

บทที่ 4 ศึกษาการพรีทรีทเมนต์ร่วมกับการพффิงที่มีต่อ คุณภาพของกล้วยแผ่น

4.1 บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวไร้ไขมันที่มีปริมาณแคลอรี และไขมันต่ำ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่แปรรูปมาจากผลไม้กำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ (Huang and Zhang, 2012) เนื่องจากผลไม้เป็นส่วนหนึ่งของอาหารประจำวัน และยังมีคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากลักษณะของขนมขบเคี้ยวดังกล่าวแล้ว ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารกรอบเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพที่สำคัญของอาหารอีกสมบัติหนึ่งที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค (Szczeniak and Kahn, 1984) โดยเนื้อสัมผัสที่กรอบมีความสัมพันธ์กับการลดลงอย่างรวดเร็วของแรงในระหว่างการเคี้ยว ซึ่งขึ้นอยู่กับการแตกหัก และความเปราะของวัสดุ (Vincent et al., 1998)

การแปรรูปขนมขบเคี้ยวไร้ไขมันเพื่อให้ได้ลักษณะที่เหมาะสมดังกล่าวยังดำเนินการด้วยกันหลายวิธี เทคนิคการพффิงเป็นทางเลือกหนึ่งซึ่งสามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ สำหรับเทคนิคนี้ใช้อุณหภูมิพффิงสูงด้วยระยะเวลาสั้น เพื่อกระตุ้นอัตราการระเหยของความชื้นที่อยู่ภายในวัสดุ ทำให้เกิดแรงดันสูงภายในวัสดุ ซึ่งจะทำให้วัสดุเกิดการขยายตัว (Payne et al., 1989) ปัจจัยสำหรับกระบวนการพффิงมีด้วยกันหลายตัวแปร เช่น ความชื้นเริ่มต้นก่อนพффิง อุณหภูมิ และเวลาพффิง การลวกและความหนา เป็นต้น ที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้แก่ การขยายตัว เนื้อสัมผัส และสี (Nath et al., 2007; Shilton et al., 1998 และ Vamalis et al., 2004)

การลวกตัวอย่างก่อนนำไปผ่านกระบวนการพффิง สามารถเพิ่มความยืดหยุ่น และลดการซึมผ่านของไอน้ำออกจากวัสดุได้ จึงทำให้วัสดุเกิดการขยายตัวได้ระหว่างพффิง (Vamalis et al., 2001) และความหนาของตัวอย่างเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อระดับการขยายตัว เนื่องจากลักษณะตัวอย่างที่บาง ความชื้นเคลื่อนที่จากบริเวณผิวของวัสดุได้เร็วกว่าตัวอย่างที่หนา ทำให้ปริมาณความชื้นที่อยู่ภายในวัสดุเหลือน้อยระหว่างการพффิง ซึ่งมีผลต่อแรงดันไอน้ำที่ลดลง ส่งผลให้เกิดการขยายตัวได้น้อยกว่าตัวอย่างที่หนา (Rakesh and Datta, 2011) นอกจากนี้ปัจจัยของอุณหภูมิสูงในการพффิงทำให้อัตราการระเหยของความชื้นที่อยู่ภายในวัสดุเพิ่มขึ้น มีผลต่อการเกิดแรงดันสูงภายในวัสดุ ซึ่งทำให้วัสดุเกิดการขยายตัวเพิ่มขึ้น (Nath et al., 2007) อีกทั้งปัจจัยของความชื้นเริ่มต้นก่อนการพффิงของวัสดุยังมีผลต่อแรงดันไอน้ำที่อยู่ภายในวัสดุระหว่างพффิง หากความชื้นต่ำหรือสูงกว่าสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละผลิตภัณฑ์ อาจจะส่งผลให้มีการขยายตัวน้อย จากผลการศึกษาก่อนหน้านี้ พบว่าความชื้นเริ่มต้นของกล้วยแผ่นก่อนพффิงที่เหมาะสมประมาณ 25% d.b. (Raikham et al., 2013)

นอกจากนี้กล้วยหลังจากปลูกเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำได้ง่าย เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่อาศัยเอนไซม์ ซึ่งอากาศเป็นตัวกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยทั่วไปอากาศ และเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) จะกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาจนกระทั่งกลายเป็นเมลานินหรือสารประกอบสีน้ำตาล ซึ่งปฏิกิริยาสีน้ำตาลนี้ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี ดังนั้นเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล การพรีทรีทเมนต์สามารถยับยั้งการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีบางอย่าง ซึ่งเป็นสาเหตุให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ การพรีทรีทเมนต์ด้วยสารละลาย เช่น กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก (Prakash et al., 2004; Gornicki and kaleta et al., 2007) และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ซึ่งกรด และสารละลายดังกล่าวมีการใช้ในระดับอุตสาหกรรมอาหารกันอย่างแพร่หลาย

งานวิจัยที่ศึกษาผลของการใช้กรด และสารละลายในการพรีทรีทเมนต์ผัก และผลไม้เช่น Krokida et al. (2000) ศึกษาอิทธิพลของการพรีทรีทเมนต์กล้วย แอปเปิล มันฝรั่ง และแครอทด้วยวิธีการต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี จากผลการศึกษา พบว่าพรีทรีทเมนต์ด้วยซัลไฟด์ให้ผลดีกว่าการลวกด้วยน้ำร้อน และการนึ่งด้วยไอน้ำ โดยตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีแดงเพียงเล็กน้อย Demirel and Turham (2003) ศึกษาการพรีทรีทเมนต์กล้วยด้วยสารละลายผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิกกับกรดซิตริก 0.1% w/v และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ 1%w/v พบว่า กล้วยที่ผ่านการพรีทรีทเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไบซัลไฟด์เกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าสารผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิกกับกรดซิตริก เนื่องจากซัลไฟด์สามารถลดสารประกอบโอควิโนน ซึ่งกระตุ้นโดยโพลีฟีนอลออกซิเดสให้ลดลง ดังนั้นจึงลดการเกิดส่วนประกอบของเมลานินหรือปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Latapi and Barrett (2006) โดยพรีทรีทเมนต์มะเขือเทศที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 1000-9000 ppm ส่งผลต่อค่าความสว่าง และ hue angle เพิ่มขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าวมาแล้วข้างต้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อแปรรูปกล้วยแผ่นอบกรอบด้วยเทคนิคการพัพฟ โดยการศึกษาค้นคว้าผลของการพรีทรีทเมนต์ ซึ่งใช้กรดซิตริก สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ การลวก ความหนาของกล้วยแผ่น และอุณหภูมิพัพฟที่มีผลต่อคุณภาพของกล้วยแผ่น ได้แก่ การหดตัว เนื้อสัมผัส และสี

4.2 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

4.2.1 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไชน์เบดด้วยอากาศร้อน

รายละเอียดเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไชน์เบดได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

4.2.2 การเตรียมตัวอย่าง

กล้วยหอมทองระยะสุกที่ 3 (*Musa Sapientum* L.) และมีปริมาณของแข็งละลายได้ในช่วง 17-18°Brix ความชื้นเริ่มต้นของกล้วยแผ่นก่อนการพรีทรีทเมนต์ประมาณ 300-400% d.b. จากนั้นนำกล้วยมาปอกเปลือก และหั่นเป็นรูปทรงแบบแผ่น โดยมีความหนาประมาณ 3.5 และ 2.5 มม. จากนั้นนำกล้วยที่มีความหนา 2.5 และ 3.5 มม. พรีทรีทเมนต์ด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0.25% (pH 2.68) และ 0.75% w/v (pH 2.38) ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของกรดซิตริกที่ใช้มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากความเข้มข้นต่ำ 0.25% w/v ในกรณีความหนาของกล้วยแผ่น 3.5 มม. ไม่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ได้ โดยผลจากการวัดปริมาณ polyphenol oxidase enzymes (PPO) พบว่า กล้วยแผ่นที่ระดับความหนา 3.5 มม. ซึ่งพรีทรีทเมนต์ด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0.25% และ 0.75 w/v มีปริมาณ PPO คงเหลือ 54 และ 62% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่ความเข้มข้นของกรดซิตริกต่ำ สามารถกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์ PPO เป็นตัวเร่งได้มากกว่าที่ความเข้มข้นของกรดสูง และเมื่อนำตัวอย่างไปผ่านการลวกทุกเงื่อนไขการทดลอง พบว่าสามารถยับยั้งเอนไซม์ PPO ได้ทั้งหมด นอกจากการพรีทรีทเมนต์ด้วยสารละลายกรดซิตริกแล้ว ยังนำสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 0.07% w/v มาเปรียบเทียบกับในการศึกษานี้ด้วย โดยนำกล้วยแผ่นมาพรีทรีทเมนต์ด้วยกรดซิตริก และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำมาลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 30 วินาที และ 1 นาที หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างมาแช่น้ำด้วยทิชชู และนำไปจัดเรียงบนตระแกรงก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง

4.2.3 กระบวนการฟัฟฟิง

ขั้นตอนการฟัฟฟิงกล้วยด้วยลมร้อนประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกอบแห้งกล้วยด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 90°C โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยของอากาศก่อนเข้าห้องอบแห้งประมาณ 2 m/s อบกล้วยให้เหลือความชื้นประมาณ 25% d.b. จากนั้นทำการฟัฟฟิงกล้วยด้วยฟลูอิดเซชันที่อุณหภูมิอากาศร้อน 160 และ 180°C โดยใช้เวลาในการฟัฟฟิง 2 นาที และในขั้นตอนสุดท้ายนำกล้วยที่ผ่านการฟัฟฟิงไปอบแห้งด้วยลมร้อนที่สภาวะเดียวกับขั้นตอนแรกจนกระทั่งได้ความชื้นสุดท้ายประมาณ 4% d.b.

4.2.4 การหาน้ำหนักแห้ง

รายละเอียดการหาน้ำหนักแห้งได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

4.2.5 การทดสอบคุณภาพด้านการหัตถ์

รายละเอียดการทดสอบคุณภาพด้านการหัตถ์ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

4.2.6 การทดสอบคุณภาพด้านสี

รายละเอียดการทดสอบคุณภาพด้านสีได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

4.2.7 การทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส

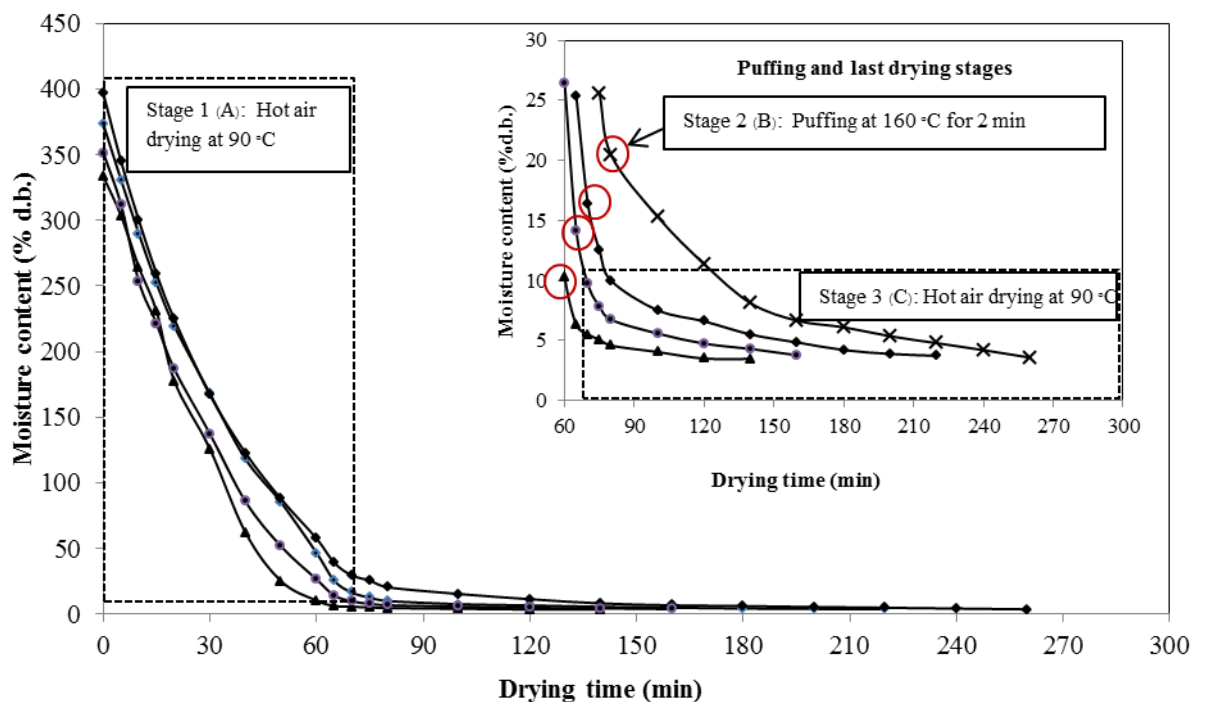
รายละเอียดการทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

4.2.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS® โดยใช้วิธีวิเคราะห์สถิติ ANOVA (Analysis of variance) โดยวิธี (Turkey's) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.3.1 อิทธิพลของกระบวนการพัฟฟิงที่มีต่อการลดความชื้นของกล้วยแผ่น



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาของกล้วยแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 90°C เหลือความชื้นประมาณ 25% d.b. ด้วยเงื่อนไขของการลวกและไม่ลวกที่ระดับความหนาที่แตกต่างกันภายใต้เงื่อนไขการพัฟฟิงด้วยอุณหภูมิ 160°C เป็นเวลา 2 นาที (♦) ในกรณีที่ผ่านการลวกที่ความหนา 3.5 มม. (x) ในกรณีที่ผ่านการลวก

ที่ความหนา 3.5 มม. (▲) ในกรณีที่ไม่ผ่านการลวกที่ความหนา 2.5 มม. (●) ในกรณีผ่านการลวกที่ความหนา 2.5 มม.

จากผลการทดลองอบแห้งกล้วยแผ่นด้วยลมร้อนร่วมกับกระบวนการพффิง โดยความชื้นเริ่มต้นของกล้วยสดมีค่าประมาณ $284.6 \pm 0.7\%$ d.b. หลังจากนั้นนำกล้วยสดมาพффิตที่ 170°C ด้วยกรวดซิลิกาเป็นเวลา 5 นาที ทำให้ความชื้นของกล้วยเพิ่มขึ้นเป็น $333.6 \pm 0.9\%$ d.b. ในกรณีความหนา 2.5 มม. และ $373.5 \pm 0.4\%$ d.b. ในกรณีความหนา 3.5 มม. และเมื่อนำกล้วยที่ผ่านการพффิตที่ 170°C ด้วยกรวดซิลิกามาลวกด้วยน้ำร้อน ทำให้ความชื้นของตัวอย่างเพิ่มขึ้นเป็น $351.5 \pm 0.7\%$ d.b. ในกรณีความหนา 2.5 มม. และ $396.7 \pm 0.9\%$ d.b. ในกรณีความหนา 3.5 มม. ซึ่งความชื้นที่เพิ่มขึ้นในกรณีการลวก เนื่องจากโครงสร้างเซลล์ถูกทำลาย ทำให้แป้งดูดซับน้ำระหว่างการลวกได้มากขึ้น ส่งผลให้ตัวอย่างที่ผ่านการลวกมีความชื้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้นโดยปัจจัยของความหนา และการลวกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของกล้วยแผ่นระหว่างขั้นตอนการพффิง ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 4.1 สำหรับขั้นตอนแรก (A) จะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่ผ่านการลวกทุกเงื่อนไขใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวก ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของความชื้นเริ่มต้นของแต่ละเงื่อนไขที่ต่างกัน ส่งผลต่อเวลาอบแห้งในขั้นตอนแรก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการลวกเป็นเวลา 1 นาที ที่ระดับความหนา 3.5 มม. ใช้เวลาอบแห้งนานสุด 75 นาที และที่ความหนาเดียวกันแต่ไม่ผ่านการลวกใช้เวลาอบแห้ง 65 นาที ขณะที่ความหนาของตัวอย่างลดลงเป็น 2.5 มม. และยังไม่ผ่านการลวกใช้เวลาอบแห้งในขั้นตอนแรกสั้นสุดประมาณ 50 นาที

จากนั้นในขั้นตอนที่สอง (B) นำกล้วยแผ่นไปพффิงด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไอเซชัน พบว่ากล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกที่ระดับความหนา 2.5 มม. ปริมาณความชื้นหลังจากพффิงลดลงได้เร็วกว่ากล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกที่ระดับความหนา 3.5 มม. โดยผลจากการวัดความชื้นหลังจากพффิงที่อุณหภูมิ 160°C ที่ระดับความหนาของกล้วยแผ่นกรณีที่ไม่ผ่านการลวก 3.5 และ 2.5 มม. พบว่าความชื้นลดลงเหลือประมาณ 14.2 และ 10.3% d.b. ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากระยะทางระหว่างการระเหยของความชื้นที่บริเวณผิวสั้น ทำให้ความชื้นเคลื่อนที่จากบริเวณผิวได้เร็วกว่าที่ระดับความหนามาก เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ระดับความหนาเดียวกันดังกล่าวในกรณีตัวอย่างที่ผ่านการลวก พบว่าอัตราการลดความชื้นระหว่างพффิงต่ำกว่ากรณีที่ไม่ผ่านการลวก ซึ่งผลจากการวัดความชื้นหลังจากพффิง พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการลวกที่ระดับความหนาที่ 3.5 และ 2.5 มม. ความชื้นหลังพффิงลดลงเหลือ 20.4% d.b. และ 15.3% d.b. ตามลำดับ ซึ่งอัตราการอบแห้งต่ำในกรณีตัวอย่างที่ผ่านการลวก เป็นผลมาจากโครงสร้างเซลล์เกิดการหดตัวสูง ทำให้ความพรุนตัวของตัวอย่างน้อยก่อนนำไปพффิง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Marousis et al. (1991) พบว่า แป้งข้าวโพดที่เกิดเจลลิตีในเซชัน ส่งผลต่ออัตราการอบแห้งที่ต่ำกว่ากรณีที่ไม่เกิดเจลลิตีในเซชัน

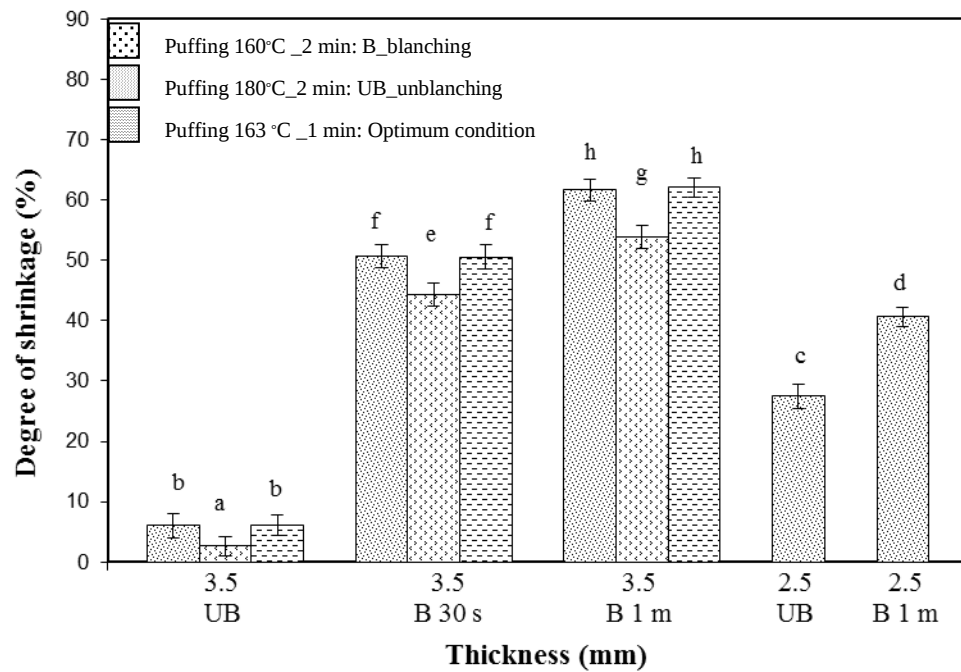
และในขั้นตอนสุดท้าย (C) นำกล้วยแผ่นมาอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 90°C จนกระทั่งความชื้นลดลงเหลือประมาณ 4% d.b. ซึ่งการอบแห้งในขั้นตอนสุดท้ายใช้เวลาอบแห้งนานกว่า 2 ช่วงแรกของการอบแห้ง โดยกล้วยที่ไม่ผ่านการลวกใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่ากล้วยที่ผ่านการลวก ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นลดลงได้มากกว่าหลังผ่านการพuffing ส่งผลต่อระยะเวลาการอบแห้งในขั้นตอนสุดท้าย โดยที่ความหนา 3.5 มม. ที่ไม่ผ่านการลวกใช้เวลาอบแห้งทั้งหมดนานสุด 262 นาที ขณะที่กล้วยที่ระดับความหนา 2.5 มม. ที่ไม่ผ่านการลวกใช้เวลาอบแห้งสั้นสุด 142 นาที

ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาการอบแห้งตลอดกระบวนการพuffing

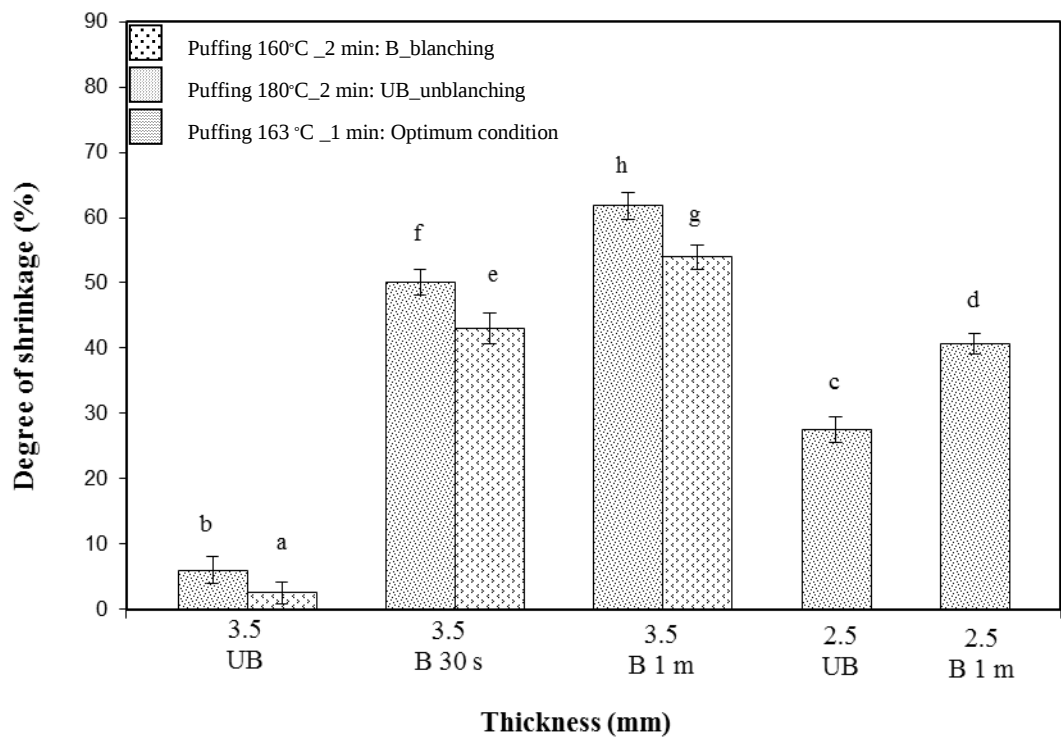
Blanching time	Thickness (mm)	Puffing temperature (°C)	Initial moisture content (% d.b.)	Drying time (min)			
				Stage 1	Stage 2	Stage 3	Total drying time
Unblanched	3.5	160	373.5±0.4	65	2	155	222
		180		65	2	120	187
30 s	3.5	160	383.2±0.8	70	2	175	247
		180		70	2	150	222
1min	3.5	160	396.7±0.9	75	2	185	262
		180		75	2	155	232
Unblanched 1min	2.5	160	333.6±0.9	50	2	90	142
		160	351.5±0.7	60	2	100	162

4.3.2 อิทธิพลของการลวก สารละลายในการพรีทรีทเมนต์ ความหนา และอุณหภูมิพuffing ที่มีต่อระดับการหดตัว

(a)



(b)



รูปที่ 4.2 ผลของการลวก ความหนา และอุณหภูมิพัฟฟิงต่อการหดตัวของกล้วยแผ่นภายใต้ความแตกต่างของการพรีทรีทเมนต์ (a) กรดซิตริก (b) สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (B: การลวก และ UB: ไม่ผ่านการลวก)

**Different letters in the same figure indicate that values are significantly different ($p < 0.05$)

รูปที่ 4.2 (a) และ (b) แสดงปัจจัยของการพรีทรีทเมนต์กล้วยแผ่นที่แตกต่างกันได้แก่ กรดซิตริก สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ การลวกเป็นเวลา 30 วินาที และ 1 นาที ระดับความหนาระหว่าง 2.5 และ 3.5 มม. และอุณหภูมิในการพัฟฟิงระหว่าง 160 และ 180°C ที่มีต่อระดับการหดตัวของกล้วยแผ่น จากรูปที่ 4.2 (a) แสดงการเปรียบเทียบเงื่อนไขการพัฟฟิงระหว่างสภาวะเงื่อนไขที่เหมาะสม จากผลการศึกษาในบทที่ 3 (163°C เป็นเวลา 1 นาที) และอุณหภูมิพัฟฟิง 160°C เป็นเวลา 2 นาที ทั้งกรณีที่ไม่ผ่านการลวก และไม่ผ่านการลวก ซึ่งพิจารณาเลือกการพรีทรีทเมนต์ด้วยกรดซิตริกเท่านั้น เนื่องจากผลการศึกษาก่อนหน้าของการพรีทรีทเมนต์ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พบว่า เงื่อนไขการพัฟฟิงทั้งสองดังกล่าวทั้งกรณีที่ไม่ผ่านการลวก และไม่ผ่านการลวก ส่งผลต่อการหดตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากอุณหภูมิพัฟฟิงแตกต่างกันค่อนข้างน้อยประมาณ 3°C ดังนั้นจึงส่งผลต่อระดับการหดตัวไม่แตกต่างกัน

สำหรับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวกเป็นเวลา 30 วินาที และ 1 นาที พบว่ากล้วยแผ่นเกิดหดตัวมากกว่ากรณีที่ไม่ผ่านการลวกอย่างมีนัยสำคัญ โดยตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวกมีระดับการหดตัวประมาณ 50-65% ซึ่งระดับการหดตัวสูง เป็นผลมาจากส่วนประกอบของเซลล์บางส่วนถูกทำลายระหว่างการลวก (Canet et al., 2005) และการเกิดเจลลิตินในชั้นของแป้ง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวกเกิดการหดตัวสูงในขั้นตอนแรกของการอบแห้ง และเกิดการฟอร์มตัวทำให้โครงสร้างมีความแน่นเนื้อสูง และมีความแข็งมากขึ้น และเมื่อนำตัวอย่างไปพัฟฟิง จึงทำให้เกิดการขยายตัวได้ค่อนข้างยาก ซึ่งอัตราการขยายตัวเชิงปริมาตรระหว่างปริมาตรหลังอบแห้งในขั้นตอนแรกกับปริมาตรในขั้นตอนสุดท้ายของการอบแห้งหลังจากพัฟฟิงที่อุณหภูมิ 160°C ซึ่งผลจากการวัดปริมาตรในกรณีที่ไม่ผ่านการลวก และไม่ผ่านการลวกคือ 121 และ 175% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาระดับความหนาของกล้วยแผ่นระหว่าง 3.5 และ 2.5 มม. ซึ่งมีความแตกต่างกันมากระหว่างตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวก และไม่ผ่านการลวก สำหรับกรณีของกล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวก พบว่าที่ระดับความหนาของกล้วยแผ่น 3.5 มม. มีการหดตัวน้อยกว่าที่ความหนา 2.5 มม. ทั้งนี้เนื่องจากการลดลงของระดับความหนา ทำให้ความชื้นเคลื่อนที่จากภายในวัสดุมายังผิวได้เร็ว เนื่องจากมีระยะทางสั้น ดังนั้นจึงทำให้สูญเสียความชื้นไปส่วนหนึ่งก่อนที่จะเกิดแรงดันไอน้ำขึ้น

จึงทำให้ปริมาณความชื้นภายในวัสดุไม่เพียงพอ มีผลต่อการเกิดแรงดันไภายในวัสดุน้อยลง ทำให้เกิดการหดตัวมากที่ระดับความหนา 2.5 มม. ซึ่งจากผลการศึกษาของ Rakesh and Datta, (2011) รายงานว่าระดับความหนาของตัวอย่างที่ลดลง ทำให้ความชื้นเคลื่อนที่จากบริเวณผิวได้เร็วกว่าที่ระดับความหนามาก ซึ่งส่งผลให้ระดับความหนาที่ลดลง เกิดการขยายตัวได้น้อยลง ขณะที่ตัวอย่างที่ผ่านการลวกให้ผลตรงกันข้ามกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวก พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการลวกที่ความหนาของกล้วยแผ่น 3.5 มม. เกิดการหดตัวมากกว่าที่ความหนา 2.5 มม. เป็นผลเนื่องมาจากตัวอย่างที่ผ่านการลวกในกรณีความหนา 3.5 มม. เนื้อเยื่อของกล้วยมีความแข็ง เนื่องจากใช้เวลาในการอบแห้งนานในขั้นตอนแรก ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ตัวอย่างเกิดการขยายตัวได้ยากระหว่างพัฟฟิง ดังนั้นจึงส่งผลต่อการหดตัวสูง ผลจากการวัดอัตราการขยายตัวเชิงปริมาตรระหว่างปริมาตรหลังอบแห้งในขั้นตอนแรกกับปริมาตรในขั้นตอนสุดท้ายของการอบแห้งหลังจากพัฟฟิงคือ 132 % ในกรณีความหนา 2.5 มม. และ 121% ในกรณีความหนา 3.5 มม.

เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิพัฟฟิง พบว่าพัฟฟิงกล้วยแผ่นด้วยอุณหภูมิสูง 180°C ส่งผลต่อระดับการหดตัวน้อยกว่าพัฟฟิงด้วยอุณหภูมิต่ำ 160°C ซึ่งปัจจัยของอุณหภูมิพัฟฟิงที่สูงมีผลเฉพาะที่เงื่อนไขระดับความหนาที่ 3.5 มม. เท่านั้น โดยอุณหภูมิพัฟฟิงที่สูง ทำให้แรงดันไภายในวัสดุเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อระดับการหดตัวลดลง อย่างไรก็ตามอุณหภูมิพัฟฟิงที่สูงไม่ได้นำมาพิจารณาในกรณีความหนาที่ 2.5 มม. เนื่องจากตัวอย่างเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากขึ้น

ส่วนการพรีทรีทเมนต์ด้วยสารละลายที่ต่างกัน แสดงดังรูปที่ 4.2 (a) และ (b) จะเห็นว่าการพรีทรีทเมนต์ด้วยสารละลายที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อระดับการขยายตัวไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Demirel and Turham, (2003) รายงานว่า การพรีทรีทเมนต์ด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริก ส่งผลต่อระดับการหดตัวไม่แตกต่างกัน

4.3.3 อิทธิพลของการลวก ความหนา และอุณหภูมิพัฟฟิงที่มีต่อเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความชื้นเริ่มต้น และจำนวนยอด

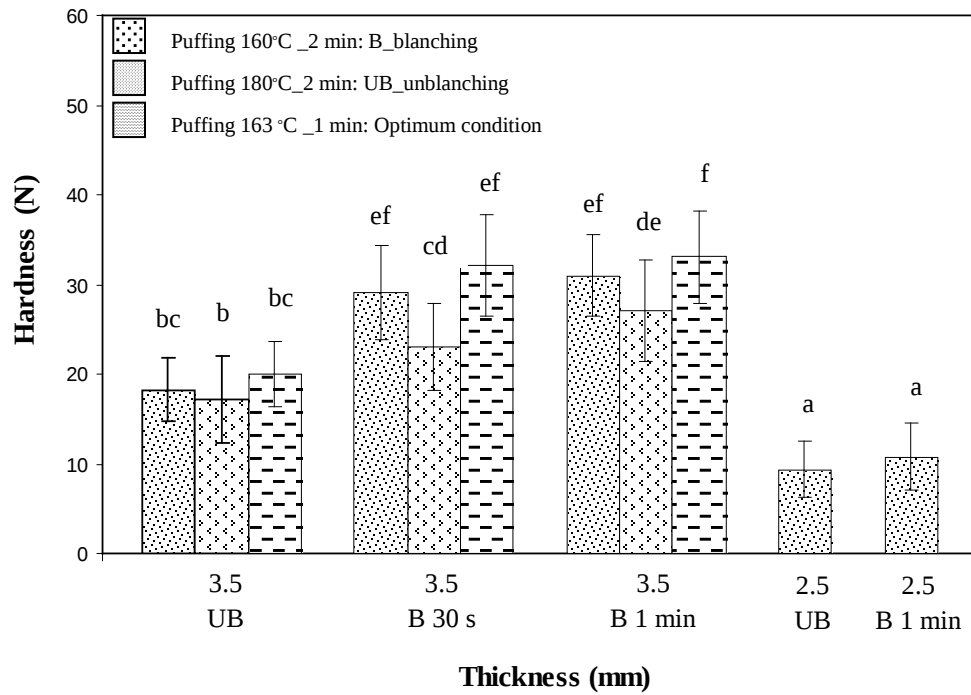
รูปที่ 4.3-4.5 (a) และ (b) แสดงอิทธิพลของการลวก ความแตกต่างของการพรีทรีทเมนต์ด้วยกรดซิตริก สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และอุณหภูมิในการพัฟฟิงที่มีต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่น ซึ่งพิจารณาจากค่าความแข็ง ความชื้นเริ่มต้น และจำนวนยอด พบว่าอุณหภูมิพัฟฟิงระหว่าง $160-180^{\circ}\text{C}$ ส่งผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเกิดขึ้นเฉพาะที่ระดับความหนา 3.5 มม. ในกรณีที่ผ่านการลวกเป็นเวลา 30 วินาที และ 1 นาที เท่านั้น ขณะที่ไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญในกรณีที่ไม่ผ่านการลวก โดยตัวอย่างที่ผ่านการลวก และพัฟฟิงด้วยอุณหภูมิสูง 180°C ส่งผลให้ตัวอย่างมีค่าความแข็งน้อยกว่าการพัฟฟิงด้วยอุณหภูมิต่ำ 160°C ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัส

ด้านอื่นๆ เช่น ความชันเริ่มต้น และจำนวนยอด พบว่า อุณหภูมิพฟฟิงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทุกเงื่อนไขการทดลอง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของการพรีทรีทเมนต์ด้วยกรดซัลฟริก และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ พบว่า ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

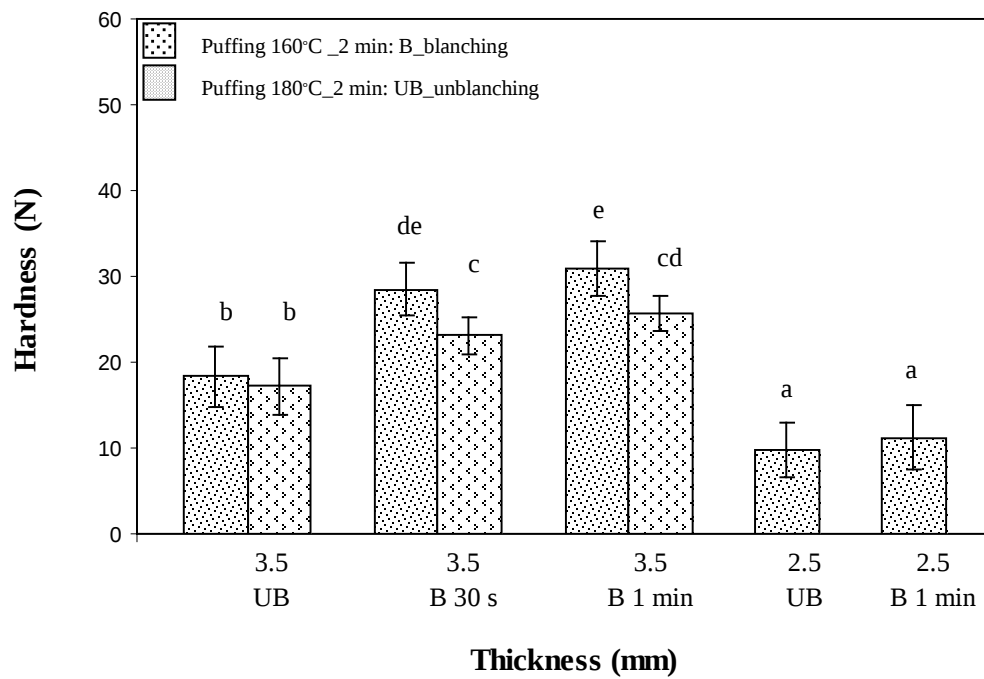
อย่างไรก็ตามการลวกตัวอย่าง ส่งผลกระทบมากต่อลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความชันเริ่มต้น และจำนวนยอด แสดงดังรูปที่ 4.3-4.5 (a) และ (b) ในกรณีความหนา 3.5 มม. จะเห็นได้ว่าตัวอย่างมีค่าความแข็งมาก ความชันเริ่มต้น และจำนวนยอดน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวก ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งมากและกรอบน้อยดังกล่าว เนื่องมาจากการลวกทำให้โครงสร้างเซลล์ของตัวอย่างเกิดการหดตัวมาก และเมื่อนำไปการอบแห้งต่อในขั้นตอนแรก จึงทำให้เนื้อเยื่อของตัวอย่างมีความแน่นเนื้อสูง จากนั้นเมื่อนำตัวอย่างไปพฟฟิง จึงเกิดการขยายตัวได้ยาก ดังนั้นการหดตัวที่มากทำให้มีสัดส่วน void area fraction น้อยในกรณีของตัวอย่างที่ผ่านการลวก ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เนื้อสัมผัสมีความแข็งมากและกรอบน้อย โดยเนื้อสัมผัสของตัวอย่างที่ผ่านการลวกที่ความหนาดังกล่าวใกล้เคียงกับเนื้อสัมผัสของกล้วยทอด โดยค่าความแข็ง ความชันเริ่มต้น และจำนวนยอดของกล้วยทอดคือ 26.4 ± 6.7 , 34.6 ± 8.8 และ 10 ± 8 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อตัวอย่างมีความหนาลดลงเป็น 2.5 มม. พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการลวก และไม่ลวก ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความชันเริ่มต้น และจำนวนยอดอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากตัวอย่างที่ผ่านการลวก และไม่ลวก ในกรณีตัวอย่างที่ความหนา 2.5 มม. มีระดับการหดตัวแตกต่างกันค่อนข้างน้อยประมาณ 30% ในกรณีที่ไม่ผ่านการลวก และ 40% ในกรณีที่ผ่านการลวก ดังนั้นจึงมีผลต่อเนื้อสัมผัสที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ความชื้นก่อนการพฟฟิงประมาณ 26% d.b. และอุณหภูมิพฟฟิง 163°C เป็นเวลา 1 นาที ทั้งกรณีที่ผ่านการลวก และไม่ลวกกับตัวอย่างที่ผ่านการพฟฟิงที่เงื่อนไขอุณหภูมิ 160°C เป็นเวลา 2 นาที พบว่า เนื้อสัมผัสที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

(a)

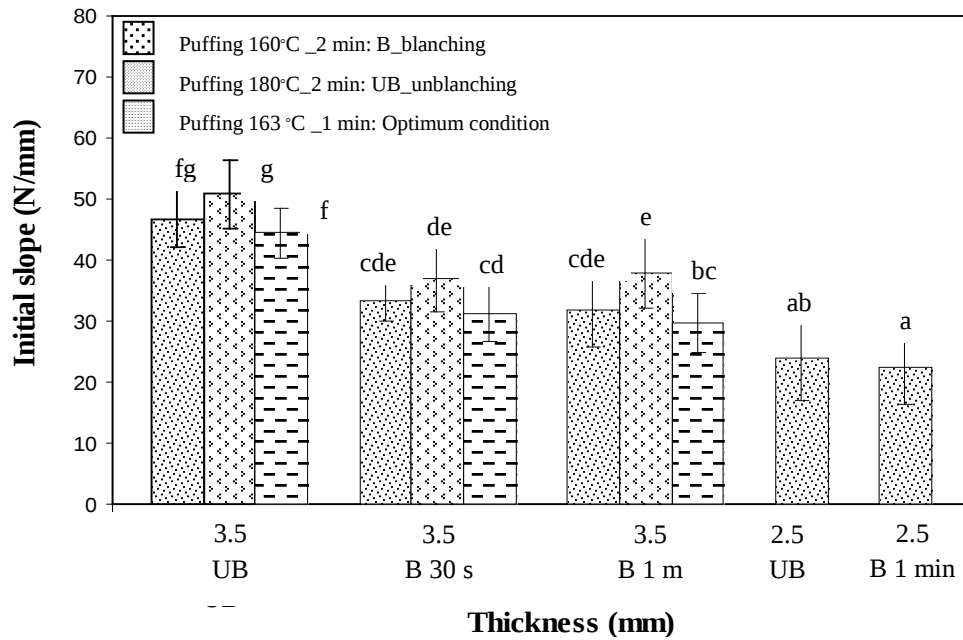


(b)

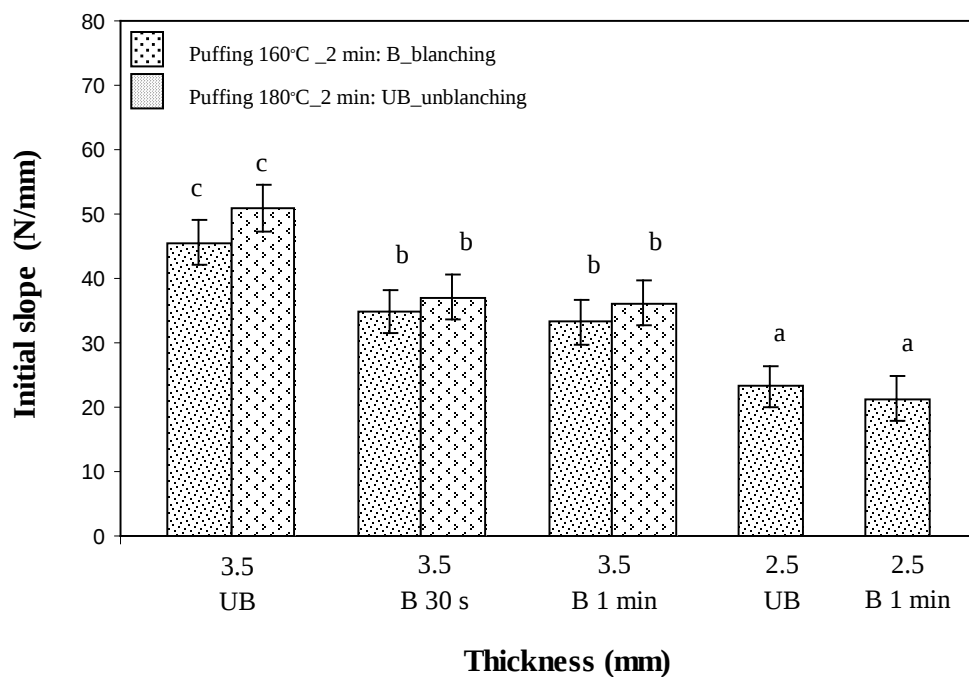


รูปที่ 4.3 ผลของการลวก ความหนา และอุณหภูมิพuffing ต่อเนื้อสัมผัสด้านความแข็งของกล้วยแผ่น ภายใต้ความแตกต่างของการพรีทรีทเมนต์ (a) กรดซิตริก (b) สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

(a)

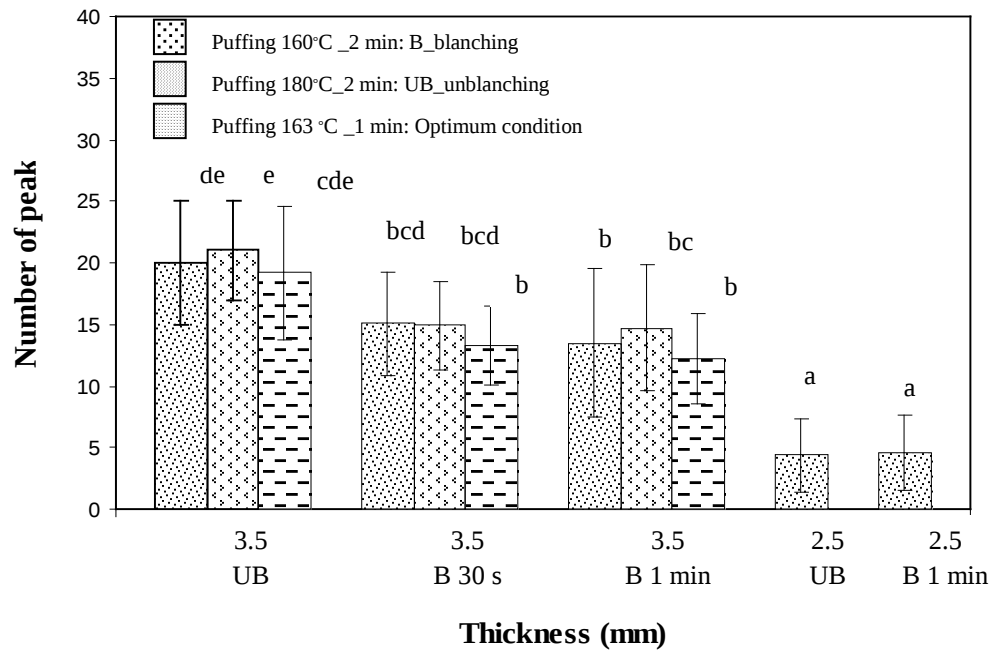


(b)

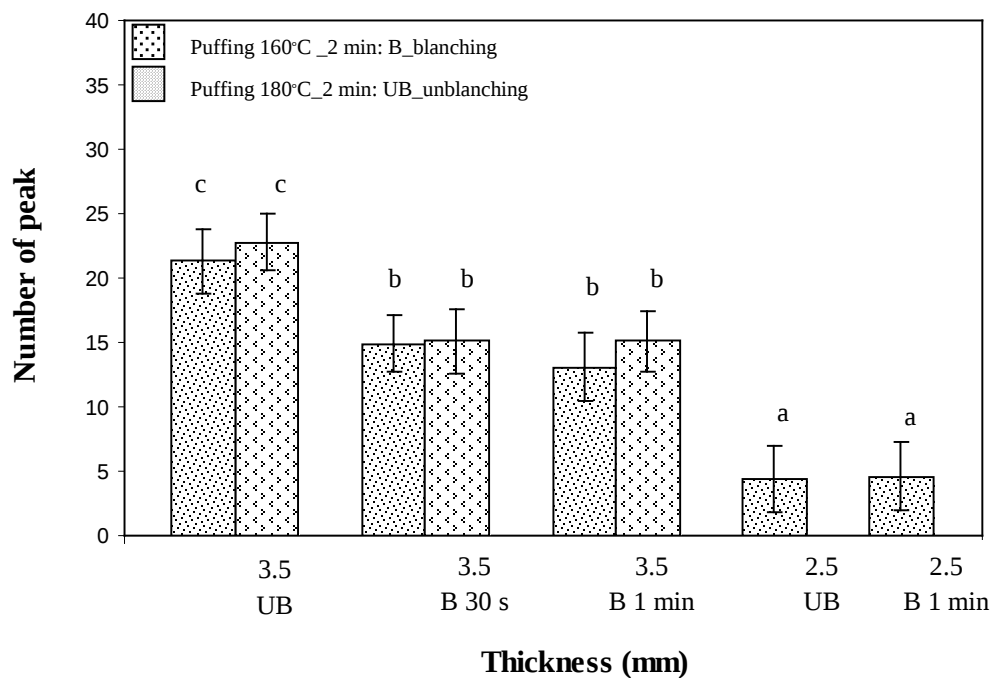


รูปที่ 4.4 ผลของการลวก ความหนา และอุณหภูมิพuffing ต่อความชันเริ่มต้นของกล้วยแผ่นภายใต้ความแตกต่างของการพรีทรีทเมนต์ (a) กรดซิตริก (b) สารละลายโซเดียมเมตาซัลไฟด์

(a)



(b)



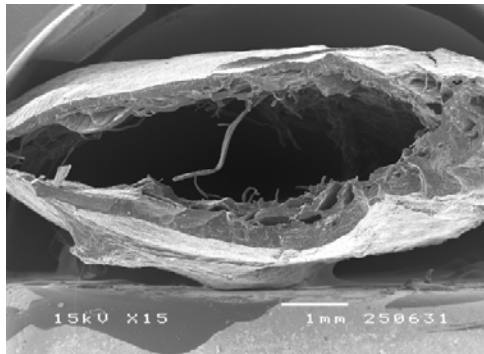
รูปที่ 4.5 ผลของการลวก ความหนา และอุณหภูมิพuff ต่อจำนวนยอดของกล้วยแผ่นภายใต้ความแตกต่างของการพรีทรีทเมนต์ (a) กรดซิตริก (b) สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

4.3.4 โครงสร้างระดับจุลภาค และการกระจายตัวของรูพรุน

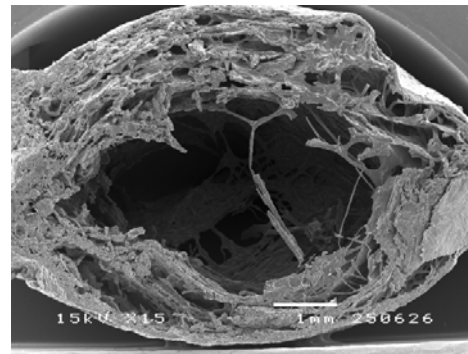
รูปที่ 4.6 (a)-(d) แสดงภาคตัดขวางของกล้วยแผ่นที่เงื่อนไขของความแตกต่างของระดับความหนา และการลวกภายใต้อุณหภูมิในการฟัฟฟิง 160°C เป็นเวลา 2 นาที จากผลการทดลอง พบว่ากล้วยแผ่น ที่ผ่านการลวกที่ระดับความหนา 3.5 และ 2.5 มม. แสดงดังรูป 4.6 (a) และ 4.6 (c) และกล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกแสดงดังรูป 4.6 (b) และ 4.6 (d) จะเห็นได้ว่ามีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายคลึงกัน โครงสร้างภายในของกล้วยแผ่นทั้งกรณีที่ไม่ผ่านการลวก และไม่ลวกทุกระดับความหนามีโพรงขนาดใหญ่เกิดขึ้นบริเวณด้านในของตัวอย่าง ซึ่งลักษณะการเกิดโพรงขนาดใหญ่ภายในกล้วยแผ่น เนื่องมาจากการระเหยของความชื้นที่อยู่ภายในวัสดุอย่างรวดเร็วระหว่างการฟัฟฟิง ทำให้เกิดแรงดันไอน้ำที่สูงภายในวัสดุ หลังจากนั้นผนังวัสดุจึงเกิดการขยายตัว และเกิดโพรงขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวกในกรณีความหนาที่ 3.5 และ 2.5 มม. แสดงดังรูปที่ 4.6 (a) และ 4.6 (c) ตามลำดับ พบว่ามีความแน่นเนื้อสูงที่บริเวณผิวของตัวอย่าง เนื่องจากการเกิดเจลลิตในเซชันระหว่างการลวก ทำให้ความพรุนที่บริเวณผิวลดลง

รูปที่ 4.7 (a)-(d) แสดงการกระจายตัวของรูพรุนของกล้วยแผ่นหลังการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับการฟัฟฟิงด้วยอุณหภูมิ 160°C เป็นเวลา 2 นาที ภายใต้เงื่อนไขระดับความหนาของกล้วยแผ่น และการลวก พบว่า กล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกที่ระดับความหนา 2.5 และ 3.5 มม. มีจำนวนรูพรุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวก กล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกที่ระดับความหนา 3.5 มม.แสดงดังรูป 4.7 (a) มีจำนวนรูพรุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กอยู่ในช่วง 0.05-0.5 มม. และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่อยู่ในช่วง 1-5 มม. ซึ่งมีจำนวนของรูพรุนมากกว่ากล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกที่ระดับความหนา 3.5 มม.แสดงดังรูป 4.7 (b) เนื่องจากตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวก โครงสร้างเซลล์มีความแข็งแรงน้อยกว่า และมีความยืดหยุ่นตัวสูงกว่า จึงทำให้เกิดการขยายตัวได้มากกว่ากรณีกล้วยที่ไม่ผ่านการลวก สำหรับกล้วยแผ่นที่ระดับความหนา 2.5 มม. ทั้งกรณีที่ไม่ผ่านการลวก และไม่ลวก แสดงดังรูปที่ 4.7 (c)-(d) พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุนภายในกล้วยแผ่นอยู่ในช่วง 0.05-3 มม. ซึ่งมีจำนวนใกล้เคียงกัน แต่ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุนภายในกล้วยแผ่นอยู่ในช่วง 0.05-0.1 มม. มากกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวก อย่างไรก็ตาม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุนในช่วงระหว่าง 1-4 มม. ไม่ปรากฏที่ความหนา 2.5 มม. และผลจากการวิเคราะห์สัดส่วนที่เกิดรูพรุน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 68.7% ในกรณีของตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวกที่ความหนา 3.5 มม. และมีค่าเท่ากับ 41.5% กรณีตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวกที่ความหนา 2.5 มม. และมีค่าเท่ากับ 38.7% กรณีของตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวกที่ความหนา 3.5 มม. และมีค่าเท่ากับ 39.1% กรณีของตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวกที่ความหนา 2.5 มม. ซึ่งสัดส่วนความเป็นรูพรุนดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวกทั้งในกรณีความหนา 3.5 และ 2.5 มม. มีสัดส่วนความ

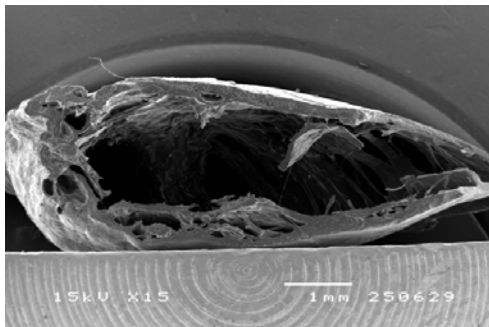
พรุณตัวสูงกว่าตัวอย่างที่ผ่านการลวก อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวกในกรณีความหนา 3.5 มม. มีสัดส่วนความพรุณตัวสูงกว่าตัวที่ความหนา 2.5 มม. ขณะที่กรณีตัวอย่างที่ผ่านการลวก ปัจจัยด้านความหนา ส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อสัดส่วนความพรุณตัว จากผลการหดรัดตัว และภาคตัดขวาง ของกล้วยแผ่น แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่ผ่านการลวกไม่ได้ช่วยพัฒนาการขยายตัวของกล้วยแผ่น หลังจากพффิง



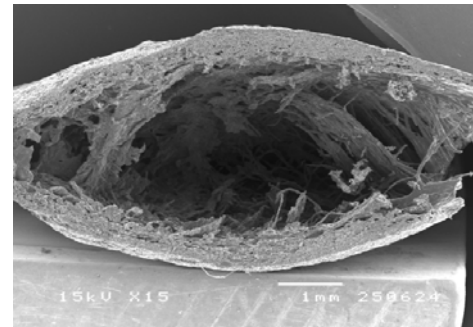
(a) 3.5 mm for blanching 1 min



(b) 3.5 mm for unblanching



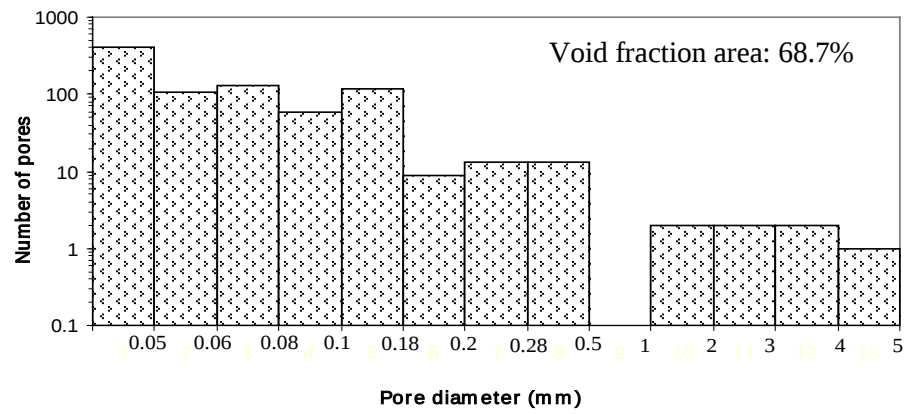
(c) 2.5 mm for blanching 1 min



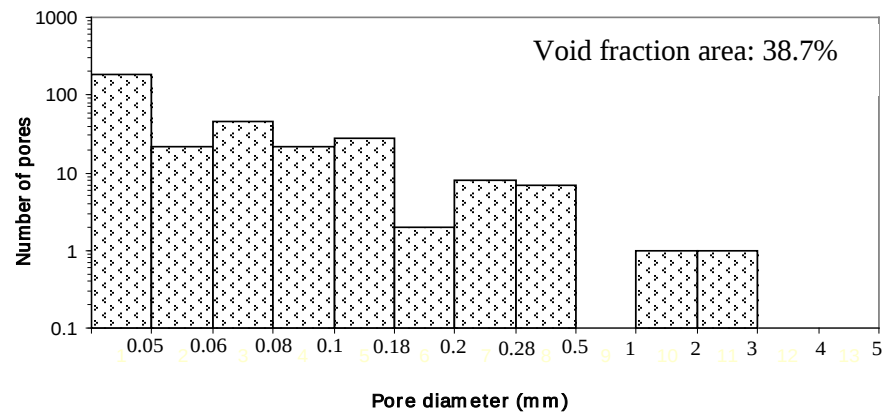
(d) 2.5 mm for unblanching

รูปที่ 4.6 ภาคตัดขวางของกล้วยแผ่นหลังการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับการพффิงภายใต้เงื่อนไขของการลวก และไม่ลวกที่อุณหภูมิในการพффิง 160°C และระดับความหนาต่างๆ

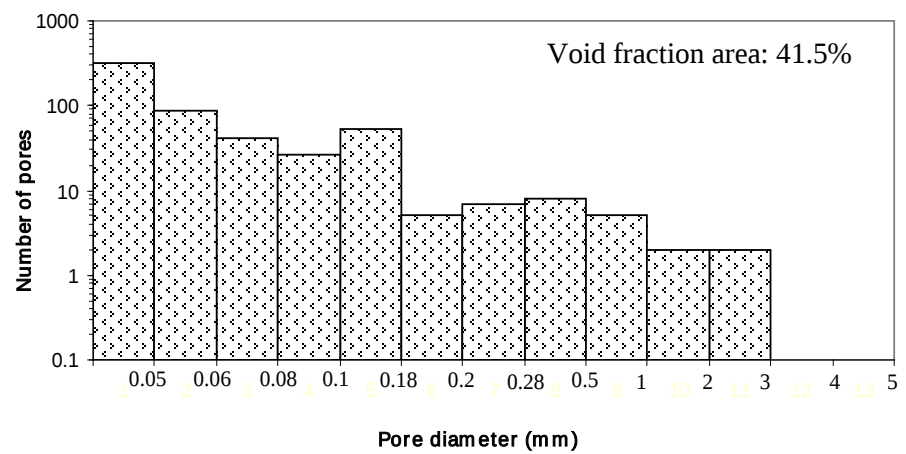
(a)



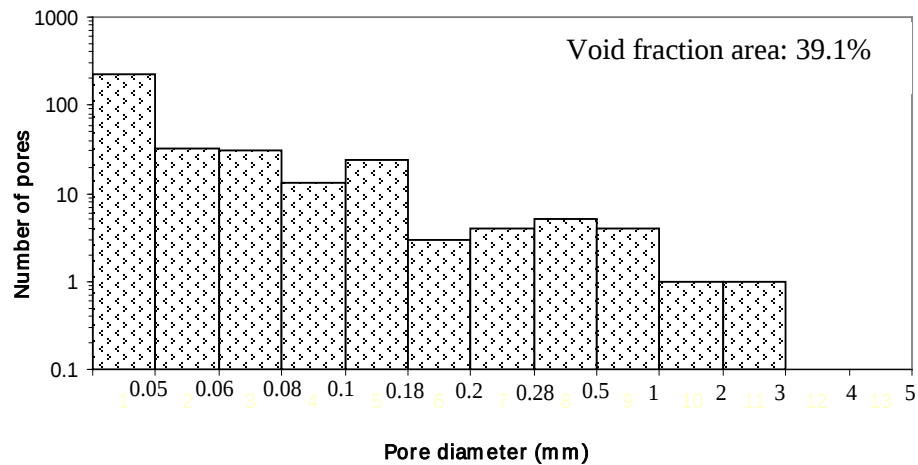
(b)



(c)



(d)



รูปที่ 4.7 การกระจายตัวของรูพรุนในโครงสร้างของกล้วยแผ่นหลังการอบแห้งด้วยลมร้อน ร่วมกับการฟุ้งด้วยอุณหภูมิ 160°C เป็นเวลา 2 นาที (a) กล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกที่ระดับความหนา 3.5 มม. (b) กล้วยแผ่นที่ผ่านการลวกที่ระดับความหนา 3.5 มม. (c) กล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกที่ระดับความหนา 2.5 มม. (d) กล้วยแผ่นที่ผ่านการลวกที่ระดับความหนา 2.5 มม.

4.3.5 คุณภาพด้านสี

พิจารณาการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณผิวของกล้วยแผ่นในเทอมของความสว่าง (L-value) ความเป็นสีแดง (a-value) ความเป็นสีเหลือง (b-value) และค่า Hue angle ซึ่งแสดงถึงค่าโทนสีของผลิตภัณฑ์ โดยมีค่าเข้าใกล้ 0° จะจัดอยู่ในกลุ่มสีแดงและค่าเข้าใกล้ 90° จะจัดอยู่ในกลุ่มสีเหลือง โดยการเปลี่ยนแปลงสีจากเทอมดังกล่าวพิจารณาภายใต้เงื่อนไขการฟritที่รहितเมล็ดด้วยสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และกรดซิตริก อุณหภูมิในการฟุ้ง การลวก และระดับความหนาที่มีผลต่อคุณภาพสี ซึ่งผลการศึกษา แสดงดังตารางที่ 4.2 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีมีความสัมพันธ์กับการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยค่าความสว่าง และ hue angle ที่ลดลง และความเป็นสีแดงที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าตัวอย่างเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น

เมื่อตัวอย่างที่ผ่านการลวกเป็นเวลา 30 วินาที และ 1 นาที และผ่านการฟุ้งทุกเงื่อนไข พบว่าการฟritที่รहितเมล็ดด้วยสารละลายที่ต่างกัน ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีอย่างไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งพิจารณาในเทอมของความสว่างความเป็นสีแดง ความเป็นสีเหลือง และค่า hue angle เมื่อฟุ้งกล้วยแผ่นด้วยอุณหภูมิ 160°C พบว่าสีของกล้วยแผ่นในกรณีที่ไม่ผ่านการลวกเป็นสีครีมอมขาว ขณะที่ตัวอย่างที่ผ่านการลวกสีของกล้วยแผ่นเป็นสีเหลืองทอง ซึ่งตัวอย่างที่ผ่านการลวกมีสีใกล้เคียง

กับสีของกล้วยทอดด้วยสุญญากาศ อย่างไรก็ตามเมื่อพффิงด้วยอุณหภูมิสูง 180°C กล้วยแผ่นเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มมากขึ้นทั้งในกรณีของกล้วยที่ผ่านการลวก และไม่ผ่านการลวก ซึ่งพิจารณาได้จากค่า L-value ที่ลดลงเป็น 32.7 และค่า hue angle ที่ลดลงเป็น 54.5 ในกรณีกล้วยแผ่นที่ผ่านการลวก ส่วนในกรณีของกล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกค่า L-value มีค่าลดลงเป็น 31.8 และค่า hue angle ที่ลดลงเป็น 57.8 ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิพффิงที่สูง ทำให้อุณหภูมิภายในวัสดุเพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เร่งด้วยเอนไซม์ (Nath et al., 2007 and Krokida et al., 2000)

ส่วนในกรณีที่ไม่ผ่านการลวกภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิพффิงเดียวกัน 160°C พบว่า การฟรืทริทเมนต์ด้วยสารละลายที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยอย่างมีนัยสำคัญ โดยกล้วยแผ่นที่ผ่านการฟรืทริทเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์จะมีความสว่างมากกว่าการฟรืทริทเมนต์ด้วยกรดซิตริก และเมื่อพффิงตัวอย่างด้วยอุณหภูมิสูง 180°C กล้วยแผ่นเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น ซึ่งพิจารณาได้จากค่า L-value ที่ลดลงเป็น 33.1 และ 31.8 ในกรณีที่ฟรืทริทเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ และกรดซิตริก ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Demirel and Turham, (2003) รายงานว่า การฟรืทริทเมนต์กล้วยแผ่นด้วยสารละลายซัลไฟด์ กล้วยจะมีสีคล้ำน้อยกว่าการฟรืทริทเมนต์ด้วยกรดซิตริก และผลการศึกษาของ Krokida et al. (2000) ศึกษาผลของการฟรืทริทเมนต์ร่วมกับสารละลายซัลไฟด์ การลวกด้วยน้ำร้อน และการนึ่งด้วยไอน้ำร้อนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลไม้ พบว่า การฟรืทริทเมนต์ด้วยสารละลายซัลไฟด์ป้องกันการคล้ำของสีได้ดีกว่าการฟรืทริทเมนต์ด้วยวิธีอื่น

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยแผ่นระหว่างเงื่อนไขที่เหมาะสม (163°C เป็นเวลา 1 นาที) และพффิงด้วยอุณหภูมิ 160°C เป็นเวลา 2 นาที ทั้งกรณีการลวก และไม่ลวก พบว่า ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีอย่างไม่มีนัยสำคัญทุกเงื่อนไข ดังนั้นเพื่อให้ได้สีของกล้วยแผ่นที่ไม่คล้ำ ควรเลือกพффิงด้วยอุณหภูมิต่ำประมาณ 160°C นอกจากปัจจัยของอุณหภูมิพффิงแล้ว การลวกก็เป็นอีกปัจจัยที่สามารถพัฒนาลักษณะปรากฏของกล้วยแผ่นได้ ซึ่งช่วยให้กล้วยมีความเป็นสีเหลืองมากขึ้น และใกล้เคียงกับกล้วยที่ผ่านการทอดด้วยสุญญากาศ แต่อย่างไรก็ตามการลวกกลับทำให้น้ำสัมผัสที่ได้มีความแข็งมากขึ้น และมีความกรอบน้อยลงหลังผ่านกระบวนการพффิง ขณะที่กล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกลักษณะสีที่ได้ค่อนข้างเป็นสีครีมอมขาว เนื่องจากมีปริมาณแป้งอยู่ค่อนข้างมาก แต่กลับส่งผลดีต่อเนื้อสัมผัสที่แข็งน้อย และกรอบมาก

ตารางที่ 4.2 ผลของความหนาของตัวอย่าง อุณหภูมิพuffing และความแตกต่างของการพรีทรีทเมนต์
ด้วยกรด และสารละลายที่ระดับความหนา 3.5 มม.ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของ
กล้วยแผ่น

Pretreatment	Concentration % (w/v)	Puffing temperature (°C)	L-value	a-value	b-value	Hue angle
Unblanching						
citric acid	0.75	160_2 min	41.2±0.9 ^f	9.1±0.6 ^{cd}	15.9±0.5 ^{de}	60.3±1.4 ^{bcd}
Sodium metabisulfite	0.07	160_2 min	42.9±0.8 ^g	8.9±0.4 ^{cd}	16.2±0.5 ^{de}	61.0±1.7 ^{bcd}
citric acid	0.75	180_2 min	31.8±0.6 ^a	9.8±0.3 ^d	15.6±0.7 ^e	57.8±1.6 ^{ab}
Sodium metabisulfite	0.07	180_2 min	32.8±0.8 ^{ab}	8.8±0.4 ^{cd}	16.6±0.5 ^d	62.2±1.7 ^{cdef}
Optimum condition	0.75	163_1 min	43.3±0.6 ^g	9.2±0.5 ^{cd}	15.2±0.8 ^{cd}	60.8±1.7 ^{bcd}
30 s -blanching						
citric acid	0.75	160_2 min	36.4±0.6 ^e	6.9±0.8 ^{ab}	13.0±0.8 ^a	62.0±1.8 ^{cdef}
Sodium metabisulfite	0.07	160_2 min	36.6±0.7 ^e	6.7±0.8 ^{ab}	13.6±0.6 ^{ab}	62.9±1.6 ^{defg}
citric acid	0.75	180_2 min	34.7±0.6 ^{cd}	8.0±0.6 ^{bc}	13.2±0.7 ^a	58.7±1.7 ^{bc}
Sodium metabisulfite	0.07	180_2 min	33.9±0.5 ^{bc}	8.6±0.5 ^{cd}	14.0±0.6 ^{abc}	58.6±2.1 ^{bc}
Optimum condition	0.75	163_1 min	35.8±0.6 ^{de}	7.0±0.8 ^{ab}	14.9±0.5 ^{bcd}	61.7±1.3 ^{bcdde}
1 min-blanching						
citric acid	0.75	160_2 min	34.1±0.7 ^{bc}	5.9±0.8 ^a	12.8±0.5 ^a	65.8±1.4 ^{fg}
Sodium metabisulfite	0.07	160_2 min	34.3±0.6 ^{bcd}	5.7±1.0 ^a	12.9±0.7 ^a	66.4±1.7 ^g
citric acid	0.75	180_2 min	32.7±0.6 ^{ab}	9.3±0.3 ^{cd}	13.2±0.6 ^a	54.5±1.6 ^a
Sodium metabisulfite	0.07	180_2 min	33.1±0.8 ^{abc}	8.9±0.6 ^{cd}	13.8±0.7 ^{abc}	57.9±1.7 ^{ab}
Optimum condition	0.75	163_1 min	33.8±0.7 ^{bc}	5.7±0.6 ^a	13.1±0.3 ^a	65.4±2.1 ^{efg}

Different letters in the same columns indicate that values are significantly different ($p<0.05$)