1.ชื่อชุดโครงการวิจัย พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกล้วยเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตคุณภาพ คุณภาพผลผลิตและเพิ่มมูลค่าทางการตลาด

2.ชื่อโครงการวิจัย คัดเลือกพันธุ์และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกล้วยเพื่อการบริโภคสด เพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์และการนำสารสำคัญจากกล้วยไปใช้ประโยชน์

กิจกรรม การพัฒนาการใช้ประโยชน์จากคุณค่าทางโภชนาการของกล้วยและการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปชนิดใหม่ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิต

กิจกรรมย่อย การศึกษาเทคโนโลยีการเก็บรักษาผลผลิตก่อนการแปรรูป

3.ชื่อการทดลอง การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและการยืดอายุการการเก็บรักษาของกล้วยหอมและกล้วยไข่ในขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบก่อนการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ

Study of Postharvest Treatment on Nutrition Content of ‘Hom’ and ‘Kai’ Banana as the Raw Material for Banana Milk Process

4.คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง อารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย[1]

ผู้ร่วมงาน โกเมศ สัตยาวุธ[1] ภูวสินธ์ ชูสิน[2] ศิริลออ ราชบุตร[2]

[1]กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

[2]กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

5.บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีจุดประสงค์ยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมและกล้วยไข่ในขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบก่อนการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ โดยการรมสาร 1-methycycropropene (1-mcp)ร่วมกับบรรจุภัณฑ์หลังจากนั้นศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบกลุ่มปลอดภัย (Geanerally Recognized as Safe: GRAS) ในการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวผลสดของกล้วยไข่และกล้วยหอมทำการทดลองที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างเดือน ตุลาคม 2556 ถึง กันยายน 2558เริ่มจากคัดเลือกกล้วยไข่และกล้วยหอม ที่ระยะความแก่ 70%ที่มีสีเปลือกเป็นสีเขียวทั้งผล มีสี ขนาด และน้ำหนักสม่ำเสมอ รมด้วยสาร 1-mcpความเข้มข้น 1,000ppbที่ 25 °Cนาน 24 ชั่วโมง แล้วบรรจุในถุงพลาสติกLDPE ที่ป้องกันการเกิดหยดน้ำภายในบรรจุภัณฑ์ (ถุงแอคทีฟ) ที่ความหนา 25 และ 40 ไมครอน ร่วมกับตัวดูดซับเอทิลีน เก็บรักษาไว้ที่ 14 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 %พบว่า การใช้ 1-mcpร่วมกับการใช้ถุงแอคทีฟ สามารถชะลอการพัฒนาสีเปลือกกล้วยไข่และกล้วยหอมดิบที่เก็บรักษา 14°C จากสีเขียวทั้งผล ให้มีการพัฒนาเป็นสีเหลือง 60% ของพื้นที่เปลือกทั้งหมด ซึ่งเป็นระยะการสุกที่เหมาะกับการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มนมกล้วยได้นานกว่ากรรมวิธีอื่นโดยกล้วยไข่และกล้วยหอมที่เก็บในถุงแอคทีฟ หนา 25 และ 40 ไมครอน มีอายุการเก็บรักษานาน 49 และ 40 วัน ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำไปแปรรูปเป็นเครื่องดื่มนมกล้วย ได้รับการยอมรับจากผู้ผลิตและผู้บริโภคหลังจากนั้นศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบ 5 ชนิด ได้แก่ ไคโตซาน กรดซาลิไซลิค กรดซิตริค และกรดซิตริคร่วมกับไคโตซาน โดยให้

ชุดตัวอย่างที่เคลือบด้วยสารอิมาซาลิลเป็นชุดควบคุมควบคุม นำกล้วยไข่และกล้วยหอมจุ่มหรือพ่นด้วยสารเคลือบ ปล่อยให้แห้ง 30 นาที เก็บในสภาพการเก็บรักษาและชนิดถุงแอคทีฟที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองแรก เป็นเวลา 24 วัน และพบว่า กล้วยไข่ที่เคลือบด้วยกรดซิตริค0.25% ร่วมกับไคโตซาน 0.25% เก็บในถุงแอคทีฟหนา 25 ไมครอน สามารถพัฒนาการสุกเป็นปกติ ขณะที่กล้วยหอมที่ได้รับ 1-mcpและเคลือบด้วยกรดซิตริค 0.5% ร่วมกับไคโตซาน 0.5% บรรจุในถุงแอคทีฟความหนา 40 ไมครอนมีอัตราการสุกที่ช้ากว่าชุดควบคุม เนื้อกล้วยไม่พบอาการผิดปกติเกิดขึ้น นอกจากนี้พบว่า การเคลือบผิวกล้วยไข่และกล้วยหอมด้วยสารGRASทุกกรรมวิธี สามารถชะลอการสุกของผลกล้วย และลดการเน่าเสียที่บริเวณผลและหวีได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุมตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง

คำสำคัญ: กล้วยไข่ กล้วยหอม ไคโตซาน กรดซิตริค กรดซาลิไซลิค สารเคลือบ

Abstract

The aim of this study was to determine the effects of Generally Recognized as Safe (GRAS) coating, 1-methycyclopropane (1-mcp) and active packaging on postharvest quality of banana cvs. “Hom” and “Kai”for fresh consumption andbanana milk production. This experiment was conducted at Postharvest and Processing Research Development Division between October 2013 and September 2015. Green bananas (70% maturity) were fumigated with 1,000 ppb of 1-mcp for 24 hour, packed in the active packaging bag (25 and 40 µm thick) and kept at 14°C.Application of 1-mcp and active packaging (25 µm for cv. Kai and 40 µm for cv. Hom) could decelerate ripening rate of banana.After 24 days storage, the fruit peel turned toyellow colour for 60%. This stage, fruit contained the optimum potential compounds for banana milk processing. Next experiment, banana fruits fumigated with 1-mcp were treated with five different coating compounds *viz.* chitosan, salicylic acid, citric acid, citric acid with chitosan and imasalil (as control group). Treated fruits were air-dried for 30 minutes. Afterward, the bananas were packed and kept in conditions according from the first experiment results.“Kai” fruitswith 0.25% citric acid and 0.25% chitosan coating in active bag with 25µm thicknessshowed normally ripening with acceptable appearance after 40 days storage. Whereas,treatment of 0.5% citric acid and 0.5% chitosan coating in 40µm active bags caused cv. Hom ripen slower with adequate pulp quality after 49 days. However, all GRAS treatments could delay the postharvest deterioration and decrease the occurrence of disease during storage time.

Keywords: Kai, Hom, chitosan, citric acid, salicylic acid, coating compounds

6. คำนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ให้ผลผลิตกล้วยไข่ 34,197 ไร่ และกล้วยหอม 86,640 ไร่ โดยมีปริมาณการส่งออกและบริโภคกล้วยไข่ภายในประเทศ 26,235 และ 69,919 ตัน ปริมาณส่งออกและบริโภคกล้วยหอมภายในประเทศ 1,475 และ 234,273 ตัน ปัญหาการตลาดของกล้วยไข่และกล้วยหอมในอดีต คือ ผลผลิตกล้วยไข่ส่วนใหญ่จะออกในช่วงฤดูกาล คือ ระหว่างเดือนสิงหาคม–กันยายน ซึ่งเป็นช่วงที่ในประเทศจีนมีผลไม้ชนิดอื่นๆ ออกหลายชนิด ทำให้ทางจีนหยุดการรับซื้อ ดังนั้นหากจะส่งออกกล้วยไข่ไปประเทศจีน ต้องผลิตให้ออกในช่วงตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายนหรือกว่านั้น กล้วยหอมประสบปัญหาการรับซื้อจากญี่ปุ่นลดลง เนื่องจากคุณภาพไม่สม่ำเสมอ โดบเฉพาะเรื่องขนาดผล ปัญหาโรคและแมลง และราคาที่สูงขึ้น ทำให้ไม่สามารถส่งออกได้ (ข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) ประกอบกับ กล้วยมีอายุการเก็บรักษาสั้น เปลือกบาง บอบช้ำได้ง่าย ดังนั้น การยืดอายุการเก็บรักษาเพื่อการส่งออกผลสดและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการลดความเสี่ยงผลผลิตส่งออกไม่ได้

วัตถุประสงค์การศึกษา เพื่อ ศึกาผลของ 1-methycycropropene (1-mcp) ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ยืดอายุในกล้วยหอมและกล้วยไข่เพื่อยืดอายุและคงคุณภาพวัตถุดิบที่เหมาะสมกับการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มนมกล้วย และเปรียบเทียบผลของการเคลือบสารยืดอายุกลุ่ม GRASในการยืดอายุและชะลอความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วยหอมและกล้วยไข่ที่ผ่านการรมด้วย 1-mcp ร่วมกับบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการเตรียมความพร้อมในการยืดอายุการเก็บรักษา คงคุณภาพของวัตถุดิบให้เหมาะสมกับกับเครื่องดื่มแต่ละชนิด ก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเพื่อเครื่องดื่มสุขภาพต่อไป

จากการทดลอง อารีรัตน์ (2554)กล้วยน้ำว้าที่มีความแก่ 80% เปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลือง 60% ของพื้นที่เปลือกทั้งหมด เป็นระยะที่เหมาะสมกับการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มนมกล้วย เนื่องจากมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และแป้งในปริมาณสูง และการใช้ 1-mcp ความเข้มข้น 1,000 ppb นาน 24 ชั่วโมง ที่ 20 °C ร่วมกับการใช้กรดซิตริค 1%กับไคโตรซาน 0.25% บรรจุในถุงแอคทีฟ หนา 25 ไมครอน กับกล้วยน้ำว้าดิบที่เปลือกเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนไม่เกิน 10% สามารถยืดอายุเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มนมกล้วยได้นานถึง 15 วัน (อารีรัตน์, 2555)

Klieber (2003) การรมด้วย 1-mcp ที่ความเข้มข้น 300 nL/L เป็นเวลา 24 ชม. ที่ 22°C สามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยได้เป็น 2 เท่า สอดคล้องกับรายงานผลของการใช้ 1-mcp กับกล้วยที่ระดับความสุกแก่ต่างๆ ของ Clara และคณะ (2002) พบว่า การรมด้วย 1-mcp ที่ความเข้มข้น 1000 nL/L นาน 24 ชั่วโมง ที่ 20 °C กับกล้วยที่มีความสุกแก่ระยะที่ 3 และ 4 คือเปลือกกล้วยเปลี่ยนเป็นสีจากเขียวเป็นเหลืองปนเขียว สามารถลดการหายใจ การเปลี่ยนสีของเปลือก และความแน่นเนื้อ โดยปราศจากกลิ่นหรือคุณภาพที่ผิดปกติ เนื่องจาก 1-mcp มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน โดยเข้าจับที่ receptor site แย่งกับเอทิลีน ทำให้เอทิลีนไม่สามารถทำงานได้ จึงสามารถชะลอหรือยับยั้งการเสื่อมคุณภาพของผลิตผลเกษตรได้ (Serek *et al*., 1994)

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (MAP- modified atmosphere packaging) ร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำ ส่งผลต่อกระบวนการต่างๆ ทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นในอัตราช้าลง การลดปริมาณออกซิเจนมีผลต่อการยับยั้งการเกิดออกซิไดซ์ของสารประกอบฟีนอลจนได้สารสีน้ำตาล อัตราการหายใจและการสร้างเอทิลีนเกิดขึ้นในอัตราต่ำ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น มีสมบัติขัดขวางการทำงานของเอทิลีน (จริงแท้,

2538) การใช้ถุง/ฟิล์มบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ เป็นวิธี MAP ที่น่าสนใจ เนื่องจากบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ มีสมบัติ ยอมให้ก๊าซที่ใช้ในกระบวนการหายใจผ่านเข้าออกได้ดีและสอดคล้องกับอัตราการใช้และสร้างก๊าซในกระบวนการหายใจของผักและผลไม้ที่บรรจุ ทำให้เกิดบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (Equilibrium Modified Atmosphere –EMA) และมีสมบัติพิเศษอื่น เช่น ดูดซับเอทิลีนเพื่อชะลอการสุก และสามารถเลือกให้ก๊าซ/น้ำผ่านแบบพิเศษ ทำให้เกิดฝ้าน้อยและมีความแข็งแรง จากการทดลองของ อารีรัตน์ และคณะ (2554) การเคลือบกล้วยน้ำว้าที่มีระยะการสุกที่ 4 ผ่านการรม 1-mcp ความเข้มข้น 1,000 ppb นาน 24 ชั่วโมง ที่ 25 °C ด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.25 % และบรรจุในถุงแอคทีฟความหนา 25 ไมครอน เป็นวิธีที่สามารถรักษาการคงตัวของสีเปลือกระยะการสุกที่ 4 เป็นระยะที่เหมาะสมกับการเป็นวัตถุดิบในการทำเครื่องดื่มนมกล้วยได้นาน 3 วัน และการใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟความหนา 40 ไมครอน สามารถเร่งการพัฒนาสีเปลือกของกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟความหนา 25 ไมครอน

การเคลือบสารยืดอายุกลุ่ม (generally recognized as safe, GRAS) เป็นสารเคมีที่ไม่มีอันตรายต่อผู้บริโภค เพราะเป็นสารที่นำมาใช้ในการประกอบอาหารอยู่แล้ว เช่น ไคโตซาน กรดซิตริค กรดซาลิไซลิก เกลือ carbonate bicarbonate methyl jasmonate และ methyl salicylate ซึ่งมีสมบัติในการควบคุมโรค บางชนิดสามารถควบคุมโรคทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว แต่ปัจจุบันนิยมศึกษาในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวกันมาก เช่นการใช้ sodium carbonate ควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง เพื่อลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา

การใช้สารสกัดจากสิ่งมีชีวิต ได้แก่ ไคโตซาน ซึ่งเป็นสารธรรมชาติที่เป็นองค์ประกอบชนิดหนึ่งของผนังเซลล์เปลือกของสัตว์ประเภทกุ้ง ปู ปลาหมึก มีสมบัติควบคุมโรคต่างๆทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งส่งเสริมการสังเคราะห์สารคล้าย lignin ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับลำต้นพืช ช่วยยืดอายุผลไม้และผักโดยลดอัตราการหายใจ และการสูญเสียน้ำ (Banos *et al*., 2006) ได้แก่ การพ่นหรือจุ่มกล้วยด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1 % สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของ mycelium และการงอกของสปอร์ของ *Collectotricum musae* เป็นเชื้อสาเหตุก่อโรคแอนแทรคโนสในกล้วย กลุ่ม AAA- Cavendish ได้ (Xiangchun *et al*, 2009) ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้ควบคุมโรคเพื่อทดแทนการใช้สารเคมี

การใช้กรดอะซิตริค กรดซิตริค สามารถต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสกล้วยหอม เกิดจากเชื้อสาเหตุจาก *Collectotrichum musae* ได้ พบว่า ชะลอการเกิดโรคและลดความรุนแรงของอาการของโรคได้ ขณะที่ผลกล้วยมีการสุกและความอ่อนนุ่มของเนื้อเป็นปกติ (Niranjala *et al*., 2001) การใช้กรดซาลิไซลิกในการควบคุมโรคหวีเน่าในกล้วยหอม สามารถควบคุมความรุนแรงของโรคได้ หลังเก็บรักษานาน 3 สัปดาห์ รวมทั้งชะลอการสุกของกล้วยหอมได้ (Srivastava *et al*., 2000, บุญญวดี และคณะ, 2553)

การแช่ผลลิ้นจี่ในสารละลายกรดซิตริกร่วมกับไคโตซาน สามารถควบคุมและรักษาสีของเปลือกลิ้นจี่ให้มีสีแดงสด และควบคุมการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ (อารีรัตน์, 2552)

ดังนั้น การเตรียมความพร้อมวัตถุดิบ ด้านการยืดอายุการเก็บรักษาคงคุณภาพทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลกล้วยไข่และกล้วยหอมสดหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อกระบวนการแปรรูปเพื่อเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ จึงเป็นวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาครั้งนี้ได้

7.วิธีการดำเนินการ

อุปกรณ์

1. กล้วยไข่และกล้วยหอมดิบ
2. สารเคมี
3. สารกลุ่ม GRAS
4. ตัวดูดซับเอทิลีน
5. บรรจุภัณฑ์ยืดอายุ
6. เครื่องวัดสี
7. เครื่องวัดความแน่นเนื้อแบบทำลายตัวอย่าง
8. ห้องควบคุณอุณหภูมิ
9. รถควบคุมอุณหภูมิ
10. ตะกร้าพลาสติก กล่องพลาสติก
11. เครื่องแก้วในการเตรียมตัวอย่างเพื่อตรวจเช็คคุณภาพทางเคมี

วิธีการ

7.1 การศึกษาการใช้ 1-mcp ร่วมกับบรรจุภัณฑ์แอคยืดอายุ เพื่อรักษาคุณภาพกล้วยไข่และกล้วยหอมหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มนมกล้วย

%การเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	0	20	40	60	80	100	100
การเกิดจุดสีน้ำตาล	-	-	-	-	-	-	++

ระดับการสุกของกล้วย	1	2	3	4	5	6	7

ให้กรรมวิธียืดอายุ เครื่องดื่มนมกล้วย

ระดับการสุกกล้วยไข่และกล้วยหอมที่เหมาะกับการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มนมกล้วย คือ ระยะเปลือกกล้วยเปลี่ยนจากสีเขียวกลาย เป็นสีเหลือง 60-80% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

เป้าหมายหลัก คือ ยืดอายุการเก็บรักษากล้วยที่มีระยะการสุกเหมาะสมกับการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มนมกล้วยให้นานที่สุด

กล้วยไข่และกล้วยหอมที่ใช้ในการทดลองได้จากสวนของเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไข่จังหวัดจันทบุรี และเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยหอมจังหวัดเพชรบุรีและจังหวัดสุโขทัย โดยเก็บเกี่ยวคัดเลือกกล้วยไข่และกล้วยหอมดิบที่มีความแก่ 70 % มีความสม่ำเสมอ สี ขนาด น้ำหนัก ทำความสะอาดด้วยคลอล็อก ความเข้มข้น 500 ppm พร้อมเด็ดเกสรดอกที่แห้งออก จุ่มในสารละลายอิมาซาลิล ความเข้มข้น 2 มล./ลิตร และสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 500 ppm ปล่อยให้แห้ง นาน 30 นาที รมด้วยสาร 1- mcp ความเข้มข้น 0 และ1,000 ppb นาน 24 ชั่วโมง 25 °C แล้วบรรจุในบรรจุภัณฑ์ยืดอายุ ตามกรรมวิธีที่กำหนด ได้แก่ ถุงโพลีเอทิลีนและถุงแอคทีฟ LDPE ที่มีการเติม additive ป้องกันการเกิดหยดน้ำภายในบรรจุภัณฑ์ หนา 25 และ 40 ไมครอนร่วมกับตัวดูดซับเอทิลีน เก็บรักษาไว้ที่ 14 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 % นาน 60 วัน บันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทุก 3 วันตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) มี 6 กรรมวิธีๆละ 7 ซ้ำๆละ 4 ผล ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 รมด้วยสาร 1-mcp ความเข้มข้น 0 ppb และบรรจุในถุงโพลีเอทิลีน

กรรมวิธีที่ 2 รมด้วยสาร 1-mcp ความเข้มข้น 0 ppb และบรรจุในถุงแอคทีฟ หนา 25ไมครอน

กรรมวิธีที่ 3 รมด้วยสาร 1-mcp ความเข้มข้น 0 ppb และบรรจุในถุงแอคทีฟ หนา 40ไมครอน

กรรมวิธีที่ 4 รมด้วยสาร 1-mcp ความเข้มข้น 1,000 ppb และบรรจุในถุงโพลีเอทิลีน

กรรมวิธีที่ 5 รมด้วยสาร 1-mcp ความเข้มข้น 1,000 ppb และบรรจุในถุงแอคทีฟ หนา 25ไมครอน

กรรมวิธีที่ 6 รมด้วยสาร 1-mcp ความเข้มข้น 1,000 ppb และบรรจุในถุงแอคทีฟ หนา 40ไมครอน

7.2 ศึกษาการใช้เคลือบสารยืดอายุกลุ่ม GRAS เพื่อยืดอายุและรักษาคุณภาพกล้วยไข่และกล้วยหอมหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มนมกล้วย

กล้วยไข่และกล้วยหอมที่ใช้ในการทดลองได้จากสวนของเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไข่จังหวัดจันทบุรี และเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยหอมจังหวัดเพชรบุรีโดยเก็บเกี่ยวคัดเลือกกล้วยไข่และกล้วยหอมดิบที่มีความแก่ 70 % มีความสม่ำเสมอ สี ขนาด น้ำหนัก ทำความสะอาดด้วยคลอล็อก ความเข้มข้น 500 ppm พร้อมเด็ดเกสรดอกที่แห้งออก จุ่มในสารละลายอิมาซาลิล ความเข้มข้น 2 มล./ลิตร และสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 500 ppm ปล่อยให้แห้ง นาน 30 นาที รมด้วยสาร 1- mcp ความเข้มข้น 1,000 ppb นาน 24 ชั่วโมง 25 °C และจุ่ม/สเปรย์สารเคลือบตามกรรมวิธีที่กำหนด ปล่อยให้แห้ง นาน 30 นาที มีกรรมวิธีดังต่อไปนี้

กรรมวิธี ที่ทดสอบกับกล้วยไข่

กรรมวิธีที่ 1 จุ่มด้วยอิมาซาลิล (สารเคมี) ความเข้มข้น 2 ml/l

กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 0.25 %

กรรมวิธีที่ 3 จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค ความเข้มข้น 0.010 %

กรรมวิธีที่ 4 จุ่มด้วยกรดซิตริค ความเข้มข้น 0.25 %

กรรมวิธีที่ 5 จุ่มด้วยกรดซิตริค ความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับ ไคโตซาน ความเข้มข้น 0.25 %

กรรมวิธี ที่ทดสอบกับกล้วยหอม

กรรมวิธีที่ 1 จุ่มด้วยอิมาซาลิล (สารเคมี) ความเข้มข้น 2 ml/l

กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 %

กรรมวิธีที่ 3 จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค ความเข้มข้น 0.025 %

กรรมวิธีที่ 4 จุ่มด้วยกรดซิตริค ความเข้มข้น 0.5 %

กรรมวิธีที่ 5 จุ่มด้วยกรดซิตริค ความเข้มข้น 0.5 % ร่วมกับ ไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 %

แล้วบรรจุในถุงแอคทีฟ LDPE ที่มีการเติม additive ป้องกันการเกิดหยดน้ำภายในบรรจุภัณฑ์ และสามารถคงการสุกและคุณภาพของกล้วยไข่และกล้วยหอมที่เหมาะเป็นวัตถุดิบของการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มนมกล้วย โดยบรรจุ ร่วมกับตัวดูดซับเอทิลีน สามารถจำแนกการบรรจุถุงตามชนิดของกล้วย ดังนี้

กล้วยไข่บรรจุในถุงแอคทีฟที่มีความหนา 25 ไมครอน

กล้วยหอมบรรจุในถุงแอคทีฟที่มีความหนา 40 ไมครอน

และนำไปเก็บรักษาไว้ที่ 14 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 % นาน 56 วัน บันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทุก 7 วัน และย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน เพื่อสังเกตุการสุกและอาการผิดปกติที่เกิดขึ้น วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) มี 5 กรรมวิธีๆละ 6 ซ้ำๆละ 4 ผล

บันทึกผลการทดลอง โดยวัดคุณภาพดังนี้

1. การสูญเสียน้ำหนักสด บันทึกน้ำหนักสดของกล้วยไข่และกล้วยหอมในแต่ละครั้ง แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเปรียบเทียบกับน้ำหนักสดเริ่มต้น

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของผลเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักของผลในแต่ละครั้ง}}{\text{น้ำหนักของผลเริ่มต้น}} \times 100$$

2. ความแน่นเนื้อของเนื้อกล้วยกล้วยไข่และกล้วยหอม ด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อ Chatillon

3. ปริมาณกรดในเนื้อกล้วยไข่และกล้วยหอมสุก (TA) โดยมีสีเปลือกเป็นสีเหลือง มากกว่า 60% ของพื้นที่ทั้งหมด นำน้ำคั้นจากเนื้อกล้วยไข่และกล้วยหอมปริมาตร 1 ml ไทเทรตด้วย NaOH โดยใช้ phenolphthalein 1 % เป็น indicator จนถึง end point นำค่าปริมาตรของ NaOH มาคำนวณปริมาณกรด จากสูตร

ปริมาณกรดของเนื้อกล้วยไข่และกล้วยหอม = ค่าที่ได้จากการไทเทรต x 0.067 / ปริมาณของน้ำคั้นที่ใช้(ml)

4. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ด้วยเครื่อง pocket refractometer (pocket PAL-1) อ่านค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์

5. Ascorbic Acid วัดปริมาตรจากการไตเตรทด้วยมือ ซึ่งสารสีน้ำเงินเตรียมจาก 3,6 Dichloroindophenol Sodium Salt, $NaHCO_3$ และ Oxalic Acid 2 % โดยคำนวณจาก

$$\frac{1}{\text{Standard}} \times \frac{\text{X ปริมาณที่ไตเตรทได้}}{100} = \text{มก/100 มล}$$

6. สีเปลือกด้านนอก รายงานเป็น ค่า L, a และ b ตามระบบ Hunter's scale ด้วยเครื่อง Mimi Scan EZ โดยแสดงค่าที่อ่านได้ ดังนี้

ค่า L	เป็น 0	คือ สีดำ	เป็น 100 คือ สีขาว
ค่า a	เป็น ลบ	คือ สีเขียว	เป็น บวก คือ สีแดง
ค่า b	เป็น ลบ	คือ สีน้ำเงิน	เป็น บวก คือ สีเหลือง

7. ความสุกแก่หรือการเปลี่ยนสีของเปลือกกล้วยไข่และกล้วยหอม บันทึกผลการตรวจคุณภาพตลอดอายุการเก็บรักษา

8. คุณภาพประสาทสัมผัสของกล้วยน้ำว้า โดยการให้คะแนนตามคุณลักษณะดังนี้ บันทึกผลการตรวจคุณภาพตลอดอายุการเก็บรักษา

1.สีเปลือก	น้อย	1	2	3	4	มาก
2.สีเนื้อ	น้อย	1	2	3	4	มาก
3.หวาน	น้อย	1	2	3	4	มาก
4.กลิ่นผิดปกติ	ผิดปกติ	1	2	3	4	ปกติ
5.ความฝาด	ไม่มี	0			1	มี
6.การยอมรับ	น้อย	1	2	3	4	มาก

ระยะเวลา 1 ตุลาคม 2556 – 30 กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อและเปลือกกล้วยไข่และกล้วยหอม มีสาเหตุมาจากผลผลิตหลังจากตัดจากต้นแม่ ยังเกิดการหายใจและใช้อาหารเช่นเดียวกับก่อนเก็บเกี่ยว แต่อาหารที่ได้รับมีเพียงอาหารสะสมซึ่งมีปริมาณจำกัดเพียงแหล่งเดียวส่วนใหญ่ถูกใช้ในการดำรงชีพเพื่อความอยู่รอด (Roger, 1973) จึงเป็นสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการและการพัฒนาสีของเปลือกกล้วยไข่และกล้วยหอม การสุกของกล้วยทำให้คุณค่าโภชนาการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะแป้งมีมากในผลดิบ และจะเริ่มลดลง เปลี่ยนเป็นน้ำตาลเมื่อผลสุก ทำให้กล้วยมีรสหวานมากขึ้น (เบญจมาส, 2545) ระยะการสุกที่เหมาะสมกับการแปรรูปเครื่องดื่มนมกล้วย คือ ระยะ

เปลือกกล้วยเปลี่ยนจากสีเขียวกลาย เป็นสีเหลือง 60-80% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด พบว่า ระยะนี้มีการสะสมแป้งสูง ปริมาณน้ำตาลค่อนข้างต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาระยะการสุกของกล้วยน้ำว้าที่เหมาะสมในการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ (อารีรัตน์, 2554) การทดลองนี้ จึงกำหนดเป้าหมายหลัก คือ ยืดอายุการเก็บรักษากล้วยที่มีระยะการสุกเหมาะสมกับการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มนมกล้วยให้นานที่สุด

เมื่อศึกษาการใช้ 1-mcp เป็นสารรมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ร่วมกับบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ พบว่า สามารถชะลอการพัฒนาสีเปลือกกล้วยไข่และกล้วยหอมดิบขณะเก็บรักษาที่ 14 °C โดยคงสีเปลือกเป็นสีเหลือง 60 % ของพื้นที่เปลือกทั้งหมด (ระยะการสุกที่ 4) เป็นระยะการสุกที่เหมาะกับการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มนมกล้วย ได้นานมากกว่า 40 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ 1-mcp ร่วมกับบรรจุภัณฑ์โพลีเอทิลีน หรือ การใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ/บรรจุภัณฑ์โพลีเอทิลีนเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ชะลอการพัฒนาสีเปลือกกล้วยไข่ได้เพียง 14 วันเท่านั้น

การใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ หนา 25 ไมครอนกับกล้วยไข่ดิบที่ได้รับ 1-mcp สามารถชะลอการสุกเหมาะกับการเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเครื่องดื่มนมกล้วยได้นาน 40 วัน (ตารางที่1 และ 2) ดังนั้น ควรทำการบ่มกล้วยไข่ให้สุกได้ระยะที่เหมาะสมเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเครื่องดื่มนมกล้วยขณะทำการเก็บรักษาที่ 14 °C แทนการนำมาบ่มที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากหากย้ายผลผลิตกล้วยไข่ที่เก็บที่ 14 °C นาน 28 วัน ไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน เพื่อดูการสุกและอาการผิดปกติ พบว่า อาการสะท้านหนาวในกล้วยไข่ที่ได้ผ่านบางกรรมวิธี อาการที่พบ คือ สีเปลือกคำคล้ำหรือสีน้ำตาลเกิดขึ้น เนื่องจากการเก็บรักษากล้วยที่อุณหภูมิที่ต่ำเป็นเวลานาน ทำให้เกิดความเสียหายในผลผลิตทั้งทางกายภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนสี (discoloration) ที่ผิวนอกและเนื้อเป็นสีน้ำตาลคล้ำการสุกผิดปกติ (abnormal ripening) การสุกที่ไม่สม่ำเสมอ และทางเคมี เกิดการสะสมเอทานอลและอะเซตดิไฮด์ ส่งผลให้มีรสชาติผิดปกติ (off-flavour) (จริงแท้, 2549)

การใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ หนา 40 ไมครอนกับกล้วยหอมดิบที่ได้รับ 1-mcp สามารถชะลอการสุกเหมาะกับการเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเครื่องดื่มนมกล้วย นาน 49 วัน (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ พบว่า การใช้ 1-mcp ร่วมกับบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ หนา 40 ไมครอน สามารถชะลอการสุกของผลกล้วยหอมทองโบราณได้นาน เมื่อเปรียบเทียบการใช้กับกล้วยหอมทองทางการค้า

และจากการศึกษาการใช้สารเคลือบ GRAS กับกล้วยไข่และกล้วยหอมดิบ พบว่า การเคลือบผลกล้วยไข่ดิบและกล้วยหอมดิบที่ได้รับ 1- mcp ด้วยกรดซิคริคร่วมกับไคโตซาน บรรจุในถุงแอคทีฟ เก็บรักษาที่ 14 °C สามารถเก็บรักษาได้นาน 21 และ 49 วัน (ตารางที่ 4 5 6 และ 7)โดยที่เปลือกผลกล้วยยังสด และคงความเขียว ไม่พบการเกิดโรค และเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน เพื่อดูการสุกและอาการผิดปกติที่เกิดขึ้น พบว่า กล้วยไข่ที่ได้รับกรรมวิธีดังกล่าว สามารถพัฒนาการสุกเป็นปกติ และสามารถชะลอการสุกในกล้วยหอมดิบได้ โดยเนื้อกล้วยหอมดิบไม่พบอาการผิดปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับการเคลือบสารยืดอายุชนิดอื่น

คุณภาพของเนื้อและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกตามความสุกแก่ของผลกล้วยไข่ดิบที่ได้รับ1- mcp ร่วมกับการเคลือบสาร GRAS บรรจุในถุงแอคทีฟ หนา 25 ไมครอน เก็บที่ 14 °C ตลอดการเก็บรักษา เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการเก็บรักษา พบว่า วันที่ 7 ของการเก็บรักษา เปลือกของกล้วยไข่ดิบ ที่ได้รับสารเคลือบทุกกรรมวิธี เปลี่ยนจากสีเขียว เป็นสีเหลือง 20 % ของพื้นที่เปลือกทั้งหมด ไม่พบการเกิดโรค เมื่อนำมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน พบว่า มีการสุกเป็นปกติ มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่ กล้วยไข่ที่เคลือบ

ด้วยสารละลายซาลิไซลิก เริ่มเกิดอาการเปลือกมีสีน้ำตาล เป็นรอยไหม้ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ ที่ไม่พบอาการผิดปกติเกิดขึ้น (ตารางที่ 8)

หลังเก็บรักษาที่ 14 °C นาน 21 วัน พบว่า กล้วยไข่ที่ได้รับสารเคลือบทุกกรรมวิธี เนื้อกล้วยมีความอ่อนนุ่มเพิ่มขึ้นตามการสุกหรือการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกที่มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบการเกิดโรค (ภาพที่ 1) เมื่อนำมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน เพื่อสังเกตุการสุกและอาการผิดปกติ พบว่า เนื้อกล้วยไข่ที่เคลือบด้วยกรดซิตริคและไคโตซาน พัฒนาการสุกเป็นปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคลือบอื่น เนื้อกล้วยไข่ มีอาการผิดปกติ พบการฉ่ำน้ำ หรืออาการสะท้านหนาว (Chilling injury) เกิดขึ้น (ภาพที่ 2)

คุณภาพของเนื้อและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลกล้วยหอมดิบที่ได้รับ 1- mcp ร่วมกับการเคลือบสาร GRAS บรรจุในถุงแอคทีฟ หนา 40 ไมครอน เก็บที่ 14 °C พบว่า วันที่ 49 ของการเก็บรักษา เปลือกของกล้วยหอมดิบ ที่ได้รับสารเคลือบทุกกรรมวิธี ยังคงสภาพความสด สีเขียว ไม่พบการเกิดโรค (ภาพที่ 3) เมื่อนำมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน เพื่อสังเกตุการสุกและอาการผิดปกติ พบว่า กล้วยหอมที่เคลือบด้วยกรดซิตริคและไคโตซาน พัฒนาการสุกเป็นปกติและแตกต่าง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคลือบอื่น เนื้อกล้วยหอม มีอาการผิดปกติ พบการฉ่ำน้ำ หรืออาการสะท้านหนาว (Chilling injury) เกิดขึ้น (ภาพที่ 4) หลังเก็บรักษาที่ 14 °C นานมากกว่า 49 วันจนสิ้นสุดการทดลอง พบว่า เปลือกของกล้วยหอมดิบที่ได้รับสารเคลือบทุกกรมวิธี ยังคงสีเขียวอยู่ แต่พบการเกิดโรคเป็นจำนวนมาก เมื่อย้ายไปที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน พบว่า กล้วยหอมที่เคลือบสาร GRAS ทุกกรรมวิธี มีอาการผิดปกติที่เนื้อกล้วย พบอาการสะท้านหนาว (chilling injury) เกิดขึ้นอย่างรุนแรง

นอกจากนี้พบว่า การเคลือบผิวกล้วยกล้วยไข่และกล้วยหอมด้วยสาร GRAS ทุกกรรมวิธี สามารถชะลอสุกของผลกล้วย และลดการเน่าเสียที่บริเวณผลและหวีได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุมตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1.ระดับการสุกกล้วยไข่และกล้วยหอมที่เหมาะกับการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มนมกล้วย คือ ระยะเปลือกกล้วยเปลี่ยนจากสีเขียวกลาย เป็นสีเหลือง 60-80% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด ซึ่งเป็นระยะการสุกเดียวกับกล้วยน้ำว้าที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเครื่องดื่มนมกล้วย

2.การใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ หนา 25 ไมครอนกับกล้วยไข่ดิบที่ได้รับ 1-mcp สามารถชะลอการสุกเหมาะกับการเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเครื่องดื่มนมกล้วยได้นาน 40 วัน ขณะเก็บรักษาที่ 14 °C

3.การใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ หนา 40 ไมครอนกับกล้วยหอมดิบที่ได้รับ 1-mcp สามารถชะลอการสุกเหมาะกับการเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเครื่องดื่มนมกล้วย นาน 49 วัน ขณะเก็บรักษาที่ 14 °C

4.การเคลือบผลกล้วยไข่ดิบและกล้วยหอมดิบที่ได้รับ 1- mcp ด้วยกรดซิคริคร่วมกับไคโตซาน บรรจุในถุงแอคทีฟ เก็บรักษาที่ 14 °C สามารถเก็บรักษาได้นาน 21 และ 49 วัน โดยที่เปลือกผลกล้วยยังสด และคงความเขียว ไม่พบการเกิดโรค และเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน เพื่อดูการสุกและอาการผิดปกติที่เกิดขึ้น พบว่า กล้วยไข่ที่ได้รับกรรมวิธีดังกล่าว สามารถพัฒนาการสุกเป็นปกติ และสามารถชะลอการสุกในกล้วยหอมดิบได้ โดยเนื้อกล้วยหอมดิบไม่พบอาการผิดปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับการเคลือบสารยืดอายุชนิดอื่น

5.การเคลือบผิวกล้วยกล้วยไข่และกล้วยหอมด้วยสาร GRAS ทุกกรรมวิธี สามารถชะลอสุกของผลกล้วยและลดการเน่าเสียที่บริเวณผลและหวีได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุมตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

นำกรรมวิธียืดอายุและรักษาคุณภาพของกล้วยไข่และกล้วยหอมที่เหมาะสมกับการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ ไปการเผยแพร่ในเอกสารวิชาการ แผ่นพับ โปสเตอร์ หรือให้บริการความรู้แก่ประชาชน และหน่วยงานที่นำไปใช้ประโยชน์ด้านกระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มสุขภาพนมกล้วยในเชิงพาณิชย์ต่อไป

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สวนกล้วยไข่จังหวัดจันทบุรี สวนกล้วยหอมทองโบราณจังหวัดสุโขทัย สหกรณ์กล้วยหอมอำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี คุณเพ็ญจันทร์ สุทธานุกูล นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยพืชสวนสุโขทัย ที่เอื้อเฟื้อวัสดุการทดลองและสถานที่ทำการทดลอง คุณศิริลออ ราชบุตร ห้องปฏิบัติการโภชนาการ ตึกสวป ชั้น 2 ให้ความอนุเคราะห์การตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ คุณพุฒนา รุ่งระวี กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติ ศูนย์สารสนเทศ ที่ให้คำปรึกษาการวางแผนการทดลอง คุณเนตรา สมบูรณ์แก้วและคุณสุพี วนศิรากุล ที่วิเคราะห์ผลทางสถิติ คุณสุภาวดี สมัครประโคน คุณอภิญญา เย็นสบาย และคุณกมลชนก ตนดี ที่ให้ความช่วยเหลือในการบันทึกการเปลี่ยนคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวอย่างต่อเนื่องตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง

12. เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 396 หน้า

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 453 หน้า

บุญญวดี จิระวุฒิ, สุภา อโนธารมณ์ และรัตตา สุทธยาคม. 2553. การควบคุมโรคขั้วหวีเน่าของกล้วยหอมหลังการเก็บเกี่ยว. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มปี 2553.สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 121 หน้า

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิตและผลผลิตเฉลี่ยไม้ผล ปี 2556. แหล่งที่มา www.oae.go.th/download/download_journal/commodity56.pdf. 29 กุมภาพันธ์ 2559.

อารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย และโกเมศ สัตยาวุธ. 2554. ศึกษาปัจจัยระยะการสุกแก่ของกล้วยที่เหมาะสมกับการแปรรูปเป็นเครื่องดื่ม ศึกษาปัจจัยระยะเวลาการเก็บรักษาที่เหมาะสมเพื่อรักษากลิ่นของกล้วยก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูปและศึกษากรรมวิธียืดอายุกล้วยหลังการเก็บเกี่ยวก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูป. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มปี 2554. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 354 หน้า

อารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย และโกเมศ สัตยาวุธ. 2555. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและการเก็บรักษาคุณภาพของกล้วยน้ำว้าก่อนการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มปี 2555.สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 399 หน้า

อารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย, บุญญวดี จิระวุฒิ และชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์. 2552. ศึกษาการใช้สารชะลอการเกิดสีน้ำตาลต่อผลลิ้นจี่ตัดแต่งในสภาพบรรยากาศดัดแปลง. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มปี 2552. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 377 หน้า

Banos, S.B., A.N.H. Lauzardo, M.G.V. Valle, M.H. Lopez, E.A. Barka, E.B Molina and C.L. Wilson. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. **Crop Protection**. 25: 108-118.

Clara, P., E.V. de B. Vilas-Bonas, M. Benichou and A.A. Kader. 2002. Variability in responses of partially ripe bananas to 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**. 28: 75-85.

Klieber, A. Bagnato, R. Barrett, M. Sedgley. 2003. Effect of post-ripening atmosphere

Niranjala Perera, O.D.A. and A.M. Karunaratne. 2001. Response of bananas to postharvest acid treatments. **J. Hort. Sci. Biot.** 76 (1): 70-76.

Rogers, M. N. 1973. An historical and critical review of post-harvest physiological research on cut flower. **HortSci.** 8: 189-194.

Serek, M., E. C. Sisler and M. S. Reid. 1994. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effects in potted flowering plants. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 119 (6): 1230-1233.

Srivastava, M.K. and U.N. Dwivedi. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. **Pl.Sci.** 158:87-96.

treatments on banana. **Acta Horticulturae**. 600: 51-54.

Xiangchun, M., Yanxia, T., Junguang, X., Ganjun, Y. and Deqiu, L. 2009. Effect of oligo-chitosan treatment on controlling postharvest anthracnose disease in banana fruit. Source http://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=mg723

13. ภาคผนวก

Table 1 Average of L, a, b value and index score of peel and firmness, total soluble solid of pulp in Kai banana ,were treated 1-mcp and contained in the packaging bag, were storaged at 14 °C for 40 days

Treatments	storage at 14°C for 40 days					
	L	a	b	index	firmness (newton)	tss
0 ppb 1-mcp + PE bag	59.96b	-6.46b	34.63b	2.30b	15.61cd	20.75a
0 ppb 1-mcp + 25µm AT bag	67.06a	7.15a	41.81a	6.00c	8.88d	22.58b
0 ppb 1-mcp + 40µm	57.15b	-	32.15bc	1.85ab	14.03cd	21.22ab

AT bag		5.98b				
1,000 ppb 1-mcp + PE bag	58.36b	-8.65b	29.58c	1.00a	49.25a	21.22ab
1,000 ppb 1-mcp + 25µm AT bag	57.89b	-7.44b	32.49bc	1.40a	21.52c	21.07a
1,000 ppb 1-mcp + 40µm AT bag	59.47b	-8.31b	31.23bc	1.20z	34.57d	24.33c
mean	53.48	-4.95	33.65	5.74	23.98	27.90
CV	6.60	70.40	9.90	33.10	27.90	10.90
F-test time (C)	*	*	*	*	*	ns
Packaging bag (B)	*	*	*	*	*	ns
1-mcp (A)	ns	*	*	*	*	ns
CxA	*	*	*	*	*	ns
CxB	ns	*	*	*	*	*
BxA	*	*	*	*	*	*
CxBxA	ns	*	*	*	*	ns

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Least significant difference of means at $P \leq 0.05$ ns=non-significant, * = significant $P \leq 0.05$

Table 2 Average of L, a, b value and index score of peel and firmness, total soluble solid of pulp in Kai banana ,were treated 1-mcp and contained in the packaging bag, were storaged at 14 °C for 40 days, removed at room temperature for 3 day

Treatments	storage at 14°C for 40 days , remove at room temperature for 3 days			
	L	a	b	index
0 ppb 1-mcp + PE bag	56.60ab	-1.21b	34.68b	2.97ab
0 ppb 1-mcp + 25µm AT bag	59.40a	8.59a	40.73a	6.89c
0 ppb 1-mcp + 40µm AT bag	48.41c	0.19b	22.77d	2.93ab
1,000 ppb 1-mcp + PE bag	57.09ab	-8.27c	29.35c	1.26a
1,000 ppb 1-mcp + 25µm AT bag	54.39b	-2.20b	30.81bc	2.51b
1,000 ppb 1-mcp + 40µm AT bag	55.09ab	-1.90b	32.79bc	2.48b
mean	55.16	-0.80	31.86	3.17
CV	12.60	477.10	19.10	36.00
F-test time (C)	*	*	*	*
Packaging bag (B)	*	*	*	*
1-mcp (A)	ns	*	*	*
CxA	*	*	*	ns
CxB	ns	*	*	ns
BxA	*	*	*	*
CxBxA	*	*	*	ns

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Least significant difference of means at P ≤ 0.05 ns=non-significant, * = significant P ≤ 0.05

Table 3 Average of L, a, b value and index score of peel and firmness, total soluble solid of pulp in Hom banana ,were treated 1-mcp and contained in the packaging bag, were storaged at 14 °C for 49 days.

Treatments	storage at 14°C for 49 days					
	L	a	b	index	firmness (newton)	tss
0 ppb 1-mcp + PE bag	54.70b	0.90	37.04bc	1.94ab	16.03b	17.55a
0 ppb 1-mcp + 25µm AT bag	53.31b	-1.42	36.62bc	7.96d	5.07c	16.70a
0 ppb 1-mcp + 40µm AT bag	52.07b	0.51	35.37bc	7.87d	4.35c	16.90a
1,000 ppb 1-mcp + PE bag	54.18b	-0.90	34.38c	1.33a	34.59a	15.17a
1,000 ppb 1-mcp + 25µm AT bag	63.36a	1.42	45.57a	4.61c	11.60bc	19.92b
1,000 ppb 1-mcp + 40µm AT bag	59.97a	-0.51	40.76b	2.44b	12.94bc	19.05b
mean	56.27	0.00	38.29	4.36	14.10	17.55
CV	7.00	110.40	9.50	24.50	39.70	20.60
F-test time (C)	*	*	*	*	*	*
Packaging bag (B)	*	*	*	*	*	*
1-mcp (A)	ns	*	*	*	*	*
CxA	*	*	*	*	*	*
CxB	ns	*	*	*	*	*
BxA	ns	*	ns	*	ns	ns
CxBxA	*	ns	*	*	*	*

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Least significant difference of means at $P \leq 0.05$ ns=non-significant, * = significant $P \leq 0.05$

Table 4 Average of L, a, b value and index score of peel and firmness, total soluble solid of pulp in Kai banana ,were treated 1-mcp and GRAS coating, were packed in the 25 μm thickness of active packaging bag, storaged at 14 °C for 21 days.

kind of GRAS coating	storage at 14°C for 21 days		
	L	a	b
imasalil	61.13ab	-7.78a	28.82b
0.25% chitosan	60.29ab	-9.00b	29.35b
0.010% salicy acid	59.50b	-8.24b	31.26a
0.25% citric acid	61.41a	-8.14b	28.94b
citric acid + chitosan	59.79b	-9.04b	30.42a
mean	60.28	-8.57	29.95
CV	3.40	39.00	4.70
F-test storage time (B)	*	*	*
GRAS coating (A)	*	ns	*
BxA	*	*	*

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Least significant difference of means at P ≤ 0.05 ns=non-significant, * = significant P ≤ 0.05

Table 5 Average of L, a, b value and index score of peel and firmness, total soluble solid of pulp in Kai banana ,were treated 1-mcp and GRAS coating, were packed in the 25 µm thickness of active packaging bag, storaged at 14 °C for 21 days, removed at room temperature for 3 days.

kind of GRAS coating	storage at 14°C for 21 days , remove at room temperature for 3 days		
	L	a	b
imasalil	62.05	-7.16a	29.77
0.25% chitosan	62.44	-8.18b	30.36
0.010% salicy acid	61.77	-7.90ab	30.77
0.25% citric acid	62.10	-7.26a	30.50
citric acid + chitosan	61.87	-6.44a	31.03
mean	62.05	-7.39	30.49
CV	4.40	37.70	64.00
F-test storage time (B)	*	*	*
GRAS coating (A)	*	ns	ns
BxA	*	*	*

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Least significant difference of means at P ≤ 0.05 ns=non-significant, * = significant P ≤ 0.05

Table 6 Average of L, a, b value and index score of peel and firmness, total soluble solid of pulp in Hom banana ,were treated 1-mcp and GRAS coating, were packed in the 40 µm thickness of active packaging bag, storaged at 14 °C for 49 days.

kind of GRAS coating	storage at 14°C for 49 days		
	L	a	b
imasalil	53.62	-10.49	31.63a
0.25% chitosan	53.28	-10.10	31.50a
0.010% salicy acid	51.99	-10.38	30.75b
0.25% citric acid	52.94	-10.38	31.86a
citric acid + chitosan	52.46	-10.33	31.66a
mean	52.86	-10.34	31.48
CV	4.20	5.60	3.50
F-test storage time (B)	ns	*	*
GRAS coating (A)	ns	ns	ns
BxA	ns	*	*

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Least significant difference of means at P ≤ 0.05 ns=non-significant, * = significant P ≤ 0.05

Table 7 Average of L, a, b value and index score of peel and firmness, total soluble solid of pulp in Hom banana ,were treated 1-mcp and GRAS coating, were packed in the 40 µm thickness of active packaging bag, storaged at 14 °C for 49 days, removed at room temperature for 3 days.

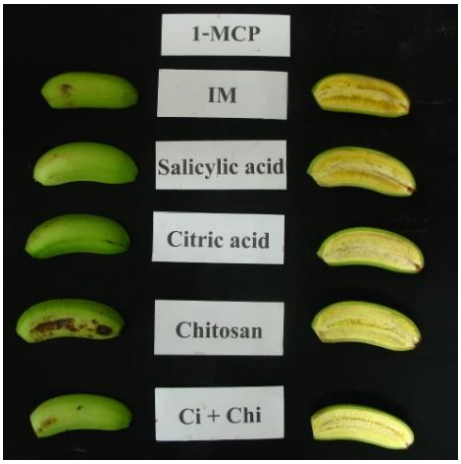
kind of GRAS coating	storage at 14°C for 49 days , remove at room temperature for 3 days		
	L	a	b
imasalil	52.64	-10.01ab	31.14
0.25% chitosan	52.38	-9.44a	30.98
0.010% salicy acid	52.82	-9.90a	31.08
0.25% citric acid	52.70	-9.60a	31.15
citric acid + chitosan	51.81	-10.38b	31.56
mean	52.47	-9.87	31.18
CV	4.50	7.60	3.70
F-test storage time (B)	ns	*	*
GRAS coating (A)	ns	*	*
BxA	*	*	*

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Least significant difference of means at P ≤ 0.05 ns=non-significant, * = significant P ≤ 0.05

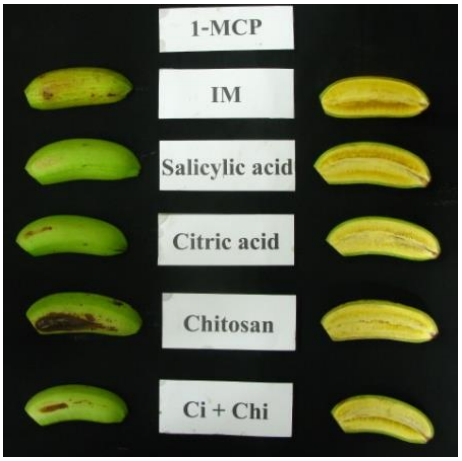
Table 8 Average of L, a, b value of peel in Kai banana ,were treated 1-mcp and GRAS coating, were packed in the 25 µm thickness of active packaging bag, storaged at 14 °C for 7 days, removed at room temperature for 3 day.

kind of GRAS coating	Storage at 14 °C for 7 days			Removed at room temperature for 3 days		
	L	a	b	L	a	b
imasalil	60.05b	-8.32b	29.67	63.37	-7.80	29.02b
0.25% chitosan	60.96b	-8.86b	28.85	62.78	-9.00	30.95a
0.010% salicy acid	61.11b	-8.29b	29.53	63.29	-8.59	30.08ab
0.25% citric acid	61.52a	-7.65a	28.64	62.97	-9.00	29.74ab
citric acid + chitosan	60.38b	-8.81ab	29.60	61.62	-7.82	30.78a
mean	60.80	-8.38	29.26	62.81	-8.44	30.11
CV	3.40	3.90	4.70	4.40	37.70	6.40
F-test storage time (B)	*	*	*	*	*	*
GRAS coating (A)	*	ns	*	*	ns	ns
BxA	*	ns	*	*	*	*

Means in same column followed by same letter are not significantly different by Least significant difference of means at P ≤ 0.05 ns=non-significant, * = significant P ≤ 0.05

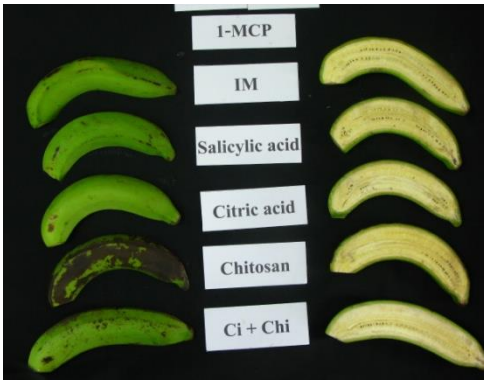


(A) Kai banana were kept at 14 °C for 21 days

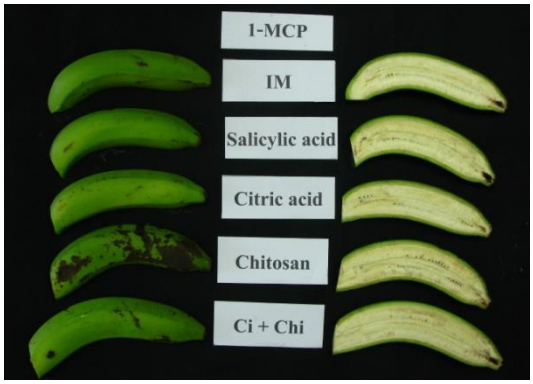


(B) They were kept at 14 °C for 21 days, remove at room temperature for 3 days.

Figure 1-2 A color change of peel and abnormal symptoms of pulp in "Kai" banana fruits were storage at 14 °C for 21 days, remove at room temperature for 3 days.



(A) Hom banana were kept at 14 °C for 49 days



(B)They were kept at 14 °C for 49 days, remove at room temperature for 3 days.

Figure 3-4 A color change of peel and abnormal symptoms of pulp in "Hom" banana fruits were storage at 14 °C for 49 days, remove at room temperature for 3 days.