บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

กล้วยหอมทอง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Musa sapientum*, Linn. (Gros Michel) และมีชื่อสามัญว่า Hom Thong Banana จัดอยู่ใน Family Musaceae เป็นพืชล้มลุกที่มีขนาดใหญ่ ส่วนมากปลูกในแถบภาคกลาง โดยเฉพาะจังหวัดปทุมธานี และกรุงเทพฯ หรือจังหวัดใกล้เคียง (เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545) ซึ่งลักษณะของกล้วยหอมทองมีดังนี้ คือ

ลำต้น สูง 2.5-3.5 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกมีประดำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน และมีเส้นลายสีชมพู

ใบ ก้านใบมีร่องค่อนข้างกว้างและมีปีก เส้นกลางใบสีเขียว

ดอก ก้านช่อดอกมีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างยาว ปลายแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง มีไข ด้านล่างสีแดงซีด

ผล เครือหนึ่งมี 4-6 หวี หวีหนึ่งมี 12-16 ผล ผลใหญ่กว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 21-25 เซนติเมตร ปลายผลมีจุกเห็นชัด เปลือกบาง เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทอง แต่ที่ปลายจุกจะเปลี่ยนสีภายหลัง เนื้อสีส้มอ่อนๆ กลิ่นหอม รสหวาน

กล้วยหอมทอง จะสามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุ 80-90 วันหลังแทงปลี (ธวัชชัย รัตน์ชเลศ และศิวาพร ธรรมดี. 2542) การเก็บเกี่ยวทำได้โดยการตัดผลกล้วยเมื่อมีความแก่ 75 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่าเล็กน้อย โดยสังเกตว่ากล้วยจะมีเหลี่ยมอยู่บ้าง แต่ถ้าเป็นการขนส่งที่มีระยะทางไกล ก็จะต้องตัดผลกล้วยให้ดิบมากขึ้น (พาณิชย์ ยศปัญญา. 2542)

2.2 การทำให้เย็น

พืชผักเป็นสิ่งมีชีวิต ขบวนการที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต เช่น การใช้พลังงาน จะดำเนินต่อไปหลังจากการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชผักเป็นพืชที่เน่าเสียง่าย เนื่องจากเป็นพืชอวบน้ำ ประกอบด้วย น้ำถึงร้อยละ 80-95 โดยในระหว่างการเก็บเกี่ยว พืชจะสะสมความร้อนที่ได้รับในแปลงปลูก เรียกว่าความร้อนแฝง (field heat) ซึ่งจะทำให้พืชมีอัตราการคายน้ำและการหายใจสูง ทำให้สูญเสียน้ำ เหี่ยวและเน่าเร็ว จึงจำเป็นต้องลดอุณหภูมิหรือกำจัดความร้อนแฝง (precooling) ในพืชอย่างรวดเร็ว ก่อนเก็บรักษาและขนส่ง เพื่อชะลออัตราการคายน้ำ ยืดอายุให้ผลผลิต (นิพนธ์ ไชยมงคล. 2548)

การทำให้เย็น (cooling) คือการดึงเอาความร้อนจากสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกไป โดยอาศัยตัวกลางเป็นตัวนำ และ/หรือพาความร้อนออกไป ซึ่งการทำให้เย็นลงนี้มีศัพท์เฉพาะเรียกกันว่า

“precooling” หมายถึงการทำให้เย็นลงก่อนที่จะนำไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นนั่นเอง (จริงแท้ ศิริพานิช. 2546) โดยวิธีการที่ทำให้เย็นมีดังนี้

1. การทำให้เย็นโดยใช้อากาศเป็นตัวกลาง (air cooling) เป็นวิธีการที่เห็นกันอยู่โดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน ได้แก่ ตู้เย็น สิ่งของที่เก็บในตู้เย็นถูกทำให้เย็นลง โดยการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางคืออากาศ สำหรับการทำให้เย็นโดยตู้เย็นนั้นต่างจากห้องเย็น เพราะในตู้เย็นส่วนใหญ่จะมีการหมุนเวียนของอากาศค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะในช่องเก็บผักผลไม้ด้านล่าง การทำให้เย็นเกิดขึ้นโดยการนำ (conduction) เป็นส่วนใหญ่ แต่ในห้องเย็นจะมีพัดลมเป่าให้อากาศหมุนเวียน ทำให้มีความสามารถในการทำให้เย็นสูงกว่ามาก เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนเกิดได้ทั้งการนำและการพา (conduction และ convection) (จริงแท้ ศิริพานิช. 2546)

2. การทำให้เย็นโดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง (hydrocooling) เนื่องจากน้ำมีความจุความร้อนสูงและเป็นตัวนำความร้อนที่ดี จึงสามารถใช้เป็นตัวกลางในการทำให้ผลผลิตเย็นลงได้ดีกว่าการใช้อากาศ ประสิทธิภาพของการทำให้เย็นโดยใช้น้ำก็เช่นเดียวกับอากาศ คือขึ้นอยู่กับการสัมผัสระหว่างผลผลิตกับน้ำต้องให้มากที่สุด และน้ำจะต้องเย็นเท่าที่จะเย็นได้ โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียกับผลผลิต ในทางปฏิบัติทำได้หลายวิธีด้วยกัน อย่างง่ายที่สุดได้แก่ การจุ่มยก หรืออาจทำได้โดยการผ่านผลผลิตไปตามสายพานและจัดให้มีน้ำเย็นไหลผ่านลง ข้อสำคัญคือ การไหลเวียนของน้ำต้องมากพอที่จะสัมผัสกับผลผลิตได้อย่างทั่วถึง และสามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำได้ค่อนข้างคงที่ (จริงแท้ ศิริพานิช. 2546)

3. การทำให้เย็นโดยใช้น้ำแข็ง (ice cooling) การใช้น้ำแข็งบดเป็นก้อนเล็กๆ เพื่อทำให้ผลผลิตเย็นลงโดยตรง เป็นวิธีที่ใช้กันมานาน และยังคงใช้กันอยู่โดยเฉพาะในกรณีที่ไม่มีเครื่องทำความเย็น การใช้น้ำแข็งนี้จะสามารถลดความเย็นได้อย่างรวดเร็ว เพราะแต่ละกรัมของน้ำแข็งเมื่อละลายเป็นน้ำจะสามารถดูดความร้อนออกจากผลผลิตได้ถึง 80 cal แต่ในทางปฏิบัติแล้วประสิทธิภาพในการทำให้ผลผลิตเย็นลงค่อนข้างต่ำ เนื่องจากน้ำแข็งไม่สามารถเข้าสัมผัสกับผลผลิตได้อย่างทั่วถึง เพราะไม่ใช่ของไหล (fluid) นอกจากนั้นเมื่อน้ำแข็งเริ่มละลายไป มักจะเกิดช่องว่างขึ้นระหว่างผลผลิตกับน้ำแข็งที่ยังเหลืออยู่ ช่องว่างนี้จะกลายเป็นสิ่งขัดขวางการถ่ายเทความร้อนระหว่างผลผลิตกับน้ำแข็ง ทำให้อุณหภูมิลดลงได้ช้า (จริงแท้ ศิริพานิช. 2546)

4. การทำให้เย็นโดยอาศัยการระเหยของน้ำ (evaporation cooling) ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก เพราะไม่ต้องใช้พลังงาน แต่มีข้อจำกัดว่าไม่สามารถลดอุณหภูมิได้มากและเร็วตามความต้องการ โดยใช้ได้ผลดีในพื้นที่ที่มีความชื้นต่ำ ในการปฏิบัติผักและผลไม้จะถูกนำไปไว้ในห้อง ภาชนะ หรืออุโมงค์ที่สร้างขึ้น โดยจัดให้มีน้ำไหลผ่านผนังทั้งด้านบนและด้านข้าง เมื่อน้ำระเหยออกไป เกิดการถ่ายเทความร้อนจากผลผลิตมายังผนังห้องและน้ำ ทำให้ผลผลิตมีอุณหภูมิลดลงได้พอสมควร อาจเรียกวิธีการนี้อีกอย่างหนึ่งว่า “passive cooling” (จริงแท้ ศิริพานิช. 2546)

5. การทำให้เย็นโดยใช้สุญญากาศ (vacuum cooling) เป็นการทำให้เย็นในสภาพที่มีความดันต่ำ โดยการดูดเอาอากาศออกไปจากห้องลดอุณหภูมิ ซึ่งต้องมีความแข็งแรงมาก ในสภาพเช่นนี้จุดเดือดของน้ำจะลดต่ำลงใกล้ 0 องศาเซลเซียส ตามความดันบรรยากาศที่ลดลง น้ำจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอออกไปได้ง่าย โดยใช้ความร้อนจากผลผลิตนั่นเอง ทำให้อุณหภูมิของผลผลิตลดต่ำลง ดังนั้นผลผลิตที่มีพื้นที่ผิวมาก เช่นพวกผักรับประทานใบ สามารถคายความร้อนออกไปได้มากด้วย ส่วนผลผลิตที่มีลักษณะเป็นผลหรือหัว มีพื้นที่ผิวน้อย เช่น มะเขือเทศ และมันฝรั่ง วิธีนี้ใช้ไม่ได้ผลนัก เพราะพื้นที่ที่จะให้มีการเปลี่ยนสถานะของน้ำไปเป็นไอมีน้อย อย่างไรก็ตาม ในผลผลิตที่มีพื้นที่ผิวมาก หากมีการสูญเสียน้ำไปมากจะทำให้ผลผลิตเหี่ยว มีคุณภาพต่ำลง (จริงแท้ ศิริพานิช. 2546)

2.2 การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

การเก็บรักษาผลผลิตภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลง เป็นการเก็บรักษาในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของก๊าซในบรรยากาศให้แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ โดยจะทำการลดปริมาณก๊าซออกซิเจนให้น้อยลง และเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้สูงขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้อัตราการหายใจของผลผลิตลดลง ลดกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ให้ช้าลง ลดการสังเคราะห์และการทำงานของก๊าซเอทธิลีน รวมทั้งยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ด้วย ส่งผลให้สามารถเก็บรักษาผลผลิตได้นานขึ้น (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544) ซึ่ง modified atmosphere storage (MA-storage) หมายถึง วิธีการเก็บรักษาโดยการลดหรือเพิ่มปริมาณก๊าซให้ต่างจากบรรยากาศปกติ ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการลดปริมาณก๊าซออกซิเจน และ/หรือการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การเก็บรักษาในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนน้อย และ/หรือมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติ เรียกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere storage, MA-storage) (จริงแท้ ศิริพานิช. 2546)

modified atmosphere storage (MA-storage) เป็นวิธีการเก็บรักษาผักและผลไม้ในสภาพของบรรยากาศที่ถูกดัดแปลง เช่น การเก็บรักษาผักและผลไม้ในถุงพลาสติกปิดปากถุงแน่น ปริมาณของออกซิเจนในถุงพลาสติกจะลดลง เนื่องจากถูกใช้ไปโดยการหายใจของผักและผลไม้ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการหายใจ ปริมาณของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกควบคุมโดยคุณสมบัติในการยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ ของพลาสติกฟิล์ม ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจและอุณหภูมิขณะนั้น (สายชล เกตุษา. 2528) ซึ่งการเก็บรักษาภายใต้บรรยากาศดัดแปลงจะต้องคำนึงถึง

1. ชนิดของผลผลิต ผลผลิตต่างชนิดกัน จะมีอัตราการหายใจและกระบวนการต่างๆ ไม่เท่ากัน ส่งผลให้ปริมาณการใช้ออกซิเจน การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และเอทธิลีนไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลต่อสภาพบรรยากาศรอบๆ ผลผลิตภายในภาชนะบรรจุ

2. วัยและความบริบูรณ์ของผลผลิต ผลผลิตที่มีวัยต่างกัน อัตราการหายใจ การสร้างเอทธิลีนและเมแทบอลิซึมต่างๆ จะไม่เท่ากัน ผลผลิตที่ยังอ่อนอยู่มักมีอัตราดังกล่าวต่ำ ผลไม้ที่ยังไม่สุกจะมีอัตราดังกล่าวต่ำเมื่อเทียบกับผลไม้ที่กำลังสุก ส่งผลให้สภาพบรรยากาศดัดแปลงเกิดขึ้นไม่เหมือนกัน ทั้งๆ ที่การบรรจุและการเก็บรักษาเป็นแบบเดียวกัน

3. ปริมาณของผลผลิตในภาชนะบรรจุ ในปริมาตรที่เท่ากันถ้ามีผลผลิตบรรจุอยู่มาก ย่อมใช้ออกซิเจนให้หมดไปและสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ให้มากขึ้นได้เร็วกว่าการบรรจุผลผลิตแต่น้อย

4. คุณสมบัติในการยอมให้ก๊าซต่างๆ ผ่านเข้าออกภาชนะบรรจุ ภาชนะบรรจุที่ยอมให้ก๊าซต่างๆ ผ่านเข้าออกได้ง่าย ทำให้องค์ประกอบของก๊าซภายในใกล้เคียงกับบรรยากาศปกติมากกว่าภาชนะบรรจุที่ยอมให้ก๊าซต่างๆ ผ่านได้น้อย (สายชล เกตุษา. 2528)

2.4 บทบาทที่สำคัญของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ในบรรยากาศมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 0.03 เปอร์เซ็นต์ แต่ภายในผลไม้อาจมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปริมาณถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจ อัตราการผ่านเข้าออกของก๊าซ และองค์ประกอบของบรรยากาศภายนอก ในกรณีที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงมาก จะมีบทบาทที่สำคัญคือ

1. ชะลออัตราการหายใจของพืช โดยที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้จะไปยับยั้งปฏิกิริยา decarboxylation ต่างๆ ในกระบวนการหายใจ เท่าที่มีการศึกษาพบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ succinic dehydrogenase ใน Kreb's cycle ทำให้กระบวนการหายใจปกติดำเนินต่อไปไม่ได้ นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังมีคุณสมบัติขัดขวางการทำงานของเอทธิลีนด้วย โดยเชื่อว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะไปแย่งที่ active site ของเอทธิลีน (จริงแท้ ศิริพานิช. 2546) และเมื่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น อัตราการหายใจของพืชจะลดลง ทำให้อายุการเก็บรักษาผักและผลไม้สดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืช การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อชะลออัตราการหายใจของพืชอาจจะได้ผลน้อย เมื่อใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่ำเกินไป ในขณะที่ความเข้มข้นที่สูงเกินไปอาจทำให้เซลล์พืชเป็นอันตราย อันเป็นเหตุให้เกิดการเน่าเสียเร็วยิ่งขึ้น (งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538) อีกทั้งปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน จะต้องมีระดับที่เหมาะสม ที่ทำให้เกิดอัตราการหายใจต่ำที่สุด แต่ต้องไม่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของผลผลิตนั้นๆ ด้วย (Zagory and Kader. 1988)

2. ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีคุณสมบัติเป็น bacteriostatic หรือ fungistatic คือสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เท่านั้น ไม่สามารถทำลายหรือฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดยทั่วไปจะต้องใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี ก็ต่อเมื่อเชื้อจุลินทรีย์เหล่านั้นอยู่ในช่วงการเตรียมพร้อมเพื่อแบ่งตัว (lag phase) โดยจะทำให้ช่วงเวลานี้เพิ่มขึ้นเป็นผลให้การแบ่งตัวเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์เป็นไปได้อย่างช้ายิ่งขึ้น (งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538)

3. สามารถละลายได้ดีในน้ำและไขมัน การละลายนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง ซึ่งจะสังเกตได้จากการยุบตัวลงของภาชนะบรรจุ เนื่องจากความดันภายในต่ำกว่าความดันบรรยากาศภายนอก หากการละลายสูงมากพอที่จะทำให้เกิดกลิ่นรสของกรดในผลผลิตได้ จึงต้องจำกัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เหมาะสมกับประเภทของผลผลิตที่จะบรรจุ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่มีผลโดยตรงกับก๊าซเอทธิลีน ที่จะมีผลยับยั้งหรือขัดขวางการทำงานของก๊าซเอทธิลีน แม้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกับก๊าซเอทธิลีน แต่ก็ไม่อาจกระตุ้นให้ผลไม้สุกได้ เนื่องจากขาดคุณสมบัติบางประการที่จะเข้าทำหน้าที่แทนก๊าซเอทธิลีน ดังนั้นจึงมีผลยับยั้งก๊าซเอทธิลีน ทำให้ก๊าซเอทธิลีนเข้าไปกระตุ้นการสุกไม่ได้ ถ้าผลผลิตอยู่ในภาชนะที่ปิดสนิทจะทำให้มีการสะสมของก๊าคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหายใจจนกระทั่งสูงพอที่จะยับยั้งการสุกได้ แต่ถ้าผลผลิตอยู่ในสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเป็นเวลานาน จะเกิดผลเสียขึ้น เช่นรสชาติของผลผลิตเปลี่ยนไป เนื่องจากเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (จิราณ หนองคาย. 2531)

2.5 บทบาทที่สำคัญของก๊าซออกซิเจน

ในบรรยากาศมีก๊าซออกซิเจนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณก๊าซออกซิเจนนี้จะมีผลต่อการหายใจ การสร้างเอทธิลีน และกระบวนการ oxidation อื่นๆ เช่น การ oxidize สารประกอบ phenol จนได้สารสี (pigment) สีน้ำตาล (จริงแท้ ศิริพานิช. 2546) ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนระหว่าง 1 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถชะลอการสุกของผลไม้ได้หลายชนิด ซึ่งบทบาทของก๊าซออกซิเจนในการยับยั้งการสุกของผลไม้ ไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการยับยั้งการหายใจอย่างแท้จริง แม้ว่าความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนที่ต่ำจะลดลง แต่ก๊าซออกซิเจนจะบทบาทที่สำคัญโดยตรงกับการสุกของผลไม้ (สายชล เกตุษา. 2528)

การหมัก (fermentation) เกิดขึ้นได้จากการหายใจโดยไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน ซึ่งสังเกตได้จากกลิ่นแอลกอฮอล์ที่สะสมขึ้น มีอัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้น เมื่อปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศต่ำลงมาก ผลผลิตอาจเสียหายได้ การควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนให้ได้

ตามระดับที่ต้องการนั้น อาจทำได้โดยการปล่อยให้ผลผลิตหายใจ ใช้ก๊าซออกซิเจนจนลดลงอยู่ในระดับที่ต้องการก่อน เมื่อได้ก๊าซออกซิเจนที่ต้องการแล้ว ปริมาณก๊าซออกซิเจนจะลดลงอีกครั้ง ดังนั้นจะต้องคอยวัดและเพิ่มเติมก๊าซออกซิเจนจากภายนอก โดยใช้ก๊าซออกซิเจนจากถังก๊าซหรือใช้วิธีดูดก๊าซเนื่องจากผลผลิตมีการหายใจ (จริงแท้ ศิริพานิช. 2546)

2.6 บทบาทที่สำคัญของเอทธิลีน

เอทธิลีน (ethylene) เป็นสารอินทรีย์ที่มีสถานะเป็นก๊าซ ไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย จัดเป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon)มีสูตรโครงสร้างคือ C_2H_4 (CH_2=CH_2) ติดไฟและเกิดระเบิดได้ในช่วงความเข้มข้น 3.2 – 32 เปอร์เซ็นต์ (จริงแท้ ศิริพานิช. 2546) เอทธิลีนจัดเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่ง ซึ่งต่างจากฮอร์โมนพืชชนิดอื่นๆ เพราะมีสถานะเป็นก๊าซ การสังเคราะห์เอทธิลีนสามารถเกิดขึ้นได้กับทุกเซลล์ แต่ตำแหน่งในการสังเคราะห์ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด เชื่อกันว่าการสังเคราะห์เกิดขึ้นในแวคิวโอล มีอิทธิพลต่อการเจริญและการพัฒนาการของพืชมากมาย ได้แก่ การพักตัว การร่วง การชรา การออกดอก การตอบสนองต่อสิ่งเร้าต่างๆ และที่มีอิทธิพลต่อผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว คือ การสุกของผลผลิต (สังคม เตชะวงค์เสถียร. 2536)

โดยทั่วไปแล้วอัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีนในระหว่างการเก็บรักษามักจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส และเกิดอาการขาดน้ำ ซึ่งในทางกลับกัน อัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีนจะลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำ ปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ โดยรอบผลผลิต (Kader. 1982)

2.7 บทบาทที่สำคัญของภาชนะบรรจุ

พลาสติกเป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงมาก คุณประโยชน์ของพลาสติกคือมีน้ำหนักเบา ป้องกันการซึมผ่านของอากาศและก๊าซได้ในระดับหนึ่ง สามารถต่อต้านการทำลายของแบคทีเรียและเชื้อรา มีคุณสมบัติหลายอย่างที่สามารถเลือกใช้ในงานที่เหมาะสม โดยคุณสมบัติของพลาสติกที่นิยมใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร ได้แก่

1. โพลิเอทธิลีน (polyethylene – PE) ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดและราคาถูก เนื่องจาก PE มีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นๆ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ PE แบ่งได้เป็น 3 ประเภทตามค่าความหนาแน่นคือ โพลีเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene หรือ LDPE) มีความหนาแน่น 0.910 – 0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร, โพลีเอทธิลีนความหนาแน่นปานกลาง (medium density polyethylene หรือ MDPE) มีความหนาแน่น 0.929 – 0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร และโพลีเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (high density polyethylene หรือ HDPE) มีความ

หนาแน่น 0.941 – 0.965 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดย LDPE เป็นพลาสติกที่ใช้กันมากและชื่อสามัญเรียกว่าถุงเย็น ซึ่งนิยมใช้ทำถุงบรรจุผักและผลไม้สด เนื่องจาก PE ยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ดี ทำให้มีก๊าซออกซิเจนซึมผ่านเข้ามาเพียงพอให้พืชหายใจ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชคายออกมาก็สามารถซึมผ่านออกไปได้ง่าย

2. โพลิโพรพิลีน (polypropylene – PP) ซึ่งรู้จักกันในนามถุงร้อน มีคุณสมบัติเด่นคือ มีความใสและป้องกันความชื้นได้ดี

3. โพลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinychloride – PVC) เป็นพลาสติกที่สามารถแปรเปลี่ยนคุณสมบัติได้ สามารถกันกลิ่นได้ดี และมีความใส สามารถต้านทานต่อการซึมผ่านของความชื้นอยู่ในขั้นปานกลาง นิยมใช้ทำฟิล์มยืดสำหรับห่อเนื้อสด ผักและผลไม้สด เนื่องจากความใสและมันวาวทำให้เห็นผลิตภัณฑ์ได้ดี และอัตราการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำ อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

4. ลามิเนท (vacuum) เป็นแผ่นประกบของวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป วัสดุเหล่านี้ ได้แก่ กระดาษ พลาสติก และแผ่นอลูมิเนียมบาง (aluminum foil) การประกบของแผ่นวัสดุเพื่อนำมาทำภาชนะบรรจุซึ่งเรียกว่า ถุงลามิเนท เพื่อให้มีคุณสมบัติครบถ้วนตามต้องการ เช่น ถุงลา-มิเนทที่ใช้ต้มได้ทำจากแผ่นประกบของแผ่นโพลิเอสเทอร์และแผ่นโพลิเอทีลีน ถุงลามิเนทที่ใช้บรรจุอาหารแบบสุญญากาศ ทำจากแผ่นประกบของแผ่นไนลอนและแผ่นโพลิเอทธิลีน จากแผ่นประกบของไมลาร์ แผ่นอลูมิเนียมบางๆ และแผ่นโพลิเอทธิลีน ถุงลามิเนทชนิดกันแสงสว่างความชื้น และแก๊ส ใช้บรรจุอาหารสำเร็จรูปพวกอาหารผงแห้งทำจากแผ่นโพลิเอทธิลีน ประกบกับแผ่นอลูมิเนียมบางและแผ่นโพลิเอทธิลีน (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541)

2.8 รายงานการเก็บรักษาที่เกี่ยวข้อง

เฉลิมชัย วงษ์อารี (2538) รายงานว่า กล้วยไข่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (MA) ที่อุณหภูมิ 13-14 ^{o}C (ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์) ใช้ถุงพลาสติก PE เจาะรู สามารถชะลอการสุกของผลกล้วยไข่ได้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ส่วนการเก็บรักษาภายในถุง PE ไม่เจาะรูและปิดสนิทสามารถเก็บรักษากล้วยไข่ให้คงสภาพสีเขียวได้เป็นเวลา 5 สัปดาห์ แต่ภายในถุง PE มีกลิ่นผิดปกติและผลกล้วยสุกไม่ปกติ สำหรับการเก็บรักษาภายในถุง PE ไม่เจาะรูและขมวดปากถุงที่มีสารดูดซับเอทธิลีน สามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยไข่ได้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยที่กล้วยยังสุกเป็นปกติ เอทธิลีนมีการสะสมค่อนข้างน้อยภายในถุง แต่ปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้นและ O_2 ลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่สภาพการเก็บรักษาภายในถุง PE ขมวดปากถุงที่มีทั้งสารดูดซับเอทธิลีนและสารดูดซับ CO_2 สามารถเก็บรักษากล้วยไข่ได้มากกว่า 6 สัปดาห์ โดยที่กล้วยยังอยู่ในสภาพเขียว และสุกได้ปกติ ปริมาณ CO_2 และ O_2 เฉลี่ยภายในถุง PE ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีค่า 8.71 และ 6.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระหว่างการเก็บรักษา soluble solids (SS) และ total sugars (TS) ในผลมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ขณะที่ปริมาณแป้ง และความแน่นเนื้อลดลงเล็กน้อย การลดอุณหภูมิผล

กล้วยระหว่างการขนส่งไม่มีความแตกต่างทางด้านคุณภาพภายในกับผลกล้วยที่ได้ได้ลดอุณหภูมิผลระหว่างขนส่ง แต่ผลกล้วยที่ลดอุณหภูมิเริ่มมีความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (chilling injury, CI) เมื่อเก็บรักษาได้นาน 4 สัปดาห์ สำหรับการเก็บรักษากล้วยหอมทองในถุง PE ขมวดปากถุง ที่มีทั้งสารดูดซับเอทธิลีนและสารดูดซับ CO_2 (ที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์) ได้ผลดีเช่นเดียวกับการเก็บรักษากล้วยไข่สภาพ MA สามารถลดอันตรายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ และลดการเกิดโรคเน่าบริเวณรอยตัดของขั้วหวีในระหว่างการเก็บรักษา

วิษณุ นิยมเหลา (2542) ศึกษาผลของการลดอุณหภูมิโดยการใช้น้ำเย็นและสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพการเก็บรักษาและอายุการวางจำหน่ายของข้าวโพดหวาน โดยแบ่งเป็น 3 การทดลองคือ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการลดอุณหภูมิโดยการใช้น้ำเย็นที่ระดับอุณหภูมิ 1 และ 5 ^{o}C เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ 25 ^{o}C เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ 25 ^{o}C และระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว 0 4 8 และ 12 ชั่วโมง พบว่าการลดอุณหภูมิข้าวโพดหวานโดยการใช้น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 1 ^{o}C ภายหลังการเก็บเกี่ยว 0 และ 4 ชั่วโมง มีผลในการชะลอการสูญเสียปริมาณน้ำตาลซูโครส อัตราการหายใจ และการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าข้าวโพดหวานที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยการใช้น้ำเย็น และข้าวโพดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยการใช้น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 5 ^{o}C หลังเวลาการเก็บเกี่ยว 8 และ 12 ชั่วโมง

จันทนา โชคพาชื่น (2543) รายงานว่ากล้วยไข่ที่เก็บรักษาใน CO_2 0 : O_2 5 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 42.67 วัน โดยที่สีเปลือกของกล้วยไข่ยังคงมีสีเขียวอยู่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยกล้วยไข่ที่เก็บรักษาใน CO_2 2 : O_2 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 1.3491 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่างๆ กัน แล้วนำมาบ่ม กล้วยไข่จะมีปริมาณ TSS ลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น พบว่ากล้วยไข่ที่เก็บรักษาใน CO_2 1.5 : O_2 10 เปอร์เซ็นต์ มี TA มากที่สุด คือ 0.0856 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสีเปลือกของกล้วยไข่จะจางลงภายหลังการเก็บรักษา 21 วัน และจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองภายหลังการเก็บรักษา 35 วัน และสีเนื้อของผลกล้วยไข่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองตามอายุการเก็บรักษา

บุณรา บุญวรากุล (2545) ศึกษาอิทธิพลของชนิดภาชนะบรรจุ อัตราการไหลของก๊าซ CO_2 : O_2 สารดูดซับเอทธิลีน และสารดูดซับความชื้น ต่อคุณภาพหลังการเก็บรักษากล้วยหอมทอง ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองคือ 1 ศึกษาผลของชนิดของภาชนะบรรจุและอัตราการไหลของ CO_2 : O_2 พบว่า กล้วยหอมทองมีปริมาณ TSS ปริมาณ TA และการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น ส่วนความแน่นเนื้อลดลงเล็กน้อยตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในถุง PE+ อัตราการไหลของก๊าซ CO_2 : O_2 0:0 PSI มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ มากกว่า 100 วัน และมีคุณภาพการบริโภคไม่แตกต่างไปจากกล้วยหอมทองที่บ่มให้สุกก่อนการเก็บรักษา และการทดลองที่ 2 ศึกษาชนิดของภาชนะบรรจุ สารดูดซับเอทธิลีน และสารดูดซับความชื้น พบว่า กล้วย

หอมทองที่เก็บรักษาในถุง PE + EA:MA 0.5:0.4 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือมากกว่า 86 วัน และมีคุณภาพการบริโภคไม่แตกต่างไปจากกล้วยหอมทองที่บ่มให้สุกก่อนการเก็บรักษา

Ertan *et al*. (1990) ศึกษาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วและการไม่ลดอุณหภูมิของสตรอเบอร์รี่ที่ อุณหภูมิ 0 และ 20 ^{o}C เป็นเวลา 5 หรือ 7 วัน ร่วมกับก๊าซ CO_2 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจะช่วยลดการสูญเสียกลิ่นและคุณภาพ และการเพิ่มปริมาณก๊าซ CO_2 จะช่วยควบคุมการเสื่อมสภาพที่เกิดจากเชื้อ *Botrytis* และ *Penicillium* ในขณะเก็บรักษาได้

Turk and Celik (1994) ศึกษาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในผักกาดหอม ที่ทำการลดอุณหภูมิมากกว่า 28-30 นาที ที่ 2 และ 4 ^{o}C และที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิ จากนั้นนำมาห่อหุ้มด้วย polyethylene เจาะรู และไม่ได้ห่อหุ้ม ก่อนเก็บรักษาที่ 0 ^{o}C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเก็บรักษา และการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ 2 ^{o}C จะให้ผลดีกว่าการลดอุณหภูมิที่ 4 ^{o}C

Maezawa and Akimoto (1995) ศึกษาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในสตรอเบอรี่ ที่อุณหภูมิ 1, 5, 10 และ 15 ^{o}C เป็นเวลา 6 และ 24 ชั่วโมง โดยใช้สตรอเบอรี่ที่มีความสุกต่างกัน คือ 50, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (ระยะที่ 1,2 และ 3) พบว่า ความแน่นเนื้อของสตรอเบอรี่จะเพิ่มขึ้น หากมีการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และ brix ของสตรอเบอรี่ระยะที่ 1 และ 2 จะน้อยกว่าในระยะที่ 3 และ brix ของสตรอเบอรี่ที่ได้ทำการลดอุณหภูมิจะสูงกว่าที่ไม่ได้ทำ

Kapse and Katrodia (1997) ศึกษาการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น (hydrocooling) ในมะม่วง ด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิ 8, 12 และ 16 ^{o}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า มะม่วงที่ทำการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น 8 ^{o}C จะแสดงอาการสะท้านหนาวและไม่สามารถสุกต่อได้ ส่วนมะม่วงที่ลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น 12 และ 16 ^{o}C และมะม่วงที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิ มีอายุการเก็บรักษา 14.3, 12.3 และ 10.2 วันตามลำดับ อีกทั้งการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นยังสามารถควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อ *Botyodiplodia* และ *Collectotrichum* ได้อีกด้วย

Glahan and Kerdsiri (2000) รายงานว่า สัดส่วนของ CO_2 : O_2 มีผลต่อคุณภาพภายหลังการเก็บรักษากล้วยหอมทอง กล้วยหอมทองที่บ่มให้สุกที่อุณหภูมิห้องก่อนการเก็บรักษา มีปริมาณ TSS เท่ากับ 19.60-22.40 brix มีปริมาณ TA เท่ากับ0.0034-0.0101 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกล้วยหอมทองที่บ่มให้สุกที่อุณหภูมิห้องภายหลังการเก็บรักษา 35 วัน มีปริมาณ TSS เท่ากับ 11.40-22.40 brix มีปริมาณ TA เท่ากับ 0.0101-0.0304 เปอร์เซ็นต์ กล้วยหอมทองมีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ภายหลังการเก็บรักษากล้วยหอมทอง 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน นำไปบ่มให้สุกที่อุณหภูมิห้อง พบว่ากล้วยหอมทองมีลักษณะที่ดี และมีรสชาติเป็นที่ยอมรับ

Martinez Romero *et al*. (2002) ศึกษาผลของการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วโดยใช้ลมเย็น (force-air cooling) ก่อนหรือหลังการเกิดความเสียหายของพลัม พบว่า การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจะทำให้อัตราการหายใจของเนื้อเยื่อส่วนที่ได้รับความเสียหายลดลง สำหรับผลที่ได้รับความกระทบกระเทือนก่อนการลดอุณหภูมิจะมีการหายใจเพิ่มเป็น 2 เท่าของผลที่ได้รับความกระทบกระเทือน หลังจากการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วพลัมที่ได้รับความเสียหายก่อนที่จะทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจะมีการสูญเสียน้ำหนักสดมากกว่า มีความแน่นเนื้อน้อยกว่า และมีค่า chroma values น้อยกว่าผลที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และพบว่าการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยวจะสามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการวางจำหน่ายได้