บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

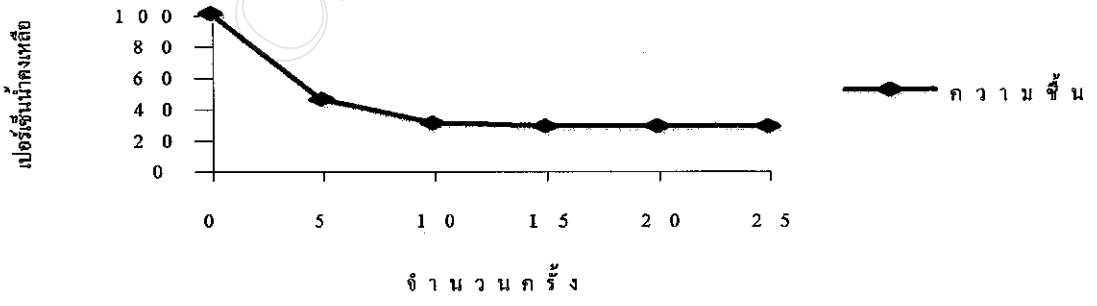
การทดลองที่ 1 การหาจำนวนครั้งของการกดเครื่องเหวี่ยงเพื่อแยกน้ำส่วนเกินออกจากผิวนอกของชิ้นผักและการเปรียบเทียบวิธีการวัดสีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

การทดลองที่ 1.1 การหาจำนวนครั้งของการกดเครื่องเหวี่ยงเพื่อแยกน้ำส่วนเกินออกจากผิวนอกของชิ้นผักเพื่อทำให้ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคสะเด็ดน้ำ

นำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค 50 กรัม แช่ในน้ำ และนำมาทำให้สะเด็ดน้ำด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกน้ำโดยการกดที่จำนวนครั้งแตกต่างกันและชั่งน้ำหนักผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังการกด ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 ซึ่งผลการทดลองพบว่าจำนวนครั้งของการกดเครื่องที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ผักสะเด็ดน้ำคือ 15 ครั้ง และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักน้ำคงเหลือ 27.67 เปอร์เซ็นต์ ของเมื่อเริ่มต้น เวลาในการเหวี่ยงนานขึ้นจะทำให้น้ำในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแห้งมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้มีอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคนานขึ้น (Bolin and Huxsoll, 1991) แต่ถ้าหมุนเหวี่ยงเป็นระยะเวลานานเกินไปก็จะทำให้เซลล์ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค หรือผักกาดหอมห่อหั่นฝอยเกิดการสูญเสียมากเกินไป (Bolin *et al.*, 1997)

ตารางที่ 4.1 จำนวนครั้งของการกดเครื่องเหวี่ยงผักแยกน้ำที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

จำนวนครั้ง (กด)	0	5	10	15	20	25
% น้ำคงเหลือ	100.00	44.90	29.74	27.67	27.71	27.65



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการกดเครื่องเหวี่ยงผักแยกน้ำที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำคงเหลือของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

การทดลองที่ 1.2 วิธีการวัดสีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

สีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งชี้คุณภาพที่สำคัญ ซึ่งมีผลต่อลักษณะปรากฏภายนอก ในการวิจัยครั้งนี้นอกจากสังเกตสีของผักกาดหอมห่อด้วยตาเปล่าแล้วยังใช้เครื่องวัดสี ค่าที่วัดได้จะอยู่ในรูปของค่า L*, a* และ b* ซึ่งเป็นที่นิยมในการวิเคราะห์วัดสีของผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ โดยค่า L* เป็นค่าของความสว่างเริ่มจากสีขาว (L* = 100) ไปจนถึงสีดำ (L* = 0) ค่า a* เป็นค่าของสีแดงเมื่อ a* มีค่าเป็นบวก หรือสีเขียวเมื่อ a* มีค่าเป็นลบ ค่า b* เป็นค่าของสีเหลืองเมื่อ b* มีค่าเป็นบวก หรือสีน้ำเงินเมื่อ b* มีค่าเป็นลบ (Gonnet, 1998 ; McGuire, 1992)

การวัดสีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การนำตัวอย่างมาบดให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้ววัดสี (Bolin and Huxsoll, 1991) หรือการวัดสีจากตัวอย่างโดยไม่บดให้เป็นเนื้อเดียวกันแต่นำตัวอย่างมาใส่ในจานเพาะเชื้อ (Castaner et al., 1996) เมื่อเปรียบเทียบวิธีการวัดสีตัวอย่างทั้ง 2 วิธี ผลการทดลองพบว่าการบดผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วนำไปวัดสีค่าสี L*, a* และ b* ที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าการวัดสีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแบบหั่นชิ้น ซึ่งค่า L* และ b* เริ่มต้นการทดลองของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่วัดโดยวิธีบดเป็นเนื้อเดียวกันมีค่าเท่ากับ 29.89 และ 13.86 ตามลำดับ และไม่บดเป็นเนื้อเดียวกันมีค่าเท่ากับ 58.92 และ 24.68 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา 24 ชั่วโมง ทั้ง 2 วิธี (ตารางที่ 4.2) และค่า L* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่วัดได้ด้วยวิธีบดเป็นเนื้อเดียวกันมีค่าน้อยกว่าวัดแบบไม่บด 1.9-2.0 เท่า ค่า b* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่วัดได้ด้วยวิธีบดเป็นเนื้อเดียวกันมีค่าน้อยกว่าวัดแบบไม่บด 1.5-1.8 เท่า ค่า a* เริ่มต้นการทดลองของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่วัดโดยวิธีบดเป็นเนื้อเดียวกันมีค่าเท่ากับ –6.96 และไม่บดเป็นเนื้อเดียวกันมีค่าเท่ากับ –12.95 ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา 24 ชั่วโมง ทั้ง 2 วิธี (ตารางที่ 4.2) และค่า a* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่วัดได้ด้วยวิธีบดเป็นเนื้อเดียวกันมีค่าน้อยกว่าวัดแบบไม่บด 1.7-2.5 เท่า และค่า Hue (tan^{-1} (b*/a*)) เริ่มต้นการทดลองของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่วัดโดยวิธีบดเป็นเนื้อเดียวกันมีค่าเท่ากับ 116.66 และไม่บดเป็นเนื้อเดียวกันมีค่าเท่ากับ 117.43 และมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา 24 ชั่วโมง ทั้ง 2 วิธี (ตารางที่ 4.2) ซึ่งค่า Hue ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่วัดได้ด้วยวิธีบดเป็นเนื้อเดียวกันมีค่าน้อยกว่าวิธีวัดแบบหั่นชิ้นเล็กน้อย 1.0-1.1 เท่า Castaner *et al.* (1996) รายงานว่าผักกาดหอมห่อเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานๆ สีของก้านผักกาดหอมห่อจะมีสีน้ำตาลคล้ำมากขึ้น ค่า L* ที่วัดได้มีค่าลดลงและสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้การเกิดสีน้ำตาลของก้านผักกาดหอมห่อ ค่า a* ของผักกาดหอมห่อที่มีค่าเพิ่มขึ้นสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้การเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบของผักกาดหอมห่อได้ (Voss, 1992) ค่า Hue ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าลดลงซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบ คือมีสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบ

เพิ่มมากขึ้นเมื่อค่า Hue ที่ได้มีค่าลดลง (Peiser *et al.*, 1998) และค่า Hue ที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาสอดคล้องกับระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่ลดลงเมื่อมีสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น

ผลการทดลองจึงทำให้ทราบวิธีการวัดสีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เหมาะสมในการทดลองต่อไป คือวิธีการของ Castaner *et al.* (1996) โดยวัดการเปลี่ยนแปลงสีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแบบหั่นชิ้น วัด 5 ตำแหน่งให้ทั่วจานเพาะเชื้อ ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ทำลายตัวอย่างง่ายต่อการปฏิบัติ และสามารถติดตามการเกิดสีน้ำตาลโดยการวัดจากตัวอย่างเดิมได้

การทดลองที่ 2 สารละลายที่ใช้แช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

การทดลองที่ 2.1 ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลาย 3 ชนิด ที่ใช้แช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ

คุณภาพด้านกายภาพที่ศึกษา คือ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบให้เป็นระดับคะแนน 1-9 ของการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค และการวัดสีด้วยเครื่อง Chromameter แสดงผลเป็นค่า L*, a* และ b* ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลาย 3 ชนิด 3 ความเข้มข้น แสดงดังตารางที่ 4.3-4.8 และภาพที่ 4.2-4.7

4.1.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ลักษณะปรากฏของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยใช้ผู้ทดสอบ 4 คนที่มีอายุอยู่ในช่วง 24-27 ปี (ผู้หญิง 3 คน ผู้ชาย 1 คน ทั้งหมดเป็นนักศึกษาสาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ ผ่านการฝึกฝนแยกความแตกต่างของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ การฝึกฝนได้ดำเนินการทุกวัน เป็นระยะเวลา 10 วัน ผักกาดหอมห่อสดที่ใช้เป็นชุดควบคุมเปรียบเทียบมีระดับคะแนนเท่ากับ 9 การฝึกฝนทดสอบดูผลกระทบของการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 10 วัน ในสภาพอากาศปรกติที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง (26 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคในช่วงระหว่างการฝึกฝนมีคะแนนสำหรับการเกิดสีน้ำตาลของผู้ทดสอบ ระดับคะแนน 1 - 9 ซึ่งคะแนน 1 หมายถึง เกิดสีน้ำตาลมากที่สุด คะแนน 3 หมายถึง เกิดสีน้ำตาลมาก คะแนน 5 หมายถึง เกิดสีน้ำตาลปานกลาง คะแนน 7 หมายถึง เกิดสีน้ำตาลน้อย และคะแนน 9 หมายถึง ไม่เกิดสีน้ำตาล ระหว่างการเก็บรักษาเมื่อมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นที่บริเวณรอยตัดและก้านใบของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคระดับคะแนนจะน้อยลง ตลอดช่วงการเก็บรักษาได้กำหนดรหัสหรือสัญลักษณ์ติดไว้ที่ผักกาดหอมห่อตัดแต่ง

พร้อมบริโภคเพื่อป้องกันอคติ และถ้าระดับคะแนนที่ได้มีค่าเท่ากับ 5 หรือต่ำกว่าถือว่าผู้บริโภคไม่ยอมรับ และสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลาย 3 ชนิด ความเข้มข้น 3 ระดับ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 4.3

การปรากฏสีน้ำตาล ผลการสังเกตการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคโดยผู้ทดสอบให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลในช่วงระยะแรกมีคะแนนสูงแสดงว่ามีการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคน้อย และได้คะแนนใกล้เคียงกัน คือมีระดับคะแนนเท่ากับ 9 แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปบริเวณรอยตัดและก้านใบของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลลดลง ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก 3 ความเข้มข้น คือ 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที ผลปรากฏว่าที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคหมดอายุการเก็บรักษาที่ 12 ชั่วโมง โดยมีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 5 แต่ที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบอยู่โดยมีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 7 ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 5 นาที สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงพร้อมกัน มีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 3 ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดอะซิติก 3 ความเข้มข้น คือ 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที พบว่าที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคหมดอายุการเก็บรักษาที่ 12 ชั่วโมง มีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 5 และ 3 ตามลำดับ และพบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดอะซิติก 1.0 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเกิดอาการเน่าเสียมีของเหลวไหลออกมาจากผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและมีกลิ่นฉุนของกรดอะซิติกเมื่อเก็บรักษานาน 12 ชั่วโมง อาจมีสาเหตุมาจากสารละลายกรดอะซิติกมีความเข้มข้นสูงเกินไป ทำให้เซลล์ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคบางส่วนถูกทำลายทำให้เน่าเสียอย่างรวดเร็ว แต่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอยู่โดยที่มีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 7

ค่าพีเอช

เมื่อทำการวัดค่าพีเอชของสารละลายกรดที่ใช้แช่ และค่าพีเอชของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังการแช่ในสารละลาย พบว่าสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพีเอชเท่ากับ 2.94, 2.65 และ 2.34 ตามลำดับ สารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าพีเอชเท่ากันคือ 7.0 และสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.32, 3.03 และ 2.71 ตามลำดับ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าพีเอชเริ่มต้นการทดลองเท่ากับ 6.02 และเมื่อนำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าพีเอชลดลงเหลือ 5.61, 5.01 และ 4.63 ตามลำดับ และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่ในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.82, 5.91 และ 6.04 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสี

สีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งชี้คุณภาพที่สำคัญ ซึ่งมีผลต่อลักษณะปรากฏภายนอก ในการวิจัยครั้งนี้นอกจากสังเกตสีของผักกาดหอมห่อด้วยตาเปล่าแล้วยังใช้เครื่องวัดสี ค่าที่วัดได้จะอยู่ในรูปของค่า L*, a* และ b* ซึ่งเป็นที่นิยมในการวิเคราะห์วัดสีของผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ โดยค่า L* เป็นค่าของความสว่างเริ่มจากสีขาว (L* = 100) ไปจนถึงสีดำ (L* = 0) ค่า a* เป็นค่าของสีแดงเมื่อ a* มีค่าเป็นบวก หรือสีเขียวเมื่อ a* มีค่าเป็นลบ ค่า b* เป็นค่าของสีเหลืองเมื่อ b* มีค่าเป็นบวก หรือสีน้ำเงินเมื่อ b* มีค่าเป็นลบ (Gonnet, 1998 ; McGuire, 1992)

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคดังแสดงในตารางที่ 4.5-4.8 และภาพที่ 4.2-4.7

ค่าสี L* ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่า L* เริ่มต้นเท่ากับ 58.92 เมื่อผ่านการแช่ในสารละลาย 3 ชนิด 3 ความเข้มข้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) พบว่าค่า L* มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากกราฟค่อนข้างเป็นเส้นตรงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.2-4.4) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า L* เท่ากับ 65.03, 58.70 และ 63.40 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งมีค่า L* เท่ากับ 60.28 เมื่อเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.5) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า L* เท่ากับ 66.26, 60.00 และ 67.13 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.5) และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า L* เท่ากับ 65.97, 60.85 และ 65.03 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมภายหลังเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.5) ค่า L* ที่เพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยแสดงว่าความสว่างของสีผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคตลอดอายุการเก็บรักษา 24 ชั่วโมง ทุกกรรมวิธีมีความสว่างมากขึ้นเล็กน้อย แสดงว่ารอยตัดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลดน้อยลง ซึ่งได้ผลการทดลองเช่นเดียวกับ Castaner *et al.* (1996) ได้ทดลองใช้สารละลายกรดชนิดต่างๆ แช่ก้านผักกาดหอมห่อเพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าค่าสี L* เริ่มต้นอยู่ในช่วง 78.88±1.43 และมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 70.84±1.59 แสดงว่ารอยตัดที่ก้านผักกาดหอมห่อเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น

ค่าสี a* ที่เป็นลบแสดงถึงสีเขียว ซึ่งผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นผักใบที่มีสีเขียว จึงให้ค่า a* เป็นลบ ถ้าค่า a* มีค่าลบมากแสดงว่ามีสีเขียวเข้ม และถ้าค่า a* มีค่าลบน้อยแสดงว่ามีสีเขียวอ่อน ค่า a* เริ่มต้นของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าเท่ากับ -12.97 ค่า a* ที่วัดได้มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า a* เท่ากับ -10.77, -7.07 และ -14.50 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ -11.85 เมื่อเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.6) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า a* ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6) และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า a* เท่ากับ -12.14, -12.72 และ -12.16 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

ค่าสี b* ที่เป็นบวกแสดงถึงสีเหลือง และค่า b* ที่เป็นลบแสดงถึงสีน้ำเงิน ผลการทดลองเมื่อเริ่มต้นผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค มีค่า b* เท่ากับ 24.68 หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) ค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า b* เท่ากับ 25.25, 24.52 และ 31.31 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 28.45 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.7) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร เก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง มีค่า b* เท่ากับ 30.89, 31.96 และ 27.71 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 4.7) และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า b* เท่ากับ

27.59, 29.48 และ 28.28 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.7)

ค่า Hue angle คือค่า ($\tan^{-1}$(b*/a*)) ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค เมื่อเริ่มต้นการทดลองผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่า Hue เท่ากับ 117.43 หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) ค่า Hue มีมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.5 - 4.7) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง มีค่า Hue เท่ากับ 112.45, 104.50 และ 114.79 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่เก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.8) ผักกาดหอห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า Hue เท่ากับ 114.06, 116.53 และ 114.50 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 4.8) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง มีค่า Hue เท่ากับ 113.73, 113.20 และ 113.11 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 4.8) จากแผนภูมิค่าของสี ค่า Hue ที่ลดลงของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแสดงให้เห็นว่าผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีสีเขียวลดลง และมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น และค่า Hue ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่มีค่าลดลงมีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบ คือมีสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบเพิ่มมากขึ้นเมื่อค่า Hue ที่ได้มีค่าลดลง (Peiser *et al.*, 1998)

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์แตกต่างกัน 2 วิธี เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส)

เวลา (ชม.)	คะแนนการเกิดสีน้ำตาล	บดเป็นเนื้อเดียวกัน				ไม่บด			
		L*	a*	b*	Hue	L*	a*	b*	Hue
0	9.00	29.89	-6.96	13.86	116.66	58.92	-12.95	24.68	117.43
6	9.00	31.92	-6.06	17.69	108.90	62.89	-13.16	27.28	115.81
12	5.50	29.90	-6.22	16.67	110.44	57.89	-10.78	26.98	111.66
18	4.00	30.29	-4.67	15.47	106.79	59.84	-11.30	26.89	112.71
24	1.00	29.56	-4.68	16.74	105.62	60.28	-11.85	28.45	111.67

ตารางที่ 4.3 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดอะซิติก กรดซิตริก และสารละลายคลอรีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส)

เวลา (ชม.)	กรดซิตริก 0.1 %	กรดซิตริก 0.5 %	กรดซิตริก 1.0 %	คลอรีน 50 มก./ล.	คลอรีน 100 มก./ล.	คลอรีน 150 มก./ล.	อะซิติก 0.1%	อะซิติก 0.5 %	อะซิติก 1.0 %	ไม่แช่ในสารละลาย
0	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
6	8.00	7.00	7.00	9.00	9.00	9.00	9.00	7.00	6.00	9.00
12	5.00	5.00	7.00	7.50	7.00	7.00	7.00	5.00	3.00	5.00
18	5.00	5.00	5.66	6.33	6.33	7.00	6.33	4.33	2.33	3.00
24	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00	1.00

หมายเหตุ : การประเมินการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคพิจารณาตามระบบการให้คะแนนแบบ 1 - 9 Hedonic scales ดังนี้

ระดับคะแนน 9 หมายถึง ไม่เกิดสีน้ำตาล (0 – 10 %)

ระดับคะแนน 7 หมายถึง เกิดสีน้ำตาลน้อย (>10 – 25 %)

ระดับคะแนน 5 หมายถึง เกิดสีน้ำตาลปานกลาง (>25 – 50 %)

ระดับคะแนน 3 หมายถึง เกิดสีน้ำตาลมาก (>50 – 75 %)

ระดับคะแนน 1 หมายถึง เกิดสีน้ำตาลมากที่สุด (>75 – 100 %)

ตารางที่ 4.4 ค่าพีเอชของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนแช่ หลังแช่ และสารละลายต่างๆ ที่ใช้แช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

สารละลาย	ค่าพีเอช	
	สารละลาย	ผักกาดหอมห่อหลังแช่
น้ำคั้นผักกาดหอมห่อก่อนแช่	6.02	-
กรดซิตริก 0.1 เปอร์เซ็นต์	2.94	5.61
กรดซิตริก 0.5 เปอร์เซ็นต์	2.65	5.01
กรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์	2.34	4.63
คลอรีน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร	7.00	5.82
คลอรีน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร	7.00	5.91
คลอรีน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร	7.00	6.04
กรดอะซิติก 0.1 เปอร์เซ็นต์	3.32	5.54
กรดอะซิติก 0.5 เปอร์เซ็นต์	3.03	5.22
กรดอะซิติก 1.0 เปอร์เซ็นต์	2.71	5.03
น้ำประปา	7.09	-

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ 4.5 ค่าสี L* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก สารละลายคลอรีน และสารละลายกรดอะซิติก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

กรรมวิธี	เวลาที่เก็บรักษา (ชั่วโมง)				
	0	6	12	18	24
กรดซิตริก 0.1 %	58.92	57.51^{ab}	60.67	67.00^{a}	65.03
กรดซิตริก 0.5 %	58.92	54.55^{b}	60.54	59.20^{b}	58.70
กรดซิตริก 1.0 %	58.92	56.78^{ab}	63.16	58.05^{b}	63.40
ชุดควบคุม	58.92	62.89^{a}	57.89	59.84^{ab}	60.28
% CV		8.18	8.24	9.58	9.00
คลอรีน 50 มก./ล.	58.92	49.25^{a}	64.17^{ab}	54.49^{b}	66.26^{a}
คลอรีน 100 มก./ล.	58.92	60.56^{b}	63.25^{a}	57.70^{b}	60.00^{b}
คลอรีน 150 มก./ล.	58.92	61.95^{b}	64.76^{ab}	64.29^{a}	67.13^{a}
ชุดควบคุม	58.92	62.89^{b}	57.89^{b}	59.84^{ab}	60.28^{b}
% CV		11.39	5.92	8.29	6.67
กรดอะซิตริก 0.1 %	58.92	53.81	66.16^{a}	61.64	65.97^{a}
กรดอะซิตริก 0.5 %	58.92	53.99	60.72^{ab}	58.75	60.85^{b}
กรดอะซิตริก 1.0 %	58.92	61.54	63.26^{ab}	62.39	65.03^{ab}
ชุดควบคุม	58.92	62.89	57.89^{b}	59.84	60.28^{b}
% CV		11.39	5.92	8.29	6.67

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งของสารละลายชนิดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ 4.6 ค่าสี a* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก สารละลายคลอรีน และสารละลายกรดอะซิติก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

กรรมวิธี	เวลาที่เก็บรักษา (ชั่วโมง)				
	0	6	12	18	24
กรดซิตริก 0.1 %	-12.97	-10.35^{ab}	-9.21	-11.75^{ab}	-10.77^{ab}
กรดซิตริก 0.5 %	-12.97	-7.95^{b}	-7.42	-9.71^{b}	-7.07^{ab}
กรดซิตริก 1.0 %	-12.97	-12.85^{a}	-10.71	-15.39^{a}	-14.50^{a}
ชุดควบคุม	-12.97	-13.16^{a}	-10.78	-11.30^{ab}	-11.85^{ab}
% CV		-24.37	-39.74	-29.37	-42.84
คลอรีน 50 มก./ล.	-12.97	-10.09	-14.19	-12.98	-14.03
คลอรีน 100 มก./ล.	-12.97	-12.64	-12.69	-13.90	-16.12
คลอรีน 150 มก./ล.	-12.97	-11.50	-11.55	-12.80	-12.71
ชุดควบคุม	-12.97	-13.16	-10.78	-11.30	-11.85
% CV		-21.45	-32.90	-18.07	-33.41
กรดอะซิตริก 0.1 %	-12.97	-8.49^{b}	-9.93	-12.04	-12.14
กรดอะซิตริก 0.5 %	-12.97	-12.19^{ab}	-12.15	-11.89	-12.72
กรดอะซิตริก 1.0 %	-12.97	-12.76^{a}	-9.49	-10.07	-12.16
ชุดควบคุม	-12.97	-13.16^{a}	-10.78	-11.30	-11.85
% CV		-20.05	-31.18	-32.41	-34.99

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งของสารละลายชนิดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ตารางที่ 4.7 ค่าสี b* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก สารละลายคลอรีน และสารละลายกรดอะซิติก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

กรรมวิธี	เวลาที่เก็บรักษา (ชั่วโมง)				
	0	6	12	18	24
กรดซิตริก 0.1 %	24.68	23.74	22.96	27.15	25.25[b]
กรดซิตริก 0.5 %	24.68	18.41	24.43	24.75	24.52[b]
กรดซิตริก 1.0 %	24.68	25.33	25.69	31.01	31.31[a]
ชุดควบคุม	24.68	27.28	26.98	26.89	28.45[ab]
% CV		22.40	17.75	20.31	15.64
คลอรีน 50 มก./ล.	24.68	20.80	32.91[a]	27.58	30.86
คลอรีน 100 มก./ล.	24.68	20.44	28.52[ab]	29.50	31.96
คลอรีน 150 มก./ล.	24.68	23.18	24.50[b]	26.93	27.71
ชุดควบคุม	24.68	27.28	26.98[ab]	26.89	28.45
% CV		22.78	21.10	14.29	16.81
กรดอะซิตริก 0.1 %	24.68	16.25[a]	25.52	26.92	27.59
กรดอะซิตริก 0.5 %	24.68	25.96[b]	30.04	28.54	29.48
กรดอะซิตริก 1.0 %	24.68	26.90[b]	23.13	24.48	28.28
ชุดควบคุม	24.68	27.28[b]	26.98	26.89	28.45
% CV		18.30	18.34	23.38	17.14

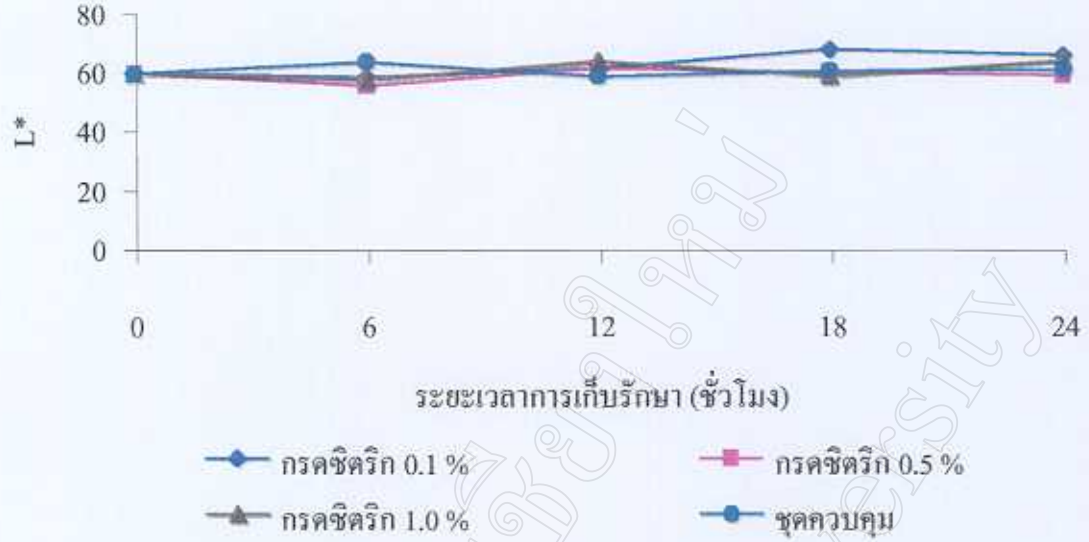
หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งของสารละลายชนิดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ตารางที่ 4.8 ค่าสี Hue ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก สารละลายคลอรีน และสารละลายกรดอะซิติก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

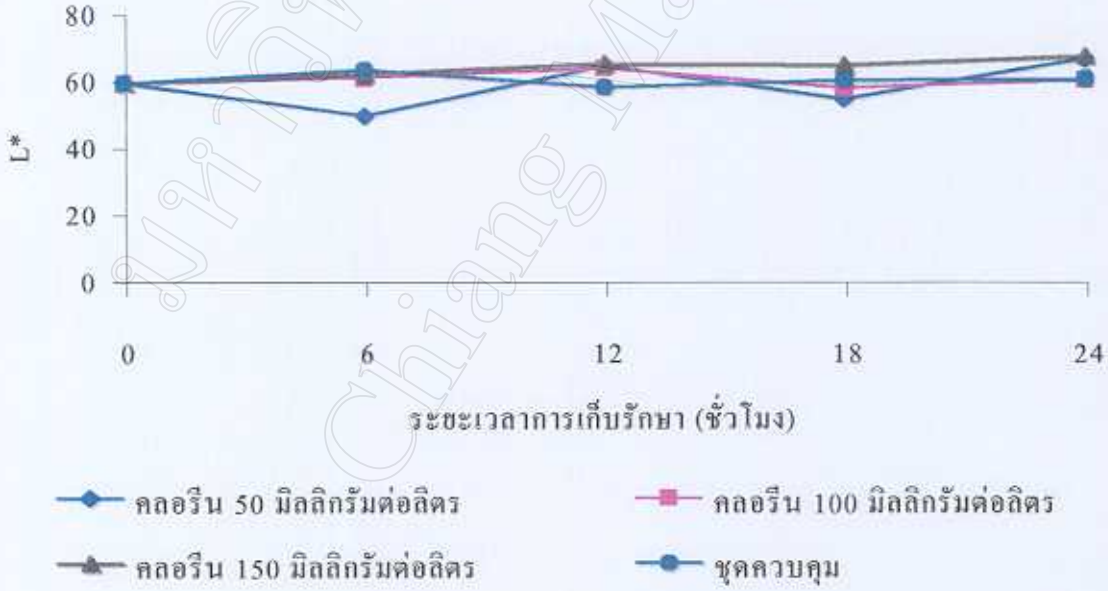
กรรมวิธี	เวลาที่เก็บรักษา (ชั่วโมง)				
	0	6	12	18	24
กรดซิตริก 0.1 %	117.43	113.31	111.41	113.13	112.45^{ab}
กรดซิตริก 0.5 %	117.43	113.35	111.81	116.66	104.50^{b}
กรดซิตริก 1.0 %	117.43	117.01	112.69	116.22	114.79^{a}
ชุดควบคุม	117.43	115.81	111.66	112.71	111.67^{ab}
% CV		2.29	3.25	12.28	6.33
คลอรีน 50 มก./ล.	117.43	116.20	113.32	115.12	114.06
คลอรีน 100 มก./ล.	117.43	119.52	114.10	115.28	116.53
คลอรีน 150 มก./ล.	117.43	116.42	114.87	115.23	114.50
ชุดควบคุม	117.43	115.81	111.66	112.71	111.67
% CV		2.12	2.70	1.75	5.07
กรดอะซิตริก 0.1 %	117.43	117.16	111.19	114.05	113.73
กรดอะซิตริก 0.5 %	117.43	115.40	111.85	112.62	113.20
กรดอะซิตริก 1.0 %	117.43	115.31	111.45	111.60	113.11
ชุดควบคุม	117.43	115.81	111.66	112.71	111.67
% CV		2.61	3.26	3.29	4.81

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งของสารละลายชนิดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

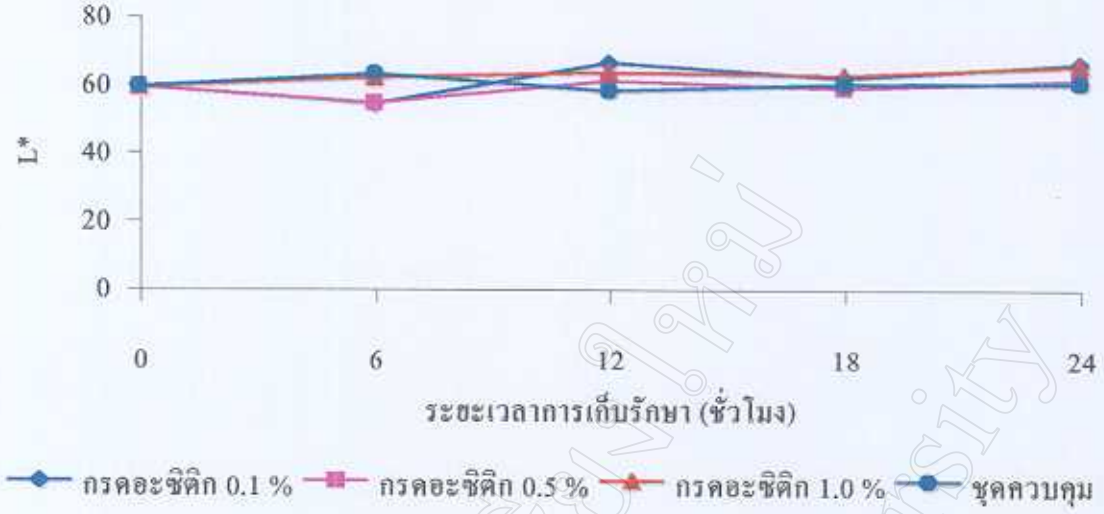


ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

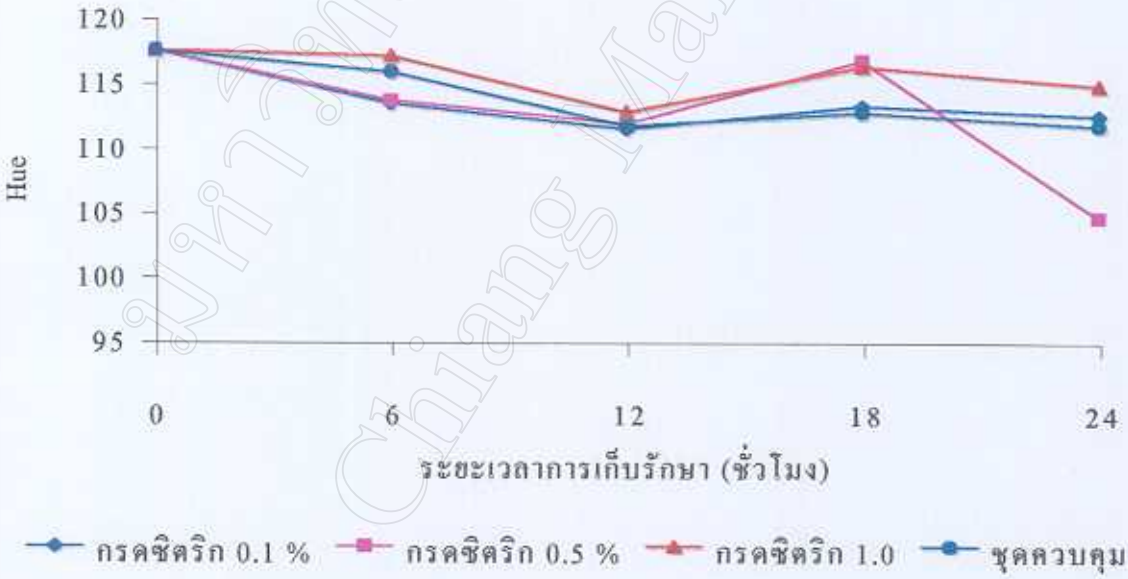


ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายคลอรีนแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

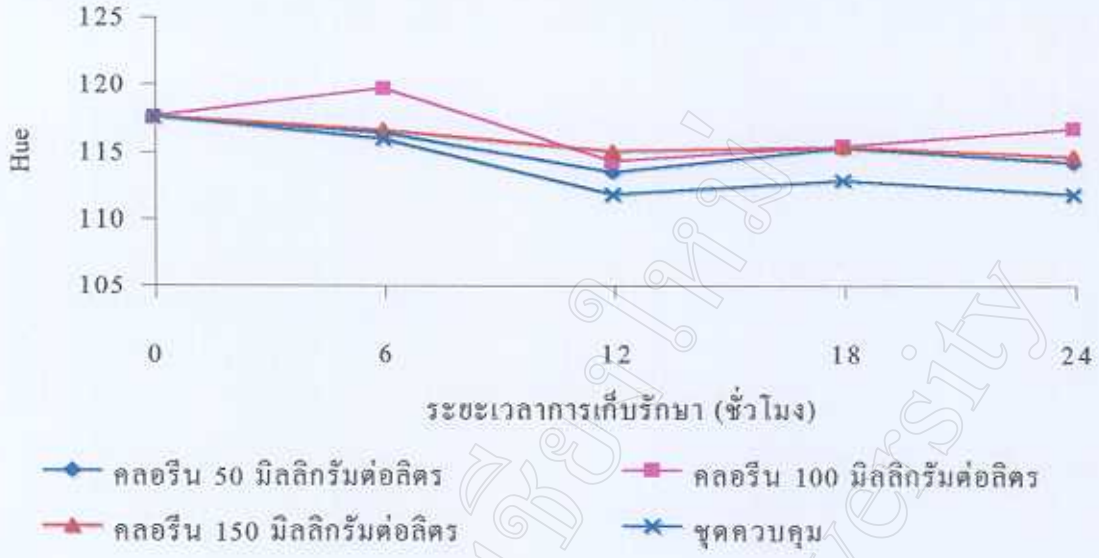


ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดอะซิติก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

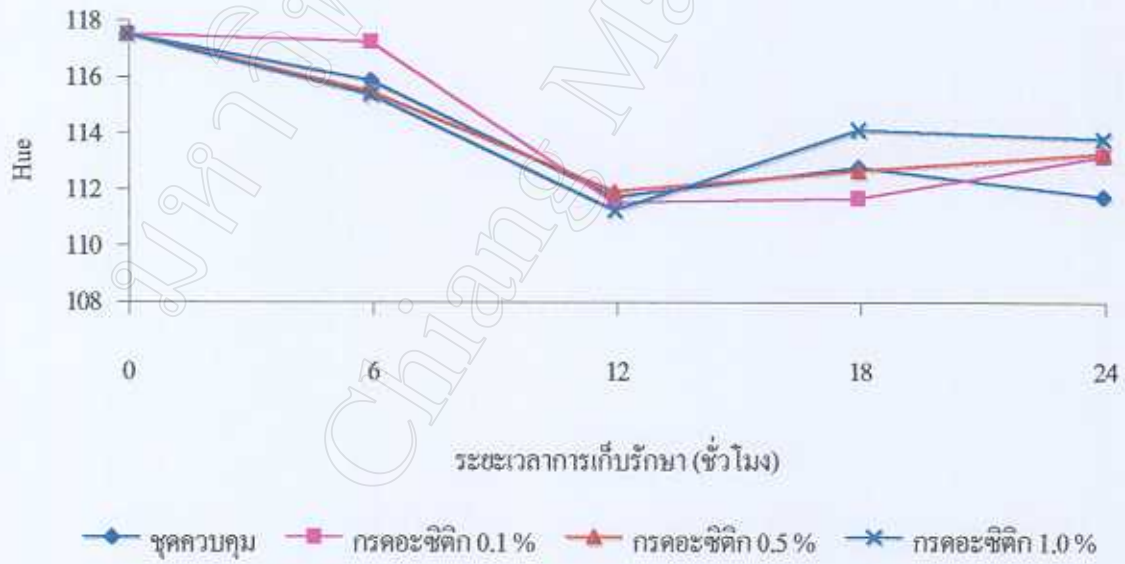


ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายคลอรีน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดอะซิติก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

4.2 ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนของจุลินทรีย์

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total microbial count) เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่างผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลาย 3 ชนิด 3 ระดับความเข้มข้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 4.9

ผลการทดลองพบว่า ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนแช่ในสารละลายกรดซิตริกมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดเท่ากับ 5.36 $\log_{10}$ CFU/g และเมื่อนำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.28, 5.38 และ 5.25 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ ซึ่งสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ 1.4, 0.0 และ 2.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้แช่ในสารละลาย (ชุดควบคุม) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.71 $\log_{10}$ CFU/g และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.36, 5.39 และ 5.20 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ (ตาราง 4.9) ซึ่งสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังการเก็บรักษาได้ 6.1, 5.6 และ 8.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารละลายกรดซิตริกสามารถลดปริมาณเชื้อเริ่มต้นทั้งหมดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้เพียงเล็กน้อย และสามารถชะลออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ได้ทุกระดับความเข้มข้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งสารละลายกรดซิตริกสามารถช่วยควบคุมอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (Deshpande *et al.*, 1994 ; Splittstoesser, 1996 ; Wiley, 1994) และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Pao and Petracek (1996) ที่ได้ทดลองเก็บรักษาผลไม้ตระกูลส้มโดยการพ่นด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.1-1.0 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถลดค่าพีเอชที่ผิวของส้ม ลดการเจริญของจุลินทรีย์และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนแช่ในสารละลายคลอรีนมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดเท่ากับ 4.72 $\log_{10}$ CFU/g และเมื่อนำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่ในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 4.49, 4.57 และ 4.23 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ ซึ่งสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ 4.9, 2.8 และ 10.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้แช่ในสารละลาย (ชุดควบคุม) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.56 $\log_{10}$ CFU/g และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายคลอรีน 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.36, 5.30 และ 5.32 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) ซึ่งสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังการเก็บรักษาได้ 3.4, 4.9 และ 4.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการ

ทดลองแสดงให้เห็นว่าสารละลายคลอรีนทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการแช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ และทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณลดลงเล็กน้อยด้วย เนื่องจากสารละลายคลอรีนเหมาะสมกับการใช้ล้างผักมากที่สุด สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์และระเหยออกจากผลิตผลได้เมื่อสิ้นสุดการล้าง และความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ล้างผักสดตัดแต่งพร้อมบริโภคคือ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (Anon, 1988 ; Wiley, 1994)

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนแช่ในสารละลายกรดอะซิติกมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดเท่ากับ 5.65 $\log_{10}$ CFU/g และเมื่อนำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่ในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ1.0 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.68, 5.66 และ 5.11 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้แช่ในสารละลายมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.67 $\log_{10}$ CFU/g และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณจุลินทรีย์เท่ากับ 5.44 และ 5.78 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดได้ 9.6 เปอร์เซ็นต์ สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาได้ 4.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสารละลายกรดอะซิติกสามารถช่วยควบคุมอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ (Deshpande *et al.*, 1994 ; Splittstoesser, 1996 ; Wiley, 1994)

การเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิสูงเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเกิดการเสื่อมเสียจากการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ได้ง่าย และมีอัตราการเจริญของเชื้ออย่างรวดเร็ว King *et al.* (1991) รายงานว่ายีสต์ที่พบในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้แก่ Pseudomonas, Erwinia และ Serratia และแบคทีเรียแกรมลบพวก Cryptococcus, Pichia, Torulaspora และ Trichosporon นอกจากนี้เชื้อแบคทีเรียอาจปนเปื้อนจากของเสียที่มาจากระบบทางเดินอาหารของสัตว์ เช่น Salmonella, Shigella, Campylobacter และ *E. coli* เป็นต้น ในประเทศอังกฤษมีรายงานว่า ตรวจพบ *Shigella sonnei* ในข้าวโพดอ่อน พบ *E. coli* 0157 ใน radish sprout และนอกจากนี้ยังตรวจพบ *L. monocytogenes* ปนเปื้อนอยู่ในผักต่างๆ Blenden and Szatalowicz (1967) ยังรายงานว่าระหว่างปี 1933 ถึง 1966 ตรวจพบ *L. monocytogenes* ในผักสลัด เช่น ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค เข้าใจว่าปนเปื้อนมากับปุ๋ยหมัก แบคทีเรียชนิดนี้ทำให้เกิดโรคกับมนุษย์หลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือดอักเสบ โรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ เป็นต้น ในช่วงฤดูร้อนปี 1979 พบผู้ป่วย 23 คน มีสาเหตุมาจาก *L. monocytogenes* เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลในเมืองบอสตัน

ประเทศสหรัฐอเมริกาแพทย์ลงความเห็นว่าปนเปื้อนมาจากมะเขือเทศและผักกาดหอมห่อ (Ho *et al.*, 1986)

ผลการทดลองทำให้ทราบว่าความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมกับการแช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคทั้ง 3 ชนิด เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลและทำให้คุณภาพการผลิตผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคดีที่สุดในแต่ละสารละลายคือ สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด และสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นการทดลองและสิ้นสุดการทดลองได้ดี สารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและสามารถชะลออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ดี และที่ไม่เลือกสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากมีกลิ่นของคลอรีนติดอยู่ที่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค และสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด และสามารถชะลออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ดี

การทดลองที่ 2.2 เปรียบเทียบผลของสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้แช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของสารละลาย 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 2.1 ในการแช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค แสดงดังตารางที่ 4.10 - 4.13

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี

4.3.1 ค่าพีเอช

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนแช่ในสารละลายมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.93 และเมื่อนำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.68, 5.87 และ 5.62 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าค่าพีเอชของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีแนวโน้มคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งเมื่อเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคนาน 24 ชั่วโมง ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.90, 6.01 และ 5.33 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.10) Bolin and Huxsoll (1991) เก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัด

แต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.03 และมีแนวโน้มคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน มีค่าพีเอชเท่ากับ 6.03

4.3.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนแช่ในสารละลายมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 2.10 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 2.23, 2.14 และ 2.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคนาน 24 ชั่วโมง ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 1.93, 2.00 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.11) และจากผลการทดลองเมื่อเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคระยะเวลานานขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีปริมาณลดลงมีสาเหตุมาจากผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคยังมีการหายใจ หรือกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์เพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์ โดยส่วนใหญ่สารตั้งต้นที่ใช้คือน้ำตาลซูโครส และกรดอะมิโน ทำให้ปริมาณน้ำตาลและกรดที่สะสมอยู่ลดลง (จริงแท้, 2538 ; Wills *et al.*, 1998) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงสอดคล้องกับผลการทดลองของ Bolin and Huxsoll (1991) ที่ได้เก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เริ่มต้นเท่ากับ 2.8 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บรักษานาน 14 วันปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงเหลือ 2.4 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.9 ปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในตัวอย่างผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลาย 3 ชนิด แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

กรรมวิธี	Total Microbial Count ($\log_{10}$ CFU/g)	
	เริ่มต้นการทดลอง (หลังแช่)	สิ้นสุดการทดลอง (24 ชม.)
กรดซิตริก 0.1 %	5.28	5.36
กรดซิตริก 0.5 %	5.38	5.39
กรดซิตริก 1.0 %	5.25	5.20
ชุดควบคุม	5.36	5.71
คลอรีน 50 มก./ล.	4.49	5.36
คลอรีน 100 มก./ล.	4.57	5.30
คลอรีน 150 มก./ล.	4.23	5.32
ชุดควบคุม	4.72	5.56
กรดอะซิตริก 0.1 %	5.68	5.44
กรดอะซิตริก 0.5 %	5.66	5.78
กรดอะซิตริก 1.0 %	5.11	-
ชุดควบคุม	5.65	5.67

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

4.3.3 ปริมาณกรดที่ไตเตรท

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนแช่ในสารละลายมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในรูปกรดซิตริกมีค่าเท่ากับ 0.08 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 0.13, 0.09 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น และพบว่าปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีแนวโน้มคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.12) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Bolin and Huxsoll (1991) ที่ได้เก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เริ่มต้นเท่ากับ 0.50 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 0.49 เปอร์เซ็นต์

4.3.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

สีน้ำตาลที่ปรากฏ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคโดยได้ประเมินให้ผู้ทดสอบให้คะแนนพบว่าในระยะแรกสีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคยังไม่เปลี่ยนมากนัก และได้คะแนนใกล้เคียงกัน คือมีระดับคะแนนเท่ากับ 9 แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปพบว่ามีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเพิ่มมากขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนพบว่ามีสีน้ำตาลเกิดขึ้น คือผู้ทดสอบให้คะแนนต่ำลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายทั้ง 3 ชนิดสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ระยะเวลานาน 24 ชั่วโมงพร้อมกัน คือมีระดับคะแนนเท่ากับ 3 เหมือนกัน (ตารางที่ 4.13)

ผลการทดลองที่ 2.2 สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้แช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค สามารถชะลอปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลและสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาได้นาน 24 ชั่วโมง เท่ากัน ดังนั้นในการทดลองที่ 3 จึงเลือกสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ เพียงสารละลายชนิดเดียวเพื่อใช้ศึกษาผลของอุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่ใช้ต่ออายุการเก็บรักษาของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

ตารางที่ 4.10 ค่าพีเอชของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลาย 3 ชนิด แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

กรรมวิธี	ค่าพีเอช				
	เวลา (ชั่วโมง)				
	0	6	12	18	24
ก่อนแช่	5.93				
กรดซิตริก 1.0 %	5.68	5.63^{b}	5.38^{b}	5.52^{b}	5.90
คลอรีน 100 มก./ล.	5.87	5.50^{b}	5.48^{ab}	5.65^{a}	6.01
กรดอะซิติก 0.1 %	5.62	5.91^{a}	5.59^{a}	5.69^{a}	5.33
LSD	0.40	0.17	0.14	0.10	0.41
% CV	4.21	3.44	1.97	1.62	3.79

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ตารางที่ 4.11 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลาย 3 ชนิด แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

กรรมวิธี	TSS (เปอร์เซ็นต์)				
	เวลา (ชั่วโมง)				
	0	6	12	18	24
ก่อนแช่	2.10				
กรดซิตริก 1 %	2.23	2.16	2.00	2.00	1.93
คลอรีน 100 มก./ล.	2.14	2.20	2.00	2.07	2.00
กรดอะซิติก 0.1 %	2.07	2.10	2.03	2.00	2.00
LSD	0.26	0.31	0.07	0.15	0.13
% CV	6.74	6.60	1.64	3.43	3.37

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ตารางที่ 4.12 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในรูปกรดซิตริกของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลาย 3 ชนิด แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

กรรมวิธี	ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในรูปกรดซิตริก (เปอร์เซ็นต์)				
	เวลา (ชั่วโมง)				
	0	6	12	18	24
ก่อนแช่	0.08[b]				
กรดซิตริก 1 %	0.13[a]	0.12[a]	0.13[a]	0.11[a]	0.12[a]
คลอรีน 100 มก./ล.	0.09[b]	0.09[b]	0.08[b]	0.09[b]	0.08[b]
กรดอะซิติก 0.1 %	0.10[b]	0.10[ab]	0.10[b]	0.10[b]	0.09[b]
LSD	0.029	0.026	0.029	0.012	0.028
% CV	25.63	16.71	23.66	11.65	21.07

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ตารางที่ 4.13 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลาย 3 ชนิด แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

กรรมวิธี	คะแนนการเกิดสีน้ำตาล				
	เวลา (ชั่วโมง)				
	0	6	12	18	24
ก่อนแช่	9.00				
กรดซิตริก 1.0 %	9.00	8.50	7.00	6.00	3.00
คลอรีน 100 มก./ล.	9.00	8.50	7.00	5.66	3.00
กรดอะซิติก 0.1 %	9.00	8.50	7.00	5.66	3.00

การทดลองที่ 3 ผลของอุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่ใช้ต่ออายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

การศึกษาผลของอุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่ใช้ต่ออายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคในการทดลองที่ 3 ซึ่งผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที ทำให้สะเด็ดน้ำด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกน้ำโดยกดด้วยมือ 15 ครั้ง บรรจุใส่ในถุงโพลีโพรไพลีนแบบมีแถบกาวฝาปิดที่ความหนา 40 และ 50 ไมครอน น้ำหนัก 50 กรัมต่อถุง ปิดผนึกแถบกาว แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ผลการทดลองมีดังนี้

4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ

4.4.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

สีน้ำตาลที่ปรากฏ การเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ประเมินโดยผู้ทดสอบพบว่าในระยะแรกสีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค ได้รับคะแนนใกล้เคียงกัน คือ มีระดับคะแนนเท่ากับ 9 แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปมีการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดและก้านใบของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมากขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนสีน้ำตาลที่เกิดขึ้น ลดต่ำลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีผลต่อสีน้ำตาลที่ปรากฏตลอดอายุการเก็บรักษา 14 วัน ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 8.54, 7.62 และ 6.85 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.14) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 2 องศาเซลเซียส ชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Bolin *et al.* (1977) ที่ได้เก็บรักษาผักกาดหอมห่อหั่นฝอยที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเริ่มต้นเท่ากับ 9 และระดับคะแนนลดลงน้อยกว่าผักกาดหอมห่อหั่นฝอยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น และความหนาของถุงโพลีโพรไพลีนที่ใช้บรรจุผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีผลต่อสีน้ำตาลที่ปรากฏตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน

4.4.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 4.15 และภาพที่ 4.8) พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน และที่อุณหภูมิต่ำจะลดอัตราการคายน้ำของผลิตผลได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูง หลังจากเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคนาน 6 วัน ที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.09, 0.18 และ 0.19 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.15) และเมื่อเก็บรักษา

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคนานขึ้นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักจะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ความหนาของถุงโพลีโพรไพลีนที่ใช้ในการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีผลกระทบต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคตลอดอายุการเก็บรักษา 14 วัน และปัจจัยทั้ง 2 ที่ใช้ในการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน

การเก็บรักษาผักสดตัดแต่งพร้อมบริโภคในภาชนะปิดที่อุณหภูมิต่ำนอกจากจะลดการสูญเสียน้ำของผลิตผล และช่วยรักษาความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุให้สูงขึ้น (Baldwin *et al.*, 1995) ยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำในภาชนะบรรจุผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วย (Wiley, 1994)

4.4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสี

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่า L* เริ่มต้น 63.35 เมื่อแช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที บรรจุถุงโพลีโพรไพลีนที่มีความหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าค่า L* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเส้นกราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน (ภาพที่ 4.10) แสดงว่าสีผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L* และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.16) ถุงโพลีโพรไพลีน ทั้ง 2 ระดับความหนาที่ใช้บรรจุผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L* เช่นเดียวกัน และปัจจัยทั้ง 2 ที่ใช้เก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 4.16)

ค่า a* มีค่าเป็นลบแสดงถึงสีเขียว ซึ่งผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นผักที่มีสีใบเป็นสีเขียวจึงให้ค่า a* เป็นลบ ถ้าค่า a* มีค่าลบมากแสดงว่ามีสีเขียวเข้ม และถ้าค่า a* มีค่าลบน้อยแสดงว่ามีสีเขียวอ่อน ค่า a* เริ่มต้นของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าเท่ากับ -14.85 ตลอดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคค่า a* มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมีค่าอยู่ในช่วง –10.25 ถึง –14.85 และความหนาของถุงโพลีโพรไพลีนที่ใช้บรรจุผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคตลอดอายุการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a* (ตารางที่ 4.17)

ค่า b* ที่เป็นบวกแสดงถึงสีเหลือง และค่า b* ที่เป็นลบแสดงถึงสีน้ำเงิน ผลการทดลองเมื่อเริ่มต้นผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค มีค่า b* เท่ากับ 21.46 หลังการเก็บรักษาค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็น 26.73 – 28.01 ภายหลังการเก็บรักษานาน 14 วัน อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b* และความหนาของถุงโพลีโพรไพลีนที่ใช้บรรจุผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคตลอดอายุการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b* และปัจจัยทั้ง 2 ที่ใช้ในการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 4.18)

ค่า Hue angle คือค่า $\tan^{-1}((a^*/b^*))$ ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค เริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากับ 118.30 หลังจากเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค ค่า Hue มีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.19 และภาพที่ 4.11) หลังจากเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคนาน 2 วัน ที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่า Hue เท่ากับ 117.78, 116.71 และ 114.85 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.19) จากแผนภูมิค่าของสี ค่า Hue ที่ลดลงของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแสดงให้เห็นว่าผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีสีเขียวลดลงมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเสื่อมเสียของคลอโรฟิลล์ในระหว่างการเก็บรักษา (Bolin and Huxsoll, 1991) และค่า Hue ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่มีค่าลดลงมีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบ คือมีสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบเพิ่มมากขึ้นเมื่อค่า Hue ที่ได้มีค่าลดลง (Peiser *et al.*, 1998)

4.5 คุณภาพทางเคมีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

4.5.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภควัดโดยใช้ Hand Refractometer ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เริ่มต้นการทดลองเท่ากับ 1.93 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลง 19.69 - 20.72 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการเก็บรักษานาน 14 วัน (ตารางที่ 4.20 และภาพที่ 4.12) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงมีค่าเท่ากับ 1.56, 1.55 และ 1.51 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากเก็บรักษานาน 6 วัน และความหนาของถุงโพลีโพรไพลีนที่ใช้บรรจุผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก็ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน เช่นเดียวกัน และปัจจัยทั้ง 2 ที่ใช้เก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 4.20) และจากผลการทดลองเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นเวลานานขึ้น มีปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ลดลง ซึ่งเนื่องจากเซลล์ของผักกาดหอมห่อหลังการเก็บเกี่ยวยังมีการหายใจ หรือกระบวนการเมแทบอลิซึมเกิดขึ้นภายในเซลล์เพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์ โดยส่วนใหญ่สารตั้งต้นที่ใช้คือน้ำตาล และกรดอินทรีย์ต่างๆ ทำให้ปริมาณน้ำตาลและกรดที่สะสมอยู่ลดลง (จริงแท้, 2538 ; Wills *et al.*, 1998) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงเมื่อเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคนานขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ลดลงสอดคล้องกับผลการทดลองของ Bolin and Huxsoll (1991) ที่เก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส

มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เริ่มต้นเท่ากับ 2.8 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงเหลือ 2.4 เปอร์เซ็นต์

4.5.2 ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองเท่ากับ 7.13 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ระหว่างการเก็บรักษาปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างรวดเร็ว (ตารางที่ 4.21 ภาพที่ 4.13) อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี เช่นเมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน ที่อุณหภูมิ 2 และ 5 องศาเซลเซียส ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 2.57 และ 2.13 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ความหนาของถุงโพลี-โพรไพลีนที่ใช้บรรจุผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน และปัจจัยทั้ง 2 ที่ใช้เก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 4.21)

ผลการทดลองพบว่า การเก็บรักษาผักกาดหอมห่อที่อุณหภูมิสูงมีการสูญเสียวิตามินซีมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เพราะว่าวิตามินซีเป็นกรดอินทรีย์ที่สูญเสียได้ง่ายที่สุดโดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง เพราะว่าอุณหภูมิสูงจะเร่งกระบวนการออกซิไดซ์วิตามินซีจากในรูป L-ascorbic acid (AA) ให้เปลี่ยนเป็น dehydroascorbic acid (DHAA) เป็นเหตุให้มีการสูญเสียวิตามินซีเร็วขึ้น (Barry-Ryan and O'Beirne, 1999) Albrecht (1993) รายงานว่าการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อทั้งหัวในภาชนะบรรจุมีการสูญเสียวิตามินซีที่อยู่ในรูป AA โดยถูกออกซิไดซ์ไปเป็น DHAA หลังจากเก็บรักษานาน 6 วัน และการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิต่ำนั้นเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการป้องกันการสูญเสียวิตามินซีสำหรับผักที่ใช้ส่วนของใบบริโภค (สายชล, 2528 ; Esteve *et al*, 1995) เช่นเดียวกับผักป่วยเหล็ง กะหล่ำปลี และบรอคโคลี ซึ่งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงสูญเสียวิตามินซีมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (สายชล, 2528)

Barry-Ryan and O'Beirne (1999) ได้ทดลองหั่นผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแบบต่างๆ พบว่า ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ใช้มือฉีกจะสูญเสียวิตามินซีได้เร็วกว่าหั่นด้วยมีด และหั่นด้วยเครื่องหั่น ตามลำดับ สำหรับส่วนประกอบของบรรยากาศที่ใช้ในการเก็บรักษา ก๊าซออกซิเจนจะช่วยเร่งการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกได้เร็วขึ้น เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจาก AA ไปเป็น 2,3-diketogulonic acid ซึ่งไม่มีคุณค่าทางโภชนาการเหมือนวิตามินซี (Burton, 1982) วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิกที่พบในผักมี 2 รูป คือ AA หรือ reduced ascorbic acid และ DHAA ซึ่งได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของ AA ซึ่ง DHAA นี้อยู่ในสภาวะที่ไม่เสถียรและสามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นกรดแอส-คอร์บิกได้ ยังมีคุณสมบัติของวิตามินซีอยู่ และ DHAA อาจถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็น 2,3-diketogulonic acid ซึ่งไม่มีคุณสมบัติของวิตามินซี (Albrecht *et al.*, 1991 ; Mapson, 1970)

4.5.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเมื่อเริ่มต้นการทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี เท่ากับ 0.050 และ 0.040 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ หลังจากเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นระยะเวลานานขึ้น ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บีลดลงเหลือ 0.019 และ 0.018 ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 14 วัน (ตารางที่ 4.22 - 4.23 และภาพที่ 4.14-4.15) อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บี หลังจากเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคนาน 6 วัน ที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอลดลงเหลือ เท่ากับ 0.038, 0.030 และ 0.029 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และคลอโรฟิลล์บีลดลงเหลือ เท่ากับ 0.029, 0.023 และ 0.021 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.22-4.23) ความหนาของถุงโพลีโพรไพลีนที่ใช้บรรจุผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีผลกระทบต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บี และปัจจัยทั้ง 2 ที่ใช้ในการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 4.22-4.23) สำหรับผักใบการเสื่อมคุณภาพที่สำคัญคือการสูญเสียสีเขียว หรือคลอโรฟิลล์ (Lipton, 1987) การลดการสูญเสียน้ำช่วยชะลอการสูญเสียปริมาณคลอโรฟิลล์ได้ (Lipton, 1987) การใช้ถุงพลาสติกปรับสภาพบรรยากาศสามารถชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ของผักกาดหอมห่อ (Lopez-Galvz *et al.*, 1996) พาร์สเลย์ หรือผักชีฝรั่ง (Lipton, 1987) และกะหล่ำดาว (Lipton and Mackey, 1987) โมเลกุลของคลอโรฟิลล์ถูกสังเคราะห์ขึ้นและสลายตัวอยู่ตลอดเวลา แต่ในระหว่างการเสื่อมสลาย จะมีการสลายตัวเกิดขึ้นมากกว่าการสังเคราะห์ทำให้คลอโรฟิลล์หมดไปในที่สุด กลไกการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ยังไม่ทราบแน่ชัด แต่อาจเกิดจากสาเหตุที่สำคัญ 3 ประการ คือ (1) สภาพที่เป็นกรด ทำให้อะตอมของแมกนีเซียมหลุดออกไปจาก porphyrin ring ของโมเลกุล ได้สารฟีโอไฟติน (pheophytin) ซึ่งยังคงมีสีเขียวอยู่ (2) การทำงานของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส (Chlorophyllase) จะแยกส่วนของ porphyrin ring และส่วนของหมู่ไฟทอล (phytol) แต่ผลที่ได้ยังมีสีเขียวอยู่ (3) สีเขียวของคลอโรฟิลล์จะหมดไปก็ต่อเมื่อพันธะคู่ในวงแหวน porphyrin ถูกทำลายลง ซึ่งอาจเกิดขึ้นโดยการออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจน (จริงแท้, 2538 ; คนัย, 2540)

4.6 ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนของจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อเริ่มต้นการทดลองของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 5.15 $\log_{10}$ CFU/g หลังจากนำมาแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง 7.77 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 4.75 $\log_{10}$ CFU/g เมื่อเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคนานขึ้นจนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของทุกกรรมวิธี พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนที่ความหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10

องศาเซลเซียส สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาวันที่ 5 พร้อมกัน และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.32 และ 5.39 $\log_{10}$ CFU/g ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนที่ความหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาวันที่ 10 พร้อมกัน และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.30 และ 5.20 $\log_{10}$ CFU/g และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนที่ความหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาวันที่ 13 พร้อมกัน และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.15 และ 5.15 $\log_{10}$ CFU/g (ตารางที่ 4.24)

ผลการทดลองพบว่าสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดปริมาณเชื้อเริ่มต้นการทดลองของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ (Deshpande *et al*., 1994 ; Splittstoesser, 1996 ; Wiley, 1994) และการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส จะช่วยลดอัตราการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส และมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่า ซึ่งอุณหภูมิที่อยู่ในช่วง –2.2 ถึง 4.4 องศาเซลเซียส สามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Wiley, 1994)

จุลินทรีย์สามารถปนเปื้อน และเจริญได้ดีในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค เนื่องจากเซลล์พืชถูกตัด หั่นชิ้น มีของเหลวไหลออกจากเซลล์ และใบผักมีพีเอชที่ผิวมากกว่า 4.6 ทำให้เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดี (Wiley, 1994)

ผลการทดลองทำให้ทราบว่าการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด 13 วัน และถุงโพลีโพรไพลีนที่ใช้บรรจุผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ความหนา 40 หรือ 50 ไมครอน ให้ผลในการเก็บรักษาคุณภาพของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการทดลองที่ 4 จึงเลือกใช้ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที บรรจุใส่ถุงโพลีโพรไพลีนที่ความหนา 50 ไมครอน เพราะถุงโพลีโพรไพลีนที่ความหนา 50 ไมครอน มีราคาถูกกว่าถุงโพลีโพรไพลีนที่ความหนา 40 ไมครอน

ตารางที่ 4.14 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

	คะแนนการเกิดสีน้ำตาล							
อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14
2 องศาเซลเซียส	9.00	8.54[a]	7.75[a]	7.00[a]	6.50[a]	6.75[a]	5.50[a]	3.00
5 องศาเซลเซียส	9.00	7.62[b]	7.75[a]	7.00[a]	5.50[b]	5.00[b]	4.00[b]	-
10 องศาเซลเซียส	9.00	6.85[c]	5.00[b]	4.25[b]	-	-	-	-
ถุง PP (ปัจจัย B)	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14
40 ไมครอน	9.00	7.64	6.83	6.17	6.00	5.75	4.75	3.00
50 ไมครอน	9.00	7.72	6.83	6.10	6.00	6.00	4.75	3.00
ปัจจัย A	-	s	s	s	-	-	-	-
ปัจจัย B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
A x B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
%CV	-	12.64	29.06	22.53	17.21	17.39	26.07	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

s มีความแตกต่างทางสถิติ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

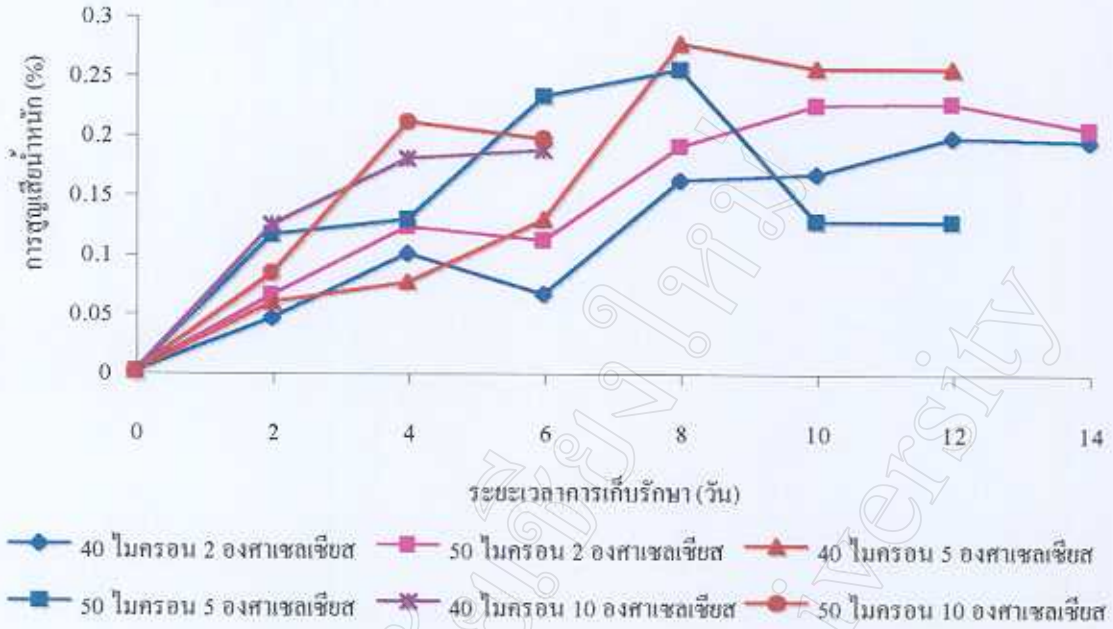
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ 4.15 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก							
อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14
2 องศาเซลเซียส	0.00	0.05	0.11	0.09[b]	0.18[b]	0.20	0.21	0.20
5 องศาเซลเซียส	0.00	0.09	0.10	0.18[a]	0.27[a]	0.19	0.19	-
10 องศาเซลเซียส	0.00	0.10	0.19	0.19[a]	-	-	-	-
ถุง PP (ปัจจัย B)	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14
40 ไมครอน	0.00	0.08	0.12	0.13[b]	0.22	0.21	0.23[a]	0.20
50 ไมครอน	0.00	0.09	0.15	0.18[a]	0.22	0.18	0.18[b]	0.20
ปัจจัย A	-	ns	ns	s	-	-	-	-
ปัจจัย B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
A x B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
%CV	-	39.05	36.65	40.40	24.59	29.68	27.26	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

s มีความแตกต่างทางสถิติ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนความหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส

(ก.) (ข.)

ภาพที่ 4.9 การเกิดหยดน้ำของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนความหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน

ตารางที่ 4.16 ค่าสี L* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	ค่า L*							
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14
2 องศาเซลเซียส	63.35	62.05	63.38	62.45	62.55	65.66	61.37	60.98
5 องศาเซลเซียส	63.35	58.84	61.42	64.01	61.98	65.33	-	-
10 องศาเซลเซียส	63.35	61.58	60.16	61.83	-	-	-	-
ถุง PP (ปัจจัย B)	**วันที่ 0**	**วันที่ 2**	**วันที่ 4**	**วันที่ 6**	**วันที่ 8**	**วันที่ 10**	**วันที่ 12**	**วันที่ 14**
40 ไมครอน	63.35	60.39	61.35	62.30	62.01	64.85	62.94	62.09
50 ไมครอน	63.35	62.09	62.29	62.65	62.52	66.20	59.79	59.86
ปัจจัย A	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
ปัจจัย B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
A x B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
% CV	-	7.62	10.42	11.43	14.59	9.68	-	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

s มีความแตกต่างทางสถิติ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.17 ค่าสี a* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	ค่า a*							
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14
2 องศาเซลเซียส	-14.85	-12.88^{a}	-10.48^{b}	-12.18	-13.42	-12.98	-10.88	-12.30
5 องศาเซลเซียส	-14.85	-10.95^{ab}	-12.78^{a}	-13.13	-12.59	-13.29	-	-
10 องศาเซลเซียส	-14.85	-10.25^{b}	-11.87^{ab}	-12.67	-	-	-	-
ถุง PP (ปัจจัย B)	**วันที่ 0**	**วันที่ 2**	**วันที่ 4**	**วันที่ 6**	**วันที่ 8**	**วันที่ 10**	**วันที่ 12**	**วันที่ 14**
40 ไมครอน	-14.85	-11.45	-11.74	-12.84	-12.95	-13.41	-12.01^{a}	-11.92
50 ไมครอน	-14.85	-11.33	-11.25	-12.24	-13.05	-12.86	-9.75^{b}	-12.68
ปัจจัย A	-	s	s	ns	-	-	-	-
ปัจจัย B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
A x B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
% CV	-	-44.58	-38.94	-31.90	-27.59	-29.62	-	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

s มีความแตกต่างทางสถิติ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.18 ค่าสี b* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	ค่าสี b*							
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14
2 องศาเซลเซียส	21.46	23.92	25.34	27.18	26.93	27.71	28.67	26.73
5 องศาเซลเซียส	21.46	21.65	25.53	27.39	26.89	28.45	-	-
10 องศาเซลเซียส	21.46	21.76	25.12	26.95	-	-	-	-
ถุง PP (ปัจจัย B)	**วันที่ 0**	**วันที่ 2**	**วันที่ 4**	**วันที่ 6**	**วันที่ 8**	**วันที่ 10**	**วันที่ 12**	**วันที่ 14**
40 ไมครอน	21.46	23.67	27.24	25.67	27.28	28.24	27.29	28.01
50 ไมครอน	21.46	21.71	27.07	23.90	26.78	26.89	29.04	26.93
ปัจจัย A	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
ปัจจัย B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
A x B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
%CV	-	33.91	46.31	23.24	34.59	31.68	-	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

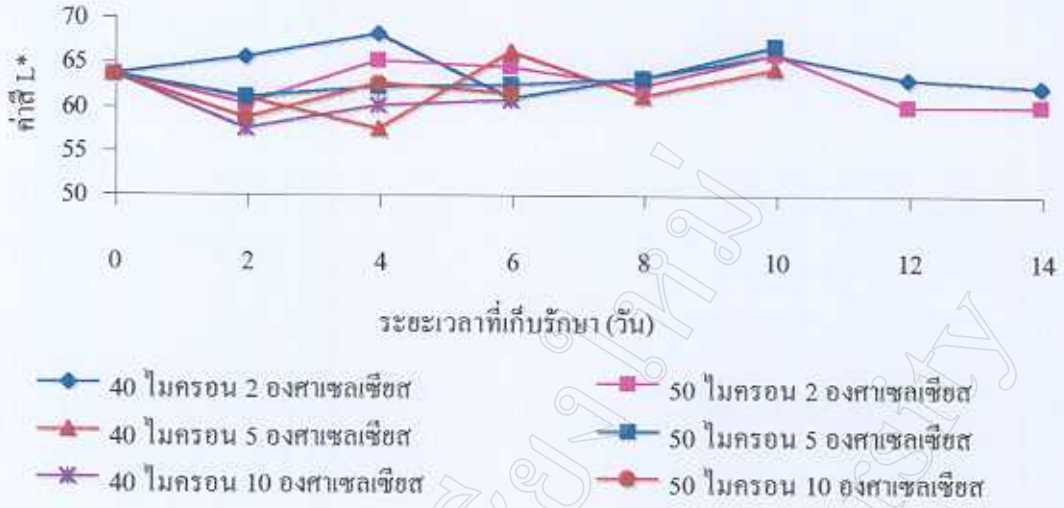
s มีความแตกต่างทางสถิติ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.19 ค่าสี Hue ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

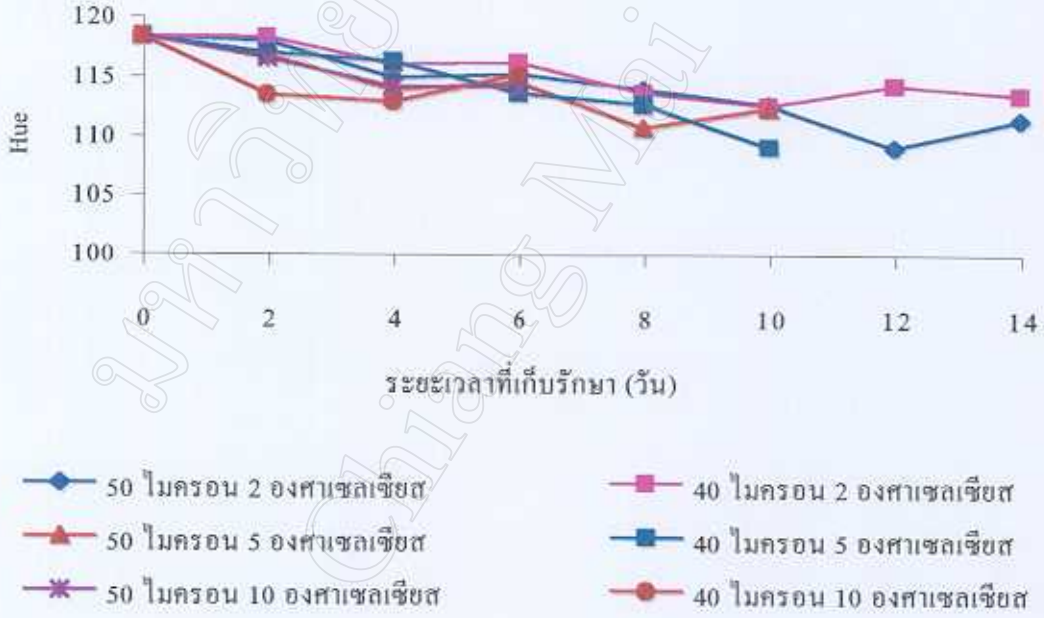
อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	ค่า Hue							
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14
2 องศาเซลเซียส	118.26	117.98^{a}	115.32^{a}	115.58^{a}	113.64^{a}	112.46^{a}	111.49	112.305
5 องศาเซลเซียส	118.26	116.71^{b}	115.21^{a}	113.94^{b}	111.58^{b}	110.55^{b}	-	-
10 องศาเซลเซียส	118.26	114.85^{c}	113.33^{b}	114.56^{b}	-	-	-	-
ถุง PP (ปัจจัย B)	**วันที่ 0**	**วันที่ 2**	**วันที่ 4**	**วันที่ 6**	**วันที่ 8**	**วันที่ 10**	**วันที่ 12**	**วันที่ 14**
40 ไมครอน	118.26	117.13	114.88	114.88	113.05^{a}	110.53^{b}	108.88^{b}	111.29^{b}
50 ไมครอน	118.26	116.92	114.15	114.50	112.18^{b}	112.42^{a}	114.10^{a}	113.32^{a}
ปัจจัย A	-	s	s	s	-	-	-	-
ปัจจัย B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
A x B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
% CV	-	1.47	1.15	1.08	1.29	3.31	-	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

s มีความแตกต่างทางสถิติ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4.10 ค่าสี L* ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนความหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ 4.11 ค่า Hue ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนความหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 4.20 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

	TSS (เปอร์เซ็นต์)							
อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14
2 องศาเซลเซียส	1.93	1.95	1.47	1.56	1.53	1.55	1.57	1.53
5 องศาเซลเซียส	1.93	1.94	1.50	1.55	1.53	1.52	1.53	-
10 องศาเซลเซียส	1.93	1.96	1.53	1.51	-	-	-	-
ถุง PP (ปัจจัย B)	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14
40 ไมครอน	1.93	1.95	1.52	1.55	1.53	1.52	1.54	1.55
50 ไมครอน	1.93	1.95	1.48	1.53	1.53	1.54	1.55	1.50
ปัจจัย A	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
ปัจจัย B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
A x B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
%CV	-	1.25	3.39	1.81	1.00	1.63	2.66	2.32

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

s มีความแตกต่างทางสถิติ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.21 ปริมาณวิตามินซีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุถุงโพลีโพรไพลีนเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	วิตามินซี (มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักสด)							
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14
2 องศาเซลเซียส	1.93	2.85	2.83	2.04	2.57[a]	1.96[a]	1.42	1.42
5 องศาเซลเซียส	1.93	3.39	2.55	2.06	2.13[b]	1.56[b]	1.38	-
10 องศาเซลเซียส	1.93	3.19	2.58	2.05	-	-	-	-
ถุง PP (ปัจจัย B)	**วันที่ 0**	**วันที่ 2**	**วันที่ 4**	**วันที่ 6**	**วันที่ 8**	**วันที่ 10**	**วันที่ 12**	**วันที่ 14**
40 ไมครอน	1.93	3.34	2.58	2.13	2.22[b]	1.96[b]	1.42	1.35
50 ไมครอน	1.93	2.94	2.72	1.97	2.48[a]	1.56[b]	1.38	1.48
ปัจจัย A	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
ปัจจัย B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
A x B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
% CV	-	17.09	11.12	14.05	17.88	20.32	9.50	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

s มีความแตกต่างทางสถิติ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 4.22 ปริมาณคลอโรฟีลล์เอของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	คลอโรฟีลล์เอ (มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักสด)							
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14
2 องศาเซลเซียส	0.050	0.033	0.022	0.038	0.012	0.021	0.021	0.019
5 องศาเซลเซียส	0.050	0.047	0.016	0.030	0.025	0.020	0.021	-
10 องศาเซลเซียส	0.050	0.040	0.022	0.029	-	-	-	-
ถุง PP (ปัจจัย B)	**วันที่ 0**	**วันที่ 2**	**วันที่ 4**	**วันที่ 6**	**วันที่ 8**	**วันที่ 10**	**วันที่ 12**	**วันที่ 14**
40 ไมครอน	0.050	0.036	0.018	0.034	0.018	0.023	0.021	0.019
50 ไมครอน	0.050	0.042	0.022	0.021	0.018	0.018	0.021	0.019
ปัจจัย A	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
ปัจจัย B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
A x B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
% CV	-	31.04	48.56	49.12	45.53	20.10	18.84	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

s มีความแตกต่างทางสถิติ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

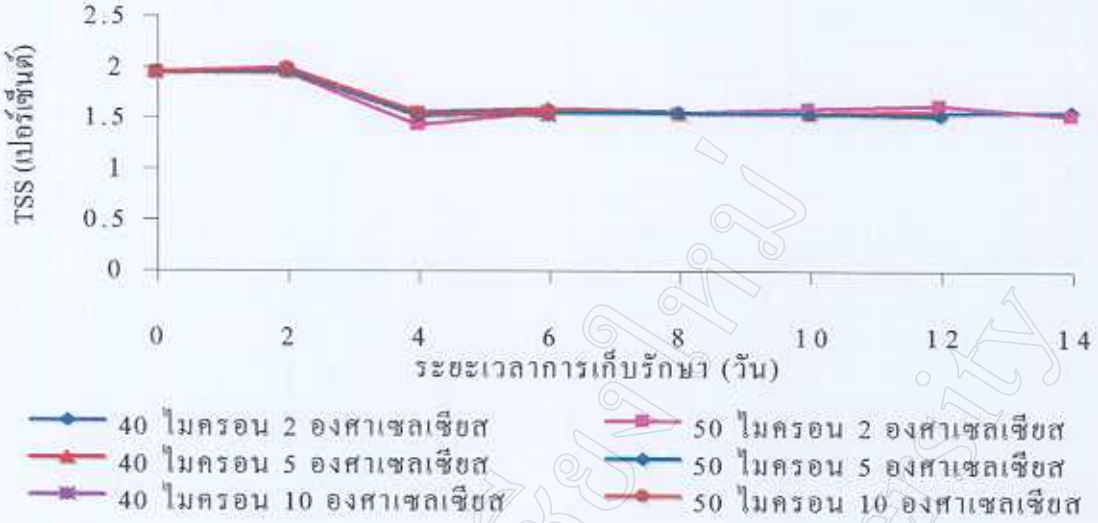
ตารางที่ 4.23 ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุถุงโพลีโพรไพลีนเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (ปัจจัย A)	คลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักสด)							
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14
2 องศาเซลเซียส	0.040	0.030	0.015	0.029	0.010	0.018	0.014	0.018
5 องศาเซลเซียส	0.040	0.031	0.012	0.023	0.018	0.013	0.015	-
10 องศาเซลเซียส	0.040	0.026	0.017	0.021	-	-	-	-
ถุง PP (ปัจจัย B)	**วันที่ 0**	**วันที่ 2**	**วันที่ 4**	**วันที่ 6**	**วันที่ 8**	**วันที่ 10**	**วันที่ 12**	**วันที่ 14**
40 ไมครอน	0.040	0.027	0.013	0.025	0.014	0.015	0.013	0.014
50 ไมครอน	0.040	0.030	0.017	0.027	0.014	0.015	0.016	0.022
ปัจจัย A	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
ปัจจัย B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
A x B	-	ns	ns	ns	-	-	-	-
% CV	-	37.33	54.26	43.55	34.81	36.35	36.51	-

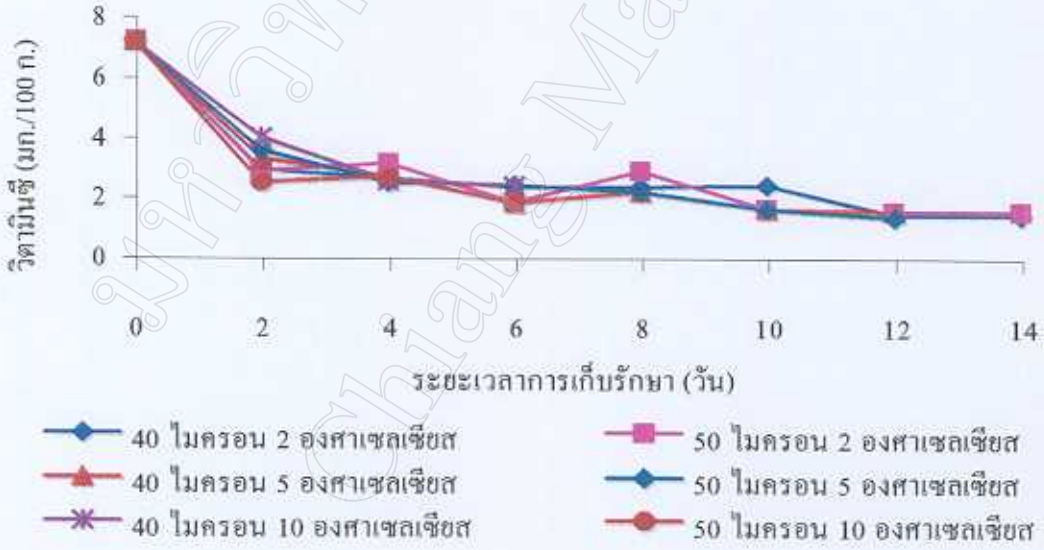
หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$
s มีความแตกต่างทางสถิติ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.24 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนความหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

กรรมวิธี	Total Microbial Count (log_{10} CFU/g)	สิ้นสุดอายุวันที่
ก่อนแช่ในสารละลายกรดซิตริก 1 %	5.15	-
หลังแช่ในสารละลายกรดซิตริก 1 %	4.75	-
40ไมครอน 10 องศาเซลเซียส	5.32	5
50ไมครอน 10 องศาเซลเซียส	5.39	5
40ไมครอน 5 องศาเซลเซียส	5.30	10
50ไมครอน 5 องศาเซลเซียส	5.20	10
40ไมครอน 2 องศาเซลเซียส	5.15	13
50ไมครอน 2 องศาเซลเซียส	5.15	13

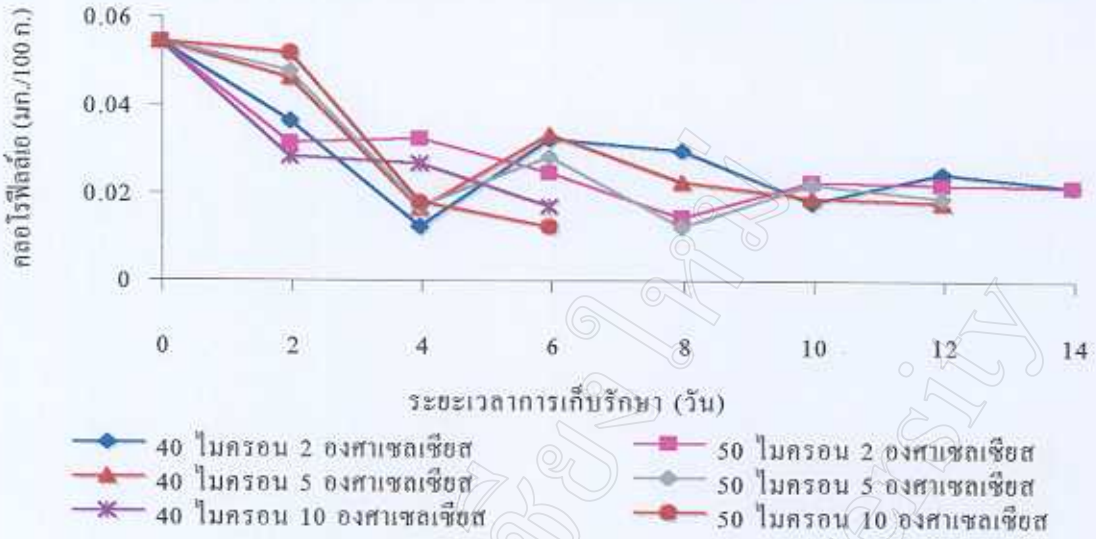


ภาพที่ 4.12 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนความหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

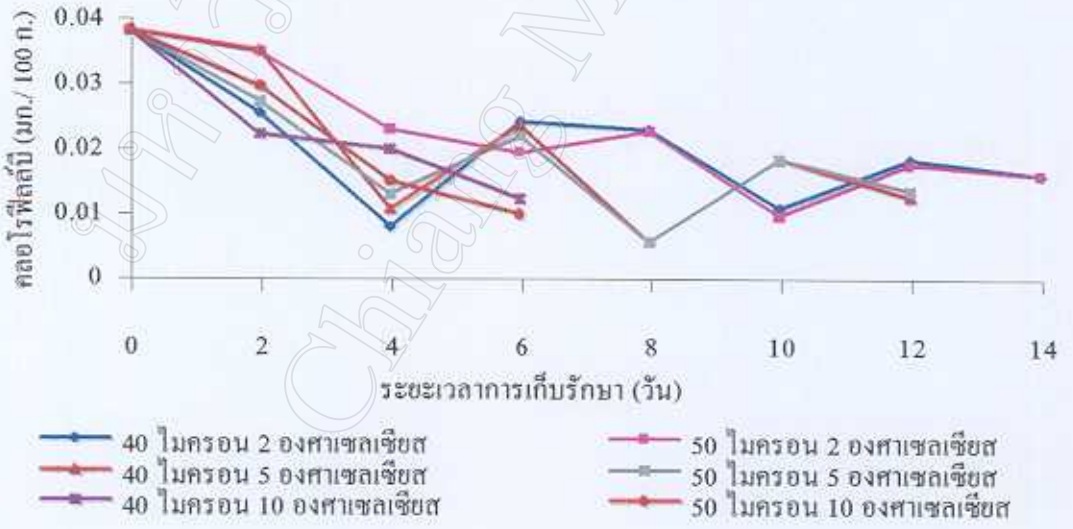


ภาพที่ 4.13 ปริมาณวิตามินซีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนความหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.14 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน ความหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ 4.15 ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน ความหนา 40 และ 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การทดลองที่ 4 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนที่ความหนา 50 ไมครอน ปิดผนึก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้แช่ในสารละลาย บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนที่ความหนา 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ใช้เป็นชุดควบคุม กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) แสดงเป็นหน่วยของเอนไซม์ โดยกำหนดให้ 1 หน่วยของเอนไซม์เท่ากับ 0.05 $Absorbance_{450}$ ที่เปลี่ยนไป/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน ผลการทดลองที่ได้ดังในตารางที่ 4.25 – 4.26 และภาพที่ 4.16 – 4.17

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเมื่อเริ่มต้นการทดลองโดยเตรียมตัวอย่างผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคในรูป acetone powder มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) เท่ากับ 1.20 หน่วย และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 12 วัน (ตารางที่ 4.25 และ ภาพที่ 4.16) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริก และภายหลังจากเก็บรักษานาน 6 วัน เอนไซม์ PPO มีกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 1.80 และ 2.40 หน่วย ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.25)

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริกเริ่มต้นการทดลองตัวอย่างผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เตรียมโดยแช่ในไนโตรเจนเหลวมีค่าเท่ากับ 18.6 และ 17.2 หน่วย ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 10 วัน (ตารางที่ 4.26 และ ภาพที่ 4.17) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ให้ลดลงได้ 4.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริก และหลังจากเก็บรักษานาน 2 วัน เอนไซม์ PPO มีกิจกรรมเท่ากับ 17.31 และ 18.06 หน่วย และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.26)

การเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งเป็นลักษณะปรากฏที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ และมีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล โดยมีเอนไซม์ PPO ช่วยเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสารประกอบสีน้ำตาล (Meteos *et al.*, 1993) และเอนไซม์ PPO ในผักกาดหอมห่อทำงานได้ดีที่ระดับพีเอช 5 ถึง 8 (Fujita *et al.*, 1991) ซึ่งค่าพีเอชที่ต่ำกว่า 4 สามารถยับยั้งการทำงานของ

เอนไซม์ PPO ทำให้สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้ในผักผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค (Siriphanich and Kader, 1986 ; Vamos-Vigyazo, 1981) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Weller *et al.* (1997) ที่รายงานว่าสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ หรือ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ในน้ำ สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของมะเฟืองหั่นชิ้นได้ อาจเกิดจากสารละลายกรดซิตริกลดค่าพีเอชที่ผิวของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคลงต่ำกว่า 4 เมื่อพีเอชต่ำลงทำให้พันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลของโปรตีนแยกออกจากกัน เป็นผลให้โครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนเกิดการคลายตัว ทำให้เอนไซม์ PPO มีกิจกรรมลดน้อยลง (King and Bolin, 1989) เอนไซม์ PPO ในผักกาดหอมห่อทำงานได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส (Fujita *et al.*, 1991) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 2 องศาเซลเซียส จึงทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดลงด้วย ดังนั้นการชะลอการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคสามารถควบคุมได้โดยการใช้สารละลายกรดและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (Bolin *et al.*, 1977)

4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชและปริมาณกรดที่ไตเตรทได้

4.71 ค่าพีเอช

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนแช่ในสารละลายกรดซิตริกมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.55 และเมื่อนำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าพีเอชลดลงเท่ากับ 4.63 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และพบว่าค่าพีเอชของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีแนวโน้มคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 10 วัน (ตารางที่ 4.27)

4.72 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนแช่ในสารละลายกรดซิตริกมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 0.07 เปอร์เซ็นต์ในรูปของกรดซิตริก และเมื่อนำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.13 เปอร์เซ็นต์ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีแนวโน้มคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา 10 วัน (ตารางที่ 4.27) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Bolin and Huxsoll (1991) ที่รายงานว่าการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีค่าพีเอชและปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน

ตารางที่ 4.25 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส

วันที่	หน่วยของเอนไซม์	
	แช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 %	ไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 %
0	1.20	1.20
2	1.00	1.20
4	1.60	1.60
6	1.80[b]	2.40[a]
8	1.80[b]	2.40[a]
10	3.60	-
12	3.00	-

หมายเหตุ : เตรียมตัวอย่างในรูป acetone powder

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ตารางที่ 4.26 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส

วันที่	หน่วยของเอนไซม์	
	แช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 %	ไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 %
0	18.60	17.20
2	17.31[b]	18.06[a]
4	25.56	26.44
6	26.73	27.59
8	29.06	33.07
10	32.89	-

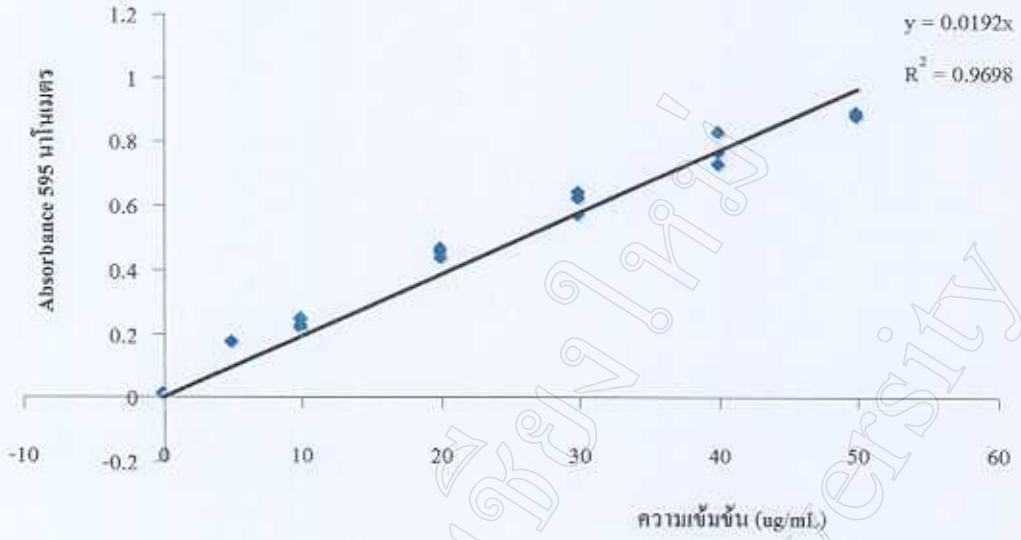
หมายเหตุ : เตรียมตัวอย่างผักกาดหอมห่อสดแช่ในไนโตรเจนเหลว

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ภาพที่ 4.16 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส โดยเตรียมตัวอย่างในรูป acetone powder

ภาพที่ 4.17 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส โดยเตรียมตัวอย่างผักกาดหอมห่อที่แช่ในในโตรเจนเหลว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.18 กราฟโปรตีนมาตรฐาน (BSA) ที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

ตารางที่ 4.27 ค่าพีเอชและปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส

วันที่	ค่าพีเอช		TA (เปอร์เซ็นต์)	
	แช่สารละลายกรดซิตริก 1.0 %	ไม่แช่	แช่สารละลายกรดซิตริก 1.0 %	ไม่แช่
0	4.63[b]	5.55[a]	0.13[a]	0.07[b]
2	4.42[b]	5.98[a]	0.12[a]	0.09[b]
4	5.12[b]	5.80[a]	0.11[a]	0.08[b]
6	4.39[b]	5.99[a]	0.12[a]	0.08[b]
8	5.26[b]	6.03[a]	0.12[a]	0.09[b]
10	5.14	-	0.11	-

หมายเหตุ : เตรียมตัวอย่างผักกาดหอมห่อสดแช่ในในโตรเจนเหลว

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

4.8 ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนของจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อเริ่มต้นการทดลองของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม) มีค่าเท่ากับ 5.25 $\log_{10}$ CFU/g หลังจากนำมาแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง 4.76 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 5.05 $\log_{10}$ CFU/g เมื่อเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคนานขึ้นจนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของชุดควบคุมนาน 7 วัน พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุมเพิ่มสูงขึ้นมีค่าเท่ากับ 5.32 และ 5.49 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.28) ซึ่งสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลออัตราการเจริญของจุลินทรีย์เมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาได้เล็กน้อย 3.1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ตารางที่ 4.28 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนความหนา 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	Total Microbial Count ($\log_{10}$ CFU/g)	
	เริ่มต้น	สิ้นสุดอายุ (7 วัน)
ไม่แช่สารละลาย (ชุดควบคุม)	5.25	5.49
แช่สารละลายกรดซิตริก 1.0 %	5.05	5.32

การทดลองที่ 5 อัตราการหายใจของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและผักกาดหอมห่อทั้งหัว

การทดลองที่ 5.1 อัตราการหายใจของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่กรดซิตริกและผักกาดหอมห่อทั้งหัว

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและผักกาดหอมห่อทั้งหัวที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนที่ความหนา 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มอัตราการหายใจลดลงหลังจากเก็บรักษานาน 1 วัน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 7 วัน (ตารางที่ 4.29 และ ภาพที่ 4.19) การหั่นผักกาดหอมห่อมีผลทำให้อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น 52 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษานาน 1 วัน ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและผักกาดหอมห่อทั้งหัวมีอัตราการหายใจเท่ากับ 19.0 และ 9.3 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและผักกาดหอมห่อทั้งหัวนาน 7 วัน อัตราการหายใจลดลงมีค่าเท่ากับ 9.1 และ 4.8 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ และ

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.29) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอัตราการหายใจสูงกว่าผักกาดหอมห่อทั้งหัวเนื่องจากรอยแผลที่เกิดจากการตัดและหั่นชิ้นของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ คือ เพิ่มการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell permeability) ทำให้องค์ประกอบภายในเซลล์สูญเสียโครงสร้าง เร่งอัตราการหายใจและการเสื่อมสลายให้เกิดเร็วขึ้น (Abe and Watada, 1991) อัตราการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้นจะใช้ก๊าซออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในกระบวนการหายใจออกซิเจนเป็นสับสเตรตตัวสุดท้ายในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนเพื่อให้ได้พลังงานใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์ และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา (Wills *et al.*, 1998) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ในถุงโพลีโพรไพลีนที่บรรจุผักกาดหอมห่อมีปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น ซึ่งผักกาดห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและผักกาดหอมห่อทั้งหัวตลอดอายุการเก็บรักษานาน 7 วัน มีค่า Respiratory quotient (R.Q.) อยู่ในช่วง 1.0 - 1.3 (ตารางที่ 4.29) ซึ่งหมายความว่าผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและผักกาดหอมห่อทั้งหัวมีการหายใจที่ใช้ก๊าซออกซิเจน และใช้กรดอินทรีย์ต่างๆ เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ (Wills *et al.*,1998)

การทดลองที่ 5.2 อัตราการหายใจของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริก

การหาอัตราการหายใจของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนที่ความหนา 50 ไมครอน น้ำหนัก 50 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริกบรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนที่ความหนา 50 ไมครอน น้ำหนัก 50 กรัม ใช้เป็นชุดควบคุม ผลการทดลองแสดงดังในตารางที่ 4.30 และภาพที่ 4.20

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริกบรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนที่ความหนา 50 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส อัตราการหายใจมีแนวโน้มลดลงหลังจากเก็บรักษานาน 1 วัน และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 7 วัน (ตารางที่ 4.30 และภาพที่ 4.20) สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้อัตราการหายใจของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเพิ่มสูงขึ้น 19.3 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษานาน 1 วัน ซึ่งผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริกมีอัตราการหายใจเท่ากับ 27.0 และ 21.8 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.30) เมื่อเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความ

เข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริก นาน 7 วัน อัตราการหายใจมีค่าเท่ากับ 13.1 และ 4.7 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.30) ผักกาดห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริกตลอดอายุการเก็บรักษานาน 7 วัน มีค่า Respiratory quotient (R.Q.) อยู่ในช่วง 0.8-1.3 (ตารางที่ 4.40) ซึ่งหมายความว่าผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีการหายใจที่ใช้ก๊าซออกซิเจน และใช้กรดอินทรีย์ต่างๆ หรือ กรดไขมัน เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ และถ้าค่า R.Q. ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่ามากกว่า 1.3 ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคจะมีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน เอนไซม์ฟอสโฟฟรุกโตไคเนสจะมีกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้น เร่งกระบวนการไกลโคไลซิสให้เกิดเร็วขึ้นและเปลี่ยนผลิตผลที่ได้เป็นเอทานอล (Kato-Noguchi and Watada, 1997 ; Wills *et al.*, 1998)

ตารางที่ 4.29 อัตราการหายใจและค่า R.Q. ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและผักกาดหอมห่อทั้งหัว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส

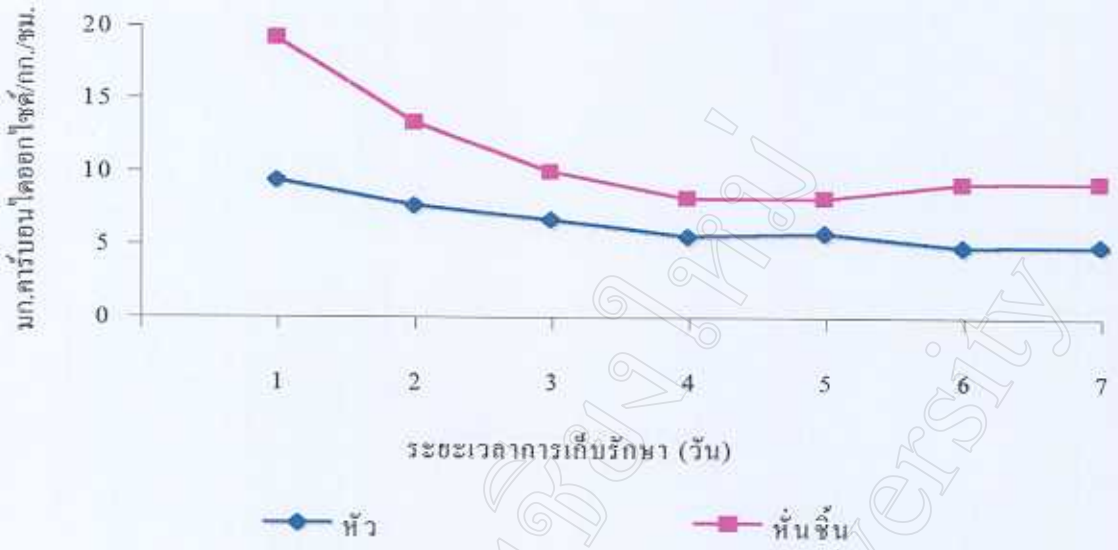
วันที่	อัตราการหายใจ (มก.CO_2/กก./ชม.)		R.Q.	
	หัว	หั่นชิ้น	หัว	หั่นชิ้น
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	9.3[b]	19.0[a]	1.1[a]	0.9[b]
2	7.5	13.2	1.0	1.0
3	6.5	9.8	1.0[b]	1.3[a]
4	5.4	8.0	1.1	1.2
5	5.6	8.0	1.2[a]	1.0[b]
6	4.7	9.0	1.0	1.1
7	4.8[b]	9.1[a]	1.1	1.2

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

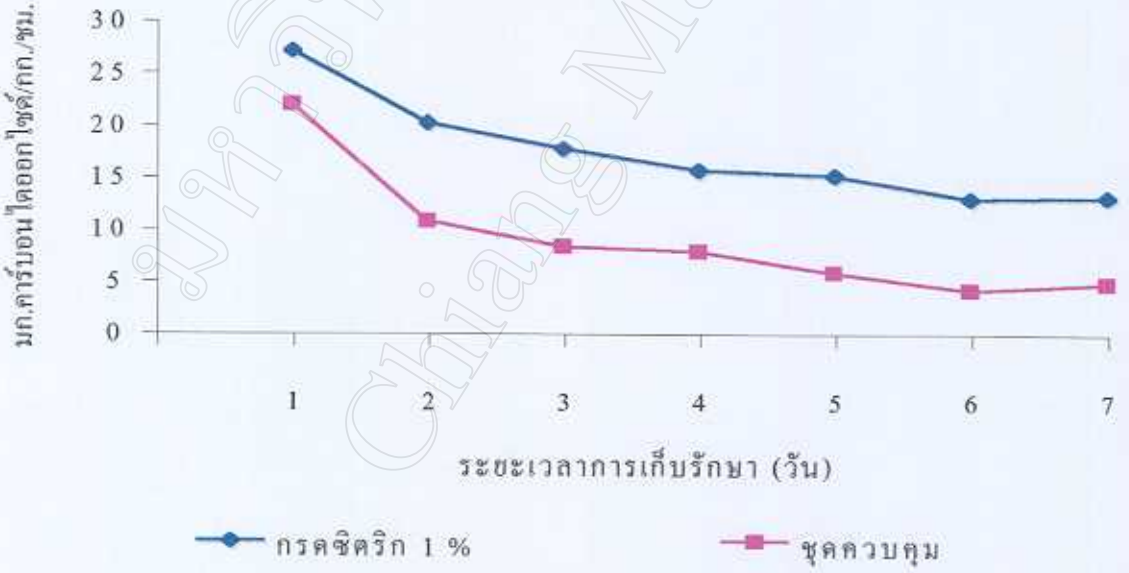
ตารางที่ 4.30 อัตราการหายใจและค่า R.Q. ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในกรดซิตริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และไม่แช่ในกรดซิตริก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส

วันที่	อัตราการหายใจ (มก.CO_2/กก./ชม.)		R.Q.	
	แช่	ไม่แช่	แช่	ไม่แช่
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	27.0	21.8	1.0[b]	1.3[a]
2	20.1	10.7	0.8	1.1
3	17.7[a]	8.2[b]	1.0	1.0
4	15.6	7.7	1.1	1.2
5	15.2	5.7	1.0	1.0
6	12.9	4.0	1.0	1.1
7	13.1[a]	4.7[b]	1.3	1.2

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$



ภาพที่ 4.19 อัตราการหายใจของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและผักกาดหอมห่อทั้งหัว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน



ภาพที่ 4.20 อัตราการหายใจของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และไม่แช่ในกรดซิตริก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University