

รูปแบบการเก็บรักษาที่เหมาะสมกับผลผลิตที่มีความบอบบางสูง :

กรณีศึกษาผักต้นอ่อนทานตะวัน

Optimal Storage Pattern for Extremely Delicate Produce :

Case Study of Sunflower Sprouts

จันทราภรณ์ พุนดี สุรมงคล นิมจิตต์*

สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 ถนนรังสิต-นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

Juntraporn Poondee Suramongkol Nimchit*

Logistics Management, Faculty of Business Administration,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi

39 Rangsit-Nakhornnayok Rd., Thanyaburi, Pathum Thani 12110, Thailand

*Corresponding author e-mail : suramongkol_n@mail.rmutt.ac.th, juntraporn_p@mail.rmutt.ac.th

(Received: September 6, 2021; Accepted: November 3, 2021)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและรูปแบบการเก็บรักษาที่มีต่ออายุการเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวันหลังการเก็บเกี่ยวที่จัดเก็บในตู้แช่เย็น การศึกษาครั้งนี้ใช้การวิจัยเชิงทดลองเพื่อหาอายุการเก็บรักษาและรูปแบบการจัดเรียงผักต้นอ่อนทานตะวันในตู้แช่เย็นที่เหมาะสมโดยการรวบรวมจาก 9 การทดลองย่อยด้วยการบันทึกระยะเวลาจนพบความเสียหายกับผักต้นอ่อนทานตะวันที่จัดเก็บในตู้แช่เย็นภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 2, 5 และ 7 องศาเซลเซียส และรูปแบบการจัดวางที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ วางชิดติดกัน เว้นระยะห่าง และเว้นช่องว่างเฉพาะด้านหลังตู้แช่เย็น โดยแต่ละการทดลองจะทำซ้ำ 5 ครั้ง และวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยและรูปแบบการจัดวางมีผลต่ออายุการเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยอุณหภูมิและรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดคือเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และจัดวางแบบชิดติดกัน ทำให้มีระยะเวลาการเก็บรักษาได้นานที่สุดเฉลี่ย 6.8 วัน

คำสำคัญ : ผักต้นอ่อนทานตะวัน รูปแบบการจัดวาง ผลผลิตที่มีความบอบบางสูง

ABSTRACT

This research study aimed to investigate the effects of temperature change and storage pattern on the shelf life of sunflower sprouts refrigerated after harvesting. This study, which is based on experimental research, finds the appropriate shelf life and the layout of sunflower sprouts in refrigerator by compiling 9 sub-trials. The elapsed times of rottenness were recorded for sunflower sprouts stored in the refrigerator at 3 different temperatures: 2, 5 and 7 degrees Celsius, and 3 different layouts: adjoining layout, spacing layout, and spacing layout near the rear of the refrigerator interior. Each

experiment was repeated 5 times. The statistical method used to analyze the data was two-way analysis of variance at a statistically significant level of .05. It was found that the average temperature and the storage pattern had an effect on the shelf life of sunflower sprouts with a statistically significant level of .05. The optimum storage temperature was 5 degrees Celsius and the optimum storage pattern was the adjoining storage pattern. The optimum temperature and storage pattern resulted in the longest shelf life of sunflower sprouts for an average of 6.8 days.

Keywords: Sunflower sprouts, Layout pattern, Extremely delicate produce.

1. บทนำ

ผักต้นอ่อนทานตะวันจัดเป็นสินค้าเกษตรที่มีการนำเข้าได้ง่าย ต้องการการลงทุนในการผลิต การจัดเก็บ และการขนส่งสูงมากเนื่องจากสินค้าจะถึงมือผู้บริโภคคนสุดท้ายจะต้องผ่านผู้ค้าส่ง ผู้ค้าปลีก และกระบวนการต่าง ๆ ทางด้านโลจิสติกส์ ยิ่งไปกว่านั้น การตลาดด้านสินค้าเกษตรในปัจจุบันมีการแข่งขันสูงขึ้น ดังนั้นเพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันจึงจำเป็นต้องอาศัยหลักการห่วงโซ่อุปทานที่ดี โดยเริ่มตั้งแต่การไหลของวัตถุดิบ การวางแผนการผลิต ระบบการผลิต การจัดเก็บสินค้า ตลอดจนการจัดจำหน่าย ซึ่งแต่ละกระบวนการจะเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเป็นเครือข่าย หากเกิดผลกระทบในช่วงใดช่วงหนึ่งทำให้ส่งผลกระทบต่อทั้งระบบ [1]-[4]

นอกจากเกษตรกรจะต้องมีความรู้ด้านการเพาะปลูกเป็นอย่างดีเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพแล้ว ยังต้องทราบถึงกระบวนการจัดการภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อให้ผลผลิตยังคงความสดอยู่เสมอจนถึงมือผู้บริโภค จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าผลผลิตที่เป็นส่วนของพืชโดยเฉพาะผักภายหลังการเก็บเกี่ยวแล้วจะมีอัตราการหายใจสูงเนื่องจากยังอยู่ในช่วงเจริญเติบโตเซลล์ต่าง ๆ ยังมีชีวิตและยังหายใจอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง ซึ่งกระบวนการการหายใจเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับวิธีการเก็บรักษาผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว [5], [6] ดังเช่น การวางผักทิ้งไว้ในบริเวณที่อากาศร้อนผักก็จะเหี่ยวเฉาอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผักที่ถูกตัด

หรือตัดออกมานั้นยังคงมีชีวิต และมีการหายใจ กระบวนการหายใจของพืชเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผักสูญเสียความสด [7] นอกจากนั้นยังปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ทำให้เกิดการปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมาด้วย เรียกว่า vital heat มีผลทำให้ผลผลิตมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกมาจะแตกต่างกันไปตามชนิดของผัก ทำให้เกิดผลเสียและเกิดการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น เช่น ผักเหี่ยว เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ [8], [9]

ดังนั้นภายหลังจากการเก็บเกี่ยวจึงควรจัดให้ผักมีการหายใจต่ำที่สุดเพื่อจะไม่ก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วก่อนถึงมือผู้บริโภค หนึ่งในนั้นคือการลดอุณหภูมิการเก็บรักษาให้ต่ำลง เพื่อระบายความร้อนออกจากผักให้เร็วที่สุด การระบายความร้อนด้วยการเก็บรักษาผักในห้องเย็นเป็นการปรับปรุงปัจจัยทางด้านอุณหภูมิเพื่อให้ผลผลิตมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามอุณหภูมิไม่ควรต่ำเกินไป เนื่องจากอุณหภูมิที่ลดต่ำลง ทุก ๆ 10 องศาเซลเซียส จะทำให้อัตราการหายใจลดลง 2-4 เท่า อุณหภูมิที่ต่ำมาก ๆ ทำให้เกิดอันตรายต่อผลผลิตและจะทำให้ผักเกิดอาการสะท้อนหนาวได้ [10] นอกจากนี้การเจาะรูเล็ก ๆ บนบรรจุภัณฑ์เพื่อระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผักปลดปล่อยออกมายังสามารถช่วยลดความร้อนที่เกิดจากการหายใจของผักหลังการเก็บเกี่ยวได้อีกด้วย หากไม่มีการเจาะรูระบายอากาศจะทำให้เกิดก๊าซเอทิลินสะสมอยู่ในถุง ก๊าซเอทิลินจะไปกระตุ้นกระบวนการสลายคลอโรฟิลล์ให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น

กระบวนการสุก การเปลี่ยนสีเขียวเป็นสีเหลือง ทำให้ใบผักเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเร็วขึ้นได้ ซึ่งการสูญเสียสีเขียวหรือคลอโรฟิลล์จะแสดงถึงการเสื่อมคุณภาพสภาพและการสูญเสียสารอาหารในผัก [11] การบรรจุในถุงขนาดเล็กน้อยมีรูอย่างน้อย 2-4 รู ขนาด 0.2-0.5 เซนติเมตร เพื่อให้มีการระบายอากาศ ผลผลิตจะไม่ขาดก๊าซออกซิเจน และไม่เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขณะวางขาย [12], [13] ซึ่งผักต้นอ่อนทานตะวันเป็นผักที่มีความบอบบาง ซ้ำง่าย และมีอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นการจัดเก็บผักต้นอ่อนทานตะวันหลังเก็บเกี่ยวที่ดีและอุณหภูมิที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการผลิตและการขาย และยังช่วยให้การเสื่อมคุณภาพหรือการสูญเสียสารอาหารของผักในระยะหลังการเก็บเกี่ยวลดลงอีกด้วย

เพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับผักต้นอ่อนทานตะวันมากขึ้น ผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลเพิ่มเติมด้วยการลงพื้นที่สัมภาษณ์เกษตรกร ผู้ค้าส่งและผู้ค้าปลีกในเขตจังหวัดปทุมธานี สัมภาษณ์ผู้ค้าส่งและผู้ค้าปลีกที่อยู่ในตลาดภายในเขตจังหวัดปทุมธานี 2 แห่ง คือ ตลาดไท และตลาดสี่มุมเมือง พบว่า ผักต้นอ่อนทานตะวันพร้อมบริโภคจะเกิดปัญหาผักเน่าเสียและบอบช้ำภายหลังการเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาในตู้แช่เย็นเพียงแค่ 6-7 ชั่วโมงเท่านั้นที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส จากการสังเกตเกษตรกร ผู้ค้าส่งและผู้ค้าปลีก พบว่าหลายรายมีการจัดวางผลผลิตในตู้ที่ทับซ้อนกันหลาย ๆ ถัง และบางรายมีการจัดวางแบบพืดขึ้นวาง และไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิการเก็บรักษา ทำให้ต้องเสียทั้งผลผลิตและเสียต้นทุนการผลิตซึ่งยังไม่รวมการสูญเสียเปล่าด้านการจัดการต่าง ๆ หลังการเก็บเกี่ยวไม่ว่าจะเป็นการคัด ล้าง บรรจุ ขนส่ง และค่าการตลาด

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้นำปัญหาความเสียหายของผักต้นอ่อนทานตะวันหลังการเก็บเกี่ยวมาทำการวิจัยโดยเน้นถึงการจัดวางและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวันหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและลดความเสียหาย

การวิจัยเชิงทดลองนี้มีเป้าหมายเพื่อนำองค์ความรู้และประสบการณ์ที่ได้จากการศึกษาและงานวิจัยมาเป็นแนวทางเพื่อยกระดับศักยภาพของเกษตรกรไทยรักษาคุณภาพของผลผลิตการเกษตร สามารถพัฒนาธุรกิจให้มีการเติบโต เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้อยู่รอดได้ทั้งตลาดในประเทศและตลาดต่างประเทศ

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ผักต้นอ่อนทานตะวันที่คัดเลือกจะแยกส่วนที่มีตำหนิออก จากนั้นบรรจุผักต้นอ่อนทานตะวันน้ำหนัก 200 กรัมในถุงพลาสติกพับข้างชนิดใสพิเศษ ขนาด 8x12 นิ้ว เจาะรูเหนือส่วนล่างของถุง 5 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 4 รู ปิดปากถุงด้วยเครื่องปิดผนึกไฟฟ้า

2. ตู้แช่เย็น ตรา SANDENINTERCOOL รุ่น SPA-0253D41A ขนาด 560x515x1,625 มิลลิเมตร ที่มีระบบทำความเย็นแบบอัดไอ โดยใช้คอมเพรสเซอร์ขนาด 1/6 แรงม้า ใช้สารทำความเย็นชนิด R-134a ตู้แช่เย็นมีความจุโดยรวมเท่ากับ 0.27 ลูกบาศก์เมตร มีประสิทธิภาพการทำความเย็นในช่วง 0-10 องศาเซลเซียส ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิเพื่อเก็บรักษาผลผลิต

3. เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ตรา Wisco รุ่น AI210 ใช้สำหรับบันทึกอุณหภูมิภายในตู้แช่เย็นโดยจะบันทึกอุณหภูมิภายในตู้แช่เย็นทุกๆ 5 นาที ในระยะเวลาการทดลอง 7 วันต่อการทดลอง 1 ครั้ง

โดยมีอุปกรณ์ทั้ง 3 ส่วนที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นจะถูกนำมาติดตั้ง แสดงดังรูปที่ 1

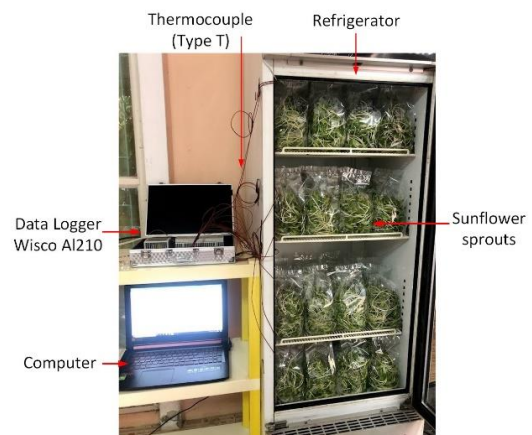
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ชุดการทดลองเพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวัน ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง โดยจะบันทึกผลทุกๆวัน ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 7 วัน ต่อการทดลอง 1 ครั้ง หรือจนกว่าจะพบความผิดปกติทางสรีรวิทยา เพื่อประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์และวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักต้นอ่อนทานตะวัน การประเมินนี้จะพิจารณาจาก สี

ลักษณะที่ปรากฏและคุณภาพโดยรวม ซึ่งเป็นการแสดงถึงคุณภาพผักต้นอ่อนทานตะวัน โดยใช้วิธีการให้คะแนนทางคุณภาพของผักต้นอ่อนทานตะวัน 5 ระดับคะแนน ดังนี้

1. การพิจารณาสี ทดสอบโดยใช้สายตาในการประเมินสีของผักต้นอ่อนทานตะวัน ดังนี้ ระดับคะแนน 5 หมายถึง ใบผักต้นอ่อนทานตะวันมีสีเขียวมาก ระดับคะแนน 4 หมายถึง ใบผักต้นอ่อนทานตะวันมีสีเขียว ระดับคะแนน 3 หมายถึง ใบผักต้นอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองเล็กน้อยประมาณร้อยละ 25 ระดับคะแนน 2 หมายถึง ใบผักต้นอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองประมาณร้อยละ 50 และระดับคะแนน 1 หมายถึง ใบผักต้นอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองมากกว่าร้อยละ 50

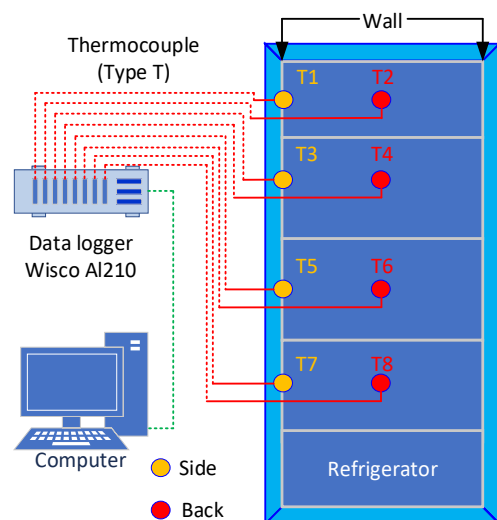
2. การพิจารณาลักษณะที่ปรากฏ ประเมินโดยใช้สายตาคุณลักษณะภายนอกของผักต้นอ่อนทานตะวัน ได้แก่ ความเหี่ยว เน่า ซ้ำ และความผิดปกติทางสรีรวิทยา ดังนี้ ระดับคะแนน 5 หมายถึง ผักต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะสดมาก ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ซ้ำและไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา ระดับคะแนน 4 หมายถึง ผักต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะสด ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ซ้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา ระดับคะแนน 3 หมายถึง ผักต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ซ้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา ระดับคะแนน 2 หมายถึง ผักต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเริ่มเน่า เริ่มซ้ำ และเริ่มมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา และระดับคะแนน 1 หมายถึง ผักต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยว เน่า ซ้ำ และมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา

3. การพิจารณาคุณภาพโดยรวม ประเมินคุณภาพโดยรวมของผักต้นอ่อนทานตะวัน โดยพิจารณาจากสี และลักษณะที่ปรากฏ ดังนี้ ระดับคะแนน 5 หมายถึง คุณภาพดีมาก ระดับคะแนน 4 หมายถึง คุณภาพดี ระดับคะแนน 3 หมายถึง คุณภาพยอมรับได้ ระดับคะแนน 2 หมายถึง คุณภาพไม่ค่อยดี ระดับคะแนน 1 หมายถึง คุณภาพไม่ดี และจะสิ้นสุดการทดลองการเก็บรักษา เมื่อมีคะแนนประเมินน้อยกว่า 3 คะแนน



รูปที่ 1 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์การทดลองและการจัดเรียงตัวอย่างทดลอง

แบบทดลองการจัดเก็บในตู้แช่เย็นจะมีการปรับตั้งอุณหภูมิที่ 2, 5 และ 7 องศาเซลเซียส บันทึกผลโดยใช้อุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิ (Data Logger) เชื่อมต่อกับสายวัดอุณหภูมิชนิด T (Thermocouple type T) ซึ่งติดตั้งในตู้แช่เย็นที่บริเวณผนังด้านหลังและด้านข้าง จำนวน 4 ชั้น ชั้นละ 2 จุด รวมทั้งหมด 8 จุด โดยแต่ละชั้นวางมีระยะห่างระหว่างชั้น 12 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data Logger)

ในการทดลองจะมีการบันทึกอุณหภูมิและปรับเปลี่ยนการจัดวาง (Layout) การจัดเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวันในตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ

โดยออกแบบการจัดวางเป็น 3 รูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3-5



ด้านหลังตู้			
X	X	X	X
X	X	X	X
X	X	X	X
ด้านหน้าตู้			

รูปที่ 3 การจัดวางแบบเต็มพื้นที่ (รูปแบบที่ 1)



ด้านหลังตู้			
X		X	
	X		X
X		X	
ด้านหน้าตู้			

รูปที่ 4 การจัดวางแบบเว้นระยะห่าง (รูปแบบที่ 2)

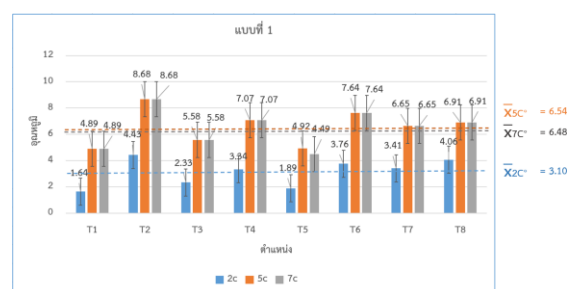


ด้านหลังตู้			
X	X	X	X
X	X	X	X
ด้านหน้าตู้			

รูปที่ 5 การจัดวางแบบชิดด้านหน้าเว้นด้านหลัง (รูปแบบที่ 3)

(Data Logger) นำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย รายละเอียดของ การทดลองแต่ละกรณีสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

การจัดวางรูปแบบที่ 1 (รูปที่ 6) เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิ ตู้แช่เย็นที่ 2 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ภายในอยู่ระหว่าง 1.64 – 4.06 องศาเซลเซียส เมื่อตั้งค่า อุณหภูมิตู้แช่เย็นที่ 5 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าเฉลี่ย อุณหภูมิภายในอยู่ระหว่าง 4.89- 6.91 องศาเซลเซียส และตั้งค่าอุณหภูมิตู้แช่เย็นที่ 7 องศาเซลเซียส พบว่า มี ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในอยู่ระหว่าง 4.89 – 6.91 องศา เซลเซียส เนื่องจากการจัดวางผักต้นอ่อนทานตะวัน รูปแบบที่ 1 มีความหนาแน่นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ รูปแบบที่ 2 และ รูปแบบที่ 3 จึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่าง ผลผลิตกันน้อย การไหลเวียนของความร้อนผ่านช่องว่าง ระหว่างผลผลิตกันเป็นไปได้น้อย แสดงให้เห็นว่าไม่ทำให้เกิด ความเย็นสะสมรอบๆ ผลผลิตกัน จึงทำให้ผักต้นอ่อน ทานตะวันสามารถรักษาอัตราการหายใจไม่ให้สูงเกินไป และอุณหภูมิไม่ลดลงอย่างรวดเร็วจนทำให้ผักนั้น เสื่อมสภาพ ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่าผักยังคงสภาพหรือ สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นเนื่องจากอัตราการ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากค่าที่กำหนดมีค่าใกล้เคียงกัน



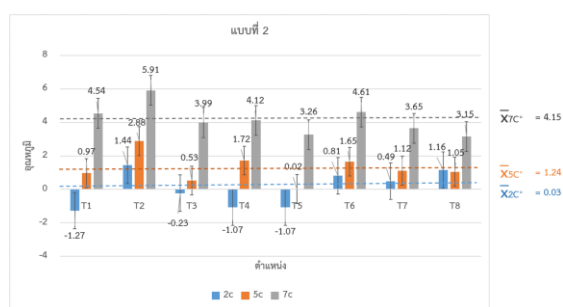
รูปที่ 6 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในการจัดวาง ผักต้นอ่อนทานตะวันแบบที่ 1

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 อุณหภูมิที่แท้จริงภายในตู้แช่เย็น โดยการ ทดลองปรับตั้งอุณหภูมิที่แตกต่างกันคือ 2, 5 และ 7 องศาเซลเซียส ในการจัดวางผลผลิตกัน 3 รูปแบบ เมื่อ บันทึกรวบรวมอุณหภูมิจากอุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิ

การจัดวางรูปแบบที่ 2 (รูปที่ 7) เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิ ตู้แช่เย็นที่ 2 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ภายในอยู่ระหว่าง -1.27 – 1.44 องศาเซลเซียส เมื่อตั้งค่า อุณหภูมิตู้แช่เย็นที่ 5 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าเฉลี่ย อุณหภูมิภายในอยู่ระหว่าง 0.02 – 2.88 องศาเซลเซียส และตั้งค่าอุณหภูมิตู้แช่เย็นที่ 7 องศาเซลเซียส พบว่า

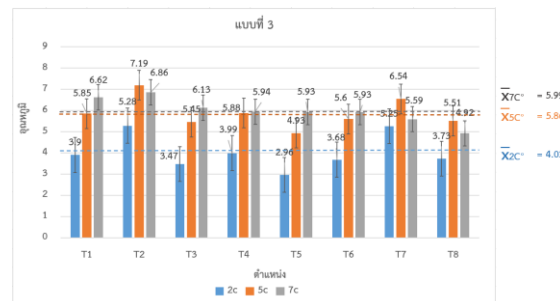
มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในอยู่ระหว่าง 3.15-4.61 องศาเซลเซียส จะสังเกตได้ว่าอุณหภูมิโดยรวมจะต่ำกว่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ สาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิต่ำลงเนื่องจากการจัดวางรูปแบบที่ 2 มีช่องว่างระหว่างผลิตภัณฑ์จึงทำให้เกิดความเย็นสะสม ทำให้ผักต้นอ่อนทานตะวันมีอาการหายใจที่ลดลงและเกิดอาการสะท้อนหนาว [15] ดังนั้นผักต้นอ่อนทานตะวันจึงเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วส่งผลให้อายุการเก็บรักษาลดลงตามไปด้วย



รูปที่ 7 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในการจัดวางผักต้นอ่อนทานตะวันแบบที่ 2

การจัดวางรูปแบบที่ 3 (รูปที่ 8) เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิตู้แช่เย็นที่ 2 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในอยู่ระหว่าง 2.96 – 5.28 องศาเซลเซียส เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิตู้แช่เย็นที่ 5 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในอยู่ระหว่าง 4.93 – 5.88 องศาเซลเซียส และตั้งค่าอุณหภูมิตู้แช่เย็นที่ 7 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในอยู่ระหว่าง 4.92-6.86 องศาเซลเซียส จะสังเกตได้ว่าอุณหภูมิโดยรวมมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่กำหนดไว้ เนื่องจากการจัดวางผักต้นอ่อนทานตะวันรูปแบบที่ 3 มีความหนาแน่นเฉพาะด้านหน้าของชั้นวางและว่างด้านหลัง จึงทำให้เกิดช่องว่างและการไหลเวียนของความเย็นผ่านช่องว่างระหว่างผลิตภัณฑ์น้อยกว่ารูปแบบที่ 2 ทำให้ไม่เกิดความเย็นสะสมรอบๆผลิตภัณฑ์มากเกินไป ผักต้นอ่อนทานตะวันยังคงรักษาอัตราการหายใจและอุณหภูมิไม่ลดลงอย่างรวดเร็วจนทำให้ผักนั้นเสื่อมสภาพ ดังนั้น จึงอนุมานได้ว่าผักยังคงสภาพหรือสามารถเก็บรักษานานขึ้นเนื่องจากอัตราการ

เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากค่าที่กำหนดมีค่าใกล้เคียงกันแต่ยังคงเก็บรักษาได้น้อยวันกว่าการจัดวางรูปแบบที่ 1



รูปที่ 8 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในการจัดวางผักต้นอ่อนทานตะวันแบบที่ 3

3.2 การทดลองที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 2, 5 และ 7 องศาเซลเซียส ของการจัดวาง 3 แบบ โดยทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์อุณหภูมิที่แตกต่างกันในการจัดวางแต่ละแบบที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวันหลังการเก็บเกี่ยว

ผลการทดลองอุณหภูมิกับการจัดวางแบบที่ 1 (ตารางที่ 1) พบว่าผักต้นอ่อนทานตะวันยังไม่แสดงอาการเสื่อมคุณภาพภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน แต่หลังจากนั้นผักต้นอ่อนทานตะวันจะแสดงอาการใบเหลืองและเหี่ยว ที่คะแนนประเมินคุณภาพน้อยกว่า 3 คะแนน ในช่วงวันที่ 6-7 โดยค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่จัดเก็บได้มากที่สุดเท่ากับ 6.8 วัน และค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่จัดเก็บได้น้อยวันที่สุดเท่ากับ 4.2 วัน ในอุณหภูมิที่ 2 องศาเซลเซียส ผลการทดลองอุณหภูมิกับการจัดวางแบบที่ 2 พบว่าผักต้นอ่อนทานตะวันยังไม่แสดงอาการเสื่อมคุณภาพภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน แต่หลังจากนั้น ผักต้นอ่อนทานตะวันจะแสดงอาการใบช้ำน้ำหรือเรียกว่าอาการสะท้อนหนาว ที่คะแนนประเมินคุณภาพน้อยกว่า 3 คะแนน ในช่วงวันที่ 4 โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่จัดเก็บได้มากที่สุดเท่ากับ 4.6 วัน ในขณะที่การเก็บรักษา ผักต้นอ่อนทานตะวันที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส พบว่าแสดงอาการสะท้อนหนาว ในช่วงวันที่ 2 ของการเก็บ

รักษาโดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่จัดเก็บได้น้อยวันที่สุดเท่ากับ 3.2 วัน ผลการทดลองอุณหภูมิกับการจัดวางแบบที่ 3 พบว่าผักต้นอ่อนทานตะวันยังไม่แสดงอาการเสื่อมคุณภาพภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน แต่หลังจากนั้นผักต้นอ่อนทานตะวันจะแสดงอาการใบเหลืองและเหี่ยว ที่คะแนนประเมินคุณภาพน้อยกว่า 3 คะแนน ในช่วงวันที่ 5 โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่จัดเก็บได้มากที่สุดเท่ากับ 5.6 วัน และค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่จัดเก็บได้น้อยวันที่สุดเท่ากับ 4.2 วัน ในอุณหภูมิที่ 2 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนวันที่สามารถเก็บรักษาได้ จำแนกตามอุณหภูมิและรูปแบบการจัดวาง

รูปแบบ	อุณหภูมิ	จำนวน	จำนวนวันที่สามารถเก็บรักษาได้	
			Mean	SD
1	2	5	4.20	.447
	5	5	6.80	.447
	7	5	5.80	.447
2	2	5	3.20	.447
	5	5	4.60	.548
	7	5	4.00	.000
3	2	5	4.20	.447
	5	5	5.60	.548
	7	5	5.40	.548

3.3 การวิเคราะห์ทางสถิตินำข้อมูลผลการทดลองของอุณหภูมิและรูปแบบการจัดวางมาวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-Way ANOVA) เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการจัดวางที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวันหลังการเก็บเกี่ยวด้วยการพิจารณาความแตกต่างของอุณหภูมิที่จัดเก็บผักต้นอ่อนทานตะวันวันที่ 2, 5 และ 7 องศาเซลเซียส และการจัดวางผักต้นอ่อนทานตะวันในตู้แช่เย็นที่ออกแบบไว้ 3 รูปแบบ พบว่ารูปแบบการจัดวาง ค่า Sig. = .000 อุณหภูมิ ค่า Sig. = .000 และรูปแบบการจัดวางและอุณหภูมิ ค่า Sig. = .025 แสดงว่าอายุเฉลี่ยของการเก็บรักษาแตกต่างกันตามอุณหภูมิและรูปแบบการจัดวางแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการทดลองสรุปได้ว่าอุณหภูมิและรูปแบบการจัดวาง พบว่ามีอายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน โดยการจัดวางแบบที่ 1 ภายหลังการเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวัน 7 วัน ผักต้นอ่อนทานตะวันจะมีลักษณะที่เหี่ยว เหลือง และขนาดของผลบริเวณรอยตัดจะขยายใหญ่ขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น จนสังเกตได้ชัดเจนในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ซึ่งสามารถเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวันได้นานวันที่สุดที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 6.8 วัน เก็บได้น้อยวันที่สุดที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 4.2 วัน เมื่อนำผักต้นอ่อนทานตะวันไปเก็บรักษาในรูปแบบการจัดวางแบบที่ 2 พบว่าผักต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะที่มีอาการส่อท้นหนาว สีของลำต้นจะขาวและใสมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น จนสังเกตได้ชัดเจนในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ซึ่งสามารถเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวันได้นานวันที่สุด ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 4.6 วัน เก็บได้น้อยวันที่สุดที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 3.2 วัน และรูปแบบการจัดวางแบบที่ 3 พบว่าผักต้นอ่อนทานตะวันจะมีลักษณะที่เหี่ยว เหลือง และขนาดของผลบริเวณรอยตัดจะขยายใหญ่ขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น จนสังเกตได้ชัดเจนในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ซึ่งสามารถเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวันได้นานที่สุดที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 5.6 วัน และเวลาการเก็บรักษาได้สั้นที่สุดที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 4.2 วัน ดังนั้นความแตกต่างของอุณหภูมิและการจัดวางผักต้นอ่อนทานตะวันมีผลทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวัน เช่นเดียวกับผักสดชนิดอื่นๆ ที่อุณหภูมิมีผลต่อคุณภาพผักซึ่งสอดคล้องจริงแท้ ศิริพานิช [14] ได้รายงานถึงอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผัก อุณหภูมิสูงหรือต่ำไปรวมถึงการจัดเก็บรักษาที่ไม่ดีจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงและเสื่อมคุณภาพของผัก

ผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ คือ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน ทำให้ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน และการจัดวางที่แตกต่างกัน ทำให้ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ .05 โดยก่อนการทดลองการจัดเก็บผลผลิต ในตู้แช่เย็น ทั้งหมดจำนวน 48 ถุง ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส พบว่าผลผลิตมีความเสียหาย จำนวน 32 ถุง ในการเก็บรักษาเพียงแค่ 1 วัน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของผลผลิตทั้งหมด ในขณะที่การจัดเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวัน ในการจัดวางแบบที่ 1 โดยใช้อุณหภูมิในการจัดเก็บที่ 5 องศาเซลเซียส สามารถลดความเสียหายได้ คิดเป็นร้อยละ 100 ของผลผลิตทั้งหมด และสามารถจัดเก็บรักษาผลผลิตได้นานมากที่สุด เฉลี่ย 6.8 วัน

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวันหลังการเก็บเกี่ยวสรุปได้ว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการจัดเก็บผักต้นอ่อนทานตะวันคือ 5 องศาเซลเซียส และการจัดวางภายในตู้แช่เย็นแบบที่ 1 คือการจัดวางแบบชิดติดกัน (รูปแบบที่ 1) โดยสามารถเก็บรักษาได้นานวันที่สุด 6.8 วัน

จากผลการวิจัยนี้เกษตรกรจึงควรเห็นความสำคัญของการจัดเก็บผักต้นอ่อนทานตะวันด้วยอุณหภูมิและรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อช่วยลดปัญหาความเสียหายที่เกิดจากการเน่าเสีย ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักต้นอ่อนทานตะวันก่อนถึงผู้บริโภค ช่วยให้ผู้ค้าส่งและผู้ค้าปลีกสามารถมีโอกาสในการขายได้นานมากขึ้น อีกทั้งยังมีประโยชน์กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมวิชาการเกษตร สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยนี้ไปพัฒนาต่อหรือประชาสัมพันธ์ให้กับเกษตรกรที่ไม่สามารถรับข่าวสารข้อมูลทางเทคโนโลยีได้ และนำองค์ความรู้และประสบการณ์ที่ได้จากการศึกษางานวิจัยนี้มาใช้เป็นแนวทางหรือวางแผนการบริหารเพื่อยกระดับศักยภาพของภาคเกษตรไทย เพิ่มประสิทธิภาพของสินค้าการเกษตร สามารถพัฒนาธุรกิจให้มีการเติบโต เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้อยู่รอดได้ทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ

5. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบคุณข้อเสนอแนะต่างๆ จากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิเพื่อใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Chaayos and C. Mayukapun, *Logistics and Supply Chain Strategy Competing in the Global Market*, Nonthaburi : Vision prepress Ltd., 2007, pp. 34-39.
- [2] T. Sirisuwannakit, "Logistics system planning for fruit Export," *Journal Thai VCML*, vol.5, no.10, pp. 37-52, Jun. 2008.
- [3] S. Bunpituk, K. Rattanavijit and S. chomsom, "Study and Analysis of the Supply Chain Management of Mangosteen Producers in Chanthaburi Province," *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal*, vol.5, pp. 105-106, Jan. 2015.
- [4] T. Karot, P. Tharawetcharak and C. Pornsing, "Analysis and Logistics Cost Reduction for Organic Vegetables in the West of Thailand," *Journal of Science and Technology*, vol.10, no.19, pp. 76-80, Jan. 2019.
- [5] C. Siriphanit, *Physiology and Technology Harvest Fruit and Vegetables*, Bangkok : Odeon Store Ltd., 1998, pp. 89-102.
- [6] K. Bunya-atichart, "Postharvest Management and Effects on Quantity and Quality losses of Leafy Vegetable," *Princess of Naradhiwas University Journal*, vol.7, no.3, pp. 148-149, Sep. 2015.

- [7] D. Bunyakert, *Post-storage Harvest Fruit and Vegetables*, Bangkok : Odeon Store Ltd., 2002, pp. 59-62.
- [8] A.K.Thompson, *Fruit and Vegetables Harvesting, Handling and Storage*, Oxford, UK.: Blackwell Publishing Ltd., 1996, pp. 198-203.
- [9] R.B.H. Will, W.B. McGlasson, D. Graham, and D.C. Joyce, *Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*, Australia: University of New South Wales Press Ltd., 1998.
- [10] J.F. Thompson, F.G. Mitchell, T.R. Rumsey, R. F. Kasmire and C.H. Crisosto., *Commercial Cooling of Fruits, Vegetable and Flower*, Oakland, CA: University of California, Agriculture and Natural Resource, Published., 2008, pp. 25-26.
- [11] A.K.Thompson, *Postharvest Technology of Fruit and Vegetables*, Oxford: Blackwell Science Ltd., Cambridge, 1996, pp. 69-72.
- [12] R.E. Paull. "Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality," *Postharvest Biology and Technology*, vol.15, no.3, pp. 263-277, Mar. 1999.
- [13] K. Bunya-atichart, "Effects of Low Temperatures and Storage Duration on Shelf Life of Ready to Cook Melinjo (*Gnetum gnemon* L.) Leaves," *Songklanakarin Journal of Plant Science*, vol.4, no.4, pp. 55-59, October-December, 2017.
- [14] C. Siriphanit, "Post-harvest handling of fruits and vegetables," *Horticulture Journal* (Thailand), vol.21, no.2, pp. 10-19, Mar. , 2006.
- [15] C. Siriphanit, *Post-harvest handling of fruits and vegetables*, vol. 6 , Bangkok : Kasesart University Press, 2006, pp. 55-57.