

บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการพффิง ได้แก่ ความชื้นเริ่มต้นของกล้วยก่อนพффิง อุณหภูมิพффิง เวลาพффิง ระดับความหนาของกล้วยแผ่น การพффิตที่แตกต่างกันระหว่าง กรดซิตริก และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ การลวก การนึ่ง และความสุกของกล้วยระดับ 1 (3-5 °Brix) และ 3 (17-18 °Brix) ที่มีผลต่อเวลาการอบแห้งและคุณภาพของกล้วยแผ่น ได้แก่ สมบัติด้านเนื้อสัมผัส สมบัติด้านการหดตัว สมบัติด้านสี โครงสร้างระดับจุลภาค ระดับดัชนีน้ำตาล (Glycemic index: GI) และวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมของการพффิงกล้วยแผ่น ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

1. ผลของจลนพลศาสตร์การอบแห้งกล้วยแผ่นที่ความสุกระดับ 3 ที่มีความหนาระหว่าง 2.5 และ 3.5 มม. พบว่า กล้วยแผ่นที่ผ่านการลวกที่ระดับความหนา 3.5 มม. ใช้เวลารวมในการอบแห้งนานกว่า กล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวก ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นเริ่มต้นของกล้วยแผ่นที่ผ่านการลวกสูง ทำให้ใช้เวลาอบแห้งในขั้นตอนแรกนาน อีกทั้งโครงสร้างเซลล์เกิดการหดตัวสูงในกรณีที่มีการลวก ทำให้ความพรุนตัวของตัวอย่างน้อยก่อนนำไปพффิง ส่งผลให้อัตราการอบแห้งต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวก ขณะที่ระดับความสุกที่ 1 และ 3 ที่ระดับความหนา 2.5 มม. พบว่า กล้วยระดับความสุก 1 ใช้เวลารวมในการอบแห้งสั้นกว่ากล้วยระดับ 3 ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นเริ่มต้นของกล้วยแผ่นที่สูงกว่าและยังมีปริมาณน้ำตาลสูงในกรณีระยะความสุกที่ 3 ซึ่งปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มแรงต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากกล้วยแผ่น ส่งผลให้อัตราการอบแห้งต่ำ จึงทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าระยะความสุกที่ 1 นอกจากนี้ระยะเวลาการนึ่งกล้วยที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อความชื้นเริ่มต้นของกล้วยแผ่นที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความชื้นเคลื่อนที่ออกจากตัวอย่างได้ช้า จึงทำให้ใช้เวลารวมในการอบแห้งนานกว่ากล้วยที่ไม่ผ่านการนึ่ง
2. การหาสภาวะที่เหมาะสมด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนองในการพффิงกล้วยแผ่นที่ความหนา 3.5 มม. โดยกล้วยแผ่นมีความชื้นเริ่มต้นก่อนพффิงระหว่าง 15-35% d.b. จากนั้นนำไปพффิงด้วยอุณหภูมิระหว่าง 140-180°C เป็นเวลาระหว่าง 1-2 นาที พบว่า พффิงกล้วยแผ่นด้วยอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ส่งผลต่อการหดตัวของกล้วยแผ่นลดลง ขณะที่ความชื้นเริ่มต้นก่อนการพффิงน้อยกว่า 15% d.b. ส่งผลให้แรงดันไอน้ำภายในวัสดุต่ำ ดังนั้นจึงทำให้วัสดุเกิดการขยายตัวได้น้อยระหว่างขั้นตอน

การพффิง ขณะที่ความชื้นเริ่มต้นก่อนการพффิงสูงกว่า 35% d.b. ส่งผลให้เกิดแรงดันไอน้ำสูง แต่วัสดุยังคงเกิดการหดตัวมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากความชื้นภายในวัสดุยังสูงหลังผ่านกระบวนการพффิงประมาณ 20-22% d.b. และเนื้อของวัสดุค่อนข้างนิ่ม ดังนั้นโครงสร้างจึงเกิดการหดตัวในขั้นตอนต่อมา ขณะที่ความชื้นก่อนการพффิงประมาณ 25% d.b. ส่งผลต่อการหดตัวน้อยที่สุด ทำให้เนื้อสัมผัสที่ได้มีความแข็งแรงน้อยและกรอบมากกว่าเงื่อนไขอื่นๆ นอกจากปัจจัยดังกล่าวแล้วการพффิงด้วยอุณหภูมิสูง ส่งผลให้เนื้อสัมผัสมีกรอบมาก แต่สีของกล้วยที่ได้เริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้น ดังนั้นเพื่อให้ได้คุณภาพโดยรวมที่เหมาะสมผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบกรอบ จึงนำเทคนิคพื้นผิวตอบสนองมาวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมทั้งปัจจัยของเนื้อสัมผัสและสี ผลการศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสม พบว่าความชื้นเริ่มต้นก่อนการพффิง 26% d.b. พффิงด้วยอุณหภูมิ 163°C เป็นเวลา 1 นาที

3. ผลของการพффิตที่เริ่มต้นด้วยกรดซิตริก สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และการลวกที่อุณหภูมิพффิงระหว่าง 160 และ 180°C เป็นเวลา 2 นาที และที่ความหนาระหว่าง 2.5 และ 3.5 มม. ที่มีต่อคุณภาพของกล้วยแผ่น สามารถสรุปได้ดังนี้

กล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกที่ความหนา 3.5 มม. มีการหดตัวน้อยกว่าที่ความหนา 2.5 มม. ทั้งนี้เนื่องจากการลดลงของระดับความหนา ทำให้ความชื้นเคลื่อนที่จากภายในวัสดุมายังผิวได้เร็วเนื่องจากมีระยะทางสั้น ดังนั้นจึงทำให้สูญเสียความชื้นไปส่วนหนึ่งก่อนที่จะเกิดแรงดันไอน้ำขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นภายในวัสดุไม่เพียงพอ มีผลต่อการเกิดแรงดันไอน้ำภายในวัสดุน้อยลง จึงทำให้เกิดการหดตัวมากที่ระดับความหนา 2.5 มม. เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ผ่านมาการลวก ซึ่งให้ผลตรงกันข้ามกับกรณีดังกล่าว พบว่า ตัวอย่างที่ผ่านการลวกที่ความหนาของกล้วยแผ่น 3.5 มม. เกิดการหดตัวมากกว่าที่ความหนา 2.5 มม. ซึ่งระดับการหดตัวที่แตกต่างกัน เนื่องมาจากการลวกทำให้ความพรุนที่บริเวณผิวลดลง และเมื่อนำตัวอย่างมาอบแห้งต่อในขั้นตอนแรก ส่งผลให้ความชื้นเคลื่อนที่ออกจากตัวอย่างได้ช้า ดังนั้นจึงใช้เวลาในการอบแห้งนาน ทำให้เนื้อเยื่อของกล้วยมีความแข็งแรงและมีความแน่นเนื้อสูง ดังนั้นเมื่อนำตัวอย่างที่ผ่านการลวกไปพффิง จึงทำให้เกิดการขยายตัวได้ยาก ซึ่งการหดตัวสูงในกรณีตัวอย่างที่ผ่านการลวก ส่งผลให้เนื้อสัมผัสมีความแข็งแรงและกรอบน้อยกว่ากรณีที่ไม่ผ่านการลวก และพффิงกล้วยแผ่นที่อุณหภูมิสูง 180°C ส่งผลต่อระดับการหดตัวลดลงทั้งในกรณีของกล้วยแผ่นที่ผ่านการลวกและไม่ลวก ซึ่งเกิดขึ้นเฉพาะที่ความหนา 3.5 มม. เท่านั้น

ส่วนของกล้วยแผ่นที่ผ่านการลวกและพффิงที่อุณหภูมิ 160°C มีลักษณะเป็นสีเหลืองทองกล้วยกล้วยที่ได้จากการทอดสุญญากาศ ขณะกล้วยที่ไม่ผ่านการลวกมีลักษณะเป็นสีครีมอมขาว แต่อย่างไรก็ตามกล้วยที่ผ่านการพффิงด้วยอุณหภูมิสูง 180°C กล้วยแผ่นเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากขึ้นทั้งในกรณีลวกและไม่ลวก เพื่อให้ได้กล้วยที่มีสีเข้มน้อย ควรพффิงด้วยอุณหภูมิต่ำ 160°C แต่เนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่นที่ได้จะมีความแข็งมากและกรอบน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวก และการพффิงที่อุณหภูมิสูงด้วยกรดซิตริกหรือสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นกล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวก ซึ่งกล้วยที่พффิงที่อุณหภูมิสูงด้วยสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีความสว่างมากกว่า

4. ผลของระดับความสุกของกล้วยระหว่าง 1 และ 3 ที่ความหนาของกล้วยแผ่น 2.5 มม. และระยะเวลาหนึ่งเป็นเวลาระหว่าง 30 วินาทีจนถึง 2 นาที ที่มีต่อคุณภาพของกล้วยแผ่น สามารถสรุปได้ดังนี้

กล้วยระยะความสุกที่ 1 และยังไม่ผ่านการนึ่งมีระดับการหดตัวมากกว่าเงื่อนไขการนึ่งที่เวลาต่างๆ แต่เนื้อสัมผัสที่ได้มีความแข็งน้อยกว่ากล้วยที่ผ่านการนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากส่วนประกอบของเพคตินที่ผนังเซลล์ยังไม่ถูกทำลาย จึงยังไม่มี การเชื่อมระหว่างผนังเซลล์เกิดขึ้น ดังนั้นเนื้อสัมผัสจึงมีลักษณะเปราะและแตกง่าย ขณะกล้วยที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลา 30 วินาที เริ่มมีความแข็งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเวลานึ่งเพิ่มขึ้นระหว่าง 1-2 นาที เนื้อสัมผัสของกล้วยมีความแข็งเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงประมาณ 18.1-19.9 N แต่มีความกรอบมากกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากกล้วยดิบที่ผ่านการนึ่งระหว่าง 1-2 นาที แป้งกล้วยดิบเกิดเจลาติไนเซชันอย่างสมบูรณ์มีผลต่อการหดตัวที่ลดลง ทำให้กล้วยแผ่นมีรูพรุนขนาดใหญ่เกิดขึ้น จึงทำให้เนื้อสัมผัสมีความกรอบมากขึ้น ส่วนลักษณะสีของกล้วยที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลาสั้นเพียง 30 วินาทีมีลักษณะเป็นสีขาว และเมื่อเพิ่มเวลานึ่งเป็น 1-2 นาที สีของกล้วยที่ได้มีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน

สำหรับผลการทดสอบค่าไกลซีมิก พบว่า กล้วยระยะที่ 1 ที่ไม่ผ่านการนึ่งมีค่าไกลซีมิกต่ำกว่าเงื่อนไขการนึ่งที่เวลาต่างๆซึ่งมีค่าประมาณ 49.3 เนื่องจากโครงสร้างผลึกยังไม่ถูกทำลาย ขณะที่เวลาการนึ่งเพิ่มขึ้นระหว่าง 1-2 นาที ทำให้แป้งเกิดเจลาติไนเซชันจากการให้ความร้อนด้วยการนึ่งซึ่งจะทำลายโครงสร้างผลึกของแป้งลง ทำให้มีค่าไกลซีมิกเพิ่มขึ้นเล็กน้อยมีค่าประมาณ 54.1 ขณะกล้วยระยะที่ 3 มีปริมาณน้ำตาลมากกว่า จึงทำให้มีค่าไกลซีมิกเพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 58-66

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปแนวทางการผลิตกล้วยอบกรอบด้วยกระบวนการพффิงภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสมคือ ความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่างประมาณ 25% d.b. และพффิงด้วยอุณหภูมิ 160°C เป็นเวลา 2 นาที ซึ่งสามารถพิจารณาได้เป็น 2 กรณี สำหรับกรณีกล้วยที่ระดับความสุกที่ 3 พบว่า การลวกช่วยให้สีของกล้วยแผ่นเป็นสีเหลืองทอง ซึ่งใกล้เคียงกับสีที่ได้จากกล้วยทอดสุญญากาศ แต่เนื้อสัมผัสที่ได้มีความแข็งเพิ่มขึ้น และความกรอบน้อยกว่ากล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวก อย่างไรก็ตามสีของกล้วยแผ่นที่ไม่ผ่านการลวกค่อนข้างเป็นสีครีมอมขาว ซึ่งใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ส่วนกรณีที่สองคือกล้วยระดับความสุกที่ 1 ภายใต้เงื่อนไขการพффิงดังกล่าว ซึ่งกล้วยแผ่นที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลาประมาณ 2 นาที กล้วยที่ได้มีลักษณะสีเหลืองทองไม่มีจุดคล้ำบริเวณผิวกล้วย และเนื้อสัมผัสที่ได้มีความกรอบเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีระดับ GI ค่อนข้างต่ำ ซึ่งอาจจะเป็นทางเลือกในการนำมาผลิตเป็นกล้วยแผ่นอบกรอบสำหรับทานเล่น

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเตรียมตัวอย่างในขั้นตอนแรกค่อนข้างใช้เวลานาน ทำให้ตัวอย่างสัมผัสกับอากาศเป็นเวลานาน ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้กล้วยเกิดสีคล้ำได้ง่าย และการพффิงที่รุนแรงที่ระดับความเข้มข้นต่ำไม่สามารถยับยั้งสีคล้ำของกล้วยที่เกิดขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามการเลือกพффิงที่รุนแรงที่ความเข้มข้นสูงเกินไป ทำให้กล้วยมีรสชาติที่เปรี้ยวมาก เพื่อลดปัญหาดังกล่าวควรหาวิธีการลดระยะเวลาในการเตรียมตัวอย่างในขั้นตอนแรก ก่อนนำไปผ่านกระบวนการพффิงต่อไป
2. ควรศึกษาตลาดการแปรรูปเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรจากท้องถิ่นสู่ตลาดการค้า เพื่อเป็นอีกทางเลือกสำหรับผู้บริโภคใส่ใจต่อสุขภาพ