

## การออกแบบและสร้างระบบการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรในสภาพควบคุมบรรยากาศสำหรับร้านค้าปลีก Design and Construction of Controlled Atmosphere Storage System of Agriculture Produce for Retailers

วรินธร พูลศรี<sup>1</sup>Warinthorn Poonsri<sup>1</sup>

### Abstract

The main objective of this research was to design and construct a controlled atmosphere storage system of agricultural produce for retailers. The research was separated into two parts. The first part, dealt with designing and constructing a controlled atmosphere storage system by adding nitrogen gas and/or carbon dioxide gas from pressurized cylinders into a 40x40x60 cm acrylic containers to decrease oxygen concentration or increase carbon dioxide concentration. The second part involved a study on the effect of controlled atmosphere storage on agricultural produce. Cut roses cv. Dallas were used to test the system. Normal atmosphere (21%O<sub>2</sub>: 0.03%CO<sub>2</sub>) storage was served as a control. All treatments were kept at 2°C and 95-98% relative humidity. The results revealed that the storage life of cut roses stored in the controlled atmosphere (2% O<sub>2</sub> plus 4% CO<sub>2</sub>) was 50 days. However, the storage life of those stored in the normal atmosphere was 7 days. In addition, the quality of cut roses stored in the controlled atmosphere was significantly better than those stored in the normal atmosphere, in terms of storage life, fresh weight and anthocyanin content.

**Keywords:** controlled atmosphere, storage, rose

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างระบบการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรในสภาพควบคุมบรรยากาศสำหรับร้านค้าปลีก โดยแบ่งงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก การออกแบบและสร้างระบบควบคุมสภาพบรรยากาศ โดยใช้แก๊สไนโตรเจนและ/หรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากถังโดยตรงเพื่อลดระดับความเข้มข้นของออกซิเจน และ/หรือเพิ่มระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในตู้ที่ใช้เก็บรักษาผลิตผลเกษตรที่ทำจากแผ่นพลาสติกอะคริลิกใส ขนาดกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร และส่วนที่สอง ทดสอบระบบควบคุมบรรยากาศเพื่อศึกษาผลของการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศต่อคุณภาพของผลิตผลเกษตร โดยเลือกใช้ดอกกุหลาบตัดดอกสีแดงพันธุ์ Dallas เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ (ออกซิเจน 21 เปอร์เซ็นต์ : คาร์บอนไดออกไซด์ 0.03 เปอร์เซ็นต์) โดยทุกกรรมวิธีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 95-98% ผลการทดสอบพบว่า การเก็บรักษาดอกกุหลาบ ในสภาพควบคุมบรรยากาศที่มีความเข้มข้นของออกซิเจน 2 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ 4 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษา 50 วัน ส่วนดอกกุหลาบที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ มีอายุการเก็บรักษา 7 วัน นอกจากนี้พบว่า ภายหลังจากการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ ดอกกุหลาบยังคงมีคุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ อายุการเก็บรักษา เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด และปริมาณแอนโทไซยานิน ดีกว่าดอกกุหลาบที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**คำสำคัญ:** ควบคุมสภาพบรรยากาศ, การเก็บรักษา, ดอกกุหลาบ

### คำนำ

ผลิตผลเกษตรมีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อประเทศไทยเป็นอย่างมาก เพราะนอกจากจะใช้บริโภคภายในประเทศแล้ว ยังมีการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศอีกด้วย แต่ปัญหาที่สำคัญของผลิตผลภายหลังจากการเก็บเกี่ยว คือ มีอายุการเก็บรักษาและอายุการวางจำหน่ายสั้น เกิดการเน่าเสียได้ง่าย ซึ่งปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งในด้านคุณภาพและด้านปริมาณ ส่งผลเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างมาก การเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ (controlled atmosphere storage) ร่วมกับการใช้อุณหภูมิต่ำ (low temperature) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในผลิตผลหลายชนิด มีหลักการคือการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของบรรยากาศที่อยู่รอบๆ ผลิตผลด้วยการลดระดับความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจน และ/หรือเพิ่ม

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปผลิตผลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

<sup>1</sup> Department of Agricultural products processing engineering, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology, Prathumthani, 12110

ระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้สูงขึ้น แล้วควบคุมสัดส่วนของปริมาณแก๊สดังกล่าวให้คงที่ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ซึ่งจะทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวให้อยู่ในสภาพดีได้นานกว่าหรือมีคุณภาพดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บรักษาในสภาพปกติที่ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาเท่ากัน (Yahia and Singh, 2009) ประเทศไทยเริ่มมีการนำเอาวิธีการดังกล่าวมาทำการวิจัยและทดลองใช้กันบ้างแล้ว แต่ยังมีขาดข้อมูลที่ชัดเจนและเหมาะสมสำหรับผลิตผลในประเทศไทย โดยเฉพาะกับผลิตผลที่มีความสำคัญของประเทศ ซึ่งมีปริมาณการส่งออกที่เพิ่มสูงขึ้นทุกปี เนื่องจากความต้องการของตลาดภายนอกประเทศเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งต้นทุนของวิธีการดังกล่าวค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องนำเข้าอุปกรณ์จากต่างประเทศ ทำให้ไม่คุ้มกับการลงทุนในภาคธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลาง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อออกแบบและสร้างระบบการเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศ ซึ่งทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิต อีกทั้งเป็นประโยชน์ต่อการนำมาปรับใช้ได้จริงต่อไปในอนาคต

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบและสร้างระบบการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ

1. การออกแบบระบบควบคุมสภาพบรรยากาศนี้ได้นำเอาระบบของการควบคุมบรรยากาศที่ใช้ในโตรเจนและ/หรือคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อลดระดับความเข้มข้นของออกซิเจน และ/หรือเพิ่มระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ โดยระบบดังกล่าวแบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วนหลัก คือ 1. ส่วนที่ทำหน้าที่ที่ตรวจระดับความเข้มข้นของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งควบคุมการปิด-เปิดวาล์วไฟฟ้า ให้ง่ายออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จากถังพักให้แก่ตู้เก็บรักษา 2. ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมและประมวลผลการทำงานของส่วนที่ 1 ให้ทำงานตามคำสั่งข้อมูลของการปรับสภาพบรรยากาศและทำหน้าที่แจ้งเตือนเมื่อระดับของแก๊สบางชนิดในตู้เก็บรักษาสูงเกินไป 3. แหล่งของแก๊สที่ใช้ปรับสภาพบรรยากาศคือ ใช้ออกซิเจนจากอากาศปกติซึ่งมีระดับความเข้มข้นประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ ใช้คาร์บอนไดออกไซด์จากถังบรรจุ ซึ่งมีความบริสุทธิ์ประมาณ 98 เปอร์เซ็นต์ และใช้ในโตรเจนจากถังบรรจุ ซึ่งมีความบริสุทธิ์ประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์

2. สร้างตู้ที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตผล ตู้ควบคุมบรรยากาศนี้ได้ออกแบบขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในห้องเย็นแบบตู้แช่ ซึ่งใช้ควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษา ตัวตู้ทำจากแผ่นพลาสติกอะคริลิกที่มีความหนาประมาณ 10 มิลลิเมตรนำมาตัดเป็นแผ่นและประกบยึดติดด้วยกาว แล้วอุดรอยประระหว่างแผ่นพลาสติกเพื่อป้องกันการรั่วซึมของก๊าซ ตัวตู้มีขนาดกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร ด้านหน้าของตู้สามารถเปิดออกได้ เพื่อให้นำผลิตผลเข้า-ออกจากตู้ ด้านหลังของตู้เจาะช่องใส่ข้อต่อที่มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร จำนวน 4 ช่อง เพื่อใช้เป็นช่องเติมออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์อย่างละ 1 ช่อง ช่องเติมไนโตรเจนเพื่อลดความเข้มข้นของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 1 ช่อง และช่องสำหรับถ่ายเทแก๊สออกจากตู้ 1 ช่อง โดยนำตัวตู้ที่ประกอบเสร็จไปตั้งไว้ในห้องเย็นเพื่อรอการเก็บรักษาผลิตผลต่อไป

#### ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบระบบการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ และศึกษาคุณภาพของผลิตผลที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ

นำดอกกุหลาบสีแดง พันธุ์ Dallas ที่ตัดในตอนเช้าโดยใช้ดอกกุหลาบที่มีอายุการเก็บเกี่ยวในคราวเดียวกัน ขนาดและคุณภาพใกล้เคียงกัน บรรจุลงในตู้เก็บรักษาผลิตผล แล้วปรับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 4 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับดอกกุหลาบจากงานวิจัยก่อนหน้า (วรินทร์ และคณะ, 2552) เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ โดยทุกกรรมวิธีนำไปเก็บรักษาร่วมกับอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95-98 % หลังจากนั้นสุ่มผลิตผลออกมาตรวจสอบอายุการเก็บรักษา เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด และปริมาณแอนโทไซยานินทุก ๆ 10 วัน

### ผล

#### ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบและสร้างระบบการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ

ระบบการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรในสภาพควบคุมบรรยากาศในครั้งนี้ได้นำเอาระบบการควบคุมบรรยากาศที่ใช้สำหรับเก็บรักษาผลไม้ ซึ่งใช้ในโตรเจนและ/หรือคาร์บอนไดออกไซด์จากถังโดยตรง เพื่อลดระดับความเข้มข้นของออกซิเจนและ/หรือเพิ่มระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์



Figure 1 Controlled atmosphere storage system of agricultural produce for retailers

## ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบระบบการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ และศึกษาคุณภาพของผลผลิตที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ

จากการทดสอบครั้งนี้ได้ระดับความเข้มข้นของปริมาณแก๊สที่ใช้เก็บรักษาดอกกุหลาบสีแดงพันธุ์ Dallas ในสภาพควบคุมบรรยากาศ ที่มีปริมาณออกซิเจน 2 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ 4 เปอร์เซ็นต์ และได้เปรียบเทียบคุณภาพกับดอกกุหลาบที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ โดยทุกกรรมวิธีเก็บรักษาร่วมกับอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95-98% พบว่า ดอกกุหลาบที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศมีอายุการเก็บรักษา 50 วัน ในขณะที่ดอกกุหลาบที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกตินั้นมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 7 วัน ส่วนเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด และปริมาณแอนโทไซยานินของดอกกุหลาบในสภาพควบคุมบรรยากาศยังคงดีกว่าดอกกุหลาบในสภาพบรรยากาศปกติอย่างชัดเจน



Figure 2 Cut roses cv. Dallas after storage for 50 days in a normal atmosphere (left) and a controlled atmosphere (right)

### วิจารณ์ผล

ดอกกุหลาบในสภาพควบคุมบรรยากาศยังคงดีกว่าดอกกุหลาบในสภาพบรรยากาศปกติอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นผลเนื่องจากระดับความเข้มข้นของแก๊สในบรรยากาศ คือ การลดปริมาณออกซิเจนต่ำลงและเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ให้สูงขึ้น มีผลทำให้อัตราการหายใจของดอกกุหลาบนั้นลดลง กระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์เกิดช้าลง และส่งผลให้ลดอัตราการใช้คาร์โบไฮเดรตและสารอาหารอื่นๆ ที่สะสมในเนื้อเยื่อ ทำให้ดอกกุหลาบยังคงมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสดมากกว่าดอกกุหลาบที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ (นิธิยา และดนัย, 2556) รวมทั้งยังมีผลยับยั้งการสังเคราะห์และการทำงานของเอทิลีน จึงช่วยชะลอการเสื่อมสภาพได้ดีกว่า นอกจากนี้ ยังพบว่า ดอกกุหลาบที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศนั้นยังคงมีปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่าดอกกุหลาบที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ ทั้งนี้ เนื่องจากการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศนั้นมีการลดปริมาณออกซิเจนลง ซึ่งในสภาพออกซิเจนต่ำสามารถชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ เช่น การสลายตัวของโปรตีนภายในเซลล์ของกลีบดอก เกิดเป็นแอมโมเนียที่มีสภาพเป็นด่าง ซึ่งแอนโทไซยานินที่ให้สีแดงในดอกกุหลาบจะคงที่ในสภาพที่เป็นกรด จึงทำให้ดอกกุหลาบคงสภาพสีแดงไว้ได้นานกว่า และชะลอการเปลี่ยนสีของกลีบดอกให้เกิดขึ้นช้ากว่าดอกกุหลาบที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ (วรินทร์ และคณะ, 2552)

### สรุป

จากการออกแบบและสร้างระบบการเก็บรักษาผลผลิตเกษตรในสภาพควบคุมบรรยากาศสำหรับร้านค้าปลีก โดยการทดสอบบรรยากาศที่มีความเข้มข้นของออกซิเจน 2 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ 4 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้กุหลาบตัดดอกสีแดงพันธุ์ Dallas มีอายุการเก็บรักษานาน 50 วัน ส่วนดอกกุหลาบที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติมีอายุการเก็บรักษา 7 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าภายหลังการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ ดอกกุหลาบยังคงมีคุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด และปริมาณแอนโทไซยานิน ดีกว่าดอกกุหลาบที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

### คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณสภาวิจัยแห่งชาติสำหรับทุนสนับสนุนในการทำวิจัย และภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- นิธิยา รัตนานนท์ และดนัย บุญยเกียรติ. 2556. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 268 น.
- วรินทร์ ยิ้มย่อง, อภิญญา ชละอม, วงเดือน ไชยชนะนิตย์ และศิริกุล ชิบเซ. 2552. การศึกษาการเก็บรักษาดอกกุหลาบในสภาพควบคุมบรรยากาศ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40(3): 578-580.
- Yahia, E. M. and S. P. Singh. 2009. Tropical fruits. pp. 397-432. In: E.M. Yahia (ed.). Modified and Controlled Atmosphere for Storage, Transportation, and Packaging of Horticultural Commodities. CRC Press, Boca Raton, Florida.