การศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชันและสหสัมพันธ์ของสารต้านออกซิเดชันของสมุนไพรในสวนครัว 8 ชนิด**

Study of Antioxidant Activity and Correlation of Antioxidant Compounds in Eight Species of Garden Herbs**

อินทิรา ขูดแก้ว* และ ภาริตา ลิมปิโชติกุล
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

Intira Koodkaew and Parita Limpichotikul
Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng-Saen Campus, Nakhon Pathom

บทคัดย่อ

สมุนไพรในสวนครัวหมายถึงพืชที่นำมาปลูกในสวนบริเวณบ้านเพื่อใช้เป็นอาหารในครัวและมีสรรพคุณทางยา การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน และปริมาณสารต้านออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอล แคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์ และศึกษาสหสัมพันธ์ของสารประกอบเหล่านี้กับฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในสมุนไพรในสวนครัว 8 ชนิด โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ พืชที่รับประทานส่วนของผลและเมล็ด (กลุ่มผล) ได้แก่ มะนาว (*Citrus x aurantiifolia* (Christm.) Swingle) เสาวรส (*Passiflora laurifolia* L.) ฟักข้าว (*Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng.) และมะแว้งเครือ (*Solanum trilobatum* L.) และพืชที่รับประทานส่วนของใบ (กลุ่มใบ) ได้แก่ เตยหอม (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) ยี่หร่า (*Ocimum gratissimum* L. var. *macrophyllum* Briq.) ช้าพลู (*Piper sarmentosum* Roxb.) และบัวบก (*Centella asiatica* (L.) Urb.) เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบต่างๆ ระหว่างชนิดพืช โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของพืชในแต่ละกลุ่มด้วยวิธี Pearson correlation จากผลการศึกษาพบว่าพืชทุกชนิดมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน โดยมีค่าความเข้มข้นที่ใช้ในการต้านออกซิเดชันที่ร้อยละ 50 (EC_{50}) อยู่ในช่วง 2.24 ± 0.25 ถึง 11.28 ± 0.71 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มะแว้งเครือและเสาวรสมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด ฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันแปรผันตามปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่พบในพืช แต่ไม่แปรผันตามปริมาณสารประกอบฟีนอล และแคโรทีนอยด์ในพืชทั้งสองกลุ่ม และพบว่าฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันของพืชกลุ่มใบมีสหสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบในใบพืช

คำสำคัญ: สมุนไพรในสวนครัว สารต้านออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอล คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์

* ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)
e-mail: faasirk@ku.ac.th

** กิตติกรรมประกาศ
ได้รับทุนอุดหนุนจากภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณ 2559

Abstract

Garden herbs grown around the house are used not only as food but also for medicinal purposes. The objective of this study was to investigate the antioxidant activity, antioxidant compounds, phenolic compounds, carotenoid and chlorophyll contents as well as to study the correlation between these substances and antioxidant capacities in eight species of garden herbs. The garden herbs were divided into two groups: 1) Fruit-part-consumption (FC), namely *Citrus x aurantiifolia* (Christm.) Swingle, *Passiflora laurifolia* L., *Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng. and *Solanum trilobatum* L. and 2) Leaf-part-consumption (LC), namely *Pandanus amaryllifolius* Roxb., *Ocimum gratissimum* L. var. *macrophyllum* Briq., *Piper sarmentosum* Roxb. and *Centella asiatica* (L.) Urb. Antioxidant activity and metabolite content between each species were compared using one-way ANOVA and correlations between factors in each plant group were analyzed by Pearson correlation. It was found that all of the eight species had antioxidant activity, with 50% effective concentration (EC_{50}) ranges from 2.24 ± 0.25 to 11.28 ± 0.71 mg mL^{-1}. *S. trilobatum* L. and *P. laurifolia* L. showed the highest antioxidant activity. Antioxidant activity was correlated with antioxidant compound contents but no correlation was observed with phenolic compounds and carotenoid contents in both FC and LC groups. However, antioxidant activity in LC showed significant correlation with chlorophyll content in leaves.

Keywords: Garden herbs, Antioxidant, Phenolic compound, Chlorophyll, Carotenoid

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความหลากหลายของทรัพยากรทางชีวภาพ โดยมีความหลากหลายของพันธุ์พืช สมุนไพร พันธุ์สัตว์ และแร่ธาตุ จึงมีการใช้ยาสมุนไพรในการรักษาโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ ในครัวเรือนมาเป็นเวลานาน ปัจจุบันทั่วโลกให้ความสนใจกับพืชสมุนไพรเป็นอย่างมาก เนื่องจากตระหนักถึงผลข้างเคียงและความเป็นพิษของยาเคมีสังเคราะห์ (Indranupakorn, 2007) พืชสมุนไพรหลายชนิดเป็นพืชที่ปลูกเป็นพืชสวนครัว เรียกว่า สมุนไพรในสวนครัว ซึ่งหมายถึงพืชที่นำมาปลูกในบ้านหรือในบริเวณบ้านเพื่อใช้เป็นอาหารและมีสรรพคุณเป็นยารักษาโรค หรือช่วยส่งเสริมให้มีสุขภาพดีขึ้น (Gritsanapan et al., 1998) และในปัจจุบัน กระแสความนิยมในการรับประทานอาหารหรือพืชผักเพื่อสุขภาพมีมากขึ้น ความต้องการในการบริโภคสมุนไพรในสวนครัวจึงเพิ่มขึ้น

อนุมูลอิสระ (Free radicals) คือโมเลกุลหรือไอออนที่ไม่เสถียร และมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆ ในร่างกาย ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ดีเอ็นเอ (Halliwell, 2007) เกิดจากกระบวนการต่างๆ ในร่างกาย และสิ่งกระตุ้นจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความเสื่อมของร่างกาย ความเจ็บป่วย และโรคภัยต่างๆ ปกติภายในร่างกายมีกลไกป้องกันตัวเองจากอนุมูลอิสระ โดยอาศัยการทำงานของสารต้านออกซิเดชันที่ร่างกายสร้างขึ้น เช่น เอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD), Catalase (CAT) และ Peroxidase (POX) เป็นต้น (Wu et al., 2013) แต่ถ้าจำนวนอนุมูลอิสระมีมากเกินไปจำเป็นต้องได้รับสารต้านออกซิเดชันจากภายนอก ซึ่งสามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ (Synthetic antioxidants) และสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ (Natural antioxidants) สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ เช่น Propyl gallate, Butylatedhydroxyanisole (BHA), Butylatedhydroxytoluene (BHT) และ Tertiary butylhydroquinone (TBHQ) ซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชันที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน อันเป็นสาเหตุให้อาหารมีรสชาติ กลิ่น และสีที่เปลี่ยนแปลงไป สารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดในการใช้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติเป็นกลุ่มสารที่ได้รับความสนใจและมีการศึกษาค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีความเชื่อมั่นว่าปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ สารประกอบฟีนอล (Phenolic compounds) เช่น ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) และแอนโทไซยานิน (Anthocyanins) เป็นต้น (Yen & Hsieh, 1997; Sanchez-Moreno et al., 2000; Pokorny et al., 2001) นอกจากนั้นยังมีสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) และคลอโรฟิลล์ (Chlorophylls) ที่นอกจากเป็นรงควัตถุที่จำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้ว ยังมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้ดีด้วย (Pokorny et al., 2001; Hsu et al., 2013) สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติส่วนใหญ่ได้จากการรับประทานอาหารที่มีสารต้านออกซิเดชันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งพบมากในพืชผัก จึงมีการศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในพืชหลายชนิด อาทิ บัวบก ขี้เหล็ก ตำลึง แมงลัก กระเพรา (Saenthaweesuk et al., 2012) และกระเจี๊ยบ (Christian & Jackson, 2009) เป็นต้น

สมุนไพรในสวนครัวที่สนใจศึกษาในงานวิจัยนี้แบ่งย่อยเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มรับประทานส่วนของผลและเมล็ด ได้แก่ มะนาว เสาวรส ฟักข้าว และมะแว้งเครือ และกลุ่มที่รับประทานส่วนของใบ ได้แก่ เตยหอม ยี่หร่า ช้าพลู และบัวบก พืชทั้ง 8 ชนิดนี้เป็นพืชที่ค่อนข้างนิยมปลูกไว้รับประทานเองในครัวเรือน และเป็นพืชที่มีการศึกษายังไม่แพร่หลาย ถึงแม้ว่าบางชนิดมีรายงานถึงสารต้านออกซิเดชัน เช่น เตยหอม (Moeiklang & Ruangviriyachai, 2014) และบัวบก (Saenthaweesuk et al., 2012) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานแสดงสหสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบต่างๆ ที่มีรายงานว่ามีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของพืชเหล่านี้ การทราบถึงคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันและสหสัมพันธ์ของสารประกอบสำคัญต่างๆ ในพืชเหล่านี้ จะเป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญในการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรในสวนครัวในการพัฒนาเป็นยา รวมถึงเป็นข้อสนับสนุนให้มีการรับประทานพืชสวนครัวเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน ปริมาณสารต้านออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอล แคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์ของพืชสมุนไพรในสวนครัว 8 ชนิด

2. เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารต้านออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอล แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ และฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน ในพืชกลุ่มรับประทานส่วนของผลและเมล็ด และกลุ่มที่รับประทานส่วนของใบ

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างพืช

เก็บรวบรวมพืชสมุนไพรในสวนครัว 8 ชนิด 8 วงศ์ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) พืชที่รับประทานส่วนของผลและเมล็ด (กลุ่มผล) ได้แก่ มะนาว เสาวรส ฟักข้าว และมะแว้งเครือ 2) พืชที่รับประทานส่วนของใบ (กลุ่มใบ) ได้แก่ เตยหอม ยี่หร่า ช้าพลู และบัวบก (Gritsanapan et al., 1998; Suanluang Rama IX., 2015) จากอำเภอกำแพงแสน (มะนาว เสาวรส มะแว้งเครือ และช้าพลู) และอำเภอบ้านแพ้ว (ฟักข้าว และบัวบก) จังหวัดนครปฐม และอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี (เตยหอม และยี่หร่า) (ตารางที่ 1)

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านออกซิเดชัน

วิเคราะห์หาปริมาณสารต้านออกซิเดชันด้วยวิธี 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity assay ดัดแปลงจากวิธีการของ Brand-Williams et al. (1995) ชั่งตัวอย่างพืช 1 กรัม บดให้ละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว และสกัดตัวอย่างพืชด้วย Absolute ethanol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายใสส่วนบนปริมาตร 1.9 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer (รุ่น S-20 บริษัท BOECO, Germany) ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสารต้านออกซิเดชันโดยการเปรียบเทียบค่าดูดกลืนแสงของสารสกัดจากตัวอย่างพืชกับสารมาตรฐาน Trolox โดยมีสมการของกราฟมาตรฐานดังนี้

$$y = -0.0581x + 1.4949 \ (R^2 = 0.9938)$$

ดังนั้นปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ได้จะแสดงในหน่วย มิลลิกรัม Trolox Equivalent (TE) ต่อกรัม (น้ำหนักสดของเนื้อเยื่อพืช)

ตารางที่ 1 ชื่อท้องถิ่น ชื่อสามัญ ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อวงศ์ และส่วนที่ใช้ทดสอบของสมุนไพรในสวนครัว 8 ชนิด

ชื่อท้องถิ่น	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์	ส่วนที่ใช้ทดสอบ[1]
พืชที่รับประทานส่วนของผลและเมล็ด (กลุ่มผล)				
มะนาว	Lime	*Citrus x aurantiifolia* (Christm.) Swingle	Rutaceae	เกล็ด (juice sac), เปลือก (rind)
เสาวรส	Passion fruit	*Passiflora laurifolia* L.	Passifloraceae	เมล็ด (seed) และเยื่อหุ้มเมล็ด (aril)
ฟักข้าว	Spiny bitter gourd	*Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng.	Cucurbitaceae	เยื่อหุ้มเมล็ด (aril)
มะแว้งเครือ	Purple fruited pea eggplant	*Solanum trilobatum* L.	Solanaceae	ทั้งผล
พืชที่รับประทานส่วนของใบ (กลุ่มใบ)				
เตยหอม	Fragrant pandan	*Pandanus amaryllifolius* Roxb.	Pandanaceae	ใบ
ยี่หร่า	Tree basil	*Ocimum gratissimum* L. var. *macrophyllum* Briq.	Lamiaceae	ใบ
ช้าพลู	Vietnamese pepper	*Piper sarmentosum* Roxb.	Piperaceae	ใบ
บัวบก	Asiatic pennywort	*Centella asiatica* (L.) Urb.	Apiaceae	ใบ

หมายเหตุ [1] ส่วนที่ใช้ทดสอบของพืชกลุ่มผลและกลุ่มใบทั้ง 8 ชนิด เลือกใช้ผลสดและใบสดในระยะเจริญเติบโตเต็มที่พร้อมรับประทาน มะนาวและมะแว้งเครือใช้ผลดิบ เสาวรสและฟักข้าวใช้ผลสุก กลุ่มใบ ใช้ใบสีเขียวเข้ม มีการคลี่ใบเต็มที่

3. การวิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน

วิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในพืชด้วยวิธี DPPH assay ดัดแปลงจากวิธีการของ Brand-Williams et al. (1995) เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านออกซิเดชัน แต่เตรียมสารละลายตัวอย่างพืชให้ได้ความเข้มข้น 0, 1,000, 2,000, 3,000, 4,000 และ 5,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หลังจากวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร นำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การออกฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน หรือเปอร์เซ็นต์ในการกำจัดอนุมูลอิสระ (% Radical scavenging) ดังสมการ

$$\% \text{ Radical scavenging} = [(A_0 - A_1)/A_0] \times 100$$

เมื่อ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของชุดควบคุม และ A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารตัวอย่างผสมกับ DPPH (Molyneux, 2004) จากนั้นนำค่า % Radical scavenging ที่ได้ในแต่ละความเข้มข้นมาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างพืช และ % Radical scavenging และหาค่า 50% Effective Concentration (EC_{50}) หรือค่าความเข้มข้นหรือค่าประสิทธิภาพของสารที่ใช้ในการต้านออกซิเดชันได้ร้อยละ 50 โดยใช้ Trolox เป็นสารละลายมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบ

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมด้วย Folin-Ciocalteu reagent (FC) (Singleton et al., 1999) บดตัวอย่างพืช 1 กรัม ด้วยไนโตรเจนเหลว สกัดด้วยตัวทำละลาย Ethanol ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำสารละลายใสส่วนบนปริมาตร 50 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย FC ปริมาตร 250 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 8 นาที จากนั้นใส่สารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 750 ไมโครลิตร และเติมน้ำกลั่น 950 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมโดยการเปรียบเทียบค่าดูดกลืนแสงของสารสกัดจากตัวอย่างพืชกับสารมาตรฐาน Gallic acid โดยมีสมการของกราฟมาตรฐานดังนี้

$$y = 0.0055x + 0.0634 \ (R^2 = 0.9931)$$

ดังนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมที่ได้ จะแสดงในหน่วยของมิลลิกรัม Gallic Acid Equivalent หรือ GAE ต่อกรัม (น้ำหนักสดของเนื้อเยื่อพืช)

5. การวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์

วิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์รวม โดยชั่งตัวอย่างพืช 1 กรัม หั่นชิ้นส่วนพืชเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วแช่ชิ้นส่วนพืชในสารละลาย Dimethyl sulfoxide (DMSO) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มืด เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำสารละลายส่วนบนที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 440 645 และ 663 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer คำนวณหาค่าปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและแคโรทีนอยด์ จากสมการของ Arnon (1949) โดยมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักสดของเนื้อเยื่อพืช)

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R (R Core Team, 2015) เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, one-way ANOVA) สุ่มตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์แบบ Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple-Range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยวิธี Pearson correlation

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ปริมาณสารต้านออกซิเดชัน

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านออกซิเดชันพบว่า พืชสวนครัวกลุ่มผลมีปริมาณสารต้านออกซิเดชันสูงกว่าพืชกลุ่มใบ โดยพบว่า เกล็ดมะนาวมีปริมาณสารต้านออกซิเดชันสูงที่สุด คือ 1.30 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเสาวรสและเปลือกมะนาว คือ 1.25 ± 0.01 และ 1.24 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ รองลงมา ได้แก่ มะแว้งเครือ พบปริมาณสารต้านออกซิเดชัน 1.23 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อกรัม และฟักข้าวมีปริมาณสารต้านออกซิเดชันน้อยที่สุดในกลุ่มผล (1.09 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อกรัม) และปริมาณสารต้านออกซิเดชันพืชกลุ่มใบอยู่ในช่วง 0.93 ± 0.02 ถึง 0.98 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อกรัม (ภาพที่ 1)

2. ฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน

การศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันนิยมรายงานผลเป็นค่า 50% Effective Concentration (EC_{50}) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH assay ซึ่งหมายถึงปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของ $DPPH^{\bullet}$ ลดลงครึ่งหนึ่ง $DPPH^{\bullet}$ จัดเป็นสารอนุมูลอิสระที่มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา โดยค่า EC_{50} ที่น้อย แสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีในการต้านออกซิเดชัน และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน การศึกษานี้ใช้ Trolox เป็นสารต้านออกซิเดชันมาตรฐาน ซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

จากผลการศึกษาพบว่าสมุนไพรในสวนครัวทั้ง 8 ชนิดมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน โดยมีค่า EC_{50} อยู่ในช่วง 2.24 ± 0.25 ถึง 11.28 ± 0.71 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยมะแว้งเครือ มีค่า EC_{50} น้อยที่สุด คือ 2.24 ± 0.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงว่ามีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเสาวรส ซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 2.51 ± 0.16 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร รองลงมา ได้แก่ บัวบก และช้าพลู โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 2.94 ± 0.13 และ 3.59 ± 0.62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และฟักข้าวมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันต่ำที่สุด โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 11.28 ± 0.71 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 1) จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่ามะแว้งเครือและเสาวรสมีปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่สูง (ภาพที่ 1) ส่งผลให้มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่สูงขึ้นไปด้วย เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Naijitra & Cheoymang (2016) ศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสมุนไพร 15 ชนิด พบว่ามะแว้งเครือมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันค่อนข้างสูงกว่าพืชชนิดอื่น ในกรณีของฟักข้าว พบว่ามีปริมาณสารต้านออกซิเดชันลดลงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับมะแว้งเครือและเสาวรส ซึ่งทำให้มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันต่ำที่สุดในพืชทั้ง 8 ชนิด ซึ่งไม่สอดคล้องกับรายงานของ Kubola & Siriamornpun (2011) ที่ระบุว่าเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่สูงแต่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ต่ำ สำหรับในกรณีของเปลือกมะนาว พบว่ามีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ต่ำกว่าเสาวรส ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ไม่แตกต่างกัน

3. ปริมาณสารประกอบฟีนอล

ปริมาณสารประกอบฟีนอลพบสูงที่สุดทั้งในพืชสวนครัวกลุ่มผล ได้แก่ เปลือกมะนาวและฟักข้าว และกลุ่มใบ ได้แก่ ยี่หร่าและบัวบก โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม เท่ากับ 1.56 ± 0.09, 1.53 ± 0.06, 1.32 ± 0.25 และ 1.40 ± 0.06 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และเกล็ดมะนาวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมต่ำที่สุด คือ 0.36 ± 0.04 มิลลิกรัมต่อกรัม (ภาพที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guimaraes et al. (2010) รายงานว่าเปลือกมะนาวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมสูงที่สุด และเกล็ดมะนาวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลเพียงเล็กน้อย

4. ปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์

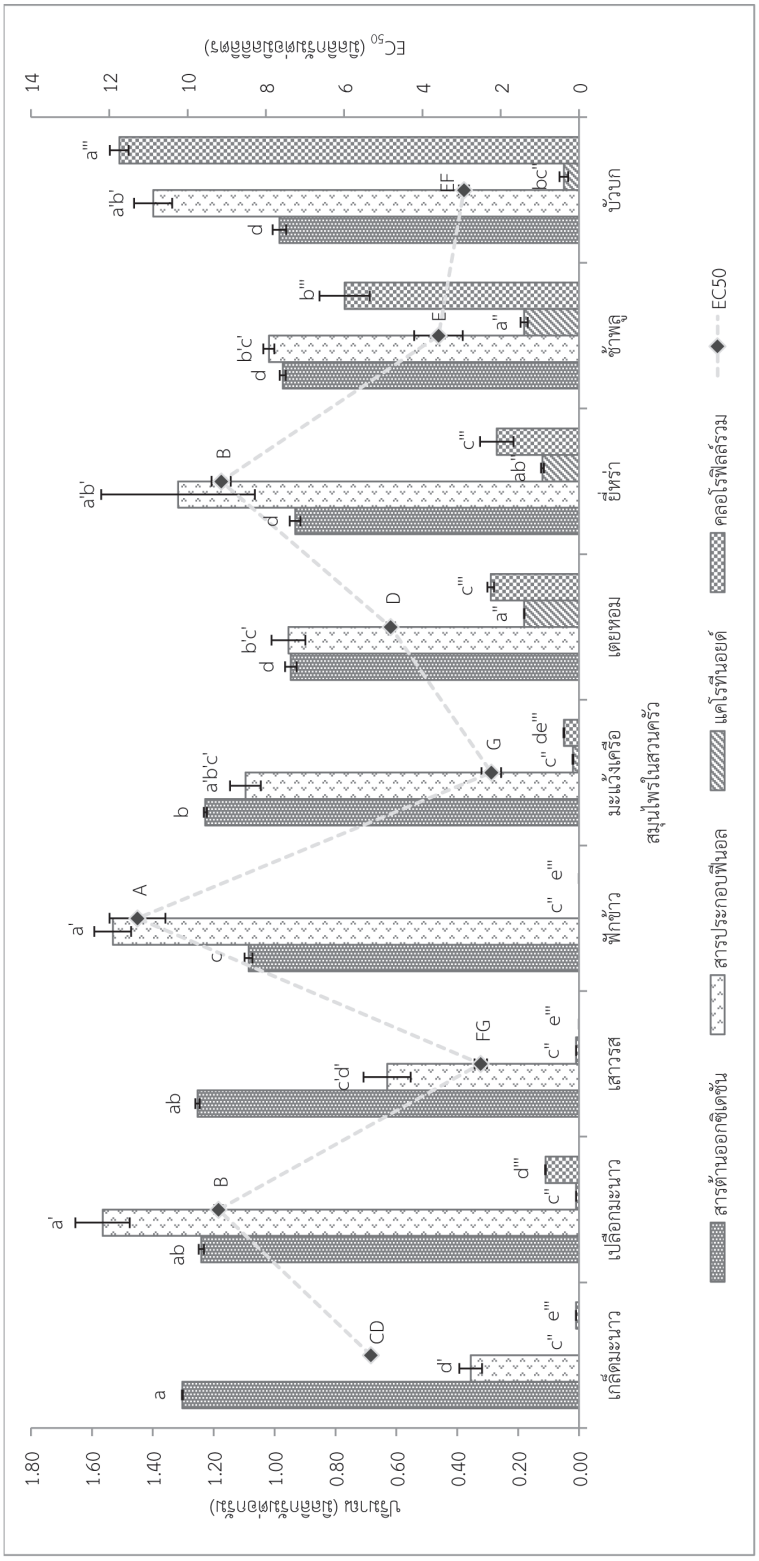
จากการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ พบว่าพืชสวนครัวกลุ่มใบมีปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์รวม สูงกว่าพืชสวนครัวกลุ่มผลอย่างเห็นได้ชัด โดยพบว่าเตยหอมและช้าพลูมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุดคือ 0.18 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อกรัม และบัวบกมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมสูงที่สุดเท่ากับ 1.51 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อกรัม (ภาพที่ 1) จากการศึกษาพบปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ในพืชกลุ่มใบมากกว่ากลุ่มผล เนื่องจากสารทั้งสองกลุ่มเป็นรงควัตถุที่เกี่ยวข้องในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งพบมากในใบพืช

5. สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารต้านออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอล แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

การศึกษานี้วัดฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH$^{\bullet}$ assay ซึ่งเป็นวิธีการวัดฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของสารประกอบที่สามารถให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ DPPH$^{\bullet}$ ได้ (Molyneux, 2004) เช่น สารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล แคโรทีนอยด์ แอนโทไซยานิน ฟลาโวนอยด์ และคลอโรฟิลล์ เป็นต้น (Al-Jaber et al., 2011; Hsu et al., 2013) จึงวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารต้านออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอล แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์รวม และ EC_{50} ซึ่งแสดงถึงฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน โดยแยกวิเคราะห์เป็นพืชกลุ่มผลและพืชกลุ่มใบ

สมุนไพรในสวนครัวกลุ่มผล พบว่าค่า EC_{50} หรือฤทธิ์การต้านออกซิเดชันมีสหสัมพันธ์เชิงลบ (-0.626) กับปริมาณสารต้านออกซิเดชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือเมื่อปริมาณสารต้านออกซิเดชันเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่า EC_{50} ต่ำลง หมายถึงมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเพิ่มมากขึ้น โดยสารต้านออกซิเดชันในพืชกลุ่มผลไม่มีสหสัมพันธ์กับปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ และมีสหสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณสารประกอบฟีนอล และปริมาณสารประกอบฟีนอลมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับค่า EC_{50} (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าสารต้านออกซิเดชันที่ส่งผลต่อฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในพืชกลุ่มผล อาจไม่ใช่สารในกลุ่มฟีนอล คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ แต่เป็นสารประกอบที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในกลุ่มอื่น

สมุนไพรในสวนครัวกลุ่มใบ พบว่าค่า EC_{50} มีสหสัมพันธ์เชิงลบ (-0.584) กับปริมาณสารต้านออกซิเดชัน แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีสหสัมพันธ์เชิงลบ (-0.647) กับปริมาณคลอโรฟิลล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้น (ค่า EC_{50} ต่ำลง) โดยฤทธิ์การต้านออกซิเดชันไม่แปรผันกับปริมาณสารประกอบฟีนอลและแคโรทีนอยด์ (ตารางที่ 2) จึงอาจกล่าวได้ว่า สารประกอบที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในพืชกลุ่มใบ น่าจะเป็นสารคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบพืช คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุที่พบในพืชสีเขียวทุกชนิด โครงสร้างประกอบด้วยวงแหวน Porphyrin และสายไฮโดรคาร์บอน Phytol โดยมีรายงานว่าคลอโรฟิลล์และ Porphyrin มีคุณสมบัติในการต้านการก่อกลายพันธุ์ (Antimutagenic) (Harttig & Bailey, 1998) และเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญในพืช (Hsu et al., 2013) นอกจากนี้ จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่าช้าพลูและบัวบกมีค่า EC_{50} ที่ต่ำ และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลค่อนข้างสูง ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันอาจเป็นผลมาจากสารประกอบฟีนอล แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์พบว่าไม่มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 1 ปริมาณสารต้านออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอล แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์รวม และ EC_{50} ของสมุนไพรในสวนครัว 8 ชนิด ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) และตัวอักษรที่กำกับในแต่ละกราฟแท่งและกราฟเส้นที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ค่า EC_{50} ของสารมาตรฐาน Trolox เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างสารต้านออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอล แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์รวม และ EC_{50}

	สารต้านออกซิเดชัน	**สารประกอบฟีนอล**	**แคโรทีนอยด์**	**คลอโรฟิลล์รวม**	**EC_{50}**
พืชที่รับประทานส่วนของผลและเมล็ด (กลุ่มผล)					
สารต้านออกซิเดชัน	1	-0.706**	0.037	0.169	-0.626*
สารประกอบฟีนอล		1	0.483	0.556*	0.677**
แคโรทีนอยด์			1	0.768**	-0.211
คลอโรฟิลล์รวม				1	0.195
EC_{50}					1
พืชที่รับประทานส่วนของใบ (กลุ่มใบ)					
สารต้านออกซิเดชัน	1	-0.077	-0.265	0.660	-0.584
สารประกอบฟีนอล		1	-0.634*	0.398	0.424
แคโรทีนอยด์			1	-0.681*	0.107
คลอโรฟิลล์รวม				1	-0.647*
EC_{50}					1

หมายเหตุ: *,** มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สารประกอบฟีนอลเป็นสารกลุ่มสำคัญในการออกฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน จึงส่งผลให้พืชที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงมักมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ดีด้วย (Barreira et al., 2008; Butsat & Siriamornpun, 2010; Kubola & Siriamornpun, 2011) อย่างไรก็ตาม สารประกอบฟีนอลในพืชมีหลากหลายชนิด บางชนิดมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่สูง บางชนิดมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ต่ำ หรือบางชนิดไม่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันแต่ออกฤทธิ์ทางชีววิทยาในด้านอื่นๆ (Rice-Evans et al., 1997; Huang et al., 2010) จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ในการศึกษานี้พบว่าฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นไม่ได้เป็นผลมาจากปริมาณสารประกอบฟีนอล ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Souri et al. (2008) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลไม่มีสหสัมพันธ์กับฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน เมื่อตรวจสอบในสมุนไพรจำนวน 24 ชนิด ซึ่งอาจเนื่องมาจากหลายเหตุผล อาทิ ในกรณีที่พืชมีปริมาณสารประกอบฟีนอลต่ำ แต่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง เช่น เสาวรส (ภาพที่ 1) อาจเนื่องมาจากสารประกอบฟีนอลบางชนิดที่พบในพืชนั้นมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ดี หรือเป็นฤทธิ์มาจากสารต้านออกซิเดชันกลุ่มอื่น หรือในกรณีที่พืชมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูง แต่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันต่ำ เช่น ฟักข้าว (ภาพที่ 1) อาจเนื่องมาจากปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ตรวจพบ ส่วนใหญ่ไม่ได้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Souri et al., 2008)

การศึกษานี้ พบว่าพืชที่นำมาศึกษาทุกชนิด มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ โดยพบรายงานการศึกษาอื่นๆ มีทั้งที่ให้ผลสอดคล้องกันและแตกต่างกัน อาทิ Guimaraes et al. (2010) รายงานว่าเปลือกมะนาวมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่สูงเมื่อเทียบกับพืชตระกูลส้มอื่นๆ Kubola & Siriamornpun (2011) พบว่าเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่สูง แต่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันค่อนข้างต่ำกว่าส่วนอื่นๆ ของผลฟักข้าว และ Tharasena & Lawan (2014) ศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของผักเคียง 28 ชนิด พบว่าใบบัวบกมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่สูง เมื่อเทียบกับผักเคียงชนิดอื่น ซึ่งสอดคล้องกับ Saenthaweesuk et al. (2012) พบว่าใบบัวบกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลที่สูง และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่สูง และมีรายงานว่าช้าพลูมีปริมาณสารประกอบฟีนอลและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่สูงเช่นกัน (Tharasena & Lawan, 2014) ผลการศึกษาที่แตกต่างกันอาจเนื่องจากอิทธิพลของหลายปัจจัย เช่น แหล่งเพาะปลูก และฤดูกาล ส่งผลให้พืชมีการสร้างสารพฤกษเคมีที่แตกต่างกัน (Butsat & Siriamornpun, 2010) นอกจากนี้ ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารจากตัวอย่างพืชมีผลต่อปริมาณสารประกอบต่างๆ เช่น เตยหอมที่สกัดด้วย Propylene glycol มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงกว่าในเตยหอมที่สกัดด้วย Ethanol (Jimtaisong & Krisdaphong, 2013) และ Harirutsaree & Keeratipibul (1995) รายงานว่าตัวทำละลาย Acetone มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการสกัดแคโรทีนอยด์จากเปลือกส้มเขียนหวาน รองลงมาคือ Ethanol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วย Petroleum ether

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณสมบัติของการต้านออกซิเดชันของสมุนไพรในสวนครัว 2 กลุ่ม 8 ชนิด พบว่าพืชทั้ง 8 ชนิด มีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชัน โดยมะแว้งเครือและเสาวรสมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงที่สุด ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันมีสหสัมพันธ์กับปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่พบในพืช แต่ไม่มีสหสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลและแคโรทีนอยด์ทั้งในพืชกลุ่มผลและกลุ่มใบ และพบว่าฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันของพืชกลุ่มใบมีสหสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ ผลการศึกษานี้จัดเป็นความรู้พื้นฐานเพื่อการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรในสวนครัวให้มากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากสภาวะแวดล้อมที่พืชมีการเจริญเติบโต มีผลต่อการสร้างสารพฤกษเคมีในพืช จึงควรศึกษาปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม โดยเก็บตัวอย่างพืชจากต่างพื้นที่ หรือต่างฤดูกาล มาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบภายในพืช

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของสมุนไพรในสวนครัวหรือการออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่อสัตว์ทดลอง เพื่อพัฒนาพืชสมุนไพรสำหรับใช้ในการรักษาโรค รวมถึงเป็นข้อมูลในการส่งเสริมให้ครัวเรือนมีการปลูกพืชสวนครัวที่มีฤทธิ์ทางยาไว้รับประทาน เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ

References

Al-Jaber, N.A., Awaad, A.S. & Moses, J.E. (2011). Review on Some Antioxidant Plants Growing in Arab World. *Journal of Saudi Chemical Society,* 15, 293-307.

Arnon, D.I. (1949). Copper Enzyme in Isolated Chloroplast. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris. Plant Physiology,* 24, 1-15.

Barreira, C.M.J., Ferreira, C.F.R.I., Beatriz, M., Oliveira, P.P.J. & Pereira, A. (2008). Antioxidant Activities of The Extracts from Chestnut Flower, Leaf, Skins and Fruit. *Food Chemistry,* 107, 1106-1113.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT-Food Science and Technology,* 28(1), 25-30.

Butsat, S. & Siriamornpun, S. (2010). Antioxidant Capacities and Phenolic Compounds of the Husk, Bran and Endosperm of Thai Rice. *Food Chemistry,* 119, 606-613.

Christian, K.R. & Jackson, J.C. (2009). Changes in Total Phenolic and Monomeric Anthocyanin Composition and Antioxidant Activity of Three Varieties of Sorrel *(Hibiscus sabdariffa)* During Maturity. *Journal of Food Composition and Analysis,* 22, 663-667.

Gritsanapan, W., Somanabandhu, A. & Suriyapananont, S. (1998). *Gardening Herbs.* Bangkok: Medical Media Printing House.

Guimaraes, R., Barros, L., Barreira, J.C.M., Sousa, M.J., Carvalho, A.M. & Ferreira, I.C.F.R. (2010). Targeting Excessive Free Radicals with Peels and Juices of Citrus Fruits: Grapefruit, Lemon, Lime and Orange. *Food and Chemical Toxicology,* 48, 99-106.

Halliwell, B. (2007). Biochemistry of Oxidative Stress. *Biochemical Society Transactions,* 35, 1147-1150.

Harirutsaree, S. & Keeratipibul, S. (1995). Extraction of Carotenoids from Tangerine *Citrus reticulate* Blanco Peel. In *Proceedings of the 33rd Kasetsart University Annual Conference* (pp 331-338). Bangkok: Kasetsart University.

Harttig, U. & Bailey, G.S. (1998). Chemoprotection by Natural Chlorophylls In Vivo: Inhibition of Dibenzo[a,l]pyrene- DNA Adducts in Rainbow Trout Liver. *Carcinogenesis,* 19(7), 1323-1326.

Hsu, C., Chao, P., Hu, S. & Yang, C. (2013). The Antioxidant and Free Radical Scavenging Activities of Chlorophylls and Pheophytins. *Food and Nutrition Sciences,* 4, 1-8.

Huang, W.Y., Cai, Y.Z. & Zhang, Y. (2010). Natural Phenolic Compounds from Medicinal Herbs and Dietary Plants: Potential Use for Cancer Prevention. *Nutrition and Cancer,* 62, 1-20.

Indranupakorn, R. (2007). *Screening and Isolation Active Constituents from Herbs. (2nd ed.)* Bangkok: Chulalongkorn University Press.

Jimtaisong, A. & Krisdaphong, P. (2013). Antioxidant Activity of *Pandanus amaryllifolius* Leaf and Root Extract and Its Application in Topical Emulsion. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research,* 12, 425-431.

Kubola, J. & Siriamornpun, S. (2011). Phytochemicals and Antioxidant Activity of Different Fruit Fractions (Peel, Pulp, Aril and Seed) of Thai Gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng). *Food Chemistry,* 127, 1138-1145.

Moeiklang, N. & Ruangviriyachai, C. (2014). Determination of Phenolic Compounds and Antioxidant Potential in Fruit Beverages. *KKU Research Journal (Graduate Studies),* 14(4), 69-79.

Molyneux, P. (2004). The Use of the Free Radical Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology,* 25, 211-219.

Naijitra, C. & Cheoymang, A. (2016). Evaluation of Antioxidant Activity, Total Phenolic and Nicotine Contents of 15 Thai Herbs. *Journal of Science and Technology,* 24(2), 352-361.

Pokorny, J., Yanishlieva, N. & Gordon, M. (2001). *Antioxidants in Food : Practical Applications.* New York: CRC Press.

R Core Team. (2015). R: *A Language and Environment for Statistical Computing.* R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved March 10, 2016, from http://www.R-project.org/.

Rice-Evans, C.A., Miller, N.J. & Paganga, G. (1997). Antioxidant Properties of Phenolic Compounds. *Trends in Plant Science,* 2, 152-159.

Saenthaweesuk, S., Jongtamklang, D., Somchan, T. & Thobunluepop, P. (2012). Total Phenolics Content, Antioxidant and Antimicrobial Activities of Some Herbs. *Khon Kaen Agriculture Journal,* 40 (Supplement 2), 480-483.

Sanchez-Moreno, C., Jimenez-Escria, A. & Saura-Calixto, F. (2000). Study of Low-density Lipoprotein Oxidizability Indexes to Measure the Antioxidant Activity of Dietary Polyphenols. *Nutrition Research,* 20, 941-953.

Singleton, V.L., Orthofer, R. & Lamuela-Ravenros, R.M. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology,* 299, 152-178.

Souri, E., Amin, G., Farsam, H. & Barazandeh T.M. (2008). Screening of Antioxidant Activity and Phenolic Content of 24 Medicinal Plant Extracts. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences,* 16(2), 83-87.

Suanluang Rama IX. (2015). *Medicinal Plants Garden in Honour of Her royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn.* Bangkok: Amarin Printing & Publishing Public Co., Ltd.

Tharasena, B. & Lawan, S. (2014). Phenolics, Flavonoids and Antioxidant Activity of Vegetables as Thai Side dish. *APCBEE Procedia,* 8, 99-104.

Wu, J.Q., Kosten, T.R. & Zhang, X.Y. (2013). Free Radicals, Antioxidant Defense Systems, and Schizophrenia. *Pregress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry,* 46, 200-206.

Yen, G-C. & Hsieh, C-L. (1997). Antioxidant Effect of Dopamine and Related Compounds. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry,* 61(10), 1646-1649.

Translated Thai References

ชานนท์ นัยจิตร และ อนุรักษ์ เชื้อมั่ง. (2559). การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอล และนิโคตินของสมุนไพรไทย 15 ชนิด. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,* 24(2), 352-361.

เนตรนภา เมยกลาง และ เฉลิม เรืองวิริยะชัย. (2557). การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มน้ำผลไม้. *วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา),* 14(4), 69-79.

มูลนิธิสวนหลวง ร.๙. (2558). *สวนสมุนไพรเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี.* กรุงเทพฯ: บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

รัตนา อินทรานุปกรณ์. (2550). *การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันดี กฤษณพันธ์, เอมอร โสมนะพันธุ์ และ เสาวณี สุริยาภณานนท์. (2541). *สมุนไพรในสวนครัว.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เมดิคัล มีเดีย.

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

สมเดือน หริรัตน์เสรี และ สุวิมล กีรติพิบูล. (2538). การสกัดคาโรทีนอยด์จากเปลือกส้มเขียวหวาน *Citrus reticulate* Blanco. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33* (น. 331-338). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะผู้เขียน

นางสาวอินทิรา ขูดแก้ว

โครงการจัดตั้งภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
e-mail: faasirk@ku.ac.th

นางสาวภาริตา ลิมปิโชติกุล

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
e-mail: parita.toey@hotmail.com