

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณเบต้าแคโรทีน ไลโคพีน และฟลาโวนอยด์
ของมะม่วงรับประทานดิบสายพันธุ์พื้นบ้านในประเทศไทยหลังการเก็บเกี่ยว
Antioxidant activity, beta-carotene, lycopene and flavonoid content of Thai
native cultivars of green mango (*Mangifera indica*) after harvest

กฤษณ์ สงวนพุก¹
Krish Sa-nguanpuag¹

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep, Thailand
Corresponding author. Tel.: 0 2287 9600, E-Mail: krish.sa@mutk.ac.th

บทคัดย่อ

มะม่วงเป็นผลไม้เศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในประเทศไทยสามารถปลูกมะม่วงได้ตลอดทั้งปี ซึ่งมะม่วงที่เพาะปลูกมีทั้งที่เป็นมะม่วงรับประทานดิบและรับประทานสุก สำหรับมะม่วงรับประทานสุกเท่านั้นเป็นที่นิยมและสามารถจำหน่ายในตลาดต่างประเทศได้ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามะม่วงมีคุณค่าทางโภชนาการสูงในมะม่วงรับประทานสุก สำหรับมะม่วงรับประทานดิบเป็นที่นิยมรับประทานในประเทศไทยอย่างแพร่หลาย แต่ยังคงขาดข้อมูลทางด้านสุขภาพ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถส่งเสริมให้ผู้บริโภคเห็นความสำคัญในการรับประทานมะม่วงรับประทานดิบมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณเบต้าแคโรทีน ไลโคพีน และฟลาโวนอยด์ของมะม่วงรับประทานดิบสายพันธุ์พื้นบ้านของประเทศไทยหลังการเก็บเกี่ยว โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ FRAP ปริมาณเบต้าแคโรทีน ไลโคพีน และฟลาโวนอยด์ โดยวิธี HPLC จากผลการทดลองพบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ FRAP ของมะม่วงทั้ง 13 สายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 121.99 – 641.75 มิลลิกรัม Gallic acid/ 100 กรัม น้ำหนักสด มี 0.35 – 1.25 มิลลิโมล Trolox/100 กรัม น้ำหนักสด และมี 0.03 – 0.17 มิลลิโมล Trolox/100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ และมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยในแต่ละสายพันธุ์ สำหรับปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่าในมะม่วงทั้ง 13 สายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 5.53 – 41.68 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด โดยมะม่วงสายพันธุ์ทองดำมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุดเท่ากับ 42.43 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด สำหรับปริมาณไลโคพีน มีปริมาณระหว่าง 0.11 – 0.23 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด และพบว่ามีมะม่วงเพียง 5 สายพันธุ์ ที่มีสารไลโคพีน คือ แก้ว มหาชนก น้ำดอกไม้ ทองดำ และพิมเสน สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์ในมะม่วงรับประทานดิบทั้ง 13 สายพันธุ์ มีค่า

อยู่ในช่วง 24.97 – 172.38 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด โดยมะม่วงสายพันธุ์ “โชคอนันต์” มีปริมาณฟลาโวนอยด์ในเนื้อผลมากที่สุด เท่ากับ 172.38 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด

คำสำคัญ: กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณเบต้าแคโรทีน ปริมาณไลโคปีน ปริมาณฟลาโวนอยด์ มะม่วงดิบ

Abstract

Mango is an economic crop. In Thailand, mango can growth for every season in the year and can be grown both green and ripe mango. Ripe mango is very famous and can be exported to international market. A study found that Thai native ripe mango was found to have great nutritional value. Green mango was widely consumed in local market. However, there was lacks of its nutritional information. The nutritional information can encourage consumer to increase green mango consumption. The aim of this research was to study antioxidant activity, beta-carotene, lycopene and flavonoid content of Thai native green mango cultivars. The total phenolic content, DPPH activity, FRAP activity, beta-carotene, lycopene and flavonoid content by HPLC were determined. The results showed that total phenolic content, DPPH activity and FRAP activity of Thai native cultivars of green mango were 121.99 – 641.75 mg gallic acid/ 100g fresh weight, 0.35 – 1.25 mmole Trolox/100 g FW, and 0.03 – 0.17 mmole Trolox/100 g fresh weight, respectively. There were slight differences among cultivars. The beta-carotene content was found to be 5.53 – 41.68 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ fresh weight. The ‘Thong Dam’ cultivar was found to have the highest beta-carotene content, 42.43 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ fresh weight. Lycopene content was 0.11 – 0.23 mg/100g fresh weight and high enough to be detected in only Keaw, Mahachanok, Nam Dok Mai, Thong Dam, and Pim-Sean Man cultivars . The thirteen cultivars mango had flavonoid content of 24.97 – 172.38 mg/100 g fresh weight. The ‘Chokana’ cultivar of mango gave the highest flavonoid content.

Keywords: Antioxidant activity, Beta-carotene Content, Lycopene content, Flavonoid content, Green mango

1. บทนำ

ผลไม้สดมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณไขมัน และให้พลังงานต่ำ การรับประทานผลไม้ยังช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคได้ โดยประเทศไทยสามารถปลูกผลไม้ได้หลากหลายชนิดตลอดทั้งปี และมีการส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศเป็น

จำนวนมาก มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีการปลูกกันมากและสามารถปลูกได้ทั่วประเทศไทย คนไทยชอบบริโภคผลมะม่วงทั้งในระยะผลดิบและผลสุก มะม่วงสายพันธุ์ท้องถิ่นที่เหมาะสมสำหรับบริโภคในระยะผลดิบของแต่ละภูมิภาคในประเทศไทยนั้น บางชนิดมีศักยภาพในการส่งเสริมให้เกิดการจำหน่ายเชิงพาณิชย์

แต่ทั้งนี้ยังขาดข้อมูลทางด้านคุณค่าทางพฤกษเคมีที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในผล โดยมะม่วง (*Mangifera indica* Linn.) เป็นไม้ผลเขตร้อนที่นิยมบริโภคกันทั่วโลก ซึ่งในประเทศไทย มีมะม่วงหลายสายพันธุ์ ซึ่งบางสายพันธุ์สามารถกินผลได้ตลอดทั้งปี มะม่วงยังเป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เพราะนอกจากจะมีศักยภาพในการผลิตและการตลาดอยู่ในระดับสูงแล้วยังมี แนวโน้มและในการขยายการส่งออกยังเป็นไปได้มาก [1] สำหรับมะม่วง สามารถจำแนกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ มะม่วงแบบรับประทานผลสุก และมะม่วงแบบรับประทานผลดิบ ในผลมะม่วงแก่ดิบจะให้พลังงานต่อร่างกาย ซึ่งประกอบด้วย เส้นใย แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก เบต้า แคโรทีน วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง ไนอาซิน วิตามินซี เป็นต้น มะม่วงจึงเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง [2] เนื้อมะม่วงยังมีสมบัติในการป้องกันการเกิดโรคนี้ในไต (Antilithialic) และการกำจัดอนุมูลอิสระ (Free radical scavenging) โดยไปลดการเข้าทำลายผนังเซลล์ (lipid peroxidation) และเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระ (Superoxide dismutase และ catalase) อีกทั้งยังต่อต้านสารที่กระตุ้นตัวรับเบต้าแอดรีเนอร์จิก (isoproterenol) [3] นอกจากนี้ เนื้อมะม่วง ยังพบ วิตามิน สารอินทรีย์คาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน สารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) และสารหอมระเหยต่าง ๆ [4, 5] จากการศึกษา พบว่า สารประกอบฟีนอลิกในเนื้อผลมะม่วงและเปลือก ประกอบไปด้วย วิตามินซี (Ascorbic acids และ dehydroascorbic acids), ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids), แคโรทีนอยด์ (Carotenoids), แชนโตน (Xanthones), กรดฟีนอลิก (Phenolic acids) และ แกลโลแทนนิน (Gallotannins) เป็นต้น [6-11]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารออกฤทธิ์บางชนิดในผลมะม่วงในระยะผลดิบ เช่น เบต้า แคโรทีน (Beta-carotene) ไลโคปีน (Lycopene) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH, FRAP, ABTS) โดยใช้ผลมะม่วงดิบทั้ง 13 สายพันธุ์ คือ เชี่ยวเสวย ฟาลัน แรด แก้ว สามฤดู เบา มหาชนก หนองแขง น้ำดอกไม้ ทองคำ มั่นขุนศรี พิมเสนมัน โชคอนันต์ จัดแบ่งการเก็บเกี่ยวและทำการทดลองตามฤดูกาลให้ผลผลิตของมะม่วงแต่ละสายพันธุ์ตลอดทั้งปี ซึ่งข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อส่งเสริมการบริโภคและการขยายผลไม้ไทยทั้งภายในประเทศในส่วนของท่านอื่น ๆ และใช้ในการประชาสัมพันธ์เพื่อทำการตลาดในต่างประเทศ นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตรและขยายโอกาสในการส่งออกสู่ระดับสากลแล้ว ยังช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคเล็งเห็นความสำคัญของการบริโภคผลไม้มากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีทั้งในด้านการลดค่าใช้จ่ายในการดูแลสุขภาพ รวมถึงลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพ ซึ่งเป็นของปรุงแต่งที่มีราคาแพงและนิยมกันมากในปัจจุบัน

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ขั้นตอนการเตรียมผลผลิตผล

การเก็บเกี่ยวผลผลิตตามดัชนีการเก็บเกี่ยวทางการค้า (Commercial maturity index) คัดเลือกและทำการเก็บผลผลิตจากศูนย์วิจัยปากช่อง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครราชสีมา ในช่วงเดือนเมษายนถึงมิถุนายน โดยในแต่ละชนิดผลผลิตสุ่มเก็บตัวอย่าง ทำการคัดเลือกผลที่สมบูรณ์ปราศจากบาดแผล ตาหนิที่เกิดจากโรคและแมลงเข้า

ทำลาย มีขนาดผล รูปร่างและความบริสุทธิ์ใกล้เคียงกัน ทำการทดลอง 6 ซ้ำ และในซ้ำทำ duplicate นำผลผลิตที่ได้มาทำการล้างทำความสะอาดก่อนการเตรียมการวิเคราะห์ทางเคมี

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน และไลโคพีนในผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ได้แยกส่วนเปลือกและเนื้อ หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปแช่ในไนโตรเจนเหลว เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -80°C จนกว่าจะทำการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน และไลโคพีน ดังนี้

วิธีการสกัด เบต้าแคโรทีน และไลโคพีน [12] นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ จำนวน 3-5 กรัม ที่ปั่นละเอียด ใส่ในขวดแก้วสีน้ำตาล เติม 10% Ascorbic acid ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และ 2 M Ethanolic potassium hydroxide (KOH in Ethanol) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ทำการผสมกันและต้มในอ่างน้ำร้อน 30 นาที ต่อมานำตัวอย่างทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นใส่ Hexane ปริมาตร 70 มิลลิลิตร ทำการเขย่าอย่างต่อเนื่องนาน 2 นาที หลังจากแยกเป็น 2 ชั้น ให้แยกสารชั้นบนใส่ในขวดแก้วสีน้ำตาล กรวยแยกที่มี 5% (w/v) KOH ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ทำการสกัดแยกสาร 2 ครั้งด้วย Hexane ปริมาตร 35 มิลลิลิตร ต่อมาล้าง Hexane ออกจากสารที่สกัดได้ด้วย 10% (w/v) Sodium chloride ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และล้างตะกอนด้วยน้ำ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เพื่อล้าง Alkali ออก จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างที่ได้มาทำการระเหยตัวทำละลายจากสารสกัดออกด้วยเครื่อง R evaporator ภายใต้ความดัน 60 มิลลิบาร์ ในอ่างน้ำร้อนที่ 37°C ละลายสารสกัดที่ได้ นำมาละลายด้วยคลอโรฟอร์มเข้มข้น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเมทานอล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

นำสารละลายไปแยกวิเคราะห์หาสารเบต้าแคโรทีน และ ไลโคพีน มาเปรียบเทียบกับสารเบต้าแคโรทีน และ ไลโคพีน มาตรฐาน ความเข้มข้น 100 ppm โดยนำสารละลายมาตรฐาน เบต้าแคโรทีน และ ไลโคพีน มาตรฐาน ละลายในอะซิโตนคลอโรฟอร์ม และ เมทานอล อัตราส่วน 10:1:1 นำไปวิเคราะห์โดยเครื่อง HPLC-PAD (LC-20AT prominence liquid chromatograph (Shimadzu, Japan) - SPD-M20A Diode array detector (PAD)) [13] โดยใช้ Inertsil ODS-3 column (5 μm 4.6 I.D. x 250 mm S/N 5F186218) และบันทึกข้อมูลโดย Solution programme (Shimadzu, Japan) โดยใช้ mobile phase ประกอบด้วย acetonitrile (CH_3CN) : tetrahydrofuran (THF) : methanol (CH_3OH) : triethylamine (TEA), ของ 80:40:6:0.1 (v/v/v/v) ประกอบด้วย 0.2% Ammonium acetate ที่มีอัตราการไหลเท่ากับ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที สำหรับสาร เบต้าแคโรทีน และไลโคพีน ตรวจสอบที่ความยาวคลื่น 450 nm

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ในผลิตภัณฑ์

วิธีการสกัดฟลาโวนอยด์ [13, 14] นำตัวอย่างมะม่วง 5 กรัม ของผลิตภัณฑ์มาปั่นให้ละเอียดในอะซิโตน 80% ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ที่มีกรดฟอร์มิก 0.2% เขย่าที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง แล้วกรองด้วย Whatman filter paper No. 4 นำกากมาสกัดซ้ำด้วยอะซิโตนอีก 2 ครั้ง แล้วนำสารสกัดที่ได้มารวมกัน จากนั้นระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 37°C ในสภาพกึ่งสุญญากาศด้วยเครื่อง rotary evaporator ปรับปริมาตรสารสกัดด้วยน้ำกลั่นที่มีกรดฟอร์มิก 3% นำสารสกัดมาแยกด้วย C18 Sep-Pak cartridge (Waters) ล้างด้วยน้ำกลั่นที่มี

กรดฟอร์มิก 3% เพื่อให้ให้น้ำตาล กรดอินทรีย์ และ สารประกอบบิสระที่ละลายน้ำได้ถูกชะออกมา จากนั้นชะ ฟลาโวนอยด์ ออกมาด้วย เมทานอลที่มี กรดฟอร์มิก 3% นำมากรองด้วย Membrane filter ขนาด 0.45 ไมครอน ก่อนฉีดเข้าเครื่อง HPLC

การตรวจวัดปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยเครื่อง HPLC-PAD (LC-2 0 AT prominence liquid chromatograph (Shimadzu, Japan) - SPD-M2 0 A Diode array detector (PAD)) [13] โดยใช้ Inertsil ODS-3 column (5 μ m 4.6 I.D. x 250 mm S/N 5 FI8 6 2 1 8) และบันทึกข้อมูลโดย Solution programme (Shimadzu, Japan) การแยกฟลาโวนอยด์ ทำโดยใช้สัดส่วน gradient solutions ของ solvent A (4% phosphoric acid) และ solvent B (100% acetonitrile) ที่ 3000 psi โดยใช้อัตราการไหล 0.7 มิลลิลิตร/นาที ทำการตรวจสแกนคลื่นแสงระหว่าง 250 และ 550 nm นำมาเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Kaempferol ความเข้มข้น 100 ppm โดยนำสารละลายมาตรฐาน Kaempferol ละลายใน อะซิโตนความเข้มข้น 80%

2.4 การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ในผลิตภัณฑ์

2.4.1 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) [15]

นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงผสมกับสารละลาย ethanol ความเข้มข้น 80 % ในอัตราส่วน 1:1 (W/V) ปั่นให้ละเอียดแล้วนำไป เหวี่ยงแยกที่แรงเหวี่ยง 12,000g เป็นเวลา 20 นาที นำสารละลายส่วนใส (Supernatant) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร มาวิเคราะห์หา สารประกอบฟีนอลิก โดยทำให้เจือจางลง 10 เท่า แล้วปิเปตสารตัวอย่างที่ทำการเจือจางนี้มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง หลังจากนั้นเติมสารละลาย

Folin-ciocalteu (สารละลาย Folin-ciocalteu ความเข้มข้น 2N เจือจางลง 10 เท่าด้วยน้ำกลั่น) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วเติมสารละลาย sodium carbonate (ละลายสารละลาย Sodium carbonate จำนวน 75 กรัม ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับ ปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันอีกครั้ง จากนั้นนำไปวางไว้ในน้ำอุ่น อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วย้ายไปแช่ในน้ำ เย็นอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึง นำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปวัดค่า การดูดกลืนคลื่นแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Shimadzu, Japan) ที่ความยาวคลื่น 760 nm นำค่าที่ อ่านได้มาคำนวณกราฟมาตรฐานของ gallic acid ความเข้มข้น 20 40 60 80 และ 100 ppm ทำการ Plot graph ระหว่างเปอร์เซ็นต์การต้านปฏิกิริยา ออกซิเดชันที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารสกัด แล้วหาสมการเส้นตรง และแทนค่า 50 % ได้ค่า Inhibition concentration คือ ค่าความสามารถของ ปริมาณสารที่ทำการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่ง (IC50)

2.4.2 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH, FRAP)

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็น สารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) [16]

นำมะม่วงดิบที่ผ่านการคั้นเป็นน้ำแบบ เข้มข้นจำนวน 40 ไมโครลิตร ผสมกับ สารละลาย DPPH 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที แล้ว วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 517 nm และนำมาคำนวณเทียบกับ กราฟมาตรฐานของ Trolox (10-50 มิลลิกรัม/ลิตร)

และเปรียบเทียบค่าที่ได้กับวิตามินซีซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมเชิงบวก (Positive Control) ในการทดลอง

2.4.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP assay) [17]

โดยการอ่านสารละลาย FRAP ที่อุณหภูมิ 37 °C และผสมสารละลาย FRAP 3 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่น 300 ไมโครลิตร และสารละลาย Ferrous sulphate เข้มข้น 0.6 ไมโครโมลต่อลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วนำไปบันทึก spectrum ที่ความยาวคลื่น 350 – 700 nm โดยใช้ น้ำกลั่นเป็น Blank และเปรียบเทียบค่าที่ได้กับวิตามินซีซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมเชิงบวก (Positive control) ในการทดลอง

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติในด้านสารออกฤทธิ์สำคัญของผลิตภัณฑ์แต่ละสายพันธุ์ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทุกค่าแสดงโดยค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คิดโดยใช้จำนวนซ้ำ 6 ซ้ำเป็นอย่างน้อย

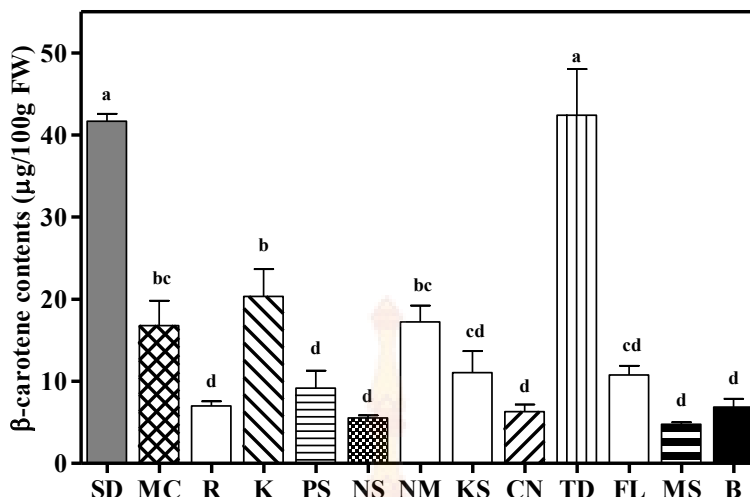
3. ผลการวิจัย

3.1 ปริมาณเบต้าแคโรทีน ไลโคพิน และฟลาโวนอยด์ในเนื้อของผลมะม่วง

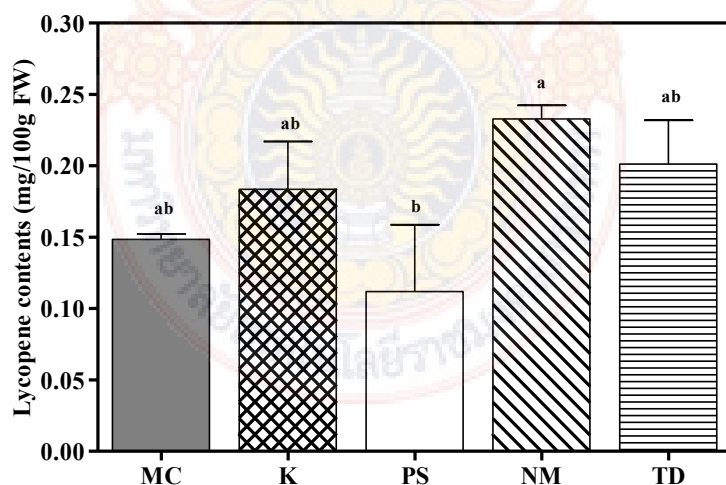
สารเบต้าแคโรทีน และสารไลโคพินในเนื้อผลมะม่วงดิบ พบว่ามะม่วงทั้ง 13 สายพันธุ์ มีปริมาณสารเบต้า แคโรทีนในเนื้อดิบอยู่ในช่วง 5.53 – 41.68 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ซึ่งมะม่วงต่างสายพันธุ์ก็มีการสะสมสารเบต้าแคโรทีนที่แตกต่างกัน

($P < 0.05$) มะม่วงสายพันธุ์ทองดำ ซึ่งลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะม่วงสายพันธุ์ทองดำ ผลดิบจะมีลักษณะขาวปนเหลือง และสามฤดู มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงที่สุด เท่ากับ 42.43 และ 41.68 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ในขณะที่มะม่วงสายพันธุ์ พิมเสนมัน แรด เบา หนองแซง และมันขุนศรี มีปริมาณเบต้าแคโรทีนต่ำที่สุด เท่ากับ 9.17, 7.01, 6.86, 5.53 และ 4.75 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (ภาพที่ 1) ในด้านของการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพินในเนื้อมะม่วงดิบพบว่า มีเพียง 5 สายพันธุ์ เท่านั้นที่สามารถตรวจสอบพบว่ามีสารสะสมสารไลโคพินในเนื้อผลดิบ คือสายพันธุ์ มหาชนก แก้ว พิมเสนมัน น้ำดอกไม้ และ ทองดำ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.11 – 0.23 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด โดยมะม่วงสายพันธุ์น้ำดอกไม้ มีปริมาณไลโคพิน มากที่สุด เท่ากับ 0.23 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ในขณะที่มะม่วงพิมเสนมัน มีปริมาณไลโคพิน น้อยที่สุด เท่ากับ 0.11 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด (ภาพที่ 2)

ปริมาณฟลาโวนอยด์ในมะม่วงรับประทานผลดิบทั้ง 13 สายพันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 24.97 – 172.38 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด โดยมะม่วงสายพันธุ์ โชคอนันต์ มีปริมาณฟลาโวนอยด์ในเนื้อผลมากที่สุด เท่ากับ 172.38 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด รองลงมาคือ สายพันธุ์ มันขุนศรี ทองดำ และ มหาชนก ที่พบการสะสมปริมาณฟลาโวนอยด์ในเนื้อผล เท่ากับ 118.21, 113.70 และ 111.25 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ส่วนมะม่วงสายพันธุ์เขียวเสวย มีปริมาณฟลาโวนอยด์ในเนื้อผลน้อยที่สุด เท่ากับ 24.97 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสดซึ่งเนื้อของมะม่วงสายพันธุ์โชคอนันต์ มีสารฟลาโวนอยด์มากกว่า 'เขียวเสวย' ถึง 7 เท่า (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในเนื้อผลมะม่วงรับประทานดิบทั้ง 13 สายพันธุ์: SD = ‘Sam Rudu’, MC = ‘Mahachanok’, R = ‘Rad’, K = ‘Kaew’, PS = ‘Pim Sean Mun’, NS = ‘Nong Sang’, NM = ‘Nam Dok Mai’, KS = ‘Kheaw Savouy’, CN = ‘Choke Anan’, TD = ‘Thong Dam’, FL = ‘Fah Lan’, MS = ‘Mun Khun Sri’, B = ‘Bao’
ตัวอักษรโรมันบนกราฟแท่งที่ต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน คำนวณโดย Duncan’s new multiple Range Test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 2 ปริมาณไลโคปีนในเนื้อผลมะม่วงรับประทานดิบทั้ง 5 สายพันธุ์: MC: ‘Mahachanok’, K: ‘Kaew’, PS: ‘Pim Sean Mun’, NM: ‘Nam Dok Mai’, TD: ‘Thong Dam’
ตัวอักษรโรมันบนกราฟแท่งที่ต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน คำนวณโดย Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 1 ปริมาณฟลาโวนอยด์ในเนื้อผลมะม่วงรับประทานผลดิบทั้ง 13 สายพันธุ์

Cultivars	Total Flavonoids Content (mg/100 g fresh weight)
Kheaw Savouy	24.977±0.016
Fah Lan	106.272±0.067
Rad	90.201±0.072
Nam Dok Mai	104.351±0.002
Choke Anan	172.388±0.024
Thong Dam	113.708±0.015
Mun Khun Sri	118.217±0.038
Mahachanok	111.251±0.031
Nong Sang	59.489±0.025
Keaw	76.282±0.263
Pim Sean Mun	45.538±0.012
Bao	70.096±0.368
Sam Rudu	98.631±0.028

3.2 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเนื้อของผลมะม่วง

จากการศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผลมะม่วงรับประทานผลดิบในประเทศไทยทั้ง 13 สายพันธุ์ คือ เชี่ยวเสวย น้ำดอกไม้ มหาชนก โชคอนันต์ แรด ฟาลัน แก้ว พิมเสนมัน ทองดำ หนองแขง เบา มั่นขุนศรี และ สามฤดู ในระยะเก็บเกี่ยวทางการค้า พบว่า การวิเคราะห์หากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในเนื้อผลมะม่วงรับประทานผลดิบทั้ง 13 สายพันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 0.35 – 1.25 มิลลิโมล Trolox /100 กรัม น้ำหนักสด โดยชนิดและสายพันธุ์มีผลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) มะม่วงสายพันธุ์ โชคอนันต์ และ เชี่ยวเสวย มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด เท่ากับ 1.25 และ 1.24 มิลลิโมล

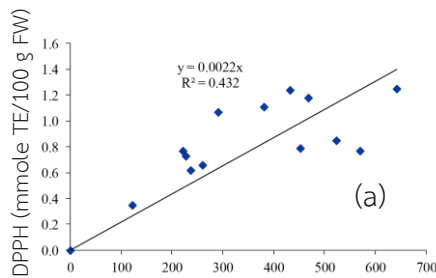
Trolox/100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ในขณะที่มะม่วงสายพันธุ์ ‘พิมเสนมัน’ มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด เท่ากับ 0.35 มิลลิโมล Trolox /100 กรัม น้ำหนักสด สามารถแบ่งกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของมะม่วงออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระน้อย (0.30 – 0.64 มิลลิโมล Trolox/100 กรัม น้ำหนักสด) คือมะม่วงสายพันธุ์ พิมเสนมัน และหนองแขง กลุ่มที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระปานกลาง (0.65 – 1.00 มิลลิโมล Trolox/100 กรัม น้ำหนักสด) คือ มะม่วงสายพันธุ์ น้ำดอกไม้ มหาชนก แรด ฟาลัน แก้ว และมั่นขุนศรี กลุ่มที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมาก (> 1.00 มิลลิโมล Trolox/100 กรัม น้ำหนักสด) ประกอบด้วยมะม่วงสายพันธุ์ เชี่ยวเสวย โชคอนันต์ ทองดำ เบา และสามฤดู (ตารางที่ 2) จากการทดลองจะเห็นว่ามะม่วงทุกสายพันธุ์ไม่มีกิจกรรม

การต้านอนุมูลอิสระที่สูงเท่าวิตามินซีเมื่อนำสารสกัดจากเนื้อผลไม้วิเคราะห์กิจกรรม การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP พบว่า ชนิดและสายพันธุ์มีผลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP มะม่วงสายพันธุ์โชคอนันต์ มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด เท่ากับ 0.17 มิลลิโมล Trolox/100 กรัม น้ำหนักสด ในขณะที่มะม่วงสายพันธุ์พิมเสน มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด เท่ากับ 0.03 มิลลิโมล Trolox/100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งสามารถแบ่งกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP ของมะม่วงออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระน้อย (0.03 – 0.09 มิลลิโมล Trolox/100 กรัม น้ำหนักสด) คือมะม่วงสายพันธุ์พิมเสนมัน หนองแซง แก้ว แรด และมันขุนศรี กลุ่มที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระปานกลาง (0.10 – 0.15 มิลลิโมล Trolox /100 กรัม น้ำหนักสด) คือมะม่วงสายพันธุ์เขียวเสวย ฟาลัน เบา และสามฤดู กลุ่มที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมาก (> 0.15 มิลลิโมล Trolox /100 กรัม น้ำหนักสด) ประกอบด้วยมะม่วงสายพันธุ์มหาชนก น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และทองคำ (ตารางที่ 2) จากการทดลองจะเห็นว่ามะม่วงสายพันธุ์น้ำดอกไม้ และมหาชนก มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP ตรงข้ามกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH โดยมะม่วงทั้งสองสายพันธุ์มีสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มที่มีประสิทธิภาพดี วัดผลได้รวดเร็วเมื่อวัดด้วยวิธี DPPH ซึ่งให้ผลที่ไม่ดี หรือให้ผลการยับยั้งช้าเมื่อวัดด้วยวิธี FRAP เนื่องจากเป็นวิธีการวัดกลไกที่แตกต่างกัน และจากการทดลองจะเห็นว่ามะม่วงทุกสายพันธุ์ไม่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่สูงเท่าวิตามินซี

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของมะม่วงรับประทานผลดิบ มีค่าอยู่ในช่วง 121.99 – 641.75

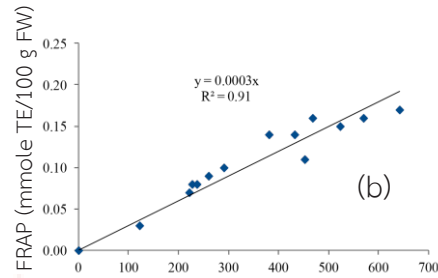
มิลลิกรัม gallic acid/ 100 กรัม น้ำหนักสด ผลมะม่วงดิบต่างชนิดกันมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกแตกต่างกันอย่างมาก มะม่วงสายพันธุ์โชคอนันต์ น้ำดอกไม้ และมหาชนก มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเนื้อผลมากที่สุด เท่ากับ 641.75 569.65 และ 523.02 มิลลิกรัม Gallic acid/ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ รองลงมาคือ มะม่วงสายพันธุ์ ทองคำ ฟาลัน และเขียวเสวย มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 467.97, 452.20 และ 432.02 มิลลิกรัม Gallic acid/ 100 กรัม น้ำหนักสด ในขณะที่มะม่วงสายพันธุ์พิมเสนมัน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเนื้อผลน้อยที่สุด เท่ากับ 121.99 มิลลิกรัม Gallic acid/ 100 กรัม น้ำหนักสด (ตารางที่ 2) ซึ่งปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างจากการศึกษาที่เคยมีการศึกษาก่อนหน้านี้ พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในมะม่วงดิบสดมีค่าเท่ากับ $17.20 + 0.22$ มิลลิกรัม Gallic acid /100 กรัม [18]

เปอร์เซ็นต์ inhibition ของสารสกัดจากเนื้อมีความแตกต่างทางสถิติ ทั้งชนิดและสายพันธุ์ โดยมะม่วงสายพันธุ์โชคอนันต์ และเขียวเสวย มีเปอร์เซ็นต์ Inhibition ในเนื้อผลมากที่สุด เท่ากับ 74.41 และ 73.54 ตามลำดับ รองลงมาคือ มะม่วงสายพันธุ์ทองคำ และสามฤดู มีเปอร์เซ็นต์ Inhibition เท่ากับ 69.83 และ 63.77 ตามลำดับ ส่วนมะม่วงสายพันธุ์พิมเสนมัน มีเปอร์เซ็นต์ Inhibition น้อยที่สุด เท่ากับ 22.35 ในขณะที่ มะม่วงสายพันธุ์เขียวเสวย โชคอนันต์ ทองคำ เบา และสามฤดู มีค่า IC50 มากที่สุด เท่ากับ 0.84 รองลงมาคือ มะม่วงสายพันธุ์ น้ำดอกไม้ มหาชนก ฟาลัน และมันขุนศรี มีค่า IC50 เท่ากับ 0.83 ในขณะที่มะม่วงสายพันธุ์พิมเสนมัน มีค่า IC50 น้อยที่สุด เท่ากับ 0.78 (ตารางที่ 3)



Total phenolics (mg gallic acid/ 100 g FW)

(a)



Total phenolics (mg gallic acid/ 100 g FW)

(b)

ภาพที่ 3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกกับกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลโดยวิธี DPPH (a) และ FRAP (b)

ตารางที่ 2 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ FRAP และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในเนื้อผลมะม่วงรับประทานดิบทั้ง 13 สายพันธุ์

Cultivars	Antioxidant activity (mmole TE/100 g fresh weight)		Total phenolics ¹ (mg gallic acid/ 100 g fresh weight)
	DPPH ^{1/}	FRAP ^{1/}	
Ascorbic Acid	2.57 ^a	3.40 ^a	4693.73 ^a
Kheaw Savouy	1.24 ^b	0.14 ^d	432.02 ^f
Nam Dok Mai	0.77 ^{fg}	0.16 ^c	569.65 ^c
Mahachanok	0.85 ^e	0.15 ^d	523.02 ^d
Choke Anan	1.25 ^b	0.17 ^b	641.75 ^b
Rad	0.66 ^h	0.09 ^f	260.03 ⁱ
Fah Lan	0.79 ^f	0.11 ^e	452.20 ^e
Kaew	0.73 ^g	0.08 ^g	227.12 ^j
Pim Sean Mun	0.35 ⁱ	0.03 ⁱ	121.99 ^k
Thong Dam	1.18 ^c	0.16 ^c	467.97 ^e
Nong Sang	0.62 ^h	0.08 ^h	236.68 ^j
Bao	1.11 ^d	0.14 ^d	380.80 ^g
Mun Khun Sri	0.77 ^{fg}	0.07 ^h	221.36 ^j
Sam Rudu	1.07 ^d	0.10 ^f	290.66 ^h
C.V. (%)	13.84	13.09	12.75
F-test	**	**	**

¹ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c,..... ในแนวตั้งที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's new multiple range Test (DMRT)

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 3 ร้อยละ inhibition ต่อความเข้มข้นของสารสกัดร้อยละ 50 และ IC_{50} ในเนื้อผลมะม่วงรับประทานดิบทั้ง 13 สายพันธุ์

Cultivars	Antioxidant activity	
	% Inhibition ¹	IC_{50} (mg/mL) ¹
Kheaw Savouy	73.54 ^a	0.84 ^a
Nam Dok Mai	46.88 ^{ef}	0.83 ^d
Mahachanok	51.41 ^d	0.83 ^c
Choke Anan	74.41 ^a	0.84 ^a
Rad	40.31 ^s	0.82 ^f
Fah Lan	47.53 ^e	0.83 ^d
Kaew	44.28 ^f	0.82 ^e
Pim Sean Mun	22.35 ^h	0.78 ^s
Thong Dam	69.83 ^b	0.84 ^{ab}
Nong Sang	38.08 ^s	0.82 ^f
Bao	66.39 ^c	0.84 ^b
Mun Khun Sri	46.65 ^{ef}	0.83 ^{de}
Sam Rudu	63.77 ^c	0.84 ^b
C.V. (%)	13.35	0.72
F-test	**	**

¹ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c,..... ในแนวดิ่งที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. สรุปและการอภิปราย

จากข้อมูลในการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเนื้อของผลมะม่วงดิบมีการสะสมเบต้าแคโรทีนในระดับปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ไทยชนิดอื่น ๆ [19] และปริมาณไลโคปีนในเนื้อของผลมะม่วงดิบก็มีปริมาณน้อยมาก อย่างไรก็ตามเมื่อผลมะม่วงสุกจะมีการสร้างและสะสมสารเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนเพิ่มมากขึ้น เช่น ในเนื้อผลดิบของมะม่วงสายพันธุ์น้ำดอกไม้ มีสารเบต้าแคโรทีน 17.22 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด (ภาพที่ 1) แต่เมื่อผลสุกเนื้อมีการสร้างและสะสมสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อถึง 308

ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด [19] สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์ในเนื้อของผลมะม่วงดิบมีการสะสมของฟลาโวนอยด์อยู่ในระดับที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมา [9]

จากการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดจากเนื้อผลทั้งโดยวิธี DPPH และ FRAP และเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง อนุมูลอิสระชี้ให้เห็นว่าเนื้อของผลมะม่วงดิบที่มีความสามารถในการขจัดอนุมูลอิสระได้ดีคือมะม่วงสายพันธุ์ทองดำและโชคอนันต์ ส่วนกลุ่มที่ค่อนข้างดีคือ มะม่วงสายพันธุ์เขียวสววย น้ำดอกไม้ มหาชนก เบา และ

สามฤดู ส่วนเนื้อมะม่วงสายพันธุ์เรด ฟาลัน แก้ว พิมเสนมัน หนองแขง และมันขุนศรี มีความสามารถในการจัดอนุมูลอิสระได้น้อย การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกกับกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระระหว่างวิธี DPPH และ FRAP (ภาพที่ 3) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเนื้อมีความสัมพันธ์กับการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP อย่างมาก โดยมีค่าสหสัมพันธ์สูงถึง 0.91 เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์โดยวิธี DPPH ที่มีค่าเพียง 0.432 ซึ่งค่าความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบฟีนอลิกและการวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 วิธีนี้สอดคล้องกับการทดลองที่เคยมีการศึกษาในผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น [20-22]

จะเห็นได้ว่ามะม่วงรับประทานดิบสายพันธุ์พื้นบ้านของประเทศไทย มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารสำคัญสะสมอยู่ในเนื้อผลไม้ในปริมาณที่ไม่แตกต่างจากผลไม้ชนิดอื่น ๆ ซึ่งสามารถส่งเสริมให้มะม่วงรับประทานดิบสายพันธุ์พื้นบ้านของประเทศไทยเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของอาหารสุขภาพ จากการทดลองพบว่ามะม่วงรับประทานดิบในประเทศไทยมีปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูงในบางสายพันธุ์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยเห็นว่ามะม่วงรับประทานดิบมีศักยภาพที่จะใช้เป็นอาหารสุขภาพได้ แต่ไม่ทราบผลต่อสุขภาพที่แน่ชัด ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของสารสำคัญในมะม่วงรับประทานดิบต่อสุขภาพของผู้บริโภค ซึ่งควรมีการศึกษาในระดับชีวโมเลกุลต่อไป เพื่อให้การศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่ได้สามารถนำไปต่อยอดได้จริง และมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคอย่างกว้างขวาง และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็น

ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่เหมาะสม และมีประโยชน์ต่อสุขภาพสูงสุดให้กับผู้บริโภคต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัยในการสนับสนุนงบประมาณงานวิจัยรหัสโครงการ RDG5420042 และขอขอบพระคุณสถานีวิจัยปากช่อง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสายพันธุ์มะม่วงและผลิตผลในการทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สุจิรา กิจเจริญ. เรื่องผลไม้ไทยศักยภาพการส่งออกของประเทศ. วารสารส่งเสริมการเกษตร. 2544; 32(159):2-4.
- [2] องค์ความรู้เรื่องปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลไม้เพื่อส่งเสริมสุขภาพ (วิตามินซี วิตามินอี และ เบต้าแคโรทีน) ในผลไม้. [อินเทอร์เน็ต]. นนทบุรี: กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. [ปรับปรุงเมื่อ 7 ม.ค. 2551; เข้าถึงเมื่อ 25 มิ.ย. 2555]. จาก : <http://nutrition.anamai.moph.go.th.07.01.08>.
- [3] Bafna PA, Balaraman R. Antioxidant activity of DHC-1, an herbal formulation, in experimentally-induced cardiac and renal damage. *Phytother Res.* 2005; 19:216-221.
- [4] Pino JA, Mesa J, Munoz Y, et al. Volatile components from mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 2005; 53:2213-2223.

- [5] Septembre-Malaterre A, Stanislas G, Douraguia E, et al. Evaluation of nutritional and antioxidant properties of the tropical fruits banana, litchi, mango, papaya, passion fruit and pineapple cultivated in Réunion French Island. Food Chem. 2016; 212:225-233.
- [6] Ribeiro SMR, Schieber A. Chapter 34- Bioactive compounds in mango (*Mangifera indica* L.). Bioactive Foods in Promoting Health. Fruits and Vegetables. Oxford: Elsevier; 2010. P.507-23.
- [7] Berardini N, Fezer ., Conrad J, et al. Screening of mangle (*Mangifera indica* L.) cultivars for their contents of flavonol O- and xanthone C-glycosides, anthocyanins and pectin. J Agr Food Chem. 2005; 53:1563-1570.
- [8] Kim Y, Brecht JK, Talcott ST. Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. Food Chem. 2007; 105(4):1327-1334.
- [9] Ma X, Wu H, Liu L, et al. Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits. Sci. Hort. 2011; 129:102-107.
- [10] Sogi DS, Siddiq M, Greiby I, et al. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of 'Tommy Atkins' mango peel and kernel as affected by drying methods. Food Chem. 2013; 141:2649-2655.
- [11] Sogi DS, Siddiq M, Dolan KD. Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkins mango cubes as affected by drying techniques. LWT- Food Sci Technol. 2015; 62:564-568.
- [12] Speek AJ, Schrijver J, Schreurs WHP. Vitamin E composition of some seed oils as determined by high-performance liquid chromatography with fluorometric detection. J Food Sci. 1985; 50:121-124.
- [13] Junka N, Wongs-Aree C, Kanlayanarat S. Predominance of cyanidin found in flower from two species of *Aerides* orchid. Acta Hort. 2007; 755:549-556.
- [14] Wang CY, Chen CT, Wang SY. Changes of flavonoid content and antioxidant capacity in blueberries after illumination with UV-C. Food Chem. 2009; 117:426-431.
- [15] Slinkard K, Singleton VL. Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods. Am J Enol Vitic. 1977; 28:49-55.
- [16] Devi KP, Suganthi N, Kesika P, et al. Bioprotective Properties of Seaweeds, Malays. J Nutr. 2008; 8(2):167-177.
- [17] Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Anal Biochem. 1996; 239:70-76.

- [18] Rahman MM, Das R, Hoque MM, et al. Effect of freeze drying on antioxidant activity and phenolic content of mango (*Mangifera indica*). *Int Food Res J*. 2015; 22(2):613-617.
- [19] Charoensiri R, Kongkachuichai R, Suknicom S, et al. Beta-carotene, lycopene, and alpha-tocopherol contents of selected Thai fruits. *Food Chem*. 2009; 113:202-207.
- [20] Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Comp Anal*. 2006; 19:669-667.
- [21] Wangcharoen W, Morasuk W. Antioxidant capacity and phenolic content of some Thai culinary plants. *Maejo Int J Sci Technol*. 2007; 1(2):100-106.
- [22] Hodzic Z, Pasalic H, Memisevic A, et al. The influence of total phenols content on antioxidant capacity in the whole grain extracts. *Eur J Sci Res*. 2009; 28(3):471-477.

