOVA, Duncan Test)

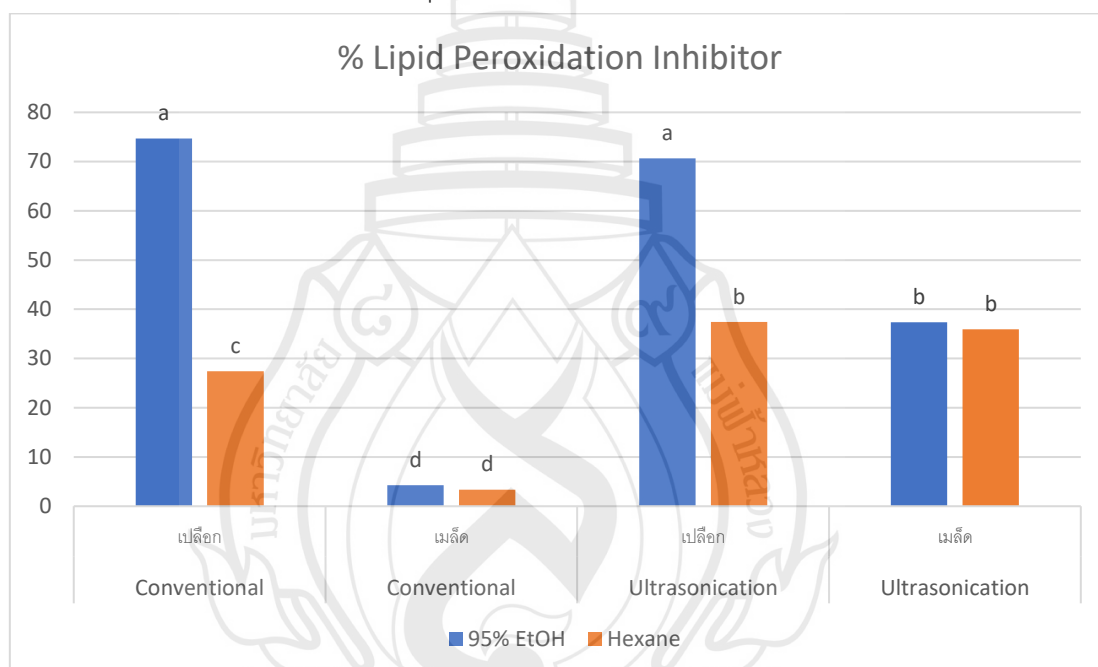
ภาพที่ 4.2 กราฟแท่งแสดงปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดวัสดุเศษเหลือของอะโวคาโด (เปลือกและเมล็ด) ที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50% (IC₅₀)

4.3.2 Lipid Peroxidation Inhibitor

จากผลการทดลองค่าการยับยั้งของสารสกัดเปลือกและเมล็ดพบว่ากลุ่มที่ให้ค่าการยับยั้งสูงที่สุด คือ เปลือกที่สกัดด้วย 95% EtOH โดยวิธี Conventional รองลงมาคือกลุ่ม Ultrasonication (75.68 ± 0.35 และ 70.65 ± 1.26 ; $p > 0.05$) แสดงให้เห็นถึง ความสามารถของ 95% EtOH ในการละลายสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในระดับไขมันได้ดี โดยเฉพาะจากเปลือก ในทางตรงกันข้ามกลุ่มที่ให้ค่าการยับยั้งต่ำที่สุดคือ เมล็ดที่สกัดด้วย Hexane โดยวิธี Conventional ซึ่งมีค่าน้อยกว่าทุกกลุ่ม (3.36 ± 1.22 ; $p < 0.05$) แสดงว่า การใช้ตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วร่วมกับวิธี Conventional ไม่เหมาะในการสกัดสารต้านออกซิเดชันจากเมล็ดอะโวคาโด นอกจากนี้ยังพบว่า Ultrasonication ช่วยเพิ่มค่า Lipid Peroxidation ได้อย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มเมล็ด (จาก 3.36 ± 1.22 เป็น 35.93 ± 4.25 ; $p < 0.05$) แสดงถึงศักยภาพของเทคนิคนี้ในการช่วยแตกเซลล์และปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ออกมาได้มากขึ้น แม้จะใช้ตัวทำละลายชนิดเดียวกัน

จากผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดด้วยตัวทำละลาย 95%EtOH มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกระบวนการเกิด Lipid Peroxidation ได้ดีที่สุดในกลุ่มที่สกัดด้วยวิธี Conventional ซึ่งให้ค่า %การยับยั้งสูงถึง $75.68 \pm 0.35\%$ รองลงมาคือกลุ่มที่ใช้วิธี

Ultrasonication ซึ่งให้ค่าใกล้เคียงกันคือ $70.65 \pm 1.26\%$ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นถึงความสามารถของ 95%EtOH ในการละลายสารออกฤทธิ์ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระในระดับไขมันได้ดี โดยเฉพาะจากบริเวณเปลือกของอะโวคาโด ในทางตรงกันข้าม เมล็ดอะโวคาโดที่สกัดด้วย Hexane โดยวิธี Conventional ให้ค่าการยับยั้งต่ำที่สุดที่ $3.36 \pm 1.22\%$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว (Hexane) เมื่อใช้ร่วมกับวิธี Conventional ไม่เหมาะสำหรับการสกัดสารต้านออกซิเดชันจากเมล็ด นอกจากนี้ ยังพบว่าในกลุ่มเมล็ด การใช้ Ultrasonication ช่วยเพิ่มค่าการยับยั้งได้อย่างมีนัยสำคัญ จาก $3.36 \pm 1.22\%$ (Conventional) เป็น $35.93 \pm 4.25\%$ (Ultrasonication) ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า Ultrasonication มีศักยภาพในการช่วยแตกเซลล์และปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ออกมาได้มากขึ้น แม้ว่าจะใช้ตัวทำละลายชนิดเดียวกัน



หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน (a, b, c, d, e, f) ในกราฟเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$ ANOVA, Duncan Test)

ภาพที่ 4.3 กราฟแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยับยั้งกระบวนการลิพิดเปอร์ออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโดที่สกัดจาก 95% EtOH และ Hexane ด้วยกระบวนการ Conventional และ Ultrasonication

4.4 การพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผมแบบไม่ต้องล้างออกที่มีสารสกัดจากวัสดุ เศษเหลือ (เปลือกและเมล็ด) ของอะโวคาโด

สูตรตำรับ F1–F3 ได้นำสูตรมาตรฐาน (Master Formula) มาปรับโดยเปลี่ยนน้ำมันมะกอก (Negative Control) เป็นสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือของอะโวคาโดโดยแต่ละสูตรจะใช้เวลาแช่ของสารสกัดที่ต่างกันเพื่อศึกษาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ โดยจะพัฒนาเป็นสูตรโลชั่นเนื้อบางเบา ไม่เหนอะหนะ เกลี่ยง่ายและไม่จับตัวเป็นก้อน การศึกษานี้เลือกใช้สารสกัดจากวิธี Ultrasonication เนื่องจากเป็นวิธีที่เป็น Green Technology แม้จากผลการทดลองจะพบว่าสารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดที่สกัดด้วย 95% EtOH วิธี Conventional มีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) สูงที่สุด (1.22 ± 0.03 mg GAE/g extract), ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH IC₅₀) ดีสุดที่ 22.40 ± 0.01 µg/mL และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งกระบวนการลิปิดเปอร์ออกซิเดชันได้สูงที่สุด ($75.68 \pm 0.35\%$) แต่เมื่อพิจารณาในเชิงเปรียบเทียบกับ วิธี Ultrasonication ซึ่งให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน (TPC = 1.12 ± 0.05 mg GAE/g extract, เปอร์เซ็นต์การยับยั้งกระบวนการลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน $70.65 \pm 1.26\%$) พบว่า สารสกัดที่ได้ยังคงมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นสารออกฤทธิ์ในเชิงชีวภาพได้ดี โดยเฉพาะในด้านการต่อต้านอนุมูลอิสระและลดผลกระทบจากมลภาวะต่อเส้นผม นอกจากนี้ การเลือกใช้ วิธี Ultrasonication ยังมีเหตุผลสนับสนุนที่สำคัญในเชิงเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม คือ กระบวนการ Green Extraction ซึ่งมีเหตุผลดังนี้ (1) ลดเวลาและปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ในกระบวนการสกัด ซึ่งมีผลโดยตรงต่อความคุ้มค่าในการผลิตระดับอุตสาหกรรม (2) เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนสูงหรือสภาวะที่รุนแรงช่วยรักษาเสถียรภาพของสารออกฤทธิ์ที่ไวต่ออุณหภูมิ (3) ประสิทธิภาพในการทำละลายเซลล์ของพืชด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonication) ทำให้สามารถสกัดสารออกฤทธิ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะเวลาสั้น (4) เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ในสูตรผลิตภัณฑ์เวชสำอาง ซึ่งต้องการมาตรฐานความปลอดภัยสูง และหลีกเลี่ยงสารตกค้างจากกระบวนการผลิต

จากการศึกษานี้ได้เลือกใช้ เปลือกอะโวคาโด ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ทั้งในกลุ่มที่มีขั้ว (Hydrophilic) และไม่มีขั้ว (Lipophilic) มาเป็นวัตถุดิบหลักเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมที่มีประสิทธิภาพทั้งในด้านการปกป้องและฟื้นฟู โดยเฉพาะในกลุ่มผลิตภัณฑ์แบบไม่ต้องล้างออก (Leave-on hair treatment) ที่ต้องการคุณสมบัติทั้งการเคลือบปกป้องโครงสร้างเส้นผม และการฟื้นฟูจากภายใน ซึ่งเลือกใช้ตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติครอบคลุมทั้งสองขั้ว ได้แก่ (1) 95%EtOH ซึ่งเป็นตัวทำละลายขั้วสูง (Hydrophilic) สำหรับการสกัดสารในกลุ่มโพลาร์ เช่น Polyphenols, Flavonoids, Tannins และ Hexane ซึ่งเป็นตัวทำละลายขั้วต่ำ (Lipophilic) สำหรับการสกัดสารในกลุ่มไขมัน เช่น Sterols, Tocopherols และกรดไขมัน

สารสกัดทั้งสองชั่วถูกผสมในอัตราส่วน Hydrophilic : Lipophilic = 1:10 เพื่อให้เกิดผลเสริมฤทธิ์ซึ่งกันและกัน (Synergistic effect) และครอบคลุมกลไกการดูแลเส้นผมที่หลากหลาย โดยสามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคที่มองหาผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ให้ผลลัพธ์ชัดเจน ทั้งในเชิงการฟื้นฟูและปกป้องจากมลภาวะ ในการพัฒนาสูตรได้เลือกใช้สารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดที่ได้จากวิธี Ultrasonication ซึ่งเป็นกระบวนการสีเขียว (Green extraction) ที่ไม่ใช้ความร้อนสูง ช่วยลดระยะเวลาและปริมาณตัวทำละลาย ทั้งยังรักษาโครงสร้างของสารออกฤทธิ์ไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการกำหนดระดับความเข้มข้นของสารสกัดแต่ละตัว คือ สารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดที่สกัดด้วย 95% EtOH: ใช้ในระดับ 0.1%, 0.2% และ 0.05% w/w และสารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดที่สกัดด้วย Hexane: ใช้ในระดับ 0.01%, 0.02% และ 0.005% w/w ตามลำดับ โดยการกำหนดความเข้มข้นอิงจากผลการทดสอบด้านประสิทธิภาพและความคงตัวของสูตรอ้างอิงจากงานวิจัยที่ระบุว่า polyphenol complex ที่ประกอบด้วย Tannic acid, Gallic acid และ Caffeic acid ให้ผลบำรุงเส้นผมอย่างมีประสิทธิภาพในช่วงความเข้มข้น 0.05–0.2% โดยสามารถช่วยลดไฟฟ้าสถิต เพิ่มความเงางาม และปกป้องจากรังสี UV ได้โดยไม่ทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์เหนอะหนะ (Won et al., 2023) ในขณะที่สารสกัดที่ได้จาก Hexane ซึ่งประกอบด้วยสารในกลุ่มไขมันที่ช่วยฟื้นฟูชั้นไขมันของเส้นผม (lipid layer) มีแนวโน้มให้ผลการบำรุงที่ดีในช่วงความเข้มข้น 0.005–0.05% โดยไม่กระทบต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Sittek et al., 2021) อย่างไรก็ตามหากใช้เกิน 0.05% อาจก่อให้เกิดความหนืดสูงและลดเสถียรภาพของอิมัลชัน ซึ่งอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แยกชั้นหรือเหนอะหนะเกินไป (Emran et al., 2021) แม้สารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดด้วยวิธี Ultrasonication ทั้งฝั่ง EtOH และ Hexane อาจไม่ได้ให้ค่าทางชีวภาพสูงที่สุดในการทดสอบทั้งหมด แต่เมื่อพิจารณาพร้อมกับปัจจัยด้านความเสถียรของสูตร ความเข้ากันได้ และคุณภาพสัมผัสในผลิตภัณฑ์ พบว่าสารสกัดจากวิธีนี้ เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์บำรุงผมแบบไม่ต้องล้างออก ทั้งในแง่ประสิทธิภาพและความรู้สึกขณะใช้

ตารางที่ 4.2 สูตรตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผมแบบไม่ต้องล้างออกที่มีสารสกัดจากวัสดุเศษเหลือ (เปลือก) ของอะโวคาโด

ส่วน	ลำดับ	ส่วนประกอบ	หน้าที่	%		
				F1	F2	F3
A	1	DI Water	Solvent	83.79	83.68	83.845
	2	เปลือกอะโวคาโดที่สกัดด้วย 95% EtOH วิธี Ultrasonic	Active Ingredient	0.1	0.2	0.05
	3	Glycerin	Humectant	4	4	4
	4	Carbopol 941	Thickener	0.2	0.2	0.2

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ส่วน	ลำดับ	ส่วนประกอบ	หน้าที่	%		
				F1	F2	F3
B	5	เปลือกอะโวคาโดที่สกัดด้วย Hexane วิธี Ultrasonic	Active Ingredient	0.01	0.02	0.005
	6	Cetearyl Alcohol	Emollient	3	3	3
	7	Glyceryl Stearate	Emulsifier	1	1	1
	8	Tween 80	Emulsifier	3	3	3
	9	Span 80	Emulsifier	3	3	3
	10	Dimethicone	Conditioning Agent	1	1	1
C	11	Phenoxyethanol	Preservative	0.8	0.8	0.8
	12	Fragrance	Fragrance Agent	0.1	0.1	0.1
D	13	Citric Acid	pH Adjuster	2-3 Drops		

จากการประเมินลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าสูตร Olive Oil มีลักษณะโลชั่นเนื้อเบา สีเหลืองอมเขียวเล็กน้อย เนื้อสัมผัสเรียบเนียน เคลี่ยง่าย และให้ความรู้สึกมันมากกว่าสูตรอื่นเล็กน้อย พร้อมกลิ่นเฉพาะตัว สำหรับสูตร F1 ให้เนื้อโลชั่นขาวขุ่นอมเขียวจาง ๆ มีความเรียบเนียน เคลี่ยง่าย ไม่จับตัวเป็นก้อน ไม่เป็นคราบ หลังเคลี่ยแล้วซึมง่าย ไม่เหนอะหนะ สูตร F2 มีสีเขียวยอมเหลืองวาวอุ่น (สีเข้มที่สุดในทุกสูตร) เนื้อสัมผัสแน่นสุดแต่ยังคงเคลี่ยง่าย ไม่จับตัวเป็นก้อน ไม่เป็นคราบ และซึมง่ายเช่นกัน ส่วนสูตร F3 ให้เนื้อโลชั่นสีขาววาวอมครีม (สีจางที่สุด) เนื้อสัมผัสน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับทุกสูตร แต่ยังคงเคลี่ยง่าย ไม่เป็นก้อน ไม่เป็นคราบ และซึมง่าย ไม่เหนอะหนะ โดยทั้งหมดมีค่า pH เท่ากับ 5.5

ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ของสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ที่มีสารสกัดจากวัสดุเศษเปลือกอะโวคาโด (เปลือก) ที่สกัดด้วยวิธี Conventional และ Ultrasonication

สูตร	ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์	รูปภาพ
Olive Oil	โลชั่นเนื้อเบา สีเหลืองอมเขียวเล็กน้อย เนื้อสัมผัสเรียบเนียน เคลี่ยง่าย ให้ความรู้สึกมันกว่าสูตรอื่นๆเล็กน้อย มีกลิ่นเฉพาะตัว pH = 5.5	

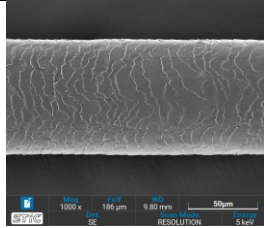
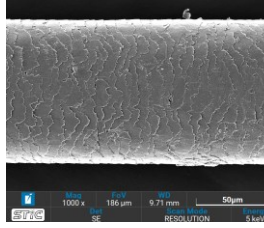
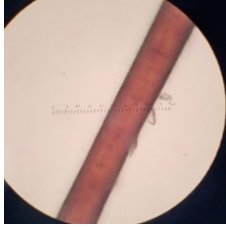
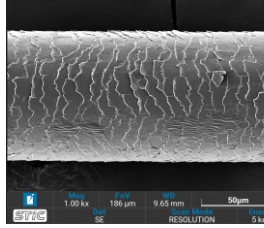
ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

สูตร	ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์	รูปภาพ
F1	โลชั่นเนื้อเบา สีขาวขุ่นอมเขียวจางๆ เนื้อสัมผัสชั้นเล็กน้อย เรียบเนียน เคลี่ยง่าย ไม่จับตัวเป็นก้อน ไม่เป็นคราบ ภายหลังเคลี่ยแล้วซึมง่าย ไม่เหนอะหนะ pH = 5.5	
F2	โลชั่นสีเขียวยอมเหลืองนวลขุ่น (สีเข้มสุด) เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แต่ดูเข้มข้นขึ้น เนื้อสัมผัสดูแน่นสุด แต่เคลี่ยง่าย ไม่จับตัวเป็นก้อน ไม่เป็นคราบ ภายหลังเคลี่ยแล้วซึมง่าย ไม่เหนอะหนะ pH = 5.5	
F3	โลชั่นสีขาวนวลอมครีม (สีจางสุด) เนื้อสัมผัสดูชั้นน้อยสุด เมื่อเทียบกับสูตร 1 และ 2 แต่ยังคงเคลี่ยง่าย ไม่เป็นก้อน ไม่เป็นคราบ ภายหลังเคลี่ยแล้วซึมง่าย ไม่เหนอะหนะ pH = 5.5	

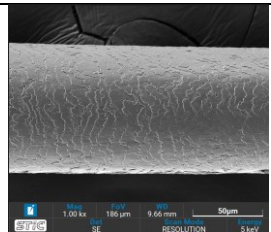
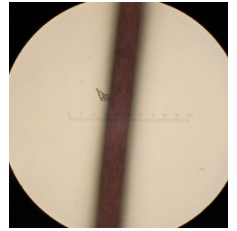
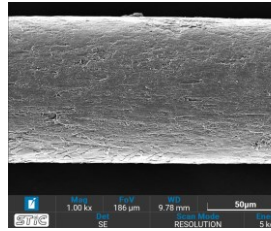
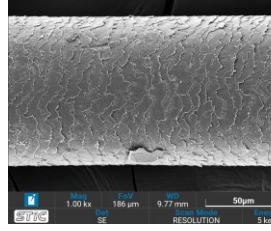
4.5 การทดสอบการป้องกันมลภาวะเส้นผมแบบไม่ต้องล้างออก (Anti-pollution)

จากการศึกษาผลของสูตรผลิตภัณฑ์บำรุงผมที่มีการใช้สารสกัดจากเปลือกอะโวคาโด โดยสูตรที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็น 3 สูตร ได้แก่ F1 (ความเข้มข้นปกติ), F2 (ความเข้มข้นสูงสุด), และ F3 (ความเข้มข้นเจือจางที่สุด) ซึ่งทำการทดสอบประสิทธิภาพผ่านการประเมินลักษณะเส้นผม การตรวจสอบด้วยกล้อง SEM ซึ่งให้รายละเอียดเชิงลึกของเกล็ดผม (Cuticle) แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างสูตรที่ใช้และกลุ่มควบคุม (Control) สูตร F2 ซึ่งมีความเข้มข้นของสารสกัดมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าโครงสร้าง Cuticle มีลักษณะเรียบต่อเนื่อง เรียงตัวดี ทั้งยังคงสภาพได้ดีแม้ผ่านมลภาวะหรือฝุ่นควัน เมื่อเปรียบเทียบกับสูตร F3 ซึ่งเป็นสูตรที่มีความเข้มข้นเจือจางที่สุด พบว่าการสูญเสียความเรียบเนียน และการเปิดของ Cuticle เล็กน้อย นอกจากนี้ สูตร F1 ซึ่งมีความเข้มข้นระดับปกติ ก็แสดงให้เห็นลักษณะของเกล็ดผมที่เรียงตัวสม่ำเสมอ แต่มีการยกตัวของบางชั้น Cuticle เล็กน้อย เมื่อเทียบกับ F2 นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับ Olive Oil ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมเชิงลบ (Negative Control) พบว่าสูตร F2 ช่วยคงโครงสร้างของเส้นผมได้ดีกว่าอย่างชัดเจน ขณะที่ Olive Oil แม้จะมีคุณสมบัติด้านการเคลือบผิวแต่ไม่สามารถป้องกันหรือฟื้นฟูโครงสร้างเกล็ดผมได้ดีเท่ากับกลุ่มทดลองที่มีสารออกฤทธิ์เฉพาะ อีกทั้งเนื้อสัมผัสของ F2 ไม่เหนอะหนะเหมือนกลุ่มน้ำมัน จึงเหมาะสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผมที่ต้องการความรู้สึกเบาและไม่มันเยิ้ม

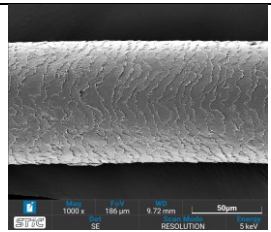
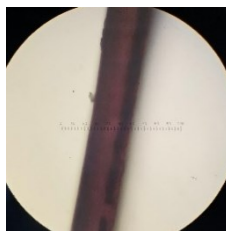
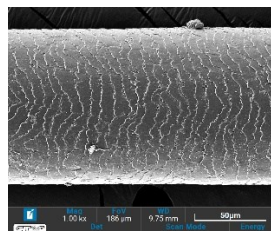
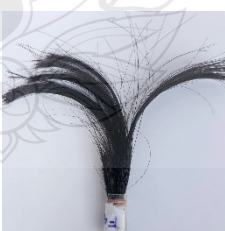
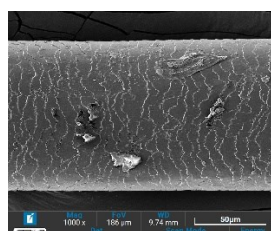
ตารางที่ 4.4 ปอยผมหลังจากสระแล้วทาผลิตภัณฑ์มีสารสกัดจากวัสดุเศษเหลืออะโวคาโด (เปลือก) ที่สกัดด้วยวิธี Conventional และ Ultrasonication ก่อนและหลังทดสอบผลภาวะด้วยการจุ่มรูปและบุหรี)

สูตร	สภาพผม	ลักษณะกายภาพ (ปอยผม)	ภาพปอยผม (ภายนอก)	ภาพ 2D (Microscope)	ภาพ 3D (SEM)
Control	ก่อนทดสอบ	เส้นผมมีเกล็ดผม (cuticle) เรียงตัวสม่ำเสมอ ไม่บิ่นหรือหลุดลอก และไม่มือนูภาคฝุ่นหรือสิ่งแปลกปลอมเกาะบนพื้นผิว		 40X	 1000X
	หลังทดสอบรูป	เส้นผมมีลักษณะเกล็ดผม (cuticle) เริ่มแสดงร่องรอยการยกตัวและไม่เรียบเสมอบางจุด มีมลภาวะเกาะอยู่รอบ ๆ พื้นผิวจำนวนมาก		 100X	 1000X
	หลังทดสอบบุหรี	เกล็ดผม (cuticle) มีความเสียหายชัดเจน โดยปรากฏรอยแยกและการลอกของเกล็ดผมในหลายตำแหน่ง มีมลภาวะเกาะอยู่รอบ ๆ พื้นผิวจำนวนมาก		 400X	 1.00 kx

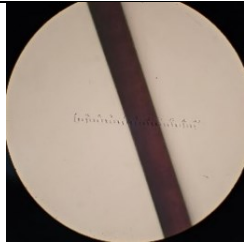
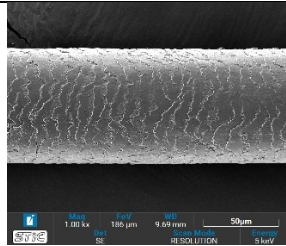
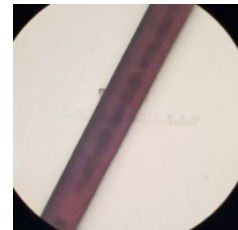
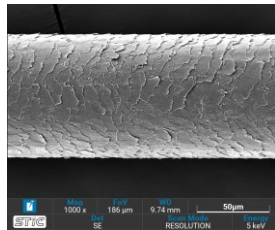
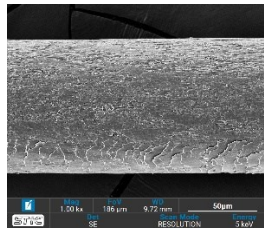
ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

สูตร	สภาพผม	ลักษณะกายภาพ (ปอยผม)	ภาพปอยผม (ภายนอก)	ภาพ 2D (Microscope)	ภาพ 3D (SEM)
Olive Oil	ก่อนทดสอบ	เกล็ดผม (cuticle) เรียงตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ และแนบชิดกันดี ไม่มีมีลภาวะเกาะบนพื้นผิว			
	หลังทดสอบรูป	เกล็ดผม (cuticle) ถูกทำลายจนผิวเส้นผมเรียบ ผิดปกติ ไม่สามารถสังเกตแนวเกล็ดผมได้ชัดเจน มีมีลภาวะเกาะอยู่รอบพื้นผิวปานกลาง			
	หลังทดสอบบุหรี	เกล็ดผม (cuticle) มีการเรียงตัวไม่สม่ำเสมอ เกล็ดผมเปิด ทำให้สูญเสียความชุ่มชื้นได้ มีมีลภาวะเกาะบนพื้นผิวบางจุด			

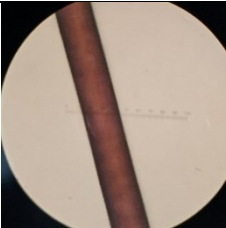
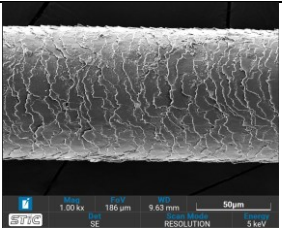
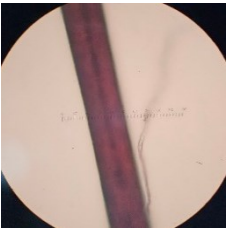
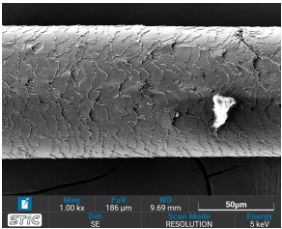
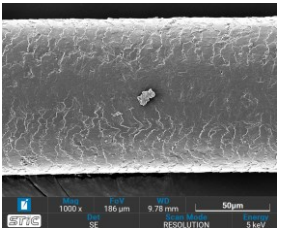
ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

สูตร	สภาพผม	ลักษณะกายภาพ (ปอยผม)	ภาพปอยผม (ภายนอก)	ภาพ 2D (Microscope)	ภาพ 3D (SEM)
F1	ก่อนทดสอบ	เกล็ดผม (cuticle) ยังคงสภาพค่อนข้างดี เรียงตัวเป็นชั้น ๆ อย่างชัดเจนและแนบสนิท ไม่มีมลภาวะบนพื้นผิว			
	หลังทดสอบรูป	เกล็ดผม (cuticle) ยังคงเรียงตัวเป็นชั้นได้ค่อนข้างดี แต่เริ่มมีมลภาวะขนาดใหญ่เกาะอยู่รอบ ๆ พื้นผิวปานกลาง และบางบริเวณมีรอยแยกเล็กน้อย			
	หลังทดสอบ บูหรี	มีมลภาวะขนาดใหญ่จำนวนมากเกาะรอบ ๆ บนพื้นผิวของเส้นผม และเกล็ดผม (cuticle) เริ่มยกตัวหรือแยกชั้นบางส่วน			

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

สูตร	สภาพผม	ลักษณะกายภาพ (ปอยผม)	ภาพปอยผม (ภายนอก)	ภาพ 2D (Microscope)	ภาพ 3D (SEM)
F2	ก่อนทดสอบ	เกล็ดผม (cuticle) เรียงตัวเป็นชั้นค่อนข้าง สม่ำเสมอ			
	หลังทดสอบรูป	เกล็ดผม (cuticle) มีการยกตัวหลายจุด พื้นผิว ไม่เรียบ แต่ไม่มีมลภาวะมาเกาะบนเส้นผม			
	หลังทดสอบ บุหรี	มีการยกตัวของเกล็ดผม (cuticle) และการหลุด ลอกเกล็ดผมหลายจุด ไม่มีมลภาวะมาเกาะบน เส้นผม			

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

สูตร	สภาพผม	ลักษณะกายภาพ (ปอยผม)	ภาพปอยผม (ภายนอก)	ภาพ 2D (Microscope)	ภาพ 3D (SEM)
F3	ก่อนทดสอบ	เกล็ดผม (cuticle) ยังเรียงตัวชัดเจนและแนบสนิท			
	หลังทดสอบรูป	เกล็ดผม (cuticle) มีลักษณะหยาบ ไม่สม่ำเสมอ และเริ่มมีรอยแยกหลายบริเวณ และมีลักษณะขนาดใหญ่เกาะติดบนพื้นผิวอย่างชัดเจน			
	หลังทดสอบบุหรี	เกล็ดผม (cuticle) มีการเรียงตัวค่อนข้างดี แต่มีลักษณะขนาดใหญ่เกาะอยู่บนพื้นผิว แสดงให้เห็นว่าแม้โครงสร้างผมจะยังไม่เสียหายชัดเจน แต่มีการสัมผัสกับสิ่งสกปรกภายนอก			

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการพัฒนาสารสกัดจากวัสดุเหลือใช้ของอะโวคาโด ได้แก่ เปลือกและเมล็ด โดยเลือกใช้ตัวทำละลาย 95% EtOH และ Hexane ร่วมกับวิธีการสกัดแบบ Conventional และ Ultrasonication เพื่อศึกษาศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดที่ให้ค่าประสิทธิภาพดีที่สุด ได้แก่ สารสกัดจากเปลือกอะโวคาโด ที่สกัดด้วย 95% EtOH ที่สกัดโดยวิธี Conventional ซึ่งให้ค่า TPC สูงสุดที่ 1.22 ± 0.03 mg GAE/g extract ขณะที่เปลือกอะโวคาโดที่สกัดด้วย 95% EtOH ที่สกัดโดยวิธี Ultrasonication มีค่า IC_{50} ที่ 22.40 ± 0.01 μ g/mL และค่า %การยับยั้งการเกิด Lipid Peroxidation จากเปลือกอะโวคาโดที่สกัดด้วย 95% EtOH โดยวิธี Conventional เปรอ์เซ็นต์สูงสุดถึง 75.68 ± 0.35 ($p < 0.05$) แสดงถึงศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามในการคัดเลือกสารสกัดเพื่อนำมาใช้พัฒนาเป็นสูตรผลิตภัณฑ์ กลับเลือกใช้สารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดที่สกัดด้วย 95% EtOH และ Hexane โดยวิธี Ultrasonication แทน แม้ประสิทธิภาพบางด้านอาจไม่ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น แต่เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกใช้สารสกัดดังกล่าวมีหลายประเด็นร่วมกัน ทั้งในด้านโครงสร้างทางเคมีกับวัตถุประสงค์ของผลิตภัณฑ์ และความเหมาะสมทางเทคนิคของสูตรตำรับโดยสารสกัดจากเปลือกที่สกัดด้วย 95% EtOH ถูกเลือกให้เป็นตัวแทนของกลุ่ม Hydrophilic ที่มีสารออกฤทธิ์ประเภท Polyphenols ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงและสามารถละลายน้ำได้ดี จึงมีแนวโน้มซึมเข้าสู่เส้นผมได้ในระดับผิวเผินและช่วยปกป้องโครงสร้างโปรตีนเคราตินจากความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ ขณะที่สารสกัดจาก Hexane ทำหน้าที่เป็นตัวแทนของฝั่ง Lipophilic ซึ่งอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ประเภท Fatty Acids, Sterols และ Tocopherols ที่มีคุณสมบัติในการเคลือบเส้นผมและป้องกันการสูญเสียความชุ่มชื้น นอกจากนี้ยังพิจารณาถึงความสอดคล้องของสารสกัดกับรูปแบบผลิตภัณฑ์ การใช้สารสกัดที่มีคุณสมบัติทั้ง Hydrophilic และ Lipophilic ในอัตราส่วนที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมเสถียรภาพของสูตร รวมถึงไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่เหนอะหนะหรือแยกชั้นง่าย และสามารถกระจายตัวได้ดีบนเส้นผม จึงกล่าวได้ว่าเกณฑ์ในการเลือกใช้สารสกัดในสูตร ไม่ได้พิจารณาเฉพาะค่าทางชีวภาพ (เช่น TPC, DPPH IC_{50} หรือ % การยับยั้งการเกิด Lipid Peroxidation) เท่านั้น แต่ยังรวมถึงความเหมาะสมของกลุ่มสารออกฤทธิ์กับบทบาทที่ต้องการในสูตร ความสามารถในการเข้ากันได้กับระบบสูตรตำรับ และผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โดยรวม

ในการคัดเลือกสารสกัดเพื่อนำมาใช้พัฒนาเป็นสูตรผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมแบบไม่ต้องล้างออก กลับเลือกใช้สารสกัดจากเปลือกอะโวคาโดที่สกัดด้วย 95% EtOH และ Hexane โดยวิธี Ultrasonication แทน แม้ประสิทธิภาพบางด้านอาจไม่ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นแต่เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกใช้สารสกัดดังกล่าวมีหลายประเด็นร่วมกัน ทั้งด้านโครงสร้างทางเคมีกับวัตถุดิบประสมของผลิตภัณฑ์ และความเหมาะสมทางเทคนิคของสูตรตำรับ โดยสารสกัดจากเปลือกที่สกัดด้วย 95% EtOH ถูกเลือกให้เป็นตัวแทนของกลุ่ม Hydrophilic ที่มีสารออกฤทธิ์ประเภท Polyphenols ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงและสามารถละลายน้ำได้ดี มีแนวโน้มซึมเข้าสู่เส้นผมได้ในระดับผิวเผินและช่วยปกป้องโครงสร้างโปรตีนเคราตินจากความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ ขณะที่สารสกัดจาก Hexane ทำหน้าที่เป็นตัวแทนของฝั่ง Lipophilic ซึ่งอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ประเภท Fatty Acids, Sterols และ Tocopherols มีคุณสมบัติในการเคลือบเส้นผมและป้องกันการสูญเสียน้ำมัน การผสมผสานจากทั้งสองเฟสในอัตราส่วน 1:10 จึงถูกนำมาใช้พัฒนาเป็นสูตรผลิตภัณฑ์บำรุงผมแบบ Leave-on โดยได้พัฒนาสูตรต้นแบบ 3 สูตร ได้แก่ F1 (เข้มข้นปกติ), F2 (เข้มข้นสูงสุด), และ F3 (เข้มข้นเจือจางที่สุด) จากการประเมินคุณสมบัติของสูตรตำรับ พบว่าสูตร F2 มีศักยภาพสูงสุดทั้งในแง่ลักษณะเนื้อสัมผัส ความคงตัวของสูตร และการกระจายตัวบนเส้นผม โดยเนื้อโลชั่นมีเนียน กลื่นง่าย ไม่เหนียวเหนอะหนะ และไม่แยกชั้น ขณะที่ F1 และ F3 แม้จะมีลักษณะที่ยอมรับได้ แต่ความคงตัวของสูตรและประสิทธิภาพในการฟื้นฟูเส้นผมยังต่ำกว่าสูตร F2 เมื่อประเมินผลของผลิตภัณฑ์ในด้านการป้องกันมลภาวะ ที่ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ตรวจสอบลักษณะเกล็ดผม (Cuticle) หลังการทดลอง โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้ น้ำมันมะกอก พบว่าเส้นผมที่ได้รับการบำรุงด้วยสูตร F2 โครงสร้างเกล็ดผมที่เรียงตัวสม่ำเสมอ ไม่ยกตัวหรือหลุดลอก และเรียบลื่นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน ขณะที่กลุ่มควบคุมมีเกล็ดผมเปิดและแตกเป็นสะเก็ดหลายจุดซึ่งเป็นลักษณะของผมที่ถูกทำลายจากมลภาวะ และกลุ่มน้ำมันมะกอกพบว่าการเคลือบเส้นผมแต่ไม่สามารถคงสภาพเกล็ดผมได้ดีเท่าสูตรที่พัฒนาขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแม้ค่าชีวภาพของสารสกัดบางชนิดอาจสูงที่สุด แต่เกณฑ์การคัดเลือกเพื่อนำมาใช้ในสูตรผลิตภัณฑ์จริงต้องคำนึงถึงหลายปัจจัยร่วมกัน ทั้งการเสริมฤทธิ์กันระหว่างกลุ่มสารออกฤทธิ์ (Synergistic effect), ความเข้ากันได้กับระบบสูตรตำรับ (Formulation compatibility), และผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โดยรวม รวมถึงความสามารถในการปกป้องโครงสร้างของเส้นผมจากมลภาวะในระดับโมเลกุล กล่าวได้ว่า สูตร F2 มีศักยภาพสูงที่สุดในการเป็นผลิตภัณฑ์ leave-on เพื่อป้องกันเส้นผมจากมลภาวะได้ดีที่สุด

รายการอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2562). *อะโวคาโด ไม้ผลพืชเศรษฐกิจสร้างความยั่งยืนบนพื้นที่สูง*. กองส่งเสริมโครงการพระราชดำริ และสำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี, กรมส่งเสริมการเกษตร.
- ขวัญหทัย ทนงจิตร. (2566). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์และถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปน้ำมันอะโวคาโดมูลค่าสูงสู่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตผลและผลิตภัณฑ์อะโวคาโดแบบครบวงจร อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทวีทอง หงส์วิวัฒน์ และนิตดา หงส์วิวัฒน์. (2550). *ผลไม้ 111 ชนิด: คุณค่าอาหารและการกิน*. สำนักพิมพ์แสงแดด.
- ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง, จรัสฟ้า โหมดสุวรรณ และอมรรัตน์ สีสุทอง. (2562). *ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านริ้วรอยของสารสกัดข้าวทับทิมชุมแพสำหรับประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอางสำหรับบำรุงผิวหน้า*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วรภรณ์ รัชมีพะกาย. (2563). การทดสอบหาชนิดของกรดไขมันในน้ำมันพืชและไขมันสัตว์โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี. *วารสารวิชาการ ปชมท*, 9(3), 51-62.
- สุวรรณา วรรัตน์, วันชัย อินทรพิทักษ์ และวรุฬ พรหมพิทยารัตน์. (2560). การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยเทคนิคเชิงภาพกับวิธีไมโครเพลสตีฟิเคชัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 19(3), 147-153.
- โอภา วัชรคุปต์, ปรีชา บุญจูง, จันทนา บุญยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัดตสินทอง. (2550). *สารต้านอนุมูลอิสระ (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. นิวไทยมิตรการพิมพ์.
- Alibaba. (n.d.). *Booth 7 avocado fresh from Vietnam*. Retrieved July 22, 2025, from <https://thai.alibaba.com/product-detail/Booth-7-Avocado-Fresh-From-Vietnam-10000003303166.html>
- Babpraserth, C., & Subhadrabandhu, S. (1999). Avocado production in Thailand. In *Proceedings of the Expert Consultation on Avocado Production in Asia and the Pacific*. April 27–29, 1999, Chiang Rai, Thailand.
- Babpraserth, C., & Subhadrabandhu, S. (2000). Avocado production in Thailand. In M. K. Papademetriou (Ed.), *Avocado production in Asia and the Pacific*. FAO Regional Office for Asia and the Pacific. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3317fed7-5ad0-4bf3-b2cb-aba00ac02d2f/content/x6902e0b.htm>

- 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.
- Bhuyan, D. J., Alsherbiny, M. A., Perera, S., Low, M., Basu, A., Devi, O. A., . . . Papoutsis, K. (2019). The odyssey of bioactive compounds in avocado (*Persea americana*) and their health benefits. *Antioxidants*, 8(10), 426.
- Charitakis, A., Assi, S., Yousaf, S., & Khan, I. (2022). Overcoming skin damage from pollution via novel skincare strategies. *Current Pharmaceutical Design*, 28(15), 1250–1257.
- Cunha, S. C., & Fernandes, J. O. (2018). Extraction techniques with deep eutectic solvents. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 105, 225-239.
- Dewi, R. H. T. M., Sholihah, N., Nofitasari, R., Adhityasmara, D., & Shabrina, A. (2024). The Potential of Avocado Oil for Topical Use: A Narrative Review. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik*, 21(1), 106-114.
- Disthai. (n.d.). *อะโวคาโด (Avocado)*. Retrieved July 22, 2025, from <https://www.disthai.com/17352148/อะโวคาโด>
- Euromonitor International. (2022, December). Avocado market research executive summary – India and Thailand. Hort Innovation. <https://www.horticulture.com.au/globalassets/laserfiche/assets/project-reports/av22000/av22000-final-report.pdf>
- 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.
- Ghoneim, M. E.-S., Abdallah, D. M., Shebl, A. M., & El-Abhar, H. S. (2020). The interrupted cross-talk of inflammatory and oxidative stress trajectories signifies the effect of artesunate against hepatic ischemia/reperfusion-induced inflammasomopathy. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 409, 115309.
- Jun, M. S., Kim, H. K., Lee, J. A., Choi, D. H., & Park, S. H. (2020). Particulate matters induce apoptosis in human hair follicular keratinocytes. *Annals of Dermatology*, 32(5), 388–392.

- Kowalska, A., & Nowak, M. (2024). The role of community health workers in enhancing healthcare access for vulnerable populations. *International Journal of Health and Medicine*, 1(1), 23–27.
- Lauren Mullin, D. A., & Kruger, J. R. (2017). *Structural Elucidation of an Unknown Compound in the Fatty Acid Methyl Esters (FAMES) Extract of Avocado Using APGC-HRMS*. <https://www.waters.com/nextgen/th/en/library/application-notes/2017/structural-elucidation-of-an-unknown-compound-in-fatty-acid-methyl-esters.html>
- Limón-Pacheco, J., & Gonsebatt, M. E. (2009). The role of antioxidants and antioxidant-related enzymes in protective responses to environmentally induced oxidative stress. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 674(1-2), 137-147.
- Lin, X., & Li, Z. (2024). Key components and multiple health functions of avocado oil: A review. *Journal of Functional Foods*, 122, 106494.
- Ling, J. K. U., & Hadinoto, K. (2022). Deep eutectic solvent as green solvent in extraction of biological macromolecules: A review. *International journal of molecular sciences*, 23(6), 3381.
- Lopez-Vega, L. A., Gil-Cortez, J. M., Sierra-Sarmiento, M. A., & Hoyos-Leyva, J. D. (2021). Hass avocado oil extraction: In the way of malaxation process optimization. *LWT*, 152, 112312.
- Marra, A., Manousakis, V., Koutis, N., Zervas, G. P., Ofrydopoulou, A., Shiels, K., Saha, S. K., & Tsoupras, A. (2025). In Vitro antioxidant, antithrombotic and anti-Inflammatory activities of the amphiphilic bioactives extracted from avocado and its by-products. *Antioxidants*, 14(2), 146.
- 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.
- Mistry, N. (2017). Guidelines for formulating anti-pollution products. *Cosmetics*, 4(4), 57.

- Petersen, M., & Simmonds, M. S. J. (2003). Rosmarinic acid. *Phytochemistry*, 62(1), 121–125.
- PlantOGRAM. (n.d.). *Avocado 'Lula'*. Retrieved July 22, 2025, from https://plantogram.com/product/avocado_lula/?srsltid=AfmBOorHbjcHTnRYC3R3VpOaF-dVm0GBnOyYRdZdnFpTXUcNn2Aq5Aa
- Qu, X., Niu, L., Kroon, B., & Foltis, L. (2018). Pollution damage and protection of Asian hair. *Cosmetics*, 5(1), 17.
- Qu, X., Niu, L., Kroon, B., & Foltis, L. (2018). Pollution damage and protection of Asian hair. *Cosmetics*, 5(1), 17.
- Salazar-López, N. J., Domínguez-Avila, J. A., Yahia, E. M., Belmonte-Herrera, B. H., Wall-Medrano, A., & Osorio-Condona, C. (2020). Avocado fruit and its by-products as potential sources of bioactive compounds. *Food Research International*, 138(Pt A), 109774.
- Sandoval-Contreras, T., González Chávez, F., Poonia, A., Iñiguez-Moreno, M., & Aguirre-Güitrón, L. (2023). Avocado Waste Biorefinery: Towards Sustainable Development. *Recycling*, 8(5), 81.
- Satriana, S., Supardan, M. D., Arpi, N., & Wan Mustapha, W. A. (2019). Development of methods used in the extraction of avocado oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(1), 1800210.
- Schaffer, B., & Baranowski, R. M. (1986). Sample size estimates for avocado yield experiments. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 111(6), 985–987.
- Shutterstock. (n.d.). *Peterson avocado [Photographs]*. Retrieved July 22, 2025, from <https://www.shutterstock.com/th/search/peterson-avocado>
- Silva, T. F., Duarte, J. L. P., Vélez Olmedo, J. B., Vieira, W. A. D. S., et al. (2025). Four new fungal pathogens causing avocado dieback in Brazil. *Crop Protection*, 192, 116047.
- Sippel, A. D., Holmes, M. H., Claassens, N. J. F., & Claassens, V. D. (1993). Analysis of 'Pinkerton' avocado fruit growth. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 16, 90–95.

- Son, E., & Kwon, K. H. (2024). Sustainable spatial strategies for mitigating air pollution in quick commerce environments. *Environmental Research and Technology*, 7(1), 131–139.
- Specialty Produce. (n.d.a). *Fuerte avocados*. Retrieved July 22, 2025, from https://www.specialtyproduce.com/produce/Fuerte_Avocados_6723.php
- Specialty Produce. (n.d.b). *Pinkerton avocados*. Retrieved July 22, 2025, from https://specialtyproduce.com/produce/Pinkerton_Avocados_7520.php
- Specialty Produce. (n.d.c). Hass Avocados. https://specialtyproduce.com/produce/Hass_Avocados_949
- Sukanya's Farm. (n.d.). *Buccaneer avocado tree*. Retrieved July 22, 2025, from <https://sukanyasfarm.com/product/buccaneer-avocado-tree/>
- Swisher, H. E. (1988). Avocado oil from food use to skin care. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 65, 1704–1706.
- Teng, S. W., Hsiung, T. C., Shyr, J. J., & Wakana, A. (2016). Lipid content and fatty acid composition in Taiwan avocados (*Persea americana* Mill.). *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 61(1), 65–70.
- 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.
- Weschenfelder, C., dos Santos, J. L., de Souza, P. A. L., de Campos, V. P., & Marcadenti, A. (2015). Avocado and cardiovascular health. *Open Journal of Endocrine and Metabolic Diseases*, 5, 77–83.

- Whiley, A. W., Rasmussen, T. S., Saranah, J. B., & Wolstenholme, B. N. (1996). Delayed harvest effects on yield, fruit size and starch cycling in avocado (*Persea americana* Mill.) in subtropical environments. I. The early-maturing cv. Fuerte. *Scientia Horticulturae*, 66(1–2), 23–34.
- Wong, R., Geyer, S., & Weninger, W. (2010). The dynamic life of the skin – from stem cells to tissue architecture. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 11(7), 485–490.



ภาคผนวก

ตารางแสดงขนาดน้ำหนักของสารสกัดวัสดุเศษเหลืออะโวคาโด (เปลือกและเมล็ด)

	95% EtOH			Hexane		
	ก่อนชั่ง	หลังชั่ง	น้ำหนัก	ก่อนชั่ง	หลังชั่ง	น้ำหนัก
เปลือก 1	13.4	15.31	1.91	13.35	14.5	1.15
เปลือก 2	13.4	16	2.6	13.7	14.94	1.24
เปลือก 3	13.45	14.68	1.23	13.59	14.43	0.84
น้ำหนักรวม			5.74			3.23
เมล็ด 1	13.49	14.95	1.46	13.52	14.11	0.59
เมล็ด 2	13.54	14.51	0.97	13.52	14.38	0.86
เมล็ด 3	13.55	15.97	2.42	13.45	14.03	0.58
น้ำหนักรวม			4.85			2.03
เปลือก 1	13.45	15.7	2.25	13.45	14.9	1.45
เปลือก 2	13.39	14.54	1.15	13.58	15.01	1.43
เปลือก 3	13.46	14.9	1.44	13.54	14.5	0.96
น้ำหนักรวม			4.84			3.84
เมล็ด 1	13.58	15.75	2.17	13.53	15.98	2.45
เมล็ด 2	13.51	14.41	0.9	13.49	19.09	5.6
เมล็ด 3	13.43	14.85	1.42	13.54	19.01	5.47
น้ำหนักรวม			4.49			13.52

Mean $\pm$ S.D. (n = 3)

Yield

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Duncan ^a 4.00	3	1.6917	
2.00	3	2.6917	
6.00	3	3.2000	
7.00	3	3.7417	
5.00	3	4.0333	
3.00	3	4.0417	
1.00	3	4.7833	
8.00	3		11.2667
Sig.		.111	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางแสดงค่าพินอลิกรวมที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณ

	EtOH	DMSO	EtOH เปลือก Con	EtOH เปลือก Ult	EtOH เมล็ด Con	EtOH เมล็ด Ult	Hex เปลือก Con	Hex เปลือก Ult	Hex เมล็ด Con	Hex เมล็ด Ult
A	0.294	0.123	1.263	1.113	0.495	0.728	0.258	0.187	0.296	0.186
B	0.272	0.16	1.21	1.147	0.453	0.769	0.251	0.254	0.323	0.254
C	0.291	0.137	1.265	1.162	0.539	0.763	0.239	0.225	0.255	0.24
D	0.321	0.152	1.181	1.083	0.468	0.784	0.217	0.217	0.303	0.233
E	0.287	0.127	1.213	1.054	0.535	0.703	0.161	0.164	0.273	0.167
F	0.302	0.143	1.263	1.088	0.499	0.724	0.206	0.206	0.211	0.241
G	0.27	0.118	1.203	1.198	0.578	0.739	0.152	0.129	0.202	0.198
H	0.298	0.109	1.198	1.092	0.534	0.764	0.172	0.138	0.146	0.218
Mean	0.29	0.13	1.22	1.12	0.51	0.75	0.21	0.19	0.25	0.22
S.D.	0.02	0.02	0.03	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.06	0.03
	0.29 ± 0.02	0.13 ± 0.02	1.22 ± 0.03	1.12 ± 0.05	0.51 ± 0.04	0.75 ± 0.03	0.21 ± 0.04	0.19 ± 0.04	0.25 ± 0.06	0.22 ± 0.03

Mean ± S.D. (n = 8)

ANOVA

TPC

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.108	7	1.444	818.558	.000
Within Groups	.099	56	.002		
Total	10.207	63			

TPC

Sample	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
Duncan ^a 6.00	8	.1900					
2.00	8	.2070	.2070				
8.00	8	.2171	.2171				
4.00	8		.2511				
3.00	8			.5126			
7.00	8				.7468		
5.00	8					1.1171	
1.00	8						1.2245
Sig.		.229	.051	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50%

Sample	IC 50 (ug/mL)					
Solvent extraction	Ethanol	Ave	SD	Hexane	Ave	SD
เปลือก convent	23.33	24.01	0.96	1637.31	1785.57	209.67
	24.69			1933.83		
เปลือก ultra	22.43	22.42	0.01	2205.91	2348.94	202.26
	22.41			2491.96		
เมล็ด convent	582.33	602.01	27.84	2748.78	2915.49	235.76
	621.69			3082.2		
เมล็ด ultra	521.82	495.5	37.21	11853.51	11789.17	91
	469.19			11724.82		

Mean $\pm$ S.D. (n = 2)

ANOVA

DPPHIC50

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	213767417.8	7	30538202.54	1618.992	.000
Within Groups	150899.851	8	18862.481		
Total	213918317.6	15			

DPPHIC50

Sample	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
Duncan ^a 5.00	2	22.4200					
1.00	2	24.0100					
7.00	2		495.5050				
3.00	2		602.0100				
2.00	2			1785.5700			
6.00	2				2348.9350		
4.00	2					2915.4900	
8.00	2						11789.1650
Sig.		.991	.460	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางแสดงค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง Lipid Peroxidation

Sample Solvent extraction	%Inhibition					
	Ethanol	Ave	SD	Hexane	Ave	SD
เปลือก convent	74.48	74.68	0.35	28.34	27.4	0.81
	74.48			26.93		
	75.08			26.93		
เปลือก ultra	71.67	70.65	1.26	37.44	37.41	1.71
	69.24			38.62		
	71.05			36.2		
เมล็ด convent	4.25	4.26	3.56	4.16	3.36	1.23
	1.75			3.96		
	6.78			1.95		
เมล็ด ultra	35.39	37.34	4.09	32.37	35.93	4.25
	42.04			34.79		
	34.59			40.63		

Mean $\pm$ S.D. (n = 3)

ANOVA

Yield

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	179.040	7	25.577	6.459	.001
Within Groups	63.359	16	3.960		
Total	242.399	23			

LipidPerox

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Duncan ^a 4.00	3	3.3567	27.4000	35.9300	70.6533
3.00	3	4.2600			
2.00	3				
8.00	3				
7.00	3		37.4100	37.3400	74.6800
6.00	3				
5.00	3				
1.00	3		1.000	.487	.057
Sig.		.652			

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Sample 1.00 แพน เปลือกอะโวคาโด ที่สกัดด้วย 95%EtOH โดยวิธี Conventional
 Sample 2.00 แพน เปลือกอะโวคาโด ที่สกัดด้วย Hexane โดยวิธี Conventional
 Sample 3.00 แพน เมล็ดอะโวคาโด ที่สกัดด้วย 95%EtOH โดยวิธี Conventional
 Sample 4.00 แพน เมล็ดอะโวคาโด ที่สกัดด้วย Hexane โดยวิธี Conventional
 Sample 5.00 แพน เปลือกอะโวคาโด ที่สกัดด้วย 95%EtOH โดยวิธี Ultrasonication
 Sample 6.00 แพน เปลือกอะโวคาโด ที่สกัดด้วย Hexane โดยวิธี Ultrasonication
 Sample 7.00 แพน เมล็ดอะโวคาโด ที่สกัดด้วย 95%EtOH โดยวิธี Ultrasonication
 Sample 8.00 แพน เมล็ดอะโวคาโด ที่สกัดด้วย Hexane โดยวิธี Ultrasonication

ตารางที่ 1 การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากวัสดุเศษเหลืออะโวคาโด (เปลือกและเมล็ด) ที่สกัดด้วยวิธี Conventional และ Ultrasonication

วิธีที่ใช้สกัด	ส่วนของพืช	ตัวทำละลาย	TPC (mg GAE/g extract)	IC ₅₀ of DPPH radical (µg/mL)	% Lipid Peroxidation Inhibitor
Conventional	เปลือก	95% EtOH	1.22±0.03 ^a	24.01±0.96 ^a	75.68±0.35 ^a
		Hexane	0.21±0.04 ^{ef}	1785.57±209.67 ^c	27.4±0.81 ^c
	เมล็ด	95% EtOH	0.51±0.04 ^d	602.01±27.83 ^b	4.26±2.52 ^d
		Hexane	0.25±0.06 ^e	2915±235.76 ^e	3.36±1.22 ^d
Ultrasonication	เปลือก	95% EtOH	1.12±0.05 ^b	22.4±0.01 ^a	70.65±1.26 ^a
		Hexane	0.19±0.04 ^f	2348.94±202.27 ^d	37.41±1.21 ^b
	เมล็ด	95% EtOH	0.75±0.03 ^c	495.50±37.22 ^b	37.34±4.09 ^b
		Hexane	0.22±0.03 ^{ef}	11789.17±91.00 ^f	35.93±4.25 ^b

หมายเหตุ Mean±S.D. (n=3) ตัวอักษรยกที่แตกต่างกัน (a, b, c, d, e, f) ในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05 ANOVA, Duncan Test)

ประวัติผู้ประพันธ์

ชื่อ

รัชชนันท์ ฐิตญาณพงศ์

ประวัติการศึกษา

2564

ปริญญาโท บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการตลาด และ กลยุทธ์

สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

2560

ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการทำงาน

2568

Marketing Manager

บริษัทไลเฟ่นไทยแลนด์ จำกัด

2567

Assistant Product Marketing Manager

บริษัทอริกซ์ สปอร์ต จำกัด (มหาชน)

2566-2567

Senior Marketing Executive

บริษัทเท็กซ์ไทล์ แกลลอรี จำกัด

2564-2565

Product Manager

บริษัทสยามเบทเทอร์ไลฟ์ จำกัด

2560-2563

Marketing Officer

บริษัทพาวเวอร์เทลโก้ จำกัด