

ผลของแอมพลิจูดและเวลาต่อการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง ต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดมะเกี๋ยง

Effects of Amplitude and Time in Ultrasound-Assisted Extraction on Antioxidant Properties of Makiang (*Cleistocalyx Nervosum* var. *Paniala*) Seeds

ฐิติรัตน์ ศรีจันทร์¹ และ กิตติพงษ์ อัสตารกุล^{2*}

Thitirat Sirichan¹ and Kitipong Assatarakul^{2*}

¹นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) เทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

^{2*}อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹Master student in Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

^{2*}Lecturer in Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

*Corresponding author, E mail:Kitipong.A@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของแอมพลิจูด (ร้อยละ 30, 40 และ 50) และเวลา (15, 25 และ 35 นาที) ต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (สารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ ปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl หรือ DPPH และ ferric-reducing antioxidant power หรือ FRAP ของสารสกัดจากเมล็ดมะเกี๋ยงโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง โดยกำหนดอุณหภูมิและความเข้มข้นของเอทานอลที่ 30°C และร้อยละ 70 (v/v) ตามลำดับ และใช้อัตราส่วนผงมะเกี๋ยงต่อเอทานอลคือ 1:5 (w/v) ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของแอมพลิจูดและเวลาส่งผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมล็ดมะเกี๋ยงโดยที่สารสกัดจากเมล็ดมะเกี๋ยงที่มีความเข้มข้นของแอมพลิจูดร้อยละ 40 และ เวลา 35 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP สูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 161.34±5.03 mg GAE/100 g. dry wt., 1794.30±12.86 และ 2392.90±15.76 mM Trolox/100 g. dry wt. ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05) ในขณะที่สารสกัดจากเมล็ดมะเกี๋ยงที่มีความเข้มข้นของแอมพลิจูดร้อยละ 50 และ เวลา 25 นาที มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุดโดยมีค่าเท่ากับ 19.41±4.84 mg QCE/100 g. dry wt.

คำสำคัญ: มะเกี๋ยง, การใช้คลื่นเสียงความถี่สูงสกัด, แอมพลิจูด, สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

The objective of this study was to evaluate effects of amplitude (30, 40 and 50 percents) and time (15, 25 and 35 minutes) on antioxidant properties (total phenolic compound, flavonoid content and antioxidant activity by 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl or DPPH and ferric-reducing antioxidant power or FRAP assays) with a UAE condition of 70 percent ethanol concentration (v/v) at a temperature of 30 °C. Makiang seeds extraction was performed with the solid-liquid (Makiang powder:ethanol) ratio of 1:5 (w/v). The results showed that amplitude and

time affected antioxidant properties of Makiang extracted from seeds at 40 percent amplitude and 35 minutes. The result performed the highest amount of total phenolic compound and antioxidant activity by DPPH and FRAP assays (161.34 ± 5.03 mg GAE/100 g. dry wt., 1794.30 ± 12.86 mM Trolox/100 g. dry wt. and 2392.90 ± 15.76 mM Trolox/100 g. dry wt., respectively) ($p \leq 0.05$). Moreover, Makiang seeds extract at 50 percent amplitude and 25 minutes performed the highest amount of flavonoid content (19.41 ± 4.84 mg QCE/100 g. dry wt).

Keywords: Makiang, ultrasound-assisted extraction (UAE), amplitude, antioxidant properties

1. บทนำ

มะเกี๋ยง (*Cleistocalyx nervosum* var. *paniala*) เป็นพืชในอันดับ Myrtales จัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae มะเกี๋ยงเป็นพืชพื้นเมืองที่พบมากทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง พะเยา และน่าน นอกจากนี้ยังเป็นพืชที่อยู่ในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มะเกี๋ยงได้รับความสนใจและมีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ผลมะเกี๋ยงนิยมนำมาบริโภคทั้งในรูปผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูป เช่น มะเกี๋ยงแช่อิ่ม ชามะเกี๋ยง แยมมะเกี๋ยง และสืผสมอาหารจากมะเกี๋ยง (แอนโทไซยานิน) เป็นต้น (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง, 2545) โดยเนื้อมะเกี๋ยงเป็นส่วนใหญ่ที่ใช้ในการแปรรูป ทำให้มีวัตถุดิบเหลือทิ้งเป็นเมล็ดที่ไม่สามารถนำมาแปรรูปได้ และจากงานวิจัยได้รายงานว่ามีเมล็ดมะเกี๋ยงมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง โดยการวิเคราะห์สมบัติทางพิษเคมีเบื้องต้นพบว่าเมล็ดมะเกี๋ยงประกอบด้วยแอนทราควิโนนกลัยโคไซด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และแทนนิน แต่ไม่พบอัลคาลอยด์และคูมารินในเมล็ดมะเกี๋ยง (พิมพ์ใจ, 2551) ประกอบกับการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงมาในการสกัด (ultrasound-assisted extraction, UAE) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีข้อดี คือ ลดระยะเวลาในการสกัด ลดขั้นตอนการทำงาน ลดการใช้อุณหภูมิและพลังงาน เป็นต้น โดยนิยมใช้คลื่นความถี่ชนิด power ultrasound (Chemat และคณะ, 2011) ร่วมกับตัวทำละลายอินทรีย์หรือน้ำในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากวัตถุดิบ โดยจะมีการปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงออกมาในตัวพาได้แก่ น้ำหรือตัวทำละลายอินทรีย์ ทำให้เกิดฟองก๊าซหุดและขยายตัวเป็นวัฏจักร เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีและทางกายภาพจากแรงกล เมื่อฟองก๊าซขยายตัวจะดึงสารที่อยู่ภายในวัตถุดิบให้ละลายออกมาในตัวพาละลาย และในขณะที่ฟองก๊าซแตกออกจะเกิดความดันและความร้อนปริมาณมากบริเวณดังกล่าว ส่งผลให้เนื้อเยื่อถูกขาดเรียกว่า ปรากฏการณ์คาเวชัน (cavitation) โดยประสิทธิภาพของการสกัดขึ้นกับปัจจัยหลายปัจจัย เช่น ความเข้มข้นของคลื่นเสียงที่ใช้ สมบัติของตัวทำละลาย อุณหภูมิ และเวลาในการสกัด เป็นต้น (Muthukumaran และคณะ, 2006 ; ดวงกมล, 2557) ดังนั้นงานวิจัยนี้สนใจศึกษาความเข้มข้นของแอมพลิจูดและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเมล็ดมะเกี๋ยงโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของแอมพลิจูด (ร้อยละ 30, 40 และ 50) และเวลา (15, 25 และ 35 นาที) ต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (สารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ และปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP) ของสารสกัดจากเมล็ดมะเกี๋ยงโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมตัวอย่างมะเกี๋ยง

ตัวอย่างมะเกี๋ยงสุกแช่แข็งจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ถูกขนส่งมายังภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นแบ่งบรรจุแบบสุญญากาศในถุงอูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18°C เมื่อนำมาใช้ให้นำไปลวกที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นแยกส่วนที่เป็นเนื้อและเมล็ดออกจากกัน และทำแห้งส่วนที่เป็นเมล็ดโดยใช้เครื่องอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตามวิธีของพิมพ์ใจ (2551) จากนั้นบดเมล็ดที่แห้งจนละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh และเก็บในถุงอูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต โดยบรรจุแบบภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ -18°C (ดัดแปลงตามวิธีของ Tian และคณะ, 2013)

3.2 การสกัดด้วยวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted extraction, UAE)

สกัดผงมะเกี๋ยงที่ได้จากข้อ 3.1 ด้วยอัตราส่วนของผงมะเกี๋ยงต่อเอทานอลคือ 1:5 (w/v) และแปรปัจจัยการสกัดที่ส่งผลต่อสมบัติทางเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ความเข้มข้นของแอมพลิจูด (ร้อยละ 30, 40 และ 50) และเวลา (15, 25 และ 35 นาที) โดยกำหนดอุณหภูมิและความเข้มข้นของเอทานอลที่ 30°C และร้อยละ 70 (v/v) ตามลำดับ ซึ่งมีทริตเมนต์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 เก็บสารสกัดไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4°C ก่อนการวิเคราะห์ขั้นต่อไป (ดัดแปลงตามวิธีของ Wang และคณะ, 2008)

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของแอมพลิจูดและเวลาในการสกัดที่จะนำมาวิจัย

แอมพลิจูด (ร้อยละ)	เวลา (นาที)
30	15
	25
	35
40	15
	25
	35
50	15
	25
	35

3.3 การทำแห้งและเก็บรักษาสารสกัด

ปั่นเหวี่ยง (centrifuge) สารสกัดที่ได้ในข้อ 3.2 ที่ $214.656 \times g$ เป็นเวลา 15 นาที และกรองส่วนที่เป็นส่วนใส (supernatant) โดยกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 และระเหยของเหลวในส่วนที่เป็นเอทานอลภายใต้ภาวะ

สูญญากาศที่อุณหภูมิ 40 °C ด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) จากนั้นนำสารสกัดที่ระเหยเอทานอลออกแล้วไปประเหยน้ำออกด้วยตู้อบแห้งแบบสูญญากาศ (vacuum drying oven) และนำไปเก็บรักษาในขวดสีชาที่อุณหภูมิ -18°C ก่อนการวิเคราะห์ขั้นต่อไป (Wang และคณะ, 2013)

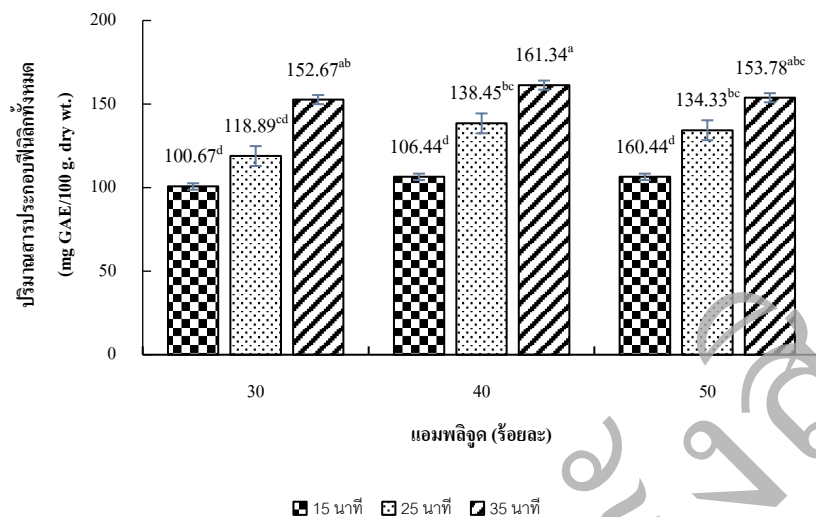
3.4 การวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระต่างๆ ดังนี้

- ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) โดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetry ตามวิธีของ Slinkard และคณะ (1997) และ Gonzalez-Centeno และคณะ (2012)
- ปริมาณของสารฟลาโวนอยด์ (flavonoid content) โดยวิธี aluminium chloride colorimetry ดัดแปลงตามวิธีของ Maisuthisakul และคณะ (2007)
- ฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน (antioxidant) โดยทำปฏิกิริยากับ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ดัดแปลงตามวิธีของ Brand-Williams และคณะ (1995)
- ฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน (antioxidant) โดยวิธี ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) ดัดแปลงตามวิธีของ Benzie และ Strain (1996)

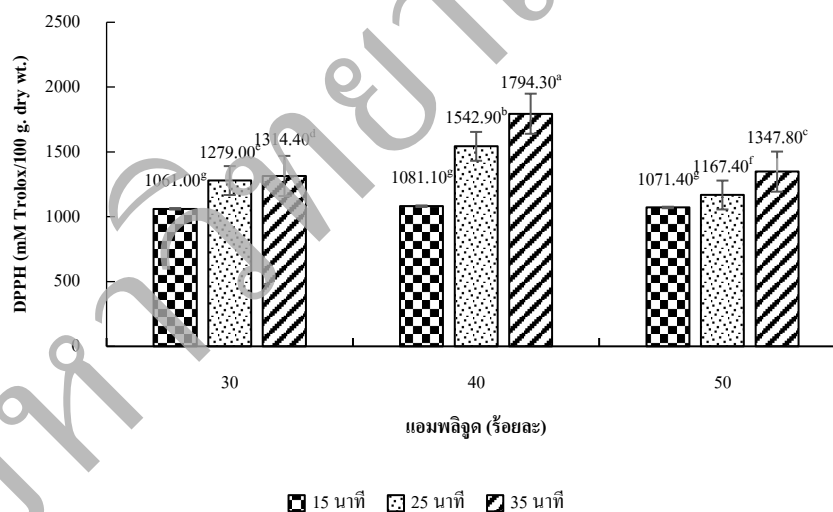
3.5 การประเมินผลทางสถิติ ออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for Social Sciences (SPSS) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของแอมพลิจูด (ร้อยละ 30, 40 และ 50) และ เวลา (15, 25 และ 35 นาที) ต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (สารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ และปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP) พบว่าความเข้มข้นของแอมพลิจูดและเวลาส่งผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมล็ดมะเกี๋ยง โดยที่ความเข้มข้นของแอมพลิจูดร้อยละ 40 และ เวลา 35 นาที สารสกัดจากเมล็ดมะเกี๋ยงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและมีปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP สูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 161.34±5.03 mg GAE/100 g dry wt., 1794.30±12.86 และ 2392.90±15.76 mM Trolox/100 g. dry wt. ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ดังรูปที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

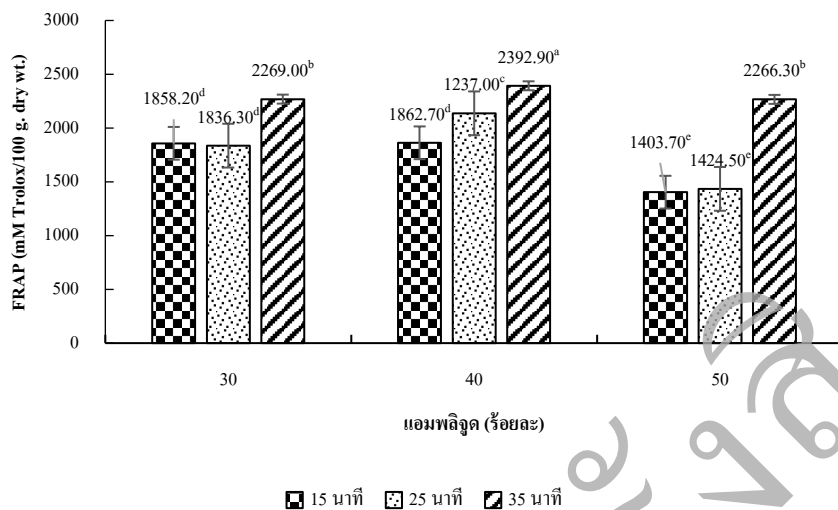


รูปที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100 g. dry wt.)

หมายเหตุ a, b,... : ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 2 ปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (mM Trolox/100 g. dry wt.)

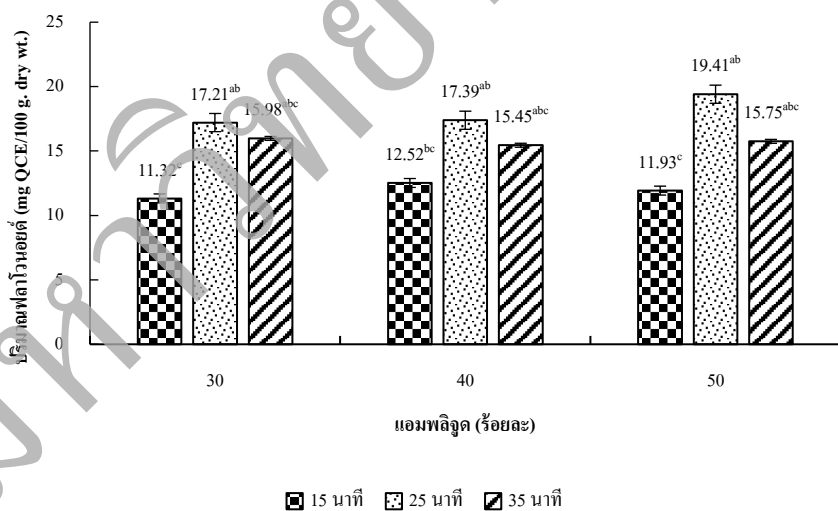
หมายเหตุ a, b,... : ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 3 ปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP (mM Trolox/100 g. dry wt.)

หมายเหตุ a, b,... : ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากเมล็ดมะเขือขี้ความเข้มข้นของแอมพลิจูดร้อยละ 50 และ เวลา 25 นาที มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุดโดยมีค่าเท่ากับ 19.41 ± 4.84 mg QCE/100 g. dry wt. ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (mg QCE/100 g. dry wt.)

หมายเหตุ a, b,... : ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

5. การอภิปรายผล

ความเข้มของแอมพลิจูดและเวลาส่งผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมล็ดมะเกี๋ยงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง กล่าวคือ เมื่อความเข้มของแอมพลิจูดและเวลาเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์และสารฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความเข้มของแอมพลิจูดจะส่งผลให้การสั่นของคลื่นเสียงที่ส่งผ่านตัวทำละลายมีความรุนแรงขึ้นและเกิดฟองอากาศที่มีพลังงานสูงมาสัมผัสกับบริเวณผิวของเนื้อเยื่อ จึงมีโอกาสเกิดปรากฏการณ์ควาเวชัน (cavitation) มากขึ้น ซึ่งส่งผลให้เนื้อเยื่อเมล็ดพืชถูกทำลายมากขึ้น ทำให้สารภายในเมล็ดละลายออกมาในตัวทำละลายสูงกว่าที่แอมพลิจูดต่ำ เพราะแอมพลิจูดต่ำมีการสั่นของคลื่นเสียงน้อยกว่า (Henw mol และคณะ, 2006) แต่เมื่อความเข้มของแอมพลิจูดเพิ่มจนถึงระดับหนึ่งปริมาณสารฟลาโวนอยด์และสารฟลาโวนอยด์จะลดลง เนื่องจากสารฟลาโวนอยด์บางชนิดสลายตัวในระหว่างกระบวนการสกัดเพราะแอมพลิจูดที่มีความเข้มสูงเกินไปจะทำให้เกิดการสั่นของคลื่นสูงและเกิดความร้อนขึ้นจึงสามารถทำลายสารฟลาโวนอยด์ ส่งผลให้สมบัติการต้านอนุมูลอิสระลดลง ประสิทธิภาพในการสกัดจึงต่ำลง (Santos และคณะ, 2008) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะมีโอกาสเกิดฟองอากาศและปรากฏการณ์ควาเวชันมากกว่าที่เวลาน้อย ประกอบกับสารละลายสัมผัสที่ผิวของเมล็ดได้นานกว่าทำให้สารภายในเมล็ดถูกละลายและแพร่ออกมาได้มากกว่า จากสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้สารฟลาโวนอยด์ที่อยู่ในเมล็ดสามารถละลายออกมาได้มากขึ้น ทำให้มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่ 2 ของฟิค (Fick's second law) กล่าวคือ การเกิดการแพร่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงเกินไปยังความเข้มข้นต่ำกว่าและความเข้มข้นจะเปลี่ยนไปตามระยะเวลา (Da Porto และคณะ, 2013) แต่ในกรณีของปริมาณสารฟลาโวนอยด์ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจนถึง 25 นาทีแล้วปริมาณสารฟลาโวนอยด์มีค่าลดลง โดยการลดลงของสารฟลาโวนอยด์หลังจากเวลา 25 นาที เป็นผลมาจากสารภายในเมล็ดแพร่ไปยังเอทานอลจนเข้าสู่ภาวะสมดุลการแพร่ทำให้การแพร่เกิดได้น้อยลง (Pinelo และคณะ, 2006) การใช้คลื่นเสียงความถี่สูงเป็นทางเลือกในการสกัดเมล็ดมะเกี๋ยงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ เนื่องจาก ลดระยะเวลาในการสกัด ลดค่าใช้จ่าย ลดการใช้อุณหภูมิและพลังงาน เป็นต้น

6. บทสรุป

การศึกษาความเข้มของแอมพลิจูดและเวลาในการสกัดเมล็ดมะเกี๋ยงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง พบว่าความเข้มของแอมพลิจูดและเวลาส่งผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมล็ดมะเกี๋ยงโดยสารสกัดจากเมล็ดมะเกี๋ยงที่มีความเข้มของแอมพลิจูดร้อยละ 40 และ เวลา 35 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและมีปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP สูงสุดโดยมีค่าเท่ากับ 161.34 ± 5.03 mg GAE/100 g. dry wt., 1794.3 ± 12.86 และ 2392.90 ± 15.76 mM Trolox/100 g. dry wt. ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในขณะที่สารสกัดจากเมล็ดมะเกี๋ยงที่มีความเข้มของแอมพลิจูดร้อยละ 50 และ เวลา 25 นาที มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุดโดยมีค่าเท่ากับ 19.41 ± 4.84 mg QE/100 g. dry wt. และนอกจากความเข้มของแอมพลิจูดและเวลาแล้ว ควรศึกษาปัจจัยอื่นๆ เช่น ความเข้มข้นของเอทานอล อุณหภูมิ เป็นต้น ที่ส่งผลต่อการสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมล็ดมะเกี๋ยงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง เพื่อพัฒนากระบวนการสกัดให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ประกอบกับเป็นวิธีที่ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงโดยมีผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระซึ่งสามารถพัฒนาและนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้ นอกจากนี้ สารสกัดเมล็ดมะเกี๋ยงเป็นสารที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงซึ่งมีผลดีต่อสุขภาพ ดังนั้นจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้

ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ได้ เช่น น้ำผลไม้ เพื่อช่วยเสริมคุณค่าทางโภชนาการให้อาหารและเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูป

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณการสนับสนุนทุนวิจัยจาก “ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช (THE 90th ANNIVERSARY OF CHULALONGKORN UNIVERSITY FUND (Ratchadaphiseksomphot Endowment Fund))

8. เอกสารอ้างอิง

- ดวงกมล เรือนงาม. (2557). การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ. *วิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*, 2: 120-139.
- พิมพ์ใจ อาษา. (2551). องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านเชื้อ *Propionibacterium acnes* และ *Staphylococcus aureus* ของเมล็ดมะเกี๋ยง [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
http://library.cmu.ac.th/digital_collection/theses/fulltext.php?id=19412 [20 มิถุนายน 2558]
- Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239: 70-76.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28: 25-30.
- Chemat, F., Huma, Z.E. and Kamran, M.K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18: 813-835.
- Da Porto, D., Porretto, E. and Decorti, D. (2013). Comparison of ultrasound-assisted extraction with conventional extraction methods of oil and polyphenols from grape (*Vitis vinifera* L.) seeds. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20: 1076-1080.
- Gonzalez-Centeno, M., Jourdes, A., Femenia, S., Simal, C. and Rossell, P.L. (2012). Teissedre, Proanthocyanidin composition and antioxidant potential of the stem wine making byproducts from 10 different grape varieties (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60: 11850-11858.
- Hemwimol, S., Pavasant, P. and Shotipruk, A. (2006). Ultrasound-assisted extraction of anthraquinones from roots of *Morinda citrifolia*. *Ultrasonics Sonochemistry*, 13: 543-548.
- Maisuthisakul, P., Suttajit, M. and Pongsawatmanit, R. (2007). Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. *Food Chemistry*, 100: 1409-1418.
- Muthukumar, S., Kentish, S.E., Stevens, G.W. and Ashokkumar, M. (2006). Application of ultrasound in membrane separation processes: A review. *Reviews in Chemical Engineering*, 22: 155-194.
- Pinelo, M., Sineiro, J. and Núñez, M. J. (2006). Mass transfer during continuous solid-liquid extraction of antioxidants from grape byproducts. *Journal of Food Engineering*, 77: 57-63.
- Santos, H. M. , Lodeiro, C. and Capelo-Martínez, J. L. (2008) . The Power of Ultrasound [online] . source: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9783527623501.ch1/summary> [20 June 2015]

- Slinkard, K. and Singleton, V.L. (1997). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28: 49-55.
- Tian, Y., Xu, Z., Zheng, B. and Lo, Y.M. (2013). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20: 202-208.
- Wang, X., Wu, Y., Chen, G., Yue, W., Liang, Q. and Wu, Q. (2013). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Sparganii rhizoma* with response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20: 846-854.

มหาวิทยาลัยรังสิต