บทความวิจัย

คุณค่าทางโภชนาการ สมบัติต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ในพืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

รัชนี เพ็ชร์ช้าง*

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ สมบัติต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และ ฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในพืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยเก็บตัวอย่างพืช 7 ชนิด คือ ทุเรียนหลงลับแล ทุเรียนหลินลับแล ลางสาดลับแล ลองกองลับแล กระเทียมน้ำปาด มะขามเปรี้ยวฟากท่าและสับปะรดห้วยมุ่น จากแหล่งปลูกมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตามมาตรฐาน AOAC สมบัติต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRP assay ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu และสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์ พบว่า มีค่าพลังงานทั้งหมด 70.25-299.00 kcal/100 g Dry weight (DW) พลังงานจากไขมันทั้งหมด 0.00-67.23 kcal/100 g DW ไขมันทั้งหมด 0.00-7.47 g/100 g DW ไขมันอิ่มตัว 0.00-2.25 g/100 g DW โปรตีน 0.46-9.20 g/100 g DW คาร์โบไฮเดรต 16.33-72.80 g/100 g DW ใยอาหาร 0.31-9.08 g/100 g DW น้ำตาล 13.49-40.60 g/100 g DW โซเดียม 0.87-11.40 mg/100 g DW แคลเซียม 4.17-23.40 mg/100 g DW เหล็ก 0.25-2.20 mg/100 g DW เถ้า 0.34-1.93 g/100 g DW และความชื้น 51.69-83.15 g/100 g Fresh weight (FW) โดยพืชที่มีพลังงานทั้งหมด คาร์โบไฮเดรต น้ำตาล แคลเซียมและเหล็กสูงที่สุดคือ มะขามเปรี้ยวฟากท่า โปรตีนสูงที่สุดคือ กระเทียมน้ำปาด ส่วนสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRP assay พบว่า มีค่า IC_{50} 29.53-148.46 mg/mL, 54.25-138.11 mg TEAC/100 g FW และ 9.68-27.01 mM $FeSO_4$/100 g FW ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมีค่า 9.54-95.96 mg GAE/100 g FW และ 2.84-18.95 mg QE/100 g FW ตามลำดับ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติและสารต้านอนุมูลอิสระเป็นไปในเชิงบวก อยู่ในระดับปานกลาง-สูง (r^2 = 0.408-0.978)

คำสำคัญ: คุณค่าทางโภชนาการ สมบัติต้านอนุมูลอิสระ พืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, e-mail: rpetchang@hotmail.com

The Determinations of Nutritive Values, Antioxidant Properties, Total Phenolic and Flavonoid Contents of Endemic Plants in Uttaradit Province

Ratchanee Petchang*

ABSTRACT

Comparison of nutritional values, antioxidant properties, the total phenolic and flavoniod contents of seven endemic plants in Uttaradit province were studied. The plants chosen were Longlablae durian, Linlablae durian (*Duio zibethinus* Murr.), Lablae langsad, Lablae longkong (*Lansium domesticum* Corr.), Numpad gallic (*Allium sativum* L.), Faktha sour tamarind (*Tamarindus indica* L.) and Huaimun pineapple (*Ananas comosus* Merr.), that grown in different regions of Uttaradit province. The nutritive values (with the standard of AOAC methods), antioxidant properties (with DPPH, ABTS and FRP assays), total phenolic and flavonoid contents (with the Folin-Ciocalteu method and aluminum chloride solution) were determined. The results were total calories 70.25-299.00 kcal/100 g Dry weight (DW), calories of total fat 0.00-67.23 kcal/100 g DW, total fat 0.00-7.47 g/100 g DW, saturated fat 0.00-2.25 g/100 g DW, protein 0.46-9.20 g/100 g DW, carbohydrate 16.33-72.80 g/100 g DW, dietary fiber 0.31-9.08 g/100 g DW, sugar 13.49-40.60 g/100 g DW, sodium 0.87-11.40 mg/100 g DW, calcium 4.17- 23.40 mg/100 g DW, iron 0.25-2.20 mg/100 g DW, ash 0.34-1.93 mg/100 g DW and moisture 51.69-83.15 g/100 g Fresh weight (FW). Highest total calories, carbohydrate, sugar, calcium and iron were found in Faktha sour tamarind. Highest protein was shown by Numpad gallic. The antioxidant properties determined by using DPPH, ABTS and FRP assays was found to very form IC_{50} 29.53-148.46 mg/mL, 54.25-138.11 mg TEAC/100 g FW and 9.68-27.01 mM $FeSO_4$/100 g FW, respectively. The total phenolic and flavonoid compounds were 9.54-95.96 mg GAE/100 g FW and 2.84-18.95 mg QE/100 g FW, respectively. Antioxidant properties revealed a positive moderate to middle-high correlation (r^2 = 0.408-0.978).

Keywords: Nutritive value, Antioxidant properties, Endemic plants, Uttaradit province

Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University

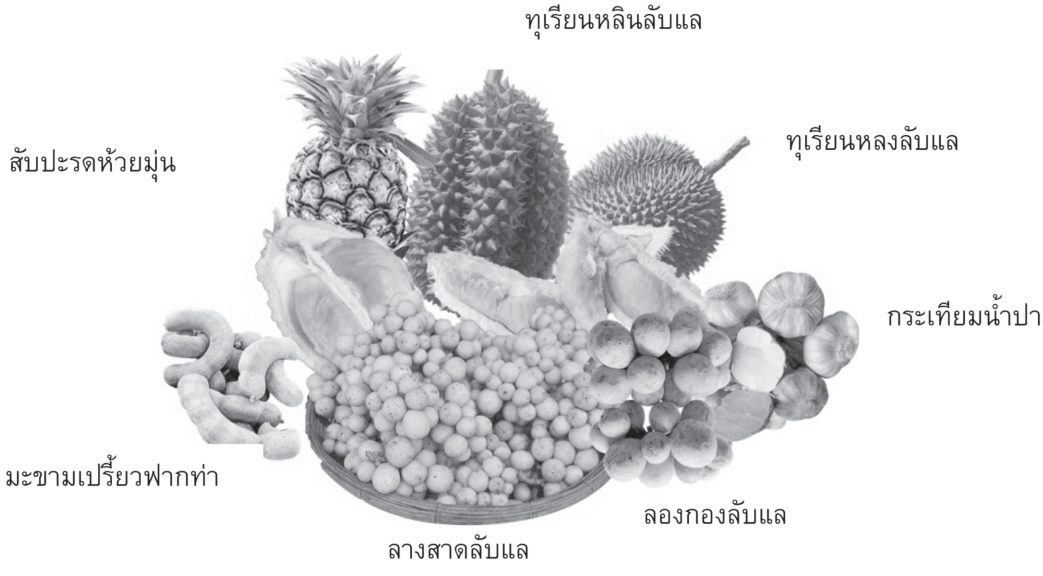
*Corresponding author, e-mail: rpetchang@hotmail.com

บทนำ

ผักและผลไม้ถือเป็นแหล่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเช่น พลังงาน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน เกลือแร่และเส้นใยที่จำเป็นต่อร่างกาย และยังประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอีและสารประกอบฟีนอลิก เป็นจำนวนมากกว่า 8,000 ชนิด สารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวสามารถป้องกันการเสื่อมสภาพของร่างกาย และยังลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระบบร่างกายของผู้บริโภค โดยการรับประทานผักและผลไม้ในปริมาณมากสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน ความดันโลหิต เบาหวาน โรคหัวใจ การทำงานที่ผิดปกติของสมองและระบบภูมิคุ้มกัน และการอักเสบ อีกทั้งยังสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งบางชนิด สารเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบพอลิฟีนอลิก (Polyphenolic compound) [1, 2] จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติต้านอนุมูลอิสระของผลไม้ไทย พบว่า ผลไม้แต่ละชนิดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน [3] และผลไม้ชนิดเดียวกันแต่คนละสายพันธุ์จะมีชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพแตกต่างกัน [4, 5] ปัจจุบันผู้สูงอายุและผู้บริโภคในสังคมไทยและทั่วโลกให้ความสนใจเรื่องการบริโภคเพื่อสุขภาพที่ดีโดยเน้นการบริโภคอาหารจากธรรมชาติ ทำให้ผักและผลไม้ที่เป็นแหล่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการ มีสารต้านอนุมูลอิสระและใยอาหารสูงเป็นที่สนใจมากขึ้น

จังหวัดอุตรดิตถ์ถือเป็นเมืองมหัศจรรย์แห่งผลไม้ มีผลไม้ที่มีชื่อเสียงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ได้แก่ ลางสาดลับแลที่มีรสชาติหวาน หอม ลองกองลับแลมีรสชาติหวานอมเปรี้ยวเนื่องจากวิธีการขยายพันธุ์จะใช้การเสียบยอดบนต้นตอลางสาด มะขามเปรี้ยวฟากท่า ที่ปลูกมากในอำเภอฟากท่าและถือเป็นพื้นที่ปลูกมะขามที่ใหญ่แห่งหนึ่งในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยทำการปลูกทั้งมะขามเปรี้ยวและมะขามหวาน แต่มะขามเปรี้ยวจะมีราคาสูงกว่า เนื่องจากผู้บริโภคมีความต้องการสูง กระเทียมน้ำปาดมีลักษณะเปลือกหุ้มที่มีสีม่วงเข้ม กลิ่นฉุนกว่ากระเทียมจากแหล่งอื่น ทุเรียนหลงลับแล ทุเรียนหลินลับแล เป็นทุเรียนพื้นเมืองที่มีการคัดพันธุ์ตามธรรมชาติ ที่มีลูกขนาดเล็ก หนักระหว่าง 0.8-1.5 กิโลกรัม รสชาติหวานมัน เมล็ดลีบเล็ก กลิ่นไม่ฉุนเกินไป โดยทุเรียนหลงลับแลจะมีลักษณะผลค่อนข้างกลม เนื้อผลมีสีเหลืองอ่อนคล้ายทุเรียนหมอนทอง ส่วนทุเรียนหลินลับแลมีลักษณะผลรีหรือทรงกระบอกมีร่องเป็นพูชัดเจน เนื้อผลมีสีเหลืองส้ม เนื้อแห้งและเมล็ดลีบทั้งผล และสับปะรดห้วยมุ่นเป็นสับปะรดที่มีผลขนาดกลาง เนื้อหวานฉ่ำไม่แสบคอซึ่งผ่านการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical indications, GI) แล้ว และมีอีก 4 ชนิด ที่กำลังอยู่ในขั้นตอนการขึ้นทะเบียนคือ ทุเรียนหลงลับแล ทุเรียนหลินลับแล ลางสาดลับแลและลองกองลับแล จากการที่ประเทศไทยเข้าสู่การเป็นประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ซึ่งเป็นการเปิดเสรีทางการค้า เช่นเดียวกับจังหวัดอุตรดิตถ์ที่มีจุดผ่านแดนถาวรภูดู่ที่เชื่อมติดกับประเทศเพื่อนบ้าน พืชผักผลไม้เศรษฐกิจหลายชนิดจึงถูกแบ่งส่วนแบ่งทางการตลาดไปมาก การวิจัยนี้จึงเป็นการเตรียมศักยภาพด้านพืชผักผลไม้ให้เกิดการแข่งขันกับประเทศในกลุ่มอาเซียนให้มากขึ้น จากการตรวจสอบงานวิจัยยังไม่พบการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการหรือฉลากโภชนาการและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของพืชอัตลักษณ์ในจังหวัดอุตรดิตถ์ ดังนั้น จึงทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในพืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อเป็นข้อมูลแก่ผู้บริโภคในการเลือกซื้อและเลือกบริโภคให้เหมาะสมกับความต้องการ หรือภาวะทางโภชนาการของตนได้ และเปรียบเทียบการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารชนิดเดียวกัน โดยเลือกที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีกว่า เป็นการ

ช่วยประกอบในการตัดสินใจของผู้บริโภคถึงแม้ว่าจะไม่เพิ่มคุณค่าผลิตภัณฑ์โดยตรง แต่เพิ่มการซื้อของผู้บริโภค รายได้ของเกษตรกรมากขึ้น เช่นกัน



รูปที่ 1 พืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ที่ใช้ในการศึกษา

ครุภัณฑ์และสารเคมีที่ใช้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ Microplate reader ระบบปฏิบัติการ Elisa ยี่ห้อ MeterTeach ประเทศไต้หวัน, GC, AAS และ Spectrofluorometer ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น, HPLC ยี่ห้อ PerkinElmer ประเทศสหรัฐอเมริกา สารเคมีมีดังนี้ phenol-sulfuric acid, D-glucose, alkaline copper, sulfuric acid, arsenomolybdic acid, diethyl ether, petroleum ether, ammonium hydroxide, potassium hydroxide, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), trolox, gallic acid, aluminum chloride, trichloro acetic acid, potassium dihydrogen phosphate และ hydrogen peroxide จากบริษัท Merck ประเทศเยอรมนี, oxalic acid, EDTA disodium salt, meta-phosphoric acid, ammonium molybdate, ethyl alcohol 95%, potassium ferricyanide และ ferric chloride จากบริษัท Fluka ประเทศสวิสเซอร์แลนด์, sodium bicarbonate และ ferrous sulfate จากบริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย, isoquercetin, astragalin และ crypto- chlorogenic acid จากบริษัท Biopurify ประเทศจีน

วิธีทดลอง

การทดสอบคุณค่าทางโภชนาการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ตัวอย่างพืชที่ใช้ทดลอง (รูปที่ 1) คือทุเรียนหลงลับแล ทุเรียนหลินลับแล ลางสาดลับแล ลองกองลับแล กระเทียมน้ำปาด มะขามเปรี้ยวฟากท่าและสับปะรดห้วยมุ่น การเก็บตัวอย่างเก็บจากสวนในพื้นที่ปลูกที่มีชื่อเสียงของพืชนั้นๆ ในจังหวัดอุตรดิตถ์ (สวนที่ปลูกพืช ผลไม้อินทรีย์และเป็นที่ยอมรับในอำเภอนั้นๆ) ตัวอย่างละ 3 สวน โดยพืชตัวอย่างต้องสมบูรณ์และแก่ 90% ขึ้นไป จากนั้นทำการล้างตัวอย่างให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง แกะเปลือก และนำเนื้อที่รับประทานได้ในปริมาณที่เท่ากันมาปั่นรวมกันให้ได้อย่างน้อย 1 กิโลกรัม แบ่งส่วนสำหรับวิเคราะห์วิตามินและความชื้น ส่วนที่เหลือนำมาชั่งอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 50-70°C จนแห้ง ชั่งตัวอย่างอีกครั้ง แล้วบดให้ละเอียด บรรจุในขวดตัวอย่าง ปิดฝาเก็บในตู้ - 4°C จนกว่าจะใช้งาน

2. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการโดยใช้วิธีมาตรฐาน AOAC, 2000 [6] ดังนี้ พลังงานทั้งหมด (คำนวณจากพลังงานจากไขมันทั้งหมด + พลังงานจากโปรตีน + พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด) พลังงานจากไขมันและไขมันทั้งหมด (Acid hydrolysis และ Solvent extraction method) ไขมันอิ่มตัวและโคเลสเตอรอล (Gas chromatographic method) โปรตีน (Kjeldahl method) คาร์โบไฮเดรต (By difference) ใยอาหาร (Enzymatic-gravimetric method) น้ำตาลรีดิวซ์ (DNS method) ธาตุโซเดียม และวิตามินเอ (High performance liquid chromatography method) วิตามินบี 1 (Thiochrome method) และวิตามินบี 2 (Spectrofluorometric method) ปริมาณธาตุแคลเซียมและเหล็ก (Atomic absorption spectrophotometer method) เถ้า (Dry ash method) และความชื้น (Drying method)

การทดสอบสมบัติต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

การสกัดตัวอย่าง นำตัวอย่างแต่ละชนิดมาอย่างละ 3 สวน แกะเนื้อที่รับประทานได้ในปริมาณที่เท่ากันมาปั่นรวมกัน แล้วชั่งตัวอย่างมา 2 กรัม จากนั้นนำมาใส่ในขวดสีชาแช่ให้เปื่อย (Macerate) ในเมทานอล 50 mL ทำการเขย่าและบ่มเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็ว 12,000 g 10 นาที เพื่อแยกตะกอนออก เก็บสารสกัดในตู้แช่ - 20°C เพื่อรอไปวิเคราะห์ต่อไป

1. วิเคราะห์สมบัติต้านอนุมูลอิสระ

1) DPPH radical scavenging assay [7]

ผสมสารสกัดหรือสารมาตรฐาน Trolox ความเข้มข้น 100 ppm จำนวน 500 µL กับ DPPH ความเข้มข้น 152 µM จำนวน 500 µL จากนั้นทิ้งไว้ 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Microplate reader ที่ความยาวคลื่น 517 nm นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาคำนวณดังนี้ % Scavenging activities = $[1-(A_1-A_2)/A_0]\times 100$ โดย A_0, A_1 และ A_2 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของกลุ่มควบคุม ($DPPH^-$) กลุ่มตัวอย่าง (สารสกัดที่ทำปฏิกิริยากับ $DPPH^-$) และตัวทำละลาย ตามลำดับ แล้ว

สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่า % Scavenging activities กับสารละลาย Trolox ความเข้มข้น 0-100 µg/mL และหาความสามารถต้านอนุมูลอิสระจากกราฟมาตรฐานในรูปความเข้มข้นที่ช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% (Half maximal inhibitory concentration, IC_{50})

2) ABTS radical scavenging assay [8]

ผสมสารละลาย $ABTS^{\bullet+}$ ความเข้มข้น 7.4 mM กับ สารละลายโพรแทสเซียมเปอร์-ซัลเฟต ความเข้มข้น 2.6 mM ในอัตราส่วน 1 : 1 จากนั้นทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เจือจางสารละลายดังกล่าว 1 mL กับ เมทานอล 24 mL วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm ให้ได้ 1.1 ± 0.02 หน่วย ผสมสารสกัดหรือสารมาตรฐาน Trolox ความเข้มข้น 100 ppm จำนวน 200 µL กับ สารละลาย $ABTS^{\bullet+}$ จำนวน 2 mL จากนั้นทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Microplate reader ที่ 734 nm นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาคำนวณดังนี้ %Inhibition = $[(A_0-A_1)/A_0]\times100$ โดย A_0, A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวทำละลาย และ ตัวอย่าง สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่า % Inhibition กับสารละลาย Trolox ความเข้มข้น 0-100 µg/mL และหาความสามารถต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดในรูป Trolox equivalent antioxidant capacity (mg TEAC/100 g FW)

3) FRP method [7]

ผสมสารสกัด จำนวน 250 µL กับ โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.2 M จำนวน 250 µL และสารละลายโพแตสเซียมเฟอร์ริกไซยาไนด์ ความเข้มข้น 1% w/v จำนวน 250 µL จากนั้นทิ้งไว้ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 50°C นำมาผสมกับสารละลายไตรคลอโรอะซิติกแอซิด ความเข้มข้น 10% w/v จำนวน 1 mL นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 g 10 นาที ดูดสารละลายส่วนใสมา 250 µL เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออน จำนวน 250 µL และสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์เข้มข้น 0.1% w/v จำนวน 50 µL วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Microplate reader ที่ 700 nm นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณ Fe^{2+} โดยมีหน่วยเป็น mM $FeSO_4$/100 g FW

2. วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

1) การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu [7]

ผสมสารสกัดหรือสารมาตรฐาน Gallic acid ความเข้มข้น 100 ppm จำนวน 200 µL กับสารละลาย Folin-Ciocalteu เจือจาง (อัตราส่วนสาร : น้ำกลั่น = 1:10) จำนวน 500 µL และเติมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 7.5% w/v จำนวน 800 µL ทิ้งไว้ 30 นาที เขย่าเป็นครั้งคราว วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Microplate reader ที่ 750 nm คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้ Gallic acid equivalents (GAE) ในหน่วย mg GAE/100 g FW

2) การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด [7]

ผสมสารสกัดหรือสารมาตรฐาน Quercetin ความเข้มข้น 100 ppm จำนวน 500 µL กับสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2% w/v จำนวน 500 µL บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 นาที เขย่าเป็นครั้งคราว จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 nm ด้วยเครื่อง Microplate reader โดยเปรียบเทียบกับที่ไม่มีอะลูมิเนียมคลอไรด์ แล้ววิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด โดยใช้ Quercetin equivalents (QE) มีหน่วย mg QE/100 g FW

การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ สมบัติต้านและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในพืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

ทำการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ สมบัติต้านและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ได้จากพืชทั้ง 7 ชนิด หาความสัมพันธ์โดยใช้ Pearson's correlation เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติต้านอนุมูลอิสระทั้ง 3 วิธี และสมบัติต้านอนุมูลอิสระกับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการสุ่มแบบสมบูรณ์ (Completely randomized design) ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตามมาตรฐาน AOAC, 2000 และสมบัติต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRP assay และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ความแปรปรวน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Scheffe ที่ $p < 0.05$ และหาความสัมพันธ์โดยใช้ Pearson's correlation

ผลการทดลอง

1. คุณค่าทางโภชนาการในพืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

ค่าแสดงโภชนาการของพืชอัตลักษณ์แต่ละชนิดในจังหวัดอุตรดิตถ์ ต่อน้ำหนักแห้ง 100 g แสดงในตารางที่ 1 พืชที่ศึกษาให้พลังงานทั้งหมดอยู่ระหว่าง 70.25-299.00 kcal โดยมะขามเปรี้ยวฟากท่ามีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือทุเรียนหลินลับแล ทุเรียนหลงลับแล กระเทียมน้ำปาด ลองกองลับแล สับปะรดห้วยมุ่นและลางสาดลับแล ส่วนค่าพลังงานจากไขมันอยู่ระหว่าง 0.00-67.23 kcal ไขมันทั้งหมดอยู่ระหว่าง 0.00-7.47 g และไขมันอิ่มตัวอยู่ระหว่าง 0.00-2.25 g โดยพบมากที่สุดในทุเรียนหลินลับแล รองลงมาคือทุเรียนหลงลับแล กระเทียมน้ำปาด ลองกองลับแล ลางสาดลับแล และสับปะรดห้วยมุ่น ส่วนมะขามเปรี้ยวฟากท่าตรวจไม่พบ ค่าโคเลสเตอรอลในพืชแต่ละชนิดตรวจไม่พบเช่นกัน โปรตีนมีค่า 0.46-9.20 g โดยพืชที่ให้โปรตีนสูงที่สุดคือกระเทียมน้ำปาด รองลงมาคือ ทุเรียนหลงลับแล ทุเรียนหลินลับแล มะขามเปรี้ยวฟากท่า ลางสาดลับแล ลองกองลับแลและสับปะรดห้วยมุ่น ตามลำดับ คาร์โบไฮเดรตอยู่ระหว่าง 16.33-72.80 g โดยพืชที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดคือมะขามเปรี้ยวฟากท่า รองลงมาคือทุเรียนหลินลับแล ทุเรียนหลงลับแล กระเทียมน้ำปาด ลองกองลับแล สับปะรดห้วยมุ่นและลางสาดลับแล ตามลำดับ ใยอาหารมีค่า 0.31-9.08 g ปริมาณวิตามินเอตรวจไม่พบ ส่วนวิตามินบี 1 มีค่า < 0.025-0.31 mg วิตามินบี 2 มีค่า < 0.01-0.04 mg ส่วนแร่ธาตุที่พบคือธาตุโซเดียมมีค่า 0.87-11.40 mg ธาตุแคลเซียมมีค่า 4.17-23.40 mg และธาตุเหล็กมีค่า 0.25-2.20 mg โดยพืชที่มีธาตุโซเดียม แคลเซียมและเหล็กสูงที่สุด คือมะขามเปรี้ยวฟากท่า มีเถ้า 0.34-1.93 g และความชื้น 51.69-83.15 g จากการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการแต่ละค่าในพืชอัตลักษณ์ 7 ชนิด ค่าที่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นค่าวิตามินบี 2 ไม่แตกต่างทางสถิติ

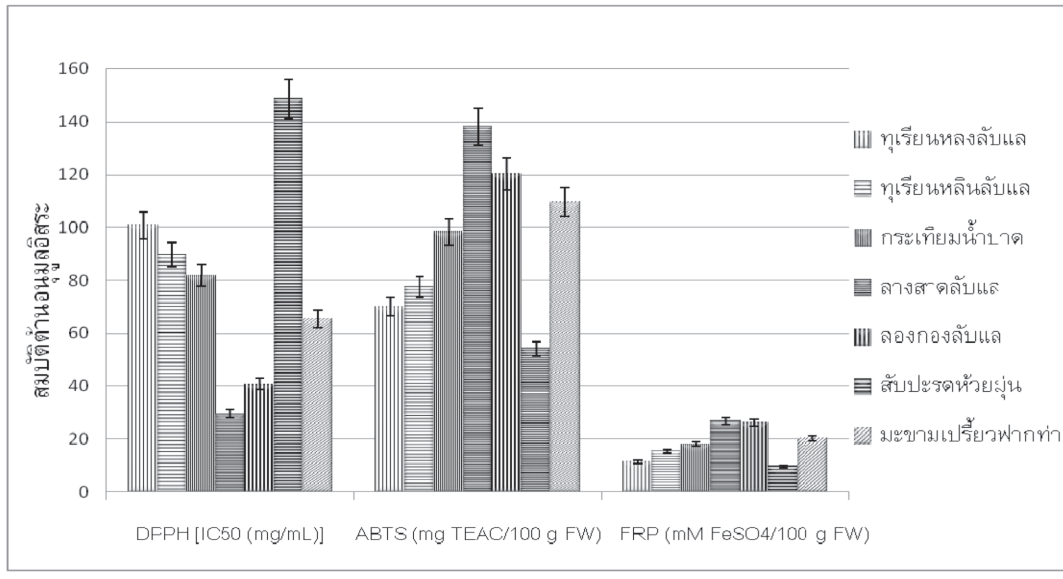
ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการในพืชอัตลักษณ์จังหวัดอุตรดิตถ์ (หน่วย/100 g น้ำหนักแห้ง)

รายการ	ทุเรียน หลงลับแล	ทุเรียน หลินลับแล	กระเทียม น้ำปาด	ลางสาด ลับแล	ลองกอง ลับแล	สับปะรด ห้วยมุ่น	มะขามเปรี้ยว ฟากท่า
พลังงานทั้งหมด (kcal)	$190.33^{c}\pm2.18$	$226.39^{b}\pm2.17$	$131.76^{d}\pm2.05$	$70.25^{f}\pm1.00$	$76.54^{e}\pm2.05$	$71.78^{f}\pm0.58$	$299.00^{a}\pm0.28$
พลังงานจากไขมัน (kcal)	$49.05^{b}\pm1.27$	$67.23^{a}\pm0.43$	$4.68^{c}\pm0.58$	$0.81^{f}\pm0.67$	$2.70^{d}\pm0.58$	$1.26^{e}\pm0.68$	0.00 ± 0.00
ไขมันทั้งหมด (g)	$5.45^{b}\pm1.00$	$7.47^{a}\pm0.65$	$0.52^{c}\pm0.75$	$0.09^{f}\pm0.55$	$0.30^{d}\pm0.89$	$0.14^{e}\pm0.05$	0.00 ± 0.00
ไขมันอิ่มตัว (g)	$1.84^{b}\pm1.68$	$2.25^{a}\pm0.58$	$0.28^{c}\pm0.43$	$0.04^{e}\pm0.68$	$0.14^{d}\pm0.97$	$0.03^{e}\pm0.65$	0.00 ± 0.00
โคเลสเตอรอล (mg)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
โปรตีน (g)	$3.70^{b}\pm0.58$	$3.33^{c}\pm0.15$	$9.20^{a}\pm0.38$	$1.03^{e}\pm0.34$	$0.95^{f}\pm0.46$	$0.46^{g}\pm0.25$	$1.83^{d}\pm0.05$
คาร์โบไฮเดรต (g)	$31.62^{c}\pm1.68$	$36.46^{b}\pm0.09$	$22.57^{d}\pm0.28$	$16.33^{g}\pm0.89$	$17.51^{e}\pm1.05$	$17.17^{f}\pm0.98$	$72.80^{a}\pm1.23$
ใยอาหาร (g)	$2.67^{d}\pm1.08$	$2.95^{c}\pm0.87$	$9.08^{a}\pm0.39$	$1.93^{f}\pm0.65$	$0.31^{g}\pm0.23$	$2.03^{e}\pm0.76$	$8.99^{b}\pm0.79$
น้ำตาล (g)	$24.50^{c}\pm0.68$	$28.21^{b}\pm0.55$	$13.49^{g}\pm0.33$	$14.40^{f}\pm0.45$	$16.85^{d}\pm0.67$	$15.14^{e}\pm0.48$	$40.60^{a}\pm0.22$
วิตามินเอ (µg)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
วิตามินบี 1 (mg)	$0.31^{a}\pm1.12$	$<0.025^{f}\pm0.00$	$0.14^{c}\pm0.30$	$<0.025^{f}\pm0.00$	$0.06^{e}\pm0.03$	$0.08^{d}\pm0.06$	$0.16^{b}\pm0.06$
วิตามินบี 2 (mg)	0.04 ± 0.58	$<0.025\pm0.00$	$<0.025\pm0.00$	$<0.025\pm0.00$	$<0.025\pm0.00$	$<0.025\pm0.00$	$<0.025\pm0.00$
ธาตุโซเดียม (mg)	$1.55^{e}\pm0.38$	$1.67^{c}\pm0.12$	$4.92^{b}\pm0.28$	$0.87^{g}\pm0.06$	$1.51^{f}\pm0.18$	$1.59^{d}\pm0.23$	$11.40^{a}\pm0.70$
ธาตุแคลเซียม (mg)	$4.17^{g}\pm0.82$	$4.48^{f}\pm0.16$	$21.22^{b}\pm2.33$	$11.17^{d}\pm2.04$	$7.84^{e}\pm1.80$	$16.30^{c}\pm2.65$	$23.40^{a}\pm2.86$
ธาตุเหล็ก (mg)	$0.42^{d}\pm0.68$	$0.45^{c}\pm0.07$	$0.85^{b}\pm0.45$	$0.25^{f}\pm0.23$	$0.37^{e}\pm0.46$	$0.37^{e}\pm0.12$	$2.20^{a}\pm0.13$
เถ้า (g)	$1.07^{c}\pm0.57$	$1.05^{d}\pm0.01$	$1.40^{b}\pm0.07$	$0.78^{e}\pm0.68$	$0.69^{f}\pm0.57$	$0.34^{g}\pm0.52$	$1.93^{a}\pm0.67$
ความชื้น (g)	$58.16^{f}\pm1.58$	$51.69^{g}\pm2.07$	$69.80^{d}\pm0.87$	$82.17^{b}\pm1.09$	$80.55^{c}\pm0.97$	$83.15^{a}\pm0.66$	$60.80^{e}\pm0.85$

หมายเหตุ อักษร^{a,b,c} ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ $p<0.05$

2. สมบัติต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH ABTS และ FRP assay ในพืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

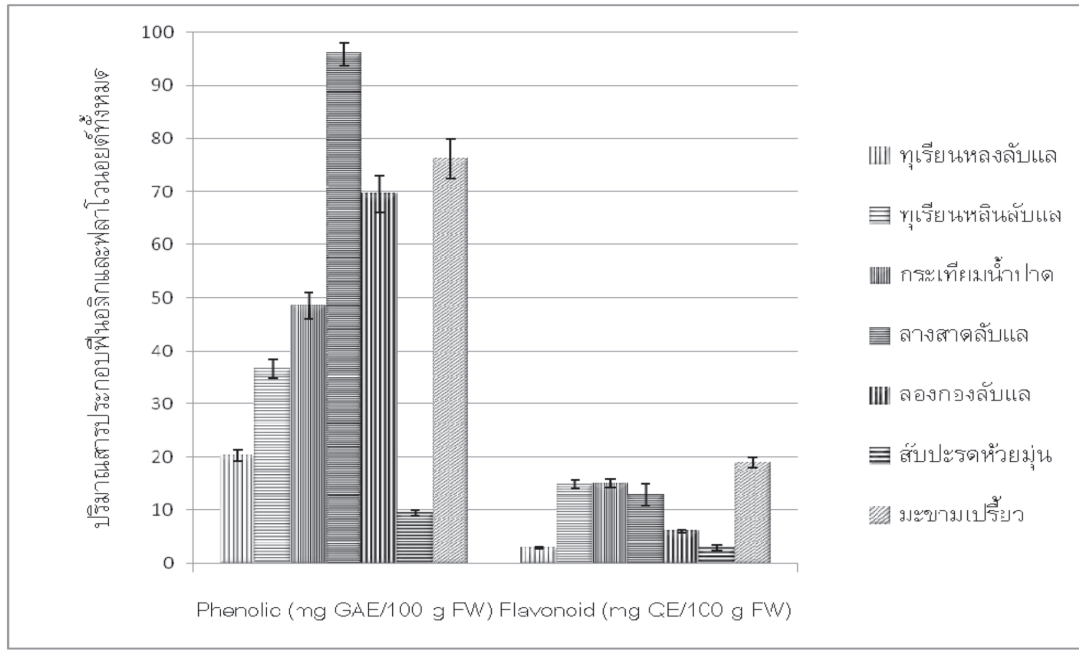
การวิเคราะห์สมบัติต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ABTS และ FRP assay แสดงในรูปที่ 2 ค่าที่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สมบัติต้านอนุมูลอิสระที่พบในพืชสามารถแบ่งพืชเป็น 3 กลุ่ม ตามค่า IC_{50} คือ กลุ่มที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงมีค่า $IC_{50}<41.00$ mg/mL ได้แก่ ลางสาดลับแลและลองกองลับแล (IC_{50} 29.53-40.85 mg/mL, ABTS มีค่า 120.11-138.11 mg TEAC/100 g FW และ FRP มีค่า 26.39-27.01 mM $FeSO_4$/100 g FW) กลุ่มที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระปานกลางมีค่า IC_{50} 41.00-101.00 mg/mL ได้แก่ มะขามเปรี้ยวฟากท่า กระเทียมน้ำปาด ทุเรียนหลินลับแลและทุเรียนหลงลับแล (IC_{50} 65.23-100.77 mg/mL, ABTS มีค่า 70.06-109.54 mg TEAC/100 g FW และ FRP มีค่า 11.44-20.40 mM $FeSO_4$/100 g FW) และกลุ่มที่มีอนุมูลอิสระต่ำที่สุดมีค่า $IC_{50}>101.00$ mg/mL ได้แก่ สับปะรดห้วยมุ่น (IC_{50} 148.46 mg/mL, ABTS มีค่า 54.25 mg TEAC/100 g FW และ FRP มีค่า 9.68 mM $FeSO_4$/100 g FW)



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRP assay ในพืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

3. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในพืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พบว่า ลางสาดลับแล มีค่าสูงที่สุดโดยมีค่า 95.96 mg GAE/100 g FW รองลงมาคือ มะขามเปรี้ยวฟากท่า ลองกองลับแล กระเทียมน้ำปาด ทุเรียนหลินลับแล ทุเรียนหลงลับแล และสับปะรดห้วยมุ่น มีค่า 76.20, 69.50, 48.51, 36.57, 20.27 และ 9.54 mg GAE/100 g FW ตามลำดับ ค่าที่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดพบว่า มะขามเปรี้ยวฟากท่ามีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 18.95 mg QE/100 g FW รองลงมาคือ กระเทียมน้ำปาด ทุเรียนหลินลับแล ลางสาดลับแล ลองกองลับแล ทุเรียนหลงลับแล และสับปะรดห้วยมุ่น โดยมีค่า 15.03, 14.85, 12.95, 6.06, 2.88 และ 2.84 mg QE/100 g FW ตามลำดับ ค่าที่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในพืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

4. การเปรียบเทียบคุณค่าโภชนาการและสมบัติต้านอนุมูลอิสระในพืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

พืชอัตลักษณ์ที่มีพลังงานทั้งหมดสูงเกิน 100 kcal ต่อ 100 g DW คือมะขามเปรี้ยวฟากท่า ทุเรียนหลินลับแล ทุเรียนหลงลับแล และกระเทียมน้ำปาด ตามลำดับ ส่วนพืชอัตลักษณ์ที่มีพลังงานทั้งหมดต่ำกว่า 100 kcal/100 g DW คือ ลองกองลับแล สับปะรดห้วยมุ่น และลางสาดลับแล ตามลำดับ ส่วนพืชที่ให้โปรตีนสูงที่สุดคือกระเทียมน้ำปาด รองลงมาคือ ทุเรียนหลงลับแล ทุเรียนหลินลับแล ส่วนธาตุโซเดียม แคลเซียมและเหล็กมีค่าสูงที่สุดคือ มะขามเปรี้ยวฟากท่า รองลงมาคือ กระเทียมน้ำปาด ส่วนสมบัติต้านอนุมูลอิสระในพืชอัตลักษณ์ ตามค่า IC_{50} พบว่า พืชที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระเรียงจากมากไปน้อยมีดังนี้ ลางสาดลับแล ลองกองลับแล มะขามเปรี้ยวฟากท่า กระเทียมน้ำปาด ทุเรียนหลินลับแล ทุเรียนหลงลับแลและสับปะรดห้วยมุ่น ตามลำดับ

การหาค่าความสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRP assay ทั้ง 3 วิธี มีความสอดคล้องกันคือ มีค่าเป็นไปในทางเดียวกัน.ซึ่งมีความสัมพันธ์ทางบวก อยู่ในระดับสูง มีค่า r^2 = 0.957-0.978 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) แต่ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติต้านอนุมูลอิสระกับปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมีความสัมพันธ์ระดับปานกลางถึงสูง มีค่า r^2 = 0.408-0.978 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความสัมพันธ์ของเพียร์สันในพืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

Trait	r value				
	DPPH	**ABTS**	**FRP**	**Phenolic**	**Flavonoid**
DPPH	1				
ABTS	0.965**	1			
FRP	0.957**	0.978**	1		
Phenolic	0.820**	0.893**	0.837**	1	
Flavonoid	0.458*	0.481*	0.408*	0.674**	1

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

การนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์ โดยนำผลการวิจัยด้านคุณค่าทางโภชนาการต่อหน่วย 100 กรัม ในรูปตารางโภชนาการ (Nutrition facts) และสมบัติต้านอนุมูลอิสระในพืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ เสนอต่อสภาเกษตรกร จังหวัดอุตรดิตถ์ ในวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 สมาชิกรวม 20 คน และจัดทำกล่องบรรจุภัณฑ์ที่มีตารางโภชนาการของพืชแต่ละชนิดไปมอบให้กับกลุ่มเกษตรกร และชาวสวน ตำบลหัวดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อใช้บรรจุให้กับผู้บริโภคต่อไป (รูปที่ 4)

รูปที่ 4 การนำเสนอผลงานวิจัยให้กับสภาเกษตรกรจังหวัดอุตรดิตถ์ และมอบกล่องบรรจุภัณฑ์ให้กลุ่มเกษตรกร

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการในพืชอัตลักษณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ทั้ง 7 ชนิด ต่อ 100 g น้ำหนักแห้ง สามารถเรียงลำดับการให้พลังงานทั้งหมดจากมากไปหาน้อยดังนี้ มะขามเปรี้ยว ฟากท่า ทุเรียนหลินลับแล ทุเรียนหลงลับแล กระเทียมน้ำปาด ลองกองลับแล สับปะรดห้วยมุ่น และลางสาดลับแล ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากค่าพลังงานทั้งหมดหาได้จากค่าของคาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีนรวมกัน โดยมะขามเปรี้ยวฟากท่ามีค่าคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 72.80 g/100 g DW และน้ำตาลสูงถึง 40.60 g/100 g DW สูงกว่าพืชและผลไม้อื่นๆ รวมทั้ง ทุเรียนหลินลับแล ทุเรียนหลงลับแล ที่มีคาร์โบไฮเดรตเพียง 36.46 และ 31.62 g/100 g DW จึงทำให้ค่าพลังงานทั้งหมดต่ำกว่า ส่วนสับปะรดห้วยมุ่นและลางสาดลับแลมีค่าพลังงานทั้งหมดต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากมีค่าคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลต่ำที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยคุณค่าทางโภชนาการและดัชนีน้ำตาลของผลไม้ไทยที่นิยมรับประทานในประเทศไทย ที่พบว่ามะขามหวานสีทอง มีคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 72.78 g/100 g และมีน้ำตาล 53.26 g/100 g จึงทำให้ค่าพลังงานทั้งหมดสูงกว่าทุเรียน [5] ส่วนพืชที่มีโปรตีนสูงที่สุดถึง 9.20 g/100 g DW คือกระเทียมน้ำปาด ซึ่งสูงกว่ากระเทียมจากแหล่งปลูกอื่น [9, 10] รองลงมาคือ ทุเรียนหลงลับแลและทุเรียนหลินลับแล ส่วนธาตุโซเดียม แคลเซียมและเหล็กมีค่าสูงที่สุดในมะขามเปรี้ยวฟากท่า ทั้งนี้อาจขึ้นกับสภาพแวดล้อม ซึ่งได้แก่สภาพดินที่ปลูกซึ่งเป็นดินที่อยู่บนที่ราบสูงหรือบนเขา และการดูแลพืชที่มีการให้ปุ๋ยกับพืชตลอดช่วงการปลูกและการให้ผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ของกองโภชนาการ (2544) [11] ที่พบว่ามะขามมีแคลเซียมสูงกว่าผลไม้อื่น

ส่วนสมบัติต้านอนุมูลอิสระของพืชทั้ง 7 ชนิด ตามค่า IC_{50} พบว่าสามารถเรียงลำดับสมบัติต้านอนุมูลอิสระจากมากไปหาน้อยได้ ดังนี้ ลางสาดลับแล ลองกองลับแล มะขามเปรี้ยวฟากท่า กระเทียมน้ำปาด ทุเรียนหลินลับแล ทุเรียนหลงลับแล และสับปะรดห้วยมุ่นตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผักและผลไม้เป็นแหล่งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติสูง โดยเฉพาะกลุ่มวิตามินและสารพฤกษเคมีอื่นๆ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกที่มีมากกว่า 8,000 ชนิด [1, 2] สารประกอบ ฟีนอลิกที่สำคัญ คือ ฟลาโวน ฟลาโวนอล ฟลาวาโนน ฟลาวาโนนอล และแอนโทไซยานิน เป็นต้น [3, 4] จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลไม้ไทยเพื่อสุขภาพและมูลค่าเพิ่ม โดยศึกษาผลไม้ 7 ชนิดคือทุเรียน สับปะรด กล้วย ส้มโอ ฝรั่ง มะละกอ และมังคุด พบว่าทุเรียนมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุด 10387.59 μg/100 g และสับปะรดภูเก็ตมีค่า 5957.59 μg/100 g [3, 4] จากการหาค่าความสัมพันธ์ของเพียร์สัน ระหว่างสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRP assay ทั้ง 3 วิธี เป็นไปในเชิงบวก อยู่ในระดับสูงและมีทิศทางไปทางเดียวกัน มีค่า r^2 = 0.957-0.978 ส่วนค่าระหว่างสมบัติต้านอนุมูลอิสระกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เป็นไปในเชิงบวกอยู่ในระดับปานกลาง-สูง มีค่า r^2 = 0.408-0.978 นั่นแสดงถึงพืชที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงเช่น ลางสาดลับแล ส่วนพืชที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงอาจมีสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดต่ำถึงปานกลาง ทั้งนี้ ดูได้จากค่า r^2 = 0.408-0.674 เนื่องจากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในพืชอาจอยู่ในรูปสารกลุ่มอื่นที่ไม่ใช่สารประกอบฟลาโวนอยด์ [1, 4, 5] จากการวิจัยสามารถแบ่งกลุ่มพืชที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระเป็น 3 กลุ่ม ตามค่า IC_{50} คือ กลุ่มที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูง คือ ลางสาดลับแล ลองกองลับแล กลุ่มที่มีสมบัติต้าน

อนุมูลอิสระปานกลาง คือ มะขามเปรี้ยวฟากท่า กระเทียมน้ำปาด ทุเรียนหลินลับแล และทุเรียนหลงลับแล และกลุ่มที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระต่ำคือ สับปะรดห้วยมุ่น สอดคล้องกับการศึกษาสมบัติต้านอนุมูลอิสระของผลไม้ไทย 28 ชนิด พบว่าทุเรียน ลองกอง มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระปานกลาง ส่วนสับปะรดมีสมบัติต้านอนุมูลอิสระต่ำ [3]

ดังนั้น การบริโภคผักและผลไม้ชนิดต่างๆ จึงมีผลดีต่อสุขภาพที่เป็นแหล่งคุณค่าทางโภชนาการด้านอาหาร มีโปรตีน แคลเซียมและเหล็กสูง รวมทั้งเป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระได้ดี ซึ่งมีความสัมพันธ์ในการลดการเกิดโรคต่างๆ ในมนุษย์แล้ว เราจึงควรหันมาบริโภคผักและผลไม้ให้มากขึ้นเพื่อป้องกันการเกิดโรคดีกว่าการรักษาโรค แต่ควรพิจารณาด้านปริมาณและสัดส่วนการบริโภคให้เหมาะสมกับสภาวะความต้องการของร่างกายแต่ละคน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ให้ทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินผ่านการประเมินงานจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติในการทำวิจัย ขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้บริการเครื่องมือ วัสดุต่างๆ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

1. Suttajit, M., Banjerdpongchai, R., Kukongviriyapan, P., Siriamornpun, S., Chaiyasut, C., Porasuphatana, S., Panit, U., Thephinlap, C., and Charoeansin, C. 2012. Free Radical and Antioxidants. Chiangmai, Innovation Health Publisher. (in Thai)
2. Phansawan, B. 2013. Free Radicals, Antioxidants and Antioxidant Activity Determination. *Journal of Science and Technology, Thammasat University.* 21: 275-286. (in Thai)
3. Kaewsutthi, S., and Surinrat, B. 2002. Antioxidant Properties of Thai Fruits. Abstract of the 28th of Congress on Science and Technology of Thailand, 24-26 October 2002 Sirikit Convention Center, Bangkok, Thailand. p. 835. (in Thai)
4. Kongkachuichai, R., Charoensiri, R., and Sungpuag, P. 2009. Nutrients Content of Thai Fruits for Health and Value-added. (Research Report No. RDG5120065) Retrieved from The Thailand Research Fund. Available from: http://elibrary.trf.or.th/downloadFull.asp?proid=RDG5120065. 20 October 2016. (in Thai)
5. Chongchaithet, N., Pheungpan, W., Ungsongtham, P. and Boonchoo, W. 2009. Dietary fiber, Sugar and Minerals in Fruits. (Research Report) Retrieved from Department of Health. The Ministry of Public Health. Available from: http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/files/20 October 2016. (in Thai)
6. AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th Edition. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists. Connell, J. J. 1975. Fishing New Books. Farham Surrey. p. 179.

7. Vongsak, B., Sithisarn, P., Mangmool, S., Thongpraditchote, S., Wongkrajang, Y. and Gritsanapan, W. 2013. Maximizing Total Phenolics, Flavonoids Contents and Antioxidant Activity of *Moringa oleifera* Leaf Extract by the Appropriate Extraction Method. *Industrial Crops and Products.* 44: 566-571.
8. Arnao, M. B., Cano, A. and Acosta, M. 2001. The Hydrophilic and Lipophilic Contribution to Total Antioxidant Activity. *Food Chemistry.* 73: 239-244.
9. Mongkoltrirat, S., Kerdchoochuen, O. and Laohakunjit, N. 2013. Antioxidant Activity of Garlic and Onion Extracts. *Agricultural Science Journal, Kasetsart University.* 44 (2 special): 585-588. (in Thai)
10. Sirichakwal, P., Kongkachuichai, R., Comjansupachin, A. and Boonprachonk., S. 2011. Nutritional Value and Glycemic Index of Thai Fruits Commonly Consumed in Thailand. (Research Report No. RDG5620016) Retrieved from The Thailand Research Fund. Available from: http://elibrary.trf.or.th/downloadFull. asp?proid=RDG5620016. 20 October 2016. (in Thai)
11. Table of Nutritive Values of Thai Foods. 2011. Retrieved from Bureau of Nutrition, Department of Health, Ministry of Public Health. Available from: http://nutrition. anamai.moph.go.th/temp/files/nutritive_values_of_thai_foods.pdf. 20 October 2016. (in Thai)

ได้รับบทความวันที่ 23 ตุลาคม 2559
ยอมรับตีพิมพ์วันที่ 7 มีนาคม 2560