

บทความวิจัย

การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ Inhibition of Browning Reaction in Pasteurized Fragrant Banana Purée

สมฤดี ไทพานิชย์^{1*} และ ปราณี อานเปื้อง²
Somruedee Thaiphanit^{1*} and Pranee Anprung²

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือด และสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อการยับยั้งกิจกรรมของพอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าเนื้อกล้วยหอมสุก ระยะที่ 7 ได้รับคะแนนด้านกลิ่นกล้วย ความหวาน และความชอบสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงเลือกใช้เนื้อกล้วยหอมสุก ระยะที่ 7 ในการศึกษาครั้งนี้ ผลที่ได้พบว่าการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือดกับผลกล้วยหอมทั้งผลจนมีอุณหภูมิ 85°C นาน 3 นาที ร่วมกับการเติมกรดซิตริก หรือกรดแอสคอร์บิกตั้งแต่ร้อยละ 1.50 ถึง 3.00 โดยน้ำหนัก หรือการให้ความร้อนนาน 5 นาที ร่วมกับการเติมกรดซิตริกร้อยละ 2.00 ถึง 3.00 หรือกรดแอสคอร์บิกตั้งแต่ร้อยละ 0.50 ถึง 3.00 โดยน้ำหนัก สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ได้อย่างสมบูรณ์ แต่มีเพียงการให้ความร้อนนาน 5 นาที ร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 0.50 โดยน้ำหนัก เท่านั้น ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อรสชาติของเนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ และมีคะแนนความชอบ ความหวาน ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวมดีที่สุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: กล้วย; ตีปั่น; พอลิฟีนอลออกซิเดส; สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล; การให้ความร้อน

ABSTRACT

This research was to study the effect of steamed heating and inhibition-browning agents on polyphenol oxidase (PPO) activity for inhibition of browning reaction in pasteurized fragrant banana Purée. The results of sensory evaluation showed that the fragrant banana flesh in the ripening stage 7 had the most significantly acceptable banana flavor, sweet taste and overall liking. Therefore, the fragrant banana flesh in the ripening stage 7 was selected to use in this study. It was found that browning reaction in pasteurized fragrant banana Purée is completely controlled by adding 1.50 to 3.00% citric acid or ascorbic acid together with 3-minute heating at 85°C. Moreover it was also completely controlled by adding citric acid at 2.00 to 3.00 % or ascorbic acid at 0.50% to 3.00% by weight together with 5-minute heating at 85°C. However, there was only adding ascorbic acid 0.50% by weight together with 5-minute heating that showed no effect on tastes of pasteurized fragrant banana purée. It also brought about the best significantly scoring in sweetness, sourness and overall liking.

Keyword: Banana; Purée; Polyphenol oxidase (PPO); Inhibition-browning agent; Heating

*Somruedee.tha@siam.edu

¹อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร

²ศ.ดร. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

บทนำ

กล้วยหอมพันธุ์หอมทอง *Musa acuminata* AAA Group 'Gross Michel' เป็นหนึ่งในผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยที่สามารถปลูกได้ตลอดปี จากผลสำรวจในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกล้วยหอมสูงถึง 230,000 ไร่ [1] เมื่อกล้วยหอมเริ่มงอม และจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภายใน เช่น มีการเปลี่ยนสีของเปลือก การเปลี่ยนแปลงให้เป็นน้ำตาล ทำให้ผลกล้วยสุกมีรสหวาน เนื้อนุ่ม กลิ่นหอม เป็นที่นิยมของผู้บริโภค แต่เนื่องจากกล้วยหอมจัดเป็นผลไม้ในกลุ่ม climacteric fruit มีอัตราการหายใจสูง จึงมีการสูญเสียมาก เก็บรักษาได้เพียง 5-7 วันหลังการเก็บเกี่ยว [2] ซึ่งสั้นกว่าผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ เช่น ส้ม แอปเปิ้ล และผลไม้เปลือกแข็งต่างๆ กล้วยหอมจึงมีข้อจำกัดในการบริโภคสด และการส่งออกในรูปผลไม้สด [3] มากไปกว่านั้นในบางฤดูมีปริมาณผลผลิตมากเกินความต้องการอีกด้วย ก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ จึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญต่อการแปรรูปกล้วยหอมไปเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ กล้วยอบแห้ง กล้วยฉาบ น้ำตาล กล้วยหอมผง และกล้วยแปรรูปบรรจุกระป๋อง เป็นต้น จากรายงานของศูนย์วิจัยกสิกรรมไทยระบุว่าประเทศไทยยังมีโอกาสขยายมูลค่าการส่งออกกล้วยได้อีกมาก รวมถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยรูปแบบอื่นๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้สูงขึ้น เช่น ขนมขบเคี้ยว อาหารหวาน ผลิตภัณฑ์บำรุง/ถนอมผิว เป็นต้น วัตถุประสงค์หนึ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกล้วยให้มีคุณภาพสูง คือ กล้วยหอมแปรรูปที่ปน แต่ปัญหาสำคัญของการแปรรูป คือ การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาทางเอนไซม์ในระหว่างกระบวนการผลิต ส่งผลโดยตรงต่อการรับรู้ทางประสาทสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภค [4] โดยเฉพาะกระบวนการผลิตกล้วยหอมแปรรูปที่ปนพาสเจอไรซ์ แบบใช้ความร้อนต่ำ ที่อุณหภูมิ 62.8 - 65.6 °C ซึ่งใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนนานถึง 30 นาที โดยประมาณ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคทุกชนิด และเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย [5-6] จะมีโอกาสเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาทางเอนไซม์ได้มากทั้งในระหว่างกระบวนการผลิต และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ดังนั้นก่อนการพาสเจอไรซ์ ต้องมีขั้นตอนการให้ความร้อนเบื้องต้น เช่น การลวก เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ peroxidase (POD)

และ polyphenol oxidase (PPO) [7] ในขณะที่เกิดสีน้ำตาลคล้ำของเนื้อกล้วยหอม มีสาเหตุหลักๆ มาจากปฏิกิริยาการออกซิไดซ์ (oxidation reaction) สารประกอบฟีนอล ไปเป็น o-quinone และเกิดพอลิเมอร์ไรซ์ (polymerized) ต่อจนได้สารเชิงซ้อนสีน้ำตาล โดยมี PPO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [8] ปฏิกิริยานี้นอกจากจะทำให้เนื้อกล้วยหอมมีสีเข้มขึ้นแล้ว ยังทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติได้ และส่งผลเสียต่อคุณค่าทางอาหาร [9] ทั้งนี้ปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดอัตราการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาทางเอนไซม์ของเนื้อกล้วยหอม คือ สมบัติเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพของสารประกอบฟีนอล และ PPO ที่มีอยู่ในผักและผลไม้ รวมทั้งค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ออกซิเจน และอุณหภูมิด้วย [10] ดังนั้นการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาของ PPO สามารถทำได้โดย ชัดขวาง หรือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ กำจัด หรือเปลี่ยนซับสเตรต กำจัด หรือลดปริมาณออกซิเจน หรือเติมสารที่มีผลต่อทั้งเอนไซม์ และซับสเตรต เป็นต้น

การควบคุม และยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากการทำงานของ PPO มีหลายวิธี ได้แก่ การให้ความร้อน หรือการลวก และการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล เป็นต้น สามารถใช้ความร้อนในการยับยั้งการทำงานของ PPO ได้ เนื่องจากความร้อนจะทำให้ PPO ซึ่งเป็นโปรตีนเกิดการเสียสภาพจนไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ มีรายงานระบุว่ากิจกรรมของ PPO ที่อยู่ภายในเซลล์จะสูญเสียไปมากกว่าร้อยละ 50 เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 60°C นาน 20 นาที [11] สูญเสียไปมากกว่าร้อยละ 90 เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 85°C นาน 5 นาที [12] และสูญเสียไปอย่างสมบูรณ์เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 95°C นาน 5 นาที [13] อย่างไรก็ตามความร้อนสามารถส่งผลเสียต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส เช่น สี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการได้ โดยเฉพาะวิตามินซี [14] ด้วยเหตุนี้สภาวะการลวกที่ต้องการ และเหมาะสม จะต้องเพียงพอต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และสูญเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด หรือเปลี่ยนมาใช้สารที่มีสมบัติยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจาก PPO ได้ เช่น ซีสเทอีน โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมคลอไรด์ กรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริก เป็นต้น [15-19] Galeazzi และ Sgarbieri (1981) ศึกษาสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง PPO จากกล้วยหอมเขียวควอม (Dwarf Cavendish)

*Somruedee.tha@siam.edu

¹Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok

²Professor Dr., Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

พบว่าสารที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของ PPO ได้ดีที่สุด คือ กรดแอสคอร์บิก ซีสเตอีน และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ตามลำดับ [12] ในขณะที่ Yang และคณะ (2000) ศึกษาสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง PPO จากกล้วย *Musa sapientum* L. พบว่า ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และกรดอะซิติก มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของ PPO ได้ดี [15] กรดแอสคอร์บิกจึงถูกนำมาใช้บ่อยที่สุดสำหรับการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหาร [16] นอกจากนี้ Martinez และ Whitaker (1995) ระบุว่า การปรับลดค่า pH ของระบบให้มีค่า pH ไม่เกิน 4 ด้วยกรดต่างๆ เช่น กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และกรดอะซิติก สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของน้ำผลไม้ และชิ้นผลไม้ได้ [10] อย่างไรก็ตามการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในปริมาณที่มาก หรือน้อยเกินไป อาจส่งผลให้เนื้อกล้วยหอมบดที่ได้ มีกลิ่นรสผิดปกติจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค หรือไม่สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ได้ตลอดอายุการเก็บรักษา จึงมีงานวิจัยจำนวนมากสนใจศึกษาถึงการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาทางเอนไซม์ในผักและผลไม้ต่างๆ โดยการใช้ความร้อนร่วมกับการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของผัก และผลไม้ต่างๆ เช่น มันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* L.) กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* L. (ABB group) 'Kluai Nam Wa') สับปะรด (*Ananas comosus* L.) แอปเปิ้ล (*Malus* sp.) และมะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นต้น [2, 11, 20-21] แต่ยังไม่มีความรู้สำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่น รวมทั้งผลของการใช้ความร้อนร่วมกับการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อกิจกรรมของ PPO ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการใช้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือดกับ ผลกล้วยหอมทั้งผล ร่วมกับ

การใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อการยับยั้งการทำงานของ PPO ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลทั้งในระหว่างกระบวนการแปรรูป และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอร์ไรซ์ โดยการติดตามค่าสี กิจกรรมของ PPO และลักษณะทางประสาทสัมผัส ซึ่งสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยกรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริก

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัตถุดิบและสารเคมี

กล้วยหอมพันธุ์หอมทอง ซื้อจาก เทสโก้ โลตัส สาขาบางแค จังหวัดกรุงเทพมหานคร กล้วยที่นำมาใช้ในการทดลองเมื่อยังไม่ได้เปลือกจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนที่กว้างที่สุดอยู่ในช่วง 3.2 - 3.7 เซนติเมตร โดยจะเลือกซื้อกล้วยที่สุกในระยะที่ 1 (เปลือกกล้วยมีสีเขียว และผลมีความแข็ง) ตามมาตรฐาน CSIRO (1972) [22] จากนั้นนำมาตัดแบ่งเป็นผล แล้วนำมาบ่มให้สุกในกล่องไม้ที่มีฝาปิด ที่อุณหภูมิ $32 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ความชื้นร้อยละ 70 - 75 เมื่อกล้วยสุกถึงระยะที่ 6 (เปลือกกล้วยมีสีเหลืองทั่ว กล้วยระยะนี้จัดเป็นกล้วยสุก) 7 (เปลือกกล้วยมีสีเหลือง และเริ่มมีจุดสีน้ำตาล กล้วยระยะนี้จัดเป็นกล้วยสุกเต็มที่) และ 8 (เปลือกกล้วยมีสีเหลือง และมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น กล้วยระยะนี้จัดเป็นกล้วยสุกมากเกินไป) ตามมาตรฐาน CSIRO (1972) [22] ดังแสดงโดย Figure 1 จึงสุ่มตัวอย่างออกมาโดยคละหวี และคละลูก เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลอง

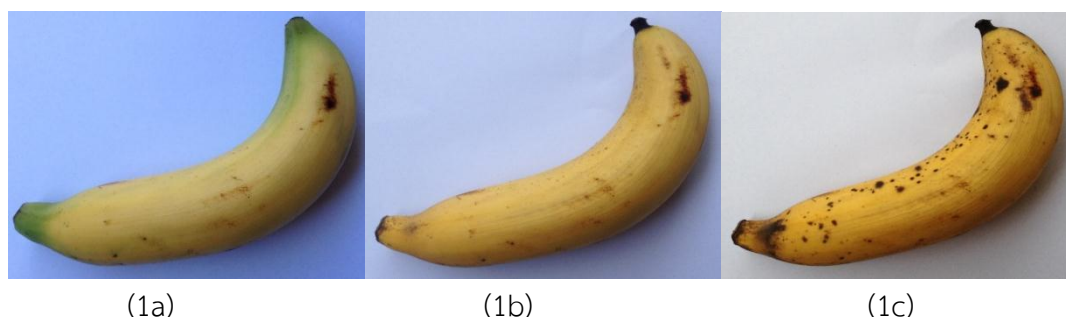


Figure 1 Peel color index: (1a) Stage 6 (1b) Stage 7 (1c) Stage 8

*Somruedee.tha@siam.edu

¹อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร

²ศ.ดร. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

2. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อกล้วยหอมพันธุ์หอมทอง และการคัดเลือก

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อกล้วยหอมพันธุ์หอมทองสุกระยะที่ 6 ถึงระยะที่ 8 เพื่อคัดเลือกระยะการสุกของกล้วยหอมพันธุ์หอมทองที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการศึกษาคุณลักษณะของพอลิฟีนอลออกซิเดส และการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ประเมินลักษณะด้านกลิ่นกล้วยหอม รสหวาน และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธีการวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ (Quantitative descriptive analysis; QDA) โดยการให้คะแนน 1–5 และทดสอบการยอมรับ โดยใช้ 9- point hedonic scale ด้วยผู้ทดสอบที่มีประสบการณ์ จำนวน 30 คน ทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม R 3.0.2 for Windows

3. การวิเคราะห์กิจกรรมของ PPO

3.1 การเตรียม crude PPO ดัดแปลงจากวิธีของ สมฤดี และจิตรรัตน์ (2553) [21]

นำตัวอย่างเนื้อกล้วยหอมพันธุ์หอมทองที่มีระยะสุกตามที่คัดเลือกได้จากข้อ 2. ปริมาณ 300 g เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มไล่อากาศปริมาตร 100 ml มาปั่นรวมกับสารละลาย phosphate buffer pH 7.0 ความเข้มข้น 0.2 M ปริมาณ 200 ml ด้วย Waring Commercial Laboratory Blender รุ่น BE-12 (Waring, USA) นาน 60 s นำไปหมุนเหวี่ยงด้วย Refrigerated centrifuge ที่อุณหภูมิ 4°C ความเร็ว 4,300g นาน 10 นาที นำส่วนใสมาตกตะกอนโปรตีนด้วย ammonium sulphate อิมพัลส์ร้อยละ 80 อุณหภูมิ 0°C จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วย refrigerated centrifuge ที่อุณหภูมิ 4°C ความเร็ว 4,300g นาน 10 นาที นำตะกอนที่ได้มาละลายด้วยสารละลาย phosphate buffer pH 7.0 ความเข้มข้น 0.2 M ปริมาตร 4 ml เก็บ crude PPO ที่อุณหภูมิ 0°C

3.2 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ และการหาค่าร้อยละการยับยั้งกิจกรรมของ PPO ตามวิธีของ Duangmal และ Owusu-Apenten (1999) [20]

นำ crude PPO มา 200 μ l มาทำปฏิกิริยากับสารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลาย phosphate buffer pH 7.0 ความเข้มข้น 0.2 M ปริมาตร 2.80 ml ที่อุณหภูมิ 25°C วัดการเปลี่ยนแปลงของการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm โดยใช้เครื่อง spectrophotometer คำนวณอัตราเร็วเริ่มต้นจากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเวลา คำนวณกิจกรรมของ PPO โดยให้เอนไซม์ 1 หน่วยเท่ากับการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสง 0.001 หน่วยต่อนาที วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ที่มีการใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลเปรียบเทียบกับ reaction mixture ที่ไม่มีการใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลจากการคำนวณร้อยละการยับยั้ง (% inhibition)

$$\% \text{ inhibition} = [(A_0 - A_1)/A_0] \times 100$$

โดย A_0 คือ กิจกรรมของ PPO จากเนื้อกล้วยหอมสด และ A_1 คือ กิจกรรมของ PPO เนื้อกล้วยหอมจากผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ ทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

4. การหาวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมเนื้อกล้วยหอมเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์

4.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์

ใช้เนื้อกล้วยหอมพันธุ์หอมทองที่มีระยะสุกตามที่คัดเลือกได้จากข้อ 2. เป็นวัตถุดิบสำหรับการเตรียมผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การเตรียมวัตถุดิบ และการพาสเจอไรซ์ การเตรียมวัตถุดิบ ทำโดยนำผลกล้วยหอมทั้งเปลือกไปให้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือด ณ สภาวะที่กำหนด ปอกเปลือก หั่นตามขวางหนา 2 - 3 cm นำเนื้อกล้วยปริมาณ 300 g ใส่ลงในเครื่องปั่นผสมเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มไล่อากาศปริมาตร 100 ml เติมสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลตามชนิดและปริมาณที่กำหนด ขั้นตอนการพาสเจอไรซ์ ทำโดยปั่นผสมเนื้อกล้วยหอมที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบแล้ว นาน 1.5 นาที พาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 30 นาที แบ่งบรรจุขณะร้อน ลงในขวดแก้วใสความจุ 200 ml

*Somruedee.tha@siam.edu

¹Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok

²Professor Dr., Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

ขวดละ 180 ± 1 g และปิดปากขวดทันที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 1 สัปดาห์

4.2 การหาวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมเนื้อกล้วยหอมเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล

การหาวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมเนื้อกล้วยหอมเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล มีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 3 ปัจจัย คือ ระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือด ชนิดสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และปริมาณสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้ กำหนดให้ระยะเวลาในการให้ความร้อนมี 3 ระดับ คือ 0 (ไม่มีการให้ความร้อน) 3 และ 5 นาที โดยจะเริ่มจับเวลาเมื่อจุดกึ่งกลางของผลกล้วยหอม มีอุณหภูมิ 85°C สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้มี 2 ชนิด คือ กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก สำหรับปริมาณสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้มี 7 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ไม่มีการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล) 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 และ 3.0 (โดยน้ำหนักสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อน้ำหนักเนื้อกล้วยหอม) ออกแบบการทดลองแบบ Factorial $3 \times 2 \times 7$ in CRD ทดลอง 3 ซ้ำ เลือกสภาวะการเตรียมเนื้อกล้วยหอมดีปนเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่เหมาะสม โดยการวัดค่าสีในระบบสี $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดสี โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} ร้อยละการยับยั้งกิจกรรมของ PPO ตามวิธีในข้อ 3 แต่ไม่ต้องเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มไล่อากาศ ตลอดช่วงอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 1 สัปดาห์ และลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านการยอมรับ โดยใช้ 9- point hedonic scale ตามวิธีในข้อ 2 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม R 3.0.2 for Windows

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อกล้วยหอมพันธุ์หอมทอง และการคัดเลือก

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยการวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ คะแนนของลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆของเนื้อกล้วยหอมพันธุ์หอมทอง แสดงโดย Table 1 ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเนื้อกล้วยหอมสุกระยะ 7 ได้คะแนนกลิ่นกล้วย (banana flavor) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยได้คะแนนด้านกลิ่นกล้วยเท่ากับ 4.37 ซึ่งเป็นกลิ่นหอมของกล้วย

นอกจากนี้เนื้อกล้วยหอมสุกระยะ 7 ได้คะแนนด้านกลิ่นรสแปลกปลอม (off-flavor) เท่ากับ 4.60 คือไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอม ด้านรสหวาน (sweetness) เท่ากับ 4.28 คือมีรสหวานมาก และความชอบโดยรวม (overall acceptability) เท่ากับ 4.20 และจากการทดสอบการยอมรับ โดยวิธี 9- point hedonic scale พบว่าเนื้อกล้วยหอมสุกระยะ 7 ได้คะแนนความชอบรวม (overall liking) สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นกล้วย รสหวาน และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.36 8.50 และ 8.53 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบชอบปานกลางถึงชอบมาก ดังแสดงโดย Table 2 ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ นอกจากนี้ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหอมของกล้วยและด้านกลิ่นรสแปลกปลอมสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Thaiphonit และ Anprung (2010) ซึ่งรายงานว่าเนื้อกล้วยหอมสุกระยะ 7 ประกอบด้วยสารให้กลิ่นหอมเฉพาะของกล้วยหอมพันธุ์หอมทองมากที่สุด ในขณะที่มีกลิ่นแปลกปลอม เช่น กลิ่นเขียว และกลิ่นฟางข้าวน้อย เมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SPME-GC/MS [23] จากผลที่ได้จึงเลือกใช้เนื้อกล้วยหอมสุกระยะ 7 เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการศึกษาการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมดีปนพาสเจอร์ไรซ์ต่อไป

*Somruedee.tha@siam.edu

¹อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร

²ศ.ดร. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Table 1 Quantitative descriptive analysis of fragrant banana

Sensory attributes	Ripening stages		
	6	7	8
Banana flavor	3.62±0.55 ^b	4.37±0.24 ^a	3.17±0.21 ^c
No off-flavor	4.72±0.19 ^a	4.60±0.61 ^a	2.84±0.56 ^c
Sweetness	3.86±0.12 ^b	4.38±0.55 ^a	3.96±0.40 ^b
Overall acceptability	3.91±0.35 ^a	4.20±0.55 ^a	1.90±0.42 ^b

Each value represents a mean ± standard deviation.

Means with the different letter in the row are significantly different at $P < 0.05$.

Table 2 9- point hedonic scale of fragrant banana

Sensory attributes	Ripening stages		
	6	7	8
Banana flavor	5.85±1.55 ^b	7.36±1.50 ^a	7.53±1.00 ^a
Sweetness	6.00±1.00 ^c	8.50±1.23 ^a	8.16±1.15 ^a
Overall liking	6.20±1.45 ^b	8.53±0.98 ^a	6.10±0.75 ^b

Each value represents a mean ± standard deviation.

Means with the different letter in the row are significantly different at $P < 0.05$.

2. ผลการหาวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมเนื้อกล้วยหอม เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์

ผลการใช้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือดกับผลกล้วยหอมทั้งผล ร่วมกับการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อการยับยั้งการทำงานของ PPO ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบตามปัจจัยที่ศึกษาซึ่งมี 3 ปัจจัย คือ ระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือด ชนิดสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และปริมาณสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้ เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลทั้งในระหว่างกระบวนการแปรรูป และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ โดยการติดตามค่าสี กิจกรรมของ PPO และลักษณะทางประสาทสัมผัส

2.1 ค่าสี

จากการติดตามวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ ด้วยเครื่อง Hunter lab รุ่น Color Flex ในระบบสี $L^*a^*b^*$ โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง D₆₅ ตลอดช่วงอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 7 วัน กำหนดให้ Control 1 คือ ตัวอย่างเนื้อกล้วยหอมจากผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ ที่ไม่ผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (Figure 2b) ผลที่ได้แสดงใน Table 3

ค่าเฉลี่ยความสว่าง (L^*) และสีเหลือง (b^*) ของเนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ ตลอดช่วงอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 7 วัน แสดงโดยกราฟแท่งใน Figure 3 และ 4 ตามลำดับ

Table 3 แสดงให้เห็นว่าการเติมสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลชนิด และปริมาณต่างๆ ลงในเนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ สามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้เมื่อเทียบกับ Control 1 โดยการเติมสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลปริมาณมาก จะสามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการเติมสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลปริมาณน้อย และการเติมสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลปริมาณร้อยละ 1.00 - 3.00 กรดแอสคอร์บิกจะมีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่ากรดซิตริก โดยสังเกตได้จากค่า L^* ที่มีค่ามากกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล จะทำให้เนื้อกล้วยหอมบดที่ได้มีสีเหลืองมากกว่าการใช้กรดซิตริกเป็นสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล โดยสังเกตได้จากค่า b^* ที่มีค่ามากกว่า ทั้งนี้กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิกสามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้เนื่องจากกรดซิตริกเป็นสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกลุ่ม acidulant ซึ่งจะทำให้ค่า pH ลดลง โดยเมื่อลด pH ให้ต่ำกว่าค่า Optimum pH ของ PPO จะทำให้กิจกรรมของ

*Somruedee.tha@siam.edu

¹Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok

²Professor Dr., Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

PPO ลดลง นอกจากนี้กรด ซิตริกยังเป็นสารคีเลทจับกับทองแดงที่บริเวณเร่งของ PPO เมื่อทองแดงถูกดึงออกไปจะทำให้ PPO ไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากทองแดงเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เอนไซม์ทำงานได้เป็นปกติ สำหรับกรดแอสคอร์บิกจะทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ โดยจะรีดิวซ์ o-Quinone กลับมาอยู่ในรูปของสารประกอบฟีนอลก่อนที่ o-Quinone จะทำปฏิกิริยาต่อไปจนกลายเป็นสารที่ให้สีน้ำตาล ทำให้สามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ แต่เมื่อกรดแอสคอร์บิกถูกใช้หมดแล้ว สาร o-Quinone จะเกิดการสะสมมากขึ้น และเกิดปฏิกิริยาต่อไปเป็นสารที่ให้สีน้ำตาลได้ [8]

นอกจากนั้นกรดทั้ง 2 ชนิดยังมีผลทำให้ค่า pH ลดต่ำลง ส่งผลต่อโครงสร้าง และการทำงานของ PPO ทำให้สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ [24] อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกปริมาณร้อยละ 3.00 เนื้อมะม่วงสุกที่แปรรูปแล้ว มีสีเหลืองลดลง และมีสีน้ำตาลเกิดขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกที่มีเหลือมากเกินไปในเนื้อมะม่วงสุก ดังนั้นการเตรียมเนื้อมะม่วงสุกที่

พาสเจอไรซ์โดยการให้ความร้อน หรือการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเพียงอย่างเดียวในช่วงระยะเวลา และปริมาณที่ศึกษา ไม่สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมะม่วงสุกที่พาสเจอไรซ์ได้ เนื่องจากความสว่าง และสีเหลือง ของเนื้อมะม่วงสุกค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้น

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อทดสอบความผันแปรร่วมระหว่างระยะเวลาที่ให้ความร้อนกับชนิดสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และปริมาณสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้ พบว่ามีความแปรผันร่วมระหว่างปัจจัยทั้ง 3 ต่อค่าเฉลี่ย L^* และมีความแปรผันร่วมระหว่างระยะเวลาการให้ความร้อนกับปริมาณสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้ ต่อค่าเฉลี่ย b^* ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเมื่อนำค่าเฉลี่ย L^* และค่าเฉลี่ย b^* ใน Table 3 มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย L^* และ b^* ของเนื้อมะม่วงสุกที่พาสเจอไรซ์ ตลอดช่วงอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 7 วัน ผลที่ได้แสดงโดยกราฟแท่งใน Figure 3 และ 4 ตามลำดับ

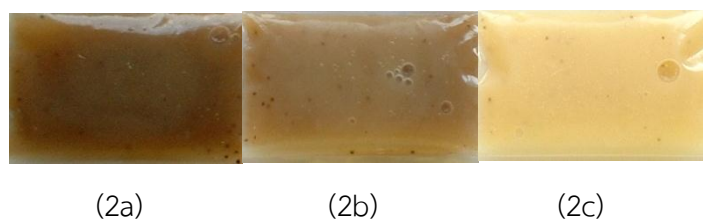


Figure 2 Physical characteristics of fragrant banana purée at 4°C storage for 7 days

(2a) Fresh fragrant banana Purée

(2b) Pasteurized fragrant banana Purée without pretreatment

(2c) Pasteurized fragrant banana Purée with pretreatment by adding 0.50 % ascorbic acid and 5 minutes heating at 85°C

*Somruedee.tha@siam.edu

¹อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร

²ศ.ดร. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

Table 3 Color values of pasteurized fragrant banana purée

Blanching Time (min)	Type of Treatment	Amount of Acid (%)	pH	Storage Time (day)							
				0		3		5		7	
				L*	+b*	L*	+b*	L*	+b*	L*	+b*
0	Control 1		6.19±0.08	38.05±0.92	10.14±0.79	34.28±1.83	9.06±0.95	32.82±0.55	8.81±1.06	33.11±0.64	7.52±0.69
	Citric acid	0.50	4.31±0.08	51.18±1.08	16.83±0.94	45.73±0.97	15.78±0.22	43.15±1.02	15.66±0.59	42.81±0.63	15.05±0.44
		1.00	3.89±0.04	52.11±0.87	20.95±0.67	47.78±1.30	18.97±0.71	45.21±1.21	16.80±0.51	45.17±0.66	16.87±0.16
		1.50	3.52±0.10	53.55±0.91	23.68±0.67	49.27±0.75	22.04±0.69	48.41±0.44	22.11±0.60	47.45±0.88	20.23±0.25
		2.00	3.36±0.05	55.00±1.10	28.75±0.76	51.68±0.86	26.86±0.10	48.87±1.47	24.68±1.19	46.02±0.66	23.11±0.94
		2.50	3.12±0.02	56.95±0.90	35.97±0.50	51.02±0.94	32.79±0.33	48.65±1.76	31.72±0.84	48.63±1.62	31.14±1.01
		3.00	3.02±0.02	57.78±0.81	36.34±1.14	50.09±1.01	32.70±0.62	50.07±1.36	31.61±0.68	48.30±1.20	31.28±0.73
	Ascorbic Acid	0.50	4.92±0.09	50.54±1.37	18.09±0.83	46.73±2.34	15.47±1.75	44.10±1.28	15.79±1.63	41.13±1.00	14.02±0.33
		1.00	4.42±0.12	54.23±0.52	20.52±1.28	50.38±0.92	19.09±1.40	50.46±0.60	19.05±0.53	50.60±0.32	18.66±0.41
		1.50	4.13±0.13	55.25±1.26	26.48±1.63	51.70±0.77	23.33±1.08	51.20±0.92	23.42±0.87	51.76±0.76	22.99±0.55
		2.00	3.98±0.13	55.96±1.06	37.42±1.21	51.57±1.09	33.03±0.59	50.64±0.51	33.54±1.45	50.07±0.21	32.32±0.16
		2.50	3.85±0.19	57.29±1.31	38.82±2.01	51.86±1.73	34.90±0.98	50.76±1.67	34.85±1.09	51.32±0.88	34.41±0.79
		3.00	3.65±0.17	58.65±1.26	39.05±1.29	50.98±0.93	33.41±0.78	50.78±0.72	33.85±1.00	52.21±0.70	33.12±0.75
3	Citric acid	0.00	5.41±0.08	61.50±1.31	15.77±0.65	60.92±0.47	16.89±0.65	59.96±0.93	15.84±1.05	59.14±1.15	15.18±0.40
		0.50	4.27±0.10	66.17±0.76	23.05±1.50	65.61±1.05	22.07±1.34	64.88±1.50	20.42±1.77	64.10±1.61	19.53±0.76
		1.00	3.85±0.08	68.74±1.29	34.74±0.66	67.94±0.74	33.74±0.67	66.69±1.17	32.58±0.99	66.25±1.25	32.05±0.49
		1.50	3.50±0.08	70.34±1.04	40.81±0.69	69.98±1.30	44.44±1.21	69.04±1.38	43.55±0.71	67.63±1.36	42.83±1.19
		2.00	3.26±0.08	70.53±1.19	39.96±1.51	69.39±1.74	44.48±1.37	69.03±2.11	42.73±0.24	67.69±0.82	42.03±0.83
		2.50	3.06±0.06	71.75±1.84	41.24±1.34	70.71±1.96	43.96±1.12	70.01±2.18	44.44±1.31	68.03±1.39	43.58±1.81
		3.00	2.98±0.03	71.63±2.11	40.72±1.44	69.97±1.74	44.53±0.95	69.45±1.60	44.44±1.07	68.18±1.62	43.20±1.47
	Ascorbic Acid	0.50	4.62±0.08	67.59±2.05	22.95±1.44	66.77±1.27	21.60±1.33	66.30±1.69	21.56±1.80	66.27±1.05	20.98±1.61
		1.00	4.31±0.11	69.96±1.38	35.03±1.67	69.26±1.41	33.77±1.87	69.31±2.04	33.94±1.67	69.12±1.82	33.67±1.77
		1.50	4.08±0.07	70.15±1.80	45.91±2.20	70.03±1.37	45.63±1.81	68.90±1.90	44.91±1.88	70.03±1.00	45.11±1.01
		2.00	3.94±0.02	71.47±2.17	45.91±1.67	70.54±2.58	45.55±2.40	70.59±1.72	45.41±2.24	69.89±2.38	44.52±2.18
		2.50	3.88±0.02	71.73±1.67	46.71±1.76	71.07±2.58	46.23±2.03	70.96±2.27	46.28±1.80	70.23±2.71	45.73±2.09
		3.00	3.71±0.03	71.83±2.24	47.58±1.34	71.39±1.98	47.48±1.87	72.15±2.09	47.51±1.71	69.91±2.03	43.59±2.60
5	Citric acid	0.00	5.37±0.04	65.23±0.55	20.75±0.97	64.35±1.16	19.53±1.09	63.58±2.24	18.64±1.80	62.96±2.35	18.21±1.19
		0.50	4.30±0.17	69.05±1.68	23.85±1.98	68.12±1.53	23.70±1.42	66.85±2.32	22.41±2.17	66.78±1.51	22.88±2.45
		1.00	3.87±0.07	70.09±1.81	23.94±2.44	69.23±2.09	23.76±1.40	68.39±1.89	24.04±1.52	68.59±1.62	23.24±2.03
		1.50	3.52±0.11	70.57±1.46	34.78±1.22	69.46±1.56	34.50±1.51	69.03±1.31	34.24±1.62	68.39±1.54	32.36±2.13
		2.00	3.26±0.11	70.51±1.46	45.08±1.44	69.77±1.63	44.70±2.06	69.72±1.91	44.45±1.73	69.02±1.90	43.80±1.58
		2.50	3.10±0.06	70.40±2.08	44.86±1.17	70.77±1.75	43.85±1.36	69.93±2.32	43.86±1.87	69.99±2.04	44.42±1.51
		3.00	2.98±0.03	70.96±2.13	44.63±1.55	70.70±1.51	44.33±0.95	70.70±2.12	44.59±1.28	69.57±2.12	43.96±1.63
	Ascorbic Acid	0.50	4.64±0.11	68.80±1.41	43.90±1.15	68.34±0.88	45.08±1.72	68.96±0.87	44.92±1.76	68.79±0.89	43.61±0.69
		1.00	4.30±0.10	70.38±0.68	45.80±1.88	70.55±1.22	46.08±0.99	69.81±1.19	45.31±1.91	70.35±0.76	45.48±0.53
		1.50	4.07±0.05	70.27±0.76	45.50±1.46	69.76±1.63	44.94±1.10	69.88±1.36	44.53±2.17	69.96±0.90	45.77±1.07
		2.00	3.93±0.02	70.70±0.73	45.95±1.19	70.29±1.60	46.05±1.61	70.01±1.15	44.69±2.04	70.12±0.95	45.02±1.20
		2.50	3.90±0.06	71.12±1.32	45.52±1.72	70.23±1.10	45.39±1.51	69.68±2.13	44.91±1.88	69.66±2.19	43.60±0.56
		3.00	3.75±0.07	71.52±0.71	46.61±0.93	71.42±0.49	46.12±1.22	70.48±1.46	44.53±2.27	70.54±3.10	43.01±1.23

Each value represents a mean ± standard deviation.

*Somruedee.tha@siam.edu

¹Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok²Professor Dr., Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

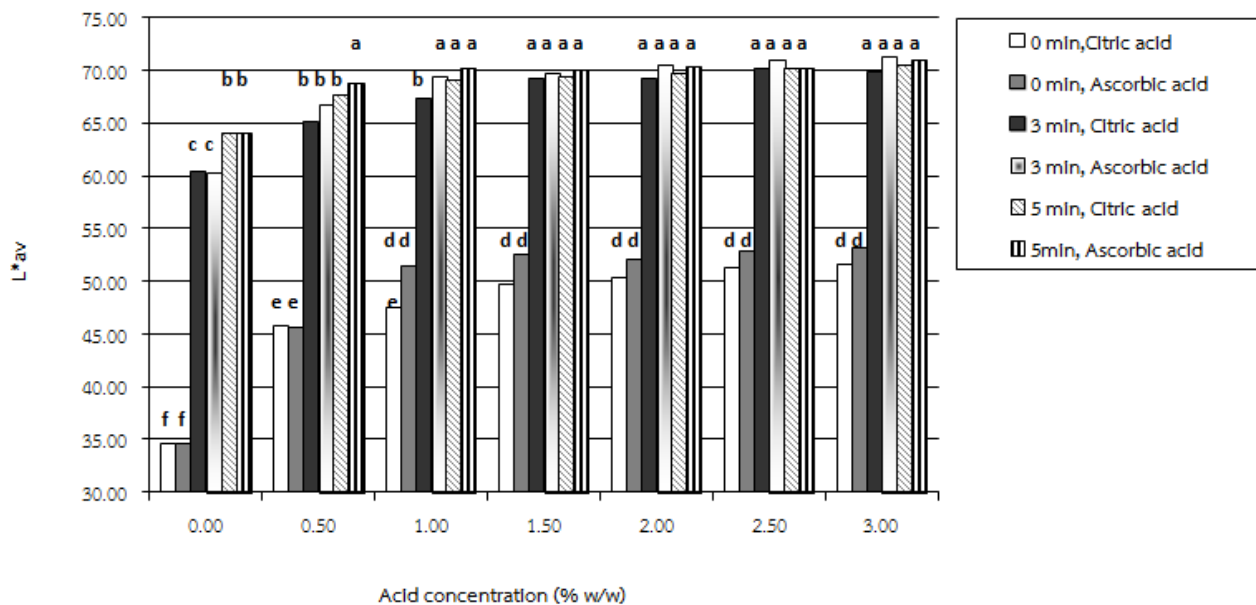


Figure 3 Average lightness (L*) of pasteurized fragrant banana purée at 4°C storage for 7 days
(Bars with the different letter are significantly different at $P < 0.05$.)

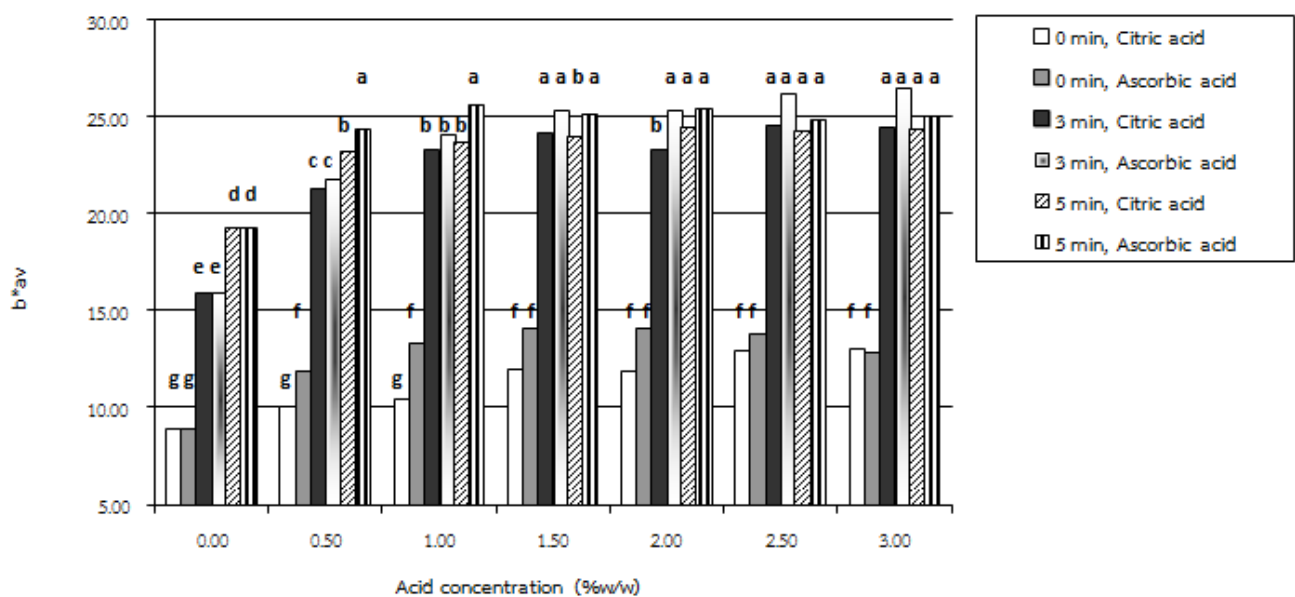


Figure 4 Average yellowness (+b*) of pasteurized fragrant banana purée at 4°C storage for 7 days
(Bars with the different letter are significantly different at $P < 0.05$.)

การให้ความร้อนนาน 3 นาที ร่วมกับการเติมกรดซิตริกปริมาณร้อยละ 1.50 ถึง 3.00 การให้ความร้อนนาน 3 นาที ร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิกปริมาณร้อยละ 1.00 ถึง 3.00 การให้ความร้อนนาน 5 นาที ร่วมกับการเติมกรดซิตริกปริมาณร้อยละ 1.00 ถึง 3.00 และการให้ความร้อนนาน 5 นาที ร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิกปริมาณร้อยละ 0.50 ถึง 3.00 จะได้เนื้อกล้วยหอมบดที่มีค่าเฉลี่ยของความสว่าง (L*) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงโดย

Figure 3 การให้ความร้อนนาน 3 นาที ร่วมกับการเติมกรดซิตริกปริมาณร้อยละ 1.50 ถึง 3.00 ในขณะที่การให้ความร้อนนาน 3 นาที ร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิกปริมาณร้อยละ 1.50 ถึง 3.00 การให้ความร้อนนาน 5 นาที ร่วมกับการเติมกรดซิตริกปริมาณร้อยละ 2.00 ถึง 3.00 และการให้ความร้อนนาน 5 นาที ร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิกปริมาณร้อยละ 0.50 ถึง 3.00 จะได้เนื้อกล้วยหอมบดที่มี

ค่าเฉลี่ยของสีเหลือง (b^*) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงโดย Figure 4

2.2 การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO

จากการติดตามกิจกรรมของ PPO ในผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ที่ผลิตโดยสภาวะที่เลือกได้จากการติดตามวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ จำนวน 4 สภาวะ คือ การให้ความร้อนนาน 3 นาที ร่วมกับการเติมกรดซิตริก หรือ กรดแอสคอร์บิก ปริมาณร้อยละ 1.50 (pH 3.50 และ 4.08 ตามลำดับ) การให้ความร้อนนาน 5 นาที ร่วมกับการเติม

กรดซิตริก ปริมาณร้อยละ 2.00 (pH 3.26) หรือ กรดแอสคอร์บิก ปริมาณร้อยละ 0.50 (pH 4.64) โดยการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์จากตัวอย่างเนื้อกล้วยหอมจากผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ ที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเปรียบเทียบกับกิจกรรมของเอนไซม์ของเนื้อกล้วยหอมจากผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ ที่ไม่ผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (Control 2) ผลที่ได้แสดงโดย Table 4

Table 4 Effect of Pre-treatment conditions on % inhibition of PPO activity of pasteurized fragrant banana purée at 4°C storage for 7 days

Pre-treatments	% inhibition
Control 2	69.3±2.4
3 minutes heating at 85 °C + 1.50 % Citric acid	100.0±0.0
3 minutes heating at 85 °C + 1.5 % Ascorbic acid	100.0±0.0
5 minutes heating at 85 °C + 2.00 % Citric acid	100.0±0.0
5 minutes heating at 85 °C + 0.50 % Ascorbic acid	100.0±0.0

Each value represents a mean ± standard deviation.

จากการศึกษาผลของสภาวะการผลิตเนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ต่อกิจกรรมของ PPO ในผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ที่ผลิตที่ผลิต และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 7 วันต่อ กิจกรรมของ PPO ผลที่ได้พบว่ายังมีกิจกรรมของ PPO เหลืออยู่ในตัวอย่างเนื้อกล้วยหอมจากผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ ที่ไม่ผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (Control 2) หรือกล่าวได้ว่า ขั้นตอนการพาสเจอไรซ์ ที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 30 นาที ไม่สามารถยับยั้งกิจกรรมของ PPO ได้อย่างสมบูรณ์ โดยสามารถยับยั้งได้เพียงร้อยละ 69.3 ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chutintrasri และ Noomhorm (2006) ซึ่งระบุว่ากิจกรรมของ PPO ที่อยู่ในเซลล์จะสูญเสียไปมากกว่าร้อยละ 50 เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 60°C นาน 20 นาที [11] ในขณะที่สภาวะการผลิตทั้ง 4 สภาวะที่เลือกได้จากการติดตามวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ สามารถยับยั้งกิจกรรมของ PPO ได้อย่างสมบูรณ์ (100 % inhibition)

2.3 ลักษณะทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบการยอมรับ โดยวิธี 9- point hedonic scale ของผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ที่ผลิตโดยสภาวะที่เลือกได้จากการติดตามวัดค่าสีของ

ผลิตภัณฑ์ และการยับยั้งกิจกรรมของ PPO จำนวน 4 สภาวะ คือ การให้ความร้อนนาน 3 นาที ร่วมกับการเติมกรดซิตริก หรือ กรดแอสคอร์บิก ปริมาณร้อยละ 1.50 การให้ความร้อนนาน 5 นาที ร่วมกับการเติมกรดซิตริก ปริมาณร้อยละ 2.00 หรือ กรดแอสคอร์บิก ปริมาณร้อยละ 0.50 ผลที่ได้แสดงโดย Table 5 พบว่าพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยใช้การให้ความร้อนนาน 5 นาที ร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิก ปริมาณร้อยละ 0.50 เพื่อการป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (Figure 2c) ได้คะแนนความชอบในด้านรสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวมสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยได้คะแนนความชอบด้านสีเหลือง กลิ่นกล้วย รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.62 7.75 8.21 7.92 และ 7.95 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งเป็นระดับเดียวกับผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อกล้วยหอมสดที่สุกระยะ 7 ที่ใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้น ในขณะที่ผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ที่ผลิตโดยสภาวะอื่นๆ ได้คะแนนการยอมรับด้านรสเปรี้ยว และความชอบโดยรวมลดลงอย่างชัดเจน ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบผลิตภัณฑ์

*Somruedee.tha@siam.edu

¹Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok

²Professor Dr., Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok

Table 5 9- point hedonic scale of pasteurized fragrant banana purée

Sensory attributes	Control 1 (pH 6.19)	Treatments			
		3 minutes heating at 85 °C		5 minutes heating at 85 °C	
		1.50 % Citric acid (pH 3.50)	1.50 % Ascorbic acid (pH 4.08)	2.00 % Citric acid (pH 3.26)	0.50 % Ascorbic acid (pH 4.64)
Yellowness ^{ns}	-	7.23±0.64	7.00±1.23	8.11±0.85	7.62±0.98
Banana flavor ^{ns}	7.36±1.50	7.55±1.05	7.32±1.00	7.31±0.98	7.75±1.10
Sweetness	8.50±1.23 ^a	7.16±0.82 ^b	7.20±0.75 ^b	6.50±1.23 ^c	8.21±0.23 ^a
Sourness	-	4.12±0.94 ^c	6.07±1.23 ^b	4.17±1.04 ^c	7.92±0.81 ^a
Overall liking	8.53±0.98 ^a	5.93±1.25 ^b	6.12±0.78 ^b	4.53±1.16 ^c	7.95±0.69 ^a

Each value represents a mean ± standard deviation. Means with the different letter in the row are significantly different at $P < 0.05$. ^{ns} not significant statistically ($p \geq 0.05$)

ดังนั้นการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือดกับผลกล้วยหอมทั้งผล จนมีอุณหภูมิ 85°C นาน 5 นาที ร่วมกับการใช้กรดแอสคอร์บิกปริมาณร้อยละ 0.50 โดยน้ำหนัก จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมเนื้อกล้วยหอม เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์มากที่สุด ทั้งนี้การใช้กรดแอสคอร์บิกปริมาณร้อยละ 0.50 โดยน้ำหนัก จะ ทำให้ pH ของเนื้อกล้วยหอมตีปั่นมีค่าลดลงจาก 6.19 เป็น 4.64 อย่างไรก็ตามค่า pH ที่ลดลงนี้ไม่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ที่ได้มีรสเปรี้ยวจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบผลิตภัณฑ์ ดังแสดงใน Table 5

สรุปผล

จากการวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ และการทดสอบการยอมรับ โดยวิธี 9- point hedonic scale พบว่าเนื้อกล้วยหอมสุกระยะ 7 มีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดี จึงใช้เนื้อกล้วยหอมสุกระยะ 7 เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการศึกษาการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอไรซ์ การเตรียมวัตถุดิบเพื่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้อย่างสมบูรณ์สามารถทำได้โดยการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือดกับผลกล้วยหอมทั้งผล จนมีอุณหภูมิ 85°C นาน 3 นาที ร่วมกับการเติมกรดซิตริก หรือกรดแอสคอร์บิกปริมาณร้อยละ 1.50 หรือการให้ความร้อนนาน 5 นาที ร่วมกับการเติมกรดซิตริกปริมาณร้อยละ 2.00 หรือกรดแอสคอร์บิกปริมาณร้อยละ 0.50 ถึง 3.00 อย่างไร

ก็ตามเมื่อนำผลประเมินทางประสาทสัมผัสมาพิจารณาด้วย พบว่ามีเพียงการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือดกับผลกล้วยหอมทั้งผล จนมีอุณหภูมิ 85°C นาน 5 นาที ร่วมกับการใช้กรดแอสคอร์บิกปริมาณร้อยละ 0.50 โดยน้ำหนัก เท่านั้น ที่ไม่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสเปรี้ยวจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] เภสการเกษตร. (2555). เสวนา “อนาคตกล้วยหอมไทยภายใต้เงา AEC” จากงานกล้วยหอมและฝรั่งตลาดไท. วารสารเคหการเกษตร. ค้นเมื่อ 11 สิงหาคม 2556, จาก <http://www.kehakaset.com/index.php/component/content/article/79-information/923-aec>.
- [2] Phongkitwithoon, N., Siriwattanayotin, S., Sampanvejsobha, S. and Yoovidhya, T. (2001). Processing effects on banana powder qualities using drum dryer. KMUTT Research & Development Journal. Retrieved August 15, 2013 from <http://www.tci-thaijo.org/index.php/KMUTT/article/view/3490>.
- [3] Sims, C.A. and Bates, R.P. (1994). Challenges to processing tropical fruit juices: banana as an example. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 107: 315-319.

*Somruedee.tha@siam.edu

¹อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร

²ศ.ดร. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

- [4] Oey, I., Lille, M., Loey, A. V. and Hendrickx, M. (2008). Effect of highpressure processing on colour, texture and flavour of fruit and vegetable-based food products: a review. *Trends in Food Science & Technology*. 19: 320-328.
- [5] Krosida, M. R., Maroulis, Z. B. and Saravacos, G. D. (2001). The effect of method of drying on the colour of dehydrated products. *International Journal of Food Science and Technology*. 36: 53-59.
- [6] ปิยะ สำเภาเงิน. (2556). นมพาสเจอร์ไรซ์ คืออะไร. ค้นเมื่อ 11 สิงหาคม 2556, จาก http://www.vs.mahidol.ac.th/jerse/index.php?option=com_content&view=article&id=7.
- [7] Bahçeci, S. K., Serpen, A., Go'kmen, V. and Acar, J. (2004). Study of lipoxxygenase and peroxidase as indicator enzymes in green beans: Change of enzyme activity, ascorbic acid and chlorophylls during frozen storage. *Journal of Food Engineering*. 66: 187-192.
- [8] Sapers, G. M. (1993). Browning of foods: Control by sulfites, antioxidants and other means. *Food Technology*. 47: 75-84.
- [9] Clemente, E. and Pastore, G. M. (1998). Peroxidase and polyphenol oxidase, the importance for food technology. [CD-ROM] Abstract from: FSTA (1990-2000): Abstract No. 2000-01-J0069.
- [10] Martinez, M. V. and Whitaker, J. R. (1995). The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends in Food Science and Technology*. 6: 195-200.
- [11] Chutintrasri, B. and Noomhorm, A. (2006). Thermal inactivation of polyphenoloxidase in pineapple puree. *LWT*. 39: 492-495.
- [12] Galeazzi, M.A.M. and Sgarbieri, V.C. (1981). Substrate specificity and inhibition of polyphenol oxidase (PPO) from a dwarf variety of banana (*Musa cavendishii* L.). *Journal of Food Science*. 46: 1404-1406.
- [13] Vamos-Vigyazo, L. (1981). Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 15: 49-127.
- [14] Howard, L. R., Smith, R. T., Wagner, A. B., Villalon, B. and Burns, E. E. (1994). Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum*) and processed Jalapenös. *Journal of Food Science*. 59: 362-365.
- [15] Yang, C. P., Fujita, S., Ashrafuzzaman, M. D., Nakamura, N. and Hayashi, N. (2000). Purification and characterization of polyphenol oxidase from banana (*Musa sapientum* L.) pulp. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48(7): 2732-2735.
- [16] Özoğlu, H. and Bayındırlı, A. (2002). Inhibition of enzymatic browning in cloudy apple juice with selected antibrowning agents. *Food Control*. 13(4-5): 213-221.
- [17] Billaud, C., Roux, E., Brun-Mérimee, S., CMaraschin, C. and JNicolas, J. (2003). Inhibitory effect of unheated and heated d-glucose, d-fructose and l-cysteine solutions and Maillard reaction product model systems on polyphenoloxidase from apple. I. Enzymatic browning and enzyme activity inhibition using spectrophotometric and polarographic methods. *Food Chemistry*. 81(1): 35-50.
- [18] He, Q., Luo, Y. and Chen, P. (2008). Elucidation of the mechanism of enzymatic browning inhibition by sodium chlorite. *Food Chemistry*. 110(4): 847-851.

- [19] Luo, Y., Lu, S., Zhou, B. and Feng, H. (2011). Dual effectiveness of sodium chlorite for enzymatic browning inhibition and microbial inactivation on fresh-cut apples. *LWT - Food Science and Technology*. 44(7): 1621-1625.
- [20] Duangmal, K. and Owusu-Apenten, R. K. (1999). A comparative study of polyphenoloxidase from taro (*Colocasia esculenta*) and potato (*Solanum tuberosum* var. Romano). *Food Chemistry*. 64: 351-359.
- [21] สมฤดี ไทพานิชย์, จิตรัตน์ แยมอาษา. (2552). คุณลักษณะของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในกล้วยน้ำว้า *Musa sapientum* Linn. สุก. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. ปีที่ 5 ฉบับที่ 1.
- [22] CSIRO. (1972). Division of food research circular 8: Banana ripening guide. In เบญจมาศ ศิลาชัย. 2538. กล้วย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [23] Thaiphanit, S. and Anprung, P. (2010). Physicochemical and flavor changes of fragrant banana (*Musa acuminata* AAA group "Gross Michel") during ripening. *Journal of Food Processing and Preservation*. 34 (3): 366-382.
- [24] Lyengar, R. and McEvily, A. J. (1992). Anti-Browning agent: alternatives to the use of sulfites in foods. *Trends in Food Science & Technology*. 3: 60-64.