Agric. Sci. Innov. J. 55 : 1 (Suppl.) : 176- 179 (2024)  ว. วิทย. นวัต. กษ. 55 : 1 (พิเศษ) : 176 - 179 (2567)

# การใช้คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองระหว่างการขนส่ง

# Carbon Dioxide and Oxygen Application in Modified Atmosphere Packaging for Extending the Storage Life of 'Hom Thong' Banana during Transportation

ภาณุมาศ โคตรพงศ์[1] ทิวาพร ผดุง[2] และสโรชา ถึงสุข[3]
Panumas Kotepong[1], Thiwaporn Phadung[2] and Sarocha Thuengsuk[3]

## Abstract

Study of carbon dioxide ($CO_2$) and oxygen ($O_2$) in low density polyethylene (LDPE) plastic bags for extending the storage life of 'Hom Thong' banana during transportation. The samples were put in LDPE plastic bags under four different treatments: 1) normal atmosphere modification (control) 2) 5% $CO_2$ + 5% $O_2$, 3) 10% $CO_2$ + 5% $O_2$ and 4) 15% $CO_2$ + 5% $O_2$. They were then kept at 13±1 °C for 28 days. It was found that the 'Hom Thong' bananas stored in atmospheric conditions containing 10% $CO_2$ + 5% $O_2$ had better quality in terms of fruit firmness, yellow value (b*), soluble solids and vitamin C than other treatments. The results of this experiment indicated that carbon dioxide and oxygen application could maintain the quality and extend the storage life of 'Hom Thong' banana during transportation.

**Keywords:** banana, carbon dioxide, modified atmosphere packaging

## บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) และออกซิเจน ($O_2$) ในบรรจุภัณฑ์ชนิด low density polyethylene (LDPE) ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองระหว่างการขนส่ง มี 4 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ปริมาณ $CO_2$ 5% และ $O_2$ 5% ในถุงบรรจุภัณฑ์ กรรมวิธีที่ 3 ปริมาณ $CO_2$ 10% และ $O_2$ 5% ในถุงบรรจุภัณฑ์ กรรมวิธีที่ 4 ปริมาณ $CO_2$ 15% และ $O_2$ 5% ในถุงบรรจุภัณฑ์ หลังจากนั้นนำไปจำลองสภาพการขนส่งโดยเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิที่ 13±1 องศาเซลเซียส พบว่า กล้วยหอมทองที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วย $CO_2$ 10 % และ $O_2$ 5% มีคุณภาพทางด้านความแน่นเนื้อผล ค่าสีเหลือง (b*) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณวิตามินซีดีกว่ากรรมวิธีอื่น โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 28 วัน จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในถุงบรรจุภัณฑ์ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศสามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองในระหว่างการขนส่งได้นานขึ้น

**คำสำคัญ:** กล้วยหอม คาร์บอนไดออกไซด์ ถุงบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ

## คำนำ

กล้วยหอมทองเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่นิยมของผู้บริโภคในต่างประเทศ โดยเฉพาะในญี่ปุ่นซึ่งเป็นตลาดหลัก หากผู้ประกอบการส่งออกด้วยการขนส่งทางเรือต้องใช้เวลานานทำให้ประสบปัญหาการสุกอย่างรวดเร็วก่อนถึงมือผู้บริโภคทำให้มีอายุการวางจำหน่ายสั้น การบรรจุผลไม้สภาพดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere packaging: MAP) ที่มีการปรับสัดส่วนบรรยากาศภายในถุงบรรจุภัณฑ์ให้มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่าง ๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ โดยลดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ($O_2$) และเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) เพื่อลดอัตราการหายใจของเนื้อเยื่อและลดการผลิตก๊าซเอทิลีน อีกทั้งการใช้ MAP ร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำ ส่งผลต่อกระบวนการต่าง ๆ ทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นในอัตราช้าลง การลดปริมาณออกซิเจนมีผลต่อการยับยั้งการเกิดออกซิไดซ์ของสารประกอบฟีนอลจนได้สารสีน้ำตาล อัตราการหายใจและการสร้างเอทิลีนเกิดขึ้นในอัตราต่ำและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น สำหรับการใช้วิธีดัดแปลงสภาพบรรยากาศสิ่งสำคัญ คือ

[1] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900
[1] Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900
[2] กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900
[2] Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900
[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์ กรมวิชาการเกษตร เพชรบูรณ์ 67000
[3] Phetchabun Agricultural Research and Development Center, Department of Agriculture, Phetchabun 67000

ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่มีความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซต่าง ๆ ที่จะสามารถช่วยควบคุมการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างการวางจำหน่ายเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (จริงแท้, 2541) จากการศึกษาของ Watada *et al*. (1996) พบว่า การใช้ MAP ที่มีความเข้มข้นของ $O_2$ 4 kPa และ $CO_2$ 10 kPa สามารถเก็บรักษาผลมะม่วงได้นานขึ้นมากกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศเพื่อยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองระหว่างการขนส่ง

## อุปกรณ์และวิธีการ

1. ทดสอบสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์

นำถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด low density polyethylene (LDPE) ที่จำหน่ายเป็นการค้ามาทดสอบสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ความหนาของฟิล์ม (thickness) อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission rate; WVTR) อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate; $O_2$TR) อัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide transmission rate; $CO_2$TR) และอัตราการซึมผ่านก๊าซไนโตรเจน (nitrogen transmission rate; NTR)

2. ทดสอบความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อการเก็บรักษากล้วยหอมทองระหว่างการขนส่ง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design มี 4 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธี มี 5 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5% และก๊าซออกซิเจน 5% ในถุงบรรจุภัณฑ์

กรรมวิธีที่ 3 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10% และก๊าซออกซิเจน 5% ในถุงบรรจุภัณฑ์

กรรมวิธีที่ 4 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 15% และก๊าซออกซิเจน 5% ในถุงบรรจุภัณฑ์

นำกล้วยหอมทองที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศไปจำลองสภาพการขนส่งที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกผลเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน โดยวัดปริมาณก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีนภายในบรรจุภัณฑ์ คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความแน่นเนื้อผล สีเปลือก และคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี ในระหว่างการเก็บรักษากล้วยหอมทอง

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีตเมนต์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

## ผลการทดลอง

1. สมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์

จากการวิเคราะห์สมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ low density polyethylene (LDPE) ที่จำหน่ายเป็นการค้า พบว่า ถุงบรรจุภัณฑ์มีความหนา 36.3 ไมครอน อัตราการซึมผ่านไอน้ำ 11.4 g/$m^2$/day อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน 20,000 $cm^3/m^2$/day อัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5,950 $cm^3/m^2$/day และอัตราการซึมผ่านก๊าซไนโตรเจน 1,700 $cm^3/m^2$/day

2. การทดสอบความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อการเก็บรักษากล้วยหอมทองระหว่างการขนส่ง

2.1 ปริมาณก๊าซในถุงบรรจุภัณฑ์

เมื่อเก็บรักษากล้วยหอมทองเป็นเวลา 28 วัน พบว่า ปริมาณก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีนที่สะสมในถุงบรรจุภัณฑ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกล้วยหอมทองในถุงบรรจุภัณฑ์ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศมีปริมาณออกซิเจน0.81-1.12 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ 17.18-20.91 เปอร์เซ็นต์ และเอทิลีน 58.14-80.16 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กล้วยหอมทองในถุงบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ มีปริมาณออกซิเจน 0.10 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ 10.02 เปอร์เซ็นต์ และเอทิลีน 102.11 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

**Table 1** Gas content ($O_2$, $CO_2$, Ethylene) in LDPE plastic bag of banana during storage under different of modified atmosphere packaging treatment at 13±1 °C for 28 days.

| Treatment | Gas content | | |
|---|---|---|---|
| | $O_2$ (%) | $CO_2$ (%) | Ethylene (ppm) |
| Normal atmosphere modification | 0.10 b | 10.02 b | 102.11 a |
| 5% $CO_2$ + 5% $O_2$ | 0.81 a | 17.18 a | 72.42 b |
| 10% $CO_2$ + 5% $O_2$ | 1.05 a | 19.07 a | 80.16 b |
| 15% $CO_2$ + 5% $O_2$ | 1.12 a | 20.91 a | 58.14 b |
| F-test | * | * | * |
| CV (%) | 12.34 | 34.56 | 32.89 |

Different letters indicate significant ($p \leq 0.05$) difference according to the Duncan's New Multiple Range Test.

2.2 คุณภาพทางกายภาพของกล้วยหอมทอง

กล้วยหอมทองในถุงบรรจุภัณฑ์แต่ละกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า ความแน่นเนื้อเปลือก ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ของเปลือกมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกล้วยหอมทองในถุงบรรจุภัณฑ์ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่ คาร์บอนไดออกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 5 เปอร์เซ็นต์ มีความแน่นเนื้อเปลือก ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) สูงสุด คือ 2.34 นิวตัน 65.90 และ 42.12 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกกรรมวิธีโดยมีค่าระหว่าง 6.76-7.02 (Table 2)

**Table 2** Physical quality of banana during storage under different of modified atmosphere packaging treatment at 13±1 °C for 28 days.

| Treatment | Fruit firmness | Peel color | | |
|---|---|---|---|---|
| | (N) | L* | a* | b* |
| Normal atmosphere modification | 1.13 b | 59.23 b | 7.02 | 37.34 b |
| 5% $CO_2$ + 5% $O_2$ | 1.73 b | 62.45 b | 6.89 | 38.44 b |
| 10% $CO_2$ + 5% $O_2$ | 2.34 a | 65.90 a | 6.76 | 42.12 a |
| 15% $CO_2$ + 5% $O_2$ | 2.05 a | 64.34 a | 6.95 | 41.92 a |
| F-test | * | * | ns | * |
| CV (%) | 23.13 | 18.34 | 21.34 | 19.45 |

Different letters indicate significant ($p \leq 0.05$) difference according to the Duncan's New Multiple Range Test.
ns = not significantly different

2.3 คุณภาพทางเคมีของกล้วยหอม

กล้วยหอมทองในถุงบรรจุภัณฑ์แต่ละกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณวิตามินซีมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกล้วยหอมทองในถุงบรรจุภัณฑ์ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่ คาร์บอนไดออกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณวิตามินซีสูงสุด คือ 14.28 บริกซ์ และ 3.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธีโดยมีค่าระหว่าง 0.14-0.18 เปอร์เซ็นต์ (Table 3)

**Table 3** Chemical quality of banana during storage under different of modified atmosphere packaging treatment at 13±1 °C for 28 days.

| Treatment | Soluble solids (°Brix) | Titratable acidity (%) | Vitamin C (mg/100g) |
|---|---|---|---|
| Normal atmosphere modification | 13.23 b | 0.16 b | 2.62 b |
| 5% $CO_2$ + 5% $O_2$ | 14.01 a | 0.17 a | 2.98 b |
| 10% $CO_2$ + 5% $O_2$ | 14.28 a | 0.18 a | 3.63 a |
| 15% $CO_2$ + 5% $O_2$ | 13.58 b | 0.14 b | 2.82 b |
| F-test | * | ns | * |
| CV (%) | 21.13 | 24.31 | 23.46 |

Different letters indicate significant ($p \leq 0.05$) difference according to the Duncan's New Multiple Range Test.
ns = not significantly different

## วิจารณ์ผล

กล้วยหอมทองที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วย $CO_2$ 10 % และ $O_2$ 5% สามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองระหว่างการขนส่งที่อุณหภูมิ 13±1 องศาเซลเซียส ได้นาน 28 วัน เนื่องมาจากการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) และลดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ($O_2$) ภายในถุงบรรจุภัณฑ์ส่งผลให้ไปลดอัตราการหายใจและลดการผลิตเอทิลีนส่งผลให้ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกระบวนการสุกที่เกิดขึ้น (Soliva-Fortuny and Martin-Belloso, 2003) สอดคล้องกับการทดลองของ Kudachikar *et al*. (2011) ได้รายงานว่า การเก็บรักษากล้วย 'Robusta' ผิวสีเหลืองสุกระดับ 75–80 เปอร์เซ็นต์ บรรจุด้วยวิธี MAP ถุง LDPE ภายใต้อุณหภูมิต่ำ 13±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85–90 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 5 สัปดาห์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเป็น 24.0 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้บรรจุภัณฑ์ MAP สามารถรักษาปริมาณ $CO_2$ และ $O_2$ ได้นานถึง 3 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นปริมาณ $CO_2$ ใน MAP จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ดังนั้นจากงานวิจัยนี้จึงแนะนำกรรมวิธีในการบรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศด้วย $CO_2$ 10% และ $O_2$ 5% เป็นทางเลือกหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพระหว่างการขนส่ง

## สรุป

การใช้คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในถุงบรรจุภัณฑ์ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซออกซิเจน ปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองในระหว่างการขนส่ง ในสภาพควบคุมอุณหภูมิต่ำที่ 13 องศาเซลเซียส ได้นาน 28 วัน

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนทุนในการวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. กองพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

Kudachikar, V.B., S.G. Kulkarni and M.N.K. Prakash. 2011. Effect of modified atmosphere packaging on quality and shelf life of 'Robusta' banana (*Musa* sp.) stored at low temperature. Food Science and Technology 48: 319–324.

Soliva-Fortuny, R.C. and O. Martin-Belloso. 2003. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: A review. Trends Food Science and Technology 14(9): 341-353.

Watada, A.E., N.P. Ko and D.A. Minott. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. Postharvest Biology and Technology 9: 115-125.