บทที่ 4

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของสารยับยั้งจุลินทรีย์ในการพัฒนาฟิล์มหรือสารเคลือบผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์จากธรรมชาติ

การทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ของน้ำมันจากเมล็ดมะรุมที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันคือ ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1.0 ตามลำดับพบว่าน้ำมันจากเมล็ดมะรุมทั้งสองระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบนมะเขือเทศที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ได้ แสดงดังตารางที่ 2 โดยสารสกัดจากเมล็ดมะรุมที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น จะแสดงประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย บริเวณยับยั้งที่ปรากฏมีขนาดอยู่ในช่วง 1.75 – 2.75 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2 เส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณที่ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์เจริญบนมะเขือเทศที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

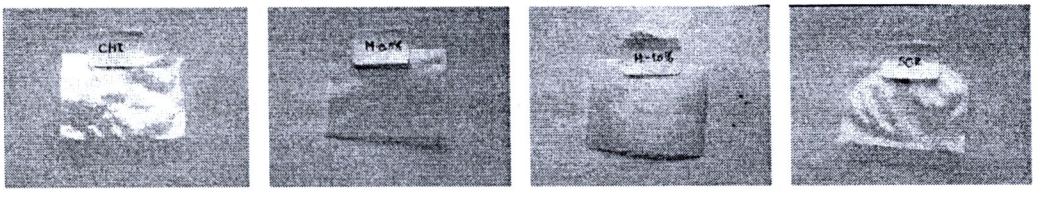
เชื้อจุลินทรีย์เจริญบนมะเขือเทศ ณ ระยะเวลาต่าง ๆ (วัน)	เส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณที่ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (มิลลิเมตร)		
	สารละลายแอลกอฮอล์ (ชุดควบคุม)	น้ำมันเมล็ดมะรุม	
		ความเข้มข้นร้อยละ 0.5	ความเข้มข้นร้อยละ 1.0
0	0.75±0.35	1.50±0.00	1.75±0.35
3	1.00±0.00	2.00±0.00	2.75±0.35
5	1.50±000	1.75±0.35	2.00±0.00
7	1.00±0.00	1.50±0.00	2.50±0.71

หมายเหตุ *ค่าเฉลี่ย + ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=2)

4.2 การพัฒนาฟิล์มไคโตแซนผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์

4.2.1 ลักษณะปรากฏของฟิล์มไคโตแซนผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์

พิจารณาลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์มไคโตแซนและแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ กัน 3 ชนิดคือ แผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15, แผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 แสดงดังภาพที่ 5 พบว่าฟิล์มไคโตแซนทั้ง 4 ชนิดมีสีเหลืองใส มีความเป็นมันวาว อ่อนตัวและพับได้ โดยฟิล์มไคโตแซนผสมโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีลักษณะที่ขุ่นมากที่สุด ในขณะที่ฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมจะมีลักษณะที่มันวาวมากกว่าฟิล์มจากไคโตแซน



(a) (b) (c) (d)

ภาพที่ 5 ลักษณะปรากฏของแผ่นฟิล์มผสม/ไม่ผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์

หมายเหตุ (a) คือ แผ่นฟิล์มไคโตแซน

(b) คือแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5

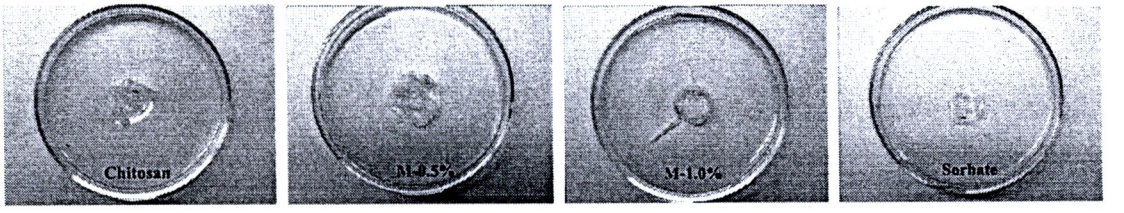
(c) คือ แผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0

(d) คือ แผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15

4.2.2 ความคงตัวของแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์

จากการศึกษาความคงตัวของแผ่นฟิล์มไคโตแซนและแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยการขึ้นรูปฟิล์มไคโตแซนทั้ง 4 ชนิดแล้วนำฟิล์มที่ได้ไปวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งเพื่อสังเกตความคงตัวของฟิล์มเมื่อสัมผัสกับความชื้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสความชื้น 62 %RH พบว่าแผ่นฟิล์มทั้ง 4 ชนิดเกิดการม้วนงอและเกิดการบวมขึ้น โดยที่ฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.0 เกิดการม้วนงอและการบวมของแผ่นฟิล์มช้าที่สุด อาจเป็นผลมาจากน้ำมันจากเมล็ดมะรุมมีปริมาณไขมันเป็นองค์ประกอบ จึงมีสมบัติไม่ชอบน้ำซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติความต้านทานการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มได้ โดย Zivanovic *et al.* (2005) พบว่าการเติมน้ำมันหอมระเหยจากออริกาโนลงในฟิล์มไคโตแซนทำให้ฟิล์มมีความหนาเพิ่มมากขึ้น

ฟิล์มมีความโปร่งใสลดลง ฟิล์มมีสมบัติความไม่มีขั้วเพิ่มขึ้นและช่วยลดการดูดซึมความชื้นของฟิล์มไคโตแซนได้



(a) (b) (c) (d)

ภาพที่ 6 ความคงตัวของแผ่นฟิล์มผสม/ไม่ผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์

หมายเหตุ (a) คือ แผ่นฟิล์มไคโตแซน

(b) คือแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5

(c) คือ แผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0

(d) คือ แผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15

4.2.3 การทดสอบสมบัติทางกล สมบัติด้านการซึมผ่านของไอน้ำและแก๊สออกซิเจน

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบสมบัติด้านการซึมผ่านของไอน้ำและแก๊สออกซิเจน และสมบัติทางกลของฟิล์ม ไคโตแซนและฟิล์มไคโตแซนผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์ จากการทดลองพบว่าการเติมสารยับยั้งจุลินทรีย์ลงในไคโตแซน ทำให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยอัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มไคโตแซนมีค่าเท่ากับ 0.31 g.mm/day.m^2.mmHg ซึ่งสอดคล้องกับค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มไคโตแซนของพิสิฏฐ์ (2544) ในขณะที่ฟิล์มไคโตแซนผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดจะมีค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำเป็น 0.44 – 0.54 g.mm/day.m^2.mmHg โดย Pranoto *et al.*, 2005 กล่าวว่าการเติมสารต่อต้านจุลินทรีย์ลงในฟิล์มทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารต่อต้านจุลินทรีย์เข้าไปขัดขวางการเกิดแรงกระทำกันระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ ทำให้การจัดเรียงตัวของโมเลกุลลดลงเกิดเป็นช่องว่างภายในโครงสร้างของฟิล์ม โมเลกุลของไอน้ำจึงสามารถแพร่ผ่านฟิล์มได้ในอัตราที่รวดเร็วขึ้น

เมื่อพิจารณาสมบัติด้านการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนพบว่า การเติมสารยับยั้งจุลินทรีย์ลงในไคโตแซน ไม่ส่งผลให้สมบัติด้านการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนของฟิล์มแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยสมบัติด้านการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนของฟิล์มไคโตแซนมีค่าเท่ากับ 698 cc/ m^2.day ในขณะที่ฟิล์มไคโตแซนผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดจะมีสมบัติด้านการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนอยู่ในช่วง 649 – 655 cc/ m^2.day

ความต้านทานแรงดึงขาดและเปอร์เซ็นต์การยืดตัวเป็นวิธีการทดสอบสมบัติทางกลที่แสดงถึงความแข็งแรงและความสามารถในการยืดตัวของฟิล์มก่อนการแตกหัก ซึ่งเป็นสมบัติที่มีความสำคัญในการบ่งบอกลักษณะของวัสดุทางการบรรจุ (Pranoto et al., 2005) โดยค่าความต้านทานแรงดึงขาดและเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของฟิล์มไคโตแซนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 นั้นมีค่าสอดคล้องกับ Zivanovic *et al.* (2005) กล่าวคือค่าความต้านทานแรงดึงขาดอยู่ในช่วง 18–106 N/mm^2 และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของฟิล์มอยู่ในช่วง 5–20 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มไคโตแซนผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์พบว่า การเติมสารยับยั้งจุลินทรีย์ทำให้ความต้านทานแรงดึงขาดลดลงจาก 37.96 N/mm^2 ของฟิล์มควบคุมเป็น 24.22-25.76 N/mm^2 เช่นเดียวกับการลดลงของเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของฟิล์มไคโตแซนผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์ โดยลดลงจาก 33.39% ไปเป็นช่วง 29.12-31.29% ผลการทดลองสอดคล้องกับ Cha *et al.* (2002) ศึกษาผลของการเติมสารสกัดจากเมล็ดองุ่นความเข้มข้น 0.1 %w/w ลงในฟิล์มโซเดียมแอลจีเนต (Na-alginate) และโพแทสเซียมคาราจีแนน (K-carrageenan) พบว่าความต้านทานแรงดึงขาดและเปอร์เซ็นการยืดตัวของฟิล์มต่อต้านจุลินทรีย์จากโซเดียมแอลจีเนต และโพแทสเซียมคาราจีแนนมีค่าน้อยกว่าฟิล์มควบคุม การลดลงของความต้านทานแรงดึงขาดอาจเนื่องจากการแยกตัวของโครงสร้างตาข่ายของฟิล์มเมื่อมีการเติมสารต่อต้านจุลินทรีย์ลงในฟิล์มควบคุม

ตารางที่ 3 สมบัติด้านการซึมผ่านของไอน้ำและแก๊สออกซิเจน และสมบัติทางกลของฟิล์ม

สิ่งทดลอง**	ค่าการซึมผ่านไอน้ำ (g.mm/day.m^2.mmHg)	ค่าการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (cc/m^2.day)	ค่าความต้านทานแรงดึง (N/mm^2)	ค่าการยืดตัว (%)
Control (Chitosan 1.5%)	0.31^{c}±0.05	698^{a} ± 176.55	37.96^{a}±9.14	33.39^{a} ±0.67
CHI + M 0.5%	0.54^{a}±0.03	655^{a} ± 125.52	24.22^{b}±3.64	30.66^{b}±5.30
CHI + M 1.0%	0.51^{a}±0.04	649.3^{a} ± 39.55	25.76^{b}±8.65	29.12^{b}±2.74
CHI + Sorbate	0.44^{b}±0.04	652^{a} ± 123.70	25.58^{b}±5.03	31.29^{b}±0.67

หมายเหตุ *ค่าเฉลี่ย + ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

$^{a,b,c,...}$ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

**CHI+M 0.5% คือสารละลายไคโตแซนร้อยละ 1.5 ผสมน้ำมันเมล็ดมะรุมร้อยละ 0.5

CHI-film+M 1.0%คือสารละลายไคโตแซนร้อยละ 1.5 ผสมน้ำมันเมล็ดมะรุมร้อยละ 1.0

CHI+sorbate คือสารละลายไคโตแซนผสมสารโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15+ PVC-film

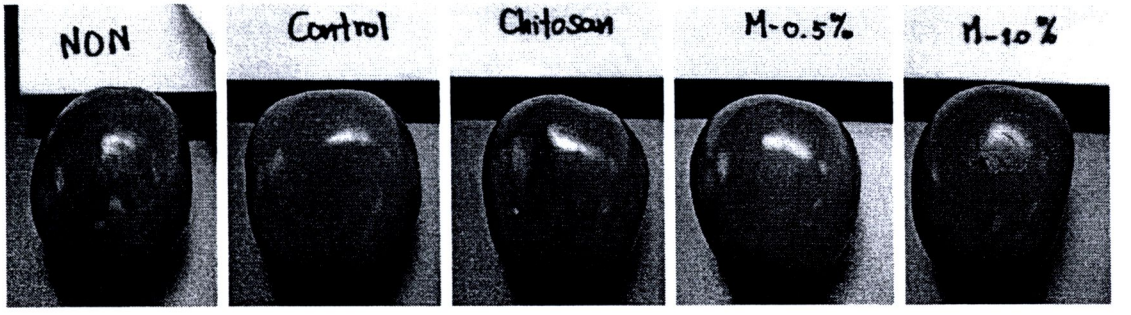
4.3 ศึกษาอิทธิพลของสารเคลือบผิวผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์ต่อคุณภาพของผลมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษา

มะเขือเทศที่นำมาเคลือบผิวมีน้ำหนักแต่ละผลเท่ากันประมาณ 85±5 กรัม มีสีผิวใกล้เคียงกันและไม่มีบาดแผล มีค่า a_w เท่ากับ 0.87 โดยเคลือบผิวมะเขือเทศด้วยสารละลายสารเคลือบไคโตแซนความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และสารเคลือบไคโตแซนความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ คือ น้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ น้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 และเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสกับมะเขือเทศที่ไม่เคลือบผิว และมะเขือเทศที่ไม่ผ่านการล้างน้ำและไม่เคลือบผิว ก่อนเก็บรักษาเป็นตัวอย่างควบคุม โดยภายหลังการเคลือบผิวและผึ่งให้สารเคลือบแห้งนำมะเขือเทศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ของผลมะเขือเทศแสดงดังต่อไปนี้

4.3.1 อิทธิพลของสารเคลือบผิวต่อลักษณะปรากฏ

จากการสังเกตพบว่าสารเคลือบผิวมีอิทธิพลต่อลักษณะปรากฏของผลมะเขือเทศ แสดงดังภาพที่ 7 โดยผลมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วย สารเคลือบไคโตแซนความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ผสมสารสกัดจากเมล็ดมะรุมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ คือ สารสกัดจากเมล็ดมะรุมร้อยละ 0.5 และสารสกัดจากเมล็ดมะรุมร้อยละ 1.0 มีลักษณะที่เป็นมันเงามากกว่า ผลมะเขือเทศที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



(a) (b) (c) (d) (e)

ภาพที่ 7 ลักษณะปรากฏของผลมะเขือเทศทั้งที่มีการเคลือบผิวและไม่เคลือบผิว

หมายเหตุ (a) คือผลมะเขือเทศที่ไม่ล้างน้ำและไม่เคลือบผิว

(b) คือผลมะเขือเทศที่ผ่านการล้างน้ำแต่ไม่เคลือบผิว

(c) คือผลมะเขือเทศที่ผ่านการล้างน้ำและเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตแซนร้อยละ 1.5

(d) คือผลมะเขือเทศที่ผ่านการล้างน้ำและเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตแซนร้อยละ 1.5 ผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมร้อยละ 0.5

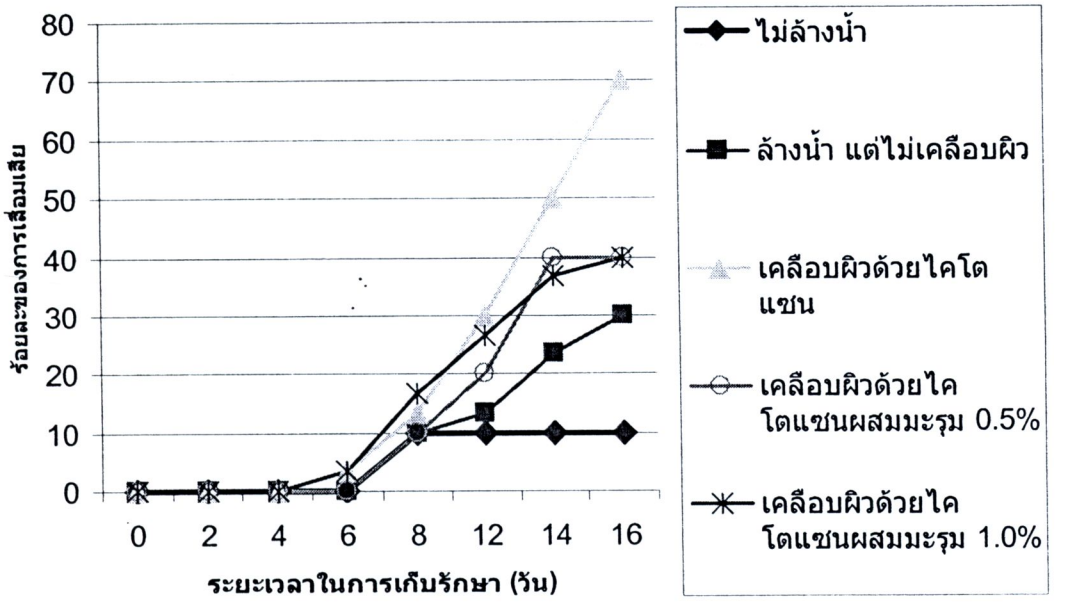
(e) คือผลมะเขือเทศที่ผ่านการล้างน้ำและเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตแซนร้อยละ 1.5 ผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมร้อยละ 1.0

4.3.2 อิทธิพลของสารเคลือบผิวต่อการเสื่อมเสียของมะเขือเทศ

การเสื่อมเสียหรือการเน่าเสียของผลมะเขือเทศ คำนวณจากจำนวนของมะเขือเทศที่เกิดการเน่าเสียและถูกคัดทิ้งไประหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65±5 และเปรียบเทียบเป็นปริมาณร้อยละกับจำนวนมะเขือเทศเริ่มต้น เกณฑ์ในการตัดสินใจคัดมะเขือเทศแต่ละผลทิ้งพิจารณาจากการมีรอยช้ำ และพบการเจริญของเชื้อรา หรือลักษณะที่ผิดปกติ เช่น มีการบวมเต่ง ในขณะที่มีเนื้อเหลวอยู่ภายในของผลมะเขือเทศ ซึ่งหากความผิดปกติดังกล่าวเกินกว่าร้อยละ 10 ของผลมะเขือเทศ มะเขือเทศผลนั้นจะถูกคัดทิ้ง (ปาริชาติ, 2550)

จากผลการทดลองภาพที่ 8 แสดงร้อยละการเสื่อมเสียของผลมะเขือเทศพบว่า การเสื่อมเสียของผลมะเขือเทศมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา โดยมะเขือเทศที่เคลือบสารละลายไคโตแซนมีการเสื่อมเสียเร็วที่สุด เมื่อพิจารณาผลมะเขือเทศที่เก็บรักษานาน 16 วัน รองลงมาคือผลมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตแซนร้อยละ 1.5 ผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมร้อยละ 0.5, ผลมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตแซนร้อยละ 1.5 ผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมร้อยละ 1.0, ผลมะเขือเทศที่ผ่านการล้างน้ำแต่ไม่เคลือบผิวและผลมะเขือเทศที่ไม่ล้างน้ำและไม่เคลือบผิวตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเคลือบผิวมีผลให้มะเขือเทศมีการเน่าเสียมากกว่าไม่เคลือบผิว โดยผลมะเขือเทศที่มีการเคลือบผิวจะนิ่มเร็วกว่าผลมะเขือเทศที่ไม่เคลือบผิว ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าการ

เคลือบผิวมีผลต่อการถ่ายเทของแก๊ส จำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊สเป็นผลให้เกิดการหมัก ในระหว่างกระบวนการหมักน้ำตาลจะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็นอะซีทาลดีไฮด์ (acetaldehyde) และเอทานอล (ethanol) (จริงแท้, 2549) ซึ่งเอทานอลที่เพิ่มขึ้นนี้มีผลทำให้เกิดบาดแผลขึ้นบนผลิตผล (Polenta *et al.*, 2006) จึงอาจเป็นสาเหตุให้พบรอยช้ำที่ผลมะเขือเทศทำให้มะเขือเทศนิ่มเละ และมีน้ำไหลออกมา ร่วมกับรูปทรงของผลมะเขือเทศเกิดการเปลี่ยนแปลง หรือผลมะเขือเทศมีลักษณะบวมเต่งทั้งผล โดยที่เนื้อในนิ่มเละ ทำให้ความแน่นเนื้อน้อยลงจากการบีบด้วยมือ (Risse *et al.*, 1987; Tanada-Palmu and Grosso, 2005; ปาริชาติ, 2550)



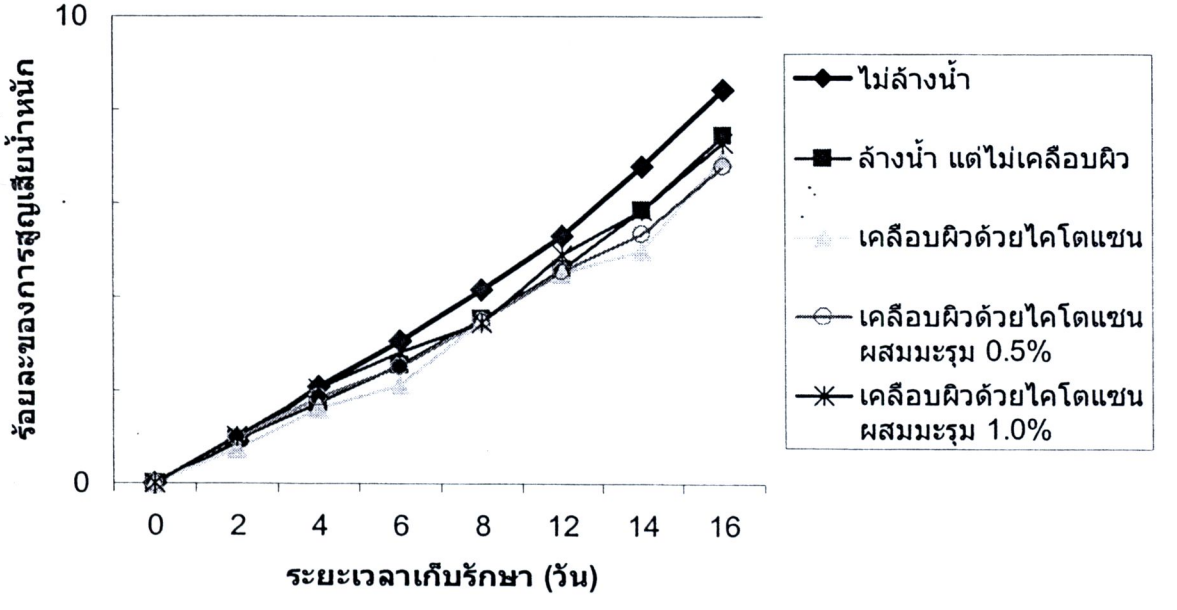
ภาพที่ 8 ร้อยละการเสื่อมเสียของผลมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

4.3.3 อิทธิพลของสารเคลือบผิวต่อการสูญเสียน้ำหนัก

จากการทดลองพบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาผลมะเขือเทศมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลมะเขือเทศ ($p < 0.05$) แสดงดังภาพที่ 9 กล่าวคือผลมะเขือเทศที่ได้รับการเคลือบผิวและผลมะเขือเทศที่ไม่ได้รับการเคลือบผิวมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยที่ระยะเวลา 16 วัน ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของมะเขือเทศที่เคลือบผิวมีค่าต่ำกว่ามะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบผิว อาจเนื่องมาจากสารเคลือบผิวมะเขือเทศ เมื่อแห้งจะมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มเคลือบที่ผิวมะเขือเทศจึงช่วยกั้นการซึมผ่านของไอน้ำที่จะระเหยออกมาจากมะเขือเทศได้บ้าง จึงสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้

การสูญเสียน้ำหนักของผลทะเขือเทศส่วนใหญ่เกิดจากการสูญเสียน้ำของผลมะเขือเทศให้กับบรรยากาศรอบ ๆ ซึ่งสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลิตผลเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว (Kader, 1986) การ

สูญเสียน้ำขึ้นกับความชื้นของอากาศภายนอก อุณหภูมิ ความดัน และการเคลื่อนที่ของอากาศบริเวณที่เก็บรักษาผลิตผล การระเหยของน้ำออกจากผลิตผลมีผลต่อคุณภาพของผักและผลไม้ ทำให้ผลเหี่ยว มีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัส และอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีบางอย่าง เช่น มีสีหรือรสชาติเปลี่ยนไป (จริงแท้, 2549) ดังนั้นการหุ้มผลิตผลด้วยฟิล์มหรือสารเคลือบชนิดต่าง ๆ จะช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาได้ ซึ่งได้ผลสอดคล้องกับการทดลองในผลไม้อาทิเช่น ในส้ม (Ben-Yehoshua *et al.*, 1981) ลิ้นจี่ (Paull and Chen, 1987) มะละกอ (สุชีรา, 2537) และทุเรียน (สุธีรา, 2546)

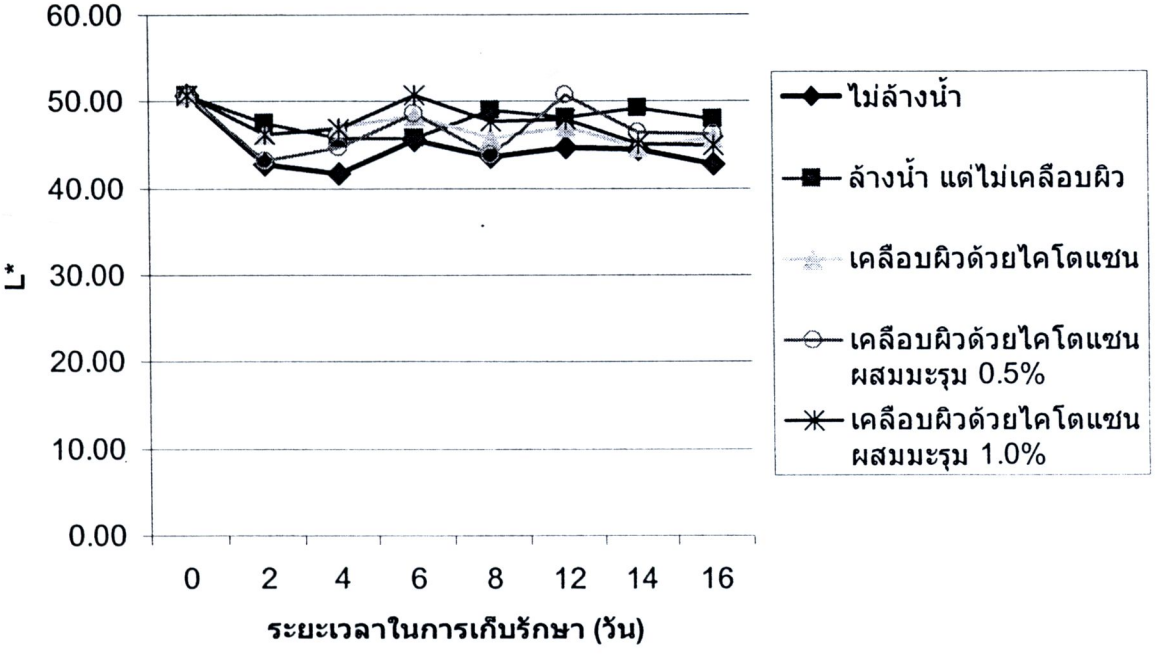


ภาพที่ 9 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของผลมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

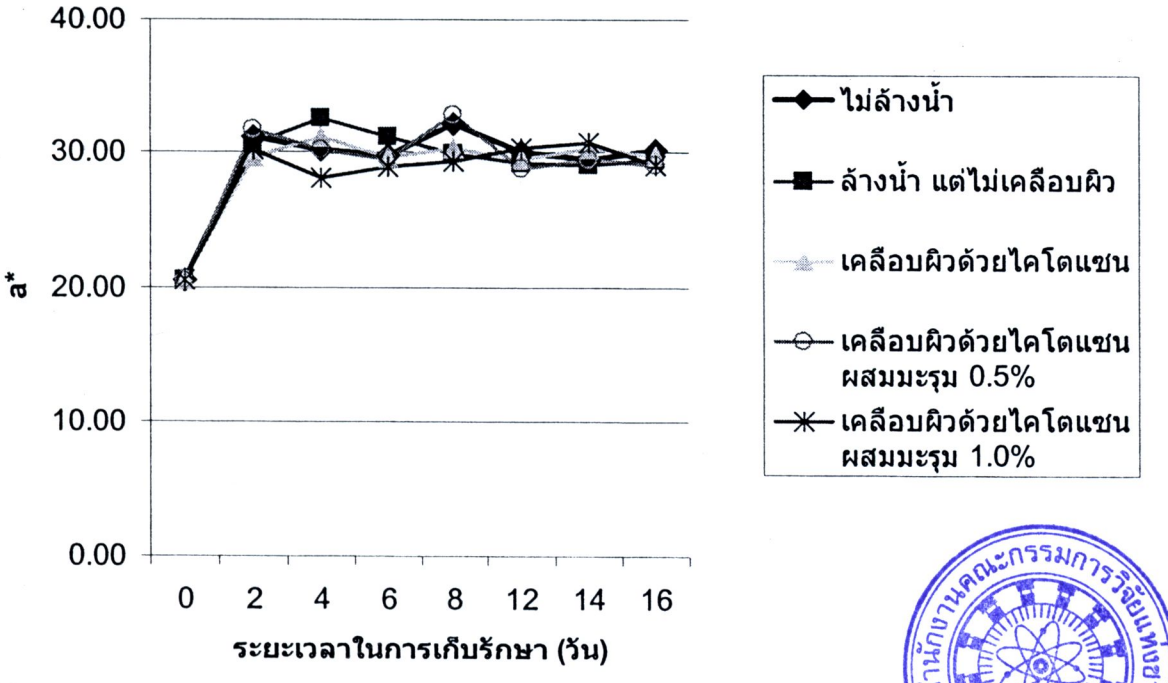
4.3.4 อิทธิพลของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลมะเขือเทศ

ระยะเวลาการเก็บมีอิทธิพลต่อค่าสี (L*, a* และ b*) กล่าวคือเมื่อเก็บเป็นระยะเวลานานขึ้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยสีของผลมะเขือเทศจะมีสีแดงเข้มมากขึ้น จึงทำ ให้ค่าความสว่าง (L*) และค่า b* ลดลง ในขณะที่ค่า a* มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าค่า a* มากแสดงว่าผลมะเขือเทศมีสีแดงเข้มมากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ ปาริชาติ (2550) อันเนื่องมาจากมะเขือเทศเป็นผลไม้ประเภท Climacteric จึงเกิดการพัฒนาสารสีเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดงเมื่อกระบวนการสุกเกิดขึ้น โดยคลอโรพลาส (chloroplast) จะเปลี่ยนเป็นโครโมพลาส (chromoplast) และมีการสร้างแคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุสีแดงขึ้นมา(carotenoids) แคโรทีนอยด์ที่พบในมะเขือเทศส่วนใหญ่คือ เบต้าแคโรทีนและไลโคพีน (Schouten et al., 2004) ซึ่ง Hutching (1999) ตรวจพบการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์

จาก 14 ไปเป็น 0 ไมโครกรัม/กรัม และปริมาณไลโคพีนจาก 0ไปเป็น 181 ไมโครกรัม/กรัม ซึ่งกระบวนการสุกของมะเขือเทศจะเกิดขึ้นเมื่ออยู่ที่อุณหภูมิ 12-30°C นั่นคือปริมาณไลโคพีน ซึ่งเป็นสารที่ให้สีแดงในมะเขือเทศจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามอายุการเก็บรักษาที่มากขึ้น โดยมะเขือเทศที่ไม่เคลือบผิวมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีเร็วกว่ามะเขือเทศที่เคลือบผิว เนื่องจากสารเคลือบผิวมีส่วนช่วยลดการหายใจของผลไม้ เนื่องจากการเคลือบผิวผลไม้เป็นการปรับสภาพบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging) แบบหนึ่ง จึงส่งผลให้อากาศภายในเกิดการปรับสมดุลเองภายหลังการเก็บรักษาไปชั่วระยะเวลาหนึ่ง (El-Ghaouth *et al.*, 1992; Jiang and Li, 2001; Li and Yu, 2001; Devlieghere *et al.*, 2004) ดังภาพที่ 10, 11 และ 12

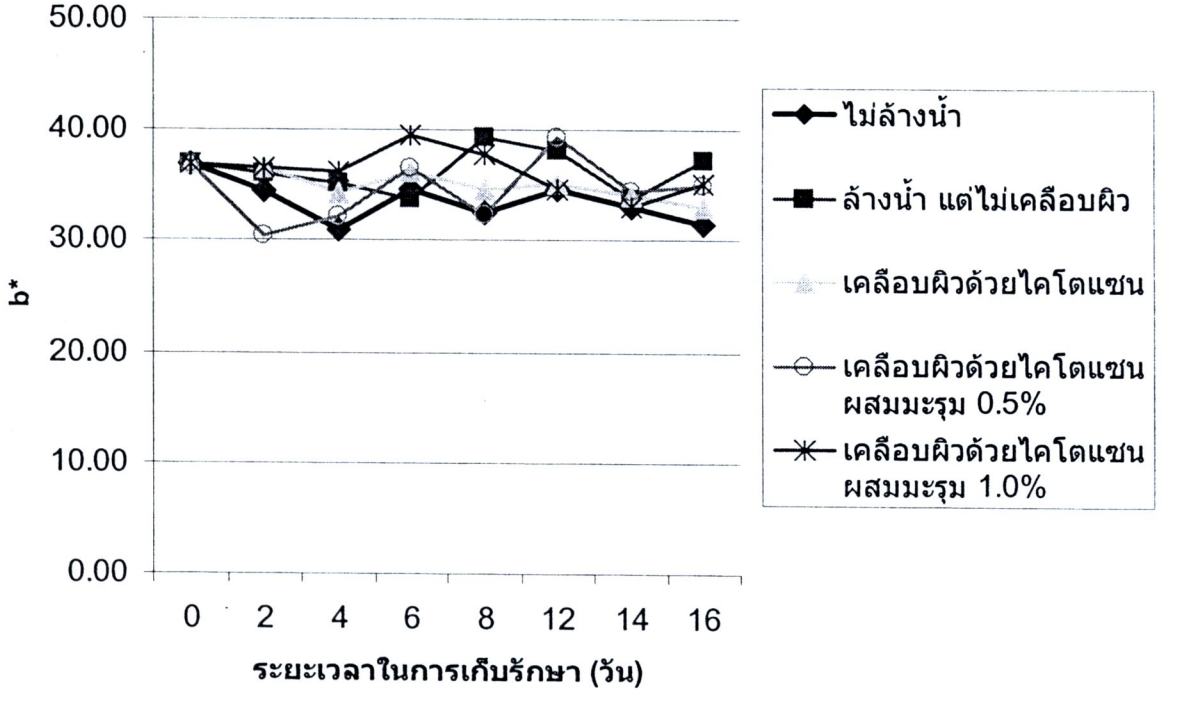


ภาพที่ 10 ค่าความสว่าง (L*) ของผลมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

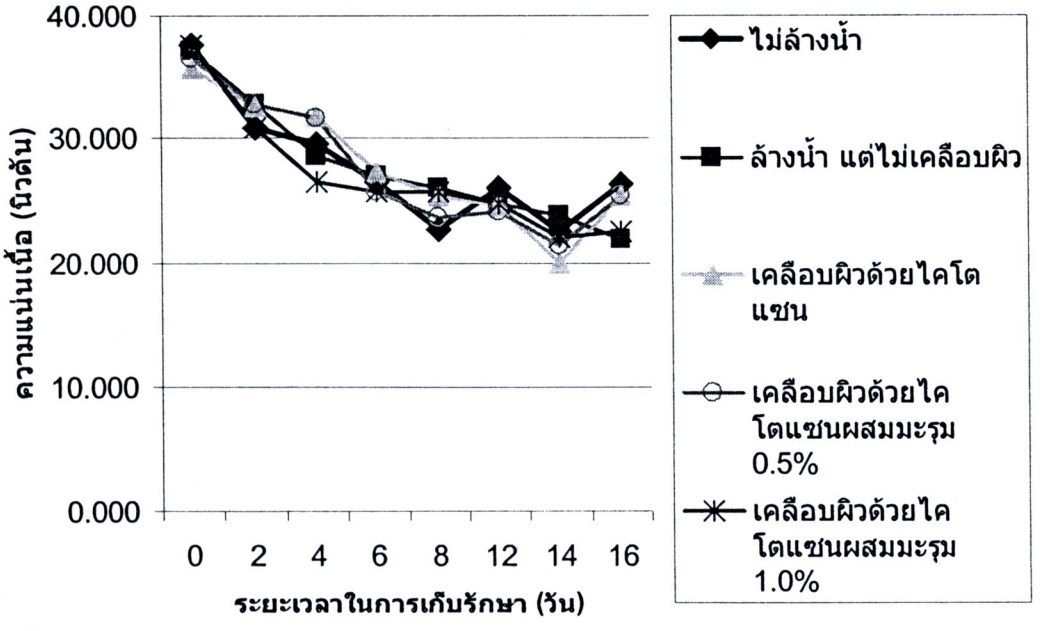
ภาพที่ 11 ค่าสีแดง (a*) ของผลมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C



ภาพที่ 12 ค่าสีเหลือง (b*) ของผลมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

4.3.5 อิทธิพลของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัสของผลมะเขือเทศ

จากการทดลองพบว่าชนิดของสารเคลือบผิวและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเนื้อสัมผัสของผลมะเขือเทศอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ เมื่อเก็บเป็นระยะเวลานานขึ้นค่าความแน่นเนื้อของผลมะเขือเทศจะมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยจะค่อย ๆ ลดลงจากวันที่เริ่มทำการทดลองอย่างชัดเจน ซึ่งความแน่นเนื้อของมะเขือเทศก่อนการเก็บรักษาเท่ากับ 35.67-37.58 นิวตัน ภายหลังการเก็บรักษา 16 วัน ความแน่นเนื้อลดลงอยู่ในช่วง 21.83-26.33 นิวตัน ทั้งนี้อาจเกิดจากกระบวนการสุกทำให้ pectin ที่อยู่ในรูปไม่ละลายน้ำเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ กรดเพกติกและกรดเพกตินิก ทำให้เซลล์พืชอ่อนตัว และเกิดการสูญเสียของเนื้อสัมผัสระหว่างการสุกของพืชอันเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์โพลีกาแลคทูโรเนสและเพคตินเอสเทอเรส (Roe and Bruemmer, 1981; สุชีรา, 2537 และ วชิรญา, 2542) โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณเอนไซม์โพลีกาแลคทูโรเนส เบต้า-กาแลคโตออกซิเดส และเอนไซม์เพกตินเมทธิวเอสเทอเรสมีผลทำให้ผลไม้นิ่มขึ้น (Barret and González, 1994; Batisse *et al.*, 1996) เมื่อพิจารณาในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา พบว่า มะเขือเทศที่ไม่ได้ล้างน้ำและไม่เคลือบผิว จะมีความแน่นเนื้อมากที่สุดเมื่อเทียบกับมะเขือเทศที่ผ่านการล้างน้ำแต่ไม่ได้เคลือบผิวและมะเขือเทศที่มีการเคลือบผิว อาจเป็นผลเนื่องมาจากการล้างน้ำเช็ดดินและสิ่งสกปรกเพื่อทำความสะอาดผิวมะเขือเทศก่อนทำการทดลองส่งผลให้ผิวมะเขือเทศต้องเปียกน้ำเป็นระยะเวลานาน จึงทำให้เกิดการนิ่มของมะเขือเทศเร็วกว่ามะเขือเทศที่ไม่ผ่านการล้างน้ำและไม่เคลือบผิว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Han *et al.* (2004) ได้กล่าวไว้ว่าการที่ผิวราสเบอรี่เปียกเป็นเวลานานจะส่งผลให้ราสเบอรี่นิ่มเร็วขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณามะเขือเทศที่ผ่านการล้างน้ำ พบว่าสารเคลือบผิวมีส่วนช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสของผลมะเขือเทศได้ โดยมะเขือเทศที่ผ่านการล้างน้ำแต่ไม่ได้เคลือบผิวจะมีความแน่นเนื้อน้อยที่สุด ดังภาพที่ 13

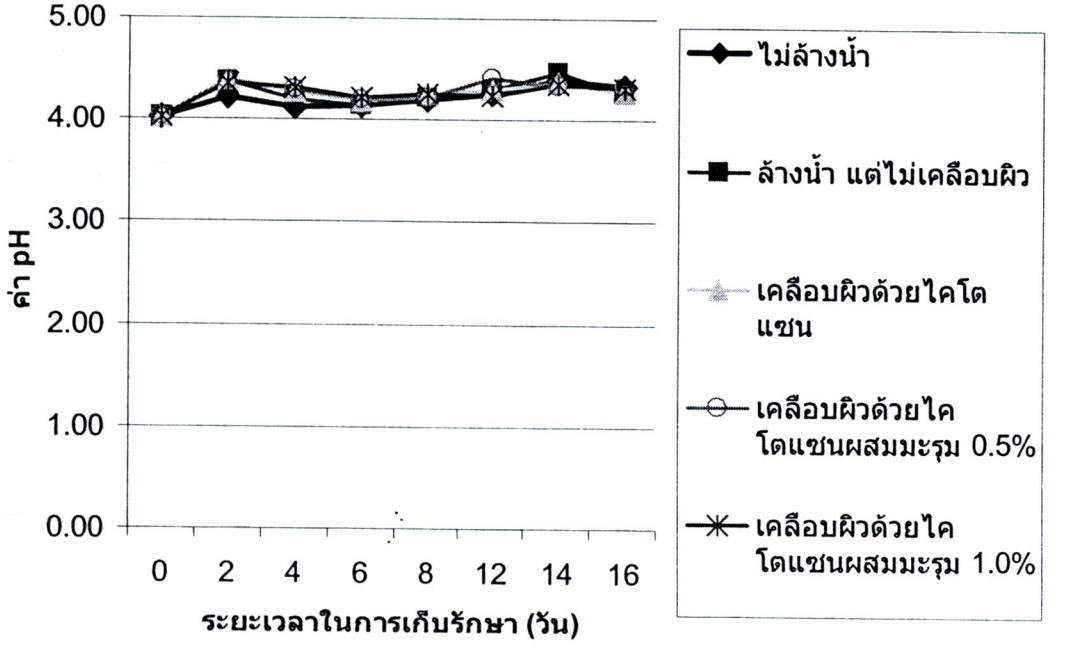


ภาพที่ 13 ความแน่นเนื้อของผลมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

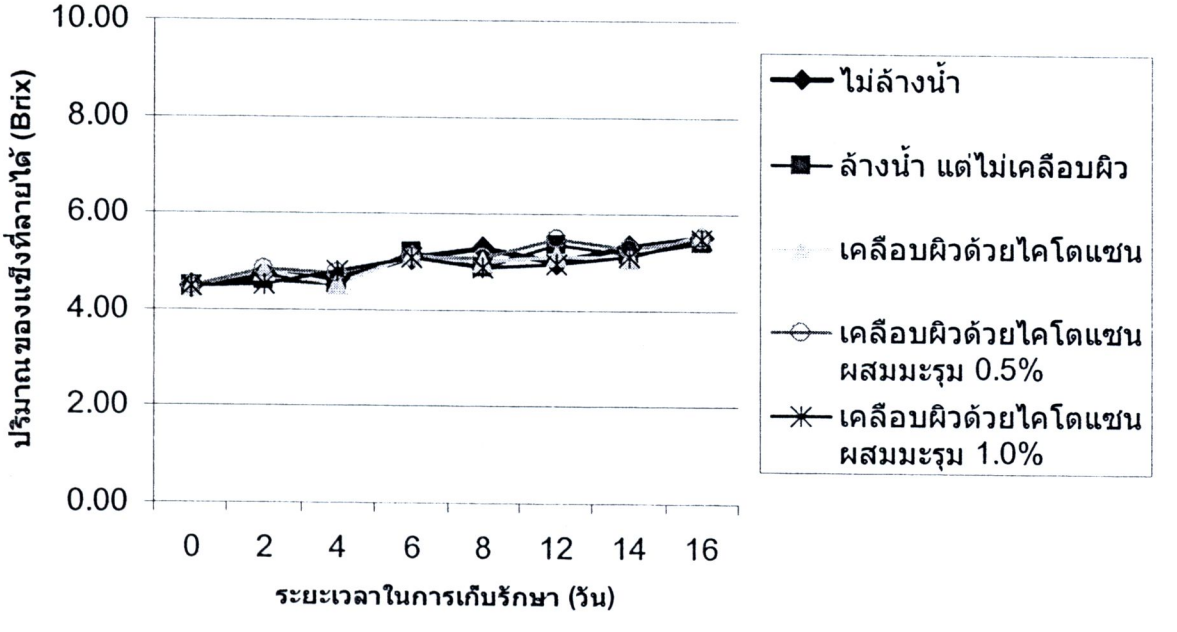
4.3.6 อิทธิพลของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี

เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solid: TSS) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือเมื่อเก็บผลมะเขือเทศเป็นระยะเวลานานขึ้นส่งผลให้ค่า pH และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น โดยค่า pH ของมะเขือเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 4.03 ไปเป็นช่วง 4.25-4.31 สอดคล้องกับการศึกษาของ Wold *et al.* (2004) และ Anthon *et al.* (2011) ซึ่งพบว่าระดับความสุกของมะเขือเทศมีผลต่อค่า pH และความเป็นกรด ซึ่งกรดในมะเขือเทศที่พบส่วนใหญ่เป็นกรดซิตริก และกรดมาลิก โดยกรดทั้งสองนี้จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจของมะเขือเทศในระหว่างกระบวนการสุกของมะเขือเทศ จึงส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของค่า pH ส่วนปริมาณกรดที่ไตเตรตได้มีค่าลดลง และเมื่อพิจารณาในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา พบว่า ทุกสิ่งทดลองมีค่า pH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าชนิดของสารเคลือบไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายได้เมื่อระยะเวลาของการเก็บรักษานานขึ้นพบว่า ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 4.47 ไปเป็นช่วง 5.40 - 5.60 โดย Das *et al.* (2012) กล่าวว่าในระหว่างกระบวนการสุกของผลมะเขือเทศจะเกิดการเปลี่ยนจากแป้งไปเป็นน้ำตาล จึงส่งผลให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มมากขึ้น โดยการย่อยสลายจะเกิดขึ้นบริเวณผนังเซลล์โพลีแซคคาไรด์ (เฮมิเซลลูโลสและเพคติน) กลายเป็นโอลิโกแซคคาริน ซึ่งสารตัวนี้จะส่งผลให้ผลไม้เกิดการสุกได้ เมื่อวัดปริมาณของของแข็งที่ละลายได้จึงมีค่าเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (Cote and Hahn, 1994) และเมื่อพิจารณาใน

วันที่ 16 ของการเก็บรักษา พบว่า ทุกสิ่งทดลองมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไม่แตก ต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าชนิดของสารเคลือบไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ดังภาพที่ 14, และ 15



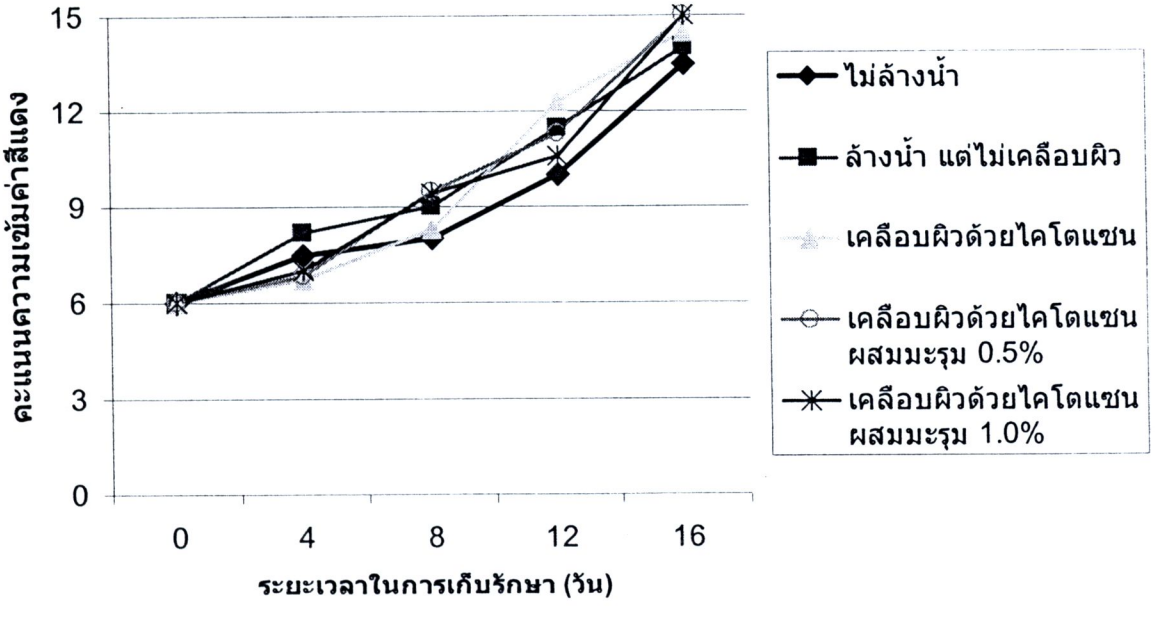
ภาพที่ 14 ค่า pH ของผลมะเขือเทศเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C



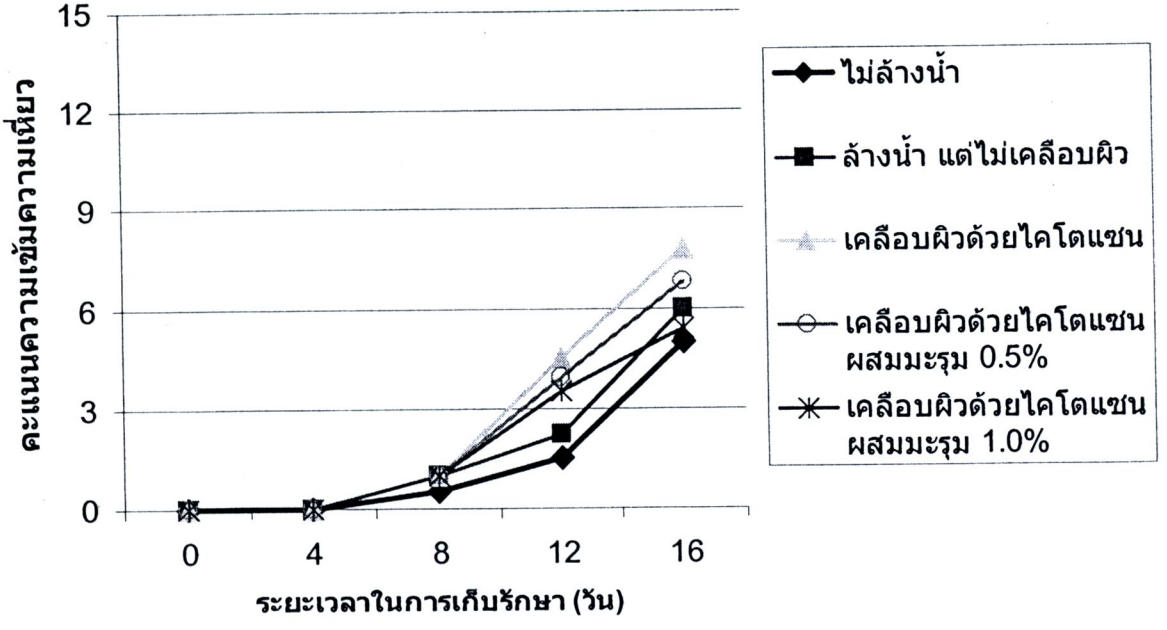
ภาพที่ 15 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของผลมะเขือเทศเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

4.3.7 อิทธิพลของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

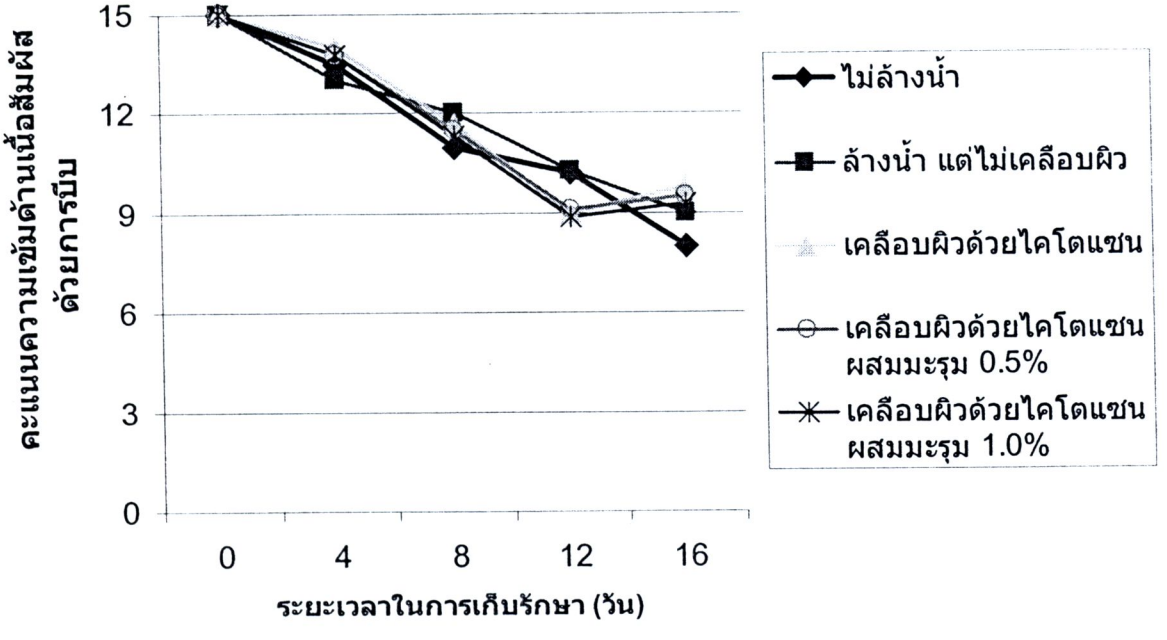
จากการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีให้คะแนนความเข้มในคุณลักษณะต่างๆ ของผลมะเขือเทศที่เก็บไว้ ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คนจากการทดลองพบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาผลมะเขือเทศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อทุเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทำการทดสอบผู้ทดสอบมีดังนี้ ค่าสีแดง ความเหี่ยวของผล ความแน่นเนื้อ (ด้วยการบีบและการชิม) และรสหวาน โดยคะแนนความเข้มเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านสีแดงและความเหี่ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักที่มีแนวโน้มลดลง ส่วนคุณลักษณะด้านความแน่นเนื้อทั้งจากการบีบและการชิมมีแนวโน้มลดลง ซึ่งจะพบความแตกต่างกันทางสถิติกับผลิตภัณฑ์เริ่มต้น (สัปดาห์ที่ 0) นอกจากนี้ในระหว่างการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ทำ การทดสอบคุณลักษณะในด้านกลิ่นและกลิ่นรสแปลกปลอมด้วยซึ่งทำให้ทราบว่าไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นระหว่างมะเขือเทศที่ได้รับการเคลือบผิวกับมะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบผิว (ภาพที่ 16, 17, 18,19 และ 20)



ภาพที่ 16 คะแนนความเข้มค่าสีแดงของผลมะเขือเทศเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

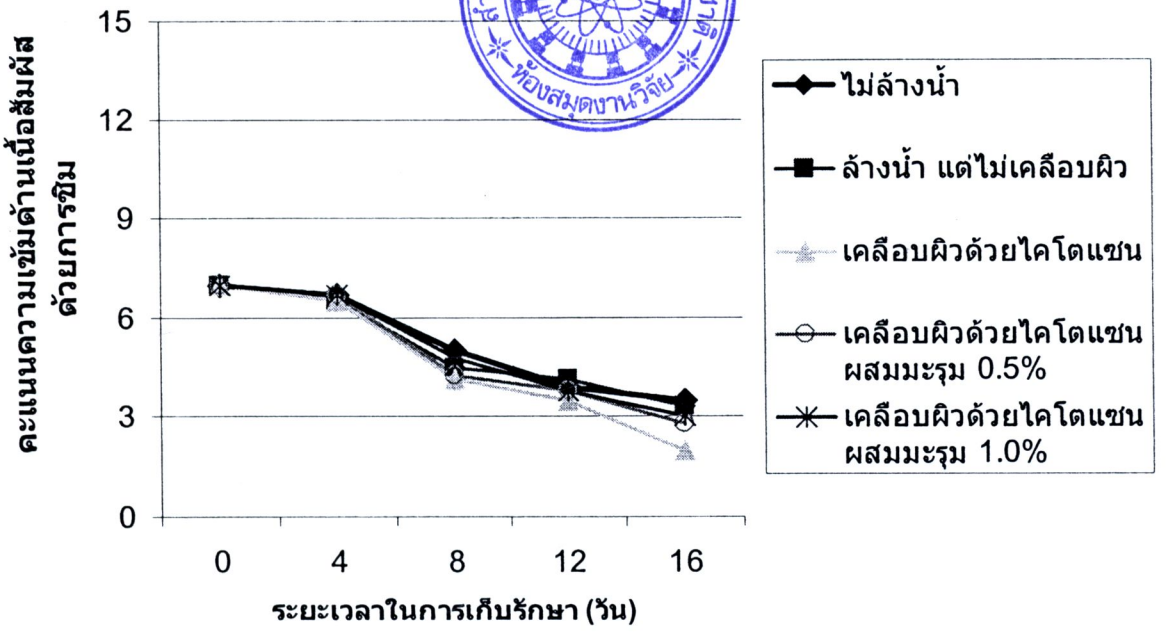


ภาพที่ 17 คะแนนความเข้มด้านความเหี่ยวของผลมะเขือเทศเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

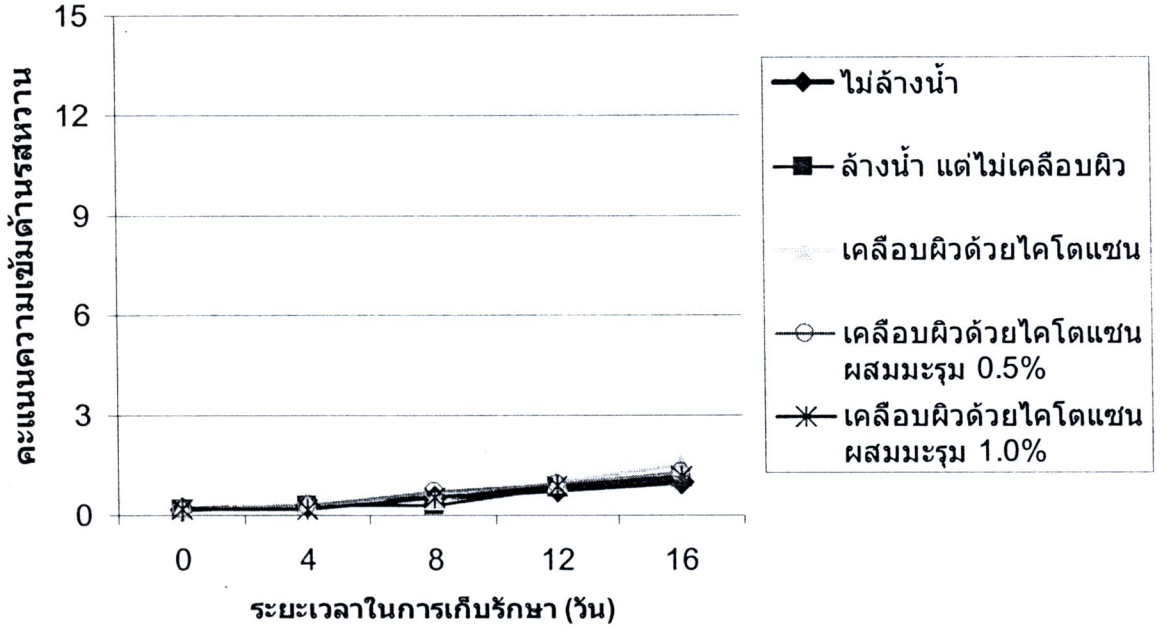


ภาพที่ 18 คะแนนความเข้มด้านเนื้อสัมผัสด้ายการบีบของผลมะเขือเทศเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



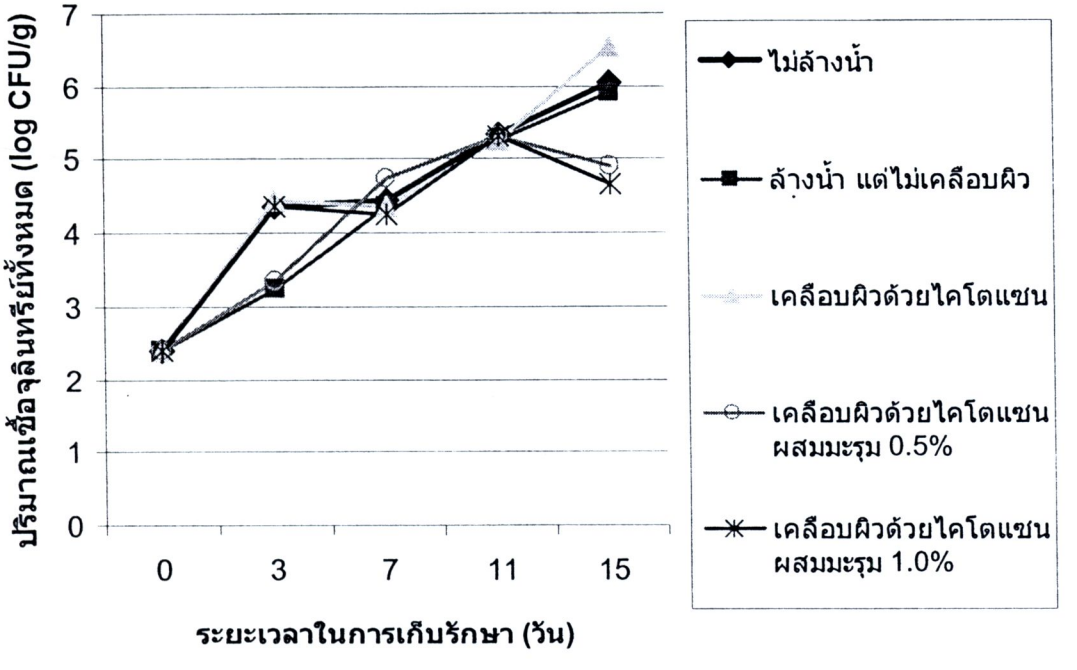
ภาพที่ 19 คะแนนความเข้มด้านเนื้อสัมผัสด้ายการชิมของผลมะเขือเทศเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C



ภาพที่ 20 คะแนนความเข้มด้านรสหวานของผลมะเขือเทศเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

4.3.8 อิทธิพลของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

จากผลการทดสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของมะเขือเทศทั้งที่มีการเคลือบ/ไม่เคลือบสารเคลือบผิวยับยั้งจุลินทรีย์ที่เก็บไว้ ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสพบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผลมะเขือเทศเพิ่มขึ้น จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นจากวันแรกที่ทำการทดลอง (ภาพที่ 21) จากค่ามาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่กำหนดค่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสำหรับอาหารพร้อมบริโภค ควรมีจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1 x 10^6 CFU/กรัมของอาหาร หรือ 6.00 log CFU/กรัมของอาหาร จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่ามะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยน้ำมันมะรุมยังคงมีคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ไม่เกินข้อกำหนดเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 16 วัน ในขณะที่มะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบผิวนั้นมีปริมาณจุลินทรีย์เกินกว่าข้อกำหนด



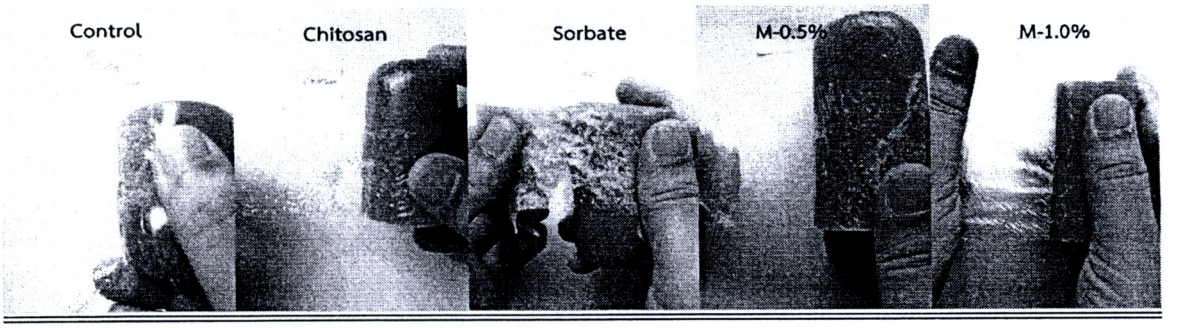
ภาพที่ 21 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PCAในมะเขือเทศเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

4.4 ศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นฟิล์มผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์ต่อคุณภาพของทุเรียนกวนในระหว่างการเก็บรักษา

ทุเรียนกวนที่นำมาศึกษาในครั้งนี้มีน้ำหนักแต่ละแท่งเท่ากันประมาณ 200±5 กรัม โดยแผ่นฟิล์มที่ใช้ในการหุ้มทุเรียนกวนประกอบไปด้วย แผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC-film), แผ่นฟิล์มไคโตแซน+แผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (CHI-film+PVC-film), แผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15 +แผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (CHI-film+sorbate+PVC-film), แผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5 +แผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (CHI-film+M 0.5%+PVC-film), และแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 +แผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (CHI-film+M 1.0%+PVC-film) จากนั้นทำการเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยฟิล์มที่มีการผสมสารยับยั้งจากจุลินทรีย์ และทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC ที่ไม่ได้มีการเติมสารยับยั้งจุลินทรีย์ (ตัวอย่างควบคุม) นำทุเรียนกวนมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างวิเคราะห์คุณภาพทุก 14 วัน ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ของทุเรียนกวนแสดงดังต่อไปนี้

4.4.1 อิทธิพลของแผ่นฟิล์มผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์ต่อความยากง่ายในการลอกแผ่นฟิล์มออกจากทุเรียนกวน

จากการสังเกตพบว่าสารเคลือบผิวมีอิทธิพลต่อความยากง่ายในการดึงแผ่นฟิล์มออกจากทุเรียนกวน แสดงดังภาพที่ 22 โดยพบว่าเมื่อดึงทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15 +แผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ออกจากกัน ทุเรียนกวนจะมีลักษณะเหนียวติดไปกับแผ่นฟิล์มเป็นจำนวนมาก ทำให้ลักษณะปรากฏของทุเรียนกวนไม่น่ารับประทาน รองลงมาคือทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซน+แผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ ซึ่งทุเรียนจะมีลักษณะเหนียวติดไปกับแผ่นฟิล์มเช่นกัน ในขณะที่ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5 +แผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ และแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 +แผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ มีลักษณะที่ไม่แตกต่างไปจากทุเรียนกวนตัวอย่างควบคุมซึ่งหุ้มด้วยแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ อาจเป็นผลเนื่องมาจากน้ำมันจากเมล็ดมะรุมมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นไขมัน จึงช่วยให้แผ่นฟิล์มที่ผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมมีความลื่นมากกว่าแผ่นฟิล์มที่ผสมสารโปแตสเซียมซอร์เบท สามารถลอกออกจากผิวทุเรียนกวนได้ง่ายขึ้น



(a) (b) (c) (d) (e)

ภาพที่ 22 ความยากง่ายในการลอกแผ่นฟิล์มผสม/ไม่ผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์ออกจากทุเรียนกวน หมายเหตุ (a) คือ ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (สิ่งทดลองควบคุม)

(b) คือทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซน+ PVC-film

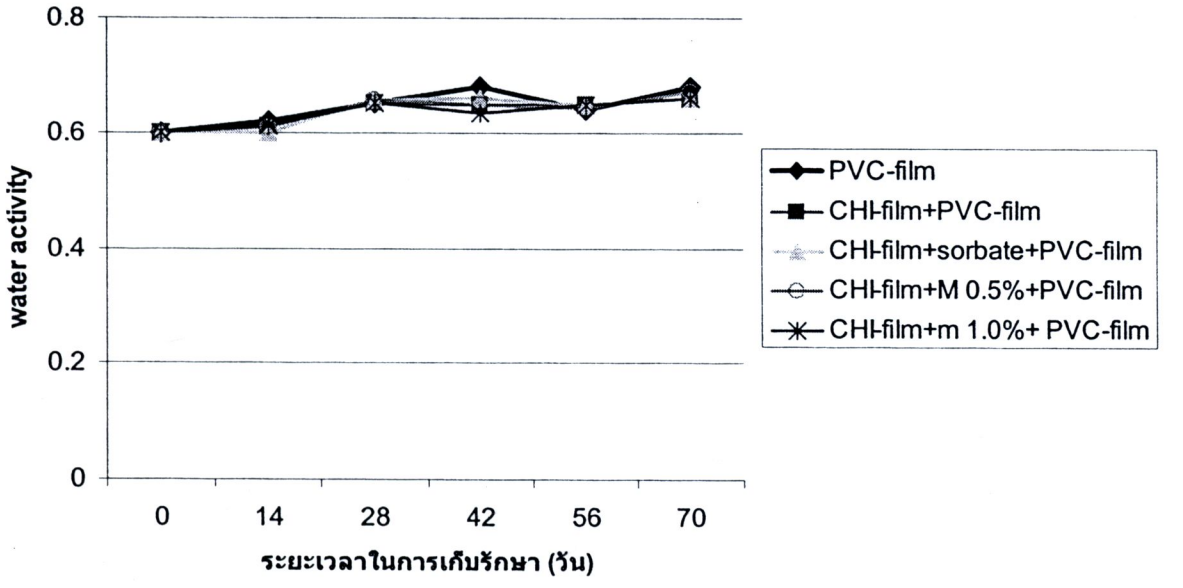
(c) คือ หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารโปแตสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้นร้อยละ 15+ PVC-film

(d) คือ ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5+ PVC-film

(e) คือ ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 + PVC-film

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

จากภาพที่ 23 ค่า water activity ของทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มแตกต่างกันทั้ง 5 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมีค่า water activity อยู่ระหว่าง 0.6-0.7 ผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์มะม่วงแคนดี้ (ระพีพรรณ, 2547), บ๊วยแผ่นผสมฝรั่ง (รัชนีกร, 2549) และ กีวีสีทองแผ่น (Vatthanakul, 2009) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะทุเรียนกวนจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง (intermediate moisture food; IMF) ซึ่ง Sepúlveda *et al.* (2000) ได้กล่าวไว้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งจะมีค่า water activity อยู่ในช่วง 0.6-0.8 จัดเป็นอาหารพร้อมบริโภค ซึ่งสะดวกในการเก็บรักษาและการรับประทานได้ (Che Man and Sin, 1997).



ภาพที่ 23 ค่า Water activity ของทุเรียนกวนในระหว่างอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

หมายเหตุ - PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (สิ่งทดลองควบคุม)

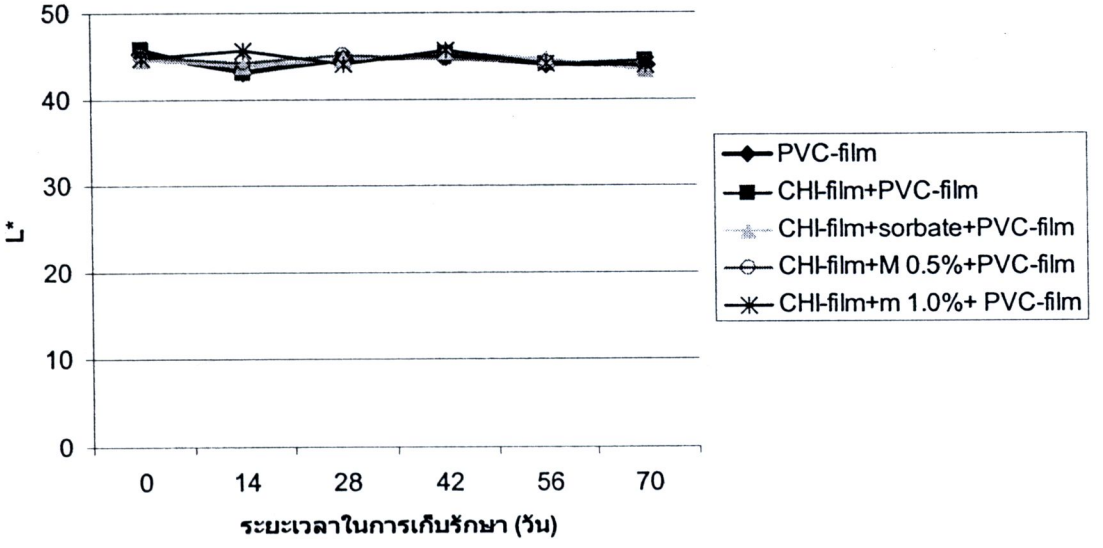
- CHI-film+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซน+ PVC-film

- CHI-film+sorbate+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15+ PVC-film

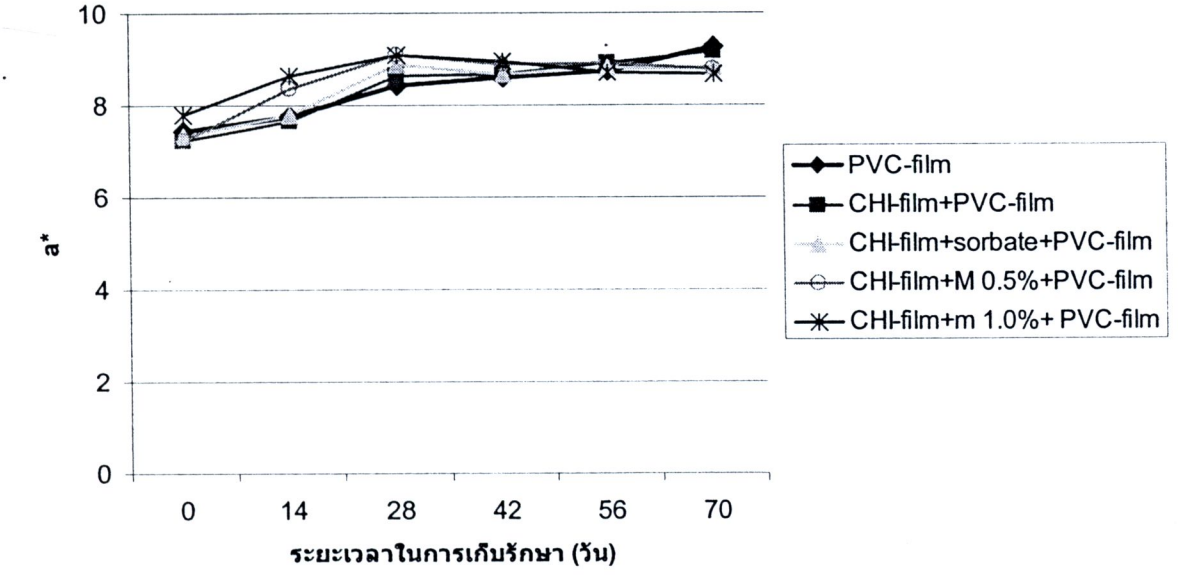
- CHI-film+M 0.5%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5+ PVC-film

- CHI-film+M 1.0%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 + PVC-film

จากการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยฟิล์มแตกต่างกันนั้น ไม่พบความแตกต่างกันของค่าความสว่าง (L*), ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของทุเรียนกวนในระหว่างการเก็บรักษาแสดงดังภาพที่ 24-26 กล่าวคือทุเรียนกวนมีแนวโน้มการลดลงของค่าความสว่าง (L*), ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดย Steele (1988) กล่าวว่าผลไม้อบแห้งมีส่วนผสมจำพวกน้ำตาลมักจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านสีเนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ได้ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning) ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่คล้ำมากขึ้นและมีกลิ่นรสที่ผิดปกติไปจากเดิมได้



ภาพที่ 24 ค่าสี L* ของทุเรียนกวนในระหว่างอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C



ภาพที่ 25 ค่าสี a* ของทุเรียนกวนในระหว่างอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

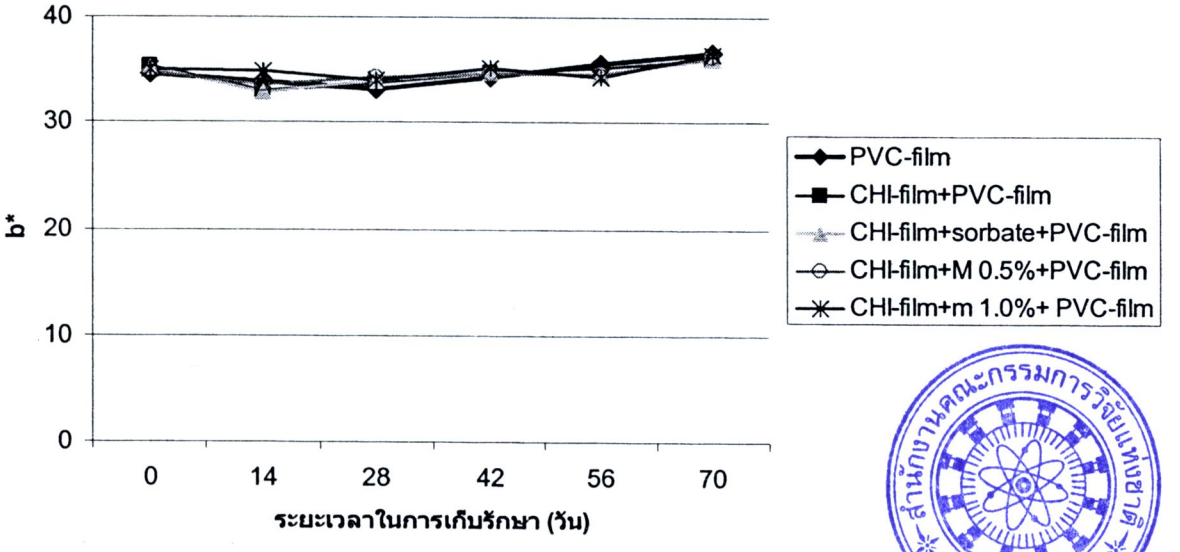
หมายเหตุ - PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (สิ่งทดลองควบคุม)

- CHI-film+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซน+ PVC-film

- CHI-film+sorbate+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15+ PVC-film

- CHI-film+M 0.5%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5+ PVC-film

- CHI-film+M 1.0%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 + PVC-film



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ภาพที่ 26 ค่าสี b* ของทุเรียนกวนในระหว่างอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

หมายเหตุ - PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (สิ่งทดลองควบคุม)

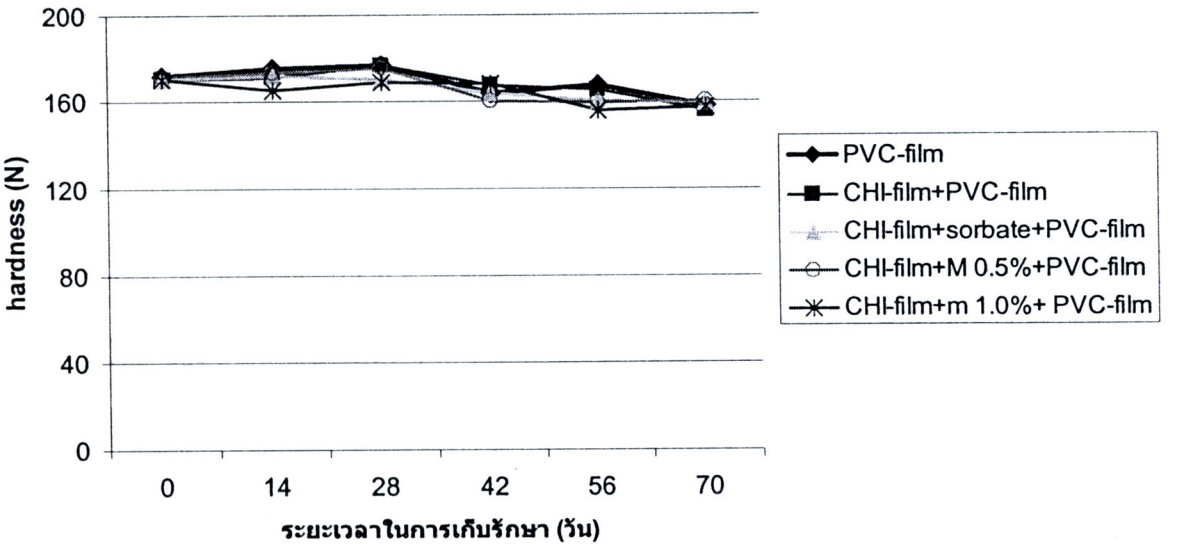
- CHI-film+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซน+ PVC-film

- CHI-film+sorbate+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15+ PVC-film

- CHI-film+M 0.5%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5+ PVC-film

- CHI-film+M 1.0%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 + PVC-film

จากภาพที่ 27 แสดงค่าความแข็งของทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มแตกต่างกันพบว่า ค่าความแข็งของทุเรียนกวนมีแนวโน้มลดน้อยลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น อาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณน้ำ (ค่า water activity) ในทุเรียนกวนเพิ่มมากขึ้นในขณะเก็บรักษา จึงส่งผลให้ความแข็งของทุเรียนกวนมีค่าที่ลดลง เช่นเดียวกับการลดลงของค่าความแข็งในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นและผลไม้กวนในงานวิจัยของ รัชนีกร (2549), Vijayanand *et al.*, (2000) และ Vatthanakul, (2009) โดยระพีพรรณ (2547) ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์มะม่วงแคนดีในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ พบว่า มะม่วงแคนดีที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่เป็นฟิล์มใสซึ่งความชื้นจะผ่านเข้าไปในฟิล์มได้มากกว่ามะม่วงแคนดีที่บรรจุในฟิล์มเมทาไลต์ จะส่งผลให้มะม่วงแคนดีมีความชื้นในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ส่วนเนื้อสัมผัสด้านความแข็งจะมีแนวโน้มลดลง ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ที่จะใช้ห่อหุ้มผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งควรที่จะชะลอการซึมผ่านเข้าออกของไอน้ำได้ เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้กับผลิตภัณฑ์อีกทางหนึ่ง



ภาพที่ 27 ค่าความแข็งของทุเรียนกวนในระหว่างอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

หมายเหตุ - PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (สิ่งทดลองควบคุม)

- CHI-film+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซน+ PVC-film

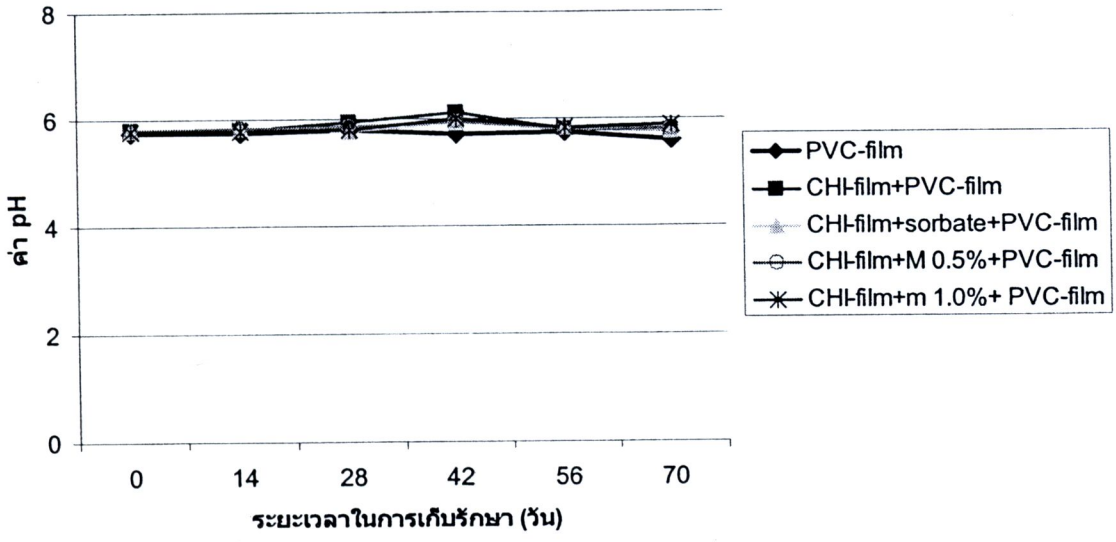
- CHI-film+sorbate+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15+ PVC-film

- CHI-film+M 0.5%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5+ PVC-film

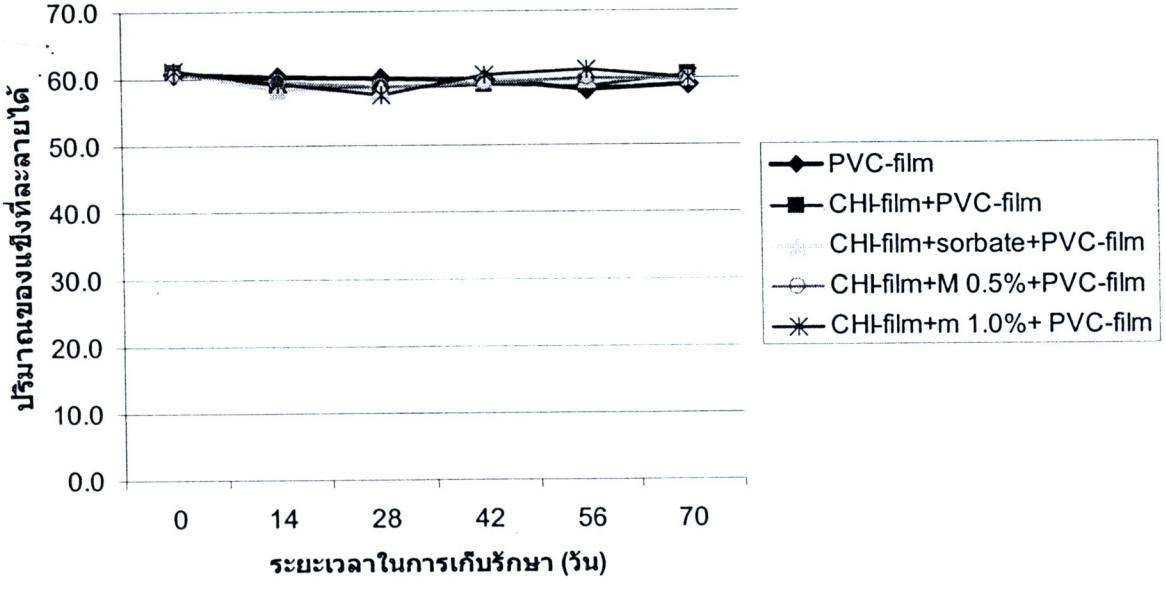
- CHI-film+M 1.0%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 + PVC-film

4.4.3 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ในระหว่างการเก็บรักษาทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยฟิล์มแตกต่างกัน (ภาพที่ 28)พบว่า ค่าความ pH ของทุเรียนกวนมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อย เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลานานขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนปลงค่า pH อาจเป็นผลเนื่องมาจากการที่ทุเรียนกวนเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสีน้ำตาล (เมลลาร์ด) ในระหว่างการเก็บรักษา จึงส่งผลให้มีกรดที่แตกตัวที่แตกตัวจาก furaldehydes ออกมาได้แก่ formic acid กับ levulimic acid จาก hexoses และ dihydroxyacetone กับ glyceraldehydes จาก 2– ketoses (Bower, 1992) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในทุเรียนกวนพบว่า ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของทุเรียนกวนมีแนวโน้มคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 29)



ภาพที่ 28 ค่า pH ของทุเรียนกวนในระหว่างอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C



ภาพที่ 29 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของทุเรียนกวนระหว่างอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

หมายเหตุ - PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (สิ่งทดลองควบคุม)

- CHI-film+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซน+ PVC-film

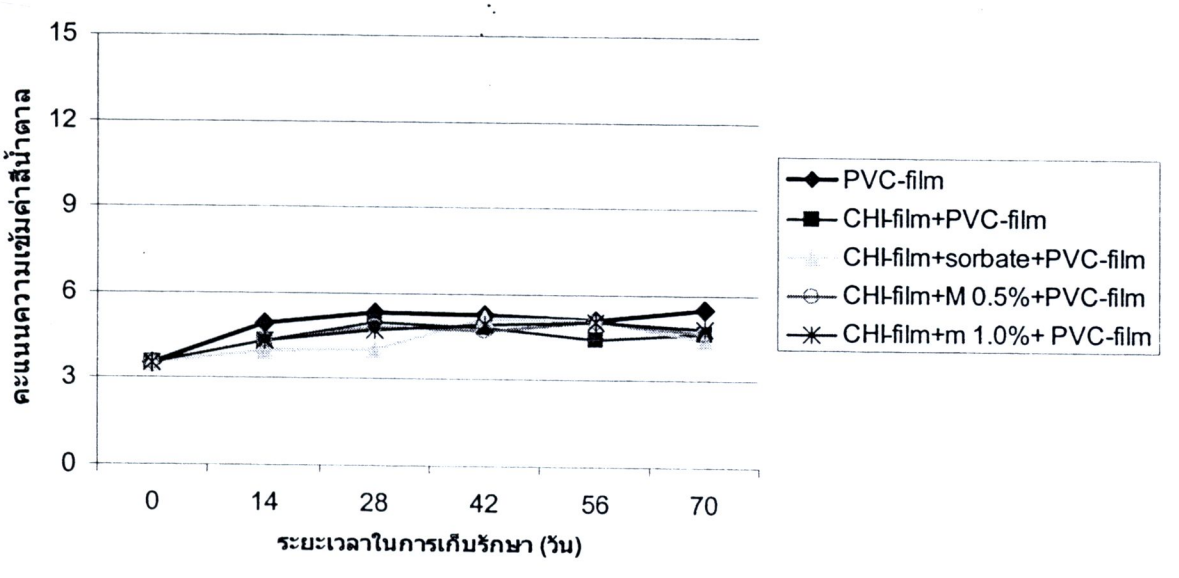
- CHI-film+sorbate+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15+ PVC-film

- CHI-film+M 0.5%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5+ PVC-film

- CHI-film+M 1.0%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 + PVC-film

4.4.4 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส

จากการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีให้คะแนนความเข้มในคุณลักษณะต่างๆ ของทุเรียนกวนที่เก็บไว้ ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คนจากการทดลองพบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาทุเรียนและชนิดของแผ่นฟิล์มที่ใช้ในการหุ้มทุเรียนกวนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อทุเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทำการทดสอบผู้ทดสอบมีดังนี้ ค่าน้ำตาล เนื้อสัมผัส (ด้านความแข็งและการติดฟัน) และรสหวาน โดยคะแนนความเข้มเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านสีน้ำตาลและรสหวานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสด้านการติดฟันมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนความเข้มเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์เริ่มต้น (สัปดาห์ที่ 0) นอกจากนี้ในระหว่างการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ทำ การทดสอบคุณลักษณะในด้านกลิ่นและกลิ่นรสแปลกปลอมด้วยซึ่งทำให้ทราบว่าไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นระหว่างทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยฟิล์มต่างชนิดกัน (ภาพที่ 30, 31, 32 และ 33)



ภาพที่ 30 คะแนนความเข้มค่าสีน้ำตาลของทุเรียนกวนระหว่างอายุการเก็บรักษาที่ 30±2°C

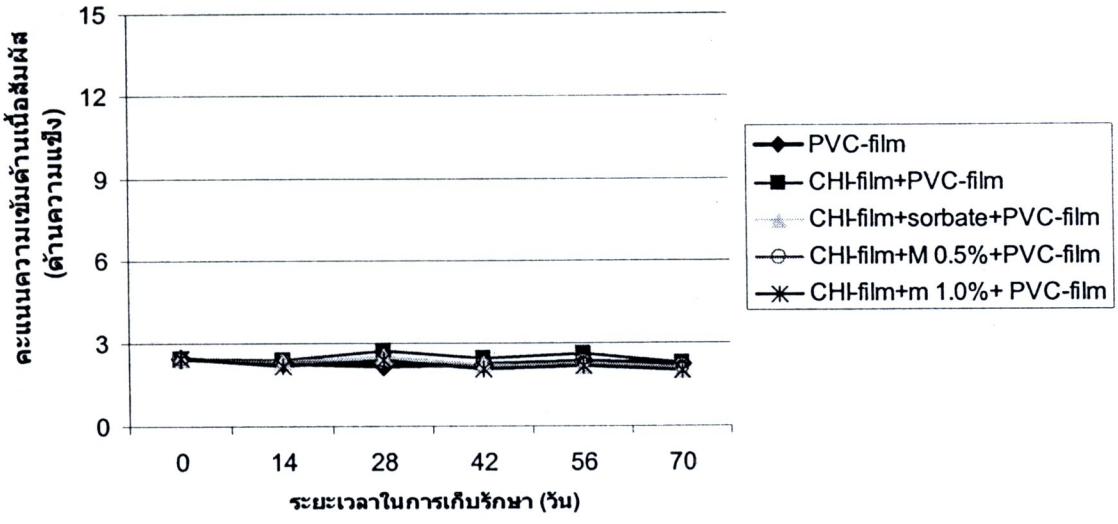
หมายเหตุ - PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (สิ่งทดลองควบคุม)

- CHI-film+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซน+ PVC-film

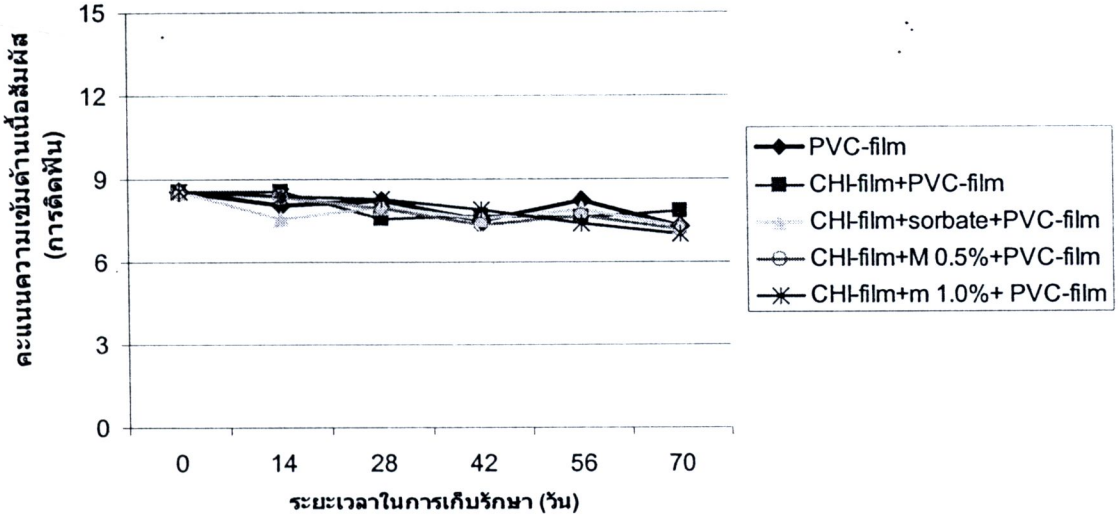
- CHI-film+sorbate+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15+ PVC-film

- CHI-film+M 0.5%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5+ PVC-film

- CHI-film+M 1.0%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 + PVC-film



ภาพที่ 31 คะแนนความเข้มด้านเนื้อสัมผัส(ความแข็ง)ทุเรียนกวนระหว่างการเก็บรักษาที่ 30±2°C



ภาพที่ 32 คะแนนความเข้มด้านเนื้อสัมผัส(การติดฟัน)ทุเรียนกวนระหว่างการเก็บรักษาที่ 30±2°C

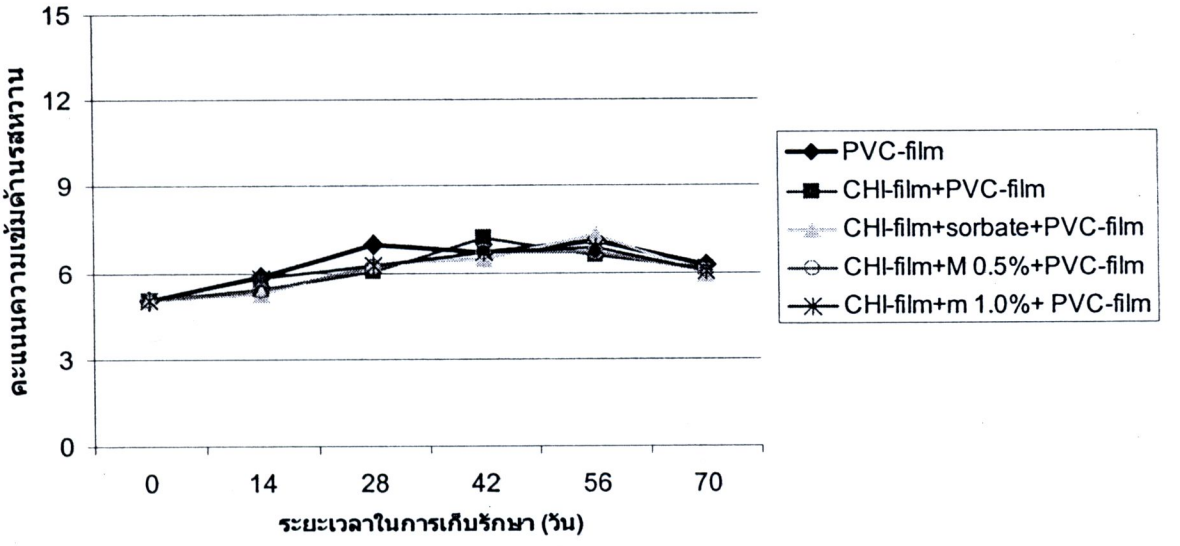
หมายเหตุ - PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (สิ่งทดลองควบคุม)

- CHI-film+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซน+ PVC-film

- CHI-film+sorbate+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15+ PVC-film

- CHI-film+M 0.5%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5+ PVC-film

- CHI-film+M 1.0%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 + PVC-film



ภาพที่ 33 คะแนนความเข้มรสหวานของทุเรียนกวนในระหว่างอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C

หมายเหตุ - PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (สิ่งทดลองควบคุม)

- CHI-film+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซน+ PVC-film

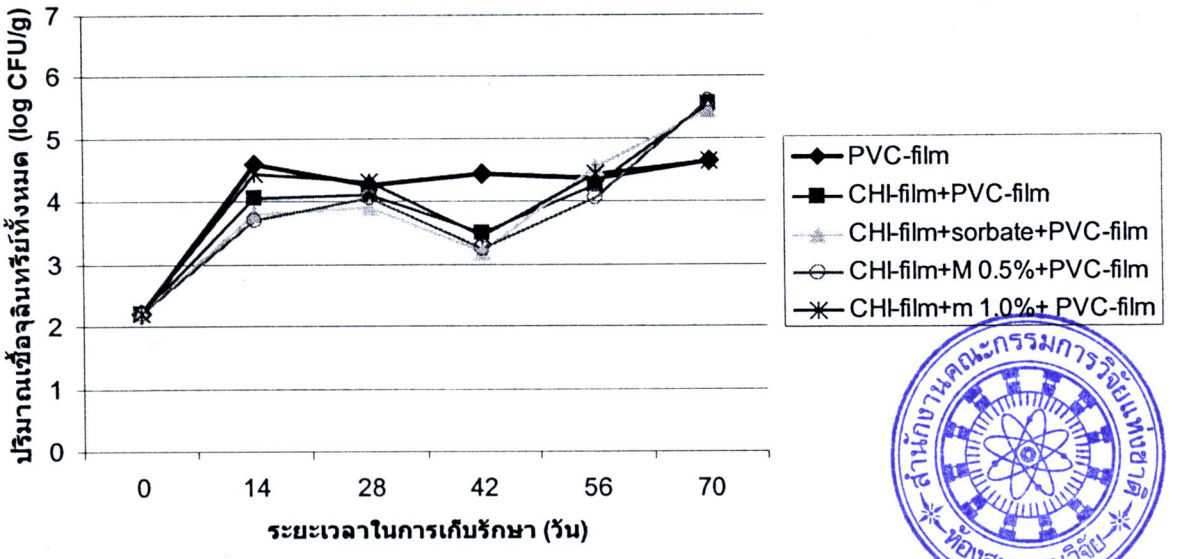
- CHI-film+sorbate+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15+ PVC-film

- CHI-film+M 0.5%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5+ PVC-film

- CHI-film+M 1.0%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 + PVC-film

4.4.5 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์

จากผลการทดสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของทุเรียนกวนที่มีการหุ้มด้วยฟิล์มต่างชนิดกันที่เก็บไว้ ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสพบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาทุเรียนกวนเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นจากวันแรกที่ทำการทดลอง (ภาพที่ 34) จากค่ามาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่กำหนดค่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสำหรับอาหารปรุงสุกหรืออาหารที่ผ่านกรรมวิธีการเก็บรักษาประเภทผลไม้กวน ควรมีจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1 x 10^4 CFU/กรัมของอาหาร หรือ 4.00 log CFU/กรัมของอาหาร จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่าทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารสกัดจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 + PVC-film ยังคงมีคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ไม่เกินข้อกำหนดเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 70 วัน



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ภาพที่ 34 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของทุเรียนกวนในระหว่างอายุการเก็บรักษาที่ 30±2°C

หมายเหตุ - PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (สิ่งทดลองควบคุม)

- CHI-film+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซน+ PVC-film

- CHI-film+sorbate+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมสารโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 15+ PVC-film

- CHI-film+M 0.5%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 0.5+ PVC-film

- CHI-film+M 1.0%+PVC-film หมายถึง ทุเรียนกวนที่หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนผสมน้ำมันจากเมล็ดมะรุมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 + PVC-film