



## วิทยานิพนธ์

ผลของการบรรจุที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาพริกชี้หนูสด

**Effect of Packaging on Quality and Shelf Life of Fresh Chilli**

*(Capsicum annuum L., cv. Khee noo)*

นางสาวญาดา จันทรมบูรณ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2549



**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**  
**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**  
**วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบรรจุ)**  
**ปริญญา**

เทคโนโลยีการบรรจุ สาขา เทคโนโลยีการบรรจุ ภาควิชา

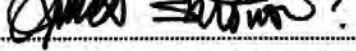
เรื่อง ผลของการบรรจุที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาพริกชี้หนูสด

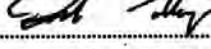
Effect of Packaging on Quality and Shelf Life of Fresh Chilli  
 (*Capsicum annuum* L., cv. Khee noo)

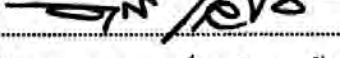
นามผู้วิจัย นางสาวณาดา จันทร์สมบูรณ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ (  )  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์วামী ชนเห็นชอบ, Ph.D.

กรรมการ (  )  
 อาจารย์สุขเกษม สิริพิพนธ์, วท.ม.

กรรมการ (  )  
 อาจารย์วรัณณี ฉินศิริกุล, Ph.D.

กรรมการ (  )  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D.

หัวหน้าภาควิชา (  )  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์วামী ชนเห็นชอบ, Ph.D.

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(  )  
 รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 3 เดือน เมษายน พ.ศ. 2549

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการบรรจุที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาพริกชี้หนูสด

Effect of Packaging on Quality and Shelf Life of Fresh Chilli

(*Capsicum annuum* L., cv. Khee noo)

โดย

นางสาวญาดา จันทสมบูรณ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบรรจุ)

พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-1428-4

ญาดา จันทร์สมบูรณ์ 2549: ผลของการบรรจุที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาพริก  
ชี้หนุสุด ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบรรจุ) สาขาวิชาเทคโนโลยี  
การบรรจุ ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
วามิ ชนเห็นชอบ, Ph.D. 137 หน้า  
ISBN 974-16-1428-4

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง  
โดยใช้ฟิล์มพลาสติกที่มีการซึมผ่านของแก๊สสูง (high gas permeable film) ในการสร้างสภาวะ  
บรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (Equilibrium Modified Atmosphere, EMA) ที่มีผลต่อคุณภาพและ  
อายุการเก็บรักษาพริกชี้หนุสุด พริกชี้หนุสุดผ่านการล้างทำความสะอาดด้วยสารละลายคลอรีน 100  
ppm บรรจุในถุงพลาสติกขนาด 6x8 นิ้ว ที่ทำจาก high gas permeable film 3 ชนิด ได้แก่ C4 C5  
และ C9 ซึ่งมีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่างๆ กัน  
เปรียบเทียบกับฟิล์มพลาสติกที่นิยมใช้บรรจุทั่วไปคือ พอลิเอทิลีน (PE) ทั้งแบบไม่เจาะรู และเจาะรู  
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส วัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอน  
ไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุ และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่างๆของพริก ได้แก่ การ  
สูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ความแน่นเนื้อ ความเป็นกรด-เบส ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้  
และร้อยละของการเกิดเชื้อรา ผลการศึกษาพบว่า สภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุลของฟิล์ม  
พลาสติก มีปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน และใช้เวลาเข้าสู่สภาวะ  
สมดุลต่างกัน มีปริมาณแก๊สภายในภาชนะบรรจุ C4 และ C5 ที่สภาวะสมดุลเป็น 12%O<sub>2</sub>, 2%CO<sub>2</sub>  
และ 7%O<sub>2</sub>, 3%CO<sub>2</sub> ตามลำดับ และใช้เวลาเข้าสู่สภาวะสมดุลเร็วที่สุด (3 วัน) พริกชี้หนุสุดที่บรรจุ  
ในถุงพลาสติก C4 และ C5 มีคุณภาพดีที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีความแน่นเนื้อ และ  
คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงสุด การบรรจุพริกชี้หนุสุดในถุงพลาสติกที่ทำจาก high gas  
permeable film (C4 และ C5) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเก็บรักษา  
พริกชี้หนุสุดเป็น 29 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุพริกชี้หนุสุดในถุงพลาสติก PE และ PE<sub>Hole</sub>  
ซึ่งมีอายุการเก็บรักษา 20 วัน

ญาดา จันทร์สมบูรณ์  
ลายมือชื่อนิติ

  
ลายมือชื่อประธานกรรมการ

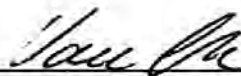
29 / 5ค. / 49

Yada Chantarasomboon 2006: Effect of Packaging on Quality and Shelf Life of Fresh Chilli (*Capsicum annum* L., cv. Khee noo). Master of Science (Packaging Technology), Major Field: Packaging Technology, Department of Packaging Technology. Thesis Advisor: Assistant Professor Vanee Chonhenchob, Ph.D. 137 pages.  
ISBN 974-16-1428-4

The objective of this study was to determine the effect of modified atmosphere packaging (MAP) using high gas permeable films for creating equilibrium modified atmosphere (EMA) on quality and shelf life of fresh chillies. Fresh chillies were treated with 100 ppm chlorine solutions and packaged in 6x8 inch plastic bags. Three types of high gas permeable films; C4, C5, and C9 ranging in O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> permeability were compared with common film (polyethylene, PE); with non-perforated (PE) and perforation (PE<sub>Hole</sub>), stored at 10°C. Gas compositions and quality changes of fresh chillies (weight loss, color, firmness, pH, titratable acidity, percent decay and sensory quality) were evaluated during storage. The results showed that gas composition at equilibrium in the modified atmosphere packages and time to reach equilibrium modified atmosphere condition were different among various packages of chillies. The gas composition in packages were 12%O<sub>2</sub>, 2%CO<sub>2</sub> in C4 package and 7%O<sub>2</sub>, 3%CO<sub>2</sub> in C5 package and equilibrium modified atmosphere of C4 and C5 packages was established in the shortest time (3 days). Fresh chillies packaged in C4 and C5 had the best quality throughout the storage period with highest firmness and sensory scores. Packaging of fresh chillies using high gas permeable films (C4, C5) stored at 10°C could extended shelf-life of fresh chillies to 29 days from 20 days as shown in the PE and PE<sub>Hole</sub>.

Yada. Chantarasomboon

Student's signature



Thesis Advisor's signature

29 / March / 06

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาณี ชนเห็นชอบ ประธานกรรมการ ดร.วรรณิ์ ฉินศิริกุล กรรมการวิชาเอก อ. สุขเกษม สิริพิพจน์ กรรมการวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุวัตร แจ่มชัด กรรมการวิชาการ และ ดร.สุดสาย ตริวานิช ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณดร. อศิรา เฟื่องฟูชาติ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และขอขอบพระคุณพี่นพด พิทยิตยา พี่เสาวภา และเพื่อนสนิททั้งสี่คน ดวงหทัย ดวงพร ฉันทิตา และณัฐธร ที่ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจเสมอมา ขอขอบพระคุณพี่ๆเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุทุกท่านที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน รวมทั้งพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกท่านที่มีได้กล่าวนามในที่นี้

ขอขอบพระคุณ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับคุณพ่อ คุณแม่ และน้องสาว ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือ เป็นกำลังใจในการศึกษา และการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา

ประโยชน์อันใดเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะพึงมี ขอมอบแต่ คุณพ่อ คุณแม่ และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน

ญาดา จันทรสมบุรณ์

พฤศจิกายน 2548

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	(1)
สารบัญตาราง.....	(2)
สารบัญภาพ.....	(7)
คำนำ.....	1
การตรวจเอกสาร.....	4
การจัดจำแนกพริกชี้หนู.....	6
การเปลี่ยนแปลงของพริกสดหลังการเก็บเกี่ยว.....	10
เทคโนโลยีที่ชะลอการเสื่อมเสียของพริกสด.....	22
อุปกรณ์และวิธีการ.....	37
อุปกรณ์.....	37
วิธีการ.....	41
ผลและวิจารณ์.....	47
สำรวจการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด.....	47
ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพพริกชี้หนูสดระหว่างการเก็บรักษา.....	52
ผลของฟิล์มพลาสติกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของพริกชี้หนูสด...	63
สรุปผลการทดลอง.....	86
เอกสารและสิ่งอ้างอิง.....	87
ภาคผนวก.....	95
ภาคผนวก ก.....	96
ภาคผนวก ข.....	103
ภาคผนวก ค.....	117
ภาคผนวก ง.....	123

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบของพริกชี้หนู ในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม.....	5
2	ลักษณะของพริกสดที่ตลาดภายในประเทศต้องการ.....	9
3	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกพริก ระหว่างปี 2544-2548.....	10
4	อัตราการหายใจของพริกพันธุ์ต่างๆ ที่ 27 องศาเซลเซียส.....	12
5	อัตราการหายใจของพริกที่อุณหภูมิต่างๆ.....	12
6	ลักษณะทางกายภาพของพริก ที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก.....	14
7	ความเสียหายระหว่างการขนส่งของพริกจากตลาดค้าส่งถึงตลาดค้าปลีก ในประเทศไทย.....	17
8	อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาของพริก.....	21
9	อุณหภูมิวิกฤตที่ก่อให้เกิดอาการสะท้อนหนาว และอาการสะท้อนหนาว ของพริก.....	21
10	ความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนต่ำสุดที่ผลิตผลทนได้.....	24
11	ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดที่ผลิตผลทนได้.....	25
12	สภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สออกซิเจน สำหรับฟิล์มพลาสติกที่นิยมใช้บรรจุผักและผลไม้สด.....	28
13	สมบัติของฟิล์มพลาสติกที่ไม่มีการเจาะรู (continuous film) และฟิล์ม พลาสติกที่มีการเจาะรูขนาดเล็ก (perforated films: microperforation)....	28
14	การประยุกต์ใช้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงในการเก็บรักษาพริก.....	30
15	การบรรจุแบบแอคทีฟในรูปแบบต่างๆ.....	31
16	การบรรจุแบบแอคทีฟที่ใช้กับผลิตผลสด.....	33
17	สมบัติอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์และความหนาของฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบ.....	38
18	สมบัติสภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำ แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ และความหนาของฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบ.....	39
19	ข้อมูลลักษณะบรรจุพริกชี้หนูสด เพื่อการขายปลีกในกรุงเทพมหานคร...	49
20	ข้อมูลลักษณะบรรจุพริกชี้หนูสด และวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ เพื่อการ ขายปลีกในกรุงเทพมหานคร.....	50

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	อัตราการหายใจเฉลี่ยของฟริกซีหนูสดพันธุ์ Super Hot ในระบบปิด ที่อุณหภูมิ 5 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส.....	52
22	ค่า respiration coefficient ( $Q_{10}$ ) ของฟริกซีหนูสดพันธุ์ Super Hot ในช่วงอุณหภูมิ 5 – 30 องศาเซลเซียส.....	53
23	ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่สภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (EMA) ในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ และอายุเก็บรักษาฟริกซีหนูสดที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส.....	59
24	ค่า RQ (respiratory quotient) ของฟริกซีหนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส.....	65
25	การเปลี่ยนแปลงสี (ค่า L a b และ Hue angle) และการเปลี่ยนแปลงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนสี และคะแนนความชอบรวม).....	71
26	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสี (ค่า L a b และ Hue angle) และการเปลี่ยนแปลงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนสี และคะแนนความชอบรวม).....	73
27	ความเป็นกรด-เบสของฟริกซีหนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส.....	76
28	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ร้อยละ) ของฟริกซีหนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส.....	77
29	การเกิดเชื้อราที่สังเกตได้ด้วยสายตา (ร้อยละ) ของฟริกซีหนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส.....	78
30	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, $R^2$ ) ระหว่างการเปลี่ยนแปลงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของฟริกและคะแนนความชอบรวม.....	82
31	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, $R^2$ ) ระหว่างการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของฟริก .....	85

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข1	การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 20).....	103
ข2	การเปลี่ยนแปลงสี ค่า L ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 21).....	104
ข3	การเปลี่ยนแปลงสี ค่า a ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 24).....	105
ข4	การเปลี่ยนแปลงสี ค่า b ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 24).....	106
ข5	การเปลี่ยนแปลงสี ค่า Hue angle ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 24).....	107
ข6	การเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อ (นิเวदन) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 22)	108
ข7	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 26).....	109
ข8	การเปลี่ยนแปลงค่ากรดที่ไทเทรตได้ (ร้อยละ) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 27).....	110
ข9	คะแนนความชอบรวมของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 23).....	111
ข10	คะแนนลักษณะผิวของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 24).....	112
ข11	คะแนนลักษณะขั้วของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 25).....	113
ข12	คะแนนสีของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 26).....	114

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข13	คะแนนขนาดของเม็ดพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 27).....	115
ข14	คะแนนกลิ่นของเม็ดพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 28).....	116
ง1	การวิเคราะห์ทางสถิติของการสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 20).....	123
ง2	การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงสี ค่า L ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 21).....	125
ง3	การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงสี ค่า a ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 24).....	126
ง4	การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงสี ค่า b ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 24).....	127
ง5	การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงสี ค่า Hue angle ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 24).....	128
ง6	การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 22).....	129
ง7	การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 26).....	130

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง8	การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่ากรดที่ไทเทรตได้ (ร้อยละ) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 27).....	131
ง9	การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบรวมของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 23).....	132
ง10	การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนลักษณะผิวของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 24).....	133
ง11	การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนลักษณะขั้วของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 25).....	134
ง12	การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนสีของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 26).....	135
ง13	การวิเคราะห์ทางสถิติของขนาดของเมล็ดพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 27).....	136
ง14	การวิเคราะห์ทางสถิติของกลิ่นของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 28).....	137

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ภาพตัดขวางแสดงลักษณะภายในของผลพริก.....	4
2	รูปทรงของพริกพันธุ์สำคัญต่างๆ.....	8
3	ระดับความเผ็ดของพริกชนิดต่างๆ.....	16
4	ขั้นตอนปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวพริก เพื่อการแปรรูป (พริกแห้ง).....	18
5	อายุการเก็บรักษาผลิตผลสดในสภาวะบรรยากาศปกติ และสภาวะ บรรยากาศดัดแปลง.....	22
6	ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมในการ ใช้ร่วมกัน เพื่อการเก็บรักษาผลไม้.....	26
7	ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมในการ ใช้ร่วมกัน เพื่อการเก็บรักษาผัก.....	26
8	การเปรียบเทียบค่า $\beta$ ของ High gas permeable films ที่พัฒนาได้จากการ วิจัยกับฟิล์ม PE ที่ใช้ทั่วไปในอุตสาหกรรม.....	35
9	ขั้นตอนปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวพริก เพื่อการบริโภคสด.....	47
10	สีและขนาดของพริกชี้หนูสดในภาชนะบรรจุ เพื่อการขายปลีกใน กรุงเทพมหานคร.....	51
11	วัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด เพื่อการขายปลีกใน กรุงเทพมหานคร.....	51
12	อัตราการหายใจของพริกชี้หนูพันธุ์ Super Hot ที่อุณหภูมิ 5 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส.....	52
13	ลักษณะปรากฏของพริกชี้หนูสดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน ที่อุณหภูมิ 5 (A) และ 10 (B) องศาเซลเซียส.....	55
14	ลักษณะปรากฏของพริกชี้หนูสด 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 5 (A) และ 10 (B) องศาเซลเซียส.....	56
15	ภาพ Seed cavity ของพริกชี้หนูสด 100 กรัม ที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 (A) C5 (B) C9 (C) PE (D) และ PE <sub>Hole</sub> (E) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศา เซลเซียส.....	57

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	ปริมาณแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของพริกชี้หนูสด 100 กรัม ที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 (A) C5 (B) C9 (C) PE (D) และ PE <sub>Hole</sub> (E) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส.....	60
17	ปริมาณแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 (A) C5 (B) C9 (C) PE (D) และ PE <sub>Hole</sub> (E) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส.....	61
18	อายุการเก็บรักษาพริกชี้หนูสด 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส.....	62
19	แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแก๊สที่ได้จากการคาดคะเนด้วยโมเดลคณิตศาสตร์ กับปริมาณแก๊สที่ได้จากการทดลองของพริกชี้หนู 100 กรัม ที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 (A) C5 (B) C9 (C) และ PE (D) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส.....	66
20	การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส.....	69
21	การเปลี่ยนแปลงสี ค่า L ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส.....	73
22	ค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส.....	75
23	คะแนนความชอบรวมที่ผู้บริโภคมีต่อพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )).....	79
24	คะแนนลักษณะผิวของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )).....	80

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	คะแนนลักษณะข้าวของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (แบ่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ))....	80
26	คะแนนสีของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (แบ่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )).....	81
27	คะแนนขนาดของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (แบ่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ))....	81
28	คะแนนกลิ่นของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (แบ่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )).....	82
29	อายุการเก็บรักษาพริกชี้หนูสด 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส...	84
<b>ภาพผนวกที่</b>		
ก1	ภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีเขียว) เพื่อการขายปลีกที่ห้างสรรพสินค้า Banglumpoo.....	96
ก2	ภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีเขียว) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า Big C.....	96
ก3	ภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีแดง) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า Big C.....	97
ก4	ภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีเขียว) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า Carrefour.....	97
ก5	ภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีเขียวและสีแดง) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า Carrefour.....	98

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ก6	ภาพขณะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีเขียวและสีแดง) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า Jusco.....	98
ก7	ภาพขณะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีแดง) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า Jusco.....	99
ก8	ภาพขณะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีเขียว) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า Lotus.....	99
ก9	ภาพขณะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีแดง) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า Lotus.....	100
ก10	ภาพขณะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีเขียว) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า The Mall.....	100
ก11	ภาพขณะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีแดง) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า The Mall.....	101
ก12	ภาพขณะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีแดง) เพื่อการขายปลีก ที่ Tops Supermarket	101
ก13	ภาพขณะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีเขียวและสีแดง) เพื่อการขายปลีกที่ Tops Supermarket.....	102

# ผลของภาชนะบรรจุที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาพริกชี้หนูสด

## Effect of Packaging on Quality and Shelf life of Fresh Chilli

(*Capsicum annuum* L., cv. Khee noo)

### คำนำ

สภาวะบรรยากาศดัดแปลง (Modified atmosphere packaging, MAP) มีการศึกษาเพื่อใช้ในการเก็บรักษาผลิตผลสดอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถลดอัตราการหายใจ ลดการผลิตเอทิลีน ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ชะลอการเสื่อมเสีย ทำให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Phillips, 1996; Kader, 2000; Mir and Beaudry, 2004) การสร้างสภาวะบรรยากาศภายในให้มีสัดส่วนของแก๊สเหมาะสมกับการเก็บรักษาผลิตผลขึ้นอยู่กับ สภาพให้ซึมผ่านได้ (permeability) ของฟิล์ม อัตราการหายใจของผลิตผล และสภาพแวดล้อมภายนอก (Fonseca *et al.*, 2002) สภาวะบรรยากาศดัดแปลงเกิดขึ้นจากการเลือกใช้ฟิล์มที่มีค่า permeability เหมาะสมกับอัตราการหายใจของผลิตผล (Mir and Beaudry, 2004)

ฟิล์มพลาสติกที่ใช้เชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน มีข้อจำกัดด้านสภาพให้ซึมผ่านได้ ทำให้ไม่สามารถสร้างสภาวะบรรยากาศดัดแปลงภายในที่เหมาะสมสำหรับผลิตผลได้ ฟิล์มพลาสติกส่วนใหญ่มีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของแก๊ส (Barrier films) สูงกว่าที่ต้องการ ทำให้เกิดการสะสมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุจากการหายใจของผลิตผลสูง และปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำ เนื่องจากถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจ ส่งผลให้ผลิตผลเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ผลิตผลเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ เนื่องจากกระบวนการหมัก (fermentation) (Mir and Beaudry, 2004) ในขณะที่ฟิล์มที่มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของแก๊สต่ำ (low barrier film) มีการซึมผ่านของแก๊สได้มาก สภาวะบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุใกล้เคียงกับสภาวะบรรยากาศภายนอก จึงไม่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตผลสด ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) ได้พัฒนาฟิล์มที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สสูง (high gas permeable film) สามารถสร้างสภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล หรือเรียกว่า Equilibrium Modified Atmosphere (EMA) ขึ้นภายในภาชนะบรรจุ ให้เหมาะสมกับการเก็บรักษาผลิตผลสดหลายชนิด

พริกชี้หนู (*Capsicum annuum* Linn.) เป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีความสำคัญกับชีวิตประจำวัน เป็นส่วนประกอบในการปรุงแต่งรสชาติของอาหารที่ไม่อาจใช้ผลผลิตจากพืชอื่นทดแทนได้ (Bosland and Votava, 2000; Weiss, 2002) และเป็นผลิตผลที่มีมูลค่าการส่งออกสูง จึงมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ดังจะเห็นได้จาก มูลค่าการส่งออกของพริกในปี 2548 เท่ากับ 96.6 ล้านบาท และในช่วงปี 2547-2548 พริกมีอัตราการขยายตัวร้อยละ 52.6 ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การส่งออกผักสดแช่เย็นชนิดอื่นในช่วงปีเดียวกัน (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2548) การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ลดการสูญเสียคุณภาพของพริกโดยการบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงด้วย high gas permeable film เพื่อสร้างสภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุลที่เหมาะสมกับพริก

# ผลของภาชนะบรรจุที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาพริกชี้หนูสด

## Effect of Packaging on Quality and Shelf life of Fresh Chilli

(*Capsicum annuum* L., cv. Khee noo)

### คำนำ

สภาวะบรรยากาศดัดแปลง (Modified atmosphere packaging, MAP) มีการศึกษาเพื่อใช้ในการเก็บรักษาผลิตผลสดอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถลดอัตราการหายใจ ลดการผลิตเอทิลีน ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ชะลอการเสื่อมเสีย ทำให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Phillips, 1996; Kader, 2000; Mir and Beaudry, 2004) การสร้างสภาวะบรรยากาศภายในให้มีสัดส่วนของแก๊สเหมาะสมกับการเก็บรักษาผลิตผลขึ้นอยู่กับ สภาพให้ซึมผ่านได้ (permeability) ของฟิล์ม อัตราการหายใจของผลิตผล และสภาพแวดล้อมภายนอก (Fonseca *et al.*, 2002) สภาวะบรรยากาศดัดแปลงเกิดขึ้นจากการเลือกใช้ฟิล์มที่มีค่า permeability เหมาะสมกับอัตราการหายใจของผลิตผล (Mir and Beaudry, 2004)

ฟิล์มพลาสติกที่ใช้เชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน มีข้อจำกัดด้านสภาพให้ซึมผ่านได้ ทำให้ไม่สามารถสร้างสภาวะบรรยากาศดัดแปลงภายในที่เหมาะสมสำหรับผลิตผลได้ ฟิล์มพลาสติกส่วนใหญ่มีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของแก๊ส (Barrier films) สูงกว่าที่ต้องการ ทำให้เกิดการสะสมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุจากการหายใจของผลิตผลสูง และปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำ เนื่องจากถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจ ส่งผลให้ผลิตผลเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ผลิตผลเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ เนื่องจากกระบวนการหมัก (fermentation) (Mir and Beaudry, 2004) ในขณะที่ฟิล์มที่มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของแก๊สต่ำ (low barrier film) มีการซึมผ่านของแก๊สได้มาก สภาวะบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุใกล้เคียงกับสภาวะบรรยากาศภายนอก จึงไม่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตผลสด ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) ได้พัฒนาฟิล์มที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สสูง (high gas permeable film) สามารถสร้างสภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล หรือเรียกว่า Equilibrium Modified Atmosphere (EMA) ขึ้นภายในภาชนะบรรจุ ให้เหมาะสมกับการเก็บรักษาผลิตผลสดหลายชนิด

พริกชี้หนู (*Capsicum annuum* Linn.) เป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีความสำคัญกับชีวิตประจำวัน เป็นส่วนประกอบในการปรุงแต่งรสชาติของอาหารที่ไม่อาจใช้ผลผลิตจากพืชอื่นทดแทนได้ (Bosland and Votava, 2000; Weiss, 2002) และเป็นผลิตผลที่มีมูลค่าการส่งออกสูง จึงมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ดังจะเห็นได้จาก มูลค่าการส่งออกของพริกในปี 2548 เท่ากับ 96.6 ล้านบาท และในช่วงปี 2547-2548 พริกมีอัตราการขยายตัวร้อยละ 52.6 ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การส่งออกผักสดแช่เย็นชนิดอื่นในช่วงปีเดียวกัน (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2548) การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ลดการสูญเสียคุณภาพของพริกโดยการบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงด้วย high gas permeable film เพื่อสร้างสภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุลที่เหมาะสมกับพริก

### วัตถุประสงค์

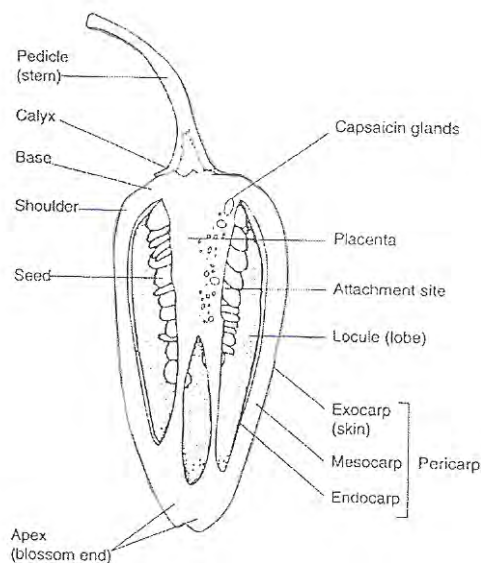
1. ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของพริกชี้หนูสด
2. ศึกษาสภาวะบรรยากาศตัดแปลงภายในภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด โดยใช้ฟิล์มที่มีการซึมผ่านของก๊าซสูง (High gas permeable film) ในสภาวะจริงและจากการทำนายด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์
3. ผลของฟิล์มพลาสติกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของพริกชี้หนูสด

## การตรวจเอกสาร

พริกชี้หนุจัดอยู่ในวงศ์ Solanacea ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับมะเขือเทศและมันฝรั่ง มีชื่อสามัญว่า Bird Chili (Nikormpun and Pipob, 1989) และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum annuum* Linn. ในประเทศไทย พริกจะมีชื่อพื้นเมือง เรียกแตกต่างกันออกไปตามแต่ละภาค เช่น ดิปลี่จิ้นก พริกชี้หนุ (ใต้) พริก พริกชี้หนุ (กลาง) พริกแค้ พริกแค้ พริกนำ (เหนือ) หมักเพ็ด (อีสาน)

### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

พริกเป็นพืชล้มลุกที่มีอายุได้หลายฤดู ลำต้นตั้งตรงสูงประมาณ 1-1.5 ฟุต กิ่งอ่อนสีเหลี่ยม ใบเดี่ยวออกสลับ รูปร่างกลมรีคล้ายไข่ ใบแบนเรียบและเป็นมัน ปลายใบแหลม โคนสอบ ดอกเป็นดอกเดี่ยวหรือ 2-5 ดอก เกสรตัวเมียมี 1-2 รังไข่ ผลมีหลายขนาด ผนังผล (pericarp) มีตั้งแต่บางไปจนถึงหนาขึ้นกับพันธุ์ พริกชี้หนุเม็ดใหญ่มีขนาดผลยาวประมาณ 2 - 5 เซนติเมตร พริกชี้หนุเม็ดเล็กมีขนาดผลยาวต่ำกว่า 2 เซนติเมตร ผลเมื่ออ่อนสีเขียวเข้มและเมื่อเจริญเต็มที่เปลี่ยนเป็นสีแดงหรือสีเหลือง ในแต่ละผลจะมีเมล็ดจำนวนมากเรียงตัวกันหนาแน่น เกาะอยู่ที่รก (placenta) ตั้งแต่โคนจนถึงปลายผล ดังภาพที่ 1 มีรากแก้วแข็งแรง และมีระบบรากที่ดูดซับสารอาหารในดินได้ดีมาก พริกปลูกได้ดีทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ชอบขึ้นในดินร่วนซุย และขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ด (มณีฉัตร, 2541; จงรักษ์, 2545; Bosland and Votava, 2000)



ภาพที่ 1 ภาพตัดขวางแสดงลักษณะภายในของผลพริก

ที่มา: Bosland and Votava (2000)

### องค์ประกอบของพริก

พริกเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เป็นแหล่งของวิตามินต่างๆ โดยเฉพาะวิตามินเอ และซี ซึ่งพบว่ามีปริมาณมากกว่าผักชนิดอื่น (จงรักษ์, 2545; Rajput and Parulekar, 1998; Bosland and Votava, 2000; Weiss, 2002) นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของพลังงานและแร่ธาตุ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เหล็ก และแคลเซียม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของพริกชี้หนู ในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน	103.00	แคลอรี
ไขมัน	2.40	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	19.90	กรัม
เส้นใย	6.50	กรัม
โปรตีน	4.70	กรัม
แคลเซียม	45.00	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	85.00	มิลลิกรัม
เหล็ก	2.50	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	11,050.00	หน่วยสากล
วิตามินบี 1	0.25	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.29	มิลลิกรัม
ไนอาซิน	2.10	มิลลิกรัม
วิตามินซี	70.00	มิลลิกรัม

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2543)

## การจัดจำแนกพริก

### 1. การจัดจำแนกพริกในประเทศไทย

ปัจจุบันพริกในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ เนื่องจากพริกสามารถผสมข้ามพันธุ์ได้ทำให้เกิดสายพันธุ์ใหม่ขึ้น นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุงพันธุ์พริกเพื่อให้ตรงตามความต้องการของตลาด ให้ผลผลิตสูง และทนทานต่อโรคและแมลง ดังนั้นพริกจึงสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะของต้น รูปร่าง สี และความเผ็ดของผลได้ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้จึงมักเกิดความสับสนในการเรียกชื่อและการแบ่งแยกพันธุ์ บางครั้งพริกพันธุ์เดียวกันแต่อยู่ต่างท้องถิ่นก็มีชื่อเรียกแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีการแบ่งพริกออกเป็นกลุ่มๆ โดยใช้ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และความเผ็ดของพริกเป็นเกณฑ์ ซึ่งการแบ่งกลุ่มของพริกโดยใช้เกณฑ์ความเผ็ด เป็นเกณฑ์ที่นิยมและมีความสำคัญค่อนข้างมากในการผลิตและการค้าพริก (มณีฉัตร, 2541; กุลภรณ์, 2543)

1.1 จำแนกพันธุ์ตามความเผ็ด แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ พริกที่มีความยาวของผลตั้งแต่ 5 เซนติเมตรขึ้นไป เรียกว่า พริกใหญ่ มีความเผ็ดปานกลาง นิยมบริโภคในครัวเรือนและอุตสาหกรรมต่างๆ พันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันได้แก่ พริกชี้ฟ้า พริกบางช้าง และพริกมัน ส่วนพริกที่มีความยาวของผลต่ำกว่า 5 เซนติเมตร เรียกว่า พริกเล็ก มีความเผ็ดมาก ส่วนใหญ่นิยมใช้ในการประกอบอาหาร มักเรียกว่าพริกชี้หนู ซึ่งมีทั้งพริกชี้หนูเม็ดใหญ่ที่มีความยาวผล 3 – 5 เซนติเมตร ได้แก่ พริกจินดา พริกหัวเรือ พริกหัวสี่ทอน และพริกชี้หนูเม็ดเล็กที่มีความยาวผลต่ำกว่า 3 เซนติเมตร ได้แก่ พริกชี้หนูสวน พริกกะเหรียง พริกนก เป็นต้น (กุลภรณ์, 2543)

1.2 จำแนกตามลักษณะทางพฤกษศาสตร์ พบว่า ในประเทศไทยมีพริกที่ปลูกอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ *C. annuum* *C. chinense* และ *C. frutescens* ในกลุ่มพริกพวกนี้ *C. annuum* ที่ใช้เป็นพันธุ์ปลูกมีมากสายพันธุ์ที่สุดเมื่อเทียบกับพริกชนิดอื่น *C. annuum* var. *annuum* แบ่งสายพันธุ์ออกเป็นพริก ‘Chilli pepper’ ที่มีขนาดเล็กและเผ็ดมาก กับพริก ‘Paprika’ ที่มีขนาดใหญ่และมีความเผ็ดน้อย (Weiss, 2002) ในประเทศไทยรวบรวมพริก *C. annuum* ได้ 31 สายพันธุ์ ชื่อสายพันธุ์เรียกตามชื่อพื้นเมือง ส่วน *C. chinense* ในประเทศไทยมีอยู่ 18 สายพันธุ์ และ *C. frutescens* ในประเทศไทยมีอยู่ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ พริกชี้ฟ้า พริกเกษตร และพริกขาว (มณีฉัตร, 2541)

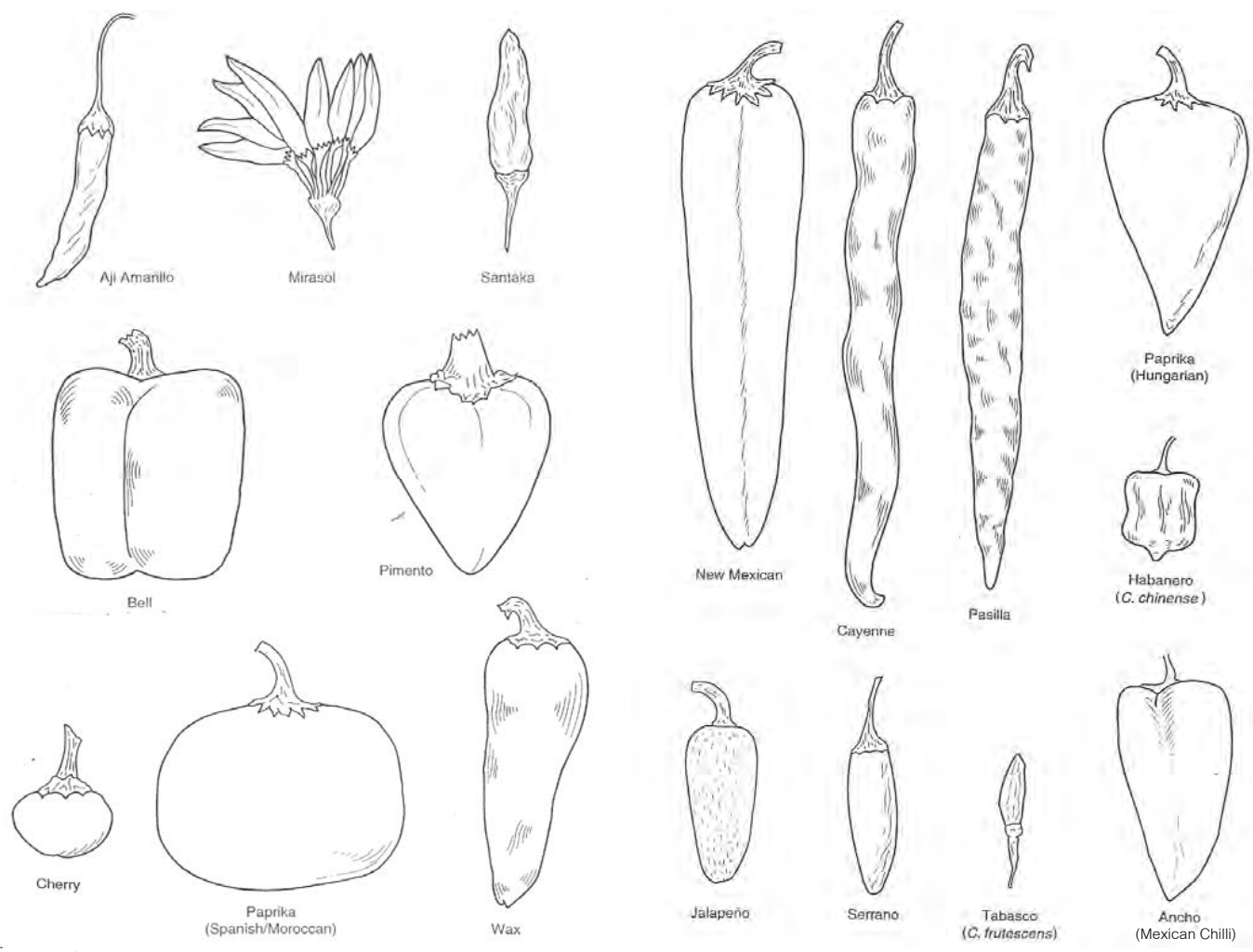
## 2. การจัดจำแนกพริกในตลาดโลก

การผลิตพริกเชิงการค้าในตลาดโลกนิยมแบ่งไปตามเขตของการปลูกและความเผ็ด มีการเรียกชื่อแตกต่างกันออกไป ดังภาพที่ 3 แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ (สายสนม, 2533; Weiss, 2002)

2.1 ปาปริก้า (paprika) เป็นพริกที่ปลูกในแถบเมดิเตอร์เรเนียน มีสีแดงสดใส กลิ่นอ่อน และมีความเผ็ดต่ำ จะนิยมนำไปใช้ในรูปสีมากกว่า มักผลิตเพื่อจำหน่ายในรูปผงตามแบบดั้งเดิม

2.2 ขี้ลี้ (chillies) เป็นพริกที่ปลูกมากในประเทศต่าง ๆ แถบทวีปเอเชีย และแอฟริกา พริกที่ปลูกในประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่มนี้ มูลค่าการนำไปใช้นั้นที่ความเผ็ดมากกว่าสี พริกในกลุ่มนี้ จะมีความแตกต่างของความเผ็ดมาก และนิยมนำไปใช้ในการปรุงแต่งรสอาหารกันมาก

2.3 พริกขี้กษหรือพริกหวาน (sweet paprika หรือ bell capsicum) เป็นพริกที่แทบจะไม่มี ความเผ็ดอยู่เลย นิยมบริโภคสดในรูปของผักมากกว่าจะเป็นเครื่องเทศ



ภาพที่ 2 รูปทรงของพริกพันธุ์สำคัญต่างๆ

ที่มา: Smith et al. (1987); Bosland and Votava (2000)

## คุณภาพของพริกสด

เกษตรกรไม่นิยมคัดเกรดพริก มักขายพริกคละสี การคัดคุณภาพพริกมักทำโดยพ่อค้าเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมต่อตลาดที่ส่งขาย ซึ่งคุณภาพของพริก เช่น ขนาดผลพริก ลักษณะเนื้อพริก สี และความยาวฝัก จะมีความต้องการคุณภาพแตกต่างกันไปตามแต่ละแหล่งบริโภค ดังนี้ (มณีจันทร์, 2541)

### 1. คุณภาพพริกสดสำหรับตลาดในประเทศ

พริกสดที่ตลาดในประเทศต้องการ ไม่มีการระบุชนิด คุณภาพที่ชัดเจน แต่อาจจะสรุปจากความต้องการของผู้ค้าส่งในตลาดขายส่งกรุงเทพฯ ได้ดังนี้

#### ตารางที่ 2 ลักษณะของพริกสดที่ตลาดภายในประเทศต้องการ

ชนิดพริก	ชื่อพันธุ์	ลักษณะที่ดีของพันธุ์
พริกชี้หนู	จินดา, หัวเรือ	1. ไม่มีแมลงศัตรูพืชทำลาย 2. สด เนื้อหนา
พริกชี้ฟ้า	พันธุ์พื้นเมือง	1. เนื้อหนา ฝักตรง 2. สีเข้ม แดงเข้ม เขียวเข้ม 3. เก็บได้นาน
พริกหยวก	พันธุ์พื้นเมือง บางบัวทอง	1. เนื้อหนา ฝักตรง 2. สีเข้ม แดงเข้ม เขียวเข้ม 3. เก็บได้นาน
พริกหวาน	คาลิฟอร์เนีย วันเดอร์	1. สีเขียวอ่อน, ขนาดสม่ำเสมอ 2. ฝักเนื้อหนา ตรง 3. มีขนาดโต สม่ำเสมอ

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2543)

## 2. คุณภาพของพริกสดสำหรับตลาดต่างประเทศ

แบ่งตามตลาดของผู้บริโภค (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543) ได้ดังนี้

2.1 ตลาดเอเชีย ได้แก่ มาเลเซีย และไต้หวัน นิยมพริกสดที่มีลักษณะสีแดงล้วน ขนาดความยาวฝักประมาณ 4-6 เซนติเมตร มีความสด ฝักไม่งอ ไม่มีตำหนิจากโรคแมลง พันธุ์ที่นิยมใช้ในตลาดส่งออกดังกล่าวนี้ คือ พันธุ์หัวเรือ (พันธุ์พื้นเมืองของ อ.เมือง จ.อุบลราชธานี)

2.2 ตลาดยุโรปและตะวันออกกลาง นิยมพริกที่มีลักษณะติดสีเขียวล้วนหรือแดงล้วน ความยาวฝักประมาณ 3-5 เซนติเมตร มีความสดเนื้อมาก ฝักไม่งอ ไม่มีตำหนิจากโรคแมลง พันธุ์ที่นิยมใช้ในการส่งออก ได้แก่ พันธุ์จินดา

### ปริมาณและมูลค่าการส่งออกพริก

ปริมาณและมูลค่าการส่งออกพริก ระหว่างปี 2544- 2548 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกพริก ระหว่างปี 2544-2548

ปี	การส่งออกพริก	
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
2544	12,284	114.4
2545	11,110	92.4
2546	13,484	110.4
2547	2,132	63.3
2548	1,090	96.6

ที่มา: กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ (2548)

## การเปลี่ยนแปลงของพริกสดหลังการเก็บเกี่ยว

เนื่องจากผักและผลไม้เป็นสิ่งมีชีวิต มีการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว สามารถรักษาความสดอยู่ได้ตราบเท่าที่เมแทบอลิซึมยังคงดำเนินอยู่ ได้แก่ การดูดซึมออกซิเจนไปย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ถ้าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ได้มีจำกัด ปฏิกิริยาทางเคมีของผักและผลไม้จะเปลี่ยนไป กล่าวคือ จะมีการผลิตแอลกอฮอล์ขึ้น ทำให้กลิ่นรสของผักและผลไม้เปลี่ยนไป เซลล์ของพืชจะถูกทำลาย ขบวนการที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า anaerobic decay ซึ่งจะทำให้ผักและผลไม้เสียภายใน 2-3 ชั่วโมง (จริงแท้, 2544)

หลังการเก็บเกี่ยวจากแปลงเพาะปลูกจนถึงจัดจำหน่ายให้กับผู้บริโภค พริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการต่างๆ ที่สำคัญ ได้แก่ การหายใจ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส การเปลี่ยนแปลงสี เป็นต้น

### 1. การหายใจ

อัตราการหายใจมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับการเก็บรักษามาก เนื่องจากอัตราการหายใจเป็นการดึงเอาอาหารสะสมออกไปจากผลิตผลตลอดเวลา คุณค่าทางอาหารต่อผลิตผลจึงลดลงเรื่อยๆ นอกจากนี้ความร้อนที่ได้จากการหายใจ จะกระตุ้นให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เกิดได้เร็วขึ้น ทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพเร็ว และส่งผลถึงอายุการเก็บรักษาได้ อย่างไรก็ตามอัตราการหายใจของผลิตผลสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาเนื่องจากปัจจัยภายใน ได้แก่ พันธุกรรม ระยะการเก็บเกี่ยวของผลิตผล และแหล่งที่เพาะปลูก เป็นต้น พริกที่มีพันธุ์ต่างกันจะมีอัตราการหายใจแตกต่างกันไป และในพริกพันธุ์เดียวกันที่มีระยะการเก็บเกี่ยวต่างกัน ก็จะมีอัตราการหายใจแตกต่างกันไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4 สำหรับปัจจัยภายนอกที่มีผลต่ออัตราการหายใจของผลิตผล ได้แก่ องค์ประกอบของบรรยากาศ ความเครียดทางกายภาพ และอุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญที่สุด เพราะอุณหภูมิสูงขึ้นย่อมกระตุ้นให้สสารทุกอย่างมีพลังงานสูงขึ้น ปฏิกิริยาเคมีต่างๆก็สามารถเกิดได้ในอัตราที่สูงขึ้น รวมถึงการหายใจ พริกชนิดเดียวกัน ระยะการเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเหมือนกัน แต่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน จะมีอัตราการหายใจต่างกัน ดังตารางที่ 5 (จริงแท้, 2544; Biles *et al.*, 1993; Thomson *et al.*, 2001; Villavicencio *et al.*, 1999)

ตารางที่ 4 อัตราการหายใจของพริกพันธุ์ต่างๆ ที่ 27 องศาเซลเซียส

Cultivar	Maturity stage	
	Mature green	Mature red
	CO <sub>2</sub> ( mg/kg/h )	CO <sub>2</sub> ( mg/kg/h )
Cherry Bomb	156.4	67.5
King Arthur	57.3	48.2
Mitla	46.1	121.3
Chiltepin	230.2	291.7
Mesilla	72.8	133.4
Savory	97.4	111.8
Habanero	117.8	89.2
Banana Supream	67.3	65.3
Tabasco	234.0	63.1
Sure Fire	31.0	52.6
Hungarian Wax	51.5	96.6
Cubanelle	92.2	64.9
Camelot	69.1	45.1

ที่มา: Villavicencio et al. (1999)

ตารางที่ 5 อัตราการหายใจของพริกที่อุณหภูมิต่างๆ

ชนิดของพริก	อัตราการหายใจ	หน่วย	อุณหภูมิ ( องศาเซลเซียส )
Chilli <sup>1</sup>	2.8	mlCO <sub>2</sub> /kg/h	0
Chilli <sup>1</sup>	3.6	mlCO <sub>2</sub> /kg/h	4
Pepper <sup>2</sup>	7 - 8	mgCO <sub>2</sub> /kg/h	5
Chilli <sup>1</sup>	6.3	mlCO <sub>2</sub> /kg/h	8

ที่มา: <sup>1</sup>Thomson et al. (2001); <sup>2</sup>Gonzalez-Aguilar (2004)

## ตารางที่ 5 (ต่อ)

ชนิดของพริก	อัตราการหายใจ	หน่วย	อุณหภูมิ ( องศาเซลเซียส )
Pepper <sup>2</sup>	10 - 15	mgCO <sub>2</sub> /kg/h	10
Pepper <sup>2</sup>	24 - 30	mgCO <sub>2</sub> /kg/h	15
Pepper <sup>2</sup>	32 - 36	mgCO <sub>2</sub> /kg/h	20

ที่มา: <sup>1</sup>Thomson et al. (2001); <sup>2</sup>Gonzalez-Aguilar (2004)

## 2. การสูญเสียน้ำหนัก

ปริมาณน้ำในพริกสด ขึ้นอยู่กับ พันธุ์ และอายุของผลิตผลเมื่อเก็บเกี่ยว พริกสดสีเขียว จะมีปริมาณน้ำในผลมากถึงร้อยละ 90 การสูญเสียน้ำของพริกนับเป็นปัญหาหลักในการขนส่งที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านอื่นๆ ตามมา (Lownds *et al.*, 1994; Weiss, 2002) ความแตกต่างของพันธุ์พริก มีอิทธิพลต่อการสูญเสียน้ำมากกว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา พริก New Mexican-type มีอัตราการสูญเสียน้ำเร็วเป็น 2 เท่า เมื่อเทียบกับพริกหวาน และพริก Jalapeno (Lownds *et al.*, 1994) ผลิตผลสดต่าง ๆ มีการคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ และปริมาณความชื้นภายในผลิตผลมีความชื้นสูงกว่าอากาศภายนอก น้ำภายในผลิตผลจึงสูญเสี้ออกสู่อากาศภายนอก การสูญเสียน้ำจะทำให้น้ำหนักของผลิตผลลดลง รสชาติของผลิตผลลดลงโดยเฉพาะในแง่ของเนื้อสัมผัส (texture) และยังทำให้ผิวเหี่ยวขุ่น สีผิวไม่สวย ไม่ดึงดูดใจต่อผู้บริโภค (จริงแท้, 2544) ปัจจัยที่มีต่อการการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผล มีทั้งปัจจัยภายใน ได้แก่ ขนาดของผลิตผล (พื้นที่ผิว) ลักษณะของผลิตผล และcuticle เป็นต้น และปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นในบรรยากาศ การเคลื่อนไหวของอากาศ เป็นต้น จากตารางที่ 6 แสดงลักษณะทางกายภาพของพริกชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก

ตารางที่ 6 ลักษณะทางกายภาพของพริก ที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก

Pod type	Initial water Content (%)	Surface area (cm <sup>2</sup> )	Surface volume ratio	Cuticle weight (mg/cm <sup>2</sup> )	Epicuticular wax (μg/cm <sup>2</sup> )
Bell	92.1	553	0.88	1.80	113
New Mexican	90.6	340	1.78	4.40	76.40

ที่มา: Lownds et al. (1993)

### 3. การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส

ความแน่นเนื้อเป็นปัจจัยอันดับต้นๆในการบ่งชี้คุณภาพความสด (freshness) ของพริก (Lownds *et al.*, 1993) ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้นอยู่กับความนิ่มของผู้บริโภค การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของพริกจากแน่นแข็งเป็นนิ่มในส่วนของเนื้อพริก (pericarp) ขึ้นอยู่กับพันธู์ และอุณหภูมิ ซึ่งส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคได้ ความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจาก insoluble protopectin ที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์เปลี่ยนเป็นรูปที่ละลายน้ำได้ เนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์ 2 ชนิด ได้แก่ เอนไซม์ polygalacturonase ซึ่งย่อยโมเลกุลของ galacturonic acid ให้สั้นลง ด้วยการทำลายพันธะที่ตำแหน่ง β-1, 4-D-galacturonic acid และเอนไซม์ pectin esterase ที่ย่อยกลุ่มเมทิลบนโมเลกุลของ galacturonic acid ออก โมเลกุลของสารดังกล่าวจึงเกิดเป็นสายสั้นๆ และมีผลทำให้ความแน่นเนื้อของผักและผลไม้ลดลง (จริงแท้, 2544)

การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของพริกแตกต่างกันไป เช่น พริกหวานพันธุ์ 'Maor' มีความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ pectin เป็นหลัก คือ มีปริมาณ water-soluble pectin เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณ insoluble pectin ลดลง แต่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์ polygalacturonase และ cellulase (Ben-Yehoshua *et al.*, 1983) ส่วนพริกพันธุ์ 'Choorahong' มีความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ hemicellulose และ pectin จำพวก galactose และ arabinose จากผนังเซลล์ที่มีปริมาณลดลง สอดคล้องกับการทำงานของเอนไซม์ β-galactosidase ที่เพิ่มขึ้น 50 เท่าเมื่อพริกเกิดการเปลี่ยนแปลงจากระยะผลสีเขียวเป็นสีแดง (immature green to the red ripe stage) แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณ cellulose น้อยมาก และไม่พบการทำงานของเอนไซม์ polygalacturonase ตลอดระยะการสุก (ripening stage) ของพริก (Gross *et al.*, 1996)

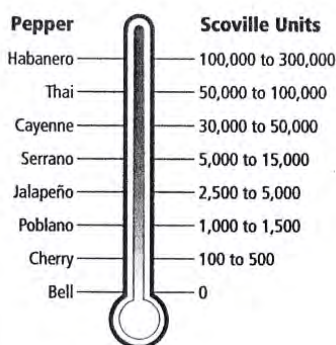
#### 4. การเปลี่ยนแปลงรงควัตถุ

สีของพริกเป็นปัจจัยสำคัญ ที่มีส่วนในการกำหนดมูลค่าการซื้อขาย (Weiss, 2002) พริกแต่ละพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวแตกต่างกันไป การเปลี่ยนแปลงสีผิวพริกเกิดจาก การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ที่เกิดขึ้นพร้อมๆ กันกับการปรากฏขึ้นของสารสีเหลืองและสีแดง (จริงแท้, 2544) ซึ่งต่างก็เป็นสารประกอบทางเคมี รงควัตถุที่ให้สีแดงในพริกจะเป็นสารประกอบในกลุ่ม carotenoids ซึ่งได้แก่ capsanthin ที่มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ capsorubin และ  $\beta$  - carotene ส่วนรงควัตถุที่ให้สีเหลืองในพริก ได้แก่ lutein และ violaxanthin (Weiss, 2002) สีแดงของพริกจะมีมากที่สุดในส่วนที่เป็น pericarp ประมาณ 3,142 – 4,020 ไมโครกรัม-กรัม ในรูปของ  $\beta$  - carotene ถ้าดูปริมาณการกระจายตัวพบว่าสีจะอยู่ในส่วนนี้ถึงร้อยละ 94.6 เทียบกับสีที่พบในเมล็ดจะมีเพียงร้อยละ 4.9 และในส่วนที่เป็นก้านจะมีสีน้อยมาก ปริมาณ carotenoid ในพริกเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 120 เมื่อสีผิวพริกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง (Rajput and Parulekar, 1998; Bosland and Votava, 2000)

#### 5. ความเผ็ด

ความเผ็ดของพริกเป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่ง ที่มีส่วนในการกำหนดมูลค่าการซื้อขาย (Weiss, 2000) ความเผ็ดในพริกชนิดต่างๆ จะมีปริมาณที่แตกต่างกันมาก เกิดจากสารประกอบหลายชนิด รวมเรียกว่า capsaicinoids ซึ่งจะมีลักษณะโครงสร้างทางเคมีเป็น vanillyl - acylamides ประกอบด้วย capsaicin (ร้อยละ 69) dehydrocapsaicin (ร้อยละ 22) homodehydrocapsaicin และ homocapsaicin ปริมาณ capsaicin จะแตกต่างกันไปขึ้นกับ พันธุ์ และความบริบูรณ์ของผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยว กล่าวคือ ปริมาณ capsaicin จะมีน้อยเมื่อพริกมีสีเขียว และจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อพริกเกิดการเปลี่ยนเป็นสีแดง (Weiss, 2002) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตสดอื่นๆ พบว่าพริกเขียว (green chilies) จะมีปริมาณ capsaicin มากถึง 160-210 มิลลิกรัมต่อ100กรัม ในขณะที่ผลไม้สุกอื่นๆ จะมีปริมาณ capsaicin เพียง 113-160 มิลลิกรัมต่อ100กรัม และความเผ็ดของพริกจะคงตัวต่อสภาวะของการแปรรูป การเก็บรักษาได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับสี (Rajput and Parulekar, 1998)

การประเมินค่าความเผ็ดของพริกจะนิยมรายงานออกมาในรูปของ Scoville heat units และปริมาณของสาร capsaicins ที่มีอยู่ในพริก ในตอนต้นปี ค.ศ.1990 Wilbur L. Scoville ทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างความเผ็ดของพริกชนิดต่างๆ ดังภาพที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่า พริกในประเทศไทยมีความเผ็ดเป็นอันดับที่สองรองจาก Habanero โดยมีความเผ็ดอยู่ที่ 50,000 – 100,000 Scoville unit



ภาพที่ 3 ระดับความเผ็ดของพริกชนิดต่างๆ

ที่มา: Harris (1998)

### การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

เนื่องจากผักและผลไม้เป็นผลิตผลทางพืชสวนที่เกิดการเน่าเสียได้ง่ายและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากปัจจัยภายใน ได้แก่ การคายน้ำ การหายใจ การผลิตเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี การพัฒนาและการเจริญเติบโตของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น องค์ประกอบของบรรยากาศ แสงและแรงโน้มถ่วง โรคและแมลง ทำให้การสูญเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการเก็บเกี่ยว การจัดการ การเก็บรักษา การบรรจุ การขนส่ง และการจัดเรียงที่ตลาด (จริงแท้, 2544) ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 7 พริกเกิดความเสียหายระหว่างการขนส่งจากตลาดค้าส่งถึงตลาดค้าปลีกร้อยละ 8.46 เนื่องมาจากการสูญเสียน้ำหนัก การตัดแต่ง และการเน่าเสีย เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อมูลค่าในกระบวนการจัดการเกี่ยวกับผลิตผลสด ยกตัวอย่าง เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา การจัดการผักและผลไม้สดมีมูลค่ามากถึง 75.8 ล้านเหรียญ (USDA, 2000) หากไม่มีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีก็อาจก่อให้เกิดความเสียหายได้

ตารางที่ 7 ความเสียหายระหว่างการขนส่งพริกจากตลาดค้าส่งถึงตลาดค้าปลีกในประเทศไทย

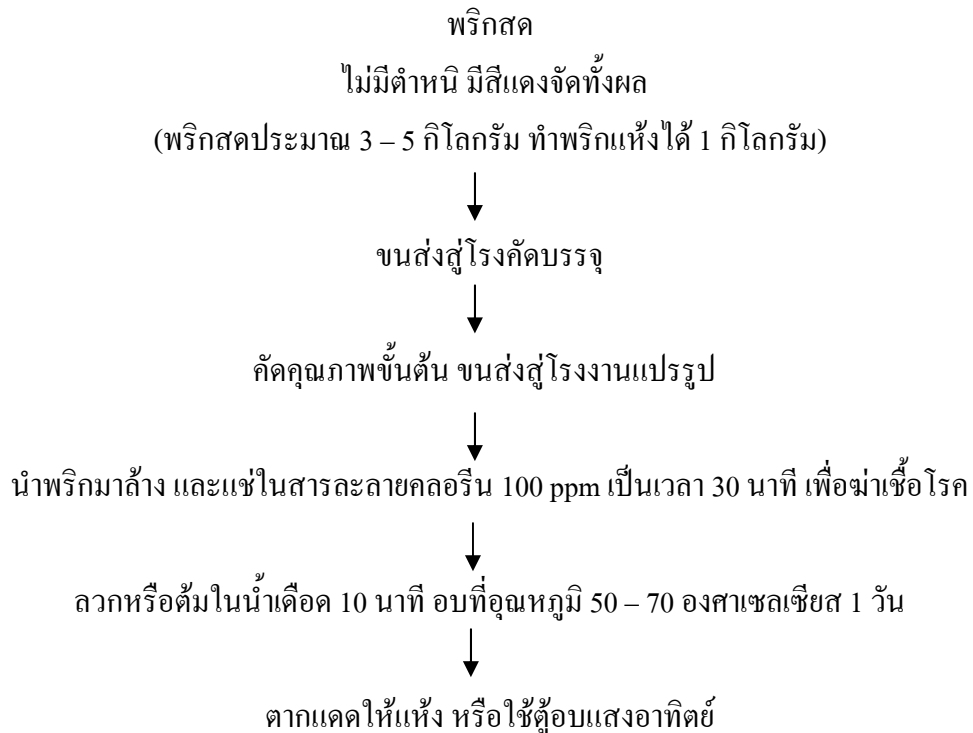
ผลิตภัณฑ์	Weight loss	Bruise	Rot	Trim	Total
					ร้อยละ
พริก	2.56	4.56	0.20	0.14	8.46

ที่มา: Thompson (1996)

หลังการเก็บเกี่ยวพริกในช่วงเช้า พริกจะถูกนำไปวางไว้ในที่ร่ม ทำความสะอาด และทำให้เย็นโดยเร็วที่สุด วิธีการทำให้เย็นที่เหมาะสมกับพริกมากที่สุด ได้แก่ forced air cooling และ room cooling โดย forced air cooling เป็นวิธีที่สามารถลดความร้อนจากแปลงเพาะปลูก (field heat) ที่ติดมากับผลิตภัณฑ์ได้ดีที่สุด แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่เหมาะสม โดยไม่ควรเก็บพริกไว้กับผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูง เช่น มะเขือเทศ แอปเปิ้ล และเมลอน เป็นต้น จากนั้นทำการบรรจุลงในภาชนะบรรจุ เพื่อรอการจัดส่งต่อไป (Bosland and Votava, 2000)

ส่วนการล้างทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ เพื่อทำความสะอาดขจัดฝุ่นผง เศษดินออก ควรใช้ในสารละลายเคมีเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์และช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษา จากการศึกษาของ Izumi (1999) พบว่าเมื่อใช้ electrolyzed water 20 ppm pH 6.8 ที่เตรียมจากร้อยละ NaCl 2.5 กับ แครอท พริกหวาน ผักขม ผักกาดขาวญี่ปุ่น และมันฝรั่ง โดยการจุ่ม การล้าง และการพ่นสารละลายจะสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ 0.6-2.6  $\log_{10}$ CFU/g แต่อย่างไรก็ตาม การล้างทำความสะอาดผักและผลไม้สดด้วยน้ำที่มีคลอรีน เพื่อลดจำนวนแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์จากสิ่งแวดล้อมยังคงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย (Beachat, 1989) Adam และคณะ(1989) รายงานว่าการล้างผักกาดแก้วด้วยน้ำที่มีคลอรีน 100 ppm สามารถลดจำนวน aerobic mesophile ได้มากกว่าร้อยละ 98 ในขณะที่การล้างด้วยน้ำประปาลดจำนวนจุลินทรีย์ดังกล่าวได้เพียงร้อยละ 93 ในทำนองเดียวกับการจุ่ม bussel sprouts ในน้ำที่มีคลอรีนความเข้มข้น 200 ppm สามารถลดจำนวนเซลล์ *Listeria monocytogens* ได้ 2  $\log_{10}$ CFU/g ในขณะที่การจุ่มในน้ำที่ไม่มีคลอรีนลดจำนวนได้เพียง 1  $\log_{10}$ CFU/g (Brackett, 1987)

สำหรับพริกสดเพื่อการบริโภคหลังการเก็บเกี่ยว จะนิยมทำความสะอาดเพื่อฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอรีน 50 – 100 ppm เป็นเวลา 10 - 30 นาที แล้วทำการบรรจุต่อไป ส่วนพริกสดเพื่อการแปรรูป เช่น พริกแห้ง จะนำพริกมาล้างด้วยสารละลายคลอรีน 100 ppm เป็นเวลา 30 นาที ต้มในน้ำเดือด แล้วนำไปอบต่อ จากนั้นจึงคัดหรือใช้ตู้อบพริกให้แห้ง ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ขั้นตอนปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวพริก เพื่อการแปรรูป (พริกแห้ง)

ที่มา: ดัดแปลง มณีจักร (2541)

## ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมเสียหลังการเก็บเกี่ยวของพริก

เนื่องจากผลิตผลสดเป็นสิ่งมีชีวิต หลังการเก็บเกี่ยวจึงมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ไม่สามารถดำรงสภาพเหมือนเดิมอยู่ได้ เนื่องจากมีปัจจัยภายใน ได้แก่ การคายน้ำ การหายใจ การผลิตเอทิลีน และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี เป็นต้น และปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และองค์ประกอบของบรรยากาศ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกัน และช่วยส่งเสริมให้ผลิตผลเกิดการเสื่อมสภาพลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัจจัยภายนอกมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมให้เหมาะสมกับผลิตผล (จริงแท้, 2544)

### 1. อุณหภูมิ

พริกที่เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่อากาศร้อน จะมีอุณหภูมิที่เนื้อผลประมาณ 32 องศาเซลเซียส และถ้าหลังการเก็บเกี่ยวถ้าไม่ได้รับการทำให้เย็นภายใน 1 – 2 ชั่วโมงจะเกิดการขาดน้ำ และสูญเสียความแน่นเนื้อได้ (Bosland and Votava, 2000) ดังนั้นอุณหภูมิ จึงเป็นปัจจัยภายนอกที่สำคัญที่สุดต่อคุณภาพผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว เพราะอุณหภูมิมิอิทธิพลต่อกระบวนการต่างๆ ภายในผลิตผลทุกอย่าง เช่น เมื่ออุณหภูมิก่อนเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้น อัตราการหายใจของพริกเพิ่มสูงขึ้น (Biles *et al.*, 1993; Jecheon *et al.*, 2001; Thomson *et al.* 2001; Gonzalez-Aguilar, 2004) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น พริกหวานมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น (SungMin *et al.*, 2001) แต่ขณะเดียวกันปริมาณ ascorbic acid จะลดลง (Jecheon *et al.*, 2001; SungMin *et al.*, 2001) และมีผลต่อปัจจัยภายนอกอื่นๆ ด้วย เช่น การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

### 2. ปริมาณความชื้นของอากาศ

ปริมาณความชื้นของอากาศ เป็นตัวกำหนดอัตราการสูญเสียน้ำของผลิตผล ดังจะเห็นได้จากการเก็บรักษาพริกในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงร้อยละ 95 สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักในพริกได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำร้อยละ 65 (SungMin *et al.*, 2001) นอกจากนี้ ปริมาณความชื้นของอากาศ ยังมีผลต่อการเจริญของเชื้อราบนผิวผลิตผล ทำให้ผลิตผลเกิดการเน่าเสียได้ง่ายขึ้น (จริงแท้, 2544)

และเมื่อนำปัจจัยทั้งสองอย่างมาพิจารณาร่วมกัน พบว่าเมื่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้น การเสื่อมเสีย (decay) ของพริกจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 12 เป็นร้อยละ 50-80 (SungMin *et al.*, 2001) ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและปริมาณความชื้นให้เหมาะสมกับการเก็บรักษาผลิตผล

ผักและผลไม้แต่ละชนิดมีสถานะเหมาะสมในการเก็บรักษาต่างกัน ผักและผลไม้ในเขตร้อนมักมีอุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงกว่าผักและผลไม้ในเขตกึ่งร้อนและเขตหนาว ตามลำดับ ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตผลจึงควรเก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด โดยไม่เกิดอันตรายหรือก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (จริงแท้, 2544) ดังตารางที่ 8 แสดงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาของพริก และการเก็บรักษาพริกที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม ทำให้ผลิตผลเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) หรือ อาการผิดปกติทางสรีรวิทยาอันเนื่องมาจากอุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง ดังตารางที่ 9 ซึ่งเกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพขององค์ประกอบบางส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์หรือเยื่อหุ้มออร์แกเนลล์ที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำลง ทำให้การทำงานของเยื่อหุ้มผิดปกติไป เกิดความไม่สมดุลของกระบวนการทางสรีรวิทยาภายในเซลล์ขึ้น ส่งผลให้เซลล์ตายไปในที่สุด และถ้าอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่ำเกินไป เป็นอุณหภูมิต่ำกว่าหรือเท่ากับจุดเยือกแข็ง (0 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า) น้ำในเซลล์จะแข็งตัว ผลึกของน้ำแข็งที่เกิดขึ้นจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์และออร์แกเนลล์ต่างๆ นิโคขาดและทำให้เซลล์ตายได้ (จริงแท้, 2544; Wang, 1990; Skog, 1998; Cantwell, 2001; Gonzalez-Aguilar;2004)

ตารางที่ 8 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาของพริก

ผลิตภัณฑ์	อุณหภูมิ		ความชื้นสัมพัทธ์	อายุการเก็บรักษา
	องศาเซลเซียส	องศาฟาเรนไฮต์	ร้อยละ	สัปดาห์
พริกชี้หนู	8 - 9	-	85 - 90	2 - 3
Hot peppers (Chiles)	5 - 10	41 - 50	85 - 95	2 - 3
Peppers	7 - 13	45 - 55	90 - 95	2 - 3
Peppers	7 - 10	45 - 50	85 - 90	2 - 3

ที่มา: จริงแท้ (2544); Bosland and Votava (2000); Cantwell (2001); Weiss (2002);  
Gonzalez-Aguilar (2004)

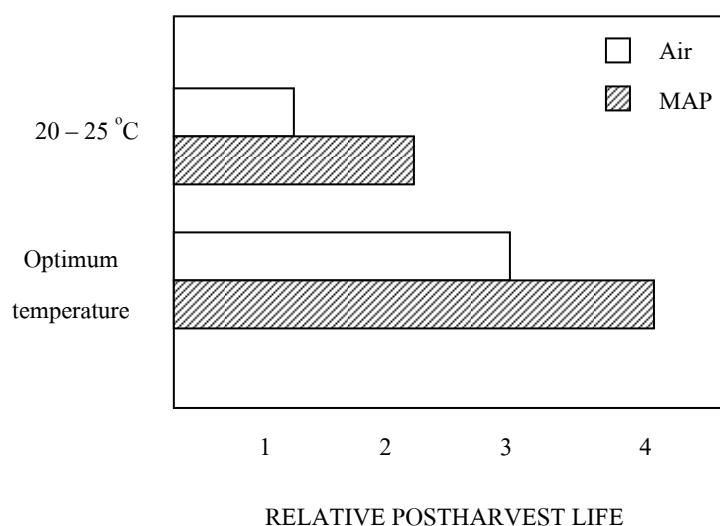
ตารางที่ 9 อุณหภูมิวิกฤตที่ก่อให้เกิดอาการสะท้านหนาว และอาการสะท้านหนาวของพริก

ผลิตภัณฑ์	อุณหภูมิวิกฤตที่ก่อให้เกิดอาการสะท้านหนาว	อาการสะท้านหนาวของพริก
	องศาเซลเซียส	
Pepper	ต่ำกว่า 7	sunken, darkening, surface pitting, water-soaked area, discoloration of the seed cavity (seed discoloration near the calyx), a predisposition to Alternaria
Pepper	ต่ำกว่า 4	softening, pitting and Predisposition to decay

ที่มา: Wang (1990); Skog (1998); Gonzalez-Aguilar (2004)

### เทคโนโลยีที่ชะลอการเสื่อมเสียของพริกสด

การเก็บรักษาผลิตผลสดที่สภาวะบรรยากาศปกติ โดยมีอุณหภูมิ และปริมาณความชื้นที่เหมาะสมจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลไปได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ดังภาพที่ 5 แต่การเก็บรักษาผลิตผลสดด้วยฟิล์มพลาสติกในสภาวะบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere Packaging, MAP) ที่มีความเข้มข้นของปริมาณแก๊สเหมาะสมกับผลิตผล สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น ช่วยลดอัตราการปนเปื้อนและการแพร่กระจายของจุลินทรีย์และสปอร์ได้ MAP จึงมีการศึกษาเพื่อนำมาใช้บรรจุผลิตผลสดอย่างแพร่หลาย (Phillips, 1996; Kader *et al.*, 2000; Mir and Beaudry, 2004; Romig and Mir, 2004)



ภาพที่ 5 อายุการเก็บรักษาผลิตผลสดในสภาวะบรรยากาศปกติ และสภาวะบรรยากาศดัดแปลง  
ที่มา: Zagory and Kader (1988)

### การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere Packaging, MAP)

สภาวะบรรยากาศดัดแปลงภายในภาชนะบรรจุ สามารถเกิดได้ 2 แบบ ได้แก่ แบบ Passive MA ที่เกิดจากการหายใจของผลิตผล และแบบ Active MA ที่เกิดจากการสร้างสภาวะบรรยากาศที่ผลิตผลต้องการภายในภาชนะบรรจุ ซึ่งทั้ง 2 แบบ มีรายละเอียด ดังนี้ (Kader and Watkins, 2000)

## 1. ประเภทของการบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง

### 1.1 Passive Modified Atmosphere Package (Passive MAP)

คือ การสร้างสภาวะบรรยากาศที่ต้องการภายในภาชนะบรรจุ โดยการเลือกชนิดของฟิล์มพลาสติกที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เหมาะสมกับอัตราการหายใจของพืช ณ อุณหภูมิที่ทำการเก็บรักษา การเก็บรักษาผลิตผลสดด้วยฟิล์มพลาสติก สามารถก่อให้เกิดสภาวะบรรยากาศดัดแปลงภายในภาชนะบรรจุได้ เนื่องจากผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีชีวิตอยู่ จึงมีการใช้ปริมาณแก๊สภายในภาชนะบรรจุมาใช้ในการหายใจ ซึ่งในตอนแรกอัตราการหายใจจะสูง เนื่องจากปริมาณของแก๊สออกซิเจนยังสูงอยู่ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ยังมีน้อย หลังจากนั้นอัตราการหายใจจะค่อยๆลดลงตามการลดลงของปริมาณแก๊สออกซิเจนและการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ความแตกต่างของความดันย่อยของแก๊สทั้งสองที่อยู่ภายในกับภาชนะภายนอก จะทำให้แก๊สออกซิเจนภายนอกซึมผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุ ขณะเดียวกันแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะซึมผ่านออกไปภายนอกเช่นกัน จนกระทั่งสมดุลซึ่งทำให้เกิดการดัดแปลงสภาวะบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ

### 1.2 Active Modified Atmosphere Package (Active MAP)

คือ การสร้างสภาวะบรรยากาศที่ต้องการสำหรับผักและผลไม้สด โดยการผันแก๊สที่ต้องการตามความเข้มข้นลงไป หรือ บรรจุสารเคมีชนิดที่ทำให้แก๊สที่ต้องการหรือชนิดที่ดูดกลับแก๊สที่ไม่ต้องการออกไปจากบรรยากาศที่ล้อมรอบผลิตภัณฑ์ภายในภาชนะบรรจุ

## 2. สภาวะบรรยากาศดัดแปลงที่เหมาะสม

แม้ว่าสภาวะบรรยากาศดัดแปลงจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลสดได้ แต่ในขณะเดียวกันก็สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดลักษณะผิดปกติของผลิตผลได้ เช่น การหมัก และการเกิดกลิ่นผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจาก ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุลดต่ำลง จนผลิตผลไม่สามารถหายใจแบบใช้ออกซิเจนได้ เช่นเดียวกับการเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) เมื่อมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินระดับที่ผลิตผลจะทนได้ ระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อผลิตผลมีการศึกษาและรายงานมากมาย ดังตารางที่ 10 แสดงความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนต่ำสุดที่ผลิตผลทนได้โดยไม่เกิดการ

บาดเจ็บ (injury) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่เหมาะสมกับแต่ละผลิตผล และตารางที่ 11 แสดงความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดที่ผลิตผลทนได้โดยไม่เกิดอาการสะท้อนหนาว (Mir and Beaudry, 2004)

ตารางที่ 10 ความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนต่ำสุดที่ผลิตผลทนได้

O <sub>2</sub> (%)	Commodities
0.5 or less	<i>Chopped greenleaf, redleaf, Romaine and iceberg lettuce, spinach, sliced pear, broccoli, mushroom</i>
1.0	Broccoli florets, chopped butterhead lettuce, sliced apple, Brussels sprouts, cantaloupe, cucumber, crisphead lettuce, onion bulbs, apricot, avocado, <i>banana</i> , cherimoya, atemoya, sweet cherry, cranberry, grape, <i>kiwifruit</i> , litchi, nectarine, peach, plum, rambutan, sweetsop
1.5	<i>Mosts apples, most pears</i>
2.0	Shredded and cut carrots, artichoke, <i>cabbage</i> , cauliflower, celery, bell and chili pepper, sweet corn, tomato, blackberry, durian, fig, mango, olive, papaya, pineapple, pomegranate, raspberry, strawberry
2.5	Shredded cabbage, blueberry
3.0	Cubed or sliced cantaloupe, <i>low permeability apples and pears</i> , grapefruit, persimmon
4.0	Sliced mushrooms
5.0	Green snap beans, lemon, lime, orange
10.0	Asparagus
14.0	Orange sections

หมายเหตุ ผลิตผลที่เขียนด้วยอักษรตัวเอียง หมายถึง ผลิตผลที่มีการตอบสนองต่อความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนต่ำสุด อยู่ในระดับดีถึงดีมาก (good to excellent)

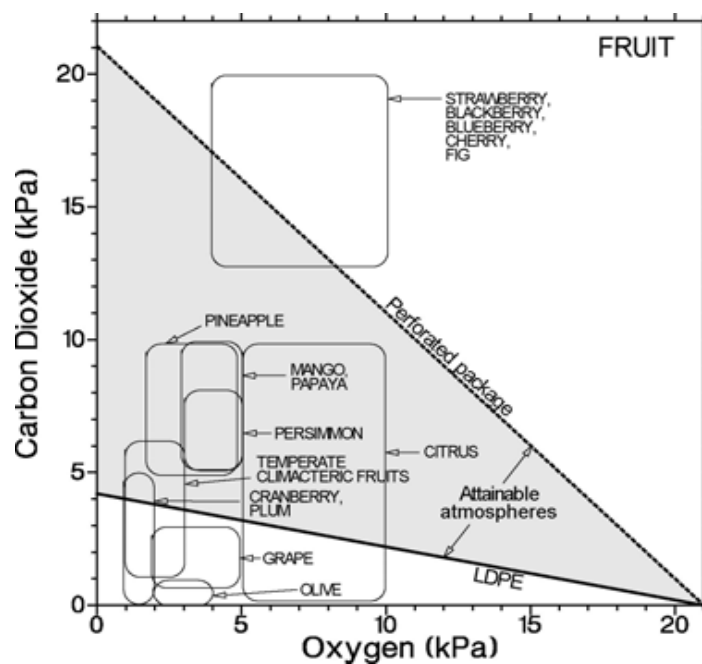
ที่มา: Beaudry (2000); Mir and Beaudry (2004); Romig and Mir (2004)

ตารางที่ 11 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดที่ผลิตผลทนได้

CO <sub>2</sub> (%)	Commodities
2	Lettuce (crisphead), pear
3	Artichoke, tomato
5	Apple (most cultivars), apricot, cauliflower, cucumber, grape, nashi, olive, orange, peach (clingstone), potato, pepper (bell)
7	Banana, bean (green snap), kiwi fruit
8	Papaya
10	Asparagus, Brussels sprouts, cabbage, celery, grapefruit, lemon, lime, mango, nectarine, peach (freestone), persimmon, pineapple, sweet corn
15	Avocado, broccoli, lychee, plum, pomegranate, sweetsop
20	Cantaloupe (muskmelon), durian, mushroom, rambutan
25	Blackberry, blueberry, fig, raspberry, strawberry
30	Cherimoya

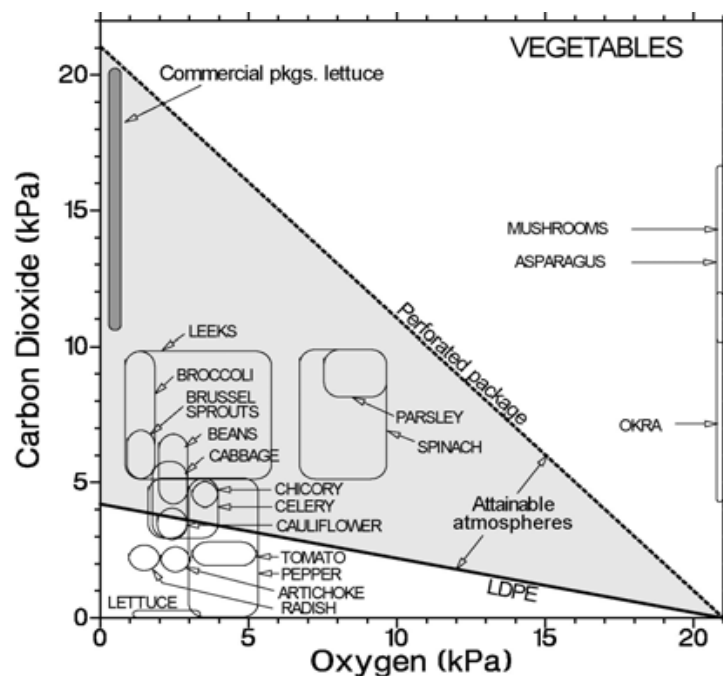
ที่มา: Watkins (2000); Mir and Beaudry (2004); Romig and Mir (2004)

นอกจากนี้ยังมีรายงานปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมในการใช้ร่วมกัน เพื่อการเก็บรักษาผลไม้ ดังภาพที่ 6 และเพื่อเก็บรักษาผัก ดังภาพที่ 7 จากภาพพื้นที่แรเงาแสดงถึงช่วงของสภาพบรรยากาศที่สามารถเกิดขึ้นได้ตามทฤษฎี จากการเก็บรักษาแบบ MAP ด้วยฟิล์มพลาสติก LDPE (ขอบล่าง) และด้วยการเจาะรู (ขอบบน-เส้นประ) หรือการใช้ทั้งสองอย่างรวมกัน



ภาพที่ 6 ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมในการใช้ร่วมกัน  
เพื่อการเก็บรักษาผลไม้

ที่มา: Mir and Beaudry (2004)



ภาพที่ 7 ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมในการใช้ร่วมกัน  
เพื่อการเก็บรักษาผัก

ที่มา: Mir and Beaudry (2004)

### 3. ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ

องค์ประกอบของสภาวะบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ เป็นผลมาจากปัจจัยหลายอย่าง ประกอบกัน ได้แก่ สภาพให้ซึมผ่านได้ (permeability) ของภาชนะบรรจุ อัตราการหายใจของผลิตภัณฑ์ และสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ และความชื้น พลาสติกและสภาพแวดล้อมสามารถควบคุมให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ได้ แต่ผลิตภัณฑ์มีความผันแปร เนื่องจากพันธุ์ การเพาะปลูก สถานที่ปลูก การดูแลรักษา ลักษณะการเก็บเกี่ยว ระยะการเก็บเกี่ยว และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เป็นต้น ซึ่งปัจจัยต่างๆเหล่านี้ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ และส่งผลต่อสภาวะบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ

#### 3.1 ภาชนะบรรจุ

โดยทั่วไปแล้ววัสดุบรรจุที่นิยมใช้กับผักและผลไม้สดในการเก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง ได้แก่ พลาสติก (Mir and Beaudry, 2004) การเลือกใช้ฟิล์มพลาสติกให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับ อัตราการหายใจของผลิตภัณฑ์ สภาพให้ซึมผ่านได้ (permeability) ของแก๊สต่างๆของฟิล์ม และสภาพแวดล้อม สภาพให้ซึมผ่านได้ของฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิด ดังตารางที่ 12 มีส่วนสำคัญในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ การลดอุณหภูมิจะทำให้แก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านฟิล์มได้น้อยลง ทำให้อัตราส่วนของแก๊สทั้งสองภายในภาชนะบรรจุเปลี่ยนแปลง ส่งผลกระทบต่อการหายใจและปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ได้ เช่น การหายใจเปลี่ยนจากแบบใช้ออกซิเจนไปเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งถ้าปริมาณแก๊สออกซิเจนซึมผ่านฟิล์มเข้าไปภายในภาชนะบรรจุน้อยเกินไป จะทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพผักและผลไม้ได้ อีกทั้งอัตราการซึมผ่านไอน้ำฟิล์มพลาสติกส่วนใหญ่ไม่สูงมาก ไอน้ำที่พืชคายออกมาจะช่วยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในภาชนะบรรจุให้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (equilibrium relative humidity) ของผักและผลไม้สดลดการสูญเสียน้ำได้ พลาสติกที่นิยมใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ ได้แก่ Low-density polyethylene (LDPE), Polyvinyl chloride (PVC) และ Polypropylene (PP) ส่วน Polystyrene (PS) มีการนำมาใช้มากขึ้น แต่ฟิล์ม Polyvinylidene และ Polyester มีค่าสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ เหมาะกับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการหายใจต่ำ (Kader *et al.*, 2000)

ตารางที่ 12 สภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สออกซิเจนของฟิล์มพลาสติกที่นิยมใช้บรรจุผักและผลไม้สด

Film Type	Permeabilities (cc-mil/m <sup>2</sup> .atm.day)		PCO <sub>2</sub> : PO <sub>2</sub> (β)
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	
LDPE	7,000 – 77,000	3,900 – 13,000	2.0 – 5.9
PVC	4,263 – 8,138	620 - 2,248	3.9 – 6.9
PP	7,700 – 21,000	1,300 – 6,400	3.3 - 5.9
PS	10,000 – 260,000	2,600 – 7,700	3.4 – 3.8
PVDC	52 – 150	8 – 26	5.8 – 6.5
PET	180 – 390	52 – 130	3.0 – 3.5

ที่มา: Zagory and Kader (1988)

ประเภทของฟิล์มพลาสติกที่ทำให้เกิดสภาวะบรรยากาศตัดแปลงได้แก่ ฟิล์มพลาสติกที่ไม่มีการเจาะรู (continuous film) และฟิล์มพลาสติกที่มีการเจาะรูขนาดเล็ก (perforated films: micro perforation) ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 สมบัติของฟิล์มพลาสติกที่ไม่มีการเจาะรู (continuous film) และฟิล์มพลาสติกที่มีการเจาะรูขนาดเล็ก (perforated films: microperforation)

Properties	Continuous films	Microperforation
Rate of gas movement	Gas permeation through the polymeric film	The sum of gas diffusion through the perforation and gas permeation through the polymeric film
The permeability : P	PCO <sub>2</sub> > PO <sub>2</sub> ; 2-8 times	PCO <sub>2</sub> > PO <sub>2</sub> ; 0.77 times
Temperature : T	PO <sub>2</sub> and PCO <sub>2</sub> increase with T	PO <sub>2</sub> and PCO <sub>2</sub> extremely insensitive with T changes

ที่มา: ดัดแปลง Mir and Beaudry (2004)

### 3.2 อัตราการหายใจ

อัตราการหายใจสูงสุดของผลิตผลสดเพิ่มขึ้นเป็น 4 - 6 เท่าที่อุณหภูมิ 0 - 15 องศาเซลเซียส ซึ่งเพิ่มมากกว่าสภาพให้ซึมผ่านได้ (permeability) ของฟิล์ม LDPE 2 - 3 เท่า และมากกว่าสภาพให้ซึมผ่านได้ของฟิล์ม perforation 30 เท่า (Mir and Beaudry, 2004) ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้องการแก๊สออกซิเจนของผลิตผลจะมีมากกว่าสภาพให้ซึมผ่านได้ของฟิล์มพลาสติก ความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุจะลดลงและอาจเกิดอันตรายต่อคุณภาพผลิตผลได้ ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการใช้การบรรจุในสภาวะบรรยากาศดัดแปลง (Kader *et al.*, 2000; Mir and Beaudry, 2004) แต่อย่างไรก็ตามการเก็บผลิตผลสด เช่น broccoli ในสภาพปรับบรรยากาศที่มีความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนร้อยละ 2 และความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 สามารถลดอัตราการหายใจได้ถึง 10 เท่า (Zagory and Kader, 1988)

### 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง ภาชนะบรรจุ ผลิตผล และสภาพแวดล้อม

สมการทางคณิตศาสตร์สามารถนำมาใช้ เพื่อการคาดคะเนผลที่เกิดจากการใช้ปัจจัยต่างๆ ร่วมกันในการเก็บรักษาผลิตผลสด สมการทางคณิตศาสตร์สามารถใช้โยงความสัมพันธ์ของสภาพให้ซึมผ่านได้ (permeability) ของฟิล์ม อัตราการหายใจของผลิตผล ควบคู่ไปกับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตผลทนทานได้ สมการสามารถคาดคะเนปริมาณแก๊สและความชื้นที่เกิดขึ้นบริเวณช่องว่างเหนือผลิตผล (headspace) ของภาชนะบรรจุภายใต้สภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้ นอกจากนี้ยังสามารถระบุขอบเขตจำกัดของ ฟิล์มพลาสติก ลักษณะการออกแบบ ผลิตผล และสภาพแวดล้อม (Mir and Beaudry, 2004) แต่อย่างไรก็ตามตลอดระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา ได้มีการคิดค้นและทดสอบสมการคณิตศาสตร์ขึ้นมามากมาย แต่ยังไม่มีการนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์น้อยมาก (Kader *et al.*, 2000)

## 4. การเปลี่ยนแปลงของผลิตผลที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศดัดแปลง

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตผลสด ได้แก่ การสุกและการเน่าเสีย การเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ การเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด และกลิ่นรสผิดปกติ (Mir and Beaudry, 2004) การเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศดัดแปลง ทำให้ภายในภาชนะบรรจุมีปริมาณแก๊สออกซิเจนน้อย และมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง ซึ่งสามารถลดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการหายใจ ปริมาณแป้ง น้ำตาล คลอโรฟิลล์ องค์กรประกอบของผนังเซลล์

(Ben-Yehoshua *et al.*, 1983) ชะลอการสุก และการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตผล นอกจากนี้ยังสามารถชะลอการแพร่กระจายเชื้อจุลินทรีย์และลดการปนเปื้อนในกระบวนการขนส่ง (Phillips, 1996; Kader *et al.*, 2000; Mir and Beaudry, 2004) อีกทั้งสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดได้ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ต่ำ ทำให้มีการสูญเสียกลิ่นรส แต่สภาวะบรรยากาศตัดแปลงมีประโยชน์ต่อการเก็บรักษาผลิตผลมากกว่า ดังนั้นผู้บริโภคมักอาจได้รับผลิตผลที่มีกลิ่นลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงสีที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการ (Mir and Beaudry, 2004)

### 5. การประยุกต์สภาวะบรรยากาศตัดแปลงในการเก็บรักษาพริกประเภทต่างๆ

เนื่องจากสภาวะบรรยากาศตัดแปลงมีคุณสมบัติที่สามารถปรับปริมาณแก๊สภายในให้เหมาะสมกับการเก็บรักษาผลิตผลสด จึงได้มีงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยีการบรรจุด้วยฟิล์มพลาสติกนี้ มาใช้ในการเก็บรักษาผลิตผลสด ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การประยุกต์ใช้สภาวะบรรยากาศตัดแปลงในการเก็บรักษาพริก

ผลิตผล	ภาชนะบรรจุ	สภาวะการเก็บรักษา	ผลการบรรจุ
พริกหวาน <sup>1</sup>	ถาดโฟม PS + ฟิล์ม PE wrapped	7 °C 85-95%RH	ลดการสูญเสียน้ำและชะลอการเปลี่ยนแปลงสี
พริกหวาน 'Maor' <sup>2</sup>	ฟิล์ม HDPE wrapped	17 °C 85%RH	ลดการสูญเสียน้ำมากกว่า Non-sealed pepper 10 เท่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ และชะลอการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ
พริกหวาน 'Maor' <sup>3</sup>	ถุงพลาสติก PE	7.5 °C : 14 วัน + 20 °C : 4 วัน	ลดการสูญเสียน้ำร้อยละ 40 – 50 และลดการเปลี่ยนแปลงสี
Hot chillies <sup>4</sup> พริกขี้หนูเม็ดเล็ก (ขนาด 1-3 ซม.)	ถุงพลาสติก PE	0 4 และ 8 °C	ไม่เกิดกลิ่นผิดปกติ (off-odor) และลดการเติบโตของเชื้อราได้ดีกว่า ถุงพลาสติก PP

ที่มา: <sup>1</sup>Bussel and Kenigsberger (1975); <sup>2</sup>Ben-Yehoshua *et al.* (1983); <sup>3</sup>Meir *et al.* (1995);  
และ<sup>4</sup>Thomson *et al.* (2001)

### การบรรจุแบบแอคทีฟ (Active Packaging)

การบรรจุแบบแอคทีฟ เป็นการบรรจุในสภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบหนึ่ง ที่สามารถดัดแปลงสภาวะบรรยากาศภายในให้เหมาะสมต่อการเก็บรักษา โดยภาชนะบรรจุจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอก สามารถตอบสนองต่อการปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อม ด้วยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของภาชนะบรรจุ เพื่อสร้างสภาวะบรรยากาศที่ต้องการ (Brody *et al.*, 2001)

การบรรจุแบบแอคทีฟ มีการพัฒนาไปในหลากหลายรูปแบบ เช่น equilibrium modified atmosphere (EMA) packaging, ethylene absorbing , antimicrobial releasing, antioxidant releasing, chemical stabilizers, ethanol emitting, moisture absorbing และ flavor/odor absorbing ซึ่งส่วนใหญ่จะบรรจุสารเคมีชนิดที่ให้แก๊สที่ต้องการหรือชนิดที่ดูดกลับแก๊สที่ไม่ต้องการออกไปจากบรรยากาศที่ล้อมรอบผลิตภัณฑ์ภายในภาชนะบรรจุ ดังแสดงในตารางที่ 15 จากตารางจะเห็นได้ว่าการบรรจุแบบแอคทีฟได้รับการคิดค้น และพัฒนาจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ประเทศญี่ปุ่น

ตารางที่ 15 การบรรจุแบบแอคทีฟในรูปแบบต่างๆ

System/Action	Substance	Organizational source
Ethylene absorbing	- Activated carbon/potassium permanganate	- Kuraray/Nippon (Japan) - Greener (Japan)
Ethanol emitting	- Micro-encapsulated ethanol	- Freund (Japan)
Moisture absorbing	- Polyvinyl alcohol encapsulation - Siliga gel - Clay-based	- Grace Chemical (Davison) - Capitol Specialty Plastics - Multisorb Technologies - Sud-Chemie Performance Packaging

ตารางที่ 15 (ต่อ)

System/Action	Substance	Organizational source
Antimicrobial releasing	- Sorbates	- Mitsubishi Gas Chemical
	- Benzoates	(Japan)
	- Propionates	- Microban Products
	- Silver salts	- Various from Japan
	- Sulfur and mercurial compounds	
	- Bacteriocins	
	- Sub-micrometer cell wall penetrants	
	- Zeolites	- Mitsubishi Gas chemical
		(Japan)
		- Shinagawa Fuel (Japan)
	- Tachyon Energy (Japan)	
	- Chlorine dioxide	- Bernard Technologies
		- England Corp.
Antioxidant releasing	- BHA/BHT	
	- TBHQ	
	- Vitamin C or E	- Roche
Flavor/odor absorbing	- Activated carbon	- Arm & Hammer
	- Sodium bicarbonate	- Cabot
Chemical stabilizers	- Tocopherol or vitamin E	- Roche

ที่มา: Brody et al. (2001)

สำหรับผลิตผลสด ได้มีการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการบรรจุแบบแอคทีฟต่างๆ ในการเก็บรักษา ดังตารางที่ 16 และการบรรจุแบบแอคทีฟที่นิยมใช้กับผลิตผลสด มักอยู่ในรูปของฟิล์มพลาสติก เนื่องจากสามารถใช้คุณสมบัติของฟิล์มที่เฉพาะเจาะจงกับผลิตผลได้มากกว่าที่อยู่ในรูป sachet (Rooney, 1995)

ตารางที่ 16 การบรรจุแบบแอคทีฟที่ใช้กับผลิตผลสด

Application	Minimally processed
Ethylene emitter	Fruit/vegetables
Ethylene scavenger	Fruit/vegetables
Moisture regulator	Fruit/vegetables
Antimicrobial-releasing film	Fruit
Enzyme inhibitor	Fruit/vegetables
Oxygen scavenger	Fruit/vegetables
CO <sub>2</sub> regulator	Fruit/vegetables
Light control	Fruit/vegetables

ที่มา: ดัดแปลง Rooney (1995) และ Brody et al. (2001)

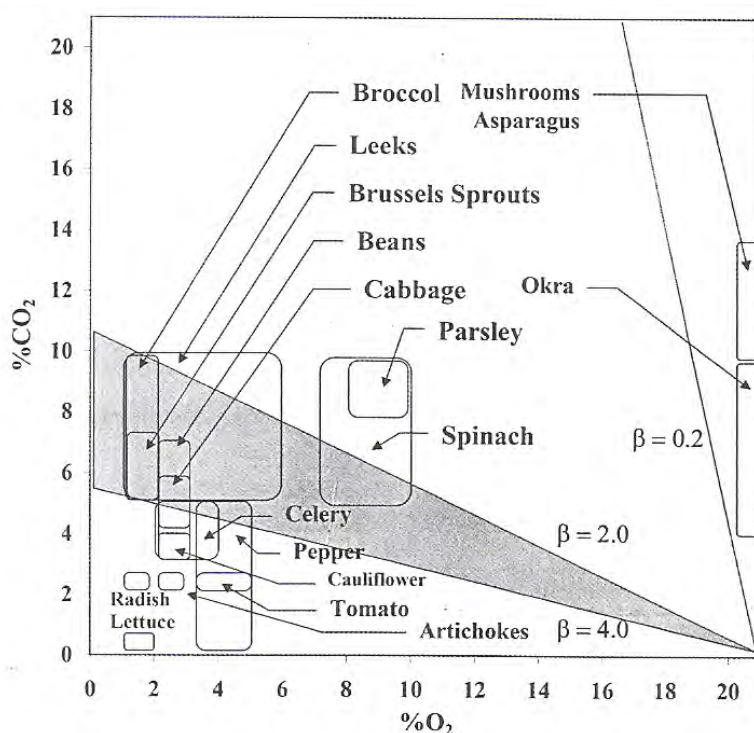
## การพัฒนาเทคโนโลยีการบรรจุ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดในประเทศไทย

เนื่องจากผลิตผลแต่ละชนิดมีอัตราการหายใจแตกต่างกัน ผลิตผลที่มีอัตราการหายใจสูงมักมีอายุการเก็บรักษาสั้น การยืดอายุและรักษาคุณภาพผลิตผลสดส่วนใหญ่ ต้องอาศัยคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาทำเป็นภาชนะบรรจุ ซึ่งส่วนมากอยู่ในรูปของฟิล์มพลาสติก สำหรับประเทศไทยฟิล์มพลาสติกที่ผลิตและจำหน่ายภายในประเทศ ส่วนใหญ่มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของแก๊ส (barrier films) จึงไม่เหมาะต่อการนำมาใช้เก็บรักษาผลิตผลสด ที่ต้องการฟิล์มที่มีคุณสมบัติยอมให้แก๊สออกซิเจนผ่านสูงกว่าฟิล์มทั่วไป ดังนั้นผู้ประกอบการจึงจำเป็นต้องนำเข้าฟิล์มพลาสติกที่มีสมบัติในการให้แก๊สออกซิเจนผ่านเข้าออกได้สูงจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพงและได้รับการวิจัยให้เหมาะสมกับผลิตผลในประเทศนั้นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลิตผลในเขตหนาว เพราะฉะนั้นการนำเข้าฟิล์มพลาสติกราคาแพงและอาจใช้ประโยชน์ไม่ได้ จึงเป็นความเสียหายเปรียบของประเทศเป็นอย่างมาก

ดังนั้นฟิล์มพลาสติกเพื่อการบรรจุผลิตผลสด จึงเป็นฟิล์มที่ควรมีสมบัติยอมให้แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สเอทิลีน และความชื้น แพร่ผ่านด้วยอัตราที่เหมาะสม โดยสามารถดัดแปลงสภาวะบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ ให้เป็นสภาวะสมดุล หรือ เรียกว่า Equilibrium Modified Atmosphere (EMA) Package ซึ่งกลไกนี้เป็นหนึ่งในหลักการของเทคโนโลยีภาชนะบรรจุแบบ Active Packaging Technology ที่พัฒนาได้จากการวิจัยในประเทศ โดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)

สภาวะบรรยากาศดัดแปลงในภาชนะบรรจุแบบสมดุล (EMA) ส่งผลต่อการชะลอการหายใจ การคายน้ำ ลดการเสื่อมสภาพ ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลสดได้ ซึ่งความสามารถในการเลือกแก๊สแต่ละชนิดให้แพร่ผ่านด้วยอัตราที่แตกต่างกันของฟิล์ม EMA เป็นผลมาจากการควบคุมโครงสร้างของพอลิเมอร์ ได้แก่ การควบคุมการกระจายตัวของสารเติมแต่ง (additives) เพื่อปรับแต่งโครงสร้างหรือช่องว่างระหว่างเฟส ซึ่งมีผลต่อการผ่านของแก๊สในฟิล์มที่ยอมให้แก๊สออกซิเจนผ่านได้สูง และการควบคุม โครงสร้างรูพรุน รัศมีรูพรุน และการเชื่อมต่อกันของรูพรุน ที่มีผลต่อสมบัติการควบคุมความสามารถในการเลือกให้แก๊สผ่าน (Perm-selectivity)

จากการควบคุม โครงสร้างของพอลิเมอร์ข้างต้น ทำให้ฟิล์ม EMA ที่ได้พัฒนามีสภาพให้ ซึมผ่านได้ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อแก๊สออกซิเจน (Permeability ratio,  $PCO_2/PO_2$  ( $\beta$ )) ครอบคลุมค่าในช่วงกว้าง ตั้งแต่ 2-4 และอีกกลุ่มที่มีค่า  $\beta$  ประมาณ 0.2 ซึ่งเป็นคุณสมบัติของฟิล์มที่เหมาะสมกับการเก็บรักษาผลิตผลสดที่มีอัตราการหายใจสูง เน่าเสียเร็ว อายุการเก็บรักษาสั้นมาก เช่น เห็ด กระจับปี่เขียว และหน่อไม้ฝรั่ง ดังภาพที่ 8 แสดงค่า  $\beta$  ของ High gas permeable film ที่พัฒนาได้จากงานวิจัย ( $\beta \sim 2-4$  : พื้นที่แรเงา และ  $\beta \sim 0.2$ ) เปรียบเทียบกับค่า  $\beta$  ของฟิล์ม PE ที่ใช้ทั่วไปในอุตสาหกรรมไทย ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่แคบมาก ( $\beta \sim 2$ ) (วรรณิและคณะ, 2548)



ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบค่า  $\beta$  ของ High gas permeable films ที่พัฒนาได้จากการวิจัย กับฟิล์ม PE ที่ใช้ทั่วไปในอุตสาหกรรม

ที่มา: ดัดแปลง Mir and Beaudry (2004)

สำหรับหลักการและความแตกต่างในการดัดแปลงสภาวะบรรยากาศ เมื่อเลือกใช้ฟิล์มพลาสติก พบว่า สภาวะบรรยากาศในฟิล์มพลาสติกเจาะรูขนาดใหญ่ (macro perforated films) ไม่เกิดการดัดแปลง จึงไม่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผล ผลิตผลเกิดการสูญเสียน้ำมาก ส่วนสภาวะบรรยากาศในฟิล์มที่ยอมให้แก๊สผ่านได้น้อย (barrier films) เกิดสภาวะบรรยากาศดัดแปลง แต่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำเกินไป และมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไป อาจเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ผลิตผลมีกลิ่นและรสชาติผิดปกติได้

สำหรับสภาวะบรรยากาศในฟิล์ม EMA ค่า permeability ของฟิล์มสามารถปรับให้เข้ากับอัตราหายใจของผลิตภัณฑ์ ส่งผลต่อการควบคุมสัดส่วนของแก๊สภายในภาชนะบรรจุ โดยสามารถดัดแปลงสภาวะบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุให้เป็นสภาวะสมดุล ซึ่งสามารถชะลออัตราการหายใจและการเสื่อมสภาพ รักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์และยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งสัดส่วนของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิการเก็บรักษา และลักษณะการบรรจุ

High gas permeable films สามารถสร้างบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (Equilibrium Modified Atmosphere, EMA) มีสมบัติที่เหมาะสมกับการชะลอการเสื่อมเสียของผักหลายชนิด เช่น คื่นช่าย โหระพา กะเพรา เป็นต้น และฟิล์ม EMA ต้นแบบได้ผ่านการขยายผลสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้กระบวนการเป่าฟิล์ม (film blowing process) ในโรงงานอุตสาหกรรม และผู้ประกอบการจำหน่ายและส่งออกผลิตภัณฑ์ เช่น บริษัท กำแพงแสนคอมเมอร์เชียล จำกัด ได้มีการประยุกต์ใช้ฟิล์ม EMA ในเชิงพาณิชย์แล้ว สำหรับการบรรจุผักสดต่างๆ ไปตลาดยุโรป ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์อายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นกว่าการใช้ฟิล์มพลาสติกทั่วไป โดยสามารถรักษาคุณภาพและรสชาติที่ดีไว้ได้

# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

### 1. วัสดุดิบ

พริกชี้ฟ้า (Capsicum annuum L.) สีแดง พันธุ์ Super Hot เก็บเกี่ยวจาก อ. บ่อพลอย จ. กาญจนบุรี อายุการเก็บเกี่ยวหลังจากปลูก 120 วัน จากบริษัทกำแพงแสนคอมเมอร์เชียล จำกัด ทำการคัดแยกให้มีขนาดเท่าๆ กัน ( $7 \pm 0.5$  ซม.) แช่ในสารละลายคลอรีน 100 ppm เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นล้างพักไว้ให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 15 นาที

### 2. อุปกรณ์

1. ถูพลาสติกทำจากฟิล์ม C4 C5 และ C9 ซึ่งเป็นฟิล์ม modified PE ทางโครงสร้างให้มีอัตราการซึมผ่านของแก๊สแตกต่างกัน จากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) และฟิล์มที่นิยมใช้บรรจุทั่วไป ได้แก่ ฟิล์ม PE ไม่เจาะรู (PE) และ PE เจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. จำนวน 28 รู ( $PE_{Hole}$ ) สมบัติอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และความหนาของฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบ แสดงในตารางที่ 17 ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์ตรวจสอบอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) และสมบัติสภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำ แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และความหนาของฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบ แสดงในตารางที่ 18 (รายละเอียดวิธีตรวจวัดแสดงในภาคผนวก ค)

ตารางที่ 17 สมบัติอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และความหนาของฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบ

ฟิล์ม	ความหนา μm	WVTR <sup>1/</sup>		CO <sub>2</sub> TR <sup>2/</sup>		OTR <sup>2/</sup>	
		g/m <sup>2</sup> .d	μmol/m <sup>2</sup> .s	cc./m <sup>2</sup> .d	nmol/m <sup>2</sup> .s	cc./m <sup>2</sup> .d	nmol/m <sup>2</sup> .s
C4	27 ± 4	11.00 ± 0.90	7.00 ± 0.50	53000 ± 5000	25000 ± 2300	20000 ± 1300	9000 ± 600
C5	35 ± 5	7.70 ± 0.00	5.00 ± 0.00	38000 ± 4000	18000 ± 1900	11000 ± 800	5000 ± 350
C9	26 ± 5	4.00 ± 0.50	2.80 ± 0.30	23000 ± 1300	11000 ± 600	7000 ± 200	3000 ± 90
PE	46 ± 5	3.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	14000 ± 500	6700 ± 250	4000 ± 350	1800 ± 150

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

<sup>1/</sup> ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

เปลี่ยนหน่วยจาก g/m<sup>2</sup>.d เป็น μmol/m<sup>2</sup>.s โดยการคูณ g/m<sup>2</sup>.d ด้วย 0.643

<sup>2/</sup> ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส

เปลี่ยนหน่วยจาก cc./m<sup>2</sup>.d เป็น nmol/m<sup>2</sup>.s โดยการคูณ cc./m<sup>2</sup>.d ด้วย 0.476

ตารางที่ 18 สมบัติสภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำ แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และความหนาของฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบ

ฟิล์ม	ความหนา $\mu\text{m}$	WVP <sup>1/</sup>		PCO <sub>2</sub> <sup>2/</sup>		PO <sub>2</sub> <sup>2/</sup>		Permeability ratio $\beta(\text{PCO}_2/\text{PO}_2)$
		$\text{g}.\mu\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$	$\text{fmol}.\text{m}/\text{m}^2.\text{s}.\text{Pa}$	$\text{cc}.\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$	$\text{fmol}.\text{m}/\text{m}^2.\text{s}.\text{Pa}$	$\text{cc}.\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$	$\text{fmol}.\text{m}/\text{m}^2.\text{s}.\text{Pa}$	
C4	27 ± 4	300 ± 24.00	1.90 ± 0.15	1.40 ± 0.10	6.70 ± 0.60	0.50 ± 0.03	2.40 ± 0.15	2.80
C5	35 ± 5	270 ± 0.00	1.70 ± 0.00	1.30 ± 0.15	6.20 ± 0.70	0.30 ± 0.03	1.80 ± 0.10	3.40
C9	26 ± 5	110 ± 10.00	0.70 ± 0.07	0.60 ± 0.03	2.80 ± 0.15	0.20 ± 0.00	0.90 ± 0.02	3.10
PE	46 ± 5	140 ± 0.00	0.90 ± 0.00	0.60 ± 0.02	3.00 ± 0.10	0.20 ± 0.02	0.90 ± 0.07	3.30

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

<sup>1/</sup> ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

เปลี่ยนหน่วยจาก  $\text{g}.\mu\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$  เป็น  $\text{fmol}.\text{m}/\text{m}^2.\text{s}.\text{Pa}$  โดยการคูณ  $\text{g}.\mu\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$  ด้วย  $6.346 \times 10^{-3}$

<sup>2/</sup> ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส

เปลี่ยนหน่วยจาก  $\text{cc}.\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$  เป็น  $\text{fmol}.\text{m}/\text{m}^2.\text{s}.\text{Pa}$  โดยการคูณ  $\text{cc}.\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$  ด้วย 4.70

2. ชุดอุปกรณ์ทดสอบการซึมผ่านของไอน้ำ ของ Tester Sangyo co., Ltd. ประเทศญี่ปุ่น
3. ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ของ Contherm ประเทศนิวซีแลนด์
4. ห้อง Clean room ของ Dwyer Instruments ประเทศอเมริกา
5. เครื่อง Oxygen permeation analyzer รุ่น OXTRAN® 2/21 ของ MOCON ประเทศอเมริกา
6. เครื่อง Carbon dioxide permeation analyzer รุ่น PERMATRAN-C® 4/41 ของ MOCON ประเทศอเมริกา
7. เครื่องวัดความหนา (Digimatic thickness gage) รุ่น ID-C112BS ของ Mitutoyo Corp. ประเทศญี่ปุ่น
8. เครื่องวัดสี (Minolta Spectrophotometer) รุ่น CM 3500d ของ Minolta ประเทศญี่ปุ่น
9. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส รุ่น Testometric Micro 350 ประเทศอังกฤษ
10. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH Meter) รุ่น HI 8424 microcomputer ประเทศอเมริกา
11. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น Satorius BP110S ประเทศเยอรมัน
12. เครื่อง Gas Chromatograph ของ Hewlett-Packard รุ่น 6890 ประเทศอเมริกา
13. เครื่อง heat seal ของ Crown brand ประเทศญี่ปุ่น
14. ห้องเย็น 5 และ 10 องศาเซลเซียส

## วิธีการ

### 1. ตำรวจการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด

สำรวจขั้นตอนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวพริกชี้หนูสดเพื่อการบริโภค ระหว่างวันที่ 20 - 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2546 จากแหล่งค้าส่งและค้าปลีกพริก ได้แก่ ตลาดปากคลองตลาด ตลาดสี่มุม เมืองรังสิต บริษัทส่งออกผลิตผลสด และห้างสรรพสินค้าต่างๆ (Banglumpoo สาขาบางโพ, Big C สาขาวงศ์สว่าง, Carrefour สาขารัตนธิเบศร์, Jusco สาขารัตนธิเบศร์, Lotus สาขาบางซื่อ, The Mall สาขางามวงศ์วาน, และTops สาขางามวงศ์วาน)

สำรวจภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสดเพื่อการขายปลีก เมื่อวันที่ 28 เมษายน พ.ศ. 2546 เกี่ยวกับรูปแบบภาชนะบรรจุ (ลักษณะภาชนะบรรจุ ขนาดภาชนะบรรจุ และวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์ตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ จากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)) ปริมาณบรรจุ (กรัม) ขนาดและสีของพริกชี้หนู จากห้างสรรพสินค้า 7 แห่ง ในกรุงเทพมหานคร ได้แก่ Banglumpoo สาขาบางโพ Big C สาขาวงศ์สว่าง Carrefour สาขารัตนธิเบศร์ Jusco สาขารัตนธิเบศร์ Lotus สาขาบางซื่อ The Mall สาขางามวงศ์วาน และTops สาขางามวงศ์วาน

### 2. ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพพริกชี้หนูสดระหว่างการเก็บรักษา

#### 2.1 อัตราการหายใจของพริกชี้หนูสด

บรรจุพริกชี้หนู 50 กรัม ในโหลแก้วปริมาตร 75 มิลลิลิตร วัดอัตราการหายใจในระบบปิด ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 5 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส (Jeon and Lee, 1999; Thomson *et al.*, 2001) วัดอัตราการหายใจด้วยการปิดโหลแก้วให้สนิทเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างแก๊ส 3 มิลลิลิตร ที่ชั่วโมงที่ 0 และชั่วโมงที่ 1 ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatograph รุ่น 6890 (Hewlett-Packard, U.S.A.) แปรผลเป็นร้อยละของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (รายละเอียดวิธีตรวจวัดแสดงในภาคผนวก ค) แล้วนำมาคำนวณอัตราการหายใจจากสูตร

$$\text{อัตราการหายใจ} = \frac{(\%CO_2 \text{ ชั่วโมงสุดท้าย} - \%CO_2 \text{ ชั่วโมงเริ่มต้น}) \times \text{Free Volume (มล.)} *}{100 \times \text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ (กก.)} \times (\text{ชั่วโมงสุดท้าย} - \text{ชั่วโมงเริ่มต้น})}$$

\* Free volume = ปริมาตรของ Respiratory chamber – ปริมาตรของฟริกซีหนู

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) โดยมี อุณหภูมิการเก็บรักษาทั้งหมด 4 ระดับ ได้แก่ ฟริกซีหนูสดพันธุ์ Super Hot เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ โดยฟริก 50 กรัมต่อ 1 ซ้ำ

พิจารณาผลของอุณหภูมิต่ออัตราการหายใจของฟริกซีหนูสดจากค่า respiration coefficient ( $Q_{10}$ ) โดยใช้สูตรการคำนวณ ดังนี้

$$Q_{10} = (R_{T_2}/R_{T_1})^{10/(T_2-T_1)}$$

$R_{T_2}$  คือ อัตราการหายใจที่อุณหภูมิสูงกว่า ( $T_2$ )

$R_{T_1}$  คือ อัตราการหายใจที่อุณหภูมิต่ำกว่า ( $T_1$ )

## 2.2 ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพฟริกซีหนูสด

ฟริกซีหนูสด (*Capsicum annuum* L.) พันธุ์ Super Hot ปริมาณ 100 กรัม บรรจุลงใน ถุงพลาสติก ขนาด 6 x 8 นิ้ว ทำจากฟิล์มที่ผลิตโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็ม เทค) ได้แก่ C4 C5 C9 และฟิล์มที่นิยมใช้บรรจุทั่วไป ได้แก่ PE ไม่เจาะรู (PE) และ PE เจาะรู ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. จำนวน 28 รู ( $PE_{Hole}$ ) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) มีปัจจัยที่ศึกษา คือ ถูพลาสติกที่ทำจากฟิล์มแตกต่างกัน 4 ชนิด 5 แบบ ได้แก่ ถูพลาสติก C4 C5 C9 PE และ PE เจาะรู (PE<sub>Hole</sub>) ทำการทดลองจำนวน 10 ซ้ำ โดย พริก 100 กรัมต่อ 1 ซ้ำ ตรวจวัดความเข้มข้นของ แก๊สออกซิเจน (ร้อยละของแก๊ส O<sub>2</sub>) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละของแก๊ส CO<sub>2</sub>) ใน ภาชนะบรรจุด้วยเครื่อง gas chromatograph รุ่น 6890 (Hewlett-Packard, U.S.A.) และลักษณะปรากฏของพริกชี้หนุระหว่างการเก็บรักษา

เลือกอุณหภูมิเหมาะสมจากการทดลองที่ 2 เพื่อใช้เก็บรักษาพริกชี้หนุในการทดลองที่ 3

### **3. ผลของฟิล์มพลาสติกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของพริกชี้หนุสด**

**3.1** สภาวะบรรยากาศดัดแปลงภายในภาชนะบรรจุพริกชี้หนุสด โดยใช้ฟิล์มที่มีการซึมผ่านของแก๊สสูง (High gas permeable film) ในสภาวะจริงและจากการทำนายด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์

พริกชี้หนุสด (*Capsicum annuum* L.) พันธุ์ Super Hot ปริมาณ 100 กรัม บรรจุลงใน ถูพลาสติก ขนาด 6 x 8 นิ้ว ทำจากฟิล์มที่ผลิตโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) ได้แก่ C4 C5 C9 และฟิล์มที่นิยมใช้บรรจุทั่วไป ได้แก่ PE ไม่เจาะรู (PE) และ PE เจาะรู ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. จำนวน 28 รู (PE<sub>Hole</sub>) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส วัดปริมาณ แก๊สออกซิเจน (ร้อยละ) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ) ในภาชนะบรรจุด้วยเครื่อง gas chromatograph รุ่น 6890 (Hewlett-Packard, U.S.A.) การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนและ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการทดลอง เปรียบเทียบกับปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากการทำนายด้วยโมเดลคณิตศาสตร์

### 3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของพริกขี้หนูสด

พริกขี้หนูสด (*Capsicum annuum* L.) พันธุ์ Super Hot ปริมาณ 100 กรัม บรรจุลงในถุงพลาสติก ขนาด 6 x 8 นิ้ว ที่ทำจากฟิล์มที่ผลิตโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) ได้แก่ C4 C5 C9 และฟิล์มที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ PE ไม่เจาะรู (PE) และ PE เจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. จำนวน 28 รู (PE<sub>Hole</sub>)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) มีปัจจัยที่ศึกษาเท่ากับ 5 คือ ถุงพลาสติกที่ทำจากฟิล์มแตกต่างกัน 4 ชนิด 5 แบบ ได้แก่ ถุงพลาสติก C4 C5 C9 PE และ PE เจาะรู (PE<sub>Hole</sub>) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ โดย พริก 100 กรัมต่อ 1 ซ้ำ

ตรวจวัดคุณภาพของพริกขี้หนูสดด้านต่างๆ ดังนี้ (รายละเอียดของวิธีการตรวจวัดแสดงในภาคผนวก ค)

#### 3.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

ใช้ตัวอย่างพริกขี้หนูจำนวน 3 ถุงต่อฟิล์มเพื่อวัดการสูญเสียน้ำหนัก โดยชั่งน้ำหนักและนำมาเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น จากนั้นคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

#### 3.2.2 ค่าสี

วัดการเปลี่ยนแปลงสีของพริกขี้หนูสด โดยการวัดสีเม็ดพริก 3 ตำแหน่ง (หัว กลาง ท้าย) ต่อพริกขี้หนู 1 เม็ด ใช้ตัวอย่างพริกขี้หนูจำนวน 5 เม็ดต่อถุง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย 1 ซ้ำ อ่านค่า L a b และแปรผลเป็นค่า Hue angle ( $\tan^{-1}b/a$ ) ทำ 3 ซ้ำต่อชนิดฟิล์มที่ใช้ในการทดลอง

### 3.2.3 ความแน่นเนื้อ

วัดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ โดยใช้หัวแรงกดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.89 มม. กดลงบนเนื้อพริกบริเวณที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุด (10 มม.) ในแนวนอนลึก 5 มม. ด้วยความเร็ว 10.0 มม./นาที อ่านค่าที่ได้ ในหน่วย นิวตัน

### 3.2.4 ความเป็นกรด-เบส วิเคราะห์ตามวิธี A.O.A.C. (2000)

### 3.2.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ วิเคราะห์ตามวิธี A.O.A.C. (2000)

### 3.2.6 การเกิดเชื้อรา (ร้อยละ)

ศึกษาการเกิดเชื้อรา (ร้อยละ) ตามวิธีของ Vicente *et al.* (2005) คัดร้อยละการเกิดเชื้อราโดยเปรียบเทียบจำนวนเม็ดฟริกซ์หนูที่เกิดเชื้อรากับจำนวนเม็ดฟริกซ์หนูทั้งหมดใน 1 ถูง ทำ 3 ซ้ำต่อชนิดฟิล์มที่ใช้ในการทดลอง

### 3.2.7 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยใช้ 9-point Hedonic Scale เพื่อประเมินความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ผู้ทดสอบในวิธีนี้ คือ ผู้บริโภคที่ไม่ได้รับการฝึก โดยใช้ผู้บริโภคทั่วไป ประกอบด้วยพนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และเจ้าหน้าที่ในคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 30 คน

## 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างตัวอย่างด้วย t-test และ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5 for Windows ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

## 5. สถานที่และระยะเวลาในการทำงานวิจัย

### 5.1 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ และภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

### 5.2 ระยะเวลาทำการวิจัย

เริ่มทำการวิจัยตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2547 และสิ้นสุดการวิจัยเดือนธันวาคม พ.ศ.

2548

# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

### 1. วัสดุดิบ

พริกชี้ฟ้า (Capsicum annuum L.) สีแดง พันธุ์ Super Hot เก็บเกี่ยวจาก อ. บ่อพลอย จ. กาญจนบุรี อายุการเก็บเกี่ยวหลังจากปลูก 120 วัน จากบริษัทกำแพงแสนคอมเมอร์เชียล จำกัด ทำการคัดแยกให้มีขนาดเท่าๆ กัน ( $7 \pm 0.5$  ซม.) แช่ในสารละลายคลอรีน 100 ppm เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นล้างพักไว้ให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 15 นาที

### 2. อุปกรณ์

1. ถูพลาสติกทำจากฟิล์ม C4 C5 และ C9 ซึ่งเป็นฟิล์ม modified PE ทางโครงสร้างให้มีอัตราการซึมผ่านของแก๊สแตกต่างกัน จากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) และฟิล์มที่นิยมใช้บรรจุทั่วไป ได้แก่ ฟิล์ม PE ไม่เจาะรู (PE) และ PE เจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. จำนวน 28 รู ( $PE_{Hole}$ ) สมบัติอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และความหนาของฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบ แสดงในตารางที่ 17 ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์ตรวจสอบอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) และสมบัติสภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำ แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และความหนาของฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบ แสดงในตารางที่ 18 (รายละเอียดวิธีตรวจวัดแสดงในภาคผนวก ค)

ตารางที่ 17 สมบัติอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และความหนาของฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบ

ฟิล์ม	ความหนา μm	WVTR <sup>1/</sup>		CO <sub>2</sub> TR <sup>2/</sup>		OTR <sup>2/</sup>	
		g/m <sup>2</sup> .d	μmol/m <sup>2</sup> .s	cc./m <sup>2</sup> .d	nmol/m <sup>2</sup> .s	cc./m <sup>2</sup> .d	nmol/m <sup>2</sup> .s
C4	27 ± 4	11.00 ± 0.90	7.00 ± 0.50	53000 ± 5000	25000 ± 2300	20000 ± 1300	9000 ± 600
C5	35 ± 5	7.70 ± 0.00	5.00 ± 0.00	38000 ± 4000	18000 ± 1900	11000 ± 800	5000 ± 350
C9	26 ± 5	4.00 ± 0.50	2.80 ± 0.30	23000 ± 1300	11000 ± 600	7000 ± 200	3000 ± 90
PE	46 ± 5	3.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	14000 ± 500	6700 ± 250	4000 ± 350	1800 ± 150

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

<sup>1/</sup> ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

เปลี่ยนหน่วยจาก g/m<sup>2</sup>.d เป็น μmol/m<sup>2</sup>.s โดยการคูณ g/m<sup>2</sup>.d ด้วย 0.643

<sup>2/</sup> ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส

เปลี่ยนหน่วยจาก cc./m<sup>2</sup>.d เป็น nmol/m<sup>2</sup>.s โดยการคูณ cc./m<sup>2</sup>.d ด้วย 0.476

ตารางที่ 18 สมบัติสภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำ แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และความหนาของฟิล์มที่ใช้ในการทดสอบ

ฟิล์ม	ความหนา $\mu\text{m}$	WVP <sup>1/</sup>		PCO <sub>2</sub> <sup>2/</sup>		PO <sub>2</sub> <sup>2/</sup>		Permeability ratio $\beta(\text{PCO}_2/\text{PO}_2)$
		$\text{g}.\mu\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$	$\text{fmol}.\text{m}/\text{m}^2.\text{s}.\text{Pa}$	$\text{cc}.\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$	$\text{fmol}.\text{m}/\text{m}^2.\text{s}.\text{Pa}$	$\text{cc}.\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$	$\text{fmol}.\text{m}/\text{m}^2.\text{s}.\text{Pa}$	
C4	27 ± 4	300 ± 24.00	1.90 ± 0.15	1.40 ± 0.10	6.70 ± 0.60	0.50 ± 0.03	2.40 ± 0.15	2.80
C5	35 ± 5	270 ± 0.00	1.70 ± 0.00	1.30 ± 0.15	6.20 ± 0.70	0.30 ± 0.03	1.80 ± 0.10	3.40
C9	26 ± 5	110 ± 10.00	0.70 ± 0.07	0.60 ± 0.03	2.80 ± 0.15	0.20 ± 0.00	0.90 ± 0.02	3.10
PE	46 ± 5	140 ± 0.00	0.90 ± 0.00	0.60 ± 0.02	3.00 ± 0.10	0.20 ± 0.02	0.90 ± 0.07	3.30

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

<sup>1/</sup> ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

เปลี่ยนหน่วยจาก  $\text{g}.\mu\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$  เป็น  $\text{fmol}.\text{m}/\text{m}^2.\text{s}.\text{Pa}$  โดยการคูณ  $\text{g}.\mu\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$  ด้วย  $6.346 \times 10^{-3}$

<sup>2/</sup> ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส

เปลี่ยนหน่วยจาก  $\text{cc}.\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$  เป็น  $\text{fmol}.\text{m}/\text{m}^2.\text{s}.\text{Pa}$  โดยการคูณ  $\text{cc}.\text{m}/\text{m}^2.\text{d}.\text{atm}$  ด้วย 4.70

2. ชุดอุปกรณ์ทดสอบการซึมผ่านของไอน้ำ ของ Tester Sangyo co., Ltd. ประเทศญี่ปุ่น
3. ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ของ Contherm ประเทศนิวซีแลนด์
4. ห้อง Clean room ของ Dwyer Instruments ประเทศอเมริกา
5. เครื่อง Oxygen permeation analyzer รุ่น OXTRAN® 2/21 ของ MOCON ประเทศอเมริกา
6. เครื่อง Carbon dioxide permeation analyzer รุ่น PERMATRAN-C® 4/41 ของ MOCON ประเทศอเมริกา
7. เครื่องวัดความหนา (Digimatic thickness gage) รุ่น ID-C112BS ของ Mitutoyo Corp. ประเทศญี่ปุ่น
8. เครื่องวัดสี (Minolta Spectrophotometer) รุ่น CM 3500d ของ Minolta ประเทศญี่ปุ่น
9. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส รุ่น Testometric Micro 350 ประเทศอังกฤษ
10. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH Meter) รุ่น HI 8424 microcomputer ประเทศอเมริกา
11. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น Satorius BP110S ประเทศเยอรมัน
12. เครื่อง Gas Chromatograph ของ Hewlett-Packard รุ่น 6890 ประเทศอเมริกา
13. เครื่อง heat seal ของ Crown brand ประเทศญี่ปุ่น
14. ห้องเย็น 5 และ 10 องศาเซลเซียส

## วิธีการ

### 1. ตำรวจการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด

สำรวจขั้นตอนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวพริกชี้หนูสดเพื่อการบริโภค ระหว่างวันที่ 20 - 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2546 จากแหล่งค้าส่งและค้าปลีกพริก ได้แก่ ตลาดปากคลองตลาด ตลาดสี่มุม เมืองรังสิต บริษัทส่งออกผลิตผลสด และห้างสรรพสินค้าต่างๆ (Banglumpoo สาขาบางโพ, Big C สาขาวงศ์สว่าง, Carrefour สาขารัตนธิเบศร์, Jusco สาขารัตนธิเบศร์, Lotus สาขาบางซื่อ, The Mall สาขางามวงศ์วาน, และTops สาขางามวงศ์วาน)

สำรวจภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสดเพื่อการขายปลีก เมื่อวันที่ 28 เมษายน พ.ศ. 2546 เกี่ยวกับรูปแบบภาชนะบรรจุ (ลักษณะภาชนะบรรจุ ขนาดภาชนะบรรจุ และวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์ตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ จากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)) ปริมาณบรรจุ (กรัม) ขนาดและสีของพริกชี้หนู จากห้างสรรพสินค้า 7 แห่ง ในกรุงเทพมหานคร ได้แก่ Banglumpoo สาขาบางโพ Big C สาขาวงศ์สว่าง Carrefour สาขารัตนธิเบศร์ Jusco สาขารัตนธิเบศร์ Lotus สาขาบางซื่อ The Mall สาขางามวงศ์วาน และTops สาขางามวงศ์วาน

### 2. ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพพริกชี้หนูสดระหว่างการเก็บรักษา

#### 2.1 อัตราการหายใจของพริกชี้หนูสด

บรรจุพริกชี้หนู 50 กรัม ในโหลแก้วปริมาตร 75 มิลลิลิตร วัดอัตราการหายใจในระบบปิด ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 5 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส (Jeon and Lee, 1999; Thomson *et al.*, 2001) วัดอัตราการหายใจด้วยการปิดโหลแก้วให้สนิทเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างแก๊ส 3 มิลลิลิตร ที่ชั่วโมงที่ 0 และชั่วโมงที่ 1 ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatograph รุ่น 6890 (Hewlett-Packard, U.S.A.) แปรผลเป็นร้อยละของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (รายละเอียดวิธีตรวจวัดแสดงในภาคผนวก ค) แล้วนำมาคำนวณอัตราการหายใจจากสูตร

$$\text{อัตราการหายใจ} = \frac{(\%CO_2 \text{ ชั่วโมงสุดท้าย} - \%CO_2 \text{ ชั่วโมงเริ่มต้น}) \times \text{Free Volume (มล.)} *}{100 \times \text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ (กก.)} \times (\text{ชั่วโมงสุดท้าย} - \text{ชั่วโมงเริ่มต้น})}$$

\* Free volume = ปริมาตรของ Respiratory chamber – ปริมาตรของพริกชี้หนู

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) โดยมี อุณหภูมิการเก็บรักษาทั้งหมด 4 ระดับ ได้แก่ พริกชี้หนูสดพันธุ์ Super Hot เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ โดยพริก 50 กรัมต่อ 1 ซ้ำ

พิจารณาผลของอุณหภูมิต่ออัตราการหายใจของพริกชี้หนูสดจากค่า respiration coefficient ( $Q_{10}$ ) โดยใช้สูตรการคำนวณ ดังนี้

$$Q_{10} = (R_{T_2}/R_{T_1})^{10/(T_2-T_1)}$$

$R_{T_2}$  คือ อัตราการหายใจที่อุณหภูมิสูงกว่า ( $T_2$ )

$R_{T_1}$  คือ อัตราการหายใจที่อุณหภูมิต่ำกว่า ( $T_1$ )

## 2.2 ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพพริกชี้หนูสด

พริกชี้หนูสด (*Capsicum annuum* L.) พันธุ์ Super Hot ปริมาณ 100 กรัม บรรจุลงใน ถุงพลาสติก ขนาด 6 x 8 นิ้ว ทำจากฟิล์มที่ผลิตโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) ได้แก่ C4 C5 C9 และฟิล์มที่นิยมใช้บรรจุทั่วไป ได้แก่ PE ไม่เจาะรู (PE) และ PE เจาะรู ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. จำนวน 28 รู ( $PE_{Hole}$ ) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) มีปัจจัยที่ศึกษา คือ ถูพลาสติกที่ทำจากฟิล์มแตกต่างกัน 4 ชนิด 5 แบบ ได้แก่ ถูพลาสติก C4 C5 C9 PE และ PE เจาะรู ( $PE_{Hole}$ ) ทำการทดลองจำนวน 10 ซ้ำ โดย พริก 100 กรัมต่อ 1 ซ้ำ ตรวจวัดความเข้มข้นของ แก๊สออกซิเจน (ร้อยละของแก๊ส  $O_2$ ) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละของแก๊ส  $CO_2$ ) ใน ภาชนะบรรจุด้วยเครื่อง gas chromatograph รุ่น 6890 (Hewlett-Packard, U.S.A.) และลักษณะปรากฏของพริกชี้หนุระหว่างการเก็บรักษา

เลือกอุณหภูมิเหมาะสมจากการทดลองที่ 2 เพื่อใช้เก็บรักษาพริกชี้หนุในการทดลองที่ 3

### **3. ผลของฟิล์มพลาสติกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของพริกชี้หนุสด**

**3.1** สภาวะบรรยากาศดัดแปลงภายในภาชนะบรรจุพริกชี้หนุสด โดยใช้ฟิล์มที่มีการซึมผ่านของแก๊สสูง (High gas permeable film) ในสภาวะจริงและจากการทำนายด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์

พริกชี้หนุสด (*Capsicum annuum* L.) พันธุ์ Super Hot ปริมาณ 100 กรัม บรรจุลงใน ถูพลาสติก ขนาด 6 x 8 นิ้ว ทำจากฟิล์มที่ผลิตโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) ได้แก่ C4 C5 C9 และฟิล์มที่นิยมใช้บรรจุทั่วไป ได้แก่ PE ไม่เจาะรู (PE) และ PE เจาะรู ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. จำนวน 28 รู ( $PE_{Hole}$ ) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส วัดปริมาณ แก๊สออกซิเจน (ร้อยละ) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ) ในภาชนะบรรจุด้วยเครื่อง gas chromatograph รุ่น 6890 (Hewlett-Packard, U.S.A.) การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนและ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการทดลอง เปรียบเทียบกับปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากการทำนายด้วยโมเดลคณิตศาสตร์

### 3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของพริกขี้หนูสด

พริกขี้หนูสด (*Capsicum annuum* L.) พันธุ์ Super Hot ปริมาณ 100 กรัม บรรจุลงในถุงพลาสติก ขนาด 6 x 8 นิ้ว ที่ทำจากฟิล์มที่ผลิตโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) ได้แก่ C4 C5 C9 และฟิล์มที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ PE ไม่เจาะรู(PE) และPE เจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. จำนวน 28 รู (PE<sub>Hole</sub>)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) มีปัจจัยที่ศึกษาเท่ากับ 5 คือ ถุงพลาสติกที่ทำจากฟิล์มแตกต่างกัน 4 ชนิด 5 แบบ ได้แก่ ถุงพลาสติก C4 C5 C9 PE และ PE เจาะรู (PE<sub>Hole</sub>) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ โดย พริก 100 กรัมต่อ 1 ซ้ำ

ตรวจวัดคุณภาพของพริกขี้หนูสดด้านต่างๆ ดังนี้ (รายละเอียดของวิธีการตรวจวัดแสดงในภาคผนวก ค)

#### 3.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

ใช้ตัวอย่างพริกขี้หนูจำนวน 3 ถุงต่อฟิล์มเพื่อวัดการสูญเสียน้ำหนัก โดยชั่งน้ำหนักและนำมาเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น จากนั้นคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

#### 3.2.2 ค่าสี

วัดการเปลี่ยนแปลงสีของพริกขี้หนูสด โดยการวัดสีเม็ดพริก 3 ตำแหน่ง (หัว กลาง ท้าย) ต่อพริกขี้หนู 1 เม็ด ใช้ตัวอย่างพริกขี้หนูจำนวน 5 เม็ดต่อถุง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย 1 ซ้ำ อ่านค่า L a b และแปรผลเป็นค่า Hue angle ( $\tan^{-1}b/a$ ) ทำ 3 ซ้ำต่อชนิดฟิล์มที่ใช้ในการทดลอง

### 3.2.3 ความแน่นเนื้อ

วัดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ โดยใช้หัวแรงกดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.89 มม. กดลงบนเนื้อพริกบริเวณที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุด (10 มม.) ในแนวนอนลึก 5 มม. ด้วยความเร็ว 10.0 มม./นาที อ่านค่าที่ได้ ในหน่วย นิวตัน

### 3.2.4 ความเป็นกรด-เบส วิเคราะห์ตามวิธี A.O.A.C. (2000)

### 3.2.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ วิเคราะห์ตามวิธี A.O.A.C. (2000)

### 3.2.6 การเกิดเชื้อรา (รื้อยละ)

ศึกษาการเกิดเชื้อรา (รื้อยละ) ตามวิธีของ Vicente *et al.* (2005) คัดรื้อยละการเกิดเชื้อราโดยเปรียบเทียบจำนวนเม็ดพริกชี้หนูที่เกิดเชื้อรากับจำนวนเม็ดพริกชี้หนูทั้ง หมดใน 1 ถุง ทำ 3 ซ้ำต่อชนิดฟิล์มที่ใช้ในการทดลอง

### 3.2.7 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยใช้ 9-point Hedonic Scale เพื่อประเมินความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ผู้ทดสอบในวิธีนี้ คือ ผู้บริโภคที่ไม่ได้รับการฝึก โดยใช้ผู้บริโภคทั่วไป ประกอบด้วยพนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และเจ้าหน้าที่ในคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 30 คน

## 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างตัวอย่างด้วย t-test และ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5 for Windows ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

## 5. สถานที่และระยะเวลาในการทำงานวิจัย

### 5.1 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ และภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

### 5.2 ระยะเวลาทำการวิจัย

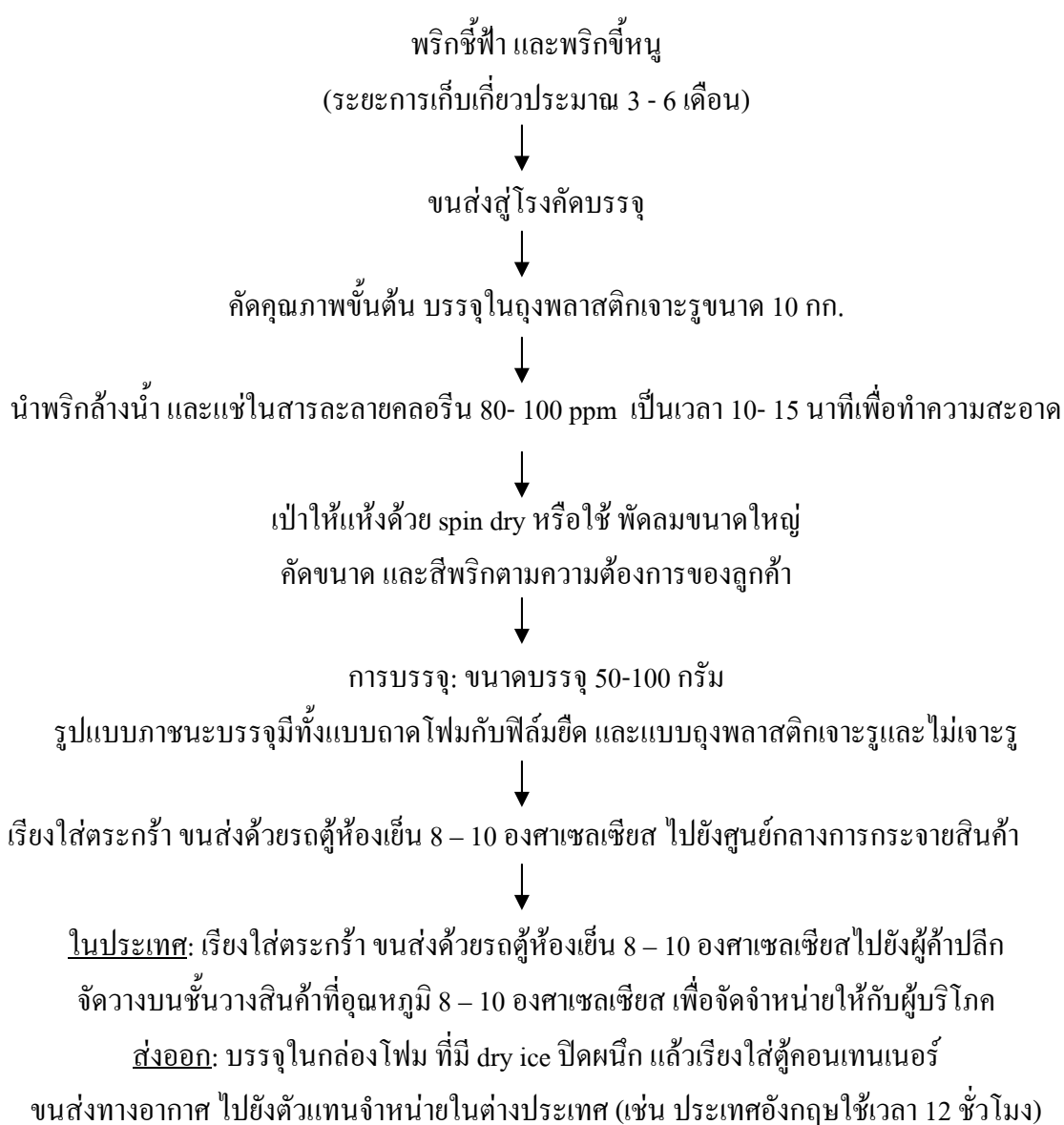
เริ่มทำการวิจัยตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2547 และสิ้นสุดการวิจัยเดือนธันวาคม พ.ศ.

2548

## ผลและวิจารณ์

### 1. สำรวจการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด

จากการสำรวจการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวพริกชี้หนูสดเพื่อการบริโภค ระหว่างวันที่ 20 - 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2546 จากแหล่งค้าส่งและค้าปลีกพริก ได้แก่ ตลาดปากคลองตลาด ตลาดสี่มุม เมืองรังสิต บริษัทส่งออกผลิตผลสด และห้างสรรพสินค้าต่างๆ แสดงเป็นขั้นตอนปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวพริก ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ขั้นตอนปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวพริก เพื่อการบริโภคสด

จากการสำรวจภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสดเพื่อการขายปลีก เมื่อวันที่ 28 เมษายน พ.ศ. 2546 ของห้างสรรพสินค้า 7 แห่ง ในกรุงเทพมหานคร ได้แก่

- 1) Banglumpoo สาขาบางโพ
- 2) Big C สาขาวงศ์สว่าง
- 3) Carrefour สาขารัตนาธิเบศร์
- 4) Jusco สาขารัตนาธิเบศร์
- 5) Lotus สาขาบางซื่อ
- 6) The Mall สาขาอมงศ์วาน
- 7) Tops สาขาอมงศ์วาน

พบว่ามึรูปแบบภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

- 1) ภาชนะบรรจุแบบถาดโฟมและห่อด้วยฟิล์ม (foam tray wrapped with film)
- 2) ภาชนะบรรจุแบบถุงพลาสติก (plastic bag) ทั้งแบบเจาะรู (ร้อยละ 75) และไม่เจาะรู (ร้อยละ 25)

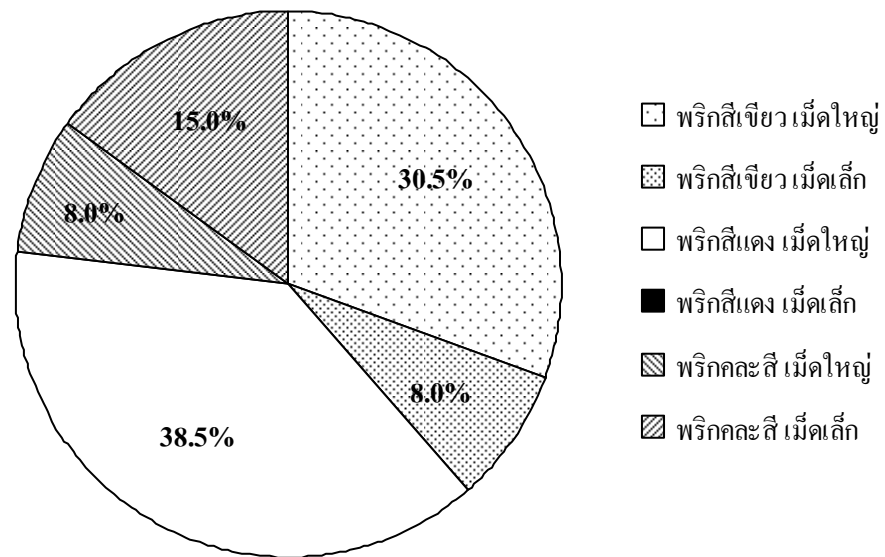
ข้อมูลภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสดเพื่อการขายปลีกในกรุงเทพมหานคร แสดงในตารางที่ 19 และภาคผนวก ก (ภาพผนวกที่ ก1-ก13) ภาพที่ 10 แสดงสีและขนาดของพริกชี้หนูสดในภาชนะบรรจุเพื่อการขายปลีกในกรุงเทพมหานคร ส่วนวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสดเพื่อการขายปลีกในกรุงเทพมหานคร แสดงในตารางที่ 20 และภาพที่ 11

ตารางที่ 19 ข้อมูลภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด เพื่อการขายปลีกในกรุงเทพมหานคร

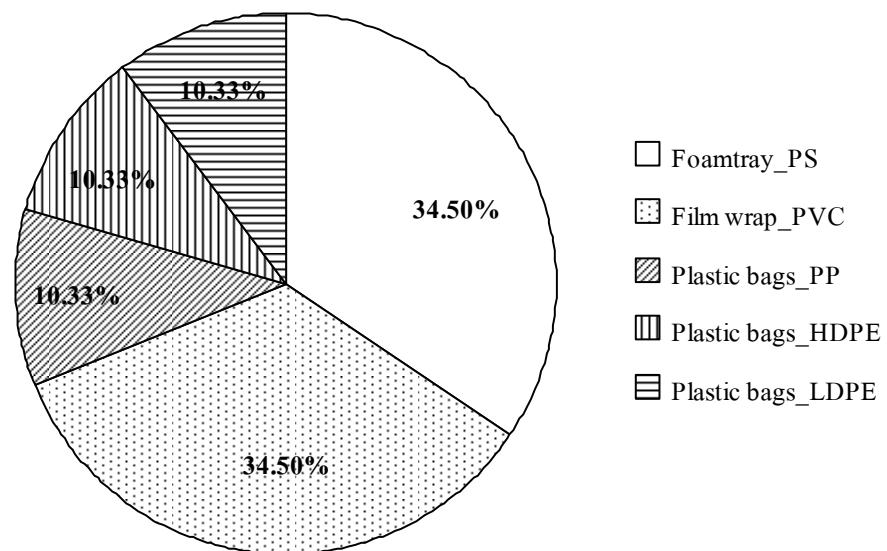
แบบ	ห้างสรรพสินค้า	พริกชี้หนู		ภาชนะบรรจุ			น้ำหนัก (ก.)
		ขนาด	สี	ลักษณะ	ขนาด (ซม. x ซม.)	จำนวนรู	
1	Banglumpoo	ใหญ่	เขียว	Plastic bag	15 x 23	Ø14 มม.,8	100
2	Big C	ใหญ่	เขียว	Foam tray&Film wrap	9 x 15		88
3	Big C	ใหญ่	แดง	Foam tray&Film wrap	9 x 15		134
4	Carrefour	ใหญ่	เขียว	Foam tray&Film wrap	12 x 15		74
5	Carrefour	ใหญ่	คละ	Plastic bag	20 x 20.5		89
6	Jusco	เล็ก	คละ	Foam tray&Film wrap	8 x 13		62
7	Jusco	ใหญ่	แดง	Foam tray&Film wrap	8 x 13		76
8	Lotus	ใหญ่	เขียว	Foam tray&Film wrap	12 x 15		72
9	Lotus	ใหญ่	แดง	Foam tray&Film wrap	12 x 15		96
10	The Mall	เล็ก	เขียว	Foam tray&Film wrap	13.5 x 13.5		108
11	The Mall	ใหญ่	แดง	Foam tray&Film wrap	13.5 x 13.5		140
12	Tops	ใหญ่	แดง	Plastic bag	15 x 20	Ø 6 มม.,28	100
13	Tops	เล็ก	คละ	Plastic bag	15 x 20	Ø 6 มม.,28	100

ตารางที่ 20 ข้อมูลภาชนะบรรจุและวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด เพื่อการขายปลีก  
ในกรุงเทพมหานคร

แบบ	ห้างสรรพสินค้า	ภาชนะบรรจุ		
		ลักษณะ	วัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ	ความหนาเฉลี่ย ( มม.)
1	Banglumpoo	Plastic bag	PP	0.04
2	Big C	Foam tray	PS	3.18
		Film wrap	PVC	0.01
3	Carrefour	Foam tray	PS	3.16
		Film wrap	PVC	0.01
		Plastic bag	HDPE	0.01
4	Jusco	Foam tray	PS	4.15
		Film wrap	PVC	0.01
5	Lotus	Foam tray	PS	4.27
		Film wrap	PVC	0.01
6	The Mall	Foam tray	PS	4.89
		Film wrap	PVC	0.01
7	Tops	Plastic bag	LDPE	0.04



ภาพที่ 10 สีและขนาดของพริกจำหน่ายในภาชนะบรรจุ เพื่อการขายปลีกในกรุงเทพมหานคร



ภาพที่ 11 วัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุพริกจำหน่ายปลีกในกรุงเทพมหานคร

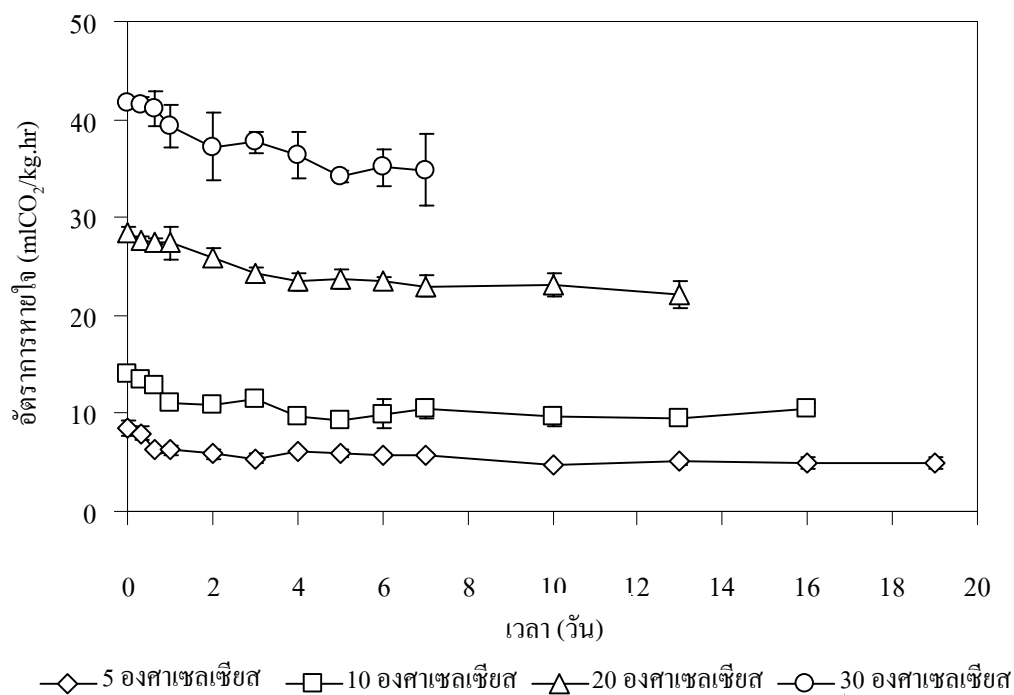
## 2. ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพพริกชี้หนูสดระหว่างการเก็บรักษา

### 2.1 อัตราการหายใจของพริกชี้หนูสด

ตารางที่ 21 อัตราการหายใจเฉลี่ยของพริกชี้หนูสดพันธุ์ Super Hot ในระบบปิด ที่อุณหภูมิ 5 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส

ชนิดของผลิตภัณฑ์	อัตราการหายใจเฉลี่ย <sup>1/</sup>	หน่วย	อุณหภูมิ (°ซ)
Chilli (Super Hot)	5.97 ± 0.40	mlCO <sub>2</sub> /kg/hr	5
Chilli (Super Hot)	10.98 ± 0.58	mlCO <sub>2</sub> /kg/hr	10
Chilli (Super Hot)	25.03 ± 0.85	mlCO <sub>2</sub> /kg/hr	20
Chilli (Super Hot)	37.91 ± 1.81	mlCO <sub>2</sub> /kg/hr	30

หมายเหตุ<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 12 อัตราการหายใจของพริกชี้หนูพันธุ์ Super Hot ที่อุณหภูมิ 5 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส

จากการทดลอง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น พริกชี้หนูจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 21 ทั้งนี้อาจเนื่องจากอุณหภูมิสูงจะกระตุ้นให้สารทุกอย่างมีพลังงานเพิ่มขึ้น และปฏิกิริยาเคมีต่างๆ สามารถเกิดขึ้นในอัตราที่สูงขึ้นรวมทั้งการหายใจ ซึ่งประกอบด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีหลายอย่างเกิดต่อเนื่องหรือเกิดพร้อมกัน (จริงแท้, 2544) ดังนั้นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พริกชี้หนูจึงมีอัตราการหายใจสูงกว่าที่อุณหภูมิ 5 10 และ 20 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ยังพบว่าที่อุณหภูมิสูงจุลินทรีย์เจริญบนผิวหน้าได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ โดยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบการเจริญของราบนผิวของพริกชี้หนูหลังจากเก็บเป็นเวลา 8 วัน ขณะที่อุณหภูมิ 5 10 และ 20 องศาเซลเซียส ไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดังกล่าวตลอดระยะเวลา 8 วัน

ตารางที่ 22 ค่า respiration coefficient ( $Q_{10}$ ) ของพริกชี้หนูสดพันธุ์ Super Hot ในช่วงอุณหภูมิ 5 – 30 องศาเซลเซียส

ช่วงอุณหภูมิ (°ซ)	$Q_{10}$
5 – 10	3.38
10 - 20	2.28
20 - 30	1.51

เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิต่ออัตราการหายใจของพริกชี้หนูสดจากค่า respiration coefficient ( $Q_{10}$ ) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหายใจกับอุณหภูมิในช่วงที่ต่างกัน ดังตารางที่ 22 พบว่า พริกชี้หนูมีค่า  $Q_{10}$  ในช่วงอุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียสมากกว่า ค่า  $Q_{10}$  ในช่วงอุณหภูมิ 10 – 20 องศาเซลเซียส และค่า  $Q_{10}$  ในช่วงอุณหภูมิ 10 – 20 องศาเซลเซียสมีค่ามากกว่า ค่า  $Q_{10}$  ช่วงอุณหภูมิ 20 – 30 องศาเซลเซียส ซึ่งให้ผลลักษณะเดียวกันกับค่า  $Q_{10}$  ของผักบางชนิด เช่น พริก (pepper) หน่อไม้ฝรั่ง ผักขม แครอท แดงกวา ซึ่งไม่เกิดอาการสะท้อนหนาว (chilling injury, CI) เมื่อเก็บรักษาในช่วงอุณหภูมิต่ำ ผักดังกล่าวมีค่า  $Q_{10}$  สูงกว่าช่วงอุณหภูมิสูง (Platenius, 1942)

ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น  $Q_{10}$  มีค่าลดลง เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง การซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนเข้าไปภายในเนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์ไม่เร็วพอที่จะทำให้เกิดอัตราการหายใจสูงขึ้นมากนัก ซึ่งในช่วงอุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส การเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจลดลง ทั้งนี้เพราะโปรตีนหรือเอนไซม์ต่างๆ ที่จำเป็นในกระบวนการหายใจเริ่มแปรสภาพ และทำให้ปฏิกิริยาต่างๆ เกิดขึ้นไม่ได้ ผลผลิตเกิดการเสื่อมสภาพและเน่าเสียไปในที่สุด (จริงแท้, 2544)

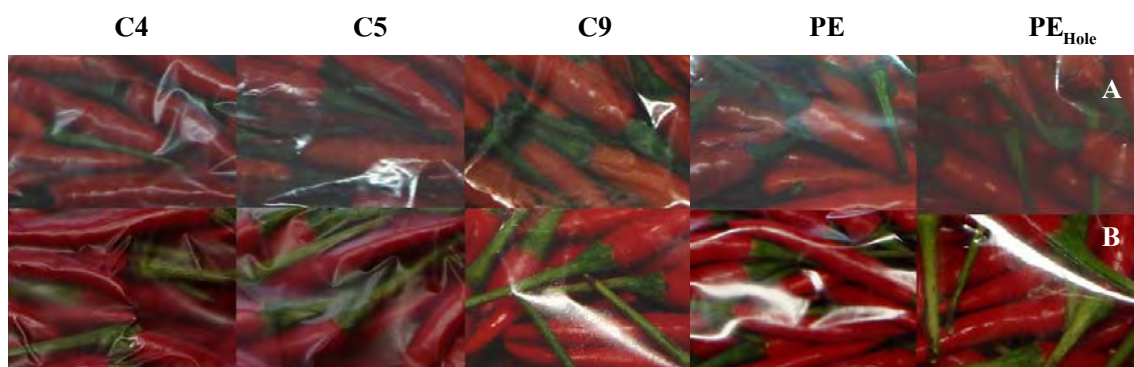
อย่างไรก็ตาม ค่า  $Q_{10}$  ของพริกขี้หนูแตกต่างจากค่า  $Q_{10}$  ของมะเขือเทศที่เกิดอาการระงับหายใจเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำ คือ ช่วงอุณหภูมิ 0.5-10.0 องศาเซลเซียส มีค่า  $Q_{10}$  เท่ากับ 2.0 แต่ในช่วงอุณหภูมิ 10.0-24.0 องศาเซลเซียส มีค่า  $Q_{10}$  สูงขึ้นเป็น 2.3 (Platenius, 1942) และยังคงต่างจากค่า  $Q_{10}$  ของเนื้อขนุนทั้งขวงพร้อมเมล็ด ในช่วงอุณหภูมิ 5 -12 องศาเซลเซียส และ 12 – 30 องศาเซลเซียส มีค่า  $Q_{10}$  เท่ากับ 0.94 และ 1.54 ตามลำดับ (เสาวคนธ์, 2545) ซึ่งการเกิดอาการระงับหายใจนี้ เนื่องจากฟอสโฟลิปิดที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนสภาพทางกายภาพ จากลักษณะที่เป็นของเหลว (liquid crystalline) มาเป็นลักษณะของแข็ง (solid gel) ส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์ไม่สามารถควบคุมการซึมผ่านเข้าออกของสารภายในเซลล์ได้ ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในเซลล์รวมทั้งมีอัตราการหายใจสูงผิดปกติ (จริงแท้, 2544) ดังจะเห็นได้จากการเกิดอาการระงับหายใจในเนื้อขนุนทั้งขวงพร้อมเมล็ด เมื่อเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจเฉลี่ย 55.97 mlCO<sub>2</sub>/kg.hr ซึ่งสูงกว่าที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ที่มีอัตราการหายใจเฉลี่ย 51.46 mlCO<sub>2</sub>/kg.hr (เสาวคนธ์, 2545)

เมื่อพิจารณาอัตราการหายใจร่วมกับค่า  $Q_{10}$  ของพริกขี้หนูสด พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น พริกขี้หนูสดมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจึงเป็นสิ่งจำเป็น จะทำให้การหายใจลดต่ำลง ชะลอการใช้อาหารที่สะสมอยู่ในผลิตภัณฑ์ (จริงแท้, 2544) ซึ่งจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ได้แก่ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ทำให้พริกขี้หนูสดมีอัตราการหายใจลดลง โดยที่ไม่เกิดอาการระงับหายใจเลยตลอดการทดลองเป็นระยะเวลา 19 และ 16 วันตามลำดับ

## 2.2 ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพพริกชี้หนูสด

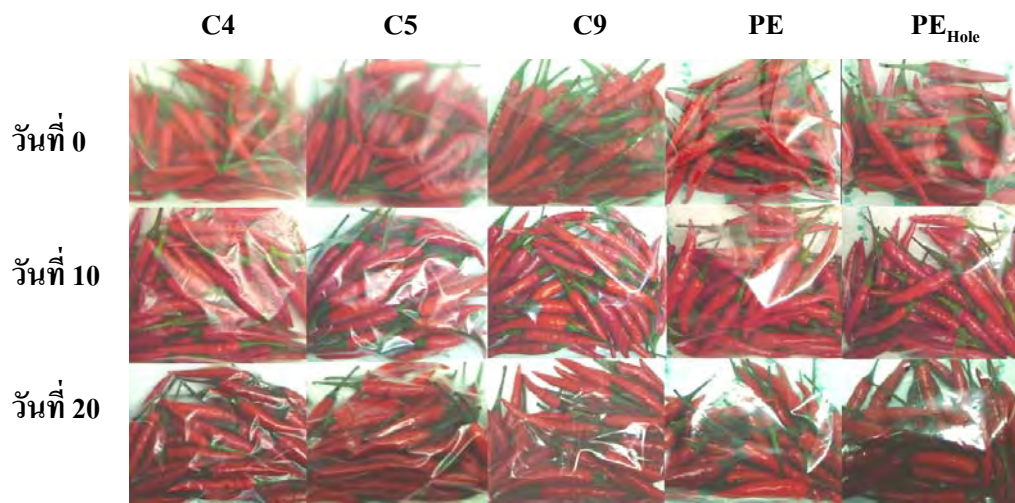
จากการทดลองที่ 2.1 พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้แก่ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นสิ่งจำเป็น ทำให้พริกชี้หนูสดมีอัตราการหายใจลดลง โดยไม่เกิดอาการสะท้อนขาวเลยตลอด การทดลองเป็นระยะเวลา 19 และ 16 วัน ตามลำดับ ดังนั้นในการทดลองที่ 2.2 จึงนำอุณหภูมิที่ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มาใช้เก็บรักษาพริกชี้หนูสด สังเกตผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง ลักษณะคุณภาพโดยรวม และปริมาณแก๊สภายในภาชนะบรรจุของพริกชี้หนูสด เพื่อเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสม นำไปใช้เก็บรักษาพริกชี้หนูในการทดลองที่ 3 ต่อไป

จากการทดลอง พบว่าเมื่อเก็บรักษาพริกชี้หนูสดที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พริกชี้หนูสดเกิดอาการผิดปกติ ได้แก่ บริเวณก้านขั้ว (calyx และ stem) มีสีคล้ำลง ดังแสดง ในภาพที่ 13 เมื่อเก็บรักษาต่อไป ความแน่นเนื้อลดลง และเกิดการเหี่ยวบริเวณขั้วพริกตามมา การสูญเสียคุณภาพจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค พริกชี้หนูสดที่ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จึงมีอายุการเก็บรักษาเพียง 20 วัน ภาพที่ 14 แสดงลักษณะปรากฏของ พริกชี้หนูที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าพริกชี้หนูที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะไม่เกิดลักษณะผิดปกติเช่นนี้เลยตลอดการเก็บรักษา

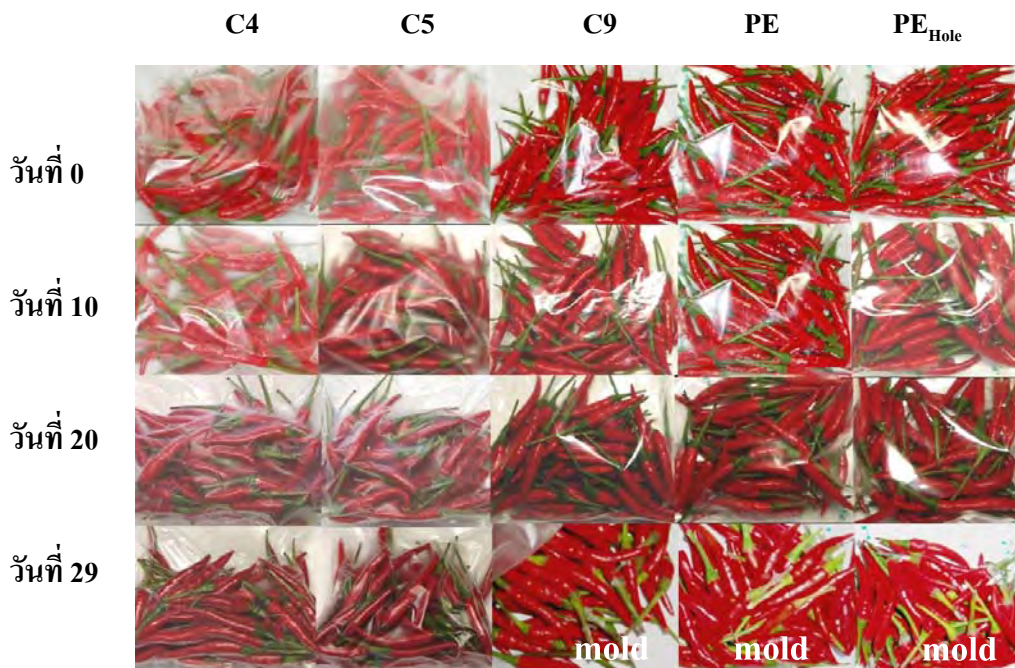


ภาพที่ 13 ลักษณะปรากฏของพริกชี้หนูสด เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน ที่อุณหภูมิ 5 (A) และ 10 (B) องศาเซลเซียส

ภาพ A

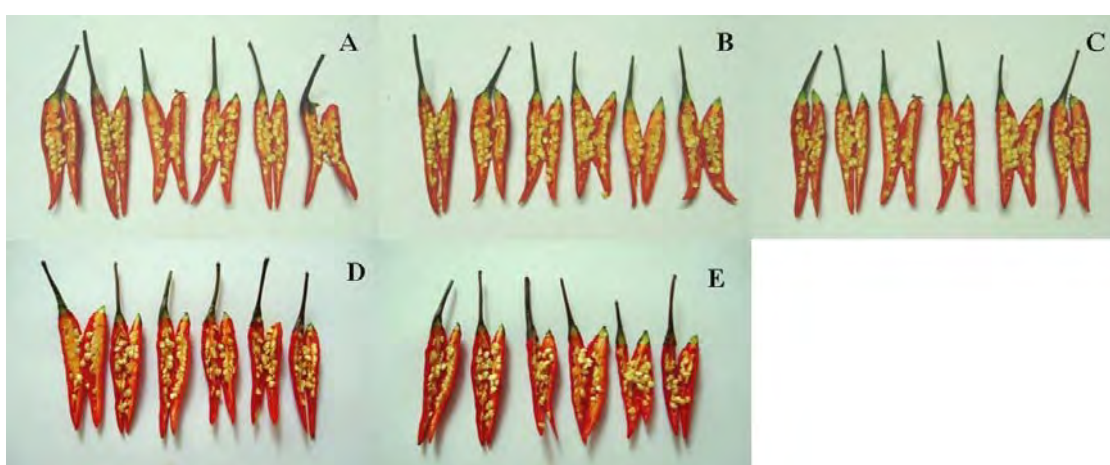


ภาพ B



ภาพที่ 14 ลักษณะปรากฏของพริกชี้หนูสด 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 5 (A) และ 10 (B) องศาเซลเซียส

อาการผิดปกติของพริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น สอดคล้องกับลักษณะการเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury, CI) ของ Pepper ได้แก่ การมีสีคล้ำลงของผลผลิต (darkening) การเหี่ยว (wilting) แต่ไม่สอดคล้องกับลักษณะการเกิดอาการสะท้านหนาวบางประการ ได้แก่ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณ Seed cavity ของเม็ดพริก ดังแสดงในภาพที่ 15 ซึ่งจากที่กล่าวมานี้ให้ผลในลักษณะเดียวกันกับการเกิดอาการสะท้านหนาวของ Amezonic Pepper ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (Barrera *et al.*, 2005)



ภาพที่ 15 ภาพ Seed cavity ของพริกชี้หนูสด 100 กรัม ที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 (A) C5 (B) C9 (C) PE (D) และPE<sub>Hole</sub> (E) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

จากการทดลอง อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการเก็บรักษาพริกชี้หนูสด และสอดคล้องกับช่วงอุณหภูมิที่มีการอ้างอิงว่าเหมาะสมต่อการเก็บรักษาพริก ดังนี้ พริกชี้หนู 8-9 องศาเซลเซียส (จริงแท้, 2544) และ Pepper 7-13 องศาเซลเซียส (Wang, 1990; Gonzalez-Aguilar, 2004) แต่ไม่สอดคล้องกับช่วงอุณหภูมิที่มีการอ้างอิงว่าเหมาะสมต่อการเก็บรักษาพริก ดังนี้ Pepper (chiles) 5-10 องศาเซลเซียส (Cantwell, 2001) ส่วนการสูญเสียคุณภาพพริกที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับการเกิดอาการสะท้านหนาว เมื่อเก็บรักษาพริกชี้หนูสดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส (Krog, 1998; Gonzalez-Aguilar, 2004) แต่ไม่สอดคล้องกับการเกิดอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาพริกที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส (Wang, 1990) ทั้งนี้เนื่องมาจากความแตกต่างของพันธุ์ และระยะการเก็บเกี่ยวพริก ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพริกเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สภายในภาชนะบรรจุของพริกชี้หนูสด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 22 พบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สภายในภาชนะบรรจุของทั้งสองอุณหภูมิ สอดคล้องกับอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของฟิล์มพลาสติก

เมื่อเก็บรักษาพริกชี้หนูสดที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พริกชี้หนูเกิดการ สะท้อนหนาว ทำให้มีลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังแสดงในภาพที่ 13 พริกชี้หนู สดที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จึงมีอายุการเก็บรักษาเพียง 20 วัน ดังแสดงในภาพที่ 16 พริกชี้หนู สดที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 C5 และ C9 มีปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เข้าสู่สมดุลหลังการเก็บรักษา 3 วัน พริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 มี  $15.27\%O_2$   $1.20\%CO_2$  (ภาพที่16A) ในถุงพลาสติก C5 มี  $11.85\%O_2$   $1.92\%CO_2$  (ภาพที่16B) และในถุงพลาสติก C9 มี  $10.59\%O_2$   $2.79\%CO_2$  (ภาพที่16C) สำหรับพริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก PE มีปริมาณแก๊ส ออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่สมดุลหลังเก็บรักษา 5 วัน มีปริมาณแก๊ส  $5.93\%O_2$   $3.69\%CO_2$ (ภาพที่16D) ส่วนพริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก PE<sub>Hole</sub> มีปริมาณแก๊ส  $21.02\%O_2$   $0.31\%CO_2$ (ภาพที่16E) ซึ่งปริมาณแก๊สไม่เข้าสู่สมดุลเลยตลอดการเก็บรักษา 20 วัน

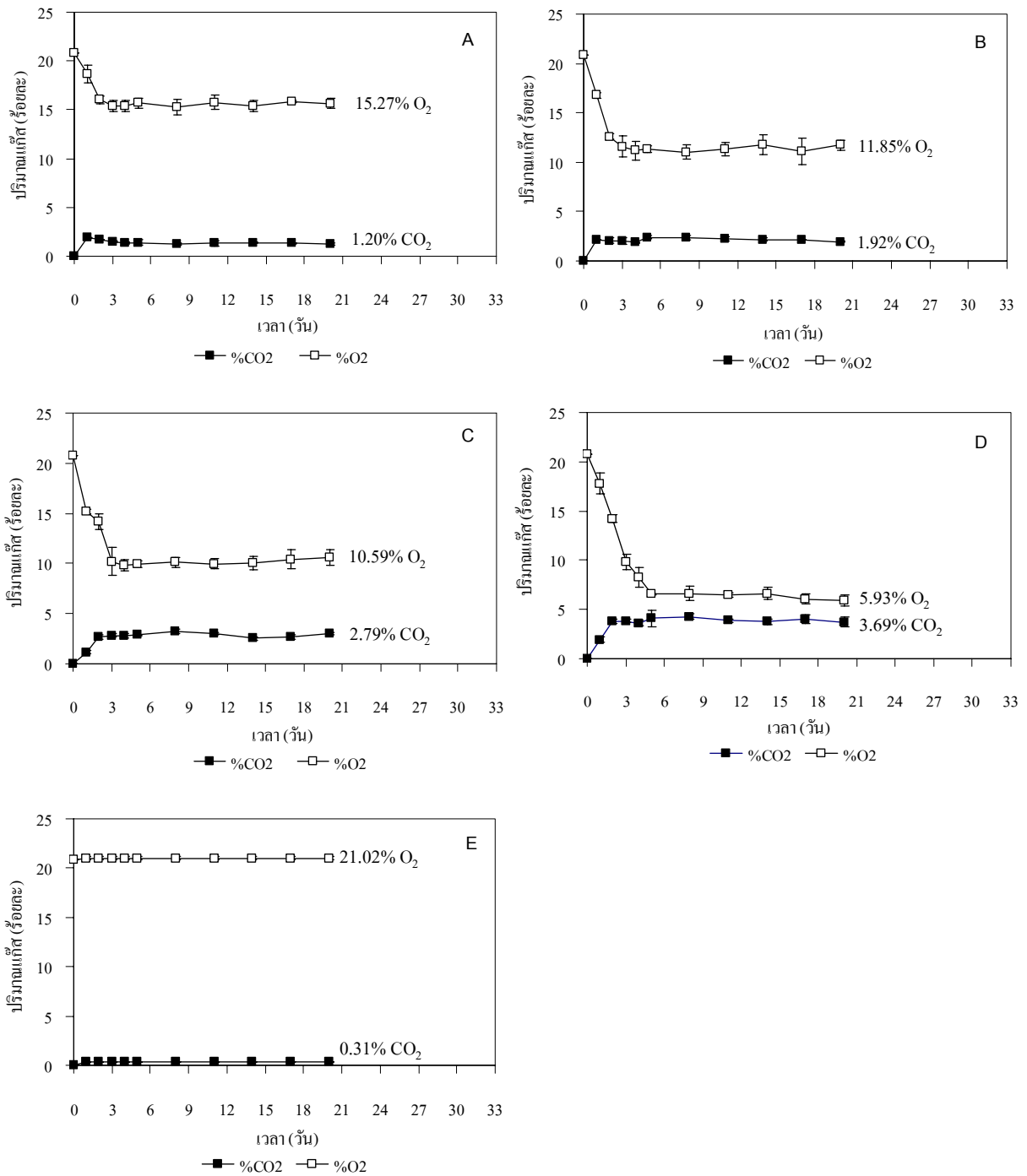
เมื่อเก็บรักษาพริกชี้หนูสดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พริกชี้หนูที่บรรจุในฟิล์มพลาสติก PE<sub>Hole</sub> และPE เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อราในวันที่ 21 จึงรายงานผลการทดลองเพียง 20 วัน สำหรับพริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C9 เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อราในวันที่ 27 จึงรายงาน ผลการทดลองเพียง 26 วัน สำหรับพริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 และC5 เกิดการเสื่อมเสีย เนื่องจากเชื้อราในวันที่ 30 จึงรายงานผลการทดลองเพียง 29 วัน ดังแสดงในภาพที่ 17 พริกชี้หนูสด ที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 และC5 มีปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่สม ดุลหลังการเก็บรักษา 3 วัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 29 วันพริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 มี  $12.57\%O_2$   $1.82\%CO_2$  (ภาพที่17A) ในถุงพลาสติก C5 มี  $7.27\%O_2$   $2.60\%CO_2$  (ภาพที่17B) พริก ชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C9 มีปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่สมดุล หลังการเก็บรักษา 4 วัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 26 วันพริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C9 มี  $3.07\%O_2$   $3.57\%CO_2$  (ภาพที่17C) สำหรับพริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก PE มีปริมาณแก๊ส ออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่สมดุลหลังการเก็บรักษา 5 วัน เมื่อเก็บรักษา 20 วันมี ปริมาณแก๊ส  $2.71\%O_2$   $4.05\%CO_2$  (ภาพที่17D) ส่วนพริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก PE<sub>Hole</sub> มี ปริมาณแก๊ส  $21.37\%O_2$   $0.74\%CO_2$  (ภาพที่17E) ซึ่งปริมาณแก๊สไม่เข้าสู่สมดุลเลยตลอดการเก็บ รักษา 20 วัน

ตารางที่ 23 ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่สภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (EMA) ในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ และอายุเก็บรักษา  
พริกชี้หนูสดที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

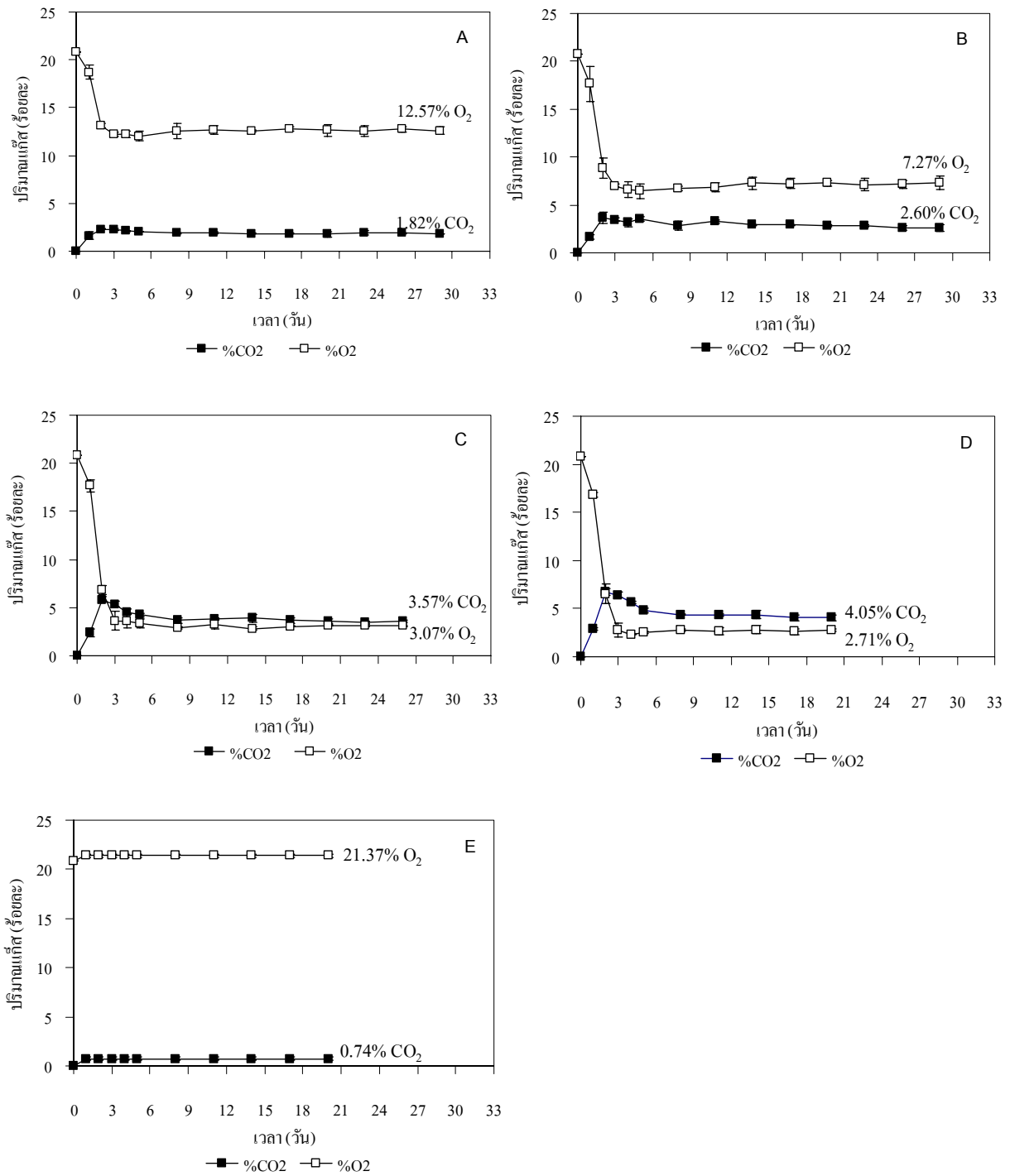
ฟิล์มพลาสติก	สภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (Equilibrium modified atmosphere, EMA)							
	5 องศาเซลเซียส				10 องศาเซลเซียส			
	O <sub>2</sub> (ร้อยละ)	CO <sub>2</sub> (ร้อยละ)	เวลาเข้าสู่ EMA (วัน)	อายุการเก็บรักษา (วัน)	O <sub>2</sub> (ร้อยละ)	CO <sub>2</sub> (ร้อยละ)	เวลาเข้าสู่ EMA (วัน)	อายุการเก็บรักษา (วัน)
C4	15.27	1.20	3	20	12.57	1.82	3	29
C5	11.85	1.92	3	20	7.27	2.60	3	29
C9	10.59	2.79	3	20	3.07	3.57	4	26
PE	5.93	3.69	5	20	2.71	4.05	5	20
PE <sub>Hole</sub> <sup>1</sup>	n/a	n/a	n/a	20	n/a	n/a	n/a	20

หมายเหตุ <sup>1</sup> n/a หมายถึง ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เข้าสู่สมดุลตลอดการเก็บรักษา

มีปริมาณแก๊สภายในภาชนะบรรจุเท่ากับปริมาณแก๊สในบรรยากาศภายนอก (ประมาณ 21% O<sub>2</sub> และ 0.03% CO<sub>2</sub>)

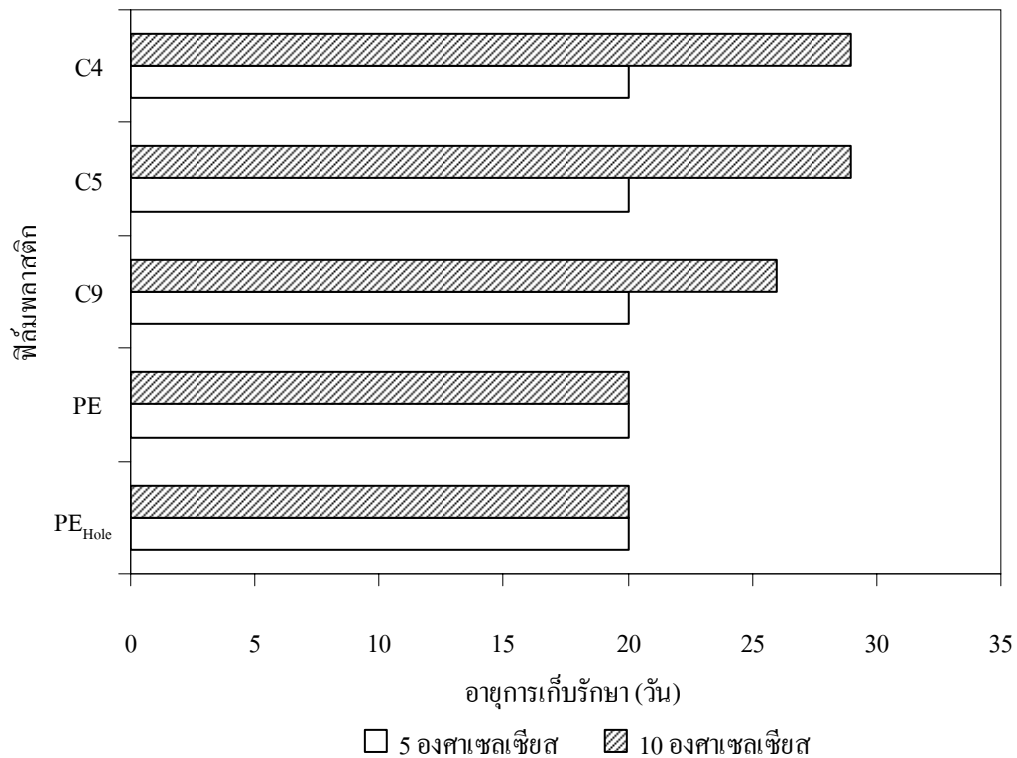


ภาพที่ 16 ปริมาณแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของฟริกจีหนุสด100 กรัมที่บรรจุ  
 ในถุงพลาสติก C4 (A) C5 (B) C9 (C) PE (D) และPE<sub>Hole</sub> (E) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5  
 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 17 ปริมาณแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของพริกชี้หนูสด 100 กรัม ที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 (A) C5 (B) C9 (C) PE (D) และ PE<sub>Hole</sub> (E) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลอง การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สภายในภาชนะบรรจุ พบว่า การเก็บรักษา พริกชี้หนูที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สัตส่วนของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ใน สภาวะบรรยากาศตัดแปลงของฟิล์มพลาสติก C4 C5 และC9 เข้าสู่สมดุลเร็วกว่าปริมาณแก๊สที่ บรรจุในถุงพลาสติก PE และ PE<sub>Hole</sub> ส่วนที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สัตส่วนของแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะบรรยากาศตัดแปลงของฟิล์มพลาสติก C4 และC5 เข้าสู่ สมดุลเร็วกว่าพริกที่บรรจุในถุงพลาสติก C9 PE และPE<sub>Hole</sub> ทั้งนี้เพราะที่อุณหภูมิต่ำกว่า (5 องศา เซลเซียส) พริกจะมีอัตราการหายใจต่ำกว่า ส่งผลให้ปริมาณแก๊สภายในภาชนะบรรจุ C9 เข้าสู่ สมดุลได้เร็วพร้อมกันกับ C4 และ C5 ภาชนะบรรจุที่มีปริมาณแก๊สภายในเข้าสู่สมดุลเร็วกว่า จะมี อายุการเก็บรักษานานกว่า และเมื่อเปรียบเทียบอายุการเก็บรักษาพริกชี้หนูสด ระหว่างอุณหภูมิ 5 และ10 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 18 พบว่า พริกชี้หนูสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศา เซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานานกว่า ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส บริเวณก้านขั้วของ พริกชี้หนู (calyx และ stem) มีสีคล้ำลง จากการเกิดอาการสะท้อนหนาวทำให้ลักษณะปรากฏไม่ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค พริกชี้หนูสดที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จึงมีอายุการเก็บรักษาเพียง 20 วัน ในขณะที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พริกชี้หนูไม่มีอาการสะท้อนหนาวเลย ดังนั้นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสจึงมีความเหมาะสมในการเก็บรักษาพริกชี้หนูสดมากกว่า



ภาพที่ 18 อายุการเก็บรักษาพริกชี้หนูสด 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

### 3. ผลของฟิล์มพลาสติกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของพริกชี้หนูสด

#### 3.1 สภาวะบรรยากาศตัดแปลงภายในภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสด โดยใช้ฟิล์มที่มีการซึมผ่านของแก๊สสูง (High gas permeable film) ในสภาวะจริงและจากการทำนายด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์

การสร้างสภาวะบรรยากาศตัดแปลงภายในภาชนะบรรจุ จากการทดลองที่สภาวะจริง และจากการทำนายด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์ จาก MTEC ซึ่ง โมเดลมีพื้นฐานจากสมการ unsteady-state equations ที่ใช้อธิบาย unsteady-state behavior ของการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศตัดแปลง เช่น ระหว่างการเกิด passive modification และในช่วงที่อุณหภูมิเก็บรักษาไม่คงที่ (Yam and Lee, 1995)

สมการ unsteady-state equations อธิบายตามหลักการ mass balance ดังนี้ อัตราการสะสมปริมาณแก๊สออกซิเจนหรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุ เท่ากับผลรวมระหว่าง อัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนหรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ภาชนะบรรจุ กับ อัตราการใช้แก๊สออกซิเจนหรืออัตราการผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการหายใจ

เขียนเป็นสมการสำหรับออกซิเจน ดังนี้

$$\frac{M_{O_2} P V}{100 R T} \frac{d[O_2]_i}{dt} = \frac{S \bar{P}_{O_2}}{L} ([O_2]_o - [O_2]_i) P_{atm} - W R_{O_2} \quad \text{----- (1)}$$

และเขียนเป็นสมการสำหรับคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนี้

$$\frac{M_{CO_2} P V}{100 R T} \frac{d[CO_2]_i}{dt} = \frac{S \bar{P}_{CO_2}}{L} ([CO_2]_i - [CO_2]_o) P_{atm} - W R_{CO_2} \quad \text{----- (2)}$$

โดย

$[CO_2]_i$  =  $CO_2$  concentration inside the package at any time (%)

$[CO_2]_o$  =  $CO_2$  concentration outside the package (%); 0% for air

$[O_2]_i$  =  $O_2$  concentration inside the package at any time (%)

$[O_2]_o$  =  $O_2$  concentration outside the package (%); 21% for air

$L$  = Thickness of film (mm)

$M_{O_2}$  = Molecular weight of  $O_2$  (0.032 kg/mole)

$M_{CO_2}$  = Molecular weight of  $CO_2$  (0.044 kg/mole)

$P_{atm}$  = Pressure of 1 atmosphere (atm)

$P_{CO_2}$  = Permeability to  $CO_2$  (mg mil/m<sup>2</sup> h atm)

$P_{O_2}$  = Permeability to  $O_2$  (mg mil/m<sup>2</sup> h atm)

$P$  = Pressure in the package or the jar (Pa)

$R$  = Gas constant (8.314 J/mol K)

$R_{CO_2}$  = Rate of  $CO_2$  evolution (mg/ kg h)

$R_{O_2}$  = Rate of  $O_2$  consumption (mg/ kg h)

$S$  = Package surface areas (m<sup>2</sup>)

$t$  = Time (h)

$T$  = Absolute temperature (°K)

$V$  = Free volume in package or in jar (ml)

$W$  = Product weight (kg)

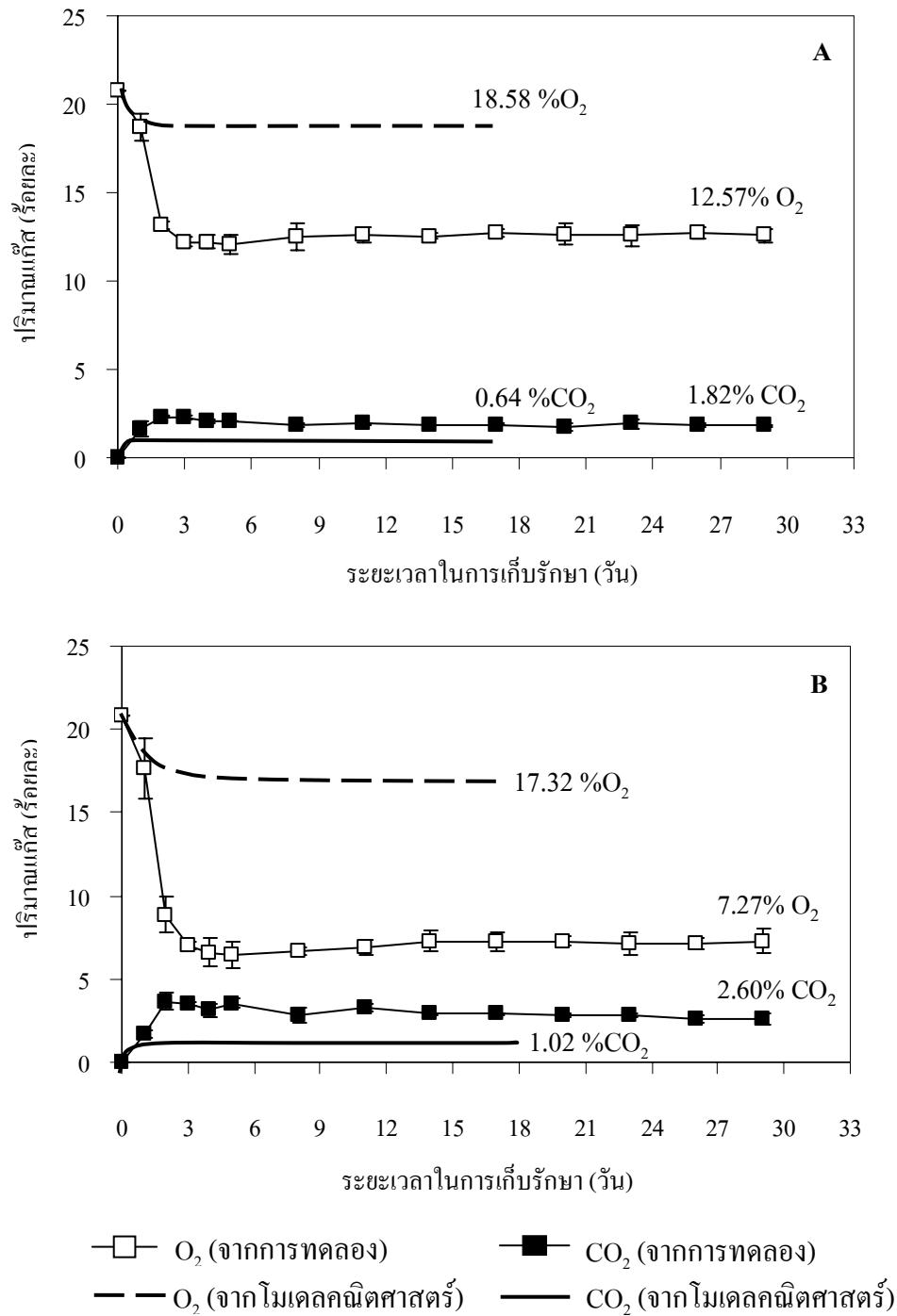
ภาพที่ 19 แสดงสภาวะบรรยากาศตัดแปลงภายในภาชนะบรรจุ จากการทดลองที่ สภาวะจริงและจากการทำนายด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์ ของพริกชี้หนู 100 กรัมที่บรรจุใน ถุงพลาสติก C4 (A) C5 (B) C9 (C) และ PE (D) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าที่ ได้จากการทดลอง แตกต่างจากค่าที่ได้จากการทำนายด้วย โมเดลคณิตศาสตร์ เนื่องจากโมเดล คณิตศาสตร์จะใช้ปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การหายใจของผลิตภัณฑ์ สภาพให้ซึมผ่านได้ (permeability) ของ ฟิล์ม ลักษณะการบรรจุ (ปริมาณบรรจุ ขนาดของภาชนะบรรจุ) อุณหภูมิ ในการทำนายปริมาณแก๊ส ภายในที่สภาวะบรรยากาศตัดแปลง ซึ่งในโมเดลนี้ได้คาดคะเนค่า RQ และปริมาณแก๊สบริเวณ ช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์ภายในภาชนะบรรจุ (headspace)

ค่า RQ (respiratory quotient) เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่อออกซิเจนที่ใช้ในกระบวนการหายใจ การหายใจแบบใช้ออกซิเจนจะมีค่า RQ อยู่ระหว่าง 0.7-1.3 ซึ่งค่า RQ ที่ใช้โมเดลนี้ เท่ากับ 1 เป็นค่าที่ได้จากการหายใจแบบใช้ออกซิเจนที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็น substrate (Fonseca *et al.*, 2002) และเมื่อพิจารณาค่า RQ ที่ได้จากการแทนค่าผลการทดลองลงในสมการที่ (1) และ (2) ดังแสดงในตารางที่ 24 พบว่า ค่า RQ ของพริกขี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก high gas permeable films มีค่าเข้าใกล้ 1 ในขณะที่พริกขี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก PE มีค่าต่างจาก 1 แสดงให้เห็นว่า ค่า RQ มีความสัมพันธ์กับ สัดส่วนระหว่างสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ต่อแก๊สออกซิเจน และค่า RQ อาจเกี่ยวข้องกับสภาวะบรรยากาศตัดแปลงที่ไม่เหมาะสมกับการเก็บรักษา (ภาพที่ 17D) ทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น (ภาพที่ 24) จึงควรมีการปรับปรุงและทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

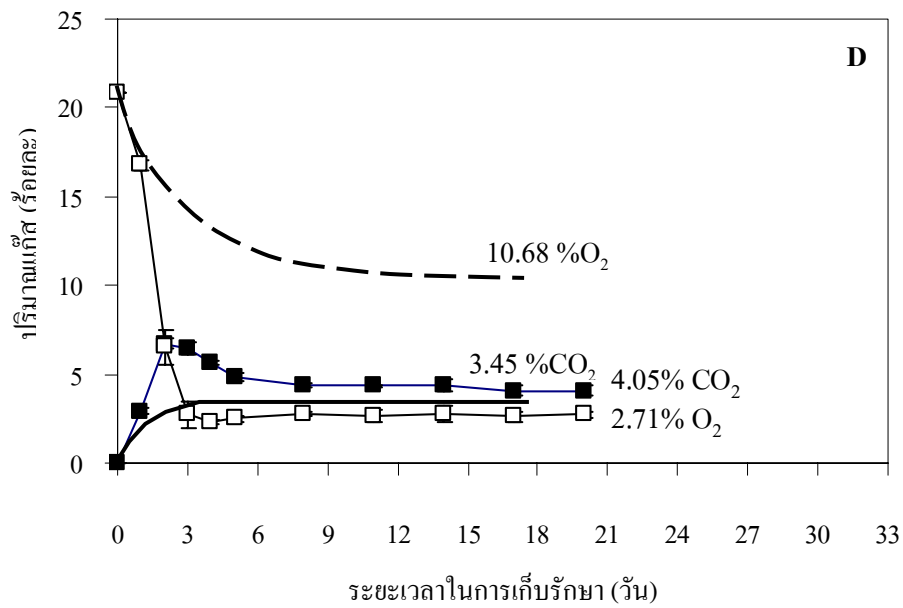
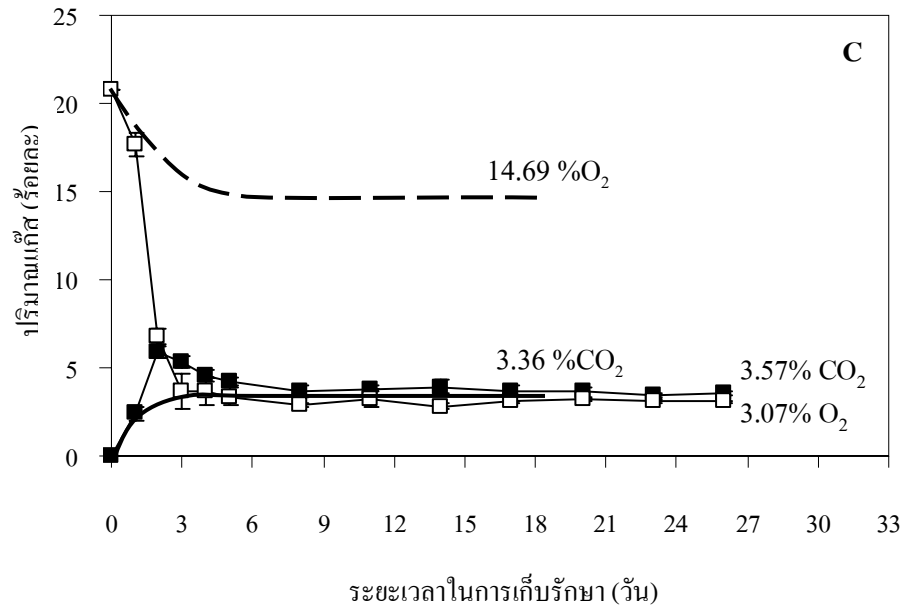
ตารางที่ 24 ค่า RQ (respiratory quotient) ของพริกขี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ฟิล์ม	วันที่	RQ						
		1	2	3	4	7	10	19
C4		1.36	1.19	1.10	1.06	1.02	1.07	0.97
C5		1.55	1.27	1.11	1.25	1.01	1.18	1.06
C9		1.86	1.39	1.20	1.09	0.92	0.98	0.92
PE		1.67	1.26	1.08	0.93	0.86	0.82	0.79

ส่วนปริมาณแก๊สบริเวณช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์ภายในภาชนะบรรจุที่คาดคะเนในโมเดลนี้มีค่ามากกว่าปริมาณแก๊สบริเวณช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์ภายในภาชนะบรรจุที่ได้จากการทดลอง จึงทำให้ปริมาณแก๊สบริเวณช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์ภายในภาชนะบรรจุที่ได้จากการทำนายด้วยโมเดลใช้ระยะเวลาเข้าสู่สมดุลแตกต่างจากการทดลอง



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแก๊สที่ได้จากการคาดคะเนด้วยโมเดลคณิตศาสตร์กับปริมาณแก๊สที่ได้จากการทดลองของฟริกซีหนู 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 (A) C5 (B) C9 (C) และ PE (D) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส



—□— O<sub>2</sub> (จากการทดลอง)      —■— CO<sub>2</sub> (จากการทดลอง)  
 — — — O<sub>2</sub> (จากโมเดลคณิตศาสตร์)      — — — CO<sub>2</sub> (จากโมเดลคณิตศาสตร์)

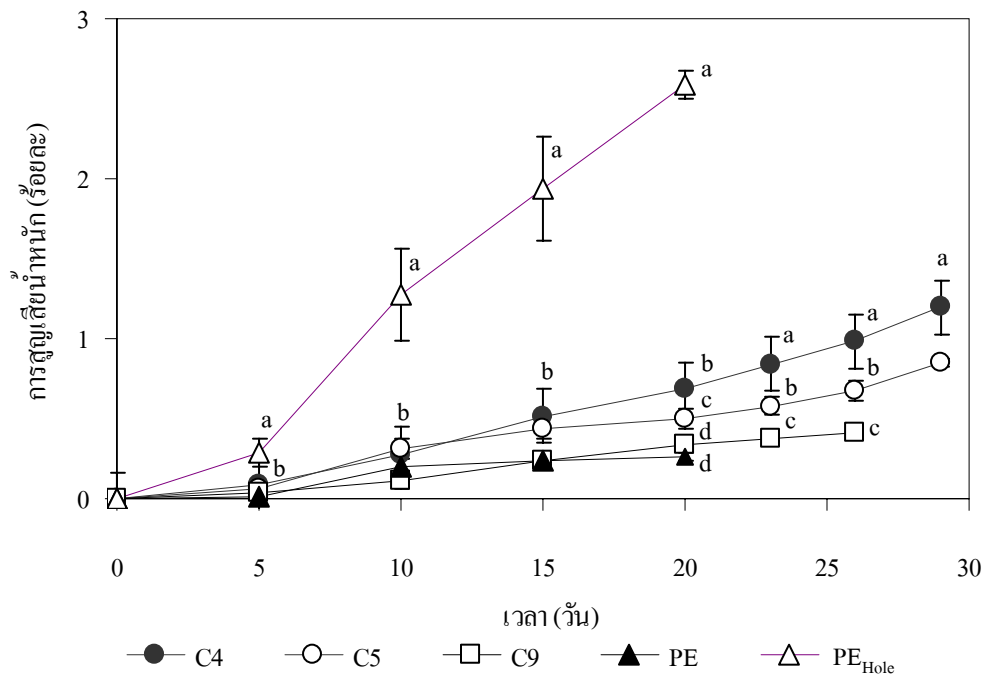
ภาพที่ 19 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแก๊สที่ได้จากการคาดคะเนด้วยโมเดลคณิตศาสตร์  
 กับปริมาณแก๊สที่ได้จากการทดลอง ของพริกชี้หนู 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก  
 C4 (A) C5 (B) C9 (C) และ PE (D) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

### 3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของพริกชี้หนูสด

จากการทดลองพริกชี้หนูที่บรรจุในฟิล์มพลาสติก PE เจาะรู (PE<sub>Hole</sub>) และไม่เจาะรู (PE) เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อราในวันที่ 21 จึงรายงานผลการทดลองเพียง 20 วัน สำหรับพริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C9 เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อราในวันที่ 27 จึงรายงานผลการทดลองเพียง 26 วัน สำหรับพริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 และ C5 เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อราในวันที่ 30 จึงรายงานผลการทดลองเพียง 29 วัน

#### 3.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)

เมื่อพิจารณาค่าที่ได้จากการทดลอง พบว่า พริกชี้หนูสดที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก PE<sub>Hole</sub> มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด (ร้อยละ 2.58) เมื่อเปรียบเทียบกับถุงพลาสติกชนิดอื่น ดังแสดงในภาพที่ 20 แต่การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการคายน้ำของผลิตภัณฑ์ประมาณร้อยละ 3 - 4 ไม่ก่อให้เกิดการเหี่ยวบริเวณผิวของผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับการเก็บรักษา fennel ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส (Artes *et al.*, 2002) การสูญเสียน้ำหนักของพริกชี้หนูสด (ร้อยละ) ที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกเจาะรูแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) กับพริกชี้หนูสดที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกที่ไม่เจาะรู ดังนั้นการเก็บรักษาพริกชี้หนูสดในฟิล์มพลาสติกไม่เจาะรูสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มพลาสติกเจาะรู ซึ่งให้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกันกับการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ 'Maru' ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Suparlan and ITOH, 2003) และการเก็บรักษาสตอเบอร์รี่พันธุ์ 'Oso Grande' และพันธุ์ 'Camarosa' ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส (Garcia *et al.*, 1998) ฟิล์มพลาสติกมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก ( $p \leq 0.05$ ) ฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำสูงจะมีการสูญเสียน้ำหนักสูง การสูญเสียน้ำหนักแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ยกเว้นในวันที่ 29 ของการเก็บรักษา



ภาพที่ 20 การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัม ที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

### 3.2.2 การเปลี่ยนแปลงสี

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L) (ตารางที่ 25) พบว่า พริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก PE<sub>Hole</sub> มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L) น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับพริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดอื่น และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ค่า L โดยรวมมีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในภาพที่ 21 แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ยกเว้นในวันที่ 20 ของการเก็บรักษาที่พริกชี้หนูที่บรรจุในฟิล์มพลาสติก C4 C5 C9 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) จาก PE<sub>Hole</sub> และ PE

การเปลี่ยนแปลงค่า a (ตารางที่ 25) พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน พริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก PE<sub>Hole</sub> มีค่า a น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดอื่น และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงโดยรวม พบว่า ค่า a ลดลงอย่างรวดเร็วหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นจะเพิ่มขึ้นและเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยไปตลอดการเก็บรักษา นอกจากนี้ค่า a ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ยกเว้นในวันที่ 5 และ 20 ของการเก็บรักษา และเมื่อสังเกตสีของพริกชี้หนูสดตลอดการเก็บรักษานาน 29 วัน พบว่าพริกชี้หนูยังมีสีแดงสดเช่นเดียวกับช่วงวันแรกของการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากรงควัตถุที่ให้สีแดงในพริกจะเป็นสารประกอบในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Weiss, 2002) ซึ่งค่อนข้างจะเสถียรอยู่ในพืชในระหว่างการ

เก็บรักษา และไม่มี การเปลี่ยนแปลงมากนัก ดังจะเห็นได้จากปริมาณการสูญเสีย  $\beta$ -carotene ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p = 0.14$ ) ตลอดจนการเก็บรักษาพริกเขียว (Green pepper) เป็นเวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Hussein *et al.*, 2000) ทั้งนี้เพราะโมเลกุลของแคโรทีนอยด์อยู่ภายในออร์แกเนลล์ พลาสติก และเกาะอยู่กับโปรตีนบนเยื่อหุ้มเซลล์หรือรวมตัวกันเป็นผลึกจึงปลอดภัยต่อการสลายตัวจากปัจจัยภายนอก (จริงแท้, 2549)

การเปลี่ยนแปลงค่า  $b$  (ตารางที่ 25) พบว่า ค่า  $b$  ในทุกทรีทเมนต์ใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มลดลงตลอดการเก็บรักษา นอกจากนี้ค่า  $b$  ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ยกเว้นในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle (ตารางที่ 25) พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน พริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก PE<sub>Hole</sub> มีค่า Hue angle มากที่สุด ในขณะที่พริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก C5 มีค่า Hue angle น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดอื่น และเนื่องจากค่า  $a$  และ  $b$  ของพริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติกแต่ละชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน จึงทำให้ค่า Hue angle ที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกัน และมีแนวโน้มลดลงจากวันแรกที่ทำ การเก็บรักษา ค่า Hue angle ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ยกเว้นในวันที่ 5 และ 20 ของการ เก็บรักษา

จากการทดลอง พบว่า ผลผลิตที่มีค่า Hue angle มากที่สุด และมีค่า  $a$  น้อยจะมีการเปลี่ยนแปลงของสีแดงน้อยที่สุด (Sanz *et al.*, 1999 และ Vicente *et al.*, 2005) หรือเมื่อพิจารณาจากค่าอัตราส่วน  $a/b$  ผลผลิตที่มีค่าอัตราส่วน  $a/b$  มากที่สุด แสดงว่ามีสีผิวแดงสุด (Garcia *et al.*, 1998 และ Suparlan *et al.*, 2003) จากการทดลอง พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน พริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก PE<sub>Hole</sub> มีค่าความสว่าง ( $L$ ) และค่า Hue angle มากที่สุด ในขณะที่มีค่า  $a$  น้อยที่สุด (ตารางที่ 25) หรือมีค่า  $a/b$  น้อยที่สุด ดังนั้นพริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก PE<sub>Hole</sub> มีการเปลี่ยนแปลงของสีแดงน้อยที่สุด ส่วนพริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C5 มีค่า Hue angle น้อยที่สุด และมีค่า  $a$  มาก หรือมีอัตราส่วน  $a/b$  มากที่สุด ทำให้พริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C5 มีการเปลี่ยนแปลงของสีแดงมากที่สุด หรือมีสีผิวแดงสุด และเนื่องจากสีของพริกจัดเป็นส่วนที่มีมูลค่า ในการซื้อขาย (Weiss, 2002) จึงทำให้ตลาดต่างประเทศนิยมพริกที่มีสีแดงสด เรียกว่า พริกสดเกรด 1 ซึ่งมีสีแดงสด ไม่มีตำหนิ ผลสวย นิยมมีก้านติด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2536) ดังนั้นสีของพริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก C5 จึงสอดคล้องกับความต้องการของตลาดมากที่สุด

ตารางที่ 26 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $R^2$ ) ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสี ได้แก่ ค่า L a b และ Hue angle กับการเปลี่ยนแปลงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ คะแนนสี และคะแนนความชอบรวม จากผลการทดลอง ค่าความสว่าง (L) โดยรวมของพริกชี้หนูสดมีความสัมพันธ์กับคะแนนสีมาก และคะแนนความชอบรวมมาก ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 26 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคู่ปัจจัยที่พิจารณามีค่าสูง และเนื่องจากคุณภาพสี ได้แก่ ค่า L กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสมีความสัมพันธ์กันมาก ดังนั้นการตัดสินใจยอมรับของพริกชี้หนูอาจใช้คุณภาพสี ได้แก่ ค่า L เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจยอมรับ ก่อนใช้คุณภาพทางด้านอื่นมาตัดสิน เช่นเดียวกับการตัดสินใจยอมรับของผลมะนาวที่ใช้คุณภาพด้านสีเป็นเกณฑ์ (จันทร์จิรา, 2545)

ตารางที่ 25 การเปลี่ยนแปลงสี (ค่า L a b และ Hue angle) และการเปลี่ยนแปลงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนสี และคะแนนความชอบรวม)

ฟิล์ม	วัน	ค่าสี				คุณภาพทางประสาทสัมผัส	
		L	a	b	Hue angle	คะแนนสี	คะแนนความชอบรวม
C4	0	31.68 <sup>ns</sup>	25.61 <sup>ns</sup>	10.24 <sup>ns</sup>	21.80 <sup>ns</sup>	8.83 <sup>a</sup>	8.87 <sup>ns</sup>
	5	29.71 <sup>bc</sup>	25.19 <sup>a</sup>	10.12 <sup>ns</sup>	21.80 <sup>b</sup>	8.77 <sup>a</sup>	8.77 <sup>ns</sup>
	10	28.43 <sup>ns</sup>	24.48 <sup>ns</sup>	9.72 <sup>ns</sup>	21.63 <sup>ns</sup>	8.47 <sup>a</sup>	8.27 <sup>a</sup>
	15	27.90 <sup>ns</sup>	27.57 <sup>ns</sup>	10.59 <sup>ns</sup>	21.30 <sup>ns</sup>	7.97 <sup>a</sup>	7.77 <sup>a</sup>
	20	27.42 <sup>ab</sup>	23.67 <sup>bc</sup>	8.98 <sup>b</sup>	20.81 <sup>bc</sup>	7.50 <sup>ns</sup>	6.87 <sup>a</sup>
	23	27.73 <sup>ns</sup>	25.79 <sup>ns</sup>	9.94 <sup>ns</sup>	21.14 <sup>ns</sup>	7.13 <sup>ns</sup>	6.80 <sup>ab</sup>
	26	26.88 <sup>ns</sup>	25.72 <sup>ns</sup>	9.90 <sup>ns</sup>	20.97 <sup>ns</sup>	6.80 <sup>b</sup>	6.67 <sup>ns</sup>
	29	26.27 <sup>ns</sup>	23.74 <sup>ns</sup>	9.10 <sup>ns</sup>	20.98 <sup>ns</sup>	6.77 <sup>ns</sup>	6.57 <sup>ns</sup>
C5	0	31.68 <sup>ns</sup>	25.61 <sup>ns</sup>	10.24 <sup>ns</sup>	21.80 <sup>ns</sup>	8.73 <sup>ab</sup>	8.80 <sup>ns</sup>
	5	29.02 <sup>c</sup>	24.38 <sup>ab</sup>	10.06 <sup>ns</sup>	22.45 <sup>ab</sup>	8.73 <sup>a</sup>	8.73 <sup>ns</sup>
	10	28.39 <sup>ns</sup>	26.20 <sup>ns</sup>	10.26 <sup>ns</sup>	21.47 <sup>ns</sup>	8.37 <sup>ab</sup>	8.23 <sup>a</sup>
	15	28.51 <sup>ns</sup>	25.62 <sup>ns</sup>	9.84 <sup>ns</sup>	20.97 <sup>ns</sup>	7.90 <sup>a</sup>	7.70 <sup>a</sup>
	20	27.91 <sup>ab</sup>	26.05 <sup>ab</sup>	9.85 <sup>ab</sup>	20.64 <sup>c</sup>	7.53 <sup>ns</sup>	6.93 <sup>a</sup>
	23	27.39 <sup>ns</sup>	24.18 <sup>ns</sup>	9.17 <sup>ns</sup>	20.97 <sup>ns</sup>	7.30 <sup>ns</sup>	6.90 <sup>a</sup>
	26	27.19 <sup>ns</sup>	24.66 <sup>ns</sup>	9.50 <sup>ns</sup>	21.14 <sup>ns</sup>	7.10 <sup>a</sup>	6.70 <sup>ns</sup>
	29	26.72 <sup>ns</sup>	24.46 <sup>ns</sup>	9.40 <sup>ns</sup>	21.14 <sup>ns</sup>	6.90 <sup>ns</sup>	6.63 <sup>ns</sup>

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ฟิล์ม	วัน	ค่าสี				คุณภาพทางประสาทสัมผัส	
		L	a	b	Hue angle	คะแนนสี	คะแนนความชอบรวม
C9	0	31.68 <sup>ns</sup>	25.61 <sup>ns</sup>	10.24 <sup>ns</sup>	21.80 <sup>ns</sup>	8.80 <sup>ab</sup>	8.80 <sup>ns</sup>
	5	31.59 <sup>a</sup>	24.92 <sup>a</sup>	10.71 <sup>ns</sup>	23.27 <sup>a</sup>	8.70 <sup>ab</sup>	8.67 <sup>ns</sup>
	10	29.39 <sup>ns</sup>	26.30 <sup>ns</sup>	10.39 <sup>ns</sup>	21.47 <sup>ns</sup>	8.23 <sup>ab</sup>	8.17 <sup>a</sup>
	15	28.47 <sup>ns</sup>	26.08 <sup>ns</sup>	10.17 <sup>ns</sup>	21.31 <sup>ns</sup>	7.87 <sup>a</sup>	7.60 <sup>a</sup>
	20	28.03 <sup>ab</sup>	25.15 <sup>abc</sup>	9.87 <sup>ab</sup>	21.47 <sup>abc</sup>	7.40 <sup>ns</sup>	6.73 <sup>ab</sup>
	23	27.83 <sup>ns</sup>	24.65 <sup>ns</sup>	9.48 <sup>ns</sup>	20.98 <sup>ns</sup>	6.97 <sup>ns</sup>	6.43 <sup>b</sup>
	26	27.48 <sup>ns</sup>	24.62 <sup>ns</sup>	9.63 <sup>ns</sup>	21.31 <sup>ns</sup>	6.57 <sup>b</sup>	6.47 <sup>ns</sup>
	29	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
PE	0	31.68 <sup>ns</sup>	25.61 <sup>ns</sup>	10.24 <sup>ns</sup>	21.80 <sup>ns</sup>	8.60 <sup>ab</sup>	8.67 <sup>ns</sup>
	5	30.64 <sup>ab</sup>	22.59 <sup>ab</sup>	9.44 <sup>ns</sup>	22.62 <sup>ab</sup>	8.57 <sup>ab</sup>	8.53 <sup>ns</sup>
	10	28.87 <sup>ns</sup>	26.36 <sup>ns</sup>	10.61 <sup>ns</sup>	21.96 <sup>ns</sup>	8.17 <sup>bc</sup>	8.07 <sup>ab</sup>
	15	28.25 <sup>ns</sup>	24.94 <sup>ns</sup>	9.74 <sup>ns</sup>	21.31 <sup>ns</sup>	7.67 <sup>ab</sup>	7.37 <sup>a</sup>
	20	26.51 <sup>b</sup>	26.26 <sup>a</sup>	10.32 <sup>a</sup>	21.63 <sup>ab</sup>	7.43 <sup>ns</sup>	6.60 <sup>ab</sup>
	23	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	29	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>	0	31.68 <sup>ns</sup>	25.61 <sup>ns</sup>	10.24 <sup>ns</sup>	21.80 <sup>ns</sup>	8.57 <sup>b</sup>	8.63 <sup>ns</sup>
	5	31.28 <sup>a</sup>	21.11 <sup>b</sup>	8.94 <sup>ns</sup>	22.78 <sup>ab</sup>	8.47 <sup>b</sup>	8.50 <sup>ns</sup>
	10	28.48 <sup>ns</sup>	25.99 <sup>ns</sup>	10.54 <sup>ns</sup>	22.13 <sup>ns</sup>	7.93 <sup>c</sup>	7.87 <sup>b</sup>
	15	28.75 <sup>ns</sup>	25.57 <sup>ns</sup>	9.87 <sup>ns</sup>	21.30 <sup>ns</sup>	7.50 <sup>b</sup>	6.93 <sup>b</sup>
	20	28.59 <sup>a</sup>	23.03 <sup>c</sup>	9.20 <sup>b</sup>	21.80 <sup>a</sup>	7.40 <sup>ns</sup>	6.27 <sup>b</sup>
	23	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	29	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

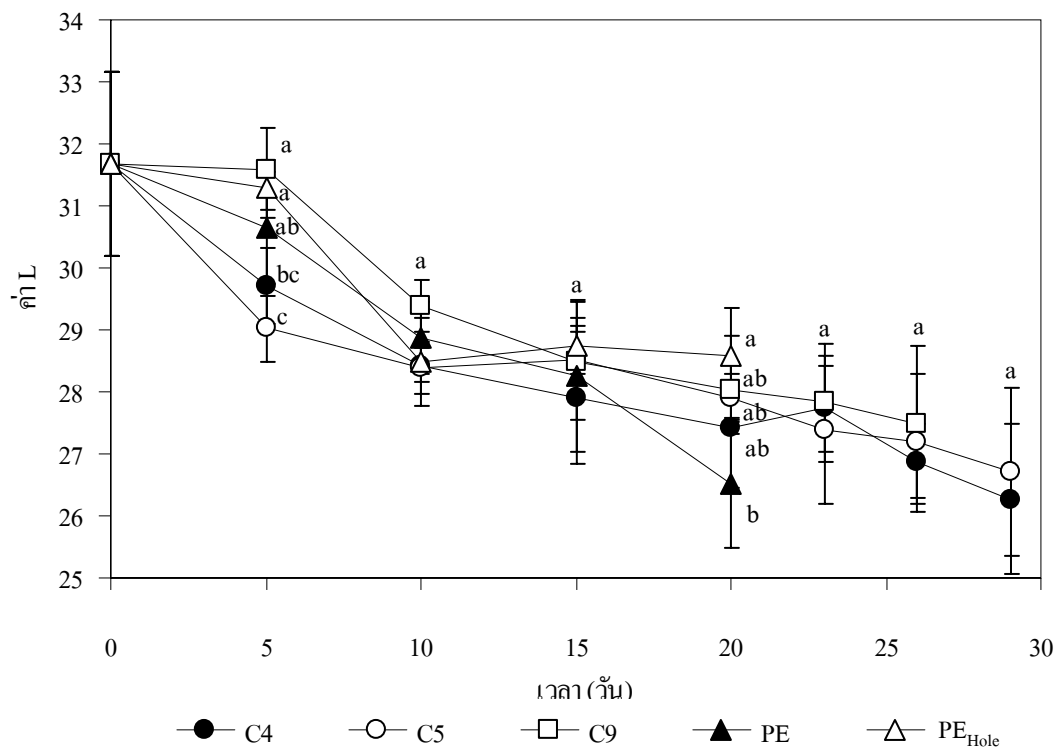
หมายเหตุ N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 26 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $R^2$ ) ระหว่างค่าสี (ค่า L a b และ Hue angle) และการเปลี่ยนแปลงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนสี และ คะแนนความชอบรวม)

	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, $R^2$ )			
	L	a	b	Hue angle
คะแนนสี	0.85	0.07	0.50	0.68
คะแนนความชอบรวม	0.85	0.08	0.51	0.67

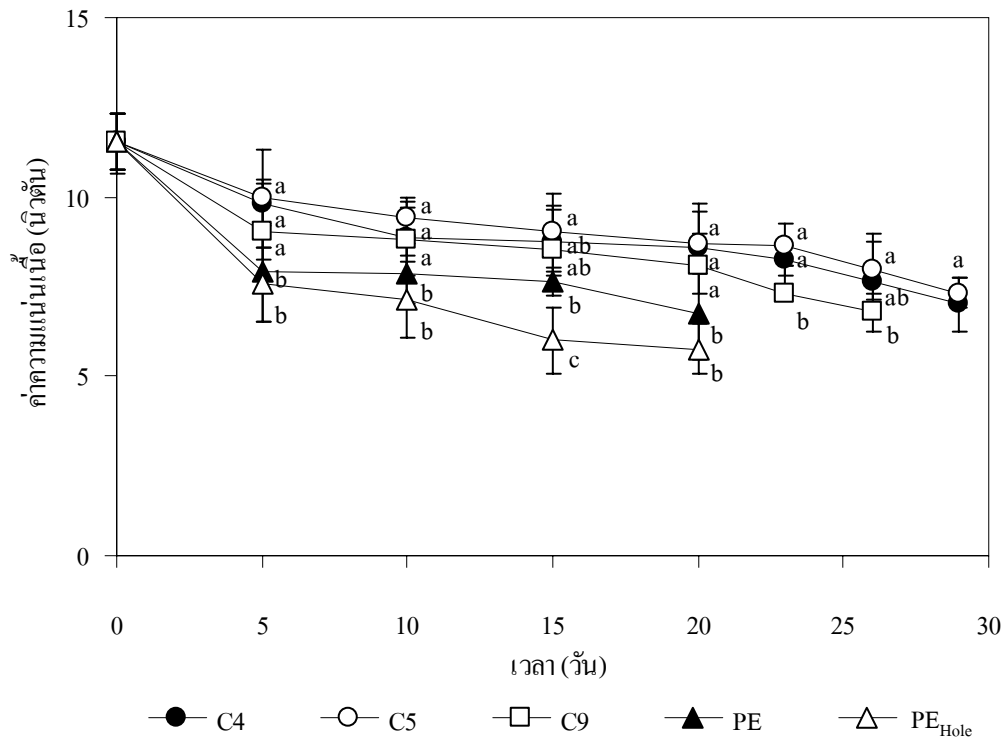


ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงค่า L ของพริกชี้หนูสด 100 กรัม ที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

### 3.2.3 ความแน่นเนื้อ

พริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 และ C5 สามารถลดการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ดีที่สุด โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ในวันที่ 29 ของการเก็บรักษา ดังแสดงในภาพที่ 22 แต่เมื่อพิจารณาค่าที่ได้จากการทดลองพบว่า การบรรจุพริกชี้หนูสดในถุงพลาสติก C5 สามารถลดการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ดีที่สุดในขณะที่พริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก PE<sub>Hole</sub> มีการลดลงของความแน่นเนื้ออย่างรวดเร็วและมีค่าน้อยที่สุด ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับพริกชี้หนูสดที่บรรจุฟิล์มชนิดอื่นๆ ค่าความแน่นเนื้อของพริกชี้หนูสดลดลงอย่างรวดเร็วหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน และมีแนวโน้มลดลงตลอดการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องมาจากการสูญเสียน้ำหนักของพริกชี้หนู ทำให้พริกสูญเสียความต่งของเซลล์ ซึ่งให้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกันกับการเก็บรักษาพริกหวานพันธุ์ 'Maor' ในฟิล์ม HDPE ที่สามารถลดการสูญเสียน้ำ และลดกิจกรรมของเอนไซม์ Polygalacturonase ทำให้มีค่าความแน่นเนื้อที่ดีกว่าพริกหวานที่ไม่ได้บรรจุในฟิล์ม (Ben-Yehoshua *et al.*, 1983)

นอกจากนี้ค่าความแน่นเนื้อยังมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient,  $R^2$ ) กับคะแนนลักษณะขั้วมากถึง 0.91 ดังนั้นการตัดสินใจยอมรับลักษณะขั้วของพริกชี้หนูอาจใช้ค่าความแน่นเนื้อ เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจการยอมรับ ก่อนใช้คุณภาพทางด้านอื่นมาตัดสินใจ ลักษณะเดียวกับการตัดสินใจการยอมรับของผลมะนาวที่ใช้คุณภาพด้านสีเป็นเกณฑ์ (จันทร์จิรา, 2545)



ภาพที่ 22 ค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

### 3.2.4 ความเป็นกรด-เบส (pH)

พริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 และ C5 มีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ค่าความเป็นกรด-เบสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ยกเว้นวันที่ 29 ของการเก็บรักษา แต่เมื่อพิจารณาค่าที่ได้จากการทดลองพบว่า การบรรจุพริกชี้หนูสดในถุงพลาสติก C4 มีค่าความเป็นกรดมากที่สุด ในขณะที่พริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก C9 มีค่าความเป็นกรดน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับพริกชี้หนูสดที่บรรจุฟิล์มชนิดอื่นๆ (ตารางที่ 27) ค่าความเป็นกรด-เบสที่ได้ในทุกทริทเมนต์ มีค่าใกล้เคียงกัน และลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยค่าความเป็นกรด-เบสจะลดลงหลังการเก็บรักษานาน 15 วัน หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ไปตลอดการเก็บรักษา ทั้งนี้เพราะบริเวณผิวพริกมีค่าการซึมผ่านของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าแก๊สออกซิเจนถึง 10 เท่า (Banks and Nicholson, 2000) และฟิล์มพลาสติก C4 มีอัตราการซึมผ่านของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ดังนั้นปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่แพร่ผ่านเข้ามาภายในภาชนะบรรจุจะซึมผ่านผิวพริกและละลายรวมกับปริมาณน้ำในพริก ทำให้มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ลดลง หรือมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (Phillips, 1996)

**ตารางที่ 27** ความเป็นกรด-เบสของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ฟิล์ม	ความเป็นกรด-เบส (pH)								
	วันที่	0	5	10	15	20	23	26	29
C4		5.58 <sup>ns</sup>	5.34 <sup>b</sup>	5.09 <sup>c</sup>	4.91 <sup>d</sup>	5.04 <sup>c</sup>	5.05 <sup>c</sup>	4.93 <sup>c</sup>	4.89 <sup>b</sup>
C5		5.58 <sup>ns</sup>	5.52 <sup>a</sup>	5.10 <sup>c</sup>	4.90 <sup>d</sup>	5.17 <sup>b</sup>	5.09 <sup>b</sup>	4.99 <sup>b</sup>	4.98 <sup>a</sup>
C9		5.58 <sup>ns</sup>	5.47 <sup>a</sup>	5.17 <sup>b</sup>	5.01 <sup>b</sup>	5.24 <sup>a</sup>	5.26 <sup>a</sup>	5.20 <sup>a</sup>	N/A
PE		5.58 <sup>ns</sup>	5.32 <sup>b</sup>	5.23 <sup>a</sup>	5.11 <sup>a</sup>	5.22 <sup>a</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		5.58 <sup>ns</sup>	5.45 <sup>a</sup>	5.07 <sup>c</sup>	4.94 <sup>c</sup>	4.99 <sup>d</sup>	N/A	N/A	N/A

**หมายเหตุ** N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 3.2.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ร้อยละ)

พริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ร้อยละ) มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับพริกชี้หนูสดที่บรรจุฟิล์มชนิดอื่นๆ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ตลอดการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 28 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ร้อยละ) ในทุกทริทเมนต์ มีค่าใกล้เคียงกันและลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่หลังจากเก็บรักษาประมาณ 3 สัปดาห์ค่าจะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย ซึ่งให้ผลในลักษณะเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงของ Amezonic Pepper (Barrera *et al.*, 2005)

ตารางที่ 28 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ร้อยละ) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ฟิล์ม	กรดที่ไทเทรตได้ (ร้อยละ)								
	วันที่	0	5	10	15	20	23	26	29
C4		0.33 <sup>ns</sup>	0.302 <sup>a</sup>	0.210 <sup>a</sup>	0.162 <sup>b</sup>	0.136 <sup>a</sup>	0.110 <sup>a</sup>	0.212 <sup>a</sup>	0.206 <sup>a</sup>
C5		0.33 <sup>ns</sup>	0.193 <sup>c</sup>	0.170 <sup>b</sup>	0.170 <sup>a</sup>	0.106 <sup>c</sup>	0.113 <sup>a</sup>	0.129 <sup>c</sup>	0.157 <sup>b</sup>
C9		0.33 <sup>ns</sup>	0.221 <sup>b</sup>	0.184 <sup>ab</sup>	0.166 <sup>ab</sup>	0.102 <sup>c</sup>	0.083 <sup>b</sup>	0.150 <sup>b</sup>	N/A
PE		0.33 <sup>ns</sup>	0.229 <sup>b</sup>	0.174 <sup>b</sup>	0.126 <sup>c</sup>	0.114 <sup>b</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		0.33 <sup>ns</sup>	0.291 <sup>a</sup>	0.189 <sup>ab</sup>	0.169 <sup>a</sup>	0.118 <sup>b</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 3.2.6 การเกิดเชื้อรา (ร้อยละ)

การบรรจุพริกชี้หนูสดในถุงพลาสติก C4 และ C5 สามารถชะลอการเกิดเชื้อรา (ร้อยละ) ที่สามารถสังเกตเห็นด้วยสายตาได้นานที่สุด เนื่องจากมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำสูง ปริมาณไอน้ำภายในภาชนะบรรจุมีน้อย พริกชี้หนูสดในถุงพลาสติก C4 และ C5 จึงเกิดเชื้อราที่สังเกตเห็นได้ด้วยสายตาช้าที่สุด ในขณะที่พริกชี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก PE<sub>Hole</sub> เกิดการเสื่อมเสียจากเชื้อราที่สังเกตเห็นได้ด้วยสายตารวดเร็วที่สุด และคิดเป็นค่าเฉลี่ยของร้อยละของการเกิดเชื้อราที่สังเกตเห็นได้ด้วยสายตาบนพริกชี้หนูเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณพริกชี้หนูทั้งหมดใน 1 ถุงพลาสติกมากที่สุดถึงร้อยละ 13.32 ดังแสดงในตารางที่ 29 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์บนพริก (Spices) เพื่อการจำหน่ายปลีกในประเทศอินเดียที่พบว่า พริกที่บรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิทมีปริมาณเชื้อราน้อยกว่าพริกที่ไม่ได้บรรจุในภาชนะบรรจุ และเชื้อราเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในพริกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 97 ของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Banerjee and Sarkar, 2003) การเกิดเชื้อราเป็นข้อจำกัดของอายุการเก็บรักษาพริก (Jacxsens *et al.*, 2002)

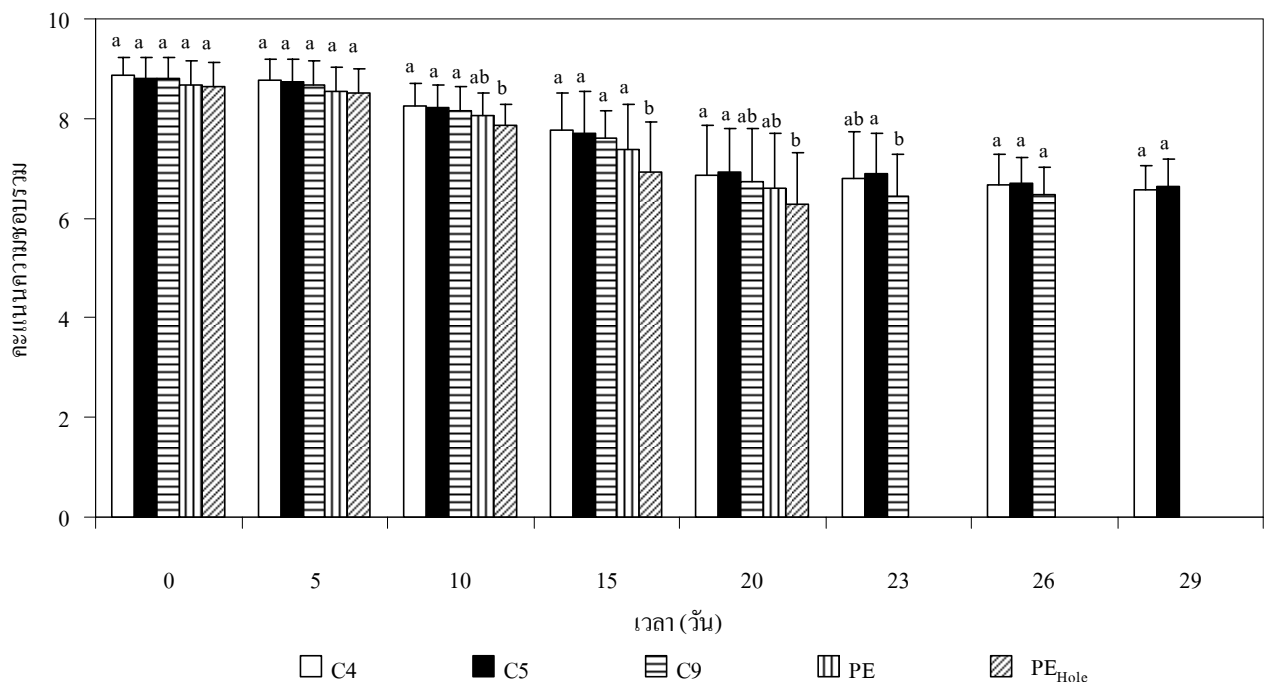
ตารางที่ 29 การเกิดเชื้อราที่สังเกตเห็นได้ด้วยสายตา (ร้อยละ) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ฟิล์ม	การเกิดเชื้อราที่สังเกตเห็นได้ด้วยสายตา (ร้อยละ)								
	วันที่	0	5	10	15	20	23	26	29
C4		0	0	0	0	0	0	0	12.14 (30 วัน)
C5		0	0	0	0	0	0	0	9.55 (30 วัน)
C9		0	0	0	0	0	0	0	7.57 (27 วัน)
PE		0	0	0	0	0	8.13 (21 วัน)		
PE <sub>Hole</sub>		0	0	0	0	0	13.32 (21 วัน)		

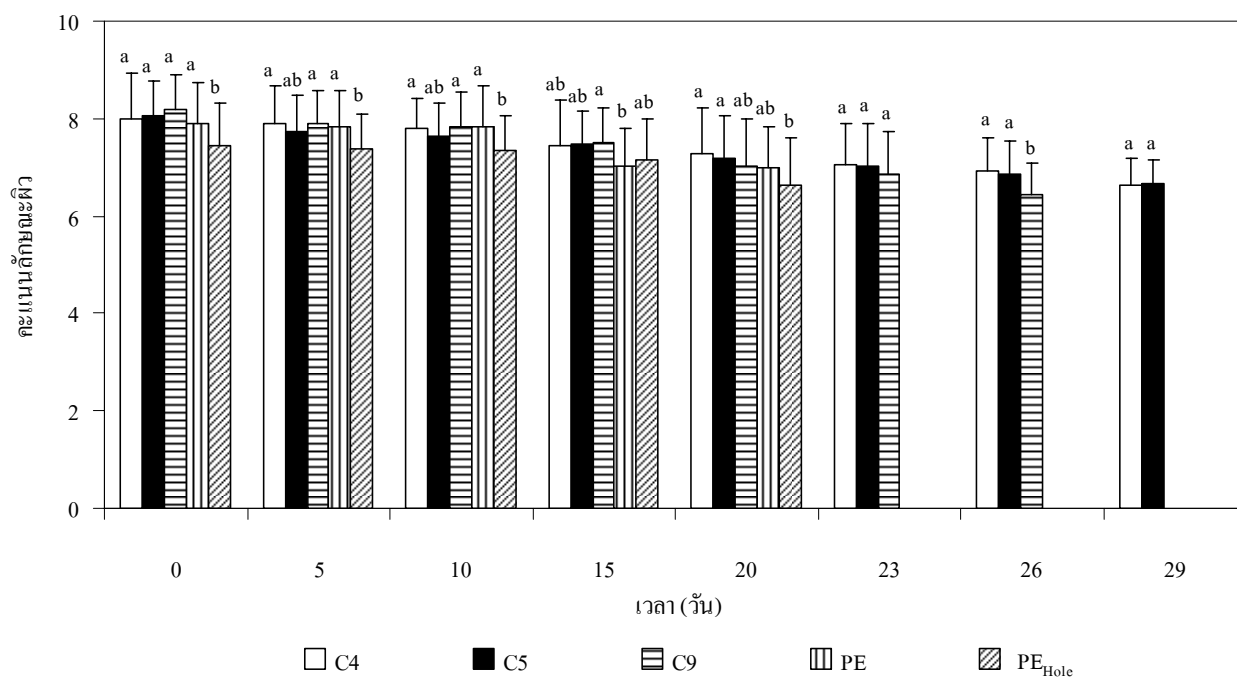
หมายเหตุ ตัวเลขภายในวงเล็บ หมายถึง วันที่พริกชี้หนูสดเกิดเชื้อราที่สังเกตเห็นได้ด้วยสายตา

### 3.2.7 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

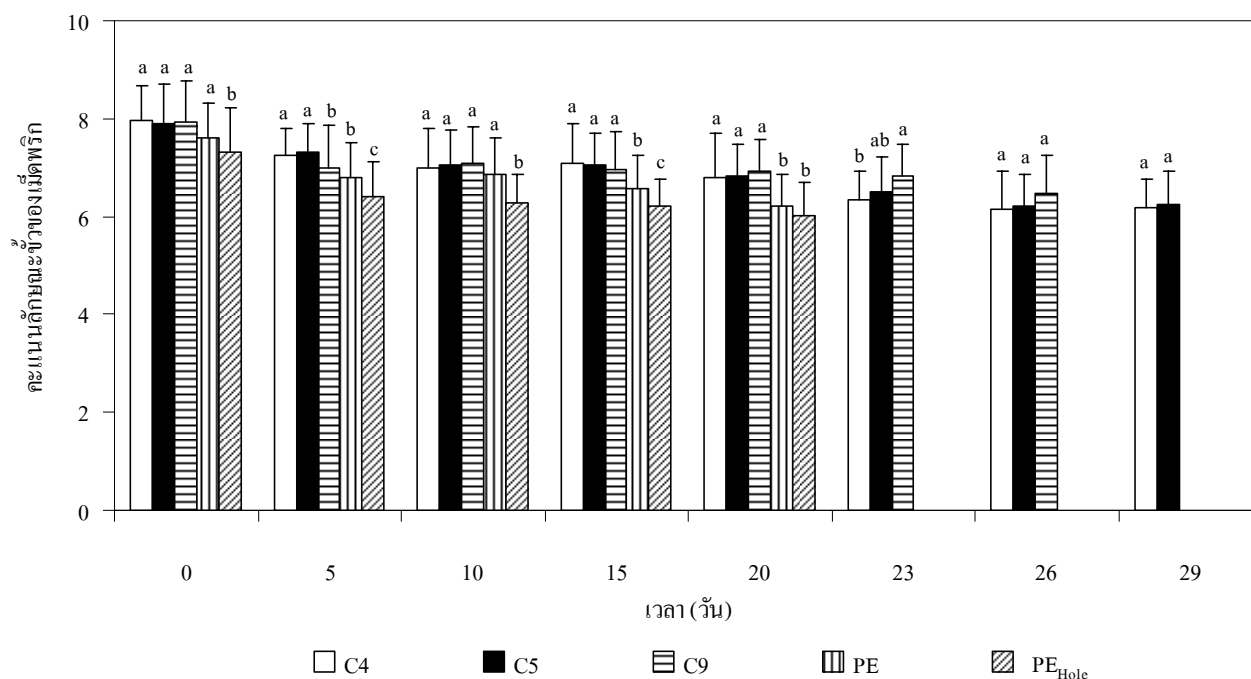
คะแนนความชอบรวมที่ผู้บริโภคมีต่อพริกขี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก C5 มีค่ามากที่สุด คะแนนความชอบรวมของผู้บริโภคที่มีต่อพริกขี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 มีค่ารองลงมา และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนพริกขี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก PE<sub>Hole</sub> มีคะแนนความชอบรวมน้อยที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 23 เนื่องมาจากพริกขี้หนูเกิดการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้ความตึงผิวลดลง เกิดการเหี่ยวยุบ เมื่อเปรียบเทียบกับพริกขี้หนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดอื่น และผู้บริโภคจะไม่ซื้อพริกขี้หนูเลย เมื่อเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อรา นอกจากนี้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคมีต่อพริก ได้แก่ ลักษณะผิว ลักษณะขั้ว สี และขนาดของผลพริก ดังแสดงในภาพที่ 24 25 26 และ 27 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ระหว่างการเก็บรักษา แต่คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคมีต่อกลิ่นของพริก ดังแสดงในภาพที่ 28 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ตลอดการเก็บรักษา



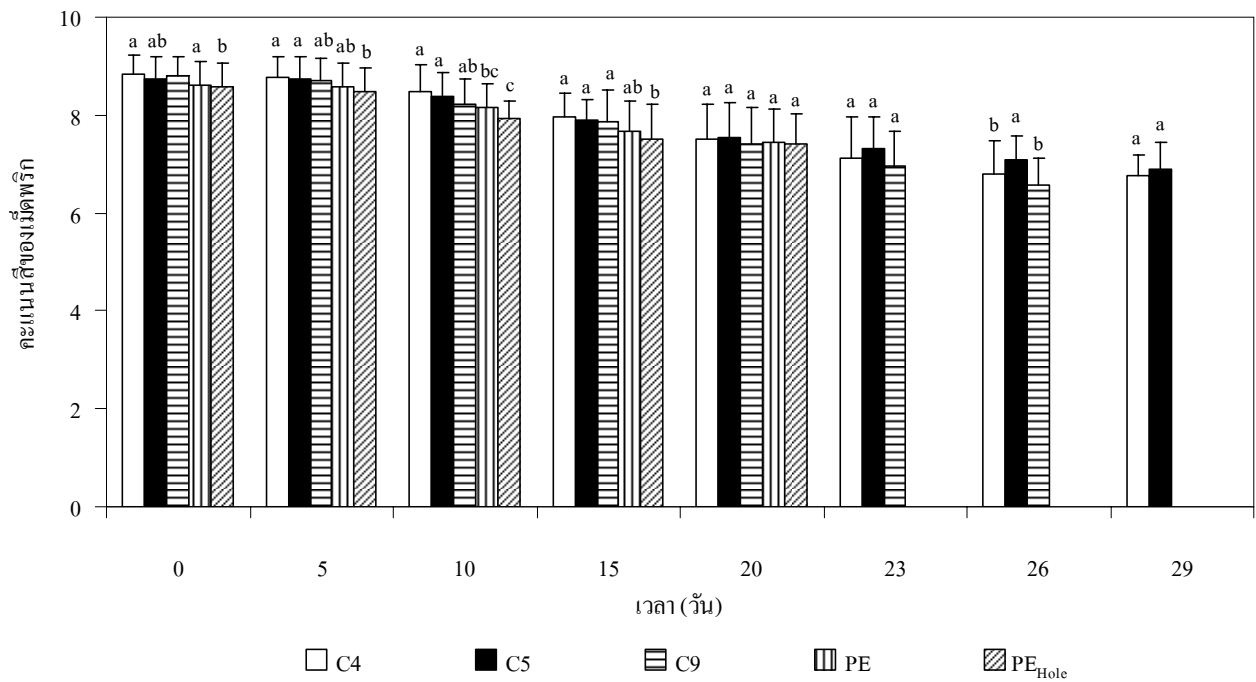
ภาพที่ 23 คะแนนความชอบรวมที่ผู้บริโภคมีต่อพริกขี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (แบ่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ))



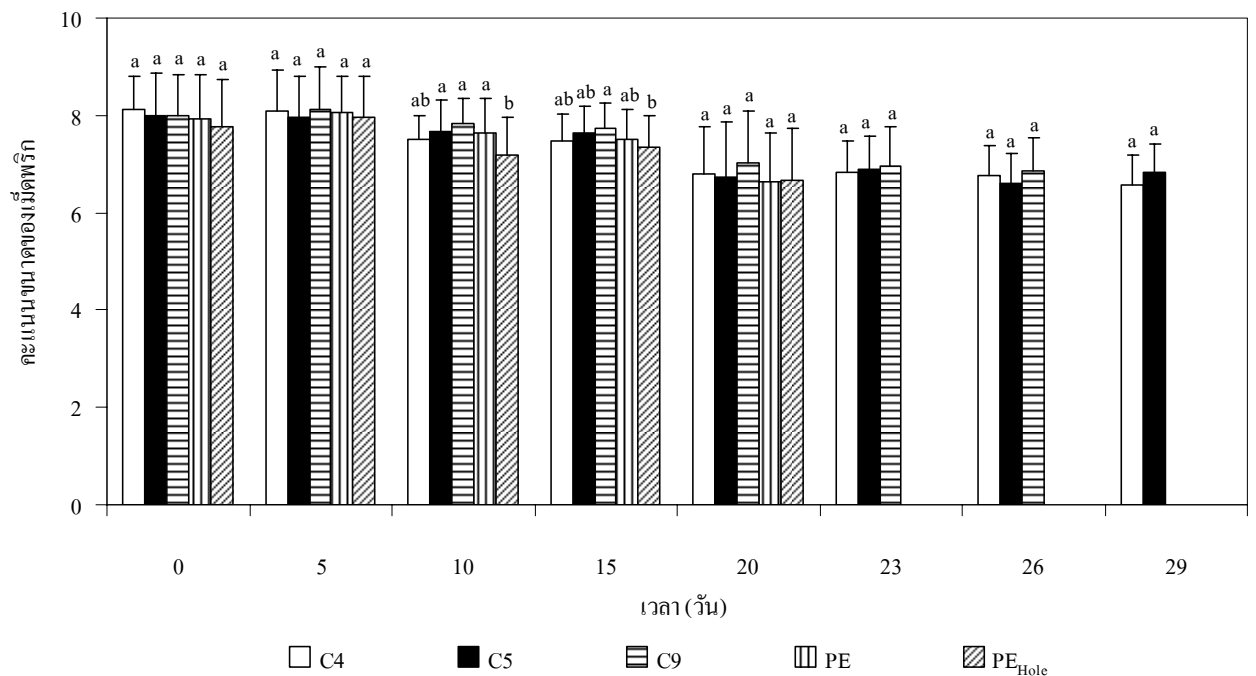
**ภาพที่ 24** คะแนนลักษณะผิวของฟริกซ์หนูสค 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ))



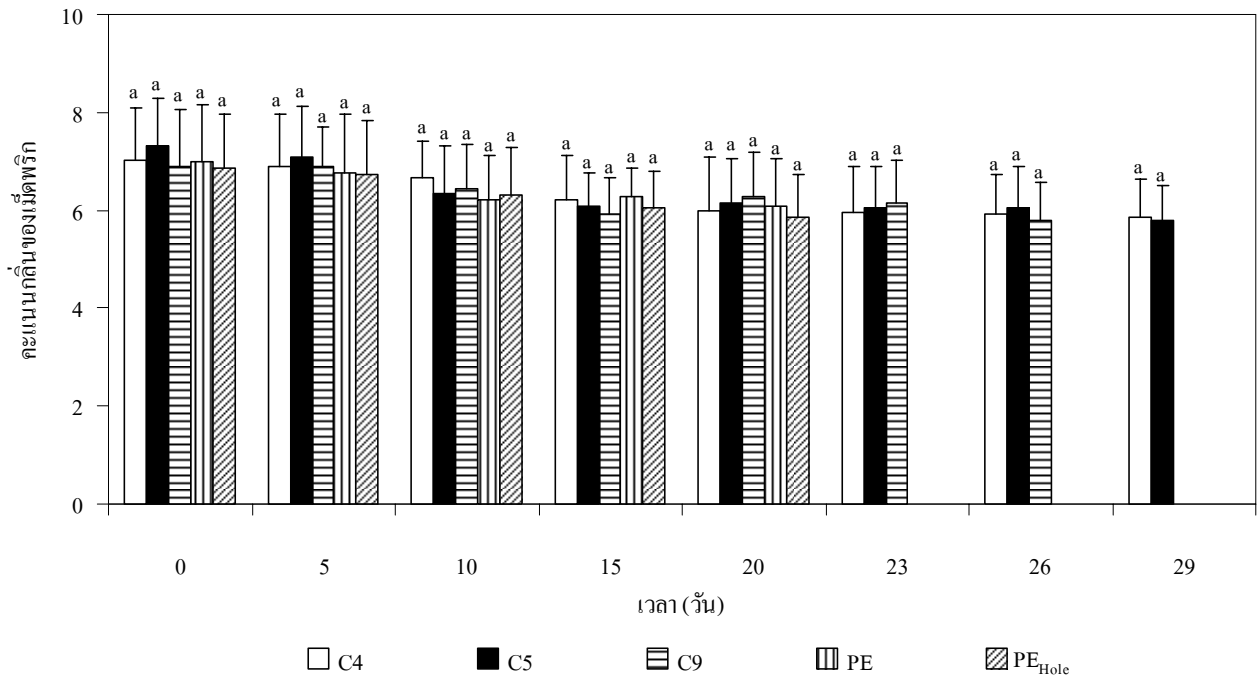
**ภาพที่ 25** คะแนนลักษณะขี้ของแม่ฟริกซ์หนูสค 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ))



ภาพที่ 26 คะแนนสีของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ))



ภาพที่ 27 คะแนนขนาดของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ))



**ภาพที่ 28** คະแนนกลืนของฟริกซ์น้ำหนัก 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ))

เมื่อพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความชอบรวมของผู้บริโภค ได้แก่ ลักษณะผิว ลักษณะขั้ว สี ขนาด และกลืนของฟริกซ์ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า คະแนนที่มีความสัมพันธ์ต่อคะแนนความชอบรวมมากที่สุด ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 30 คະแนนที่มีความสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $R^2$ ) กับคะแนนความชอบรวมสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่นๆ

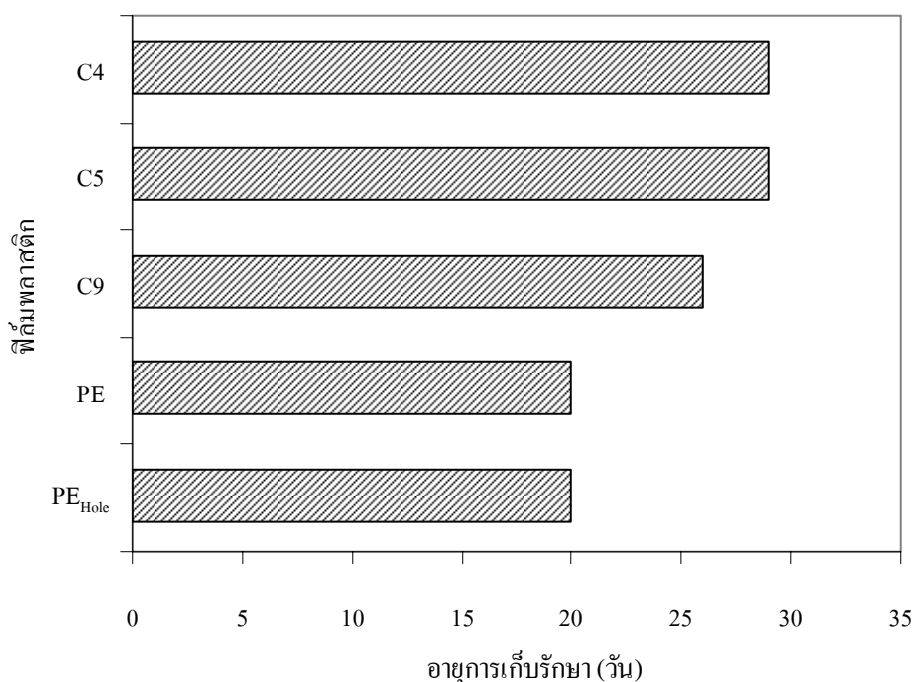
**ตารางที่ 30** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $R^2$ ) ระหว่างการเปลี่ยนแปลง คະแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของฟริกซ์และคะแนนความชอบรวม

	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, $R^2$ )				
	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะผิว	ลักษณะขั้ว	สี	ขนาด	กลืน
คะแนนความชอบรวม	0.92	0.77	0.97	0.94	0.90

จากการทดลองศึกษาผลของฟิล์มพลาสติกที่มีต่อคุณภาพพริกชี้หนูสด พบว่าชนิดของฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน ทำให้มีสัดส่วนของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (EMA) และเวลาที่ใช้เข้าสู่สภาวะสมดุลต่างกัน สัดส่วนของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (EMA) และเวลาที่ใช้เข้าสู่สภาวะสมดุล มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตผล สัดส่วนของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (EMA) ที่เหมาะสมและเวลาที่ใช้เข้าสู่สภาวะสมดุลเร็วที่สุด ทำให้ผลิตผลมีคุณภาพดีและเก็บรักษาได้นานที่สุด

ฟิล์มพลาสติก C4 และ C5 มีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง ปริมาณแก๊สภายในถุงพลาสติก C4 และ C5 จึงเข้าสู่สภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (EMA) พร้อมกันและเร็วที่สุด มีปริมาณแก๊สภายในภาชนะบรรจุเป็น 12%O<sub>2</sub> 2%CO<sub>2</sub> และ 7%O<sub>2</sub> 3%CO<sub>2</sub> ตามลำดับ พริกชี้หนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 และ C5 จึงมีคุณภาพดีกว่าพริกชี้หนูที่บรรจุในฟิล์มอื่น โดยชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ชะลอการเกิดเชื้อรา เพิ่มการเปลี่ยนแปลงสีแดงของพริก และมีคะแนนความชอบรวมของผู้บริโภคสูง การบรรจุพริกชี้หนูสดด้วยฟิล์มพลาสติก C4 และ C5 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 29 วัน ซึ่งมากกว่าเมื่อเทียบกับพริกชี้หนูสดที่บรรจุด้วยฟิล์มพลาสติก PE ที่มีอายุการเก็บรักษาเพียง 20 วัน ดังแสดงในภาพที่ 29

อายุการเก็บรักษาพริกชี้หนูสดที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผู้ประกอบการสามารถเปลี่ยนการขนส่งสินค้า จากการขนส่งทางอากาศมาเป็นการขนส่งทางทะเล สำหรับเส้นทางระยะใกล้ เช่น จากประเทศไทยไปสิงคโปร์และฮ่องกง ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการขนส่งสินค้า 5 วัน จากประเทศไทยไปญี่ปุ่นและจีน ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการขนส่งสินค้า 10 วัน (เปรมชัย, 2546) ผู้ประกอบการสามารถลดค่าใช้จ่ายและขนส่งสินค้าได้เพิ่มมากขึ้นในคราวเดียวกัน โดยที่พริกชี้หนูสดยังมีลักษณะปรากฏที่ดีและมีระยะเวลาของการจัดจำหน่ายบนชั้นวางสินค้าสูง



ภาพที่ 29 อายุการเก็บรักษาฟริกซีหนูสด 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพระหว่างฟริกซีหนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 และ C5 พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 29 วัน ฟริกซีหนูสดที่บรรจุในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ในด้านการสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) การเปลี่ยนแปลงสี ค่าความแน่นเนื้อ และคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภครวม แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ในด้านการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ร้อยละ)

แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าที่ได้จากการทดลอง พบว่า ฟริกซีหนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C5 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า (ร้อยละ) ส่งผลให้มีค่าความแน่นเนื้อที่ดีกว่า และมีการเปลี่ยนแปลงสีที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดมากกว่า นอกจากนี้ยังมีคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคน้อยกว่าฟริกซีหนูที่บรรจุในถุงพลาสติก C4 อีกทั้งถุงพลาสติก C4 มีราคาสูงกว่า C5 ดังนั้นการบรรจุฟริกซีหนูสด 100 กรัม ด้วยฟิล์มพลาสติก C5 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสจึงมีความเหมาะสมมากกว่าทุกพรีทเมนต์

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $R^2$ ) ของคุณภาพในด้านต่างๆ ของพริก ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ค่าสี (L a b และ Hue angle) ความแน่นเนื้อ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนลักษณะผิว ลักษณะขั้ว สี ขนาด กลิ่น และความชอบรวมของพริก) รายงานผลโดยนำเสนอความสัมพันธ์ที่มีค่าสูง (ประมาณ 0.90 ขึ้นไป) ดังแสดงในตารางที่ 31 พบว่า ค่าความแน่นเนื้อมีความสัมพันธ์ต่อคะแนนลักษณะขั้วมากที่สุด คะแนนสีมีความสัมพันธ์ต่อคะแนนลักษณะผิว และคะแนนความชอบรวมมากที่สุด ดังจะเห็นได้จากคู่คุณภาพที่พิจารณามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับคู่คุณภาพอื่นๆ

ตารางที่ 31 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $R^2$ ) ระหว่างการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพริก

ฟิล์ม	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, $R^2$ )						คะแนนความ	
	L	a	b	Hue angle	firmness	คะแนนสี	ชอบรวม	
คะแนนลักษณะผิว	0.77	0.24	0.58	0.53	0.75	<b>0.93</b>	0.92	
คะแนนลักษณะขั้ว	0.72	0.31	0.48	0.25	<b>0.91</b>	0.77	0.77	
คะแนนสี	0.85	0.07	0.49	0.68	0.72	1.00	<b>0.97</b>	

## สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการบรรจุที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของพริกชี้หนูสดที่อุณหภูมิค่า สรุปได้ว่า

1. อุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการเก็บรักษาพริก การเก็บรักษาพริกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเหมาะสมต่อการเก็บรักษาพริกชี้หนูสดโดยไม่เกิดอาการสะท้านหนาวเลยตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 29 วัน

2. สภาวะบรรยากาศตัดแปลงภายในภาชนะบรรจุพริกชี้หนูสดที่ได้จากการทำนายด้วยโมเดลคณิตศาสตร์แตกต่างจากการทดลองในสภาวะจริง เนื่องจากมีปัจจัยเกี่ยวข้องแตกต่างกัน ได้แก่ ค่า RQ และปริมาณแก๊สบริเวณช่องว่างเหนือผลิตผลภายในภาชนะบรรจุ (Headspace) จึงควรมีการปรับปรุงและทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

3. ชนิดของฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน ทำให้มีสัดส่วนของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สภาวะบรรยากาศตัดแปลงแบบสมมูล (EMA) และเวลาที่ใช้เข้าสู่สภาวะสมมูลต่างกัน สัดส่วนของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สภาวะบรรยากาศตัดแปลงแบบสมมูล (EMA) และเวลาที่ใช้เข้าสู่สภาวะสมมูล มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตผล เรียงลำดับปริมาณแก๊สภายในภาชนะบรรจุและเวลาที่ใช้เข้าสู่สภาวะสมมูลของผลิตผลที่มีคุณภาพดีและมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด ไปยังผลิตผลที่มีคุณภาพลดลงและมีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุด ดังนี้ ภาชนะบรรจุ C4 และ C5 มีปริมาณแก๊ส  $12\%O_2$   $2\%CO_2$  และ  $7\%O_2$   $3\%CO_2$  ตามลำดับ ใช้เข้าสู่สภาวะสมมูลเร็วที่สุด 3 วัน รองลงมา ได้แก่ ภาชนะบรรจุ C9 มีปริมาณแก๊ส  $3\%O_2$   $3\%CO_2$  ใช้เวลาเข้าสู่สภาวะสมมูล 4 วัน และภาชนะบรรจุ PE มีปริมาณแก๊ส  $3\%O_2$   $4\%CO_2$  ใช้เวลาเข้าสู่สภาวะสมมูลช้าที่สุด ส่วนภาชนะบรรจุ PE เจาะรู ( $PE_{hole}$ ) มีปริมาณแก๊ส  $21\%O_2$   $0.03\%CO_2$  และไม่เข้าสู่สมมูลตลอดการเก็บรักษา

4. การเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อรา เป็นข้อจำกัดของการเก็บรักษาพริกชี้หนูสด

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2548. การส่งออกสินค้าสำคัญของไทย. การค้าระหว่างประเทศ  
ของไทย. แหล่งที่มา: [http://www.ops2.moc.go.th/trade/trade\\_exp.html](http://www.ops2.moc.go.th/trade/trade_exp.html), 27 มกราคม 2549.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2543. เอกสารแนะนำที่ 20 เรื่องการปลูกพริก. กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

กุลภรณ์ อ้นนานนท์. 2543. การวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์จากการปรับปรุงพันธุ์พริกให้  
ต้านไวรัส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จรงค์ แก้วประสิทธิ์. 2545. พริก (Chilli). วารสารจารย์พา 66: 28 – 30.

จันทร์จิรา พิมพ์เวียน. 2545. อิทธิพลของสารเคลือบผิวบางชนิดต่อคุณภาพมะนาวในระหว่างการ  
เก็บรักษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. ศรีวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 4.  
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396น.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและ  
ฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม. 453น.

เปรมชัย วิศิษฎ์วุฒิกุล. 2546. การส่งออก-การนำเข้า. การขนส่ง (Shipment). แหล่งที่มา:  
[http://www.geocities.com/mr\\_premchai/SHIPMENT/shipment.html](http://www.geocities.com/mr_premchai/SHIPMENT/shipment.html), 27 มกราคม 2549.

มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2541. พริก. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

วรรณิ ฉินศิริกุล อศิรา เฟื่องฟูชาติ และวาณี ชนเห็นชอบ. 2548. การพัฒนาเทคโนโลยีฟิล์มบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับยืดอายุผักและผลไม้สด, น. 9-24. ใน เอกสารประกอบงานประกาศผลรางวัลนักเทคโนโลยีดีเด่นและนักเทคโนโลยีรุ่นใหม่ ปี 2548. มูลนิธิส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในพระบรมราชูปถัมภ์ และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ.

สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2533. การพัฒนาผลิตภัณฑ์พริก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เสาวคนธ์ บุญนา. 2545. ผลของอุณหภูมิ สภาพปรับบรรยากาศ และการเก็บในสารละลายน้ำตาลต่อคุณภาพเนื้อขนุนพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2536. การจัดมาตรฐานผลสด. กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

Adam, M.R., A.D. Hartley and L.J. Cox. 1989. Factors affecting the efficacy of washing procedures used in the production of prepared salads. **Food Microbiol.** 6: 69-77.

Artes, F., V.H. Escalona and F. Artes-Hdez. 2002. Modified atmosphere packaging of fennel. **J. Food Sci.** 67: 1550 – 1554.

Banerjee, M. and P.K. Sarkar. 2003. Microbiological quality of some retail spices in India. **Food Research International** 36: 469-474.

Banks, N.H. and S.E. Nicholson. 2000. Internal atmosphere composition and skin permeance to gases of pepper fruit. **Postharvest Biol. and Technol.** 18: 33-41.

Barrera, J.A., M.S. Hernandez, L.M. Melgarejo and J.P. Fernandez-Trujillo. 2005. Physiological changes in Amazonic hot pepper accessions during growth, ripening and storage. **Acta Hort (ISHS)** 682: 2207-2214.

- Brackett, R.E. 1987. Microbiological consequences of minimally processed fruit and vegetables. **J. Food Qual.** 10: 195-206.
- Beachat, L.R. and D.A. Golden. 1989. Antimicrobial occurring naturally in foods. **Food Technol.** 43(1): 134-142.
- Beaudry, R.M. 2000. Responses of horticultural commodities to low oxygen: limits to the expanded use of modified atmosphere packaging. **HortTechnology** 10: 491-500.
- Ben-Yehoshua, S., B. Shapiro, Z.E. Chen and S. Lurie. 1983. Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bell peppers by alleviation of water stress. **Plant Physiol.** 73: 87-93.
- Biles, C.L., M.M. Wall and K. Blackstone. 1993. Morphological and physiological changes during maturation of new Mexican type peppers. **J.Amer.Soc.Hort.Sci.** 118: 476-480.
- Bosland, P.W. and E.J. Votava. 2000. **Peppers: vegetable and spice capsicums.** CABI Publishing, New York, USA.
- Brody, A.L., E.R. Strupinsky and L.R. Kline. 2001. **Active Packaging for Food Applications.** Technomic Publishing Company, Inc., Pennsylvania, USA.
- Bussel, J. and Z. Kenigsberger. 1975. Packaging green bell peppers in selected permeability films. **J. Food Sci.** 40: 1300-1303.
- Cantwell, M. 2001. Properties and recommended conditions for long-term storage of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Technology Research and Information Center.** Available source: <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/Storage/properties-english.pdf>, June 23,2003.

- Fonseca, S.C., F.A.R. Oliveira and J.K. Brecht. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. 2002. **Journal of Food Engineering** 52: 99-119.
- Garcia, J.M., R.J. Medina and J.M. Olias. 1998. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. **J. Food Sci.** 63: 1037-1041.
- Gonzalez-Aguilar, G.A. 2004. Pepper. **Agriculture handbook 66 (USDA – ARS(Agricultural Research Service))**. Available Source: <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/106pepper.pdf>, April 21, 2005.
- Gross, K.C., A.E. Watada, M.S. Kang, S.D. Kim, K.W. Kim and S.W. Lee. 1986. Biochemical changes associated with the ripening of hot pepper fruit. **Physiol. Plant.** 66: 31-36.
- Harris, L.F. 1998. Peppers ; Safe Methods to Store, Preserve, and Enjoy. **University of California**. Available Source : <http://anrcatalog.ucdavis.edu>, November 3,2002.
- Hussein, A., J.A. Odumeru, T. Ayanbadejo, H. Faulkner, W.B. McNab, H. Hager and L. Szijarto. 2000. Effects of processing and packaging on vitamin C and  $\beta$ -carotene content of ready-to-use (RTU) vegetables. **Food Research International** 33: 131-136.
- Izumi, H. 1999. Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables. **J.Food Sci.** 64: 536-539.
- Jacxsens, L., F. Devlieghere and J. Debevere. 2002. Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce. **Postharvest Biol. and Technol.** 26: 59-73.

- Jecheon, P., P. SungMin, Y. KeunChang and J. CheonSoon. 2001. Changes in postharvest physiology and quality of hot pepper fruits by harvest maturity and storage temperature. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science** 42(3): 289-294.
- Jeon, B.S. and C.Y. Lee. 1999. Shelf-life extension of America Fresh Ginseng by Controlled Atmosphere Storage and Modified Atmosphere Packaging. **J.Food Sci.** 64: 328-331.
- Kader, A.A. and C.B. Watkins. 2000. Modified atmosphere packaging toward 2000 and beyond. **HortTechnology** 10(3): 483-486.
- Lownds N.K., M. Banaras and P.W. Bosland. 1993. Relationship between postharvest water loss and physical properties of pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). **HortScience** 28: 1182-1184.
- Lownds N.K., M. Banaras and P.W. Bosland. 1994. Postharvest water loss and storage quality of nine pepper (capsicum) cultivars. **HortScience** 29: 191-193.
- Meir, S., I. Rosenberger, Z. Aharon, . Grinberg and E.Fallik. 1995. Improvement of the postharvest keeping quality and colour improvement of bell pepper (cv.'Maor') by packaging with polyethylene bags at a reduced temperature. **Postharvest Biol. and Technol.** 5: 303-309.
- Mir, N. and R.M. Beaudry. 2004. Modified Atmosphere Packaging. **Agriculture handbook 66 (USDA – ARS(Agricultural Research Service))**. Available Source: <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/015map.pdf>, November 3, 2005.
- Nikornpun, M. and P. Lumyong. 1989. Tomato and pepper production and Improvement in Thailand, pp. 566 – 575. *In* T.D.Griggs, eds. **Proceeding of the International Symposium on Integrated Management Practices**. Asia Vegetable Research and Development, Taipei.

- Platenius, H. 1942. Effect of temperature on the respiration rate and respiration quotient of some vegetables. **Plant Physiol.** 17: 179 – 198.
- Phillips, C.A. 1996. Review: Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. **International Journal of Food Science and Technology** 31: 463-479.
- Rajput, J.C. and Y.R. Parulekar. 1998. Capsicum, pp. 203-224. *In* D.K. Salunkhe and S.S. Kadam, eds. **Handbook of Vegetable Science and Technology**. Marcel Dekker, Inc., Newyork.
- Romig, W.R. and N. Mir. 2004. Packaging Technology for Fresh Produce. **American Society for Platiculture**. Available source: [http:// www. plasticulture.org/history\\_packaging\\_ technology.htm](http://www.plasticulture.org/history_packaging_technology.htm), November3, 2005.
- Rooney, M.L. 1995. Active packaging in polymer films, pp. 74-110. *In* M.L. Rooney, ed. **Active Food Packaging**. Blackie Academic & Professional, UK.
- Sanz, C., A.G. Perez, R. Olias and J.M.Olias. 1999. Quality of strawberries packed with perforated polypropylene. **J. Food Sci.** 64: 748-752.
- Skog, L.J. 1998. **Chilling injury of horticultural crops - Factsheet 98-021**. Ministry of Agriculture and food. Ontario, Canada.
- Smith, P.G., B. Villalon and P.L. Villa. 1987. Horticultural classication of peppers grown in the United States. **HortScience** 22(1): 11-13.
- SungMin, P., K.W. Hee, K. IlSeop and J. cheonSoon. 2001. Effect of storage temperature and relative humidity on the quality of red hot pepper and sweet pepper. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science** 42(5): 519-522

- Suparlan and K. ITOH. 2003. Combined effects of hot water treatment (HWT) and modified atmosphere packaging (MAP) on quality of tomatoes. **Packag. Technol. Sci.** 16: 171-178
- Thompson, A.K. 1996. Postharvest Technology of Fruit and Vegetables. Blackwell Science Ltd., USA. Cited D. Amuttiratana and W. Passornisiri. 1992. *In* M.H. Bhatti, A. Hafeez , A. Jagger and M. Farooq, eds. **Postharvest losses of vegetables: A report on a workshop 22 October 1992 at the Pakistan Agricultural Research Council**, Food and Agriculture Organization of The United Nations regional cooperation for vegetable research and development, Islamabad, Pakistan.
- Thomson, G., S. Winkler, F. Hopkings, S. Vujovic, L. Toohey, S. Moore and W. morgan. 2001. Diversity Asian Vegetable Markets: Asian Vegetables in Every Household. **RIRDC**. Available source : [http:// www. rirc.gov.au/reports/AFO/01-02sum.html](http://www.rirc.gov.au/reports/AFO/01-02sum.html), April 28, 2003.
- USDA. 2000. U.S. fresh fruit and vegetable value chain. **Fresh Fruit and Vegetable Marketing and Trade Information**. Available Source : <http://cook.ucdavis.edu/motp/fruit1.xls>, January 17, 2003.
- Vicente, A.R., C. Pineda, L. Lemoine, P.M. Civello, G.A. Martinez and A.R. Chaves. 2005. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. **Postharvest. Biol. Technol.** 35: 69-78.
- Villavicencio, L., S.M. Blankenship, D.C. Sanders and W.H. Shallow. 1999. Ethylene and carbon dioxide production in detached fruit of selected pepper cultivars. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 124: 402-406.
- Wang, C.Y. 1990. **Chilling injury of horticultural crops**. CRC Press, Inc. United State.

Watkins, C.B. 2000. Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. **HortTechnology** 10: 501-505.

Weiss, E.A. 2002. **Spice crops**. CABI Publishing, New York, USA.

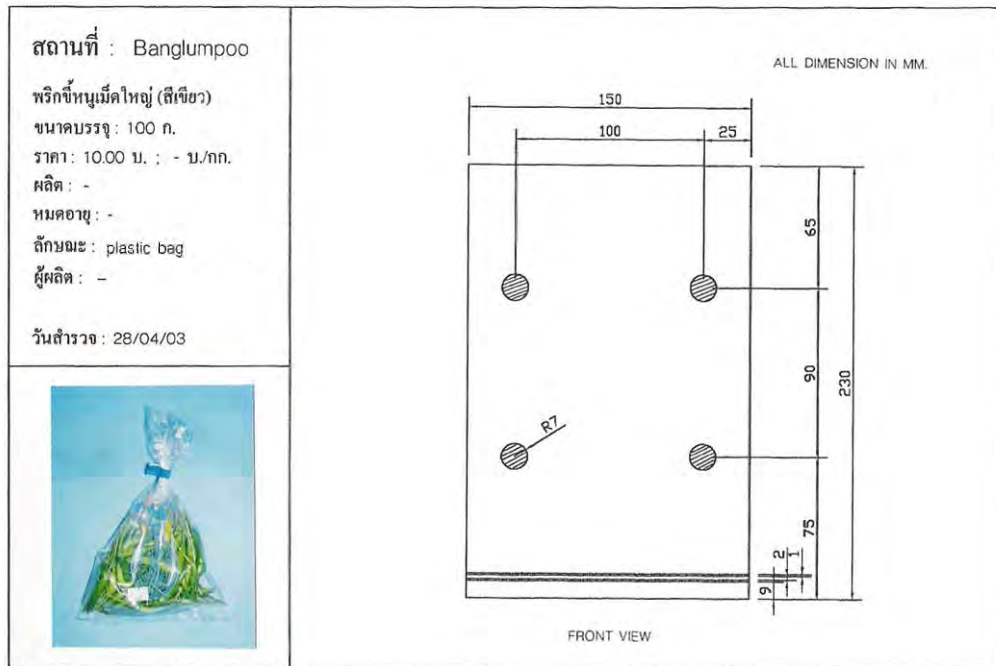
William Horwitz, ed. 2000. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Chemist**. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg.

Yam K.L. and D.S. Lee. 1995. Design of modified atmosphere packaging for fresh produce, pp. 55-73. *In* M.L. Rooney, ed. **Active Food Packaging**. Blackie Academic & Professional, Glasgow G64 2NZ.

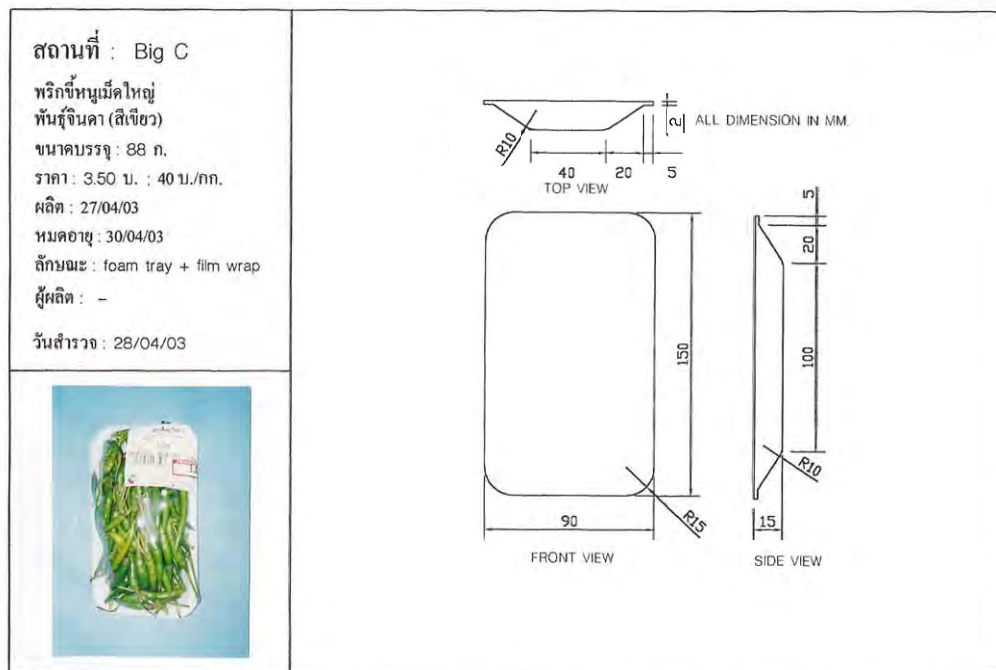
Zagory, D. and A.A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technol.** 42(8): 70-77.

ภาคผนวก

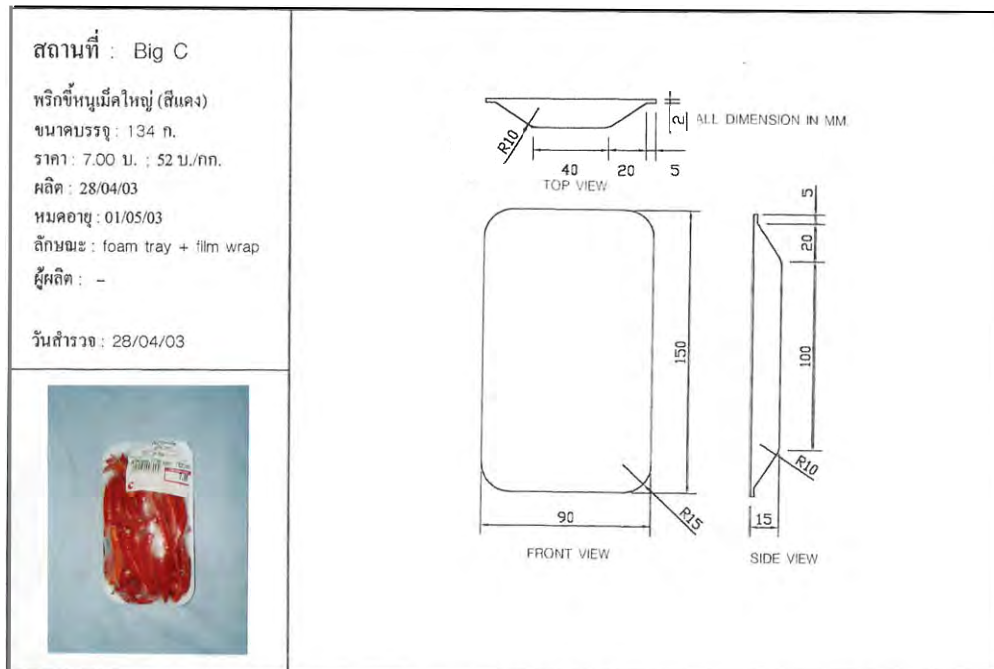
ภาคผนวก ก



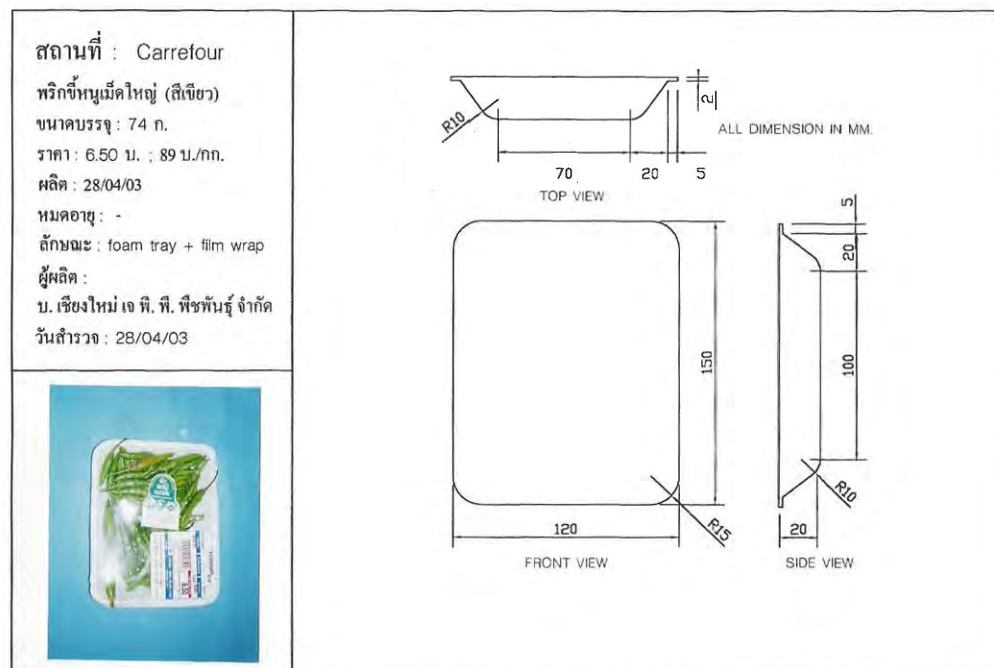
ภาพผนวกที่ ก1 ภาพขณะบรรจุพริกขี้หนูสด (สีเขียว) เพื่อการขายปลีกที่ห้างสรรพสินค้าBanglumpoo



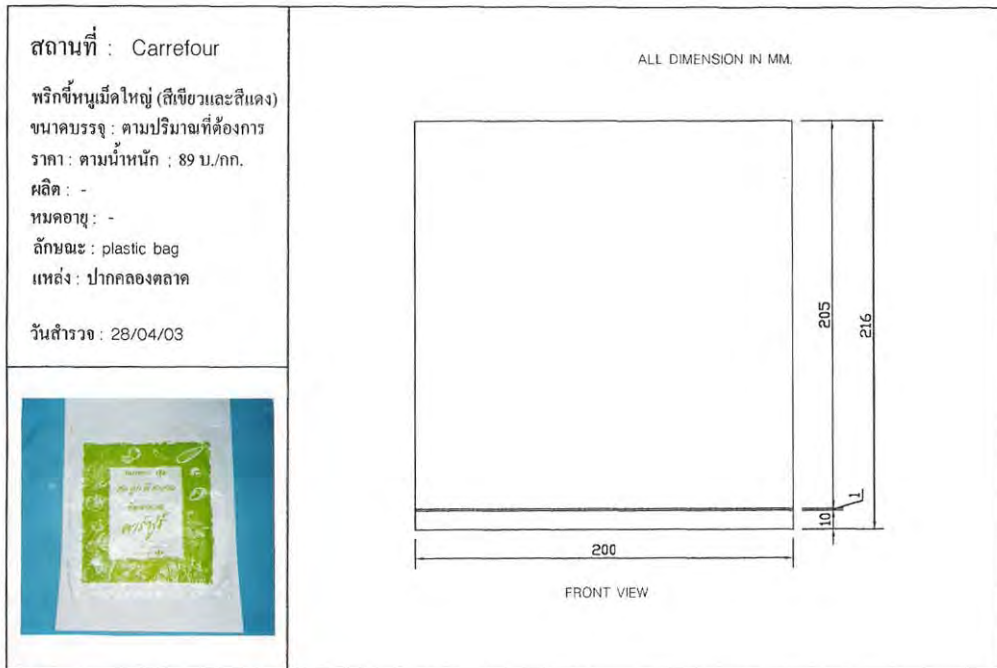
ภาพผนวกที่ ก2 ภาพขณะบรรจุพริกขี้หนูสด (สีเขียว) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้าBig C



ภาพผนวกที่ ก3 ภาพขณะบรรจุพริกขี้หนูสด (สีแดง) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้าBig C

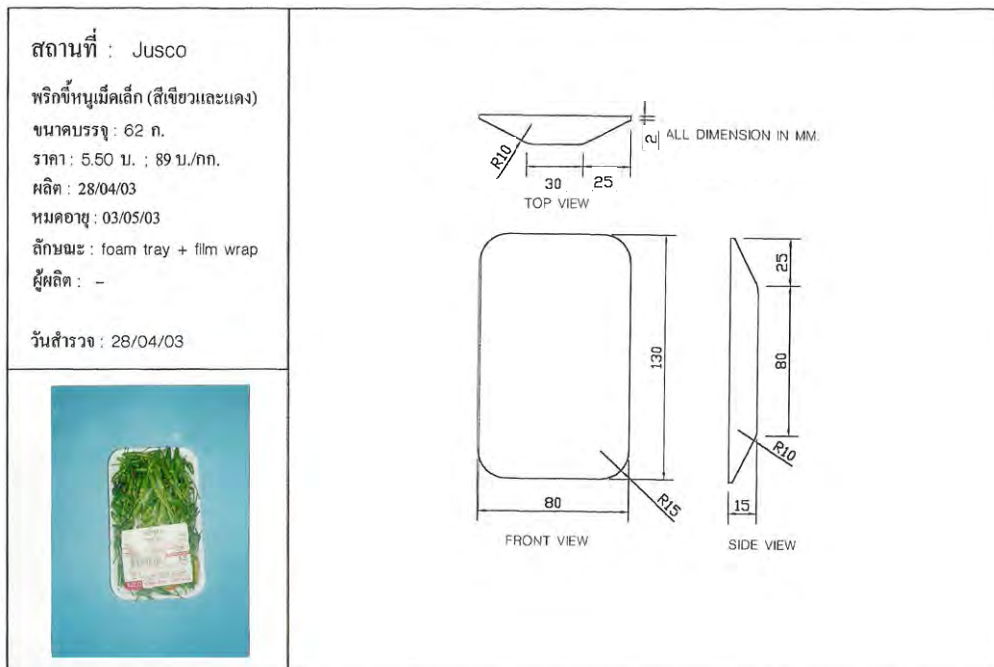


ภาพผนวกที่ ก4 ภาพขณะบรรจุพริกขี้หนูสด (สีเขียว) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้าCarrefour



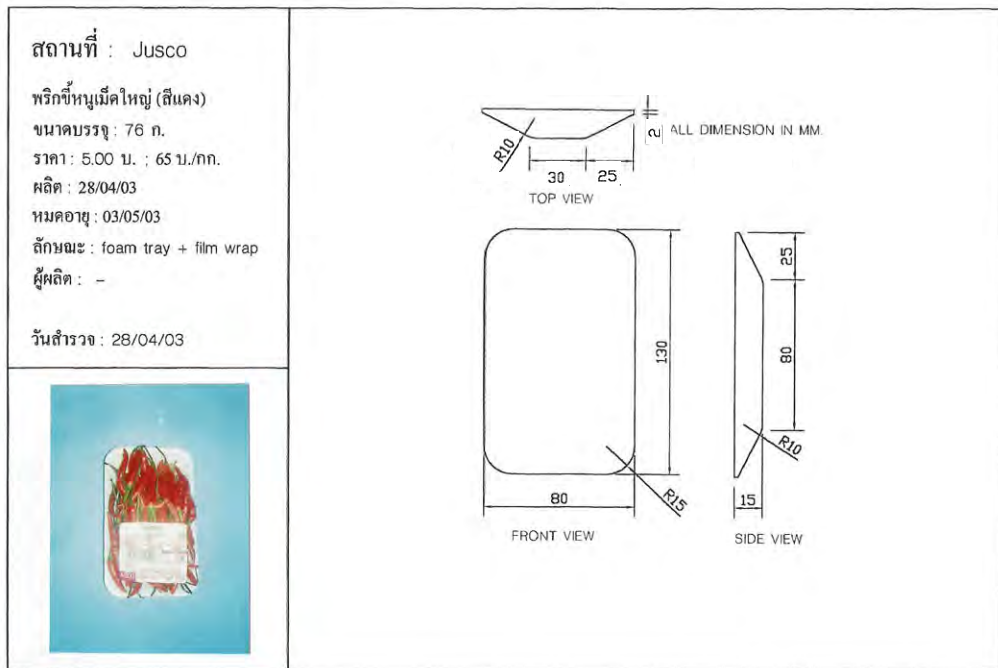
ภาพผนวกที่ ก5 ภาพขณะบรรจุผักขี้นหนุสด (สีเขียวและสีแดง) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า

Carrefour

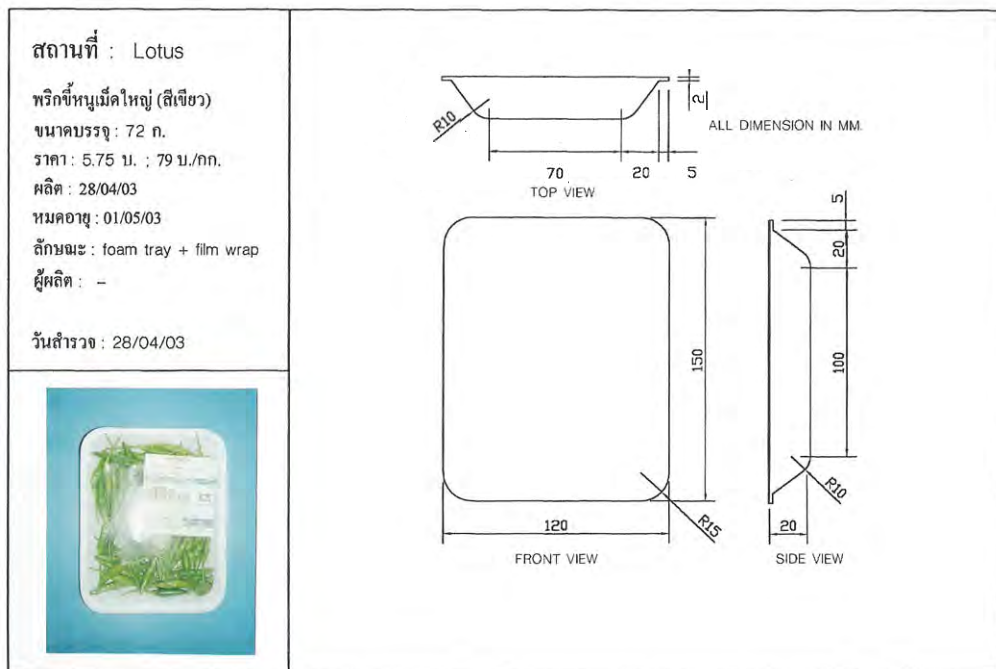


ภาพผนวกที่ ก6 ภาพขณะบรรจุผักขี้นหนุสด (สีเขียวและสีแดง) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า

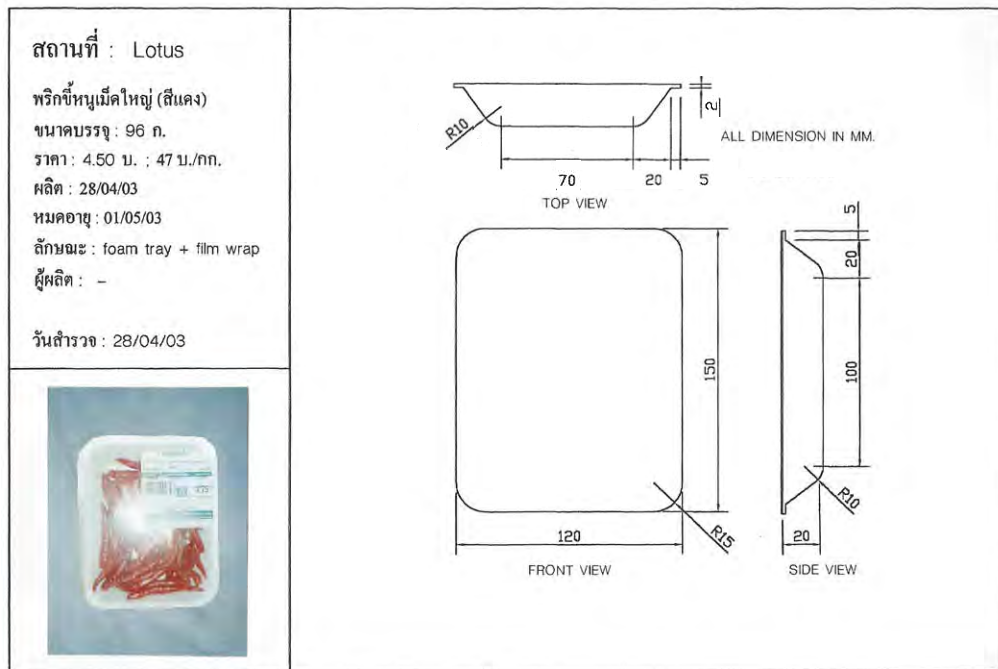
Jusco



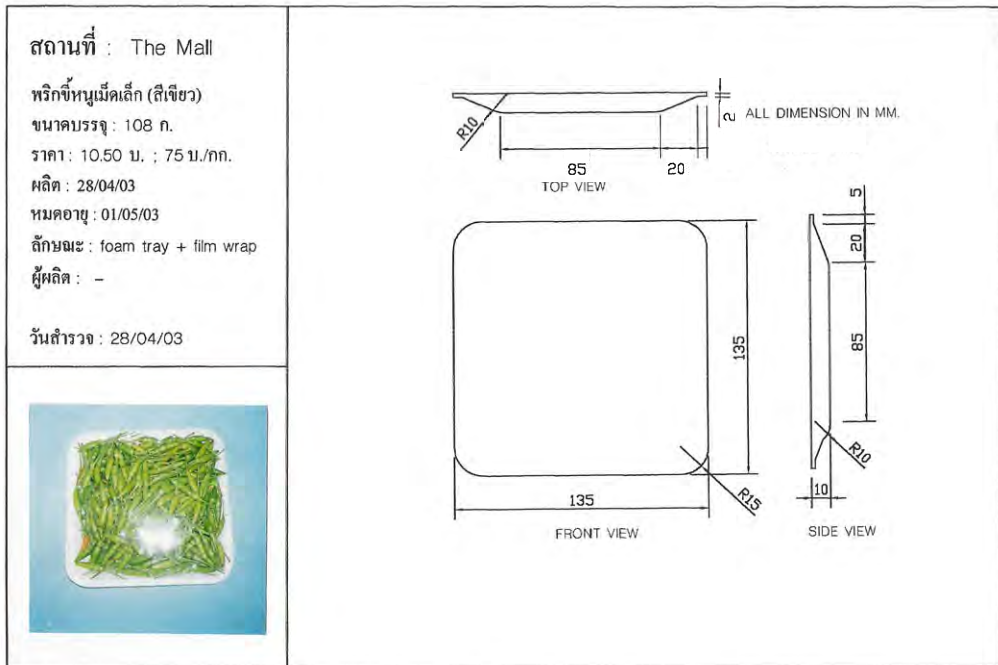
ภาพผนวกที่ ก7 ภาพขณะบรรจุพริกขี้หนูสด (สีแดง) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้าJusco



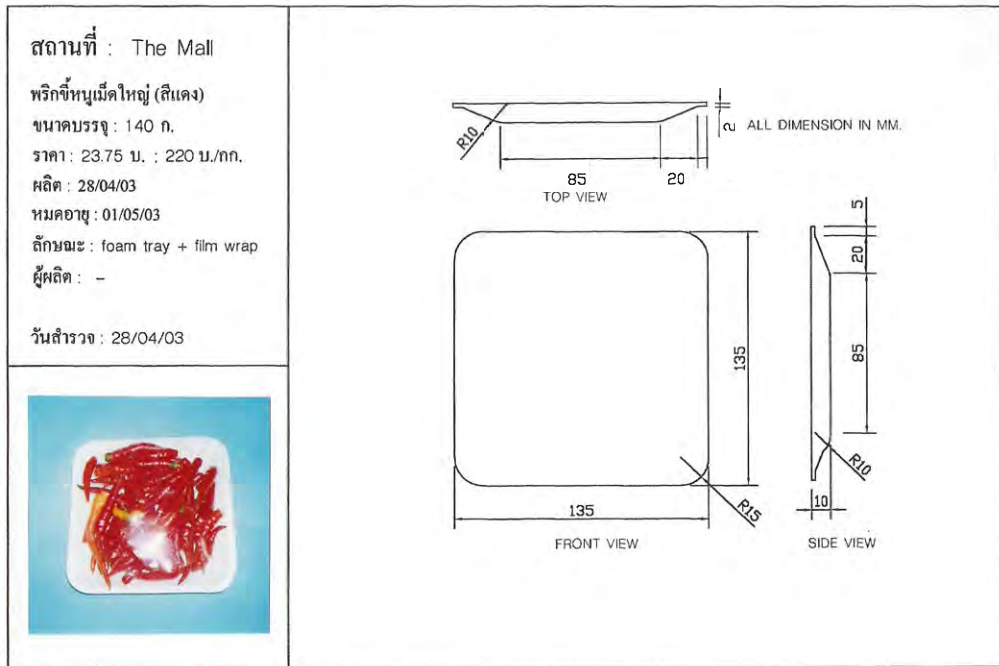
ภาพผนวกที่ ก8 ภาพขณะบรรจุพริกขี้หนูสด (สีเขียว) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้าLotus



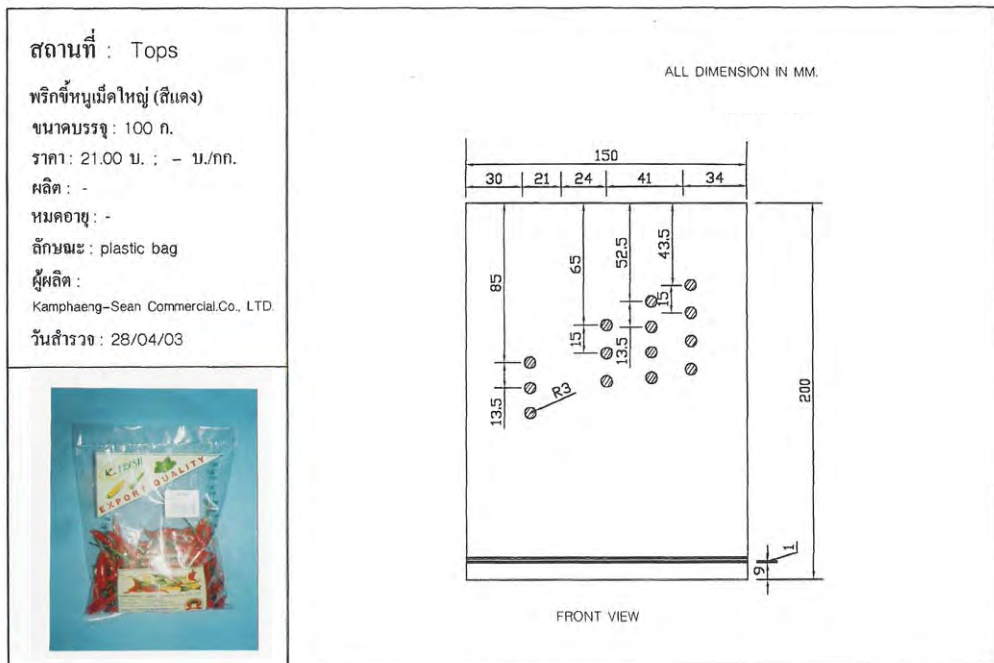
ภาพผนวกที่ ก9 ภาพขณะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีแดง) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า Lotus



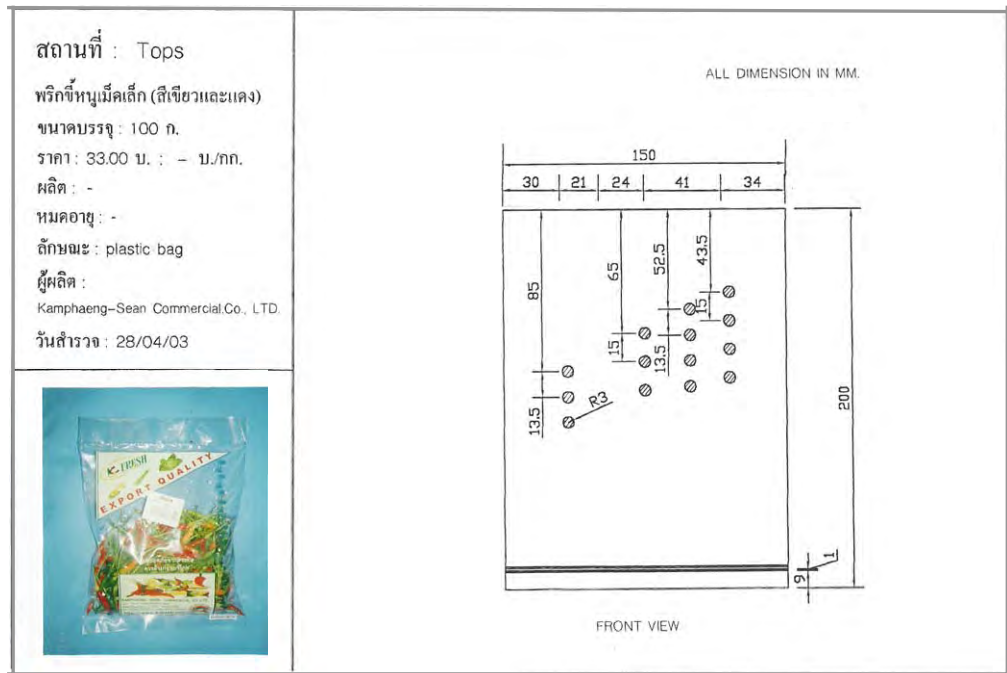
ภาพผนวกที่ ก10 ภาพขณะบรรจุพริกชี้หนูสด (สีเขียว) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้า The Mall



ภาพผนวกที่ ก11 ภาพขณะบรรจุพริกขี้หนูสด (สีแดง) เพื่อการขายปลีก ที่ห้างสรรพสินค้าThe Mall



ภาพผนวกที่ ก12 ภาพขณะบรรจุพริกขี้หนูสด (สีแดง) เพื่อการขายปลีกที่Tops Supermarket



ภาพผนวกที่ ก13 ภาพระบุบรรจุพริกชี้หนูสด (สีเขียวและสีแดง) เพื่อการขายปลีกที่ Tops Supermarket

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการทดลอง

ตารางผนวกที่ ข1 การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 20)

ฟิล์ม	การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) <sup>L</sup>								
	วันที่	0	5	10	15	20	23	26	29
C4		0.00	0.09±0.01 <sup>b</sup>	0.28±0.06 <sup>b</sup>	0.52±0.02 <sup>b</sup>	0.68±0.03 <sup>b</sup>	0.84±0.06 <sup>a</sup>	0.98±0.08 <sup>a</sup>	1.20±0.17 <sup>ns</sup>
C5		0.00	0.07±0.02 <sup>b</sup>	0.31±0.06 <sup>b</sup>	0.44±0.07 <sup>b</sup>	0.50±0.06 <sup>c</sup>	0.58±0.06 <sup>b</sup>	0.67±0.07 <sup>b</sup>	0.85±0.03 <sup>ns</sup>
C9		0.00	0.03±0.02 <sup>b</sup>	0.12±0.05 <sup>b</sup>	0.24±0.02 <sup>b</sup>	0.34±0.05 <sup>d</sup>	0.38±0.02 <sup>c</sup>	0.42±0.02 <sup>c</sup>	N/A
PE		0.00	0.01±0.01 <sup>b</sup>	0.20±0.05 <sup>b</sup>	0.24±0.01 <sup>b</sup>	0.26±0.02 <sup>d</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		0.00	0.29±0.09 <sup>a</sup>	1.28±0.29 <sup>a</sup>	1.94±0.32 <sup>a</sup>	2.58±0.09 <sup>a</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ <sup>L</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ข2 การเปลี่ยนแปลงสี ค่า L ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 21)

ฟิล์ม	วันที่	ค่า L <sup>L</sup>							
		0	5	10	15	20	23	26	29
C4		31.68±1.50 <sup>ns</sup>	29.71±0.52 <sup>bc</sup>	28.43±0.42 <sup>ns</sup>	27.90±0.97 <sup>ns</sup>	27.42±1.45 <sup>ab</sup>	27.73±1.18 <sup>ns</sup>	26.88±1.11 <sup>ns</sup>	26.27±1.35 <sup>ns</sup>
C5		31.68±1.50 <sup>ns</sup>	29.02±0.63 <sup>c</sup>	28.39±0.27 <sup>ns</sup>	28.51±1.07 <sup>ns</sup>	27.91±0.09 <sup>ab</sup>	27.39±0.70 <sup>ns</sup>	27.19±0.60 <sup>ns</sup>	26.72±1.21 <sup>ns</sup>
C9		31.68±1.50 <sup>ns</sup>	31.59±0.65 <sup>a</sup>	29.39±0.43 <sup>ns</sup>	28.47±0.61 <sup>ns</sup>	28.03±0.45 <sup>ab</sup>	27.83±0.95 <sup>ns</sup>	27.48±1.28 <sup>ns</sup>	N/A
PE		31.68±1.50 <sup>ns</sup>	30.64±0.90 <sup>ab</sup>	28.87±0.59 <sup>ns</sup>	28.25±1.21 <sup>ns</sup>	26.51±1.04 <sup>b</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		31.68±1.50 <sup>ns</sup>	31.28±0.47 <sup>a</sup>	28.48±0.72 <sup>ns</sup>	28.75±0.46 <sup>ns</sup>	28.59±0.30 <sup>a</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ <sup>L</sup>ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ข3 การเปลี่ยนแปลงสี ค่า a ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 25)

ฟิล์ม	วันที่	ค่า a <sup>L</sup>							
		0	5	10	15	20	23	26	29
C4		25.61±2.05 <sup>ns</sup>	25.19±2.57 <sup>a</sup>	24.48±0.74 <sup>ns</sup>	27.57±4.13 <sup>ns</sup>	23.67±1.94 <sup>bc</sup>	25.79±1.38 <sup>ns</sup>	25.72±0.10 <sup>ns</sup>	23.74±3.69 <sup>ns</sup>
C5		25.61±2.05 <sup>ns</sup>	24.38±1.51 <sup>ab</sup>	26.20±0.55 <sup>ns</sup>	25.62±2.98 <sup>ns</sup>	26.05±1.10 <sup>ab</sup>	24.18±2.08 <sup>ns</sup>	24.66±2.19 <sup>ns</sup>	24.46±1.38 <sup>ns</sup>
C9		25.61±2.05 <sup>ns</sup>	24.92±1.42 <sup>a</sup>	26.30±0.55 <sup>ns</sup>	26.08±0.61 <sup>ns</sup>	25.15±0.88 <sup>abc</sup>	24.65±0.59 <sup>ns</sup>	24.62±1.74 <sup>ns</sup>	N/A
PE		25.61±2.05 <sup>ns</sup>	22.59±1.51 <sup>ab</sup>	26.36±2.52 <sup>ns</sup>	24.94±1.85 <sup>ns</sup>	26.26±1.01 <sup>a</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		25.61±2.05 <sup>ns</sup>	21.11±2.22 <sup>b</sup>	25.99±1.07 <sup>ns</sup>	25.57±1.36 <sup>ns</sup>	23.03±1.06 <sup>c</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ <sup>L</sup>ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ๒4 การเปลี่ยนแปลงสี ค่า b ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 25)

ฟิล์ม	วันที่	ค่า b <sup>L</sup>							
		0	5	10	15	20	23	26	29
C4		10.24±0.73 <sup>ns</sup>	10.12±1.17 <sup>ns</sup>	9.72±0.45 <sup>ns</sup>	10.59±0.82 <sup>ns</sup>	8.98±0.73 <sup>b</sup>	9.94±0.65 <sup>ns</sup>	9.90±0.22 <sup>ns</sup>	9.10±1.33 <sup>ns</sup>
C5		10.24±0.73 <sup>ns</sup>	10.06±0.66 <sup>ns</sup>	10.26±0.34 <sup>ns</sup>	9.84±1.32 <sup>ns</sup>	9.85±0.24 <sup>ab</sup>	9.17±0.55 <sup>ns</sup>	9.50±1.24 <sup>ns</sup>	9.40±0.54 <sup>ns</sup>
C9		10.24±0.73 <sup>ns</sup>	10.71±0.79 <sup>ns</sup>	10.39±0.32 <sup>ns</sup>	10.17±0.33 <sup>ns</sup>	9.87±0.14 <sup>ab</sup>	9.48±0.15 <sup>ns</sup>	9.63±0.57 <sup>ns</sup>	N/A
PE		10.24±0.73 <sup>ns</sup>	9.44±0.63 <sup>ns</sup>	10.61±0.93 <sup>ns</sup>	9.74±0.72 <sup>ns</sup>	10.32±0.68 <sup>a</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		10.24±0.73 <sup>ns</sup>	8.94±1.27 <sup>ns</sup>	10.54±0.85 <sup>ns</sup>	9.87±0.38 <sup>ns</sup>	9.20±0.46 <sup>b</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ <sup>L</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ข5 การเปลี่ยนแปลงสี ค่า Hue angle ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 25)

ฟิล์ม	วันที่	ค่า Hue angle <sup>L</sup>							
		0	5	10	15	20	23	26	29
C4		21.80±0.00	21.80±0.49 <sup>b</sup>	21.63±0.75 <sup>ns</sup>	21.30±1.49 <sup>ns</sup>	20.81±0.51 <sup>bc</sup>	21.14±0.29 <sup>ns</sup>	20.97±0.58 <sup>ns</sup>	20.98±0.29 <sup>ns</sup>
C5		21.80±0.00	22.45±0.28 <sup>ab</sup>	21.47±0.57 <sup>ns</sup>	20.97±0.58 <sup>ns</sup>	20.64±0.29 <sup>c</sup>	20.97±0.76 <sup>ns</sup>	21.14±0.76 <sup>ns</sup>	21.14±0.28 <sup>ns</sup>
C9		21.80±0.00	23.27±0.49 <sup>a</sup>	21.47±0.28 <sup>ns</sup>	21.31±0.50 <sup>ns</sup>	21.47±0.57 <sup>abc</sup>	20.98±0.29 <sup>ns</sup>	21.31±0.50 <sup>ns</sup>	N/A
PE		21.80±0.00	22.62±0.28 <sup>ab</sup>	21.96±0.28 <sup>ns</sup>	21.31±0.00 <sup>ns</sup>	21.63±0.75 <sup>ab</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		21.80±0.00	22.78±0.84 <sup>ab</sup>	22.13±0.75 <sup>ns</sup>	21.30±0.50 <sup>ns</sup>	21.80±0.00 <sup>a</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ <sup>L</sup>ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ข6 การเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อ(นิเวตน์) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 22)

ฟิล์ม	วันที่	ค่าความแน่นเนื้อ (นิเวตน์) <sup>1/</sup>							
		0	5	10	15	20	23	26	29
C4		11.55±0.77 <sup>ns</sup>	9.79±0.60 <sup>a</sup>	8.85±1.05 <sup>a</sup>	8.74±0.92 <sup>ab</sup>	8.56±1.26 <sup>a</sup>	8.23±0.43 <sup>a</sup>	7.62±1.36 <sup>ab</sup>	7.00±0.74 <sup>ns</sup>
C5		11.55±0.77 <sup>ns</sup>	9.96±1.38 <sup>a</sup>	9.40±0.61 <sup>a</sup>	9.02±1.09 <sup>a</sup>	8.72±0.87 <sup>a</sup>	8.67±0.61 <sup>a</sup>	7.95±0.82 <sup>a</sup>	7.33±0.43 <sup>ns</sup>
C9		11.55±0.77 <sup>ns</sup>	9.05±1.41 <sup>a</sup>	8.82±0.88 <sup>a</sup>	8.51±1.23 <sup>ab</sup>	8.06±0.91 <sup>a</sup>	7.30±0.81 <sup>b</sup>	6.83±0.48 <sup>b</sup>	N/A
PE		11.55±0.77 <sup>ns</sup>	7.90±1.38 <sup>b</sup>	7.87±0.83 <sup>b</sup>	7.65±0.41 <sup>b</sup>	6.74±1.26 <sup>b</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		11.55±0.77 <sup>ns</sup>	7.57±1.04 <sup>b</sup>	7.15±1.05 <sup>b</sup>	6.01±0.92 <sup>c</sup>	5.77±0.69 <sup>b</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ <sup>1/</sup>ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ๗ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 27)

ฟิล์ม	วันที่	pH <sup>M</sup>							
		0	5	10	15	20	23	26	29
C4		5.58±0.06 <sup>ns</sup>	5.34±0.04 <sup>b</sup>	5.09±0.02 <sup>c</sup>	4.91±0.01 <sup>d</sup>	5.04±0.02 <sup>c</sup>	5.05±0.02 <sup>c</sup>	4.93±0.03 <sup>c</sup>	4.89±0.02 <sup>b</sup>
C5		5.58±0.06 <sup>ns</sup>	5.52±0.09 <sup>a</sup>	5.10±0.02 <sup>c</sup>	4.90±0.01 <sup>d</sup>	5.17±0.02 <sup>b</sup>	5.09±0.03 <sup>b</sup>	4.99±0.03 <sup>b</sup>	4.98±0.02 <sup>a</sup>
C9		5.58±0.06 <sup>ns</sup>	5.47±0.03 <sup>a</sup>	5.17±0.02 <sup>b</sup>	5.01±0.02 <sup>b</sup>	5.24±0.02 <sup>a</sup>	5.26±0.02 <sup>a</sup>	5.20±0.02 <sup>a</sup>	N/A
PE		5.58±0.06 <sup>ns</sup>	5.32±0.03 <sup>b</sup>	5.23±0.02 <sup>a</sup>	5.11±0.02 <sup>a</sup>	5.22±0.02 <sup>a</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		5.58±0.06 <sup>ns</sup>	5.45±0.02 <sup>a</sup>	5.07±0.02 <sup>c</sup>	4.94±0.01 <sup>c</sup>	4.99±0.02 <sup>d</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ <sup>M</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ๖8 การเปลี่ยนแปลงค่ากรดที่ไทเทรตได้ (ร้อยละ) ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 28)

ฟิล์ม	วันที่	กรดที่ไทเทรตได้ (ร้อยละ) <sup>1/</sup>							
		0	5	10	15	20	23	26	29
C4		0.33±0.007 <sup>ns</sup>	0.302±0.004 <sup>a</sup>	0.210±0.023 <sup>a</sup>	0.162±0.001 <sup>b</sup>	0.136±0.002 <sup>a</sup>	0.110±0.004 <sup>a</sup>	0.212±0.005 <sup>a</sup>	0.206±0.002 <sup>a</sup>
C5		0.33±0.007 <sup>ns</sup>	0.193±0.014 <sup>c</sup>	0.170±0.015 <sup>b</sup>	0.170±0.004 <sup>a</sup>	0.106±0.003 <sup>c</sup>	0.113±0.004 <sup>a</sup>	0.129±0.005 <sup>c</sup>	0.157±0.005 <sup>b</sup>
C9		0.33±0.007 <sup>ns</sup>	0.221±0.001 <sup>b</sup>	0.184±0.007 <sup>ab</sup>	0.166±0.003 <sup>ab</sup>	0.102±0.002 <sup>c</sup>	0.083±0.004 <sup>b</sup>	0.150±0.004 <sup>b</sup>	N/A
PE		0.33±0.007 <sup>ns</sup>	0.229±0.003 <sup>b</sup>	0.174±0.016 <sup>b</sup>	0.126±0.001 <sup>c</sup>	0.114±0.005 <sup>b</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		0.33±0.007 <sup>ns</sup>	0.291±0.002 <sup>a</sup>	0.189±0.011 <sup>ab</sup>	0.169±0.001 <sup>a</sup>	0.118±0.004 <sup>b</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ <sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ข9 คะแนนความชอบรวมของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 23)

ฟิล์ม	วันที่	คะแนนความชอบรวม <sup>u</sup>							
		0	5	10	15	20	23	26	29
C4		8.87±0.35 <sup>ns</sup>	8.77±0.43 <sup>ns</sup>	8.27±0.45 <sup>a</sup>	7.77±0.73 <sup>a</sup>	6.87±1.01 <sup>a</sup>	6.80±0.92 <sup>ab</sup>	6.67±0.61 <sup>ns</sup>	6.57±0.50 <sup>ns</sup>
C5		8.80±0.41 <sup>ns</sup>	8.73±0.45 <sup>ns</sup>	8.23±0.43 <sup>a</sup>	7.70±0.84 <sup>a</sup>	6.93±0.87 <sup>a</sup>	6.90±0.80 <sup>a</sup>	6.70±0.53 <sup>ns</sup>	6.63±0.56 <sup>ns</sup>
C9		8.80±0.41 <sup>ns</sup>	8.67±0.48 <sup>ns</sup>	8.17±0.46 <sup>a</sup>	7.60±0.56 <sup>a</sup>	6.73±1.08 <sup>ab</sup>	6.43±0.86 <sup>b</sup>	6.47±0.57 <sup>ns</sup>	N/A
PE		8.67±0.48 <sup>ns</sup>	8.53±0.51 <sup>ns</sup>	8.07±0.45 <sup>ab</sup>	7.37±0.93 <sup>a</sup>	6.60±1.10 <sup>ab</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		8.63±0.49 <sup>ns</sup>	8.50±0.51 <sup>ns</sup>	7.87±0.43 <sup>b</sup>	6.93±0.98 <sup>b</sup>	6.27±1.05 <sup>b</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ <sup>u</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

คะแนน 9 – 1 หมายถึง ชอบมากที่สุด – ไม่ชอบมากที่สุด

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ข10 คะแนนลักษณะผิวของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 24)

ฟิล์ม	คะแนนลักษณะผิวของเม็ดพริก <sup>u</sup>								
	วันที่	0	5	10	15	20	23	26	29
C4		8.00±0.95 <sup>a</sup>	7.90±0.76 <sup>a</sup>	7.80±0.61 <sup>a</sup>	7.43±0.94 <sup>ab</sup>	7.27±0.94 <sup>a</sup>	7.07±0.83 <sup>ns</sup>	6.93±0.66 <sup>a</sup>	6.63±0.56 <sup>ns</sup>
C5		8.07±0.69 <sup>a</sup>	7.73±0.74 <sup>ab</sup>	7.63±0.67 <sup>ab</sup>	7.47±0.68 <sup>ab</sup>	7.20±0.85 <sup>a</sup>	7.03±0.85 <sup>ns</sup>	6.87±0.67 <sup>a</sup>	6.67±0.48 <sup>ns</sup>
C9		8.20±0.71 <sup>a</sup>	7.90±0.66 <sup>a</sup>	7.83±0.70 <sup>a</sup>	7.50±0.73 <sup>a</sup>	7.03±0.96 <sup>ab</sup>	6.87±0.86 <sup>ns</sup>	6.43±0.64 <sup>b</sup>	N/A
PE		7.90±0.84 <sup>a</sup>	7.83±0.75 <sup>a</sup>	7.83±0.83 <sup>a</sup>	7.03±0.76 <sup>b</sup>	7.00±0.83 <sup>ab</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		7.43±0.90 <sup>b</sup>	7.37±0.72 <sup>b</sup>	7.33±0.71 <sup>b</sup>	7.17±0.83 <sup>ab</sup>	6.63±0.96 <sup>b</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

คะแนน 9 – 1 หมายถึง ชอบมากที่สุด – ไม่ชอบมากที่สุด

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ข11 คะแนนลักษณะข้าวของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 25)

ฟิล์ม	คะแนนลักษณะข้าวของเม็ดพริก <sup>u</sup>								
	วันที่	0	5	10	15	20	23	26	29
C4		7.97±0.72 <sup>a</sup>	7.23±0.57 <sup>a</sup>	7.00±0.78 <sup>a</sup>	7.10±0.80 <sup>a</sup>	6.80±0.89 <sup>a</sup>	6.33±0.61 <sup>b</sup>	6.13±0.78 <sup>ns</sup>	6.17±0.59 <sup>ns</sup>
C5		7.90±0.80 <sup>a</sup>	7.30±0.60 <sup>a</sup>	7.07±0.69 <sup>a</sup>	7.07±0.64 <sup>a</sup>	6.83±0.65 <sup>a</sup>	6.50±0.73 <sup>ab</sup>	6.20±0.66 <sup>ns</sup>	6.23±0.68 <sup>ns</sup>
C9		7.93±0.83 <sup>a</sup>	7.00±0.87 <sup>b</sup>	7.10±0.72 <sup>a</sup>	6.97±0.76 <sup>a</sup>	6.93±0.64 <sup>a</sup>	6.83±0.65 <sup>a</sup>	6.47±0.78 <sup>ns</sup>	N/A
PE		7.60±0.72 <sup>a</sup>	6.80±0.71 <sup>b</sup>	6.87±0.74 <sup>a</sup>	6.57±0.68 <sup>b</sup>	6.20±0.66 <sup>b</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		7.30±0.92 <sup>b</sup>	6.40±0.72 <sup>c</sup>	6.27±0.60 <sup>b</sup>	6.20±0.55 <sup>c</sup>	6.03±0.67 <sup>b</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

คะแนน 9 – 1 หมายถึง ชอบมากที่สุด – ไม่ชอบมากที่สุด

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ข12 คะแนนสีของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 26)

ฟิล์ม	วันที่	คะแนนสีของพริก <sup>U</sup>							
		0	5	10	15	20	23	26	29
C4		8.83±0.38 <sup>a</sup>	8.77±0.43 <sup>a</sup>	8.47±0.57 <sup>a</sup>	7.97±0.49 <sup>a</sup>	7.50±0.73 <sup>ns</sup>	7.13±0.82 <sup>ns</sup>	6.80±0.66 <sup>b</sup>	6.77±0.43 <sup>ns</sup>
C5		8.73±0.45 <sup>ab</sup>	8.73±0.45 <sup>a</sup>	8.37±0.49 <sup>ab</sup>	7.90±0.40 <sup>a</sup>	7.53±0.73 <sup>ns</sup>	7.30±0.65 <sup>ns</sup>	7.10±0.48 <sup>a</sup>	6.90±0.55 <sup>ns</sup>
C9		8.80±0.41 <sup>ab</sup>	8.70±0.47 <sup>ab</sup>	8.23±0.50 <sup>ab</sup>	7.87±0.63 <sup>a</sup>	7.40±0.77 <sup>ns</sup>	6.97±0.73 <sup>ns</sup>	6.57±0.57 <sup>b</sup>	N/A
PE		8.60±0.50 <sup>ab</sup>	8.57±0.50 <sup>ab</sup>	8.17±0.46 <sup>bc</sup>	7.67±0.61 <sup>ab</sup>	7.43±0.77 <sup>ns</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		8.57±0.50 <sup>b</sup>	8.47±0.51 <sup>b</sup>	7.93±0.37 <sup>c</sup>	7.50±0.73 <sup>b</sup>	7.40±0.62 <sup>ns</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ <sup>U</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

คะแนน 9 – 1 หมายถึง ชอบมากที่สุด – ไม่ชอบมากที่สุด

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ข13 คะแนนขนาดของเม็ดพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 27)

ฟิล์ม	คะแนนขนาดของเม็ดพริก <sup>u</sup>								
	วันที่	0	5	10	15	20	23	26	29
C4		8.13±0.68 <sup>ns</sup>	8.10±0.84 <sup>ns</sup>	7.50±0.51 <sup>ab</sup>	7.47±0.57 <sup>ab</sup>	6.80±0.96 <sup>ns</sup>	6.83±0.65 <sup>ns</sup>	6.77±0.63 <sup>ns</sup>	6.57±0.63 <sup>ns</sup>
C5		8.00±0.87 <sup>ns</sup>	7.97±0.85 <sup>ns</sup>	7.67±0.66 <sup>a</sup>	7.63±0.56 <sup>ab</sup>	6.73±1.14 <sup>ns</sup>	6.90±0.66 <sup>ns</sup>	6.60±0.62 <sup>ns</sup>	6.83±0.59 <sup>ns</sup>
C9		8.00±0.83 <sup>ns</sup>	8.13±0.86 <sup>ns</sup>	7.83±0.53 <sup>a</sup>	7.73±0.52 <sup>a</sup>	7.03±1.07 <sup>ns</sup>	6.97±0.81 <sup>ns</sup>	6.87±0.68 <sup>ns</sup>	N/A
PE		7.93±0.91 <sup>ns</sup>	8.07±0.74 <sup>ns</sup>	7.63±0.72 <sup>a</sup>	7.50±0.63 <sup>ab</sup>	6.63±1.00 <sup>ns</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		7.77±0.97 <sup>ns</sup>	7.97±0.85 <sup>ns</sup>	7.20±0.76 <sup>b</sup>	7.33±0.66 <sup>b</sup>	6.67±1.06 <sup>ns</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ <sup>u</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

คะแนน 9 – 1 หมายถึง ชอบมากที่สุด – ไม่ชอบมากที่สุด

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ข14 คะแนนกลิ่นของเม็ดพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 28)

ฟิล์ม	วันที่	คะแนนกลิ่นของเม็ดพริก <sup>u</sup>							
		0	5	10	15	20	23	26	29
C4		7.03±1.07 <sup>ns</sup>	6.90±1.06 <sup>ns</sup>	6.67±0.76 <sup>ns</sup>	6.20±0.92 <sup>ns</sup>	6.00±1.08 <sup>ns</sup>	5.97±0.93 <sup>ns</sup>	5.93±0.78 <sup>ns</sup>	5.87±0.78 <sup>ns</sup>
C5		7.30±0.99 <sup>ns</sup>	7.10±1.03 <sup>ns</sup>	6.33±0.99 <sup>ns</sup>	6.10±0.66 <sup>ns</sup>	6.13±0.94 <sup>ns</sup>	6.07±0.83 <sup>ns</sup>	6.07±0.83 <sup>ns</sup>	5.80±0.71 <sup>ns</sup>
C9		6.90±1.16 <sup>ns</sup>	6.90±0.80 <sup>ns</sup>	6.43±0.90 <sup>ns</sup>	5.93±0.74 <sup>ns</sup>	6.27±0.91 <sup>ns</sup>	6.13±0.90 <sup>ns</sup>	5.80±0.76 <sup>ns</sup>	N/A
PE		7.00±1.14 <sup>ns</sup>	6.77±1.19 <sup>ns</sup>	6.20±0.92 <sup>ns</sup>	6.27±0.58 <sup>ns</sup>	6.10±0.96 <sup>ns</sup>	N/A	N/A	N/A
PE <sub>Hole</sub>		6.87±1.11 <sup>ns</sup>	6.73±1.11 <sup>ns</sup>	6.30±0.99 <sup>ns</sup>	6.07±0.74 <sup>ns</sup>	5.87±0.86 <sup>ns</sup>	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ <sup>u</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

คะแนน 9 – 1 หมายถึง ชอบมากที่สุด – ไม่ชอบมากที่สุด

N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลเนื่องจากพริกชี้หนูเกิดเชื้อรา

ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

## ภาคผนวก ก

### การทดสอบสมบัติของฟิล์ม และการวิเคราะห์คุณภาพของพริกชี้หนู

#### 1. การทดสอบสมบัติของฟิล์ม

ทดสอบสมบัติของฟิล์ม โดยนำฟิล์มพลาสติกมาเก็บรักษาไว้ที่ห้องทดสอบ ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย  $30 \pm 2$  องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ  $90 \pm 5$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อปรับสถานะในการทดลองให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน จากนั้นทำการทดสอบสมบัติของฟิล์มในด้านต่างๆ ดังนี้

##### 1.1 วัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ : WVTR (Water Vapor Transmission Rate)

ทำการทดลองตามมาตรฐาน ASTM E96-95 โดยตัดฟิล์มทดสอบเป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.07 ม. นำซิลิกาเจลมาใส่ในถ้วยทดสอบ จากนั้นนำฟิล์มมาวางด้านบน ซิลิกาเจลให้ติดกับถ้วยทดสอบด้วยพาราฟินเหลว เก็บในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ สถานะทดสอบที่อุณหภูมิ  $32 \pm 0.6$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ  $50 \pm 2$  ชั่งน้ำหนักถ้วยทดสอบทุกวัน เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นสร้างกราฟระหว่างเวลา และน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง ค่า Slope ที่ได้จากการสร้างกราฟนำมาคำนวณค่า WVTR จากสูตร  $WVTR = \text{Slope (g/hr.)} / \text{Surface area (m}^2\text{)}$  หน่วย  $\text{g/m}^2/\text{hr}$

##### 1.2 วัดอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ : OTR (Oxygen Transmission Rate) และ $\text{CO}_2\text{TR}$ (Carbon dioxide Transmission Rate)

วัดอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจน ด้วยเครื่อง Oxygen permeation analyzer (MOCON OXTRAN® Model 2/21, U.S.A.) และวัดอัตราการซึมผ่านของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยเครื่อง Carbon dioxide permeation analyzer (MOCON PERMATRAN-C® Model 4/41, U.S.A.) โดยตัดฟิล์มพลาสติกตามแบบ (Template) ระวังไม่ให้ฟิล์มมีรอยยับเพราะจะทำให้ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนเปิดฝาครอบ chamber ออก ทาซิลเลอร์บางๆบริเวณซิลวงแหวน จากนั้นวาง

ฟิล์มให้ตั้งไม่มีฟองอากาศบนส่วนล่างของ chamber ปิดฝา chamber แล้วทำการทดสอบ อ่านค่าที่ได้ในหน่วย cc/m<sup>2</sup>/day

### 1.3 วัดความหนาของฟิล์ม

โดยใช้เครื่องวัดความหนา (Digimatic thickness gage Model ID-C112BS, Japan) ทำการวัด 10 จุด โดยจุดแรกจะวัดที่จุดกลางของฟิล์ม และอีก 9 จุด วัดบริเวณรอบๆของฟิล์ม อ่านได้ในหน่วย  $\mu\text{m}$  และหาค่าเฉลี่ย

## 2. การวิเคราะห์คุณภาพของพริกชี้หนู

### 2.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

#### 2.1.1 วัดอัตราสูญเสียน้ำหนัก

โดยวิธีการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Satorius BP 110S, England) เปรียบเทียบกับน้ำหนักเมื่อเริ่มการทดลอง รายงานผลเป็นร้อยละของการสูญเสียน้ำหนัก คัดจากสูตร

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)} = \frac{(\text{นน.พริกเริ่มต้น} - \text{นน.สุดท้ายในเวลาที่กำหนด})}{\text{นน. พริกเริ่มต้น}} \times 100$$

### 2.1.2 วัดการเปลี่ยนแปลงสี

วัดสีของพริกชี้หนูสดบริเวณผิวหน้าด้านล่างด้วยเครื่องวัดสี (Minolta Spectrophotometer 3500d, Japan) ตั้งสภาวะด้านล่าง วัดจำนวน 3 จุด (หัว กลาง ท้าย) ต่อพริกชี้หนู 1 เม็ด ใช้ตัวอย่างพริกชี้หนูจำนวน 5 เม็ด แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย 1 ซ้ำ อ่านค่า L, a, b และแปรผลเป็นค่า Hue angle ( $\tan^{-1}b/a$ )

Color Space : Hunter Lab

Illuminates : D 6500 °K

Observers : 10 degree

Instrument set up : Excluded

### 2.1.3 วัดความแน่นเนื้อ

ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Testometric Micro 350, England) ใช้หัวแรงกดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.89 มม. กดลงบนเนื้อพริกบริเวณที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุด(10 มม.)ในแนวนอนลึก 5 มม. ด้วยความเร็ว 10.0 มม./นาที อ่านค่าที่ได้ในหน่วย นิวตัน

## 2.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

### 2.2.1 วัดความเป็นกรด-เบส (A.O.A.C., 2000)

บดพริกชี้หนู 100 ก. ให้ละเอียด จากนั้นนำพริกชี้หนูบด 10 ก. เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 100 มล. จากนั้นวัดด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH meter Model HI 8424 microcomputer, U.S.A)

### 2.2.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (A.O.A.C., 2000)

บดพริกชี้หนู 100 ก. ให้ละเอียด จากนั้นนำตัวอย่าง 25 ก. มาเติมน้ำกลั่น 75 มล. แล้วไทเทรตกับ 0.1 M NaOH ใช้ Phenolphthalein ร้อยละ 1 เป็น indicator จำนวน 1-2 หยด ไทเทรตจนกระทั่งถึง end point จากนั้นคำนวณกรดที่ไทเทรตได้เป็นกรดซิตริก จากสูตร

$$\text{Titrateable acidity (ร้อยละ)} = \frac{(\text{ml NaOH})(N \text{ NaOH})(\text{meq.wt. of citric acid})}{\text{ml Sample}} \times 100$$

ml NaOH = ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

N NaOH = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (นอร์มอล)

Miliequivalent weight of citric acid = 0.064

ml Sample = ปริมาตรน้ำคั้นที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)

### 2.2.3 การสุ่มตัวอย่างและการวิเคราะห์แก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

เก็บตัวอย่างแก๊ส โดยใช้กระบอกเก็บแก๊ส (Syringe) ขนาด 3 มิลลิลิตร ฉีดแก๊สตัวอย่างเข้าเครื่อง Gas Chromatograph (HP 6890, U.S.A.) สภาวะสำหรับวิเคราะห์แก๊ส มีดังนี้

Column	:	Hay Sep Q. (1.8 m. x 1/18 in) และ Mo.Seive. (1.8 m. x 1/18 in)
Volume inject	:	3.0 ml
Carrier gas	:	He Flow rate = 5 ml/min
Oven temperature	:	100 °C ; CO <sub>2</sub> (Method CO2.M, 2 min) 60 °C ; CO <sub>2</sub> & O <sub>2</sub> (Method MIX.M, 4.5 min)
Detector temperature	:	Thermal conduct detector (TCD) 200 °C Reference flow = 20 ml/min, Make up flow = 5 ml/min

## 2.3 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

2.3.1 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ คัดร้อยละการเกิดเชื้อรา โดยเปรียบเทียบจำนวนเม็ด  
พริกชี้หนูที่เกิดเชื้อรา กับจำนวนเม็ดพริกชี้หนูทั้งหมดใน 1 ถุง ดังสูตร (Vicente *et al.*, 2005)

$$\text{การเกิดเชื้อรา (ร้อยละ)} = \frac{\text{จำนวนเม็ดพริกชี้หนูที่เกิดเชื้อรา}}{\text{จำนวนเม็ดพริกชี้หนูทั้งหมด}} \times 100$$

## 2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

2.4.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ 9-point Hedonic scale เพื่อ  
ประเมินความรู้สึกรสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในแง่ของความชอบหรือการยอมรับในส่วนของ  
ผลิตภัณฑ์ (Consumer Test) ผู้ทดสอบในวิธีนี้ คือ ผู้บริโภคที่ไม่ได้รับการฝึก โดยใช้ผู้บริโภคทั่วไป  
ประกอบด้วยพนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และเจ้าหน้าที่ในคณะอุตสาหกรรมเกษตร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 30 คน

แบบรายงานผลการทดสอบ

วิธีการให้คะแนนความชอบแบบ (Hedonic Scale)

แบบทดสอบนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิจัยเรื่อง ผลของการบรรจุที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บ  
รักษาพริกชี้หนูสด

ผู้ทำการวิจัย : น.ส. ญาดา จันทรมบูรณ์

นิสิตชั้นปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร ม.เกษตรศาสตร์

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่ .....

ผลิตภัณฑ์ : พริกชี้หนูบรรจุในฟิล์ม..... ที่สภาวะการเก็บรักษา 10 °C

คำแนะนำ : กรุณาให้ระดับคะแนนความชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์ในแต่ละคุณลักษณะ

9 = ชอบมากที่สุด

6 = ชอบเล็กน้อย

3 = ไม่ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก

5 = เฉยๆ

2 = ไม่ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

รหัส

ลักษณะผิว

ลักษณะขั้ว

สีของเมล็ดพริก

ขนาดของเมล็ดพริก

กลิ่น

ความชอบรวม

## ภาคผนวก ง

ตารางวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ง1 การวิเคราะห์ทางสถิติของการสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) ของพริกชี้ฟ้าหนุสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 20)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	0.037	17.761*	0.000*
Error	10	0.002		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	0.681	35.252*	0.000*
Error	10	0.019		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	1.541	70.139*	0.000*
Error	10	0.022		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	2.824	949.835*	0.000*
Error	10	0.003		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	0.167	73.380*	0.000*
Error	6	0.002		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	0.239	65.929*	0.000*
Error	6	0.004		

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	2.138	0.350	3.625	0.062

หมายเหตุ \* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ๒ การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงสี ค่า L ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่  
บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 21)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 0</u>				
Treatment	4	0.000	0.000	1.000
Error	10	2.238		
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	3.471	8.201*	0.003*
Error	10	0.423		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	0.546	2.105	0.155
Error	10	0.260		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	0.307	0.372	0.824
Error	10	0.825		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	1.828	2.629*	0.098*
Error	10	0.695		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	0.158	0.170	0.848
Error	6	0.93		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	0.273	0.254	0.784
Error	6	1.075		
Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	4	-0.4567	-0.436	0.685

หมายเหตุ \* หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงสี ค่า a ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่  
บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 25)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 0</u>				
Treatment	4	0.000	0.000	1.000
Error	10	4.213		
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	9.055	2.500*	0.109*
Error	10	3.622		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	1.849	1.068	0.422
Error	10	1.731		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	2.920	0.462	0.763
Error	10	6.324		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	6.183	3.914*	0.036*
Error	10	1.580		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	2.063	0.939	0.442
Error	6	2.198		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	1.157	0.445	0.660
Error	6	2.6		
Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	4	-0.7233	-0.318	0.766

หมายเหตุ \* หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ๓4 การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงสี ค่า b ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่  
บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 25)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 0</u>				
Treatment	4	0.000	0.000	1.000
Error	10	0.528		
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	1.398	1.577	0.254
Error	10	0.886		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	0.373	0.933	0.483
Error	10	0.399		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	0.357	0.562	0.696
Error	10	0.635		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	0.895	3.447*	0.051*
Error	10	0.260		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	0.459	1.848	0.237
Error	6	0.248		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	0.129	0.203	0.822
Error	6	0.635		
Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	4	-0.2967	-0.357	0.739

หมายเหตุ \* หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงสี ค่า Hue angle ของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 25)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	0.852	3.165*	0.063*
Error	10	0.269		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	0.266	0.823	0.539
Error	10	0.323		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	0.066	0.108	0.977
Error	10	0.610		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	0.798	3.227*	0.060*
Error	10	0.247		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	0.028	0.112	0.896
Error	6	0.252		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	0.083	0.214	0.813
Error	6	0.390		
Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	4	-0.1600	-0.686	0.531

หมายเหตุ \* หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ๖ การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อ (นิเวศน์) ของพริก  
ชี้หนุสศ 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส  
(ภาพที่ 22)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 0</u>				
Treatment	4	0.000	0.000	1.000
Error	45	0.589		
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	11.741	8.119*	0.000*
Error	45	1.446		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	8.052	10.013*	0.000*
Error	45	0.804		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	14.824	16.238*	0.000*
Error	45	0.913		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	16.179	15.514*	0.000*
Error	45	1.043		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	4.892	12.183*	0.000*
Error	27	0.402		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	3.312	3.623*	0.040*
Error	27	0.914		
Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	14.559	-0.3300	-1.217	0.243

หมายเหตุ \* หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสของพริกชี้หนู  
สด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส  
(ตารางที่ 27)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 0</u>				
Treatment	4	0.000	0.000	1.000
Error	10	0.003		
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	0.022	10.433*	0.001*
Error	10	0.002		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	0.013	50.703*	0.000*
Error	10	0.000		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	0.022	101.636*	0.000*
Error	10	0.000		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	0.037	93.941*	0.000*
Error	10	0.000		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	0.039	86.561*	0.000*
Error	6	0.000		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	0.062	86.561*	0.000*
Error	6	0.001		
Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	4	-0.0900	-5.295	0.006

หมายเหตุ \* หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ๘ การวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่ากรดที่ไทเทรตได้ (ร้อยละ) ของ  
พริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10  
องศาเซลเซียส (ตารางที่ 28)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 0</u>				
Treatment	4	0.0000000	0.000	1.000
Error	10	0.0000563		
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	0.0070000	148.761*	0.000*
Error	10	0.0000446		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	0.0010000	3.189*	0.062*
Error	10	0.0000000		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	0.0010000	196.231*	0.000*
Error	10	0.0000052		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	0.0010000	45.254*	0.000*
Error	10	0.0000121		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	0.0010000	57.268*	0.000*
Error	6	0.0000141		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	0.0060000	253.955*	0.000*
Error	6	0.0000220		
Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	4	0.048670	14.748*	0.000*

หมายเหตุ \* หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางผนวกที่ ๑๑ การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบรวมของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่  
บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 23)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 0</u>				
Treatment	4	0.293	1.593	0.179
Error	145	0.184		
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	0.423	1.868	0.119
Error	145	0.227		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	0.777	3.919*	0.005*
Error	145	0.198		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	3.423	5.081*	0.001*
Error	145	0.674		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	2.093	1.993*	0.099*
Error	145	1.050		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	1.811	2.429*	0.094*
Error	87	0.746		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	0.478	1.462	0.237
Error	87	0.327		
Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	58	1.933	0.974	0.334

หมายเหตุ \* หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนลักษณะผิวของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่  
บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 24)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 0</u>				
Treatment	4	2.577	3.784	0.006*
Error	145	0.681		
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	1.493	2.834	0.027*
Error	145	0.527		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	1.377	2.743	0.310*
Error	145	0.502		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	1.293	2.050	0.090*
Error	145	0.631		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	1.823	2.192	0.073*
Error	145	0.832		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	0.344	0.481	0.620
Error	87	0.716		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	2.211	5.242	0.007*
Error	87	0.422		
Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	56.771	-0.033	-0.249	0.805

หมายเหตุ \* หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนลักษณะข้าวของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่  
บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 25)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 0</u>				
Treatment	4	2.457	3.829	0.005*
Error	145	0.642		
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	3.977	8.046	0.000*
Error	145	0.494		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	3.540	6.946	0.000*
Error	145	0.510		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	4.510	9.382	0.000*
Error	145	0.481		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	5.090	10.166	0.000*
Error	145	0.501		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	1.944	4.413	0.015*
Error	87	0.441		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	0.933	1.701	0.188
Error	87	0.549		
Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	58	-0.067	-0.405	0.687

หมายเหตุ \* หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนสีของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 26)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 0</u>				
Treatment	4	0.423	2.088	0.085*
Error	145	0.203		
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	0.477	2.135	0.079*
Error	145	0.233		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	1.250	5.357	0.000*
Error	145	0.233		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	1.110	3.265	0.013*
Error	145	0.340		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	0.110	0.219	0.927
Error	145	0.502		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	0.544	0.991	0.375
Error	87	0.549		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	2.144	6.463	0.002*
Error	87	0.332		
Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	58	-0.133	-1.049	0.299

หมายเหตุ \* หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ทางสถิติของขนาดของเมล็ดพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 27)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 0</u>				
Treatment	4	0.533	0.725	0.576
Error	145	0.736		
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	0.177	0.256	0.905
Error	145	0.689		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	1.683	4.061	0.004*
Error	145	0.414		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	0.717	2.059	0.089*
Error	145	0.348		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	0.757	0.689	0.601
Error	145	1.098		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	0.133	0.265	0.768
Error	87	0.504		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	0.544	1.315	0.274
Error	87	0.414		
Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	58	-0.267	-1.695	0.095

หมายเหตุ \* หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ทางสถิติของกลิ่นของพริกชี้หนูสด 100 กรัมที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 28)

Source	Degree of Freedom	Mean Square	F Value	P-Level
<u>วันที่ 0</u>				
Treatment	4	0.877	0.733	0.571
Error	145	1.196		
<u>วันที่ 5</u>				
Treatment	4	0.627	0.57	0.685
Error	145	1.099		
<u>วันที่ 10</u>				
Treatment	4	0.943	1.123	0.348
Error	145	0.840		
<u>วันที่ 15</u>				
Treatment	4	0.493	0.904	0.463
Error	145	0.546		
<u>วันที่ 20</u>				
Treatment	4	0.673	0.742	0.565
Error	145	0.907		
<u>วันที่ 23</u>				
Treatment	2	0.211	0.269	0.765
Error	87	0.785		
<u>วันที่ 26</u>				
Treatment	2	0.533	0.851	0.431
Error	87	0.627		
Source	Degree of Freedom	Mean Difference	T Value	P-Level
<u>วันที่ 29</u>				
Treatment	58	0.067	0.346	0.730

หมายเหตุ \* หมายถึง ข้อมูลตามแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )