

ผลของสภาวะการพuffingต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

Effect of Puffing Conditions on Quality of Crispy Banana

ถาวร จันทโชติ^{1*}

Thavorn Juntachote^{1*}

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของสภาวะการพuffingต่อคุณภาพทางด้านกายภาพและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของกล้วยแผ่นกรอบ โดยใช้กล้วยไข่แก่จัดระยะที่ 3 และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 14-18 °Brix หั่นตามขวางขนาด 2.5 มิลลิเมตร แช่กรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0.75% (w/v) เป็นเวลานาน 5 นาที แบ่งตัวอย่างเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ไม่ผ่านการพuffing และส่วนที่ผ่านการพuffing ด้วยการลวกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นทำการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ให้เหลือความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 25% d.b. ก่อนเข้าสู่กระบวนการพuffing เพื่อให้เนื้อกล้วยภายในอาหารเกิดการเดือดและระเหยกลายเป็นไอน้ำอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิในการศึกษา 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการพuffing นาน 5 นาที และที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการพuffing นาน 4 นาที ให้เหลือความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 4% d.b. จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้านสี การหดตัว (Shrinkage) และเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ พบว่ากล้วยแผ่นกรอบที่ไม่ผ่านการพuffing มีค่า L^* และค่า b^* ที่สูง และค่า a^* ที่ต่ำกว่ากล้วยแผ่นกรอบที่ผ่านการพuffing และเมื่อใช้อุณหภูมิในการพuffing สูงขึ้นจะทำให้กล้วยแผ่นกรอบมีค่า L^* และค่า b^* ที่ลดลง และค่า a^* ที่เพิ่มขึ้น การพuffing และอุณหภูมิที่ใช้ในการพuffing ส่งผลต่อค่าการหดตัวและค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นที่ผ่านและไม่ผ่านการพuffing และทำการพuffing ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งและค่าการหดตัวน้อยกว่าการพuffing ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่ไม่ผ่านการพuffing และทำการพuffing ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส หรือที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส มีคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความกรอบ และความชอบรวมสูงกว่าผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่ผ่านการพuffing ($p < 0.05$)

คำสำคัญ: กล้วยไข่ เทคนิคการพuffing การพuffing เนื้อกล้วย ค่าการหดตัว เนื้อสัมผัส

¹ อ. ดร., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Faculty Dr., Food Science and Technology Program, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung, 93210

* Corresponding author: Tel.: 085-0803987. E-mail address: tjuntachote@hotmail.com

Abstract

The effect of puffing condition on physical properties and sensory evaluation of crispy banana was studied. Bananas with a mature ripe stage of 3 containing 14-18 °Brix was peeled and sliced into approximately 2.5 mm thickness, dipped into 0.75% (w/v) citric acid for 5 minutes and randomly divided into 2 groups for treatments. One group was pretreated with blanching at a temperature of 90 °C for 1 min while the another group without blanching. The banana with and without pretreatment were dried in the hot air oven at a temperature of 90 °C to final moisture content of 25% d.b. and followed by puffing them with hot air to boil and evaporate the moisture quickly at temperature of 170 °C for 5 min and 160 °C for 4 min to obtain moisture content of 4% d.b. The physical properties of color, shrinkage and texture (Hardness) of the crispy banana were studied. The experiment results showed that the crispy banana without pretreatment condition resulted in high L^* and b^* value and low a^* value as compared to crispy banana with pretreatment whereas the crispy banana at high puffing temperature had lower L^* and b^* value and higher with a^* value than that puffed at low temperature. The pretreatment and puffing temperature have a significant effect on shrinkage and hardness of crispy banana ($p < 0.05$). The crispy banana with and without pretreatment and puffing at temperature of 170 °C showed lower hardness and shrinkage than puffing at temperature of 160 °C. Sensory evaluation results showed the crispy banana without pretreatment and puffed at temperature of 160 °C or 170 °C had higher acceptable average score in terms of color, odor, crispy and overall liking attributes than that of pretreatment crispy banana ($p < 0.05$).

Keywords: Banana, Puffing, Pretreatment, Shrinkage, Texture

บทนำ

กล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมบริโภคโดยทั่วไป มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Musa Jaradisiaca* L. var. *sapientum* O. Ktze วงศ์ Musaceae กล้วยเป็นพืชที่ปลูกง่ายในทุกภาคของประเทศไทย เติบโตเร็ว ให้ผลตลอดปี และเหมาะต่อการบริโภคสำหรับทุกเพศทุกวัย เนื่องจากมีรสชาติหวาน เนื้อนุ่ม และมีกลิ่นหอม นอกจากนี้ยังเป็นผลไม้ที่อุดมด้วยคุณค่าทางอาหารในการบริโภคสดหรือการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น กล้วยไข่มีวิตามินต่างๆ ไอโอดีน และสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น กล้วยไข่ที่มีอายุการเก็บรักษาก่อนข้างสั้นและมีปัญหาเรื่องผิวดกกระ (Senescent Spotting) ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ของผู้บริโภค [1] อีกทั้งในช่วงของปีกล้วยไข่จะมีปริมาณมากและมีราคาต่ำหรือเป็นกล้วยที่มีคุณภาพต่ำเหลือจากการคัดคุณภาพขนาดมาตรฐาน จึงจำเป็นต้องนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าและช่วยทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น กล้วยไข่นิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ เช่น กล้วยฉาบ กล้วยตาก กล้วยกวน และกล้วยทอดกรอบ เป็นต้น ปัจจุบันผลิตภัณฑ์กล้วยไข่แผ่นกรอบที่จำหน่ายโดยทั่วไปในท้องตลาดนิยมใช้กล้วยดิบมาทำการแปรรูปด้วยวิธีการทอดในน้ำมันที่ใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 180-200 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นบาง พองกรอบ มีสีเหลืองอ่อน และสามารถนำไปปรุงรสด้วยเกลือหรือน้ำตาล เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานานผลิตภัณฑ์จะเกิดกลิ่นหืนได้ง่าย เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันกับออกซิเจน กล้วยไข่แผ่นทอดกรอบเป็นผลิตภัณฑ์ของขบเคี้ยวหรืออาหารว่างที่ค่อนข้างมีไขมันสูง ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจเรื่องสุขภาพและควบคุมน้ำหนัก ซึ่งการแปรรูปกล้วยไข่แผ่นทอดกรอบในช่วงขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ เช่น การปอกเปลือกและการผ่านกล้วยเป็นแผ่นบาง มักจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อกล้วยอย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลกับออกซิเจนได้เป็นสารสีน้ำตาล ปฏิกิริยานี้สามารถยับยั้งด้วยการให้ความร้อนด้วยการลวกด้วยน้ำร้อนหรือน้ำ และการแช่ในสารเคมีจำพวกกรดต่างๆ เช่น กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก เป็นต้น [2] ในการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วย

ที่มีลักษณะพองกรอบนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทอดในน้ำมันที่สภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะความดันต่ำกว่าบรรยากาศ การอบแห้งภายใต้สภาวะสุญญากาศ การอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และการพuffing (Puffing) เป็นต้น ซึ่งวิธีการแปรรูปที่แตกต่างกันจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพในด้านสี เนื้อสัมผัส ความเป็นรูพรุน การหดตัว และความกรอบรวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ไม่เท่ากัน กระบวนการพuffing (Puffing) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถแปรรูปกล้วยกรอบให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายกล้วยที่ผ่านการทอด ข้อดีของวิธีการนี้ คือ ผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบที่ได้จะไม่มียeast ประกอบของน้ำมัน หลักการของกระบวนการพuffing ทำได้ด้วยการใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาสั้นๆ เพื่อทำให้น้ำที่อยู่ภายในชิ้นอาหารเกิดการเดือด และระเหยกลายเป็นไพอ่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้แรงดันภายในชิ้นอาหารมีค่ามากขึ้น ส่งผลให้เนื้ออาหารเกิดการขยายตัวและมีรูพรุนเกิดขึ้น ซึ่งหากอุณหภูมิของชิ้นอาหารต่ำเกินไป จะทำให้การเดือดของน้ำภายในชิ้นอาหารเกิดขึ้นได้น้อย แต่หากชิ้นอาหารมีความชื้นสูงเกินไปจะทำให้ให้น้ำในชิ้นอาหารเกิดการเดือดอย่างรุนแรงจนทำให้ชิ้นอาหารอาจแตกได้ กระบวนการพuffing สามารถทำได้โดยการใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด [3] ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาผลของการพuffing ด้วยวิธีการลวกแผ่นกล้วยดิบในน้ำร้อน และผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการพuffing ที่มีต่อคุณภาพด้านสี การหดตัว ความกรอบ และทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่แผ่นกรอบ และเป็นแนวทางในการพัฒนาการแปรรูปผลิตภัณฑ์ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

1. การเตรียมวัตถุดิบ

นำกล้วยไข่สุกระยะที่ 3 ซึ่งพิจารณาได้จากสีของเปลือกเขียวออกเหลืองเล็กน้อย โดยเนื้อกล้วยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid; TSS) ประมาณ 14-18 °Brix ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลกล้วยไข่ประมาณ 25 มิลลิเมตร นำกล้วยไข่มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และหั่นตามขวางขนาด 2.5 มิลลิเมตร นำไปแช่ในกรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0.75% (w/v) นานเวลา 5 นาที เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อกล้วย แบ่งกล้วยแผ่นที่ได้ออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 ไม่พuffing และกลุ่มที่ 2 นำกล้วยมาลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้แป้งที่อยู่ในกล้วยเกิดการเจลาไลไนซ์ หลังจากนั้นนำตัวอย่างของแต่ละกลุ่มมาล้างด้วยน้ำกลั่นนาน 30 วินาที ซับน้ำให้แห้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วนำไปจัดเรียงบนตะแกรงก่อนเข้าเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด (Tray Dryer) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ให้เหลือความชื้นประมาณ 25 % d.b. สำหรับกล้วยที่ไม่ผ่านการลวกจะใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 100-110 นาที และกล้วยที่ผ่านการลวกใช้เวลา 120-125 นาที นำกล้วยทั้ง 2 กลุ่มๆ ละ 250 กรัม มาทำการพuffing ด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ใช้เวลานาน 5 นาที และที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ใช้เวลานาน 4 นาที ให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 4 % d.b. หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เช่น ค่าสี การหดตัว และเนื้อสัมผัส และทางด้านประสาทสัมผัส

2. การทดสอบคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์

สีของกล้วยแผ่นทำการวัด โดยใช้เครื่องวัดสีอาหาร Hunter Lab โดยวัดสีค่าของกล้วยแผ่นกรอบตามระบบ Hunter ซึ่งแสดงในเทอมของตัวแปร L^* , a^* และ b^* โดยค่า L^* แสดงค่าความสว่าง ค่า a^* แสดงค่าสีแดง และสีเขียว ค่า b^* แสดงค่าสีเหลืองและน้ำเงิน การทดสอบจะใช้กล้วยแผ่นกรอบจำนวน 12 ตัวอย่าง และวัดสีตัวอย่างละ 3 ครั้ง

3. การทดสอบคุณภาพด้านการหดตัวของผลิตภัณฑ์

ในการทดสอบการหดตัวของกล้วยแผ่นกรอบ ด้วยการวัดความหนาและเส้นผ่านศูนย์กลางของกล้วยแผ่นกรอบก่อนและหลังการทำพuffing ด้วยเครื่องเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ใช้ตัวอย่างจำนวน 10 ชิ้น และจะทำการวัดที่ตำแหน่งต่างๆ ของ

แผ่นกล้วย 3 ตำแหน่ง ค่าการหดตัวของตัวอย่างจะแสดงในคำร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความหนาและเส้นผ่านศูนย์กลางสามารถคำนวณได้จากสมการ [4-5]

$$\% \text{ Shrinkage} = \frac{d_o - d_t}{d_o} \times 100$$

โดย d_o คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างเริ่มต้น

d_t คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของหลังการฟัฟฟิง

4. การทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

การทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่นกรอบหลังการฟัฟฟิง โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT. Plus โดยทำการทดสอบในลักษณะของแรงกด (Compression) ใช้หัวกดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร และความเร็วในการกด 1 mm/s โดยกดจนกระทั่งตัวอย่างแตกออกจากกัน พิจารณาคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่นกรอบจากค่าความแข็ง (Hardness)

5. การทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation) ของกล้วยแผ่นกรอบหลังการฟัฟฟิง ประเมินค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Appearance) สี (Color) รสชาติ (Flavor) ความกรอบ (Crispness) และความชอบโดยรวม (Overall Liking) โดยใช้วิธีทดสอบค่าคะแนนความชอบ (Liking Test) ของผู้ทดสอบด้วยสเกลความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมประเภทผู้ทดสอบทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (Un-Training) จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนิสิตจากคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อายุระหว่าง 19-23 ปี

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Data analysis)

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ สำหรับการประเมินลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบและวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) สำหรับการประเมินค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทรีดเมนต์โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. คุณภาพทางด้านกายภาพของกล้วยแผ่นกรอบภายหลังการฟัฟฟิง

1.1 ด้านสี

ผลของการวิเคราะห์ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของกล้วยแผ่นกรอบที่ไม่ผ่านและผ่านการฟัฟฟิงที่ 160 °C และ 170 °C ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 พบว่ากล้วยแผ่นกรอบที่ไม่ผ่านการฟัฟฟิงมีสีเหลืองทอง โดยมีค่า L^* และค่า b^* ที่สูง และค่า a^* ที่ต่ำกว่ากล้วยแผ่นกรอบที่ผ่านการฟัฟฟิง ซึ่งมีสีเหลืองปนน้ำตาล ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนในการฟัฟฟิงทำให้เกิดการสลายเป็นน้ำตาลมากขึ้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีน้ำตาลระหว่างกรอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 °C เพื่อลดความชื้นเหลือ 25% และเมื่อนำไปผ่านกระบวนการฟัฟฟิงแผ่นกล้วยจึงมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ขณะที่เมื่อใช้อุณหภูมิในการฟัฟฟิงสูงขึ้นจะทำให้แผ่นกล้วยมีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากค่า L^* และค่า b^* ที่ลดลง และค่า a^* ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการฟัฟฟิงที่อุณหภูมิสูงอาจส่งผล

ให้เกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) ของพอลิแซ็กคาไรด์พวกน้ำตาลและแป้งในเนื้อเยื่อกล้วย [6] จึงทำให้กล้วยแผ่นกรอบเกิดสีน้ำตาลได้มากกว่าการทำฟุ้งที่อุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 1 ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของกล้วยแผ่นกรอบที่ผ่านการฟritที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที และไม่ผ่านการฟritที่อุณหภูมิ 160 และ 170 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (°C)	กระบวนการ	ค่าสี		
		L^*	a^*	b^*
160	ไม่ผ่านการฟritที่อุณหภูมิ	58.67 ± 6.40^c	4.80 ± 0.53^a	26.83 ± 1.14^c
	ผ่านการฟritที่อุณหภูมิ	48.79 ± 4.09^a	6.87 ± 0.92^c	16.81 ± 1.17^a
170	ไม่ผ่านการฟritที่อุณหภูมิ	54.01 ± 0.46^b	4.96 ± 0.48^a	25.01 ± 5.25^b
	ผ่านการฟritที่อุณหภูมิ	47.39 ± 4.41^a	5.89 ± 1.43^b	16.58 ± 1.25^a

ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-c} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.2 ด้านการหดตัว

การหดตัวของกล้วยแผ่นกรอบหลังการฟุ้ง แสดงดังตารางที่ 2 พบว่ากล้วยที่ผ่านการฟุ้งที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการหดตัวมากกว่าการฟุ้งที่อุณหภูมิต่ำ โดยกล้วยแผ่นกรอบที่ผ่านการฟุ้งที่อุณหภูมิ 160 °C และ 170 °C มีค่าการหดตัวทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) อยู่ในช่วง 9.09-13.68% และ 7.95-11.48% ตามลำดับ และมีค่าการหดตัวทางด้านความหนา (L) อยู่ในช่วง 28.09-43.38% และ 24.65-35.50% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการฟุ้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้มีการระเหยของน้ำที่ผิวของแผ่นกล้วยเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและทำให้เกิดการแข็งตัวบริเวณผิวของแผ่นกล้วย ซึ่งจะช่วยรักษารูปทรงและปริมาตรของกล้วยแผ่นไม่ให้หดตัวมากขึ้น นอกจากนี้แผ่นกล้วยจะเกิดการหดตัวทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าทางด้านความหนา เนื่องจากทางด้านความหนา มีพื้นที่การระเหยมากกว่าทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งการระเหยของน้ำได้ยากกว่า นอกจากนี้การฟritที่อุณหภูมิสูงส่งผลต่อการหดตัวของแผ่นกล้วยอีกด้วย โดยกล้วยแผ่นที่ผ่านการลวกจะเกิดการหดตัวมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผลของความร้อนจะทำให้เซลล์เกิดการเสื่อมสภาพและเกิดการสูญเสียน้ำซึ่งเป็นสารที่ช่วยเสริมผนังเซลล์ให้หนาและแข็งแรง [7-9] โดยกล้วยแผ่นกรอบที่ไม่ผ่านการฟritที่อุณหภูมิ 160 °C และ 170 °C มีค่าการหดตัวทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) และด้านความหนา (L) อยู่ในช่วง 7.95-9.09% และ 24.65-28.09% ตามลำดับ และกล้วยแผ่นกรอบที่ผ่านการฟritที่อุณหภูมิ 160 °C มีค่าการหดตัวทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) และด้านความหนา (L) อยู่ในช่วง 11.48-13.68% และ 35.50-43.38% ตามลำดับ

1.3 ด้านเนื้อสัมผัส

คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่นกรอบจะพิจารณาจากความแข็ง ซึ่งจะแสดงถึงความกรอบของอาหาร โดยผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบมากจะมีค่าความแข็งน้อย ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็ง (Hardness) ของกล้วยแผ่นกรอบ แสดงดังตารางที่ 3 พบว่ากล้วยที่ผ่านการฟุ้งที่อุณหภูมิสูงจะมีค่าความแข็งมากกว่าการฟุ้งที่อุณหภูมิต่ำ โดยกล้วยแผ่นกรอบที่ผ่านการฟุ้งที่อุณหภูมิ 160 °C และ 170 °C มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 510.90-579.00 และ 266.62-389.83 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการฟุ้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ในแผ่นกล้วยเกิดการเดือดและระเหยกลายเป็นไอน้ำได้อย่างรวดเร็ว แผ่นกล้วยจะเกิดการพองตัวได้มาก มีช่องว่างหรือโพรงอากาศภายในมากขึ้น ทำให้แผ่นกล้วยมีค่าความแข็งน้อยและมีความกรอบมากขึ้นขณะที่การฟุ้งที่อุณหภูมิต่ำในแผ่นกล้วยจะเดือดน้อยกว่าโครงสร้างจะเกิดการพองตัวและยุบตัวลง และมีการหดตัวมากขึ้นจึงเป็นสาเหตุให้แผ่นกล้วยมีความแข็งมากขึ้น

ตารางที่ 2 ค่าการหดตัวทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) และทางด้านความหนา (L) ของกล้วยแผ่นกรอบที่ผ่านการฟัฟฟิงที่ 160 °C และ 170 °C โดยไม่ผ่านการฟัฟฟิงที่ 160 °C และ 170 °C และผ่านการฟัฟฟิงที่ 160 °C และ 170 °C

อุณหภูมิ (°C)	กระบวนการ	%Shrinkage (D)	%Shrinkage (L)
160	ไม่ผ่านการฟัฟฟิง	9.09 ± 1.04 ^b	28.09 ± 1.73 ^b
	ผ่านการฟัฟฟิง	13.68 ± 1.96 ^d	43.38 ± 2.41 ^d
170	ไม่ผ่านการฟัฟฟิง	7.95 ± 1.19 ^a	24.65 ± 1.35 ^a
	ผ่านการฟัฟฟิง	11.48 ± 1.32 ^c	35.50 ± 2.52 ^c

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-d} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

นอกจากนี้การฟัฟฟิงยังส่งผลต่อค่าความแข็งของกล้วยอีกด้วย โดยกล้วยที่ผ่านการลวกจะมีความแข็งแรงลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความร้อนมีผลต่อการลดลงของเพคติน จึงทำให้กล้วยมีความกรอบเพิ่มขึ้น โดยกล้วยที่ผ่านการฟัฟฟิงและทำการฟัฟฟิงที่อุณหภูมิ 170 °C มีความแข็งต่ำที่สุด เท่ากับ 266 กรัม

ตารางที่ 3 ค่าความแข็ง (Hardness) ของกล้วยแผ่นกรอบที่ผ่านการฟัฟฟิงที่ 160 °C และ 170 °C โดยไม่ผ่านการฟัฟฟิงที่ 160 °C และ 170 °C และผ่านการฟัฟฟิงที่ 160 °C และ 170 °C

อุณหภูมิ (°C)	กระบวนการ	ค่าความแข็ง (g)
160	ไม่ผ่านการฟัฟฟิง	579.00 ± 168.02 ^d
	ผ่านการฟัฟฟิง	510.90 ± 59.86 ^c
170	ไม่ผ่านการฟัฟฟิง	389.83 ± 103.79 ^b
	ผ่านการฟัฟฟิง	266.62 ± 35.81 ^a

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-d} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของกล้วยแผ่นกรอบภายหลังการฟัฟฟิง

จากการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของกล้วยแผ่นกรอบที่ไม่ผ่านและผ่านการฟัฟฟิงที่ 160 °C และ 170 °C โดยใช้ผู้ทดสอบชิมทำการประเมินการยอมรับด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale ซึ่งคะแนน 9 หมายถึง ยอมรับมากที่สุด และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุด ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4 พบว่ากล้วยที่ผ่านการฟัฟฟิงที่ 160 °C และ 170 °C มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี และรสชาติที่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ยกเว้นการยอมรับด้านความกรอบและความชอบรวม ($p < 0.05$) โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการฟัฟฟิงจะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพด้านความกรอบ ซึ่งการฟัฟฟิงที่อุณหภูมิสูงจะทำให้กล้วยแผ่นกรอบมีการหดตัวน้อย และมีความกรอบมากขึ้นกว่าการฟัฟฟิงที่อุณหภูมิต่ำ และคุณภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันจะส่งผลอย่างยิ่งต่อการยอมรับด้านความชอบรวมของผู้ทดสอบ นอกจากนี้การฟัฟฟิงยังส่งผลต่อคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของกล้วยแผ่นกรอบ โดยกล้วยแผ่นกรอบที่ไม่ผ่านและผ่านการฟัฟฟิงที่มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบรวมที่แตกต่างกัน ($p < 0.05$) ยกเว้นการยอมรับด้านรสชาติและด้านความกรอบ ($p > 0.05$) สีของผลิตภัณฑ์เป็นคุณลักษณะที่ใช้ในการบ่งชี้ของอาหารทอดกรอบและอบกรอบหลายชนิด กล้วยแผ่นกรอบที่ผ่าน

- [5] Barat, J. M., Fito, P. and Chiralt, A. (2001). "Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues", **Journal of Food Engineering**. 49, 77-85.
- [6] Wilford, L. G., Sabarez, H. and Price, W.E. (1997). "Kinetics of carbohydrate change during dehydration of d'Agen prunes", **Food Chemistry**. 59(1), 149-155.
- [7] Taiwo, K. A. and Adeyemi, O. (2009). "Influence of blanching on the drying and rehydration of banana slices", **African Journal of Food Science**. 3(10), 307-315.
- [8] Levi, A., Ramirez-Martinez, J. R. and Padua, H. (1980). "Influence of heat and sulphur dioxide treatments on some quality characteristics of dehydrated peaches", **Journal of Food Technology**. 15, 557-566.
- [9] Knee, M. and Bartley, I. M. (1981). **Composition and metabolism of cell wall polysaccharides in ripening fruits**. New York: Academic Press.
- [10] Singthong, J. and Thongkaew, C. (2009). "Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips", **LWT-Food Science and Technology**. 42, 1199-1203.