



การเปรียบเทียบวิธีการเก็บรักษายอดผักหวานป่า
(*Melientha suavis* Pierre) ในสภาวะอุณหภูมิต่ำ

A Comparison of Preservation Methods of *Melientha suavis*
Pierre Branchlets under Low Temperature Condition

จารุณี จุงกลาง^{1*} และ จำนงค์ อุทัยบุตร¹

บทคัดย่อ

การเก็บรักษายอดผักหวานป่า (*Melientha suavis* Pierre, Opiliaceae) ในสภาวะอุณหภูมิต่ำ (5 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลานาน 12 วัน แบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ C1: ไม่ห่อหุ้มยอดผักหวานป่าด้วยวัสดุใด ๆ T1: ห่อหุ้มยอดผักหวานป่าด้วยถุงพลาสติก และ T2: ห่อหุ้มยอดผักหวานป่าด้วยผ้าฝ้ายขาวบางที่ชุบน้ำ จากนั้นนำไปวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss; WL) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบี ปริมาณ malondialdehyde (MDA; สารผลิตภัณฑ์ของกระบวนการ lipid peroxidation) การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte leakage; EL) และอายุการเก็บรักษาทุก ๆ 3 วัน ผลการทดลองพบว่า ค่า WL, ปริมาณคลอโรฟิลล์บี ปริมาณ MDA และค่า EL ของยอดผักหวานป่าเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานขึ้น และพบว่ายอดผักหวานป่ามีค่า WL, MDA และ EL ต่ำที่สุด แต่มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด ในวิธี T1 ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า วิธีการเก็บรักษายอดผักหวานป่าที่ดีที่สุด คือ การเก็บยอดผักหวานป่าในถุงพลาสติก ซึ่งสามารถเก็บรักษายอดได้นาน 6 วัน

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

*Corresponding Author, E-mail: Jaruneej@yahoo.com

ABSTRACT

The preservation of *Melientha suavis* Pierre, Opiliaceae (pakwanpa) branchlets under low temperature (5 ± 2 °C) was compared in three tests: C1-uncovered branchlets, T1-branchlets covered with a plastic bag, and T2-branchlets covered with a wet cotton sheet. Weight loss (WL), chlorophyll a and b contents, malondialdehyde (MDA- a product of lipid peroxidation) content, electrolyte leakage (EL), and storage life of the branchlets were determined every three days. The results showed that WL, chlorophyll b content, MDA content, and EL of the branchlets increased with increasing time at 5 °C. In addition WL, MDA, and EL were lowest, but shelf life was longest in T1 method. The results from this study indicate that the best method in preservation of these branchlets is to keep them in a plastic bag which can maintain them for 6 days.

คำสำคัญ: ผักหวานป่า วิธีการเก็บรักษา อุณหภูมิต่ำ

Keywords: *Melientha suavis* Pierre, Preservation methods, Low temperature

บทนำ

ผักหวานป่าจัดเป็นไม้ยืนต้นอายุหลายปี ซึ่งยอดผักหวานป่าเป็นผักพื้นบ้านที่ชาวบ้านเก็บมารับประทานเป็นอาหารมาช้านาน จวบจนถึงปัจจุบันการบริโภคพืชผักชนิดนี้ก็ยังคงมีอยู่และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การเก็บเกี่ยวยอดผักหวานป่าจากต้นที่อยู่ในป่าทำได้เฉพาะฤดูกาล คือ ฤดูร้อนเพียงปีละครั้ง แต่ปัจจุบันมีเกษตรกรนำต้นผักหวานป่าเข้ามาปลูกในแปลงเกษตร ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เกือบตลอดทั้งปี ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับรายได้จากการปลูกผักหวานป่าเพื่อเก็บยอดจำหน่ายกับพืชผักชนิดอื่น ๆ แล้ว ผักหวานป่าที่ปลูกเป็นพืชที่สามารถทำรายได้ให้กับผู้ปลูกได้ดีกว่าผักหวานป่าที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ อีกทั้งในช่วงนอกฤดูกาลนั้น ผลผลิตของยอดผักหวานป่ามีน้อย ทำให้ราคาของยอดผักหวานป่าค่อนข้างสูงคือ 150–250 บาทต่อกิโลกรัม แต่ในช่วงฤดูกาลผลผลิตที่ออกสู่ตลาดกลับมีมากจนล้นตลาดหรือมากเกินไป ความต้องการของผู้บริโภค และส่งผลให้ยอดผักหวานป่ามีราคาถูกลงมาก เหลือเพียงกิโลกรัมละ

50–80 บาท แม้เกษตรกรจะสามารถปลูกผักหวานป่าเป็นการค้าได้แต่ก็ยังประสบปัญหา เนื่องจากยอดผักหวานป่าที่เก็บในแต่ละครั้งอาจมีมากหรือน้อยเกินไป ดังนั้นการยืดอายุการเก็บรักษายอดผักหวานป่าไว้ช่วงเวลาหนึ่งเพื่อรวบรวมให้ได้ปริมาณมาก ๆ ในช่วงที่มีน้อย หรือช่วยควบคุมราคาผลผลิตในตลาดไม่ให้ลดต่ำลงมากเกินไปในช่วงที่มีปริมาณยอดผักหวานป่ามากเกินไป จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาข้างต้น

โดยทั่วไปการเก็บรักษาพืชผักส่วนใหญ่มักกระทำที่อุณหภูมิห้อง เพราะสามารถชะลอการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ที่จะนำไปสู่การสูญเสียคุณภาพและการเน่าเสียของพืชผักนั้น ๆ โดยทั่วไปมักใช้อุณหภูมิห้องที่สุดเท่าที่พืชผักนั้น ๆ จะไม่เกิดความเสียหาย พืชผักแต่ละชนิดมีอุณหภูมิห้องที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแตกต่างกัน เช่น พืชผักในเขตร้อนมักมีอุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงกว่าพืชผักในเขตกึ่งร้อนและเขตหนาว พืชผักจำพวกที่เป็นผล เช่น แตงกวา พริกหยวก สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้องได้นาน

กว่าพืชผักจำพวกใบ เช่น ต้นผักกาด ใบหอม ใบกระเทียม (Wills et al., 2007) เนื่องจากหากพืชผักนั้นได้รับอนุมูลอิสระที่ต่ำเกินไป มักก่อให้เกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่า อาการสะท้อนหนาว (chilling injury) ซึ่งตัวบ่งชี้ (indicator) ถึงอาการสะท้อนหนาวมีหลายชนิด ดังเช่น ปริมาณ malondialdehyde (MDA) การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte leakage; EL) ปริมาณคลอโรฟิลล์ สารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี วิตามินซี และเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น catalase และ superoxide dismutase เป็นต้น ในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้ ปริมาณ MDA ค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ และปริมาณคลอโรฟิลล์ เพื่อบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของยอดผักหวานป่าอันเป็นผลมาจากภาวะอนุมูลอิสระต่ำ เนื่องจากทั้งสามตัวบ่งชี้มีวิธีการวัดค่าที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน อีกทั้งยังเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเสียหายที่เกิดจากสภาพอนุมูลอิสระในชั้นแรก ๆ กล่าวคือ ความเครียดจากภาวะอนุมูลอิสระต่ำมักมีผลชักนำให้เกิดสารอนุมูลอิสระในปริมาณที่มากขึ้น ซึ่งสารนี้มีศักยภาพสูงในการออกซิไดส์สารชีวโมเลกุลต่าง ๆ โดยเฉพาะไขมัน โดยที่ MDA เป็นสารผลิตภัณฑ์ของการเกิด lipid peroxidation และหากไขมันถูกทำลายมาก ๆ ก็มักส่งผลให้อิออนต่าง ๆ ภายในเซลล์เกิดการรั่วไหลมากขึ้น ดังนั้นทั้ง MDA และการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ จึงเป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงความเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ มักมีการสังเคราะห์ลดลงต่ำลง หากพืชนั้น ๆ ได้รับอนุมูลอิสระต่ำ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงขั้นแรกที่เกิดขึ้นนี้ มักส่งผลต่อเนื่องให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในขั้นที่สองต่อนั้นคือ การแสดงอาการสะท้อนหนาวที่มีลักษณะอาการต่าง ๆ เช่น ฉ่ำน้ำ รอยบวม ที่แตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด (จริงแท้, 2550; Shewfelf and del Rosario, 2000) เมื่อพืชมีอาการสะท้อนหนาวเกิดขึ้นมักส่งผลให้อายุการเก็บรักษาของพืชนั้นสั้นลง อีกทั้งวิธีการเก็บ

รักษายอดผักหวานป่าในอุณหภูมิต่ำยังมีข้อมูลอยู่น้อยมาก การทดลองครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเปรียบเทียบวิธีการเก็บรักษายอดผักหวานป่า 3 วิธี คือ ยอดผักหวานป่าที่ไม่ห่อหุ้มวัสดุใด ๆ ห่อหุ้มยอดผักหวานป่าด้วยถุงพลาสติกหรือผ้าขาวบางที่ชุบน้ำ ซึ่งวิธีการเก็บรักษาเหล่านี้ได้มาจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของพ่อค้าแม่ค้าในตลาดทาปาเปา จังหวัดลำพูน ที่ใช้เก็บยอดผักหวานป่าเพื่อรอจำหน่าย และใช้อุณหภูมิต่ำ 5 องศาเซลเซียสในการเก็บรักษา (ซึ่งระดับอุณหภูมินี้ได้มาจากการศึกษาเบื้องต้นก่อนแล้ว โดยการเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บยอดผักหวานป่าในอุณหภูมิต่ำ 5 และ 13 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าลักษณะของยอดผักหวานป่าที่เยียวลีบ ไม่น่ารับประทาน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 3-6 วัน ขณะที่เมื่อเก็บรักษายอดผักหวานป่าที่อุณหภูมิต่ำ 5 องศาเซลเซียส นาน 6 วัน ยอดยังมีความสด เต่ง น่ารับประทาน) โดยการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ 3 วิธีดังที่กล่าวในการเก็บรักษายอดผักหวานป่าที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 12 วัน เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาของยอดผักหวานป่า ซึ่งจะเป็นอย่างนี้ที่พื้นฐานที่เป็นประโยชน์ในอนาคตต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

นำยอดผักหวานป่าที่เก็บเกี่ยวได้ มาคัดเลือกยอดที่มีความยาวใกล้เคียงกันประมาณ 15 เซนติเมตร และมีสภาพสมบูรณ์ ไม่มีโรคและแมลงเข้าทำลาย จำนวน 2 กิโลกรัม แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (รูปที่ 1) คือ

ชุดควบคุม (C₁) โดยวางยอดผักหวานป่าบนตะกร้าที่ไม่มีวัสดุใด ๆ ห่อหุ้ม

ชุดทดลองใส่ถุงพลาสติก (T₁) โดยนำยอดผักหวานป่าใส่ลงในถุงพลาสติกหิ้วขนาด 6×11 นิ้ว ที่

เจาะรูโดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 4 มิลลิเมตร แต่ละรูห่างกันประมาณ 5 เซนติเมตร จำนวน 28 รู

ชุดทดลองห่อผ้า (T₂) โดยนำยอดผักหวานป่าหุ้มด้วยผ้าขาวบางที่ชุบน้ำหนา 2 ชั้น

จากนั้นนำแต่ละชุดการทดลอง ไปวางไว้ในอุณหภูมิที่ 5±2 องศาเซลเซียส เพื่อตรวจวัดผลระหว่างการเก็บรักษายอดผักหวานป่า โดยวัดค่าการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบี การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ ปริมาณสาร malondialdehyde (MDA; สารผลิตภัณฑ์ของกระบวนการ lipid peroxidation) และอายุการเก็บรักษา ทุก ๆ 3 วัน เป็นเวลานาน 12 วัน

การวัดค่าการสูญเสียน้ำหนัก

นำยอดผักหวานป่ามาชั่งน้ำหนักสด โดยกำหนดให้น้ำหนักสดเริ่มต้น คือ น้ำหนักสดในวันที่ 0

จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสดเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสดในวันต่าง ๆ ที่บันทึกผล}}{\text{น้ำหนักสดเริ่มต้น}} \times 100$$

การวัดปริมาณคลอโรฟิลล์

ดัดแปลงจากวิธีการของ Chappelle et al. (1992) โดยนำยอดผักหวานป่า 1 กรัม มาสกัดคลอโรฟิลล์ด้วยสารละลาย dimethyl sulfoxide (DMSO) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มืดเป็นเวลา 1 วัน นำสารสกัดที่ได้มากรองแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 648 และ 664 นาโนเมตร โดยใช้สารละลาย DMSO เป็นตัวปรับศูนย์ (blank) แล้วนำค่า OD ที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ ดังสมการ

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ} = 12.25 A_{664 \text{ nm}} - 2.79 A_{648 \text{ nm}}$$

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี} = 21.50 A_{648 \text{ nm}} - 5.10 A_{664 \text{ nm}}$$



รูปที่ 1 การเตรียมยอดผักหวานป่าในแต่ละชุดการทดลอง ชุดควบคุม (A) ชุดทดลองใส่ถุงพลาสติก (B) และชุดทดลองห่อผ้า (C)

การวัดปริมาณ MDA

ใช้วิธีการของ Velikova et al. (2000) โดยนำยอดผักหวานป่า 1 กรัม มาหั่นหยาบ ๆ ใส่ลงในโถรงบดให้ละเอียด เติมน้ำ 0.1% trichloroacetic acid (TCA) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร บดและคนให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วเทสารละลายตัวอย่างจากโถรงบดลงในหลอดทดลอง จากนั้นใช้ 0.1% TCA ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ล้างสารละลายที่เหลือในโถรงบดและเทใส่หลอดทดลองเดิม ผสมสารละลายให้เข้ากัน คูณสารละลายที่ได้ 1 มิลลิลิตร นำไปปั่นตกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำสารละลายชั้นบนปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลาย 0.5% 2-thobarbituric acid (TBA) และ 20% TCA ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร นำหลอดทดลองนี้ไปเร่งการเกิดปฏิกิริยาในอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นหยุดปฏิกิริยาโดยการแช่หลอดทดลองในน้ำแข็งทันที เป็นเวลา 5 นาที นำสารละลายที่ได้ไปปั่นตกตะกอนอีกครั้ง เป็นเวลา 5 นาที นำสารละลายชั้นบน 0.5 มิลลิลิตร ไปเจือจาง 8 เท่า เพื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวปรับศูนย์ (blank) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณ MDA โดยใช้ค่า extinction coefficient ที่ 155 mM cm^{-1} ดังสมการ

$$\text{ปริมาณ MDA} = (A_{532} - A_{600})/155$$

การวัดค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ (EL)

ดัดแปลงจากวิธีการของ Mao et al. (2007) โดยนำยอดผักหวานป่า 1 กรัม ไปตัดยอดให้มีขนาดความยาวประมาณ 3 เซนติเมตร นำตัวอย่างใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกำจัดไอออน (deionized water) 25 มิลลิลิตร แช่นาน 30 นาที จากนั้นนำสารละลายไปวัดค่าการนำไฟฟ้า (electrolyte conductivity: EC)

ด้วยเครื่อง conductivity meter แล้วนำตัวอย่างเดิมไปต้มในน้ำเดือดนาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นและทำการวัดค่า EC อีกครั้ง นำตัวเลขที่ได้ไปคำนวณหาค่า EL

$$\text{EL (\%)} = \frac{\text{EC ของสารละลายก่อนต้ม}}{\text{EC ของสารละลายหลังต้ม}} \times 100$$

อายุการเก็บรักษา

พิจารณาจากสภาพของยอดผักหวานป่าในด้านความสด การเหี่ยวหรือการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนสี และความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำหรือการเน่าเสีย โดยประเมินการยอมรับโดยรวมของยอดผักหวานป่า และให้คะแนนดังนี้

คะแนน 5 คุณภาพดีมาก คือ ยอดผักหวานป่ามีสีเขียวอมเหลือง มีสภาพสด ยอดเต่ง

คะแนน 4 คุณภาพดี คือ ยอดผักหวานป่ามีสภาพสด สีเริ่มเปลี่ยนเป็นเขียวเข้มขึ้น

คะแนน 3 คุณภาพปานกลาง คือ ปลายยอดผักหวานป่าเหี่ยว สีเปลี่ยนเป็นเขียวเข้ม

คะแนน 2 คุณภาพไม่ดี คือ ผักหวานป่าเหี่ยวทั้งยอด ยอดมีสีเขียวเข้ม

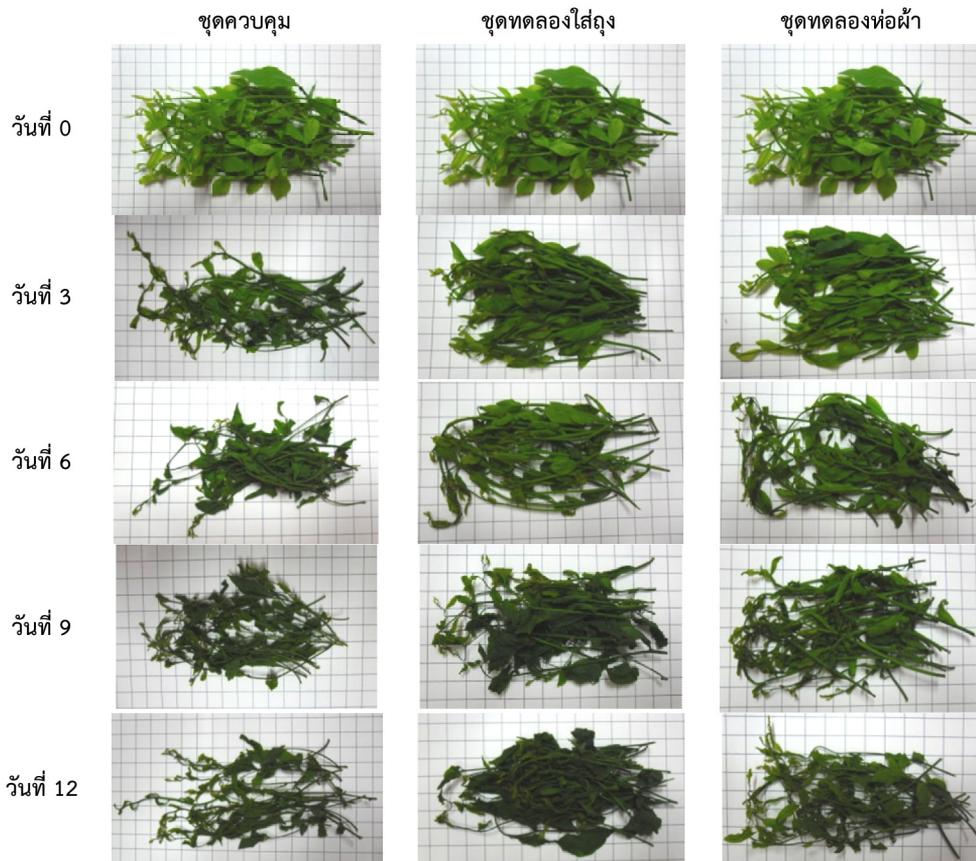
คะแนน 1 คุณภาพไม่ดีที่สุด คือ ผักหวานป่าเหี่ยวและแห้งกรอบทั้งยอด ยอดมีสีเขียวเข้ม

ผลการวิจัย

ยอดผักหวานป่าทั้ง 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดควบคุม ชุดทดลองใส่ถุงพลาสติก และชุดทดลองห่อผ้า เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 12 วัน พบลักษณะอาการเหี่ยวของยอดทั้ง 3 ชุดการทดลองเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยพบการเหี่ยวของยอดเร็วที่สุดในชุดควบคุมและช้าที่สุดในชุดทดลองใส่ถุง (รูปที่ 2) การสูญเสียน้ำหนักสดของยอดผักหวานป่ามีมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานขึ้น โดยยอดผักหวานป่าในชุดควบคุม มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ

มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และชุดทดลองใส่ถุงมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เพียง 22 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บยอดผักหวานป่านาน 6 วัน ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของยอดผักหวานป่าที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0-6 วัน ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง แต่ในวันที่ 9 และ 12 ยอดผักหวานป่าในชุดทดลองใส่ถุงมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงกว่าชุดควบคุมและชุดทดลองห่อผ้า ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์บีของยอดผักหวานป่า เริ่มมีปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละชุดทดลอง เมื่อเก็บรักษายอดไว้นาน 6-12 วัน โดยที่ยอดของชุดควบคุม มีปริมาณ

คลอโรฟิลล์บีสูงกว่าชุดทดลองใส่ถุง แต่ไม่แตกต่างจากชุดทดลองห่อผ้า นอกจากนี้ยังพบว่าในชุดควบคุมและชุดทดลองห่อผ้ามีแนวโน้ม ที่ปริมาณ MDA และค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ ของยอดผักหวานป่าจะมีค่าสูงกว่าในชุดทดลองใส่ถุง เมื่อเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-12 วัน (ตารางที่ 1) ส่วนอายุการเก็บรักษาของยอดผักหวานป่า ที่ได้จากการประเมินสภาพด้วยสายตา พบว่ายอดผักหวานป่าที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกมีความสด เต่ง และยอดมีการเปลี่ยนแปลงของสีช้ากว่าวิธีการอื่น ๆ (ตารางที่ 2)



รูปที่ 2 ลักษณะยอดผักหวานป่าที่ได้รับอุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน (1 ช่องของตาราง = 1 ตารางเซนติเมตร)

วิจารณ์ผลการศึกษา

จากลักษณะอาการโดยทั่วไป ของยอดผักหวานป่า พบว่ายอดผักหวานป่ามีความสด เติงสามารถที่จะรับประทานได้ลดลง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานขึ้น (รูปที่ 2) ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก คือเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษายอดผักหวานป่าไว้ที่อุณหภูมิทั้งสองเป็นเวลานานขึ้น (ตารางที่ 1) ซึ่งดวงพรและชำนาญ (2536) กล่าวว่า การสูญเสียน้ำหนักเป็นผลเนื่องจากการที่น้ำระเหยออกทางผิวใบ และปากใบของผลิตผลอยู่ตลอดเวลา ซึ่งเกิดจากความชื้นในบรรยากาศรอบ ๆ ผลิตผลต่ำกว่าในผลิตผล ทำให้เกิดความแตกต่างของความชื้น ดังนั้นความชื้นในผลิตผลจะถูกถ่ายเทสู่บรรยากาศรอบ ๆ ผลิตผลจะเริ่มเหี่ยวแห้งและมีการสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของจารุณี (2550) และสุชาติ (2552) ที่วัดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของชมพูและแตงกวา พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาผลไว้ในอุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานขึ้น

จากผลการทดลองครั้งนี้พบว่ายอดผักหวานป่ามีความสด เติง ใบยังมีสีเขียวสามารถที่จะรับประทานได้เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้นานที่สุด 6 วัน (รูปที่ 2 และตารางที่ 2) โดยพบในยอดผักหวานป่าในชุดทดลองใส่ถุงเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าการสูญเสียน้ำหนักของยอดในชุดการทดลองใส่ถุงที่มีค่าต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับยอดจากชุดการทดลองควบคุม และห่อผ้า แสดงว่าการเก็บยอดผักหวานป่าในถุงพลาสติกสามารถป้องกันการสูญเสีย น้ำหนักของยอดผักหวานป่าได้ดีกว่าการวางยอดผักหวานป่าโดยไม่มีวัสดุใด ๆ หุ้ม หรือห่อยอดด้วยผ้าชุบน้ำ เหตุผลที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากว่า ยอดผักหวานป่าเมื่อเก็บมาจากต้นใหม่ ๆ จะมีความสดและความเต่งสูง เมื่อนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำที่ 5

องศาเซลเซียส โดยวางทิ้งไว้โดยไม่มีภาชนะใดห่อหุ้มยังสามารถหายใจและคายน้ำได้ (สมบุญ, 2548) ซึ่งปริมาณของไอน้ำในยอดและบรรยากาศรอบนอกของยอดที่มีความแตกต่างกันสูงทำให้พืชคายน้ำได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับยอดผักหวานป่าที่มีถุงพลาสติกห่อหุ้ม การคายน้ำของยอดสามารถเกิดได้เช่นกันแต่ไอน้ำแพร่สู่บรรยากาศรอบนอกไม่ได้เนื่องจากมีถุงกันเอาไว้ ซึ่งสามารถกันได้ดีกว่า ผ้าชุบน้ำที่มีรูพรุนทั่วไป สอดคล้องกับการทดลองของสมโภชน์และอภิญา (2545) ซึ่งเก็บรักษาผลชมพูที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยการห่อด้วยฟิล์ม LLPE พบว่ามีอัตราการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าถาดที่ไม่ได้ห่อฟิล์ม หรือการทดลองของวาสนาและคณะ (2550) ซึ่งนำผลลองกองมาห่อหุ้มด้วยพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าสามารถช่วยรักษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลลองกองได้ โดยช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและลดการเน่าเสียของผล และการทดลองของจารุวรรณ (2548) พบว่าผักกาดหอมที่บรรจุในกล่องพลาสติก มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า มีคุณภาพดีและมีอายุการเก็บรักษานานกว่าภาชนะบรรจุที่เจาะรูและที่บรรจุในถาดโพนที่ปิดด้วยโพลีไวนิลคลอไรด์ที่สามารถยืดและหดทำให้ก๊าซและไอน้ำสามารถระเหยผ่านได้บ้าง

โดยส่วนใหญ่พืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานขึ้นมักจะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง หรือความเขียวสดของผลิตผลลดลง แต่ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าเมื่อวางยอดผักหวานป่าไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานขึ้น ความเขียวของยอดผักหวานป่ามีมากขึ้น (รูปที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์บีที่เพิ่มขึ้นเมื่อวางยอดผักหวานป่าที่อุณหภูมิต่ำ เป็นเวลานานขึ้น (ตารางที่ 1) ผลการทดลองครั้งนี้คลาดเคลื่อนไม่เป็นไปตามทฤษฎี อาจเนื่องมาจากน้ำหนักสดที่ลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อวาง

ยอดผักหวานป่าในอุณหภูมิต่ำ และเมื่อเก็บรักษา ยอดเพิ่มมากขึ้น จึงอาจจะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์บี เป็นเวลานานขึ้น ทำให้น้ำหนักเดิมที่ไว้วัดค่ามีจำนวน เพิ่มขึ้นและคลอโรฟิลล์เอเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

ตารางที่ 1 การสูญเสียน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี malondialdehyde (MDA) และการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ ของยอดผักหวานป่า เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 12 วัน

สิ่งที่วัด	วันที่	ชุดควบคุม	ชุดทดลองใส่ถุง	ชุดทดลองห่อผ้า	F-Test ¹
การสูญเสียน้ำหนักสด (%)	0	0a	0a	0a	ns
	3	46.21 ² ±1.85c	9.15±2.16a	21.18±6.41b	*
	6	62.44±4.48c	22.06±2.75a	45.91±4.01b	*
	9	62.40±8.25b	33.18±18.22a	68.10±1.12b	*
	12	66.04±1.90b	36.90±5.81a	64.20±1.92b	*
ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักสด)	0	29.32±0.76	29.32±0.76	29.32±0.76	ns
	3	28.63±0.85	29.84±0.46	29.70±0.46	ns
	6	27.06±2.91	29.78±0.07	29.13±0.57	ns
	9	28.44±0.58a	29.93±0.32b	28.81±0.18a	*
	12	29.00±0.11a	29.80±0.38b	28.83±0.37a	*
ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักสด)	0	14.36±5.29	14.36±5.29	14.36±5.29	ns
	3	41.58±0.70	31.04±9.52	34.02±10.70	ns
	6	51.49±2.21b	32.84±4.03a	42.45±5.43ab	*
	9	47.98±2.95b	26.51±5.83a	44.85±2.93b	*
	12	50.51±0.31b	32.28±3.35a	51.29±0.21b	*
ปริมาณ MDA (ไมโครโมล/กรัม น้ำหนักสด)	0	0.008±0.002	0.008±0.002	0.008±0.002	ns
	3	0.015±0.007	0.019±0.002	0.015±0.004	ns
	6	0.050±0.004c	0.013±0.003a	0.029±0.003b	*
	9	0.070±0.003b	0.032±0.003a	0.057±0.011b	*
	12	0.051±0.015	0.032±0.001	0.037±0.001	ns
การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ (%) (ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักสด)	0	1.56±0.54	1.56±0.54	1.56±0.54	ns
	3	8.44±0.47b	1.65±0.31a	4.10±1.62a	*
	6	33.68±8.14b	5.5±1.91a	25.08±8.77b	*
	9	33.25±1.87b	17.20±3.94a	32.63±1.61b	*
	12	38.59±1.54c	26.38±0.19a	34.57±1.38b	*

หมายเหตุ: ¹ ns = non-significant difference คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ; * = significant difference คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

² ค่าที่แสดงมาจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี least significance difference (LSD) test

ตารางที่ 2 การประเมินสภาพโดยรวมของยอดผักหวานป่า เมื่อเก็บรักษาด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 12 วัน

วันที่	ระดับคะแนน ¹		
	ชุดควบคุม	ชุดทดลองใส่ถุง	ชุดทดลองห่อผ้า
0	5	5	5
3	3	5	4
6	2	4	3
9	1	3	2
12	1	2	1

หมายเหตุ: ¹ระดับคะแนน ประเมินจากสภาพของยอดผักหวานที่ปรากฏ ดังนี้ คะแนน 5 คุณภาพดีมาก คือ ยอดผักหวานปามีสีเขียวอมเหลือง มีสภาพสด ยอดเต่ง; คะแนน 4 คุณภาพดี คือ ยอดผักหวานปามีสภาพสด สีเริ่มเปลี่ยนเป็นเขียวเข้มขึ้น; คะแนน 3 คุณภาพปานกลาง คือ ปลายยอดผักหวานป่าเหี่ยว สีเปลี่ยนเป็นเขียวเข้ม; คะแนน 2 คุณภาพไม่ดี คือ ผักหวานป่าเหี่ยวทั้งยอด ยอดมีสีเขียวเข้ม; คะแนน 1 คุณภาพไม่ดีที่สุด คือ ผักหวานป่าเหี่ยวและแห้งกรอบทั้งยอด ยอดมีสีเขียวเข้ม

เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองทางด้านชีวเคมีของยอดผักหวานป่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ MDA และค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษายอดผักหวานป่าไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานขึ้น (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Mao et al. (2007) ที่พบว่าผลแดงกว่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลานาน 15 วัน ค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ และปริมาณ MDA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น โดยมีการเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ทฤษฎีหนึ่งที่น่ามาอธิบายความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผักผลไม้ที่เก็บรักษาอุณหภูมิต่ำ คือ ความเครียดจากอนุมูลอิสระจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับ phospholipids ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้ม ทำให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มถูกทำลายได้สูง กระบวนการดังกล่าวนี้เรียกว่า lipid peroxidation ซึ่งสามารถวัดได้จากสารผลิตภัณฑ์ที่ชื่อ MDA (Mittler, 2002) ดังนั้น MDA จึงจัดเป็นตัวบ่งชี้ที่สามารถใช้บ่งบอกความเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ตัวหนึ่ง ซึ่งมักสอดคล้องกับค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์

กล่าวคือ หากค่า MDA สูง นั้นหมายความว่าเยื่อหุ้มเซลล์มีการเสื่อมสภาพสูง ก็จะส่งผลให้มีการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์หรือสารที่มีประจุออกจากเซลล์สูงเช่นกัน ซึ่งอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การสูญเสียน้ำหนักสดของยอดผักหวานป่าเพิ่มมากขึ้น นอกเหนือไปจากการระเหยของน้ำดังที่กล่าวมา

สรุปผลการวิจัย

วิธีการที่สามารถเก็บยอดผักหวานป่า ให้ความสด เต่ง เขียว น้ารับประทานได้นานที่สุดในอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส คือ การเก็บยอดผักหวานป่าในถุงพลาสติก ซึ่งสามารถเก็บได้นาน 6 วัน โดยมีการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณ MDA และค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ต่ำกว่าวิธีการที่เก็บยอดผักหวานป่าโดยไม่มียวสดุใด ๆ ห่อหุ้ม หรือห่อหุ้มด้วยผ้าขาวบางที่ชุบน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ นางสาวอัญชลี ธีระสุข นักศึกษาที่มีส่วนช่วยในงานวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- จารุณี จุงกลาง. (2550). การเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีระและชีวเคมีบางประการของผลชมพูพันธุ์ทับทิมจันทร์ในสภาวะอุณหภูมิต่ำ. ใน: รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 36 หน้า.
- จารุวรรณ แก้วรักษา. (2548). ผลภาชนะบรรจุต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักกาดหอม. ปัญหาพิเศษ เกษตรศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- จิ่งแท้ ศิริพานิช. (2550). ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการหายใจของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. นครปฐม. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. หน้า 323-364.
- ดวงพร อมิตร์ดิณะ และชำนาญ ทองกลัด. (2536). การยืดอายุการเก็บรักษามะระจีนด้วยถุงพลาสติกชนิดต่างๆ. ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2536 ศูนย์วิจัยพืชสวน พิจิตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิจิตร. 439 หน้า.
- วาสนา ณ ผืน นิธิยา รัตนพนนท์ และนันทริญา นุเสน. (2550). ผลของอุณหภูมิต่ำต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลลองกอง. ใน: การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 5. โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ คอนเวนชั่น. กรุงเทพฯ.
- สุชาติ สุกิตติกุล. (2552). การเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีระวิทยาและเคมีบางประการของผลมะเขือเทศ พริกหนุ่ม และแตงกวาในสภาวะอุณหภูมิต่ำ. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 43 หน้า.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2548). สรีรวิทยาพืช. กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดัก. หน้า 216-227.
- สมโภชน์ น้อยจินดา และ อภิญญา วิเวโก. (2545). การชะลอการเกิดอาการสะท้อนหนาวในผลชมพู (*Eugenia javanica* Lamk.) โดยการห่อฟิล์ม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 33 (6(พิเศษ)): 36-39.
- Chappelle, E.W., Kim, M.S. and McMurtrey, J.E. (1992). Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): an algorithm for the remote estimation of the concentration of chlorophyll *a*, chlorophyll *b* and carotenoids in soybean leaves. *Remote Sensing of Environment* 39: 239-247.
- Mao, L., Pang, H., Wang, G. and Zhu, C. (2007). Phospholipase activity of cucumber fruit in response to chilling stress. *Postharvest Biology and Technology* 44: 42-47.
- Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science* 7: 405-410.
- Shewfelt, R.L. and del Rosario, B.A. (2000). The role of lipid peroxidation in storage disorders of fresh fruits and vegetables. *HortScience* 35: 575-579.
- Velikova, V., Yordanov, I. and Edreva, A. (2000). Oxidative stress and some antioxidant system in acid rain-treated bean plant: Protective role of exogenous polyamines. *Plant Science* 151: 59-66.
- Wills, R.B.H., McGlasson, W.B., Graham, D. and Joyce, D.C. (2007). *Postharvest* (5th edition). Australia: University of New South Wales Press Ltd. pp. 122-123

