



วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj>



การพัฒนาซองปลดปล่อยไธระเหยเอทานอลแบบควบคุมเพื่อยืดอายุการวางจำหน่าย
ผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภค

Development of controlled ethanol vapor release sachet for shelf life
extension of fresh-cut Baby Cos lettuce

แพรวพลอย ขัดมะโน¹, ดนัย บุญยเกียรติ^{3,4}, วีรเวทย์ อุทโธ⁵ และ พิชญา พูลลาภ^{2,4*}

Preaploy Kadmano¹, Danai Boonyakiat^{3,4}, Weerawate Uttho⁵ and Pichaya Poonlarp^{2,4*}

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

¹ Division of Food science and technology Faculty of Agro-Industry Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

² สาขาวิชาวิศวกรรมกระบวนการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

² Division of Food Engineering, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

³ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

³ Department of Plant Science and Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200

⁴ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

⁴ Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

⁵ สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

⁵ Department of Agro-Industry, Faculty of Agricultural, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190

บทคัดย่อ: ผักสลัดเบบี๋คอสเป็นผักสลัดที่ผู้บริโภคนิยมรับประทานเนื่องจากมีรสชาติที่หวาน กรอบ แต่ในขณะเดียวกันผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคมียอายุการเก็บรักษาที่สั้นโดยปกติจะมีอายุการเก็บรักษามากที่สุด 3 วันที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ผักสลัดเบบี๋คอสมักเกิดการเน่าเสียได้ง่ายเนื่องจากมีองค์ประกอบของน้ำภายในเซลล์เป็นจำนวนมาก และบาดแผลที่เกิดจากการตัดแต่งส่งผลให้จุลินทรีย์เข้าทำลายได้ง่าย หากเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคมักอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของซองปลดปล่อยไธระเหยเอทานอลต่ออายุการเก็บรักษาผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยศึกษาการใช้ซองปลดปล่อยไธระเหยเอทานอลจากวัสดุต่างๆ ได้แก่ พลาสติก low density polyethylene (LDPE), Fresh&Fresh และ aluminium/PE เจาะรูขนาดเล็ก ประกอบอีกด้านด้วย aluminium/PE ขนาด 3x3 -เซนติเมตร บรรจุซิลิกาเจลที่อิ่มตัวไปด้วยไธระเหยเอทานอลปริมาณ 1 กรัม จากนั้นนำซองปลดปล่อยไธระเหยเอทานอลไปใช้ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภค ประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์และคุณภาพทางประสาทสัมผัส รวมถึงอายุการเก็บรักษาของผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าซองปลดปล่อยไธระเหยเอทานอลชนิด aluminium/PE เจาะรูขนาดเล็ก ช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ใช้ซองปลดปล่อยไธระเหยเอทานอล (ชุดควบคุม) ($p \leq 0.05$) สำหรับผลการศึกษาด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า การใช้ซองปลดปล่อยไธระเหยเอทานอลชนิด aluminium/PE เจาะรูขนาดเล็กทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งมากที่สุด ($p \leq 0.05$) ทั้งด้านความสด, สี, กลิ่น, การเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าซองปลดปล่อยไธระเหยเอทานอลมีประสิทธิภาพในการยืดอายุผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เกิดการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์ โดยไม่มีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัส โดยซองปลดปล่อยไธระเหยเอทานอลจะทำให้ผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคมียอายุการเก็บรักษานานที่สุด 6 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเพียง 3 วันที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ซองปลดปล่อยไธระเหยเอทานอล; ผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภค; การยืดอายุการเก็บรักษา; การบรรจุแยกที่ฟ

* Corresponding author: pichaya.p@cmu.ac.th

Received: date; February 29, 2024 Revised: date; May 29, 2024

Accepted: date; May 30, 2024 Published: date; July 12, 2024

ABSTRACT: Baby Cos lettuce is a salad that was popularly consumed due to its sweet taste and crispy texture. However, ready-to-eat Baby Cos lettuce has a short shelf life, typically only lasting 3 days at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$. Baby Cos lettuce is easily spoiled because there is a large amount of water content within the cells, and the wounds from trimming are easy for bacteria to grow. If it was a disease-causing bacterium, it could be dangerous to consumers. Therefore, the objective of this research were to develop an ethanol vapor release sachet to be applied with packaging of pre-trimmed and ready-to-eat Baby Cos lettuce, as well as to study the effects of using the ethanol vapor release sachet on the shelf life of ready-to-eat Baby Cos lettuce. The ethanol sachet, size 3×3 cm, consisted of 1 gram of silica gel saturated with ethanol liquid. Three types of laminated film were used with the ethanol sachet, namely low density polyethylene (LDPE), fresh&fresh and perforated aluminium/PE sealed with aluminium/PE on the other side. The study demonstrated that using aluminum/PE vapor release envelopes with small holes, combined with ethanol evaporation sachet, effectively slows down the growth of microorganisms in fresh cut baby cos lettuce. This method was significantly more effective compared to the control samples that did not use ethanol released sachet, as indicated by a statistical significance ($p\leq 0.05$). In terms of sensory quality, the study found that consumers preferred the salad packaged with these ethanol vapor release envelopes. These vegetables were rated higher for freshness, color, aroma, and less browning of the cut areas, This suggests that the ethanol vapor release sachet are effective not only in extending the shelf life by preventing microbial growth but also in maintaining the sensory quality of the vegetables. Using the ethanol vapor release sachet, the maximum shelf life of the ready-to-eat fresh-cut baby cos lettuce was extended to 6 days. In contrast, the control samples, which did not use the ethanol vapor release sachet, had a shelf life of only 3 days at a temperature of 4 ± 1 degrees Celsius. This demonstrates the significant benefit of using ethanol vapor release packets in preserving the quality and extending the shelf life of fresh-cut vegetables.

Keywords: ethanol vapour controlled release sachet; ready to eat baby cos lettuce; shelf-life extension; active packaging

บทนำ

ผักสลัดเบบี้คอส (*Lactuca sativa*) ตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นที่นิยมของผู้บริโภคในการรับประทานสด เนื่องจากมีรสชาติที่หวาน กรอบ โดยเฉพาะปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมาใส่ใจสุขภาพมากยิ่งขึ้น และด้วยการใช้ชีวิตที่เร่งรีบ ผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของผู้บริโภค เนื่องจากประหยัดเวลาในการเตรียม และสะดวกในการรับประทาน โดยทั่วไปผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคนิยมบรรจุในภาชนะพลาสติกมีฝาปิดสนิท อย่างไรก็ตามผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคมีคุณภาพลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการเก็บรักษาและวางจำหน่าย เนื่องจากมีบาดแผลเกิดขึ้นจากการตัดแต่งเป็นช่องทางให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลายได้ง่ายขึ้น ทำให้ผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคเสื่อมสภาพเร็วและเน่าเสียง่ายขึ้น โดยทั่วไปผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคจะมีอายุการเก็บรักษาเพียง 3 - 4 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส (Vhvenainen, 1996) จากข้อจำกัดข้างต้นที่มวิจัย จึงได้มีแนวคิดในการใช้ระบบแอคทีฟ (active system) เพื่อชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในบรรจุภัณฑ์บรรจุผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยระบบแอคทีฟนี้ ครอบคลุมการปล่อยไอระเหยเอทานอล (ethanol vapour release sachet) โดยไอระเหยเอทานอลนี้มีความสามารถด้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial volatile; AVs) ซึ่งมีสารอยู่หลายชนิด อาทิเช่น เฮกซานาล (Hexanal), แอซีทาลดีไฮด์ (Acetaldehyde) ซึ่งเอทานอลจัดอยู่ในกลุ่มสารเคมี GRAS (generally recognised as safe) ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Utama et al., 2002) ตัวอย่างการใช้ AVs กับผักผลไม้ เช่น ไอระเหยเอทานอล (ethanol vapour) ในบรรจุภัณฑ์สำหรับองุ่น (Lurie et al., 2006) มะเขือเทศ (Saltviet and Mencarelli, 1988) มะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภค (Utto et al., 2012) แอปเปิ้ลตัดแต่งพร้อมบริโภค (Bai et al., 2004) และเชอร์รี่ตัดสด (Bai et al., 2011) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาของควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอลที่เหมาะสมสำหรับช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายของผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภค และชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ รวมไปถึงศึกษาผลของการใช้ของควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคจากเดิมที่ผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคจะมีอายุการวางจำหน่ายเพียง 3 วัน

วิธีการศึกษา

แบ่งออกเป็น 2 การทดลองดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาชนิดของวัสดุของควบคุมการปลดปล่อยไธราเฮนเอทานอลเพื่อใช้ในบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค

ศึกษาความเข้มข้นไธราเฮนเอทานอลที่ระเหยออกจากของในแต่ละชนิดของวัสดุที่นำมาทำของปลดปล่อยไธราเฮนเอทานอล โดยการเตรียมตัวอย่างของควบคุมการปลดปล่อยไธราเฮนเอทานอลนั้นจะดำเนินการโดยใช้วัสดุที่นำมาทำของทั้งหมด 3 ชนิด คือ พลาสติกฟิล์มโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ Low Density Polyethylene (LDPE), ฟิล์มชนิด Fresh&Fresh ซึ่งฟิล์มทั้งสองชนิดมีอัตราการซึมผ่านออกซิเจน (oxygen transmission rate) ที่ต่างกัน และฟิล์มอะลูมิเนียมพอยล์ (AL/PE) เจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร จำนวน 13 รู แต่ละรูห่างกัน 0.5 เซนติเมตร ทำการตัดฟิล์มพลาสติกทุกชนิดให้มีขนาด 3×3 เซนติเมตร จากนั้นนำพลาสติกฟิล์มทั้ง 3 ชนิดประกบกับ ฟิล์มอะลูมิเนียมพอยล์ (AL/PE) โดยปิดผนึกแบบ 3 ด้าน จากนั้นเตรียมซิลิกาเจลที่อิมมูบิลไลซ์ด้วยไธราเฮนเอทานอลความเข้มข้น 99.99% (v/v) ปริมาณ 1 กรัม ใส่ลงในด้านที่เปิด (open-ended) จากนั้นทำการปิดผนึก ซึ่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะเป็นการปิดผนึกแบบ 4-side-seal ดังนั้นงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 4 สิ่งทดลองรวมถึงชุดควบคุม หลังจากได้ของปลดปล่อยไธราเฮนเอทานอลแล้ว จะนำของไปเก็บรักษาไว้ในภาชนะปิด (closed cell) ขนาดปริมาตร 450 ml อากาศไม่สามารถผ่านเข้าออกได้ ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยตัวอย่างไธราเฮนเอทานอลจะถูกนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของไธราเฮนเอทานอลด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 7820A ชนิดดีเทคเตอร์คือ Flame Ionization Detector (FID) โดยใช้ column J&W DB-WAX Ultra Inert, 30 m, 0.25 มิลลิเมตร, 0.25 μ m โดยสภาวะการวิเคราะห์ของเครื่องคือ injector temperature 150 °C, detector temperature 250 °C, oven temperature 80 °C เป็นเวลานาน 3 นาที จากนั้นอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 10 °C/นาที จนมีอุณหภูมิเท่ากับ 200 °C แล้วคงไว้เป็นเวลา 3 นาที โดยมีก๊าซฮีเลียม ทำหน้าที่เป็น gas carrier สุ่มตัวอย่างไธราเฮนเอทานอลโดยใช้เข็มฉีดยา จากนั้นฉีดเข้าไปใน injector port ของเครื่อง บันทึกข้อมูลพื้นที่ใต้กราฟของไธราเฮนเอทานอล โดยสุ่มตัวอย่างไธราเฮนเอทานอลในบรรยากาศของภาชนะปิดสนิท 1 มิลลิกรัมทุกชั่วโมงใน 4 ชั่วโมงแรก จากนั้นสุ่มทุกวัน (24 ชั่วโมง) จนครบ 7 วัน

การทดลองที่ 2 ผลของการใช้ของปลดปล่อยไธราเฮนเอทานอลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสและอายุการเก็บรักษาของผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค

ผักสลัดเบบี๋คอสซึ่งมีระยะความแก่ทางการค้า (อายุการเก็บเกี่ยว 40-45 วันหลังปลูก) มีขนาดความยาวของต้นประมาณ 10 เซนติเมตร และความกว้างของใบประมาณ 5 เซนติเมตร จากมูลนิธิโครงการหลวงมาตัดแต่งส่วนที่ไม่ต้องการและมีตำหนิออก และล้างทำความสะอาดด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 1 นาที จากนั้นทำการสลัดน้ำส่วนเกินออกจากใบของผัก จากนั้นซั้งผักสลัดเบบี๋คอสใส่กล่องสลัดพลาสติกชนิด PET ปริมาตร 450 ml ให้ได้น้ำหนัก 100 กรัม จากนั้นทำการใส่ของควบคุมการปลดปล่อยไธราเฮนเอทานอลที่พัฒนาขึ้นในตอนต้นที่ 1 ติดบนฝาผักสลัด (1 ซอง ต่อ 1 ถาด) เพื่อให้เอทานอลสามารถระเหยจากของควบคุมได้ง่าย จากนั้นนำผักสลัดตัดแต่งในบรรจุภัณฑ์เหล่านี้ไปเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 โดยงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 3 สิ่งทดลอง คือ ของควบคุมการปลดปล่อยไธราเฮนเอทานอลชนิด LDPE (Low Density Polyethylene), ชนิด F&F (Fresh&Fresh) และฟิล์มอะลูมิเนียมพอยล์ (AL/PE) เจาะรู โดยบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีของควบคุมการปลดปล่อยไธราเฮนเอทานอลเป็นสิ่งทดลองควบคุม (ชุดควบคุม) จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างมาตรวจประเมินการสูญเสีย น้ำหนักสด, คลอโรฟิลล์รวม (ตามวิธีของ Witham et al., 1971), ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (ตามวิธีของ Khanam et al., 2012), ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (ตามวิธีของ Corrales et al., 2012) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ตามวิธีของ Meilgaard et al., 2016) จนกระทั่งผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน โดยใช้เกณฑ์ 9 point hedonic scale หรือมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินมาตรฐาน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาชนิดของวัสดุของควบคุมการปลดปล่อยไอระเหยเอทานอลเพื่อใช้ในบรรจุภัณฑ์ผักสดตัดแต่งพร้อมบริโภค

จากการศึกษาชนิดของวัสดุของควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอลในบรรจุภัณฑ์พบว่าชนิดของวัสดุที่นำมาทำของปล่อยไอระเหยเอทานอลมีผลต่อปริมาณความเข้มข้นไอระเหยเอทานอล เนื่องจากชนิดของพลาสติกที่นำมาทำของจะมีคุณสมบัติการยอมให้ไอระเหยเอทานอลซึมผ่านที่ต่างกัน ซึ่งค่าการยอมให้ไอระเหยเอทานอลซึมผ่านได้สามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ Perforated AL/PE > F&F > LDPE เมื่อนำฟิล์มทั้ง 3 ชนิดมาทำของปล่อยไอระเหยเอทานอล พบว่าความเข้มข้นของไอระเหยเอทานอลที่ปลดปล่อยออกมาที่มีความเข้มข้นของไอระเหยเอทานอลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และสอดคล้องกับค่าการยอมให้ไอระเหยเอทานอลซึมผ่านได้ของฟิล์ม โดยของควบคุมการปลดปล่อยไอระเหยเอทานอลจากวัสดุแต่ละชนิดมีความเข้มข้นของไอระเหยเอทานอลเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาการเก็บรักษา และมีความเข้มข้นของไอระเหยเอทานอลสูงสุดในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา (Figure 1) โดยของปล่อยไอระเหยเอทานอลชนิดอลูมิเนียมพอยด์เจาะรู (Perforated AL/PE) มีค่าความเข้มข้นไอระเหยเอทานอลสูงสุด ตามด้วยของปล่อยไอระเหยชนิด Fresh&Fresh และ LDPE โดยมีค่าความเข้มข้นไอระเหยเอทานอล เท่ากับ $39,889.6 \pm 1,746.7$, $33,706.9 \pm 1,512.5$ และ $29,598.9 \pm 1,487.8$ ppm ตามลำดับ (Table 1) หลังจากวันที่ 5 ความเข้มข้นไอระเหยเอทานอลของแต่ละสิ่งทดลองมีค่าลดลงเนื่องจากความดันของไอระเหยเอทานอลภายในของปล่อยไอระเหยเอทานอลมีค่าลดลง เนื่องจากไอระเหยเอทานอลบนตัวพาลดลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ พัชรี และคณะ (2562) ซึ่งศึกษาผลของชนิดฟิล์มพลาสติกที่นำมาทำของปล่อยไอระเหยเอทานอลพบว่าค่าความเข้มข้นของไอระเหยจากของแต่ละชนิดจะมีค่าสูงสุดที่ 120 ชั่วโมง และจะลดลงพร้อมกัน ผลการทดลองนี้เมื่อเปรียบเทียบของปล่อยไอระเหยแต่ละชนิด พบว่าของปล่อยไอระเหยชนิดอลูมิเนียมพอยด์เจาะรู (Perforated AL/PE) มีประสิทธิภาพในการปลดปล่อยไอระเหยเอทานอลได้สูงสุด และมีศักยภาพควบคุมปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี

Table 1 The maximum ethanol vapor concentration released from a different ethanol vapor release sachet in a 450 mL incubated at 4 °C and 85% RH at Day 5

Treatment	Ethanol vapor concentration (ppm)
Control	-
LDPE	$29,598.9 \pm 1,487.8^a$
F&F	$33,706.9 \pm 1,512.5^{ab}$
Perforated AL/PE	$39,889.6 \pm 1,746.7^b$

Values are the mean of three replicates $\pm$ SD. Means followed by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$) within the same storage period. Lower case letters are used for treatment comparison during storage.

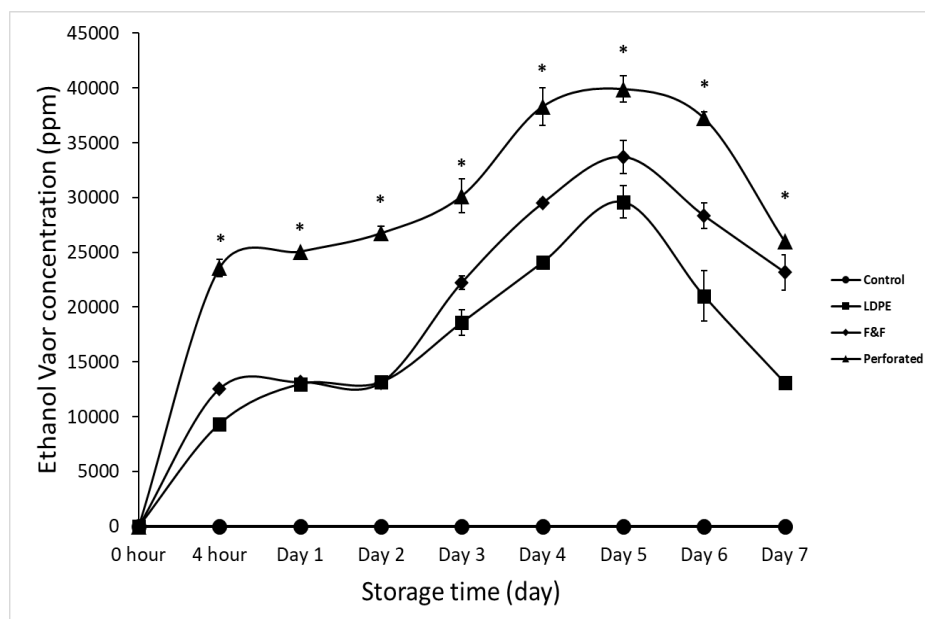


Figure 1 Ethanol vapor concentration of ethanol vapor release sachet in chambers box contains 450 mL, kept at 4 °C and 85% RH.

การสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การสูญเสียน้ำหนักสดของผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำหนักที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลทั้ง 3 ชนิด เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ใช้ของควบคุมการปล่อยไธราเฮนเอทานอล) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำหนักชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดมีค่าเท่ากับ $0.24 \pm 0.15\%$ ในขณะที่ผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำหนักที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลชนิด Perforated AL/PE ที่มีการปลดปล่อยไธราเฮนเอทานอลมากที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ $0.12 \pm 0.01\%$ รองลงมาคือผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำหนักที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลชนิด F&F และ LDPE ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักสดเท่ากับ 0.17 ± 0.01 และ 0.21 ± 0.02 ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2 และ Figure 2a) สอดคล้องกับการทดลองของ นพรัตน์ และคณะ (2560) รายงานว่าไธราเฮนเอทานอลสามารถชะลอการหายใจของผลองกอง จึงลดการคายน้ำออกจากผลองกอง อย่างไรก็ตามการสูญเสียน้ำหนักสดที่พบในผัก มีค่าไม่เกิน 3-5% จึงไม่ส่งผลให้เกิดการเหี่ยวหรือเน่าของใบ (दनय, 2556)

ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมของผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำหนักที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลทั้ง 3 ชนิด เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ใช้ของควบคุมการปล่อยไธราเฮนเอทานอล) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน (Day 0, 3, 5, 7) มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษาจนถึงวันที่ 7 และในแต่ละวันมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในวันที่ 0, 1 และ 3 แต่หลังจากวันที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณของคลอโรฟิลล์ที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ปริมาณของคลอโรฟิลล์ที่ไม่แตกต่างกันไม่ได้ส่งผลกระทบต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Table 2, Figure 2b) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suzuki et al. (2004) รายงานผลของไธราเฮนเอทานอลช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในบรอกโคลี จากการที่ไธราเฮนเอทานอลเพิ่มขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้เกิดการชะลอการชราภาพและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้บรอกโคลีที่ใช้ของปล่อยไธราเฮนเอทานอลยังคงมีสีเขียวเข้มกว่า บรอกโคลีที่ไม่ใช้ของปล่อยไธราเฮนเอทานอล

Table 2 Weight-loss percentage, total chlorophyll content of baby cos lettuce kept in packaging with a different ethanol release sachet during storage period at 4°C and 85%RH

Storage period (day)	Treatment	Weight loss (%)	total chlorophyll content (mg/kg ⁻¹)
0	control	0.00±0.00	0.089±0.001 ^b
	LDPE	0.00±0.00	0.082±0.002 ^c
	F&F	0.00±0.00	0.072±0.000 ^d
	Perforated Al/PE	0.00±0.00	0.096±0.001 ^a
3	control	0.12±0.04	0.073±0.002 ^{ab}
	LDPE	0.12±0.02	0.069±0.000 ^{ab}
	F&F	0.09±0.01	0.068±0.002 ^b
	Perforated Al/PE	0.09±0.01	0.075±0.002 ^a
5	control	0.17±0.04	0.069±0.001
	LDPE	0.16±0.02	0.070±0.001
	F&F	0.13±0.01	0.067±0.002
	Perforated Al/PE	0.10±0.01	0.067±0.001
7	control	0.24±0.05 ^a	0.060±0.008
	LDPE	0.21±0.02 ^{ab}	0.052±0.000
	F&F	0.17±0.01 ^{ab}	0.055±0.001
	Perforated Al/PE	0.12±0.01 ^b	0.056±0.001

Values are the mean of three replicates ± SD. Means followed by the same letter are not significantly different ($P>0.05$) within the same storage period. Lower case letter are used for treatment comparison during storage

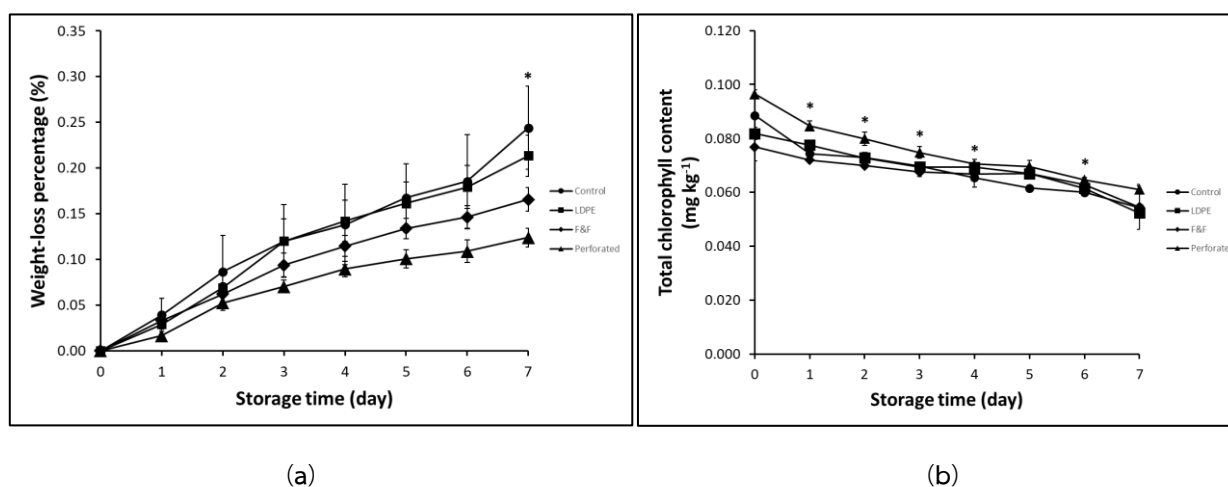


Figure 2 Weight-loss percentage (a), total chlorophyll content (b) of baby cos lettuce during storage period at 4°C and 85%RH.

กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลทั้ง 3 ชนิด เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน (Day 0, 3, 5, 7) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมมีกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลทั้ง 3 ชนิด โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมมีกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลชนิด LDPE, F&F และ Perforated AL/PE โดยชุดควบคุมมีค่ากิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 254.48 ± 2.62 , 239.33 ± 3.20 , 239.06 ± 1.37 และ 233.06 ± 1.17 ไมโครกรัมกรดโทรลอคซ์/กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (Table 3) จากการศึกษาในมะละกอดัดสุกพร้อมบริโภคน้ำของวีรเวทย์ และคณะ (2560) รายงานว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมักแปรผันตรงตามปริมาณสารประกอบฟีนอล ซึ่งการเกิดเมแทบอลิซึมของสารประกอบฟีนอลส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ในกลุ่มต้านอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น

ปริมาณสารประกอบฟีนอลของผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลทั้ง 3 ชนิด เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน (Day 0, 3, 5, 7) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยพบว่าผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมมีกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลทั้ง 3 ชนิด (Table 3) โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลมากกว่าผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลชนิด F&F, LDPE และ Perforated AL/PE โดยมีค่าเท่ากับ $10,640.7\pm 116.8$, $10,197.0\pm 107.1$, $9,969.7\pm 193.1$ และ $9,931\pm 92.8$ ไมโครกรัมกรดแกลลิก/กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of baby cos lettuce kept in packaging with a different ethanol release sachet during storage period at 4°C and 85%RH

Storage period (day)	Treatment	Antioxidant Activity ($\mu\text{gTrolox/g FW}$)	Total Phenolic Content ($\mu\text{gGallic/g FW}$)
0	control	195.36 $\pm$ 3.85 ^d	9622.5 $\pm$ 75.2 ^a
	LDPE	192.22 $\pm$ 0.85 ^c	9679.5 $\pm$ 164.2 ^a
	F&F	205.31 $\pm$ 1.34 ^b	9541.7 $\pm$ 147.6 ^a
	Perforated AL/PE	206.44 $\pm$ 1.77 ^a	9268.9 $\pm$ 75.7 ^b
3	control	202.19 $\pm$ 3.83 ^d	9628.8 $\pm$ 141.7 ^b
	LDPE	217.31 $\pm$ 0.81 ^c	10149.9 $\pm$ 167.6 ^a
	F&F	218.76 $\pm$ 3.10 ^b	9800.1 $\pm$ 96.2 ^b
	Perforated AL/PE	208.84 $\pm$ 0.51 ^a	9780.3 $\pm$ 107.1 ^b
5	control	218.53 $\pm$ 1.25 ^c	10359.0 $\pm$ 62.4 ^a
	LDPE	216.52 $\pm$ 1.43 ^c	10089.7 $\pm$ 135.0 ^b
	F&F	233.50 $\pm$ 0.79 ^b	9818.2 $\pm$ 92.8 ^c
	Perforated AL/PE	237.69 $\pm$ 1.91 ^a	9983.3 $\pm$ 116.9 ^{bc}
7	control	254.48 $\pm$ 2.62 ^a	10640.7 $\pm$ 116.8 ^a
	LDPE	239.33 $\pm$ 3.20 ^b	9969.7 $\pm$ 193.1 ^b
	F&F	239.06 $\pm$ 1.37 ^b	10197.0 $\pm$ 107.1 ^b
	Perforated AL/PE	233.06 $\pm$ 1.17 ^c	9931.8 $\pm$ 92.8 ^b

Values are the mean of three replicates $\pm$ SD. Means followed by the same letter are not significantly different ($P>0.05$) within the same storage period. Lower case letter are used for treatment comparison during storage

จากการตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์พบว่าปริมาณ total aerobic bacteria ของผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ใช้ของควบคุมไธระเหยเอทานอลทั้ง 3 ชนิด เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน (Day 0, 3, 5, 7) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคชุดควบคุมมีปริมาณ total aerobic bacteria มากกว่าผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ใช้ของปล่อยไธระเหยเอทานอลทั้ง 3 ชนิด (Table 4) โดยในวันที่ 5 ผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ ชุดควบคุม มีปริมาณเชื้อมากกว่าของควบคุมไธระเหยเอทานอลชนิด F&F, LDPE และ Perforated AL/PE เท่ากับ 7.36 $\pm$ 0.00 5.49 $\pm$ 0.00 5.39 $\pm$ 0.00 และ 4.38 $\pm$ 0.01 log CFU/g ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งเป็นผลมาจากไธระเหยเอทานอลมีคุณสมบัติในการชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (Antimicrobial activity) สอดคล้องกับงานวิจัยของวีระเวทย์ และคณะ (2560) ในการใช้ของปล่อยไธระเหยเอทานอลร่วมกับบรรจุภัณฑ์บรรจุมะละกอตัดแต่งสดพบว่า บรรจุภัณฑ์ที่มีการใช้ของปล่อยไธระเหยเอทานอล มีศักยภาพในการชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าสิ่งทดลองควบคุม เช่นเดียวกันกับรายงานของ Bai et al. (2011) รายงานว่าไธระเหยเอทานอลช่วยชะลอการเกิดจุลินทรีย์บริเวณก้านของลูกเชอร์รี่

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพสัมพัทธ์ทางลักษณะปรากฏคุณภาพโดยรวมของผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลทั้ง 3 ชนิด เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ใช่ของควบคุมการปล่อยไธราเฮนเอทานอลระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน (Day 0, 3, 5, 7) พบว่าผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำชุดควบคุม และผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลทั้ง 3 ชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยในวันที่ 5 พบว่าผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำชุดควบคุมมีคะแนนทางด้านลักษณะปรากฏคุณภาพโดยรวมต่ำกว่าผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลทั้ง 3 ชนิด (Table 4, Figure 3) แสดงให้เห็นว่าผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำที่ใช้ของควบคุมไธราเฮนเอทานอลทั้ง 3 ชนิดช่วยชะลอการเน่าเสีย และยืดอายุการวางจำหน่ายของผักสลัดเบบี้คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของนพรัตน์ และคณะ (2560) ที่รายงานว่าการใช้ของไธราเฮนเอทานอลช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผลของลองกอง และรายงานของ Suzuki et al. (2004) ซึ่งได้รายงานว่าไธราเฮนเอทานอลทำให้บรอกโคลีที่ใช้ยังคงมีสีเขียวเข้มกว่า บรอกโคลีที่ไม่ได้ใช้ของปล่อยไธราเฮนเอทานอล ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลส่งผลต่อลักษณะภายนอกที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่าของผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำได้

Table 4 Microbiological analysis, sensory quality and Shelf-life Evaluation of baby cos lettuce during storage period at 4°C and 85%RH

Storage period (day)	Treatment	Total Aerobic Bacteria (logCFU/g)	Sensory Quality (score)
0	control	3.40±0.00	9.00±0.00
	LDPE	3.40±0.00	9.00±0.00
	F&F	3.40±0.00	9.00±0.00
	Perforated AL/PE	3.40±0.00	9.00±0.00
3	control	5.31±0.00 ^a	6.80±0.33 ^b
	LDPE	3.51±0.01 ^b	8.20±0.33 ^a
	F&F	3.44±0.00 ^c	8.40±0.22 ^a
	Perforated AL/PE	3.30±0.01 ^d	8.80±0.18 ^a
5	control	7.36±0.00 ^a	4.80±0.18 ^c
	LDPE	5.39±0.00 ^c	7.00±0.28 ^b
	F&F	5.49±0.00 ^c	7.60±0.22 ^b
	Perforated AL/PE	4.38±0.01 ^d	8.40±0.22 ^a
7	Perforated AL/PE	6.21±0.01	7.60±0.22

Values are the mean of three replicates $\pm$ SD. Means followed by the same letter are not significantly different ($P>0.05$) within the same storage period. Lower case letter are used for treatment comparison during storage

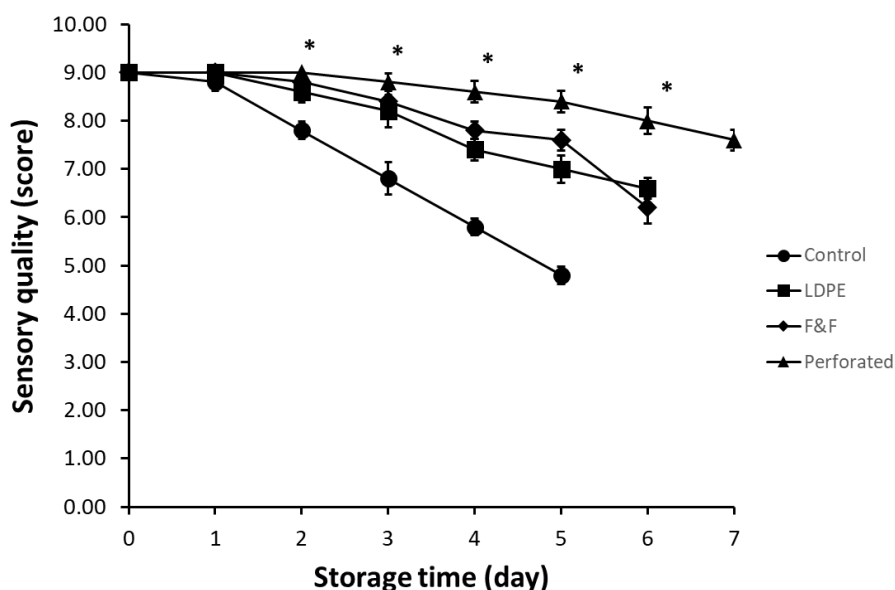


Figure 3 Sensory quality of baby cos lettuce during storage period at 4°C and 85%RH.

ในการประเมินอายุการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผักสลัดสดตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยใช้เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 พ.ศ.2560 สำหรับอาหารดิบในสภาพบริโภคได้ทันที เช่น ผักและผลไม้ตัดแต่งที่บรรจุในถาดโฟมหรือถุง/กล่องพลาสติก เป็นต้น ระบุให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด น้อยกว่า 6 log CFU/g ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภค ของชุดควบคุมมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์การยอมรับจนถึงวันที่ 3 ของการเก็บรักษาซึ่งต่ำกว่าผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ใช้ซองควบคุมไธเรเฮเอทานอลทั้ง 3 ชนิด โดย ซองชนิด Perforated AL/PE, F&F และ LDPE มีอายุการวางจำหน่าย 6 วัน , 5 วัน และ 5 วัน ตามลำดับ (Table5)

Table 5 Shelf-life evaluation of baby cos lettuce during storage period at 4°C and 85%RH.

Treatment	Shelf-life (day)
Control	3
LDPE	5
F&F	5
Perforated AL/PE	6

สรุป

จากศึกษาผลของการปล่อยไธเรเฮเอทานอลจากซองควบคุมการปล่อยไธเรเฮเอทานอลพบว่าชนิดของวัสดุที่นำมาทำของปล่อยไธเรเฮเอทานอลมีผลต่อปริมาณการปล่อยไธเรเฮเอทานอลซึ่งให้ความเข้มข้นของไธเรเฮเอทานอลที่แตกต่างกัน โดยซองปล่อยไธเรเฮเอทานอลชนิดอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรู (perforated AL/PE) มีค่าความเข้มข้นไธเรเฮเอทานอลสูงสุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ตามด้วยซองปล่อยไธเรเฮเอทานอลชนิด F&F และ LDPE โดยมีค่าความเข้มข้นไธเรเฮเอทานอลลดลงตามลำดับ อีกทั้งซองปล่อยไธเรเฮเอทานอลชนิดอลูมิเนียมฟอยล์เจาะรู (Perforated AL/PE) สามารถรักษาคุณภาพของผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคโดยมีประสิทธิภาพชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผักสลัด ชะลอการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์และสารต้านอนุมูลอิสระ ชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏภายนอกของผักสลัดเบบี๋คอสตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งลักษณะ

ปรากฏภายนอกเป็นดัชนีคุณภาพพื้นฐานที่ผู้บริโภคใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้า ตลอดจนช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม(ไม่ใช่ของควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอล)ที่มีอายุการเก็บรักษาเพียง 3 วัน ให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นเป็น 6 วัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้สนับสนุนโดยทุนวิจัยจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิจัยขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และมูลนิธิโครงการหลวงที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการทำงานวิจัย สนับสนุนทุนวิจัย และ องค์กรค้บรจุ มูลนิธิโครงการหลวง

เอกสารอ้างอิง

- दनัย บุญยเกียรติ. 2556. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชสวน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- นพรัตน์ ทัดมาลาม, วาริช ศรีละออง และสมิคร แก้วสุกแสง. 2560. การประยุกต์ใช้ Ethanol Vapor Releasing Pad ในการควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลลองกอง. วารสารแก่นเกษตร. 45(1): 1191-1196.
- พัชรี มะลิลา, วีรเวทย์ อุทโย, ฤทธิรงค์ พฤษภูมิ, เรวัต ชัยราช และกฤตยา อุทโย. 2562. ผลของชนิดฟิล์มพลาสติกต่อจลนพลศาสตร์การปล่อยไอระเหยเอทานอลและการประยุกต์ใช้ในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 21(2): 146-156.
- วีรเวทย์ อุทโย, เอกสิทธิ์ อ่อนสะอาด และเรวัต ชัยราช. 2560. การพัฒนาต้นแบบของควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอลสำหรับมะละกอดัดสด. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 30(1): 39-49.
- Bai, J., E.A. Baldwin, J.P. Fortuny, R. Mattheis, C. Stanley, Perera, and J.K. Brecht. 2004. Effect of pretreatment of intact 'Gala' apple with ethanol vapor heat or 1-methylcyclopropene on quality and shelf life of fresh-cut slices. *Journal American Society Horticultural Science*. 129: 583-593.
- Bai, J., A. Plotto, R. Spotts, and N. Rattanapanone. 2011. Ethanol vapor and saprophytic yeast treatments reduce decay and maintain quality of intact and fresh-cut sweet cherries. *Postharvest Biology and Technology*. 62(2): 204-212.
- Corrales, M., P.M. de Souza, M.R. Stahl, and A. Fernandez. 2012. Effects of the decontamination of a fresh tiger nut milk beverage (horchata) with short wave ultraviolet treatments (UV-C) on quality attributes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 13: 163-168.
- Khanam, U.K.S., S. Oba, E. Yanase, and Y. Murakami. 2012. Phenolic acids, flavonoids and total antioxidant capacity of selected leafy vegetables. *Journal Functional Foods*. 4(4): 979-987.
- 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. *Journal of Postharvest Biology and Technology*. 42(3): 222-227.
- Meilgaard, M., G. Civille, and B. Carr. 2016. In: Meilgaard, M., Civille, G.V., Carr, B.T. (Eds.), *Sensory Evaluation Techniques*.
- Saltviet, M.E., and F. Mencarelli. 1988. Inhibition of ethylene synthesis and action in ripening tomato fruit by ethanol vapors. *Journal American Society Horticultural Science*. 113: 572-576.
- Suzuki, Y., T. Uji, and H. Terai. 2004. Inhibition of senescence in broccoli florets with ethanol vapor from alcohol powder. *Journal of Postharvest Biology and Technology*. 31(2): 177-182.

- Vhvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetable. *Journal of Trends in Food Science and Technology*. 7: 179-187.
- Witham, F.H., F.B. David, and M.D. Robert. 1971. *Experiments in plant physiology*. Nostrand company. New York, 245.
- Utama, I.M.S., R.B.H. Wills, S. Ben-Yehoshua, and C. Kuek. 2002. Efficacy of plant volatiles for inhibiting the growth of fruit and vegetable decay microorganisms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(22): 6371-6377.
- Utto, W., E. Onsaard, and R. Chairat. 2012. Development of controlled ethanol vapour release sachet prototype for fresh-cut ripen papaya. *King Mongkut's Agricultural Journal*. 30: 39-49.