

พารามิเตอร์การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศที่เหมาะสมสำหรับผักกาดหวานและโศคิลีฟแดงตัดแต่งพร้อม
บริโภค

Optimal Vacuum Precooling Parameters for Fresh-cut Cos and Red Oak Leaf Lettuces

วริศรา วานากมล¹ ปรัตสนีย์ กองวงศ์¹ ดนัย บุญเกียรติ^{2,3} และพิชญา พูลลาภ^{3,4}

Warissara Wanakamol¹, Pratsanee Kongwong¹, Danai Boonyakiat^{2,3} and Pichaya Poonlarp^{3,4}

Abstract

This research aimed at investigating the optimal vacuum precooling parameters to decrease the temperature of fresh-cut cos lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) and red oak leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) to 4 ± 1 °C. Three levels of final pressure of 6.0, 6.5 and 7.0 mbar with two holding times of 5 and 10 minutes were experimented. The results showed that final pressure of 6.0 mbar with holding time of 5 minutes were the optimal vacuum precooling parameters for fresh-cut cos and red oak leaf lettuce. These vacuum precooling parameters could decrease the temperature of cos lettuce from 24.81 ± 0.32 °C to 4.98 ± 0.21 °C with weight loss of $2.32\pm 1.14\%$. The total cycle time for vacuum precooling of lettuce was 18.30 ± 0.96 minutes. The parameters were also applied with red oak leaf lettuce, resulted in $1.73\pm 0.17\%$ of weight loss with the total cycle time of 15.33 ± 1.53 minutes. With the previous process parameters decreased the initial temperature of red oak leaf lettuce from 24.25 ± 2.09 °C to 4.25 ± 0.44 °C.

Keywords: vacuum precooling, cos lettuce, red oak leaf lettuce

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค 2 ชนิด ได้แก่ ผักกาดหวาน และโศคิลีฟแดง ให้มีอุณหภูมิเท่ากับ 4 ± 1 องศาเซลเซียส โดยมีพารามิเตอร์ในการทดลองจำนวน 2 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ (6.0, 6.5 และ 7.0 มิลลิบาร์) และระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนด (5 และ 10 นาที) จากผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศสำหรับผักกาดหวานตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งมีอุณหภูมิเริ่มต้น 24.81 ± 0.32 องศาเซลเซียส คือ ความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิที่ 6.0 มิลลิบาร์ ร่วมกับระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดัน 5 นาที ส่งผลให้ผักกาดหวานตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอุณหภูมิสุดท้าย 4.98 ± 0.21 องศาเซลเซียส และมีร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก 2.32 ± 1.14 โดยใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิ 18.30 ± 0.96 นาที ในขณะที่สภาวะในการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศที่เหมาะสมสำหรับโศคิลีฟแดงตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งมีอุณหภูมิเริ่มต้น 24.25 ± 2.09 องศาเซลเซียส คือ ความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิที่ 6.0 มิลลิบาร์ ร่วมกับระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดัน 5 นาที ส่งผลให้โศคิลีฟแดงตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอุณหภูมิสุดท้าย 4.25 ± 0.44 องศาเซลเซียส และมีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักที่ 1.73 ± 0.17 โดยใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิทั้งสิ้น 15.33 ± 1.53 นาที

คำสำคัญ: การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ, ผักกาดหอม, โศคิลีฟแดง

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

¹ Division of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50100

² ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

² Department of Plant Science and Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

³ Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Commission, Bangkok 10400

⁴ สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

⁴ Division of Food Engineering, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50100

คำนำ

กระแสการใส่ใจในสุขภาพในปัจจุบันส่งผลให้ความต้องการของตลาดต่อผักตัดแต่งพร้อมบริโภคมีแนวโน้มสูงขึ้น นอกจากสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในด้านรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ผักตัดแต่งพร้อมบริโภคยังตอบโจทย์ในด้านความสะดวกรวดเร็วเพื่อรองรับวิถีชีวิตที่รีบเร่งของคนในยุคปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม การตัดแต่งสร้างบาดแผลให้กับเนื้อเยื่อของผัก กระตุ้นให้เกิดการตอบสนองทางสรีรวิทยา เช่น อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนที่มากขึ้นไปกระตุ้นกระบวนการทางชีวเคมีระดับเซลล์ ความเสียหายบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ส่งผลให้สารตั้งต้นและเอนไซม์สามารถเข้าทำปฏิกิริยากันได้มากขึ้น รวมทั้งการรั่วไหลของสารอาหารจากภายในเซลล์ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งการตอบสนองดังกล่าวจะนำไปสู่การเสื่อมสภาพของผลิตผล การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจในการประยุกต์ใช้กับผักตัดแต่งพร้อมบริโภค เนื่องจากสามารถลดอุณหภูมิของผลิตผลได้อย่างรวดเร็ว สม่ำเสมอ และประหยัดพลังงาน Ozturk and Ozturk (2009) รายงานว่าการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศที่ระดับความดัน 0.7 กิโลปาสคาล สามารถลดอุณหภูมิใจกลางผักกาดหอมห่อจาก 25 องศาเซลเซียส มาถึง 6 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาน้อยกว่าการลดอุณหภูมิโดยการแช่ตู้เย็นแบบปกติ 11 เท่า อย่างไรก็ตามระดับความดันที่ใช้ในการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผล รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการจัดเก็บ (He *et al.*, 2004) นอกจากนี้ ความหลากหลายในด้านขนาดและรูปร่างของผลิตผล ส่งผลให้พารามิเตอร์ในการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศของผลิตผลแต่ละชนิดแตกต่างกัน เช่น ความดัน 6 มิลลิบาร์ 2 นาที สำหรับผักชี (Sirinanuwat *et al.*, 2012) ความดัน 11 มิลลิบาร์ 5 นาที สำหรับยอดมะระหวาน (Poonlarp *et al.*, 2012) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาพารามิเตอร์ในการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศที่เหมาะสมสำหรับผักกาดหอม 2 ชนิด ได้แก่ ผักกาดหวาน และโศลกี้ฟแดง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผักกาดหวาน และโศลกี้ฟแดง มาคัดตำหนิ ตัดแต่ง และล้างทำความสะอาด ก่อนจะนำไปสลัดน้ำ เป็นเวลา 1 นาที นำผักที่ผ่านการล้างบรรจุลงในถุงพอลิเอทิลีนชนิดเจาะรูจำนวน 12 รู ขนาด 25.4x30 เซนติเมตร ซึ่งบุในตะกร้าพลาสติก ปิดปากถุง และจัดวางภายในเครื่องลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ ศึกษาพารามิเตอร์ในการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศที่เหมาะสมสำหรับผักสลัดแต่ละชนิด โดยกำหนดปัจจัยสำหรับการทำงานของเครื่อง ได้แก่ ค่าความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิที่ 6.0, 6.5 และ 7.0 มิลลิบาร์ ระยะเวลาที่ผักสลัดอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนด 5 และ 10 นาที บันทึกอุณหภูมิใจกลางตะกร้าและความดันภายในห้องลดอุณหภูมิตลอดกระบวนการลดอุณหภูมิ บันทึกอุณหภูมิและน้ำหนักผักก่อนและหลังการลดอุณหภูมิ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก คัดเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับผักสลัดแต่ละชนิดโดยเลือกจากระยะเวลาในการลดอุณหภูมิล้นที่สุดที่ทำให้ผักมีอุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส และเกิดการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด

ผล

จากการศึกษาการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค 2 ชนิด ได้แก่ ผักกาดหวาน และโศลกี้ฟแดง ให้มีอุณหภูมิเท่ากับ 4 ± 1 องศาเซลเซียส โดยกำหนดพารามิเตอร์ในการทดลองจำนวน 2 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิ (6.0, 6.5 และ 7.0 มิลลิบาร์) และระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนด (5 และ 10 นาที) พบว่า ความดันและระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันมีผลต่ออุณหภูมิสุดท้ายของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค (Figure 1) โดยในช่วงต้นกระบวนการ (นาทีที่ 0-6) ความดันภายในห้องลดอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่อุณหภูมิผลิตผลลดลงเพียงเล็กน้อย ในนาทีที่ 7-12 สำหรับผักกาดหวาน และ 7-10 สำหรับโศลกี้ฟแดง ความดันภายในห้องลดอุณหภูมิลดลงอย่างช้าๆ แต่อุณหภูมิผลิตผลกลับลดลงอย่างรวดเร็ว แล้วลดลงอย่างช้าๆ ตั้งแต่นาทีที่ 13 สำหรับผักกาดหวาน และ 11 สำหรับโศลกี้ฟแดง จนกระทั่งจบกระบวนการ (Figure 2)

เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ในการลดอุณหภูมิผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่า ความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิที่ 6.0 มิลลิบาร์ ร่วมกับระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดัน 5 นาทีเป็นพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศสำหรับผักกาดหวานและโศลกี้ฟแดงตัดแต่งพร้อมบริโภค เนื่องจากสามารถลดอุณหภูมิในผลิตผลให้มีอุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส โดยไม่แสดงอาการเหี่ยว พารามิเตอร์ดังกล่าวสามารถลดอุณหภูมิของผักกาดหวานจาก 24.81 ± 0.32 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีอุณหภูมิสุดท้าย 4.98 ± 0.21 องศาเซลเซียส มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก 2.32 ± 1.14 และใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิ 18.30 ± 0.96 นาที ในขณะที่สามารถลดอุณหภูมิของโศลกี้ฟแดงจากอุณหภูมิเริ่มต้น

24.25±2.09 องศาเซลเซียส จนมีอุณหภูมิสุดท้าย 4.25±0.44 องศาเซลเซียส มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักที่ 1.73±0.17 และใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิทั้งสิ้น 15.33±1.53 นาที (Table 1)

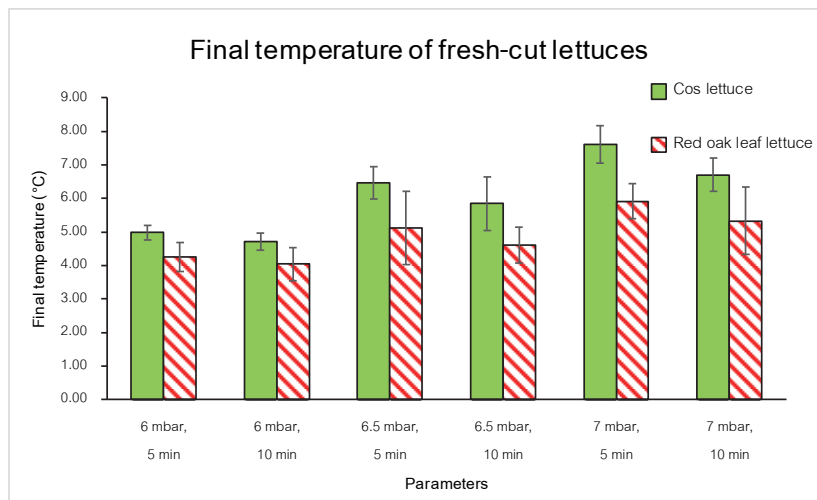


Figure 1 Final temperature of fresh-cut lettuces precooled by different vacuum cooling parameters

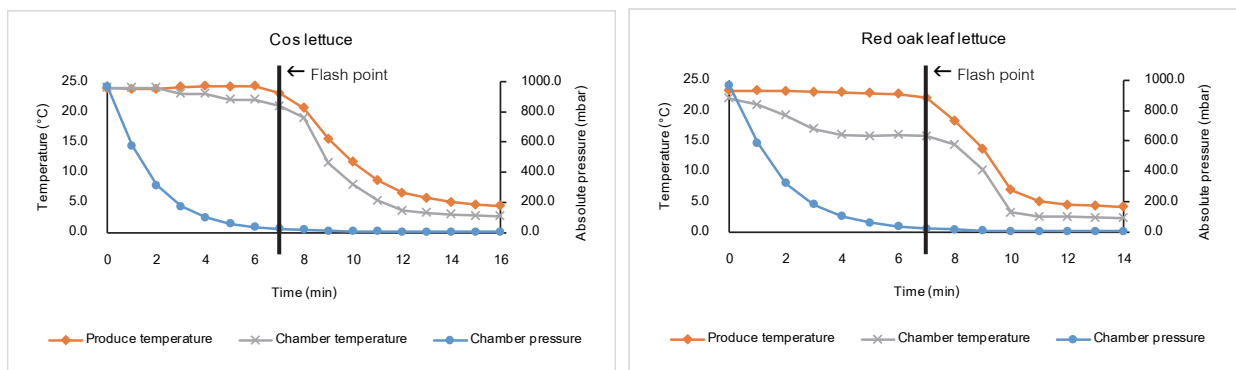


Figure 2 Temperature and pressure curve of cos and red oak leaf lettuce during vacuum precooling at 6.0 mbar for 5 minutes

Table 1 Optimal vacuum precooling parameters for fresh-cut cos and red oak leaf lettuce

Parameters	Fresh-cut cos lettuce	Fresh-cut red oak leaf lettuce
Final pressure (mbar)	6.0	6.0
Holding time (min)	5	5
Cooling cycle (min)	18.30 ± 0.96	15.33 ± 1.53
Initial temperature (°C)	24.81 ± 0.32	24.25 ± 2.09
Final temperature (°C)	4.98 ± 0.21	4.25 ± 0.44
Weight loss (%)	2.32 ± 1.14	1.73 ± 0.17

วิจารณ์ผล

การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศเป็นการลดอุณหภูมิภายใต้หลักการระเหยอย่างรวดเร็วของน้ำทั้งภายในและบริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ เมื่อความดันภายในตู้ลดอุณหภูมิลดลงจนถึงจุดที่ความดันไออิ่มตัว น้ำภายในและบริเวณผิวของผลิตภัณฑ์จะเริ่มระเหยโดยดูดซับความร้อนที่สะสมในผลิตภัณฑ์และจากสิ่งแวดล้อมซึ่งมีค่าเท่ากับความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent heat of evaporation) การสูญเสียความร้อนส่งผลให้อุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์ลดลง (Sun and Zheng, 2006) ตาม Figure 2 ในช่วงแรกของการลดอุณหภูมิ (นาที่ที่ 0-6) อากาศภายในห้องลดอุณหภูมิจะถูกดูดออกโดยปั๊มสุญญากาศ ส่งผลให้ระดับความดันลดลงอย่างรวดเร็ว โดยไม่มีผลต่ออุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ จนกระทั่งนาที่ที่ 7 น้ำภายในและที่ผิวผลิตภัณฑ์เริ่มเกิดการระเหย การสูญเสียความร้อนส่งผลให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อความดันภายในห้องลดอุณหภูมิลดลงจนถึงระดับที่กำหนด เครื่องลดอุณหภูมิจะรักษาระดับความดันให้คงที่ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะเกิดการลดลงอย่างช้าๆ ตาม Figure 1 การลดความดันส่งผลต่อการระเหยของน้ำ จึงพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ลดอุณหภูมิด้วยความดันในระดับที่ต่ำกว่ามีอุณหภูมิสุดท้ายต่ำกว่าด้วย ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิที่นานขึ้นยังมีส่วนทำให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิสุดท้ายที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ ระดับความดันและอุณหภูมิยังส่งผลต่อการสูญเสียของน้ำของผลิตภัณฑ์ (He et al., 2004) โดยที่ระดับความดันต่ำและ/หรือระยะเวลาในการลดอุณหภูมินาน ส่งผลให้ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้น ซึ่งจะแสดงออกในรูปแบบของการเหี่ยว ซึ่งจากการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศสำหรับผักกาดหวานและโศรสีฟแดงตัดแต่งพร้อมบริโภค คือ การกำหนดค่าความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิที่ 6.0 มิลลิบาร์ ร่วมกับระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ภายใต้ความดัน 5 นาที อย่างไรก็ตาม ผลของการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศต่อคุณภาพผักระหว่างการเก็บรักษาจะมีการศึกษาต่อไปในอนาคต

สรุป

พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศสำหรับผักกาดหวานและโศรสีฟแดงตัดแต่งพร้อมบริโภค คือ การกำหนดความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิที่ 6.0 มิลลิบาร์ โดยกำหนดระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ภายใต้ความดันดังกล่าวเป็นเวลา 5 นาที ด้วยพารามิเตอร์นี้จะทำให้ผักตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 4 ± 1 องศาเซลเซียส และมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด

คำขอขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กทม. 10400 และได้รับการอนุเคราะห์เครื่องลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศจากศูนย์ผลิตผลโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

- He, S.Y., G.P. Feng, H.S. Yang, Y. Wu and Y.F. Li. 2004. Effects of pressure reduction rate on quality and ultrastructure of iceberg lettuce after vacuum cooling and storage. *Postharvest Biology and Technology* 33(3): 263-273.
- Ozturk, H.M. and H.K. Ozturk. 2009. Effect of pressure on the vacuum cooling of iceberg lettuce. *International Journal of Refrigeration* 32(3): 402-410.
- Poonlarp, P., D. Boonyakiat and K. Pilakunta. 2012. Effect of Vacuum Cooling on Shelf Life of Organic Chayote Shoot (*Sechium edule* Sm.). *Journal of Agricultural Science and Technology* 2: 220-227.
- Sirinanuwat, A., D. Boonyakiat and P. Boonprasom. Effect of vacuum cooling on physicochemical properties of organic coriander. *Asian Journal of Food and Agro-Industry* 5(2): 96-103.
- 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.