Agricultural Sci. J. 42 : 1 (Suppl.) : 635-638 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 1 (พิเศษ) : 635-638 (2554)

การพัฒนาระบบควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอลใน การบรรจุแบบบรรยากาศดัดแปรเชิงแอคทีฟ สำหรับมะละกอตัดสด

Development of Ethanol Vapour Controlled Release Systems Utilised in Active Modified Atmosphere Packaging (Active MAP) for Fresh-cut Papaya

รุ่งรัตน์ จันทคาศ[1], ปรารถนา พิมสุตตะ[1], วิภา ผลจันทร์[1] และวีรเวทย์ อุทโธ[1]
Roongrat Chantakard[1], Pratana Pimsutta[1], Wipa Polchan[1] and Weerawate Utto[1]

Abstract

Volatile controlled release systems utilised in active modified atmosphere packaging (active MAP) for fresh-cut fruit and vegetable were developed. In the present work, a tested product and volatile were fresh-cut papaya and ethanol vapour, respectively. The controlled release system was a LDPE sachet containing an ethanol soaked filter paper. Fresh-cut papaya and a sachet were placed on a solid plastic tray which later was wrapped with LDPE film and stored at 10 and 20ºC for 7 days. Experimental results suggested that the sachet could release ethanol vapour into package headspace and maintain its quasi-steady state concentrations at approximately 0.25 and 0.15 $\mu L \cdot L^{-1}$ at 10 and 20ºC, respectively. Fresh-cut papaya stored at 20ºC became deteriorated and exhibited off-odour, and, more importantly, having visible microbial appearance within 2-3 days, regardless of using a sachet. In contrast, the product packaged in the systems having a sachet, kept at 10ºC tended to have longer shelf life, particularly considering yeast and mould levels which comparatively were less than those of papaya packaged in the control packaging treatment (i.e. having no sachet). Other quality attributes of papaya including colour, firmness, titratable acidity and total soluble solids were studied. However, there was no clear changing trend of these parameters during the storage, and generally there was no significant difference among them in regard to packaging treatments. Consumer panellists accepted overall quality of the products packaged in the active MAP system developed. The results suggested that the ethanol vapour released had low influences on the product' sensory quality whilst it has potential to minimise microbial growth. The volatile controlled release sachet can reasonably be applicable to other fresh-cut horticultural products.

Keywords: active packaging, fresh-cut horticultural products, ethanol controlled release sachet

บทคัดย่อ

ระบบควบคุมการปล่อยสารระเหยในการบรรจุแบบบรรยากาศดัดแปรเชิงแอคทีฟ สำหรับผักผลไม้ตัดสดได้พัฒนาขึ้น โดยใช้กรณีศึกษามะละกอตัดสด และสารระเหยเอทานอล บรรจุลงบนถาดและหุ้มด้วยฟิล์ม LDPE เก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 10 และ 20˚C เป็นเวลา 7 วัน ผลการศึกษาพบว่า ระบบควบคุม (กระดาษกรองดูดซับเอทานอลเหลว บรรจุลงในซองฟิล์ม LDPE ขนาดเล็ก) สามารถปล่อยไอระเหยเอทานอลในบรรยากาศบรรจุภัณฑ์ และควบคุมความเข้มข้นคงที่ ให้อยู่ในระดับ 0.25 และ 0.15 $\mu L \cdot L^{-1}$ สำหรับการเก็บรักษา ณ 10 และ 20˚C ตามลำดับ มะละกอเก็บรักษา ณ 20˚C มีแนวโน้มเกิดการเสื่อมเสีย และส่งกลิ่นเหม็นได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ถึงแม้ว่าในบรรจุภัณฑ์มีซองปล่อยไอระเหยเอทานอล ส่งผลให้อายุการเก็บรักษา น้อยกว่า 3 วัน อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เก็บรักษา ที่ 10˚C และบรรจุภัณฑ์มีซองปล่อยไอระเหยเอทานอล มีแนวโน้มที่จะเก็บรักษาได้นานกว่า โดยเฉพาะระดับยีสต์ และรา มีแนวโน้มต่ำกว่า ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ไม่มีซองปล่อยเอทานอล (สิ่งทดลองควบคุม) ทั้งนี้คุณภาพด้าน สี, ความแน่นเนื้อ, ค่า titratable acidity, และค่า total soluble solid พบว่า มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจนและส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ผู้บริโภคมีการยอมรับคุณภาพโดยรวมของมะละกอบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าไอระเหยของเอทานอล ที่ปล่อยจากระบบควบคุม ไม่ทำลายคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะละกอ และ มีศักยภาพที่จะยืดอายุการเก็บรักษามะละกอตัดสด โดยการชะลอการเจริญเชื้อจุลินทรีย์ และนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ผลไม้พร้อมบริโภคอื่นๆ

[1] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อำเภอวาริชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190
[1] Postharvest Technology Innovation Centre, Faculty of Agriculture, Ubon Rathchathani University, Warinchamrab district, Ubon Rathchathani province, Thailand, 34190)

คำสำคัญ: การบรรจุเชิงแอคทีฟ, ผักและผลไม้ตัดสด, ระบบควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอล

คำนำ

ปัจจุบันผลไม้ตัดสดพร้อมบริโภค (minimally processed or fresh-cut fruit) เป็นที่นิยม เพราะสามารถนำไปบริโภคได้ทันที ทำให้ประหยัดเวลา อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์มักมีอายุการเก็บรักษาที่ค่อนข้างสั้น เช่น 3-4 วัน ณ อุณหภูมิ 7-10ºC และมีแนวโน้มเกิดการเน่าเสียได้ง่าย ณ อุณหภูมิห้อง เพราะผลิตภัณฑ์มีอัตราการหายใจและเมแทบอลิซึมที่สูง นอกจากนี้ผลไม้ตัดสดมีแนวโน้มการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและส่งผลต่อลักษณะปรากฏที่ไม่พึงประสงค์ (King et al., 1989) การศึกษานี้พัฒนาการบรรจุแบบบรรยากาศดัดแปรเชิงแอคทีฟ (active modified atmosphere packaging, active MAP) ซึ่งสามารถปล่อยไอระเหยซึ่งมีคุณสมบัติชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (volatile antimicrobial agents, VAAs) เช่น เอทานอล และ เฮกซาแนล จากระบบควบคุม ทั้งนี้ระบบควบคุมการปล่อยสาร VAAs โดยส่วนใหญ่จะเป็นการนำเอาสาร VAAs ในรูปของเหลว เทลงใส่วัสดุที่เป็นตัวพา (carrier) ซึ่งมักจะเป็นกระดาษ และไอระเหยของสาร VAAs ได้ระเหยจากตัวพาอย่างต่อเนื่อง (Utto et al., 2005) ซึ่งเป็นผลให้ไอระเหยนั้นมีแนวโน้มที่จะหมดจากตัวพา และไม่เพียงพอต่อการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ ในระหว่างช่วงเวลาเก็บรักษาที่ต้องการ ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้พัฒนาการควบคุมการปล่อยไอระเหย (controlled release of vapour) โดยใช้พลาสติกฟิล์ม ที่มีคุณสมบัติ semi-permeability สำหรับไอระเหยต่างๆ จึงส่งผลทำให้ไอระเหยเกิดการถ่ายเท ออกไปจากวัสดุตัวพา ได้ช้าลง ในการศึกษานี้มะละกอตัดสด และไอระเหยเอทานอลจะใช้เป็นผลิตผลและ VAAs ตัวอย่าง

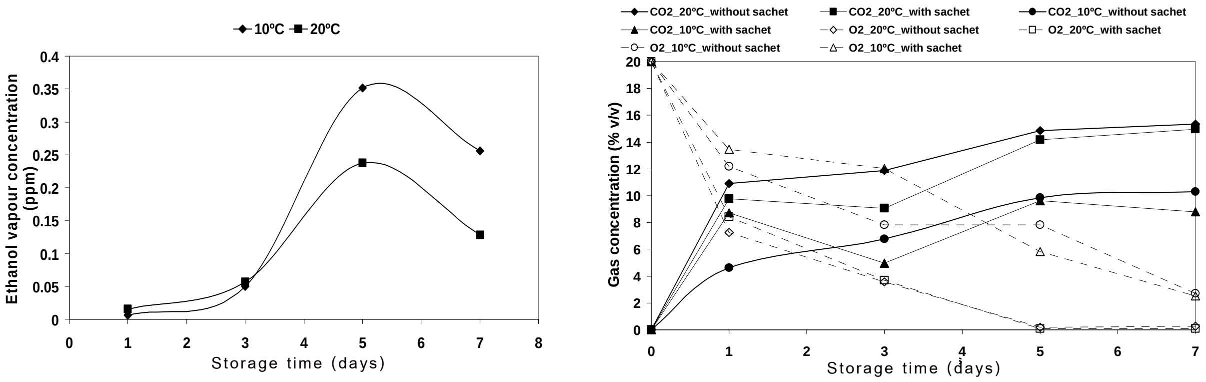
อุปกรณ์และวิธีการ

ระบบ Active MAP ประกอบด้วย มะละกอตัดสด (พันธุ์ฮอลแลนด์ หั่นลูกเต๋าขนาด 2 x 2 x 2 cm) จำนวน 8 ชิ้น น้ำหนักรวมประมาณ 60-70 g วางบนถาดพลาสติกแข็ง Polypropylene (PP) (ขนาด 9.5 x 13 x 6 cm-กว้าง x ยาว x สูง) และทำการบรรจุ พร้อมกับซองขนาดเล็กควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอล (ethanol vapour controlled release sachet ขนาด 6 × 6 cm) ลงในบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติก low density polyethylene (LDPE) (ความหนา 30 μm และ ขนาด 15 × 23 cm) **การเตรียมซองขนาดเล็กควบคุมการปล่อยสารระเหยเอทานอล** นำเอทานอลเหลว (95% v/v) ปริมาตร 5 ml เทลงบนกระดาษกรองเบอร์ 1 ขนาด 5 × 5 cm วางไว้ประมาณ 5 นาที และทำการบรรจุลงใน ซองขนาดเล็กแบบ 3-side sealed ที่ทำจากการนำแผ่นฟิล์ม LDPE (ด้านหนึ่ง) มาประกบกับฟิล์ม aluminium (Al)/LDPE (อีกด้านหนึ่ง) ด้วยความร้อน ภายหลังจากการบรรจุกระดาษกรองทำการปิดซองขนาดเล็กด้วยความร้อน ทั้งนี้ช่องทางการระเหยของเอทานอลเกิดขึ้นผ่านฟิล์ม LDPE เท่านั้น เพราะฟิล์มที่มีส่วนประกอบของ Al นั้นสามารถกันการแพร่ผ่านของสารระเหยได้ดีมาก **สภาวะการเก็บรักษา** ระบบ active MAP ได้ทำการเก็บรักษาไว้ ณ 10 ºC และ 20ºC เป็นเวลา 7 วัน และทำการตรวจวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในระหว่างวันที่ 1, 3, 5 และ 7 โดยบรรจุภัณฑ์มะละกอตัดสดที่ไม่มีซอง ขนาดเล็กควบคุมการปล่อยสารระเหยเอทานอล จัดให้เป็นสิ่งทดลองควบคุม (control) **การทดสอบคุณภาพ** ประกอบด้วยการสูญเสียน้ำหนัก, สี (L, a*, b*; Minolta CR300), total soluble solids (hand refractometer), titratable acidity, ความแน่นเนื้อ (LLODY model, LR series, USA), ความเข้มข้นเอทานอล (FID-GC; Shimadzu GC-2014) และความเข้มข้นออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ (MAP test 3050), การตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ และรา และ การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิม (ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 40 คน และใช้สเกล 1-9 ซึ่ง 1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) **การวางแผนการทดลอง** วางแผนการทดลองแบบ full factorial-completely randomized design (CRD) ซึ่งได้ทำการทดลอง 3 การทดลอง โดยสิ่งทดลอง ในแต่ละการทดลองประกอบด้วย 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 3 การทดลองที่ได้นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และความแตกต่างค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % โดยใช้โปรแกรม SPSS. การทดลองนี้ดำเนินการระหว่าง พฤศจิกายน 2552-พฤษภาคม 2553

ผล

ความเข้มข้นของเอทานอลในบรรยากาศบรรจุภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Figure 1-I) ทั้งนี้ในช่วงเวลา 7 วันนั้น พบว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเอทานอล ทั้งสองอุณหภูมินั้นมีแนวโน้มที่คล้ายกัน นั่นคือเพิ่มขึ้นจากวันที่ 1 อย่างต่อเนื่อง จนถึงระดับที่สูงสุดประมาณ วันที่ 5 ของการเก็บรักษา จากนั้นความเข้มข้นลดลง อย่างไรก็ตามความเข้มข้นเอทานอลสะสมในบรรยากาศบรรจุภัณฑ์ ณ 20 °C มีแนวโน้มที่ต่ำกว่าความเข้มข้นที่สะสม ณ 10°C และเมื่อพิจารณาความเข้มข้น O_2

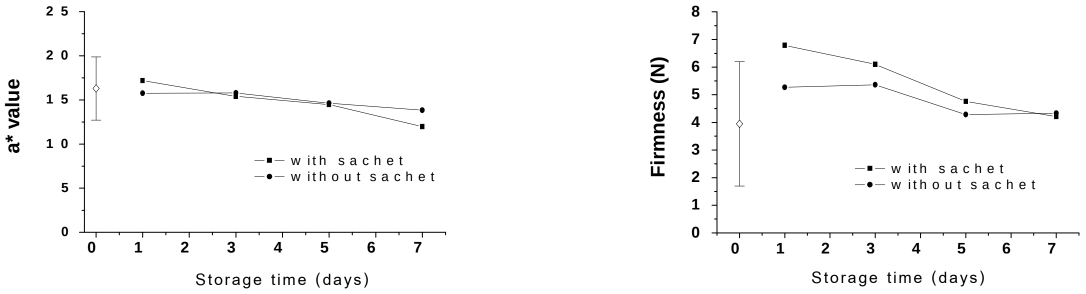
และ CO_2 ในบรรยากาศบรรจุภัณฑ์ พบว่าเกิดสภาวะบรรยากาศดัดแปร (Figure 1-II) ทั้งนี้การลดลงของ O_2 และ การเพิ่มขึ้น CO_2 ในบรรจุภัณฑ์ที่เก็บ ณ 20ºC นั้น มีแนวโน้มที่เกิดขึ้นในอัตราที่สูงกว่า ในบรรจุภัณฑ์ที่เก็บ ณ 10ºC อย่างไรก็ตามไอระเหยเอทานอลไม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ ต่อการเกิดสภาวะบรรยากาศดัดแปรในบรรยากาศบรรจุภัณฑ์ทั้งสองอุณหภูมิ



(I) (II)

Figure 1 Changes of ethanol vapour concentrations (I), and O_2 and CO_2 concentration (II) in headspaces of packages containing sachet or without sachet

จากการวิเคราะห์การเจริญเชื้อจุลินทรีย์พบว่า มะละกอตัดสดเก็บรักษา ในบรรจุภัณฑ์ ที่มี หรือไม่มี controlled release sachet ณ 20ºC นั้นมีอายุ 2-3 วัน โดยปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรานั้นมีค่ามากกว่า 10^3 CFU/g นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏที่ชัดเจนของเชื้อจุลินทรีย์ (เช่น เส้นใยสีขาว) และผลิตภัณฑ์มีกลิ่นเหม็นอับ ตลอดจนถุงบรรจุบวมพอง อย่างไรก็ตามระบบการบรรจุที่เก็บรักษา ณ 10ºC นั้นสามารถเก็บรักษาได้ถึง 5-7 วัน โดยระดับเชื้อจุลินทรีย์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา และ ณ วันที่ 7 ปริมาณของ (1) เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และ (2) ยีสต์และรา มีค่าอยู่ในช่วง $4.15\text{-}4.18\times10^2$ CFU/g และ $4.20\text{-}4.75\times10^2$ CFU/g ตามลำดับ[2] ซึ่งค่าที่แสดงนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสิ่งทดลอง แต่ระดับเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ ในบรรจุภัณฑ์ที่มี sachet มีแนวโน้มที่ต่ำกว่า เมื่อพิจารณาคุณภาพด้านอื่นๆ ณ อุณหภูมิ 10ºC พบว่า ค่าสีแดง (a* value) และ ความแน่นเนื้อ (firmness) มีแนวโน้มที่ลดลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา แต่อิทธิพลของเอทานอลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทั้งสองนั้นไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามมะละกอที่เก็บรักษาในบรรจุที่มีไอระเหยเอทานอลมีแนวโน้มของการลดลงความแน่นเนื้อที่ช้ากว่า (Figure 2-II)



(I) (II)

Figure 2 Changes of colour (a* value) (I) and firmness (II) of fresh-cut papaya during storage 10ºC. Values presented on Day 0 represent the mean value and standard deviation, and those presented on Day 1-7 are mean values of 9 replicates

การเปลี่ยนแปลง TSS และ TA ไม่มีความชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับค่าวันที่ 0 (9.72º Brix ± 0.05 และ 0.35± 0.04 mg / น้ำผลไม้ 100 กรัม) และการสูญเสียน้ำหนักสะสมมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา โดยการร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ณ 20ºC (0.90-1.04%) นั้นสูงถึงประมาณ 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับ 10ºC (0.44-0.50%) ทั้งนี้

[2] ทั้งนี้มาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข กำหนดให้จุลินทรีย์ทั้งหมดและ ยีสต์และรา ในผลไม้สดที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ต้องมีค่าต่ำกว่า 1.0×10^3 และ 5.0×10^2 CFU/g ตามลำดับ

อิทธิพลของไอระเหยแอลกอฮอล ต่อคุณภาพทั้งสามไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามผู้ทำการทดสอบประสาทสัมผัสให้การยอมรับในรสชาติและกลิ่นของมะละกอเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่มีระบบปล่อยไอระเหยเอทานอล (ไม่แสดงข้อมูล)

วิจารณ์และสรุป

ซองขนาดเล็กที่พัฒนาสามารถปล่อยไอเอทานอลได้ตลอดอายุการเก็บรักษา (Figure 1-I) โดยเอทานอลที่สะสมในบรรยากาศบรรจุภัณฑ์นั้นเป็นผลจากสมดุลการถ่ายเทมวลของกระบวนที่สำคัญ ประกอบด้วยการปล่อยไอระเหยจากซองขนาดเล็ก (release process) การซึมผ่านฟิล์มบรรจุภัณฑ์ของไอระเหยไปยังสิ่งแวดล้อมภายนอก (permeation process) และการดูดซึมและเข้าเนื้อเยื่อ (uptake process) ไอระเหยเอทานอลในบรรยากาศมีแนวโน้มที่ชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ณ 10°C แม้ว่าผลการศึกษาดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบในสภาวะบรรยากาศดัดแปร (MA) เพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจเป็นความแปรปรวนของผลิตผลทางการเกษตร ทั้งนี้แนวโน้มการชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lurie et al. (2006) โดยไอระเหยเอทานอลชะลอการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ในองุ่น (เก็บในสภาวะ MA ณ 0°C เป็นเวลา 58 วัน) ในการศึกษานี้เอทานอลไม่สามารถชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อ ณ 20°C ได้เพราะอุณหภูมิที่สูงนั้นเร่งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (King et al., 1989) เมื่อพิจารณาคุณภาพอื่นๆพบว่า ไอระเหยเอทานอลไม่มีผลอย่างชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทั่วไป ซึ่งอาจมาจากความแปรปรวนของผลิตผล เช่น ระยะการสุก หรือรอยช้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างการขนส่ง ดังเห็นได้จากความแปรปรวนในการวัดค่าความแน่นเนื้อ (Figure 2-II) อย่างไรก็ตามความแน่นเนื้อในการบรรจุที่มี Sachet ในช่วง 1-5 วัน มีแนวโน้มลดลงช้ากว่า ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวอาจมาจากอิทธิพลของเอทานอลในการชะลอกิจกรรมของ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) oxidase (ACC oxidase) ที่เป็นเอนไซม์สำคัญในกระบวนการสร้างเอทิลีนที่ส่งผลต่อการสุกของผักและผลไม้สุก เช่น การชะลอการสลายของคลอโรฟิลล์ในบรอคคลอลี่หั่นเป็นดอกย่อย (broccoli florets) (Suzuki et al., 2004) โดยมีความเป็นไปได้ที่เอทานอล ไปยับยั้ง (Suppression) การเกิดกระบวนการ Transcripts ของ ACC oxidase จึงเป็นการลด ACC oxidase activity ส่งผลให้ชะลอการผลิตเอทิลีนและการเสื่อมคุณภาพที่เกี่ยวข้อง (Suzuki et al., 2004) และจาก Figure 1-II พบว่าสภาวะ MA ในบรรจุภัณฑ์ที่มี และไม่มี sachet ณ อุณหภูมิทั้งสองนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และผลการศึกษานั้นอาจสามารถสรุปได้ในเบื้องต้นว่าระดับความเข้มข้นของเอทานอลที่สะสมในบรรยากาศ (0.05-0.35 ppm) ไม่มีส่งผลต่ออัตราการหายใจและอัตราการซึมผ่านฟิล์ม ของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซค์ ซึ่งกระบวนการทั้งสองทำให้เกิดสภาวะ MA ในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพลาสติกสำหรับผักและผลไม้สด (Utto et al., 2005)

จากผลการศึกษาทำให้ทราบว่า controlled release sachet ที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถปล่อยไอระเหยให้กับบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ ในปริมาณเพียงพอแม้ว่าไอระเหยเกิดการสูญหายไปจากบรรยากาศผ่านการซึมผ่านฟิล์มและทำปฏิกริยากับมะละกอ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นเอทานอลที่สะสมนั้นอาจยังไม่สูงพอที่จะควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ แต่ผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ sachet และอาจตั้งสมมติฐานเพื่อการศึกษาต่อไปว่าหาก sachet สามารถปล่อยไอระเหยในอัตราที่เร็วกว่า และ ปริมาณไอระเหยที่มากขึ้น ความสามารถในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ ตลอดจนผลของเอทานอลต่อคุณภาพด้านอื่นๆ เช่น การชะลอการเปลี่ยนสี และเนื้อสัมผัสนั้นอาจจะเพิ่มมากขึ้น

คำขอบคุณ

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำหรับเงินทุนและอุปกรณ์การวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

King, A. D. and H.R. Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. Food Technol. 43 :132-135,139.

Lurie, S., E. Pesis, O. Gadiyeva, O. Feygenberg, R. Ben-Arie, T. Kaplunov, Y. Zutahy and A. Lichter. 2006. Modified ethanol atmosphere to control decay of table grapes during storage. Postharvest Biol Tech. 42 : 222-227.

Suzuki, Y., T. Uji and H. Terai. 2004. Inhibition of senescence in broccoli florets with ethanol vapor from alcohol powder. Postharvest Biol Tech. 31(2):177-182.

Utto, W., A.J. Mawson, J.E. Bronlund and K.K.Y. Wong. 2005. Active packaging technologies for horticultural produce. Food NZ 5 :21-32.