

Received: July 9, 2022; Revised: August 17, 2022; Accepted: August 26, 2022

ผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผงชาแก่่นตะวัน
ในระหว่างการเก็บรักษา

Effect of drying methods on physical and chemical quality of Jerusalem
artichoke tea powders during storage

ภาสุรี ฤทธิเลิศ^{1*}Pasuree Rittilert^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

*Corresponding Author E-mail Address : ps.rittilert@gmail.com

บทคัดย่อ

การทำแห้งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลผลิตทางการเกษตรได้นาน และมีประโยชน์อย่างมากสำหรับพืชสมุนไพรที่มีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น อย่างไรก็ตามวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอาหารแห้งที่ต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการทำแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผงชาและน้ำชาแก่่นตะวัน โดยศึกษาวิธีการทำแห้งแก่่นตะวันด้วยการทำแห้งด้วยลมร้อน (80 องศาเซลเซียส) การตากแดด (32 องศาเซลเซียส) และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (-80 องศาเซลเซียส) บดตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งให้เป็นผงแล้วบรรจุในซองเยื่อกระดาษ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 6 เดือน ผลการทดลองพบว่าวิธีการทำแห้งมีผลต่อค่าสี โดยวิธีการทำแห้งด้วยลมร้อนและการตากแดดทำให้ผงชามีสีคล้ำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง วิธีการทำแห้งมีผลต่อปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผงชาแก่่นตะวัน ปริมาณความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ในส่วนของน้ำชาแก่่นตะวัน พบว่า น้ำชาจากทุกชุดการทดลองมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และปริมาณอินูลินชนิดฟรุกแทนมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาน้ำชาแก่่นตะวันมีปริมาณอินูลินชนิดฟรุกแทนอยู่ในช่วงระหว่าง 1.01 - 1.16 g/ml และทุกชุดการทดลองมีปริมาณอินูลินชนิดฟรุกแทนเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: แก่นตะวัน ผงชาแก่่นตะวัน การทำแห้ง อินูลิน

Abstract

Drying method could extend the shelf life of agricultural products and was very useful for short shelf-life herbs. However, different drying methods affected the quality of dry foods in a different way. Therefore, this research aimed to study the effect of drying methods on physical and chemical quality of Jerusalem artichoke tea powders and Jerusalem artichoke tea drink based on hot air drying (80°C), sun drying (32°C), and freeze drying (-80°C). The dried samples were grinded to powders and contained in a paper sachet. They were kept at room temperature (27±2°C) for 6 months. The experimental result found that drying methods had an effect on its color. Hot air drying and sun drying gave darker Jerusalem artichoke powder than freeze drying. Drying methods had an effect on more moisture content and higher water activity (a_w) of Jerusalem artichoke powder when they are kept longer. As for Jerusalem artichoke tea, the tea from all experiments had total soluble solid and inulin-type fructans with statistical significance level ($p \leq 0.05$). Total soluble solid seemed to decrease during storage. The tea infusion from Jerusalem artichoke tea powder had inulin-type fructans ranging from 1.01 - 1.16 g/ml. In every experiment, inulin-type fructans increased in the 6th month of the storage but there was no statistical significance level.

Keywords: Jerusalem Artichoke, Jerusalem Artichoke tea powder, Drying, Inulin

บทนำ

แก่นตะวัน (*Jerusalem artichoke*) เป็นแหล่งของอินูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีคุณสมบัติเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำ ช่วยเพิ่มปริมาตรของกากอาหาร กระตุ้นการบีบตัวของลำไส้ ทำให้ขับถ่ายสะดวก ช่วยลดการหมักหมมของกากอาหารในลำไส้ จึงลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ (Allsopp et al., 2013) และเป็นพรีไบโอติกของจุลินทรีย์ในลำไส้ของมนุษย์ เช่น *Lactobacilli* และ *Bifidobacteria* (Gibson and Roberfroid, 1995; Tarini and Wolever, 2010) จากข้อมูลงานวิจัยของ กมลวรรณ และคณะ (2556) พบว่าการให้อาสาสมัครชาวไทยบริโภคแก่นตะวัน แบบสดและแบบอบแห้งทำให้ปริมาณ *Bifidobacterium* spp. ในอุจจาระมีจำนวนมากขึ้น นอกจากนี้อินูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Van den Ende et al., 2011)

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสุขภาพมากขึ้น โดยเฉพาะการบริโภคอาหารและเครื่องดื่ม ชาสมุนไพรเป็นอีกผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมมาก โดยนำส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ดอก ใบ เหง้า และผล มาทำให้แห้งและลดขนาดให้เล็กลงแล้วบรรจุซองสำหรับการแช่เพื่อชงดื่ม ซึ่งแก่นตะวันเป็นพืชสมุนไพรที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ผู้บริโภคนิยมรับประทานแก่นตะวันแบบหั่นสดและแบบทำแห้ง มีการนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารเพื่อสุขภาพ (Functional food) เช่น โยเกิร์ตไขมันต่ำจากแป้งแก่นตะวัน (นพพร, 2558) ปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียมด้วยแป้งแก่นตะวัน (วีรยา, 2562) ผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรขมิ้นผสมผงแก่นตะวัน (นุชจรี และคณะ, 2563) การสกัดอินูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์จากแก่นตะวัน (ชุตินา, 2555) นอกจากนี้มีการแปรรูปแก่นตะวันเป็นชาของขงขมิ้น และแบบเป็นแคปซูลจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ซึ่งการทำชาใช้วิธีการทำแห้งเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน วิธีการที่นิยมใช้ในการทำแห้ง เช่น การตากแดด และการใช้ตู้อบลมร้อน ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวกรวดเร็ว จากข้อมูลงานวิจัยของ ภาสุรี และอรุณพล (2561) เปรียบเทียบวิธีการทำแห้งแก่นตะวันด้วยวิธีการตากแดด การทำแห้งด้วยลมร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่า

วิธีการตากแดดช่วยรักษาปริมาณอินูลินชนิดฟรุกแทน โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และโยอาหารทั้งหมดได้มากกว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและการทำแห้งด้วยลมร้อน แต่การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณโยอาหารที่ละลายน้ำมากกว่าการตากแดด แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งวิธีการทำแห้งแก่นตะวันด้วยการตากแดดเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแก่นตะวันผงโดยรักษาปริมาณโยอาหารได้มากกว่าและมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่า อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลการแปรรูปแก่นตะวันเพื่อเป็นชาชงดื่ม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของวิธีการทำแห้งแก่นตะวันด้วยการทำแห้งด้วยลมร้อน การตากแดด และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผงชาและน้ำชาแก่นตะวัน เพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมการเพาะปลูกแก่นตะวันสำหรับทำชาชงดื่มให้กับเกษตรกร และเป็นข้อมูลในการเตรียมแก่นตะวันผงเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร

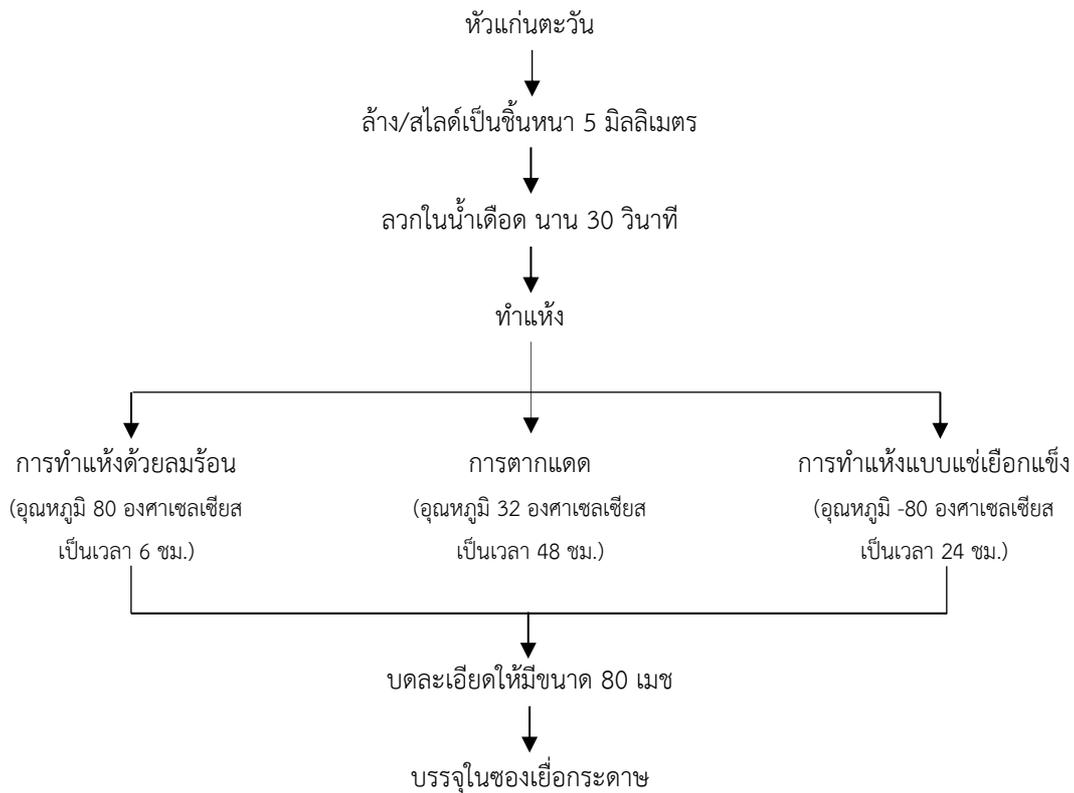
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัตถุดิบและการเตรียมวัตถุดิบ

หัวแก่นตะวันที่ใช้ในการทดลองสายพันธุ์ JA 102 ที่ผลิตได้จากสถานีวิจัยเพชรบูรณ์ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดเพชรบูรณ์ นำมาคัดเลือกหัวที่สมบูรณ์ ไม่มีการเน่าเสีย รอยแผลหรือตำหนิ ล้างสิ่งสกปรกออกโดยใช้น้ำประปา และใช้พัดลมเป่าให้สะเด็ดน้ำ หั่นเป็นชิ้นหนา 5 มิลลิเมตร โดยไม่ปอกเปลือก แล้วนำไปลวกในน้ำเดือดตามวิธีการของ Takeuchi and Nagashima (2011) เป็นเวลานาน 30 วินาที

วิธีการผลิตชาแก่นตะวัน

นำแก่นตะวันที่เตรียมได้ไปทำแห้งทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่ 1) การตากแดด (Sun drying) โดยการตากแดดในช่วงเดือนเมษายน - เดือนตุลาคม ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิต่ำสุด-อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 28 - 36 องศาเซลเซียส) 2) การทำแห้งด้วยลมร้อน (Hot air drying) โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray dryer) (กล้วยน้ำไท, ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (Rittilert and Nisantia, 2017) ความเร็วลมเฉลี่ย 4.2 เมตรต่อวินาที และ 3) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) โดยนำตัวอย่างไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -38 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (Freeze dryer) รุ่น FreeZone^{6plus} (LABCONCO, Germany) ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส ความดัน 0.133 มิลลิบาร์ (รูปที่ 1) กำหนดให้ค่าความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แห้ง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2558)



รูปที่ 1 ขั้นตอนการผลิตชาแค้นตะวัน

การเตรียมชาแค้นตะวันผง

นำแค้นตะวันที่ผ่านการทำแห้งที่แตกต่างกัน 3 วิธี มาบดตัวอย่างด้วยเครื่องบดแห้ง ร้อนด้วยตะแกรงขนาด 80 เมช แล้วบรรจุในซองเยื่อกระดาษปริมาณ 2 กรัม ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกไฟฟ้า แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผงชาแค้นตะวันและน้ำชาแค้นตะวัน ทุก ๆ 1, 3 และ 6 เดือน ดังนี้

1) นำผงชาแค้นตะวันที่บรรจุในซองเยื่อกระดาษมาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (AOAC, 2000) วัดค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (Water activity, a_w) ด้วยเครื่อง Aqua Lab รุ่น 3 (Decagon, USA), วัดค่าสีในระบบ CIE ค่า L^* value (ค่าความสว่าง), a^* value (สีแดง/สีเขียว) และ b^* value (สีเหลือง/สีน้ำเงิน) ด้วยเครื่อง Color reader รุ่น CR-10 (Minolta, Japan) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) ตามวิธีการของ Takeuchi and Nagashima (2011) โดยชั่งผงชาแค้นตะวัน 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร บ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 3000 rpm เป็นเวลา 5 นาที เก็บสารละลายส่วนใส (Supernatants) ที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงไว้ จากนั้นทำซ้ำอีกครั้ง แล้วรวมสารละลายส่วนใสที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงทั้ง 2 ครั้ง ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 50 มิลลิลิตร วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้ Digital Refractometer (Model PASL-18S; Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan) อ่านค่าเป็น °Brix

2) น้ำชาแค้นตะวัน เตรียมน้ำชาตามวิธีการของ จิรภัทร และคณะ (2558) โดยเติมน้ำเดือด 100 มิลลิลิตร ลงในภาชนะที่มีซองเยื่อกระดาษบรรจุชา 1 ซอง ตั้งทิ้งไว้ นาน 2 นาที เขย่าถุงชา 10 ครั้ง ทุก ๆ 1 นาที นำน้ำชาแค้นตะวันที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณอินูลิน ในวิธีการที่ 997.08 (AOAC, 2005) ด้วยการ

สกัดด้วยน้ำร้อน การย่อยด้วยเอนไซม์ Inulinase และนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วย High Temperature Gas Chromatography (Joye and Hoebregs, 2000) โดยทำการวิเคราะห์ในเดือนที่ 1 และเดือนที่ 6

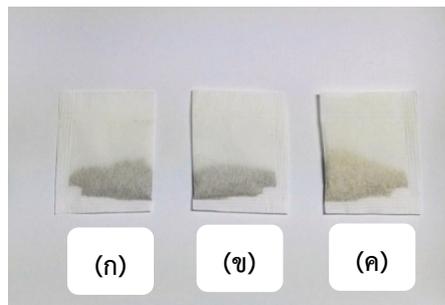
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance, ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

1. ลักษณะปรากฏของผงชาแก่นตะวันบรรจุซอง

ลักษณะปรากฏของผงชาแก่นตะวันที่ผ่านวิธีการทำแห้งด้วยลมร้อน การตากแดด และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง แล้วนำมาบรรจุในซองเยื่อกระดาษ ดังรูปที่ 2 จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 3 เดือน เป็นระยะเวลา 6 เดือน วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผงชาและน้ำชา



รูปที่ 2 ลักษณะของผงชาแก่นตะวันบรรจุซองเยื่อกระดาษ ที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธี (ก) การทำแห้งด้วยลมร้อน (ข) การตากแดด และ (ค) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

2. ค่าสี

จากการศึกษาคุณภาพด้านสีของผงชาแก่นตะวัน แสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 2 เมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L^*) ของผงชาแก่นตะวัน พบว่า ผงชาแก่นตะวันที่ได้จากวิธีการตากแดดมีสีคล้ำมากกว่าวิธีการทำแห้งด้วยลมร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดง (a^*) ผงชาแก่นตะวันที่ได้จากวิธีการตากแดดและการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีสีเขียว ($-a^*$) ไปทางลบเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) และให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) แตกต่างจากผงชาแก่นตะวันที่ได้จากการทำแห้งด้วยลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากการทำแห้งด้วยลมร้อนและการตากแดด เป็นวิธีการทำแห้งด้วยความร้อน และวิธีการตากแดดยังใช้เวลาในการลดความชื้นนาน 2 วัน ทำให้แก่นตะวันสัมผัสกับอากาศร้อนเป็นเวลานาน จึงอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิด ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดแอมิโน โปรตีน โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา แก่นตะวันที่ได้ จึงมีสีคล้ำ สอดคล้องกับรายงานของ Puyanda et al. (2020) พบว่า ผงชาแก่นตะวันที่ได้จากการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (65 องศาเซลเซียส) มีสีคล้ำกว่าผงชาแก่นตะวันที่ทำแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (40 - 55 องศาเซลเซียส) โดยมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ต่ำกว่าผงชาแก่นตะวันที่ทำแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ในขณะที่การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นกระบวนการที่ผ่านการแช่เย็นจนแข็งมาระเหิดน้ำออกภายใต้สภาวะสุญญากาศจนกระทั่งตัวอย่างแห้งจึงสามารถรักษาคุณภาพของสีไว้ได้

ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าผงชาแก่้นตะวันที่ได้จากทุกวิธีการทำแห้งให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา 6 เดือน

ตารางที่ 1 ค่าสีของผงชาแก่้นตะวันที่ได้จากวิธีการทำแห้งต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน

ค่าสี	(เดือน)	วิธีการทำแห้ง		
		การทำแห้งด้วยลมร้อน	การตากแดด	การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
ค่าความสว่าง (L^*)	1	49.55 ^b ±0.92	51.20 ^b ±1.56	62.75 ^a ±1.06
	3	51.00 ^b ±2.55	49.85 ^b ±0.35	64.75 ^a ±1.20
	6	47.00 ^b ±1.84	48.45 ^b ±0.92	63.80 ^a ±1.41
ค่าสีแดง (a^*)	1 ^{ns}	0.15 ^a ±0.07	-0.15 ^a ±0.07	-0.55 ^a ±0.64
	3	-2.45 ^a ±0.78	-2.85 ^{ab} ±0.21	-4.05 ^b ±0.21
	6	-0.90 ^a ±0.42	-1.15 ^a ±0.21	-2.40 ^b ±0.00
ค่าสีเหลือง (b^*)	1	18.20 ^b ±0.14	20.40 ^a ±0.85	20.40 ^a ±0.28
	3 ^{ns}	13.25 ^a ±1.20	14.10 ^a ±0.71	13.60 ^a ±0.14
	6	14.90 ^b ±0.57	16.80 ^{ab} ±0.71	16.90 ^a ±0.57

หมายเหตุ : ^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

^{a, b} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3. ปริมาณความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

วิธีการทำแห้งมีผลต่อการลดลงของปริมาณความชื้นและค่า a_w ของแก่้นตะวันที่ในระหว่างการทำแห้ง ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผงชาแก่้นตะวันที่มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 6.100 - 7.961 (โดยน้ำหนักเปียก) และ ค่า a_w อยู่ในช่วง 0.428 - 0.463 แสดงดังตารางที่ 2 และ 3 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แห้ง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2558) ที่กำหนดให้ค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 และค่า a_w ไม่เกิน 0.6 ซึ่งเป็นจุดวิกฤติที่ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ อย่างไรก็ตามผงชาแก่้นตะวันที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณความชื้นมากกว่า ในขณะที่มีค่า a_w ต่ำกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน และการตากแดดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ตัวอย่างต้องผ่านการแช่เยือกแข็งก่อน ซึ่งการแช่เยือกแข็งทำให้ผิวผลไม้เกิดรูพรุนภายในเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ด้านในมีรอยแตก เนื้อเยื่อมีลักษณะฉีกขาด ในทำนองเดียวกับการอบแห้งแครอทและฟักทองของ Arevalo-Pinedo and Xidieh Murr (2007) มีการเตรียมแครอทและฟักทองด้วยการแช่เยือกแข็งก่อนนำไปทำแห้ง พบว่า การแช่เยือกแข็งส่งผลให้ทำแห้งได้เร็วขึ้น จลนพลศาสตร์ในการทำแห้งสูงขึ้น และเวลาในการทำแห้งเร็วขึ้น เนื่องจากการแช่เยือกแข็งก่อนการทำแห้งเป็นขั้นตอนที่ทำให้เซลล์ถูกทำลายจึงช่วยให้สามารถกำจัดความชื้นได้ง่ายขึ้น ในระหว่างการทำแห้ง อย่างไรก็ตามในระหว่างการเก็บรักษาผงชาแก่้นตะวันที่ พบว่าปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผงชาเพิ่มขึ้นตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้อธิบายได้ว่าพื้นผิวที่มีรูพรุนอาจมีขนาดที่โมเลกุลของน้ำสามารถผ่านเข้าไปได้ง่ายขึ้น จึงเกิดการดูดซับความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาได้

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้นทั้งหมดของผงชาแก่้นตะวันที่ได้จากจากวิธีการทำแห้งต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน

วิธีการทำแห้ง	ปริมาณความชื้นทั้งหมด (% wet basis)		
	เดือนที่ 1	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
การทำแห้งด้วยลมร้อน	6.16 ^b ±0.02	7.53 ^b ±0.16	8.39 ^b ±0.14
การตากแดด	6.10 ^b ±0.02	8.05 ^a ±0.01	9.00 ^a ±0.04
การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	7.69 ^a ±0.01	8.27 ^a ±0.14	9.31 ^a ±0.13

หมายเหตุ : ^{a, b} ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

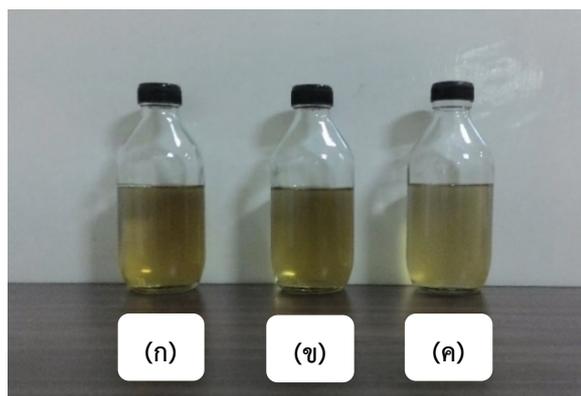
ตารางที่ 3 ค่าปริมาณน้ำอิสระของผงชาแก่้นตะวันที่ได้จากวิธีการทำแห้งต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน

วิธีการทำแห้ง	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)		
	เดือนที่ 1	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
การทำแห้งด้วยลมร้อน	0.46 ^a ±0.00	0.47 ^b ±0.00	0.50 ^{ab} ±0.01
การตากแดด	0.46 ^a ±0.01	0.49 ^a ±0.00	0.51 ^a ±0.00
การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	0.43 ^b ±0.00	0.47 ^b ±0.00	0.49 ^b ±0.00

หมายเหตุ : ^{a, b} ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4. ลักษณะปรากฏของน้ำชาแก่้นตะวัน

น้ำชาแก่้นตะวันมีสีน้ำตาลอ่อน โดยน้ำชาแก่้นตะวันที่ได้จากวิธีทำแห้งด้วยลมร้อนแบบถาดและการตากแดด มีความใสมากกว่าวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่ให้น้ำชาขุ่นมากกว่า ดังรูปที่ 3 อาจเป็นเพราะการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งส่งผลให้ผงชามีโครงสร้างเป็นรูพรุนระหว่างการระเหิดของน้ำแข็งภายในเซลล์ เมื่อนำมาบดให้เป็นผงขนาด 80 เมช และชงเป็นชา ผงชาเกิดการคืนสภาพอย่างรวดเร็วจึงมีลักษณะขุ่นเป็นตะกอนแขวนลอย



รูปที่ 3 ลักษณะของน้ำชาจากแก่้นตะวันที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธี (ก) การทำแห้งด้วยลมร้อน (ข) การตากแดด และ (ค) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

5. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

จากการศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของน้ำชาแก่แฉะวัน พบว่า น้ำชาที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้อยู่ระหว่าง 1.11 - 1.31°Brix แสดงดังตารางที่ 4 ในทำนองเดียวกับงานวิจัยของ Khuenpet et al. (2017) พบว่า แก่นตะวันผงที่ได้จากการทำแห้งด้วยลมร้อน เมื่อนำมาสกัดด้วยน้ำร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่าสารละลายแก่นตะวันผงมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ เท่ากับ 1.80°Brix ซึ่งจากรายงานของ Farnworth (1993) ได้ทำการทดลองสกัดน้ำตาลจากหัวแก่นตะวันด้วยวิธีใช้น้ำร้อน พบว่า มีองค์ประกอบของฟรุกโทส กลูโคส ซูโคส และฟรุกแทน ดังนั้นเป็นไปได้ว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของน้ำชาแก่แฉะวันเป็นผลรวมของโมเลกุลน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบ โดยน้ำชาที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มากกว่าวิธีการทำแห้งด้วยลมร้อน และการตากแดดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สันนิษฐานว่าเป็นเพราะวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ทำให้อุณหภูมิของน้ำชาแก่แฉะวันมีความเป็นรูพรุนมาก ในทำนองเดียวกับงานวิจัยของ ภาสรี และอรุณพล (2561) ศึกษาลักษณะโครงสร้างพื้นผิวของแก่นตะวันผงที่มีขนาด 100 ไมครอน ที่ได้จากวิธีการตากแดด การทำแห้งด้วยลมร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 200 เท่า พบว่า ผงแก่นตะวันที่ทำผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีลักษณะโครงสร้างที่มีรูพรุนคล้ายฟองน้ำและมีขนาดใหญ่ ส่วนการทำแห้งด้วยลมร้อนและการตากแดดมีลักษณะโครงสร้างที่แน่นกว่า โครงสร้างที่มีความเป็นรูพรุนมาก คาดว่า จะสามารถเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสกับน้ำได้มากขึ้นจึงอาจส่งผลต่อการละลายได้ของโมเลกุลน้ำตาล สามารถสรุปได้ว่าวิธีการทำแห้งส่งผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ โดยวิธีการตากแดดส่งผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ลดลงในระหว่างการเก็บรักษานาน 6 เดือน

ตารางที่ 4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของน้ำชาแก่แฉะวันที่ได้จากวิธีการทำแห้งต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน

วิธีการทำแห้ง	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix)		
	เดือนที่ 1	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
การทำแห้งด้วยลมร้อน	1.21 ^b ±0.02	1.19 ^a ±0.02	1.20 ^a ±0.03
การตากแดด	1.11 ^c ±0.02	1.00 ^b ±0.03	1.04 ^b ±0.05
การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	1.31 ^a ±0.02	1.24 ^a ±0.08	1.23 ^a ±0.04

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถวแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

6. ปริมาณอินูลินชนิดฟรุกแทน

แก่นตะวันเป็นแหล่งสะสมอินูลินซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งในกลุ่มฟรุกแทน ประกอบด้วยน้ำตาลฟรุกโทสที่เชื่อมต่อกันเป็นสายยาว จากการทดลองพบว่าวิธีการทำแห้งส่งผลต่อปริมาณอินูลินชนิดฟรุกแทนของน้ำชาแก่แฉะวันดังตารางที่ 5 โดยน้ำชาแก่แฉะวันมีปริมาณอินูลินชนิดฟรุกแทนอยู่ระหว่าง 1.01 - 1.16 g/100 ml การทำแห้งแก่นตะวันด้วยวิธีที่แตกต่างกันส่งผลให้น้ำชาแก่แฉะวันมีปริมาณอินูลินชนิดฟรุกแทนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากการทำแห้งแบบลมร้อนและการตากแดด สารสำคัญในตัวอย่างอาจมีการย่อยสลายหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากความร้อน ส่วนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งนั้นเป็นการกำจัดน้ำด้วยการระเหยในสภาวะสุญญากาศจึงเป็นการรักษาสารสำคัญในตัวอย่าง ในทำนองเดียวกับงานวิจัยของ Gupta et al. (2003) พบว่าชิคอรี่ (Chicory) ที่ได้จากการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียส มีความเข้มข้นของอินูลินต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยการตากแดดที่อุณหภูมิ 30 - 35 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Li et al. (2015) กล่าวว่าอินูลินสามารถเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลชนิดรีดิวซิง (Reducing sugar) ได้ด้วยการไฮโดรไลซิสที่เกิดขึ้นระหว่างอุณหภูมิในการทำแห้ง 35 - 85 องศาเซลเซียส และการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่า 65 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อการสูญเสียอินูลินมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่าอย่างเห็นได้ชัด

และอินูลินยังสามารถถูกไฮโดรไลซ์เป็นน้ำตาลได้ภายใต้อุณหภูมิการทำแห้งที่ต่ำเนื่องจากมีเอนไซม์ Inulinase โดย Singh et al. (2020) รายงานว่าเอนไซม์ Inulinase เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการสลายของอินูลิน ทำให้ได้ Inulo-oligosaccharide น้ำตาลฟรุกโตส และน้ำตาลกลูโคส ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าผลการเก็บรักษาผงชาแก่้นตะวันในเดือนที่ 6 ทำให้น้ำชาแก่้นตะวันมีปริมาณอินูลินชนิดฟรุกแทนเพิ่มขึ้นเพราะมีเอนไซม์ Inulinase โดยเอนไซม์ชนิดนี้สามารถพบได้ในพืชที่มีการสะสมอินูลิน

ตารางที่ 5 ปริมาณอินูลินของน้ำชาแก่้นตะวันที่ได้จากวิธีการทำแห้งต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน

วิธีการทำแห้ง	ปริมาณอินูลินชนิดฟรุกแทน (g/100ml)	
	เดือนที่ 1	เดือนที่ 6 ^{ns}
การทำแห้งด้วยลมร้อน	1.01 ^c ±0.00	1.27±0.01
การตากแดด	1.02 ^b ±0.00	1.26±0.00
การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	1.16 ^a ±0.00	1.26±0.00

หมายเหตุ : ^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

บทสรุป

วิธีการทำแห้งแก่้นตะวันโดยการทำแห้งด้วยลมร้อน การตากแดด และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ส่งผลต่อค่าสี ปริมาณความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผงชาแก่้นตะวัน โดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งช่วยรักษาคุณภาพสีของผงชา โดยมีค่าความสว่าง (L^*) มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งแบบใช้ความร้อนที่ทำให้ผงชามีสีคล้ำ การทำแห้งแก่้นตะวันแบบแช่เยือกแข็งให้น้ำชาที่มีลักษณะขุ่น ไม้ใส และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ปริมาณอินูลินชนิดฟรุกแทนมากกว่าน้ำชาที่ได้จากการทำแห้งด้วยลมร้อนและการตากแดด การเก็บรักษาผงชาแก่้นตะวันเป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำให้ค่าสี L^* a^* และ b^* มีแนวโน้มลดลง ปริมาณความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้น ในขณะที่น้ำชาแก่้นตะวันมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ปริมาณอินูลินชนิดฟรุกแทนเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน ผลการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัย เกษตรกร และผู้บริโภคทั่วไปได้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของวิธีการทำแห้ง ซึ่งมีความจำเป็นต่อการเลือกวิธีการแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแก่้นตะวัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่สนับสนุนทุนในการวิจัยงบประมาณแผ่นดินครั้งนี้ และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กมลวรรณ ลุนหา, อรุณวดี ชนระวงศ์, อรุณลักษณ์ ลุสิตานนท์, นงนุช เศรษฐสุเถียร, โชติชนะ วิไลลักษณ์, พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์, นาถธิดา วีรปรียากร, สุชาติ ศิริใจชิงกุล และสนั่น จอกลอย. (2556). ผลของการบริโภคแก่นตะวันแบบสดและแบบอบแห้งต่อปริมาณ *Bifidobacterium* spp. ในอาสาสมัครชาวไทย. วารสารเทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด. 25(3): 256-263.
- จิรภัทร โอทอง, จิราภรณ์ ทองตัน และทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ. (2558). การพัฒนาชาสมุนไพรย่านางและการศึกษาสมบัติด้านเคมีกายภาพ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53: สาขาพืช, สาขาสัตว์, สาขาสัตวแพทยศาสตร์, สาขาประมง, สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ 3-6 กุมภาพันธ์ 2558. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 1544-1551.
- ชุติมา วันเพ็ญ. (2555). การสกัดอินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากแก่นตะวันด้วยอุตราโซนิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- นพพร สกุลยืนยงสุข. (2558). การพัฒนาโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- ภาสุรี ฤทธิเลิศ และอรุณพล สมบูรณ์. (2561). ผลของวิธีการทำแห้งต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแก่นตะวันผง. ใน การประชุมวิชาการและการประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2 “งานวิจัยและนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาเพื่อความยั่งยืนทางเศรษฐกิจและสังคม” 17-18 พฤศจิกายน 2561. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่. 1-10.
- นุชจรี สิงห์พันธ์, เอรಾವัด ชาญพหล, น้ำฝน เข้าทองคำ และประมะ แก้วพวง. (2563). การพัฒนาคุณภาพแก่นตะวันเพื่อสุขภาพในจังหวัดเพชรบูรณ์. รายงานวิจัย. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพชรบูรณ์.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2558). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แห้ง. ค้นเมื่อ 4 มิถุนายน 2565. [https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0136_58\(ผักและผลไม้แห้ง\).pdf](https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0136_58(ผักและผลไม้แห้ง).pdf)
- วีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์. (2562). การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- Allsopp P., Possemiers S., Campbell D., Oyarzábal I.S., Gill C. and Rowland I. (2013). An exploratory study into the putative prebiotic activity of fructans isolated from *Agave angustifolia* and the associated anticancer activity. *Anaerobe*. 22: 38-44.
- AOAC. (2000). Official Method of Analysis of AOAC International. 17th Edition. AOAC International. Maryland. USA.
- AOAC. (2005). Official Method of Analysis of AOAC International. 18th Edition. Method: 997.08. AOAC International. Maryland. USA.
- Arévalo-Pinedo A. and Xidieh Murr F.E. (2007). Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin. *Journal of Food Engineering*. 80(1): 152-156.
- Farnworth E.R. (1993). Fructans in human and animal diets. In *Science and Technology of Fructans*, edited by M. Suzuki, and N.J. Chatterton, CRC Press., London. 257-272.

- Gibson G.R. and Roberfroid M.B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*. 125: 1401-1412.
- Gupta A.K., Kaur N. and Kaur N. (2003). Preparation of inulin from chicory roots. *Journal of Scientific and Industrial Research*. 62: 916-920.
- Joye D. and Hoebregs H. (2000). Determination of oligofructose, a soluble dietary fiber, by high-temperature capillary gas chromatography. *Journal of Association Official of Analytical Chemistry International*. 83: 1020-1025.
- Khuenpet K., Fukuoka M., Jittanit W. and Sirisansaneeyakul S. (2017). Spray drying of inulin component extracted from Jerusalem artichoke tuber powder using conventional and ohmic-ultrasonic heating for extraction process. *Journal of Food Engineering*. 194: 67-78.
- Li X., Guo H., Yang G., Zhang Y., Zeng Y. and Shen F. (2015). Thin-layer drying of Jerusalem artichoke tuber slices and sugar conversion as affected by drying temperature. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*. 9: 456-462.
- Puyanda I.R., Uriyapongson S. and Uriyapongson J. (2020). Influence of drying method on qualities of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tuber harvested in Northeastern Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 42(6): 1279-1285.
- Rittilert P. and Nisuntia P. (2017). Effect of hot air drying temperature on quality of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers powder. In *Proceedings of the 2017 International Forum-Agriculture, Biology, and Life Science*. June 27-29, 2017 Kyoto: Japan. p. 129-141.
- Singh R.S., Singh T., Hassan M. and Kennedy J.F. (2020). Updates on inulinases: Structural aspects and biotechnological applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. 164: 193-210.
- Takeuchi J. and Nagasima T. (2011). Preparation of dried chips from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers and analysis of their functional properties. *Food Chemistry*. 126: 922-926.
- Tarini J. and Wolever T.M.S. (2010). The fermentable fiber inulin increases postprandial serum short-chain fatty acids and reduces free-fatty acids and ghrelin in healthy subjects. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 35: 9-16.
- Van den Ende W., Peshev D. and De Gara L. (2011). Disease prevention by natural antioxidants and prebiotics acting as ROS scavengers in the gastrointestinal tract. *Trends in Food Science and Technology*. 22: 689-697.