ว.วิทย. มข. 43(2) 267-283 (2558) KKU Sci. J. 43(2) 267-283 (2015)

การประเมินปริมาณสารพฤกษเคมีบางประการ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกของมะม่วงพื้นเมืองจังหวัดฉะเชิงเทรา

The Evaluation of Phytochemical Content, Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of the Native Mango in Chachoengsao Province

ดวงพร ภู่ผะกา[1]

บทคัดย่อ

มะม่วงจัดเป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่มีสรรพคุณทางยา นิยมใช้ในการแพทย์ทางเลือกกันอย่างแพร่หลาย รวมทั้งการจำหน่ายเป็นพืชเศรษฐกิจเพื่อการบริโภคสดทั้งภายในและต่างประเทศ ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีน รวมทั้งปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกในมะม่วงดิบและสุกของพันธุ์พื้นบ้านของจังหวัดฉะเชิงเทรา ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์ขายตึก และพันธุ์มหาชนก โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีน โดยวิธี HPLC และทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ FRAP จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของมะม่วง 3 สายพันธุ์มีค่าระหว่าง 2.78-4.12 mg gallic acid/100 g FW และมีค่าแตกต่างเพียงเล็กน้อยระหว่างสายพันธุ์ โดยพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด แต่พบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ FRAP มากเป็นอันดับ 2 รองจากมะม่วงพันธุ์มหาชนก สำหรับปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่า ในมะม่วงดิบทั้ง 3 สายพันธุ์มีค่าระหว่าง 2.29-3.79 mg/100g และมะม่วงสุกมีค่าระหว่าง 20.54-50.32 mg/100g FW โดยมะม่วงพันธุ์มหาชนกสุกมีปริมาณแคโรทีนมากที่สุด และมะม่วงพันธุ์ขายตึกดิบมีปริมาณเบต้าแคโรทีนน้อยที่สุด สำหรับปริมาณไลโคปีน พบว่า มะม่วงทั้ง 3 พันธุ์มีการสะสมสารไลโคปีนในเนื้อผล ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.22–0.28 mg/100 g FW โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีปริมาณไลโคปีนมากที่สุดเท่ากับ 0.28 mg/100 g FW รองลงมาคือมะม่วงพันธุ์ขายตึกและพันธุ์มหาชนกมีปริมาณไลโคปีนเท่ากับ 0.25 และ 0.22 mg/100 g FW ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ในมะม่วงดิบทั้ง 3 สายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 0.27–185.25 mg/100g และปริมาณฟลาโวนอยด์ในมะม่วงสุกมีค่าอยู่ในช่วง 0.12-978.12 mg/100g โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุกมีปริมาณฟลาโวนอยด์ในเนื้อผลมากที่สุดเท่ากับ 978.12 mg/100 g FW

[1]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

E-mail: daungpornpupaka@gmail.com

ABSTRACT

Mango is a traditional herb having medical effects. It has been used widely in alternative medicine and sold as economic crop for fresh consumption in both inbound and outbound. The aim of this research was to study chemical composition, antioxidant activity, beta-carotene, lycopene contents, total phenolic contents, of Thai native cultivar mangos in Chachoengsao province such as Nam dok mai, Kaiteuk and Mahachanok. The contents of total phenolic compound and Beta-carotene, and lycopene were determined by HPLC. The antioxidant activities were also determined using DPPH and FRAP methods. The results showed that total phenolic content of Thai native cultivars of mango was 2.78-4.12 mg gallic acid/100 g FW, and was slightly different among cultivars. The “Nam dok mai” has the highest total phenolic content, least in second level from “Mahachanok” for DPPH activity, and FRAP activity. The beta-carotene content was found to be 2.29-3.79 mg/100g in green mangos, and 20.54-50.32 mg/100g in ripe mangos. The “Mahachanok” cultivar was found to have the highest beta-carotene content whereas the “Kaiteuk” cultivar was found to have the least beta-carotene content. Lycopene content was enough to be detected in three cultivar mangos about 0.22–0.28 mg/100 g FW. The “Nam dok mai” cultivar of mango gave the highest lycopene content about 0.28 0.28 mg/100 g FW, next “Kai teuk” and “Mahachanok” cultivar about 0.25 and 0.22 mg/100 g FW. The flavonoid content was 0.27-185.25 mg/100 mg in three cultivars. The ripe mango was found around 0.12-978.12 mg/100g The “Nam dok mai” cultivar of mango gave the highest flavonoid content about 978.12 mg/100 g FW

คำสำคัญ: มะม่วง สารประกอบฟีนอลิก ไลโคปีน ฟลาโวนอยด์

Keywords: Mango, Phenolic compound, Lycopene, Flavonoid

บทนำ

ช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา แนวโน้มในเรื่องความสนใจด้านสุขภาพอนามัยมีมากขึ้น รวมไปถึงกระแสในเรื่องความห่วงใยสุขภาพ การรักษาอาการเจ็บป่วย และการป้องกัน กำลังเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ผู้บริโภคหลากหลายประเทศทั่วโลกได้ให้ความสนใจในการนำสมุนไพรและผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรมารับประทานหรือเพื่อใช้บำรุงรักษาสุขภาพ นอกจากนี้ยังนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ส่งผลให้มูลค่าการตลาดผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในประเทศไทยสูงถึง 9,165 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2556) ตัวอย่างการบริโภคผัก ผลไม้ ธัญพืชที่ไม่ผ่านการขัดสี และพืชสมุนไพรต่าง ๆ ที่เป็นแหล่งอาหารสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) โดยที่สารนี้จะสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคเบาหวาน เป็นต้น (สุภรัตน์, 2556) ทำให้เกิดงานค้นคว้าวิจัย

หาสารต้านอนุมูลอิสระจากแหล่งธรรมชาติเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะผักและผลไม้ ซึ่งสารสำคัญที่อยู่ในผักและผลไม้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีบทบาทสำคัญในการช่วยป้องกัน และชะลอการเกิดโรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ

มะม่วงเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระจากการที่มีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง เช่น วิตามินซี เป็นต้น ซึ่งสารดังกล่าวมีมากกว่ามะนาวถึง 3 เท่า และยังมีคุณสมบัติในการลดปริมาณสารกลูซิด (reducing glucids) โดยมีผลทำให้ผิวหนังเรียบลื่นนุ่มชุ่มชื้น และยังช่วยกำจัดเซลล์ที่ตายแล้ว จึงมีผลทำให้ผิวหน้าสดใส นอกจากนี้มะม่วงยังมีสารจำนวนน้ำตาลรวมกับกรดอะมิโนที่มีผลช่วยคงความชุ่มชื้นไว้ที่ชั้นผิวหนัง วิตามินเอและวิตามินซีในมะม่วงยังมีคุณสมบัติที่ช่วยกำจัดเซลล์ที่ตายแล้วและทำให้ผิวหน้าคงสภาพความอ่อนเยาว์ลบรอยเหี่ยวย่นได้ดี (สุภาลักษณ์, 2556) รวมทั้งยังมีสารสำคัญอีกหลายชนิด เช่น คาโรทีนอยด์ (carotenoids) แอนโธไซยานิน (anthocyanins) และสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) (Ajila et al., 2007a) สำหรับสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญซึ่งพบในเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วง ได้แก่ แมงกิเฟอริน (mangiferin) กรดแกลลิก (gallic acid) กรดคาเฟอิค (caffeic acid) และแทนนิน (tannin) เป็นต้น (Abdalla et al., 2007; Ribeiro et al., 2008) ประการสำคัญที่ผ่านมาในอดีตภูมิปัญญาชาวบ้านยังมีการนำส่วนเนื้อผลมะม่วงมาบริโภคเป็นอาหารและยา โดยใช้ส่วนต่าง ๆ ของมะม่วง เช่น ผลสดแก่ใช้รับประทานแก้คลื่นไส้อาเจียน วิงเวียน และกระหายน้ำ เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกในสารสกัดของมะม่วง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ มะม่วงพันธุ์ขายตึก และมะม่วงพันธุ์มหาชนก โดยผลการศึกษาครั้งนี้เป็นการส่งเสริมการใช้ยาสมุนไพรจากผลไม้ในการดูแลสุขภาพ และนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการวิจัยประยุกต์ในด้านอื่น ๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์สำคัญในมะม่วงพันธุ์พื้นเมือง
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในมะม่วงพันธุ์พื้นเมือง

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการสกัดสารและใช้สำหรับการวิเคราะห์

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ใช้ตัวอย่างผลไม้มะม่วงสุก 3 สายพันธุ์ ได้แก่พันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์ขายตึก และพันธุ์มหาชนก โดยสุ่มเก็บตัวอย่างมะม่วงจากตลาดในอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา เนื่องจากเป็นตลาดที่มีการจำหน่ายมะม่วงพันธุ์ต่าง ๆ จำนวนมาก และอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทราเป็นอำเภอที่มีการปลูกมะม่วงหลากหลายสายพันธุ์และมีการจำหน่ายจำนวนมากที่สุด โดยจะเก็บในเดือนมีนาคม-เมษายน เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณมะม่วงออกผลมากที่สุด ตัวอย่างสายพันธุ์ละ 60 กิโลกรัม โดยแต่ละชนิดสุ่มเก็บตัวอย่าง ทำการคัดเลือกผลที่สมบูรณ์ ปราศจากบาดแผล ตำหนิที่เกิดจากโรคและแมลงเข้าทำลาย มีขนาดผล รูปร่างและความบริบูรณ์ใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นทำการล้างผิวเปลือกด้วยน้ำสะอาด 2-3 ครั้ง ปอกเปลือก (peel) และแยกเนื้อ (pulp) มะม่วงแต่ละชนิด สับและบดให้ละเอียดเป็นชิ้นเล็กเพื่อทำการเตรียมเป็นสารสกัดทำการทดลอง 6 ซ้ำ นำผลิตผลที่ได้มาเตรียมการวิเคราะห์ทาง

เคมี ได้แก่ ไลโคปีน เบต้าแคโรทีน ฟลาโวนอยด์ คลอโรฟิลล์ สารฟีนอลิกทั้งหมด เป็นต้น

ทำการสกัดเนื้อมะม่วงบดด้วยน้ำกลั่น (aqueous extract) และส่วนสกัดด้วยแอลกอฮอล์ (ethanolic extract) การเตรียมสารสกัดทำโดยนำส่วนเนื้อมะม่วงสุก มาบดให้ละเอียด ชั่งเนื้อมะม่วงอย่างละ 1 กิโลกรัมใส่ในภาชนะบรรจุน้ำปราศจากไอออน (deionized water, DI) และ ethanol (ความเข้มข้น 95%) อย่างละ 1.5 ลิตร ทำการสกัดที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องเขย่า (shaker) หลังจากนั้นเทสารละลายชั้นบนที่เป็นน้ำและเอทานอลใส่ในภาชนะแยกกัน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บสารละลายใสที่กรองได้ (fitrate) ไประเหยให้แห้งโดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศ (freeze-dryer หรือ lyophilizer) และโดยใช้เครื่องระเหยแห้ง (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ นำผงสารสกัดแห้ง (powered extract) ที่ได้ใส่ขวดที่ปิดสนิท เก็บไว้ในภาชนะที่มีสารกันความชื้นเพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไป

2 การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญและสารออกฤทธิ์ต่าง ๆ

2.1. ปริมาณเส้นใยทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวัดเนื้อสัมผัส โดยการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสใช้เครื่อง texture analyzer (mode texture profile analysis) การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจะใช้เครื่อง Digital refractometer ส่วนการวิเคราะห์หาเส้นใย โดยใช้วิธีมาตรฐาน AOAC

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ในเนื้อผล (Gandul-Rojas et al., 1999) นำตัวอย่างเนื้อผล 40 กรัม เติมสารละลาย *N,N*–dimethylformamide (DMF) ที่ทำให้อิ่มตัวด้วยเกลือแมกนีเซียมคลอไรด์ (MgCl) ตามวิธีของ Minguez–Mosquera and Garrido–Frenandez (1989) ทำการกรองตัวอย่างด้วยปั๊มสูญญากาศ และทำการสกัดซ้ำจนกว่าจะได้สารละลายใสไม่มีสี นำสารสกัดที่ได้ทำการสกัดอีกครั้งด้วยเฮกเซนในอัตราส่วนสารสกัด:เฮกเซน (3 มิลลิลิตร : 70 มิลลิลิตร) สารสกัดที่ได้จะแยกออกเป็น 2 ชั้น โดยที่สารสกัดที่ละลายอยู่ในตัวทำละลาย DMF จะเป็นสารกลุ่มคลอโรฟิลล์ อนุพันธุ์ของคลอโรฟิลล์ และแซนโท-ฟิลล์ สำหรับสารสกัดที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายเฮกเซนจะเป็นสารกลุ่มไขมันและแคโรทีน นำสารสกัดที่อยู่ในสารละลาย DMF ผสมด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นำสารสกัดส่วนที่มีคลอโรฟิลล์และแซนโทฟิลล์ผสมอยู่เทลงในตัวทำละลายไดเอทิลอีเทอร์/เฮกเซน อัตราส่วน 1:1 (ปริมาตร/ปริมาตร) และนำส่วนที่เป็นตัวทำละลายน้ำผสมกับตัวทำละลายไดเอทิลอีเทอร์อีกครั้ง นำสารสกัดที่ได้กรองด้วยเกลือโซเดียมซัลเฟต (anhydrous Na_2SO_4) และทำการระเหยจนแห้งภายใต้ความดันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ทำการเก็บส่วนที่ทำแห้งไว้ในตู้แช่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส (สารสามารถเก็บไว้ได้ไม่เกิน 18 ชั่วโมงเพื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างควรทำการวิเคราะห์ทันที) โดยการนำมาใช้ให้นำส่วนที่ทำแห้งแล้วละลายด้วยอะซิโตน ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เพื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC)

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนและสารไลโคปีน ใช้วิธีการสกัดเบต้าแคโรทีน และไลโคปีน ดัดแปลงจาก Speek et al. (1985) โดยนำตัวอย่างผลิตผลจำนวน 3-5 กรัม ที่ปั่นละเอียด ใส่ในขวดแก้วสีน้ำตาล (saponification flask) เติม 10% dกรดแอสคอร์บิค ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และ 2 โมลต่อลิตร ethanolic potassium hydroxide (KOH) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ทำการผสมกันและต้มในอ่างน้ำร้อน 30

นาที ต่อมานำตัวอย่างทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นใส่ 70 มิลลิลิตร ของเฮกเซน ทำการเขย่าอย่างต่อเนื่องนาน 2 นาที หลังจากแยกเป็น 2 ชั้น ให้แยกสารชั้นบนใส่ในกรวยแยก (separating funnel) ที่มี 5% (w/v) KOH ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ทำการสกัดแยกสาร 2 ครั้งด้วยเฮกเซน ปริมาตร 35 มิลลิลิตร ต่อมาล้างเฮกเซนออกจากสารที่สกัดได้ด้วย 10% (w/v) โซเดียมคลอไรด์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และล้างตะกอนด้วยน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร เพื่อล้างอัลคาไลน์ออก จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างที่ได้มาทำการระเหยสารสกัดออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) ภายใต้ความดันในอ่างน้ำร้อนที่ 37 องศาเซลเซียส ละลายสารสกัดที่ได้นำมาด้วยคลอโรฟอร์มปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเมทานอลปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำสารละลายไปแยกวิเคราะห์หาสารเบต้าแคโรทีน และไลโคปีน

2.4 การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ ใช้วิธีการสกัดฟลาโวนอยด์ ดัดแปลงจาก Junka et al. (2007) และ Wang et al. (2009) โดยนำตัวอย่างมะม่วง 5 กรัม ของผลิตผลมาปั่นให้ละเอียดในอะซิโตน 80% ปริมาตร 20 ml ที่มีกรดฟอร์มิค 0.2% เขย่าที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองแล้วนำกากมาสกัดซ้ำด้วยอะซิโตนอีก 2 ครั้ง แล้วนำสารสกัดที่ได้มารวมกัน จากนั้นระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ในสภาพกึ่งสุญญาศด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน ปรับปริมาตรสารสกัดด้วยน้ำกลั่นที่มีกรดฟอร์มิค 3% นำสารสกัดมาแยกด้วย C18 Sep-Pak cartridge (waters) ล้างด้วยน้ำกลั่นที่มีกรดฟอร์มิค 3% เพื่อให้น้ำตาล กรดอินทรีย์ และสารประกอบอิสระที่ละลายน้ำได้ถูกชะออกมา จากนั้นชะ ฟลาโวนอยด์ออกมาด้วย เมทานอลที่มีกรดฟอร์มิค 3% นำมากรองด้วยเยื่อเลือกผ่าน (membrane filter ขนาด 0.45 μm ก่อนฉีดเข้าเครื่อง HPLC และการตรวจวัดปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยเครื่อง HPLC-PAD (LC-20AT prominence liquid chromatograph (Shimazu, Japan) - SPD-M20A Diode array detector (PAD))

2.5 การวิเคราะห์หาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

2.5.1 การตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics) โดยวิธี Folin-Ciocalteus โดยดัดแปลงวิธีของ Zhou and Yu. (2004); Kubola and Siriamornpun (2008) โดยปิเปตสารละลาย Gallic acid มาตรฐานในแต่ละความเข้มข้นอย่างละ 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารมาตรฐาน Folin-Ciocalteus reagent 0.5 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นเติมสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต 20 เปอร์เซ็นต์ (w/v) 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน Gallic acid

2.5.2 การวิเคราะห์วิตามินซีด้วย HPLC โดยวิธีของ Abushita et al. (1997) โดยทำการชั่งกรดแอสคอบิค 10 มิลลิกรัม มาละลายน้ำ 10 มิลลิลิตร จะได้วิตามินซีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ทำการเจือจางความเข้มข้นเป็น 0.125 0.0625 0.3125 และ 0.01625 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร วิเคราะห์แบบ external standard วิเคราะห์วิตามินซี ด้วย HPLC .ใช้คอลัมน์ขนาด 4.6×150 มิลลิเมตร, 5 μm ส่วนเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ประกอบด้วยเมทนอล และ KH_2PO_4 ความเข้มข้น 0.1 โมล ทำการเปลี่ยนอัตราส่วนของเมทานอลและ KH_2PO_4 (gradient) ตลอดการวิเคราะห์ โดยที่เวลาเริ่มต้นให้ เมทานอล:KH_2PO_4 (3:97) เป็นเวลา 5 นาที อัตราการไหลเป็น 0.75 มิลลิลิตร/นาที

ไปเป็น 1 มิลลิลิตร/นาที ในนาทีที่ 8 โดยฉีดปริมาตร 20 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร

2.5.3 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกด้วยเครื่อง HPLC ดัดแปรงวิธีจาก Dragovic-Uzelac et al. (2005), Kubola and Siriamornpun (2008) การแยกสารประกอบด้วยเครื่อง HPLC โดยการใช้คอลัมน์ C18 ขนาด 4.6×150 mm, 5 μm ส่วนเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) เป็นระบบเกรเดียนท์ เฟสเคลื่อนที่ A คือ น้ำประกอบด้วยกรดแอซีติก 3% เฟสเคลื่อนที่ B ประกอบด้วย กรดแอซีติก 3% อะซีโตไนไตร 25% และน้ำ 72% ในระบบ gradient ในนาทีที่ 0-40 เฟสเคลื่อนที่ A 30% เฟสเคลื่อนที่ B 70% อัตราการเคลื่อนไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที นาทีที่ 40-45 เฟสเคลื่อนที่ A 20% เฟสเคลื่อนที่ B 80% อัตราการเคลื่อนไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที นาทีที่ 45-55 เฟสเคลื่อนที่ A 15% เฟสเคลื่อนที่ B 85% อัตราการเคลื่อนไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที นาทีที่ 55-57 เฟสเคลื่อนที่ A 10% เฟสเคลื่อนที่ B 90% อัตราการเคลื่อนไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ระบบการปฏิบัติงานอุณหภูมิคอลัมน์ 20 องศาเซลเซียส ปริมาตรในการฉีด 20 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร

2.6 การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดย in vitro assays

2.6.1 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ferric reducing/antioxidant power (FRAP) ดัดแปลงจากวิธีของ Benzie and Strain (1996); Kubola and Siriamornpun (2008) โดยนำสารละลาย FRAP reagent 1.8 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 180 ไมโครลิตร และสารสกัด 60 ไมโครลิตร หรือสารละลายมาตรฐาน ใส่ในหลอดทดลองนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยใช้สารละลาย FRAP reagent เป็น blank แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ เพื่อหาความสามารถในการออกฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ สำหรับการทำกราฟมาตรฐาน $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ นำสารละลาย FRAP reagent 1.8 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 180 ไมโครลิตร ปิเปตสารละลาย $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ในแต่ละความเข้มข้น (0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 และ 3.0 มิลลิโมล/ลิตร) อย่างละ 60 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

2.6.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity ดัดแปลงจากวิธีของ Dasgupta and De (2006), Kubola and Siriamornpun (2008)

2.7 การวิเคราะห์ปริมาณแทนนินทั้งหมด โดยเตรียม 2,2 diphemyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมล/ลิตร โดยการชั่ง DPPH 0.04 กรัม/มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้เท่ากับ 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปผสมด้วยเครื่อง Vortex ปิดด้วยฟอยล์เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการทดสอบตัวอย่างสารสกัด โดยดูดสารสกัดอย่างละ 0.1 มิลลิลิตรในหลอดทดลองอย่างละ 3 หลอด จากนั้นปิเปตสารละลาย DPPH ที่เตรียมไว้ใส่หลอดที่ใส่สารสกัดตัวอย่างไปแล้วหลอดละ 3 มิลลิลิตร เพื่อให้ทำปฏิกิริยากัน แล้วทำการเขย่า ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

3. การแยกองค์ประกอบทางเคมี

3.1 การแยกด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง

3.1.1 การเตรียมแผ่นไมโครสไลด์โครมาโทกราฟีแบบผิวบาง (microslide TLC) โดยการเตรียมแผ่นไมโครสไลด์ที่สะอาด อบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นแล้วเช็ดด้วยอะซิโตน ผสมซิลิกาเจล จีเอฟ 524 (Silica gel 60 GF_{254}) กับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:2 โดยมวล ผสมให้เข้ากันดีจนมีลักษณะเป็น Slurry ใช้ซิลิกาเจลเคลือบบนแผ่นไมโครสไลด์ ทิ้งไว้ให้ซิลิกาเจลแห้งแล้วจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.1.2 การเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยเตรียมสารละลายของสารตัวอย่างจากตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สามารถละลายสารตัวอย่างได้ดีที่สุด ใช้หลอดแคพพิลลารี แต้มสารลงบนแผ่นทินเลเยอร์-โครมาโทกราฟี แล้ววางในแก้วที่มีตัวทำละลายอิ่มตัวอยู่ ปล่อยให้ตัวทำละลายซึมขึ้นไปจนสุดพื้นผิวหน้าตัวดูดซับ นำทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี ไปตรวจสอบหาตำแหน่งสารโดยส่องด้วยเครื่องส่องรังสีเหลือม่วง เปลี่ยนระบบตัวทำละลายอินทรีย์จนกระทั่งได้ระบบตัวทำลายที่ให้ผลการแยกดีที่สุด

3.2 การแยกด้วยคอลัมน์โครมาโทกราฟี

3.2.1 การเตรียมคอลัมน์ ใช้ซิลิกาเจลสำหรับบรรจุลงในคอลัมน์ชั่งมา 30 เท่า ของสารสกัด ผสมซิลิกาเจลกับตัวทำละลายเอทานอล แล้วทำให้มีลักษณะไม่ข้นไม่เหลวจนเกินไปและไม่มีฟองอากาศเท ผ่านคอลัมน์ที่มีสำลีและทรายละเอียดที่สะอาดปิดอยู่ด้านล่างคอลัมน์ ในระหว่างที่บรรจุซิลิกา ควรใช้ลูกยางเคาะข้างๆ คอลัมน์เพื่อให้บรรจุแน่นและเรียบสม่ำเสมอ

3.2.2 การเตรียมสารเพื่อบรรจุในคอลัมน์ นำสารสกัดใส่ลงในบีกเกอร์ใส่ตัวทำละลายเอทานอลลงไป และคนให้สารละลายเข้ากัน นำไปประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุนจนเอทานอลระเหยออกหมด จึงนำสารตัวอย่างที่ได้ไปลงคอลัมน์โครมาโทกราฟี

3.2.3 การบรรจุสารลงคอลัมน์ ทำการรวมสารที่แยกได้ ด้วยวิธีการแยกสารสกัดโดยวิธี TLC ซึ่งใช้ตัวทำละลายจากอัตราส่วนที่เหมาะสมที่หาได้ข้างต้น ใส่ลงในแก้ว ใส่กระดาษกรองให้สารละลายอิ่มตัว ใช้หลอดแคพพิลลารีจุ่มลงในขวด จุดสารลงบนสไลด์ แผ่นละ 3 จุด ใส่ลงในแก้ว สังเกตดูว่าตัวทำละลายนั้นสูงถึงขีดบน นำแผ่นสไลด์ออกมาวางให้แห้ง นาไปส่องดูด้วยเครื่องส่องรังสีเหนือม่วง สังเกตระยะห่างของสารแต่ละสารของแต่ละขวดที่สารเคลื่อนที่ ขวดใดเคลื่อนที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันให้นำมารวมเป็นขวดเดียวกัน หลังจากนั้นนำสารที่รวมส่วนที่เหมือนกันเข้าด้วยกัน ได้สารทั้งหมด 4 กลุ่ม แล้วนำไปหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอีกครั้ง เลือกกลุ่มสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดไปตรวจองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC/MS

3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารด้วยเทคนิค GC/MS

นำสารกลุ่มที่แยกได้และมีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดจากข้อ 3.2 ส่งวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีของสารด้วยเทคนิค GC/MS

ผลการวิจัย

1. สมบัติทางกายภาพและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

1.1 การวัดเนื้อสัมผัส (texture analysis) การวัดเนื้อสัมผัสของมะม่วงทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยมะม่วงดิบสายพันธุ์มะม่วงน้ำดอกไม้ พันธุ์ขายตึก และพันธุ์มหาชนก มีค่าความกรอบ 8.71 14.29 และ 9.36 ตามลำดับ ซึ่งค่าความกรอบของมะม่วงดิบทั้งสามสายพันธุ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าความกรอบพบว่า มะม่วงขายตึกมีค่าความกรอบมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 14.29 N ค่าความกรอบนี้จะแสดงคุณภาพทางกายภาพในส่วนของแรงที่ทำให้ตัวอย่างแตกหักโดยเป็นตัวอย่างที่มีค่าความแข็งสูงและมีความสามารถเกาะรวมตัวกันต่ำ ในการแสดงถึงคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะทำให้ทราบถึงระยะเวลานานที่ใช้ในการเคี้ยวบดตัวอย่างที่เป็นของแข็งในอัตราการเคี้ยวที่คงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้ จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและความเหนียว พบว่า มะม่วงทั้งสามสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ มีค่าความแข็งและความเหนียวมากที่สุด คือมีค่า 8.42 และ -2.85 N ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการวัดเนื้อสัมผัสของมะม่วง 3 สายพันธุ์

ค่าการวัดเนื้อสัมผัส (N)	สายพันธุ์ของมะม่วง					
	มะม่วงดิบ			มะม่วงสุก		
	น้ำดอกไม้	ขายตึก	มหาชนก	น้ำดอกไม้	ขายตึก	มหาชนก
ความกรอบ	8.71±0.53[c]	14.29±0.58[a]	9.36±0.84[b]	031±0.11[c]	0.52±005[b]	0.61±0.05[a]
ความแข็ง	8.42±0.51[a]	8.07±0.29[b]	7.40±0.21[b]	0.31±0.01	0.33±0.02	0.36±0.04[a]
ความเหนียว	-2.85±0.13[a]	-2.08±0.55[b]	-2.48±0.26[b]	-0.13±0.04	-0.11±0.03	-0.14±0.01

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันกำกับในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$), ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

1.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) ในมะม่วงสายพันธุ์ขายตึกดิบมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 4.63 องศาบริกซ์ รองลงมาคือ มะม่วงมหาชนกและมะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 3.57 และ 3.35 องศาบริกซ์ตามลำดับ ในมะม่วงสุกพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือ มะม่วงมหาชนกและมะม่วงขายตึก คิดเป็นร้อยละ 18.54 16.55 และ 9.22 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งในเนื้อดิบและสุกของมะม่วงทั้ง 3 สายพันธุ์ ดังแสดงในตารางที่ 2 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเนื้อมะม่วงสุกในแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากกว่าเนื้อมะม่วงดิบ เนื่องมาจากในระยะที่มะม่วงดิบนั้นองค์ประกอบส่วนใหญ่จะเป็นคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูปของแป้งแต่เมื่อมะม่วงเริ่มสุก คาร์โบไฮเดรตจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาล ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ให้รสหวาน และละลายน้ำได้ น้ำตาลส่วนใหญ่ในผลไม้จะเป็นน้ำตาลฟรุกโทส ดังนั้นมะม่วงสุกมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมากกว่ามะม่วงดิบ

ตารางที่ 2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของมะม่วง 3 สายพันธุ์

ค่าเฉลี่ย %, °Brix	สายพันธุ์ของมะม่วง		
	น้ำดอกไม้	ขายตึก	มหาชนก
ผลดิบ[ns]	3.35±0.16[b]	4.63±1.27[a]	3.57±0.32[c]
ผลสุก[ns]	18.54±0.51[a]	9.22±0.29[c]	16.55±0.21[b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันกำกับในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$), ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

1.3 การวิเคราะห์เส้นใยทั้งหมด (total fiber content) ในเนื้อมะม่วงดิบมีปริมาณเส้นใยทั้งหมดในแต่ละสายพันธุ์ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) มีปริมาณ 2.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในมะม่วงสุกมีปริมาณเส้นใยทั้งหมดในแต่ละสายพันธุ์ใกล้เคียงกันคือมีปริมาณประมาณ 2.2 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 3 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเนื้อมะม่วงดิบและสุกมีปริมาณเส้นใยใกล้เคียงกัน ปริมาณเส้นใยในแต่ละสายพันธุ์ของผลดิบและผลสุกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของสายพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของมะม่วงแต่ละสายพันธุ์

ตารางที่ 3 ปริมาณเส้นใยทั้งหมดของมะม่วง 3 สายพันธุ์

ปริมาณเส้นใยทั้งหมด (%)	สายพันธุ์ของมะม่วง		
	น้ำดอกไม้	ขายตึก	มหาชนก
ผลดิบ^{ns}	2.60±0.52	2.60±0.37	2.60±0.13
ผลสุก^{ns}	2.20±0.11	2.20±0.28	2.20±0.35

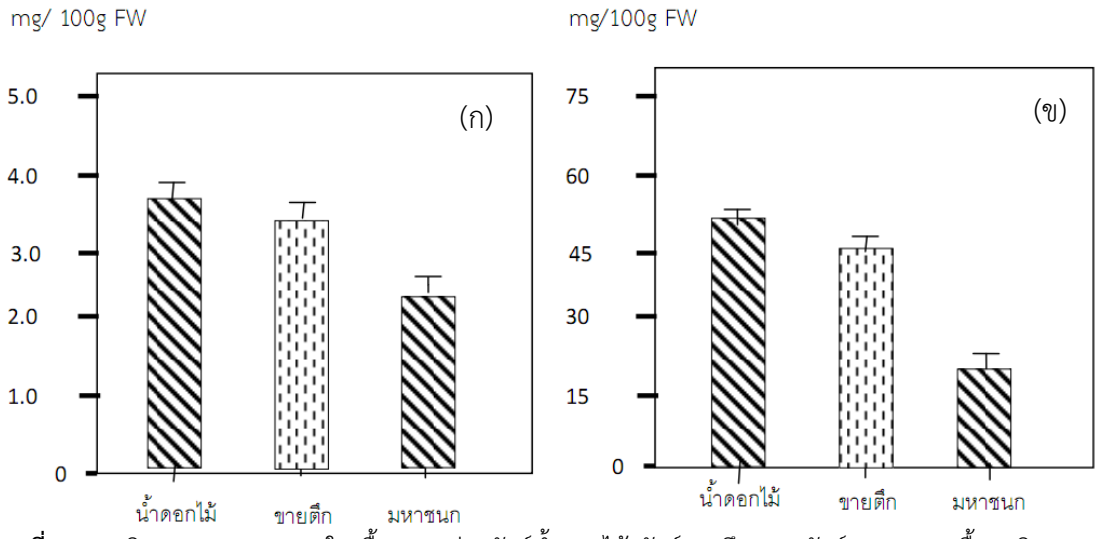
หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันกำกับในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$), ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

2. การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ในเนื้อผล

สายพันธุ์มีผลต่อชนิดและปริมาณคลอโรฟิลล์ แต่ทุกพันธุ์มีการสะสมคลอโรฟิลล์ เอ ในเนื้อมากกว่าคลอโรฟิลล์ บี โดยมะม่วงพันธุ์ขายตึกมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในเนื้อผลมากที่สุด เท่ากับ 0.68 mg/100 g FW รองลงมาคือ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และพันธุ์มหาชนก ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ 0.64 และ 0.16 mg/100 g FW ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามะม่วงทั้ง 3 สายพันธุ์ มะม่วงพันธุ์มหาชนกพบการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในเนื้อผลน้อยที่สุด จากการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ บี พบว่า มะม่วงพันธุ์ขายตึก มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในเนื้อผลมากที่สุด เท่ากับ 0.067 mg/100 g FW นอกนั้นในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และพันธุ์มหาชนกไม่พบการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในเนื้อผล

3. การวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน (β-carotene) และสารไลโคปีน (lycopene)

การวิเคราะห์หาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในมะม่วงทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่า ในมะม่วงดิบสายพันธุ์ที่พบมากที่สุดคือ มะม่วงพันธุ์มหาชนก รองลงมาคือ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และมะม่วงขายตึก มีปริมาณ 3.79 3.42 และ 2.29 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ในมะม่วงสุกพบว่ามะม่วงพันธุ์มหาชนก มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนมากที่สุด มีปริมาณ 50.32 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมาคือ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และมะม่วงขายตึก ปริมาณที่พบ คือ 44.56 และ 20.54 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตามที่ตรวจพบในเนื้อมะม่วงดิบและสุกในแต่ละสายพันธุ์ สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีนในเนื้อมะม่วงพบว่า มะม่วงทั้ง 3 พันธุ์มีการสะสมสารไลโคปีนในเนื้อผล ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.22–0.28 มิลลิกรัม/100 กรัม FW โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีปริมาณไลโคปีนมากที่สุด เท่ากับ 0.28 มิลลิกรัม/100 กรัม FW รองลงมาคือ มะม่วงพันธุ์ขายตึกและพันธุ์มหาชนกมีปริมาณไลโคปีนเท่ากับ 0.25 และ 0.22 มิลลิกรัม/100 กรัม FW ตามลำดับ มีรายละเอียดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 (ก) ปริมาณ β-carotene ในเนื้อผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์ขายตึก และพันธุ์มหาชนก (เนื้อผลดิบ) และ (ข) ปริมาณ β-carotene ในเนื้อผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์ขายตึก และพันธุ์มหาชนก (เนื้อผลสุก)

4. การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์

ปริมาณฟลาโวนอยด์ในมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 0.12-978.12 มิลลิกรัม/100 กรัม FW โดยใช้ HPLC เทียบกับสารฟลาโวนอยด์มาตรฐาน ดังนี้ rutin, myricetin, luteolin, quercetin, apigeninc และ kaempferol จากการทดลองพบว่า ปริมาณที่พบมากที่สุดในมะม่วงดิบและสุก คือ rutin มีปริมาณอยู่ในช่วง 2.91-978.12 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งพบมากในมะม่วงน้ำดอกไม้สุก 978.12 มิลลิกรัม/100 กรัม และในมะม่วงดิบพบมากในมะม่วงมหาชนก มีปริมาณ 185.25 mg/100g นอกจากนี้มีรายงานการวิจัยถึงความสามารถของ rutin ว่าเป็นตัวที่ช่วยส่งเสริมการใช้วิตามินดีในร่างกาย รักษาสภาพและการทำงานของหลอดเลือดให้แข็งแรง ช่วยในการไหลเวียนโลหิต ป้องกันการเกิดเส้นโลหิตฝอยแตก และป้องกันเลือดออกตามไรฟัน (วาริน, 2550) สำหรับสาร myricetin ในมะม่วงดิบและสุกพบมากในมะม่วงขายตึกมีปริมาณ 28.31 และ 20.41 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ สาร quercetin ในมะม่วงดิบพบมากในมะม่วงมหาชนกมีปริมาณ 3.41 มิลลิกรัม/100 กรัม และในมะม่วงสุก ตรวจพบว่ามีปริมาณใกล้เคียงอยู่ในช่วง 1.08-1.78 มิลลิกรัม/100 กรัม สาร luteolin ในมะม่วงดิบพบมากในมะม่วงมหาชนกมีปริมาณ 2.45 มิลลิกรัม/100 กรัม และในมะม่วงสุกตรวจพบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 0.12-0.62 มิลลิกรัม/100 กรัม สาร apiggenin ในมะม่วงดิบและสุกพบมากในมะม่วงมหาชนกมีปริมาณ 8.64 และ 2.08 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ สาร kaempferol ในมะม่วงดิบและสุกพบมากในมะม่วงมหาชนก มีปริมาณ 13.72 และ 10.53 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดสรุปได้ในตารางที่ 4 จากการทดลองพบว่าปริมาณสารฟลาโวนอยด์แต่ละชนิดที่เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานที่สามารถตรวจพบได้มีปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งที่ตรวจพบในเนื้อมะม่วงดิบและสุกในแต่ละสายพันธุ์

ตารางที่ 4 ปริมาณฟลาโวนอยด์ในเนื้อมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ ด้วยวิธี HPLC

ชนิดและปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (mg/100g)	สายพันธุ์ของมะม่วง					
	มะม่วงดิบ			มะม่วงสุก		
	น้ำดอกไม้	ขายตึก	มหาชนก	น้ำดอกไม้	ขายตึก	มหาชนก
Rutin	85.72±2.44[b]	2.91±0.08[c]	185.25±7.56[a]	978.12±8.54[a]	2.86±0.02[c]	704.15±25.32[b]
Myricetin	0.75±0.09[c]	28.31±0.16[a]	4.72±0.35[b]	1.24±0.01[b]	20.41±1.94[a]	0.87±0.02[c]
Quercetin	1.44±0.05[b]	1.68±0.07[c]	3.41±0.04[b]	1.63±0.01[b]	1.08±0.02[c]	1.78±0.41[a]
Luteolin	1.18±1.52[b]	0.27±0.02[c]	2.45±0.43[a]	0.62±0.03[a]	0.21±0.01[a]	0.12±0.02[c]
Apiggenin	2.12±0.01[a]	2.19±0.01[b]	8.64±0.25[a]	1.89±0.01[b]	1.65±0.01[c]	2.08±0.02[a]
kaempferol	9.47±0.03[b]	2.82±0.01[c]	13.72±1.45[a]	8.25±0.41[a]	2.63±0.02[b]	10.53±0.84[a]

5. การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

5.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics) ในมะม่วงทั้งสาม 3 สายพันธุ์ พบว่าในมะม่วงดิบสายพันธุ์น้ำดอกไม้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด รองลงมาคือมะม่วงมหาชนกและมะม่วงขายตึก มีปริมาณน้อยที่สุด โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 4.12 3.14 และ 2.78 มิลลิกรัม/100 กรัม ในมะม่วงสุกพบว่ามะม่วงมหาชนกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด มีปริมาณ 6.23 mg/100g รองลงมาคือมะม่วงขายตึกและมะม่วงน้ำดอกไม้ มีปริมาณ 1.19 และ 1.15 มิลลิกรัม/100 กรัม ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในมะม่วงทั้งสามสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในมะม่วงดิบและมะม่วงสุกในแต่ละสายพันธุ์ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ ดังตารางที่ 4 และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเนื้อผลของมะม่วงทั้ง 3 สายพันธุ์ และนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกกับปริมาณสารฟลาโวนอยด์ แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเนื้อมีความสัมพันธ์กับปริมาณฟลาโวนอยด์ มีค่าสหสัมพันธ์เพียง 0.4079 ซึ่งอาจจะเป็นเพราะมะม่วงบางพันธุ์แม้จะมีการสร้างสารประกอบฟีนอลิกแต่ในจำนวนนั้นเป็นสารฟลาโวนอยด์เพียงเล็กน้อย

5.2 การวิเคราะห์วิตามินซีด้วย HPLC โดยวิธีของ Abushita et al. (1997) พบว่า ปริมาณวิตามินซี มะม่วง 3 สายพันธุ์ พบว่ามะม่วงดิบมีปริมาณวิตามินซีอยู่ในช่วง 0.35-0.41 mg/g และมะม่วงสุกมีปริมาณวิตามินซีอยู่ในช่วง 0.34-0.35 mg/g จากการวิจัยแสดงในเห็นว่าปริมาณวิตามินซีมีปริมาณที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งในเนื้อมะม่วงดิบและมะม่วงสุกในแต่ละสายพันธุ์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเนื้อมะม่วงดิบมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าเนื้อมะม่วงสุก มะม่วงดิบให้คุณค่าสูงทั้งวิตามินซีและใยอาหาร ดังนั้นในมะม่วงดิบจะให้คุณค่ามากกว่า วิตามินซีหรือ กรดแอสคอบิค (ascorbic acid) เป็นสารอาหารที่ละลายได้ในน้ำ โดยร่างกายไม่สามารถที่จะสร้างเองได้ จึงจำเป็นต้องได้รับจากการรับประทานเข้าไป

5.3 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกด้วยเทคนิค HPLC ในมะม่วงทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยเปรียบเทียบกับสารฟีนอลิกมาตรฐาน พบว่า ปริมาณของสาร gallic acid พบมากที่สุด ในมะม่วงดิบและสุก โดยมีปริมาณอยู่ในช่วง 10.22 -74.21 มิลลิกรัม/100 กรัม และ 12.11-31.40 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ

และในทุกสารสามารถตรวจพบได้ในทุกสายพันธุ์ของมะม่วงดิบและสุกในปริมาณที่แตกต่างกัน และพบว่ามีปริมาณ gallic acid ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละสายพันธุ์ของมะม่วงดิบและสุก ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณสารฟีนอลิกด้วยวิธี HPLC ของมะม่วง 3 สายพันธุ์

ชนิดและปริมาณสารฟีนอลิก (mg/g)	สายพันธุ์ของมะม่วง					
	มะม่วงดิบ			มะม่วงสุก		
	น้ำดอกไม้	ขายตึก	มหาชนก	น้ำดอกไม้	ขายตึก	มหาชนก
GA	74.21±2.11^{a}	10.22±0.01^{c}	27±0.04^{b}	31.40±0.03^{b}	12.11±0.03^{c}	28.09±0.05^{a}
PCCA	10.10±0.04^{a}	8.13±0.03^{b}	1.62±0.01^{c}	1.70±0.01^{b}	1.09±0.01^{c}	2.66±0.02^{a}
P-OH	1.85±0.01^{a}	1.97±0.23^{a}	1.23±0.02^{b}	1.75±0.71^{a}	1.12±0.07^{b}	1.30±0.04^{b}
ChA	8.14±0.02^{b}	9.18±0.04^{a}	7.23±0.01^{b}	8.56±0.12^{a}	8.14±0.01^{b}	8.23±0.01^{a}
VA	2.01±0.01^{a}	1.95±0.03^{b}	0.42±0.01^{c}	3.25±0.02^{b}	4.08±0.07^{a}	0.49±0.02
CA	1.21±0.01^{b}	2.06±0.01^{a}	1.28±0.01^{b}	1.24±0.01^{c}	1.48±0.01^{b}	1.92±0.01^{a}
Syg	1.87±0.01^{a}	1.02±0.01^{b}	1.19±0.01^{b}	1.28±0.01^{c}	3.97±0.01^{b}	7.14±0.02^{a}
P-co	0.99±0.01^{c}	1.33±0.01^{b}	9.43±0.02^{a}	1.12±0.07	1.12±0.16	1.12±0.24
FA^{ns}	0.85±0.02	0.86±0.02	0.87±0.04	0.94±0.06	0.94±0.18	0.94±0.57
Snp	10.22±0.01^{b}	11.97±0.02^{a}	10.41±0.03^{b}	10.22±0.05	9.17±1.14	9.56±0.02

6. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity)

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของมะม่วง ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหลอดทดลอง (in vitro) 2 วิธี คือ FRAP (ferric reducing /antioxidant power) และ DPPH radical scavenging activity

6.1 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP เป็นวิธีวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่ให้อิเลคตรอน (ตัวรีดิวซ์) ซึ่งจะมีผลทำให้ ferric ion (Fe^{3+}) ในสารจะถูกรีดิวซ์โดยสารต้านอนุมูลอิสระจากสารประกอบเชิงซ้อนเหล็ก Fe^{3+}-TPTZ ได้เป็น ferrous ion (Fe^{2+}) คือเป็น Fe^{2+}-TPTZ ซึ่งสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการรีดิวซ์ ไอออนเหล็กของสารสกัดจากมะม่วง พบว่าสารสกัดจากมะม่วงขายตึกมีความสามารถในการรีดิวซ์ไอออนเหล็กได้มากที่สุด โดยสามารถรีดิวซ์ได้ 1.45 mmol $FeSO_4$ equivalent/100g FW รองลงมาคือมะม่วงน้ำดอกไม้และมะม่วงขายตึก 0.97 และ 0.71 mmol $FeSO_4$ equivalent/100g FW ในมะม่วงสุกพบว่ามะม่วงมหาชนก มีความสามารถในการรีดิวซ์ไอออนเหล็กได้มากที่สุด รองลงมาคือ มะม่วงขายตึกและมะม่วงน้ำดอกไม้โดยมีความสามารถในการรีดิวซ์ 0.84 0.19 และ 0.10 มิลลิโมล $FeSO_4$ equivalent/100g FW ตามลำดับ

6.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity โดยศึกษาตัวอย่างมะม่วง 3 สายพันธุ์ ทั้งดิบและสุก โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร พบว่าการวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในเนื้อผลมะม่วงดิบทั้ง 3 สายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 0.23-1.85 มิลลิโมล/100 กรัม FW โดยชนิด

และสายพันธุ์มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) มะม่วงพันธุ์มหาชนกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด เท่ากับ 1.85 มิลลิโมล/100 กรัม FW รองลงมาได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เท่ากับ 0.95 มิลลิโมล/100 กรัม FW และมะม่วงพันธุ์ขายตึกจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด เท่ากับ 0.23 มิลลิโมล/100 กรัม FW สำหรับการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากมะม่วงสุก ด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity พบว่า การวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในเนื้อผลมะม่วงสุกทั้ง 3 สายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 0.42-1.91 มิลลิโมล/100 กรัม FW โดยชนิดและสายพันธุ์มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) สารสกัดจากมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ 1.91 มิลลิโมล/100 กรัม FW รองลงมาคือ มะม่วงน้ำดอกไม้และมะม่วงขายตึก เท่ากับ 1.25 และ 0.42 มิลลิโมล/100 กรัม FW

6.3 การวิเคราะห์ปริมาณแทนนินทั้งหมด ผลการวิเคราะห์ปริมาณแทนนินทั้งหมดในสารสกัดจากมะม่วงทั้ง 3 สายพันธุ์ ทั้งดิบและสุก พบว่าปริมาณสารแทนนินในมะม่วงดิบมีปริมาณมากกว่าปริมาณสารแทนนินในมะม่วงสุก ซึ่งพบว่าปริมาณสารแทนนินในมะม่วงพันธุ์ขายตึกดิบ มีปริมาณแทนนินมากที่สุด คือ 25.29 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ มะม่วงพันธุ์มหาชนกและมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ในปริมาณ 21.63 และ 18.09 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับมะม่วงพันธุ์ขายตึกสุกมีปริมาณแทนนินมากที่สุด คือ 11.25 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ มะม่วงพันธุ์มหาชนก และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ในปริมาณ 21.63 และ 18.09 มิลลิกรัมต่อลิตร

อภิปรายผล

จากการศึกษาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในผลมะม่วงผลดิบและสุกของมะม่วง 3 สายพันธุ์ คือ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ มะม่วงพันธุ์ขายตึก และมะม่วงพันธุ์มหาชนก พบว่าปริมาณสารกลุ่มฟีโนลิกในธรรมชาติแม้ว่าจะมีปริมาณที่แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญในพืชต่างชนิดกัน หรือแม้แต่ในพืชชนิดเดียวกัน ซึ่งมาจากสถานที่ผลิตที่แตกต่างกัน แต่พบว่าโดยเฉลี่ยที่คนได้รับต่อวันจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 20 มิลลิกรัม – 1 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าปริมาณวิตามินอีที่ได้รับต่อวัน (วริชยา, 2555; โอภา, 2549) โดยปัจจุบันพบว่าสารประกอบในกลุ่มโพลีฟีนอลิก เช่น ฟลาโวนอย์ (ฟลาโวนอยด์) ฟีนิลโปรพานอยด์ phenylpropanoids) เป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ (โอภา, 2549) จากการศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่า สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเหล่านี้มีความเกี่ยวข้องในการลดอัตราการเสี่ยงและเพิ่มอัตราป้องกันการเกิดโรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคเกี่ยวกับหลอดเลือด และโรคหัวใจรวมทั้งโรคอื่น ๆ (โอภา, 2549; Kalirage and Dedoussis, 2007) ส่วนการหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดนั้นเนื้อมะม่วงดิบมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าเนื้อมะม่วงสุก Ribeiro et al. (2008) ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงในสายพันธุ์ที่พบในประเทศบราซิล ได้รายงานว่าสายพันธุ์ของมะม่วงในแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างของสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่ป้องกันการเสื่อมสภาพของอาหารแล้วยังสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระบบร่างกายของผู้บริโภค โดยพบว่าการบริโภคผลไม้ในปริมาณมากสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน อีกทั้งยังสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งบางชนิด อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการเป็นสารต้านออกซิเดชันของผลไม้จะแตกต่างกันไป

ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ นอกจากนี้จากการทดลองยังเห็นได้อีกว่าเมื่อนำสารสกัดจากเนื้อผลมะม่วงดิบมาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP พบว่าชนิดและสายพันธุ์มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP มะม่วงมหาชนกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ในขณะที่มะม่วงพันธุ์ขายตึกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด

สรุปผลการวิจัย

เนื้อมะม่วงดิบและเนื้อมะม่วงสุกในแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณเส้นใยอยู่ในช่วง 2.10–2.60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเส้นใยของมะม่วงดิบทั้ง 3 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ปริมาณเส้นใยของมะม่วงสุกอยู่ในช่วง 2.10-2.20 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในมะม่วงทั้ง 3 สายพันธุ์ จากการศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ในผลมะม่วงผลดิบและสุกของมะม่วง 3 สายพันธุ์ คือ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ มะม่วงพันธุ์ขายตึก และมะม่วงพันธุ์มหาชนก พบว่าการวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในเนื้อผลมะม่วงดิบ มีค่าอยู่ในช่วง 0.23-1.85 มิลลิโมล/100 กรัม FW สำหรับมะม่วงสุก มีค่าอยู่ในช่วง 0.42-1.91 มิลลิโมล/100 กรัม FW โดยชนิดและสายพันธุ์มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เมื่อนำสารสกัดจากเนื้อผลมะม่วงดิบมาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP พบว่าชนิดและสายพันธุ์มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP มะม่วงมหาชนกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด เท่ากับ 1.45 มิลลิโมล/100 กรัม FW ในขณะที่มะม่วงพันธุ์ขายตึกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด เท่ากับ 0.71 มิลลิโมล/100 กรัม FW ตามลำดับ สำหรับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสารสกัดจากเนื้อมีความแตกต่างทางสถิติทั้งชนิดและสายพันธุ์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลของมะม่วงผลดิบและสุก มีค่าอยู่ในช่วง 10.22-74.21 mg gallic acid /100 g และ 12.11-31.40 mg gallic acid /100 g ตามลำดับ ผลมะม่วงดิบต่างชนิดกันมีปริมาณสารประกอบฟีนอลแตกต่างกันอย่างมาก นอกจากนี้เนื้อผลมะม่วงดิบและสุก มะม่วงทั้ง 3 สายพันธุ์ มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อมะม่วงดิบอยู่ในช่วง 2.29–3.79 มิลลิกรัม/100 กรัม FW และในเนื้อมะม่วงสุกอยู่ในช่วง 20.54-50.32 มิลลิกรัม/100 กรัม FW ซึ่งมะม่วงต่างสายพันธุ์ก็มีการสะสมสารเบต้าแคโรทีนที่แตกต่างกัน ($P<0.05$) ในด้านของการวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีนในเนื้อมะม่วงดิบและสุก พบว่า มะม่วงทั้ง 3 พันธุ์มีการสะสมสารไลโคปีนในเนื้อผล ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.22–0.28 มิลลิกรัม/100 กรัม FW โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีปริมาณไลโคปีนมากที่สุด เท่ากับ 0.28 มิลลิกรัม/100 กรัม FW รองลงมาคือ มะม่วงพันธุ์ขายตึกและพันธุ์มหาชนกมีปริมาณไลโคปีน เท่ากับ 0.25 และ 0.22 มิลลิกรัม/100 กรัม FW ตามลำดับ

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งหมดที่วิเคราะห์จากมะม่วง พบมากในมะม่วงพันธุ์มหาชนกสุก มีปริมาณ 6.23 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมาคือ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ดิบมีปริมาณ 4.12 มิลลิกรัม/100 กรัม และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุกจะมีปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ 1.15 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งมีปริมาณน้อยที่สุดในพันธุ์มะม่วงทั้ง 3 พันธุ์

ปริมาณของวิตามินซีสามารถตรวจพบได้มากที่สุดในมะม่วงทั้งสามชนิด โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด เท่ากับ 0.41 ซึ่งในภาพรวมมะม่วงทั้งสามสายพันธุ์มีปริมาณวิตามินซีอยู่ในช่วง 0.34-0.41 มิลลิกรัม/100 กรัม

ปริมาณเบต้าแคโรทีนพบมากในมะม่วงพันธุ์มหาชนกสุก มีปริมาณสูงถึง 50.32 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมาคือมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุก และมะม่วงพันธุ์ขายตึกสุก มีปริมาณ 44.56 มิลลิกรัม/100 กรัม และ

20.54 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งมะม่วงสุกทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณเบต้าแคโรทีนอยู่ในช่วง 20.54-50.32 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนมะม่วงดิบทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณเบต้าแคโรทีนอยู่ในช่วง 2.29-3.79 มิลลิกรัม/100 กรัม

ปริมาณฟลาโวนอยด์ที่ตรวจพบปริมาณมากที่สุดในมะม่วงดิบและสุก คือ rutin มีปริมาณอยู่ในช่วง 2.91-978.12 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งพบมากที่สุดในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุก มีปริมาณสูงถึง 978.12 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมา ได้แก่ kaempferol มีปริมาณอยู่ในช่วง 2.63-13.72 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งพบมากที่สุดในมะม่วงพันธุ์มหาชนกสุก มีปริมาณสูงถึง 13.72 มิลลิกรัม/100 กรัม

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากการสกัดของมะม่วงทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยการทดสอบด้วยวิธี FRAP และด้วยวิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดจากมะม่วงพันธุ์มหาชนกดิบมีความสามารถในการรีดิวซ์ ferric ion (Fe^{3+}) ได้มากที่สุด โดยสามารถรีดิวซ์ได้ 1.45 mmol $FeSO_4$ equivalent/100 g FW สำหรับการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากมะม่วงดิบด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity พบว่าสารสกัดจากมะม่วงพันธุ์มหาชนกสุกมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ 1.91 มิลลิโมล/100 กรัม

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าฤทธิ์แอนติออกซิแดนท์ ส่วนเนื้อผลสุกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนเนื้อผลดิบ สารแอนติออกซแดนท์ที่เป็นองค์ประกอบสามารถแสดงคุณสมบัติทำลายอนุมูลอิสระและจับตรึงธาตุเหล็กได้ Nunez Selles และคณะผู้วิจัยรายงานสารฟีนอลิก กรดแกลลิค , 3,4-dihydroxybenzoic acid, gallic acid methyl ester, gallic acid propyl ester, mangiferin, (+)-catechin, (-)-epicatechin, และ benzoic acid propyl ester ในส่วนสกัดเปลือกต้นมะม่วงมีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ที่ดี และยับยั้งการอักเสบได้ Pardo-Andreu et al. ศึกษาพบว่าสารประกอบเชิงซ้อนของส่วนสกัดมะม่วงกับไอออนธาตุเหล็กมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและทำลายอนุมูลอิสระได้ดีกว่าส่วนสกัดมะม่วงเพียงอย่างเดียว ขบวนการสุก (ripening process) ของผลมะม่วงมีอิทธิพลต่อปริมาณฤทธิ์แอนติออกซิแดนท์และสารประกอบฟีนอลิกรวม Rocha Ribeiro และทีมวิจัยได้ทำการวิเคราะห์สารองค์ประกอบสาคัญในผลมะม่วง (น้ำหนัก 100 กรัม) พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 48.4-208.7 มิลลิกรัม ปริมาณสารแคโรทีนอยด์รวม 1.91-2.63 มิลลิกรัม ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน 661-2,220 ไมโครกรัม และกรดแอสคอร์บิกรวม 9.79-77.71 มิลลิกรัม Barreto และคณะผู้วิจัยแสดงให้เห็นว่า xanthone-O-glycosides (mangiferin), gallotannins, benzophenones, penta-o-galloyl-glucoside gallic acid และ methyl gallate เป็นสารองค์ประกอบของมะม่วง ส่วนสกัดด้วยน้ำของเปลือกมะม่วงมีสารประกอบฟีนอลิกอยู่ 7 ชนิดได้แก่ gallic acid, 3,4-dihydroxybenzoic acid, gallic acid methyl ester, gallic acid propyl ester, mangiferin, (+)-catechin, (-)-epicatechin และ benzoic acid propyl ester ผลการตรวจเอกลักษณ์และวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกพบว่า ส่วนเปลือกและเนื้อผลสุกของมะม่วงพันธุ์ทั้งสองชนิดนี้มีสารจำพวก quercetin/quercetin glycoside, kaempferol/kampferol glycoside, pycnogenol proanthrocyanidins, coumaroyl glycosides, caffeic glycoside, naringenin glycoside, myricetin glycoside และ mangiferin ประกอบอยู่ โดยสารองค์ประกอบเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการ

transactivation สาร peroxisome proliferator-activated receptor isoforms (PPARs) ส่วนสกัดเปลือกมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins มีสารองค์ประกอบ gallotannins (1.4 มิลลิกรัม กรดแกลลิกต่อมวลสารสกัดเปลือกแห้ง 1 กรัม) จำนวน 18 ชนิดและ benzophenone derivatives จำนวน 5 ชนิด (ได้แก่ galloylated maclurin และ iriflophenone glucosides) มีสาร gallotannins (15.5 มิลลิกรัม กรดแกลลิกต่อมวลสารสกัดเมล็ดแห้ง 1 กรัม) จำนวน 21 ชนิดในส่วนเมล็ดและสาร gallotannins (0.2 มิลลิกรัม กรดแกลลิกต่อมวลสารสกัดเนื้อผลแห้ง 1 กรัม) จานวน 8 ชนิดในส่วนเนื้อผลซึ่งสามารถแยกวิเคราะห์ได้เป็นสาร quercetin O-glycosides, kaempferol O-glycoside, xanthone C-glycosides, mangiferin, isomangiferin, galloyl derivatives และ flavonol hexoside

เอกสารอ้างอิง

นวลจันทร์ พารักษาและนันทวัน บุญยะประภัศร. (2545). ศักยภาพการใช้สมุนไพรในอุตสาหกรรมผลิตสัตว์ คู่มือการวิจัยสมุนไพรในการผลิตสัตว์. กรุงเทพ : ไทยแสงเทียนการพิมพ์.

ข้อมูลทางบรรณานุกรมหอสมุดแห่งชาติ. (2541). กล้วย. กรุงเทพฯ: แสงแดด.

จิตธนา แจ่มเมฆ (2540). วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่2 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. (2550). การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2549- พฤษภาคม 2550.

นิธิยา รัตนปนนท์. (2549). เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

นฤภัทร ฤทธิ์นภา, หิรัญรัตน์ สุวรรณนที และ อรนาถ สุนทรวัฒน์. (2550). ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดลูกหว้า. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 38: 63-65.

วิจิตร วังใน. (2536). การทำสวนมะม่วง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 103-105.

วีระศักดิ์ สามี. (2548). “แคโรทีนอยด์ : โครงสร้างทางเคมีและกลไกลที่มีผลต่อการทำหน้าที่ของร่างกาย,” SWU Journal of Pharmaceutical Sciences. 10(1): 58-66.

วาริน แสงกิตติโกมล. (2543). ปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระในผัก ผลไม้และสมุนไพร.วารสารสหเวชศาสตร์ 1: 11-18.

วาริน แสงกิตติโกมล. (2550). การเปรียบเทียบปริมาณสารโพลีฟีโนลิกส์และปริมาณรวมการต้านสารอนุมูลอิสระในผักและสมุนไพร.วารสารสหเวชศาสตร์ 3: 91-99.

Berardini, N., Fezer, R., Conrad, J., Beifuss, U., Carle, R. and Schieber, A. (2005). Screening of mange (*Mangifera indica* L.) cultivars for their contents of flavonol O- and xanthone C-glycoside, anthocyanins and pectin. J. Agric. Food Chem. 53: 1563-1570.

Benzie, I.F., and Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. Anal. Biochem. 239: 70-76.

Charoensiri, R., Kongkachuichai, R., Suknicom, S. and Sungpuag, P. (2009). Beta- carotene, lycopene, and alpha-tochopherol contents of selected Thai fruits. Food Chemistry 113: 202-207.

Hodzic, Z., Pasalic, H., Memisevic, A., Srabovic, M., Saletovic, M. and Poljakovic, M. (2009). The influence of total phenols content on antioxidant capacity in the whole grain extracts. European Journal of Scientific Research. 28(3): 471-477.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne, D.H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. Journal of Food Composition and Analysis 19: 669–667.

Wangcharoen, W. and Morasuk, W. (2007). Antioxidant capacity and phenolic content of some Thai culinary plants. Maejo International Journal of Science and Technology 01(02): 100-106.

❑❑❑❑❑