



วิทยานิพนธ์

ผลของการลดอุณหภูมิ อุณหภูมิเก็บรักษาและสภาพดัดแปลงบรรยากาศ
ต่อคุณภาพของเห็ดฟาง

**Effects of Precooling, Storage Temperature
and Modified Atmosphere on Quality of Straw Mushroom**

นางสาวพรรณิ ศรีสวัสดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)

ปริญญา

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการลดอุณหภูมิ อุณหภูมิเก็บรักษาและสภาพเปลี่ยนแปลงบรรยากาศต่อคุณภาพของเห็ดฟาง

Effects of Precooling, Storage Temperature and Modified Atmosphere on Quality of Straw Mushroom

นามผู้วิจัย นางสาวพรรณิ ศรีสวัสดิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(อาจารย์อภิธา บุญศิริ, วท.ด.)

กรรมการ

(ศาสตราจารย์สายชล เกตุษา, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ประภาพร ตั้งกิจโชติ, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ศาสตราจารย์สายชล เกตุษา, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อางคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 26 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการลดอุณหภูมิ อุณหภูมิเก็บรักษาและสภาพดัดแปลงบรรยากาศ
ต่อคุณภาพของเห็ดฟาง

Effects of Precooling, Storage Temperature and Modified Atmosphere
on Quality of Straw Mushroom

โดย

นางสาวพรรณิ ศรีสวัสดิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)

พ.ศ. 2551

พรรณิ ศรีสวัสดิ์ 2551: ผลของการลดอุณหภูมิ อุณหภูมิเก็บรักษาและสภาพดัดแปลงบรรยากาศ
ต่อคุณภาพของเห็ดฟาง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) สาขาวิชา
เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ประชานกรรมการที่ปรึกษา:
อาจารย์อภิธา บุญศิริ, วท.ค 125 หน้า

การศึกษาผลของอุณหภูมิเก็บรักษาต่อคุณภาพเห็ดฟาง โดยบรรจุเห็ดฟางหนัก 250 กรัม ในถาดโฟม
หุ้ม polyvinyl chloride (PVC) เจาะรูขนาดเล็ก 16 รู พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเห็ดฟาง คือ 14
และ 16 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 6 วัน ส่วนที่อุณหภูมิ 18 12 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง
สามารถเก็บรักษาได้นาน 4 4 3 และ 1 วัน ตามลำดับ เห็ดฟางที่มีอายุการเก็บรักษาสั้นมีความแน่นเนื้อต่ำ การ
ร่วนไหลของประจุสูงและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล โดยที่ค่า L ลดลง ค่า a และ b เพิ่มขึ้นเร็วกว่าเห็ดฟางที่มีอายุการ
เก็บรักษานาน ส่วนอาการสะท้านหนาวพบในเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแต่ไม่พบในเห็ดฟางเก็บรักษาที่
อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้เห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง

การไม่ลดและลดอุณหภูมิเห็ดฟางด้วยน้ำแข็ง รถห้องเย็น และลมดันเย็น จากนั้นบรรจุเห็ดฟางหนัก
250 กรัม ในถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรูขนาดเล็ก 16 รู และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส พบว่าเห็ดฟาง
มีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ การร่วนไหลของประจุ ปริมาณ SS ปริมาณ TA
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกซิเจน (O_2) และเอทิลีน (C_2H_4) ภายในภาชนะบรรจุ ไม่แตกต่างกัน
ทางสถิติ

การเก็บรักษาเห็ดฟางในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ โดยบรรจุเห็ดฟางหนัก 220-250 กรัม ในถาดโฟม
หุ้มพลาสติก PVC และบรรจุถุง polyethylene (PE) เจาะรูและไม่เจาะรู เปรียบกับการไม่หุ้มพลาสติก พบว่า
เห็ดฟางบรรจุในพลาสติกเจาะรู มีความแน่นเนื้อสูง การร่วนไหลของประจุต่ำ และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลช้ากว่า
เห็ดที่เก็บรักษาในพลาสติกไม่เจาะรู อย่างไรก็ตามเห็ดฟางที่บรรจุในถุง PE เจาะรู มีการสูญเสียน้ำหนักน้อย
ที่สุด ขณะที่เห็ดฟางในถุง PE ไม่เจาะรู มีการสะสม CO_2 ภายในภาชนะบรรจุเพิ่มสูงขึ้นและ O_2 ลดลงอย่าง
รวดเร็วทำให้เห็ดฟางเสื่อมคุณภาพ เกิดอาการฉ่ำน้ำ ดอกเห็ดยุบตัว ความแน่นเนื้อลดลง การร่วนไหลของประจุ
เพิ่มขึ้นและดอกเห็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากกว่าการใช้พลาสติก PVC ไม่เจาะรู ส่วนเห็ดฟางบรรจุถาดโฟมไม่
หุ้มพลาสติก มีการสูญเสียน้ำหนัก ดอกเห็ดเหี่ยว เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงมากกว่าเห็ดฟางที่หุ้มพลาสติกทั้งที่
เจาะรูและไม่เจาะรู

การเก็บรักษาเห็ดฟางหนัก 250 กรัม ในถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC เจาะรู และถุง PE เจาะรู ที่อุณหภูมิ
10 13 และ 16 องศาเซลเซียส พบว่า เห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 16 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อสูง
เกิดอาการสะท้านหนาว การร่วนไหลของประจุ ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ต่ำกว่าเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 10
องศาเซลเซียส เห็ดฟางเก็บรักษาที่ทุกอุณหภูมิมีกิจกรรมของเอนไซม์ phospholipase D สูงสุดในวันที่ 1 โดย
เห็ดฟางที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุด ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxigenase ไม่แตกต่างกันทาง
สถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.14-3.04 หน่วย/มิลลิกรัมโปรตีน เห็ดฟางบรรจุในการบรรจุในถุง PE เจาะรู มีความแน่น
เนื้อในช่วง 3 วันแรกมากกว่า ในขณะที่เดียวกันมีการสูญเสียน้ำหนัก การร่วนไหลของไหลของประจุในวันที่ 3
และ 5 และปริมาณ MDA ในวันที่ 3 น้อยกว่าเห็ดฟางที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC เจาะรู

พรรณิ ศรีสวัสดิ์
ลายมือชื่อนิติ


ลายมือชื่อประธานกรรมการ

25 / 03 / 51

Phanee Srisawat 2008: Effects of Precooling, Storage Temperature and Modified Atmosphere on Quality of Straw Mushroom. Master of Science (Postharvest Technology), Major Field: Postharvest Technology, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Ms. Apita Bunsiri, Ph.D. 125 pages.

The effects of low temperature on straw mushrooms quality were studied. Two hundred and fifty grams of straw mushrooms were packed on the foam tray and wrapped with 16-needle-hole polyvinylchloride (PVC). The results showed that the optimum temperatures, were 14 and 16C which could prolong the shelf life of mushroom for 6 days, while 18, 12, 10C and RT(29C) could extend the shelf life for 4, 4, 3 and 1 days, respectively. Straw mushrooms with short shelf life had lower firmness, higher electrolyte leakage and greater browning with decreased L value and increased a and b values than those with long shelf life. Chilling injury was found only in straw mushrooms kept at low temperature. However, the straw mushroom kept at low temperature had lower weight loss and respiration rate than those kept at high temperature.

Two hundred and fifty grams of non-precooled and precooled straw mushrooms by gel ice, refrigerated truck and forced-air were packed on the foam tray and wrapped with 16-needle-hole PVC and kept at 16C were not significantly different in browning, weight loss, firmness, electrolyte leakage, SS and TA.

Two hundred and twenty to two hundred and fifty grams of straw mushrooms were packed with non-perforated and perforated plastic films on the foam tray wrapped with PVC and in polyethylene (PE) bags compared with unwrapped mushrooms. It was found that mushrooms packed in perforated plastic films had higher firmness, lower electrolyte leakage and lower black browning than those packed in non-perforated plastic films. Straw mushrooms kept in perforated PE bags had the lowest weight loss. Mushroom kept in non-perforated PE bags had greater decreased in in-packaged O_2 , increased in-packaged CO_2 , water soaking, deformation, electrolyte leakage and browning, and less firmness than non-perforated PVC. Unwrapped mushrooms had higher weight loss, withering and red browning than wrapped mushroom.

Two hundred and fifty grams of straw mushrooms were wrapped with perforated PVC on foam tray and perforated PE bag and kept at 10, 13 and 16C. The results showed that mushrooms kept at 13 and 16C had higher firmness and less chilling injury, electrolyte leakage and malondialdehyde (MDA) content than those kept at 10C. Straw mushrooms kept at all temperatures had the highest PLD activity at the first day of storage, treatment 10C had the highest PLD activity. There were no significant differences in lipoxigenase activity in all treatments (2.14-3.04 unit/mg protein). Straw mushrooms packed in perforated PE bag had higher firmness during the first 3 days of storage, lower weight loss and electrolyte leakage on day 3 and day 5 of storage, and less MDA content on day 3 of storage than those packed on the foam tray and wrapped with perforated PVC.

Phanee Srisawat

Student's signature

A. Bunsiri

Thesis Advisor's signature

25 / 03 / 08

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อภิตา บุญศิริ ประธานกรรมการที่ปรึกษา
ศาสตราจารย์ ดร.สายชล เกตุษา และรองศาสตราจารย์ ดร.ประภาพร ตั้งกิจโชติ กรรมการที่ปรึกษา
และอาจารย์อุดม ฟ้ารุ่งแสง อาจารย์ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัย
ในวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำ
วิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ โครงการพัฒนาระดับบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่
ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และหน่วยวิจัยพืชผลหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์ปฏิบัติการเรือนปลูกพืชทดลอง
กำแพงแสน นครปฐม ที่ให้สถานที่ในการทำทดลอง

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่งานวิจัยพืชผลหลังการเก็บเกี่ยวทุกท่าน ตลอดจน พี่ ๆ และ
น้องๆ นิสิตทุกท่าน ที่มีส่วนในการให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณครอบครัว ที่ให้กำลังใจ ทุนสนับสนุนการเรียนและทำ
วิทยานิพนธ์ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

พรรณี ศรีสวัสดิ์

มกราคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	14
ผล	24
วิจารณ์	77
สรุป	85
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	87
ภาคผนวก	95

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส	66
2	คะแนนอาการสะท้อนหนาวของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส	67
3	ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส	69
4	การเปลี่ยนแปลงค่าการรั่วไหลของประจุบริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส	70
5	การเปลี่ยนแปลงค่าการรั่วไหลของประจุบริเวณก้านดอกเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส	71
6	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ PLD ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส	73
7	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส	74
8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณ MDA ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส	75
ตารางผนวกที่		
1	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	96
2	ปริมาณออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
3 ปริมาณเอทิลีนภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	98
4 การเปลี่ยนแปลง ค่า L ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	99
5 การเปลี่ยนแปลง ค่า a ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	100
6 การเปลี่ยนแปลงค่า b ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	101
7 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	102
8 อาการระส่ำระสายของเห็ดฟางที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	103
9 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	104
10 การร่วงไหลของประจุเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	105
11 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	106
12 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	107
13 ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	108
14 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	109

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
15 ปริมาณออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	109
16 ปริมาณเอทิลีนภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	110
17 การเปลี่ยนแปลงค่า L ของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	111
18 การเปลี่ยนแปลง ค่า a ของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	112
19 การเปลี่ยนแปลงค่า b ของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	113
20 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	114
21 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	114
22 การร้าวไหลของประจุของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	115
23 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	115
24 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	116
25 ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ	116
26 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการคัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	117

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
27 ปริมาณออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	117
28 ปริมาณเอทิลีนในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	118
29 การเปลี่ยนแปลงค่า L บริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	119
30 การเปลี่ยนแปลงค่า L ของโคนก้านเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	119
31 การเปลี่ยนแปลง ค่า a บริเวณปลอกหุ้มเห็ดที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	120
32 การเปลี่ยนแปลง ค่า a บริเวณก้านเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	120
33 การเปลี่ยนแปลงค่า b บริเวณปลอกหุ้มเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	121
34 การเปลี่ยนแปลงค่า b บริเวณก้านเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	121
35 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	122
36 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	122
37 การร่วงไหลของประจุบริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	123

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
38 การรั่วไหลของประจุบริเวณก้านเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพ บรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	123
39 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพ บรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	124
40 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพ บรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	124
41 ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ ด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ	125

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 อัตราการหายใจของเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง)	28
2 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และเอทิลีนภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 10 12 14 16 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	29
3 การเปลี่ยนแปลง ค่า L a และ b ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 10 12 14 16 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	30
4 การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เป็นเวลา 6 วัน	31
5 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เป็นเวลา 6 วัน	32
6 อาการระส่ำระสายของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เป็นเวลา 6 วัน	33
7 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เป็นเวลา 6 วัน	34
8 การร่วงไหลของประจุบริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เป็นเวลา 6 วัน	35
9 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เป็นเวลา 6 วัน	36
10 ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เป็นเวลา 6 วัน	37
11 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในดอกเห็ดระหว่างการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ	41

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และเอทิลีนภายในภาชนะบรรจุ เห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	42
13	การเปลี่ยนแปลงค่า L ของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	43
14	การเปลี่ยนแปลงค่า a ของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	44
15	การเปลี่ยนแปลงค่า b ของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	45
16	การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิ ด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	46
17	การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	47
18	ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	48
19	การร่วงไหลของประจุของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	49
20	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเห็ดฟางที่ผ่านการลด อุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	50
21	ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	51
22	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และเอทิลีน ภายในภาชนะบรรจุ เห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	55

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	การเปลี่ยนแปลงค่า L ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส	56
24	การเปลี่ยนแปลงค่า a ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส	57
25	การเปลี่ยนแปลงค่า b ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส	58
26	การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส	59
27	ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส	60
28	การร่วนไหลของประจุของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส	61
29	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส	62
30	ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส	63
31	การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกและภายในของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ ๗16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน	64

ผลของการลดอุณหภูมิ อุณหภูมิเก็บรักษาและสภาพดัดแปลงบรรยากาศ ต่อคุณภาพของเห็ดฟาง

Effects of Precooling, Storage Temperature and Modified Atmosphere on Quality of Straw Mushroom

คำนำ

เห็ดเป็นสิ่งมีชีวิตประเภทรา และเป็นอาหารเพื่อสุขภาพชนิดหนึ่งที่มีโปรตีน กลีโกลีแอ และวิตามินต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย แต่มีปริมาณไขมันต่ำ (อานนท์, 2530) มนุษย์รู้จักเก็บเห็ดที่ขึ้นตามธรรมชาติมาบริโภคเป็นเวลานาน แต่เมื่อความต้องการมีมากขึ้น ธุรกิจการเพาะเห็ดบางชนิดจึงเกิดขึ้น

สำหรับประเทศไทยเห็ดฟาง มีปริมาณการผลิตมากที่สุดประมาณร้อยละ 68.9 ของผลผลิตเห็ดทั้งหมด (ศุภนิศย์, 2547) แหล่งผลิตที่สำคัญ ได้แก่ ขอนแก่น พระนครศรีอยุธยา สระบุรี อ่างทอง นครราชสีมา ราชบุรี กาฬสินธุ์ และเพชรบุรี (กองส่งเสริมพืชสวน, 2543) ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ มีการส่งออกบ้างเล็กน้อย โดยส่งในรูปของเห็ดแช่เย็นปริมาณ 1,077 ตัน คิดเป็นมูลค่า 75.7 ล้านบาท และผลิตภัณฑ์เห็ดแปรรูปปริมาณ 1,700 ตัน คิดเป็นมูลค่า 119 ล้านบาท (กระทรวงพาณิชย์, 2550)

ลักษณะของดอกเห็ดฟางที่ตลาดต้องการ คือ ระยะดอกตูม รูปไข่ ปีกอกหุ้มขยายตัวเต็มที่ แต่ยังไม่แตก (อดุลย์, 2542) สีของดอกเห็ดควรเป็นสีขาวครีมหรือเทาตามธรรมชาติ ดอกเห็ดไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ไม่ยุบตัวหรือน้ำน้ำ เห็ดเป็นผลผลิตที่เสื่อมคุณภาพเร็วกว่าผลผลิตทางการเกษตรชนิดอื่นๆ (Briones *et al.*, 1992) เพราะมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากทำให้บอบช้ำง่าย นอกจากนี้เห็ดยังมีอัตราการหายใจสูง ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากในกระบวนการหายใจมีการใช้อาหารสะสมเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงาน (จริงแท้, 2542) นอกจากนี้เห็ดสามารถขับน้ำย่อยออกมาช่วยตัวเอง (autolysis) ทำให้เห็ดยุบตัว มีรสขม และเน่าเสียไปในที่สุด (ปัญญา และกิตติพงษ์, 2538) การเสื่อมคุณภาพของเห็ดอย่างรวดเร็วถือเป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับการส่งออกและการจำหน่ายเห็ดฟางสดภายในประเทศ

การชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การลดอุณหภูมิของผลิตผลอย่างรวดเร็วก่อนการเก็บรักษา การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ฯลฯ

การลดอุณหภูมิของผลิตผล (precooling) ก่อนการขนส่งและเก็บรักษา สามารถลดอัตราการหายใจ การคายน้ำ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ การลดอุณหภูมิมียหลายวิธี ได้แก่ การใช้ห้องเย็น (room cooling) การใช้น้ำเย็น (hydrocooling) การใช้น้ำแข็ง (ice cooling) การใช้ลมดันเย็น (forced-air cooling) และการใช้สุญญากาศ (vacuum cooling) เป็นต้น (จริงแท้, 2542) วิธีการลดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเห็ด คือ การใช้ลมดันเย็น (จริงแท้, 2542; Brecht, 2003) และการใช้สุญญากาศ (Cantwell and Kasmire, 2002)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมสภาพของผลิตผล เนื่องจากอุณหภูมิต่ำทำให้กระบวนการต่าง ๆ ทางชีวเคมีช้าลง โดยเฉพาะการหายใจ และสามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายผลิตผลด้วย (จริงแท้, 2542) นอกจากนี้ อุณหภูมิต่ำยังลดการย่อยสลายตัวของเห็ดได้ด้วย (วัชรินทร์, 2536) ถึงแม้ว่าอุณหภูมิต่ำช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ แต่มีข้อจำกัดที่อุณหภูมิระดับหนึ่งเท่านั้น หากอุณหภูมิต่ำเกินไป ผลิตผลมักเกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยา ที่เรียกว่า อาการสะท้อนหนาว (chilling injury) (จริงแท้, 2542) สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเห็ดฟางนั้นอยู่ในช่วง 10-16 องศาเซลเซียส (วิฑูรย์, 2527) อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า การเก็บรักษาเห็ดฟางที่ 10 และ 13-14 องศาเซลเซียส เกิดอาการสะท้อนหนาว ในวันที่ 2 และ 3-4 ตามลำดับ (จุฬารักษ์, 2545; วัลลภา, 2534)

การเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere: MA) เป็นอีกวิธีที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลิตผล ทั้งนี้เพราะในสภาพดังกล่าว มีปริมาณออกซิเจน น้อยและ/หรือคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติ ส่งผลให้ผลิตผลมีการหายใจ และกระบวนการออกซิเดชันต่าง ๆ เกิดขึ้นน้อย เช่น การออกซิเดชันสารประกอบฟีนอลน้อยกว่าสภาพอากาศปกติ ทำให้เกิดสีน้ำตาลน้อยลง ลดการเกิดอาการสะท้อนหนาว และชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายผลิตผลได้ด้วย (จริงแท้, 2542)

ดังนั้นการลดอุณหภูมิของผลิตผลอย่างรวดเร็วก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลให้นานขึ้นได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการจำหน่ายเห็ดฟางสดในประเทศและพัฒนาเพื่อการส่งออกต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ทราบวิธีการลดอนุมูลอิสระที่สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดฟาง
2. เพื่อให้ทราบอนุมูลอิสระที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดฟาง
3. เพื่อให้ทราบสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดฟาง
4. เพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase phospholipase D และปริมาณ malondialdehyde ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพอนุมูลอิสระต่ำร่วมกับสภาพดัดแปลงบรรยากาศ

การตรวจเอกสาร

เห็ดเป็นสิ่งมีชีวิตประเภทรา แต่มีวิวัฒนาการสูงกว่าราชนิดอื่น ๆ มีเส้นใยเป็นกลุ่มก้อนรวมตัวกันเป็นดอกเห็ดอยู่เหนือพื้นดินหรือสิ่งที่เห็ดอาศัยอยู่ คำว่า เห็ด มีได้หมายถึงดอกเห็ดที่มีหมวกเท่านั้น แต่ยังหมายถึงราอีกหลายชนิดที่ออกเป็นดอกเห็ด อาจจะมีเนื้อนุ่ม แข็ง หรือเหนียว มีหมวกหรือไม่มีหมวกก็ได้ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2539)

เห็ดฟางเป็นราขนาดใหญ่ (macro fungi) จัดอยู่ในสกุล *Volvariella* ซึ่งมีมากกว่า 100 ชนิด แต่ที่นิยมเพาะในประเทศไทยคือ *Volvariella volvacea* (Bull. ex Fr.) Sing. มีชื่อสามัญว่า straw mushroom หรือ chinese mushroom (วสันต์, 2536; ชาญยุทธ์, 2540) มีชื่อเรียกภาษาไทยหลายชื่อตามวัสดุที่เห็ดขึ้น เช่น เห็ดบัวหรือเห็ดนุ่น ฯลฯ เห็ดฟางเป็นเห็ดที่พบทั่วไปในภูมิอากาศเขตร้อน เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีเศษซากพืชเน่าเปื่อยผุพัง ในอดีตมักเก็บเห็ดฟางที่ขึ้นตามธรรมชาติมาบริโภค แต่ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงกันอย่างกว้างขวางเนื่องจากสามารถเพาะได้ง่าย เจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย ใช้เวลาสั้นเพียง 7-10 วัน ก็สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ และยังเป็นการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ไม้คั้น ทะลายปาล์ม ขี้เลื่อย เปลือกถั่วเขียว หรือแม้กระทั่งวัสดุที่มีอยู่ตามธรรมชาติในท้องถิ่น เช่น หนุ่ยต่าง ๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ (อดุลย์, 2542)

เห็ดฟางมีคุณค่าทางอาหารสูง (วิเคราะห์ผลผลิตสดรวมน้ำ) มีโปรตีน 3.4 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 3.9 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.8 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 1.4 เปอร์เซ็นต์ มีเกลือแร่และวิตามินหลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม เหล็ก วิตามินบี 1 และวิตามินซี (วสันต์, 2536; ชาญยุทธ์, 2540) นอกจากนี้เห็ดฟางยังมีสารพวก cardiotoxic protein เรียกว่า volvatoxins มีคุณสมบัติป้องกันการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งที่เรียกว่า ehrlich ascites tumor cells และต่อต้านเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดโรคไข้วัดใหญ่ การรับประทานเห็ดฟางเป็นประจำสามารถลดกรดไขมันในเส้นเลือดได้ โดยการทำงานของ volvatoxin A1 และ A2 (กองส่งเสริมพืชสวน, 2543; นิรนาม, 2542; อานนท์, 2530)

การเจริญเติบโตของเห็ดฟางเริ่มตั้งแต่สปอร์งอกได้เป็นเส้นใยสีขาวนวล เจริญบนซากพืชที่เน่าเปื่อยผุพังหรือวัสดุเพาะ จากนั้นเส้นใยพัฒนาเป็นดอกเห็ดซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้ (วสันต์, 2536; อานนท์, 2530)

1. ระยะหัวเข็มหมุด (pinhead stage) เส้นใยเห็ดรวมตัวเป็นจุดสีขาวขนาดเล็กอยู่บนวัสดุเพาะ ระยะนี้เกิดขึ้นหลังโรยเชื้อ 4-6 วัน
2. ระยะกระดุมเล็ก (tiny button stage) ดอกเห็ดมีลักษณะกลมขยักตัวจากวัสดุเพาะ คล้ายกระดุมขนาดเล็ก
3. ระยะกระดุม (button stage) เป็นระยะที่ดอกเห็ดมีการขยายตัวทางด้านกว้างของดอกเต็มที่ ดอกเห็ดมีลักษณะกลมหรือรี มีส่วนฐานกว้างกว่าส่วนปลาย
4. ระยะรูปไข่ (egg stage) ดอกเห็ดเริ่มมีการเจริญทางด้านยาว ปลอกหุ้มยึดตัวตามความยาวของก้าน ทำให้ปลอกหุ้มบางลง ดอกเห็ดมีรูปร่างคล้ายรูปไข่ ระยะนี้ห่างจากระยะแรกประมาณ 3-6 วัน เป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวเพราะมีน้ำหนักสูงสุด เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและโรงงานบรรจุกระป๋อง
5. ระยะยืดตัวหรือปริดอก (elongation stage) เป็นระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเพียง 3-6 ชั่วโมง จากระยะรูปไข่ โดยส่วนบนสุดของปลอกหุ้มแตกและสีของผิวหมวกเห็ดเริ่มคล้ำจากการสัมผัสกับอากาศ ระยะนี้เป็นระยะที่ยากแก่การเก็บรักษา
6. ระยะดอกบานหรือแก่เต็มที่ (mature stage) เป็นระยะที่ก้านดอกและหมวกขยายขนาดเต็มที่ ก้านดอกเหนียว หมวกดอกอ่อนนุ่ม แตกหักและหลุดง่าย ครีบบมีสีน้ำตาล เป็นระยะที่ไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค

ระยะที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยวคือ ระยะรูปไข่ ปลอกหุ้มขยายตัวเต็มที่แต่ยังไม่แตก หรือเรียกว่า หัวฟุ้ง ซึ่งเป็นระยะที่น้ำหนักดี และเป็นที่ต้องการของตลาด ไม่ควรปล่อยให้ดอกเห็ดบาน เพราะจะฉ่ำง่ายและขายได้ราคาถูกลง หลังจากเก็บดอกเห็ดแล้ว ควรทำความสะอาดโดยใช้มีดตัดแต่งเศษวัสดุเพาะออก (อคุลย์, 2542; อานนท์, 2530)

จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเห็ดฟางในปี 2546 ณ จุฬารวบรวมเห็ดฟาง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ซึ่งรับซื้อเห็ดฟางที่ผลิตในจังหวัดนครปฐมและจังหวัดใกล้เคียง เช่น สุพรรณบุรี ราชบุรี และกาญจนบุรี รวมทั้งจังหวัดภาคใต้ เช่น สุราษฎร์ธานี กระบี่ และสงขลา พบว่า หลังจากที่ได้เกษตรกรทำความสะอาดดอกเห็ด ถัดเกรด ตามการตกลง

ระหว่างเกษตรกรและผู้รวบรวมสินค้า จากนั้นบรรจุเห็ดในตะกร้าพลาสติกที่สามารถระบายอากาศได้ดี โดยบรรจุตะกร้าละ 8-10 กิโลกรัม สำหรับการขนส่งเห็ดฟางจากเกษตรกรไปสู่ผู้รวบรวมสินค้ามักขนส่งด้วยรถกระบะ โดยวางตะกร้าซ้อนกันและคลุมด้านบนด้วยกระสอบ แต่เปิดด้านข้างเพื่อให้สามารถระบายความร้อนได้ นอกจากนี้ในระหว่างการขนส่งอาจมีการพรมน้ำเพื่อลดการสูญเสียน้ำหนัก ส่วนการขนส่งเห็ดฟางจากจังหวัดทางภาคใต้นั้นอาจขนส่งโดยเครื่องบินแล้วต่อยุทธรถกระบะ เพื่อนำไปยังจุดรวบรวมสินค้าที่ตลาดสี่มุมเมืองโดยไม่ผ่านจุดรวบรวมสินค้าที่นครปฐม เมื่อถึงจุดรวบรวมสินค้าผู้รวบรวมสินค้าอาจคัดเกรดอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการคัดเกรดเป็นการตกลงกันระหว่างผู้รวบรวมสินค้ากับผู้รับซื้อ นอกจากนี้ผู้รวบรวมสินค้าบางรายอาจล้างเห็ดก่อนที่จะส่งให้กับผู้รับซื้อ แต่เห็ดฟางที่ผ่านการล้างน้ำมักมีราคาถูกกว่าเห็ดฟางที่ไม่ได้ล้างน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากการล้างน้ำทำให้ดอกเห็ดเหี่ยวเร็วขึ้น

การตลาดของเห็ด

การผลิตเห็ดส่วนใหญ่เป็นการผลิตเพื่อจำหน่ายภายในประเทศในรูปของเห็ดสด ส่วนเห็ดแปรรูปยังมีผู้บริโภคน้อย เนื่องจากเห็ดสดหาง่ายและมีรสชาติอร่อยกว่า ตลาดของเห็ดสดสามารถแบ่งได้ ดังนี้ (ชาญยุทธ์, 2544)

1. ตลาดขายส่ง เกษตรกรขายผลผลิตให้กับผู้รวบรวมสินค้า เกษตรกรมักทราบราคาต่อเมื่อผู้รวบรวมขายสินค้าได้แล้ว ราคาที่ขายได้ค่อนข้างต่ำและมีการเปลี่ยนแปลงแบบวันต่อวัน ผลผลิตมีการสูญเสียมาก เนื่องจากขาดความระมัดระวังและไม่มีการห่อหุ้มเห็ดในการขนส่ง
2. ตลาดค้าปลีก เป็นการขายที่เกษตรกรขายให้กับผู้บริโภคโดยตรง อาจเป็นการขายในตลาดใกล้บ้านหรือขายผลผลิตตามงานแสดงสินค้าต่าง ๆ การขายแบบนี้ได้ราคาดี แต่ขายได้ปริมาณน้อย
3. ตลาดซูเปอร์มาเก็ต เป็นตลาดที่แน่นอน ต้องการผลผลิตต่อเนื่อง และมีคุณภาพสูง เช่น ดอกตูม ไม่เกิดอาการสีน้ำตาลและอาการง้ำน้ำ ตลาดแบบนี้อาจมีข้อจำกัด เนื่องจากการซื้อขายส่วนใหญ่ผ่านคนกลางหรือเป็นการซื้อขายแบบใช้เครดิต ทำให้เกษตรกรได้รับเงินช้า

ชาญยุทธ์ (2544) รายงานว่า การส่งออกเห็ดฟางไปยังตลาดต่างประเทศมีปริมาณเพียงเล็กน้อย โดยส่งในรูปของเห็ดสดหรือเห็ดแช่เย็น และเห็ดแปรรูป ทั้งนี้เห็ดสดหรือเห็ดแช่เย็นนั้น

จะบรรจุธาตุโพแทสเซียมด้วยพลาสติกพร้อมจำหน่ายในซุเปอร์มาเก็ตได้ทันที (ชาญยุทธ์, 2540; บุญส่ง, 2543) หรือบรรจุในตะกร้าไม้ไผ่ที่มีช่องระบายอากาศบริเวณกลางตะกร้าและวางน้ำแข็งแห้งห่อกระดาษด้านบน ใช้กับการขนส่งเห็ดฟางไปฮ่องกง (Cho *et al.*, 1982) ตลาดเห็ดฟางสดที่สำคัญคือ ฮ่องกง มาเลเซีย สิงคโปร์ และสหรัฐอเมริกา นอกจากนี้ยังมีตลาดใหม่ที่น่าสนใจ คือ ญี่ปุ่นและออสเตรเลีย (บุญส่ง, 2543)

คุณภาพและการเสื่อมคุณภาพของเห็ด

เห็ดเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่เสื่อมคุณภาพและเน่าเสียได้ง่ายกว่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอื่น ๆ (Briones *et al.*, 1992) เพราะมีน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 85-95 เปอร์เซ็นต์ (Cho *et al.*, 1982) ทำให้บอบช้ำจากการเก็บเกี่ยวและการขนส่งได้ง่าย

เห็ดฟางมีการหายใจแบบ non-climacteric (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2531) จัดอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีการหายใจสูงมาก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจมากกว่า 200 มก.CO₂/กก.ชม. หรือมีอัตราการผลิตความร้อนที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เท่ากับ 58,000-69,900 บีทียู/ตัน/วัน (จริงแท้, 2542)

ความร้อนที่ติดมาจากแปลงปลูกหรือที่เรียกว่า field heat นับเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เร่งให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมสภาพเร็ว (จริงแท้, 2542) ในแปลงหรือในโรงเรือนเพาะเห็ดฟางมักมีอุณหภูมิสูงโดยปกติประมาณ 32-38 องศาเซลเซียส เพื่อให้เส้นใยสามารถเจริญและพัฒนาเป็นดอกเห็ดได้ดี (อานนท์, 2530) ความร้อนส่วนนี้ถ้าไม่รีบกำจัดออกไป ทำให้ผลิตภัณฑ์สูงเป็นเวลานานและเสื่อมคุณภาพไปในที่สุด (จริงแท้, 2542) Baker *et al.* (1981) กล่าวว่า การจัดการความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจและความร้อนที่ติดมาจากแปลงปลูกมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพของเห็ด

คุณภาพของเห็ดมีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคจากการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับคุณภาพเห็ดกระดุม พบว่าเห็ดกระดุมที่ดีควรมีสีตรงตามพันธุ์ เนื้อแน่น รสชาติดี และหมวกดอกยังไม่บาน (Borton *et al.*, 1995) สำหรับเห็ดฟางคุณภาพดีและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและโรงงานบรรจุกระป๋อง คือ ระบุรูปไข่ ส่วนของปลอกหุ้มไม่แตก ดอกเห็ดมีสีขาวครีมหรือสีเทาตามธรรมชาติ เนื้อแน่น (อดุลย์, 2542; อานนท์, 2530) ดังนั้นการพิจารณาคุณภาพของเห็ดฟางควรคำนึงถึงลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. สีของดอกเห็ด เห็ดที่มีคุณภาพดีควรมีสีตรงตามพันธุ์ เช่น เห็ดกระดุมควรมีสีขาว เห็ดนางรมฮังการีแกมสีขาวหรือดอกอ่อนมีสีขาวอมเทา ส่วนเห็ดฟางดอกมีสีขาวครีมหรือขาวอมเทา ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมขณะที่ดอกเห็ดเจริญเติบโต ส่วนดอกเห็ดที่เสื่อมคุณภาพ สีของดอกเห็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล สำหรับในเห็ดกระดุมการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลนับเป็นลักษณะสำคัญที่สามารถบ่งบอกถึงการเสื่อมคุณภาพได้ (Murr and Morris, 1975) Burton *et al.* (1995) กล่าวว่า การเกิดสีน้ำตาลในเห็ดเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างสารประกอบฟีนอลิกกับเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) การเก็บรักษาเห็ดกระดุมที่อุณหภูมิ 0 10 และ 20 องศาเซลเซียส พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงดอกเห็ดมักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากกว่าเห็ดที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ ปริมาณฟีนอลิกของเห็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เห็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ปริมาณฟีนอลิกลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 8 วัน ส่วนเห็ดที่เก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียส ปริมาณฟีนอลิก ลดลงเพียงเล็กน้อยในช่วง 4 วันแรก จากนั้นค่อนข้างคงที่ เช่นเดียวกับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ซึ่งคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Murr and Morris, 1975) การเกิดสีน้ำตาลของเห็ด นอกจากเกิดจากกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์แล้ว ยังมีสาเหตุมาจากสูญเสียกรดอะมิโน แต่การเกิดสีน้ำตาลจากการสูญเสียกรดอะมิโนมักเกิดขึ้นน้อยและช้ากว่าการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Cho *et al.*, 1982)

2. ความแน่นเนื้อ มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำของเห็ด กล่าวคือ เมื่อเห็ดสูญเสียน้ำเซลล์มีความเต่งลดลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและเกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อเห็ด (autolysis) ทำให้ความแน่นเนื้อลดลง (McGarry and Bonton, 1994) นอกจากนี้การเก็บรักษาเห็ดที่อุณหภูมิต่ำเกินไปก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความแน่นเนื้อลดลง มีรายงานว่าเห็ดฟางมักนิ่มและ ภายหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-6 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน (Peter, 1996) จุฬารัตน์ (2545) พบว่าการเก็บรักษาเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน เห็ดฟางได้รับผลกระทบจากความเย็น มีความแน่นเนื้อลดลง การรั่วไหลของประจุเพิ่มขึ้น ผิวดอกเห็ดมีสีคล้ำ และมีน้ำและ มีรายงานว่าค่าการรั่วไหลของประจุสามารถใช้เป็นบ่งบอกถึงความเสียหายของเยื่อหุ้มและการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ได้ (Marangoni *et al.*, 1997; Anthon and Barrett, 2001; Mao *et al.*, 2004) Mao *et al.* (2007) รายงานว่า เมื่อแดงกว่าได้รับผลกระทบจากความเย็น เยื่อหุ้มเสียหาย ทำให้เกิดการรั่วไหลของประจุมากขึ้น และมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์ phospholipase D (PLD) และ lipoxygenase (LOX) ซึ่งความเสียหายของเยื่อหุ้มเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการเป็นของไหล เยื่อหุ้มเป็นเจลมากขึ้น ส่งผลให้ไนโซโทพลาสซึมมีแคลเซียมไอออนเพิ่มมากขึ้น และแคลเซียมไอออนนี้จะไปกระตุ้นเอนไซม์ย่อยสลายไขมัน ทำให้ได้เป็นกรด

ไขมันอิสระ เอนไซม์ PLD เป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายพันธะเอสเทอร์ (de-esterification) ต่างๆ บนโมเลกุลของ phospholipid โดยจะเร่งปฏิกิริยาการย่อยเอากลุ่มแอลกอฮอล์ออกจากส่วนหัวของ phospholipid ได้เป็นกรดไขมัน กรดไขมันเหล่านี้ถูกออกซิไดซ์ด้วยเอนไซม์ LOX ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะ (polyunsaturated fatty acid ; PUFA) โดยเฉพาะ linoleic acid และ linolenic acid ได้เป็นเปอร์ออกไซด์ของกรดไขมันและอนุผลิตภัณฑ์มากขึ้น เปอร์ออกไซด์ของกรดไขมันอาจถูกเปลี่ยนเป็นแอลดีไฮด์ คีโตน และกรดเจสโมนิค (จริงแท้, 2549) ในการเปลี่ยนเป็นแอลดีไฮด์ได้ผลิตผลสุดท้ายคือ malondialdehyde (MDA) ทั้ง MDA และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตัวอื่น ๆ สามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มได้ เนื่องจากสารดังกล่าวทำให้ขอบเขตของออสโมลลิตีและเซลล์หดรัดลง เกิดการรั่วไหลของประจุ แต่โดยส่วนใหญ่จะใช้ MDA เป็นตัวชี้บ่งถึงการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มมากกว่าสารตัวอื่น ๆ (Hodges *et al.*, 1999)

3. รสชาติ การเปลี่ยนแปลงรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการของเห็ด เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่ควบคุมโดยพันธุกรรม (Leguijt *et al.*, 1996) เช่น การหายใจ ทำให้คุณค่าทางโภชนาการลดลงและอาจมีรสชาติเปลี่ยนแปลงไป มีรายงานว่าเห็ดนางรมที่เก็บรักษานาน 11 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solids: SS) ลดลง แต่อุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณ SS ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษา (Villaescusa and Gil, 2003) วรภัทร และคณะ (2544) รายงานว่าเห็ดที่ผ่านการเก็บรักษามีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง ส่วนปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 2 และ 4 วัน มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง 34.57-36.21 เปอร์เซ็นต์ (จุฬารัตน์, 2545)

การชะลอการเสื่อมคุณภาพของเห็ด

1. การลดอุณหภูมิของผลิตผลก่อนการเก็บรักษา

การลดอุณหภูมิหรือการทำให้เย็น (precooling) เป็นการดึงความร้อนออกจากผลิตผล โดยอาศัยตัวกลางเป็นตัวนำหรือตัวพาความร้อน ซึ่งอัตราการทำให้เย็นขึ้นอยู่กับการนำความร้อน (thermal conductivity) ความจุความร้อนของตัวกลางและผลิตผล ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและการสัมผัสระหว่างตัวกลางกับผลิตผล (จริงแท้, 2542) การลดอุณหภูมิก่อนการขนส่งและการเก็บรักษาสามารถลดอัตราการหายใจ การคายน้ำ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ (นิพนธ์, ม.ป.ป.;

Abraham, 1970; Janick, 1979) นอกจากนี้ยังสามารถลดการเกิดโรคในผลิตผลหลายชนิด เช่น หน่อไม้ฝรั่ง (นิยมนัฐ และ ลักษณะ, 2530) และกล้วยไข่ (สุภา และคณะ, 2538) การลดอุณหภูมิควรปฏิบัติทันทีหลังเก็บเกี่ยวก่อนนำไปบรรจุ (Villaescusa and Gil, 2003) การลดอุณหภูมิของผลิตผลก่อนการเก็บรักษามีหลายวิธี เช่น

1.1 การลดอุณหภูมิโดยการใช้ห้องเย็น (room cooling) เป็นวิธีที่ทำได้ง่าย สะดวก แต่เสียเวลาในการลดอุณหภูมิ เนื่องจากอากาศเย็นจะหมุนเวียนรอบ ๆ ภาชนะบรรจุเท่านั้น ดังนั้นการเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่มีการระบายอากาศดีจึงช่วยให้ผลิตผลเย็นเร็วขึ้น การทำให้เย็นโดยอาศัยรถห้องเย็น (refrigerated container) ก็เรียกได้ว่าเป็น room cooling ด้วย โดยอาจเรียกว่า transit cooling (จริงแท้, 2542) วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการขนส่งเห็ดฟางและเห็ดกระดุมภายในประเทศ โดยวางตะกร้าบรรจุเห็ดในรถห้องเย็นขณะขนส่ง (ศุภนิศย์, 2547) จากการศึกษาการใช้รถห้องเย็นอุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส ขนส่งเห็ดฟางก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกัน เป็นเวลา 1 วัน พบว่า สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก แต่ไม่สามารถชะลอการบานของดอกเห็ดได้ (วัลลภา, 2534)

1.2 การลดอุณหภูมิโดยการใช้น้ำเย็น (hydrocooling) เป็นการลดความร้อนโดยอาศัยน้ำเป็นตัวนำความร้อน ประสิทธิภาพของการทำให้เย็นด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำกับผลิตผลต้องมากที่สุด และน้ำต้องเย็นที่สุดเท่าที่เย็นได้โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับผลิตผล (จริงแท้, 2542) แต่สำหรับเห็ดถ้าเปียกน้ำจะทำให้เน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นการลดอุณหภูมิวิธีนี้จึงไม่เหมาะสมกับเห็ด Beelman *et al.* (1986) รายงานว่าเห็ดกระดุมที่ผ่านการล้างน้ำจะมีค่าความสว่าง (L value) น้อยและมีจำนวนแบคทีเรียมากกว่าเห็ดที่ไม่ผ่านการล้างน้ำ

1.3 การลดอุณหภูมิโดยการใช้น้ำแข็ง (ice cooling) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ เนื่องจากผลิตผลไม่ได้สัมผัสกับน้ำแข็งโดยตรง แต่เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมสำหรับการลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่งเห็ดฟางและเห็ดกระดุมในประเทศไทย เนื่องจากปฏิบัติได้ง่าย ต้นทุนต่ำ และเกษตรกรสามารถทำได้เอง โดยวางตะกร้าบรรจุดอกเห็ดในกล่องน้ำแข็งขณะขนส่ง หรือนำเห็ดฟางที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติก น้ำหนักถาดละ 200-500 กรัม ลงในกล่องโฟม 2 ชั้น ที่มีลักษณะคล้ายถังไอศกรีมซึ่งบรรจุน้ำแข็งผสมเกลือ สามารถรักษาความสดและชะลอการบานของดอกเห็ดได้ 25-30 ชั่วโมง (ศุภนิศย์, 2547) อย่างไรก็ตามการลดอุณหภูมิด้วยวิธีนี้มีข้อเสียคือเห็ดเกิดการจมน้ำได้ง่าย เนื่องจากภายในกล่องมีความชื้นสูง (ชัยชนะ, 2549)

1.4 การลดอุณหภูมิโดยลมดันเย็น (forced-air cooling) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิสูง เนื่องจากเป็นการบังคับอากาศเย็นให้ไหลผ่านผลิตภัณฑ์ทำให้สามารถลดอุณหภูมิลงได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิในเห็ด (จริงแท้, 2542; Brecht, 2003) เนื่องจากเห็ดมีการเปลี่ยนแปลงเร็วและบอบช้ำได้ง่าย อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า การลดอุณหภูมิด้วยวิธีการนี้ในเห็ดกระดุมทำให้มีการสูญเสีย น้ำมาก (Baker *et al*, 1981) แต่หากมีการใช้ forced-air cooling โดยให้อากาศชื้นกับเห็ดกระดุมช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ (Varszegi, 2002)

1.5 การลดอุณหภูมิโดยการใช้สุญญากาศ (vacuum cooling) เป็นการทำให้เย็นในสภาพความดันต่ำซึ่งสภาพดังกล่าวทำให้จุดเดือดของน้ำลดลงใกล้ 0 องศาเซลเซียส น้ำสามารถเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำได้ง่าย โดยอาศัยความร้อนจากผลิตภัณฑ์จึงทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลดลง อย่างไรก็ตามการลดอุณหภูมิด้วยวิธีนี้มีข้อเสียคือ มีต้นทุนสูง (จริงแท้, 2542) Tao *et al.* (2007) รายงานว่า เห็ดกระดุมที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีนี้มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าเห็ดที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ ในขณะเดียวกันพบว่าปริมาณ MDA และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าเช่นกัน นอกจากนี้มีรายงานว่าสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลในเห็ดหอมได้ (Bae *et al.*, 1995)

2. อุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากกระบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ เกิดได้ช้าลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหายใจ ในขณะเดียวกันก็สามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะเข้าทำลายผลิตภัณฑ์ด้วย (จริงแท้, 2542) Suslow and Cantwell (2002) รายงานว่าเห็ดกระดุมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 5 10 และ 20 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจเท่ากับ 14-22 35 50 และ 132-138 มล.CO₂/กก.ชม แต่สำหรับเห็ดพบว่าอุณหภูมิต่ำสามารถลดการย่อยสลายตัวเองได้ด้วย (วัชรินทร์, 2536) แม้ว่าอุณหภูมิต่ำช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ แต่มีข้อจำกัดที่อุณหภูมิระดับหนึ่งเท่านั้น ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ไม่เท่ากัน (สาขชล, 2528) ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปผลิตภัณฑ์อาจเกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยา ที่เรียกว่า อาการสะท้อนหนาว (chilling injury) อาการที่เกิดขึ้นมีหลายลักษณะ เช่น ผิวของผลิตภัณฑ์เกิดรอยแผลสีน้ำตาลหรือสีดำ อาจมีรอยบวม เนื่องจากการตายของเซลล์ มีการสะสมแอลกอฮอล์และอะเซตัลดีไฮด์ภายในเนื้อเยื่อ ทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ผิดปกติไป ฟันเหม็นร้อนส่วนใหญ่จะเกิดอาการผิดปกติขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12-15 องศาเซลเซียส (จริงแท้, 2542) สำหรับเห็ดฟางอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 10-16

องศาเซลเซียส (วิฑูรย์, 2527) อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า การเก็บรักษาเห็ดฟางที่ 10 และ 13-14 องศาเซลเซียส เกิดอาการสะท้อนหนาว ในวันที่ 2 และ 3-4 ตามลำดับ (จุฬารักษ์, 2545; วัลลภา, 2534)

3. สภาพดัดแปลงบรรยากาศ

การเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere) เป็นอีกวิธีที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในสภาพดังกล่าวมีปริมาณออกซิเจนน้อย และ/หรือคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติ ซึ่งในสภาพนี้ ผลผลิตมีการหายใจ การสร้างเอทิลีน และกระบวนการออกซิเดชันต่าง ๆ เช่น การออกซิไดส์สารประกอบฟีนอลน้อยกว่าปกติ และสามารถลดการเกิดอาการสะท้อนหนาวและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะเข้าทำลายผลิตภัณฑ์ได้ด้วย ตัวอย่างของการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ เช่น การเก็บในถุงปิดปากแน่น ปริมาณออกซิเจนลดลงเนื่องจากถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจและปลดปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจเช่นกัน โดยปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ถูกควบคุมโดยคุณสมบัติการยอมให้ก๊าซซึมผ่านของภาชนะบรรจุ (สายชล, 2528; Burton, 1991)

ปัจจุบันในต่างประเทศได้มีการศึกษาการเก็บรักษาเห็ดในสภาพดัดแปลงบรรยากาศโดยใช้ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิค่อนข้างกว้างขวาง พบว่า สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของเห็ดได้ แต่ส่วนใหญ่ศึกษากับเห็ดเมืองหนาว เช่น เห็ดกระดุม (Saray *et al.*, 1995; Simon and Gurri, 1998) เห็ดเข็มทอง (Cho *et al.*, 1998) และเห็ดนางรม (Villaescusa and Gil, 2003) สำหรับเห็ดฟางซึ่งเป็นเห็ดเมืองร้อนนั้น พบว่า มีการศึกษาเรื่องนี้น้อยและยังไม่สามารถหาวิธีการชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้หรืออาจมีค่าใช้จ่ายสูงและไม่สะดวกในการปฏิบัติงานจริง เช่น การเก็บรักษาเห็ดฟางในสภาพดัดแปลงบรรยากาศโดยใช้ถุงโพลีเอทิลีนหนา 52 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิ 10 15 และ 22 องศาเซลเซียส พบว่าเห็ดผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างรวดเร็วและสะสมในภาชนะบรรจุจนเป็นอันตรายแก่เห็ดเอง นอกจากนี้ยังเกิดการกลั่นตัวของน้ำภายในภาชนะบรรจุ ทำให้ความชื้นสูงเป็นสาเหตุให้เชื้อราเจริญเติบโตได้ดีและทำให้เห็ดเน่าเสียไปในที่สุด (สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2531)

วัลลภา (2534) พบว่า การเก็บรักษาเห็ดฟางที่อุณหภูมิต่ำในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ โดยบรรจุในถาดโฟมหรือกล่องกระดาษหุ้มพลาสติก PY 7 (Cryovac Cripwrap) เป็นพลาสติกชนิด polypropylenes หนา 15 ไมครอน มีรูขนาด 1.1 มิลลิเมตร ทัวทั้งแผ่น หรือพลาสติก PYL (พลาสติกชนิดเดียวกับ PY7 แต่มีรูน้อยกว่า) สามารถเก็บเห็ดฟางได้เพียง 2-4 วัน การเก็บรักษาเห็ด

ที่อุณหภูมิ 13-14 องศาเซลเซียส เกิดอาการสะท้อนหนาว โดยผิวเหี่ยวเป็นแผลวงกลมยุบตัวลง ส่วนการเก็บที่อุณหภูมิ 19-20 องศาเซลเซียส (ห้องปรับอากาศ) ดอกเห็ดจะแย้มและบานออกจนเห็นก้านมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

จุฬารักษ์ (2545) เก็บรักษาเห็ดฟางโดยใช้ภาชนะบรรจุ 4 ชนิด คือ ใส่ตะกร้าพลาสติก ถุงกระดาษ ถุงพลาสติก polyethylene (PE) เจาะรู และถาดโฟมเจาะรูด้านล่าง หุ้มด้วยพลาสติกที่อุณหภูมิ 10 16 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่า การเก็บเห็ดฟางในถุง PE ปิดปากถุง เจาะรู ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส ให้ผลดีที่สุด เก็บได้นาน 4 วัน โดยสามารถรักษาความสดของเห็ดได้ดี เห็ดเปลี่ยน เป็นสีน้ำตาลเล็กน้อย ส่วนเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทุกภาชนะบรรจุหมดสภาพการซื้อขายในวันที่ 2 เนื่องจากเกิดอาการสะท้อนหนาวมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เห็ดฟางที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้เพียง 1-2 วัน

วรภัทร และคณะ (2544) เก็บรักษาเห็ดฟางที่คลุกด้วยแป้งมันสำปะหลังในถุง polypropylenes (PP) หนา 60 ไมโครเมตร บรรจุให้ได้น้ำหนัก 100 200 และ 300 กรัม ดัดแปลงบรรยากาศโดยเติมอากาศที่มีสัดส่วนคาร์บอนไดออกไซด์:ออกซิเจน ร้อยละ 5:5 5:10 และ 5:15 เปรียบเทียบกับอากาศปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าเห็ดในถุงที่บรรจุ 100 กรัม ที่เติมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์: ออกซิเจน ร้อยละ 15:5 และอากาศปกติสามารถเก็บได้นานที่สุด 5 วัน นอกจากนั้นได้ทดลองเก็บรักษาเห็ดฟางในถุงพลาสติกดัดแปลง PP-Remye® (ซึ่งมีส่วนประกอบระหว่างพลาสติก polypropylenes ความหนา 80 ไมโครเมตร กับผ้าใยสังเคราะห์ Remye® ร้อยละ 6.25 ของพื้นที่ถุงขนาด 20.5x30.0 เซนติเมตร) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 8 วัน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเห็ดฟางจากฟาร์มของเกษตรกร จังหวัดนครปฐม ที่ผ่านการคัดแต่งและทำความสะอาด โดยเลือกเห็ดฟางระยะรูปไข่ (egg stage) ซึ่งเป็นระยะที่ตลาดต้องการ คัดเลือกดอกที่มีขนาดสม่ำเสมอ บรรจุตะกร้าที่สามารถระบายอากาศได้ดี มาทำการทดลองดังนี้

1. ผลของอุณหภูมิเก็บรักษาต่อคุณภาพของเห็ดฟาง

บรรจุเห็ดฟางในถาดโฟมถาดละ 250 กรัม หุ้มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride: PVC) หนา 13 ไมโครเมตร เจาะรูขนาดเล็กด้วยเข็มฉีดยาจำนวน 16 รู และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ให้แต่ละถาด เป็น 1 ซ้ำ มีทั้งหมด 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) มี 6 ทรีตเมนต์ คือ

- ทรีตเมนต์ที่ 1 อุณหภูมิห้อง (29 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 68 ± 7 เปอร์เซ็นต์)
- ทรีตเมนต์ที่ 2 อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 91 ± 7 เปอร์เซ็นต์)
- ทรีตเมนต์ที่ 3 อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 89 ± 7 เปอร์เซ็นต์)
- ทรีตเมนต์ที่ 4 อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 86 ± 5 เปอร์เซ็นต์)
- ทรีตเมนต์ที่ 5 อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 84 ± 6 เปอร์เซ็นต์)
- ทรีตเมนต์ที่ 6 อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 5 เปอร์เซ็นต์)

บันทึกผลการทดลองทุกวัน เป็นเวลา 6 วัน ดังนี้

1. อัตราการหายใจของเห็ดฟาง

วัดอัตราการหายใจของเห็ดฟาง (ระบบปิด) โดยบรรจุเห็ดฟางน้ำหนัก 110-120 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ในขวดแก้วปริมาตร 755 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยางที่ต่อด้วยสายยางคิบนาน 10 นาที คูณก๊าซภายในขวดแก้ว นิดเข้าเครื่อง gas chromatograph (Shimadzu GC-8A) ที่มี detector ชนิด thermal conductivity detector (TCD) มี Porapak Q 80/100 บรรจุในท่อไร้สนิมเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.48 เซนติเมตร ยาว 200 เซนติเมตร โดยวัดเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทุก 6 ชั่วโมง และคำนวณเป็นอัตราการหายใจ หน่วยเป็น mg CO_2 ต่อน้ำหนักเห็ด 1 กก. ชม.

2. สภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ

วัดปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และเอทิลีน ด้วยเครื่อง Gas Chromatography (Shimadzu GC-8A) สำหรับการวัดปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ใช้ detector ชนิดเดียวกับการวัดอัตราการหายใจ ส่วนการวัดปริมาณเอทิลีนใช้ detector ชนิด flame ionization detector (FID) มี Porapak Q 80/100 บรรจุในท่อไร้สนิมเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.48 เซนติเมตร ยาว 200 เซนติเมตร

3. การเปลี่ยนแปลงสีของดอกเห็ดบริเวณปลอกหุ้มและโคนก้านดอก

วัดสีบริเวณจุดกึ่งกลางปลอกหุ้มดอกเห็ด จำนวน 10 ดอกต่อซ้ำ จากนั้นใช้มีดผ่ากลางดอกเห็ด วัดสีบริเวณโคนก้านดอกจำนวน 10 ดอกต่อซ้ำ ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CR 300) ระบบ Hunter's scale รายงานผลเป็นค่า L a และ b

ค่า L หมายถึงค่าความสว่าง โดย L=0 หมายถึงสีดำ และ L=100 หมายถึงสีขาว
ค่า a เป็นค่าบวก หมายถึงเข้าใกล้สีแดง ค่า a เป็นค่าลบ หมายถึงเข้าใกล้สีเขียว
ค่า b เป็นค่าบวก หมายถึงเข้าใกล้สีเหลือง ค่า b เป็นค่าลบ หมายถึงเข้าใกล้สีน้ำเงิน

4. การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) คำนวณจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

5. ความแน่นเนื้อของดอกเห็ด โดยใช้ firmness tester ที่รับแรงกด 1 กิโลกรัม ใช้หัวกดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร วัดบริเวณโคนก้านดอกเห็ดจำนวน 10 ดอกต่อซ้ำ ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และคำนวณเป็นหน่วยนิวตัน

6. การเกิดอาการสะท้านหนาวของเห็ดฟาง

ให้คะแนนตามความรุนแรงของอาการ ใช้เกณฑ์ในการพิจารณา คือ รอยบวม อาการน้ำขึ้น และการยุบตัวของดอกเห็ด โดยให้คะแนนดังนี้

1 คะแนน = ไม่เกิดอาการสะท้อนหนาว

2 คะแนน = เริ่มเกิดอาการสะท้อนหนาวพบรอยบวมเล็ก ๆ ไม่เกิดอาการน้ำนํ้า ดอกเห็ดมีสภาพปกติ

3 คะแนน = พบรอยบวมขนาดใหญ่ขึ้นและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ไม่เกิดอาการน้ำนํ้าหรือเกิดอาการน้ำนํ้าเล็กน้อย

4 คะแนน = เกิดอาการน้ำนํ้า ดอกเห็ดยุบตัวแต่ยังคงรูปร่างของดอกเห็ด มีน้ำไหลออกมาจากดอกเห็ด ดอกเห็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ อาจมองเห็นหรือมองไม่เห็นรอยบวม

5 คะแนน = เกิดอาการน้ำนํ้า ดอกเห็ดยุบตัว เสียรูปร่างของดอกเห็ด มีน้ำไหลออกมาจากดอกเห็ดจำนวนมาก ดอกเห็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ มองไม่เห็นรอยบวมเนื่องจากดอกเห็ดยุบตัวและละ

7. การร่วไหลของประจุบริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ด (ดัดแปลงจากวิธีของจุฬารักษ์, 2545)

ตัดเนื้อเยื่อบริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ด (volva) ขนาดกว้างและยาวเท่ากับ 0.4 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักให้ได้ 1 กรัม ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ใส่ใน Erlenmeyer flask ที่มีสารละลาย mannitol 0.4 โมลาร์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำไปวางบนเครื่องเขย่าที่มีความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) นาน 3 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง conductivity meter จากนั้นนำตัวอย่างเดิม autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที วางให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการนำไฟฟ้าอีกครั้ง ค่าที่ได้นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การร่วไหลของประจุโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การร่วไหลของประจุ} = \frac{\text{ค่าการนำไฟฟ้าก่อน autoclave} \times 100}{\text{ค่าการนำไฟฟ้าหลัง autoclave}}$$

8. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solids: SS) ของน้ำคั้นดอกเห็ด ด้วย hand refractometer ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

9. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity: TA) ของน้ำคั้นดอกเห็ด โดยนำน้ำคั้นดอกเห็ดปริมาตร 5 มิลลิลิตร ไทเทรตกับสารละลาย NaOH 0.1 นอร์มอล ใช้ phenolphthalein 1 เปอร์เซ็นต์ เป็น indicator จนถึง end point คือ เมื่อตัวอย่างมีสีชมพู จำนวนเปอร์เซ็นต์กรดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริก (Villaescusa and Gil, 2003) โดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก} = \frac{N \text{ base} \times \text{ml base} \times \text{meq.wt. ของกรดซิตริก}}{\text{ปริมาตรของน้ำคั้นที่ใช้ (มิลลิลิตร)}} \times 100$$

N base = ความเข้มข้นของ NaOH (นอร์มอล)

ml base = ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)

meq.wt. ของกรดซิตริก = 0.064

10. ปริมาณโปรตีน (crude protein)

10.1 การเตรียมตัวอย่าง (ดอกเห็ดฟาง) อบดอกเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนกระทั่งดอกเห็ดฟางแห้งสนิท (ดอกเห็ดฟางแห้งมีน้ำหนักคงที่) จากนั้นบดให้ละเอียดด้วยครกหิน บรรจุในซองพลาสติกปิดผนึก เก็บไว้ในโถสุญญากาศ สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

10.2 การย่อยตัวอย่าง (ทัศนีย์ และคณะ, 2537) ชั่งตัวอย่างเห็ดแห้งที่บดละเอียด 0.2 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 75 มิลลิลิตร เติมตัวเร่งปฏิกิริยา 0.15 กรัม และเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 4 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปย่อยสลายใน block digesting ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ภายใน hood นาน 3 ชั่วโมง จนกระทั่งสารละลายใส ทิ้งให้เย็น ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน และกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เก็บสารละลายตัวอย่างเห็ดในขวดพลาสติกปิดฝาให้สนิท

10.3 การเตรียม blank ปฏิบัติเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่าง แต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่างดังกล่าวข้างต้น

หมายเหตุ สารเร่งปฏิกิริยาประกอบด้วย sodium sulfate (Na_2SO_4) 100 กรัม และ selenium (Se) 1 กรัม

10.4 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (ทศนิยม และคณะ, 2537) เติมน้ำละลายตัวอย่างให้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงใน distillation flask และเติม NaOH 10 นอร์มอล ปริมาตร 5 มิลลิลิตร กลับด้วยเครื่องกลั่น (distillation apparatus) ซึ่งไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ถูกกลั่นลงใน flask ที่บรรจุสารละลาย boric acid indicator ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จนกระทั่งสารละลายดังกล่าวมีปริมาตร 30 มิลลิลิตร ไทเทรตสารละลายดังกล่าวด้วยสารละลายมาตรฐาน (standard solution) H_2SO_4 0.05 นอร์มอล ส่วน blank ปฏิบัติเช่นเดียวกับตัวอย่าง โดยใช้สารละลาย blank ที่ได้จากข้อ 10.3

10.5 คำนวณปริมาณไนโตรเจน จากสูตร

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (ppm)} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 0.014 \times 50 \times 10^6}{W \times V_3}$$

V_1 = ปริมาตร H_2SO_4 ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

V_2 = ปริมาตร H_2SO_4 ที่ใช้ไทเทรต blank

V_3 = ปริมาตรสารละลายที่ใช้ในการกลั่น

N = ความเข้มข้น H_2SO_4 ที่ใช้ไทเทรต

W = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ย่อย

10.6 คำนวณปริมาณโปรตีน (crude protein) (A.O.A.C., 1998) จากสูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} \times 6.25$$

11. การเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ที่สังเกตได้ เช่น กลิ่นผิดปกติ การเจริญของเส้นใยบริเวณรอบดอกเห็ด การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ

2. ผลของการลดอุณหภูมิต่อคุณภาพของเห็ดฟาง

ศึกษาวิธีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาเห็ดฟาง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD มีทั้งหมด 4 ทรีตเมนต์ 4 ซ้ำ ๆ ละ 1 ตะกร้า ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 ไม่ลดอุณหภูมิ (ชุดควบคุม)

ทรีตเมนต์ที่ 2 ลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่งโดยบรรจุตะกร้าใส่หีดยาในกล่องโฟมซึ่งด้านล่างบรรจุน้ำแข็ง (gel ice บรรจุในถุงพลาสติกกว้าง 12x12 เซนติเมตร กล่องโฟมละ 15 ถุง)

ทรีตเมนต์ที่ 3 ลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่งด้วยรถห้องเย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ทรีตเมนต์ที่ 4 ไม่ลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง เมื่อถึงห้องปฏิบัติการลดอุณหภูมิโดยวิธีลมดันเย็น (forced-air cooling) ในห้องเย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

บรรจุหีดยาที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ ในถาดโฟมถาดละ 250 กรัม หุ้มพลาสติก PVC หน้า 13 ไมโครเมตร เจาะรูขนาดเล็กด้วยเข็มฉีดยาจำนวน 16 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส (ผลจากการทดลองที่ 1) บันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ยกเว้นอัตราการหายใจ การเกิดอาการสะท้อนหนาว แต่บันทึกอุณหภูมิในผลิตภัณฑ์ระหว่างการลดอุณหภูมิเพิ่ม โดยใช้ thermocouple ซึ่งมีเซ็นเซอร์เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 มิลลิเมตร โดยวัดบริเวณส่วนกลางของดอกหีดยา ทุก 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3. ผลของการดัดแปลงสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของหีดยา

เก็บรักษาหีดยาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส (ผลจากการทดลองที่ 1) ให้แต่ละถาดเป็น 1 ชั่วโมง โดยบรรจุถาดละ 250 กรัม มีทั้งหมด 3 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ CRD มีทรีตเมนต์ ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 บรรจุถาดโฟมโดยไม่หุ้มพลาสติก

ทรีตเมนต์ที่ 2 บรรจุถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC ไม่เจาะรู

ทรีตเมนต์ที่ 3 บรรจุถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC เจาะรูขนาดเล็ก ด้วยเข็มฉีดยา จำนวน 16 รู

ทรีตเมนต์ที่ 4 บรรจุถาดโฟมแล้วใส่ถุงพลาสติกชนิด PE ปิดปากถุง ไม่เจาะรู

ทรีตเมนต์ที่ 5 บรรจุถาดโฟมแล้วใส่ถุงพลาสติกชนิด PE ปิดปากถุง เจาะรูขนาดเล็ก ด้วยเข็มฉีดยา จำนวน 16 รู

บันทึกผลการทดลองทุกวัน เป็นเวลา 6 วัน โดยบันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 และวัดการรั่วไหลของประจุบริเวณก้านดอกเห็ดเพิ่ม โดยใช้วิธีเช่นเดียวกับการวัดค่าการรั่วไหลของประจุบริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ด

หมายเหตุ ถุง PE คือ ถุงโพลิเอทิลีน (polyethylene: PE) ขนาด 7x11 นิ้ว หน้า 45 ไมโครเมตร

4. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำร่วมกับการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ

เลือกการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่ทำให้เห็ดฟางมีคุณภาพและมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด (การทดลองที่ 3) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบ CRD จัดสิ่งทดลองแบบ factorial มี 2 ปัจจัย 6 ทรีตเมนต์คอมบินเนชัน โดยบรรจุเห็ดฟางถาดละ 250 กรัม ให้แต่ละถาดเป็น 1 ซ้ำ มีจำนวน 3 ซ้ำ

ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิในการเก็บรักษา มี 3 อุณหภูมิ คือ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ 2 การดัดแปลงสภาพบรรยากาศ โดยใช้พลาสติกชนิดต่างกัน คือ พลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride: PVC) หน้า 13 ไมโครเมตร เจาะรูขนาดเล็ก ด้วยเข็มฉีดยา จำนวน 16 รู และถุงโพลิเอทิลีน (polyethylene: PE) ขนาด 7x11 นิ้ว หน้า 45 ไมโครเมตร เจาะรูขนาดเล็ก ด้วยเข็มฉีดยา จำนวน 16 รู

บันทึกผลการทดลอง 6 วัน ตามการทดลองที่ 1 ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ อาการสะท้อนหนาว การรั่วไหลของประจุบริเวณปลอกหุ้มและก้านดอก และบันทึกผลเพิ่มเติม ดังนี้

1. กิจกรรมของเอนไซม์ phospholipase D (PLD) (ดัดแปลงวิธีการของ Mao *et al.*, 2004)

1.1 บดเห็ดฟางสดน้ำหนักประมาณ 10 กรัม กับไนโตรเจนเหลว ด้วยเครื่องบดตัวอย่าง จากนั้นชั่งเห็ดฟางที่บดละเอียดน้ำหนัก 5 กรัม เติมสารละลาย 50 mM Tris-HCl pH 8 ที่ผสมกับ 10 mM KCl 500 mM sucrose และ 0.5 mM phenylmethylsulfonylfluoride (PMSF) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น กรองสารละลายที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง นำไปหมุนเหวี่ยง โดยใช้แรงเหวี่ยง 15000 rpm ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที ดูดสารละลายส่วนใส 45 ไมโครลิตร ใส่หลอดทดลอง เติมสารละลาย 27.4 mM nitrophenylphosphorylcholine ปริมาตร 135 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลาย acid phosphatase (0.4 units/100 ไมโครลิตร) ปริมาตร 15 ไมโครลิตร (สารทั้งสองชนิดละลายใน Ca-acetate pH 6) เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer นำไป incubate ในอ่างน้ำอุ่น ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Genesys 10 UV)

1.2 ปริมาณโปรตีน (protein content) ตามวิธีของ Bradford (1976) โดย นำสารละลาย เอนไซม์ที่สกัดได้ 40 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย 50 mM Tris-HCl pH 8 ที่ผสมกับ 10 mM KCl 500 mM sucrose และ 0.5 mM phenylmethylsulfonylfluoride (PMSF) ปริมาตร 960 ไมโครลิตร และเติมสาร Coomassie Brilliant Blue G-250 ความเข้มข้น 0.0125 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 4 มิลลิลิตร เขย่าสารให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer วางไว้นาน 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Genesys 10 UV) นำค่าที่วัดได้มาคำนวณปริมาณโปรตีนเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารตั้งต้น bovine serum albumin (BSA) ที่มีความเข้มข้น 0 200 400 600 800 และ 1,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

หมายเหตุ การเตรียม Coomassie Brilliant Blue G-250 ความเข้มข้น 0.0125 เปอร์เซ็นต์ ละลายสาร Coomassie Brilliant Blue G-250 จำนวน 0.10 กรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันในที่มืด จากนั้นเติมสาร phosphoric acid 85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น กรองผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 เก็บใส่ในขวดสีชา

2. กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase (LOX) หน่วยที่ได้เป็นปฏิกิริยาของ LOX ต่อ มิลลิกรัมโปรตีน (ดัดแปลงวิธีการของ Wang *et al.*, 2005)

2.1 ชั่งเห็ดฟางสด 1 กรัม เติมสารละลาย 100 mM Tris-HCl pH 8 ปริมาตร 7 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น กรองสารละลายที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง นำไปหมุนเหวี่ยง โดยใช้แรงเหวี่ยง 12,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที คูดสารละลายส่วนใส 0.10 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย 100 mM sodium phosphate pH 6 ปริมาตร 2.85 มิลลิลิตร และเติมสารตั้งต้น (substrate) ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 243 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Genesys 10 UV) อ่านค่าหลังทำปฏิกิริยา 1 นาที

หมายเหตุ การเตรียมสารตั้งต้น (substrate) ประกอบด้วย linoleic ปริมาตร 0.01 มิลลิลิตร NaOH 0.1 นอร์มอล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร Tween-20 ปริมาตร 0.005 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 25 มิลลิลิตร

2.2 ปริมาณโปรตีน (protein content) ตามวิธีของ Bradford (1976) ตามข้อ 1.2 แต่เปลี่ยนจากสารละลาย 50 mM Tris-HCl pH 8 ที่ผสมกับ 10 mM KCl 500 mM sucrose และ 0.5 mM phenylmethylsulfonylfluoride (PMSE) เป็นสารละลาย 100 mM Tris-HCl pH 8

3. ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ของเห็ดฟาง (ดัดแปลงวิธีของ Tao *et al.*, 2007)

ชั่งเห็ดฟางสด 3 กรัม เติมสารละลาย 100 mM sodium phosphate pH 6.4 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น กรองสารละลายที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง นำไปหมุนเหวี่ยง โดยใช้แรงเหวี่ยง 12,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที คูดสารละลายส่วนใส 1.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายที่ประกอบด้วย trichloroacetic acid (TCA) 15 เปอร์เซ็นต์ และ triobarbituric acid (TBA) 0.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer นำไป incubate ในอ่างน้ำร้อน อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว โดยแช่ในอ่างน้ำเย็น นาน 10 นาที จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยง โดยใช้แรงเหวี่ยง 7,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้ระบบ multiwavelength ที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Genesys 10 UV) คำนวณปริมาณ MDA โดยใช้สูตร

$$\text{MDA equivalents (nmol.ml}^{-1}\text{)} = \frac{[(A_{532}-A_{600}) \times 10^6]}{155000}$$

A_{532} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

A_{600} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม Statistical Analysis System (SAS) โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

6. สถานที่ทำการทดลอง

งานวิจัยพืชผลหลังการเก็บเกี่ยว และงานทดสอบดินปุ๋ยและการประยุกต์ ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

7. ระยะเวลาทำการทดลอง

ตั้งแต่เดือน มิถุนายน 2547- เดือนกันยายน 2550

ผลและวิจารณ์

ผล

1. ผลของอุณหภูมิเก็บรักษาต่อคุณภาพของเห็ดฟาง

1.1 อัตราการหายใจของเห็ดฟาง

เห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีอัตราการหายใจสูงถึง 1,308 มก. CO_2 /กก.ชม. ในช่วงชั่วโมงแรก และค่อย ๆ ลดลงเหลือ 981 มก. CO_2 /กก.ชม. ในช่วงชั่วโมงที่ 24 ส่วนเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่ 10 12 14 16 และ 18 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจอยู่ระหว่าง 960-1,180 มก. CO_2 /กก.ชม. ในช่วงชั่วโมงแรก จากนั้นอัตราการหายใจลดลง มีค่าอยู่ระหว่าง 100-300 มก. CO_2 /กก.ชม. ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 1)

1.2 สภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ

จากการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และเอทิลีนในภาชนะบรรจุ พบว่า ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุดในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา จากนั้นลดลงในวันที่ 2 และค่อนข้างคงที่จนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 2A และตารางผนวกที่ 1) ส่วนปริมาณก๊าซออกซิเจนตรงข้ามกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือลดลงในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา จากนั้นเพิ่มในวันที่ 2 และค่อนข้างคงที่จนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 2B และตารางผนวกที่ 2) ปริมาณก๊าซเอทิลีนของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณสูงที่สุดในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา จากนั้นปริมาณก๊าซเอทิลีนของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ลดลงและคงที่จนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษาซึ่งสามารถเก็บรักษาได้นาน 3 วัน โดยปริมาณก๊าซเอทิลีนของเห็ดฟางที่ตรวจวัดได้ในวันที่ 2 และ 3 นั้น มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับปริมาณก๊าซเอทิลีนของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่ 12 14 16 และ 18 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2C และตารางผนวกที่ 3)

1.3 การเปลี่ยนแปลงสีของดอกเห็ด

การเปลี่ยนแปลงสีของดอกเห็ดฟางทั้งบริเวณปลอกหุ้มดอกและโคนก้านดอก พบว่าค่า L (ความสว่าง) ลดลง ในขณะที่ค่า a (แดง) และ ค่า b (เหลือง) เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 3 และตารางผนวกที่ 4-6) แสดงว่าเห็ดฟางมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน (ภาพที่ 4) โดยเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 10 องศาเซลเซียส เกิดอาการสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะบริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ด พิจารณาจากค่า L ของเห็ดฟางที่อุณหภูมิห้อง ลดลงจาก 79.39 ในวันที่ 0 เป็น 63.7 ในวันที่ 1 ส่วนเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ลดลงจาก 77.25 เป็น 68.92 และ 65.19 ในวันที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

1.4 การสูญเสียน้ำหนัก

เห็ดฟางที่เก็บรักษาทุกอุณหภูมิสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นในแต่ละวันจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 5) โดยในวันที่ 1 เห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด และแตกต่างทางสถิติกับเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 และ 18 องศาเซลเซียส ส่วนในวันที่ 2 และ 3 พบว่าเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 และ 18 องศาเซลเซียส สูญเสียน้ำหนักแตกต่างทางสถิติกับเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 และ 14 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 7)

1.5 อาการสะท้อนขาว

อาการสะท้อนขาวของเห็ดฟางที่อุณหภูมิต่ำ คือ ปลอกหุ้มดอกเกิดแผลบวม ดอกเห็ดจมน้ำ ยุบตัว โดยเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เกิดอาการสะท้อนขาวมากกว่าเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (ภาพที่ 6) และมีความแตกต่างทางสถิติในวันที่ 2 และ 3 (ตารางผนวกที่ 8)

1.6 ความแน่นเนื้อ

เห็ดฟางที่เก็บรักษาทุกอุณหภูมิมียค่าความแน่นเนื้อลดลง โดยการเก็บที่อุณหภูมิ 14 และ 16 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อได้ดีที่สุด ในวันที่ 1 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่อุณหภูมิห้องลดลงอย่างรวดเร็วและมีค่าน้อยที่สุด รองลงมาคือเห็ดฟางที่อุณหภูมิ

10 องศาเซลเซียส เห็ดฟางที่อุณหภูมิ 12 14 และ 16 องศาเซลเซียส (มีค่าใกล้เคียงกัน) และเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนในวันที่ 2 พบว่าเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่เห็ดฟางที่อุณหภูมิ 12 14 16 และ 18 องศาเซลเซียส ค่าความแน่นเนื้อลดลงเพียงเล็กน้อย ส่วนในวันที่ 3-6 มีแนวโน้มว่าเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 14 และ 16 องศาเซลเซียส มีค่าความแน่นเนื้อลดลงน้อยกว่าเห็ดฟางที่อุณหภูมิอื่น แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 7 และตารางผนวกที่ 9)

1.7 การรั่วไหลของประจุ

การรั่วไหลของประจุบริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ด พบว่า เห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีการรั่วไหลของประจุมากที่สุด รองลงมาคือเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่ามีค่าแตกต่างกับค่าการรั่วไหลของประจุของดอกเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 14 16 และ 18 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 10) และพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 และ 16 องศาเซลเซียส ทำให้มีการรั่วไหลของประจุน้อยที่สุด (ภาพที่ 8)

1.8 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของดอกเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 9A และตารางผนวกที่ 11) และมีค่าลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาจากวันแรก โดยมีค่าระหว่าง 7.8-8.6 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 5.9-6.4 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 6

1.9 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

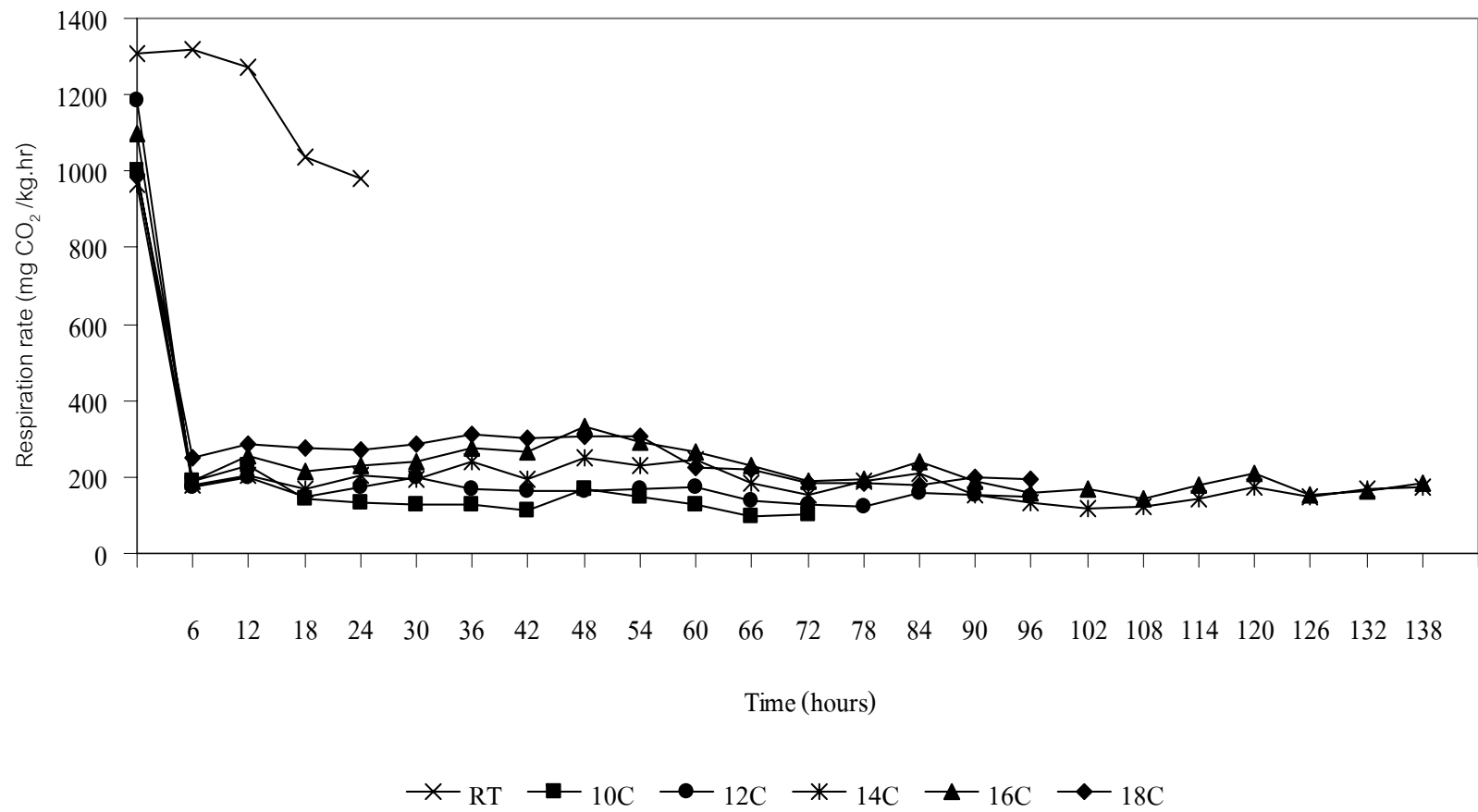
ในวันที่ 1 เห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุด และแตกต่างทางสถิติกับเห็ดฟางที่อุณหภูมิต่ำ อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ เพิ่มขึ้นในวันที่ 1 จากนั้นค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.318-0.506 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 9B และตารางผนวกที่ 12)

1.10 ปริมาณโปรตีน

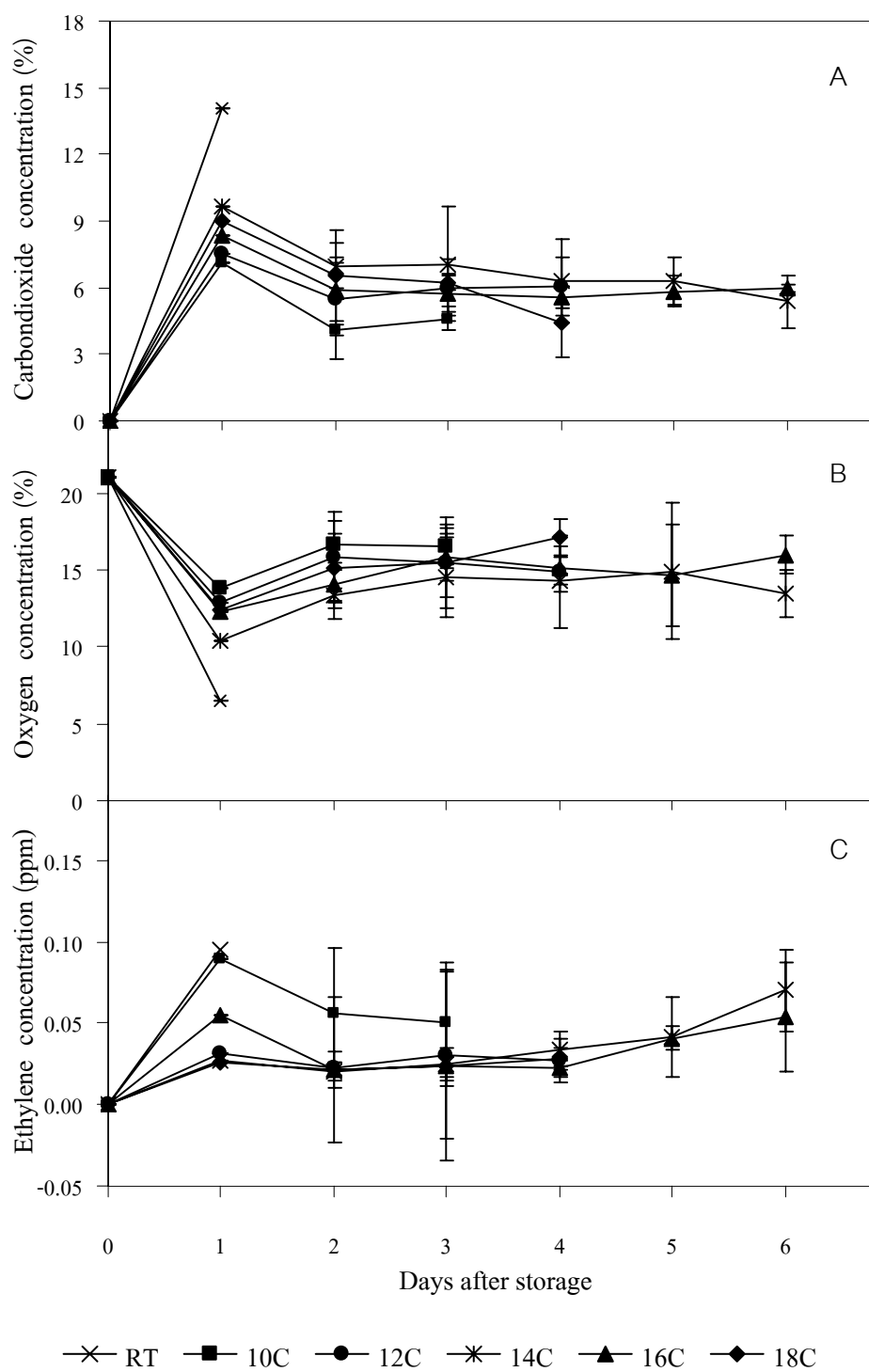
ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟาง พบว่า ในวันที่ 1 เห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ส่วนในวันที่ 2-6 ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่เก็บรักษาทุกอุณหภูมิไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 32.27-35.55 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 10 และตารางผนวกที่ 13)

1.11 การเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ที่สามารถสังเกตได้

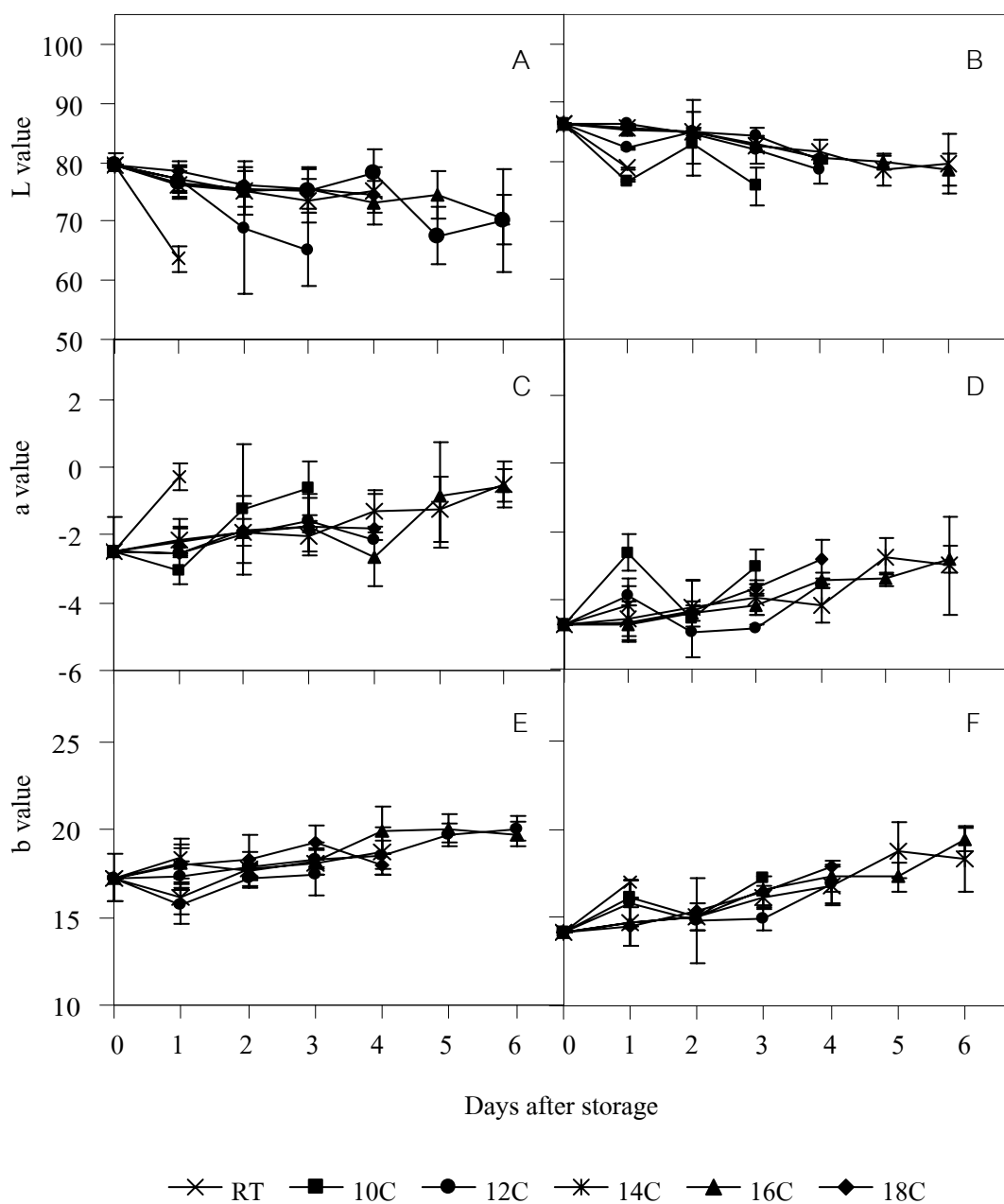
เห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเริ่มมีกลิ่นเหม็น ดอกและ หลังจากเก็บรักษาเพียง 1 วัน ทำให้หมดอายุการเก็บรักษา หากเก็บต่อไปจนกระทั่งถึงวันที่ 2 ดอกเห็ดแสดงอาการเน่าและมีน้ำไหลออกมาจากดอกเห็ด ขังอยู่ด้านล่างภาชนะบรรจุ และส่งกลิ่นเหม็นรุนแรง (ไม่แสดงข้อมูล) เห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เริ่มมีกลิ่นเหม็นในวันที่ 3 ส่วนดอกเห็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ในวันที่ 4 เริ่มสังเกตเห็นเส้นใยเล็ก ๆ เจริญรอบดอกเห็ด บางดอก โดยเฉพาะดอกที่อยู่ด้านล่างของถาด และสังเกตเห็นเส้นใยเจริญชัดเจนขึ้นในวันที่ 5



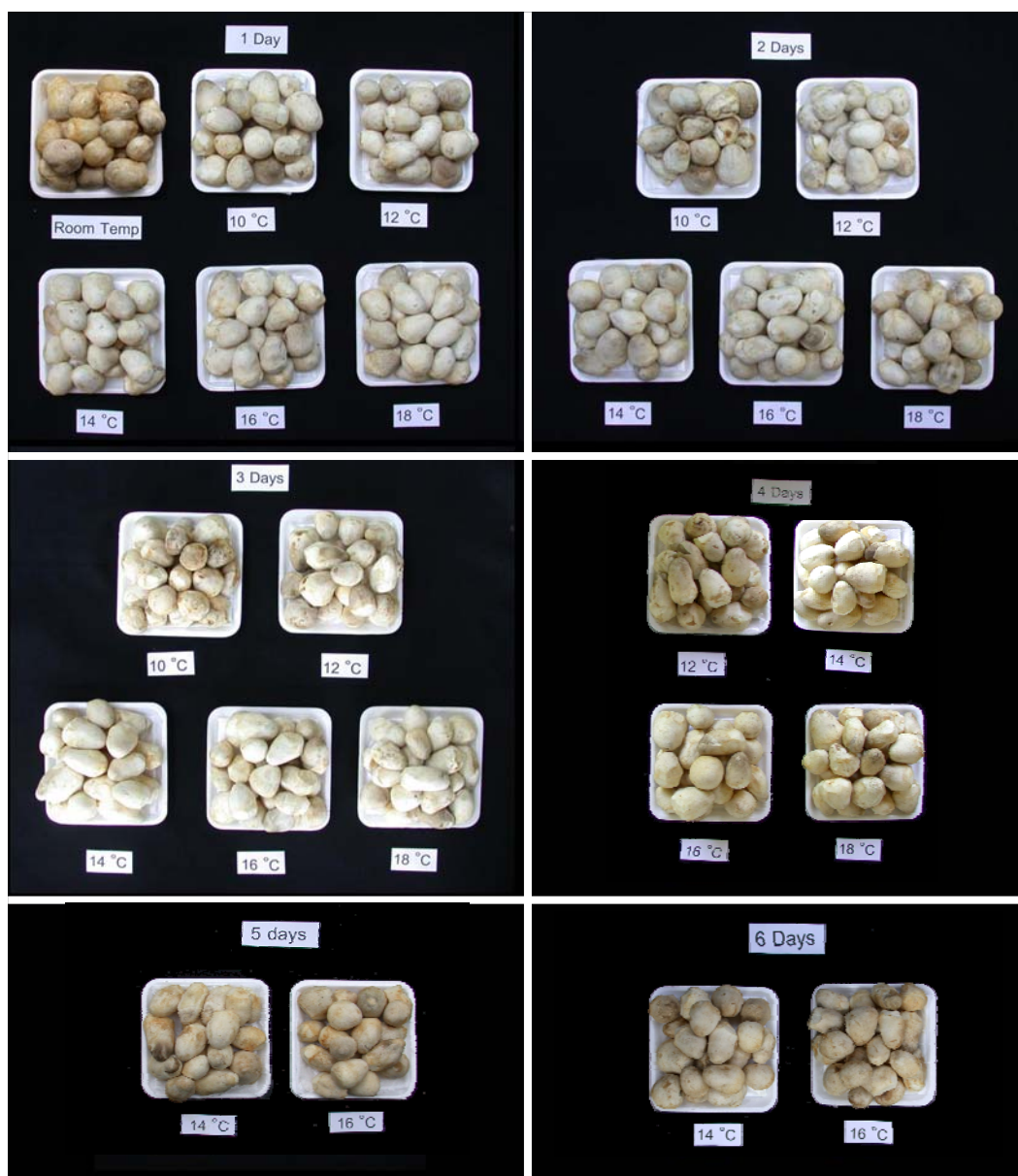
ภาพที่ 1 อัตราการหายใจของเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง)



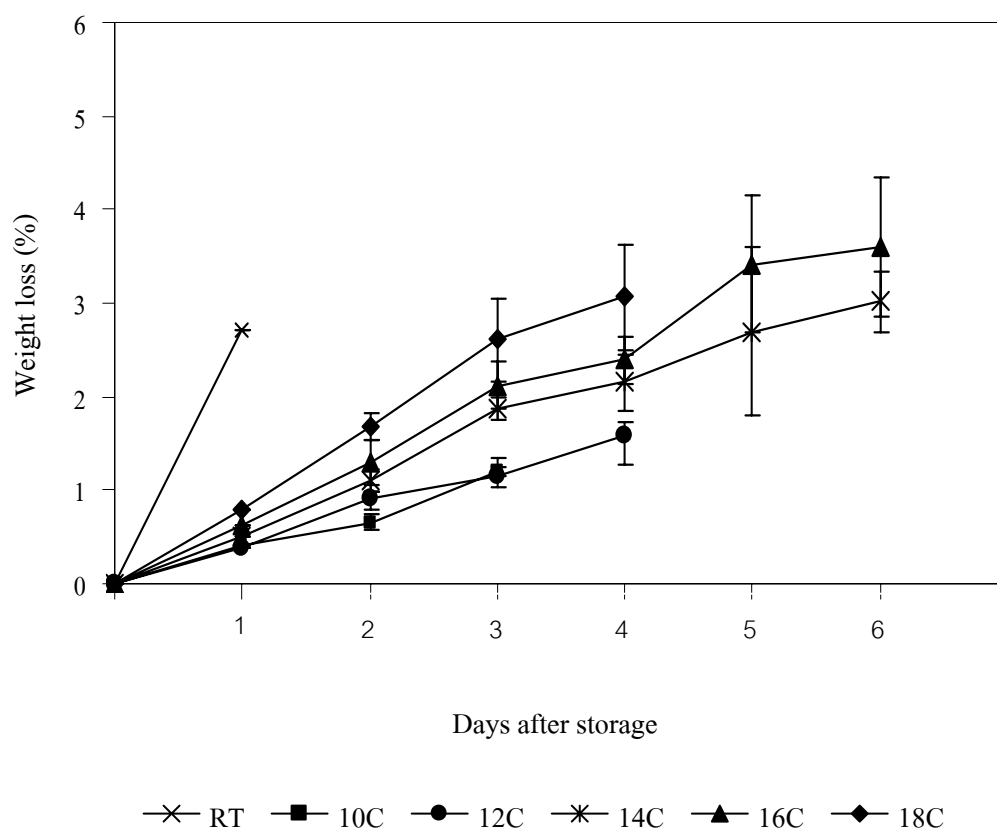
ภาพที่ 2 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (A) ออกซิเจน (B) และเอทิลีน (C) ภายในภาชนะบรรจุ
เห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง)



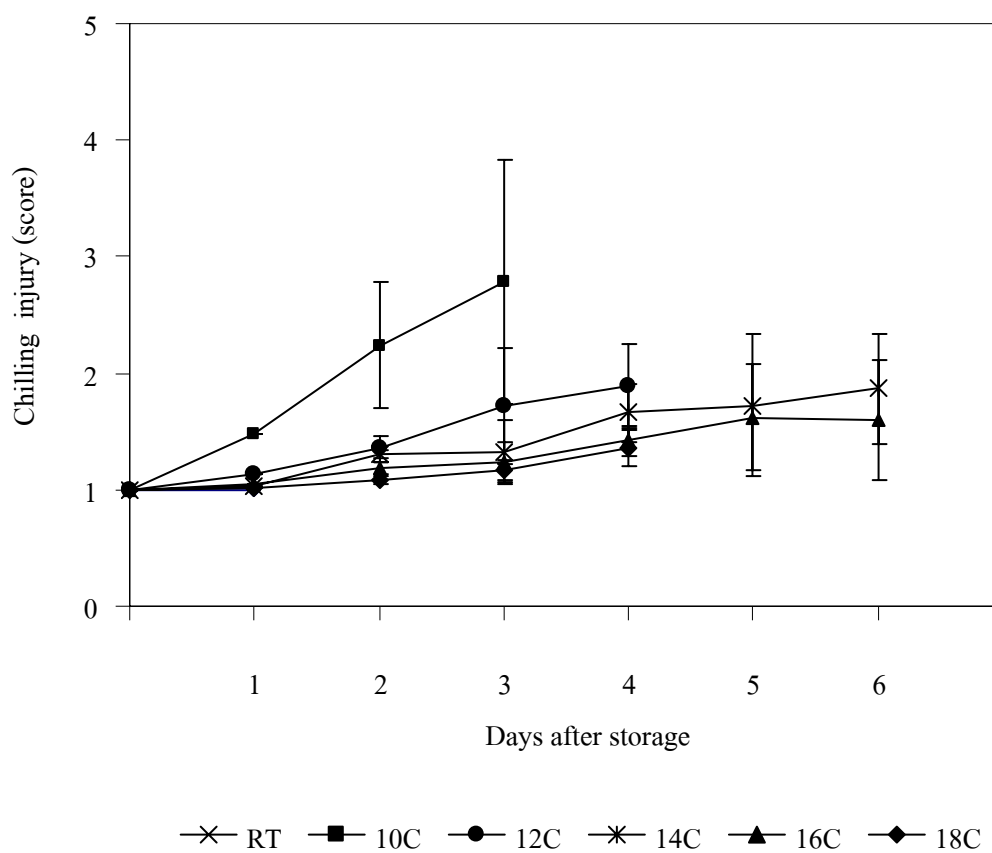
ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลง ค่า L บริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ด (A) บริเวณก้าน (B) ค่า a บริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ด (C) บริเวณก้าน (D) ค่า b บริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ด (E) บริเวณก้าน (F) ภายในภาชนะบรรจุที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง)



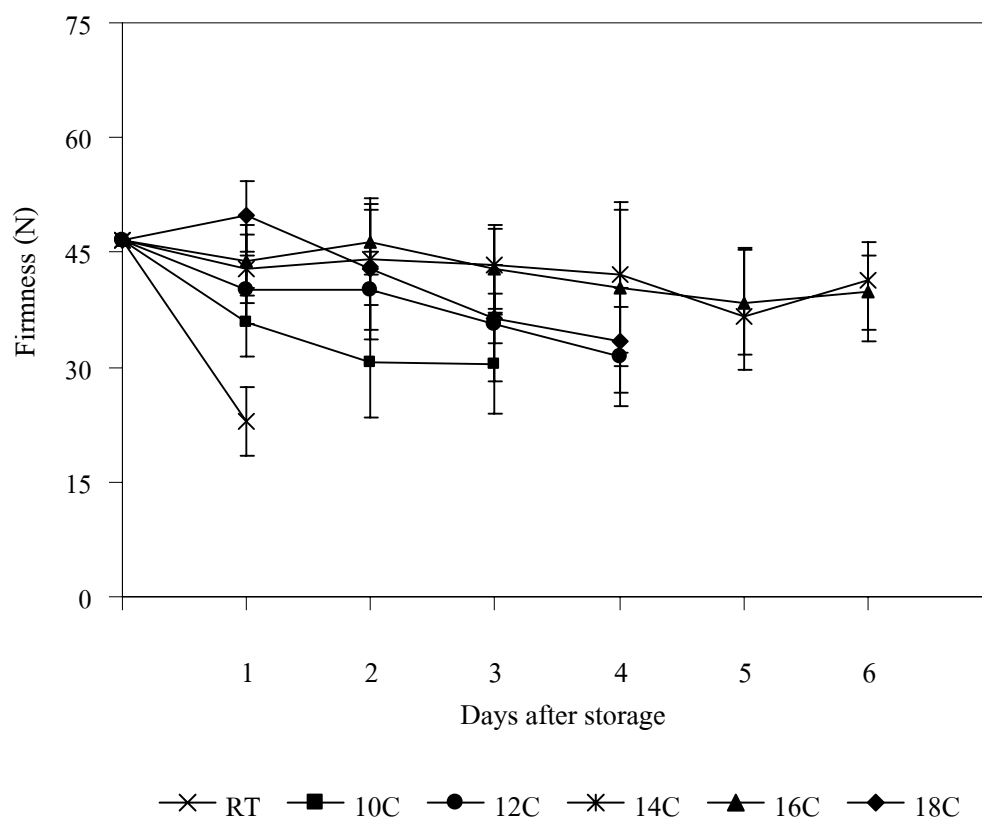
ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของเหง้าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง)



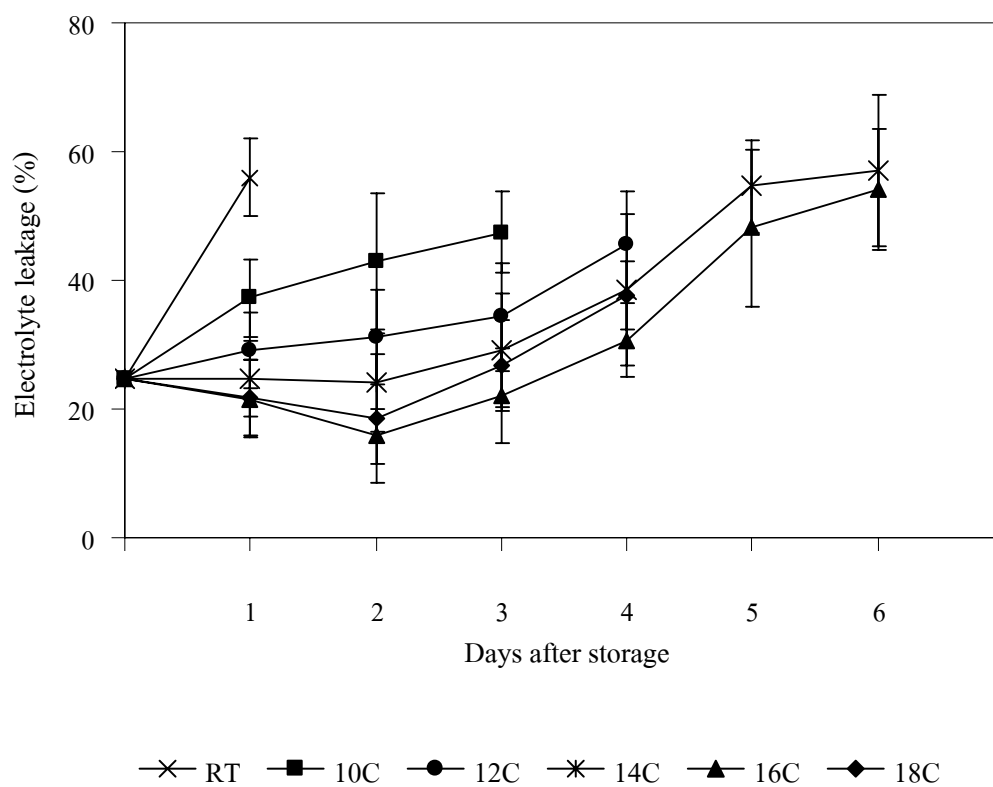
ภาพที่ 5 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง)



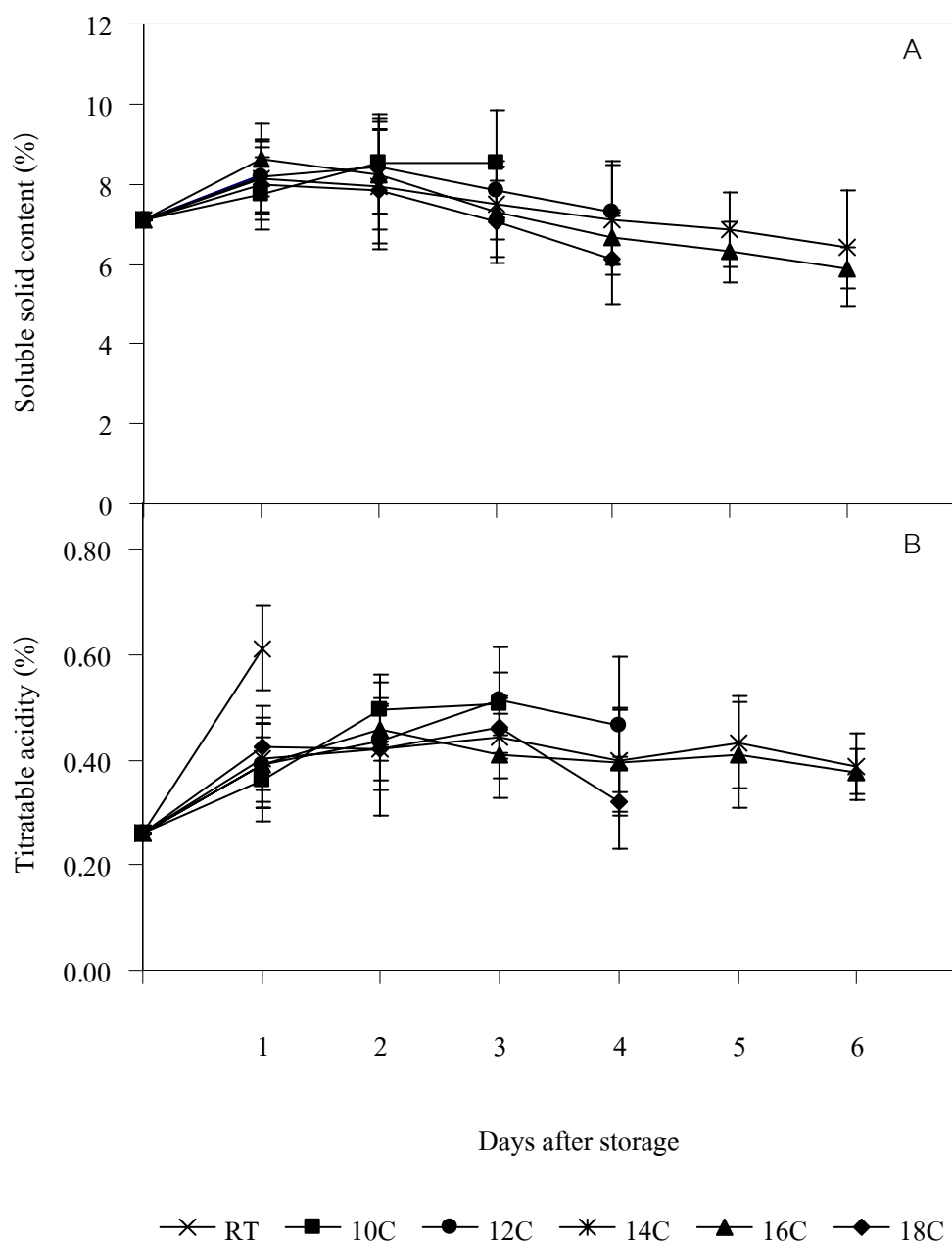
ภาพที่ 6 อาการสะท้อนหนาวของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง)



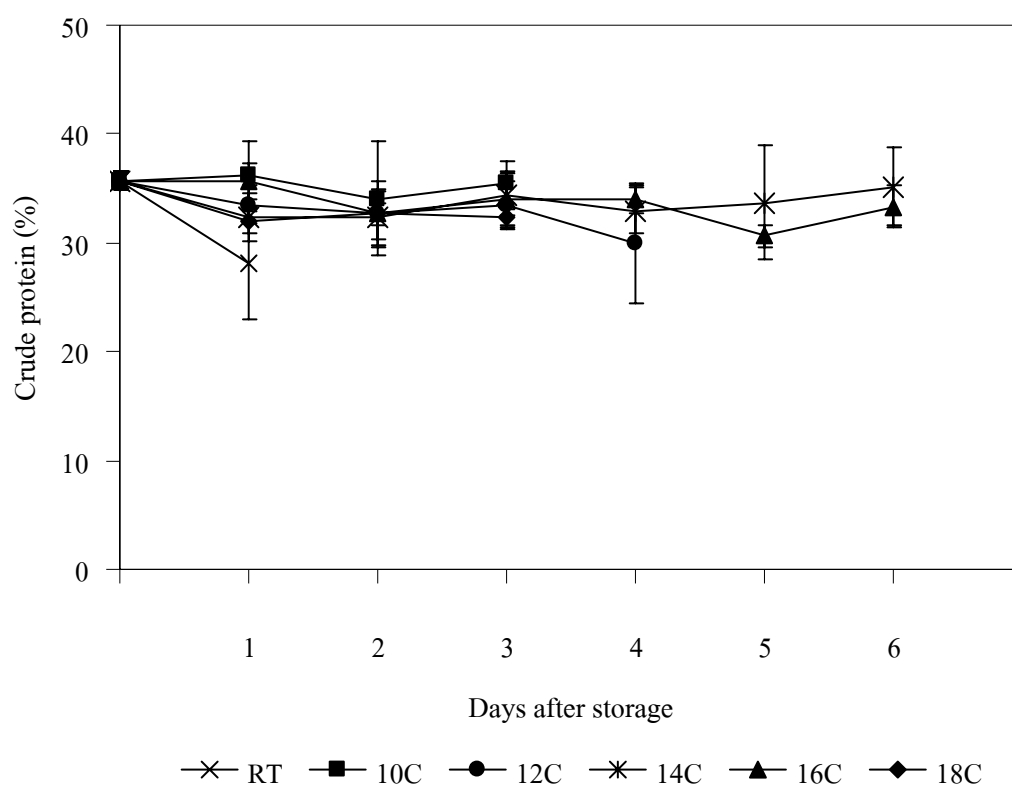
ภาพที่ 7 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง)



ภาพที่ 8 การรั่วไหลของประจุบริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง)



ภาพที่ 9 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (A) และ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (B) ของหีดยางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง)



ภาพที่ 10 ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง)

2. ผลของการลดอุณหภูมิต่อคุณภาพของเห็ดฟาง

2.1 อุณหภูมิภายในดอกเห็ดฟางระหว่างการลดอุณหภูมิ

เห็ดฟางที่ไม่ลดอุณหภูมิมียุณหภูมิภายในดอกเห็ดค่อนข้างคงที่ สำหรับวิธีที่สามารถลดอุณหภูมิได้รวดเร็วที่สุดคือ ลมดันเย็น รองลงมาคือ รถห้องเย็น และน้ำแข็ง ตามลำดับ (ภาพที่ 11) สำหรับการลดอุณหภูมิด้วยวิธีลมดันเย็น อุณหภูมิภายในดอกเห็ดลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก หลังจากนั้นเมื่ออุณหภูมิของดอกเห็ดฟางใกล้เคียงกับอุณหภูมิตัวกลาง ซึ่งในที่นี้คือ อากาศ อุณหภูมิภายในดอกเห็ด ลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งเท่ากันหลังจากลดอุณหภูมิ 50 นาที

2.2 สภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ

จากการทดลองพบว่าเห็ดฟางที่ไม่ลดอุณหภูมิมียุณหภูมิปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าเห็ดฟางที่ลดอุณหภูมิทุกวิธี (ภาพที่ 12 A) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 14) นอกจากนั้นพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา ส่วนปริมาณก๊าซออกซิเจนพบว่าเห็ดฟางที่ไม่ลดอุณหภูมิและลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 10.84-17.51 เปอร์เซ็นต์ และค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 6 วัน (ภาพที่ 12B และตารางผนวกที่ 15) ปริมาณก๊าซเอทิลีนของเห็ดฟางที่ไม่ลดและลดอุณหภูมิวิธีต่าง ๆ มีปริมาณไม่แตกต่างกัน (ตารางผนวกที่ 16) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 12C)

2.3 การเปลี่ยนแปลงสีของดอกเห็ด

การเปลี่ยนแปลงสีของดอกเห็ดฟางบริเวณปลอกหุ้มดอกและโคนก้านดอก พบว่าเปลี่ยนแปลงทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ค่า L (ความสว่าง) ลดลง ในขณะที่ค่า a (แดง) และ ค่า b (เหลือง) เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 13-15) แสดงว่าดอกเห็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (ภาพที่ 16) และไม่พบความแตกต่างระหว่างวิธีการลดอุณหภูมิ (ตารางผนวกที่ 17-19)

2.4 การสูญเสียน้ำหนัก

เห็ดฟางที่ไม่ลดอุณหภูมิและลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่างๆ มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ (ภาพที่ 17 และตารางผนวกที่ 20)

2.6 ความแน่นเนื้อ

ในวันแรกเห็ดฟางที่ลดอุณหภูมิด้วยวิธีลมดันเย็น มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด รองลงมาคือ เห็ดฟางที่ไม่ลดอุณหภูมิ เห็ดฟางที่ลดอุณหภูมิด้วยรถห้องเย็น และเห็ดฟางที่ลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็งซึ่งมีค่าเท่ากับ 42.91 37.74 36.76 และ 32.57 นิวตัน ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 21) จากนั้นค่าความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิ และลดอุณหภูมิด้วยรถห้องเย็นจึงเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับค่าความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่ลดอุณหภูมิด้วยวิธีลมดันเย็น ภายหลังเก็บรักษานาน 1 วัน ส่วนเห็ดฟางที่ลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็งค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่าใกล้เคียงกับเห็ดฟางที่ไม่ลดอุณหภูมิและลดอุณหภูมิด้วยวิธีอื่น ๆ ภายหลังเก็บรักษานาน 2 วัน และค่าความแน่นเนื้อของเห็ดฟางทุกวิธีตกมาคงที่จนกระทั่งในวันที่ 4 แล้วค่อย ๆ ลดลงเหลือ 30.64-32.20 นิวตัน ในวันที่ 6 (ภาพที่ 18)

2.5 การรั่วไหลของประจุ

การรั่วไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ดที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิและลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ การรั่วไหลของประจุสูงในวันแรก มีค่าระหว่าง 54.24-61.6 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นลดต่ำลงจนกระทั่งต่ำที่สุดในวันที่ 2 มีค่าระหว่าง 20.70-25.68 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นค่าการรั่วไหลของประจุค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่ามากที่สุดในวันที่ 6 ซึ่งมีค่าระหว่าง 54.76 -57.30 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 19 และตารางผนวกที่ 22)

2.7 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

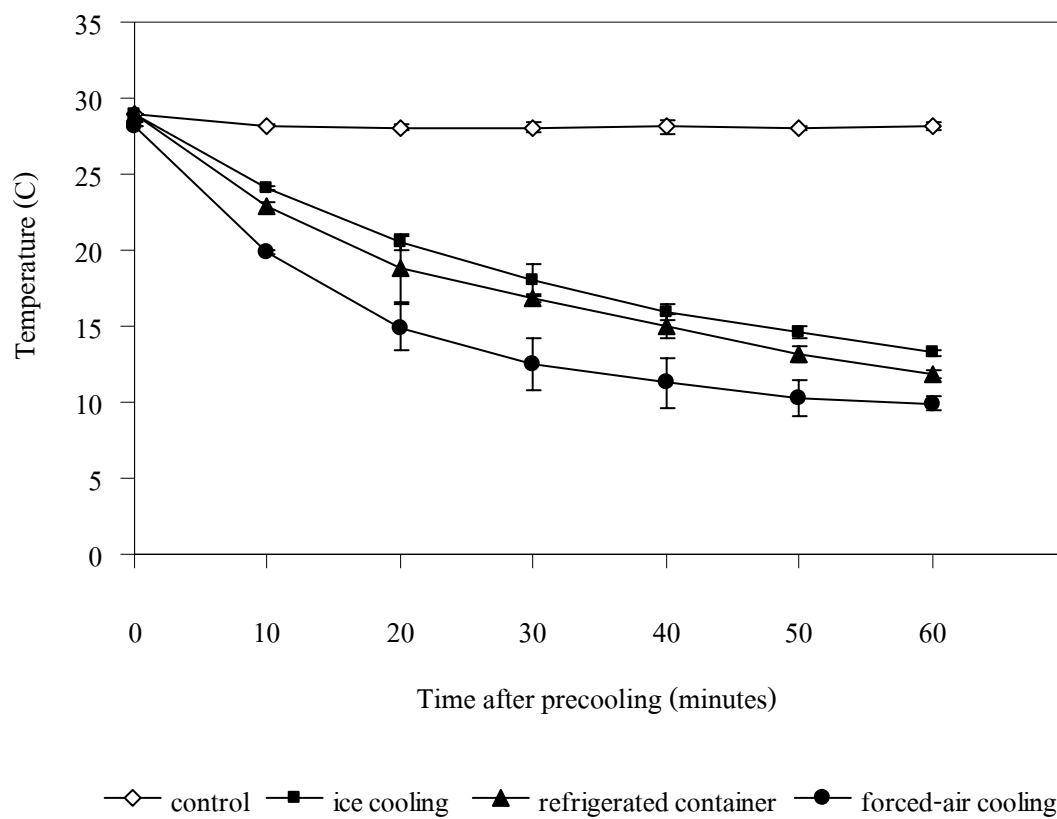
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเห็ดฟางที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิและลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 23) และมีค่าลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา จากวันแรกมีค่าระหว่าง 5.60-5.88 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 4.80-5.10 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 6 (ภาพที่ 20A)

2.8 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

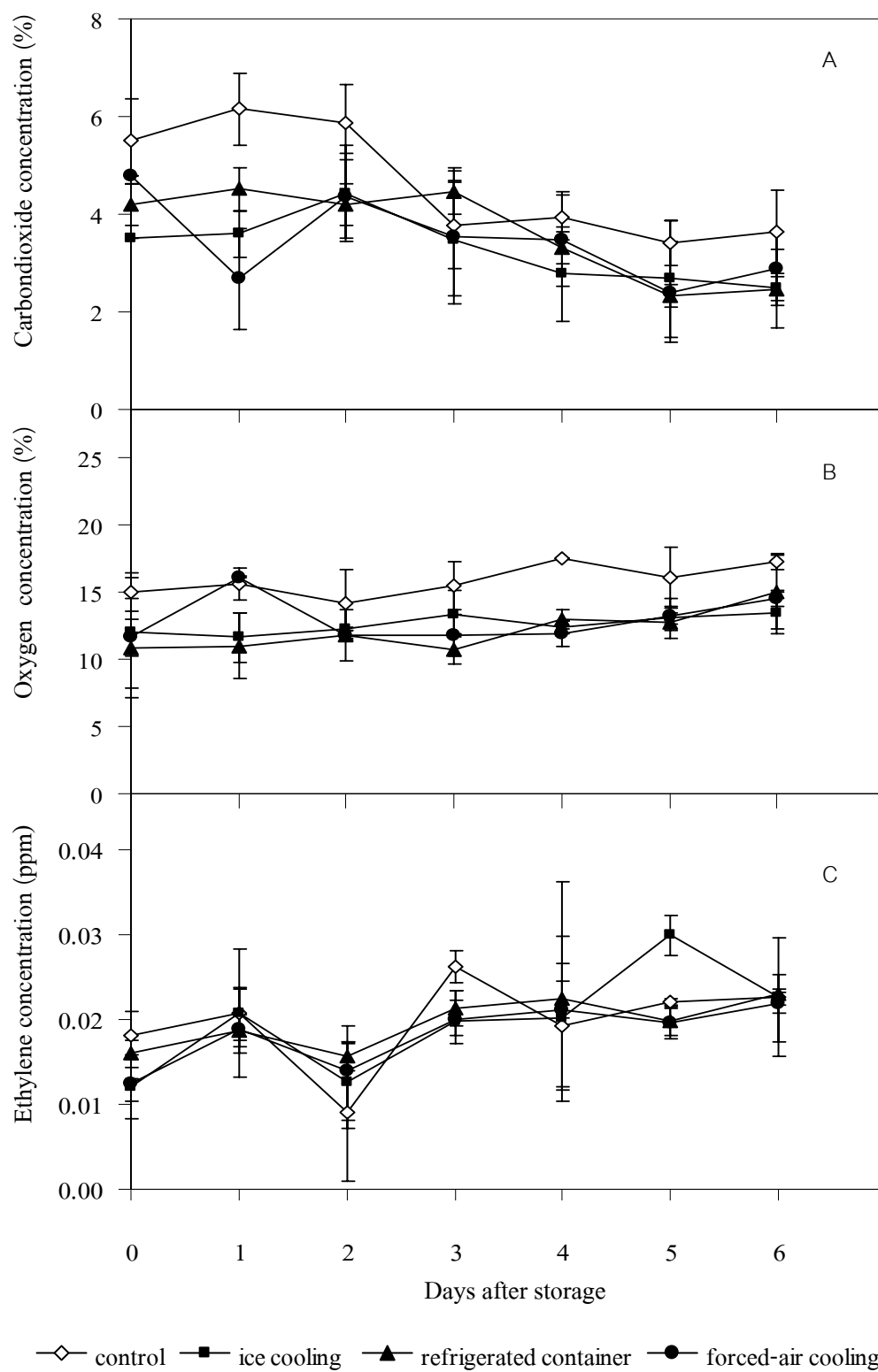
ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ ในวันที่ 0 อยู่ระหว่าง 0.157-0.211 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเพิ่มขึ้นในวันที่ 1 และค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.246-0.356 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ (ภาพที่ 20B และตารางผนวกที่ 24)

2.9 ปริมาณโปรตีน

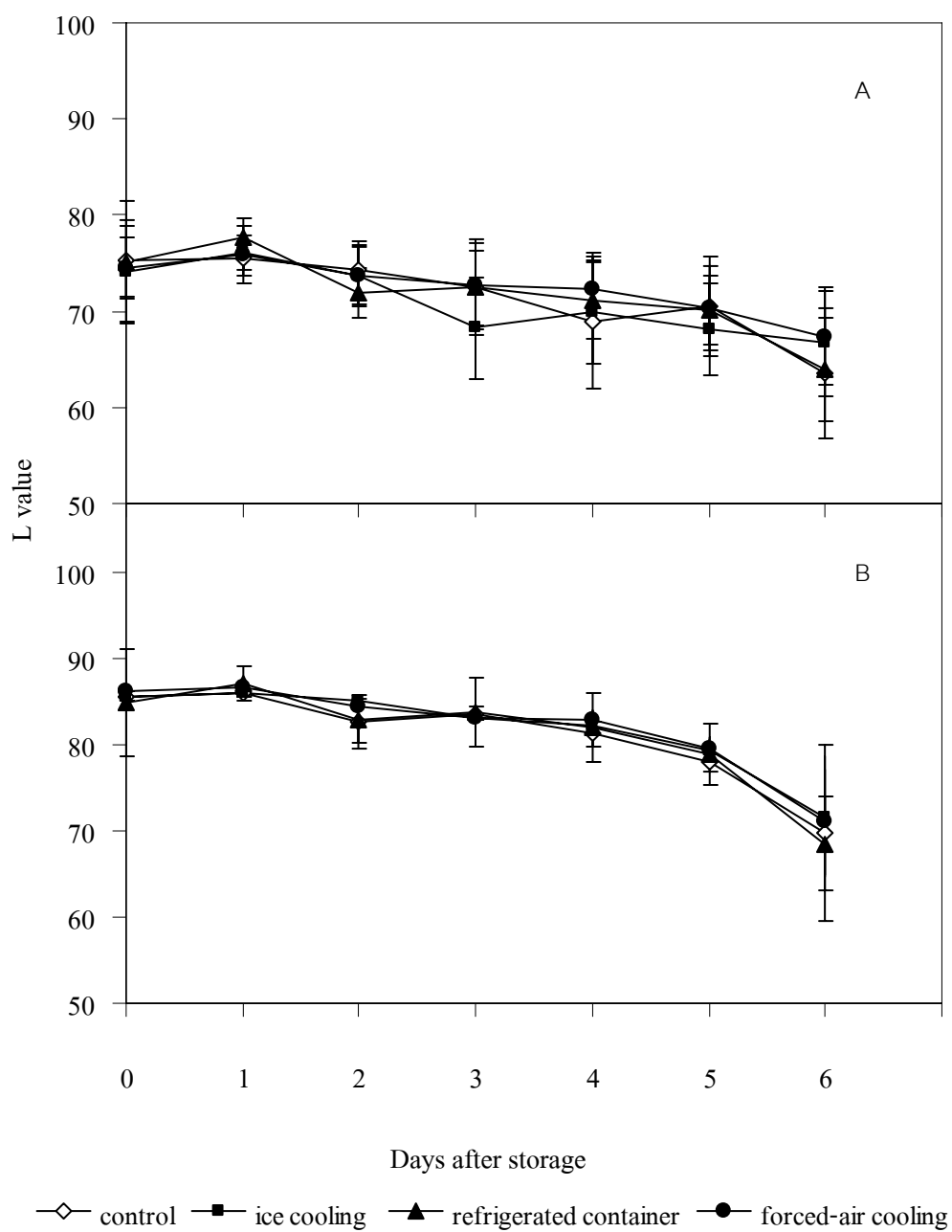
ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่ลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ มีค่าค่อนข้างคงที่ อยู่ระหว่าง 28.71-37.19 เปอร์เซ็นต์ ตลอดการเก็บรักษานาน 6 วัน อย่างไรก็ตามพบว่าหลังจากเก็บรักษานาน 3 วัน ปริมาณโปรตีนของเห็ดที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิต่ำกว่าที่ลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็ง ลมดันเย็น และรถห้องเย็น ตามลำดับ เช่นเดียวกับในวันที่ 6 ซึ่งพบว่า ปริมาณโปรตีนของเห็ดที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิต่ำกว่าที่ลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็ง รถห้องเย็น และลมดันเย็นตามลำดับ (ภาพที่ 21 และตารางผนวกที่ 25)



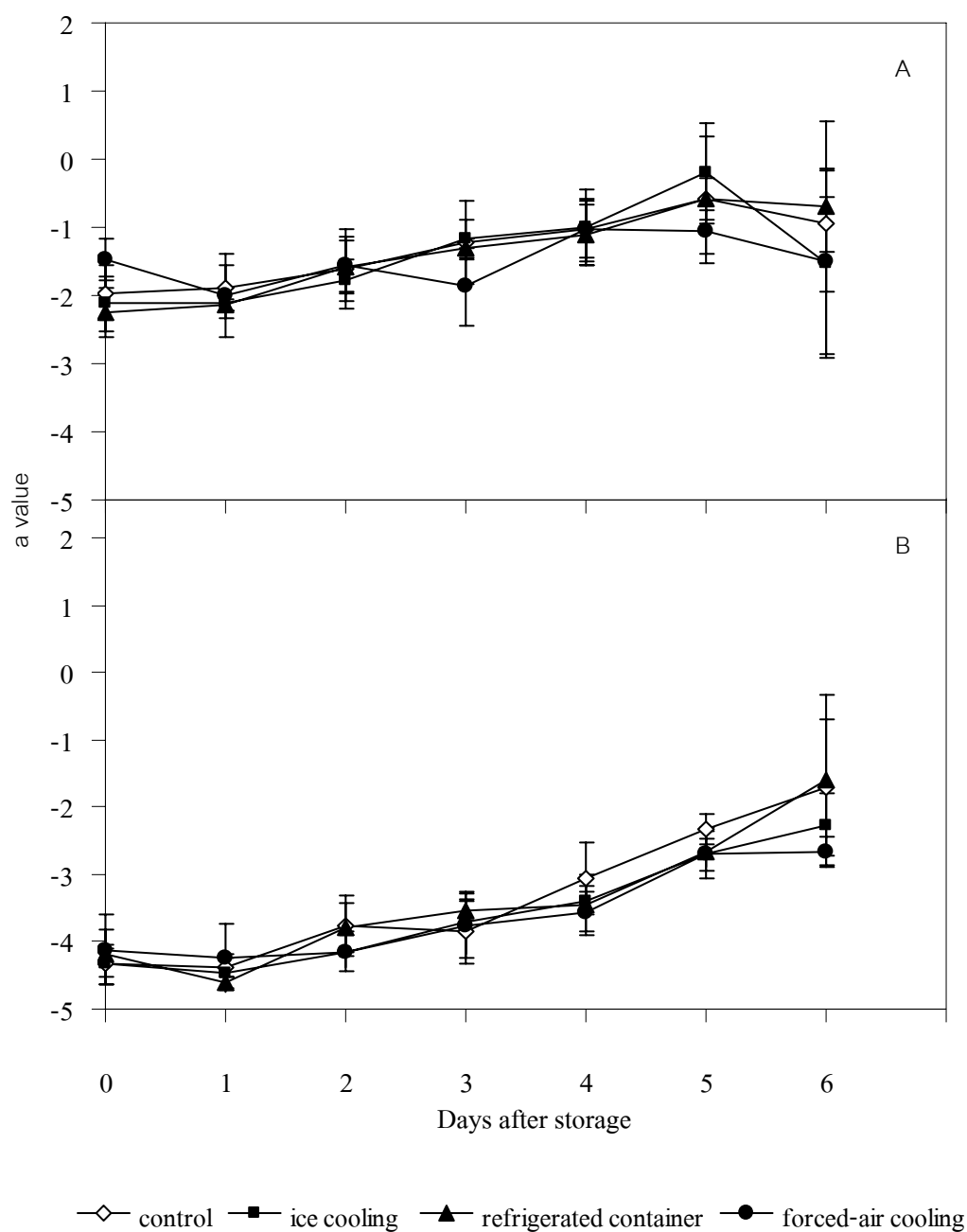
ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในดอกเห็ดระหว่างการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ



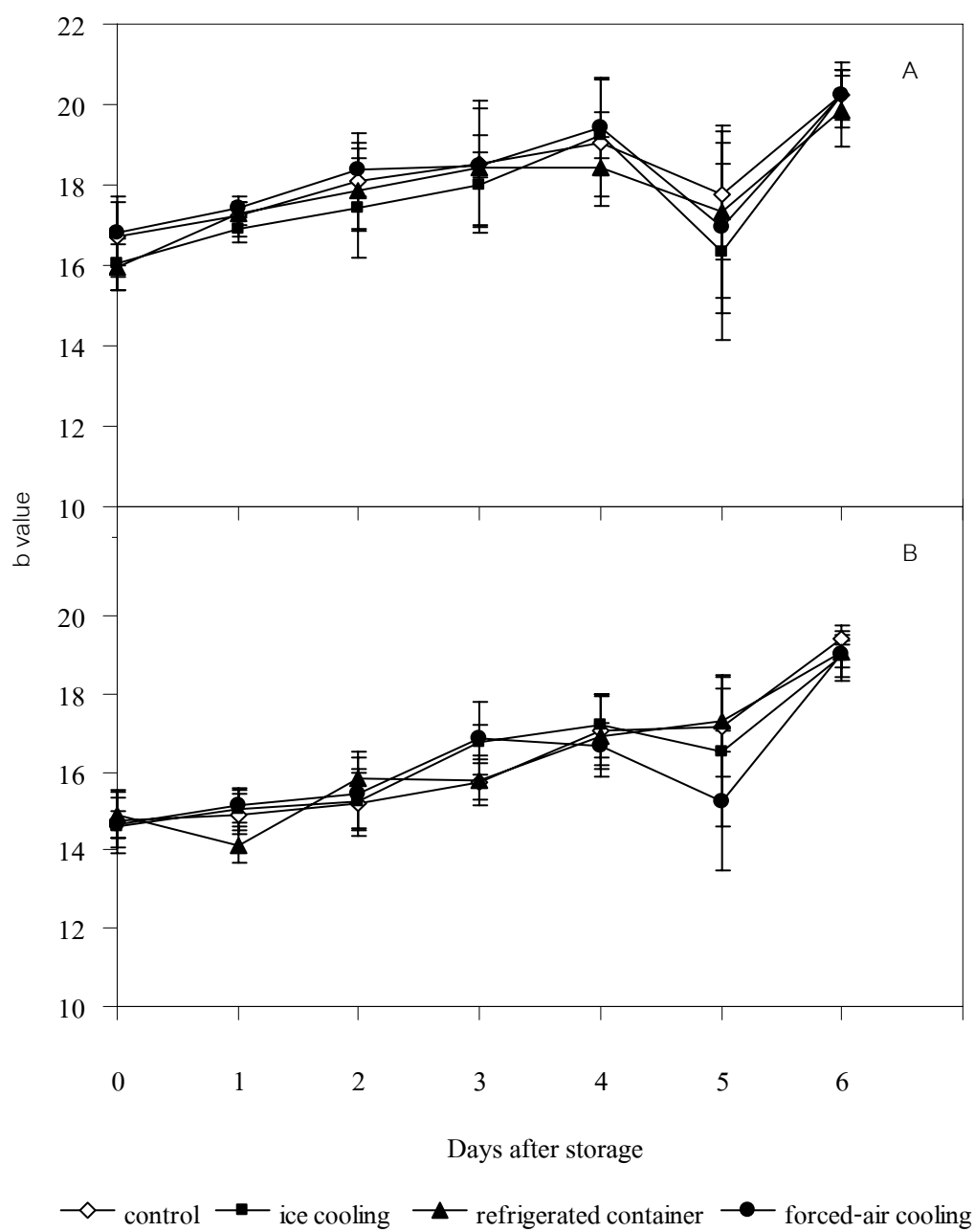
ภาพที่ 12 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (A) ออกซิเจน (B) และเอทิลีน (C) ภายในภาชนะบรรจุ
เห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



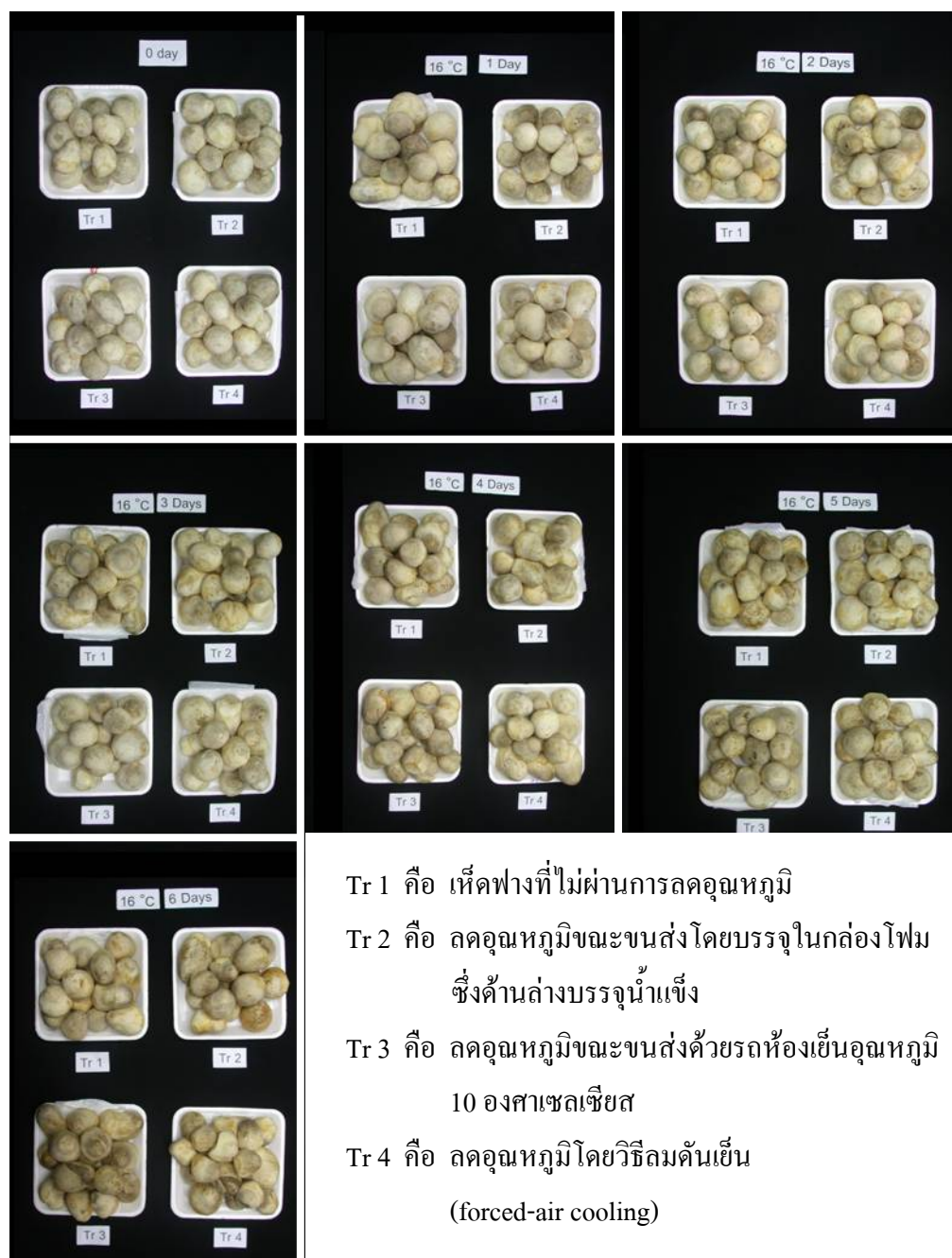
ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่า L ของปลอกหุ้มดอก (A) และโคนก้านดอก (B) เห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



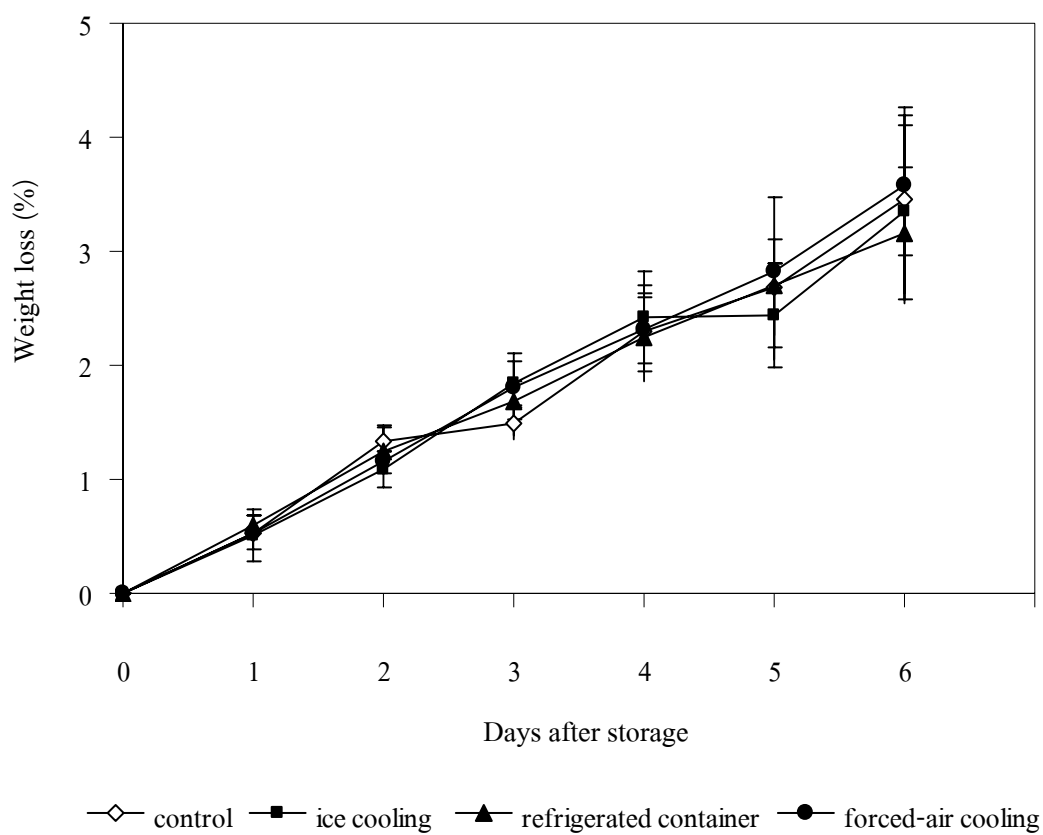
ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงค่า a ของปลอกหุ้มดอก (A) และ โคนก้านดอก (B) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



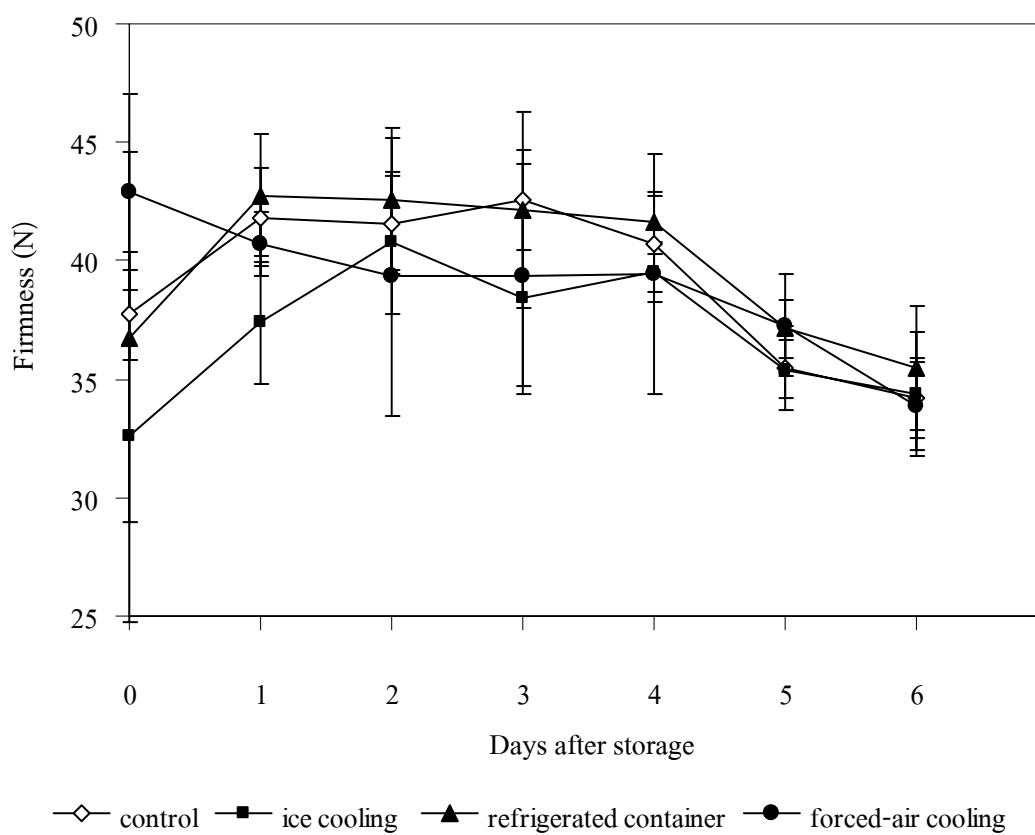
ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงค่า b ของปลอกหุ้มดอก (A) และ โคนก้านดอก (B) เห็ดฟางที่ผ่าน การลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



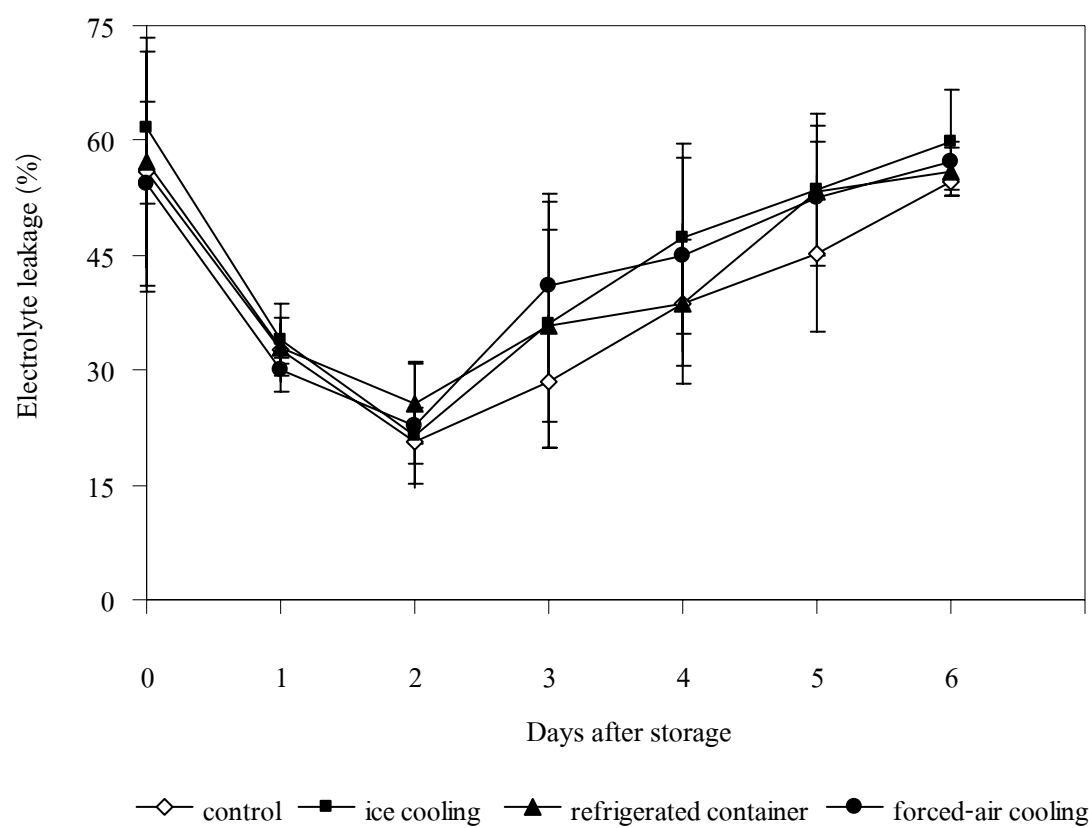
ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของเห็ดฟางที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และ
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



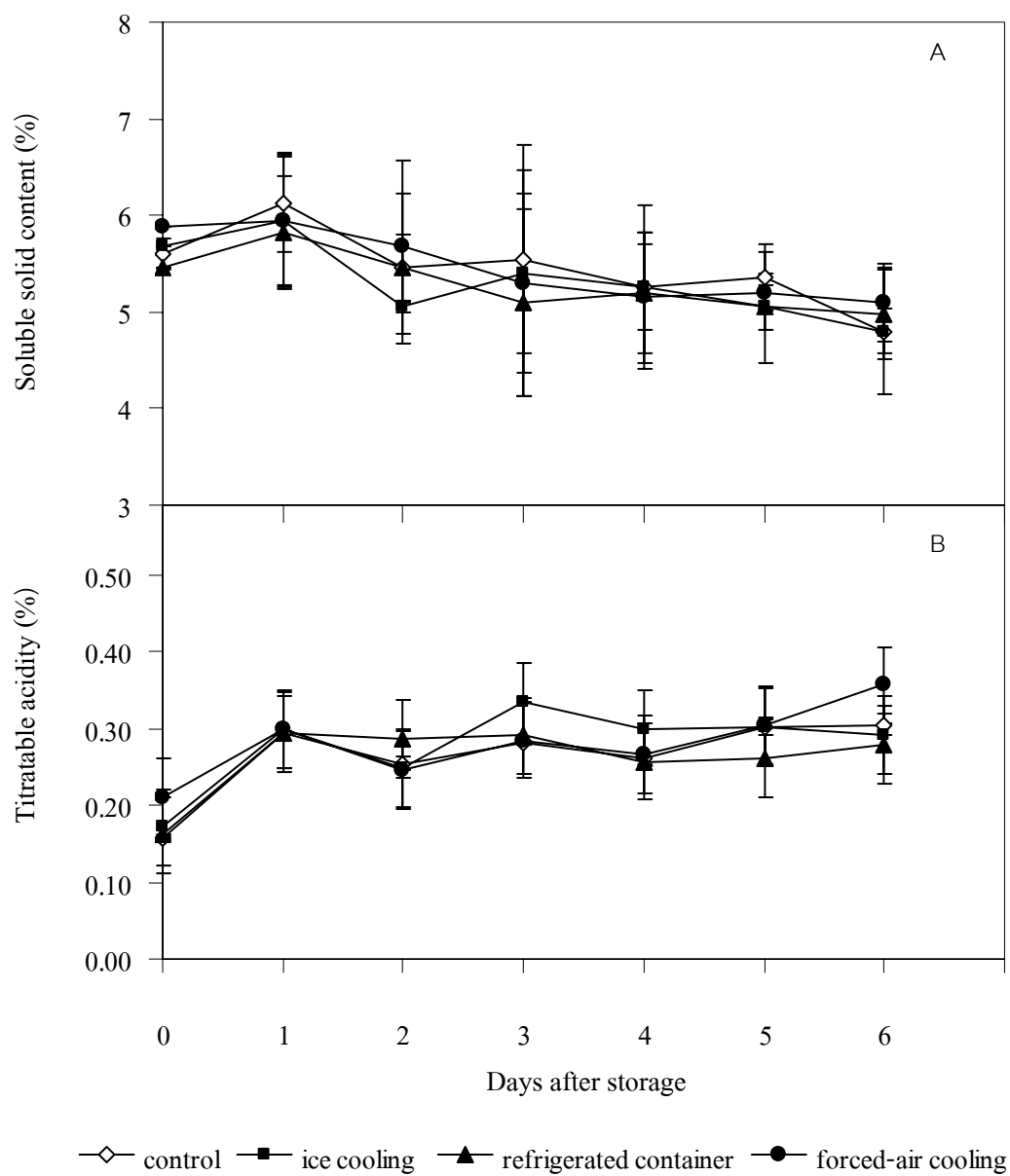
ภาพที่ 17 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



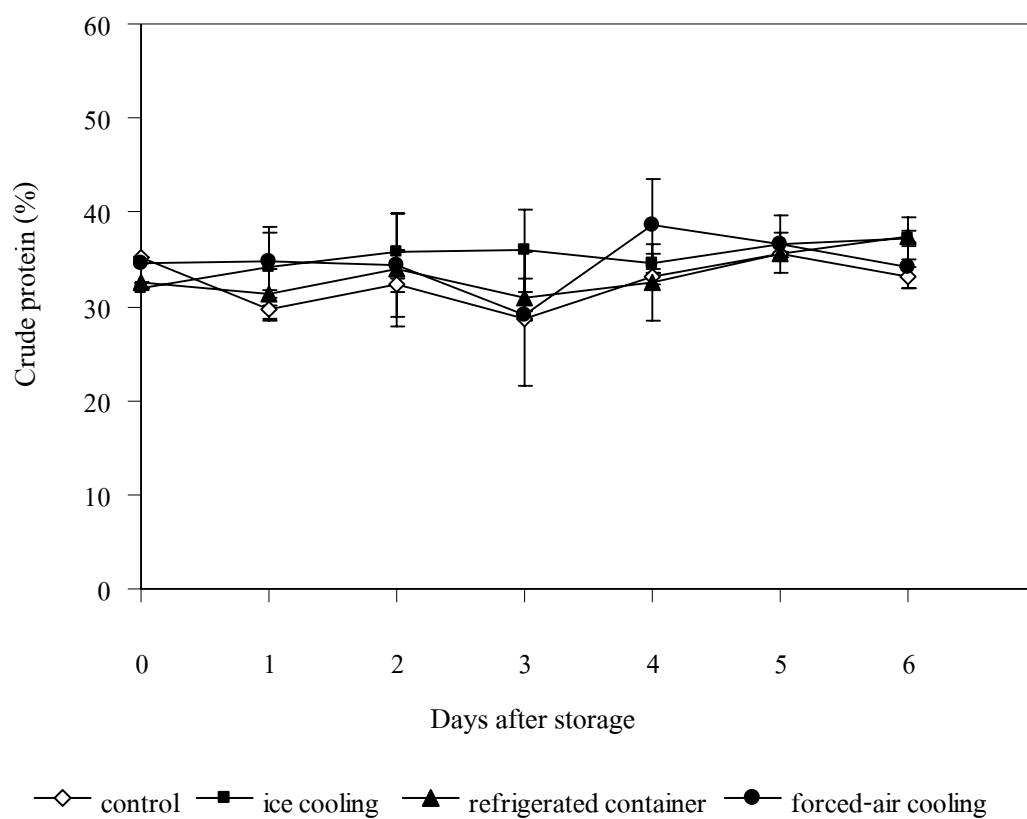
ภาพที่ 18 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 19 การรั่วไหลของประจุไฟฟ้าที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 20 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (A) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (B) ของหีดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 21 ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส

3. ผลของการตัดแปลงสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของเห็ดฟาง

3.1 สภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ

วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และเอทิลีนในภาชนะบรรจุเห็ดฟางพบว่าเห็ดฟางที่วางในถาดโฟมไม่หุ้มพลาสติก มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด (สุ่มวัดอากาศในกองเห็ด) คือ 0.09-0.15 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ก๊าซออกซิเจนมีค่าใกล้เคียงกับสภาพบรรยากาศปกติ คือ 20.58-20.90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเห็ดฟางที่ตัดแปลงสภาพบรรยากาศโดยบรรจุในภาชนะอื่น ๆ มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนี้ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นในวันที่ 1 จากนั้นคงที่ และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในวันที่ 3 (ภาพที่ 22A และตารางผนวกที่ 26) ปริมาณออกซิเจนของดอกเห็ดฟางที่บรรจุในถุง PE ไม่เจาะรู มีค่าน้อยที่สุด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.89-4.28 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC ไม่เจาะรู มีค่าอยู่ระหว่าง 7.29-10.57 เปอร์เซ็นต์ ถุงพลาสติก PE เจาะรู มีค่าอยู่ระหว่าง 6.96-14.44 เปอร์เซ็นต์ และพลาสติก PVC เจาะรู มีค่าอยู่ระหว่าง 16.42-19.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 22B และตารางผนวกที่ 27) ปริมาณเอทิลีนพบว่า เห็ดฟางที่บรรจุในถุง PE ไม่เจาะรู มีปริมาณเอทิลีนมากที่สุด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.041-0.067 พีพีเอ็ม รองลงมา คือ พลาสติก PVC ไม่เจาะรู พลาสติกทั้ง 2 ชนิดเจาะรู และเห็ดฟางที่วางในถาดโฟมไม่หุ้มฟิล์มพลาสติก ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.014-0.034 0.013-0.029 และ 0.010-0.018 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ภาพที่ 22C และตารางผนวกที่ 28)

3.2 การเปลี่ยนแปลงสีของดอกเห็ด

การเปลี่ยนแปลงสีของดอกเห็ดฟางบริเวณปลอกหุ้มดอกและโคนก้านดอก มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางเดียวกัน โดยดอกเห็ดที่บรรจุในถุง PE และถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC มีค่า L (ความสว่าง) ลดลงอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 23) และแตกต่างทางสถิติทั้งบริเวณปลอกหุ้มดอกและก้านดอกเห็ดในวันที่ 2 และ 3 (ตารางผนวกที่ 29-30) ค่า a (สีแดง) บริเวณปลอกหุ้มดอกพบว่าเห็ดฟางที่วางในถาดโฟมไม่หุ้มฟิล์มพลาสติกมีค่า a สูงที่สุด รองลงมาคือเห็ดฟางที่เก็บในถุงพลาสติก PE ไม่เจาะรู และพลาสติกเจาะรูทั้ง 2 ชนิด ตามลำดับ โดยพบความแตกต่างทางสถิติในวันที่ 3 และ 4 ส่วนค่า a บริเวณก้านดอกไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 31-32) อย่างไรก็ตามค่า a ทั้งส่วนของปลอกหุ้มดอกและก้านดอกเห็ดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 24) ค่า b พบว่าเห็ดฟางที่วางในถาดโฟมไม่หุ้มฟิล์มพลาสติก มีค่า b บริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ดสูงที่สุด

ในขณะที่ดอกเห็ดที่บรรจุในถุง PE ไม่เจาะรู และ ถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC ไม่เจาะรู มีค่า b บริเวณก้านดอกสูงที่สุด (ภาพที่ 25 และตารางผนวกที่ 33-34)

3.3 การสูญเสียน้ำหนัก

เห็ดฟางที่วางในถาดโฟมไม่หุ้มฟิล์มพลาสติกสูญเสียน้ำหนักถึง 19.31 เปอร์เซ็นต์ หลังเก็บรักษานาน 4 วัน ส่วนดอกเห็ดกลุ่มที่มีพลาสติกหุ้ม พบว่า ถุงพลาสติก PE ไม่เจาะรู ลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ถุงพลาสติก PE เจาะรู พลาสติก PVC ไม่เจาะรู และพลาสติก PVC เจาะรู ตามลำดับ (ภาพที่ 26 และตารางผนวกที่ 35)

3.4 ความแน่นเนื้อ

เห็ดฟางที่บรรจุในถุงพลาสติก PE ไม่เจาะรู ค่าความแน่นเนื้อน้อยที่สุด โดยค่าความแน่นเนื้อในวันที่ 0 มีค่าเท่ากับ 32.63 นิวตัน ลงเหลือ 19.22 13.96 และ 11.2 นิวตัน ในวันที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ส่วนเห็ดฟางที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC ไม่เจาะรู มีค่าความแน่นเนื้อลดลงเพียงเล็กน้อยในวันที่ 1 โดยมีค่าเท่ากับ 29.31 นิวตัน และลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งมีค่าความแน่นเท่ากับ 22.50 และ 12.05 นิวตัน ในวันที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ส่วนเห็ดฟางที่เก็บในภาชนะอื่นมีค่าความแน่นเนื้อใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มลดลงช้า ๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน (ภาพที่ 27 และตารางผนวกที่ 36)

3.5 การร่วนไหลของประจุ

การร่วนไหลของประจุทั้งส่วนของปลอกหุ้มดอกเห็ดและก้านดอกเห็ดเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน โดยเห็ดฟางที่บรรจุในถุงพลาสติก PE ไม่เจาะรู และเห็ดฟางที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC ไม่เจาะรู มีค่าการร่วนไหลของประจุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเห็ดฟางที่บรรจุในถุงพลาสติก PE ไม่เจาะรู มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ เห็ดฟางที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC ไม่เจาะรู (ภาพที่ 28) และพบความแตกต่างทางสถิติในวันที่ 1 2 และ 3 ส่วนเห็ดฟางที่บรรจุในภาชนะอื่น ค่าการร่วนไหลของประจุมีค่าใกล้เคียงกันและเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ระหว่างการเก็บรักษา (ตารางผนวกที่ 37 และ 38)

3.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเห็ดฟางที่บรรจุในภาชนะต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา เริ่มต้นจากวันแรกมีค่าระหว่าง 7.66-8.33 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 6.20-6.33 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 6 (ภาพที่ 29A และตารางผนวกที่ 39)

3.7 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

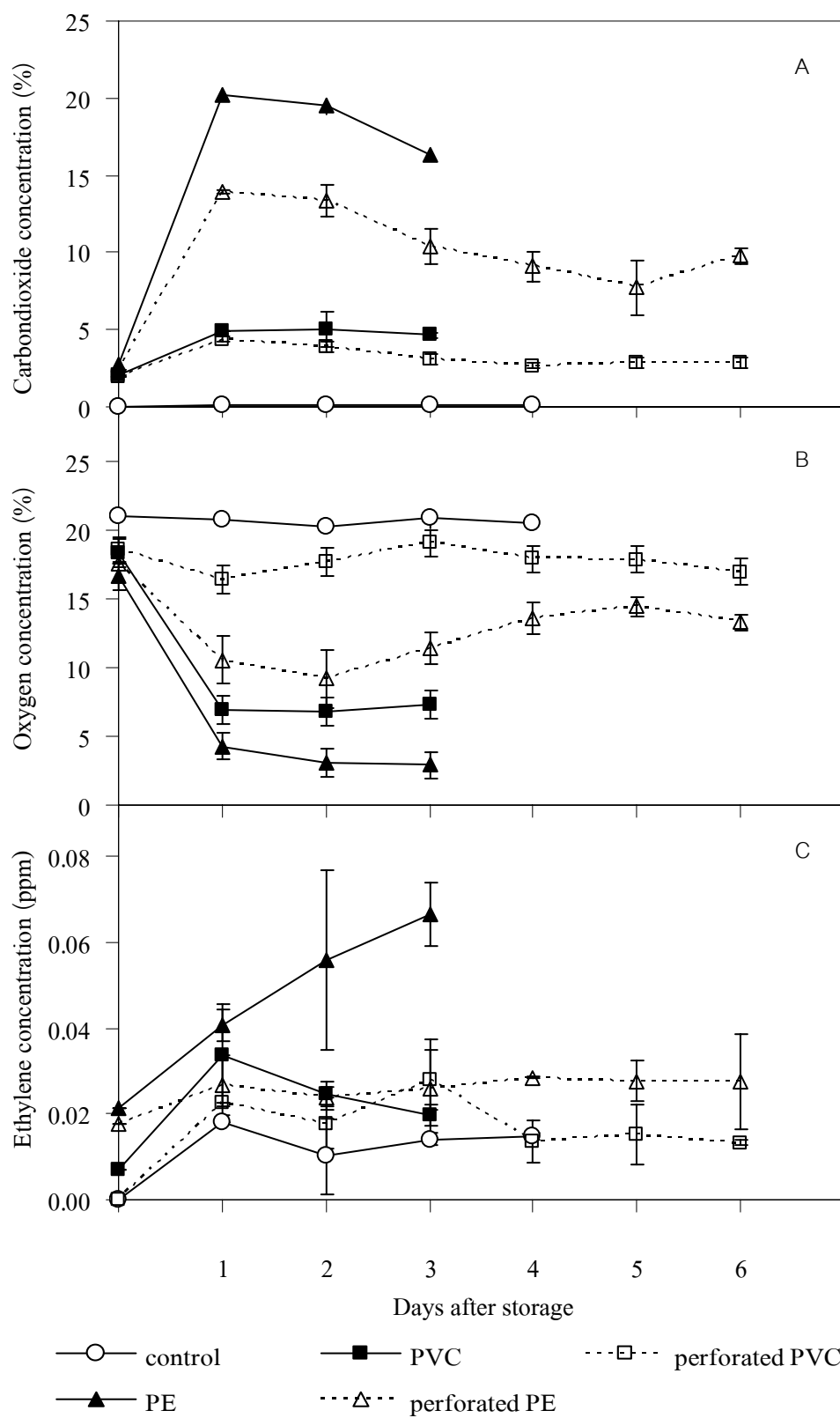
ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันคือเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 และ 3 จากนั้นลดลงเล็กน้อย ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างการใช้ภาชนะบรรจุชนิดต่าง ๆ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.276-0.563 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 29B และตารางผนวกที่ 40)

3.8 ปริมาณโปรตีน

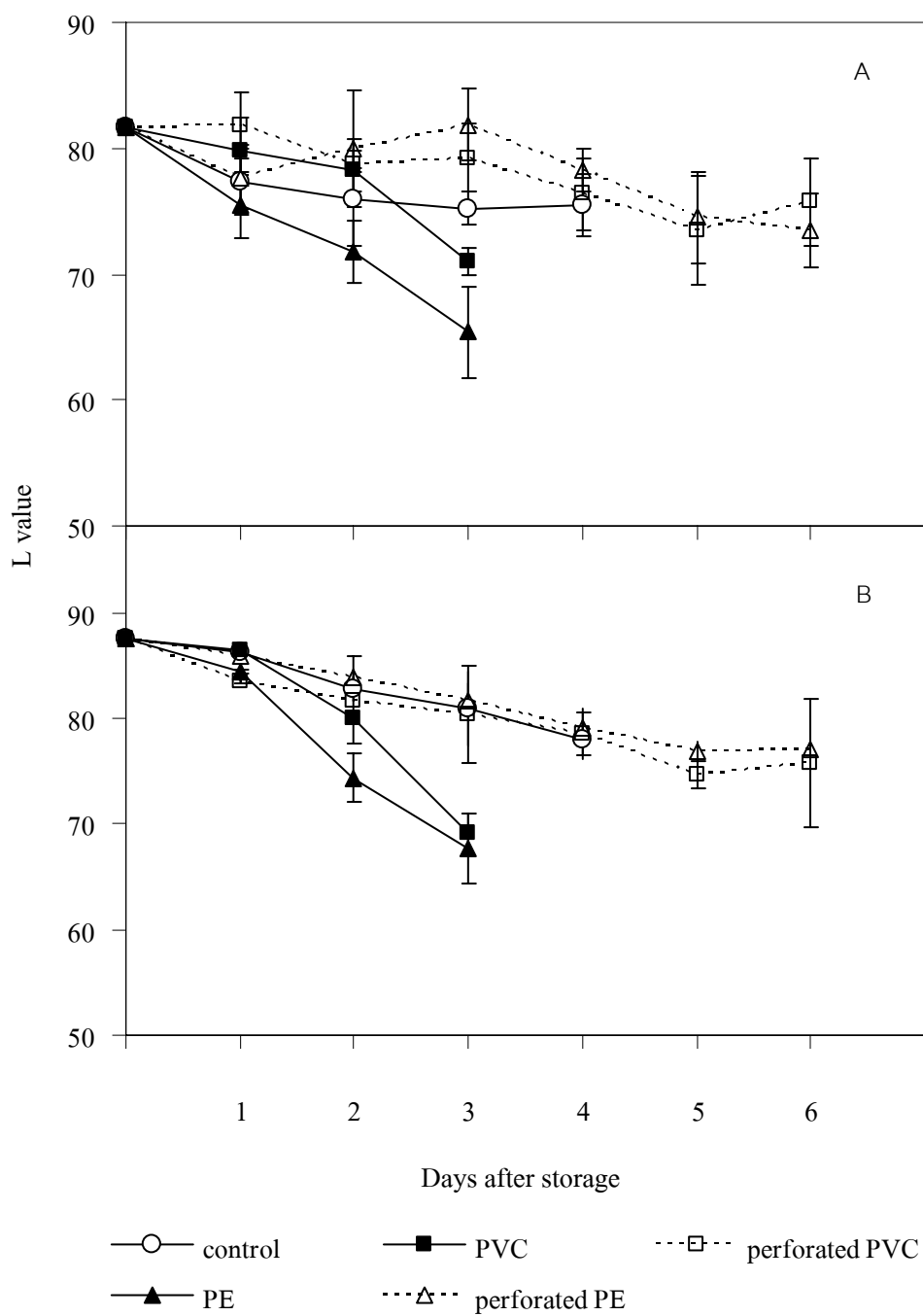
ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่บรรจุในภาชนะต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 33.91-37.92 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 30 และตารางผนวกที่ 41)

3.9 การเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ที่สามารถสังเกตได้

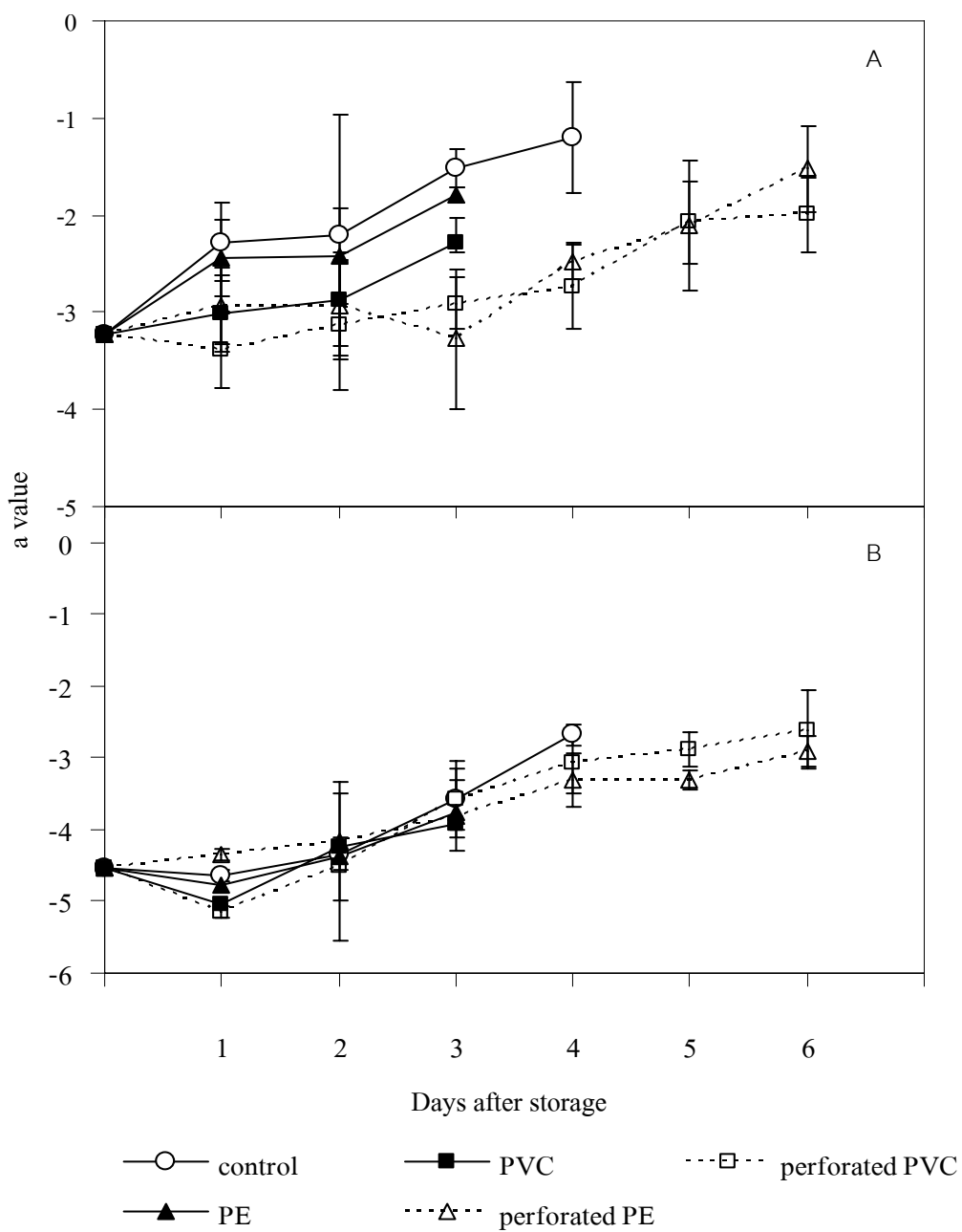
เห็ดฟางที่บรรจุในถุง PE และพลาสติก PVC ไม่เจาะรู พบอาการน้ำเน่า ดอกเห็ดยุบตัว มีน้ำไหลมาจากดอกเห็ด และมีกลิ่นเหม็นรุนแรง (ภาพที่ 31) นอกจากนี้พบว่าภายในภาชนะบรรจุเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเกาะอยู่ใต้แผ่นฟิล์ม แม้จะมีการเจาะรูเพิ่มก็ยังไม่พบการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ แต่มีปริมาณที่ลดลงกว่าการไม่เจาะรู เห็ดฟางที่วางในถาดโฟมไม่หุ้มฟิล์มพลาสติกปกคลุม ดอกเห็ดแห้ง แสดงอาการเหี่ยว ดอกมีการพัฒนาเป็นดอกเข็มมากกว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ



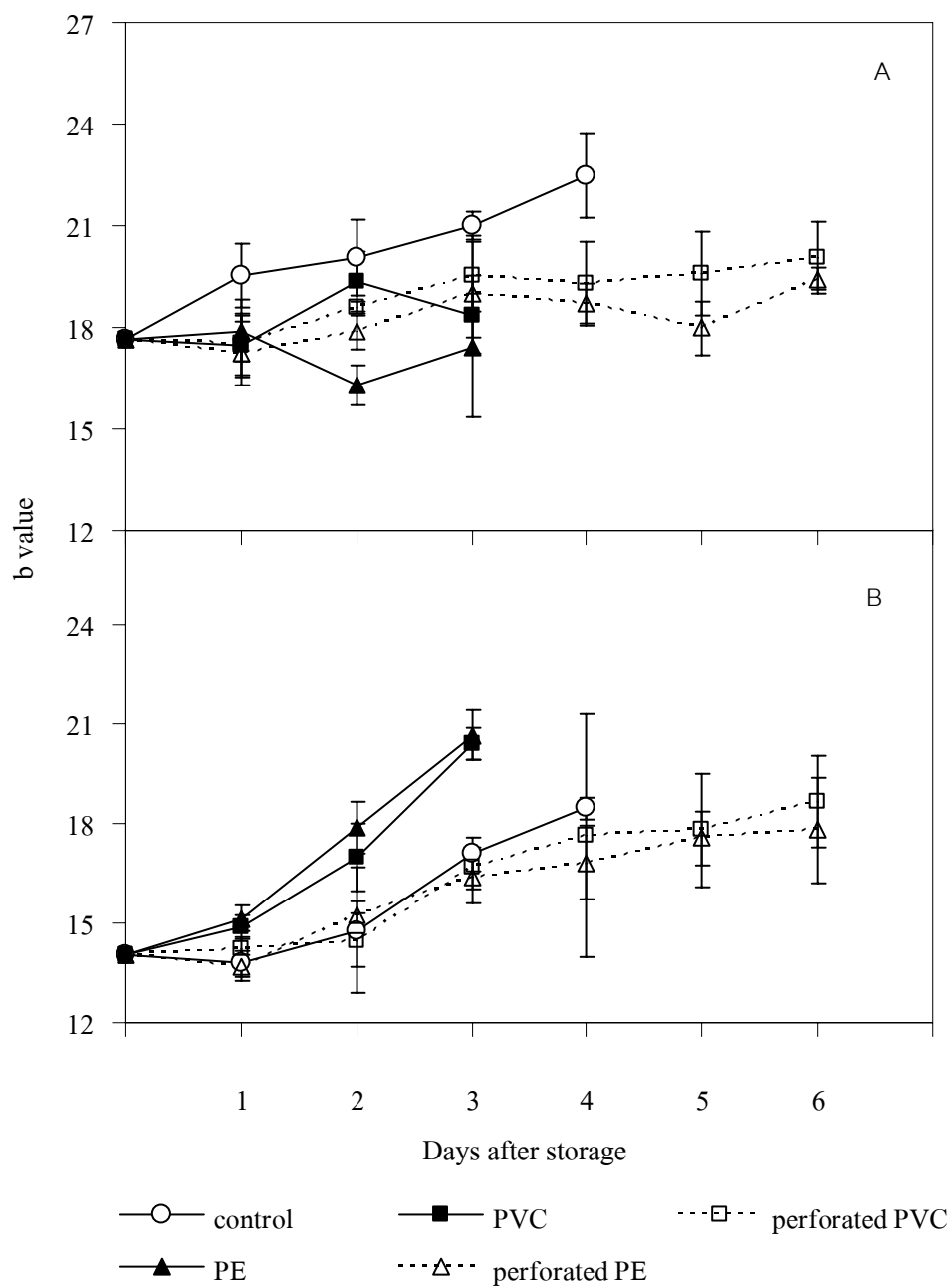
ภาพที่ 22 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (A) ออกซิเจน (B) และเอทิลีน (C) ภายในภาชนะบรรจุ
 หีดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



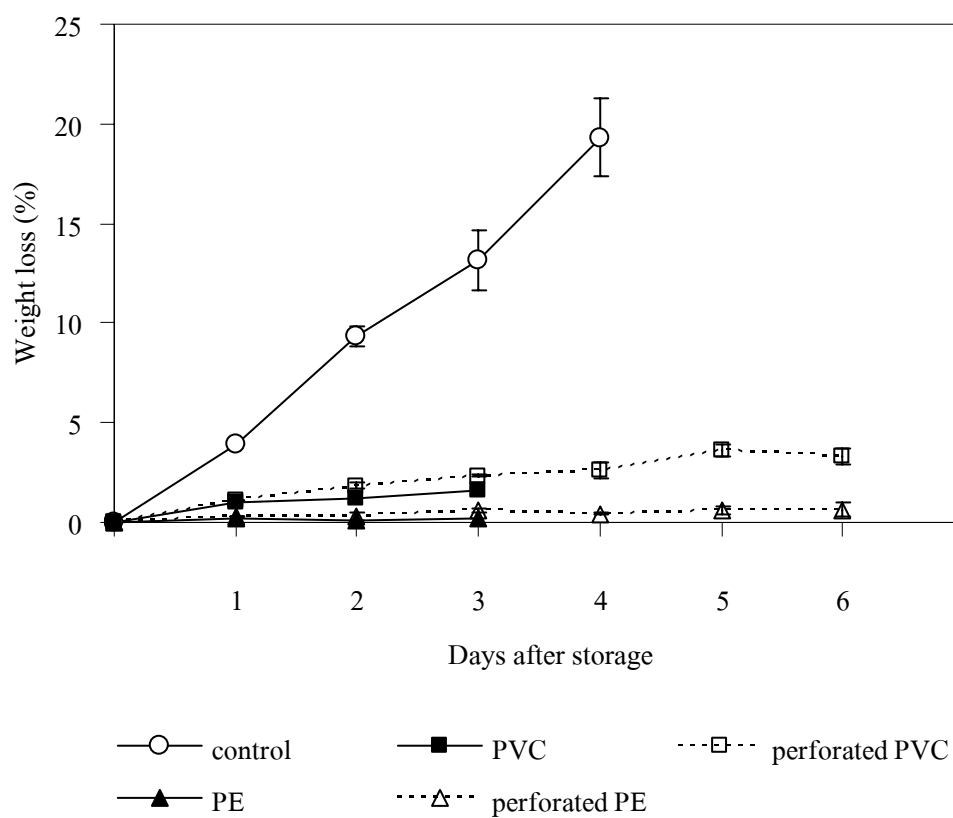
ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงค่า L ปลอกหุ้มดอกเห็ด (A) และโคนก้านดอก (B) เห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



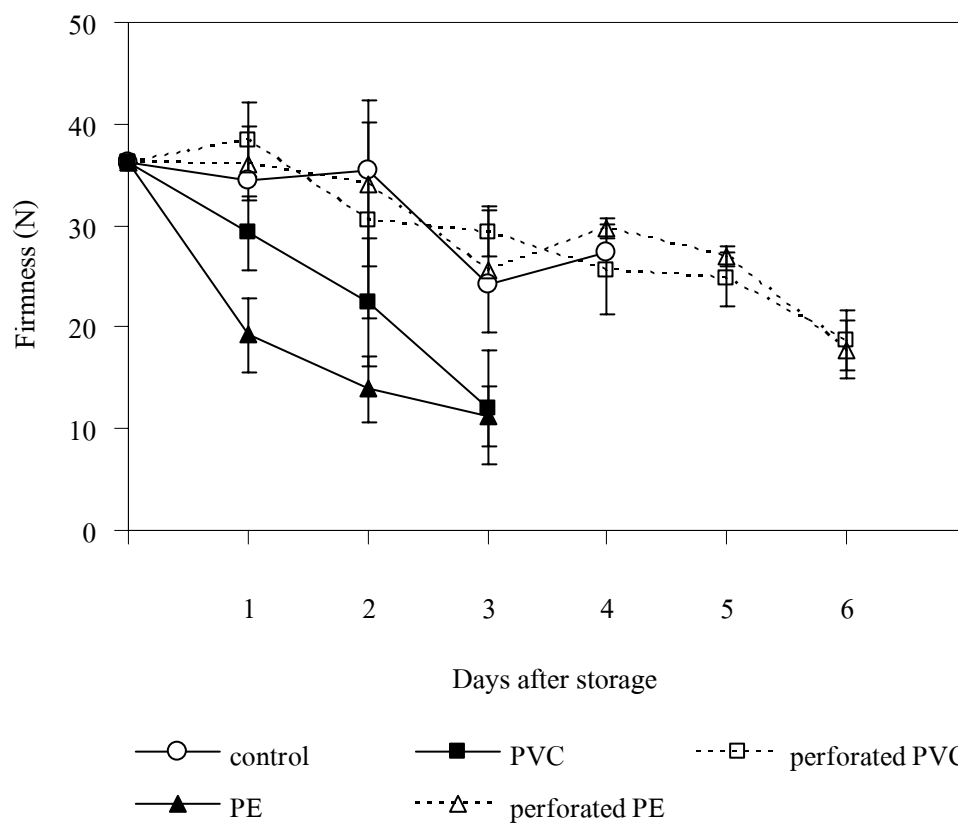
ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงค่า a ปลอกหุ้มดอกเห็ด (A) และ โคนก้านดอก (B) เห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



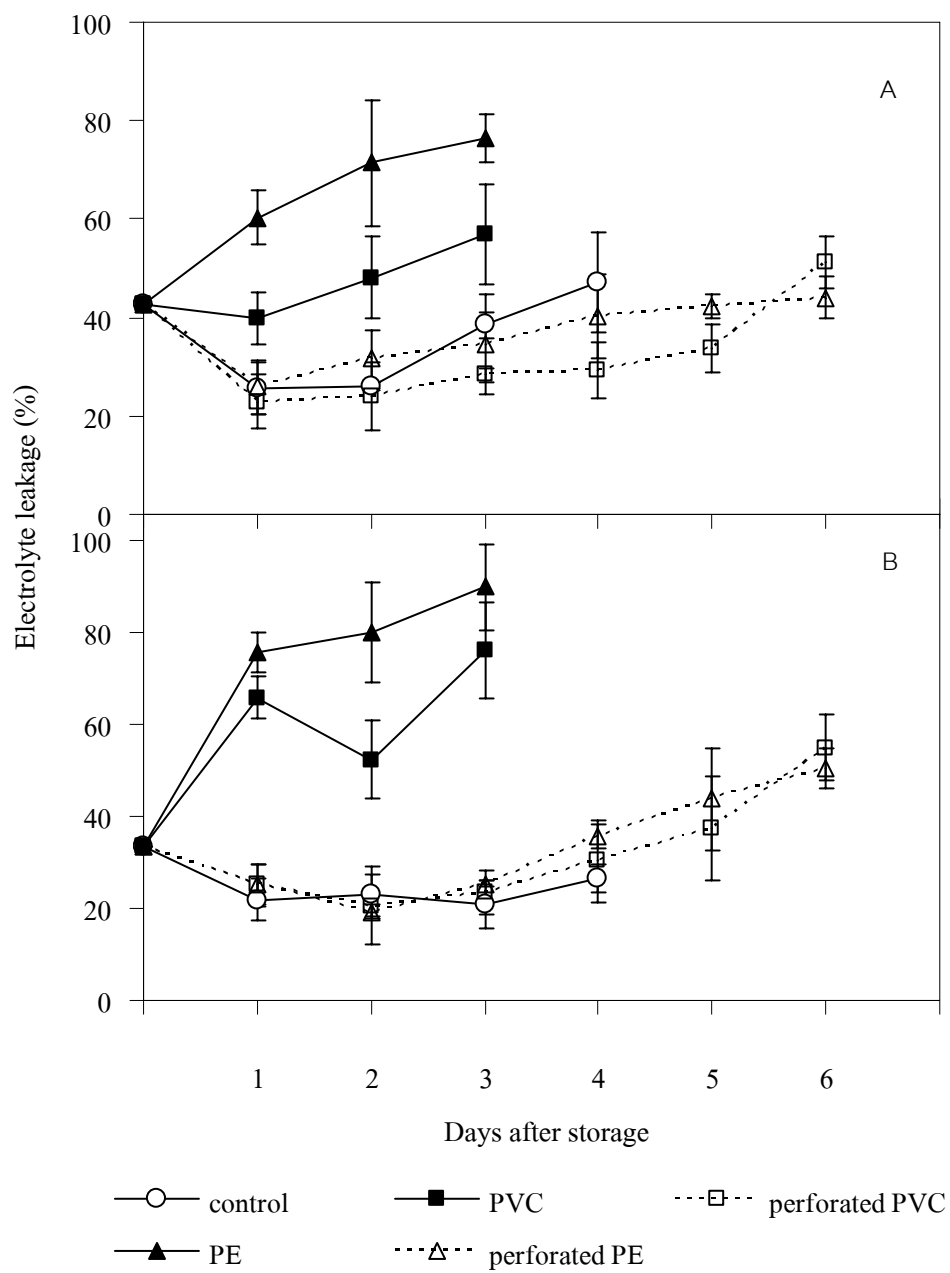
ภาพที่ 25 การเปลี่ยนแปลงค่า b บริเวณปลอกหุ้มดอก(A) และ โคนก้านดอก (B) เห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



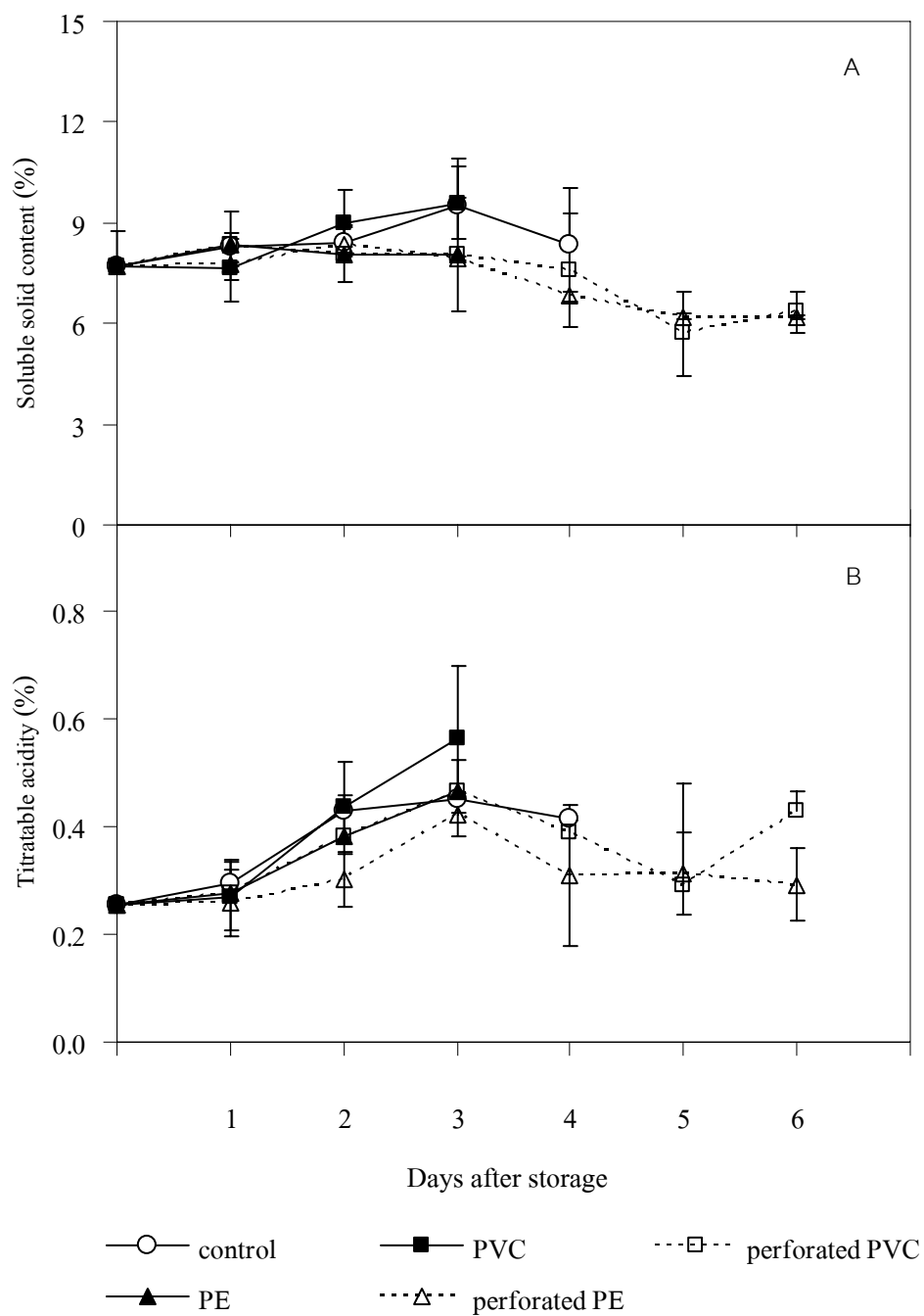
ภาพที่ 26 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



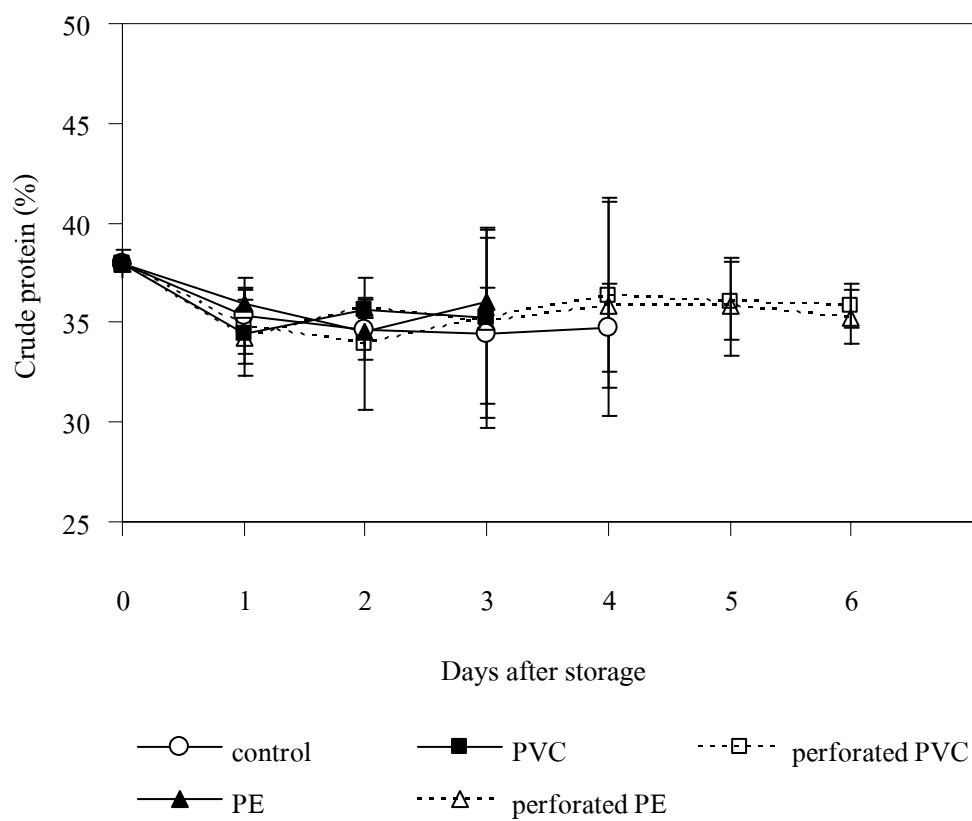
ภาพที่ 27 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



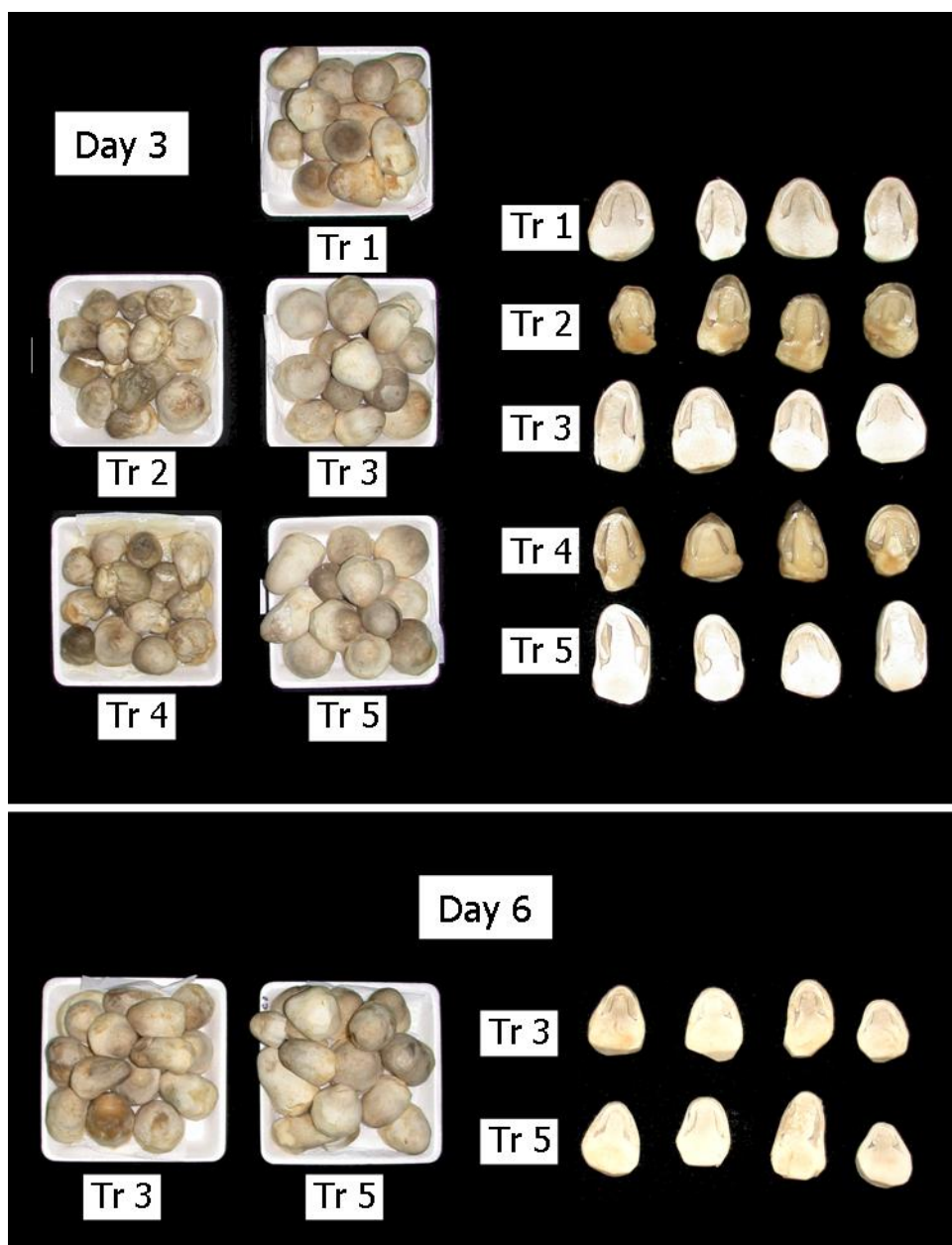
ภาพที่ 28 การรั่วไหลของประจุบริเวณเปลือกหุ้มดอกเห็ด (A) ก้านดอก (B) ของเห็ดฟาง ที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 29 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (A) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (B) ของหีดฟางที่เก็บรักษาโดยการตัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 30 ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 30 การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกและภายในของหอยนางรมที่เก็บรักษาโดยการตัดแปลงสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส (Tr1 = control Tr2 = พลาสติก PVC ไม่เจาะรู Tr3 = พลาสติก PVC เจาะรู Tr4 = ถุง PE ไม่เจาะรู Tr5 = ถุง PE เจาะรู)

4. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำร่วมกับการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ

4.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางพบว่าอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟาง ในวันที่ 2 และ 3 โดยพบว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 16 องศาเซลเซียส และในวันที่ 5 เห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส ส่วนการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ โดยการใช้พลาสติก PVC และ PE นั้น มีอิทธิพลต่อการสูญเสียน้ำหนักเช่นกัน โดยเห็ดฟางที่หุ้มด้วยพลาสติก PVC สูญเสียน้ำหนักมากกว่าเห็ดฟางที่ใส่ในถุงพลาสติก PE (ตารางที่ 1) นอกจากนั้นพบอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษากับการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในวันที่ 3 และ 4 ของการเก็บรักษา

4.2 อาการสะท้อนหนาว

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่ออาการสะท้อนหนาว โดยพบว่า ในวันที่ 1 ถึงวันที่ 3 คะแนนอาการสะท้อนหนาวของเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกับเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 13 และ 16 องศาเซลเซียส (ในวันที่ 3 เห็ดฟางที่อุณหภูมิ 13 และ 16 องศาเซลเซียส มีอาการสะท้อนหนาวเฉลี่ยเท่ากับ 1.23 และ 1.15 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่เห็ดฟางที่ 10 องศาเซลเซียส มีอาการสะท้อนหนาวเฉลี่ยสูงถึง 3.55 คะแนน ทำให้หมดสภาพการเก็บรักษา จึงตรวจสอบคุณภาพได้เพียง 3 วัน) การดัดแปลงสภาพบรรยากาศโดยการใช้พลาสติก PVC และ PE พบว่าไม่มีอิทธิพลกับอาการสะท้อนหนาว (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 10
13 และ 16 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	พลาสติก	การสูญเสียน้ำหนัก (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา					
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
10C	PVC	1.00	1.26	1.37	-	-	-
	PE	0.29	0.39	0.37	-	-	-
13C	PVC	1.10	1.73	2.23	2.44	2.61	3.33
	PE	0.49	0.58	0.53	0.54	0.62	0.81
16C	PVC	1.07	1.58	2.41	2.55	3.27	3.40
	PE	0.35	0.38	0.56	0.47	0.61	0.95

ปัจจัย		ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย					
อุณหภูมิ	10C	0.65	0.82a	0.87a	-	-	-
	13C	0.79	1.15b	1.38b	1.49	1.61a	2.07
	16C	0.71	0.98ab	1.49b	1.51	1.94 b	2.18
พลาสติก	PVC	1.06x	1.52x	2.01x	2.50x	2.94x	3.36x
	PE	0.38y	0.45y	0.49y	0.50y	0.61y	0.88y

ปัจจัย		Pr > F					
อุณหภูมิ (A)		ns	*	**	ns	**	ns
พลาสติก (B)		**	**	**	**	**	**
A X B		ns	ns	**	*	ns	ns
CV (%)		24.52	18.58	10.60	7.19	10.79	9.56

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 2 คะแนนการสะท้อนหาของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่ อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	พลาสติก	อาการสะท้อนหา (คะแนน) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
		วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
10C	PVC	1.00	1.83	2.57	3.53	-	-	-
	PE	1.00	1.80	2.60	3.57	-	-	-
13C	PVC	1.00	1.00	1.10	1.23	1.27	1.53	1.87
	PE	1.00	1.04	1.13	1.23	1.37	1.50	1.70
16C	PVC	1.00	1.00	1.00	1.23	1.27	1.47	1.63
	PE	1.00	1.00	1.00	1.07	1.27	1.40	1.69

ปัจจัย		ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย ^{1/}						
อุณหภูมิ	10C	1.00	1.82a	2.58a	3.55a	-	-	-
	13C	1.00	1.02b	1.12b	1.23a	1.32	1.52	1.78
	16C	1.00	1.00b	1.00b	1.15b	1.27	1.43	1.66
พลาสติก	PVC	1.00	1.28	1.56	2.00	1.27	1.50	1.75
	PE	1.00	1.28	1.58	1.96	1.32	1.45	1.69

ปัจจัย		Pr > F						
อุณหภูมิ (A)		**	**	**	ns	ns	ns	
พลาสติก (B)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	
A X B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	
CV (%)		6.17	6.72	6.19	9.74	5.53	5.58	

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- หมดอายุการเก็บรักษา

4.3 ความแน่นเนื้อ

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อความแน่นเนื้อของเห็ดฟาง โดยพบว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อน้อยกว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 16 องศาเซลเซียส การดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยพลาสติก PVC และ PE มีอิทธิพลต่อค่าความแน่นเนื้อเช่นกัน โดยเห็ดฟางที่หุ้มด้วยพลาสติก PVC มีความแน่นเนื้อน้อยกว่าเห็ดฟางที่ใส่ในถุงพลาสติก PE พบความแตกต่างทางสถิติในวันที่ 1 ถึงวันที่ 3 ส่วนในวันที่ 4 ถึง 6 แม้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าเห็ดฟางที่หุ้มด้วยพลาสติก PVC มีความแน่นเนื้อน้อยกว่าเห็ดฟางที่ใส่ในถุงพลาสติก PE (ตารางที่ 3)

4.4 การรั่วไหลของประจุ

การรั่วไหลของประจุมิอิทธิพลมาจากอุณหภูมิการเก็บรักษาและความสัมพันธ์กับอาการสะท้านหนาว โดยในวันที่ 1 ถึง 3 เห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าการรั่วไหลของประจุมากกว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 16 องศาเซลเซียส ส่วนในวันที่ 4 ถึง 6 พบว่าค่าการรั่วไหลของประจุเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 13 และ 16 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกัน สำหรับการดัดแปลงสภาพบรรยากาศโดยการใช้พลาสติก PVC และ PE พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อการรั่วไหลของประจุบริเวณปลอกหุ้ม แต่มีอิทธิพลต่อการรั่วไหลของประจุบริเวณโคนก้านดอก ในวันที่ 1 และ 5 โดยพบว่าการใช้พลาสติก PVC มีค่าการรั่วไหลของประจุมากกว่าพลาสติก PE นอกจากนั้นยังพบว่าการรั่วไหลของประจุมิแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 4 และ 5)

ตารางที่ 3 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	พลาสติก	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
		วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
10C	PVC	32.02	17.89	16.82	16.96	-	-	-
	PE	32.02	24.16	21.06	21.76	-	-	-
13C	PVC	32.02	29.42	27.91	27.76	26.73	23.75	22.81
	PE	32.02	33.40	29.41	30.27	27.47	25.00	23.90
16C	PVC	32.02	35.28	31.75	26.61	27.17	27.44	26.95
	PE	32.02	36.73	34.07	33.86	27.15	27.43	26.25

ปัจจัย		ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย ^{1/}						
อุณหภูมิ	10C	32.02	21.03a	18.94a	19.36	-	-	-
	13C	32.02	31.41b	28.66b	29.01	27.10	24.38a	23.36a
	16C	32.02	36.01c	32.91b	30.23	27.16	27.44b	26.60b
พลาสติก	PVC	32.02	27.53x	25.49x	23.78x	26.95	25.60	24.88
	PE	32.02	31.43y	28.18y	28.63y	27.31	26.22	25.07

ปัจจัย		Pr > F						
อุณหภูมิ (A)		**	**	**	ns	*	*	*
พลาสติก (B)		**	*	**	ns	ns	ns	ns
A X B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		7.67	8.26	11.50	7.44	6.80	8.26	

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าการรั่วไหลของประจุบริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพตัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	พลาสติก	การรั่วไหลของประจุบริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ด (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
		วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
10C	PVC	37.20	58.34	62.48	64.15	-	-	-
	PE	37.20	50.19	58.69	59.07	-	-	-
13C	PVC	37.20	29.53	29.51	35.07	46.50	47.02	58.61
	PE	37.20	29.60	28.70	26.13	50.20	53.92	52.35
16C	PVC	37.20	22.59	18.91	35.59	37.46	53.10	58.90
	PE	37.20	31.48	26.97	38.25	42.18	51.50	56.54

ปัจจัย		ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย ^{1/}						
อุณหภูมิ	10C	37.20	54.26a	60.59a	61.61a	-	-	-
	13C	37.20	29.56b	29.10b	30.60b	48.35	50.47	55.48
	16C	37.20	27.03b	22.94b	36.92b	39.82	52.30	57.72
พลาสติก	PVC	37.20	36.82	36.97	44.93	41.98	50.06	58.75
	PE	37.20	37.09	38.12	41.15	46.19	52.71	54.45

ปัจจัย		Pr > F						
อุณหภูมิ (A)		**	**	**	ns	ns	ns	ns
พลาสติก (B)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A X B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		21.59	20.39	19.81	10.39	10.94	9.36	

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่าการรั่วไหลของประจุบริเวณก้านดอกเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพ
ตัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	พลาสติก	การรั่วไหลของประจุบริเวณก้านดอกเห็ด (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
		วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
10C	PVC	29.69	46.29	56.41	62.96	-	-	-
	PE	29.69	31.84	51.13	56.75	-	-	-
13C	PVC	29.69	24.17	17.38	21.99	28.76	44.67	54.67
	PE	29.69	23.28	21.72	27.66	32.82	37.78	51.53
16C	PVC	29.69	19.07	17.15	28.42	35.42	51.84	49.37
	PE	29.69	15.37	15.01	26.08	31.24	38.50	52.75

ปัจจัย		ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย ^{1/}						
อุณหภูมิ	10C	29.69	39.06a	53.77a	59.86a	-	-	-
	13C	29.69	23.73b	19.55b	24.82b	30.79	41.23	53.10
	16C	29.69	17.22b	16.08b	27.25b	33.33	45.17	51.06
พลาสติก	PVC	29.69	29.84x	30.31	37.79	32.09	48.25x	52.02
	PE	29.69	23.50y	29.29	36.83	32.03	38.14y	52.14

ปัจจัย		Pr > F						
อุณหภูมิ (A)		**	**	**	ns	ns	ns	ns
พลาสติก (B)		**	ns	ns	ns	**	ns	ns
A X B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		20.58	16.28	18.97	23.59	9.65	7.80	

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- หมดอายุการเก็บรักษา

4.6 กิจกรรมของเอนไซม์ PLD

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ PLD พบว่า ในวันที่ 1 กิจกรรมของเอนไซม์ PLD ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่ามากกว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 16 องศาเซลเซียส จากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ PLD ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งต่ำกว่ากิจกรรมของเอนไซม์ PLD ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 16 องศาเซลเซียส ในวันที่ 3 ส่วนวันที่ 4-6 ซึ่งเหลือเพียงเห็ดฟางเก็บรักษาที่ 13 และ 16 องศาเซลเซียสนั้น พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ PLD ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่กิจกรรมของเอนไซม์ PLD มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากวันที่ 3 การตัดแปลงสภาพบรรยากาศโดยการใช้พลาสติก PVC และ PE ไม่มีอิทธิพลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ PLD แต่อย่างไรก็ตามพบอิทธิพลร่วมในวันที่ 1 และ 3 (ตารางที่ 6)

4.7 กิจกรรมของเอนไซม์ LOX

การเก็บรักษาเห็ดฟางในสภาพอุณหภูมิต่ำร่วมกับการตัดแปลงสภาพบรรยากาศ พบว่า อุณหภูมิและการตัดแปลงสภาพบรรยากาศ โดยการใช้พลาสติก PVC และ PE ไม่มีอิทธิพลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ LOX โดยก่อนการเก็บรักษา (วันที่ 0) กิจกรรมของเอนไซม์ LOX เท่ากับ 1.62 หน่วย/มิลลิกรัมโปรตีน เมื่อนำมาเก็บรักษาไว้นาน 6 วันพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ LOX ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.14-3.04 หน่วย/มิลลิกรัมโปรตีน โดยมีแนวโน้มว่ากิจกรรมของเอนไซม์ LOX ในทุกทรีตเมนต์จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากวันแรกและลดลงในวันสุดท้าย (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ PLD ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลง
บรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	พลาสติก	กิจกรรมของเอนไซม์ PLD (nmol/kg protein) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
		วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
10C	PVC	1.56	3.27	1.89	1.22	-	-	-
	PE	1.56	2.62	1.48	1.90	-	-	-
13C	PVC	1.56	1.89	2.01	1.98	2.60	3.08	3.20
	PE	1.56	2.56	1.46	1.48	2.42	3.24	2.68
16C	PVC	1.56	2.27	1.91	2.24	2.35	2.37	2.87
	PE	1.56	2.19	2.19	2.05	3.19	2.96	2.42

ปัจจัย		ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย						
อุณหภูมิ	10C	1.56	2.95a	1.69	1.56b	-	-	-
	13C	1.56	2.22b	1.73	1.73ab	2.51	3.16	2.94
	16C	1.56	2.23b	2.05	2.14a	2.77	2.66	2.65
พลาสติก	PVC	1.56	2.48	1.93	1.81	2.48	2.72	3.03
	PE	1.56	2.45	1.71	1.81	2.80	3.10	2.55

ปัจจัย		Pr >F						
อุณหภูมิ (A)		**	ns	*	ns	ns	ns	ns
พลาสติก (B)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A X B		*	ns	*	ns	ns	ns	ns
CV (%)		14.65	19.77	20.85	29.08	18.12		

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลง
บรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	พลาสติก	กิจกรรมของเอนไซม์ LOX (units/mg protein) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
		วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
10C	PVC	1.62	2.57	2.67	2.42			
	PE	1.62	2.11	2.70	2.68			
13C	PVC	1.62	1.90	3.15	2.62	3.02	3.06	2.30
	PE	1.62	2.38	2.90	2.91	2.45	2.53	2.04
16C	PVC	1.62	2.26	2.73	2.78	2.37	3.02	2.23
	PE	1.62	2.15	2.54	2.62	2.73	2.22	2.26

ปัจจัย		ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย						
อุณหภูมิ	10C	1.62	2.34	2.68	2.55			
	13C	1.62	2.14	3.02	2.76	2.74	2.80	2.17
	16C	1.62	2.20	2.63	2.70	2.55	2.62	2.24
พลาสติก	PVC	1.62	2.24	2.85	2.61	2.70	3.04	2.26
	PE	1.62	2.21	2.71	2.73	2.59	2.38	2.15

ปัจจัย		Pr >F						
อุณหภูมิ (A)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
พลาสติก (B)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A X B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		25.72	24.71	19.58	19.21	25.63	7.55	

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- หมดอายุการเก็บรักษา

4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ MDA

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ MDA โดยพบว่า ในวันที่ 1 ปริมาณ MDA ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างทางสถิติ กับเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส ส่วนในวันที่ 2 และ 3 ปริมาณ MDA ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างทางสถิติกับเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 16 องศาเซลเซียส ส่วนวันที่ 4 ถึงวันที่ 6 ซึ่งเหลือเพียงเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 16 องศาเซลเซียสนั้น พบว่า ปริมาณ MDA ไม่แตกต่างกัน การดัดแปลงสภาพบรรยากาศโดยการใช้พลาสติก PVC และ PE มีแนวโน้มว่าเห็ดฟางที่หุ้มด้วยพลาสติก PVC จะมีปริมาณ MDA มากกว่าเห็ดฟางที่ใส่ในถุงพลาสติก PE แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติยกเว้นในวันที่ 3 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ MDA ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพคัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 10 13 และ 16 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	พลาสติก	ปริมาณ MDA (nmol/ml) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
		วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
10C	PVC	0.028	0.038	0.051	0.057			
	PE	0.028	0.046	0.048	0.056			
13C	PVC	0.028	0.033	0.040	0.048	0.057	0.072	0.057
	PE	0.028	0.029	0.033	0.036	0.047	0.047	0.051
16C	PVC	0.028	0.039	0.038	0.047	0.046	0.055	0.057
	PE	0.028	0.036	0.037	0.031	0.052	0.049	0.053

ปัจจัย		ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย ^{1/}						
อุณหภูมิ	10C	0.028	0.042a	0.050a	0.057a			
	13C	0.028	0.031ab	0.037b	0.042b	0.052	0.060	0.054
	16C	0.028	0.037b	0.037b	0.039b	0.049	0.052	0.055
พลาสติก	PVC	0.028	0.036	0.043	0.051x	0.052	0.064	0.057
	PE	0.028	0.037	0.039	0.041y	0.050	0.048	0.052

ปัจจัย		Pr >F						
อุณหภูมิ (A)		**	*	**	ns	ns	ns	
พลาสติก (B)		ns	ns	**	ns	ns	ns	
A X B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	
CV (%)		15.60	21.48	14.07	35.38	30.84	21.74	

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- หมดอายุการเก็บรักษา

วิจารณ์

1. ผลของอุณหภูมิเก็บรักษาต่อคุณภาพของเห็ดฟาง

เห็ดเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่เสื่อมคุณภาพและเน่าเสียได้ง่ายกว่าผลิตผลอื่น ๆ (Briones, 1992) เพราะมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูงถึง 85-95 เปอร์เซ็นต์ (Cho *et al.*, 1982) ทำให้บอบช้ำจากการเก็บเกี่ยวและการขนส่งได้ง่าย ผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งมีชีวิต ดังนั้นกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเซลล์ยังดำเนินต่อไปโดยเฉพาะกระบวนการหายใจ ซึ่งเป็นกระบวนการสลายอาหารสะสมและปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของความร้อน (Wills *et al.*, 1981) เห็ดฟางจัดอยู่ในกลุ่มผลิตผลที่มีการหายใจสูง พบว่าที่อุณหภูมิห้อง เห็ดฟางมีอัตราการหายใจสูงถึง 1,308 มก.CO₂/กก.ชม. ในชั่วโมงแรก และลดลงเหลือ 981 มก.CO₂/กก.ชม. ในชั่วโมงที่ 24 ส่วนเห็ดฟางที่ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำสุดในการทดลองครั้งนี้ พบว่า มีอัตราการหายใจเท่ากับ 1,002 มก.CO₂/กก.ชม. ในชั่วโมงแรก จากนั้นอัตราการหายใจลดลง มีค่าอยู่ระหว่าง 100-200 มก.CO₂/กก.ชม. ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 1) สอดคล้องกับอัตราการหายใจของเห็ดนางรมซึ่งพบว่าอัตราการหายใจลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำนาน 2 วัน และเห็ดนางรมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจสูงกว่าที่อุณหภูมิ 4 และ 0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (Villaescusa and Gil, 2003) Suslow and Cantwell (2002) รายงานว่าเห็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 5 10 และ 20 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจเท่ากับ 14-22 35 50 และ 132-138 มล.CO₂/กก.ชม. แสดงว่าที่อุณหภูมิต่ำเห็ดมีอัตราการหายใจลดลง และเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ (Saxena and Rai, 1998)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงของผลิตผล เนื่องจากกระบวนการต่าง ๆ ทางชีวเคมีช้าลง โดยเฉพาะการหายใจ ในขณะที่เดียวกันสามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายผลิตผลด้วย (จริงแท้, 2542) แม้ว่าอุณหภูมิต่ำช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ แต่มีข้อจำกัดที่อุณหภูมิระดับหนึ่งเท่านั้น ผลิตผลแต่ละชนิดมีความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ไม่เท่ากัน (สายชล, 2528) ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปผลิตผลมักเกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยา ที่เรียกว่า อาการสะท้อนหนาว (chilling injury) อาการที่ปรากฏมีหลายลักษณะ เช่น ผิวของผลิตผลเกิดรอยแผลสีน้ำตาลหรือสีดำ อาจมีรอยบวมเนื่องจากการตายของเซลล์ มีการสะสมแอตลอกซอลและอะเซตัลดีไฮด์ขึ้นภายในเนื้อเยื่อ ทำให้รสชาติของผลิตผลผิดปกติ พืชเมืองร้อนส่วนใหญ่มักเกิดอาการผิดปกติขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12-15 องศาเซลเซียส (จริงแท้, 2542) จากการทดลองพบว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีคะแนนอาการ

สะท้อนหาวมากที่สุด (ภาพที่ 6) ลักษณะอาการที่พบ คือ ผิวดอกเป็นรอยบุ๋ม ดอกเห็ดน้ำน้ำ เนื้อเยื่อมีลักษณะคล้ายวุ้น ขุบตัวเสียรูปร่าง มีน้ำไหลออกจากเนื้อเยื่อ และเปลี่ยนสีน้ำตาลดำ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของจุฬารักษ์ (2545) และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ (2531) ซึ่งพบว่า เห็ดฟางที่ 10 องศาเซลเซียส ได้รับความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ

ระหว่างการเก็บรักษาค่า L ลดลง ในขณะที่ค่า a และ ค่า b เพิ่มมากขึ้น แสดงว่า ดอกเห็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (ภาพที่ 3 และ 4) เห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 10 องศาเซลเซียส เกิดอาการสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะบริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ด ชัยชนะ (2549) รายงานว่าเห็ดนางรมสังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากกว่าเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (5 10 และ 15 องศาเซลเซียส) แต่กลับพบกิจกรรมของเอนไซม์ PPO น้อยกว่าเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลนี้ อาจเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้ดอกเห็ดอยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ PPO เกิดขึ้นน้อย นอกจากนั้นยังมีรายงานว่า โมเลกุลของน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นที่มีกลุ่ม amino ($-NH_2$) เรียกปฏิกิริยานี้ว่า Maillard reaction เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้โดยไม่ต้องมีเอนไซม์กระตุ้น (non-enzymatic browning) (จริงแท้, 2549, Cho, 1982) และมีรายงานว่า การสูญเสียเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล (Cho *et al.*, 1982) สอดคล้องกับรายงานของ Barker *et al.* (1981) พบว่าการเก็บรักษาเห็ดที่อุณหภูมิสูง ดอกเห็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลบริเวณผิวห่มและมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียของดอกเห็ด ส่วนการเกิดสีน้ำตาลในเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีความสัมพันธ์กับอาการสะท้อนหาวซึ่งกระบวนการเกิดสีน้ำตาลในกรณีนี้ เกิดเนื่องจากเซลล์ถูกทำลายทำให้สารประกอบฟีนอลิกซึ่งเป็นสารตั้งต้นมีโอกาสทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ PPO ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดมาจากเอนไซม์นี้ เป็นผลมาจากสารประกอบจำพวก monophenol ในสภาพที่มีออกซิเจนถูกเติมหมู่ไฮดรอกซิล ($-OH$) เกิดเป็นอโธไดฟีนอล (*O*-diphenols) ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์ต่อไปได้เป็นสารควิโนน (Saper, 1993) จากนั้น ควิโนนรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่กลายเป็นสารสีน้ำตาล เรียกว่า melanin (จริงแท้, 2549)

สำหรับความแน่นเนื้อ พบว่า การเก็บรักษาเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 14 และ 16 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อได้ (ภาพที่ 7) สอดคล้องกับจุฬารักษ์ (2545) พบว่าการเก็บรักษาเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นยังพบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแน่นเนื้อที่ลดลงของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 12 องศาเซลเซียส กับอาการสะท้อนหาวที่เพิ่มสูงขึ้น ส่วนความแน่นเนื้อที่ลดลงของเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

18 องศาเซลเซียส นั้น อาจเนื่องมาจากเหตุสูญเสียน้ำมาก ทำให้เซลล์สูญเสียความเต่ง เนื้อเยื่อหุ้มมีลักษณะฟาม ในขณะที่หัดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 12 องศาเซลเซียส ซึ่งหัดเกิดอาการสะท้อนหนาว เนื้อเยื่อหุ้มมีลักษณะคล้ายวุ้น ทำให้ความแน่นเนื้อลดลง

การรั่วไหลของประจุบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของเซลล์ดอกเห็ดฟาง ถ้าเซลล์เสื่อมสภาพมาก ค่าการรั่วไหลของประจุจะสูง เนื่องจากเซลล์เสียความสามารถในการควบคุมการผ่านเข้าออก ทำให้ไอออนต่าง ๆ สามารถผ่านเข้าออกได้สะดวก Marangoni *et al.* (1997) รายงานว่า อุณหภูมิต่ำหรือสูงเกินไป มีผลทำให้การรั่วไหลของประจุเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่าการเก็บรักษาเห็ดฟางที่อุณหภูมิห้องมีการรั่วไหลของประจุมากที่สุด (ภาพที่ 8) เนื่องจากอุณหภูมิสูงเร่งการย่อยสลายเนื้อเยื่อเป็นของเหลว (autolysis) (วัชรินทร์, 2536 ; Cho *et al.*, 1982) สอดคล้องกับจุพากรณ์ (2545) พบว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีค่าการรั่วไหลของประจุมากกว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และชนัญฎิกา (2549) พบว่ากล้วยไข่ได้รับอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง มีค่าการรั่วไหลของประจุมากกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้รับอุณหภูมิสูง ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิสูงไปกระตุ้นการสูกหรือการชราภาพของเนื้อเยื่อ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่า เห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าการรั่วไหลของประจุมากที่สุด รองลงมาคือเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 14 18 และ 16 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับการเก็บรักษามะเขือซึ่งพบว่ามะเขือเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีอาการสะท้อนหนาวและค่าการรั่วไหลของประจุมากกว่ามะเขือเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Concellon *et al.*, 2007)

ปริมาณ SS ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าปริมาณ SS ลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษา (ภาพที่ 9A) สอดคล้องกับงานทดลองของ Villaescusa and Gil (2003) ซึ่งพบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณ SS แต่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณ SS ลดลง การลดลงของ SS นี้ อาจเป็นผลมาจากการใช้น้ำตาลในกระบวนการหายใจ ส่วนปริมาณ TA พบว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณ TA สูง (ภาพที่ 9B) ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิดังกล่าวเห็ดฟางมีอัตราการหายใจสูง (ภาพที่ 1) ทำให้เกิดการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุสูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำอื่น ๆ (ภาพที่ 2) และทำให้ภายในเนื้อเยื่อเห็ดเกิดการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ ค่าความเป็นกรดจึงเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนพบว่าหลังเก็บรักษานาน 1 วัน เห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สอดคล้องกับรายงานของของ Hommond (1980) ปริมาณ total protein ของ

เห็ดนางรมเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษานาน 4 วัน และเห็ดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีปริมาณโปรตีนมากกว่าเห็ดเก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียส

เห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงมีการสูญเสียน้ำมากกว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (ภาพที่ 5) อาจเนื่องจากความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำของผลิตภัณฑ์กับความดันไอน้ำของอากาศ โดยที่อุณหภูมิสูง น้ำซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเห็ดฟาง มีการเคลื่อนไหวและเปลี่ยนแปลงสถานะกลายเป็นไอน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ในขณะที่อากาศรอบ ๆ มีความดันไอน้ำเท่าเดิม (จริงแท้, 2542) ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำของดอกเห็ดกับอากาศรอบ ๆ มากขึ้น ส่งผลให้เห็ดฟางสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง

2. ผลของการลดอุณหภูมิต่อคุณภาพของเห็ดฟาง

การลดอุณหภูมิด้วยวิธีลมดันเย็น อุณหภูมิภายในดอกเห็ดลดลงได้รวดเร็วที่สุด (ภาพที่ 12) เนื่องจากการลดอุณหภูมิด้วยวิธีนี้เป็นการบังคับลมเย็นให้ไหลผ่านผลิตภัณฑ์โดยตรง ส่วนการใช้ น้ำแข็งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพต่ำในการลดอุณหภูมิ สอดคล้องกับการทดลองของชัยชนะ (2549) พบว่าการลดอุณหภูมิโดยการใช้ น้ำแข็งกับเห็ดนางรมอังการีนัน อุณหภูมิภายในดอกเห็ดลดลง อย่างช้า ๆ

การไม่ลดและลดอุณหภูมิเห็ดฟางด้วยกล่องโฟมบรรจุ น้ำแข็ง (gel ice) รถห้องเย็น และ ลมดันเย็น เห็ดฟางเปลี่ยนเป็นสื่อน้ำตาล การสูญเสีย น้ำหนัก ความแน่นเนื้อ การรั่วไหลของประจุ ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากจากการทดลองครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการขนส่งและการจัดการ ผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เพียง 2-3 ชั่วโมง อีกทั้งการเก็บเกี่ยว เห็ดฟางทำในช่วงเช้าซึ่งอุณหภูมิก่อนข้างต่ำ และปริมาณในการขนส่งไม่มากเท่ากับการปฏิบัติจริง จึงทำให้เห็ดผลิตความร้อนออกมาน้อย เมื่อลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา จึงไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเห็ดฟางที่ผ่านการลดและไม่ลดอุณหภูมิ

อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าในสามวันแรก เห็ดฟางที่ไม่ลดอุณหภูมิมียปริมาณคาร์บอน ไดออกไซด์มากกว่าเห็ดฟางที่ลดอุณหภูมิทุกวิธี (ภาพที่ 13) อาจเป็นไปได้ว่า การลดอุณหภูมิ สามารถลดอัตราการหายใจได้ แต่เนื่องจากการทดลองนี้หลังจากลดอุณหภูมิลแล้วเก็บรักษาไว้ที่ อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อพิจารณาจากอัตราการหายใจของเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 16 องศา เซลเซียส พบว่า ถึงแม้ไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา อัตราการหายใจของเห็ดฟางลดลงจาก

1,099 มก.CO₂/กก.ชม. เหลือ 187 มก.CO₂/กก.ชม. ภายในเวลา 6 ชั่วโมงหลังเก็บรักษา และคงที่อยู่ระหว่าง 150-300 มก.CO₂/กก.ชม. ตลอดระยะเวลา 138 ชั่วโมง ที่ทำการทดลอง (ภาพที่ 1) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้ลักษณะทางกายภาพและทางเคมี เช่น การเปลี่ยนแปลงสี การร่วงไหลของประจุ ปริมาณ SS และ TA ไม่แตกต่างกัน ส่วนความแน่นเนื้อไม่พบความแตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าเห็ดฟางที่ลดอุณหภูมิด้วยวิธีลมดันเย็นมีความแน่นเนื้อสูงที่สุด (ภาพที่ 18) เนื่องมาจากการลดอุณหภูมิวิธีนี้เป็นการบังคับลมให้ไหลผ่านผลิตผลตลอดเวลา ทำให้ดอกเห็ดแห้งและเหนียว ค่าความแน่นเนื้อจึงสูงในวันแรก ส่วนการลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็งพบว่าในวันแรกมีค่าความแน่นเนื้อต่ำกว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ เนื่องจากภายในกล่องที่ใช้ลดอุณหภูมิมียุณหภูมิที่สูง (ชัยชนะ, 2549) จากนั้นเก็บรักษาในอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เท่ากัน ทำให้ความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า การลดอุณหภูมิด้วยการใช้สุญญากาศสามารถชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อของเห็ดกระดุมได้ (Tao *et al.*, 2007) แต่การลดอุณหภูมิด้วยวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงจึงอาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการลดอุณหภูมิกับเห็ดฟาง

3. ผลของการดัดแปลงสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพของเห็ดฟาง

การเก็บรักษาในสภาพดัดแปลง บรรยากาศ (modified atmosphere) เป็นอีกวิธีที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลิตผล สภาพดังกล่าวซึ่งมีปริมาณออกซิเจนน้อย และ/หรือคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติ ทำให้ผลิตผลมีการหายใจ การสร้างเอทิลีน และกระบวนการออกซิเดชันต่าง ๆ เช่น การออกซิไดส์สารประกอบฟีนอลิกน้อยกว่าปกติ และสามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาวและชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายผลิตผลได้ด้วย (จริงแท้, 2542) จากการทดลองเก็บรักษาเห็ดฟางโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยการใช้ ถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC เจาะรู และไม่เจาะรู ถาดพลาสติก PE เจาะรู และไม่เจาะรู และวางใน ถาดโฟมไม่ห่อฟิล์มพลาสติก พบว่า การเก็บรักษาโดยใช้ถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC ไม่เจาะรู และ ถาดพลาสติก PE ไม่เจาะรู ดอกเห็ดยุบตัว มีน้ำไหลออกมาจากดอกเห็ด ค่าความแน่นเนื้อลดต่ำลง ในขณะที่การร่วงไหลของประจุและดอกเห็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากขึ้น เนื่องจากการเก็บรักษาใน ภาชนะบรรจุดังกล่าว ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งเห็ดฟางหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ในขณะเดียวกันมีการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้นจนกระทั่งเป็นอันตรายแก่ ดอกเห็ด ทำให้เกิดการเน่าและ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เกิดกลิ่นเหม็น มีรายงานว่าสภาพ บรรยากาศที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาเห็ดควรมีคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 21 เปอร์เซ็นต์ (สภาพบรรยากาศปกติ) (Cantwell and Kasmire, 2002) สอดคล้องกับรายงานของวรภัทรและคณะ (2544) ที่เก็บรักษาเห็ดฟางในถุงบรรจุก๊าซผสมระหว่าง

คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน อัตราส่วนร้อยละ 5:5 และ 5:10 สามารถเก็บรักษาได้เพียง 2 วัน ในขณะที่ถุงที่บรรจุอากาศปกติ สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 5 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะอาการเสื่อมคุณภาพดังกล่าว เช่น การเปลี่ยนแปลงสี ความแน่นเนื้อ และการรั่วไหลของประจุ มีความสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนที่ลดลงมากกว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น พิจารณาจากการใช้พลาสติก PVC ไม่เจาะรู และถุง PE เจาะรู พบว่า การใช้พลาสติก PVC ไม่เจาะรู มีปริมาณออกซิเจนและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าการใช้ถุงพลาสติก PE เจาะรู (ภาพที่ 22) แต่การใช้พลาสติก PVC ไม่เจาะรู แสดงอาการเสื่อมคุณภาพมากกว่าการใช้ถุง PE เจาะรู (ภาพที่ 30) แสดงว่าการเสื่อมคุณภาพ มีความสัมพันธ์กับออกซิเจนที่ลดต่ำลงมากกว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น อาจเป็นไปได้ว่าในสภาพดังกล่าว เห็ดฟางหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน การหายใจลักษณะนี้ก่อให้เกิดความเสียหายกับเนื้อเยื่อ และสารบางชนิดที่มีกลิ่นเหม็น (โศรดา, ม.ป.ป.) เห็ด *Agrocybe chaxingu* ที่เก็บรักษาในสภาพคัดแปลงบรรยากาศด้วยการใส่กล่องพลาสติก เจาะรูขนาด 0.9x1.0 เซนติเมตร เติมหักผสมระหว่าง คาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 10 เปอร์เซ็นต์ ปิดและไม่ปิดรูด้วย silicon gum film จากนั้นใส่ถุงหนา 35 ไมโครเมตร พบว่า สภาพบรรยากาศที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูงจะพบแอลกอฮอล์ในเนื้อเยื่อเห็ดปริมาณสูงด้วย และปริมาณแอลกอฮอล์ดังกล่าวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Li *et al.*, 2007) สอดคล้องกับรายงานของ Saray (1994) ว่าเห็ดกระดุมที่เก็บรักษาในกล่องสุญญากาศมีการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 2 และเพิ่มเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ส่วนออกซิเจนไม่ต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ตลอดการเก็บรักษา จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เห็ดที่เก็บรักษาในกล่องเจาะรู สามารถชะลอการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้

การเปลี่ยนแปลงสีพบว่าดอกเห็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั้งบริเวณปลอกหุ้มและโคนก้านดอก โดยบริเวณปลอกหุ้มเห็ดฟางที่เก็บรักษาในถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC ไม่เจาะรู และถุงพลาสติก PE ไม่เจาะรู เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ (ค่า L ลดต่ำลงมาก ค่า a และ b เพิ่มขึ้นเล็กน้อย) ส่วนเห็ดฟางที่วางในถาดโฟมไม่ห่อฟิล์มพลาสติกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง (ค่า L ลดต่ำลงเล็กน้อย ค่า a และ b เพิ่มขึ้นมาก) เห็ดฟางที่บรรจุในพลาสติกทั้งสองชนิดเจาะรู เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเช่นเดียวกับเห็ดฟางที่บรรจุในพลาสติกไม่เจาะรูแต่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลช้ากว่า (ภาพที่ 23-25)

การใช้พลาสติกห่อหุ้มผลิตผลเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำและรักษาความสดของผลิตผล (Nichos, 1985) ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาเห็ดฟางที่วางในถาดโฟมไม่ห่อฟิล์มพลาสติกมีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 19 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเห็ดที่เก็บรักษาโดยใช้พลาสติกชนิดต่าง ๆ สูญเสีย

น้ำหนักเพียง 0.84-2.63 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าพลาสติกที่ใช้ในการทดลองนี้ยอมให้น้ำและอากาศผ่านเข้าออกอย่างจำกัด จึงลดการสูญเสียน้ำหนักได้ นอกจากนั้นพบว่าภายในภาชนะบรรจุเกิดการกลั่นตัวของหยดน้ำเกาะอยู่ใต้พลาสติกที่ห่อหุ้มผลิตผล สอดคล้องกับรายงานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ (2531) ซึ่งพบว่าการเก็บรักษาเห็ดฟางภายใต้ฟิล์มชนิดใดก็ตามจะเกิดการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจของเห็ดควบคู่ไปกับการกลั่นตัวของหยดน้ำภายใต้แผ่นพลาสติก เป็นสาเหตุทำให้เห็ดฟางเน่าเสียได้เร็วขึ้น แต่จากการทดลองครั้งนี้การใช้พลาสติกทั้งสองชนิด คือ พลาสติก PVC และถุง PE ทั้งเจาะรูและไม่เจาะรู มีการกลั่นตัวของหยดน้ำภายใต้แผ่นพลาสติก โดยการใช้ถุงพลาสติก PE มีการกลั่นตัวของหยดน้ำมากกว่าการใช้พลาสติก PVC แต่ไม่พบว่าดอกเห็ดเน่าเสียมากกว่าแต่อย่างใด ดังนั้นการกลั่นตัวของหยดน้ำอาจไม่ใช่สาเหตุหลักที่ทำให้ดอกเห็ดเน่าเสีย สภาพบรรยากาศที่ไม่เหมาะสมภายในภาชนะบรรจุ เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ลดต่ำลง น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของเห็ดฟางมากกว่า

เห็ดฟางเก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยพลาสติก PVC และถุงพลาสติก PE ไม่เจาะรู ความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 27) สัมพันธ์กับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้นและออกซิเจนที่ลดต่ำลง (ภาพที่ 22) การใช้ถุงพลาสติก PE เจาะรู มีแนวโน้มชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อได้ดีที่สุด จากการทดลองพบว่าเห็ดฟางที่บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู มีการสูญเสียน้ำหนักน้อย (ภาพที่ 26) ทำให้เห็ดคงความสดได้ดี และมีความแน่นเนื้อสูงกว่าทรีตเมนต์อื่น สอดคล้องกับงานทดลองของจุฬารักษ์ (2545) ซึ่งพบว่าหลังเก็บรักษาเห็ดนาน 2-3 วัน เห็ดฟางที่บรรจุในถุงกระดาษสีน้ำตาลมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า ขณะเดียวกันมีความแน่นเนื้อน้อยกว่าเห็ดฟางที่บรรจุในถาดโฟมที่ด้านล่างถาดเจาะรู หุ้มด้วยพลาสติก PVC และเห็ดฟางที่บรรจุในถุง PE เจาะรู

4. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเห็ดฟางที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำร่วมกับการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ

ค่าการรั่วไหลของประจุสามารถใช้เป็นสิ่งบ่งบอกถึงความเสียหายของเยื่อหุ้มและการเสื่อมสภาพของผลิตผลได้ (Marangoni *et al.*, 1997; Anthon and Barrett, 2001; Mao *et al.*, 2004) Mao *et al.* (2007) รายงานว่า เมื่อแดงกว่าได้รับผลกระทบจากความเย็น เยื่อหุ้มเสียหาย ทำให้เกิดการรั่วไหลของประจุมากขึ้น และมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์ phospholipase D (PLD) และ lipoxxygenase (LOX) ซึ่งความเสียหายของเยื่อหุ้มเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการเป็นของไหล เยื่อหุ้มเป็นเจลมากขึ้น ส่งผลให้ไนโซโทพลาสซึมมีแคลเซียมไอออนเพิ่มมากขึ้น และแคลเซียม

ไลออนนี้จะไปกระตุ้นเอนไซม์ย่อยสลายไขมัน ทำให้ได้เป็นกรดไขมันอิสระ เอนไซม์ PLD เป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายพันธะเอสเทอร์ (de-esterification) ต่างๆ บนโมเลกุลของ phospholipid โดยจะเร่งปฏิกิริยาการย่อยเอากลุ่มแอลกอฮอล์ออกจากส่วนหัวของ phospholipid ได้เป็นกรดไขมัน กรดไขมันเหล่านี้ถูกออกซิไดส์ด้วยเอนไซม์ LOX ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะ (polyunsaturated fatty acid ; PUFA) โดยเฉพาะ linoleic acid และ linolenic acid ได้เป็นเปอร์ออกไซด์ของกรดไขมันและอนุมูลอิสระมากขึ้น เปอร์ออกไซด์ของกรดไขมันอาจถูกเปลี่ยนเป็นแอลดีไฮด์ คีโตน และกรดแอสโมนิก (จริงแท้, 2549) ในการเปลี่ยนเป็นแอลดีไฮด์ได้ผลิตผลสุดท้ายคือ malondialdehyde (MDA) ทั้ง MDA และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตัวอื่น ๆ สามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มได้ เนื่องจากสารดังกล่าวทำให้ขอบเขตของออสโมติกและเซลล์หมดลง เกิดการรั่วไหลของประจุ แต่โดยส่วนใหญ่มักใช้ MDA เป็นตัวชี้บ่งถึงการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มมากกว่าสารตัวอื่น ๆ (Hodges *et al.*, 1999) จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับอาการสะท้อนหนาว การเก็บรักษาเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีคะแนนอาการสะท้อนหนาวมากกว่าเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 13 และ 16 องศาเซลเซียส ดังนั้นแสดงว่าการเก็บรักษาเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดความเสียหายแก่เยื่อหุ้มและส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของเห็ดฟาง จริงแท้ (2549) กล่าวว่าเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเยื่อหุ้มอาจเปลี่ยนสถานะได้ เช่น เมื่ออุณหภูมิลดลงเยื่อหุ้มอาจเปลี่ยนสถานะไปอยู่ในสถานะที่เรียกว่า gel phase ในสถานะนี้โมเลกุลของ phospholipid ตลอดจนโปรตีนที่แทรกอยู่กับเยื่อหุ้มถูกตรึงอยู่กับที่ ทำให้กิจกรรมต่างๆ หยุดลง ในทางตรงข้ามถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นเยื่อหุ้มก็อาจเปลี่ยนสถานะเป็นของไหลมากเกินไปจนไม่สามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ได้ กิจกรรมของเอนไซม์ LOX ของทุกชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่ค่าการรั่วไหลของประจุของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่ 13 และ 16 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ PLD และปริมาณ MDA อาจเป็นไปได้ว่าเอนไซม์ LOX ไม่ใช่เอนไซม์ตัวหลักในกระบวนการออกซิเดชันกรดไขมันบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ เช่นเดียวกับการกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ในผลกล้วยไข่ ซึ่งพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ MDA และการรั่วไหลของประจุ (ชนัญดิกา, 2549) แต่สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ PLD นั้น มีรายงานว่ามีความสัมพันธ์กับค่าการรั่วไหลของประจุในผลแตงกวาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Mao *et al.*, 2007) เช่นเดียวกับปริมาณ MDA ที่มีรายงานว่ามีความสัมพันธ์กับการเสื่อมคุณภาพของเห็ดกระดุม โดยเห็ดที่มีค่าความแน่นเนื้อต่ำและเปลี่ยนสีน้ำตาลมาก มีปริมาณ MDA มากเช่นกัน (Tao *et al.*, 2007)

สรุป

การศึกษาผลของการลดอุณหภูมิ อุณหภูมิการเก็บรักษาและสภาพคัดแปลงบรรยากาศต่อคุณภาพของเห็ดฟาง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเห็ดฟาง คือ 14 และ 16 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้นาน 6 วัน ส่วนที่อุณหภูมิ 18 12 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องนั้น สามารถเก็บรักษาเห็ดได้นาน 4 4 3 และ 1 วัน ตามลำดับ เห็ดฟางที่มีอายุการเก็บรักษาสั้นมีความแน่นเนื้อต่ำ การร้าวไหลของประจุสูงและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (ค่า L ลดลง ค่า a และ b เพิ่มขึ้น) เร็วกว่าเห็ดฟางที่มีอายุการเก็บรักษานาน ส่วนอาการสะท้อนหาพบในเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แต่ไม่พบในเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้เห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเห็ดฟางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง

2. การไม่ลดและลดอุณหภูมิของเห็ดฟางด้วยกล่องโฟมบรรจุน้ำแข็ง (gel ice) รถห้องเย็น และ ลมดันเย็น ทำให้เห็ดฟางมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาล การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ การร้าวไหลของประจุ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และเอทิลีนภายในภาชนะบรรจุ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3. เห็ดฟางในถุง PE ไม่เจาะรู เกิดการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุ เพิ่มขึ้นและออกซิเจนลดลงอย่างรวดเร็วทำให้เห็ดฟางเสื่อมคุณภาพ เกิดอาการน้ำเน่า ดอกเห็ดยุบตัว ความแน่นเนื้อลดลง การร้าวไหลของประจุเพิ่มขึ้นและดอกเห็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากกว่าการใช้พลาสติก PVC ไม่เจาะรู เห็ดฟางที่บรรจุในพลาสติกไม่เจาะรูเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าเห็ดฟางที่บรรจุในพลาสติกเจาะรู เห็ดฟางที่หุ้มด้วยพลาสติกที่เจาะรูทุกชนิดมีความแน่นเนื้อ การร้าวไหลของประจุ การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เห็ดฟางที่บรรจุในถุง PE เจาะรูมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด

4. เห็ดฟางที่บรรจุในถาดโฟมไม่ห่อฟิล์มพลาสติก เก็บรักษาที่ 16 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนัก ดอกเห็ดเหี่ยว เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงมากกว่าเห็ดฟางที่ห่อพลาสติกทั้งที่เจาะรูและไม่เจาะรู โดยไม่พบอาการน้ำเน่าปรากฏให้เห็น

5. เห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เกิดอาการสะท้านหนาวและมี การร่วนไหลของประจุ และปริมาณ MDA สูง แต่ความแน่นเนื้อต่ำกว่าเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 16 องศาเซลเซียส กิจกรรมของเอนไซม์ PLD ของเห็ดฟางทุกอุณหภูมิสูงสุดในวันที่ 1 โดย เห็ดฟางที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีค่าสูงที่สุด ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ไม่แตกต่างกัน ทางสถิติ โดยการบรรจุเห็ดฟางในถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC เจาะรู และถุง PE เจาะรูไม่สามารถ ลดอาการสะท้านหนาวได้ แต่การบรรจุเห็ดฟางในถุง PE เจาะรู มีความแน่นเนื้อในช่วง 3 วันแรก มากกว่า แต่มีการสูญเสียน้ำหนัก การร่วนไหลของไหลของประจุในวันที่ 3 และ 5 และปริมาณ MDA ในวันที่ 3 น้อยกว่าเห็ดฟางที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มพลาสติก PVC เจาะรู

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กองส่งเสริมพืชสวน. 2543. **เทคนิคการเพาะเห็ดฟาง**. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กระทรวงพาณิชย์. 2550. **การส่งออกสินค้าสำคัญของไทย ปี 2543-2547**. แหล่งที่มา :

<http://www.ops2.moc.go.th/meeting/bb.xls>, 1 กุมภาพันธ์ 2550.

จิ่งแท้ ศิริพานิช. 2542. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**.

พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2549. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการหายใจของพืช**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

จุฬารัตน์ ยิ่งยวงศักดิ์กุล. 2545. **การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟาง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชนัญฎิกา คำดี. 2549. **ผลของอุณหภูมิสูงที่มีต่อคุณภาพและการตกกระของผลกล้วยไข่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยชนะ นุ่นแสง. 2549. **ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดนางรมฮังการี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาญยุทธ์ ภาณุทัต. 2540. **เทคนิคการเพาะเห็ดฟาง**. กองส่งเสริมพืชสวน. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

_____. 2544. ข้อมูลประกอบการตัดสินใจเพาะเห็ด, น. 1-12. ใน สมาคมวิชัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย, บรรณาธิการ. **เห็ดไทย 2544**. นวัตกรรมดาการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และ สุรเดช จินตกานนท์. 2537. แบบฝึกหัดและ
คู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิยมรัฐ ไตรศรี และ ลักษณะ วรณศิริ. 2530. โรคของหน่อไม้ฝรั่ง. กสิกร. 61(3): 235-241.

นิรนาม. 2542. ข้อมูลเห็ดสมุนไพรม. 115-118. ใน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
มหกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย. เฟื่องฟ้า พรินต์ติ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ.

บุญส่ง วงศ์เกรียงไกร. 2543. การเพาะเห็ดฟาง. พิมพ์ครั้งที่ 3. ชมรมนักเพาะเห็ดแห่ง
ประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ปัญญา โพธิ์จิตรรัตน์ และ กิตติพงษ์ ศิริวานิชกุล. 2538. เทคโนโลยีการเพาะเห็ด. ไร่เขียว,
กรุงเทพฯ.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2539. เห็ดกินได้และเห็ดมีพิษในประเทศไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน.
อัมรินทร์พรินต์ติ้งแอนพับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2531. การศึกษาการใช้ประโยชน์จาก
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในการเก็บรักษาผักและผลไม้สดเพื่อการส่งออก: การเก็บ
รักษาเห็ดสด. (อัดสำเนา)

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.
โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.

สุภา สุขเกษม ประวัติ ตันบุญเอก และ ณรงค์ ทองธรรมชาติ. 2538. การลดอุณหภูมิเพื่อทดแทน
การใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วยไข่, น. 454-459.
ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33. สาขาพืช.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- วรภัทร์ ลักษณะทินวงศ์ วราภรณ์ สมพงษ์ และ คมสัน วุฒคัมภีร์. 2544. การยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดฟาง (*Volvariella volvacea* Bull ex. Fries.) ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified atmosphere packaging) ในเชิงพาณิชย์, น. 136-143. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39. สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วสันต์ เพชรรัตน์. 2536. การผลิตเห็ด. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- วัชรินทร์ สราวิช. 2536. เอกสารประกอบการสอน วิชา 03-133-212 การเพาะเห็ด. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตกาฬสินธุ์, กาฬสินธุ์.
- วัลลภา ชีรภาวะ. 2534. การศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางสด. ข่าวสารชมรมหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน. 3 (1): 2-3.
- วิฑูรย์ พลาวุฒย์. 2527. การทำเชื้อและการเพาะเห็ด. กรุงเทพมหานครพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- ศุภณิษฐ์ หิรัญประดิษฐ์. 2547. งานวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะเห็ดเป็นการค้า. จดหมายข่าวเพื่อชาวฟาร์มเห็ด. 13 (2) : 6-27.
- โสธดา วัลภา. ม.ป.ป. การยืดอายุการเก็บรักษาผักผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยภาชนะบรรจุดัดแปลงบรรยากาศ (MAP). สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. แหล่งที่มา: http://www.tistr-foodprocess.net/download/article/MAP_th.htm, 18 มิ.ย. 2550.
- อดุลย์ รัตนมันเฑม. 2542. เพาะเห็ดขาย. นานมีบุ๊คส์, กรุงเทพฯ.
- อานนท์ เอื้อตระกูล. 2530. การเพาะเห็ดฟางฉบับสมบูรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. แสงทวีการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- Abraham, G. 1970. **The Green Thumb Book of Fruit and Vegetable Gardening.** Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Anthon, G. and D.M. Barrett. 2001. Colorimetric method for determination of lipoxygenase activity.

J. Agric. Food Chem. 49: 32-37.

A.O.A.C. 1998. **Official Method of Analysis of A.O.A.C International.** A.O.A.C.

International, Gaithersburg, Maryland.

Baker, J.D., J.B. Watkins and M. Lawson. 1981. Postharvest management of mushroom.

pp. 645-653. *In* N.G. Nair, ed. **Mushroom Science XI (Part I) International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi.** Sydney, Australia.

Bae, N., K. Byeomg-Sam, K. Oui-Woung, C. Jin-woung and K. Dong-Chul. 1995.

Influence of vacuum cooling on browning, PPO activity and free amino acid of shiitake mushroom. **Han'guk Nonghwa Hakhoechi.** 38 (4) : 345-352 .

SciFinder Scholar 2002 Database. Accesssion no. 1996: 22372

Beelman, R.B., D. Royse and N. Chikthimmah. 1986. Bioactive components in button

mushroom *Agaricus bisporus* (J Lge) Imbach of nutritional, medicinal and biological

importance (Review), pp. 1-23. *In* C.P. Romaine, C.B. Keil, D.L. Rinker and D.J. Royse,

eds. **Proceedings of the XVI th International Congress on the Science and**

Cultivation of Edible and Medicinal Fungi. March 14-17, 2004. Miami, FL. U.S.A.

Available Source: http://www.foodscience.psu.edu/Research/RBB_ISMS_03.pdf, April 10, 2005.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities

of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem.** 72: 248-254.

Brecht, J. K. 2003. Harvesting and handling techniques, pp.383-412. *In* Bartz, J.A.

and J. K. Brecht (eds.). **Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables**

vol. 2. Marcel Dekker, Inc, New York.

- Briones, G.L., P. Voroquaux, Y. Chambroy, J. Bouquant, G. Bureau and B. Pascat. 1992. Storage of common mushroom under controller atmosphere. **Inter. of J. Food Sci Technol.** 27: 493-505.
- Burton, K.S., S. Sreenivasaprasad, T. Rama, C.E. Evered and A. McGarry. 1995. Mushroom quality and senescence. pp. 687-693. *In* T. J. Elliott, ed. **Mushroom Science XIV Science and cultivation of Edible Fungi (Vol .2)**. International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi. Wellesbourne, UK.
- Burton, K.T. 1991. Modified atmosphere packaging of mushroom–Review and rececent developments, pp.683-688. *In* M. J. Maher (eds.). **Science and Cultivation of Edible Fungi**. Rotterdam, The Netherlands.
- Cho, K.Y., K.H. Yung and S.T. Chang. 1982. Preservation of Cultivated Mushroom, pp. 63-86 *In* Chang S.T.and T.H. Quimio (eds.). **Tropical Mushroom: Biological Nature and Cultivation Methods**. The Chinese University Press, Hong Kong.
- Cho, S.H., D.S. Lee, S.D. Lee, N.G. Kim and J.S. Ryu. 1998. Modified atmosphere packaging for keeping freshness of enoki mushroom (*Flammulina velutipes*). **J. of the Korean Soc. of Food Sci. and Nutri.** 27: 1137-1142.
- Cantwell, M.I. and R.F. Kasmire. 2002. Postharvest handling systems: flower, leafy and stem vegetables *In* A.A. Kader (ed.). **Postharvest Technology of Horticulture Crops**. University of California, California.
- Concellon, A., M.C. Anon and A.R. Chaves. 2007. Effect of low temperature storage on physical and physiological characteristics of eggplant fruit (*Solanum melongena* L.). **LWT.** 40: 389-396.

- Hirashi, M. 1972. Studies on an abnormality in the sarcocarp parenchyma of watermelon:
The relationship between abnormal conditions on sarcocarp parenchyma of watermelon.
Bull. Kanagawa. Hort. Exp. Stn. 20: 72-77.
- Hodges, D.M., J.M. DeLong, C.F. Forney and R.K. Prange. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. **Planta**. 207: 604-611.
- Janick, J. 1979. **Horticultural Science**. Freeman, San Francisco.
- Leguijt, T., D. Yuksel, R. Vrie, M. Eillebrechts, N. Muskens, H. Valk, M. Sanders, T. Rijk and H. Wichers. 1996. Flavor and texture of the common mushroom, *Agaricus bisporus*. pp. 515-523. In D.J. Royes, ed. **Mushroom Biology and Mushroom Products**. The Pennsylvania State University, Pennsylvania, U.S.A.
- Li, T., M. Zhang and S. Wang. 2007. Effects of modified atmosphere packaging with a silicon gum film as a window for gas exchange on *Agrocybe chaxingu* storage. **Postharvest Biol. Technol.** 43: 343-350.
- Peter, O. 1996. **Mushroom Cultivation**. Tool Publications, The Netherlands.
- Marangoni, A.G., T. Plama and D.W. Stanley. 1996. Membrane effects in postharvest physiology. **Postharvest Biol. Technol.** 7: 193-217.
- Mao, L., Y. Karakurt and D.J. Huber. 2004. Incidence of water-soaking and phospholipid catabolism in ripe watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit: induction by ethylene and prophylactic effects of 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biol. Technol.** 33: 1-9.
- _____, H. Pang, G. Wang and C. Zhu. 2007. Phospholipase D and lipoxygenase activity of cucumber fruit in response to chilling stress. **Postharvest Biol. Technol.** 44: 42-47.

- McGarry, A. and K.S. Bonton. 1994. Mechanical properties of mushroom *Agaricus bisporus*. **Mycol. Res.** 98: 241-245.
- Murr, D.P. and L.L. Morris. 1975. Effect of storage temperature on postharvest changes in mushroom. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 100(1): 16-19.
- Saper, G.M. 1993. Browning of food: control by sulfites, antioxidants and other means. **Food Technol.** 47(10): 75-84.
- Saray, T., C. Balla and K. Horti. 1995. The importance of packaging and modified atmosphere in maintaining the quality of cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus*) stored in chill chain. **Acta Hort.** 368: 322-326.
- Saxena, S. and R.D. Rai. 1988. Storage of button mushrooms (*Agaricus bisporus*): The effect of temperature, perforation of packs and pretreatment with potassium metabisulphite. **Mush. J.Tropics.** 8: 15-22.
- Simon, A. and A. Gurria. 1998. Fresh mushroom (*Agaricus bisporus*) packaging in polymeric films. **Alimentaria.** 293: 57-62.
- Suslow, T.V. and M. Cantwell. 2006. **Mushroom Recommendations for Maintaining Postharvest Quality** . Available Source: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Veg/mushroom.shtml>, April 26, 2007.
- Tao, F., M. Zhang and H. Yu. 2007. Effect of vacuum cooling on physiological changes in the antioxidant system of mushroom under different storage conditions. **J. Food Eng.** 79: 1302–1309.

- Varszege, T. 2003. Physical properties of mushroom (*Agaricus bisporus*), p. O6. In **Book of Abstracts APEC Symposium on Postharvest Handling Systems**. Center of Excellence in Postharvest Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi.
- Villaescusa R. and M. I. Gil . 2003. Quality improvement of *Pleurotus* mushroom by modified atmosphere in maintaining the quality of cultivated mushrooms packaging and moisture absorber. **Postharvest Biol. Technol.** 28:169-179.
- Wang, Y.S., S.P. Tian and Y. Xu. 2005. Effect of high oxygen concentration on pro-and anti-oxidant enzyme in peach fruit during postharvest periods. **Food Chem.** 91: 99-104.
- Will, R.H.B., T.H. Lee, D. Graham, W.B. McGlasson and E.G. Hall. 1981. **Postharvest : An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables**. New South Wales University Press, New South Wales, Australia.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุหีดยาฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาดังกล่าว

อุณหภูมิ	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (%) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
29 องศาเซลเซียส	14.06a	-	-	-	-	-
10 องศาเซลเซียส	7.16b	4.12	4.61	-	-	-
12 องศาเซลเซียส	7.56b	5.51	5.99	6.05	-	-
14 องศาเซลเซียส	9.63b	7.00	7.04	6.30	6.28	5.38
16 องศาเซลเซียส	8.35b	5.87	5.71	5.60	5.84	5.96
18 องศาเซลเซียส	9.01b	6.51	6.25	4.44	-	-
<i>F</i> -test	**	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	19.59	23.57	22.17	30.12	14.12	11.05

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่างๆ

อุณหภูมิ	ปริมาณออกซิเจน (%) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
29 องศาเซลเซียส	6.51a	-	-	-	-	-
10 องศาเซลเซียส	13.78b	16.65	16.53	-	-	-
12 องศาเซลเซียส	12.85b	15.81	15.47	14.88	-	-
14 องศาเซลเซียส	10.35b	13.38	14.50	14.22	14.91	13.47
16 องศาเซลเซียส	12.25b	14.01	15.80	15.05	14.59	15.98
18 องศาเซลเซียส	12.34b	15.15	15.51	17.10	-	-
<i>F</i> -test	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	17.37	14.75	11.87	20.58	9.48	12.82

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
 - หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณเอทิลีนภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ	ปริมาณเอทิลีน (ppm) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
29 องศาเซลเซียส	0.095	-	-	-	-	-
10 องศาเซลเซียส	0.090	0.056a	0.051a	-	-	-
12 องศาเซลเซียส	0.032	0.022b	0.030b	0.027	-	-
14 องศาเซลเซียส	0.027	0.020b	0.024b	0.034	0.042	0.070
16 องศาเซลเซียส	0.055	0.021b	0.023b	0.022	0.041	0.054
18 องศาเซลเซียส	0.025	0.021b	0.024b	0.028	-	-
<i>F</i> -test	ns	**	**	ns	ns	ns
CV (%)	62.90	30.41	26.53	50.79	72.45	16.71

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลง ค่า L ของหีดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ	ค่า L ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา											
	ปลอกหุ้มดอกเห็ด						ก้านดอกเห็ด					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
29 องศาเซลเซียส	63.74a	-	-	-	-	-	78.94b	-	-	-	-	-
10 องศาเซลเซียส	77.25b	68.90	65.19a	-	-	-	76.82b	83.13	75.94a	-	-	-
12 องศาเซลเซียส	76.08b	75.15	73.37b	75.28	-	-	82.23ab	85.08	84.32b	80.36	-	-
14 องศาเซลเซียส	77.05b	75.10	75.53b	73.15	74.33	70.31	85.92a	85.15	82.80b	81.79	78.62	79.65
16 องศาเซลเซียส	76.45b	75.56	75.08b	78.14	67.56	70.20	85.58a	85.11	82.92b	80.65	79.88	78.67
18 องศาเซลเซียส	78.57b	76.26	75.54b	74.50	-	-	86.37a	84.64	82.05b	78.69	-	-
<i>F</i> -test	*	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	8.16	5.84	6.66	5.25	9.68	6.41	4.29	2.44	3.11	17.67	5.08	1.44

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลง ค่า a ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ	ค่า a ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา											
	ปลอกหุ้มดอกเห็ด						ก้านดอกเห็ด					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
29 องศาเซลเซียส	-0.29a	-	-	-	-	-	-4.13	-	-	-	-	-
10 องศาเซลเซียส	-3.03b	-1.25	-0.63	-	-	-	-2.61	-4.54	-3.02	-	-	-
12 องศาเซลเซียส	-2.53b	-1.95	-1.58	-2.13	-	-	-3.87	-4.92	-4.83	-3.53	-	-
14 องศาเซลเซียส	-2.14b	-1.93	-2.05	-1.29	-1.25	-0.51	-4.53	-4.22	-3.90	-4.12	-2.71	-2.98
16 องศาเซลเซียส	-2.22b	-1.94	-1.78	-2.63	-0.83	-0.54	-4.69	-4.39	-4.14	-3.41	-3.36	-2.80
18 องศาเซลเซียส	-2.53b	-1.85	-1.78	-1.80	-	-	-4.64	-4.31	-3.65	-2.79	-	-
<i>F</i> -test	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5.52	5.06	6.67	9.56	4.75	3.55	9.82	5.06	6.99	28.45	7.72	5.11

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า b ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ	ค่า b ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา											
	ปลอกหุ้มดอกเห็ด						ก้านดอกเห็ด					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
29 องศาเซลเซียส	18.44a	-	-	-	-	-	16.98	-	-	-	-	-
10 องศาเซลเซียส	15.67c	17.19	17.48	-	-	-	16.18	15.08	17.24	-	-	-
12 องศาเซลเซียส	16.19bc	17.76	18.09	18.76	-	-	15.80	14.79	14.94	16.91	-	-
14 องศาเซลเซียส	18.09a	17.69	18.17	19.95	20.06	19.72	14.76	15.03	16.14	16.78	18.80	18.31
16 องศาเซลเซียส	17.37ab	17.88	18.31	18.56	19.69	20.05	14.71	15.06	16.55	17.33	17.32	19.39
18 องศาเซลเซียส	17.93a	18.25	19.24	18.01	-	-	14.55	15.32	16.47	17.85	-	-
<i>F</i> -test	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5.52	5.06	6.67	9.56	4.75	3.55	9.82	5.06	6.99	28.45	7.72	5.11

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 7 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
29 องศาเซลเซียส	2.72a	-	-	-	-	-
10 องศาเซลเซียส	0.40b	0.65c	1.20c	-	-	-
12 องศาเซลเซียส	0.37b	0.91bc	1.16c	1.58	-	-
14 องศาเซลเซียส	0.50b	1.11bc	1.87b	2.15	2.70	3.02
16 องศาเซลเซียส	0.63b	1.29ab	2.12ab	2.40	3.41	3.59
18 องศาเซลเซียส	0.79b	1.68a	2.60a	3.07	-	-
<i>F</i> -test	*	**	**	ns	ns	ns
CV (%)	34.57	22.29	20.86	30.21	18.71	19.84

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ *,** ต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวดิ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 8 อาการสะท้อนหนาวของเห็ดฟางที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ	อาการสะท้อนหนาว (คะแนน) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
29 องศาเซลเซียส	1.00	-	-	-	-	-
10 องศาเซลเซียส	1.50	2.24a	2.71a	-	-	-
12 องศาเซลเซียส	1.14	1.35b	1.72ab	1.89	-	-
14 องศาเซลเซียส	1.03	1.31b	1.33b	1.66	1.72	2.07
16 องศาเซลเซียส	1.04	1.18b	1.23b	1.42	1.62	1.60
18 องศาเซลเซียส	1.01	1.08b	1.17b	1.36	-	-
<i>F</i> -test	ns	*	*	ns	ns	ns
CV (%)	20.33	34.60	44.18	35.16	29.36	35.13

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามค่า

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 9 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
29 องศาเซลเซียส	22.91c	-	-	-	-	-
10 องศาเซลเซียส	35.80b	30.73a	30.42	-	-	-
12 องศาเซลเซียส	40.05ab	40.00b	35.74	31.45	-	-
14 องศาเซลเซียส	42.94ab	44.11b	43.39	42.05	36.58	41.25
16 องศาเซลเซียส	43.98ab	46.37b	42.81	40.30	38.42	39.91
18 องศาเซลเซียส	49.72a	42.89b	36.40	33.47	-	-
<i>F</i> -test	**	*	ns	ns	ns	ns
CV (%)	17.61	14.03	22.59	7.42	13.62	16.02

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ *,** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวดังไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 10 การร่วงไหลของประจุเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ	การร่วงไหลของประจุ (%) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
29 องศาเซลเซียส	48.71a	-	-	-	-	-
10 องศาเซลเซียส	37.23ab	42.98a	47.43a	-	-	-
12 องศาเซลเซียส	29.09b	31.26b	34.27ab	45.71	-	-
14 องศาเซลเซียส	24.73b	24.23bc	29.22a	38.52	58.65	61.01
16 องศาเซลเซียส	21.52b	15.75c	21.95a	30.72	48.63	54.43
18 องศาเซลเซียส	21.78b	18.58c	26.85a	37.59	-	-
<i>F</i> -test	*	**	**	ns	ns	ns
CV (%)	38.26	28.87	27.53	34.01	19.85	16.88

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ *,** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวดิ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
29 องศาเซลเซียส	8.25	-	-	-	-	-
10 องศาเซลเซียส	7.75	8.50	8.50	-	-	-
12 องศาเซลเซียส	8.20	8.40	7.85	7.30	-	-
14 องศาเซลเซียส	8.15	7.95	7.50	7.10	6.85	6.40
16 องศาเซลเซียส	8.60	8.25	7.30	6.65	6.30	5.90
18 องศาเซลเซียส	8.00	7.85	7.05	6.10	-	-
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16.92	12.75	15.36	14.12	16.55	10.31

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่างๆ

อุณหภูมิ	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
29 องศาเซลเซียส	0.612a	-	-	-	-	-
10 องศาเซลเซียส	0.362b	0.497	0.506	-	-	-
12 องศาเซลเซียส	0.390b	0.434	0.514	0.467	-	-
14 องศาเซลเซียส	0.401b	0.422	0.442	0.398	0.433	0.387
16 องศาเซลเซียส	0.390b	0.458	0.408	0.396	0.409	0.377
18 องศาเซลเซียส	0.423b	0.422	0.461	0.318	-	-
<i>F</i> -test	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	23.60	17.18	21.14	20.68	12.67	28.43

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 13 ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 14 16 18 และ 29 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ	ปริมาณโปรตีน (%) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
29 องศาเซลเซียส	28.07c					
10 องศาเซลเซียส	36.28a	34.09	35.55			
12 องศาเซลเซียส	33.54ab	32.63	33.54	29.90		
14 องศาเซลเซียส	32.27ab	32.27	34.45	32.99	33.72	35.18
16 องศาเซลเซียส	35.73a	32.63	34.09	34.09	30.63	33.36
18 องศาเซลเซียส	31.90bc	32.63	32.27	33.54		
<i>F</i> -test	**	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	7.56	9.49	5.80	10.36	10.24	7.44

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %
^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
 - หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 14 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

วิธีการลดอุณหภูมิ	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
ไม่ลดอุณหภูมิ	5.49	6.15	5.88	3.78	3.93	3.41	3.63
น้ำแข็ง	3.49	3.59	4.42	3.48	2.77	2.68	2.47
รถห้องเย็น	4.20	4.51	4.20	4.44	3.31	2.33	2.47
ลมดันเย็น	4.78	2.68	4.37	3.55	3.48	2.40	2.89
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	19.50	20.97	24.23	31.92	25.87	16.87	26.53

ตารางผนวกที่ 15 ปริมาณออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

วิธีการลดอุณหภูมิ	ปริมาณออกซิเจน (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
ไม่ลดอุณหภูมิ	14.99	15.56	14.14	15.49	17.51	16.05	17.25
น้ำแข็ง	11.97	11.61	12.25	13.38	12.33	13.05	13.45
รถห้องเย็น	10.84	10.98	11.80	10.73	12.93	12.77	15.00
ลมดันเย็น	11.61	16.09	11.80	11.78	11.87	13.24	14.53
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	20.32	11.07	10.49	10.05	4.09	8.51	9.46

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 16 ปริมาณเอทิลีน ภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

วิธีการลดอุณหภูมิ	ปริมาณออกซิเจน (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
ไม่ลดอุณหภูมิ	0.018	0.021	0.009	0.026	0.019	0.022	0.023
น้ำแข็ง	0.012	0.021	0.013	0.020	0.020	0.030	0.023
รถห้องเย็น	0.016	0.019	0.016	0.021	0.022	0.020	0.023
ลมดันเย็น	0.013	0.019	0.014	0.020	0.021	0.020	0.022
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	19.50	20.97	24.23	31.92	25.87	16.87	26.53

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 17 การเปลี่ยนแปลงค่า L ของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

วิธีลดอุณหภูมิ	ค่า L เมื่อวันที่เก็บรักษา													
	ปลอกหุ้มดอกเห็ด							ก้านดอกเห็ด						
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
ไม่ลดอุณหภูมิ	75.20	75.55	74.24	72.59	69.01	70.54	63.58	85.68	86.01	82.75	83.72	81.32	77.98	69.78
น้ำแข็ง	74.10	76.10	73.75	68.25	69.97	68.07	66.79	85.60	86.03	85.18	83.28	82.35	79.35	71.66
รถห้องเย็น	75.16	77.68	71.96	72.43	71.08	70.21	63.88	84.98	87.26	82.88	83.84	82.10	78.94	68.57
ลมดันเย็น	74.49	75.88	73.71	72.66	72.29	70.26	67.26	86.31	86.64	84.48	83.26	82.94	79.67	71.06
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6.41	2.87	4.05	6.55	7.34	6.48	8.72	0.77	0.64	4.04	1.03	1.66	1.60	12.95

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 18 การเปลี่ยนแปลง ค่า a ของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

วิธีลดอุณหภูมิ	ค่า a เมื่อวันที่เก็บรักษา													
	ปลอกหุ้มดอกเห็ด							ก้านดอกเห็ด						
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
ไม่ลดอุณหภูมิ	-1.96	-1.90	-1.62	-1.23	-1.03	-0.59	-0.95	-4.33	-4.39	-3.76	-3.84	-3.05	-2.32	-1.71
น้ำแข็ง	-2.12	-2.11	-1.77	-1.18	-1.00	-0.21	-1.53	-4.33	-4.46	-4.15	-3.72	-3.40	-2.68	-2.26
รถห้องเย็น	-2.25	-2.14	-1.58	-1.29	-1.10	-0.57	-0.70	-4.18	-4.61	-3.79	-3.55	-3.45	-2.65	-1.60
ลมดันเย็น	-1.46	-2.00	-1.54	-1.87	-1.03	-1.06	-1.49	-4.12	-4.23	-4.15	-3.76	-3.55	-2.69	-2.66
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	27.69	23.19	26.27	32.39	49.35	110.57	87.96	8.58	6.65	8.91	11.27	11.76	10.98	41.18

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 19 การเปลี่ยนแปลงค่า b ของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

วิธีลดอุณหภูมิ	ค่า b เมื่อวันที่เก็บรักษา													
	ปลอกหุ้มดอกเห็ด							ก้านดอกเห็ด						
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
ไม่ลดอุณหภูมิ	16.72	17.22	18.10	18.53	19.07	17.74	20.26	14.78	14.93	15.22	15.75	17.07	17.15	19.43
น้ำแข็ง	16.02	16.89	17.41	18.02	19.24	16.34	20.25	14.63	15.06	15.25	16.76	17.19	16.55	18.97
รถห้องเย็น	15.95	17.28	17.88	18.45	18.44	17.32	19.84	14.92	14.14	15.86	15.78	16.93	17.32	19.05
ลมดันเย็น	16.79	17.43	18.37	18.50	19.44	16.95	20.23	14.65	15.14	15.45	16.87	16.67	15.27	19.04
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4.70	1.95	5.87	6.76	5.76	3.63	11.91	4.10	3.31	5.19	4.04	5.00	2.57	9.18

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 20 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

วิธีลดอุณหภูมิ	การสูญเสียน้ำหนัก (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
ไม่ลดอุณหภูมิ	0.53	1.33	1.49	2.30	2.69	3.45
น้ำแข็ง	0.51	1.08	1.85	2.42	2.44	3.35
รถห้องเย็น	0.60	1.25	1.68	2.25	2.70	3.17
ลมดันเย็น	0.53	1.15	1.81	2.32	2.82	3.58
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	26.15	13.39	10.84	15.50	17.38	20.46

ตารางผนวกที่ 21 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

วิธีลดอุณหภูมิ	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
ไม่ลดอุณหภูมิ	37.74	41.83	41.51	42.69	37.97	34.33	31.33
น้ำแข็ง	32.67	37.48	40.88	38.57	37.52	32.17	31.01
รถห้องเย็น	36.86	42.88	42.69	42.15	38.71	33.51	32.20
ลมดันเย็น	42.91	40.770	39.35	39.40	38.10	35.54	30.64
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	18.38	6.71	15.18	10.63	13.87	16.22	10.99

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 22 การรั่วไหลของประจุของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

วิธีลดอุณหภูมิ	การรั่วไหลของประจุ (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
ไม่ลดอุณหภูมิ	55.97	32.66	20.70	28.52	38.64	45.15	54.74
น้ำแข็ง	61.60	33.91	21.38	35.99	47.19	53.55	59.75
รถห้องเย็น	57.23	32.86	25.68	35.79	38.74	53.35	55.91
ลมดันเย็น	54.24	30.02	22.79	41.11	45.00	52.62	57.30
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	23.49	11.44	25.92	35.65	26.16	17.18	7.17

ตารางผนวกที่ 23 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

วิธีลดอุณหภูมิ	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
ไม่ลดอุณหภูมิ	5.60	6.13	5.45	5.55	5.25	5.35	4.80
น้ำแข็ง	5.68	5.95	5.05	5.40	5.25	5.05	4.80
รถห้องเย็น	5.45	5.83	5.45	5.10	5.20	5.05	4.98
ลมดันเย็น	5.88	5.95	5.68	5.30	5.15	5.20	5.10
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.10	9.13	17.51	16.05	7.53	9.37	7.06

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 24 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาดังต่อไปนี้

วิธีลดอุณหภูมิ	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา						
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
ไม่ลดอุณหภูมิ	0.157	0.294	0.254	0.280	0.262	0.302	0.304
น้ำแข็ง	0.171	0.298	0.248	0.334	0.300	0.302	0.291
รถห้องเย็น	0.161	0.293	0.286	0.290	0.257	0.261	0.278
ลมดันเย็น	0.211	0.298	0.246	0.285	0.266	0.304	0.356
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	17.86	40.42	8.74	29.82	18.93	14.31	23.11

ตารางผนวกที่ 25 ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาดังต่อไปนี้

วิธีลดอุณหภูมิ	ปริมาณโปรตีน (%) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา						
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
ไม่ลดอุณหภูมิ	35.18	29.71	32.27	28.71b	33.09	35.55	33.09b
น้ำแข็ง	31.90	34.27	35.73	35.93a	34.56	36.64	37.19a
รถห้องเย็น	32.45	31.35	33.91	30.84b	32.54	35.55	37.46a
ลมดันเย็น	34.64	34.82	34.45	31.52ab	37.07	36.64	34.18b
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	*	ns	ns	**
CV (%)	8.67	12.69	12.79	7.73	4.79	4.60	2.64

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ *,** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 26 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการ
 คัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การคัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (%) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	0.02d	0.13e	0.10d	0.08a	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC	4.92c	5.05c	4.67c	-	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	4.38c	3.88d	3.10c	2.64b	2.83a	2.85a
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	20.17a	19.46a	16.36a	-	-	-
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	13.95b	13.37b	10.40b	9.11c	7.71b	9.77b
<i>F</i> -test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	8.47	6.41	16.65	25.84	8.12	11.04

ตารางผนวกที่ 27 ปริมาณออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการคัดแปลงสภาพ
 บรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การคัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	ปริมาณออกซิเจน (%) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	20.75a	20.23d	20.87a	20.58a	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC	10.57c	6.76d	7.29c	-	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	16.42b	17.71b	19.06a	17.91b	17.89a	16.98a
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	4.28e	3.09e	2.89d	-	-	-
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	6.96d	9.18c	11.41b	13.61c	14.44b	13.28b
<i>F</i> -test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	10.34	11.57	10.72	4.05	2.90	7.19

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ
 โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
 - หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 28 ปริมาณเอทิลีนในภาชนะบรรจุเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพ
บรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	ปริมาณเอทิลีน (ppm) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	0.018	0.010d	0.014b	0.015		
ถาดโฟมหุ้ม PVC	0.034	0.025c	0.014b			
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	0.023	0.018cd	0.028b	0.014	0.015	0.013a
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	0.041	0.056a	0.067a			
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	0.027	0.024c	0.026b	0.029	0.028	0.027b
<i>F</i> -test	ns	**	**	ns	ns	*
CV (%)	40.08	20.13	34.64	19.27	25.17	12.86

- ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
- ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 29 การเปลี่ยนแปลงค่า L บริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	ค่า L บริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ดฟาง ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	77.33	75.99b	75.23b	75.48	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC	79.85	78.28a	71.01c	-	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	81.81	78.68a	79.21ab	76.34	73.43	75.73
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	75.44	71.74b	65.39d	-	-	-
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	77.71	79.98a	81.87a	78.27	74.52	73.49
<i>F</i> -test	ns	*	**	ns	ns	ns
CV (%)	3.88	3.26	2.97	4.59	4.29	3.33

ตารางผนวกที่ 30 การเปลี่ยนแปลงค่า L ของโคนก้านเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	ค่า L บริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ดฟาง ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	86.27	82.75a	80.88a	77.95	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC	86.44	80.05ab	69.08b	-	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	83.50	81.76a	80.42a	78.63	74.67	75.76
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	84.38	74.36b	67.68b	-	-	-
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	85.91	83.95a	81.71a	79.11	76.96	76.99
<i>F</i> -test	ns	*	**	ns	ns	ns
CV (%)	2.58	3.94	2.84	1.45	6.85	2.31

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ *,** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 31 การเปลี่ยนแปลง ค่า a บริเวณปลอกหุ้มเห็ดที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพ
บรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	ค่า a บริเวณปลอกหุ้มเห็ดฟาง ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	-2.28	-2.20	-1.52a	-1.21a	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC	-3.02	-2.87	-2.29bc	-	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	-3.39	-3.13	-2.90cd	-2.73b	-2.07	-2.00
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	-2.44	-2.42	-1.79ab	-	-	-
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	-2.94	-2.93	-3.27d	-2.47b	-2.10	-1.52
<i>F</i> -test	ns	ns	**	*	ns	ns
CV (%)	25.96	13.91	15.98	24.25	20.02	44.64

ตารางผนวกที่ 32 การเปลี่ยนแปลง ค่า a บริเวณก้านเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพ
บรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	ค่า a บริเวณก้านเห็ดฟาง ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	-4.63	-4.34	-3.58	-2.67	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC	-5.04	-4.23	-3.91	-	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	-5.16	-4.52	-3.58	-3.08	-2.89	-2.61
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	-4.77	-4.38	-3.77	-	-	-
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	-4.34	-4.16	-3.81	-3.31	-3.32	-2.91
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	12.70	11.48	9.45	13.89	13.32	13.80

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ *,** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 33 การเปลี่ยนแปลงค่า b บริเวณปลอกหุ้มเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพ
บรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	ค่า b บริเวณปลอกหุ้มเห็ดฟาง ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	19.52a	20.06a	21.00 a	22.49a	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC	17.45b	19.33a	18.35 bc	-	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	17.50b	18.61ab	19.52 ab	19.29b	19.59	20.08
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	17.91b	16.30b	17.43 c	-	-	-
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	17.24b	17.87ab	18.98 bc	18.71b	18.00	19.44
<i>F</i> -test	**	*	*	*	ns	ns
CV (%)	4.08	7.26	5.14	6.04	4.18	6.56

ตารางผนวกที่ 34 การเปลี่ยนแปลงค่า b บริเวณก้านเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพ
บรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	ค่า b บริเวณก้านเห็ดฟาง ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	13.79	14.77b	17.10	18.47	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC	14.88	17.00a	20.40	-	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	14.21	14.47b	16.68	17.65	17.80	18.68
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	15.14	17.86a	20.67	-	-	-
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	13.67	15.27b	16.41	16.82	17.57	17.81
<i>F</i> -test	ns	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.24	4.03	13.14	8.60	8.43	6.86

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ *,** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 35 การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	3.88a	9.33a	13.14a	19.31a	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC	0.95bc	1.20b	1.60b	-	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	1.11b	1.84b	2.34b	2.63b	3.61a	3.31a
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	0.58d	0.62b	0.77b	-	-	-
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	0.29d	0.54b	1.13b	0.84c	1.15b	1.36b
<i>F</i> -test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	19.17	25.62	24.28	6.51	15.35	16.29

ตารางผนวกที่ 36 ความแน่นเนื้อของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	34.44	35.45a	24.13a	27.35	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC	29.31	22.50bc	12.05b	-	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	38.47	30.55ab	29.26a	25.60	24.76	18.68
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	19.22	13.96c	11.20b	-	-	-
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	36.10	34.11a	25.68a	29.79	27.02	17.81
<i>F</i> -test	ns	**	*	ns	ns	ns
CV (%)	26.97	19.46	18.64	9.80	11.34	6.65

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ *,** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 37 การร่วงไหลของประจุบริเวณปลอกหุ้มดอกเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	การร่วงไหลของประจุบริเวณปลอกหุ้ม (%) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	25.61bc	25.98c	38.43c	47.16a	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC	39.91b	48.12b	56.95b	-	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	22.96c	23.98c	28.29c	29.19b	33.78	57.59a
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	60.33a	71.36a	76.30a	-	-	-
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	25.83bc	31.60c	34.60c	59.55a	42.32	44.07b
<i>F</i> -test	**	**	**	**	ns	*
CV (%)	22.85	17.12	16.31	14.30	12.30	5.77

ตารางผนวกที่ 38 การร่วงไหลของประจุบริเวณก้านเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	การร่วงไหลของประจุบริเวณก้าน (%) ^{1/} เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	21.88b	22.90c	20.81c	26.63		
ถาดโฟมหุ้ม PVC	65.68a	52.29b	75.95b			
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	25.07b	20.59c	23.44c	30.31	37.36	60.72
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	75.63a	79.84a	89.68a			
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	25.16b	19.26c	25.31c	35.66	43.69	50.47
<i>F</i> -test	**	**	**	ns	ns	ns
CV (%)	17.69	17.88	14.75	30.54	14.64	10.19

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
 - หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 39 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพ
บรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	8.26	8.40	9.53	8.33	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC	7.66	9.00	9.60	-	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	8.33	8.06	8.06	7.600	5.70	6.33
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	8.33	8.06	8.06	-	-	-
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	7.76	8.36	7.93	6.80	6.20	6.20
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.23	13.09	12.44	16.29	9.58	6.89

ตารางผนวกที่ 40 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพ
บรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	0.294	0.429	0.452	0.414	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC	0.271	0.437	0.563	-	-	-
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	0.275	0.382	0.465	0.390	0.292	0.429
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	0.275	0.382	0.465	-	-	-
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	0.258	0.301	0.422	0.309	0.314	0.292
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	27.38	27.69	33.55	35.50	17.98	21.24

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- หมดอายุการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 41 ปริมาณโปรตีนของเห็ดฟางที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วยวิธีต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาต่าง ๆ

การดัดแปลงสภาพ บรรยากาศ	ปริมาณโปรตีน (%) เมื่อวันที่เก็บรักษา					
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
Control	37.92	35.36	34.64	34.45	34.73	
ถาดโฟมหุ้ม PVC	37.92	34.45	35.61	35.27		
ถาดโฟมหุ้ม PVC เจาะรู	37.92	34.82	33.91	35.27	36.37	36.09
ถาดโฟมบรรจุถุง PE	37.92	35.91	34.51	36.09		
ถาดโฟมบรรจุถุง PE เจาะรู	37.92	34.27	35.73	35.00	35.82	35.82
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	9.49	13.77	13.53	7.12	8.09	9.46

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- หมดอายุการเก็บรักษา