

<http://journal.rmutp.ac.th/>

ผลของการลวกน้ำร้อนและระดับอุณหภูมิพัฟฟิงต่อคุณภาพของกล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบ

สุรพิชญ์ ทับเที่ยง*

วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

รับบทความ 23 กรกฎาคม 2564 แก้ไขบทความ 5 พฤษภาคม 2565 ตอรับบทความ 28 มิถุนายน 2565

บทคัดย่อ

เทคนิคพัฟฟิงด้วยอุณหภูมิสูงช่วยลดการหดตัวและเพิ่มความกรอบของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบได้ แต่ผิวของกล้วยกรอบเกิดสีน้ำตาลคล้ำและไหม้บางส่วน การลวกน้ำร้อนก่อนแปรรูปช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลบนอาหารอบแห้งได้ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของการลวกน้ำร้อนและระดับอุณหภูมิพัฟฟิงต่อโครงสร้างระดับจุลภาคคุณภาพของกล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมกรอบ การทดลองนำกล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกและผ่านการลวกน้ำร้อนมาอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จากนั้นนำกล้วยมาพัฟฟิงโดยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150 – 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ขั้นตอนสุดท้ายนำกล้วยแผ่นมาอบแห้งอีกครั้งเหมือนขั้นตอนแรก จนความชื้นในกล้วยลดลงเหลือร้อยละ 4 ฐานแห้ง ผลการทดลองพบว่าการลวกน้ำร้อนช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลของกล้วยกรอบทั้งสองพันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยกรอบที่ไม่ผ่านการลวก การลวกน้ำร้อนช่วยให้กล้วยน้ำว้ากรอบมีปริมาตรเพิ่มขึ้นระหว่างร้อยละ 12.3 – 15.4 แต่กลับส่งผลให้กล้วยหอมทองกรอบมีปริมาตรลดลงระหว่างร้อยละ 24.0 – 28.7 เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยกรอบที่ไม่ผ่านการลวก การลวกน้ำร้อนและการเพิ่มระดับอุณหภูมิพัฟฟิงช่วยให้เนื้อสัมผัสของกล้วยกรอบทุกกลุ่มมีความแข็งลดลง อย่างไรก็ตามระดับอุณหภูมิพัฟฟิงที่สูงขึ้นทำให้ผิวของกล้วยกรอบทุกกลุ่มเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น การลวกน้ำร้อนมีความเหมาะสมต่อการแปรรูปกล้วยน้ำว้ามากกว่ากล้วยหอมทอง โดยควรใช้อุณหภูมิพัฟฟิงไม่เกิน 170 องศาเซลเซียส เพื่อคงคุณภาพสีที่ดีของผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ : การลวกน้ำร้อน; พันธุ์กล้วย; พัฟฟิง; สี; เนื้อสัมผัส

<http://journal.rmutp.ac.th/>

Effects of Hot Water Blanching and Puffing Temperature Level on Qualities of Namwa- and Homtong-Banana Chips

Surapit Tabtiang*

College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok
1518 Pracharat 1 Road, Wong Sawang Subdistrict, Bangsue, Bangkok 10800

Received 23 July 2021; Revised 5 May 2022; Accepted 28 June 2022

Abstract

Puffing technique can reduce the degree of volume shrinkage and increase the textural crispness of banana chips. However, banana chips tend to be more browning and some scorching on their surface. The hot water blanching pretreatment could improve the color of dried products. Therefore, the objective of this work was to study the effects of hot water blanching pretreatment and puffing temperature on the banana microstructure and the qualities of crisp Namwa- and Homtong-bananas. The non-blanching banana slices and hot water blanched banana slices were dried by hot air at temperature of 90 °C, and then, it were puffed by hot air at temperature of 150 - 190 °C for 2 min. Finally, it were dried again by hot air at temperature of 90°C until its moisture content reached 4% dry basis (d.b.). The experimental results showed that hot water blanching pretreatment could limit the brown colour of both crisp banana products compared to non-blanching samples. In addition, the blanching pretreatment remarkably increased the volume ratio of the crisp Namwa-bananas in ranged of 12.3 – 15.4% compared to non-blanching sample. However, the 24.0 – 28.7% of volume ratio decreasing was noticeably observed on the crisp blanched Homtong-bananas. The hot water blanching pretreatment coupled with a higher puffing temperature significantly decreased the hardness of both crisp products. Nevertheless, the color of crisp bananas had more browning as higher puffing temperature. The hot water blanching pretreatment is more suitable for Namwa-banana processing than Homtong-banana processing. To preserve the color quality of banana chips, the puffing temperature for processing should not exceed 170 °C.

Keywords : Hot water Blanching; Banana Variety; Puffing; Colour; Texture

* *Corresponding Author. Tel.: +669 1876 1661, E-mail Address: surapit.t@cit.kmutnb.ac.th*

1. บทนำ

กล้วยกรอบอบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารกรอบชนิดหนึ่งที่มีความนิยมบริโภค โดยกล้วยกรอบมักแปรรูปจากกล้วยหลายพันธุ์ เช่น กล้วยน้ำว้า (*Musasapientum* Linn. (ABB group)) กล้วยหอมทอง (*Musaacuminata* (AAA group)) ในปัจจุบันความนิยมผลิตภัณฑ์อาหารกรอบสำหรับผู้บริโภคสมัยใหม่ต้องการผลิตภัณฑ์อาหารกรอบไร้ไขมัน ดังนั้นกล้วยกรอบจึงถูกแปรรูปโดยการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งมีคุณภาพไม่ดีเนื่องจากกล้วยกรอบมีการหดตัวที่สูงทำให้เนื้อสัมผัสมีความแข็งมาก [1] คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารกรอบเป็นคุณภาพด้านหนึ่งที่มีความสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค [2] การนำเทคนิคฟฟิงมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำช่วยลดการหดตัวและเพิ่มความกรอบของเนื้อสัมผัสอาหาร [3], [4] K. Hofsetz et al. [5] รายงานว่าเทคนิคฟฟิงด้วยอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลาสั้นร่วมกับกับการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำสามารถลดการหดตัวของกล้วยกรอบเนื่องจากเทคนิคฟฟิงทำให้กล้วยมีอุณหภูมิภายในโครงสร้างเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นน้ำภายในกล้วยจึงเดือดและระเหยอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดไอน้ำแรงดันสูงกระทำต่อโครงสร้างภายในส่งผลให้ปริมาตรของอาหารขยายตัว [1], [6], [7] ผลของปริมาตรที่ขยายตัวทำให้โครงสร้างภายในมีความพรุนสูงขึ้น ดังนั้นกล้วยกรอบจึงมีเนื้อสัมผัสที่แข็งลดลงและกรอบมากขึ้น [4], [5]

มีปัจจัยหลายอย่าง que ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารกรอบ เช่น อุณหภูมิฟฟิง เวลาฟฟิง ความชื้นก่อนฟฟิง [4], [7], [8] S. Tabtiang et al. [9] รายงานว่าการใช้อุณหภูมิฟฟิงที่สูงขึ้นร่วมกับการใช้เวลาฟฟิงนานขึ้นช่วยให้กล้วยกรอบมีการหดตัวลดลงและมีเนื้อสัมผัสที่กรอบมากขึ้น นอกจากนี้ C. Raikhamh et al. [4] รายงานว่าความชื้นก่อนฟฟิงที่เหมาะสมใน

การแปรรูปกล้วยหอมกรอบมีค่าร้อยละ 25 สูงขึ้น ซึ่งที่ระดับความชื้นดังกล่าวกล้วยกรอบมีการหดตัวน้อยและเนื้อสัมผัสกรอบมากกว่าระดับความชื้นอื่นๆ อย่างไรก็ตามเทคนิคฟฟิงภายใต้ระดับอุณหภูมิที่สูงระหว่าง 150 - 220 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ด้อยลงเนื่องจากผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาลล้นมากขึ้น [10], [11] โดยคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์อาหารกรอบมีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค การจำกัดการเกิดสีน้ำตาลของอาหารกรอบสามารถใช้การปรับสภาพก่อนแปรรูป เช่น การลวกด้วยไมโครเวฟ [12] การแช่โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ [13] การแช่กรดซิตริก [13] การลวกน้ำร้อน [14] การปรับสภาพด้วยความร้อนเป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่าการใช้สารเคมี การปรับสภาพอาหารด้วยน้ำร้อนเป็นวิธีการปรับสภาพรูปแบบหนึ่งได้รับความนิยมเนื่องจากมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน A. I. Varnalis et al. [15] พบว่าการลวกน้ำร้อนช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลบนผิวของมันฝรั่งอบแห้ง นอกจากนี้การลวกช่วยให้น้ำมันฝรั่งพองตัวมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการลวกน้ำร้อน เพราะว่าการลวกทำให้โครงสร้างของมันเป็นความแข็งแรงลดลง ดังนั้นจึงช่วยให้น้ำมันฝรั่งเกิดการพองตัวได้ดีขึ้นขณะฟฟิงด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส S. Paengkanya et al. [14] รายงานว่าการลวกน้ำร้อนช่วยให้โครงสร้างภายในของกล้วยน้ำว้ามีความแข็งแรงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยที่ไม่ผ่านการลวก ความแข็งแรงที่ลดลงเนื่องจากโครงสร้างเซลล์เกิดการเสียหายและสูญเสียการยึดเกาะกันระหว่างเซลล์ เพราะฉะนั้น Middle Lamellar เกิดการเสื่อมสลายจากความร้อน [16] ลักษณะของโครงสร้างที่เกิดขึ้นจึงช่วยส่งเสริมให้กล้วยกรอบมีปริมาตรขยายมากขึ้น รวมทั้งการลวกยังช่วยให้เนื้อสัมผัสของกล้วยกรอบมีความแข็งแรง อย่างไรก็ตาม C. Raikhamh et al. [13] รายงานว่าการลวกน้ำร้อนส่งผลให้กล้วยหอมทองกรอบมีการหดตัวมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยหอมกรอบที่ไม่ผ่านการลวก

รายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าย้งไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาเปรียบเทียบผลของการลวกน้ำร้อนต่อคุณภาพของกล้วยกรอบต่างพันธุ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของการลวกน้ำร้อนและระดับอุณหภูมิฟัพฟิงต่อโครงสร้างระดับจุลภาคของกล้วยก่อนอบแห้ง รวมทั้งคุณภาพของกล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบในเทอมของ สี อัตราส่วนปริมาตรและเนื้อสัมผัส

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 การเตรียมกล้วยแผ่น

การทดลองอบแห้งใช้กล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมทองที่มีระดับความสุกระหว่าง 21-22 และ 17-18 องศาบริกซ์ ตามลำดับ [4, 9, 20] นำกล้วยมาหั่นขวางด้วยเครื่องหั่นให้มีความหนา 2.5 มิลลิเมตร ในการเตรียมตัวอย่างจะแบ่งกล้วยแผ่นแต่ละพันธุ์เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ กล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกน้ำร้อน กลุ่มที่ 2 กล้วยแผ่นที่ผ่านการลวกน้ำร้อนด้วยอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นหาความชื้นเริ่มต้นของกล้วยแต่ละกลุ่มโดยการสุ่มกล้วยแผ่นในแต่ละสภาวะมาสับให้ละเอียดแล้วบรรจุในกระป๋องอลูมิเนียม นำกระป๋องอลูมิเนียมที่บรรจุกล้วยมาใส่ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง [11]

2.2 กระบวนการอบแห้งหลายขั้นตอน

การอบแห้งกล้วยแผ่นประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อย ในขั้นตอนแรกอบแห้งกล้วยแผ่นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ภายใต้ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที จนความชื้นของกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมทองแผ่นลดลงถึงร้อยละ 30 และ 25 ฐานแห้ง ตามลำดับ [4, 9, 20] หลังจากนั้นนำกล้วยมาฟัพฟิงโดยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150 170 และ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำกล้วยแผ่นมาอบแห้งในขั้นตอนสุดท้ายด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ซ้ำอีกครั้ง จนกระทั่งความชื้นสุดท้ายเหลือร้อยละ 4 ฐานแห้ง

2.3 การวัดอัตราส่วนปริมาตร

การหัดตัวของกล้วยกรอบพิจารณาในเทอมของอัตราส่วนปริมาตรโดยใช้วิธีการแทนที่ในของแข็งด้วย Glass Beads วิธีการหาปริมาตรของกล้วยแผ่นปฏิบัติตามรายงานวิจัยของ P. Tantong et al. [10] การวัดปริมาตรของกล้วยกรอบในแต่ละสภาวะการทดลองจะทำการทดสอบซ้ำ 20 ครั้ง การวัดอัตราส่วนปริมาตรสามารถหาได้จากสมการที่ (1)

$$\text{Volume ratio (\%)} = \frac{V}{V_i} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่

V_i คือ ปริมาตรของกล้วยแผ่นก่อนอบแห้ง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

V คือ ปริมาตรของกล้วยแผ่นหลังอบแห้ง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

2.4 การวัดเนื้อสัมผัส

การทดสอบด้านเนื้อสัมผัสของกล้วยกรอบใช้เครื่องทดสอบเนื้อสัมผัส (Stable Micro Systems, รุ่น TA-XT Plus, Surrey, UK) การทดสอบใช้หัวกดแบบตัด (HDP-BSK Type) โดยวางกล้วยแผ่นบนแท่นวางตัวอย่างแล้วใช้ใบมีดกดลงบนตัวอย่างกล้วยด้วยความเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อวินาที [8] จนกระทั่งกล้วยแผ่นแตกและแยกออกจากกัน ทำการทดสอบเนื้อสัมผัสซ้ำ 20 ครั้งต่อสภาวะการทดลอง แล้วนำค่าทั้งหมดจากการทดสอบมาหาค่าเฉลี่ย คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของกล้วยกรอบพิจารณาในเทอมของค่าความแข็ง (Hardness) และความชันเริ่มต้น (Initial Slope) [4], [8]

2.5 การวัดสี

สีของกล้วยกรอบวัดค่าโดยใช้เครื่องวัดสีของอาหาร (Hunter Lab, รุ่น Colour Flex, VA, UK) ที่แหล่งกำเนิดของแสง D65 และมุมมอง 10 องศา [3] การวัดค่าสีของกล้วยแผ่นทำในแนวระนาบและแสดงค่าสีในเทอมของค่าความสว่าง (Lightness, L^*) ค่าความ

เป็นสีแดงและสีเขียว (Redness, a^*) และค่าความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (Yellowness, b^*) ก่อนการวัดค่าสีของกล้วยอบแห้งต้องปรับเทียบเครื่องวัดสีอาหารด้วยแผ่นสีขาวและแผ่นสีดำมาตรฐาน การทดสอบน้ำหนักกล้วยแผ่นวางบนแท่นแล้วครอบกล้วยด้วยฝาโลหะแล้ววัดค่าสี จากนั้นนำค่าพารามิเตอร์สี a^* และ b^* ที่วัดได้มาคำนวณหาค่าโทนสี ($h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$) [8] การทดสอบจะทำการทดสอบซ้ำ 20 ครั้งต่อสภาวะการทดลอง แล้วนำค่าจากการทดสอบมาหาค่าเฉลี่ย

2.6 การวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาค

นำตัวอย่างเนื้อเยื่อของกล้วยก่อนอบแห้งซึ่งได้มาจากด้านในที่ระยะห่างจากผิวกล้วยประมาณ 2 – 3 มิลลิเมตร มาแช่ด้วยสาร Glutaraldehyde ที่เข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยปริมาตร และ Phosphate buffer 0.1 โมลาร์ แช่ตัวอย่างไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงแช่ตัวอย่างในสารละลาย Osmium Tetroxide ที่เข้มข้นร้อยละ 2 โดยมวลต่อปริมาตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำตัวอย่างมาล้างด้วยน้ำกลั่นและกำจัดความชื้นด้วย Acetone ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30-100 โดยปริมาตร จากนั้นเนื้อเยื่อกล้วยจะถูกแทนที่ด้วย Spurr's Resin เป็นเวลา 7 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ตัวอย่างถูกตัดเป็นชิ้นขนาดเล็กโดยใช้เครื่อง Ultramicrotome (Leica, รุ่น EM UC7, Vienna, Austria) ที่ความหนา 1 ไมโครเมตร และย้อมด้วย Toluidine Blue ที่เข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร และ Basic Fuchsin ที่เข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร แล้วนำตัวอย่างที่ได้มาส่องด้วยเครื่อง Light Microscope (Zeiss, รุ่น Axio star plus, Göttingen, Germany)

2.7 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยก่อนอบแห้ง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมทองก่อนอบแห้งจะทำการวิเคราะห์

หาปริมาณสตาร์ช น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตส โดยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีทั้งหมดจะปฏิบัติตามรายงานวิจัยของ Tantong et al. [10]

2.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลจากการทดลอง ได้แก่ ปริมาณสตาร์ช ปริมาณน้ำตาล สี อัตราส่วนปริมาตร ความแข็งและความชื้นเริ่มต้น ถูกทำการวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ ANOVA (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเชิงพหุที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) การวิเคราะห์ผลทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS® เวอร์ชัน 21 (IBM Corp, Armonk, NY, USA)

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 โครงสร้างระดับจุลภาคของกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมทองก่อนอบแห้ง

รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างระดับจุลภาคของกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่านการลวกและผ่านการลวกน้ำร้อนโดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Light Microscope เซลล์ของกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่านการลวกมีลักษณะรูปร่างกลมบางส่วนและรูปร่างรีบางส่วน โดยภายในเซลล์ยังคงปรากฏอนุภาคสตาร์ช ดังแสดงในรูปที่ 1 (ก) และ (ข) ผนังเซลล์ของกล้วยทั้งสองพันธุ์มีลักษณะเรียบและยังคงมีความสมบูรณ์จึงสามารถสังเกตเห็นได้ง่าย ลักษณะผนังเซลล์ที่ปรากฏนี้เนื่องจากภายในโครงสร้างผนังเซลล์ยังมีสารโมเลกุลใหญ่ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพกติน อยู่ในปริมาณมาก [17] ผนังเซลล์ที่ยังมีความสมบูรณ์ช่วยให้เซลล์มีความแข็งแรงและคงรูปร่างอยู่ได้ โดย S. Paengkanya et al. [14] รายงานผลการศึกษาที่สอดคล้องกัน อย่างไรก็ตาม ผนังเซลล์ของกล้วยน้ำว้าจะสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนกว่ากล้วยหอมทอง อาจเนื่องจากว่าผนังเซลล์ของกล้วยน้ำว้ามีสารโมเลกุลใหญ่ภายในโครงสร้างมากกว่าผนังเซลล์ของกล้วยหอมทอง ส่งผลให้การส่องผ่านของแสงบริเวณผนังเซลล์กล้วยน้ำว้าด้วยเครื่อง Light

Microscope มีปริมาณลดลง นอกจากนี้เซลล์ของกล้วยที่ไม่ผ่านการลวกทั้งสองพันธุ์มีการยึดเกาะกันระหว่างเซลล์ได้ดี การยึดเกาะกันระหว่างเซลล์เนื่องจากมีชั้น Middle Lamellar เป็นตัวประสานเชื่อมเซลล์ให้ติดกัน [16], [17]

อย่างไรก็ตามเมื่อลวกกล้วยแผ่นทั้งสองพันธุ์ด้วยน้ำร้อนพบว่าภายในโครงสร้างมีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในรูปที่ 1 (ค) และ (ง) เซลล์ของกล้วยมีรูปร่างไม่แน่นอน รวมทั้งผนังเซลล์มีลักษณะไม่เรียบและสังเกตเห็นผนังเซลล์ได้ยาก ลักษณะของผนังเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงนี้เนื่องจากการลวกด้วยความร้อนทำให้สารโมเลกุลใหญ่ภายในโครงสร้างผนังเซลล์เกิดการเสื่อมสลายตัวและมีขนาดเล็กลง [14], [18] ดังนั้นจึงทำให้โครงสร้างเซลล์สูญเสียความแข็งแรงจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง นอกจากนี้พบว่ากล้วยหอมทองเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์หลังการลวกน้ำร้อนมากกว่ากล้วยน้ำว้า อาจเนื่องจากผนังเซลล์ของกล้วยหอมทองมีความแข็งแรงน้อยกว่ากล้วยน้ำว้า ส่งผลให้โครงสร้างเซลล์ของกล้วยหอมทองมีความทนทานต่อความร้อนจากการลวกน้อยกว่ากล้วยน้ำว้า การลวกน้ำร้อนไม่เพียงส่งผลต่อโครงสร้างเซลล์แต่ยังส่งผลต่อการยึดติดกันระหว่างเซลล์ กล้วยทั้งสองพันธุ์สูญเสียการยึดติดกันระหว่างเซลล์บางส่วนทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเซลล์มากขึ้น การสูญเสียความสามารถในการยึดติดกันระหว่างเซลล์เนื่องจากความร้อนจากการลวกทำให้ชั้น Middle Lamellar เกิดการเสื่อมสภาพจึงส่งผลให้เซลล์สูญเสียการยึดติดกัน มีผลการทดลองที่สอดคล้องกันซึ่งรายงานโดย E. M. Ahmed et al. [16] นอกจากนี้ภายในเซลล์ของกล้วยที่ผ่านการลวกทั้งสองพันธุ์พบว่ามีสารละลายตัวของอนุภาคสตาร์ช ดังแสดงในรูปที่ 1 (ค) และ (ง)

3.2 อัตราส่วนปริมาตร

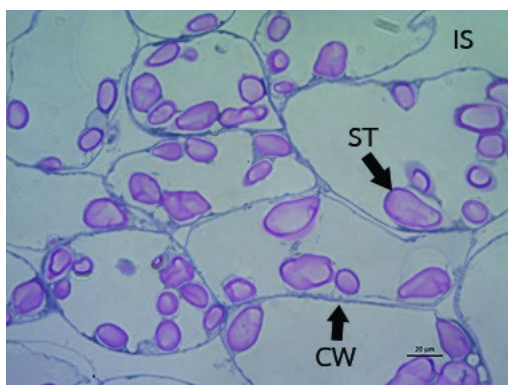
การหดตัวของกล้วยกรอบแสดงในเทอมของอัตราส่วนปริมาตร (Volume Ratio) ถ้ากล้วยกรอบมี

ร้อยละอัตราส่วนปริมาตรมากแสดงว่ากล้วยกรอบมีระดับการหดตัวน้อย [13] รูปที่ 2 แสดงผลของการลวกน้ำร้อนและระดับอุณหภูมิที่สัมพันธ์ต่ออัตราส่วนปริมาตรของกล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบ กล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบที่ไม่ผ่านการลวกมีอัตราส่วนปริมาตรร้อยละ 54.8 – 65.4 และร้อยละ 73.2 – 83.4 ตามลำดับ การลวกน้ำร้อนส่งผลต่ออัตราส่วนปริมาตรของกล้วยกรอบทั้งสองพันธุ์แตกต่างกัน การลวกกล้วยน้ำว้าก่อนอบแห้งช่วยให้กล้วยน้ำว้ากรอบมีอัตราส่วนปริมาตรเพิ่มขึ้นระหว่างร้อยละ 12.3 – 15.1 เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยกรอบที่ไม่ผ่านการลวก โดยกล้วยน้ำว้ากรอบที่ผ่านการลวกมีอัตราส่วนปริมาตรระหว่างร้อยละ 61.5 – 75.3 ขึ้นอยู่กับระดับอุณหภูมิที่พอง การลวกช่วยส่งเสริมการขยายปริมาตรเนื่องจากการลวกทำให้โครงสร้างเซลล์ของกล้วยน้ำว้าเกิดการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในรูปที่ 1 (ค) โครงสร้างเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและสูญเสียการยึดติดกันระหว่างเซลล์ ส่งผลให้โครงสร้างเซลล์มีความแข็งแรงลดลงและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น [6] ลักษณะดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้เซลล์ขยายตัวได้ดีขณะพองด้วยอุณหภูมิสูง มีรายงานของ S. Paengkanya et al. [14] ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกัน อย่างไรก็ตามการลวกน้ำร้อนทำให้กล้วยหอมทองกรอบมีอัตราส่วนปริมาตรลดลงระหว่างร้อยละ 24.0 – 28.7 เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยที่ไม่ผ่านการลวก ปริมาตรที่ลดลงอาจมีสาเหตุมาจากผนังเซลล์ของกล้วยหอมทองมีการแตกและเสียสภาพมากเกินไปดังแสดงในรูปที่ 1 (ง) จึงทำให้โครงสร้างเซลล์ไม่สามารถกักเก็บไอน้ำระหว่างขั้นตอนพองด้วยอุณหภูมิสูงได้ ส่งผลให้กล้วยหอมทองเกิดการขยายปริมาตรได้น้อยขณะพอง และมีรายงานของ C. Raikhamh et al. [13] ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกัน การลวกน้ำร้อนส่งผลให้กล้วยหอมกรอบมีอัตราส่วนปริมาตรต่ำสุดหรือเกิดการหดตัวมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยกรอบกลุ่มอื่นๆ การหดตัวที่มาก

จะส่งผลกระทบต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์กรอบ ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจลดความดึงดูดใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคได้

เมื่อพิจารณาผลของระดับอุณหภูมิพัฟฟิงต่ออัตราส่วนปริมาตร พบว่ากล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบมีอัตราส่วนปริมาตรต่ำที่สุดเมื่อพัฟฟิงด้วยอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มระดับอุณหภูมิพัฟฟิงสูงขึ้นเป็น 190 องศาเซลเซียส ช่วยให้กล้วยกรอบทุกกลุ่มมีปริมาตรเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากระดับอุณหภูมิพัฟฟิงที่สูงขึ้นทำให้เกิดการถ่ายโอนพลังงานความร้อนให้กล้วยแผ่นมากขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิภายในกล้วยแผ่นจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว [5], [11] ส่งผลให้น้ำระเหยเร็วขึ้นและเกิดการสร้างความดันไอที่สูงขึ้นด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้กล้วยแผ่นมีการขยายปริมาตรมากขึ้น รายงานวิจัยของ S. Tabtiang et al. [9] ให้ผลการ

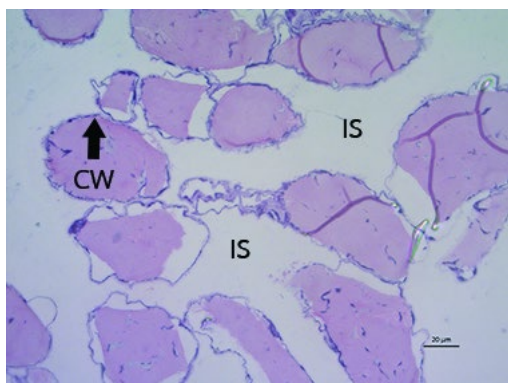
ทดลองที่สอดคล้องกัน อย่างไรก็ตามการเพิ่มระดับอุณหภูมิพัฟฟิงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนปริมาตรของกล้วยน้ำว้ากรอบที่ผ่านลวกมากกว่ากล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวก โดยกล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านลวกมีอัตราส่วนปริมาตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.2 และ 8.6 ตามลำดับ เมื่อระดับอุณหภูมิพัฟฟิงเพิ่มจาก 150 องศาเซลเซียส ไปยังระดับอุณหภูมิสูงสุด ความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนปริมาตรเนื่องจากโครงสร้างเซลล์ที่แตกต่างกันระหว่างกล้วยทั้งสองพันธุ์ โครงสร้างเซลล์ของกล้วยหอมทองมีการเสียสภาพมากกว่ากล้วยน้ำว้าหลังการลวก จึงส่งผลให้เซลล์ของกล้วยหอมทองมีความสามารถในการกักไอน้ำที่เกิดขึ้นขณะพัฟฟิงลดลง ดังนั้นการเพิ่มระดับอุณหภูมิพัฟฟิงจึงส่งผลต่อการเพิ่มปริมาตรของกล้วยหอมทองน้อยกว่ากล้วยน้ำว้า



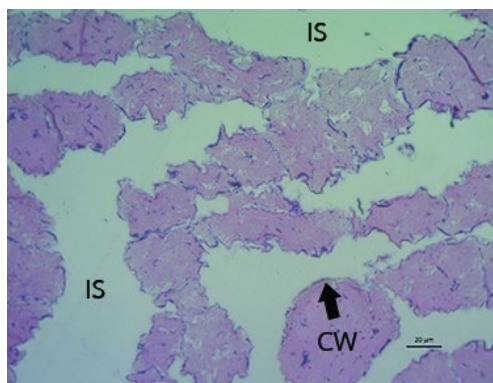
(ก) กล้วยน้ำว้าที่ไม่ผ่านการลวก



(ข) กล้วยหอมทองที่ไม่ผ่านการลวก

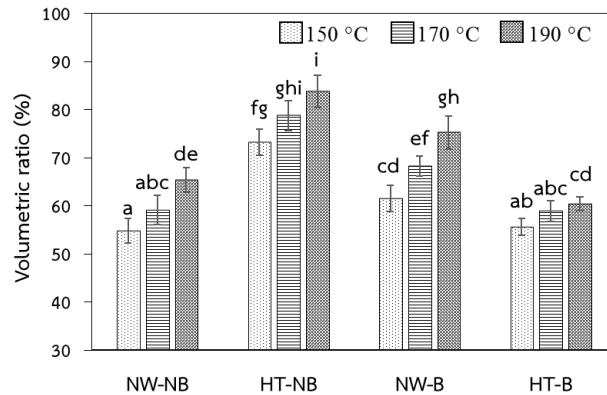


(ค) กล้วยน้ำว้าที่ผ่านการลวก

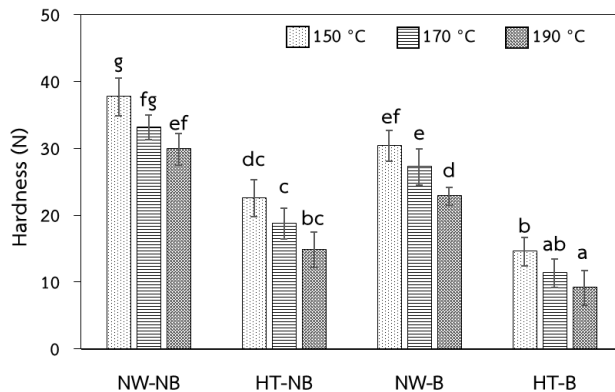


(ง) กล้วยหอมทองที่ผ่านการลวก

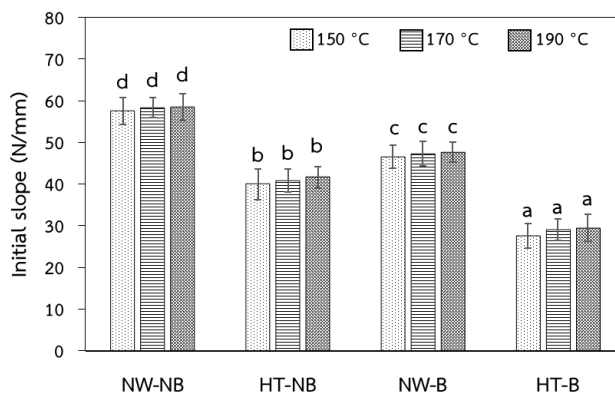
รูปที่ 1 โครงสร้างระดับจุลภาคของกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมทองที่สภาวะการปรับสภาพต่างๆ; ST = อนุภาคสตาร์ช; CW = ผนังเซลล์; IS = ช่องว่างระหว่างเซลล์



รูปที่ 2 ผลของการลวกน้ำร้อนและระดับอุณหภูมิที่พึงต่ออัตราส่วนปริมาตรของกล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบ; NW-NB = กล้วยน้ำว้ากรอบที่ไม่ผ่านการลวก; HT-NB = กล้วยหอมทองกรอบที่ไม่ผ่านการลวก; NW-B = กล้วยน้ำว้ากรอบที่ผ่านการลวก; HT-B = กล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวก



รูปที่ 3 ผลของการลวกน้ำร้อนและระดับอุณหภูมิที่พึงต่อความแข็งของเนื้อสัมผัสกล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบ; NW-NB = กล้วยน้ำว้ากรอบที่ไม่ผ่านการลวก; HT-NB = กล้วยหอมทองกรอบที่ไม่ผ่านการลวก; NW-B = กล้วยน้ำว้ากรอบที่ผ่านการลวก; HT-B = กล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวก



รูปที่ 4 ผลของการลวกน้ำร้อนและระดับอุณหภูมิที่พึงต่อค่าความชันเริ่มต้นของเนื้อสัมผัสกล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบ; NW-NB = กล้วยน้ำว้ากรอบที่ไม่ผ่านการลวก; HT-NB = กล้วยหอมทองกรอบที่ไม่ผ่านการลวก; NW-B = กล้วยน้ำว้ากรอบที่ผ่านการลวก; HT-B = กล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวก

3.3 เนื้อสัมผัส

เนื้อสัมผัสของกล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบพิจารณาในเทอมของความแข็ง (Hardness) และความชันเริ่มต้น (Initial Slope) ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ กล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบหลังการแปรรูปพบว่ามีค่าความชันสุดท้ายระหว่างร้อยละ 3.4 – 3.9 และ 3.2 – 3.8 ฐานแห้ง ตามลำดับ ซึ่งเป็นระดับความชันที่เหมาะสมจะทำให้กล้วยมีเนื้อสัมผัสที่กรอบ กล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบมีความแข็งของเนื้อสัมผัสระหว่าง 30.0 – 37.8 นิวตัน และ 14.8 – 22.5 นิวตัน ตามลำดับ ส่วนค่าความชันเริ่มต้นของกล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบมีค่าระหว่าง 57.6 – 58.5 นิวตันต่อมิลลิเมตร และ 40.0 – 41.7 นิวตันต่อมิลลิเมตร ตามลำดับ การลวกกล้วยก่อนการอบแห้งช่วยให้กล้วยกรอบมีเนื้อสัมผัสที่แข็งลดลงและค่าความชันเริ่มต้นลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยกรอบที่ไม่ผ่านการลวก ณ ระดับอุณหภูมิพัพฟิงเดียวกัน เนื่องจากว่ากล้วยที่ผ่านการลวกน้ำร้อนมีการเสียสภาพของโครงสร้างเซลล์ ส่งผลให้โครงสร้างเซลล์มีความแข็งแรงลดลง ดังนั้นจึงทำให้กล้วยกรอบมีความต้านทานต่อแรงกดเพื่อตัดขึ้นกล้วยกรอบลดลง และสอดคล้องกับรายงานวิจัยก่อนหน้านี้ S. Paengkanya et al. [14] ได้รายงานว่กล้วยน้ำว้ากรอบที่ผ่านการปรับสภาพก่อนอบแห้งด้วยการลวกน้ำร้อนหรือการนึ่งไอน้ำร้อนจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยกรอบที่ไม่ผ่านการปรับสภาพก่อนอบแห้ง

เมื่อพิจารณากล้วยหอมทองกรอบพบว่ากล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวกมีอัตราส่วนปริมาตรต่ำว่าหรือมีการหดตัวมากกว่ากล้วยหอมทองกรอบที่ไม่ผ่านการลวก ณ ระดับอุณหภูมิพัพฟิงเดียวกัน การหดตัวที่สูงของกล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวกส่งผลให้กล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวกมีความพรุนตัวของโครงสร้างภายในต่ำกว่ากล้วยหอมทองกรอบที่ไม่ผ่าน

การลวก ตัวอย่างเช่น กล้วยหอมทองกรอบที่ไม่ผ่านการลวกและกล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวก เมื่อพัพฟิงที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส จะมีความพรุนตัวของโครงสร้างภายในร้อยละ 46.3 และ 30.2 ตามลำดับ ซึ่ง S. Tabtiang et al. [8] รายงานว่กล้วยกรอบที่มีความพรุนตัวของโครงสร้างภายในสูงกว่าจะมีความแข็งของเนื้อสัมผัสน้อยกว่ากล้วยกรอบที่มีความพรุนตัวของโครงสร้างต่ำกว่า อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้กลับพบว่ากล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวกมีความแข็งของเนื้อสัมผัสน้อยกว่ากล้วยหอมทองกรอบที่ไม่ผ่านการลวก ณ ระดับอุณหภูมิพัพฟิงเดียวกัน จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าลักษณะโครงสร้างของวัตถุดิบก่อนการแปรรูปมีอิทธิพลต่อเนื้อสัมผัสมากกว่าโครงสร้างกล้วยกรอบหลังการอบแห้ง

เมื่อพิจารณาผลของระดับอุณหภูมิพัพฟิงต่อค่าความแข็ง พบว่าเมื่อกล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบมีความแข็งสูงสุดเมื่อพัพฟิงที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส การเพิ่มระดับอุณหภูมิพัพฟิงสูงขึ้นเป็น 190 องศาเซลเซียส ช่วยให้กล้วยกรอบทุกกลุ่มมีความแข็งของเนื้อสัมผัสลดลง ความแข็งที่ลดลงเนื่องจากอุณหภูมิพัพฟิงที่สูงขึ้นทำกล้วยกรอบมีอัตราส่วนปริมาตรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้โครงสร้างภายในมีความพรุนตัวสูงขึ้น ดังนั้นเนื้อสัมผัสของกล้วยกรอบจึงมีความแข็งลดลง [1], [4], [11] อย่างไรก็ตามการเพิ่มระดับอุณหภูมิพัพฟิงไม่ส่งผลต่อการเพิ่มของค่าความชันเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในกล้วยกรอบที่ไม่ผ่านการลวกและที่ผ่านการลวกน้ำร้อน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างกล้วยทั้งสองพันธุ์ พบว่ากล้วยน้ำว้ากรอบมีค่าความแข็งและค่าความชันเริ่มต้นของเนื้อสัมผัสมากกว่ากล้วยหอมทองกรอบทั้งกล้วยที่ไม่ผ่านและที่ผ่านการลวกน้ำร้อน เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของกล้วยทั้งสองพันธุ์มีความแตกต่างกัน กล้วยน้ำว้ามีปริมาณน้ำตาลมากกว่ากล้วยหอมทองทั้งสภาวะก่อนการลวกน้ำร้อนและหลังการ

ลวกน้ำร้อนดังตารางที่ 1 จึงส่งผลให้ค่าพารามิเตอร์ทั้งสองของเนื้อสัมผัสกล้วยน้ำว้ากรอบมีค่าสูงกว่ากล้วยหอมทองกรอบ ณ ระดับอุณหภูมิที่พื้เพียงเดียวกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ S. Tabtiang et al. [20]

3.4 สี

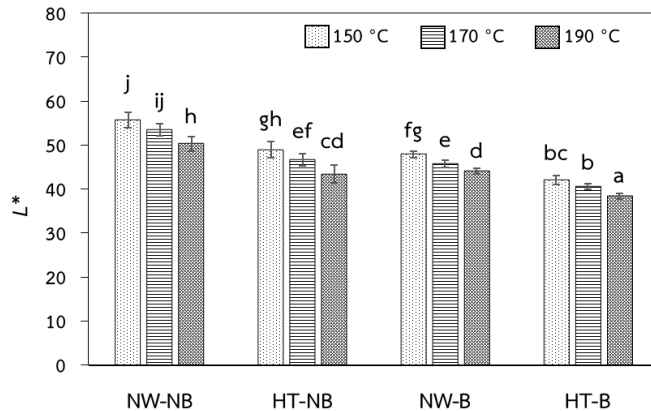
สีของกล้วยกรอบจะพิจารณาในเทอมของค่าความสว่าง (L^*) และค่าโทนสี (Hue Angle) ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6 การลวกกล้วยน้ำว้าและระดับอุณหภูมิที่พื้ส่งผลต่อค่าพารามิเตอร์สีทั้งสองของกล้วยกล้วยน้ำว้ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบที่ไม่ผ่านการลวก เมื่อพื้ด้วยอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส มีสีขาวครีมปนสีแดงและสีขาวครีมปนสีน้ำตาลเข้มตามลำดับ ลักษณะของสีกล้วยกรอบที่เกิดขึ้นทำให้กล้วยน้ำว้ากรอบมีค่าความสว่างและค่าโทนสีเท่ากับ 55.7 และ 73.4 ตามลำดับ ส่วนกล้วยหอมทองกรอบมีค่าความสว่างและค่าโทนสีเท่ากับ 48.9 และ 70.0 ตามลำดับ การลวกกล้วยก่อนการแปรรูปช่วยปรับปรุงคุณภาพสีของกล้วยกรอบทั้งสองพันธุ์ ทำให้สีของกล้วยกรอบมีความสม่ำเสมอและเกิดสีน้ำตาลคล้ำลดลง กล้วยน้ำว้ากรอบที่ผ่านการลวกมีสีเหลืองทองและมันวาว ส่วนกล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวกมีสีเหลืองทอง

ปนสีแดงและมันวาว ลักษณะสีดังกล่าวทำให้กล้วยน้ำว้ากรอบที่ผ่านการลวกมีค่าความสว่างและโทนสีเท่ากับ 47.9 และ 75.6 ตามลำดับ ส่วนกล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวกมีค่าความสว่างและโทนสีเท่ากับ 42.11 และ 72.7 ตามลำดับ ค่าความสว่างของกล้วยกรอบที่ผ่านการลวกทั้งสองพันธุ์มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยกรอบที่ไม่ผ่านการลวก สาเหตุเนื่องจากการลวกน้ำร้อนทำให้อนุภาคสตรัคเจอร์ในเซลล์ของกล้วยสลายตัวและเกิดเจลลาตินในเซชันของสตรัคเจอร์ งานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับรายงานของ Prachayawarakorn et al. [21] ซึ่งรายงานว่ากล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำก่อนอบแห้งมีค่าความสว่างลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยหอมทองกรอบที่ไม่ผ่านการนึ่งไอน้ำ นอกจากนี้ค่าโทนสีของกล้วยกรอบที่ผ่านการลวกทั้งสองพันธุ์มีค่าสูงกว่ากล้วยกรอบที่ไม่ผ่านการลวกเนื่องจากการลวกน้ำร้อนช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol Oxidase และ Peroxidase ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ใช้เอนไซม์ [14] รวมทั้งการลวกน้ำร้อนยังช่วยลดปริมาณของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวในเนื้อกล้วย ดังแสดงในตารางที่ 1 จึงส่งผลให้ผิวของกล้วยกรอบทั้งสองพันธุ์มีสีน้ำตาลลดลง

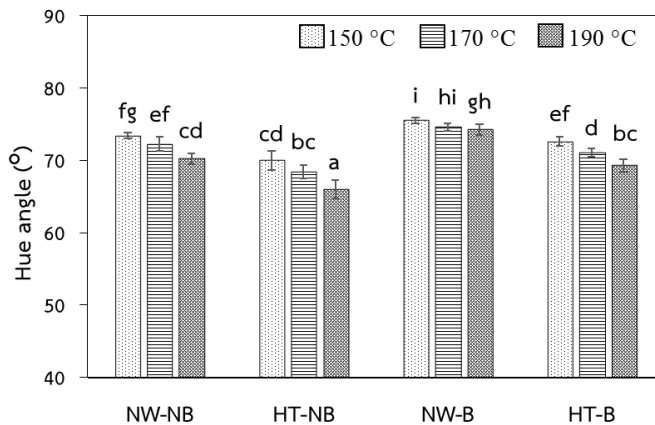
ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีในกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมทองก่อนอบแห้ง

Variety	Pretreatment	Starch (g/g dry mass)	Fructose (g/g dry mass)	Glucose (g/g dry mass)
Namwa	None-blanching	0.701 ± 0.034 ^d	0.044 ± 0.003 ^b	0.048 ± 0.004 ^{bc}
	Blanching	0.554 ± 0.028 ^c	0.030 ± 0.004 ^a	0.033 ± 0.004 ^a
Homtong	None-blanching	0.411 ± 0.025 ^b	0.058 ± 0.005 ^c	0.060 ± 0.006 ^d
	Blanching	0.202 ± 0.031 ^a	0.040 ± 0.004 ^b	0.042 ± 0.003 ^b

Note: Different superscripts in the same column indicate that the values were significantly different at a 95% confidence level



รูปที่ 5 ผลของการลวกนํ้าร้อนและระดับอุณหภูมิพืฟิฟตอค่าความสว่างของกล้วยนํ้าว่ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบ; NW-NB = กล้วยนํ้าว่ากรอบที่ไม่ผ่านการลวก; HT-NB = กล้วยหอมทองกรอบที่ไม่ผ่านการลวก; NW-B = กล้วยนํ้าว่ากรอบที่ผ่านการลวก; HT-B = กล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวก



รูปที่ 6 ผลของการลวกนํ้าร้อนและระดับอุณหภูมิพืฟิฟตอค่าโทนสีของกล้วยนํ้าว่ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบ; NW-NB = กล้วยนํ้าว่ากรอบที่ไม่ผ่านการลวก; HT-NB = กล้วยหอมทองกรอบที่ไม่ผ่านการลวก; NW-B = กล้วยนํ้าว่ากรอบที่ผ่านการลวก; HT-B = กล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวก

เมื่อพิจารณาผลของระดับอุณหภูมิพืฟิฟตอค่าพารามิเตอร์สีของกล้วยนํ้าว่ากรอบและกล้วยหอมทองกรอบ การเพิ่มระดับอุณหภูมิพืฟิฟจากต่ำสุดไปย้งระดับ 190 องศาเซลเซียส ทำให้กล้วยกรอบทุกกลุ่มมีสีนํ้าตาลมากขึ้น กล้วยนํ้าว่ากรอบและกล้วยหอมกรอบที่ไม่ผ่านการลวกมีสีขาวครีมปนสีนํ้าตาลและสีขาวครีมปนสีนํ้าตาลอมดำรวมทั้งมีรอบไหม้บางส่วนบนผิวกล้วยตามลำดับ ส่วนกล้วยนํ้าว่ากรอบที่ผ่านการลวกพบว่ามีสีเหลืองทองปนสีแดงและมันวาว สำหรับกล้วยหอมกรอบ

ที่ผ่านการลวกพบว่ามีสีเหลืองทองปนสีนํ้าตาลเข้มและมันวาว ลักษณะสีที่เกิดขึ้นดังกล่าวส่งผลให้ค่าความสว่างและค่าโทนสีของกล้วยกรอบทุกกลุ่มมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยกรอบที่พืฟิฟด้วยอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส การเพิ่มระดับอุณหภูมิพืฟิฟทำให้กล้วยกรอบเกิดสีนํ้าตาลมากขึ้นเนื่องจากระดับอุณหภูมิพืฟิฟที่สูงขึ้นจะทำให้อุณหภูมิภายในของกล้วยเพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาสีนํ้าตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ [4], [8], [11] เป็นที่

สังเกตว่าการลวกน้ำร้อนช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยกรอบทั้งสองพันธุ์เมื่ออุณหภูมิพuffingเพิ่มจากระดับต่ำสุดไปยัง 190 องศาเซลเซียส ตัวอย่างเช่นกล้วยหอมทองกรอบที่ไม่ผ่านการลวกมีค่าความสว่างและค่าโทนีสีลดลงร้อยละ 11.3 และ 5.7 ตามลำดับ ส่วนกล้วยหอมทองกรอบที่ผ่านการลวกมีค่าความสว่างและค่าโทนีสีลดลงร้อยละ 8.8 และ 4.5 ตามลำดับ การลวกช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสีเนื่องจากการลวกน้ำร้อนทำให้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวในกล้วยแผ่นมีการแพร่ออกจากกล้วยระหว่างการลวก จึงทำให้กล้วยที่ผ่านการลวกมีปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวลดลงดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ของกล้วยกรอบจึงลดลงด้วย [22]

4. สรุป

การปรับสภาพโดยการลวกน้ำร้อนและระดับอุณหภูมิพuffingส่งผลกระทบต่อคุณภาพของกล้วยกรอบทั้งสองพันธุ์ การลวกน้ำร้อนช่วยปรับปรุงคุณภาพสีของกล้วยกรอบทั้งสองพันธุ์โดยกล้วยกรอบมีสีสม่ำเสมอมากขึ้นและเกิดสีน้ำตาลลดลง อัตราส่วนปริมาตรของกล้วยน้ำว้ากรอบที่ผ่านการลวกมีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยกรอบที่ไม่ผ่านการลวก แต่การลวกกลับส่งผลให้กล้วยหอมทองกรอบมีปริมาตรลดลง การลวกน้ำร้อนร่วมกับระดับอุณหภูมิพuffingที่สูงขึ้นช่วยลดความแข็งของเนื้อสัมผัสกล้วยกรอบ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิพuffingที่ระดับสูงสุดทำให้กล้วยกรอบมีการเปลี่ยนแปลงสีมากขึ้น การลวกน้ำร้อนมีความเหมาะสมต่อการแปรรูปกล้วยน้ำว้ามากกว่ากล้วยหอมทอง และควรใช้อุณหภูมิพuffingไม่เกิน 170 องศาเซลเซียส

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณห้องปฏิบัติการอบแห้งอาหารและวัสดุชีวภาพ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้อุปกรณ์อบแห้งเพื่อการทดลองนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Saca and E. J. Lozano, "Explosion puffing of bananas," *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 27, no. 4, pp. 419 - 426, Aug. 1992.
- [2] A. S. Szczesniak, "Texture is a sensory property," *Journal of Food Quality and Preference*, vol. 13, no. 4, pp. 215 - 225, Jun. 2002.
- [3] S. Paengkanya, S. Soponronnarit and A. Nathakaranakule, "Application of microwave for drying of durian chip," *Food and Bioproducts Processing*, vol. 96, pp. 1 - 11, Oct. 2015.
- [4] C. Raikham, S. Prachayawarakorn, A. Nathakaranakule and S. Soponronnarit, "Optimum conditions of fluidized bed puffing for producing crispy banana," *Drying Technology*, vol. 31, no. 6, pp. 726 - 739, Apr. 2013.
- [5] K. Hofsetz, C. C. Lopez, M. D. Hubinger, L. Mayor and A. M. Sereno, "Change in the physical properties of bananas on applying HTST pulse during air drying," *Journal of Food Engineering*, vol. 83, no. 4, pp. 531 - 540, Dec. 2007.
- [6] A. I. Varnalis, J. G. Brennan and D. B. MacDougall, "A proposed mechanism of high- temperature puffing of potato. Part I. the influence of blanching and drying conditions on the volume of puffed cubes," *Journal of Food Engineering*, vol. 48, no. 4, pp. 361 - 367, Jun. 2001.
- [7] N. C. Shilton, A. A. Bekhit and K. Niranjana, "Optimization of a dehydration process for potato cubes using an intermediate puffing

- step,” *Potato Research*, vol. 41, no. 3, pp. 203 - 209, Jun. 1998.
- [8] S. Tabtiang, S. Prachayawarakorn and S. Soponronnarit, “Effects of osmotic treatment and superheated steam puffing temperature on drying characteristics and textural properties of banana slices,” *Drying Technology*, vol. 30, no. 1, pp. 20 - 28, Jan. 2012.
- [9] S. Tabtiang, S. Prachayawarakorn and S. Soponronnarit, “Optimum condition of producing crisp osmotic banana using superheated steam puffing,” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 97, no. 4, pp. 1244 - 1251, Mar. 2017.
- [10] P. Tanthong, S. Paengkanya and S. Tabtiang, “Effects of ripening level and puffing temperature on qualities of puffed Homthong banana slices,” *SNRU Journal of Science and Technology*, vol. 10, no. 2, pp. 116 - 123, May 2018.
- [11] S. Tabtiang and S. Prachayawarakorn, “Effects of banana ripeness and puffing temperature on crisp banana qualities and drying time,” *Journal of Agricultural Technology*, vol. 13, no. 2, pp. 281 - 292, Mar. 2017.
- [12] S. Tabtiang, S. Paengkanya and S. Soponronnarit, “Effects of microwave blanching time and puffing temperature on drying time and qualities of crisp banana,” *Journal of Food Technology (Siam University)*, vol. 16, no. 1, pp. 32 - 42, Jan. 2021.
- [13] C. Raikham, S. Prachayawarakorn, A. Nathakaranakule and S. Soponronnarit, “Influences of pretreatments and drying process including fluidized bed puffing on quality attributes and microstructural changes of banana slices,” *Drying Technology*, vol. 33, no. 8, pp. 915 - 925, May 2015.
- [14] S. Paengkanya, S. Tabtiang, S. Prachayawarakorn and S. Soponronnarit, “Comparative study of effects of hot water and steaming blanching on crisp banana qualities,” *ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports*, vol. 24, no. 1, pp. 49 - 60, Jan. 2021.
- [15] A. I. Varnalis, J. G. Brennan, D. B. McDougall and S. G. Gilmour, “Optimization of high temperature puffing of potato cubes using response surface methodology,” *Journal of Food Engineering*, vol. 61, no. 2, pp. 153 - 163, Feb. 2004.
- [16] E. M. Ahmed, S. Mirza and A. G. Arreola, “Ultrastructural and textural changes in processed carrot tissue,” *Journal of Food Quality*, vol. 14, no. 4, pp. 321 - 330, Aug. 1991.
- [17] V. Prasanna, T. N. Prabha and R. N. Tharanathan, “Fruit ripening phenomena – An overview,” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 47, no. 1, pp. 1 - 19, Jan. 2007.
- [18] S. S. Roy, T. A. Taylor and H. L. Kramer, “Textural and ultrastructural changes in carrot tissue as affected by blanching and freezing,” *Journal of Food Science*, vol. 66, no. 1, pp. 176 - 180, Jan. 2001.
- [19] L. C. Greve, R. N. McArdle, J. R. Gohlke and J. M. Labavitch, “Impact of heating on carrot

- firmness: changes in cell wall components,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 42, no. 12, pp. 2900 - 2906, Dec. 1994.
- [20] S. Tabtiang, A. Yodrux, C. Nimmol, S. Prachayawarakorn, and S. Soponronnarit, “Effects of variety and ripening level on chemical composition, microstructure change, and qualities of crisp bananas,” *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 46, no. 3, e16366, Mar. 2017.
- [21] S. Prachayawarakorn, C. Raikham and S. Soponronnarit, “Effects of ripening stage and steam time on quality attributes of fat free banana snack obtained from drying process including fluidized bed puffing,” *Journal of Food Science and Technology*, vol. 53, no. 2, pp. 946 - 955, Feb. 2016.
- [22] M. Villamiel, D. del Castillo and N. Corzo, *Food Biochemistry and Food Processing*, Y. H. Hui, W. K. Nip, L. M. L. Nollet, G. Paliyath and B. K. Simpson, 1st ed. Oxford: Blackwell, 2006, pp. 71 – 100.