

ผลของการเตรียมตัวอย่างและวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพอินทผลัม

Effect of Sample Pretreatment and Drying Methods on Quality of Dates

ดร.ประยูร จอมหล้าพิรติกุล (Dr.Prayoon Jomlaperatikul)* เดชาวัต มั่นกลาง (Dechawut Manklang)*

ดร.ภูษิสส ตันวานิชกุล (Dr.Bhuchiss Tanwanichkul)* ประสิทธิ์ โสภา (Prasit Sopa)*

ดร.ชัยณรงค์ หล่มช้างคำ (Dr.Chainarong Lomchangkum)*

ดร.อาภาภรณ์ จอมหล้าพิรติกุล (Dr.Apaporn Jomlaperatikul)¹* ดร.สิริธร คีสาลัง (Dr.Sirithon Kisalung)**

(Received: December 8, 2022; Revised: March 8, 2023; Accepted: March 23, 2023)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมอินทผลัมก่อนอบแห้งและวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพอินทผลัม พันธุ์บาฮี โดยศึกษาผลเตรียมอินทผลัมก่อนอบแห้งทั้งหมด 6 วิธี ได้แก่ ลวกด้วยน้ำร้อน ลวกด้วยไมโครเวฟ แช่สารละลายกรดซิตริก แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต และแช่แข็ง จากนั้นนำมาอบแห้งด้วย เครื่องอบแห้งลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และศึกษาวิธีการทำแห้งทั้งหมด 3 วิธี คือ ด้วยเครื่องอบแห้งอุโมงค์ลม ด้วยเครื่องอบไมโครเวฟ และการตากแดด จากการศึกษาผลการเตรียมอินทผลัมก่อนอบแห้ง พบว่าการลวกด้วยไมโครเวฟ จะให้ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) น้อยที่สุดและค่าสีได้ดีที่สุด ($p \leq 0.5$) ส่วนค่าความหวานและความแข็งให้ค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.5$) และจากการศึกษาวิธีการทำแห้ง พบว่าการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งอุโมงค์ลม สามารถลดค่า a_w ได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนคุณภาพความหวาน ความแข็ง ความชื้นและค่าสี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ABSTRACT

The objective of research was to examine the effect of Barhi date's sample preparation and drying processes on its quality. The sample preparation consisted of six methods: scalding by hot water, microwave oven, soaking in citric acid, in calcium chlorine, in sodium bicarbonate and freezing. When completed, the preparations of sample were dried in drying tunnel at 70 degree's Celsius for twelve hours. The objective of research also was to study drying process consisting three methods: tunnel dryer, microwave oven, and sunlight. The research reported that in

¹Corresponding author: sesaku_cmu@hotmail.com

*อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมอาหารและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
Lecturer, Department of Food and Biological Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus

**อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

Lecturer, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus

preparing process, Barhi date before being dried when scalded by microwave oven received the least value of water activity (a_w); and for its color, P-value was 0.5 ($p \leq 0.5$). Between its sweetness and hardness, there was no significant difference. Also, the finding indicated that tunnel dryer helped reduce the value water activity (a_w) Barhi date sample received the least value whereas there was no noticeable difference between its sweetness, hardness and color.

คำสำคัญ: อบแห้ง อินทผลัม การเตรียมก่อนอบแห้ง

Keywords: Drying, Dates, Pretreatment

บทนำ

อินทผลัมเป็นผลไม้ที่นิยมปลูกมากขึ้นในประเทศไทย พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างปี 2563-2564 มีเกษตรกรปลูกอินทผลัมเพิ่มขึ้นร้อยละ 66.78 โดยปลูกในจังหวัดกาญจนบุรี มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ลำพูน และ สุพรรณบุรี [1] ซึ่งที่นิยมมากในปัจจุบันเป็นพันธุ์รับประทานผลสด เช่น พันธุ์บาฮี เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ปลูกและดูแลง่าย ให้ผลผลิตสูงและมีรสชาติหวาน กรอบ เหมาะสำหรับรับประทานผลสด แต่ข้อเสียคือเกิดการเน่าเสียได้ง่าย และยังมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้เกิดปัญหาการล้นตลาด ในการแก้ปัญหาคือการแปรรูป เช่น น้ำอินทผลัมสกัด ฟรียดราย (Freeze Dry) หรือรูปแบบผงขง (Date Palm Powder) และอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ คือการทำแห้ง แต่ปัญหาที่พบในอินทผลัมพันธุ์บาฮี คือจะสุกช่วงปลายกรกฎาคม-กลางสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงหน้าฝน ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำมาตากแห้งโดยแสงแดดธรรมชาติ เนื่องจากทำให้เน่าเสียง่าย ดังนั้นการอบแห้งจึงเป็นวิธีการแปรรูปที่น่าสนใจอีกวิธีหนึ่ง

กระบวนการทำแห้ง เป็นวิธีการกำจัดน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้ง จนกระทั่งจุลินทรีย์ไม่สามารถนำ น้ำหรือความชื้นที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ไปการเจริญเติบโต ซึ่งทำให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ได้ เทคนิคการทำแห้งมีทั้งแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน เช่น การตากแดด ส่วนการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายโดยการใช้ลมร้อน อาศัยอากาศที่ถูกทำให้ร้อนและพาความร้อนไปสู่ผลิตภัณฑ์ เช่น เครื่องอบแห้งลมร้อน เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลม หรือการใช้เทคนิคการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นไมโครเวฟ เช่นเตาอบไมโครเวฟ จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการเปรียบเทียบเทคนิคการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบต่างๆ ดังรายงานวิจัยของ Mechlouch et al. [2] ศึกษาการทำแห้ง 3 วิธี ได้แก่ การตากแดด การอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และการอบด้วยไมโครเวฟ พบว่าการอบแห้งด้วยไมโครเวฟจะรักษาคูสมบัติทางกายภาพและเคมีของอินทผลัมได้ดี ส่วนวิธีตากแดดและการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะทำให้มีปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น

การเตรียมผลไม้อ่อนก่อนการอบแห้งมีความสำคัญ เนื่องจากจะช่วยให้ผลไม้หลังอบแห้งมีคุณภาพมากขึ้น [3] ซึ่งได้มีผู้ทำการวิจัยด้วยวิธีต่างๆ เช่น การลวกน้ำร้อน การลวกด้วยไมโครเวฟ การนึ่ง การแช่น้ำแข็ง การแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และการแช่สารละลายกรดซิตริก จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการลวกด้วยน้ำร้อนจะช่วยทำลายและหยุดการทำงานของเอนไซม์ในผลไม้และรักษาคูสมบัติหลังผ่านการอบแห้งของเนื้อผลไม้ [4-5] สำหรับการแช่กรดซิตริกจะช่วยให้อาหารมีกลิ่นรสและความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมช่วยยืดอายุและรักษาคูสมบัติของผลไม้ อีกทั้งกรดซิตริกยังเป็นสารเสริมฤทธิ์วัตถุกันหืนที่มีประสิทธิภาพดีมากและการใช้ซิตริกที่ร้อยละ 0.5 (น้ำหนักโดย

ปริมาณ) มีประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมสภาพของสับปะรดตัดแต่งได้ดีที่สุด [6-7] ส่วนการแช่แคลเซียมคลอไรด์การแช่แคลเซียมคลอไรด์ทำให้ ผัสดกและผลไม้ แข็งแน่น กรอบ โครงสร้างของเซลล์คงรูปและคงคุณภาพสี [8] และจากการศึกษาของ Thepnuan et al. [9] พบว่าการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 ก่อนการอบแห้งสดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบให้การยอมรับในคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด ในการเตรียมตัวอย่างก่อนอบแห้งด้วยการลวกไมโครเวฟ ดังรายงานงานวิจัยของ Tabtiang et al. [10] พบว่าการลวกกล้วยด้วยไมโครเวฟก่อนอบแห้งจะช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และสามารถกำจัดเอนไซม์ในเนื้อผลิตภัณฑ์ได้เร็วกว่าการลวกด้วยน้ำร้อนและการนึ่งเพราะไมโครเวฟสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu et al. [11] ส่วนการแช่แข็งก่อนอบแห้งทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งต่ำ เนื่องจากการแช่แข็งสามารถปรับปรุงโครงสร้างภายในให้มีรูพรุนขนาดใหญ่ขึ้น [12] และการแพร่ความชื้นจะมากขึ้นเนื่องจากมีช่องว่างในเซลล์ที่เกิดจากการละลายน้ำแข็ง [13]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นก่อนการอบแห้งและวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพอินทผลัม พันธุ์บาฮี โดยพิจารณาคุณภาพของอินทผลัมอบแห้งใน terms ของปริมาณน้ำอิสระ ความหวาน ความแข็ง ความชื้นและสี

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. ศึกษาผลการเตรียมตัวอย่างอินทผลัมก่อนอบแห้งต่อคุณภาพ

การทดลองใช้อินทผลัมสดพันธุ์บาฮี ที่พร้อมเก็บเกี่ยวหลังจากผสมเกสร 175 วัน [14] ล้างทำความสะอาด โดยแบ่งเป็น 7 กลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

- 1.1 ไม่ผ่านการเตรียมตัวอย่าง (กลุ่มตัวอย่างควบคุม)
- 1.2 ลวกน้ำร้อน 20 วินาที แล้วแช่ด้วยน้ำเย็น 5 นาที และนำไปใส่ตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ
- 1.3 แช่สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 0.5 w/w นาน 5 นาที และนำมาใส่ตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ
- 1.4 แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ร้อยละ 0.5 w/w นาน 5 นาที และนำมาใส่ตะแกรง

ตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ

- 1.5 แช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ร้อยละ 0.5 w/w นาน 5 นาที และนำมาใส่ตะแกรง ตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ

- 1.6 นำเข้าไมโครเวฟ (Sharp, R-220, Japan) 1 นาที กำลังไฟ 700 วัตต์

- 1.7 แช่แข็งที่อุณหภูมิ -19 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยผ่านการละลายน้ำแข็งที่

อุณหภูมิห้อง

จากนั้นนำอินทผลัมที่เตรียมไว้ทั้ง 7 กลุ่มมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน (JSR, รุ่น JSOF-050, Korea) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ตามรายงานวิจัยของ Falade & Abbo. [15] และทุกกลุ่มตัวอย่างต้องอบแห้งจนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 25 ดังรายงานวิจัยของ Glasner et al. [16] และ Alsmairat et al. [17] รายงานว่าเพื่อยืดระยะเวลาเก็บรักษาและเป็นที่ยอมรับของตลาดอินทผลัมควรมีความชื้นระหว่างร้อยละ 23 - 25 จากนั้นนำทุกกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพ เพื่อวิเคราะห์หาวิธีการเตรียมตัวอย่างที่ดีต่อคุณภาพอินทผลัมต่อไป

2. ศึกษาผลของวิธีการอบแห้งอินทผลัมต่อคุณภาพ

นำอินทผลัมสดทำความสะอาด แบ่งเป็น 3 กลุ่มโดยมีวิธีการทำแห้งดังนี้

2.1 อบด้วยเครื่องอบแห้งอุโมงค์ลมร้อนเป็นเครื่องที่สร้างขึ้นจากงานวิจัยของ Tanwanichkul & Suriyasupapong. [18] โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง [15]

2.2 อบด้วยเครื่องอบไมโครเวฟ (Electrolux, EME2024MW, Thailand) ความจุ 20 ลิตร ใช้กำลังไฟสูงสุด 700 วัตต์ เป็นเวลา 20 นาที [2]

2.3 นำมาตากแดดเป็นเวลา 6 วัน [19]

3. การวิเคราะห์คุณภาพ

3.1 การวัดสีของอินทผลัมหลังผ่านการอบแห้งโดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, USA) วิเคราะห์ค่าสี L^* a^* และ b^* โดยวัดค่าสีในแต่ละกลุ่มตัวอย่างแล้วนำมาหาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของอินทผลัมอบแห้งจากสมการ (1)

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2} \quad (1)$$

เมื่อ L_0^* และ L^* คือ ค่าความสว่างของสีก่อนและหลังการอบแห้ง ตามลำดับ

a_0^* และ a^* คือ ค่าสีแดงก่อนและหลังการอบแห้ง ตามลำดับ

b_0^* และ b^* คือ ค่าสีเหลืองก่อนและหลังการอบแห้ง ตามลำดับ

3.2 การวัดความแข็ง (Takemura รุ่น KM-1, Japan) โดยสามารถวัดได้ตั้งแต่ 0-1 กิโลกรัม

3.3 การวัดความหวานด้วยเครื่องวัดความหวาน (YHequipment, รุ่นRHB-32/ATC, China)

3.4 การวัดค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง Water Activity Meter (Amitari, WA-160A, Korea)

3.5 การวิเคราะห์ความชื้นตามวิธี AOAC [20]

3.6 การวิเคราะห์ส่วนประกอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณสารด้วยคลื่นแสงอินฟราเรด (NIRFlex N-500x, Switzerland)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิเคราะห์ ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ของแผนการทดลองแบบ CRD ด้วยโปรแกรม SPSS โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

ผลการทดลอง และวิจารณ์

1. ผลการเตรียมตัวอย่างอินทผลัมก่อนอบแห้งต่อคุณภาพ

ตารางที่ 1 ผลการเตรียมตัวอย่างอินทผลัมอบแห้งต่อค่าปริมาณน้ำอิสระ ความหวาน และความแข็ง

การเตรียมตัวอย่างอินทผลัม	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	ความหวาน (องศาบริกซ์) ^{ns}	ความแข็ง (นิวตัน) ^{ns}
ควบคุม	0.66±0.02 ^{ab}	73.67±3.79	2.19±0.35
ลวกน้ำร้อน	0.67±0.12 ^a	75.00±0.00	2.25±0.17
แช่กรดซิตริก	0.68±0.32 ^a	75.33±2.52	2.16±0.10
แช่แคลเซียมคลอไรด์	0.63±0.01 ^b	76.33±1.53	2.29±0.41
แช่โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.62±0.01 ^b	76.00±0.00	2.32±0.20
ลวกด้วยไมโครเวฟ	0.57±0.01 ^c	75.00±0.00	2.48±0.12
แช่แข็ง	0.64±0.06 ^b	76.34±2.89	2.29±0.11

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 2 ผลการเตรียมตัวอย่างอินทผลัมอบแห้งต่อค่าสีความสว่าง (L^*) สีแดง (a^*) สีเหลือง (b^*) และความแตกต่างของสี (ΔE)

การเตรียมตัวอย่างอินทผลัม	L^*	a^*	b^*	ΔE
ควบคุม	30.87±4.22 ^a	6.47±1.19 ^{ab}	9.00±3.34 ^a	54.77±5.33 ^a
ลวกน้ำร้อน	28.63±6.85 ^a	5.40±0.60 ^a	8.63±3.43 ^a	56.79±6.07 ^a
แช่กรดซิตริก	33.23±3.06 ^{ab}	6.73±0.15 ^{ab}	13.10±3.16 ^a	50.16±4.36 ^a
แช่แคลเซียมคลอไรด์	29.83±5.92 ^a	7.10±0.98 ^b	9.70±4.20 ^a	54.95±7.14 ^a
แช่โซเดียมไบคาร์บอเนต	26.93±5.16 ^a	6.33±0.61 ^{ab}	9.37±4.77 ^a	57.30±6.80 ^a
ลวกด้วยไมโครเวฟ	40.40±1.70 ^b	12.47±1.00 ^c	21.53±3.25 ^b	39.07±3.24 ^b
แช่แข็ง	30.30±3.47 ^a	6.67±0.68 ^{ab}	6.23±2.12 ^a	57.19±3.16 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากผลการเตรียมตัวอย่างอินทผลัมทั้ง 6 กลุ่มตัวอย่าง และกลุ่มตัวอย่างควบคุมอีก 1 กลุ่มตัวอย่าง ก่อนจะทำการอบแห้งลมร้อนที่สภาวะเดียวกัน และนำมาวิเคราะห์คุณภาพ หาค่า a_w ความหวาน และความแข็ง ดังตารางที่ 1 พบว่า การลวกด้วยไมโครเวฟให้ค่า a_w น้อยที่สุด เท่ากับ 0.57 ซึ่งมีความแตกต่างจากกลุ่มตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แห้ง มผช.136/2558 Thai Industrial Standards

Institute. [21] กำหนดค่ามาตรฐาน a_w ไม่เกิน 0.6 ซึ่งต่ำกว่าระดับจุลินทรีย์ แบคทีเรีย ยีสต์ และรา ที่จะทำให้อาหารเสื่อมเสียได้ นั่นคือกิจกรรมของจุลินทรีย์เกือบทั้งหมดถูกยับยั้งที่ปริมาณ a_w ต่ำกว่า 0.6 จึงเป็นเหตุผลที่สามารถช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้น การลวกด้วยไมโครเวฟให้ค่า a_w น้อย มีผลเนื่องมาจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่งผ่านไปยังวัสดุ และดูดซับโมเลกุลน้ำในวัสดุ เป็นผลให้ปริมาณน้ำในวัสดุลดลงมาก ดังรายงานของ Liu et al. [11] พบว่าการลวกด้วยไมโครเวฟจะสามารถกำจัดเอนไซม์ในมันเทศได้เร็วกว่าการลวกน้ำร้อนและการนึ่ง เนื่องจากไมโครเวฟสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อของมันฝรั่งได้ ดังนั้นอุณหภูมิของมันฝรั่งจึงเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น และยังทำให้ enzyme activity ลดลง

ส่วนค่าความหวานพบว่าการเตรียมตัวอย่างด้วยการแช่แข็งมีความหวาน 76.34 องศาบริกซ์ สูงกว่าการเตรียมตัวอย่างวิธีอื่น ดังรายงานของ Alhamdan et al. [22] ที่กล่าวว่า การแช่แข็งของอินทผลัมพันธุ์ปาย ในช่วง 3 เดือนแรก จะทำให้น้ำตาลฟรุกโตสและกลูโคสเพิ่มขึ้นอย่างมาก แต่เนื่องมาจากงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมตัวอย่างด้วยการแช่แข็งเพียงแค่ 48 ชั่วโมง จึงทำให้ค่าความหวานสูงกว่าการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธีอื่นเล็กน้อย ดังนั้นค่าความหวานจึงไม่มีความแตกต่างกับการเตรียมด้วยวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับความแข็งถึงแม้การลวกด้วยไมโครเวฟจะทำให้ค่าความแข็งมากที่สุดที่ 2.48 นิวตัน เนื่องมาจากได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงจึงมีผลต่อรูปร่างเซลล์ทำให้เกิดการหดตัว และมีความแข็งเพิ่มขึ้น [23-24] แต่เป็นระยะเวลานานๆ เมื่อเปรียบเทียบความแข็งกับการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธีอื่นจึงไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)

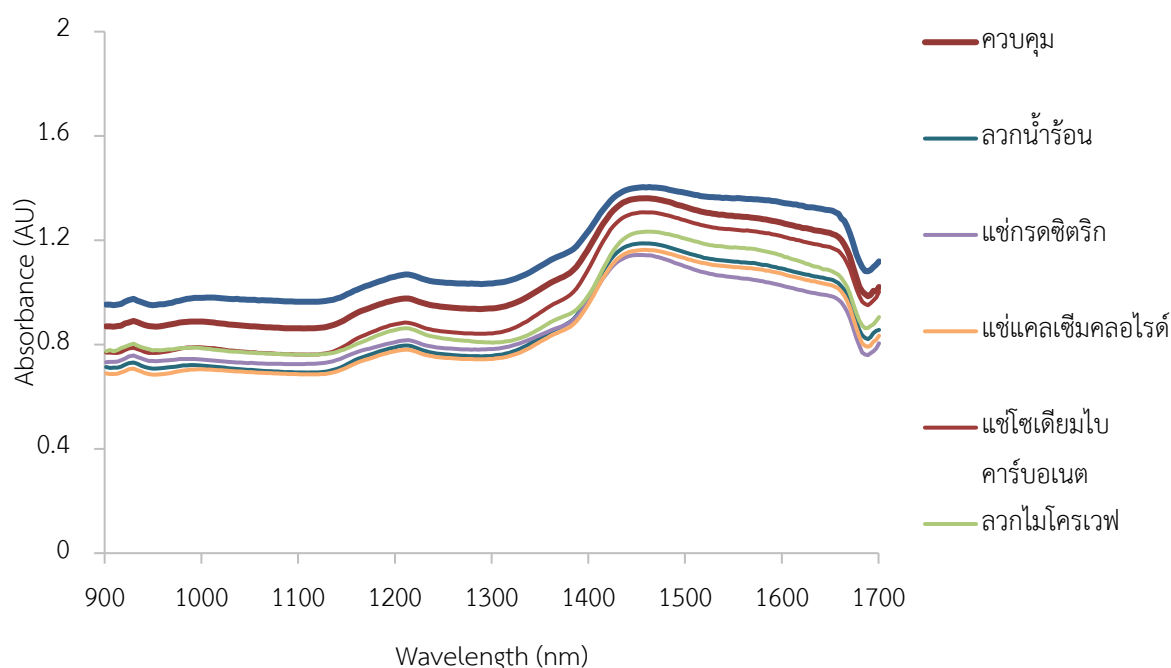
จากการวิเคราะห์คุณภาพสี โดยได้มีการวัดค่าสีของอินทผลัมสด ก่อนที่จะทำการเตรียมตัวอย่างเพื่ออบแห้ง ได้ค่าสีความสว่าง (L_0^*) ความเป็นสีแดง (a_0^*) และความเป็นสีเหลือง (b_0^*) คือ 68.42 10.56 และ 48.64 ตามลำดับ จากนั้นนำมาคำนวณหาความแตกต่างของสีหลังจากอบแห้ง (ΔE) ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าการเตรียมตัวอย่างที่ลวกด้วยไมโครเวฟให้ทุกค่าสีมีความแตกต่างจากวิธีการเตรียมตัวอย่างแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tabtiang et al. [24] ที่รายงานว่าเมื่อกล้วยผ่านการลวกด้วยไมโครเวฟก่อนการอบแห้งจะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลน้อยลง นั่นคือกล้วยกรอบที่ไม่ผ่านการลวกจะมีค่า ΔE สูงกว่ากล้วยกรอบที่ลวกด้วยไมโครเวฟ โดยการลวกด้วยไมโครเวฟเป็นระยะเวลา 1 นาที สามารถลดค่า polyphenol oxidase activity ได้ถึงร้อยละ 84.1 ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้องลดลง แต่ระยะเวลาในการลวกด้วยไมโครเวฟไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความแตกต่างของสีของผลิตภัณฑ์ จากการวิเคราะห์คุณภาพในการเตรียมตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าการลวกด้วยไมโครเวฟก่อนการอบแห้ง จะให้ค่า a_w และคุณภาพสีที่ดี และมีความแตกต่างจากการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เพื่อเป็นการยืนยันด้านคุณภาพ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบผลการเตรียมตัวอย่างจากการลวกด้วยไมโครเวฟกับตัวอย่างควบคุมและท้องตลาด ดังตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าค่า a_w มีค่าน้อยที่สุดและมีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมและท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าความแข็ง ความหวานและค่า ΔE ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคุณภาพการเตรียมตัวอย่างอินทผลัมโดยการลวกด้วยไมโครเวฟกับตัวอย่างควบคุมและห้องตลาด

คุณภาพ	a_w	ความแข็ง (N) ^{ns}	ความหวาน (องศาบริกซ์)	ΔE
ลวกด้วยไมโครเวฟ	0.57±0.01 ^c	2.48±0.011	75.00±00 ^{ab}	787.06±96.78 ^b
ควบคุม	0.66±0.02 ^a	2.19±0.35	73.67±3.79 ^b	1422.12±327.08 ^a
ห้องตลาด	0.63±0.006 ^b	2.03±0.15	78.67±0.58 ^a	751.42±117.39 ^b

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวดิ่งแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 1 NIR สเปกตรัมตัวอย่างอินทผลัมผลสด ที่มีวิธีการเตรียมก่อนอบแห้งแตกต่างกัน ในช่วงความยาวคลื่น 900 – 1700 นาโนเมตร

ผลการวิเคราะห์สเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 900 – 1700 นาโนเมตร จากรูปแสดงในภาพที่ 1 จะเห็นว่ารูปแบบสเปกตรัมของอินทผลัมอบแห้งที่การเตรียมตัวอย่างต่างกัน จะมีลักษณะการดูดกลืนแสงที่คล้ายคลึงกัน เมื่อพิจารณาพบว่าตำแหน่งของการดูดกลืนแสงที่โดดเด่น อยู่ที่มีความยาวคลื่น 1210 และ 1450 นาโนเมตร โดยที่ตำแหน่งความยาวคลื่น 1210 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับการสั่นโอเวอร์โทนอันดับที่สอง ของฟังก์ชัน C-H ที่เกี่ยวข้องกับน้ำมัน และกรดไขมัน [25-26] ที่ตำแหน่งความยาวคลื่น 1450 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับการดูดกลืนแสงของน้ำ โดยที่สัมพันธ์กับกลุ่มฟังก์ชัน O-H มีความสัมพันธ์กับการสั่นโอเวอร์โทนอันดับที่สองของน้ำ [27] และพบว่า

อินทผลัมที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างโดยการแช่แข็งก่อนอบแห้ง สามารถดูดกลืนสเปกตรัมได้ดีที่สุด เนื่องมาจากตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็งเมื่อผ่านการละลายจะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเซลล์มากขึ้น เป็นผลทำให้มีการดูดกลืนสเปกตรัมได้ง่ายขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ando et al. [13] ที่กล่าวว่าผลผลิตที่ผ่านการแช่แข็งจะมีการแพร่ความชื้นได้ดีขึ้น เนื่องจากการละลายของน้ำแข็งทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเซลล์

2. ผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพอินทผลัม

ผลของวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันต่อคุณภาพอินทผลัมที่ไม่ผ่านการเตรียมตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า ค่า a_w ของเครื่องอบแห้งอุโมงค์ลมมีค่าน้อยที่สุด คือ 0.59 ซึ่งเป็นวิธีเดียวที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผักและผลไม้แห้ง มพช.136/2558 กำหนดค่ามาตรฐาน a_w ไม่เกิน 0.6 [21] และมีค่าแตกต่างจากอีก 2 วิธีอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการทำแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟและการตากแดด เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการทำแห้งที่สั้นเกินไป จึงทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ยังมีปริมาณมาก เป็นผลให้ค่า a_w มีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานโดยเฉพาะการตากแดด ส่วนค่าความหวาน ความแข็ง และความชื้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยทุกวิธีการทำแห้งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 25 ซึ่งสอดคล้องกับ Glasner et al. [16] ส่วนค่าสีแสดงดังตารางที่ 5 ผลของการทำแห้งทั้ง 3 วิธี ให้ผลของทุกค่าสีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4 ผลของวิธีการทำแห้งต่อค่าปริมาณน้ำอิสระ ความหวาน และความแข็ง

วิธีการทำแห้ง	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	ความหวาน (องศาบริกซ์) ^{ns}	ความแข็ง (นิวตัน) ^{ns}	ความชื้น (%wb) ^{ns}
เครื่องอบแห้งอุโมงค์ลม				
ลม	0.59±0.01 ^a	76.67±0.58	2.19±0.23	23.32±3.69
เครื่องอบไมโครเวฟ	0.72±0.03 ^b	75.33±1.15	2.32±0.11	21.30±3.56
ตากแดด	0.74±0.02 ^b	75.33±0.58	2.26±0.25	24.42±1.98

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 5 ผลของวิธีการทำแห้งต่อค่าสี ความสว่าง (L^*) สีแดง (a^*) และสีเหลือง (b^*)

วิธีการอบแห้ง	(L^*) ^{ns}	(a^*) ^{ns}	(b^*) ^{ns}	(ΔE) ^{ns}
เครื่องอบแห้งอุโมงค์ลม	28.63±3.87	7.13±3.14	9.33±4.08	1592.95±299.17
เครื่องอบไมโครเวฟ	36.87±5.75	9.43±5.4	16.83±7.91	1017.67±362.04
ตากแดด	33.07±3.65	8.10±1.41	11.03±3.42	1258.73±251.50

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุปผลการทดลอง

จากผลการเตรียมตัวอย่างอินทผลัมพบว่าการลวกด้วยไมโครเวฟ 1 นาที กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธีอื่นและท้องตลาด ให้ค่า a_w และเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน มพข.136/2558 และให้ความแตกต่างของสีหลังจากการอบแห้งน้อยที่สุด ส่วนคุณภาพด้านความแข็ง ความหวานและสีมีค่าไม่แตกต่างกับท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญ และผลการทำแห้งทั้ง 3 วิธี คือ ด้วยเครื่องอบแห้งอุโมงค์ลม ไมโครเวฟและตากแดด พบว่าเครื่องอบแห้งอุโมงค์ลม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ให้ค่า a_w เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน มพข.136/2558 ส่วนความหวาน ความแข็ง ความชื้นและสี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นจากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่ากระบวนการทำแห้งที่เหมาะสมที่สุด ควรเลือกใช้วิธีการเตรียมตัวอย่าง ด้วยการลวกไมโครเวฟ และวิธีการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งอุโมงค์ลม เนื่องจากให้คุณภาพของอินทผลัมอบแห้งดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ พุทธสนับสนุนงบประมาณ ด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2565 ประเภททุน Fundamental Fund ตามสัญญาทุนหมายเลข FRB650059/KKN/10 และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์การทดลองในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Department of Agriculture Extension. Production situation and date cost. Accessed July, 2021. Retrieved from <https://production.doae.go.th/>. 2021.Thai.
2. Mechlouch RF, Ayadi A, Thabet G, Elakesh EO, Hannachi H, Elfalleh W. Changes in the Physico-Chemical Properties of Palm Date using different drying methods. University Bulletin. 2015; 17(1), 59-78.
3. Dandamrongrak R, Mason R, Young, G. The effect of pretreatment on the drying rate and quality of dried banana. Journal of Food Science. 2003; 38: 877-882.doi.org/10.1046/j.09 50-5423.2003.00753.x
4. Deng LZ, Pan Z, Mujumdar AS, Zhao JH, Zheng ZA, Gao ZJ, Xiao HW. High-humidity hot air impingementblanching (HHAIB) enhances drying quality of apricots byinactivating the enzymes, reducing drying time and alteringcellular structure. Food Control. 2019; 96, 104–111.
5. Moschetti R, Raponi F, Monarca D, Bedini G, Ferri S, Massantini R. Effects of hot-water and steam blanchingof sliced potato on polyphenol oxidase activity. International Journal of Food Science & Technology. 2019; 54, 403–411.
6. Jaitrong J, Krajayklang M. Storage quality of fresh-cut ‘Huaimun’ pineapple treated with the mixed solutions of ascorbic acid and citric acid. KhonKaen Agriculture Journal. 2018; 46 (4), 655-664. Thai.

7. Maketup P, Krajayklang M. Effect of Citric Acid on Storage Quality of Fresh-Cut Huaimun Pineapple. In The National and International Graduate Research Conference 2016.KhonKaen University, Thailand. 2016; pp. 1459-1469.
8. Kasim MU, Kasim R. The effects of calcium chloride and ascorbic acid treatment on ready-to-use carrot shreds. *Journal Life Sciences*. 2016; 10,7-15. doi:10.17265/1934-7391/2016.01.002
9. Thepnuan R, Ruengwatcharin U, Chantaro P, Juemanee A, Taweerodjanakarn S. Effect of pretreatments on the quality of dehydrated parkia speciose. Srinakharinwirot University (*Journal of Science and Technology*). 2019; 12(23), 103-113.
10. Tabtiang S, Paengkany S, Soponronnarit S. Effects of microwave Blanching time and puffing temperature on drying time and qualities of crisp banana. *Journal of Food Technology*, Siam University. 2021; 16, 32-42. Thai.
11. Liu P, Mujumdar AS, Zhang M, Jiang H. Comparison of three blanching treatments on the color and anthocyanin level of the microwave assisted spouted bed drying of purple flesh sweet potato. *Drying Technology*. 2015; 33(1), 66-71.
12. Bai-ngew S, Therdthai N, Dhamvithee P. Effect of pretreatment prior to microwave vacuum drying on quality of durian chips. *Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry*. 2011; 156-164. Thai.
13. Ando Y, Maeda Y, Mizutani K, Wakatsuki N, Hagiwara S, Nabetani H. Effect of air-dehydration pretreatment before freezing on the electrical impedance characteristics and texture of carrots. *Journal of Food Engineering*. 2016; 169, 114-121.
14. Pipithsangchan S. *Horticultural science society of Thailand*. 2020; 35(2).
15. Falade KO, Abbo ES. Air-drying and rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits, *Journal of Food Engineering*. 2007; 79,724–730.
16. Glasner B, Botes A, Zaid A, Emmens J. Date harvesting, packinghouse management and marketing aspects. In: Zaid, A. (ed.) *Date Palm Cultivation*. 1st ed. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy. 2002; 1, 237-267.
17. Alsmairat N, Al-Qudah T, El-Assi N, Mehryar G, Gammoh I, Othman Y, Araj SE. Effect of drying process on physical and chemical properties of ‘Medjool’ date palm fruits. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2019; 28, 1552-1559.
18. Tanwanichkul B, Suriyasupapong N. Mathematical Modeling of Thin-Layer Drying of Longan in Hot Air Tunnel. *KKU Research Journal (Graduate Studies)*. 2021; 21(3), 1-12.



19. Haider MS, Rauf M, Saleem N, Jamil K, Mukhtar O. Studies on ripening of dates from rutab stage to ripe dehydrated dates. Pakistan. Journal of Biochemistry and Molecular Biology Research. 2012; 45, 31-34.
20. AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th Ed., Rev.1, Gaithersburg,MD, USA. 2002.
21. Thai Industrial Standards Institute. Thai community product standards: dried fruits and vegetables. TCPS Number.136/2558. 2015. Thai.
22. Alhamdan A, Hassan B, Alkahtanic H, Abdelkarim D, Younis M. Cryogenic freezing of fresh date fruits for quality preservation during frozen storage. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2018; 17, 9-16.
23. Tubklang R, Sumana B, Hirankerd W. Effects of Drying Temperature and Time on Product Qualities of Candied Santol.The journal of Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal. 2021; 14(1), 1-11. Thai.
24. Tabtiang S, Paengkanya S, Soponronnarit S. Effects of Microwave Blanching Time and Puffing Temperature on Drying Time and Qualities of Crisp Banana. Journal of Food Technology, Siam University, 2021; 16(1).32-42. Thai.
25. Sillero AM, Manuel V, Cabanás F, Casanova L, Jiménez MR, Suárez MR, Rallo P. Feasibility of NIR spectroscopy for non-destructive characterization of table olive traits. Journal of Food Engineering, 2011; 107, 99-106.
26. Olarewajua OO, Bertlinga I, Magwaza LS. Non-destructive evaluation of avocado fruit maturity using near infrared spectroscopy and PLS regression models. Scientia Horticulturae. 2016; 199, 239-236.
27. Kovac'evic' DB, Kljusuric' JG, Putnik P, Vukušić' T, Herceg Z, Uzelac VD. Stability of polyphenols in chokeberry juice treated with gas phase plasma. Food Chemistry. 2016; 212, 323-331.