

ผลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ของหน่อไม้ตงลิ้มแล้ง (*Bambusa beecheyana*)

Effect of drying temperature on phytochemicals and antioxidant activities of *Bambusa beecheyana*

ปิยพร สีแวง¹ และ ศิริธร ศิริอมรพรณ^{1*}

Piyaporn Seewaeng¹ and Sirithon Siriamornpun^{1*}

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ตงลิ้มแล้ง โดยตรวจวัดสารฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ โดยใช้เครื่อง HPLC ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay และ FRAP assay ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ตงลิ้มแล้ง ($p < 0.05$) ซึ่งตรวจพบกรดฟีนอลิก 8 ชนิด ได้แก่ gallic acid, protocatechuic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, syringic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid และ sinapic acid และสารฟลาโวนอยด์ 5 ชนิด ได้แก่ rutin, myricetin, quercetin, apigenin และ kaempferol จากผลการวิจัย พบว่า การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด, เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

คำสำคัญ: หน่อไม้, สารฟีนอลิก, สารฟลาโวนอยด์, การอบแห้งด้วยลมร้อน, กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

ABSTRACT: The objective of research was to study the effect of hot air drying temperature (60, 70 and 80°C) on phytochemicals and antioxidant activities of *Bambusa beecheyana*. The phenolic and flavonoid compounds analyzed using by high performance liquid chromatography (HPLC). The phytochemicals and antioxidant activities were significantly ($P < 0.05$) affected by different drying temperatures. The results found that there were 8 phenolic acids found in *B. beecheyana* namely gallic acid, protocatechuic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, syringic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid and sinapic acid and 5 flavonoids including rutin, myricetin, quercetin, apigenin and kaempferol. The results found that *B. beecheyana* dried by hot air oven at 60°C had the highest total phenolic content, total flavonoid content and antioxidant activities assessed by DPPH and FRAP.

Keywords: Bamboo shoot, Phenolics, Flavonoids, Hot air drying, Antioxidant activity

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ, คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University

* Corresponding author: sirithons@hotmail.com

บทนำ

ไม้ตงลิ้มแล้งหรือไม้กิมซุง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bambusa beecheyana* ไม้ชนิดนี้มีชื่อเรียกทางการค้าอีกมากมายหลายชื่อ เช่น ไม้ตงไต้หวัน ไม้ตงอินโด เป็นต้น ซึ่งไม้ชนิดนี้นำเข้ามาจากประเทศจีนเป็นไม้ที่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตเร็วอีกทั้งยังดูแลง่ายเมื่อเทียบกับไม้เศรษฐกิจชนิดอื่นใช้เวลาปลูกเพียง 6-8 เดือนก็สามารถนำมาบริโภคหรือจำหน่ายได้นอกจากนี้ยังเป็นไม้ที่ดูแลง่าย ทนแล้ง ทนน้ำท่วม โรคภัยน้อย และนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายซึ่งไม้ตงลิ้มแล้งสามารถพบได้ทุกภูมิภาคในประเทศไทย สำหรับไม้ชนิดนี้นอกจากจะสามารถทำหน่อหน่อฤดูได้แล้ว ในส่วนของลำก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ซึ่งหน่อมีรูปทรงกรวย สีของกาบหน่อเป็นสีเขียว ขอบกาบเป็นสีม่วงแดง และมีขนสีม่วงแดง โดยการตัดหน่อจะตัดเมื่อหน่อมีความยาวประมาณ 25-30 เซนติเมตร น้ำหนักหน่อประมาณ 1-4 กิโลกรัม (ถาวรีย, 2558) หน่อไม้เป็นพืชที่มีแคลอรีต่ำ มีปริมาณเส้นใยอาหารสูงและประกอบไปด้วยสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน แร่ธาตุ เป็นต้น เส้นใยที่ได้จากส่วนของหน่อไม้ประกอบด้วยเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำมากกว่าร้อยละ 90 ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ (Sloan, 2008) ยิ่งไปกว่านั้นหน่อไม้ยังมีสารพฤกษเคมี ซึ่งได้แก่ไฟโตสเตอรอล (phytosterol) ที่จัดเป็นสารในตระกูลที่มีโครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงกับคอเลสเตอรอลที่พบได้ในพืชโดยมี plant sterol และ plant stanol เป็นกลุ่มย่อยจัดเป็นโภชนเภสัชหรืออาหารที่มีสรรพคุณเป็นยา (Nutraceutical or Natural medicine) มีสาระสำคัญอีกชนิดหนึ่งที่พบในหน่อไม้คือสารประกอบฟีนอลิก โดยสารประกอบฟีนอลิกที่พบในหน่อไม้มี 8 ชนิด ได้แก่ *p*-hydroxybenzoic acid, catechin, caffeic acid, chlorogenic acid, syringic acid, *p*-coumaric acid และ ferulic acid (Choudhury et al., 2012) เนื่องจากหน่อไม้มีคุณค่าทางโภชนาการและมีฤทธิ์เป็นยา มีประโยชน์ต่อระบบหมุนเวียนของเหลวใน

ร่างกาย จึงทำให้หน่อไม้ถูกจัดให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพอันดับที่ 5 ของโลก (Bao, 2006) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการนำหน่อไม้มาใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น อย่างเช่นการใช้เส้นใยของหน่อไม้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์และเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เป็นต้น (วราภรณ์ และนิพนธ์, 2558) ในประเทศไทยมีรายงานข้อมูลเกี่ยวกับสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ค่อนข้างน้อย ซึ่งเป็นจุดสำคัญสำหรับการนำหน่อไม้มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในเชิงสุขภาพนับว่าเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคเป็นอย่างมากเนื่องจากหน่อไม้มีเส้นใยสูงและยังมีสรรพคุณที่ช่วยในการนำสารพิษออกจากร่างกายได้เพื่อให้สามารถทำการเก็บรักษาหน่อไม้ไว้ได้นานโดยทั่วไปจะใช้วิธีการอบแห้งแบบลมร้อน ซึ่งเป็นกระบวนการลดความชื้นในวัตถุดิบสามารถนำมาใช้ในการถนอมและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งจะมีความชื้นลดลงทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์มีอัตราการเจริญเติบโตช้าลงผลิตภัณฑ์ไม่เน่าเสียง่ายและเก็บรักษานานขึ้น (สุวรรรณ และคณะ, 2556) เพื่อให้สามารถทำการเก็บรักษาหน่อไม้ไว้ได้นานโดยทั่วไปจะใช้วิธีการอบแห้งซึ่งกระบวนการดังกล่าวอาจจะส่งผลต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้สนใจศึกษาคุณสมบัติในการอบแห้งต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ตงลิ้มแล้ง เพื่อเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากหน่อไม้ตงลิ้มแล้งต่อไป

วิธีการศึกษา

การเตรียมตัวอย่างหน่อไม้

หน่อไม้ตงลิ้มแล้ง (*Bambusa beecheyana*) ปลูกที่อำเภอปางศิลาทอง จังหวัดกำแพงเพชรมีขนาดความยาวประมาณ 25-35 เซนติเมตร ช่วงอายุ 5-8 วัน นำมาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ (15-25 เซนติเมตรจากส่วนยอดแหลม) จากนั้นไปหั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปผ่าน

กระบวนการแปรรูปด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 100°C นาน 60 นาที แล้วนำไปอบแห้งแบบลมร้อน Memmert รุ่น UF110 ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80°C จนกระทั่งมีความชื้นต่ำกว่า 10±1% บดให้ละเอียด และนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18°C เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์หาปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การตรวจวัดปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ตงลิ้มแล้งที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อน Memmert รุ่น UF110 ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80°C เตรียมตัวอย่างเพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยการนำหน่อไม้ตงลิ้มแล้งมาบดและ/หรือบดให้ละเอียดเป็นผงจากนั้นชั่งมา 5 กรัมสกัดใน 80% ethanol 50 มิลลิลิตรเขย่าในเครื่องเขย่า Model LSI-1005R (Labtech, Korea) ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง Hettich รุ่น MIKRO 220 R ที่ความเร็ว 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนของเหลวไปปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ด้วย 80% ethanol ปริมาณสารฟีนอลิกดัดแปลงจากวิธีของ Kubola et al. (2011) ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ดัดแปลงจากวิธีของ Kubola et al. (2011) และสารฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์ โดยใช้เครื่อง HPLC นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH radical scavenging activity (Kubola et al., 2011) และวิธี Ferric reducing/antioxidant power (FRAP) (Kubola et al., 2011)

การวิเคราะห์หาสารฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยดัดแปลงวิธีการจาก Kubola et al. (2011) นำหน่อไม้ตงลิ้มแล้งมาบดหรือ

บดให้ละเอียดเป็นผงมาสกัดกับตัวทำละลาย methanol : HCL (100:1,v/v) ในอัตราส่วน ตัวอย่าง 1 ส่วนต่อตัวทำละลาย 10 ส่วน นาน 18 ชั่วโมง ด้วยเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมินำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำไปประเหยด้วยเครื่องระเหยที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส จนตัวทำละลายระเหยจนหมด จากนั้นเติม methanol 3 มิลลิลิตร และนำสารละลายไปกรองด้วยหัวกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร ก่อนนำไปฉีดด้วยปริมาตร 20 ไมโครเมตร เพื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณสมบัติของเส้นใยหน่อไม้ตงลิ้มแล้ง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แสดงข้อมูลในรูปค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 16 (SPSS, USA)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของอุณหภูมิต่อสารฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดโดยใช้เครื่อง HPLC

การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งต่อปริมาณสารฟีนอลิกในหน่อไม้ตงลิ้มแล้ง ผลการทดลอง (Table 1) พบว่า กรดฟีนอลิกที่พบในหน่อไม้ตงลิ้มแล้ง ได้แก่ gallic acid, protocatechuic acid, chorogenic acid, caffeic acid, syringic acid, p-coumaric acid, ferulic acid และ sinapic acid และอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกในหน่อไม้ตงลิ้มแล้ง ($p < 0.05$) เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นทำให้ปริมาณกรดฟีนอลิกจะลดลงตามลำดับ ซึ่งการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีปริมาณ protocatechuic acid, chorogenic acid, caffeic acid, syringic acid, p-coumaric acid,

ferulic acid และ sinapic acid (224.91, 197.27, 116.19, 9.60, 34.71, 185.06 และ 152.94 mg/g dry sample ตามลำดับ) สูงที่สุด ส่วนปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของหน่อไม้ตงลิ้มแล้ง (Table 2) พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในหน่อไม้ตงลิ้มแล้งสูงที่สุด มีปริมาณ rutin, myricetin, quercetin, apigenin และ kaempferol (272.13, 175.61, 100.76, 197.60 และ 61.69 mg/g dry sample ตามลำดับ) และเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นทำให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ลดลงตามลำดับเช่นเดียวกับปริมาณสารฟีนอลิก อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิกและ

สารประกอบฟลาโวนอยด์ได้แก่ อุณหภูมิ และความเป็นกรดต่างเป็นต้น ส่งผลทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง เนื่องจากเสื่อมสลายได้ง่ายด้วยความร้อน (ศรัณย์และคณะ, 2555) และการใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปมีส่วนทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงโดยทั่วไปในธรรมชาติพบสารประกอบฟีนอลิกได้หลายชนิดซึ่งที่พบมากที่สุดจะเป็นกลุ่มฟลาโวนอยด์และโพลีฟีนอล เช่น ลิคนิน และแทนนิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในอาหารและเครื่องดื่มที่มาจากพืชผักและผลไม้จะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช โครงสร้างของพืช (พงศธรและคณะ, 2551)

Table 1 Phenolic acids of *Bambusa beecheyana*

Phenolic acids (mg/g dry sample)	Temperature for drying (°C)		
	60	70	80
Gallic acid	218.31±0.81 ^b	217.45±1.58 ^b	219.55±1.02 ^a
Protocatechuic acid	224.91±0.78 ^a	221.82±1.76 ^b	213.71±0.39 ^c
P-hydroxybenzoic acid	nd	nd	nd
Chorogenic acid	197.27±0.52 ^a	195.66±1.11 ^b	192.56±0.51 ^c
Vanillic acid	nd	nd	nd
Caffeic acid	116.19±0.23 ^a	115.58±0.19 ^b	115.74±0.13 ^b
Syringic acid	9.60±0.01 ^a	9.44±0.05 ^b	9.36±0.05 ^c
p-coumaric acid	34.71±0.47 ^a	33.07±0.32 ^b	34.04±0.99 ^{ab}
Ferulic acid	185.06±0.85 ^a	183.26±0.71 ^b	183.01±0.38 ^b
Sinapic acid	152.94±0.41 ^a	147.83±0.15 ^b	145.06±1.02 ^c
Total	1138.99	1124.11	1113.03

Values are expressed as mean ± SD of triplicate measurement. Numbers on the same row with differing superscripts are significantly different at $p < 0.05$, nd = not detected.

Table 2 Flavonoid contents of *Bambusa beecheyana*

Flavonoids (mg/g dry sample)	Temperature for drying (°C)		
	60	70	80
Rutin	272.13±0.80 ^a	266.53±0.16 ^b	263.01±0.14 ^c
Myricetin	175.61±0.41 ^a	174.38±0.53 ^b	175.27±0.19 ^a
Quercetin	100.76±0.49 ^a	98.95±0.34 ^b	97.70±1.22 ^c
Apigenin	197.60±0.54 ^a	194.89±0.34 ^b	193.92±0.85 ^c
Kaempferol	61.69±1.36 ^a	50.00±0.80 ^b	49.13±0.34 ^c
Total	807.79	784.75	779.03

Values are expressed as mean ± SD of triplicate measurement. Numbers on the same row with differing superscripts are significantly different at $p < 0.05$.

ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ดองลิ้มแล้งที่อบแห้งโดยวิธีอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80°C ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด, เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลงตามลำดับ (Figure 1) ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content: TPC) พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C ทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 27.27 mg GAE/g dry sample รองลงมาคือ 70°C มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 25.39 mg GAE/g dry

sample และ 80°C มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 23.41 mg GAE/g dry sample ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total flavonoid content; TFC) พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 16.21 mg Rutin/g dry sample รองลงมาคือ 70 °C มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เท่ากับ 15.18mg Rutin/g dry sample และ 80 °C มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เท่ากับ 13.02mg Rutin/g dry sample ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าการที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical สูงที่สุด คือ 27.19% inhibition รองลงมาคือ 70°C มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical 22.19% inhibition และ 80°C มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical 21.96% inhibition ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric- reducing antioxidant power assay (FRAP) พบว่าการที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP สูงที่สุด เท่ากับ 0.76mM

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /g dry sample รองลงมาคือ 70°C มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ $0.68\text{mM FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /g dry sample และ 80°C มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ $0.51\text{mM FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /g dry sample ตามลำดับ ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ นรินทร์ และคณะ (2560) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ ($60, 70$ และ 80°C) ต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH) ของชาแก่นฝาง (*Caesalpinia sappan* L.) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบชาฝางสูงมากขึ้น ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีฟิฟิเอชก็จะมีค่าลดลงตาม ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่มีความไวต่ออุณหภูมิจึงทำให้เมื่อใช้อุณหภูมิที่

สูงขึ้นจะส่งผลทำให้สารต้านอนุมูลอิสระสลายตัวไปถึงแม้จะใช้เวลาในการอบที่น้อยลงเนื่องจากสารประกอบฟีนอลสามารถละลายได้ในน้ำและถูกทำลายได้ด้วยความร้อนหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากสารจำพวกไกลโคไซด์เป็นสารอะไกลโคน ซึ่งการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งคุณค่าทางโภชนาการ และคุณสมบัติของสารต้านออกซิเดชัน (Pokorn and Schmidt, 2001) การเลือกใช้กระบวนการหรือสภาวะให้เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดจึงเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการแปรรูปอาหาร ดังนั้นควรเลือกการอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C ซึ่งสามารถรักษาปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ดองลิ้มแล้งได้สูงที่สุด

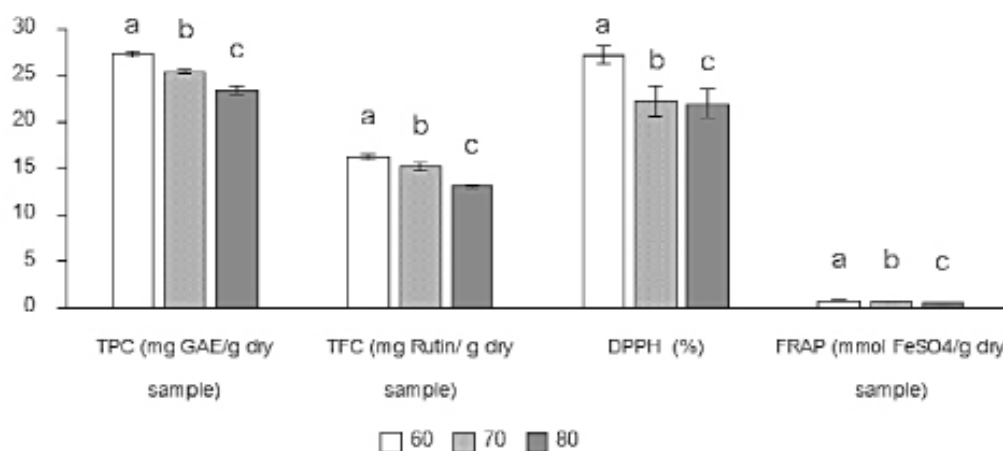


Figure 1 Comparison of total phenolic, total flavonoid contents, DPPH radical scavenging activities, FRAP of *Bambusa beecheyana*
 TPC, Total phenolic content; TFC, Total flavonoid content; DPPH radical scavenging and FRAP, Ferric reducing antioxidant activity.

สรุป

อุณหภูมิในการทำแห้งมีผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ตงลิ้มแล้งและเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นทำให้ปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ตงลิ้มแล้งลดลงตามลำดับ ($p < 0.05$) โดยการอบแห้งหน่อไม้ที่อุณหภูมิ 60°C ยังคงรักษาปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ได้มากที่สุด ซึ่งพบกรดฟีนอลิก 8 ชนิด คือ gallic acid, protocatechuic acid, chorogenic acid, caffeic acid, syringic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid และ sinapic acid (224.91, 197.27, 116.19, 9.60, 34.71, 185.06 และ 152.94 mg/g dry sample ตามลำดับ) และสารฟลาโวนอยด์ 5 ชนิด คือ rutin, myricetin, quercetin, apigenin และ kaempferol (272.13, 175.61, 100.76, 197.60 และ 61.69 mg/g dry sample ตามลำดับ) และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 27.27 mg GAE/g dry sample ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 16.21 mg Rutin/g dry sample เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical 27.19% inhibition และ ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP สูงที่สุด เท่ากับ 0.76 mM $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /g dry sample ดังนั้นการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C จึงเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้สารต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ตงลิ้มแล้งลดลงน้อยที่สุดเพื่อให้เหมาะแก่การนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพในอนาคตได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนวิจัยจากโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ) และบริษัท สยามเนเชอรัล โปรดักส์ จำกัด ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาฬยมหาสารคาม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์, ภาวณิ อารีศรีสม, ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล, วาที คงบรรทัด, เยาวนิตย์ ธาธาฉาย, และรุ่งทิพย์ กา วารี. 2560. ผลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและคุณค่าทางโภชนาการของชาแก่นฝาง. น. 165-170. ใน: การประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 8 “ทรัพยากรไทย: ศักยภาพมากล้นมีให้เห็น”. วันที่ 29 พฤศจิกายน - 1 ธันวาคม พ.ศ. 2560. อพ.สธ.-มหาวิทยาลัยศิลปากร. ฅวริย์ แจ้งกิจ ฅน สันป่าตอง. 2558. ปลูกไผ่. สำนักพิมพ์เอ็มไอเอส. กรุงเทพฯ.
- พงศธร ล้อสุวรรณ, จิตศิริ รัชตนพันธุ์, และศศิธร จันทนวางกูร. 2551. สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้. น. 554-561. ใน: การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 : สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2551. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- วราภรณ์ กุศลรักษ์ และนิพนธ์ ลิ้มสงวน. 2558. คุณค่าทางโภชนาการและโภชนเภสัชของหน่อไม้ไผ่บงหวาน. วารสารวิชาการเกษตร. 33:169-178.
- ศรัณย์ ลาภนิธิพร, ญัฐรา เลหากุลจิตต์, และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2555. องค์ประกอบทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะม่วงหิมพานต์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43(2)(พิเศษ):409-412.
- สุภวรรณ ภูริระวณิชกุล, สลิลลา ชาญเขียว, และยุทธนา ภูริระวณิชกุล. 2556. การอบแห้งใบบัวบกเพื่อผลิตใบบัวบกแห้งขงดื่มด้วยการแผ่รังสี อินฟราเรด: จลนพลศาสตร์ ความเปลี่ยนแปลงพลังงานและคุณภาพ. KKU Research Journal. 8: 311-324.
- Bao, J. 2006. The nutrition and bioactive function of bamboo shoots. Food Nut in China. 4:2-3.
- Choudhury, D., Sahu, J., and Sharma, G. 2012. Value addition to bamboo shoots: a review. Journal of Food Science and Technology. 1-8.
- Kubola, J., and S. Siriamornpun. 2011. Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng). Food Chem. 127: 1138-1145.
- Pokorn, J., and Schmidt, S. 2001. Effects of processing and storage on antioxidant efficacy in foods. In Oxidants in foods and beverages and antioxidant applications (Decker, E.A., Elias, R.J., McClements, D.J., eds.). Woodhead Publishing, Cambridge, pp. 368-393.
- Sloan, E. 2008. The top ten functional food trends. Food Technology. 62: 24-44.