

ผลของฟิล์มไคโตแซนผสมสารโซเดียมเบนโซเอตต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะละกอ

Effect of Chitosan Film Incorporated with Sodium Benzoate on Shelf Life Extension of Papaya

อัญญาภรณ์ ศิริเลิศ¹ และวรรณิศา กิจไธสง¹Tunyaporn Sirilert¹ and Tawatchai Limsomkeat¹

บทคัดย่อ

มะละกอเป็นผลไม้ที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีน และปริมาณเส้นใยสูง มีอัตราการหายใจแบบ Climacteric ที่มีการสร้างเอทิลีนขึ้น จึงทำให้เกิดการสุกและเสื่อมเสียด้วยเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่าย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษามะละกอโดยเปรียบเทียบวิธีการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน คือ มะละกอที่หุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซน (Chitosan Wrapped: WC), มะละกอที่เคลือบสารเคลือบไคโตแซน (Chitosan Coated: CC), มะละกอที่หุ้มด้วยฟิล์มโพลีเอทิลีน (Polyethylene Wrapped: WP) เปรียบเทียบกับมะละกอที่ไม่ได้หุ้มด้วยฟิล์มใดๆ (Control) โดยแบ่งส่วนของมะละกอที่ใช้ในการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและ จุลินทรีย์ออกเป็น 3 ส่วน คือ ขั้วผล กลางผลและปลายผล พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มะละกอที่เก็บด้วยวิธี CC และ WC จะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งลดลงและมีค่าสีเขียวลดลงน้อยกว่า PE ในทุกๆ ส่วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยฟิล์ม WC จะให้ลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า WC มีปริมาณลดลงน้อยกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ เมื่อนำฟิล์มไคโตแซน (WC) ผสมสาร Sodium Benzoate เปรียบเทียบที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 50 และ 100 ppm พบว่าระยะเวลาเก็บนานขึ้นอัตราการแพร่ของสาร Sodium Benzoate ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm จะเพิ่มมากกว่า 100 ppm สามารถลดปริมาณ จุลินทรีย์ลง และให้ลักษณะด้านเนื้อสัมผัสแข็งและสีเขียวของผลมะละกอดูอยู่มากกว่ามะละกอที่ไม่ได้หุ้มด้วยฟิล์มใดๆ และการหุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm จะสามารถยืดอายุการเก็บของผลมะละกอได้มากกว่า 14 วันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: โซเดียมเบนโซเอต, ไคโตแซน, มะละกอ, อายุการเก็บรักษา

ABSTRACT

Papaya contains the highest concentration of β -carotene and fiber content. During its ripening process, such climacteric fruit as papaya undergoes rapid degreening of its skin, ethylene production and flesh softening, which easily affect the growth of microorganisms. In this research, we aimed to prolong the shelf life of papaya by investigating the three keeping methods, which were wrapping with either polyethylene film (CW) and direct coating with 1.5% chitosan solution (CC) using uncoated papaya sample as a control. Physicochemical properties examined in three parts of papaya (top, middle and bottom) upon increasing its shelf life showed significant effect on hardness and degreening values of those CC and CW as compared to PE. It was shown that wrapping with chitosan film resulted in the best appearance property and the least microbial growth. Furthermore, prolonged shelf life of papaya was compared in CW mixed with either 50 ppm or 100 ppm sodium benzoate. Better diffusibility property when using 50 ppm sodium benzoate was observed, which promoted greater reduction of microorganisms, and enhanced prolonging the shelf life of papaya more than 14 days with promising advantages in terms of hardness and degreening values.

Keywords: Sodium Benzoate, Chitosan, Papaya, Shelf Life

บทนำ

มะละกอเป็นไม้ผลที่นิยมปลูกกันมากกระจายอยู่ทั่วไปตามพื้นที่ของประเทศไทย มะละกอยังเป็นผลไม้ที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีน และเส้นใยสูง การส่งออกมะละกอในลักษณะของการแปรรูป เช่น มะละกอยหี มะละกอบแห้ง รวมทั้งผลสดมีอัตราการจำหน่ายเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะปีพ.ศ. 2549 สามารถส่งออกเพิ่มขึ้นถึง 182 เมตริกตันในปี 2548 [1] เนื่องจากมะละกอเป็นผลไม้ที่มีการเปลี่ยนแปลงการหายใจแบบ Climacteric สามารถผลิตก๊าซเอทิลีนได้ในระดับสูง เนื่องจากการเปลี่ยน 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) ไปเป็นเอทิลีนโดยมีเอนไซม์ ACC oxidase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้มะละกอเป็นผลไม้ที่สุกได้ง่าย ส่งผลให้มีเปลี่ยนแปลงของแป้งกลายเป็นน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญได้ [2] ดังนั้นวิธีการชะลอการหายใจของมะละกอ สามารถทำได้โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 10-15°C หรือการควบคุมสภาพบรรยากาศในห้องเก็บ นอกจากนี้แนวทางในการยืดอายุการเก็บรักษามะละกอด้วยการใช้ฟิล์มธรรมชาติหุ้มหรือเคลือบผิวจัดเป็นอีกวิธีหนึ่งในการยืดอายุการเก็บให้ยาวนาน โดยเฉพาะฟิล์มไคโตแซนที่ได้จากเปลือกของสัตว์จำพวกกุ้ง ปู แมลง และเชื้อรา ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม สามารถย่อยสลายได้ [3] ด้วยคุณสมบัติของไคโตแซนในรูปของเจลที่ทนอุณหภูมิสูง สามารถยึดติดผิวได้ง่าย [4] ขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มใส เหนียว และห่อหุ้มอาหารได้โดยตรง [5] อีกทั้งความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดได้เป็นอย่างดี [6] การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานให้กว้างขวางยิ่งขึ้นโดยการเสริมสารในการยับยั้งจุลินทรีย์บางชนิด และสาร sodium benzoate เป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ในกลุ่มของยีสต์และราที่สร้างปัญหาให้กับผักและผลไม้สดโดยทั่วไป ส่งผลให้สามารถควบคุมปริมาณการหายใจของมะละกอให้ช้าลง ประกอบกับเติมลงในฟิล์มไคโตแซนที่มี

คุณสมบัติในการเป็นตัวป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน [7] และควบคุมปฏิกิริยาการแพร่ของยาและสารเคมีบางชนิดได้เป็นอย่างดี [8,9,10] จากโครงสร้างที่สามารถเกิดลักษณะร่างแห (matrix) และมีลักษณะเป็น ionotropic gel สามารถหุ้มสารที่จะเป็นตัวพาไว้ภายในได้และควบคุมการแพร่ผ่านออกมาภายนอกได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะละกอให้เพิ่มขึ้น และศึกษาอิทธิพลของสารโซเดียมเบนโซเอตในฟิล์มไคโตแซนต่อการยืดอายุการเก็บรักษา รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและจุลินทรีย์ของมะละกอที่ผ่านการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

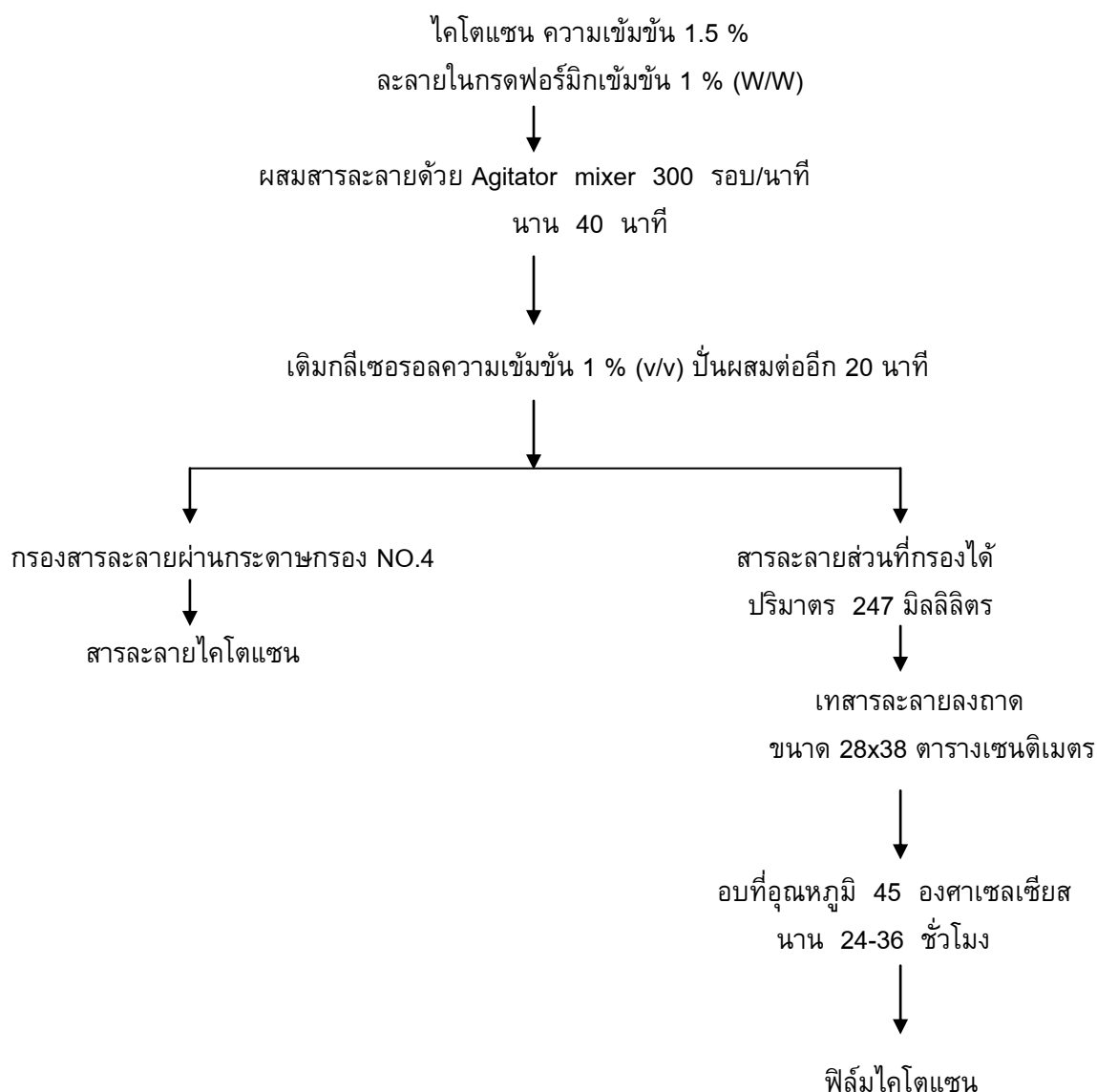
1. การเตรียมวัตถุดิบ

1.1 มะละกอ

มะละกอสตสายนพันธุ์แขกดำ ที่มีอายุเก็บเกี่ยวหลังเกิดผล 30 วัน คัดขนาด สี และคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน ทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70% ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

1.2 การเตรียมสารเคลือบและฟิล์มไคโตแซน

เตรียมสารเคลือบไคโตแซนดัดแปลงวิธีการจากสุกัญญา [11] โดยชั่งน้ำหนักไคโตแซนที่ต้องการศึกษา 5 กรัม (1% w/v) นำมาละลายในสารละลายกรดฟอร์มิกความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่ปริมาตร 500 มิลลิลิตร บดผสมด้วยเครื่องผสม Agitator mixer ที่ความเร็วรอบ 300 รอบ/นาที เป็นเวลา 40 นาที เติมนพอลิเอทิลีนไกลคอลซึ่งใช้เป็นสารพลาสติกไซเซอร์ 5 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอร์ 1 % v/v) ทำการบดผสมด้วยเครื่องผสม Agitator mixer ต่อเป็นเวลา 20 นาที (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การเตรียมสารเคลือบและฟิล์มไคโตแซน

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของมะละกอสภาพการเก็บต่าง ๆ กัน

เตรียมมะละกอทั้งผลที่แบ่งสิ่งทดลองออกเป็น 4 สิ่งทดลอง คือ มะละกอเคลือบด้วยสารเคลือบไคโตแซน เป็นเวลา 30 วินาทีและนำมาผึ่งจนแห้งบนตะแกรงนาน 15 นาที (Coated Chitosan: CC), มะละกอที่หุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซน (Wrapped Chitosan: WC) (เตรียมได้จากข้อที่ 1.2) มะละกอที่หุ้มด้วยฟิล์มฟิล์มโพลีเอทิลีน (Polyethylene Wrapped: PE) ที่มีจำหน่ายทางการค้า และเปรียบเทียบกับมะละกอที่ไม่

ผ่านการเคลือบหรือหุ้มด้วยฟิล์มใดๆ (Control) เก็บรักษามะละกอทุกสิ่งทดลองที่อุณหภูมิ $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ [2] เป็นเวลา 0, 3 และ 7 วัน โดยสุ่มตัวอย่างแต่ละสิ่งทดลองมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ ที่ระยะเวลา 0 และ 7 วัน โดยแบ่งส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็น 3 ส่วน (ความยาวของมะละกอทั้งผลแบ่งเฉลี่ยออกเป็น 3 ส่วนของความยาวทั้งหมด) คือ ขั้วผล กลางผล และปลายผลมะละกอ นำมาวิเคราะห์ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ทางกายภาพ

- วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีโดยใช้กระดาษเทียบสี RHS color chart (England) ดัดแปลงวิธีการจากสุกัญญา [11] โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนของระดับสีการเปลี่ยนแปลงของมะละกอ คือ 5 คะแนน คือ สีเขียว (green-141A), 4 คือ คะแนน คือ สีส้มอมเขียว (orange-26A), 3 คะแนน คือ สีส้ม (orange red-31A), 2 คะแนน คือ สีน้ำตาลปนเขียว (grayed-orange-167B) และ 1 คะแนน คือ สีน้ำตาล (grayed orange-165B)

- วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Texture analyser (TA- XT2) โดยใช้หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ขนาดชิ้นตัวอย่าง 3 x 3 x 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร กำหนดระยะทางกด 60 มิลลิเมตร อัตราเร็วในการกดตัวอย่างเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที [12]

2.2 วิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

- วิเคราะห์หาปริมาณเชื้อรา และยีสต์ทั้งหมด โดยวิธี Standard total plate count ในอาหาร potato dextrose agar [13]

3. ศึกษาปริมาณโซเดียมเบนโซเอตในมะละกอที่หุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซน

คัดเลือกวิธีที่เหมาะสมในการเก็บรักษามะละกอจากค่าการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพและจุลินทรีย์ ในข้อที่ 2 และนำมาศึกษาปริมาณโซเดียมเบนโซเอตต่อการยืดอายุการเก็บมะละกอ แปรผันความเข้มข้นของสารโซเดียมเบนโซเอตที่ 50 และ 100 ppm โดยเปรียบเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านการหุ้มด้วยฟิล์มใดๆ (Control) เก็บรักษามะละกอทุกสิ่งทดลองที่อุณหภูมิ $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน ตัวอย่างมะละกอแต่ละสิ่งทดลองปอกเปลือกออกจากผลหนา 2.5 มิลลิเมตรในแต่ละวันมาวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมเบนโซเอตด้วยเครื่อง Spectrophotometer ดัดแปลงวิธีจาก

A.O.A.C. [14] และนำมาวิเคราะห์ทางกายภาพ และจุลินทรีย์เช่นเดียวกับข้อที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan & New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของมะละกอที่สภาวะการเก็บต่าง ๆ กัน

1.1. คุณสมบัติด้านสี

จากการทดลองเมื่อเก็บรักษามะละกอในระยะเวลาเพิ่มขึ้น (0, 3 และ 7 วัน) จะไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ของค่าสีในทุกๆ สิ่งทดลอง แต่สามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของมะละกอที่ไม่ได้หุ้มและเคลือบด้วยฟิล์มใดๆ (control) จะมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวปนส้มมากที่สุดในทุกๆ ส่วน (ขั้ว ผล กลางผล และปลายผล) แต่มะละกอที่เคลือบสารเคลือบไคโตแซน (CC) และหุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซน (WC) จะมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีส้มใกล้เคียงกันในทุกส่วนของผลมะละกอ โดยให้ค่าสีใกล้เคียงกับมะละกอที่หุ้มด้วยฟิล์มโพลีเอทิลีน (PE) เนื่องจากคุณสมบัติของฟิล์มและสารเคลือบเป็นตัวป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนทำให้ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นเอทิลีนได้ นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนที่อยู่ในผลเพียงเล็กน้อยทำให้การสุกของมะละกอเกิดขึ้นได้ช้า [2] (ตารางที่ 1) ขณะที่มะละกอที่หุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซนและฟิล์มโพลีเอทิลีน จะให้ค่าสีส้มสม่ำเสมอในทุกส่วนมากกว่ามะละกอที่เคลือบด้วยสารเคลือบไคโตแซน อาจเนื่องจากความสม่ำเสมอของ

ฟิล์มที่มีความยืดหยุ่นสูงแนบสนิทกับผลและห่อหุ้มโดย สารเคลือบในระหว่างการเก็บรักษา [4] (ภาพที่ 2) ไม่เกิดการฉีกขาด ให้ออกซิเจนผ่านเข้าออกได้ยากกว่า

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของมะละกอบริเวณหัวผลที่สภาวะการเก็บด้วยฟิล์มต่างชนิดกัน

ตัวอย่าง	วันที่ 0			วันที่ 3			วันที่ 7		
	หัวผล ^{ns}	กลางผล ^{ns}	ปลายผล ^{ns}	หัวผล ^{ns}	กลางผล ^{ns}	ปลายผล ^{ns}	หัวผล ^{ns}	กลางผล ^{ns}	ปลายผล ^{ns}
Control	5.0±0.00	5.0±0.00	4.0±0.00	4.25±0.20	4.0±0.00	3.0±0.00	2.75±0.16	2.25±0.03	2.5±0.16
PE	5.0±0.00	4.75±0.34	4.0±0.00	4.5±0.25	4.0±0.00	3.25±0.01	3.5±0.02	3.75±0.01	2.5±0.16
CC	5.0±0.00	4.75±0.34	4.0±0.00	5.0±0.00	4.0±0.00	3.25±0.01	3.75±0.01	3.5±0.02	3.25±0.01
WC	4.5±0.25	5.0±0.00	4.0±0.00	4.0±0.00	4.0±0.00	3.5±0.02	3.25±0.01	4.0±0.00	3.25±0.01

หมายเหตุ : a-b อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

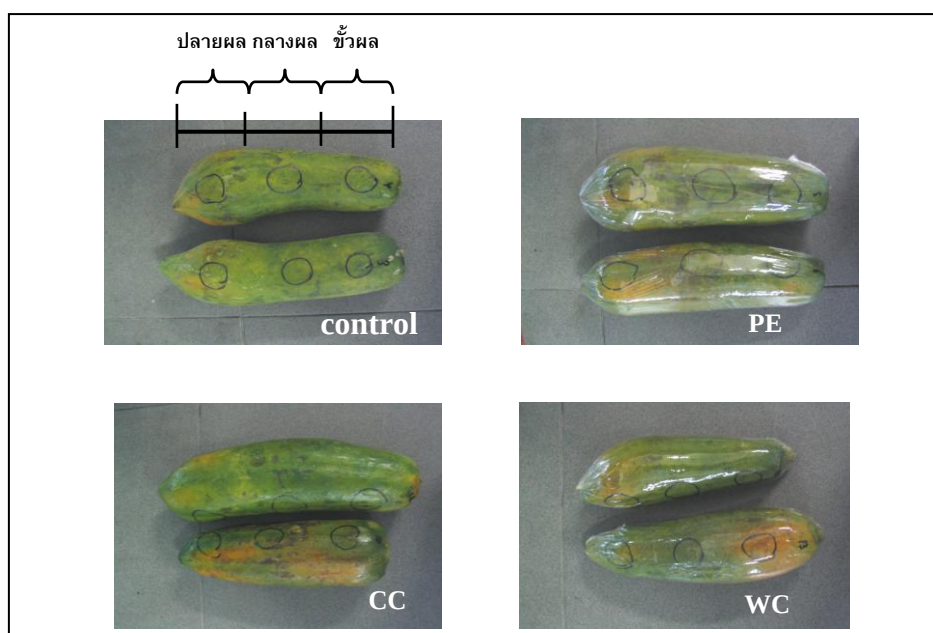
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p > 0.05$)

Control = มะละกอที่ไม่ได้หุ้มด้วยฟิล์มใดๆ

PE = มะละกอที่หุ้มด้วยฟิล์มโพลีเอทิลีน (wrapped polyethylene)

CC = มะละกอที่เคลือบด้วยสารเคลือบไคโตแซน (coated chitosan)

WC = มะละกอที่หุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซน (wrapped chitosan)



ภาพที่ 2 ลักษณะปรากฏโดยรวมของมะละกอที่สภาวะการเก็บต่างชนิดกัน

Control = มะละกอที่ไม่ได้หุ้มด้วยฟิล์มใดๆ

PE = มะละกอที่หุ้มด้วยฟิล์มโพลีเอทิลีน (wrapped polyethylene)

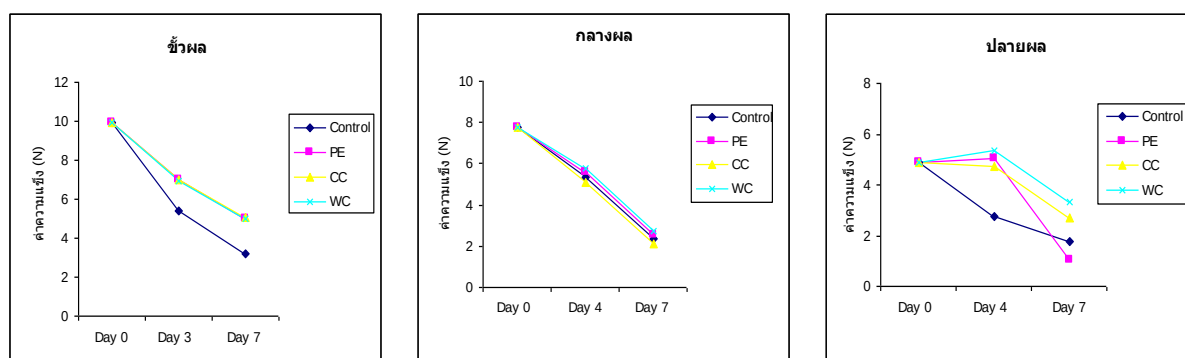
CC = มะละกอที่เคลือบด้วยสารเคลือบไคโตแซน (coated chitosan)

WC = มะละกอที่หุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซน (wrapped chitosan)

1.2. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส

เนื้อสัมผัสของมะละกอสภาพการเก็บต่างๆ กัน พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (0, 3, และ 7 วัน) มะละกอจะมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของค่าความแข็งแรงลดลงจากข้อผลไปยังปลายผล จนถึงวันที่ 7 และจะมีเนื้อสัมผัสนุ่ม เริ่มมีจุดเน่าเสียกระจายทุกส่วนในทุกๆ สิ่งทดลอง โดยพบว่าค่าความแข็งแรงของมะละกอที่ไม่ได้ผ่านการหุ้มด้วยฟิล์มและสารเคลือบใดๆ (Control) จะมีค่าเฉลี่ยลดลงมากที่สุด เนื่องจากมีอัตราการหายใจแบบ Climacteric มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การสุกของมะละกอเกิดขึ้น

ได้เร็ว [2] และมีการสูญเสียความชื้นไปพร้อมๆ กับการเก็บรักษา เนื้อสัมผัสจึงนุ่มหรือมีค่าความแข็งแรงลดลง ส่วนมะละกอที่หุ้มด้วยสารเคลือบและฟิล์มทุกสิ่งทดลองจะมีค่าความแข็งแรงคงอยู่มากกว่า และพบความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของค่าความแข็งแรงในส่วนข้อของปลายผล เนื่องจากความสามารถในการเป็นตัวกั้นผ่านออกซิเจนให้น้อยลง ช่วยชะลออัตราการสุก ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของ pectin เป็น pectinic acid ลดลง [10] ส่งผลให้เนื้อสัมผัสยังคงความแข็งแรงอยู่ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งแรงของมะละกอที่ผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างๆ กัน

หมายเหตุ: Control = มะละกอที่ไม่ได้หุ้มด้วยฟิล์มใดๆ

PE = มะละกอที่หุ้มด้วยฟิล์มโพลิเอทิลีน (wrapped polyethylene)

CC = มะละกอที่เคลือบด้วยสารเคลือบไคโตซาน (coated chitosan)

WC = มะละกอที่หุ้มด้วยฟิล์มไคโตซาน (wrapped chitosan)

1.3. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านจุลินทรีย์

จากการทดลองพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ (ราและยีสต์) ในทุกสิ่งทดลอง (ตารางที่ 2) เมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้น (0 และ 7 วัน) โดยเมื่อเก็บรักษาจนถึงวันที่ 7 จะเริ่มมีจุดเน่าเสียกระจายทุกส่วน ในทุกๆ สิ่งทดลอง แต่พบว่ามะละกอที่หุ้มและเคลือบด้วยไคโตซาน (CC และ WC) จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์

น้อยกว่าในทุกๆ ส่วน (ข้อผล กลางผล และปลายผล) อาจเนื่องจากไคโตซานมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย และรา ได้จากประจุบวกของหมู่อะมิโน สามารถเกิด interaction กับเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ ที่มีผลต่อการส่งผ่านสารผิดปกติของเซลล์จุลินทรีย์ [15]

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของมะละกอกับการเก็บรักษาต่างๆ กัน

ตัวอย่าง	วันที่ 0 (CFU/g.)			วันที่ 7 (CFU/g.)		
	หัวผล	กลางผล	ปลายผล	หัวผล	กลางผล	ปลายผล
Control	4.0×10^5	6.5×10^5	1.4×10^5	5.8×10^6	6.9×10^6	2.2×10^7
PE	4.0×10^5	6.5×10^5	1.4×10^5	2.6×10^7	1.3×10^7	1.1×10^7
CC	4.0×10^5	6.5×10^5	1.4×10^5	6.1×10^6	5.1×10^6	2.0×10^6
WC	4.0×10^5	6.5×10^5	1.4×10^5	6.2×10^6	4.5×10^6	1.5×10^6

หมายเหตุ: Control = มะละกอกที่ไม่ได้หุ้มด้วยฟิล์มใดๆ
 PE = มะละกอกที่หุ้มด้วยฟิล์มโพลีเอทิลีน (wrapped polyethylene)
 CC = มะละกอกที่เคลือบด้วยสารเคลือบไคโตแซน (coated chitosan)
 WC = มะละกอกที่หุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซน (wrapped chitosan)

2. ศึกษาอิทธิพลของสาร Sodium Benzoate ต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะละกอก

2.1 ความเข้มข้น Sodium Benzoate

คัดเลือกวิธีที่เหมาะสมจากคุณสมบัติทางด้านสี เนื้อสัมผัสและจุลินทรีย์ คือการหุ้มมะละกอกด้วยฟิล์มไคโตแซน ที่เตรียมได้ในขั้นตอนที่ 1.2 นำมาผสมสารโซเดียมเบนโซเอต เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารโซเดียมเบนโซเอตที่เติมในระดับ 50 และ 100 ppm นำมาหุ้มมะละกอกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $10 \pm 1^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน พบว่าวันที่ 0 ยังไม่มีอัตรา

การแพร่ของสารโซเดียมเบนโซเอตเกิดขึ้นและไม่สามารถวัดระดับความเข้มข้นได้ เมื่อเก็บรักษามะละกอกที่ระยะเวลา 7 และ 14 วัน ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm จะมีปริมาณ Sodium Benzoate เพิ่มขึ้นมากกว่าที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm ดังตารางที่ 3 เนื่องจากอัตราการแพร่ของสารออกจากฟิล์มขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความเข้มข้น ความหนา สภาพในการเตรียมฟิล์ม และโครงสร้างของฟิล์ม เป็นต้น [8] จึงส่งผลให้ระดับความเข้มข้นที่ 100 ppm เกิดการแพร่ช้าและมีปริมาณน้อยในตัวอย่าง [16]

ตารางที่ 3 ปริมาณ Sodium Benzoate ในมะละกอกที่หุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate

ส่วนของมะละกอก*	Sodium Benzoate 50 ppm (%)			Sodium Benzoate 100 ppm (%)		
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14
หัวผล	0	3.26 ± 0.15^b	9.16 ± 0.25^b	0	1.60 ± 1.00^b	4.70 ± 0.10^c
กลางผล	0	5.00 ± 1.00^a	15.93 ± 0.56^a	0	3.53 ± 0.20^a	10.80 ± 0.36^a
ปลายผล	0	3.26 ± 5.77^b	7.76 ± 0.15^c	0	1.30 ± 1.00^c	5.73 ± 0.15^b

หมายเหตุ: abc อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* คือ ทำ 3 ซ้ำการทดลอง

50 ppm = มะละกอกที่หุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm

100 ppm = มะละกอกที่หุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm

2.2 การเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์

การเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ของมะละกอสถานะการเก็บรักษาด้วยฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate พบว่ามะละกที่ไม่ได้หุ้มด้วยฟิล์มใดๆ (Control) จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ (ราและยีสต์) มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับมะละกที่หุ้มด้วยฟิล์มผสมสาร Sodium Benzoate จะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ลง (ตารางที่ 4) เนื่องจาก Sodium

Benzoate เป็นวัตถุกันเสียที่สามารถยับยั้งการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ในสภาวะ pH ต่ำ หรือความเป็นกรดสูงได้ดี [16] จึงมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มของรา และยีสต์ได้ดี และจากการทดลองไม่พบความแตกต่างของความเข้มข้นของสารที่ระดับ 50 ppm และ 100 ppm โดยในส่วนหัวผลสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงมากที่สุด

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของมะละกอสถานะการเก็บด้วยฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน

ตัวอย่าง	วันที่ 0 (CFU/g.)			วันที่ 7 (CFU/g.)			วันที่ 14 (CFU/g.)		
	หัวผล	กลางผล	ปลายผล	หัวผล	กลางผล	ปลายผล	หัวผล	กลางผล	ปลายผล
Control	2.9×10^5	2.4×10^5	8.1×10^5	1.3×10^5	2.0×10^5	4.5×10^5	5.6×10^6	4.9×10^6	4.8×10^6
50 ppm	2.9×10^5	2.4×10^5	8.1×10^5	1.9×10^5	2.2×10^5	2.5×10^5	3.0×10^5	4.2×10^5	3.0×10^5
100 ppm	2.9×10^5	2.4×10^5	8.1×10^5	3.1×10^5	2.4×10^5	2.8×10^5	3.0×10^6	4.0×10^5	3.0×10^5

หมายเหตุ: Control = มะละกที่ไม่ได้หุ้มด้วยฟิล์มใดๆ
 50 ppm = ฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ความเข้มข้น 50 ppm
 100 ppm = ฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ความเข้มข้น 100 ppm

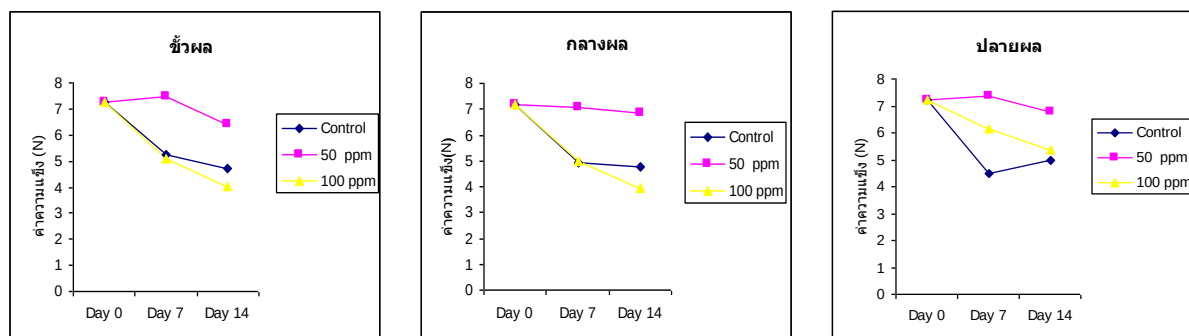
2.3 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส

การทดลองเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่าความแข็งของมะละกอในทุกสิ่งทดลองจะลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกๆ ส่วนของผล ขณะที่มะละกที่หุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm จะมีค่าความแข็งลดลงน้อยที่สุดในทุกๆ ส่วน (ภาพที่ 4) เนื่องจากคุณสมบัติของการกันผ่านออกซิเจนของฟิล์มและช่วยชะลอการสุก และยังมีอิทธิพลจากสาร Sodium Benzoate ที่มีคุณสมบัติเป็นสารกันเสียสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ชะลอการเน่าเสียให้ช้าลง เนื้อสัมผัสยังคงค่าความแข็งอยู่มากกว่า

2.4 การเปลี่ยนแปลงสี

จากการทดลองไม่พบความแตกต่างของค่าสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในทุกๆ สิ่ง

ทดลองตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 7 แต่พบความแตกต่างของค่าสีในวันที่ 14 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยจะมีค่าสีลดลงหรือมีสีเขียวลดลงในมะละกที่ไม่ได้หุ้มด้วยฟิล์มใดๆ (ตารางที่ 5) ส่วนมะละกที่หุ้มด้วยฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm และ 100 ppm จะมีการเปลี่ยนแปลงสีเขียวเพียงเล็กน้อยและมีค่าสีเขียวใกล้เคียงกันในทุกส่วนของผลมะละกอ เนื่องจากคุณสมบัติเป็นสารกันเสีย ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพ [6, 17] อีกทั้งการหุ้มด้วยฟิล์มจะเป็นตัวป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนทำให้มีอัตราการผลิตเอทิลีนลดลงการสุกของมะละกอการเปลี่ยนแปลงสีเขียวจึงเกิดขึ้นได้ช้ากว่า [2]



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของมะละกอหุ้มฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน

หมายเหตุ: Control = มะละกอที่ไม่ได้หุ้มด้วยฟิล์มใดๆ

50 ppm = ฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ความเข้มข้น 50 ppm

100 ppm = ฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ความเข้มข้น 100 ppm

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของมะละกอที่เก็บด้วยฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน

ตัวอย่าง	วันที่ 0			วันที่ 7			วันที่ 14		
	หัวผล ^{ns}	กลางผล ^{ns}	ปลายผล ^{ns}	หัวผล ^{ns}	กลางผล ^{ns}	ปลายผล ^{ns}	หัวผล ^{ns}	กลางผล ^{ns}	ปลายผล ^{ns}
Control	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	4.5±0.02	5.0±0.00	5.0±0.00	3.5±0.00	3.5±0.00	4.0±0.00
50 ppm	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	4.0±0.00	4.5±0.02	5.0±0.00
100 ppm	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	4.0±0.00	4.5±0.02	5.0±0.00

หมายเหตุ: a-b อักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งหมายถึงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p > 0.05$)

Control = มะละกอที่ไม่ได้หุ้มด้วยฟิล์มใดๆ

50 ppm = ฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ความเข้มข้น 50 ppm

100 ppm = ฟิล์มไคโตแซนผสมสาร Sodium Benzoate ความเข้มข้น 100 ppm

สรุป

การยืดอายุการเก็บรักษามะละกอโดยวิธีหุ้มด้วยแผ่นฟิล์มไคโตแซนจะช่วยป้องกันเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัส สี และให้ลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด เมื่อนำฟิล์มไคโตแซนมาผสมสาร Sodium Benzoate ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm จะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้การเปลี่ยนแปลงด้าน

เนื้อสัมผัสและสีลดน้อยลงโดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะละกอได้นานขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 1/2545. 2545. สถิติการค้าเกษตรกรรมไทยกับต่างประเทศปี 2544. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจ

- การเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
กรุงเทพฯ
- [2] จริ่งแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยี
หลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ครั้งที่ 4.
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .
กรุงเทพฯ
- [3] Robert, J. S. 1981. Solid State Characterization
of the Structure of Chitosan Films. *Journal
of Polymer science : Polymer Physics
Edition 19* : 1081-1105.
- [4] Knorr , D. 1982. Functional Properties of Chitin
and Chitosan. *J. Food Sci.* 47 : 593-595
- [5] Averbach , B.L. 1978 . Film-Forming Capacity of
Chitosan, pp. 199-209. *In* R.A.A. Muzzarelli
and E.R. pariser (eds.). *Proceedings of the
First International Conference on Chitin/
Chitosan.* MIT Sea Program, Camoridge.
- [6] Daemadji, P. and M. Izumimoto . 1994. Effect of
Chitosan in Meat Preservation. *Meat Sci.*
38 : 243-254
- [7] Coma, V., A. Martial-Gros, S. Garreau, A.
Copinet , F. Salin and A. Deschamps .
2002. Edible Antimicrobial Film Based on
Chitosan Matrix. *J. Food Sci.* 67 : 1162-
1169
- [8] Kaya, V.M. and G, Picard. 1996. Stability of
Chitosan Gel as Entrapment Matrix of
Viable *Scenedesmus bicellularis* Cell
Immobilized on Screens for Tertiary
Treatment of Wastewater. *Bioresource
Tech.* 56 : 147-155
- [9] Mi, F-L. , N-L, Her. , C-Y, Kuan., T.B. Wong and
S-S, Shyu. 1997. Chitosan Tablets for
Controlled Release of Theophylline : Effect
of Polymer-Drug Wet of Dry Blending and
Anionic-Cationic Interpolymer Complex . *J.
Appl Polym Sci.* 66 : 2495-2505
- [10] Pandya, Y. and D. Knorr. 1991. Diffusion
Characteristic and Properties of Chitosan
Coacervation. *Process BioChem.* 26:75-
81.
- [11] สุกัญญา โพธิ์สูงเนิน. 2545. การศึกษาคุณสมบัติ
ทางการภาพของฟิล์มไบโอโพลิเมอร์ผสมจาก
ไคโตแซนและสตาร์ชตัดแปรเพื่อการ
ประยุกต์ใช้ในระบบจำลองอาหาร. ภาควิชา
เทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสยาม. กรุงเทพฯ
- [12] Knorr, D. 1984. Use of Chitinous Polymer in
Food. *Food Technol* 38 : 85-97.
- [13] Wilkie, F.H. 1998. *Laboratory Method in Food
Microbiology.* London. WBC Book
Manufacturers.
- [14] A.O.A.C. 2000. *Official Methods of Analysis.*
Association of Official Analytical Chemists,
Inc. Washington D.C. 47 : 7-11
- [15] Struszczyk H., H. Pospieszny and S.
Kotilinski. 1988 Some New Applications of
Chitosan in Agriculture, Chitin and
Chitosan: *Proceedings from the 4th
International Conference on Chitin and
Chitosan,* Elsevier Applied Science,
London, pp. 733-742.

[16] Redl, A., N. Gontard and S. Guilbert. 1996.

Determination of sorbic acid diffusivity in edible wheat gluten and lipid based films. J.Food Sci. 61:116-120.

[17] ศิวาพร ศิวเวช. 2535. วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.