ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบรรจุ)

ปริญญา

เทคโนโลยีการบรรจุ | เทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง เทคโนโลยีการบรรจุหน่อไม้ฝรั่งและการใช้ Analytical Hierarchy Process (AHP) เป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีก

Packaging Technology for Asparagus and the Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) for Retail Package Design

นามผู้วิจัย นางสาวเบญจวรรณ กิ่งแก้ว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์วาณี ชนเห็นชอบ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุดสาย ตรีวานิช, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธัญญารัตน์ จิญกาญจน์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ **เดือน** **พ.ศ.**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

เทคโนโลยีการบรรจุหน่อไม้ฝรั่งและการใช้ Analytical Hierarchy Process (AHP) เป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีก

Packaging Technology for Asparagus and the Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) for Retail Package Design

โดย

นางสาวเบญจวรรณ กิ่งแก้ว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบรรจุ)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เบญจวรรณ กิ่งแก้ว 2554: เทคโนโลยีการบรรจุหน่อไม้ฝรั่งและการใช้ Analytical Hierarchy Process (AHP) เป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบรรจุ) สาขาเทคโนโลยีการบรรจุ ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์วาณี ชนเห็นชอบ, Ph.D. 145 หน้า

งานวิจัยนี้ศึกษาเทคโนโลยีการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุม และการบรรจุหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศดัดแปลง และศึกษาการประยุกต์ใช้ Analytical Hierarchy Process (AHP) เป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีก จากการศึกษาพบว่าหน่อไม้ฝรั่งมีความทนต่อแก๊สออกซิเจนต่ำสุด 10 kPa และมีความทนต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด 20 kPa จากการศึกษาบรรยากาศควบคุมในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่ระดับแก๊สออกซิเจน 10-15 kPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 10-15 kPa และในบรรยากาศปกติ ที่ 2 องศาเซลเซียส พบว่าที่ระดับ 15 kPa O_2 + 15 kPa CO_2 มีอายุการเก็บรักษามากที่สุด คือ 30 วัน โดยปัจจัยที่จำกัดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง คือ อาการลำต้นเหี่ยวเหลือง และเกิดการเน่าเสียบริเวณปลายยอด จากการศึกษาผลของการบรรจุในบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง เก็บรักษาที่ 2 องศาเซลเซียส โดยทำการบรรจุ 2 รูปแบบ คือ ในถุงและในถาดที่ปิดผนึกด้วยฟิล์มที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ ฟิล์มที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สสูง (NPPE-11 และ NPPE-16) เปรียบเทียบกับฟิล์มที่ใช้ทางการค้าทั่วไป (NPPE-05) พบว่าหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถาดพอลิพรอพิลีน (PP) ที่ปิดผนึกด้วยฟิล์ม NPPE-16 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 35 วัน โดยมีสภาวะบรรยากาศดัดแปลงสมดุลในบรรจุภัณฑ์ เท่ากับ 3-5 kPa O_2 + 3-5 kPa CO_2

ในการประยุกต์ใช้ AHP เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีก ได้ทำการประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีก พบว่า ปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุด คือ สามารถแสดงผักสดภายในได้ชัดเจน มีสิ่งบ่งชี้ความเสื่อมเสียของผักสด และสามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสดได้ จากปัจจัยที่ได้จากการสำรวจนำมาออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับหน่อไม้ฝรั่งโดยใช้ AHP พบว่า ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุได้ผลรวมลำดับความสำคัญมากที่สุด คือ ร้อยละ 41.80 นำผลการวิเคราะห์ด้วย AHP มาเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ขายปลีกในปัจจุบัน โดยทำการสำรวจบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสดส่วนใหญ่ ในแหล่งขายปลีกขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในประเทศไทยและประเทศไต้หวัน พบว่า ถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มยืด และถุงพลาสติกเจาะรู เป็นรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่นิยมมากที่สุดตามลำดับ สำหรับบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้มากที่สุดสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง คือ ถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม ผลจาก AHP แสดงให้เห็นว่าถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุน่าจะเป็นรูปแบบที่ผู้บริโภคต้องการ

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Benjawan Kingkaew 2011: Packaging Technology for Asparagus and the Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) for Retail Package Design. Master of Science (Packaging Technology), Major Field: Packaging Technology, Department of Packaging and Materials Technology. Thesis Advisor: Associate Professor Vanee Chonhenchob, Ph.D. 145 pages.

Controlled atmosphere (CA) storage and modified atmosphere packaging (MAP) and the applications of analytical hierarchy process (AHP) for retail package design were studied for asparagus. The oxygen and carbon dioxide tolerances of asparagus were 10 kPa and 20 kPa, respectively. The optimum CA for asparagus stored at 2 °C was 15 kPa O_2 + 15 kPa CO_2. The longest shelf-life was 30 days. The limiting factors of asparagus stored in CA were yellow stalk shrinking and soft rot disease. Asparaguses were packaged in the bags and the polypropylene (PP) trays sealed with various high gas permeable films (NPPE-11 and NPPE-16), compared with the commercially available film (NPPE-05). The results showed that asparaguses packed in the PP tray sealed with NPPE-16 could maintain the longest shelf-life of 35 days. The in-package atmosphere of the PP sealed with NPPE-16 at equilibrium was 3-5 kPa O_2 + 3-5 kPa CO_2.

The Applications of AHP for retail package design was studied. The primary criteria of the retail packages were found to be the ability to clearly display the packed vegetables, the item to identify the quality loss of the packed vegetables and the ability to preserve the quality and extend the shelf-life of the packed vegetables. The retail package that meets the most satisfaction of the consumers was the tray sealed with the plastic film that can extend the shelf-life of the fresh vegetables (41.80%). The results from AHP were used to compare with the survey results of the retail packages used for vegetables in Thailand and Taiwan's markets. The survey results showed that the tray sealed with plastic films was the most popular retail package for asparagus. The AHP results suggest that the tray sealed with plastic films was the most popular retail package for asparagus. The AHP results suggest that the tray sealed with plastic films that could extend the shelf-life of the packed vegetables should be a retail package that meets consumers' demand.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณประธานกรรมการ รองศาตราจารย์วาณี ชนเห็นชอบ กรรมการวิชาเอก รองศาตราจารย์จันทร์จรัส ศรีศิริ ซึ่งได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ และช่วยแก้ไขทุกปัญหาที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นการทำงานวิจัยตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และดร.เลอพงศ์ จารุพันธ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) ที่ให้การสนับสนุนทุนในการศึกษาและทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ในภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนในภาควิชาที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลืออย่างดีเสมอมา สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้อง ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา ประโยชน์ที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และหากมีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

เบญจวรรณ กิ่งแก้ว

สิงหาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (1)
สารบัญตาราง (2)
สารบัญภาพ (5)
คำนำ 1
วัตถุประสงค์ 3
การตรวจเอกสาร 4
อุปกรณ์และวิธีการ 29
อุปกรณ์ 29
วิธีการ 33
ผลและวิจารณ์ 45
สรุปและข้อเสนอแนะ 107
สรุป 107
ข้อเสนอแนะ 108
เอกสารและสิ่งอ้างอิง 109
ภาคผนวก 118
ภาคผนวก ก ตารางข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภค 119
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบสอบถามงานวิจัยการสร้างเครื่องมือ ตัดสินใจในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสด (สำหรับผู้บริโภค) 122
ภาคผนวก ค ตัวอย่างแบบสอบถามงานวิจัยการสร้างเครื่องมือ ตัดสินใจในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสด (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ) 128
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบสอบถามงานวิจัยการสร้างเครื่องมือ ตัดสินใจในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสด โดยเปรียบเทียบปัจจัย และทางเลือกเป็นคู่ ๆ (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ) 133
ประวัติการศึกษา และการทำงาน 145

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่เพาะปลูกและปริมาณผลผลิตของหน่อไม้ฝรั่งของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2541-2550	5
2	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกของหน่อไม้ฝรั่งสดหรือแช่แข็งของไทยไปประเทศคู่ค้าในปี พ.ศ. 2549-2553	6
3	สมบัติด้านความหนา อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ แก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการทดลอง	32
4	สเกลในการเปรียบเทียบความสำคัญ (Pairwise Comparison Scale)	42
5	Random Inconsistency Index (RI)	44
6	อายุการเก็บรักษาและปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่ 2 °C	46
7	ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอดของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	51
8	ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณกลางต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	52
9	ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	53
10	ปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	55
11	อายุการเก็บรักษาและปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่าง ๆ ที่ 2 °C	56
12	ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอดของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	61

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

13 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณกลางต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน 62

14 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน 63

15 อายุการเก็บรักษาและปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C 66

16 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอดของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมที่ระดับแก๊สออกซิเจน 10-15 kPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 10-15 kPa ที่อุณหภูมิ 2 °C 72

17 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณกลางต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุม ที่ระดับแก๊สออกซิเจน 10-15 kPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 10-15 kPa ที่อุณหภูมิ 2 °C 73

18 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุม ที่ระดับแก๊สออกซิเจน 10-15 kPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 10-15 kPa ที่อุณหภูมิ 2 °C 74

19 อายุการเก็บรักษาและปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ ที่ 2 °C 81

20 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอดของหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในบรรยากาศดัดแปลง ที่อุณหภูมิ 2 °C 86

21 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณกลางต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในบรรยากาศดัดแปลง ที่อุณหภูมิ 2 °C 87

22 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในบรรยากาศดัดแปลง ที่อุณหภูมิ 2 °C 88

23 ข้อมูลจากการสำรวจลักษณะของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ใช้กับผักสดชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทย 94

24 ข้อมูลจากการสำรวจลักษณะของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ใช้กับผักสดชนิดต่าง ๆ ในประเทศไต้หวัน 95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

25 ระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสดของผู้บริโภคที่ใช้ใน AHP 98

26 ระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสดของผู้เชี่ยวชาญด้านบรรจุภัณฑ์และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่ใช้ใน AHP 99

27 น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยย่อยที่ใช้ใน AHP 101

28 น้ำหนักความสำคัญของทางเลือกต่อปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ใน AHP 104

29 ผลรวมของลำดับความสำคัญแต่ละทางเลือกที่ใช้ใน AHP 106

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการพัฒนาและการออกแบบการบรรจุ	13
2	ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบการบรรจุในบรรยากาศดัดแปลง (MAP)	17
3	ขั้นตอนกระบวนการในการตัดสินใจ	22
4	แผนภูมิขั้นตอนเทคนิค AHP	24
5	โครงสร้างของ Analytical Hierarchy Process	26
6	การสูญเสียน้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	47
7	ค่า L ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	48
8	ค่า a* ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	48
9	ค่า b* ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	49
10	ค่า Hue angle ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	49
11	ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	54
12	การสูญเสียน้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	57
13	ค่า L ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	58
14	ค่า a* ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	59
15	ค่า b* ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	59

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	ค่า Hue angle ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	60
17	ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	64
18	ปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน	65
19	การสูญเสียน้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C	67
20	ค่า L ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C	69
21	ค่า a* ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C	69
22	ค่า b* ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C	70
23	ค่า Hue angle ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C	70
24	ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C	75
25	ปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C	76
26	ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C	77
27	ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติกชนิด NPPE-05, NPPE-11 และ NPPE-16 ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่ 2 °C	78
28	ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในถาดพลาสติกชนิด PP ที่ปิดผนึกด้วยฟิล์ม NPPE-05, NPPE-11 และ NPPE-16 ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่ 2 °C	79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
29	ปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง ได้แก่ ปลายยอดเน่าเสีย (ก) ลำต้นเหี่ยวเหลือง (ข) และโคนฉ่ำน้ำ มีเมือกสีขาวขุ่น (ค)	80
30	การสูญเสียน้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน	82
31	ค่า L ของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน	83
32	ค่า a* ของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน	83
33	ค่า b* ของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน	84
34	ค่า Hue angle ของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน	84
35	ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน	89
36	ปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน	90
37	ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน	91
38	รูปแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่นิยมใช้ในตลาดขายปลีกขนาดเล็กและขนาดใหญ่	93
39	รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกเพื่อใช้เป็นทางเลือกใน AHP	102
40	โครงสร้างลำดับชั้นของปัจจัยสำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง	103
41	รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ดีที่สุดสำหรับหน่อไม้ฝรั่งที่ได้จากการวิเคราะห์ AHP	106

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เทคโนโลยีการบรรจุหน่อไม้ฝรั่งและการใช้ Analytical Hierarchy Process (AHP) เป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีก

Packaging Technology for Asparagus and the Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) for Retail Package Design

คำนำ

ผักและผลไม้เป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย ทั้งในแง่การบริโภคภายในประเทศและการส่งออก ซึ่งสามารถสร้างรายได้ให้แก่ประเทศปีละหลายพันล้านบาท โดยเฉพาะในปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกผักและไม้ผลเขตร้อนเป็นอันดับต้น ๆ ของโลกและยังมีการส่งออกเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยเฉพาะ หน่อไม้ฝรั่ง ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่หันมาปลูกกันมากขึ้น เนื่องจากใช้พื้นที่ในการปลูกน้อย ผลผลิตสูง และขายได้ราคาดี โดยในแต่ละปีประเทศไทยส่งออกหน่อไม้ฝรั่งไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศคิดเป็นปริมาณและมูลค่าการส่งออกที่ค่อนข้างสูง ในปีพ.ศ.2553 มีปริมาณการส่งออก 6,207,777 กิโลกรัม และคิดเป็นมูลค่าการส่งออก 432 ล้านบาท โดยประเทศที่มีการส่งออกมากที่สุดคือประเทศไต้หวัน รองลงมาได้แก่ประเทศญี่ปุ่น และประเทศเครือรัฐออสเตรเลีย สหราชอาณาจักร เนเธอร์แลนด์ เกาหลี และจีน ตามลำดับ (กรมศุลกากร, 2554) การส่งออกผักและผลไม้ยังประสบปัญหาเรื่องการสูญเสียคุณภาพก่อนถึงมือผู้บริโภค เนื่องจากเป็นสินค้าที่ บอบช้ำ และเน่าเสียง่าย ระหว่างการขนส่งกระจายสินค้า รวมถึงหน่อไม้ฝรั่ง มักมีการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากสภาวะในการเก็บรักษาและการขนส่งที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ หากเก็บรักษาผลิตผลไว้ในที่มีอุณหภูมิที่สูงจะส่งผลให้หน่อไม้ฝรั่งมีอัตราการหายใจสูงขึ้น และเป็นการเร่งกระบวนการเมตาบอลิซึม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในหน่อไม้ฝรั่ง เช่น การเพิ่มขึ้นของเส้นใย การสูญเสียคลอโรฟิลล์ การสูญเสียคุณค่าทางอาหาร การเปลี่ยนแปลงทางด้านรสชาติ และการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น (King *et al*., 1993)

การบรรจุทำหน้าที่สำคัญในการรวบรวมผลิตผลเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อความสะดวกและรวดเร็วเวลาขนย้าย อำนวยความสะดวกในการใช้งานเช่น สามารถนำเข้าไมโครเวฟได้ สะดวกต่อการเปิดใช้งาน ง่ายต่อการหยิบจับ เป็นต้น อีกทั้งยังทำหน้าที่ปกป้องผลิตผลจากความเสียหายจากแรงกระทำทางกล และทำหน้าที่สื่อสารและให้ข้อมูลกับผู้บริโภค ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพกันมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ต้องรักษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการไว้ให้ครบถ้วน นอกจากนี้ยังต้องรักษาความสดใหม่และมีการแปรรูปน้อยที่สุด ทำให้มีการออกแบบและพัฒนาการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บรรจุให้เหมาะสมกับผลิตผลและความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น โดยมีการนำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาใช้ในการบรรจุ เช่นการบรรจุในบรรยากาศดัดแปลง การบรรจุอาหารในระบบปลอดเชื้อ และการบรรจุแบบแอคทิฟ (Active packaging) รวมทั้งในปัจจุบันการบรรจุยังต้องเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อตอบสนองกับกฎระเบียบและข้อจำกัดทางการค้ากับประเทศคู่ค้า และที่สำคัญคือการตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค

การออกแบบการบรรจุนั้นนอกจากจะออกแบบมาให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภคแล้วยังต้องออกแบบมาเพื่อให้เหมาะสมกับผลิตผล โดยผลิตผลแต่ละชนิดจะมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเสื่อมเสียคุณภาพที่แตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิ องค์ประกอบของบรรยากาศ ความชื้นเป็นต้น เนื่องจากปัจจัยในออกแบบการบรรจุนั้นมีมากมายหลายอย่างทำให้ตัดสินใจยาก และผู้บริโภคแต่ละคนนั่นให้ความสำคัญในแต่ละปัจจัยแตกต่างกันออกไป จึงทำให้กระบวนการตัดสินใจในการออกแบบมีความลึกซึ้งและซับซ้อนมากขึ้น ดังนั้นเพื่อให้การออกแบบการบรรจุมีประสิทธิภาพและเป็นที่พอใจต่อทุกฝ่าย และเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากที่สุด จึงน่าจะมีการนำเกณฑ์หรือเครื่องมือบางอย่างมาช่วยในการตัดสินใจอย่างเป็นระบบ ดังนั้นงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง เพื่อหาขีดจำกัดแก๊สออกซิเจนที่ทนได้และขีดจำกัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ทนได้ของหน่อไม้ฝรั่ง ที่ 2 °C

2. หาบรรยากาศควบคุมที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่ 2 °C

3. เปรียบเทียบคุณภาพและอายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ

4. สำรวจข้อมูลด้านบรรจุภัณฑ์ผักสดในตลาดขายปลีกในประเทศไทย และประเทศไต้หวัน

5. ศึกษาปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตผลสดของผู้บริโภค

6. ประยุกต์ใช้ Analytical Hierarchy Process เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตผลสด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

หน่อไม้ฝรั่ง

หน่อไม้ฝรั่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Asparagus officinalis* L. จัดอยู่ในตระกูล Liliaceae หรือ Lily เป็นพืชที่มีอายุยืนยาว ในประเทศที่มีอากาศเย็นอาจมีอายุถึง 5-20 ปี มีถิ่นกำเนิดบริเวณชายฝั่งตะวันออกของทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและตะวันออกกลาง เป็นพืชพื้นเมืองของยุโรป และเอเชียตะวันออกเฉียงเหนือ

หน่ออ่อนของหน่อไม้ฝรั่งเรียกว่า “spear” ซึ่งเจริญมาจากส่วนของลำต้นที่แท้จริง (crown) ซึ่งอยู่ใต้ดิน (Thompson, 2003) หน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง หน่อไม้ฝรั่งที่นำ ไปบริโภคแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ หน่อเขียวและหน่อขาว หน่อเขียวนิยมบริโภคสดหรือแช่แข็งส่งออกต่างประเทศ ส่วนหน่อขาวนำ ไปใช้ในอุตสาหกรรมทำอาหารกระป๋อง หน่อไม้ฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทยจะจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ประเทศไต้หวันญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ เครือรัฐออสเตรเลีย สหราชอาณาจักร เยอรมัน และจีน แหล่งปลูกที่สำคัญในประเทศไทยได้แก่ ได้แก่ นครปฐม กาญจนบุรี ราชบุรี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

สถานการณ์การผลิตหน่อไม้ฝรั่งของไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่เพาะปลูกและปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 จนถึงปี พ.ศ. 2547 โดยในปีเพาะปลูก 2547 มีพื้นที่เพาะปลูก 234,911 ไร่ ปริมาณผลผลิต 98,179 ตัน และลดลงในปีเพาะปลูก 2548 มีพื้นที่เพาะปลูก 220,308 ไร่ ปริมาณผลผลิต 87,144 ตัน (ตารางที่ 1)

หน่อไม้ฝรั่งของไทย ส่วนใหญ่เป็นการผลิตเพื่อการส่งออก เนื่องจากตลาดผู้บริโภคหลัก เป็นตลาดที่ส่งออกในต่างประเทศ โดยตลาดที่สำคัญคือประเทศญี่ปุ่น ตลาดยุโรป และตลาดในแถบเอเชีย ได้แก่ ไต้หวัน และจีน ในปี 2549 จนถึงปี 2553 ประเทศไต้หวัน ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ และประเทศออสเตรเลีย มีปริมาณนำเข้าหน่อไม้ฝรั่งจากประเทศไทยมากที่สุด โดยประเทศไต้หวันมีปริมาณนำเข้า 3,753 เมตริกตัน มูลค่า 109.61 ล้านบาท ประเทศญี่ปุ่น มีปริมาณนำเข้า 1,878 เมตริกตัน มูลค่า 273.17 ล้านบาท เครือรัฐออสเตรเลีย มีปริมาณนำเข้า 256 เมตริกตัน มูลค่า 22.88 ล้านบาท และประเทศเนเธอร์แลนด์ มีปริมาณนำเข้า 37 เมตริกตัน มูลค่า 2.05 ล้านบาท ในปี 2551 (ตารางที่ 2) ประเทศไต้หวัน เริ่มนำเข้าหน่อไม้ฝรั่งจากประเทศไทยเพิ่มขึ้นมากในปี 2549 เป็นต้นมา ซึ่งปัจจุบันตลาดต่างประเทศยังมีความต้องการหน่อไม้ฝรั่งในปริมาณที่สูงมาก จนทำให้ผลผลิตได้ไม่เพียงพอกับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความต้องการ จึงต้องเร่งรัดในการเพิ่มปริมาณผลผลิตและปรับปรุงคุณภาพของผลผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด

ตารางที่ 1 พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่เพาะปลูกและปริมาณผลผลิตของหน่อไม้ฝรั่งของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2541-2550

ปี	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต(ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	
				ปลูก	เก็บ
2541	45,813	45,629	22,036	481	483
2542	46,600	45,306	27,172	583	600
2543	51,662	49,659	72,062	1,395	1,451
2544	87,522	83,107	77,157	882	928
2545	202,070	105,478	67,155	332	637
2546	198,396	107,524	78,464	395	730
2547	234,911	125,285	98,179	418	784
2548	220,307	129,111	87,144	396	675
2549	175,952	116,290	78,697	447	677
2550	183,129	132,274	78,924	431	597

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกของหน่อไม้ฝรั่งสดหรือแช่แข็งของไทยไปประเทศคู่ค้าในปี พ.ศ. 2549-2553

ประเทศ	2549		2550		2551		2552		2553	
	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)
ญี่ปุ่น	3,759,564	585,179,679	3,114,520	415,509,241	2,524,319	360,247,943	2,327,296	346,021,829	1,877,721	273,166,597
ไต้หวัน	9,911,792	334,416,361	10,057,999	329,086,316	10,163,964	348,713,914	6,913,471	232,528,246	3,753,487	109,605,952
เนเธอร์แลนด์	48,676	9,274,512	85,548	25,880,660	73,414	12,997,948	33,245	3,519,590	36,927	2,064,152
ออสเตรเลีย	250,385	21,148,084	173,355	16,187,137	329,507	33,929,496	231,550	24,794,143	255,514	22,876,667
เดนมาร์ก	381	97,071	34,059	9,408,196	45,621	13,607,204	14	1,682	30	6,550
ฝรั่งเศส	52,369	16,041,963	47,692	13,917,832	29,392	8,859,765	9,057	2,825,329	368	11,040
สหราชอาณาจักร	49,447	5,102,887	46,195	5,067,500	18,685	3,541,370	57,480	6,665,372	57,978	9,651,239
เกาหลี	11,139	1,189,508	17,305	1,911,521	46,702	5,562,605	40,147	5,158,924	35,054	5,180,247
จีน	26,453	802,288	104,188	1,649,171	102,190	1,872,048	26,500	479,868	19,200	307,902
แอฟริกาใต้	14,965	2,239,149	10,605	1,588,578	20,550	2,409,610	16,499	1,122,967	5,984	231,020
ประเทศอื่นๆ	143,257	17,879,410	211,791	12,875,202	225,816	12,582,022	162,842	8,839,133	165,514	8,536,329
รวม	14,268,428	993,370,912	13,903,257	833,081,354	13,580,160	804,323,925	9,818,101	631,957,083	6,207,777	431,637,695

ที่มา: กรมศุลกากร (2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลสด

ผลิตผลทางพืชสวนเมื่อถูกเก็บเกี่ยวจากต้นแล้วไม่ได้หมายความว่าจะสิ้นสุดกระบวนการของสิ่งมีชีวิต แต่ยังคงมีการหายใจและมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เพิ่มขึ้นตลอดเวลา ทั้งทางสรีรวิทยาและชีวเคมีภายในตัวผลิตผล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะนำไปสู่การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลสด โดยการสูญเสียของผลิตผลทั้งด้านปริมาณและคุณภาพสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอน ตั้งแต่ระหว่างการเก็บเกี่ยว ภายหลังการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค ลักษณะการสูญเสียของผลิตผลได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การเน่าเสีย การสุกเร็วเกินไป การเกิดบาดแผล การเปลี่ยนแปลงด้านรสชาติที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และการสูญเสียคุณค่าทางอาหาร เป็นต้น

หน่อไม้ฝรั่งเป็นผักที่เน่าเสียได้ง่าย โดยหลังการเก็บเกี่ยวกระบวนการเมตาบอลิซึมจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่ไม่ต้องการ การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของหน่อไม้ฝรั่ง ได้แก่ ความเหนียวและการเกิดเส้นใย การสูญเสียคลอโรฟิลล์ การสูญเสียคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ การสูญเสียโปรตีน การสูญเสียวิตามิน เป็นต้น (Bhowmik *et al*., 2000; McKenzie *et al*., 2004) ในระหว่างการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมากที่สุดโดยส่วนใหญ่เกิดจากการสูญเสียคลอโรฟิลล์ (Papadopoulou *et al*., 2002) Wang (1978) พบว่าการใช้แก๊สออกซิเจนต่ำ และ/หรือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง จะสามารถช่วยลดการผลิตเอทิลีน การสูญเสียคลอโรฟิลล์ กรดแอสคอร์บิก และยังช่วยชะลออาการเหลืองในบรอกโคลีได้ King *et al*. (1993) พบว่าหากเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่อุณหภูมิ 20 °C จะสามารถวางจำหน่ายได้เพียง 5 วันเท่านั้น โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทำให้คุณภาพไม้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค หน่อไม้ที่ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องหรือมีความชื้นต่ำจะมีการสร้างเส้นใยได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำหรือมีความชื้นสูง (Clore *et al*., 1976) Sosa-Coronel *et al*. (1976) พบว่า การเกิดเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งจะมีมากบริเวณส่วนโคนของหน่อมากกว่าส่วนปลายยอด โดยส่วนปลายยอดจะมีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุด (Brovelli *et al*., 1988; Zurera *et al*., 2000)

สาเหตุสำคัญที่ทำให้หน่อไม้ฝรั่งภายหลังการเก็บเกี่ยวมีการเสื่อมสภาพได้รวดเร็ว เนื่องมากจากหน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชอายุสั้น และมีอัตราการหายใจสูง Lill *et al*. (1990) พบว่าหากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C หน่อไม้ฝรั่งจะมีอัตราการหายใจสูงเท่ากับ 250-300 ml.CO_2/kg.F.W./hr ถ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C หน่อไม้ฝรั่งที่ จะมีอัตราการหายใจเท่ากับ 60 mg.CO_2/kg/hr (Kader, 1992)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของหน่อไม้ฝรั่ง

1. อุณหภูมิ เป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อการยืดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ให้เกิดได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งผลิตผลส่วนใหญ่จะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น 2-3 เท่าทุกๆ 10 องศาเซลเซียสที่สูงขึ้นจากอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษา โดยถ้าเราสามารถควบคุมอุณหภูมิ หรือลดอุณหภูมิให้เหมาะสมก็จะสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีระและการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตผลได้ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นก็ยังมีผลต่อการผลิตเอทิลีน ให้เพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย แต่ในทางตรงกันข้ามหากอุณหภูมิที่เราใช้ในการเก็บรักษาผลิตผลต่ำเกินไป โดยเฉพาะในผักหรือไม้ผลเขตร้อน อาจทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว (Chilling injury) และอาจทำให้เกิดการผลิตเอทิลีน สูงขึ้นได้

2. ความชื้น ปริมาณไอน้ำในอากาศนอกจากจะเป็นตัวกำหนดอัตราการสูญเสียน้ำของผลิตผลแล้ว ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงๆ เช่น การเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งจะมีผลทำให้ผลิตผลเน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตผลต้องควบคุมความชื้นให้พอเหมาะไม่ให้มีการสูญเสียน้ำมากเกินไป ในขณะเดียวกันก็ต้องไม่ให้เหมาะกับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ Luo *et al*. (2004) พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่ง หากมีความชื้นสัมพัทธ์สูงจะช่วยปกกันไม่ให้เกิดการเหี่ยวแห้ง และการสูญเสียความมันวาวในหน่อไม้ฝรั่งได้

3. องค์ประกอบของบรรยากาศ องค์ประกอบของบรรยากาศ เช่น เอทิลีน ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ต่างก็มีผลต่อการหายใจและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ โดยเฉพาะออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับผลิตผลที่กำลังเจริญเติบโต ในการเก็บรักษาถ้ามีปริมาณออกซิเจนต่ำช่วยลดอัตราการหายใจและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ แต่ถ้าออกซิเจนน้อยเกินไป ก็ทำให้มีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) ซึ่งจะทำให้ผลิตผลเสียหายได้ คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นผลที่ได้จากการหายใจ หากมีการสะสมในที่เก็บรักษาผลิตผลมากเกินไป อาจทำให้เกิดการผิดปกติในการหายใจและทำให้ผลิตผลเสียหายได้เช่นกัน และแก๊สอีกตัวหนึ่งก็คือ เอทิลีนซึ่งเป็น ฮอร์โมนที่พืชสามารถผลิตขึ้นเองหรือเกิดจากแหล่งอื่นๆ ก็ได้ เอทิลีนนี้มีผลต่อกระบวนการหายใจ โดยในผลไม้ประเภท Climacteric เมื่อผลไม้ได้รับเอทิลีนจากภายนอกกระตุ้นจะทำให้ Climacteric rise และ Climacteric peak เกิดได้เร็วขึ้น ยิ่งมีความเข้มข้นของเอทิลีนสูงก็จะทำให้เกิดได้เร็วมากขึ้น แต่จะไม่มีผลทำให้อัตราการหายใจสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอทิลีนยังมีผลต่อกระบวนการสุกของผลไม้ โดยเอทิลีนสามารถเร่งกระบวนการสุกให้เกิดได้เร็วขึ้น การลดปริมาณ O_2 และเพิ่ม CO_2 หรือการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมที่เหมาะสมจะสามารถลดกระบวนการทางสรีรวิทยาและกระบวนการทางชีวเคมีต่างๆได้ และยังยืดอายุการเก็บรักษาได้อีกด้วย (เย็นจิตต์, 2535; จริงแท้, 2549; Thomson, 1998) ดังนั้นองค์ประกอบต่างของบรรยากาศในการเก็บรักษาผลิตผลต่างๆ จึงควรได้รับการปรับแต่งให้พอเหมาะกับผลิตผลแต่ละอย่าง

จะเห็นได้ว่าจากปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วล้วนมีผลต่อการเสื่อมสภาพของผลิตผล ดังนั้นในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลทางพืชสวนให้มีอายุการเก็บรักษามากขึ้นนั้น จำเป็นต้องชะลอการเสื่อมสภาพ เช่น ชะลอการหายใจ และชะลอการเกิดเอทิลีน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของผลิตผลทางพืชสวน

การออกแบบทางการบรรจุ

การบรรจุ (Packaging) หรือการบรรจุหีบห่อนั้นถือว่าเป็นสิ่งที่มีบทบาทต่อตัวผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก เนื่องจากการบรรจุหีบห่อเป็นปัจจัยที่สำคัญในการนำสินค้าจากแหล่งผลิตสู่มือผู้บริโภค โดยที่ผู้บริโภคยังยอมรับคุณภาพของสินค้านั้นได้ ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของคนเรามากขึ้น ทำให้ต้องมีการพัฒนาและออกแบบการบรรจุและบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมต่อความต้องการของผู้บริโภค

ความหมายของการบรรจุ และบรรจุภัณฑ์

มาตรฐานของสมาคมการทดสอบและวัสดุแห่งชาติอเมริกา (ASTM international: ASTM) (1999) ได้ให้คำจำกัดความของการบรรจุและบรรจุภัณฑ์ว่า การบรรจุเป็นเทคนิคหรือกระบวนการที่ใช้ปกป้องวัสดุจากการเสื่อมสภาพและการเสียหายในช่วงของขั้นตอนการผลิตจนถึงการจัดจำหน่าย เป็นกระบวนการหรือขั้นตอนที่ใช้เพื่อปกป้องสิ่งของที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์คือภาชนะที่ทำหน้าที่ปกป้องและขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังผู้บริโภค นอกจาก ASTM แล้วยังมีผู้ให้คำจำกัดความของการบรรจุว่าการบรรจุเป็น วิทยาศาสตร์ ศิลปะ และเทคโนโลยีในการห่อหุ้มหรือป้องกันผลิตภัณฑ์ เพื่อการขนส่งหรือการกระจายสินค้า, การเก็บรักษา, การขาย และการใช้งาน นอกจากนี้การบรรจุยังหมายถึงกระบวนการของการออกแบบ การประเมินผล และการผลิตบรรจุภัณฑ์ (Soroka, 2002) Briston and Neill (1972) ได้ให้คำจำกัดความของบรรจุภัณฑ์ว่า บรรจุภัณฑ์ คือ ศิลปะ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ของการเตรียมสินค้าเพื่อการขนส่งและการจำหน่าย และบรรจุภัณฑ์ คือ วิธีการรับประกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความปลอดภัยในการขนส่งสินค้าไปยังผู้บริโภคสุดท้าย เพื่อให้สินค้าอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์และมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

ประเภทของบรรจุภัณฑ์

การแบ่งบรรจุภัณฑ์แบ่งได้หลายวิธี เช่น แบ่งประเภทตามลักษณะกรรมวิธีการผลิตและวิธีการขนถ่ายผลิตภัณฑ์ แบ่งตามการออกแบบ การแบ่งและเรียกชื่อบรรจุภัณฑ์อาจแตกต่างกันออกไป แต่มีวัตถุประสงค์หลักที่คล้ายกัน คือ เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์ เพื่อจำหน่ายผลิตภัณฑ์และเพื่อโฆษณาประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ ถ้าแบ่งบรรจุภัณฑ์ตามการออกแบบ จะสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

1. บรรจุภัณฑ์ชั้นในหรือปฐมภูมิ (Primary package) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่อยู่ชั้นในสุดติดกับตัวสินค้า เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ผู้บริโภคจะได้สัมผัสเวลาที่จะบริโภค (Robertson, 2006) ดังนั้นในการออกแบบต้องมีการทดสอบจนมั่นใจว่าอาหารหรือผลิตภัณฑ์จะไม่ทำปฏิกิริยากับบรรจุภัณฑ์ หากบรรจุภัณฑ์ชั้นในเป็นบรรจุภัณฑ์ที่จำเป็นต้องวางขายบนชั้นวางสินค้า ก็จะต้องมีการออกแบบให้สวยงาม

2. บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองหรือทุติยภูมิ (Secondary package) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่รวบรวมบรรจุภัณฑ์ชั้นแรกเข้าด้วยกัน เพื่อเหตุผลในการป้องกันหรือจัดจำหน่าย หรือด้วยเหตุผลในการขนส่ง (Robertson, 2006) ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชิ้นที่สองมักเป็นบรรจุภัณฑ์ที่วางบนชั้นวางสินค้า ทำให้มีการออกแบบที่เน้นความสวยงามและภาพพจน์ของบรรจุภัณฑ์ชิ้นที่สองจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

3. บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สามหรือตติยภูมิ (Tertiary package) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่รวบรวมบรรจุภัณฑ์ชั้นที่หนึ่งและสองเข้าไว้ด้วยกัน โดยหน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์นี้คือ การป้องกันสินค้าระหว่างการขนส่ง (Robertson, 2006) มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง (Distribution package) หากพิจารณาถึงการใช้งาน อาจแบ่งย่อยเป็น 3 ประเภท คือ

3.1 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จากแหล่งผลิตถึงแหล่งขายปลีก เมื่อสินค้าได้รับการจัดเรียงวางบนหิ้งหรือคลังสินค้าของแหล่งขายปลีกแล้ว บรรจุภัณฑ์ขนส่งก็หมดหน้าที่การใช้งาน เช่น พาเลท (Pallet)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ระหว่างโรงงาน เป็นบรรจุภัณฑ์ที่จัดส่งสินค้าระหว่างโรงงาน ตัวอย่างเช่น ลังใส่ซองพริกป่น ถุงน้ำจิ้ม เป็นผลผลิตจากโรงงานหนึ่งส่งไปยังโรงงานอาหารสำเร็จรูป เพื่อทำการบรรจุไปพร้อมอาหารหลัก เป็นต้น

3.3 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จากแหล่งขายปลีกไปยังมือผู้อุปโภคบริโภค เช่น ถุงต่างๆ ที่ร้านค้าใส่สินค้าให้ผู้ซื้อ

โดยบรรจุภัณฑ์ชั้นในหรือปฐมภูมิ และบรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองหรือทุติยภูมิ มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า บรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีก (Retail package) นอกจากทำหน้าที่รวบรวมสินค้า ปกป้องผลผลิตภายใน ยังต้องมีความสวยงาม เพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค สะดวกต่อการพกพา และให้ข้อมูลที่จำเป็นต่อผู้บริโภค บรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตผลสดที่มีการใช้มากในปัจจุบัน ได้แก่ โฟมกันกระแทก, ตาข่ายพลาสติก, ถุงพลาสติกไม่เจาะรู, ถุงพลาสติกเจาะรู, ฟิล์มยืด PVC, ถาดพลาสติก, ถาดโฟม และกล่องพลาสติกอย่างไรก็ตามผักและผลไม้บางชนิดจะมีรูปแบบการใช้บรรจุภัณฑ์แบบผสมกัน เช่น บรรจุภัณฑ์ของแอปเปิ้ล ซึ่งจะบรรจุในตาข่ายโฟมและบรรจุในกล่องพลาสติกอีกชั้นหนึ่งหรือบรรจุภัณฑ์ขององุ่น ซึ่งจะมีรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น บรรจุในกล่องกระดาษแข็ง, บรรจุในถาดพลาสติกที่ขึ้นรูปแบบ Thermoform, บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู และบรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มยืด เป็นต้น

หน้าที่ของการบรรจุ

หน้าที่หลักของการบรรจุแบ่งได้เป็น 4 อย่าง ได้แก่ บรรจุ ปกป้องคุ้มครอง อำนวยความสะดวก และสื่อสารและให้ข้อมูล (Yam *et al*., 2009) โดยในกระบวนการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์จะต้องมีการพิจารณาถึงหน้าที่หลักทั้ง 4 อย่างร่วมกัน เพื่อให้บรรจุภัณฑ์นั่นตอบรับกับความต้องการของผู้บริโภค (Robertson, 2006)

1. บรรจุผลิตภัณฑ์ (Containment) เป็นหน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์ (Yam *et al*., 2009; Robertson, 2006) ซึ่งการบรรจุนั้นขึ้นอยู่กับ ขนาด น้ำหนัก รูปแบบ และรูปร่างของผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ต้องสามารถบรรจุ ห่อหุ้ม และรวบรวมผลิตภัณฑ์เข้าไว้ด้วยกันเพื่อความสะดวกและความรวดเร็วเวลาขนย้าย การเก็บรักษา การจัดการ (Yam *et al*., 2009) และทำหน้าที่รวบรวมผลิตภัณฑ์เข้าไว้ด้วยกัน

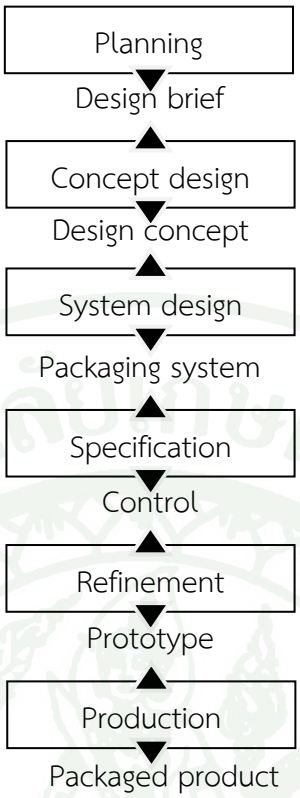
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การปกป้องคุ้มครอง (Protection) การปกป้องคุ้มครองผลิตภัณฑ์ถือเป็นหน้าที่ที่สำคัญของการบรรจุโดยเฉพาะการบรรจุอาหาร การบรรจุต้องได้รับการออกแบบให้สามารถคุ้มครองอาหารจากความเสียหายทางกายภาพเนื่องจากการขนส่ง ป้องกันการเสื่อมเสียของคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของอาหาร ป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ อีกทั้งบรรจุภัณฑ์ต้องสามารถคุ้มครองผลิตภัณฑ์จากปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยปัจจัยภายนอกนั้นจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์, คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และลักษณะการเสื่อมเสีย ได้แก่ ความชื้น, แก๊สออกซิเจน, แสง, อุณหภูมิ, จุลินทรีย์ และแรงกระทำจากภายนอก (Yam *et al*., 2009; Robertson, 2006) กล่าวคือ บรรจุภัณฑ์ต้องคุ้มครองให้ผลิตภัณฑ์คงสภาพของลักษณะสินค้าให้เหมือนเมื่อผลิตออกจากโรงงานให้มากที่สุด

3. การอำนวยความสะดวก (Convenience) เป็นหน้าที่สำคัญที่จะตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในชีวิตประจำวัน (Yam *et al*., 2009) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามวิถีการดำรงชีวิตซึ่งอาจจะมีความทันสมัยของระบบการผลิตเข้ามาเกี่ยวข้อง การเปลี่ยนแปลงของอุตสาหกรรมการผลิต (Robertson, 2006) ตัวอย่างของบรรจุภัณฑ์อาหารที่อำนวยความสะดวกต่อผู้บริโภค เช่น อาหารสำเร็จรูปพร้อมบริโภค บรรจุภัณฑ์ที่สามารถใช้ในการเสิร์ฟได้ทันที บรรจุภัณฑ์ที่สามารถนำเข้าไมโครเวฟได้ บรรจุภัณฑ์ที่สะดวกต่อการเปิดใช้งาน เป็นต้น นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ต้องเอื้ออำนวยความสะดวกต่อการขนส่ง และการเก็บรักษาในคลังสินค้า ซึ่งต้องมีความมั่นคงแข็งแรงสามารถที่จะวางซ้อนกันได้หลายชั้น เพื่อประหยัดพื้นที่ในระดับการขายปลีก บรรจุภัณฑ์ต้องมีขนาด รูปร่างที่ลงตัว ง่ายสะดวกต่อการเรียงซ้อนกันในชั้นวางของ ในส่วนของผู้บริโภคต้องสะดวกในการนำ ไปใช้ตามหน้าที่ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามการใช้งานและการเก็บรักษา จึงต้องออกแบบให้มีความเหมาะสมกับพฤติกรรมและสรีระร่างกายของมนุษย์ เช่น ขนาดเหมาะมือ สะดวกต่อการจับหิ้ว มีความปลอดภัยและเหมาะสมกับการใช้งานเป็นต้น

4. สื่อสารและให้ข้อมูล (Communication) การสื่อสารและให้ข้อมูลเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะสร้างเอกลักษณ์ของตราสินค้าและเป็นการชักจูงหรือโน้มน้าวให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์(Yam *et al*., 2009) โดยสิ่งที่จำแนกและบ่งชี้ให้เห็นถึงเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์คือ ลักษณะกราฟิกบนผลิตภัณฑ์ ที่ทำให้เห็นสินค้าได้ง่าย ตัวอักษรจึงควรมีขนาดพอเหมาะ อ่านง่าย สีที่ใช้ก็ควรเด่นหรือแตกต่างกัน ซึ่งนอกจากจะง่ายต่อการจดจำแล้ว ยังช่วยลดความผิดพลาดในการหยิบฉวยผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 กระบวนการพัฒนาและการออกแบบการบรรจุ

ที่มา: Ulrich and Eppinger (2004)

ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาการบรรจุ

การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป็นกระบวนการเพื่อนำความต้องการของผู้บริโภคและผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ รวมทั้งปัจจัยที่ส่งผลต่อการสร้างผลิตภัณฑ์ มาทำการวิเคราะห์เพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ตรงความต้องการของผู้อุปโภคบริโภค และเพิ่มความสามารถในการผลิตให้กับผู้ประกอบการ (Bix *et al*., 2009: 859-866) โดยมีขั้น 6 ขั้นตอน ดังนี้ (ภาพที่ 1)

1. การวางแผน (Planning) วัตถุประสงค์ของการวางแผนคือ การกำหนดพันธกิจหรือบทสรุปของการออกแบบ โดยจะมีการระบุกลุ่มเป้าหมาย เป้าหมายของธุรกิจ ความต้องการของลูกค้า ข้อจำกัดระหว่างผลิตภัณฑ์และผู้บริโภค ขั้นตอนนี้จะคำนึงถึงความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและวัตถุประสงค์ของการตลาด และทำการจดบันทึกความต้องการของลูกค้าไว้ เพื่อให้การออกแบบตรงกับจุดประสงค์และความต้องการมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. แนวคิดในการออกแบบ (Concept design) ในระหว่างขั้นตอนการออกแบบ จะมีการสร้างและการคัดเลือกแนวคิดในการบรรจุที่หลากหลาย แล้วทำการคัดเลือกมาอย่างน้อยหนึ่งรูปแบบเพื่อทำการพัฒนาและทดสอบ โดยจะมีการอธิบายรูปแบบหน้าที่การทำงานและคุณสมบัติพิเศษต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ภายใต้ข้อกำหนดของแบบที่ระบุขึ้นก่อนหน้า ซึ่งแนวคิดผลิตภัณฑ์อาจ จะอยู่ในรูปแบบของข้อความ หรือ รูปภาพ และตามมาด้วยขั้นตอนการประเมินแนวคิดต่างๆ และเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นการนำส่วนดีของหลายแนวคิดมารวมกัน หรือเลือกแนวคิดใดแนวคิดหนึ่งก็ได้

3. การออกแบบระบบ (System design) ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยรายละเอียดในส่วนต่างๆ ของระบบการบรรจุและชิ้นส่วนทั้งหมด ซึ่งสามารถอธิบายในรูปแบบของงานเขียน หรือไฟล์การออกแบบทางคอมพิวเตอร์ที่อธิบายลักษณะชิ้นส่วน สเปกของชิ้นส่วนที่ต้องจัดซื้อไดอะแกรมของกระบวนการผลิตและการบรรจุทั้งหมด เป็นต้น

4. ระบุข้อกำหนดของแบบผลิตภัณฑ์ (Product specification) โดยทั่วไปข้อมูลความต้องการของลูกค้าไม่สามารถใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ในทันที เราจึงต้องเปลี่ยนให้ความต้องการเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคเสียก่อน ดังนั้นวิศวกรจึงต้องเปลี่ยนแปลงความต้องการของลูกค้าซึ่งเป็นภาษาทั่วไป ให้เป็นคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นภาษาทางเทคนิค (Technical requirement)

5. การทดสอบและปรับปรุงต้นแบบผลิตภัณฑ์ (Product testing & refinement) เป็นการผลิตต้นแบบ (Prototype) ตามด้วยการทดลองการผลิต ถ้าผลที่ได้สอดคล้องกับแผนที่ตั้งไว้ ก็สามารถเริ่มทำการผลิตจริงได้

6. การผลิต (Production) จะมีการสุ่มตัวอย่างของส่วนประกอบและชิ้นส่วนของบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตได้ในขั้นตอนสุดท้าย ก่อนที่จะนำมาบรรจุลงกล่อง โดยทำการตรวจสอบเพื่อประเมินความสามารถในขั้นตอนการผลิตว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นหรือไม่ และในส่วนของบรรจุภัณฑ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้จะถูกขนส่งและกระจายสินค้าไปยังผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เทคโนโลยีการบรรจุ

การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดทางเกษตรนั้น ถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญเนื่องจากผลิตผลทางการเกษตร เมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วยังคงมีอัตราเมตาบอลิซึมสูงมาก จึงทำให้เสื่อมสภาพเร็ว อายุการเก็บรักษาสั้น และยังขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและสภาพแวดล้อมด้วย โดยเฉพาะผักและผลไม้สดพร้อมบริโภค ซึ่งจะต้องผ่านการทำความสะอาด การปอกเปลือก การหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขบวนการเหล่านี้จะมีลักษณะบอบบางเป็นพิเศษ เนื่องจากไม่มีเปลือกและผิวห่อหุ้ม ทำให้เชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่าย และเน่าเสียได้เร็วกว่าผักและผลไม้แบบปกติ โดยการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดทางการเกษตร สามารถทำได้หลายวิธีเช่น การลดอุณหภูมิ การใช้สารเคมีในการยับยั้งเอทิลีนเช่น 1-methycyclopropene (1-MCP) , โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) เป็นต้น หรือการบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้สดได้

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม (Controlled Atmosphere storage; CA) และการบรรจุในบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere Packaging; MAP) ทั้ง 2 อย่างนี้ เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลทางการเกษตร แต่บ่อยครั้งที่เกิดความสับสนในการนำไปใช้ หากเราพิจารณาจากความหมายจะพบว่า การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม หมายถึง การควบคุมบรรยากาศโดยการเพิ่มหรือลดความเข้มข้นของแก๊สเพื่อปรับองค์ประกอบของบรรยากาศ ให้มีอัตราส่วนตามความต้องการในการเก็บรักษา และขณะเก็บรักษาสามารถเพิ่มอากาศเข้าไปหรือปล่อยอากาศออก เพื่อคงความเข้มข้นของแก๊สที่ต้องการไว้ตลอดการเก็บรักษา โดยผลิตผลจะถูกเก็บรักษาไว้ในห้องหรือตู้บรรจุสินค้า แต่ในทางตรงกันข้ามการบรรจุในบรรยากาศดัดแปลง จะไม่มีการควบคุมองค์ประกอบของบรรยากาศไว้ตลอดเหมือนการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม และผลิตผลส่วนใหญ่จะถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์ เช่น ถุงพลาสติก หรือภาชนะบรรจุ (Yam and Lee, 1995)

การบรรจุในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ

การบรรจุในบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere Packaging; MAP) เป็นเทคโนโลยีการบรรจุที่มีใช้มากในผลิตผลสด โดยเป็นการดัดแปลงหรือปรับเปลี่ยนสภาวะภายในบรรจุภัณฑ์จากบรรยากาศปกติ (O_2 20.95 kPa, CO_2 0.038 kPa, N_2 78.09 kPa) (Brody, 2010)โดยอาจมีการเพิ่มและลดความเข้มข้นของแก๊สที่เราต้องการที่จะควบคุมในบรรจุภัณฑ์ให้เป็นไปตามความต้องการของผลิตผล โดยอาศัยแก๊สต่างๆ เช่น ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

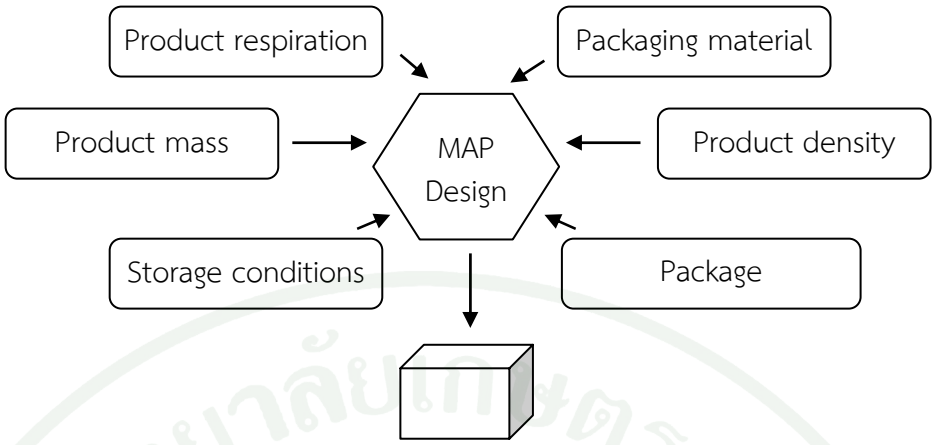
(Brandenburg, 2009) ซึ่งในสภาวะดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุในบรรยากาศปกติ จะทำให้มีผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ เช่น ลดอัตราการหายใจของผลิตผล ซึ่งจะส่งผลต่อการผลิตเอทิลีน ชะลอกระบวนการเมตาบอลิซึม ลดการเกิดอาการสีน้ำตาล และรักษาลักษณะปรากฏ (Kader, 1986) สภาวะที่เหมาะสมภายในการบรรจุในบรรยากาศดัดแปลง เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล (Perry, 1993)

ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการบรรจุในบรรยากาศดัดแปลงนั้นได้แก่ ลักษณะเฉพาะ น้ำหนักและอัตราการหายใจของผลิตผล องค์ประกอบของแก๊สในบรรจุภัณฑ์ ความสามารถในการซึมผ่านแก๊สของฟิล์มและอุณหภูมิเป็นต้น โดยจะพบว่ามีปัจจัยมากมายที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ในบรรยากาศดัดแปลงสำหรับผลิตผล แต่ปัจจัยหลักที่สำคัญก็คืออัตราการหายใจของผลิตผลและสภาพให้ซึมผ่านได้ของฟิล์ม (Fonseca *et al*., 2002)

ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ที่จะสามารถนำมาใช้กับผักและผลไม้นั้นจะมีความเกี่ยวข้องกับการซึมผ่านของแก๊สและไอน้ำ เนื่องจากผักและผลไม้ยังคงต้องการออกซิเจนในการหายใจ และมีการคายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา และบรรจุภัณฑ์ที่นำมาใช้ในการบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงนั้น จะต้องเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีสภาพให้ซึมผ่านของแก๊สได้สูง แต่ก็ขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจของผลิตผลด้วยเช่นกัน

บรรจุภัณฑ์ที่มีใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะมีค่าสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สที่ไม่เพียงพอต่ออัตราการหายใจของผลิตผลบางชนิด ทำให้มีการพัฒนาฟิล์มโดยการปรับปรุงคุณลักษณะของฟิล์มให้มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สสูงขึ้น เช่น การดัดแปลงโครงสร้างทางกายภาพ การเติมวัสดุเติมแต่ง การเจาะรู เป็นต้น การดัดแปลงโครงสร้างทางกายภาพและการเติมวัสดุเติมแต่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับแต่งโครงสร้างหรือช่องว่างระหว่างเฟส เพื่อให้ฟิล์มยอมให้แก๊สผ่านได้สูงขึ้น นอกจากนี้การเจาะรูโดยการควบคุมโครงสร้างรูพรุน รัศมีรูพรุน และการเชื่อมต่อกันของรูพรุน ก็มีผลต่อสมบัติการยอมให้แก๊สซึมผ่านฟิล์มได้เช่นกัน ซึ่งการพัฒนาและปรับปรุงโครงสร้างของฟิล์มนั่นสามารถช่วยสร้างสภาวะบรรยากาศภายดัดแปลงภายในภาชนะบรรจุให้เป็นสภาวะสมดุลได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบการบรรจุในบรรยากาศดัดแปลง (MAP)

ที่มา: Mahajan (2009: 867)

การออกแบบการบรรจุในบรรยากาศดัดแปลง นั่นต้องกำหนดคุณสมบัติของผลิตผลได้แก่ อัตราการหายใจ ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสม อัตราการซึมผ่านของฟิล์ม โดยในจุดประสงค์หลักของกระบวนการออกแบบนั่นเพื่อเลือกฟิล์มที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความหนาของฟิล์ม ปริมาณในการบรรจุ เวลาในการเข้าสมดุล ปริมาณของแก๊สเมื่ออยู่ในสมดุล โดยทั้งหมดนี้จะแปรปรวนตามสภาพของอุณหภูมิ (ภาพที่ 2) (Mahajan, 2009: 866-869)

การบรรจุในบรรยากาศดัดแปลง อาจมีการดึงอากาศออกจากบรรจุภัณฑ์และแทนที่ด้วยแก๊สหนึ่งชนิดหรือแก๊สผสม โดยแก๊สที่ใช้จะขึ้นกับชนิดผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเก็บรักษาตามปัจจัยต่างๆ เช่น การหายใจของผลิตผลที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และการซึมผ่านแก๊สของบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น (Blakiston, 1999) โดยการเกิดสภาวะบรรยากาศดังกล่าวภายในบรรจุภัณฑ์นั้น มี 2 วิธี

1. Active modified atmosphere packaging คือ การบรรจุในบรรยากาศดัดแปลงแบบแอคทีฟเกิดจากการเติมแก๊สที่ทราบชนิดและความเข้มข้นแก๊สเพื่อให้ได้ปริมาณแก๊สตามที่ต้องการและช่วยให้แก๊สเข้าสู่สมดุลได้อย่างรวดเร็ว แต่เป็นวิธีที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง

2. Passive modified atmosphere packaging คือ การบรรจุในบรรยากาศดัดแปลงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จากการที่ผลิตผล ที่มีการหายใจถูกบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ที่มีการซึมผ่านของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แก๊สทำให้บรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์เปลี่ยนแปลง ขึ้นกับปัจจัยหลักที่สำคัญ 2 ปัจจัย ได้แก่ การหายใจของผลิตผลและการซึมผ่านแก๊สของวัสดุบรรจุ และระดับแก๊สทั้งสองจะเข้าสู่สมดุลเมื่อปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ผลิตผลใช้ไปเท่ากับปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ซึมผ่านเข้าสู่บรรจุภัณฑ์ เช่นเดียวกัน ณ จุดสมดุลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตจากผลิตผลก็จะเท่ากับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไหลออกจากบรรจุภัณฑ์ ซึ่ง ณ จุดนี้ภายในบรรจุภัณฑ์จะเต็มไปด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ขณะที่แก๊สออกซิเจนจะมีปริมาณน้อยทำให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นเนื่องจากบรรยากาศดังกล่าวจะทำให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจลดลง ชะลอการเน่าเสีย และป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (Al-Ati and Hotchkiss, 2002)

การเก็บรักษาผักหรือผลไม้ตัดแต่งในบรรยากาศดัดแปลงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิต่ำกำลังได้รับความนิยม เนื่องจากผู้บริโภคในปัจจุบันเน้นการบริโภคอาหารประเภทพร้อมทาน (Ready-to-eat) ความสะดวกสบาย และการผลิตที่มีคุณภาพ (Shah and Nath, 2006) Villanueva *et al*. (2005) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี และการเกิดเชื้อของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ พบว่า การเก็บรักษาในบรรยากาศดัดแปลงที่อุณหภูมิ 2 °C จะรักษาคุณค่าทางอาหาร และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่งได้ดีที่สุด นอกจากนี้การบรรจุในสภาพบรรยากาศดัดแปลงร่วมกับกระบวนการล้างที่เหมาะสมก็สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่งได้ (An *et al*., 2007; Sothornvit and Kiatchanapaibul, 2009)

Villanueva *et al*. (2005) กล่าวว่า ในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่อุณหภูมิ 2 °C จะมีการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิกคิดเป็น 40.3 – 28.1 kPa หลังเก็บรักษาไว้ 14 และ 16 วัน โดยการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศที่มีแก๊สออกซิเจนต่ำจะช่วยชะลอการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกได้ (Agar *et al*., 1999) และจากการทดลองของ Singh and Pal (2008) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศ การสูญเสียกรดแอสคอร์บิกจะมีมากขึ้น

การบรรจุแบบแอคทิฟ

การบรรจุแบบแอคทิฟ เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการเพิ่มขีดความสามารถของการบรรจุแบบทั่วไป โดยการบรรจุแบบแอคทิฟนั้นนอกจากจะทำหน้าที่หลักเหมือนการบรรจุแบบทั่วไปแล้ว ยังสามารถควบคุมสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์โดยการยอมให้เกิดการแพร่ผ่านของแก๊สต่างๆ หรือสกัดกั้นการแพร่ของแก๊ส ให้ผ่านเข้า-ออกจากบรรจุภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมตามความต้องการของอาหารหรือผลิตผลนั้นๆ เพื่อยืดอายุการเก็บ (Shelf life) และรักษาคุณภาพ (Roony, 1995; Scully, 2009: 2-9) โดยการบรรจุแบบแอคทิฟเป็นหนึ่งในนวัตกรรมใหม่ของการบรรจุอาหารที่กำลังได้รับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความสนใจอยู่ในขณะนี้และมีการตอบรับต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตามความต้องการของผู้บริโภคและแนวโน้มทางการตลาด โดยเทคนิคส่วนใหญ่ของบรรจุภัณฑ์แอคทิฟนั้นอาจจะใช้ในการดูดซับหรือลดปริมาณออกซิเจน, เอทิลีน, ความชื้น, คาร์บอนไดออกไซด์, รสชาติหรือกลิ่น (Vermeiren *et al*., 1999)

ประเภทของบรรจุภัณฑ์แอคทิฟ การพัฒนาบรรจุภัณฑ์แอคทิฟสามารถแบ่งตามลักษณะเทคโนโลยีได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. Sachet-based technology คือ การใช้สารดูดหรือคายแก๊ส โดยบรรจุในซองเล็กๆ (Package หรือ Sachet) และSachet จะถูกใส่เพิ่มในบรรจุภัณฑ์หลักของอาหาร โดยสารที่ใส่เข้าไปนั่นขึ้นอยู่กับจุดประสงค์หรือความต้องการของผลิตภัณฑ์นั่นเช่น ในอาหารอบแห้งต่างๆ ก็ใช้สารดูดความชื้น (Humidity control) เช่น ซิลิกาเจล แต่หากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่น (Oxiation) ก็จะใช้สารดูดออกซิเจน (Oxygen scavenger) เป็นต้น

2. Plastic packaging as media คือ การผสมสารดูดหรือคายแก๊สในพลาสติกหรือฟิล์มที่เป็นบรรจุภัณฑ์โดยตรง ได้แก่ ฟิล์มที่มีสารผสมเพื่อยับยั้งหรือทำลายเชื้อจุลินทรีย์ แบคทีเรียในอาหาร หรือการใช้ฟิล์มพลาสติกผสมด้วยสารดูดออกซิเจนซีล (Seal) ด้านในของฝาขวดเบียร์ มีการนำซีโอไลต์มาประยุกต์ใช้ในบรรจุภัณฑ์โดยนำซีโอไลต์มาใส่ในฟิล์มพลาสติก เพื่อช่วยในการดูดซับเอทิลีน

เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ในการเก็บรักษาผลิตผลสดนั้น สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ (Controlled Atmosphere: CA) การบรรจุในบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere Packaging: MAP หรือ Equilibrium Modified Atmosphere: EMA) การใช้สารดูดซับเอทิลีน (Ethylene scavenger) การใช้สารต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial agent) เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ และการบรรจุในบรรยากาศดัดแปลงของหน่อไม้ฝรั่ง เพื่อใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการออกแบบการบรรจุที่เหมาะสมกับผลิตผลและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตัดสินใจ (Decision Making)

ในชีวิตประจำวันของคนเราล้วนแต่มีความต้องการกระบวนการในการตัดสินใจ ไม่ว่าจะเป็นการตัดสินใจเล็ก เช่น การเลือกชุดทำงาน นาฬิกา กระเป๋า ช่วงเวลาที่จะออกจากบ้าน หรือเส้นทางในการเดินทาง เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าการตัดสินใจเป็นเรื่องปกติทั่วไป ไม่ต้องการการพิจารณาอะไรมากมาย แต่ถ้าเป็นการตัดสินใจในเรื่องที่ใหญ่ขึ้น หรือเกี่ยวข้องกับบุคคลอื่นมากขึ้น เช่น การตัดสินใจแผนการดำเนินการ การเลือกสื่อโฆษณาสินค้าตัวใหม่ การคัดเลือกผู้สมัครเข้าทำงาน หากมีการตัดสินใจผิดพลาดอาจจะทำให้เกิดปัญหาขึ้นมากมาย เพราะฉะนั้นการตัดสินใจจึงต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ การตัดสินใจที่ดีนั้นจะก่อให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด ดังนั้นผู้ที่ทำการตัดสินใจจึงต้องมีข้อมูลที่ดี, มีกระบวนการที่ดีในการตัดสินใจ และต้องตระหนักถึงสาเหตุที่อาจจะทำให้เกิดการตัดสินใจผิดพลาดอีกด้วย

เนื่องจากในปัจจุบันมีการแข่งขันทางด้านธุรกิจอย่างมาก ทำให้ผู้ผลิตต้องหาช่องทางเพื่อให้ธุรกิจของตัวเองมีความได้เปรียบมากกว่าคู่แข่ง จึงมีการเปลี่ยนแปลงจากการทำธุรกิจโดยเน้นที่ผู้ผลิต คือ ผลิตสินค้าออกมาแล้วส่งขายให้กับผู้บริโภค โดยที่ผู้บริโภคไม่ได้เป็นผู้กำหนดความต้องการของตน กลายมาเป็นแบบใหม่ คือเน้นที่ลูกค้า ให้ลูกค้าเป็นผู้กำหนดความต้องการ แล้วผู้ผลิตจึงผลิตสินค้า

อภิชาต (2552) กล่าวว่า การตัดสินใจเป็นการศึกษาที่ระบุและคัดเลือกทางเลือกบนพื้นฐานของมูลค่าและความพึงพอใจของผู้ตัดสินใจ โดยในการตัดสินใจนั้นจะต้องประกอบไปด้วยทางเลือกในการพิจารณา และในบางกรณีก็ไม่จำเป็นที่จะต้องระบุจำนวนทางเลือกแต่จะทำการเลือกสิ่งที่ตรงตามเป้าหมาย และตรงกับวัตถุประสงค์มากที่สุด ซึ่งโดยส่วนใหญ่การตัดสินใจจะอยู่บนความขัดแย้งของหลักเกณฑ์ เช่น การตัดสินใจเกี่ยวกับเรื่องส่วนตัว การตัดสินใจในทางธุรกิจ การตัดสินใจด้านการศึกษาเป็นต้น

ความหมายและความสำคัญของการตัดสินใจ

การตัดสินใจนั้นเป็นกระบวนการเลือกในระหว่างทางเลือกต่างๆ ซึ่งเป็นคำจำกัดความที่สั้นง่าย แต่จริง ๆ แล้วภายในกระบวนการทางเลือกต่าง ๆ นั้นก็มีสิ่งที่เข้ามาเกี่ยวข้องบางประการ ซึ่งนักวิชาการได้ให้คำจำกัดความของการตัดสินใจแตกต่างกัน โดย Barnard (1938) ได้ให้คำจำกัดความของการตัดสินใจว่า การตัดสินใจนั้นเป็นเทคนิคหนึ่งเพื่อนำมาใช้พิจารณาทางเลือกต่างๆ สำหรับการแก้ไขปัญหาที่ต้องการ แล้ววิเคราะห์คัดเลือกจนให้เหลือสุดท้ายเพียงทางเลือกเดียวนั่นเอง เช่นเดียวกับ James (1990) ที่ให้ความหมายของการตัดสินใจว่า การตัดสินใจเป็นกระบวน การทางจิตใจหรือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบวนการทางความคิด ที่ส่งผลให้เกิดการเลือก จากทางเลือกหลายๆทาง ซึ่งจากการตัดสินใจนั่นจะได้ทางเลือกสุดท้าย และSimon (1960) ให้ความหมายของตัดสินใจไว้ว่า การตัดสินใจ หมายถึง กระบวนการที่ใช้ในการหาโอกาสสำหรับตัดสินใจ การหาทางเลือกที่เป็นไปได้ รวมไปถึงทางเลือกต่าง ๆ ที่มีอยู่ ซึ่งมุมมองของนักวิชาการแต่ละคนจะให้คำจำกัดความที่แตกต่างกัน

การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making)

การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making: MCDM) หมายถึง การตัดสินใจที่เกี่ยวกับวัตถุประสงค์ที่มีความขัดแย้งกัน โดยผู้ตัดสินใจจะใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจตั้งแต่สองเกณฑ์ขึ้นไป และอาจจะมีการจำกัดจำนวนทางเลือกหรือไม่จำกัดจำนวนก็ได้ ซึ่งการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจ ซึ่งมีหลายรูปแบบ ได้แก่ การคัดเลือกโดยอยู่บนพื้นฐานจากหลากหลายคุณลักษณะ หรือหลายเป้าหมาย จากหลักเกณฑ์ที่มีความขัดแย้งกัน หรืออยู่บนหน่วยที่เทียบเคียงกันไม่ได้ และการตัดสินใจเพื่อการออกแบบ หรือคัดเลือก โดยแนวคิดพื้นฐานของการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์นั้น สามารถสรุปเป็นองค์ประกอบได้ 4 องค์ประกอบหลักได้แก่

1. คุณลักษณะ (Attribute) คือสิ่งที่บ่งบอกถึงคุณลักษณะของการตัดสินใจ โดยระบุถึงตัวชี้วัดด้านคุณภาพ หรือความสามารถของทางเลือก

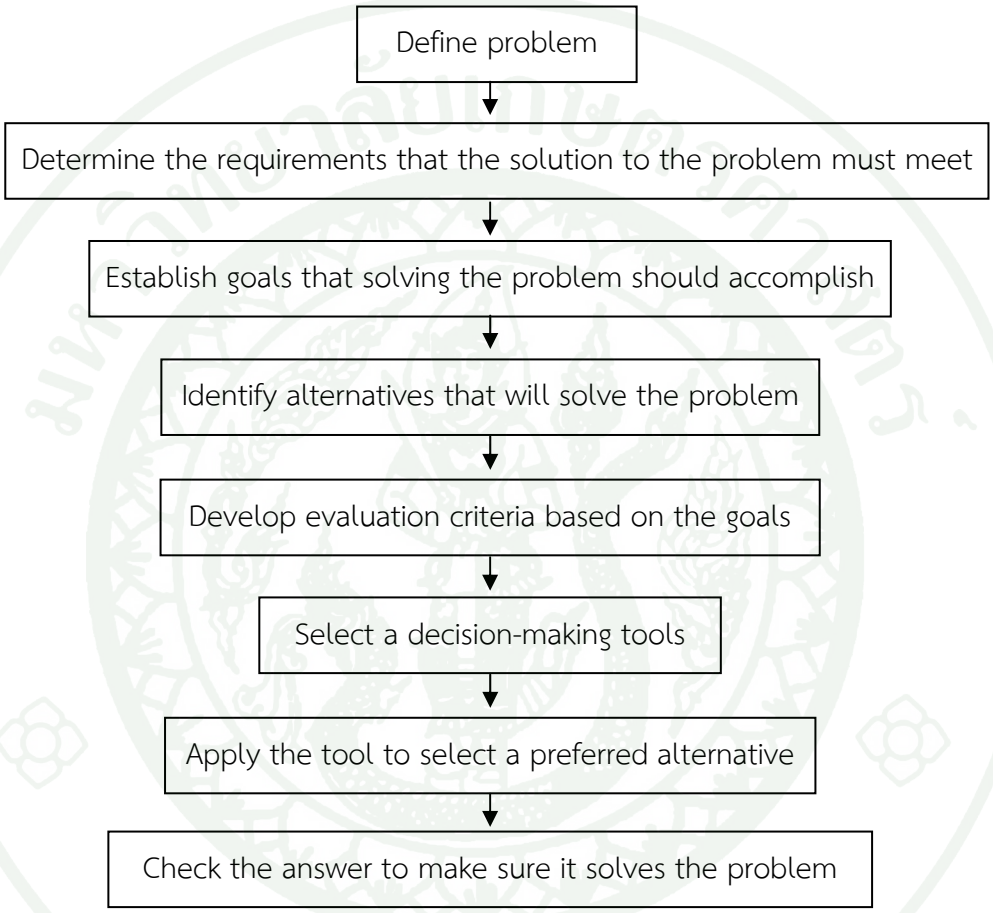
2. วัตถุประสงค์ (Objective) คือทิศทางที่ต้องการให้เกิดขึ้น จะถูกกำหนดโดยผู้ตัดสินใจ

3. เป้าหมาย (Goal) คือ ความต้องการที่ชัดเจนของผู้ตัดสินใจ โดยกำหนดขึ้นเป็นรูปแบบที่มีกำหนดระยะเวลา

4. หลักเกณฑ์ (Criteria) คือมาตรฐานของการตัดสินใจที่ได้รับการยอมรับ หรือข้อกำหนดถึงประเมิน หรือ คัดเลือก สิ่งที่จะทำการตัดสินใจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อภิชาต (2552) กล่าวว่า โดยพื้นฐานแล้วการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ นั้นมีแนวทางในการแก้ปัญหาอยู่หลายรูปแบบ แต่จุดประสงค์โดยรวมก็เพื่อทำการเลือก เป้าหมาย (Objective) ที่ดีที่สุด ในทางเลือก (Alternative) ที่มีภายใต้ข้อกำหนดของการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ (Criteria) แต่ละด้านในแต่ละระดับ



ภาพที่ 3 ขั้นตอนกระบวนการในการตัดสินใจ

ที่มา: Baker *et al*. (2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนกระบวนการในการตัดสินใจ

ขั้นตอนวิธีการของกระบวนการตัดสินใจนั้น ควรเริ่มจากการระบุผู้ที่จะทำการตัดสินใจ และผู้ร่วมการพิจารณา จากนั้นทำการพิจารณาถึงปัญหาที่ต้องทำการตัดสินใจสิ่งที่ต้องการ เป้าหมาย หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยขั้นตอนดังภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าขั้นตอนในการตัดสินใจที่อยู่ขั้นกลางระหว่างเป้าหมายและการตัดสินใจนั่นก็คือ กระบวนการตัดสินใจ เนื่องจากการตัดสินใจนั้นจะมีเหตุผลและถูกต้องหรือไม่จะขึ้นอยู่กับกระบวนการตัดสินใจที่เลือกใช้เป็นหลัก โดยกระบวนการตัดสินใจ หมายถึง การกำหนดขั้นตอนการตัดสินใจตั้งแต่ขั้นแรกไปจนถึงขั้นสุดท้าย ซึ่งการตัดสินใจโดยลำดับขั้นของกระบวนการดังกล่าว เป็นการตัดสินใจโดยใช้หลักเหตุผลและมีกฎเกณฑ์เป็นการตัดสินใจโดยใช้ระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ช่วยค้นหาข้อสรุปในการตัดสินใจ

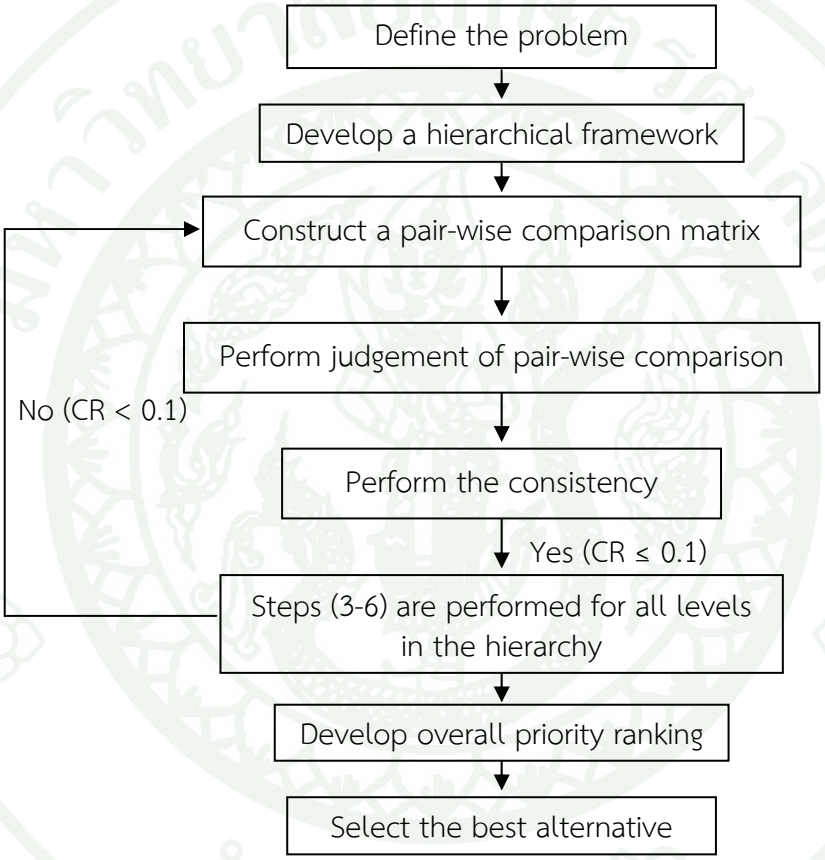
ดังนั้นการตัดสินใจจึงหมายถึงการคัดเลือกทางเลือกที่มีคุณสมบัติที่สอดคล้องหรือเหมาะสมกับทุกหลักเกณฑ์ ที่ใช้ในการตัดสินใจ โดยลักษณะที่สำคัญของการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ คือการมีส่วนร่วมของผู้ที่อยู่ในกระบวนการในการตัดสินใจ ตั้งแต่การระบุวัตถุประสงค์หลักเกณฑ์ การวิเคราะห์หาความสำคัญเชิงสัมพัทธ์ระหว่างหลักเกณฑ์และทางเลือก และเนื่องจากเป็นการตัดสินใจแบบกลุ่ม จึงทำให้ยากที่จะได้ผลจากการตัดสินใจที่ดี เพราะความต้องการ ความสามารถ และประสบการณ์ของแต่ละบุคคลไม่เหมือนกัน จึงต้องมีการนำวิธีการตัดสินใจเข้ามาช่วยให้การตัดสินใจได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น ซึ่งวิธีในการแก้ปัญหาด้านการตัดสินใจนั้นมีหลายวิธี เช่น Weighted Sum Method (WSM), Weighted Product Method (WPM), Elimination and Choice Translating Reality (ELECTRE) และ Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) และ Analytical Hierarchy Process (AHP) ซึ่งทุกวิธีนั้นสามารถนำมาแก้ปัญหาด้านการตัดสินใจได้ ขึ้นอยู่กับความถนัดและความต้องการของผู้ตัดสินใจเป็นหลัก ซึ่งงานวิจัยนี้จะเสนอวิธีการของ AHP ที่มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อช่วยให้การตัดสินใจมีประสิทธิภาพเป็นเหตุเป็นผลยิ่งขึ้น

Analytical Hierarchy Process

Analytical Hierarchy Process (AHP) เป็นหนึ่งในวิธีการการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Ariff, 2008) โดยเป็นกระบวนการที่ใช้ในการ “วัดค่าระดับ” ของการตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ผลการตัดสินใจที่ถูกต้องตรงกับเป้าหมายของการตัดสินใจมากที่สุด ซึ่งสามารถใช้ได้กับการตัดสินใจที่มีความยุ่งยากซับซ้อน หลักการของกระบวนการนี้จะใช้วิธีการเปรียบเทียบเกณฑ์ในการคัดเลือกที่ละคู่ (Pair-wise comparisons) ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งในเกณฑ์เชิง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณและเกณฑ์เชิงคุณภาพ (Hsiao, 2002) โดยกระบวนการนี้ได้รับการคิดค้นเมื่อทศวรรษที่ 1970 โดยศาสตราจารย์ Thomas Saaty แห่งมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย (Saaty, 1980) และได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในเรื่องที่เกี่ยวกับการตัดสินใจต่าง ๆ มากมายเช่น การวางแผนผังโรงงาน การคัดเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด การจัดสรรทรัพยากร การแก้ไขข้อขัดแย้ง ฯลฯ ซึ่ง AHP สามารถนำมาใช้ร่วมกับเทคนิคอื่นๆได้ เช่น Linear program, Quality Function Deployment (QFD), Fuzzy Logic ฯลฯ (Vaidya, 2006)



ภาพที่ 4 แผนภูมิขั้นตอนเทคนิค AHP

ที่มา: Suryadi (2005)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนการตัดสินใจโดยใช้ AHP

หลักการของ AHPนั้น เริ่มจากการกำหนดเป้าหมาย (Goal) แล้วจึงกำหนดเกณฑ์ (Criteria) เกณฑ์ย่อย (Sub-criteria) และทางเลือก (Alternatives) ตามลำดับ (Saaty, 1980) หลังจากนั้นนำเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจมาเปรียบเทียบความสำคัญ โดยการเปรียบ เทียบเกณฑ์ทีละคู่ (Pair-wise comparisons) ด้วยวิธีการให้คะแนนตามความสำคัญหรือความชอบ เพื่อหาน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ แล้วจึงนำทางเลือกที่มีทั้งหมดมาวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทีละเกณฑ์จนครบทุกเกณฑ์ เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งถ้าการให้คะแนนความสำคัญหรือความชอบนั้นสมเหตุสมผล (Consistency) จะสามารถจัดลำดับทางเลือกเพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุดได้ (ภาพที่ 4)

สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วย AHP การวิเคราะห์การตัดสินใจด้วย AHP มี 8 ขั้นตอน ดังนี้ (ภาพที่ 4)

1. การระบุปัญหา (Define the problem) เป็นขั้นตอนแรกที่มีความสำคัญอย่างมาก เพราะการระบุปัญหาได้ถูกต้องหรือไม่ ย่อมมีผลต่อการดำเนินการในขั้นต่อๆ ไปของกระบวนการตัดสินใจ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของการตัดสินใจ โดยกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของงาน แล้วจึงกำหนดเกณฑ์หลัก เกณฑ์ย่อย และกำหนดทางเลือกหรือวิธีการแก้ไขปัญหา

2. สร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ (Develop decision hierarchy) จากทางเลือกและเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยอย่างน้อยจะมี 3 ลำดับชั้น คือ เป้าหมาย, เกณฑ์ และ ทางเลือก ดังแสดงในภาพที่ 5

3. สร้างตารางเมตริกซ์เปรียบเทียบที่ใช้ในการตัดสินใจเป็นคู่

4. คำนวณหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในการตัดสินใจ โดยใช้การอธิบายในรูปเมตริกซ์เป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญที่ละคู่ๆ โดยเริ่มต้นจากระดับชั้นบนสุดของแผนภูมิแล้วไล่ลงมาระดับชั้นด้านล่างที่ละชั้น

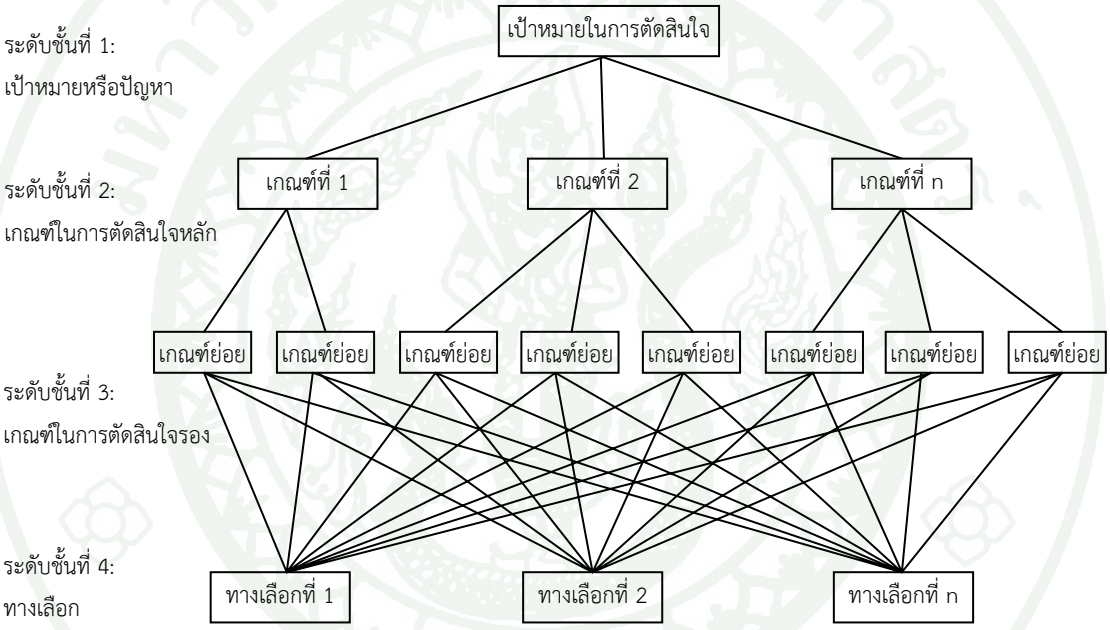
5. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล โดยความเห็นของผู้บริโภคหรือผู้เชี่ยวชาญในการให้คะแนนความสำคัญ ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบของเป็นคู่ บางครั้งอาจไม่สมเหตุสมผลหรือมีข้อผิดพลาด จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล โดยการคำนวณดรรชนีความสมเหตุสมผลของข้อมูล (Consistency Ratio, CR) ถ้า CR > 0.1 แสดงว่าข้อมูลคะแนนความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบของเป็นคู่ไม่สมเหตุสมผล (Lin *et al*., 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. นำทางเลือกที่กำหนดไว้ในตอนแรกมาทำการประเมินผ่านเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ เพื่อจัดลำดับความสำคัญ โดยทำตามในขั้นตอนข้อที่ 3-6

7. คำนวณลำดับความสำคัญของทางเลือก โดยการนำค่าน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละทางเลือกในแต่ละเกณฑ์ คูณกับค่าน้ำหนักของเกณฑ์ แล้วหาผลรวม

8. ถ้าเรียงลำดับผลลัพธ์ของแต่ละทางเลือกตามคะแนนจากมากไปน้อย ทางเลือกที่มีคะแนนมากที่สุดจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด



ภาพที่ 5 โครงสร้างของ Analytical Hierarchy Process

ที่มา: Ariff (2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยมีหลายงานวิจัยที่ใช้หลักการของ AHP มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Poh and Ang (1999) ได้ใช้หลักการของAHP ในการกำหนดนโยบายการใช้เชื้อเพลิงเพื่อการขนส่งที่ประเทศสิงค์โปร์ ซึ่งใช้ปัจจัยในการพิจารณา 6 ปัจจัยคือ Supply, Emission, Technology, Cost, Consumer Preference, Safety และแบ่งกลุ่มผู้ทำการตัดสินใจออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้บริโภคและกลุ่มผู้ผลิต ซึ่งผลของงานวิจัยทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างมีความเห็นขัดแย้งกัน จึงใช้ AHP วิเคราะห์ทางเลือกอีกขั้นหนึ่ง จนในที่สุดได้ผลลัพธ์ที่เป็นนโยบายการใช้พลังงานที่ชัดเจนและถูกต้องตามจุดประสงค์ที่ต้องการอย่างประนี ประนอม Bodin and Epstein (2000) ได้นำ AHP มาประยุกต์ใช้ในการจัดอันดับผู้เล่นเบสบอลอาชีพจำนวน 43 คน ของทีมซานดิเอโกพาเดร (San diago padre) เพื่อใช้ในการจัดสรรเงินค่าตัวนักกีฬาที่เหมาะสมกับฝีมือของผู้เล่น ซึ่งไม่ได้นำผู้เล่นทั้ง 43 คน มาเปรียบเทียบโดยตรง เนื่องจากจำนวนทางเลือกที่พิจารณามีมากเกินไป ดังนั้นจึงนำ AHP มาใช้ในการหาระดับความสำคัญถ่วงน้ำหนัก ของเกณฑ์การประเมิน แล้วนำผลค่าความสามารถของผู้เล่นแต่ละคนที่พิจารณาในแต่ละปัจจัยไปคูณกับค่า weight ของแต่ละปัจจัยที่ได้มาจากกระบวนการ AHP ซึ่งผลจากการวิจัยนี้ทำให้สามารถแบ่งระดับความสามารถของผู้เล่นได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

นอกจากนั้นยังมีการนำหลักการของ AHP มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนผังของโรงงานหรือสถานที่ตั้ง Badri (1999) นำหลักการของ AHP ไปประยุกต์ใช้กับการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ โดยได้ประยุกต์ใช้ร่วมกับ Goal programming โดยใช้ AHP เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจเลือกสถานที่ตั้งโรงงาน ภายใต้หลักเกณฑ์สำคัญ 4 ปัจจัยคือ ปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์, ข้อกำหนดของรัฐบาล, ความสามารถเชิงแข่งขันและความอยู่รอดของทางบริษัท, สถานการณ์การเมืองระหว่างประเทศ และใช้ Goal programming ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พิจารณาภายใต้ข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร ซึ่งการตัดสินใจขั้นสุดท้ายจะทำโดยประเมินผลจากทั้ง 2 วิธี

หลักการของ AHP สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องมือ หรือโปรแกรมอื่นๆ ได้ เช่น การพัฒนาการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้หลักการของ Concurrent design ในผลิตภัณฑ์ของเด็กเล่น (สำหรับเด็กอายุต่ำกว่า 7 ปี) โดยใช้ AHP ร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD), การวิเคราะห์ความผิดพลาด (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) เพื่อเลือกการออกแบบที่ดีที่สุด และใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อการประกอบ (Design for Assembly: DfA) ในการพยายามลดชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้การประกอบเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภคเพื่อให้ผู้บริโภคเกิดความพอใจสูงสุด ซึ่งวิธี AHP นั้นจะสามารถใช้วิเคราะห์เกณฑ์ในการออกแบบจากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคและประเมินค่าสิ่งที่สำคัญที่ใช้เป็นทางเลือกในการออกแบบให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยในงานวิจัยนี้สามารถช่วยลดความไม่แน่นอนของการออกแบบ ซึ่งทำให้สามารถออกแบบกระบวนการผลิตให้ง่าย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มากยิ่งขึ้น และได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องกับความต้องการของผู้บริโภค (Hsiao, 2002) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Lin *et al*. (2008) ที่นำวิธี AHP และ TOPSIS มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้บริโภคซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของวิศวกรรมก้าวขนาน (Concurrent engineering) โดยการนำ AHP มาช่วยในการประเมินความต้องการของผู้บริโภคและให้สอดคล้องกับคุณลักษณะในการออกแบบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยจะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของผู้บริโภคและคุณลักษณะในการออกแบบ PDA (Personal digital assistant) ซึ่งจะทำให้สามารถระบุเกณฑ์ที่จะใช้ในการออกแบบ PDA ได้ โดยจะนำเกณฑ์ที่
ได้นี้ มาร่างต้นแบบของ PDA ด้วยโปรแกรม 3D CAD และใช้วิธีการ TOPSIS วิเคราะห์เปรียบเทียบทางเลือกในการออกแบบที่ดีที่สุด

Boonkanit *et al*. (2007) ได้เสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในการเลือกผลิตภัณฑ์ที่ระดับแนวคิด เพื่อให้สามารถทำการประเมินแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ทั้งทางด้านเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพเพื่อสิ่งแวดล้อม (Quality Function Deployment for Environment, QFDE) และ AHP ในการออกแบบเครื่องพิมพ์แบบอิงค์เจ็ท โดยเริ่มต้นจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพจากเสียงผู้บริโภค (Voice of Customer, VoC) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบ และใช้เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม (Design for Environment, DfE) มาใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเดิมที่มีอยู่ เพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ใหม่บนพื้นฐานเสียงจากผู้บริโภคและเทคนิคการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม และใช้ AHP ในการประเมินทางด้านเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพโดยรวมอีกครั้ง ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถช่วยให้ผู้ออกแบบเข้าถึงความต้องการอย่างแท้จริงของลูกค้าได้มากขึ้น และช่วยเพิ่มศักยภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านสิ่งแวดล้อมในการแข่งขันอีกด้วย และAriff *et al*. (2008) ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาในการเคลื่อนย้ายของเก้าอี้รถเข็นสำหรับคนป่วยหรือคนพิการ โดยใช้ AHP เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ ซึ่ง AHP สามารถช่วยนักออกแบบในการประเมินและคัดเลือกแนวคิดในการออกแบบที่ดีที่สุดบนพื้นฐานของเกณฑ์หลักและเกณฑ์ย่อยที่ใช้ในการตัดสินใจในการออกแบบ โดยในงานวิจัยนี้สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และพัฒนากระบวนการผลิตให้สั้นลงได้

จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด จะเห็นได้ว่า AHP สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย เช่น การวางแผนผังโรงงาน, การคัดเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด, การจัดสรรทรัพยากร และการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้กระบวน การตัดสินใจด้วยวิธีการ AHP เพื่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตผลสด โดยกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้จะทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

งานวิจัยครั้งนี้ใช้หน่อไม้ฝรั่ง หน่อเขียว เกรด A ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8-1 เซนติเมตร จากตลาดไท จ.ปทุมธานี (ตลาดกลางสินค้าการเกษตร แห่งประเทศไทย) นำหน่อไม้ฝรั่งมาล้างทำความสะอาดด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ความเข้มข้น 400 ppm (เย็นจิตร, 2533) จากนั้นทำการคัดเลือกหน่อที่ตั้งตรงไม่โค้งงอ ปลายยอดตูมไม่บาน ขนาด สี และความยาวใกล้เคียงกัน ไม่มีรอยตำหนิ โดยตัดโคนออกให้หน่อไม้ฝรั่งมีความยาวประมาณ 15-16 เซนติเมตร

2. สารเคมี

2.1 เอทานอล (Ethanol, C_2H_5OH) บริษัท Merck ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

2.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) บริษัท Merck ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

2.3 กรดเมตาฟอสฟอริก (Metaphosphoric acid, HPO_3) บริษัท Merck ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

2.4 กรดแอซีติก (Acetic acids, CH_3COOH) บริษัท Merck ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

2.5 2,6-ไดคลอโรอินโดฟีนอลโซเดียมซอลไฮเดรต (2,6-Dichloroindophenol sodium salt hydrate, $C_{12}H_6Cl_{12}NNaO_2.aq$) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศสาธารณรัฐออสเตรีย

2.6 โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate, $NaOHCO_3$) บริษัท Merck ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

2.7 กรดแอลแอสคอร์บิก (L-Ascorbic acid, $C_6H_8O_6$) บริษัท Ajax Finechem ประเทศเครือรัฐออสเตรเลีย

2.8 อะซีโตน (Acetone, CH_3COCH_3) บริษัท Fisher Scientific UK Limited ประเทศสหราชอาณาจักร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1 ระบบควบคุมสภาพบรรยากาศ (Controlled Atmosphere System) รุ่น MI4-110-KG1 บริษัท International Controlled Atmosphere ประเทศสหราชอาณาจักร

3.2 อุปกรณ์สำหรับวัดอัตราการหายใจ

3.2.1 โหลแก้วขนาด 925 มิลลิลิตร

3.2.2 แผงควบคุมอัตราการไหลของอากาศ (Flow board)

3.2.3 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ (Gas Chromatograph) รุ่น 6820 บริษัท Agilent ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.4 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ (Gas Chromatograph) รุ่น 6890N บริษัท Agilent ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3 อุปกรณ์สำหรับใช้ในการทดสอบอัตราการซึมผ่าน

3.3.1 เครื่องทดสอบอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจน (Oxygen Permeation Analyzer) รุ่น 8501 บริษัท Illinois Instrument ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3.2 เครื่องทดสอบอัตราการซึมผ่านของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

3.3.3 เครื่องทดสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Permeation Analyzer) รุ่น PERMATRAN-W model 398 บริษัท Mocon ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3.4 เครื่องวัดความหนา (Digimatic Thickness Gage) รุ่น ID-C112BS บริษัท Mitutoyo ประเทศญี่ปุ่น

3.4 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.4.1 เครื่องวัดสี (Chroma Meter) รุ่น Minolta CR – 310 บริษัท Minolta ประเทศญี่ปุ่น

3.4.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น Testometric Micro 350 บริษัท The Testometric ประเทศสหราชอาณาจักร

3.5 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.5.1 ตู้แช่แข็ง (Freezer) อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส รุ่น SF-C995 บริษัท ซันโย (ไทยแลนด์) จำกัด ประเทศไทย

3.5.2 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) รุ่น FD 53 บริษัท Binder ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

3.5.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น Sartorius Bp 3100s บริษัท Data Weighing Systems ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.5.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น Sartorius Bp 110s บริษัท Data Weighing Systems ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

3.5.5 เครื่องแก้ว

3.6 อุปกรณ์อื่นๆ

3.6.1 ห้องควบคุมอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส

3.6.2 ถาดพอลิโพรไพลีน (Polypropylene: PP) ขนาดบรรจุ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร (12×18×3 เซนติเมตร) บริษัท Okura Industrial ประเทศไทย

3.6.3 ฟิล์มพลาสติก

ก. ฟิล์มพอลิเอทิลีน (Polyethylene: NPPE) ผลิตโดยบริษัทไทยเทคนิคพลาสแมช จำกัด

ข. ฟิล์มที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สสูง ได้แก่ NPPE-11, NPPE-16 ผลิตโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 สมบัติด้านความหนา อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ แก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการทดลอง

ฟิล์มพลาสติก	ความหนา (μm) ($\times 10^{-3}$)	WVTR[1/] Kg/m^2.24hr ($\times 10^{-3}$)	OTR[2/] cm^3/m^2.24hr ($\times 10^2$)	P_{O2}[1/] cm^3.mm/m^2.24hr.Pa ($\times 10^2$)	CO_2TR[2/] cm^3/m^2.24hr ($\times 10^2$)	P_{co2}[2/] cm^3.mm/m^2.24hr.Pa ($\times 10^2$)	β (P_{co2}/ P_{o2})
NPPE-05	43.6±1.00	8±0.2	52±1.9	2.3±0.04	181±0.5	7.6±0.1	3.32±1.16
NPPE-11	23.8±0.00	15±0.3	110±20.1	2.6±0.47	384±10.0	8.8±1.1	3.52±0.55
NPPE-16	28.3±0.00	19±0.2	166±10.1	4.7±0.35	497±6.6	14.4±0.3	3.07±0.29

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[1/]ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90

[2/]ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. ศึกษาผลของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

1.1 ผลของแก๊สออกซิเจนต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

นำหน่อไม้ฝรั่งที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้วประมาณ 100 กรัม ใส่ในโหลแก้วขนาด 925 มิลลิลิตร ปิดด้วยฝาที่มีท่อต่อผ่านสายยางเข้า และออกของอากาศ แล้วนำมาต่อเข้ากับแผงควบคุมการไหลของอากาศ โดยแปรระดับแก๊สออกซิเจนเป็น 0, 2, 5, 10 และ 20 kPa (สิ่งทดลองควบคุม) ปรับสมดุลด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (0.03 kPa) และแก๊สไนโตรเจน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส และตรวจวัดคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง ดังนี้

1.1.1 คุณภาพทางกายภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

ทำการประเมินคุณภาพด้านต่างๆ ของหน่อไม้ฝรั่ง ดังนี้

ก. การเกิดกลิ่นหมัก ผู้ทำวิจัยจะทำการประเมินการเกิดกลิ่นหมัก โดยพิจารณาจากระดับความรุนแรงในการเกิดกลิ่นหมักอยู่ที่ระดับใด รายงานค่าในหน่วยร้อยละโดยกำหนดระดับความรุนแรงเป็น 4 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 ไม่เกิดกลิ่นหมัก
ระดับที่ 2 เกิดกลิ่นหมักเพียงเล็กน้อย
ระดับที่ 3 เกิดกลิ่นหมักปานกลาง
ระดับที่ 4 เกิดกลิ่นหมักรุนแรง

ข. ลักษณะปรากฏ (ปลายยอดแห้งหรือฉ่ำน้ำ) ผู้ทำวิจัยจะทำการประเมินลักษณะปรากฏของปลายยอดหน่อไม้ฝรั่ง โดยพิจารณาระดับความรุนแรงในการเกิดอาการแห้งหรือฉ่ำน้ำของปลายยอดหน่อไม้ฝรั่ง จากจำนวนหน่อไม้ฝรั่งทั้งหมด รายงานค่าในหน่วยร้อยละโดยกำหนดระดับความรุนแรงเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 ปลายยอดไม่เกิดอาการแห้งหรือฉ่ำน้ำ
ระดับที่ 2 เกิดอาการแห้งหรือฉ่ำน้ำร้อยละ 1-10 ของบริเวณปลายยอด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับที่ 3 เกิดอาการแห้งหรือฉ่ำน้ำร้อยละ 11-25 ของบริเวณปลายยอด

ระดับที่ 4 เกิดอาการแห้งหรือฉ่ำน้ำร้อยละ 26-50 ของบริเวณปลายยอด

ระดับที่ 5 เกิดอาการแห้งหรือฉ่ำน้ำร้อยละ 50 ขึ้นไปของบริเวณปลายยอด ปลายยอดมีลักษณะเน่าเละและเป็นเมือกเยิ้ม

ค. ลักษณะปรากฏ (โคนเหี่ยวย่น) ผู้ทำวิจัยจะทำการประเมินลักษณะปรากฏของโคนหน่อไม้ฝรั่ง โดยพิจารณาระดับความรุนแรงในการเหี่ยวย่นของโคนหน่อไม้ฝรั่ง จากจำนวนหน่อไม้ฝรั่งทั้งหมด รายงานค่าในหน่วยร้อยละโดยกำหนดระดับความรุนแรงเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 โคนไม่เกิดอาการเหี่ยวย่น

ระดับที่ 2 เกิดอาการเหี่ยวย่นร้อยละ 1-10 ของบริเวณโคน

ระดับที่ 3 เกิดอาการอาการเหี่ยวย่นร้อยละ 11-25 ของบริเวณโคน

ระดับที่ 4 เกิดอาการอาการเหี่ยวย่นร้อยละ 26-50 ของบริเวณโคน

ระดับที่ 5 เกิดอาการอาการเหี่ยวย่นร้อยละ 50 ขึ้นไปของบริเวณโคน

ง. การสูญเสียน้ำหนักสด ทำการชั่งน้ำหนักหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในภาชนะบรรจุก่อนการเก็บรักษาและระหว่างการเก็บรักษา แล้วคำนวณเป็นร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด โดยคำนวณได้จากสมการที่ 5

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา-น้ำหนักหลังการเก็บรักษา})}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}} \times 100 \quad (5)$$

จ. ค่าสีของหน่อไม้ฝรั่ง วัดสีหน่อไม้ฝรั่งด้วยเครื่องวัดสี Chroma Meter Model Minolta CR-310 ค่าที่ได้แสดงเป็นค่า L, a*, b*

ค่า L เป็นค่าที่รายงานถึงความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้าค่า L* สูง หมายถึง มีความสว่างมาก แต่ถ้าค่า L ต่ำ หมายถึง มีความสว่างน้อย

ค่า a* เป็นค่าที่รายงานถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเขียว-แดง โดยที่ค่าสีในกรณีที่ค่า a* มีค่าเป็นลบจะแสดงช่วงสีเขียว และในกรณีที่ค่า a* มีค่าเป็นบวกจะแสดงช่วงสีแดง ค่า b* เป็นค่าที่รายงานถึงการเปลี่ยนแปลงของสีในช่วงสีน้ำเงิน-เหลืองในกรณีที่ค่า b* มีค่าเป็นลบจะแสดงช่วงสีน้ำเงิน และในกรณีที่ค่า b* มีค่าเป็นบวกจะแสดงช่วงสีเหลือง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่า Choma เป็นค่าที่บอกถึงความอิ่มตัว (Saturation) หรือความบริสุทธิ์ของสี (Purity) ใดสีหนึ่ง (Wikipedia, 2011) ถ้าอิ่มตัวต่ำจะแสดงสีหม่นออกเทา หากค่า Chroma มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีซีดจาง (เทา) ถ้าChroma มีค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึง วัตถุมีสีเข้ม

ค่า Hue เป็นค่าแสดงถึงสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น (Pure Color) โดยที่ไม่มีการเติมสีขาวหรือสีดำลงไปเพื่อให้สว่างขึ้นหรือมืดลง (Wikipedia, 2011) ซึ่งขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสง ค่า Hue angle แสดงช่วงสีของวัตถุมีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศา ดังนี้ (Siomos et al., 2010) ค่า Hue angle 0 องศา แสดงสีม่วงแดง, 90 องศา แสดงสีเหลือง, 180 องศา แสดงสีเขียวอมฟ้า, 270 องศา แสดงสีน้ำเงิน

โดยสามารถนำค่า L, a*, b* มาคำนวณหาค่า Choma และ Hue angle จากสมการที่ 6 และสมการที่ 7 ดังนี้ (Siomos et al., 2010)

$$Chroma = (a^{*2}+b^{*2})1/2 \quad (6)$$

$$Hue\ angle = arctangent\ (b^*/a^*) + 180° \text{ เมื่อ } a^* < 0 \quad (7)$$

ฉ. ค่าเนื้อสัมผัส ทำการวัดค่าเนื้อสัมผัส โดยใช้ Testometric Micro 350 ประเทศสหราชอาณาจักร โดยใช้แรงเฉือนที่อัตราเร็ว 20 มิลลิเมตร/นาที ทำการวัดบริเวณส่วนยอด ส่วนกลาง และส่วนโคนที่ต่ำที่สุดของก้าน รายงานในหน่วยนิวตัน (N)

1.1.2 คุณภาพทางเคมีของหน่อไม้ฝรั่ง

ก. ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ตามวิธี AOAC (2000)

นำน้ำคั้นจากหน่อไม้ฝรั่ง 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วเติมด้วยสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริค-อะซิติค (Metaphosphoric acid-Acetic acid) ลงไปจำนวน 5 มิลลิลิตร ทำการไตเตรทกับสารละลายอินโดฟีนอลมาตรฐาน โดยมีจุดยุติเป็นสีชมพูอ่อนอย่างน้อย 5 วินาที ทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง คำนวณหาปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่มีอยู่ในน้ำคั้นเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำคั้น โดยเปรียบเทียบกับสารละลายกรดแอสคอร์บิกมาตรฐานความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังสมการที่ 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

mg. Ascorbic acid/100 g. FW = (X-B) × (F/E) × (V/Y) × 100 (8)

โดยที่ X หมายถึง ปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง
B หมายถึง ปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรต blank
F หมายถึง ความเข้มข้นของสารละลาย ascorbic acid standard
E หมายถึง ปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรต สารละลาย ascorbic acid standard
V หมายถึง ปริมาตร สารละลาย ascorbic acid standard เริ่มต้นที่ใช้
Y หมายถึง ปริมาตร ของตัวอย่าง เริ่มต้นที่ใช้

ข. ปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่ง (ดัดแปลงมาจากวิธีของ Gould, 1977)

นำหน่อไม้ฝรั่งส่วน กลาง และโคน มาชั่งน้ำหนักประมาณ 10 กรัม หลังจากนั้นนำไปต้มใน beaker ที่มีน้ำเดือดอยู่ 100 มิลลิลิตร นาน 10 นาที เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 50 (w/v) จำนวน 12.5 มิลลิลิตร และต้มต่อเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นนำเส้นใยที่ได้จากการต้มมาล้างด้วยน้ำไหล บนตะแกรงขนาด 30 mesh นำ เส้นใยที่ได้ไปอบในตู้อบความร้อนแห้ง (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักสุดท้าย) คำนวณปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่ง ดังสมการที่ 9

$$\text{ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักเส้นใยที่อบได้})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างสด}} \times 100 \quad (9)$$

ค. ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง (ดัดแปลงตามวิธีการของ Larsen and Watkins, 1995)

นำน้ำคั้นจากหน่อไม้ฝรั่ง 5 มิลลิลิตร เก็บใส่ขวดทดสอบขนาด 20 มิลลิลิตร ปิดด้วยฝาอลูมิเนียมที่มีตัวกั้นกันการรั่วซึม อุ่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เก็บแก๊สด้วยกระบอกฉีดยาบริเวณช่องว่างบรรยากาศจากขวดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร และฉีดเข้าเครื่อง แก๊สโครมาโตกราฟ รุ่น 6820 บริษัท Agilent ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณเอทานอลในเนื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ผลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

นำหน่อไม้ฝรั่งที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้วประมาณ 100 กรัมใส่ในโหลแก้วขนาด 925 มิลลิลิตร ปิดด้วยฝาที่มีท่อต่อผ่านสายยางเข้าและออกของอากาศ แล้วนำมาต่อเข้ากับแผงควบคุมการไหลของอากาศ โดยแปรระดับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็น 0.03 (สิ่งทดลองควบคุม), 5, 10, 15 และ 20 kPa ปรับสมดุลด้วยแก๊สออกซิเจน (20 kPa) และแก๊สไนโตรเจน โดยให้มีอัตราการไหลของอากาศผ่านเข้าขวดแก้วในช่วง 145-150 มิลลิลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ทำการตรวจวัดปริมาณแก๊สทุกๆ 24 ชั่วโมง และตรวจวัดคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งทุกๆ 5 วัน เป็นเวลา 30 วัน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

2. ศึกษาผลของบรรยากาศควบคุมในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่ง

นำหน่อไม้ฝรั่งที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้วประมาณ 100 กรัม ใส่ในโหลแก้วขนาด 925 มิลลิลิตร ปิดด้วยฝาที่มีท่อต่อผ่านสายยางเข้าและออกของอากาศ แล้วนำมาต่อเข้ากับแผงควบคุมการไหลของอากาศ โดยแปรระดับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจนดังนี้

สภาวะบรรยากาศควบคุมที่ 1 แก๊สออกซิเจน 10 kPa ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 10 kPa
สภาวะบรรยากาศควบคุมที่ 2 แก๊สออกซิเจน 10 kPa ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 15 kPa
สภาวะบรรยากาศควบคุมที่ 3 แก๊สออกซิเจน 15 kPa ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 10 kPa
สภาวะบรรยากาศควบคุมที่ 4 แก๊สออกซิเจน 15 kPa ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 15 kPa
สภาวะบรรยากาศควบคุมที่ 5 แก๊สออกซิเจน 20 kPa ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03 kPa

โดยให้มีอัตราการไหลของอากาศผ่านเข้าโหลแก้วในช่วง 145-150 มิลลิลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ทำการตรวจวัดปริมาณแก๊สทุกๆ 24 ชั่วโมง และตรวจวัดคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งทุกๆ 5 วัน เป็นเวลา 30 วัน ดังเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ศึกษาผลของฟิล์มและเปรียบเทียบคุณภาพและอายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ

3.1 หาค่าสภาพให้ซึมผ่านได้ของฟิล์มพลาสติกบรรจุภัณฑ์ (Permeability)

ตรวจวัดสภาพให้ซึมผ่านได้ของฟิล์มพอลิเอทิลีน (Polyethylene: NPPE-05), ฟิล์มที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สสูง ได้แก่ NPPE-11, NPPE-16 จาก MTEC

3.1.1 อัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม โดยเครื่องทดสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Permeation Analyzer) รุ่น PERMATRAN-W model 398 บริษัท Mocon ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.2 อัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจน และอัตราการซึมผ่านของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเครื่องทดสอบอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจน (Oxygen Permeation Analyzer) รุ่น OXTRAN 2/21 ยี่ห้อ MOCON ประเทศสหรัฐอเมริกาและเครื่องทดสอบอัตราการซึมผ่านของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide Permeation Analyzer) รุ่น PERMATRAN-C 4/41 ยี่ห้อ MOCON ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2 ศึกษาผลของการบรรจุในบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

3.2.1 นำหน่อไม้ฝรั่งที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้วประมาณ 100 กรัม บรรจุลงในถาดพอลิพรอพิลีน (Polypropylene: PP) ขนาด 7 × 11 × 3 นิ้ว ปิดผนึกด้านบนถาด PP ที่บรรจุหน่อไม้ฝรั่งแล้วด้วยฟิล์มพอลิเอทิลีนที่ใช้ทั่วไป (Polyethylene: NPPE-05), ฟิล์มพอลิเอทิลีนที่มีสภาพให้ซึมผ่านของแก๊สสูง ผลิตโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเท็ค) ทำการอัดแก๊สไนโตรเจนลงไป เป็นเวลา 5 วินาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ตรวจวัดคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งตลอดระยะการเก็บรักษา 45 วัน โดยตรวจวัดคุณภาพต่างๆ ดังเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 และตรวจวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ ดังวิธีต่อไปนี้

ก. ตรวจวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ โดยสุ่มแก๊สจากช่องว่างบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์หน่อไม้ฝรั่ง 5 มิลลิลิตร วิเคราะห์ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจนโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ รุ่น 6890N บริษัท Agilent ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีสภาวะสำหรับวิเคราะห์แก๊สดังนี้ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้คอลัมน์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Heysep Q 100/200 (1.8 m x 0.32 mm) แก๊สออกซิเจนใช้คอลัมน์ molecular Sieve 5A 80/100 (1.8 m x 0.32 mm) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และตัวตรวจวัด (detector) ใช้ Thermal Conductivity Detector (TCD) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส คำนวณปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจน โดยเทียบกับแก๊สมาตรฐานคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจน รายงานค่าในหน่วยร้อยละ

3.2.2 นำหน่อไม้ฝรั่งที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้วประมาณ 100 กรัม บรรจุลงในในถุงพอลิเอทิลีนที่ใช้ทั่วไป (Polyethylene: NPPE-05), ถุงพอลิเอทิลีนที่มีสภาพให้ซึมผ่านของแก๊สสูง ผลิตโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเท็ค) ขนาด 7×11 นิ้ว ทำการอัดแก๊สไนโตรเจนลงไป เป็นเวลา 5 วินาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ตรวจวัดคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งตลอดระยะการเก็บรักษา 45 วัน โดยตรวจวัดคุณภาพต่างๆ ดังเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 และตรวจวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ด้วยด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.1

4. ศึกษาสำรวจข้อมูลด้านบรรจุภัณฑ์ผักผลไม้ในตลาดขายปลีกในประเทศไทย และประเทศไต้หวัน

สำรวจข้อมูลด้านการบรรจุผักและผลไม้สด, ผักและผลไม้ตัดแต่ง ในแหล่งขายปลีกขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพ ได้แก่ Tesco Lotus, Tops, Big C, Carrefour, FoodLand, Villa Market, Gourmet Market, Central Food Hall โดยจะทำการสำรวจข้อมูลในด้านรูปแบบของบรรจุภัณฑ์, ลักษณะการบรรจุ, หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ นำข้อมูลที่ได้มาสรุป วิเคราะห์ เพื่อพิจารณาหาแนวโน้มในการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ในปัจจุบัน

5. ศึกษาปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสดของผู้บริโภค กรณีศึกษาหน่อไม้ฝรั่ง

จากการทดลองที่ 4 นำข้อมูลที่ได้มาพิจารณา และวิเคราะห์หาปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสดของผู้บริโภค เพื่อใช้ประกอบในการคัดเลือกหาเกณฑ์การตัดสินใจที่มีความสำคัญต่อการออกแบบด้านบรรจุภัณฑ์ โดยใช้วิธีการออกแบบสอบถาม แล้วให้ผู้บริโภคและผู้เชี่ยวชาญทางด้านบรรจุภัณฑ์พิจารณาถึงความสำคัญและเปรียบเทียบปัจจัยในด้านต่างๆ รวบรวมข้อมูลและทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ผู้บริโภคและผู้เชี่ยวชาญทางด้านบรรจุภัณฑ์ให้ความสำคัญมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่สุด โดยวิเคราะห์ผลออกมาเป็นร้อยละ แล้วนำมาใช้เป็นเกณฑ์การออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกในกระบวนการ AHP (การทดลองที่ 6)

6. ประยุกต์ใช้ Analytical Hierarchy Process เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตผลสด

ในการประยุกต์ใช้ของ AHP เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกของหน่อไม้ฝรั่งนั่นได้ดัดแปลงตามวิธีการของ Hsiao (2002); Ariff *et al*. (2008) ดังนี้

6.1 กำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ซึ่งงานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผลิตผลและความต้องการของผู้บริโภค แล้วจึงกำหนดเกณฑ์หลัก เกณฑ์ย่อย จากปัจจัยที่ได้จากการทดลองที่ 2 และกำหนดทางเลือกหรือรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกของหน่อไม้ฝรั่งที่ได้จากการสำรวจข้อมูล (การทดลองที่ 3) และจากการออกแบบบรรจุภัณฑ์ตามปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ (การทดลองที่ 4) ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมา 4-6 แบบ

6.2 สร้างแผนภูมิลำดับชั้นหรือแบบจำลองของการตัดสินใจ ซึ่งแบ่งเป็น 4 ระดับตามภาพที่ 5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ระดับชั้นที่ 1 หรือระดับบนสุด แสดงจุดโฟกัสหรือเป้าหมายของการตัดสินใจ
ระดับชั้นที่ 2 แสดงถึงเกณฑ์การตัดสินใจหลัก ที่มีผลต่อเป้าหมายในการตัดสินใจ
ระดับชั้นที่ 3 แสดงถึงเกณฑ์ย่อยของการตัดสินใจ
ระดับชั้นที่ 4 แสดงถึงทางเลือกที่เราจะนำมาพิจารณาผ่านเกณฑ์การตัดสินใจตามที่เรากำหนดไว้

6.3 คำนวณหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในการตัดสินใจ จะใช้การอธิบายในรูปเมตริกซ์เป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญที่ละคู่ๆ โดยเริ่มต้นจากระดับชั้นบนสุดของแผนภูมิแล้วไล่ลงมาระดับชั้นด้านล่างที่ละชั้น ซึ่งสามารถเขียนหลักเกณฑ์ในรูปทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

6.3.1 กำหนดให้ C_1, C_2, C_3, ..., C_n เป็นตัวแทนของการตัดสินใจ โดย C_i และ C_j จะกำหนดให้เป็นตัวแทนของการตัดสินใจ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ในรูปเมตริกซ์ n×n ดังสมการที่ 11

$$A = (a_{ij}),\ i, j = 1, 2, 3, \ldots, n \qquad (11)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยที่ a_{ij} คือ สมาชิกในแถวที่ i หลักที่ j ของเมตริกซ์ หมายถึงผลการเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัย A_i และ A_j (ตารางที่ 4)

6.3.2 กฎเกณฑ์การนำค่า a_{ij} จากการเปรียบเทียบที่ละคู่ปัจจัยไปใส่ในตารางเมตริกซ์มี 2 ข้อ ดังนี้

ก. ถ้า $a_{ij} = \alpha$ ดังนั้น $a_{ji} = 1/\alpha$ โดยที่ $\alpha \neq 0$

ข. ถ้าปัจจัยที่ C_i มีความสำคัญเทียบเท่ากับปัจจัย C_j ดังนั้น $a_{ij} = 1$ เมื่อ i = j , i,j = 1, 2, 3,..., n ดังนั้นตารางเมตริกซ์ A สามารถเขียนได้ในรูปดังนี้

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

ค. ดำเนินการตามขั้นตอนการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญ ซึ่งมีอยู่ 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัยหรือเกณฑ์ที่ละคู่แล้วนำค่าที่ได้ใส่ลงในตารางเมตริกซ์ A

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่า Normalized Matrix ในแต่ละแถว โดยที่ ค่า Normalized ที่ได้จะแทนลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยในระดับขั้นนั้นๆ การหาค่า Normalized หาได้จากค่าเฉลี่ยของความสำคัญในแต่ละแถว

ขั้นตอนที่ 3 หาลำดับความสำคัญในลำดับชั้นถัดมา (ทำย้อนกลับไปในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่2) จากนั้นนำค่าเกณฑ์การตัดสินใจที่คำนวณได้จากลำดับชั้นที่อยู่สูงกว่า 1 ชั้นมาเป็นตัวคูณค่า Normalized ของลำดับชั้นที่ 2 ที่ได้ จากการคำนวณก็จะได้ค่าลำดับความสำคัญในลำดับชั้นรองลงมาตามเกณฑ์ของปัจจัยนั้น ๆ ทำเช่นนี้จนครบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 สเกลในการเปรียบเทียบความสำคัญ (Pairwise Comparison Scale)

ระดับตัวเลข	เชิงคุณภาพ	คำอธิบาย
1	สำคัญเท่ากัน (Equally)	ทั้งสองปัจจัยส่งผลกระทบต่อวัตถุประสงค์เท่าๆ กัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง (Marginally Strong)	ประสบการณ์และการวินิจฉัยแสดงถึงความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	สำคัญกว่ามาก (Strong)	ประสบการณ์และการวินิจฉัยแสดงถึงความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งมาก
7	มีความสำคัญกว่าอย่างชัดเจน (Very Strong)	ปัจจัยหนึ่งได้รับความพึงพอใจมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งปัจจัยนั้นมีอิทธิพลเหนือกว่าอย่างเห็ดได้ชัดเจน
9	มีความสำคัญมากกว่าอย่างแท้จริง (Extremely Strong)	มีหลักฐานยืนยันความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งในระดับสูงสุด
2, 4, 6, 8	สำหรับการประนีประนอมเพื่อลดช่องว่างระหว่างระดับความรู้สึก (Intermediate Values)	ผลการพิจารณามีลักษณะที่ก้ำกึ่งกันและไม่สามารถอธิบายด้วยคำพูดที่เหมาะสมได้
1.1-1.9	ปัจจัยที่เสมอกัน	ปัจจัยมีความสำคัญใกล้เคียงกันและเกือบหาความแตกต่างไม่ได้ โดย 1.3 คือ ระดับกลาง ๆ ส่วน 1.9 คือระดับสูงสุด

ที่มา: Hsiao (2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.4 ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล โดยความเห็นของผู้บริโภคหรือผู้เชี่ยวชาญในการให้คะแนนความสำคัญ ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบของเป็นคู่ บางครั้งอาจไม่สมเหตุสมผลหรือมีข้อผิดพลาดในการแสดงความเห็นความไม่สมเหตุสมผลหรือข้อผิดพลาดเป็นสิ่งที่สามารถเกิดขึ้นได้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบของเป็นคู่ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล โดยการคำนวณความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio; C.R.) ถ้า CR > 0.1 แสดงว่าข้อมูลคะแนนความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบของเป็นคู่ไม่สมเหตุสมผล (Lin *et al*., 2008) จะต้องปรับคะแนนความสำคัญในการเปรียบเทียบของเป็นคู่ใหม่ก่อนที่จะวิเคราะห์ในลำดับชั้นถัดไป ทำได้โดยการคำนวณหาความสอดคล้องกันของเหตุผล ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การคำนวณค่า λmax ซึ่งก็คือการนำเอาผลรวมของค่าวินิจฉัยของแต่ละปัจจัย ในแถวตั้งแต่ละแถวมาคูณด้วย ผลรวมของค่าเฉลี่ยในแถวนอนแต่ละแถว แล้วนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะเท่ากับจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบซึ่งในกรณีที่การวินิจฉัยในปัจจัยนั้นมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่า λmax = n (Ariff *et al*. (2008)

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index, C.I.) หาได้จากสมการที่ 12

$$CI = \frac{\lambda \text{max} - n}{n - 1} \qquad (12)$$

เมื่อ n คือขนาดของสแควร์เมตริกซ์

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index; R.I.) โดยที่ค่า R.I. เป็นค่าที่ขึ้นกับขนาดของ เมตริกซ์ตั้งแต่ 1x1 จนถึง 15 x15 ผลของ R.I. ดังตารางที่ 5

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio; C.R.) คือการหาอัตราส่วนเปรียบเทียบ ระหว่างค่า C.I. ที่คำนวณจากตารางเมตริกซ์ กับค่า R.I. ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากตาราง ค่า C.R. หาได้จากสมการที่ 13 ซึ่งผลจากการคำนวณได้จะพิจารณาค่าของ C.R. ≤ 0.10 ถือว่ายอมรับได้ ถ้าหาก C.R. > 0.10 ถือว่ายอมรับไม่ได้ โดยผู้ ตัดสินใจจะต้องทบทวนการให้สเกลการเปรียบเทียบใหม่อีกครั้งจนค่า C.R. ลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (13)$$

เมื่อ CI คือดรรชนีความสมเหตุสมผล (Consistency Index)

CR คือสัดส่วนความสมเหตุสมผล (Consistency Ratio)

RI คือดรรชนีค่าสุ่มของความไม่สมเหตุสมผล (Random Inconsistency Index) ขึ้นอยู่กับขนาดของสแควร์เมตริก A ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 Random Inconsistency Index (RI)

N	RI	N	RI	N	RI
1	0	6	1.24	11	1.51
2	0	7	1.32	12	1.48
3	0.58	8	1.41	13	1.56
4	0.90	9	1.46	14	1.57
5	1.12	10	1.49	15	1.58

ที่มา: Sahoo (1998)

6.5 นำทางเลือกที่กำหนดไว้ในตอนแรกมาทำการประเมินผ่านเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ เพื่อจัดลำดับความสำคัญ โดยทำตามในขั้นตอนข้อที่ 6.3-6.4 หลังจากที่ทำการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูลทั้งหมดแล้วให้คำนวณค่าผลรวมของลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือก โดยนำเอาค่าลำดับความสำคัญแต่ละเกณฑ์มาคูณกับค่าลำดับความของแต่ละทางเลือก ซึ่งจะได้ลำดับความสำคัญของทางเลือกทั้งหมด

6.6 เลือกทางเลือกหรือรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกของหน่อไม้ฝรั่งที่ดีที่สุด โดยพิจารณาจากค่าผลรวมของลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกในข้อที่ 6.5 เพื่อให้ได้รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคและการใช้งานที่เหมาะสมที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ผลของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

1.1 ผลของแก๊สออกซิเจนต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

1.1.1 อายุการเก็บรักษาและปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษา

ในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมที่ระดับแก๊สออกซิเจน 2, 5, 10, 15 และ 20 kPa เพื่อศึกษาผลของแก๊สออกซิเจนต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมที่มีระดับแก๊สออกซิเจน 10 และ15 kPa มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 25 วัน ส่วนหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมที่มีระดับแก๊สออกซิเจน 5 kPa มีอายุการเก็บรักษารองลงมาคือ 20 วัน ส่วนแก๊สออกซิเจนที่ระดับ 2 และ 20 kPa มีอายุการเก็บรักษาน้อยสุดคือ 15 วัน สอดคล้องกับการทดลองของ Beaudry (2000) ซึ่งพบว่า หน่อไม่ฝรั่งจะมีความทนต่อแก๊สออกซิเจนต่ำสุด 10 kPa ที่อุณหภูมิเก็บรักษาโดยทั่วไป โดยหน่อไม้ฝรั่งในทุกสภาวะบรรยากาศจะมีลักษณะการเสื่อมเสียคล้ายคลึงกัน โดยพบว่าบริเวณปลายยอดของหน่อไม้ฝรั่งเกิดการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อโรค และลำต้นมีอาการเหี่ยวและมีสีเหลือง ส่วนหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับ 2 kPa จะมีกลิ่นหมักเกิดขึ้น เนื่องมาจากในการเก็บรักษาถ้ามีปริมาณออกซิเจนต่ำจะช่วยลดอัตราการหายใจ และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ แต่ถ้าออกซิเจนน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) เป็นผลให้เกิดการหมักและกลิ่นรสผิดปกติ (Kays, 1997) โดยการเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกตินั่นเป็นผลเนื่องมาจากการสะสมของเอทานอลและ acetaldehyde เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงในสารประกอบอื่น ๆ ที่มีผลต่อคุณลักษณะของกลิ่นและรสชาติ ซึ่งเอทานอลที่เพิ่มขึ้นนั่นเกิดจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ทำให้มีการสังเคราะห์ของ ethyl esters เพิ่มขึ้น (Mattheis, 2000) ซึ่งอาการดังกล่าวเป็นสาเหตุให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ และถือเป็นปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 อายุการเก็บรักษาและปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่ 2 ℃

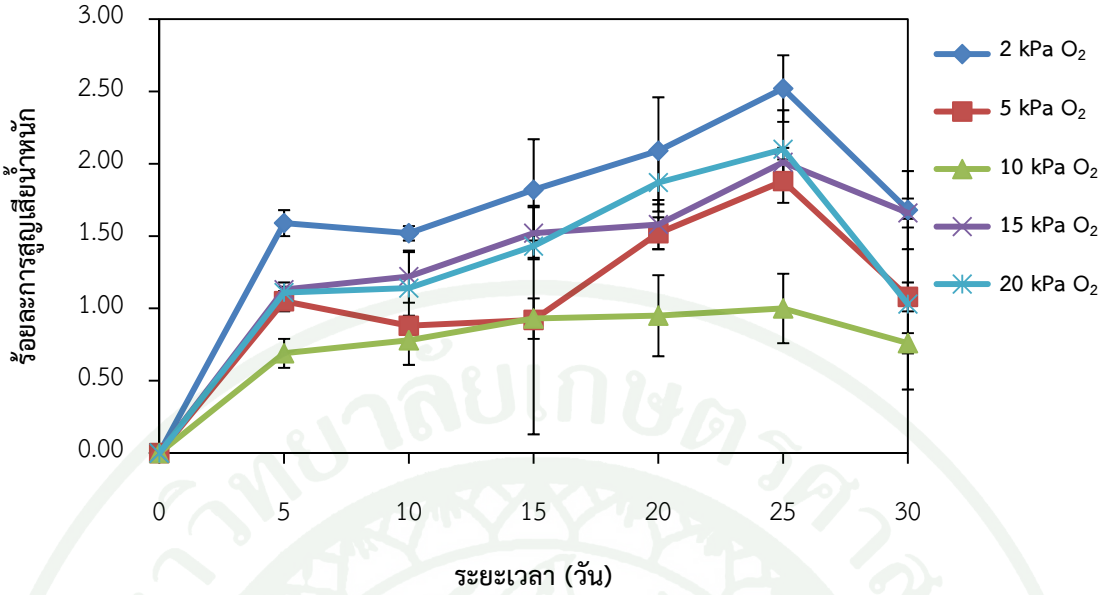
สภาวะบรรยากาศควบคุม	อายุการเก็บรักษา (วัน)	ปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษา
2 kPa O_2	15	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย และมีกลิ่นหมัก
5 kPa O_2	20	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย
10 kPa O_2	25	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย
15 kPa O_2	25	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย
20 kPa O_2	15	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย

หมายเหตุ ปรับสมดุลด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (0.03 kPa) และแก๊สไนโตรเจน

1.1.2 การสูญเสียน้ำหนักสด

การสูญเสียน้ำหนักสดของหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมที่มีแก๊สออกซิเจนระดับต่าง ๆ พบว่า หน่อไม้ฝรั่งในทุกสภาวะบรรยากาศมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่าการสูญเสียน้ำหนักสดจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษา และในวันที่ 25 ของการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมที่มีระดับแก๊สออกซิเจน 2 และ 20 kPa มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะบรรยากาศอื่น ๆ Tabil *et al*. (2000) กล่าวว่า การหายใจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก โดยผลิตผลมีการคายน้ำเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ โดยการหายใจนั่นเป็นปฏิกิริยาพื้นฐานของพืชก่อนและหลังเก็บเกี่ยว ซึ่งภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลยังคงมีการหายใจสูง ทำให้มีการสร้างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไปจนชักนำให้เกิดกระบวนการเมตาบอลิซึมอื่น ๆ เช่น การสังเคราะห์เอทิลีน, การเปลี่ยนแปลงของสี เนื้อสัมผัสและรสชาติ หากการสูญเสียน้ำหนักคิดเป็นร้อยละ 5-10 จะเป็นสาเหตุสำคัญให้เกิดอาการเหี่ยว เนื้อสัมผัสไม่ดี และรสชาติผิดปกติ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (Peleg, 1985)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

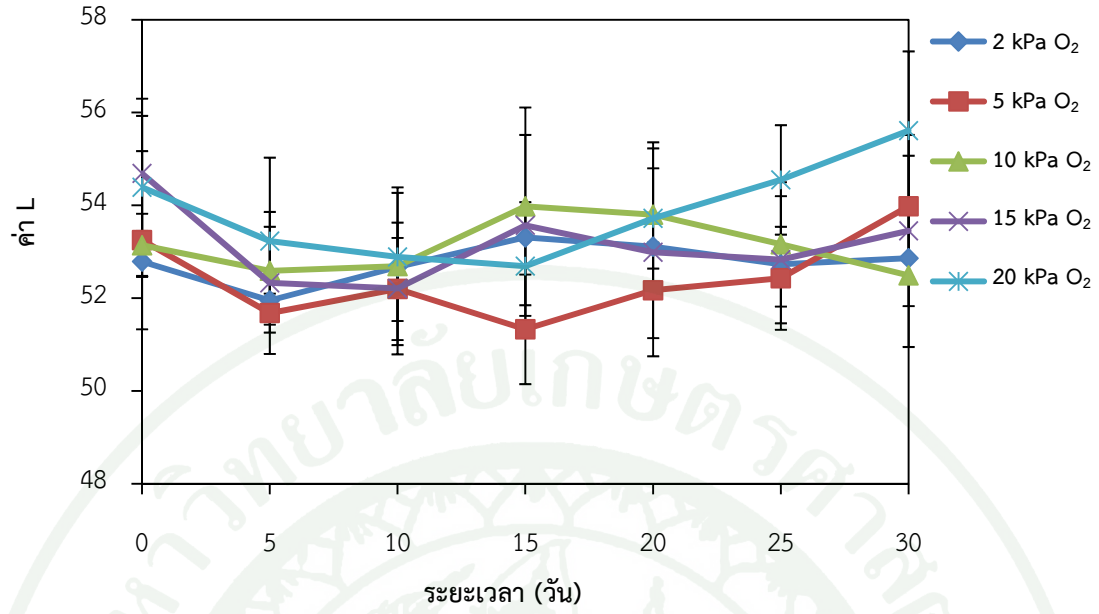


ภาพที่ 6 การสูญเสียน้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

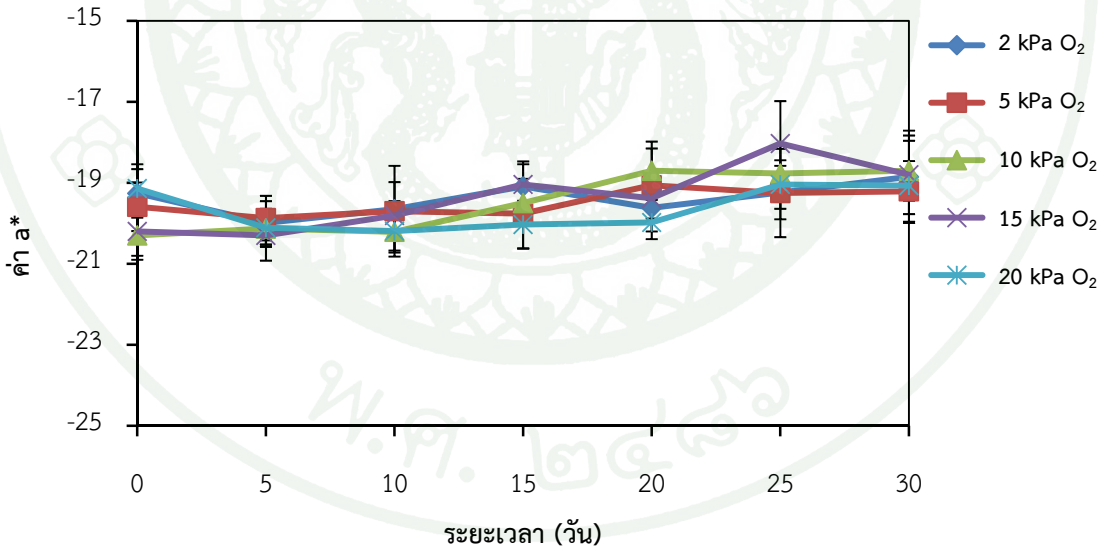
1.1.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของหน่อไม้ฝรั่ง

ภาพที่ 7, 8, 9, และ 10 แสดงค่า L, a*, b* และ ค่า hue angle ตามลำดับ พบว่าการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศปกติมีค่า L และ b* มากกว่าทุกสภาวะบรรยากาศ โดยค่า L ที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงค่าความสว่างของสีสูง ส่วนการเพิ่มของค่า b* หมายถึงการเพิ่มขึ้นของสีเหลือง ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากค่า L และ b* พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศปกติมีการเปลี่ยนแปลงของสีเขียวเป็นสีเหลืองมากกว่าสภาวะบรรยากาศอื่น ๆ ส่วนค่า hue angle ในทุกสภาวะบรรยากาศมีช่วงคลื่นที่ลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยที่ช่วงคลื่นที่ 90-135 องศา แสดงสีเหลืองถึงสีเขียว ซึ่งในทุกสภาวะมีค่า hue angle อยู่ในช่วง 119-120 องศา ลดลงจากวันแรกที่ทำการเก็บรักษาซึ่งมีค่าเท่ากับ 122-123 องศา การเปลี่ยนแปลงค่าสีนั่นจะถูกสร้างขึ้นในกระบวนการสุกและการชราภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง จะมีผลกับผลิตผลที่เก็บรักษาในบรรยากาศปกติ (Mattheis, 2000) การทดลองของ Leberman (1986) พบว่า การเก็บรักษาบรอกโคลีในบรรยากาศควบคุมสามารถช่วยชะลออาการเหลืองของผลิตผลได้ โดยการชะลอการเหลืองนั่นสามารถทำได้ในระบบปิด โดยการควบคุมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรอกโคลีให้เพิ่มขึ้น และควบคุมระดับแก๊สออกซิเจนให้ลดลง โดยที่การเพิ่มสูงขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์นั่นมีผลต่อการสร้างเอทิลีนที่ส่งผลต่อการเกิดอาการเหี่ยว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

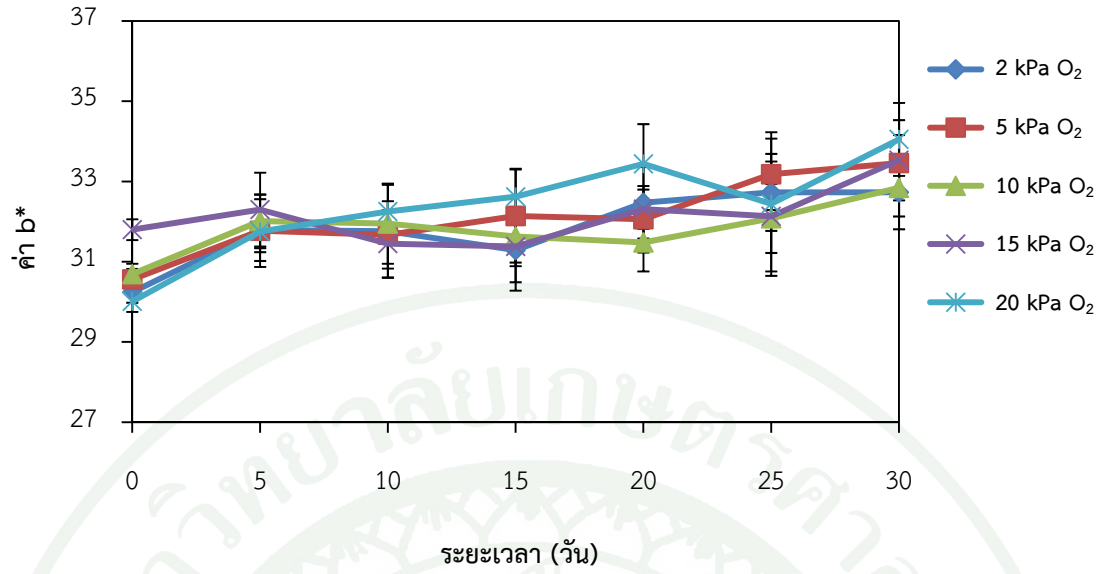


ภาพที่ 7 ค่า L ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

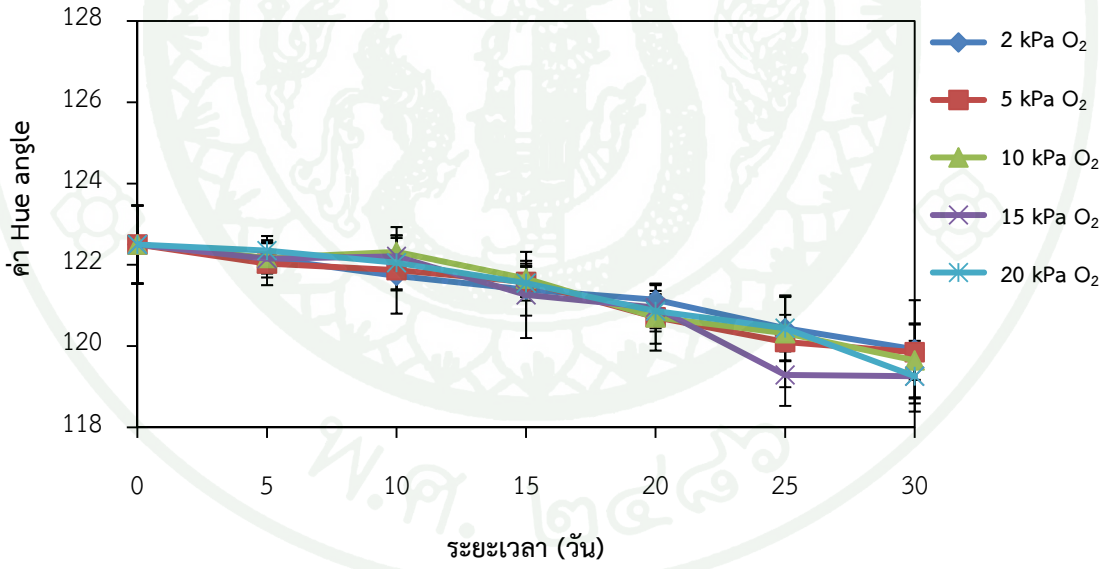


ภาพที่ 8 ค่า a* ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 ค่า b* ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน



ภาพที่ 10 ค่า Hue angle ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.4 ค่าเนื้อสัมผัส

จากตารางที่ 7, 8 และ 9 ซึ่งแสดงผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอด กลาง และโคนต้น ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C พบว่า ในวันที่ 5-20 ของการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศปกติ มีค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอดสูงกว่าสภาวะบรรยากาศอื่น ๆ แต่ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาค่าเนื้อสัมผัสบริเวณกลาง และโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ มีค่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 30-33 นิวตัน ส่วนบริเวณปลายยอดมีค่าเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 22-27 นิวตัน Brovelli *et al*. (1988) กล่าวว่า บริเวณปลายยอดของหน่อไม้ฝรั่งจะมีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุด และจากการทดลองของ Berrange (1990) พบว่า ค่าเนื้อสัมผัสของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศปกติมีค่ามากกว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุม โดยที่การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสอาจเกิดจากการสูญเสียน้ำหนัก (Peleg, 1985)

1.1.5 ปริมาณกรดแอสคอร์บิก

จากการทดลองเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมที่แก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ พบว่าในทุกสภาวะมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลง โดยลดลงตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งในวันแรกของการเก็บรักษานั่นมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกอยู่ในช่วง 27-28 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แต่ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิกมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยจะอยู่ในช่วง 12-15 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (ภาพที่ 11) ซึ่งการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่ 2 °C จะมีการลดลงของวิตามินซีคิดเป็นร้อยละ 40.3-28.1 หลังเก็บรักษาไว้ 14-16 วัน (Villanueva *et al*., 2005) โดยการสูญเสียวิตามินซีนั่นเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น ascorbic acid oxidase, phenolase, cytochrom oxidase และ peroxidase โดยเอนไซม์เหล่านี้ถูกกระตุ้นให้มีกิจกรรมสูงขึ้น ตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (Mapson, 1970)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอดของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 30 วัน

สภาวะบรรยากาศควบคุม	ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอด						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	5	10	15	20	25	30
2 kPa O_2	18.03±3.72^{a}	13.40±2.72^{c}	23.87±2.94^{a}	24.91±3.66^{a}	23.69±5.03^{a}	22.17±2.02^{b}	25.10±3.15^{ab}
5 kPa O_2	18.03±3.72^{a}	14.64±2.61^{bc}	24.31±4.02^{a}	25.30±3.84^{a}	26.35±6.28^{a}	25.63±4.78^{a}	27.53±4.29^{a}
10 kPa O_2	18.03±3.72^{a}	17.45±2.79^{ab}	22.57±5.17^{a}	26.84±2.45^{a}	25.28±4.13^{a}	23.11±2.28^{ab}	25.56±4.29^{ab}
15 kPa O_2	18.03±3.72^{a}	15.46±2.61^{abc}	22.75±3.31^{a}	26.15±4.55^{a}	25.49±4.23^{a}	25.60±3.00^{a}	26.81±4.09^{a}
20 kPa O_2	18.03±3.72^{a}	17.91±3.56^{a}	25.48±3.40^{a}	26.07±5.44^{a}	26.53±4.00^{a}	21.96±2.88^{b}	22.61±3.25^{b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b และc ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

N/A ไม่มีข้อมูลเนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเกิดการเสื่อมเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณกลางต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

สภาวะบรรยากาศควบคุม	ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณกลางต้น						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	5	10	15	20	25	30
2 kPa O_2	25.02±5.93[a]	18.03±4.89[b]	27.68±5.53[a]	31.28±6.08[a]	28.55±2.02[a]	27.27±4.70[a]	30.78±4.74[a]
5 kPa O_2	25.02±5.93[a]	15.41±3.67[b]	23.64±3.46[a]	30.12±3.80[a]	27.51±5.99[a]	29.21±5.38[a]	32.15±5.69[a]
10 kPa O_2	25.02±5.93[a]	17.96±2.28[b]	25.54±6.31[a]	29.84±6.21[a]	27.49±4.30[a]	26.61±3.31[a]	32.88±6.36[a]
15 kPa O_2	25.02±5.93[a]	19.24±7.23[b]	25.22±5.16[a]	26.07±5.16[a]	28.01±3.97[a]	27.48±2.85[a]	32.66±5.92[a]
20 kPa O_2	25.02±5.93[a]	23.87±4.40[a]	25.03±3.86[a]	28.71±6.15[a]	29.65±4.97[a]	25.89±4.28[a]	30.18±3.91[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a และb ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

N/A ไม่มีข้อมูลเนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเกิดการเสื่อมเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 30 วัน

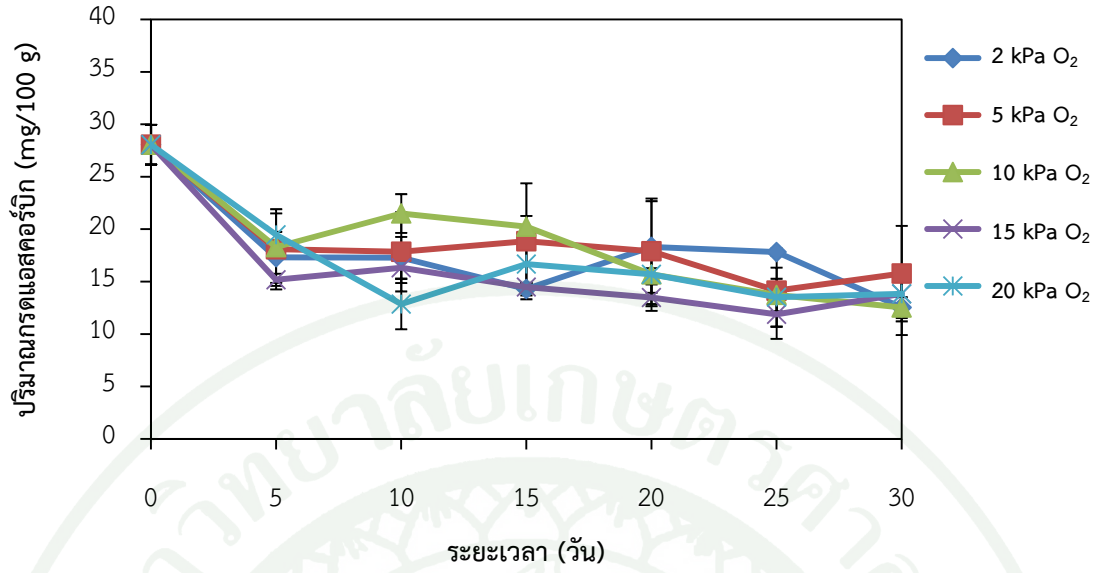
สภาวะบรรยากาศควบคุม	ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณโคนต้น						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	5	10	15	20	25	30
2 kPa O_2	27.36±8.29[a]	23.69±4.11[a]	26.58±3.93[b]	33.33±7.18[a]	31.08±8.42[ab]	31.89±6.77[a]	30.62±5.64[a]
5 kPa O_2	27.36±8.29[a]	22.83±8.33[a]	25.95±7.73[b]	30.62±7.15[a]	31.01±5.82[ab]	27.65±10.40[a]	32.92±7.16[a]
10 kPa O_2	27.36±8.29[a]	22.67±5.03[a]	28.65±3.29[ab]	29.65±4.57[a]	28.85±5.26[b]	29.73±6.62[a]	32.93±5.08[a]
15 kPa O_2	27.36±8.29[a]	22.86±6.31[a]	29.22±4.98[ab]	30.52±6.62[a]	28.20±5.39[b]	28.09±6.73[a]	32.80±3.85[a]
20 kPa O_2	27.36±8.29[a]	25.40±5.66[a]	32.91±4.86[a]	35.07±7.24[a]	36.35±4.76[a]	32.54±7.37[a]	32.79±2.59[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a และb ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

N/A ไม่มีข้อมูลเนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเกิดการเสื่อมเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

1.1.6 ปริมาณเส้นใย

จากการทดลองเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C พบว่าในทุกบรรยากาศควบคุม มีปริมาณเส้นใยลดลง โดยลดลงตามอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 10) Sharma *et al*. (1976) กล่าวว่า การเกิดเส้นใยในหน่อไม้ฝรั่งเกิดขึ้นโดยกระบวนการ lignifications โดยกระบวนการดังกล่าวต้องการแก๊สออกซิเจนในการเกิดปฏิกิริยา โดยอัตราการเกิดปฏิกิริยานั่นขึ้นอยู่กับเอนไซน์ isoperoxidas

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 30 วัน

สภาวะบรรยากาศควบคุม	ปริมาณเส้นใย						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	5	10	15	20	25	30
2 kPa O_2	11.93±1.08[a]	11.19±0.32[a]	9.84±1.26[a]	10.12±1.54[a]	10.89±0.22[a]	9.23±1.25[a]	9.64±0.82[a]
5 kPa O_2	11.93±1.08[a]	9.53±0.35[a]	9.86±1.36[a]	9.90±0.69[a]	9.78±1.65[abc]	9.39±0.68[a]	8.57±0.97[a]
10 kPa O_2	11.93±1.08[a]	9.63±0.97[a]	10.10±2.01[a]	8.49±1.52[ab]	10.15±1.34[ab]	8.09±1.89[a]	11.83±4.34[a]
15 kPa O_2	11.93±1.08[a]	10.60±1.86[a]	11.82±0.48[a]	9.59±1.05[ab]	8.01±0.76[c]	9.70±1.71[a]	9.66±0.76[a]
20 kPa O_2	11.93±1.08[a]	10.25±1.36[a]	11.00±0.73[a]	7.21±1.69[b]	8.59±0.85[bc]	7.98±0.36[a]	11.12±1.58[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a และb ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

N/A ไม่มีข้อมูลเนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเกิดการเสื่อมเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ผลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งตัดแต่ง

1.2.1 อายุการเก็บรักษาและลักษณะการเสื่อมเสีย

ในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 0.03, 5, 10, 15 และ 20 kPa เพื่อศึกษาผลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 2 °C พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมที่มีระดับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 5, 10, 15 และ 20 kPa มีอายุการเก็บรักษา 25 วัน ส่วนหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 0.03 kPa มีอายุการเก็บรักษา 20 วัน โดยหน่อไม้ฝรั่งในทุกสภาวะบรรยากาศจะมีลักษณะการเสื่อมเสียคล้ายคลึงกัน โดยพบว่าบริเวณปลายยอดของหน่อไม้ฝรั่งเกิดการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อโรค และลำต้นมีอาการเหี่ยวและมีสีเหลือง ซึ่งอาการดังกล่าวเป็นสาเหตุให้ผู้บริโภคเกิดการไม่ยอมรับ และถือเป็นปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 11) Saltveit (2001) กล่าวว่า หน่อไม้ฝรั่งมีความทนต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดอยู่ที่ระดับ 10-14 kPa ที่อุณหภูมิ 0-3 °C โดยการเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สามารถลดการสูญเสียคลอโรฟิลล์ การสูญเสียปริมาณกรด อีกทั้งยังสามารถยับยั้งการผลิตเอทิลีนและกระบวนการหายใจของผลิตผลได้ ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ succinic dehydroganase ใน Kreb's cycle ทำให้กระบวนการหายใจไม่เป็นไปตามปกติ ส่งผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผล(Kader, 1989)

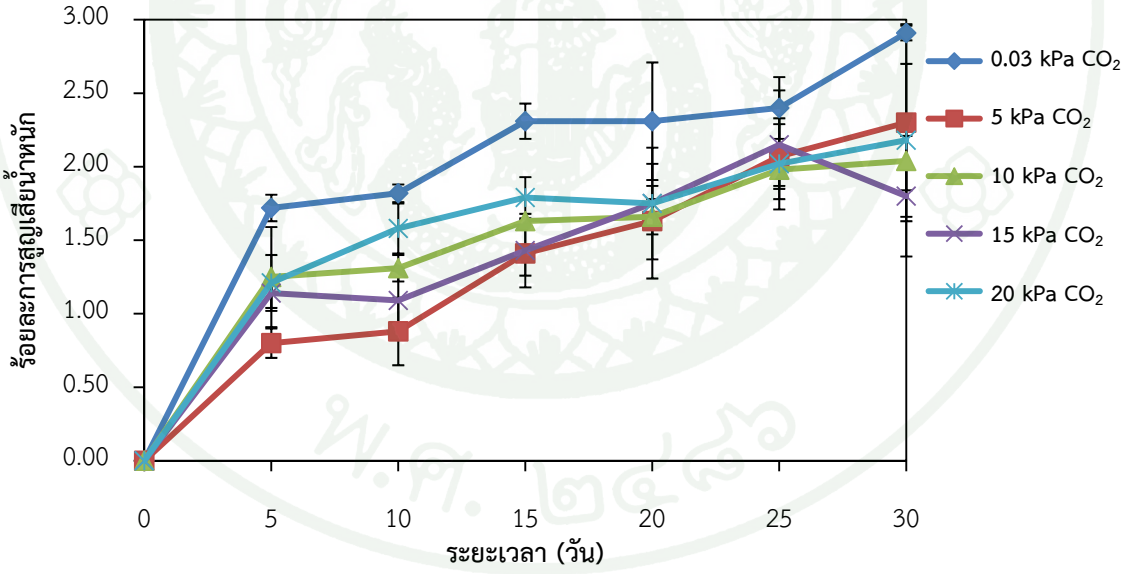
ตารางที่ 11 อายุการเก็บรักษาและปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่าง ๆ ที่ 2 °C

สภาวะบรรยากาศควบคุม	**อายุการเก็บรักษา (วัน)**	**ปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษา**
0.03 kPa CO_2	20	ลำต้นเหี่ยวเหลือง และโคนช่ำน้ำ
5 kPa CO_2	25	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย และโคนช่ำน้ำ
10 kPa CO_2	25	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย
15 kPa CO_2	25	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย
20 kPa CO_2	25	ปลายยอดเน่าเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2 การสูญเสียน้ำหนักสด

การสูญเสียน้ำหนักสดของหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ ๆ พบว่าหน่อไม้ฝรั่งในทุกสภาวะบรรยากาศมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 12 จะเห็นได้ว่าการสูญเสียน้ำหนักสดจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษา และหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 0.03 kPa มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะบรรยากาศอื่น ๆ โดยการเพิ่มระดับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้สูงขึ้นสามารถช่วยชะลอการหายใจของผลิตผลได้ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักสด โดยผลิตผลจะคายน้ำเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ โดยภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลยังคงมีการหายใจสูง ทำให้มีการสร้างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไปจนชักนำให้เกิดกระบวนการเมตาบอลิซึมอื่น ๆ เช่น การสังเคราะห์เอทิลีน, การเปลี่ยนแปลงของสี เนื้อสัมผัสและรสชาติ (Tabil *et al*.,2000) หากการสูญเสียน้ำหนักคิดเป็นร้อยละ 5-10 จะเป็นสาเหตุสำคัญให้เกิดอาการเหี่ยว เนื้อสัมผัสไม่ดี และรสชาติผิดปกติ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (Peleg, 1985)

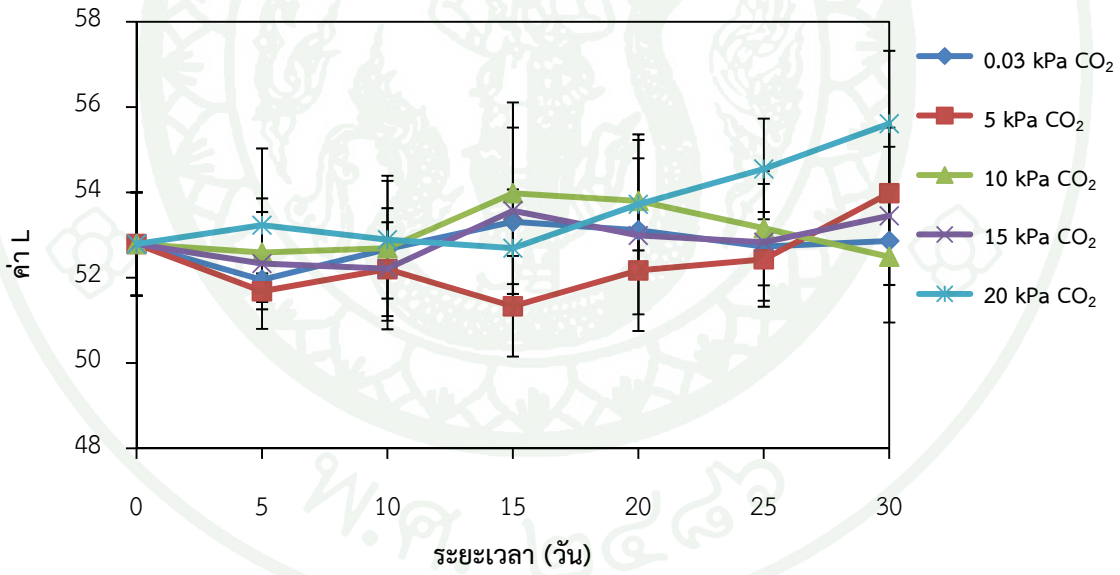


ภาพที่ 12 การสูญเสียน้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

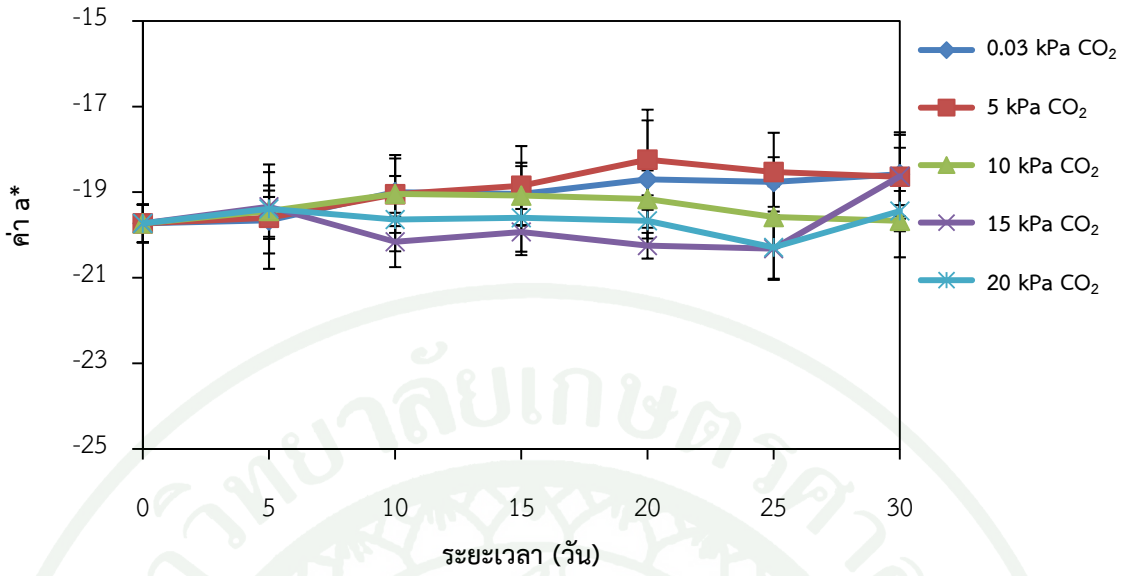
1.2.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของหน่อไม้ฝรั่ง

ภาพที่ 13, 14, 15, และ 16 แสดงค่า L, a*, b* และ ค่า hue angle ตามลำดับ พบว่าการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 0.03 kPa มีค่า L มากกว่าทุกสภาวะบรรยากาศ โดยค่า L ที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงค่าความสว่างของสีสูง ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา ค่า a* และ b* ไม่แตกต่างกับวันที่ 0 ส่วนค่า hue angle ในทุกสภาวะบรรยากาศมีช่วงคลื่นที่ลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยที่ช่วงคลื่นที่ 90-135 องศา แสดงสีเหลืองถึงสีเขียว ซึ่งในทุกสภาวะมีค่า hue angle อยู่ในช่วง 119-121 องศา ลดลงจากวันแรกที่ทำการเก็บรักษาซึ่งมีค่าเท่ากับ 122-123 องศา Leberman (1968) พบว่า การเก็บรักษาบรอกโคลีในบรรยากาศควบคุมสามารถช่วยชะลออาการเหลืองของผลิตผลได้ การชะลอการเหลืองสามารถทำได้ในระบบปิด โดยการควบคุมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรอกโคลีให้เพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนที่ลดลงและการเพิ่มสูงขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีผลต่อการสร้างเอทิลีนที่ส่งผลต่ออาการเหี่ยวในผลิตผลบางชนิดได้

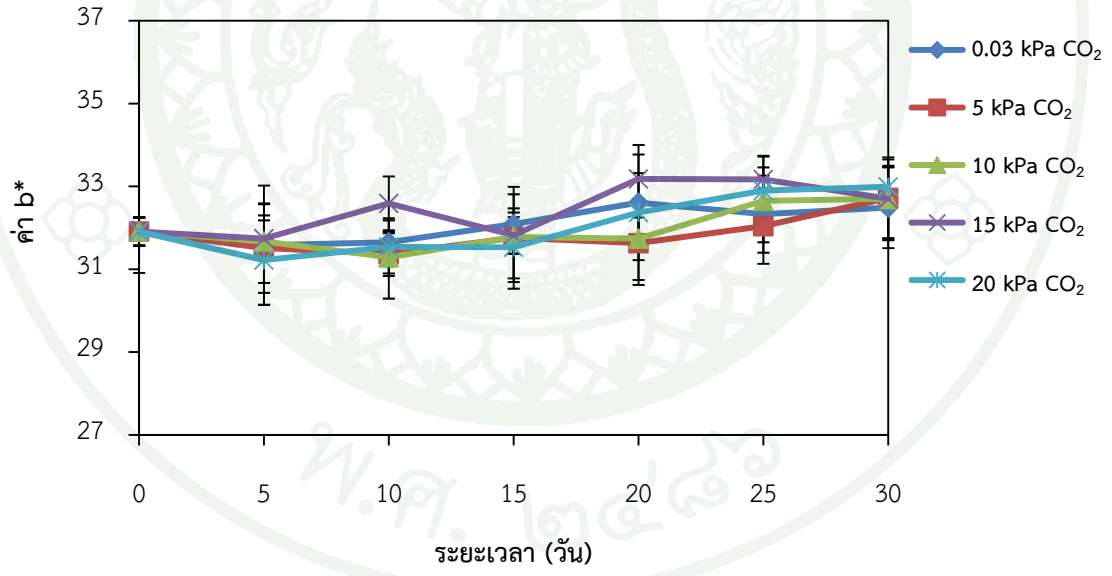


ภาพที่ 13 ค่า L ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

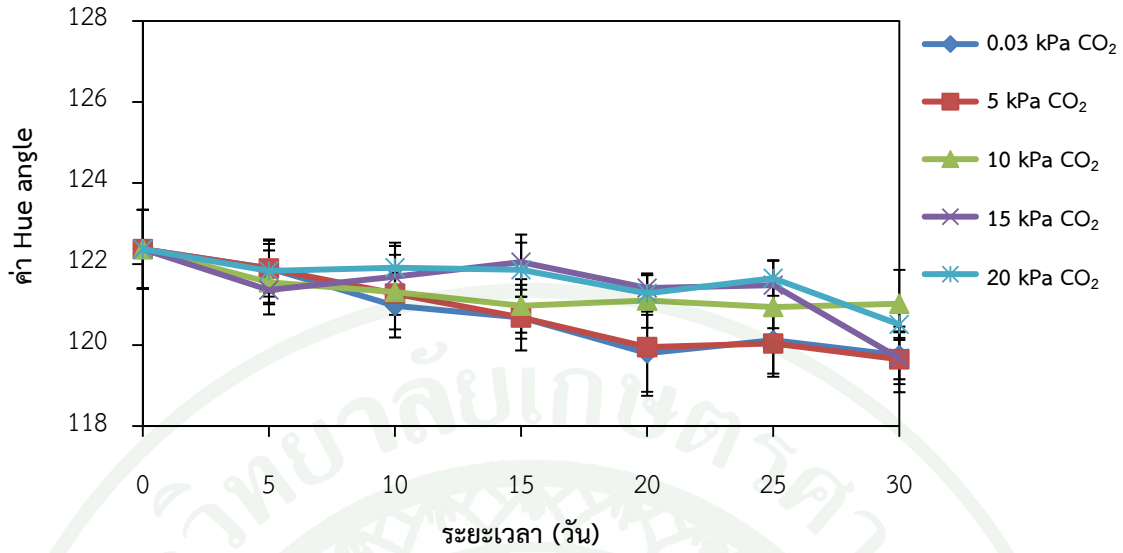


ภาพที่ 14 ค่า a* ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน



ภาพที่ 15 ค่า b* ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 ค่า Hue angle ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

1.2.4 ค่าเนื้อสัมผัส

จากผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอด กลาง และโคนต้น ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่าง ๆ ที่ 2 °C พบว่าบริเวณโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 5, 10 และ20 kPa มีค่าเนื้อสัมผัสสูงกว่าบริเวณกลาง และปลายยอด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 26-32 นิวตัน บริเวณปลายยอด และกลางลำต้น มีค่าเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 20-21 และ 23-25 นิวตัน ตามลำดับ ส่วนหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 0.03 และ15 kPa พบว่าบริเวณโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่งมีค่าเนื้อสัมผัสสูงกว่าปลายยอด แต่มีค่าใกล้เคียงกับบริเวณกลางลำต้น (ตารางที่ 12, 13 และ14) Gil *et al.* (1997) ได้ศึกษาการเก็บรักษาสตอเบอรี่ในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 15-20% พบว่าการเก็บรักษาสตอเบอรี่ในบรรยากาศควบคุมที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงสามารถรักษาเนื้อสัมผัส และลดการเสื่อมเสียได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอดของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 30 วัน

สภาวะบรรยากาศควบคุม	ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอด						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	5	10	15	20	25	30
0.03 kPa CO_2	18.02±3.72^{a}	22.50±3.11^{a}	19.37±3.08^{b}	17.52±5.09^{a}	20.62±3.52^{ab}	20.77±4.40^{b}	19.89±3.61^{ab}
5 kPa CO_2	18.02±3.72^{a}	24.28±3.83^{a}	20.53±3.30^{ab}	20.69±4.06^{a}	22.15±2.91^{a}	21.08±3.33^{b}	21.90±4.11^{a}
10 kPa CO_2	18.02±3.72^{a}	25.19±4.89^{a}	20.26±2.94^{ab}	20.08±4.90^{a}	19.70±3.77^{ab}	23.09±2.93^{ab}	21.33±4.66^{a}
15 kPa CO_2	18.02±3.72^{a}	24.09±2.89^{a}	22.95±3.99^{a}	18.35±2.97^{a}	17.83±3.62^{b}	25.03±2.43^{a}	17.08±2.13^{b}
20 kPa CO_2	18.02±3.72^{a}	21.22±4.69^{a}	20.78±2.98^{ab}	20.95±3.84^{a}	19.77±3.07^{ab}	21.20±3.04^{b}	20.42±3.10^{ab}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b และc ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

N/A ไม่มีข้อมูลเนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเกิดการเสื่อมเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณกลางต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

สภาวะบรรยากาศควบคุม	ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณกลางต้น						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	5	10	15	20	25	30
0.03 kPa CO_2	25.01±5.93^{a}	24.44±4.27^{b}	22.84±4.09^{b}	20.54±2.84^{a}	23.39±3.93^{a}	22.88±3.74^{b}	25.46±2.86^{a}
5 kPa CO_2	25.01±5.93^{a}	31.44±5.58^{a}	27.67±5.02^{a}	22.72±4.75^{a}	23.92±4.19^{a}	26.03±3.77^{ab}	25.11±7.14^{a}
10 kPa CO_2	25.01±5.93^{a}	28.40±4.64^{ab}	23.32±4.70^{b}	21.62±3.75^{a}	26.00±1.82^{a}	24.82±3.32^{ab}	23.32±2.06^{a}
15 kPa CO_2	25.01±5.93^{a}	29.80±5.12^{a}	25.21±3.26^{ab}	20.42±3.11^{a}	22.45±2.82^{a}	26.81±2.78^{a}	22.77±3.35^{a}
20 kPa CO_2	25.01±5.93^{a}	27.28±3.55^{ab}	26.92±3.04^{ab}	23.98±2.66^{a}	24.05±4.75^{a}	24.04±3.05^{ab}	24.69±3.84^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a และb ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

N/A ไม่มีข้อมูลเนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเกิดการเสื่อมเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

สภาวะบรรยากาศควบคุม	ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณโคนต้น						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	5	10	15	20	25	30
0.03 kPa CO_2	27.36±8.28^{a}	29.99±5.67^{a}	24.62±4.38^{b}	21.65±2.99^{b}	23.20±3.19^{b}	26.05±6.48^{b}	22.78±4.56^{b}
5 kPa CO_2	27.36±8.28^{a}	36.24±6.02^{a}	29.39±5.15^{ab}	27.27±8.26^{a}	28.36±7.56^{ab}	29.47±5.19^{ab}	29.26±6.69^{a}
10 kPa CO_2	27.36±8.28^{a}	35.95±6.83^{a}	29.61±7.57^{ab}	26.85±6.40^{a}	28.96±6.08^{ab}	28.22±5.57^{ab}	26.37±4.07^{ab}
15 kPa CO_2	27.36±8.28^{a}	36.58±6.81^{a}	31.28±3.89^{a}	27.93±4.12^{a}	29.44±6.26^{a}	32.41±2.56^{a}	22.27±4.70^{b}
20 kPa CO_2	27.36±8.28^{a}	32.73±7.18^{a}	28.70±4.52^{ab}	27.56±2.76^{a}	27.70±5.32^{ab}	29.75±6.50^{ab}	30.62±4.98^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

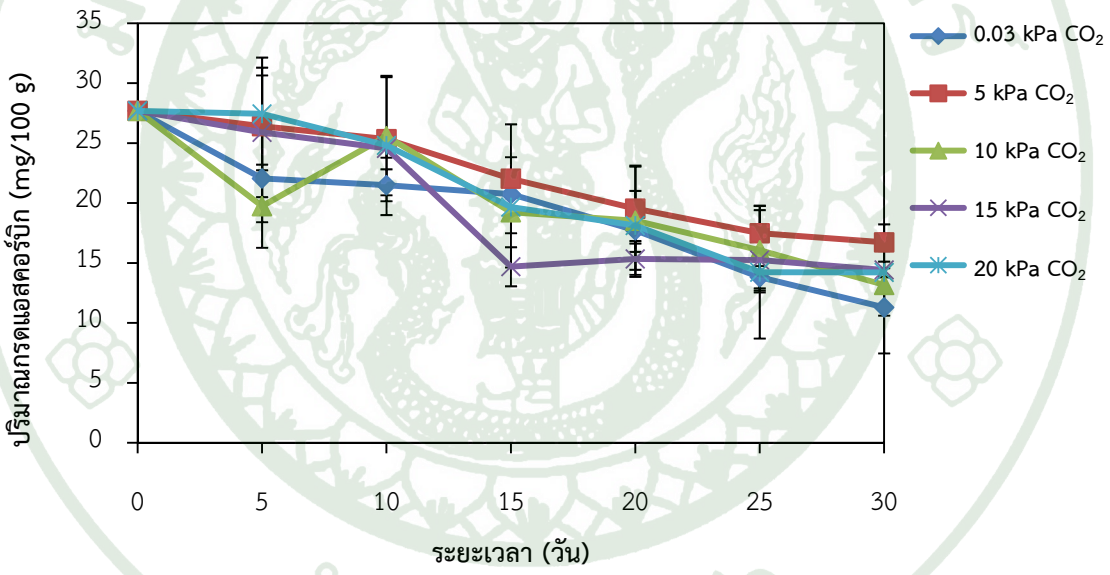
a และb ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

N/A ไม่มีข้อมูลเนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเกิดการเสื่อมเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.5 ปริมาณกรดแอสคอร์บิก

จากการทดลองเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่าง ๆ พบว่าในทุกสภาวะบรรยากาศมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลง โดยลดลงตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งในวันแรกของการเก็บรักษานั่นมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกอยู่ในช่วง 26-27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แต่ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิกมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยจะอยู่ในช่วง 10-17 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (ภาพที่ 17) โดยการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่ 2 °C จะมีการลดลงของวิตามินซีคิดเป็นร้อยละ 40.3-28.1 หลังเก็บรักษาไว้ 14-16 วัน (Villanueva *et al*., 2005) ซึ่งการสูญเสียวิตามินซีเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น ascorbic acid oxidase, phenolase, cytochrom oxidase และ peroxidase โดยเอนไซม์เหล่านี้ถูกกระตุ้นให้มีกิจกรรมสูงขึ้น ตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (Mapson, 1970)

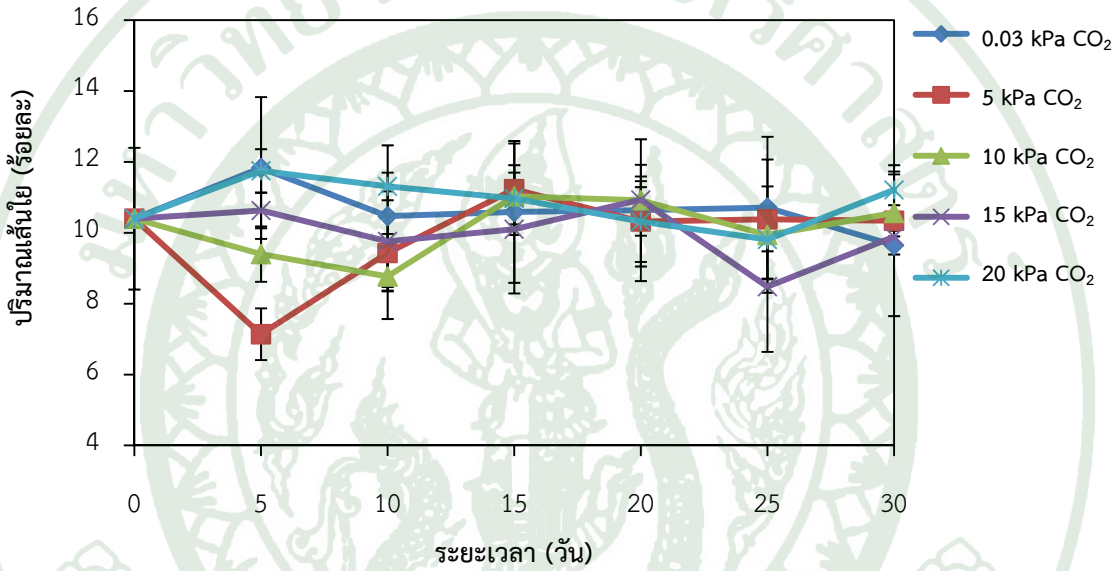


ภาพที่ 17 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.6 ปริมาณเส้นใย

จากการทดลองเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่าง ๆ พบว่าในทุกสภาวะบรรยากาศมีปริมาณเส้นใยลดลง โดยลดลงตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 18) Sharma *et al*. (1976) กล่าวว่า การเกิดเส้นใยในหน่อไม้ฝรั่งเกิดขึ้นโดยกระบวนการ lignifications โดยกระบวนการดังกล่าวต้องการแก๊สออกซิเจนในการเกิดปฏิกิริยา โดยอัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับเอนไซน์ isoperoxidas



ภาพที่ 18 ปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับต่างๆ ที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 30 วัน

3. ผลของบรรยากาศควบคุมต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

3.1 อายุการเก็บรักษาและปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษา

ในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับ 10-15 kPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 10-15 kPa โดยให้บรรยากาศปกติ (20 kPa O_2 + 0.03 kPa CO_2) เป็นสภาวะบรรยากาศควบคุม เพื่อศึกษาผลร่วมของแก๊สทั้งสองชนิดต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 °C พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุม 10 kPa O_2 + 10 kPa CO_2 และ 15 kPa O_2 + 15 kPa CO_2 มีอายุการเก็บรักษา 25-30 วัน หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ควบคุมที่ระดับ 10 kPa O_2 + 15 kPa CO_2, 15 kPa O_2 + 10 kPa CO_2 และหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศปกติ มีอายุการเก็บรักษา 15 วัน โดยหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศปกติ จะแสดงอาการลำต้นเหี่ยวและมีสีเหลืองมากกว่าสภาวะบรรยากาศอื่น ๆ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าสีของหน่อไม้ฝรั่งที่วัดได้โดย พบว่า ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่ลำต้นมีอาการเหี่ยว และมีสีเหลืองนั่นมีค่า a* และค่า Hue angle มากกว่าสภาวะบรรยากาศควบคุมอื่น ๆ โดยเฉพาะหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศปกติ ซึ่งการเสื่อมเสียในทุกสภาวะบรรยากาศจะมีลักษณะใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 15) โดยพบว่าบริเวณปลายยอดของหน่อไม้ฝรั่งเกิดการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อโรค และลำต้นมีอาการเหี่ยวและมีสีเหลือง ซึ่งอาการดังกล่าวเป็นสาเหตุให้ผู้บริโภคเกิดการไม่ยอมรับ และถือเป็นปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษา Berrang *et al*. (1990) ได้ทำการศึกษาผลของการบรรจุในบรรยากาศควบคุมต่อคุณภาพ (เชื้อจุลินทรีย์, สี และเนื้อสัมผัส) ของหน่อไม้ฝรั่ง, บรอกโคลี่ และกะหล่ำดอก โดยในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมที่ระดับความเข้มข้น 1 kPa O_2 + 6 kPa CO_2 โดยให้บรรยากาศปกติเป็นสภาวะควบคุม ที่ 4 °C เป็นเวลา 21 วัน พบว่า ในวันที่สุดท้ายของการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศปกติค่า hue angle มีค่าต่ำกว่า หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยค่า L และ chroma ไม่แตกต่างกัน

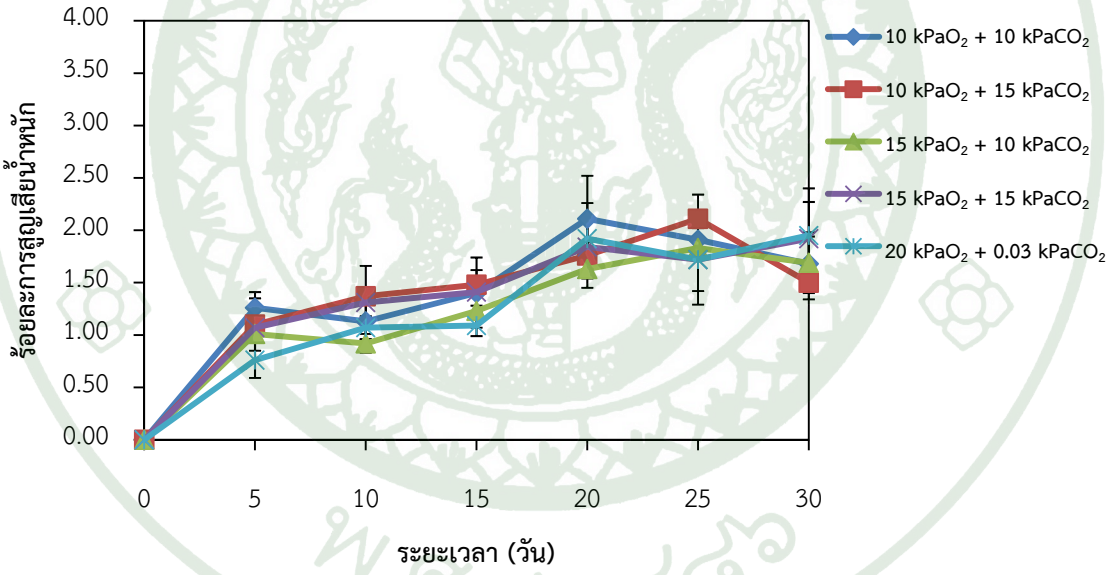
ตารางที่ 15 อายุการเก็บรักษาและปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C

สภาวะบรรยากาศควบคุม	**อายุการเก็บรักษา (วัน)**	**ปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษา**
10 kPa O_2 + 10 kPa CO_2	25	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย
10 kPa O_2 + 15 kPa CO_2	15	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย
15 kPa O_2 + 10 kPa CO_2	15	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย
15 kPa O_2 + 15 kPa CO_2	30	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย
20 kPa O_2 + 0.03 kPa CO_2	15	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดและโคนเน่าเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การสูญเสียน้ำหนักสด

การสูญเสียน้ำหนักสดของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับต่าง ๆ พบว่า หน่อไม้ฝรั่งในทุกสภาวะบรรยากาศควบคุมมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 19) โดยเฉพาะในวันที่ 5-15 ของการเก็บรักษาจะมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับการทดลองของ Feher (1994) ซึ่งพบว่า หากเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งเป็นระยะเวลา 1 วัน ที่อุณหภูมิ 1-3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80-85 จะมีการสูญเสียน้ำหนักสดของหน่อไม้ฝรั่งประมาณร้อยละ 1 และเมื่อพิจารณาจากวันที่ 15 ของการเก็บรักษา จะเห็นได้ว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมที่ระดับ 10 kPa O_2 + 15 kPa CO_2 มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดคือ ร้อยละ 1.48 เมื่อเทียบกับสภาวะบรรยากาศอื่น ๆ ส่วนในวันที่ 20-30 ของการเก็บรักษา การสูญเสียน้ำหนักสดในทุกสภาวะบรรยากาศควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)



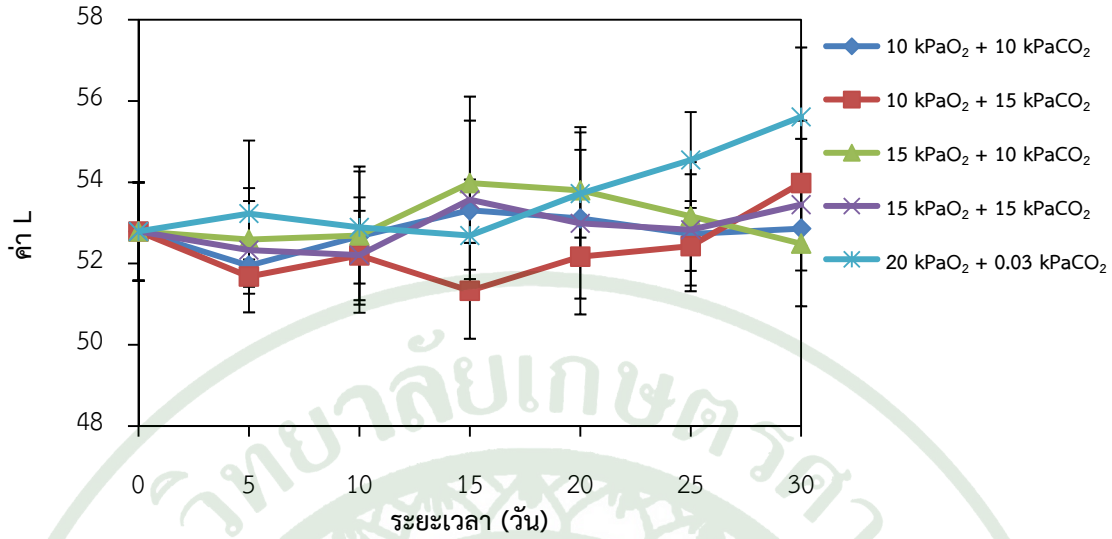
ภาพที่ 19 การสูญเสียน้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

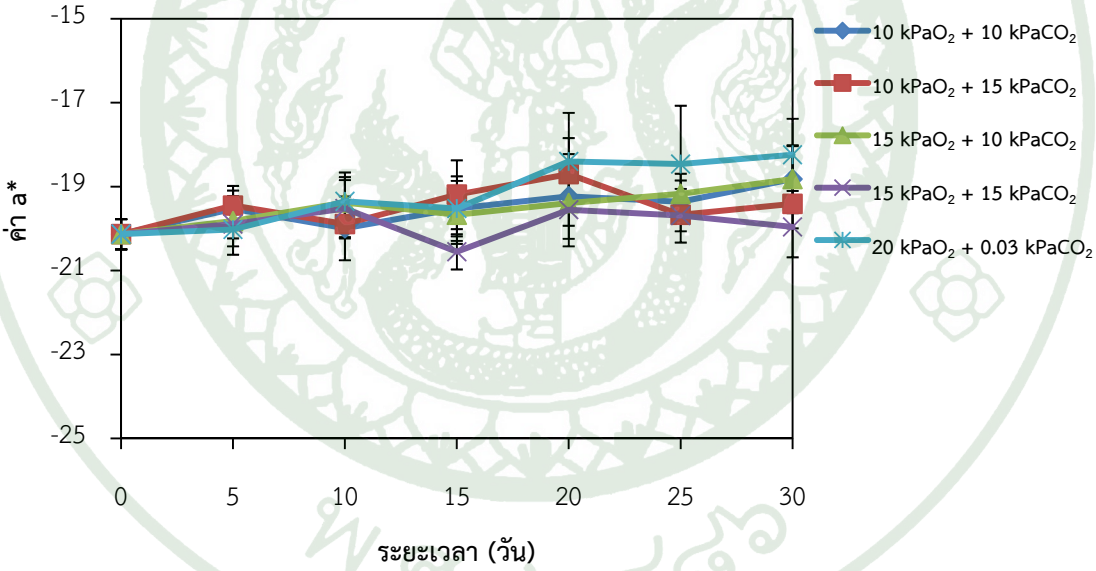
3.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของหน่อไม้ฝรั่ง

ภาพที่ 20, 21, 22 และ 23 แสดงค่า L, a*, b* และ Hue angle (ตามลำดับ) พบว่าในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศปกติ (20 kPa O_2 + 0.03 kPa CO_2) มีค่า L, a* และ b* เพิ่มมากขึ้นมากกว่าทุกสภาวะบรรยากาศควบคุมและเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยที่ค่า L ที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงค่าความสว่างของสีสูง และค่า a* ที่เพิ่มขึ้น หมายถึง สีเขียวของหน่อไม้ฝรั่งที่ลดลง ส่วนการเพิ่มขึ้นของค่า b* หมายถึง การเพิ่มขึ้นของสีเหลือง ส่วนค่า Hue angle มีช่วงคลื่นที่ลดลง โดยที่ช่วงคลื่นที่ 90-135 องศา แสดงสีเหลืองถึงสีเขียว ซึ่งหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศปกติอยู่ในช่วงคลื่นที่ 119 องศา ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากค่า L, a*, b* และ Hue angle พบว่า การเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศปกติ มีการเปลี่ยนแปลงของสีเป็นสีเหลืองมากกว่าสภาวะบรรยากาศควบคุมอื่นๆ และเพิ่มมากขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 20, 21, 22 และ 23) โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับค่า Hue angle ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมที่ระดับ 15 kPa O_2 + 15 kPa CO_2 กับบรรยากาศปกติ พบว่า มีค่า Hue angle เท่ากับ 122.80 ซึ่งทั้งสองสภาวะบรรยากาศควบคุมแตกต่างต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ ก4) ดังนั้นหากเก็บรักษาในบรรยากาศปกติ จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีของหน่อไม้ฝรั่งเป็นสีเหลืองมากขึ้นกว่าการเก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมที่ระดับ 15 kPa O_2 + 15 kPa CO_2 ซึ่งการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมที่มีแก๊สออกซิเจนต่ำ และ/หรือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของหน่อไม้ฝรั่งเช่นเดียวกับการทดลองของ Wang (1978) ซึ่งพบว่าการใช้แก๊สออกซิเจนต่ำ และ/หรือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง จะช่วยลดการผลิตเอทิลีน การสูญเสียคลอโรฟิลล์ กรดแอสคอร์บิก และยังช่วยชะลออาการเหลืองในบรอกโคลีได้ โดยการเปลี่ยนแปลงค่าสีของหน่อไม้ฝรั่งที่จะส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาและเป็นปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษาที่ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

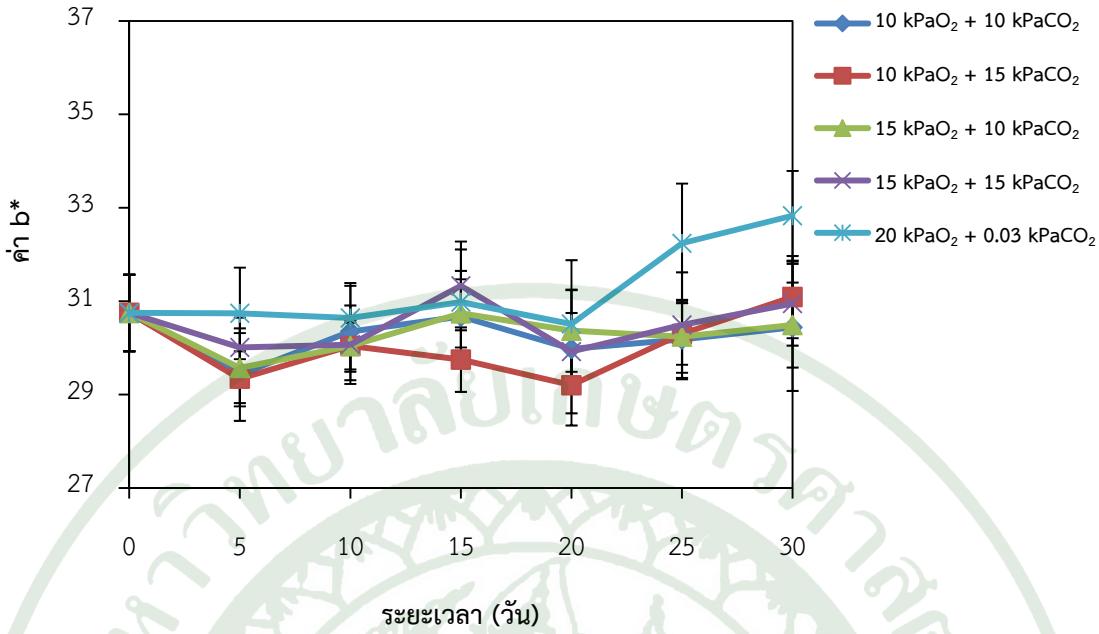


ภาพที่ 20 ค่า L ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C

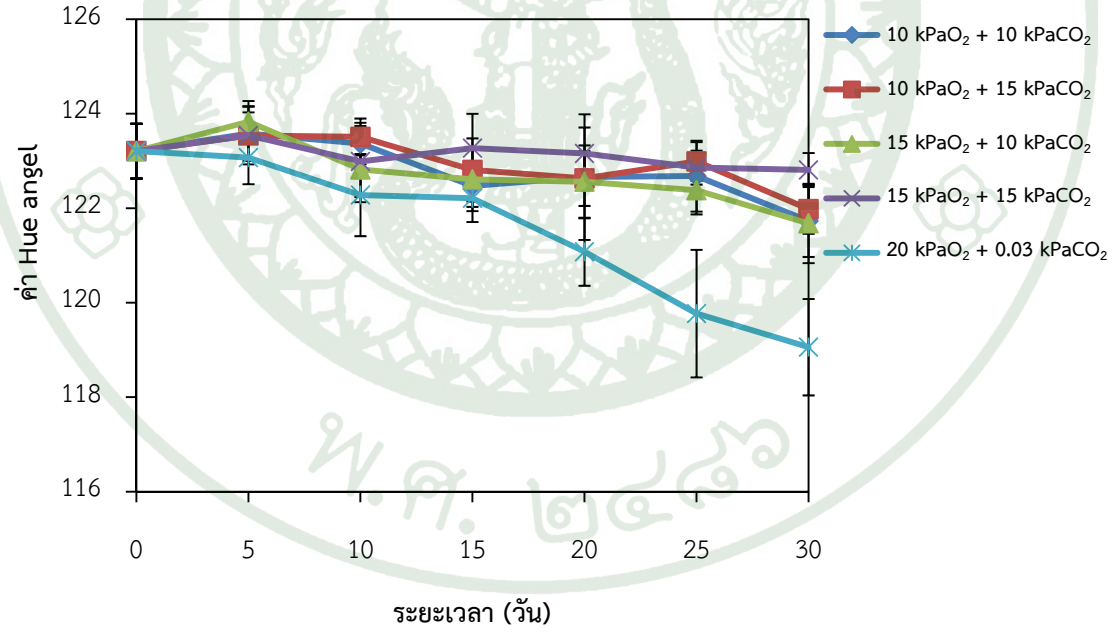


ภาพที่ 21 ค่า a* ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 22 ค่า b* ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C



ภาพที่ 23 ค่า Hue angle ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 ค่าเนื้อสัมผัส

จากผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอด กลาง และโคนต้น ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับ 10-15 kPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 10-15 kPa และบรรยากาศปกติ พบว่า ค่าเนื้อสัมผัสในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งทุกสภาวะบรรยากาศควบคุมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 16, 17 และ 18) โดยบริเวณโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่งทุกสภาวะบรรยากาศควบคุมมีค่าเนื้อสัมผัสสูงกว่าบริเวณกลาง และปลายยอด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 28-35 นิวตัน Sosa-Coronel *et al*. (1976) พบว่า การเกิดเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งจะมีมากบริเวณส่วนโคนของหน่อมากกว่าส่วนปลายยอด โดยส่วนปลายยอดจะมีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุด (Brovelli *et al*., 1988; Zurera *et al*., 2000) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Yang *et al*. (1988) พบว่า เมื่อเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งบริเวณส่วนโคนจะมีเส้นใยเพิ่มขึ้นมาก อาจเนื่องมาจากส่วนโคนของหน่ออยู่ใกล้บริเวณบาดแผลที่เกิดขึ้นจากเก็บเกี่ยวหน่อไม้ฝรั่ง ทำให้บริเวณบาดแผลมีการสร้างเอทิลีนมาก ซึ่งจะไปชักนำให้เอนไซม์ isoperoxidase มี activity เพิ่มขึ้น จึงมีเส้นใยในบริเวณโคนมากกว่าที่ส่วนปลายยอด และ Sharma *et al*. (1976) กล่าวว่า การเกิดเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งเกิดขึ้น โดยกระบวนการ lignifications ต้องการแก๊สออกซิเจนในการเกิดปฏิกิริยา โดยอัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับเอนไซม์ isoperoxidase

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอดของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมที่ระดับแก๊สออกซิเจน 10-15 kPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 10-15 kPa ที่อุณหภูมิ 2 ℃

สภาวะบรรยากาศควบคุม	ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอด (นิวตัน) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	5	10	15	20	25	30
10 $kPaO_2$ + 10 $kPaCO_2$	23.49^{a} ±4.30	23.33^{a} ±3.53	21.15^{a} ±3.26	22.72^{a} ±3.99	21.40^{a} ±2.84	22.01^{ab} ±1.67	22.47^{a} ±3.18
10 $kPaO_2$ + 15 $kPaCO_2$	23.49^{a} ±4.30	21.83^{a} ±3.95	21.65^{a} ±4.21	21.92^{a} ±3.43	21.17^{a} ±3.67	25.53^{a} ±4.17	25.39^{a} ±3.63
15 $kPaO_2$ + 10 $kPaCO_2$	23.49^{a} ±4.30	24.89^{a} ±4.14	20.18^{a} ±3.73	22.61^{a} ±3.05	22.68^{a} ±3.78	24.70^{a} ±3.61	22.96^{a} ±4.16
15 $kPaO_2$ + 15 $kPaCO_2$	23.49^{a} ±4.30	25.33^{a} ±2.70	20.20^{a} ±3.12	20.59^{a} ±2.51	19.60^{a} ±3.15	22.45^{ab} ±3.28	21.46^{a} ±2.74
20 $kPaO_2$ + 0.03 $kPaCO_2$	23.49^{a} ±4.30	22.03^{a} ±3.56	22.51^{a} ±3.14	21.20^{a} ±4.51	21.16^{a} ±3.26	20.67^{b} ±4.00	24.20^{a} ±5.67

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a และb ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณกลางต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมที่ระดับแก๊สออกซิเจน 10-15 kPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 10-15 kPa ที่อุณหภูมิ 2 °C

สภาวะบรรยากาศควบคุม	ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณกลางต้น (นิวตัน) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	5	10	15	20	25	30
10 $kPaO_2$ + 10 $kPaCO_2$	29.76^{a} ±4.49	30.09^{a} ±5.18	29.97^{a} ±5.91	25.92^{a} ±4.21	26.84^{ab} ±4.44	24.74^{a} ±4.95	29.84^{a} ±3.71
10 $kPaO_2$ + 15 $kPaCO_2$	29.76^{a} ±4.49	27.83^{a} ±3.85	26.89^{ab} ±2.43	23.94^{a} ±2.90	27.75^{a} ±3.06	28.25^{a} ±4.38	27.81^{a} ±2.72
15 $kPaO_2$ + 10 $kPaCO_2$	29.76^{a} ±4.49	28.56^{a} ±3.80	28.27^{a} ±3.25	27.13^{a} ±2.44	22.72^{b} ±4.79	28.33^{a} ±4.98	28.68^{a} ±5.80
15 $kPaO_2$ + 15 $kPaCO_2$	29.76^{a} ±4.49	26.12^{a} ±5.94	28.22^{a} ±3.15	23.89^{a} ±3.67	27.61^{a} ±4.43	28.14^{a} ±5.24	27.69^{a} ±3.22
20 $kPaO_2$ + 0.03 $kPaCO_2$	29.76^{a} ±4.49	26.24^{a} ±1.92	23.24^{b} ±3.88	23.43^{a} ±4.44	22.66^{b} ±5.61	25.63^{a} ±4.58	28.44^{a} ±3.01

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a และb ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมที่ระดับแก๊สออกซิเจน 10-15 kPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 10-15 kPa ที่อุณหภูมิ 2 °C

สภาวะบรรยากาศควบคุม	ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณโคนต้น (นิวตัน) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	0	5	10	15	20	25	30
10 $kPaO_2$ + 10 $kPaCO_2$	35.59^{a} ±7.26	29.32^{a} ±6.86	34.10^{a} ±7.53	30.99^{ab} ±5.39	28.33^{a} ±5.72	31.05^{a} ±4.83	34.10^{a} ±5.27
10 $kPaO_2$ + 15 $kPaCO_2$	35.59^{a} ±7.26	30.83^{a} ±4.89	24.80^{b} ±4.72	28.35^{ab} ±2.64	30.15^{a} ±6.77	30.90^{a} ±4.65	32.09^{a} ±4.39
15 $kPaO_2$ + 10 $kPaCO_2$	35.59^{a} ±7.26	32.01^{a} ±3.71	32.68^{a} ±6.42	31.45^{ab} ±5.01	22.51^{b} ±3.85	32.20^{a} ±4.84	28.39^{a} ±6.39
15 $kPaO_2$ + 15 $kPaCO_2$	35.59^{a} ±7.26	31.66^{a} ±4.01	28.74^{ab} ±3.37	32.55^{a} ±6.06	31.29^{a} ±4.33	29.12^{a} ±8.08	30.11^{a} ±6.69
20 $kPaO_2$ + 0.03 $kPaCO_2$	35.59^{a} ±7.26	28.14^{a} ±3.99	24.15^{b} ±4.96	27.08^{b} ±5.51	25.87^{ab} ±7.17	27.90^{a} ±7.43	29.43^{a} ±7.19

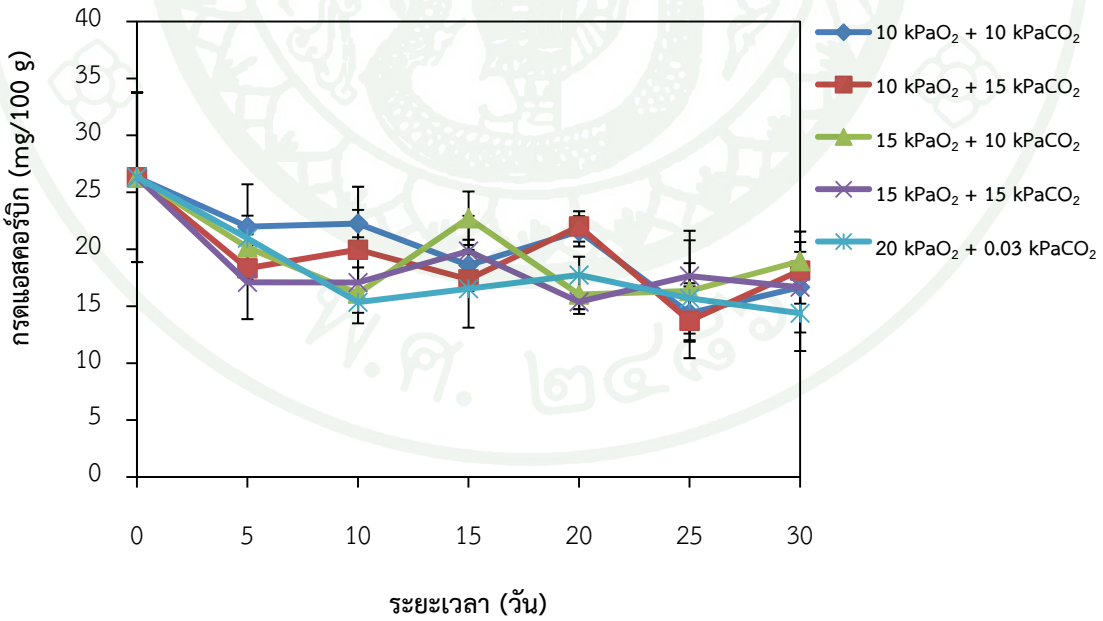
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a และb ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.5 ปริมาณกรดแอสคอร์บิก

จากการทดลองเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับ 10-15 kPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 10-15 kPa และบรรยากาศปกติ พบว่าในทุกสภาวะบรรยากาศควบคุมมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลง โดยลดลงตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งในวันแรกของการเก็บรักษานั่นมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกอยู่ในช่วง 21-26 มิลลิกรัมต่อ100 กรัม แต่ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิกมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยจะอยู่ในช่วง 14-19 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (ภาพที่ 24) ซึ่งสอดคล้องกับ Villanueva *et al*. (2005) ที่กล่าวว่า ในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่อุณหภูมิ 2 °C จะมีการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิกคิดเป็นร้อยละ 40.3 – 28.1 หลังเก็บรักษาไว้ 14 และ 16 วัน โดยการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศที่มีแก๊สออกซิเจนต่ำจะช่วยชะลอการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกได้ (Agar *et al*., 1999) และจากการทดลองของ Singh and Pal (2008) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศ การสูญเสียกรดแอสคอร์บิกจะมีมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณกรดแอสคอร์บิกของวันที่ 30 ของการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุมแก๊สออกซิเจนที่ระดับ 10-15 kPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 10-15 kPa เปรียบเทียบกับบรรยากาศปกติ พบว่า ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของบรรยากาศปกติมีค่าน้อยกว่าบรรยากาศควบคุมคือ 14.38

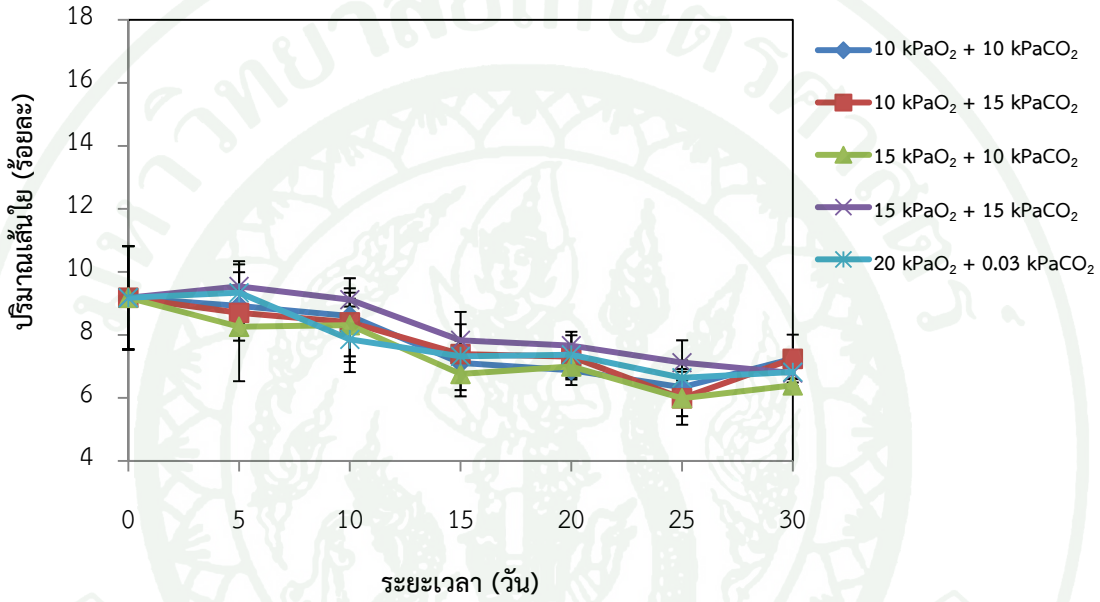


ภาพที่ 24 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 ปริมาณเส้นใย

ปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมที่ระดับแก๊สออกซิเจน 10-15 kPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 10-15 kPa และบรรยากาศปกติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) และพบว่าในทุกสภาวะบรรยากาศควบคุมมีปริมาณเส้นใยลดลง โดยลดลงตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 25)



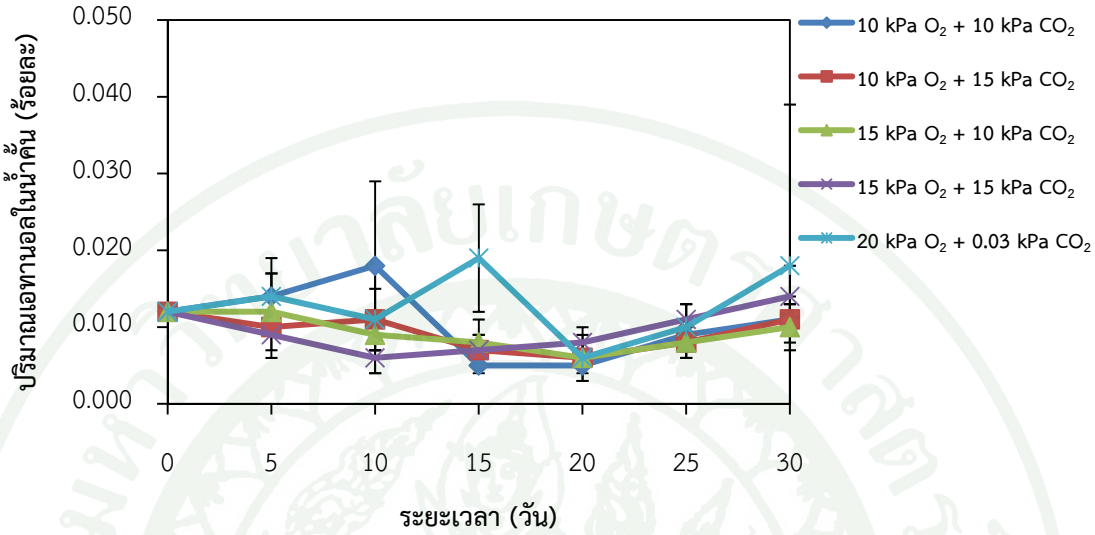
ภาพที่ 25 ปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 °C

3.7 ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง

จากผลการวัดปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของหน่อไม้ฝรั่งทุกสภาวะบรรยากาศควบคุม พบว่า ไม่มีการสะสมของปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศควบคุม (ภาพที่ 26) หากเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศที่มีแก๊สออกซิเจนน้อยเกินไป อาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) เป็นผลให้เกิดการหมักและกลิ่นรสผิดปกติ (Kays, 1997) โดยการเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกตินั่นเป็นผลเนื่องมาจากการสะสมของเอทานอลและ acetaldehyde เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงในสารประกอบอื่น ๆ ที่มีผลต่อคุณลักษณะของกลิ่นและรสชาติ ซึ่งปริมาณเอทานอลที่เพิ่มขึ้นนั่นเกิดจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ทำให้มีการสังเคราะห์ของ ethyl esters เพิ่มขึ้น (Mattheis, 2000) โดย Beaudry (2000) กล่าวว่า หน่อไม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฝรั่งจะมีความทนต่อแก๊สออกซิเจนต่ำสุด 10 kPa ที่อุณหภูมิเก็บรักษาโดยทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง



ภาพที่ 26 ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศควบคุมต่าง ๆ ที่ 2 ℃

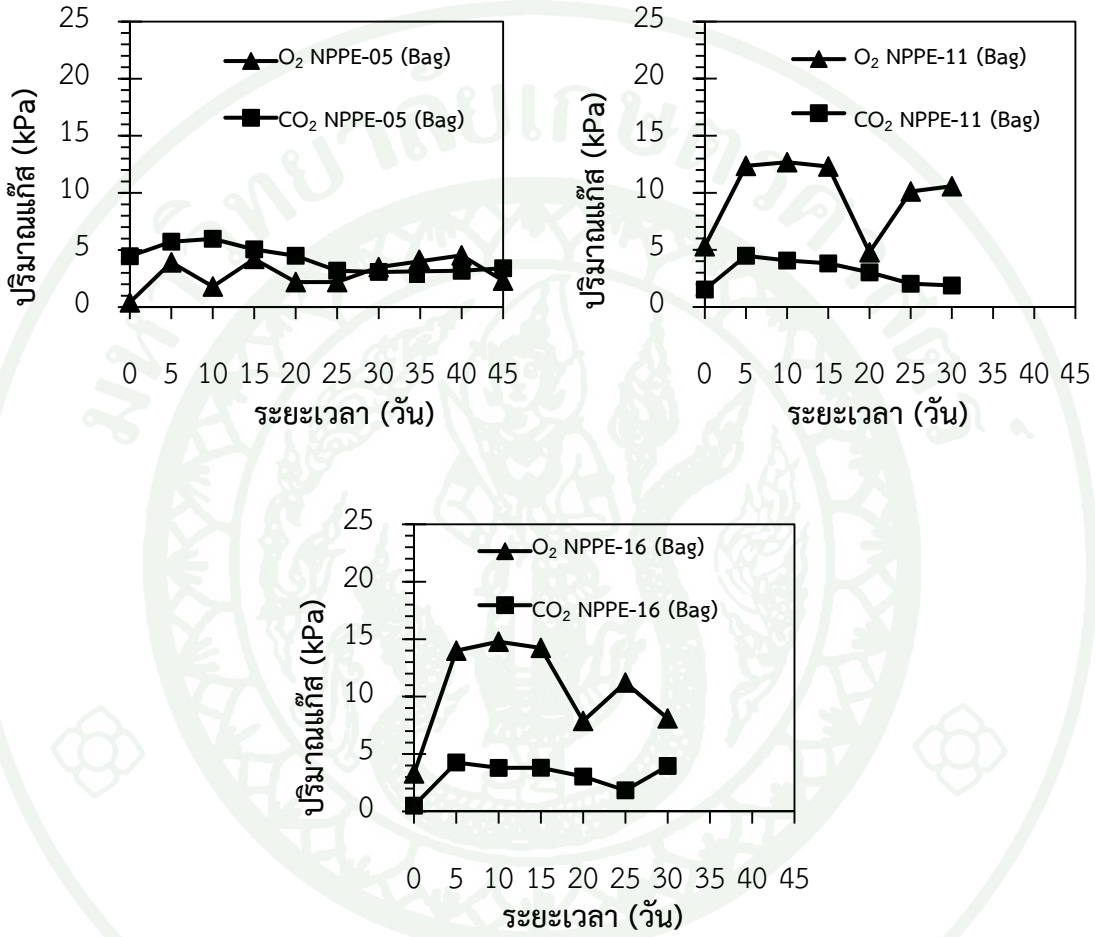
4. ผลของการบรรจุในบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

4.1 ปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

การบรรจุหน่อไม้ฝรั่งภายใต้บรรยากาศดัดแปลง โดยการบรรจุ 2 ลักษณะ คือ ในรูปแบบถุงและถาดที่ปิดผนึกด้วยฟิล์ม ซึ่งใช้ฟิล์มที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ ฟิล์มการค้าทั่วไป (NPPE-05), ฟิล์มที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สสูง NPPE-11และNPPE-16 พบว่าการเปลี่ยนแปลงแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ถุงชนิด NPPE-05 จะมีปริมาณออกซิเจน เท่ากับ 2-4.5 kPa ซึ่งน้อยกว่าหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถุง NPPE-11 และ NPPE-16 ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สออกซิเจนมากกว่าถุงชนิด PE โดยจะมีปริมาณออกซิเจนประมาณ 12-14 kPa (ภาพที่ 27) โดยเมื่อเปรียบเทียบจากอายุการเก็บรักษา พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุถุง NPPE-05 จะมีอายุการเก็บรักษามากกว่า NPPE-11 และ NPPE-16 คือ มีอายุการเก็บรักษา 25 วัน เช่นเดียวกับหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดผนึกด้วยฟิล์ม NPPE-11 และ NPPE-16 ซึ่งมีการเปลี่ยน แปลงแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในบรรจุภัณฑ์ คือ 3-5 kPa O_2 และ 3-5 kPa CO_2 ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 30-35 วัน ส่วนหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดผนึก

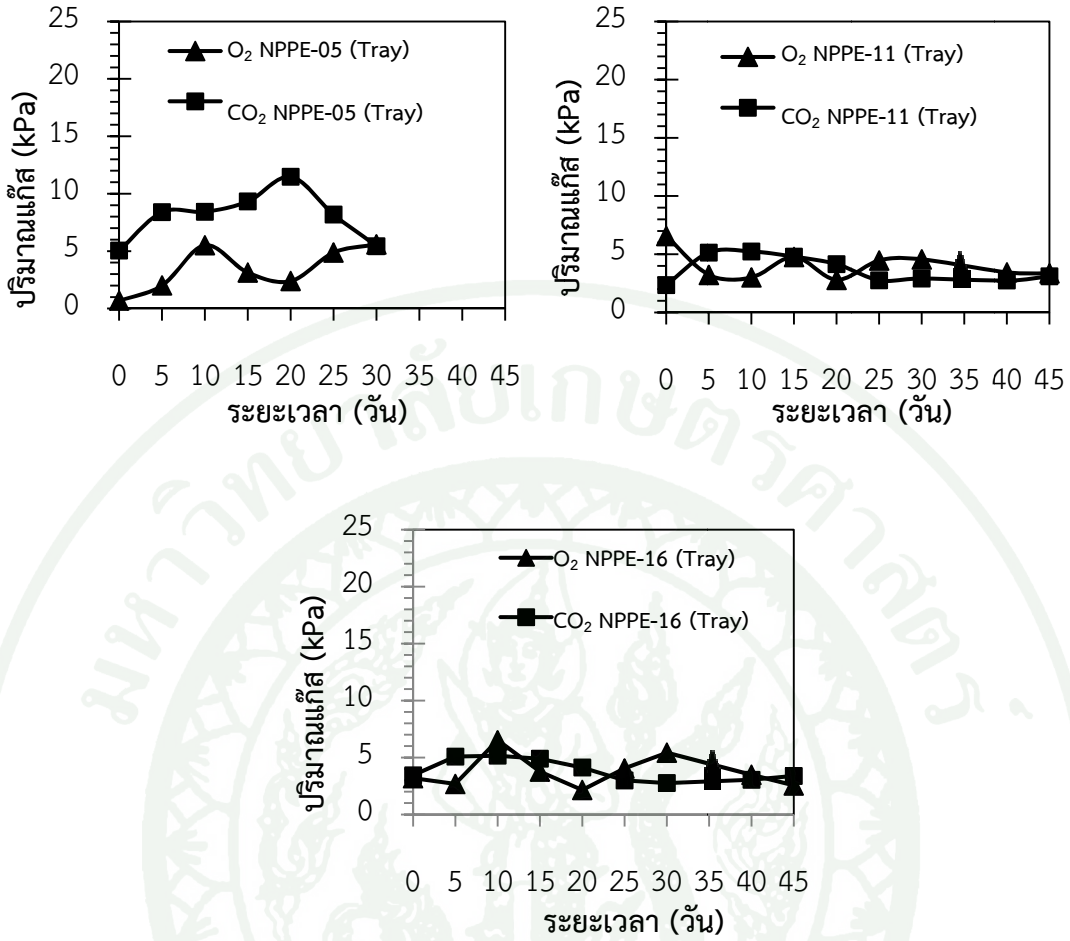
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยฟิล์ม NPPE-05 นั่นมีการเปลี่ยนแปลงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไม่คงที่ โดยมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงในวันที่ 5-20 ของการเก็บรักษาคือ 8-11 kPa และมีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 2 kPa (ภาพที่ 28) ทำให้มีอายุการเก็บรักษาเพียง 10 วัน โดยมีปัจจัยกำหนดที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับซึ่งจะกล่าวต่อไป



ภาพที่ 27 ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติกชนิด NPPE-05, NPPE-11 และ NPPE-16 ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่ 2 °C

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 28 ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในถาดพลาสติกชนิด PP ที่ปิดผนึกด้วยฟิล์ม NPPE-05, NPPE-11 และ NPPE-16 ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่ 2 °C

4.2 อายุการเก็บรักษาและปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษา

ในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งโดยการบรรจุแบบต่างๆ เพื่อศึกษาผลของฟิล์มและเปรียบเทียบคุณภาพและอายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 °C พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดด้วยฟิล์ม NPPE-11 มีอายุการเก็บรักษา 35 วัน ซึ่งมีอายุในการเก็บรักษามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะบรรยากาศดัดแปลง อื่น ๆ รองลงมาได้แก่ หน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดด้วยฟิล์ม NPPE-11 และหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถุง NPPE-05 มีอายุการเก็บรักษา 30 และ 25 วัน ตามลำดับ โดยหน่อไม้ฝรั่งจะแสดงอาการลำต้นเหี่ยว มีสีเหลือง บริเวณปลายยอดเน่าเสีย และโคนมีอาการฉ่ำน้ำมีเมือกสีขาวขุ่นเกิดขึ้น ในทุกสภาวะบรรยากาศดัดแปลง ยกเว้นหน่อไม้ฝรั่งที่ที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดด้วยฟิล์ม NPPE-05 ซึ่งแสดงลักษณะการเสื่อมเสียแตกต่างออกไป คือ ลำต้นของหน่อไม้ฝรั่งมีลักษณะอ่อน และมีกลิ่นเหม็นหมักเกิดขึ้น แต่ลำตันยังคงมีสีเขียวสด ซึ่งอาการทั้งหมดที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กล่าวมาเป็นสาเหตุให้ผู้บริโภคเกิดการไม่ยอมรับ และทำให้สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 29 และตารางที่ 19) โดยกนกมณฑล (2526) กล่าวว่าโรคของหน่อไม้ฝรั่งที่พบภายหลังการเก็บรักษาคือ โรค Bacterial soft rot โดยปลายยอดหน่อไม้ฝรั่งจะมีสีเขียวแกรมเทา นิ่มเละเมื่อถูกบีบ ถ้าเป็นที่ส่วนโคนจะมีน้ำเมือกสีขาวขุ่นไหลออกบริเวณโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่ง และมีกลิ่นเหม็น เนื่องจากเชื้อเข้าทางบาดแผล Lill *et al*. (1980) กล่าวว่าหน่อไม้ฝรั่งหลังการเก็บเกี่ยวจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีเกิดขึ้น ได้แก่ น้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล การสูญเสียกรดแอสคอร์บิก และการเสื่อมสภาพหากเก็บรักษาไว้ในสภาพที่ไม่เหมาะสม

(ก) ปลายยอดเน่าเสีย (ข) ลำต้นเหี่ยวเหลือง (ค) โคนฉ่ำน้ำ มีเมือกสีขาวขุ่น

ภาพที่ 29 ปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง ได้แก่ ปลายยอดเน่าเสีย (ก) ลำต้นเหี่ยวเหลือง (ข) และโคนฉ่ำน้ำ มีเมือกสีขาวขุ่น (ค)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

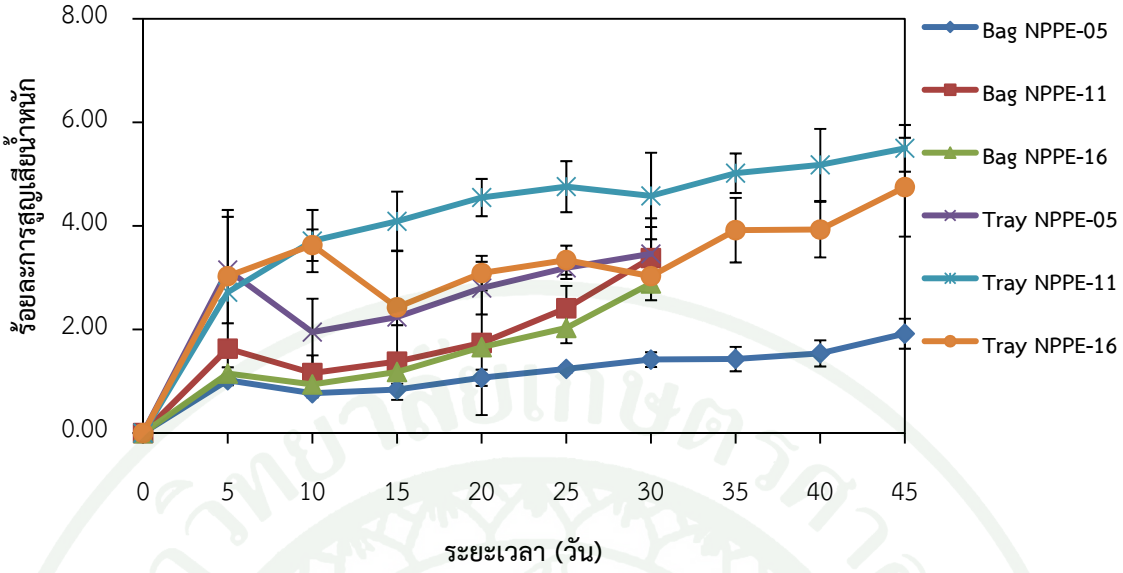
ตารางที่ 19 อายุการเก็บรักษาและปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ ที่ 2 ℃

รูปแบบบรรจุภัณฑ์	ฟิล์ม	อายุการเก็บรักษา (วัน)	ปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษา
ถุง	NPPE-05	25	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย โคนฉ่ำน้ำมีเมือกสีขาวขุ่น
	NPPE-11	20	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย โคนฉ่ำน้ำมีเมือกสีขาวขุ่น
	NPPE-16	20	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย โคนฉ่ำน้ำมีเมือกสีขาวขุ่น
ถาด	NPPE-05	10	ลำต้นเขียว แต่หน่อมีลักษะอ่อน และมีกลิ่นเหม็นหมัก
	NPPE-11	30	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย โคนฉ่ำน้ำมีเมือกสีขาวขุ่น
	NPPE-16	35	ลำต้นเหี่ยวเหลือง ปลายยอดเน่าเสีย โคนฉ่ำน้ำและเน่าเล็กน้อย

4.3 การสูญเสียน้ำหนักสด

การสูญเสียน้ำหนักสดของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษา ในการบรรจุแบบต่าง ๆ พบว่าการสูญเสียน้ำหนักสดของหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดด้วยฟิล์ม NPPE-11 มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะบรรยากาศดัดแปลงอื่นๆ รองลงมาได้แก่ หน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดด้วยฟิล์ม NPPE-16 ซึ่งหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถุง NPPE-05 มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด โดยร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของทุกสภาวะบรรยากาศดัดแปลงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 30) ซึ่งการที่หน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดผนึกด้วยฟิล์ม NPPE-11 มีการสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด อาจเกิดจากค่าสภาพให้ซึมผ่านได้ของน้ำในฟิล์ม (Aharoni *et al*., 2007) NPPE-11 มีค่าสูง เมื่อเทียบกับค่าสภาพให้ซึมผ่านได้ของน้ำในฟิล์ม NPPE-05 (ตารางที่ 3) และการสูญเสียน้ำหนักสดของหน่อไม้ฝรั่งมีการเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากหน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชที่มีการหายใจสูง ซึ่งการหายใจของหน่อไม้ฝรั่งจะมีการคายน้ำออกมาจึงทำให้น้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่งลดลง (จริงแท้, 2549; สายชล, 2538)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

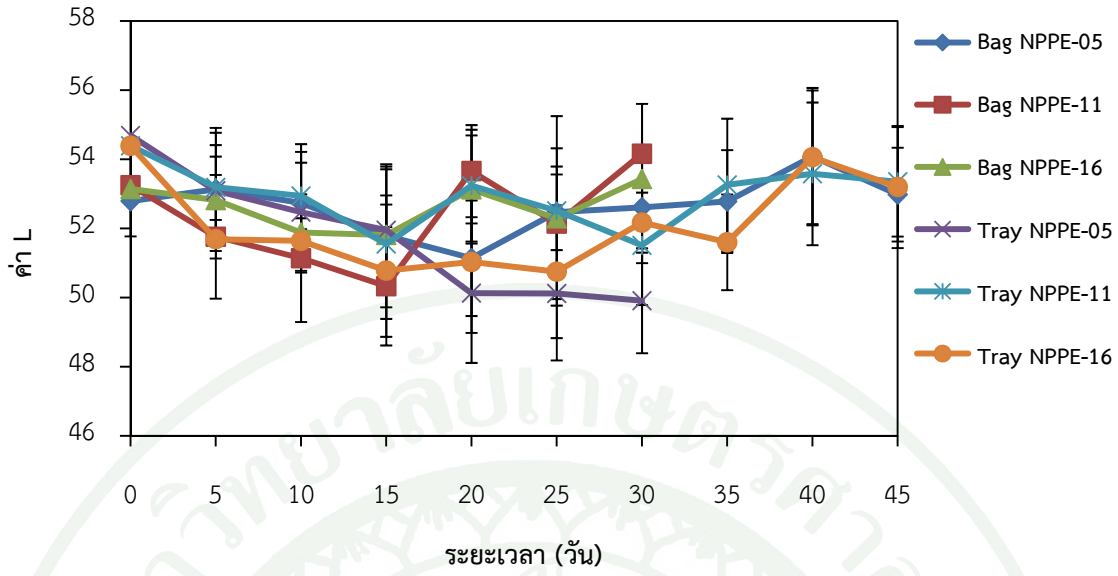


ภาพที่ 30 การสูญเสียน้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน

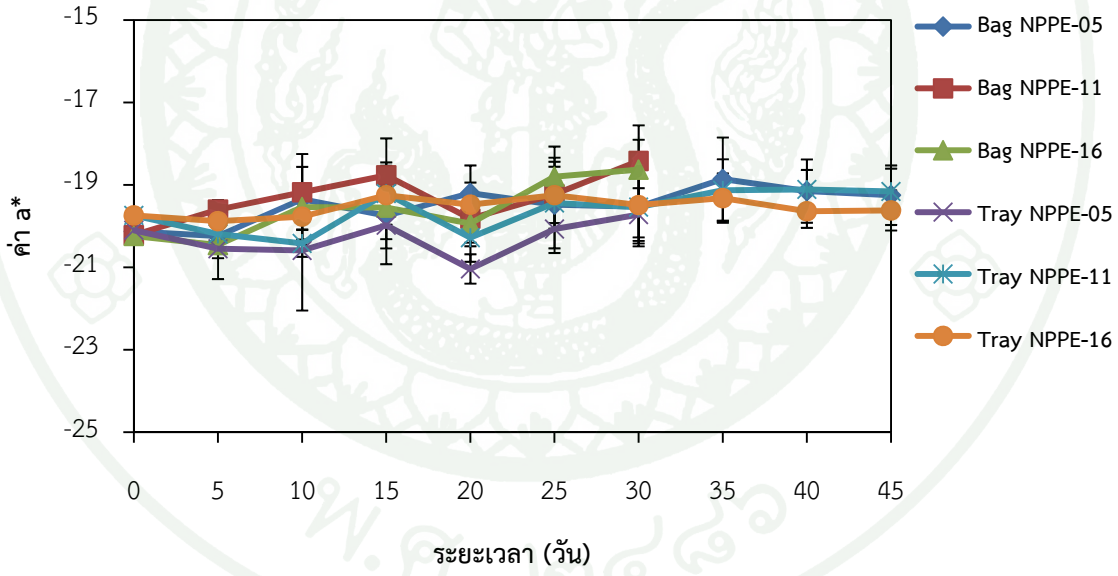
4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของหน่อไม้ฝรั่ง

ภาพที่ 31, 32, 33และ 34 แสดงค่า L, a*, b* และ Hue angle (ตามลำดับ) พบว่าในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถุง NPPE-11 และ NPPE-16 มีค่า a* และ b* เพิ่มมากขึ้นมากกว่าทุกสภาวะบรรยากาศดัดแปลง(ภาพที่ 32 และ 33) ส่วนค่า Hue angle มีช่วงคลื่นที่ลดลง (ภาพที่ 34) โดยหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถุง NPPE-11 และ NPPE-16 อยู่ในช่วงคลื่นที่ 121-122 องศา ดังนั้นหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถุง NPPE-11 และ NPPE-16 จะมีการเปลี่ยนแปลงของสีเป็นสีเหลืองมากกว่าสภาวะบรรยากาศดัดแปลงอื่น ๆ ซึ่งส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงสีเหลืองเป็นปัจจัยกำหนดที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ส่วนในวันที่ 45 ของการเก็บรักษาพบว่าหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดด้วยฟิล์ม NPPE-11, NPPE-16 และบรรจุในถุง NPPE-05 มีค่า a* ,b* และ Hue angle ที่ใกล้เคียงกัน โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ซึ่งเหตุของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของหน่อไม้ฝรั่งในที่บรรจุในถุง NPPE-11 และ NPPE-16 อาจเกิดจากการที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนมากกว่าสภาวะบรรยากาศดัดแปลงอื่น ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุให้หน่อไม้ฝรั่งมีการหายใจสูง โดยสภาพที่มีแก๊สออกซิเจนต่ำ และ/หรือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง มีผลในการลดอัตราการหายใจของผลิตผล (Kasmire *et al*., 1989) ช่วยลดการผลิตเอทิลีน และการเน่าเสีย รวมทั้งยังช่วยชะลออาการเหลืองในบรอกโคลีได้ (Wang, 1979; Makhlouf *et al*., 1989; Lipton and Harris, 1974)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

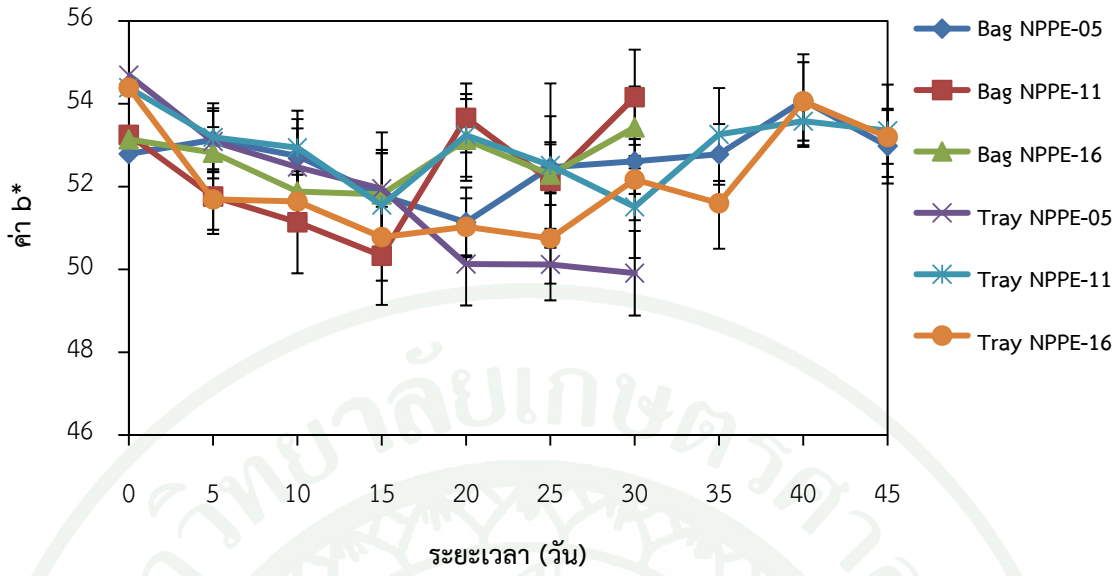


ภาพที่ 31 ค่า L ของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน

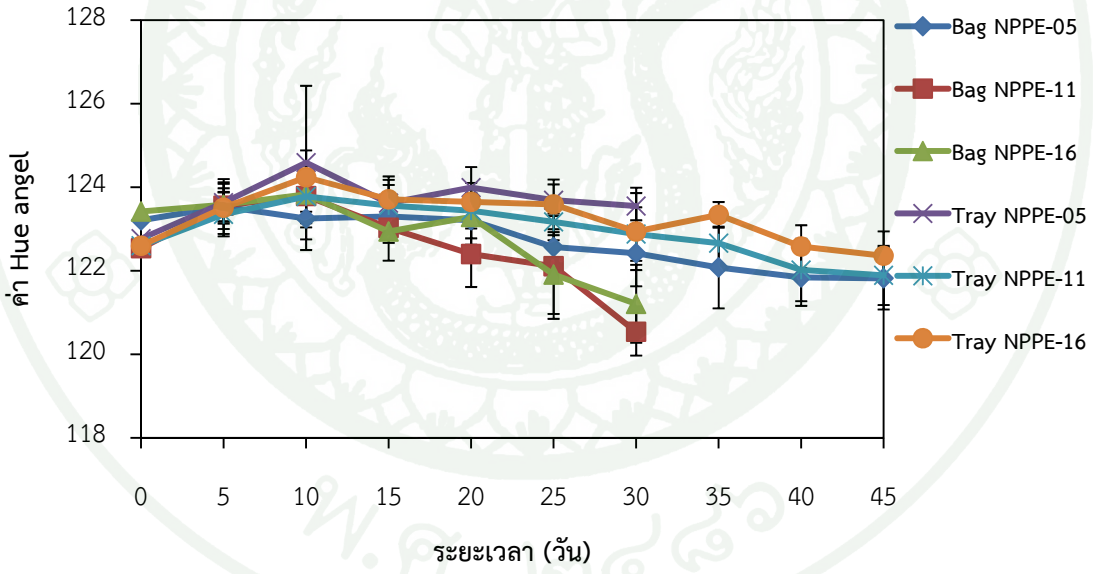


ภาพที่ 32 ค่า a* ของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 33 ค่า b* ของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน



ภาพที่ 34 ค่า Hue angle ของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.5 ค่าเนื้อสัมผัส

จากผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอด กลาง และโคนต้น ของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ พบว่าค่าเนื้อสัมผัสในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาบริเวณโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่งทุกสภาวะบรรยากาศดัดแปลงมีค่าเนื้อสัมผัสสูงกว่าบริเวณกลาง และปลายยอด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 30-37 นิวตัน (ตารางที่ 20, 21 และ 22) ซึ่ง Sosa-Coronel *et al*. (1976) พบว่า การเกิดเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งจะมีมากบริเวณส่วนโคนของหน่อมากกว่าส่วนปลายยอด โดยส่วนปลายยอดจะมีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุด (Brovelli *et al*., 1988; Zurera *et al*., 2000) ส่วนค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอดในทุกสภาวะบรรยากาศดัดแปลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

4.6 ปริมาณกรดแอสคอร์บิก

จากการทดลองเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา หน่อไม้ฝรั่งทุกสภาวะบรรยากาศดัดแปลงมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถุง NPPE-11 และ NPPE-16 มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลงมากที่สุด ซึ่งในวันแรกของการเก็บรักษานั่นมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกอยู่ในช่วง 20-26 มิลลิกรัมต่อ100 กรัม และเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 15 ของการเก็บรักษา และในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิกมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยจะอยู่ในช่วง 10-13 มิลลิกรัมต่อ100 มิลลิลิตร (ภาพที่ 35) ซึ่งเหตุของการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกของหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถุง NPPE-11 และ NPPE-16 อาจเกิดจากการที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนมากกว่าสภาวะบรรยากาศดัดแปลงอื่น ๆ โดย Agar *et al*. (1999) พบว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศที่มีแก๊สออกซิเจนต่ำจะช่วยชะลอการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกได้ และการเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศ จะทำให้มีการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกมากขึ้น (Singh and Pal, 2008) ส่วนในวันที่ 45 ของการเก็บรักษาพบว่าหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดด้วยฟิล์ม NPPE-11, NPPE-16 และบรรจุในถุง NPPE-05 มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่ใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอดของหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในบรรยากาศดัดแปลง ที่อุณหภูมิ 2 ℃

สภาวะบรรยากาศควบคุม		ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณปลายยอด (นิวตัน) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
ถุง	PE	23.28^{a}±4.36	20.05^{a}±4.67	21.72^{a}±3.62	22.75^{a}±3.33	23.66^{a}±4.99	23.81^{a}±2.91	24.57^{a}±2.66	25.35^{a}±3.67	25.58^{a}±3.24	26.46^{a}±3.31
	PE-1	23.28^{a}±4.36	20.33^{a}±1.90	22.15^{a}±3.69	24.11^{a}±4.64	22.26^{a}±3.12	22.78^{a}±4.38	23.38^{a}±5.19	N/A	N/A	N/A
	PE-2	23.28^{a}±4.36	19.98^{a}±3.59	21.26^{a}±3.31	21.73^{a}±3.61	21.16^{a}±4.10	23.42^{a}±3.83	23.32^{a}±3.01	N/A	N/A	N/A
ถาด	PE	23.28^{a}±4.36	18.69^{a}±2.87	22.68^{a}±3.65	20.48^{a}±2.72	22.58^{a}±.61	24.05^{a}±4.73	19.80^{b}±2.68	N/A	N/A	N/A
	PE-1	23.28^{a}±4.36	20.17^{a}±3.00	23.20^{a}±3.22	23.09^{a}±2.93	24.15^{a}±3.46	24.53^{a}±3.82	24.89^{a}±3.66	25.76^{a}±2.51	23.69^{a}±3.62	21.97^{b}±3.47
	PE-2	23.28^{a}±4.36	20.58^{a}±3.00	21.18^{a}±5.01	23.83^{a}±5.15	22.80^{a}±4.06	21.76^{a}±2.52	23.99^{a}±3.09	24.27^{a}±3.14	20.27^{b}±3.34	21.69^{b}±2.94

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a และb ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

N/A ไม่มีข้อมูลเนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเกิดการเสื่อมเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณกลางต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในบรรยากาศดัดแปลง ที่อุณหภูมิ 2 ℃

สภาวะบรรยากาศควบคุม		ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณกลางต้น (นิวตัน) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
ถุง	PE	26.65^{a}±3.35	23.07^{a}±3.72	25.36^{c}±1.87	29.04^{a}±2.63	29.31^{ab}±4.37	27.11^{bc}±2.34	29.10^{ab}±3.35	30.88^{a}±5.38	30.48^{a}±3.60	29.70^{a}±6.01
	PE-1	26.65^{a}±3.35	24.19^{a}±3.27	26.11^{bc}±3.42	28.82^{a}±4.76	29.22^{ab}±5.52	26.26^{c}±3.55	29.68^{ab}±4.05	N/A	N/A	N/A
	PE-2	26.65^{a}±3.35	25.38^{a}±4.53	29.63^{ab}±3.06	28.30^{a}±3.50	25.26^{b}±5.22	30.54^{ab}±5.74	28.64^{ab}±2.76	N/A	N/A	N/A
ถาด	PE	26.65^{a}±3.35	23.91^{a}±2.80	27.69^{abc}±5.62	27.82^{a}±3.54	31.13^{a}±3.61	32.99^{a}±3.83	29.34^{ab}±4.00	N/A	N/A	N/A
	PE-1	26.65^{a}±3.35	25.43^{a}±3.05	30.54^{a}±3.05	29.49^{a}±3.68	28.00^{ab}±2.62	28.20^{bc}±4.18	32.16^{a}±3.20	32.20^{a}±2.69	28.83^{a}±3.50	26.76^{a}±2.81
	PE-2	26.65^{a}±3.35	24.78^{a}±3.22	28.25^{abc}±4.38	28.24^{a}±5.93	29.23^{ab}±3.26	25.39^{c}±3.39	27.10^{b}±3.46	28.69^{a}±4.10	25.17^{b}±3.66	25.80^{a}±4.30

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b และ c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

N/A ไม่มีข้อมูลเนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเกิดการเสื่อมเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณโคนต้นของหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในบรรยากาศดัดแปลง ที่อุณหภูมิ 2 °C

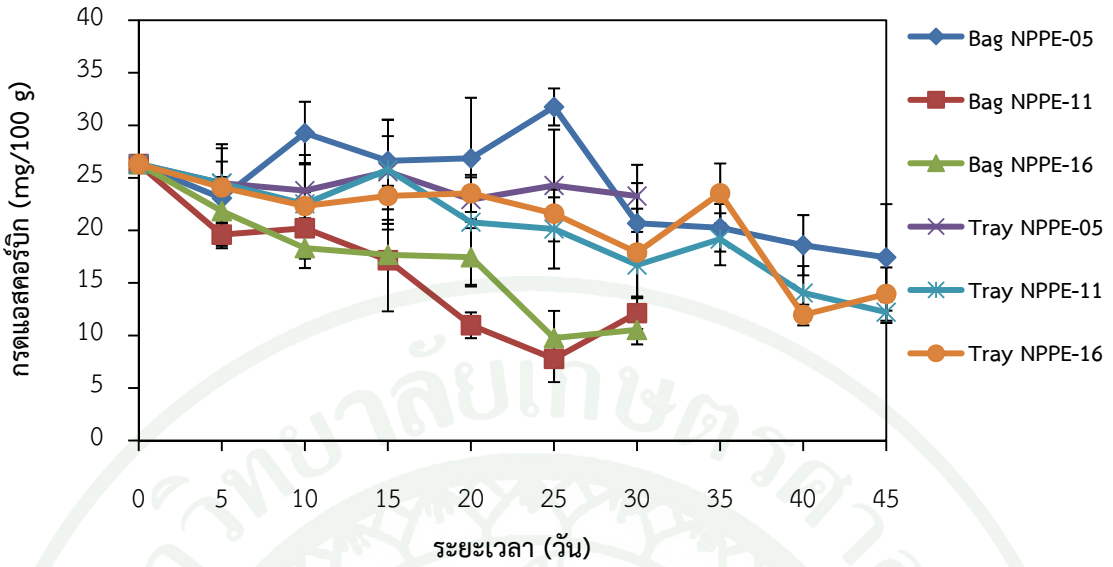
สภาวะบรรยากาศควบคุม		ค่าเนื้อสัมผัสบริเวณโคนต้น (นิวตัน) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
ถุง	PE	30.28^{a}±4.51	32.71^{a}±3.49	29.14^{a}±4.44	33.16^{ab}±3.80	32.92^{ab}±5.63	37.36^{a}±9.73	37.27^{a}±6.06	37.22^{a}±7.19	33.45^{a}±7.73	34.98^{a}±5.77
	PE-1	30.28^{a}±4.51	29.46^{a}±5.19	31.37^{a}±6.08	31.19^{b}±5.76	33.81^{ab}±6.51	29.41^{c}±3.15	30.56^{b}±6.02	N/A	N/A	N/A
	PE-2	30.28^{a}±4.51	30.19^{a}±5.18	31.67^{a}±5.82	32.94^{ab}±5.34	35.40^{ab}±10.70	31.17^{bc}±4.12	31.78^{b}±3.94	N/A	N/A	N/A
ถาด	PE	30.28^{a}±4.51	30.24^{a}±5.42	35.02^{a}±6.57	35.80^{ab}±8.21	36.63^{a}±4.30	36.60^{ab}±6.31	34.67^{ab}±5.03	N/A	N/A	N/A
	PE-1	30.28^{a}±4.51	29.82^{a}±3.12	31.77^{a}±3.20	38.07^{a}±4.03	32.76^{ab}±5.81	30.88^{bc}±5.50	32.42^{ab}±4.03	33.68^{a}±6.15	31.08^{a}±4.84	30.78^{a}±7.72
	PE-2	30.28^{a}±4.51	31.00^{a}±3.30	31.00^{a}±8.28	31.43^{b}±5.83	29.24^{b}±3.75	27.14^{c}±4.14	30.21^{b}±5.94	32.29^{a}±7.19	31.88^{a}±3.73	30.91^{a}±5.68

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b และ c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

N/A ไม่มีข้อมูลเนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเกิดการเสื่อมเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

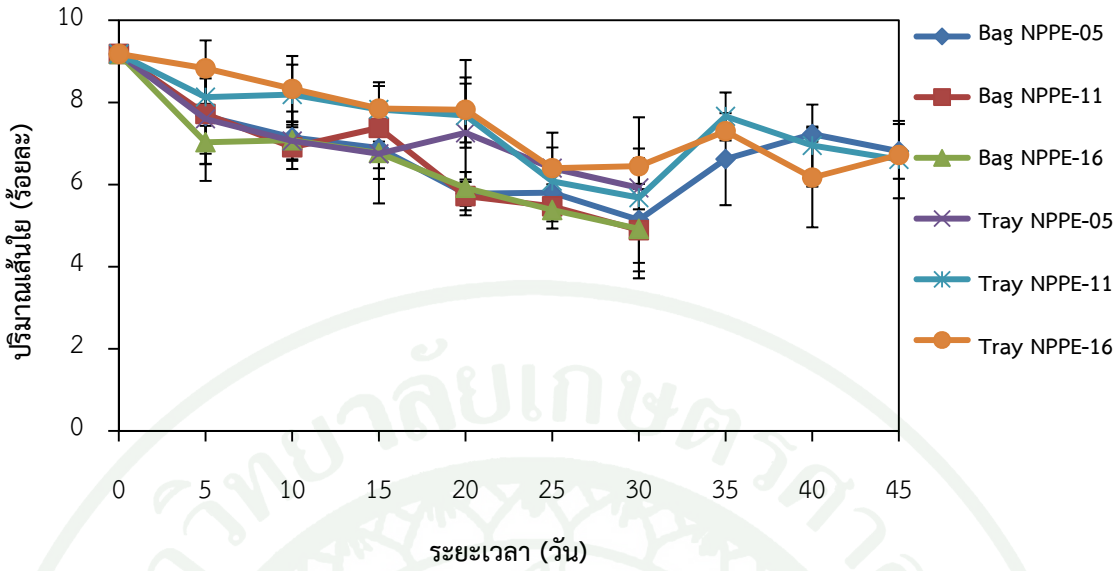


ภาพที่ 35 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน

4.7 ปริมาณเส้นใย

ปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นเวลา 45 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ ก18) และพบว่าในทุกสภาวะบรรยากาศดัดแปลงมีปริมาณเส้นใยลดลง โดยลดลงตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 36) Sharma *et al*. (1976) กล่าวว่า การเกิดเส้นใยในหน่อไม้ฝรั่งเกิดขึ้นโดยกระบวนการ lignifications โดยกระบวนการดังกล่าวต้องการแก๊สออกซิเจนในการเกิดปฏิกิริยา โดยอัตราการเกิดปฏิกิริยานั่นขึ้นอยู่กับเอนไซน์ isoperoxidas

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

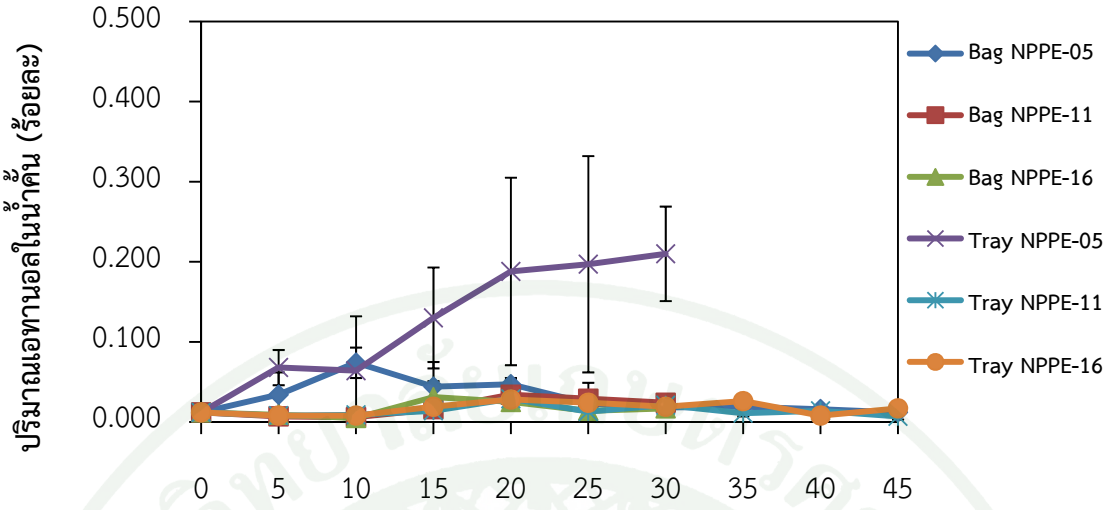


ภาพที่ 36 ปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน

4.8 ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง

จากผลการวัดปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษา ในการบรรจุแบบต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 2 ℃ พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดด้วยฟิล์ม NPPE-05 มีการสะสมของปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นมากกว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในการบรรจุอื่น ๆ (ภาพที่ 37) อาจเนื่องมาจากปริมาณแก๊สออกซิเจนในถาด PP ที่ปิดด้วยฟิล์ม NPPE-05 ของหน่อไม้ฝรั่ง มีปริมาณความเข้มข้นต่ำเกินไปจนทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) และเกิดการสะสมของปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นได้ เป็นผลให้เกิดการหมักและกลิ่นรสผิดปกติ (Kays, 1997) โดยการเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกตินั่นเป็นผลเนื่องมาจากการสะสมของเอทานอลและ acetaldehyde เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงในสารประกอบอื่น ๆ ที่มีผลต่อคุณลักษณะของกลิ่นและรสชาติ ซึ่งเอทานอลที่เพิ่มขึ้นนั่นเกิดจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ทำให้มีการสังเคราะห์ของ ethyl esters เพิ่มขึ้น (Mattheis, 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 37 ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ℃ เป็นเวลา 45 วัน

4. ผลสำรวจข้อมูลด้านบรรจุภัณฑ์ผักผลไม้ในตลาดขายปลีกในประเทศไทย และประเทศไต้หวัน

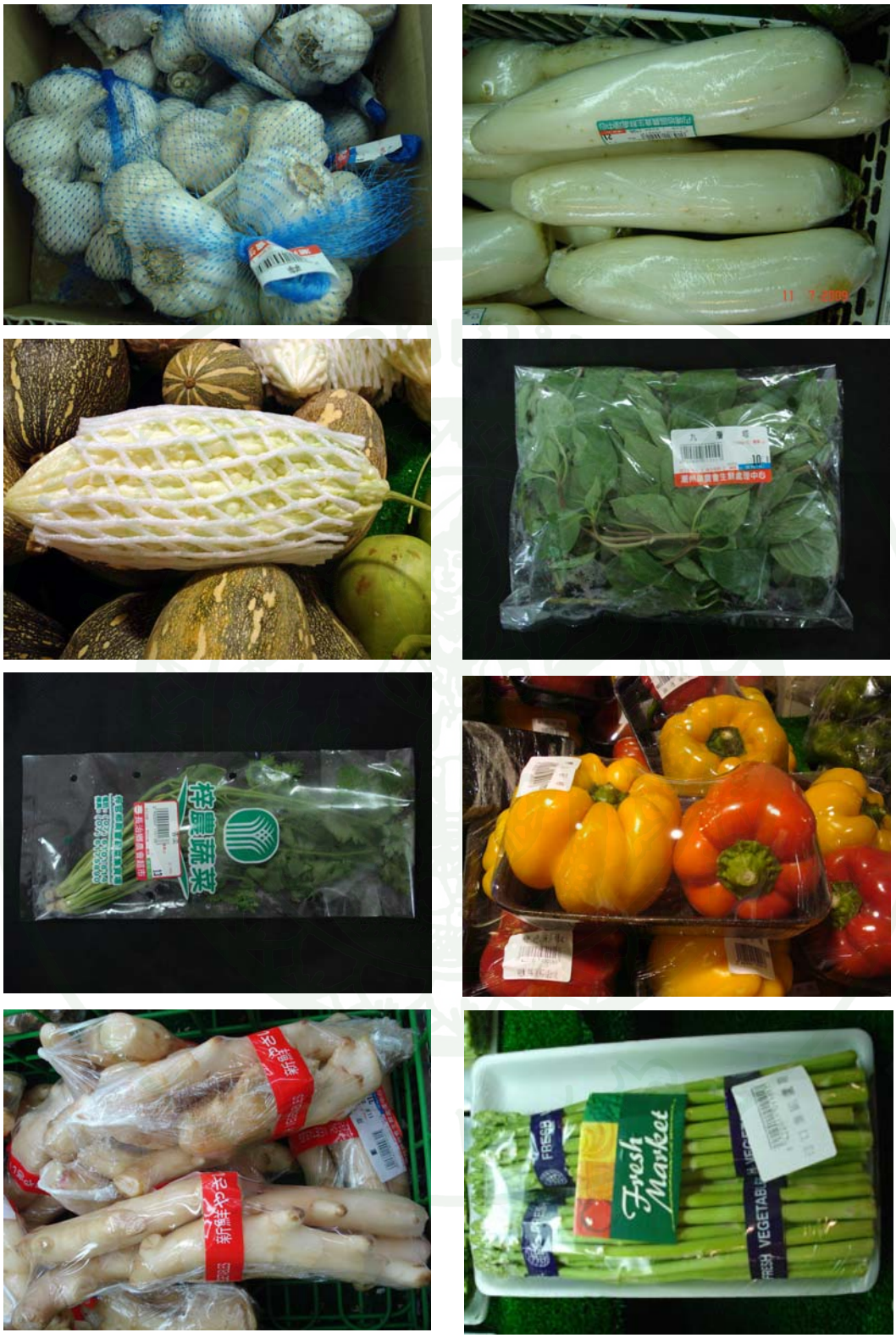
การสำรวจข้อมูลบรรจุภัณฑ์ขายปลีกของผักสดในตลาดขายปลีกในประเทศไทย และประเทศไต้หวัน พบว่า รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ใช้บรรจุผักสดนั้นมีความหลากหลาย เนื่องจากผักแต่ละชนิดนั้นจะมีรูปทรงที่แตกต่างกัน หากพิจารณาโดยแบ่งตามชนิดของส่วนที่นำมาใช้ประกอบอาหาร จะแบ่งเป็น ส่วนที่อยู่ใต้ดิน เช่น แครอท, หัวไชเท้า, มันฝรั่ง, มันเทศ และ เผือก เป็นต้น ส่วนของลำต้นและใบ เช่น คะน้า, กะหล่ำปลี, ผักกาดขาวปลี, หน่อไม้ฝรั่ง และ ผักบุ้ง เป็นต้น ส่วนของดอกและช่อดอก เช่น กะหล่ำดอก, บล็อกโคลี่ และกุ่ยช่าย เป็นต้น ส่วนของผล เช่น พริกหวาน, มะเขือม่วง, แตงกวา, ถั่วฝักยาว, พริกขี้หนู, มะเขือเทศ และ มะระ เป็นต้น ส่วนของเมล็ด เช่น ถั่วลันเตา, ข้าวโพดฝักอ่อน. และข้าวโพดหวาน เป็นต้น และในส่วนของเห็ดชนิดต่าง ๆ เช่น เห็ดเข็มทอง, เห็ดหูหนู และเห็ดออรินจิ เป็นต้น โดยจะพบว่าลักษณะบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่นำมาใช้นั้นจะพิจารณาจากองค์ประกอบหลาย ๆ อย่าง ได้แก่ ชนิด และรูปร่างของผลิตผลสด เช่น ผักชี จะใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นถุงพลาสติกเจาะรู รูปทรงยาว ซึ่งต่างกับมะระที่ใช้โฟมกันกระแทกหุ้มไว้ (ภาพที่ 38) นอกจากจะดูจากรูปทรงของผลิตผลแล้ว การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะของการเสื่อมเสียหลังการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บรักษา และมูลค่าของผลิตภัณฑ์เป็นต้น

จากการสำรวจข้อมูลบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสดส่วนใหญ่ ในแหล่งขายปลีกขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในประเทศไทย พบว่า ถุงพลาสติกเจาะรู เป็นรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่นิยมนำมาใช้บรรจุผัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สดมากที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 28.5 รองลงมาได้แก่ ถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มยืด คิดเป็นร้อยละ 17.3 และฟิล์มยืด คิดเป็นร้อยละ 15.3 (ตารางที่ 23) และจากการสำรวจข้อมูลบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสดส่วนใหญ่ ในแหล่งขายปลีกขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในประเทศไต้หวัน พบว่า ถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มยืด เป็นรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่นิยมนำมาใช้บรรจุผักสดมากที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 29.1 รองลงมาได้แก่ ถุงพลาสติกเจาะรู คิดเป็นร้อยละ 28.4 และฟิล์มยืด คิดเป็นร้อยละ 21.1 (ตารางที่ 24) และทั้งนี้ผักบางชนิดจะมีรูปแบบการใช้บรรจุภัณฑ์รวมกันมากกว่าหนึ่งชนิด เช่น บรรจุภัณฑ์ของข่า ซึ่งจะใช้แถบรัดพันไว้แล้วใช้ฟิล์มยืดหุ้มไว้อีกชั้นหนึ่ง หรือบรรจุภัณฑ์ของหน่อไม้ฝรั่ง ซึ่งจะใช้แถบรัดพันไว้แล้วบรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มยืด เป็นต้น (ภาพที่ 38) ซึ่งรูปแบบของบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดนั้นจะมีหน้าที่แตกต่างกัน โดยรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้บรรจุหน่อไม้ฝรั่งมากที่สุดคือ ถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม และแถบรัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 38 รูปแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่นิยมใช้ในตลาดขายปลีกขนาดเล็กและขนาดใหญ่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 ข้อมูลจากการสำรวจลักษณะของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ใช้กับผักสดชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทย

ชนิดของส่วนที่นำมาใช้ประกอบอาหาร	ลักษณะของของบรรจุภัณฑ์ขายปลีก (ร้อยละ)								
	แถบรัด	โฟมกันกระแทก	ถุงตาข่าย	ถุงพลาสติกเจาะรู	ถุงพลาสติกไม่เจาะรู	ฟิล์มยืด	ถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์มยืด	ถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มยืด	อื่น ๆ
ส่วนที่อยู่ใต้ดิน	0	0	27.7	21.5	3.1	15.4	13.8	16.9	1.5
ส่วนของลำต้นและใบ	2.7	0	0	48.3	25.9	10.9	5.4	2	4.8
ส่วนของดอกและช่อดอก	0	4.0	0	16.0	0	44.0	12.0	16	8.0
ส่วนของผล	0.7	0.7	2.1	23.2	7.7	16.2	12.7	28.2	8.5
ส่วนของเมล็ด	0	0	0	15.1	7.5	20.8	20.8	18.9	17
ส่วนของเห็ดชนิดต่าง ๆ	0	0	0	6.5	35.5	0	12.9	38.7	6.5
รวม	1.1	0.4	4.5	28.5	14.3	15.3	11.4	17.3	7.1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 ข้อมูลจากการสำรวจลักษณะของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ใช้กับผักสดชนิดต่าง ๆ ในประเทศไต้หวัน

ชนิดของส่วนที่นำมาใช้ประกอบอาหาร	ลักษณะของของบรรจุภัณฑ์ขายปลีก (ร้อยละ)								
	แถบรัด	โฟมกันกระแทก	ถุงตาข่าย	ถุงพลาสติกเจาะรู	ถุงพลาสติกไม่เจาะรู	ฟิล์มยืด	ถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์มยืด	ถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มยืด	อื่น ๆ
ส่วนที่อยู่ใต้ดิน	0	0	20.4	18.5	7.4	27.8	0	13.0	13
ส่วนของลำต้นและใบ	0	0	1.9	48.6	9.3	15.9	0	16.8	7.5
ส่วนของดอกและช่อดอก	0	0	0	20	10	65	0	5	0
ส่วนของผล	1.6		1.6	26.2	3.3	14.8	1.6	42.6	8.2
ส่วนของเมล็ด	0	0	0	0	0	26.1	0	73.9	0
ส่วนของเห็ดชนิดต่าง ๆ	0	0	0	0	33.3	4.2	0	62.5	0
รวม	0.3		4.8	28.4	9.0	21.1	0.3	29.1	6.9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ผลการศึกษาปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตผลสดของผู้บริโภค

การศึกษาปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตผลสดของผู้บริโภค เพื่อใช้ประกอบในการคัดเลือกหาเกณฑ์การตัดสินใจที่มีความสำคัญต่อการออกแบบด้านบรรจุภัณฑ์ ซึ่งปัจจัยที่เลือกนำมาทดสอบมี 5 กลุ่ม รวมทั้งหมด 24 ปัจจัย ทั้งนี้โดยวิธีการแจกแบบสอบถาม (ตารางผนวกที่ ข) จำนวน 250 ชุด และวิเคราะห์ผลออกมาเป็นร้อยละ โดยผลจากการประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะทางประชากรของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทางประชากรของผู้ตอบแบบสอบถามในครั้งนี้สามารถจำแนกได้ตามเพศ, อายุ และอาชีพ ได้ดังต่อไปนี้ (ตารางที่.ก1) จากผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 250 คน พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 75.6 และเป็นเพศชาย ร้อยละ 24.4 ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอายุ 26-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 38.8 รองลงมาคือ อายุ 15-25 ปี ร้อยละ 34 และมีอายุ 36-45 ปี ร้อยละ 18 ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือน 10,001-20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 38.8 รองลงมามีรายได้ ต่ำกว่า 10,000 บาท ร้อยละ 34.8 และมีรายได้ 20,001-40,000 บาท ร้อยละ 15.6

ผู้บริโภคส่วนใหญ่จบการศึกษาค่อนข้างสูงคือระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 52.4 รองลงมาคือระดับปริญญาโท ร้อยละ 21.6 โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นพนักงานบริษัทหรือรัฐวิสาหกิจหรือองค์กรของรัฐ คิดเป็นร้อยละ 47.2 รองลงมาเป็นนักเรียน นักศึกษา ร้อยละ 22.4 และมีอาชีพอิสระ ร้อยละ 14.4 ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมเลือกซื้อผักสดจากตลาดสดหรือร้านขายของชำหรือรถขายผัก คิดเป็นร้อยละ 45.23 รองลงมาคือ บิ๊กซี หรือเทสโก้ โลตัส หรือคาร์ฟูร์ หรือแม็คโคร ร้อยละ 30.60 และท็อปส์ หรือจัสโก้ หรือฟู้ดแลนด์ หรือวิลล่า มาร์เก็ต ร้อยละ 15.99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 ผลของการประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด

ในการประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด จะทำการประเมินโดยผู้บริโภค และผู้เชี่ยวชาญทางด้านบรรจุภัณฑ์และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า ปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุดคือ สามารถแสดงผักสดภายในได้ชัดเจน มีสิ่งบ่งชี้ระดับความเสื่อมเสียของผักสด สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสด สะดวกในการเก็บรักษา สามารถปกป้องผักสดจากความบอบช้ำเสียหาย บรรจุภัณฑ์สามารถย่อยสลายได้ สามารถปกป้องผักสดจากการปนเปื้อนของฝุ่นละออง สามารถระบุข้อมูลผลิตผลได้ชัดเจน สามารถปกป้องผักสดจากสัตว์และแมลง บรรจุภัณฑ์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ สามารถแสดงตราสินค้าได้ชัดเจน ขนาดปริมาณการบรรจุเหมาะสมกับการบริโภคบรรจุภัณฑ์สามารถนำมาใช้ซ้ำได้ สะดวกในการเปิด (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 7.73, 7.46, 7.42, 7.23, 7.23, 7.23, 7.16, 7.16, 7.14, 7.02, 6.98, 6.90, 6.78 และ 6.71 ตามลำดับ) ปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญน้อยที่สุดคือ บรรจุภัณฑ์สามารถเข้าเตาไมโครเวฟได้ บรรจุภัณฑ์สามารถใช้ในการเสิร์ฟได้ พิมพ์สวยดึงดูดใจ(ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.68, 5.79 และ 5.90) (ตารางที่ 25)

ส่วนปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญมากที่สุดคือ สามารถแสดงผักสดได้ชัดเจน สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสด ขนาดปริมาณบรรจุเหมาะสมกับการบริโภค สะดวกในการปิดซ้ำ สะดวกในการเก็บรักษา สามารถปกป้องผักสดจากความบอบช้ำเสียหาย สะดวกในการเปิด สามารถปกป้องผักสดจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง สามารถปกป้องผักสดจากสัตว์และแมลง สามารถระบุข้อมูลผลิตผลได้ชัดเจน มีสิ่งบ่งชี้ระดับความเสื่อมเสียของผักสด บรรจุภัณฑ์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ บรรจุภัณฑ์สามารถนำมาใช้ซ้ำได้ สามารถแสดงตราสินค้าได้ชัดเจน (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.63, 8.25, 8.25, 8.25, 8.13, 8.00, 8.00, 7.88, 7.63, 7.63, 7.63, 7.63, 7.50 และ 7.13 ตามลำดับ) ปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญน้อยที่สุดคือ สะดวกในการขนย้าย บรรจุภัณฑ์สามารถย่อยสลายได้ บรรจุภัณฑ์สามารถเข้าเตาไมโครเวฟได้ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.63, 5.85 และ 5.88) (ตารางที่ 26)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 ระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสดของผู้บริโภคที่ใช้ใน AHP

ปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด	ระดับความสำคัญ	
	ค่าเฉลี่ย	S.D.
หน้าที่ในการบรรจุและปกป้องป้องกัน		
สามารถปกป้องผักสดจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง	7.16	1.65
สามารถปกป้องผักสดจากสัตว์และแมลง	7.14	1.64
สามารถปกป้องผักสดจากความบอบช้ำเสียหาย	7.23	1.45
สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสด	7.42	1.60
ห่อหุ้มด้วยวัสดุกันกระแทก	6.33	1.85
หน้าที่ในการอำนวยความสะดวกในการใช้งาน		
ขนาดปริมาณบรรจุเหมาะสมกับการบริโภค	6.90	1.54
สะดวกในการเก็บรักษา	7.23	1.39
สะดวกในการเปิด (easy to open)	6.71	1.63
สะดวกในการปิดซ้ำ (reclosable)	6.50	1.82
สะดวกในการขนย้าย	6.67	1.64
บรรจุภัณฑ์สามารถวางซ้อนกันได้	6.55	1.71
บรรจุภัณฑ์สามารถใช้ในการเสิร์ฟได้ (ready-to-serve)	5.79	1.94
บรรจุภัณฑ์สามารถเข้าเตาไมโครเวฟได้	5.68	2.41
หน้าที่ในการสื่อสารและการตลาด		
สามารถระบุข้อมูลของผลิตผลได้ชัดเจน	7.16	1.61
สามารถแสดงตราสินค้าได้ชัดเจน	6.98	1.60
สามารถแสดงผักสดภายในได้ชัดเจน	7.73	1.46
มีสิ่งบ่งชี้ระดับความเสื่อมเสียของผักสด	7.46	1.54
มีข้อมูลการติดตามกลับไปที่แหล่งปลูก	6.64	1.85
มีข้อมูลสามารถติดตามตลอดโซ่อุปทาน (supply chain)	6.14	1.79
พิมพ์สวยงามดึงดูดใจ	5.90	1.84
ความเด่นละแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ของคู่แข่งขัน	6.21	1.87
หน้าที่ด้านสิ่งแวดล้อม		
บรรจุภัณฑ์สามารถนำมาใช้ซ้ำได้	6.78	1.92
บรรจุภัณฑ์สามารถย่อยสลายได้ (degradable)	7.23	1.82
บรรจุภัณฑ์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (recycle)	7.02	1.97

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 ระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสดของผู้เชี่ยวชาญด้านบรรจุภัณฑ์และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่ใช้ใน AHP

ปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด	ระดับความสำคัญ	
	ค่าเฉลี่ย	S.D.
หน้าที่ในการบรรจุและปกป้องป้องกัน		
สามารถปกป้องผักสดจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง	7.88	0.84
สามารถปกป้องผักสดจากสัตว์และแมลง	7.63	1.06
สามารถปกป้องผักสดจากความบอบช้ำเสียหาย	8.00	1.14
สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสด	8.25	0.89
ห่อหุ้มด้วยวัสดุกันกระแทก	6.00	1.60
หน้าที่ในการอำนวยความสะดวกในการใช้งาน		
ขนาดปริมาณบรรจุเหมาะสมกับการบริโภค	8.25	0.46
สะดวกในการเก็บรักษา	8.13	0.64
สะดวกในการเปิด (easy to open)	8.00	0.93
สะดวกในการปิดซ้ำ (reclosable)	8.25	0.89
สะดวกในการขนย้าย	5.63	1.06
บรรจุภัณฑ์สามารถวางซ้อนกันได้	6.88	1.81
บรรจุภัณฑ์สามารถใช้ในการเสิร์ฟได้ (ready-to-serve)	6.50	2.51
บรรจุภัณฑ์สามารถเข้าเตาไมโครเวฟได้	5.88	1.96
หน้าที่ในการสื่อสารและการตลาด		
สามารถระบุข้อมูลของผลิตผลได้ชัดเจน	7.63	1.19
สามารถแสดงตราสินค้าได้ชัดเจน	7.13	1.13
สามารถแสดงผักสดภายในได้ชัดเจน	8.63	0.52
มีสิ่งบ่งชี้ระดับความเสื่อมเสียของผักสด	7.63	1.41
มีข้อมูลการติดตามกลับไปที่แหล่งปลูก	7.00	1.07
มีข้อมูลสามารถติดตามตลอดโซ่อุปทาน (supply chain)	7.00	1.41
พิมพ์สวยงามดึงดูดใจ	6.75	1.67
ความเด่นละแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ของคู่แข่งขัน	6.88	2.10
หน้าที่ด้านสิ่งแวดล้อม		
บรรจุภัณฑ์สามารถนำมาใช้ซ้ำได้	7.50	1.89
บรรจุภัณฑ์สามารถย่อยสลายได้ (degradable)	5.86	2.20
บรรจุภัณฑ์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (recycle)	7.63	1.06

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ผลของกระบวนการ Analytical Hierarchy Process เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตผลสด

ในการประยุกต์ใช้ AHP เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกของหน่อไม้ฝรั่ง มีเป้าหมายเพื่อเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผลิตผลและความต้องการของผู้บริโภค โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1 รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขายปลีก

ในการศึกษาการประยุกต์ใช้ AHP เพื่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกของหน่อไม้ฝรั่ง จะนำปัจจัยที่ผู้บริโภคและผู้เชี่ยวชาญทางด้านบรรจุภัณฑ์และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวให้ความสำคัญมากที่สุด ร่วมกับผลสำรวจข้อมูลด้านบรรจุภัณฑ์ มาพิจารณาวิเคราะห์เพื่อกำหนดรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกเพื่อใช้เป็นทางเลือกได้ ซึ่งได้รูปแบบบรรจุภัณฑ์ดังต่อไปนี้ แถบรัด ถุงพลาสติกทั่วไป ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ และถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ (ภาพที่ 39) โดยจะนำทางเลือกที่ได้ไปสร้างแผนภูมิลำดับชั้นต่อไป

5.2 แผนภูมิลำดับชั้น

โครงสร้างของแผนภูมิลำดับชั้น จะประกอบไปด้วยปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด ซึ่งได้จากปัจจัยที่ผู้บริโภคและผู้เชี่ยวชาญทางด้านบรรจุภัณฑ์และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวให้ความสำคัญมากที่สุด ซึ่งแผนภูมินี้จะมีลักษณะเป็นระดับชั้น แบ่งออกเป็น 4 ระดับชั้น (ภาพที่ 40)

5.3 น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย

การประยุกต์ใช้ AHP เพื่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกของหน่อไม้ฝรั่ง จะนำปัจจัยที่ผู้บริโภคและผู้เชี่ยวชาญทางด้านบรรจุภัณฑ์และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวให้ความสำคัญมากที่สุดมาพิจารณาเพื่อจัดลำดับความสำคัญในแต่ละเกณฑ์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คะแนนลำดับความสำคัญ โดยเกณฑ์หลักจะแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม และมีเกณฑ์ย่อยรวมทั้งหมด 14 ปัจจัย (ตารางผนวกที่ ค) โดยนำเกณฑ์ย่อยทั้งหมดมาคำนวณหาลำดับความสำคัญ โดยการเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ ตามวิธีการของ Saaty, 1980 ซึ่งจะได้น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ดังตารางที่ 27 เมื่อตรวจสอบความสมเหตุสมผลของปัจจัยพบว่า ค่าความสมเหตุสมผลของปัจจัย (Consistency Ratio; C.R.) มีค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เท่ากับ 0.09 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.10 แสดงว่า ปัจจัยที่นำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ดีที่สุดสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง มีความสมเหตุสมผลในการนำมาใช้วิเคราะห์ในการเปรียบเทียบเป็นคู่ ตามวิธีการของ Saaty (1980)

ตารางที่ 27 น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยย่อยที่ใช้ใน AHP

ปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด	ค่าน้ำหนักความสำคัญ
หน้าที่ในการบรรจุและปกป้องป้องกัน	
สามารถปกป้องผักสดจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง	0.020
สามารถปกป้องผักสดจากความบอบช้ำเสียหาย	0.274
สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสด	0.262
หน้าที่ในการอำนวยความสะดวกในการใช้งาน	
ขนาดปริมาณบรรจุเหมาะสมกับการบริโภค	0.023
สะดวกในการเก็บรักษา	0.060
สะดวกในการเปิด (easy to open)	0.051
สะดวกในการปิดซ้ำ (reclosable)	0.026
สะดวกในการขนย้าย	0.056
หน้าที่ในการสื่อสารและการตลาด	
สามารถระบุข้อมูลของผลิตผลได้ชัดเจน	0.047
สามารถแสดงตราสินค้าได้ชัดเจน	0.043
สามารถแสดงผักสดภายในได้ชัดเจน	0.041
มีสิ่งบ่งชี้ระดับความเสื่อมเสียของผักสด	0.036
หน้าที่ด้านสิ่งแวดล้อม	
บรรจุภัณฑ์สามารถนำมาใช้ซ้ำได้	0.029
บรรจุภัณฑ์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (recycle)	0.033

จากตารางที่ 27 จะเห็นได้ว่าสามารถปกป้องผักสดจากความบอบช้ำเสียหาย เป็นปัจจัยที่มีลำดับความสำคัญเป็นอันดับแรก มีน้ำหนักความสำคัญสูงที่สุดคือ 0.274 ปัจจัยที่มีความสำคัญรองลงมา คือ สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสด สะดวกในการเก็บรักษา สะดวกในการขนย้าย สะดวกในการเปิด สามารถระบุข้อมูลของผลิตผลได้ชัดเจน โดยข้อมูลน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่ได้จากการประเมินโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญนี้ จะถูกนำไปเป็นส่วนประกอบสำหรับการคำนวณเพื่อเลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ดีที่สุดสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แถบรัด

ถุงพลาสติกทั่วไป

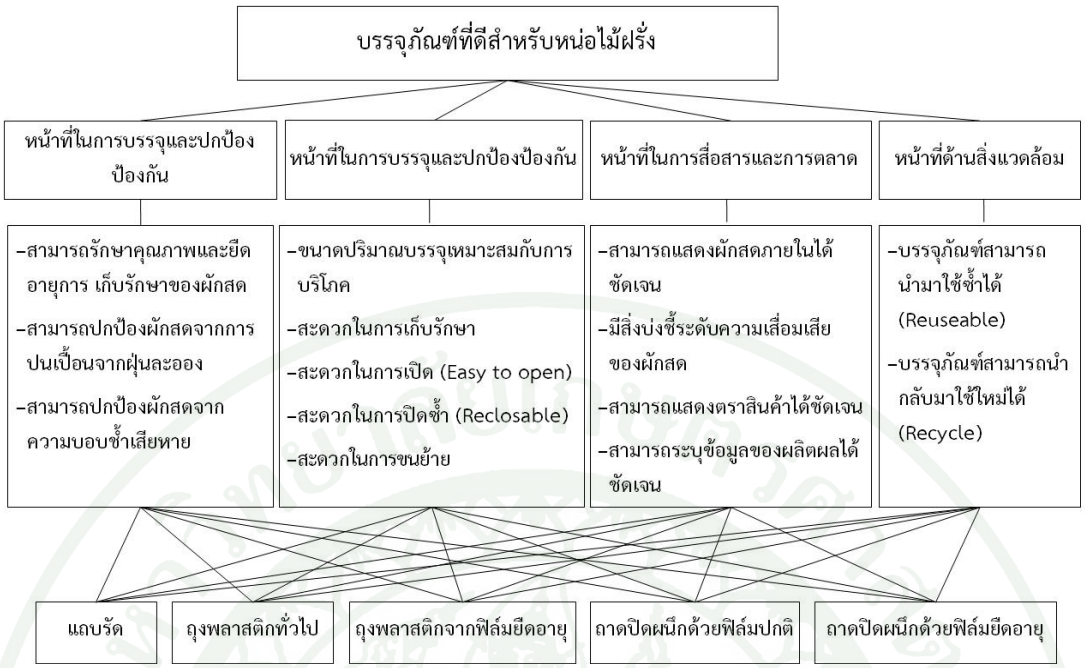
ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ

ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ

ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ

ภาพที่ 39 รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกเพื่อใช้เป็นทางเลือกใน AHP

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 40 โครงสร้างลำดับชั้นของปัจจัยสำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง

5.4 น้ำหนักความสำคัญของทางเลือกต่อปัจจัยต่าง ๆ

การเลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ดีที่สุดสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง จะนำทางเลือกที่กำหนดไว้มาจัดลำดับความสำคัญตามวิธีการของ Saaty (1980) ซึ่งจะได้น้ำหนักความสำคัญของทางเลือกต่าง ๆ ดังตารางที่ 28 เมื่อตรวจสอบความสมเหตุสมผลของทางเลือกต่าง ๆ พบว่า ค่าความสมเหตุสมผลของทางเลือก (Consistency Ratio; C.R.) มีค่าน้อยกว่า 0.10 แสดงว่า ทางเลือกที่นำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ดีที่สุดสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง มีความสมเหตุสมผลในการนำมาใช้วิเคราะห์ในการเปรียบเทียบเป็นคู่ ตามวิธีการของ Saaty (1980) เมื่อจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกแล้ว จะนำค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละทางเลือก (ตารางที่ 28) มาคูณกับค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย (ตารางที่ 27) จะได้ค่าผลรวมของลำดับความสำคัญแต่ละทางเลือก (ตารางที่ 29)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 28 น้ำหนักความสำคัญของทางเลือกต่อปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ใน AHP

ปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด	ค่าน้ำหนักความสำคัญ				
	แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ
หน้าที่ในการบรรจุและปกป้องป้องกัน					
สามารถปกป้องผักสดจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง	0.001	0.003	0.004	0.005	0.007
สามารถปกป้องผักสดจากความบอบช้ำเสียหาย	0.011	0.018	0.024	0.090	0.131
สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสด	0.009	0.015	0.082	0.022	0.134
หน้าที่ในการอำนวยความสะดวกในการใช้งาน					
ขนาดปริมาณบรรจุเหมาะสมกับการบริโภค	0.002	0.006	0.008	0.003	0.004
สะดวกในการเก็บรักษา	0.002	0.006	0.007	0.019	0.027
สะดวกในการเปิด (easy to open)	0.018	0.015	0.011	0.004	0.003
สะดวกในการปิดซ้ำ (reclosable)	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008
สะดวกในการขนย้าย	0.002	0.003	0.004	0.020	0.026

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด	ค่าน้ำหนักความสำคัญ				
	แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ
หน้าที่ในการสื่อสารและการตลาด					
สามารถแสดงตราสินค้าได้ชัดเจน	0.003	0.006	0.007	0.013	0.018
สามารถแสดงผักสดภายในได้ชัดเจน	0.016	0.004	0.005	0.008	0.010
มีสิ่งบ่งชี้ระดับความเสื่อมเสียของผักสด	0.002	0.005	0.006	0.012	0.016
สามารถระบุข้อมูลของผลิตผลได้ชัดเจน	0.003	0.005	0.007	0.009	0.012
หน้าที่ด้านสิ่งแวดล้อม					
บรรจุภัณฑ์สามารถนำมาใช้ซ้ำได้	0.003	0.004	0.005	0.007	0.010
บรรจุภัณฑ์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (recycle)	0.003	0.004	0.006	0.008	0.011

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 29 ผลรวมของลำดับความสำคัญแต่ละทางเลือกที่ใช้ใน AHP

ทางเลือก	ลำดับความสำคัญแต่ละทางเลือก	
	ผลรวม	ร้อยละ
แถบรัด	0.076	7.59
ถุงพลาสติกทั่วไป	0.097	9.74
ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ	0.181	18.14
ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	0.227	22.73
ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ	0.418	41.80

5.5 รูปแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ดีที่สุดสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง

จากตารางที่ 29 จะเห็นได้ว่าถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ มีค่าผลรวมลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกมากที่สุด คือร้อยละ 41.80 รองลงมาคือ ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ และถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ (ร้อยละ 22.73 และ 18.14 ตามลำดับ) ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ดีที่สุดสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง คือ ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ (ภาพที่ 41)

ภาพที่ 41 รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ดีที่สุดสำหรับหน่อไม้ฝรั่งที่ได้จากการวิเคราะห์ AHP

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ในการศึกษาผลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งตัดแต่ง พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมที่มีระดับแก๊สคาร์บอนได้ออกไซด์ 0.03 kPa มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดคือ 20 วัน ส่วนในหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมที่มีระดับแก๊สคาร์บอนได้ออกไซด์ 5, 10, 15 และ20 kPa มีอายุการเก็บรักษาเท่ากันคือ 25 วัน และผลของแก๊สออกซิเจนต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งตัดแต่ง พบว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมที่มีระดับแก๊สออกซิเจน 10 และ15 kPa มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 25 วัน โดยปัจจัยจำกัดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง คือ ลำต้นมีอาการเหี่ยวและมีสีเหลือง และเกิดการเน่าเสียบริเวณปลายยอด

2. ในการศึกษาบรรยากาศควบคุมที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่ง พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในบรรยากาศควบคุมที่ระดับ 15 kPa O_2 + 15 kPa CO_2 มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 30 วัน โดยปัจจัยจำกัดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง คือ ลำต้นมีอาการเหี่ยวและมีสีเหลือง และเกิดการเน่าเสียบริเวณปลายยอด

3. ในการศึกษาผลของฟิล์มและเปรียบเทียบคุณภาพและอายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่าง ๆ พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดด้วยฟิล์ม NPPE-16 มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 35 วัน โดยปัจจัยจำกัดอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง คือ อาการลำต้นเหี่ยว มีสีเหลือง บริเวณปลายยอดเน่าเสีย และโคนมีอาการช้ำน้ำมีเมือกสีขาวขุ่นเกิดขึ้น ยกเว้นหน่อไม้ฝรั่งที่ที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดด้วยฟิล์ม NPPE-05 ซึ่งแสดงลักษณะการเสื่อมเสียแตกต่างออกไป คือ ลำต้นของหน่อไม้ฝรั่งมีลักษณะอ่อน และมีกลิ่นเหม็นหมักเกิดขึ้น แต่ลำตันยังคงมีสีเขียวสด

4. จากการสำรวจข้อมูลบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสดส่วนใหญ่ ในแหล่งขายปลีกขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในประเทศไต้หวัน และประเทศไทย พบว่า ถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มยืด เป็นรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่นิยมนำมาใช้บรรจุผักสดมาก รองลงมาได้แก่ ถุงพลาสติกเจาะรู และฟิล์มยืด สำหรับบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้มากที่สุดสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง คือ ถาดพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. จากการประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด พบว่า ปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุดคือ สามารถแสดงผักสดภายในได้ชัดเจน มีสิ่งบ่งชี้ระดับความเสื่อมเสียของผักสด และสามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสด

6. บรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ดีที่สุดสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง คือ ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุโดย มีค่าผลรวมลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกมากที่สุด คือร้อยละ 41.80 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวพบว่า รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ดีที่สุดนั่นมีคุณสมบัติตรงกับปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ ดังนั่นถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุน่าจะเป็นรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาผลของฟิล์มและเปรียบเทียบคุณภาพและอายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในการบรรจุแบบต่าง ๆ พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถาด PP ที่ปิดด้วยฟิล์ม NPPE-16 มีอายุการเก็บรักษามากที่สุด โดยมีสภาวะบรรยากาศดัดแปลงสมดุลในบรรจุภัณฑ์เท่ากับ -3-5 kPa O_2 + 3-5 kPa CO_2 ดังนั่นน่าจะมีการศึกษาเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในบรรยากาศความคุมที่ 5 kPa O_2 + 5 kPa CO_2 และการบรรจุหน่อไม้ฝรั่งด้วยฟิล์ม NPPE-16 สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน แต่เนื่องจากฟิล์มดังกล่าวยังมีข้อบกพร่องบางประการเช่น ความแข็งแรงของตัวฟิล์ม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานจะเกิดการยุบตัว ทำให้ผลิตผลเกิดการเสื่อมเร็วกว่าที่ควร ดังนั้นควรมีการปรับปรุงคุณสมบัติดังกล่าว เพื่อให้เหมาะสมแก่การนำไปใช้ต่อไป และงานวิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ AHP เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตผลสด ซึ่ง AHP สามารถช่วยผู้ออกแบบพัฒนาและเลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ดีบนพื้นฐานความต้องการของผู้บริโภค และเกณฑ์การออกแบบที่สำคัญอื่น ๆ แต่ผลิตผลสดแต่ละตัวจะมีรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้แตกต่างกันออกไปจึงควรเลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผลิตผลนั่น ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมศุลกากร กระทรวงการคลัง. 2554. **สถิติการนำเข้า-ส่งออก**. แหล่งที่มา: http://www.customs.go.th/Statistic/Index.jsp, 25 มีนาคม 2554.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. **การบรรจุอาหาร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชนันทร โคตรนาวัง. 2541. **ผลของการทำ Heat treatment และเอทิลีนต่อการสร้างเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เย็นจิตต์ ปิยะแสงทอง. 2535. **ผลของการใช้สารเคมี การแช่น้ำ การลดอุณหภูมิ และวิธีการบรรจุที่มีต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งหลังการเก็บเกี่ยว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิฑูรย์ ตันศิริคงคล. 2542. **AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก**. สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

สายชล เกตุษา. 2538. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. **ข้อมูลการผลิตและการตลาดไม้ผลปี 2550**. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ.

อภิชาต โสภาแดง. 2552. **การตัดสินใจเพื่อการบริหาร**. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Agar, I.T., R. Massantini, B. Hess-Pierce and A.A. Kader. 1999. Postharvest CO_2 and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kivifruit slices. **Journal of Food Science and Technology** 64: 433–440.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Aharoni, N., V. Rodor, E. Fallik, V. Afek, D. Chalupowicz and Z. Aharon. 2007. Modified atmosphere packaging for vegetable crops using high water-vapour permeable films., pp. 73-112. *In* C.L.. Wilson, eds. **Intelligent and active packaging for fruits and vegetables**. CRC Press., Florida.

Al-Ati, T. and J.H. Hotchkiss. 2002. Application of packaging and modified atmosphere tofresh-cut fruits, pp. 305-338. *In* O. Lamikanra, eds. **Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Science, Technology, and Market.** CRC Press. Washington, D.C.

An, J., M. Zhang and Q. Lu. 2007. Changes in some quality indexes in fresh-cut green asparagus pretreated with aqueous ozone and subsequent modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering** 78: 340-344.

ASTM International. 1999. **Selected ASTM Standards on Packaging. ASTM 996-95**

Badri, M. 1999. Combining the AHP and GP for global facility location–allocation problem, **International Journal of Production Economics** 62 (3): 237–248.

Baker, D., D. Bridges, R. Hunter, G. Johnson, J. Krup, J. Murphy and K. Sorenson. 2001. **Guidebook to Decision-Making Methods.** The Nuclear Materials Stewardship Initiative.

Barnard, C.I. 1983. **The Function of the Executive**. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Beaudry, R.M. 2000. Responses of horticultural commodities to low oxygen: limits to the expanded use of modified atmosphere packaging. **Hort Technoloy** 10: 491-500.

Berrang, M.E., R.E. Brackett and L.R. Beuchat. 1990. Microbrial, color and textural qualities of fresh asparagus, broccoli and cauliflower stored under controlled atmosphere. **J. Food protection** 53: 391-395.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bix, L., J. Fuente, R.P. sundar and H. Lockhart. 2009. Packaging design and development, pp. 859-866. *In* K.L. Yam, eds. **The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology**. John Wiley and Sons, Inc., Canada.

Bodin, L. and E. Epstein. 2000. Who's on first-With probability 0.4. **Computers and Operations Research** 27 (3): 205–215.

Bhowmik, P.K., T. Matsui and K. Kawada. 2000. Textural and compositional changes of asparagus spears during storage at 1 C and subsequent senescence at 25°C. **Pakistan J. Biol. Sci**. 3: 787–790.

Boonkanit, P., A. Kengpol and A. Apikajornsin. 2007. Integrated QFDE, DfE and AHP to selecting products at conceptual design phase. **The Journal of KMITNB**. 17 (1): 18-29.

Brandenburg, J. 2009. Modified atmosphere packaging, pp. 787-797. *In* K.L. Yam, eds. **The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology**. John Wiley and Sons, Inc., Canada.

Brody, A.L. and H. Zhuang. 2010. **Modified Atmosphere Packaging for Fresh-Cut Fruits and Vegetables**. Wiley-Blackwell.

Brovelli, E.A., S.L. Cuppett, R.D. Uhlinger and J.K. Brecht. 1998. Textural quality of green and white asparagus. **Journal of food quality**. 22: 497-504.

Clore, W.J., G.H. Carter and S.R. Drake. 1976. Pre-harvest and postharvest factors affecting textural quality of fresh asparagus. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. 101 (5): 576-578.

Deell, J.R. and D.P. Murr. 2009. **CA Storage Guidelines and Recommendations For Apples**. Available Source: *http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/03-073.htm, January 11, 2011.*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Feher, E. 1994. Storage losses in fresh asparagus (*Asparagus officinalis* L.). **Acta Horticulturae** 386: 190–194.

Fuongfuchat, A., W. Booncharoen, S. Aprisittinet, D. Sirikittiul, C. Ritvirulh and T. Sooknoi. 2008. Highly ethylene permeable film: development and applications. *In* **Proceeding 0f the 16th IAPRI World conference of Packaging**. 8-12 June 2008, Bangkok.

Gil, M.I., D.M. Holcroft and A.A. Kader. 1997. Changes in strawberry anothocyanins and other polyphenolsin response to carbondioxide treatments. **J.Agric Food Chem**. 45: 1662–1667.

Hambali, A., M.S. Salit, N. Ismail and Y. Nukman. 2008. Use of analytical hierarchy process (AHP) for selecting the best design concept. **Jurnal Teknology**. 49 (A): 1-18.

Hsiao, S.W. 2002. Concurrent design method for developing a new product. **International Journal of Industrial Ergonomics** 29 (1): 41–55.

Huizingh, K.R.E. and H.C.J. Vrolijk. 1994. **Decision Support for Information Systems Management. : Applying Analytic Hierarchy Process**. Organizations and Management.

Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled atmospheres. **Food Technology** 40: 99–104.

_____. 1989. A Summary of CA Requirements and Recommendation of Fruit Other than Pome Fruit: Vol. 2 Other Commodities and Storage Recommendations, pp. 303-328. *In* **Proceeding of the 5th International CA conference. 14-16 June 1989**, Wenatchee. Washington. USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

_____. 1992. Postharvest biology and technology: An overview. **Postharvest Technology of Horticultural Crops** 3311: 39-47.

Kays, S.J. 1997. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Van Nostrand Reinhold, Newyork.

King, G.A., P.L. Hurst, D.E. Irving and R.E. Lill. 1993. Recent advances in the postharvest physiology, storage and handling of green asparagus. **Postharvest News and Information** 4: 65–89.

Leberman, K.w., A.I. Nelson and M.P. Steinberg. 1968. Postharvest changes of broccoli stored in modified atmosphere: Acidity and its influence on texture and chlorophyll retention of the stalks. **Food Technology** 22 (4): 490-493.

Lin, M.C., C.C. Wang, M.S. Chen and C.A. Chang. 2008. Using AHP and TOPSIS approaches in customer-driven product design process. **Computers in Industry** 59: 17–31.

Luo, Y., T. Suslow and M. Cantwell. 2004. **"Asparagus." In The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery** Available Source: http://usna.usda.gov/hb66/032asparagus.pdf, July 25, 2007.

Mahajan, P.V., F.A. Rodrigues and M.J. Sousa. 2009. Packaging design system for fresh produce, pp. 866-869. *In* K.L. Yam, eds. **The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology**. John Wiley and Sons, Inc., Canada.

Mapson, L.W. 1970. Vitamin in fruits, pp. 369-385. *In* A.C. Hulme, eds. **The Biochemistry of Fruits on Their Products**. Academic Press, London.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Mattheis, J. and J.K. Fellman. 2000. Impacts of modified atmosphere packaging and controlled atmospheres on aroma, flavor, and quality of horticultural commodities. **Hort Technology** 10: 507-510.

McKenzie, M.J., L.A. Greer, J.A. Heyesand and P.L. Hurst. 2004. Sugar metabolism and compartmentation in asparagus and broccoli during controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology 32**: 45-56.

Papadopoulou, P.P., A.S. Siomos and C.C. Dogras. 2002. Textural and compositional changes of green and white asparagus spears during storage. **Acta Horticulturae** 579: 647–651.

Peleg, K. 1985. **Produce Handing, Packaging and Distribution**. AVI Publishing Co.Inc, Westport, CT.

Perry, R.T. 1993. **Principle and Application of Modified Atmosphere Packaging of Foods**. Glasgow. Blackie Academic and Professional.

Poh, K.L. and B.W. Ang. 1999. Transportation fuel policy for Singapore: An AHP planning approach. **Computers and Industrial Engineering** 37 (3): 507–525.

Robertson, L.R. 2006. **Food Packaging: Principles and Practice**. 2nd ed. CRC Press. NW, Washington, D.C.

Roony, M.L. 1995. **Active Food Packaging**. Blackie Academic and Professional, Glasgow, United Kingdom.

Saaty, T. 1980. **The Analytic Hierachy Process**. McGraw-Hill.

Sahoo, G. B. 1998. **Multicriteria Irrigation Planning : Phitsanulok Irrigation Project**. M.S. Thesis, Asian Institute of Technology.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Saltveit, M.E. 1997. A summary of CA and MA requirements and recommendations for harvested vegetables, pp. 98-117. *In* M.E. Saltveit, eds. **Proceeding of 7th International Controlled Atmosphere Conference, Vol. 4 Vegetables and Ornamentals**. University of California.

Scully, A. 2009. Active packaging, pp. 2-9. *In* K.L. Yam, eds. **The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology**. John Wiley and Sons, Inc., Canada.

Shah, N.S. and N. Nath. 2006. Minimally processed fruits and vegetables – freshness with convenience. **Journal of Food Science and Technology** 43 (6): 561–570.

Sharma, S.C. and R.R. Wolfe. 1976. Mathematical modeling of the postharvest textural behavior of asparagus. **Trans. Amer. Soc. Agr. Eng**. 19: 984-988.

Simon, A.S. 2010. Effects of heat treatment on atmospheric composition and color of peeled white asparagus in modified atmosphere packaging. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 11: 118-122.

Singh, S.P. and R.K. pal. 2008. Controlled atmosphere storing of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology** 47: 296-306.

Soroka, W. 2002. **Fundamentals of Packaging Technology**. 3rd ed. Institute of Packaging Professionals, Illinois.

Sosa-Coronel, J., G. Vest and R.C. Herner. 1976. Distribution of fiber content in asparagus cultivars **Hortscience** 11: 149-151.

Suryadi, K. 2005. Planning and developing a web based group decision support System for project oriented company using analytic hierarchy process method, 8-10. *In* **The International Symposium on the Analytic Hierarchy Process. July 2005,** Honolulu, Hawaii.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tabil, L.G. and S.sokhansanj. 2000. Mechanical and thermal effects on shelf life stability of and vegetables, pp. 37-88. *In* N.A. Michael Eskin and D.S. Robinson, eds. **Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical and Microbiological changes**. CRC Press, Boca Raton Florida.

Thomson, A.K. 1998. **Controlled Atmosphere Storage of Fruit and Vegetables**, CAB International, New York.

_____. 2003. **Fruit and Vegetables: Harvesting, Handing and Storage**. Blackwell Publishing, Australia.

Sothornvit, R. and P. Kiatchanapaibul. 2009. Quality and shelf-life of washed fresh-cut asparagus in modified atmosphere packaging. **LWT - Food Science and Technology** 42(9): 1484–1490.

Ulrich, K.T. and S.D. Eppinger. 2004. **Product Design and Development**. Tata McGraw-Hill companies, New Delhi.

Vaidya, O. and S. Kumar. 2006. Analytic hierarchy process: An overview of applications. **Euopean Journal of Operational Research** 169: 1-29.

Vermeiren, L., F. Devlieghere, M. van Beest, N. de Kruijf and J. Debevere. 1999. Development in the active packaging of food. **Trend in Food Science & Technology** 10: 77-86.

Villanueva, M.J., M.D. Tenorio, M. Sagardoy, A. Redondo and M.D. Saco. 2005. Physical, chemical, histological and microbiological changes in fresh green asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) stored in modified atmosphere packaging. **Food Chemistry** 91(4): 609-619.

Wang, C.Y. 1979. Effect of short-term high CO_2 treatment on the market quality of stored broccoli. **Journal of Food Science and Technology** 44 : 1478–1482.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Wikipedia. 2011. **Hue**. Available Source: http://en.wikipedia.org/wiki/Hue,accessed April 2, 2011.

Yam, K.L. and D.S. Lee. 1995. Design of modified atmosphere packaging for fresh produce, pp. 55-72. *In* M.L. Roony, eds. **Active Food Packaging**. Blackie Academic and Professional, Glasgow, United Kingdom.

_____. 2009. Packaging functions and environments, pp. 869-870. *In* K.L. Yam, eds. **The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology**. John Wiley and Sons, Inc., Canada.

Yang, C.C. and M.S. Chinnan. 1988. Modeling the effect of O_2 and CO_2 on respiration and quality of stored tomatoes. **Trans. Amer. Soc. Agr. Eng**. 31: 920-925.

Zurera, G., M. Munoz, R. Moreno, J.A. Gonzalez and M.A. Amaro. 2000. Cytologial and compositional evaluation of white asparagus spears as a function of variety, thaickness, portion and storage conditions**. Journal of the Science of food and Agriculture** 80: 335-340.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

ตารางข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภค

	ลักษณะทางประชากร	จำนวน	ร้อยละ
เพศ	ชาย	61	24.4
	หญิง	189	75.6
	รวม	250	100
อายุ	15-25 ปี	85	34
	26-35 ปี	97	38.8
	36-45 ปี	45	18
	46-60 ปี	21	8.4
	60 ปีขึ้นไป	2	0.8
	รวม	250	100
รายได้	ต่ำกว่า 10,000 บาท	87	34.8
	10,001-20,000 บาท	97	38.8
	20,001-40,000 บาท	39	15.6
	40,001-60,000 บาท	14	5.6
	สูงกว่า 60,000 บาท	13	5.2
	รวม	250	100
การศึกษาสูงสุด	ชั้นมัธยมศึษาตอนปลาย	16	6.4
	ชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ	11	4.4
	ชั้นประกาศนียบัตรชั้นสูง	18	7.2
	ปริญญาตรี	131	52.4
	ปริญญาโท	54	21.6
	สูงกว่าปริญญาโท	11	4.4
	อื่น ๆ	9	3.6
	รวม	250	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

	ลักษณะทางประชากร	จำนวน	ร้อยละ
อาชีพ	ข้าราชการ	16	6.4
	พนักงานบริษัท/รัฐวิสาหกิจ/องค์กรของรัฐ	118	47.2
	เจ้าของกิจการ	10	44.0
	นักเรียน/นักศึกษา	56	22.4
	แม่บ้าน/พ่อบ้าน	3	1.2
	เกษตรกร	1	0.4
	อาชีพอิสระ	36	14.4
	อื่น ๆ	10	4.0
	รวม	250	100
สถานที่เลือกซื้อผัก	ตลาดสด/ร้านขายของชำ/รถขายผัก	204	45.23
	บิ๊กซี/เทสโก้ โลตัส/คาร์ฟูร์/แม็คโคร	138	30.60
	ท็อปส์/จัสโก้/ฟู้ดแลนด์/วิลล่า มาร์เก็ต	72	15.99
	กูร์เมต มาร์เก็ต/โฮม เฟรช มาร์ท/ เซ็นทรัล ฟู้ด ฮอลล์	32	7.10
	อื่น ๆ	5	1.11
	รวม	451	100

หมายเหตุ: สถานที่เลือกซื้อผัก ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแบบสอบถามแบบสอบถามงานวิจัย

การสร้างเครื่องมือตัดสินใจในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสด (สำหรับผู้บริโภค)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบสอบถามงานวิจัย

การสร้างเครื่องมือตัดสินใจในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสด

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ผู้บริโภคใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด

วัตถุประสงค์

แบบสอบถามนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามพิจารณาความสำคัญและเปรียบเทียบปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด

แบบประเมิน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม
ส่วนที่ 2: ประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผั
ส่วนที่ 3: ข้อคิดเห็นอื่นๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ❒ ชาย ❒ หญิง

2. อายุ.....ปี

3. รายได้ของท่านต่อเดือน (ไม่ใช่ของครัวเรือน)

❒ ต่ำกว่า 10,000 บาท ❒ 10,001 – 20,000 บาท

❒ 20,001 – 40,000 บาท ❒ 40,001 – 60,000 บาท

❒ สูงกว่า 60,000 บาท

4. ระดับการศึกษาสูงสุดของท่าน

❒ ชั้นมัธยมตอนปลาย (ม.6) ❒ ชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

❒ ชั้นประกาศนียบัตรชั้นสูง (ปวส.) ❒ ปริญญาตรี

❒ ปริญญาโท ❒ สูงกว่าปริญญาโท

❒ อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. อาชีพที่ทำรายได้หลักของท่าน

❒ ข้าราชการ ❒ พนักงานบริษัท/รัฐวิสาหกิจ/องค์กรของรัฐ

❒ เจ้าของกิจการ ❒ นักเรียน/นักศึกษา

❒ แม่บ้าน/พ่อบ้าน ❒ เกษตรกร

❒ อาชีพอิสระ ❒ อื่นๆ โปรดระบุ.....

6. โดยปกติท่านซื้อผักสดจากที่ใดบ้าง (ตอบได้หลายคำตอบ)

❒ ตลาดสด/ร้านขายของชำ/รถขายผัก ❒ บิ๊กซี/เทสโก้โลตัส/คาร์ฟูร์/แม็คโคร

❒ ท็อปส์/จัสโก้/ฟู้ดแลนด์/วิลล่า มาร์เก็ต ❒ กูร์เมต์ มาร์เก็ต/โฮม เฟรช มาร์ท/เซ็นทรัล ฟู้ด ฮอลล์

❒ อื่นๆ โปรดระบุ.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 2: ประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด

ในการพิจารณาความสำคัญของแต่ละปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่มีอิทธิผลต่อการเลือกซื้อผักสด จะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 9 ระดับคะแนนความสำคัญซึ่งมีระดับความสำคัญดังนี้

คะแนนระดับ 9 หมายถึง สำคัญมากและมีผลต่อการเลือกซื้อผักมากที่สุด

คะแนนระดับ 8 หมายถึง สำคัญมากและมีผลต่อการเลือกซื้อผักอยู่ระหว่างมากถึงมากที่สุด

คะแนนระดับ 7 หมายถึง สำคัญมากและมีผลต่อการเลือกซื้อผักมาก

คะแนนระดับ 6 หมายถึง สำคัญมากและมีผลต่อการเลือกซื้อผักปานกลางถึงมาก

คะแนนระดับ 5 หมายถึง สำคัญและมีผลต่อการเลือกซื้อผักปานกลาง

คะแนนระดับ 4 หมายถึง สำคัญและมีผลต่อการเลือกซื้อผักค่อนข้างน้อยถึงปานกลาง

คะแนนระดับ 3 หมายถึง สำคัญและมีผลต่อการเลือกซื้อผักค่อนข้างน้อย

คะแนนระดับ 2 หมายถึง สำคัญและมีผลต่อการเลือกซื้อผักน้อยถึงน้อยที่สุด

คะแนนระดับ 1 หมายถึง มีผลต่อการเลือกซื้อผักน้อยที่สุด

กรุณาทำเครื่องหมาย ◯ ล้อมรอบระดับความสำคัญที่ท่านพิจารณา

ปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด	**ระดับคะแนนความสำคัญที่มีผลต่อการเลือกซื้อผักสด**								
	มากที่สุด ◄——————► น้อยที่สุด								
หน้าที่ในการบรรจุและปกป้องป้องกัน									
- สามารถปกป้องผักสดจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สามารถปกป้องผักสดจากสัตว์และแมลง	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สามารถปกป้องผักสดจากความบอบช้ำเสียหาย	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสด	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- ห่อหุ้มด้วยวัสดุกันกระแทก	9	8	7	6	5	4	3	2	1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่มีผลต่อการการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด	ระดับคะแนนความสำคัญที่มีผลต่อการเลือกซื้อผักสด								
	มากที่สุด ◄——► น้อยที่สุด								
หน้าที่ในการอำนวยความสะดวกในการใช้งาน									
- ขนาดปริมาณบรรจุเหมาะสมกับการบริโภค	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สะดวกในการเก็บรักษา	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สะดวกในการเปิด (easy to open)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สะดวกในการปิดซ้ำ (reclosable)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สะดวกในการขนย้าย	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- บรรจุภัณฑ์สามารถวางซ้อนกันได้	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- บรรจุภัณฑ์สามารถใช้ในการเสิร์ฟได้ (ready-to-serve)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- บรรจุภัณฑ์สามารถเข้าเตาไมโครเวฟได้	9	8	7	6	5	4	3	2	1
หน้าที่ในการสื่อสารและการตลาด									
- สามารถระบุข้อมูลของผลิตผลได้ชัดเจน	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สามารถแสดงตราสินค้าได้ชัดเจน	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สามารถแสดงผักสดภายในได้ชัดเจน	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- มีสิ่งบ่งชี้ระดับความเสื่อมเสียของผักสด	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- มีข้อมูลการติดตามกลับไปที่แหล่งปลูก	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- มีข้อมูลสามารถติดตามตลอดโซ่อุปทาน (supply chain)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- พิมพ์สวยงามดึงดูดใจ	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- ความเด่นละแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ของคู่แข่งขัน	9	8	7	6	5	4	3	2	1
หน้าที่ด้านสิ่งแวดล้อม									
- บรรจุภัณฑ์สามารถนำมาใช้ซ้ำได้ (reuseable)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- บรรจุภัณฑ์สามารถย่อยสลายได้ (degradable)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- บรรจุภัณฑ์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (recycle)	9	8	7	6	5	4	3	2	1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 3: ข้อคิดเห็นอื่นๆ

1. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรกับบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสดในปัจจุบัน

.....

.....

.....

2. ท่านมีความคิดเห็น ความต้องการให้มีการพัฒนา/เปลี่ยนแปลงบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสด อย่างไร

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่กรุณาตอบแบบสอบถามนี้

ผู้จัดทำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแบบสอบถามแบบสอบถามงานวิจัย

การสร้างเครื่องมือตัดสินใจในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสด (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบสอบถามงานวิจัย

การสร้างเครื่องมือตัดสินใจในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสด

วันที่……..เดือน…….พ.ศ……

ชื่อสกุล……

แผนก……ตำแหน่ง……..

องค์กร/บริษัท……

ประสบการณ์ในการทำงานในตำแหน่งนี้……

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ผู้บริโภคใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด

วัตถุประสงค์

แบบสอบถามนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามพิจารณาความสำคัญและเปรียบเทียบปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด

แบบประเมิน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1: ประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด

ส่วนที่ 2: ข้อคิดเห็นอื่นๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 1: ประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด

ในการพิจารณาความสำคัญของแต่ละปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่มีอิทธิผลต่อการเลือกซื้อผักสด จะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 9 ระดับคะแนนความสำคัญซึ่งมีระดับความสำคัญดังนี้

คะแนนระดับ 9 หมายถึง สำคัญมากและมีผลต่อการเลือกซื้อผักมากที่สุด

คะแนนระดับ 8 หมายถึง สำคัญมากและมีผลต่อการเลือกซื้อผักอยู่ระหว่างมากถึงมากที่สุด

คะแนนระดับ 7 หมายถึง สำคัญมากและมีผลต่อการเลือกซื้อผักมาก

คะแนนระดับ 6 หมายถึง สำคัญมากและมีผลต่อการเลือกซื้อผักปานกลางถึงมาก

คะแนนระดับ 5 หมายถึง สำคัญและมีผลต่อการเลือกซื้อผักปานกลาง

คะแนนระดับ 4 หมายถึง สำคัญและมีผลต่อการเลือกซื้อผักค่อนข้างน้อยถึงปานกลาง

คะแนนระดับ 3 หมายถึง สำคัญและมีผลต่อการเลือกซื้อผักค่อนข้างน้อย

คะแนนระดับ 2 หมายถึง สำคัญและมีผลต่อการเลือกซื้อผักน้อยถึงน้อยที่สุด

คะแนนระดับ 1 หมายถึง มีผลต่อการเลือกซื้อผักน้อยที่สุด

กรุณาทำเครื่องหมาย ◯ ล้อมรอบระดับความสำคัญที่ท่านพิจารณา

ปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด	**ระดับคะแนนความสำคัญที่มีผลต่อการเลือกซื้อผักสด**								
	มากที่สุด ◄——————► น้อยที่สุด								
หน้าที่ในการบรรจุและปกป้องป้องกัน									
- สามารถปกป้องผักสดจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สามารถปกป้องผักสดจากสัตว์และแมลง	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สามารถปกป้องผักสดจากความบอบช้ำเสียหาย	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสด	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- ห่อหุ้มด้วยวัสดุกันกระแทก	9	8	7	6	5	4	3	2	1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่มีผลต่อการการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด	ระดับคะแนนความสำคัญที่มีผลต่อการเลือกซื้อผักสด								
	มากที่สุด ◄——► น้อยที่สุด								
หน้าที่ในการอำนวยความสะดวกในการใช้งาน									
- ขนาดปริมาณบรรจุเหมาะสมกับการบริโภค	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สะดวกในการเก็บรักษา	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สะดวกในการเปิด (easy to open)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สะดวกในการปิดซ้ำ (reclosable)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สะดวกในการขนย้าย	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- บรรจุภัณฑ์สามารถวางซ้อนกันได้	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- บรรจุภัณฑ์สามารถใช้ในการเสิร์ฟได้(ready-to-serve)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- บรรจุภัณฑ์สามารถเข้าเตาไมโครเวฟได้	9	8	7	6	5	4	3	2	1
หน้าที่ในการสื่อสารและการตลาด									
- สามารถระบุข้อมูลของผลิตผลได้ชัดเจน	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สามารถแสดงตราสินค้าได้ชัดเจน	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- สามารถแสดงผักสดภายในได้ชัดเจน	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- มีสิ่งบ่งชี้ระดับความเสื่อมเสียของผักสด	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- มีข้อมูลการติดตามกลับไปที่แหล่งปลูก	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- มีข้อมูลสามารถติดตามตลอดโซ่อุปทาน (supply chain)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- พิมพ์สวยงามดึงดูดใจ	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- ความเด่นละแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ของคู่แข่งขัน	9	8	7	6	5	4	3	2	1
หน้าที่ด้านสิ่งแวดล้อม									
- บรรจุภัณฑ์สามารถนำมาใช้ซ้ำได้ (reuseable)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- บรรจุภัณฑ์สามารถย่อยสลายได้ (degradable)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
- บรรจุภัณฑ์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (recycle)	9	8	7	6	5	4	3	2	1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 2: ข้อคิดเห็นอื่นๆ

1. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรกับบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสดในปัจจุบัน

.....

.....

.....

2. ท่านมีความคิดเห็น ความต้องการให้มีการพัฒนา/เปลี่ยนแปลงบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสด อย่างไร

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่กรุณาตอบแบบสอบถามนี้

ผู้จัดทำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแบบสอบถามแบบสอบถามงานวิจัย

การสร้างเครื่องมือตัดสินใจในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสด (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบสอบถามงานวิจัย

การสร้างเครื่องมือตัดสินใจในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผักสด

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ/สกุล.....แผนก.....

ตำแหน่ง.....องค์กร/บริษัท.....

ประสบการณ์ในการทำงานในตำแหน่งนี้.....

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ผู้บริโภคใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด

วัตถุประสงค์

แบบสอบถามนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามพิจารณาความสำคัญและเปรียบเทียบปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด

แบบประเมิน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1: ประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด โดยทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ

ส่วนที่ 2: ประเมินระดับความสำคัญของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกในแต่ละปัจจัยหลักที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด

ส่วนที่ 3: ข้อคิดเห็นอื่นๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำชี้แจง

การกำหนดความสำคัญของเกณฑ์การประเมิน เนื่องจากเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจแต่ละเกณฑ์นั้นอาจมีความสำคัญในการตัดสินใจต่อการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาน้ำหนักเพื่อวัดความสำคัญ ของแต่ละเกณฑ์ก่อนที่จะทำการประเมินทางเลือก

ความหมายของการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบให้ความสำคัญดังนี้

1 หมายถึงปัจจัย (หรือทางเลือก) A_i และ A_j มีความสำคัญเท่ากัน

3 หมายถึงปัจจัย (หรือทางเลือก) A_i มีความสำคัญมากกว่า A_j เล็กน้อย

5 หมายถึงปัจจัย (หรือทางเลือก) A_i มีความสำคัญมากกว่า A_j ปานกลาง

7 หมายถึงปัจจัย (หรือทางเลือก) A_i มีความสำคัญมากกว่าA_j มาก

9 หมายถึงปัจจัย A_i มีความสำคัญมากกว่า A_j เด่นชัด

2,4,6,8 คือ มีระดับความสำคัญอยู่ในระหว่างกลางของคะแนนดังกล่าวข้างต้น

ตัวอย่างตาราง การให้คะแนนความสำคัญของปัจจัย

จากตารางตัวอย่างประกอบด้วยปัจจัยหรือทางเลือก 4 ปัจจัย (หรือทางเลือก)

โดยที่ $A = (a_{ij})$, $i,j = 1, 2, 3, \ldots, n$

ถ้า $a_{ij} = \alpha$ ดังนั้น $a_{ji} = 1/\alpha$ โดยที่ $\alpha \neq 0$

ถ้า A_i มีระดับความสำคัญเท่ากับ A_j ดังนั้น $a_{ij} = 1$, $a_{ji} = 1$ แล้ว $a_{ii} = 1$

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		**ปัจจัย (หรือทางเลือก) A_j**			
		A_1	A_2	A_3	A_4
ปัจจัย (หรือทางเลือก) A_i	A_1	1	$1/a_{21}$	$1/a_{31}$	$1/a_{n1}$
	A_2	a_{21}	1	$1/a_{32}$	$1/a_{n2}$
	A_3	a_{31}	a_{32}	1	$1/a_{n3}$
	A_4	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	1

ในส่วนนี้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความสำคัญของเกณฑ์ในการคัดเลือก ทั้ง 14 ปัจจัย โดยทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 1: ประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยหลักด้านบรรจุภัณฑ์ขายปลีกต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด โดยทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ

การเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ(ทุกคู่)	สามารถปกป้องผักสดจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง	สามารถปกป้องผักสดจากความบอบช้ำเสียหาย	สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสด	ขนาดปริมาณบรรจุเหมาะสมกับการบริโภค	สะดวกในการเก็บรักษา	สะดวกในการเปิด (easy to open)	สะดวกในการปิดซ้ำ (reclosable)	สะดวกในการขนย้าย	สามารถแสดงตราสินค้าได้ชัดเจน	สามารถแสดงผักสดภายในได้ชัดเจน	มีสิ่งบ่งชี้ระดับความเสื่อมเสียของผักสด	มีข้อมูลการติดตามกลับไปที่แหล่งปลูก	บรรจุภัณฑ์สามารถนำมาใช้ซ้ำได้ (reuseable)	บรรจุภัณฑ์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (recycle)
สามารถปกป้องผักสดจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง	1													
สามารถปกป้องผักสดจากความบอบช้ำเสียหาย		1												
สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสด			1											
ขนาดปริมาณบรรจุเหมาะสมกับการบริโภค				1										
สะดวกในการเก็บรักษา					1									
สะดวกในการเปิด (easy to open)						1								
สะดวกในการปิดซ้ำ (reclosable)							1							
สะดวกในการขนย้าย								1						
สามารถแสดงตราสินค้าได้ชัดเจน									1					
สามารถแสดงผักสดภายในได้ชัดเจน										1				
มีสิ่งบ่งชี้ระดับความเสื่อมเสียของผักสด											1			
มีข้อมูลการติดตามกลับไปที่แหล่งปลูก												1		
บรรจุภัณฑ์สามารถนำมาใช้ซ้ำได้													1	
บรรจุภัณฑ์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้														1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 2: ประเมินระดับความสำคัญของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกในแต่ละปัจจัยหลักที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักสด

2.1 สามารถปกป้องผักสดจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

2.2 สามารถปกป้องผักสดจากความบอบช้ำเสียหาย

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

หมายเหตุ: [1]ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุและถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักสดได้มากกว่าพลาสติกทั่วไปถึง 2-5 เท่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักสด

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

2.4 ขนาดปริมาณบรรจุเหมาะสมกับการบริโภค

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

หมายเหตุ: [1]ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุและถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักสดได้มากกว่าพลาสติกทั่วไปถึง 2-5 เท่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5 สะดวกในการเก็บรักษา

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

2.6 สะดวกในการเปิด (easy to open)

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

หมายเหตุ: [1]ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุและถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักสดได้มากกว่าพลาสติกทั่วไปถึง 2-5 เท่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.7 สะดวกในการปิดซ้ำ (reclosable)

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

2.8 สะดวกในการขนย้าย

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

หมายเหตุ: [1]ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุและถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักสดได้มากกว่าพลาสติกทั่วไปถึง 2-5 เท่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.9 สามารถแสดงตราสินค้าได้ชัดเจน

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

2.10 สามารถแสดงผักสดภายในได้ชัดเจน

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

หมายเหตุ: [1]ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุและถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักสดได้มากกว่าพลาสติกทั่วไปถึง 2-5 เท่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.11 มีสิ่งบ่งชี้ระดับความเสื่อมเสียของผักสด

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

2.12 มีข้อมูลการติดตามไปที่แหล่งปลูก

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

หมายเหตุ: [1]ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุและถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักสดได้มากกว่าพลาสติกทั่วไปถึง 2-5 เท่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.13 บรรจุภัณฑ์สามารถนำมาใช้ซ้ำได้ (reuseable)

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

2.14 บรรจุภัณฑ์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (recycle)

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ๆ (ทุกคู่)		ทางเลือก A_j				
		แถบรัด	ถุงพลาสติกทั่วไป	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]
ทางเลือก A_i	แถบรัด	1				
	ถุงพลาสติกทั่วไป		1			
	ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุ[1]			1		
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มปกติ				1	
	ถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ[1]					1

หมายเหตุ: [1]ถุงพลาสติกจากฟิล์มยืดอายุและถาดปิดผนึกด้วยฟิล์มยืดอายุ สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักสดได้มากกว่าพลาสติกทั่วไปถึง 2-5 เท่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 3: ข้อคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่กรุณาตอบแบบสอบถามนี้

ผู้จัดทำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวเบญจวรรณ กิ่งแก้ว
วัน เดือน ปี ที่เกิด	25 กรกฎาคม 2528
สถานที่เกิด	นครปฐม
ประวัติการศึกษา	ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนผู้ช่วยสอนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2552) ทุนโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว (ADB) ทุนจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์