

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลไม้สดและผลไม้อบแห้ง Antioxidant Activity of Fresh Fruits and Dry Fruits

ปรานอม ขาวเมฆ^{1*} และ ดวงฤทัย ศรีแดง²
Pranorm Khaomek^{1*} and Duangruthai Sridaeng²

^{1, 2} ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

^{1, 2} Department of Chemistry, Faculty of Science, Rangsit University

บทคัดย่อ

จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลไม้ไทย 14 ชนิด ที่สกัดด้วยเมทานอล เมื่อนำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ซึ่งใช้วิตามินซี และวิตามินอี เป็นสารเปรียบเทียบ พบว่าทั้งในผลไม้สดและผลไม้อบแห้งที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดคือ มะขามป้อม และเปลือกมังคุด โดยในผลไม้สดมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.74 และ 1.30 ppm ตามลำดับ ในขณะที่มะขามป้อม และเปลือกมังคุดอบแห้ง ก็มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดเช่นกันโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.81 และ 1.98 ppm ตามลำดับ ส่วนวิตามินซี และวิตามินอี มีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.90 และ 2.52 ppm ตามลำดับ สำหรับผลไม้สดชนิดอื่นๆ นั้นมีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 18.65 ถึง มากกว่า 500 ppm ส่วนผลไม้อบแห้งมีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 21.79 ถึง มากกว่า 500 ppm สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic) ด้วยวิธี FCR พบว่า ในผลไม้สด และผลไม้อบแห้งที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดคือ มะขามป้อม มีค่าเท่ากับ 10.060 ± 0.002 และ 9.500 ± 0.003 mg GA/g extract ตามลำดับ รองลงมาคือ เปลือกมังคุด มีค่าเท่ากับ 5.380 ± 0.002 และ 4.540 ± 0.002 mg GA/g extract ตามลำดับ สำหรับการหาปริมาณความหวานของผลไม้สดทั้งหมดพบว่า กล้วยน้ำว้า มีค่าความหวานมากที่สุดเท่ากับ 27.5 %Brix ส่วนผลไม้อื่นๆ มีความหวานอยู่ในช่วง 4.5 ถึง 20.4 %Brix ในการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากผลไม้สด และผลไม้อบแห้งนั้นพบว่าผลไม้สด มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าผลไม้อบแห้ง เมื่อทำการอบผลไม้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และพบว่าค่าความหวานนั้นไม่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลไม้ชนิดต่างๆ

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วิธีดีพีเอช วิธีเอฟซีอาร์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ผลไม้ไทย

Abstract

The antioxidant activity from methanol extract of fresh fruits and dry fruits of 14 Thai fruits were determined using free radical scavenging method (DPPH method) and Folin - Ciocalteu's reagent (FCR assay). We found that methanol extract of fresh fruits and dry fruits of Indian gooseberry and mangosteen peel showed the highest antioxidant activity with DPPH in IC_{50} 0.74 and 1.30 ppm in fresh fruits, 0.81 and 1.98 ppm in dry fruits, respectively. Compare with the controls, vitamin C and vitamin E showed 1.90 and 2.52 ppm, respectively. While methanol extract for all of fresh fruits and dry fruits showed the antioxidant activity with DPPH in IC_{50} in range 18.65 to more than 500 ppm in fresh fruits and 21.79 to more than 500 ppm in dry fruits, respectively. The total phenolic content using FCR assay for methanol extract of fresh fruits and dry fruits, Indian gooseberry showed the highest total phenolic content in 10.060 ± 0.002 and 9.500 ± 0.003 mg GA/g extract, respectively. While mangosteen peel showed total phenolic content of methanol extract from fresh fruits and dry fruits in 5.380 ± 0.002 and 4.540 ± 0.002 mg GA/g

* Corresponding author : pranorm.k@rsu.ac.th

extract, respectively. For the sweetness of fresh fruit, we found that *Musa ABB* cv. Kluai Namwa showed the highest of sugar content in 27.5% Brix, while the other fruits except mangosteen peel and tangerine peel had not been to determined showed sugar content in the range 4.5 to 20.4 %Brix. From this research, we can maintain that the antioxidant activity of fresh fruits is higher than dry fruits (drying at 60 °C) and the antioxidant activity is not concerned to the sweetness

Keywords: Antioxidant activity, DPPH method, FCR assay, Total phenolic content, Thai Fruit

1. บทนำ

อนุมูลอิสระเป็นสาเหตุของโรคหัวใจ โรคกระเพาะ ความแก่ชรา ความเสื่อมของอวัยวะต่างๆ (Suganya Tachakittirungrod, Siriporn Okonogi and Sombat Chowwanapoonpohn, 2007) อนุมูลอิสระนั้นเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น กระบวนการเผาผลาญอาหารในชีวิตประจำวัน การออกกำลังกายอย่างหักโหม ฝุ่น คาร์บอนหรือ สิ่งปนเปื้อนที่มากับอากาศ และสารเติมแต่งอาหาร เป็นต้น ในภาวะปกติของร่างกายมนุษย์จะมีระบบเพื่อปรับสมดุลระหว่าง การสร้างอนุมูลอิสระและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ถูกสร้างขึ้นในร่างกายของมนุษย์ เช่น โพรตีน เอนไซม์ และวิตามิน เป็นต้น (Chunkamol Panyayong and Khongsak Srikaeo, 2022) นอกจากนี้ร่างกายยังได้รับสารต้านอนุมูลอิสระจากภายนอก โดยการรับประทานผัก และผลไม้ ซึ่งมีวิตามิน และแร่ธาตุ สารอาหารเหล่านี้จะดูดซึมเข้าสู่ร่างกายแล้วกระจายไปตามส่วนต่างๆ ทั้งภายในกระแสเลือด และภายในเซลล์ รวมทั้งผนังเซลล์ ทำให้การออกฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นไปอย่างกว้างขวาง และไม่จำกัดกับอวัยวะ (พงศธร ล้อสุวรรณ, จิตศิริ ราชตะนนะพันธุ์ และ ศศิธร จันทวรารุง, 2551)

จากรายงานการวิจัยพบว่า สารต้านอนุมูลอิสระพบได้ใน ผัก ผลไม้ และสมุนไพร โดยสารที่สามารถต้านอนุมูลอิสระมีหลายชนิด (ต้องใจ ไพฑูริย์อิน และ ประมินทร์ วีระศิลป์, 2550) เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) และวิตามินชนิดต่างๆ สารเหล่านี้พบในปริมาณมากบ้างน้อยบ้าง ขึ้นอยู่กับชนิด แหล่งที่เพาะปลูก และส่วนต่างๆ ของพืช (M. Alothman, Rajeev Bhat and A.A. Karim, 2009) สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีสรรพคุณทางยา คือ ลดการอักเสบ ทำลายเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกาย กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ต้านโรคมะเร็ง และมะเร็ง (Gow-Chin Yen and Chiu-Luan Hsieh, 1997) สารต้านอนุมูลอิสระอีกชนิดที่พบในผัก ผลไม้ และสมุนไพร ได้แก่ วิตามินชนิดต่างๆ เช่น วิตามินซี วิตามินอี และวิตามินอี โดยวิตามินซี เป็นวิตามินที่ละลายน้ำได้ดี มีสรรพคุณทางยา คือ ช่วยในการสังเคราะห์คอลลาเจน ช่วยในการสลายคอเลสเตอรอล ลดการอักเสบ และต้านมะเร็ง ซึ่งร่างกายไม่สามารถสร้างวิตามินอี วิตามินซี และวิตามินอีได้ จึงจำเป็นต้องได้จากการรับประทานเข้าไป (Emmanuel Talla, Dieudonne Njamen, Joseph Tanyi Mbafor, Zacharias Tane Fomum, Albert Kamanyi, Jean-Claude Mbanya, Rosa M. Giner, Carmen Recio, Salvador Manez, and Jose Luis Rios, 2003)

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากผลไม้ไทยชนิดต่างๆ ทั้งผลไม้สด และผลไม้อบแห้ง เนื่องจากประเทศไทยเป็นเขตเมืองร้อน มีผลไม้มากและหาได้ง่ายตามฤดูกาล ทำให้บางครั้งผลไม้มีจำนวนมาก จนไม่สามารถจำหน่ายได้ทั้งหมด และกลายเป็นผลไม้เน่าต้องทิ้งอย่างไร้มูลค่า หากงานวิจัยนี้สามารถเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระระหว่าง ผลไม้สด และผลไม้อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส คาดว่าจะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลยืนยันได้ว่าผลไม้สด และผลไม้อบแห้ง มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลไม้อบแห้ง เป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าให้กับเกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความแตกต่างของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากผลไม้ไทยชนิดต่างๆ ทั้งผลไม้สด และผลไม้อบแห้ง ด้วยวิธี DPPH และวิธี FCR

2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณความหวานของผลไม้สด
3. เพื่อหาค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลไม้สดและผลไม้อบแห้ง ด้วยวิธี DPPH
4. เพื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผลไม้สด และผลไม้อบแห้ง ด้วยวิธี FCR

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวอย่างผลไม้ซื้อจากตลาดกลางค้าส่งสี่มุมเมือง (รังสิต) อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ในช่วงเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2564 โดยตัวอย่างผลไม้ที่ทำการทดสอบมีทั้งหมด 20 ตัวอย่างคือ มะเขือเทศสีดา มะเขือเทศราชินี สับปะรดภูเก็ต สับปะรดศรีราชา ฝรั่งแป้น ฝรั่งไร้เมล็ด ถั่วลิสง ถั่วลิสงน้ำว่า มะละกอ ลำไย มะยม มะเฟือง มะขามป้อม ส้มเขียวหวาน ส้มโอ ละครุด เปลือกส้มเขียวหวาน ขนุน เนื้อมังคุด และเปลือกมังคุด โดยนำตัวอย่างผลไม้แต่ละชนิดมาล้างทำความสะอาด และปอกเปลือกออก จากนั้นหั่นให้มีขนาดเล็กลง เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.1 การหาปริมาณความหวาน

- 3.1.1. นำเนื้อของผลไม้มาคั้น และใช้เฉพาะส่วนน้ำให้ได้ประมาณ 2 mL
- 3.1.2. ตั้งค่าการวิเคราะห์เครื่อง refractometer โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank
- 3.1.3. ปิเปิดน้ำผลไม้จากข้อ 1 มา 0.3 mL วัดปริมาณความหวาน วัดซ้ำ 3 ครั้ง บันทึกผลและหาค่าเฉลี่ย

3.2 การสกัดสารจากผลไม้ตัวอย่าง

3.2.1 การสกัดผลไม้สด

1. หั่นเนื้อของผลไม้ให้มีขนาดเล็ก (ส้มเขียวหวานและมังคุด จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน เพื่อทำการสกัดคือ ส่วนของเนื้อ และเปลือก)

2. ชั่งน้ำหนักเปียกของผลไม้ ใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง แล้วแช่ด้วยเมทานอลเป็นเวลา 1 วัน
3. กรองและนำสารละลายไประเหยแห้ง ด้วยเครื่องระเหยแห้ง
4. นำผลไม้ที่แช่เมทานอลมาแช่ซ้ำ และทำตามข้อ 2 และข้อ 3 อีก 2 ครั้ง (ผลไม้แต่ละชนิดทำการแช่ทั้งหมด 3 ครั้ง)
5. นำสารสกัดที่ได้มารวมกัน และทำให้แห้งด้วยเครื่อง freeze dry
6. บันทึกน้ำหนักสุทธิของสารที่สกัดได้

3.2.2 การสกัดผลไม้อบแห้ง

1. หั่นเนื้อของผลไม้ให้มีขนาดเล็ก (ส้มเขียวหวานและมังคุด จะแบ่งออกเป็น ส่วนของเนื้อ และเปลือก เพื่อทำการสกัด)
2. บันทึกน้ำหนักเปียกของผลไม้ ใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. อบผลไม้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. ชั่งและบันทึกน้ำหนักของผลไม้หลังอบ โดยใช้ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. นำผลไม้อบแห้งไปแช่เมทานอลเป็นเวลา 1 วัน
6. กรองและนำสารละลายไประเหยด้วยเครื่องระเหยแห้ง
7. นำผลไม้ที่แช่เมทานอลจากข้อ 6 มาแช่ซ้ำ และทำตามข้อ 5 และ 6 อีก 2 ครั้ง
8. นำสารสกัดที่ได้มารวมกัน และนำไประเหยน้ำออกด้วยเครื่อง freeze dry
9. บันทึกน้ำหนักสุทธิของสารที่สกัดได้

3.3 ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (ปริญญ์ อินทร์รอด, 2551)

- 3.3.1. เตรียมสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.10 mM ใน methanol
- 3.3.2. เตรียมสารละลายตัวอย่าง วิตามินซี และวิตามินอี ที่ความเข้มข้น 1000 ppm (stock solution)

3.3.3. เจือจางสารละลายตัวอย่าง วิตามินซี และวิตามินอีจาก stock solution ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 1, 10, 50, 100 และ 500 ppm ใน methanol

3.3.4. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง วิตามินซี และวิตามินอี แต่ละความเข้มข้นจากข้อ 3 ใส่ในหลอดทดลอง หลอดละ 1.60 mL (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

3.3.5. ปิเปตสารละลาย DPPH เติมนลงในหลอดทดลองข้อ 4 หลอดละ 2.40 mL เขย่าให้เข้ากันจากนั้นเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที

3.3.6. นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 516 nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer และนำไปคำนวณ เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ (%Inhibition) ดังสมการต่อไปนี้

$$\%Inhibition = \frac{(A_{control} - A_{sample})}{A_{control}} \times 100 \quad (1)$$

3.3.7. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของสารสกัด กับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ เพื่อนำไปคำนวณค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC₅₀)

3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu' s reagent (FCR) [4]

3.4.1 การทำกราฟมาตรฐานสารละลาย Gallic Acid (GA)

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน GA ความเข้มข้น 1 mg/mL (stock solution) โดยชั่ง GA 0.10 g ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 mL ในขวดปรับปริมาตร

2. เจือจางสารละลายมาตรฐาน GA จาก stock solution ให้ได้ความเข้มข้น 0.1, 0.4, 0.7, 1, 3, 5 และ 7 µg/mL แล้วเติม FCR ปริมาตร 1.5 mL ทิ้งไว้ 5 นาที

3. เติม 20% Na₂CO₃ ปริมาตร 4 mL เขย่าสารละลายให้เข้ากัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 10 mL ในขวดปรับปริมาตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 758 nm

5. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน GA (standard curve) หาสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน และนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณ ของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด จากตัวอย่างสารสกัดผลไม้ที่นำมาวิเคราะห์

3.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากสารสกัดผลไม้

1. เตรียมสารละลายตัวอย่าง โดยชั่งสารตัวอย่าง 0.1250 g ละลาย และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 25 mL ในขวดปรับปริมาตร

2. ปิเปตสารละลายจากข้อ 1 มา 0.2 mL เติม FCR ปริมาตร 1.5 mL ทิ้งไว้ 5 นาที

3. เติม 20% Na₂CO₃ ปริมาตร 4 mL เขย่าสารละลายให้เข้ากัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 10 mL ในขวดปรับปริมาตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 758 nm และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้สมการเส้นตรงจากกราฟมาตรฐานของสารละลาย Gallic acid

4. ผลการวิจัย

4.1 การทดสอบปริมาณความหวานของผลไม้

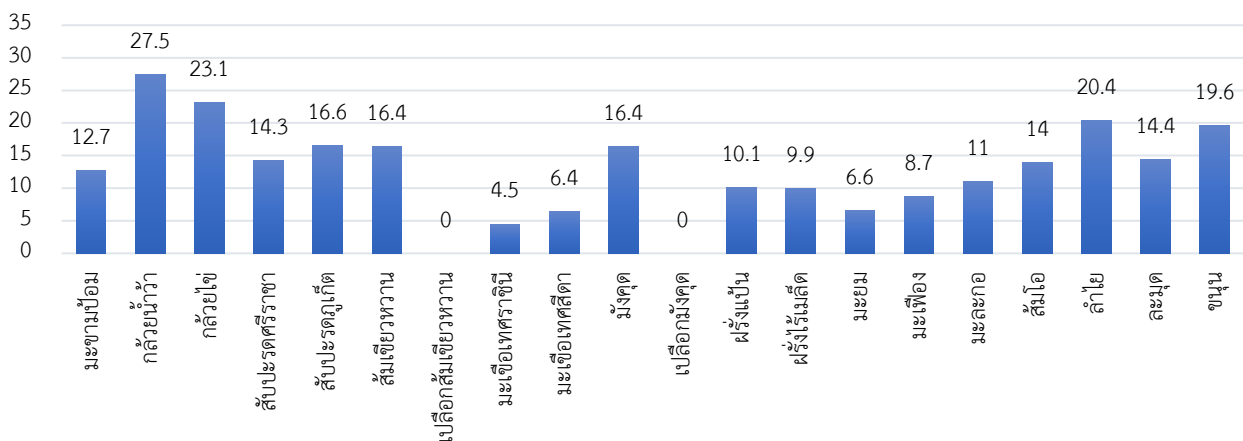
จากการหาปริมาณความหวานของผลไม้ไทย ที่นำมาศึกษา 14 ชนิด (18 สายพันธุ์) ได้ผลดังตารางที่ 1 และภาพที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณความหวานของผลไม้ชนิดต่างๆ

ลำดับ	ผลไม้	วัดปริมาณความหวาน (%Brix) (ครั้งที่)			ปริมาณความหวาน ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
		I	II	III	
1	มะขามป้อม	12.6	12.7	12.7	12.7 $\pm$ 0.1
2	กล้วยน้ำว้า	27.5	27.5	27.5	27.5 $\pm$ 0.0
3	กล้วยไข่	23.1	23.1	23.2	23.1 $\pm$ 0.1
4	สับปะรดศรีราชา	14.3	14.3	14.3	14.3 $\pm$ 0.0
5	สับปะรดภูเก็ต	16.5	16.6	16.6	16.6 $\pm$ 0.1
6	ส้มเขียวหวาน	16.4	16.3	16.4	16.4 $\pm$ 0.1
7	เปลือกส้มเขียวหวาน	ND	ND	ND	ND
8	มะเขือเทศราชินี	4.5	4.5	4.5	4.5 $\pm$ 0.1
9	มะเขือเทศสีดา	6.5	6.4	6.4	6.4 $\pm$ 0.1
10	มังคุด	16.3	16.4	16.4	16.4 $\pm$ 0.1
11	เปลือกมังคุด	ND	ND	ND	ND
12	ฝรั่งแป้น	10.1	10.1	10.1	10.1 $\pm$ 0.0
13	ฝรั่งไร้เมล็ด	9.9	9.9	9.9	9.9 $\pm$ 0.0
14	มะยม	6.7	6.6	6.6	6.6 $\pm$ 0.1
15	มะเฟือง	8.7	8.7	8.7	8.7 $\pm$ 0.0
16	มะละกอ	11.0	11.0	11.0	11.0 $\pm$ 0.0
17	ส้มโอ	14	14	13.9	14.0 $\pm$ 0.1
18	ลำไย	20.4	20.4	20.4	20.4 $\pm$ 0.0
19	ละมุด	14.4	14.4	14.4	14.4 $\pm$ 0.0
20	ขนุน	19.6	19.5	19.6	19.6 $\pm$ 0.1

ND คือ Not determine

ปริมาณความหวาน (%Brix)



ภาพที่ 1 ปริมาณความหวานเฉลี่ยของผลไม้ชนิดต่างๆ

4.2 การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลไม้ที่นำมาศึกษาด้วยวิธี DPPH

จากการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดผลไม้สด และผลไม้อบแห้งที่นำมาศึกษา โดยการสกัดด้วยเมทานอลและเปรียบเทียบกับวิตามินซี และวิตามินอี ที่ทำการทดสอบด้วยวิธี DPPH มีค่าการดูดกลืนแสงที่ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 516 nm ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง และสารเปรียบเทียบ

ลำดับ	ผลไม้	IC ₅₀ (ppm)		ผลต่างของ IC ₅₀ (%)
		สด	อบแห้ง	
1	มะขามป้อม	0.74	0.81	8.64
2	กล้วยน้ำว้า	>500	>500	-
3	กล้วยไข่	347.12	351.21	1.16
4	สับปะรดศรีราชา	>500	>500	-
5	สับปะรดภูเก็ต	>500	>500	-
6	ส้มเขียวหวาน	456.69	479.24	4.71
7	เปลือกส้มเขียวหวาน	18.65	21.79	14.41
8	มะเขือเทศราชินี	25.61	32.03	20.04
9	มะเขือเทศสีดา	116.52	127.90	8.90
10	มังคุด	23.29	31.98	27.17
11	เปลือกมังคุด	1.30	1.98	34.34
12	ฝรั่งแป้น	303.37	347.66	12.74
13	ฝรั่งไร้เมล็ด	54.20	63.58	14.75
14	มะยม	212.07	256.83	17.43
15	มะเฟือง	208.49	247.22	15.67
16	มะละกอ	390.56	405.49	3.68
17	ส้มโอ	461.89	486.48	5.05
18	ลำไย	>500	>500	-
19	ละมุด	>500	>500	-
20	ขนุน	>500	>500	-
สารเปรียบเทียบ				
1	วิตามินซี		1.90	
2	วิตามินอี		2.52	

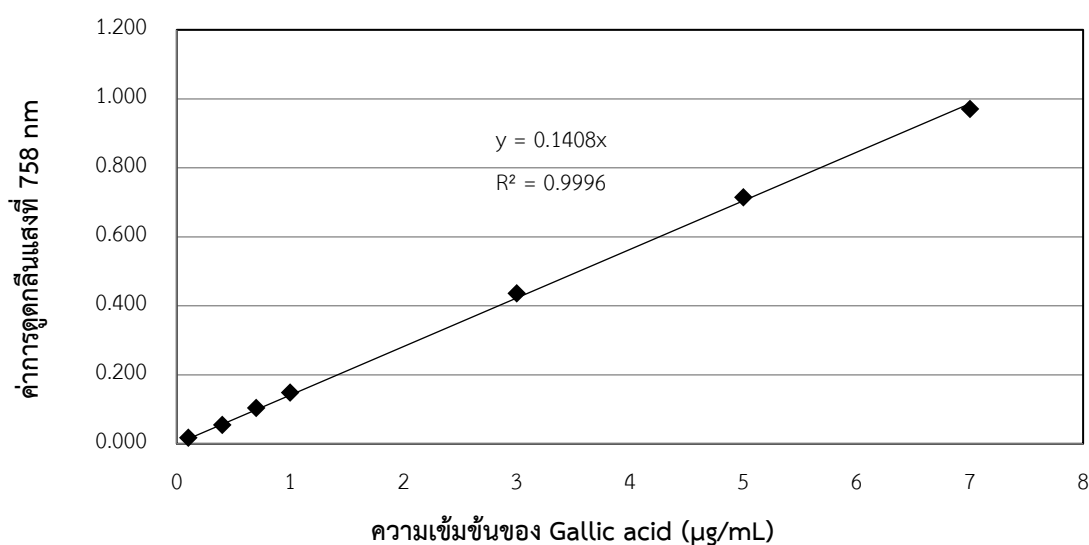
จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ผลไม้ที่ทำการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้วิตามินซี และวิตามินอีเป็นสารเปรียบเทียบที่มี IC₅₀ เท่ากับ 1.90 และ 2.52 ppm นั้นพบว่า ผลไม้ที่มีค่า IC₅₀ น้อยกว่าสารเปรียบเทียบคือ มะขามป้อม และเปลือกมังคุด ในผลไม้สดมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 0.74 และ 1.30 ppm ในผลไม้อบแห้งมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 0.81 และ 1.98 ppm ตามลำดับ ส่วนผลไม้ที่มีค่า IC₅₀ มากกว่าสารเปรียบเทียบ แต่น้อยกว่า 100 ppm ได้แก่ เปลือกส้มเขียวหวาน มังคุด มะเขือเทศราชินี และฝรั่งไร้เมล็ด ในผลไม้สด และผลไม้อบแห้งมีค่า IC₅₀ อยู่ในช่วง 18.65 ถึง 54.20 และ 21.79 ถึง 63.58 ppm ตามลำดับ และผลไม้ที่มีค่า IC₅₀

มากกว่า 100 ppm แต่น้อยกว่า 500 ppm ได้แก่ มะเขือเทศสีดา มะเฟือง มะยม ฝรั่งแป้น กล้วยไข่ มะละกอ ส้มเขียวหวาน และส้มโอ ในผลไม้สด และผลไม้อบแห้งมีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 116.52 ถึง 461.89 และ 127.90 ถึง 486.48 ppm ตามลำดับ ขณะที่ผลไม้ที่มีค่า IC_{50} มากกว่า 500 ppm มี 6 ชนิด ได้แก่ กล้วยน้ำว้า สับปะรดศรีราชา สับปะรดภูเก็ต ลำไย ละมุด และขนุน ในการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากผลไม้สด และผลไม้อบแห้งนั้น ยืนยันได้ว่า ในผลไม้สดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าในผลไม้อบแห้ง นั่นคือ ความร้อน 60 องศาเซลเซียส ที่ใช้ในการทำให้ผลไม้แห้งนั้น มีผลต่อสารต้านอนุมูลอิสระในผลไม้พอสมควร เพราะจากตาราง 4.2 พบว่า เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของ IC_{50} ระหว่างผลไม้สด และผลไม้อบแห้งแล้วนั้น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลไม้สด และผลไม้อบแห้งบางชนิดมีค่าที่แตกต่างกันไม่มากนัก แต่บางชนิดมีความแตกต่างกันพอสมควร โดยผลไม้สด และผลไม้อบแห้งที่มีความแตกต่างกันของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดคือ กล้วยไข่ รองลงมาคือมะละกอ ส้มเขียวหวาน ส้มโอ มะขามป้อม มะเขือเทศสีดา ฝรั่งแป้น เปลือกส้มเขียวหวาน ฝรั่งไร้เมล็ด มะเฟือง มะยม มะเขือเทศราชินี มังคุด และเปลือกมังคุด ตามลำดับ

4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี FCR (จันทกานต์ นุชสุข, 2561)

4.3.1 การทำกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน Gallic acid

จากการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน GA ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.4, 0.7, 1, 3, 5 และ 7 $\mu\text{g/mL}$ แล้วเติม FCR ปริมาตร 1.5 mL ทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติม 20% Na_2CO_3 ปริมาตร 4 mL เขย่าสารละลายให้เข้ากัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 10 mL ในขวดปรับปริมาตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 758 nm เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงกับค่าความเข้มข้นของสาร GA มาพลอตกราฟจะได้กราฟมาตรฐานแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟของสารละลายมาตรฐาน Gallic acid

4.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี FCR

การวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี FCR ซึ่งในการทดลองใช้ GA เป็นสารละลายมาตรฐาน โดยวิธีนี้จะให้ตัวอย่างทำปฏิกิริยากับ FCR และ 20 % Na_2CO_3 ที่อาศัยปฏิกิริยารีดอกซ์ในการทำให้เกิดปฏิกิริยา และดูการเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดขึ้นคือ สีจากสารละลาย FCR ซึ่งมีสีเหลือง เมื่อทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งมีค่า การดูดกลืนแสงที่ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 758 nm เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างไปคำนวณ หาค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในหน่วยมิลลิกรัมของ Gallic acid ต่อกรัมของสารสกัดตัวอย่าง (mg GA/g extract) ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี FCR

ลำดับ	ผลไม้	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก $\pm$ SD (mg GA/g extract)		ผลต่างของปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (%)
		สด	อบแห้ง	
1	มะขามป้อม	10.060 $\pm$ 0.002	9.500 $\pm$ 0.003	5.46
2	กล้วยน้ำว้า	0.153 $\pm$ 0.001	0.120 $\pm$ 0.002	21.54
3	กล้วยไข่	0.070 $\pm$ 0.001	0.055 $\pm$ 0.000	20.95
4	สับปะรดศรีราชา	0.064 $\pm$ 0.002	0.033 $\pm$ 0.002	48.89
5	สับปะรดภูเก็ต	0.060 $\pm$ 0.001	0.047 $\pm$ 0.001	22.05
6	ส้มเขียวหวาน	0.152 $\pm$ 0.001	0.125 $\pm$ 0.001	17.70
7	เปลือกส้มเขียวหวาน	0.696 $\pm$ 0.002	0.649 $\pm$ 0.001	6.68
8	มะเขือเทศราชินี	0.280 $\pm$ 0.001	0.248 $\pm$ 0.001	11.32
9	มะเขือเทศสีดา	0.427 $\pm$ 0.002	0.386 $\pm$ 0.002	9.46
10	มังคุด	0.070 $\pm$ 0.002	0.033 $\pm$ 0.001	53.34
11	เปลือกมังคุด	5.380 $\pm$ 0.002	4.540 $\pm$ 0.002	15.67
12	ฝรั่งแป้น	0.098 $\pm$ 0.002	0.063 $\pm$ 0.002	35.27
13	ฝรั่งไร้เมล็ด	0.275 $\pm$ 0.001	0.216 $\pm$ 0.002	21.45
14	มะยม	0.123 $\pm$ 0.001	0.112 $\pm$ 0.001	8.42
15	มะเฟือง	0.247 $\pm$ 0.001	0.205 $\pm$ 0.002	16.77
16	มะละกอ	0.109 $\pm$ 0.001	0.084 $\pm$ 0.001	22.94
17	ส้มโอ	0.152 $\pm$ 0.001	0.115 $\pm$ 0.001	24.77
18	ลำไย	0.118 $\pm$ 0.001	0.092 $\pm$ 0.001	22.09
19	ละมุด	0.035 $\pm$ 0.002	0.028 $\pm$ 0.001	20.00
20	ขนุน	0.060 $\pm$ 0.002	0.042 $\pm$ 0.002	30.65

หมายเหตุ ในการทดลองสารสกัดมะขามป้อม และสารสกัดเปลือกมังคุดทั้งสด และอบแห้ง ได้เจือจางสารตัวอย่าง 20 เท่า เพื่อให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้อยู่ในช่วงกราฟของสารละลายมาตรฐาน

จากตารางที่ 3 พบว่าในสารสกัดผลไม้สด ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดคือ มะขามป้อม รองลงมาคือ เปลือกมังคุด เปลือกส้มเขียวหวาน มะเขือเทศสีดา มะเขือเทศราชินี ฝรั่งไร้เมล็ด มะเฟือง กล้วยน้ำว้า ส้มโอ ส้มเขียวหวาน มะยม ลำไย มะละกอ ฝรั่งแป้น กล้วยไข่ มังคุด สับปะรดศรีราชา สับปะรดภูเก็ต ขนุน และละมุด ส่วนในสารสกัดผลไม้อบแห้งที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดคือ มะขามป้อม รองลงมาคือ เปลือกมังคุด เปลือกส้มเขียวหวาน มะเขือเทศสีดา มะเขือเทศราชินี ฝรั่งไร้เมล็ด มะเฟือง ส้มเขียวหวาน กล้วยน้ำว้า ส้มโอ มะยม ลำไย มะละกอ ฝรั่งแป้น กล้วยไข่ สับปะรดภูเก็ต ขนุน มังคุด สับปะรดศรีราชา และละมุด นอกจากนี้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี FCR ในสารสกัดผลไม้สด และผลไม้อบแห้งนั้น ยืนยันได้ว่าในสารสกัดผลไม้สดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ตรวจพบในปริมาณที่มากกว่าในสารสกัดผลไม้อบแห้งคือ ความร้อน 60 องศาเซลเซียส ความร้อนที่ใช้ในการทำให้ผลไม้แห้งนั้น มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ในผลไม้พอสมควร จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลไม้สด และผลไม้อบแห้ง พบว่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ตรวจพบของ

ผลไม้สด และผลไม้อบแห้งบางชนิดมีค่าที่แตกต่างกันไม่มากนัก แต่บางชนิดมีความแตกต่างกันพอสมควร โดยผลไม้สด และผลไม้อบแห้งที่มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างกันของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดน้อยที่สุดคือ มะขามป้อม รองลงมาคือ เปลือกส้มเขียวหวาน มะยม มะเขือเทศสีดา มะเขือเทศราชินี เปลือกมังคุด มะเฟือง ส้มเขียวหวาน ละมุด กัลยไชย ฝรั่งไร้เมล็ด กัลยน้ำว่า สับประรดภูเก็ต ลำไย มะละกอ ส้มโอ ขนุน ฝรั่งแป้น สับประรดศรีราชา และมังคุด ตามลำดับ

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบปริมาณความหวานของผลไม้ทั้ง 14 ชนิด (18 สายพันธุ์) พบว่า ผลไม้ที่มีปริมาณความหวานสูงที่สุดคือ กัลยน้ำว่า โดยมีปริมาณความหวานเท่ากับ 27.5 ± 0.00 % Brix ส่วนผลไม้ที่มีปริมาณความหวานน้อยที่สุดคือ มะเขือเทศราชินีมีปริมาณความหวานเท่ากับ 4.5 ± 0.00 %Brix และผลไม้ชนิดอื่นมีปริมาณความหวานอยู่ในช่วง 6.4 ถึง 23.1 %Brix

จากการศึกษาความยาวคลื่นที่ DPPH สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด พบว่ามีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด (λ_{max}) เท่ากับ 516 nm และเมื่อนำสารสกัดผลไม้ทั้ง 14 ชนิด (18 สายพันธุ์) ไปทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้วิตามินซี และวิตามินอีเป็นสารเปรียบเทียบพบว่า มีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.90 และ 2.52 ppm ตามลำดับ ในสารสกัดผลไม้สดพบว่า ผลไม้ที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าสารเปรียบเทียบคือ มะขามป้อม และเปลือกมังคุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.74 และ 1.30 ppm ตามลำดับ ส่วนผลไม้สดชนิดอื่นมีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 18.65 ถึงมากกว่า 500 ppm และในสารสกัดผลไม้อบแห้งพบว่า ผลไม้ที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าสารเปรียบเทียบคือ มะขามป้อม และเปลือกมังคุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.81 และ 1.98 ppm ตามลำดับ ส่วนผลไม้อบแห้งชนิดอื่น มีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 21.79 ถึงมากกว่า 500 ppm

จากการศึกษาหาความยาวคลื่น ที่สารประกอบฟีนอลการดูดกลืนแสงสูงที่สุด (λ_{max}) พบว่ามีค่าเท่ากับ 758 nm เมื่อนำสารสกัดผลไม้ทั้ง 14 ชนิด (18 สายพันธุ์) ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี FCR ในสารสกัดผลไม้สดพบว่า ผลไม้ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดคือ มะขามป้อม และเปลือกมังคุด โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 10.060 ± 0.002 และ 5.380 ± 0.002 mg GA/g extract ตามลำดับ ส่วนผลไม้สดชนิดอื่นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.035 ถึง 0.696 mg GA/g extract และในสารสกัดผลไม้อบแห้งพบว่า ผลไม้ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดคือ มะขามป้อม และเปลือกมังคุด โดยมีปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 9.500 ± 0.003 และ 4.540 ± 0.002 mg GA/g extract ตามลำดับ ส่วนผลไม้อบแห้งชนิดอื่นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด อยู่ในช่วง 0.028 ถึง 0.649 mg GA/g extract

ข้อเสนอแนะในการวิจัย (1) ควรเก็บสารสกัดตัวอย่างที่ทำการสกัดเสร็จแล้วไว้ในตู้ดูดความชื้น (2) ควรทำการชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของสารสกัดที่ทำการสกัดแล้วทันที เพื่อให้ได้น้ำหนักที่แท้จริง (3) ในการทดสอบด้วยวิธี DPPH และ FCR ควรทดสอบสารสกัดผลไม้ทุกชนิดให้เสร็จสิ้นภายในระยะเวลา 1 วัน หากเกินกว่านั้นอาจทำให้ได้ผลที่คลาดเคลื่อนได้ และ (4) ควรหาความร้อนที่เหมาะสม ในการอบผลไม้แต่ละชนิด ที่ไม่ทำให้ผลไม้สูญเสียฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่สนับสนุนสารเคมี อุปกรณ์ และสถานที่ในการดำเนินการวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

จันทกานต์ นุชสุข. (2561). ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่กล้วยน้ำว่าและกล้วยหอม. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 10 (2)

- จันทิมา หอมกลบ. (2553).ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดเอทิลอะซิเตตจากผลมะขามป้อมจากแหล่งในประเทศไทย. *การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ครั้งที่ 48* กรุงเทพฯ. 3-5 กุมภาพันธ์. หน้า 91-99.
- ต้องใจ ไพฑูรย์โยธิน และ ประมินทร์ วีระศิลป์. (2550). การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลไม้ไทย. *วิทยานิพนธ์เภสัชศาสตรบัณฑิต. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล*. กรุงเทพฯ.
- ปริยานุช อินทร์รอด. (2551). ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของส่วนสกัดจาก ต้นเร่วหอมและว่านสาวหลง. *วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยบูรพา, คณะวิทยาศาสตร์, สาขาวิชาชีวเคมี*.
- พงศธร ล้อสุวรรณ, จิตศิริ ราชตะนะพันธุ์, ศศิธร จันทนวรารังกูร. (2551). สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้. *การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ครั้งที่ 46* กรุงเทพฯ. 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2551. หน้า 554-561.
- Chunkamol Panyayong and Khongsak Srikaeo. (2022). Foods from banana inflorescences and their antioxidant properties: An exploratory case in Thailand. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 28, 100436
- Emmanuel Talla, Dieudonne Njamen, Joseph Tanyi Mbafor, Zacharias Tanee Fomum, Albert Kamanyi, Jean-Claude Mbanya, Rosa M. Giner, Carmen Recio, Salvador Manez, and Jose Luis Rios (2003). Warangalone, the isoflavonoid anti-inflammatory principle of *Erythrina addisoniae* stem bark. *Journal of Natural Product*. 66: 891-893.
- Gow-Chin Yen and Chiu-Luan Hsieh. (1997). *Antioxidant effect on dopamine and related compounds. Biosci Biotech. Biochem*. 61: 1646-1649.
- M. Alothman, Rajeev Bhat and A.A. Karim (2009) Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*. 115: 785-788.
- Suganya Tachakittirungrod, Siriporn Okonogi and Sombat Chowwanapoonpohn (2007) Study on antioxidant activity of certain plants in Thailand: Mechanism of antioxidant action of guava leaf extract. *Food Chemistry*. (103): 381-388.