Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 641-644 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 641-644 (2554)

การศึกษาศักยภาพของการประยุกต์ใช้ซีโอไลต์เป็นบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับกล้วยหอมทอง

Study the potential of zeolites on application in active packaging for bananas cv. Kluai Hom Thong (AAA group)

วรพิณ ศรีใจอินทร์[1] และ ดำรงพล คำแหงวงศ์[1]

Worapin Seejaiin[1]and Damrongpol Kamhangwong[1]

Abstract

The aim of this research was to investigate the ethylene absorbing capacity of ethylene absorbents; zeolite Ca-5A , zeolite Na-4A and $KMnO_4$ (commercial product). These ethylene absorbents were analyzed for the physical characteristics and chemical composition by scanning electron microscopic (SEM) and X-ray fluorescence spectrometer (XRF, MESA- 500). Ethylene absorbing capacity for the ethylene absorbers were obtained by monitoring the ethylene absorption at initial ethylene concentration of 800 ppm with gas chromatograph (GC). A study was conducted the potential of ethylene absorbents in preventing accumulation of ethylene, reducing respiration, chemical and physic-chemical changes of bananas cv. Kluai Hom Thong (AAA group).(harvested when the fruits were 70 – 80% maturity, packed in corrugated boxes and stored at ambient temperature) These result showed that Ca-5A zeolite packed in perforated polyethylene sachets had an absorption rate close to the commercial ethylene absorbent and it had the longest available time to removal ethylene gas more than 15 days while the other ethylene absorbent had less. Furthermore, Ca-5A had the most efficiency to prolong shelf life of banana and it is also able to reduce ethylene accumulation and carbon dioxide production, softening , chlorophyll loss and total soluble solid and acidity change in banana after harvest.

Keywords: ethylene, ethylene scavenger, zeolite, active packaging, banana cv. Kluai Hom Thong (AAA group)

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารดูดซับเอทิลีนได้แก่ ซีโอไลต์ Ca-5A ซีโอไลต์ Na-4A และสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ในการค้า($KMnO_4$) โดยศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้เครื่อง scanning electron microscopic (SEM) และ X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF, MESA- 500) และศึกษาประสิทธิภาพของการกำจัดก๊าซเอทิลีนที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของเอทิลีน 800 ppm ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซโครมาโตกราฟี และศึกษาศักยภาพของการประยุกต์ใช้สารดูดซับเอทิลีนเป็นสารที่ช่วยลดการสะสมของก๊าซเอทิลีน ลดอัตราการหายใจ และชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของกล้วยหอมทอง (ที่ระยะสุกแก่ร้อยละ 70 -80 เก็บรักษาในกล่องกระดาษลูกฟูก ที่อุณหภูมิห้อง) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าซีโอไลต์ Ca-5A ที่บรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนขนาดเล็กมีอัตราการดูดซับเอทิลีนได้ใกล้เคียงกับสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ในเชิงการค้า และมีประสิทธิภาพในการดูดซับเอทิลีนได้มากกว่า 15 วัน เมื่อเทียบกับสารดูดซับเอทิลีนชนิดอื่นๆ ซึ่งมีระยะเวลาในการดูดซับเอทิลีนน้อยกว่า นอกจากนี้ซีโอไลต์ Ca-5A ยังมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยืดอายุการเก็บกล้วยหอมทอง สามารถลดการสะสมของก๊าซเอทิลีน ลดอัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ลดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส ลดการสูญเสียคลอโรฟิลล์ ชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และความเป็นกรดในกล้วยหอมทองภายหลังการเก็บเกี่ยวได้

คำสำคัญ: เอทิลีน สารกำจัดเอทิลีน ซีโอไลต์ บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ กล้วยหอมทอง

คำนำ

การเก็บรักษาผลไม้ให้คงความสดไว้ได้นานต้องใช้กระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม การกำจัดก๊าซเอทิลีนในบรรยากาศเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะช่วยชะลอการสุกและการเน่าเสียก่อนเวลาได้ เนื่องจากก๊าซดังกล่าวเป็นฮอร์โมนเร่งการสุก และการเจริญเติบโตของพืชที่ส่งผลให้ผลิตผลสดเสื่อมสภาพอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันพบว่ามีสารหลายชนิดที่มีคุณสมบัติ

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการผลิตผลเกษตรและการบรรจุ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย 57100

[1]Technology Management of Agricultural Produces and Packaging Program, School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Chiang Rai 57100

ในการดูดซับเอทิลีนเช่น โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ผงถ่านกัมมันต์ (activated carbon) สารในกลุ่มซีโอไลต์ (zeolite) และโลหะในกลุ่มทรานซิชัน เช่น พาเลเดียม เป็นต้น แต่สารดูดซับเอทิลีนที่นิยมใช้ในเชิงการค้าส่วนใหญ่ในปัจจุบันยังคงเป็นสารผสมระหว่างโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและวัสดุที่มีความพรุนสูงเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงและมีราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับวัสดุดูดซับเอทิลีนชนิดอื่นๆ แต่อย่างไรก็ดีสารดูดซับเอทิลีนดังกล่าวยังคงมีข้อจำการของการใช้งานในเรื่องประสิทธิภาพการดูดซับเอทิลีนที่ลดลงในสภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง นอกจากนี้สารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตยังมีความเป็นพิษและอาจมีการปนเปื้อนของสีเนื่องจากการละลายของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตลงสู่ผลิตผลงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่หาวัสดุดูดซับเอทิลีนชนิดอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติทดแทนข้อจำกัดของการใช้เอทิลีนที่ใช้ในเชิงการค้าดังกล่าว

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารดูดซับเอทิลีนในกลุ่มซีโอไลต์ ได้แก่ ซีโอไลต์ Ca-5A ซีโอไลต์ Na-4A และสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ในการค้า ($KMnO_4$) โดยแบ่งเป็น 3 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของสารดูดซับเอทิลีน โดยศึกษาลักษณะทางกายภาพของสารดูดซับเอทิลีนด้วยเครื่อง scanning electron microscopic (SEM) และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง X-ray fluorescence Spectrometer (XRF, MESA- 500)

การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับเอทิลีนของสารดูดซับเอทิลีน โดยบรรจุสารดูดซับเอทิลีนลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ปิดฝาด้วยจุกยางและตรวจวัดการลดลงของก๊าซเอทิลีนที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของเอทิลีน 800 ppm ทุกๆ 10 นาทีเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซโครมาโทกราฟี (คอลัมน์ HS-PLOTAL_2O_3M และ flame ionization detector)

การทดลองที่ 3 ศึกษาศักยภาพของการประยุกต์ใช้สารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์กล้วยหอมทอง ศึกษาโดยบรรจุสารดูดซับเอทิลีนในถุงบรรจุพลาสติกพอลิเอทิลีนขนาดเล็ก (perforated sachet) ลงในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บรรจุ กล้วยหอมทองที่ระยะสุกแก่ร้อยละ 70-80 จากนั้นตรวจวัดปริมาณก๊าซเอทิลีนและอัตราการหายใจของกล้วยหอมทองภายในโหลแก้ววัดอัตราการหายใจ ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซโครมาโทกราฟีและตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 15 วัน

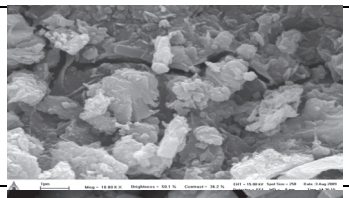
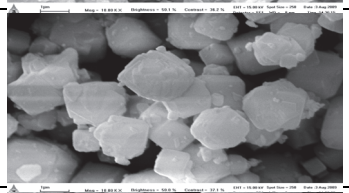
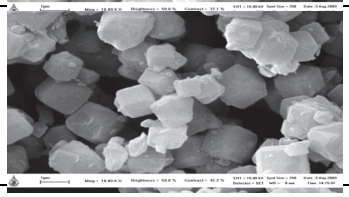
ผล

การทดลองที่ 1 จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบ และโครงสร้างผลึกพบว่า Ca-5A และ Na-4A มีองค์ประกอบหลักเป็นโครงสร้างผลึก tetrahedral ของ silicon oxide และ aluminum oxide แต่ซีโอไลต์ทั้งสองชนิดมีลักษณะแตกต่างกันที่ขนาดของช่องว่างภายในโมเลกุลโดยพบว่า Ca-5A มีขนาดของช่องว่างภายในโมเลกุลใหญ่กว่า Na-4A เนื่องจาก Ca-5A มีประจุของ Ca^{2+} แทนที่ในโครงสร้างผลึก tetrahedral และเกิดช่องว่างภายในโครงสร้างโมเลกุลขนาด 5 ^{o}A ขณะที่ Na-4A มีประจุของ Na^{1+} แทนที่ในในโครงสร้างผลึก tetrahedral และเกิดช่องว่างภายในโครงสร้างโมเลกุลขนาด 5 ^{o}A นอกจากนี้ยังพบว่าสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ในการค้า ($KMnO_4$) มีลักษณะโครงสร้างที่เป็นแบบอสัณฐาน ดังแสดงใน Table 1

การทดลองที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนของสารดูดซับเอทิลีนในแต่ละสภาวะทดสอบที่ความเข้มข้นของก๊าซเอทิลีนเริ่มต้น 800 ppm พบว่า Ca-5A มีอัตราการดูดซับเอทิลีนได้ใกล้เคียงกับสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ในเชิงการค้า โดย Ca-5A สามารถดูดซับก๊าซเอทิลีนเริ่มต้นได้ทั้งหมด ขณะที่ Na-4A มีอัตราการดูดซับก๊าซเอทิลีนน้อยกว่าและไม่สามารถดูดซับก๊าซเอทิลีนเริ่มต้นได้ทั้งหมด ดังแสดงใน Figure 2

การทดลองที่ 3 เมื่อนำสารดูดซับเอทิลีนมาประยุกต์ใช้ในบรรจุภัณฑ์สำหรับกล้วยหอมพบว่า Ca-5A และสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ในการค้า ($KMnO_4$) สามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองได้ดี โดยกล้วยหอมทองที่บรรจุด้วย Ca-5A และสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ในการค้า($KMnO_4$) มีการสะสมของก๊าซเอทิลีน อัตราการหายใจ การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกและเนื้อสัมผัส การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และความเป็นกรดในกล้วยหอมทองภายหลังการเก็บเกี่ยวน้อยกว่าเมื่อเปรียบ เทียบกับกล้วยหอมทองในชุดควบคุม (ไม่มีการใช้สารดูดซับเอทิลีน) ขณะที่ Na-4A ไม่สามารถยืดอายุการเก็บกล้วยหอมทองได้ดี ดังแสดงใน Figures 2 และ 3 และ Table 2

Table1 Morphology and chemical composition of ethylene absorbents

Ethylene absorbent	SEM images	Element	Percentage of chemical composition (% weight)
$KMnO_4$		Na	7.91
		Al	20.68
		Si	23.71
		Ca	6.12
Ca-5A		O	41.58
		Na	7.91
		Al	20.68
		Si	23.71
Na-4A		Ca	6.12
		Na	15.91
		Al	21.48
		Si	25.01

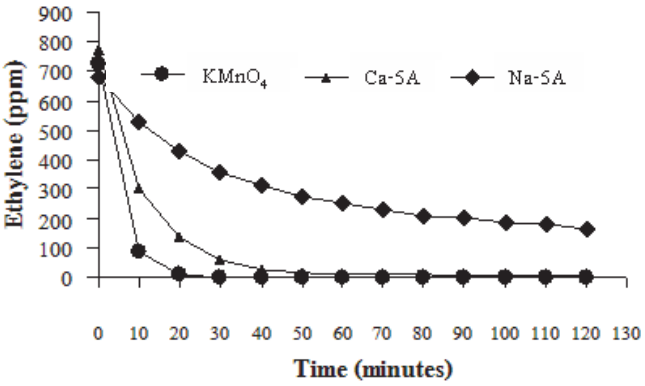


Figure 1 Ethylene absorption capacity of ethylene absorbents

Figurer 2 Bananas stored at room temperature (day15) and applied with ethylene absorbent ; control [A] $KMnO_4$[B],Ca- 5A [C] and Na- 4A[D]

Table 2 Effects of absorbents on postharvest changes of bananas after storage at room temperature for 15 days

Treatment	Total soluble solid (% brix)	Titable acidity (mg/L)	Color-value L*	a*	b*
Control	11.6 a	0.135 a	66.41 a	-0.48 a	75.16 a
$KMnO_4$	9.5 b	0.085 b	60.49 b	-0.56 a	66.80 b
Ca-5A	7.7 c	0.078 b	48.73 d	-8.02 c	57.96 d
Na-4A	8.3 bc	0.087 b	50.21 c	-3.04 b	62.64 c

Means within the same column followed by different letters are significantly different at 95% level mean by Duncan' s multiple range test .

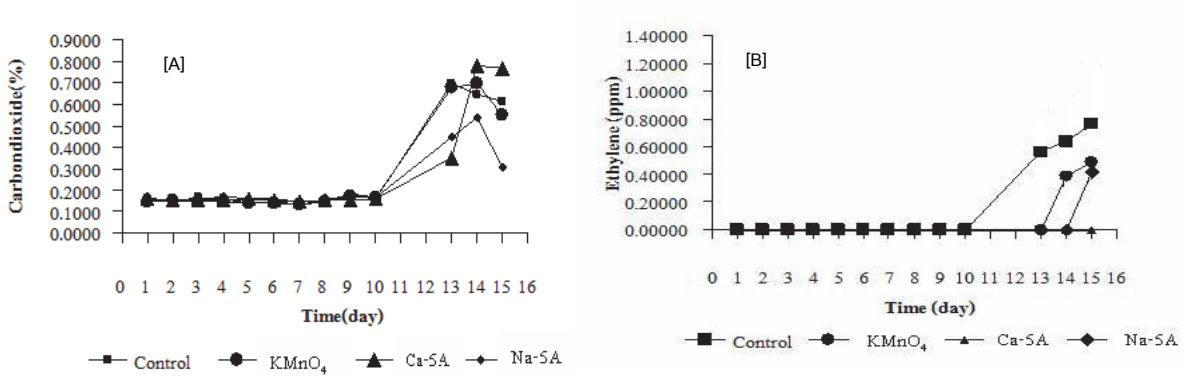


Figure 3 Carbon dioxide production [A] and ethylene concentration [B] of banana in each treatment after storage at room temperature for 15 days

วิจารณ์ผล

สารดูดซับเอทิลีน Ca-5A มีความสามารถในการดูดซับเอทิลีนได้ใกล้เคียงกับสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ในเชิงการค้า และสามารถยืดอายุการเก็บกล้วยหอมทองให้มีอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้องได้ถึง 14 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับ control ที่มีอายุการเก็บประมาณ 10 วัน ขณะที่ Na-4A มีความสามารถในการดูดซับก๊าซเอทิลีนน้อยได้น้อยกว่าและไม่สามารถยืดอายุการเก็บกล้วยหอมทองได้มากนัก จากผลการทดลองดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของสารดูดซับเอทิลีนที่พบว่า Ca-5Aมีขนาดของช่องว่างภายในโมเลกุลใหญ่กว่า Na-4A มีผลทำให้เกิดการดูดซับโมเลกุลของก๊าซเอทิลีนได้ดีกว่า แต่อย่างไรก็ดีพบว่าการใช้สารดูดซับซีโอไลต์ Ca-5A และ Na-4A มีประสิทธิภาพลดลงเมื่อต้องใช้งานในสภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสูง ซึ่งอาจเป็นปัญหาสำหรับการใช้งานในผลิตผลสดที่มีการคายน้ำสูงโดยปัญหาดังกล่าวต้องมีการพัฒนากันต่อไป

สรุป

ซีโอไลต์ Ca-5A ที่มีขนาดช่องว่างภายในโครงสร้างโมเลกุลขนาด 5° A มีประสิทธิภาพดีใกล้เคียงกับสารดูดซับเอทิลีนที่ใช้ในการค้า ($KMnO_4$) โดยมีความเหมาะสมและสามารถนำมาใช้เป็นตัวดูดซับก๊าซเอทิลีนในการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองได้ดี .ขณะที่ ซีโอไลต์ Na-4A ที่มีขนาดช่องว่างภายในโครงสร้างโมเลกุลขนาด 4° A มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนต่ำและไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการยืดอายุการเก็บกล้วยหอมทองได้

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้ (พิมพ์ครั้งที่ 3). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.น. 55-98.

วุฒิรัตน์ พัฒนิบูลย์ พรชัย ราชตนะพันธุ์ และ พิชญา บุญประสม. 2549. การศึกษาเบื้องต้นของการผลิตสารดูดซับเอธิลีน. วิทยาศาสตร์เกษตร 37 (5 Suppl) : 54-57.

Abe, K. and A.E. Watada, 1991. Ethylene adsorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. J. Food Sci. 56: 1589–1592.

Albach, F. 1981. Seasonal variation of bitterness components, pulp, and vitamin C in Texas commercial citrus juices. Agricultural and Food Chemistry 29: 805-808.

Azizan, M. 1988. Effects of carbon dioxide on the process of ripening and modified atmosphere storage of Mas' banana.Bangi. Faculty of life Science. Universiti Kebengsaan Malasia.

Blidi, A.E., L. Rigal, G. Malmary, J. Molinier and L. Torres. 1993. Ethylene removal for long-term conservation of fruits and vegetables. Food Quality and Preference 4: 119-126.