# การเปรียบเทียบผลของการทำแห้งโดยวิธีการแบบดั้งเดิมและการทำแห้งโดยวิธีการสมัยใหม่ที่มีต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี ปริมาณแทนนิน และคุณค่าทางโภชนาการของแป้งกล้วยน้ำว้าสายพันธุ์มะลิอ่อง

# Comparison of the effects of traditional and modern drying methods on the physical and chemical properties, tannin content, and nutritional value of Mali-ong cultivar Namwa bananas flour

**แดนชัย เครื่องเงิน**
Danchai Kreungngern
**คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร**
**Faculty of Science and Technology Kamphaeng Phet Rajabhat University**
***Corresponding author E-mail: danchai.kpru@gmail.com**
(Received: September 3, 2024; Revised: December 1, 2024; Accepted: December 12, 2024)

**บทคัดย่อ**

คุณภาพที่สำคัญของแป้งกล้วยน้ำว้า คือ สีและปริมาณแทนนินซึ่งเป็นสารต้านการอักเสบและต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นในกระบวนการทำแห้งกล้วยน้ำว้าให้เป็นผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยที่ดีนั้นแป้งกล้วยจะต้องมีสีขาวออกเหลืองและคงปริมาณแทนนินไว้มากที่สุด การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการเตรียมตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ปอกเปลือกผ่านการลวกเป็นเวลา 5 และ 10 นาที ก่อนการทำแห้ง และใช้กล้วยน้ำว้าที่มีเปลือกและไม่มีเปลือก จากนั้นทำแห้งโดยเทคนิคการใช้เครื่องอินฟราเรด 400 วัตต์ ในสุญญากาศ 650 มิลลิเมตรปรอท และการทำแห้งแบบเยือกแข็ง 24 ชั่วโมง วัดค่าสี และหาปริมาณแทนนินในแป้งกล้วย เพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสม พบว่า การลวกกล้วยน้ำว้าปอกเปลือกเวลา 5 นาที ก่อนทำการทำแห้งโดยเครื่องอินฟราเรดในสุญญากาศ และการทำแห้งแบบเยือกแข็ง มีค่าความสว่าง (*L**) 76.31 และ 81.78 ตามลำดับ และค่าสีเหลือง (*b**) สูง 17.16 และ 16.60 ตามลำดับ และมีปริมาณแทนนิน 123 และ 207 มิลลิกรัมกรดแทนนิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ ดังนั้นจึงใช้สภาวะนี้ในการเตรียมตัวอย่างนี้ในการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้า เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการกับวิธีการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้าโดยการทำแห้งแบบโดมพลังงานแสงอาทิตย์และลมร้อน จากการเปรียบเทียบพบว่าแป้งกล้วยน้ำว้าจากการทำแห้งแบบเยือกแข็งมีคุณค่าทางโภชนาการโดยภาพรวมสูงกว่าวิธีอื่น โดยพบวิตามินเอ 28.33 ไมโครกรัม และวิตามินบีสอง 1.50 มิลลิกรัมต่อแป้งกล้วย 100 กรัม การทำแห้งแบบโดมพลังงานแสงอาทิตย์จะพบใยอาหารมากที่สุด โดยพบว่ามี 31.23 กรัมต่อแป้งกล้วย 100 กรัม ส่วนวิธีการทำแห้งโดยใช้เครื่องอินฟราเรดในสุญญากาศจะมีปริมาณโปรตีนมากที่สุด คือ 5.14 กรัมต่อแป้งกล้วย 100 กรัม และไม่พบคอเลสเตอรอลในแป้งกล้วยน้ำว้าที่ทำแห้งโดยใช้เครื่องอินฟราเรดในสุญญากาศ และการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

**คำสำคัญ :** แป้งกล้วยน้ำว้าสายพันธุ์มะลิอ่อง การทำแห้ง อินฟราเรด การทำแห้งแบบเยือกแข็ง แทนนิน

**Abstract**

The essential qualities of banana flour are its color and tannins, which are anti-inflammatory and antioxidants. Therefore, the novel drying method requires a white-yellow color and the highest tannin content in Namwa banana flour. This research aimed to pre-treat Namwa bananas with and without peels and blanch them for 5 and 10 minutes. Using 400 watts of infrared in 650 mmHg of vacuum (IR-VC) and 24 hours for freeze drying (FD) to dry Namwa bananas flour. The pre-treatment involved blanching peeled bananas flour for 5 minutes before drying them using IR-VC and FD methods. This resulted in a brightness (*L**) value of 76.31 and 81.78, a high yellow color value (*b**) of 17.16 and 16.60, and a high tannin content

of 123 and 207 mg of tannin per 100 grams of dry flour, respectively. Therefore, this condition was used to prepare the sample for banana flour production. The comparison was made between banana flour products from IR-VC and FD drying methods and the nutritional value of products from solar dome (SD) and hot air (HA) drying methods. It was found FD banana flour had a high overall nutritional value compared to the other methods, containing 28.33 micrograms of vitamin A and 1.50 milligrams of vitamin B2 per 100 grams of banana flour. The highest fiber content was observed in SD drying 31.23 grams per 100 grams of banana flour. The IR-VC drying method exhibited the highest protein content 5.14 grams per 100 grams of banana flour and showed no cholesterol content in the banana flour produced using IR-VC and FD drying methods.

**Keywords**: Mali-ong cultivar Namwa bananas flour, Drying, Infrared, Freeze dry, Tannin

## บทนำ

กล้วยน้ำว้า มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Musa sapientum* Linn. เป็นพืชที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับชีวิตความเป็นอยู่คู่กับคนไทย เพราะเป็นผลไม้ชนิดแรก ๆ ที่คนนำมาปลูกเพื่อใช้เป็นอาหาร และนำทุกส่วนของกล้วยมาใช้ประโยชน์ได้ นอกจากจะมีคุณค่าทางอาหารสูงแล้ว ยังเป็นอาหารหลักของคนไทย สามารถสร้างรายได้แก่ครอบครัว และเป็นพืชส่งออก สร้างรายได้เข้าสู่ประเทศได้อีกทางหนึ่ง [1] กล้วยจัดเป็นอาหารหลักที่ประชาชนนิยมบริโภคสูงเป็นอันดับ 4 รองจาก ข้าว ข้าวสาลี และนม ตามลำดับ โดยปกติคนนิยมกินกล้วยน้ำว้า กล้วยไข่และกล้วยหอม ซึ่งกล้วยทั้ง 3 ชนิด มีคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกันไป สารอาหาร วิตามินซี เหล็ก ฟอสฟอรัส เส้นใยอาหารจะพบมากในกล้วยน้ำว้ามากกว่ากล้วยชนิดอื่น [2] นอกจากจะบริโภคสดแล้ว ยังนำกล้วยมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น กล้วยฉาบ กล้วยอบเนย และกล้วยทอด เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการพัฒนากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกล้วยให้เป็นแป้งกล้วย โดยการแปรรูปกล้วยให้อยู่ในรูปของแป้งที่จะสามารถนำไปเป็นวิตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ เบอเกอรี หรือขนมอื่น ๆ ซึ่งจะต้องผ่านกระบวนการทำแห้งโดยนำเทคโนโลยีการทำแห้งแบบต่าง ๆ เช่น การทำแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ การอบแห้งแบบลมร้อน ซึ่งเป็นวิธีการทำแห้งแบบดั้งเดิม และใช้วิธีการทำแห้งที่ทันสมัย เช่น การอบแห้งด้วยอินฟราเรด (Infrared drying: IRD) ถือเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการถนอมผลไม้ โดยเทคนิคนี้ทำให้แห้งได้เร็วขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพด้านพลังงานดีขึ้น ส่งผลให้เวลาในการทำแห้งลดลง [3] และการอบแห้งแบบแช่แข็งหรือที่เรียกว่าการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง แตกต่างจากเทคโนโลยีการอบแห้งส่วนใหญ่ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนสูงในการทำให้แห้ง [4] ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้การอบแห้งแบบพ่นฝอยหรือการทำให้แห้งด้วยลมร้อน ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็งจะรักษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่และทางประสาทสัมผัสได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งแบบแช่แข็ง จึงสามารถจัดเก็บและขนส่งได้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องใช้ระบบความเย็นได้ ซึ่งรวมถึงการรักษาสารอาหาร สี รสชาติ และกลิ่นไว้ได้มากขึ้น [5] เข้ามาช่วยเพื่อให้มีลักษณะผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยที่ดี มีลักษณะปรากฏ มีคุณภาพด้านสี กลิ่น ดีกว่าเดิม อีกทั้งยังคงคุณค่าทางโภชนาการที่มีในกล้วยน้ำว้าไว้ เช่น แทนนินและวิตามินต่าง ๆ

การเตรียมวัตถุดิบก่อนการทำแห้งเป็นขั้นตอนสำคัญที่มีประโยชน์หลายประการ ได้แก่ เพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ช่วยรักษาสี กลิ่น และรสชาติของอาหาร เพิ่มประสิทธิภาพในการทำแห้ง ลดระยะเวลาในการทำแห้ง ประหยัดพลังงานในกระบวนการทำแห้ง ยืดอายุการเก็บรักษาโดยลดค่า $a_w$ ลง จึงทำให้ลดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ที่สำคัญคือการชะลอการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ไม่พึงประสงค์ เช่น ปฏิกิริยาสีน้ำตาล อีกทั้งยังปรับปรุงความปลอดภัยของอาหาร โดยการกำจัดหรือลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ลดความเสี่ยงของการ

ปนเปื้อนในระหว่างกระบวนการทำแห้ง คงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ลดการสูญเสียวิตามินและแร่ธาตุระหว่างการทำแห้ง เป็นต้น [6]

การวิจัยในครั้งนี้จะศึกษาสภาวะในการเตรียมตัวอย่างกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องโดยการศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ เวลาในการลวก และการใช้กล้วยที่ปอกและไม่ปอกเปลือก ในการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้าโดยการทำแห้งด้วยเครื่องอินฟราเรดในสุญญากาศ และเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโดยใช้ความชื้น $a_w$ ค่าสี และปริมาณสารแทนนิน เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก จากนั้นนำสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งทั้งสองวิธีดังกล่าว มาเปรียบเทียบกับการทำแห้งโดยใช้เครื่องมือที่หาง่าย ราคาถูก และเป็นวิธีการดั้งเดิม คือ โดมอบแห้งพลังแสงอาทิตย์ และตู้อบลมร้อน โดยทำการศึกษาคุณภาพ และสารสำคัญในแป้งกล้วย ได้แก่ สารแทนนิน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต และปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อไป

**วิธีการดำเนินการวิจัย**

การเตรียมตัวอย่างและวิธีการทำแห้งโดยใช้เครื่องอินฟราเรดในสุญญากาศและเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีและปริมาณแทนนินของแป้งกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง และการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการกับการทำแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และตู้อบลมร้อนครั้งนี้ มีวัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัยดังรายละเอียดดังนี้

1) วัตถุดิบ

กล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องจากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกล้วยน้ำว้าแปลงใหญ่ ตำบลระหาน อำเภอบึงสามัคคี จังหวัดกำแพงเพชร ความสุกของกล้วยน้ำว้าร้อยละ 80 (หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมชัดเจน มีความแก่ประมาณร้อยละ 80)

2) วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

**ตอนที่ 1** ศึกษาผลเวลาในการลวกตัวอย่างและวิธีการทำแห้งโดยใช้เครื่องอินฟราเรดในสุญญากาศและเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีและปริมาณแทนนินของแป้งกล้วยน้ำว้าสายพันธุ์มะลิอ่องโดยการศึกษาวิธีการเตรียมวัตดุดิบ ได้แก่ เวลาในการลวกกล้วยน้ำว้า คือ 5 นาที และ 10 นาที และใช้กล้วยน้ำว้าที่มีเปลือกและไม่มีเปลือกโดยมีวิธีการดังนี้

1) การเตรียมตัวอย่างกล้วยน้ำว้าสายพันธุ์มะลิอ่องโดยใช้กล้วยน้ำว้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 เซนติเมตร ใช้มีดปอกผลไม้หั่นให้มีความหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ทั้งที่มีเปลือกและไม่มีเปลือก โดยหั่นชิ้นกล้วยลงไปในกระชอนสแตนเลสที่วางไว้ในน้ำสะอาดเดือด

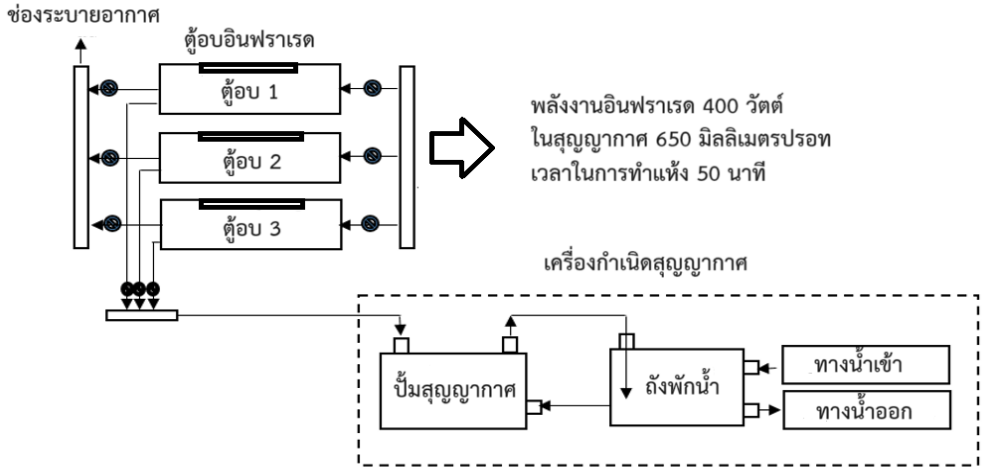
2) จับเวลาในการลวกกล้วยน้ำว้า คือ 5 นาที และ 10 นาที เมื่อครบเวลาในการลวก นำตัวอย่างไปจุ่มในน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส 10 วินาที

3) แบ่งตัวอย่างเป็น 2 ส่วน ๆ ละ 300 กรัมต่อการทดลอง โดยส่วนที่ 1 ใช้ตัวอย่างการทดลองละ 300 กรัม นำไปวางบนถาดสแตนเลสถาดละ 100 กรัม และนำไปใส่ในตู้อบอินฟราเรดในสุญญากาศ (Febix, Thailand) ตู้ที่ 1-3 ซึ่งใช้พลังงานอินฟราเรด 400 วัตต์ ในความดันสุญญากาศที่ 650 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลา 50 นาที ดังรูปที่ 1 และส่วนที่ 2 ใช้ตัวอย่างแต่ละการทดลองจำนวน 300 กรัม นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง (ALPHA 1-4 LDplus, Germany) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยสภาวะการทำแห้งของตู้อบอินฟราเรดใน

สุญญากาศและการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็งได้จากการหาสภาวะโดยการทดลองการทำแห้งตัวอย่างกล้วยให้มีค่า $a_w$ ต่ำกว่า 0.3

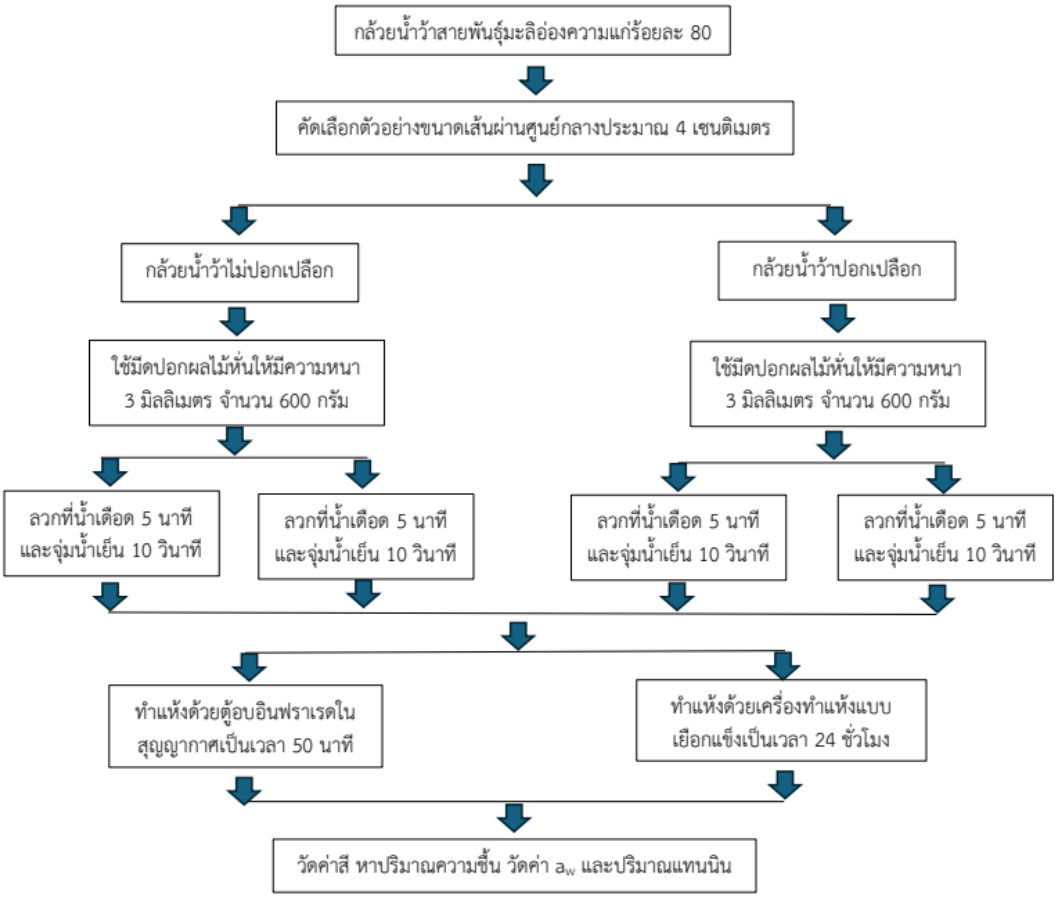
4) เมื่อตัวอย่างแห้งแล้วบดเป็นผงให้มีขนาด 60 Mesh จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพของแป้งกล้วยน้ำว้า ได้แก่ ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter (Hunter Lab, Color flex, USA) ซึ่งระบบที่ใช้ คือ Hunter (*L**, *a** และ *b**) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ความชื้น (AOAC, 2000) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ค่า $a_w$ โดยใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี Water Activity Meter (AQUA LAB,Series, USA) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และการวิเคราะห์ปริมาณแทนนินคำนวณในรูปมิลลิกรัมของกรดแทนนิก วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

5) นำผลการวัดค่าสี ค่า $a_w$ และปริมาณแทนนิน มาคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการทำแห้งแบบอินฟราเรดลมร้อนและการทำแห้งแบบเยือกแข็ง




**ภาพที่ 1** แผนภาพเครื่องทำแห้งแบบอินฟราเรดในสุญญากาศ

6) จากวิธีการวิจัยตอนที่ 1 แสดงเป็นแผนภาพดังภาพที่ 2 ดังนี้




**ภาพที่ 2** แผนภาพสรุปวิธีวิจัยการศึกษาผลเวลาในการลวกตัวอย่างและวิธีการทำแห้งโดยใช้เครื่องอินฟราเรดในสุญญากาศและเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง

**ตอนที่ 2** ศึกษาคุณภาพของแป้งกล้วยน้ำว้าที่ได้จากวิธีการทำแห้งแบบต่าง ๆ

1) การเตรียมตัวอย่างกล้วยน้ำว้าเพื่อทำการทำแห้งเหมือนกับตอนที่ 1 ข้อ 1)

2) การศึกษาการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้าด้วยวิธีการทำแห้ง 4 วิธี ได้แก่ การทำแห้งโดยวิธีอินฟราเรดในสุญญากาศ การทำแห้งแบบเยือกแข็ง การทำแห้งแบบลมร้อน และการทำแห้งด้วยโดมพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ตัวอย่างที่มีสภาวะการลวกตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุดในตอนที่ 1 จำนวน 1,200 กรัม นำมาแบ่งตัวอย่างวิธีละ 300 กรัม

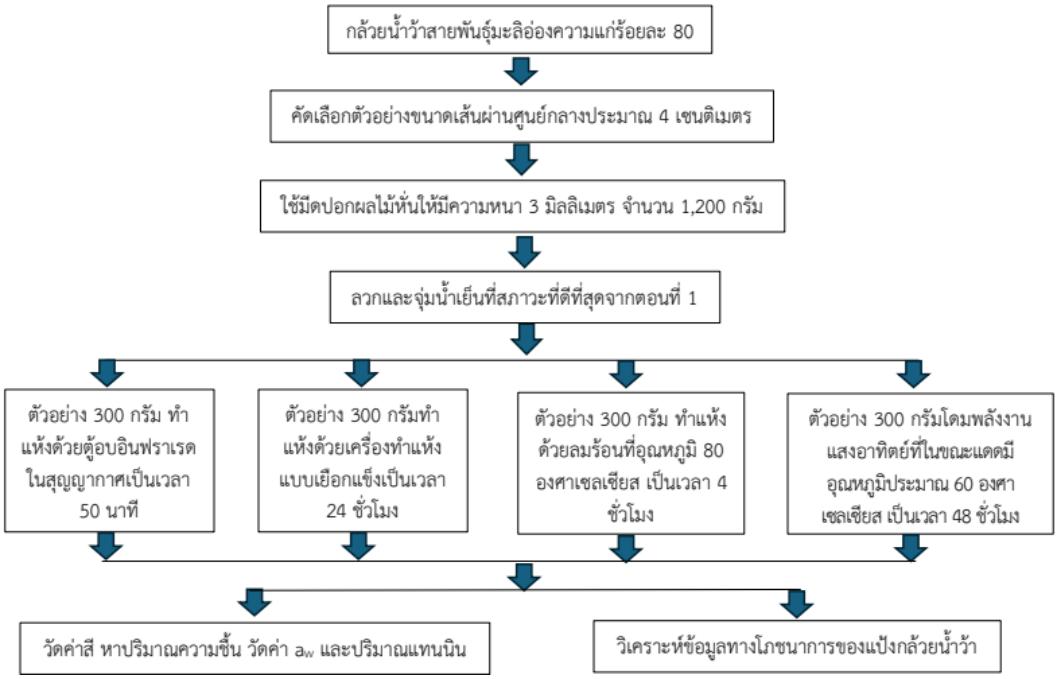
3) วิธีการทำแห้งแบบอินฟราเรดในสุญญากาศและวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ตามสภาวะและวิธีการในตอนที่ 1 ข้อ 3)

4) วิธีการทำแห้งแบบอบลมร้อน โดยนำตัวอย่างที่ลวกใส่ถาดสแตนเลส ถาดละ 100 กรัม จำนวน 3 ถาด นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และวิธีการทำแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยนำตัวอย่างที่ลวกใส่ถาดสแตนเลส ถาดละ 100 กรัม นำไปทำแห้งที่โดมพลังงานแสงอาทิตย์ที่ในขณะแดดมีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยสภาวะการทำแห้งของตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และวิธีการทำแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ได้จากการหาสภาวะโดยการทดลองการทำแห้งตัวอย่างกล้วยให้มีค่า $a_w$ ต่ำกว่า 0.3

5) เมื่อตัวอย่างแห้งแล้วบดเป็นผงให้มีขนาด 60 Mesh จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพของแป้งกล้วยน้ำว้า ตามวิธีการในตอนที่ 1 ข้อ 4

6) นำตัวอย่างแป้งกล้วยที่ผลิตจากทั้ง 4 วิธี ไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

7) จากวิธีวิจัยในตอนที่ 2 แสดงได้ในแผนภาพสรุปวิธีการวิจัยศึกษาคุณภาพของแป้งกล้วยน้ำว้าที่ได้จากวิธีการทำแห้งแบบต่าง ๆ ในภาพที่ 3



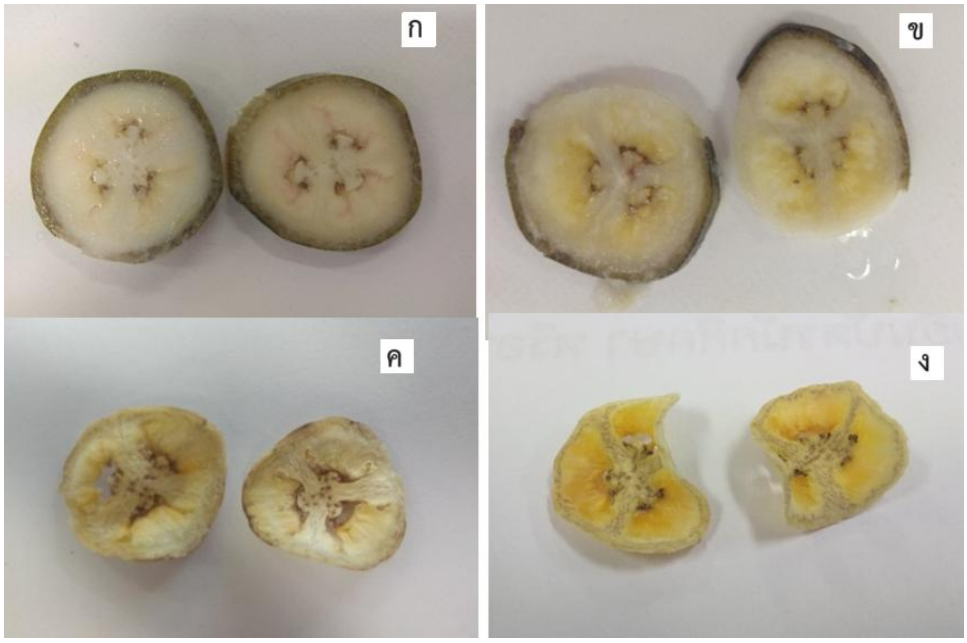

**ภาพที่ 3** แผนภาพสรุปวิธีการวิจัยศึกษาคุณภาพของแป้งกล้วยน้ำว้าที่ได้จากวิธีการทำแห้งแบบต่าง ๆ

3) การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติค่าสี ความชื้น ค่า $a_w$ และปริมาณแทนนินของแป้งกล้วยน้ำว้าสายพันธุ์มะลิอ่องในตอนที่ 1 และตอนที่ 2 จะใช้แผนการทดลอง Completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ผลการทดสอบที่ได้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผลการวิจัยและอภิปราย

**ตอนที่ 1** จากการเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ เวลาในการลวกกล้วยน้ำว้า คือ 5 นาที และ 10 นาที และใช้กล้วยน้ำว้าที่มีเปลือกและไม่มีเปลือก มีรูปของผลที่เกิดจากการวิจัยในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ดังนี้




**ภาพที่ 4** รูปกล้วยน้ำว้าที่เกิดจากการเตรียมตัวอย่างโดย (ก) กล้วยน้ำว้าลวก 5 นาที โดยไม่ปอกเปลือก (ข) กล้วยน้ำว้าลวก 10 นาที โดยไม่ปอกเปลือก (ค) กล้วยน้ำว้าลวก 5 นาที ปอกเปลือก (ง) กล้วยน้ำว้าลวก 10 นาที ปอกเปลือก

1) ศึกษาผลของการเตรียมตัวอย่างกล้วยน้ำว้าต่อค่าสีของแป้งกล้วยที่ใช้วิธีการทำแห้งแบบอินฟราเรดในสุญญากาศ ได้ผลดังตารางที่ 1 ส่วนปริมาณแทนนิน ความชื้นและค่า $a_w$ ได้ผลการวิจัยในตารางที่ 2

**ตารางที่ 1** ผลของการทำแห้งแบบอินฟราเรดในสุญญากาศที่มีผลต่อคุณภาพทางด้านสี

| **สิ่งทดลอง** | | **ค่าสีของแป้งกล้วยที่ผ่านการทำแห้งแบบอินฟราเรดในสุญญากาศ** | | |
|---|---|---|---|---|
| **เวลาในการลวก (นาที)** | **องค์ประกอบของเปลือกกล้วย** | $L^*$ | $a^*$ | $b^*$ |
| 5 | ไม่มี | $76.31\pm0.04^{b}$ | $2.20\pm0.06^{a}$ | $17.16\pm0.20^{b}$ |
| 5 | มี | $73.29\pm0.08^{c}$ | $1.44\pm0.08^{b}$ | $15.23\pm0.20^{c}$ |
| 10 | ไม่มี | $78.25\pm0.10^{a}$ | $1.15\pm0.05^{b}$ | $20.03\pm0.80^{a}$ |
| 10 | มี | $71.81\pm0.10^{d}$ | $1.05\pm0.03^{b}$ | $17.16\pm0.10^{b}$ |

**หมายเหตุ:** ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันเป็นสัญลักษณ์ที่แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 1 พบว่าเวลาในการลวกกล้วยและการผสมเปลือกในแป้งกล้วย มีผลต่อค่าสีของแป้งกล้วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังตารางที่ 1 พบว่าแป้งกล้วยที่ไม่ผสมเปลือกและเมื่อใช้เวลาในการลวกมากขึ้นจะมีค่าความสว่าง $L^*$ เพิ่มขึ้นเนื่องจากการลวกทำให้เอนไซม์ PPO และ POD ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเสียสภาพทำให้การทำแห้งแป้งกล้วยไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล [6] ตรงกันข้ามกับแป้งกล้วยที่มีเปลือกผสมจะมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากการใช้เวลานานขึ้นทำให้ด้านในของกล้วยน้ำว้าสุกใจกลางผลมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น

ทำให้ค่า L* ลดลง และเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นสีของแป้งกล้วยจะเข้มขึ้น ($p \leq 0.05$) แป้งกล้วยที่ใช้เวลาในการลวก 10 นาที แบบไม่มีเปลือกผสมมีค่าความสว่างมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าเวลาในการลวกที่เพิ่มขึ้น ยังส่งผลทำให้ค่า $a^*$ หรือค่าความเป็นสีแดงของแป้งกล้วยลดลง และพบว่าแป้งกล้วยที่ไม่มีเปลือกผสมมีความเป็นสีแดงมากกว่าแบบมีเปลือกผสม โดยแป้งกล้วยที่ใช้เวลาในการลวก 5 นาที แบบไม่มีเปลือกผสมมีค่าความเป็นสีแดงมากที่สุด และพบว่าแป้งกล้วยที่ใช้เวลาในการลวก 5 นาที แบบมีเปลือกผสมมีค่าความเป็นสีแดงไม่แตกต่างจากการใช้เวลาในการลวก 10 นาที ทั้งแบบมี และไม่มีเปลือกผสมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เวลาในการลวกยังส่งผลทำให้ค่า $b^*$ หรือค่าความเป็นสีเหลืองของแป้งกล้วยเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาเพิ่ม แต่ค่าความเป็นสีเหลืองจะลดลงในแป้งกล้วยที่มีเปลือกเป็นส่วนผสม ณ เวลาลวกที่เท่ากัน และพบว่าแป้งกล้วยที่ใช้เวลาในการลวก 10 นาที แบบไม่มีเปลือกผสม มีค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุด และแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการลวกกล้วยในน้ำร้อนส่งผลทำให้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในกล้วยลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการที่กล้วยน้ำว้ามีสารอาหาร เช่น แร่ธาตุ ไฟเบอร์ วิตามิน โพลีฟีนอล และสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งมีคุณสมบัติในการรักษาสำหรับมนุษย์ อย่างไรก็ตามคุณค่าทางประสาทสัมผัส คุณภาพและโภชนาการของผลไม้จะลดลงเนื่องจากมีเอนไซม์ 2 ชนิด คือ โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) และเปอร์ออกซิ-เดส (POD) ซึ่งทำให้เกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ และอาจจะถูกกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาในระหว่างการขนส่ง การจัดเก็บและการแปรรูป โดยคาดว่าผลไม้จะสูญเสียคุณภาพดังกล่าวมากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งกล้วยน้ำว้าที่เป็นผลไม้ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนจะไวต่อสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์มากที่สุด ในระหว่างการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลด้วยเอนไซม์ เอนไซม์ PPO จะประกอบด้วยอะตอมของทองแดงซึ่งใช้ออกซิเจนเพื่อออกซิไดซ์โพลีฟีนอลเป็นออร์โธควิโนนซึ่งผลิตพอลิเมอร์เมลานิน (เม็ดสีน้ำตาล) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล คุณค่าทางโภชนาการลดลงและอายุการเก็บรักษาที่ลดลง โดยการลวกของกระบวนการทางความร้อน ซึ่งเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของฟีนอลและวงแหวนอะโรมาติกและสุดท้ายก็สร้างรสชาติ กลิ่นและสีที่ไม่พึงประสงค์ในผลไม้ ความร้อนส่วนใหญ่ใช้ในการทำให้เอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้เสียสภาพและไม่สามารถทำงานได้ [7] และจากผลการวิจัยนี้ยังพบว่าความร้อนยังมีผลต่อสีของเนื้อกล้วยเพราะเหตุนี้จึงส่งผลให้แป้งกล้วยที่ใช้เวลาในการลวกที่เพิ่มขึ้นมีค่า $L^*$ และค่า $b^*$ เพิ่มมากขึ้น และส่งผลทำให้ค่า $a^*$ ลดลง และจะลดลงอีกเมื่อมีส่วนผสมของเปลือก เนื่องจากในเปลือกดิบมีรงควัตถุสีเขียวอย่างคลอโรฟิลล์

**ตารางที่ 2** ปริมาณแทนนิน ความชื้นและค่า $a_w$ ของแป้งกล้วยที่ได้จากการทำแห้งแบบอินฟราเรดในสุญญากาศ

| สิ่งทดลอง | | คุณภาพของแป้งกล้วยการทำแห้งแบบอินฟราเรดสุญญากาศ | | |
|---|---|---|---|---|
| เวลาในการลวก (นาที) | ส่วนผสมของเปลือกกล้วย | ปริมาณแทนนิน (มิลลิกรัมกรดแทนนิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม) | ความชื้น (ร้อยละ) | ค่า $a_w$ |
| 5 | ไม่มี | $123 \pm 0.09^{b}$ | $3.52 \pm 0.15^{b}$ | $0.29 \pm 0.05^{d}$ |
| 5 | มี | $204 \pm 0.12^{a}$ | $4.41 \pm 0.14^{c}$ | $0.22 \pm 0.05^{c}$ |
| 10 | ไม่มี | $107 \pm 0.11^{b}$ | $2.75 \pm 0.09^{a}$ | $0.11 \pm 0.04^{b}$ |
| 10 | มี | $136 \pm 0.13^{b}$ | $2.49 \pm 0.11^{a}$ | $0.09 \pm 0.05^{a}$ |

**หมายเหตุ:** ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันเป็นสัญลักษณ์ที่แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่าเวลาในการลวก และการผสมเปลือกกล้วย มีผลต่อปริมาณสารแทนนินในแป้งกล้วยน้ำว้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่าปริมาณสารแทนนินที่วิเคราะห์ได้จากแป้งกล้วยน้ำว้าที่ทำแห้งด้วยวิธีอินฟราเรดสุญญากาศ อยู่ในช่วง 107–204 มิลลิกรัมกรดแทนนิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม โดยแป้งกล้วยน้ำว้าที่ใช้เวลาในการลวก 5 นาที แบบมีเปลือกผสม มีปริมาณสารแทนนินสูงที่สุด คือ 204 มิลลิกรัมกรดแทนนิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม และแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่าเวลาในการลวก 5 นาที แบบไม่มีเปลือกผสม มีปริมาณสารแทนนินที่ไม่แตกต่างจากเวลาในการลวก 10 นาที แบบมี และไม่มีเปลือกผสม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และพบว่าเวลาในการลวกที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณสารแทนนินลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของวิจิตรา เหลียวตระกูล (2559, หน้า 40) [8] ศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่า เมื่อเวลาในการต้มนานขึ้นส่งผลให้ปริมาณแทนนินในดอกแคลดลง และพบว่าการเพิ่มเปลือกผสมในแป้งกล้วยส่งผลทำให้มีปริมาณสารแทนนินเพิ่มขึ้นจาก 123 เป็น 204 มิลลิกรัมกรดแทนนิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ที่เวลาในการลวก 5 นาที และจาก 107 เพิ่มเป็น 136 มิลลิกรัมกรดแทนนิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ที่เวลาในการลวก 10 นาที จากงานวิจัยของภิรนิตย์ ลบลม [9] ได้ศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกกล้วยน้ำว้า พบว่าเปลือกกล้วยน้ำว้ามีปริมาณสารแทนนินอยู่ 952 มิลลิกรัมกรดแทนนิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม เพราะเหตุนี้จึงส่งผลให้แป้งกล้วยที่มีส่วนผสมของเปลือกมีปริมาณแทนนินสูงขึ้น นอกจากนี้เวลาในการลวกที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณความชื้นสุดท้าย และค่า $a_w$ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการลวกกล้วยในน้ำที่อุณหภูมิสูง มีผลทำให้ผนังเซลล์ถูกทำลาย ส่งผลทำให้น้ำระเหยออกจากกล้วยได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิชมณีและคณะ [10] ที่พบว่าการลวกแครอทในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีผลทำให้เซลล์เนื้อเยื่อแครอทถูกทำลาย และเกิดการสูญเสียน้ำตาลกาแลคโตส และอะราบิโนส ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเพคตินที่ผนังเซลล์แครอท ทำให้โครงสร้างเอื้อต่อการถ่ายโอนมวลสารได้มากขึ้น เมื่อเทียบกับการไม่ลวก และยังพบว่าเวลาในการลวกกล้วย 10 นาที ทั้งแบบมี และไม่มีเปลือกผสม มีปริมาณความชื้นของแป้งกล้วยต่ำที่สุด และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ในเวลาการลวกเดียวกัน แบบมีเปลือกผสมจะมีปริมาณ $a_w$ ต่ำที่สุด และแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2) ศึกษาผลของการเตรียมต่อคุณภาพของแป้งกล้วย ที่ใช้วิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยการหาค่าสี ได้ผลดังตารางที่ 3 ส่วนปริมาณแทนนิน ความชื้นและค่า $a_w$ ได้ผลการวิจัยในตารางที่ 4

**ตารางที่ 3** ผลของกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่มีต่อค่าสีของแป้งกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง

| สิ่งทดลอง | | ค่าสีของแป้งกล้วยแบบแช่เยือกแข็ง | | |
|---|---|---|---|---|
| เวลาในการลวก (นาที) | ส่วนผสมของเปลือกกล้วย | $L^*$ | $a^*$ | $b^*$ |
| 5 | ไม่มี | $81.78 \pm 0.01^{b}$ | $1.79 \pm 0.05^{b}$ | $16.60 \pm 0.04^{c}$ |
| 5 | มี | $73.29 \pm 0.01^{d}$ | $2.46 \pm 0.07^{a}$ | $17.09 \pm 0.10^{b}$ |
| 10 | ไม่มี | $83.05 \pm 0.02^{a}$ | $1.60 \pm 0.08^{c}$ | $19.59 \pm 0.18^{a}$ |
| 10 | มี | $74.59 \pm 0.02^{c}$ | $1.17 \pm 0.09^{d}$ | $15.83 \pm 0.47^{d}$ |

**หมายเหตุ :** ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันเป็นสัญลักษณ์ที่แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่าเวลาที่ใช้ในการลวกส่งผลให้ค่า $L^*$ หรือค่าความสว่างเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาลวกเพิ่มขึ้น จาก 81.78 เพิ่มเป็น 83.05 และพบว่าเปลือกกล้วยมีผลให้ค่าความสว่างน้อยลงจาก 81.78 ลดลงเหลือ 73.29 ซึ่งเปรียบเทียบที่เวลาลวก 5 นาที โดยแป้งกล้วยที่ใช้เวลาลวก 10 นาที แบบไม่มีเปลือกผสม มีค่าความสว่างมากที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากการลวกกล้วยที่ใช้เวลานานส่งผลให้ปริมาณเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุหลักของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลลดลง ทำให้กล้วยไม่คล้ำขณะทำแห้ง และยังพบว่าเวลาในการลวกส่งผลให้ค่า $a^*$ หรือค่าความเป็นสีแดงลดลง เมื่อเวลาลวกเพิ่มขึ้น โดยแป้งกล้วยที่ใช้เวลาในการลวก 5 นาทีแบบมีเปลือกผสมมีค่าความเป็นสีแดงมากที่สุด และแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และยังพบว่าเวลาในการลวกและการผสมเปลือกมีผลต่อค่า $b^*$ หรือค่าความเป็นสีเหลือง โดยพบว่าเมื่อเวลาในการลวกเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นจาก 16.60 เป็น 19.59 แต่จะตรงกันข้ามกับแป้งกล้วยที่มีเปลือกผสม ซึ่งค่าความเป็นสีเหลืองจะลดลงจาก 19.59 เป็น 15.83 จากเวลาที่ลวก 10 นาที ทั้งนี้เป็นเพราะเปลือกกล้วยดิบมีคลอโรฟิลล์ซึ่งไม่คงตัวต่อความร้อน เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน (Pheophytin) ทำให้สีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเขียวน้ำตาลโดยเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Kusmita *et al* [11] ที่อธิบายว่าเม็ดสีของชาเขียวประกอบด้วยคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์โดยคลอโรฟิลล์เป็นเม็ดสีหลักของใบชาเขียวสดแต่สลายตัวได้ง่ายโดยเปลี่ยนเป็นฟีโอฟิตินและฟีโอฟอร์ไบด์หลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนและจัดเก็บ และยังพบว่าที่เวลาลวก 5 นาที แป้งกล้วยที่มีเปลือกผสมมีค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าแป้งกล้วยที่ไม่มีเปลือกผสม ($p \leq 0.05$) ซึ่งอาจเป็นเพราะสีเริ่มต้นของเปลือกกล้วยดิบที่ไม่สม่ำเสมอ อาจส่งผลทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นและการลวกในเวลาสั้น ๆ จะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสีของผักผลไม้ นอกจากนี้ยังพบว่าแป้งกล้วยที่ใช้เวลาลวก 10 นาที แบบไม่มีเปลือกผสมมีค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุดและแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการลวกมีผลยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างขึ้นทำให้กล้วยน้ำว้าซึ่งโดยปกติจะมีสีเหลืองอยู่แล้วจะทำให้ผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยมีสีเหลืองชัดเจนยิ่งขึ้น [12]

**ตารางที่ 4** ผลของกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่มีต่อปริมาณแทนนิน ความชื้นและค่าสีของแป้งกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง

| สิ่งทดลอง | | ประสิทธิภาพในการทำแห้ง แบบแช่เยือกแข็ง | | |
|---|---|---|---|---|
| เวลาในการลวก (นาที) | องค์ประกอบของเปลือกกล้วย | ปริมาณแทนนิน (มิลลิกรัมกรดแทนนิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม) | ความชื้น (ร้อยละ) | ค่า $a_w$ |
| 5 นาที | ไม่มี | $207 \pm 0.12^{b}$ | $3.45 \pm 0.11^{c}$ | $0.10 \pm 0.01^{b}$ |
| 5 นาที | มี | $293 \pm 0.21^{a}$ | $4.23 \pm 0.21^{d}$ | $0.15 \pm 0.01^{d}$ |
| 10 นาที | ไม่มี | $140 \pm 0.13^{c}$ | $1.97 \pm 0.08^{a}$ | $0.06 \pm 0.01^{a}$ |
| 10 นาที | มี | $166 \pm 0.09^{bc}$ | $2.76 \pm 0.06^{b}$ | $0.13 \pm 0.01^{c}$ |

**หมายเหตุ :** ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษร a, b, c และ d เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่าเวลาในการลวกและการผสมเปลือกกล้วยมีผลต่อปริมาณสารแทนนินในแป้งกล้วยน้ำว้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแทนนินจะพบมากในเปลือกของกล้วย ดังนั้นเมื่อนำ

เปลือกกล้วยมาทำเป็นแป้งกล้วยน้ำว้าจึงทำให้ปริมาณแทนนินในแป้งที่มีเปลือกเป็นองค์ประกอบจึงมีปริมาณที่สูงกว่า [13] และพบว่าปริมาณสารแทนนินที่วิเคราะห์ได้จากแป้งกล้วยน้ำว้าที่ทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง อยู่ในช่วง 140–293 มิลลิกรัมกรดแทนนิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม แป้งกล้วยน้ำว้าที่ใช้เวลาในการลวก 5 นาที แบบมีเปลือกผสมพบว่ามีปริมาณสารแทนนินมากที่สุด และแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่าเวลาในการลวก 10 นาที แบบมีเปลือกผสมมีปริมาณสารแทนนินไม่แตกต่างจากการใช้เวลาในการลวก 5 นาที แบบไม่มีเปลือกผสมและเวลาลวก 10 นาที แบบไม่มีเปลือกผสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าเวลาในการลวกที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณสารแทนนินลดลงจาก 207 เป็น 140 มิลลิกรัมกรดแทนนิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม และพบว่าเปลือกกล้วยสามารถเพิ่มปริมาณสารแทนนินในแป้งกล้วยจาก 207 เป็น 293 มิลลิกรัมกรดแทนนิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ในเวลาลวก 5 นาที นอกจากนี้ยังพบว่าเวลาในการลวกที่ 10 นาที ส่งผลให้ปริมาณความชื้นในแป้งลดลง เมื่อเทียบกับเวลาในการลวก 5 นาที และการผสมเปลือกกล้วยมีผลให้ปริมาณความชื้นในแป้งเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับแป้งกล้วยที่ไม่มีเปลือกผสมซึ่งค่อนข้างสอดคล้องกับค่า $a_w$ และยังพบว่าแป้งกล้วยน้ำว้าที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.97–4.23 แป้งกล้วยที่ใช้เวลาในการลวก 10 นาที แบบไม่มีเปลือกผสมมีปริมาณความชื้น และ $a_w$ ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) คือ 1.96 และ 0.06 ตามลำดับ

จากการศึกษาการลวกและการอบกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องทั้งเปลือก โดยการทำแห้งด้วยเครื่องอินฟราเรดในสุญญากาศและเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง เพื่อให้มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี และมีปริมาณแทนนินจำนวนพอสมควรนั้น มีข้อสรุปผลการศึกษาในตอนที่ 1 คือ การทำแห้งแบบอินฟราเรดมีระยะเวลาในการทำแห้งเร็วกว่า แต่คุณภาพของแป้งกล้วยจะมีสีคล้ำกว่าเมื่อเทียบกับสภาวะเดียวกัน มีปริมาณแทนนินน้อยกว่าการทำแห้งแบบเยือกแข็ง การลวกกล้วยน้ำว้าก่อนการอบ 5 นาที จะมีคุณภาพด้านสีที่ดีกว่า และมีปริมาณแทนนินของผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยมากกว่า การลวกกล้วยก่อนการอบ 10 นาที การอบทั้งเปลือกกล้วยน้ำว้ามีปริมาณแทนนินมากกว่าไม่มีเปลือกโดยชัดเจน แต่ผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยจะมีสีเข้มกว่าโดยชัดเจนมาก ดังนั้นจากผลการวิจัยจะใช้การลวกกล้วยน้ำว้าที่ไม่มีเปลือกก่อนการทำแห้ง 5 นาที ในการศึกษาวิธีการทำแห้งโดยใช้เครื่องอินฟราเรดในสุญญากาศ เครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง เปรียบเทียบคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนาการกับการทำแห้งด้วยโดมพลังงานแสงอาทิตย์ และตู้อบลมร้อน ในตอนที่ 2

**ตอนที่ 2** ผลของการทำแห้งโดยวิธีการแบบดั้งเดิม และวิธีการที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ-เคมีและคุณค่าทางโภชนาการของแป้งกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง

การศึกษาการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้า ด้วยวิธีการทำแห้ง 4 วิธี ได้แก่ 1) วิธีการทำแห้งแบบอบโดมพลังงานแสงอาทิตย์ 2) วิธีการทำแห้งแบบอบลมร้อน 3) วิธีการทำแห้งแบบรังสีอินฟราเรดในสุญญากาศ 4) วิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง โดยใช้วิธีการเตรียมวัตถุดิบแบบใช้เวลาในการลวกกล้วยน้ำว้า 5 นาที แบบไม่มีเปลือกผสม แล้วบดเป็นผงหลังจากการทำแห้งด้วยเครื่องปั่น ได้ผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องดังภาพที่ 5 และจากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพของแป้งกล้วย ได้ผลดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6



(ก) (ข) (ค) (ง)

**ภาพที่ 5** แป้งกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องที่ทำแห้งโดย (ก) โดมพลังงานแสงอาทิตย์ (ข) ตู้อบลมร้อน (ค) เครื่องอบอินฟราเรดในสุญญากาศ (ง) เครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง

ผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องที่ผลิตได้จากการทำแห้งทั้ง 4 วิธี จากการควบคุมตัวแปรอื่นให้เหมือนกันมากที่สุดทั้งวัตถุดิบกล้วยน้ำว้าชนิดเดียวกัน ความแก่ของกล้วย ความชื้น ค่า $a_w$ และขนาดของแป้งกล้วย เป็นต้น เพื่อที่จะเปรียบเทียบเฉพาะวิธีการผลิตเท่านั้นซึ่งในรายละเอียดของการทำแห้งแต่ละวิธีอาจจะไม่เหมือนกันทั้งหมด ดังนั้นจึงเปรียบเทียบได้เฉพาะวิธีการทำแห้งเท่านั้น จากรูปที่ 3 เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ของแต่ละวิธีแล้วนำมาเปรียบเทียบลักษณะปรากฏ พบว่าผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยน้ำว้าที่ผลิตโดยวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็งมีลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงใช้การวัด วิเคราะห์ค่าต่าง ๆ โดยใช้เครื่องมือเพื่อที่นำค่าทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง ดังตารางที่ 5 และ 6 ดังนี้

**ตารางที่ 5** ผลของการทำแห้งโดยวิธีการแบบดั้งเดิมและวิธีการที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแทนนิน ความชื้น และค่า $a_w$ ของแป้งกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง

| วิธีการทำแห้ง | ปริมาณแทนนิน (มิลลิกรัมกรดแทนนิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม) | ความชื้น (ร้อยละ) | ค่า $a_w$ |
|---|---|---|---|
| โดมพลังงานแสงอาทิตย์ | $106\pm0.21^{b}$ | $6.50\pm0.09^{b}$ | $0.24\pm0.04^{b}$ |
| ลมร้อน | $113\pm0.11^{b}$ | $8.05\pm0.09^{c}$ | $0.31\pm0.01^{d}$ |
| อินฟราเรดในสุญญากาศ | $123\pm0.08^{b}$ | $3.52\pm0.46^{a}$ | $0.29\pm0.07^{c}$ |
| แบบเยือกแข็ง | $207\pm0.16^{a}$ | $3.42\pm0.07^{a}$ | $0.10\pm0.08^{a}$ |

**หมายเหตุ:** ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษร a, b, c และ d เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 5 พบว่าจากกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องชนิดเดียวแต่วิธีการทำแห้งแตกต่างกัน แป้งกล้วยที่ได้จากการทำแห้งแบบเยือกแข็ง มีปริมาณสารแทนนินมากสุด พบถึง 207 มิลลิกรัมกรดแทนนิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม มีปริมาณความชื้นและค่า $a_w$ ต่ำถึงร้อยละ 3.4 และ 0.10 ตามลำดับ ($p\leq0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการทำแห้งที่ไม่ใช้ความร้อนทำให้สามารถคงคุณค่าทางโภชนการโดยเฉพาะสารแทนนินที่เป็นไฟโตเคมิคอลไว้ได้มากที่สุด [14] ส่วนการทำแห้งโดยวิธีลมร้อน แบบโดมพลังงานแสงอาทิตย์ และการทำแห้งแบบอินฟราเรดในสุญญากาศ มีปริมาณแทนนินที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งทั้ง 3 วิธี เป็นการทำแห้งแบบใช้ความร้อน ส่งผลทำให้ปริมาณสารแทนนินลดลง โดยปริมาณแทน

นินแปรผกผันกับอุณหภูมิ และถึงแม้ว่าวิธีการทำแห้งแบบอินฟราเรดในสุญญากาศน้ำจะมีจุดเดือดที่ต่ำลงแต่ปริมาณสารแทนนินของแป้งกล้วยที่ได้ก็มีน้อยกว่าการทำแห้งแบบเยือกแข็งที่คงปริมาณสารแทนนินได้

**ตารางที่ 6** ผลของการทำแห้งโดยวิธีการแบบดั้งเดิมและวิธีการที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของแป้งกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง

| วิธีการทำแห้ง | ค่าสีของแป้งกล้วย | | |
|---|---|---|---|
| | $L^*$ | $a^*$ | $b^*$ |
| โดมพลังงานแสงอาทิตย์ | 77.88±0.05[b] | 2.87±0.09[a] | 13.02±0.05[d] |
| ลมร้อน | 78.46±0.03[b] | 2.27±0.07[b] | 14.15±0.04[c] |
| อินฟราเรดในสุญญากาศ | 77.31±0.04[b] | 2.20±0.06[b] | 17.16±0.19[a] |
| แบบเยือกแข็ง | 91.78±0.01[a] | 1.79±0.05[c] | 16.60±0.04[b] |

**หมายเหตุ:** ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษร a, b, c และ d เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 6 พบว่าวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง มีค่าสี $L^*$ หรือความสว่างของแป้งกล้วยมากที่สุด ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวิธีการทำแห้งที่ไม่ใช้ความร้อน ทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทั้งแบบใช้เอนไซม์และไม่ใช้เอนไซม์ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยน้ำว้าที่ได้มีสีขาวที่สุด แป้งกล้วยที่ได้จากการทำแห้งแบบโดมพลังงานแสงอาทิตย์มีค่า $a^*$ หรือค่าความเป็นสีแดงมากที่สุด ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลมากเนื่องจากใช้เวลาในการทำแห้งนานกว่าวิธีที่อื่น ๆ และพบว่าแป้งกล้วยที่ได้จากวิธีการทำแห้งแบบอินฟราเรดสุญญากาศนั้นมีค่าความเป็นสีแดง $a^*$ ไม่ต่างกับแป้งกล้วยที่ได้จากการทำแห้งแบบอบลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่า $b^*$ หรือค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุด ($p \leq 0.05$) การเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งจะมีผลกระทบต่อสีของอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง การใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งเป็นการเร่งให้รงควัตถุในอาหารถูกทำลาย กระบวนการอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เบต้าแคโรทีนและคลอโรฟิลล์ [15]

**ตารางที่ 7** ผลของการทำแห้งโดยวิธีการแบบดั้งเดิม และวิธีการที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าทางโภชนาการของแป้งกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง

| **ค่าทางโภชนาการ/ วิธีการทำแห้ง** (ต่อแป้งกล้วย 100 กรัม) | **โดมพลังงานแสงอาทิตย์** | **ตู้อบลมร้อน** | **เครื่องอบแห้งอินฟราเรดในสุญญากาศ** | **แบบเยือกแข็ง** |
|---|---|---|---|---|
| รูปเครื่องมือ |  |  |  |  |
| พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี) | 395.13 | 389.39 | 371.04 | 383.98 |
| พลังงานจากไขมัน (กิโลแคลอรี) | 11.97 | 2.79 | 7.56 | 7.02 |
| ไขมันทั้งหมด (ก.) | 1.33 | 0.31 | 0.84 | 0.78 |
| ไขมันอิ่มตัว (ก.) | 0.00 | 0.00 | 0.32 | 0.36 |
| โคเลสเตอรอล (มก.) | 0.87 | 1.01 | น้อยกว่า 0.75 | น้อยกว่า 0.75 |
| โปรตีน (ก.) | 2.57 | 2.66 | 5.14 | 3.67 |
| คาร์โบไฮเดรต (ก.) | 93.22 | 93.99 | 85.73 | 90.57 |
| ใยอาหาร (ก.) | 31.23 | 12.58 | 6.45 | 3.88 |
| น้ำตาล (ก.) | 2.70 | 2.51 | 1.50 | 4.23 |
| โซเดียม (มก.) | 36.53 | 8.28 | 26.06 | 16.02 |
| วิตามินเอ (มคก.) | 0.00 | 0.00 | 5.00 | 28.33 |
| วิตามินบี 1 (มก.) | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| วิตามินบี 2 (มก.) | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | 1.50 |
| แคลเซียม (มก.) | 32.80 | 32.20 | 50.42 | 45.91 |
| เหล็ก (มก.) | 1.26 | 1.27 | 1.04 | 0.84 |
| เถ้า (มก.) | 2.87 | 3.03 | 1.62 | 2.39 |
| ความชื้น (ก.) | 1.01 | 1.01 | 2.76 | 2.59 |
| ปริมาณแทนนิน (มก. กรดแทนนิก) | 106 | 113 | 123 | 207 |

จากตารางที่ 7 ที่แสดงคุณค่าทางโภชนาการของแป้งกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการทำแห้ง 4 วิธี คือ โดมพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อน เครื่องอบอินฟราเรดในสุญญากาศ และเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง จากวัตถุดิบกล้วยสดพันธุ์มะลิอ่อง พบว่า พลังงานทั้งหมดที่เกิดจากแป้งกล้วยอยู่ในช่วงระหว่าง 371.04-395.13 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัมแป้งกล้วย ซึ่งไม่แตกต่างกันมาก แต่พลังงานที่เกิดจากไขมันของแป้งกล้วยที่ทำแห้งด้วยโดมพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่ามากที่สุด 11.97 กิโลแคลอรี สอดคล้องกับจำนวนไขมันทั้งหมดที่มีจากแป้งกล้วยที่ผลิตจากโดมพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งโดยโดมพลังงานแสงอาทิตย์เป็นวิธีการทำแห้งที่กระแสลมในการทำแห้งต่ำที่สุดมีอัตราการทำแห้งที่ต่ำกว่าจึงทำให้ใช้เวลาในการทำแห้งประมาณ 48

ชั่วโมง ส่วนการทำแห้งโดยวิธีลมร้อนที่ใช้ปั๊มลมในการผลิตลมร้อน เพื่อพาน้ำออกจากกล้วยน้ำว้า นั้นใช้ความเร็วลมสูงกว่าโดมพลังงานแสงอาทิตย์มาก จึงมีอัตราการทำแห้งที่สูง ใช้เวลาในการทำแห้งประมาณ 4 ชั่วโมง ซึ่งน้อยกว่าโดมพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 12 เท่า ส่วนการทำแห้งโดยใช้เครื่องอินฟราเรดสุญญากาศและเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง ทั้งสองวิธีนี้ใช้ปั๊มสุญญากาศในการทำแห้ง เพื่อเพิ่มอัตราการทำแห้งทำให้ทั้งการทำแห้งแบบลมร้อน เครื่องอินฟราเรดในสุญญากาศและเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็งใช้ปั๊มลมหรือปั๊มสุญญากาศทำให้เป็นสาเหตุทำให้ไขมันหรือองค์ประกอบที่มีไขมันในกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องที่ระเหยได้ง่ายระเหยออกไปได้ โดยวิธีการทำแห้งแบบลมร้อนที่ใช้ปั๊มลมจะมีไขมันระเหยออกไปได้มากที่สุด และวิธีอินฟราเรดในสุญญากาศและแบบเยือกแข็งที่ใช้ปั๊มสุญญากาศเหมือนกันมีไขมันหรือองค์ประกอบที่มีไขมันระเหยไปในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ทำให้เหลือพลังงานจากไขมันใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณไขมันอิ่มตัวจะสูญเสียไปกับการทำแห้งที่ใช้ความร้อนและใช้เวลาในการทำแห้งนานกว่า และพบว่าไขมันอิ่มตัวที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีที่อยู่ในระบบสุญญากาศจะเหลือมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากไขมันอิ่มตัวจะสูญเสียไปน้อยกว่า ส่วนปริมาณคอเลสเตอรอลจะสูญเสียในระบบสุญญากาศมากกว่าระบบที่ใช้ลมร้อนและโดมพลังงานแสงอาทิตย์

สำหรับคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญอื่น ๆ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน พบว่าวิธีการทำแห้งแบบใช้ความร้อนและระยะเวลาในการทำแห้งมาก คือ การทำแห้งแบบโดมพลังงานแสงอาทิตย์และตู้อบลมร้อนสูญเสียโปรตีนหรือโปรตีนเสียสภาพไปมากที่สุด ส่วนวิธีการทำแห้งแบบอินฟราเรดสุญญากาศคงปริมาณโปรตีนไว้ได้มากที่สุด เนื่องจากการทำแห้งใช้เวลาน้อยที่สุดและในกระบวนการใช้สุญญากาศในการถ่ายเทน้ำออกจากกล้วยซึ่งระบบสุญญากาศจะสามารถลดจุดเดือดของน้ำได้ [16] ส่วนการทำแห้งแบบเยือกแข็งเป็นการทำแห้งที่ไม่ใช้ความร้อนและใช้สุญญากาศในการนำน้ำออกจากกล้วยเป็นกระบวนการระเหิด ซึ่งจะทำให้โปรตีนที่มีอยู่ในกล้วยไม่สูญเสียและไม่เสียสภาพไป ส่วนใยอาหารซึ่งเป็นสารอาหารชนิดคาร์โบไฮเดรตให้ผลตรงกันข้ามที่โดมพลังงานแสงอาทิตย์สูญเสียใยอาหารน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ใช้การถ่ายเทน้ำจากธรรมชาติไม่ใช้ปั๊มในการผลิตลม ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งที่สามารถคงปริมาณใยอาหารไว้ได้มากที่สุด

สำหรับการทำแห้งที่สามารถคงปริมาณสารอาหารที่เป็นสารอาหารที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อย (Micronutrient) ในกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง ได้แก่ วิตามิน โดยวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินที่สำคัญในกล้วย ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินบีหนึ่ง และวิตามินบีสอง พบว่าวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็งสามารถรักษาวิตามินไว้ได้มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากวิตามินเป็นสารอาหารที่เสียสภาพหรือสูญเสียได้ง่ายในสภาวะที่มีความร้อน ซึ่งโดมพลังงานแสงอาทิตย์ และลมร้อน เป็นวิธีการทำแห้งโดยใช้ความร้อน ส่วนการทำแห้งแบบอินฟราเรดในสุญญากาศพบวิตามินเอ เนื่องจากการทำแห้งแบบอินฟราเรดในสุญญากาศใช้เวลาในการทำแห้งน้อยและในระบบสุญญากาศสามารถลดจุดเดือดของน้ำในกล้วยได้จึงทำให้มีวิตามินเหลืออยู่ และสำหรับสารอาหารประเภทไฟโตเคมิคอลที่สำคัญในกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง คือ สารอาหารแทนนิน โดยสารแทนนินนี้มีประโยชน์ในการต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบได้นั้น วิธีการที่สามารถคงปริมาณสารแทนนิน คือ การทำแห้งแบบเยือกแข็ง รองลงมา ได้แก่ วิธีการทำแห้งแบบอินฟราเรดสุญญากาศ ลมร้อน และโดมพลังงานแสงอาทิตย์ ตามลำดับ ซึ่งผลการวิจัยให้ผลไปในทิศทางของการคงปริมาณสารอาหารวิตามินที่มีความไวต่อความร้อนและระยะเวลาในการทำแห้ง จากการทำวิจัยการเปรียบเทียบวิธีการทำแห้งต่อปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์แห้งกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องนั้นจะไม่สามารถสรุปได้ว่าวิธีการใดที่ดีที่สุดสำหรับการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง เนื่องจากยังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น ต้นทุนเครื่องมือ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ความยากง่ายของการควบคุมเครื่องมืออุปกรณ์ ความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ ความต้องการของลูกค้า เป็นต้น ที่ต้องนำมาพิจารณาเปรียบเทียบการผลิตให้

ครอบคลุมเพื่อที่จะได้วิธีการทำแห้งที่เหมาะสมกับการจัดจำหน่าย กลุ่มผู้บริโภค และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตลอดจนราคาของผลิตภัณฑ์ที่จัดจำหน่าย

**สรุปผลการวิจัย**

การวิจัยในครั้งนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการศึกษาผลของการเตรียมตัวอย่างและการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งอินฟราเรดในสุญญากาศและเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีและปริมาณแทนนินของแป้งกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อง และส่วนที่สองเป็นการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการกับการทำแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และตู้อบลมร้อน ซึ่งจากการวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) การทำแห้งแบบอินฟราเรดมีระยะเวลาในการทำแห้งเร็วกว่า แต่คุณภาพของแป้งกล้วยจะมีสีคล้ำกว่าเมื่อเทียบกับสภาวะเดียวกัน มีปริมาณแทนนินน้อยกว่าการทำแห้งแบบเยือกแข็ง การลวกกล้วยน้ำว้าก่อนการอบ 5 นาที จะมีคุณภาพด้านสีที่ดีกว่าและมีปริมาณแทนนินของผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยมากกว่าการลวกกล้วยก่อนการอบ 10 นาที การอบทั้งเปลือกกล้วยน้ำว้ามีปริมาณแทนนินมากกว่าไม่มีเปลือกโดยชัดเจนแต่ผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยจะมีสีเข้มกว่าโดยชัดเจนมาก ดังนั้นจากผลการวิจัยจะใช้การลวกกล้วยน้ำว้าที่ไม่มีเปลือกก่อนการทำแห้ง 5 นาที ในการศึกษาวิธีการทำแห้งโดยใช้เครื่องอินฟราเรดในสุญญากาศ เครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง เปรียบเทียบคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนาการกับการทำแห้งด้วยโดมพลังงานแสงอาทิตย์และตู้อบลมร้อน

2) การศึกษาเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของแป้งกล้วยน้ำว้าที่ผลิตโดยการทำแห้งโดยใช้อินฟราเรดในสุญญากาศ และการทำแห้งแบบเยือกแข็งกับที่ผลิตโดยการใช้โดมพลังงานแสงอาทิตย์และตู้อบลมร้อนนั้น สรุปได้ว่าทุกวิธีจะผลิตแป้งกล้วยที่มีพลังงานทั้งหมดไม่แตกต่างกัน แต่พลังงานที่เกิดจากไขมันของแป้งกล้วยที่ทำแห้งด้วยโดมพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่ามากที่สุด สำหรับปริมาณโปรตีน พบว่าวิธีการทำแห้งแบบอินฟราเรดสุญญากาศคงปริมาณโปรตีนไว้ได้มากที่สุด ส่วนวิธีการใช้โดมพลังงานแสงอาทิตย์สามารถคงใยอาหารไว้ได้มากที่สุด และวิธีการคงสารอาหารวิตามิน โดยเฉพาะวิตามินเอ วิตามินบีหนึ่งและวิตามินบีสองไว้ได้มากที่สุด คือ วิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง สำหรับวิธีการทำแห้งที่รักษาวิตามินเอไว้ได้แก่วิธีการทำแห้งแบบอินฟราเรดในสุญญากาศ และสำหรับสารอาหารประเภทไฟโตเคมิคอลที่สำคัญในกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง คือ สารอาหารแทนนินนั้น วิธีการที่สามารถคงปริมาณสารแทนนิน คือ การทำแห้งแบบเยือกแข็ง รองลงมา ได้แก่ วิธีการทำแห้งแบบอินฟราเรดสุญญากาศ ลมร้อน และโดมพลังงานแสงอาทิตย์ ตามลำดับ ซึ่งผลการวิจัยของปริมาณแทนนินนี้ให้ผลไปในทิศทางของการคงปริมาณสารอาหารวิตามิน

3) จากการพิจารณาคุณภาพทางด้านต่าง ๆ เช่น กายภาพ เคมี และคุณค่าทางโภชนาการ เทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งที่ระบุให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 สรุปได้ว่าวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์แป้งกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องที่ดีที่สุด คือ การทำแห้งแบบเยือกแข็ง

**กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบคุณงบประมาณพัฒนาพื้นที่จากมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร และวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกล้วยน้ำว้าแปลงใหญ่ ตำบลระหาน อำเภอบึงสามัคคี จังหวัดกำแพงเพชร ที่สนับสนุนวัตถุดิบกล้วยน้ำว่าพันธุ์มะลิอ่อง สถานที่ผลิตแป้งกล้วยน้ำว้า และสนับสนุนเครื่องมือที่ให้ผลิตแป้งกล้วย ได้แก่ โดมพลังงานแสงอาทิตย์และตู้อบลมร้อน จนงานวิจัยสำเร็จลงด้วยดี

**เอกสารอ้างอิง**


[1] หมายใจ จิตรีธรรม. (2553). *สารพันกล้วย.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม็ค.

[2] รักษ์ พฤกษชาติ. (2553). *กล้วยพืชเศรษฐกิจทำเงิน.* กรุงเทพฯ: นีออน บุ๊คมีเดีย.

[3] Junqueiral, J.R.J., Carrmo, J.R., Miyagusku, L., Balbinoti, T.C.V., Junqueira, M.C.R.S., & Lucena, R.F.P. (2024). Infrared Drying of Bocaiuva (*Acrocomia aculeata*) Slices: Drying Kinetics, Energy Consumption, and Quality Characteristics. *Food Biophysics*. Retrieved from https://doi.org/10.1007/s11483-024-09846-6.

[4] Harguindeguy, M., & Fiddore, D. (2020). On the effects of freeze-drying processes on the nutritional properties of foodstuff: A review. *Drying Technology, 38*(7), 846-868.

[5] Lee, S., Han, S., Jo, K., & Jung, S. (2024). Review: The impacts of freeze-drying-induced stresses on the quality of meat and aquatic products: Mechanisms and potential solutions to acquire high-quality products. *Food Chemistry, 459*, 140437. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140437.

[6] Nzimande, N.A., Mianda, S.M., Seke, F., & Sivakumar. (2024). Impact of different pre-treatments and drying methods on the physicochemical properties, bioactive compounds and antioxidant activity of different tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivars. *Food Science and Technology*, *207*, 116641.

[7] Pour, K.A., Khorram, S., Ehsani, A., Ostadrahimi, A., & Ghasempour, Z. (2022). Atmospheric cold plasma effect on quality attributes of banana slices: Its potential use in blanching process. *Innovative Food Science and Emerging Technologies, 76*, 102945.

[8] วิจิตรา เหลียวตระกูล. (2559). *การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกแคและการใช้ประโยชน์เชิงอาหารเพื่อสุขภาพ.* สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

[9] ภิรนิตย์ ลบลม. (2560). *การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากปลีกล้วยและเปลือกกล้วยน้ำว้า.* โครงการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

[10] วิชมณี ยืนยงพุทธกาล อนุสรา พลบจู และพเยีย มหาขันติ. (2558). ผลการลวกร่วมกับการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46*(3), 289-292.

[11] สุริยัณห์ สุภาพวานิช พัชรี บุญมี และวาสนา ทองวัดเพ็ง. (2557). ผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกและการลวกต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในไซรัปกล้วยไข่. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, *32*(2), 32-40.

[12] Kusmita, L., Puspitanigruma, I., & Limantarub, L. (2015). Identification, Isolation and Antioxidant Activity of Pheophytin from Green Tea (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) Lia Kusmitaa. *Procedia Chemistry, 14*, 232–238.

[13] วิภา สุโรจนะเมธากุล และชิดชม ฮิรางะ. (2537). การสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วย. *วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.)*, *28*(4), 578-586.

[14] Alam, M., Biswas, M., Haan, M.M., Hossain, M.F., Zahid, A., Al-Reza, M.S., & Islam, T. (2023). *Quality attributes of the developed banana flour: Effects of drying methods*. Heliyon, *9*, e18312.

[15] ณัฐณิชา ทวีแสง. (2560). การศึกษาปริมาณผงฟักข้าวและวิธีการอบแห้งที่เหมาะสม. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 25*(3), 413-423.

[16] Bhattacharjee, S., Mohanty, P., Sahu, J.K., & Sahu, J.N. (2024). A critical review on drying of food materials: Recent progress and key challenges. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, *158*, 107863. Retrieved from https: doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2024.107863