

## ผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของถั่วงอก

### Effect of Temperatures and Coating Material on Quality of Winged Bean

สิญา สุขศรีทอง<sup>1</sup> และรุจิรา ตาปราบ<sup>1</sup>

Siya Suksrithong<sup>1</sup> and Ruchira Taprap<sup>1</sup>

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของสารเคลือบผิวจากเจลว่านหางจระเข้และกรดซิตริกต่อคุณภาพของถั่วงอกกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยแบ่งถั่วงอกเป็น 6 ตัวอย่างการทดลองได้แก่ ถั่วงอกเคลือบเจลว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ถั่วงอกจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 0.05 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) และจุ่มน้ำสะอาด (ตัวอย่างควบคุม) เป็นเวลา 1 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าถั่วงอกเคลือบเจลว่านหางจระเข้และถั่วงอกจุ่มกรดซิตริกเก็บที่อุณหภูมิต่ำ 10 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บและชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าอุณหภูมิต่ำ 4 องศาเซลเซียส การเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้และการจุ่มกรดซิตริกสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อและลดการสูญเสียน้ำหนักได้ โดยถั่วงอกเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 15 วัน รองลงมาคือ ถั่วงอกเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้ 25 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาได้ 12 วัน ถั่วงอกเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้ 75 เปอร์เซ็นต์ ถั่วงอกจุ่มกรดซิตริก 0.05 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาได้ 9 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ : ถั่วงอก อุณหภูมิต่ำ ว่านหางจระเข้ กรดซิตริก

#### ABSTRACT

This research studied the effect of coating material from aloe vera gel and citric acid combined with low temperature storage on quality of winged bean were studied. Six groups of sample were treated as followed; winged bean coated with aloe vera gel concentration of 25, 50 and 75% (v/v), soaked in citric acid concentration of 0.05 and 0.5% (w/v) and control sample soaked in clean water, soaking time 1 minute for every sample. Then, those samples were kept at 4°C and 10°C. The result showed that storage of winged bean soaking with aloe vera gel and citric acid at 10°C could prolong shelf-life and retard the browning color of sample as compared with at 4°C. Winged bean coated with aloe vera gel and citric acid showed a delay in browning, wilt and weight loss. Winged bean coating with 50% of aloe vera gel concentration could extend shelf-life to 15 days of storage, whereas 25% of aloe vera gel was 12 days. The samples treated with 75% of aloe vera gel, soaking in 0.05 and 0.5% of citric acid could extend the day of storage to 9 days.

Key Words : winged bean, temperature, aloe vera gel, citric acid

E-mail : black\_berry99@hotmail.com

<sup>1</sup> คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Faculty of Agro-Industry King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Rd. Ladkrabang, Bangkok 10520

## คำนำ

ถั่วพู มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Psophocarpus tetragonolobus* Linn. อยู่ในวงศ์เดียวกับถั่วอื่นๆ เช่น ถั่วเขียว ถั่วฝักยาว เป็นต้น โดยถั่วพูมีชื่อเรียกหลายอย่าง ได้แก่ winged bean, princess bean (เพ็ญธิรัตน์, 2546) เป็นพืชล้มลุก ดอกสีขาวอมม่วง ผลเป็นฝักแบนยาวมี 4 ปีก ความยาวของฝักประมาณ 3-4 นิ้ว ภายในมีเมล็ดกลมเรียบ ประเทศไทยนิยมนำถั่วพูมาประกอบอาหารประเภทยำหรือกินสด (สุรชาติพ, 2551) ถั่วพูเป็นผักที่เสียได้เร็ว สูญเสียน้ำสูงทำให้เหี่ยวง่ายและเกิดสีน้ำตาลเร็วอายุการเก็บรักษาจึงค่อนข้างสั้น โดยทั่วไปขั้นตอนและคุณภูมิในการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหลักในการยืดอายุซึ่งฝักแต่ละประเภทคุณภูมิการเก็บที่เหมาะสมจะแตกต่างกัน ขั้นตอนการล้างฝักด้วยกรดอ่อน เช่น กรดซิตริกและการใช้สารเคลือบผิวที่รับประทานได้ เช่น วานหางจะเข้เป็นทางเลือกหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษา

วานหางจะเข้ที่ปลูกในไทยมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Aloe barbadensis* เป็นพืชยืนต้น ใบหนาและยาวมีสีเขียว ใบยาวประมาณ 30 นิ้ว โคนใบใหญ่ ปลายใบแหลมและมีหนามแหลมตามริมครีบบน เนื้อเยื่อภายในใบเป็นวุ้นสีใส (Bozzi et. al., 2007) วานหางจะเข้ถูกใช้กันมาอย่างยาวนาน โดยมีคุณสมบัติในการบำบัดรักษาบาดแผลของพืช (Eshun and He, 2004) ผลิตภัณฑ์ของวานหางจะเข้แบ่งออกได้เป็นน้ำยางและเจล วานหางจะเข้ โดยน้ำยางมีสีเหลืองและระสม เป็นของเหลวที่ไหลซึมออกมาจาก pericyclic tubules ในส่วนนอกผิวของใบ ส่วนประกอบสำคัญของน้ำยางคือ อนุพันธ์ของไฮดรอกซีแอนทราซีน (hydroxyanthracene) และมีคุณสมบัติเป็นยาระบาย ส่วนเจล วานหางจะเข้มีลักษณะเป็นเจลใสไม่มีสีอยู่ในใบสด ประกอบด้วยน้ำมากกว่า 98 เปอร์เซ็นต์และโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) (Bozzi et. al., 2007) มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 4-5 (Smothers, 1983)

กรดซิตริก เป็นกรดอ่อนใช้เพื่อการถนอมอาหาร ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่ามีความปลอดภัยในการบริโภค และสามารถย่อยสลายได้ง่ายพบได้ตามธรรมชาติโดยทั่วไปในผักและผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว กรดซิตริกที่ผลิตในปัจจุบันอยู่ในรูปผลึก Monohydrate ( $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ ) ซึ่งมีน้ำประกอบอยู่ 1 โมเลกุล มีสีใส ไม่มีกลิ่น มีรสเปรี้ยว สามารถละลายในน้ำเย็นมากกว่าการละลายในน้ำร้อน (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2554) ความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อปฏิกิริยาที่ฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล การเกิดเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidases : PPO) ซึ่งเป็นสารสีน้ำตาลจะถูกยับยั้งถ้าหากมีความเป็นกรด-ด่างต่ำ (จริงแท้, 2550) กรดซิตริกสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากกรดซิตริกมีสมบัติเป็น acidulant และเป็น chelating agent สามารถกำจัดโลหะทองแดงออกจากโครงสร้างของเอนไซม์ PPO ที่บริเวณ active site ทำให้รูปร่างและโมเลกุลของเอนไซม์เกิดการเปลี่ยนแปลงจนไม่สามารถทำงานได้ (Duangmal and Owusu-Apenten, 1999) กรดซิตริกสามารถควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาได้ เมื่อความเป็นกรด-ด่างต่ำลงจะทำให้พันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลของโปรตีนแยกออก เป็นผลให้โครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนเกิดการคลายตัวซึ่งจะทำให้เอนไซม์มีกิจกรรมลดน้อยลง (King and Bolin, 1989)

งานวิจัยนี้มีแนวคิดใช้เจลวานหางจะเข้ซึ่งเป็นสารเคลือบผิวที่รับประทานได้และกรดซิตริกที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์และลดการเกิดสีน้ำตาลร่วมกับการเก็บรักษาที่คุณภูมิต่ำเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของถั่วพู เพื่อให้เกษตรกรหรือพ่อค้าสามารถเก็บรักษาถั่วพูหลังการเก็บเกี่ยวในสภาพสดได้นานมากขึ้นก่อนส่งถึงผู้บริโภค และยังเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาพืชผลทางการเกษตรต่อไปในอนาคต

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเตรียมสารเคลือบผิวจากว่านหางจระเข้

เลือกใบว่านหางจระเข้ที่มีลักษณะสดสีเขียวทำความสะอาด ปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นเล็ก นำวุ้นสีใสที่ปอกเปลือกแล้วปั่นเป็นเวลา 3 นาที แยกกากด้วยผ้าขาวบางจะได้เจลว่านหางจระเข้ 100 เปอร์เซ็นต์ นำเจลว่านหางจระเข้ผสมกับน้ำสะอาดให้ได้ความเข้มข้น 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ (v/v)

### 2. การเตรียมกรดซิตริก

นำกรดซิตริก (food grade) ละลายในน้ำสะอาดให้มีความเข้มข้น 0.05 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (w/v)

### 3. การเตรียมวัตถุปิด

เลือกแก้วที่มีลักษณะสด สีเขียว ไม่มีรอยแมลงกัดหรือมีบาดแผลล้างน้ำให้สะอาดแบ่งแก้วเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละประมาณ  $100 \pm 3$  กรัม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 จุ่มในน้ำสะอาด (ตัวอย่างควบคุม) กลุ่มที่ 2 จุ่มในเจลว่านหางจระเข้ 25 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 3 จุ่มในเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 4 จุ่มในเจลว่านหางจระเข้ 75 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 5 จุ่มในกรดซิตริกความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 6 จุ่มในกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยทุกกลุ่มใช้เวลาในการจุ่ม 1 นาที และนำขึ้นมาทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ 5-10 นาที จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติก Low Density Polyethylene (LDPE) หนา 0.2 มิลลิเมตร ขนาด 2x18 นิ้ว ปิดผนึกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ทำการตรวจวิเคราะห์ผลการทดลองทุก 3 วัน

### 4. บันทึกผลการทดลองดังต่อไปนี้

- ตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้เครื่อง Checkpoint Handheld Gas Analyser วัดปริมาณก๊าซค่าที่อ่านได้เป็นร้อยละของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน

- ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนัก โดยทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้นและหลังการเก็บรักษาบันทึกค่าที่ได้หน่วยเป็นกรัมคำนวณร้อยละการสูญเสียน้ำหนักดังนี้

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

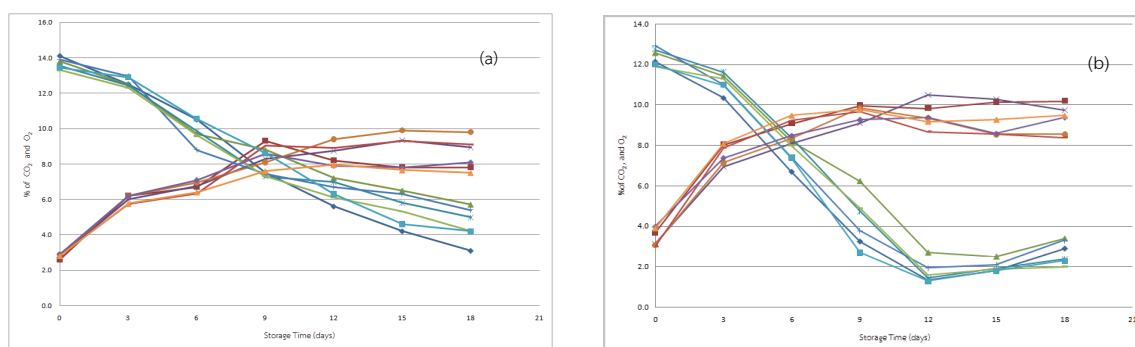
- วัดค่าความแน่นเนื้อ ใช้หัววัด Warner-Bratzler Blade ความเร็วในการตัด 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ความหนาใบมีด 3 มิลลิเมตร ค่าแรงที่วัดได้หน่วยเป็นนิวตัน (Krebbes et. al., 2010)

- ติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ ทำการตรวจวัดด้วยการให้คะแนนตามลักษณะปรากฏในระหว่างการเก็บรักษา โดยคะแนนแบ่งตามระดับการเปลี่ยนแปลง 5 ระดับดังนี้ ระดับ 5 หมายถึง สีเขียวสดแข็งกรอบผิวเป็นมันเงา ระดับ 4 หมายถึง สีซีดลงผิวแห้งไม่เป็นมันเงา ระดับ 3 หมายถึง เกิดสีน้ำตาลบริเวณขอบ ระดับ 2 หมายถึง เกิดสีน้ำตาลที่แกนกลางและมีสีน้ำตาลบริเวณขอบเพิ่มมากขึ้น ระดับ 1 หมายถึง เกิดสีน้ำตาลทั่วทั้งฝัก

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### ผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวต่อปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากการตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงที่บรรจุผักตัวอย่าง พบว่าเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงเนื่องจากถูกใช้ในการหายใจและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเนื่องจากถูกปลดปล่อยออกมา วันแรกของการเก็บรักษามีปริมาณก๊าซออกซิเจนอยู่ในช่วง 11.9-14.1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อถึงวันที่ 9 พบว่ามีปริมาณลดลงอยู่ในช่วง 2.7-8.8 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ถั่วพูเคลือบ เจลว่านหางจระเข้ 25 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณก๊าซออกซิเจนมากที่สุด (8.8 เปอร์เซ็นต์) และถั่วพูจุ่มกรดซิตริก 0.05 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณออกซิเจนน้อยที่สุด (7.3 เปอร์เซ็นต์) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนมากที่สุด (6.3 เปอร์เซ็นต์) และถั่วพูจุ่มกรดซิตริก 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยที่สุด (2.7 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าอยู่ในช่วง 2.6-4.0 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาพบว่าปริมาณเพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 7.6-10.0 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด (9.3 เปอร์เซ็นต์) และถั่วพูจุ่มกรดซิตริก 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด (7.6 เปอร์เซ็นต์) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด (10.0 เปอร์เซ็นต์) และถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด (9.1 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงในภาพที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่ใช้ในการหายใจของทั้งสองอุณหภูมิจะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการใช้ก๊าซออกซิเจนและคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นั่นคือการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ช่วยลดอัตราการหายใจของถั่วพู สอดคล้องกับงานวิจัยของ Balandran-Quintana et al. (2003) ได้ทำการเก็บรักษา Zucchini fruit ที่อุณหภูมิ 2.5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2.5 องศาเซลเซียส มีการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีอัตราการหายใจต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส



**Figure 1** Effect of aloe vera gel and citric acid on concentration of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> during storage at 4 °C (a) and 10 °C (b) O<sub>2</sub> Control (—◆—), O<sub>2</sub> Aloe Vera 25% (—▲—), O<sub>2</sub> Aloe Vera 50% (—●—), O<sub>2</sub> Aloe Vera 75% (—■—), O<sub>2</sub> Citric Acid 0.05% (—★—), O<sub>2</sub> Citric Acid 0.5% (—●—), CO<sub>2</sub> Control (—■—), CO<sub>2</sub> Aloe Vera 25% (—■—), CO<sub>2</sub> Aloe Vera 50% (—×—), CO<sub>2</sub> Aloe Vera 75% (—●—), CO<sub>2</sub> Citric Acid 0.05% (—●—), CO<sub>2</sub> Citric Acid 0.5% (—●—)

### ผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวต่อร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู

สำหรับร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าตัวอย่างควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดและถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา การเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตัวอย่างควบคุมสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 4.44 และถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักร้อยละ 1.8 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตัวอย่างควบคุมสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 10.1 และถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักร้อยละ 2.7 เมื่อระยะเวลาการเก็บผ่านไป 9 วัน ดังแสดงในภาพที่ 2 การสูญเสียน้ำหนักของถั่วพูมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากถั่วพูเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีการหายใจและคายน้ำอยู่ตลอดเวลา การเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของถั่วพูได้ดีกว่า 10 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิต่ำช่วยชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมของผลผลิต (จริงแท้, 2549) แต่การเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ต่ำที่ไม่เหมาะสมกับชนิดของผักจะทำให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากอาการระส่ำระสายและหยุดกระบวนการเมแทบอลิซึมของผัก การเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้สอดคล้องกับการทดลองของ Martinez-Romero et al. (2006) ที่ได้ศึกษาการเคลือบผิวเซอรัวรีหวานด้วยเจลว่านหางจระเข้ พบว่าเซอรัวรีหวานที่เคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเซอรัวรีหวานที่ไม่ได้เคลือบผิว การเคลือบผิวที่มีความเข้มข้นต่ำจะลดการสูญเสียน้ำหนักได้น้อยแต่ถ้าใช้ความเข้มข้นที่สูงจนเกินไปจะทำให้เนื้อเยื่อขาดก๊าซออกซิเจนทำให้ผลิตผลเสื่อมเสียได้เร็วยิ่งขึ้น (Arthey, 1975)

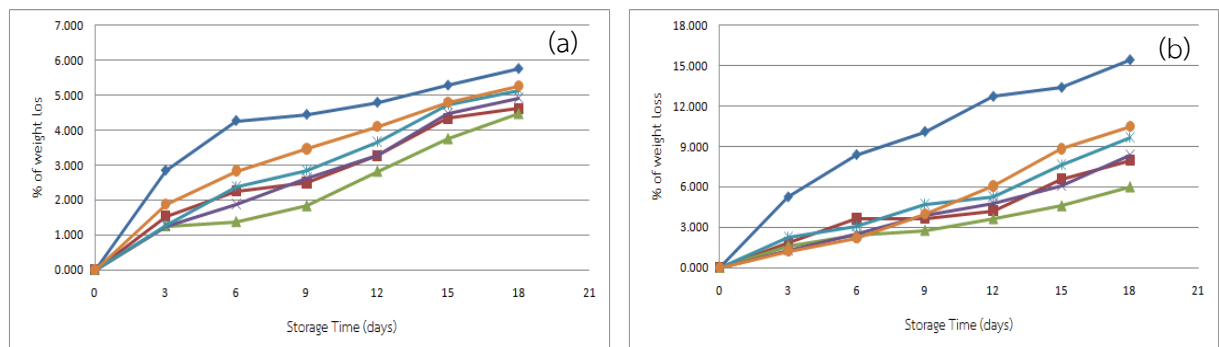


Figure 2 Effect of aloe vera gel and citric acid on weight loss during storage at 4 °C (a) and 10 °C (b) Control (◆), Aloe Vera 25% (■), Aloe Vera 50% (▲), Aloe Vera 75% (✕), Citric Acid 0.05% (✱), Citric Acid 0.5% (●)

### ผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวต่อความแน่นเนื้อของถั่วพู

ความแน่นเนื้อของถั่วพูในระหว่างการเก็บรักษา พบว่ามีแนวโน้มลดน้อยลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเวลาผ่านไป 9 วัน ตัวอย่างควบคุมมีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดและถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซ็นต์ มีความแน่นเนื้อมากที่สุด โดยวันแรกของการเก็บรักษาถั่วพูมีความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 44.36-45.71 นิวตัน ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ตัวอย่างควบคุมมีความแน่นเนื้อ 26.72 และ 32.66 นิวตัน ตามลำดับ ถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซ็นต์มีความแน่นเนื้อ 36.68 และ 38.71 นิวตัน ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3 ความแน่นเนื้อของถั่วพูมีค่าลดน้อยลง เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำและไม่ได้รับน้ำชดเชยกับที่เสียไปจึงทำให้เกิดการเหี่ยวและผนังเนื้อเยื่ออ่อนตัว (เพ็ญธิรัตน์, 2546) การเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อมากกว่า 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมมีผลทำให้เนื้อเยื่อสูญเสียน้ำออก

สู่บรรยากาศทำให้สูญเสียความเต่ง (turgidity) ของเซลล์และบางครั้งอาจเกิดการยุบตัวของเนื้อเยื่อ (สายซล, 2549) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ali et al. (2010) ที่ได้ทำการทดลองเคลือบผิวมะเขือเทศด้วย Gum Arabic และวัดค่าความแน่นเนื้อ พบว่าเมื่อเวลาการเก็บรักษามากขึ้นจะทำให้ความแน่นเนื้อลดน้อยลง โดยมะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบผิวมีความแน่นเนื้อลดลงมากที่สุด

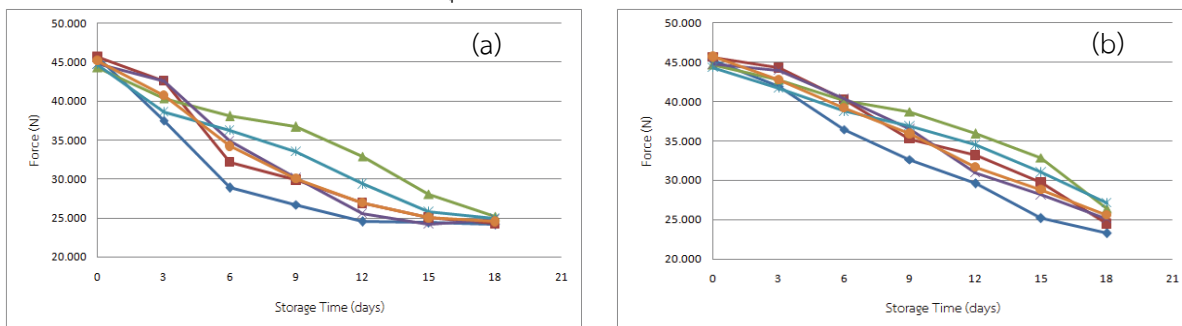


Figure 3 Effect of aloe vera gel and citric acid on texture during storage at 4 °C (a) and 10 °C (b)

Control (◆), Aloe Vera 25% (■), Aloe Vera 50% (▲), Aloe Vera 75% (✕), Citric Acid 0.05% (✱), Citric Acid 0.5% (●)

### การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของถั่วงอกในระหว่างการเก็บรักษา

การติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพด้วยระดับคะแนน 1-5 ดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตัวอย่างควบคุมมีระยะเวลาการเก็บรักษาน้อยที่สุดคือ 2 วัน และถั่วงอกเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซ็นต์เก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 6 วัน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตัวอย่างควบคุมเก็บรักษาได้น้อยที่สุดคือ ประมาณ 3 วัน ถั่วงอกเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซ็นต์เก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 15 วัน และถั่วงอกมกรดชิตริก 0.05 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เกิดสีน้ำตาลช้ากว่าตัวอย่างควบคุมทั้งสองอุณหภูมิ ดังแสดงในภาพที่ 5 สอดคล้องกับการทดลองของ สูดสายซล และ นันทวัน (2552) ที่ได้ทำการทดลองผลของน้ำส้มสายชู กรดชิตริกและโซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อลด *Salmonella Typhimurium* บนใบสาระแน พบว่าน้ำส้มสายชูและกรดชิตริก สามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุดและกรดชิตริกสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในผักได้ดี ที่สุด การเคลือบผิวถั่วงอกด้วยเจลว่านหางจระเข้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าถั่วงอกที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิว เนื่องจากการใช้สารเคลือบผิวสามารถควบคุมอัตราการหายใจ ลดความเสียหายและความผิดปกติทางสรีรวิทยาได้ (Hagenmaier and Shew, 1992)

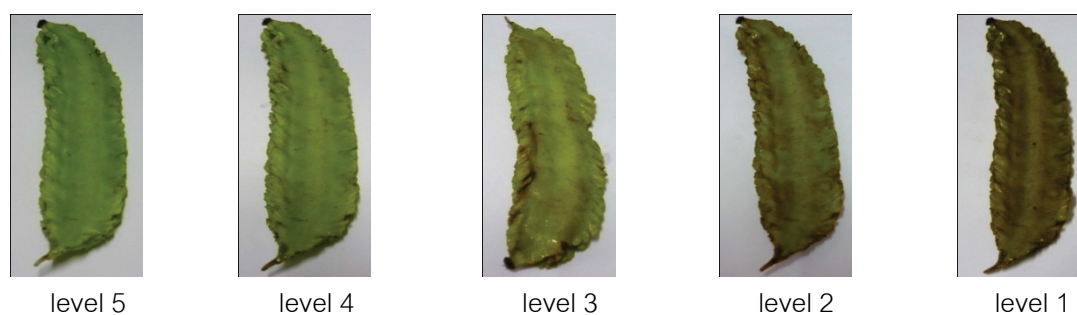


Figure 4 Level of winged bean physical appearance during storage of level 1 – level 5

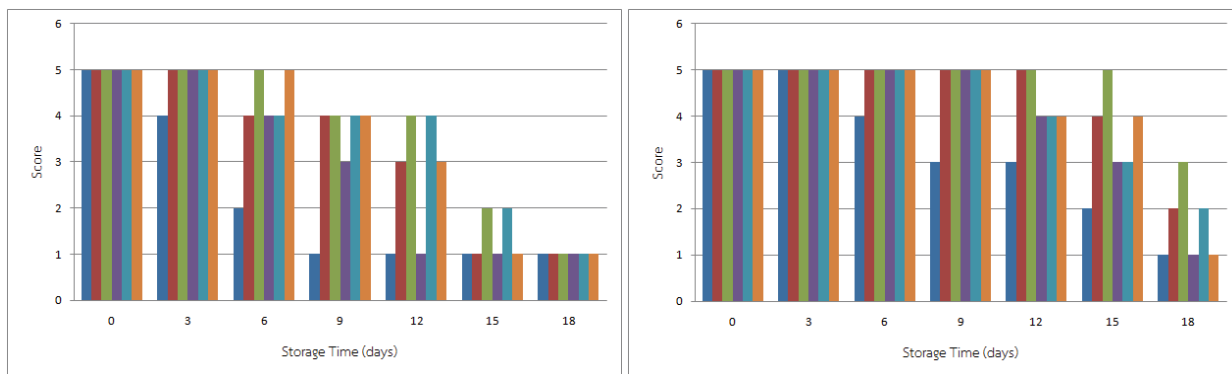


Figure 5 Effect of aloe vera gel and citric acid on physical changes during storage at 4 °C (a) and 10 °C (b) Control (■), Aloe Vera 25% (■), Aloe Vera 50% (■), Aloe Vera 75% (■), Citric Acid 0.05% (■), Citric Acid 0.5% (■)

### สรุปผลและเสนอแนะ

การเก็บรักษาถั่วพุดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถลดอัตราการหายใจ ลดการสูญเสียน้ำหนักและมีความแน่นเนื้อน้อยกว่าการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีระยะเวลาการเก็บรักษาสั้นกว่าที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เนื่องจากเกิดอาการระคายเคือง ถั่วพุดเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้และจุ่มกรดซิตริกช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาล ลดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อและลดการสูญเสียน้ำหนัก โดยถั่วพุดเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 15 วัน รองลงมาคือ 25 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาได้ 12 วัน ถั่วพุดเคลือบ เจลว่านหางจระเข้ 75 เปอร์เซ็นต์และถั่วพุดจุ่มกรดซิตริก 0.05 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาได้นาน 9 วัน และตัวควบคุมเก็บรักษาได้นาน 3 วัน ตามลำดับ โดยอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษา สำหรับเจลว่านหางจระเข้ไม่ควรปล่อยให้แห้งเกินไปเพราะจะเกิดการสลายตัวของเจลทำให้มีความสามารถในการเคลือบผิวลดลงและไม่ควรบรรจุถั่วพุดมากเกินไปเนื่องจากจะทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนส่งผลให้เกิดการเสื่อมเสียได้เร็วขึ้นกว่าปกติ

### เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เพ็ญธิรัตน์ อัครผลสุวรรณ. 2546. **การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้สดเพื่อการแปรรูป**. แหล่งที่มา: <http://actech.agritech.doae.go.th/techno/other/post%20harvest.htm>, 20 พฤษภาคม 2554.
- สายชล เกตุษา. 2549. ความเสียหายของผักและผลไม้เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. **วารสารราชบัณฑิตยสถาน**. 13 (2): 473-485.
- สุดสายชล หอมทอง และ นันทวัน ภัทรพงศ์. 2552. ผลของน้ำส้มสายชู กรดซิตริก และโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อการลดลงของ Salmonella Typhimurium บนใบสะระแหน่. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 14 (1): 18-25.

- สุชาติพ ภมรประวัตติ. 2551. **บทความพิเศษถั่วพู**. แหล่งที่มา: <http://www.doctor.or.th/node/5672>, 8 พฤษภาคม 2553.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2554. **กรดซิตริก**. แหล่งที่มา: <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/146-6034.pdf>, 24 กรกฎาคม 2553.
- Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S. and Alderson, P.G. 2010. Gum Arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology** 58 (1): 42-47.
- Arthey, V.D. 1975. **Quality of horticultural products**. Butterworths, London.
- Balandran-Quintana, R.R., Mendoza-Wilson, A.M., Gardea-Bejar, A.A., Vargas-Arispuro, I. and Martinez-Tellez, M.A. 2003. Irreversibility of chilling injury in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.) could be a programmed event long before the visible symptoms are evident. **Biochemical and Biophysical Research Communications** 307 (3): 553-557.
- Bozzi, A., Perrin, C., Austin, S. and Arce Vera, F. 2007. Quality and authenticity of commercial aloe vera gel powders. **Journal of Food Chemistry** 103 (1): 22-30.
- Duangmal, K., and Owusu-Apente, R.K. 1999. A Comparative study of Polyphenoloxidases from Taro (*Colocasia esculenta*) and Potato (*Solanum tuberosum* var. Romano). **Journal of Food Chemistry** 64 (3): 351-359.
- Eshun, K. and He, Q. 2004. Aloe vera: A valuable ingredient for the food pharmaceutical and cosmetic industries-a review. **Journal of Food Science** 44 (2): 91-96.
- Hagenmaier, R. and Shaw. P.E. 1992. Gas permeability of fruit coating waxes. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences** 117: 105-109.
- King, A.D. and H.R. Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruit and vegetables. **Food Technology** 43 (2): 132-139
- Krebbbers, B., Matser, A. M., Koets, M. and Vanden Berg, R.W. 2010. Quality and storage-stability of high-pressure preserved green beans. **Journal of Food Engineering** 54 (1): 27-33.
- Martinez-Romero, D., Albuquerque, N., Valverde, J.M., Guillen, F., Cactillo, S., Valero, D. and Serrano, M. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: A new edible coating. **Postharvest Biology and Technology** 39 (1): 93-100.
- Smothers, D. CL. 1983. *Aloe vera* the importance of processing. **Drug and Cosmetic Industry**. 132 (40): 77-80.