แบบประเมินบทความ/งานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ชื่อบทความ (ภาษาไทย) : การวิเคราะห์พลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ จากดอกทิวลิปด้วยตัวทำละลายและคลื่นไมโครเวฟร่วม

(ภาษาอังกฤษ) : Energy and environmental impact analysis of solvent and microwave-assisted extractions of antioxidants from tulip

หัวข้อการพิจารณา

หัวข้อ	คะแนนประเมิน					ข้อแก้ไข / ข้อเสนอแนะ
	1	2	3	4	5	
1. บทคัดย่อ				/		- การใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ของดอกทิวลิป - สารสกัดต้านอนุมูลอิสระเป็น กลุ่มใด. ควรระบุ. - การสกัดด้วยตัวทำละลายต้องเติมให้ชัดเจนกว่านี้.
2. Abstract				/		- แก้ไขตามข้อเสนอแนะ
3. บทนำ				/		
4. วัตถุประสงค์การวิจัย/การศึกษา				/		
5. วิธีการวิจัย/วิธีการศึกษา				/		- ควรระบุ ระยะเวลาของดอกทิวลิป ที่นำมาสกัด ~~[illegible]~~ ของดอกทิวลิป เนื่องจากสีของดอกผลต่อปริมาณสารกลุ่มแอนโทไซยานิน หรือ ฟีนอลิก
6. ผลการวิจัย/ผลการศึกษา					/	- ควรระบุค่าต้านอนุมูลอิสระของ BHT ด้วย - โดยทั่วไปการรายงานค่าการต้านอนุมูลอิสระเป็นการรายงานค่าความเข้มข้น DPPH ครึ่งหนึ่ง หรือ IC_{50} ควรรายงานแบบนี้ด้วย.
7. สรุปผลการวิจัย/สรุปผลการศึกษา				/		- ~~[illegible]~~
8. อภิปรายผล/ข้อเสนอแนะ				/		ควรสรุปได้เลยว่าการใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดได้ผลดี และสอดคล้องกับงานวิจัยการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ
9. เอกสารอ้างอิง				/		ตรวจสอบรูปแบบ
10. ความใหม่และคุณค่าทางวิชาการ					/	มีประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม อาหาร และเครื่องสำอาง แต่ควรเลือกดอกไม้ที่มีคุณค่าทางการแพทย์ ด้วย เช่น ดอกเก็กฮวย บานไม่รู้โรย เป็นต้น

การวิเคราะห์พลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากดอกทิวลิปด้วยตัวทำละลายและคลื่นไมโครเวฟร่วม

วนิดา โมกไธสงค์ และ บรรพต ศิริณัฏสมบูรณ์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

email: wanida.mok@dome.tu.ac.th

บทคัดย่อ

ทิวลิปเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ ที่นิยมปลูกเพื่อจำหน่ายหรือปลูกเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว หลังการเก็บเกี่ยวหรือใช้ประโยชน์ ดอกทิวลิปกลายเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จึงมีแนวคิดที่จะนำดอกทิวลิปมาสกัดสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อเพิ่มมูลค่า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้พลังงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายแบบดั้งเดิม และการสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟร่วม จากการทดลองพบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายแบบดั้งเดิมโดยใช้ เฮกเซน, เอทานอล, และ น้ำ ในอัตราส่วนที่เท่ากันคือ 1:40 สามารถสกัดสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้คิดเป็นร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระ 0.082, 0.922 และ16.075 ตามลำดับ โดยใช้เวลาสกัด 4.5 ชั่วโมง ในขณะที่การสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟร่วมโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย สามารถสกัดสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้เป็นร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระ 14.8 โดยใช้เวลาเพียง 1 นาที ที่กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการสกัดด้วยตัวทำละลายแบบดั้งเดิมและการสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟร่วม โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนที่เท่ากันคือ 1:40 ทั้งสองกระบวนการ พบว่าการสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟร่วมสามารถลดการใช้พลังงานคิดเป็นร้อยละ 15.30 และสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 15.20 ดังนั้น การสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟร่วมเป็นการสกัดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า ทั้งในแง่การใช้พลังงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ต่ำกว่า

คำสำคัญ: ทิวลิป, สารต้านอนุมูลอิสระ, การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วม, การประหยัดพลังงาน, ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

Energy and environmental impact analysis of solvent and microwave-assisted extractions of antioxidants from tulip.

Wanida Moktaisong and Bunpot Sirinutsomboon

Department of Chemical Engineering, Thammasat School of Engineering, Thammasat University
email: wanida.mok@dome.tu.ac.th

Abstract

Tulip is an important economic crop, widely grown for sale or tourist attractions. After being harvested or utilized, tulip becomes agricultural waste. It is possible to extract antioxidant compounds from tulip petal as a value-added waste utilization. The goal of this research is to study energy and environmental impacts (greenhouse gas emission) from conventional solvent and microwave-assisted extractions. With hexane, ethanol, and water as solvents, using the same ratio, tulip: solvent is 1: 40, and the extraction time of 4.5 h, the conventional extraction provided yields of antioxidant compounds at 0.082, 0.922 and 16.075 respectively. With water as a solvent, the extraction time of 1 min, and the microwave power of 600 W, the microwave-assisted extractions provided yields of antioxidant compounds at 14.8%. When comparing the conventional and microwave-assisted extractions with the same solvent of water, the microwave-assisted extraction had a lower energy consumption by 15.30 % and a lower environmental impact by 15.20 %. Consequently, the microwave-assisted extraction was more efficient, in terms the lower energy consumption and environmental impact.

Keywords: Tulip, Antioxidant, Microwave-assisted extraction, Energy saving, Environmental impact

บทนำ

ทิวลิปเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ นิยมปลูกเพื่อจำหน่ายหรือปลูกเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว หลังการเก็บเกี่ยวหรือใช้ประโยชน์ ดอกทิวลิปกลายเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จึงมีแนวคิดที่จะนำดอกทิวลิปมาสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เนื่องจากมีรายงานวิจัยด้านศึกษาการสกัดสารสำคัญจากทิวลิป พบสารกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) เช่น แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่พบในพืชทั้งในดอก และผลของพืช ที่มี สีส้ม แดง น้ำเงิน หรือม่วง เป็นสารที่ละลายในน้ำได้ดี มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของลิโปโปรตีน และการตกตะกอนของเกล็ดเลือด (Muhammet และคณะ, 2016) ดังนั้นการนำทิวลิปมาสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจึงเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้วัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ โดยนำสารสกัดได้ไปใส่ในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและเครื่องสำอาง

การสกัดสารจากพืชสามารถทำได้หลายวิธี หนึ่งในวิธีที่นิยมใช้ คือสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) หลักการคือ เลือกชนิดตัวทำละลายที่มีความมีขั้วใกล้เคียงกับสารที่ต้องการสกัด ปัจจัยที่ผลต่อประสิทธิภาพในการสกัด ได้แก่ ชนิดตัวทำละลาย อัตราส่วนปริมาณตัวทำละลายต่อตัวอย่างพืชที่ต้องการสกัด อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัด อย่างไรก็ดี การสกัดสารด้วยตัวทำละลายแบบดั้งเดิมมีการใช้เวลาและพลังงานในปริมาณที่สูง มีเทคนิคการสกัดอื่น ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า เช่น การสกัดด้วยเอนไซม์ (enzyme assisted extraction) การสกัดด้วยอัลตร้าซาวด์ (ultrasound assisted extraction) และการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วม (microwave assisted extraction) (วิภาวรรณ และคณะ, 2561)

การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วม อาศัย คลื่นไมโครเวฟ ร่วมกับตัวทำละลาย ทำให้โมเลกุลของพืชเกิดการสั่น และเกิดความร้อนขึ้นทำให้สามารถสกัดสารออกมาได้ ปัจจัยที่ผลต่อประสิทธิภาพในการสกัดไม่แตกต่างกับการสกัดด้วยตัวทำละลายแบบดั้งเดิม แต่มีปัจจัยเพิ่มเติมคือกำลังไฟฟ้าของคลื่นไมโครเวฟที่ใช้ในการสกัด Bandar และคณะ (2013) ได้ศึกษาการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compound) จากต้นตำแยกัด (Urtica dioica) พบว่าความมีขั้วของสารละลายและเวลาที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อปริมาณสารสกัด และการสกัดด้วยไมโครเวฟร่วมโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายได้ปริมาณของสารสกัดสูงที่สุด นอกจากนี้ Beatriz และคณะ (2019) ได้ศึกษาการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolics) จากใบยูคาลิปตัส พบว่าการใช้เทคนิคการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วม ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สูงสุด และเมื่อวิเคราะห์ด้านการใช้พลังงานพบว่า การใช้พลังงานต่ำกว่าการสกัดดังเดิมถึง 13 เท่า

งานวิจัยนี้นอกจากจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากดอกทิวลิป ระหว่างการสกัดด้วยตัวทำละลายแบบดั้งเดิมและการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมแล้ว ยังให้ความสำคัญในเรื่องเปรียบเทียบการใช้พลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าก๊าซ CO_2 ที่เกิดขึ้นในกระบวนการสกัดทั้งสองกระบวนการ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากดอกทิวลิป ระหว่างการสกัดด้วยตัวทำละลายแบบดั้งเดิม และการสกัดด้วยไมโครเวฟร่วม
2. ศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากดอกทิวลิป ระหว่างการสกัดด้วยตัวทำละลายแบบดั้งเดิม และการสกัดด้วยไมโครเวฟร่วม

ระเบียบวิธีวิจัย

การเตรียมตัวอย่าง

นำกลีบดอกทิวลิปสายพันธุ์ Ad Rem มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสใช้เวลา 72 ชั่วโมงแล้วนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์ และเก็บรักษาไว้ในที่ปราศจากแสง ความร้อน และความชื้น

การสกัดด้วยตัวทำละลาย

ชั่งตัวอย่างทิวลิปแห้ง ปริมาณ 2 กรัม เติมตัวทำละลาย (เฮกเซน, เอทานอล หรือ น้ำกลั่น) ที่อัตราส่วนดอกทิวลิปแห้งต่อตัวทำละลาย คือ 2 ต่อ 13.332, 1 ต่อ 20 หรือ 1 ต่อ 26.66 (กรัม ต่อ มิลลิลิตร) ผสมให้เข้ากันและนำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และเขย่าด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ได้ไปกรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ เป็นเวลา 1 นาที โดยใช้กระดาษกรองขนาด 45 ไมโครเมตร เพื่อแยกกากตะกอนออก จากนั้นทำกระบวนการสกัดและการกรองนี้ซ้ำอีก 2 รอบ คิดเป็นอัตราส่วนดอกทิวลิปแห้ง ต่อ ตัวทำละลายโดยรวม เท่ากับ 1 ต่อ 20, 1 ต่อ 30 หรือ 1 ต่อ 40 (มวล ต่อ ปริมาตร) และเวลาการสกัดรวมเป็น 4.5 ชั่วโมง นำสารละลายทั้งหมดที่ได้หลังการกรอง มาอบให้แห้งสนิทด้วยตู้อบสุญญากาศ เป็นเวลา 90 - 1320 นาที (ขึ้นอยู่กับชนิดและอัตราส่วนของตัวทำละลาย) จากนั้นนำสารสกัดหยาบที่ได้มาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าร้อยละผลผลิตสารสกัดหยาบ และเก็บไว้ในที่ปราศจากแสง ความร้อน และความชื้น เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไป สภาวะต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายนั้นสรุปไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปสภาวะต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย

ชนิดตัวทำละลาย	อัตราส่วน ทิวลิปแห้ง ต่อ ตัวทำละลาย (กรัม ต่อ มิลลิลิตร)	เวลาในการสกัด (นาที)	เวลาในการอบแห้ง (นาที)
เฮกเซน	1:20	270	90
	1:30		120
	1:40		120
เอทานอล	1:20		210
	1:30		210
	1:40		240
น้ำกลั่น	1:20		720
	1:30		960
	1:40		1320

การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วม

จากผลการทดลองซึ่งจะแสดงให้เห็นในภายหลัง พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายโดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายในอัตราส่วนทิวลิปแห้ง ต่อ ตัวทำละลาย 1 ต่อ 40 ให้ผลผลิตร้อยละปริมาณสารสารสกัดหยาบสูงสุด ดังนั้นการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟนี้ จึงเลือกใช้ตัวทำละลายเพียงชนิด คือ น้ำกลั่นที่อัตราส่วน 1 ต่อ 40

ชั่งตัวอย่างทิวลิปแห้ง ปริมาณ 2 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร ผสมให้กันนำมาเข้าเครื่องไมโครเวฟขนาดเล็กที่ใช้ในครัวเรือน เพื่อสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ ใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟที่ 400, 600 หรือ 800 วัตต์ ใช้เวลาในการสกัด คือ 1, 2 หรือ 4 นาที นำตัวอย่างที่ได้ไปกรองด้วยเครื่องกรองสุญากาศ โดยใช้กระดาษกรองขนาด 45 ไมโครเมตร เพื่อแยกกากตะกอนออก และนำส่วนที่เป็นสารละลายมาอบให้แห้งสนิทด้วยตู้อบสุญญากาศ เป็นเวลา 1320 นาที จากนั้นนำสารสกัดหยาบที่ได้มา

ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าร้อยละผลผลิตสารสกัดหยาบ และเก็บไว้ในที่ปราศจากแสง ความร้อน และความชื้น เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไป สภาวะต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการสกัดด้วยสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมนั้นสรุปไว้ใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปสภาวะต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วม

ชนิดตัวทำละลาย	อัตราส่วน ทิวลิปแห้ง ต่อ ตัวทำละลาย (กรัม ต่อ มิลลิลิตร)	กำลังคลื่นไมโครเวฟ (วัตต์)	เวลาในการสกัด (นาที)	เวลาในการอบแห้ง (นาที)
น้ำกลั่น	1:40	400, 600 และ800	1, 2 และ4	1320

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยเทคนิค DPPH (เบญจมาศ และคณะ, 2561) โดยนำสารสกัดหยาบที่ได้จากกระบวนการสกัดต่างๆ และสาร butylated hydroxytoluene (BHT) ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระควบคุมเชิงบวก มาทำปฏิกิริยายับยั้งกับสารอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) เพื่อหาค่าการกำจัดอนุมูลอิสระที่อยู่ในหน่วย Half maximum inhibitory concentration (IC_{50}) จากนั้นนำค่า IC_{50} ของสารสกัดจากกระบวนการต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกับค่า IC_{50} ของBHT เพื่อคำนวณหาร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่า

การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ในการวิเคราะห์จะคำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในแต่ละกระบวนการสกัดเพื่อให้ได้มาซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระปริมาณ 1 กรัม (คิดเป็น 1 หน่วยผลผลิต) โดยอาศัยสมการสมการที่ 1 เพื่อคำนวณหาพลังงานไฟฟ้า ในส่วนของข้อมูลกำลังไฟฟ้าของเครื่องมือต่างๆ และเวลาที่ใช้งาน ในกระบวนการสกัด ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3

$$W = \frac{P \times t}{1000} \quad (1)$$

W คือ พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)
P คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
t คือ เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)

ตารางที่ 3 ข้อมูลกำลังไฟฟ้าของเครื่องมือต่างๆ และเวลาที่ใช้งาน ในกระบวนการสกัด

ชื่อเครื่อง	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	เวลา (ชั่วโมง)
อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ	2823	4.50 -3343.4
ตู้อบสุญญากาศ	3192	12.2 - 4953.1
ไมโครเวฟ	850, 1050 และ1250	0.0167 - 0.05
ปั๊มสุญญากาศ	418	0.0235 - 297.1

การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ข้อมูลจะคำนึงถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า,ตัวทำละลาย, ทิวลิป และปริมาณอุปกรณ์สิ้นเปลือง เช่น กระดาษกรอง ที่ใช้ในแต่ละกระบวนการสกัด เพื่อให้ได้สารต้านอนุมูลอิสระปริมาณ 1 กรัม (คิดเป็น 1 หน่วย) การวิเคราะห์พลังงานและผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะพิจารณาเฉพาะกระบวนการสกัดเท่านั้น ซึ่งเริ่มจากสารตั้งต้น (ดอกทิวลิปแห้ง) จนถึงการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์(สารสกัดหยาบ) โดยอิงข้อมูลจากคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ การคำนวณหาค่าศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้วิธีตาม IPPC (2006) อาศัยสมการที่ 2 ซึ่งข้อมูล Activity Data และค่า Emission Factor ได้แสดงในตารางที่ 4

$$GHG = \text{Activity Data} \times \text{Emission Factor} \quad (2)$$

GHG คือ ศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (กิโลกรัม CO_2 เทียบเท่า ต่อ หน่วย)

Activity Data คือ ปริมาณการใช้พลังงาน, ปริมาณวัตถุดิบ หรือสารเคมี (กิโลวัตต์ชั่วโมง หรือ กิโลกรัม)

Emission Factor คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

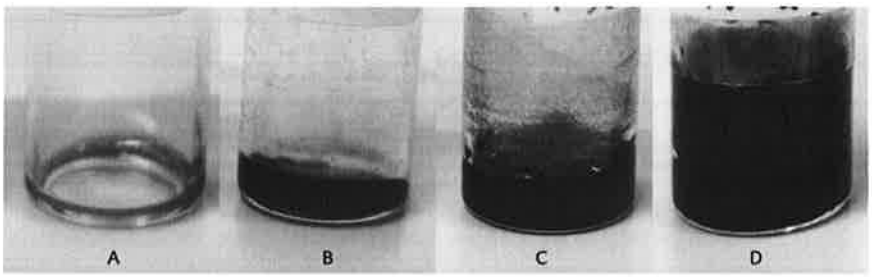
ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซกระจกที่ใช้ในกระบวนการสกัด

รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
ดอกทิวลิปแห้ง (กิโลกรัม)	0.0032	เทียบจากค่าต้นไม้ ดอกไม้ในสวน จากข้อมูล IPPC (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
เฮกเซน (กิโลกรัม)	0.62	National Greenhouse Accounts Factors (July 2017)
เอทานอล (กิโลกรัม)	6.5236	แปลงข้อมูลจาก JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
น้ำกลั่น (กิโลกรัม)	0.2575	Thai National LCI Database
กระดาษกรอง (กิโลกรัม)	1.879	Thai National LCI Database
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	0.561	TC Common data

ผลการวิจัย

ลักษณะทางกายภาพของสารสกัดหยาบ

สารสกัดหยาบที่ได้จากกระบวนการสกัด มีลักษณะเป็นของแข็งแห้งกรังติดภาชนะ มีสีเหลืองไปจนถึงน้ำตาลเข้ม และการสกัดหยาบที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนมีสีอ่อนสุด ส่วนการสกัดด้วยตัวละลายน้ำกลั่นเข้มสุด ซึ่งอัตราส่วนของตัวทำละลายที่ใช้ในกระบวนการสกัดนั้นไม่ได้มีผลต่อลักษณะภายนอกของสารสกัดหยาบ แต่พบว่าชนิดของตัวทำละลายมีผลต่อสีของสารสกัดหยาบที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 1

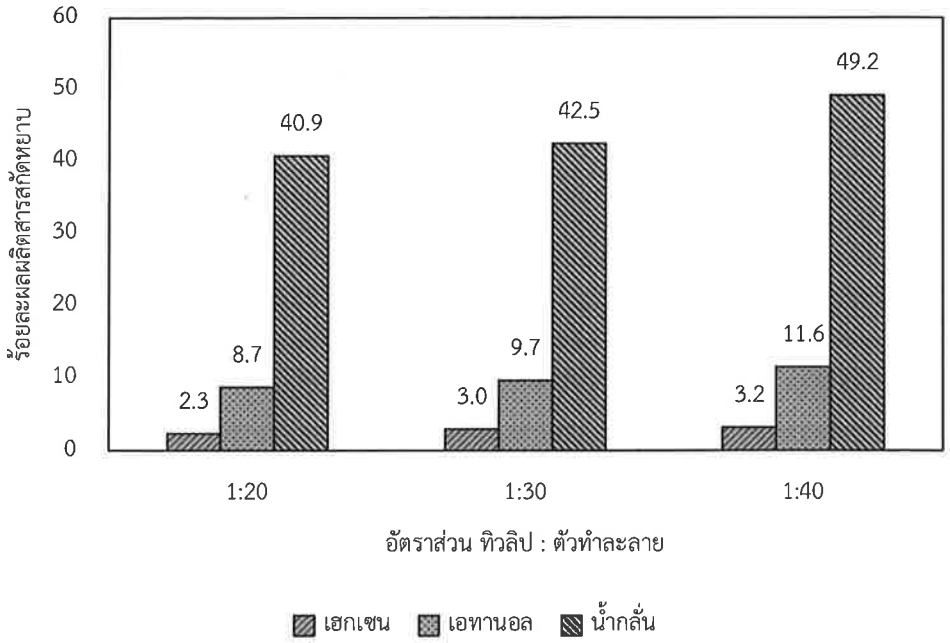


ภาพที่ 1 ภาพลักษณะของสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดที่สภาวะแตกต่างกัน : (A) สกัดด้วยเฮกเซน, (B) สกัดด้วยเอทานอล, (C) สกัดด้วยน้ำกลั่น และ (D) สกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมกับน้ำกลั่น

ผลการสกัดด้วยตัวทำละลาย

จากการสกัดดอกทิวลิปแห้งด้วยตัวทำละลาย ได้แก่ เฮกเซน, เอทานอล, หรือ น้ำกลั่น ในอัตราส่วนดอกทิวลิปแห้งต่อตัวทำละลายที่แตกต่างกัน คือ 1 ต่อ 20, 1 ต่อ 30 หรือ 1 ต่อ 40 ใช้เวลา 4.5 ชั่วโมง เมื่อวิเคราะห์ผลร้อยละผลผลิตสารสกัดหยาบพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนตัวทำละลายในการสกัดส่งผลให้ปริมาณร้อยละสารสกัดหยาบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การใช้น้ำกลั่น

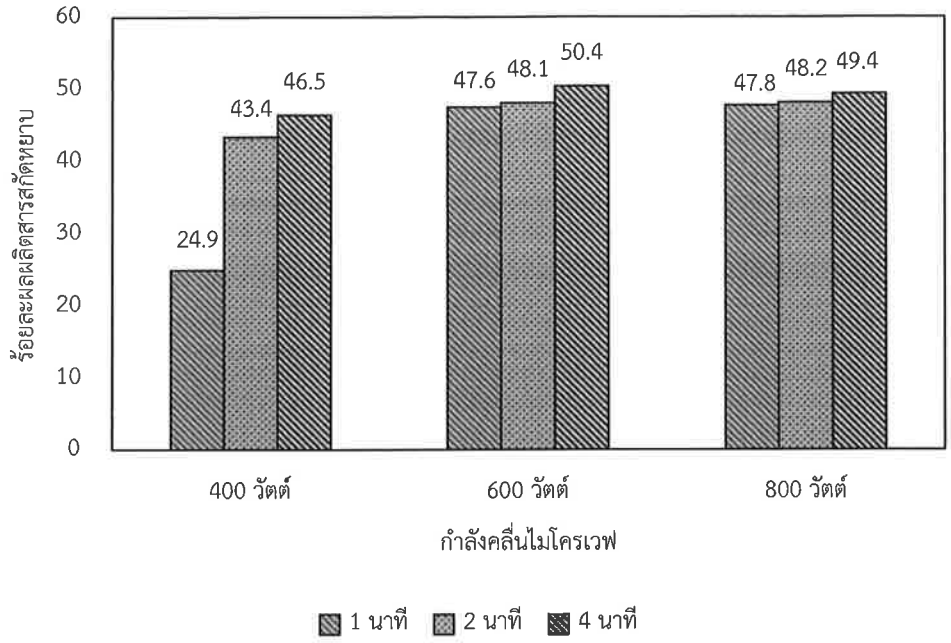
เป็นตัวทำละลาย ให้ผลร้อยละผลผลิตสารสกัดหยาบสูงสุด ตามด้วยตัวทำละลายเอทานอล และเฮกเซน ตามลำดับ และเมื่อใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายที่อัตราส่วนดอกทิวลิปแห้งต่อตัวทำละลาย ที่ 1 ต่อ 40 ให้ผลร้อยละผลผลิตสารสกัดหยาบสูงสุดที่ 49.2 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพปริมาณร้อยละสารสกัดหยาบที่ได้จากกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย

ผลการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วม

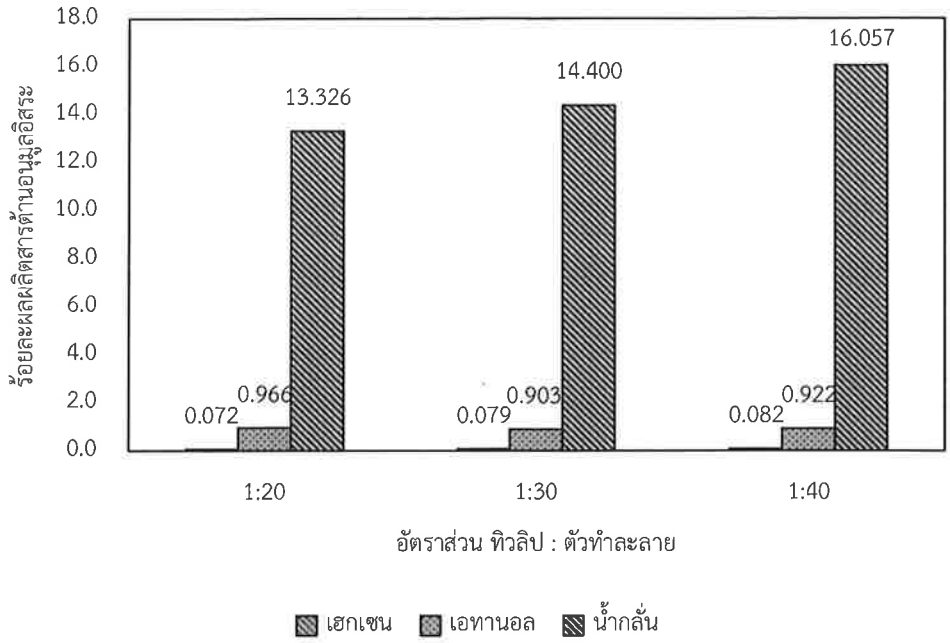
จากการสกัดดอกทิวลิปแห้งที่ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนดอกทิวลิปแห้งต่อตัวทำละลาย 1 ต่อ 40 ใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟที่ 400, 600 หรือ 800 วัตต์ ที่เวลา 1, 2, หรือ 4 นาที พบว่าการสกัดที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 600 และ 800 วัตต์ ได้ปริมาณร้อยละสารสกัดหยาบใกล้เคียงกัน แต่ที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 400 วัตต์ เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัด จะส่งผลให้ปริมาณร้อยละสารสกัดหยาบเพิ่มขึ้น และการสกัดที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 4 นาที ให้ปริมาณร้อยละสารสกัดหยาบสูงสุดที่ 50.4 ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ภาพปริมาณร้อยละสารสกัดหยาบที่ได้จากกระบวนการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วม

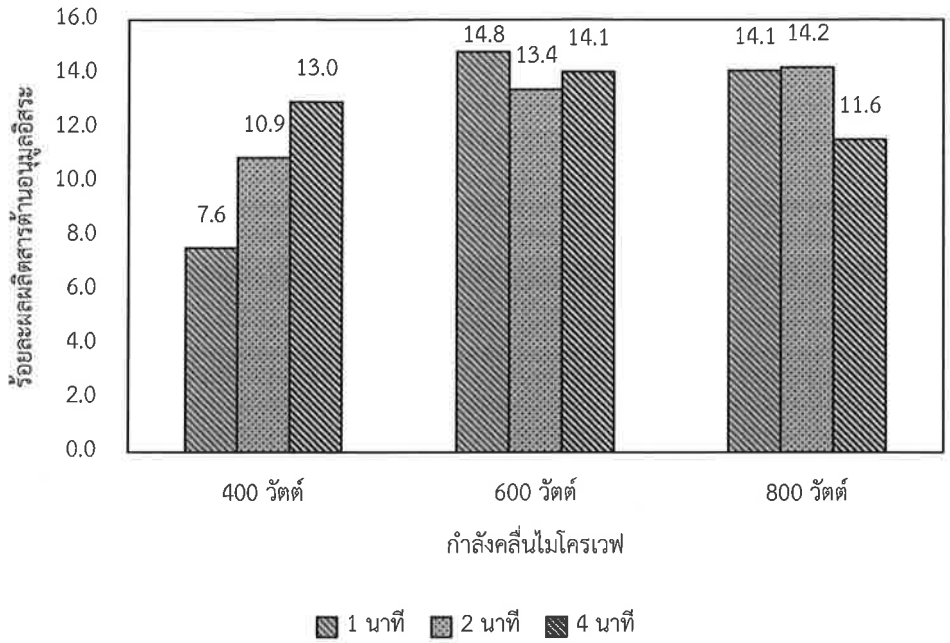
ผลการคำนวณหาร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่า

เมื่อวิเคราะห์หาค่าร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้สาร BHT เป็นตัวอ้างอิง พบว่าการใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายได้ร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ตามด้วยตัวทำละลายเอทานอล และเฮกเซน ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนตัวทำละลายในการสกัดไม่มีผลต่อค่าร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระของการสกัดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอล และเฮกเซน แต่มีผลทำให้ร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นในกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น และที่อัตราส่วนดอกทิวลิปแห้งต่อตัวทำละลาย 1 ต่อ 40 ให้ร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุดที่ 16.1 ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระ ของสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย

จากการสกัดดอกทิวลิปแห้งในกระบวนการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมซึ่งใช้น้ำกลั่นที่อัตราส่วน 1 ต่อ 40 ใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟที่ 400, 600 หรือ 800 วัตต์ เป็นเวลา 1, 2, หรือ 4 นาที พบว่าที่กำลังคลื่นไมโครเวฟเป็น 600 และ800 วัตต์ ให้ปริมาณร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน และสูงกว่ากำลังคลื่นไมโครเวฟ 400 วัตต์ นอกจากนั้นยังพบว่าเวลาไม่มีผลต่อปริมาณร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 600 และ800 วัตต์ แต่มีผลกับกำลังคลื่นไมโครเวฟที่ 400 วัตต์ และการสกัดที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 1นาที ให้ร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุดที่ 14.8 ดังภาพที่ 5

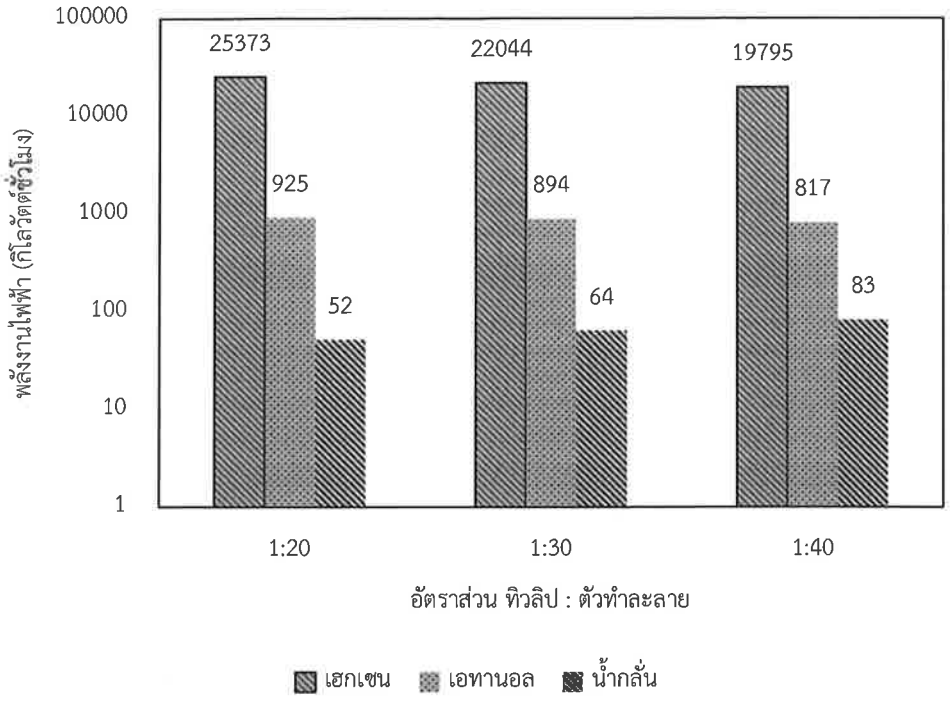


ภาพที่ 5 ภาพร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระ ที่ได้จากการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วม

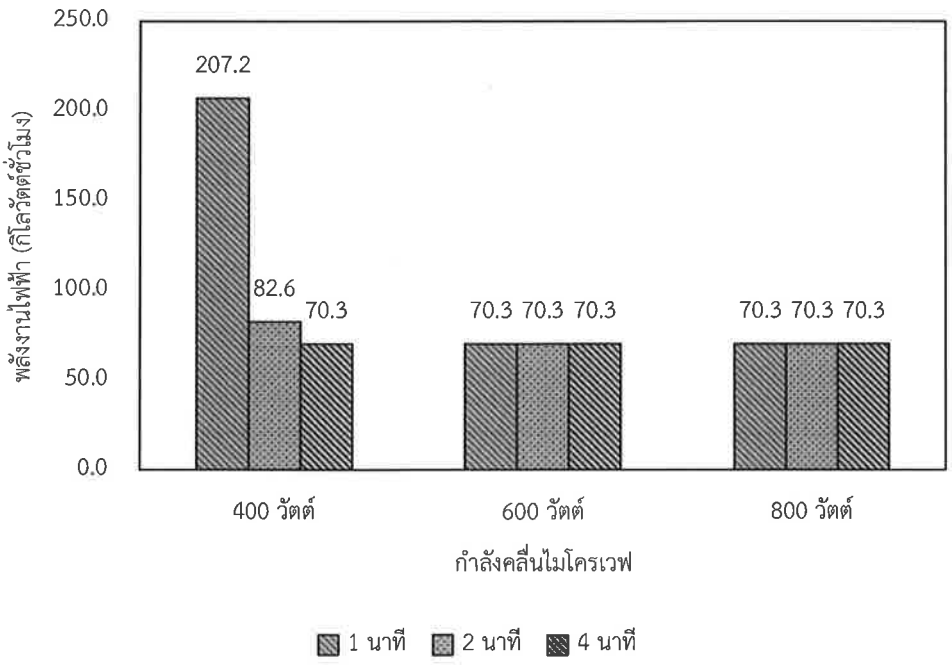
ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

วิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่ใช้ในกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สารต้านอนุมูลอิสระ 1 กรัม เทียบเท่า BHT พบว่าชนิดของตัวทำละลายมีผลต่อปริมาณพลังที่ใช้ ซึ่งตัวทำละลายเฮกเซนใช้พลังงานสูงสุด ตามด้วยเอทานอล และน้ำ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนตัวทำละลายพบว่าการใช้ตัวทำละลายเฮกเซน และเอทานอลมีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น แต่การใช้ตัวทำละลายน้ำกลั่นมีแนวโน้มลดลง การใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายในอัตราส่วน 1 ต่อ 20 ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำสุด (52 กิโลวัตต์ชั่วโมง) เนื่องจากที่สภาวะนี้ให้ร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด แต่ที่การใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่อัตราส่วน 1 ต่อ 20 ใช้พลังงานสูงสุด (25373 กิโลวัตต์ชั่วโมง) เนื่องจากที่สภาวะนี้ให้ร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด ดังภาพที่ 6

ในส่วนของวิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่ใช้กระบวนการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วม เมื่อเพิ่มกำลังคลื่นไมโครเวฟเป็น 600 และ 800 วัตต์ มีแนวโน้มปริมาณการใช้พลังงานลดลงไม่แตกต่างกัน ซึ่งต่ำกว่าการสกัดที่กำลังคลื่นไมโครเวฟที่ 400 วัตต์ และการสกัดที่กำลังคลื่นไมโครเวฟที่ 400 วัตต์ การเพิ่มเวลาสกัดทำให้ปริมาณการใช้พลังงานลดลง และการสกัดที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 1นาที ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำสุดที่ 70.3 กิโลวัตต์ชั่วโมง ดังภาพที่ 7 เมื่อวิเคราะห์ผลโดยรวมพบว่าการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าวิธีสกัดดั้งเดิม โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสองกระบวนการสกัดที่น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายในอัตราส่วน 1 ต่อ 40 เท่ากัน พบว่าการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วม (70.3 กิโลวัตต์ชั่วโมง) ใช้พลังงานน้อยกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย (83 กิโลวัตต์ชั่วโมง) ดังภาพที่ 7



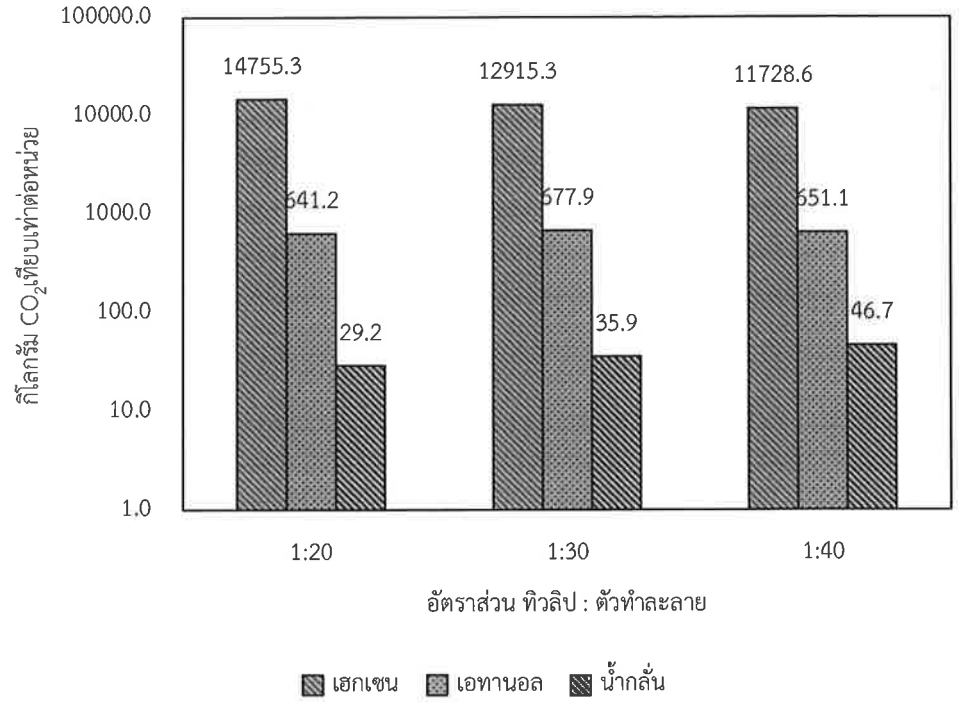
ภาพที่ 6 ภาพปริมาณพลังงานที่ใช้ในกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย



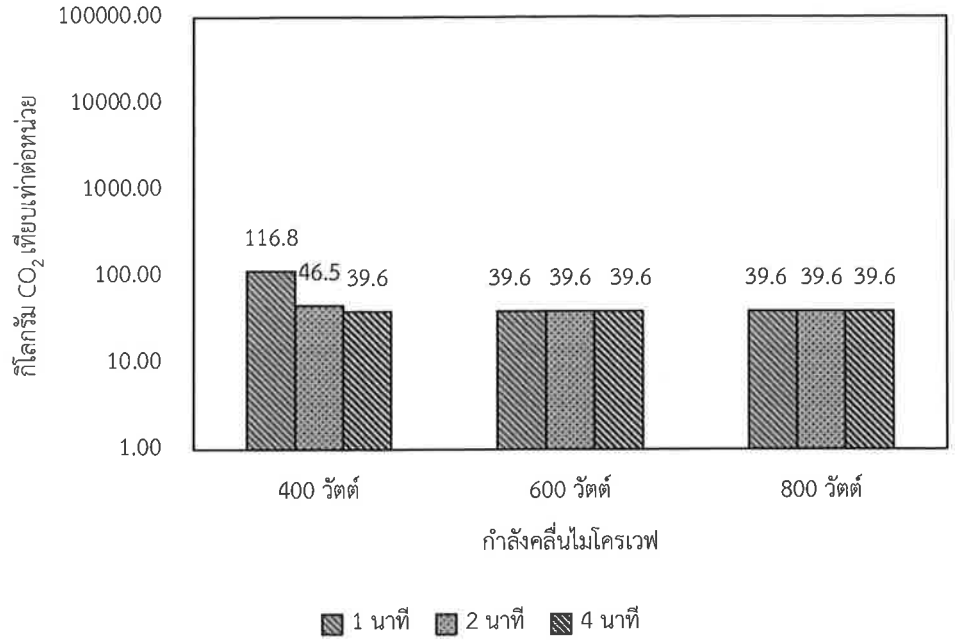
ภาพที่ 7 ภาพปริมาณพลังงานที่ใช้ในกระบวนการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วม

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ได้รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า, ตัวทำละลาย, อุปกรณ์สิ้นเปลืองต่าง ๆ ที่ใช้ในแต่ละกระบวนการสกัด เพื่อให้ได้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ 1 กรัมเทียบเท่า (คิดเป็น 1 หน่วย) เพื่อคำนวณหาปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ของศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งจะแสดงในหน่วยกิโลกรัมเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วย ($kgCO_2e$/unit) โดยศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายจะพบว่าชนิดตัวทำละลายมีผลต่อ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยการใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีศักยภาพปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำสุด ดังภาพที่ 8 ส่วนศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในกระบวนการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมพบว่าที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 600 และ 800 วัตต์ มีศักยภาพปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าการสกัดที่กำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 8 ภาพแสดงศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย



ภาพที่ 9 ภาพแสดงศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วม

สรุปและอภิปรายผล

การสกัดโดยใช้น้ำเป็นเป็นตัวทำลาย มีศักยภาพสูงสุดในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากทิวลิป การเพิ่มเวลา และอัตราส่วนตัวทำละลายมีผลต่อ การเพิ่มปริมาณร้อยละผลผลิตสารต้านอนุมูลอิสระ เช่นกันซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bandar และคณะ (2013) ที่ศึกษาการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยใช้เทคนิคคลื่นไมโครเวฟร่วมกับตัวทำละลายที่แตกต่างกันพบว่าการใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดได้ปริมาณสูงที่สุด เนื่องจากน้ำเป็นสารละลายที่มีขั้วสูงแสดงว่าสารสกัดหยาบที่ได้นั้นมีเป็นสารประกอบที่สารส่วนใหญ่มีขั้วสูงจึงละลายได้ดีในน้ำสอดคล้องกับงานวิจัยของงานวิจัยของ Muhammet Arici และคณะ (2016) ที่ได้ศึกษาการสกัดสารจากทิวลิป พบสารกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) เป็นสารมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายในได้ดีในน้ำ

การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 600 และ800 วัตต์ให้ผลดีเท่ากันซึ่งสูงกว่า 400 วัตต์ แสดงว่าการเพิ่มกำลังคลื่นไมโครเวฟช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดในระดับหนึ่ง และการเพิ่มเวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณร้อยละผลผลิตสารสกัดสารต้านอนุมูลอิสระที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 400 วัตต์ เนื่องจากสภาวะนี้มีปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในโมเลกุลของทิวลิปมีอุณหภูมิไม่สูงมาก แต่การเพิ่มเวลาไม่มีผลต่อการสกัดที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 600 และ800 วัตต์ เนื่องจากสภาวะนี้มีอุณหภูมิสูงเพียงพอต่อการสกัดแล้ว

เมื่อเปรียบเทียบในส่วนของการใช้พลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ในกระบวนสกัดทั้งสองพบว่า การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมใช้พลังงานต่ำกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการสกัดสั้นกว่า จึงส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ของศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่า เช่น กันเนื่องจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมกระทบสูงสุด มากกว่าปริมาณสารเคมีและวัสดุอื่นๆ

ข้อเสนอแนะ

การเลือกใช้ตัวทำละลาย ในกระบวนการสกัดควรมีการศึกษาความเป็นพิษของตัวทำละลาย และเลือกใช้ตัวทำละลายที่มีความเป็นพิษต่ำ เพื่อความปลอดภัยในการนำสารสกัดที่ได้ไปใช้ประโยชน์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันนวัตกรรม ปตท. ที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

เบญจมาศ คุชนี, อัจฉรา พรมลารักษ์, ชญาณ์พิมพ์ บุญชู, ธนาวุธ เขาดี, บุญญวัฒน์ บุญระดม, วณิชชกร สิงห์บรรณ, อชิดา จารุโชติกมล, ปวิตรา พูลบุตร. (2561). **ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากผลมะเดื่ออุทุมพรด้วยเอทานอล.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 62(27), 952-960

วิภาวรรณ นีละพษ์, บุษบา ผลโยธิน, วันเซ็ง สิทธิกิจโยธิน. (2561). **สารสกัดสำคัญจากสมุนไพรไทย : การสกัดด้วยไอน้ำและ การสกัดด้วยตัวทำละลาย.** วารสารพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 28(4), 903-907.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2561). **แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพฯ: บริษัท อัมรินทร์ พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่งจำกัด.

Bandar, H., Hijazi, A., Rammal, H., Hachem, A., Saad, Z., Badran, B. (2013). Techniques for the Extraction of Bioactive Compounds from Lebanese Urtica dioica. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics,* 2321 – 2748.

Chen, L., Hu, J.Y., Wang, S. Q. (2012). The role of antioxidants in photoprotection: critical review. *J Am Acad Dermatol; 67(5)*: 1013-1024.

Embuscado, M. (2015). Spices and herbs: Natural sources of antioxidants - A mini review. *Journal of Functional Foods,*18.

Gullon, B., Muniz-Mouro, A., Thelmo A., Chau, L., Moreira, M.T., Juan M. (2019). Green approaches for the extraction of antioxidants from eucalyptus leaves. *Industrial Crops & Products; 138*: 111-473

Hock, E. K., Azrina., Sou, T. T. See, M. L. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *PubMed Central, Food Nutr Res*,13;61(1):1361779.

Paula, P., Maria-Joao, C., Conceic, M., Oliveirad, M., Gabriela, B.G. (2016). Supercritical fluid extraction vs conventional extraction of myrtle leaves and berries: Comparison of antioxidant activity and identification of bioactive compounds. *Journal of Supercritical Fluids; 113*: 1–9

Potrich, E., Simone M., Machado, P. F.S., Furlan, F.F., Giordano, R. C. (2020). Replacing hexane by ethanol for soybean oil extraction: Modeling, simulation, and techno-economic-environmental analysis. *Journal of Cleaner Production; 244*: 118-660

Richard, T., Saeid, B. A. (2017). techno-economic comparison of subcritical water, supercritical CO_2 and organic solvent extraction of bioactive from grape marc. *Journal of Cleaner Production; 158*: 349-358

Songsak, T. (n.d). *Extraction of active chemical constituent of herbal medicinal plant using microwave-assisted extraction technique*. thesis, Department of Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Rangsit University. Thailand