Agricultural Sci. J. 48 : 3 (Suppl.) : 383–386 (2017) ว. วิทย. กษ. 48 : 3 (พิเศษ) : 383-386 (2560)

# สภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของผักเบบี้คอส ผักบรอกโคโลนี ผักกาดหอมโอ๊กลีฟ และผักกาดหอมใบแดง

# Optimum Parameters of Vacuum Cooling for Baby Cos, Broccoloni, Oak Leaf Lettuce and Red Leaf Lettuce

**ชัยพิชิต เชื้อเมืองพาน**[1] **ดนัย บุณยเกียรติ**[2,3] **และพิชญา พูลลาภ**[4]
Chaipichit Chuamuangphan[1], Danai Boonyakiat[2,3] and Pichaya Poonlarp[4]

## Abstract

The study on optimum parameters of vacuum cooling for baby cos, broccoloni, oak leaf lettuce and red leaf lettuce were investigated. The results showed that the optimum parameters of vacuum cooling for baby cos at the initial temperature of 16.9 °C were the final pressure of 5.5 millibar and holding time of 20 minutes. After cooling the temperature of baby cos was 4.5 °C. The optimum parameters to cool broccoloni down from 18.8 °C to 4 °C were the final pressure of 6 millibar and holding time of 15 minutes. The optimum parameters of vacuum cooling for oak leaf lettuce at 19.5 °C were the final pressure of 6 millibar and holding time of 25 minutes. At these parameters the final temperature of oak leaf lettuce was 4.5 °C. The optimum parameters to vacuum cool red leaf lettuce were final pressure of 6 millibar and holding time of 10 minutes. After vacuum cooling the temperature of red leaf lettuce reduced from 18.3 to 2.9 °C. The vacuum-cooled vegetables had longer storage life than the non-vacuum cooled ones when storage at 4 °C.

**Keywords**: vegetables, optimum parameter, vacuum cooling

## บทคัดย่อ

การศึกษาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของผักเบบี้คอส ผักบรอกโคโลนี ผักกาดหอมโอ๊กลีฟ และผักกาดหอมใบแดง พบว่า สภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิผักเบบี้คอส คือ การกำหนดความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิเป็น 5.5 มิลลิบาร์ ร่วมกับการกำหนดระยะเวลาให้ผักอยู่ภายใต้สภาวะความดันที่กำหนดนาน 20 นาที ทำให้ผักเบบี้คอสที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 16.9 องศาเซลเซียส เมื่อลดอุณหภูมิแล้วมีอุณหภูมิ 4.5 องศาเซลเซียส สภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิผักบรอกโคโลนี คือ การกำหนดความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิเป็น 6 มิลลิบาร์ ร่วมกับการกำหนดระยะเวลาให้ผักอยู่ภายใต้สภาวะความดันที่กำหนดนาน 15 นาที ทำให้ผักบรอกโคโลนีที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 18.8 องศาเซลเซียส เมื่อลดอุณหภูมิแล้วมีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิผักกาดหอมโอ๊กลีฟ คือ การกำหนดความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิเป็น 6 มิลลิบาร์ ร่วมกับการกำหนดระยะเวลาให้ผักอยู่ภายใต้สภาวะความดันที่กำหนดนาน 25 นาที ทำให้ผักกาดหอมโอ๊กลีฟอุณหภูมิเริ่มต้น 19.5 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิ 4.5 องศาเซลเซียส หลังผ่านการลดอุณหภูมิ และสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิผักกาดหอมใบแดง คือ การกำหนดความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิเป็น 6 มิลลิบาร์ ร่วมกับการกำหนดระยะเวลาให้ผักอยู่ภายใต้สภาวะความดันที่กำหนดนาน 10 นาที ซึ่งทำให้ผักกาดหอมใบแดงที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 18.3 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิ 2.9 องศาเซลเซียส หลังผ่านการลดอุณหภูมิ และเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ผักที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผักที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ

**คำสำคัญ**: ผัก สภาวะการทำงานที่เหมาะสม การลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ

[1] ศูนย์ผลิตผลโครงการหลวงเชียงใหม่ มูลนิธิโครงการหลวง จ.เชียงใหม่ 50100
[1] Chiang Mai Royal Project Produce Center, The Royal Project Foundation, Chiang Mai 50100
[2] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
[2] Department of Plant Science and Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200
[3] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400
[3] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400
[4] สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50100
[4] Division of Food Engineering, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University 50100

## คำนำ

การลดอุณหภูมิของผลิตผลโดยการใช้ระบบสุญญากาศ (vacuum cooling) เป็นวิธีการลดอุณหภูมิที่รวดเร็วและสม่ำเสมอที่สุด ผลิตผลจะเย็นลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับการลดอุณหภูมิโดยวิธีการอื่นๆ นิยมใช้กับผักใบต่างๆ (ดนัย และนิธิยา, 2548) การลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศสามารถยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น และการลดอุณหภูมิภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะทำให้ผลิตผลมีคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวสูงสุด (Boonprasom and Boonyakiat, 2009) การลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่นำมาใช้กับการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลในประเทศไทย ซึ่งยังไม่มีข้อมูลการศึกษาหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของผักเบบี้คอส บรอกโคโลนี ผักกาดหอมโอ๊กลีฟ และผักกาดหอมใบแดง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักให้เป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำผักเบบี้คอส บรอกโคโลนี ผักกาดหอมโอ๊กลีฟ และผักกาดหอมใบแดงมาตัดแต่งและบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู 12 รู ขนาด 25.4x30 เซนติเมตร แล้วจัดเรียงลงในตะกร้าพลาสติก จากนั้นจัดเรียงตะกร้าในเครื่องลดอุณหภูมิระบบสุญญากาศเพื่อลดอุณหภูมิผักจนถึง 4±1 องศาเซลเซียส ศึกษาหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิของผักแต่ละชนิดด้วยเครื่องลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ ได้แก่ ค่าความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิ (final pressure) และระยะเวลาที่ผักอยู่ภายใต้สภาวะความดันสุดท้ายที่กำหนด (holding time) จนกว่าจะได้สภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่ทำให้ผักมีอุณหภูมิสุดท้ายตามที่กำหนดโดยที่ผักไม่แสดงอาการเหี่ยวและใช้เวลาในการลดอุณหภูมิน้อยที่สุด (cycle time) บันทึกความดันและ อุณหภูมิภายในห้องลดอุณหภูมิจนสิ้นสุดกระบวนการ อุณหภูมิใจกลางผัก และเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ แล้วนำผักที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศในสภาวะที่เหมาะสมสำหรับผักแต่ละชนิดไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบอายุการเก็บรักษากับผักที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ (ชุดควบคุม)

## ผลการทดลอง

การศึกษาหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของผักเบบี้คอส บรอกโคโลนี ผักกาดหอมโอ๊กลีฟ และผักกาดหอมใบแดง พบว่า

สภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิเบบี้คอสด้วยระบบสุญญากาศ คือ การกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิให้ระดับความดันสุดท้าย (final pressure) เท่ากับ 5.5 มิลลิบาร์ ร่วมกับการให้ผลิตผลอยู่ภายใต้สภาวะความดันที่กำหนด (holding time) นาน 20 นาที โดยใช้เวลาในกระบวนการลดอุณหภูมิทั้งหมด (cycle time) 36 นาที ทำให้เบบี้คอสที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 16.9 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิลดลงเหลือ 4.5 องศาเซลเซียส โดยที่ผักไม่แสดงอาการเหี่ยวหลังผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ ซึ่งเบบี้คอสมีการสูญเสียน้ำหนักสดเท่ากับ 1.60 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

บรอกโคโลนีมีสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ คือ ระดับความดันสุดท้ายเท่ากับ 6 มิลลิบาร์ นาน 15 นาที ซึ่งใช้เวลาในกระบวนการลดอุณหภูมิทั้งหมด 25 นาที บรอกโคโลนีที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 18.8 องศาเซลเซียส เมื่อลดอุณหภูมิในสภาวะดังกล่าวแล้วมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 4 องศาเซลเซียส โดยที่บรอกโคโลนีไม่แสดงอาการเหี่ยวหลังผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิและมีการสูญเสียน้ำหนักสดเท่ากับ 1.14 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

ผักกาดหอมโอ๊กลีฟมีสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ คือ ระดับความดันสุดท้ายเท่ากับ 6 มิลลิบาร์ นาน 25 นาที ซึ่งใช้เวลาในกระบวนการลดอุณหภูมิทั้งหมด 34 นาที ทำให้ผักกาดหอมโอ๊กลีฟซึ่งมีอุณหภูมิเริ่มต้น 19.5 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิลดลงเหลือ 4.5 องศาเซลเซียสหลังผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ โดยที่ผักกาดหอมโอ๊กลีฟไม่แสดงอาการเหี่ยวและมีการสูญเสียน้ำหนักสดเท่ากับ 1.68 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

สภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของผักกาดหอมใบแดง คือ กำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิให้ระดับความดันสุดท้ายเท่ากับ 6 มิลลิบาร์ ร่วมกับการให้ผลิตผลอยู่ภายใต้สภาวะความดันที่กำหนดนาน 10 นาที และใช้เวลาในกระบวนการลดอุณหภูมิทั้งหมด 24 นาที ทำให้ผักกาดหอมใบแดงที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 18.3 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิลดลงเหลือ 2.9 องศาเซลเซียส โดยที่ผักกาดหอมใบแดงไม่แสดงอาการเหี่ยวหลังผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิและมีการสูญเสียน้ำหนักสดเท่ากับ 1.18 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

**Table 1** Optimum parameters of vacuum cooling for baby cos, broccoloni, oak leaf lettuce and red leaf lettuce

| Process parameters | Baby cos | Broccoloni | Oak leaf lettuce | Red leaf lettuce |
|---|---|---|---|---|
| Holding pressure (mbar) | 5.5 | 6.0 | 6.0 | 6.0 |
| Holding time (min) | 20.0 | 15.0 | 25.0 | 10.0 |
| Cycle time (min) | 36 | 25 | 34 | 24 |
| Initial core temperature of produce (°C) | 16.9 | 18.8 | 19.5 | 18.3 |
| Final core temperature of produce (°C) | 4.5 | 4.0 | 3.8 | 2.9 |
| Weight loss (%) | 1.6 | 1.14 | 1.68 | 1.18 |

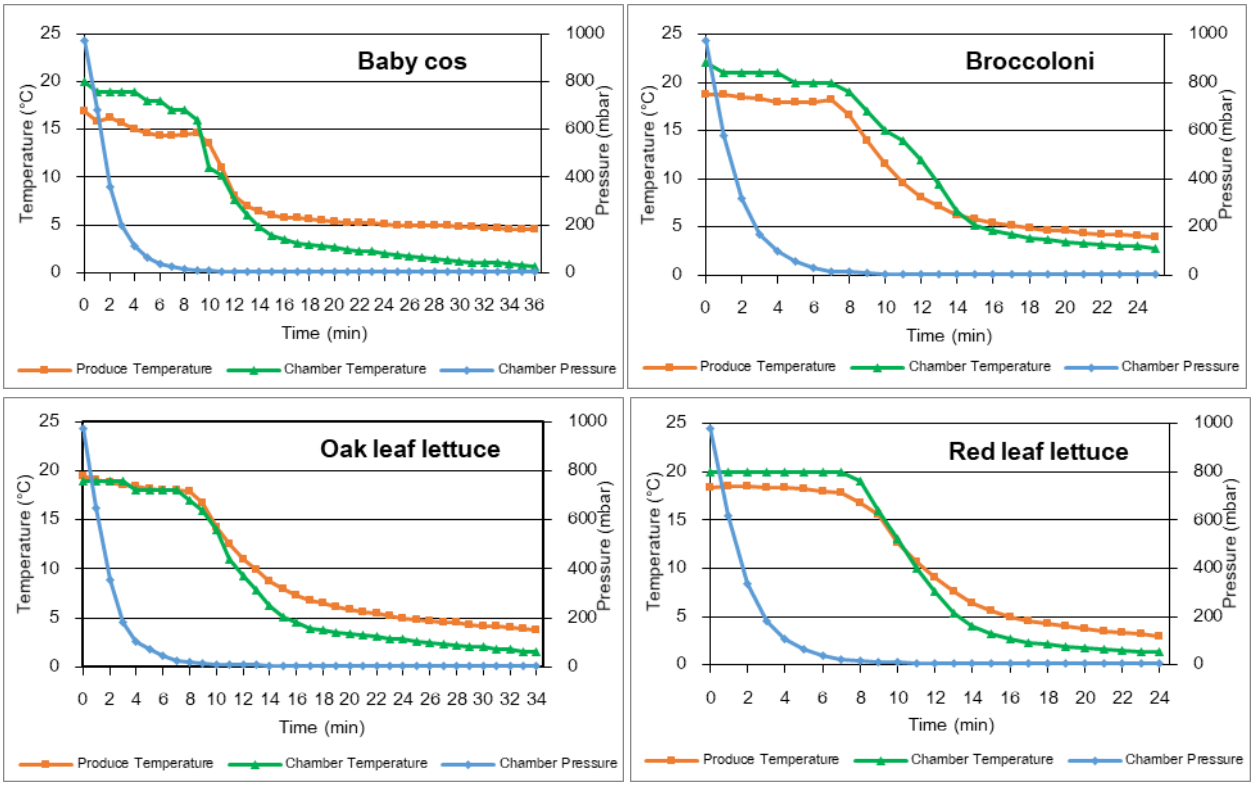


**Figure 1** Temperature, pressure history in the vacuum chamber and cooling curve of produce during vacuum cooling

เมื่อนำผักแต่ละชนิดที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศในสภาวะที่เหมาะสมไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับผักที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ (ชุดควบคุม) พบว่า ผักที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผักที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ โดยผักเบบี้คอส บรอกโคโลนี ผักกาดหอมโอ๊กลีฟ และผักกาดหอมใบแดง ที่ผ่านลดอุณหภูมิมีอายุการเก็บรักษา 15.7, 9.2, 13.7 และ 11.1 วัน ตามลำดับ ส่วนผักที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 10.2, 6.4, 6.7 และ 6.5 วัน ตามลำดับ (Table 2)

**Table 2** Storage life of baby cos, broccoloni, oak leaf lettuce and red leaf lettuce subjected to vacuum cooling compared with the control (non-vacuum cooling) after storage at 4 °C

| Method | Shelf life (days) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Baby cos | Broccoloni | Oak leaf lettuce | Red leaf lettuce |
| Vacuum cooling | 15.7[a] | 9.2[a] | 13.7[a] | 11.1[a] |
| Control | 10.2[b] | 6.4[b] | 6.7[b] | 6.5[b] |
| 2-Tail Sig | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Different letters in the same column denote significant differences at $P < 0.05$

## วิจารณ์ผล

การลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศอาศัยหลักของการระเหยน้ำออกจากผลิตผลอย่างรวดเร็วด้วยการลดความดันบรรยากาศลงจนกระทั่งถึงระดับความดันไออิ่มตัวของผลิตผล ซึ่งจะทำให้จุดเดือดของน้ำต่ำลง ดังนั้นความร้อนที่สะสมอยู่ในตัวผลิตผลเพียงพอที่จะทำให้น้ำที่อยู่ภายในผลิตผลเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอและในเวลาเดียวกันสามารถพาเอาความร้อนออกจากตัวผลิตผลด้วย ทำให้ผลิตผลมีอุณหภูมิลดต่ำลง (Zheng and Sun, 2004) ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า ผักเบบี้คอส บรอกโคโลนี ผักกาดหอมโอ๊กลีฟ และผักกาดหอมใบแดงที่ลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศมีสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิแตกต่างกัน เช่นเดียวกันกับปวยเล้งและบรอกโคลีมีสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศแตกต่างกัน โดยปวยเล้งมีสภาวะการทำงานที่ระดับความดันสุดท้ายเท่ากับ 6 มิลลิบาร์ นาน 15 นาที ส่วนบรอกโคลีมีสภาวะการทำงานที่ระดับความดันสุดท้ายเท่ากับ 5.5 มิลลิบาร์ นาน 25 นาที (พวงเพชร, 2552 ; ปรัศนี, 2551) และเมื่อนำผักแต่ละชนิดที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศในสภาวะที่เหมาะสมไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับผักที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ พบว่า ผักที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผักที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ ทั้งนี้เนื่องจากการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศทำให้อัตราการหายใจลดลงเพราะสามารถลดความร้อนที่ติดมาจากแปลงปลูกของผลิตผล ส่งผลให้อุณหภูมิภายในผลิตผลลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถช่วยในการชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ของผลิตผลให้เกิดช้าลง ชะลอกระบวนการเสื่อมสภาพ รักษาคุณภาพของผลิตผลให้อยู่ในระดับสูงเป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภคและมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Thompson *et al*., 2002)

## สรุปผล

ผักเบบี้คอส บรอกโคโลนี ผักกาดหอมโอ๊กลีฟ และผักกาดหอมใบแดงมีสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศแตกต่างกัน และผักที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผักที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ

## เอกสารอ้างอิง

ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 236 น.

ปรัศนีย์ วังหล่อ. 2551. สภาวะที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิเฉียบพลันของบรอคโคลี่โดยใช้ระบบสุญญากาศ และสุญญากาศร่วมกับน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 137 น.

พวงเพชร เหมรัตน์ตระกูล, 2552. ผลของการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของปวยเล้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 166 น.

Boonprasom, P. and D.Boonyakiat. 2009. Effect of vacuum cooling operation parameters on cooling time and weight loss of 'red' Holy Basil. Acta Hort. 877(2): 827-834.

Thompson, J.F., F.G. Mitchell and R.F. Kasmire. 2002. Cooling horticultural commodities. pp. 97-112. In: A.A. Kader (ed.). Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Agriculture and Natural Resource, Publication 3311.

Zheng, L. and D.W. Sun. 2004. Vacuum cooling for the food industry – a review of resent research advances. Trends in Food Science & Technology 15: 555-568.