Agricultural Sci. J. 39 : 3 (Suppl.) : 107-110 (2008) ว. วิทย. กษ. 39 : 3 (พิเศษ) : 107-110 (2551)

การผลิตสารดูดซับเอทิลีนสำหรับยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

Production of Ethylene Absorber for Extending Postharvest Life of Mango *cv. Nam Dok Mai*

พิชญา บุญประสม[1] พรชัย ราชตนะพันธุ์[2] และวุฒิรัตน์ พัฒนิบูลย์[3]

Pichaya Boonprasom[1], Pornchai Rachtanapun[2] and Wutthirat Phatnibool[3]

Abstract

This work was aimed at investigating the process for production of ethylene absorber using marl and potassium permanganate ($KMnO_4$). The ethylene absorber with 3% $KMnO_4$ solution had an absorption rate closed to the two commercial ethylene absorbers. Ethylene absorber samples dried using vacuum dryer had faster absorption rates than those using hot air ovens. The ethylene absorber was packed in three types of packaging materials: proof, thin mulberry and glassine papers. The ethylene absorber packed in proof paper allowed highest absorption rate compared to the thin mulberry and glassine papers ($p<0.05$). Then ethylene absorber was placed in perforated oriented polypropylene (OPP) pouch. Absorption rates of produced ethylene absorber were compared to absorption rates two commercial ethylene absorbers. It was found that the absorption rate of the produced ethylene absorber was highest ($p<0.05$). Ethylene absorber produced used to maintain quality and storage life of mango *cv. Nam Dok Mai* compared to two commercial ethylene absorbers and the chalk carrier ethylene absorber. Storage life of banana stored with produced ethylene absorber and two commercial ethylene absorbers was 12 days while banana store with the chalk carrier ethylene absorber were 9 days.

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตสารดูดซับเอทิลีนโดยใช้ดินสอพองและโพแทสเซียมเปอร์แมง-กาเนตเป็นส่วนประกอบหลัก จากผลการทดลองพบว่าสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ 3% $KMnO_4$ มีอัตราการดูดซับเอทิลีนใกล้เคียงกับสารดูดซับเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอย่างสารดูดซับเอทิลีนที่อบด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศมีอัตราการดูดซับเอทิลีนเร็วกว่าตัวอย่างที่อบด้วยตู้อบลมร้อน เมื่อนำสารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้นบรรจุในซองกระดาษ 3 ชนิด ได้แก่ กระดาษสาแบบบาง, กระดาษพรูฟ และกระดาษทำโคม แล้วนำไปวัดอัตราการดูดซับเอทิลีน พบว่าการบรรจุสารดูดซับเอทิลีนในซองที่ทำจากกระดาษพรูฟมีอัตราการดูดซับเอทิลีนสูงกว่าซองที่ทำจากกระดาษทำโคมและกระดาษสาแบบบาง ($p<0.05$) หลังจากนำสารดูดซับเอทิลีนที่บรรจุในซองกระดาษชนิดดังกล่าวหุ้มด้วยถุงพลาสติกชนิด OPP เจาะรู ไปวัดอัตราการดูดซับก๊าซเอทิลีนเปรียบเทียบกับสารดูดซับเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด 2 ชนิด พบว่าสารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้นสามารถดูดซับก๊าซเอทิลีนได้เร็วกว่าสารดูดซับเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด จากการทดสอบนำสารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้นไปใช้ในการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เปรียบเทียบกับสารดูดซับเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด 2 ชนิด และสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ซอล์คเป็นตัวพา พบว่าสารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้นและสารดูดซับเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้เป็นระยะเวลา 12 วัน ในขณะที่สารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ซอล์คเป็นตัวพาสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้เป็นระยะเวลา 9 วัน

คำนำ

เอทิลีนมีคุณสมบัติเร่งอัตราการเสื่อมสภาพและการสุกของผลไม้ (ดนัย, 2540) แม้ว่าในบรรยากาศรอบๆ จะมีก๊าซเอทิลีนเพียง 0.1 ppm ก็อาจกระตุ้นให้ผลไม้เกิดการสุกได้ (จริงแท้, 2540) ซึ่งตามกฎหมายกักกันพืชของแต่ละประเทศจะไม่อนุญาตให้ผลไม้ที่สุกแล้วเข้าภายในประเทศ ดังนั้นการใช้สารดูดซับเอทิลีนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งในปัจจุบันมีการผลิตออกมาจำหน่ายในทางการค้าเป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากมีราคาแพงและผลิตจากวัสดุที่ต้อง

[1] ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[1] Department of Food Engineering, Faculty of Agro-Industry / Postharvest Technology Innovation Center, Chiangmai University

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[2] Department of Packaging Technology, Faculty of Agro-Industry /Postharvest Technology Innovation Center, Chiangmai University

[3] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[3] Postharvest Technology Research Institute / Postharvest Technology Innovation Center, Chiangmai University.

นำเข้ามาจากต่างประเทศ ดังนั้นการศึกษาวัสดุที่เหมาะสม มีราคาถูก และสามารถหาได้ในประเทศ เพื่อนำมาทดแทนวัสดุที่ต้องนำเข้า ตลอดจนวิธีการผลิตที่เหมาะสม จึงมีความจำเป็นต่อการลดต้นทุนการผลิตสารดูดซับเอทิลีนให้ต่ำลง

อุปกรณ์และวิธีการ

ผสมดินสอพองและน้ำในอัตราส่วนน้ำหนัก 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, 2:3 และ 3:2 แล้ววัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง rapid viscosity analyzer ที่อัตราการคนสาร 400 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิคงที่ 30°C จากนั้นผสมสารละลาย $KMnO_4$ 1, 3, 5, และ 7% กับดินสอพองตามอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนและเครื่องอบแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 150, 175 และ 200°C จนมีความชื้นลดเหลือ 0.6-1.0%(wet basis) บันทึกเวลาไว้ แล้วนำไปวัดอัตราการดูดซับเอทิลีนที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 800 ppm ด้วยเครื่อง gas chromatograph เปรียบเทียบกับสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า 2 ชนิด จากนั้นทำการบรรจุสารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้นจากกรรมวิธีที่เหมาะสมในซองที่ทำจากกระดาษสาแบบบาง, กระดาษพรูฟ และกระดาษทำโคม แล้วนำไปวัดอัตราการดูดซับเอทิลีน เลือกสารดูดซับเอทิลีนที่บรรจุในซองที่ทำจากวัสดุที่เหมาะสมที่สุด หุ้มด้วยถุงพลาสติกชนิด OPP เจาะรู ไปวัดอัตราการดูดซับเอทิลีนเปรียบเทียบกับสารดูดซับเอทิลีนทางการค้าทั้ง 2 ชนิด จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพสารดูดซับเอทิลีน โดยใส่ในกล่องที่บรรจุมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วง เปรียบเทียบกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ชอล์คเป็นตัวพา สารดูดซับเอทิลีนทางการค้าทั้ง 2 ชนิด และไม่ใช้สารดูดซับเอทิลีน (ชุดควบคุม) จนหมดอายุการเก็บรักษา

ผล

จากการศึกษา พบว่า ดินสอพอง:น้ำ ที่อัตราส่วน 2:1 มีค่าความหนืดสูงที่สุด และเมื่อนำอัตราส่วนดังกล่าวไปผลิตสารดูดซับเอทิลีน พบว่าการอบตัวอย่างด้วยตู้อบลมร้อนใช้เวลาน้อยกว่าเครื่องอบแบบสุญญากาศ โดยการอบที่อุณหภูมิสูงขึ้นใช้เวลาน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ส่วนความเข้มข้นของ $KMnO_4$ พบว่ามีอิทธิพลต่อเวลาในการอบตัวอย่างน้อยกว่าปัจจัยอื่นๆ เมื่อทดสอบอัตราการดูดซับเอทิลีน พบว่าสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ 3% $KMnO_4$ ทุกสภาวะการอบ มีอัตราการดูดซับเอทิลีนใกล้เคียงกับสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า 1 ซึ่งสูงกว่าความเข้มข้นอื่นและสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า 2 สารดูดซับเอทิลีนที่อบด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศสามารถดูดซับเอทิลีนได้เร็วกว่าตู้อบลมร้อน ส่วนอุณหภูมิไม่มีผลต่ออัตราการดูดซับเอทิลีน

จากการทดสอบอัตราการดูดซับเอทิลีนของสารดูดซับเอทิลีนในซองกระดาษชนิดต่างๆ พบว่าสารดูดซับเอทิลีนที่บรรจุในซองกระดาษพรูฟมีอัตราการดูดซับเร็วกว่ากระดาษชนิดอื่นๆ นอกจากนี้กระดาษพรูฟยังเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง ซึ่งพบว่ามีค่า tensile index สูงที่สุด เมื่อเทียบกับกระดาษชนิดอื่นๆ ที่นำมาทดสอบ และเมื่อนำสารดูดซับเอทิลีนในซองกระดาษพรูฟหุ้มด้วยถุง OPP เจาะรู ไปวัดอัตราการดูดซับเอทิลีน พบว่ามีอัตราการดูดซับเร็วกว่าสารดูดซับเอทิลีนทางการค้าทั้ง 2 ชนิด (Figure 1)

จากการทดลองเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่อุณหภูมิห้อง (23.13°C, 43.50%R.H.) โดยใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้น สารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ชอล์คเป็นตัวพา และสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า พบว่าสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ชอล์คเป็นตัวพาสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลา 9 วัน ส่วนสารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้นและสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า ยืดอายุการเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลา 12 วัน โดยมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และความแน่นเนื้อ พบว่ามีความสอดคล้องกัน โดยมะม่วงน้ำดอกไม้ทุกชุดการทดลองมีค่า hue angle และความแน่นเนื้อ ลดลงตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งมะม่วงในชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยลดลงมากกว่าและแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ส่วนมะม่วงที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ชอล์คเป็นตัวพามีค่าเฉลี่ยลดลงมากกว่าและแตกต่างจากสารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้นและสารดูดซับเอทิลีนทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (Figure 2A,B) นอกจากนี้พบว่า มะม่วงในชุดการทดลองที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ใกล้เคียงกันในช่วงต้นการทดลอง จนกระทั่งวันที่ 6 ของการเก็บรักษา มะม่วงที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ชอล์คเป็นตัวพามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งแตกต่างจากมะม่วงที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้นและมะม่วงที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนทางการค้าทั้ง 2 ชนิด อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) สอดคล้องกับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ คือ มะม่วงที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ชอล์คเป็นตัวพามีปริมาณกรดลดลงมากกว่ามะม่วงที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (Figure 2C, D)

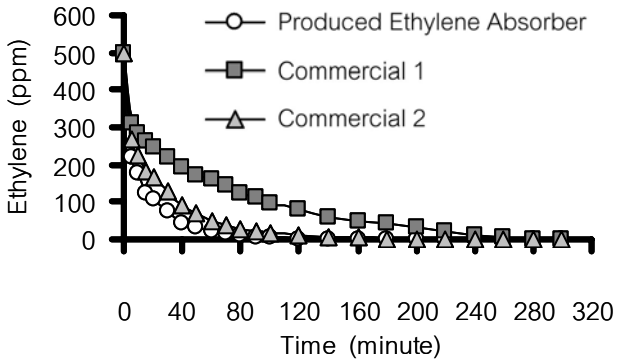


Figure 1 Absorption rates of produced ethylene absorber compare with 2 commercial ethylene absorbers.

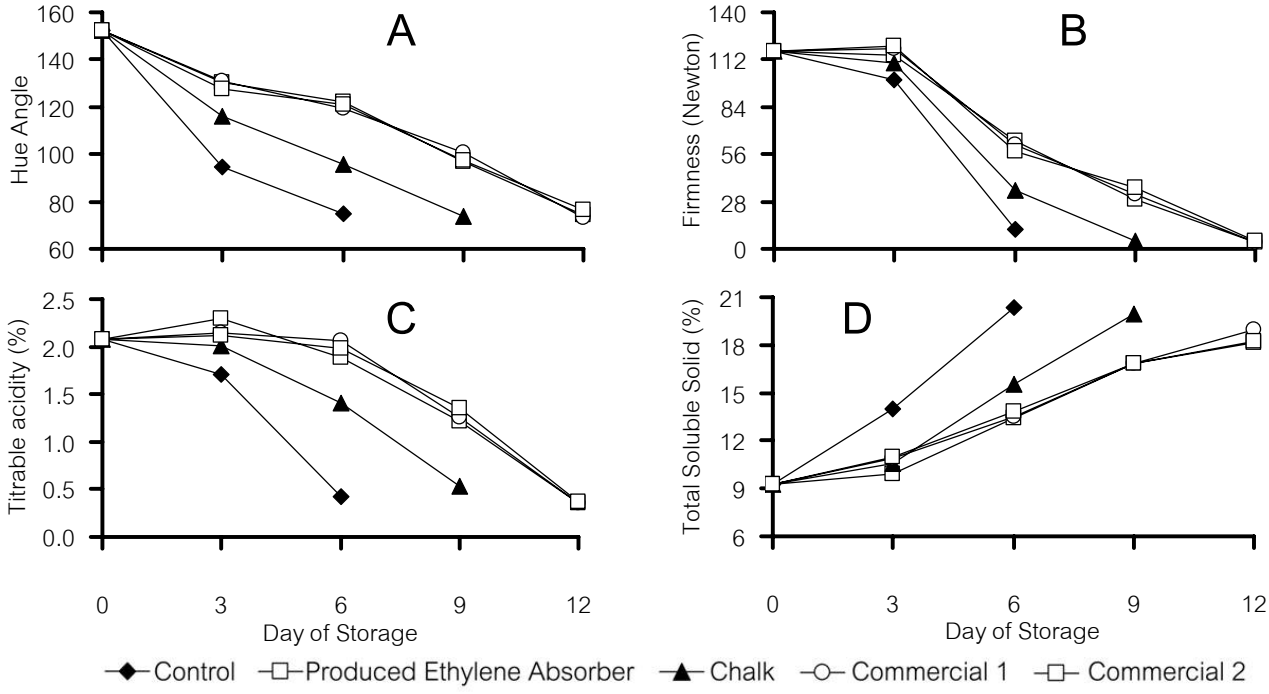


Figure 2 Hue angle (A), firmness (B), titrable acidity (C) and total soluble solid (D) of mango *cv. Nam Dok Mai* during storage with ethylene absorber.

วิจารณ์ผล

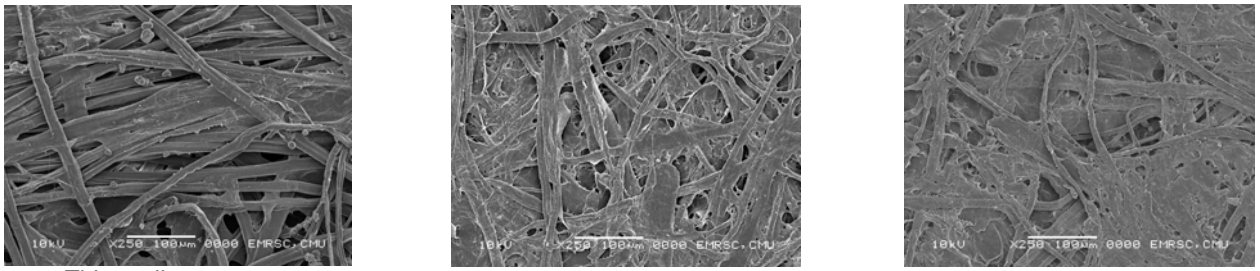
อัตราส่วนผสมของดินสอพองและน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสารดูดซับเอทิลีน พิจารณาได้จากค่าความหนืดของของผสม ซึ่งแสดงถึงปริมาณน้ำที่ต้องกำจัดออกจากตัวอย่างในระหว่างกระบวนการผลิต โดยค่าความหนืดมากจะแสดงถึงการมีปริมาณน้ำในตัวอย่างน้อย ซึ่งที่อัตราส่วน 2:1 มีค่าความหนืดสูงที่สุด ดังนั้นจึงเหมาะสมต่อการนำไปผลิตสารดูดซับ เอทิลีนมากกว่าที่อัตราส่วนอื่นๆ สำหรับกระบวนการอบสารดูดซับเอทิลีน พบว่าการใช้ตู้อบลมร้อนใช้เวลาสั้นกว่าเครื่องอบแบบสุญญากาศ เนื่องจากวิธีการอบแบบสุญญากาศเป็นระบบปิด ดังนั้นน้ำที่ระเหยจากตัวอย่างจะทำให้อากาศในตู้อบอิ่มตัวด้วยไอน้ำอย่างรวดเร็ว การกำจัดน้ำจากระบบจึงช้ากว่าตู้อบลมร้อน และเมื่ออบที่อุณหภูมิสูงขึ้นเวลาในการอบจะสั้นกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจาก absolute humidity ของอากาศอิ่มตัวจะแปรตามอุณหภูมิ ดังนั้นอุณหภูมิสูงจึงอุ้มน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (ดนัย, 2540) น้ำจากตัวอย่างจึงถูกกำจัดได้อย่างรวดเร็ว เมื่อทดสอบอัตราการดูดซับเอทิลีน พบว่าสารดูดซับ เอทิลีนที่ใช้ 3% $KMnO_4$ มีอัตราการดูดซับเอทิลีนสูงที่สุด อาจมีสาเหตุจากที่ 3% $KMnO_4$ เป็นความเข้มข้นที่สัมพันธ์กับพื้นที่ผิวของเม็ดดินสอพอง ทำให้สัมผัสกับก๊าซเอทิลีนได้ดี นอกจากนี้การอบด้วยเครื่องอบแบบสุญญากาศจะทำให้ $KMnO_4$ ถูกออกซิไดซ์ในระหว่างการอบน้อยกว่าตู้อบลมร้อน ทำให้สารดูดซับเอทิลีนมีอัตราการดูดซับมากกว่า สำหรับตัวอย่างที่อบด้วยอุณหภูมิสูงจะทำให้ตัวอย่างไหม้ง่าย ต้องกลับตัวอย่างบ่อยครั้งทำให้สูญเสียพลังงานความร้อนไปมากกว่าการอบที่อุณหภูมิต่ำ

การทดสอบบรรจุภัณฑ์ พบว่าการบรรจุสารดูดซับเอทิลีนในซองกระดาษพรูฟมีอัตราการดูดซับมากกว่าซองกระดาษชนิดอื่น เนื่องจากเส้นใยมีลักษณะแตกต่างกัน (Figure 3) ซึ่งเกิดจากวิธีการตีเยื่อที่แตกต่างกัน โดยกระดาษสาแบบบางผ่านการตีเยื่อต่ำทำให้เส้นใยมีขนาดใหญ่ก๊าซซึมผ่านได้ยาก และยังทำให้ลักษณะพื้นผิวเส้นใยเรียบเกิดพันธะระหว่างกันน้อยทำให้ความแข็งแรงต่ำกว่ากระดาษพรูฟ ส่วนกระดาษทำโคมผ่านการตีเยื่อในอัตราที่สูงมากจนเส้นใยมีขนาดสั้นลง fibril แตกออกเกิด fine fibril และไปอุดตันช่องว่างระหว่างเส้นใย ทำให้มีช่องว่างให้ก๊าซซึมผ่านได้น้อย นอกจากนี้เส้นใยที่มีขนาดสั้นลงยังส่งผลให้ความสามารถในการยืดเกาะลดลง Britt (1970) กล่าวว่า การผลิตกระดาษจากเยื่อที่มีเส้นใยยาวจะทำให้กระดาษมีความแข็งแรงมากกว่าเส้นใยสั้น ซึ่งกระดาษพรูฟผลิตขึ้นจากเยื่อปอสามีลักษณะเป็นเส้นใยยาว และผ่านการตีเยื่อในอัตราที่ไม่สูงมาก จึงมีความแข็งแรงมากกว่ากระดาษชนิดอื่นๆ และเมื่อทดสอบวัดอัตราการดูดซับเอทิลีนเปรียบเทียบกับสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า พบว่ามีอัตราการดูดซับมากกว่าเนื่องจากบรรจุภัณฑ์ชั้นในของสารดูดซับเอทิลีนทางการค้าหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกที่ไม่มีการเจาะรู ทำให้ก๊าซซึมผ่านได้ยากกว่าสารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้น

จากการทดลองใช้สารดูดซับเอทิลีนเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่า ค่า hue angle ลดลง เนื่องจากคลอโรฟิลล์เกิดการสลายตัวทำให้แคโรทีนอยด์ซึ่งถูกบดบังไว้ปรากฏขึ้น สีเปลือกจึงเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง เช่นเดียวกับความแน่นเนื้อที่พบว่าลดลงตามอายุการเก็บรักษา เนื่องจากโมเลกุลของเพกตินเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้มากขึ้น ทำให้การยึดเกาะของเซลล์ลดลง ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ พบว่ามีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับปริมาณกรดที่ลดลง เนื่องจากในระหว่างการสุกอาหารสะสมที่ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแป้งจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล เพื่อนำไปใช้เป็น substrate ของกระบวนการหายใจเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับกรดอินทรีย์ที่มีอยู่ในผลไม้ ทั้งนี้ในการทดลองจะเห็นได้ว่ามะม่วงในชุดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่างๆ อย่างรวดเร็ว และแตกต่างจากมะม่วงที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา เนื่องจากก๊าซเอทิลีนที่มะม่วงผลิตขึ้นกระตุ้นให้เกิดการสร้างเอทิลีนในระบบที่ 2 หรือ autocatalysis ขึ้น ทำให้มะม่วงที่ไม่ใช้สารดูดซับเอทิลีนเข้าสู่กระบวนการสุกอย่างรวดเร็ว ในขณะที่การใช้สารดูดซับเอทิลีนจะช่วยชะลอการสุกของผลมะม่วงโดยเข้าทำปฏิกิริยากับเอทิลีนก่อนที่เอทิลีนจะเข้าจับกับตัวรับ (receptor) ในเนื้อเยื่อของผลิตผล ทำให้มะม่วงแสดงการตอบสนองต่อก๊าซเอทิลีนช้ากว่ามะม่วงที่ไม่ใช้สารดูดซับเอทิลีน ซึ่งสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ซอล์คเป็นตัวพาจะทำปฏิกิริยากับก๊าซเอทิลีนจน $KMnO_4$ ถูกใช้ในปฏิกิริยาไปจนหมดก่อนสารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้นและสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า ทำให้มะม่วงที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ซอล์คเป็นตัวพาเข้าสู่กระบวนการสุกก่อน

สรุป

สารดูดซับเอทิลีนที่ผลิตขึ้นโดยใช้ดินสอพองผสมกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วนน้ำหนัก 2:1 อบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 150°ซ และบรรจุในซองที่ทำจากกระดาษพรูฟหุ้มด้วยพลาสติกชนิด OPP เจาะรู สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้จาก 3 วัน เป็น 12 วัน ได้เช่นเดียวกับสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า



Thin mulberry paper Proof paper Glassine paper

Figure 3 The fiber of paper used to packaging materials.

เอกสารอ้างอิง

วุฒิรัตน์ พัฒนิบูลย์, พรชัย ราชตนะพันธุ์, พิชญา บุญประสม 2550. การผลิตสารดูดซับเอทิลีนเพื่อยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยหอมทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร พิเศษ 38 (5) : 325-328

วุฒิรัตน์ พัฒนิบูลย์, พรชัย ราชตนะพันธุ์, พิชญา บุญประสม 2549. การศึกษาเบื้องต้นของการผลิตสารดูดซับเอทิลีน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร พิเศษ 37 (5) : 54-57