ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม

Antioxidant Activity of Crude Extract from Banana Flower of *Musa* AA cv. "Kluai Khai", *Musa* ABB cv. "Kluai Namwa" and *Musa* AAA "Kluai Hom"

จันทกานต์ นุชสุข

สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

Email: pui.chanthakan@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่น พบว่า การสกัดด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาณผลผลิตร้อยละมากที่สุด จากนั้นนำสารสกัดหยาบดังกล่าวมาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีการดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH assay) และการรีดิวส์เฟอร์ริก (FRAP assay) พบว่าสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยน้ำว้าด้วยเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุดเท่ากับ 187.82 ± 1.47 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง สามารถดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอชได้ดีที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 367.67 ± 0.011 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสามารถรีดิวส์เฟอร์ริกได้ดีที่สุด โดยมีค่า FRAP value เท่ากับ 64.93 ± 2.25 ไมโครโมลาร์ ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่และกล้วยหอมด้วยเอทานอล ตามลำดับ

คำสำคัญ: สารประกอบฟีนอลิกรวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปลีกล้วย การดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอช การรีดิวส์เฟอร์ริก

Abstract

The purpose of this research was to prepare the crude extracts from banana flowers of *Musa* AA cv. "Kluai Khai", *Musa* ABB cv. "Kluai Namwa" and *Musa* AAA "Kluai Hom" with ethanol, methanol and distilled water. The distilled water extraction had the highest yield (%). Total phenolic compound content of each sample was investigated and antioxidant activity was tested using DPPH assay and FRAP assay. The results indicated that the ethanol extracts of "Kluai Namwa" flower contained the highest total phenolic compounds (187.82±1.47 mgGAE/100g dry weight). It had the most scavenging activity of DPPH radical with an IC_{50} value of 370 μg/mL and had the highest reducing power with the FRAP value of 64.93±2.25 μM/100g dry weight followed by the crude ethanol extract of Kluai Khai and Kluai Hom flower, respectively.

Keywords: Total phenolic compounds, Antioxidant activity, Banana flower, DPPH assay, FRAP assay

บทนำ

โดยธรรมชาติร่างกายมีการสร้างอนุมูลอิสระอยู่ตลอดเวลาจากกระบวนเมแทบอลิซึมที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ แต่ร่างกายก็มีการป้องกันการสะสมอนุมูลอิสระโดยสร้างเอนไซม์หลายชนิด ได้แก่ เอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (Superoxide dismutase: SOD) เอนไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase: GPx) และ เอนไซม์คะตะเลส (catalase) ขึ้นมาเพื่อปรับสมดุลของปริมาณอนุมูลอิสระ (โอภา วัชระคุปต์ และคณะ, 2549) รวมทั้งร่างกายยังได้รับสารต้านอนุมูลอิสระจากอาหารประเภทพืชผักอีกด้วย (บุหรัน พันธุ์สวรรค์, 2556)

ปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระกันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิกจากพืช ที่สำคัญได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ซึ่งแบ่งออกได้เป็นหลายกลุ่มย่อย เช่น ฟลาโวนส์ (flavones) ฟลาโวนอล (flavonols) ฟลาวาโนนส์ (flavanones) เป็นต้น ฤทธิ์ทางชีวภาพของฟลาโวนอยด์ ได้แก่ (1) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัวของหมู่ฟังก์ชันในโครงสร้าง โดยมีหลายกลไก เช่น ยับยั้งการสร้างอนุพันธ์ของออกซิเจนที่ว่องไว (reactive oxygen species, ROS) ดักจับอนุพันธ์ของออกซิเจนที่ว่องไวและเพิ่มประสิทธิภาพหรือปกป้องสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนั้นยังสามารถยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างอนุพันธ์ของออกซิเจนที่ว่องไวอีกด้วย (2) ช่วยปกป้องตับ ซึ่งมีสาเหตุมาจากโรคเรื้อรังบางชนิด เช่น เบาหวาน (3) ฤทธิ์ต้านการเจริญของแบคทีเรีย มีรายงานว่าสารกลุ่มฟลาโวนอยด์หลายชนิด เช่น เอพิจินิน กาแลนจิน ฟลาโวนและฟลาโวนอล ไกลโคไซด์ ไอโซฟลาโวนส์ ฟลาวาโนนส์และชาลโคน สามารถต้านการเจริญของแบคทีเรียได้ดี โดยมีเป้าหมายในเซลล์แบคทีเรียได้หลายตำแหน่ง เช่น การรวมตัวกับโปรตีนเกิดเป็นสารเชิงซ้อน เป็นต้น (4) ฤทธิ์ต้านการอักเสบของ เฮสเพอริดิน (hesperidin) เอพิจินิน ลูทีโอลิน (luteolin) และควอซิทิน (quercetin) เป็นต้น (5) ฤทธิ์ต้านการเจริญของเซลล์มะเร็ง มีรายงานว่าการรับประทานหัวหอมและ/หรือแอปเปิ้ล ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของฟลาโวนอล ควอซิทิน มีความสัมพันธ์กับการลดอุบัติการณ์การเกิดมะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปอด มะเร็งกระเพาะอาหาร และมะเร็งเต้านม (Kumar &Pandey, 2013)

หัวปลีหรือปลีกล้วย (Banana flower, banana blossom) เป็นส่วนของช่อดอกประกอบด้วยดอกจริงที่ถูกห่อหุ้มอยู่ภายในด้วยใบประดับสีแดงขนาดใหญ่ ลักษณะเป็นกาบซ้อนกันจนสุดปลายช่อคล้ายดอกบัวตูม หัวปลีมักถูกตัดทิ้งเนื่องจากไปแย่งอาหารของผลกล้วย ส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ทำเป็นอาหาร โดยเฉพาะอาหารบำรุงน้ำนมมารดา เช่น แกงเลียงหัวปลี ยำหัวปลี นอกจากนั้นยังมีประโยชน์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือด บำรุงเลือด ปลีตากแห้งใช้รักษาโรคโลหิตจางเนื่องจากมีธาตุเหล็กมาก หัวปลีมีพลังงานน้อยกว่าผลกล้วยประมาณ 4-5 เท่า เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าประมาณ 5-6 เท่า แต่มีคุณค่าทางโภชนาการอื่นใกล้เคียงหรือสูงกว่าผลกล้วย เช่น มีปริมาณธาตุแคลเซียมใกล้เคียงกับผลกล้วยหอม แต่มากกว่าผลกล้วยไข่ 7 เท่า กล้วยน้ำว้า 4 เท่า และกล้วยน้ำไทย 20 เท่า เป็นต้น (กองโภชนาการ, 2544) การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของหัวปลีกล้วย 2 สายพันธุ์แบบสดและแบบผงแห้งซึ่งนิยมปลูกในประเทศอินเดีย คือ *Musa spp*. Poovan และ *Musa spp*. Monthan พบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกัน ยกเว้นปริมาณน้ำที่เป็นองค์ประกอบ โดยหัวปลีแบบผงแห้งมีปริมาณน้ำลดลงประมาณ 45 เท่า เมื่อเปรียบเทียบปลีกล้วยแบบสดทั้ง 2 สายพันธุ์ของอินเดียกับปลีกล้วยของไทย พบว่าปลีกล้วยของอินเดียและไทยมีปริมาณน้ำ โปรตีนและไขมันใกล้เคียงกัน แต่ปลีกล้วยของอินเดียมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่า

ของไทยประมาณ 18 เท่า (Arya & Sinija, 2016; กองโภชนาการ, 2544) ส่วนการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของปลีกล้วย 2 สายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศจีน คือ *Musa spp*. Baxijiao และ *Musa spp*. Paradisiaca พบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกัน (ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ) มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใยสูงกว่าปลีกล้วยไทยเล็กน้อย แต่มีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าประมาณ 18 เท่า (Sheng et al., 2010; กองโภชนาการ, 2544)

Sheng et al. (2511) ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของปลีกล้วย 2 สายพันธุ์ คือ Baxijio (AAA) และ Paradisiaca (AAB) ด้วยวิธี (1) DPPH assay (2) ABTS [reducing power 2,2′-azinobis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonate) radical scavenging activity] และ (3) การยับยั้งกระบวนการออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) รวมทั้งหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ วิตามินอี และซาโปนิน พบว่าสารสกัดจากปลีกล้วยสายพันธุ์ Baxijio มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ วิตามินอีและซาโปนิน สูงกว่าปลีกล้วยสายพันธุ์ Paradisiaca และการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากปลีกล้วย 2 สายพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศอินเดีย คือ *Musa spp*. Poovan และ *Musa spp*. Monthan โดยสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ เอทานอลและน้ำกลั่น พบว่าสารสกัดปลีกล้วยสายพันธุ์ Poovan ด้วยเอทานอลสามารถดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอชได้ดีกว่าสารสกัดจากปลีกล้วยสายพันธุ์ Monthan (Arya & Sinija, 2016) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าสารสกัดจากปลีกล้วยงาช้าง (*Musa paradisiaca*) สามารถต้านการเจริญของเซลล์มะเร็งปากมดลูก (HeLa cell line) ได้โดยมีค่า IC_{50}<10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Timsina & Nadumane, 2014)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเตรียมสารสกัดหยาบจากปลีกล้วย 3 สายพันธุ์ คือ กล้วยไข่ กล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม ด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ เอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่น

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประยุกต์ใช้ต่อไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

1. อุปกรณ์และสารเคมี

เครื่องหมุนเหวี่ยง (MSE Mistral 1000 ประเทศอังกฤษ) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (OHAUS® ประเทศสหรัฐอเมริกา) เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Metertech SP-830 Plus ประเทศไต้หวัน) ตู้อบลมร้อน (MEMMERT ประเทศเยอรมนี) เครื่องกลั่นแยกสาร (BUCHI ประเทศสวิสเซอร์แลนด์) เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Frexi-Dry MP ประเทศสหรัฐอเมริกา) Folin-Ciocalteu′s phenol reagent และ 2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) (Merck ประเทศเยอรมนี) Gallic acid monohydrate L-ascorbic acid และ 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) (Sigma-Aldrich ประเทศสหรัฐอเมริกา)

2. การเตรียมวัตถุดิบ

นำปลีกล้วยทั้ง 3 สายพันธุ์ ล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ตากแดดให้แห้ง บดให้ละเอียด อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง เก็บในภาชนะปิดฝาให้สนิท

3. การเตรียมสารสกัดจากปลีกล้วย

3.1 การเตรียมสารสกัดปลีกล้วยด้วยตัวทำละลายเอทานอลและเมทานอล

ชั่งปลีกล้วยแห้งสายพันธุ์ละ 10 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร แยกกัน ตวงสารละลายเอทานอลและเมทานอลปริมาตร 150 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ แยกกัน ปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์และแผ่นพาราฟิน บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 5 วัน เขย่าเป็นครั้งคราว แยกกากออกโดยการกรองด้วยผ้าขาวบาง และกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บส่วนของเหลวเพื่อนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นแยกสาร (Rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) ชั่งน้ำหนักสารสกัดที่ได้ คำนวณร้อยละของสารสกัดต่อน้ำหนักของปลีกล้วยแห้ง ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.2 การเตรียมสารสกัดจากปลีกล้วยด้วยตัวทำละลายน้ำ

ชั่งปลีกล้วยแห้งสายพันธุ์ละ 10 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร แยกกัน ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 150 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ แยกกัน ปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์และแผ่นพาราฟิน ต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทิ้งไว้เย็น แยกกากออกโดยการกรองด้วยผ้าขาวบาง และกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บส่วนของเหลวเพื่อนำไประเหยน้ำออก ทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) ชั่งน้ำหนักสารสกัดที่ได้ คำนวณร้อยละของสารสกัดต่อน้ำหนักของปลีกล้วยแห้ง ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

4. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total phenolic compound)

สร้างกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid) โดยชั่งกรดแกลลิก 0.5 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร นำมาเจือจางที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้ 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการทดสอบโดยเริ่มจากปิเปตสารละลายกรดแกลลิก แต่ละความเข้มข้นหรือสารสกัดจากปลีกล้วยความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 125 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu เข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ปริมาตร 125 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 6 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 7 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 3 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 90 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ แสดงปริมาณสารฟีนอลิกรวมเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (mgGAE/100g dry weight) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (ปริยานุช อินทร์รอด, 2551)

5. ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยทั้ง 3 สายพันธุ์ด้วยวิธีการดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH radical scavenging assay)

เตรียมสารละลายดีพีพีเอช (DPPH, 2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl) โดยละลายในเอทานอลให้มีความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ทำการทดสอบโดยเริ่มจากปิเปตสารสกัดจากปลีกล้วยความเข้มข้น 0.25, 0.50 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายดีพีพีเอชความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เทียบกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูลอิสระได้จากสมการและทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (จันทิมา นามโชติ, ศศมล ผาสุก, และปัณณ์รภัส ถกลภักดี, 2556)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูล DPPH (\%)} = \frac{\text{A control} - \text{A sample}}{\text{A control}} \times 100$$

A control คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม
A sample คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดตัวอย่าง

6. ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยทั้ง 3 สายพันธุ์ด้วยวิธีการรีดิวส์เฟอร์ริก (Ferric ion reducing antioxidant power assay: FRAP)

เตรียม FRAP reagent ประกอบด้วย สารละลายอะซิเตทบัฟเฟอร์ (acetate buffer) เข้มข้น 300 มิลลิโมลาร์ สารละลาย TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) เข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ และสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) เข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ อัตราส่วน 10:1:1 ทำการทดสอบโดยเริ่มจากปิเปตสารสกัดจากปลีกล้วยความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมกับ FRAP reagent ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ คำนวณหาค่า FRAP value เทียบกับกราฟมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) Assay Protocol)

ผลการวิจัย

ในการเตรียมสารสกัดหยาบจากปลีกล้วย 3 สายพันธุ์ คือ กล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม ด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เอทานอล เมทานอลและน้ำกลั่น พบว่าสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยทั้ง 3 สายพันธุ์ ด้วยน้ำกลั่นมีปริมาณผลผลิตร้อยละมากที่สุด รองลงมา คือ เอทานอลและเมทานอลตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยสารสกัดหยาบของปลีกล้วยด้วยเอทานอลและเมทานอล มีลักษณะเป็นของเหลวกึ่งแข็งสีเหลืองอ่อนจนถึงสีน้ำตาล มีความข้นหนืด ส่วนสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำขึ้นอยู่กับชนิดของกล้วย การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก พบว่าสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยน้ำว้าด้วยเอทานอลมีปริมาณ

สารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด (187.82 ± 1.47 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 1) สามารถดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอช ได้ด้วยค่า IC_{50} เท่ากับ 367.67 ± 0.011 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แต่มากกว่าสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกถึง 13 เท่า (ตารางที่ 3) และรีดิวส์เฟอร์ริกได้ดีที่สุด (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 1 แสดงร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้า ด้วยเอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่น

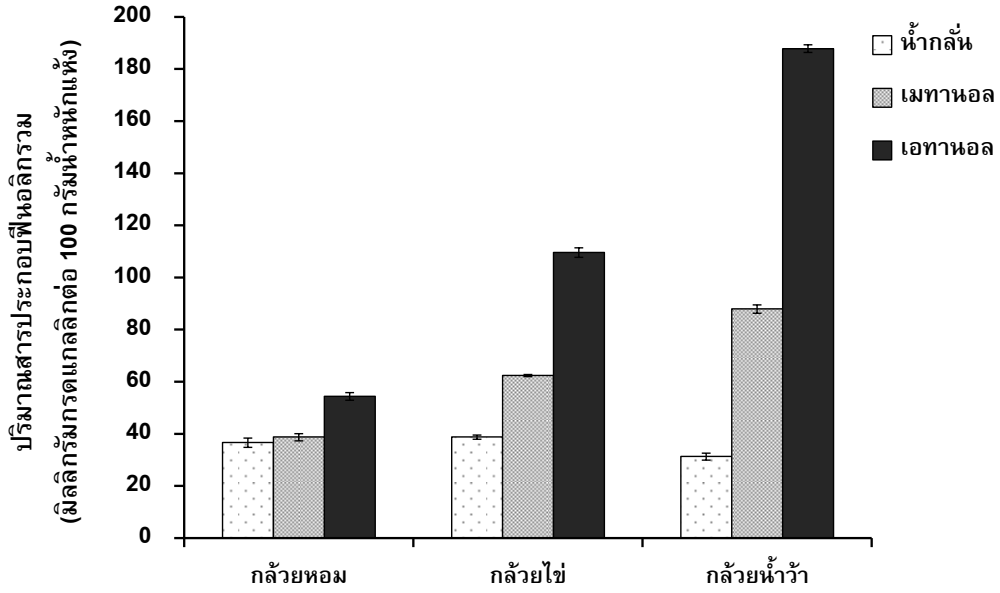
ชนิดปลีกล้วย	ชนิดตัวทำละลาย	น้ำหนักของสารสกัดหยาบ (กรัม)	ร้อยละผลผลิต (%yield dry weight)
ปลีกล้วยหอม	เอทานอล	0.4600 ± 0.03^{de}	4.60 ± 0.36^{de}
	เมทานอล	0.3569 ± 0.03^{def}	3.57 ± 0.32^{def}
	น้ำกลั่น	1.7383 ± 0.26^{a}	17.38 ± 2.56^{a}
ปลีกล้วยไข่	เอทานอล	0.1882 ± 0.07^{efgh}	1.88 ± 0.72^{efgh}
	เมทานอล	0.1135 ± 0.02^{fghi}	1.14 ± 0.18^{fghi}
	น้ำกลั่น	1.5834 ± 0.12^{ab}	15.83 ± 1.24^{ab}
ปลีกล้วยน้ำว้า	เอทานอล	0.4774 ± 0.02^{d}	4.77 ± 0.19^{d}
	เมทานอล	0.2762 ± 0.02^{defg}	2.76 ± 0.20^{defg}
	น้ำกลั่น	1.4268 ± 0.10^{bc}	14.27 ± 1.01^{bc}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.5)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้า ด้วยเอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่น

สารสกัดหยาบ	ชนิดตัวทำละลาย	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)
ปลีกล้วยหอม	เอทานอล	54.37 ± 1.49^{e}
	เมทานอล	38.69 ± 1.37^{fg}
	น้ำกลั่น	36.59 ± 1.79^{gh}
ปลีกล้วยไข่	เอทานอล	109.56 ± 1.81^{b}
	เมทานอล	62.34 ± 0.42^{d}
	น้ำกลั่น	38.73 ± 0.77^{f}
ปลีกล้วยน้ำว้า	เอทานอล	187.82 ± 1.47^{a}
	เมทานอล	87.90 ± 1.59^{c}
	น้ำกลั่น	31.23 ± 1.35^{i}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.5)

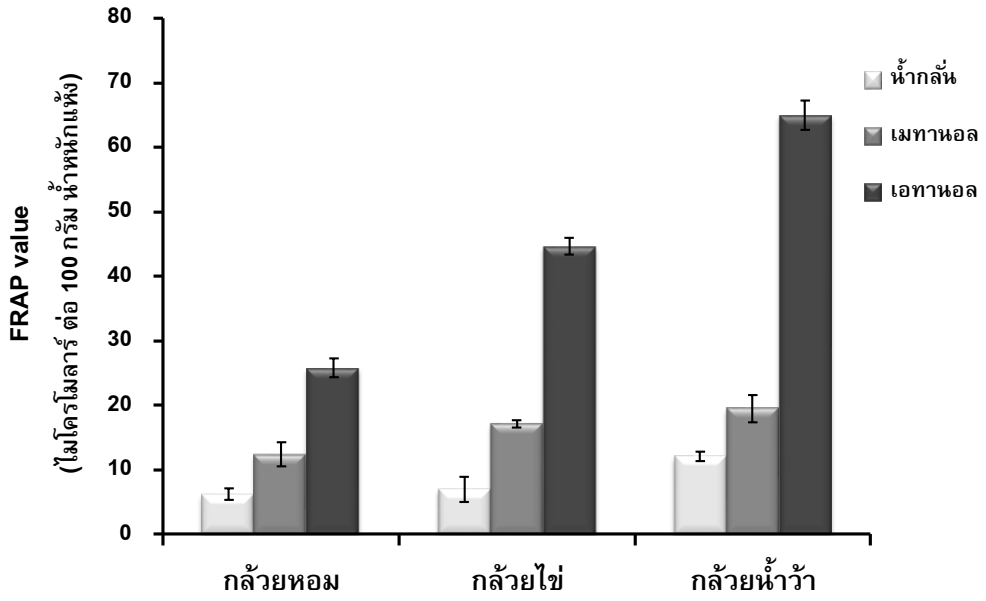


ภาพที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total phenolic compound) (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง) ในสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยหอม กล้วยไข่และกล้วยน้ำว้า

ตารางที่ 3 แสดงค่าร้อยละการดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (%Radical scavenging) และค่า IC_{50} ของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้า

สารสกัดหยาบ	ชนิดตัวทำละลาย	ร้อยละการดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (%Radical scavenging)	IC_{50} (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)
กรดแอสคอร์บิก	น้ำกลั่น	94.3 ± 0.50^{a}	27.51 ± 0.453^{a}
ปลีกล้วยหอม	เอทานอล	74.4 ± 1.40^{ef}	600.67 ± 0.010^{gh}
	เมทานอล	71.2 ± 2.32^{fgh}	627.67 ± 0.021^{hi}
	น้ำกลั่น	64.4 ± 0.81^{ij}	641.33 ± 0.007^{ij}
ปลีกล้วยไข่	เอทานอล	79.4 ± 1.63^{bcde}	517.33 ± 0.015^{e}
	เมทานอล	72.7 ± 1.62^{efg}	551.67 ± 0.008^{f}
	น้ำกลั่น	69.0 ± 0.70^{hi}	572.33 ± 0.001^{fg}
ปลีกล้วยน้ำว้า	เอทานอล	82.1 ± 0.85^{b}	367.67 ± 0.011^{b}
	เมทานอล	81.6 ± 1.86^{bc}	402.33 ± 0.003^{c}
	น้ำกลั่น	79.8 ± 0.58^{bcd}	418.33 ± 0.019^{cd}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.5)



ภาพที่ 2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้าด้วยเอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่น โดยวิธีการรีดิวส์เฟอร์ริก และแสดงเป็น FRAP value (ไมโครโมลาร์ ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การเตรียมสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่น พบว่า การสกัดด้วยน้ำกลั่นมีปริมาณร้อยละผลผลิตมากที่สุด แต่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมน้อยที่สุด ในขณะที่การสกัดปลีกล้วยทั้ง 3 สายพันธุ์ด้วยเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Joseph et al. (2014) ศึกษาสารสกัดจากปลีกล้วยสายพันธุ์ *Musa paradisiaca AAB Nendran variety* ด้วยตัวทำละลายแตกต่างกัน พบว่าสารสกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด (1.92 ± 0.02 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้ง) รองลงมาคือ เมทานอล (1.07 ± 0.01 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้ง) อะซีโตน (0.76 ± 0.04 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้ง) เอทิลอะซีเทต (0.71 ± 0.02 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้ง) น้ำ (0.66 ± 0.05 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้ง) และคลอโรฟอร์ม (0.23 ± 0.04 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัม น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ Schmidt et al. (2015) ได้สกัดปลีกล้วยสายพันธุ์ *Musa cavendishii* ด้วยเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตรต่อปริมาตร พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก รวมเท่ากับ 1,690 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง Sheng et al. (2011) พบว่าสารสกัดจากปลีกล้วยสายพันธุ์ *Musa spp*. Baxijiao และ Paradisiaca ด้วยเอทานอล มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 10.20 ± 0.03 และ 6.58 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

การศึกษาการดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอชพบว่าสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยน้ำว้าด้วยเอทานอลมีค่า IC_{50} ต่ำที่สุด (367.67 ± 0.011 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) แต่สูงกว่าสารสกัดจากปลีกล้วยสายพันธุ์ *Musa paradisiaca AAB Nendran variety* ด้วยเอทานอลซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 63 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Joseph et al., 2014) และสูงกว่าสารสกัดจากปลีกล้วยสายพันธุ์ *Musa spp*. Baxijiao และ Paradisiaca ด้วยเอทานอล ซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 4.84 และ 5.84 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Sheng et al., 2011)

การศึกษาการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีการรีดิวส์เฟอร์ริก พบว่าสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยน้ำว้าด้วยเอทานอลสามารถรีดิวส์เฟอรร์ริกได้ดีที่สุด โดยมีค่า FRAP value สูงที่สุดเท่ากับ 64.93 ± 2.25 ไมโครโมลาร์ ต่อ 1001 กรัม น้ำหนักแห้ง จากผลการทดลองพบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอชและการรีดิวส์เฟอร์ริกมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่เป็นองค์ประกอบเนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) โดยสารสกัดหยาบจากกล้วยน้ำว้าด้วยเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุดให้ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุดจากการทดสอบด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้น (สุวรรณี แสนทวีสุข และคณะ, 2555)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่การทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ. (2544). *ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย*. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข.

จันทิมา นามโชติ, ศศมล ผาสุก, และปัณณ์รภัส ถกลภักดี. (2556). ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากกิ่งมะขวิดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ ในการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5*, 251-260.

บุหรัน พันธุ์สวรรค์. (2556). อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 21 (3), 275-286.

ปริยานุช อินทร์รอด. (2551). *ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของส่วนสกัดจากต้นเร่วหอมและว่านสาวหลง*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, คณะวิทยาศาสตร์, สาขาวิชาชีวเคมี.

สุวรรณี แสนทวีสุข, ดวงใจ จงตามกลาง, ทัศน์วรรณ สมจันทร์, และปิติพงษ์ โตบันลือภพ. (2555). ปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมด ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสมุนไพรบางชนิด. *แก่นเกษตร*. 40 (ฉบับพิเศษ 2), 480-483.

โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจูง, จันทนา บุณยะรัตน์, และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. (2549). *สารต้านอนุมูลอิสระ*. นนทบุรี: พี.เอส.พริ้นท์.

Arya, K.S., & Sinija, V.R. (2016). Proximate composition and antioxidant activity of banana blossom of two cultivars in India**.** *International Journal of Agricultural and Food Science Technology*, *7* (1), 13-22.

Joseph, J., Paul, D., Kavitha, M.P., Dineshkumar, B., Menon, J.S., Bhat, A.R. &Krishnakumar, K. (2014). Preliminary phytochemical screening and *in vitro* antioxidant activity of Banana flower (*Musa paradisiaca AAB Nendran variety*). *Journal of Pharmacy Research*, *8* (2), 144 - 147.

Kumar, S. & Pandey, A.K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The Scientific World Journal Article*, 1-16.

Schmidt, M.M., Prestes, R.C., Kubota, E.H., Scapin, G. & Mazutti, M.A. (2015). Evaluation of antioxidant activity extracts of banana inflorescences (*Musa cavendishii*). *Journal of Food, 13* (4), 498-505.

Sheng, Z.W., Ma, W.H., Gao, J.H., Bi, Y., Zhang, W.M., Dou, H.T. & Jin, Z.Q. (2011). Antioxidant properties of banana flower of two cultivars in China using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH,) reducing power, 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonate (ABTS) and inhibition of lipid peroxidation Assays. *African Journal of Biotechnology, 10* (21): 4470-4477.

Sheng, Z.W., Ma, W.H., Jin, Z.Q., Bi, Y., Sun, Z.G., Dou, H.T., & Han, L.N. (2010). Investigation of dietary fiber, protein, vitamin E and other nutritional compounds of banana flower of two cultivars grown in China. *African Journal of Biotechnology, 9* (25), 3888-3895.

Timsina, B. & Nadumane V.K. (2014) Anti-cancer potential of banana flower extract: an in vitro study. *Bangladesh Journal of Pharmacology, 9*: 628-635.