Research Article

Received: September 8, 2020; Accepted: December 17, 2020

คุณลักษณะของหน่อไม้แห่งอบแห้งและการดูดกลืนน้ำกลับของผลิตภัณฑ์

Characteristics of Dried Bamboo Shoot Stick and Its Rehydration

ทิพย์ชนก ฉัตรเที่ยง, สวามินี นวลแขกุล,

โสรยา เกิดพิบูลย์* และปาจรีย์ อิงคะสุภัทร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ปัทมา สุภาผล

คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

Thipchanok Chattiang, Sawaminee Nualkaekul,

Soraya Kerdpiboon* and Pajaree Ingkasupart

Faculty of Food Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,

Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520

Pattama Supaphon

Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan,

Suranarai Road, Muang, Nakhonratchasima 30000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบปริมาณกรดยูริกของหน่อไม้ไผ่รวกที่ผ่านกระบวนการนึ่งเปรียบเทียบกับหน่อไม้สด รวมถึงศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งที่มีต่อคุณลักษณะของหน่อไม้อบแห้ง และหลังจากการดูดคืนน้ำกลับ โดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง พบว่าการอบแห้งหน่อไม้โดยใช้อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ส่งผลให้หน่อไม้มีความชื้นที่ลดลงอย่างรวดเร็ว มีการหดตัวสูง และมีความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับต่ำ โดยพบว่าการอบแห้ง 50 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที ส่งผลให้หน่อไม้มีความชื้นร้อยละ 5.68 (น้ำหนักฐานเปียก) และมีความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับ 0.38 เท่าของตัวอย่างก่อนการอบแห้ง ซึ่งสูงกว่ากรณีการอบแห้งที่สภาวะอื่น ๆ เมื่อศึกษาอัตราการดูดคืนน้ำกลับของหน่อไม้อบแห้งจากสภาวะที่

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** soraya.ke@kmitl.ac.th

คัดเลือก โดยต้มที่อุณหภูมิน้ำเดือดนาน 0 ถึง 10 นาที พบว่าระยะเวลาการดูดคืนน้ำกลับไม่ส่งผลต่อค่าความสว่างและความเป็นสีแดง-เขียวของหน่อไม้ โดยพบว่าการดูดคืนน้ำกลับในน้ำเดือดนาน 3-10 นาที ส่งผลให้หน่อไม้มีอัตราการดูดคืนน้ำกลับเท่ากับที่มีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) หน่อไม้ที่ผ่านการดูดคืนน้ำกลับที่เวลา 7 และ 8 นาที มีค่าความแน่นเนื้อ 29.86 และ 30.12 นิวตัน ตามลำดับ

คำสำคัญ : การอบแห้ง; การคืนตัว; หน่อไม้; ไผ่รวก

Abstract

The objectives of this research were to determine the uric acid content of steamed bamboo shoots compared to the fresh bamboo shoots, and to study the effect of drying conditions on the characteristics of dried bamboo shoots and their rehydration behavior. The drying conditions consisted of drying temperatures of 50, 60, and 70 ºC for 3 hrs. The results revealed that drying temperatures at both 60 and 70 ºC resulted in the dried bamboo shoot with a dramatic decrease in moisture content, high shrinkage, and low rehydration. Drying condition of 50 ºC for 120 min gave 5.68 % moisture content (wet basis) and 0.38 times of rehydration before steaming. Moreover, the rehydrated sample during boiling from 1 to 10 min was found that rehydration time did not affect lightness and a* of the rehydrated bamboo shoot. Rehydration times between 3 and 10 min resulted in the rehydrated bamboo shoot with a trend to increase rehydration ratio ($p > 0.05$). The firmness of bamboo shoots after drying at 7 and 8 min were 29.86 and 30.12 N, respectively.

Keywords: drying; rehydration; bamboo shoot; *Thyrsostachys siamensis*

1. บทนำ

หน่อไม้ (bamboo shoot) เป็นหน่ออ่อนของไผ่ที่หาได้ตามฤดูกาล ส่วนใหญ่มีการเก็บเกี่ยวในฤดูฝน เนื่องจากในฤดูอื่นหน่อไม้จะโตเป็นต้นไผ่ หน่อไม้ที่นิยมในการบริโภค โดยเฉพาะหน่อไม้ไผ่รวกที่นิยมนำมาต้มเพื่อรับประทานในเมนูต้มจืด ผัดกับพริกแกง หรือต้มเพื่อรับประทานกับน้ำพริก การยืดอายุการเก็บรักษาหน่อไม้ในระดับครัวเรือน โดยเฉพาะหน่อไม้ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) นิยมนำมาใส่ในถุงที่ทนความร้อน แล้วนำไปต้มหรือนึ่ง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยเก็บไว้ทั้งถุง หรือการใส่ปี๊บและให้ความร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทั้งนี้หน่อไม้ถือเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีการเสื่อมเสียได้ง่าย และเป็นวัตถุดิบอาหารประเภทกรดต่ำ การยืดอายุการเก็บรักษาด้วยวิธีการตามระดับครัวเรือน อาจส่งผลต่อการหลงเหลือของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่สามารถเจริญเติบโตในที่ไม่มีอากาศและทนความร้อนสูง เช่น *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นทนความร้อนและมีการสร้างสปอร์ ประเทศไทยและประเทศแถบเอเชีย ได้แก่ จีน ญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน ฟิลิปปินส์ อินเดีย เป็นต้น มีการนำหน่อไม้ไปแปรรูปเป็นหน่อไม้กระป๋อง หน่อไม้ดอง หน่อไม้ตากแห้ง ฯลฯ [1]

หน่อไม้เป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง กล่าวคือ ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 77-94.70 (น้ำหนัก

ฐานเปียก) คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 2.6-5.1 และไฟเบอร์สูงถึงร้อยละ 0.89-1.03 (น้ำหนักฐานเปียก) [2] จึงเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าและคุณค่าทางโภชนาการได้อีกมาก ทั้งนี้จากการที่หน่อไม้มีความชื้นสูง แนวทางในการลดความชื้นเพื่อการต่อยอดนำหน่อไม้อบแห้งไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จึงมีความเป็นไปได้ในการผลิตเพื่อทางการค้าในอนาคต การอบแห้งเป็นการลดความชื้นของวัตถุดิบเพื่อให้เก็บรักษาได้นานขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อต่อยอดในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อีกหลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์อบ ผลิตภัณฑ์ทอด ชนิดของเครื่องอบแห้งและสภาวะที่ใช้ในการอบแห้ง ส่งผลโดยตรงต่อคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ การตรวจสอบลักษณะการอบแห้งของหน่อไม้ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งชนิดต่าง ๆ และสภาวะต่าง ๆ จึงใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการนำหน่อไม้อบแห้งไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าได้ในอนาคต

หน่อไม้สดมี cyanoglycoside ที่เป็นสารกลุ่ม taxiphyllin ซึ่งเกิดเป็นสาร hydrogen cyanide ได้ [2] อีกทั้งมีสารกลุ่มพิวรีน ความเป็นกรด และรสชาติขม พบว่ามีข้อมูลจากงานวิจัยที่มีการลดความขม รวมถึงปริมาณสารไซยาไนด์ในหน่อไม้มีปริมาณสารไซยาไนด์ที่ต่างกัน ขึ้นกับสายพันธุ์และตำแหน่งต่าง ๆ ของหน่อไม้ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อมูลจากงานวิจัยที่พบว่าปริมาณสารไซยาไนด์มีค่าลดลงหลังจากการเก็บเกี่ยว [2] นอกจากนี้การลดปริมาณไซยาไนด์สามารถทำได้โดยการใช้ความร้อนในการต้ม 98-102 องศาเซลเซียส นาน 148-180 นาที [3] การนึ่งหน่อไม้ [4] การเปลี่ยนน้ำในระหว่างการต้ม หรือการใส่เกลือลงไปร้อยละ 2 [5] จะลดปริมาณไซยาไนด์ลงได้สูงถึงร้อยละ 97 มีข้อมูลจาก FAO และ WHO ที่กำหนดให้ปริมาณการได้รับสารไซยาไนด์ของมนุษย์ในแต่ละวัน หากไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ถือว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัย เนื่องจากร่างกายขับออกทางปัสสาวะได้หมด โดยสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้ให้ข้อมูลการสำรวจหน่อไม้สายพันธุ์ต่าง ๆ ตามตลาดใน 31 จังหวัด โดยสุ่มตัวอย่างทั้งหมด 496 ตัวอย่าง พบว่าหน่อไม้สดมีปริมาณไซยาไนด์เฉลี่ย 167 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่างแห้ง (มีค่า 18-943 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่างแห้ง ขึ้นกับสายพันธุ์และพื้นที่เพาะปลูก) ส่วนหน่อไม้ต้มมีปริมาณไซยาไนด์เฉลี่ย 19.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่างแห้ง (มีค่า 10-92 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่างแห้ง) [6] กระบวนการแปรรูปสามารถลดปริมาณของสารไซยาไนด์ในหน่อไม้ โดยพบว่าการต้มหน่อไม้ในน้ำเดือดนาน 20 นาที สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ลงร้อยละ 87 [7] สอดคล้องกับข้อมูลงานวิจัยที่มีการต้มหน่อไม้ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ทำให้ปริมาณไซยาไนด์ลดลงถึงร้อยละ 70 และเมื่อต้มที่อุณหภูมิ 98-102 องศาเซลเซียส นาน 148-180 นาที สามารถลดปริมาณไซยาไนด์สูงถึงร้อยละ 97 ตามลำดับ [3]

หน่อไม้เป็นหนึ่งในวัตถุดิบที่มีกรดยูริก ซึ่งโดยปกติแล้วยูริกเป็นสารที่พบว่ามีอยู่ในเลือด 3-7 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรเลือด ซึ่งมีความจำเป็นต่อคนและสัตว์เนื่องจากช่วยในการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชัน และป้องกันการถูกทำลายของเยื่อบุหลอดเลือด [8] แต่การได้รับยูริคในปริมาณที่ไม่เหมาะสม จะเกิดผลเสียต่อร่างกายได้ เนื่องจากในหน่อไม้มีสารประกอบพิวรีน เมื่อร่างกายย่อยสลายพิวรีนเป็นกรดยูริกจะทำให้เกิดภาวะกรดยูริกในเลือดสูง ซึ่งอาจเกิดโรคเกาต์และโรคไตตามมา [9] โดยมีรายงานว่าในหน่อไม้มีกรดยูริก 29 มิลลิกรัมต่อ100 กรัมของหน่อไม้สด [8] และรายงานของ Aichayawanich และคณะ

[10] พบว่าในหน่อไม้สดมีกรดยูริก 247.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของหน่อไม้สด เมื่อผ่านการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 18 นาที จะทำให้ปริมาณกรดยูริกลดลงและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

การศึกษาปริมาณสารที่ไม่พึงประสงค์ก่อนการยืดอายุการเก็บรักษา โดยการต้มหรือการนึ่งที่ทำอยู่ในระดับชาวบ้าน เป็นแนวทางที่สามารถลดปริมาณสารที่ไม่ต้องการ เพื่อเป็นข้อมูลยืนยันให้กับผู้บริโภค อีกทั้งการอบแห้งจึงเป็นหนึ่งในวิธีการที่สามารถใช้กับหน่อไม้เพื่อลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่เก็บรักษาได้นานมากขึ้น โดยเมื่อนำหน่อไม้อบแห้งมาดูดคืนน้ำกลับยังเพิ่มช่องทางในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น อาหารทอด ซุปหน่อไม้ เมนูอาหารต่าง ๆ

อย่างไรก็ตาม การต้มหรือการให้ความร้อนแก่อาหารก่อนการนำอาหารไปผ่านกระบวนการอบแห้งส่งผลโดยตรงต่อคุณลักษณะทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบอาหาร งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าข้อมูลการเตรียมวัตถุดิบหน่อไม้ก่อนการแปรรูปยังมีค่อนข้างจำกัด งานวิจัยนี้จึงตรวจสอบปริมาณพิวรีนของหน่อไม้ที่ผ่านการเตรียมตามวิธีการที่ชาวบ้านใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และนำมาศึกษาผลของการอบแห้งสภาวะต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพบางประการที่สำคัญของหน่อไม้อบแห้ง รวมถึงศึกษาคุณลักษณะของหน่อไม้คืนรูป เพื่อเป็นประโยชน์ในการต่อยอดการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ที่ผ่านการเตรียมและการอบแห้งต่อไป

2. วัตถุดิบและวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ

หน่อไม้ไผ่รวก (Phai Ruak) จากบ้านโป่งหวาย อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 ที่ผ่านการปอกเปลือก บรรจุในถุงโพลีเอทีลีน ถุงละ 1 กิโลกรัม และนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 150 นาที จากนั้นทิ้งให้เย็นในหม้อนึ่งนาน 30 นาที ก่อนการนำมาบรรจุถุงซ้อนอีก 1 ชั้น แขวนไว้ในที่อากาศถ่ายเทอุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการเก็บรักษาจนถึงช่วงเวลาที่ทดลอง นานไม่เกิน 5 เดือน โดยลักษณะของหน่อไม้ที่เป็นตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 1a

(a)

(b)

Figure 1 Streamed bamboo shoot (a) and streamed bamboo shoot stick (b)

2.2 วิธีการ

2.2.1 การตรวจปริมาณกรดยูริกในหน่อไม้

นำหน่อไม้ไผ่รวกสดและหน่อไม้ที่ผ่านกระบวนการตามรายละเอียดในข้อ 2.1 มาตรวจสอบ

เพื่อหาปริมาณสารพิวรีนและกรดยูริก โดยผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบระเหิด (CoolSafe™, Scanvac, Denmark) โดยนำตัวอย่างที่หั่นเรียบร้อยแล้วไปแช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และนำเข้าเครื่องอบแห้งแบบระเหิด อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจาก -40 จนถึง 30 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 10 ชั่วโมง และคงอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ไว้อีก 3 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างแห้งมาหาปริมาณกรดยูริกด้วยวิธีการดัดแปลงจาก Aichayawanich และคณะ [10] โดยนำตัวอย่างแห้งมาบดเป็นผงที่มีขนาดไม่เกิน 0.5 ไมโครเมตร แล้วนำมาสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นเวลา 5 ชั่วโมง กรองเอาเฉพาะของเหลว แล้วนำเข้าเครื่อง HPLC (Algilent 1000, United State) โดยการแยกแบบ isocratic ชนิดเฟสกลับ คอลัมน์ C18 ซึ่งการเตรียมเฟสเคลื่อนที่ส่วนแรกประกอบด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ส่วนเฟสเคลื่อนที่ส่วนที่สองประกอบด้วยอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ 0.10 หรือ 0.20 โมลาร์ เฟสเคลื่อนที่ถูกเตรียมวันต่อวันผ่านกระดาษกรองเยื่อบาง 0.45 ไมครอนภายใต้สุญญากาศ ศึกษาโดยใช้ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ที่อุณหภูมิห้อง และคำนวณหาปริมาณพิวรีนและกรดยูริกได้จาก ปริมาณพิวรีนทั้งหมด (ไมโครโมลต่อ 100 กรัมตัวอย่างอาหาร) = ผลรวมของ (อะดีนีน กัวนีน ไฮโปแซนทีน และแซนทีน) และ ปริมาณกรดยูริกทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างอาหาร) = [(มวลโมเลกุล 168.1 กรัมต่อโมล)(ปริมาณพิวรีนทั้งหมด ไมโครโมลต่อ 100 กรัมตัวอย่างอาหาร)] ÷ 1,000

2.2.2 การเตรียมวัตถุดิบ

นำวัตถุดิบในข้อ 2.1 เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นานไม่เกิน 30 วัน มาหั่นเป็นแท่ง (stick) ที่มีความกว้างและความหนา 5 มิลลิเมตร ยาว 10-12 เซนติเมตร โดยลักษณะการตัดตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 1b ตัวอย่างที่ตัดแล้วจะนำใส่ในถุงซิป และเตรียมสำหรับการทดลองทันที

2.2.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งหน่อไม้แท่ง

การอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Progress Electronic, Ltd., Thailand) ปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วยอุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที นาน 0-180 นาที หรือจนกว่าตัวอย่างจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ควบคุมปริมาณตัวอย่างที่ใช้อบแห้งครั้งละ 800 กรัม โดยสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบดังนี้

(1) ความชื้นของตัวอย่าง ตามวิธีการของ AOAC [11] Method 950.46.

(2) ร้อยละการหดตัว (percentage of shrinkage) วัดการหดตัวของตัวอย่างหลังการอบแห้ง รายงานในรูปร้อยละการหดตัวของตัวอย่าง (% volume shrinkage) โดยนำตัวอย่างสด ตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาใด ๆ ไปแทนที่ในสารละลาย ethyl alcohol ความเข้มข้นร้อยละ 95 และชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาปริมาตรของหน่อไม้ก่อนและหลังการอบแห้ง โดยใช้สมการ volume = mass ÷ density และรายงานเป็นค่าร้อยละการหดตัวของตัวอย่าง

(3) ความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับของผลิตภัณฑ์ โดยชั่งน้ำหนักของหน่อไม้ที่ผ่านการอบแห้งที่เวลาใด ๆ (R_t) จากนั้นนำตัวอย่างหน่อไม้ที่ผ่านการอบแห้งแล้วไปต้มในน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วจึงชั่งน้ำหนักของตัวอย่างหลังจากการดูดคืนน้ำกลับ (R_r) รายงานผลเป็นอัตราส่วนของน้ำหนักตัวอย่างหลังการดูดคืนน้ำกลับต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง (R_r/R_t) [12]

(4) น้ำหนักของตัวอย่างหลังการดูดคืนน้ำกลับต่อน้ำหนักตัวอย่างสด โดยชั่งน้ำหนักของ

ตัวอย่างหลังจากการดูดคืนน้ำกลับ (R_r) เปรียบเทียบกับน้ำหนักของตัวอย่างก่อนการอบแห้ง (R_0) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของหน่อไม้ที่ผ่านการดูดคืนน้ำกับหน่อไม้สด รายงานผลเป็นอัตราส่วนของน้ำหนักตัวอย่างหลังการดูดคืนน้ำกลับต่อน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบแห้ง (R_r/R_0)

2.2.4 การศึกษาคุณลักษณะของหน่อไม้คืนรูป

คัดเลือกสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งหน่อไม้จากข้อ 2.2.2 โดยกำหนดให้หน่อไม้อบแห้งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 (น้ำหนักฐานเปียก) เป็นสภาวะที่มีความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับของผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด และมีการหดตัวที่น้อยที่สุดตามลำดับ ไปทดลองหาคุณลักษณะของหน่อไม้อบแห้งหลังการคืนรูปโดยการต้มในน้ำเดือดนาน 10 นาที สุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณลักษณะดังนี้

(1) ความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับของหน่อไม้แท่ง โดยอบแห้งหน่อไม้โดยใช้สภาวะการอบแห้งที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.2.2 มาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการคืนตัวของหน่อไม้อบแห้ง โดยการต้มในน้ำเดือดนาน 0-10 นาที สุ่มตัวอย่างมาตรวจวัดความสามารถในการดูดกลืนน้ำกลับทุก 1 นาที

(2) ค่าสีของหน่อไม้แท่งหลังการดูดคืนน้ำกลับ ได้แก่ การนำหน่อไม้ที่ผ่านการอบแห้งที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.2.2 มาดูดกลืนน้ำกลับโดยการต้มในน้ำเดือดนาน 0-10 นาที นำตัวอย่างมาวัดค่าสี (L*, a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Chroma meter CR-400, Konica Minolta, Japan) ทุก 1 นาที

(3) ค่าความแน่นเนื้อของหน่อไม้แท่งหลังการดูดคืนน้ำกลับ ได้แก่ การนำหน่อไม้ที่ผ่านการอบแห้งที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.2.2 มาดูดกลืนน้ำกลับโดยการต้มในน้ำเดือดนาน 0-10 นาที สุ่มตัวอย่างมาตรวจวัดเมื่อผ่านการต้มทุก 1 นาที นำตัวอย่างมาวัดค่าแรงเฉือน (Shear force, N) (รุ่น TA-XT plus, England) ดัดแปลงจาก Kirmaci และ Singh [13]

2.2.5 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทดลอง 2 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA (analysis of variance) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ปริมาณพิวรีนและกรดยูริก

สารพิวรีนเป็นสารที่มีรสชาติขม [2] เมื่อร่างกายได้รับพิวรีนและย่อยเป็นกรดยูริก จะทำให้เกิดภาวะกรดยูริกในเลือดสูง ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ เช่น โรคเกาต์ โรคไต โดยปริมาณสารพิวรีนในหน่อไม้มีความแตกต่างกันขึ้นกับสายพันธุ์ ตำแหน่งต่าง ๆ ของหน่อไม้ ข้อมูลจากการตรวจสอบในตารางที่ 1 พบว่าหน่อไม้สดมีปริมาณกรดยูริก 35.08 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมหน่อไม้แห้ง ซึ่งหากคำนวณน้ำหนักเปรียบเทียบกับในกรณีที่เป็นตัวอย่างสดแล้ว ปริมาณกรดยูริกมีค่าใกล้เคียงกับ Aichayawanich และคณะ [10] ที่พบว่าในหน่อไม้สดมีกรดยูริก 247.8 มิลลิกรัมต่อ100 กรัมของหน่อไม้สด ทั้งนี้กรดยูริกในหน่อไม้สามารถทำให้มีปริมาณลดลงด้วยการใช้ความร้อนในการต้มหรือการนึ่ง [3,4] โดยจากผลการตรวจสอบพบว่าการให้ความร้อนโดยการนึ่งหน่อไม้ในถุงโพลีเอทีลีนนาน 2 ชั่วโมง 30 นาที ทำให้มีปริมาณกรดยูริก 8.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมหน่อไม้แห้ง ลดลงจากกรณีที่ไม่ได้ผ่านการนึ่งถึงร้อยละ 75.2 สอดคล้องกับปริมาณพิวรีนที่ลดลงจาก 208 เหลือ 51.81 ไมโครโมลต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง

Table 1 Purine and uric acid content in bamboo shoot and streamed bamboo shoot

Samples	Purine (mmol/100 g dried sample)	Uric content (mg/100 g dried sample)
Bamboo shoot	208	35.08
Streamed bamboo shoot*	51.81	8.71

* Streaming for 150 min

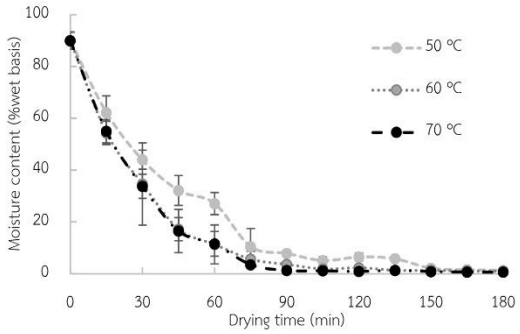

Figure 2 Drying kinetics of streamed bamboo shoot stick during drying at 50, 60, and 70 ºC

3.2 ผลของการทำแห้งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของหน่อไม้

หน่อไม้จัดเป็นวัตถุดิบที่มีความชื้นสูงถึงร้อยละ 90 [14] โดยข้อมูลจากผลการทดลองในรูปที่ 2 พบว่าหน่อไม้นึ่งที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 89.96 น้ำหนักเปียก เมื่ออบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที มีความชื้นคงที่ประมาณร้อยละ 3.00 น้ำหนักเปียก การเปลี่ยนแปลงความชื้นของหน่อไม้ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 3 โดยพบว่าการใช้อุณหภูมิสูง (70 และ 60 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้หน่อไม้มีอัตราการทำแห้งที่เร็วกว่ากรณีการใช้ที่อุณหภูมิต่ำ (50 องศาเซลเซียส) โดยการอบแห้งหน่อไม้จนมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 (น้ำหนักเปียก) เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ 75 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ 75 นาที และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ 120 นาที ส่งผลให้หน่อไม้มีความชื้นร้อยละ 3.55, 5.68 และ 5.17 (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ และความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่องจนคงที่

กราฟในรูปที่ 2 พบว่าหน่อไม้มีความชื้นรวมถึงอัตราการอบแห้งที่ลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการอบแห้งที่เพิ่มมากขึ้น โดยอัตราการอบแห้งของหน่อไม้ที่อุณหภูมิการอบแห้ง 50 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มที่ต่ำกว่ากรณีการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิที่สูง คือ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ในช่วงแรกของการอบแห้ง เมื่ออาหารได้รับความร้อนทำให้น้ำในอาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำจากในอาหารมาที่ผิวอาหาร ในอัตราการระเหยของน้ำที่ผิวอาหารไปสู่ภายนอก จากนั้นเมื่ออาหารได้รับความร้อนสะสมอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งปริมาณน้ำในอาหารมีลดน้อยลง จึงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารที่ช้ากว่าการระเหยของน้ำที่ผิวอาหารไปสู่ภายนอก อัตราการอบแห้งจึงลดลงตามระยะเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น [15,16] ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของวัตถุดิบทางการเกษตร ได้แก่ ฟักทอง แครอท เห็ด เป็นต้น [12,14,15] ที่พบว่าการอบแห้งอาหารที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการลดลงของความชื้นที่สูงมากขึ้น

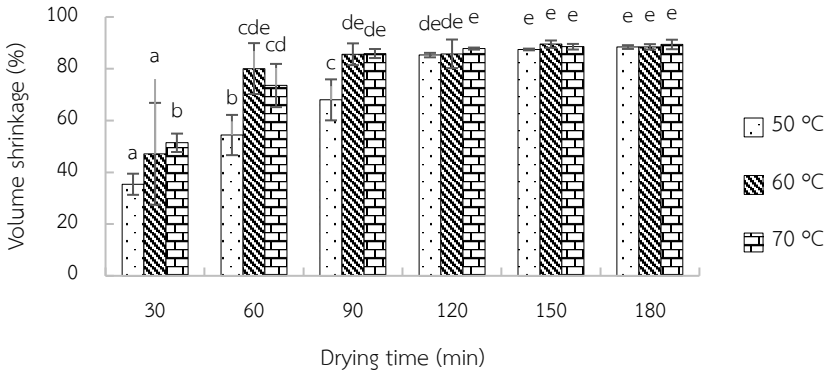

Figure 3 Percentages of shrinkage of streamed bamboo shoot stick during drying at 50, 60, and 70 °C

3.3 คุณลักษณะทางกายภาพของหน่อไม้ในระหว่างการทำแห้ง

3.3.1 การหดตัว

วัตถุดิบอาหารเมื่อได้รับความร้อนส่งผลให้น้ำในอาหารเกิดการระเหย โครงสร้างของอาหารเกิดการหดตัว และมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดตามลำดับ รูปที่ 3 แสดงค่าร้อยละการหดตัวของหน่อไม้ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ และระยะเวลานาน 0-180 นาที ตามลำดับ

หน่อไม้ที่อบแห้งนานขึ้นมีค่าร้อยละของการหดตัวที่สูงมากขึ้น อีกทั้งการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิที่สูงส่งผลให้หน่อไม้มีค่าร้อยละการหดตัวที่สูงกว่า โดยสังเกตเห็นได้ในช่วงแรกของการอบแห้งที่เวลา 30 นาที พบว่าหน่อไม้ที่อบแห้งที่ 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีค่าร้อยละการหดตัวที่ต่ำกว่าการอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่ออบแห้งนาน 60-90 นาที พบว่าหน่อไม้ที่อบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส มีร้อยละการหดตัวที่ต่ำกว่าการอบแห้งที่ 60 และ 70 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่ออบแห้งหน่อไม้นานตั้งแต่ 120 นาที พบว่าหน่อไม้มีค่าร้อยละของการหดตัวที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในทุกช่วงอุณหภูมิของการอบแห้ง ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่อาหารมีการระเหยของน้ำในช่วงอัตราการระเหยแบบลดลง ทำให้ที่ผิวของอาหารเกิดการหดตัวมาก ส่งผลให้น้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกไปได้มากนัก แม้ว่าจะใช้อุณหภูมิที่ต่างกันก็ตาม

อุณหภูมิส่งผลโดยตรงต่อการการหดตัวและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของอาหาร เนื่องจากเกิดความแตกต่างของความชื้นในอาหารที่สูง อีกทั้งเกิดแรงเครียด (stress) ภายในอาหาร [17] ส่งผลให้อาหารมีระดับการหดตัวที่สูง อาหารจะมีคุณลักษณะ ทั้งรูปร่างและรูปทรงที่เปลี่ยนแปลงไป จนเมื่อเวลาผ่านไปเมื่ออาหารมีการได้รับความร้อนจนถึงช่วงของอัตราการอบแห้งที่ลดลง ซึ่งหมายถึงอัตราการระเหยของน้ำในอาหารมาที่ผิวอาหารมีค่าน้อยกว่าอัตราการระเหยของน้ำที่ผิวอาหารไปสู่ระบบ จะทำให้ที่ผิวของอาหารนั้นแข็ง หรือในลักษณะที่เรียกว่า case hardening จะทำให้น้ำในอาหารระเหยออกได้น้อยลง และมีค่าร้อยละการหดตัวที่ไม่ต่างกันมากถึงแม้ว่าจะมีการใช้อุณหภูมิการอบแห้งที่ต่างกัน [18,19]

3.3.2 ความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับของหน่อไม้อบแห้ง

อาหารที่ผ่านการอบแห้งส่วนใหญ่จะมีการนำไปคืนรูปโดยการใส่น้ำอุ่นหรือน้ำร้อน เพื่อให้มีคุณลักษณะใกล้เคียงอาหารก่อนการอบแห้ง โดย

อาหารแห้งที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างที่น้อยจะมีความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับเข้าไปภายในดี ซึ่งต่างจากอาหารที่มีการถูกทำลายของโครงสร้าง จะมีความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับเข้าไปภายในได้ไม่ดี [20]

รูปที่ 4 แสดงค่าความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับของหน่อไม้เมื่อเปรียบเทียบกับหน่อไม้อบแห้ง โดยในช่วงแรกของการอบแห้ง คือ ที่เวลา 30, 60 และ 90 นาที พบว่าหน่อไม้มีความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับ 1.27-1.41, 1.47-2.31 และ 2.03-2.44 เท่าของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งขึ้นกับอุณหภูมิในการอบแห้ง อย่างไรก็ตาม หน่อไม้ที่อบแห้งที่เวลานานขึ้น และใช้อุณหภูมิการอบแห้งที่ต่างกัน ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับมากนัก โดยหน่อไม้อบแห้งที่เวลา 120, 150 และ 180 นาที มีค่าความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับ 2.11-2.82, 2.69-2.82 และ 2.78-3.31 เท่าของน้ำหนักแห้งตามลำดับ

ผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าความแปรปรวนของความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับของผลิตภัณฑ์ที่วัดได้จากบางสภาวะการทดลองนั้นมีช่วงค่อนข้างกว้าง ทั้งนี้นอกจากสภาวะการทดลองแล้วคุณลักษณะของหน่อไม้ก็ส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพ โดยเฉพาะความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับดังกล่าว โดยในการเตรียมหน่อไม้สด มีการใช้หน่อไม้ให้มีความกว้างและความหนา 0.5 เซนติเมตร และกำหนดความยาว 10-12 เซนติเมตร ทั้งนี้วัตถุดิบหน่อไม้ไผ่รวกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยประมาณ 3-4 เซนติเมตร และส่วนลำต้นในบางหน่อมีรูตรงกลาง พื้นที่ผิวของหน่อไม้ที่มาจากบริเวณตรงกลางหน่อมีลักษณะเรียบ ซึ่งต่างจากเนื้อของหน่อไม้ ด้วยลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างที่มีความไม่สม่ำเสมอกันอาจส่งผลต่อลักษณะการหดตัวของรูปร่างและความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับได้ต่างกันบ้าง

การผลิตหน่อไม้อบแห้งช่วยให้สามารถเก็บวัตถุดิบไว้เป็นเวลานานกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหน่อไม้สด เมื่อเก็บไว้เกิน 3 วัน จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านสี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัส ทั้งนี้หน่อไม้อบแห้งที่ผลิตได้จะเป็นวัตถุดิบสำคัญในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ ดังนั้นการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งหน่อไม้ จึงให้ความสำคัญกับการพิจารณาสภาวะที่ส่งผลให้หน่อไม้อบแห้งมีความสามารถในการดูดคืนน้ำที่สูง ซึ่งผลการทดลองในรูปที่ 4

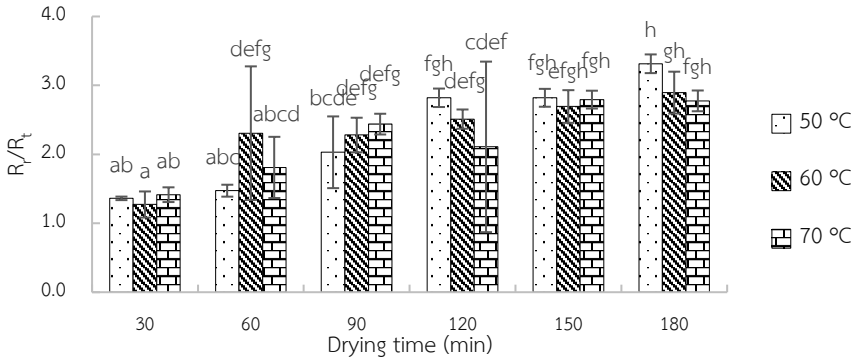

Figure 4 Rehydration ratios of streamed bamboo shoot stick during drying at 50, 60, and 70 °C (R_r represents weight of rehydrated streamed bamboo shoot stick after boiling for 10 min; R_t represents weight of dried streamed bamboo shoot stick at t min)

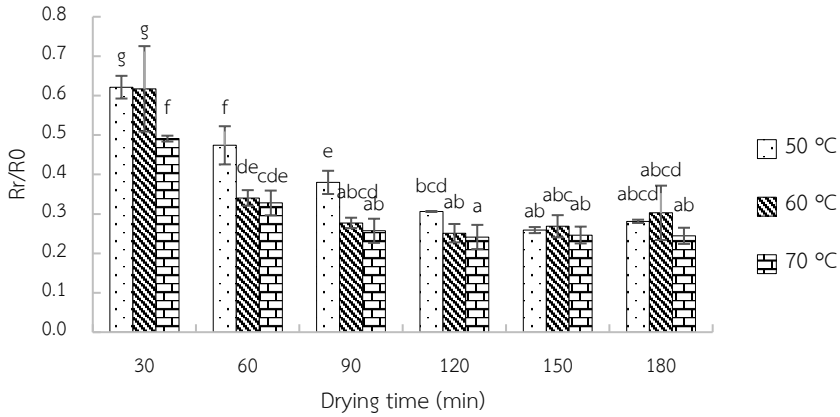

Figure 5 Rehydration ratios of rehydrated streamed bamboo shoot stick compared to the stream bamboo shoot stick before drying at 50, 60, and 70 °C (R_r represents weight of rehydrated streamed bamboo shoot stick after boiling for 10 min; R_o represents weight of streamed bamboo shoot stick before drying

นี้ พบว่าหน่อไม้เมื่ออบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที มีความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับที่สูงที่สุด แต่ผลการทดลองไม่ต่างจากกรณีการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสนาน 120 และ 150 นาที การอบแห้งที่ 60 และ 70 องศาเซลเซียส นาน 150 และ 180 นาที ตามลำดับ ทั้งนี้การอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิที่สูงและเวลาที่นาน ส่งผลต่อการระเหยน้ำออกจากวัตถุดิบอาหารอย่างรวดเร็ว เซลล์ภายในเกิดการฉีกขาด เสียหาย ส่งผลต่อลักษณะโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ [21,22] และมีความสามารถในการดูดคืนน้ำที่ต่ำ [23] โดยผลการทดลองพบว่าการใช้การอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส ส่งผลให้หน่อไม้มีแนวโน้มของค่าความสามารถในการดูดคืนน้ำที่สูงกว่ากรณีการใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า (คือที่ 60 และ 70 องศาเซลเซียส) ในการอบแห้ง

3.3.3 การคืนตัวของหน่อไม้อบแห้งเปรียบเทียบกับหน่อไม้ก่อนการอบแห้ง

เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับของหน่อไม้อบแห้งเปรียบเทียบกับตัวอย่างก่อนการอบแห้ง (ตัวอย่างที่ผ่านการนึ่ง) ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 5 โดยพบว่าสภาะที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลให้หน่อไม้ถูกทำลายโครงสร้าง ทำให้ไม่สามารถดูดคืนน้ำกลับเข้าไปในตัวอย่างได้เหมือนเดิม โดยอัตราส่วนของน้ำหนักของหน่อไม้ที่คืนรูปต่อน้ำหนักของหน่อไม้ที่ผ่านการนึ่ง 0.22-0.62 เท่าของน้ำหนักตัวอย่าง ขึ้นกับสภาวะที่ใช้ในการอบแห้ง ทั้งนี้ความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับของหน่อไม้ที่อบแห้งโดยการใช้เวลาการอบแห้งน้อย มีการถูกทำลายโครงสร้างที่น้อยกว่า จึงดูดคืนน้ำกลับเข้าไปในตัวอย่างได้มาก ดังเห็นจากผลการทดลองที่อบแห้ง 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที มีอัตราส่วนความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับ 0.62, 0.62 และ 0.49 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างนึ่ง อย่างไรก็ตามในช่วงการอบแห้งดังกล่าว ตัวอย่างมีความชื้นที่สูง คืออยู่ที่ร้อยละ 62.24, 54.39 และ 55.01 น้ำหนักเปียกตามลำดับ ซึ่ง ไม่เหมาะต่อการอบแห้งหน่อไม้ที่ต้องการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Satya และคณะ [2] ที่

อธิบายว่าหน่อไม้ที่ผ่านการอบแห้งโดยการใช้ลมร้อนโดยทั่วไป ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะภายนอกที่แข็งและมีความสามารถในการดูดคืนน้ำที่ต่ำ

การเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งหน่อไม้ เพื่อการผลิตหน่อไม้อบแห้งสำหรับการนำไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ต่อนั้น พิจารณาจากความชื้นของผลิตภัณฑ์แห้งที่ต่ำกว่าร้อยละ 7 (น้ำหนักเปียก) ลำดับต่อมานั้นตัวอย่างควรมีค่าความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับเมื่อเปรียบเทียบกับของแห้งอยู่ในสัดส่วนที่สูง มีค่าน้ำหนักหลังการดูดคืนใกล้เคียงกับตัวอย่างสด รวมทั้งมีค่าร้อยละการหดตัวของผลิตภัณฑ์ที่ไม่มาก ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ความชื้นของหน่อไม้อบแห้งตามหัวข้อที่ 3.2 ที่อบแห้งหน่อไม้จนมีความชื้นที่ต่ำกว่าร้อยละ 7 (น้ำหนักเปียก) เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 75 นาที, ที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 75 นาที และที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที ส่งผลให้หน่อไม้มีความชื้นร้อยละ 3.55, 5.68 และ 5.17 (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับที่อุณหภูมิและเวลาการอบแห้งดังกล่าว มีค่าความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับ 1.81, 2.51 และ 2.82 เท่าของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง และมีค่าความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับ 0.33, 0.28 และ 0.38 เท่าต่อน้ำหนักตัวอย่างก่อนการอบแห้ง ตามลำดับ โดยเห็นได้ว่าการอบแห้งหน่อไม้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที ได้หน่อไม้อบแห้งที่มีคุณลักษณะทางกายภาพโดยเฉพาะความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับที่ดีที่สุด จึงเลือกใช้สภาวะการอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที ในการอบแห้งหน่อไม้ เพื่อการตรวจวิเคราะห์ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการดูดคืนน้ำกลับของผลิตภัณฑ์ต่อไป

3.4 ผลของระยะเวลาในการดูดคืนน้ำกลับที่มีต่อคุณภาพของหน่อไม้อบแห้ง

3.4.1 ความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับของหน่อไม้อบแห้ง

การนำหน่อไม้ที่ผ่านการอบแห้งไปใช้ประโยชน์ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในอนาคต เช่น อาจมีการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้แท่งทอดกรอบ ซุปหน่อไม้กึ่งสำเร็จรูป ส่วนใหญ่มีการนำหน่อไม้ไปผ่านการคืนรูปโดยการดูดคืนน้ำกลับให้กับหน่อไม้อบแห้ง ระยะเวลาที่ใช้ในการดูดคืนน้ำกลับที่เหมาะสมจะช่วยให้ได้ผลิตภัณฑ์หน่อไม้ที่มีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกับหน่อไม้ก่อนการอบแห้ง อีกทั้งทำให้ทราบเวลาที่แน่นอนในการดูดคืนน้ำกลับให้แก่หน่อไม้ได้ การตรวจวัดค่าความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับของหน่อไม้อบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที และดูดคืนน้ำกลับที่เวลาต่าง ๆ พบว่าหน่อไม้อบแห้ง เมื่อนำมาดูดคืนน้ำกลับมีค่าความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับของผลิตภัณฑ์ที่คงที่ตั้งแต่การแช่ตัวอย่างในน้ำเดือดนาน 3-10 นาที โดยความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับของผลิตภัณฑ์ คือ 1.55-1.78 เท่าของตัวอย่างแห้ง แสดงรายละเอียดในรูปที่ 6

3.4.2 ค่าสีของหน่อไม้หลังการดูดคืนน้ำกลับ

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของหน่อไม้อบแห้งที่ดูดคืนน้ำกลับที่ระยะเวลาต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 7 โดยผลการทดลองพบว่าความสว่างและค่าความเป็นสีแดง-เขียวของหน่อไม้อบแห้งที่ดูดคืนน้ำกลับที่ระยะเวลาต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นกรณีของค่าความเป็นสีเหลืองที่มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ($p \leq 0.05$) โดยค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มที่ลดลง ตั้งแต่การดูดคืนน้ำกลับในนาทีที่ 5-9 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของหน่อไม้ที่ผ่านการอบแห้งเกิดเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ [24] อีกทั้งในหน่อไม้มีองค์ประกอบของสารให้สีต่าง ๆ ได้แก่ แคโรทีนอยด์

ฟลาโวนอยด์ ฟีนอล คลอโรฟิลล์ เป็นต้น ซึ่งมีการสลายตัวเมื่อได้รับความร้อน ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงและสีเหลืองของหน่อไม้ [24-26] โดยผลการทดลองพบว่าหน่อไม้อบแห้งที่มีการดูดคืนน้ำกลับในเวลานานขึ้น ส่งผลให้มีการละลายของสารประกอบให้สีในน้ำร้อนที่เพิ่มขึ้น ผลการทดลองจึงพบว่าค่าความเป็นสีเหลืองในหน่อไม้มีแนวโน้มที่ลดลงดังกล่าว อีกทั้งสามารถสังเกตเห็นสีเหลืองที่น้ำร้อนที่เข้มขึ้นเรื่อย ๆ ในระหว่างการดูดคืนน้ำกลับให้กับหน่อไม้อบแห้งหลังจากการต้มหน่อไม้ไปในระยะเวลาหนึ่ง

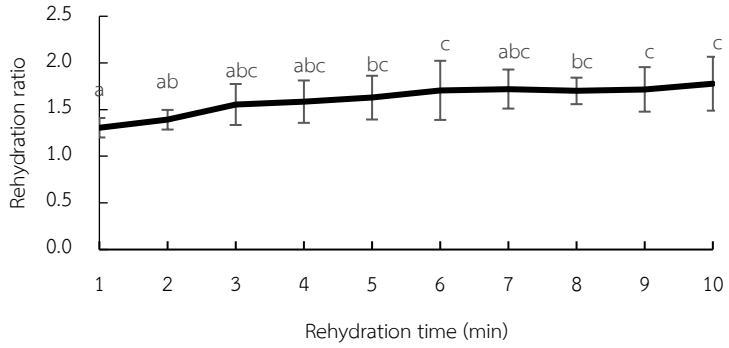

Figure 6 Rehydration behavior of streamed bamboo shoot stick after drying at 50 °C for 120 min and rehydrated at different boiling times

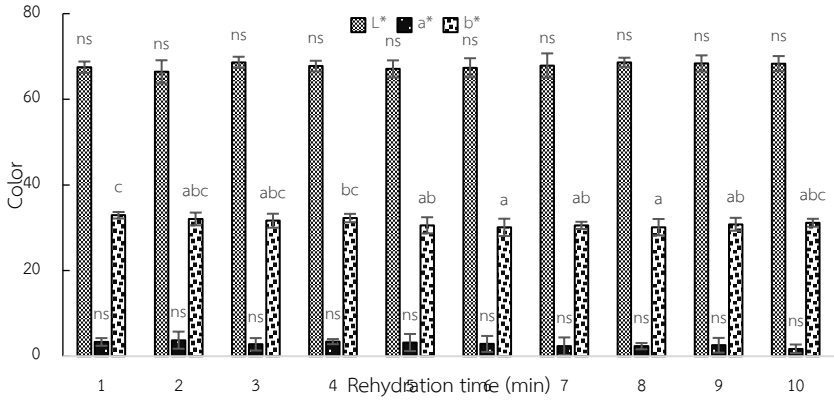

Figure 7 Color of rehydrated bamboo shoot stick after drying at 50 °C for 120 min and rehydrated at different boiling times

3.4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของหน่อไม้หลังการดูดคืนน้ำกลับ

หน่อไม้อบแห้งเมื่อจะนำมาบริโภคต้องมีการนำมาดูดคืนน้ำกลับด้วยการต้มในน้ำเดือด โดยการตรวจสอบค่าความแน่นเนื้อของหน่อไม้อบแห้งที่มีการดูดคืนน้ำกลับที่เวลาต่าง ๆ พบว่าค่าความแน่นเนื้อของหน่อไม้มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามช่วงเวลาการดูดคืนน้ำ ($p \leq 0.05$) รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 8 แต่พบว่าหน่อไม้มีค่าความแน่นเนื้อในช่วงเวลาการต้ม 6 นาทีแรก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัย

สำคัญทางสถิติ แต่หลังจากนาทีที่ 7-8 ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยหน่อไม้หลังการดูดคืนน้ำกลับที่ 7 และ 8 นาที มีค่าความแน่นเนื้อ 29.86 และ 30.12 นิวตัน และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวโดยสรุป คือ การพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการดูดคืนน้ำกลับของหน่อไม้อบแห้งที่อุณหภูมิน้ำเดือด กรณีของค่าความแน่นเนื้อนั้นการใช้เวลานาน 7 นาที จะให้ค่าความแน่นเนื้อที่สูงที่สุด และใช้เวลาน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะการดูดคืนน้ำกลับอื่นในช่วงของการทดลอง

4. สรุป

กระบวนการนึ่งหน่อไม้นาน 150 นาที สามารถลดปริมาณกรดยูริกลงร้อยละ 75.2 กล่าวคือ มีปริมาณกรดยูริกลดลงจาก 35.08 เหลือ 8.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง เมื่อนำหน่อไม้ที่ผ่านการนึ่งมาอบแห้งพบว่าการใช้อุณหภูมิอบแห้ง 50 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที ส่งผลให้หน่อไม้มีความชื้นร้อยละ 5.68 น้ำหนักฐานเปียก และมีความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับที่ 0.38 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างก่อนการอบแห้ง โดยการต้มหน่อไม้อบแห้งนาน 7 นาที ส่งผลให้หน่อไม้มีค่าความแน่นเนื้อที่ 29.86 นิวตัน ทั้งนี้แนวทางในการปรับปรุงกระบวนการก่อนการอบแห้งเพื่อลดการถูกทำลายของโครงสร้างเนื่องจากการทำแห้ง และเพิ่มความสามารถในการดูดคืนน้ำกลับของหน่อไม้เป็นแนวทางที่สามารถพัฒนากระบวนการเพื่อการผลิตหน่อไม้อบแห้งที่มีการใช้ประโยชน์ที่หลากหลายมากขึ้น

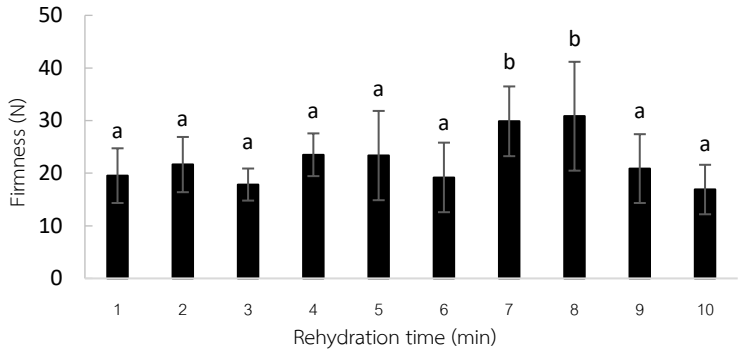

Figure 8 Firmness of rehydrated bamboo shoot stick after drying at 50 °C for 120 min and rehydrated at different boiling times

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากโครงการวิจัยเงินรายได้ คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และโครงการหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ ประจำปีงบประมาณ 2562 โดยสำนักงานปลัดสำนักนายกรัฐมนตรี

6. References

[1] Bal, L.M., Kar, A., Satya, S. and Naik, S.N., 2010, Drying kinetics and effective moisture diffusivity of bamboo shoot slices undergoing microwave drying, Int. J. Food Sci. Technol. 45: 2321-2328.

[2] Satya, S., Bal, L.M., Singhal, P. and Naik, S.N.,

2010, Bamboo shoot processing: Food quality and safety aspect – A review, Trends Food Sci. Tech. 21: 181-189.

[3] Ferreira, V.L.P., Yotsuyanagi, K. and Carvalho, C.R.L., 1995, Elimination of cyanogenic compounds from bamboo shoots *Dendrocalamus giganteus* Munro, Trop. Sci. 35: 342-346.

[4] Tripathi, Y.C., 1998, Food and nutrition potential of bamboo, MFP News 8: 10-11.

[5] Bhargava, A., Kumbhare, V., Srivastava, A. and Sahai, A., 1996, Bamboo parts and seeds for additional source of nutrition, J. Food Sci. Technol. 33: 146-146.

[6] Teerapapthamkul, S., Tongpo, S., Jamsri, V., Promprasit, P., Unahalekhaka, J. and Chinwattanawong, P., 2019, Risk assess ment of cyanide in bamboo shoots of Thai consumers, Dept. Sci. Serv. Minis. Sci. Tech. J. 53: 67-79. (In Thai).

[7] Rawat, K., Nirmala, C. and Bisht, M.S., 2015, Processing techniques for reduction of cyanogenic glycosides from bamboo shoots, 10th World Bamboo Congress, Damyang.

[8] Hafez, R. M. , Abdel- Rahman, T. M. and Naguib, R.M., 2017, Uric acid in plants and microorganisms: Biological applications and genetics – A review, J. Adv. Res. 8: 475-486.

[9] Halevi, S. , Various Food Types and their Purine Content, Available Source: https: //www.acumedico.com/purine, April 20, 2020.

[10] Aichayawanich, S., Wongsa, J., Phungam ngoen, C. and Parametthanuwat, T., 2018, Degradation kinetics of cyanide and uric acid in bamboo shoot during boiling process, pp. 65-70, 8th International Conference on Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, Tokyo.

[11] AOAC, 2000, Official Method of Analysis of AOAC International, Method 950. 46, 17th Ed., The Association of Official Analytical Chemists, Maryland.

[12] Kerdpiboon, S., Devahastin, S. and Kerr, W.L., 2007, Comparative fractal characteri zation of physical changes of different food products during drying, J. Food Eng. 83: 570-580.

[13] Kirmaci, B. and Singh, R. K. , 2018, Process severity affects texture and color of potato strips baked in pilot-scale infrared radiant wall oven, LWT Food Sci. Technol. 97: 261-268.

[14] Silva, M.F., Menis-Henrique, M.E.C., Felisherto, M.H.F., Goldbeck, R. and Clerici, M.T.P.S., 2020, Bamboo as an eco-friendly material for food and biotechnology industries, Curr. Opin. Food Sci. 33: 124-130.

[15] Kumar, P. S. , Kanwat, M. and Choudhary, V. K. , 2013, Mathematical modeling and thin-layer drying kinetics of bamboo slices on convective tray drying at varying temperatures, J. Food Process Preserv. 37:

914-923.

[16] Rojas, M.L., Silveira, I. and Augusto, P.E.D., 2020, Ultrasound and ethanol pre-treatments to improve convective drying: drying, rehydration and carotenoid content of pumpkin, Food Bioprod. Process. 119: 20-30.

[17] Devahastin, S., 2012, Drying of Foods and Biomaterials, Top Publishing, Bangkok, 344 p. (in Thai).

[18] Curcio, S. and Aversa, M., 2014, Influence of shrinkage on convective drying of fresh vegetables: A theoretical model, J. Food Eng. 123: 36-49.

[19] Silveira, I. and Augusto, P.E.D., 2020, Ultrasound and ethanol pre-treatments to improve convective drying: Drying, rehydration and carotenoid content of pumpkin, Food Bioprod. Process. 119: 20-30.

[20] Devahastin, S. and Niamnuy, C., 2010, Modelling quality changes of fruits and vegetables during drying: A review, Int. J. Food Sci. Technol. 45: 1755-1767.

[21] Nguyen, T.K., Mondor, M. and Ratti, C., 2018, Shrinkage of cellular food during air drying, J. Food Eng. 230:8-17.

[22] Mayor, L. and Sereno, A.M., 2004, Modelling shrinkage during convective drying of food materials: A review, J. Food Eng. 61: 373-386.

[23] McMinn, W.A.M. and Magee, T.R.A., 1997, Physical characteristics of dehydrated potatoes- Part II, J. Food Eng. 33: 49-95.

[24] Avila, I.M.L.B., and Silva, C.L.M., 1999, Modelling kinetics of thermal degradation of colour of peach puree, J. Food Eng. 39: 161-166.

[25] Bal, L.M., Kar, A., Satya, S. and Naik, S.N., 2011, Kinetics of colour change of bamboo shoot slices during microwave drying, Int. J. Food Sci. Technol. 46: 827-833.

[26] Lee, H.S. and Coates, G.A., 1999, Thermal pasteurization effects on colour of red grapefruit juices, J. Food Sci. 64: 663-666.