

ประสิทธิภาพของกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกาบกล้วย
ที่มีถ่านกัมมันต์ในการยืดอายุการเก็บรักษากลับหอมทอง
**Efficiency of Ethylene Absorber Paper Containing
Activated Carbon from Banana Sheath
in Prolonging Storage Life of 'Hom Thong' Banana**

จิตตา สารตร์เพ็ชร, มยุรา ล้านไชย* และประชุมพร แสนรักษ์
ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
เทคโนโลยี ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

เนตรนภา ทรัพย์ประโคน
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

คณินิจ บุตรคำ
ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
เทคโนโลยี ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Chitta Sarpetch, Mayura Lanchai* and Prachumporn Sanrucksas
Expert Center of Innovative Agriculture, Thailand Institute of Scientific and Technological Research,
Technopolis, Khlong Ha, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Netnapha Subpakhon
Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

Kanungnid Busarakum
Biodiversity Research Centre, Thailand Institute of Scientific and Technological Research,
Technopolis, Khlong Ha, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Received: November 7, 2019; Accepted: December 26, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกาบกล้วย ที่มีถ่านกัมมันต์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งความเข้มข้นต่างกัน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษากลับหอมทอง โดยใช้กาบกล้วยเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ เนื่องจากกาบกล้วยเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีเส้นใยเป็นองค์ประกอบ สามารถนำมาผลิตกระดาษ โดยนำกาบกล้วยสตัยย่อยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 5 %

จากนั้นล้างทำความสะอาดเส้นใยจากกล้วยที่ได้ให้สะอาดก่อนนำไปอบแห้งเพื่อให้ได้เส้นใย นำเส้นใยจากกล้วยไปขึ้นรูปกระดาษโดยเติมผงถ่านกัมมันต์ที่ระดับความเข้มข้น 0, 10, 20 และ 30 % โดยน้ำหนักเยื่อแห้งจากขึ้นรูปกระดาษแล้วทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของกระดาษ ได้แก่ (1) ความต้านทานทานแรงฉีกขาด (2) อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ และ (3) ประสิทธิภาพในการดูดซับเอทิลีน ผลการทดลองพบว่ากระดาษจากกล้วยผสมถ่านกัมมันต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 ยืดอายุการเก็บรักษากลับหอมทองได้นานที่สุด โดยยืดอายุการเก็บรักษาได้ 12 วันที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 ± 5 และดูดซับเอทิลีนได้คงเหลือ 0.05 ppm โดยลักษณะทางกายภาพ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางสรีรวิทยาของกล้วยหอมทองหลังการเก็บรักษามีคุณภาพดีที่สุด

คำสำคัญ : กระดาษดูดซับเอทิลีนจากกล้วย; ถ่านกัมมันต์; อายุการเก็บรักษา; กล้วยหอมทอง

Abstract

The effect of ethylene absorber paper from banana sheath containing various concentrations of activated carbon for prolonging storage life of 'Hom Thong' banana was studied. Banana sheath, an agricultural waste, contains abundant cellulose, which could be used to produce ethylene absorber paper. The raw banana sheath was digested with 5 % sodium hydroxide solution and cleaned with tap water prior drying. The activated carbon powders at concentrations of 0, 10, 20 and 30 % by dry banana fiber weight were added. After forming the paper, it was tested for tear strength value, water vapor transmission rate and ethylene absorber efficiency properties. The results from this study presented that banana sheath paper containing with 30% of activated carbon could be the most absorber paper to prolong 'Hom Thong' banana storage at temperature of 25°C and 70 ± 5 % RH for 12 days, with retained ethylene concentration of 0.05 ppm. From the data it was found that the physical characteristics, chemical and physiological changes of 'Hom Thong' banana after the storage has shown the best quality.

Keywords: ethylene absorber paper from banana sheath; activated carbon; storage life; Hom Thong banana

1. คำนำ

กล้วยหอมทองเป็นผลไม้เขตร้อนที่อุดมไปด้วยวิตามิน โยอาหารที่ช่วยในการขับถ่าย มีสารแทนนินช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ *Escherichia coli* โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดปทุมธานี เพชรบุรี ชุมพร สระบุรี และสกลนคร เป็นต้น ปัจจุบันการส่งออกกล้วยหอมทองนั้นอยู่ในรูปผลสดและการแปรรูป โดยในปี พ.ศ. 2559-

2561 ประเทศไทยมีการส่งออกกล้วยสดในปริมาณ 24,182, 28,499 และ 37,914 ตัน คิดเป็นมูลค่า 329, 466 และ 725 ล้านบาท ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ตลาดส่งออกกล้วยหอมทองที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น ฮองกง จีน มาเลเซีย และสหภาพยุโรป อย่างไรก็ตาม การส่งออกกล้วยหอมมีข้อจำกัด คือ อายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากกล้วยจัดเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit ซึ่งมี

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพภายหลังการเก็บเกี่ยว ในระหว่างการสุกที่ผลกล้วยมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดการเร่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยาต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุ รสชาติ ตลอดจนเนื้อสัมผัส ซึ่งจะนำไปสู่การเสื่อมสภาพของผลิตผล (พรชัย และคณะ, 2551) ปัจจุบันการศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการชะลอการสุกของผลกล้วยหอมทองจึงนับว่ามีความสำคัญต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา โดยวิธีการชะลอการสุกในผลไม้ไม่สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การใช้สาร 1-เมทิลไซโคลโพรเพน (1-methylcyclopropene, 1-MCP) เป็นสารที่ปัจจุบันถูกนำมาใช้ในการลดการทำงานของเอทิลีน ลดการเสื่อมสภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิด เช่น กล้วย มะม่วง กล้วยไม้ (จริงแท้, 2549) การใช้สารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) บรรจุใส่ของขนาดเล็ก ใช้งานโดยนำมาวางในบรรจุภัณฑ์ของผลิตผลทางการเกษตรที่ต้องการยืดอายุการเก็บรักษา แต่เนื่องจาก $KMnO_4$ มีลักษณะออกซิไดซ์ได้ง่าย จึงเป็นข้อจำกัดในการใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์ที่ต้องสัมผัสอาหารโดยตรง (Rooney, 1995) และถ่านกัมมันต์ (activated carbon, AC) ซึ่งมีสมบัติเฉพาะตัวคือ มีรูพรุนและพื้นที่ผิวภายในจำนวนมาก จึงเป็นตัวดูดซับที่ดี สามารถดูดซับกลิ่น ไอ้ น้ำ และแก๊สต่าง ๆ รวมถึงก๊าซเอทิลีนได้ ทั้งนี้ความสามารถในการดูดซับขึ้นอยู่กับชนิดของถ่านกัมมันต์ (Tahatchporn, 2015) ซึ่งจากข้อมูลเบื้องต้นจึงได้มีการวิจัยนำ AC มาใช้อย่างกว้างขวาง เช่น การผสมผง AC กับเยื่อกระดาษลอนลูกฟูก พบว่าผง AC ปริมาณ 25 % โดยน้ำหนักเยื่อให้ผลดีที่สุด คือสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ได้ 18 วัน (สุพัฒน์, 2550) การผลิตกระดาษดูดซับเอทิลีนจากฟางข้าว พบว่าการเติมผง AC ปริมาณ

30 % โดยน้ำหนักเยื่อ ให้เปอร์เซ็นต์การดูดซับก๊าซเอทิลีนสูงที่สุด 77 % (Sothornvit and Sampoompuang, 2012) และการผลิตกระดาษดูดซับเอทิลีนจากเปลือกทุเรียนที่เติมผง AC 5 % มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้ 15 วัน (ศิริพร และคณะ, 2561)

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำผงถ่านกัมมันต์มาเติมลงในกระดาษจากกากกล้วยเพื่อผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการดูดซับเอทิลีน (active packaging) เนื่องจากกากกล้วยเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มีเส้นใยเป็นองค์ประกอบสามารถนำมาผลิตกระดาษ และมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ รวมทั้งยังสามารถย่อยสลายได้ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษากลายหอมทอง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การทำกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ (สุญา และคณะ, 2554)

2.1.1 วิธีการทำเยื่อกระดาษจากกากกล้วย

หั่นกากกล้วยสดให้มีขนาด 2×5 เซนติเมตร นำไปล้างเพื่อทำความสะอาด แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 2 % เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วมาต้มในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 5 % ในอัตราส่วนกากกล้วยต่อสารละลาย NaOH 1:1 (w/v) เป็นเวลา 2 ชั่วโมงครึ่ง ตักพักทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำกากกล้วยที่ผ่านการต้มมาล้างด้วยน้ำสะอาด จนไม่มีเมือกและไม่มีกลิ่นของ NaOH กรองเอาเฉพาะเยื่อกากกล้วยโดยใช้ผ้ากรอง แล้วบีบเอาน้ำออกให้หมด จากนั้น

นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วนำเยื่อกากกล้วยน้ำหั่น 11.25 กรัม แปะมันสำปะหลัง 10 % โดยน้ำหนักเยื่อแห้ง และน้ำสะอาด 1.5 ลิตร ผสมผงถ่านกัมมันต์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน (0, 10, 20 และ 30 % โดยน้ำหนักเยื่อกากกล้วยแห้ง) นำส่วนผสมที่ได้ไปปั่นละเอียดจนกระทั่งเยื่อกล้วยฟูขึ้นมา แล้วเทใส่กรอบแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปกระดาษที่วางไว้ในอ่างน้ำที่เตรียมไว้ พร้อมเกลี่ยเยื่อกระดาษให้เสมอกันแล้วยกขึ้นมาพักสะเด็ดน้ำ นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อครบเวลากำหนดจะได้กระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์

2.1.2 การทดสอบสมบัติของกระดาษ

ทดสอบความต้านแรงฉีกขาด (ตามมาตรฐาน ISO 1974-2012 E) ความหนา (ตามมาตรฐาน ISO 4593-1993 E) และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (ตามมาตรฐาน ASTM E 96/E96M-16) โดยศูนย์บรรจุก๊าซหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

2.1.3 การวิเคราะห์อัตราการดูดซับเอทิลีน

ตัดกระดาษตัวอย่างขนาด 5x10 เซนติเมตร บรรจุในภาชนะทดสอบขนาด 650 มิลลิลิตร จากนั้นฉีดก๊าซเอทิลีนมาตรฐานระดับความเข้มข้น 2 ppm โดยฉีดเข้าไปในภาชนะทดสอบปริมาณ 5 มิลลิลิตร วิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซเอทิลีนทุก ๆ 30 นาที เป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยใช้เข็มเก็บก๊าซขนาด 1 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography (GC) ซึ่งมีสภาวะในการทดสอบดังนี้ pack column: volume injection: 1 mL, mobile phase: He and H₂, oven temperature: 35 °C, detector: FID, detector temperature: 250 °C นำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน และคำนวณหาปริมาณอัตราการดูดซับเอทิลีน

2.2 การประเมินประสิทธิภาพของกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ในการยืดอายุการเก็บรักษากากกล้วยหอมทอง

2.2.1 การเตรียมกระดาษดูดซับเอทิลีนและกล่องบรรจุกล้วย

นำกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีผงถ่านกัมมันต์ความเข้มข้นแตกต่างกันมาตัดให้มีขนาด 20x30 เซนติเมตร ตัดกาบบาง 4 มุม แล้วนำมาติดที่ตัวกล่องและฝากล่องกระดาษลูกฟูกขนาด 24x32x12 เซนติเมตรสำหรับบรรจุกล้วยหอมทอง

2.2.2 การเตรียมกล้วยหอมทอง

เก็บเกี่ยวกล้วยหอมทองจากแปลงของเกษตรกร ตำบลหินลาด อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก โดยเก็บเกี่ยวกล้วยหอมทองที่มีความสุกแก่ประมาณร้อยละ 60-70 แล้วคัดเลือกกล้วยที่มีขนาดและสีใกล้เคียงกัน ผลที่ไม่มีตำหนิปราศจากโรคและแมลง ทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าพร้อมตัดแต่งเป็นหวีเล็ก ๆ (ประมาณ 6-7 ผลต่อหวี) และล้างฆ่าเชื้อด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaClO) ความเข้มข้น 2 g/L หลังจากผึ่งให้แห้งแล้วนำกล้วยมาบรรจุใส่ในกล่องกระดาษลูกฟูกที่เตรียมไว้ จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70±5 เป็นระยะเวลา 12 วัน บันทึกผลการทดลองทุก ๆ 3 วัน

2.2.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางสรีรวิทยา

(1) การสูญเสียน้ำหนักสด นำกล้วยหอมทองมาชั่งน้ำหนักเริ่มต้นก่อนเก็บรักษา และหลังการเก็บรักษาทุก ๆ 3 วัน แล้วนำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด โดยมีหน่วยเป็น % และการคำนวณตามสมการดังนี้ การสูญเสียน้ำหนัก (%) = [(น้ำหนักสดก่อนเก็บรักษา - น้ำหนัก ณ วันที่ตรวจผล) ÷ น้ำหนักเริ่มต้น] x 100

(2) การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก โดยวัดสีที่เปลือกกล้วยหอมทอง 3 จุด ได้แก่ ใกล้ขั้วผล กลางผล และปลายผล วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี chroma meter รุ่น CR-400 รายงานผลเป็นค่า L^* , a^* , b^* color space

(2.1) ค่า L^* เป็น lightness เป็นค่าความสว่างมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 ค่า L^* มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยจนเป็นสีคล้ำ ค่า L^* มีค่าเข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาว

(2.2) ค่า a^* เป็นค่าองค์ประกอบสีเขียว-แดง มีค่าอยู่ระหว่าง -60 ถึง +60 ค่า a^* มีค่าเป็นลบ หมายถึง ตัวอย่างมีสีเขียว ค่า a^* มีค่าเข้าบวก หมายถึง ตัวอย่างมีสีแดง

(2.3) ค่า b^* เป็นค่าองค์ประกอบสีน้ำเงิน-เหลือง มีค่าอยู่ระหว่าง -60 ถึง +60 ค่า b^* มีค่าเป็นลบ หมายถึง ตัวอย่างมีสีน้ำเงิน ค่า b^* มีค่าเข้าบวก หมายถึง ตัวอย่างมีสีเหลือง

(3) การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ สุ่มผลกล้วยหอมทองจำนวน 3 ผล วัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง texture analyzer รุ่น TA-500 ใช้หัวเจาะผลขนาด 0.5 cm วัดจุดตรงกลางระหว่างกลางผลกับขั้วผลและตรงกลางระหว่างกลางผลกับปลายผล บันทึกผล ณ จุดยอดของกราฟและรายงานผลเป็นหน่วยของนิวตัน (N)

(4) คุณภาพการยอมรับ ประเมินจากลักษณะภายนอกจากการสังเกตสี ลักษณะผิวผล รอยตำหนิ และบาดแผล โดยมีมาตรฐานการให้คะแนน ดังนี้

(4.1) คะแนน 5 = กล้วยหอมทองมีผิวสีเขียว ไม่มีรอยตำหนิและบาดแผล

(4.2) คะแนน 4 = กล้วยหอมทองมีผิวสีเขียว มีรอยตำหนิและบาดแผลไม่เกินร้อยละ 10

(4.3) คะแนน 3 = กล้วยหอมทองมีผิวสีเขียวเริ่มคล้ำ มีรอยตำหนิและบาดแผลไม่เกิน

ร้อยละ 25

(4.4) คะแนน 2 = กล้วยหอมทองมีผิวคล้ำ มีรอยตำหนิและบาดแผลไม่เกินร้อยละ 50

(4.5) คะแนน 1 = กล้วยหอมทองมีผิวที่ไม่ยอมรับ มีรอยตำหนิและบาดแผลมากกว่าร้อยละ 50

(5) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) นำกล้วยหอมทองมาปอกเปลือก หั่นเนื้อกล้วยหอมทองให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์ แล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำกล้วยที่ได้หยดลงบนเครื่อง digital brix refractometer แล้วอ่านค่า TSS มีหน่วยเป็น °Brix

(6) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acidity, TA) โดยนำน้ำกล้วยที่ได้จากข้อ (5) มาปริมาณ 1 กรัม นำใส่ในปิกรเกอร์ แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาณ 50 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน จากนั้นหยดลงบนเครื่อง digital brix refractometer แล้วอ่านค่า acid มีหน่วยเป็น %

(7) อัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีน นำกล้วยหอมทองมาชั่งน้ำหนักและบรรจุในภาชนะที่มีปริมาตร 7,000 มิลลิลิตร เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลากำหนดจึงเก็บตัวอย่างก๊าซด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดอากาศจากช่องว่างของภาชนะ นำไปวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณก๊าซเอทิลีนด้วยเครื่อง gas chromatographs รุ่น GC-SRI 310C แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาอัตราการหายใจ (CO_2) มีหน่วยเป็น $\text{mg} \cdot \text{CO}_2 / \text{kg} \cdot \text{hr}$ และอัตราการปลดปล่อยเอทิลีน (C_2H_4) มีหน่วยเป็น $\mu\text{L} \cdot \text{C}_2\text{H}_4 / \text{kg} \cdot \text{hr}$

2.2.4 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ ได้แก่ ทรีตเมนต์ที่ 1 ชุดควบคุม

(กระดาษจากกากกล้วยไม่เติมผงถ่านกัมมันต์) ทรีตเมนต์ที่ 2 กระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ 10 % ทรีตเมนต์ที่ 3 กระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ 20 % และทรีตเมนต์ที่ 4 กระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ 30 % ทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 หวีเล็ก ๆ (ประมาณ 6-7 ผลต่อหวี) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 กระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์

การนำกากกล้วยมาเตรียมเป็นเยื่อกระดาษและผสมกับถ่านกัมมันต์ ซึ่งมีสมบัติเฉพาะตัว คือ มีรูพรุนและพื้นที่ผิวภายในจำนวนมากจึงเป็นตัวดูดซับที่ดี สามารถดูดซับกลิ่น ไอ้ น้ำ และก๊าซต่าง ๆ รวมถึงก๊าซเอทิลีน (Tanatchporn, 2015) โดยการเตรียมกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่ระดับความเข้มข้นของถ่านกัมมันต์ 0 (ชุดควบคุม), 10, 20 และ 30 % โดยน้ำหนักเยื่อ

กากกล้วยแห้ง พบว่ากระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยมีสีเข้มขึ้นตามปริมาณผงถ่านกัมมันต์ (รูปที่ 1)

การทดสอบสมบัติของกระดาษ พบว่ากระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 10, 20 และ 30% มีความหนา เท่ากับ 0.426, 0.524, 0.463 และ 0.460 มิลลิเมตร มีความต้านทานแรงฉีกขาด เท่ากับ 168, 181, 194 และ 200 กรัมแรง และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ เท่ากับ 3,820, 2,986, 3,279 และ 3,106 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1)



รูปที่ 1 ลักษณะและสีของกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่ไม่เติมผงถ่านกัมมันต์ (ก) และที่เติมถ่านกัมมันต์ 10 % (ข) 20 % (ค) และ 30 % (ง) ตามลำดับ

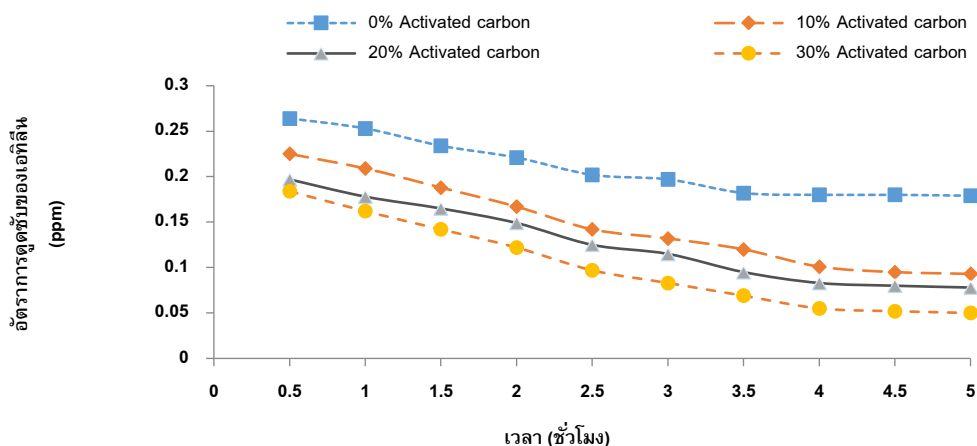
ตารางที่ 1 การทดสอบสมบัติของกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์

ทรีตเมนต์	ระดับความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์	ความหนา (มิลลิเมตร)	ความต้านแรงฉีกขาด (กรัมแรง)	อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)
1	0 (control)	0.426	168	3,820
2	10 %	0.524	181	2,986
3	20 %	0.463	194	3,279
4	30 %	0.460	200	3,106

วิเคราะห์โดยศูนย์บรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

เมื่อวัดอัตราการดูดซับเอทิลีนของ กระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีผงถ่านกัมมันต์ (AC) 10, 20 และ 30 % เปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่ากระดาษดูดซับเอทิลีนที่มีผง AC 30 % มีอัตราการดูดซับเอทิลีนได้ดีกว่ากระดาษดูดซับเอทิลีนที่มีผง AC 20, 10 % และชุดควบคุม ซึ่งมีอัตราการดูดซับเอทิลีน 0.05, 0.078, 0.093 และ

0.179 ppm ตามลำดับ ดังนั้นความสามารถในการดูดซับเอทิลีนของกระดาษมีแนวโน้มลดลงตามระดับความเข้มข้นของถ่านกัมมันต์ และเริ่มคงที่ตามระยะเวลา โดยกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ 30 % มีประสิทธิภาพในการดูดซับเอทิลีนสูงที่สุด (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ประสิทธิภาพในการดูดซับเอทิลีนของกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ในระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 10, 20 และ 30 % โดยวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซเอทิลีนทุก ๆ 30 นาที เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

3.2 ประสิทธิภาพของกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ในการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง

การนำกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ในระดับความเข้มข้น 10, 20 และ 30 % เปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยนำมาทดสอบประสิทธิภาพของกล้วยหอมทองมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านกายภาพ พบว่าการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของกล้วยหอมทองเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และสามารถเก็บได้นานถึง 12 วัน (รูปที่ 3) โดยพบว่าค่า L^* (ความสว่าง) a^* (สีเขียว) และ b^* (สีเหลือง) ของแต่ละทรีตเมนต์มีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า L^* อยู่ในช่วง 58.94 ถึง 63.65 ค่า a^* อยู่ในช่วง -13.81 ถึง -1.71 และค่า b^* อยู่ในช่วง 37.15 ถึง 49.88 ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อกล้วยเข้าสู่กระบวนการสุกก็จะเกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยในเนื้อเยื่อสีเขียวทั่วไปจะมีแคโรทีนอยด์ปะปนอยู่ แต่สีของแคโรทีนอยด์จะถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บังไว้ เมื่อคลอโรฟิลล์สลายไปสีของแคโรทีนอยด์จะปรากฏเด่นชัด (จริงแท้, 2544; วาริช และคณะ, 2557) ซึ่งพบว่าทรีตเมนต์ที่ 4 มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกน้อยที่สุด เนื่องจากมีผงถ่าน AC เป็นส่วนผสมในกระดาษจากกากกล้วยในปริมาณมากที่สุด ดังนั้นจึงดูดซับเอทิลีนได้ดี และส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงสีช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบ

กับชุดควบคุม (ตารางที่ 2) การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของกล้วยหอมทอง พบว่าทุกทรีตเมนต์มีความแน่นเนื้อลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยทรีตเมนต์ที่ 4 มีการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อน้อยที่สุด รองลงมาทรีตเมนต์ที่ 3 ทรีตเมนต์ที่ 2 และทรีตเมนต์ที่ 1 ชุดควบคุม ตามลำดับ (ตารางที่ 2) โดยการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเพคติน ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ปฐมภูมิ (primary cell wall) และผนังเชื่อมระหว่างเซลล์ (middle lamella) จากเดิมที่มีสมบัติไม่ค่อยละลายน้ำ กลายเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันแกนของโมเลกุลเพคตินจะถูกละลายให้เล็กลงและน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสซึ่ง

เป็นองค์ประกอบของเพคตินก็ลดลงด้วยเช่นกัน (จริงแท้, 2549)

การเปลี่ยนแปลงด้านเคมี เมื่อกล้วยหอมทองสุกมากขึ้นความแน่นเนื้อจะลดลงซึ่งเกิดจากสารประกอบเพคติน (pectin compound) มีโมเลกุลขนาดใหญ่อยู่ในรูปโปรโตเพคติน (protopectin) ซึ่งไม่ละลายน้ำเปลี่ยนรูปไปเป็นเพคติน (pectin) มีโมเลกุลขนาดเล็กลงและละลายน้ำได้ ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) จึงเพิ่มสูงขึ้น และพบว่าทุกทรีตเมนต์มี TSS เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทรีตเมนต์ที่ 1 ทรีตเมนต์ที่ 2 และทรีตเมนต์ที่ 3 มี TSS มากที่สุด อยู่ในช่วง



รูปที่ 3 ผลของกระดาดดูดซับเอทิลีนจากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ในระดับความเข้มข้น 10, 20 และ 30 % เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (กระดาดจากกล้วยที่ไม่เติมผงถ่านกัมมันต์) ต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของกล้วยหอมทองเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 วัน

ตารางที่ 2 ผลของกระดาดดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิว เปลือกผล ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ เมื่อเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

ทรีตเมนต์	ระดับความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์	สีผิวผล			ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (°บrix)	ปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ (เปอร์เซ็นต์)
		L*	a*	b*			
1	0 (control)	58.94 ^b	-1.71 ^c	49.88 ^c	14.60 ^a	23.37 ^b	1.54 ^a
2	10%	60.20 ^a	-4.72 ^{bc}	41.90 ^{ab}	15.77 ^a	23.23 ^b	1.55 ^a
3	20%	63.65 ^b	-9.27 ^{ab}	46.07 ^{bc}	27.2 ^b	24.00 ^b	1.83 ^{ab}
4	30%	59.79 ^a	-13.81 ^a	37.15 ^a	41.37 ^c	15.20 ^a	1.92 ^b
F-test		*	*	*	*	*	*
C.V. (%)		9.78	9.45	13.79	10.92	0.95	2.14

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรไม่เหมือนกันในแนวตั้งมีความแตกต่างทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

23.23-24.00 °บrix และทรีตเมนต์ที่ 4 มี TSS น้อยที่สุด คือ 15.20 °บrix (ตารางที่ 2) เนื่องจากผลไม้ที่สะสมอาหารไว้ในรูปแป้งหรือมีแป้งเป็นองค์ประกอบ เช่น มะม่วง ทุเรียน กล้วย ภายหลังการเก็บเกี่ยวจะเปลี่ยนอาหารสะสมในรูปของแป้งไปเป็นน้ำตาล โดยเฉพาะในกล้วยหอม พบว่าเมื่อผลสุกแล้วแป้งจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลแทบทั้งหมด จึงทำให้กล้วยมีรสชาติดหวานขึ้น (จริงแท้, 2544) และการพิจารณาปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ พบว่าทรีตเมนต์ที่ 1 ทรีตเมนต์ที่ 2 ทรีตเมนต์ที่ 3 และทรีตเมนต์ที่ 4 มีแนวโน้มของปริมาณกรดที่ไทเตรทได้เพิ่มสูงขึ้นจนสูงสุดในวันที่ 6 หลังจากนั้นจึงมีแนวโน้มลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ 1.54, 1.55, 1.83 และ 1.92 % ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เนื่องจากผลไม้ส่วนใหญ่มีปริมาณกรดอินทรีย์ค่อนข้างสูง ซึ่งกรดในผลกล้วยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของกรดมาลิก โดยผลกล้วยมีการสะสมปริมาณกรดเพิ่มขึ้นตามอายุผลและเพิ่มจนถึงระดับสูงสุดขณะผลสุกจากนั้นจะลดลงระหว่าง

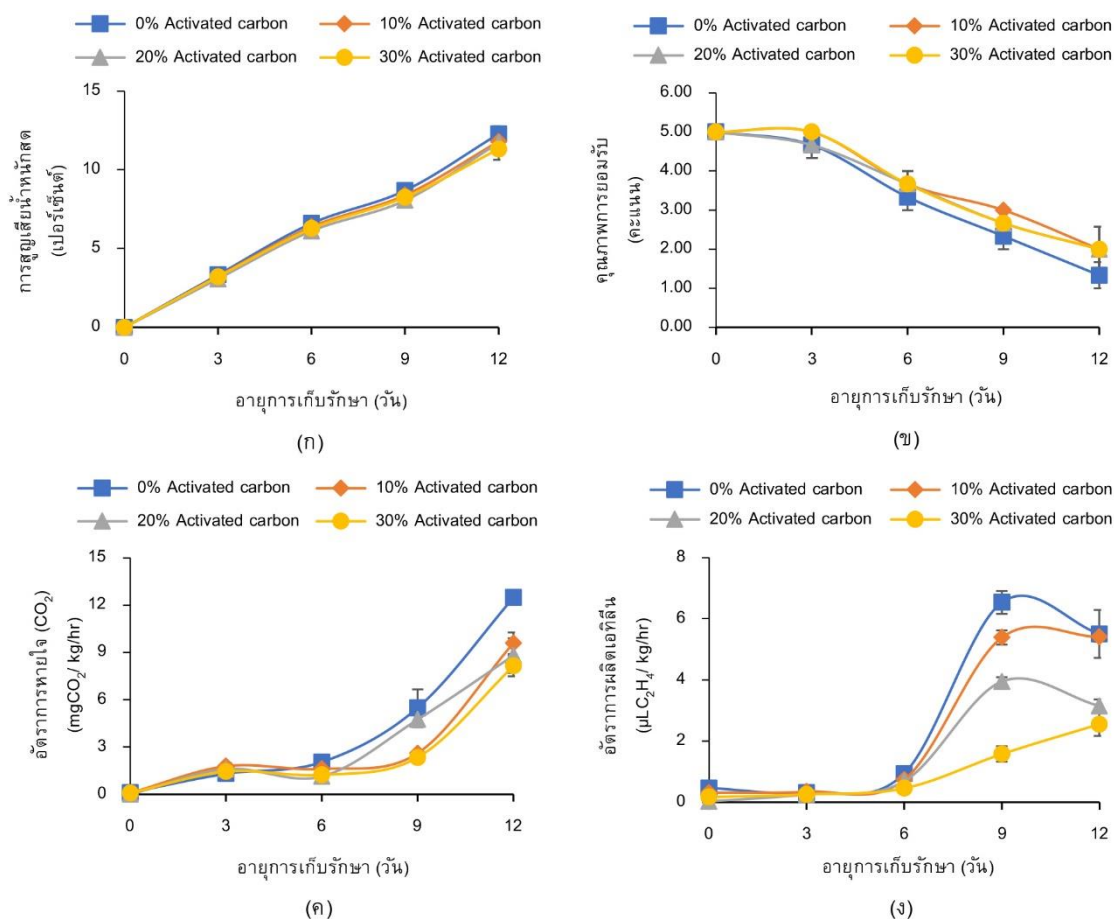
เวลาของการสุกโดยการลดลงของกรด เกิดขึ้นพร้อมกับการลดลงของแป้งและการเพิ่มขึ้นของน้ำตาล จึงทำให้ผลมีรสชาติดหวานขึ้น (Wyman and Palmer, 1963; Simmonds, 1966; กิตติ, 2561)

สำหรับการสูญเสียน้ำหนักสด การเก็บรักษาโดยใช้กระดาดดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่เติมผงถ่านกัมมันต์ระดับความเข้มข้น 10, 20 และ 30 % เปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่าทุกทรีตเมนต์มีการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยทรีตเมนต์ที่ 4 มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด 11.32 % รองลงมาทรีตเมนต์ที่ 3 ทรีตเมนต์ที่ 2 และทรีตเมนต์ที่ 1 ชุดควบคุม โดยมีการสูญเสียน้ำหนักสด 11.70, 11.80 และ 12.28 % ตามลำดับ (รูปที่ 4ก) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยและพัฒนากระดาดดูดซับเอทิลีนจากเปลือกทุเรียนศิริพร และคณะ (2559) รายงานว่ากระดาดเติมผงถ่านกัมมันต์ 5% มีประสิทธิภาพยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงที่อุณหภูมิห้องที่ดีที่สุดและสามารถเก็บรักษาได้นาน 15 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อย

ที่สุดเท่ากับ 28.59 % ซึ่งดีกว่าสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า

ส่วนค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพการยอมรับโดยรวมของกล้วยหอมทองแต่ละทรีตเมนต์ พบว่ามีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่

4ข) การที่มีคะแนนลดลงนั้นมีสาเหตุสำคัญจากลักษณะภายนอกที่มีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกผิวหมองคล้ำ มีบาดแผล รอยตำหนิ และไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค รวมทั้งลักษณะภายในที่มีเนื้อผลและรสชาติที่เปลี่ยนไป



รูปที่ 4 ผลของกระดาษดูดซับเอทิลีนจากกากกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ต่อการเปลี่ยนแปลงการสูญเสียน้ำหนักสด (ก) คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค (ข) การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ (ค) และอัตราการผลิตเอทิลีน (ง) ของกล้วยหอมทอง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

นอกจากนี้อัตราการหายใจ พบว่าทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษา โดยช่วงแรกของการเก็บรักษามีค่าค่อนข้างคงที่ แล้วในวันที่ 9 ของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด และลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

โดยอัตราการหายใจของกล้วยหอมทองในทรีตเมนต์ที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่า 12.49, 9.60, 8.81 และ 8.14 mg.CO₂/kg/hr ตามลำดับ (รูปที่ 4ค) เนื่องจากกล้วยหอมทองมีการหายใจแบบ climacteric เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะชราภาพหรือสุกจึงทำให้มีอัตราการ

หายใจสูงขึ้น การวิจัยพบว่าอัตราการหายใจของกล้วยหอมทองมีความสัมพันธ์แปรผันตามอัตราการผลิตเอทิลีน การผลิตเอทิลีนที่สูงขึ้นนั้นส่งผลให้เร่งกระบวนการสุกของกล้วยหอมทอง ได้แก่ การเปลี่ยนสี ความแน่นเนื้อ ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เป็นต้น (เบญจมาศ, 2545) และการผลิตเอทิลีนพบว่ากล้วยหอมทองในชุดควบคุมมีการผลิตเอทิลีนมากที่สุด $5.50 \mu\text{L.C}_2\text{H}_4/\text{kg/hr}$ โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 9 จากนั้นจึงลดลงและส่งผลให้กล้วยหอมทองมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีมากกว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ และทรีตเมนต์ที่ 4 มีการผลิตเอทิลีนน้อยที่สุด $2.55 \mu\text{L.C}_2\text{H}_4/\text{kg/hr}$ (รูปที่ 4ง) ส่งผลให้กล้วยหอมทองมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีช้ากว่าทุกทรีตเมนต์ โดยสามารถชะลออัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีน รวมถึงชะลอการสุกได้ดีที่สุด เนื่องจากถ่านกัมมันต์ในปริมาณ 30 % เป็นตัวช่วยดูดซับเอทิลีนได้ จึงลดการสะสมของเอทิลีน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้กระดาษดูดซับเอทิลีนจากกาบกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ในแต่ละทรีตเมนต์สามารถลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เนื่องจากสมบัติของถ่านกัมมันต์มีลักษณะโครงสร้างเป็นรูพรุนและพื้นที่ผิวจำนวนมากจึงเป็นตัวดูดซับก๊าซเอทิลีนได้ดี (Tanatchporn, 2015) และ Bailen และคณะ (2006) ศึกษาการใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับ modified atmosphere package เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศ พบว่าสามารถชะลอการสุกเนื่องจากถ่านกัมมันต์มีผลทำให้การสะสมของเอทิลีนภายในกล่องลดลง

4. สรุป

กระดาษดูดซับเอทิลีนจากกาบกล้วยที่มีถ่านกัมมันต์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 30 มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองดีที่สุด โดยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกผิว (L^* , a^* ,

b^*) ปริมาณความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ อัตราการหายใจ และอัตราการผลิตเอทิลีนได้ดีกว่าทุกทรีตเมนต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัยจาก ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ (ศนก.) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) และทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการ การวิจัยแห่งชาติ (วช.)

6. รายการอ้างอิง

- จิ่งแท้ ศิริพานิช, 2544, สรีวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จิ่งแท้ศิริพานิช, 2549, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- เบญจมาศ ศิลาอ้อย, 2558, กล้วย, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปวีณพล คุณารูป และวาสนา พิทักษ์พล, 2558, ผลของ 1-เมทิลไซโคลโพรพีนต่อการชะลอการสุกและคุณภาพกล้วยกรอบของกล้วยไข่พันธุ์พระตะบอง, แก่นเกษตร 43(พิเศษ 1): 126-131.
- พรชัย ราชตนพันธุ์, พิชญาภรณ์ มูลพฤษ และภัทริน วงศ์โกศลจิต, 2551, การประยุกต์ใช้สารดูดซับเอทิลีนจากไดอะทอมไมต์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง, ว.วิทยาศาสตร์เกษตร 39(พิเศษ 3): 111-114.
- วาริช ศรีละออง, กฤติกา ดันประเสริฐ และณัฐชัย พงประเสริฐ, 2557, ผลของการใช้กระดาษ

- เคลือบสารดูดซับเอทิลีนและบรรจุภัณฑ์
ปลดปล่อยเอทิลีนต่อคุณภาพกล้วยไข่
ภายหลังการขนส่ง, ว.วิทยาศาสตร์เกษตร 42
(พิเศษ 2): 733-736.
- วุฒิรัตน์ พัฒนินบูลย์, พรชัย ราชตะนันทน์ และ
พิชญา บุญประสม, 2550, การผลิตสารดูดซับ
เอทิลีนเพื่อยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวกล้วย
หอมทอง, ว.วิทยาศาสตร์เกษตร 38(พิเศษ 5):
325-328.
- ศิริพร เต็งรัง, กนกศักดิ์ ลอยเลิศ, วิมลวรรณ วัฒน
วิจิตร, นภัสสร เลียบวัน, สุปรียา สุขเกษม
และธีรชาติ วิจิตรชลชัย, 2559, วิจัยและพัฒนา
กระดาษดูดซับเอทิลีนจากเปลือกทุเรียน, น.
162-178, ผลงานวิจัยดีเด่น, กรมวิชาการ
เกษตร, กรุงเทพฯ.
- สุญา ฤทธิศร, สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์ และศิริพร
สุนพรม, 2554, การผลิตเยื่อกระดาษจากกาบ
กล้วยน้ำว้าด้วยวิธีทางชีวภาพโดยใช้ *Tricho
dermaviride*, ว.วิทยาศาสตร์ มข. 40(3): 899-
912.
- สุพัฒน์ คาไทย, 2550, การประเมินประสิทธิภาพ
กระดาษถ่านกัมมันต์ในการยืดอายุการเก็บ
รักษาผลไม้เศรษฐกิจ, ว.วิทย.เกษตร. 38(พิเศษ
5): 25-28.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562, สถิติการ
ส่งออกกล้วยสด ตั้งแต่ปี 2559-2562, ระบบ
ฐานข้อมูลและการให้บริการข้อมูลการค้า
เกษตรต่างประเทศของประเทศไทย,
กรุงเทพฯ.
- Ali, Z.M., Armugam, S. and Lazan, H., 1995, β -
galactosidase and its significance in
ripening mango fruit, *Phytochemistry* 38:
1109-1114.
- Arnon, H., Zaitsev, Y., Porat, R. and Poverenov,
E., 2014, Effects of carboxymethylcellulose
and chitosan bilayer edible coating on
postharvest quality of citrus fruit,
Postharvest Biol. Technol. 87: 21-26.
- Bailén, G., Guillén, F., Castillo, S., Serrano, M.,
Valero, D., Romero, D.M., 2006, Use of
Activated Carbon inside Modified
Atmosphere Packages to Maintain Tomato
Fruit, *J. Agric. Food Chem.* 54: 2229-2235.
- Rooney, M.L., 1995, Ethylene-removing
Packaging, pp. 38-54, In *Active Food
Packaging*, Chapman & Hall, London.
- Simmonds, N.W., 1966, *Banana*, Longman
Group, London.
- Sothornvit, R. and Sampoompuang, C., 2012,
Rice straw paper incorporated with
activated carbon as an ethylene scavenger
in a paper-making process, *Int. J. Food Sci.
Technol.* 47: 511-517.
- Tanachporn, S., 2015, Activated carbon filter,
Valitech Co., Ltd., Bangkok., 3p.
- Wyman, H., and Palmer, J.K., 1963, The organic
acid of the ripening banana fruit, *Plant
Physiol.* 391: 630-633.