

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย : -
2. โครงการวิจัย : การจัดการคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก (โครงการวิจัยเดี่ยว)
- กิจกรรม : การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค
- กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อเก็บรักษาผักตัดแต่งพร้อมบริโภค
- ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Using Different packaging for storage of Minimally Processed Vegetables
4. คณะผู้ดำเนินงาน
- หัวหน้าการทดลอง:
- นางสาวปรารค์ทอง กวานห้อง กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
- ผู้ร่วมงาน:
- นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
- นางศิริกานต์ ศรีธีรรัตน์ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. บทคัดย่อ:

ทดสอบการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในการบรรจุเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักตัดแต่งพร้อมบริโภคบางชนิด ได้แก่ มะเขือเปราะ เมล็ดสะตอ พริกหวาน ผักสลัดกรีนคอส ผักสลัดบัตเตอร์เฮด และผักสลัดรวม ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน ระหว่างเดือนกันยายน 2556 - เดือนตุลาคม 2558 โดยนำผลิตผลสดที่ผ่านการคัดคุณภาพ ล้างทำความสะอาด ตัดแต่ง และหึ่ง จนแห้งแล้วมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ตามชนิดของผัก ได้แก่ มะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยา นำผลิตผลที่ล้างทำความสะอาดและตัดแต่งแล้ว ผลจนเหลือความยาว 1 เซนติเมตร ไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี คือ บรรจุถุงชนิด polyethylene (PE) ถุง polypropylene (PP)+เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 8 รู ถุง PP+เจาะรูขนาด \varnothing 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู หรือถุง P-plus ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เมล็ดสะตอพันธุ์ข้าว ทำโดยนำผักสะตอที่ทำความสะอาดแล้วมาแกะเมล็ดออก ก่อนวางบนถาดโฟมแล้วบรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน

ได้แก่ หุ้มด้วยฟิล์มยืด polyvinyl chloride (PVC) บรรจุ PE หรือถุง PP แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ส่วนพริกหวาน ทำการล้างทำความสะอาดและหั่นเป็นวง ก่อนใส่ในสภาพพลาสติกสีดำแล้ว บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ได้แก่ หุ้มด้วยฟิล์ม PVC ถุง PE ถุง PP หรือถุง oriented polypropylene (OPP) จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สำหรับผักสลัดชนิดต่างๆ มีทั้งรูปแบบแยกชนิด คือ ผักสลัดกรีนคอส และผักสลัดบัตเตอร์เฮด โดยนำผักที่ทำความสะอาดและตัดแต่งแล้ว บรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี คือ ถุงพลาสติกชนิด PP PE OPP หรือ ถุงพลาสติกชนิด Modified (MD) ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และผักสลัดรวม ประกอบด้วย กรีนคอส บัตเตอร์เฮด ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก เรดโอ๊ก เรดคอรัล และแครอท ที่ผ่านการตัดแต่งแล้ว ใส่ในสภาพพลาสติกก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ได้แก่ ถุง PP ถุง PP+เจาะรูเข็ม 2 รู ถุง PE ถุง PE+เจาะรูเข็ม 2 รู ถุง OPP ถุง OPP+เจาะรูเข็ม 2 รู สภาพพลาสติก PVC ใส่พร้อมฝาปิด สภาพพลาสติกชนิด PET แบบมีฝาปิดรูปโดม หรือสภาพพลาสติก PP สีดำพร้อมฝาปิด จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน

ผลการทดลองพบว่า มะเขือเปราะ ที่ตัดแต่งเหลือกลีบเลี้ยงและก้านผลยาว 1 เซนติเมตร ในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล หลังการเก็บเป็นเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ยกเว้นกรรมวิธีที่บรรจุถุง PE ซึ่งเกิดสีน้ำตาลช้ากว่าและสามารถเก็บได้นานถึง 16 วัน และเมื่อทำการทดลองโดยการตัดกลีบเลี้ยงออกก่อนเก็บรักษาเช่นเดียวกับกรรมวิธีข้างต้น พบว่า หลังเก็บรักษานาน 3 วัน รอยตัดเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แต่การเก็บรักษามะเขือเปราะทุกกรรมวิธียังมีสภาพยอมรับได้จนถึง 15 วัน ยกเว้นผลที่บรรจุถุง PP เจาะรูขนาด \varnothing 0.5 เซนติเมตร ผลมะเขือเปราะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ส่วนผลที่บรรจุถุง PE สามารถเก็บได้นานถึง 18 วัน สำหรับการเก็บรักษาสะตอแกะเมล็ด พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ช่วยให้เก็บรักษาได้นานกว่าที่ 10 องศาเซลเซียส โดยสามารถเก็บได้นานเฉลี่ยถึง 30 วัน อย่างไรก็ตาม เมล็ดสะตอที่บรรจุสภาพหุ้มฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ อย่างชัดเจน ส่วนการเก็บรักษาพริกหวานที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP มีคุณภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น โดยมีคะแนนความสดสูงกว่าและยังคงมีคุณภาพที่ยอมรับได้มากกว่าเมื่อเก็บรักษานานถึง 10 วัน ขณะที่การเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอส และบัตเตอร์เฮดที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ให้ผลการทดลองที่คล้ายคลึงกัน คือ เมื่อเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอสและบัตเตอร์เฮดนาน 12 วัน การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณ O_2 ภายในถุงลดลงต่ำกว่า 13% ขณะที่บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นมีปริมาณ O_2 เฉลี่ยประมาณ 17% เช่นเดียวกับปริมาณ CO_2 ที่ถุง OPP มี CO_2 สะสมภายในถุงสูงกว่าถุงชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ ผักสลัดกรีนคอสที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP มีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง และการเกิดสีน้ำตาลที่ขอบรอยตัดต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น และมีคุณภาพการยอมรับดีกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ส่วนการเก็บรักษาผักสลัดรวม 5 ชนิด ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอสหรือบัตเตอร์เฮด โดยผักสลัดรวมตัดแต่งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP มีคะแนนคุณภาพการยอมรับสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน

Abstract:

Effect of various packages in extending shelf life of minimally processed vegetables: round green eggplant, parkia speciosa seeds, sweet pepper, green cos lettuce, butterhead lettuce and fresh-cut mixed vegetable salads (green cos lettuce, butterhead lettuce, filey iceberg lettuce, red oak lettuce, red coral lettuce and carrot) were investigated. This study was done at Laboratory of Postharvest Horticultural Crops, Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture during September 2013 - October 2015. The vegetables were sorted, cleaned, cut and air dried before subsequently packing in the following types of vegetables. *Round green eggplant cv. Chao Phraya*, were cleaned and trimmed the stem end, were packed into the packages: polyethylene (PE) bag, polypropylene (PP) bag with eight needle-sized holes, PP bag with eight extraction holes of 0.5-cm diameters, or P-plus bag, then they were stored at 15°C. *Parkia speciosa seeds cv. Kaow*, which were detached from their pods, were placed on foam tray and packed with polyvinyl chloride (PVC) stretch film, PE bag or PP bag before storing at 5°C and 10°C. *Sweet peppers* were sorted, cleaned and sliced into rounds. Then the vegetables were placed on black plastic tray and packed with PVC stretch film, PE bag, PP bag or oriented polypropylene (OPP) bag prior to storing at 5°C. For vegetable salads, there were two kinds of packing: single vegetable (green cos lettuce and butterhead lettuce) and mixed vegetable salads. Both *green cos lettuce* and *butterhead lettuce* had the same packaging materials. After cleaning and cutting, the vegetables were packed into PP bag, PE bag, OPP bag or modified (MD) bag. Then, both of vegetables were stored at 5°C. *Mixed vegetable salads*, which were cleaned and minimally cut, were packed into PP bag, PP bag with two needle-sized holes, PE bag, PE bag with two needle-sized holes, OPP bag, OPP bag with two needle-sized holes, clear PVC tray with lid, clear polyethylene terephthalate (PET) tray with hinged dome lid or black PP tray with clear lid. The mixed vegetables were stored at 7°C for 12 days.

The results showed that round green eggplants which were packed with all packages except for PE bag had storage life for 12 days at 15°C with changing of sepal color from green to brown. The eggplants with PE bag slightly changed of brown color on sepal slower than others and could store for 16 days with acceptable appearance. Eggplants without stem end and sepal could delay the storage life from 16 days to be 18 days for PE bag and from 12 days to be 15 days for others. *Parkia speciosa* seeds stored at 5°C longer than the ones stored at 10°C with storage life for 30 days. However, packing with PVC stretch film

had a higher rate of weight loss than other packages. Sweet pepper packed into OPP bag had better qualities than packed into other packages after storing for 10 days at 5°C. Both of green cos and butterhead lettuce had the similar results after storing for 12 days at 5°C. O₂ level in OPP bag was lower than the headspace gas from other packages. There were less than 13% of O₂ levels in OPP bag while other packages were averaged at 17%. In contrast, CO₂ levels in this package were higher than ones observed in other packages throughout the storage period. Moreover, green cos lettuce packed into OPP bag had fewer percentages of yellow and brown color on leaves area and also had higher acceptability scores than other packages. The result of mixed vegetable salads had the same pattern with green cos and butterhead lettuce. Mixed salads packed in OPP bag also had higher acceptability scores when stored for 12 days of storage while the salads from other packaging treatments were evaluated as unacceptable.

6. คำนำ:

ปัจจุบัน แนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศมีความนิยมในการบริโภคผักและผลไม้สดมากขึ้น เนื่องจากกระแสสุขภาพทำให้ผู้บริโภคคำนึงถึงการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพที่เน้นการบริโภคผักและผลไม้ เพื่อช่วยส่งเสริมให้ร่างกายแข็งแรงและมีภูมิคุ้มกันโรค ซึ่งผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค (fresh-cut fruit and vegetable products) เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี เพราะมีโภชนาการและคุณค่าทางอาหารสูง (Llorach *et al.*, 2008; University of the District of Columbia, 2015) มีความสะดวกในการรับประทานและเก็บรักษาได้ง่าย นอกจากนี้การผลิตผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคยังเป็นแนวทางการลดความเสียหายและเพิ่มมูลค่าของผลิตผลสด ซึ่งมีธรรมชาติที่เน่าเสียง่ายและอายุการเก็บรักษาสั้นโดยเฉพาะในช่วงฤดูการที่ผลผลิตออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก การนำมาผลิตเป็นผลิตผลพร้อมบริโภคจึงเป็นช่องทางการตลาดของผลิตผลสดอีกรูปแบบหนึ่ง

อย่างไรก็ตาม การทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาผักและผลไม้ตัดแต่งแม้จะมีมากขึ้น แต่งานวิจัยในผักและผลไม้ตัดแต่งบางชนิดยังมีข้อมูลที่ไม่เพียงพอ/แพร่หลาย อีกทั้งยังต้องมีการพัฒนางานวิจัยที่มีอยู่แล้วให้มีความต่อเนื่องและทันสมัยมากขึ้นเพื่อนำเสนอรูปแบบใหม่ และเป็นการตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของบรรจุภัณฑ์สำหรับการบรรจุ ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาคุณสมบัติและรูปแบบที่มีความหลากหลายมากขึ้น อีกทั้งบรรจุภัณฑ์ยังเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคใช้เป็นหนึ่งทางเลือกในการพิจารณาซื้อสินค้าแต่ละชนิดนอกเหนือจากคุณภาพของสินค้านั้นๆ ซึ่งบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทำให้ส่งผลต่อคุณภาพ อายุการเก็บรักษา และอายุการวางจำหน่ายที่แตกต่างกันด้วย เนื่องจากปัญหาที่สำคัญของผักตัดแต่ง คือ การเปลี่ยนแปลงสีของใบและการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด เช่น การเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอม มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ Polyphenol oxidase หรือ PPO (Fujita *et al.*,

1991; Lopez-Galvez *et al.*, 1996) อันเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ ดังนั้น การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมจะมีส่วนช่วยรักษาคุณภาพและทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตผลสดได้นานขึ้น

มะเขือเปราะ (*Solanum melongena* L.) เป็นผักที่รับประทานผล มีอายุได้หลายปี ผลมีรูปร่างกลมแป้น ผิวผลสีเขียวปนเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง สามารถรับประทานเป็นผักสดจิ้มน้ำพริก และใช้ปรุงอาหารได้หลายอย่าง (นิตดา และคณะ, 2550) นอกจากมะเขือเปราะจะมีการปลูกเพื่อรับประทานภายในประเทศแล้ว ประเทศไทยยังมีการส่งออกมะเขือเปราะจำหน่ายยังต่างประเทศด้วย ปัญหาสำคัญในการเก็บรักษามะเขือเปราะคือ การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด เนตรา (2554) ศึกษาวิธีการและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในมะเขือเปราะตัดชิ้น พบว่า การจุ่มมะเขือเปราะในน้ำกลั่น อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ร่วมกับบรรจุภัณฑ์จาก polystyrene (PS) และหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก polyethylene (PE) สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะเขือเปราะตัดชิ้นได้ เป็นเวลา 20 วัน ณ อุณหภูมิการเก็บรักษา 15 องศาเซลเซียส

สะตอ (*Parkia speciosa* Hassk.) เป็นพืชในกลุ่มตระกูลถั่วชนิดหนึ่ง พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย มี 2 ชนิด คือ สะตอดาน ลักษณะฝักตรงไม่บิดเบี้ยว ฝักยาวประมาณ 1 ฟุต กว้างประมาณ 2 นิ้ว ในหนึ่งฝักมีประมาณ 10-20 เมล็ด แต่ละข้อจะมี 8-15 ฝัก มีกลิ่นฉุนจัดเนื้อเมล็ดแน่น และสะตอข้าว ลักษณะฝักบิดเป็นเกลียว ขนาดของฝักใกล้เคียงกับสะตอดานแต่กลิ่นไม่ฉุนเท่า และเนื้อเมล็ดไม่ค่อแน่น แต่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคมาก โดยสะตอจะเริ่มเก็บผลผลิตได้เมื่ออายุได้ 5-6 ปี โดยเริ่มจากการให้ฝักน้อยๆ ต่อปี และจะติดฝักมากเมื่ออายุหลายปี (กรมวิชาการเกษตร, 2558) ผลหรือฝักของสะตอ 1 ฝัก ยาวประมาณ 30-35 เซนติเมตร ริมฝักหนา 2 เซนติเมตร ฝักแก่เปลือกฝักจะเปราะหักง่าย สีเปลือกนอกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลเกือบไหม้ ลักษณะฝักที่พร้อมเก็บเกี่ยวมีลักษณะ คือ สีฝักมีสีเขียวเข้มเป็นมันวาว เปลือกยริเวณหุ้มเมล็ดนูนเห็นเส้นเยื่อใยชัดเจน รูปทรงสะดุดตา เปลือกหุ้มเมล็ดเมื่อแกะออกดูด้านใน ที่บริเวณข้อของเปลือกเป็นสีส้มเข้มเล็กน้อย สะตอทั้งฝักสามารถวางตลาดขายได้ประมาณ 3-4 วัน หลังจากนั้นผิวเปลือกเปลี่ยนเป็นสีดำ และบริเวณเนื้อฝักที่หุ้มเมล็ดจะเริ่มสุกโดยสีเนื้อเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้มและดำในที่สุด (กิตติ, 2559) สะตอสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เกือบทุกส่วน โดยเฉพาะส่วนของยอดอ่อน ผลหรือฝัก ซึ่งนำมาใช้ปรุงเป็นอาหาร ซึ่งความนิยมบริโภคสะตอที่มากขึ้นทำให้เกษตรกรหันมาปลูกสะตอกันอย่างแพร่หลายและมีผลิตผลสะตอสดออกสู่ท้องตลาดมากขึ้น

พริกหวาน (*Capsicum annuum* L.) เป็นพืชที่ได้รับความนิยมนำมาใช้บริโภคอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเป็นแหล่งของวิตามินซี วิตามินอี และโปรวิตามินเอ รวมทั้งสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย (Sun *et al.*, 2007) อย่างไรก็ตาม พริกหวานมักประสบปัญหาอายุการบริโภคสั้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่พริกหวานเป็นพืชที่มีการคายน้ำสูง (Bussel and Kenigsburger, 1975) จากการที่พริกหวานหลังเก็บเกี่ยวยังคงมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทางสรีรวิทยา และชีวเคมีเกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจัดเป็นการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญภายหลังการเก็บเกี่ยวของพริกหวาน โดยปกติการเก็บรักษาที่

อุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดได้ (สายชล เกตุษา, 2528) นอกจากนี้ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาพริกหวานได้เช่นเดียวกัน (Luo and Mitzel, 1996)

ผักสลัดหรือผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) เป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาบริโภคสดและประกอบอาหาร นิพนธ์ (2559) รายงานว่า สลัดมีส่วนประกอบของ น้ำ 95% คาร์โบไฮเดรต 1-2% โปรตีน 1-2% และไขมัน 0.25% สลัดเป็นพืชฤดูเดียว มีลำต้นอวบน้ำและช่วงข้อถี่ ใบจะเจริญจากข้อเป็นกลุ่ม มีลักษณะ รูปร่าง และสีแตกต่างกันตามสายพันธุ์ เช่น ใบกลม ใบรี ใบเรียบหรือมีหยักหรือบิดงอ บางพันธุ์อาจมีใบหนาแข็งและบางพันธุ์อาจมีใบนิ่มอ่อน โดยสีของใบมีสีเขียวอ่อนจนถึงสีเขียวเข้ม สีน้ำตาลปนแดง สีแดง และสีน้ำตาล เป็นต้น บางพันธุ์อาจมีสีเขียวแต่บางพันธุ์อาจมีหลายสี สายพันธุ์ของสลัดแบ่งออกตามลักษณะของต้นและใบ คือ Leaf lettuce (*L. sativa* var. *crispa* L.) บางครั้งเรียก bunching lettuce/ loose-leaf (สลัดใบ/ ผักกาดหอม) สายพันธุ์นี้จะมีลำต้นสั้นและใบเจริญเป็นกระจุก มีใบจำนวนมาก ลักษณะ รูปร่าง และสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ในประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมากกว่าสายพันธุ์อื่นๆ Crisp-head (*L. sativa* var. *capitata* L.) บางครั้งเรียก head lettuce หรือ iceberg type (สลัดปลี ผักกาดหอมท้อ ผักกาดแก้ว หรือสลัดแก้ว) มีใบขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ใบในม้วนและซ้อนกันคล้ายกะหล่ำปลี หัวแน่น ใบแข็งแรง Butterhead (*L. sativa* var. *capitata* Lam.) บางครั้งเรียก Bibb หรือ Boston lettuce (สลัดกึ่งท้อ หรือสลัดบัตเตอร์) ใบจะอ่อนและนิ่ม หอปลีหลวม ใบในจะมีลักษณะคล้ายมีน้ำมันหรือเนยจับที่ผิวใบ Cos หรือ Romaine (*L. sativa* var. *longifolia* Bailey) สลัดคอส หรือ สลัดโรเมน หรือ ผักกาดหวาน ใบมีลักษณะตั้งตรงยาวและท้อ สีเขียวเข้ม เนื้อใบหนามีเส้นใบนูนเด่นออกมาด้านหลัง ใบในจะมีปลายโค้งเขาข้างในทำให้หัวกลมยาว และ Stem (*L. sativa* var. *asparagina*) บางครั้งเรียก As paragus หรือ Celtuce (Celery-lettece) มีลักษณะลำต้นสูง ใบเรียวยาว เจริญติดๆ กันไปจนถึงช่อดอก เหมาะสำหรับเป็นพืชผักสวนครัวสามารถนำไปประกอบอาหารและแปรรูปได้ ผักสลัดมีองค์ประกอบของวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และใยอาหาร โดยเฉพาะผักที่มีใบสีแดง (Nicolle et al., 2004)

แครอท (*Daucus carota* L.) เป็นหนึ่งในพืชที่สำคัญและเป็นที่ยอมรับสำหรับการบริโภค อุดมไปด้วยสารสำคัญทางชีวภาพ เช่น แครโทีนอยด์ (β -carotene) เส้นใยอาหาร และธาตุอาหารที่จำเป็นหลายชนิด ซึ่งเป็นสารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ (นิพนธ์, 2547) และเป็นที่ยอมรับกันว่าแครอทเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) ซึ่งมีส่วนในการเป็นสารยับยั้งการเกิดโรคมะเร็ง (Sharma, 2012) แครอทเป็นพืชที่ปลูกตามฤดูกาล มีการเน่าเสียง่าย หากต้องการเก็บรักษาไว้ได้นานหลังการเก็บเกี่ยวจำเป็นต้องมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เบญจมาศ และคณะ (2550) พบว่า แครอทตัดแต่งพร้อมบริโภคสามารถเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ Low density polyethylene (LDPE) ได้นาน 14 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

การยืดอายุผลผลิตทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยวิธี Modified atmosphere packaging (MAP) นับเป็นเทคนิคการยืดอายุผลผลิตสด หรือผลผลิตตัดแต่งวิธีหนึ่งซึ่งทำโดยการปรับสภาพบรรยากาศรอบผลผลิตภายในบรรจุภัณฑ์ ทำให้องค์ประกอบของแก๊สภายในบรรจุภัณฑ์นั้นเปลี่ยนแปลงไป โดยการปรับนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชผัก ชนิดของบรรจุภัณฑ์ และอุณหภูมิการเก็บรักษา ซึ่งมักทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วน

CO₂ ให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น ในขณะที่ O₂ มีความเข้มข้นต่ำลง สภาพบรรยากาศดัดแปลงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของผลผลิต การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของแก๊สในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถชักนำให้ผลผลิตภายในบรรจุภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางสรีรวิทยาลดลง (Farber *et al.*, 2003) ผลผลิตจึงมีอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายยาวนานขึ้น การใช้ MAP ที่มีผลต่อการรักษาระดับความเข้มข้นของแก๊สรอบผลผลิตที่ประกอบด้วย CO₂ สูงและ O₂ ต่ำยังส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย (Farber *et al.*, 2003)

ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการทดสอบผลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผักตัดแต่งพร้อมบริโภค

7. วิธีดำเนินการ:

- อุปกรณ์
 - ผลิตผลสด ได้แก่ มะเขือเปราะ เมล็ดสะตอ พริกหวาน บัตเตอร์เฮด กรีนคอส เรดโอ๊ก เรลคอร์ล ฟิลเลย์ และแครอท
 - บรรจุภัณฑ์สำหรับการบรรจุ ได้แก่ ถุงพลาสติก polypropylene (PP) ถุงพลาสติก polyethylene (PE) ถุงพลาสติก oriented polypropylene (OPP) ถุงพลาสติกชนิด Modified (MD) ถุงพลาสติกชนิด P-plus ภาตพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) ภาตพลาสติก PVC สีดำแบบมีฝาครอบใส ภาต PVC ใสแบบมีฝาปิด
 - อุปกรณ์สำหรับการล้าง ปอกเปลือก ตัดแต่ง หั่นชิ้น และปั่นแห้ง ได้แก่ กะละมัง ภาตสแตนเลส มีด เครื่องเหวี่ยงสำหรับปั่นแห้ง
 - อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ เครื่องชั่ง เครื่องแก้ว อุปกรณ์สำหรับการไตเตรท เครื่องวัดก๊าซ เครื่องวัดสี เครื่องมือวัดความแน่นเนื้อ เป็นต้น
 - สารเคมีสำหรับการล้างและวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ สารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOCl) สารเคมีสำหรับการไตเตรท

- วิธีการ

1) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษามะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยา

1.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

1.2 นำผลิตผลมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยามาล้างทำความสะอาด ผึ่งผลให้แห้ง ตัดแต่งก้านผล (การทดลองครั้งที่หนึ่ง ตัดก้านผลให้เหลือความยาว 1 เซนติเมตร การทดลองครั้งที่สอง ตัดแต่งก้านผลและกลีบเลี้ยงออก ดังแสดงในภาพที่ 1) จากนั้น นำไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุในถุงชนิด PE (หนา 25 ไมครอน)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุในถุง PP+เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุในถุง PP+เจาะรูขนาด \varnothing 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุในถุง P-plus (หนา 25 ไมครอน)

1.3 บรรจุถุงละ 300-350 กรัมต่อถุง (9 ผลต่อถุง) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สุ่มตรวจสอบคุณภาพผล ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ความสด และการยอมรับคุณภาพ



ภาพที่ 1 ลักษณะการตัดแต่งผลมะเขือเปราะในการทดลองครั้งที่หนึ่ง (ซ้าย) และครั้งที่สอง (ขวา)

2) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาสตอปพันธุ์ข้าวแคะเมล็ด

2.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 3 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

2.2 ผลิตผลสตอปพันธุ์เจ้าพระยาคัดคุณภาพและทำความสะอาด จากนั้นแคะเมล็ดก่อนนำไปเก็บรักษาโดยบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC (สิ่งควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถาดแล้วใส่ถุง PE (หนา 25 ไมครอน)

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถาดแล้วใส่ถุง PP (หนา 25 ไมครอน)

2.3 บรรจุถาดละ 100 กรัม (ภาพที่ 2) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส สุ่มตรวจสอบคุณภาพผลทุกสัปดาห์ โดยการบันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ได้แก่ ปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ก๊าซ C_2H_4 การสูญเสียน้ำหนัก ความสด ความแน่นเนื้อ สีเมล็ด ($L^* a^* b^*$)



ภาพที่ 2 สตอปแคะเมล็ด ณ วันเริ่มต้นการเก็บรักษา

3) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภค

3.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

3.2 นำผลิตผลพริกหวานสีต่างๆ ได้แก่ สีเขียว สีเหลือง และสีแดง มาล้างทำความสะอาดด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ความเข้มข้น 0.02% ผึ่งจนสะเด็ดน้ำ จากนั้นนำมาหั่นโดยฝานเป็นวงหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร ก่อนวางในถาดพลาสติกสีดำแล้วหุ้มด้วยบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ขนาดบรรจุประมาณ 40 กรัม (ภาพที่ 3) ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 หุ้มฟิล์ม PVC

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงพลาสติกชนิด PE

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงพลาสติกชนิด PP

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถุงพลาสติกชนิด OPP

3.3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส บันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ได้แก่ ปริมาณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก ความสด การยอมรับคุณภาพ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic)



ภาพที่ 3 พริกหวานหั่นเป็นวงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ณ วันเริ่มต้น

4) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอส

4.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

4.2 นำผักสลัดกรีนคอส ทั้งในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์และในแปลงปลูกที่ผ่านการคัดคุณภาพแล้ว มาล้างทำความสะอาดในสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 0.02% แล้วหั่นเป็นชิ้นความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ก่อนนำเข้าเครื่องเหวี่ยงเพื่อสลัดน้ำออกด้วยความเร็ว 600 รอบต่อนาที นาน 3 นาที จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติกขนาดบรรจุประมาณ 100 กรัม (ภาพที่ 4) ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ถุงพลาสติกชนิด PP

กรรมวิธีที่ 2 ถุงพลาสติกชนิด PE

กรรมวิธีที่ 3 ถุงพลาสติกชนิด OPP

กรรมวิธีที่ 4 ถุงพลาสติกชนิด Modified (MD)

4.3 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เช็คคุณภาพและบันทึกผลทุก 5 วัน ได้แก่ ปริมาณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก ความสด การเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัด การเกิดใบเหลือง การยอมรับคุณภาพ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic)



ภาพที่ 4 ผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ณ วันเริ่มต้น

5) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักสลัดปัตเตอร์เฮด

5.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 4 กรรมวิธีฯ ละ 3 ซ้ำ

5.2 นำผักสลัดปัตเตอร์เฮด ทั้งในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์และในแปลงปลูกที่ผ่านการคัดคุณภาพแล้ว มาล้างทำความสะอาดในสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 0.02% แล้วหั่นเป็นชิ้นก่อนนำเข้าเครื่องเหวี่ยงเพื่อสลัดน้ำออกด้วยความเร็ว 600 รอบต่อนาที นาน 3 นาที จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติกที่ขนาดบรรจุประมาณ 80 กรัม (ภาพที่ 5) ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ถุงพลาสติกชนิด PP

กรรมวิธีที่ 2 ถุงพลาสติกชนิด PE

กรรมวิธีที่ 3 ถุงพลาสติกชนิด OPP

กรรมวิธีที่ 4 ถุงพลาสติกชนิด Modified (MD)

5.3 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เช็คคุณภาพและบันทึกผลทุก 4 วัน ได้แก่ ปริมาณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก ความสด การเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัด การเกิดใบเหลือง การยอมรับคุณภาพ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic)



ภาพที่ 5 ผักสลัดแบตเตอรี่แฮดตัดแต่งพร้อมบรีโภาคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ณ วันเริ่มต้น

6) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักสลัดรวม

6.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 9 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

6.2 นำผักสลัดชนิดต่างๆ ได้แก่ กรีนคอส บัตเตอร์แฮด ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก เรตโอล์ก เรตคอรัล ซึ่งปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ และแครอทที่ผ่านการคัดคุณภาพแล้ว มาล้างทำความสะอาดแล้วหั่นเป็นชิ้นหรือหั่นฝอยก่อนแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) หรือน้ำเกลือความเข้มข้น 1% เพื่อช่วยลดการเกิดอาการสีน้ำตาลที่รอยตัด จากนั้นบรรจุในภาชนะบรรจุ (ภาพที่ 6) ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ภาตพลาสติก+ถุง PP

กรรมวิธีที่ 2 ภาตพลาสติก+ถุง PP เจาะรู

กรรมวิธีที่ 3 ภาตพลาสติก+ถุง PE

กรรมวิธีที่ 4 ภาตพลาสติก+ถุง PE เจาะรู

กรรมวิธีที่ 5 ภาตพลาสติก+ถุง OPP

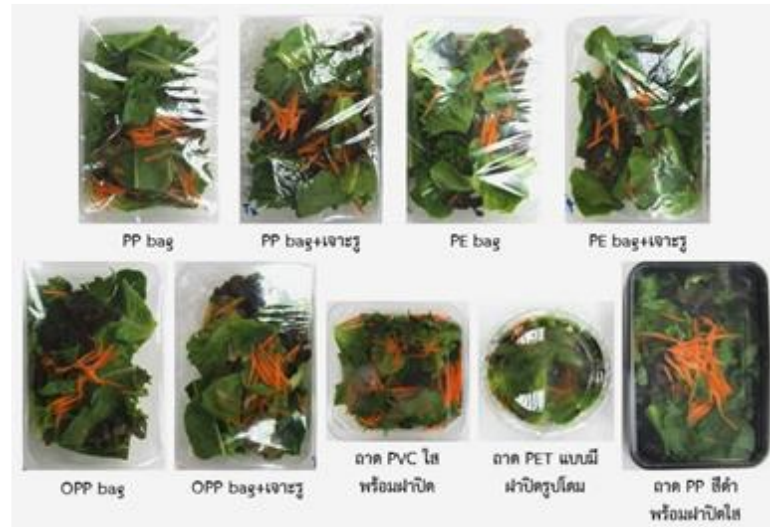
กรรมวิธีที่ 6 ภาตพลาสติก+ถุง OPP เจาะรู

กรรมวิธีที่ 7 ภาตพลาสติก PVC ใสพร้อมฝาปิด

กรรมวิธีที่ 8 ภาตพลาสติก PET แบบมีฝาปิดรูปโดม

กรรมวิธีที่ 9 ภาตพลาสติก PP สีดำพร้อมฝาปิดใส

6.3 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เช็คคุณภาพและบันทึกผลทุก 4 วัน ได้แก่ ปริมาณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก ความสด การยอมรับคุณภาพ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic)



ภาพที่ 6 ผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

7) การบันทึกผล

บันทึกผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี คุณภาพการยอมรับ และ ปริมาณจุลินทรีย์ ได้แก่

7.1 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss, %)

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักตัวอย่าง ณ วันที่เช็คคุณภาพ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

7.2 ปริมาณก๊าซ O₂ CO₂ และ C₂H₄ ภายในบรรจุภัณฑ์

วัดปริมาณก๊าซ O₂ (%) และ CO₂ (%) ภายในบรรจุภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดปริมาณก๊าซ รุ่น Checkmate3 และ วัดปริมาณก๊าซ C₂H₄ (μL.L⁻¹) ภายในบรรจุภัณฑ์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography รุ่น Shimadzu GC 14B

7.3 การเปลี่ยนแปลงสี

ใช้เครื่องวัดสีระบบดิจิตอล (Color Reader) Minolta CR-10 ในระบบ Hunter Lab เป็น L* a* b* (Hunt, 1998) โดยที่

ค่า L* คือ ค่าแสดงความสว่างของสี (Lightness) มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 (ค่า 0 = มืด และ ค่า 100 = สว่าง)

ค่า a* คือ ค่าแสดงความแดงและเขียว (Redness/Greenness) ถ้าค่า a* มีค่าไปทางบวก หมายถึง สีแดง และถ้าค่า a* มีค่าไปทางลบ หมายถึง สีเขียว

ค่า b* คือ ค่าแสดงความเหลืองและน้ำเงิน (Yellowness/Blueness) ถ้าค่า b* มีค่าไปทางบวก หมายถึง สีเหลือง และถ้าค่า b* มีค่าไปทางลบ หมายถึง สีน้ำเงิน

7.4 ความสด

ให้เป็นคะแนนที่ 5 ระดับคะแนน คือ 5= สดมาก 4= สด 3= สดเล็กน้อย/เริ่มเหี่ยว 2= เหี่ยว และ 1= เหี่ยวมาก/หมดสภาพ

7.5 การเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัด

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจากพื้นที่รอยตัดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์

7.6 การเกิดใบเหลือง

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของใบจากพื้นที่ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์

7.7 คุณภาพการยอมรับ

ประเมินจากคะแนนการยอมรับ ที่ระดับคะแนน 1 = ยอมรับได้ และ 2 = ไม่ยอมรับ

7.8 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic)

ประเมินโดยใช้วิธีการตรวจสอบที่รวดเร็วด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (3M Petrifilm™ Plates) ชนิด Aerobic Count Plate โดยชั่งตัวอย่างอาหารหนัก 25 กรัม ใส่ถุงพลาสติก บดตัวอย่างให้ละเอียดแล้วใส่ในขวดที่มีบัฟเฟอร์ปราศจากเชื้อปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้ตัวอย่างที่เจือจางในอัตราส่วน 1:10 จากนั้นวางแผ่น Petrifilm บนระนาบเรียบ หยดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงบนแผ่นอาหารเลี้ยงเชื้อด้านล่าง แล้วค่อยๆ ปล่อยแผ่นฟิล์มด้านบนลงมา (ต้องระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ) วางตัวกดพลาสติก (spreader) บนแผ่นฟิล์มด้านบนแล้วออกแรงกด รอให้เจลแข็งตัวประมาณ 1 นาที ก่อนนำแผ่นไปบ่มที่อุณหภูมิและระยะเวลาตามแต่ชนิดของ Petrifilm จากนั้นตรวจหาจำนวนเชื้อที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่างโดยการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ในพื้นที่วงกลม 20 ตารางเซนติเมตร (สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 1 ตารางเซนติเมตร) รายงานผลของเชื้อเป็นจำนวนที่นับได้ทั้งหมด มีหน่วยเป็น Log CFUg^{-1}

8) ข้อมูลคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 1 สมบัติความหนา อัตราการซึมผ่านของออกซิเจน (oxygen Transmission Rate, OTR) และ อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) ของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้สำหรับการทดลอง

ชนิดของบรรจุภัณฑ์	ความหนา (มม.)	ค่า OTR	ค่า WVTR
		($\text{cc/m}^2/\text{day}$) ที่ 23°C 0% RH	($\text{g/m}^2/\text{day}$) ที่ 38°C 90% RH
ถุงชนิด polypropylene (PP)	0.030	9,963	14.8
ถุงชนิด polyethylene (PE)	0.025	10,262	18.2
ถุงชนิด oriented polypropylene (OPP)	0.024	1,352	4.05
ถุงชนิด Modified (MD)	0.025	10,881	19.6
ถุงชนิด P-Plus	0.025	n/a	n/a
ฟิล์มยืด polyvinylchloride (PVC)	0.255	6,500*	-
ถาด PVC พร้อมฝาปิด	0.255	-	-
ถาด polyethylene terephthalate (PET) tray with dome lid	0.198	-	-
black PP tray with clear lid	0.453	-	-

หมายเหตุ * อ้างอิงจาก Jay *et al.* (2005) n/a = not available

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลา

เริ่มต้น ตุลาคม 2556 สิ้นสุด กันยายน 2558

สถานที่ทำการทดลอง

ตีปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน

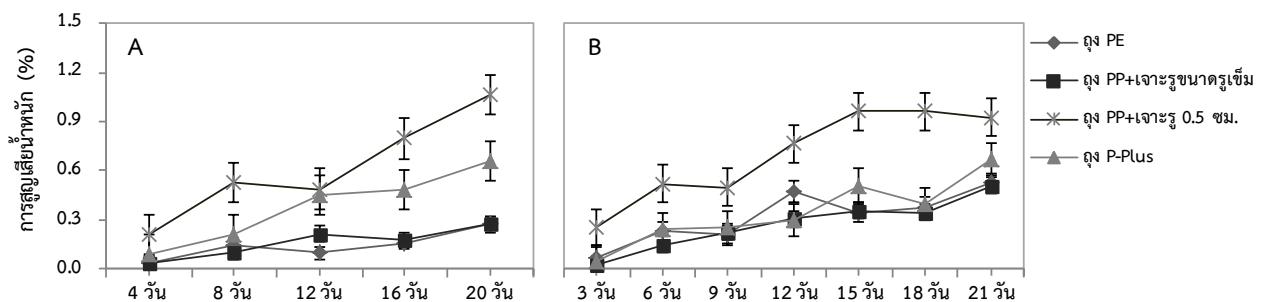
กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์:

1) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษามะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยา

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

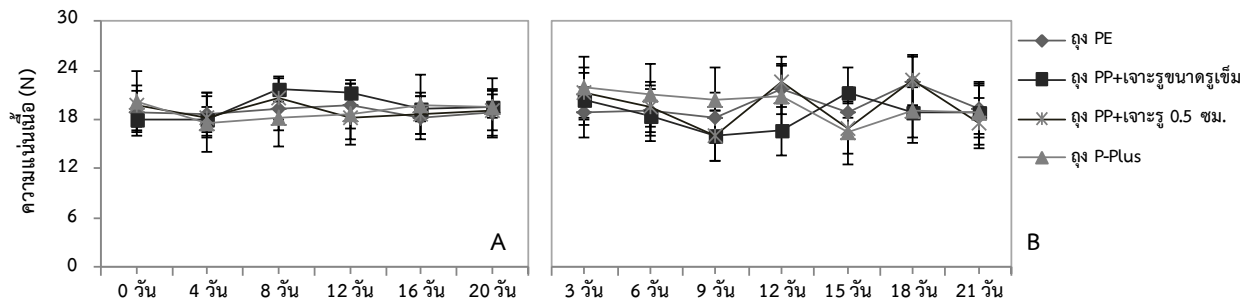
มะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาทั้งแบบตัดแต่งขั้วผลเหลือ 1 เซนติเมตร และแบบตัดแต่งขั้วผลและกลีบเลี้ยงออกในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิด มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นหลังการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยที่ทั้งสองรูปแบบมีผลการทดลองที่คล้ายคลึงกัน คือ มะเขือเปราะบรรจุในถุง PP แล้วเจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตร มีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษา โดยมีการสูญเสียน้ำหนัก 1.06% และ 0.92% หลังการเก็บรักษานาน 20 และ 21 วัน ตามลำดับ รองลงมาคือ ถุงชนิด P-plus ส่วนการบรรจุในถุง PE และถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็มมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 7A และ 7B) ซึ่งการที่ถุง PP เจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตร มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเป็นเพราะการเจาะรูที่ถุงทำให้ความชื้นสามารถระเหยออกสู่ภายนอกได้ จึงมีการสะสมของไอน้ำภายในบรรจุภัณฑ์น้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ



ภาพที่ 7 การสูญเสียน้ำหนักของมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาแบบตัดแต่งขั้วผลเหลือ 1 เซนติเมตร (A) และแบบตัดแต่งขั้วผลและกลีบเลี้ยงออก (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

ความแน่นเนื้อ

มะเขือเปราะที่ทำการตัดแต่งทั้งสองรูปแบบในทุกบรรจุภัณฑ์มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 8) แสดงให้เห็นว่าชนิดและสภาวะของบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพความแน่นเนื้อหรือความกรอบของมะเขือเปราะ

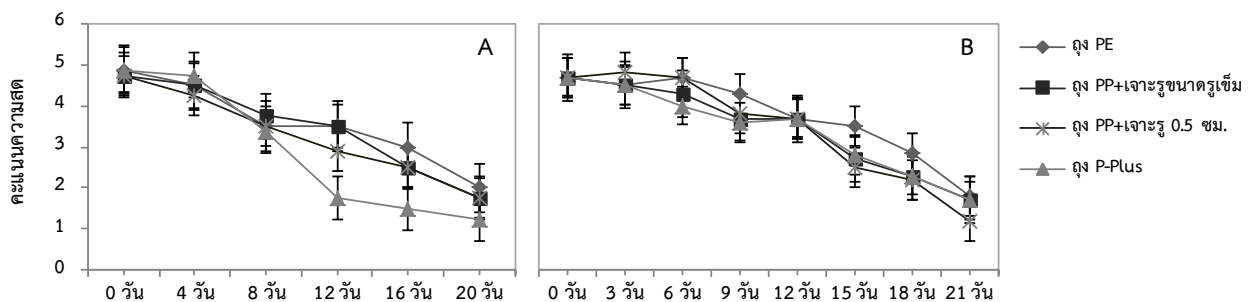


ภาพที่ 8 ความแน่นเนื้อของมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาแบบตัดแต่งชั่วผลเหลือ 1 เซนติเมตร (A) และแบบตัดแต่งชั่วผลและกลีบเลี้ยงออก (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

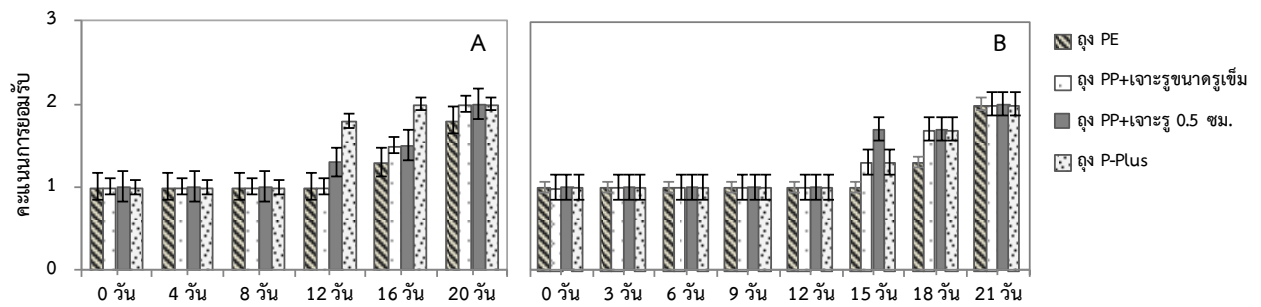
ความสด และคุณภาพการยอมรับ

มะเขือเปราะที่ทำการตัดแต่งทั้งสองรูปแบบมีคะแนนความสดลดลงหลังการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยมะเขือเปราะที่ตัดแต่งชั่วและกลีบเลี้ยงออกมีการลดลงของคะแนนความสดช้ากว่ามะเขือเปราะที่ยังเหลือชั่วผล (ภาพที่ 9) ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและการเหี่ยวของผลมะเขือเกิดขึ้นที่บริเวณกลีบเลี้ยงชัดเจนและเร็วกว่าบริเวณอื่น (Diaz-Perez, 1998) จึงทำให้คุณภาพและคะแนนความสดลดลง

มะเขือเปราะที่ผ่านการตัดแต่งทั้งสองรูปแบบแล้วบรรจุในถุง PE ก่อนเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส มีคะแนนคุณภาพการยอมรับที่ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ที่อายุการเก็บรักษานาน 16 และ 18 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 9 คะแนนความสดของมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาแบบตัดแต่งชั่วผลเหลือ 1 เซนติเมตร (A) และแบบตัดแต่งชั่วผลและกลีบเลี้ยงออก (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 10 คะแนนการยอมรับของมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาแบบตัดแต่งขั้วผลเหลือ 1 เซนติเมตร (A) และแบบตัดแต่งขั้วผลและกลีบเลี้ยงออก (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (คะแนน 1 คือ ยอมรับ และคะแนน 2 คือ ไม่ยอมรับ)

อายุการเก็บรักษา

จากตารางที่ 2 แสดงอายุการเก็บรักษาของมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาที่รูปแบบการตัดแต่งและบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ พบว่า มะเขือเปราะแบบตัดแต่งขั้วผลเหลือ 1 เซนติเมตร ทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของกลีบเลี้ยง ซึ่งทำให้ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของมะเขือ อย่างไรก็ตาม ผลที่บรรจุในถุง PE มีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลไม่ชัดเจนจึงสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น โดยสามารถเก็บได้นานถึง 16 วัน สำหรับผลมะเขือเปราะที่ทำการตัดแต่งกลีบเลี้ยงออกก่อนการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แบบเดียวกัน พบว่า หลังเก็บรักษานาน 3 วัน บริเวณรอยตัดเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แต่ยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับนานกว่า 16 วัน ยกเว้นผลที่บรรจุในถุง PP เจาะรูขนาด \varnothing 0.5 เซนติเมตร ผลมะเขือเปราะมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่าเนื่องจากการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของผิวผลและการเหี่ยวแห้งที่รอยตัดบริเวณกลีบเลี้ยงจากการสูญเสีย น้ำ โดยผลมะเขือบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ คือ ถุง PE ถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็ม ถุง PP เจาะรูขนาด \varnothing 0.5 เซนติเมตร และถุง P-plus มีอายุการเก็บรักษานาน 18 16 13 และ 16 วัน ตามลำดับ

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ PE ความหนา 25 ไมครอน ให้ผลดีและเหมาะสมสำหรับการบรรจุมะเขือเปราะ โดยช่วยให้เก็บรักษามะเขือเปราะที่มีการตัดแต่งขั้วผลเหลือ 1 เซนติเมตร และแบบตัดแต่งขั้วผลและกลีบเลี้ยงออกได้นาน 16 และ 18 วัน ตามลำดับ อีกทั้งถุง PE มีต้นทุนต่อใบในราคาที่ไม่สูงมาก (0.50 บาท) ทำให้สามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

ตารางที่ 2 อายุการเก็บรักษาของมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาแบบตัดแต่งข้อผลเหลือ 1 ซม. และแบบตัดแต่งข้อผลและกลีบเลี้ยงออก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

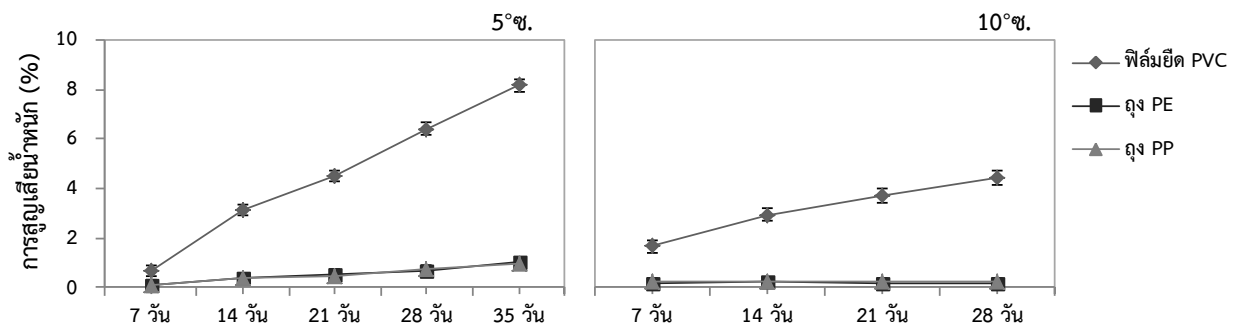
กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน) ที่อุณหภูมิ 15°ซ.	
	มะเขือเปราะไว้กลีบเลี้ยง + ก้านผลยาวไม่เกิน 1 ซม.	มะเขือเปราะที่ตัดข้อและกลีบเลี้ยงออก
บรรจุถุงชนิด PE	16.0 a	18.0 a ^{1/}
บรรจุถุงชนิด PP+เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 8 รู	14.7 a	16.0 a
บรรจุถุงชนิด PP+เจาะรูขนาด Ø 0.5 ซม. จำนวน 8 รู	13.3 a	13.0 b
บรรจุถุงชนิด P-plus	9.3 b	16.0 a
%CV	15.0	9.5

^{1/}ตัวอักษร ab ที่แตกต่างกันในตารางที่คอลัมภ์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) โดยวิธี DMRT

2) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาสะท้อนพันธุ์ข้าวแคะเมล็ด

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

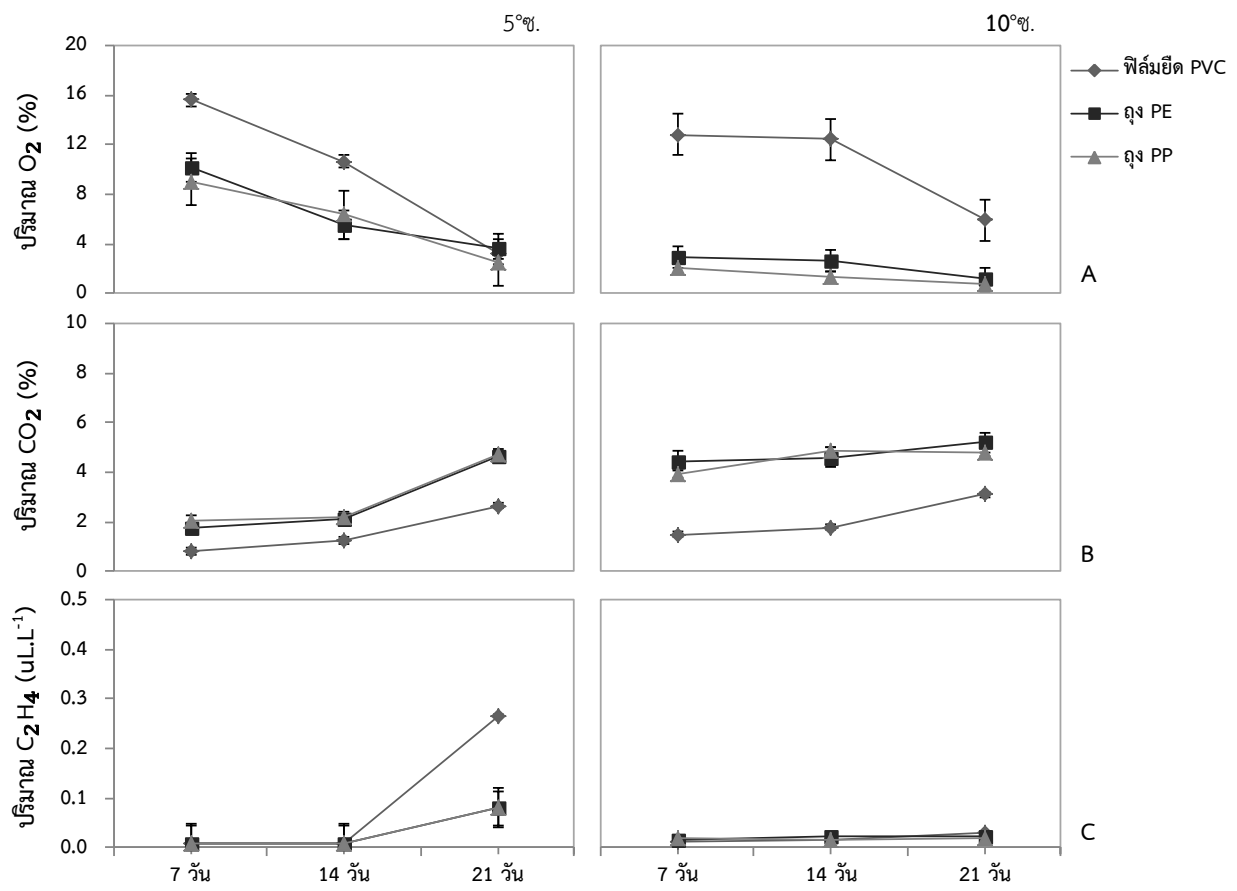
สะท้อนเมล็ดทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามการเสื่อมสภาพของเมล็ดสะท้อนตามระยะเวลาของการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 11) สอดคล้องกับผลการทดลองของ กิติพงษ์ และคณะ (2549) ในการศึกษาการเก็บรักษาผักสะตอข้าวที่เคลือบสารเคลือบสารคาร์บูบาแว็กซ์ทางการค้าในห้องเย็นที่อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักของผักสะตอเพิ่มขึ้นตามการเสื่อมเสียของผักสะตอ โดยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาจากที่ระยะเวลาเริ่มต้นถึงวันที่ 10 ของการเก็บรักษา และหลังจากนั้นการสูญเสียน้ำหนักของผักสะตอข้าวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สำหรับผลของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุ พบว่า เมล็ดสะท้อนที่บรรจุแล้วหุ้มฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ (ถุง PE และถุง PP) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 5 และ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 11) ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุมาจากความแตกต่างในคุณสมบัติและวิธีการบรรจุของบรรจุภัณฑ์ ซึ่งถุง PE และ PP มีลักษณะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึก ประกอบกับคุณสมบัติของอัตราการซึมผ่านของไอน้ำที่ไม่ได้สูงมากนัก (18.2 และ 14.8 g/m²/day ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ตามลำดับ) ขณะที่การหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีช่องที่ไอน้ำสามารถระเหยออกมาได้จึงทำให้การสูญเสียน้ำหนักและน้ำหนักเกิดขึ้นสูงกว่าบรรจุภัณฑ์อีกสองชนิด



ภาพที่ 11 การสูญเสียน้ำหนักของสะดอพันธุ์ข้าวแกะเมล็ด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

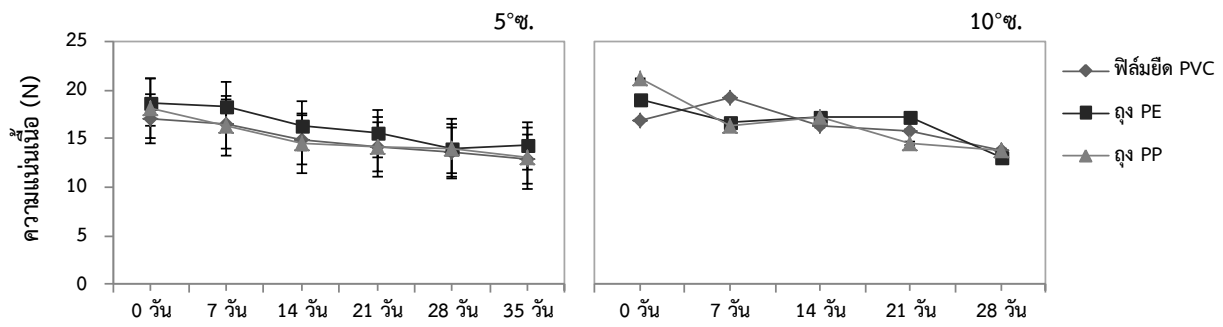
เมล็ดสะดอที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกัน คือ มีการลดลงของปริมาณ O_2 และการเพิ่มขึ้นของปริมาณ CO_2 ซ้ำกว่าบรรจุภัณฑ์อีกสองชนิด (ภาพที่ 12A และ 12B) ทั้งนี้เนื่องจากการห่อหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC ยังคงมีช่องว่างที่อากาศสามารถผ่านเข้าออกได้ ทำให้มีการไหลเข้าของ O_2 และการไหลออกของ CO_2 แม้ว่าฟิล์มยืด PVC มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซ O_2 เท่ากับ $6,500 \text{ cc/m}^2/\text{day}$ (Jay *et al.*, 2005) ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ PE และ PP ($10,262$ และ $9,963 \text{ cc/m}^2/\text{day}$ ที่ 23°C 0% RH ตามลำดับ) โดยเมล็ดสะดอซึ่งถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PE และ PP ในสภาวะปิดผนึกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เกิดการลดลงของปริมาณ O_2 และการเพิ่มของ CO_2 เร็วกว่าเมล็ดที่เก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะการเก็บรักษาผลผลิตสดในอุณหภูมิต่ำสามารถช่วยควบคุมอัตราการหายใจให้ช้าลงได้ (จริงแท้, 2549; นิธิยาและदनัย, 2548) ส่วนปริมาณ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสามชนิดของเมล็ดสะดอเก็บรักษาที่ 5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณ C_2H_4 ที่วัดได้มีค่าต่ำและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 12C) ที่เป็นเช่นนี้เพราะสะดอเป็นพืชประเภท non-climacteric ซึ่งมีการสร้างก๊าซ C_2H_4 ภายในเนื้อเยื่อแต่ในอัตราหรือปริมาณที่ต่ำ (Kays, 1991)



ภาพที่ 12 ปริมาณก๊าซ O₂ (A) CO₂ (B) และ C₂H₄ (C) ภายในบรรจุภัณฑ์ของส่ตอพันธุ์ข้าวแคะเมล็ดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

ความแน่นเนื้อ

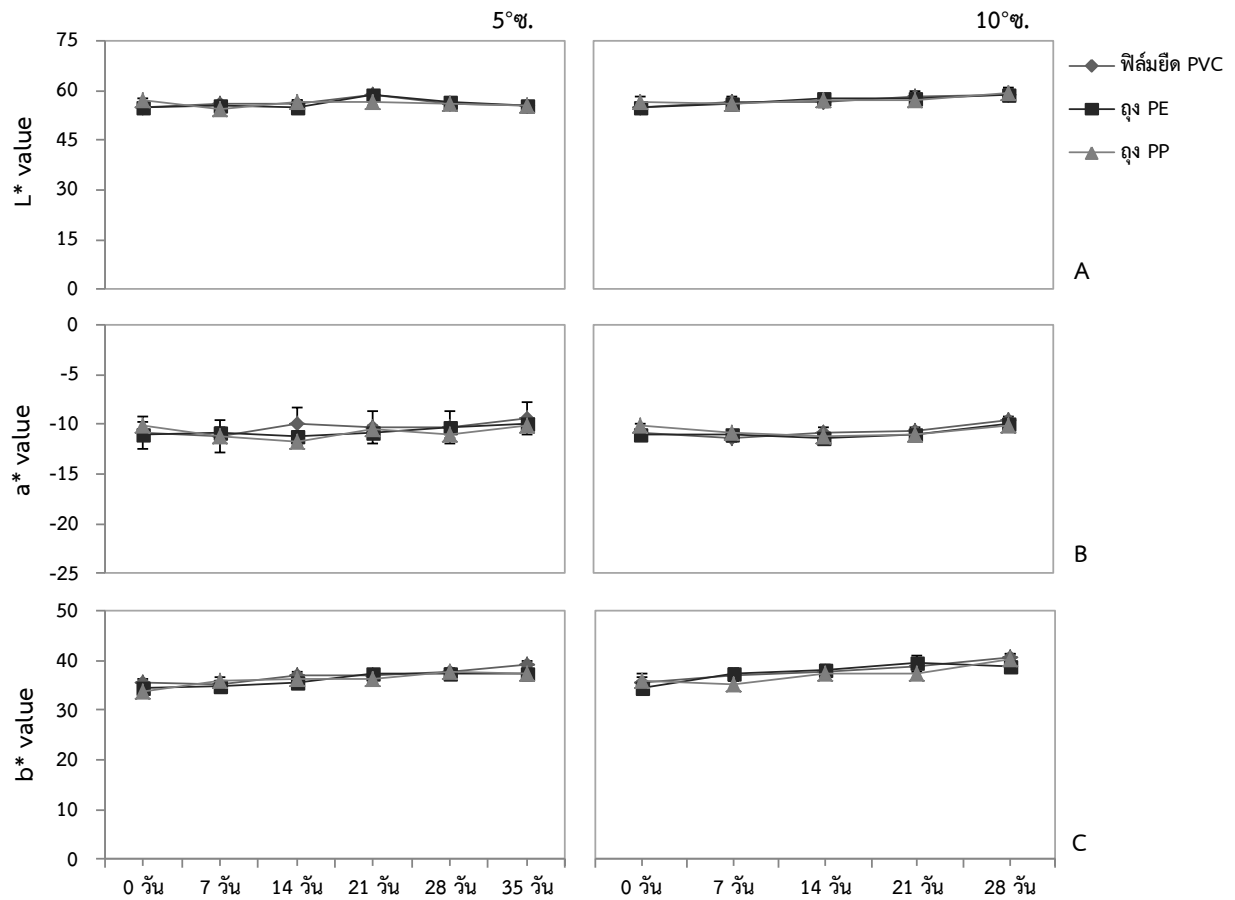
ความแน่นเนื้อของเมล็ดส่ตอในบรรจุภัณฑ์ทั้งสามชนิดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษา โดยมีค่าเฉลี่ย 18.0 และ 19.0 นิวตัน ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ในวันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นลดลงเป็น 13.4 และ 13.6 นิวตัน ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 13) แสดงให้เห็นว่า บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเมล็ดส่ตอ



ภาพที่ 13 ความแน่นเนื้อของส้ตอพันธุ์ข้าวแคะเมล็ดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงสี ความสด และคุณภาพการยอมรับ

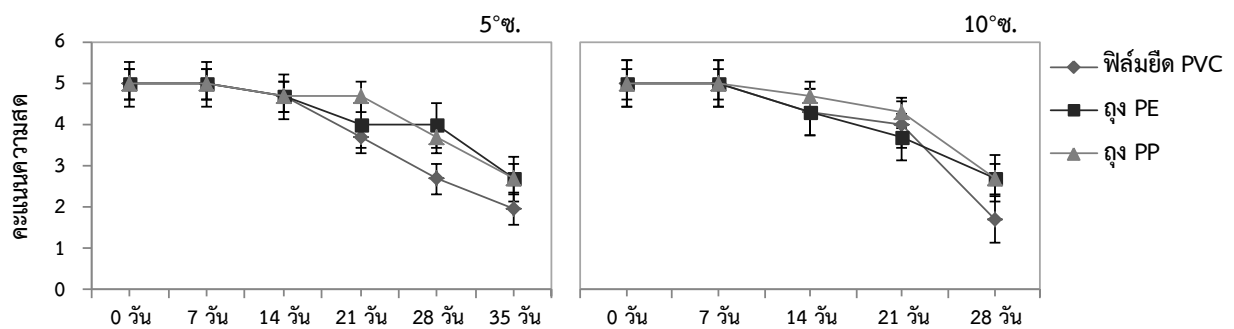
การเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดส้ตอระหว่างการเก็บรักษาจากการวัดค่าสีเมล็ดในรูปค่า L^* a^* และ b^* ตามระบบฮันเตอร์ (Hunter) พบว่า ค่า L^* หรือค่าความสว่างของผิวเมล็ดส้ตอที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสามชนิด (PVC PE หรือ PP) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 55.6 และ 57.3 ตามลำดับ (ภาพที่ 14A) ขณะที่ค่า a^* ของเมล็ดส้ตอทุกกรรมวิธีมีค่าเป็นลบตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา แสดงว่า เมล็ดส้ตอยังคงมีความเป็นสีเขียวอยู่บนเมล็ด แต่ค่า a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นการบ่งบอกว่าเมื่อเก็บรักษาเมล็ดส้ตอนานขึ้น ค่าความเป็นสีเขียวของเมล็ดส้ตอลดลง และการที่ค่า a^* ของเมล็ดส้ตอทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติมีความหมายว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเขียวของเมล็ดส้ตอ (ภาพที่ 14B) ส่วนค่า b^* ของเมล็ดส้ตอในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีค่าเป็นบวกและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คือ มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 34.7 ถึง 37.9 และ 35.4 ถึง 39.9 ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 14C) แสดงให้เห็นว่า เมล็ดส้ตอมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติเช่นเดียวกับค่า L^* และ a^* ซึ่งในการทดลองครั้งนี้มีผลสอดคล้องกับการศึกษาของ กิติพงษ์ และคณะ (2549) ในส่วนของค่า a^* ที่พบว่ามีความเข้มเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเก็บรักษาเมล็ดส้ตอนานขึ้น



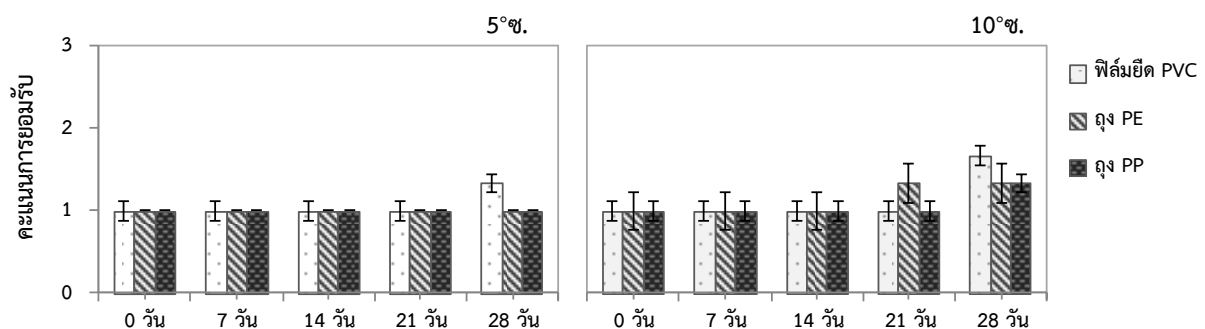
ภาพที่ 14 ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (L^* a^* และ b^*) ของส้ตอพันธุ์ข้าวแคะเมล็ด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

สำหรับค่าคะแนนความสดของเมล็ดส้ตอ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีคะแนนความสดลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา ดังแสดงในภาพที่ 15 โดยเมล็ดส้ตอที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC มีคะแนนความสดลดลงเร็วกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นทั้งสองอุณหภูมิที่ทำการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมล็ดส้ตอที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC มีการสูญเสียไอน้ำระหว่างการเก็บรักษามากกว่าบรรจุภัณฑ์ PE และ PP ซึ่งการที่ผลิตผลสดมีการสูญเสียไอน้ำมากขึ้นส่งผลให้การเสื่อมเสียลักษณะทางกายภาพของผลิตผลสดเกิดเร็วขึ้น (จริงแท้, 2549) นอกจากนี้ อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนความสดของเมล็ดส้ตอ เห็นได้จากเมล็ดส้ตอเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส มีค่าคะแนนความสดที่ลดลงช้ากว่าเมล็ดส้ตอซึ่งเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส โดยคะแนนความสดของเมล็ดส้ตอที่ 5 องศาเซลเซียสมีค่าต่ำกว่า 3 คะแนน (เมล็ดส้ตอสดมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อมีคะแนนความสดต่ำกว่า 3 คะแนน) เมื่อเก็บรักษานาน 35 วัน ด้วยบรรจุภัณฑ์ PE และ PP และ 28 วัน สำหรับเมล็ดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC ขณะที่เมล็ดส้ตอในทุกบรรจุภัณฑ์ซึ่งเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีคะแนนความสดลดลงถึง 3 คะแนน หลังการเก็บรักษานาน 28 วัน (ภาพที่ 15) ซึ่งจากค่าคะแนนความสดนี้ส่งผลต่อการให้คะแนน

การยอมรับของเมล็ดสะตอที่พบว่า เมล็ดสะตอที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC มีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับเร็วกว่าบรรจุภัณฑ์อีกสองชนิด และเมล็ดสะตอเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส สูญเสียการยอมรับเร็วกว่าผลที่ 5 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 16) แสดงให้เห็นว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อความสดและการเร่งปฏิกิริยาการเสื่อมสลายภายในผลิตผลสด โดยผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่าช่วยรักษาความสด ชะลอการเสื่อมคุณภาพได้ดีกว่าผลที่เก็บที่อุณหภูมิที่สูงกว่า เนื่องจากการเก็บรักษาผลิตผลสดในอุณหภูมิต่ำสามารถช่วยควบคุมอัตราการหายใจให้ช้าลงได้ (จริงแท้, 2549; นิธิยาและदनัย, 2548) จึงช่วยชะลอการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตผลสดให้เกิดขึ้นช้าลงได้



ภาพที่ 15 คะแนนความสดของสะตอพันธุ์ข้าวแคะเมล็ด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 16 คะแนนการยอมรับของสะตอพันธุ์ข้าวแคะเมล็ด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส (คะแนน 1 = ยอมรับ คะแนน 2 = ไม่ยอมรับ)

อายุการเก็บรักษา

สะตอแคะเมล็ดทุกกรรมวิธีสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ได้นานถึง 21 วัน โดยที่คุณภาพภายนอกยังเป็นที่ยอมรับไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเมล็ดสะตอเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า

ช่วยให้เก็บรักษาได้นานกว่าเมล็ดสะตอซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่สูงกว่า โดยเมล็ดสะตอบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PE และ PP แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ช่วยให้เก็บรักษาได้นานเฉลี่ยถึง 30 วัน ขณะที่การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC ที่อุณหภูมิเดียวกันเก็บรักษาได้นานเฉลี่ย 26 วัน ส่วนเมล็ดสะตอที่ทำการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ช่วยให้เก็บได้นาน 25 วัน สำหรับบรรจุภัณฑ์ PE และ PP และนานเพียง 23 วัน ในกรณีที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ PVC (ตารางที่ 3) ซึ่งอายุการเก็บรักษาของเมล็ดสะตอนี้สอดคล้องกับผลของคะแนนความสดและคะแนนการยอมรับ (ภาพที่ 15 และ 16) แสดงให้เห็นว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ PE หรือ PP ในการบรรจุสะตอแคะเมล็ดร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (5 องศาเซลเซียส) มีความเหมาะสมในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของเมล็ดสะตอได้นานขึ้นกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และสามารถแนะนำให้ใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ เนื่องจากต้นทุนของถุง PE และ PP ความหนา 25 ไมครอน มีราคาไม่สูงมาก (ราคา 0.50 บาท ต่อถุง) และสามารถหาซื้อได้ง่าย

ตารางที่ 3 อายุการเก็บรักษาของสะตอแคะเมล็ดที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

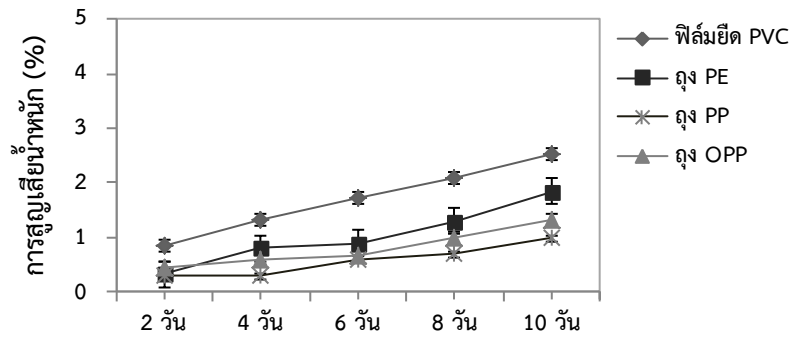
กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน) ที่อุณหภูมิ	
	5°C.	10°C.
หุ้มด้วยฟิล์ม PVC	26	23
บรรจุถุงชนิด PE	30	26
บรรจุถุงชนิด PP	30	26
%CV	14.04 (ns)	16.24 (ns)

หมายเหตุ ns หมายถึง ค่าข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภค

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

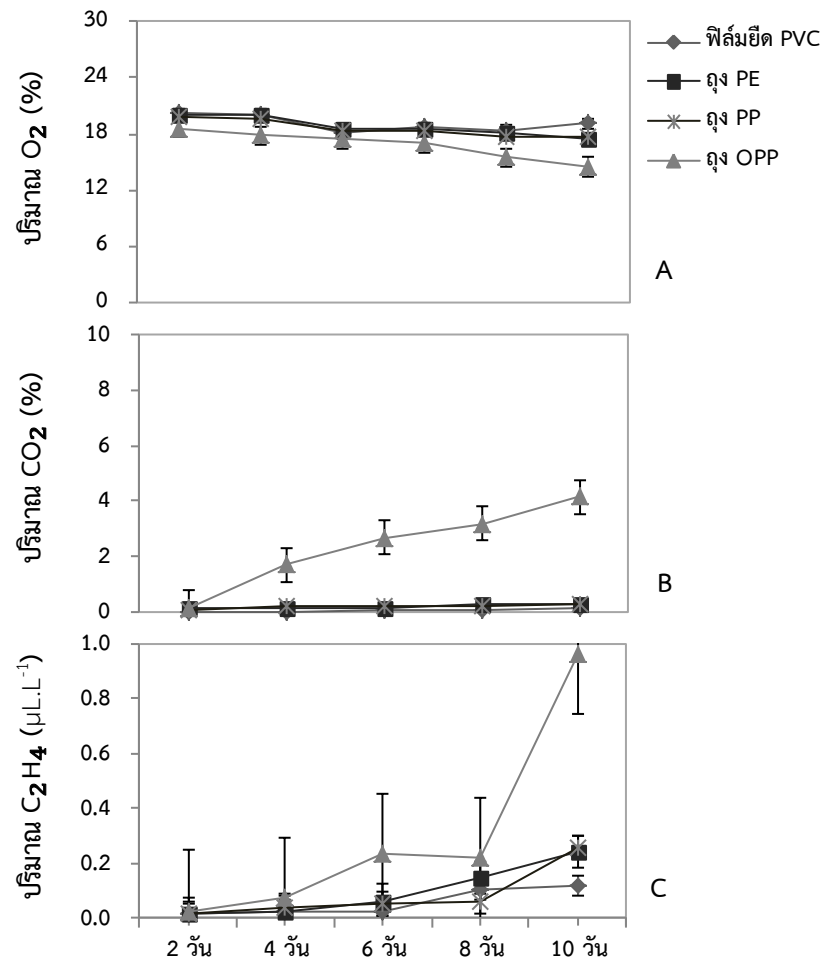
พริกหวานหั่นชิ้นพร้อมบริโภคทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยพริกหวานที่บรรจุในถาดและหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ (ถุง PE PP และ OPP) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 17) ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของคุณสมบัติและวิธีการบรรจุของบรรจุภัณฑ์ (เช่นเดียวกับการบรรจุสะตอแคะเมล็ด) ซึ่งถุง PE PP และ OPP มีลักษณะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึก ประกอบกับสมบัติของอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้สูงมาก (18.2 14.8 และ 4.05 g/m²/day ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ตามลำดับ) ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวยังคงมีความชื้นสะสมอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ พริกหวานจึงมีค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำ ขณะที่การหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีช่องที่ไอน้ำสามารถระเหยออกมาได้จึงทำให้พริกหวานมีการสูญเสียความชื้นและน้ำหนักเกิดขึ้นสูงกว่าพริกหวานในบรรจุภัณฑ์อีกสามชนิด



ภาพที่ 17 การสูญเสียไอน้ำหนักของพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

ปริมาณก๊าซทั้งสามชนิด (O_2 , CO_2 และ C_2H_4) ภายในบรรจุภัณฑ์พริกหวานตัดแต่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน นั่นคือ ปริมาณก๊าซ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณลดลง ส่วนปริมาณ CO_2 มีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วยความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ขณะที่ปริมาณ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ OPP มีการเพิ่มขึ้นสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเช่นเดียวกับปริมาณ CO_2 แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในวันแรกของการทดลอง บรรจุภัณฑ์ PVC PE PP และ OPP มีปริมาณ O_2 เหลือ 20.2 20.0 19.8 และ 18.6% ตามลำดับ แต่หลังจากเก็บรักษานาน 10 วัน บรรจุภัณฑ์ PVC PE PP และ OPP มีปริมาณ O_2 เป็น 19.1 17.5 17.5 และ 14.5% ตามลำดับ (ภาพที่ 18A) ส่วนปริมาณ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 0.2 0.3 0.3 และ 4.2% ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน (ภาพที่ 18B) สำหรับปริมาณ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์ PVC PE PP และ OPP มีการเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษาเป็น 0.1 0.2 0.3 และ 1.0 $\mu L \cdot L^{-1}$ หลังการเก็บรักษานาน 10 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 18C) ที่เป็นเช่นนี้เพราะสมบัติการซึมผ่านก๊าซ O_2 ของบรรจุภัณฑ์ OPP ที่มีค่าต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ (อัตราการซึมผ่านก๊าซ O_2 เท่ากับ 1,352 $cc/m^2/day$) เมื่อพืชมีการนำ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์มาใช้ในการหายใจเผาผลาญอาหารสะสมจำพวกคาร์โบไฮเดรตให้เป็น CO_2 น้ำ และพลังงาน สำหรับใช้ในการดำรงชีพ (จริงแท้, 2549) ในระยะเริ่มต้นภายในบรรจุภัณฑ์ยังมีปริมาณ O_2 อยู่มาก แต่ปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ซึ่งถูกนำไปใช้นี้จะลดต่ำลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์ OPP มีอัตราการซึมผ่านก๊าซ O_2 น้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ทำให้ปริมาณ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ลดต่ำลงเร็วกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเนื่องจากปริมาณ O_2 จากภายนอกที่ซึมผ่านเข้ามาภายในน้อยกว่าปริมาณที่ถูกใช้ไป ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ CO_2 ที่เพิ่มสูงขึ้น เพราะค่าอัตราการซึมผ่านก๊าซ CO_2 ที่ต่ำ ทำให้มีการสะสมปริมาณ CO_2 ที่เกิดจากการหายใจภายในบรรจุภัณฑ์ OPP สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา และเช่นเดียวกันในปริมาณ C_2H_4 ผลจากสมบัติการซึมผ่านก๊าซของบรรจุภัณฑ์ ทำให้ปริมาณ C_2H_4 ที่สะสมภายในบรรจุภัณฑ์ OPP สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ (PVC PE และ PP)

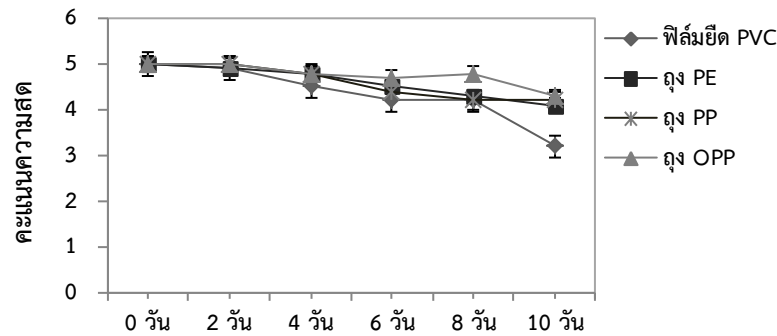


ภาพที่ 18 ปริมาณก๊าซ O₂ (A) CO₂ (B) และ C₂H₄ (C) ภายในบรรจุภัณฑ์ของพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภค ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

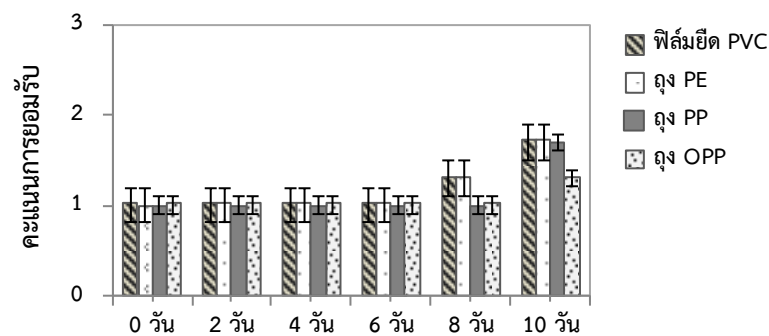
ความสด และคุณภาพการยอมรับ

พริกหวานที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด OPP มีคุณภาพโดยรวมดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น โดยมีคะแนนความสดสูงกว่า และยังคงมีคุณภาพที่ยอมรับได้มากกว่าเมื่อเก็บรักษานานถึง 10 วัน ขณะที่บรรจุภัณฑ์ PVC มีคะแนนความสดต่ำสุดหลังการเก็บรักษานาน 10 วัน (ภาพที่ 19 และ 20) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเก็บรักษาพริกหวานตัดแต่งในบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติต่างกัน จึงส่งผลให้กระบวนการเมแทบอลิซึมและการเสื่อมสภาพของพริกหวานมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะการสูญเสียน้ำของพริก เนื่องจากผลิตผลสดมีการคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจ โดยปริมาณความชื้นภายในผลิตผลสูงกว่าความชื้นที่อยู่ภายนอก น้ำที่อยู่ภายในผลิตผลจึงสูญเสียออกสู่อากาศภายนอก การสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นนี้ทำให้น้ำหนักของผลิตผลลดลง และส่งผลต่อคุณภาพของผลิตผลโดยเฉพาะในแง่ของเนื้อสัมผัส (texture) และยังทำให้ผิวเหี่ยวแห้ง สีผิวไม่สวย ไม่ดึงดูดใจต่อผู้บริโภค (จริงแท้, 2549) ซึ่งการบรรจุพริกหวานด้วยบรรจุภัณฑ์

PVC มีการสูญเสียน้ำสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น จึงมีผลทำให้คุณภาพความสดของพริกหวานในบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้ลดลงเร็วกว่าบรรจุภัณฑ์อีกสามชนิด นอกจากนี้ ปริมาณ O_2 ที่ลดต่ำลงและปริมาณ CO_2 ที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่ออัตราการหายใจของพริกหวาน ทั้งนี้เนื่องจากพืชมีอัตราการหายใจที่ค่อยๆ ลดลงตามการลดลงของปริมาณ O_2 และการเพิ่มขึ้นของ CO_2 และเมื่อการหายใจลดลงการเสื่อมสภาพของพืชก็เกิดช้าลงด้วย พืชจึงยังคงสภาพความสดได้นานกว่า



ภาพที่ 19 คะแนนความสดของพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

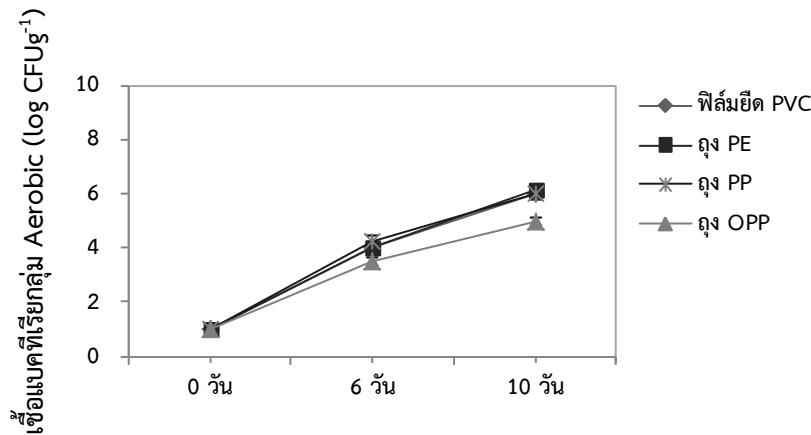


ภาพที่ 20 คะแนนการยอมรับของพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (คะแนน 1 = ยอมรับ คะแนน 2 = ไม่ยอมรับ)

ปริมาณจุลินทรีย์

เมื่อเก็บรักษาพริกหวานตัดแต่งเป็นเวลานานขึ้นส่งผลให้จำนวนจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียที่เรียกรวม Aerobic) ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นด้วย โดยพริกหวานที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC PE PP และ OPP จำนวนจุลินทรีย์จากน้อยกว่า $1.0 \log CFUg^{-1}$ ในวันแรกของการเก็บรักษาทุกบรรจุภัณฑ์ และเพิ่มขึ้นเป็น 6.0 6.1 6.0 และ $5.0 \log CFUg^{-1}$ ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 10 วัน (ภาพที่ 21) ซึ่งปริมาณจุลินทรีย์ที่พบนี้อยู่ในระดับยอมรับได้ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร

(กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) ที่กำหนดไว้ว่าอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคน่ารับประทานที่จำพวกผักผลไม้ สลัด ส้มตำ ควรมีจำนวนจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียทั้งหมด) ต่อกกรัมน้อยกว่า 1×10^6 หรือ $6.0 \log \text{CFUg}^{-1}$ อย่างไรก็ตาม จากภาพที่ 21 แสดงให้เห็นว่า เชื้อจุลินทรีย์ในพริกหวานที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากภายในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณ CO_2 สูง และ O_2 ที่ต่ำซึ่งส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (Farber *et al.*, 2003)



ภาพที่ 21 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic ที่พบในบรรจุภัณฑ์ของพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

อายุการเก็บรักษา

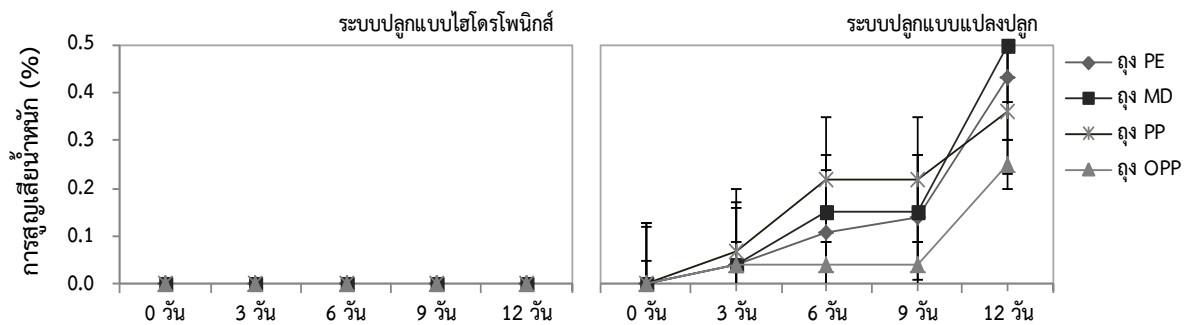
จากคะแนนการยอมรับของพริกหวานตัดแต่งในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ พบว่า การบรรจุพริกหวานในบรรจุภัณฑ์ OPP มีคะแนนการยอมรับที่ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ PVC PE และ PP แสดงให้เห็นว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ OPP มีความเหมาะสมในการใช้บรรจุพริกหวานตัดแต่งได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากยังคงให้คุณภาพความสดและการยอมรับที่ดีกว่า และมีปริมาณจุลินทรีย์ในบรรจุภัณฑ์ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ

4) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอส

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

ในการเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอสที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ พบว่าผักสลัดกรีนคอสทุกกรรมวิธีไม่มีการสูญเสียน้ำหนักตลอดอายุการเก็บรักษานาน 12 วัน ขณะที่ผักสลัดกรีนคอสปลูกด้วยระบบแบบแปลงปลูกมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยผักสลัดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.4 0.5 0.4 และ 0.3% ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน (ภาพที่ 22) ซึ่งโดยธรรมชาติของผักและผลไม้ต้องมีการคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ ประกอบกับปริมาณความชื้นภายในผลิตผลที่มีสูงกว่าความชื้นของอากาศภายนอก น้ำภายในผักและผลไม้จึง

พยายามเคลื่อนตัวออกสู่ภายนอกตลอดเวลาทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักตามมา (จริงแท้, 2549; Kader, 2002) แต่การที่ผักสลัดกรีนคอสจากระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์นี้ไม่พบการสูญเสียน้ำหนักอาจเป็นเพราะระบบการปลูกที่มีน้ำไหลเวียนผักสลัดจึงมีความชื้นสะสมสูงกว่าผักสลัดที่ปลูกด้วยระบบแปลงปลูก และเมื่อเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกจึงช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ยาวนานกว่า อย่างไรก็ตาม ผักสลัดกรีนคอสในระบบแปลงปลูกที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีการสูญเสียน้ำหนักไม่เกิน 0.5% ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของผลผลิตที่มีการเรียงซ้อนกันรวมถึงการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีการปิดผนึกช่วยรักษาความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์และชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้เช่นเดียวกัน โดยที่ผักกรีนคอสที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดหลังการเก็บรักษานาน 12 วัน เพราะในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ผักมีอัตราการหายใจต่ำที่สุดเนื่องจากมีปริมาณ O_2 ลดต่ำลงและปริมาณ CO_2 เพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 23A และ 23B) ส่งผลให้เกิดการคายน้ำออกจากผิวใบต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ

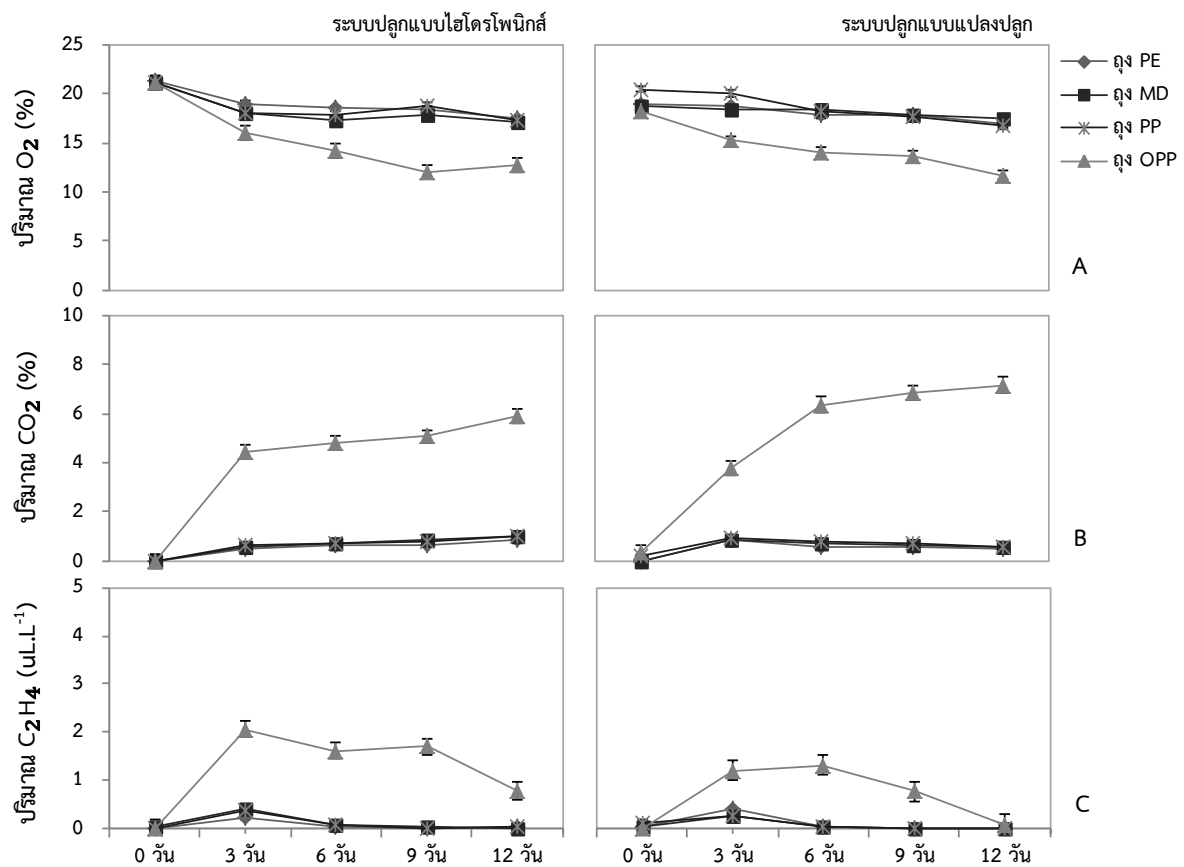


ภาพที่ 22 การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

หลังการเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งทั้งในระบบการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์และแบบแปลงปลูกนาน 12 วัน ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ พบว่า ปริมาณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยที่ผักกรีนคอสในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์มีปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP จาก 21.3 21.2 21.2 และ 21.2% ตามลำดับ ในวันแรกของการเก็บรักษา ลดลงเหลือ 17.5 17.1 17.3 และ 12.7% ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน ขณะที่ผักสลัดที่ปลูกในระบบแปลงปลูกมีปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP ในวันแรกเฉลี่ย 19.0 18.8 20.5 และ 18.3% ตามลำดับ จากนั้นลดลงเหลือ 16.9 17.5 16.7 และ 11.7 ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน (ภาพที่ 23A) เช่นเดียวกันกับปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดกรีนคอส จากภาพที่ 23B แสดงให้เห็นว่า ผักสลัดที่เก็บเกี่ยวจากทั้งสองระบบการปลูกแล้วเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณ CO_2 สะสมภายในสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาของการเก็บ

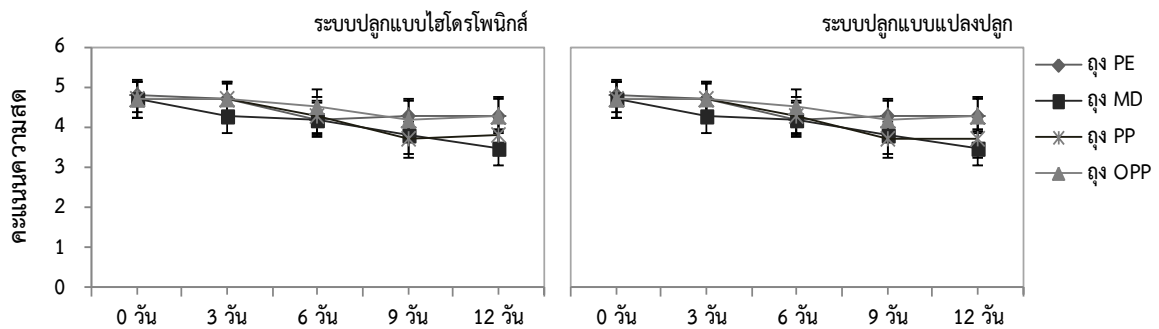
รักษา ทั้งนี้เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ OPP มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซ O_2 ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น (อัตราการซึมผ่านก๊าซ O_2 ของบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP คือ 10,262 10,881 9,963 และ 1,352 $cc/m^2/day$ ตามลำดับ) ซึ่งการที่บรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณ O_2 ลดต่ำลงมากและมีปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้นสูงมากกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นนี้ส่งผลให้อัตราการหายใจของผักสลัดกรีนคอสต่ำกว่าผักที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ส่วนปริมาณ C_2H_4 ที่เกิดภายในบรรจุภัณฑ์ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีปริมาณ C_2H_4 ไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นหลังการเก็บรักษานาน 3 วัน จากนั้นเริ่มลดน้อยลงตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยที่ปริมาณ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ PE MD และ PP มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา แต่ปริมาณ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณที่สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 23C) การที่ปริมาณ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อาจเพราะบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้มีสมบัติการซึมผ่านก๊าซต่ำ ทำให้ก๊าซ C_2H_4 มีการสะสมภายในบรรจุภัณฑ์มากกว่า จึงมีปริมาณ C_2H_4 สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา



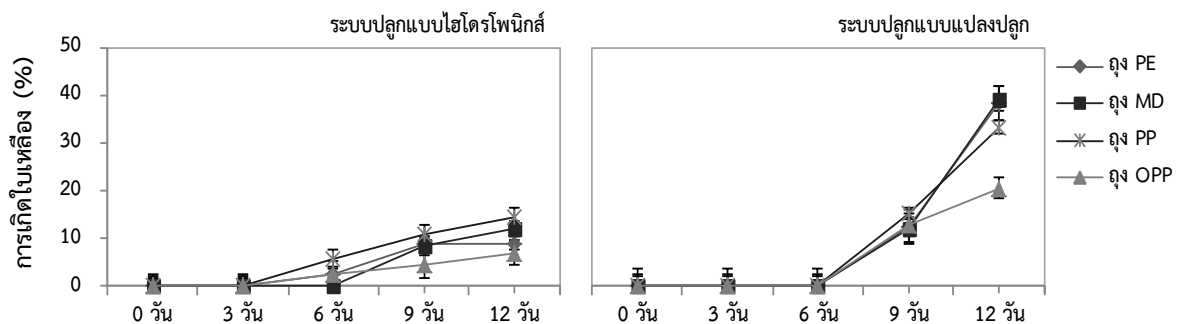
ภาพที่ 23 ปริมาณก๊าซ O_2 (A) CO_2 (B) และ C_2H_4 (C) ภายในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

คุณภาพภายนอก

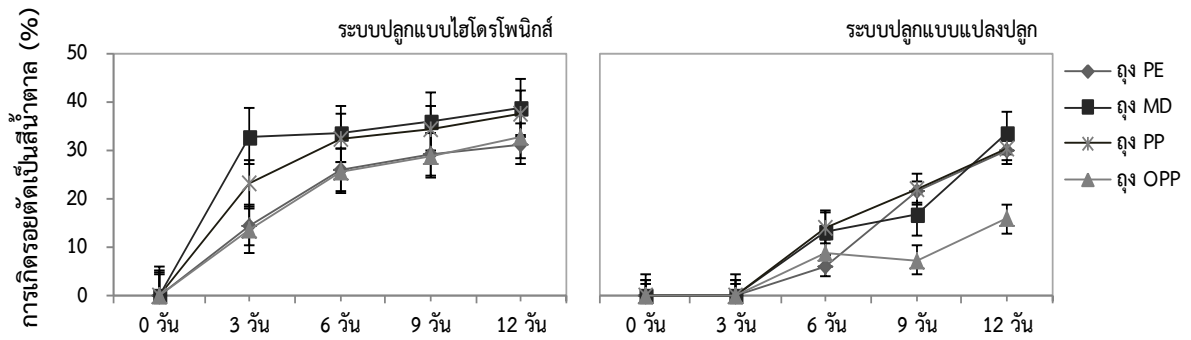
เมื่อพิจารณาจากคุณภาพภายนอกของผักสลัดกรีนคอส ได้แก่ ความสด การเกิดใบเหลือง การเกิดรอยตัดเป็นสีน้ำตาล พบว่า ผักสลัดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ถุง OPP มีคะแนนความสดที่ดีกว่า และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง และเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลที่ขอบรอยตัดต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน (ภาพที่ 24 25 และ 26) โดยผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์และแปลงปลูกให้ผลการทดลองไปในแนวทางเดียวกัน เมื่อพิจารณาจากการให้คะแนนความสด พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ซึ่งการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ PE และ OPP มีแนวโน้มในการช่วยรักษาความสดของผักได้ดีกว่า PP และ MD (ภาพที่ 24) ส่วนการเกิดใบเหลืองของผักสลัด พบว่า ระบบการปลูกในแปลงปลูกมีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองสูงกว่าผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ (ภาพที่ 25) แต่ในกรณีของการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดของผักสลัด พบว่า ระบบการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดของผักเร็วและสูงกว่าระบบแปลงปลูก (ภาพที่ 26) ทั้งนี้ระบบการปลูกที่มีการใช้วัสดุปลูกและการจัดการที่ต่างกันอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของผัก ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่นำไปสู่การเสื่อมคุณภาพของผักที่แตกต่างกันได้



ภาพที่ 24 คะแนนความสดของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



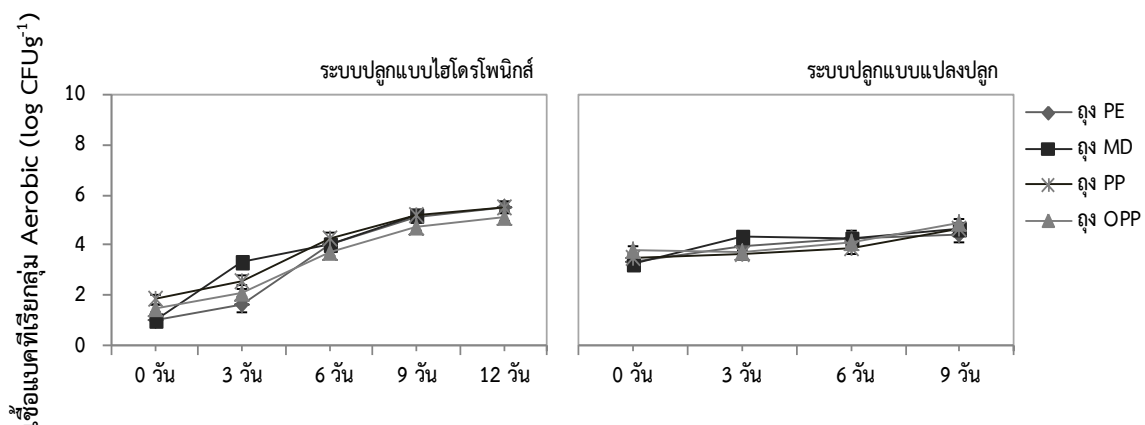
ภาพที่ 25 การเกิดใบเหลืองของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 26 การเกิดรอยตัดเป็นสีน้ำตาลของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ปริมาณจุลินทรีย์

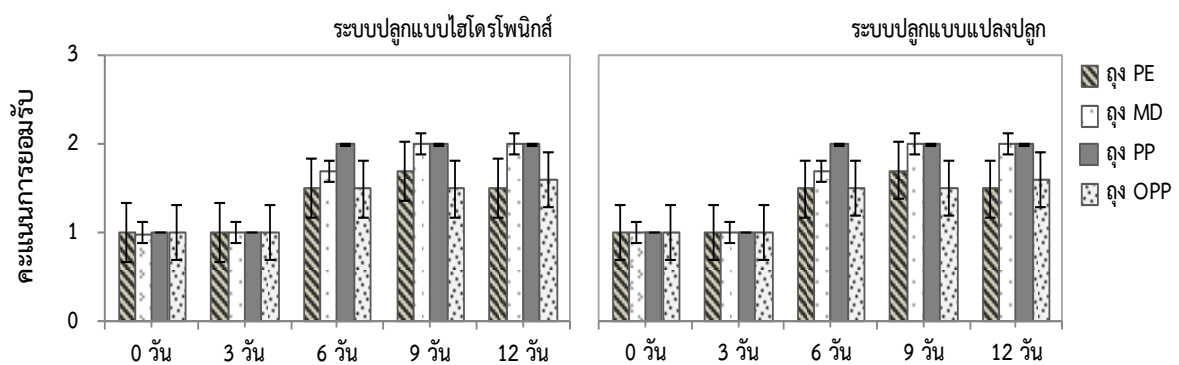
เมื่อเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่เก็บเกี่ยวจากทั้งระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์และระบบแปลงปลูกเป็นเวลานานขึ้น จำนวนจุลินทรีย์ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นด้วย โดยทุกกรรมวิธีมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 27) ซึ่งปริมาณจุลินทรีย์ที่พบนี้ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) ซึ่งกำหนดไว้ว่าอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันทีจำพวกผักผลไม้ สลัด ส้มตำ ควรจะมีจำนวนจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียทั้งหมด) ต่อกรัมน้อยกว่า 1×10^6 หรือ $6.0 \log \text{CFUg}^{-1}$



ภาพที่ 27 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic ที่พบในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

คุณภาพการยอมรับและอายุการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 28 พบว่า ทั้งสองระบบการปลูกของผักสลัดกรีนคอสมีคะแนนการยอมรับระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ไม่ต่างกัน โดยหลังการเก็บรักษานาน 3 วัน ผักกรีนคอสเริ่มมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับมากขึ้น อย่างไรก็ตาม จากคะแนนคุณภาพการยอมรับโดยเฉลี่ย แสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ PE และ OPP ยังคงมีคุณภาพที่ยอมรับได้หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน ขณะที่ผักที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ MD ยังคงมีคุณภาพที่ยอมรับได้หลังการเก็บรักษานาน 6 วัน ส่วนผักที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PP มีคุณภาพการยอมรับต่ำที่สุด โดยสามารถเก็บรักษาได้นานเพียง 3 วัน การที่บรรจุภัณฑ์ OPP ช่วยให้สามารถเก็บรักษาผักสลัดได้นาน เนื่องจากสมบัติการซึมผ่านก๊าซของ OPP ที่ส่งผลให้ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณก๊าซ O_2 ลดต่ำลง และมีปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งระดับของก๊าซที่เกิดขึ้นลักษณะนี้ทำให้ผักสลัดมีอัตราการหายใจที่ต่ำลงจึงช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของผักได้ ส่วนบรรจุภัณฑ์ PE มีปริมาณ O_2 สูงและปริมาณ CO_2 ต่ำกว่า OPP แต่ยังคงสามารถคงความสด ชะลอการเกิดใบเหลืองและการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดได้เช่นเดียวกัน อาจเป็นเพราะสมบัติของ PE ที่นำมาใช้ในการบรรจุนี้มีความหนาค่อนข้างต่ำ (ความหนา 0.025 มิลลิเมตร) และมีสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำที่แม้จะสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ OPP และ PP แต่ก็อยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก (อัตราการซึมผ่านไอน้ำ $18.2 \text{ g/m}^2/\text{day}$) จึงยังช่วยคงความสดของผักสลัดกรีนคอสในระหว่างการเก็บรักษาได้แม้จะมีการคายน้ำที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจของผลิตผลสด ขณะที่บรรจุภัณฑ์ PP มีความหนาสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นจึงอาจทำให้มีผลกระทบต่อคุณภาพของผักสลัดที่บรรจุ ส่วนบรรจุภัณฑ์ MD เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความหนาต่ำแต่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ (อัตราการซึมผ่านของก๊าซ O_2 $10,881 \text{ cc/m}^2/\text{day}$ และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ $19.6 \text{ g/m}^2/\text{day}$) ซึ่งอาจเป็นคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอสจึงทำให้คุณภาพของผักสลัดไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

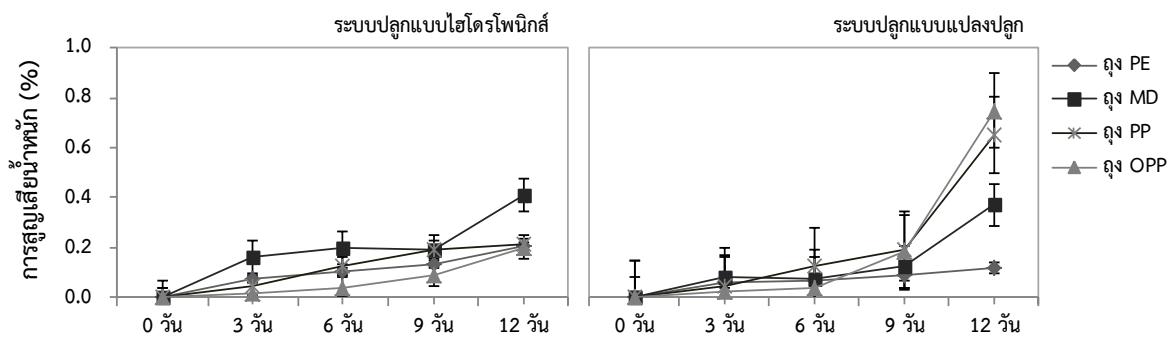


ภาพที่ 28 คะแนนการยอมรับของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (คะแนน 1 = ยอมรับ คะแนน 2 = ไม่ยอมรับ)

5) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักสลัดแบตเตอรี่เฮด

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

ผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดแบตเตอรี่เฮดเป็นไปเช่นเดียวกับผักสลัดกรีนคอส คือ ผักสลัดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น อย่างไรก็ตาม โดยภาพรวมของการสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดที่เก็บเกี่ยวจากสองระบบการปลูกอยู่ในระดับต่ำ คือ มีการสูญเสียน้ำหนักไม่ถึง 1% แม้ผักสลัดที่ปลูกในระบบแปลงปลูกแล้วบรรจุในบรรจุภัณฑ์บางชนิด (PP และ OPP) มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นหลังการเก็บรักษานาน 12 วัน แต่ผลที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 29) โดยภาพรวมแล้วผักสลัดแบตเตอรี่เฮดทั้งสองระบบการปลูกมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระดับต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของผลิตผลที่มีการเรียงซ้อนกันภายในบรรจุภัณฑ์ อีกทั้งการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีการปิดผนึกช่วยรักษาความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์และชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดี

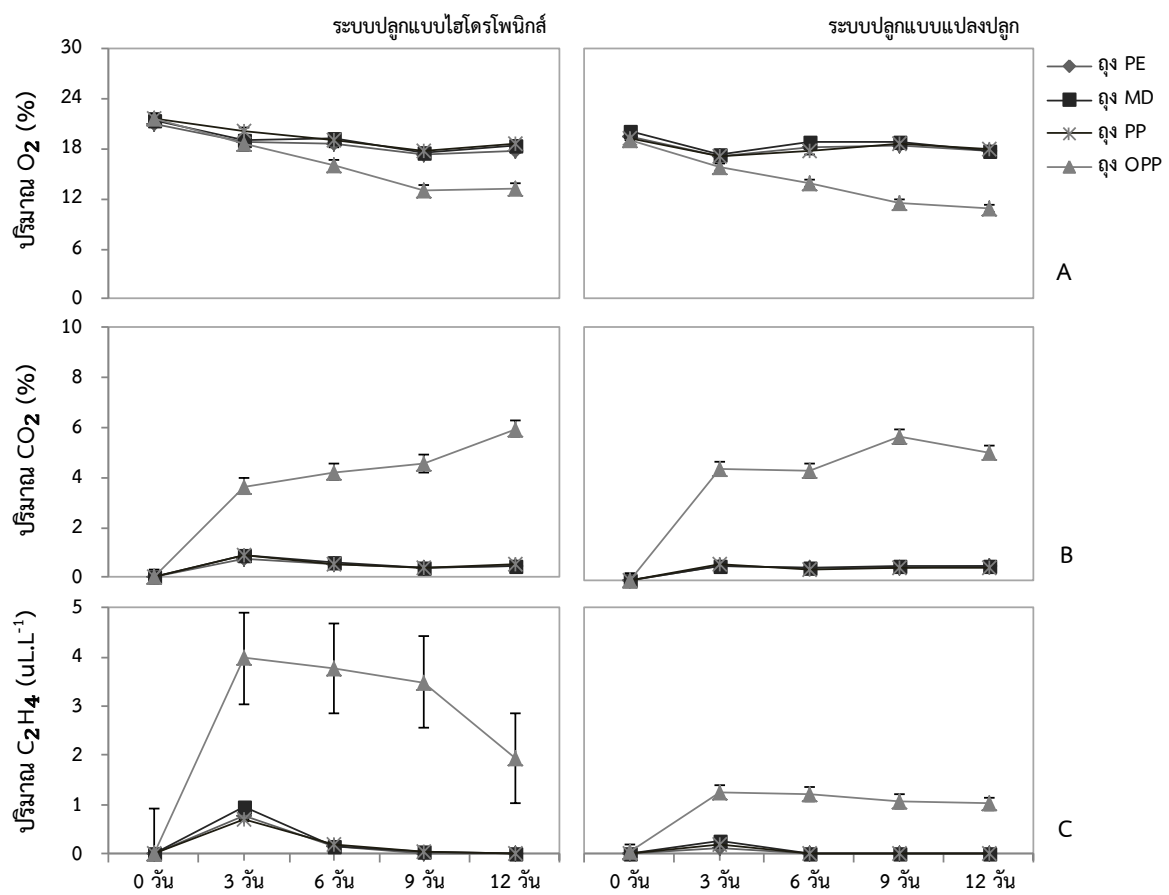


ภาพที่ 29 การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดแบตเตอรี่เฮดตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

ผักสลัดแบตเตอรี่เฮดให้ผลการทดลองไปในทางเดียวกับผักสลัดกรีนคอส คือ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน บรรจุภัณฑ์ OPP มีการลดลงของปริมาณ O_2 มากกว่าและมีการสะสมของปริมาณ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ซึ่งมีแนวโน้มของปริมาณ O_2 และ CO_2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งผักที่ปลูกในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์และระบบแปลงปลูก (ภาพที่ 30) โดยที่ปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP ของผักสลัดในระบบไฮโดรโปนิกส์ลดลงจาก 20.9 21.5 21.6 และ 21.6% ตามลำดับ ในวันแรกของการเก็บรักษา เหลือ 17.8 18.4 18.6 และ 13.2% ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน ขณะที่ผักสลัดที่ปลูกในระบบแปลงปลูกมีปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP ในวันแรกจาก 19.5 20.0 19.4 และ 19.1% ตามลำดับ ลดลงเหลือ 17.8 17.7 17.9 และ 10.8 ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน (ภาพที่ 30A) ส่วนปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP ของผักสลัดแบตเตอรี่เฮดในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์มีการเพิ่มขึ้นเป็น 0.5 0.5 0.5 และ 5.9% ตามลำดับ หลังการ

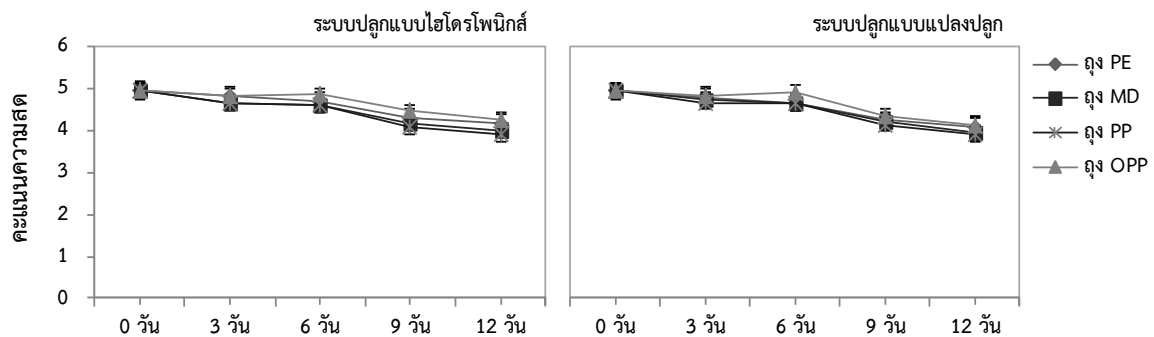
เก็บรักษานาน 12 วัน ขณะที่ผักสลัดในระบบปลูกแบบแปลงปลูกมีปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้นเป็น 0.6 0.6 0.5 และ 5.08% ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน (ภาพที่ 30B) และสำหรับปริมาณ C_2H_4 ที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิดของผักสลัดทั้งสองระบบปลูก พบว่า PE MD และ PP มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา โดยปริมาณ C_2H_4 เพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดหลังการเก็บรักษานาน 3 วัน ที่ปริมาณ C_2H_4 เฉลี่ย 0.77 0.95 และ 0.70% ตามลำดับ ในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ และมีปริมาณ 0.13 0.25 และ 0.20% ตามลำดับ ในระบบปลูกแบบแปลงปลูก จากนั้นปริมาณ C_2H_4 ของทุกบรรจุภัณฑ์ในทั้งสองระบบปลูกเริ่มลดต่ำลงและมีปริมาณคงที่อยู่ที่ค่าเฉลี่ย 0.01% ขณะที่ปริมาณ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์ OPP มีแนวโน้มเช่นเดียวกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ แต่ปริมาณ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์มีค่าสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 30C) การที่ปริมาณ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อาจเพราะบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้มีสมบัติการซึมผ่านก๊าซต่ำ ทำให้ก๊าซ C_2H_4 มีการสะสมภายในบรรจุภัณฑ์มากกว่า จึงมีปริมาณ C_2H_4 สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา



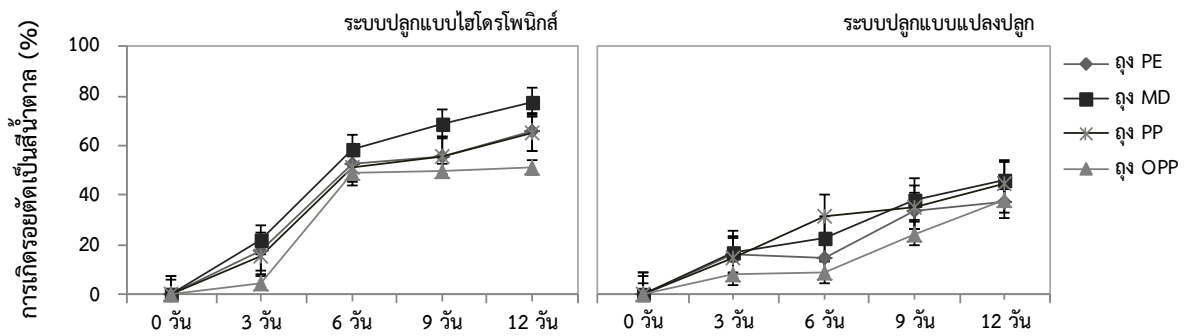
ภาพที่ 30 ปริมาณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดบัตเตอร์เฮดตัดแต่งพร้อมบริโภค ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

คุณภาพภายนอก

เมื่อพิจารณาจากคุณภาพภายนอกของผักสลัดบัตเตอร์เฮด ได้แก่ ความสด และการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด พบว่า ผักสลัดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดจากทั้งสองระบบการปลูกมีคะแนนความสดลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา แต่ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 31) สำหรับการเกิดสีน้ำตาลที่ขอบรอยตัดของผักสลัด พบว่า ผักสลัดที่ปลูกในระบบปลูกไฮโดรโปนิคส์มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดสูงกว่าผักที่ปลูกในระบบแปลงปลูก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากระบบการปลูกที่แตกต่างกันจึงส่งผลต่อกิจกรรมภายในของพืชที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดของผักสลัดทั้งสองระบบการปลูกมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ ผักสลัดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ MD มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลที่สูงกว่า ขณะที่ผักสลัดในบรรจุภัณฑ์ OPP มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลที่ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 32) ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติของบรรจุภัณฑ์ MD ที่มีอัตราการซึมผ่านก๊าซ O_2 ค่อนข้างสูง ($10,881 \text{ cc/m}^2/\text{day}$) ทำให้การทำงานของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดสารสีน้ำตาลบนเนื้อเยื่อพืชสามารถทำงานได้ดี (Marshall *et al.*, 2000) ผักสลัดบรรจุในบรรจุภัณฑ์ MD จึงมีการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ขณะที่ผักสลัดในบรรจุภัณฑ์ OPP ซึ่งมีคุณสมบัติของอัตราการซึมผ่านของ O_2 ต่ำ ($1,352 \text{ cc/m}^2/\text{day}$) จึงมีการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดระหว่างการเก็บรักษาต่ำที่สุด



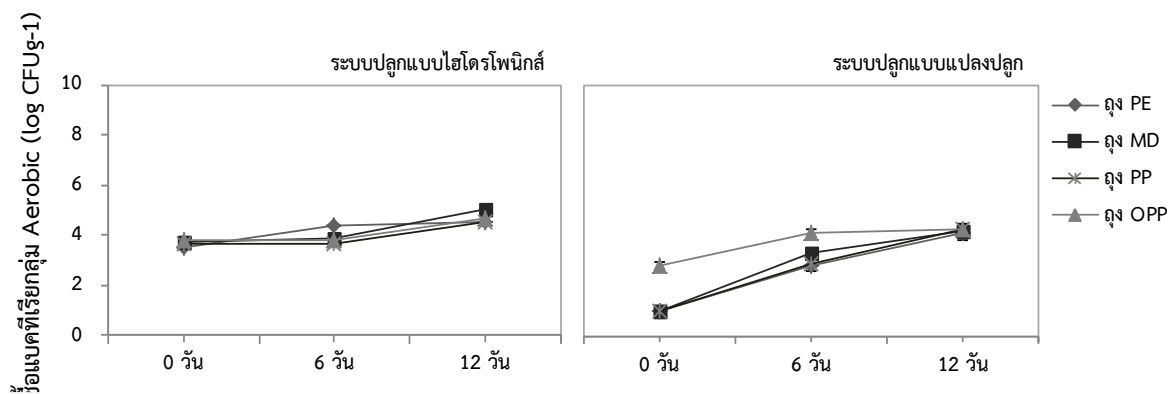
ภาพที่ 31 คะแนนความสดของผักสลัดบัตเตอร์เฮดตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 32 การเกิดสื่อน้ำตาลบนรอยตัดของผักผักสลัดปัตเตอร์เฮดตัดแต่งพร้อมปริโกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ปริมาณจุลินทรีย์

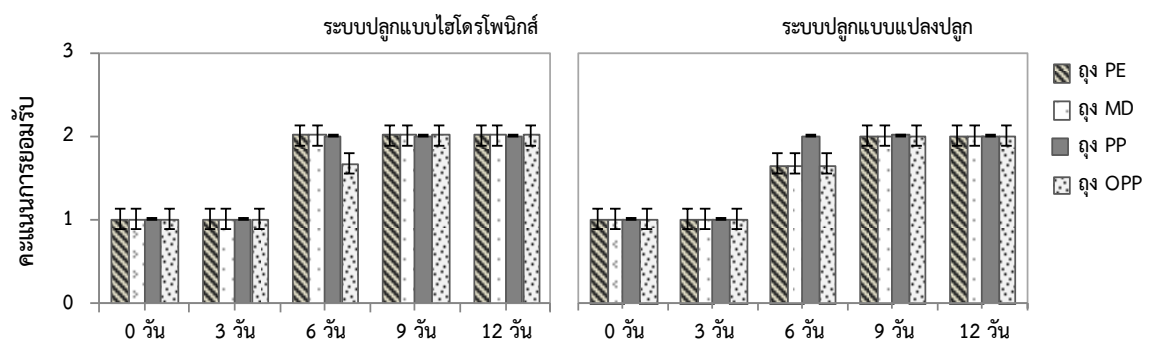
เมื่อเก็บรักษาผักสลัดปัตเตอร์เฮดตัดแต่งที่เก็บเกี่ยวจากทั้งระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์และระบบแปลงปลูก มีจำนวนจุลินทรีย์ภายในบรรจุภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้นจากวันแรกที่ทำกรเก็บรักษา (ภาพที่ 33) อย่างไรก็ตาม ปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นนี้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดต่อกรัม น้อยกว่า 1×10^6 หรือ $6.0 \log \text{CFUg}^{-1}$) โดยผักสลัดจากระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ทุกกรรมวิธีมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณสูงกว่าผักสลัดในระบบปลูกแบบแปลงปลูกเล็กน้อย ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ในบรรจุภัณฑ์ผักสลัดระบบแปลงปลูกมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติยกเว้นบรรจุภัณฑ์ OPP ที่มีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเล็กน้อย (ภาพที่ 33) อย่างไรก็ตาม ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้



ภาพที่ 33 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic ที่พบในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดปัตเตอร์เฮดตัดแต่งพร้อมปริโกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

คุณภาพการยอมรับและอายุการเก็บรักษา

โดยภาพรวมจากคะแนนการยอมรับ พบว่า ผักสลัดบัตเตอร์เฮดมีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้นไม่เกิน 6 วัน โดยผักสลัดบรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP ทั้งสองระบบปลูกยังคงมีคะแนนคุณภาพเป็นที่ยอมรับที่อายุการเก็บรักษานาน 6 วัน ขณะที่บรรจุภัณฑ์ PE และ MD ในระบบปลูกแบบแปลงปลูกมีคุณภาพการยอมรับเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน แต่ผักในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ไม่เป็นยอมรับที่อายุการเก็บรักษาดังกล่าว ส่วนผักสลัดบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PP คุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับที่อายุการเก็บรักษานาน 6 วัน (ภาพที่ 34) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเกิดสีน้ำตาลที่ขอบรอยตัดของผักสลัดซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพการยอมรับโดยรวมของผักสลัดบัตเตอร์เฮด

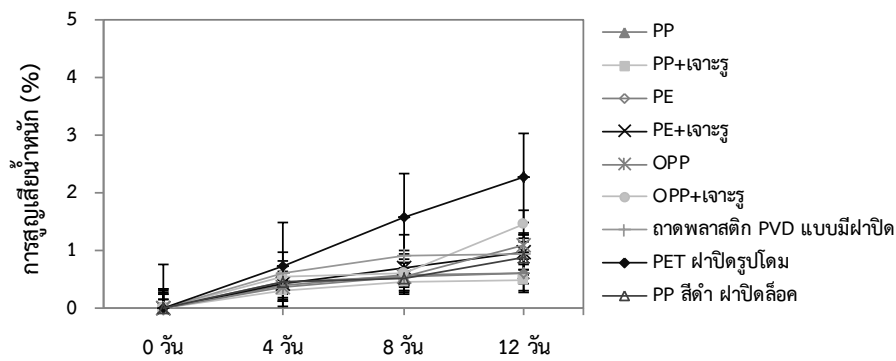


ภาพที่ 34 คะแนนการยอมรับของผักสลัดบัตเตอร์เฮดตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

6) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักสลัดรวม 5 ชนิด

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

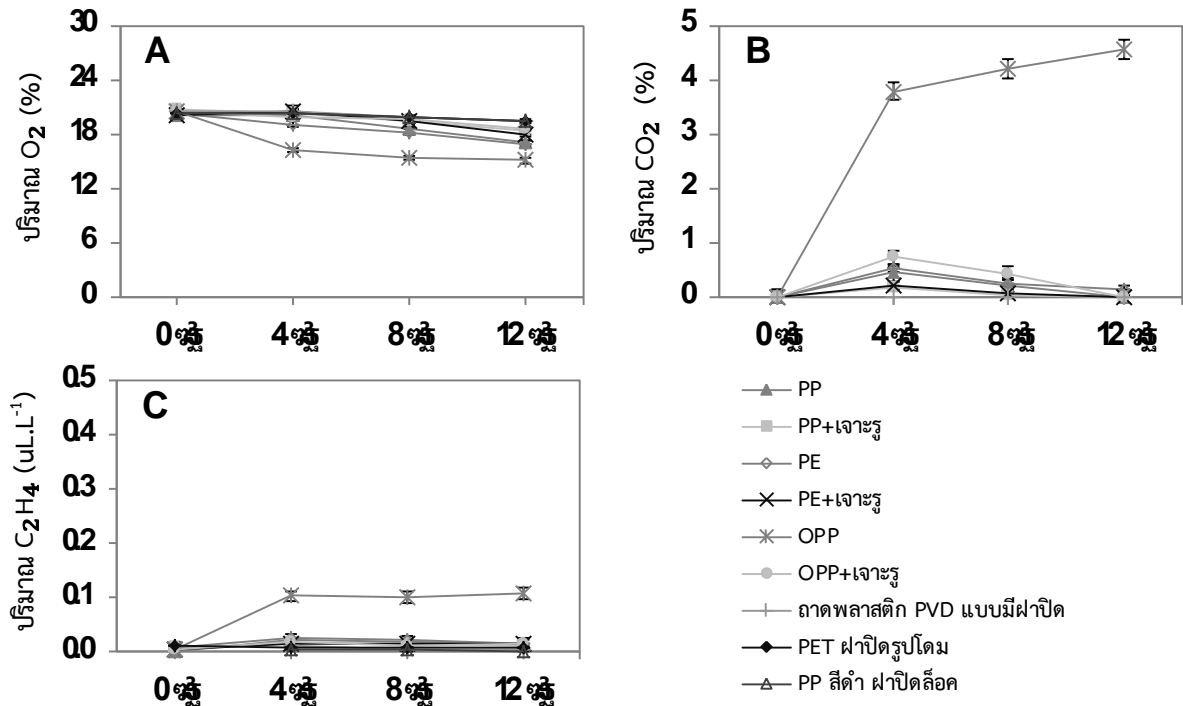
เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดรวมตัดแต่งในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่ใกล้เคียงกันยกเว้นผักสลัดที่บรรจุในถาด PET แบบมีฝาปิดรูปโดมมีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะเดียวกันผักสลัดซึ่งบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PP และ PE มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด (ภาพที่ 35)



ภาพที่ 35 การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

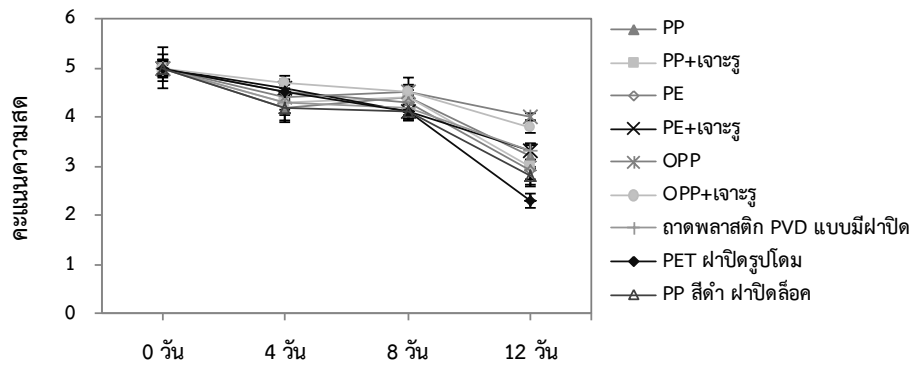
ผักสลัดรวมตัดแต่งทุกชนิดมีปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เฉลี่ยจาก 20.5% ในวันแรกของการเก็บรักษา เป็น 18.2% หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ OPP มีค่าลดลงต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จาก 20.6% ในวันแรก ลดลงเหลือ 15.2% เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน (ภาพที่ 36A) ในทางกลับกัน ปริมาณ CO_2 และ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ OPP มีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อย่างชัดเจน หลังจากวันแรกของการเก็บรักษา โดยปริมาณ CO_2 เพิ่มสูงขึ้นถึง 4.6% และปริมาณ C_2H_4 เพิ่มขึ้นเป็น 0.1% หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน (ภาพที่ 36B และ 36C) สอดคล้องกับการศึกษาของ Pirovani และคณะ (2007) ซึ่งทำการเก็บรักษาผักกาดหอมที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยการบรรจุด้วยฟิล์ม 3 ชนิด ได้แก่ OPP RD106 PVC และอากาศปกติ พบว่า เมื่อเก็บผักกาดหอมเป็นเวลานาน 8 วัน ผักกาดหอมที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ชนิด OPP มีปริมาณ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ลดลงเท่ากับร้อยละ 1.5 และมีปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 12 ส่วนฟิล์มชนิด RD106 และ PVC มีปริมาณ O_2 และ CO_2 ใกล้เคียงกับบรรยากาศปกติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากสมบัติด้านการซึมผ่านก๊าซ O_2 (OTR) ของฟิล์ม OPP ที่ค่อนข้างต่ำกว่าฟิล์มชนิดอื่น (1,352 cc/m²/day) ซึ่งส่งผลดีต่อการรักษาคุณภาพความสดและชะลอการเสื่อมสภาพของผักสลัด จึงทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เพราะการเก็บรักษาผักภายใต้สภาวะที่มี O_2 ต่ำและ CO_2 สูงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดการเกิดสีน้ำตาลและการเกิดสารประกอบฟีนอล ชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ดี (สิริลักษณ์. 2554; Peiser *et al.*, 1988; Wills *et al.*, 1981)



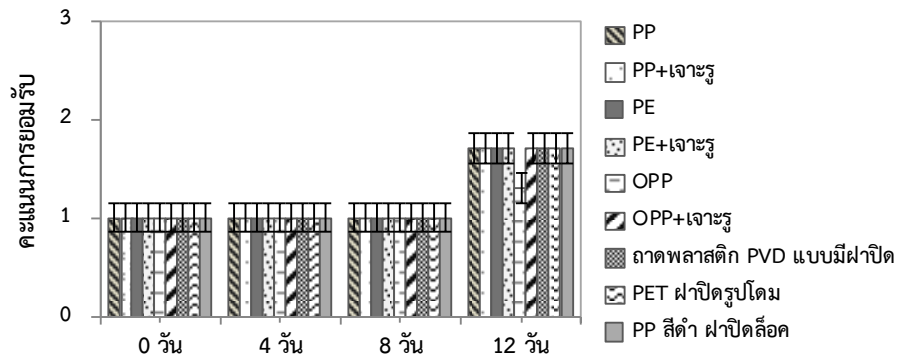
ภาพที่ 36 ปริมาณก๊าซ O₂ CO₂ และ C₂H₄ ภายในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

ความสด และคุณภาพการยอมรับ

ผักสลัดรวมที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP ทั้งแบบเจาะรูและไม่เจาะรูมีความสดสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งยังมีคุณภาพที่ยอมรับได้ดีกว่าหลังเก็บรักษานาน 12 วัน ส่วนบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับหลังการเก็บรักษานานเพียง 8 วัน (ภาพที่ 37 และ 38) การที่บรรจุภัณฑ์ OPP ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักสลัดได้นานกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น อาจเป็นเพราะ OPP มีอัตราการซึมผ่านก๊าซ O₂ น้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ทำให้ปริมาณ O₂ ในบรรจุภัณฑ์ลดต่ำลงเร็วกว่าจากการถูกนำไปใช้ในการหายใจ ขณะเดียวกันปริมาณ CO₂ ในบรรจุภัณฑ์ก็เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งปริมาณ O₂ ที่ลดต่ำลงและ CO₂ ที่เพิ่มสูงขึ้นนี้ส่งผลต่อกระบวนการหายใจของผักสลัด ทำให้ผักสลัดมีการหายใจลดลงจึงส่งผลต่อการลดการคายน้ำและชะลอการเสื่อมสภาพของผัก จึงยังคงความสดและมีคุณภาพการยอมรับที่ดีกว่า (จริงแท้, 2549)



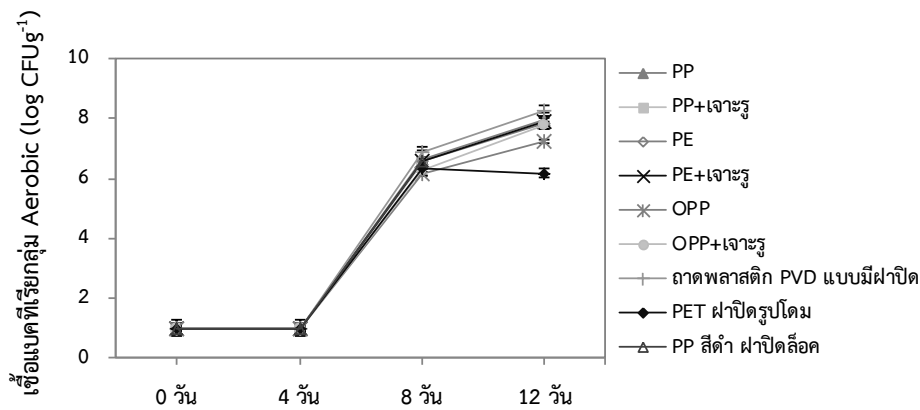
ภาพที่ 37 คะแนนความสดของผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 38 คะแนนการยอมรับของผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

ปริมาณจุลินทรีย์

จำนวนจุลินทรีย์ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 39) ซึ่งมีผลต่อการยอมรับคุณภาพของผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภค อย่างไรก็ตาม จำนวนจุลินทรีย์ที่พบในผลิตภัณฑ์เป็นอีกปัจจัยหลักที่สำคัญต่อการยอมรับคุณภาพ ซึ่งจากเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) กำหนดไว้ว่า อาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันทีจำพวกผัก ผลไม้ สลัด ส้มตำ ควรมีจำนวนจุลินทรีย์ต่อกรัมน้อยกว่า 1×10^6 หรือ $6.0 \log \text{CFUg}^{-1}$



ภาพที่ 39 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic ที่พบในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

อายุการเก็บรักษา

ผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคมีคุณภาพการลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการเก็บรักษา จึงทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่ค่อนข้างสั้น โดยเฉลี่ยสามารถเก็บรักษาได้นาน 8 วัน ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ใกล้เคียงกับรายงานของ Cantwell (1998) ที่ว่าผักสลัดมีอายุการเก็บรักษา ระหว่าง 7-14 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลบริเวณก้านและขอบใบที่มีการตัดแต่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้น (Lopez-Galvez *et al.*, 1996) อีกทั้งเกิดการสูญเสียเขียวหรือคลอโรฟิลล์ในผักซึ่งอาจเกิดโดยการออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจน (Wills *et al.*, 1981) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ ผักสลัดที่บรรจุในถุง OPP แบบไม่เจาะรู ยังคงมีคุณภาพภายนอกเป็นที่ยอมรับหลังการเก็บรักษานาน 12 วัน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบ พบว่า ที่อายุการเก็บรักษานาน 12 วัน ผักสลัดมีปริมาณจุลินทรีย์เกินกว่าเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารจึงไม่สามารถยอมรับได้

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ:

ในการเก็บรักษามะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาที่มีรูปแบบการตัดแต่งแบบเหลือขั้วผล 1 เซนติเมตรที่บรรจุในถุง PE สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น โดยสามารถเก็บได้นานถึง 16 วัน สำหรับผลมะเขือเปราะที่ทำการตัดแต่งกลีบเลี้ยงและขั้วผลออกก่อนการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แบบเดียวกัน พบว่ามีคุณภาพเป็นที่ยอมรับนานถึง 18 วัน ยกเว้นผลที่บรรจุในถุง PP เจาะรูขนาด \varnothing 0.5 เซนติเมตร ผลมะเขือเปราะมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่าโดยมีอายุการเก็บรักษานานเพียง 13 วัน ซึ่งจากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ PE ความหนา 25 ไมครอน ให้ผลดีและเหมาะสมสำหรับการบรรจุมะเขือเปราะ อีกทั้ง PE มีต้นทุนต่อไปในราคาที่ไม่สูงมากทำให้สามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

สะตอแกะเมล็ดบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PE และ PP ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น โดยสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้นานเฉลี่ยถึง 30 วัน และเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ได้

นานเฉลี่ย 25 วัน ซึ่งนอกจากช่วยให้เก็บรักษาสะอาดแถมเมล็ดได้นานแล้วยังมีต้นทุนที่ไม่สูงมาก และสามารถหาซื้อได้ง่ายจึงสามารถแนะนำให้ใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

การเก็บรักษาพริกหวานตัดแต่ง พบว่า การบรรจุพริกหวานในบรรจุภัณฑ์ OPP มีคะแนนการยอมรับที่ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ PVC PE และ PP แสดงให้เห็นว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ OPP มีความเหมาะสมในการใช้บรรจุพริกหวานตัดแต่งได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากยังคงให้คุณภาพความสดและการยอมรับที่ดีกว่า อีกทั้งยังมีปริมาณจุลินทรีย์ในบรรจุภัณฑ์ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ

ผักสลัดกรีนคอสที่เก็บเกี่ยวจากสองระบบการปลูก คือ ระบบไฮโดรโปนิคส์และระบบแปลงปลูก สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 12 วัน ด้วยบรรจุภัณฑ์ PE และ OPP โดยยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ ขณะที่ผักสลัดบัตเตอร์เฮดทั้งสองระบบปลูกมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าผักสลัดกรีนคอส โดยเก็บรักษาได้นานเพียง 6 วัน ด้วยบรรจุภัณฑ์ OPP ส่วนการเก็บรักษาผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดสามารถเก็บรักษาได้นานเพียง 8 วัน แม้บรรจุภัณฑ์บางชนิด (OPP) จะมีคุณภาพภายนอกเป็นที่ยอมรับได้นานถึง 12 วัน แต่เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบสูงเกินกว่าเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารจึงทำให้คุณภาพโดยรวมไม่เป็นที่ยอมรับ ดังนั้น ในการเพิ่มคุณภาพผักสลัดให้เป็นที่ยอมรับ จะต้องมียุทธศาสตร์เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์:

10.1 การนำไปใช้ประโยชน์

- จัดพิมพ์เป็นหนังสือเผยแพร่/เผยแพร่ในวารสารวิชาการต่างๆ
- เผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ
- เผยแพร่ในรูปแบบของโปสเตอร์หรือแผ่นพับ

10.2 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- ผู้ส่งออก เกษตรกร และผู้สนใจ
- หน่วยงานราชการ สถาบันการศึกษาต่าง ๆ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการส่งออกต่างๆ
- บริษัทผู้ผลิตผลิตผลสดตัดแต่งพร้อมบริโภค

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี):

12. เอกสารอ้างอิง:

กรมวิชาการเกษตร. 2558. การปลูกสะอาด. [ระบบออนไลน์].

http://www.doa.go.th/hort/index.php?option=com_content&view=article&id=152%3Apar_kiaplant&catid=25%3Aplantmanagement&Itemid=70. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2558.

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2553. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 2. [ระบบออนไลน์]. <http://dmcs2.dmcs.moph.go.th/webroot/BQSF/File/VARITY/dmcsguide1.pdf>. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 6 กันยายน 2558.
- กิตติ สระแก้ว. 2559. สะตอ. [ระบบออนไลน์]. http://www.yala.doae.go.th/Yala/Documents/strategies/economicplant/Parkia_speciosa.pdf. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2558.
- กิติพงษ์ รัตนารณ ทนง เอี้ยวศิริ อารณ เกิดสิริ และสุปราณี มนุรักษ์ชินากร. 2549. ผลของอุณหภูมิต่อการเก็บรักษาผักสะตอขาวที่เคลือบสารเคลือบทางการค้าในห้องเย็น หน้า 226-233 ใน: *เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44*, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาเศรษฐศาสตร์ สาขาบริหารธุรกิจ. กรุงเทพฯ. 766 หน้า.
- จิ่งแท้ ศิริพานิช. 2549. *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. พิมพ์ครั้งที่ 6. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- นิพนธ์ ไชยมงคล. 2559. สลัด/ผักกาดหอม. [ระบบออนไลน์]. <http://www.vegetweb.com/wp-content/download/let.pdf>. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 16 มีนาคม 2559.
- _____. 2547. แครอท. [ระบบออนไลน์]. <http://www.vegetweb.com/wp-content/download/carrot2002.pdf>. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 16 มีนาคม 2559.
- นิดดา หงษ์วิวัฒน์ ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์ และสุภาพรณ เยี่ยมชัยภูมิ. 2550. ผัก 333 ชนิดคุณค่าอาหารและการกิน. สำนักพิมพ์แสงแดด. กรุงเทพฯ. 320 หน้า.
- นิธยา รัตนานนท์ และดนัย บุญเกียรติ. 2548. *การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 236 หน้า.
- เนตรา สมบูรณ์แก้ว สุพี วนศิริกุล และอมรา ชินภูติ. 2554. การศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับมะเขือเปราะตัดชิ้นเพื่อการส่งออก. [ระบบออนไลน์]. <http://www.doa.go.th/pprdo/images/doc/0007.pdf>. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 16 มิถุนายน 2558.
- เบญจมาศ รัตนชินกร คมจันทร์ สรวงจันทร์ ปรางค์ทอง กวานห้อง ศิริกานต์ ศรธัญรัตน์ วิชา อธิประเสริฐ และเฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง. 2550. ผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค. [ระบบออนไลน์]. http://www.doa.go.th/doaresearch/files/498_2550.pdf. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 28 พฤษภาคม 2557.

- สายชล เกตุษา. 2528. *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 364 หน้า
- สิริลักษณ์ แสงผล. 2554. *ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงคุณภาพกับอัตราการหายใจของผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคภายใต้สภาวะการเก็บรักษาด้วยบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา. 91 น.
- Bussel, J. and Z. Kenigsberger. 1975. Packaging green bell peppers in selected permeability films. *J. Food Sci.* 40: 1300-1003.
- Cantwell, M., J. Roveló, X. Nie and V. Rubatzky. 1998. Specialty salad greens: Postharvest physiology and shelf-life. *Acta Hort.* 467: 371-378.
- Diaz-Perez, J.C. 1998. Transpiration rates in eggplant fruit as affected by fruit and calyx size. *Postharvest Biol. Technol.* 13: 45-49.
- Fujita, S., T. Tono and H. Kawahara. 1991. Purification and properties of polyphenol oxidase in head lettuce (*Lactuca sativa*). *J. Sci. Food Agric.* 55: 643-651.
- Farber, J.N., L.J. Harris, M.E. Parish, L.R. Beuchat, T.V. Suslow, J.R. Gorney, E.H. Garrett and F.F. Busta. 2003. Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh-cut produce. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2: 142-160.
- Hunt, R.W.G. 1998. *Measuring color*. 3rd ed. Ellis Horwood, New York.
- Jay, M.J., M.J. Loessner and D.A. Golden. 2005. *Modern food microbiology*. 7th ed. Springer Science Inc. New York, NY, USA. 782 p.
- Kader, A. A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview. p. 39-47. In: Kader A.A. (ed.). *Postharvest technology of horticultural crops* (3rd ed.). University of California, Agriculture & Natural Resources, Publication #3311.
- Kays, S.J. 1991. *Postharvest physiology of perishable plant products*. An AVI Book. Van Nostrand Reinhold. New York. 532 p.
- Lépez-Galvez, G., M. Saltveit and M. Cantwell. 1996. Wound-induced phenylalanine ammonia lyase activity: factors affecting its induction and correlation with the quality of minimally processed lettuces. *Postharvest Biol. Technol.* 9: 223-233.

- Llorach, R., A. Martínez-Sánchez, F. A. Tomás-Barberán, M. I. Gil and F. Ferreres. 2008. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. *Food Chem.* 108: 1028-1038.
- Luo, Y. and L.J. Mikitze. 1996. Extension of postharvest life of bell peppers with low oxygen. *J. Sci. Food Agric.* 70: 115-119.
- Marshall, M.R., J. Kim, and C.I. Wei. 2000. Enzymatic browning in fruits, vegetable and seafoods. *J. Food Agric. Organization.* 41: 259-312.
- Nicolle, C., N. Cardinault, E. Gueux, L. Jaffrelo, E. Rock and A. Mazur. 2004. Health effect of vegetable-based diet: Lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in the rat. *Clinical Nutrition.* 23: 605-614.
- Passam, H.C. and I.C. Karapanos. 2008. Eggplants, peppers and tomatoes: factors affecting the quality and storage life of fresh and fresh-cut (minimally processed) produce. *Eur. J. Plant Sci. Biotechnol.* 1: 156-170.
- Peiser, G., G. López-Gálvez, M. Cantwell and M.E. Saltveit. 1998. Phenylalanine ammonia lyase inhibitors control browning of cut lettuce. *Postharvest Biol. Technol.* 14: 171-177.
- Pirovani, M.E., A.M. Piagentini, D.R. Guemes and J.H. Dipentima. 2007. Quality of minimally processed lettuce as influence by package and chemical treatment. *J. Food Qual.* 22: 475-484.
- Sharma, K.D., S. Karki, N.S. Thakur and S. Attri. 2012. Chemical composition, functional properties and processing of carrot-a review. *J. Food Sci. Technol.* 49: 22-32.
- Sun, T., Z. Xu, C. T. Wu, M. Janes, W. Prinyawiwatkul and H.K. No. 2007. Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *J. Food Sci.* 72: 98-102.
- University of the District of Columbia. 2015. Lettuce. [Online].
<http://www.udc.edu/docs/causes/online/Lettucesm.pdf>. Available from 10 December 2015.
- Wills, R.B.H., T.M. Lee, D. Graham, W.B. McGlasson and E.G. Hall. 1981. Postharvest an Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables. *An AVI book*: New York. 161 p.

13. ภาคผนวก: