

ความสัมพันธ์ระหว่างสีและสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพ ของไม้ดอกประดับแปลง

Relationship Between Colour and Bioactive Compounds of Landscape Flowers

ชลลดา ศรีคำวัง¹ สรณะ สมโน¹ พงศกร ศุภกิจไพศาล¹ และ มาลัยพร วงค์แก้ว^{2*}

Chonlada Srikamwang¹, Sarana Sommano¹, Pongsakorn Suppakittpaisarn¹ and Malaiporn Wongkaew^{2*}

¹ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

¹Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

²สาขาวิชาการผลิตและนวัตกรรมอาหาร วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ. เชียงใหม่ 50220

²Program in Food Production and Innovation, College of Integrated Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai 50220, Thailand

*Corresponding author: Email: malaiporn@mutl.ac.th

(Received: 18 March 2022; Accepted: 6 July 2022)

Abstract: Flowers are an integral part of the agricultural ecosystem. Many flowers provide economic, ecological, and human health values. Flowers also contain secondary compounds with antioxidative potential which are beneficial for human health. The knowledge of bioactive compounds can encourage people to pay closer attention to flowers in the agricultural ecosystem. Therefore, this research aimed to study relationship between pigment colour and the antioxidant compounds of selected flowers including total phenolic content, total flavonoid content and antioxidant activity. Eight types of agricultural landscape flowers; namely marigold, sunflower, yellow cosmos, purple cosmos, sunn hemp, flame of the forest, red and green quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) were collected during late winter (January 2020). All samples were lyophilized and then extracted using methanol maceration. Colour values (CIEL*a*b*), bioactive compound contents, and flower extract relationships were thus evaluated using chemometric method. The results indicated that flame of the forest had the highest values of red (26.14), yellow (131.87) and total phenolic content (0.09 GAE catechin/extract). While marigold contained the highest content of total phenolic compound (4.01 GAE catechin/extract) and antioxidant activity (75.45 percent). As a result, the overall flavonoid content was related to the red and yellow values of landscape flowers. The total quantity of phenolic compounds was linked to antioxidant activity. Nevertheless, the brightness value (L*) of the flowers did not correlate with the bioactive compounds. This research explored new economic possibilities for flowers in agricultural landscapes and argues for complete and biodiverse agricultural ecosystem.

Keywords: Agricultural ecosystem, chemical quality, flavonoids compounds, landscape horticulture, phenolic compounds

บทคัดย่อ: ดอกไม้เป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญในระบบนิเวศทางการเกษตร โดยหลายชนิดให้คุณค่าทั้งทางเศรษฐกิจ นิเวศวิทยาตลอดจนสุขภาพของมนุษย์ เนื่องจากดอกไม้ประกอบด้วยสารทุติยภูมิที่มีความสามารถในการต้านอนุมูล-อิสระซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ ทั้งนี้ องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ จะช่วยให้ผู้คนให้ ความสำคัญแก่ดอกไม้ในระบบนิเวศทางการเกษตรมากยิ่งขึ้น ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างสีของรงควัตถุและสารต้านอนุมูลอิสระของไม้ดอกประดับ รวมทั้งปริมาณฟีนอลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยเลือกใช้ไม้ดอกในการศึกษาทั้งสิ้น 8 ชนิด ได้แก่ ดอกดาวเรือง ดอกทานตะวัน ดอกดาวกระจายสีเหลือง ดอกดาวกระจายสีม่วง ดอกปอเทือง ดอกทองกวาว คีนวาสีแดงและคีนวา สีเขียว (*Chenopodium quinoa* W.) ซึ่งทำการเก็บรวบรวมจากแปลงสาธิตในช่วงปลายฤดูหนาว (มกราคม 2563) ตัวอย่างถูกนำมาทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง แล้วสกัดโดยแช่ในสารละลายเมทานอล จากนั้น นำสารสกัดที่ได้ มาวิเคราะห์ค่าสี (CIEL*a*b*) ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมทั้ง ความสัมพันธ์ของค่าดังกล่าวกับดอกไม้ แต่ละชนิดโดยใช้วิธีทางเคมีเมทริกซ์ ผลการศึกษาพบว่า ดอกทองกวาวมีค่าความเป็นสีแดง (26.14) ค่าความเป็น สีเหลือง (131.87) และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงสุด (0.09 กรัมสมมูลของแคทีชินต่อกรัมสารสกัด) ส่วนดอกดาวเรืองมีปริมาณฟีนอลิกรวม (4.01 กรัมสมมูลของแคทีชินต่อกรัมสารสกัด) และความสามารถในการต้าน อนุมูลอิสระสูงสุด (ร้อยละ 75.45) จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง ของดอกไม้มีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ในขณะที่ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกรวมมีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตาม ค่าความสว่าง (L*) ของดอกไม้ไม่มีความสัมพันธ์กับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจ ของดอกไม้ที่ใช้ตกแต่งในภูมิทัศน์เกษตรกรรม รวมทั้งพิสูจน์ให้เห็นถึงความสมบูรณ์และความหลากหลายทางชีวภาพ ของระบบนิเวศทางการเกษตรอีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ: ระบบนิเวศเกษตร คุณภาพทางเคมี สารประกอบฟลาโวนอยด์ พืชกรรมภูมิทัศน์ สารประกอบฟีนอลิก

คำนำ

ไม้ดอกเป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างหนึ่ง ในระบบนิเวศเกษตร ไม้ดอกหลายชนิดให้ประโยชน์ ทางเศรษฐกิจในฐานะดอกไม้สด และส่งเสริม การท่องเที่ยว (James *et al.*, 2007; Matthews *et al.*, 2017; Wadka *et al.*, 2006) นอกจากนี้ ดอกไม้ใน ภูมิทัศน์เกษตรกรรมยังมีความจำเป็นต่อระบบนิเวศ และส่งเสริมนิเวศบริการ เช่น ดอกปอเทืองที่ทำหน้าที่ ปรับปรุงดิน (Ambrosano *et al.*, 2009) และดอกไม้ หลายชนิดที่ทำหน้าที่ดึงดูดและเป็นแหล่งอาหารให้ แก่แมลงผสมเกสร (Carvalho *et al.*, 2012) ดอกไม้ ยังมีประโยชน์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อมนุษย์ งานวิจัยทางจิตวิทยาพบว่า มนุษย์มีความชื่นชอบ ภูมิทัศน์ที่ประกอบด้วยดอกไม้มากกว่าภูมิทัศน์ชนิดอื่น (Suppakittpaisarn *et al.*, 2019) และการใช้เวลาในภูมิ-

ทัศน์ที่ชื่นชอบ มีผลต่อการลดความเครียดเฉียบพลัน เพิ่มประสิทธิภาพทางสมอง และส่งเสริมสุขภาพจิต ในระยะยาว (Sullivan *et al.*, 2014; van den Berg *et al.*, 2003) ในการบำบัดด้วยพืชสวน (horticultural therapy) มีการใช้ดอกไม้และไม้ดอกในการบำบัดผู้ป่วย โรคหัวใจ สมองเสื่อม และพิการทางการเคลื่อนไหว (Kamioka *et al.*, 2014) นอกจากนี้ กลีบดอกไม้ยังมี ศักยภาพในการพัฒนาเป็นยาเพื่อส่งเสริมสุขภาพ สีสันของดอกไม้คือรงควัตถุทางธรรมชาติ ซึ่งได้แก่องค์ประกอบทางเคมีพืชแคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ แอนโทไซยานิน และบีตาเลน เป็นต้น (Pimpison *et al.*, 2020) ซึ่งนอกจากประโยชน์ด้านความสวยงามแล้ว ในทางธรรมชาติจะทำหน้าที่ในการล่อแมลงผสมเกสร หรือถูกใช้เพื่อป้องกันความเครียดจากสิ่งแวดล้อม (Nueasuk *et al.*, 2018) นอกเหนือจากนี้รงควัตถุจาก ดอกไม้ยังจัดเป็นสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพที่

มีประโยชน์อย่างสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งจะช่วยยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันบริเวณระบบทางเดินอาหารและร่างกาย ที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ และนำไปสู่โรคมะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งลำไส้ มะเร็งตับ และมะเร็งต่อมลูกหมาก (Chanwitheesuk, 2001) โดยสารต้านอนุมูลอิสระทำให้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นมีความเสถียรและลดโอกาสในการเกิดโรคได้ อีกทั้งยังมีบทบาทในการป้องกันโรคต่าง ๆ ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย เช่น โรคหัวใจ และ โรคหลอดเลือดหัวใจ เป็นต้น (Painupong, 2017) โดยสารต้านอนุมูลอิสระแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ 1) สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกาย แบ่งเป็นกลุ่มเอนไซม์ (enzymatic) และกลุ่มที่ไม่ใช่เอนไซม์ (non-enzymatic) และ 2) สารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในอาหารเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่อยู่ในกลุ่มเอนไซม์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักพบได้ในพืช เช่น ผัก ผลไม้ และดอกไม้ เป็นต้น (Banjerdpongchai and Wilairat, 1995) แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันก็ยังไม่มีการวิจัยและศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพและศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระของดอกไม้ในภูมิภาคนี้ เกษตรกรและผู้ปลูกอาจปล่อยให้กลีบดอกไม้ร่วงโรยไป และไม่เห็นคุณค่าของการปลูกดอกไม้ในแปลง ทำให้เกิดผลกระทบต่อความหลากหลายทางธรรมชาติ และศักยภาพในการสร้างรายได้ของเกษตรกรเอง รวมถึงสูญเสียความรู้ทางการแพทย์ที่อาจมีประโยชน์ต่อสุขภาพมนุษย์ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และ ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ กับระดับความเข้มของสีของไม้ดอกประดับแปลงที่มีสีหลากหลาย เนื่องจากทางคณะเกษตรศาสตร์ได้มีกิจกรรมให้นักศึกษาปลูกดอกไม้เพื่อเป็นการฝึกงานและปลูกประดับตกแต่งแปลงสาธิตคณะเกษตรศาสตร์เนื่องในพิธีพระราชทานปริญญาบัตร ผู้วิจัยจึงได้เลือกไม้ดอกที่มีอยู่แล้วนี้มาวิจัย โดยงานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการต่อยอด

งานวิจัยและพัฒนา ตลอดจนเพิ่มมูลค่าให้แก่ไม้ดอกประดับแปลงเพื่อประโยชน์ในทางยาและการแพทย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ค่าสี

การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างดอกไม้ 8 ชนิด ที่เก็บได้จากแปลงสาธิตคณะเกษตรศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยดอกดาวกระจายสีเหลือง ดอกดาวเรือง ดอกทานตะวัน ดอกปอเทือง ดอกคีนวาสีเขียว ดอกคีนวาสีแดง ดอกดาวกระจายสีม่วง และดอกทองกวาว (Table 1) มาทำความสะอาดและแยกกลีบดอกออกจากฐานรองดอก จากนั้น บดกลีบดอกแต่ละชนิดให้ละเอียดด้วยโกร่ง นำตัวอย่างดอกไม้ทั้ง 8 ชนิดที่บดแล้วชนิดละ 10 กรัม ใส่ในอลูมิเนียมฟอยล์แล้วนำไปทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวอย่างมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 7 โดยน้ำหนักเปียก แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์ค่าสี

ซึ่งตัวอย่างดอกไม้ที่ทำแห้งแล้วชนิดละ 2 กรัม ผสมกับเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร 40 มิลลิลิตร ในขวดแก้วขนาดบรรจุ 150 มิลลิลิตร พร้อมปิดฝาทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้น กรองสารสกัดดอกไม้แต่ละชนิดด้วยกระดาษกรองยี่ห้อ Whatman No. 1 แล้วนำสารสกัดไปวิเคราะห์ค่าสีด้วยระบบ CIEL* a* b* เมื่อค่า L* คือ ค่าที่ใช้กำหนดความสว่าง-มืด มีค่าตั้งแต่ 0 (สว่าง) - 100 (มืด) a* คือ ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว ค่า + หมายถึง สีแดง ค่า - หมายถึง สีเขียว b* คือ ค่าความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลือง ค่า + หมายถึง สีเหลือง ค่า - หมายถึง สีน้ำเงิน (Klypetch, 2013) ด้วยเครื่องวัดสีแบบพกพา รุ่น Spectrophotometer CM-5 ยี่ห้อ Konica-Minolta ประเทศญี่ปุ่น โดยวัดค่าสีจากสารสกัดดอกไม้แต่ละชนิด ชนิดละ 3 ซ้ำ

Table 1. Eight types of agricultural landscape flowers

Common name	Scientific name	Landscape flower figure
Yellow cosmos	<i>Cosmos sulphureus</i> Cav.	
Marigold	<i>Tagetes erecta</i> L.	
Sunflower	<i>Helianthus annuus</i> L.	
Sunn hemp	<i>Crotalaria juncea</i> L.	
Green quinoa	<i>Chenopodium quinoa</i> W.	
Red quinoa	<i>Chenopodium quinoa</i> W.	
Purple cosmos	<i>Bidens bipinnata</i> L.	
Flame of the forest	<i>Butea monosperma</i> O. Ktze.	

การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ

การเตรียมตัวอย่าง

ซึ่งตัวอย่างดอกไม้ที่ทำแห้งแล้วชนิดละ 0.02 กรัม ผสมกับเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร 1 มิลลิลิตร ในหลอดไมโครเซ็นทริฟิวจ์ ขนาด 1 มิลลิลิตร นำไปสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง ด้วยเครื่องอัลตราโซนิก ยี่ห้อ VEVOR สาธารณรัฐประชาชนจีน เป็นเวลา 30 นาที จากนั้น นำไปปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที เพื่อแยกสารสกัดกับตะกอนออกจากกัน ต่อมานำสารสกัดที่ได้มาเจือจาง 10 เท่า ด้วยสารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ดังนี้

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมวิเคราะห์โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีการของ Prathumtet *et al.* (2019) โดยปีเปตต์สารสกัดตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐานแคทีชิน ปริมาตร 30 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลท เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร 60 ไมโครลิตร จากนั้น เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้นร้อยละ 6 น้ำหนักต่อปริมาตร 210 ไมโครลิตร ภายใน 1 ถึง 8 นาที แล้วนำไปเก็บไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที จากนั้น นำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร คำนวณปริมาณฟีนอลิกรวมโดยเทียบกับสมการที่ได้จากกราฟมาตรฐานแคทีชิน (ความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร) แสดงผลในหน่วยกรัมสมมูลของแคทีชินต่อกรัมสารสกัด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม

ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมวิเคราะห์โดยใช้วิธี aluminium chloride ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Denchai *et al.* (2021) โดยปีเปตต์สารสกัดตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐานแคทีชิน ปริมาตร 25 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลท แล้วเติมน้ำกลั่น 125 ไมโครลิตร และสารละลายโซเดียมไนไตรท์ความเข้มข้นร้อยละ 5 น้ำหนักต่อปริมาตร ที่ปริมาตร 7.5 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 น้ำหนักต่อปริมาตร 15 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.0 นอร์มอล ปริมาตร 50 ไมโครลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ โดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร คำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์รวมโดยเทียบกับสมการที่ได้จากกราฟมาตรฐานแคทีชิน (ความเข้มข้น 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) แสดงผลในหน่วยกรัมสมมูลของแคทีชินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์โดยใช้วิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity assay ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Thongchuang *et al.* (2019) โดยปีเปตต์สารสกัดตัวอย่างหรือสารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร 25 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลท แล้วเติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลาร์ 250 ไมโครลิตร แล้วในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH แสดงผลเป็นร้อยละความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ดังสมการที่ (1)

$$\text{DPPH (\%)} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ A_{control} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 น้ำหนักต่อปริมาตรทำปฏิกิริยากับสารละลาย DPPH

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดเมทานอลจากพืชแต่ละกรรมวิธีทำปฏิกิริยากับสารละลาย DPPH

สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

ในการทดลองใช้ตัวอย่างดอกไม้จำนวน 3 ขั้วในการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในไม้ดอกประดับแปลงทั้ง 8 ชนิด โดยการวิเคราะห์สถิติแบบเคไมเมทริกซ์ด้วยโปรแกรม XLSTAT เวอร์ชัน 2021 (บริษัท Addinsoft ประเทศสหรัฐอเมริกา)

ผลการศึกษา

ค่าสี

จากการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างไม้ดอกประดับแปลง 8 ชนิด ที่มีสีต่างกัน พบว่า ค่าสีของไม้ดอกประดับแปลงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 2) โดยค่าความสว่าง (L^*)

ของดอกดาวกระจายเหลืองและดอกดาวเรืองมีค่ามากที่สุด 94.62 และ 94.52 ตามลำดับ ส่วนค่า a^* ซึ่งเป็นค่าเปรียบเทียบระหว่างสีแดงและสีเขียว พบว่าค่า a^* ของดอกทองกวาวมีค่าความเป็นสีแดงมากที่สุด (26.14) สำหรับค่า b^* ซึ่งเป็นค่าเปรียบเทียบระหว่างสีน้ำเงินและสีเหลือง พบว่าค่า b^* ของดอกทองกวาวมีค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุด (131.87) รองลงมาคือ ดอกทานตะวัน (95.55) และดอกปอเทือง (60.24) ตามลำดับ

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในตัวอย่างไม้ดอกประดับแปลง 8 ชนิด พบว่าดอกดาวเรืองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด (4.01 กรัมสมมูลของแคทีชินต่อกรัมสารสกัด) รองลงมาคือ ดอกทองกวาว (1.81 กรัมสมมูลของแคทีชินต่อกรัมสารสกัด) และดอกดาวกระจายม่วง (1.14 กรัมสมมูลของแคทีชินต่อกรัมสารสกัด) สำหรับปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม พบว่าดอกทองกวาว (0.09 กรัมสมมูลของแคทีชินต่อกรัมสารสกัด) และดอกดาวเรือง (0.08 กรัมสมมูลของแคทีชินต่อกรัมสารสกัด) มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงกว่าดอกชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3)

Table 2. Colour values of 8 types of landscape flowers

Landscape flower types	L^*	a^*	b^*
Yellow cosmos	94.62 ± 0.01 ^a	-9.96 ± 0.01 ^e	30.69 ± 0.04 ^g
Marigold	94.52 ± 0.00 ^a	-11.00 ± 0.01 ^f	34.56 ± 0.04 ^e
Sunflower	91.81 ± 0.32 ^b	-13.00 ± 0.09 ^g	95.55 ± 0.96 ^b
Sunn hemp	90.72 ± 0.01 ^c	-10.98 ± 0.02 ^f	60.24 ± 0.06 ^c
Green quinoa	86.84 ± 0.04 ^f	-9.65 ± 0.01 ^d	38.55 ± 0.12 ^d
Red quinoa	87.27 ± 0.07 ^e	-5.87 ± 0.03 ^c	31.84 ± 0.05 ^f
Purple cosmos	89.84 ± 0.03 ^d	3.67 ± 0.01 ^b	5.94 ± 0.02 ^h
Flame of the forest	79.67 ± 0.03 ^g	26.14 ± 0.04 ^a	131.87 ± 0.11 ^a

Average ± standard deviation with different letters in each column indicate significantly different ($P < 0.05$)

Table 3. Contents of total phenolic and flavonoid compounds of landscape flowers

Landscape flower types	Total phenolic compound (g Catechin equivalent/g extract)	Total flavonoid compound (g Catechin equivalent/g extract)
Yellow cosmos	0.84 ± 0.01 ^{cd}	0.06 ± 0.01 ^b
Marigold	4.01 ± 0.59 ^a	0.08 ± 0.01 ^a
Sunflower	0.34 ± 0.07 ^{ef}	0.07 ± 0.02 ^{ab}
Sunn hemp	0.70 ± 0.01 ^{de}	0.03 ± 0.00 ^c
Green quinoa	0.41 ± 0.06 ^{ef}	0.02 ± 0.00 ^c
Red quinoa	0.19 ± 0.78 ^g	0.04 ± 0.01 ^c
Purple cosmos	1.14 ± 0.23 ^c	0.03 ± 0.01 ^c
Flame of the forest	1.81 ± 0.16 ^b	0.09 ± 0.02 ^a

Average ± standard deviation with different letters in each column indicate significantly different ($P < 0.05$)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างไม้ดอกประดับแปลง 8 ชนิดพบว่า ดอกดาวเรืองมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด (ร้อยละ 75.45) รองลงมาคือ ดอกคีนวาสีแดงและดอกดาวกระจายม่วง ซึ่งมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 41.19 และ 40.14 ตามลำดับ) เช่นเดียวกับ ดอกคีนวาสีเขียว ดอกทองกวาว และดอกดาวกระจายเหลืองที่มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 33.61 32.23 และ 30.86 ตามลำดับ) สำหรับดอกทานตะวันและดอกปอเทืองนั้นมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด (ร้อยละ 25.86 และ 25.64 ตามลำดับ) (Table 4)

การวิเคราะห์ค่าสีของไม้ดอกประดับทางเคมีเมทริกซ์

จากการวิเคราะห์ค่าสีโดยวิธีทางเคมีเมทริกซ์ของไม้ดอกประดับ 8 ชนิด (Figure 1) พบว่า ดอกทองกวาวแสดงผลในบริเวณที่ใกล้กับเส้นกราฟที่แสดงค่าของค่าความเป็นสีแดงสูงสุด (a^* เท่ากับ 26.14) และยังแสดงผลในบริเวณที่ใกล้กับเส้นกราฟที่แสดงค่าของค่าความเป็นสีเหลืองสูงสุด (b^* เท่ากับ 131.87) ส่วนดอกดาวเรือง ดอกคีนวาสีเขียว ดอกปอเทือง

ดาวกระจายม่วง ดาวกระจายเหลือง ดอกคีนวาสีแดง และดอกทานตะวันมีค่าสีอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน สำหรับค่าความสว่าง (L^*) พบว่า ไม้ดอกทั้ง 8 ชนิดแสดงผลไม่ใกล้เคียงกับบริเวณกับเส้นกราฟที่แสดงค่าความสว่าง ดังนั้น ดอกไม้ทั้ง 8 ชนิด มีค่าความสว่างที่ไม่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทางเคมีเมทริกซ์

จากการวิเคราะห์ทางเมทริกซ์เคมีของปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในไม้ดอกประดับแปลงทั้ง 8 ชนิด (Figure 2) ประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) พบว่า ดอกทองกวาวแสดงผลในบริเวณที่ใกล้กับเส้นกราฟที่แสดงค่าของสารประกอบฟลาโวนอยด์ แสดงให้เห็นว่า ดอกทองกวาวมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมสูงสุด สำหรับดอกดาวเรืองแสดงผลออกมาอย่างโดดเด่นบนเส้นกราฟที่แสดงค่าของสารประกอบฟีนอลิก แสดงว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า ดอกดาวเรืองแสดงผลในบริเวณที่ใกล้กับเส้นกราฟที่แสดงค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด แสดงให้เห็นว่าดอกดาวเรืองมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

Table 4. Antioxidant activity of landscape flowers

Landscape flower types	Antioxidant activity (%)
Yellow cosmos	30.86 ± 1.45^c
Marigold	75.45 ± 5.20^a
Sunflower	25.86 ± 0.69^d
Sunn hemp	25.64 ± 1.31^d
Green quinoa	33.61 ± 2.54^c
Red quinoa	41.19 ± 1.28^b
Purple cosmos	40.14 ± 1.15^b
Flame of the forest	32.23 ± 1.56^c

Average $\pm$ standard deviation with different letters in each column indicate significantly different ($P < 0.05$)

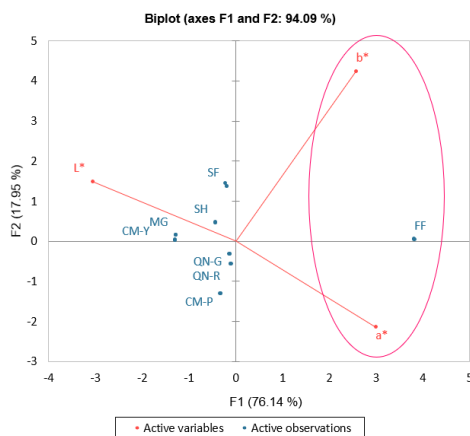


Figure 1. Correlation of colour values with 8 types of landscape flowers

MG = Marigold, QN-G = Green quinoa, SH = Sunn hemp, CM-P = Purple cosmos, CM-Y = Yellow cosmos, QN-R = Red quinoa, SF = Sunflower, FF = Flame of the forest

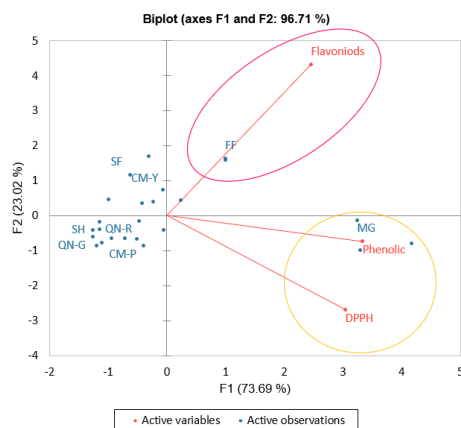


Figure 2. Correlation of bioactive compounds and 8 types of landscape flowers

MG = Marigold, QN-G = Green quinoa, SH = Sunn hemp, CM-P = Purple cosmos, CM-Y = Yellow cosmos, QN-R = Red quinoa, SF = Sunflower, FF = Flame of the forest

วิจารณ์

จากผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเคมีเมทริกซ์ระหว่างค่าสี (L^* , a^* และ b^*) และปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในไม้ดอกประดับแปลง 8 ชนิด พบว่า ค่าสีของดอกทองกวาวมีค่าความเป็นสีแดง ($+a^*$) และค่าความเป็นสีเหลือง ($+b^*$) สูงสุดเมื่อเทียบกับดอกไม้ชนิดอื่น ซึ่งสารสีแดงเป็นสารในกลุ่มแอนโทไซยานิน ส่วนสารสีเหลืองเป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ โดยสารสีในดอกทองกวาวมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่า เนื่องจากผลการวิเคราะห์ค่าสีทางเคมีเมทริกซ์ของดอกทองกวาวอยู่ในจุดภาคที่ 1 ซึ่งอยู่ในจุดภาคเดียวกับค่าความเป็นสีเหลือง นอกจากนี้ ดอกทองกวาวยังมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมสูงสุด สอดคล้องกับรายงานของ Pereira-Caro *et al.* (2013) ที่พบว่า ในข้าวให้สีบางชนิดมีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ แอนโทไซยานิน ฟลาโวน และ แกมมาโอไรซานอล เป็นต้น และจากรายงานวิจัยของ Zeng *et al.* (2008) ยังพบว่า ดอกไม้ในกลุ่มสีแดงมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลสูงกว่ากลุ่มสีอื่น ๆ นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wan *et al.* 2019 ที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของสารประกอบฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ ในดอกกุหลาบต่างสีและต่างสายพันธุ์ พบว่า ในดอกกุหลาบสายพันธุ์ที่มีกลีบสีส้ม และสายพันธุ์ที่มีกลีบสีเหลือง มีปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์สูงสุด ส่วนดอกกุหลาบสายพันธุ์ที่มีกลีบสีชมพู มีสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงสุด อย่างไรก็ตามยังไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ดอกดาวเรืองมีความสัมพันธ์กับค่าทั้งสอง เนื่องจากผลการวิเคราะห์ทางเคมีเมทริกซ์ของดอกดาวเรืองอยู่ในจุดภาคเดียวกันกับค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถใน

การต้านอนุมูลอิสระ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hemathulin *et al.* (2015) ที่วิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในดอกไม้ประดับ 3 กลุ่มสี พบว่า ดอกกุหลาบสีเหลืองเป็นดอกไม้ที่มีสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับดอกดาหลา และดอกอัญชันที่อยู่ในกลุ่มสีแดงและสีน้ำเงิน อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaisoon *et al.* (2012) ที่รายงานไว้ว่า ดอกดาวเรืองมีสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าดอกเฟื่องฟ้า ดอกดาวกระจาย และดอกพวงชมพูประมาณ 2 เท่า โดยสารประกอบฟีนอลิกช่วยเพิ่มความคงตัวให้แก่รงควัตถุสีเหลืองในพืช (Wu *et al.*, 2022) นอกจากนี้ Yan and Asmah (2010) และ Velioglu *et al.* (1998) ยังพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกแปรผันตรงกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ดอกดาวเรืองซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดตามไปด้วย ส่งผลให้มีการนำดอกดาวเรืองมาใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และใช้เป็นยาสมุนไพรในการรักษาโรคได้หลากหลาย Mahantesh *et al.* (2012) รวมทั้ง ยังมีการนำดอกดาวเรืองมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงสัตว์ ส่งผลทำให้ไข่ไก่ และเนื้อหมูมีสีแดงขึ้น (Hencken, 1992)

จากการศึกษานี้ ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของรงควัตถุในดอกไม้กับปริมาณสารสำคัญทางชีวภาพ โดยพบว่า ค่าความเป็นสีแดง ($+a^*$) และค่าความเป็นสีเหลือง ($+b^*$) มีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้น ดอกไม้ที่มีทั้งค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมมีปริมาณสูง ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่มีปริมาณสูงทำให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงตามไปด้วย (Ounamornmas and Sommano, 2016) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sommano *et al.* (2020) ที่พบว่า ดอกพุดซ้อนที่มีสีเหลืองประกอบด้วยสารประกอบกลุ่มเอสเตอร์ของโครซีทิน (crocetin) ซึ่งสารกลุ่มดังกล่าวมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ที่สูง รวมทั้งยังช่วยป้องกันการเสื่อมของระบบประสาท และตับ ป้องกันการเกิดเนื้องอก และมีฤทธิ์ในการช่วยลดน้ำตาลและไขมันในเลือดได้นอกจากนี้ผลการวิจัยนี้ยังช่วยส่งเสริมให้เกษตรกรพิจารณา วางแผน และรักษาไม้ดอกในภูมิทัศน์เกษตรกรรม อันเป็นการสร้างความหลากหลายทางธรรมชาติ เป็นแหล่งอาหารให้แมลงผสมเกสร รวมถึงศักยภาพในการเก็บเกี่ยว ศึกษาลิ้นไม้ดอก ซึ่งมักเป็นผลพลอยได้จากการผลิตทางการเกษตร เพื่อให้เกิดการดูแลระบบนิเวศตามวิถีแบบจำลองเศรษฐกิจหมุนเวียนและสีเขียวต่อไป (Norsuwan *et al.*, 2021) ทั้งนี้ ผลการศึกษายังมีข้อจำกัดคือ ชนิดของดอกไม้ที่มีรงควัตถุต่าง ๆ ยังมีจำนวนที่ไม่มากนัก ดังนั้น ในอนาคตนักวิจัยควรมีการเพิ่มจำนวนตัวอย่างของชนิดดอกไม้ให้มากขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลความสัมพันธ์ของรงควัตถุกับปริมาณสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายและนำไปประยุกต์ใช้ได้กว้างขวางมากขึ้น

สรุป

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของรงควัตถุของไม้ดอก 8 ชนิด กับปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยการเปรียบเทียบทางเคมีเมทริกซ์ พบว่าค่าความเป็นสีแดง ($+a^*$) และค่าความเป็นสีเหลือง ($+b^*$) มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม ซึ่งพบว่า ในดอกทองกวาวมีทั้งค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมสูงสุด ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมีความสัมพันธ์กับค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งพบมากในดอกดาวเรือง ส่วนค่าความสว่าง (L^*) เมื่อหาความสัมพันธ์ทางเคมีเมทริกซ์ พบว่า ดอกไม้ทั้ง 8 ชนิด มีค่าความสว่างที่ใกล้เคียงกัน โดยค่าความสว่างไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในไม้ดอกที่ศึกษา จากผลการวิจัยนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการเพาะปลูกไม้ดอกประดับที่มีรงควัตถุที่ให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูง เพื่อนำไป

เพิ่มมูลค่าโดยประยุกต์ใช้ในทางยา ทางด้านการแพทย์ ตลอดจนอาหารเชิงฟังก์ชันได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนการเอื้อเฟื้อวัตถุดิบ สถานที่ และอุปกรณ์ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Ambrosano, E.J., P.C.O. Trivelin, H. Cantarella, G.M.B. Ambrosano, E.A. Schammass, T. Muraoka, N. Guirado and F. Rossi. 2009. Nitrogen supply to corn from sunn hemp and velvet bean green manures. *Scientia Agricola* 66(3): 386-394.
- Banjerdpongchai, R. and P. Wilairat. 1995. Mechanisms and clinical applications. *Naresuan University Journal* 3(1-2): 11-16. (in Thai)
- Carvalho, L.G., C.L. Seymour, S.W. Nicolson and R. Veldtman. 2012. Creating patches of native flowers facilitates crop pollination in large agricultural fields: Mango as a case study. *Journal of Applied Ecology* 49(6): 1373-1383.
- Chanwitheesuk, A. 2001. Screening and identification of antioxidants from local vegetables and Thai herbs. M.S. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. (in Thai)
- Denchai, R., N. Phaiboon, N. Pornsiri and S. Rattana. 2021. Antioxidant activities, total phenolic and total flavonoid contents of *Lepisanthes rubiginosa* crude extract. *Koch Cha Sam Journal of Science* 43(2): 1-11. (in Thai)

- Hemathulin, S., S. Sopajon and I. Seepanrom. 2015. Healthy drink of fancy edible flowers squash product. *Khon Kaen Agriculture Journal* 43(Suppl. 1): 305-310. (in Thai)
- Hencken, H. 1992. Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. *Poultry Science* 71(4): 711-717.
- James, I., T. Hoffman, A. Munro, P. O'Farrell and R. Smart. 2007. The value of flower tourism at the Namaqua National Park: Environmental and ecological economics. *South African Journal of Economic and Management Sciences* 10(4): 442-456.
- Kaisoon, O., I. Konczak and S. Siriamornpun. 2012. Potential health enhancing properties of edible flowers from Thailand. *Food Research International* 46(2): 563-571.
- Kamioka, H., K. Tsutani, M. Yamada, H. Park, H. Okuizumi, T. Honda, S. Okada, S. Park, J. Kitayuguchi, T. Abe, S. Handa and Y. Mutoh. 2014. Effectiveness of horticultural therapy: A systematic review of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Medicine* 22(5): 930-943.
- Klypetch, P. 2013. A method to measure the color of the printed banknotes using digital Image processing to optimize print quality. M.S. Thesis. Chulalongkorn University, Bangkok. 74 p. (in Thai)
- Mahantesh, S.P., A.K. Gangawane and C.S. Patil. 2012. Free radicals, antioxidants, diseases and phytomedicines in human health: Future perspets. *World Research Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 1(1): 6-10.
- Matthews, W.A., D.A. Sumner, J. Medellin-Azuara and T. Hanon. 2017. Economics of the California cut flower industry and potential impacts of legal cannabis. University of California Agricultural Issues Center Davis, CA, 59 p.
- Norsuwan, T., K. Utthasuk, T. Punyasai, T. Saltikulnukarn, R. Chaima, P. Suppakittpaisarn, E. Yaipimol, V. Surinseng, N. Charoenlerthanakit and T. Kaeomuangmoon. 2021. Urban agriculture and BCG economic model. *Journal of Agricultural Research and Extension* 38(3): 100-116. (in Thai)
- Nueasuk, C., T. Taychasinpitak, P. Sukprasert, N. Chanchula and N. Balla. 2018. Breeding of interspecific hybrid sunflower using male sterile. *Thai Journal of Science and Technology* 7(6): 588-595. (in Thai)
- Ounamornmas, P. and S. Sommano. 2016. Analyses of bioactive ingredients and antioxidant activities of some edible flowers. *Journal of Agriculture* 32(3): 435-445. (in Thai)
- Painupong, A. 2017. Free radicals and anti-oxidants in human health. *PKRU SciTech Journal* 1(2): 20-27. (in Thai)
- Pereira-Caro, G., G. Cros, T. Yokota and A. Crozier. 2013. Phytochemical profiles of black, red, brown, and white rice from the Camargue region of France. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61(33): 7976-7986.
- Pimpison, R., P. Chalermchaiwat and T. Limsuwun. 2020. Assessment of color, pigment and antioxidant activity of red-pink Thai edible flowers and its application in coconut juice sorbet. *Thai Science and Technology Journal* 28(3): 429-442. (in Thai)
- Prathumtet, J., C. Surasorn and T. Paopa. 2019. Total phenolic content and antioxidant activity of three flower infusion tea in Sakon

-
- Nakhon province. Journal of Health Science 28(6): 1110-1115. (in Thai)
- Sommano, S.R., P. Suppakittpaisarn, K. Sringarm, T. Junmahasathien and W. Ruksiriwanich. 2020. Recovery of crocins from floral tissue of *Gardenia jasminoides* Ellis. Frontiers in Nutrition 7: 106, doi: 10.3389/fnut.2020.00106.
- Sullivan, W.C., H. Frumkin, R.J. Jackson and C.Y. Chang. 2014. Gaia meets Asclepius: Creating healthy places. Landscape and Urban Planning 127: 182-184.
- Suppakittpaisarn, P., L. Larsen and W.C. Sullivan. 2019. Preferences for green infrastructure and green stormwater infrastructure in urban landscapes: Differences between designers and laypeople. Urban Forestry and Urban Greening 43: 126378, doi: 10.1016/j.ufug.2019.126378.
- Thongchuang, M., C. Kunsombat, R. Taothong, W. Naknawa, K. Kraboun, V. Ajavakom and N. Wutipraditkul. 2019. Antioxidant capacity in different cultivars of sunflower sprouts and their harvesting indices. The Journal of Applied Science 18(2): 79-96. (in Thai)
- van den Berg, A.E., S.L. Koole and N.Y. van der Wulp. 2003. Environmental preference and restoration: (How) are they related? Journal of Environmental Psychology 23(2): 135-146.
- Velioglu, Y.S., G. Mazza, L. Gao and B.D. Oomah. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46(10): 4113-4117.
- Wadka, S.S., S.R. Bagade and P.D. Veerkar. 2006. A study on the economics of cut flower production under polyhouse. Agricultural Economics Research Review 19: 214.
- Wan, H., C. Yu, Y. Han, X. Guo, L. Luo, H. Pan and Q. Zhang. 2019. Determination of flavonoids and carotenoids and their contributions to various colors of rose cultivars (*Rosa* spp.). Frontiers in Plant Science 123, doi: 10.3389/fpls.2019.00123.
- Wu, J., X. Wang, Y. He, J. Li, K. Ma, Y. Zhang, H. Li, C. Yin and Y. Zhang. 2022. Stability evaluation of gardenia yellow pigment in presence of different phenolic compounds. Food Chemistry. 373: 131441, doi: 10.1016/j.foodchem.2021.131441.
- Yan, S.W. and R. Asmah. 2010. Comparison of total phenolic contents and antioxidant activities of turmeric leaf, pandan leaf and torch ginger flower. International Food Research Journal 17: 417-423.
- Zeng, Y., J. Zhao and Y. Peng. 2008. A comparative study on the free radical scavenging activities of some fresh flowers in southern China. LWT-Food Science and Technology 41(9): 1586-1591.
-