การลดความเสียหายของหอมหัวใหญ่หลังการเก็บเกี่ยว

Reducing Damage of Onion (*Allium cepa* L.) after Harvesting

อารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย[1] ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์[1] สุพัฒธณกิจ โพธิ์สว่าง[2]

Areerat Karunsatitchai[1] Chawalert Trikarunasawat[1] Supattanakij Posawang[2]

[1]สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

[2]ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ศกล.ชม) สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร

คำหลัก : หอมหัวใหญ่ บรรจุภัณฑ์ ลดความชื้น อุณหภูมิ ลดความเสียหาย

บทคัดย่อ

การลดความเสียหายของหอมหัวใหญ่หลังการเก็บเกี่ยว มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดความเสียหายของหอมหัวใหญ่ก่อนถึงมือผู้บริโภค ทำการทดลองที่ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน ระยะเวลาทำการทดลองตั้งแต่เดือนตุลาคม 2555 ถึง กันยายน 2556 เริ่มจากคัดเลือกหอมหัวใหญ่พันธุ์ Superex มีความสม่ำเสมอ สี ขนาด และน้ำหนัก ปราศจากโรค โดยทำความสะอาด บรรจุในบรรจุภัณฑ์และเก็บรักษาที่อุณหภูมิตามกรรมวิธีที่กำหนด นาน 24 วัน พบว่า การใช้ถุงแอคทีฟ หนา 25 ไมครอน และ 40 ไมครอน ร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิ ที่ 5 และ 15 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดและการเสื่อมคุณภาพของหอมหัวใหญ่ได้นาน 24 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุในถุงตาข่ายร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องหรือกรรมวิธีใดกรรมวิธีหนึ่ง นอกจากนี้ พบว่า การเก็บรักษาหอมหัวใหญ่ในถุงแอคทีฟเป็นเวลานาน มีการเน่าเสียของผลิตผลซึ่งเกิดจากเชื้อสาเหตุโรคที่ติดมาจากแปลงปลูก มีอาการรุนแรงกว่าหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษาในถุงตาข่าย เมื่อศึกษาการควบคุมความรุนแรงของการเน่าเสียในหอมหัวใหญ่ ด้วยการลดความชื้นในถุงแอคทีฟ ความหนา 25 ไมครอน ด้วยการใช้ซิลิก้าเจลร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ไม่สามารถชะลอและควบคุมการเสื่อมสภาพซึ่งได้แก่การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และความเสียหายจากการเน่าเสียและการเกิดโรคของผลผลิตหอมหัวใหญ่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นได้

คำนำ

เทคโนโลยีการจัดการด้านหลังการเก็บเกี่ยวหอมหัวใหญ่เป็นอีกปัจจัยที่มีความสำคัญสำหรับการผลิตหอมหัวใหญ่ เนื่องจากหอมหัวใหญ่เป็นผลิตผลที่เน่าเสียได้ง่าย ทำให้ไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน ซึ่งส่งผลให้เกษตรกรต้องรีบขายผลผลิตในระยะที่ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต จึงทำให้ราคาของหอมหัวใหญ่ตกต่ำ โดยที่การสูญเสียในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนใหญ่มาจาก 2 สาเหตุใหญ่ คือ จากการติดโรคมาจากแปลงปลูก แล้วมีการปะปนของผลิตผลที่เป็นโรคเข้าไปในกลุ่มของผลิตผลที่ดีในระหว่างการเก็บรักษา ก่อให้เกิดความเสียหายแก่หอมหัวใหญ่ในระหว่างการเก็บรักษาได้ นอกจากนี้ยังเกิดการสูญเสียจากการแตกหน่อและออกรากของหอมหัวใหญ่ ซึ่งเกิดได้จากหลายสาเหตุ ได้แก่ การเก็บเกี่ยวหอมหัวใหญ่ที่ยังไม่ถึงกำหนดอายุการเก็บเกี่ยว ทำให้หอมหัวใหญ่ยังคงมีการเจริญเติบโตต่อไป การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของหอมหัวใหญ่ อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาผลผลิต ส่วนโรคที่ติดมาจากแปลงปลูกของหอมหัวใหญ่ มีอาการ neck rot (*Botrytis* spp.) black rot (*Aspergillus* spp.) basal rot (*Fusarium* sp.) หากมีการให้น้ำในช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสมเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โรคเน่าที่เกิดจากแบคทีเรียในขณะเก็บรักษามีความรุนแรงเพิ่มขึ้น ซึ่งการเข้าทำลายของเชื้อในขณะเก็บรักษาจะสูงสุดเมื่อเก็บเกี่ยวหอมเมื่ออายุ 110 วัน (ยอดเหี่ยว 25 %) แต่ถ้าเก็บเมื่ออายุ 120 วัน หลังจากย้ายปลูก (ยอดเหี่ยว 50 %) ทำให้การเน่าเสียลดลงอย่างมาก (สมศิริ,2554) ดังนั้น ดัชนีการเก็บเกี่ยวหอมหัวใหญ่จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยว

วิธีควบคุมการเน่าเสียของหอมหัวใหญ่ ที่นิยมคือ การสมานแผล (curing) ในแปลงปลูก พบว่า การ curing ในสภาพที่แห้งในแปลงปลูกเมื่อเก็บเข้าห้องเย็นเพื่อการขนส่ง การเน่าเสียมีระดับต่ำกว่าการ curing ที่อุณหภูมิห้องและสภาพที่ชื้น (สมศิริ, 2554) จึงกล่าวได้ว่า ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและอุณหภูมิในการเก็บรักษา เป็นปัจจัยหนึ่งในการควบคุมความรุนแรงของโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยว

รวมทั้ง การเก็บรักษาหอมหัวใหญ่ ควรเก็บในที่อุณหภูมิและความชื้นต่ำ รวมทั้งการระบายอากาศที่ดี จากการวางเรียงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมหรือชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ก็สามารถลดการกดทับของผลผลิตเป็นสาเหตุหลักของความบอกช้ำของผลผลิต ซึ่งจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น จากการรายงานของ Linus (2003) พบว่า สามารถเก็บรักษาหอมใหญ่ได้นานกว่า 200 วัน ขึ้นกับชนิดของพันธุ์หอมหัวใหญ่ โดยอุณหภูมิแนะนำสำหรับการเก็บรักษาหอมหัวใหญ่ คือ 0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-75% เนื่องจากการเก็บหอมหัวใหญ่ที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้หอมหัวใหญ่ เสื่อมสภาพได้ง่าย นอกจากนี้การเก็บรักษาหอมหัวใหญ่ในสภาพควบคุมบรรยากาศให้มีปริมาณออกซิเจน 1-2 % คาร์บอนไดออกไซด์ 4-5 % ก็สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาหอมหัวใหญ่ให้นานขึ้นได้

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (MAP- modified atmosphere packaging) ร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำ ส่งผลต่อกระบวนการต่างๆ ทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นในอัตราช้าลง การลดปริมาณออกซิเจน มีผลต่อการยับยั้งการเกิดออกซิไดซ์ของสารประกอบฟีนอลจนได้สารสีน้ำตาล อัตราการหายใจและการสร้างเอทิลีนเกิดขึ้นในอัตราต่ำ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น มีสมบัติขัดขวางการทำงานของเอทิลีน (จริง

แท้, 2538) การใช้ถุง/ฟิล์มบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ เป็นวิธี MAP ที่น่าสนใจ เนื่องจากบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ มีสมบัติ ยอมให้ก๊าซที่ใช้ในกระบวนการหายใจผ่านเข้าออกได้ดีและสอดคล้องกับอัตราการใช้และสร้างก๊าซในกระบวนการหายใจของผักและผลไม้ที่บรรจุ ทำให้เกิดบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (Equilibrium Modified Atmosphere – EMA) และมีสมบัติพิเศษอื่น เช่น ดูดซับเอทิลีนเพื่อชะลอการสุก และสามารถเลือกให้ก๊าซ/น้ำผ่านแบบพิเศษ ทำให้เกิดฝ้าน้อยและมีความแข็งแรง จากการทดสอบ นำเงาะบรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟ ประเภท high OTR ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วันเมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุในถุง PP ไม่เจาะรู เก็บได้เพียง 9 วัน สอดคล้องกับ การทดสอบของ นิลวรรณ และคณะ (2551) การบรรจุผลเงาะที่สุกงอมปลายขนสีแดงในถุง LDPE (low density polyethylene) ที่มีค่า OTR 10,000-12,000 มล./ม.^{2}/วัน CTR 30,000-36,000 มล./ม.^{2}/วัน WVTR 5.74 มล./ม.^{2}/วัน ที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียสขณะทำการขนส่งทางตู้คอนเทรนเนอร์ เก็บรักษาได้นาน 14-18 วัน และจากรายงานของ นพรัตน์(2528) พบว่า ผลลองกองที่แก่และไม่แก่ เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสและจุ่มช่อด้วย benlate ความเข้มข้น 0-10 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้บรรยากาศที่มีออกซิเจน 5 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีอายุการเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์

ดังนั้น การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวหอมหัวใหญ่จากแปลงปลูกและการเก็บรักษาระหว่างรอการขนส่งเพื่อแปรรูปหรือบริโภคสด การเก็บรักษาหอมหัวใหญ่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต่ำ อุณหภูมิต่ำ ชนิดบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ถือเป็นการลดความเสียหายและยืดอายุการเก็บรักษาหอมหัวใหญ่หลังการเก็บเกี่ยวได้ดียิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ผลผลิตหอมหัวใหญ่พันธุ์การค้า (superlex) คัดเกรดจากโรงงานเอกชน
2. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. ถุงตาข่ายพลาสติก ขนาดบรรจุ 10 กิโลกรัม
4. ถุงแอคทีฟ หนา 25 ไมครอน
5. ถุงแอคทีฟ หนา 40 ไมครอน
6. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 2 ระดับอุณหภูมิ (5 และ 15 องศาเซลเซียส)
7. ซิลิก้าเจล (สำหรับดูดความชื้น)
8. ตะกร้าพลาสติก
9. เครื่องปั่นน้ำผลไม้แบบแยกน้ำแยกเนื้อ
10. เครื่อง Hand refractometer (0-32 บริกซ์)
11. pH meter

วิธีการ

1. ศึกษาอุณหภูมิและชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการเก็บรักษาหอมใหญ่

เริ่มจากคัดเลือกหอมหัวใหญ่พันธุ์ Superex มีความสม่ำเสมอ สี ขนาด และน้ำหนัก ปราศจากโรค โดยทำความสะอาด บรรจุในบรรจุภัณฑ์และเก็บรักษาที่อุณหภูมิตามกรรมวิธีที่กำหนด วางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD จำนวน 10 ซ้ำๆ ละ 3 ผล โดยศึกษาปัจจัยดังต่อไปนี้

ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษา 3 ระดับ คือ 5, 15 และ อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 35 องศาเซลเซียส) เป็นตัวควบคุม

ปัจจัยที่ 2 ชนิดของภาชนะบรรจุ มี 3 ชนิด คือ ถุงตาข่ายพลาสติก ถุงแอคทีฟ หนา 25 และ 40 ไมครอน โดยมีกรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เก็บรักษา ในถุง ตาข่าย	ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส
กรรมวิธีที่ 2 เก็บรักษา ในถุงแอคทีฟ ความหนา 25 ไมครอน	ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส
กรรมวิธีที่ 3 เก็บรักษา ในถุงแอคทีฟ ความหนา 40 ไมครอน	ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส
กรรมวิธีที่ 4 เก็บรักษา ในถุง ตาข่าย	ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส
กรรมวิธีที่ 5 เก็บรักษา ในถุงแอคทีฟ ความหนา 25 ไมครอน	ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส
กรรมวิธีที่ 6 เก็บรักษา ในถุงแอคทีฟ ความหนา 40 ไมครอน	ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส
กรรมวิธีที่ 7 เก็บรักษา ในถุง ตาข่าย	ที่อุณหภูมิห้อง
กรรมวิธีที่ 8 เก็บรักษา ในถุงแอคทีฟ ความหนา 25 ไมครอน	ที่อุณหภูมิห้อง
กรรมวิธีที่ 9 เก็บรักษา ในถุงแอคทีฟ ความหนา 40 ไมครอน	ที่อุณหภูมิห้อง

บันทึกผลการทดลองทุก 6 วัน โดยวัดคุณภาพ ดังนี้

1.เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) ชั่งผลผลิตหอมหัวใหญ่ โดยใช้เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง จากนั้นนำมาคำนวณหาการสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ตามสูตร

$$A = \frac{(B-C)}{B} x\ 100$$

โดยที่ ***A*** คือ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

B คือ น้ำหนักเริ่มต้นของผลผลิตหอมหัวใหญ่

C คือ น้ำหนักสุดท้ายของผลผลิตหอมหัวใหญ่

2.ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง Hand refractometer (0-32 องศาบริกซ์) แบบดิจิตอล โดยนำผลผลิตหอมหัวใหญ่มาปั่นแยกน้ำแยกเนื้อด้วยเครื่องสกัดน้ำผลไม้ หยดของเหลวที่แยกได้ลงบนช่องแผ่นกระจกของเครื่องแล้วกดปุ่มวัดที่ตัวเครื่อง อ่านค่าที่ได้

3.ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ นำของเหลวที่ได้จากการปั่นแยกน้ำแยกเนื้อใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วใช้ปลายของแท่งวัด pH meter จุ่มลงในของเหลวดังกล่าว รอจนค่าที่ได้นิ่ง อ่านค่าที่ได้

2. ศึกษาการลดความชื้นในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟเพื่อการควบคุมความรุนแรงของการเน่าเสียในการเก็บรักษาหอมหัวใหญ่

เริ่มจากคัดเลือกหอมหัวใหญ่พันธุ์ Superex มีความสม่ำเสมอ สี ขนาด และน้ำหนัก ปราศจากโรค โดยทำความสะอาด บรรจุในถุงแอคทีฟ ความหนา 25 ไมครอน ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดได้ดี และเกิดความรุนแรงของการเน่าเสียน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับถุงแอคทีฟความหนา 40 ไมครอน ร่วมกับการใช้ซิลิก้าเจล ทำหน้าที่ดูดซับความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์ระหว่างเก็บรักษาผลผลิต โดยมีจำนวนซิลิก้าเจลตามกรรมวิธีที่กำหนด และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 24 วัน
วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 10 ซ้ำๆ ละ 3 ผล โดยมีกรรมวิธีดังต่อไปนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ซิลิก้าเจล

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ซิลิก้าเจลในถุงแอคทีฟ จำนวน 5 ซอง

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ซิลิก้าเจลในถุงแอคทีฟ จำนวน 10 ซอง

บันทึกผลการทดลองทุก 6 วัน โดยวัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ เช่นเดียวกับการทดสอบตอนที่ 1 และเก็บบันทึกข้อมูลเพิ่มเติม ดังนี้

เปอร์เซ็นต์เสียหายจากการเน่าเสียและเกิดโรคของผลผลิต บันทึกจำนวนหอมหัวใหญ่ที่เกิดการเน่าเสียและเกิดโรคในแต่ละครั้ง แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากการเกิดการเน่าเสียและการเกิดโรคเปรียบเทียบกับจำนวนหอมหัวใหญ่ทั้งหมดที่ทำการทดลอง

$$\text{การเสียหายจากการเน่าเสียและการเกิดโรค(\%)} = \frac{\text{จำนวนหอมหัวใหญ่ที่เกิดการเน่าเสียและเกิดโรค}}{\text{จำนวนหอมหัวใหญ่ทั้งหมดที่ทำการทดลอง}} \times 100$$

ความรุนแรงของการเน่าเสียและเกิดโรค วัดพื้นที่การเกิดเน่าเสียและเกิดโรค เปรียบเทียบกับพื้นที่ผิวทั้งหมดของหอมหัวใหญ่ โดยจัดระบบเป็นการให้คะแนน 5 ระดับ คือ

1 = ไม่มีอาการ
2 = มีอาการเล็กน้อย ตั้งแต่ 1 - 25 เปอร์เซ็นต์
3 = มีอาการปานกลาง ตั้งแต่ 26 - 50 เปอร์เซ็นต์
4 = มีอาการรุนแรง ตั้งแต่ 51 - 75 เปอร์เซ็นต์
5 = มีอาการรุนแรงมาก ตั้งแต่ 76 - 100 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลา

เริ่ม พฤษภาคม 2556 สิ้นสุด กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 1 หอมหัวใหญ่พันธุ์การค้า (superex) ที่ใช้ทดสอบ

ภาพที่ 2 หอมหัวใหญ่ที่บรรจุถุงแอคทีฟ ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 15 และอุณหภูมิห้อง 35 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 3 ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาหอมหัวใหญ่ที่ใช้ทดสอบ

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาอุณหภูมิและชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการเก็บรักษาหอมหัวใหญ่ พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระดับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษามีปฏิสัมพันธ์ต่อการสูญเสียน้ำหนักสดของหอมหัวใหญ่ระหว่างการเก็บรักษาทั้ง 6 และ 24 วัน

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของหอมหัวใหญ่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ผลผลิตที่เก็บรักษาในถุงตาข่ายพลาสติกมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงสุดในถุงตาข่ายพลาสติก ถุงแอคทีฟความหนา 25 และ 40 ไมครอน คือ 1.87 0.74 และ 0.65 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาถึงชนิดของบรรจุภัณฑ์ในทุกอุณหภูมิที่ทำการเก็บรักษา พบว่าการใช้ถุงตาข่ายพลาสติก หอมหัวใหญ่มีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุด รองลงมาคือการใช้ถุง แอคทีฟหนา 25 ไมครอน และถุง active หนา 40 ไมครอน ตามลำดับ นอกจากนี้อิทธิพลร่วมของชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษามีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของหอมหัวใหญ่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1) และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 วันพบว่าผลผลิตหอมหัวใหญ่ในถุงตาข่ายพลาสติกที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ผลผลิตมีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุด คือ 2.76 เปอร์เซ็นต์รองลงมาคือ ผลผลิตหอมหัวใหญ่ในถุงตาข่ายพลาสติกที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสมีการสูญเสียน้ำหนัก 1.35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลผลิตที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟ หนา 40 ไมครอนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 0.24 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) ชนิดของบรรจุภัณฑ์

การที่ผลผลิตที่บรรจุในถุงแอคทีฟแล้วเก็บรักษามีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการบรรจุผลผลิตในถุงตาข่ายนั้น เกิดจากถุงแอคทีฟมีผลในการกักเก็บความชื้นรอบๆ ผลผลิต ไม่ให้เกิดการสูญเสียความชื้น หรือมีการสูญเสียความชื้นรอบผลผลิตหอมหัวใหญ่น้อยกว่าสภาพที่ไม่มีพลาสติกห่อ ซึ่งการบรรจุผลผลิตในถุงพลาสติกเป็นการป้องกันการระเหยของน้ำออกจากผลผลิตและรักษาสภาพบรรยากาศรอบๆ ผลผลิตให้อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (Ben-Yehoshua, 1979) โดยธรรมชาติ ผลผลิตจะมีมีอัตราการระเหยน้ำออกจากผิวผลได้สูงสุด เกิดจากการคายน้ำของผลผลิตทาง stomata lenticels และรอยเปิดอื่นๆ (Mendoza and Will, 1984) การเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (35 องศาเซลเซียส) พบว่าผลผลิตมีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 15 องศาเซลเซียส เนื่องจากหอมหัวใหญ่ยังมีการหายใจและการคายน้ำรวมทั้งยังเกิดขบวนการเมทาบอลิซึม อุณหภูมิที่สูงมีผลให้อัตราการหายใจ อัตราการคายน้ำและอัตราการเกิดเมทาบอลิซึมสูงตามไปด้วย เป็นเหตุให้ที่ระดับอุณหภูมิห้องผลผลิตมีการสูญเสียน้ำหนัก และเกิดการเสื่อมสภาพเร็วและมากกว่าระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของหอมหัวใหญ่ระหว่างเก็บรักษานาน 6-24 วัน พบว่ามีแนวโน้มเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สภาวะอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิห้อง) มากกว่าอุณหภูมิต่ำ (อุณหภูมิในตู้ควบคุมที่ 5 และ 15 องศาเซลเซียส) เนื่องจากอัตราการหายใจ อัตราการคายน้ำ และอัตราการเกิดขบวนการเมทาบอลิซึมของผลผลิตที่อุณหภูมิสูงมีอัตราที่สูงกว่าการเกิดในอุณหภูมิต่ำ เป็นผลให้มีการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลในเซลล์อันเกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซ์แป้งภายในผลหอมหัวใหญ่มีมากกว่าตามไปด้วย และเป็นผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของผลผลิตที่อุณหภูมิสูงมีมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ และส่งผลให้อายุการเก็บรักษาผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่อุณหภูมิสูงสั้นกว่าการเก็บรักษาผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่อุณหภูมิต่ำ

หลังเก็บรักษานาน 6 วัน หอมหัวใหญ่ที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ในแต่ละอุณหภูมิที่เก็บรักษา มีค่าความเป็นกรด – ด่างของเนื้อ (pH) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง 5.67-5.90 ผลผลิตที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟ ความหนา 25 และ 40 ไมครอน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และ ผลผลิตที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟ ความหนา 40 ไมครอน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีค่า pH เท่ากัน คือ 5.90 และถือเป็นค่า pH ที่สูงสุด ส่วนผลผลิตที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟหนา 40 ไมครอน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมีค่า pH ต่ำสุด คือ 5.63 กรรมวิธีอื่นๆ พบว่าผลผลิตมีค่า pH ไม่แตกต่างกัน และพบว่าระดับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาทั้ง 3 ระดับไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของผลผลิต แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ใส่ผลผลิตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของผลผลิต ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระดับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาไม่มีปฏิสัมพันธ์และไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน

และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่าผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษาในถุงตาข่ายพลาสติกที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสและผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟ ความหนา 25 ไมครอน และ 40 ไมครอนที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสมีค่า pH สูงสุด ดังนี้คือ 5.90 5.90 และ 5.85 ตามลำดับ ส่วนผลผลิตที่บรรจุในถุงตาข่ายพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีค่า pH น้อยที่สุดคือ 5.70 ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงบรรจุและระดับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษามีปฏิสัมพันธ์และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 24 วัน

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ตลอดระยะเวลา 6 วันในการเก็บรักษา ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่บรรจุถุงแอคทีฟ หนา 40 ไมครอน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด คือ 5.14 รองลงมาคือผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่บรรจุถุงแอคทีฟ หนา 25 ไมครอน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่บรรจุถุงตาข่ายพลาสติก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และ ผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่บรรจุถุงแอคทีฟ ความหนา 25 ไมครอน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีค่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 4.21 3.02 และ 2.91 ตามลำดับ และผลผลิตที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟ ความหนา 25 ไมครอน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำสุดคือ 1.43 และพบว่าระดับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาทั้ง 3 ระดับไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลผลิตแต่ชนิดของภาชนะที่ใช้บรรจุผลผลิตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลผลิต อีกทั้งความสัมพันธ์ระหว่างชนิดภาชนะบรรจุและระดับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลผลิตหอมหัวใหญ่ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่บรรจุถุงตาข่ายพลาสติกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด คือ 5.87 ส่วนผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่บรรจุถุง active หนา 40 ไมครอน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำสุด คือ 3.85 ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงบรรจุและระดับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาไม่มีปฏิสัมพันธ์และไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 24 วัน โดยทั่วไปผลไม้ส่วนใหญ่เมื่อเข้าสู่กระบวนการสุกแก่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากโมเลกุลแป้งในผลผลิตมีการเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล ซึ่งเกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซ์ (สายชล, 2536) สอดคล้องกับผลการทดลองที่ผลผลิตหอมหัวใหญ่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลามากกว่า 6 วัน พบว่าผลผลิตที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟ ความหนา 25 และ 40 ไมครอน ที่อุณหภูมิ 35 ° C ผลผลิตเกิดสภาพเน่าเสีย โดยมีอาการผลนิ่มเละ มีของเหลวไหลออกจากผลผลิต รวมทั้งมีกลิ่นเหม็นอันเกิดจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนของผลผลิต ทำให้ที่อุณหภูมิดังกล่าว (35 องศาเซลเซียส) ไม่สามารถเก็บรักษาและวัดคุณภาพของผลผลิตต่อไปได้ (ภาพที่ 4)

ภาพที่ 4 หอมหัวใหญ่ที่เก็บในถุงพลาสติกทีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เกิดการเจริญเติบโตของเชื่อราและเกิดสภาพเน่าเสีย

จากการสังเกตระหว่างการเก็บรักษาผลผลิตนาน 24 วัน พบปัญหาการเน่าเสียและการเกิดโรคขึ้นในผลผลิตหอมหัวใหญ่เกิดได้หลายลักษณะ ลักษณะแรกเป็นการเน่าที่เกิดจากกระบวนการหมัก (fermentation) โดยพบว่าผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟทั้งสองชนิดที่อุณหภูมิห้องจะมีการเน่าเสียที่เกิดจากขบวนการหมักดังกล่าวหลังจากเก็บรักษาได้ไม่นาน (เริ่มมีอาการในสัปดาห์แรกหลังการเก็บรักษา) เนื่องจากเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นผลจากการแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างภายในถุงและภายนอกถุงไม่เหมาะสมกับอัตราการหายใจของผลผลิต เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จนนำไปสู่กระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ได้ผลผลิตคือก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ และไอน้ำ ความชื้นที่สูงภายในถุงพลาสติกยังทำให้เชื้อโรคบางชนิดที่เป็นสาเหตุของโรคเน่าเจริญเติบโตได้ดี อาทิ เชื้อรา และเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งโดยปกติการการเก็บรักษาผลผลิตในถุงพลาสติกเป็นการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตได้ โดยมีผลช่วยลดระดับของก๊าซออกซิเจนลง เนื่องจากถูกใช้ไปในการหายใจของผลผลิต และมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเนื่องจากการหายใจ เป็นผลให้ผลิตผลมีการหายใจลดลง รวมทั้งชะลอการสุก การเสื่อมสภาพ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพ (สายชล, 2528) แต่การดัดแปลงสภาพบรรยากาศก็อาจมีผลเสียต่อผลิตผลได้ เช่น การเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติในผลมะเขือเทศและผลมะม่วง เนื่องจากสภาพออกซิเจนที่ต่ำเกินไปหรือคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเกินไปเมื่อเก็บรักษาผลผลิตในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Kader *et al.,* 1985) ผลิตผลตอบสนองเมื่อเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยเกิดกระบวนการทางชีวเคมีที่ผิดปกติ มีการสะสมสารพิษ เช่น อะซีตัลดีไฮน์ และแอลกอฮอล์ ทำให้เซลล์และเยื่อหุ้มเสื่อมสภาพ (ดนัย, 2540) ส่งผลให้ผลิตผลมีความอ่อนแอและเสียหายได้ รวมทั้งเกิดการเน่าเสียได้จากผลการทดลอง พบว่าชนิดของภาชนะบรรจุมีผลต่อคุณภาพ

การเก็บรักษาผลผลิตหอมหัวใหญ่ โดยพบว่าด้านการสูญเสียน้ำหนัก การเก็บรักษาผลผลิตในถุงตาข่ายผลผลิตมีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุดในทุกระดับอุณหภูมิเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาในถุงพลาสติกทั้งสองชนิด

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีผลต่อการลดอัตราการหายใจ อัตราการคายน้ำ และอัตราการเกิดเมทาบอลิซึมของผลผลิตหอมหัวใหญ่ เป็นผลให้การสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในของผลผลิตเกิดขึ้นในอัตราที่น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่สูงกว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียสจึงมีความเหมาะสมกว่าอุณหภูมิที่ 15 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง (35 องศาเซลเซียส) ด้านชนิดของถุงพลาสติกที่ใช้เก็บรักษา พบว่าถุงแอคทีฟ ความหนา 25 ไมครอน สามารถเก็บรักษาผลผลิตหอมหัวใหญ่ได้ดีกว่าถุงชนิดอื่น (ถุงตาข่ายพลาสติกและถุงแอคทีฟ ความหนา 40 ไมครอน) เนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนอากาศและรักษาความชื้นระหว่างภายในและภายนอกถุงได้ดีกว่าถุงแอคทีฟ ความหนา 40 ไมครอนที่หนากว่า และถุงตาข่ายพลาสติกที่เก็บรักษาความชื้นได้น้อยกว่า

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในหอมหัวใหญ่ในบรรจุภัณฑ์ต่างๆตามอุณหภูมิการเก็บรักษาที่กำหนดไว้ หลังเก็บรักษานาน 6 วัน

ที่	กรรมวิธี	% สูญเสียน้ำหนัก	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้
1	ถุงตาข่ายพลาสติก เก็บรักษาที่ 5 ° C	0.28^{bc}	5.67^{ab}	3.02^{bc}
2	ถุง active หนา 25 µ เก็บรักษาที่ 5 ° C	0.08^{a}	5.77^{ab}	2.91^{cd}
3	ถุง active หนา 40 µ เก็บรักษาที่ 5 ° C	0.06^{a}	5.63^{b}	2.34^{cd}
4	ถุงตาข่ายพลาสติก เก็บรักษาที่ 15 ° C	0.35^{c}	5.83^{ab}	1.94^{cd}
5	ถุง active หนา 25 µ เก็บรักษาที่ 15 ° C	0.20^{b}	5.90^{a}	1.43^{d}
6	ถุง active หนา 40 µ เก็บรักษาที่ 15 ° C	0.11^{a}	5.90^{a}	1.62^{cd}
7	ถุงตาข่ายพลาสติก เก็บรักษาที่ 35 ° C	1.87^{f}	5.80^{ab}	2.34^{cd}
8	ถุง active หนา 25 µ เก็บรักษาที่ 35 ° C	0.74^{e}	5.70^{ab}	4.21^{ab}
9	ถุง active หนา 40 µ เก็บรักษาที่ 35 ° C	0.65^{d}	5.90^{a}	5.14^{a}
	ชนิดถุงบรรจุ (A)	**	*	*
	อุณหภูมิเก็บรักษา (B)	**	ns	ns
	(A) X (B)	**	ns	*
	LSD	0.077	0.148	1.54
	C.V.	18.02	2.56	32.25
	P	0.05	0.05	0.05

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Least Significant Difference tests (LSD) โดย * คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ** คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในหอมหัวใหญ่ในบรรจุภัณฑ์ต่างๆตามอุณหภูมิเก็บรักษาที่กำหนดไว้ หลังเก็บรักษานาน 24 วัน

ที่	กรรมวิธี	% สูญเสียน้ำหนัก	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้
1	ถุงตาข่ายพลาสติก เก็บรักษาที่ 5 ° C	0.69^{c}	5.70^{c}	4.70^{ab}
2	ถุง active หนา 25 µ เก็บรักษาที่ 5 ° C	0.34^{ab}	5.80^{b}	5.13^{ab}
3	ถุง active หนา 40 µ เก็บรักษาที่ 5 ° C	0.24^{a}	5.80^{b}	4.87^{ab}
4	ถุงตาข่ายพลาสติก เก็บรักษาที่ 15 ° C	1.35^{d}	5.80^{b}	5.87^{a}
5	ถุง active หนา 25 µ เก็บรักษาที่ 15 ° C	0.75^{c}	5.90^{a}	4.75^{ab}
6	ถุง active หนา 40 µ เก็บรักษาที่ 15 ° C	0.41^{b}	5.85^{ab}	3.85^{b}
7	ถุงตาข่ายพลาสติก เก็บรักษาที่ 35 ° C	2.76^{e}	5.90^{a}	4.45^{b}
8	ถุง active หนา 25 µ เก็บรักษาที่ 35 ° C	-	-	-
9	ถุง active หนา 40 µ เก็บรักษาที่ 35 ° C	-	-	-
	ชนิดถุงบรรจุ (A)	**	ns	ns
	อุณหภูมิเก็บรักษา (B)	**	**	ns
	(A) X (B)	**	**	ns
	LSD	0.107	0.66	ns
	C.V.	8.95	0.66	1.39
	P	0.05	0.05	16.74

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Least Significant Difference tests (LSD) โดย * คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
** คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

การลดความชื้นในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟเพื่อการควบคุมความรุนแรงของการเน่าเสียในการเก็บรักษาหอมหัวใหญ่ โดยเก็บรักษาหอมหัวใหญ่ในถุงแอคทีฟ ความหนา 25 ไมครอน ร่วมกับซิลิก้าเจล ในอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า การใช้วัสดุดูดความชื้นร่วมกับการเก็บรักษาในระดับอุณหภูมิต่างๆ ในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษามีผลช่วยในการลดการสูญเสียน้ำหนัก การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-ด่าง และลดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อผล ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมสภาพของผลผลิตได้เล็กน้อย

หลังเก็บรักษานาน 6 วัน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของหอมหัวใหญ่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ถุงแอคทีฟที่ไม่มีซิลิก้าเจล หอมหัวใหญ่มีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุดคือ 0.12 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ถุงแอคทีฟร่วมกับซิลิก้าเจล 5 และ 10 ซอง มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3) เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่าการใช้ถุงแอคทีฟเพียงอย่างเดียว กับ การใช้ถุงแอคทีฟร่วมกับซิลิก้าเจล 5 ซอง หอมหัวใหญ่มีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุดคือ 0.24 และ 0.23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนผลผลิตที่บรรจุถุงแอคทีฟร่วมกับซิลิก้าเจล 10 ซอง มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 0.19 % (ตารางที่ 4)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อหอมหัวใหญ่ พบว่า เมื่อเก็บรักษาผลผลิตหอมหัวใหญ่ เป็นระยะเวลา 6 วัน ค่าความเป็นกรด – ด่างของเนื้อหอมหัวใหญ่ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ โดยพบว่า การใช้ถุงแอคทีฟเพียงอย่างเดียว หอมหัวใหญ่ และการใช้ร่วมกับซิลิก้าเจล 5 และ 10 ซอง มีค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) สูงสุด คือ 6.13, 5.85 และ 5.63 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 3) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 วันพบว่าค่าความเป็นกรด – ด่างของเนื้อผลผลิตหอมหัวใหญ่ (pH) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.80-5.87 (ตารางที่ 4)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟ ความหนา 25 ไมครอน ร่วมกับซิลิก้าเจล 5 ซอง ที่อุณหภูมิ 5 ° C มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุดคือ 3.13 รองลงมาได้แก่การใช้ถุงแอคทีฟเพียงอย่างเดียว และการใช้ถุงแอคทีฟ ร่วมกับซิลิก้าเจล 10 ซอง หอมหัวใหญ่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ที่ 2.33 และ 2.27 (ตารางที่ 3) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 วัน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลผลิตหอมหัวใหญ่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยผลผลิตที่อยู่ในถุงแอคทีฟร่วมกับซิลิก้าเจล 10 ซอง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด คือ 5.87 รองลงมาคือผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟเพียงอย่างเดียว และในถุงแอคทีฟร่วมกับซิลิก้าเจล 5 ซอง มีค่าอยู่ที่ 5.13 และ 3.87 ตามลำดับ(ตารางที่ 4) ซึ่งโดยทั่วไปผลไม้ส่วนใหญ่เมื่อเข้าสู่กระบวนการสุกแก่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมเนื่องจากโมเลกุลแป้งในผลผลิตมีการเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล ซึ่งเกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซ์ (สายชล, 2536) สอดคล้องกับผลการทดลองที่ผลผลิตหอมหัวใหญ่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี

ความเสียหายและความรุนแรงจากการเน่าเสียและการเกิดโรค เมื่อเก็บรักษาผลผลิตหอมหัวใหญ่ ใน 6 วันแรกไม่พบความเสียหายจากการเน่าเสียในหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษาในทุกกรรมวี (ตารางที่ 3) แต่เมื่อเก็บรักษานานครบ 24 วัน พบว่าการความเสียหายจากการเน่าเสียและเกิดโรคมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟร่วมกับซิลิก้าเจล 10 ซอง มีความเสียหายสูงสุด คือ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟร่วมกับซิลิก้าเจล 5 ซอง และที่เก็บในถุงแอคทีฟเพียงอย่างเดียว คือ 90.00 และ 86.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

สาเหตุของความเสียหายและความรุนแรงจากการเน่าเสียและการเกิดโรค เกิดจากการบรรจุผลผลิตหอมหัวใหญ่ในถุงพลาสติกเป็นการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิต โดยมีผลช่วยลดระดับของก๊าซออกซิเจนลง เนื่องจากถูกใช้ไปในการหายใจของผลไม้ และมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเนื่องจากการหายใจ เป็นผลให้ผลผลิตมีการหายใจลดลง รวมทั้งยังชะลอการสุก การเสื่อมสภาพ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพ (สายชล, 2528) แต่จากการทดลอง การบรรจุหอมหัวใหญ่ในถุงแอคทีฟ ความหนา 25 ไมครอน และการใส่ซิลิก้าเจลร่วมในถุงพลาสติกเพื่อดูดความชื้น ไม่สามารถลดระดับการเสื่อมสภาพของผลผลิตหอมหัวใหญ่ได้ การดัดแปลงสภาพบรรยากาศอาจมีผลเสียต่อผลิตผลได้ เช่น การเกิดไส้สีน้ำตาลในผลสาลี่และแอปเปิล เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติในผลมะเขือเทศและผลมะม่วง (Nakashi *et al.,* 1991 และ Miller *et al*., 1983) และการสุกไม่สม่ำเสมอในผลสาลี่ (Sornsrivichai, 1990) เนื่องจากสภาพออกซิเจนที่ต่ำเกินไปหรือคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเกินไปเมื่อเก็บรักษาผลิตผลในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Kader *et al*., 1985) ผลิตผลตอบสนองเมื่อเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยเกิดกระบวนการทางชีวเคมีที่ผิดปกติ มีการสะสมสารพิษ เช่น อะซีตัลดีไฮน์ และแอลกอฮอล์ ทำให้เซลล์และเยื่อหุ้มเกิดการเสื่อมสภาพ (ดนัย, 2540)

ในการเก็บรักษาเชิงการค้าของผู้ประกอบการและผู้จำหน่ายหอมหัวใหญ่ มักเก็บรักษาในระดับอุณหภูมิที่ต่ำ อาทิ ผู้ประกอบการที่รับซื้อผลผลิตจากเกษตรกร อ. แม่วาง จ. เชียงใหม่มีการเก็บรักษาผลผลิตหอมหัวใหญ่ที่ระดับอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถเก็บรักษาผลผลิตหอมหัวใหญ่ได้ประมาณ 3 เดือน รอจนระยะเวลาเหมาะสม ทั้งด้านราคารับซื้อและด้านการตลาดแล้วจึงมีการจัดส่งและจำหน่ายต่อไป

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และ เปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากการเน่าเสียการเกิดโรคในหอมหัวใหญ่ในถุงแอคทีฟ 25 ไมครอน ร่วมกับซิลิก้าเจล ตามกรรมวิธีที่กำหนด ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หลังเก็บรักษานาน 6 วัน

ที่	กรรมวิธี	สูญเสียน้ำหนัก (%)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (%)
1	ไม่ใส่ซิลิก้าเจล	0.12[b]	6.13[a]	2.33[b]	0.00
2	ใส่ซิลิก้าเจล 5 ซอง	0.08[a]	5.85[ab]	3.13[a]	0.00
3	ใส่ซิลิก้าเจล 10 ซอง	0.07[a]	5.63[b]	2.27[c]	0.00
	ปริมาณซิลิก้าเจล	*	*	**	*
	LSD	0.05	0.32	0.02	0.00
	C.V.	19.36	2.70	1.00	-
	P	0.03	0.02	0.00	-

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Least Significant Difference tests (LSD) โดย * คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ** คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และ เปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่เกิดจากการเน่าเสียและการเกิดโรค ในหอมหัวใหญ่ ในถุงแอคทีฟ ร่วมกับซิลิก้าเจล ตามกรรมวิธีที่กำหนด ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หลังเก็บรักษานาน 24 วัน

ที่	กรรมวิธี	สูญเสียน้ำหนัก (%)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (%)
1	ไม่ใส่ซิลิก้าเจล	0.24[b]	5.80[a]	5.13[b]	86.67[a]
2	ใส่ซิลิก้าเจล 5 ซอง	0.23[b]	5.87[a]	3.87[c]	90.00[a]
3	ใส่ซิลิก้าเจล 10 ซอง	0.19[a]	5.80[a]	5.87[a]	100.00[b]
	ปริมาณซิลิก้าเจล	*	ns	**	*
	LSD	0.03	0.16	0.17	8.31
	C.V.	7.80	1.34	1.70	4.51
	P	0.022	0.54	0.00	0.018

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Least Significant Difference tests (LSD) โดย * คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ** คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

สรุปผลการทดลอง

1.การใช้ถุงแอคทีฟ หนา 25 ไมครอน และ 40 ไมครอน ร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิ ที่ 5 และ 15 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดและการเสื่อมคุณภาพของหอมหัวใหญ่ได้นาน 24 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุในถุงตาข่ายร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องหรือกรรมวิธีใดกรรมวิธีหนึ่ง

2.การเก็บรักษาหอมหัวใหญ่ในถุงแอคทีฟเป็นเวลานาน มีการเน่าเสียของผลิตผล ซึ่งเกิดจากเชื้อสาเหตุโรคที่ติดมาจากแปลงปลูก มีอาการรุนแรงกว่าหอมหัวใหญ่ที่เก็บรักษาในถุงตาข่าย

3การควบคุมความรุนแรงของการเน่าเสียในหอมหัวใหญ่ ด้วยการลดความชื้นในถุงแอคทีฟ ความหนา 25 ไมครอน ด้วยการใช้ซิลิก้าเจลร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ไม่สามารถชะลอและควบคุมการเสื่อมสภาพ ซึ่งได้แก่การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากการเน่าเสียและการเกิดโรคของผลผลิตหอมหัวใหญ่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นได้

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. พบเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดความเสียหายของหอมหัวใหญ่ก่อนถึงมือผู้บริโภค อย่างน้อย 1 วิธี

2. การเผยแพร่ในเอกสารวิชาการ แผ่นพับ โปสเตอร์ บริการความรู้แก่ประชาชน หน่วยงานที่นำไปใช้ประโยชน์

คำขอบคุณ

การทดลองดังกล่าว เป็นโครงการวิจัยเร่งด่วน ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดีในการแนะนำด้านการปฏิบัติการศึกษาทดสอบในห้องปฏิบัติการ จากคุณอารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย (สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิต) ทำให้งานสำเร็จลงได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 396 หน้า

ดนัย บุณยเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 226 น.

นพรัตน์ พันธุ์วนิช 2528. การเจริญเติบโตของผล ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวของผลลองกอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิลวรรณ ลีอังกูรเสถียร, สุชาติ วิจิตรานนท์, ปัญจพร เลิศรัตน์, ภิรมย์ ขุนจันทึก, เสริมสุข สลักเพ็ชร และ อรวินทินี ชูศรี. 2551. ศึกษาการผลิตเงาะ. (วันที่ 19 ก.ค.53) เข้าถึงได้จากอินเตอร์เน็ต http://it.doa.go.th/refs/index.php

สมศิริ แสงโชติ. 2554. โรคหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้และการจัดการ. Postharvest Newsletter ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2554. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. สืบค้นจาก: http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=43 (24 กันยายน 2555)

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 364 น.

สายชล เกตุษา. 2536. การเก็บเกี่ยวและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ น. 151.

Ben-Yehoshua, S., I. Kobiler and S. Shapiro. 1979. Some physiology effects of delaying deterioration of citrus fruit by individual seal packaging in hight density polyethylene film. J. Am. Soc. Hort. Sci. 104(6) : 868-872.

Kader, A.A., D.Zagory and E.L. Kerbel. 1985. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetable. Rev Food Sci. 28(1) : 1-30.

Linus U. Opara. 2003. ONIONS: Post-harvest Operations. Massey University, Private Bag 11-222, Palmerston North, New Zealand. Available Source:

http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendium_-_Onion.pdf. (21 September 2012)

Mendoza, D.B. and R.B.H. Wills. 1984. Mango fruit Development Postharvest Physiology and Marketing in ASEAN. ASEAN Food Handling Bureu. Kuala Lumper. Malaysia. P. 98.

Miller, W.R., P.W. Hale and P. Davis. 1983. Quality and decay of mango fruit wrapped in heat-shrinkable film. HortScience. 18(6) : 957-958.

Nakashi, S., D. Schlimme and T. solomos. 1991. Storage potential of tomatoes harvested at the breaker stage using modified atmosphere packaging. J. Food Sci. 56(1) : 55-59.

Sornsrivichai, J.P. boon-long, J. Uthaibutra, and C. Oogaki. 1990. Effects of wax coating versus plastic film seal packaging on storage life extention in Pear (*Pyrus pyrilia* nakai.) Fruit.produced in Northern Thailand. Japan J. Trop. Agri. 34(1) : 8-19.