บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิผักกาดหวานที่บรรจุในถุงพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศแบบแห้ง (dry cycle)

จากการศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศของผักกาดหวานที่บรรจุในถุงพลาสติก โดยกำหนดความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิเป็น 3 ระดับคือ 5.5, 6.0 และ 6.5 มิลลิบาร์ และกำหนดเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันในแต่ละระดับเป็น 15, 20 และ 25 นาที เพื่อให้ผักกาดหวานมีอุณภูมิสุดท้ายประมาณ 4±2 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักกาดหวานในตู้เย็นบ้านทั่วไปซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ P.Boonprasom and D.Boonyakiat (2010) และ Jirapa *et al*.,2009 ได้รายงานว่า เมื่อกำหนดความดันสุดท้ายต่ำลงส่งผลให้การสูญเสียน้ำหนักของ Bloccoli และ Red Holy Basil เพิ่มขึ้น พบว่า ค่าพารามิเตอร์ในการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศ คือ กำหนดความดันสุดท้ายให้เท่ากับ 6 มิลลิบาร์ และระยะเวลาเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดนาน 22.5 นาที เมื่อผักกาดหวานมีอุณหภูมิเริ่มต้นเฉลี่ย เท่ากับ 21±1 องศาเซลเซียส ผักกาดหวานมีอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 4±2 องศาเซลเซียส หลังจากสิ้นกระบวนการลดอุณหภูมิ ผักกาดหวานมีการสูญเสียน้ำหนัก 3.43 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ใช้เวลาในการลดอุณหภูมิทั้งสิ้น 32 นาที (ตาราง 4.1)

ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน อุณหภูมิผลิตผล อุณหภูมิภายในห้องลดอุณหภูมิและอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในกระบวนการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศของผักกาดหวานดังในภาพที่ 4.1 พบว่าความดันภายในห้องลดอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วถึง 6 มิลลิบาร์ซึ่งเป็นความดันสุดท้ายที่กำหนดภายในระยะเวลา 11 นาที อุณหภูมิของห้องลดอุณหภูมิลดลงอย่างช้าๆ ส่วนอุณหภูมิของผักกาดหวานจะลดลงค่อนข้างคงที่ในช่วงแรก จนกระทั่งเมื่อความดันสุดท้ายลดลงจนถึง 36.6 มิลลิบาร์ ในนาทีที่ 6 จากนั้นอุณหภูมิของผักกาดหวานลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งที่จุดนี้เรียกว่า “flash point” ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการลดความดันในห้องลดอุณหภูมิซึ่งน้ำในผลิตผลเริ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เดือดและระเหยกลายเป็นไออย่างต่อเนื่อง ทำให้ผักกาดหวานมีอุณหภูมิลดลงด้วยอัตราเร็วสูง (ความชันของกราฟมาก) จนกระทั่งเมื่อความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิอยู่ที่ 6 มิลลิบาร์ เครื่องลดอุณหภูมิจะรักษาระดับความดันให้คงที่ เพื่อให้ผักกาดหวานอยู่ภายใต้ความดันตามระยะเวลาที่กำหนดเท่ากับ 22.5 นาที ซึ่งในช่วงเวลานี้อุณหภูมิของผักกาดหวานลดลงด้วยความชันน้อยลง จนถึงอุณหภูมิสุดท้ายที่ 4±2 องศาเซลเซียส ในนาทีที่ 32

ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศระหว่างการลดอุณหภูมิผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศในภาพที่ 4.2 พบว่า ปริมาณความชื้นของอากาศก่อนเริ่มกระบวนการลดอุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 65.2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที หลังจากเริ่มกระบวนการ พบว่า ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการลดความดันบรรยากาศในห้องลดอุณหภูมิเป็นการลดปริมาณอากาศที่มีความชื้นออกไป ดังนั้นจึงทำให้ภายในห้องลดอุณหภูมิมีปริมาณอากาศชื้นที่ลดลง ส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อระดับความดันภายในห้องลดอุณหภูมิลดลงอยู่ในระดับคงที่ประมาณ 6 มิลลิบาร์ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องลดอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ซึ่งมีค่าประมาณ 38.69 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาผลของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศในการลดอุณหภูมิผักกาดหวานต่อระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (ตารางที่ 4.2) และอุณหภูมิสุดท้ายของผลิตผล พบว่า ระดับความดันสุดท้ายที่กำหนดและเวลาที่วัตถุดิบอยู่ภายใต้ความดันตามระยะเวลาที่กำหนด มีผลต่อเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ, เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก และอุณหภูมิสุดท้ายของผลิตผล โดยพบว่าเมื่อระดับความดันลดลงจนถึงระดับความดันสุดท้ายและระยะเวลาที่วัตถุดิบอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดเพิ่มขึ้นจะทำให้เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการลดอุณหภูมินานขึ้นและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นในขณะที่อุณหภูมิสุดท้ายของผลิตผลลดต่ำลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.1 ค่าพารามิเตอร์ในการทำงานที่เหมาะสมกับการลดอุณหภูมิผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศ

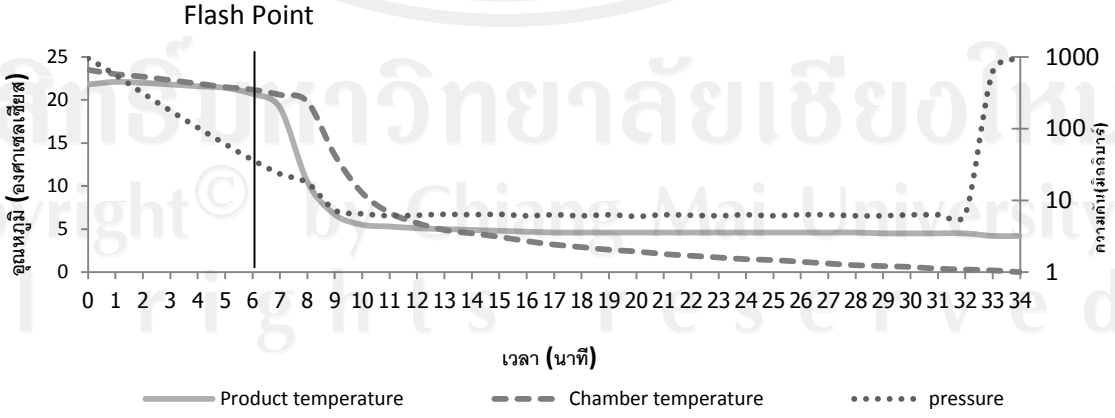
พารามิเตอร์ในการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิระบบสุญญากาศ	ค่าพารามิเตอร์
ความดันภายในห้องลดอุณหภูมิ (มิลลิบาร์)	6
ระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนด (นาที)	22.5
ระยะเวลาทั้งหมดในการลดอุณหภูมิ (นาที)	32

ตาราง 4.2 สภาวะของผักกาดหวานก่อนและหลังการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ

สภาวะของผลิตผล	ข้อมูลจากการทดลอง
อุณหภูมิเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)	21±1
อุณหภูมิสุดท้าย (องศาเซลเซียส)	4.7
การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)	3.43

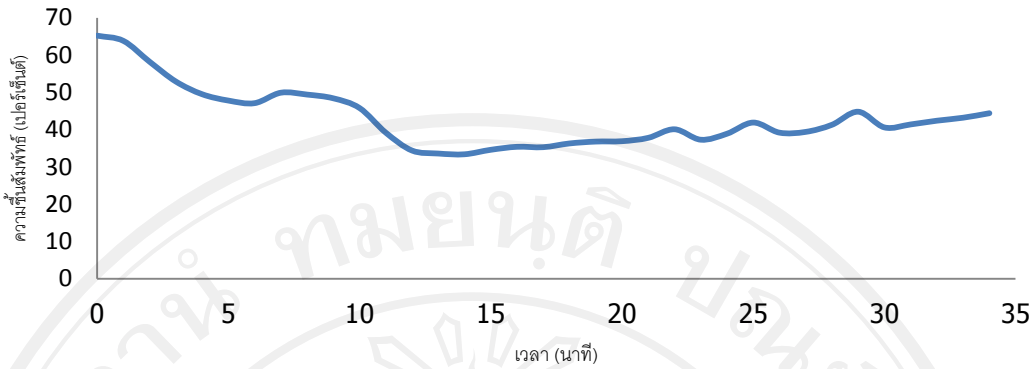
ตารางที่ 4.3 ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการลดอุณหภูมิผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศ

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ	ข้อมูลจากการทดลอง
จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	4.17
ค่าฟ้า (บาท/กิโลกรัม)	0.067



ภาพ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดัน และเวลาในการลดอุณหภูมิผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องลดอุณหภูมิระหว่างการลดอุณหภูมิผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศ

การทดลองที่ 2 คุณภาพของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

ลักษณะปรากฏ

จากการประเมินลักษณะคุณภาพทางกายภาพแสดงให้เห็นว่า ผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศกับผักกาดหวานที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ ร่วมกับการเก็บรักษาที่ 4±2 องศาเซลเซียส พบว่า การเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยคะแนนลักษณะปรากฏของสีน้ำตาลที่รอยตัด เท่ากับ 3.0±0.00 และ 4.0±0.41 คะแนนตามลำดับ โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศมีแนวโน้มน้อยกว่าผักกาดหวานที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ (ตาราง 4.4, ตารางภาคผนวก 11 และภาพ 4.2)

เมื่อเก็บรักษาผักกาดหวานนาน 5 วัน พบว่า การสูญเสียความกรอบของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศมีคะแนนเท่ากับ 1.75±0.25 คะแนน ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยผักกาดหวานที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิมีคะแนน เท่ากับ 2.0±0.00 คะแนน โดยที่ตลอดอายุการเก็บรักษาผักกาดหวานทั้งสองกรรมวิธีมีแนวโน้มของการสูญเสียความกรอบลงอย่างต่อเนื่อง (ตาราง 4.4, ตารางภาคผนวก 12 และภาพ 4.3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คะแนนการเกิดกลิ่นผิดปกติของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิและผักกาดหวานที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิเมื่อเก็บรักษานาน 5 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีคะแนน เท่ากับ 1.25±0.25 และ 1.50±0.29 คะแนนตามลำดับ โดยตลอดอายุการเก็บรักษาผักกาดหวานทั้งสองกรรมวิธีมีแนวโน้มการเกิดกลิ่นผิดปกติเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ตาราง 4.4, ตารางภาคผนวก 13 และภาพ 4.4)

คุณภาพการยอมรับโดยรวมของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิเมื่อเก็บรักษานาน 5 วัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่า เท่ากับ 4.5±0.29 และ 3.75±0.75 คะแนนตามลำดับ โดยทั้งสองกรรมวิธีมีแนวโน้มของการยอมรับคุณภาพโดยรวมลดลง (ตาราง 4.4, ตารางภาคผนวก 14 และภาพ 4.5)

การทดลองในครั้งนี้ใช้คะแนนการประเมินคุณภาพการยอมรับโดยรวมเป็นเกณฑ์ในการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผักกาดหวาน โดยที่ลักษณะภายนอกมีผลเป็นอย่างมากต่อการยอมรับของผู้บริโภค สำหรับการทดลองครั้งนี้ยังศึกษาการเปลี่ยนแปลงการปรากฏของสีน้ำตาลที่รอยตัดซึ่งเป็นลักษณะที่เห็นได้ชัด สาเหตุจากเชื้อแบคทีเรียซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ กฤติยา, 2552 ซึ่งได้รายงานว่า ผักกาดหอมห่อที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศกับชุดควบคุม เมื่อเก็บรักษาบนชั้นวางจำหน่ายอุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าผักกาดหอมห่อแสดงอาการของการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดโดยพบว่ารอยตัดเกิดสีน้ำตาลเข้มและเป็นแผลเน่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผักกาดหวานทั้งสองกรรมวิธีไม่แสดงอาการของโรคเนื่องจากอุณหภูมิต่ำชะลอปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์พืชให้ดำเนินช้าลง และชะลออัตราการหายใจของผลิตผลอีกด้วย ทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้นนอกจากนี้ยังช่วยในการรักษารสชาติ คุณค่าทางโภชนาการ และสภาพของลักษณะปรากฏให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้นานขึ้น (Watkins and Ekman, 2005) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าการเสื่อมคุณภาพได้แก่ การเหี่ยว การสูญเสียความกรอบ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำหนักสดโดยผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผักกาดหวานที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับคุณภาพโดยรวมของผักกาดหวาน ดังจะเห็นได้ว่า เมื่อเก็บรักษาได้นาน 5 วัน ผักกาดหวานที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิมีคะแนนการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ He *et al*., (2004) ที่ได้รายงานว่า การลดอุณหภูมิผักกาดหอมห่อด้วยระบบสุญญากาศช่วยรักษาความกรอบของผักกาดหอมห่อ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์

การสูญเสียน้ำหนัก

เมื่อเก็บรักษา นาน 5 วัน พบว่า ผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศมีการสูญเสียน้ำหนักสด เท่ากับ 3.83±0.36 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าผักกาดหวานชุดที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศซึ่งเท่ากับ 9.96±0.84 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผักกาดหวานในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ตาราง 4.5, ตารางภาคผนวก 15 และภาพ 4.6)

การสูญเสียน้ำหนักสดระหว่างการเก็บรักษาเกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ ขนาดของผลิตผล ลักษณะของผลิตผล และสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา เป็นต้น การป้องกันการสูญเสียน้ำหนักสดทำได้โดยการควบคุมปัจจัยต่างๆ ให้กับผลิตผล การสูญเสียน้ำหนักสดของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่เกิดจากการที่ผลิตผลยังคงมีชีวิตอยู่ มีการหายใจเกิดขึ้นตลอดเวลาส่งผลให้ผลิตผลมีความร้อนที่เกิดจากการหายใจ (vital heat) ร่วมกับความร้อนที่ติดมาจากแปลงปลูก (field heat) ส่งผลให้เกิดการสะสมความร้อนและทำให้อุณหภูมิภายในผลิตผลเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่กระทบต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ โดยในสภาพอุณหภูมิสูง ผักและผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงและเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว อายุในการวางจำหน่ายหรือใช้ในการบริโภคสั้นลง ทั้งนี้เพราะสภาพอุณหภูมิสูงจะกระตุ้นปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ให้เร็วขึ้น การหายใจเพิ่มสูงขึ้น รวมทั้งส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ของผลิตผลเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นอุณหภูมิของผลิตผลและสภาพบรรยากาศ ตลอดจนความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศที่เก็บรักษามีผลอย่างมากต่อการสูญเสียน้ำ การลดอุณหภูมิและการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพอุณหภูมิต่ำจึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งการลดอุณหภูมิ (precooling) ด้วยวิธีการที่เหมาะสมเป็นการดึงเอาความร้อนออกจากผลิตผลโดยอาศัยตัวกลางเป็นตัวนำและ/หรือพาความร้อนออกจากผลิตผล (จริงแท้, 2549) การลดอุณหภูมิแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เฉียบพลันและการเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอการหายใจและลดการสูญเสียน้ำของผลิตผลได้ (จริงแท้, 2544)

การลดอุณหภูมิผักกาดหวานลงอย่างรวดเร็วในกระบวนการลดอุณหภูมิเบื้องต้นโดยใช้ระบบสุญญากาศส่งผลต่อการหายใจของผลิตผลเร็วกว่าการลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ ถึงแม้ว่ากรรมวิธีที่ผ่านและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิจะมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา แต่การลดอุณหภูมิผักกาดหวานในเบื้องต้นโดยใช้ระบบสุญญากาศจะช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดได้ดีกว่ากรรมวิธีที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิเบื้องต้นโดยใช้ระบบสุญญากาศก่อนการเก็บรักษา

ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซี ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศกับชุดที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิแล้วเก็บรักษานาน 5 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณวิตามินซีของผักกาดหวานชุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิกับชุดที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 3.27 ± 0.68 และ 3.64 ± 0.57 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาปริมาณวิตามินซีของผักกาดหวานในทุกกรรมวิธีมีความผันแปร (ตาราง 4.5, ตารางภาคผนวก 16 และภาพ 4.7)

จากผลการทดลอง พบว่า การลดอุณหภูมิผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพวงเพชร (2552) ที่รายงานว่าการลดอุณหภูมิปวยเหล็งโดยใช้ระบบสุญญากาศและสุญญากาศร่วมกับน้ำแล้วเก็บรักษานาน 9 วันไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี โดยที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาปริมาณวิตามินซีของปวยเหล็งในทุกกรรมวิธีมีความผันแปรแต่มีแนวโน้มลดลง

ปริมาณวิตามินซีที่ไม่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากการลดอุณหภูมิผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาผักกาดหวานไว้ที่อุณหภูมิเดียวกัน 4 ± 2 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ชะลอระดับกิจกรรมของเอนไซม์ ascobate dehydrogenase และ ascobate peroxidase อีกทั้งยังชะลอการสลายตัวของวิตามินซีตามธรรมชาติได้ (Zepplin and Elvehjein, 1994) จึงอาจส่งผลให้ปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิตามินซีของทั้งสองกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกรรมวิธีที่ผ่านและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิของผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

สีของใบ

เมื่อเก็บรักษาผักกาดหวานไว้นาน 5 วัน พบว่า ค่า L* ของสีของใบผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิมีค่า L* เท่ากับ 46.63±1.29 และ 42.64±1.86 ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 5 วัน ค่า L* ของสีใบผักกาดหวานมีค่าค่อนข้างคงที่ (ตาราง 4.6, ตารางภาคผนวก 17 และภาพ 4.8)

ค่า chroma ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศและผักกาดหวานที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิมีค่า chroma เท่ากับ 31.77±0.61 และ 29.58±0.79 ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 5 วัน ค่า chroma ของผักกาดหวานมีค่าค่อนข้างคงที่ (ตาราง 4.6, ตารางภาคผนวก 18 และภาพ 4.9)

ค่า hue ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศและผักกาดหวานที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิมีค่า hue เท่ากับ 123.38±0.61 และ 123.1±0.62 องศา ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 5 วัน ค่า hue ของผักกาดหวานมีค่าค่อนข้างคงที่ (ตาราง 4.6, ตารางภาคผนวก 19 และภาพ 4.10)

จากผลการทดลอง เมื่อพิจารณาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสีใบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 5 วันแสดงให้เห็นว่า การลดอุณหภูมิผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีใบของผักกาดหวาน โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ค่า L* chroma และ hue angle ของสีใบผักกาดหวานมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ ซึ่งพบว่า มีความสอดคล้องกับแนวโน้มของปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดได้ ซึ่งการเก็บรักษาผักกาดหวานไว้ที่อุณหภูมิต่ำที่เหมาะสมจะสามารถชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้ (จริงแท้, 2549)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวแล้วนั้น ได้รับอิทธิพลมาจากอุณหภูมิ กล่าวคือ ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง ผลิตผลจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงสีที่รวดเร็วและชัดเจนกว่าสภาพอุณหภูมิต่ำ (Kim *et al*., 2004) เมื่อเปรียบเทียบกรรมวิธีที่ผ่านและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิของผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการลดอุณหภูมิผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีใบของผักกาดหวานซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เนื่องมาจากการเสื่อมสภาพของคลอโรฟิลล์ส่งผลต่อการมีสีเขียวที่ลดลงของผักกาดหวาน

ปริมาณคลอโรฟิลล์

ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาผักกาดหวาน นาน 5 วัน พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คือ มีค่าเท่ากับ 0.11±0.01 และ 0.09±0.01 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ โดยตลอดระยะเวลาเก็บรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของผักทั้งสองกรรมวิธีมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ (ตาราง 4.7, ตารางภาคผนวก 20 และภาพ 4.11)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ ร่วมกับการเก็บรักษานาน 5 วัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คือ มีค่าเท่ากับ 0.06±0.01 และ 0.05±0.01 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ บี มีแนวโน้มค่อนข้างผันแปร (ตาราง 4.7, ตารางภาคผนวก 21 และภาพ 4.12)

สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ ร่วมกับการเก็บรักษานาน 5 วัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คือ มีค่าเท่ากับ 0.16±0.02 และ 0.14±0.01 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ โดยตลอดระยะเวลาเก็บรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์รวมทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง (ตาราง 4.7, ตารางภาคผนวก 22 และภาพ 4.13)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อพิจารณาผลการทดลอง พบว่า การลดอุณหภูมิไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 4±2 องศาเซลเซียสสอดคล้องกับการศึกษาของปรัศนีย์ (2551) ซึ่งได้รายงานว่า การลดอุณหภูมิเฉียบพลันของบรอคโคลี่โดยใช้ระบบสุญญากาศและสุญญากาศร่วมกับน้ำ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 6 วัน ไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของบรอคโคลี่ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากผลการศึกษาเนื้อเยื่อของบรอคโคลี่ พบว่า โมเลกุลของคลอโรฟิลล์อาจถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ peroxidase เมื่อมีน้ำหรือสารประกอบฟีนอลอยู่ด้วย เมื่อให้ความร้อนแก่บรอคโคลี่ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งเป็นวิธีการรักษาความสดของบรอคโคลี่ พบว่า เอนไซม์นี้ถูกยับยั้งไปกว่าครึ่ง (จริงแท้, 2549) จากการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักกาดหวานที่ผ่านและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียสนั้นอาจส่งผลให้ระดับกิจกรรมของ เอนไซม์ peroxidase มีระดับที่ใกล้เคียงกันจึงอาจส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากผลการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ นั้นอาจเนื่องมาจากก่อนที่ผักกาดหวานจะถูกลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศนั้นต้องขนส่งด้วยรถธรรมดา (ไม่มีเครื่องทำความเย็น) จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวางมายังงานคัดบรรจุโครงการหลวงใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง อาจเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพของการลดอุณหภูมิไม่เต็มที่ ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักกาดหวานภายหลังการลดอุณหภูมิไม่ชัดเจน เช่น ผักกาดหวานมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันในขณะอยู่บนรถบรรทุกเป็นเวลานาน ผักกาดหวานอาจถูกสภาพแวดล้อม ได้แก่ ลม แสงแดด เป็นต้น อาจทำให้ผักกาดหวานมีการคายน้ำระหว่างการขนส่งมาก จึงอาจทำให้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการลดอุณหภูมิไม่ชัดเจน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักกาดหวานที่ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกัน

จากเหตุผลข้างต้น อาจเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพของการลดอุณหภูมิไม่เต็มที่ ส่งผลให้มองเห็นการเปลี่ยนแปลงในบางลักษณะของผักกาดหวานภายหลังจากการลดอุณหภูมิไม่ชัดเจน การลดอุณหภูมิผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศนั้นอาจจะไม่ส่งผลในการยับยั้งกิจกรรมของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอนไซม์ Ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ ribulose bisphosphate (RuBP) โดยทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้น โดยที่ RuBP อาจทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลต่อกระบวนการหายใจแสง (Photorespiration) ของผักกาดหวานทั้งสองกรรมวิธีที่อาจมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักกาดหวานในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

เมื่อเก็บรักษาผักกาดหวานไว้นาน 5 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผักกาดหวานในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 2.92±0.01 และ 2.44±0.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานั้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผักกาดหวานมีค่าค่อนข้างผันแปรแต่มีแนวโน้มลดลง (ตาราง 4.8, ตารางภาคผนวก 23 และภาพ 4.14)

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การลดอุณหภูมิผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศนั้นไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คลีฟที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิห้อง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (วารินทร์, 2550) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Turk and Celik (1993) ที่รายงานว่า การลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศของผักกาดหอมห่อ พบว่า ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผักกาดหอมห่อ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิในการเก็บรักษาอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เช่น อัตราส่วนของกลูโคสต่อฟรักโทสและกรดอินทรีย์ต่างๆ ในระหว่างกระบวนการเก็บรักษาผลิตผล (Javanmardi and Kubota, 2006) ซึ่งในการเก็บรักษาผักกาดหวานกรรมวิธีที่ผ่านการลดอุณหภูมิและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิและเก็บรักษาที่อุณภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส อาจส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ใกล้เคียงกันส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ

จากผลการทดลอง การลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศของผักกาดหวานไม่มีผลต่อกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในผักกาดหวาน โดยกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เท่ากับ 73.52±1.72 และ 73.91±3.58 ไมโครกรัมเทียบกับกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษากิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในทุกกรรมวิธีมีค่าค่อนข้างผันแปร (ตาราง 4.8 ตารางภาคผนวก 24 และภาพ 4.15)

สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารประกอบที่ทำหน้าที่ในการยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลต่างๆ โดยสารต้านอนุมูลอิสระจะเข้ายับยั้งปฏิกิริยาในขั้นตอนของการเริ่มต้นหรือในระหว่างการเพิ่มจำนวนของปฏิกิริยาลูกโซ่ สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในธรรมชาติประกอบด้วยสารประกอบหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอล สารประกอบไนโตรเจน แคโรทีนอยด์ วิตามินซี และคลอโรฟิลล์ เป็นต้น (Velioglu *et al* ., 1998; Shahidi, 1996; Lanfer-Maequez *et al*., 2005) จากผลการศึกษาการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศกับผักกาดหวานนั้นไม่มีผลต่อกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของผักกาดหวานทั้งสองกรรมวิธี อาจเนื่องมาจากเมื่อลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วผักกาดหวานถูกนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียสอาจส่งผลให้ระดับการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลต่างๆ ในขั้นตอนเริ่มต้นหรือในระหว่างการเพิ่มจำนวนปฏิกิริยาลูกโซ่ นั้นอาจมีระดับปฏิกิริยาที่ใกล้เคียงกันจึงอาจส่งผลให้กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของผักกาดหวานทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณากิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ละลายน้ำได้ และยังสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ กล่าวคือ กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระมีค่าไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ละลายน้ำได้และปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักกาดหวานที่ไม่แตกต่างกันในทุกกรรมวิธี โดยมีรายงานว่า สารประกอบฟีโอไฟทิน เอและบี ฟีโอฟอไบด์ เอและบี รวมถึงคลอโรฟิลล์ เอและบี จัดเป็นสารที่มีหน้าที่สำคัญในระบบต่อต้านการเกิดกระบวนการออกซิเดชันและยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง (Larson, 1998; Lanfer-Marquez *et al*., 2005) โดยคลอโรฟิลล์เป็นกลุ่มของสารสีที่พบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากในพืชที่มีสีเขียว มีคุณสมบัติที่สามารถให้โปรตอนแก่อนุมูลอิสระ และมีผลยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระได้ (Endo, 1985) นอกจากนี้ยังมีรายงานผลการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการว่า คลอโรฟิลล์ที่สกัดจากปวยเหล็งเป็นสารที่มีคุณสมบัติส่งเสริมกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย (Hunter and Fletcher, 2002)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ละลายน้ำได้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ละลายน้ำได้ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศและที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 270.29±21.17 และ 445.62±36.72 ไมโครกรัมเทียบกับกรดกัลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ โดยที่ปริมาณของสารประกอบฟีนอลที่ละลายน้ำได้มีค่าค่อนข้างผันแปร (ตาราง4.8, ตารางภาคผนวก 25 และภาพ 4.16)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว โดยที่อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการทำงานของเอนไซม์ กระตุ้นอัตราการเสื่อมสภาพของเซลล์ และยังทำให้อายุการวางจำหน่ายของผลิตผลสั้นลงอีกด้วย ดังนั้นการลดอุณหภูมิของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวทันทีจะช่วยลดอัตราการสูญเสียที่จะเกิดขึ้นตามมาภายหลัง (Brosnan and Sun, 2001) การลดอุณหภูมิหลังการเก็บเกี่ยวทันทีก่อนการนำมาเก็บรักษาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการเมแทบอลิซึมที่ช้าลง เช่น การลดกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ (Farnham *et al*., 1978) Benitez *et al*., (2002) ได้รายงานว่าสารประกอบฟีนอลมีความสัมพันธ์กับการปรากฏของฟลาโวนอยด์ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารกำจัดอนุมูลอิสระและโลหะ (metal chelators) สารประกอบฟีนอลสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งทำให้หน้าที่การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูญเสียไป (Mayer and Harel, 1979) การเก็บรักษาผักกาดหวานที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบฟีนอลและการทำงานของเอนไซม์ PPO (Xu, 2005) นอกจากนี้ผักกาดหวานทั้งสองกรรมวิธีที่ถูกเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ยังคงเกิดการสะสมอนุพันธ์ของสารประกอบ hydroxycinnamic acid และฟลาโวนอยด์ชนิดต่างๆ (Raffo *et al*., 2008) จากผลการทดลองที่แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ไม่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจาก เมื่อผ่านการลดอุณหภูมิผักกาดหวาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียสทั้งผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิและที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ จึงอาจส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และการสะสมอนุพันธ์ของสารประกอบ hydroxycinnamic acid ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันและยังอาจส่งผลถึงกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารประกอบฟีนอลใกล้เคียงกันจึงส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลของทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน

อายุการเก็บรักษา

ผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผักกาดหวานที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ โดยที่ผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิมีอายุการเก็บรักษา 6.0±0.00 วันและผักกาดหวานที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิมีอายุการเก็บรักษา 4.8±0.20 วัน (ตาราง 4.9 และตารางภาคผนวก 26)

การประเมินคุณภาพการเก็บรักษาของผักกาดหวานนั้นใช้เกณฑ์การประเมินลักษณะปรากฏในด้านคุณภาพการยอมรับโดยรวม โดยกำหนดให้ผักกาดหวานหมดอายุการเก็บรักษา เมื่อมีระดับคะแนนต่ำกว่า 3 คะแนน ซึ่งบ่งบอกว่าผู้ประเมินเริ่มไม่ยอมรับในผลิตผลนั้นๆ โดยที่ผักกาดหวานที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิมีคะแนนคุณภาพการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับเร็วกว่าผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิ การลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศมีประโยชน์ในด้านคุณภาพทางกายภาพของผักกาดหวานส่งผลให้ผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิมีคะแนนการยอมรับคุณภาพโดยรวมสูงกว่าผักกาดหวานที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ ทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ พวงเพชร (2551) ที่ศึกษาผลของการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของปวยเหล็ง พบว่า ปวยเหล็งที่ผ่านการลดอุณหภูมิทั้ง 2 ระบบ คือ ปวยเหล็งที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศและระบบสุญญากาศร่วมกับน้ำมีอายุการเก็บรักษานานกว่าปวยเหล็งที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ ซึ่งอุณหภูมิของผลิตผลและสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาถือเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตผลทางพืชสวนหลังการเก็บเกี่ยว (Turk and Celik, 1993) จึงส่งผลถึงการรักษาคุณภาพผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวและลดการสูญเสียคุณภาพที่เป็นผลมาจากกระบวนการทางสรีรวิทยาและทางชีววิทยาซึ่งมีสาเหตุมาจากการหายใจและเมแทบอลิซึมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของผลิตผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภายหลังการเก็บเกี่ยว (Anonymous, 1990) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องกำจัดความร้อนออกจากผลิตผลโดยขั้นตอนดังกล่าวต้องทำอย่างรวดเร็วที่สุดภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลจากแปลงปลูก (Savas *et al*., 1992)

อัตราการหายใจ

อัตราการหายใจของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอัตราการหายใจ เท่ากับ 31.47±3.76 และ 46.87±6.37 มิลลิกรัม CO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ (ตาราง 4.10, ตารางภาคผนวก 27 และภาพ 4.17) โดยที่อัตราการหายใจของผักกาดหวานทั้งสองกรรมวิธีมีค่าค่อนข้างผันแปร

การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่เปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีที่สะสมอยู่ในอาหารให้อยู่ในรูปของพลังงานที่สามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต (จริงแท้, 2544) ซึ่งอัตราการหายใจเป็นสิ่งที่แสดงถึงอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้โดยผักและผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำจะมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผักและผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูง เนื่องจากการหายใจนำไปสู่การเสื่อมสลาย ถ้าผลิตผลมีการหายใจช้าลง จะทำให้อัตราการเสื่อมสลายช้าลงด้วย (สายชล, 2528 ; ดนัย, 2540 ; ดนัยและนิธิยา, 2548) จากการศึกษาในครั้งนี้ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผักกาดหวานผ่านไปนั้นอัตราการหายใจในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลง อาจเนื่องมาจากสารตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการหายใจ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน ถูกย่อยเป็นโมเลกุลเล็กๆ คือน้ำตาล กรดไขมัน และกรดอะมิโน แล้วจึงนำโมเลกุลเล็กๆ เหล่านั้นไปใช้ในกระบวนการหายใจ เพื่อให้ได้พลังงานและนำพลังงานที่ได้ไปใช้ในการดำรงชีวิต เนื่องจากอัตราการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ และการหายใจจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นทุกๆ 10 องศาเซลเซียส ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยควบคุมอัตราการหายใจให้เกิดช้าลง มีผลทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในเซลล์ของผลิตผลเกิดขึ้นช้าลงด้วย (ดนัย, 2540 ; ดนัยและนิธิยา, 2548) จากการศึกษาอัตราการหายใจของผักกาดหวานทั้งสองกรรมวิธี พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจากระหว่างการเก็บรักษาผักกาดหวานอาจมีบาดแผลเกิดขึ้นและเกิดสภาวะเครียด โดยที่เนื้อเยื่อเหล่านี้สามารถ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปลดปล่อยสารที่เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์พืช และอาจทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้น (elictor) ต่อเซลล์ใกล้เคียง ซึ่งเนื้อเยื่อที่อยู่ใต้รอยบาดแผลจะยังคงสภาพเดิม แต่อยู่ภายใต้สภาวะเครียด เช่น เกิดการสูญเสียน้ำ และอาจก่อให้เกิดการสร้างสัญญาณบาดแผล (wound signal) ขึ้นได้ ซึ่งเนื้อเยื่อที่อยู่ไกลออกไปและไม่ได้รับผลโดยตรงจากบาดแผล แต่สามารถรับและสนองต่อสัญญาณที่สร้างขึ้นได้ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการแสดงออกของยีน เป็นสาเหตุทำให้มีการสังเคราะห์โปรตีนและผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นเพื่อไปกระตุ้นกระบวนการสมานแผลภายในพืช ได้แก่ การสะสมลิกนิน โดยการสังเคราะห์ลิกนินต้องอาศัยผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากกระบวนการหายใจเพื่อนำไปใช้เป็นสารตั้งต้น (จริงแท้, 2549 ; Albeles *et al*., 1992) และอาจมีการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งต้องใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเช่นเดียวกัน (Bonte-Friedhem, 1987) จากสาเหตุข้างต้นอาจเป็นผลให้อัตราการายใจของผักกาดหวานทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 3 ปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนของผักกาดหวานหั่นชิ้นที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียสโดยศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ เท่ากับ 7.34+0.03 และ 7.05+0.07 $\log_{10}$ CFU/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ โดยที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา (ตาราง 4.11, ตารางภาคผนวก 28 และภาพ 4.18)

ผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาหั่นชิ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งผ่านกระบวนการหั่นชิ้นอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาโดยมีบาดแผลเกิดขึ้นและเนื้อเยื่อของผักกาดหวานถูกทำลายในบางส่วนส่งผลต่อการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Escalona *et al.,* (2006) ที่พบว่า กะหล่ำปมหั่นชิ้นมีจุลินทรีย์เพิ่มจาก 3.3-3.4 $\log_{10}$ CFU/100 กรัมน้ำหนักสด เพิ่มเป็น 4.3-5.6 $\log_{10}$ CFU/100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อเก็บที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน อีกทั้งยังพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมดของกะหล่ำปมหั่นชิ้น

จากการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาผักกาดหวานทั้งสองกรรมวิธีได้ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส อาจส่งผลต่อการเข้าทำลายของจุลินทรีย์มีปริมาณใกล้เคียงกันทั้งในส่วนการเก็บรักษาและในกระบวนการหั่นชิ้น จึงอาจทำให้ไม่มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหวาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 สีน้ำตาลที่รอยตัด การเกิดกลิ่นผิดปกติ ความกรอบ และคุณภาพยอมรับโดยรวมของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

วิธีการลดอุณหภูมิ	สีน้ำตาลรอยตัด (คะแนน)	กลิ่นผิดปกติ (คะแนน)	ความกรอบ (คะแนน)	คุณภาพยอมรับโดยรวม (คะแนน)
แบบสุญญากาศ	3.0±0.00	1.25±0.25	1.75±0.25	4.5±0.29
ไม่ลดอุณหภูมิ	4.0±0.41	1.50±0.29	2.0±0.00	3.75±0.75
P-value	0.134	0.356	0.024	0.147

ตาราง 4.5 การสูญเสียน้ำหนักและปริมาณวิตามินซี ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

วิธีการลดอุณหภูมิ	การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด)
แบบสุญญากาศ	3.83±0.36	3.27±0.68
ไม่ลดอุณหภูมิ	9.96±0.84	3.64±0.57
P-value	0.039	0.463

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 ค่า L*, Chroma และ hue angle ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

วิธีการลดอุณหภูมิ	สี		
	ค่า L*	ค่า chroma	ค่า hue angle (องศา)
สุญญากาศ	46.63±1.29	31.77±0.61	123.38±0.61
ไม่ลดอุณหภูมิ	42.68±1.86	29.58±0.79	123.1±0.62
P-value	0.332	0.625	0.636

ตาราง 4.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

วิธีการลดอุณหภูมิ	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด)		
	คลอโรฟิลล์ เอ	คลอโรฟิลล์ บี	คลอโรฟิลล์ทั้งหมด
แบบสุญญากาศ	0.11±0.01	0.06±0.01	0.16±0.02
ไม่ลดอุณหภูมิ	0.09±0.01	0.05±0.01	0.14±0.01
P-value	0.213	0.330	0.249

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.8 กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ และ ปริมาณสารประกอบฟีนอลของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

วิธีการลดอุณหภูมิ	กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ (ไมโครกรัมเทียบกับกรดกัลลิก/กรัมน้ำหนักสด)	ปริมาณสารประกอบฟีนอล (ไมโครกรัมเทียบกับกรดกัลลิก/กรัมน้ำหนักสด)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์)
แบบสุญญากาศ	73.52±1.72	270.29±21.17	2.92±0.01
ไม่ลดอุณหภูมิ	73.91±3.58	445.62±36.72	2.44±0.14
P-value	0.094	0.160	0.44

ตาราง 4.9 อายุการเก็บรักษาของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

วิธีการลดอุณหภูมิ	อายุการเก็บรักษา (วัน)
แบบสุญญากาศ	6.0±0.00
ไม่ลดอุณหภูมิ	4.8±0.20
P-value	0.029

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

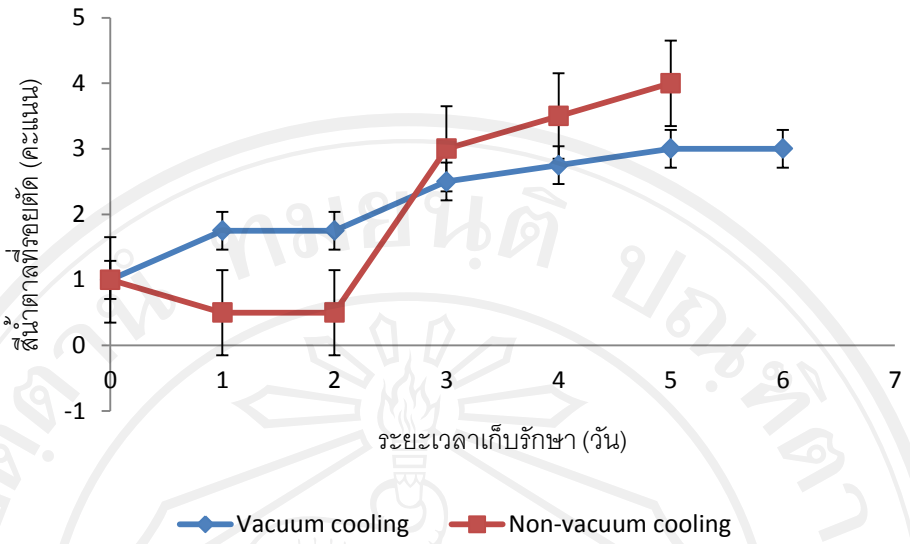
ตาราง 4.10 อัตราการหายใจของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

วิธีการลดอุณหภูมิ	อัตราการหายใจ มิลลิกรัม CO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง
แบบสุญญากาศ	31.47±3.76
ไม่ลดอุณหภูมิ	46.87±6.37
P-value	0.564

ตาราง 4.11 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

วิธีการลดอุณหภูมิ	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $\log_{10}$ CFU/100 กรัมน้ำหนักสด
แบบสุญญากาศ	7.34±0.03
ไม่ลดอุณหภูมิ	7.05±0.07
P-value	0.121

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.2 สีน้ำตาลที่รอยตัดของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

หมายเหตุ ระดับคะแนน 1 = ไม่เกิดสีน้ำตาลถึงเกิดสีน้ำตาล 20 เปอร์เซ็นต์

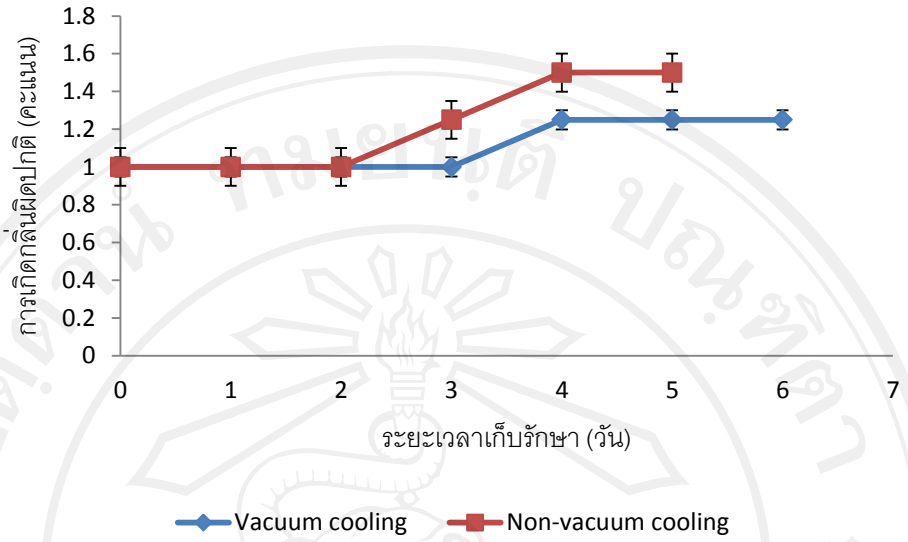
2 = เกิดสีน้ำตาลเล็กน้อย หมายถึง มีสีเหลืองอ่อน คิดเป็นระดับการเกิดสีน้ำตาลระหว่าง 20-40 เปอร์เซ็นต์

3 = เกิดสีน้ำตาลปานกลาง หมายถึง มีสีน้ำตาลปนเหลือง มีสีเหลืองอ่อน คิดเป็นระดับการเกิดสีน้ำตาลระหว่าง 40-60 เปอร์เซ็นต์

4 = เกิดสีน้ำตาลมาก หมายถึง มีสีสนิมปนน้ำตาล คิดเป็นระดับการเกิดสีน้ำตาลระหว่าง 60-80 เปอร์เซ็นต์

5 = เกิดสีน้ำตาลมากที่สุด หมายถึง มีสีสนิมเข้มปนน้ำตาล คิดเป็นระดับการเกิดสีน้ำตาลมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

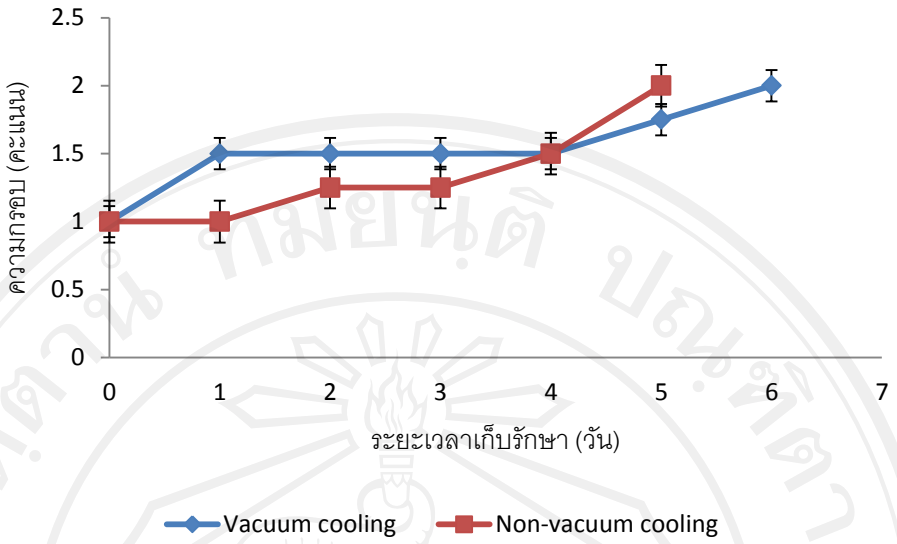


ภาพ 4.3 การเกิดกลิ่นผิดปกติของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

หมายเหตุ ระดับคะแนน 1 = ไม่เกิดกลิ่นผิดปกติ

2 = เกิดกลิ่นผิดปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

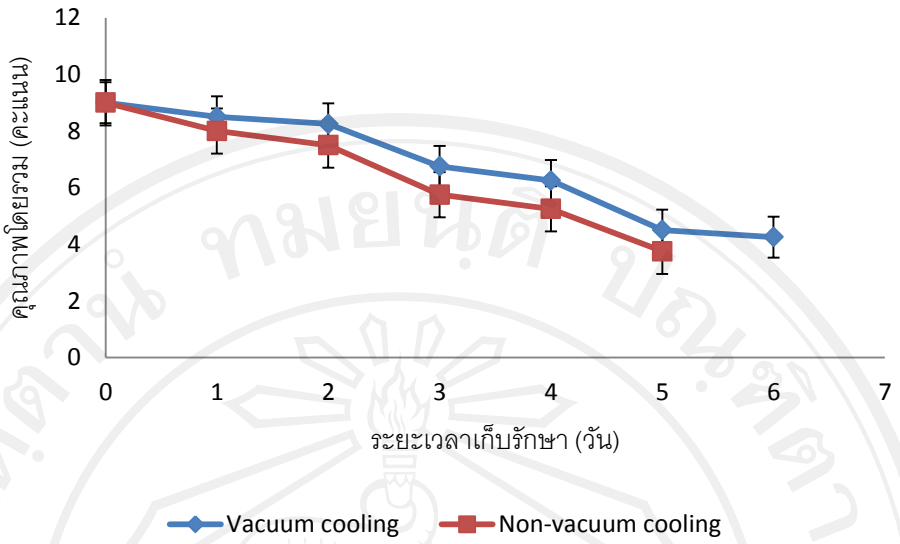


ภาพ 4.4 ความกรอบของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

หมายเหตุ ระดับคะแนน 1 = ไม่สูญเสียความกรอบ

2 = สูญเสียความกรอบ

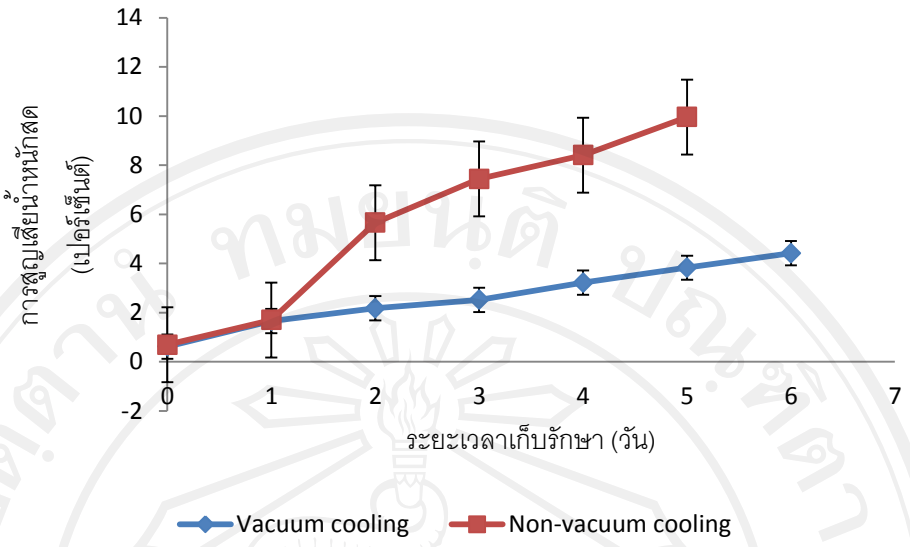
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



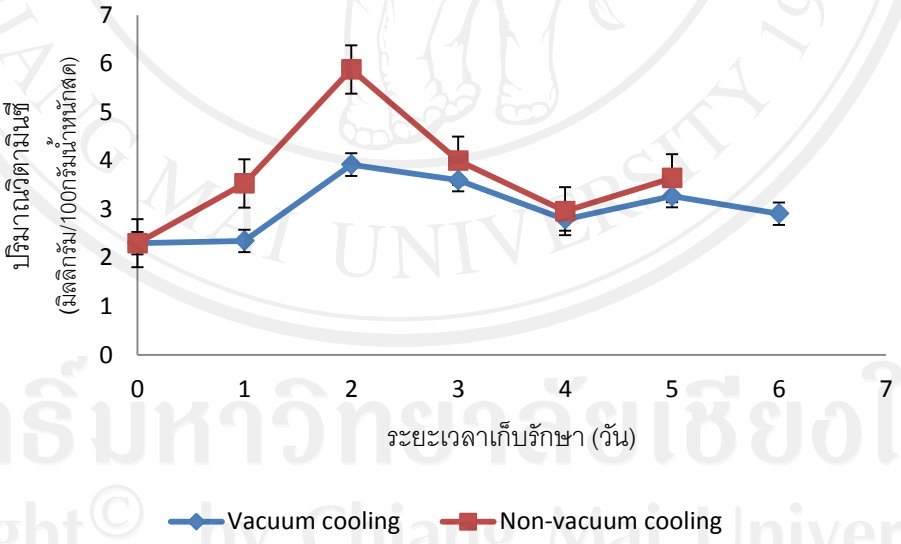
ภาพ 4.5 คุณภาพการยอมรับโดยรวมของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

หมายเหตุ ระดับคะแนน 1 = คุณภาพเลวที่สุด
2 = คุณภาพเลวมาก
3 = คุณภาพเลว
4 = คุณภาพค่อนข้างเลว
5 = คุณภาพปานกลาง
6 = คุณภาพค่อนข้างดี
7 = คุณภาพดี
8 = คุณภาพดีมาก
9 = คุณภาพดีที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

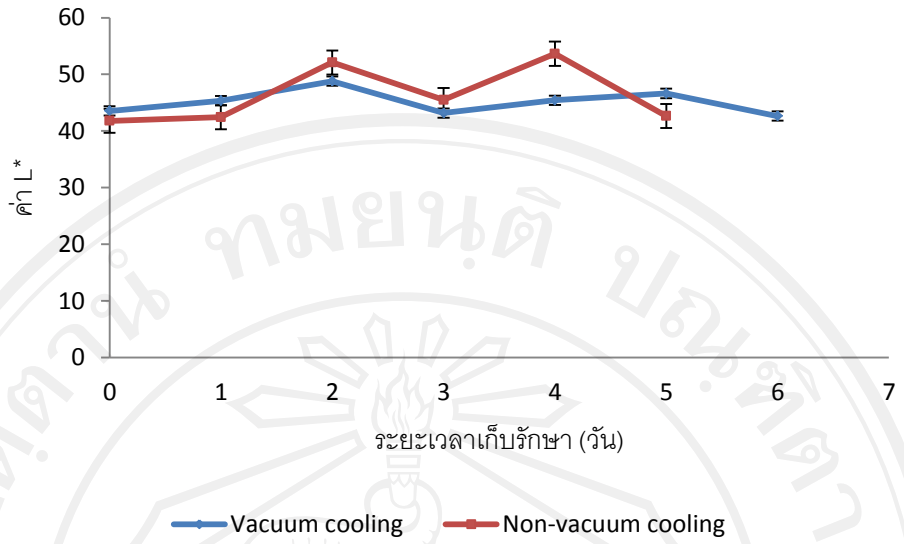


ภาพ 4.6 การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

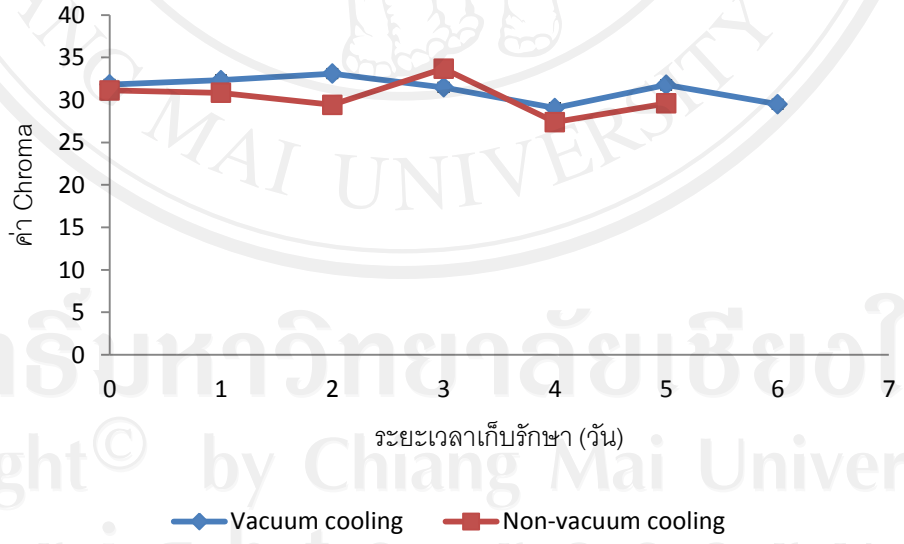


ภาพ 4.7 ปริมาณวิตามินซีของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

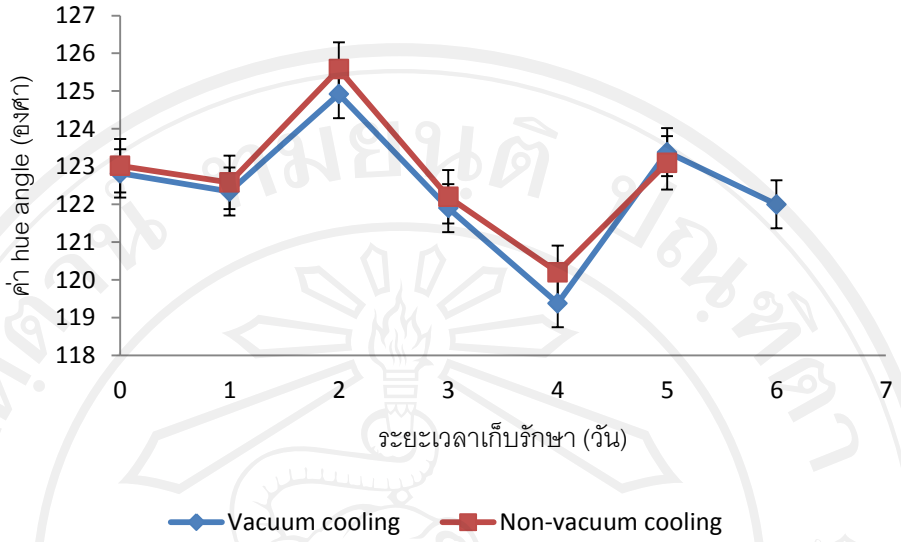


ภาพ 4.8 ค่า L* ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

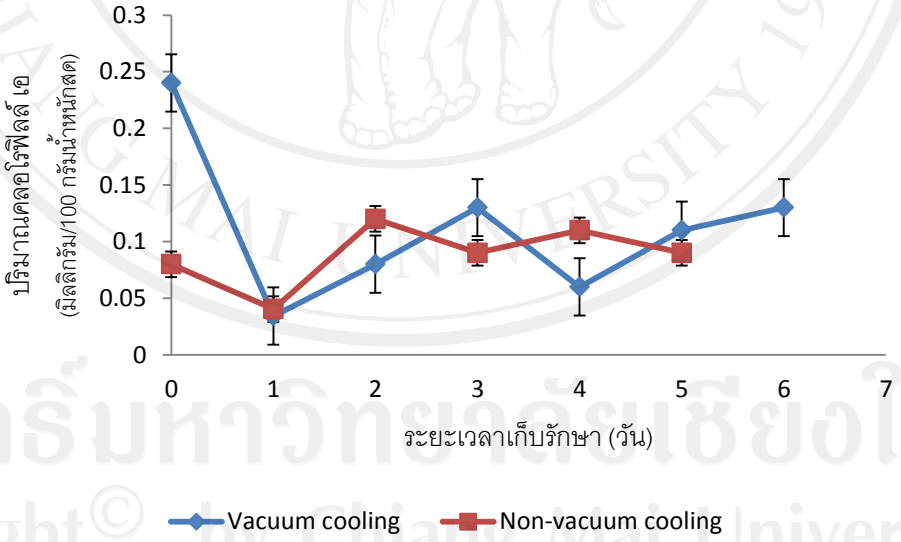


ภาพ 4.9 ค่า Chroma ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

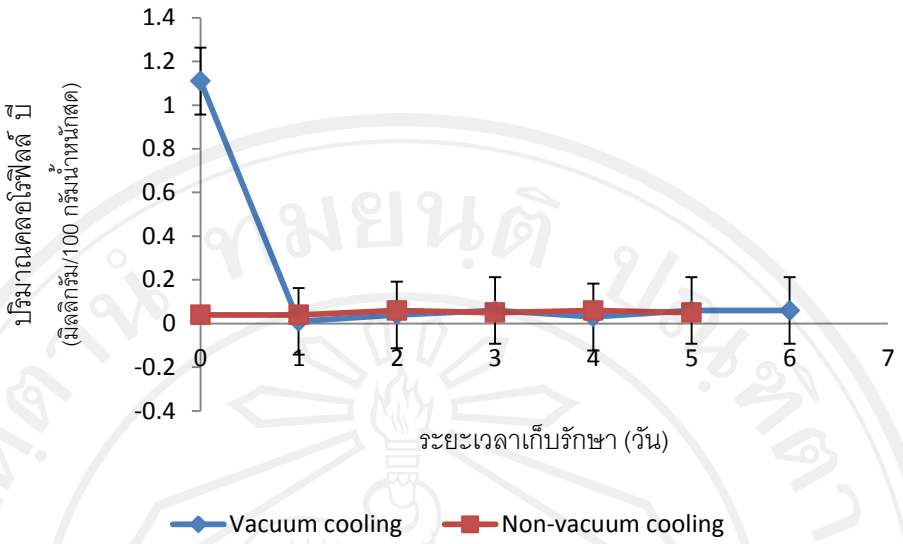


ภาพ 4.10 ค่า hue angle ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

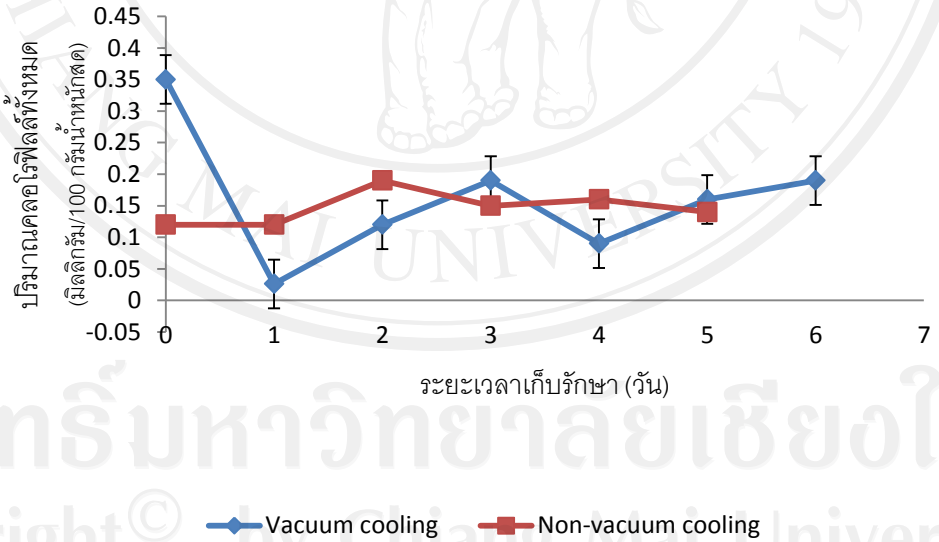


ภาพ 4.11 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

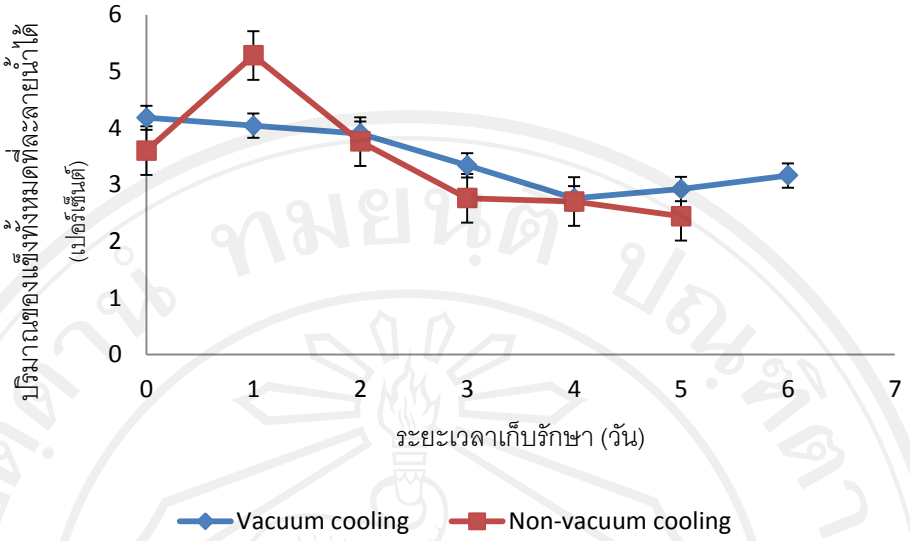


ภาพ 4.12 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

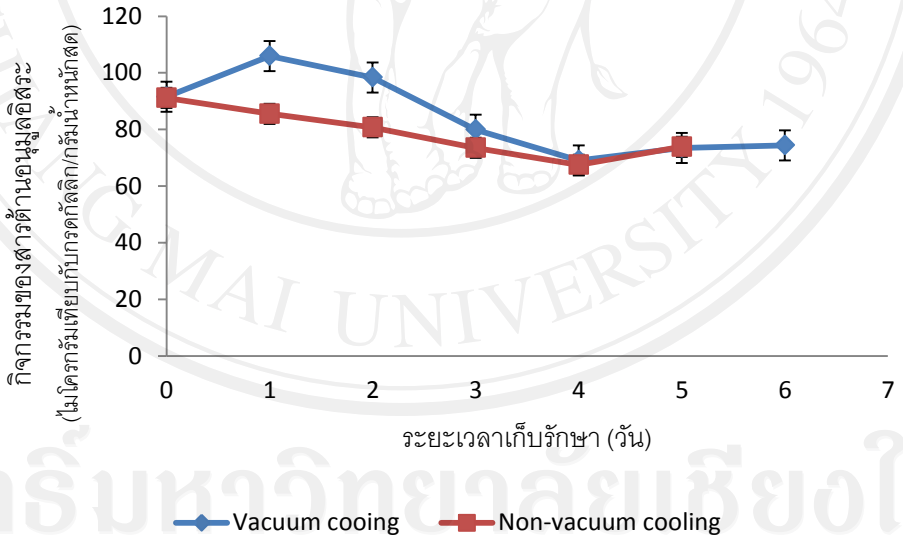


ภาพ 4.13 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

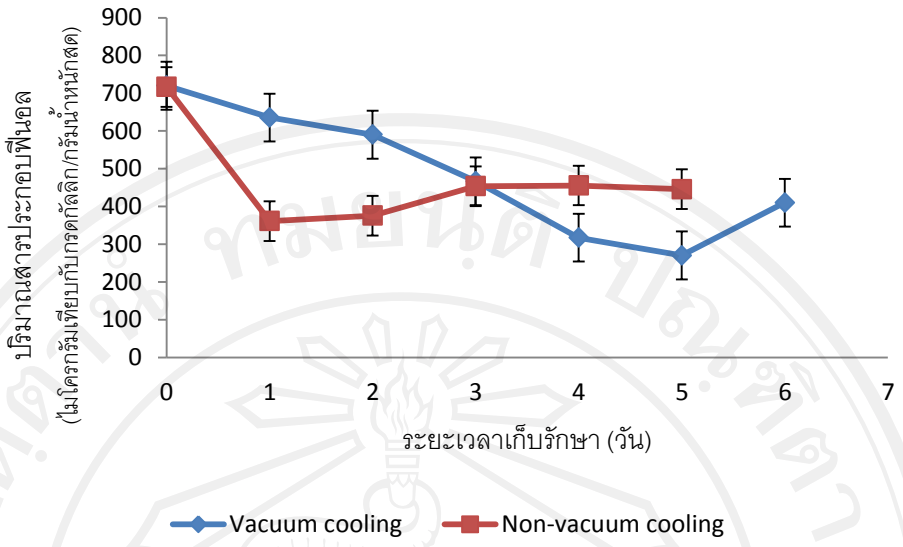


ภาพ 4.14 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

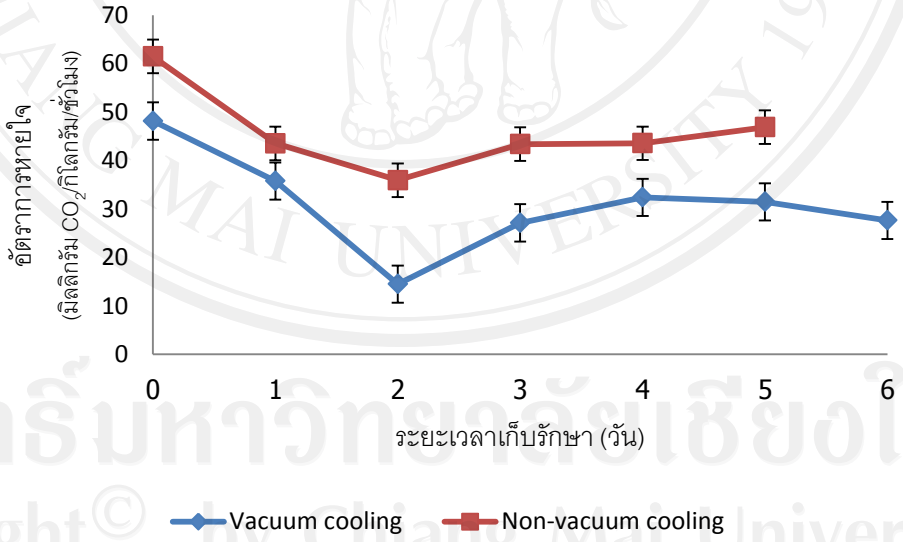


ภาพ 4.15 กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

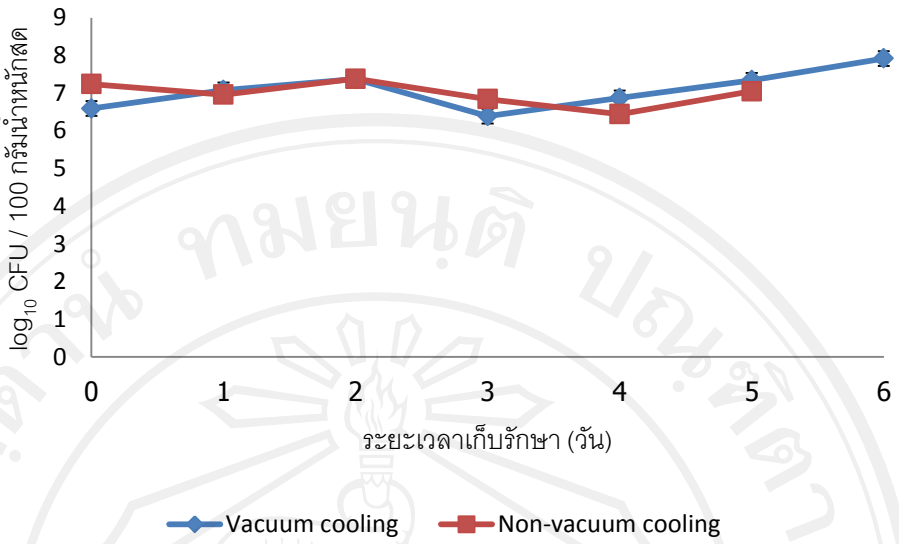


ภาพ 4.16 ปริมาณสารประกอบฟีนอลของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน



ภาพ 4.17 อัตราการหายใจของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.18 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved