วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ผลของสภาวะการอบต่อองค์ประกอบทางพฤกษเคมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระในจิงจูฉ่าย

Effect of Drying Conditions on Phytochemical Compositions, Total Phenolic Contents and Antioxidant Activities in *Artemisia lactiflora*

ภาวิณี อารีศรีสม[1*] ธัชชพร พึ่งทัศน์[2] วีณา นิลวงศ์[1] กอบลาภ อารีศรีสม[1] และ นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์[2]

Pawinee Areesrisom[1*] Tuchchaporn Phungthat[2] Weena Nilawonk[1] Koblap Areesrisom[1] and Narin Taokaenchan[2]

[1] สาขาการจัดการและพัฒนาทรัพยากร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] Division of Resources Management and Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiangmai 50290

[2] สาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[2] Division of Medicinal Plant Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiangmai 50290

* Corresponding author: areesrisom30@gmail.com

(Received: 10 February 2022; Revised: 8 July 2022; Accepted: 17 August 2022)

Abstract

This research investigated the difference of drying conditions (temperatures at 60, 70, and 80 °C and times at 12 and 24 hours) for drying the *Artemisia lactiflora* leaves on phytochemical compounds, total phenolic contents and antioxidant activities. The results showed a significant difference of drying conditions ($P<0.05$) on phytochemical compounds, total phenolic contents and antioxidant activities. Phytochemical compounds found in *Artemisia lactiflora* leaves were flavonoids, coumarins, tannins, terpenoids, steroids, saponins and cardiac glycosides. The highest total phenolic contents (287.76 µgGAE/ g DW) and antioxidant activities by DPPH and ABTS method (18.87 and 30.10 % Inhibition) were observed when drying the leaves at 60 °C for 12 hours. Increasing the drying

temperature and time decreased tannin, phenolic contents and antioxidant activities. Therefore, the appropriate drying method for *Artemisia lactiflora* leaves should be drying in a hot air oven at 60 ℃ for 12 hours.

Keywords: Antioxidant activities, *Artemisia lactiflora*, drying method, phytochemical compounds

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของความแตกต่างของสภาวะการอบ (อุณหภูมิ เท่ากับ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส และเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง) ในการอบแห้งจิงจูฉ่ายต่อสารพฤกษเคมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าสภาวะการอบที่แตกต่างกันส่งผลให้สารพฤกษเคมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยสารพฤกษเคมีที่พบในจิงจูฉ่ายคือ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน แทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอร์รอยด์ ซาโปนิน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ นอกจากนี้ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวม (คิดเป็น 287.76 ไมโครกรัม สมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่างแห้ง 1 กรัม) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดีพีพีเอช และ เอบีทีเอช (มีค่าการยับยั้งร้อยละ 18.87 และ 30.10) มีค่าสูงที่สุดเมื่อทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง การเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งส่งผลให้สารกลุ่มแทนนิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีค่าลดลง ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งจิงจูฉ่ายจึงควรทำแห้งด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการอบแห้ง 12 ชั่วโมง

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จิงจูฉ่าย การอบแห้ง สารพฤกษเคมี

คำนำ

จิงจูฉ่าย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Artemisia lactiflora* มีชื่อสามัญว่า White Mugwort จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae (Compositae) เป็นพรรณไม้ล้มลุกที่มีลำต้นสูงประมาณ 1.5-2 เมตร ใบออกเรียงสลับกัน หยักเป็นซี่ 2-3 ซี่ ปลายใบแหลม กว้างประมาณ 1.5-9 เซนติเมตร ยาวประมาณ 2.5-10.5 เซนติเมตร ดอกออกเป็นช่อตั้งตรงที่ปลายยอดหรือตามง่ามใบ ลักษณะของดอกเป็นดอกขนาดเล็ก ยาวประมาณ 3.5-5 มิลลิเมตร กลีบดอกมีต่อม โคนดอกเชื่อมติดกันเป็นท่อปลายหยักแฉก 2-3 แฉก ดอกวงนอกยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร ดอกวงในโคนดอกจะเชื่อมติดกันเป็นรูประฆัง กลางดอกมีเกสรโผล่พ้นกลีบดอกออกมา เมล็ดมีลักษณะเป็นรูปไข่ พื้นผิวเกลี้ยง (เต็ม, 2544; องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2560) ลำต้นและใบมีน้ำมันหอมระเหยประกอบไปด้วยสารสำคัญหลายตัว ได้แก่ (E)-13-farnesene, nerolidol, spathulenol, caryophyllene oxide และ zingiberene โดยพบ terpenoid มากที่สุด ได้แก่ (-) -lavandulol

และ germacrene D (Jing *et al.,* 2011) ต่อมามีการศึกษาเพิ่มเติมพบว่า จิงจูฉ่ายมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ 7-hydroxycoumarin, 7-methoxycoumarin, balanophonin, aurantiamide, aurantiamide acetate, isovitexin, kaempferol-3-O-beta-D-rutinoside, rutin, caffeic acid ethyl ester, quercetin, methyl 3, 5-di-O-caffeoyl quinate และ methyl 3, 4-di-O-caffeoyl quinate (Lin *et al.,* 2014) นอกจากนี้ยังพบสารกลุ่ม ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และมีฤทธิต้านอนุมูลอิสระ (Kooltheat *et al*., 2021) อีกด้วย จิงจูฉ่ายเป็นพืชผักสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีการนำมาบริโภคและแปรรูป นิยมนำไปใส่ในเกาเหลาเลือดหมู เนื่องจากช่วยดับกลิ่นคาวได้ดี มีรสขมเล็กน้อย จิงจูฉ่ายมีสรรพคุณในการล้างพิษ ควบคุมการมีประจำเดือน และสามารถนำมาใช้ในการรักษาโรคไวรัสตับอักเสบและตับแข็ง (Flora Fauna Web, 2019) เป็นต้น นอกจากนี้มีงานวิจัยรายงานว่า จิงจูฉ่ายมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และมีฤทธิ์ในการต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง (ทศพล และสุรวิช, 2555) โดยสารต้านอนุมูลอิสระนี้มีบทบาทสำคัญในการลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง และโรคหัวใจ (Chew *et al*., 2008)

ในการเตรียมพืชสมุนไพรหลังจากทำการเก็บเกี่ยวเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบของยาแผนโบราณ เครื่องสำอาง หรือเพื่อนำมาทำการสกัดเพื่อใช้ในรูปของสารสกัด เป็นต้น พืชสมุนไพรเหล่านี้มักต้องผ่านกระบวนการทำแห้ง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อไล่ความชื้นออกจากพืชสมุนไพร และทำให้สามารถเก็บพืชสมุนไพรได้นานขึ้น การทำให้แห้งมีหลายวิธี เช่น การตากด้วยแสงอาทิตย์ การอบแห้งด้วยลมร้อน และการอบแห้งแบบเย็นเยือกแข็ง (freeze dry) เป็นต้น (Saifullah *et al.,* 2019) วิธีตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ มีความสะดวกและเสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่จะพบปัญหาเรื่องฝุ่นละออง นอกจากนี้แล้วเมื่อเกิดฝนตกหรืออากาศเย็น การตากแห้งด้วยวิธีดังกล่าวอาจส่งผลทำให้มีปัญหาเรื่องเชื้อรา และเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นต้นเหตุให้ไม่สามารถเก็บพืชสมุนไพรไว้ได้นาน (Hassan *et al.,* 2007; Mohammed *et al.,* 2020) สำหรับการอบแห้งแบบเย็นเยือกแข็งเป็นวิธีการที่สามารถช่วยรักษาคุณภาพของปริมาณสารสำคัญได้ดี (Kwasniewska-Karolak and Mostowski, 2021) แต่พบว่าต้องใช้เครื่องมือราคาแพง จึงส่งผลทำให้เกษตรกรผู้ผลิตพืชสมุนไพรไม่สามารถใช้เครื่องมือดังกล่าวได้ ดังนั้นการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน จึงเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งได้รับความนิยม ทั้งนี้เนื่องจากมีราคาที่ไม่แพง สามารถควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาได้ จึงส่งผลทำให้การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนเป็นอีกวิธีการทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรผู้ผลิต แต่จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลทำให้คุณภาพในด้านของปริมาณสารสำคัญ และคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพรชนิดนั้น ๆ ลดลง เช่น งานวิจัยของ สุกัญญา และคณะ (2563) ที่ศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสมของใบบัวบก ในช่วงอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า ใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมที่สุดทั้งในด้านของปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ Yi

and Wetzstein (2011) พบว่าเมื่อทำการอบแห้ง rosemary (*Rosmarinus officinalis*), motherwort (*Leonurus cardiaca*) และ peppermint (*Mentha piperita*) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจะมีค่าสูงกว่าเมื่ออบที่ 70 องศาเซลเซียส หรืองานวิจัยของ Minh *et al.* (2019) ได้ทำการศึกษาถึงผลของการอบ *Pouzolzia zeylanica* ที่อุณหภูมิ ระหว่าง 35-60 องศาเซลเซียส จากงานวิจัยพบว่า ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับใช้ในการอบพืชสมุนไพรดังกล่าว เนื่องจากส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอื่น ๆ เป็นต้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิในการอบแห้งและระยะเวลาที่แตกต่างกัน ต่อองค์ประกอบทางพฤกษเคมี ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน แทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอร์รอยด์ ซาโปนิน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติสารต้านอนุมูลอิสระของจิงจูฉ่าย เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพด้านปริมาณสารสำคัญของจิงจูฉ่ายที่ผ่านการอบแห้งมาแล้ว และเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้ประกอบการ ผู้บริโภค ตลอดจนนักวิจัยที่ทำงานเกี่ยวข้องกับสมุนไพรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างจิงจูฉ่าย

นำตัวอย่างจิงจูฉ่ายอายุ 2 เดือน ที่ปลูกในระบบอินทรีย์ ในจังหวัดเชียงใหม่ มาทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง นำส่วนของใบมาอบแห้งด้วยอุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันด้วยตู้อบลมร้อน (UN30, Memmert, Germany) (Table 1) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ หลังจากนั้นนำจิงจูฉ่ายที่ผ่านการอบแห้งที่ได้จากกรรมวิธีข้างต้นไปบดเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่น (HR2115, Philips, Indonesia) และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมซ เก็บผงตัวอย่างไว้ในภาชนะปิดสนิทเพื่อรอวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ด้วยเครื่อง moisture balance (M900B, OHAUS, USA) องค์ประกอบทางพฤกษเคมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH และ ABTS พร้อมทั้งนำมาตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่ สี ด้วยการสังเกต และกลิ่น ด้วยการดมกลิ่น ที่ดัดแปลงจากวิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 996/2556 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 996/2556, 2556)

การเตรียมสารสกัดจิงจูฉ่าย

ทำการสกัดสารจากจิงจูฉ่ายที่เตรียมไว้ด้วยวิธีอัลตราโซนิค โดยดัดแปลงวิธีจาก Prommajak *et al*. (2014) ชั่งผงตัวอย่างจิงจูฉ่ายมาตัวอย่างละ 3.0 กรัม เติมสารสกัดเอทานอล ปริมาตร 50 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิค (Sonica 2200 S3, Soltec, Italy) ที่ความถี่ 40 kHz เป็นเวลา 10 นาที กรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เติมสารละลายเอทานอลลงในผงจิงจูฉ่ายเดิมในปริมาณเท่าเดิม ทำการสกัดซ้ำแบบเดิมอีกสองรอบ นำสารละลายที่สกัดได้ไประเหยจนแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator (Rotavap R-3, Buchi, Switzerland) บันทึกน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมต่อไป

Table 1 *Artemisia lactiflora* drying process

Drying conditions	Temperature (°C)	Time (hr)
1	60	12
2	70	12
3	80	12
4	60	24
5	70	24
6	80	24

N = 3

การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical screening)

การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจิงจูฉ่าย เป็นวิธีการตรวจสอบเชิงคุณภาพ โดยทดสอบทั้งหมด 9 กลุ่มสาร ตามวิธีการทดสอบของ พิริยะภรณ์ (2560) ดังต่อไปนี้ อัลคาลอยด์ (alkaloids) ทดสอบด้วยวิธี Wagner's test ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ด้วยวิธี Shinoda test คาร์ดิแอกไกลโคไซน์ (cardiac glycosides) ด้วยวิธี Keller-Killani test แอนทราควิโนน (anthraquinone) ด้วยวิธี Bomtrager test แทนนิน (tannin) ด้วยวิธี $FeCl_3$ test คูมาริน (coumarins) ทดสอบด้วยปฏิกิริยากับด่าง (NaOH) สเตอรอยด์ (steroids) ด้วยวิธี Liebermann-Burchard test เทอร์พีนอยด์ (terpenoids) ด้วยวิธี Salkowski test และ ซาโปนิน (saponins) ด้วยวิธี Foam height test ในแต่ละวิธีการทดสอบทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ สำหรับการแปรผลการตรวจสอบสารพฤกษเคมีในสารสกัดจากจิงจูฉ่ายที่ได้ทำการศึกษา โดยดูจากสี และตะกอนที่เกิดขึ้นในแต่ละวิธีการทดสอบ

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วย Folin-Ciocalteu's reagent เป็นวิธีที่ได้ดัดแปลงมาจาก Rabeta and Vithyia (2013) และ Ueda *et al.* (2019) โดยเตรียมตัวอย่างสารสกัดจิงจูฉ่ายให้มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วย Dimethyl sulfoxide (DMSO) หลังจากนั้นปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ที่ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin -Ciocaltue เข้มข้น 1:10 ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้นาน 10 นาที นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ไปวัดค่าดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 10S, Thermo Scientific, USA) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง กำหนดให้แกน X คือความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแกลลิก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และแกน Y คือค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น (Y =

7.0603X - 0.005, R^2 = 0.9985) ที่สร้างขึ้นเอง รายงานผลเป็น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในหน่วยไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 1 กรัม (microgram gallic acid equivalent per gram sample dry weight, µgGAE/ g DW)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอช

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH radical scavenging) ดัดแปลงมาจากวิธีของ Singh *et al.* (2002) โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างจิงจูฉ่ายที่ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง และเติมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 10S, Thermo Scientific, USA)

นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของสารตัวอย่างมาคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช เมื่อเทียบค่าการดูดกลืนแสงกับหลอดควบคุม โดยแสดงในค่าของร้อยละการยับยั้ง คำนวณได้ดังสมการ

$$\%\ \text{DPPH radical scavenging activity} = \left(\frac{A_{ctrl} - A_{sample}}{A_{ctrl}} \right) x\,100$$

เมื่อ A_{ctrl} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม
A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีเอบีทีเอช

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเอบีทีเอช (ABTS radical scavenging) ดัดแปลงมาจากวิธีของ Thaipong *et al.* (2006) โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างจิงจูฉ่ายที่ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย ABTS ลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด เป็นเวลา 6 นาที หลังจากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 10S, Thermo Scientific, USA)

นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของสารตัวอย่างมาคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS เมื่อเทียบค่าการดูดกลืนแสงกับหลอดควบคุม โดยแสดงในค่าของร้อยละการยับยั้ง คำนวณได้ดังสมการ

$$\%\text{ABTS radical scavenging activity} = \left(\frac{A_{ctrl} - A_{sample}}{A_{ctrl}} \right) x100$$

เมื่อ A_{ctrl} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม
A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

งานวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์ผลการทดสอบทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) แบบ One-way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างผลการทดสอบวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 17.0

ผลการวิจัยและวิจารณ์

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงผลของสภาวะการอบที่แตกต่างกันในการอบแห้ง ต่อองค์ประกอบทางพฤกษเคมี (สารกลุ่มแอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ แอนทราควิโนน แทนนิน คูมาริน สเตอร์รอยด์ เทอร์พีนอยด์ และซาโปนิน) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระของจิงจูฉ่าย โดยผลการทดลองมีดังต่อไปนี้

ผลของสภาวะการอบที่แตกต่างกันที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของจิงจูฉ่าย

หลังจากทำการอบจิงจูฉ่ายตามแผนการทดลองที่วางไว้พบว่า จิงจูฉ่ายที่ผลิตได้มีคุณสมบัติทางกายภาพดังแสดงใน Table 2 และ Figure 1 โดยจิงจูฉ่ายที่อบได้จากทั้ง 6 กรรมวิธี มีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ตามเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขกำหนด (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2549) เมื่อนำปริมาณความชื้นที่วิเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ในแต่ละอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่า เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณความชื้นมีค่าลดลง ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนสภาวะการอบจากอุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง เป็น 24 ชั่วโมง

ส่วนกลิ่นของจิงจูฉ่ายที่ผ่านการอบมีกลิ่นหอมตามลักษณะของใบจิงจูฉ่าย และไม่แตกต่างกันมากนักระหว่างสิ่งทดสอบ ขณะที่สีของจิงจูฉ่ายอบแห้งมีสีออกเขียว-น้ำตาล (Figure 1) โดยเมื่อทำการพิจารณาด้วยวิธีการพินิจสีของจิงจูฉ่ายพบว่า เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการอบเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้จิงจูฉ่ายมีสีน้ำตาลที่เข้มขึ้นตามไปด้วย

Table 2 Physical properties of *Artemisia lactiflora*

Drying conditions	Physical properties		
	Color	Odor	Moisture content (%)
60°C, 12 hr	dark green	aromatic	4.02±0.35[a]
70°C, 12 hr	brown	aromatic	3.05±0.17[c]
80°C, 12 hr	brown	aromatic	3.01±0.16[c]
60°C, 24 hr	dark green	aromatic	3.65±0.06[b]
70°C, 24 hr	brown	aromatic	2.06±0.17[d]
80°C, 24 hr	brown	aromatic	2.02±0.15[d]
		F-test 0.05	*

Figure 1 Characteristic of *Artemisia lactiflora* from different process

องค์ประกอบทางพฤกษเคมีในจิงจูฉ่ายที่ผ่านกระบวนการอบที่แตกต่างกัน

การตรวจสอบชนิดของสารพฤกษเคมีเบื้องต้น (9 กลุ่มสาร) ของสารสกัดหยาบในใบจิงจูฉ่าย ที่อบณ อุณหภูมิและระยะเวลาที่แตกต่างกันนั้น ใช้วิธีการตรวจสอบเชิงคุณภาพ ซึ่งการแปรผลจะสังเกตจากสีและตะกอนที่เกินขึ้นในแต่ละวิธีการทดสอบของสารแต่ละชนิด จากการทดลองพบว่า สารพฤกษเคมีที่ตรวจพบในจิงจูฉ่ายมีทั้งหมด 7 กลุ่ม ได้แก่ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ คูมาริน แทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอร์รอยด์ ซาโปนิน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (Table 3) จากการศึกษาพบว่า สภาวะในการอบมีผลต่อปริมาณสารแทนนิน โดยเมื่ออบที่อุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณของสารแทนนินมีค่าลดลง แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการอบไม่มีผลต่อปริมาณของสารแทนนิน ถึงแม้จะใช้ระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นจาก 12 เป็น 24 ชั่วโมง ก็ตาม โดยอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบจิงจูฉ่ายในงานวิจัยนี้ไม่มีผลต่อสารพฤกษเคมีตัวอื่น ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นอาจส่งผลทำให้เกิดการสลายตัวของแทนนิน เนื่องจากแทนนิน คือ สารประกอบที่ได้มาจากกรดฟีนอลิก (phenolic acids) และจัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบที่เรียกว่า โพลีฟีนอล (polyphenols) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยสารกลุ่มดังกล่าวนี้เมื่อถูกความร้อนจะเกิดการสลายตัวไป (Karaalan *et al.* 2014) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jeong *et al.* (2015) ที่พบว่าเมื่ออบใบมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ปริมาณของแทนนินที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของใบมันฝรั่งจะมีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

Table 3 Phytochemical compositions in *Artemisia lactiflora* at different drying conditions

Phytochemical compositions	Drying conditions					
	60°C, 12 hr	70°C, 12 hr	80°C, 12 hr	60°C, 24 hr	70°C, 24 hr	80°C, 24 hr
Alkaloids	-	-	-	-	-	-
Flavonoids	+	+	+	+	+	+
Glycosides	+	+	+	+	+	+
Anthraquinone	-	-	-	-	-	-
Tannins	+++	++	+	+++	+	+
Cumarin	+	+	+	+	+	+
Steroids	+	+	+	+	+	+
Terpenoids	+	+	+	+	+	+
Saponins	+	+	+	+	+	+

(+) shows little presence, (++) shows presence, (+++) shows more presence and (-) shows absence, n = 3

ผลของสภาวะการอบจิงจูฉ่ายที่แตกต่างกันต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

เมื่อนำตัวอย่างจิงจูฉ่ายที่ผ่านสภาวะการอบที่แตกต่างกันมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม จากผลการทดลอง (Table 4) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมีค่าอยู่ในช่วง 57-288 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 1 กรัม และเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของจิงจูฉ่ายที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่ออบจิงจูฉ่ายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุดเท่ากับ 287.76±3.30 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 1 กรัม

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งมากขึ้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมีค่าลดลงดังนี้ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มเวลาในการอบจาก 12 ชั่วโมง เป็น 24 ชั่วโมง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมีค่า 287.76 และ 243.23 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ และเมื่ออบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการอบเพิ่มจาก 12 ชั่วโมง เป็น 24 ชั่วโมง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม มีค่าเท่ากับ 212.54 และ 199.90 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกับการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่ออบที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม มีค่า 123.91 และ 57.46 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมที่ลดลง ตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบ อาจเนื่องมาจากการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกเมื่อโดนความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้นจากอุณหภูมิในการอบ ประกอบกับระยะเวลาในการอบที่นานขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ กุลวดี และคณะ (2564) ที่ได้ทำการศึกษาอุณหภูมิอบแห้งของกลีบบัว ณ อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส จากผลการวิจัยพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่ามากที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบสูงขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Taufik *et al.* (2016) ที่ได้ทำการศึกษาอุณหภูมิอบแห้งของใบหม่อนที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงมากขึ้น ฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระมีค่าลดลง

ผลของสภาวะการอบต่อคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ

ในการทดสอบคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของจิงจูฉ่ายประกอบด้วย 2 วิธี ด้วยกันคือ การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH radical) และการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเอบีทีเอช (ABTS radical) จากการทดสอบคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระพบว่า สภาวะการอบที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในจิงจูฉ่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) โดยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเอบีทีเอช ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกัน คือ อุณหภูมิการอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการอบแห้งเท่ากับ 12 ชั่วโมง ให้ค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระดีพีพีเอชและอนุมูลอิสระเอบีทีเอชมากที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 18.87 และ 30.10 ตามลำดับ

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งมากขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเอบีทีเอช มีค่าลดลงดังนี้ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มเวลาในการอบจาก 12 ชั่วโมง เป็น 24 ชั่วโมง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช มีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 18.87 และ 17.01 ตามลำดับ ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเอบีทีเอช มีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 30.10 และ 22.65 ตามลำดับ และเมื่ออบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการอบเพิ่มจาก 12 ชั่วโมง เป็น 24 ชั่วโมง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชมีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 15.79 และ 15.79 ตามลำดับ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเอบีทีเอช มีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 27.56 และ 14.60 ตามลำดับ เช่นเดียวกับการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่ออบที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช มีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 13.59 และ 14.37 ตามลำดับ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเอบีทีเอช มีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 24.74 และ 10.58 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nguyen *et al.* (2020) ที่ได้ทำการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการอบใบฝรั่งป่า โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบสูงขึ้น จากอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็น 80 องศาเซลเซียส ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH radical) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเอบีทีเอช ของใบพืชดังกล่าวมีค่าลดลงเช่นเดียวกันกับการศึกษาในงานวิจัยนี้

Table 4 Total phenolic contents and antioxidant activities of *Artemisia lactiflora* from difference drying process

Drying conditions	Total phenolic contents (μgGAE/g DW)	DPPH activity (% Inhibition)	ABTS activity (% Inhibition)
60°C, 12 hr	287.76±3.30[a]	18.87±0.74[a]	30.10±0.63[a]
70°C, 12 hr	212.54±2.17[c]	15.79±0.22[c]	27.56±0.66[b]
80°C, 12 hr	123.91±8.63[e]	13.59±0.17[d]	24.74±1.17[c]
60°C, 24 hr	243.23±5.61[b]	17.01±0.67[b]	22.65±1.15[d]
70°C, 24 hr	199.90±2.77[d]	15.79±0.45[c]	14.60±2.17[e]
80°C, 24 hr	57.46±3.11[f]	14.37±0.25[d]	10.58±1.04[f]
F-test 0.05	*	*	*

n = 3, * Means within a column followed by different alphabets were significantly different at P<0.05 by DMRT

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสภาวะการอบที่แตกต่างกันในการอบแห้งต่อองค์ประกอบทางพฤกษเคมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระของจิงจูฉ่าย ที่การอบแห้งอุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่ 12 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ จากผลการทดลองที่ได้พบว่าสารพฤกษเคมีที่พบในจิงจูฉ่ายที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้คือ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน แทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอร์รอยด์ ซาโปนิน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ โดยเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ปริมาณของสารกลุ่มแทนนิน สารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของจิงจูฉ่ายลดลง และนอกจากนี้ยังส่งผลทำให้สีของจิงจูฉ่ายที่ผ่านการอบแห้งมีสีที่เข้มมากขึ้น

ดังนั้นผลการวิจัยที่ได้ จึงสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการอบแห้งที่เหมาะสมต่อการอบจิงจูฉ่าย และยังคงช่วยทำให้สารพฤกษเคมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระมีปริมาณที่สูงคือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนเงินทุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2563 และสาขาวิชาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

กุลวดี แก้วก่า สุพัชชา ขับกล่อมส่ง และสุพีรยา อาษา. 2564. ผลของสภาวะการทำแห้งและระยะเวลาแช่ชาต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้าน สารอนุมูลอิสระของชากลีบบัว. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม 16(1): 78-88.

เต็ม สมิตินันทน์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ทศพล วรรักษ์กุลวงศ์ และสุรวิช วงศ์สวัสดิ์เวช. 2555. ฤทธิ์ต้านการแบ่งตัวของเซลล์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดสมุนไพรจิงจูฉ่าย. โครงการพิเศษปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย, คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

พิริยะภรณ์ อภิชาตยานนท์. 2560. การศึกษาพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพจากส่วนเหนือดินของจิงจูฉ่าย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 996/2556. 2556. สมุนไพรรวมแห้งชงดื่ม. แหล่งข้อมูล: https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0996_56(สมุนไพรรวมแห้งชงดื่ม).pdf (4 เมษายน 2565).

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2549. แนวทางการพิจารณาอาหารประเภทชาสมุนไพร. แหล่งข้อมูล: http://food.fda.moph.go.th/Rules/dataRules/3-HerbalTea.pdf (21 มกราคม 2565).

สุกัญญา จันทร์สุนะ ลลิตา เจริญทรัพย์ เยาวพา จิระเกียรติกุล และพรชัย หาระโคตร. 2563. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้ง

ต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของใบบัวบก [*Centella asiatica* (L.) Urb.]. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 28(12): 2261-2272.

องค์การสวนพฤกษศาสตร์. 2560 แก้วเมืองจีน. แหล่งข้อมูล: http://www.qsbg.org/Database/Botanic_Book%20full%20option/search_detail.asp?botanic_id=2849 (21 มกราคม 2565).

Chew, Y.L., Y.Y. Lim, M. Omar and K.S. Khoo. 2008. Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia. J. Food Sci. Technol. 41(6): 1067-1072.

Flora Fauna Web. 2019. *Artemisia lactiflora* Wall. ex DC. Available: https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/1/6/1687 (September 18, 2021).

Hassan, S.W., R.A. Umar, H. M. Maishanu, I.K. Matazu, U.Z. Faruk and A.A. Sani. 2007. The Effect of Drying Method on the Nutrients and Non-nutrients Composition of Leaves of *Gynandropsis gynandra* (Capparaceae). Asian. J. Biochem. 2(5): 349-353.

Jeong, D.W., Y.K. Park, S.S. Nam and S.K. Han. 2015. Effect of hot-air drying temperature on antioxidative activity of sweetpotato leaves. Korean J. Food Preserv. 22(5): 708-713.

Jing, Z.W., Z. Su-ying and Y. Yuan-yi. 2011. Analysis of chemical components of volatile oil from *Artemisia Lactiflora* Wall in North Guizhou province of China. Medicinal Plant. 2(6): 59-61.

Karaalan, M., F.M. Yilmaz, O. Cesur, H. Vardin, A. Ikinci and A.C. Dalgic. 2014. Drying kinetics and thermal degradation of phenolic compounds and anthocyanins in pomegranate arils dried under vacuum conditions. J. Food Sci. Technol. 49(2): 595-605.

Kooltheat, N., K. Chujit, K. Nuangnong, N. Nokkaew, K. Bunlue, K. Yamasaki and M. Chatatikun. 2021. *Artemisia lactiflora* extracts prevent inflammatory responses of human macrophages stimulated with charcoal pyrolysis smoke. Journal of Evidence-Based Integrative Medicine. 26: 1-11.

Kwasniewska-Karolak, I. and R. Mostowski. 2021. Effect of different drying processes on an antioxidant potential of three species of the *Lamiaceae* family. Herba Pol. 67(1): 8-17.

Lin, F.D., D.W. Luo, J. Ye and M.T. Xiao. 2014. Chemical constituents of *Artemisia lactiflora* (II). China Journal of Chinese Materia Medica. 39(13): 2531-2535.

Minh, N.P., V.T. Pham, T.K. Hoa, V.T. Sang and L.T.S Na. 2019. Effect of blanching and drying to production of dried herbal tea from *Pouzolzia zeylanica*. J. Pharm. Sci. Res. 11(4):1437-1440.

Mohammed, S., M. Edna, and K. Siraj. 2020. The effect of traditional and improved solar drying methods on the sensory quality and nutritional composition of fruits: A case of mangoes and pineapples. Heliyon. 6(6): 1-10.

Nguyen, Q.V., B. Huyen, B. Thi, M.Đ. Tran, M.T. Nguyen, M.D. Doan, A.D. Nguyen, T.M. Le, V.C. Tran and T.N. Pham. 2020. Impact of different drying temperatures on in vitro antioxidant and antidiabetic activities and phenolic compounds of wild guava leaves collected in the central highland of Vietnam. Natural Product Communications. 17(4): 1-10.

Prommajak, T., S. Surawang and N. Rattanapanone. 2014. Ultrasonic-assisted extraction of phenolic and antioxidative compounds from lizard tail (*Houttuynia cordata* Thunb.). Warasan Songkhla Nakharin. 36(1): 65-72.

Rabeta, M.S. and M. Vithyia. 2013. Effect of different drying methods on the antioxidant properties of *Vitex negundo* Linn. tea. Int. Food Res. J. 20(6): 3171-3176.

Saifullah, M., R. McCullum, A. McCluskey and Q. Vuong. 2019. Effects of different drying methods on extractable phenolic compounds and antioxidant properties from lemon myrtle dried leaves. Heliyon 5(12): 1-8.

Singh, R.P., K.N. Chidambara and G.K. Jayaprakasha. 2002. Studies on the activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. J. Agric. Food Chem. 50(1): 81-86.

Taufik, Y., T. Widiantara, and Y. Garbida. 2016. The effect of drying temperature on the antioxidant activity of black mulberry leaf tea (*Morus nigra*). Rasyan J. Chem. 9(4): 889-895.

Thaipong, K., U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros-Zevallos and D.H. Byrne. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. J. Food Compost. Anal. 19: 669-675.

Ueda, Y., N. Apiphuwasukcharoen, S. Tsutsumi, Y. Matsuda, V. Areekul and S. Yasuda. 2019. Optimization of hot-water extraction of dried yacon herbal tea leaves: enhanced antioxidant activities and total phenolic content by response surface methodology. Food Sci. Technol. 25(1): 131.139.

Yi, W. and Y.H. Wetzstein. 2011. Effects of drying and extraction conditions on the biochemical activity of selected Herbs. HORTSCIENCE. 46(1): 70-73.