Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 41-44 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 41-44 (2554)

การใช้เทคโนโลยีการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศกับผักและสมุนไพรของโครงการหลวง

Vacuum cooling technology used for the Royal Project vegetables and herbs

ดนัย บุณยเกียรติ[1] พิชญา บุญประสม พูลลาภ[2]และชัยพิชิต เชื้อเมืองพาน[3]
Danai Boonyakiat[1] Pichaya Boonprasom Poonlarp[2] and Chaipichit Chuamuangphan[3]

Abstract

Precooling vegetables and herbs of the Royal Project Foundation using vacuum cooling technology has been conducted. The research was aimed at investigating the optimum process parameters for vacuum cooling system of organic vegetables, namely pointed cabbage, chayote shoot, baby pak choi, baby carrot and Thai herbs, namely coriander, holy basil, sweet basil, kaffir lime leave. Experiments on vacuum-cooling of organic vegetables and herbs using different vacuum pressures and reserving times were conducted by trimming and putting produce harvested at commercially mature stage into ready-to-sell packages, then placed in the holed plastic baskets to be ready to be precooled in full capacity using the vacuum system. The optimum vacuum process parameters were determined by varying final pressures and reserving times (holding time) until the desired produce temperatures and minimizing fresh weight loss of the produces attained. The optimum conditions for vacuum cooling process of chayote shoot, pointed cabbage, baby pak choi and baby carrot were attributed to the final pressures of 10 and 11, 6 and 6.5, 6 and 6, 6 and 6.5 mbar with reserving times of 3 and 5, 15 and 20, 25 and 15, 20 and 10 minutes, respectively. The results also showed that the optimum conditions for vacuum cooling process of holy basil, sweet basil, coriander, kaffir lime leave were at the final pressures of 14 and 13, 13 and 2, 6 and 6, 6 and 6.5 mbar with reserving times of 2 and 1, 5 and 3, 1 and 3, 5 and 5 minutes, respectively. Organics vegetables and Thai herbs precooled using above conditions did not suffer high weight loss and the produce was still fresh and the optimum temperatures of each produce were attained.

Keywords: Vacuum cooling, vegetables, herbs

บทคัดย่อ

จากการศึกษาเทคโนโลยีการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศกับผักและสมุนไพรของโครงการหลวง โดยหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิผักอินทรีย์ 4 ชนิด คือ กะหล่ำปลีรูปหัวใจ ยอดซาโยเต้ เบบี้แครอท และเบบี้ฮ่องเต้ และผักสมุนไพร 4 ชนิด คือ ผักชีไทย กะเพรา โหระพา และใบมะกรูด โดยการนำผักในระยะความแก่ทางการค้ามาตัดแต่งและบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย เรียงลงในตะกร้าพลาสติกที่มีรู แล้วจัดเรียงตะกร้าพลาสติกในห้องลดอุณหภูมิจนเต็มความจุของห้อง หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยการตั้งค่าความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิต่างกัน และกำหนดเวลาที่วางผลิตผลไว้ในห้องลดอุณหภูมิหลังจากความดันภายในห้องลดลงถึงระดับที่กำหนดไว้ (holding time) ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการลดอุณหภูมิยอดซาโยเต้อินทรีย์ คือ การกำหนดความดันสุดท้ายที่ 10 และ 11 มิลลิบาร์ นาน 3 และ 5 นาที ตามลำดับ ความดันสุดท้ายสำหรับกะหล่ำปลีรูปหัวใจอินทรีย์ คือ 6 และ 6.5 มิลลิบาร์ นาน 15 และ 20 นาที ตามลำดับ ความดันสุดท้ายสำหรับเบบี้ฮ่องเต้อินทรีย์ คือ 6 มิลลิบาร์ นาน 25 และ 15 นาที ตามลำดับ ความดันสุดท้ายสำหรับเบบี้แครอทอินทรีย์ที่ความดัน 6 และ 5.5 มิลลิบาร์ นาน 20 และ 10 นาที ตามลำดับ ความดันสุดท้ายสำหรับกะเพรา คือ 14 และ 13 มิลลิบาร์ นาน 2 และ 1 นาที ตามลำดับ สำหรับโหระพากำหนดความดันสุดท้ายที่ 13 และ 12 มิลลิบาร์ นาน 5 และ 3 นาที ตามลำดับ ความดันสุดท้ายสำหรับผักชีไทย คือ 6 มิลลิบาร์ นาน 1 และ 3 นาที ตามลำดับ และใบมะกรูดที่ความดัน 6 และ 6.5 มิลลิบาร์ นาน 5 และ 5 นาที ตามลำดับ โดยผักมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิเหมาะสมต่อผักและผักไม่แสดงอาการเหี่ยวหลังจากการลดอุณหภูมิ

คำสำคัญ: การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ ผัก สมุนไพร

---

[1] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่/ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
[1] Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University/Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education
[2] สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200
[2] School of Agro-Industry, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200
[3] งานคัดบรรจุเชียงใหม่ มูลนิธิโครงการหลวง จ.เชียงใหม่ 50100
[3] Chiang Mai Packinghouse, Royal Project Foundation, Chiang Mai 50100

คำนำ

การลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ (vacuum cooling) เป็นเทคนิคการทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว ซึ่งนิยมใช้กับผลิตผลทางการเกษตรและอาหาร (McDonald and Sun, 2000) โดยการทำให้น้ำในผลิตผลระเหยกลายเป็นไอในสภาพความดันต่ำ ซึ่งในสภาพนี้จุดเดือดของน้ำจะลดต่ำลงใกล้ 0 องศาเซลเซียส น้ำจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอได้ง่ายโดยใช้ความร้อนจากผลิตผลเอง ทำให้อุณหภูมิของผลิตผลลดต่ำลง เหมาะกับผลิตผลที่มีพื้นที่ผิวมาก เช่น ผักบริโภคใบ (จริงแท้, 2544) การลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่นำมาใช้ในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวกับผลิตผลในมูลนิธิโครงการหลวง ซึ่งยังขาดข้อมูลเพื่อการใช้งานอย่างเหมาะสม และยังไม่มีการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของผลิตผลแต่ละชนิด เนื่องจากผลิตผลที่แตกต่างกันมีความต้องการในการจัดการที่แตกต่างกัน ดังนั้นการลดอุณหภูมิภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะทำให้ผลิตผลมีคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวสูงสุด เพื่อให้การควบคุมระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นประโยชน์ต่อมูลนิธิฯในการวางแผนการตลาด การขนส่ง และการบริหารจัดการภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยผักอินทรีย์และสมุนไพรเป็นผักที่ภายหลังการเก็บเกี่ยวมีการเสื่อมสภาพลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งการลดความร้อนของผลิตผลลงทันทีและใช้เวลาไม่นานจะช่วยลดการสูญเสียและยืดอายุการวางจำหน่ายได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการลดอุณหภูมิผัก เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการลดอุณหภูมิผักด้วยระบบสุญญากาศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของผักอินทรีย์ 4 ชนิด คือ กะหล่ำปลีรูปหัวใจ ยอดซาโยเต้ เบบี้แครอท และเบบี้ฮ่องเต้ และสมุนไพรไทย 4 ชนิด คือ ผักชีไทย กะเพรา โหระพา และใบมะกรูด โดยนำผักอินทรีย์และสมุนไพรไทยที่เก็บเกี่ยวที่ระยะความแก่ทางการค้ามาตัดแต่งและบรรจุในบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย แล้วจัดเรียงในตะกร้าพลาสติกที่มีรูขนาด 37x56x30 ซม. หลังจากนั้นนำไปวางไว้ในห้องลดอุณหภูมิของเครื่อง hydro-vacuum cooling บริษัท Hussmann ประเทศจีน แล้วหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ โดยการตั้งค่าความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ (final pressure) เริ่มตั้งแต่ 5 มิลลิบาร์ แล้วเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.5 มิลลิบาร์ พร้อมกับกำหนดเวลาที่วางผลิตผลไว้ในห้องลดอุณหภูมิหลังจากความดันภายในห้องลดลงถึงระดับที่กำหนด (holding time) แตกต่างกันไปตั้งแต่ 1-30 นาที จากนั้นสรุปหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการลดอุณหภูมิผักอินทรีย์และสมุนไพรไทย โดยพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะต้องเป็นพารามิเตอร์ที่สามารถลดอุณหภูมิของผลิตผลจนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษา และผลิตผลไม่แสดงอาการเหี่ยวหลังจากการลดอุณหภูมิ

ผล

การศึกษาหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของผักอินทรีย์และสมุนไพรไทยรวม 8 ชนิด โดยการกำหนดค่าความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ (final pressure) แตกต่างกันตามชนิดของผัก และกำหนดเวลาที่วางผลิตผลไว้ในห้องลดอุณหภูมิหลังจากความดันภายในห้องลดลงถึงระดับที่กำหนด (holding time) แตกต่างกันในแต่ละความดัน จนได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการลดอุณหภูมิของผลิตผลแต่ละชนิด 2 ชุด ที่ทำให้ผลิตผลที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยพารามิเตอร์ดังกล่าวมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษา และผลิตผลไม่แสดงอาการเหี่ยวหลังจากการลดอุณหภูมิซึ่งสามารถสรุปได้ดัง Table 1, 2, 3 และ 4

Table 1 Optimum parameters of vacuum cooling process for pointed cabbage and chayote shoot.

Parameters	Pointed cabbage		Chayote shoot	
	Set # 1	Set # 2	Set # 1	Set # 2
Optimum storage temperature of the produce (°C)	0-2	0-2	7-10	7-10
Final pressure (mbar)	6	6.5	10	11
Holding time (min)	15	20	3	5
Cooling time (min)	29	29	13	15
Initial temperature of the produce (°C)	22.2	20	25.8	26.3
Final temperature of the produce (°C)	5.9	6.5	7.9	7.6
Weight loss (%)	0.67	0.92	1.81	1.90

Table 2 Optimum parameters of vacuum cooling process for baby pak choi and baby carrot.

Parameters	Baby pak choi		Baby carrot	
	Set # 1	Set # 2	Set # 1	Set # 2
Optimum storage temperature of the produce (°C)	0-2	0-2	0-2	0-2
Final pressure (mbar)	6	6	6	5.5
Holding time (min)	15	25	20	10
Cooling time (min)	27	37	32	20
Initial temperature of the produce (°C)	21.5	23.3	20.1	19.8
Final temperature of the produce (°C)	4.6	3.7	3.4	4.5
Weight loss (%)	1.20	1.24	0.64	0.43

Table 3 Optimum parameters of vacuum cooling process for coriander and holy basil.

Parameters	Coriander		Holy basil	
	Set # 1	Set # 2	Set # 1	Set # 2
Optimum storage temperature of the produce (°C)	4-5	4-5	12-13	12-13
Final pressure (mbar)	6	6	14	13
Holding time (min)	1	3	2	1
Cooling time (min)	13	17	12	11
Initial temperature of the produce (°C)	21.5	21.0	20.0	21.7
Final temperature of the produce (°C)	6.0	4.3	12.5	12.2
Weight loss (%)	0.72	0.76	0.93	0.94

Table 4 Optimum parameters of vacuum cooling process for sweet basil and kaffir lime leave.

Parameters	Coriander		Holy basil	
	Set # 1	Set # 2	Set # 1	Set # 2
Optimum temperature of the produce (°C)	10-11	10-11	5-6	5-6
Final pressure (mbar)	13	12	6	6.5
Holding time (min)	5	3	5	5
Cooling time (min)	14	13	16	15
Initial temperature of the produce (°C)	20.5	20.9	20.3	20.8
Final temperature of the produce (°C)	10.6	12.0	4.8	5.3
Weight loss (%)	0.81	0.59	0.70	0.51

วิจารณ์ผล

จากผลการศึกษาหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศในผักอินทรีย์ 4 ชนิด คือ ยอดซาโยเต้ กะหล่ำปลีรูปหัวใจ เบบี้ฮ่องเต้ และเบบี้แครอท และสมุนไพรไทย 4 ชนิด คือ กะเพรา โหระพา ผักชีไทย และใบมะกรูด พบว่า ผักแต่ละชนิดมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิแตกต่างกันออกไป เนื่องจากผักแต่ละชนิดมีลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างกัน ซึ่งการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศเป็นกระบวนการที่อาศัยความชื้นในผลิตผลที่ประกอบด้วยน้ำอิสระ ถูกทำให้เย็นโดยการระเหยความชื้นภายใต้สภาวะสุญญากาศ ซึ่งการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศใช้ได้ดีกับผลิตผลที่มีผิวสัมผัสและมีปริมาณน้ำในผลิตผลมาก (McDonald and Sun, 2000) โดยผลิตผลที่มีพื้นที่ผิวมาก เช่น ผักที่บริโภคใบจะสามารถคายความร้อนออกไปได้ดีและอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนในผลิตผลที่มีลักษณะเป็นผลหรือหัวมีพื้นที่ผิวน้อย เช่น มะเขือเทศ แครอท และมันฝรั่ง การลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศจะใช้ไม่ได้ผลนัก เพราะพื้นที่ที่จะให้มีการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำไปเป็นไอมีน้อย นอกจากนั้นการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติความมีรูพรุนและการกระจายของรูพรุนในผลิตผลด้วย ซึ่งผลิตผลที่โครงสร้างที่มีรูพรุนมากและมีการกระจายของรูพรุนทั่วทั้งผลิตผลจะทำให้มีกระบวนการในการลดอุณหภูมิเร็วขึ้น ในขณะที่ผลิตผลที่มีการกระจายของรูพรุนไม่เท่ากันจะทำให้บริเวณที่มีรูพรุนมากมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณที่มีรูพรุนน้อยหรือไม่มีเลย และผลิตผลที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นสูงจะใช้เวลาในการลดอุณหภูมิมากกว่าผลิตผลที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นต่ำ (Sun and Zheng, 2006) และจากผลการทดลองจะพบว่า การใช้พารามิเตอร์ในการลดอุณหภูมิของกะหล่ำปลีรูปหัวใจ เบบี้ฮ่องเต้ และเบบี้แครอท ทั้ง 2 ชุด ไม่สามารถลดอุณหภูมิใจกลางผักให้มีอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาของผักแต่ละชนิดได้ เพราะถ้ากำหนดความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิต่ำกว่านี้ หรือให้เวลาที่ผักอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดนานกว่านี้ ผักดังกล่าวจะแสดงอาการเหี่ยว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผักดังกล่าวมีลักษณะโครงสร้างซับซ้อน เช่น กะหล่ำปลีรูปหัวใจ เนื่องจากกะหล่ำปลีมีโครงสร้างภายในที่ห่อตัวอย่างหนาแน่น อากาศและความชื้นที่อยู่ภายในจะถูกดึงออกมาได้ยาก ด้วยเหตุนี้จึงเป็นผลทำให้การลดอุณหภูมิของกะหล่ำปลีนั้นทำได้ยาก เนื่องจากประสิทธิภาพของการลดอุณหภูมิด้วยระบบนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนพื้นที่ผิวระเหยต่อน้ำหนัก (Cheng and Hsueh, 2007)

สรุป

พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของผักอินทรีย์ 4 ชนิด คือ ยอดซาโยเต้อินทรีย์ที่ความดัน 10 และ 11 มิลลิบาร์ นาน 3 และ 5 นาที ตามลำดับ กะหล่ำปลีรูปหัวใจอินทรีย์ที่ความดัน 6 และ 6.5 มิลลิบาร์ นาน 15 และ 20 นาที ตามลำดับ เบบี้ฮ่องเต้อินทรีย์ที่ความดัน 6 มิลลิบาร์ นาน 25 และ 15 นาที ตามลำดับ เบบี้แครอทอินทรีย์ที่ความดัน 6 และ 5.5 มิลลิบาร์ นาน 20 และ 10 นาที ตามลำดับ และผักสมุนไพรไทย 4 ชนิด คือ กะเพราที่ความดัน 14 และ 13 มิลลิบาร์ นาน 2 และ 1 นาที ตามลำดับ โหระพาที่ความดัน 13 และ 12 มิลลิบาร์ นาน 5 และ 3 นาที ตามลำดับ ผักชีไทยที่ความดัน 6 มิลลิบาร์ นาน 1 และ 3 นาที ตามลำดับ และใบมะกรูดที่ความดัน 6 และ 6.5 มิลลิบาร์ นาน 5 และ 5 นาที ตามลำดับ โดยผักมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิเหมาะสมต่อผักและผักไม่แสดงอาการเหี่ยวหลังจากการลดอุณหภูมิ

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 396 น.

Cheng, H.P. and C.F. Hsueh. 2007. Multi-stage vacuum cooling process of cabbage. Journal of Food Engineering 79 : 37-46.

McDonald, K. and D.W. Sun. 2000. Vacuum cooling technology for the food processing industry. Journal of Food Engineering 45 : 55-56.

Sun, D.-W. and L. Zheng. 2006. Vacuum cooling technology for the agri-food industry: past, present and future. Journal of Food Engineering 77 : 203-214.