

ผลของการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศและชนิดของบรรจุภัณฑ์  
ต่อคุณภาพของสลัดผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค  
Effects of Vacuum Cooling and Packaging on Quality of Fresh-cut Lettuce Salad

ธัญชนก ยอเสน<sup>1</sup> พิชญา พูลลาภ<sup>2,3</sup> และ ดนัย บุญเกียรติ<sup>1,3</sup>  
Thanchanok Yosen<sup>1</sup>, Pichaya Poonlarp<sup>2,3</sup> and Danai Boonyakiat<sup>1,3</sup>

Abstract

The research was aimed at studying the optimum parameters during vacuum cooling on maintaining the quality and shelf life of fresh-cut red leaf lettuce and green oak leaf lettuce. In the study, levels of final air pressure were set at five different levels of 6.0, 6.5, 7.0, 7.5 and 8.0 mbar, whereas three levels of holding time of 5, 10 and 15 minutes were set for each pressure level. After precooling, both lettuce were combined in the ratio of 1:1 and packed in two types of packaging; polypropylene bag and perforated polyethylene bag. The results showed that the optimum condition for vacuum cooling process of red leaf lettuce with the initial temperature of 18 °C was at pressure of 6.0 mbar for 5 minutes of holding time with the total cycle time of 15 minutes. For green oak leaf with the initial temperature of 15 °C, the optimum parameters were at the final pressure of 6.5 mbar for 5 minutes, which took 16 minutes for the total cycle time. Vacuum cooled fresh-cut lettuce stored at 4±1 °C had the shelf life of 8 days as opposed to 5 days of non-vacuumed treatment. Packaging types had no effect on the shelf life.

**Keywords:** fresh-cut lettuce, vacuum cooling and self-life

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ ต่อการคงคุณภาพ และอายุการวางจำหน่ายผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งประกอบด้วยผักกาดหอมตัดแต่งสองชนิด คือ ผักกาดหอมใบแดง และผักกาดหอมกรีนโอ๊ค ในการศึกษาสภาวะการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ กำหนดความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ 5 ระดับ คือ 6.0, 6.5, 7.0, 7.5 และ 8.0 มิลลิบาร์ ระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนด 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 15 นาที โดยกำหนดให้อุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 4±1 องศาเซลเซียส ผักกาดหอมตัดแต่งที่ผ่านการลดอุณหภูมิตามสภาวะที่เหมาะสมจะถูกบรรจุรวมกันด้วยอัตราส่วน 1:1 ในบรรจุภัณฑ์สองชนิด คือ ถุงพอลิโพรไพลีน และถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู และเก็บรักษาบนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศในผักกาดหอมใบแดงที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 18 องศาเซลเซียส คือ กำหนดความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิที่ 6.0 มิลลิบาร์ อยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดนาน 5 นาที โดยใช้เวลาลดอุณหภูมิทั้งสิ้นรวม 15 นาที สำหรับสภาวะที่เหมาะสมสำหรับผักกาดหอมกรีนโอ๊คที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 15 องศาเซลเซียส คือ กำหนดความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิที่ 6.5 มิลลิบาร์ อยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดนาน 5 นาที โดยใช้เวลาลดอุณหภูมิทั้งสิ้นรวม 16 นาที ผลการศึกษาอายุการวางจำหน่าย พบว่า ผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศมีอายุการวางจำหน่ายเป็นเวลา 8 วัน ซึ่งนานกว่าผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิที่มีอายุการวางจำหน่ายเพียง 5 วัน ส่วนชนิดของบรรจุภัณฑ์พบว่าไม่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา

**คำสำคัญ:** ผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ อายุการเก็บรักษา

<sup>1</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

<sup>1</sup> Department of Plant Science and Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

<sup>2</sup> Division of Food Engineering, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50100

<sup>3</sup> ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

<sup>3</sup> Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

## คำนำ

ปัจจุบันความนิยมสินค้าผักตัดแต่งพร้อมบริโภค (fresh cut) มีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มมากขึ้น การใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวในการพัฒนาระบบการผลิต เพื่อให้สินค้าปลอดภัยมีคุณภาพได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามผักตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอัตราการหายใจสูงกว่าผักที่ไม่ได้ผ่านการตัดแต่ง เนื่องจากมีบาดแผลเกิดขึ้นจากการตัดแต่ง ซึ่งเป็นช่องทางให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลายได้ง่ายขึ้น ทำให้ผักตัดแต่งเสื่อมสภาพเร็ว มีอายุการเก็บรักษาสั้น การลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศเป็นวิธีการลดอุณหภูมิที่รวดเร็วและสม่ำเสมอที่สุด ผลผลิตจะเย็นลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับการลดอุณหภูมิโดยวิธีการอื่นๆ ซึ่งนิยมใช้กับผักใบต่างๆ ส่งผลให้ ผลผลิตมีลักษณะคงตัว ยืดอายุการเก็บรักษา และประหยัดพลังงาน (McDonald and Sun, 2000) โดยดำเนินการในสภาพที่มีความดันต่ำ ซึ่งจะดูดเอาอากาศออกจากห้องลดอุณหภูมิ เมื่อความดันบรรยากาศลดลงทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอรยะเหยงออกไปได้ง่ายโดยใช้ความร้อนจากผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์อุณหภูมิลดต่ำลง โดยผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นที่ผิวมากจะมีการคายความร้อนได้ดี (พิชญา, 2550) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ ต่อการรักษาคุณภาพ และอายุการวางจำหน่ายผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งประกอบด้วยผักกาดหอมตัดแต่งสองชนิด คือ ผักกาดหอมใบแดง และผักกาดหอมกรีนไอค์

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

นำผักกาดหอมใบแดง (*Lactuca sativa* var. New Red Fire) จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ และผักกาดหอมกรีนไอค์ (*Lactuca sativa* var. kristine) จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สะเรียง มูลนิธิโครงการหลวง มาตัดแต่งและล้างทำความสะอาดจากนั้นบรรจุลงตะกร้าพลาสติก ลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศให้มีอุณหภูมิสุดท้ายที่  $4 \pm 1$  องศาเซลเซียส โดยกำหนดความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ 5 ระดับ คือ 6.0, 6.5, 7.0, 7.5 และ 8.0 มิลลิบาร์ ระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนด 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 15 นาที แล้วบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิใจกลางผัก ความชื้นสัมพัทธ์ ระดับความชื้น และอุณหภูมิภายในห้องสุญญากาศตลอดกระบวนการลดอุณหภูมิ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการลดอุณหภูมิ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการนำผักทั้งสองชนิดที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิมามารวบรวมกันในบรรจุภัณฑ์ อัตราส่วน 1:1 ปริมาณ 100 กรัม วางแผนการทดลองแบบ  $2 \times 2$  factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยแรก คือ การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ ได้แก่ ผ่านการลดอุณหภูมิ และไม่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ และปัจจัยที่สอง ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุงพอลิโพรไพลีนไม่เจาะรู และถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู 18 รู หน้า 30 ไมครอน ขนาด  $8 \times 10$  นิ้ว จากนั้นนำไปเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ  $4 \pm 1$  องศาเซลเซียส บันทึกอายุการวางจำหน่าย

## ผล

จากการศึกษาการลดอุณหภูมิผักกาดหอมใบแดงและผักกาดหอมกรีนไอค์ตัดแต่งพร้อมบริโภค ที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 15 - 18 องศาเซลเซียส โดยใช้ระบบสุญญากาศ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการลดอุณหภูมิผักกาดหอมใบแดงโดยใช้ระบบสุญญากาศ คือ การใช้ความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิที่ 6 มิลลิบาร์ ระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดเป็นเวลา 5 นาที ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 15 นาที มีการสูญเสียน้ำหนักสด 2.00 เปอร์เซ็นต์ และสภาวะที่เหมาะสมต่อการลดอุณหภูมิผักกาดหอมกรีนไอค์โดยใช้ระบบสุญญากาศ คือ การใช้ความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิที่ 6.5 มิลลิบาร์ ระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดเป็นเวลา 5 นาที ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 16 นาที มีการสูญเสียน้ำหนักสด 1.79 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

จากความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องสุญญากาศกับเวลาและความดันกับเวลาในการลดอุณหภูมิของผักกาดหอมใบแดงและผักกาดหอมกรีนไอค์ตัดแต่งพร้อมบริโภคแสดงใน Figure 1 พบว่า ความดันในห้องลดอุณหภูมิมิมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงความดันที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นความดันสุดท้ายที่กำหนดในระยะเวลาไม่เกิน 10 นาที อุณหภูมิในห้องลดอุณหภูมิและอุณหภูมิของผักทั้งสองชนิดลดลงเล็กน้อยในช่วงแรก จนกระทั่งช่วงนาทีที่ 8 - 9 ความดันในห้องลดอุณหภูมิเริ่มลดช้าลง อุณหภูมิภายในห้องลดอุณหภูมิและอุณหภูมิของผักจะลดลงอย่างรวดเร็ว จนความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิลดลงไปถึงที่กำหนดไว้ เครื่องลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศจะรักษาระดับความดันให้คงที่ เพื่อให้ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันตามระยะเวลาที่กำหนด คือ 5 นาที ในช่วงนี้อุณหภูมิของผักจะลดลงจนถึงอุณหภูมิต่ำสุดที่  $3.4$  และ  $3.0$  องศาเซลเซียส ในผักกาดหอมใบแดงและผักกาดหอมกรีนไอค์ตามลำดับ ก่อนสิ้นสุดกระบวนการ

Table 1 Optimum parameters of vacuum cooling process of fresh-cut red leaf lettuce and green oak leaf lettuce

Parameter	Value	
	Fresh-cut	Fresh-cut
	Red leaf lettuce	Green oak leaf lettuce
Final pressure (mbar)	6	6.5
Holding time (min)	5	5
Cooling time (min)	15	16
Initial temperature (°C)	18.0	15.0
Final temperature (°C)	3.4	3.0
Weight loss (%)	2.00	1.79
Energy consumption (kWh)	0.06	0.12
Electrical expense (baht/kg)	0.0038	0.0077

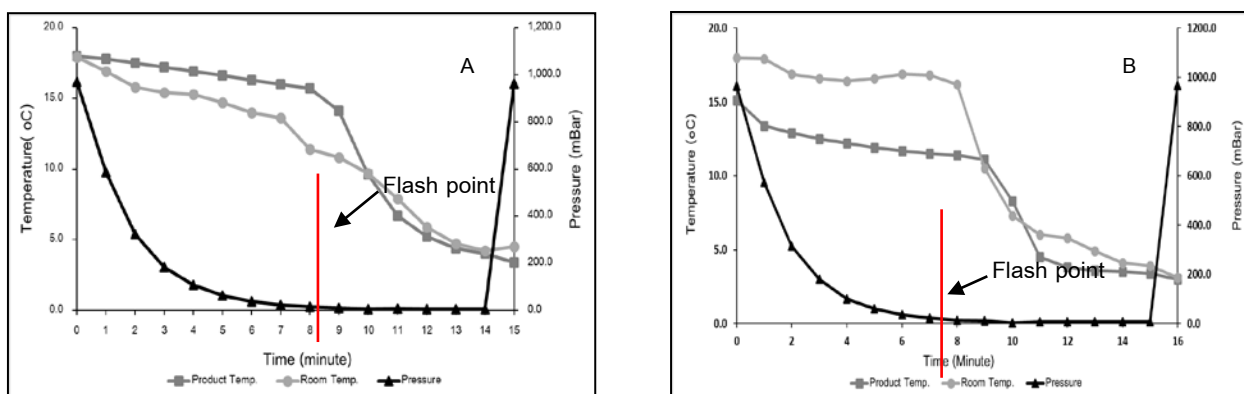


Figure 1 The temperature curve and the vacuum chamber pressure curve of red leaf lettuce (A) and green oak leaf lettuce (B) .

ผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ มีอายุการวางจำหน่ายนานกว่าผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ ซึ่งแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 8 วัน และ 5 วัน ตามลำดับ ผักกาดหอมที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ มีการเหี่ยวอย่างรวดเร็วและมีสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดอย่างเห็นได้ชัดเจน ส่วนบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด พบว่า ไม่มีผลต่ออายุการวางจำหน่าย

### วิจารณ์

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศในการลดอุณหภูมิของผักกาดหอมใบแดงและผักกาดหอมกรีนไค้คตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยกำหนดความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ 5 ระดับ คือ 6.0, 6.5, 7.0, 7.5 และ 8.0 มิลลิบาร์ ระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนด 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 15 นาที พบว่าการกำหนดความดันสุดท้ายต่ำลงจะทำให้การสูญเสียน้ำหนักสดของผลิตผลเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดคงที่ และเมื่อกำหนดระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดเพิ่มขึ้นโดยรักษาความดันให้คงที่ การสูญเสียน้ำหนักสดของผลิตผลจะเพิ่มขึ้น จาก Table 1 การศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศในการลดอุณหภูมิของผักกาดหอมใบแดงและผักกาดหอมกรีนไค้คตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่า การกำหนดความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิเท่ากับ 6 มิลลิบาร์ ระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดเป็นเวลา 5 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิผักกาดหอมใบแดงโดยใช้ระบบสุญญากาศ เนื่องจากทำให้อุณหภูมิต่ำสุดทำอยู่ในช่วง 4±1 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยคือ 2.00 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 15 นาที มีอัตราการลดอุณหภูมิอยู่ที่ 0.97 องศาเซลเซียสต่อนาที มีค่าการใช้พลังงาน เท่ากับ 0.06 กิโลวัตต์ชั่วโมง ในการลดอุณหภูมิผักกาดหอมใบแดง จำนวน 50 กิโลกรัม มีค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.0038 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้การลดอุณหภูมิผักกาดหอมใบแดง ความดันที่อุณหภูมิผักกาดหอมอย่าง

รวดเร็ว หรือเรียกว่า “Flash point” คือความดันในห้องลดอุณหภูมิลดลงจนถึง 15.9 มิลลิบาร์ในนาที่ที่ 8 (Figure 1) สำหรับ ผักกาดหอมกรีนไค้ด การกำหนดความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิเท่ากับ 6.5 มิลลิบาร์ ระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ ความดันที่กำหนดเป็นเวลา 5 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิผักกาดหอมกรีนไค้ดโดยใช้ระบบสุญญากาศ เนื่องจากเนื่องจากทำให้อุณหภูมิต่ำสุดทำอยู่ในช่วง  $4\pm 1$  องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับผักกาดหอมใบแดง มีการสูญเสียน้ำหนัก สด 1.79 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 16 นาที มีอัตราการลดอุณหภูมิอยู่ที่ 0.76 องศาเซลเซียสต่อนาที มีค่าการใช้พลังงาน เท่ากับ 0.12 กิโลวัตต์ชั่วโมง ในการลดอุณหภูมิผักกาดหอมกรีนไค้ด จำนวน 50 กิโลกรัม คิดค่าไฟฟ้าได้เท่ากับ 0.0077 บาทต่ออ กิโลกรัม (Table 1) มีความดันที่ทำให้เกิด Flash point อยู่ที่ความดันในห้องลดอุณหภูมิเท่ากับ 10.0 มิลลิบาร์ในนาที่ที่ 9 (Figure 1) ซึ่งเป็นเวลาที่ความดันภายในห้องลดอุณหภูมิและน้ำในผลิตผลเริ่มเดือดและระเหยกลายเป็นไออย่างต่อเนื่อง ทำให้ อุณหภูมิของผักทั้งสองชนิดลดลงอย่างรวดเร็ว (ความชื้นของเส้นกราฟสูง) สำหรับการกำหนดความดันสุดท้ายภายในห้องลด อุณหภูมิและเวลาที่ให้อยู่ภายใต้ความดันอื่นๆ ใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมียาวนานกว่า ทำให้พลังงานในการลดอุณหภูมิ มากกว่า อุณหภูมิสุดท้ายไม่อยู่ในช่วง  $4\pm 1$  องศาเซลเซียส และมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า จึงไม่เหมาะสมสำหรับการลด อุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศสำหรับผักกาดหอมใบแดงและผักกาดหอมกรีนไค้ด ซึ่งการลดอุณหภูมิด้วยวิธีนี้สามารถลด อุณหภูมิผลิตผลได้เป็นจำนวนมากต่อครั้ง ไม่มีการเคลื่อนที่ สามารถลดการเสียหายทางกลของผลิตผลได้ (McDonald and Sun, 2000) และถึงแม้การลดอุณหภูมิโดยวิธีนี้ต้นทุนในการลงทุนสูงกว่าการลดอุณหภูมิโดยวิธีอื่นๆ แต่ในการดำเนินงานแต่ ละครั้ง พบว่ามีต้นทุนและค่าพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิสั้นกว่าวิธีอื่นๆ (Sun and Zheng, 2006)

### สรุป

สภาวะที่เหมาะสมต่อการลดอุณหภูมิผักกาดหอมใบแดงโดยใช้ระบบสุญญากาศ คือ การใช้ความดันสุดท้ายภายใน ห้องลดอุณหภูมิที่ 6 มิลลิบาร์ ระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดเป็นเวลา 5 นาที และสภาวะที่เหมาะสมต่อการ ลดอุณหภูมิผักกาดหอมกรีนไค้ดโดยใช้ระบบสุญญากาศ คือ การใช้ความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิที่ 6.5 มิลลิบาร์ ระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดเป็นเวลา 5 นาที การลดอุณหภูมิมิมีผลต่ออายุการวางจำหน่ายของผักกาดหอม ตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยผักที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศมีอายุการวางจำหน่ายเป็นเวลา 8 วัน ซึ่งนานกว่าผักที่ไม่ได้ ผ่านการลดอุณหภูมิที่มีอายุการวางจำหน่ายเพียง 5 วัน ส่วนชนิดของบรรจุภัณฑ์พบว่าไม่มีผลต่ออายุการวางจำหน่าย

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และศูนย์ผลิตผล โครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้อนุญาตในการใช้เครื่องลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ

### เอกสารอ้างอิง

- พิชญา บุญประสม. 2550. การลดอุณหภูมิเฉียบพลัน: เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว. สาขาวิชาวิศวกรรม กระบวนการ อาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 20 หน้า.
- McDonald, K. and D. W. Sun. 2000. Vacuum cooling technology for the food industry: a review. *Journal of Food Engineering* 45: 55-65.
- Sun, D.W. and L. Zheng. 2006. Vacuum cooling technology for the agri-food Industry: Past, present and future. *Journal Food Engineering* 77: 203-214.