

สารหอมระเหย สารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของ ลูกจันทน์ (*Diospyros decandra* L.)

Volatile compounds, phenolic compounds and antioxidant activities of gold apple (*Diospyros decandra* L.) fruit

อรอนงค์ ภูสีฤทธิ์^{1*}, จิราภรณ์ วิจิตขจี¹, รัชดาพร ปังลือ¹ และ ชีระพันธ์ จำริญพัฒน์²

Onanong Phuseerit^{1*}, Jiraporn Wijitkajee¹, Ratchadaporn Panglue¹

and Theeraphan Chumroenphat²

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สารหอมระเหย สารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของลูกจันทน์ (*Diospyros decandra* L.) ผลดิบและผลสุก จากการศึกษาสารหอมระเหยโดยวิธี Headspace Gas Chromatography/Mass Spectrometry (HS-GC/MS) พบสารระเหยทั้งหมด 23 ชนิด สามารถแยกได้เป็น 8 กลุ่ม ได้แก่ แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ แอลเคน แอลคีน เอมีน อีเทอร์ เอสเทอร์และคีโตน โดยสารที่พบมากในผลดิบ ได้แก่ Nonanoic aldehyde (27.09%), Caproaldehyde (12.00%) และ 3,5-Dihydroxy-6-methyl-2,3-dihydro-4H-pyran-4-one (10.75%) สารระเหยที่พบมากในผลสุก ได้แก่ 3,5-Dihydroxy-6-methyl-2,3-dihydro-4H-pyran-4-one (28.42%), Bis (6-methylheptyl) phthalate (10.26%) และ Octadecamethyl-cyclononasiloxane (9.63%) จากการศึกษาพบว่า ลูกจันทน์ผลสุกมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 579.1 mg RTE/100g dry weight (DW) และ FRAP assay เท่ากับ 143.42 mmol FeSO₄/100g DW สูงกว่าลูกจันทน์ผลดิบ การศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดพบว่าลูกจันทน์ผลดิบมีค่าสูงกว่าลูกจันทน์สุก (125.76 mg GAE/100g DW), กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH assay พบว่าลูกจันทน์ผลดิบและผลสุกมีค่าเท่ากับ 881.37 และ 879.89 mg Trolox/100g DW, ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) การวิเคราะห์ปริมาณกรดฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC) พบว่า สารประกอบฟีนอลิกที่พบมากในลูกจันทน์ทั้งผลดิบและผลสุก ได้แก่ protocatechuic acid, *p*-hydroxy benzoic acid, vanillic acid และ caffeic acid ส่วนฟลาโวนอยด์ที่พบมาก ได้แก่ rutin และ myricetin

คำสำคัญ: ลูกจันทน์, สารระเหย, สารประกอบฟีนอลิก, ฟลาโวนอยด์, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

ABSTRACT: The objective of this study was to analyze volatile compounds, phytochemicals and antioxidant activities of gold apple (*Diospyros decandra* L.) green and ripe fruit. The samples were analyzed volatile compounds using Gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS), total phenolic content (TPC), total flavonoids content (TFC) and phenolic compounds using High performance liquid chromatography (HPLC). Antioxidant activity was analyzed using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging (DPPH) and ferric reducing/anti-oxidant power assays (FRAP). Twenty three volatile compounds were identified in the samples and classified into

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ดร้อยเอ็ด 45120
Department of Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Science, Roi-Et Rajabhat University,
Roi-Et 45120

² ศูนย์เครื่องมือกลางกองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 41500
Laboratory Equipment Center, Division of Research Facilitation and Dissemination, Mahasarakham University,
Mahasarakham 44150

* Corresponding author: onanong-k@hotmail.com

8 chemical families (alcohols, aldehyde, alkane, alkene, amine, esters, ether and ketones). The main compounds in green fruit was nonanoic aldehyde (27.09%), followed by caproaldehyde (12.00%) and 3,5-Dihydroxy-6-methyl-2,3-dihydro-4H-pyran-4-one (10.75%). The main compounds in ripe fruit was 3,5-dihydroxy-6-methyl-2,3-dihydro-4H-pyran-4-one (28.42%), followed by bis(6-methylheptyl) phthalate (10.26%) and Octadecamethyl-cyclononasiloxane (9.63%). The results showed that ripe fruit had higher content of TFC (579.1 mg RTE/100g DW) and FRAP (143.42 mmol FeSO₄/g DW) than those in green fruit ($P \leq 0.05$). The green fruit had the highest TPC (125.76 mg GAE/g DW). The green and ripe fruits had high DPPH value (881.37 and 879.89 mg Trolox/100g DW, respectively) ($P > 0.05$). Major phenolic acids identified were protocatechuic acid, p-hydroxy benzoic acid, vanillic acid and caffeic acid, while predominant flavonoids were rutin and myricetin.

Keywords: *Diospyros decandra* L., Volatile compounds, Phenolic compounds, Flavonoids, Antioxidant activity

บทนำ

ผลไม้เป็นอาหารที่มีการบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพมาเป็นเวลานาน เนื่องจากเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีที่ดีในการช่วยป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคกระเพาะ โรคหัวใจ และหลอดเลือด (Barreira et al., 2008; Ikram et al., 2009) จากการศึกษาพบว่าสารประกอบฟีนอลิกพบมากในพืช ผัก และผลไม้ ซึ่งมีรายงานว่าเป็นสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และมีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระซึ่งมีความสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ (Ross and Kasum, 2002; Chirinos et al., 2010) สารกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และสามารถจับอนุมูลอิสระซึ่งมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ (Ross and Kasum, 2002; Chirinos et al., 2010) ลูกจัน (*Diospyros decandra* L.) เป็นผลไม้ซึ่งอยู่ในวงศ์มะพลับ (Ebenaceae) มีชื่อเรียกหลากหลายตามท้องถิ่น เช่น สมุนไพรรินจัน จันอิน จันลูกหอม จันทลูกหอม ลูกจัน ลูกอิน จันอิน เป็นต้น ลูกจันผลสุกจะมีรสหวานและฝาดเล็กน้อย นิยมรับประทานเป็นผลไม้สด หรือนำไปแปรรูปเป็นของหวาน และประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมบริโภคลูกจันดิบ และสุกในรูปแบบต่างๆ เช่น ตำลูกจันดิบ ทานเป็นผักกับน้ำพริก และผลสุกทานเป็นผลไม้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้

ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของลูกจันเพื่อเป็นสมุนไพร เช่น ใช้ส่วนเนื้อไม้และลำต้นเพื่อรักษาอาหารเป็นไข้ เป็นยาบำรุงเลือด และเป็นยาถ่ายพยาธิ ส่วนผลรักษาอาการท้องเสีย และอาการนอนไม่หลับมีการศึกษาพบว่าในผลลูกจันที่สาร condensed tannins หรือ สารโปรแอนโทไซยานิน (proanthocyanin) (Nakatsubu et al., 2002) จากการศึกษาของ Nuntanakorn และคณะ (2008) พบว่าในลูกจันมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์โดยวิธี ABTS free radical decolorization มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0130-0.1657 g TE/g extract และมีปริมาณฟีนอลิกรวมอยู่ระหว่าง 5.2-125.0 mg GAE/g และมีงานวิจัยพบว่าน้ำจากลูกจันมีฤทธิ์ช่วยยับยั้งการแตกตัวของเม็ดเลือดแดงได้ (นิตดา และ ทวีทอง, 2550) ลูกจันเมื่อดิบจะมีลักษณะลูกสีเขียว และกลายเป็นสีเหลืองเมื่อสุก ซึ่งย่อมมีการเปลี่ยนแปลงของสารพฤกษเคมี เช่น สารประกอบฟีนอลิกฟลาโวนอยด์ และสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ เป็นต้น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของสารระเหยที่มีในลูกจันผลดิบและผลสุกดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีความสนใจศึกษาคุณสมบัติเพื่อสุขภาพของลูกจัน ได้แก่ ปริมาณสารฟีนอลิกสารฟลาโวนอยด์ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและสารระเหยในระยะเวลาผลดิบและผลสุก เพื่อเป็นข้อมูลและในการนำไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

วิธีการศึกษา

การเตรียมวัตถุดิบและการสกัดตัวอย่าง

ตัวอย่างลูกจันทน์ผลดิบที่มีสีเขียว (120-140 วัน) และผลสุกที่มีสีเหลือง (หลังจากเก็บผลดิบไว้ 3-7 วัน) โดยซื้อจากตลาดในจังหวัดร้อยเอ็ดในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน พ.ศ. 2560 จากนั้นทำแห้งแบบเยือกแข็ง (scanvac รุ่น coolsafe100-9Pro, Denmark) (48 ชั่วโมง) จากนั้นนำตัวอย่างสกัดโดยใช้เมทานอล 80% (1:20W/V) นำสารสกัดไปวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolic content)

ดัดแปลงวิธีจาก Abu Bakar et al., 2009 และ Kaisoon et al., 2011 โดยบีบคั้นสารสกัดตัวอย่างอย่างละ 300 ไมโครลิตร (μl) ผสมกับสารมาตรฐาน Folin-Ciocalteus reagent 2.25 ml ใส่หลอดทดลองแล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติมน้ำตาลละลาย Sodium carbonate 20% (W/V) 2.25 ml ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 90 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (Total flavonoids)

ดัดแปลงวิธีจาก Abu Bakar et al. 2009 และ Kaisoon et al., 2011 บีบคั้นสารสกัดตัวอย่างอย่างละ 500 μl ใส่หลอดทดลองแต่ละหลอด ผสมกับน้ำ 2.25 ml ผสมให้เข้ากันโซเดียมไนไตรต์ 5% ปริมาตร 150 μl แล้วตั้งทิ้งไว้ 6 นาที ผสมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ 10% ปริมาตร 300 μl ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมน้ำตาลละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล (M) ปริมาตร 1 ml จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร

การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) radical scavenging activity

ดัดแปลงวิธีจาก Braca et al. 2001 และ Kaisoon et al., 2011 บีบคั้นสารละลาย DPPH ที่เตรียมไว้ใส่หลอดที่ใส่สารสกัดตัวอย่างไปแล้วหลอด

ละ 3 ml เพื่อให้ทำปฏิกิริยากัน แล้ว Vortex ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ferric reducing/antioxidant power (FRAP)

ดัดแปลงวิธีจาก Kubola and Siriamornpun, 2008 และ Kaisoon et al., 2011 นำสารละลาย FRAP reagent จำนวน 1.8 ml น้ำกลั่น จำนวน 180 μl และสารสกัดจำนวน 60 μl หรือ สารละลายมาตรฐาน ใส่ในหลอดทดลองนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (°C) เป็นเวลา 4 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก ด้วยเครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC)

การสกัดสารฟีนอลิก (Kubola et al., 2011) ตัวอย่าง 1 กรัม ผสมกับ เมทานอล: กรดไฮโดรคลอริก (1:50,v/v) ปริมาตร 20 ml ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ อุณหภูมิ 37°C เวลา 12 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรอง และทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง rotary evaporator แล้วปรับปริมาตรด้วย เมทานอล: น้ำ (50:50, v/v) ให้มีปริมาตร 5 ml นำมากรองผ่านเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่อง HPLC (Kaisoon et al., 2012) วัดค่าการดูดกลืนแสงโดยดีเทคเตอร์ชนิด photo diode array detector ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร และ 320 นาโนเมตร สำหรับสารประกอบฟีนอลิก ความยาวคลื่น 370 นาโนเมตร สำหรับสารประกอบฟลาโวนอยด์

การวิเคราะห์สารระเหย (volatile compounds) ด้วยเครื่อง HeadspaceGC/MS

การวิเคราะห์สารระเหยในลูกจันทน์ด้วยเทคนิค Headspace Gas Chromatography/Mass Spectrometry (HS-GC/MS) ดัดแปลงวิธีจาก Pugajeva et al. (2016) โดยชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ใส่

ลงในขวดนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS (รุ่น GCMSQP2010, Shimadzu, Japan) นำตัวอย่างไปให้ความร้อนด้วยเทคนิค Headspace โดยอุปกรณ์ให้ความร้อน (Heating box) 40°C เป็นเวลา 30 นาที ปริมาตรที่ฉีดตัวอย่าง 2 ml อุณหภูมิ injector 250°C คอลัมน์ชนิด Rtx-5ms (Restek, UK) ความยาว 30 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ความหนาของฟิล์มเคลือบ 0.25 ไมโครเมตร ตรวจวัดโดยและจำแนกชนิดของสารด้วย mass spectrometer เทียบกับ library ของ NIST เวอร์ชัน 11 พร้อมวิเคราะห์ค่า retention index (RI) เทียบกับสารมาตรฐาน n-alkane (C7-C30)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ t-test ด้วยโปรแกรม IBM SPSS statistics v.22 (2013)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

การศึกษาระดับฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteus ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่มีอยู่ในอาหารและอาหารเสริม (Konczak et al., 2010) จากการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของลูกจันทน์ผลดิบและผลสุก พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยลูกจันทน์ผลดิบมี

สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าลูกจันทน์ผลสุก มีค่าเท่ากับ 125.76 mg GAE/100 g DW และ 117.83 mg GAE/100 g DW ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Maciel และคณะ (2011) การศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในมะม่วงผลดิบและผลสุก โดยพบว่าผลดิบมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 104.34 mgGAE/100g ซึ่งสูงกว่าผลสุกซึ่งมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 68.21 mgGAE/100g การศึกษาสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดพบมากในลูกจันทน์ผลสุก มีค่าเท่ากับ 579.12 mg RTE/100g DW และในผลดิบมีค่าเท่ากับ 545.20 mg RTE/100g DW ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของลูกจันทน์ผลดิบและผลสุก พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของลูกจันทน์ผลสุกสูงกว่าลูกจันทน์ผลดิบ มีค่าเท่ากับ 143.42 mmol FeSO₄/100 g DW และ 136.57 mmol FeSO₄/100g DW ส่วนศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่ามีค่าเท่ากับ 881.37 mg Trolox/100 g DW และ 879.89mg Trolox/100 g DW ตามลำดับ ($p > 0.05$) (Table 1) การศึกษานี้พบว่าสารออกฤทธิ์และกิจกรรมทางชีวภาพของลูกจันทน์ผลดิบ และผลสุกมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการสุกของผลไม้เกี่ยวข้องกับโดยตรงกับสรีรวิทยาต่างๆ การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุล ได้แก่ การสังเคราะห์ หรือการสลายของโมเลกุล รวมถึงการสะสมของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีนอล, วิตามินซี และแคโรทีนอยด์ (Tiwari and Cummins, 2013; IbarraGarza et al., 2015)

Table 1 Bioactive compounds and antioxidant activities of gold apple (*Diospyros decandra* L.) green and ripe fruit

Bioactive compounds and antioxidant activities	Gold apple (<i>Diospyros decandra</i> L.)	
	Green	Ripe
Total phenolics content(mg GAE/100 g DW)	125.76±1.42 ^a	117.83±1.11 ^b
Total flavonoids (mg RTE/100g DW)	545.20±8.18 ^b	579.12±9.28 ^a
Antioxidant activities		
DPPH assay (mg Trolox/100 g DW) ^{ns}	881.37±2.86	879.89±2.87
FRAPassay (mmol FeSo ₄ /100 g DW)	136.57±2.71 ^b	143.42±5.92 ^a

Data express as mean of 3 samples ± standard deviation.

Different alphabets (a-b) in the same row were significant difference ($P \leq 0.05$).

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยใช้เครื่อง (HPLC) มีสารมาตรฐานดังนี้ gallic acid, sinapic, ferulic acid, protocatechuic acid, p-hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, p-coumaric acid, vanillic acid, caffeic acid, syringic acid, syringic acid พบว่าผลรวมของกรดฟีนอลิกในลูกจันทน์ผลสุก (23.95 µg/g DW) มีค่าสูงกว่าในลูกจันทน์ผลดิบ (20.47 µg/g DW) ($p \leq 0.05$) กรดฟีนอลิกที่พบในลูกจันทน์ผลดิบมากที่สุด

คือ caffeic acid มีค่าเท่ากับ 10.89 µg/g DW รองลงมาคือ protocatechuic acid มีค่าเท่ากับ 3.17 µg/g DW และ vanillic acid มีค่าเท่ากับ 2.48 µg/g DW ไม่พบสาร gallic acid, p-hydroxy benzoic acid และ ferulic acid ในจันทน์ผลดิบ สำหรับลูกจันทน์ผลสุกพบว่า caffeic acid มีค่าสูงที่สุด 10.62 µg/g DW รองลงมาคือ protocatechuic acid มีค่าเท่ากับ 5.11 µg/g DW และ vanillic acid มีค่าเท่ากับ 2.74 µg/g DW และไม่พบ gallic acid, chlorogenic acid และ ferulic acid ในลูกจันทน์ผลสุก (Table 2)

Table 2 Phenolic acids of gold apple (*Diospyros decandra* L.) green and ripe fruit by using HPLC

Phenolic acids	Gold apple (<i>Diospyros decandra</i> L.)	
	Green (µg/g DW)	Ripe (µg/g DW)
gallic acid	ND	ND
protocatechuic acid ^{ns}	3.17±0.06	5.11±0.13
p-hydroxy benzoic acid	ND	2.37±0.03
chlorogenic acid ^{ns}	2.48±0.54	2.74±0.06
vanillic acid	0.97±0.07	ND
caffeic acid ^{ns}	10.89±0.01	10.62±0.04
syringic acid ^{ns}	1.02±0.01	1.07±0.01
p-coumaric acid ^{ns}	0.90±0.02	0.95±0.01
ferulic acid	ND	ND
sinapic acid ^{ns}	1.04±0.03	1.09±0.01
Total phenolic acids	20.47±0.73 ^b	23.95±0.07 ^a

Data express as mean of 3 samples ± standard deviation.

Different alphabets (a-b) in the same row were significant difference ($P \leq 0.05$). ns= not significance ($P > 0.05$)

ND = Not detected

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ โดยใช้เครื่อง HPLC โดยมีสารมาตรฐาน 5 ตัวดังนี้ Rutin, Myricetin, Quercetin, Apigenin, Kaempferol พบว่าผลรวมของสารประกอบฟลาโวนอยด์ของลูกจันทน์ผลสุกสูงกว่าผลดิบ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่า 136.15 µg/gDW และ 110.12

µg/g DW สารที่พบมากที่สุดในลูกจันทน์ผลดิบคือ Rutin (79.79 µg/g DW) และ Myricetin (31.08 µg/g DW) และสารที่พบในลูกจันทน์ผลสุกมากที่สุด คือ Rutin (102.35 µg/g DW) และ Myricetin (34.73 µg/g DW) ส่วน Quercetin, Apigenin และ Kaempferol ไม่พบในลูกจันทน์ทั้งผลดิบและผลสุก (Table 3) สารกลุ่มฟลาโวนอยด์พบมากในฝัก และผลไม้ เช่น หอมหัวใหญ่ น้ำชา และยังพบในใบ และดอกสะเดา สารกลุ่ม

ฟลาโวนอล (Flavonols) ได้แก่ Quercetin, Rutin, Kaempferol และ Myricetin เป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี (Pietta, 2000) และ Myricetin มีส่วนช่วยป้องกันมะเร็งต่อมลูกหมาก และมีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรีย (Hendra et al., 2011) ผลไม้เป็นส่วนที่พบ quercetin glycosides มากเป็นพิเศษส่วน

kaempferol และ myricetin glycosides จะพบในปริมาณที่น้อย (Herrmann, 1998) ในการศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในหลอดทดลองพบว่า quercetin, myricetin, and rutin มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซี (Miean and Mohamed, 2001)

Table 3 Flavonoids of gold apple (*Diospyros decandra* L.) green and ripe fruit by using HPLC

Flavonoids	Gold apple (<i>Diospyros decandra</i> L.)	
	Green(µg/g DW)	Ripe(µg/g DW)
Rutin	79.79±2.47 ^b	102.35±0.34 ^a
Myricetin ^{ns}	31.08±0.10	34.73±0.18
Quercetin	ND	ND
Apigenin	ND	ND
Kaempferol	ND	ND
Total Flavonoids	110.12±2.57 ^b	136.15±0.52 ^a

Data express as mean of 3 samples ± standard deviation.

Different alphabets (a-b) in the same row were significant difference ($P \leq 0.05$). ns= not significance ($P > 0.05$)

ND = Not detected

การวิเคราะห์สารระเหย (Volatile compounds) ด้วยเครื่อง HeadspaceGC/MS

การศึกษาองค์ประกอบของสารระเหย (Volatile compounds) ในลูกจันทน์ผลดิบและผลสุกวิเคราะห์ด้วยเครื่องHeadspace GC/MS (Table 4) จากการศึกษาสารระเหยของตัวอย่างลูกจันทน์ พบสารระเหยทั้งหมด 23 ชนิด สามารถแยกได้เป็น 8 กลุ่ม ได้แก่ แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ แอลเคน แอลคีน เอมีน อีเทอร์ เอสเทอร์และคีโตน โดยสารที่พบมากในผลดิบ ได้แก่ Nonanoic aldehyde (27.09%), Caproaldehyde (12.00%) และ 3,5-Dihydroxy-6-methyl-2,3-

dihydro-4H-pyran-4-one (10.75%) สารระเหยที่พบมากในผลสุก ได้แก่ 3,5-Dihydroxy-6-methyl-2,3-dihydro-4H-pyran-4-one (28.42%), Bis (6-methylheptyl) phthalate (10.26%) และ Octadecamethyl-cyclononasiloxane (9.63%) โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงของผลลูกจันทน์จากดิบกลายเป็นผลสุกสารหอมระเหยมีการเปลี่ยนแปลง โดยพบว่าสารหอมระเหยกลุ่มแอลดีไฮด์พบมากในผลดิบเท่ากับ 52.14% และไม่พบในผลสุก สารกลุ่มแอลคีน เอสเทอร์และคีโตน พบมากในลูกจันทน์ผลสุก เท่ากับ 28.98, 22.30 และ 28.42% ตามลำดับ

Table 4 Volatile compounds of gold apple (*Diospyros decandra* L.) green and ripe fruit by using GC/MS

No.	Compounds	RID	base peak (m/z)	Area (%)	
				Green	Ripe
	Alcohol				
1	Acetylcarbinol	698	43	10.16	ND
2	1,3-Dioxan-4-ol, 2,6-dimethyl-	1008	30	ND	8.42
	Total alcohols			10.16	8.42
	Aldehyde				
3	Caproaldehyde	806	41	12.00	ND
4	Enanthal	905	40	7.74	ND
5	Caprylic aldehyde	1005	36	2.80	ND
6	Nonanoic aldehyde	1104	57	27.09	ND
7	Capric aldehyde	1204	35	2.50	ND
	Total aldehydes			52.14	ND
	Alkane				
8	Bioxirane	600	24	2.90	ND
9	Octadecamethyl-cyclononasiloxane	1860	69	2.57	9.63
	Total alkanes			4.47	9.63
	Alkene				
10	6-Amino-6-methylfulvene	968	43	4.40	4.61
11	beta-Ocimene	976	37	ND	3.43
12	Dicumene	1795	46	ND	8.42
13	2,4-Diphenyl-4-methyl-2(E)-pentene	1864	62	ND	3.96
14	Squalene	2914	113	ND	8.56
	Total alkenes			4.40	28.98
	Amine				
15	Benzeneethanamine,N-[(pentafluorophenyl)methylene]-.beta.,3,4-tris[(trimethylsilyl)oxy]-	2572	77	ND	1.11
	Esters				
16	3-methylbut-2-enyl ester	1068	26	ND	5.43
17	1,3,3,3-Tetramethyldisiloxanyltris(trimethylsilyl) orthosilicate	1297	70	1.73	4.06
18	methyl ester	1878	71	6.28	ND
19	Diisobutyl phthalate	1908	33	2.78	2.54
20	Bis(6-methylheptyl) phthalate	2704	96	ND	10.26
	Total esters			10.79	22.30
	Ether				
21	Methyl nonyl ether	1091	29	1.29	ND
	Ketones				
22	Nitroacetone	837	26	3.59	ND
23	3,5-Dihydroxy-6-methyl-2,3-dihydro-4H-pyran-4-one	1269	40	10.75	28.42
	Total Ketones			14.34	28.42
	Total volatile compounds			100	100

RID = retention index, ND = Not detected

สรุป

ลูกจันทน์ทั้งผลดิบและผลสุก มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี และมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ในปริมาณสูง โดยเฉพาะสาร Rutin ที่พบมากในผลสุก และพบว่าสารหอมระเหยที่ให้กลิ่นในลูกจันทน์ผลสุก

และผลดิบมีความหลากหลายถึง 38 ชนิด จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงเป็นข้อมูลในการนำลูกจันทน์ผลดิบและผลสุกมาใช้เป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดี และมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งมีสารที่ให้กลิ่นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการให้กลิ่นในอาหารต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- นิดดา หงส์วิวัฒน์ และ ทวีทอง หงส์วิวัฒน์. 2550. ผลไม้ 111 ชนิด: คุณค่าอาหารและการกิน. กรุงเทพฯ.
- Abu Bakar, M. F., M.Mohamed, A.Rahmat, and J. Fry. 2009. Phytochemicals and antioxidant activity of different parts of bambangan (*Mangifera pajang*) and tarap (*Artocarpus odoratissimus*). Food Chem. 113: 479-483.
- Barreira, J.C.M., I. C. F. R. Ferreira, M. B. P. P. Oliveira, and J. A. Pereira. 2008. Antioxidant activities of the extracts from chestnut flower, leaf, skins and fruit. Food Chem. 107: 1106-1113.
- Benzie, I. 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.
- Braca, A. T., D. B. Nunziatina, D. Lorenzo, C. Pizza, M. Politi, and I. Morelli, 2001. Antioxidant principles from *Bauhinia terapotensis*. J. Nat. Prod. 64: 892-895.
- Chirinos R., J. Galarza, I. Betalleluz-Pallardel, R. Pedreschi, and D. Campos, 2010. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camucamu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. Food Chem. 120: 1019-1024.
- Hendra, R., S. Ahmad, A. Sukari, M. Y. Shukor, and E. Ehsan Oskoueian. 2011. Flavonoid analyses and antimicrobial activity of various parts of *Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl. Fruit. INT J MOL SCI. 12: 3422-3431.
- Herrmann, K. 1998. On the occurrence of flavonol and flavone glycosides in vegetables. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung. 186: 1-5.
- Ibarra-Garza, I.P., P. A. Ramos-Parra, C. Hernández-Brenes, and D. A. Jacobo-Velázquez. 2015. Effects of postharvest ripening on the nutraceutical and physicochemical properties of mango (*Mangifera indica* L. cv Keitt). Postharvest Biol. Technol. 103: 45-54.
- Ikram, E. H. K., K. H. Eng, A. M. M. Jalil, A. Ismail, S. Idris, A. Azlan, H. S. M. Nazri, N. A. M. Diton, and R. A. M. Mokhtar, 2009. Antioxidant capacity and total phenolic content of *Malaysian underutilized* fruits. J. Food Comp. Anal. 22: 388-393.
- Kaisoon, O., S. Siriamornpun, N. Weerapreeyakul, and N. Meeso, 2011. Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. J. Funct. Foods. 3: 88-99.
- Kaisoon, O., I. Konczak, and S. Siriamornpun, 2012. Potential health enhancing properties of edible flowers from Thailand. Food Res. Int. 46: 563-571.
- Konczak, I., D. Zabarar, M. Dunstan, and P. Aguas, 2010. Antioxidant capacity and phenolic compounds in commercially grown native Australian herbs and spices. Food Chem. 122: 260-266.
- Kubola, J., and S. Siriamornpun. 2008. Phenolic contents and antioxidant activities of bitter melon (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts in vitro. Food Chem. 110: 881-890.
- Kubola, J., S. Siriamornpun, and N. Meeso, 2011. Phytochemicals, vitamin C and sugar content of Thai wild fruits. Food Chem. 126: 972-981.
- Maciel, L. F., C. S. Oliveira, E. S. Bispo, and M. S. Miranda, 2011. Antioxidant activity, total phenolic compounds and flavonoids of mangoes coming from biodynamic, organic and conventional cultivations in three maturation stages. Brit. Food J. 113: 1103-1113.
- Miean, H. K., and S. Mohamed, 2001. Flavonoid (Myricetin, Quercetin, Kaempferol, Luteolin, and Apigenin) content of edible tropical plants. J. of Agric. and Food Chem. 49: 3106-3112.
- Nakatsubu, F., K. Enokita, K. Murakami, K. Yonemri, A. Sugiura, N. Utsunomiya, and S. Subhardrabandhu. 2002. Chemical structures of the condensed tannin in the fruit of *Diospyros* species. J. Wood Sci. 48: 414-418.
- Nuntanakorn, P., Ch. Chaiyasut, Ch. Sittisombut, P. Tanamatayarat, and O. Toyama. 2008. Antioxidant activity and total phenolic contents of *Diospyros decandra* Lour. (EBENACEAE) fruit extracts. The eighth NRCT-JSPS Joint seminar: 215-216.
- Pugajeva, I., I. Rozentale, A. Viksna, E. Bartkiene, and V. Bartkevics, 2016. The application of headspace gas chromatography coupled to tandem quadrupole mass spectrometry for the analysis of furan in baby food samples. Food Chem. 212: 20-26.
- Pietta, P. 2000. Flavonoids as antioxidants. J. of Nat. Prod. 63: 1035-1042.
- Ross, J. A., and C. M. Kasum. 2002. Dietary Flavonoids Bioavailability, Metabolic Effects, and Safety. Annu. Rev. Nutr. 22: 19-34.
- Siriamornpun, S., Ch. Sriket, and P. Sriket, 2014. Phytochemicals of Thai local edible herbs. Int. Food Res. J. 21: 1045-1052.
- Tiwari, U. and E. Cummins, 2013. Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre- and post-harvest food processing operations. Food Res. Int. 50: 497-506.