

บทสรุปผู้บริหาร

ชื่อรายงานการวิจัย ผลของการบรรจุแบบตัดแปลงสภาพบรรยากาศสมดุลต่ออายุการเก็บรักษา
หน่อ ไม้หวานพันธุ์ห่อกล้วยแปรรูปพร้อมบริโภค

ผู้เขียน นางพิชญา พูลลาภ
นายพรชัย ราชตะนะพันธุ์
นายขงยุทธ เฉลิมชาติ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการบรรจุแบบตัดแปลงสภาพบรรยากาศสมดุลต่ออายุการเก็บรักษาหน่อ ไม้หวานพันธุ์ห่อกล้วยแปรรูปพร้อมบริโภค โดยเก็บรักษาหน่อ ไม้หวานพันธุ์ห่อกล้วยแปรรูปพร้อมบริโภคในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากผลการศึกษาพบว่าชนิดของถุงที่ใช้มีผลต่อปริมาณ โพรตีน ไขมัน กาก เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณ ยีสต์และรา ความชื้น แก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ อัตราการหายใจ การเกิดสีน้ำตาล และการเปลี่ยนแปลงสีของหน่อ ไม้หวานพันธุ์ห่อกล้วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อ ปริมาณเถ้า วิตามินซี ออกซาเลท ความแน่นเนื้อ การสูญเสียน้ำหนักของหน่อ ไม้หวาน ($p \geq 0.05$) และพบว่าหน่อ ไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยมีอายุการ เก็บรักษานาน 24 วัน

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการเก็บรักษาหน่อ ไม้หวานพันธุ์ห่อกล้วยแปรรูปพร้อมบริโภค ร่วมกับ ผักกาดหอมห่อและแครอทแปรรูปพร้อมบริโภคในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากผลการศึกษาพบว่า ชนิดของถุงมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก การเกิด สีน้ำตาลของหน่อ ไม้หวานพันธุ์ห่อกล้วย และการเกิดสีชมพูบริเวณรอยตัดของผักกาดหอมห่อ ปริมาณ แก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง และอายุการเก็บรักษาของผักอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($p \leq 0.05$) ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาหน่อ ไม้หวานพันธุ์ห่อกล้วยร่วมกับผักกาดหอมห่อและ แครอท พบว่าถุงชนิด PP และ LDPE มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด คือ 10 วัน

Title Effect of Equilibrium Modified Atmosphere Packaging on Shelf Life of Minimally Processed Sweet Bamboo Shoot cv. *Bambusa oldhamii* Munro

Author Mrs. Pichaya Poonlarp
Mr. Pornchai Rachtanapun
Mr. Yongyut Chalermchat

Abstract

The research was aimed at studying the effect of equilibrium modified atmosphere on storage life of minimally processed sweet bamboo shoot. Minimally processed sweet bamboo shoot were packaged in different types of packaging films, including PP, LDPE, PE-H and PE-VH, then stored at 4 °C. The results showed that types of packaging film had significant effect on protein, fat, fiber contents, total plate count, yeast, mold, moisture content, oxygen and carbon dioxide concentration in the packaging bags, respiration rate, browning and color changes ($p \leq 0.05$) but had no effect on ash, vitamin C and oxalate content and firmness ($p \geq 0.05$). Minimally processed sweet bamboo shoot packaged in PP bags had the longest storage life of 24 days.

Furthermore, packaging of minimally processed sweet bamboo shoot with minimally processed lettuce and carrot in different types of packaging films, namely PP, LDPE, PE-H and PE-VH and stored at 4 °C were also studied. The results from the study revealed that types of packaging film had significant effect on weight loss, browning of sweet bamboo shoot, pink cut of minimally processed lettuce, oxygen and carbon dioxide concentration and storage life ($p \leq 0.05$). Combination of minimally processed sweet bamboo shoot, lettuce and carrot packaged in PP and LDPE bags had the longest shelf life of 10 days.

1. บทนำ

ปัจจุบันเกษตรกรทางภาคเหนือของประเทศไทยได้หันมาปลูกหน่อไม้หวานพันธุ์หลักู่มากขึ้นในเชิงพาณิชย์ใช้ทั้งบริโภคหน่อและการขายตำรวมถึงใบไม้ไผ่ โดยได้รับการส่งเสริมจากหน่วยงานของรัฐบาลซึ่งจุดเด่นของหน่อไม้พันธุ์นี้คือเมื่อนำมาบริโภคสดจะมีรสชาติหวาน และสามารถนำไปแปรรูปเป็นหน่อไม้ดองหรือหน่อไม้แห้งก็ได้ อีกทั้งยังมีออกซาเลตในปริมาณที่ต่ำกว่าหน่อไม้ทั่วไป นอกจากนี้ยังมีโปรตีน วิตามินบี 1 บี 2 และวิตามินซี ข้อดีอีกประการคือหน่อไม้มีกากใยอาหารมากประมาณ 23.1 ถึง 35.5 เปอร์เซ็นต์ (Yuming *et al.*, 2005) ที่เข้าสู่ร่างกายแล้วจะช่วยให้ร่างกายนำกาก และสารพิษในร่างกายออกสู่ภายนอกได้เร็ว

อย่างไรก็ตามความต้องการในการบริโภคหน่อไม้พันธุ์หลักูภายในประเทศยังต่ำอยู่เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังไม่รู้จักหน่อไม้พันธุ์นี้ และผู้บริโภคบางกลุ่มยังมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการบริโภคหน่อไม้พันธุ์นี้ ทำให้หน่อไม้พันธุ์นี้ไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคเนื่องจากความเชื่อที่ว่าถ้าบริโภคหน่อไม้ในปริมาณมากอาจทำให้ร่างกายสะสมกรดยูริก และทำให้เป็นสาเหตุของโรคเก๊าท์ เพื่อเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรให้มีโอกาสนำเสนอผลิตผลนี้ให้กับผู้บริโภค การทำการตัดแต่งหน่อไม้พร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติกที่มีความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซสูงเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ จะเป็นการเพิ่มทางเลือกในการจำหน่ายหน่อไม้พันธุ์นี้ให้กับตลาด นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มที่จะช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร และยังช่วยป้องกันและแก้ไขปัญหาราคาหน่อไม้ตกต่ำในฤดูกาลที่ผลิตผลล้นตลาด ดังนั้นงานวิจัยนี้จะทำการแปรรูปหน่อไม้หวานพันธุ์หลักูเป็นหน่อไม้หวานตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยทำการเก็บรักษาผลิตผลในถุงพลาสติกที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศแบบสมดุล (Equilibrium Modified Atmosphere: EMA) ซึ่งเป็นอีกกรรมวิธีหนึ่งที่สามารถปรับสัดส่วนของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุต่ำลงและมีการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเนื่องจากการหายใจของผลิตผล และสามารถควบคุมการแลกเปลี่ยนก๊าซกับภายนอกจนสภาพบรรยากาศภายในถุงเข้าสู่สมดุลเมื่อออกซิเจนลดต่ำลง การหายใจและการสั่งเคราะห์เอทิลีนจึงเกิดขึ้นน้อยลง เนื่องจากในขั้นตอนการสร้างเอทิลีนจำเป็นต้องมีออกซิเจนเข้ามาเกี่ยวข้อง (Baldwin, 1994; Krochta *et al.*, 1994)

2. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

หน่อไม้มีหลากหลายสายพันธุ์ที่ใช้ในการรับประทาน ซึ่งมีขนาดและรสชาติที่แตกต่างกัน และมีหน่อไม้เพียงไม่กี่พันธุ์เท่านั้นที่เป็นที่ต้องการของท้องตลาด ในหลายๆ ประเทศมีการบริโภคหน่อไม้กันเป็นประจำ ซึ่งมีปริมาณการผลิตอยู่ในปริมาณมาก เช่น ประเทศไทยได้หันมาผลิตเป็นอันดับสอง และมักจะใช้ในการบริโภคสด นอกจากนั้นเมื่อในท้องตลาดขาดแคลนจะมีการนำเข้ามาจากต่างประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่นจะมีการขาดแคลนหน่อไม้ในเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม ซึ่งจะ

ตรงกับช่วงที่ประเทศออสเตรเลียมีการผลิตที่สูงที่สุด ทำให้สามารถส่งออกได้ถึง 250 ตัน/เดือน โดยที่ประเทศญี่ปุ่นจะมีการนำเข้าทั้งหน่อไม้สด และหน่อไม้กระป๋อง ประชาชนชาวจีนที่อาศัยอยู่ในประเทศต่างๆ เช่น สิงคโปร์ มาเลเซีย เวียดนาม สหรัฐอเมริกา แคนาดา และประเทศในทวีปยุโรป มีการบริโภคหน่อไม้ในรูปแบบหน่อไม้กระป๋อง และอาจจะมีการบริโภคหน่อไม้สดมากขึ้นในอนาคต (David, 2002)

ไม้ไผ่ที่พบในประเทศไทย มีประมาณ 15 สกุล 82 ชนิด สามารถพบกระจายพันธุ์อยู่ทั่วไปในทุกภาค โดยเฉพาะในป่าเบญจพรรณ หรือป่าผสมผลัดใบและขึ้นเป็นป่าไผ่ล้วน มูลค่าผลผลิตจากไม้ไผ่ที่ทำรายได้เข้าประเทศส่วนใหญ่มาจากไผ่ตง แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2537-2539 ไผ่ตงได้ออกดอกตายขยุเป็นพื้นที่กว้างส่งผลให้ผลผลิตจากหน่อและลำที่ทำรายได้เข้าประเทศลดลง ทำให้เกิดคำถามว่าจะมีไม้ไผ่เศรษฐกิจชนิดอื่นที่สามารถทดแทน และให้ผลผลิตคุณภาพของหน่อและลำเช่นเดียวกันกับไผ่ตงหรือไม่ จากการสำรวจและศึกษาชนิดพันธุ์ไม้ไผ่ และลักษณะเฉพาะของไม้ไผ่ที่มีศักยภาพด้านการค้า พบว่ามีอยู่ 6 ชนิด คือ ไผ่บงใหญ่ (*Dendrocalamus brandisii*), ไผ่สีสุก (*Bambusa blumeana*), ไผ่เลี้ยง (*Dendrocalamus sp.*), ไผ่รวกดำ (*Thyrsostachys oliveri*), ไผ่ข้าวหลาม (*Cephalostachyum pergracile*) และไผ่หมาจู้ (*Dendrocalamus latiflorus*) ซึ่งเป็นไผ่นำเข้าจากประเทศจีน หน่อไม้มีสายพันธุ์มากกว่า 1,200 ชนิด แต่ที่นิยมปลูกเพื่อผลประโยชน์ในการค้ามีไม่มากนัก ได้แก่ *Dendrocalamus latiflorus*, *Dendrocalamus asper*, *Dendrocalamus giganteus*, *Bambusa oldhamii* และ *Phyllostachys heterocycla f. pubescens* ซึ่งให้หน่อไม้ที่มีขนาดใหญ่และมีสี และเนื้อสัมผัสดี และมีรสขมน้อย ซึ่งเหมาะกับที่ตลาดต้องการ

ชื่อพื้นเมือง : ไผ่ห่อจู หรือ ไผ่หยก, 绿竹 (lǜ zhú), Oldham's Bamboo

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Bambusa oldhamii* Munro

แหล่งที่พบ : เป็นพันธุ์ไม้ที่มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ทางตอนใต้ของประเทศจีน นำมาปลูกครั้งแรกในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2529 โดยมูลนิธิโครงการหลวง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ (จรัสและคณะ, 2548)

2.1 ผักและผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภค (minimally processed fruits and vegetables; lightly processed) (Yildiz, 1994)

คือ ผักและผลไม้ที่ผ่านกระบวนการต่างๆภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การล้าง ตัดแต่ง หั่น ตัด เพื่อให้ผักและผลไม้นี้มีสภาพพร้อมสำหรับการนำไปบริโภค หรือการประกอบอาหารในขณะที่ผักและผลไม้ยังมีสภาพสด การแปรรูปในลักษณะนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบอบบางง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคและเน่าเสียได้เร็วกว่าปกติ ซึ่งตรงกันข้ามกับการแปรรูปโดยทั่วไป เช่น การตากแห้ง การบรรจุกระป๋อง หรือการแช่แข็ง วิธีเหล่านี้ล้วนเป็นวิธีที่ทำให้ผลิตผลคงทนเก็บ

รักษาได้นานขึ้น อย่างไรก็ตามการแปรรูปผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคมีข้อดีที่สามารถรักษาคุณภาพไว้ใกล้เคียงกับผลสดปกติมากกว่าการแปรรูปวิธีอื่นๆ

โดยปกติผักและผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภคเกิดการเน่าเสียได้ง่ายกว่าที่มีเปลือก เนื่องจากเปลือกเป็น โครงสร้างของพืชที่จะช่วยป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และความเสียหายของเนื้อเยื่อที่เกิดจากแรงกระแทกบริเวณส่วนที่เป็นรอยตัดที่เกิดจากการปอกเปลือกการตัดแต่งและการหั่นให้เป็นชิ้น จะเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการแปรรูปผักและผลไม้จึงต้องมีการจัดการแนวทางในการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practice) อย่างเคร่งครัด และมีการควบคุมอุณหภูมิในการผลิตเพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ขั้นตอนเหล่านี้ควรจะเป็นกรรมวิธีที่ทำให้เนื้อเยื่อผลไม้เกิดการเสียหายน้อยที่สุด ดังนั้นอุปกรณ์และเทคนิคในการตัดแต่งจึงจำเป็นต้องใช้ใบมีด ที่มีความคมมากเพื่อลดความเสียหายเนื่องจากการฉีกขาดของเนื้อเยื่อ และรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะผิวหน้าของชิ้นผลไม้ตัดแต่งให้คงลักษณะปรากฏที่ดึงดูดผู้บริโภคให้สนใจในตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นคุณลักษณะลำดับต้นๆ (Watada and Ling, 1999) ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ใช้ตัดสินในการยอมรับหรือซื้อผลิตภัณฑ์ นอกเหนือไปจากรสชาติ เนื้อสัมผัสความสดกรอบของผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภค เนื้อเยื่อของพืชที่เกิดการเสียหายหรือฉีกขาดจะเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ มีผลทำให้ผักและผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะและคุณภาพไป โดยทั่วไปผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภคจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดกว่าผักแปรรูปพร้อมบริโภค ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่ผลไม้มีการตัดแต่งและรอยตัดมากกว่าผักและเนื้อเยื่อของผลไม้มักจะมีสีที่อ่อนกว่าจึงสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดมากกว่า การเปลี่ยนแปลงของผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภคที่สำคัญได้แก่ การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวและการสูญเสียความกรอบไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคในที่สุด (Soliva-Fortuny and Martin-Belloso, 2003) ได้มีการใช้กรรมวิธีการต่างๆ มากมายที่สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่ดีของผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภค เช่น การใช้สารมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อในน้ำล้าง การควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำในระหว่างกระบวนการผลิต การแช่ในสารละลายกรด สารละลายแคลเซียม การใช้สารธรรมชาติเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ การบรรจุในภาชนะที่มีการปรับสภาพบรรยากาศ เป็นต้น ลักษณะของเนื้อผลไม้ภายหลังจากการตัดแต่งจะเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยมีปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ ชนิดและสายพันธุ์ของผลไม้ อุณหภูมิในระหว่างการผลิตและการเก็บรักษาการผลิตและการเก็บรักษาปริมาณ O₂ และ CO₂ ในการเก็บรักษา และสารยับยั้งต่างๆ ที่ใช้ชะลอการเสื่อมสภาพ (รัชญาและนฤชรี, 2548) ในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักและผลไม้ตัดแต่งจะใช้กรรมวิธีมากกว่าหนึ่งวิธีการร่วมกันเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สภาวะที่รุนแรงหรือมีความเข้มข้นสูงของปัจจัยที่ใช้ชะลอการเปลี่ยนแปลงหรือที่เรียกว่า “Hurdle Technology” ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะกรรมวิธีการแช่ในสารละลายแคลเซียมเพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงของผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภคเท่านั้น

การเปลี่ยนแปลงความกรอบหรือเนื้อสัมผัสของผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภคเกิดจากสาเหตุหลัก 2 ประการด้วยกันคือ 1) การสูญเสียน้ำโดยกระบวนการหายใจและการคายน้ำเป็นผลให้ความดันเต่งภายในเซลล์ (cell turgor pressure) ลดลง ซึ่งสามารถชะลอได้โดยการควบคุมอุณหภูมิของผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภคให้ต่ำเพื่อลดการหายใจและการคายน้ำ 2) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารประกอบเพคตินที่ผนังเซลล์ในระหว่างกระบวนการสุกเป็นเหตุให้ผนังเซลล์อ่อนแอและไม่จับตัวกันแน่นเหมือนเดิม (รัชฎาและนัญชรี, 2548) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเพคตินมีสาเหตุหลักมาจากการสลายของสารประกอบเพคตินโดยเอนไซม์

การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นอีกกรรมวิธีหนึ่งที่น่าสนใจโดยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์สามารถช่วยปรับปรุงความกรอบของเนื้อและหลังการตัดแต่งได้ โดยช่วยให้เนื้อเยื่อมีความแข็งแรงและทนต่อการย่อยของเอนไซม์ที่หลั่งออกมาจากเนื้อเยื่อที่เสียหายจากการตัดแต่ง การแช่สารละลายแคลเซียมเป็นวิธีหนึ่งช่วยปรับปรุงความกรอบของเนื้อและหลังการตัดแต่ง โดย Ca^{2+} สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเพคตินบริเวณ middle lamella และผนังเซลล์เกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม (crosslink) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) บนสาย polygalacturonides และประจุคู่ของ Ca^{2+} โดย Ca^{2+} ทำหน้าที่ดึงหมู่คาร์บอกซิลบนสาย polygalacturonides สายหนึ่งให้จับกับหมู่คาร์บอกซิลของสาย polygalacturonides อีกสายหนึ่งเกิดเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า egg-box model เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตท ซึ่งไม่ละลายน้ำ (รัชฎาและนัญชรี, 2548) โดยถ้าใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นมาก ความกรอบก็เพิ่มมากและเวลาที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1-2 นาที อาจมีการเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ให้สูงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะช่วยให้แคลเซียมสามารถแพร่ผ่านเข้าสู่ภายในเนื้อเยื่อของผลไม้ได้มากขึ้น โดยอุณหภูมิที่ใช้ไม่ควรสูงเกิน 60 องศาเซลเซียส (Luna-Gutzman *et al.*, 1999) เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้เนื้อเยื่อผลไม้เกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนทำให้สูญเสียความกรอบและลักษณะปรากฏที่สวยงามไปความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสแตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้ โดยทั่วไปแล้วความเข้มข้นที่เหมาะสมอยู่ระหว่างร้อยละ 0.1-1 เปอร์เซ็นต์ หากใช้ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์สูงเกินไปอาจทำให้เกิดรสขมในเนื้อผลไม้ได้ (Soliva-Fortuny and Martin-Belloso, 2003)

นอกจากนี้อุณหภูมิของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้แช่ยังมีผลช่วยลดปริมาณสารพิษและเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับเปลือกของผลไม้สดด้วย การนำผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภคไปแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ นอกจากช่วยปรับปรุงความกรอบของผลไม้ตัดแต่งแล้ว สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ยังช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าของชิ้นผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภคมีสาเหตุสำคัญมาจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase; PPO) Luna-Gutzman *et al.* (1999) รายงานว่า การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าขึ้น

แตงเมลอน (fresh – cut melon) ได้ ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้เอนไซม์เกิดการเสียสภาพ (denature) จนไม่สามารถเข้าจับกับซับสเตรท (substrate) ทำให้ไม่เกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเวลาในการแช่ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1-5 นาที นอกจากนี้การแช่สารละลายแคลเซียมเป็นการช่วยชะลอเมตาบอลิซึม (metabolism) ของเซลล์ผลไม้ได้ เนื่องจากการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะทำให้ชั้นผลไม้แปรสภาพพร้อมบริโภคมีอัตราการหายใจต่ำลง

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

หน่อไม้ไผ่หวานพันธุ์ห่อจุกจากแหล่งปลูกพื้นที่ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ โดยคัดเลือกหน่อไม้ไผ่หวานพันธุ์ห่อจุก ขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีบาดแผล ไม่มีโรคและแมลงเข้าทำลาย

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น CP3202S ของบริษัท Sartorius ประเทศเยอรมันนี ชั่งน้ำหนักสูงสุดได้ 3200 กรัม และแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น BP210S ของบริษัท Sartorius ประเทศเยอรมันนี ชั่งน้ำหนักสูงสุดได้ 210 กรัม

3.2.2 เครื่องปั่นผักและผลไม้ (blender) รุ่น MX-795N ของบริษัท Panasonic ประเทศมาเลเซีย

3.2.3 เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (texture analyzer) รุ่น Texture Instron 5565 ของบริษัท Instron ประเทศอังกฤษ

3.2.4 เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ รุ่น TitroLine easy ของบริษัท SCHOTT ประเทศสิงคโปร์

3.2.5 เครื่องวัดสี (chroma meter) รุ่น CR-10 ของบริษัท Minolta ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งวัดสีออกมาเป็นค่า L^* , a^* และ b^*

3.2.6 เครื่องกวนสารเคมีด้วยแท่งแม่เหล็ก และให้ความร้อน รุ่น Yellow MAG HS7 ของบริษัท IKA-WERKE GMBH&Co.KG ประเทศเยอรมันนี

3.2.7 ชุดดูดักไอกรด (Scrubber unit) รุ่น scrubber 2001 ของบริษัท FOSS ประเทศเดนมาร์ก

3.2.8 เครื่องกลั่นโปรตีน รุ่น Kjeltac™ 2200 ของบริษัท FOSS ประเทศเดนมาร์ก

3.2.9 เครื่องทำน้ำเย็น รุ่น EYELA cool ACE CA-111 ของบริษัท EYELA ประเทศญี่ปุ่น

3.2.10 ตู้ดูดควัน รุ่น TOPLAB ของบริษัท ออฟีเชียล ประเทศไทย

3.2.11 เครื่องสกัดไขมัน รุ่น Soxtherm/Multistat ของบริษัท Gerhardt ประเทศ

สหราชอาณาจักร

3.2.12 ตู้อบ รุ่น UM500 ของบริษัท Memmert ประเทศเยอรมันนี

3.2.13 เตาเผาถ้ำอุณหภูมิ (Furnace) รุ่น CWF-chamber ของบริษัท Carbolite ประเทศ

อังกฤษ

3.2.14 Desicator

3.2.15 Crucible

3.2.16 กระดาษกรอง ยี่ห้อ Whatman No.4 เส้นผ่านศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร ของบริษัท

Whatman International ประเทศอังกฤษ

3.2.17 Boiling stones Cat. No. 18310

3.2.18 ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส รุ่น LC203LD ของบริษัท LAW-CHAIN ประเทศ

ไทย

3.2.19 มีดทำครัว

3.2.20 เขียงพลาสติก

3.2.21 ตะกร้าพลาสติก

3.2.22 เครื่องแก้ว

- บีกเกอร์ (Beaker)
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
- ขวดปริมาตร (Volumetric flask)
- กระบอกตวง (Cylinder)
- แท่งแก้วคนสารละลาย (Stirrer)
- กรวยกรอง
- ช้อนตักสารเคมี

3.3 สารเคมี

3.3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

- สารละลายกรดบอริก (boirc acid, Ajax Fineche pty)
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, Ajax Fineche pty)
- สารละลายแอนไฮดรัสโซเดียมคาร์บอเนต (anhydrous sodium carbonate, Fisher Scientific)
- สารละลายโบรโมกรีน (bromocresol green, Baker Analyze)
- สารละลายเมทิลเรด (methyl red, Panreac)
- สารละลายเอทานอล (ethanol, Merck)
- กรดซัลฟูริก (concentrated sulfuric acid, Lab-Scan)

- กรดไฮโดรคลอริก (concentrated hydrochloric acid, Merck)
- kjeltabs catalysts (Kjeltabs, Foss)
- น้ำกลั่น

3.3.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

- ปีโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether, Lab-Scan)

3.4 สถานที่ปฏิบัติงานวิจัย

- ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมกระบวนการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติก (ฟิล์มแอลทีฟ) กับหน่อไม้ฝรั่งหวานพันธุ์ห่อกล้วยแปรรูปพร้อมบริโภค

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) มี 5 วิธีการ แต่ละวิธีการมี 3 ซ้ำ โดยบรรจุหน่อไม้ฝรั่งหวานที่ทำการตัดแต่งให้มีขนาด ลงในถุงพลาสติกชนิดต่าง ๆ ปิดผนึกด้วยความร้อนปริมาณ 300 กรัม ดังนี้

วิธีการที่ 1 ชุดควบคุม (ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ; LDPE)

วิธีการที่ 2 ถุงโพลีโพรพิลีน (Polypropylene : PP)

วิธีการที่ 3 ถุงที่มีการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนปานกลาง (Polyethylene with Moderate Oxygen Transmission Rate 7,600-8,500 cc.m⁻¹.day⁻¹)

วิธีการที่ 4 ถุงที่มีการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนสูง (Polyethylene with High Oxygen Transmission Rate 11,000 cc.m⁻¹.day⁻¹)

วิธีการที่ 5 ถุงที่มีการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนสูงมาก (Polyethylene with Very High Oxygen Transmission Rate 14,500 cc.m⁻¹.day⁻¹)

นำหน่อไม้ฝรั่งหวานที่บรรจุถุงพลาสติกชนิดต่างๆ เก็บรักษา ไว้ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส โดย นำหน่อไม้ฝรั่งหวานออกมาตรวจวัดผล ทุก 4 วัน ดังนี้

- โปรตีน (crude protein) โดยวิธี Kjeldahl
- ไขมัน โดยวิธี Soxlet apparatus
- การหาความชื้น
- การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (ash)
- การหา dietary fiber

- การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดออกซาลิก (oxalate content)
- การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สภายในบรรจุภัณฑ์
- อัตราการหายใจ
- การสูญเสียน้ำหนัก
- การเปลี่ยนแปลงสี
- การเกิดสีน้ำตาล
- ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (AOAC, 2000: method 966.23)
- การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ
- อายุการเก็บรักษา

3.5.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติกกับหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อใหญ่ แปรรูปบรรจุร่วมกับผักกาดแก้ว (lettuce) และแครอทพร้อมบริโภคน้ำหนัก

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) มี 5 วิธีการ แต่ละวิธีการมี 3 ซ้ำ โดยบรรจุหน่อไม้หวานแปรรูปบรรจุร่วมกับผักกาดแก้วและแครอทพร้อมบริโภคน้ำหนักชนิดละ 100 กรัม ลงในถุงพลาสติกชนิดต่าง ๆ ปิดผนึกด้วยความร้อน ดังนี้

วิธีการที่ 1 ชุดควบคุม (ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ; LDPE)

วิธีการที่ 2 ถุงโพลีโพรพิลีน (Polypropylene : PP)

วิธีการที่ 3 ถุงที่มีการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนปานกลาง (Polyethylene with Moderate Oxygen Transmission Rate 7,600-8,500 cc.m⁻¹.day⁻¹)

วิธีการที่ 4 ถุงที่มีการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนสูง (Polyethylene with High Oxygen Transmission Rate 11,000 cc.m⁻¹.day⁻¹)

วิธีการที่ 5 ถุงที่มีการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนสูงมาก (Polyethylene with Very High Oxygen Transmission Rate 14,500 cc.m⁻¹.day⁻¹)

นำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส โดยนำออกมาตรวจวัดผลทุก 4 วัน ดังนี้

- การสูญเสียน้ำหนัก
- การเกิดสีน้ำตาลของหน่อไม้พันธุ์ห่อใหญ่
- การเกิดสีชมพูบริเวณรอยตัดของผักกาดหอมห่อ
- การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สภายในบรรจุ
- อายุการเก็บรักษา

3.6 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีของหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ้งู มาหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลของการบรรจุแบบตัดแปลงสภาพบรรยากาศสมมูลต่ออายุการเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ้งูแปรรูปพร้อมบริโภค

4.1.1 ปริมาณโปรตีน

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ้งูในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน พบว่า หน่อไม้หวานพันธุ์หลิ้งูที่บรรจุในถุงชนิด PP มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-VH, LDPE และ PE-M ในขณะที่หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-H มีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด ($p \leq 0.05$)

4.1.2 ปริมาณไขมัน

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ้งูในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณไขมันของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงทุกชนิดมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด LDPE มีปริมาณไขมันเท่ากับ 1.34 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่าหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่มีปริมาณไขมันเท่ากับ 0.57, 0.91, 1.05 และ 0.44 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.1.3 ปริมาณเถ้า

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ้งูในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน พบว่า หน่อไม้หวานพันธุ์หลิ้งูที่บรรจุในถุงชนิดต่างๆ มีปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH มีปริมาณเถ้าเท่ากับ 10.29, 9.51, 10.01, 9.32 และ 10.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4.1.4 ปริมาณกาก

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ้งูในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณกากของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงทุกชนิดมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-VH มีปริมาณกากสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 2.80 กรัม/100 กรัม ในขณะที่หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP มีปริมาณกากน้อยที่สุด ($p \leq 0.05$) คือ 2.49 กรัม/100 กรัม ส่วน

หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด LDPE, PE-M และ PE-H มีปริมาณกาก เท่ากับ 2.64, 2.63 และ 2.68 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ

4.1.5 ปริมาณวิตามินซี

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อใหญ่ในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน พบว่า ชนิดของถุงไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซีของ หน่อไม้หวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 3.75, 3.13, 3.75, 3.13 และ 3.75 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด

4.1.6 ปริมาณออกซาเลท

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อใหญ่ในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน พบว่า ชนิดของถุงไม่มีผลต่อปริมาณออกซาเลทของ หน่อไม้หวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH มีปริมาณออกซาเลทเท่ากับ 151.9, 143.76, 140.88, 151.66 และ 137.45 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด

4.1.7 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อใหญ่ในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด LDPE มีจำนวนจุลินทรีย์ ทั้งหมดมากที่สุด รองลงมา คือ หน่อไม้หวานพันธุ์ห่อใหญ่ที่บรรจุในถุงชนิด PP, PE-H และ PE-VH และหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-M มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร พบว่า หน่อไม้หวานหวาน พันธุ์ห่อใหญ่ที่บรรจุในถุงชนิดต่างๆ มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีจำนวน โคโลนี มากเกินกว่ามาตรฐาน คุณภาพทางจุลชีววิทยาที่กำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 1×10^6 CFU/กรัม

4.1.8 ปริมาณยีสต์และรา

ปริมาณยีสต์และราในหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อใหญ่ที่บรรจุในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน พบว่า ปริมาณยีสต์และรามีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 2) โดยหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-VH มีปริมาณยีสต์และรามากที่สุด รองลงมา คือ หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด LDPE, PE-M และ PE-H และหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP มีปริมาณยีสต์และราน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร พบว่า หน่อไม้หวานที่บรรจุ ในถุงชนิด PE-VH และ LDPE มีจำนวนโคโลนี มากเกินกว่ามาตรฐานคุณภาพทางจุลชีววิทยาที่

กำหนดให้มีปริมาณยีสต์น้อยกว่า 1×10^4 CFU/กรัม ส่วนหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-M, PE-H และ PP มีจำนวนโคโลนีน้อยกว่ามาตรฐานคุณภาพทางจุลชีววิทยาที่กำหนด

4.1.9 ความชื้น

ความชื้นของหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อที่บรรจุในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน พบว่า หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP และ LDPE มีปริมาณความชื้นมากกว่าหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-VH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความชื้นของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-M และ PE-H

4.1.10 ความแน่นเนื้อ

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ความแน่นเนื้อของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงทุกชนิดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิดต่างๆ มีความแน่นเนื้อที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

4.1.11 การสูญเสียน้ำหนัก

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน พบว่า หน่อไม้หวานมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

4.1.12 ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุง

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน พบว่า หน่อไม้หวานพันธุ์ห่อที่บรรจุในถุงชนิด LDPE และ PE-M มีปริมาณแก๊สออกซิเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนที่สูงกว่าหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-H และ PE-VH ในขณะที่หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุงน้อยที่สุด ($p \leq 0.05$)

4.1.13 ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง

ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อที่บรรจุในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน พบว่า หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งตรวจไม่พบปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

4.1.14 อัตราการหายใจ

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน พบว่า หน่อไม้หวานพันธุ์ห่อที่บรรจุในถุงชนิด PP

มีอัตราการหายใจที่สูงกว่าหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ตรวจไม่พบปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จึงไม่สามารถคำนวณอัตราการหายใจของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงเหล่านี้ได้ อัตราการหายใจของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP มีอัตราเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 12 ของการเก็บรักษาจากนั้นมีอัตราการลดลงจนหน่อไม้หวานหมดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ตรวจไม่พบปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษาจนหน่อไม้หวานหมดอายุการเก็บรักษา คำนวณอัตราการหายใจของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงเหล่านี้ได้

4.1.15 การเกิดสีน้ำตาล

การเกิดสีน้ำตาลของหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อหูที่บรรจุในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน พบว่า หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-VH มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) ในขณะที่หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M และ PE-H มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.1.16 การเปลี่ยนแปลงสี

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อหูในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ค่า L^* ของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงทุกชนิดมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-VH มีค่า L^* ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) ในขณะที่หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M และ PE-H มีค่า L^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-M และ PE-VH มีค่า chroma ที่ลดลงจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ในขณะที่ค่า chroma ของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP, LDPE และ PE-H มีแนวโน้มที่ลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ซึ่งในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-VH มีค่า chroma ที่สูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่า chroma ของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-M ส่วนค่า chroma ของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด LDPE ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่า chroma ของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-M และ PE-H โดยค่า chroma ของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-H ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่า chroma ของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP โดยเป็นค่า chroma ที่ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$)

ค่า hue angle ของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษามีค่าที่สูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่า hue angle ของหน่อไม้หวานที่

บรรจุในถุงชนิด PE-M และไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับค่า hue angle ของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด LDPE และ PE-H ในขณะที่ค่า hue angle ของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-VH มีค่าต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับค่า hue angle ของหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด LDPE และ PE-H

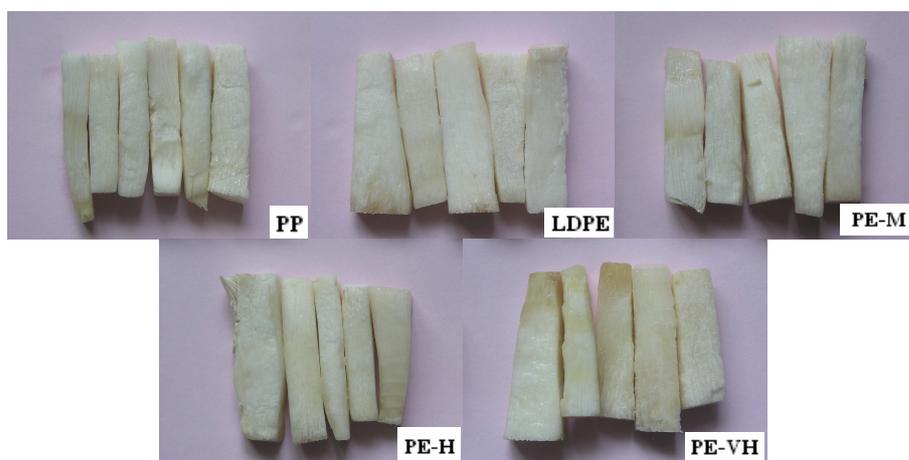
4.1.17 อายุการเก็บรักษา

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อใหญ่ในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด ($p \leq 0.05$) คือ 23.67 วัน รองลงมาคือหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด LDPE มีอายุการเก็บรักษานาน 19.67 วัน ในขณะที่หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-M และ PE-H มีอายุการเก็บรักษานาน 11.67 วัน ส่วนหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-VH มีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุด โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 7.67 วัน ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 1)

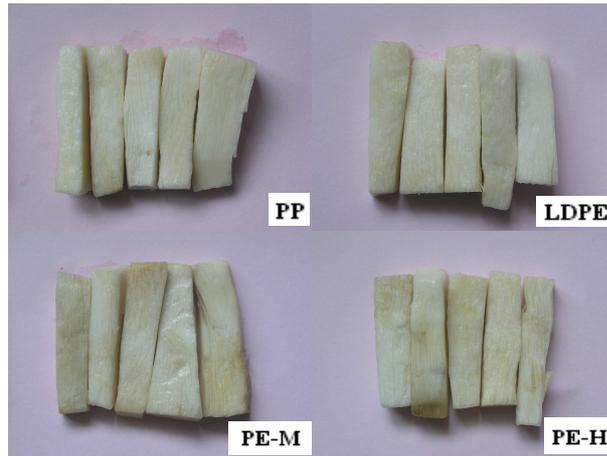
ตารางที่ 1 อายุการเก็บรักษาของหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อใหญ่ที่บรรจุในถุงชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน

ชนิดถุง	อายุการเก็บรักษา (วัน)
PP	23.67±0.58 ^a
LDPE	19.67±0.58 ^b
PE-M	11.67±0.58 ^c
PE-H	11.67±0.58 ^c
PE-VH	7.67±0.58 ^d

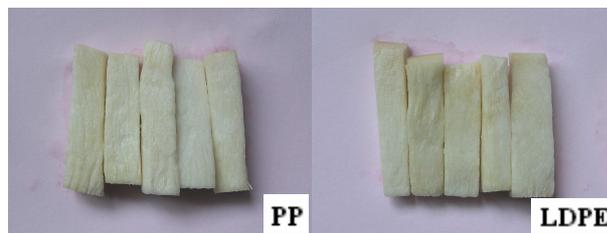
หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์



ภาพที่ 1 หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน



ภาพที่ 2 หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M และ PE-H เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 16 วัน



ภาพที่ 3 หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP และ LDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 20 วัน



ภาพที่ 4 หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 วัน

4.2 ผลของบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติกกับหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ่วบรรจุร่วมกับผักกาดแก้วและแครอท แปรรูปพร้อมบริโภค

4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ่ว ร่วมกับผักกาดหอมห่อและแครอทในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน พบว่า ผักที่บรรจุในถุงชนิด PE-VH มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือผักที่บรรจุในถุงชนิด PE-M, PE-H และ LDPE ส่วนผักที่บรรจุในถุงชนิด PP มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ($p \leq 0.05$)

4.2.2 การเกิดสีน้ำตาลของหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ่ว

การเกิดสีน้ำตาลของหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ่วที่บรรจุร่วมกับผักกาดหอมห่อ และแครอทในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน พบว่า หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-VH มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือหน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PE-M และ PE-H ที่มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP และ LDPE มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่น้อยที่สุด ($p \leq 0.05$)

4.2.3 การเกิดสีชมพูบริเวณรอยตัดของผักกาดหอมห่อ

การเกิดสีชมพูบริเวณรอยตัดของผักกาดหอมห่อที่บรรจุร่วมกับหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ่ว และแครอทในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน พบว่า ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในถุงชนิด PE-H และ PE-VH มีคะแนนการเกิดสีชมพูบริเวณรอยตัดเท่ากันและเกิดมากที่สุด ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในถุงชนิด LDPE และ PE-M มีคะแนนการเกิดสีชมพูไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผักกาดหอมห่อที่บรรจุในถุงชนิด PP ไม่ปรากฏการเกิดสีชมพูตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

4.2.4 ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุง

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ่ว ร่วมกับผักกาดหอมห่อและแครอทในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน พบว่า ผักที่บรรจุในถุงชนิด PE-H และ PE-VH มีปริมาณแก๊สออกซิเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนที่สูงกว่าผักที่บรรจุในถุงชนิด PP, LDPE และ PE-M และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.5 ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง

ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ่วที่บรรจุร่วมกับผักกาดหอมห่อและแครอทในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน พบว่า ผักที่บรรจุในถุงชนิด PP มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุงสูง

ที่สุด ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของผักที่บรรจุในถุงชนิด LDPE และ PE-M ที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผักที่บรรจุในถุงชนิด PE-H และ PE-VH ตรวจไม่พบปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

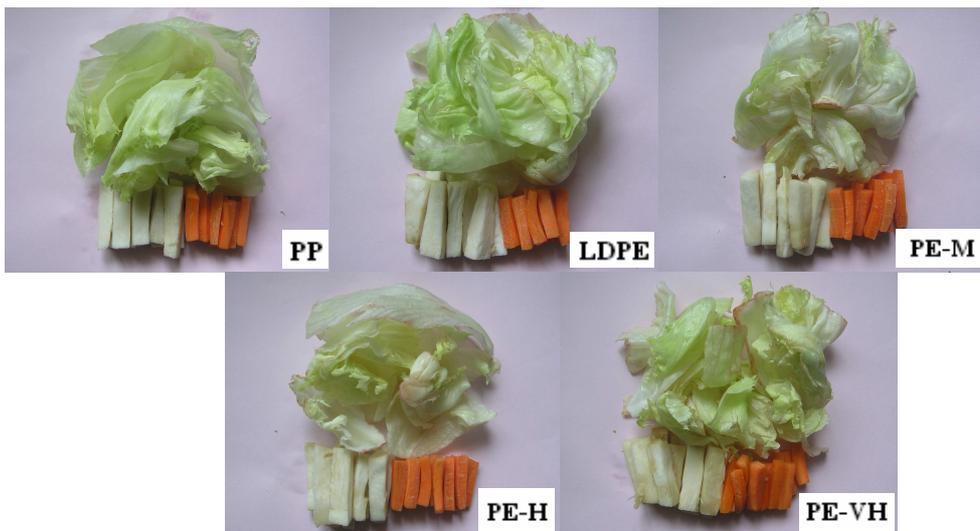
4.2.6 อายุการเก็บรักษา

การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ่ว ร่วมกับผักกาดหอมห่อและแครอทในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ผักที่บรรจุในถุงชนิด PP และ LDPE มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด ($p \leq 0.05$) คือ 10.00 และ 9.80 วัน ตามลำดับ รองลงมาคือผักที่บรรจุในถุงชนิด PE-M และ PE-H ที่มีอายุการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 8.00 และ 7.80 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ผักที่บรรจุในถุงชนิด PE-VH มีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุด โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 7.00 วัน ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 2)

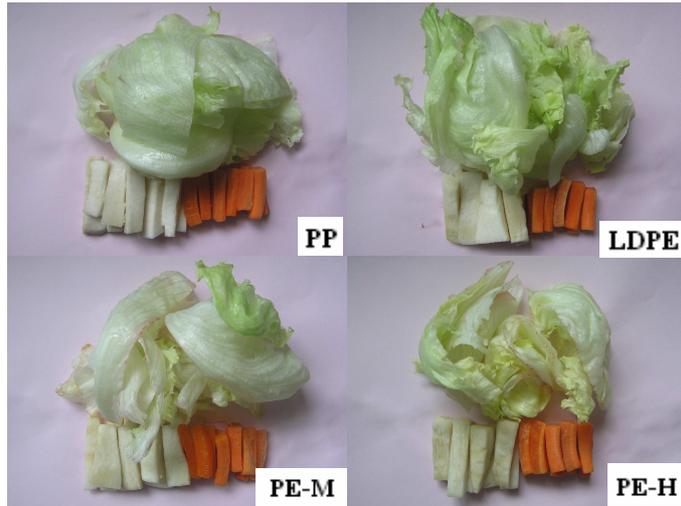
ตารางที่ 2 อายุการเก็บรักษาของหน่อไม้หวานพันธุ์หลิ่ว ผักกาดหอมห่อ และแครอทแปรรูปพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ชนิดถุง	อายุการเก็บรักษา (วัน)
PP	10.00±0.00 ^a
LDPE	9.80±0.45 ^a
PE-M	8.00±0.00 ^b
PE-H	7.80±0.45 ^b
PE-VH	7.00±0.00 ^c

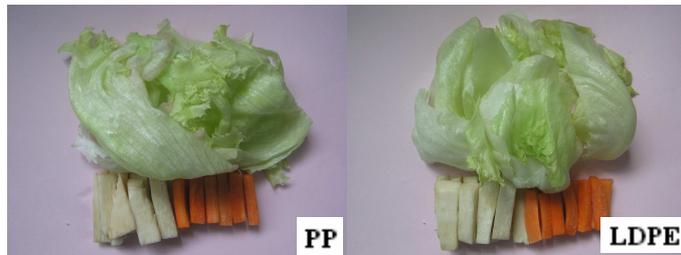
หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 5 หน่อไม้หวานที่บรรจุร่วมกับผักกาดหอมห่อและแครอทในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน



ภาพที่ 6 หน่อไม้หวานที่บรรจุร่วมกับผักกาดหอมห่อและแครอทในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M และ PE-H เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน



ภาพที่ 7 หน่อไม้หวานที่บรรจุร่วมกับผักกาดหอมห่อและแครอทในถุงชนิด PP และ LDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน

5. สรุปผลการทดลอง

1. การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อใหญ่ในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ชนิดของถุงที่ใช้ไม่มีผลต่อปริมาณแก้ว วิตามินซี ออกซาเลท ความแน่นเนื้อ การสูญเสียน้ำหนัก ของหน่อไม้หวาน แต่มีผลต่อปริมาณโปรตีน ไขมัน คาก เซ็ลลูโลสทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ความชื้น แก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ อัตราการหายใจ การเกิดสีน้ำตาล และการเปลี่ยนแปลงสีของหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อใหญ่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. หน่อไม้หวานที่บรรจุในถุงชนิด PP มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 24 วัน
3. การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อใหญ่ ร่วมกับผักกาดหอมห่อและแครอทในถุงชนิด PP, LDPE, PE-M, PE-H และ PE-VH ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ชนิดของถุงมีผลต่อการสูญเสีย น้ำหนัก การเกิดสีน้ำตาลของหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อใหญ่ และการเกิดสีชมพูบริเวณรอยตัดของ

ฝักกาดหอมห่อ ปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง และอายุการเก็บรักษาของฝักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. การเก็บรักษาหน่อไม้หวานพันธุ์ห่อ ร่วมกับฝักกาดหอมห่อและแครอทในถุงชนิด PP และ LDPE มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด คือ 10 วัน