ปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดน้ำจากผลมะตาด
Total Phenolics and Total Flavonoids Contents of the Water Extract from *Dillenia indica* L. Fruits

การะเกตุ โบอ่องเจริญลาภ สรีวรรณ อ่อนบัว และอรุณรัตน์ สัณฐิติกวินสกุล*

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
**arunrat28@webmail.npru.ac.th*

บทคัดย่อ

นำผลมะตาดแห้งบดละเอียดมาสกัดต่อเนื่องด้วยเครื่องสกัดซอกห์เลตโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสกัด แล้วนำสารสกัดน้ำวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์โดยเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (สมการเส้นตรง คือ y = 0.0082x – 0.0148 มีค่า R^2 = 0.9994) และสารละลายมาตรฐานแคทีชิน (สมการเส้นตรง คือ y = 0.0028x – 0.0007 มีค่า R^2 = 0.9999) ตามลำดับ ผลพบว่าสารสกัดน้ำมีปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวม เท่ากับ 15.7596±0.10 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อพืชแห้ง 1 กรัม และ 12.1592±0.13 มิลลิกรัมสมมูลแคทีชินต่อพืชแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ จะเห็นว่าผลมะตาดมีคุณสมบัติต้านออกซิเดชัน ทำให้การบริโภคอาหารหรือน้ำสกัดจากผลมะตาดเป็นส่วนประกอบสามารถช่วยลดอัตราเสี่ยงของโรคที่มีสาเหตุของอนุมูลอิสระได้

คำสำคัญ: มะตาด แอปเปิ้ลช้าง สารต้านออกซิเดชัน สารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

The air-dried fruits of Dillenia indica L. were extracted with water using a Soxhlet extractor. The water extract was analyzed as total phenolics content (TPC) and total flavonoids content (TFC), that were compared with the calibration curve of gallic acid (y = 0.0082x – 0.0148, R^2 = 0.9994) and catechin (y = 0.0028x – 0.0007, R^2 = 0.9999), respectively, as a standard compound. Consequently, the water extract showed TPC and TFC with a value of 15.7596±0.10 mgGAE/gDW and 12.1592±0.13 mgCE/gDW, respectively. As according to antioxidant activity of D. indica fruits, a consumption of food and beverage prepared from D. indica fruits as an ingredient could be reduced the risk of disease caused by a free radical.

Keywords: *Dillenia indica*, elephant apple, antioxidant, anti-free radical

1. บทนำ

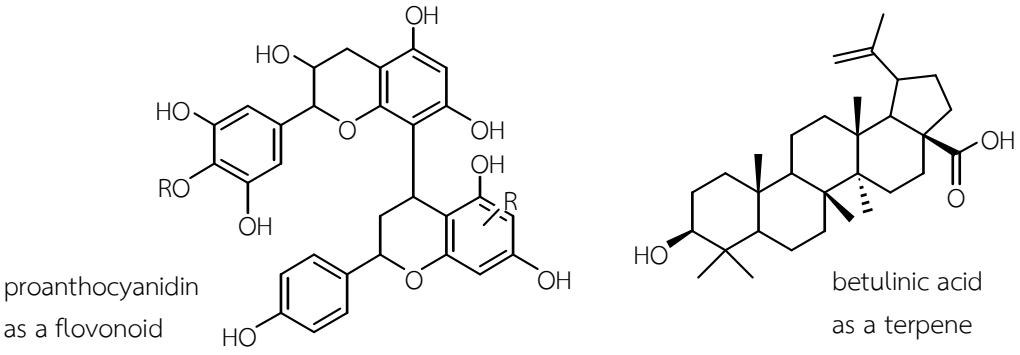
ในปัจจุบันกระแสการดูแลสุขภาพให้แข็งแรงกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น วิธีการดูแลสุขภาพมีทั้งการออกกำลังกาย และการเลือกรับประทานอาหาร clean food หลีกเลี่ยงอาหารประเภทปิ้ง ย่าง และทอด ดื่มน้ำผัก ผลไม้ และสมุนไพร เพื่อลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง ภาวะแก่ชราภาพก่อนวัย โรคเบาหวานชนิดที่ 2 โรคความจำเสื่อม ภาวะการอักเสบ และโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น ซึ่งในน้ำมันทอดซ้ำหรืออาหารที่มีปริมาณไขมันสูงหลังจากผ่านการปิ้ง ย่าง และทอดเป็นเวลานาน ๆ จะเกิดอนุมูลอิสระ (free radical) เมื่อร่างกายได้รับอนุมูลอิสระมากเกินไป เรียกว่า ภาวะเครียดออกซิเดทีฟ (oxidative stress) จะทำให้ดีเอ็นเอ โปรตีน ไขมัน และโมเลกุลอื่น ๆ ถูกทำลายอย่างต่อเนื่อง จนเกิดโรคข้างต้นในที่สุด (สมาคมเพื่อการวิจัยอนุมูลอิสระไทย, 2010) การป้องกันภาวะเครียดออกซิเดทีฟ คือ การใช้สารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) หรือสารต้านอนุมูลอิสระ แหล่งที่พบในธรรมชาติ ได้แก่ พืช ผัก ผลไม้ และพืชสมุนไพร

มะตาด (*Dillenia indica* L.) ดังภาพที่ 1 อยู่ในวงศ์ดิลลีเนียซีอี (Dilleniaceae) เป็นพืชท้องถิ่นชุมชนชาวมอญ จัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ใบเป็นรูปใบหอกหรือรูปไข่กลับ ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย กว้างประมาณ 8-12 เซนติเมตร และยาวประมาณ 25-30 เซนติเมตร ดอกมีสีขาวนวล ผลเป็นผลเดี่ยวรูปทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-15 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียว ส่วนผลแก่จะเป็นสีเหลืองเข้ม ผลมีกลิ่นเฉพาะตัว มีเมือกเหนียว และมีรสเปรี้ยวอมฝาด (Med Thai, 2016) ชาวบ้านชุมชนชาวมอญจะนิยมนำผลมะตาดมาประกอบอาหาร เช่น แกงส้ม แกงคั่ว หรือใช้ผลสดจิ้มกับน้ำพริก เป็นต้น ทางภูมิปัญญาท้องถิ่นผลมะตาดช่วยระบบขับถ่าย แก้อาการไอ และช่วยขับเสมหะได้ วุ้นในผลมะตาด ซึ่งมีลักษณะเหนียวลื่นจะช่วยเคลือบแผลในกระเพาะและลำไส้ ส่วนใบจะมีรสฝาดสามารถใช้เป็นยาสมานแผลได้ดี (สาระเร็ว, 2559; BSRU identity, 2017)

ภาพที่ 1 ลักษณะมะตาด (*D. indica*) ได้แก่ ขนาดลำต้น ดอก ใบ และผล

การรายงานฤทธิ์ทางชีวภาพของผลมะตาด ออกฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว (Kumar et al., 2010) ยับยั้งแบคทีเรีย (ขัตติยา ฉลาดล้ำ และรัฐพล ศรประเสริฐ, 2546; Jaiswal et. al., 2014) ยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส (anticholinesterase) (Bhadra et. al., 2014) และต้านออกซิเดชัน (antioxidation) โดยตัวทำละลายที่เคยใช้ในการสกัดสารต้านออกซิเดชันจากผลมะตาด ได้แก่ เมทานอล ปิโตรเลียมอีเทอร์ และน้ำ ทดสอบผลการออกฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธีดักจับอนุมูลดีพีพีเอช (DPPH radical scavenging assay) พบว่าสารสกัดเมทานอลออกฤทธิ์ดีที่สุด คือ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 31.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เทียบกับวิตามินซี มีค่า IC_{50} เท่ากับ 43.7 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)Das et. al., 2012) นอกจากนี้ Abdile et al (2005) วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดเอทิลอะซีเตต เมทานอล และน้ำ ได้ผลคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของกรัมสมมูลกรดแทนนิก เท่ากับ 9.37, 34.14 และ 1.41 ตามลำดับ และความสามารถในการต้าน

ออกซิเดชันโดยวิธีดักจับอนุมูลดีพีพีเอช มีผลการยับยั้งเท่ากับ 25-50%, 60-70% และ 8-18% ตามลำดับ เทียบกับ BHA มีค่าเท่ากับ 65-77% ผลการทดสอบพฤกษเคมีเบื้องต้นในผลมะตาด ส่วนใหญ่พบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (cardiac glycoside) และแอลคาลอยด์ (alkaloid) (รัตนา เฉลิมกลิ่น และคณะ, 2549) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่ออกฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ได้แก่ โปรแอนโทไซยานิน (proanthocyanidins) เป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Fu et. al., 2015) และกรดเบทูลินิก (betulinic acid) เป็นสารกลุ่มเทอร์พีน (Kumar et. al., 2010) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างโปรแอนโทไซยานินและกรดเบทูลินิก

สมมุติฐานของงานวิจัยนี้ คือ โปรแอนโทไซยานิน และกรดเบทูลินิก รวมทั้งสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ต่าง ๆ ที่พบในผลมะตาด ซึ่งโครงสร้างสารกลุ่มฟลาโวนอยด์จะมีหมู่ไฮดรอกซิลบนวงเบนซีน เรียกว่า สารประกอบฟีนอลิก มีคุณสมบัติต้านออกซิเดชันเช่นเดียวกัน โดยสารทั้งหมดดังกล่าวมีสภาพมีขั้ว (polarity) ค่อนข้างมาก สามารถใช้น้ำสกัดสารออกมาได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolics content) และปริมาณฟลาโวนอยด์รวม)Total flavonoids content) ของสารสกัดน้ำจากผลมะตาด ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้นี้จะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับมะตาด เช่น อาหาร และน้ำดื่มสมุนไพร เป็นต้น รวมทั้งช่วยอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นพืชสมุนไพรไทยต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วิธีการทดลองทั่วไป

ความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) และค่าการดูดกลืนแสง (Abs.) วิเคราะห์ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโทมิเตอร์รุ่น U -1800 บริษัท Hitachi และคิวเวตต์เป็นพลาสติก ตัวทำละลาย ได้แก่ เฮกเซน และเอทานอล นำมากลั่นให้บริสุทธิ์ก่อนนำใช้เป็นตัวทำละลายสกัด สารมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid) ยี่ห้อ Sigma-Aldrich ความบริสุทธิ์ ≥98% และแคทีชิน (catechin) ยี่ห้อ Aldrich ความบริสุทธิ์ ≥96%

2.2 การเตรียมพืชอัดแห้ง

เก็บตัวอย่างประกอบด้วยกิ่งที่มีใบและดอกที่สมบูรณ์ จากหมู่บ้านโบอ่อง ตำบลปิล็อก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี เมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 นำมาจัดเรียงและตัดแต่งตัวอย่างบนกระดาษหนังสือพิมพ์ขนาดไม่เกิน 25x42 เซนติเมตร โดยแสดงส่วนต่าง ๆ ให้ชัดเจน ทับด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์อีกชั้น ทำให้แห้งโดยอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแห้ง ส่งพิสูจน์และเก็บตัวอย่างพืชอัดแห้งอ้างอิงเลขที่ BKF no. 194726 ไว้ที่สำนักหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช เขตจตุจักร กรุงเทพฯ

2.3 การเตรียมสารสกัดจากผลมะตาด

นำผลมะตาดสดผ่าเอาเมล็ดออกก่อน จากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ อบให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (ปริมาณน้ำ 89.94%) ชั่งผงมะตาดแห้งบดละเอียดน้ำหนัก 7.767 กรัม มาสกัดต่อเนื่องด้วยเครื่องสกัดซอกห์เลต (Soxhlet extractor) ด้วยเฮกเซนเพื่อกำจัดไขมันออกก่อน แล้วนำกากเดิมมาสกัดต่อด้วยน้ำจนกระทั่งได้สารสกัดในซอกห์เลตใสไม่มีสี นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกจนกระทั่งแห้งด้วยเครื่องระเหยแห้งลดความดันแบบหมุน คิดเป็นผลได้ของสารสกัดหยาบเฮกเซนและสารสกัดหยาบน้ำ เท่ากับ 0.5021% และ 30.6810% ตามลำดับ

2.4 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม

เตรียมสารละลายของสารสกัดน้ำเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร 100 มิลลิลิตร แล้วเติมในสารละลาย Folin-ciocalteu 10% และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 7.5% อ้างอิงวิธีการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมของ Singleton et al. (1999) นำค่าการดูดกลืนแสง (3 ซ้ำ) ที่ λ_{max} 746 นาโนเมตร ของสารสกัดน้ำเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกเข้มข้น 5, 10, 40, 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นคำนวณปริมาณฟีนอลิกรวมในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อพืชแห้ง 1 กรัม (mgGAE/gDW) จากสมการที่ (1)

$$T = \frac{CV}{M} \quad (1)$$

เมื่อ T หมายถึง ปริมาณฟีนอลิกรวม (mgGAE/g DW)
C หมายถึง ความเข้มข้นที่คำนวณได้จากกราฟมาตรฐาน (mg/mL)
V หมายถึง ปริมาตรสารละลายของตัวอย่างที่เตรียม (mL)
M หมายถึง น้ำหนักของพืชแห้ง (g) ของสารสกัดหยาบที่เตรียมสารละลายของตัวอย่าง

2.5 การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (Total flavonoids content)

เตรียมสารละลายของสารสกัดเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร 100 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ต่าง ๆ ตามวิธีการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของ Wolfe et al. (2003) หลังจากนั้น นำค่าการดูดกลืนแสง (3 ซ้ำ) ของสารสกัดที่ λ_{max} 510 นาโนเมตร เทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐานแคทีชินเข้มข้น 5, 10, 40 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร คำนวณปริมาณฟีนอลิกรวมในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลแคทีชินต่อพืชแห้ง 1 กรัม (mgCE/gDW) จากสมการที่ (2)

$$T = \frac{CV}{M} \quad (2)$$

เมื่อ T หมายถึง ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mgGAE/g DW)
C หมายถึง ความเข้มข้นที่คำนวณได้จากกราฟมาตรฐาน (mg/mL)
V หมายถึง ปริมาตรสารละลายของตัวอย่างที่เตรียม (mL)
M หมายถึง น้ำหนักของพืชแห้ง (g) ของสารสกัดหยาบที่เตรียมสารละลายของตัวอย่าง

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดน้ำจากผลมะตาดโดยเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก มีสมการเส้นตรง คือ y = 0.0082x – 0.0148 มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9994 (ภาพที่ 3) ผลพบว่ามีปริมาณฟีนอลิกรวม เท่ากับ 15.7596±0.10 mgGAE/gDW ดังตารางที่ 1 ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Abdile et al. (2005) วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดน้ำ มีค่าเท่ากับ 1.41 ร้อยละโดยน้ำหนักของกรัมสมมูลกรดแทนนิก การเกิดปฏิกิริยาอธิบายได้โดยสารละลาย Folin-ciocalteu เป็นสารละลายสีเหลืองของโมลิบดีนัม (Mo^{+6}) และทังสเตน (W^{+6}) เมื่อเกิดรีดักชันโดยรับอิเล็กตรอนจากสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ หรือสารอื่น ๆ ที่คุณสมบัติเหมือนกัน ทำให้เลขออกซิเดชันของโมลิบดีนัมและทังสเตน เปลี่ยนเป็น +5 และ +4 เกิดสารละลายสีน้ำเงิน ปฏิกิริยาดังสมการที่ (3)-(7) (Agbor, Vinson & Donnelly, 2014)

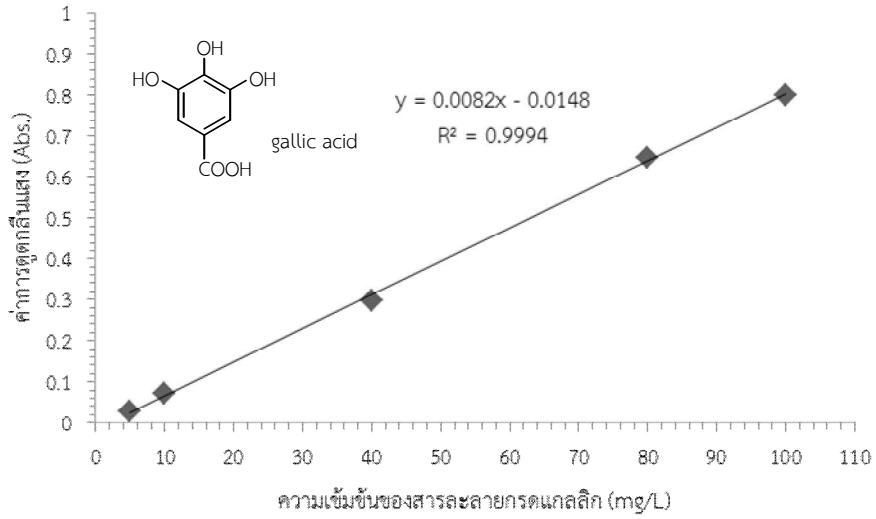
$$Na_2WO_4/Na_2MO_4 \text{ (yellow)} \longrightarrow (\text{Phenol-}MoW_{11}O_{40})^{-4} \text{ (blue)} \quad (3)$$

$$Mo^{+6} \text{ (yellow)} + e^- \longrightarrow Mo^{+5} \text{ (blue)} \quad (4)$$

$$Mo^{+5} + e^- \longrightarrow Mo^{+4} \text{ (blue)} \quad (5)$$

$$Ar\text{-}OH \longrightarrow Ar\text{-}O^{\bullet} + H^+ + e^- \quad (6)$$

$$Ar\text{-}O^- \longrightarrow Ar\text{-}O^{\bullet} + e^- \quad (7)$$

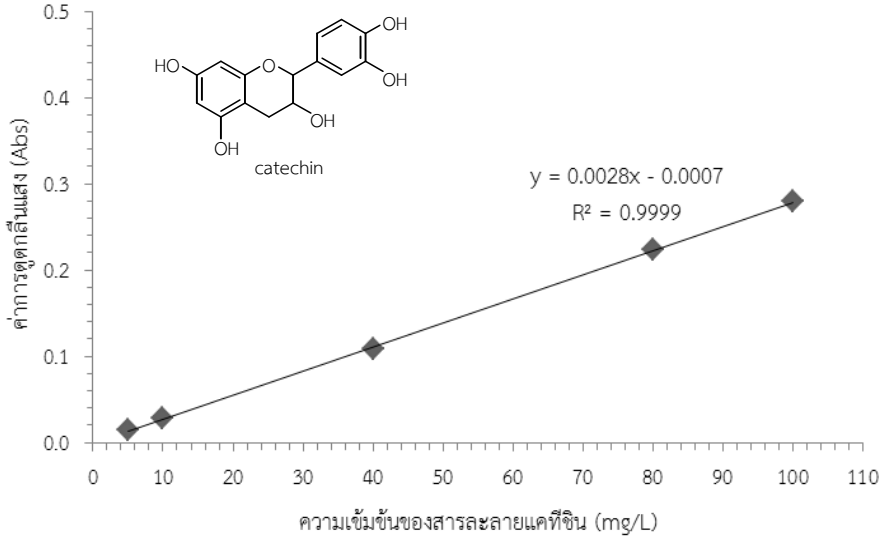


ภาพที่ 3 กราฟของสารละลายมาตรฐานกรดแกลิก

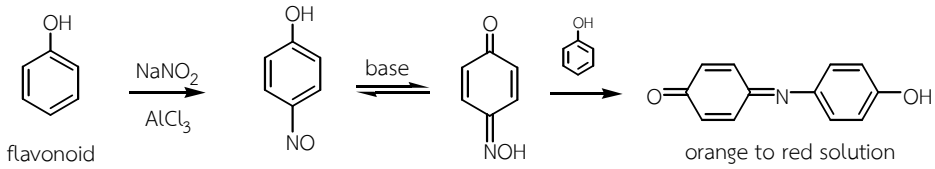
3.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐานแคทีชิน มีสมการเส้นตรง คือ y = 0.0028x – 0.0007 มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9999 (ภาพที่ 4) ผลพบว่ามีค่าเท่ากับ 12.1592±0.13 mgCE/gDW ดังตารางที่ 1 ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับผลการทดสอบพฤกษเคมีเบื้องต้นในผลมะตาด ซึ่งพบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบทางเคมี (รัตนา เฉลิมกลิ่น และคณะ, 2549) การเกิดปฏิกิริยาโดยปฏิกิริยาการแทนที่วงแอโรแมติกของฟลาโวนอยด์ด้วยอิเล็กโทรไฟล์ (NO^+) เข้าที่ตำแหน่งพารา- ของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จากนั้นเบสจะเหนี่ยวนำให้เกิดการแทนที่วงแอโรแมติกของฟลาโวนอยด์

อีกโมเลกุลหนึ่ง ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีระบบคอนจูเกต (conjugated system) เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 5 (Hornback, 2006) ส่งผลให้สารละลายเปลี่ยนเป็นส้มถึงสีแดง



ภาพที่ 4 กราฟของสารละลายมาตรฐานแคทีชิน



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเคมีของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

ตารางที่ 1 ปริมาณฟีนอลิกรวม (TPC) และปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (TFC) ของสารสกัดน้ำจากผลมะตาด

วิเคราะห์	ค่าการดูดกลืนแสง				ปริมาณรวม (mg/gDW)			
	1	2	3	เฉลี่ย±SD	1	2	3	เฉลี่ย±SD
TPC (mgGAE/gDW)	0.437	0.433	0.438	0.4360±0.0026	15.7970	15.6473	15.8344	15.7596±0.0990
TFC (mgCE/gDW)	0.111	0.113	0.111	0.1117±0.0012	12.0861	12.3053	12.0861	12.1592±0.1265

All data were expressed as mean ±SD for 3 replications.

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นจะเห็นว่าปริมาณฟีนอลิกรวม (15.7596±0.09 mgGAE/gDW) มีค่ามากกว่าปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (12.1592±0.12 mgCE/gDW) เนื่องจากฟลาโวนอยด์ทุกชนิดจัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก

4. สรุปผลการวิจัย

สารสกัดน้ำจากผลมะตาดมีปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 15.7596±0.10 mgGAE/gDW และ 12.1592±0.13 mgCE/gDW แสดงว่าการรับประทานอาหารท้องถิ่นที่ใช้ผลมะตาดเป็นส่วนประกอบ หรือดื่มน้ำสมุนไพรมะตาดซึ่งสามารถพัฒนาเป็นสินค้า OTOP ได้ มีสรรพคุณช่วยลดอัตราเสี่ยงของโรคมะเร็ง ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง ช่วยชะลอการแก่ก่อนวัย และโรคความจำเสื่อม เป็นต้น เนื่องจากผลมะตาดมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยจะได้วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์และแยกสารบริสุทธิ์ของสารสกัดน้ำต่อไป เพื่อจะได้นำพัฒนาต่อยอดเป็นยารักษาโรคมะเร็งและเนื้องอก รวมทั้งโรคต่าง ๆ ที่มีสาเหตุของอนุมูลอิสระ ประโยชน์พื่อลดการนำเข้ายาจากต่างประเทศ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม งบประมาณประจำปี 2559

6. เอกสารอ้างอิง

ขัตติยา ฉลาดล้ำ และรัฐพล ศรประเสริฐ์. (2546). **การใช้สารสกัดหยาบจากมะตาด (Dillenia indica) ต่อการเจริญของแบคทีเรียบางชนิด.** ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

รัตนา เฉลิมกลิ่น และคณะ. (2549). **การพัฒนาแหล่งเรียนรู้ การจัดการอนุรักษ์พรรณไม้อายุยืนของชุมชนเกาะเกร็ด: ต้นมะตาด.** กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

สมาคมเพื่อการวิจัยอนุมูลอิสระไทย. (2010). **อนุมูลอิสระ (free radicals) คืออะไร.** ค้นเมื่อ 30 ธันวาคม 2560 จาก http://www.sfrr-thai.net/

สาระเร็ว. (2559). **มะตาด ผลไม้ท้องถิ่นชุมชนชาวมอญ.** ค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2559 จาก http://www.สาระเร็ว.com

Abdile, M. H., Singh, R. P., Jayaprakasha, G. H., & Jena, B. S. (2005). Antioxidant activity of the extracts from Dillenia indica fruits. **Food Chemistry**, 90, 891-896.

Agbor, G. A., Vinson, J. A., & Donnelly, P. E. (2014). Folin-Ciocalteau reagent for polyphenolic assay. International Journal of Food Science, **Nutritional and Dietetics**, 3, 147-156.

Bhadra, S., Dalai, M. K., Chanda, J., Kar, A., & Mukherjee, P. K. (2014). Screening of anticholinesterase activity of the standardized extract of Dillenia indica fruits. **European Journal of lntegrative Medicine**, 6, 738.

BSRU identity. (2017). **ผลมะตาด: พฤกษศาสตร์มหัศจรรย์.** ค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2560 จาก http://www.bsru.ac.th/identity/archives/214#.WkHQltKWbDc

Das, M., Sarma, B. P., Ahmed, G., Nirmala, C. B., & Choudhury, M. K. (2012). ln vitro antioxidant activity total phenolics content of Dillenia indica, Garcinia penducalata, commonly used fruits in Assamese cuisine. **Free Radicals and Antioxidants**, 2, 30-36.

Fu, C., Yang, D., Peh, W. Y. E., Lai, S., Feng, X., & Yang, H. (2015).Structure and antioxidant Acitivties of proanthocyanins from elephant apple (Dillenia indica Linn.). **Journal of Food Science**, 80, C2191-C2199.

Hornback, J. M. (2006). **Organic chemistry** (2nd ed.). California: Thomson Lerning.

Jaiswal, S., Mansa, N., Pallavi Prasad, M. S., Jena, B. S., & Negi, P. S. (2014). Antibacterial and antimutagenic activities of Dillenia indica extracts. **Food Bioscience**, 5, 47-53.

Kumar, D., Mallick, S., Vedasiromoni, J. R., & Pal, B. C. (2010). Anti-leukemic activity of Dillenia indica L. Fruit extract and quantification of betulinic acid by HPLC. **Phytochemistry**, 17, 431-435.

Med Thai. (2016). **มะตาด สรรพคุณและประโยชน์.** ค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2559 จาก https://medthai.com

Singleton, V. L., & Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substances and antioxidant by mean of Folin-Cicalteu reagent. **Methods in Enzymology**, 299, 152-178.

Wolfe, K., Wu, X., & Liu, R. H. (2003). Antioxidant activity of apple peels. **International Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 51, 609-614.