



สภาวะการสกัดต่อสมบัติสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดใบบัวหลวง

ธัญลักษณ์ ธนิกกุล, สุเชษฐ์ สมุทเสนีโต และปริญดา เพ็ญโรจน์ *

Extraction Conditions on Properties of Bioactive Compounds of Lotus Leaves

Extract (*Nelumbo nucifera* Gaertn.)

Thanyalak Thanikkun, Suched Samuhasaneetoo and Parinda Penroj *

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000
Department of Food Technology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Nakhon Pathom
73000, Thailand

* Corresponding author. E-mail address: ppenroj@yahoo.com

บทคัดย่อ

ใบบัวหลวงเป็นแหล่งของสารประกอบที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการสกัดต่อสมบัติสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดใบบัวหลวงพันธุ์แหลมชมพูอบแห้งโดยใช้ลมร้อน โดยศึกษาอิทธิพลของชนิดตัวทำละลาย อัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลาย ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด สารกาบา และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบบัวที่ได้ ตัวทำละลายที่ศึกษามี 3 ชนิด ได้แก่ น้ำ เอทานอล และเมทานอล โดยศึกษาความเข้มข้นของเอทานอล และเมทานอล ที่ 3 ระดับ คือ 60 80 และ 100% (v/v) ศึกษาอัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลาย 4 ระดับ ได้แก่ 1:100 1:150 1:200 และ 1:250 (g/ml) จากการทดลองพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดใบบัวที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอล 60% 80% และเมทานอล 80% ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่สารสกัดใบบัวที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอล 80% มีสารกาบา และค่า vitamin C equivalent antioxidant capacity สูงที่สุด จึงเลือกมาศึกษาอัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลาย พบว่าการสกัดที่อัตราส่วน 1:200 g/ml จะได้สารสกัดที่มีค่า vitamin C equivalent antioxidant capacity และปริมาณสารกาบามากที่สุด ดังนั้นชนิดของตัวทำละลายและอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดคือ สกัดด้วยเอทานอล 80% ที่อัตราส่วน 1:200 g/ml

คำสำคัญ: ใบบัว ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ กาบา สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

Nelumbo nucifera Gaertn. leaf is a source of bioactive compounds. This research aimed to study the extraction conditions on properties of bioactive compounds of East Indian lotus leaves extract. The lotus leaves were dried in hot air oven. Effect of solvents, ratio of lotus leaves and solvent on total phenolic compounds, total flavonoid content, GABA content and antioxidant capacity of the lotus leaves extract were investigated. The 3 solvents, water, ethanol and methanol were used. The concentration of ethanol and methanol were varied at 60, 80 and 100% (v/v). The ratios of lotus leaves and solvent were varied at 1:100, 1:150, 1:200 and 1:250 (g/ml). It was found that the total phenolic compounds of the lotus leaves extract using 60%, 80% ethanol and 80% methanol were not significantly different ($P>0.05$). But the lotus leaves extract using 80% ethanol had highest GABA content and vitamin C equivalent antioxidant capacity. Therefore, the 80% ethanol was used to study the effect of ratio of lotus leaves and solvent further. It was found that the lotus leaves extract using the ratio at 1:200 (g/ml) had highest vitamin C equivalent antioxidant capacity and GABA content. The optimized extraction of lotus leaves was using 80% ethanol at the ratio 1:200 (g/ml).

Keywords: lotus leaves, phenolic, flavonoid, GABA, antioxidant capacity



บทนำ

บัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) เป็นพืชในวงศ์ Nelumbonaceae ทุกส่วนของบัวหลวงสามารถใช้ประโยชน์ได้ เช่น ใช้ประกอบอาหาร และเป็นสมุนไพรรักษาโรค (ประวิทย์ สุรนิรนาถ, 2538) หนึ่งในส่วนประกอบที่น่าสนใจของบัวหลวง คือ ใบบัว ซึ่งนิยมนำมาใช้ทำอาหาร ใบบัวหลวงมีคุณสมบัติเป็นยาขับปัสสาวะและสมานแผล ใช้รักษาไข้ ขับเหงื่อ และใช้เป็นยาห้ามเลือด (Jiangsu New Medical College, 1977) สารสกัดใบบัวหลวงสามารถยับยั้งระบบการย่อย ชะลอการดูดซึมของไขมันและคาร์โบไฮเดรต เร่งกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมัน ควบคุมการเผาผลาญพลังงาน (Ono, Hattori, Fukaya, Imai, & Ohizumi, 2006, pp. 238-244) มีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Cho, et al., 2003, pp. 544-551; Wu, Wang, Weng, & Yen, 2003, pp. 687-698) สามารถต้านมะเร็ง (Kim, Chang, Ryu, Choi, & Lee, 2009, pp. 90-95) ล ด ค ว า ม ต ึ น โ ล หิ ต (Trongtorsak, Teerakulkittipong, Panyajirawut, & Athipchartsiri, 2007, pp. 3-10)

สารสกัดใบบัวหลวงมีสารพฤกษเคมีที่มีความสำคัญหลายชนิด เช่น ฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ (Akinjogunla, Adegoke, Udokang, & Adebayo-Tayo, 2009, pp. 138-141) สารสกัดฟลาโวนอยด์จากใบบัวหลวงมีฤทธิ์ต้านความเหนียวล้า (Zhang, Shan, Tang, & Putheti, 2009, pp. 418-422) และยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งเต้านม (Yang, Chang, Chan, Lee, & Wang, 2011, pp. e153-e163) และพบว่า quercetin สามารถยับยั้ง low-density lipoprotein (Lin, Kuo, Lin, & Chiang, 2009, pp. 6623-6629) และมีศักยภาพในการยับยั้งแบคทีเรียโรคปริทันต์ (Li, & Xu, 2008, pp. 640-644)

จากฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่หลากหลายของสารสกัดใบบัวหลวง จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาชนิดของตัวทำละลายและอัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลายต่อสมบัติสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด สารกาบา และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของ

สารสกัดใบบัวหลวง เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะนำสารสกัดจากใบบัวหลวงไปศึกษาต่อ เพื่อพัฒนาในด้านต่างๆ เช่น เภสัชกรรม อาหารเสริมสุขภาพ และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

ใบบัวหลวงสายพันธุ์แหลมชมพู

เครื่องมือ

ตู้อบลมร้อน แบบมีพัดลม (FD53, Germany)

Spectrophotometer (Genesys 10 series, UK)

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมตัวอย่าง

นำใบบัวหลวงพันธุ์แหลมชมพูตัดให้มีขนาดประมาณ 1×1 ตารางเซนติเมตร อบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งใบบัวมีความชื้นน้อยกว่า 8% dry basis (ประมาณ 3 ชั่วโมง) ปั่นให้เป็นผงโดยใช้เครื่อง blender ร้อนผ่านตะแกรงขนาด 35 mesh

2. ศึกษาผลของตัวทำละลายต่อสมบัติสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ตัวทำละลายที่ศึกษามี 3 ชนิด ได้แก่ น้ำ เอทานอล และเมทานอล โดยศึกษาความเข้มข้นของเอทานอล และเมทานอล ที่ 3 ระดับ คือ 60 80 และ 100% (v/v)

ซึ่งผงใบบัว 0.1 กรัม เติมตัวทำละลาย 10 มิลลิลิตร ใส่ magnetic bar ปิดฝา นำไปใส่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองสารสกัดที่ได้ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ตัดแปลงจากวิธีของ Wang, Jónsdóttir, & Ólafsdóttir (2009, pp. 240-248)

ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

วิธี Aluminum chloride (AlCl₃) ตัดแปลงจากวิธีของ Woisky, & Salatino (1998, pp. 99-105)



วิธี 2,4-dinitrophenylhydrazine (2,4-DNPH) ดัดแปลงจากวิธีของ Nagy, & Grancai (1996, pp. 100-101)

ปริมาณสารกาบา ดัดแปลงจากวิธีของ Karladee, & Suriyong (2012, pp. 13-17)

สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radical scavenging assay และหาค่า vitamin C equivalent antioxidant capacity โดยสร้าง calibration curve จากสารละลายมาตรฐาน L-ascorbic acid (vitamin C) ดัดแปลงจากวิธีของ Liu, Zhao, Wang, Yang, & Jiang (2008, pp. 219-228)

3. ศึกษาอัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลายต่อสมบัติสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

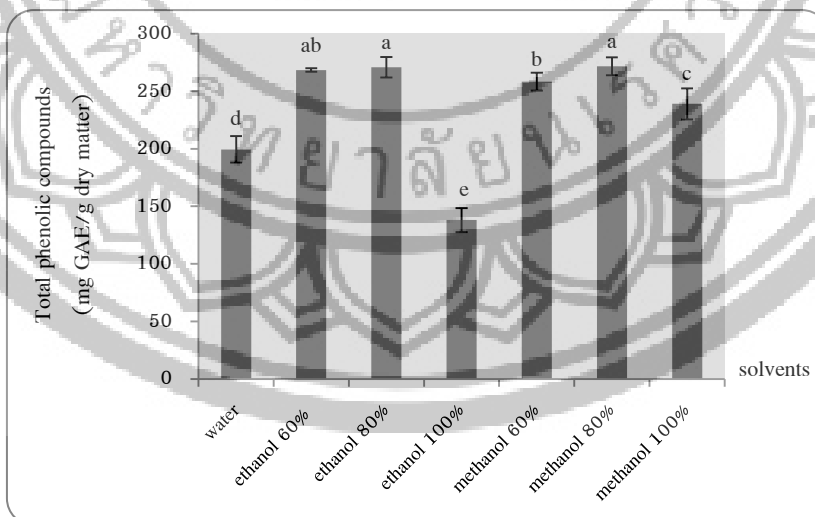
อัตราส่วนที่ศึกษา คือ 1:100 1:150 1:200 และ 1:250 (g/ml) โดยเลือกใช้ตัวทำละลายจากข้อที่ 2

ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

1. ผลของตัวทำละลายต่อสมบัติสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลกับ

น้ำ และเมทานอลกับน้ำ ดังรูปที่ 1 พบว่าเมื่ออัตราส่วนของเอทานอลและเมทานอลเพิ่มมากขึ้น (60% และ 80%) ประสิทธิภาพการสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากขึ้น โดยที่เอทานอลและเมทานอลความเข้มข้น 80% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และมีค่ามากกว่าการใช้ น้ำ เอทานอล หรือเมทานอลเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Cacace, & Mazza (2003, pp. 379-389) ที่พบว่าสัมประสิทธิ์การแพร่ผ่านของฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดด้วยเอทานอลมีค่าเพิ่มมากขึ้นจนถึงจุดหนึ่ง หลังจากนั้นหากเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลอีก ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ผ่านจะลดลง การใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายอย่างเดียวยังในการสกัดฟีนอลิกมีประสิทธิภาพการสกัดไม่ดี เนื่องจากจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลในโพลีฟีนอล โดยเฉพาะพวกที่มีน้ำตาลในโมเลกุลมีความเป็นไฮโดรฟิลิกมากจะละลายได้ดีเมื่อใช้ตัวทำละลายผสม การเติมน้ำในตัวทำละลายจะทำให้พืชเกิดการพองตัว ทำให้ตัวทำละลายสามารถแพร่ผ่านเข้าสู่ภายในเนื้อเยื่อพืชได้ง่ายขึ้น ประสิทธิภาพในการสกัดจึงเพิ่มมากขึ้น (Gertenbach, 2001, pp. 331-366) ตัวทำละลายผสมจึงมีความสามารถในการสกัดมากกว่าการใช้ตัวทำละลายบริสุทธิ์เพียงอย่างเดียว



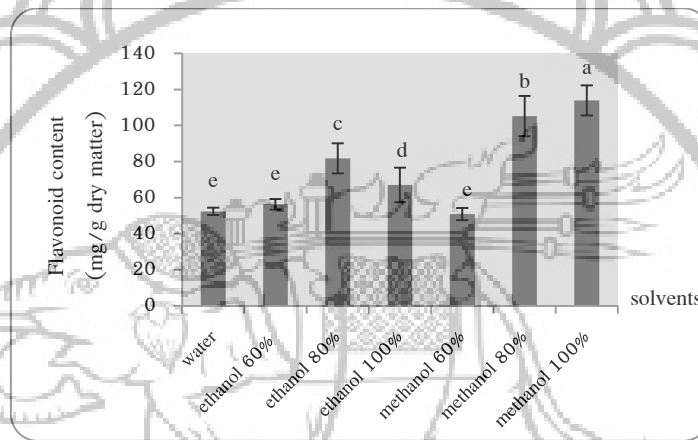
หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

รูปที่ 1 ตัวทำละลายต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดใบบัวหลวง



Suzuki, & et al. (2002, pp. 507-511) กล่าวว่า โดยทั่วไปตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลและเมทานอล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอทานอลหรือเมทานอลที่มีความเข้มข้น 40-80% มีประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าการใช้ น้ำ เอทานอล หรือเมทานอลเพียงอย่างเดียว ซึ่งความเป็นขี้ขององค์ประกอบสารต้านอนุมูลอิสระของพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน การเลือกตัวทำละลายในการสกัดจึงเป็นสิ่งสำคัญ (Park, et al., 2008, pp. 640-648)

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยวิธี $AlCl_3$ เป็นการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอล และฟลาโวน วิธี 2,4-DNPH เป็นการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอน ซึ่งปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่แสดงมาจากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีรวมกัน จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าสารสกัดใบบัวหลวงที่สกัดด้วยเมทานอล 100% มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือ เมทานอล 80% เอทานอล 80% และเอทานอล 100% ตามลำดับ

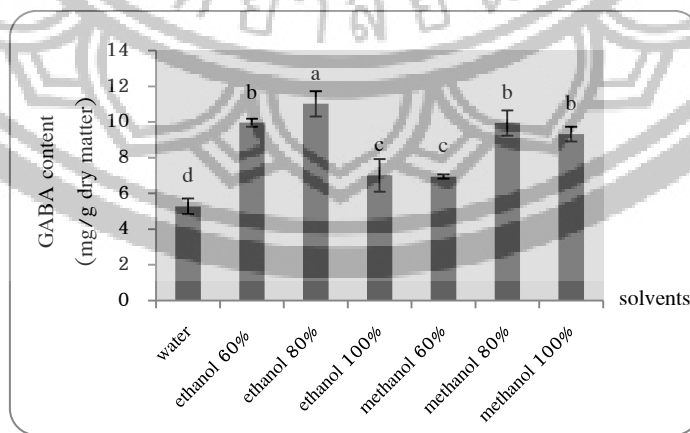


หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

รูปที่ 2 ตัวทำละลายต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดใบบัวหลวง

เมื่อพิจารณาปริมาณสารกาบาในตัวทำละลายผสมพบว่าเมื่ออัตราส่วนของเอทานอลและเมทานอลเพิ่มมากขึ้น (60% และ 80%) ประสิทธิภาพในการสกัดสารกา

บามากขึ้น สารสกัดใบบัวหลวงที่สกัดด้วยเอทานอล 80% มีปริมาณสารกาบามากที่สุด และมากกว่าการใช้น้ำ หรือเอทานอลเพียงอย่างเดียว (รูปที่ 3)



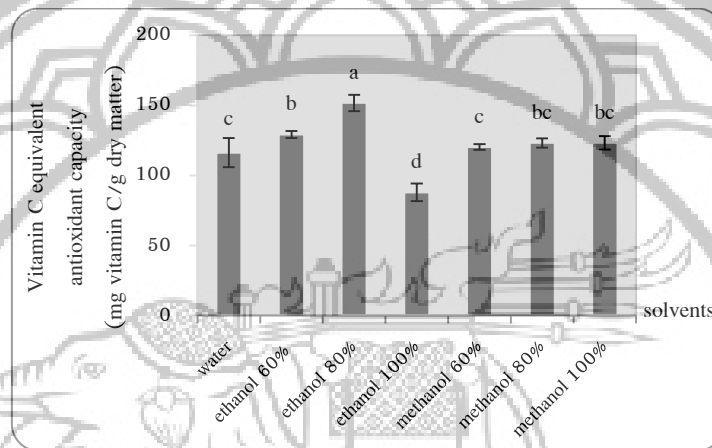
หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

รูปที่ 3 ตัวทำละลายต่อปริมาณสารกาบาของสารสกัดใบบัวหลวง



เมื่อพิจารณาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าที่ความเข้มข้นของเอทานอล 80% มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด แต่เมื่ออัตราส่วนของน้ำในสารละลายผสมมากขึ้นจะทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง เพราะการเกิดพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงมากกว่างฟีนอลิกกับตัวทำละลายน้ำ ทำให้การถ่ายเทอิเล็กตรอนฟีนอลิกไปยังอนุมูลอิสระมี

ประสิทธิภาพไม่ดี การกำจัดอนุมูลอิสระจึงไม่ดีไปด้วย และสารละลายผสมที่มีอัตราส่วนของน้ำมากจะสามารถสกัดฟีนอลิกไกลโคไซด์ได้มาก หมู่น้ำตาลในโครงสร้างทำให้อัตราการออกซิเดชันลดลง ไกลโคไซด์จึงมีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระน้อยกว่าเอกลโคโคน (Hopia, & Heinonen, 1999, pp. 139-144)



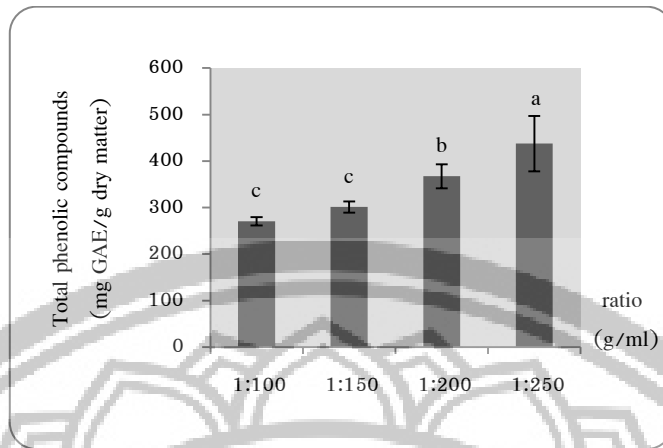
หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

รูปที่ 4 ตัวทำละลายต่อค่า vitamin C equivalent antioxidant capacity ของสารสกัดใบบัวหลวง

เมื่อเปรียบเทียบเอทานอล 80% และเอทานอล 100% พบว่าการใช้เอทานอลเพียงอย่างเดียวในการสกัดมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่า (รูปที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ที่พบว่าการใช้ตัวทำละลายผสมในการสกัดมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ตัวทำละลายเพียงชนิดเดียว

2. ผลของอัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลายต่อสมบัติสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

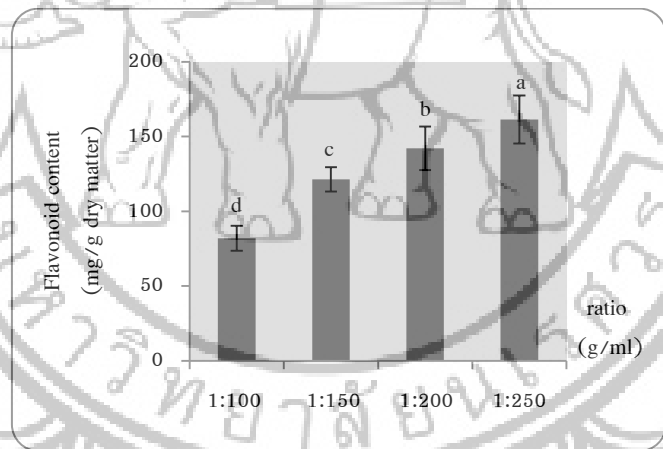
จากการศึกษาผลของตัวทำละลายต่อสมบัติสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้เลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัด คือ เอทานอล 80% มาใช้ในการศึกษาอัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลาย พบว่าที่อัตราส่วน 1:250 g/ml มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด รองลงมาคือที่อัตราส่วน 1:200 g/ml และที่อัตราส่วน 1:100 และ 1:150 g/ml มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยที่สุด และไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (รูปที่ 5)



หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

รูปที่ 5 อัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลายต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดใบบัวหลวง

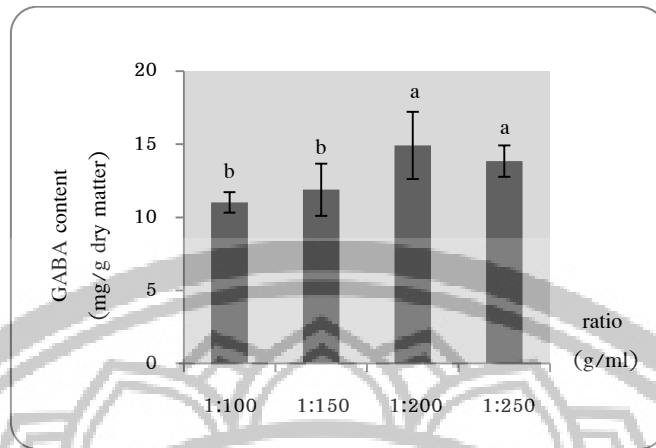
ผลของอัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลายต่อทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือ 1:200 1:150 และ ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดใบบัวหลวง 1:100 g/ml ตามลำดับ (รูปที่ 6) พบว่าที่อัตราส่วน 1:250 g/ml มีปริมาณฟลาโวนอยด์



หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

รูปที่ 6 อัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลายต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดใบบัวหลวง

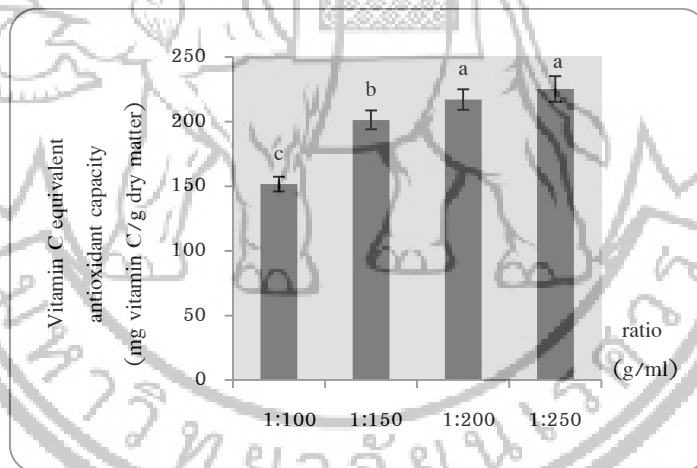
อัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลายที่อัตราส่วน 1:250 และ 1:200 g/ml มีปริมาณสารกาบามากที่สุด ที่อัตราส่วน 1:150 และ 1:100 g/ml ซึ่งมีปริมาณสาร กาบาไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (รูปที่ 7) และไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) รองลงมาคือ



หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

รูปที่ 7 อัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลายต่อปริมาณสารกาบาของสารสกัดใบบัวหลวง

ค่า vitamin C equivalent antioxidant capacity ของ อัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลายที่อัตราส่วน 1:250 1:150 และ 1:100 ตามลำดับ (รูปที่ 8) และ 1:200 g/ml มีปริมาณมากที่สุด และไม่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) รองลงมาคือ ที่อัตราส่วน



หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

รูปที่ 8 อัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลายต่อค่า Vitamin C equivalent antioxidant capacity ของสารสกัดใบบัวหลวง

วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสภาวะการสกัดต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดใบบัวหลวงพันธุ์แหลมชมพู โดยศึกษาชนิดของตัวทำละลาย และอัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลาย พบว่าชนิดของตัวทำละลายและอัตราส่วนที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดย

สารละลายผสมระหว่างเอทานอลและน้ำ หรือเมทานอล และน้ำมีประสิทธิภาพในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากกว่าการใช้น้ำเพียงอย่างเดียว และสารสกัดใบบัวหลวงที่สกัดด้วยเอทานอล 80% มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไม่ต่างจากเอทานอล 60% และ เมทานอล 80% แต่มีสารกาบา และค่า vitamin C equivalent antioxidant capacity สูงที่สุด สารสกัดใบบัวหลวงที่สกัด



ด้วยเมทานอล 100% มีปริมาณ ฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือ เมทานอล 80% และ เอทานอล 80% ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกเอทานอล 80% มาใช้ในการศึกษาอัตราส่วนของใบบัวและตัวทำละลาย เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไม่ต่างจากเอทานอล 60% และ เมทานอล 80% แต่มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงกว่าเอทานอล 60% และมีสารกาบาและค่า vitamin C equivalent antioxidant capacity สูงที่สุดในขณะที่เมทานอลมีอันตรายต่อการบริโภค จากการทดลองอิทธิพลของอัตราส่วน จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณของตัวทำละลายมากขึ้นจะสามารถสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้มากขึ้น โดยที่อัตราส่วน 1:250 g/ml จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด สารกาบา และค่า vitamin C equivalent antioxidant capacity มากที่สุด จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบบัวหลวง คือ 1:200 g/ml เนื่องจากมีค่า vitamin C equivalent antioxidant capacity และสารกาบา ไม่แตกต่างกับที่อัตราส่วน 1:250 g/ml และเป็นปริมาณตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัด

เอกสารอ้างอิง

ประวิทย์ สุรนิรนาถ. (2538). *พรรณไม้น้ำในประเทศไทย (Aquatic plants in Thailand)*. กรุงเทพฯ: ชุมชมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

Akinjogunla, O. J., Adegoke, A. A., Udokang, I. P., & Adebayo-Tayo, B. C. (2009). Antimicrobial potential of *Nymphaea lotus* (Nymphaeaceae) against wound pathogens. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(3), 138-141.

Cacace, J. E., & Mazza, G. (2003). Mass transfer process during extraction of phenolic compounds from milled berries. *Journal of Food Engineering*, 59, 379-389.

Cho, E. J., Yokozawa, T., Rhyu, D. Y., Kim, S. C., Shibahara, N., & Park, J. C. (2003). Study on the inhibitory effects of Korean medicinal plants and their main compounds on the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Phytomedicine*, 10(6-7), 544-551.

Gertenbach, D. D. (2001). Solid-liquid extraction technologies for manufacturing nutraceuticals from botanicals. In J. Shi, G. Mazza, & M. Le Maguer, (Eds.). *Functional foods biochemical and processing aspects*. (pp. 331-366). Boca Raton: CRC Press.

Hopia, A., & Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of flavonol aglycone and their glycosides in methyl linoleate. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 76(1), 139-144.

Jiangsu New Medical College. (1977). *Directory of Chinese Materia Medica*. Shanghai: Shanghai Scientific and Technological Press.

Karladee, D., & Suriyong, S. (2012). γ -Aminobutyric acid (GABA) content in different varieties of brown rice during germination. *Science Asia*, 38, 13-17.

Kim, H. Y., Chang, S. W., Ryu, S. Y., Choi, S. U., & Lee, K. R. (2009). Phytochemical Constituents of *Nelumbo nucifera*. *Natural Product Sciences*, 15(2), 90-95.

Li, M., & Xu, Z. (2008). Quercetin in a lotus leaves extract May be responsible for antibacterial activity. *Archives of Pharmacal Research*, 31(5), 640-644.

Lin, H. -Y., Kuo, Y. -H., Lin, Y. -L., & Chiang, W. (2009). Antioxidative effect and active components from leaves of lotus (*Nelumbo nucifera*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 6623-6629.



- Liu, X., Zhao, M., Wang, J., Yang, B., & Jiang, Y. (2008). Antioxidant activity of methanolic extract of emblica fruit (*Phyllanthus emblica* L.) from six regions in China. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 219–228.
- Nagy, M., & Grancai, D. (1996). Colorimetric determination of flavanones in propolis. *Pharmazie*, 51, 100–101.
- Ono, Y., Hattori, E., Fukaya, Y., Imai, S., & Ohizumi, Y. (2006). Antiobesity effect of *Nelumbo nucifera* leaves extract in mice and rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 106, 238–244.
- Park, Y. -S., Jung, S. -T., Kang, S. -G., Heo, B. G., Arancibia-Avila, P., & Toledo, F., et al. (2008). Antioxidants and proteins in ethylene-treated kiwifruits. *Food Chemistry*, 107, 640–648.
- Suzuki, M., Watanabe, T., Miura, A., Harashima, E., Nakagawa, Y., & Tsuji, K. (2002). An extraction solvent optimum for analyzing polyphenol contents by Folin–Denis assay. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 49(7), 507–511.
- Trongtorsak, P., Teerakulkitipong, N., Panyajirawat, J., & Athipchartsiri, N. (2007). Effects of Crude Leaf Extract of *Nelumbo nucifera* Gaertn. on Blood Pressure in Normotensive and Hypertensive Rats. *Thai Journal of Pharmacology*, 29(2), 3–10.
- Wang, T., Jónsdóttir, R., & Ólafsdóttir, G. (2009). Total phenolic compounds, radical scavenging and metal chelation of extracts from Icelandic seaweeds. *Food Chemistry*, 116, 240–248.
- Woisky, R. G., & Salatino, A. (1998). Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. *Journal of Apicultural Research*, 37(2), 99–105.
- Wu, M. J., Wang, L., Weng, C. Y., & Yen, J. -H. (2003). Antioxidant activity of methanol extract of the lotus leaf (*Nelumbo nucifera* Gertn.). *The American Journal of Chinese Medicine*, 31(5), 687–698.
- Yang, M. -Y., Chang, Y. C., Chan, K. C., Lee, Y. J. & Wang, C. J. (2011). Flavonoid-enriched extracts from *Nelumbo nucifera* leaves inhibits proliferation of breast cancer in vitro and in vivo. *European Journal of Integrative Medicine*, 3, e153–e163.
- Zhang, L., Shan, Y., Tang, K. & Putheti, R. (2009). Ultrasound-assisted extraction flavonoids from Lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn) leaf and evaluation of its anti-fatigue activity. *International Journal of Sciences*, 4(8), 418–422.