Agricultural Sci. J. 39 : 3 (Suppl.) : 74-82 (2008) ว. วิทย. กษ. 39 : 3 (พิเศษ) : 74-82 (2551)

การประยุกต์ใช้คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอในการเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้

Application of Carboxymethylcellulose from Papaya Peel for Mango (*Mangifera indica* L.) 'Namdokmai' Coating

พรชัย ราชตนะพันธุ์ [1,2*] **ศิรญา สุนทรอำไพ** [1] **และ ศรินทร์ทิพย์ ธนัคฆเศรณี** [1]
Pornchai Rachtanapun [1,2*], Sarinthip Thanakkasaranee[1] and Siraya Soonthornampai [1]

Abstract

The effect of carboxymethylcellulose concentration from papaya peel in emulsion coating (containing beeswax, triethanolamine, oleic acid, water and carboxymethylcellulose) on postharvest quality of mangoes 'Nam Dok Mai'. Mangoes were coated with emulsion coating containing 0.2%, 0.4% and 0.6% CMCp w/w. All mangos were stored at 25°C. Mangos coating with emulsion containing CMCp delayed weight loss, decreasing of firmness, change of peel and pulp color, increasing of total soluble solid and decreasing of titratable acidity. The mangos coated with emulsion containing 0.2 % CMCp were retarded ripening and storage time 18 days.

Keywords: carboxymethylcellulose, mango, coating

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความเข้มข้นของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอ (CMCp) ในสารเคลือบผิวอิมัลชัน (beeswax, triethanolamine, oleic acid น้ำ และ คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส) ต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยนำมะม่วงมาเคลือบด้วย CMCp ที่มีความเข้มข้น 0.2%, 0.4%, และ 0.6% CMCp โดยน้ำหนักอิมัลชัน ส่วนชุดควบคุมไม่มีการเคลือบผิว แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C พบว่าการเคลือบผิวด้วย CMCp สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อ ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ ชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และชะลอการลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยสารเคลือบผิวที่สามารถชะลอการสุกของมะม่วงได้ดีที่สุดคือ 0.2% CMCp โดยน้ำหนักอิมัลชัน และมีอายุการเก็บรักษานาน 18 วัน

คำสำคัญ : คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส, มะม่วง, การเคลือบ

คำนำ

มะละกอเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ เป็นได้ทั้งผักและผลไม้ รับประทานได้ทั้งผลดิบและผลสุก หลังจากที่บริโภคแล้วจะเหลือเปลือกจากร้านค้า ทำให้เพิ่มปริมาณขยะในแต่ละวันจำนวนมาก ก่อให้เกิดปัญหาการส่งกลิ่นเหม็นเน่า จึงนำเปลือกมะละกอมาผลิตเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสได้เป็นสารคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (CMCp) ซึ่งนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เติมคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสเติมลงในไอศกรีมเพื่อช่วยอุ้มน้ำ และลดการเคลื่อนตัวของน้ำ ซึ่งจะทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อนุ่มมากขึ้น อีกทั้งยังนำมาทำเป็นฟิล์มใส ซึ่งมีความแข็งแรง โดยไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมัน และตัวทำละลายอินทรีย์ (พรชัย และคณะ, 2550) ในด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวนำคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสมาเคลือบผลไม้ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และมีผลยับยั้งการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว (นิธิยา, 2545) นอกจากนั้นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสยังช่วยปรับปรุงคุณลักษณะของผิวผลไม้ให้มันเงา (Togrul และ Arslan, 2004) ช่วยลดการสูญเสียของน้ำ และการเปลี่ยนสีผิวและสีเนื้อ แต่ไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อ (Plotto et al., 2004)

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงนำคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMCp) จากเปลือกมะละกอมาเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้ ซึ่งเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่ส่งออกทั้งในและต่างประเทศ เพื่อศึกษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เคลือบผิวกับไม่เคลือบผิวด้วย CMCp อีกทั้งการนำเศษวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศมาเพิ่มมูลค่าใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นการพัฒนาวิทยาการของประเทศให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย
[1] Department of packaging technology, Faculty of Agro Industry, Chiangmai University, Thailand
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Chiangmai University, Thailand
* Corresponding author Email : p.rachta@chiangmai.ac.th

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การเตรียมคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอ

นำเปลือกมะละกอสดมาล้างน้ำให้สะอาด ตากแดดให้แห้ง 2 - 3 วัน แล้วนำเปลือกมะละกอแห้งมาลดขนาดให้เล็กลง ต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 M ปริมาตร 3 ลิตร ที่ 80-90°C เวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นกรอง และล้างเยื่อจนไม่มีฟอง ไม่จะได้เยื่อเซลลูโลส นำไปอบ ที่อุณหภูมิ 55°C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ผงเซลลูโลสแห้ง หลังจากนั้นนำผงเซลลูโลส มาผสมกับ 40% NaOH และ IPA 450 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน 30 นาที แล้วเติม chloro acetic acid 18 กรัม คนต่อ 30 นาที ปิดปากบีกเกอร์ด้วยฟอยล์ อบในตู้ลมร้อน 55°C นาน 3.50 ชั่วโมง รินเอาส่วนที่เป็นสารละลายใสออก แล้วเติม 70% methanol 100 มิลลิลิตร ปรับให้เป็นกลางด้วย 90% acetic acid กรองและล้างด้วย 70 % ethanol 300 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้ 10 นาที กรองเอาสารละลายทิ้ง ทำซ้ำ 6 ครั้ง สุดท้ายล้างด้วย absolute methanol 300 มล. กรองให้เหลือแต่ส่วนที่เป็นของแข็ง จะได้ผง CMCp แล้วตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน

ตอนที่ 2 การใช้คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสในการเคลือบผิวมะม่วง

นำส่วนผสม beeswax, oleic acid และ triethanolamine ผสมกับน้ำและ CMCp ที่ความเข้มข้น 0.2%, 0.4% และ 0.6% ของสารเคลือบผิวอิมัลชัน แล้วให้ความร้อนที่ 70°C เวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำมาเคลือบผิวมะม่วงที่จุ่มด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 5 นาที เพื่อทำลายเชื้อรา แล้วใช้หลอดหยดดูดสารเคลือบผิวหยดที่ผิวของมะม่วงด้านหน้า 3 หยด และด้านหลัง 3 หยด ทาให้ทั่วผลด้วยฟองน้ำ แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง ส่วนชุดควบคุมไม่มีการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง วัดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของมะม่วงน้ำดอกไม้ทุกๆ 3 วัน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ความแน่นเนื้อ (firmness) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total solubility solid) ปริมาณกรดที่ไตเตรท (tritratable acidity) การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส และการยอมรับโดยรวม

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)

การศึกษาผลของปริมาณ CMCp ในสารเคลือบผิวอิมัลชันต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเทียบกับระยะเวลาการเก็บรักษาของมะม่วงที่อุณหภูมิ 25 °C (Fig.1) พบว่า การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C โดยชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิวมีแนวโน้มที่จะมีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าชุดที่เคลือบผิวด้วยด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMCp) ในอิมัลชัน และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีสาเหตุหลักจากการสูญเสียน้ำออกจากผล การสูญเสียน้ำขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความดันไอระหว่างภายในและภายนอกของผลโดยการระเหยน้ำออกทางปากใบ เลนติเซล (lenticels) และช่องเปิดต่าง ๆ ของผล (สายชล, 2528; Berg และ Lent,1978) นอกจากนี้กระบวนการหายใจก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำของผลไม้ได้ เนื่องจากในกระบวนการหายใจผลไม้จะมีการใช้ออกซิเจนแล้วปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำออกมา (Amarante *et al*., 2001) มะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วย CMCp ในอิมัลชันมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว เนื่องจากสารเคลือบผิวจะไปปกคลุมและปิดทับช่องเปิดธรรมชาติเหล่านี้ ดังนั้นการสูญเสียน้ำออกทางช่องเปิดธรรมชาติต่างๆ จึงเกิดขึ้นน้อย เช่นเดียวกับ ดวงใจ (2549) รายงานว่ามะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เคลือบอิมัลชันของน้ำมันมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ามะม่วงที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว นอกจากนี้กล้วยไข่ที่เคลือบด้วยน้ำมันชนิดต่างๆ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลกล้วยไข่ที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (ชลิต, 2540) จากการทดลองจะเห็นว่า มะม่วงที่เคลือบผิวด้วย 0.2% CMCp ในอิมัลชัน ซึ่งมีความเข้มข้นของ CMCp ในอิมัลชันต่ำที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจาก CMCp เป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุลบ สามารถละลายได้ในน้ำ น้ำจึงสามารถระเหยผ่านได้ และเมื่อความเข้มข้นของ CMCp ในอิมัลชันเพิ่มขึ้น จะมีประจุลบในอิมัลชันเพิ่มขึ้น น้ำจึงสามารถระเหยผ่านได้มากขึ้น ดังนั้น มะม่วงที่เคลือบผิวด้วย 0.2% CMCp ในอิมัลชัน ซึ่งมีความเข้มข้นของ CMCp ในอิมัลชันต่ำที่สุด จะเกิดการระเหยของน้ำจากภายในออกสู่ภายนอกของผลมะม่วงได้น้อยที่สุด ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด หรือ กล่าวได้ว่า สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีที่สุด เช่นเดียวกับ Togrul และ Arslan (2004) รายงานว่า ลูกพีชที่เคลือบด้วย 0.4% CMC จาก sugar beet pulp cellulose ในอิมัลชัน (code c) มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าลูกพีชที่เคลือบด้วย 1.1% CMC ในอิมัลชัน (code d)

การเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อ (firmness)

การศึกษาผลของปริมาณ CMCp ในสารเคลือบผิวอิมัลชันต่อการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อเทียบกับระยะเวลาการเก็บรักษาของมะม่วงที่อุณหภูมิ 25°C (Fig.2) พบว่า ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วย CMCp ในอิมัลชันทุกชุดการทดลอง มีค่าความแน่นเนื้อลดลงช้ากว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว แต่ชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิวและชุดที่เคลือบผิวด้วย 0.6% CMCp มีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความแน่นเนื้อของชุดที่เคลือบด้วย 0.2 % CMCp ในอิมัลชันมีแนวโน้มลดลงช้าที่สุด นั้นคือ ค่าความแน่นเนื้อเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ซึ่งต่างจากชุดชุดควบคุมและชุดที่เคลือบด้วย 0.6 CMCp ในอิมัลชัน เริ่มลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา และชุดที่เคลือบด้วย 0.6 CMCp ในอิมัลชันเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 9 ของการเก็บรักษา แสดงว่าการเคลือบด้วย 0.2 % CMCp ในอิมัลชัน สามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อของผลมะม่วงดีที่สุดหรือสามารถชะลอการสุกของมะม่วงได้นานที่สุด จากการทดลองความแน่นเนื้อของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากเอทิลีนกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของผนังเซลล์ภายใน (Blankenship และ Dole, 2003) โดยผลที่มีอายุการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณเพคติน (pectin) น้อยกว่าผลที่มีอายุน้อย (Subramanyam *et al.,* 1976) ซึ่งเพคตินเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของ primary cell wall และ middle lamella ในผลดิบจะพบสารประกอบเพคตินที่มีขนาดใหญ่และไม่ละลายน้ำจึงมีผลทำให้เซลล์ยึดเกาะแน่นระหว่างที่ผลยังดิบอยู่แต่เมื่อผลสุกความแน่นเนื้อจะลดลงเพราะเพคตินมีการเปลี่ยนแปลงขนาดให้เล็กลงและละลายน้ำเพิ่มขึ้นทำให้เซลล์ยึดเกาะกันอย่างหลวม ๆ ส่วนสาเหตุที่ทำให้การเคลือบผิวด้วย CMCp ในอิมัลชันสามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ดีกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว เนื่องจากสารเคลือบผิวจะช่วยชะลอการสร้างเอทิลีน เพราะในขั้นตอนการสร้างเอทิลีนจำเป็นต้องมีก๊าซออกซิเจนเข้ามาเกี่ยวข้อง การเคลือบผิวผลไม้สามารถจำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจนได้ จึงมีผลทำให้การสร้างเอทิลีนลดลง (Baldwin, 1994; Krocta *et al*., 1994) ทั้งนี้เนื่องจากเอทิลีนมีผลกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของผนังเซลล์ภายใน (Blankenship และ Dole, 2003) โดยผลที่มีอายุการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณเพคติน (pectin) น้อยกว่าผลที่มีอายุน้อย ดังนั้นการเคลือบผิวจึงสามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ สอดคล้องกับ Yang (1985) รายงายว่า สาลี่ที่ผ่านการเคลือบผิวสามารถรักษาความแน่นเนื้อและความกรอบได้ดีกว่าสาลี่ที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว นอกจากนี้ ชลิต (2540) รายงานว่า กล้วยไข่ที่ผ่านการเคลือบผิวมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้เคลือบผิว ส่วนสาเหตุที่ชุดที่เคลือบด้วย 0.2% CMCp ในอิมัลชันสามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ดีที่สุด อาจเนื่องมาจาก 0.2% CMCp ในอิมัลชัน สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีที่สุด (Fig.1) แสดงว่าเกิดการสูญเสียน้ำน้อย การสูญเสียน้ำสามารถเกิดได้จากกระบวนการหายใจ ถ้าอัตราการหายใจเป็นไปอย่างช้าๆ อัตราการสูญเสียน้ำก็จะเป็นไปอย่างช้าๆ เช่นกัน แสดงให้เห็นได้ว่า 0.2% CMCp ในอิมัลชัน สามารถจำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจนซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างเอทิลีนได้ดีกว่าชุดที่เคลือบผิวชุดอื่นๆ ส่งผลให้ชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ดีที่สุด

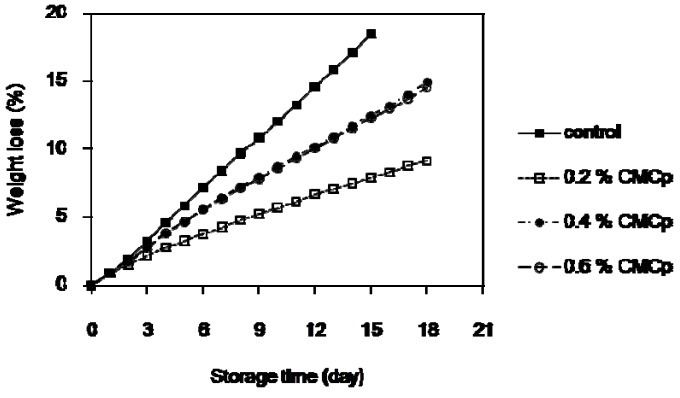

Fig.1 Effect of CMCp content in emulsion coating on weight loss of mango.

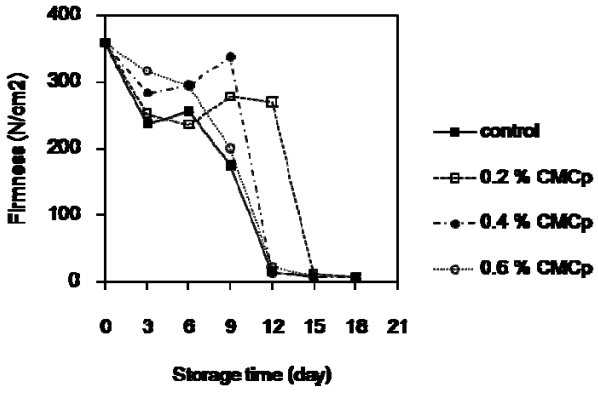

Fig.2 Effect of CMCp content in emulsion coating on firmness of mango.

การเปลี่ยนแปลงสี

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

การศึกษาผลของปริมาณ CMCp ในสารเคลือบผิวอิมัลชันต่อการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเทียบกับระยะเวลาการเก็บรักษาของมะม่วงที่อุณหภูมิ 25 °C ให้ผลการทดลองดังนี้

ค่า L หมายถึง ค่าความส่องสว่าง ค่า L เพิ่มขึ้นแสดงว่าวัตถุมีความส่องสว่างมากขึ้น ค่า L ลดลงแสดงว่าวัตถุมีความส่องสว่างลดลงหรือมีสีคล้ำ จากการทดลองพบว่า ค่า L ของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป (Fig.3) แสดงว่ามะม่วงมีความส่องสว่างมากขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกของมะม่วงจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ซึ่งเป็นผลมาจากการสลายโมเลกุลของคลอโรฟิลล์จึงทำให้มะม่วงมีความส่องสว่างมากขึ้น (ศิวพร, 2539) เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นรวดเร็วกว่าชุดที่เคลือบผิวทุกชุดการทดลอง แสดงว่าการเคลือบผิวสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของความส่องสว่างได้ดีกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว อาจเนื่องมาจากการเคลือบผิวจะไปปกคลุมและปิดทับช่องเปิดธรรมชาติของผลทำให้เกิดการจำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซภายในและภายนอกผลทำให้สภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในผล (Baldwin, 1994; Krocta *et al*., 1994) ปริมาณออกซิเจนภายในผลลดลงเนื่องจากการหายใจ ซึ่งมีผลต่อการสังเคราะห์เอทิลีนที่ต้องใช้ออกซิเจนในปฏิกิริยาการเปลี่ยน ACC เป็นเอทิลีน (ดนัย, 2540) เมื่อเกิดการสังเคราะห์เอทิลีนที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ต่ำลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองน้อยลงด้วย ดังนั้นชุดที่เคลือบผิวจึงสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ดีกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว ส่วนชุดที่เคลือบด้วย 0.2% CMCp ในอิมัลชัน ค่า L มีค่าเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้าที่สุด แสดงว่าชุดที่เคลือบด้วย 0.2% CMCp ในอิมัลชัน สามารถชะลอการสุกได้ดีที่สุด เนื่องจาก 0.2% CMCp ในอิมัลชัน สามารถจำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจนได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับชุดที่เคลือบผิวชุดอื่นๆ จึงทำให้ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ดีที่สุด

ค่า a หมายถึง ค่าที่แสดงถึงค่าสีที่อยู่ในช่วงสีเขียวและสีแดง โดยถ้าค่า a มีค่าเป็นลบ แสดงว่าวัตถุมีสีเขียว ค่า a มีค่าเป็นบวก แสดงว่าวัตถุมีสีแดง จากการทดลอง พบว่าค่า a ของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไปเช่นเดียวกับค่า L (Fig.4) โดยชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว ค่า a เริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 9 ของการเก็บรักษา ส่วนชุดที่เคลือบผิวทุกชุดการทดลอง ค่า a เริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา แสดงว่าการเคลือบผิวผลมะม่วงสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกของมะม่วงจากสีเขียวเป็นเหลืองได้ดีกว่ามะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว และพบว่าชุดที่เคลือบด้วย 0.2% CMCp ในอิมัลชัน สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า a ได้ดีที่สุด แสดงว่าสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของผิวเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ดีที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ สอดคล้องกับค่า L ของชุดมะม่วงที่เคลือบด้วย 0.2% CMCp ในอิมัลชัน ที่สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า L หรือ ค่าความส่องสว่างอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ดีที่สุด

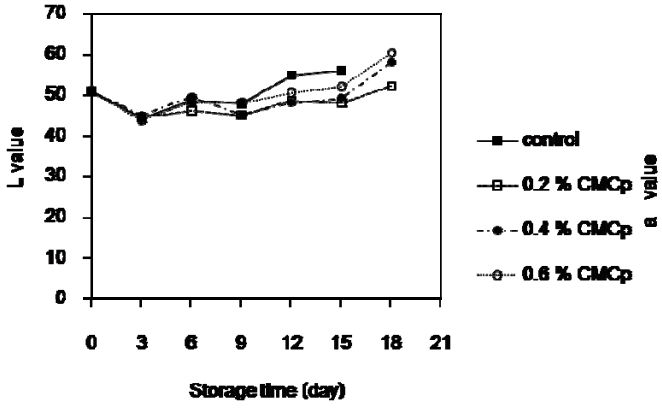

Fig.3 Effect of CMCp content in emulsion coating on L value of mango peel.

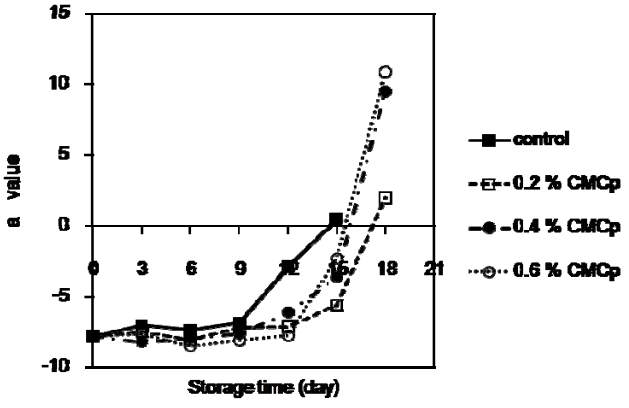

Fig.4 Effect of CMCp content in emulsion coating on a value of mango peel.

ค่า b หมายถึงค่าสีที่แสดงอยู่ในช่วงสีน้ำเงินและสีเหลือง โดยถ้าค่า b มีค่าเป็นลบ แสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน ค่า b มีค่าเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง จากผลการทดลองค่า b ของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษา

นานขึ้นเช่นเดียวกับ ค่า L และค่า a (Fig.5) แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของมะม่วงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว ค่า b มีค่าสูงกว่าชุดที่เคลือบผิวทุกชุดการทดลอง แสดงว่า การเคลือบผิวสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของมะม่วงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ และพบว่าชุดที่เคลือบด้วย 0.2% CMCp ในอิมัลชัน สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า b ได้ดีที่สุด แสดงว่าสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกของมะม่วงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ดีที่สุด สอดคล้องกับค่า L และ a นั้นคือ ค่า L หรือค่าความสว่างเพิ่มขึ้น และค่า a เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วงจากสีเขียวเป็นสีเหลือง

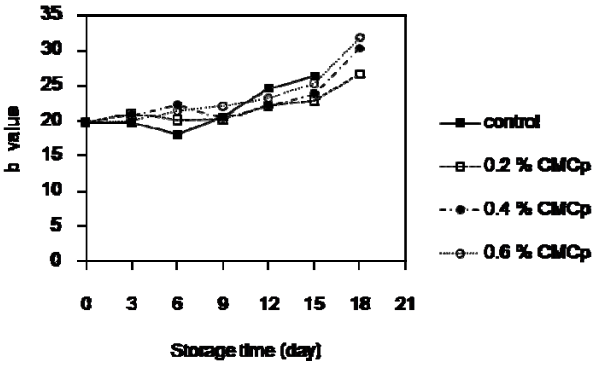

Fig.5 Effect of CMCp content in emulsion coating on b value of mango peel.

การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ

การศึกษาผลของปริมาณ CMCp ในสารเคลือบผิวอิมัลชันต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลเทียบกับระยะเวลาการเก็บรักษาของมะม่วงที่อุณหภูมิ 25 °C ให้ผลการทดลองดังนี้

ค่า L หมายถึง ค่าความส่องสว่าง ค่า L เพิ่มขึ้นแสดงว่าวัตถุมีความส่องสว่างมากขึ้น ค่า L ลดลงแสดงว่า วัตถุมีความส่องสว่างลดลงหรือมีสีคล้ำ จากการทดลองพบว่า ค่า L ของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นแสดง (Fig.6) แสดงว่าเนื้อผลมะม่วงมีความส่องสว่างลดลงเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลจากสีขาวหรือเขียวอ่อนเป็นสีเหลืองถึงส้มแดงมากขึ้น เนื่องจากเอทิลีนมีผลต่อการกระตุ้นการสุกของผลไม้ (Karder, 1985; Abeles *et al.,* 1992; Wills *et al.,* 1998) โดยการลดลงของความส่องสว่างของเนื้อผลสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลดิบที่มีสีขาวหรือเขียวอ่อนเปลี่ยนเป็นสีเหลืองถึงส้มแดงของเนื้อผลสุก เมื่อการเก็บรักษานาน 6 วัน พบว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่า L ต่ำกว่าชุดที่เคลือบผิวทุกชุดการทดลองแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานาน 18 วัน ชุดที่เคลือบผิวด้วย 0.6% CMCp ในอิมัลชัน ค่า L มีค่าสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดที่เคลือบด้วย 0.2% CMCp ในอิมัลชัน

ค่า a หมายถึง ค่าที่แสดงถึงค่าสีที่อยู่ในช่วงสีเขียวและสีแดง โดยถ้าค่า a มีค่าเป็นลบ แสดงว่าวัตถุมีสีเขียว ค่า a มีค่าเป็นบวก แสดงว่าวัตถุมีสีแดง จากการทดลองพบว่า ค่า a ของเนื้อผลทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (Fig.7) แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลจากสีขาวหรือเขียวอ่อนเป็นสีเหลืองถึงส้มแดง เนื่องจากมะม่วงเกิดการสุก โดยชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว ค่า a เริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา ส่วนชุดที่เคลือบผิวทุกชุดการทดลอง ค่า a เริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา แสดงว่า การเคลือบผิวผลมะม่วงสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อผลจากสีขาวถึงเขียวอ่อนเป็นสีเหลืองถึงส้มแดงได้ดีกว่ามะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว เนื่องจากการเคลือบผิวสามารถจำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์เอทิลีนที่มีผลต่อการกระตุ้นการสุกของผลไม้จึงทำให้ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลจากสีเขียวอ่อนเป็นสีส้มเหลืองได้ สอดคล้องกับค่า L นั้นคือการลดลงของค่า L หรือความส่องสว่างลดลงเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลจากสีเขียวอ่อนเป็นสีเหลืองถึงส้มแดง จากการทดลองจะเห็นว่าการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของ CMCp ในอิมัลชันไม่มีผลต่อการชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า a เนื่องจากให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่า b หมายถึงค่าสีที่แสดงอยู่ในช่วงสีน้ำเงินและสีเหลือง โดยถ้าค่า b มีค่าเป็นลบ แสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน ค่า b มีค่าเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง จากผลการทดลอง ค่า b ของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้น (Fig.8) แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลจากสีขาวหรือเขียวอ่อนเป็นสีเหลืองถึงส้มแดงเนื่องจากมะม่วงเกิดการสุก เมื่อระยะเวลาผ่านไป 9 วัน ชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว มีค่า b เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าชุดที่เคลือบผิวทุกชุดการทดลอง แสดง

ว่าการเคลือบผิวสามารถชะลอการเปลี่ยนสีของเนื้อผลจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้สอดคล้องกับค่า L และ a นั้นคือการลดลงของค่า L หรือ ความส่องสว่างลดลง และการเพิ่มขึ้นของค่า a เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลจากสีขาวถึงเขียวอ่อนเป็นสีเหลืองถึงส้มแดง จากการทดลองจะเห็นว่าการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของ CMCp ในอิมัลชันไม่มีผลต่อการชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า b เนื่องจากให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

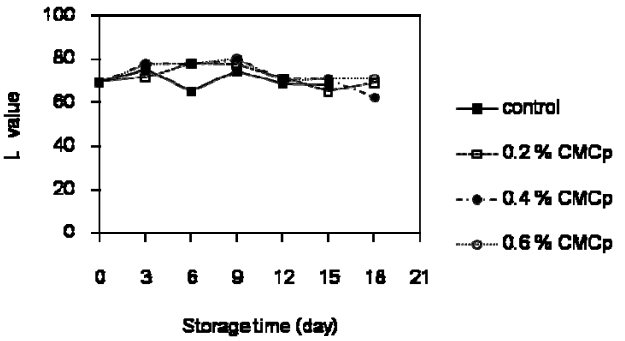

Fig.6 Effect of CMCp content in emulsion coating on L value of mango pulp

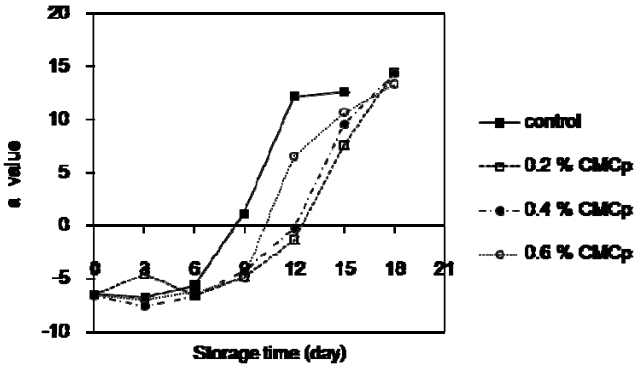

Fig. 7 Effect of CMCp content in emulsion coating on a value of mango pulp.

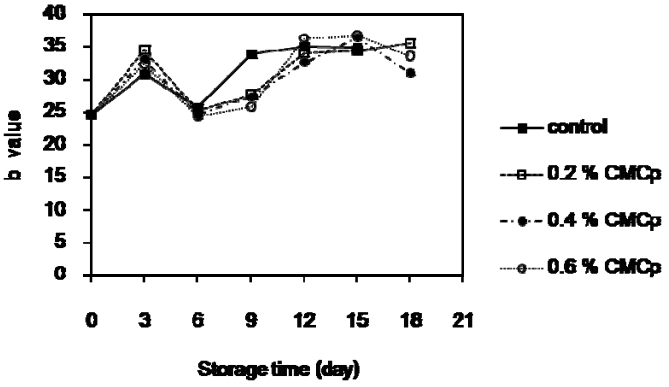

Fig.8 Effect of CMCp content in emulsion coating on b value of mango pulp.

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid; TSS)

การศึกษาผลของปริมาณ CMCp ในสารเคลือบผิวอิมัลชันต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) เทียบกับระยะเวลาการเก็บรักษามะม่วงที่อุณหภูมิ 25 °C (Fig.9) พบว่า TSS ของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดย TSS ของชุดที่เคลือบผิวด้วย CMCp ในอิมัลชันทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว ทั้งนี้เนื่องจาก การเคลือบผิวสามารถชะลอการสุกของผลไม้ได้ ทำให้การสลายตัวของแป้งที่สะสมไว้ในผลมะม่วงแก่เปลี่ยนเป็นน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของ TSS ในระหว่างการสุกได้ช้าลง (ดนัย, 2540) ทำให้อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว นอกจากนี้การเคลือบผิวทำให้เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Johnson *et al.*,1997) ทำให้มีปริมาณออกซิเจนน้อยลงและคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นมีผลในการชะลอการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการสลายแป้งเป็นน้ำตาล (จิรา, 2533) ทำให้มะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ช้าลง เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว TSS มีค่าสูงสุด ส่วนชุดที่เคลือบผิวด้วย 0.6%CMCp ในอิมัลชัน TSS มีค่าน้อยที่สุดแสดงว่าเกิดการสุกช้ากว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity; TA)

การศึกษาผลของปริมาณ CMCp ในสารเคลือบผิวอิมัลชันต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) เทียบกับระยะเวลาการเก็บรักษามะม่วงที่อุณหภูมิ 25°C (Fig.10) พบว่า TA ของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป โดย TA ของชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว เริ่มมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ซึ่งแตกต่างกับชุดที่เคลือบด้วย CMCp ในอิมัลชันของทุกชุดการทดลองที่เริ่มมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยชุดที่เคลือบด้วย 0.2% CMCp ในอิมัลชัน TA มีแนวโน้มลดลงในอัตราที่ช้าที่สุด เนื่องจากการเคลือบผิวสามารถชะลออัตราการหายใจของผลไม้ให้ต่ำลง ดังนั้นกรดอินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการหายใจจึงถูกใช้ในกระบวนการหายใจอย่างช้าๆ (ดนัย, 2540) เช่นเดียวกับ ภานุมาศ (2530) รายงานว่า ผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น สำหรับชุดที่เคลือบด้วย 0.2% CMCp ในอิมัลชัน ซึ่งมีความเข้มข้นของ CMCp ในอิมัลชันต่ำสุด TA มีแนวโน้มลดลงในอัตราที่ช้าที่สุด แสดงว่าสามารถชะลอการสุกของมะม่วงได้ดีที่สุด เช่นเดียวกับ Togrul และ Arslan (2004) รายงานว่า ลูกพีชที่เคลือบด้วย 0.4% CMC จาก sugar beet pulp cellulose ในอิมัลชัน (code c) ชะลอการลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ดีกว่าลูกพีชที่เคลือบด้วย 1.1% CMC ในอิมัลชัน (code d)

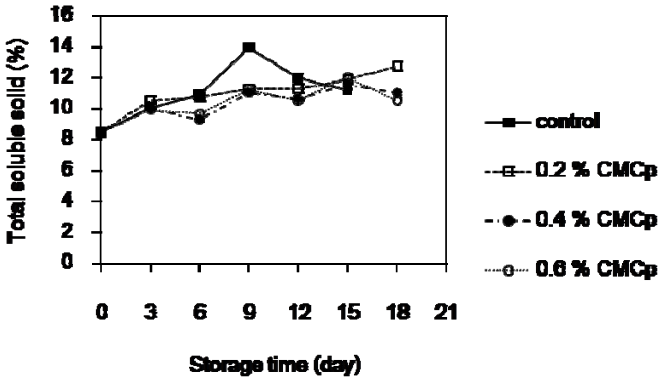

Fig.9 Effect of CMCp content in emulsion coating on total soluble solids of mango.

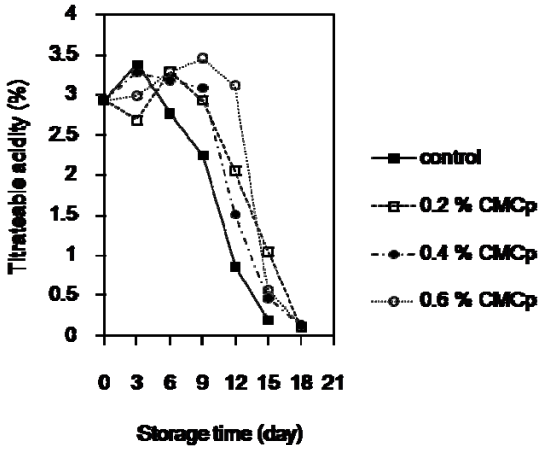

Fig.10 Effect of CMCp content in emulsio coating on titratble acidity of mango.

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การยอมรับโดยรวม

การศึกษาผลของปริมาณ CMCp ในสารเคลือบผิวอิมัลชันต่อการยอมรับโดยรวมเทียบกับระยะเวลาการเก็บรักษามะม่วงที่อุณหภูมิ 25°C (Fig.11) พบว่า ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา คะแนนด้านการยอมรับโดยรวมของทุกชุดการทดลองมีค่าต่ำ เท่ากับ 2.2 คะแนน คือไม่ชอบมาก โดยทุกชุดการทดลองมีคะแนนด้านการยอมรับโดยรวมเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยในวันที่ 9 พบว่า คะแนนด้านการยอมรับโดยรวมของชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว มีค่าสูงกว่ามะม่วงที่เคลือบผิว เนื่องจากมะม่วงของชุดควบคุมเริ่มเกิดการสุกก่อน เมื่อการเก็บรักษาผ่านไป 15 วัน ชุดที่เคลือบผิวทุกชุดการทดลองมีคะแนนด้านการยอมรับโดยรวมสูงกว่าชุดที่ไม่ได้เคลือบผิว เนื่องจากมะม่วงของชุดที่เคลือบผิวทุกชุดการทดลองเกิดการสุกแล้ว โดยชุดที่เคลือบด้วย 0.6% CMCp ในอิมัลชัน มีคะแนนด้านการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด รองลงไป เป็นชุดที่เคลือบด้วย 0.4, 0.2 % CMCp อิมัลชัน และชุดควบคุมที่ไม้เคลือบผิว มีค่าเท่ากับ 7.00 (ชอบปานกลาง), 6.53 (ชอบปานกลาง), 5.87 (ชอบน้อย) และ 5.60 (ชอบน้อย) ตามลำดับ หลังจากนั้นคะแนนการยอมรับจะมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากมะม่วงเริ่มเกิดการเน่าเสีย ส่วนชุดที่เคลือบผิวด้วย 0.2% CMCp อิมัลชัน มีค่าคะแนนการยอมรับน้อยที่สุดเมื่อเทียบชุดที่เคลือบผิวชุดอื่น ๆ เนื่องจากมะม่วงชุดการทดลองนี้ไม่สามารถเปลี่ยนสีผิวของเปลือกมะม่วงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้เต็มผล

คุณภาพด้านการเกิดกลิ่นรสผิดปกติ

จากการประเมินคุณภาพด้านการเกิดกลิ่นรสผิดปกติพบว่า ทุกชุดการทดลองไม่เกิดกลิ่นรสผิดปกติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าการเคลือบผิวยังสามารถให้ออกซิเจนผ่านได้เพียงพอต่อการหายใจของผลมะม่วงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดังนั้นจึงไม่เกิดกลิ่นรสผิดปกติอันเนื่องมาจากออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจของผลมะม่วง

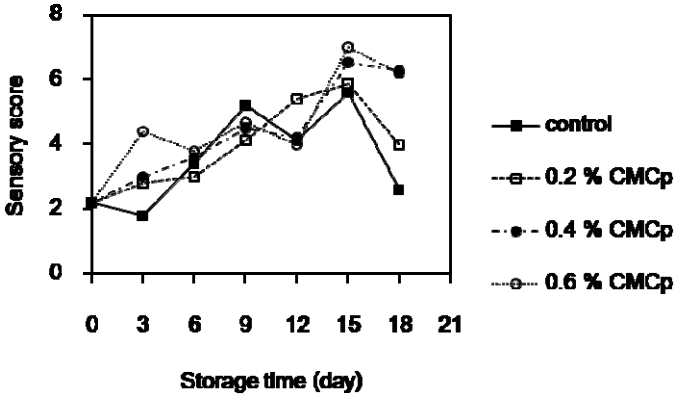

Fig.11 Effect of CMCp content in emulsion coating on sensory evaluation of mango.

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาผลของปริมาณคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (CMCp) ในสารเคลือบผิวอิมัลชันในการเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C สรุปได้ว่า การเคลือบผิวมะม่วงด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (CMCp) ในอิมัลชันสามารถชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ โดยการเคลือบผิวมะม่วงสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อ ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ ชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และชะลอการลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การลดลงของความเข้มข้นของ CMCp ในสารเคลือบผิวอิมัลชัน สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อ ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อผล และชะลอการลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ดีขึ้น โดยสารเคลือบผิวที่สามารถชะลอการสุกของผลไม้ได้ดีที่สุดคือ สารเคลือบผิวที่มีความเข้มข้นของ CMCp 0.2% ในอิมัลชัน

อย่างไรก็ตาม ชุดที่เคลือบด้วย 0.6% CMCp ในอิมัลชันมีคะแนนด้านการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดที่เคลือบด้วย 0.4% CMCp ในอิมัลชัน นอกจากนี้การเคลือบผิวมะม่วงด้วย CMCp ในอิมัลชันที่มีความเข้มข้นต่างๆไม่ทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 วัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานวิจัยแห่งชาติ โครงการวิจัย IRPUS ที่สนับสนุนงบวิจัยในครั้งนี้ และ สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือ สถานที่ในการปฏิบัติงานในการทำโครงงานวิจัย และขอขอบคุณสถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการสนับสนุนงบประมาณในการเสนอผลงานในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ. 396 น.

จิรา ณ หนองคาย. 2533. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้และไม้ดอก. สำนักพิมพ์แมสพับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 272 น.

ชลิต เขาวงศ์ทอง. 2540. ผลของสารเคลือบผิวที่บริโภคได้และอุณหภูมิต่อคุณภาพกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 118 น.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังเก็บเกี่ยวของพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. กรุงเทพฯ. 226 น.

ดวงใจ น้อยวัน. 2549. ผลของการเคลือบผิวต่ออายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงพันธ์มหาชนก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 135 น.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 487 น.

พรชัย ราชตนะพันธุ์, สุพัฒน์ คำไทย, นรีวิชญ์ ยากี และรัญชิดา อุทัยยศ. 2550. การผลิตฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอและศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์ม. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. 30 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2550. กรุงเทพมหานคร. 790-799 น.

ภานุมาศ อัสดร. 2530. การยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย (*Mangifera indica* L. cv. Keaw Sawoey) โดยใช้พลาสติกฟิล์มและสภาพความดันต่ำ.การค้นคว้าอิสระวิทยาศาสตร์บัณฑิต. สาขาการสอนชีววิทยา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 86 น.

ศิวพร จินตนาวงศ์. 2539. มาตรฐานพันธุ์พืชสวน. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพ ฯ.

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ. นครปฐม. 364 น.

Abeles, F.B., Morgan, P.W. and saltveit, M.E. 1992. Ethylene in Plant Biology. Academic Press California. 414 p.

Amarante C., Banks N.H., and Ganesh S. 2001. Relationship between character of skin cover of coated pears and permeance to water vapor and gases. *Postharvest biology and Technology*. 21, 291-301.

Berg, L.A. and Lentz, C.P. 1978. High humidity storage of vegetable and fruit to mass transport of water vapor. Physiology. 79, 1048-1053.

Blankenship, S.M. and Dole, J.M. 2003. 1-methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology*. 28, 1-25.

Johnson, G.L., Sharp, J.L., Milne, D.L., Oosthuyse, S.A. 1997. Postharvest technology and quarantine treatment. 447-508 p. In: Litz, R.E. (ed), The mango : Botany, Production, and Uses. CAB international. University Press, Cambridge.

Karder, A.A. 1985. Ethylene-induce senescence and physiology disorder in harvest horticultural crop. Hortscience 20, 54-57.

Krochta, J.M., Bladwin, E.A. and Nisperos-Carriedo M. 1994. Edible coating for fresh fruit and vegetables: past, present and future. Technomic Publishing Co., U.S.A. 25-64.

Plotto, A., Goodner K. L., Baldwin E. A., Bai J. and N. Rattanapanone. 2004. Effect of polysaccharide coatings on quality of fresh cut mangoes (Mangifera indica L.). Proc. Fla. State Hort. Soc. 117, 382-388.

Subramanyam, H., Gowri, S. and Krishnamurthy, S. 1976. Ripening behavior of mango fruits graded on specific gravity basis. *Journal of Food Science and Technology*. 13, 84-86..

Togrul, H. and Arslan N. 2004. Extending shelf-life of peach and pear by using CMC from sugar beet pulp cellulose as a hydrophilic polymer in emulsions. *Food Hydrocolloids*. 18, 215-226.

Wills, R.H.H., McGlasson, B., Graham, D. 1998. Postharvest : An Introduction to the Phylosiology and Handling of fruit and vegetable. New South Wales University Press, New South Wales. 262 p.

Yang, S.E. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. Horscience. 24, 41-45.