



รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินดัชนีเก็บเกี่ยวและการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบเหลือทิ้ง
จากอะโวคาโด

Evaluation of harvest index and adding value of raw material
from avocado

สุรางค์รัตน์ พันแสง และคณะ
สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2567

คำรับรองเลขที่ TSRI2567/66

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินดัชนีเก็บเกี่ยวและการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบเหลือทิ้ง
จากอะโวคาโด

Evaluation of harvest index and adding value of raw material
from avocado

สุราษฎร์ธานี พันแสง

สาขาวิชาชีววิทยา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

พวงผกา แก้วกรม

สาขาวิชาชีววิทยา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ทุนอุดหนุนงานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประเภทส่งเสริมและสนับสนุน

การพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ชื่องานวิจัย	การประเมินดัชนีเก็บเกี่ยวและการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบเหลือทิ้งจากอะโวคาโด
ชื่อผู้วิจัย	สุรางค์รัตน์ พันแสง
ผู้ร่วมวิจัย	พวงผกา แก้วกรม
สาขาวิชา	ชีววิทยา
	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2568

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อประเมินดัชนีเก็บเกี่ยวที่มีต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลอะโวคาโด และสารสกัดจากวัสดุเหลือทิ้งจากอะโวคาโด เพื่อนำมาประยุกต์ใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์พื้นฐานครีมบำรุงผิว แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 ผลของดัชนีเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลอะโวคาโดพันธุ์บักคาเนียที่ระยะ 120, 140, 160 และ 180 วันหลังติดผล จำนวน 20 ผลต่อระยะความแก่ นำมาแบ่งเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 คือ ผลดิบ นำมาตรวจสอบสถิติทางกายภาพและเคมีทันทีหลังการเก็บเกี่ยว ชุดที่ 2 คือ ผลสุก โดยนำผลดิบมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30° C เป็นเวลา 12 วัน ตรวจสอบสถิติทางกายภาพและเคมี พบว่า ผลดิบมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ โดยมีน้ำหนัก ขนาด วัตถุแห้งเพิ่มขึ้น ส่วนความชื้นลดลงอย่างชัดเจน ในขณะที่ค่าสีเปลือกและสีเนื้อ ความแน่นเนื้อมีค่าค่อนข้างคงที่ อย่างไรก็ตามเมื่อผลอะโวคาโดผ่านกระบวนการสุกจะมีสมบัติทางกายภาพส่วนใหญ่ลดลง และการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนที่สุดที่สามารถสังเกตได้ คือ สีเปลือกผล ซึ่งเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีน้ำตาลเข้ม เนื้อผลมีสีเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยยังคงมีสีเหลืองอ่อนปนเขียว การทดลองที่ 2 สารสกัดจากวัสดุเหลือทิ้งอะโวคาโด ตรวจสอบสารฟลักซ์เคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด โดยเตรียมสารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ในอัตราส่วน 1:10 (w/v) เป็นเวลา 7 วัน จากการศึกษาพบว่า สารสกัดหยาบจากส่วนของเปลือกให้ผลผลิตร้อยละสูงสุด 11.58 โดยน้ำหนักต่อตัวอย่างน้ำหนักแห้ง และพบสารฟลักซ์เคมี จำนวน 5 กลุ่ม ได้แก่ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน และเทอร์ปีนอยด์ สารสกัดหยาบเปลือกผล (P) และเมล็ด (S) ของอะโวคาโดมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 109.82 ± 2.73 และ 59.65 ± 0.39 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เท่ากับ 120.90 ± 5.66 และ 60.18 ± 1.55 มิลลิกรัมของแคทีชินต่อกรัมของสารสกัด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 415.24 ± 16.38 และ 710.30 ± 7.55 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ การทดลองที่ 3 การเพิ่มมูลค่าจากเปลือกผลอะโวคาโด นำไปเพิ่มมูลค่าโดยการพัฒนาครีมบำรุงผิวจากเปลือกอะโวคาโด และประเมินความพึงพอใจ โดยใช้วิธี 5-Point Hedonic Scale 5 ด้าน ได้แก่ ความหนืด การซึมเข้าสู่ผิว ความชุ่มชื้น ความเหนอะหนะ และความชอบโดยรวม พบว่า คะแนนความพึงพอใจทั้ง 5 ด้านอยู่ในระดับชอบปานกลาง และพบว่าความพึงพอใจด้านความชุ่มชื้นมีคะแนนสูงที่สุด มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ : อะโวคาโด, ดัชนีเก็บเกี่ยว, ฟลักซ์เคมี, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, วัตถุดิบเหลือทิ้ง

Title Evaluation of harvest index and adding value of raw material from avocado

Researcher Surangrat Punsang

Co-Researcher Puangpaka Kaewkrom

Major Biology

Phetchabun Rajaphat University **Year of research completed** 2025

Abstract

The objective of this research was to evaluate of the harvest index on the post-harvest quality of avocado and extract bioactive compounds from avocado waste for application in basic skincare product development. The study is divided into three experiments. Experiment 1 examines the effect of the harvest index on the post-harvest quality of Buccaneer avocado fruits harvested at 120, 140, 160, and 180 days after fruit set, with 20 fruits per maturity stage. The fruits were divided into two groups: (1) fresh fruits, immediately analyzed for physical and chemical properties after harvest, and (2) ripe fruits, stored at 30°C for 12 days before analysis. The results showed that fresh fruits exhibited changes in physical properties at different harvesting stages, with increases in weight, size, and dry matter, while moisture content significantly decreased. Peel and pulp color, as well as flesh firmness, remained relatively stable. However, upon ripening, most physical properties declined, with the most noticeable change being the peel color, which shifted from dark green to dark brown, whereas the pulp color remained light yellow-green. Experiment 2 investigates the phytochemical screening of crude extracts from avocado peel and seed waste. The crude extracts were prepared using 50% ethanol as a solvent at a ratio of 1:10 (w/v) for seven days. The study found that the crude extract from the peel yielded the highest extraction rate at 11.58% based on dry weight. The extracts contained five major phytochemical groups: alkaloids, flavonoids, saponins, tannins, and terpenoids. The total phenolic content in the crude extracts from the peel (P) and seed (S) was 109.82 ± 2.73 and 59.65 ± 0.39 mg of gallic acid equivalent per gram of extract, respectively. The total flavonoid content was 120.90 ± 5.66 and 60.18 ± 1.55 mg of catechin equivalent per gram of extract. The antioxidant activity, measured as IC_{50} , was 415.24 ± 16.38 and 710.30 ± 7.55 $\mu\text{g/mL}$ for the peel and seed extracts, respectively. Experiment 3 focuses on adding value to avocado peel waste by developing a skincare cream from avocado peel extract and evaluating consumer satisfaction using a 5-point hedonic scale across five aspects: viscosity, absorption, moisture retention, stickiness, and overall preference. The results showed that consumer satisfaction in all five aspects was

(ค)

at a moderate level, with the highest score in the moisture retention aspect, suggesting its potential for commercial application.

Keywords : Avocado, Harvest index, Phytochemical, free radical scavenging, raw material

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่ายที่สละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณไร่ป่ารุ่งล่งจิตร สำหรับพื้นที่และตัวอย่างอะโวคาโดที่ใช้ในการทดสอบ ขอขอบพระคุณนางจันทร์แรม ศรีเดช นายกองค์การบริหารส่วนตำบลเขาค้อ และกำนันตำบลเขาค้อ ในการประสานงานชุมชน และงานศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการขอใช้เครื่องมือ วิทยาศาสตร์และห้องปฏิบัติการ รวมทั้งขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

สุรางค์รัตน์ พันแสงและคณะ

22 พฤษภาคม 2568

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....		ข
กิตติกรรมประกาศ.....		ง
สารบัญ.....		จ
สารบัญตาราง.....		ฉ
สารบัญรูป.....		ญ
บทที่ 1	บทนำ.....	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
	1.4 ระยะเวลาในการวิจัย.....	2
	1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
	1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
	1.7 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย.....	4
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
	2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอะโวคาโด.....	5
	2.2 พันธุ์อะโวคาโด.....	6
	2.3 ความหลากหลายของพันธุ์อะโวคาโดในประเทศไทย.....	7
	2.4 วิธีการสังเกตการสุกแก่.....	8
	2.5 ดัชนีการเก็บเกี่ยวอะโวคาโดพันธุ์สำคัญ.....	9
	2.6 การจำแนกชนิดของสารประกอบฟีนอลิก.....	11
	2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	20
	การทดลองที่ 1 ผลของดัชนีเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของ ผลอะโวคาโด.....	20
	การทดลองที่ 2 สารสกัดจากวัสดุเหลือทิ้งอะโวคาโด	22
	การทดลองที่ 3 การเพิ่มมูลค่าจากวัตถุดิบเหลือทิ้งอะโวคาโด.....	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย.....	27
การทดลองที่ 1 ผลของดัชนีเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของ ผลอะโวคาโด.....	27
การทดลองที่ 2 สารสกัดจากวัสดุเหลือทิ้งอะโวคาโด	34
การทดลองที่ 3 การเพิ่มมูลค่าจากวัตถุดิบเหลือทิ้งอะโวคาโด.....	42
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	44
5.1 สรุป.....	44
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	45
บรรณานุกรม.....	46
ภาคผนวก.....	51
ประวัตินักวิจัย.....	62

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ลักษณะประจำพันธุ์อะโวคาโด	9
2.2 องค์ประกอบในส่วนที่รับประทานได้ของอะโวคาโด (<i>Persea americana</i>)	10
2.3 การจำแนกและแหล่งที่มาของสารประกอบฟีนอลิกในอาหาร.....	15
4.1 น้ำหนักของผลดิบและผลสุกของอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ ที่ระยะเก็บเกี่ยวต่างๆ.....	28
4.2 ขนาดของผลดิบและผลสุกของอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ ที่ระยะเก็บเกี่ยวต่างๆ.....	30
4.3 สีเปลือกของผลดิบและผลสุกของอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ ที่ระยะเก็บเกี่ยวต่างๆ.....	31
4.4 สีเนื้อของผลดิบและผลสุกของอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ ที่ระยะเก็บเกี่ยวต่างๆ	32
4.5 ความแน่นเนื้อผลดิบและผลสุกของอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ ที่ระยะเก็บเกี่ยวต่างๆ.....	33
4.6 ความชื้นและวัตถุแห้งผลดิบและผลสุกของอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ ที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ	33
4.7 น้ำหนักสารสกัดหยาบ ร้อยละผลผลิต และลักษณะทางกายภาพ.....	35
4.8 การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากเปลือกและ เมล็ดอะโวคาโด.....	35
4.9 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดหยาบเปลือกผล (P) และเมล็ด (S) ของอะโวคาโด.....	37
4.10 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดหยาบเปลือกผล (P) และเมล็ด (S) ของอะโวคาโด.....	37
4.11 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาบเปลือกผล (P) และเมล็ด (S) ของอะโวคาโด.....	40
4.12 ความพึงพอใจของครีมบำรุงผิวจากสารสกัดเปลือกอะโวคาโด.....	43

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย.....	4
2.1 การจำแนกสารประกอบฟีนอลิกในอาหาร.....	11
2.2 โครงสร้างของฟีนอลิก.....	14
3.1 ต้นอะโวคาโดพันธุ์คาคาเนียร์.....	20
3.2 วัสดุเหลือทิ้งอะโวคาโด 2 รูปแบบ (ก) เปลือก (ข) เมล็ด.....	22
4.1 ส่วนประกอบของผลอะโวคาโดพันธุ์คาคาเนียร์.....	27
4.2 ลักษณะภายนอกผลดิบ (ก) และผลสุก (ข) ของอะโวคาโดพันธุ์คาคาเนียร์.....	28
4.3 ลักษณะทางกายภาพของสารสกัดหยาบจากเปลือก [ก] และเมล็ด [ข] ของอะโวคาโด.....	34
4.4 กราฟมาตรฐานของ Gallic acid.....	38
4.5 กราฟมาตรฐานของ Catechin.....	38
4.6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาบเปลือกผล (P) ของอะโวคาโด.....	41
4.7 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาบเมล็ด (S) ของอะโวคาโด.....	41
4.8 ครีမ်บำรุงผิวจากสารสกัดเปลือกอะโวคาโด.....	43

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เขาค้อ เป็นอำเภอหนึ่งของจังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นอำเภอที่อยู่บนเขา อากาศเย็นสบายตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ย 18-25 องศาเซลเซียส พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าและเนินเขา อยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 500-1,400 เมตร ฤดูหนาวอากาศหนาวจัด อุณหภูมิต่ำสุดโดยเฉลี่ย 3 องศาเซลเซียส ฤดูฝนฝนตกชุก ลำน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ลำน้ำเข็ก ลำห้วยเสถียงแห้ง ลำห้วยสะเดาะพง และลำห้วยค้อ คณะผู้วิจัยได้ลงสำรวจพื้นที่ พบว่า อำเภอเขาค้อมีการปลูกผลไม้เมืองหนาวหลายชนิด และถือว่าเป็นไม้ผลเศรษฐกิจของอำเภอพร้อมทั้งสามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร ได้แก่ สตรอเบอร์รี่ อะโวคาโด มะคาเดเมีย เขาค้อเป็นเมืองท่องเที่ยวระดับต้น ๆ มีนักท่องเที่ยวนิยมมาเที่ยวกันมาก ผลไม้เมืองหนาวที่ผลิตในพื้นที่ไม่เพียงพอต่อการจำหน่าย บางครั้งต้องนำเข้ามาจากจังหวัดเชียงใหม่ และพื้นที่ใกล้เคียง

อะโวคาโด หรือลูกเนย เป็นผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบอเมริกา เม็กซิโก กัวเตมาลาและหมู่เกาะเวสอินดีส เป็นไม้ยืนต้น อยู่ในวงศ์ Lauraceae ชื่อวิทยาศาสตร์ *Persea americana* Mill. ผลสุกจะมีสีน้ำตาลและเนื้อภายในจะมีสีเขียว ลักษณะของเนื้อจะอ่อนนุ่ม เป็นที่นิยมในแถบอเมริกาและยุโรป ในยุคแรก ๆ ของประเทศไทยอะโวคาโดยังไม่ได้ได้รับความนิยมเนื่องจากปัญหาในเรื่องของกลิ่นและรสชาติ นำมาประกอบอาหารได้ยากและราคาค่อนข้างสูง ในภาคเหนือของประเทศไทยมีการปลูกอะโวคาโดกันมานาน โดยมีชุมชนชาวอเมริกันนำเข้ามาปลูกครั้งแรกที่จังหวัดน่าน จากนั้นจึงแพร่กระจายเข้าสู่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ตาก และเพชรบูรณ์ อะโวคาโดที่เป็นพันธุ์ส่งเสริมหลักของมูลนิธิโครงการหลวง ในปัจจุบันมี 6 พันธุ์ คือ พันธุ์ปีเตอร์สัน บุษ-7 บุษ-8 บัคคาเนีย และแฮส (อัจฉรา ภาวศุทธิ์; 2560) แต่เกษตรกรจะมีปัญหาเรื่องการเก็บเกี่ยว โดยเกษตรกรใช้วิธีการสังเกตจากการเปลี่ยนสีผิวของผล แต่บางพันธุ์จะไม่เปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผลให้เห็นชัดเจนเมื่อผลแก่และสุก จึงยากต่อการสังเกตของผู้ปลูกที่ไม่ชำนาญ นอกจากนี้อะโวคาโดแต่ละสายพันธุ์ยังมีช่วงเก็บเกี่ยวผลไม่พร้อมกัน แม้เป็นพันธุ์เดียวกันแต่ปลูกคนละสภาพแวดล้อม อาจทำให้ผลแก่เร็วหรือช้ากว่ากันได้ 1-3 สัปดาห์ ส่งผลให้เกษตรกรเก็บเกี่ยวผลที่ยังไม่แก่นำไปจำหน่าย ผู้บริโภคจะได้รับผลอะโวคาโดที่ไม่สามารถบ่มให้สุกและรับประทานได้

ปัจจุบันคนไทยนิยมรับประทานผลอะโวคาโดมากขึ้น เนื่องจากมีปริมาณวิตามินและแร่ธาตุสูง และเนื้ออะโวคาโดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว และเส้นผม กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) โดย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) เปิดตัว 3 ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมอัตลักษณ์เครื่องสำอางไทยจากสารสกัดอะโวคาโด “Serum, Eye cream ,Facial Mask” มีประสิทธิภาพต้านอนุมูลอิสระ ชะลอริ้วรอย ด้านการเกิดเม็ดสีผิว

โดยใช้วัตถุดิบจากอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ อย่างไรก็ตามในส่วนของวัสดุเหลือทิ้งที่เป็นเมล็ดและเปลือกผลยังมีการนำมาใช้ประโยชน์น้อยมาก เมล็ดมีส่วนประกอบของสารกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อแบคทีเรีย (ชนานิกันต์ วาริพิทักษ์และคณะ; 2560) รวมทั้งคุณสมบัติในการปกป้องเซลล์ผิวหนังจากการทำลายของมลพิษต่าง ๆ ทำให้ช่วยชะลอการเกิดริ้วรอยก่อนวัยได้ (Arukwe et al., 2012; Francisco et al., 2014) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะการประเมินดัชนีเก็บเกี่ยวที่มีต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลอะโวคาโด และสารสกัดจากวัสดุเหลือทิ้งจากอะโวคาโด เพื่อนำมาประยุกต์ใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์พื้นฐานครีมบำรุงผิว นอกจากนี้เป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบเหลือทิ้งจากอะโวคาโด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) เพื่อประเมินดัชนีเก็บเกี่ยวและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลอะโวคาโด
- (2) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากวัตถุดิบเหลือทิ้งผลอะโวคาโด
- (3) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์พื้นฐานครีมบำรุงผิวช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่วัตถุดิบเหลือทิ้งผลอะโวคาโด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1) นำตัวอย่างอะโวคาโด โดยใช้ส่วนผิวเปลือก และเมล็ด ที่เก็บมาจาก อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์ ในช่วงเดือนพฤษภาคม - สิงหาคม พ.ศ.2567
- 2) ประเมินดัชนีเก็บเกี่ยวและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลอะโวคาโด ได้แก่ น้ำหนักผล ขนาด สี เนื้อ สีเปลือก ความแน่นเนื้อ ความชื้นและวัตถุแห้ง
- 3) ทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
- (4) พัฒนาผลิตภัณฑ์พื้นฐานครีมบำรุงผิวจากวัตถุดิบเหลือทิ้งผลอะโวคาโด

1.4 ระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาในการวิจัยไม่เกิน 8 เดือน

ตั้งแต่วันที่ 25 มกราคม พ.ศ.2567 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2567

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ลดปัญหาการเก็บเกี่ยวผลของอะโวคาโดที่ยังไม่พร้อมเก็บเกี่ยว
- 2) ข้อมูลเบื้องต้นของสารพฤกษเคมีเบื้องต้น ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดหยาบเอทานอลของเปลือก และเมล็ดอะโวคาโด
- 3) เพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบเหลือทิ้งจากอะโวคาโด

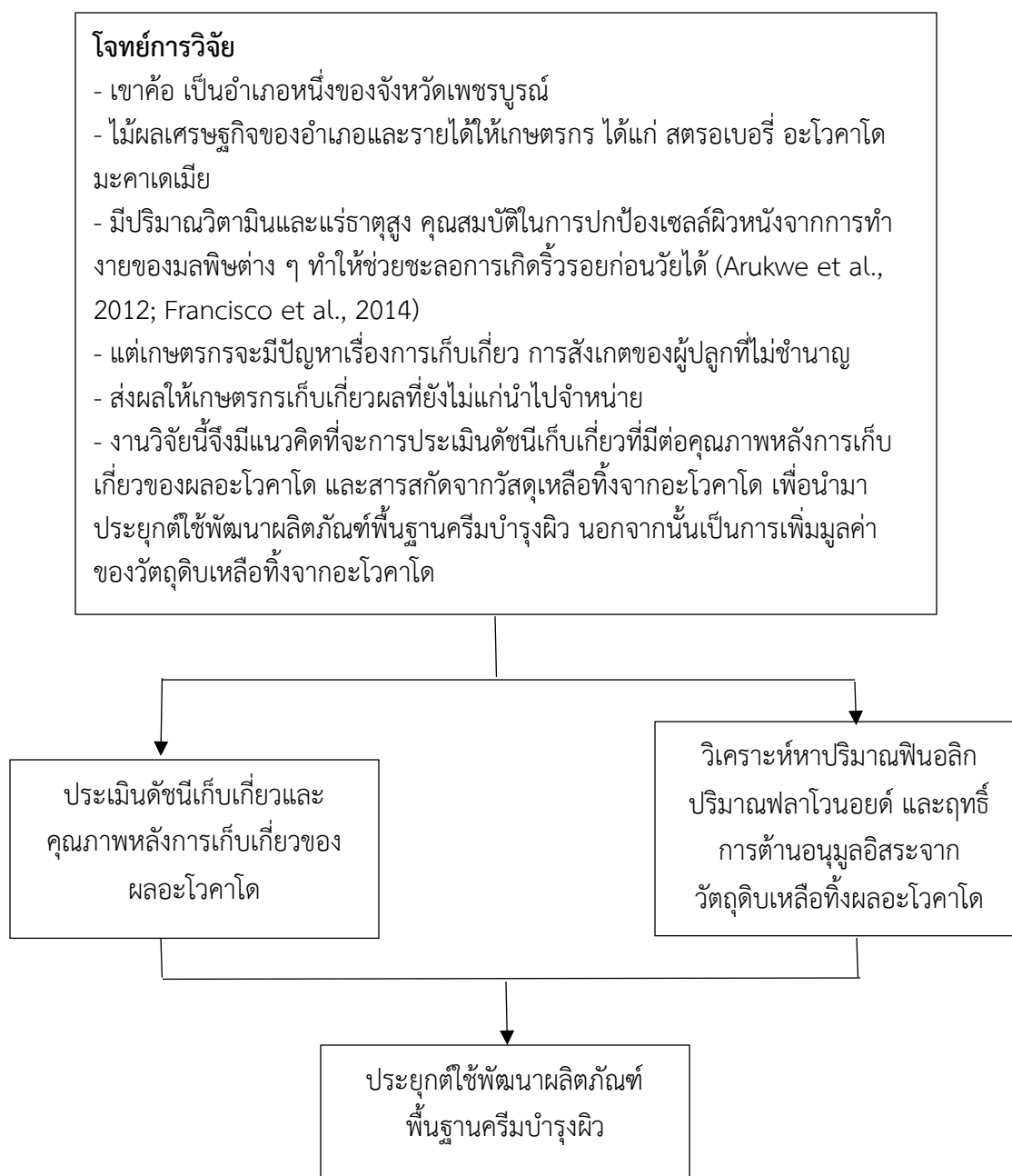
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

ดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvesting Index) หมายถึง เกณฑ์ที่ใช้เป็นตัวกำหนดว่าผลผลิตนั้น ๆ ได้เจริญเติบโตมาจนถึงระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวและมีคุณภาพดี

สารสกัดหยาบ (Crude extract) หมายถึง สารสกัดเบื้องต้นจากพืชที่ยังไม่ถึงขั้นสารบริสุทธิ์ กรรมวิธีการสกัดไม่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง

องค์ประกอบทางพฤกษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical screening) เป็นการตรวจสอบทางเคมีเบื้องต้นของสารสกัดจากพืชโดยใช้ระยะเวลาสั้นๆ ทำได้ง่าย รวดเร็ว และใช้เครื่องมือที่น้อยที่สุด โดยใช้ปฏิกิริยาทางเคมีง่าย ๆ หรือใช้ปฏิกิริยาการเกิดสี (Color reaction) หรือเกิดตะกอนเพื่อบ่งบอกถึงกลุ่มสารเคมีที่สำคัญ

1.7 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



รูปที่ 1.1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อะโวคาโดเป็นไม้ผลที่อยู่ในวงศ์ (Family) Lauraceae ซึ่งมีพืชที่อยู่ในวงศ์เดียวกัน เช่น ต้นการบูร (*Cinnamomum cauyshora*) และต้นอบเชย (*Cinnamomum zeylanicum*) อะโวคาโดมีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Persea americana* Mill. พืชในสกุล *Persea* มีอยู่ประมาณ 50 ชนิด ส่วนใหญ่มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาเหนือและใต้ มี 1 ชนิด กำเนิดในหมู่เกาะคานารี และมี 3 ชนิดที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย สมิตินันท์รายงานว่ามีชนิดต่าง ๆ ดังนี้

1. อินทรา (*Persea gamblei*) พบแถบจังหวัดเลย
2. บางบง หรือยางโง (*Persea kursei* Kosterm) พบแถบจังหวัดนครพนม นครราชสีมา
3. เอียน (*Persea membranacea* Kosterm) พบที่จังหวัดสงขลา

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอะโวคาโด

(1) ลักษณะลำต้น

อะโวคาโดเป็นต้นไม้ยืนต้น ต้นโตเต็มที่ขนาด 6-18 ปี มีใบปกคลุมตลอดทั้งปี ในระยะใกล้ ออกดอกจะมีการหลุดร่วงของใบ ทรงพุ่มแตกต่างกันไปตามพันธุ์ เป็นไม้เนื้ออ่อน กิ่งเปราะ มีทรงต้นทรงตรง ลำต้นอวบใหญ่ เปลือกผิวลำต้นขรุขระสีน้ำตาลอ่อน

(2) ลักษณะใบ

ใบเรียงสลับ ก้านใบสั้น รูปร่างใบเป็นรูปยาวด้านขนานปลายหอกจนถึงรูปไข่ปลายใบเรียวแหลมถึงแหลมป้าน ใบเป็นใบเดี่ยว สีเขียวสดใส ใบด้านบนสีเขียวเข้มเป็นมัน ด้านล่างสีจางกว่า ยาวตั้งแต่ 8-40 เซนติเมตร กว้างตั้งแต่ 5-18 เซนติเมตร ก้านใบยาว 3-8 เซนติเมตร ใบจะเรียงอยู่หนาแน่นที่ส่วนปลายของกิ่งพวย

(3) ลักษณะดอก

ออกดอกเป็นช่อตรงปลายกิ่ง ช่อดอกเป็นแบบแพนนิเคิล (Panicle) มีดอกเป็นจำนวนมาก แต่ละดอกมีขนาดเล็ก สีเขียวอมเหลือง ก้านชูดอกสั้น ดอกประกอบด้วยกลีบดอกและกลีบรองดอก 6 อัน เชื่อมติดกันตรงฐาน แบ่งออกเป็น 2 วง วงในมีขนาดใหญ่กว่าวงนอกเล็กน้อย มีเกสรเพศผู้ 9 อัน แบ่งเป็น 2 วง วงใน 3 อัน วงนอก 6 อัน และวงในมีเกสรเพศผู้ที่ไม่ทำงาน 3 อัน ตรงฐานมีต่อมน้ำหวานสีส้ม 2 ต่อม เกสรตัวผู้มีก้านชูป้อมสั้น ชูอับเกสร 4 อัน ซึ่งจะแตกทางด้านข้างรังไข่ 1 อันต่อด้วยยอดเกสรเพศเมียเรียวสั้น มีขน

ชนิดการบานของดอก แบ่งการบานของดอกอะโวคาโดเป็น 2 พวก คือ

3.1 พวก ก ดอกบานครั้งแรกในตอนเช้า เกสรตัวเมียพร้อมที่จะรับละอองเกสรตัวผู้จะยังไม่พร้อมจนกว่าดอกจะหุบ และบานอีกครั้งหนึ่งในเช้าวันรุ่งขึ้น ดังนั้นใช้เวลา 30 ชั่วโมงจึงจะสมบูรณ์

3.2 พวก ข ดอกบานครั้งแรกในตอนบ่าย และจะบานอีกครั้งในตอนเช้าวันรุ่งขึ้น หรือวันถัดไป การผสมเกสรจึงใช้เวลา 12-36 ชั่วโมง

(4) ลักษณะผล

ผลอะโวคาโดเป็นแบบผลเดี่ยว รูปร่างผลแตกต่างกันตามพันธุ์ มีรูปร่างผลแบบผลฝรั่ง ผลรูปไข่ ผลกลม หรือยาวคล้ายกับมะเขือยาว ส่วนใหญ่รูปร่างผลเป็นรูปไข่หรือทรงกลม สีผิวผลมีสีเขียวปนเหลืองหรือม่วง ผิวผลอาจจะผิวเรียบเป็นมัน หรือขรุขระ เปลือกหนาและเหนียว บางพันธุ์เปราะ เนื้อผลมีสีเหลืองอ่อนถึงเหลืองเข้ม มีเมล็ดขนาดใหญ่อยู่ในส่วนของเนื้อเมล็ด รูปร่างคล้ายลูกข่างหรือกลมแป้นหรือแหลม มีเปลือกหุ้มเมล็ด 2 ชั้น

2.2 พันธุ์อะโวคาโด

ในปัจจุบันอะโวคาโดเป็นพืชทางเลือกที่กำลังเป็นที่นิยม เนื่องจากอะโวคาโดคือผลไม้เพื่อสุขภาพ แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในเรื่องของพันธุ์อะโวคาโดที่เหมาะสมจะปลูกเป็นพันธุ์การค้า และเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้เมล็ดนำมาปลูกซึ่งจะส่งผลทำให้ต้นอะโวคาโดกลายพันธุ์ ใช้เวลานานในการออกผลผลิต และไม่ทราบระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่แน่นอน จึงส่งผลให้เก็บผลผลิตที่ยังแก่ ผลผลิตคุณภาพไม่ดี มีรสชาติขม ไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้ จนเกิดปัญหาทางการตลาด วิธีการแก้ปัญหา คือ การรู้จักเลือกพันธุ์อะโวคาโดที่เป็นพันธุ์การค้า 5 พันธุ์ดังต่อไปนี้

(1) พันธุ์แฮสส์ (Hass)

รูปร่างใบแบบขอบขนาน (Oblong) ขอบใบเรียบ ก้านใบยาว ผลทรงรี (Oval) ผิวขรุขระมาก สีเขียวเข้ม เมื่อสุกอาจเป็นสีเขียวหรือม่วงเข้ม ผลมีขนาดเล็ก น้ำหนักประมาณ 200-300 กรัม เนื้อสีเหลือง เมล็ดเล็กถึงขนาดกลาง ช่วงเก็บเกี่ยวผลเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม เป็นพันธุ์หนัก มีไขมัน 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นพันธุ์การค้าอันดับ 1 ของโลก ประเทศไทยสามารถปลูกได้ในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 500 เมตร ค่อนข้างอ่อนแอต่อโรคและแมลง

(2) พันธุ์บูช 7 (Booth-7)

รูปร่างใบแบบรูปไข่ (Ovate) ขอบใบเรียบ ผลกลม (Spheroid) ผลขนาดกลางน้ำหนักประมาณ 300-500 กรัม ผิวผลขรุขระ สีเขียว เปลือกหนา เนื้อสีเหลืองอ่อน รสดี เมล็ดขนาดกลาง ติดอยู่ในช่องเมล็ดแน่น เมื่อสุกแก่จะมีรอยจุดสีน้ำตาล มีไขมัน 7-14 เปอร์เซ็นต์ ช่วงเก็บเกี่ยวผลประมาณเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน เหมาะปลูกในประเทศไทย ค่อนข้างทนต่อโรค ดูแลรักษาง่าย ออกผลดก ผลมีขนาดใหญ่

(3) พันธุ์ปีเตอร์สัน (Peterson)

รูปร่างใบแบบรูปไข่ (Ovate) ขอบใบเรียบ การเรียงตัวของใบเป็นชั้นรอบ ๆ กิ่ง ผลขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ผลทรงกลม (Spheroid) น้ำหนักผล 200-300 กรัม เนื้อสีเหลืองอมเขียว เมล็ดใหญ่อยู่ในช่องเมล็ดแน่น รสชาติดี ช่วงเก็บเกี่ยวเดือนกรกฎาคม-กันยายน เหมาะปลูกในประเทศไทย ข้อดีคือสามารถเก็บเกี่ยวได้รวดเร็ว ผลตก ปลูกและดูแลรักษาได้ง่าย รสชาติหวานเล็กน้อย

(4) พันธุ์บัคคาเนีย (Buccanear)

รูปร่างใบทรงกลม (Roundish) ขอบใบเรียบ ผลขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ผลรูปไข่ (elliptical) ผิวขรุขระเล็กน้อย น้ำหนักผล 300-400 กรัม เนื้อสีเหลือง เมล็ดใหญ่ รสชาติดี เมื่อแก่จะมีจุดบนผลชัดเจน เก็บเกี่ยวผลในช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน เหมาะปลูกในประเทศไทย ผลตกเป็นพวง ปลูกและดูแลรักษาได้ง่าย

(5) พันธุ์พริงเคอร์ตัน (Pinkerton)

รูปร่างใบแบบขอบขนาน (Oblong) ขอบใบเป็นคลื่น ก้านใบยาว ผลทรงลูกแพร์ (Pyriform) ผิวขรุขระ รูปร่างคล้ายพันธุ์เฮสส์ แตกต่างกันที่จุดของผล ผลมีขนาด 200-300 กรัม สามารถปลูกในพื้นที่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล 500 เมตร ผิวผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีม่วงปนเขียวและเยื่อหุ้มเมล็ดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เก็บเกี่ยวได้ในช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม รสชาติมัน เนื้อแน่น

2.3 ความหลากหลายของพันธุ์อะโวคาโดในประเทศไทย

ลูล่า (Lula) เกิดจากเมล็ดผ่ากัวเตมาลัน ไม่รู้พ่อพันธุ์ รูปร่างผลคล้ายหลอดไฟ ผลขนาดกลาง ผิวผลเกือบเรียบ น้ำหนักผล 300-400 กรัม เนื้อสีเหลืองปนเขียว เมล็ดขนาดใหญ่ติดอยู่ในช่องเมล็ดแน่น ไขมัน 6-15% เก็บเกี่ยวตุลาคมถึงพฤศจิกายน ติดผลตกปีเว้นปี

ฮอลล์ (Hall) ลูกผสมระหว่างกัวเตมาลันและเวสอินเดียน ผลคล้ายหลอดไฟ น้ำหนักผล 400-500 กรัม บางครั้งใหญ่ถึง 600 กรัม ติดผลไม่ตก ผิวค่อนข้างเรียบสีเขียวเข้ม เปลือกหนาพอใช้ เนื้อสีเหลืองเข้ม เมล็ดขนาดกลางถึงใหญ่ อยู่ในช่องเมล็ดแน่นติดผลตกในประเทศไทย ไขมัน 10-16% ช่วงเก็บเกี่ยวราวเดือนพฤศจิกายน

เฟอร์เอเต้ (Fuerte) เป็นลูกกัวเตมาลันกับแม็กซิกัน ผลมีขนาดเล็กถึงขนาดกลาง หนักประมาณ 200-350 กรัม ผลรูปไข่สีเขียว ผิวขรุขระเล็กน้อย เนื้อสีเหลืองครีม เมล็ดขนาดกลาง ช่วงเก็บเกี่ยวราวเดือนกรกฎาคม – มกราคม

กัมปง (Kampong) เป็นลูกผสมกัวเตมาลัน ผลเป็นรูปไข่ ฐานกว้าง ผิวเรียบ สีเขียวเป็นมัน เนื้อสีเหลืองเข้ม เนื้อหนาประมาณ 2.3-2.5 เซนติเมตร เปลือกหนาพอใช้ น้ำหนักผล 400-600 กรัม เมล็ดขนาดกลางอยู่ในช่องเมล็ดแน่น ติดผลตก ช่วงเก็บเกี่ยวเดือนกันยายน – ธันวาคม

โชควอท (Choquette) ผลรูปไข่ด้านผลข้างหนึ่งเอียง ผลมีขนาดใหญ่ หนักประมาณ 400-600 กรัม ผิวผลเกือบเรียบ เป็นมัน ผลสีเขียวถึงเขียวเข้ม เนื้อหนา สีเหลือง รสดี เมล็ดขนาดกลางอยู่ในช่อง

เมล็ดแน่น ไขมัน 3-18 เปอร์เซ็นต์ ติดผลตก อายุ 6 ปี ให้ผล 200-400 ผลต่อต้น ช่วงเก็บเกี่ยวราวเดือนพฤศจิกายน

ปากช่อง 3-3 (Pakchong 3-3) เกิดจากการเพาะเมล็ดและคัดเลือกพันธุ์ที่สถานีวิจัยปากช่อง ผลมีขนาดใหญ่ หนักประมาณ 500 กรัม ผลรูปไข่ผิวเรียบ มีแต้มแดงที่ขั้วผล เนื้อสีเหลืองครีม เนื้อเยื่อเมล็ดขนาดกลาง เก็บเกี่ยวเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม

2.4 วิธีการสังเกตการสุกแก่

อะโวคาโดที่ปลูกกันอยู่หลายพันธุ์ ดังนั้นฤดูที่ผลแก่ เก็บเกี่ยวได้จึงไม่พร้อมกัน ถึงแม้ว่าพันธุ์เดียวกันแต่ปลูกคนละแห่ง สภาพแวดล้อมทำให้ผลช้าหรือเร็วกว่ากันได้ ดังนั้นวิธีสังเกตและทดสอบว่าผลอะโวคาโดแก่มีหลายวิธี

(1) สังเกตจากลักษณะภายนอกของผล

ผลอะโวคาโดที่แก่ พบว่า ลักษณะภายนอกของผลเปลี่ยนแปลงไม่เหมือนกัน บางพันธุ์จะมีนวลลบบอกได้ บางพันธุ์เปลี่ยนสีผิวจากเขียวเป็นเขียวปนเหลือง เช่น พันธุ์รุเฮิล และพันธุ์ปีเตอร์สัน บางพันธุ์เปลี่ยนจากเขียวเป็นเขียวปนม่วง เช่น พันธุ์โพลลอค ปากช่อง 3-3 และปากช่อง 6-5 เป็นต้น บางพันธุ์เมื่อแก่ผิวผลยังคงเป็นสีเขียวอยู่ แต่ขั้วผลเปลี่ยนจากเขียวเป็นเหลือง หรือผสมจุดสีน้ำตาล เช่น พันธุ์กัมปง บุษ 7 พันธุ์ฮอลล์ และพันธุ์ลูล่า เป็นต้น

(2) จากอายุตั้งแต่ติดผลจนเก็บเกี่ยวผลได้

ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ทดสอบโดยเก็บผลที่มีขนาดใหญ่ที่สุดมาบ่มทุก ๆ สัปดาห์ สัปดาห์ละ 5-10 ผล เพื่อทดสอบความแก่ของผล ถ้าผลแก่จะบ่มได้สุกผิวผลเมื่อสุกไม่เหี่ยวย่นหรือแห้ง เมื่อชิมรสต้องดี เนื้อไม่เหนียวหรือแข็ง และไม่มรสขม แสดงว่าผลที่เลือกบนต้นสามารถเก็บเกี่ยวได้แล้ว

นอกจากนี้ ยังสามารถทดสอบความแก่ของผลอะโวคาโด โดยวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในผล เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง วัดความถ่วงจำเพาะ วัดเปอร์เซ็นต์น้ำตาลในระยะผลแก่ เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีการที่ยุ่งยากและซับซ้อนแตกต่างกันไป

ตารางที่ 2.1 ลักษณะประจำพันธุ์อะโวคาโด (บรรจง ปานดี, 2566)

พันธุ์	ประเภท ดอก	น้ำหนักผล (กรัม)	ผิวผล	สีผล	ระยะเวลา เก็บเกี่ยว	คุณภาพผล
ปีเตอร์สัน (Peterson)	ก	200-300	เรียบ	เขียวอม เหลือง	ก.ค.-ก.ย.	ปานกลาง
บัคคาเนีย (Buccaneer)	ข	250-400	ขรุขระ เล็กน้อย	เขียว	ก.ย.-พ.ย.	ดี
บูช 7 (Booth 7)	ข	300-500	ขรุขระ เล็กน้อย	เขียว	ต.ค.-พ.ย.	ดี
บูช 8 (Booth 8)	ข	240-400	ขรุขระ เล็กน้อย	เขียว	ต.ค.-พ.ย.	ดี
ฮอลล์ (Hall)	ก	400-500	เรียบ	เขียวอม เหลือง	ต.ค.-ธ.ค.	ดี
พิงเคอร์ตัน (Pinkerton)	ก	200-450	ขรุขระ	ม่วง	พ.ย.-ธ.ค.	ดีมาก
แฮส (Hass)	ก	150-250	ขรุขระ	ม่วง	ธ.ค.-ม.ค.	ดีมาก

หมายเหตุ ประเภท ก ดอกบานและเกสรตัวเมียพร้อมผสมในช่วงเช้า

ประเภท ข ดอกบานและเกสรตัวเมียพร้อมผสมในช่วงบ่าย

2.5 ดัชนีการเก็บเกี่ยวอะโวคาโดพันธุ์สำคัญ

พันธุ์ปีเตอร์สัน เก็บเกี่ยวได้ประมาณเดือนกรกฎาคม - กันยายน อายุผลตั้งแต่ติดผลถึงเก็บเกี่ยว 160 วัน ลักษณะผลแก่ที่เก็บเกี่ยวได้ คือ ขั้วผลเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเขียวปนเหลือง เกิดจุดประสีน้ำตาลบนผล เยื่อหุ้มเมล็ดจะเปลี่ยนจากสีขาวหรือเหลืองครีมเป็นสีน้ำตาล และร่อนออกจากเมล็ดได้ง่าย เนื้อผลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

พันธุ์บัคคาเนีย เก็บเกี่ยวได้ประมาณเดือนกันยายน - พฤศจิกายน อายุผลตั้งแต่ติดผลถึงเก็บเกี่ยว 181-187 วัน ลักษณะผลที่แก่เก็บเกี่ยวได้ คือ จะมีนวลลบบอกได้ สีของผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเล็กน้อย เกิดจุดประสีน้ำตาลบนผล เยื่อหุ้มเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื้อผลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

พันธุ์บูช 7 เก็บเกี่ยวได้ประมาณเดือนตุลาคม - พฤศจิกายน อายุผลตั้งแต่ติดผลถึงเก็บเกี่ยว 171 วัน ลักษณะผลที่แก่เก็บเกี่ยวได้ คือ จะมีนวลลบบอกได้ ผิวผลสีเขียว เกิดจุดประสีน้ำตาลบนผล เยื่อหุ้มเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื้อผลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

พันธุ์บูช 8 เก็บเกี่ยวได้ประมาณเดือนตุลาคม - พฤศจิกายน อายุผลตั้งแต่ติดผลถึงเก็บเกี่ยว 177 วัน ลักษณะผลที่แก่เก็บเกี่ยวได้ คือ จะมีนวลลบบอกได้ ผิวผลสีเขียว เกิดจุดประสีน้ำตาลบนผล เยื่อหุ้มเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื้อผลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

พันธุ์แฮส เก็บเกี่ยวได้ประมาณเดือนพฤศจิกายน - มกราคม อายุผลตั้งแต่ติดผลถึงเก็บเกี่ยว 242-251 วัน ลักษณะผลที่แก่เก็บเกี่ยวได้ คือ ผิวผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีม่วงปนเขียว เยื่อหุ้มเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื้อผลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

พันธุ์พิงเคอร์ตัน เก็บเกี่ยวได้ประมาณเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม อายุผลตั้งแต่ติดผลถึงเก็บเกี่ยว 309 วัน ลักษณะผลที่แก่เก็บเกี่ยวได้ คือ ผิวผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีม่วงปนเขียว เยื่อหุ้มเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื้อผลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบในส่วนที่รับประทานได้ของอะโวคาโด (*Persea americana*)
(Afzal et al., 2022)

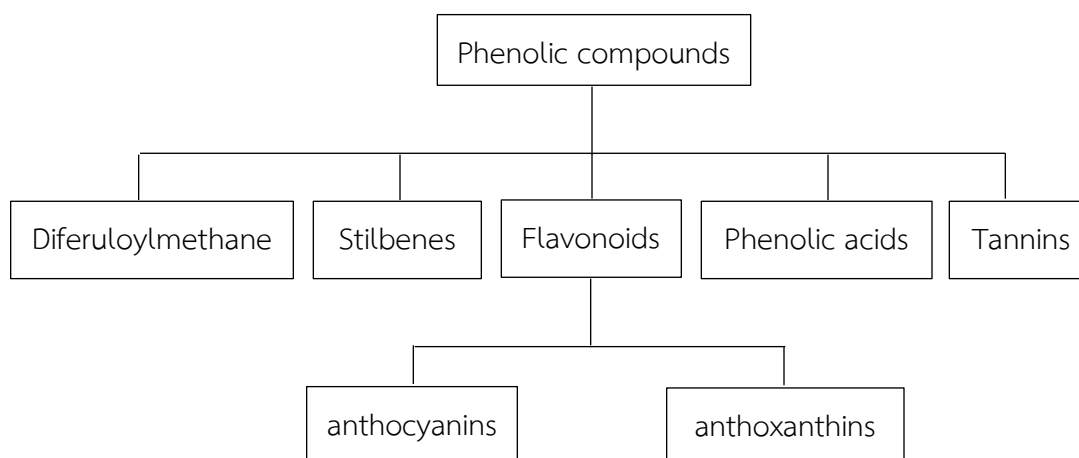
Nutrient/ phytochemical	Value per 100 g	1 fruit 100 g	½ fruit 68 g	1 serving 30 g
Dietary fiber	6.80	9.20	4.6	2.00
Total sugar	0.30	0.41	0.2	0.09
Potassium	507	690	345	152
Sodium	8.0	11.0	5.5	0.0
Magnesium	0.15	0.20	19.5	0.05
Vitamin A	7.0	10.0	5.0	0.00
Vitamin C	8.80	12.0	6.0	0.60
Vitamin E	1.97	2.68	1.34	0.59
Vitamin K	21.0	28.6	14	0.30
Folate	89.0	121	60	2.0
Vitamin B6	0.29	0.39	0.2	0.09
niacin	1.91	2.60	1.3	0.57
Pantothenic acid	1.46	2.00	1.0	0.44
Riboflavin	0.14	0.19	0.1	0.04
Choline	14.2	19.3	10	4.30
Lutein/zeaxanthin	271	369	185	81.0
Cryptoxanthin	27.0	37.0	18.5	0.0
High-monounsaturated fatty acid	9.80	13.3	6.7	2.94

สารประกอบฟีนอลิกเป็นกลุ่มสารทุติยภูมิที่พบได้ทั่วไปในผัก ผลไม้ ไวน์ ชา น้ำมันมะกอกและช็อคโกแลต เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่จะพบในรูปอนุพันธ์และหรือไฮโซเมอร์ของฟลาโวนไฮโซฟลาโวน ฟลาโวนอล คาร์ทีซิน และกรดฟีนอลิก สารเหล่านี้มีฤทธิ์หลายอย่าง เช่น ด้านการเกิดสภาวะ

ออกซิเดชัน ป้องกันการเกิดโรคมะเร็งต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นมะเร็งเต้านม มะเร็งหลอดอาหาร มะเร็งผิวหนัง มะเร็งลำไส้ มะเร็งต่อมลูกหมาก และมะเร็งตับ เป็นต้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางยาโดยเป็นสารประกอบที่มีฤทธิ์ต้านสารก่อมะเร็ง ด้านภาวะการอักเสบต่างๆ และช่วยปรับระบบภูมิคุ้มกัน สามารถกำจัดอนุมูลอิสระ และโครงสร้างมีความเสถียร สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และ low-density lipoprotein (LDL) ป้องกันเนื้อเยื่อและดีเอ็นเอจากการถูกทำลายด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2.6 การจำแนกชนิดของสารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านออกซิเดชันที่พบมากในอาหาร ในธรรมชาติพบมากกว่า 8,000 ชนิด เป็นสารทุติยภูมิที่สร้างขึ้นโดยพืช โดยมีโครงสร้างประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซีเกาะอยู่กับวงแหวนเบนซีน สามารถจำแนกชนิดของสารประกอบฟีนอลิกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ได้แก่



รูปที่ 2.1 การจำแนกสารประกอบฟีนอลิกในอาหาร

- (1) กลุ่มกรดฟีนอลิกที่มาจาก hydroxybenzoic acids ได้แก่ gallic acid และกรดฟีนอลิกที่มาจาก hydroxycinnamic acid ได้แก่ caffeic, ferulic และ coumaric acid
- (2) กลุ่มฟลาโวนอยด์ เป็นกลุ่มใหญ่ ประกอบด้วยกลุ่มฟลาโวน ไอโซฟลาโวน ฟลาโวนอล แอนโธไซยานิน และฟลาวานอล
- (3) กลุ่มสติลบีน (stilbenes)
- (4) กลุ่มลิกนินและโพลีเมอร์ของลิกนิน สารประกอบฟีนอลิกพบมากในผลไม้ ผัก และเครื่องดื่ม ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ร่างกายได้รับกรดฟีนอลิกปริมาณ 1 ใน 3 และ 2 ใน 3 จะเป็นสารกลุ่มฟลา

ไวโนอยด์ ที่พบมากในอาหารจะเป็นกลุ่มฟลาไวโนอยด์ เช่น คาร์ทีซิน และโปรแอนโธไซยานิดิน และกลุ่มแอนโธไซยานิน

กรดฟีนอลิก

กรดฟีนอลิกเป็นกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นโดยพืช สามารถแบ่งกรดฟีนอลิกได้ 2 ชนิด ได้แก่

1) กรดไฮดรอกซีซินนามิก (hydroxycinnamic acids) เป็นกรดฟีนอลิกกลุ่มใหญ่ที่สุด พบทั่วไปในพืช กรดฟีนอลิกที่พบมาก ได้แก่ *p*-coumaric, caffeic, ferulic และ sinapic acids เกิดจากหลาย ๆ รูปแบบ เช่น จากการย่อยของเอนไซม์ การเชื่อมกันของเอสเทอร์ของ hydroxy acids เช่น quinic, shikimic และ tartaric acid

***p*-coumaric acid** (รูปที่ 2.2) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นอนุพันธ์ของกรดไฮดรอกซีซินนามิก มีลักษณะเป็นผงแข็งสีขาวละลายในน้ำได้แต่ละลายได้ดีในเอทานอลและไดเอทิลเอสเทอร์ กรดชนิดนี้พบได้ 3 ไอโซเมอร์ คือ *o*-coumaric acid, *m*-coumaric acid และ *p*-coumaric acid ไอโซเมอร์ที่พบมากที่สุดในธรรมชาติ คือ ถั่วลิสง แครอท พริกสีเขียวย สตรอเบอร์รี่ สับปะรด มะเขือเทศ และกระเทียมฤทธิ์ทางชีวภาพของกรดชนิดนี้คือ สามารถต้านการออกซิเดชันของ low-density lipoprotein (LDL) และเชื่อว่าสามารถลดภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจในกระเพาะอาหาร

กรดคาเฟอิก (caffeic acid) (รูปที่ 2.2) เป็นสารทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้น จัดเป็นกรดคาร์บอกซิลิก ซึ่งอาจอยู่ในรูปกรดอิสระหรือจับกันเป็นโอลิโกเมอร์ หรือเชื่อมด้วยสารประกอบอินทรีย์ในรูปของไกลโคไซด์ และเอสเทอร์ กรดคาเฟอิกพบในผลไม้ ผัก เครื่องเทศ และเครื่องดื่ม กรดคาเฟอิกฟีนิลเอสเทอร์ (caffeic acid phenethyl ester, CAPE) ใช้ประโยชน์ทางยา โดยเป็นสารประกอบที่มีฤทธิ์ต้านสารก่อมะเร็ง ต้านภาวะการอักเสบ และมีคุณสมบัติในการช่วยปรับระบบภูมิคุ้มกัน

กรดวานิลลิก (vanillic acid) (รูปที่ 2.2) เป็นสารประกอบหลักของ biovanillin กรดนี้ประกอบด้วยหมู่อัลดีไฮด์และฟีนอลิก ถูกสร้างขึ้นโดยพืช เช่น ฝักวานิลลา และสามารถสังเคราะห์ได้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อใช้เป็นสารให้กลิ่นในลูกกวาด อาหารและเครื่องดื่ม กรดวานิลลิกมีกลิ่นแรง ใช้นิยมในอุตสาหกรรมอาหาร และนิยมใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ยาในยุโรป นอกจากนี้แล้วยังมีคุณสมบัติในการต้านสารก่อมะเร็ง โดยลดจำนวนเซลล์มะเร็งในลำไส้เล็ก

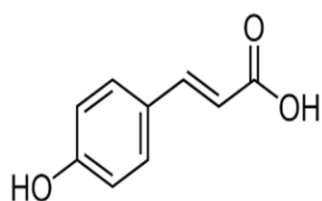
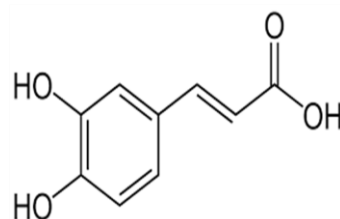
2) กรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (hydroxybenzoic acids) มีโครงสร้างโดยทั่วไป คือ $C_6 - C_1$ เป็นอนุพันธ์ของกรดเบนโซอิก ความแปรผันโครงสร้างของกรดนี้ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยา hydroxylations และ methylations ของวงแหวนอะโรมาติก เช่น *hydroxybenzoic*, *vanillic*, *syringic* และ *protocatechuic acid* ในธรรมชาติพบอยู่ในรูปที่จับกับน้ำตาลหรือกรดอินทรีย์ ถูกสะสมอยู่บริเวณผนังเซลล์ของพืชในส่วนของลิกนิน ตัวอย่างของกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก เช่น กรดซาลิไซลิก และกรดแกลลิก

กรดเอลลาจิก (ellagic acid) (รูปที่ 2.2) เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่ประกอบด้วยวงแหวนเบนซีน 4 วง และเป็นอนุพันธ์ไดเมอร์ของกรดกาอิก เมื่อบริสุทธิ์จะเป็นผงแข็งสีขาวอมเหลือง กรดนี้

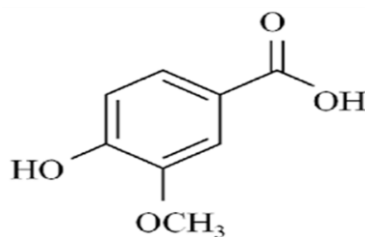
พบในไวน์แดงจากผลไม้ เช่น องุ่น และผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ ได้แก่ ราสเบอร์รี่ สตรอเบอร์รี่ แบลคเบอร์รี่ แครนเบอร์รี่ ทับทิม และเกาลัดบางชนิด พบมากในผลราสเบอร์รี่ กรดเอลลาจิกมีฤทธิ์ทางชีวภาพมากมาย เช่น เป็นสารต้านออกซิเดชัน สามารถต้านไวรัส กำจัดอนุมูลอิสระ ต้านการเกิดการกลายพันธุ์ ต้านภาวะการอักเสบ และต้านมะเร็ง

กรดแกลลิก (gallic acid) (รูปที่ 2.2) เมื่อบริสุทธิ์จะเป็นผงผลึกอินทรีย์ ไม่มีสี อยู่ในรูปโมเลกุลอิสระหรือเป็นส่วนหนึ่งของโมเลกุลแทนนิน พบมากในพืชหลายชนิด ได้แก่ สมอ องุ่น ชา ฮอป และเปลือกต้นโอ๊ก คุณสมบัติที่น่าสนใจ เช่น คุณสมบัติในการต้านเชื้อราและต้านเชื้อไวรัส สามารถใช้ป้องกันสาเหตุของเลือดไหลออกที่ลำไส้

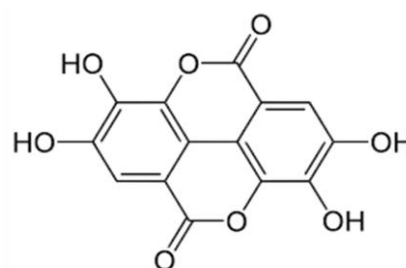
***p*-hydroxybenzoic acid (parabens)** (รูปที่ 2.2) ใช้ประโยชน์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ พาราบินส์มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นการยับยั้งการขนส่งสารในเนื้อเยื่อ และยับยั้งการทำงานของไมโทคอนเดรีย ปัจจุบันมีการนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น ใช้เติมในเครื่องสำอาง ยา ใช้ในการต้านเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น สีน้าอบแห้ง เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์จากน้ำผลไม้ น้ำสลัด ไซรับ และน้ำมันมะกอก

*p*-coumaric acid

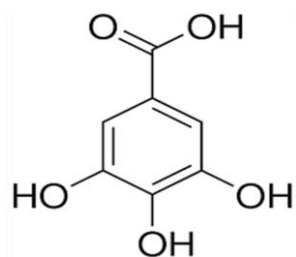
caffeic acid



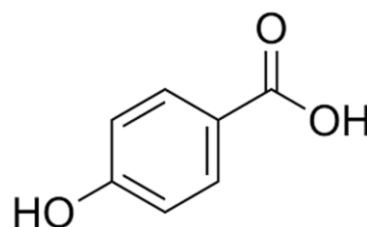
vanillic acid



ellagic acid



gallic acid

*p*-hydroxybenzoic acid

รูปที่ 2.2 โครงสร้างของฟีนอลิก

ตารางที่ 2.3 การจำแนกและแหล่งที่มาของสารประกอบฟีนอลิกในอาหาร (ลือชัย บุตุคุป, 2012)

Class and subclass	Dietary phenolic compounds	Foods or beverages
Flavonoids Anthocyanidins	Cyanidin 3-galactoside Cyanidin 3-glucoside Cyanidin 3-arabinoside Cyanidin 3-xyloside Malvidin Delphinidin Pelargonidin	Fruits: blackberries, black currant, blueberries, black grape, elderberries, strawberries, cherries Plums, cranberry, pomegranate juice, raspberry Others: red wine
Anthoxanthins Flavonols	Myricetin Fisetin Quercetin Kaempferol Isorhamnetin	Vegetables: capers, celery, chives, onions, Red onions, dock leaves, fennel, hot peppers, cherry, tomatoes, spinach, sweet potato leaves, lettuce, celery, broccoli, Hartwort leaves, kale Cereal: buckwheat, beans (green/yellow) Fruits: apples, apricots, grapes, plums, bilberries, blackberries, blueberries, cranberries, olive elderberries, currants, cherries, black currant juice, apple juice, ginkgo biloba Spices and herbs: dill weed Others: red wine, tea (green, black), tea (black beverage), cocoa powder, turnip (green), endive, leek
Flavanones	Naringenin Eriodictyol Hesperetin	Citrus fruits and juices: lemon, lemon juice, lime juice, orange, orange juice, grapefruit, tangerine juice Spices and herbs: peppermint

ตารางที่ 2.3 การจำแนกและแหล่งที่มาของสารประกอบฟีนอลิกในอาหาร (ลือชัย บุตุคุป, 2012)

Class and subclass	Dietary phenolic compounds	Foods or beverages
Flavones	Apigenin Luteolin	Fruits: celery, olives Vegetables: hot peppers, celery hearts, fresh parsley Spices and herbs: oregano, rosemary, dry parsley, thyme
Flavanols (Flavan-3-ols)	(+)-Catechin (-)-Epicatechin (-)-Epicatechin 3-gallate Morin (-)-Epigallocatechin (-)-Epigallocatechin-3-gallate (+)-Gallocatechin Procyanidins Prodelphinidins	Fruits: apples, apricots, grapes, peaches, nectarines, pears, plums, raisins, raspberries, cherries, blackberries, blueberries, cranberries Others: red wine, tea (green, black), chocolate (dark, milk), white wine, cocoa
Phenolic acids Hydroxycinnamic acids	Caffeic acid Chlorogenic acid Ferulic acid Neochlorogenic acid P-coumaric Sinapic acid Caftaric acids	Fruits: blueberry, cranberry, pear, cherry (sweet), apple, orange, grapefruit, cherry juice, apple juice, lemon, peach, Vegetables: potato, lettuce, spinach Others: coffee beans, tea, coffee, cider
Tannins	Catechin Epicatechin Ellagitannins Proanthocyanidins Casuarictin Sanguin	Fruits: grape (dark/light) seed/skin, apple juice, strawberries, longan, raspberries, pomegranate, walnuts, muscadine grape, muscadine grape, peach, blackberry

ฟลาโวนอยด์

ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบมากที่สุด พบได้ทั่วไปในอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืช เช่น ผักและผลไม้ ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างหลักฟลาโวนตรงนิวเคลียส มีสูตรโมเลกุลคือ C_{15} ($C_6-C_3-C_6$) โดยมีวงแหวน A และ B จับกับไฟแรนหรือไพแรน การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่ ring C ทำให้เกิดการแยกฟลาโวนอยด์ออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ฟลาโวนอยด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) แอนโธไซยานินส์ (anthocyanins) ซึ่งจะพบในรูปของอนุพันธ์ต่าง ๆ พบมากในสีของดอกไม้ ผัก และผลไม้

2) แอนโธแซนทีนส์ (anthoxanthins) เป็นกลุ่มสารที่ไม่มีสีประกอบด้วยกลุ่มต่าง ๆ ได้แก่ กลุ่มฟลาโวนส์ ฟลาแวนส์ ไอโซฟลาโวนส์ ฟลาโวนอลส์ ฟลาวานอลส์ และอนุพันธ์ที่อยู่ในรูปไกลโคไซด์ ชนิดของฟลาโวนอยด์ที่พบส่วนใหญ่ คือ ไมริเซติน (myricetin), ฟิเซติน (fisetin), เคอซีติน (quercetin) และเคมเฟอร์อล (kaempferol) (ตารางที่ 2.3) คาทีชิน (catechin) (รูปที่ 2.2) เป็นสารฟลาโวนอยด์กลุ่มฟลาวานอลส์ พบมากในชาเขียวซึ่งมี 4 ชนิด ได้แก่ epicatechin (EC), (-)-epicatechin-3-gallate (ECG), (-)-Epigallocatechin, (-)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG) สาร EGCG เป็นสารที่พบในปริมาณมากที่สุดในชาเขียว คือ ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

สตีลบินส์

สตีลบินส์สามารถจำแนกได้โดยดูจากโครงสร้างที่เป็นนิวเคลียส คือ 1,2-diphenylethylene และบริเวณหมู่ไฮดรอกซีที่วงแหวนจะถูกแทนที่ด้วยโมโนเมอร์หรือโอลิโกเมอร์ สตีลบินส์ที่รู้จักกันดี คือ ทรานส์เรสเวราทรอล (trans-resveratrol) ในธรรมชาติจะถูกสร้างขึ้นโดยพืชเพื่อป้องกันเชื้อโรค และแมลงกัดกิน และป้องกันแสงแดด จึงจัดเป็นสารไฟโตอเล็กซิน (phytoalexins)

แทนนิน

แทนนินเป็นสารประกอบฟีนอลิกพบได้ทั่วไปในพืชเกือบทุกชนิด โมเลกุลมีขนาดใหญ่และมีโครงสร้างซับซ้อน สามารถละลายน้ำได้ แยกให้บริสุทธิ์ได้ยากเพราะไม่ตกผลึก มักพบในรูปของกลัยโคไซด์ โดยทั่วไปจะพบโครงสร้างที่ซับซ้อนจับอยู่กับอัลคาร์ลอยด์ โพลีแซคคาไรด์ และโปรตีน แทนนินแบ่งออกได้ 2 กลุ่มตามโครงสร้างพื้นฐาน คือ

1) condensed tannins หรือ catechins tannins หรือ phobatanins เป็นสารโมเลกุลใหญ่ และเป็นโพลีเมอร์ของสารประกอบฟีนอลิก มีสูตรโครงสร้างเกี่ยวข้องกับสารประกอบฟลาโวนอยด์ พบว่า catechins และ flavan-3,4-diols เป็นสารตัวกลางในขบวนการชีวสังเคราะห์ของแทนนินกลุ่มนี้ condensed tannins เป็นสารที่ไม่ถูกย่อยแต่เมื่อถูกกรดหรือเอนไซม์จะสลายให้สารสีแดงซึ่งไม่ละลายน้ำ เรียกว่า phobatanins

2) hydrolysable tannins หรือ gallotannins เช่น gallic acid หรือ ellagic acid จับกันเป็นโมเลกุลใหญ่ เป็นสารที่ถูกย่อยได้โดยกรดหรือเอนไซม์แทนเนส (tannase) สารในกลุ่มนี้มีลักษณะเป็น amorphous มีสีเหลือง น้ำตาล ละลายในน้ำร้อนได้เป็นอนุภาคคอลลอยด์ มีรสฝาด เมื่อทำปฏิกิริยากับ $FeCl_3$ จะให้สีน้ำเงิน นิยมใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง

ดังนั้น การบริโภคผัก เช่น หัวหอม กระหล่ำดอก ผักคะน้า และกะหล่ำปลี ผลไม้โดยเฉพาะผลไม้ตระกูลเบอร์รี่และเครื่องดื่ม เช่น ไวน์แดง ชา ที่อุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิกจะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน สามารถลดภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งต่าง ๆ เช่น มะเร็งเต้านม มะเร็งต่อมลูกหมาก และมะเร็งตับ เป็นต้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางยา โดยสารประกอบที่มีฤทธิ์ต้านสารก่อมะเร็ง ด้านภาวะการอักเสบ ช่วยปรับระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายได้

2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิตรรา กลิ่นหอมและคณะ (2548) ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและคุณลักษณะทางกายภาพของผลอะโวคาโดที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ส่วนประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของผลอะโวคาโด 4 สายพันธุ์ (ปีเตอร์สัน บุษ 8 บัคคาเนีย และแฮส) พบว่า พันธุ์แฮสมีระดับไขมันในผลสูงสุด และมีระยะเวลาในการสุกช้ากว่าสายพันธุ์อื่น กรดไขมันในผลอะโวคาโดทุกสายพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นกรดโอเลอิก รองลงมาคือ กรดปาล์มมิติกและลิโนเลอิก ตามลำดับ สายพันธุ์บุษและบัคคาเนียมีผลขนาดใหญ่ แต่มีระดับคาร์โบไฮเดรตต่ำ ทั้ง 4 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างในระดับของเยื่อใย คุณภาพสีของเนื้ออะโวคาโดพันธุ์ปีเตอร์สัน มีสีเข้มกว่าทุกสายพันธุ์

ชนิกานต์ วาริพิทักษ์ (2560) ศึกษาสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดที่สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 60 พบว่า ร้อยละผลผลิต ปริมาณสารฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดแห้งที่สกัดด้วยวิธี Ultrasonic เป็นเวลา 30 นาที มีค่าสูงที่สุด

दनัย บุญยเกียรติและคณะ (2562) ทำการเก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสที่ระยะ 200, 210, 220, 230, 240 และ 250 วันหลังติดผล จำนวน 60 ผลต่อระยะความแก่ พบว่า วัตถุแห้ง (30.31-32.89%) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (8.45-9.60%) และลิกนิน (63.90-66.35%) และสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความแก่ของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสได้ ส่วนการสุกของผลสามารถพิจารณาได้จากสีเปลือก ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนจากสีเขียวเป็นสีม่วงดำและการอ่อนนุ่มลงของเนื้อผล

การคัดกรองไฟโตเคมีคัลเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากเมล็ดอะโวคาโดมีสเตียรอยด์และเทอร์ปีนอยด์ ในตัวทำละลายทั้งสี่ชนิด (เมทานอล เอทิลอะซิเตท คลอโรฟอร์ม และปิโตรเลียมอีเทอร์) ในขณะที่แทนนิน คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ และอัลคาลอยด์มีอยู่ในตัวทำละลายเมทานอลและเอทิลอะซิเตทเท่านั้น แต่ไม่พบแอนทราควิโนนและไซโนเจนติกไกลโคไซด์ในตัวทำละลายทั้งหมด (Idris et al., 2009)

Rahman et al., (2018) วิเคราะห์พิษเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบอะโวคาโด โดยใช้เอทานอล 96% ในอัตราส่วน 1:10 (w/v) พิษเคมีที่พบได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ชาโปนิน โพลีฟีนอล แทนนิน อัลคาลอยด์ และสเตียรอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ IC_{50} 72.61 mg/L ดังนั้นสารสกัดใบอะโวคาโดมีสารพิษเคมีที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง สามารถใช้ป้องกันและรับมือกับความเครียดจากออกซิเดชันได้

Kafelau et al., (2022) ตรวจสอบพิษเคมีและวิเคราะห์โครมาโทกราฟีแบบแผ่นบาง (TLC) ของสารสกัดใบอะโวคาโด โดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล สารพิษเคมีที่พบได้แก่ ฟลาโวนอยด์ อัลคาลอยด์ แทนนิน ชาโปนิน และสเตียรอยด์

ดังนั้นจะเห็นวาระดับของฟลักซ์เคมีในชั้นส่วนอะโวคาโดขึ้นอยู่กับสภาพการเจริญเติบโต สายพันธุ์ของอะโวคาโด และอายุของต้นอะโวคาโด (Dabas et al., 2013)

มฤดี และสรिता (2022) ศึกษาสารสกัดออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์พื้นเมือง โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอล 60% ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม $43.66 \pm 1.74 \mu\text{g GAE/mg extract}$ ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ $275.62 \pm 3.11 \mu\text{g QE/mg extract}$ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $\text{IC}_{50} 0.053 \pm 0.001 \text{ mg/ml}$

Munthe et al., (2023) ศึกษาสารสกัดออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเมล็ดอะโวคาโด (*Persea americana* Mill.) โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลร้อยละ 70 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม $276.96 \pm 5.61 \text{ mg GAE/g extract}$ ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ $1.73 \pm 0.00 \text{ mg QE/g extract}$ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $\text{IC}_{50} 77.298 \mu\text{g/ml}$

Shyam & Bai (2020) ศึกษาสารสกัดออกฤทธิ์ทางชีวภาพของส่วนประกอบอะโวคาโด ได้แก่ เปลือกผล เมล็ด ใบ และเปลือกลำต้น โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำ เอทานอล 70% และอะซิโตน พบว่าตัวทำละลายเอทานอล 70% ในส่วนของเปลือกผล และเมล็ด ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม 3.579 และ 1.890 mg GAE/g extract ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ 3.722 และ 2.068 mg QE/g extract

Rahman et al., (2022) วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารไฟโตเคมีคัลในเปลือกผลอะโวคาโดที่สกัดด้วยเมทานอล พบว่า เปลือกผลอะโวคาโดมีค่าของสารไฟโตเคมีคัลแต่ละชนิด ดังนี้ สารประกอบฟีนอลิกรวม $21.833 \pm 0.118 \text{ mg/100 g extract}$ ฟลาโวนอยด์ $2.607 \pm 0.111 \text{ mg/100 g extract}$ แทนนินทั้งหมด $38.357 \pm 0.202 \text{ mg/100 g extract}$ ปริมาณซาโปนิน 8.874 ± 0.031 เปอร์เซ็นต์ อัลคาลอยด์ทั้งหมด $9.95 \pm 0.035 \text{ mg/g extract}$ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $\text{IC}_{50} 185.891 \pm 1.598 \text{ ppm}$

การใช้เปลือกอะโวคาโดซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการผลิต แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการนำไปแปรรูปร่วมกับเปลือกผลไม้ชนิดอื่น เช่น เปลือกมะม่วง แอปเปิ้ล แตงโม มะละกอ และผลไม้อื่นๆ ซึ่งได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเปลือกอะโวคาโดมีฟีนอลซึ่งทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Suleria et al., 2020) ผลิตภัณฑ์แปรรูป เช่น ชาเปลือกผลไม้ ชาจากเปลือกอะโวคาโด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยมีฟลาโวนอยด์และฟีนอล ดีกว่าชาเปลือกแอปเปิ้ล (Rotta et al., 2016) ดังนั้นเปลือกผลอะโวคาโด ได้รับการระบุว่าเป็นแหล่งไฟโตเคมีคัลที่ส่งเสริมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีการดำเนินงานในส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่การประสานงานหน่วยงานที่รับผิดชอบในพื้นที่เลือกเกษตรกร และกำหนดวันเก็บเกี่ยว ดังนั้นการทดลองแบ่งเป็น 3 การทดลอง ประกอบด้วย

การทดลองที่ 1 ผลของดัชนีเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลอะโวคาโด

[1] การเตรียมตัวอย่าง

ประสานงานเกษตรกรและคัดเลือกแปลงปลูกอะโวคาโดสำหรับการทดลอง โดยใช้อะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ ดำเนินการในแปลงปลูกของไร่ป่ารุ่งลุงจิตร อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ กำหนดระยะเก็บเกี่ยวผลอะโวคาโด และเก็บผลอะโวคาโดที่ระยะติดผล เพื่อตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ สำหรับการดูแลต้นและผลอะโวคาโดในแปลงปลูก ใช้วิธีที่เกษตรกรปฏิบัติตามปกติ



รูปที่ 3.1 ต้นอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์

[2] ผลของดัชนีเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลอะโวคาโด

กำหนดระยะเก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ (Buccaneer) เป็น 5 ระยะ คือ 120, 140, 160 และ 180 วันหลังติดผล เมื่อถึงระยะที่กำหนดไว้ เก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดจากแปลงปลูก จำนวน 6 ผลต่อระยะเก็บเกี่ยว ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการชีววิทยา อาคารสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ทำการแบ่งผลอะโวคาโดออกเป็น 2 ชุด ในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว ชุดที่ 1 คือ ผลดิบ จำนวน 3 ผลนำมาตรวจวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพทันที และชุดที่ 2 คือ ผลสุก นำผลอะโวคาโดที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ จำนวน 3 ผลต่อระยะเก็บเกี่ยว มาเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน แล้วจึงมาตรวจสอบคุณภาพสมบัติทางกายภาพเช่นเดียวกับผลดิบ ได้แก่ น้ำหนักผล ขนาด สีเนื้อ สีเปลือก ความแน่นเนื้อ ความชื้นและวัตถุแห้ง

2.1 น้ำหนักผล (weight) นำผลอะโวคาโดซึ่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งสองตำแหน่ง แล้วจึงคำนวณค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลอะโวคาโดที่แต่ละระยะเก็บเกี่ยว

2.2 ขนาดผล (dimension) นำผลอะโวคาโดมาวัดความยาว (length) และความกว้าง (width) ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ (vernier caliper) รวมทั้งเส้นรอบวง ด้วยสายวัด (measuring tape) แล้วจึงคำนวณค่าเฉลี่ยขนาดผล

2.3 วัดสีเปลือกและสีเนื้อ (color values) นำผลอะโวคาโดมาวัดสีเปลือกผลด้วยเครื่องวัดสี (color meter) แล้วจึงปอกเปลือกและวัดสีเนื้อ ค่าที่วัดได้คือ ค่า L^* , Chroma (C^*) และค่า Hue angle (H°) แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าสีเปลือกและเนื้อผลอะโวคาโดที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ

2.4 วัดความแน่นเนื้อ (firmness) นำผลอะโวคาโดที่วัดสีแล้วมาวัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer) ด้วยหัววัดชนิด P2 ด้วยการวัดแรงต้านสูงสุดของการกดของหัววัดในเนื้อผลอะโวคาโด แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อ

2.5 ความชื้น (moisture content) นำผลอะโวคาโดมาปอกเปลือกแล้วหั่นเนื้อผลเป็นชิ้น ชั่งน้ำหนัก ก่อนนำไปอบไล่ความชื้นโดยวิธีมาตรฐาน คือ การใช้ตู้อบลมร้อน (hot air oven method) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปใส่ในโถดูดความชื้น (desiccator) เป็นเวลา 30 นาที นำไปชั่งน้ำหนักภายหลังอบไล่ความชื้น แล้วจึงนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(w_1 - w_2) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

$$W_1 = \text{น้ำหนักภาชนะ} + \text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}$$

$$W_2 = \text{น้ำหนักภาชนะ} + \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}$$

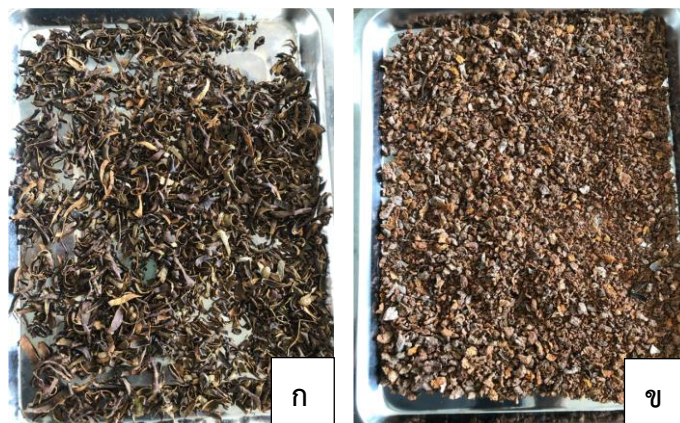
2.6 น้ำหนักแห้ง (dry matter) นำข้อมูลที่ได้จากการหาความชื้นในผลอะโวคาโดไปคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง และค่าเฉลี่ยของแต่ละระยะเก็บเกี่ยว

$$\% \text{ น้ำหนักแห้ง} = 100 - (\% \text{ ความชื้น})$$

การทดลองที่ 2 สารสกัดจากวัสดุเหลือทิ้งอะโวคาโด

[1] การเตรียมตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ใช้วัสดุเหลือทิ้งอะโวคาโด 2 รูปแบบ ได้แก่ เปลือกและเมล็ดสด (รูปที่ 3.2) เก็บมาจากอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ในช่วงเดือนพฤษภาคม - สิงหาคม พ.ศ. 2567 โดยนำวัสดุดังกล่าวมาล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นบาง ๆ จากนั้นปั่นให้ละเอียดและเก็บไว้ในภาชนะที่บดแสง



รูปที่ 3.2 วัสดุเหลือทิ้งอะโวคาโด 2 รูปแบบ (ก) เปลือก (ข) เมล็ด

[2] การสกัดตัวอย่าง

นำตัวอย่างจากข้อ (1) ไปอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นบดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 1 มิลลิเมตร ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 50 กรัม สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 500 มิลลิลิตร ด้วยวิธีการแช่หมัก (maceration) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เขย่าเป็นครั้งคราว เมื่อครบ 1 สัปดาห์นำสารสกัดมารองด้วยกระดาษกรอง Whatman filter paper No.1 ระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นำมาทำให้แห้งด้วยเครื่อง Lyophilization นำสารสกัดที่ได้มาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักของสารสกัด เพื่อนำไปคำนวณหาผลผลิตร้อยละ (% yield) นำค่าที่ได้ไปคำนวณตามสูตร

$$\text{Percent yield} = (\text{น้ำหนักสารสกัดหยาบ} / \text{น้ำหนักตัวอย่าง}) \times 100$$

[3] การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น

การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด โดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน (Shyam-Krishnan et al., 2013) ดังนี้

(1) การตรวจสอบแอลคาลอยด์ (Alkaloids)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำละลาย 10% H_2SO_4 ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ (water bath) 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก ปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง นำของเหลวที่ได้จากการกรองไปหยดสารละลายเมเยอร์ (Mayer's reagent) จำนวน 5 หยด เขย่า ถ้าปรากฏตะกอนสีส้มแดงแสดงว่าพบแอลคาลอยด์

(2) การตรวจสอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoid)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วย 50% เอทานอล ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง ใส่หลอดแมกนีเซียมชิ้นเล็ก ๆ ลงไป 1 ชิ้น และหยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) จำนวน 5 หยด เขย่า แล้วนำไปอุ่นบนเครื่อง อังน้ำ 5 นาที ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มแสดงว่าพบฟลาโวนอยด์

(3) การตรวจสอบแอนทราควิโนน (Anthraquinones)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำละลาย 10% H_2SO_4 ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า นำไปอุ่นบนเครื่อง อังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก ปล่อยให้สารละลายเย็นที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายที่ได้จากการกรองไปเติมน้ำละลายแอมโมเนีย (10% NH_3) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่า ถ้าสารละลายเป็นสีชมพูแดงเกิดขึ้นแสดงว่าพบแอนทราควิโนน

(4) การตรวจสอบคูมาริน (Coumarin)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วย 50% เอทานอล ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมน้ำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (6M NaOH) ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มแสดงว่าพบคูมาริน

(5) การตรวจสอบซาโปนิน (Saponins)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่อง อังน้ำ 5 นาที เขย่าอย่างแรง ถ้าปรากฏฟองถาวรเกิดขึ้นในหลอดทดลองแสดงว่าพบซาโปนิน

(6) การตรวจสอบแทนนิน (Tannins)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่อง อังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมน้ำละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) จำนวน 5 หยด เขย่า ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบแทนนิน

(7) การตรวจสอบโพลิบาทแทนนิน (Phlobatannins)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่อง อังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมน้ำละลายกรดไฮโดรคลอริก (10% HCl) จำนวน 5 หยด เขย่า แล้วนำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบโพลิบาทแทนนิน

(8) การตรวจสอบเทอร์พีนอยด์ (Terpenoids)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริก แสดงว่าพบเทอร์พีนอยด์

(9) การตรวจสอบสเตอรอยด์ (Steroids)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมกรดกลูเซิลแอซีติก ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่า แล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น จำนวน 3 หยด ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีน้ำเงินหรือน้ำเงินเขียวแสดงว่าพบสเตอรอยด์

(10) การตรวจสอบคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (Cardiac glycosides)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (1% FeCl_3) จำนวน 5 หยด เขย่า เติมกรดกลูเซิลแอซีติก จำนวน 5 หยด เขย่า เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบคาร์ดิแอกไกลโคไซด์

[4] การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก (Total phenolic compounds)

การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกรวม (Total phenolic content) โดยวิธี Folin-ciocalteu's ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Kupina et al., (2018) และ Sansenya et al., (2021) สร้างกราฟมาตรฐาน โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid: GA) เติมสารละลาย Folin-ciocalteu's ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในความมืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 นาที นำสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรโดยใช้ เครื่อง Ultra violet -Visible Spectrophotometer (UV-VIS) จากนั้นนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน ส่วน การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกในตัวอย่าง เตรียมทำนองเดียวกันกับสารมาตรฐาน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืน นำค่าการดูดกลืนที่วัดได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน

[5] การตรวจหาปริมาณฟลาโวนอยด์ ด้วยวิธี Aluminum chloride method (Total flavonoid content)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (Total flavonoid content) โดยวิธี Aluminium chloride ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Kongdin et al., (2023) เติมสารละลายมาตรฐาน ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 2.4 มิลลิลิตร เติมโซเดียมไนไตรท์ (NaNO_2) ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร เติมสารละลาย อะลูมิเนียมคลอไรด์ (AlCl_3) ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาตร

1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 1.4 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในความมืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Ultra violet -Visible Spectrophotometer (UV-VIS) จากนั้นนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ในตัวอย่าง โดยเตรียมทำนองเดียวกันกับสารละลายมาตรฐาน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืน นำค่าการดูดกลืนที่วัดได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน

[6] การตรวจวิเคราะห์ฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical-scavenging activity)

การวิเคราะห์ปริมาณฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Sansenya et al., (2021) โดยใช้โทรลอกซ์ (Trolox) เป็นสารละลายมาตรฐาน เติมสารมาตรฐานหรือตัวอย่าง ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติมสารละลายดีพีพีเอช (DPPH) ความเข้มข้น 200 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในความมืด ที่อุณหภูมิห้อง และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Ultra violet -Visible Spectrophotometer (UV-VIS) นำค่าการดูดกลืนที่วัดได้ (A) คำนวณค่า (%Radical scavenging activity) หรือ %Inhibition ดังสมการ จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน วัดค่าการดูดกลืนของตัวอย่าง แล้วคำนวณหาค่า %Inhibition ดังสมการ นำค่าที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน

$$\% \text{ radical scavenging activity} = \left(\frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right) \times 100$$

A_{control} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐาน

การทดลองที่ 3 การเพิ่มมูลค่าจากวัตถุดิบเหลือทิ้งอะโวคาโด

(1) การเตรียมผลิตภัณฑ์พื้นฐานครีมบำรุงผิว

วัตถุดิบน้ำมันประกอบด้วย Stearyl alcohol, Mineral oil, IPM, Squalane, Silicone 350, Ariacel 165 และ Cetearyl alcohol วัตถุดิบน้ำประกอบด้วย glycerin, carbopol 940 และ Triethanolamine อุ่นวัตถุดิบน้ำและน้ำมันให้มีอุณหภูมิประมาณ 70-75 องศาเซลเซียส เทผสมวัตถุดิบน้ำมัน จากนั้นร่อนอุณหภูมิลดลงประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส แล้วเติมน้ำหอมและสารกันเสียลงไปในคนให้เข้ากัน

(2) การประเมินผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้

ประเมินลักษณะทางกายภาพ ด้านการกระจายตัวบนผิว ความชุ่มชื้นผิวหลังทาและความเหนอะหนะหลังทา

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ประเมินความพึงพอใจต่อครีมบำรุงผิวจากสารสกัดเปลือกอะโวคาโด ในอาสาสมัคร 15 คน โดยใช้วิธี 5-Point Hedonic Scale โดยกำหนดคุณลักษณะการประเมินความชอบ 5 ด้าน ได้แก่ ความหนืด การซึมเข้าสู่ผิว ความชุ่มชื้น ความเหนอะหนะ และความชอบโดยรวม

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

โครงการวิจัยนี้แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนการทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 ผลของดัชนีเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลอะโวคาโด

จากการติดป้ายที่ผลอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ โดยการนับจำนวนวันหลังติดผล ทำการเก็บเกี่ยวที่ 4 ระยะ คือ 120, 140, 160 และ 180 วัน พร้อมทั้งแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 10 ผลของแต่ละระยะเวลาเก็บเกี่ยว ชุดที่ 1 นำผลดิบอะโวคาโดมาตรวจวัดสมบัติทางกายภาพทันทีหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ น้ำหนัก ขนาด สีเนื้อและสีเปลือก ความแน่นเนื้อ ความชื้น และวัตถุแห้ง ชุดที่ 2 นำผลดิบอะโวคาโดมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 วันและตรวจวัดสมบัติทางกายภาพเช่นเดียวกับผลดิบ ให้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

[1] ลักษณะปรากฏ

อะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ ลักษณะผลค่อนข้างกลมถึงรูปไข่ ขนาดกลาง เปลือกผลหยาบเล็กน้อย เนื่องจากมีเลนติเซลสีน้ำตาลนูน เปลือกหนา แข็ง และมีสีเขียวเข้ม เมื่อผ่าผลพบเมล็ดขนาดกลางติดแน่นในเปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อมีสีเหลืองปนเขียว เมื่อผลสุก เปลือกผลจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม เนื้อผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้น แต่ยังคงมีสีเขียวปนอยู่เล็กน้อย ผลอะโวคาโด ประกอบด้วย เปลือกผล (exocarp) เนื้อผล (mesocarp) เปลือกหุ้มเมล็ด (endocarp) และเมล็ด (seed) (รูปที่ 4.1 และ 4.2)



รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของผลอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์



รูปที่ 4.2 ลักษณะภายนอกผลดิบ (ก) และผลสุก (ข) ของอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์

[2] สมบัติทางกายภาพ

น้ำหนักผล

ผลอะโวคาโดดิบทั้ง 4 ระยะเก็บเกี่ยว มีน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นและแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 249.22-339.52 กรัม แต่เมื่อผลสุกพบว่าน้ำหนักลดลงในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 223.13-235.47 กรัม หากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผลที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ พบว่า ผลดิบและผลสุกน้ำหนักผลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะ เก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักของผลดิบและผลสุกของอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ

ระยะเก็บเกี่ยว	น้ำหนักผล (กรัม)	
	ผลดิบ	ผลสุก
120 วัน	249.22±8.04b	223.13±6.10c
140 วัน	264.97±14.81b	238.62±10.34c
160 วัน	316.40±29.60a	292.17±14.81b
180 วัน	339.52±16.72a	325.47±18.04a

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ขนาดผล

ขนาดผลอะโวคาโดดิบ ทั้ง 4 ระยะเก็บเกี่ยว แสดงค่าความกว้าง ความยาว และเส้นรอบวง พบว่ามีค่าเฉลี่ยระหว่าง 72.33-82.33, 111.50-129.50 และ 236.67-263.33 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนผลสุกมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 71.99-81.99, 113.17-126.84 และ 236.33-262.33 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากผลดังกล่าวจะเห็นว่าผลอะโวคาโดดิบมีขนาดใกล้เคียงกับผลสุก โดยขนาดผลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.2)

สีเปลือกและสีเนื้อ

สีเปลือกและสีเนื้อผลดิบทั้ง 4 ระยะเก็บเกี่ยว แสดงในค่า L^* , C^* และ H^* มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 39.02-44.43, 17.64-24.61, 114.18-120.93 และ 58.85-61.79, 40.03-41.08, 115.29-116.92 ตามลำดับ ส่วนผลสุกมีค่าเฉลี่ยเปลือกและเนื้อผล ระหว่าง 26.65-43.43, 7.78-23.46, 85.30-353.34 และ 49.17-60.17, 27.88-38.89, 114.84-116.86 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3 และ 4.4) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเปลือกและเนื้อผลอะโวคาโดดิบ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเปลือกผลดิบมีค่า L^* และ C^* ก่อนข้างคองที่ ค่า H^* ลดลง เปลือกผลสุก มีค่า L^* , C^* และ H^* เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีเนื้อผลดิบ มีค่า L^* เพิ่มขึ้น ค่า C^* และ H^* ก่อนข้างคองที่

ความแน่นเนื้อ

จากการวัดความแน่นเนื้อของผลอะโวคาโด พบว่า ผลอะโวคาโดดิบมีความแน่นเนื้อเฉลี่ยระหว่าง 9.49-25.30 นิวตัน แต่ละระยะการเก็บเกี่ยวของผลดิบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อผลสุก พบว่า ความแน่นเนื้อลดลง มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.61-1.35 นิวตัน แต่ระยะการเก็บเกี่ยวของผลอะโวคาโดสุกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.5)

ความชื้นและวัตถุแห้ง

การหาความชื้นของผลอะโวคาโดที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ ด้วยวิธีอบ พบว่า ผลดิบ มีความชื้นระหว่าง 76.80-84.23 เปอร์เซ็นต์ ผลสุกจะมีความชื้นเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 82.47-87.74 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำเปอร์เซ็นต์ความชื้นไปคำนวณวัตถุแห้ง พบว่า ผลดิบมีวัตถุแห้งเฉลี่ย 15.77-23.20 เปอร์เซ็นต์ และผลสุกมีวัตถุแห้งลดลงเฉลี่ยระหว่าง 12.26-17.53 เปอร์เซ็นต์ ถ้าพิจารณาความชื้นและวัตถุแห้งของผลอะโวคาโดตลอดระยะเวลาเก็บเกี่ยว พบว่า ผลดิบมีความชื้นลดลง ในขณะที่วัตถุแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บเกี่ยว ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ผลสุกทั้งความชื้นและวัตถุแห้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทุกระยะการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.2 ขนาดของผลดิบและผลสุกของอะโวคาโดพันธุ์อัคคาเนียร์ที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ

ระยะ เก็บเกี่ยว	ขนาดผล (มิลลิเมตร)					
	ผลดิบ			ผลสุก		
	ความกว้าง	ความยาว	เส้นรอบผล	ความกว้าง	ความยาว	เส้นรอบผล
120 วัน	72.33±2.84b	111.50±6.39c	236.67±4.72c	71.99±2.42c	113.17±4.54b	236.33±4.93c
140 วัน	75.62±0.59b	117.80±5.97bc	243.33±10.41bc	75.20±0.19bc	121.13±5.83ab	241.67±7.64c
160 วัน	78.53±4.98ab	125.60±2.47ab	253.33±4.16ab	77.87±4.43ab	125.60±2.47a	252.33±2.52b
180 วัน	82.33±2.84a	129.50±5.59a	263.33±4.16a	81.99±2.42a	126.84±7.78a	262.33±2.52a

ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีค่าที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.3 สีเปลือกของผลดิบและผลสุกของอะโวคาโดพันธุ์คานีร์ที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ

ระยะ เก็บเกี่ยว	สีเปลือก					
	ผลดิบ			ผลสุก		
	L*	C*	H°	L*	C*	H°
120 วัน	42.06±3.52ab	22.87±6.50*	119.50±1.74a	26.65±1.13c	7.78±1.04c	353.34±5.79a
140 วัน	39.02±1.47b	17.64±2.25*	119.08±0.28a	38.86±1.25b	17.36±0.66b	85.30±1.53c
160 วัน	40.67±1.22ab	20.13±1.15*	120.93±3.30a	39.75±1.82b	21.24±3.09a	122.06±1.45b
180 วัน	44.43±3.13a	24.61±3.28*	114.18±3.15b	43.43±1.82a	23.46±2.03a	118.07±0.66b

* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.4 สีเนื้อของผลดิบและผลสุกของอะโวคาโดพันธุ์บัตคาเนียร์ที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ

ระยะ เก็บเกี่ยว	สีเนื้อ					
	ผลดิบ			ผลสุก		
	L*	C*	H°	L*	C*	H°
120 วัน	58.85±2.50*	40.47±1.89*	116.08±1.62*	49.17±4.84b	27.88±7.08b	114.84±3.61*
140 วัน	59.11±2.72*	40.03±1.40*	116.92±0.76*	57.23±0.51a	38.89±3.27a	116.55±0.53*
160 วัน	61.18±1.03*	40.65±0.91*	116.42±0.51*	60.17±2.10a	36.64±0.73a	116.86±0.33*
180 วัน	61.79±0.81*	41.08±0.91*	115.29±0.94*	57.60±2.79a	37.50±3.67a	115.53±0.24*

* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.5 ความแน่นเนื้อผลดิบและผลสุกของอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ

ระยะเก็บเกี่ยว	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	
	ผลดิบ	ผลสุก
120 วัน	25.30±52.04a	1.35±18.35*
140 วัน	14.70±46.27b	0.62±3.70*
160 วัน	9.49±51.67c	0.61±1.01*
180 วัน	16.09±5.90b	0.61±1.01*

* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.6 ความชื้นและวัตถุแห้งผลดิบและผลสุกของอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ

ระยะเก็บเกี่ยว	ความชื้น (%)		วัตถุแห้ง (%)	
	ผลดิบ	ผลสุก	ผลดิบ	ผลสุก
120 วัน	79.22±0.50ab	82.47±2.95*	20.78±0.50ab	17.53±2.95*
140 วัน	76.80±5.27b	82.98±3.38*	23.20±5.27a	17.02±3.38*
160 วัน	78.76±0.40b	87.74±4.34*	21.24±0.40a	12.26±4.34*
180 วัน	84.23±0.64a	86.07±0.29*	15.77±0.64b	13.92±0.29*

* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการทดลองอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียร์ มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ โดยมีน้ำหนัก ขนาด วัตถุแห้งเพิ่มขึ้น ส่วนความชื้นลดลงอย่างชัดเจน ในขณะที่ค่าสีเปลือกและสีเนื้อ ความแน่นเนื้อมีค่าค่อนข้างคงที่ อย่างไรก็ตามเมื่อผลอะโวคาโดผ่านกระบวนการสุกจะมีสมบัติทางกายภาพส่วนใหญ่ลดลง และการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนที่สุดที่สามารถสังเกตได้ คือ สีเปลือกผล ซึ่งเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีน้ำตาลเข้ม เนื้อผลมีสีเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยยังคงมีสีเหลืองอ่อนปนเขียว

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ เนื่องจากผลอะโวคาโดมีการพัฒนาของผล ซึ่งมีกระบวนการแบ่งเซลล์ใน mesocarp ตั้งแต่เริ่มพัฒนาผลจนถึงระยะผลแก่ที่

อยู่บนต้น (Yahia and Woolf, 2011) กระบวนการสุกเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อน โดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นอย่างอิสระ การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ได้แก่ Seed maturation, การเปลี่ยนแปลงสี, Abscission (การหลุดจากต้น), การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ (Respiration rate), การเปลี่ยนแปลงอัตราการสร้างก๊าซเอทิลีน, การเปลี่ยนแปลง tissue permeability, การนิ่ม (Softening) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของของสารประกอบเพคติน, การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต, การเปลี่ยนแปลงกรดอินทรีย์, การเปลี่ยนแปลงโปรตีน, การสร้างสารระเหยกลินรัส และการพัฒนาไข (wax) บนผิว

นอกจากนี้เมื่อผลสุกแล้วสิ่งที่สังเกตได้ชัดเจน คือ การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกและการนุ่มขึ้นของเนื้อผล โดยเฉพาะสีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีม่วง เกิดจากการเสื่อมสลายของโครงสร้างคลอโรฟิลล์ ดังนั้นเมื่อคลอโรฟิลล์เสื่อมสลายและเกิดการสังเคราะห์ cyanidin-3-O-glucoside จะเห็น carotenoids ได้ชัดเจนขึ้นและเกิดเป็นสีดำ (Cox et al., 2004) การเปลี่ยนแปลงที่มากที่สุดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุก ได้แก่ การ breakdown carbohydrate polymers โดยเฉพาะสารประกอบ pectic และ hemicellulose ทำให้ผนังเซลล์อ่อนแอและลดแรงดึงเชื่อมต่อน้ำตาล จึงส่งผลให้เนื้อผลอ่อนนุ่มลง ส่งผลให้เนื้อสัมผัสและรสเปลี่ยนแปลง การเพิ่มของน้ำตาลทำให้ผลไม้หวานขึ้น

การทดลองที่ 2 สารสกัดจากวัสดุเหลือทิ้งอะโวคาโด

จากการสกัดสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด โดยการแช่หมัก (Maceration) ด้วยตัวทำละลาย 50% เอทานอลและเมื่อระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องกลั่นระเหยแบบลดความดัน (Rotary evaporator) จะได้เป็นสารสกัดหยาบ (Crude extract) ทำให้แห้งด้วยเครื่อง Lyophilization จะได้สารสกัดแห้งจากอะโวคาโด ที่มีลักษณะแตกต่างกัน ได้แก่ สารสกัดหยาบจากเปลือกเป็นของเหลวหนืด สีเขียวเข้ม สารสกัดจากเมล็ดเป็นของเหลวหนืด สีน้ำตาลแดง ดังรูปที่ 4.3 โดยสารสกัดดังกล่าวมีน้ำหนักร้อยละผลผลิต และลักษณะทางกายภาพ แสดงดังตารางที่ 4.7 โดยสารสกัดหยาบจากเปลือกมีร้อยละผลผลิตมากที่สุด คือ ร้อยละ 11.58



รูปที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของสารสกัดหยาบจากเปลือก [ก] และเมล็ด [ข] ของอะโวคาโด

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักสารสกัดหยาบ ร้อยละผลผลิต และลักษณะทางกายภาพ

สารสกัด ชั้นเอทานอลของอะโวคาโด	น้ำหนักสาร (กรัม)		ร้อยละ ผลผลิต	ลักษณะทางกายภาพ
	พืช	สารสกัด หยาบ		
เปลือก	50	5.79	11.58	ของเหลวหนืด สีเขียวเข้ม
เมล็ด	50	4.23	8.46	ของเหลวหนืด สีน้ำตาล แดง

การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น 10 กลุ่ม ได้แก่ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน โพลิบาแทนนิน เทอร์ปีนอยด์ สเตอรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ในสารสกัดหยาบจากเปลือกและเมล็ดพบสารพิษเคมี 5 กลุ่ม ได้ผลดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด

สารพิษเคมี	สารสกัดหยาบ จากเปลือก	สารสกัดหยาบ จากเมล็ด	หมายเหตุ
แอลคาลอยด์	+	+	+ ตะกอนสีแดง ส้ม
ฟลาโวนอยด์	+	+	+ สารละลายสีเหลืองเข้ม
แอนทราควิโนน	-	-	+ สารละลายสีชมพูแดง
คูมาริน	-	-	+ สารละลายสีเหลืองเข้ม
ซาโปนิน	+	+	+ เกิดฟองถาวรนาน 15 นาที
แทนนิน	+	+	+ สารละลายสีเขียวดำ
โพลิบาแทนนิน	-	-	+ สารละลายสีเขียวดำ
เทอร์ปีนอยด์	+	+	+ วงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อ ระหว่างสารสกัดกับชั้นกรด
สเตอรอยด์	-	-	+ สารละลายสีน้ำเงินเขียว
คาร์ดิแอกไกลโคไซด์	-	-	+ วงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อ ระหว่างสารสกัดกับชั้นกรด

หมายเหตุ (-) หมายถึง ตรวจสอบไม่พบ

(+) หมายถึง ตรวจสอบพบ

การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น ในสารสกัดหยาบจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโดพบสารพิษเคมี 5 กลุ่ม ได้แก่ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน และเทอร์ปีนอยด์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shyam and Bai (2019) เปลือกของอะโวคาโดมีซาโปนินสูงที่สุดเมื่อสกัดด้วยเอทานอล และมีปริมาณเล็กน้อยเมื่อสกัดด้วยน้ำและอะซิโตน ซาโปนินหลายชนิดมีฤทธิ์ต้าน

จุลินทรีย์ ยับยั้งเชื้อรา และปกป้องพืชจากการโจมตีของแมลง นอกจากนี้ยังมีรายงานสารฟลักซ์เคมีที่พบในเมล็ดอะโวคาโด ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ แทนนิน ซาโปนิน ฟีนอลิก (Oluwaniyi et.al., (2017), Shyam and Bai (2019)) และสารฟลักซ์เคมีที่พบในใบอะโวคาโด ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน และสเตอรอยด์ (Rahman et.al., (2018), Kafelau et. al., (2022)) จากรายงานที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า สารฟลักซ์เคมีในส่วนประกอบต่าง ๆ ของพืช มีทั้งที่เหมือนกันและแตกต่างกัน ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น อายุ ขึ้นส่วน สภาพแวดล้อม ภูมิอากาศ หรือแม้กระทั่งสารที่ใช้ในกระบวนการสกัดในการวิจัยนี้ใช้สารละลายเอทานอล 50% เป็นตัวทำละลายจึงสามารถดึงดูสารประกอบที่มีขั้วและไม่มีขั้วต่าง ๆ เช่น อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน และสเตอรอยด์ที่มีอยู่ในอะโวคาโดได้ ถึงแม้ว่าจะมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าเอทานอลมีประสิทธิภาพน้อยในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ (Boeing et.al., 2014) เมทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ รองลงมาคือ น้ำ เอทานอล และอะซิโตน (Snyder et.al., 1997) อย่างไรก็ตามการใช้เอทานอลนั้นปลอดภัยกว่าเมทานอล เนื่องจากเมทานอลมีพิษ (Korabathina., 2024)

การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก (Total phenolic compounds)

ฟีนอลิกเป็นกลุ่มของสารประกอบที่มีวงแหวนอะโรมาติกและประกอบด้วยกลุ่มไฮดรอกซิลหนึ่งหรือสองกลุ่ม (Supriningrum et. al., 2020) สารประกอบฟีนอลิกที่พบได้ทั่วไป ได้แก่ resveratrol, piceid, tyrosol, hydroxytyrosol และ gallic acid สารที่ใช้เปรียบเทียบกับในการวิเคราะห์ คือ gallic acid (3, 4, 5-trihydroxybenzoic acid) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีความเสถียร (Sanchez-Martin et. al., 2022)

สารสกัดหยาบเปลือกผล (P) และเมล็ด (S) ของอะโวคาโดมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด เทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (รูปที่ 4.4) ($y = 0.0099x + 0.0789$, $R^2 = 0.9981$) เท่ากับ 109.82 ± 2.73 และ 59.65 ± 0.39 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัดตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดหยาบเปลือกผล (P) และเมล็ด (S) ของอะโวคาโด

Replication	Peel (mg of GA/g extract)	Seed (mg of GA/g extract)
1	109.25	59.27
2	107.41	59.64
3	112.79	60.05
X±SD	109.82±2.73	59.65±0.39

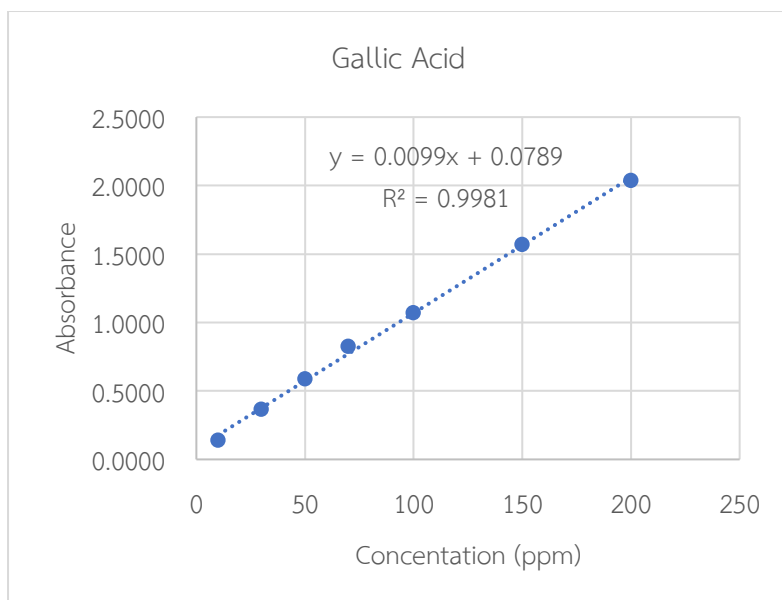
การตรวจหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ด้วยวิธี Aluminum chloride method (Total flavonoid content)

การวิเคราะห์ฟลาโวนอยด์รวม เป็นการสร้างปฏิกิริยาเชิงซ้อนระหว่างอะลูมิเนียมคลอไรด์ (aluminum chloride) และกลุ่มคีโต (keto group) บน C4 และกลุ่มไฮดรอกซี (hydroxy group) บน C3 หรือ C5 ในฟลาโวน (flavones) หรือฟลาโวนอยด์ (flavonols or quercetin) จะก่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน

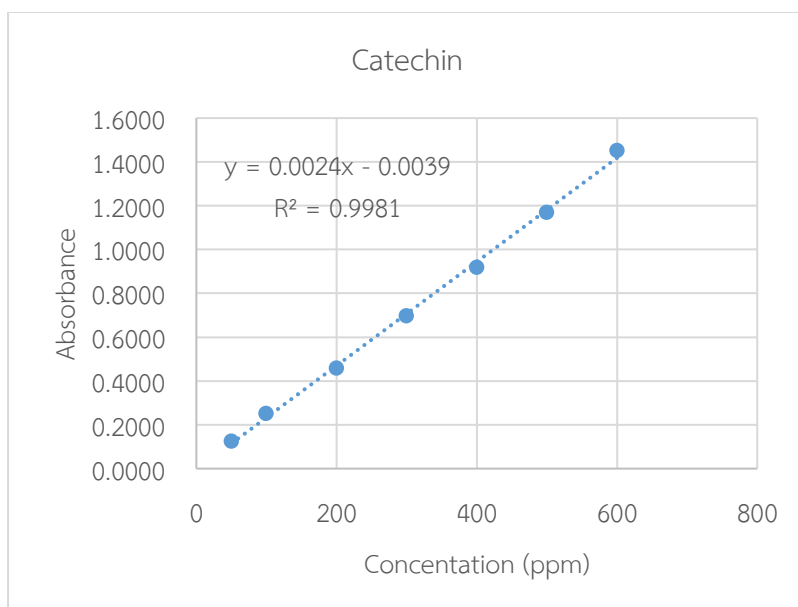
สารสกัดหยาบเปลือกผล (P) และเมล็ด (S) ของอะโวคาโดมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เทียบกับกราฟมาตรฐานของแคทีชิน (รูปที่ 4.5) ($y = 0.0024x - 0.0039$, $R^2 = 0.9981$) เท่ากับ 120.90 และ 60.18 มิลลิกรัมของแคทีชินต่อกรัมของสารสกัดตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดหยาบเปลือกผล (P) และเมล็ด (S) ของอะโวคาโด

Replication	Peel (mg of CA/g extract)	Seed (mg of CA/g extract)
1	114.63	58.74
2	122.42	61.82
3	125.65	59.98
X±SD	120.90±5.66	60.18±1.55



รูปที่ 4.4 กราฟมาตรฐานของ Gallic acid



รูปที่ 4.5 กราฟมาตรฐานของ Catechin

การตรวจวิเคราะห์ฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging activity)

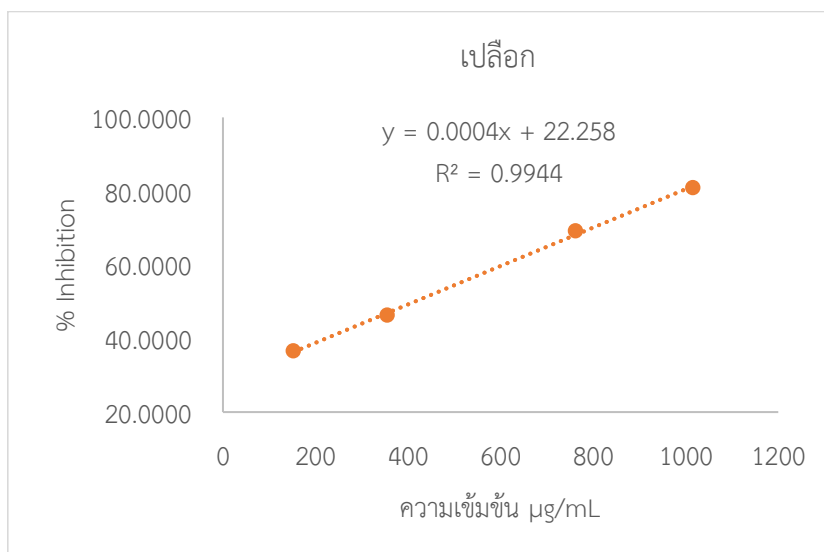
DPPH assay ใช้เพื่อทดสอบคุณสมบัติของสารในการกำจัด (scavenge) อนุมูลอิสระ DPPH ที่เสถียรและรายงานผลการทดลองเป็นค่าความเข้มข้นของสารที่ใช้ในการยับยั้ง DPPH ได้ 50% (median inhibitory concentration; IC₅₀) สารที่มีค่า IC₅₀ ต่ำ หมายถึง สารที่มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระได้สูง เนื่องจากใช้ความเข้มข้นของสารในปริมาณน้อยก็สามารถกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50% ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสารสกัดหยาบเปลือกผล (P) และเมล็ด (S) ของอะโวคาโดสามารถกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ได้ โดยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น แต่คุณสมบัติในการกำจัด DPPH ของสารสกัดมีค่าค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับสารมาตรฐานที่ใช้เป็น positive control ในการต้านอนุมูลอิสระ ในการทดลองนี้ใช้โธรลอกซ์ มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 28.8369±0.13 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดหยาบเปลือกผล (P) และเมล็ด (S) ของอะโวคาโด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 415.24±16.38 และ 710.30±7.55 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.11 โดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของการยับยั้งอนุมูลอิสระของ DPPH และการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด (รูปที่ 4.6 และ 4.7)

จากการศึกษาพบว่า สารสกัดหยาบเปลือกผล (P) ของอะโวคาโดที่สกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 50% มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 415.24±16.38 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามที่ Molyneux (2004) กล่าวว่า ระดับความแรงของสารต้านอนุมูลอิสระ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ แรงมาก (IC₅₀<50 µg/ml) แรง (IC₅₀: 50-100 µg/ml) ปานกลาง (IC₅₀: 101-150 µg/ml) และอ่อน (IC₅₀>150 µg/ml) แสดงว่าสารสกัดหยาบเปลือกผล (P) ของอะโวคาโดที่สกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 50% อยู่ในระดับอ่อน เมื่อเทียบกับของ Rahman et al., (2022) พบว่าเปลือกผลอะโวคาโดที่สกัดด้วยเมทานอล มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ IC₅₀ เท่ากับ 185.891±1.598 ppm และงานวิจัยของ Kamaraj et al., (2020) เผยให้เห็นถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกอะโวคาโดในน้ำ มีค่า IC₅₀ สูงถึง 71.96 ppm ซึ่งอาจมีผลกระทบมาจากสารสกัดที่ใช้ เช่นเดียวกับสารสกัดหยาบเมล็ด (S) ของอะโวคาโด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 710.30±7.55 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร อยู่ในระดับอ่อน เมื่อเทียบกับของ Munthe et al., (2023) ใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลร้อยละ 70 ค่า IC₅₀ 77.298 µg/ml และมลฤดี ศิริชัยเอกวัฒน์ (2022) ศึกษาสารสกัดออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์พื้นเมือง โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอล 60% ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ IC₅₀ สูงถึง 0.053±0.001 mg/ml แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สารพฤษเคมีเป็นสารที่มีประโยชน์พบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช สารพฤษเคมีสามารถทำหน้าที่เป็นสารยับยั้งและโคแฟกเตอร์ในปฏิกิริยาของเอนไซม์ สามารถกำจัดสารพิษที่เป็นอันตราย เช่น อนุมูลอิสระ เพิ่มการเผาผลาญสารอาหารในร่างกาย มีการศึกษามากมายที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างสารพฤษเคมีและบทบาทสำคัญในการยับยั้งและซ่อมแซมการอักเสบ โรคเบาหวาน โรคหัวใจ มะเร็ง เนื้องอก และโรคเกี่ยวกับการเผาผลาญในเซลล์สัตว์ กลไกของสารพฤษเคมีในการต่อต้านมะเร็ง ได้แก่ การยับยั้งการอักเสบและการแบ่งเซลล์

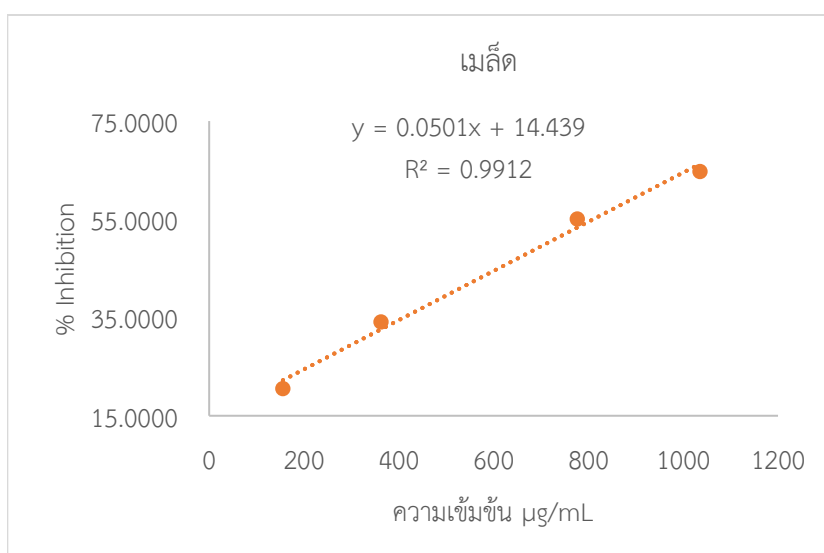
หรือการกระตุ้นให้เกิดอะพอพโทซิส (apoptosis) สารพฤกษเคมี ประกอบด้วยโพลีฟีนอลเชิงซ้อน ซึ่งเป็นสารประกอบทางชีวภาพที่มีการสร้างวงแหวนอะโรมาติกของสารไฮดรอกซิล ซึ่งทำให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 4.11 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาบเปลือกผล (P) และเมล็ด (S) ของอะโวคาโด

Sample	Concentration ($\mu\text{g/ml}$)	Absorbance	Inhibition (%)	IC ₅₀ ($\mu\text{g/ml}$)
Peel	152	0.7018	36.56 $\pm$ 0.09	415.24 $\pm$ 16.38
	356	0.5950	46.21 $\pm$ 0.10	
	762	0.3421	69.08 $\pm$ 4.14	
	1016	0.2121	80.83 $\pm$ 0.52	
	control	1.1062		
Seed	155	0.8758	20.56 $\pm$ 0.07	710.30 $\pm$ 7.55
	363	0.7266	34.09 $\pm$ 0.13	
	777	0.4951	55.09 $\pm$ 0.23	
	1036	0.3889	64.72 $\pm$ 0.76	
	control	1.1025		
Trolox	10	0.7207	33.78 $\pm$ 0.16	28.8369 $\pm$ 0.13
	20	0.6208	42.96 $\pm$ 0.09	
	30	0.5464	49.79 $\pm$ 0.13	
	40	0.4321	60.29 $\pm$ 0.06	
	50	0.3408	68.68 $\pm$ 0.07	
	60	0.2735	74.86 $\pm$ 0.08	
	70	0.1224	88.75 $\pm$ 0.32	
	control	1.0882		



รูปที่ 4.6ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาบเปลือกผล (P) ของอะโวคาโด



รูปที่ 4.7ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดหยาบเมล็ด (S) ของอะโวคาโด

ในสารสกัดเปลือกอะโวคาโด ตรวจพบสารฟลักซ์เคมี เช่น แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน และเทอร์ปีนอยด์ การตรวจพบซาโปนินในสารสกัดเอทานอลจากเปลือกอะโวคาโด แตกต่างจากการศึกษาของ Kamaraj et al., (2020) ในสารสกัดน้ำจากเปลือกอะโวคาโด แสดงให้เห็นว่าไม่พบส่วนประกอบของซาโปนิน สันนิษฐานว่าเกิดจากอิทธิพลของสารสกัดที่ใช้ (Lee et al., 2007) สารประกอบ ฟีนอลทั้งหมด เกี่ยวข้องอย่างมากกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีการศึกษาหลายชิ้นที่แสดงให้เห็นว่าสารประกอบ ฟีนอลทั้งหมดในปริมาณสูงมีส่วนทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Zhang et al., 2015) นอกจากนี้ Zhang et al., (2015) ยังแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างฟีนอลทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ต่อกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งวัดโดยการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สารฟลักซ์เคมีที่ตรวจพบอีกชนิด คือ แทนนิน ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนฟีนอลจำนวนมาก สารนี้ประกอบด้วย hydrolysable tannins และ condensed tannins แอลคาลอยด์ มีส่วนช่วยเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากมีกลุ่มไฮดรอกซิล (hydroxyl) เมทอกซิล (methoxy) เมทิลีน (methylene) และเมทิล (methyl) (Dalimunthe et al., 2018) และอัลคาลอยด์มีส่วนช่วยในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าฟีนอล โดยวัดจากความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล ศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระในการลดเพอริก และความสามารถในการยับยั้งการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) (Dalimunthe et al., 2018)

ดังนั้น การใช้เปลือกอะโวคาโด ซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการผลิต แสดงให้เห็นถึงศักยภาพสำหรับการนำไปแปรรูป เนื่องจากได้รับการยืนยันแล้วว่า เป็นแหล่งของฟลักซ์เคมีที่มีส่วนสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ผู้วิจัยจึงเลือกสารสกัดหยาบเปลือกผล (P) ของอะโวคาโด เพื่อนำไปเพิ่มมูลค่าโดยการพัฒนาครีมบำรุงผิวจากเปลือกอะโวคาโด

การทดลองที่ 3 การเพิ่มมูลค่าจากวัตถุดิบเหลือทิ้งอะโวคาโด

การพัฒนาครีมบำรุงผิวจากเปลือกอะโวคาโด

จากรายงานของ ชนิกานต์ และคณะ (2560) ศีรษะระดับของสารให้ความชุ่มชื้น (Emollient) ในครีมบำรุงผิวหน้าสำหรับกลางคืน พบว่า การเติมสารให้ความชุ่มชื้น 6% ครีมมีการกระจายตัวดีมาก และผิวมีความชุ่มชื้นหลังทาดีมาก มีความเหนอะหนะอยู่ในระดับน้อยถึงปานกลาง ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกเติมสารให้ความชุ่มชื้นที่ 6%

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากผลการประเมินความพึงพอใจต่อครีมบำรุงผิวจากสารสกัดเปลือกอะโวคาโด ในอาสาสมัคร 15 คน โดยใช้วิธี 5-Point Hedonic Scale โดยกำหนดคุณลักษณะการประเมินความชอบ 5 ด้าน ได้แก่ ความหนืด การซึมเข้าสู่ผิว ความชุ่มชื้น ความเหนอะหนะ และความชอบโดยรวม พบว่า คะแนนความพึงพอใจทั้ง 5 ด้านอยู่ในระดับชอบปานกลาง และพบว่าความพึงพอใจด้านความชุ่มชื้นมีคะแนนสูงที่สุด ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ความพึงพอใจของครีมบำรุงผิวจากสารสกัดเปลือกอะโวคาโด

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
ความหนืด	3.30
การซึมเข้าสู่ผิว	3.19
ความชุ่มชื้น	4.00
ความเหนอะหนะ	3.10
ความชอบโดยรวม	3.75

หมายเหตุ : ระดับความชอบ 1 = ชอบน้อยที่สุด 2 = ชอบน้อย 3 = ชอบปานกลาง 4 = ชอบมาก
5 = ชอบมากที่สุด



รูปที่ 4.8 ครีมบำรุงผิวจากสารสกัดเปลือกอะโวคาโด

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

งานวิจัยนี้มีการดำเนินงานในส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่การประสานงานหน่วยงานที่รับผิดชอบในพื้นที่ การเลือกเกษตรกร การกำหนดวันเก็บเกี่ยว การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น รวมทั้งการเพิ่มมูลค่าจากวัตถุดิบเหลือทิ้งอะโวคาโด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงแบ่งเป็น 3 ตอน

(1) ผลของดัชนีเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลอะโวคาโด

จากผลการทดลองอะโวคาโดพันธุ์บักคาเนียร์ มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพที่ระยะเก็บเกี่ยวต่าง ๆ โดยมีน้ำหนัก ขนาด วัตถุแห้งเพิ่มขึ้น ส่วนความชื้นลดลงอย่างชัดเจน ในขณะที่ค่าสีเปลือกและสีเนื้อ ความแน่นเนื้อมีค่าค่อนข้างคงที่ อย่างไรก็ตามเมื่อผลอะโวคาโดผ่านกระบวนการสุก จะมีสมบัติทางกายภาพส่วนใหญ่ลดลง และการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนที่สุดที่สามารถสังเกตได้ คือ สีเปลือกผล ซึ่งเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีน้ำตาลเข้ม เนื้อผลมีสีเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยยังคงมีสีเหลืองอ่อนปนเขียว

(2) สารสกัดจากวัสดุเหลือทิ้งอะโวคาโด

การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น ในสารสกัดหยาบจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด พบสารพิษเคมี 5 กลุ่ม ได้แก่ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน และเทอร์ปีนอยด์ สารสกัดหยาบเปลือกผล (P) และเมล็ด (S) ของอะโวคาโดมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 109.82 ± 2.73 และ 59.65 ± 0.39 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เท่ากับ 120.90 ± 5.66 และ 60.18 ± 1.55 มิลลิกรัมของแคทีชินต่อกรัมของสารสกัด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 415.24 ± 16.38 และ 710.30 ± 7.55 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

(3) การเพิ่มมูลค่าจากวัตถุดิบเหลือทิ้งอะโวคาโด

จากผลการศึกษาการใช้เปลือกอะโวคาโด ซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการผลิต แสดงให้เห็นถึงศักยภาพสำหรับการนำไปแปรรูป เนื่องจากได้รับการยืนยันแล้วว่าเป็นแหล่งของพิษเคมีที่มีส่วนสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ผู้วิจัยจึงเลือกสารสกัดหยาบเปลือกผล (P) ของอะโวคาโด เพื่อนำไปเพิ่มมูลค่าโดยการพัฒนาครีมบำรุงผิวจากเปลือกอะโวคาโดที่มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธีอื่น เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการเดิม
2. ควรมีการศึกษาว่าอะโวคาโด ที่นำมาศึกษานั้น มีสารชนิดใดอยู่บ้าง และมีปริมาณมากน้อยเพียงใด
3. ควรมีการศึกษาต่อยอดเพิ่มเติม เช่น ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส และความ เป็นพิษต่อเซลล์ เพื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ และยารักษาโรค

บรรณานุกรม

- จิตรา กลิ่นหอม จริญญา พันธุ์รักษา และนิรมล อุดมอ่าง. (2548). ส่วนประกอบทางเคมีและคุณลักษณะทางกายภาพของผลอะโวคาโดที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่. *วารสารเกษตร*. 21(2): 117-125.
- ชนิกานต์ วาริพิทักษ์และคณะ. (2560). การพัฒนาครีมบำรุงผิวหน้าสำหรับกลางคืนจากสารสกัดเมล็ดอะโวคาโด. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติพืบลสงคราม ครั้งที่ 3 ประจำปี พ.ศ.2560.
- บรรจง ปานดี. (2566). การปลูกอะโวคาโด. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). เชียงใหม่. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2568 จาก <https://hkm.hrdi.or.th/Knowledge/detail/634>.
- दनัย บุญยเกียรติ และคณะ. (2562). การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสในระหว่างการแก่และการสุก. *ว.วิทย์. กษ.* 50: 3 (พิเศษ) : 83-86.
- มฤดี ศิริชัยเอกวัฒน์ และสรिता สังข์ทอง. (2022). สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งไทโรซิเนสของสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์พื้นเมือง. Published Online: 2 FEB 2022. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย.
- อัจฉรา ภาวศุทธิ์. (2560). การเก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดที่เหมาะสม. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. สืบค้นจาก <https://www.hrdi.or.th/Articles/Detail/23>. เมื่อวันที่ 11 สิงหาคม พ.ศ.2565
- Afahkan, M. E. (2012). Effects of petroleum ether and methanolic fractions of avocado pear (*Persea americana* Mill.) seeds on wistar rats fed a high fat-high cholesterol diet. Ahmadu Bello University, Nigeria.
- Afzal, M., Akhtar, A., Bukhari, R.A., Hasan, S.Z.Ul and Syed, H. (2022). A review on avocado fruit: description, morphological characteristics, composition, nutritional benefits and propagation technique. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. 23(29&30): 32-41.
- Arukwe, U., Amadi, B.A., Duru, M.K.C., Agomuo, E.N., Adindu, E.U., Odika, P.C, Egejuru, L. and Anudike, J. (2012). Chemical composition of *Persea Americana* leaf, fruit and seed. *IJRRAS*. 11(2): 346-349.
- Boeing, J.S., Barizao, E.O., Silva, B.C.e., Montanher, P.F., Almeida, V. de C. and Visentainer, J.V. (2014). Evaluation of solvent effect on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities from the berries: application of principal component analysis. *Chem. Cent. J.*, 8(1): 48.

- Christenhusz, M.J.M. and Byng, J.W. (2016) The Number of Known Plants Species in the World and Its Annual Increase. *Phytotaxa*, 261(3): 201-217.
- Cox, K. A., MaGhie, T. K., White, A. and Woolf, A. B. (2004). Skin color and pigment changes during ripening of “Hass” avocado fruits. *Postharvest Biology and Technology*. 31(3): 287-294.
- Dabas, D., Shegog, R.M., Ziegler, G.R. and Lambert, J.D. (2013). Avocado (*Persea americana*) seed as a source of bioactive phytochemicals. *Curr. Pharm. Des.* 19(34): 6133-6140.
- Dalimunthe, A., Hasibuan, P.A., Silalahi, J., Sinaga, S.F., Satria, D. (2018). Antioxidant activity of alkaloid compounds from *Litsea cubeba* Lour. *Orient J Chem.* 34: 1149-1152.
- Ding, H., Han, C., Guo, D., Chin, Y.W., Ding, Y., Kinghorn, A.D. and Ambrosio, S.M. (2009). Selective induction of apoptosis of human oral cancer cell lines by avocado extracts via a ROS-mediated mechanism. *Nutrition and Cancer*. 61(3): 348-356.
- Dreher, M.L. and Davenport, A.J. (2013). Hass avocado composition and potential health effects. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 53(7): 738-750.
- Francisco, S.G., Sara, P.S., Maria, G.G.I., Nurul, A.M.A. and Maria, P.A. (2014). Avocado Seeds: Extraction Optimization and Possible Use as Antioxidant in Food. *Antioxidants*. 3: 439-454.
- Idris, S., Ndukwe, G.I. and Gimba, C.E. (2009). Preliminary phytochemical screening and antimicrobial activity of seed extracts of *Persea americana* (avocado pear). *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*. 2(1): 173 – 176.
- Kafelau, M., Kopon, A.M., Baunsele, A.B., Tukan, M.B., Leba, M.U., Komisia, F and Boelan, E.G. (2022). Phytochemical screening and TLC profiling of combination extracts of avocado (*Persea americana* Mill.) and papaya (*Carica papaya*) leaves from Timor Island. *Indo. J. Chem. Res.*, 10(1): 32-37.
- Kamaraj, M., Dhana Rangesh Kumar, V., Nithya, T.G., Danya, U. (2020). Assessment of antioxidant, antibacterial activity and phytoactive compounds of aqueous extracts of avocado fruit peel from Ethiopia. *Int J Pept Res Ther*. 26: 1549-1557.

- Kongdin, M., Chumanee, S., & Sansenya, S. (2023). Gamma Irradiation Promotes the Growth Rate of Thai Pigmented Rice As Well As Inducing the Accumulation of Bioactive Compounds and Carbohydrate Hydrolyzing Enzymes Inhibitors (α -Glucosidase and α -Amylase) under Salt Conditions. *Preventive Nutrition and Food Science*. 28(4), 463–470. <https://doi.org/10.3746/pnf.2023.28.4.463>
- Korabathina, K. (2024). Methanol toxicity. <https://emedicine.medscape.com/article/1174890-overview?form=fpf>
- Kupina, S., Fields, C., Roman, M. C., & Brunelle, S. L. (2018). Determination of Total Phenolic Content Using the Folin-C Assay: Single-Laboratory Validation, First Action 2017.13. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*. 101(5), 1466–1472. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0031>
- Lee, Y.L., Yen, M.T., Mau, J.L. (2007). Antioxidant properties of various extracts from *Hypsizigus marmoreus*. *Food Chem*. 104: 1-9.
- Lequesne, M., Maheu, E., Cadet, C. and Dreiser, R.L. (2002). Structural effect of avocado/soybean unsaponifiables on joint space loss in osteoarthritis of the hip. *Arthritis and Rheumatism*. 47(1): 50-58.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J Sci Technol (SJST)*. 26(2): 211-219.
- Munthe, S.W.N., Riskianto, R., Juvi, D. and Novia, J. (2023). Antioxidant, Total Phenolic, and Total Flavonoid of 70% Ethanol Extract of Avocado Seeds (*Persea americana* Mill.). *Pharmacogn J*. 15(4): 599-605.
- Oluwaniyi, O.O., Nwosu, F.O. and Okoye, C.M. (2017). Comparative study of the constituents of the fruits pulps and seeds of *Canarium ovatum*, *Persea americana* and *Dacryodes edulis*. *Jordan J. Chem*. 13(2): 113-125.
- Rahman, N., Dewi, N.U. and Bohari. (2018). Phytochemical and antioxidant activity of avocado leaf extract (*Persea americana* Mill.). *Asian J. Sci. Res.*, 11(3): 357-363.
- Rahman, N., Sabang, S.M., Abdullah, R. and Bohari, B. (2022). Antioxidant properties of the methanolic extract of avocado fruit peel (*Persea americana* Mill.) from Indonesia. *J. Adv. Pharm. Technol. Res*. 13(3): 166-170.

- Rotta, E.M., Morais, de D.R., Biondo, P.B., Santos, dos V.J., Matsushita, M. and Visentainer, J.V. (2016). Use of avocado peel (*Persea americana*) in tea formulation: A Functional product containing phenolic compounds with antioxidant activity. *Acta Sci Technol.* 38: 23-29.
- Sansenya, S., Payaka, A., Wannasut, W., Hua, Y., & Chumanee, S. (2021). Biological activity of rice extract and the inhibition potential of rice extract, rice volatile compounds and their combination against α -glucosidase, α -amylase and tyrosinase. *International Journal of Food Science & Technology.* 56(4), 1865–1876. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14816>
- Shyam, P. and Bai, S.K. (2020). Phytochemicals analysis of various parts of the avocado plant (*Persea americana*). *IJANS.* 9(1):51-60.
- Shyam-Krishnan, M., Dhanalakshmi, P., Sudhalakshmi, G. Y., Gopalakrishnan, S., Manimaran. A., Sindhu, S., Sagadevan, E., and Arumugam, P. (2013). Evaluation of phytochemical constituents and antioxidant activity of Indian medicinal plant *Hydnocarpus pentandra*. *International Journal of Pharmacy and Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.* 5: 453-458.
- Snyder, L.R., Kirkland, J.J. and Glajch, J.L. (1997). Practical HPLC method development. 2nd Edn., John Willey and Sons, Hoboken, NJ., USA., page: 800.
- Suleria, H.A., Barrow, C.J. and Dunshea, F.R. (2020). Screening and characterization of phenolic compounds and their antioxidant capacity in different fruit peels. *Foods.* 9: 1206.
- Tan, C.X., Tan, S.S. and Tan, S.T. (2017). Influence of geographical origins on the physicochemical properties of Hass avocado oil. *Journal of the American oil Chemists' Society.* 94(12): 1431-1437.
- Tango, J., Carvalho, C. and Soares, N. (2004). Physical and chemical characterization of avocado fruits aiming its potential for oil extraction. *Revista Brasileira de Fruticultura.* 26(1): 17-23.
- Wien, M., Haddad, E. and Sabate, J. (2011). Effect of incorporating avocado in meals on satiety in healthy overweight adults. *Annals of Nutrition and Metabolism.* 58: 22-29.

Yahia, E. M. and Woolf, A. B. (2011). Avocado (*Persea americana* Mill.). Postharvest Biological and Technology of Tropical and Sub-tropical Fruits. Woodhead Publishing Limited, 125-128.

Zhang, Y.J., Gan, R.Y., Li, S., Zhou, Y., Li, A.N., Xu, D.P. et al. (2015). Antioxidant phytochemicals for the prevention and treatment of chronic diseases. *Molecules*. 20: 21138-21156.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมี

การเตรียมสารเคมี

1. Trolox 1000 $\mu\text{g/ml}$

Trolox	50	mg
น้ำ	50	ml

2. DPPH 0.2 mM

DPPH	7.8864	mg
น้ำ	100	ml

3. Gallic acid 1000 $\mu\text{g/ml}$

Gallic acid	50	mg
EtOH	50	ml

4. Folin-Ciocalteu's phenol reagent 10%

Folin-Ciocalteu's phenol reagent	10	ml
น้ำ	100	ml

5. sodium carbonate 7.5%

sodium carbonate	7.5	g
น้ำ	100	ml

6. Catechin 1000 ppm

Catechin	50	mg
MeOH	50	ml

7. 10 % Aluminium Chloride

Aluminium Chloride	10	g
ปรับปริมาตรด้วยน้ำ	100	ml

ต้องละลายด้วย 80% EtOH 50 mL ก่อนจึงค่อยปรับปริมาตรด้วยน้ำ

8. 5% NaNO_2

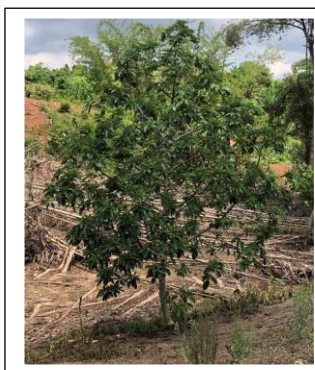
NaNO_2	5	g
น้ำ	100	ml

9. 1M NaOH

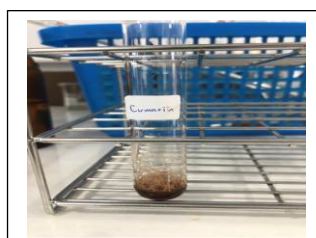
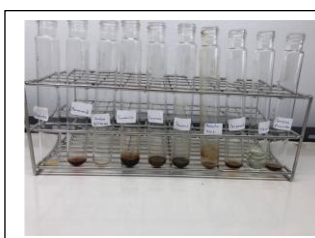
NaOH	4	g
น้ำ	100	ml

ภาคผนวก ข

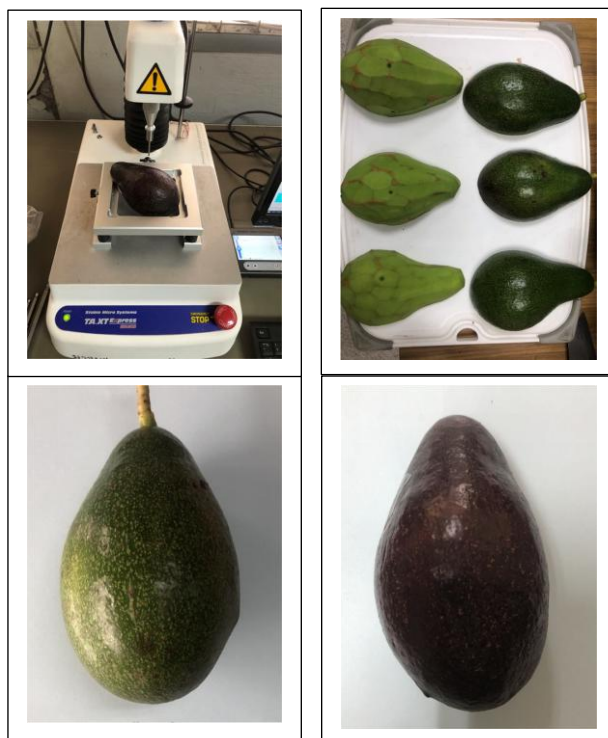
ภาพกิจกรรม



รูปที่ ผนวก ก-1 อะโวคาโด



รูปที่ ผนวก ก-2 พฤษเคมีของอะโวคาโด



รูปที่ ผนวก ก-3 การทดสอบดัชนีเก็บเกี่ยว



รูปที่ ผนวก ก-4 การเพิ่มมูลค่าจากวัตถุดิบเหลือทิ้งอะโวคาโด

ภาคผนวก ค

แบบรับรองการนำไปใช้ประโยชน์



แบบฟอร์มรับรองการนำผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไปใช้ประโยชน์

๑. ชื่อโครงการวิจัย การประเมินดัชนีเก็บเกี่ยวและการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบเหลือทิ้งจากอะโวคาโด
๒. ชื่อนักวิจัย/นักประดิษฐ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรางค์รัตน์ พันแสง
๓. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
๔. ทูลอดหนุนการวิจัยประเภท วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ปีงบประมาณ ๒๕๖๗
๕. ปีที่งานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ดำเนินการเสร็จ ปี พ.ศ.๒๕๖๗
๖. ปีที่นำไปใช้ประโยชน์ ปี พ.ศ.๒๕๖๗
๗. การนำไปใช้ประโยชน์
 - ๗.๑ ชื่อหน่วยงาน องค์การบริหารส่วนตำบลเขาค้อ
 - ๗.๒ ที่อยู่หน่วยงาน ๑๘๓ หมู่ ๑๓ ตำบลเขาค้อ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์
โทรศัพท์ ๐๕๖-๗๒๘-๐๖๙

ขอรับรองว่าได้นำผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

- ☐ ๑. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์และพัฒนาชุมชนในเชิงสาธารณะ ท่านนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์และพัฒนาอย่างไร (โปรดบรรยายละเอียด)

.....

.....

.....

☐ ๒. การนำไปใช้ประโยชน์และพัฒนาชุมชนในเชิงนโยบาย ท่านนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์และพัฒนาอย่างไร (โปรดบรรยายละเอียด)

☐ ๓. การนำไปใช้ประโยชน์และพัฒนาชุมชนในเชิงพาณิชย์ ท่านนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์และพัฒนาอย่างไร (โปรดบรรยายละเอียด)

☐ ๔. การใช้ประโยชน์ทางอ้อมของงานสร้างสรรค์ ท่านนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์และพัฒนาอย่างไร (โปรดบรรยายละเอียด)

☒ ๕. การนำไปใช้ประโยชน์ต่อชุมชนด้านอื่น ๆ ท่านนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์และพัฒนาอย่างไร (โปรดบรรยายละเอียด)

เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ในด้านเทคโนโลยี เช่น
แปรรูป ผลไม้สด เช่น ผลไม้แปรรูป เป็นไอศกรีม



ตำแหน่ง นายกองค์การบริหารส่วนตำบลเขาค้อ
วันที่ให้ข้อมูล ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๗

หมายเหตุ

การใช้ประโยชน์ในเชิงสาธารณะ เช่น ผลงานวิจัยที่นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่สาธารณะในเรื่องต่างๆ ที่ทำให้คุณภาพชีวิตและเศรษฐกิจของประชาชนดีขึ้น ได้แก่ การใช้ประโยชน์ด้านสาธารณสุข ด้านการบริหารจัดการ สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) ด้านการส่งเสริมประชาธิปไตย ภาคประชาชน ด้านศิลปะและวัฒนธรรม ด้านวิถีตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เป็นต้น

การใช้ประโยชน์เชิงนโยบาย เช่น ใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยเชิงนโยบายในการนำไปประกอบเป็นข้อมูลการประกาศใช้กฎหมาย หรือกำหนดมาตรการกฎเกณฑ์ต่างๆ โดยองค์กร หรือหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เป็นต้น

การใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ เช่น งานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ที่นำไปสู่การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ หรือผลิตภัณฑ์ซึ่งก่อให้เกิดรายได้ หรือนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เป็นต้น

การใช้ประโยชน์ทางอ้อมของงานสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นการสร้างคุณค่าทางจิตใจ ยกระดับจิตใจ ก่อให้เกิดสุนทรียภาพ สร้างความสุข เช่น งานศิลปะที่นำไปใช้ในโรงพยาบาล ซึ่งได้มีการศึกษาและการประเมินไว้

การนำไปใช้ประโยชน์ต่อชุมชนด้านอื่น ๆ

โครงการวิจัย เรื่อง การประเมินดัชนีเก็บเกี่ยวและการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบเหลือทิ้งจากอะโวคาโด

รายชื่อผู้สนใจเพิ่มมูลค่าจากวัตถุดิบเหลือทิ้งอะโวคาโด เป็นผลิตภัณฑ์พื้นฐานครีมบำรุงผิว

อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	หมู่	ตำบล
1	นาง อธิชา ทน/กมล	1	ตะ:โตะ:หวง
2	นาง จ-เปี่ยม สีอาก	1	
3	นางสาว อรุณพร คุ้มสี	1	
4	นาง รัตนา พลอาน		
5	นางนพพร สีขมน้อย	1	ตะ:โตะ:หวง
6	นางอรุณี ศาสกร	1	ตะ:โตะ:หวง
7	นางชนัน อวิณดิน	1	ตะ:โตะ:หวง
8	น.ส. ศักดาจรรณ สีสพออน	1	ตะ:โตะ:หวง
9	นางปณณิตา งามจิต	1	ตะ:โตะ:หวง
10	ฉันทรีเพน สีสมนิง	1	ตะ:โตะ:หวง
11	นางสาว ฐิติมา	1	
12	นางอัสยา งามจิต		ตะ:โตะ:หวง
13	นางไฉไล งามจิต		
14	นางสาว งามจิต		ตะ:โตะ:หวง
15	นางสาว งามจิต	1	ตะ:โตะ:หวง
	นางสาว งามจิต	1	งามจิต
	นางสาว งามจิต	1	งามจิต

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวสุรางค์รัตน์ พันแสง
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Ms Surangrat Punsang
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-6704-00213-29-9
3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000
โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 2715 โทรสาร 056-717123
e-mail: surangrat_aejung@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา วท.บ.(ชีววิทยา), วท.ม. (วิทยาศาสตร์การเกษตร)
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ชีววิทยา เกษตรศาสตร์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

การเผยแพร่

- [1] สุภัทร เดชรักษา บุญยสฤษฎ์ บุญสวน สุรางค์รัตน์ พันแสง และพวงผกา แก้วกรม. (2565). การศึกษาพรรณไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านห้วยลาน จังหวัดเพชรบูรณ์ . ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปี พ.ศ. 2565*. (19 มีนาคม 2565) ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์. (Oral)
- [2] สุรางค์รัตน์ พันแสง และพวงผกา แก้วกรม. (2565). การเปรียบเทียบสัณฐานวิทยา และการเจริญเติบโตของแห่นางแมว. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5 ประจำปี พ.ศ. 2565*. (19 สิงหาคม 2565) ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ. (Poster)
- [3] สุรางค์รัตน์ พันแสง และพวงผกา แก้วกรม. (2565). ผลของการใช้สมุนไพรกำลังช้างเผือก (*Hiptage candicans*) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และลดการตกค้างของยาปฏิชีวนะในไก่เนื้อ. *วารสารแก่นเกษตร* 50(4); 1153-1161.
- [4] สุรางค์รัตน์ พันแสง บุญยสฤษฎ์ บุญสวน สุภัทร เดชรักษา และพวงผกา แก้วกรม. (2565). การประเมินการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพไม้ยืนต้น กรณีศึกษาพื้นที่ป่าชุมชนบ้านห้วยลาน อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์. *วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา* 7(2); 83-91.
- [5] สุรางค์รัตน์ พันแสง และพวงผกา แก้วกรม. (2566). การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นของค้อ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย 12*. (25-27 มกราคม 2566). ณ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา. (Poster)
- [6] อรอนงค์ จันทะสี กนกพร สอนสุภาพ พวงผกา แก้วกรม และสุรางค์รัตน์ พันแสง. (2566). การเปรียบเทียบวิธีการสกัดและประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบใบค้อที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติด้านทรัพยากรธรรมชาติและวิทยาศาสตร์สุขภาพ ครั้งที่ 2 “นวัตกรรมใหม่กับการใช้ทรัพยากรไทยอย่างยั่งยืน”*. (14 กุมภาพันธ์ 2566). ณ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร สกลนคร. (Oral)

[7] กัญยาณี แก้วเขียว พวงผกา แก้วกรม และสุรางค์รัตน์ พันแสง. (2566). การเพิ่มประสิทธิภาพการทนแล้งของกล้าไม้มะค่าโมงด้วยไมคอร์ไรซา. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติด้านทรัพยากรธรรมชาติและวิทยาศาสตร์สุขภาพ ครั้งที่ 2 “นวัตกรรมใหม่กับการใช้ทรัพยากรไทยอย่างยั่งยืน”*. (14 กุมภาพันธ์ 2566). ณ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร สกลนคร. (Oral)

2. ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวพวงผกา แก้วกรม
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Ms Puangpaka Kaewkrom
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-6701-01603-53-2
3. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 2709 โทรสาร - e-mail: kpuangpaka@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา วท.บ.(เกษตรศาสตร์) วท.ม. (สัตววิทยา) วท.ด. (วิทยาศาสตร์ชีวภาพ)
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ ชีววิทยา นิเวศวิทยา เกษตรศาสตร์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอก
 - [1] สุภัทร เดชรักษา บุญยสฤยดี บุญสวน สุรางค์รัตน์ พันแสง และพวงผกา แก้วกรม. (2565). การศึกษาพรรณไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านห้วยลาน จังหวัดเพชรบูรณ์ . ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปี พ.ศ. 2565*. (19 มีนาคม 2565) ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์. (Oral)
 - [2] สุรางค์รัตน์ พันแสง และพวงผกา แก้วกรม. (2565). การเปรียบเทียบสัณฐานวิทยา และการเจริญเติบโตของแห่นแดง. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5 ประจำปี พ.ศ. 2565*. (19 สิงหาคม 2565) ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ. (Poster)
 - [3] สุรางค์รัตน์ พันแสง และพวงผกา แก้วกรม. (2565). ผลของการใช้สมุนไพรกำลังช้างเผือก (*Hiptage candicans*) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และลดการตกค้างของยาปฏิชีวนะในไก่เนื้อ. *วารสารแก่นเกษตร* 50(4); 1153-1161.
 - [4] สุรางค์รัตน์ พันแสง บุญยสฤยดี บุญสวน สุภัทรธรร เดชรักษา และพวงผกา แก้วกรม. (2565). การประเมินการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพไม้ยืนต้น กรณีศึกษาพื้นที่ป่าชุมชนบ้านห้วยลาน อำเภอลำลูกเกด จังหวัดเพชรบูรณ์. *วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา* 7(2); 83-91.
 - [5] สุรางค์รัตน์ พันแสง และพวงผกา แก้วกรม. (2566). การตรวจสอบสารฟลักซ์เคมีเบื้องต้นของค้อ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย 12*. (25-27 มกราคม 2566). ณ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา. (Poster)

- [6] อรอนงค์ จันทะสี กนกพร สอนสุภาพ **พวงผกา แก้วกรม** และสุรางค์รัตน์ พันแสง. (2566). การเปรียบเทียบวิธีการสกัดและประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบใบค้อที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติด้านทรัพยากรธรรมชาติและวิทยาศาสตร์สุขภาพ ครั้งที่ 2 “นวัตกรรมใหม่กับการใช้ทรัพยากรไทยอย่างยั่งยืน”*. (14 กุมภาพันธ์ 2566). ณ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร สกลนคร. (Oral)
- [7] กัญยาณี แก้วเขียว **พวงผกา แก้วกรม** และสุรางค์รัตน์ พันแสง. (2566). การเพิ่มประสิทธิภาพการทนแล้งของกล้าไม้มะค่าโมงด้วยไมคอร์ไรซา. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติด้านทรัพยากรธรรมชาติและวิทยาศาสตร์สุขภาพ ครั้งที่ 2 “นวัตกรรมใหม่กับการใช้ทรัพยากรไทยอย่างยั่งยืน”*. (14 กุมภาพันธ์ 2566). ณ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร สกลนคร. (Oral)