



ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่ออัตราการแห้ง คุณภาพทางกายภาพ และ
สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสน

Effect of Drying Temperatures on Drying Rate, Physical and Antioxidative Properties of *Sesbania javanica* Mig. Flowers

วิจิตรา เหลียวตระกูล^{1*} ฐาณินี จิรสติตอนุสรณ์¹ ณัฐธิดา เอี่ยมนิล¹ และวชิรญา เหลียวตระกูล¹

Received: May, 2018; Accepted: June, 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำแห้งด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ต่ออัตราการแห้ง คุณภาพทางกายภาพ และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสน (*Sesbania javanica* Miq.) ในดอกโสนสดมีสารประกอบฟีนอลิก และแทนนิน รวมทั้งมีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เมื่อทำแห้งดอกโสนที่อุณหภูมิจาก 50 เป็น 70 องศาเซลเซียส ทำให้อัตราการแห้งเพิ่มขึ้นจาก 0.023 กรัม/นาท เป็น 0.049 กรัม/นาท แต่ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของดอกโสนลดลง ($p < 0.05$) ดอกโสนอบแห้งมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดคงเหลือร้อยละ 17 - 24 เมื่อเทียบกับดอกโสนสด โดยดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ($p < 0.05$) โดยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 366.89 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิก และปริมาณแทนนิน 714.29 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแทนนิกต่อดอกโสน 100 กรัม (น้ำหนักฐานแห้ง) รองลงมาคือ ดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 50 องศาเซลเซียส ดังนั้น ดอกโสนมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และมีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง

คำสำคัญ : ดอกโสน; อัตราการแห้ง; ฟีนอลิก; กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

¹ Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Huntra, Phra Nakhon Si Ayutthaya

* Corresponding Author E - mail Address: L_wijitra@hotmail.com

Abstract

This research aims to study the effect of drying temperatures (50, 60 and 70 °C) on drying rate, physical and antioxidative properties of hot-air dried *Sesbania* (*Sesbania javanica* Mig.) flowers. The fresh *Sesbania* flowers contained phenolic compounds, tannin, and antioxidative properties. When the drying temperature rose from 50 to 70 °C, drying rate increased from 0.023 to 0.049 g/ min, whereas the moisture content, water activity, lightness (L^*), redness (a^*), and yellowness (b^*) of dried *Sesbania* flowers significantly decreased ($p < 0.05$). The total phenol content of dried *Sesbania* flowers remained 17 - 24 % compared to the fresh *Sesbania* flowers. In addition, the active ingredients and antioxidant activity of *Sesbania* flowers dried at 70 °C were the highest value ($p < 0.05$). The total phenol and tannin contents of *Sesbania* flowers dried at 70 °C were 366.89 mg gallic acid equivalent, and 714.29 mg tannic acid equivalent/ 100 g (dry basis), followed by *Sesbania* flowers dried at 60 and 50 °C, respectively. In conclusion, *Sesbania* flower has the potential to develop into a health food product due to a high of biological active ingredients and antioxidant activity.

Keywords: *Sesbania* Flower; Drying Rate; Phenolic; Antioxidative Properties

บทนำ

โสน (*Sesbania javaica* Miq.) มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปเอเชีย และแพร่กระจายจากอินเดียมายังประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และไทย โสนมักพบในพื้นที่ที่มีน้ำขัง ดอกเป็นช่อเชิงลด หรือเป็นช่อกระจุก ออกที่ปลายกิ่ง ช่อใบ และช่อกิ่ง กลีบดอกโสนมีสีเหลือง [1] ดอกโสน 100 กรัม ให้พลังงาน 54 กิโลแคลอรี มีปริมาณโปรตีน 3.6 กรัม ไขมัน 0.4 กรัม คาร์โบไฮเดรต 9.1 กรัม เส้นใย 3.9 กรัม แคลเซียม 51 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 56 มิลลิกรัม เหล็ก 8.2 มิลลิกรัม วิตามินเอ 334 ไมโครกรัม ไทอามีน 0.26 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.40 มิลลิกรัม ไนอาซิน 2.8 มิลลิกรัม วิตามินซี 24 มิลลิกรัม [2] นอกจากนี้ในดอกโสนยังพบเบต้าแคโรทีน 34.3 ไมโครกรัม และสารเคอเซทิน ไกลโคไซด์ (Quercetin 3-2 (G)-rhamnosylrutinoside) ทำให้ดอกโสนมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และมีฤทธิ์ด้านการก่อกลายพันธุ์ในเซลล์เพาะเลี้ยง [3] - [4]

ปัจจุบันผู้บริโภคสนใจอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะพืชผักผลไม้ เนื่องจากสารที่พบในพืช (Phytonutrients) เช่น รงควัตถุและสารฟีนอลิก เป็นสารที่เข้าไปทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบมากในพืชผัก มีบทบาทสำคัญเพราะมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านการอักเสบ ต้านการแพ้ มีคุณสมบัติในการสลายลิ่มเลือด และเป็นสารต้านการเกิดมะเร็ง อีกทั้งสามารถลดความดันโลหิต โดยมีฤทธิ์ขยายหลอดเลือด และป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (Peroxidation) ในเยื่อหุ้มเซลล์ โดยการกำจัด

ออกซิเจน เพื่อป้องกันการเป็นโรคต่าง ๆ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวสัมพันธ์กับลักษณะของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่าง ๆ อาทิเช่น โรคมะเร็ง โรคอัลไซเมอร์ โรคหัวใจ รวมทั้งโรคที่เกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบฟีนอลิก เช่น สารฟีนอล กรดฟีนอล และโพลีฟีนอล ทำหน้าที่แตกต่างกันไปในพืช อาจทำหน้าที่เป็นสารรงควัตถุ หรือส่งผลกระทบต่อรสชาติ หรือเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย [5] - [8] โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระในพืชผักจะมีปริมาณลดลงในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนและการเก็บรักษา เนื่องจากความไม่คงตัวของสารต้านอนุมูลอิสระ [9]

ดอกโสนมีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น เมื่อนำมาแปรรูปเป็นดอกโสนทำแห้ง นอกจากจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของดอกโสนได้ ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์เชิงอาหารเพื่อสุขภาพที่สะดวกในการบริโภคและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ รวมทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ในตลาดอาหารเพื่อสุขภาพต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำแห้งดอกโสนต่ออัตราการทำแห้ง คุณภาพทางกายภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสน โดยศึกษาการทำแห้งดอกโสนด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การทำแห้งดอกโสน

นำดอกโสนสดที่โตเต็มที่จากตลาดท้องถิ่นในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา มาทำความสะอาดและคัดเลือกสิ่งปนเปื้อนออก เด็ดขั้ว และนำมาทำแห้งด้วยเตาอบลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยชั่งน้ำหนักของดอกโสนทุก ๆ 20 นาที ตลอดระยะเวลาการทำแห้ง จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ ทำ 3 ซ้ำในแต่ละอุณหภูมิ จากนั้นนำมาคำนวณหาอัตราการทำแห้ง และกราฟการทำแห้ง (Drying Curve) ของดอกโสน

2. การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพและเคมี

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธี Hot-Air Oven [10] และวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity, A_w) ด้วยเครื่อง AquaLab รุ่น Series 4TE (Decagon, USA) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และนำดอกโสนสดและดอกโสนอบแห้งมาวิเคราะห์ค่าสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter) ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter โดยวัดสีค่า L^* เป็นค่าความสว่าง ค่า a^* เป็นค่าสีแดงและเขียว และค่า b^* เป็นค่าสีเหลืองและน้ำเงิน ก่อนการวัดค่าสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง แล้วจึงทำการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ จากนั้นคำนวณเป็นค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไป (Total Color Change) ตามสมการที่ (1) [11] เมื่อค่าสี L^*_0 , a^*_0 และ b^*_0 หมายถึง ค่าสีของดอกโสนสด และค่าสี L^* , a^* และ b^* หมายถึง ค่าสีของดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ

$$Total\ color\ change = \sqrt{(L^*_0 - L^*)^2 + (a^*_0 - a^*)^2 + (b^*_0 - b^*)^2} \quad (1)$$

การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

การสกัดตัวอย่าง

สกัดตัวอย่างด้วยวิธี Cold Extraction ดัดแปลงจาก [12] - [13] ดังนี้ ซึ่งตัวอย่าง 20 กรัม เติมน้ำเย็นความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 80 มิลลิลิตร บดผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที กรองและนำส่วนใสเก็บในที่มืดอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ทำการสกัดตัวอย่างละ 3 ขั้ว

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดตามวิธี Folin-Ciocalteu Colorimetric Assays [14] โดยผสมสารสกัดจากตัวอย่าง 0.3 มิลลิลิตร กับสารละลาย Folin-Ciocalteu's 1.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น Na_2CO_3 (ร้อยละ 7.5) 1.2 มิลลิลิตร เขย่าให้สารผสมกัน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้องและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกของตัวอย่างเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิก รายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (mg Gallic Acid Equivalent (GAE)/ 100 g)

การวิเคราะห์ปริมาณแทนนิน

การวิเคราะห์ปริมาณแทนนินตามวิธี Colormetric Assay ดัดแปลงจาก [15] โดยนำสารสกัด 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 7.5 มิลลิลิตร สารละลาย Folin-Ciocalteu's 0.5 มิลลิลิตร และสารละลาย Na_2CO_3 (ร้อยละ 35) 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบแทนนินเทียบกับสารมาตรฐานกรดแทนนิก รายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแทนนิกต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (mg Tannic Acid Equivalent (TAE)/ 100 g)

การวิเคราะห์กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงจาก [12] โดยนำสารสกัด 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ความเข้มข้น 0.6 mM ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร นำมาเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิก รายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (mg GAE/ 100 g) ส่วนการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์อนุมูลอิสระ ด้วยวิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) [14] โดยนำสารสกัดจากตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร และเติม Phosphate Buffer ความเข้มข้น 0.2 M ที่ pH 6.6 ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และสารละลาย Potassium Ferricyanide (ร้อยละ 1) 2.5 มิลลิลิตร นำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เติมน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร และเติม FeCl_3 (ร้อยละ 1) 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นเปิดส่วนผสมมา 2.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร และเติม FeCl_3 (ร้อยละ 1) 0.5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร (A_{700})

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำข้อมูลมาทำการเปรียบเทียบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

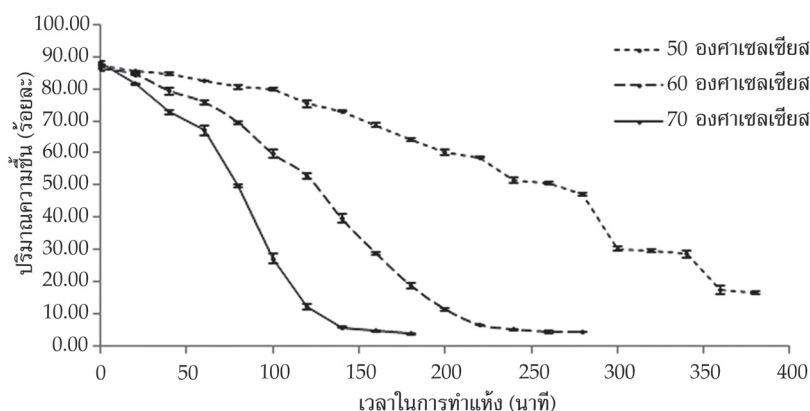
คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสนสด

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสนสดแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าดอกโสนสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณแทนนิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูง ในดอกโสนสด 100 กรัม มีปริมาณความชื้น 89.03 กรัม มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 58.26 mg GAE/ 100 g (น้ำหนักฐานเปียก) (ตารางที่ 1) ซึ่งมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดใกล้เคียงกับดอกแค (*Sesbania grandiflora*) [16] และมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าดอกแคนา (*Dolichandrone serrulata* (DC.) Seem) และดอกฟักทอง (*Cucurbita moschata* Decne.) [4] ในดอกโสนยังพบสารเคอราเซทินไกลโคไซด์ ที่มีฤทธิ์ต้านการก่อกลายพันธุ์ในเซลล์เพาะเลี้ยง ช่วยหยุดยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง ช่วยระงับการอักเสบ และช่วยป้องกันอันตรายของเซลล์ปกติต่อความเครียดจากกระบวนการต้านอนุมูลอิสระ [3] นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าดอกไม้พื้นบ้านที่รับประทานได้อีกหลายชนิด เช่น ดอกกระเจียวแดง ดอกมะรุม และดอกส้มลม มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ช่วยเสริมสร้างสุขภาพลดการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็ง และช่วยในเรื่องของระบบย่อยอาหาร [17] - [18]

ดอกโสนสดมีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์อนุมูลอิสระ ด้วยวิธี FRAP เท่ากับ 7.79 mg GAE/ 100 g และ 0.58 (ตารางที่ 1) ซึ่งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืชขึ้นขึ้นอยู่กับกลไกการต้านอนุมูลอิสระ โดยทั่วไปจะนิยมวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพืชอย่างน้อย 2 วิธี เพื่อประเมินผลกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดจากพืชทั้งหมดได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากความซับซ้อนของสารฟลักซ์เคมีในพืชชนิดนั้น ๆ [19]

ตารางที่ 1 คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสนสด

คุณลักษณะ	ดอกโสนสด
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	89.03±0.11
ค่า A_w	0.9949±0.0008
ค่าสี L^* (ค่าความสว่าง)	85.37±2.85
a^* (ค่าสีแดงและเขียว)	18.84±1.50
b^* (ค่าสีเหลืองและน้ำเงิน)	62.62±2.64
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/ 100 g) (Wet basis)	58.26±0.05
ปริมาณแทนนิน (mg TAE/ 100 g) (Wet basis)	64.46±0.32
DPPH (mg GAE/ 100 g) (Wet basis)	7.79±0.04
FRAP (A_{700})	0.58±0.00



รูปที่ 1 กราฟการทำแห้งดอกโสนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่ออัตราการทำแห้งของดอกโสน

จากรูปที่ 1 แสดงกราฟการทำแห้งดอกโสนที่ทำแห้งด้วยเตาอบลมร้อน โดยใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักที่คงที่พบว่า เมื่อทำแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้เวลาในการทำแห้งสั้นลง โดยอุณหภูมิการทำแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำแห้งน้อยที่สุด (180 นาที) รองลงมาคือการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (280 นาที) และการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (380 นาที) ใช้เวลาในการทำแห้งนานที่สุด เมื่อทำแห้งดอกโสนน้ำหนักของดอกโสนลดลงมาเรื่อย ๆ จนน้ำหนักคงที่ และพบว่าเมื่อทำแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้อัตราการทำแห้งของดอกโสนเพิ่มขึ้น โดยการทำแห้งดอกโสนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีอัตราการทำแห้งของดอกโสนเป็น 0.023 0.031 และ 0.049 กรัม/นาที ตามลำดับ

เมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งดอกโสนสูงขึ้น มีผลทำให้เวลาในการทำแห้งลดลง แต่อัตราการทำแห้งจะมากขึ้น เนื่องจากดอกโสนมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 86.90 ผิวสัมผัสของดอกโสนจะมีลักษณะเปียกชื้น เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างตัวกลางลมร้อนกับดอกโสน ทำให้อุณหภูมิพื้นที่ผิวมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลมร้อนใช้เป็นตัวกลาง อัตราการทำแห้งค่อย ๆ เพิ่มขึ้น จนถึงช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ น้ำภายในดอกโสนจะเคลื่อนที่มาที่ผิวหน้า พลังงานความร้อนที่ดอกโสนได้รับจะใช้ในการระเหยน้ำออกจากดอกโสนอย่างต่อเนื่อง ความชื้นและน้ำหนักเฉลี่ยของดอกโสนจะลดลงเป็นส่วนกับเวลาในการทำแห้ง จนการทำแห้งมีความเร็วคงที่ อัตราเร็วในการทำแห้งเริ่มลดลง ความชื้นในดอกโสนเหลือน้อย จนแพร่ไปยังผิวหน้าของดอกโสนอย่างไม่ต่อเนื่อง ผิวหน้าของดอกโสนเริ่มแห้ง ทำให้อุณหภูมิของดอกโสนสูงขึ้นเรื่อย ๆ อัตราการทำแห้งจะลดลง ความชื้นจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงค่าความชื้นสมดุล น้ำในดอกโสนไม่สามารถระเหยออกได้อีก น้ำหนักของดอกโสนจึงคงที่ ดังนั้นการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงนั้น จะเกิดการถ่ายโอนความร้อนและมวลสารในระหว่างการทำแห้งได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้อัตราการทำแห้งเพิ่มขึ้น [20] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการอบแห้งใบเตยด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 45 - 65 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราการอบแห้งจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้น แต่ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลง [21]

ตารางที่ 2 คุณภาพทางด้านกายภาพ และเคมีของดอกโสนทำแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ

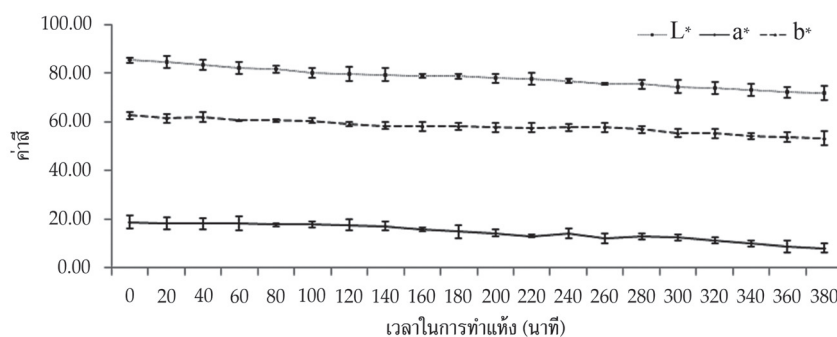
คุณลักษณะ	อุณหภูมิที่ทำแห้งดอกโสน (องศาเซลเซียส)		
	50	60	70
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	19.29±1.48 ^a	9.16±0.23 ^b	6.88±0.17 ^b
ค่า A_w	0.6077±0.0078 ^a	0.4215±0.0270 ^b	0.3648±0.0120 ^c
ค่าสี L^* (ค่าความสว่าง)	71.66±2.88 ^a	68.31±3.08 ^{ab}	67.27±1.31 ^b
ค่าสี a^* (ค่าสีแดงและเขียว) ^{ns}	8.19±2.77	7.91±2.07	7.56±1.12
ค่าสี b^* (ค่าสีเหลืองและน้ำเงิน)	53.39±1.82 ^a	48.78±2.53 ^b	50.10±3.38 ^{ab}
Total color change	21.53±2.91 ^a	14.04±2.45 ^b	11.67±1.81 ^b

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

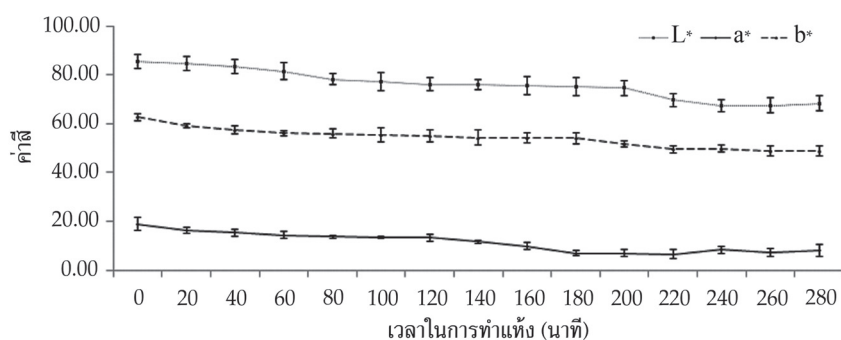
ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของดอกโสน

จากตารางที่ 2 เมื่อใช้อุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้นจาก 50 - 70 องศาเซลเซียส จนดอกโสนมีน้ำหนักที่คงที่ ทำให้ปริมาณความชื้นของดอกโสนลดลงจากดอกโสนสดที่มีความชื้นร้อยละ 89.03 ลดลงเป็นร้อยละ 19.29 9.16 และ 6.88 ตามลำดับ สอดคล้องกับค่า A_w ของดอกโสนโดยพบว่า เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งสูงขึ้นจาก 50 เป็น 70 องศาเซลเซียส ทำให้ค่า A_w ของดอกโสนอบแห้งลดลงเป็น 0.6077 0.4215 และ 0.3648 ตามลำดับ เทียบกับดอกโสนสดที่มีค่า A_w เท่ากับ 0.9949 เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระจะระเหยได้ง่ายกว่าน้ำผูกพัน ดังนั้นเมื่อทำแห้งที่อุณหภูมิสูง น้ำอิสระในดอกโสนจึงระเหยได้อย่างรวดเร็วระหว่างกระบวนการทำแห้ง ทำให้ปริมาณน้ำอิสระในดอกโสนลดลง นอกจากนี้เมื่อผลิตภัณฑ์มีค่า A_w ต่ำ จะทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานขึ้น เนื่องจากค่า A_w หรือปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่จุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโตและเป็นน้ำที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ นั้น เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหาร

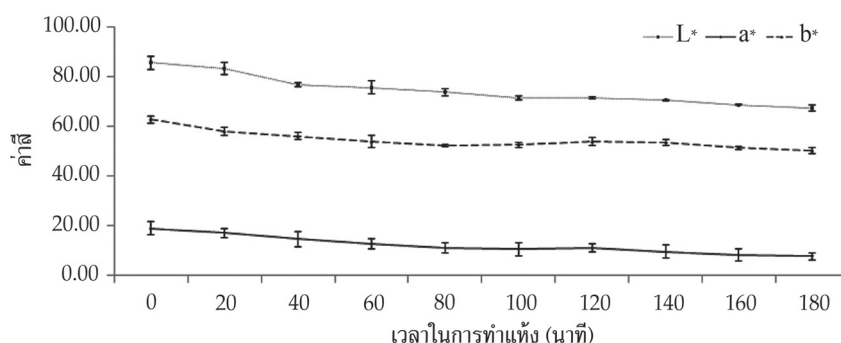


(ก) 50 องศาเซลเซียส

รูปที่ 2 ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของดอกโสนอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ



(ข) 60 องศาเซลเซียส



(ค) 70 องศาเซลเซียส

รูปที่ 2 ค่าสี L*, a* และ b* ของดอกโสนอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ต่อ)

ระยะเวลาในการทำแห้งที่นานขึ้นและอุณหภูมิการทำแห้งที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าสี L*, a* และ b* ของดอกโสนอบแห้งลดลงตามรูปที่ 2 โดยค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ค่าสี a* (ค่าสีแดงและเขียว) และค่าสี b* (ค่าสีเหลืองและน้ำเงิน) ของดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่ามากกว่าดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลาการทำแห้งนานขึ้น ค่าความสว่างจะลดลง โดยผลิตภัณฑ์ที่มีสีคล้ำกว่าที่ทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า และจากตารางที่ 2 พบว่าค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไปของดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เทียบกับดอกโสนสดพบว่าอุณหภูมิที่ทำแห้งดอกโสน 50 องศาเซลเซียส มีค่าสีทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงไปมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีค่าสีที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากสีที่เปลี่ยนแปลงไปของดอกโสนไม่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งด้วย เมื่อใช้อุณหภูมิต่ำและใช้ระยะเวลาในการทำแห้งดอกโสนมาก จะทำให้สีของดอกโสนมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น ถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งสูง แต่ระยะเวลาในการทำแห้งดอกโสนน้อย จะทำให้ค่าสีที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมดมีค่าน้อยลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทำแห้งเชิง เมื่ออุณหภูมิการทำแห้งเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองของขิงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) [22] อาจเนื่องมาจากที่อุณหภูมิสูงมีผลให้เร่งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (Non-Enzymatic Browning

Reaction) เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Millard Reaction) เป็นต้น [23] และมีรายงานว่า การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ล้าโยบแห้งจะมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้น [24]

ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสน

ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสนทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 3) พบว่าการทำแห้งมีผลทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสนลดลง โดยอุณหภูมิในการทำแห้งดอกโสนมีผลต่อความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH เมื่อทำแห้งดอกโสนที่อุณหภูมิ 50 - 70 องศาเซลเซียส ค่า DPPH ของดอกโสนอบแห้งสูงขึ้นจาก 90.36 เป็น 93.38 mg GAE/ 100 g (น้ำหนักฐานแห้ง) อย่างไรก็ตามค่า DPPH ของดอกโสนอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกันคือ 90.36 - 90.73 mg GAE/ 100 g ซึ่งน้อยกว่าดอกโสนอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ใช้ความร้อนในการอบแห้งต่ำ ทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งนานถึง 280 - 380 นาที สารต้านอนุมูลอิสระอาจสลายตัวมากกว่าดอกโสนอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จึงส่งผลทำให้ดอกโสนอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่า DPPH มากกว่าดอกโสนอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อดอกโสนทำแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นจาก 50 เป็น 70 องศาเซลเซียส ความสามารถในการรีดิวซ์อนุมูลอิสระ ด้วยวิธี FRAP เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่า FRAP เพิ่มขึ้นจาก 1.30 เป็น 2.42 เนื่องจากมีรายงานว่าในดอกโสนมีวิตามินซี 24 มิลลิกรัม/ 100 กรัม [2] ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายได้ในน้ำ (Hydrophilic Antioxidants) และมีเบต้าแคโรทีนในปริมาณสูงถึง 307 มิลลิกรัม/กิโลกรัม [4] ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายได้ในไขมัน (Lipophilic Antioxidants) มีบทบาทในการป้องกันกระบวนการออกซิเดชันของออกซิเจนอะตอมเดี่ยว (Singlet Oxygen) และอนุมูลอิสระเพอร์ออกไซด์ จึงเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพมาก [25] เมื่อวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP จึงแสดงผลว่าดอกโสนแห้งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 3 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสนทำแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ (Dry Basis)

คุณลักษณะ	อุณหภูมิที่อบดอกโสน (องศาเซลเซียส)		
	50	60	70
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/ 100 g)	255.93±1.97 ^c	355.11±1.38 ^b	366.89±0.71 ^a
ปริมาณแทนนิน (mg TAE/ 100 g)	490.19±0.00 ^c	635.91±0.00 ^b	714.29±0.00 ^a
DPPH (mg GAE/ 100 g)	90.36±0.05 ^b	90.73±0.05 ^b	93.38±0.04 ^a
FRAP (A ₇₀₀)	1.30±0.01 ^c	2.04±0.02 ^b	2.42±0.02 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

หลังจากการทำแห้งดอกโสน พบว่าดอกโสนมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพลดลงเมื่อเทียบกับดอกโสนสด และจากตารางที่ 3 พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ของดอกโสนอบแห้งสูงขึ้น โดยปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุด รองลงมาคือดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดคงเหลือเทียบกับดอกโสนสดเป็นร้อยละ 23.99 23.22 และ 16.74 (366.89 355.11 และ 255.93 mg GAE/ 100 g, น้ำหนักฐานแห้ง) ตามลำดับ เนื่องจากการทำแห้งดอกโสนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสนั้น ใช้เวลาในการทำแห้งสั้นมากเมื่อเทียบกับการทำแห้งดอกโสนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทำให้สารต้านอนุมูลอิสระสลายตัวน้อยกว่า งานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Choi, Y. et al. [26] พบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในเห็ดชิตาเกะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารฟีนอลิกบางชนิดในผักผลไม้ถูกสกัดออกมาได้ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน นอกจากนี้ความร้อนอาจทำให้เกิดสารประกอบจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Nicoli, M. C. et al. [27] ในมะเขือเทศ และการศึกษาของ Kusznierevicz, B. et al. [28] ในน้ำกะหล่ำปลี

จากตารางที่ 3 ยังพบว่าปริมาณแทนนินของดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุด รองลงมาคือดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ($p < 0.05$) โดยมีปริมาณแทนนินเป็น 714.29 635.91 และ 490.19 mg TAE/ 100 g (น้ำหนักฐานแห้ง) ตามลำดับ ซึ่งพบว่าปริมาณแทนนินของดอกโสนนี้ใกล้เคียงกับปริมาณแทนนินของแอปเปิ้ล และพริก แต่น้อยกว่าปริมาณแทนนินในดอกกุหลาบ (*Rosa canina*) ชาดำและชาเขียว ซึ่งแทนนินนั้นเป็นโพลีฟีนอลที่ละลายน้ำได้ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ แต่ปริมาณแทนนินที่ความเข้มข้นสูงอาจทำหน้าที่เป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการ (Anti-Nutritional) ได้ [29] - [30] นอกจากนี้มีรายงานว่าดอกโสนอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 360 นาที ด้วยเตาอบลมร้อนมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากกว่าที่อุณหภูมิ 55 - 70 องศาเซลเซียส เมื่อนำดอกโสนอบแห้งไปเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิช ทำให้มีปริมาณเส้นใย ค่าความแข็ง และค่าความแน่นเพิ่มขึ้น รวมทั้งได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคอีกด้วย [31]

บทสรุป

ดอกโสนสดมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูง และมีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยดอกโสน 100 กรัม มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด 58.26 mg GAE และปริมาณแทนนิน 64.46 mg TAE เมื่อนำดอกโสนมาทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งดอกโสนเพิ่มขึ้น เวลาในการทำแห้งจะลดลง เนื่องจากการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงเกิดการถ่ายโอนความร้อนและมวลสารในระหว่างการทำแห้งได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้อัตราการแห้งเพิ่มขึ้นจาก 0.023 เป็น 0.049 กรัม/นาที เมื่อใช้อุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น จะทำให้ปริมาณความชื้นและค่า A_w ของดอกโสนลดลง และเมื่อเวลาการทำแห้งนานขึ้น ค่าความสว่างจะลดลง ส่วนปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสนอบแห้งพบว่า การทำแห้งทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสนลดลงเมื่อเทียบกับดอกโสนสด อย่างไรก็ตามพบว่าดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสนมากขึ้น (เทียบกับน้ำหนักฐานแห้ง) โดยดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณแทนนินค่า DPPH และค่า FRAP มากที่สุด ($p < 0.05$) รองลงมาคือดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าน้อยที่สุด ดังนั้นดอกโสนอบแห้งมีความเหมาะสมสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต่อไป โดยอาจพัฒนาเป็นเครื่องดื่มชาดอกโสนเพื่อสุขภาพ หรือเสริมในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพและเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ดอกโสนได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ประจำปีงบประมาณ 2560 และขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่ได้เอื้อเฟื้อเพื่อทอ้งปฏิบัติการและอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย

References

- [1] Leelasuphapong, N. (2015). *Sesbania Flower Chocolate Balls Product Development*. **Ramkhamhaeng Research Journal of Sciences and Technology**. Vol. 18, No. 1, pp. 25-36 (in Thai)
- [2] Nutrition Division, Department of Health. (2001). **Nutritive Values of Thai Foods**. pp. 24. War Veterans Organization Press, Bangkok, Thailand (in Thai)
- [3] Tangvarasittichai, S., Sriprang, N., Harnroongroj, T., and Changbumrung, S. (2005). Antimutagenic Activity of *Sesbania javanica* Miq. Flower DMSO Extract and its Major Flavonoid Glycoside. **Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health**. Vol. 36, No. 6, pp. 1543-1551
- [4] Kijparkorn, S., Plaimast, H., and Wangsoonoen, S. (2010). Sano (*Sesbania javanica* Miq.) Flower as a Pigment Source in Egg Yolk of Laying Hens. **Thai Journal of Veterinary Medicine**. Vol. 40, No. 3, pp. 281-287
- [5] Parr, A. J. and Bolwell, G. P. (2000). Phenols in the Plant and in Man. The Potential for Possible Nutritional Enhancement of the Diet by Modifying the Phenols Content or Profile. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Vol. 80, No. 7, pp. 985-1012
- [6] Maestri, D. M., Nepote, V., Lamarque, A. L., and Zygodlo, J. A. (2006). Natural Products as Antioxidants. In **Phytochemistry: Advances in Research**. Imperato F., eds. pp. 105-135. Research Signpost, Kerala, India
- [7] Tesoriere, L., Allegra, M., Gentile, C., and Livrea, M. A. (2009). Betacyanins as Phenol Antioxidants. Chemistry and Mechanistic Aspects of the Lipoperoxyl Radical-Scavenging Activity in Solution and Liposomes. **Free Radical Research**. Vol. 43, No. 8, pp. 706-717. DOI: 10.1080/10715760903037681

- [8] Ignat, I., Volf, I., and Popa, V. I. (2011). A Critical Review of Methods for Characterisation of Polyphenolic Compounds in Fruits and Vegetables. **Food Chemistry**. Vol. 126, pp. 1821-1835. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.026.
- [9] Murcia M. A., Jiménez A. M., and Martínez-Tomé M. (2009). Vegetables Antioxidant Losses During Industrial Processing and Refrigerated Storage. **Food Research International**. Vol. 42, No. 8, pp. 1046-1052. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.04.012
- [10] AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analysis Chemists**. Arlington: Association of Official Analytical Chemists.
- [11] Maskan, M. (2006). Production of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Juice Concentrate by Various Heating Methods: Colour Degradation and Kinetics. **Journal of Food Engineering**. Vol. 72, Issue 3, pp. 218-224
- [12] Wu, L. C., Hsu, H. W., Chen, Y. C., Chiu, C. C., Lin, Y. I., and Ho, J. A. A. (2006). Antioxidant and Antiproliferative Activities of Red Pitaya. **Food Chemistry**. Vol. 95, Issue 2, pp. 319-327. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.01.002
- [13] Mahattanatawee, K., Manthey, J. A., Luzio, G., Talcott, S. T., Goodner, K., and Baldwin, E. A. (2006). Total Antioxidant Activity and Fiber Content of Select Florida-Grown Tropical Fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Vol. 54, Issue 19, pp. 7355-7363. DOI: 10.1021/jf060566s
- [14] Lim, Y. Y., Lim, T. T., and Tee, J. J. (2007). Antioxidant Properties of Several Tropical Fruits: A Comparative Study. **Food Chemistry**. Vol. 103, Issue 3, pp. 1003-1008
- [15] Tambe, V. D. and Bhambar, R. S. (2014). Estimation of Total Phenol, Tannin, Alkaloid and Flavanoid in *Hibiscus tiliaceus* Linn. Wood Extracts. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**. Vol. 2, Issue 4, pp. 41-47
- [16] Munde-Wagh, K. B., Wagh, V. D., Toshniwal, S. S., and Sonawane B. R. (2012). Phytochemical, Antimicrobial Evaluation and Determination of Total Phenolic and Flavonoid Contents of *Sesbania grandiflora* Flower Extract. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**. Vol. 4, Issue 4, pp. 229-232
- [17] Siritrakulsak, P., Chutichudet, P., Chutichudet, B., Plainsirichai, M., and Boontiang, K. (2013). Antioxidant Activity of Fifteen Edible Flowers in Maha Sarakham Province. **Khon Kaen Agricultural Journal**. Vol. 41, Suppl. 1, pp. 607-611
- [18] Gowri, S. and Vasantha, K. (2010). Antioxidant Activity of *Sesbania grandiflora* (Pink Variety) L. Pers. **International Journal of Engineering Science and Technology**. Vol. 2, No. 9, pp. 4350-4356
- [19] Chu, Y. H., Chang, C. L., and Hsu, H. F. (2000). Flavonoid Content of Several Vegetables and Their Antioxidant Activity. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Vol. 80, Issue 5, pp. 561-566

- [20] Yomsungnoen, Y., Waiprib, Y., Sootanan, R., and Tongta, A. (2010). Effects of Temperature and Velocity of Superheated Steam on Moisture Content and Color of Dried Ginger. **Agricultural Science Journal**. Vol. 41, No. 3/1(Suppl.), pp. 429-432 (in Thai)
- [21] Nadee, A., Tirawanichakul, Y., and Tirawanichakul, S. (2012). Drying Kinetics of Pandanus Leaf by Infrared Radiation Combine Hot Air and Hot Air. **Burapha Science Journal**. Vol. 17, No. 2, pp. 130-138 (in Thai)
- [22] Janhiran, A. and Chirnakorn, S. (2006). Ginger Drying Using Superheated Steam. In **The 3rd Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus Annual Conference**. pp. 11-17 (in Thai)
- [23] Jamradloedluk, J., Nathakaranakule, A., Soponronnarit, S., and Prachayawarakorn, S. (2007). Influences of Drying Medium and Temperature on Drying Kinetics and Quality Attributes of Durian Chip. **Journal of Food Engineering**. Vol. 78, Issue 1, pp. 198-205
- [24] Masiri, P. and Namsanguan, Y. (2007). Effect of Temperature on Color Change of Longan without Stone Undergoing Superheated Steam and Hot Air Drying. **Agricultural Science Journal**. Vol. 38, No. 5, pp. 375-378 (in Thai)
- [25] Stahl, W. and Sies, H. (2003). Antioxidant Activity of Carotenoids. **Molecular Aspects of Medicine**. Vol. 24, No. 6, pp. 345-351
- [26] Choi, Y., Lee, S. M., Chun, J., Lee, H. B., and Lee, J. (2006). Influence of Heat Treatment on the Antioxidant Activities and Polyphenolic Compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) Mushroom. **Food Chemistry**. Vol. 99, No. 2, pp. 381-387
- [27] Nicoli, M. C., Anese, M., Parpinel, M. T., Franceschi, S., and Lerici, C. R. (1997). Loss and/or Formation of Antioxidants During Food Processing and Storage. **Cancer Letters**. Vol. 114, Issue 1-2, pp. 71-74. DOI: 10.1016/S0304-3835(97)04628-4
- [28] Kusznierevicz, B., Smiechowska, A., Bartoszek, A., and Namiesni, J. (2008). The Effect of Heating and Fermenting on Antioxidant Properties of White Cabbage. **Food Chemistry**. Vol. 108, Issue 3, pp. 853-861. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.11.049
- [29] Atanassova, M. and Christova-Bagdassarian, V. (2009). Determination of Tannins Content by Titrimetric Method for Comparison of Different Plant Species. **Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy**. Vol. 44, No. 4, pp. 413-415
- [30] Khasnabis, J., Rai, C., and Roy, A. (2015). Determination of Tannin Content by Titrimetric Method from Different Types of Tea. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**. Vol. 7, No. 6, pp. 238-241
- [31] Panichakornkul, W. (2016). Effects of Drying Temperatures on Quality of Dried Sesbania Flowers (*Sesbania javavica* Miq) and It's Application in Bread. **VRU Research and Development Journal Science and Technology**. Vol. 11, No. 1, pp. 47-55 (in Thai)