



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อน

โดย นายเกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ และคณะ

พฤศจิกายน 2555

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อน

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. นายเกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์
2. นายวันชาติ นิตพันธ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชุดโครงการ “Thai Fruits – Functional Fruits”

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในการบริโภคผลไม้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการศึกษาทางโรคระบาดวิทยา พบว่า การบริโภคผลไม้อย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะการบริโภคผลไม้สดนั้นสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้หลายชนิด เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน เนื่องจากสารหลายชนิดที่มีอยู่ในผลไม้ เช่น สารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นข้อมูลชนิดและปริมาณสารสำคัญในผลไม้ที่มีคุณสมบัติส่งเสริมสุขภาพ จึงเป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดการใช้ประโยชน์ในผลไม้ชนิดนั้นมากขึ้น มะพร้าวอ่อนเป็นผลไม้ที่ประเทศไทยสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปีและมีแนวโน้มการส่งออกมากขึ้น สามารถบริโภคได้ทั้งน้ำและเนื้อ โดยพันธุ์มะพร้าวอ่อนที่สำคัญของประเทศไทยมี 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กันจิบ และพันธุ์ผลกลม ในน้ำมะพร้าวอ่อนมีแร่ธาตุ วิตามิน น้ำตาล กรดอะมิโน และฮอร์โมนอยู่หลายชนิด ในขณะที่ยังไม่มีรายงานผลการศึกษาเกี่ยวกับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนแต่อย่างใด งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ชนิดและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นองค์ประกอบในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลม ได้ผลดังนี้

น้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระทั้งสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซี โดยน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 15 mg/100 ml และ 42 mg/100 g ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนถึง 5 และ 8 เท่า ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระหลักทั้งในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อน ในขณะที่วิตามินซีเป็นสารรองที่ช่วยส่งเสริมให้น้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น

มะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำเท่ากับ 12.66 $\mu\text{Mol}/100\text{ ml}$ ในเนื้อเท่ากับ 76.55 $\mu\text{Mol}/100\text{ g}$ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำเท่ากับ 15.76 mg/100 ml ในเนื้อเท่ากับ 43.79 mg/100 g และปริมาณวิตามินซีในน้ำเท่ากับ 2.75 mg/100 ml ในเนื้อเท่ากับ 4.94 mg/100 g ส่วนพันธุ์ผลกลมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำเท่ากับ 12.55 $\mu\text{Mol}/100\text{ ml}$ ในเนื้อเท่ากับ 69.28 $\mu\text{Mol}/100\text{ g}$ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำเท่ากับ 13.94 mg/100 ml ในเนื้อเท่ากับ 40.52 mg/100 g และปริมาณวิตามินซีในน้ำเท่ากับ 2.67 mg/100 ml ในเนื้อเท่ากับ 4.78 mg/100 g แสดงให้เห็นว่าเนื้อมะพร้าวอ่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าน้ำอย่างชัดเจน โดยมะพร้าวอ่อนทั้งสองพันธุ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งในน้ำและเนื้อใกล้เคียงกัน ดังนั้น ผู้บริโภคสามารถบริโภคมะพร้าวอ่อนพันธุ์ใดก็ได้ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพเท่ากัน แต่เพื่อให้การบริโภคมะพร้าวอ่อนมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น ผู้บริโภคควรบริโภคทั้งน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อน

สารประกอบฟีนอลิกที่พบทั้งในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนมี 6 ชนิด ได้แก่ chlorogenic acid, ellagic acid, ferulic acid, gallic acid, catechin และ quercetin โดย chlorogenic acid, gallic acid และ catechin เป็นองค์ประกอบหลัก อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกับสารประกอบฟีนอลิกชนิดต่าง ๆ พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่าสหสัมพันธ์กับ chlorogenic acid และ ellagic acid มากที่สุด แสดงว่า chlorogenic acid และ ellagic acid มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าชนิดอื่น ๆ และจากโครมาโตแกรมของน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนที่วิเคราะห์ด้วย HPLC พบว่ายังมีอีกหลายพีคที่ยังไม่ถูกพิสูจน์ทราบว่าเป็นชนิดใด ซึ่งบางพีคมีพื้นที่พีคหรือปริมาณมากกว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้ง 6 ชนิด ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ยืนยันประโยชน์ของน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากขึ้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมว่าเป็นชนิดใด

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อน

เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์¹ และ วันชาติ นิตพันธ์¹

บทคัดย่อ

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ชนิดและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อน พันธุ์กันจิบและผลกลม พบว่า มะพร้าวอ่อนทั้งสองพันธุ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งในน้ำและเนื้อใกล้เคียงกัน โดยเนื้อมะพร้าวอ่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าน้ำอย่างชัดเจน และสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระหลัก ส่วนวิตามินซีเป็นสารรองทั้งในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อน โดยเนื้อมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลมมีค่าเฉลี่ยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 76.55 และ 69.28 $\mu\text{Mol}/100\text{ g}$ ค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 43.79 และ 40.52 $\text{mg}/100\text{ g}$ และค่าเฉลี่ยปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 4.94 และ 4.78 $\text{mg}/100\text{ g}$ ตามลำดับ ส่วนน้ำมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลมมีค่าเฉลี่ยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 12.66 และ 12.55 $\mu\text{Mol}/100\text{ ml}$ ค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 15.76 และ 13.94 $\text{mg}/100\text{ ml}$ และค่าเฉลี่ยปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 15.76 และ 13.94 $\text{mg}/100\text{ ml}$ ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกที่พบทั้งในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนมี 6 ชนิด ได้แก่ chlorogenic acid, ellagic acid, ferulic acid, gallic acid, catechin และ quercetin โดย chlorogenic acid, gallic acid และ catechin เป็นองค์ประกอบหลัก

คำสำคัญ: ผลไม้สุขภาพ วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Antioxidant Activity in Young Coconut Water and Pulp

Kriengsak Thaipong¹ and Wonchat Nitipun¹

Abstract

Antioxidant activity and antioxidant compounds in young coconut water and pulp were analyzed from 'Kon Jeeb' and 'Pol Klom' cultivars. The results showed that the amounts of antioxidant activity and antioxidant contents in the water and the pulp of the two young coconuts were similar. The young coconut pulp contained considerably higher antioxidant activity and antioxidant contents than those of the water. Phenolic compounds and ascorbic acid was the major and the minor antioxidants, respectively, in both young coconut water and pulp. The averaged antioxidant activity, total phenolics content, and ascorbic acid content in the pulp of 'Kon Jeeb' and 'Pol Klom' young coconuts were 76.55 and 69.28 $\mu\text{Mol}/100\text{ g}$, 43.79 and 40.52 $\text{mg}/100\text{ g}$, 4.94 and 4.78 $\text{mg}/100\text{ g}$, whereas, those in the water were 12.66 and 12.55 $\mu\text{Mol}/100\text{ ml}$, 15.76 and 13.94 $\text{mg}/100\text{ ml}$, 15.76 and 13.94 $\text{mg}/100\text{ ml}$, respectively. Six phenolic compounds, consisting of chlorogenic acid, ellagic acid, ferulic acid, gallic acid, catechin and quercetin, were found in the young coconut water and the pulp, of which chlorogenic acid, gallic acid and catechin were the major compounds.

Keywords: healthy fruit, ascorbic acid, phenolic compounds

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
ความเป็นมา	1
วัตถุประสงค์	1
วิธีการดำเนินงาน	1
การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	2
การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี	3
การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	3
การวิเคราะห์ปริมาณ chlorogenic acid, ellagic acid, ferulic acid, gallic acid, catechin และ quercetin ด้วย HPLC	4
การวิเคราะห์ข้อมูล	10
ผลและวิจารณ์	10
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	10
ปริมาณวิตามินซี	10
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	10
ปริมาณ chlorogenic acid, ellagic acid, ferulic acid, gallic acid, catechin และ quercetin	11
ความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ	13
สรุป	14
เอกสารอ้างอิง	14
ภาคผนวก	17

1. ความเป็นมา

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในการบริโภคผลไม้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการศึกษาทางโรคระบาดวิทยา พบว่า การบริโภคผลไม้อย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะการบริโภคผลไม้สดนั้นสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้หลายชนิด เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (Joshi et al., 1999) เนื่องจากสารหลายชนิดที่มีอยู่ในผลไม้ เช่น สารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Packer et al., 1999) โดยสารประกอบฟีนอลิกเป็นกลุ่มสารประกอบพหุชนิดที่มีความสำคัญและมีปริมาณมากที่สุดในผลไม้ เช่น catechin, quercetin เป็นต้น (Macheix et al., 1990) จากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ระบุว่าสารประกอบฟีนอลิก เช่น gallic acid, chlorogenic acid, catechin, quercetin มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Kaur and Kapoor, 2001) วิตามินซีเป็นวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกายและมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเช่นกัน (Packer et al., 1999) โดยชนิดและปริมาณของสารแต่ละชนิดนั้นจะมีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของผลไม้ ระหว่างพันธุ์ในผลไม้ชนิดเดียวกัน และระหว่างส่วนต่าง ๆ ภายในผลไม้ด้วยกัน ดังนั้นข้อมูลชนิดและปริมาณสารสำคัญในผลไม้ที่มีคุณสมบัติส่งเสริมสุขภาพ จึงเป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดการใช้ประโยชน์ในผลไม้ชนิดนั้นมากขึ้น

มะพร้าวอ่อนเป็นผลไม้ที่ประเทศไทยสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี สามารถบริโภคได้ทั้งน้ำและเนื้อ โดยพันธุ์มะพร้าวอ่อนที่สำคัญของประเทศไทยมีเพียง 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กันจิบ และพันธุ์ผลกลม ในน้ำมะพร้าวอ่อนมีแร่ธาตุและวิตามินเป็นองค์ประกอบอยู่หลายชนิด เช่น แคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม วิตามินซี บี 2 บี 5 และบี 6 นอกจากนี้ยังมีกรดโฟลิก กรดอะมิโน และน้ำตาลกลูโคสที่ร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้เป็นพลังงานได้ทันที จากรายงานการวิจัยพบว่าในน้ำมะพร้าวอ่อนมีฮอร์โมนคล้ายฮอร์โมนเพศหญิงหรือเอสโตรเจนในปริมาณสูง ซึ่งมีผลช่วยชะลอการเกิดโรคอ้วนในสตรีวัยทองได้ นอกจากนี้การดื่มน้ำมะพร้าวอ่อนเป็นประจำทุกวันยังช่วยสมานแผล ทำให้แผลหายเร็วกว่าปกติ (Yong et al., 2009) มะพร้าวอ่อนเป็นผลไม้ที่มีแนวโน้มการส่งออกมากขึ้น โดยตลาดกำลังมีการขยายตัวอย่างมาก (FAO, 2010) ในขณะที่ไม่มีรายงานผลการศึกษาเกี่ยวกับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนแต่อย่างใด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งศึกษาถึงชนิดและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นองค์ประกอบในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลม

2. วัตถุประสงค์

เพื่อให้ทราบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ชนิดและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อน

3. วิธีการดำเนินงาน

นำผลมะพร้าวอ่อน 2 พันธุ์การค้าหลัก ได้แก่ พันธุ์กันจิบ และพันธุ์ผลกลม จากแหล่งผลิตมะพร้าวอ่อนคุณภาพดีสำคัญ 2 แหล่งปลูก ได้แก่ ลุ่มน้ำท่าจีน ในเขต อ.สามพราน จ.นครปฐม และ อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร และลุ่มน้ำแม่กลอง ในเขต อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี ที่ระยะเนื้อ 2 ชั้น ซึ่งเป็นระยะที่เนื้อพัฒนาเต็มผลแล้ว โดยเนื้อยังนุ่มสามารถรับประทานได้ (ภาพที่ 1) และเป็นระยะที่มีคุณภาพน้ำและเนื้อเหมาะสมต่อการส่งออกและวางจำหน่ายภายในประเทศ (ปวีณา, 2555) จำนวน 30 ผล/พันธุ์ มาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ชนิดวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, chlorogenic acid, ellagic acid, ferulic acid, gallic acid, catechin และ quercetin ในน้ำและเนื้อ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

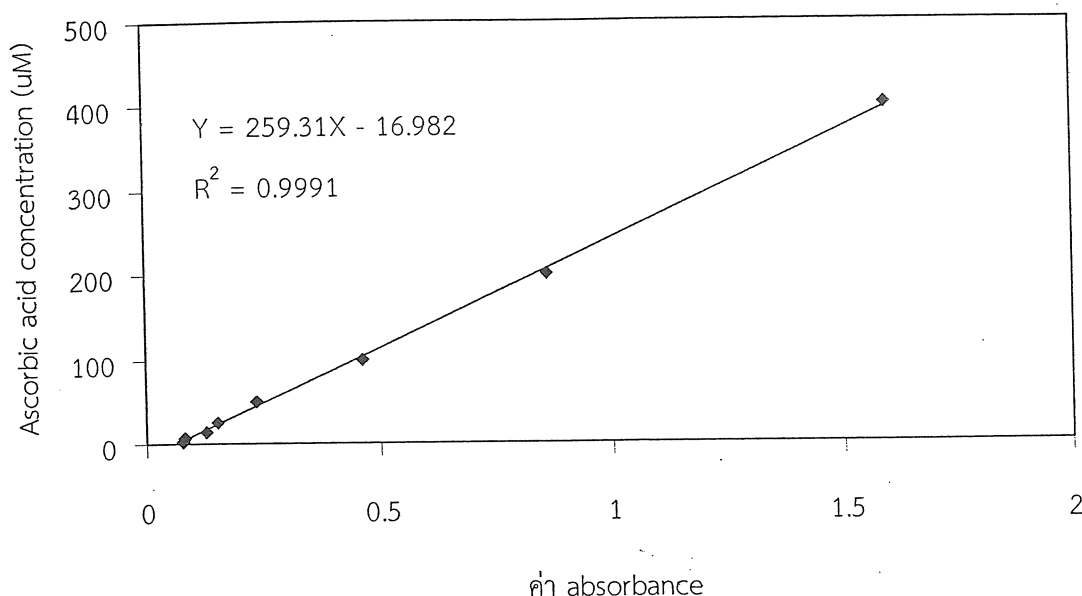


ภาพที่ 1 ลักษณะเนื้อมะพร้าวอ่อน ระยะเนื้อ 2 ชั้น เป็นระยะที่เนื้อพัฒนาเต็มผลแล้ว โดยเนื้อยังนุ่ม ซึ่งเป็นระยะที่มีคุณภาพน้ำและเนื้อเหมาะสมต่อการส่งออกและวางจำหน่ายภายในประเทศ

3.1 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

นำเนื้อมะพร้าวอ่อน 5 กรัม มาผสมกับเมธานอลความเข้มข้น 99.99% ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่อง homogenizer (T25, Ika Work, USA) จนเป็นเนื้อเดียวกัน นำน้ำสกัดเนื้อมะพร้าวอ่อนปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาทำให้ตกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) (J2-HS, Beckman Instruments, USA) ที่ความเร็ว 15,000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำน้ำสกัดเนื้อมะพร้าวอ่อนไปวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหรือนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส กรณีวิเคราะห์ในภายหลัง ส่วนการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมะพร้าวอ่อนนั้นวิเคราะห์โดยตรงจากน้ำมะพร้าวอ่อนโดยไม่ผ่านการสกัด

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนตามวิธี ferric reducing antioxidant power assay (FRAP) (Benzie and Strain, 1996) และประยุกต์ตามวิธีการของ Thaipong et al. (2006) โดยนำน้ำมะพร้าวอ่อนหรือน้ำสกัดจากเนื้อมะพร้าวอ่อนปริมาตร 150 ไมโครลิตร และสารละลาย FRAP ปริมาตร 2,850 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำสารผสมไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ใน incubator (1100 CP, Contherm, Newzealand) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำสารผสมมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer (Spectronic 20 Genesys, Spectronic Instruments, USA) ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสมการทำนาย (prediction equation) หรือสมการเส้นตรง (regression equation) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตรฐาน ascorbic acid ความเข้มข้น 3.125, 6.25, 12.5, 25, 50, 100, 200 และ 400 μM กับค่าการดูดกลืนแสง (ภาพที่ 2) มีหน่วยเป็น μMol ascorbic acid equivalents (AAE)/100 ml สำหรับน้ำ และ μMol AAE/100 g สำหรับเนื้อ



ภาพที่ 2 สมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตรฐาน ascorbic acid (μM) กับค่า absorbance ที่วิเคราะห์ด้วย spectrophotometer

3.2 การวิเคราะห์วิตามินซี

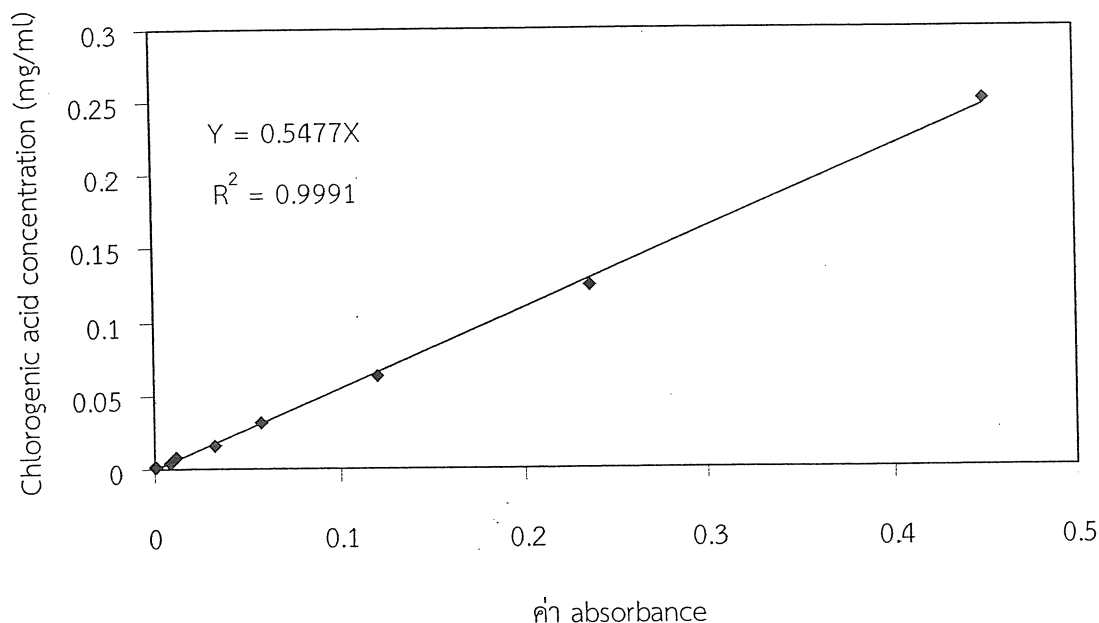
นำเนื้อมะพร้าวอ่อน 5 กรัม ผสมกับ extracting solution (3% oxalic acid, 8% acetic acid) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จากนั้นปั่นด้วยเครื่อง homogenizer จนเป็นเนื้อเดียวกัน นำน้ำสกัดเนื้อมะพร้าวอ่อนปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาทำให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 15,000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำน้ำสกัดเนื้อมะพร้าวอ่อนไปวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำมะพร้าวอ่อนนั้นวิเคราะห์โดยตรงจากน้ำมะพร้าวอ่อนโดยไม่ผ่านการสกัด

นำน้ำมะพร้าวอ่อนและน้ำสกัดจากเนื้อมะพร้าวอ่อนมาวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีตามวิธี A.O.A.C. (1990) และประยุกต์ตามวิธีการของ Thaipong et al. (2006) โดยเติมน้ำมะพร้าวอ่อนหรือน้ำสกัดจากเนื้อมะพร้าวอ่อนปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใน extracting solution ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จากนั้นไทเทรตด้วย 2, 6-dichlorophenolindophenol (dye solution) จนถึงจุด end point คือ สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน จากนั้นคำนวณปริมาณวิตามินซีโดยเทียบกับปริมาณวิตามินซีมาตรฐาน (1 mg/ml) มีหน่วยเป็น mg/100 ml สำหรับน้ำ และ mg/100 g สำหรับเนื้อ

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

นำน้ำมะพร้าวอ่อนและน้ำสกัดจากเนื้อมะพร้าวอ่อนที่สกัดได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ตามวิธี Folin Ciocalteu (Swain and Hillis, 1959) และประยุกต์ตามวิธีของ Thaipong et al. (2006) โดยนำน้ำมะพร้าวอ่อนหรือน้ำสกัดเนื้อมะพร้าวอ่อนปริมาตร 150 ไมโครลิตร น้ำกลั่นปริมาตร 2,400 ไมโครลิตร และ 0.25 N Folin Ciocalteu ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้สารผสมทำปฏิกิริยากัน 3 นาที หลังจากนั้นเติม 1 N Na_2CO_3 ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน นำสารผสมไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 1 องศาเซลเซียส) ใน

สภาพมืด 2 ชั่วโมง โดยนำสารผสมออกมาเขย่าทุก 30 นาที เมื่อครบ 2 ชั่วโมง นำสารผสมมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากสมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตรฐาน chlorogenic acid ความเข้มข้น 0.0010, 0.0020, 0.0039, 0.0078, 0.0156, 0.0313, 0.0625, 0.125 และ 0.25 mg/ml กับค่าการดูดกลืนแสง (ภาพที่ 3) มีหน่วยเป็น mg chlorogenic acid equivalents (CAE)/100 ml สำหรับน้ำ และ mg CAE/100 g สำหรับเนื้อ



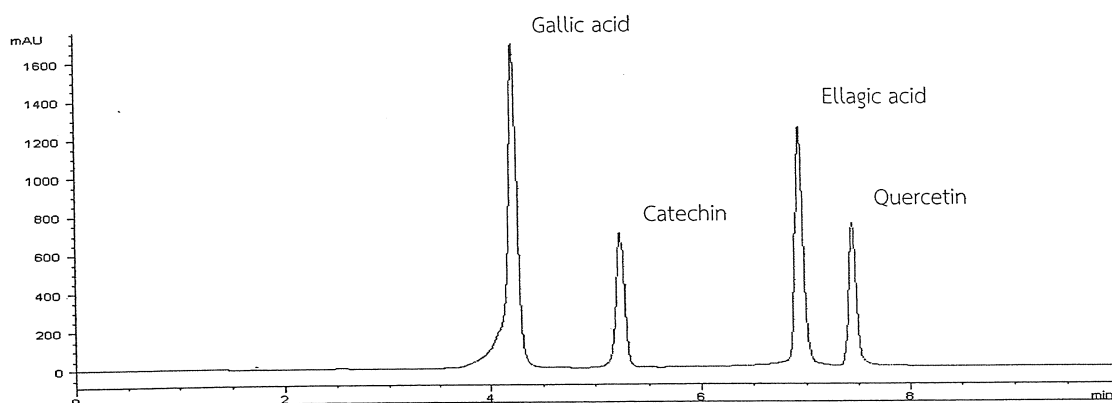
ภาพที่ 3 สมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตรฐาน chlorogenic acid (mg/ml) กับค่า absorbance ที่วิเคราะห์ด้วย spectrophotometer

3.4 การวิเคราะห์ปริมาณ chlorogenic acid, ellagic acid, ferulic acid, gallic acid, catechin และ quercetin ด้วย HPLC

นำน้ำมะพร้าวอ่อนและน้ำสกัดจากเนื้อมะพร้าวอ่อนที่สกัดได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมาวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก 6 ชนิด คือ chlorogenic acid, ellagic acid, ferulic acid, gallic acid, catechin และ quercetin ด้วยวิธี HPLC โดยใช้เครื่อง HPLC (Agilent 1100 Series, Agilent Technologies, Germany), C18 column (BETASIL C18: 220 mm x 4.6 mm, ThermoHypersil-Keystone, USA) และ guard column (UNIGUARD, Thermo Electron Corporation, USA) ก่อนฉีดน้ำมะพร้าวอ่อนหรือสารสกัดเนื้อมะพร้าวอ่อนปริมาตร 10 µl เข้าระบบต้องกรองด้วย 0.45 µm nylon membrane filter

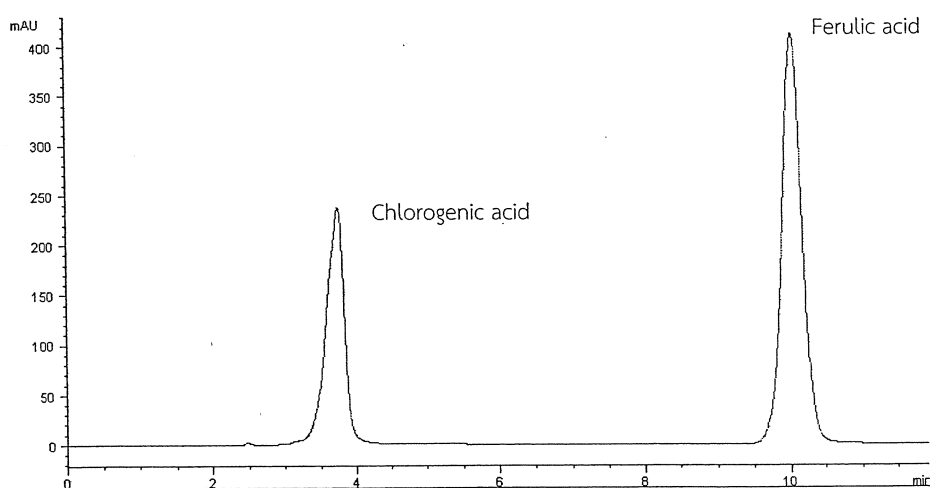
วิเคราะห์สาร gallic acid, catechin, ellagic acid และ quercetin โดยดัดแปลงจากวิธีของ Samee and Vorarat (2007) ดังนี้ mobile phase ประกอบด้วย water : acetic acid อัตราส่วน 25 : 1 (v/v) เป็นสารละลาย A และ methanol เป็นสารละลาย B ตั้งโปรแกรมการไหล ดังนี้ 0 นาที 90% A และ 10% B, 4 นาที 18% A และ 82% B ใช้อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ตรวจวัดด้วย uv-detector ที่ความยาวคลื่น 280 nm อุณหภูมิ column ที่ 25 องศาเซลเซียส โดย gallic acid มี

retention time (R_t) = 4.25 นาที catechin มี R_t = 5.31 นาที ellagic acid มี R_t = 6.86 นาที และ quercetin มี R_t = 7.55 นาที (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน gallic acid, catechin, ellagic acid และ quercetin ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC

วิธีวิเคราะห์สาร ferulic acid และ chlorogenic acid ดัดแปลงจากวิธีของ Bubenchikova and Drozdova (2004) ดังนี้ mobile phase ประกอบด้วย water : acetic acid : methanol อัตราส่วน 600 : 5 : 400 (v/v/v) ใช้อัตราการไหล 0.6 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 18 นาที ตรวจวัดด้วย uv-detector ที่ความยาวคลื่น 254 nm อุณหภูมิ column ที่ 28 องศาเซลเซียส โดย chlorogenic acid มี R_t = 3.78 นาที และ ferulic acid มี R_t = 10.14 นาที (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน chlorogenic acid และ ferulic acid ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC

คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกแต่ละชนิดจากสมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารมาตรฐาน chlorogenic acid ความเข้มข้น 0.0039, 0.0078, 0.0156, 0.0313, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5 และ 1 mg/ml (ภาพที่ 6) ellagic acid ความเข้มข้น 0.0313, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5 และ 1

mg/ml (ภาพที่ 7) ferulic acid ความเข้มข้น 0.0039, 0.0078, 0.0156, 0.0313, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5 และ 1 mg/ml (ภาพที่ 8) gallic acid ความเข้มข้น 0.0313, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5 และ 1 mg/ml (ภาพที่ 9) catechin ความเข้มข้น 0.0313, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5 และ 1 mg/ml (ภาพที่ 10) และ quercetin ความเข้มข้น 0.0313, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5 และ 1 mg/ml (ภาพที่ 11) กับพื้นที่พีค (Peak area) ที่วิเคราะห์ด้วย HPLC มีหน่วยเป็น mg/100 ml สำหรับน้ำ และ mg/100 g สำหรับเนื้อ โดยมีวิธีการคำนวณ ดังนี้

การคำนวณสารฟีนอลิกในน้ำมะพร้าวอ่อน

$$\text{ปริมาณสารฟีนอลิกในน้ำมะพร้าวอ่อน (mg/100 ml)} = (b)(X) \times 100$$

เมื่อ b คือ ค่า regression coefficient ของสมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารมาตรฐานแต่ละชนิดกับค่า peak area

X คือ ค่า peak area ของตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อน

เช่น ค่า peak area ในการวิเคราะห์สาร chlorogenic acid ของน้ำมะพร้าวอ่อนมีค่าเท่ากับ 10 สามารถคำนวณปริมาณสาร chlorogenic acid ในน้ำมะพร้าวอ่อนได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณ chlorogenic acid (mg/100 ml)} &= (0.0008)(10) \times 100 \\ &= 0.80 \text{ mg/100 ml} \end{aligned}$$

การคำนวณสารฟีนอลิกในเนื้อมะพร้าวอ่อน

$$\text{ปริมาณสารฟีนอลิกในเนื้อมะพร้าวอ่อน (mg/100 g)} = (b)(X) \times (V/W) \times 100$$

เมื่อ b คือ ค่า regression coefficient ของสมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารมาตรฐานแต่ละชนิดกับค่า peak area

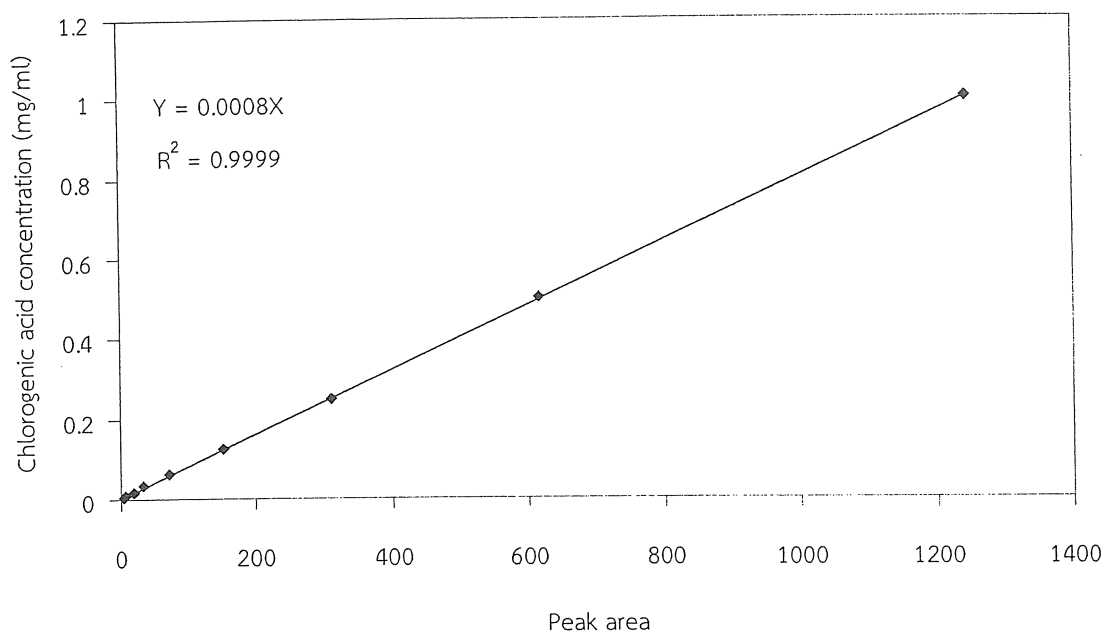
X คือ ค่า peak area ของตัวอย่างสารสกัดเนื้อมะพร้าวอ่อน

V คือ ผลรวมของเมธานอล (20) กับน้ำหนักตัวอย่างเนื้อมะพร้าวอ่อน (5) ที่ใช้การสกัดสาร

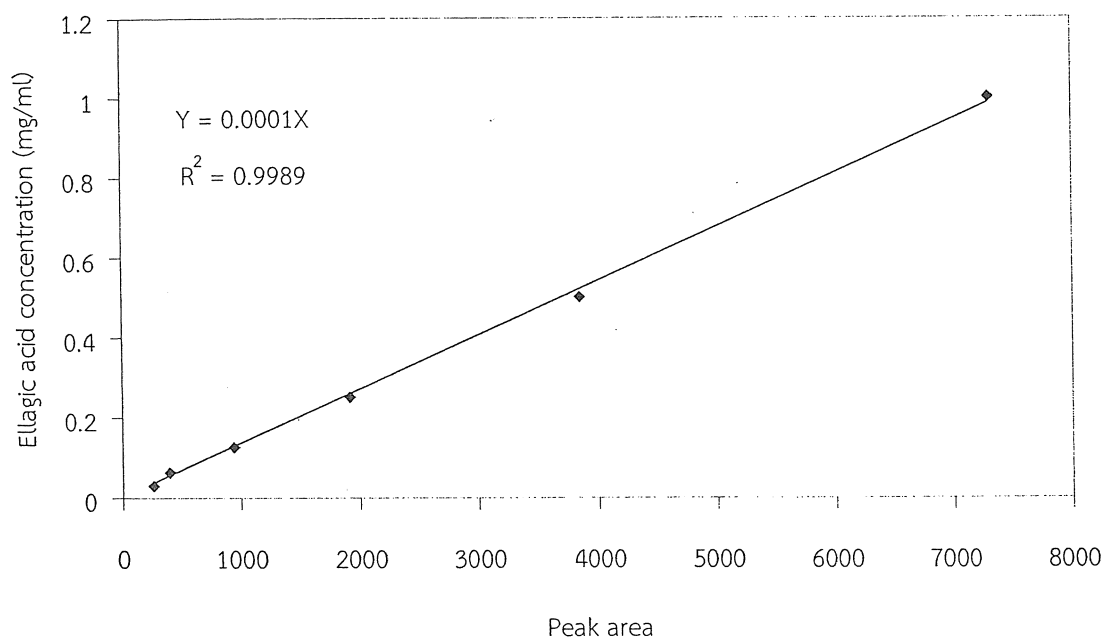
W คือ น้ำหนักตัวอย่างเนื้อมะพร้าวอ่อนที่ใช้สกัด (5 กรัม)

เช่น ค่า peak area ในการวิเคราะห์สาร chlorogenic acid ของเนื้อมะพร้าวอ่อนมีค่าเท่ากับ 10 สามารถคำนวณปริมาณสาร chlorogenic acid ในเนื้อมะพร้าวอ่อนได้ดังนี้

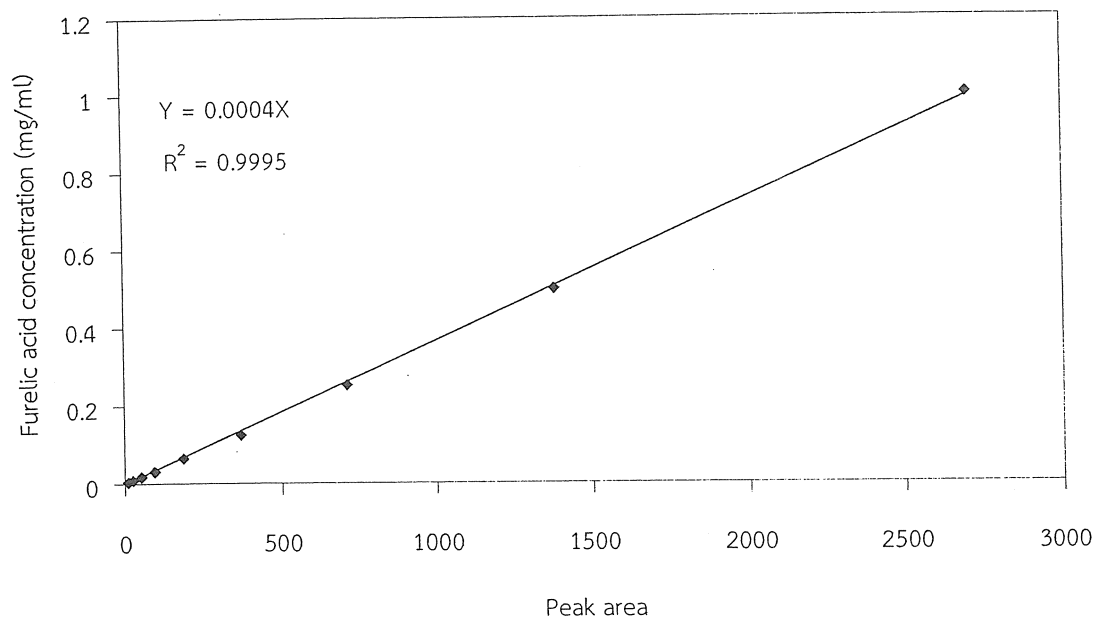
$$\begin{aligned} \text{ปริมาณสาร chlorogenic acid (mg/100 g)} &= (0.0008)(10) \times (25/5) \times 100 \\ &= 4.0 \text{ mg/100 g} \end{aligned}$$



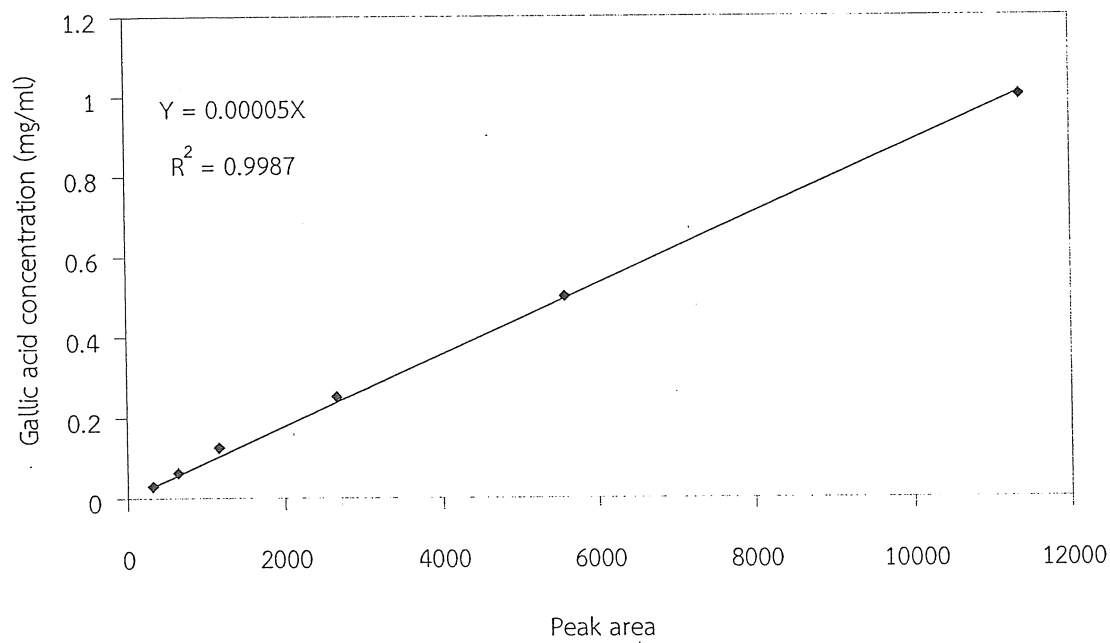
ภาพที่ 6 สมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตรฐาน chlorogenic acid (mg/ml) กับพื้นที่พีค (Peak area) ที่วิเคราะห์ด้วย HPLC



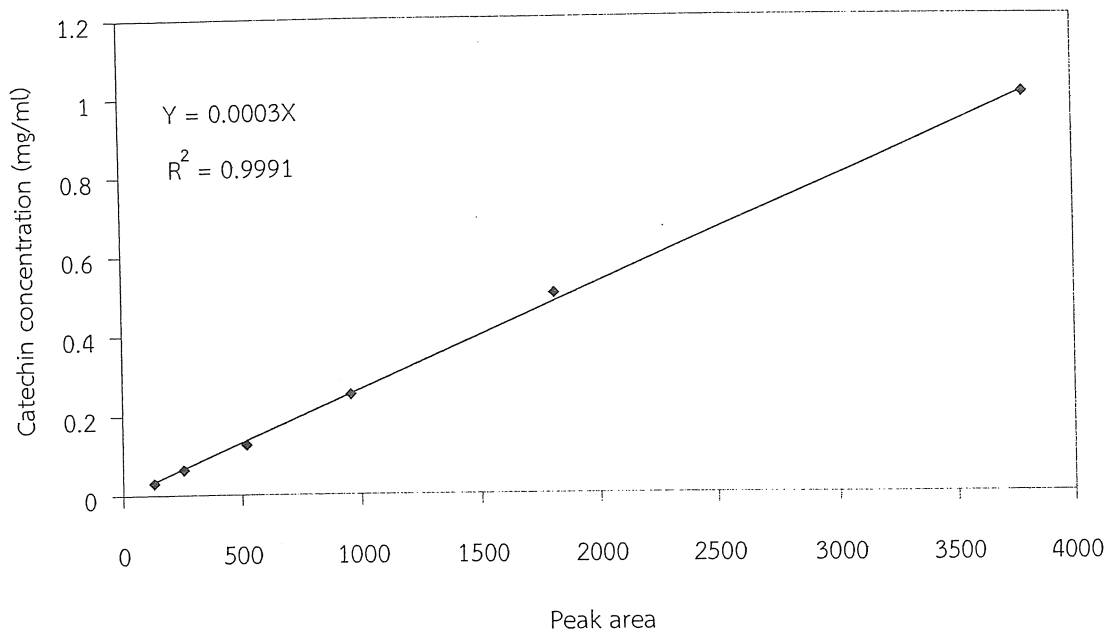
ภาพที่ 7 สมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตรฐาน ellagic acid (mg/ml) กับพื้นที่พีค (Peak area) ที่วิเคราะห์ด้วย HPLC



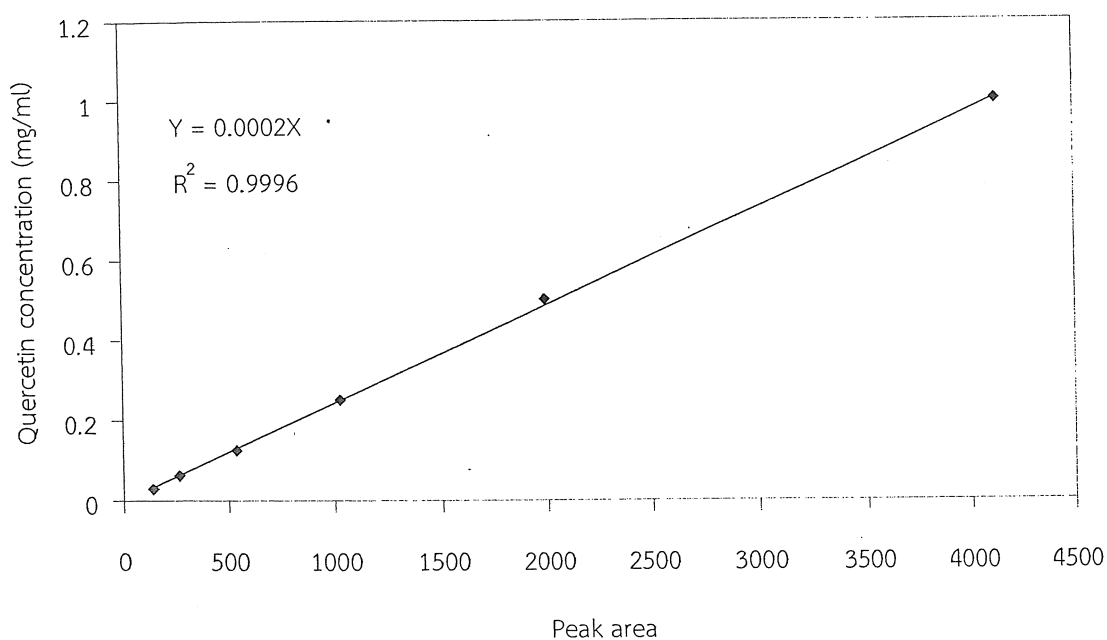
ภาพที่ 8 สมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตรฐาน ferulic acid (mg/ml) กับพื้นที่พีค (Peak area) ที่วิเคราะห์ด้วย HPLC



ภาพที่ 9 สมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตรฐาน gallic acid (mg/ml) กับพื้นที่พีค (Peak area) ที่วิเคราะห์ด้วย HPLC



ภาพที่ 10 สมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตรฐาน catechin (mg/ml) กับพื้นที่พีค (Peak area) ที่วิเคราะห์ด้วย HPLC



ภาพที่ 11 สมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตรฐาน quercetin (mg/ml) กับพื้นที่พีค (Peak area) ที่วิเคราะห์ด้วย HPLC

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระแต่ละชนิดมาหาค่าเฉลี่ยและความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระแต่ละชนิดโดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear correlation analysis)

4. ผลและวิจารณ์

4.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลม พบว่าเนื้อมะพร้าวอ่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าในน้ำอย่างชัดเจน ในขณะที่มะพร้าวอ่อนทั้งสองพันธุ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งในน้ำและเนื้อใกล้เคียงกัน โดยพันธุ์กันจิบมีค่าเฉลี่ยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำเท่ากับ 12.66 $\mu\text{Mol}/100\text{ ml}$ ในเนื้อเท่ากับ 76.55 $\mu\text{Mol}/100\text{ g}$ ส่วนพันธุ์ผลกลมมีค่าเฉลี่ยในน้ำเท่ากับ 12.55 $\mu\text{Mol}/100\text{ ml}$ ในเนื้อเท่ากับ 69.28 $\mu\text{Mol}/100\text{ g}$ (ตารางที่ 1)

เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ พบว่า น้ำมะพร้าวอ่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างน้อย เช่น สับปะรด (174 $\mu\text{Mol}/100\text{ g}$) กล้วย (204 $\mu\text{Mol}/100\text{ g}$) มะม่วง (253 $\mu\text{Mol}/100\text{ g}$) (Szeto et al., 2002) ในขณะที่เนื้อมะพร้าวอ่อนมีค่าใกล้เคียงกับผลไม้หลายชนิด เช่น ส้ม (81.50 $\mu\text{Mol}/100\text{ g}$) (Koca et al., 2003) สาลี่จีน (73 $\mu\text{Mol}/100\text{ g}$) (Szeto et al., 2002)

4.2 ปริมาณวิตามินซี

จากการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลม พบว่า เนื้อมะพร้าวอ่อนมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าในน้ำอย่างชัดเจน ในขณะที่มะพร้าวอ่อนทั้งสองพันธุ์มีปริมาณวิตามินซีทั้งในน้ำและเนื้อใกล้เคียงกัน โดยพันธุ์กันจิบมีค่าเฉลี่ยปริมาณวิตามินซีในน้ำเท่ากับ 2.75 mg/100 ml ในเนื้อเท่ากับ 4.94 mg/100 g ส่วนพันธุ์ผลกลมมีค่าเฉลี่ยในน้ำเท่ากับ 2.67 mg/100 ml ในเนื้อเท่ากับ 4.78 mg/100 g (ตารางที่ 1)

เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ พบว่า น้ำมะพร้าวอ่อนมีปริมาณวิตามินซีใกล้เคียงกับสละ (2.4 mg/100 g) แอปเปิล (2.1 mg/100 g) กล้วย (2.1 mg/100 g) และแตงโม (3.7 mg/100 g) ส่วนเนื้อมะพร้าวอ่อนมีปริมาณใกล้เคียงกับมะเฟือง (5.9 mg/100 g) และมังคุด (4.1 mg/100 g) (Leong and Shui, 2002)

4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลม พบว่า เนื้อมะพร้าวอ่อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าในน้ำอย่างชัดเจน ในขณะที่มะพร้าวอ่อนทั้งสองพันธุ์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดทั้งในน้ำและเนื้อใกล้เคียงกัน โดยพันธุ์กันจิบมีค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำเท่ากับ 15.76 mg/100 ml ในเนื้อเท่ากับ 43.79 mg/100 g ส่วนพันธุ์ผลกลมมีค่าเฉลี่ยในน้ำเท่ากับ 13.94 mg/100 ml ในเนื้อเท่ากับ 40.52 mg/100 g (ตารางที่ 1)

เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ พบว่า น้ำมะพร้าวอ่อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดค่อนข้างน้อย ในขณะที่เนื้อมะพร้าวอ่อนมีปริมาณใกล้เคียงกับส้ม (41 mg/100 g) และมีค่ามากกว่าผลไม้หลายชนิด เช่น แคนตาลูป (26 mg/100 g) เกรฟฟรุต (26 mg/100 g) (Vinson et al., 2001)

4.4 ปริมาณสาร chlorogenic acid, ellagic acid, ferulic acid, gallic acid, catechin และ quercetin

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก 6 ชนิด คือ chlorogenic acid, ellagic acid, ferulic acid, gallic acid, catechin และ quercetin ในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลม ด้วยวิธี HPLC พบว่า ในเนื้อมะพร้าวอ่อนมีปริมาณสารส่วนใหญ่มากกว่าในน้ำอย่างชัดเจน ยกเว้นสาร catechin ที่พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกันระหว่างในน้ำและในเนื้อมะพร้าวอ่อน ในขณะที่มะพร้าวอ่อนทั้งสองพันธุ์มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้ง 6 ชนิด ใกล้เคียงกันทั้งในน้ำและในเนื้อ โดยปริมาณสารฟีนอลิกในน้ำมะพร้าวอ่อน (mg/100 ml) พันธุ์กันจิบและผลกลมเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ catechin (1.22 และ 1.11), chlorogenic acid (0.85 และ 0.64), gallic acid (0.61 และ 0.45), quercetin (0.25 และ 0.19), ellagic acid (0.14 และ 0.13) และ ferulic acid (0.04 และ 0.03) ส่วนปริมาณสารฟีนอลิกในเนื้อมะพร้าวอ่อน (mg/100 g) พันธุ์กันจิบและผลกลมเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ chlorogenic acid (4.24 และ 4.52), gallic acid (1.66 และ 1.54), catechin (1.49 และ 1.36), quercetin (1.35 และ 1.07), ellagic acid (0.92 และ 0.78) และ ferulic acid (0.47 และ 0.35) และเมื่อรวมปริมาณสารฟีนอลิกทั้ง 6 ชนิดแล้วพบว่ามีค่าน้อยกว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดทั้งในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนทั้งสองพันธุ์มาก โดยผลรวมสารฟีนอลิกทั้ง 6 ชนิด ในน้ำมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลมเท่ากับ 3.11 และ 2.55 mg/100 ml ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 15.76 และ 13.94 mg/100 ml ตามลำดับ ส่วนผลรวมสารฟีนอลิกทั้ง 6 ชนิด ในเนื้อมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลมเท่ากับ 10.13 และ 9.69 mg/100 g ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 43.79 และ 40.52 mg/100 g ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนยังมีสารฟีนอลิกชนิดอื่น ๆ อีกหลายชนิดที่ยังไม่ถูกประเมินในครั้งนี สอดคล้องกับโครมาโตแกรมของน้ำมะพร้าวอ่อน (ภาพที่ 10) และเนื้อมะพร้าวอ่อน (ภาพที่ 11) ที่พบว่ามีพีคอื่น ๆ อีกหลายพีคที่ยังไม่ถูกพิสูจน์ทราบว่าเป็นสารชนิดใด ซึ่งหลายพีคมีพื้นที่หรือปริมาณมากกว่าสารฟีนอลิกทั้ง 6 ชนิดที่วิเคราะห์ในครั้งนี้ ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ยืนยันประโยชน์ของน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากขึ้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมว่าเป็นสารชนิดใด

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงหรือสูงกว่าในผลไม้หลายชนิด เช่น ปริมาณ catechin สูงกว่าสาลี่ (0.5) เกรพฟรุต (0.1) (Harnly et al., 2006) ปริมาณ chlorogenic acid ใกล้เคียงกับสาลี่ (0.92) พีช (5.3) (Sakakibara et al., 2002) ปริมาณ gallic acid สูงกว่าลิ้นจี่ (0.31) เงาะ (0.23) ชมพู่ (0.15) (Gorinstein et al., 1999) ปริมาณ quercetin สูงกว่าทับทิม (0.04) (Mullen et al., 2007) ใกล้เคียงกับพีช (0.50) เกรพฟรุต (0.30) (Harnly et al., 2006) ปริมาณ ellagic acid ใกล้เคียงกับแอปเปิล (0.19) องุ่น (0.11) (Kamau, 2007) และปริมาณ ferulic acid ใกล้เคียงกับองุ่นดำ (0.06) (Mitic et al., 2011) มังคุด (0.09) (Zadernowski, et al., 2009)

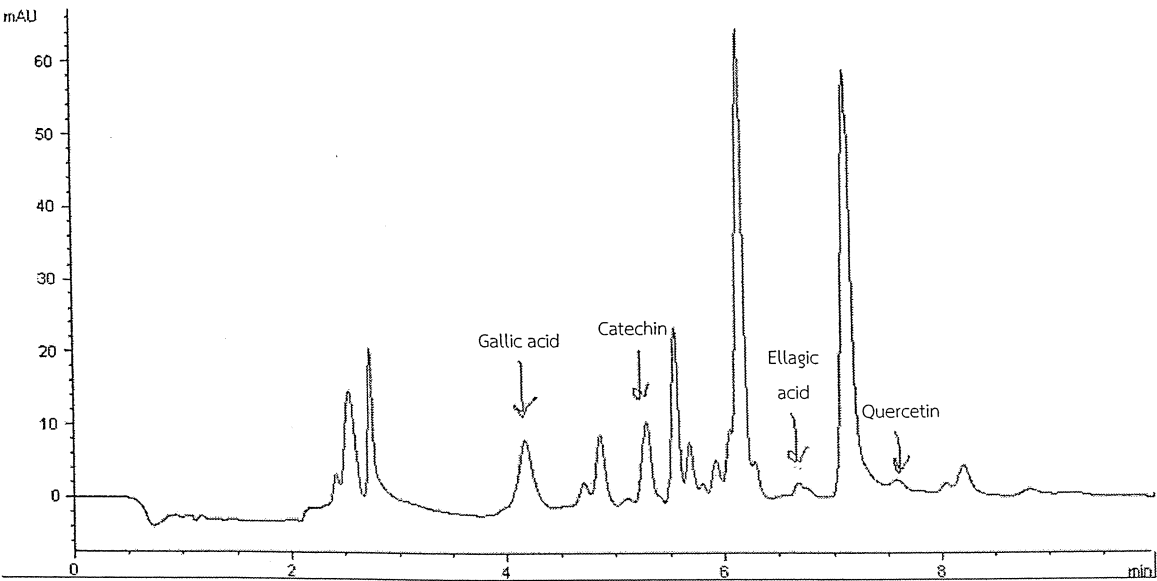
ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ ในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลม (n = 30)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและชนิดสารต้านอนุมูลอิสระ	น้ำมะพร้าวอ่อน		เนื้อมะพร้าวอ่อน	
	พันธุ์กันจิบ	พันธุ์ผลกลม	พันธุ์กันจิบ	พันธุ์ผลกลม
Antioxidant activity	12.66	12.55	76.55	69.28
Ascorbic acid	2.75	2.67	4.94	4.78
Total phenolics	15.76	13.94	43.79	40.52
Chlorogenic acid	0.85	0.64	4.24	4.59
Ellagic acid	0.14	0.13	0.92	0.78
Ferulic acid	0.04	0.03	0.47	0.35
Gallic acid	0.61	0.45	1.66	1.54
Catechin	1.22	1.11	1.49	1.36
Quercetin	0.25	0.19	1.35	1.07
รวมสารฟีนอลิก 6 ชนิด ¹	3.11	2.55	10.13	9.69

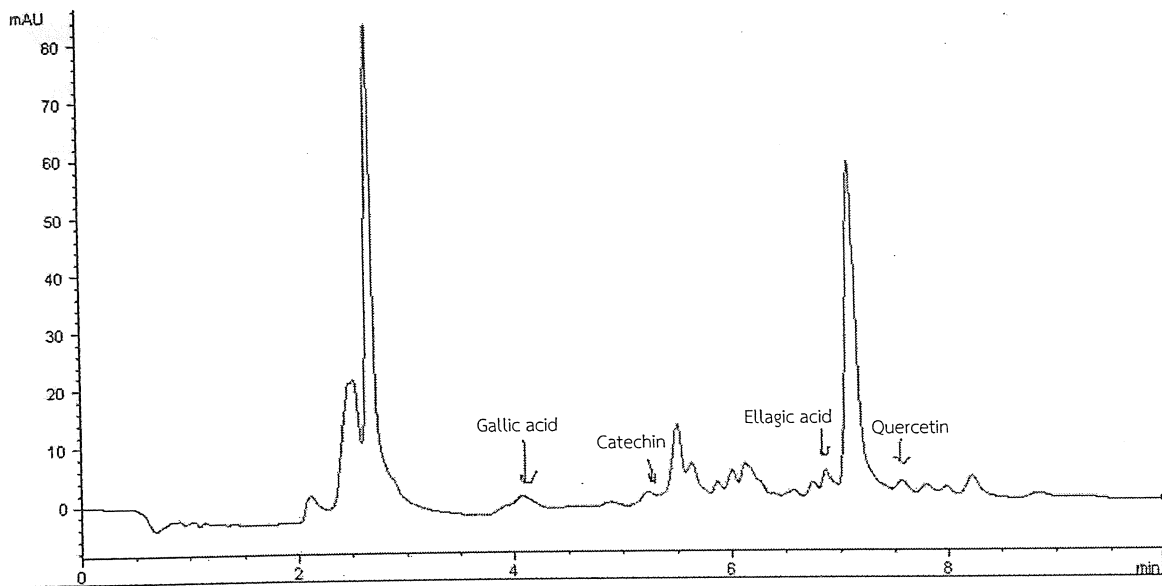
หมายเหตุ

Antioxidant activity มีหน่วยเป็น μMol ascorbic acid equivalents ต่อ 100 ml ในน้ำและต่อ 100 g ในเนื้อ
Total phenolics มีหน่วยเป็น mg chlorogenic acid equivalents ต่อ 100 ml ในน้ำและต่อ 100 g ในเนื้อ
Ascorbic acid, Chlorogenic acid, Ellagic acid, Ferulic acid, Gallic acid, Catechin และ Quercetin มีหน่วยเป็น mg ต่อ 100 ml ในน้ำและต่อ 100 g ในเนื้อ

¹ ผลรวมของสารฟีนอลิก 6 ชนิด (Chlorogenic acid, Ellagic acid, Ferulic acid, Gallic acid, Catechin และ Quercetin)



ภาพที่ 10 โครมาโตแกรมของสารประกอบฟีนอลิกของน้ำมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบที่วิเคราะห์ด้วย HPLC



ภาพที่ 11 โครมาโตแกรมของสารประกอบฟีนอลิกของเนื้อมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบที่วิเคราะห์ด้วย HPLC

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear correlation analysis) ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกับวิตามินซี (ascorbic acid) สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics) และสารประกอบฟีนอลิก 6 ชนิด พบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางเดียวกันกับ total phenolics มากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient: r) เท่ากับ 0.94 รองลงมา ได้แก่ chlorogenic acid ($r = 0.76$), ellagic acid ($r = 0.70$), ferulic acid ($r = 0.65$), ascorbic acid ($r = 0.62$), quercetin ($r = 0.61$), gallic acid ($r = 0.58$) และ catechin ($r = 0.27$) (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารหลักที่ทำให้ น้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในขณะที่วิตามินซีมีส่วนช่วยสนับสนุนให้น้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาว่า r ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกับสารประกอบฟีนอลิก 6 ชนิดแล้วพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับ chlorogenic acid และ ellagic acid สูงที่สุดสองลำดับแรก แสดงว่า chlorogenic acid และ ellagic acid เป็นสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหลักในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อน ส่วนอีก 4 ชนิดนั้นมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระรองลงมา

นอกจากวิตามินซีและสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดที่พบในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนจะมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแล้ว วิตามินซีและสารประกอบฟีนอลิกยังมีส่วนช่วยในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคหัวใจ โรคเมเร็ง โรคหลอดเลือดสมอง โรคต่อกระจก เป็นต้น (Kader, 2001) นอกจากนี้ น้ำมะพร้าวอ่อนยังมีน้ำตาล วิตามิน แร่ธาตุ กรดอะมิโน และฮอร์โมน หลายชนิด เช่น น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส วิตามินบี 1 บี 2 ธาตุ K, P กรดอะมิโน alanine, arginine ฮอร์โมน auxin, cytokinin เป็นต้น (Yong et al., 2009) ดังนั้นการบริโภคมะพร้าวอ่อนอย่างสม่ำเสมอจึงเป็นการช่วยส่งเสริมสุขภาพที่ดีและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลายชนิดแก่ผู้บริโภคได้

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient: r) ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกับสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ

ชนิดสารต้านอนุมูลอิสระ	Antioxidant activity
Ascorbic acid	0.62**
Total phenolics	0.94**
Chlorogenic acid	0.76**
Ellagic acid	0.70**
Ferulic acid	0.65**
Galllic acid	0.58**
Catechin	0.27**
Quercetin	0.61**

** ค่า r มีความแตกต่างจาก 0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

5. สรุป

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ชนิดและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลม สรุปได้ว่ามะพร้าวอ่อนทั้งสองพันธุ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งในน้ำและเนื้อใกล้เคียงกัน โดยเนื้อมะพร้าวอ่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าน้ำอย่างชัดเจน ดังนั้น ผู้บริโภคสามารถบริโภคมะพร้าวอ่อนพันธุ์ใดก็ได้ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพเท่ากัน แต่เพื่อให้มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้นผู้บริโภคควรบริโภคทั้งน้ำและเนื้อ

น้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระทั้งสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซี โดยสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระหลัก ส่วนวิตามินซีเป็นสารรองทั้งในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อน สารประกอบฟีนอลิกที่พบทั้งในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนมี 6 ชนิด ได้แก่ chlorogenic acid, ellagic acid, ferulic acid, gallic acid, catechin และ quercetin โดย chlorogenic acid, gallic acid และ catechin เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมีอีกหลายชนิดที่ยังไม่ทราบว่าเป็นชนิดใด ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ยืนยันประโยชน์ของน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากขึ้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมว่าเป็นชนิดใด

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่าสหสัมพันธ์กับ chlorogenic acid และ ellagic acid มากกว่ากับ ferulic acid, gallic acid, catechin และ quercetin แสดงว่า chlorogenic acid และ ellagic acid มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่า

6. เอกสารอ้างอิง

ปวีณา กลั่นสกุล. 2555. การติดผลและคุณภาพของน้ำและเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่ได้จากการถ่ายเรณูข้ามสายพันธุ์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

- A.O.A.C.: Association of Office Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. George Banta, Washington, D.C.
- Benzie, J.F.F. and J.J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal. Biochem.* 239: 70-76.
- FAO. 2010. New sports drink: coconut water.
<http://www.fao.org/ag/magazine/9810/spot3.htm>.
- Gorinstein, S., M. Zemser, R. Haruenkit, R. Chuthakorn, F. Grauer, O. Martin-Belloso and S. Trakhtenberg. 1999. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. *J. Nutr. Biochem.* 10: 367-371.
- Harnly, J. M., R. F. Doherty, G. R. Beecher, J. M. Holden, D. B. Haytowitz, S. Bhagwat and S. Gebhardt. 2006. Flavonoid Content of U.S. Fruits, Vegetables, and Nuts. *J. Agric. Food Chem.* 54: 9966-9977.
- Joshipura, K.J., A. Ascherio, J.E. Manson, M.J. Stampfer, E.B. Rimm, F.E. Speizer, C.H. Hennekens, D. Spiegelman and W.C. Willett. 1999. Fruit and vegetable intake in relation to risk of ischemic stroke. *J. Amer. Med. Assn.* 282: 1233-1239.
- Kader, A. 2001. Importance of fruits, nuts, and vegetables in human nutrition and health. *Perishables Handling Quarterly* 106: 4-6.
- Kamau, C. 2007. Fruit Juices: Ellagic Acid Concentration and Sensory Appeal. Master Thesis, Bowling Green State University, OH.
- Kaur, C and H.C. Kapoor. 2001. Antioxidants in fruits and vegetables-the millennium's health. *Inter. J. Food Sci. Tech.* 36: 703-725.
- Leong, L.P. and G. Shui. 2002. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemistry* 76: 69-75.
- Macheix, J.J., A. Fleurit and J. Billot. 1990. Fruit Phenolics. CRC Press, Boca Raton, Fla.
- Mitic, M.N., M.V. Obradovic, D.A. Kostic, D.C. Naskovic and R.J. Micic. 2011. Phenolics content and antioxidant capacity of commercial red fruit juices. *Hem. Ind.* 65: 611-619.
- Mullen, W., S. C. Marks and A. Crozier. 2007. Evaluation of phenolic compounds in commercial fruit juices and fruit Drinks. *J. Agric. Food Chem.* 55: 3148-3157.
- Packer, L., M. Hiramatsu and T. Yoshikawa. 1999. Antioxidant Food Supplements in Human Health. Academic Press, San Diego.
- Sakakibara, H., Y. Honda, S. Nakagawa, H. Ashida and K. Kanazawa. 2002. Simultaneous Determination of all polyphenols in vegetables, fruits, and teas. *J. Agric. Food Chem.* 51: 571-581.
- Swain, T. and W.E. Hillis. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. the quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric.* 10: 63-68.

- Szeto, Y.T., B. Tomlinson and I.F.F. Benzie. 2002. Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: implications for dietary planning and food preservation. *British Journal of Nutrition* 87: 55-59.
- Thaipong K., U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros-Zevallos and D.H. Byrne. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extract. *J. Food Comp. Anal.* 19: 669-675.
- Vinson, J.A., X. Su, L. Zubik and P. Bose. 2001. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: fruits. *J. Agric. Food Chem.* 49: 5315-5321.
- Yong, J.W.H., L. Ge, Y.F. Ng and S.N. Tan. 2009. The chemical composition and biological properties of coconut (*Cocos nucifera* L.) water. *Molecules* 14: 5144-5164.
- Zadernowski, R., S. Czaplicki and M. Naczek. 2009. Phenolic acid profiles of mangosteen fruits (*Garcinia mangostana*). *Food Chem.* 112: 685-689.

ภาคผนวก

เปรียบเทียบวัตถุดิบ ประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ดำเนินการ และผลที่ได้รับตลอดโครงการ

กิจกรรมตามแผนที่เสนอไว้ในข้อเสนอโครงการประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซีและสารประกอบฟีนอลิก 4 ชนิด คือ chlorogenic acid, gallic acid, catechin และ quercetin ในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลมเพื่อให้ทราบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ชนิดและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อน ซึ่งได้ดำเนินการกิจกรรมต่าง ๆ ตามแผนที่ได้วางไว้ นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกเพิ่มเติมอีก 2 ชนิด คือ ellagic acid และ ferulic acid (ตารางผนวกที่ 1)

ตารางผนวกที่ 1 ตารางเปรียบเทียบวัตถุดิบ ประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ดำเนินการ และผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุดิบ ประสงค์	กิจกรรมตามแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการจริง	ผลที่ได้รับ
1. เพื่อให้ทราบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ชนิดและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อน	1. วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซีและสารประกอบฟีนอลิก 4 ชนิด คือ chlorogenic acid, gallic acid, catechin และ quercetin ในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนพันธุ์กันจิบและผลกลม	1. ดำเนินกิจกรรมตามแผน และได้วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกเพิ่มเติมอีก 2 ชนิด คือ ellagic acid และ ferulic acid	1. น้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซี และสารประกอบฟีนอลิกทั้ง 6 ชนิด โดยเนื้อมีปริมาณมากกว่าน้ำอย่างชัดเจน 2. สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระหลักทั้งในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อน โดย chlorogenic acid และ ellagic acid มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด 3. พันธุ์กันจิบและผลกลมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ ต่อ สกว.

จากโครมาโตแกรมของน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนที่วิเคราะห์ด้วย HPLC แสดงให้เห็นว่าทั้งในน้ำและเนื้อมะพร้าวอ่อนยังมีสารต้านอนุมูลอิสระชนิดสารประกอบฟีนอลิกชนิดอื่น ๆ อีกหลายชนิด จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลยืนยันประโยชน์ของมะพร้าวอ่อนต่อสุขภาพของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น

ลงนาม.....(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)
วันที่ ๒๓ เม.ย. ๕๕.....