รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาและทดสอบตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศสำหรับผักผลไม้

Design and Testing of a Control Atmosphere Chamber for Vegetables and Fruits

ประเภททุน เริ่มต้นสำหรับอาจารย์ใหม่ รหัสโครงการ KREF186012

คณะผู้วิจัย

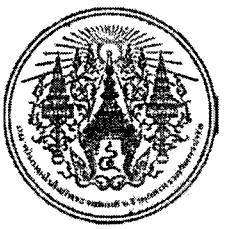
หัวหน้าโครงการ นายรวิภัทร ลาภเจริญสุข

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากกองทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาและทดสอบตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศสำหรับผักผลไม้

Design and Testing of a Control Atmosphere Chamber for Vegetables and Fruits

ประเภททุน เริ่มต้นสำหรับอาจารย์ใหม่ รหัสโครงการ KREF186012

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ นายรวิภัทร ลาภเจริญสุข

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากกองทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การพัฒนาและทดสอบตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศสำหรับผักผลไม้

แหล่งเงินทุน กองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีงบประมาณ 2560 **จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน** 100,000 **บาท**

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 **ปี ตั้งแต่** 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 **ถึง** 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561

หัวหน้าโครงการ ผศ.ดร. รวิภัทร ลาภเจริญสุข ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ ต้นทุนต่ำเพื่อเก็บรักษากล้วยหอมทอง พร้อมกับศึกษาอิทธิพลของการเก็บรักษาด้วยวิธีควบคุม สภาพบรรยากาศกับการเก็บรักษาด้วยความเย็นต่อสมบัติทางกายภาพ เชิงกล เคมี และทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ โดยเซนเซอร์วัดออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ถูกใช้ในการตรวจจับระดับก๊าซภายในตู้ เซนเซอร์ทั้ง 2 ถูกปรับเทียบค่าด้วยเครื่องมือวัดปริมาณ ก๊าซ การจ่ายก๊าซควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งสั่งการไปยังโซลินอยด์วาล์ว การแพร่กระจายของก๊าซถูกวัดในตู้ทั้งหมด 27 จุดด้วยเครื่องมือวัดปริมาณก๊าซ ตัวอย่าง กล้วยหอมทองได้มากจากสวนในเขตบางมด จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยอายุการเก็บเกี่ยว 60-70 วันหลังตัดปลี ตัวอย่างกล้วยหอมทองถูกนำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 30 นาที ก่อนการเก็บรักษา สภาวะในการเก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศคือที่อุณหภูมิ 12-16 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 70-90 % ควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ 2-5 % และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 2-5 % โดยมีพัดลมหมุนเวียนอากาศในตู้ การเก็บรักษาด้วยความเย็นตัวอย่างถูกเก็บรักษาในตู้เย็นมีพัดลมหมุนเวียนอากาศในตู้ ที่อุณหภูมิ 12-16 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 70-90 % โดยไม่ควบคุมสภาพบรรยากาศ กล้วยหอมทองถูกนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพ เคมี และเชิงกลที่ระยะเวลา 0, 7, 14, 21, 28, 35 และ 42 วันหลังการเก็บรักษา สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนัก ขนาด และสี สมบัติเชิงกลคือ ความแน่นเนื้อเริ่มต้นของเปลือก, ความแน่นเนื้อเฉลี่ยของเปลือก, แรงในการแทงทะลุเปลือก, ระยะทางในการแทงทะลุของเปลือก, ความเหนียวของเปลือก, แรงกดเฉลี่ยที่เนื้อ และพลังงานในการแทงทะลุเนื้อ สมบัติทางเคมีได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณกรด และสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิก การทดสอบสมบัติทางประสาทสัมผัสทดลองกับกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศเป็นเวลา 42 วันและนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90%) เป็นเวลา 7 วัน สมบัติทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศถูกเปรียบเทียบกับกล้วยหอมทองที่วางขายอยู่ในร้านสะดวกซื้อ สมบัติทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏของผลกล้วย รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม สมการปรับเทียบเซนเซอร์แสดงค่า R^2 = 0.9996 สำหรับเซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน และ R^2 = 0.994 สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์วัดคาร์บอนไดออกไซด์ การกระจายตัวของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์แสดงผลค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.535±0.051 % และ 3.54±0.06 % ตามลำดับ สิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของก๊าซสม่ำเสมอทั่วทั้งตู้ สี สมบัติเชิงกลของเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณกรดมาลิก และสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกมีค่ามากขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา สำหรับแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา สมบัติของกล้วยหอมทองทั้งหมดที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการเก็บรักษาด้วยความเย็น ยกเว้นน้ำหนักและขนาดของกล้วยหอมทองไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 2 สภาวะ ขนาดของกล้วยไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่น้ำหนักลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่ากลิ่นและรสชาติของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศกับกล้วยหอมทองที่วางขายอยู่ในร้านสะดวกซื้อไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีระดับคะแนนมากกว่า 5 จากข้อมูลทั้งหมดนี้สามารถสรุปได้ว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและคงคุณภาพของกล้วยหอมทองได้

คำสำคัญ : การเก็บรักษา การควบคุมสภาพบรรยากาศ กล้วหอมทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Design and Testing of a Control Atmosphere Chamber for Vegetables and Fruits

Researcher: Asst. Prof. Dr. Ravipat Lapcharoensuk

Faculty: Faculty of Engineering **Department:** Agricultural Engineering

ABSTRACT

This study aims to design and develop low-cost controlled atmosphere cabinet for golden banana storage. Simultaneous effect of controlled atmosphere and cold storage method on physical, mechanical, chemical and sensory properties of golden banana at different storage periods were studied. Oxygen and carbon dioxide sensors were used to detect level of both gas in the cabinet. Both sensors were calibrated using headspace gas analyzer. Gas filling were controlled using microcontroller which commanded to the solenoid valve. Gas diffusion were measured on 27 positions around the cabinet using headspace gas analyzer. Golden banana was taken from Bangmod, Bangkok which harvesting time is 60-70 days after blooming. Golden banana samples were soaked in water at 5 °C for 30 minutes before storage. The controlled atmosphere storage condition was set on 12-16 °C of temperature; 70-90% of relative humidity 2-5% of concentration of oxygen and 2-5% concentration of carbon dioxide with forced air circulator system. For the cold storage, sample were stored in the cabinet at 12-16 °C with forced air circulator system under the 70-90% of relative humidity and uncontrolled atmosphere. Samples were measured for the physical, chemical and mechanical properties at 0, 7, 14, 21, 28, 35 and 42 days during storage. Physical properties included weight, size and color. Mechanical properties consisted of initial firmness, average firmness, rupture force, rupture distance, toughness, average penetrating force and penetrating energy. The chemical properties were total soluble solids, malic acidity and ratio of total soluble solids to malic acidity. Sensory evaluation was evaluated using the sample stored in the controlled atmosphere cabinet for 42 days and continually kept at room temperature (25 °C and 85-90% of relative humidity) for 7 days. Sensory properties of golden banana samples, stored on the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

controlled atmosphere storage condition, were compared with the golden banana from supermarket. Sensory properties were reported on appearances, aroma, tasted, texture and overall satisfaction. The calibration equation showed R^2= 0.9996 for oxygen sensor and R^2= 0.994 was for carbon dioxide sensor. Diffusion of the oxygen and carbon dioxide gas demonstrated mean and standard deviation on 3.535±0.051% and 3.54±0.06% respectively. This result indicated that gas consistently diffuse around the cabinet. Color, mechanical properties of peel, malic acidity and ratio of total soluble solids to malic acidity increased according to storage days. Average penetrating force of banana flesh decreased with storage days. All properties of golden banana stored in controlled atmosphere storage changed less than golden banana stored in cold storage, except weight and size of golden banana did not differ on both storage methods. Size of golden banana did not change according to storage times, but weight deceased with storage days. Sensory evaluation showed that aroma and taste of golden banana from controlled atmosphere did not differ from golden banana from supermarket. The score of texture and overall satisfaction were more than 5. All results indicated that the storage of golden banana in controlled atmosphere cabinet could extend storage time and maintain quality of golden banana.

Keyword : Microwave; Maize; Weevil.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุนวิจัยเริ่มต้นอาจารย์ใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

รวิภัทร ลาภเจริญสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	IX
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 กล้วยหอมทอง	4
2.2 สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผล	5
2.2.1 การหายใจ	5
2.2.2 การคายน้ำ	5
2.2.3 เอทธิลีน	6
2.3 การลดความร้อนผลิตผลทางการเกษตร	6
2.3.1 การลดความร้อนด้วยอากาศเย็น	6
2.3.2 การลดความร้อนโดยการผ่านอากาศเย็น	7
2.3.3 การลดความร้อนด้วยน้ำเย็น	8
2.3.4 การลดความร้อนด้วยการลดความดัน	8
2.4 การเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร	9
2.4.1 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ	9
2.4.2 การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง	9
2.4.3 การเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศ	10
2.4.4 การเก็บรักษาภายใต้บรรยากาศความดันต่ำ	11
2.5 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี สมบัติเชิงกล และสมบัติทางประสาทสัมผัสหลังการเก็บเกี่ยว	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 อุปกรณ์ตรวจวัด ระบบควบคุม และระบบทำความเย็นสำหรับการเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศ 12
2.6.1 เซนเซอร์วัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 12
2.6.2 เซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจน 13
2.6.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 13
2.6.4 รีเลย์ 14
2.6.5 โซลินอยด์วาล์ว 14
2.6.6 วาล์วควบคุมความปลอดภัย 15
2.6.7 ระบบทำความเย็นแบบ Forced air circulation 16
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
บทที่ 3 ออกแบบ สร้าง และขั้นตอนการทดลอง 28
3.1 ออกแบบและสร้าง 28
3.1.1 การออกแบบตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ 28
3.1.2 การสอบเทียบเซนเซอร์ 30
3.1.3 การทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้ 30
3.1.4 การคำนวณต้นทุนชุดควบคุมสภาพบรรยากาศ 31
3.2 การเปรียบเทียบการเก็บรักษากล้วยหอมทองด้วยการควบคุมสภาพบรรยากาศ กับการเก็บรักษาด้วยความเย็นที่ระยะเวลาต่างๆ 32
3.2.1 การเตรียมตัวอย่างและสภาวะในการเก็บรักษา 32
3.2.2 การวัดสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และเคมี 34
3.2.2.1 น้ำหนัก 34
3.2.2.2 ขนาด 34
3.2.2.3 สี 35
3.2.2.4 สมบัติเชิงกล 36
3.2.2.5 ปริมาณของแข็งละลายได้ 37
3.2.2.6 ปริมาณกรดมาลิก 38
3.2.2.7 สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิก 38
3.2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส 38
3.3 การวิเคราะห์ 40
บทที่ 4 ผลการทดลอง 41
4.1 การสอบเทียบเซนเซอร์ 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

4.1.1 เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน..... 41
4.1.2 เซนเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์..... 42
4.2 ผลการทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้..... 42
4.3 การทดลองเปรียบเทียบกล้วยหอมทองที่ถูกเก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศกับการเก็บรักษาด้วยความเย็น..... 43
4.3.1 สมบัติทางกายภาพ..... 43
4.3.2 สมบัติเชิงกล..... 49
4.3.3 สมบัติทางเคมี..... 56
4.3.4 สมบัติทางประสาทสัมผัส..... 60
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 62
บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย 64
บรรณานุกรม..... 65
ภาคผนวก..... 64
ภาคผนวก ก. ผลการกระจายตัวของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในตู้..... 69
ภาคผนวก ข. แบบทดสอบความพึงพอใจต่อกล้วยหอมทอง..... 70
ภาคผนวก ค. ผลการทดลองเปรียบเทียบกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศกับการเก็บรักษาด้วยความเย็นต่อสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และเคมี..... 72
ภาคผนวก ง. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทอง..... 89
ภาคผนวก จ. การวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 91
ภาคผนวก ฉ เอกสารหลักฐานผลผลิต..... 131
ภาคผนวก ช.สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย..... 177
ประวัตินักวิจัย..... 178

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 งานวิจัยที่ศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมสภาพบรรยากาศกับผลไม้ชนิดต่างๆ..... 18

3.1 ต้นทุนชุดควบคุมสภาพบรรยากาศ..... 31

4.1 ผลการทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้..... 43

4.2 แสดงสมบัติทางกายภาพของกล้วยหอมทอง (น้ำหนัก, ความยาว และความกว้าง) ตามสภาวะในการเก็บรักษาต่างๆ..... 45

4.3 แสดงสมบัติทางกายภาพของกล้วยหอมทอง (น้ำหนัก, ความยาว และความกว้าง) หลังจากการเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่างๆ..... 45

4.4 แสดงสมบัติทางกายภาพของกล้วยหอมทอง (L*, a* และ b*) หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ..... 48

4.5 แสดงสมบัติเชิงกลของเปลือกกล้วยหอมทอง (ความแน่นเนื้อเริ่มต้นของเปลือก, แรงในการแทงทะลุของเปลือก, ความแน่นเนื้อเฉลี่ยของเปลือก, ระยะทางในการแทงทะลุของเปลือก และความเหนียวของเปลือก) หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ..... 51

4.6 แสดงสมบัติเชิงกลของเนื้อกล้วยหอมทอง (แรงกดเฉลี่ยที่เนื้อ และพลังงานในการแทงทะลุเนื้อ) หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ..... 52

4.7 แสดงสมบัติทางเคมีของกล้วยหอมทอง (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้, ปริมาณกรดมาลิก และสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิก) หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ..... 58

4.8 แสดงสมบัติทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทอง (ลักษณะปรากฏของผล, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม) หลังจากการเก็บรักษาควบคุมสภาพบรรยากาศเป็นเวลา 42 วันแล้วนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิ 25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% เป็นเวลา 7 วัน กับ กล้วยหอมทองที่วางขายอยู่ในร้านสะดวกซื้อ..... 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 กล้วยหอมทอง	4
2.2 การลดความร้อนผลิตผลด้วยอากาศเย็น	7
2.3 การลดความร้อนผลิตผลโดยการผ่านอากาศเย็น	7
2.4 การลดความร้อนผลิตผลด้วยน้ำเย็น	8
2.5 การลดความร้อนผลิตผลด้วยการลดความดัน	8
2.6 การเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิต่ำ	9
2.7 การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลง	10
2.8 การเก็บรักษาผลิตผลแบบควบคุมสภาพบรรยากาศ	11
2.9 เซนเซอร์วัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ รุ่น MH-Z16 NDIR	13
2.10 เซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจน รุ่น ME2-O2-Φ20	14
2.11 ไมโครคอนโทรลเลอร์	14
2.12 รีเลย์	15
2.13 โซลินอยด์วาล์ว	15
2.14 วาล์วควบคุมความปลอดภัย	16
2.15 ตู้เย็นแบบ Forced air circulation	16
3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	28
3.2 หลักการทำงานของตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ	29
3.3 แผนผังการทำงานของโปรแกรมในชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	29
3.4 ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศสำหรับเก็บรักษากล้วยหอมทอง	30
3.5 เครื่องวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	30
3.6 แสดงตำแหน่งที่วัดการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้	31
3.7 กล้วยหอมทองดิบที่มาจากสวน	32
3.8 กล้วยหอมทองดิบที่ถูกตัดออกเป็นหวี	33
3.9 การแช่กล้วยหอมทองในน้ำ	33
3.10 เครื่อง Water Bath (Polyscience, PN 9502A12E, USA)	33
3.11 การจัดเรียงกล้วยหอมทองเข้าตู้	34
3.12 การชั่งน้ำหนักกล้วยหอมทอง	34
3.13 การวัดขนาดความยาวกล้วยหอมทอง	35
3.14 การวัดขนาดความกว้างกล้วยห้อมทอง	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

3.15 การวัดค่าสีกล้วยหอมทอง..... 35
3.16 การวัดสมบัติเชิงกล โดยใช้เครื่อง texture analyzer..... 36
3.17 กราฟที่ได้จากการวัดสมบัติเชิงกลของกล้วยหอมทอง..... 36
3.18 การปั่นตัวอย่างกับน้ำกลั่น..... 37
3.19 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้..... 37
3.20 การวัดปริมาณกรดมาลิก..... 38
3.21 กล้วยหอมทองที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏของผล)..... 39
3.22 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส (กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และ ความชอบโดยรวม):..... 39
3.23 การทดสอบทางประสาทสัมผัส..... 39
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจนอ่านได้กับค่าที่เครื่องมือวัดมาตรฐานอ่านได้..... 41
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่เซนเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อ่านได้กับค่าที่เครื่องมือวัดมาตรฐานอ่านได้..... 42
4.3 กราฟแสดงความยาวของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ..... 44
4.4 กราฟแสดงน้ำหนักของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ..... 46
4.5 กราฟแสดงความกว้างของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ..... 46
4.6 กราฟแสดงค่า L* ของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ..... 47
4.7 กราฟแสดงค่า a* ของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ..... 49
4.8 กราฟแสดงค่า b* ของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ..... 49
4.9 กราฟแสดงความแน่นเนื้อเริ่มต้นของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ..... 53
4.10 กราฟแสดงความแน่นเนื้อเฉลี่ยของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ..... 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

4.11 กราฟแสดงแรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ 54
4.12 กราฟแสดงระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ 54
4.13 กราฟแสดงความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ 55
4.14 กราฟแสดงแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ 55
4.15 กราฟแสดงพลังงานในการแทงทะลุเนื้อกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ 56
4.16 กราฟแสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ 57
4.17 กราฟแสดงปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ 57
4.18 กราฟแสดงสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ 59
4.19 ลักษณะภายนอกของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

โลกในยุคปัจจุบันเกิดการเปลี่ยนแปลงในหลายด้านอย่างรวดเร็ว เช่น การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร, ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ, ปัญหาการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งเหล่านี้เป็นต้นตอของปัญหาการขาดแคลนอาหารที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษยชาติ การเปลี่ยนแปลงข้างต้นก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น ความต้องการการบริโภคอาหารมากขึ้น ผลิตผลทางการเกษตรออกสู่ท้องตลาดไม่ได้ตามฤดูกาล ราคาผลิตผลทางการเกษตรตกต่ำ ปริมาณผลิตผลไม่ได้ตามความต้องการของผู้บริโภค ผลกระทบจากสิ่งเหล่านี้ส่งผลโดยตรงแก่ทั้งเกษตรกร, พ่อค้าคนกลางและผู้บริโภค โดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งถือว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมมีความอุดมสมบูรณ์ของผักผลไม้ เช่น กล้วย, มะม่วง, ทุเรียน, ลำไย, เงาะ และมังคุด เป็นต้น ในหมู่ผลไม้กล้วยหอมทองถือเป็นพืชที่ปลูกง่ายได้ผลผลิตเร็ว เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ราคาย่อมเยา มีรสชาติหอมหวาน เนื้อสัมผัสดีจึงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญ กล้วยหอมทองนิยมบริโภคทั้งภายในประเทศและส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศทำรายได้ให้ผู้ประกอบการและเกษตรกรในช่วง 5 ปีย้อนหลังต่อปีประมาณ 111,428 ถึง 132,266 ตันคิดเป็นมูลค่า 946.57 ถึง 1565.8 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558 ; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560) ปัญหาที่เกิดขึ้นกับการค้ากล้วยหอมทองหลังการเก็บเกี่ยวคือกล้วยหอมทองเป็นผลไม้ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้นทั้งนี้เนื่องมาจากกระบวนทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ การหายใจ การคายน้ำ และการผลิตเอทธิลีน กระบวนการดังกล่าวเป็นผลมาจากสภาวะในการเก็บรักษาได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณก๊าซที่มีผลต่อการหายใจ (ก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์) การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยจะช่วยแก้ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นไม่ว่าจะเป็นเรื่องการขาดแคลนอาหาร, ความต้องการผลิตผลในช่วงนอกฤดูกาล นอกจากนั้นยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตผล เทคโนโลยีที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลการเกษตรได้ คือการเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศ (Controlled atmosphere storage) โดยหลักการคือการควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร เพื่อลดอัตราการหายใจที่มีผลต่อการผลิตเอทธิลีนซึ่งเป็นสารเร่งความสุกของผลิตผล

ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากทั้งในระดับชาติและนานาชาติที่ศึกษาการเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศโดยจากการสืบค้นพบว่างานวิจัยระดับชาติที่ผ่านมาศึกษาการประยุกต์ใช้กับ บร็อกโคลี่, มะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้, ดอกกุหลาบสีแดง พันธุ์ Dallas (วรินธร ยิ้มย่อง และชูชีพ ผ่องพันธ์. 2552), ผลเงาะพันธุ์ทองเมืองตราด (มานัส แจ่มจำรูญ. 2545), มะม่วงพันธุ์เขียวเสวยและพันธุ์น้ำดอกไม้ (คุณวุฒิ สุวพานิช. 2540), มะนาว (จักรพันธุ์ จันทร์ตักเตือน. 2550) และสำหรับในระดับนานาชาติมีงานวิจัยที่ศึกษาเทคโนโลยีนี้กับการเก็บรักษาแอปเปิ้ล พันธุ์ Granny Smith (Mditshwa et.al., 2017), ลูกแพร์ พันธุ์ Abate Fetel (Vanoli et.al. 2016), ฝรั่ง (Teixeira et.al., 2016), กล้วย (Mu-bo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

et.al., 2015) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามการดำเนินการวิธีการนี้ยังมีต้นทุนที่สูงและยังมีความซับซ้อนสูง เป็นเหตุให้เทคโนโลยีนี้ยังมีความต้องการต้นแบบที่มีต้นทุนต่ำและสามารถใช้งานได้ง่ายเพื่อให้เกษตรกร ผู้ประกอบการรายย่อย และผู้สนใจสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีนี้ได้ ซึ่งจะก่อประโยชน์ทั้งในแง่เศรษฐกิจ ความมั่นคงของอาหาร

ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำเพื่อเก็บรักษากล้วยหอมทอง ศึกษาอิทธิพลของการเก็บรักษาด้วยวิธีควบคุมสภาพบรรยากาศกับการเก็บรักษาด้วยความเย็นต่อสมบัติทางกายภาพ เชิงกล เคมี และทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการเก็บรักษากล้วยหอมทองได้นานขึ้น ช่วยให้การวางจำหน่ายได้นานขึ้น เป็นการลดต้นทุนในการนำเข้าตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศจากต่างประเทศ สามารถผลิตตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศได้ภายในประเทศ ในราคาที่ย่อมเยา แล้วสามารถนำไปประยุกต์ในการเก็บผักผลไม้ชนิดอื่นๆ ได้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำสำหรับเก็บรักษากล้วยหอมทอง
2. ศึกษาอิทธิพลของการเก็บรักษาด้วยวิธีควบคุมสภาพบรรยากาศกับการเก็บรักษาด้วยความเย็นต่อสมบัติทางกายภาพ เชิงกล เคมี และทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศโดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจนและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และควบคุมการจ่ายก๊าซทั้งสองโดยการตัดต่อการทำงานของโซลินอยวาล์วในระดับของปริมาณก๊าซที่กำหนดระบบถูกสั่งการโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีการปรับเทียบเซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจนและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์กับเครื่องมือวัดมาตรฐานและศึกษาการกระจายตัวของก๊าซออกซิเจนและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในตู้ที่พัฒนาขึ้น

2. ทดสอบระบบโดยเลือกเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อายุการเก็บเกี่ยว 60-70 วันหลังตัดปลี โดยเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 42 วัน ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ, สมบัติเชิงกล, สมบัติทางเคมีทุกๆ 7 วัน และสำหรับสมบัติทางประสาทสัมผัสหลังการเก็บรักษา 42 วันแล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน จากการเก็บรักษากล้วยใน 2 สภาวะคือ 1.เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ 12-16 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 70-90 % ปริมาณก๊าซออกซิเจน 2-5 % และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2-5 % โดยมีพัดลมหมุนเวียนอากาศในตู้ 2. เก็บรักษาด้วยความเย็นในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 12-16 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 70-90 % โดยไม่ควบคุมสภาพบรรยากาศ (โดยบรรยากาศทั่วไปคาร์บอนไดออกไซด์ 0.04 % ออกซิเจน 21 % และไนโตรเจนและก๊าซอื่นๆ ประมาณ 79 %)

3. สมบัติทางกายภาพที่ศึกษา คือ ค่าสี, น้ำหนัก และขนาด สมบัติเชิงกลที่ศึกษา คือ ความแน่นเนื้อเริ่มต้นของเปลือก (Initial Firmness), ความแน่นเนื้อเฉลี่ยของเปลือก (Average Firmness),

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงในการแทงทะลุเปลือก (Rupture Force), ระยะทางในการแทงทะลุของเปลือก (Rupture Distance), ความเหนียวของเปลือก (Toughness), แรงกดเฉลี่ยที่เนื้อ (Average Penetrating Force) และพลังงานในการแทงทะลุเนื้อ (Penetrating Energy) สมบัติทางเคมีที่ศึกษา คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้, ปริมาณกรดมาลิก และสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิก สำหรับทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏของผล, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

4. วางแผนการทดลองแบบ Factorial analysis in CRD โดยมีปัจจัยในการทดลอง 2 ปัจจัย ได้แก่ สภาวะในการเก็บรักษาและระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งสภาะวะในการเก็บรักษามีทั้งสิ้น 2 สภาวะ คือ 1) เก็บรักษาด้วยควบคุมสภาพบรรยากาศ 2) เก็บรักษาด้วยความเย็น และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ 2 ทาง ด้วยวิธี Duncan' s new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับสมบัติทางประสาทสัมผัสจะใช้การทดสอบสมมุติฐานของกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent-samples t-test)

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นแบบที่ต้นทุนต่ำสามารถนำไปพัฒนาต่อ และองค์ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในตู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล้วยหอมทอง

กล้วยหอมทองมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Musa acuminate และมีชื่อสามัญว่า Hom Thong Banana เป็นพืชที่ปลูกง่าย, ได้ผลผลิตเร็ว และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เกือบทุกส่วน เช่น ลำต้นใช้เป็นอาหารสัตว์, ก้านกล้วยใช้มัดของ, ใบกล้วยใช้ห่ออาหาร เป็นต้น ส่วนผลมีคุณค่าทางอาหารสูงมีโปแทสเซียมในปริมาณสูงช่วยไม่ให้กล้ามเนื้ออ่อนล้าและราคาย่อมเยา ผลกล้วยหอมทองที่มีการใช้ทางการค้าทั้งกล้วยหอมทองสดและกล้วยหอมทองแปรรูป โดยกล้วยหอมทองสดจะบริโภคตอนสุก ส่วนกล้วยหอมทองแปรรูปมีหลายรูปแบบ เช่น ทอด, อบ, ฉาบและตาก เป็นต้น ทำให้เป็นที่นิยมปลูกกันทั่วไป และนิยมบริโภคภายในประเทศแล้วยังส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศทำรายได้ให้ประเทศไทย (เบญจมาค ศิลาย้อย. 2545)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ผลกล้วยหอมทองเครือหนึ่งมีประมาณ 6 –10 หวี แต่ละหวีมี 10 – 16 ผล ผลกว้าง 3–4 cm และยาว 21–25 cm ปลายผลมีจุก เปลือกบางแต่หนากว่ากล้วยไข่ ผลดิบมีสีเขียว ผลสุกมีสีเหลืองทอง แต่จุกที่ปลายผลยังเป็นสีเขียว แล้วค่อยเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองเมื่อสุกมาก เนื้อสีเหลืองเข้ม มีรสหวาน และมีกลิ่นหอม ดังแสดงในภาพที่ 2.1 (เบญจมาค ศิลาย้อย. 2545)

ภาพที่ 2.1 กล้วยหอมทอง

ที่มา: ปรียะดา ภัทรสัจจธรรม. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผล (จริงแท้ ศิริพานิช. 2549)

2.2.1 การหายใจ

การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญของผลไม้ที่จะเปลี่ยนพลังงานในรูปอาหารสะสมไปเป็นพลังงานที่นำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ แต่สำหรับผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาแล้วจะใช้ในการรักษาชีวิตให้คงอยู่ ซึ่งอาหารสะสมที่มีอยู่อย่างจำกัดเมื่อถูกใช้หมดไปความมีชีวิตของผลิตผลนั้นก็จะจบสิ้นลง ดังนั้นอายุการเก็บรักษาผลิตผลรวมทั้งคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวจึงขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจเป็นสำคัญ โดยมีความสัมพันธ์กันคือผลิตผลที่มีอัตราการหายใจสูงมักมีอายุสั้นกว่าผลิตผลที่มีอัตราการหายใจต่ำ สำหรับกล้วยหอมมีการเปลี่ยนแปลงการสุกอย่างชัดเจนซึ่งอาศัยพลังงานจากการหายใจมาใช้จำนวนมาก

กล้วยหอมเป็นผลไม้ที่มีลักษณะการหายใจแบบ Climacteric คือกลุ่มของผลไม้ที่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในขณะที่ผลไม้นั้นสุก มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เกิดขึ้นทั้งกระบวนการที่เป็นการสร้าง (Anabolic Process) เช่น การสร้างสารสี, การเปลี่ยนแปลงแป้งเป็นน้ำตาล กระบวนการเหล่านี้ต้องมีการสร้างโปรตีนหรือเอนไซม์ใหม่ๆ ขึ้นมาเพื่อให้กระบวนการนั้นๆ เกิดขึ้นได้ ต้องอาศัยการผลิตและการตอบสนองต่อเอทิลีนเป็นหลักด้วย

ปัจจัยภายนอกอุณหภูมิเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญเพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะไปกระตุ้นให้สสารทุกอย่างมีพลังงานสูงขึ้น ปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ก็สามารถเกิดขึ้นได้ในอัตราที่สูงขึ้น สำหรับองค์ประกอบของบรรยากาศ ผลไม้ต้องการออกซิเจนในการหายใจ แต่ถ้าผลิตผลอยู่ในสภาวะขาดออกซิเจน จะเกิดกระบวนการหมักซึ่งส่งผลต่อผลิตผลเกิดกลิ่นที่ไม่เป็นที่ต้องการ สังเกตได้จากกลิ่นของแอลกอฮอล์ที่เกิดสะสมขึ้น ในกรณีที่คาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นสูงมากจะไปยับยั้งการหายใจของผลิตผลได้

2.2.2 การคายน้ำ

พืชใช้น้ำในการช่วยระบายความร้อนเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป จากแหล่งพลังงานความร้อนภายนอก เช่น แสงอาทิตย์หรือจากการหายใจของพืช แต่สำหรับผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาแล้วจะถูกตัดขาดจากแหล่งน้ำเดิมคือราก ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นน้ำมากกว่า 70% แต่การสูญเสียน้ำเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ทำให้น้ำหนักของผลิตผลลดลง, รูปร่างลักษณะของผลิตผลเปลี่ยนแปลงไป และอาจทำให้รสชาติของผลิตผลเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำ ได้แก่ ความชื้นในบรรยากาศ โดยยิ่งความชื้นในบรรยากาศสูงการคายน้ำของผลิตผลจะต่ำกว่าที่ที่ความชื้นในบรรยากาศต่ำ และอุณหภูมิยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลจะมีมากขึ้น โอกาสที่โมเลกุลของน้ำจะหลุดออกจากสถานะของเหลวเป็นแก๊สได้มากขึ้น ความดันไอน้ำภายในผลิตผลจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่ที่อากาศรอบๆ อุณหภูมิไม่มีผลต่อความดันไอน้ำ ดังนั้นความแตกต่างของความดันไอน้ำที่ผลิตผลกับภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้โอกาสที่ไอน้ำจะออกจากผลิตผลสู่อากาศมากขึ้น การป้องกันการคายน้ำให้มีการสูญเสียน้ำน้อยที่สุด โดยการเก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีความชื้นสูงและอุณหภูมิต่ำ

2.2.3 เอทธิลีน

สำหรับผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาแล้วจะมีฮอร์โมนที่มีความสำคัญหลังการเก็บเกี่ยวคือเอทธิลีน ซึ่งมีสถานะเป็นแก๊ส ไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย สามารถแพร่กระจายไปส่วนต่างๆ ของพืชได้ง่าย ที่สามารถกระตุ้นเนื้อเยื่อทุกชนิดให้มีอัตราการหายใจที่สูงขึ้นทำให้เกิดการสุกขึ้น และเร่งให้เกิดการชราภาพของผลไม้ให้เกิดเร็วขึ้นแม้มีความเข้มข้นเพียง 0.1 ppm ก็อาจกระตุ้นให้เกิดการสุกหรือการร่วงของใบได้ ถ้าไม่มีเอทธิลีนกระบวนการสุกจะเกิดได้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งในกล้วยหอมมีการผลิตเอทธิลีนในระดับปานกลางคือ 1-10 C_2H_4/กก.ชม. เป็นผลไม้ประเภท Climacteric มีการผลิตและความเข้มข้นของเอทธิลีนภายในผลระหว่างการเจริญเติบโตต่ำ แต่เมื่อผลไม้สุกการผลิตเอทธิลีนจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัว ซึ่งอัตราการเกิดเอทธิลีนจะสูงขึ้นกว่าปกติได้จากการเกิดบาดแผลที่ผลไม้ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตเอทธิลีน ได้แก่ อุณหภูมิเมื่อสูงขึ้นส่งผลต่อการผลิตเอทธิลีนที่เพิ่มสูงขึ้น แต่ในผลไม้เขตร้อนถ้าเก็บที่อุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวซึ่งก่อให้เกิดการผลิตเอทธิลีนสูงขึ้นได้ การสังเคราะห์เอทธิลีนของพืชจะต้องใช้ออกซิเจนดังนั้นการลดปริมาณออกซิเจนจะช่วยยับยั้งหรือลดการผลิตเอทธิลีนลง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงกว่าปกติจะขัดขวางการทำงานของเอทธิลีนได้ ความเครียดต่างๆ เช่นการเกิดบาดแผล, การเกิดโรค และการขาดน้ำเป็นต้น จะไปกระตุ้นการผลิตเอทธิลีน เอทธิลีนจะไปกระตุ้นให้เกิดการเสื่อมสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ทำให้ผลิตผลหลายๆชนิดเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอย่างรวดเร็ว แล้วช่วนกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การลดลงของปริมาณกรด ทำให้รสชาติของผลไม้ขึ้นดี

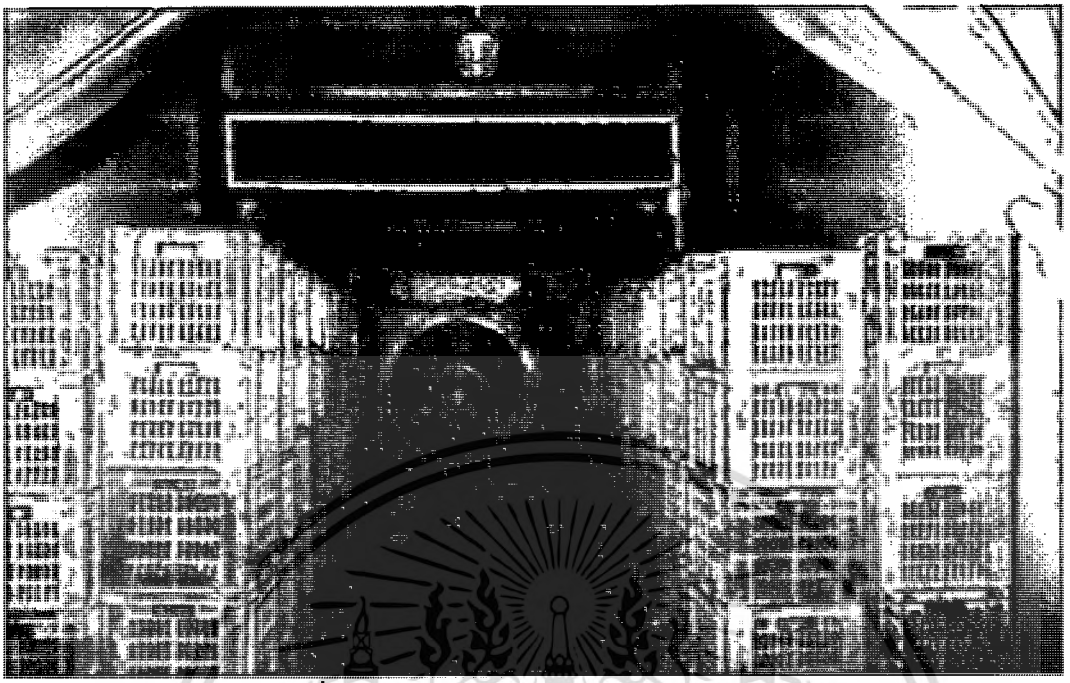
2.3 การลดความร้อนผลิตผลทางการเกษตร (ดนัย บุณยเกียนติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548)

ผลิตผลเมื่อถูกตัดออกมาจากต้นยังคงมีชีวิตอยู่ อุณหภูมิของผลิตผลจะสูงเท่ากับอุณหภูมิอากาศขณะที่เก็บเกี่ยว โดยความร้อนที่ติดมากับผลิตผลจากแปลงปลูก เรียกว่า field heat และการขนส่งอาจจะทำให้อุณหภูมิของผลิตผลเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นการเร่งกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ทำให้อัตราการหายใจสูง การสังเคราะห์เอทิลีนจะเกิดได้มากขึ้น เร่งกระบวนการสุก เกิดการสูญเสียน้ำ ส่งผลให้คุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตผลลดลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดอุณหภูมิของผลิตผลให้ต่ำลง เพื่อไล่ความร้อนจากแปลงปลูกให้เร็วที่สุด มีวิธีการดังนี้

2.3.1 การลดความร้อนด้วยอากาศเย็น (Air Cooling หรือ Room Cooling)

การลดความร้อนด้วยอากาศเย็น คือวิธีการลดอุณหภูมิผลิตผลโดยนำไปไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 3 °c ดังแสดงในภาพที่ 2.2 แต่ไม่ควรใช้อุณหภูมิต่ำเกินไป เพราะจะทำให้ผลิตผลเกิดอาการสะท้านหนาวได้ โดยวิธีนี้ค่าใช้จ่ายน้อย ออกแบบง่าย แต่ต้องใช้พื้นที่มากและลดอุณหภูมิผลิตผลได้ช้าที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

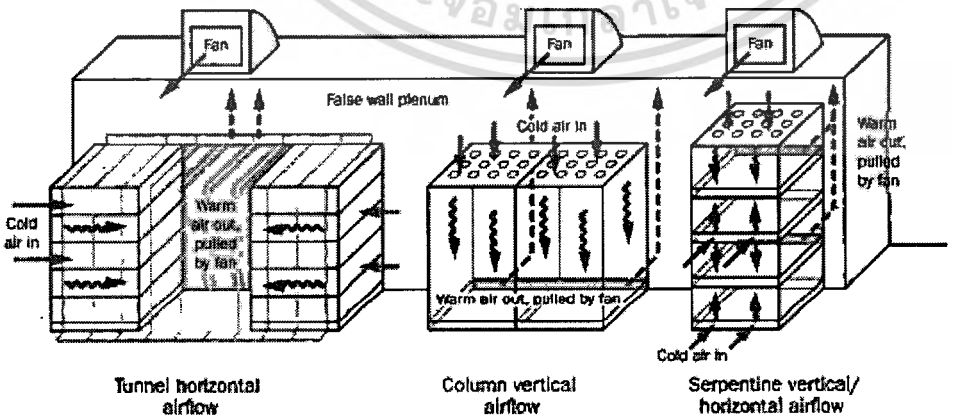


ภาพที่ 2.2 การลดความร้อนผลิตผลด้วยอากาศเย็น

ที่มา: ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. 2561

2.3.2 การลดความร้อนโดยการผ่านอากาศเย็น (Forced – Air Cooling)

การลดความร้อนโดยการผ่านอากาศเย็นคือวิธีการลดอุณหภูมิผลิตผลโดยการดูดหรือเป่าอากาศเย็นให้ไหลผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุเพื่อดึงความร้อนไปจากผลิตผลโดยตรง ดังแสดงในภาพที่ 2.3 โดยวิธีนี้จะสูญเสียน้ำหนักประมาณ 1%



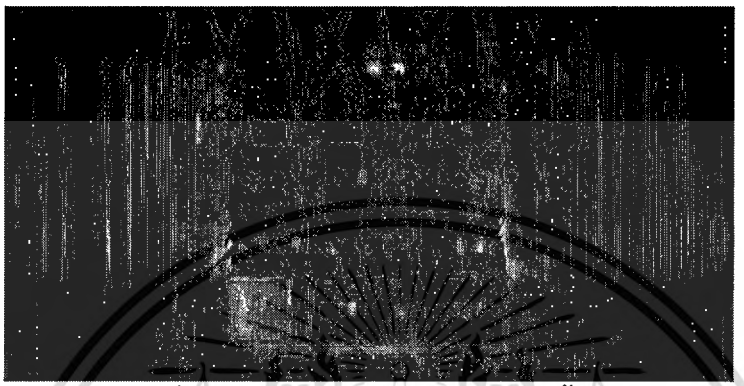
ภาพที่ 2.3 การลดความร้อนผลิตผลโดยการผ่านอากาศเย็น

ที่มา: Ontario. 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การลดความร้อนด้วยน้ำเย็น (Hydrocooling)

การลดความร้อนด้วยน้ำเย็นคือวิธีการลดอุณหภูมิผลิตผลโดยใช้น้ำเย็นเป็นตัวพาความร้อนออกจากผลิตผล ดังแสดงในภาพที่ 2.4 วิธีนี้ลดอุณหภูมิได้เร็วกว่าการใช้อากาศเย็นประมาณ 15 เท่า แต่มีข้อจำกัดคือต้องใช้กับผลิตผลที่ทนต่อการเปียกน้ำได้เท่านั้น

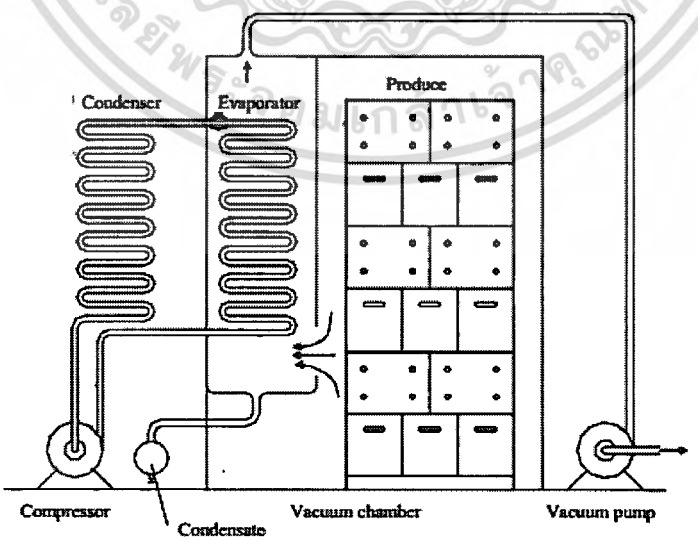


ภาพที่ 2.4 การลดความร้อนผลิตผลด้วยน้ำเย็น

ที่มา: Southwest VA Farmers' Market. 2018

2.3.4 การลดความร้อนด้วยการลดความดัน (Vacuum Cooling)

การลดความร้อนด้วยการลดความดันคือวิธีการลดอุณหภูมิผลิตผลโดยการระเหยน้ำออกจากผิวของผลิตผล จากการลดความดันอากาศให้อยู่ที่ 4.58 mmHg ดังแสดงในภาพที่ 2.5 ผลิตผลจะสูญเสียน้ำประมาณ 1% ต่ออุณหภูมิที่ลดลงทุกๆ 6 °C เป็นวิธีการที่ลดความร้อนได้รวดเร็วที่สุดนิยมใช้กับผักใบต่างๆ



ภาพที่ 2.5 การลดความร้อนผลิตผลด้วยการลดความดัน

ที่มา: Inteligistics. 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร (จริงแท้ ศิริพานิช. 2549)

การเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่

2.4.1 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

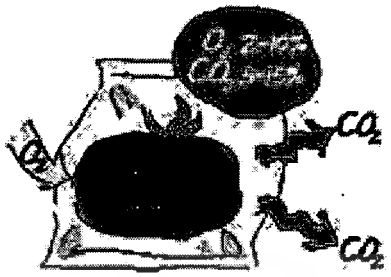
การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำคือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิให้ต่ำกว่าอุณหภูมิปกติในห้องเย็น ดังแสดงในภาพที่ 2.6 เพื่อลดอัตราการหายใจแลกเปลี่ยนก๊าซและลดการสร้างเอทธิลีนภายในผลไม้ ส่งผลให้การเก็บรักษาได้นานขึ้น แต่ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำของผลไม้เขตร้อน ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไป ผลไม้จะเกิดการสะท้านหนาว ซึ่งจะทำให้ผลไม้เกิดการเสียหายได้

ภาพที่ 2.6 การเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิต่ำ
ที่มา: Frigomech SRL. 2015

2.4.2 การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงคือการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของบรรยากาศที่จุดเริ่มต้นหรือบรรจุผลิตผลในภาชนะปิด ดังแสดงในภาพที่ 2.7 หลังจากนั้นส่วนประกอบของบรรยากาศจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้เนื่องจากการหายใจ และจะไม่มีการควบคุมส่วนประกอบของบรรยากาศ (ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548) พร้อมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้กระบวนการต่างๆ ทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลง ทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



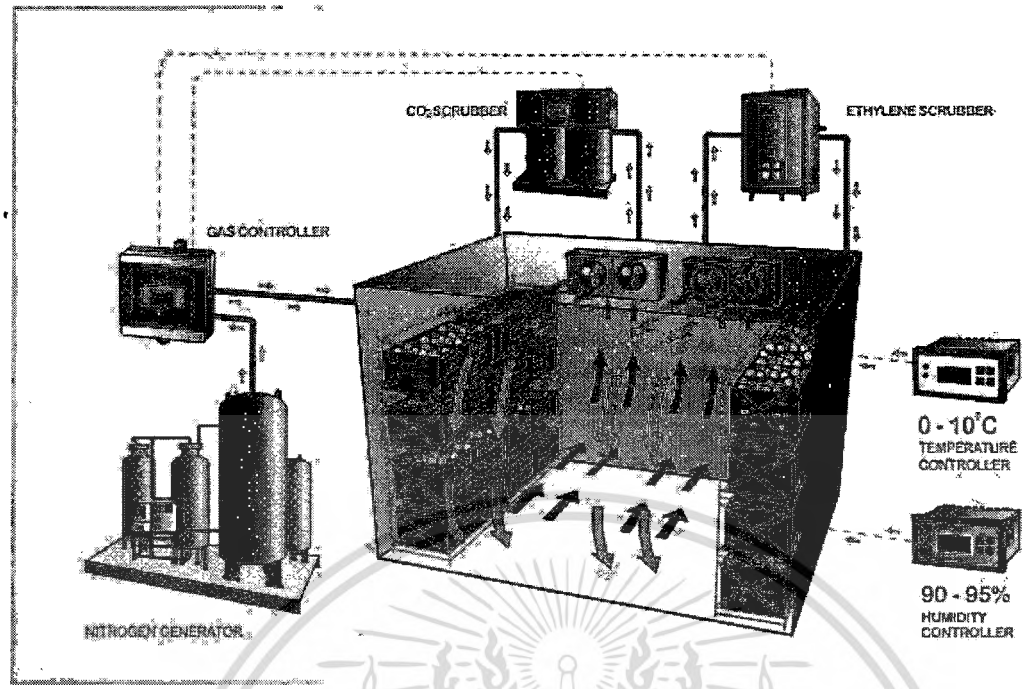
ภาพที่ 2.7 การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ที่มา: ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. 2561

2.4.3 การเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศ

การเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศคือการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศปกติที่มีก๊าซไนโตรเจนประมาณ 78%, ก๊าซออกซิเจนประมาณ 21%, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 0.04 %, และก๊าซอื่นๆ โดยการลดก๊าซออกซิเจนให้ลดลงและเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เพิ่มขึ้น พร้อมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ดังแสดงในภาพที่ 2.8 เพื่อลดอัตราการหายใจแลกเปลี่ยนก๊าซและลดการสร้างเอทธิลีนภายในผลิตผล ส่งผลให้การเก็บรักษาได้นานขึ้นได้ดีกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 การเก็บรักษาผลิตผลแบบควบคุมสภาพบรรยากาศ

ที่มา: Agroripe. 2018

2.4.4 การเก็บรักษาภายใต้บรรยากาศความดันต่ำ

การเก็บรักษาภายใต้บรรยากาศความดันต่ำ คือการลดความดันในห้องเย็นให้เหลือเพียงประมาณหนึ่งในสิบของความดันบรรยากาศซึ่งเป็นการลดปริมาณก๊าซออกซิเจนไปด้วย แต่ในสภาพความดันต่ำการระเหยน้ำเกิดได้เร็วขึ้น จะเกิดการสูญเสียน้ำมากกว่าปกติแล้วยังไม่สามารถควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วิธีการนี้มีค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาค่อนข้างสูง

2.5 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี สมบัติเชิงกล และสมบัติทางประสาทสัมผัสหลังการเก็บเกี่ยว

สมบัติเป็นตัวชี้วัดคุณภาพที่มักถูกใช้ชี้วัดคุณภาพของผลผลิตเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกับกล้วยหอมทอง ได้แก่ สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และสมบัติเชิงกล โดยมีรายละเอียดดังนี้

สมบัติทางกายภาพถูกระบุด้วย ขนาด, น้ำหนักและสี โดยทั่วไปผลิตผลเกษตรตามธรรมชาติมีรูปร่างที่ไม่เป็นทรงเรขาคณิตดังนั้นการรายงานขนาดของผลิตผลเกษตรมักใช้พารามิเตอร์ที่ถูกสร้างมาจากมิติของผลิตผล เช่น ขนาด ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บอกความยาวและความกว้างของกล้วยหอมทอง ทำให้ทราบถึงขนาดของกล้วยหอมทองที่ใช้ในการทดลองแต่ละลูก น้ำหนักเป็นสมบัติที่สำคัญสำหรับการซื้อขายผลิตผลเกษตร น้ำหนักได้รับอิทธิพลมาจากกระบวนการหายใจและการคายน้ำของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บเกี่ยวส่งผลให้น้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลงไป สีมีอิทธิพลต่อผู้บริโภคในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกซื้อ และเป็นตัวบ่งบอกถึงระยะความแก่ ซึ่งจะสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น และลักษณะโดยรวม (ดนัย บุณยเกียนติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548) เช่น กล้วยหอมทองเป็นสีเหลืองบ่งบอกได้ถึงมีคุณภาพพร้อมรับประทาน

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และปริมาณกรดเป็นสมบัติทางเคมีที่ใช้ชี้วัดคุณภาพของผลิตผลเกษตรที่สำคัญ โดยที่ปริมาณของแข็งที่ละลายเป็นค่าที่วัดจากเครื่อง Refractometer โดยใช้หลักการดัชนีหักเหของแสง เมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางหนึ่งสู่อีกตัวกลางหนึ่ง ทำให้ทราบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดใช้บ่งชี้ความเข้มข้นของอาหารเหลวซึ่งส่วนใหญ่ของแข็งอยู่ในรูปของน้ำตาลจึงอนุมานได้ว่าเป็นค่าแสดงถึงความหวานซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการ โดยในผลไม้ที่สะสมอาหารในรูปของแป้งเป็นหลักพบว่าผลที่สุกจะมีแป้งลดลงพร้อมกับน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช. 2550) ปริมาณกรดเป็นค่าที่วัดได้จากการไทเทรตซึ่งในผลไม้ปริมาณกรดแสดงถึงรสเปรี้ยว ในผลไม้มักพบกรดมาลิก, กรดซิตริก, กรดฟอสฟอริก, กรดทาร์ทาลิก และกรดซาลิกเป็นต้น แต่ในกล้วยหอมทองมีปริมาณกรดมาลิกในปริมาณที่มาก โดยกรดมาลิกในกล้วยหอมทองจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลสุก เพราะมีการสังเคราะห์ malic enzyme มากขึ้นระหว่างการสุก (จริงแท้ ศิริพานิช. 2550)

สมบัติเชิงกลเป็นการศึกษาเนื้อสัมผัสจากการตอบสนองของผลิตผลทางการเกษตรต่อแรงที่กระทำโดยอาจเกี่ยวข้องกับการรับประทานหรือเกี่ยวข้องกับลักษณะการรับแรงในส่วนภายนอกของผลิตผลชนิดนั้น สมบัติเชิงกลจากการใช้เครื่องมือวัดสามารถช่วยชี้วัดคุณภาพการรับประทานของผลิตผลชนิดนั้นถูกต้องละแม่นยำกว่าคนทั้งนี้เนื่องจากการใช้การรับรู้ของแต่ละคนจะไม่เหมือนกันจึงมีอคติสูง (ปานมนัส, 2559) สมบัติเชิงกลเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพของกล้วยหอมทองที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อของผู้บริโภค อีกทั้งเป็นตัวแปรสำคัญในการออกแบบบรรจุภัณฑ์และกระบวนการขนส่งด้วย

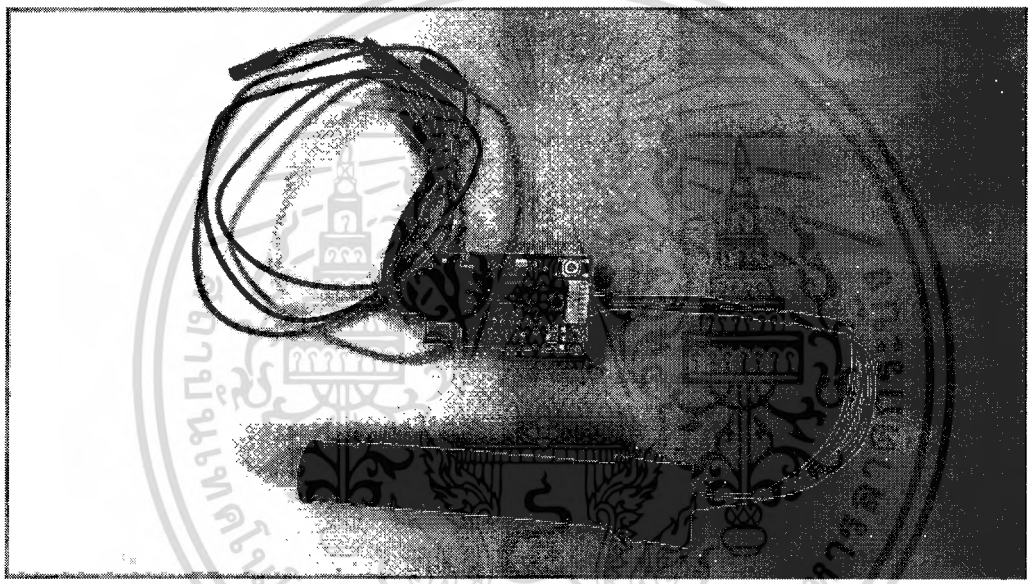
สมบัติทางประสาทสัมผัส เป็นการยอมรับความพึงพอใจของผู้บริโภค โดยทำการทดสอบด้วยผู้บริโภค โดยทั่วไปสมบัติภายนอกอธิบายโดยลักษณะปรากฏของผล ถือเป็นคุณภาพที่สำคัญต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคที่ลักษณะภายนอกของผลิตผลจะบ่งบอกถึงความหวานและความสุกได้ ส่วนการชิมได้ทำการทดสอบกลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เป็นความรู้สึกโดยรวมเมื่ออาหารเข้าสู่ปากซึ่งเกิดจากการรับรู้รสของริมฝีปาก, ลิ้น และผนังภายในช่องปาก โดยที่กลิ่นเกิดจากการกระตุ้นด้วยสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยได้ (วิไล รังสาดทอง. 2559)

2.6 อุปกรณ์ตรวจวัด ระบบควบคุม และระบบทำความเย็นสำหรับการเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศ

2.6.1 เซนเซอร์วัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดค่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ โดยระบบ NDIR (Non Dispersive Infrared Detection) ที่ใช้รังสีอินฟราเรด ที่จะถูกดูดกลืนโดยสารแต่ละชนิดไม่เท่ากัน โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 4200-4340 nm โดยในตัวเซนเซอร์จะมีหลอดบรรจุก๊าซอยู่ 2 หลอด หลอดที่ 1 จะบรรจุก๊าซเฉื่อยไว้ซึ่งจะไม่ดูดกลืนรังสีอินฟราเรด หลอดที่ 2 จะปล่อยให้อากาศจากภายนอกที่ต้องการวัดมาอยู่แล้วรังสีอินฟาเรดจะฉายผ่านทั้งสองหลอด โดยในหลอดที่ 1 ปริมาณรังสีอินฟราเรดจะเท่าเดิม หลอดที่ 2 ปริมาณรังสีอินฟราเรดจะลดลงซึ่งจะสัมพันธ์กับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (กลอยใจ กางกรณ์. 2551) ดังแสดงในภาพที่ 2.9 โดยสามารถวัดค่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศได้ในช่วง 0-5% ความถูกต้อง ±5% ใช้งานได้ที่อุณหภูมิ 0-50 °C ความชื้น 0-95%RH อายุการทำงานมากกว่า 5 ปี

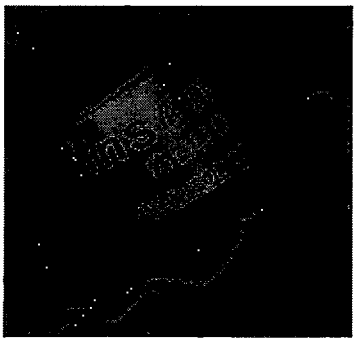


ภาพที่ 2.9 เซนเซอร์วัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ รุ่น MH-Z16 NDIR

2.6.2 เซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจน

การวัดค่าปริมาณออกซิเจนในอากาศ โดยโมเลกุลของออกซิเจนเข้าไปที่เซลล์ไฟฟ้า ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ไหลระหว่างขั้วไฟฟ้าเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของออกซิเจนในการวัดปริมาณออกซิเจน ดังแสดงในภาพที่ 2.10 (บริษัท อีซี อิเล็กทรอนิกส์ คอมโพเน้นท์ จำกัด. 2560) โดยสามารถวัดค่าปริมาณออกซิเจนในอากาศในอากาศได้ในช่วง 0-25% ความถูกต้อง ±2% ใช้งานได้ที่อุณหภูมิ -20-50 °C ความชื้น 0-99%RH อายุการทำงาน 2 ปี

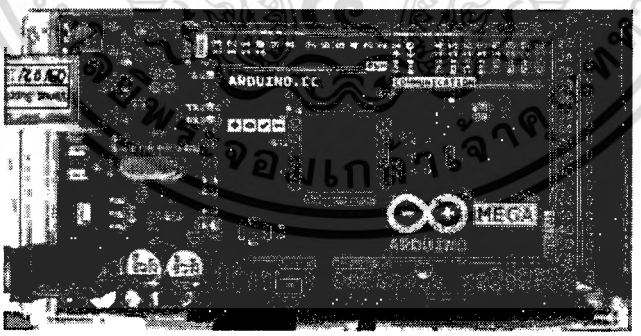
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 เซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจน รุ่น ME2-O2-Φ20

2.6.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์คืออุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลที่ใช้ควบคุมขนาดเล็ก โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้อย่างอิสระ มีหน่วยความจำ พอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุต (กิตติศักดิ์ แสนประสิทธิ์. 2557) สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์อื่นเพื่อรับสัญญาณมาประมวลผล และส่งออกข้อมูลที่ประมวลส่งไปสู่อุปกรณ์อื่นที่ต้องการได้ โดยใช้ชิพ ATmega2560 ที่มีหน่วยความจำแฟลช 256 KB แรม 8 KB ใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 V แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 V มี Digital Input หรือ Output จำนวน 54 ขา (เป็น PWM ได้ 14 ขา) มี Analog Input จำนวน 16 ขา, Serial UART จำนวน 4 ชุด, I2C จำนวน 1 ชุด และ SPI จำนวน 1 ชุด เขียนโปรแกรมบน Arduino IDE และส่งโปรแกรมเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่าน USB ดังแสดงในภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.6.4 รีเลย์

รีเลย์คืออุปกรณ์ที่ตัดต่อกระแสไฟฟ้า โดยการให้กระแสไฟฟ้ากับขดลวดเพื่อใช้ในการดึงหน้าสัมผัสของคอนแทคให้ติดกันกระแสไฟฟ้าได้ไหลผ่านได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.12 รีเลย์

2.6.5 โซลินอยด์วาล์ว

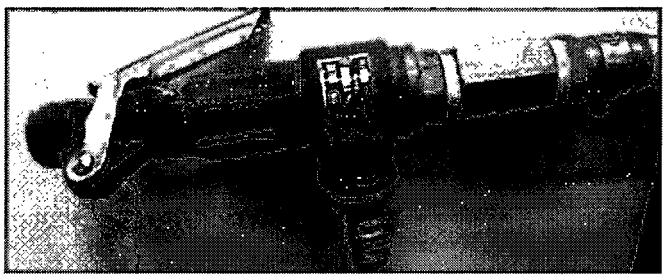
โซลินอยด์วาล์วคืออุปกรณ์เปิดปิดให้ของไหลไหลผ่าน โดยการให้กระแสไฟฟ้ากับขดลวดเพื่อใช้ในการดึงวาล์วให้เปิด เมื่อไม่ได้จ่ายกระแสไฟฟ้าวาล์วก็จะปิด ดังแสดงในภาพที่ 2.13

ภาพที่ 2.13 โซลินอยด์วาล์ว

2.6.6 วาล์วควบคุมความปลอดภัย

วาล์วควบคุมความปลอดภัยคืออุปกรณ์ระบายแรงดันอากาศ เมื่อมีค่าสูงกว่าที่ตั้งไว้โดยอัตโนมัติออกสู่ภายนอกเพื่อเป็นการรักษาความปลอดภัยภายในระบบ ดังแสดงในภาพที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 วาล์วควบคุมความปลอดภัย

2.6.7 ระบบทำความเย็นแบบ Forced air circulation

ตู้เย็นแบบ Forced air circulation คือตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิโดยมีพัดลมกระจายความเย็นของอากาศภายในตู้ ซึ่งเป็นระบบที่เหมาะสมกับการเก็บรักษาแบบควมคุมสภาพบรรยากาศเพราะก๊าซภายในตู้มีการเคลื่อนที่กระจายทั่วถึงทั้งตู้ ดังแสดงในภาพที่ 2.15

ภาพที่ 2.15 ตู้เย็นแบบ Forced air circulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมสภาพบรรยากาศในช่วงปี 2016-2018 ได้นำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้กับผลไม้ชนิดต่างๆ ได้แก่ มะเดื่อ, มะละกอ พันธุ์ Golden, แอปเปิ้ล พันธุ์ Fuji, แอปเปิ้ล พันธุ์ Galaxy, กีวี พันธุ์ Hayward, ลูกแพร์ พันธุ์ Rocha, สตรอเบอรี่, อโวคาโด้, แอปเปิ้ล พันธุ์ Ambrosia, แอปเปิ้ล พันธุ์ GNAnny Smith, ทับทิม, ฝรั่ง, ลูกแพร์ พันธุ์ Abate Fetel, แอปเปิ้ล พันธุ์ Gala, กล้วย และ Plantain ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนัก, ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง และสี สมบัติเชิงกล ได้แก่ ความแน่นเนื้อ สมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณกรด จากการทดลองเปรียบเทียบการเก็บรักษาผลไม้ที่ควบคุมสภาพบรรยากาศกับการเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ พบว่าผลไม้ที่เก็บรักษาควบคุมสภาพบรรยากาศสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ โดยสมบัติทางกายภาพ เคมี และเชิงกลเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการเก็บรักษาด้วยความเย็น สำหรับงานวิจัยของ Mu-bo,S et.al. 2015 ได้ทำการทดลองเก็บรักษากล้วยหอม (*Musa*, AAA group, *cv.* Brazil) และกล้วยสายพันธุ์ Plantain (*Musa*, ABB group, *cv.* Dajiao) ที่ควบคุมสภาพบรรยากาศต่างๆกับการเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ พบว่าการเก็บรักษาควบคุมสภาพบรรยากาศที่ปริมาณก๊าซออกซิเจน 21 % ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 30% อุณหภูมิ 20 ^{0}C มีค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไปน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่ศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมสภาพบรรยากาศกับผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลิตผลเกษตร	สภาวะที่เก็บรักษา	ระยะเวลา	สมบัติที่วัด	ผลการทดลอง		ผู้เขียน (ปีที่เขียน)
				ก่อน	หลัง	
มะเดื่อ	T 0 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 15 kPa)	1 เดือน	weight loss (%)	na	6.0	Bahar et.al., 2018
			TSS (%Brix)	15.7	16.2	
			TA (%)	0.21	0.17	
			L*	41.8	42.4	
	T 0 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)		weight loss (%)	na	6.5	
			TSS (%Brix)	15.7	16.5	
			TA (%)	0.21	0.18	
			L*	41.8	42.1	
	T 0 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 5 kPa)		weight loss (%)	na	4.4	
			TSS (%Brix)	15.7	18.3	
			TA (%)	0.21	0.23	
			L*	41.8	37.7	
	T 0 ^{o}C by NA		weight loss (%)	na	14.4	
			TSS (%Brix)	15.7	18.3	
			TA (%)	0.21	0.23	
			L*	41.8	37.7	

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาที่ควบคุมสภาพบรรยากาศ NA คือ การเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) งานวิจัยที่ศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมสภาพบรรยากาศกับผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลิตผลเกษตร	สภาวะที่เก็บรักษา	ระยะเวลา	สมบัติที่วัด	ผลการทดลอง		ผู้เขียน (ปีที่เขียน)
				ก่อน	หลัง	
มะเดื่อ	T 0 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 15 kPa)	1 เดือน และเก็บที่ T 20 ^{o}C อากาศปกติอีก 2 วัน	weight loss (%)	na	8.3	Bahar et.al., 2018
			TSS (%Brix)	15.7	17.0	
			TA (%)	0.21	0.22	
			L*	41.8	43.5	
	T 0 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)		weight loss (%)	na	7.0	
			TSS (%Brix)	15.7	18.3	
			TA (%)	0.21	0.19	
			L*	41.8	43.0	
	T 0 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 5 kPa)		weight loss (%)	na	5.5	
			TSS (%Brix)	15.7	19.3	
			TA (%)	0.21	0.23	
			L*	41.8	44.6	
	T 0 ^{o}C by NA		weight loss (%)	na	15.7	
			TSS (%Brix)	15.7	21.0	
			TA (%)	0.21	0.21	
			L*	41.8	43.1	

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาที่ควบคุมสภาพบรรยากาศ NA คือ การเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) งานวิจัยที่ศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมสภาพบรรยากาศกับผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลิตผลเกษตร	สภาวะที่เก็บรักษา	ระยะเวลา	สมบัติที่วัด	ผลการทดลอง		ผู้เขียน (ปีที่เขียน)
				ก่อน	หลัง	
มะละกอ พันธุ์ Golden	T 23 ^{o}C by CA (O_2 17% and CO_2 10%)	14 วัน	b*	23.0	34.0	Barbosa et.al., 2018
			a*	-6.0	20.0	
	T 23 ^{o}C by CA (O_2 17% and CO_2 5%)		b*	23.5	33.0	
			a*	-7.0	23.0	
	T 23 ^{o}C by CA (O_2 17% and CO_2 0.6%)		b*	22.5	32.5	
			a*	-6.5	27.5	
	T 23 ^{o}C by CA (O_2 6% and CO_2 10%)		b*	23.5	34.0	
			a*	-7.5	17.5	
	T 23 ^{o}C by CA (O_2 6% and CO_2 5%)		b*	23.3	33.0	
			a*	-8.0	22.5	
	T 23 ^{o}C by CA (O_2 6% and CO_2 0.6%)		b*	23.0	32.0	
			a*	-7.8	25.0	
	T 23 ^{o}C by CA (O_2 3% and CO_2 10%)		b*	21.5	33.0	
			a*	-7.0	15.0	
	T 23 ^{o}C by CA (O_2 3% and CO_2 5%)		b*	22.7	33.3	
			a*	-5.0	21.0	
	T 23 ^{o}C by CA (O_2 3% and CO_2 0.6%)		b*	22.5	33.0	
			a*	-6.0	23.0	

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาที่ควบคุมสภาพบรรยากาศ NA คือ การเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) งานวิจัยที่ศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมสภาพบรรยากาศกับผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลิตผลเกษตร	สภาวะที่เก็บรักษา	ระยะเวลา	สมบัติที่วัด	ผลการทดลอง		ผู้เขียน (ปีที่เขียน)
				ก่อน	หลัง	
แอปเปิ้ล พันธุ์ Fuji	T -0.8 ^{o}C by CA (O_2 2% and CO_2 1%)	6 เดือน และเก็บที่ T 22 ^{o}C อากาศปกติอีก 7 วัน	Weight (g)	204	183	Sheng et.al., 2018
			Diameter (in)	3.0	2.9	
			firmness (lbs)	15.0	13.8	
			TSS (%Brix)	12.7	12.5	
			TA (%malic)	0.307	0.232	
	T -0.8 ^{o}C by NA		Weight (g)	204	188	
			Diameter (in)	3.0	3.0	
			firmness (lbs)	15.0	10.0	
			TSS (%Brix)	12.7	12.4	
			TA (%malic)	0.307	0.173	
แอปเปิ้ล พันธุ์ Galaxy	T 2 ^{o}C by CA(O_2 1.2 kPa and CO_2 2 kPa)	9 เดือน และเก็บที่ T 20 ^{o}C อากาศปกติอีก 7 วัน	firmness (N)	na	60.1	Both et.al., 2018
			TA (%)	na	4.2	
	T 1.5 ^{o}C by CA(O_2 1.2 kPa and CO_2 2 kPa)		firmness (N)	na	60.2	
			TA (%)	na	4.0	
	T 1 ^{o}C by CA(O_2 1.2 kPa and CO_2 2 kPa)		firmness (N)	na	60.4	
			TA (%)	na	4.1	
กีวี พันธุ์ Hayward	T 0 ^{o}C by NA	26 สัปดาห์	firmness (N)	80	8	Li et.al., 2017
	T 0 ^{o}C by CA (O_2 2 % and CO_2 2 %)	16 สัปดาห์ และเก็บที่ T 0 ^{o}C อากาศปกติอีก 14 สัปดาห์		80	11	
	T 0 ^{o}C by CA (O_2 2 % and CO_2 5 %)			80	13	

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาที่ควบคุมสภาพบรรยากาศ NA คือ การเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) งานวิจัยที่ศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมสภาพบรรยากาศกับผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลิตผลเกษตร	สภาวะที่เก็บรักษา	ระยะเวลา	สมบัติที่วัด	ผลการทดลอง		ผู้เขียน
				ก่อน	หลัง	(ปีที่เขียน)
ลูกแพร์	T 0 ^{o}C by CA (O_2 18 kPa and CO_2 2 kPa)	17 สัปดาห์	firmness (N)	57	52	Lum et.al., 2017
			Peel colour	1.1	3.7	
	T 0 ^{o}C by CA (O_2 2.5 kPa and CO_2 2 kPa)		firmness (N)	57	52	
			Peel colour	1.1	3.2	
	T 0 ^{o}C by NA		firmness (N)	57	50	
			Peel colour	1.1	3.9	
ลูกแพร์ พันธุ์ Rocha	T -0.5 ^{o}C by CA (O_2 3 kPa)	136 วัน	TSS (%Brix)	13.0	13.5	Saquet et.al., 2017
			firmness (N)	50	20	
	T -0.5 ^{o}C by CA (O_2 0.5 kPa)		TSS (%Brix)	13.0	12.5	
			firmness (N)	40	15	
	T -0.5 ^{o}C by NA		TSS (%Brix)	10.5	12.0	
			firmness (N)	20	10	
ลูกแพร์ พันธุ์ Rocha	T -0.5 ^{o}C by CA (O_2 3 kPa and CO_2 0.6 kPa)	257 วัน และเก็บที่ T 20 ^{o}C อากาศปกติอีก 7 วัน	TSS (g/kg)	115	138	Saquet et.al., 2017
			firmness (N)	52	36	
			skin color (h^{o})	105	95	
			TA (%)	2	0.8	
	T -0.5 ^{o}C by CA (O_2 0.5 kPa and CO_2 0.6 kPa)		TSS (g/kg)	115	122	
			firmness (N)	52	48	
			skin color (h^{o})	105	103	
			TA (%)	2	0.7	

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาที่ควบคุมสภาพบรรยากาศ NA คือ การเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) งานวิจัยที่ศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมสภาพบรรยากาศกับผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลิตผลเกษตร	สภาวะที่เก็บรักษา	ระยะเวลา	สมบัติที่วัด	ผลการทดลอง		ผู้เขียน (ปีที่เขียน)
				ก่อน	หลัง	
สตรอเบอรี่	T 5 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 15 kPa)	2 วัน CA + 9 วัน อากาศปกติ	firmness (N)	0.99	1.58	Alamar et.al., 2017
	T 5 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 15 kPa)	2.5 วันอากาศปกติ + 2 วันCA + 7.5วันอากาศปกติ		0.99	1.7	
	T 5 °C by NA	11 วัน		0.99	0.89	
อโวคาโด้	T 20 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)	2 วัน CA + 7 วัน อากาศปกติ		220	10	
	T 20 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)	1.5 วันอากาศปกติ + 2 วันCA + 5.5วันอากาศปกติ		220	16	
	T 20 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)	3 วันอากาศปกติ + 2 วันCA + 4วันอากาศปกติ		220	25	
	T 20 °C by NA	9 วัน		220	35	
	T 20 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)	5 วันCA + 25 วันอากาศปกติ		215	12	
	T 20 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)	5 วันอากาศปกติ + 5 วันCA + 20 วันอากาศปกติ		215	10	
	T 20 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)	10 วันอากาศปกติ + 5 วันCA + 15 วันอากาศปกติ		215	25	
	T 20 °C by NA	30 วัน		215	5	
แอปเปิ้ล พันธุ์ Ambrosia	T 0.5 °C by CA (O_2 2 kPa and CO_2 1 kPa)	5 เดือน	TSS (%Brix)	na	14.10	Cliff et.al., 2017
			TA (%)	na	17.75	
	T 0.5 °C by CA (O_2 1.2 kPa and CO_2 1 kPa)		TSS (%Brix)	na	14.10	
			TA (%)	na	18.79	
	T 0.5 °C by NA		TSS (%Brix)	na	14.20	
			TA (%)	na	17.60	
	T 0.5 °C by CA (O_2 2 kPa and CO_2 1 kPa)	8 เดือน	TSS (%Brix)	na	13.80	
			TA (%)	na	16.18	
	T 0.5 °C by CA (O_2 1.2 kPa and CO_2 1 kPa)		TSS (%Brix)	na	13.90	
			TA (%)	na	17.23	
	T 0.5 °C by NA		TSS (%Brix)	na	13.90	
			TA (%)	na	16.33	

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาที่ควบคุมสภาพบรรยากาศ NA คือ การเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) งานวิจัยที่ศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมสภาพบรรยากาศกับผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลิตผลเกษตร	สภาวะที่เก็บรักษา	ระยะเวลา	สมบัติที่วัด	ผลการทดลอง		ผู้เขียน (ปีที่เขียน)
				ก่อน	หลัง	
แอปเปิ้ล พันธุ์	T 0 ^{o}C by NA	30 สัปดาห์	TSS (%Brix)	10.52-12.16	12.26-12.40	Mditshwa et.al., 2017
GNAnny Smith			TA (mg/100ml)	1.25-1.54	0.75-0.93	
ฤดูกาล 2013-2014			firmness (N)	79.14-81.99	44.70-51.54	
	T 0 ^{o}C by O_2 0.3-0.5% and CO_2 1%		TSS (%Brix)	10.52-12.16	11.87-12.96	
			TA (mg/100ml)	1.25-1.54	0.98-1.16	
			firmness (N)	79.14-81.99	70.45-71.02	
ทับทิม PG100-1	T 7 ^{o}C RH 95% by CA (O_2 2 kPa and CO_2 5 kPa)	5 เดือน	TSS (%Brix)	15.2	13.5	Matityahu et.al., 2016
			TA (%)	1.30	1.20	
	T 7 ^{o}C RH 95% by NA		TSS (%Brix)	15.2	14.0	
			TA (%)	1.30	0.90	
ทับทิม EVE	T 7 ^{o}C RH 95% by CA (O_2 2 kPa and CO_2 5 kPa)		TSS (%Brix)	14.0	13.5	
			TA (%)	0.65	0.80	
	T 7 ^{o}C RH 95% by NA		TSS (%Brix)	14.0	13.8	
			TA (%)	0.65	0.76	
ทับทิม PG116-17	T 7 ^{o}C RH 95% by CA (O_2 2 kPa and CO_2 5 kPa)		TSS (%Brix)	16.2	14.2	
			TA (%)	1.20	1.03	
	T 7 ^{o}C RH 95% by NA		TSS (%Brix)	16.2	14.6	
			TA (%)	1.20	0.85	

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาที่ควบคุมสภาพบรรยากาศ NA คือ การเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) งานวิจัยที่ศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมสภาพบรรยากาศกับผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลิตผลเกษตร	สภาวะที่เก็บรักษา	ระยะเวลา	สมบัติที่วัด	ผลการทดลอง		ผู้เขียน (ปีที่เขียน)
				ก่อน	หลัง	
ฝรั่ง	T 12.2 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa)	14 วัน	firmness (N)	125	117	Teixeira et.al., 2016
	T 12.2 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 1 kPa)			125	121	
	T 12.2 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 5 kPa)			125	119	
	T 12.2 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)			125	124	
	T 12.2 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 15 kPa)			125	124	
	T 12.2 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 20 kPa)			125	12	
	T 12.2 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa)	28 วัน		125	123	
	T 12.2 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 1 kPa)			125	121	
	T 12.2 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 5 kPa)			125	97	
	T 12.2 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)			125	82	
	T 12.2 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 15 kPa)			125	59	
	T 12.2 ^{o}C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 20 kPa)			125	28	

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาที่ควบคุมสภาพบรรยากาศ NA คือ การเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) งานวิจัยที่ศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมสภาพบรรยากาศกับผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลิตผลเกษตร	สภาวะที่เก็บรักษา	ระยะเวลา	สมบัติที่วัด	ผลการทดลอง		ผู้เขียน (ปีที่เขียน)
				ก่อน	หลัง	
ลูกแพร์ พันธุ์ Abate Fetel	T 1 ^{o}C RH 95% by CA (O_2 2 kPa and CO_2 0.7 kPa)	20 สัปดาห์	firmness (N)	34	17	Vanoli et.al., 2016
			skin color (h^{o})	100	89	
	T 1 ^{o}C RH 95% by NA		firmness (N)	32	16	
			skin color (h^{o})	89	84	
	T -0.5 ^{o}C RH 95% by CA (O_2 2 kPa and CO_2 0.7 kPa)		firmness (N)	46	16	
			skin color (h^{o})	106	92	
	T -0.5 ^{o}C RH 95% by NA		firmness (N)	38	20	
			skin color (h^{o})	95	88	
	T 1 ^{o}C RH 95% by CA (O_2 2 kPa and CO_2 0.7 kPa)	28 สัปดาห์	firmness (N)	25	20	
			skin color (h^{o})	95	89	
	T 1 ^{o}C RH 95% by NA		firmness (N)	49	35	
			skin color (h^{o})	97	90	
	T -0.5 ^{o}C RH 95% by CA (O_2 2 kPa and CO_2 0.7 kPa)		firmness (N)	38	20	
			skin color (h^{o})	101	92	
	T -0.5 ^{o}C RH 95% by NA		firmness (N)	49	35	
			skin color (h^{o})	85	81	
แอปเปิ้ล	T 3 ^{o}C by CA (O_2 17 kPa and CO_2 4 kPa)	6 สัปดาห์	firmness (N)	65.7-69.8	70.2-72.0	DeEll et.al., 2016
			TA (malic acid) (mg)	844-903	759-840	
แอปเปิ้ล	T 3 ^{o}C by CA (O_2 2.5 kPa and CO_2 2.5-4.5 kPa)	7 วัน	firmness (N)	41.4-57.8	36.5-40.5	DeEll et.al., 2016
			TA (malic acid) (mg)	469-581	425-603	
	T 3 ^{o}C by CA (O_2 2.5 kPa and CO_2 2 kPa)		firmness (N)	64.5-71.2	56.5-60.5	
			TA (malic acid) (mg)	503-548	447-603	
	T 0 ^{o}C by CA (O_2 2.5 kPa and CO_2 2.5 kPa)		firmness (N)	78.7	76.5	
			TA (malic acid) (mg)	776	732	

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาที่ควบคุมสภาพบรรยากาศ NA คือ การเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ

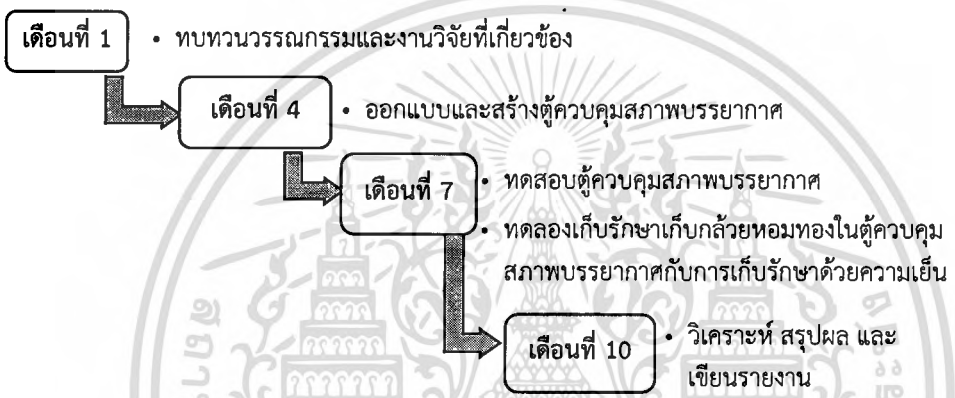
ตารางที่ 2.1 (ต่อ) งานวิจัยที่ศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมสภาพบรรยากาศกับผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลิตผลเกษตร	สภาวะที่เก็บรักษา	ระยะเวลา	สมบัติที่วัด	ผลการทดลอง		ผู้เขียน (ปีที่เขียน)
				ก่อน	หลัง	
แอปเปิ้ล พันธุ์ Gala	T 0 ^{o}C RH 90% by CA (O_2 1.5% and CO_2 2.5%)	120 วัน	firmness (N)	61-78	53-69	Tessmer et.al., 2016
			TA (%)	0.27-0.46	0.21-0.38	
			colour index	35-44	31-36	
	T 0 ^{o}C RH 90% by NA		firmness (N)	61-78	54-61	
			TA (%)	0.27-0.46	0.15-0.29	
			colour index	35-44	22-39	
แอปเปิ้ล พันธุ์ Galaxy	T 0 ^{o}C RH 90% by CA (O_2 1.5% and CO_2 2.5%)		firmness (N)	67-83	56-70	
			TA (%)	0.44-0.50	0.37-0.40	
			colour index	50-63	60-68	
	T 0 ^{o}C RH 90% by NA		firmness (N)	67-83	53-60	
			TA (%)	0.44-0.50	0.28-0.31	
			colour index	50-63	63-70	
กล้วย	T 20 ^{o}C by CA (O_2 21% and CO_2 30%)	6 วัน	h^{o}	118	110	Mu-bo et.al., 2015
	T 20 ^{o}C by CA (O_2 21% and CO_2 20%)			118	105	
	T 20 ^{o}C by CA (O_2 21% and CO_2 10%)			118	96	
	T 20 ^{o}C by NA			118	93	
Plantain	T 20 ^{o}C by CA (O_2 21% and CO_2 30%)			118	101	
	T 20 ^{o}C by CA (O_2 21% and CO_2 20%)			118	92	
	T 20 ^{o}C by CA (O_2 21% and CO_2 10%)			118	91	
	T 20 ^{o}C by NA			118	90	

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาที่ควบคุมสภาพบรรยากาศ NA คือ การเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติ

บทที่ 3
ออกแบบ สร้าง และขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย เริ่มต้นจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนการออกแบบและสร้างตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ แล้วทดสอบตู้โดยการสอบเทียบเซนเซอร์และการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้ แล้วจึงนำกล้วยหอมทองเก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศกับการเก็บรักษาด้วยความเย็น แล้วทำการวัดสมบัติต่างๆ ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราห์ผลทางสถิติเพื่อสรุปผลและเขียนรายงาน



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

3.1 ออกแบบและสร้าง

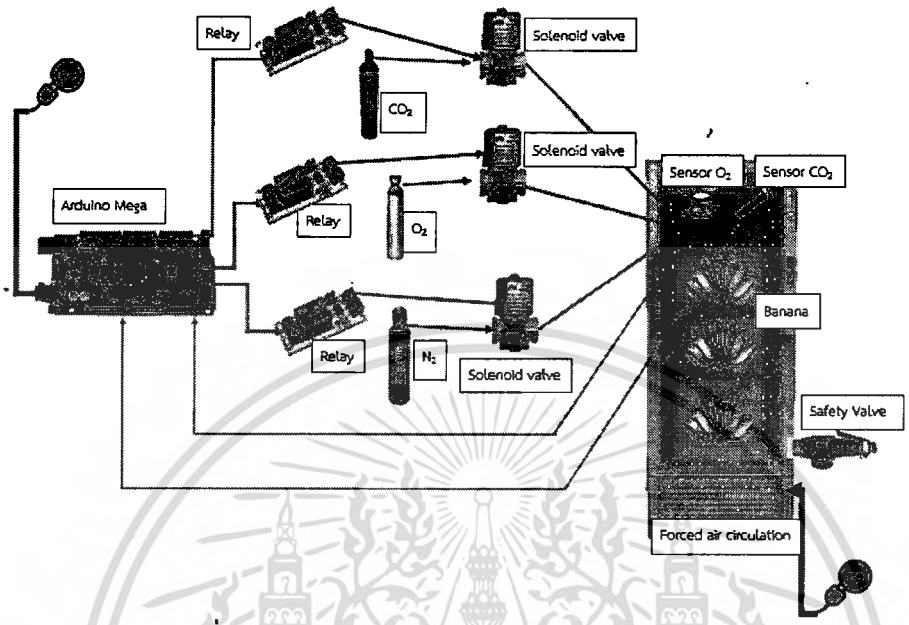
3.1.1 การออกแบบตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

ระบบควบคุมประกอบไปด้วย 5 ส่วน คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ รีเลย์ โซลินอยด์วาล์ว เซนเซอร์ และวาล์วควบคุมความปลอดภัย วงจรการทำงานของตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ ดังแผนภาพในภาพที่ 3.2 และมีรายละเอียดการทำงานดังต่อไปนี้

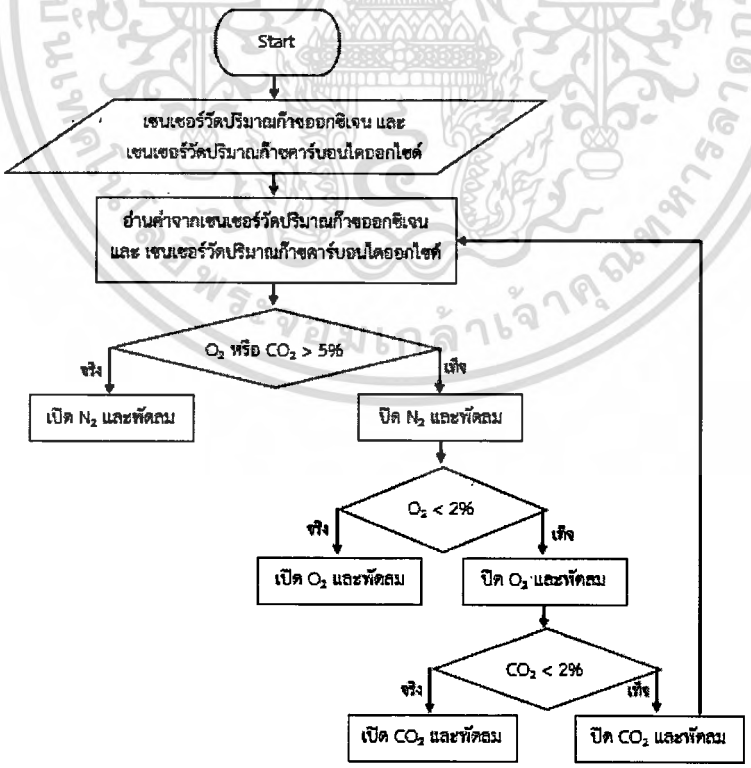
เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน (Grive, ME2-O2-Φ20, Chine) และคาร์บอนไดออกไซด์(Winson, MH-Z16, Chine) อ่านค่าปริมาณก๊าซในตู้และส่งสัญญาณมายังไมโครคอนโทรลเลอร์(Arduino, Mega, Italy) ทำหน้าที่ประมวลผลและสั่งการจ่ายก๊าซตามปริมาณที่ต้องการไปยังโซลินอยด์วาล์ว (Yong Chuang, YCWS1, Chine) เพื่อให้ก๊าซไหลผ่านจากถังเข้าสู่ตู้ ตามที่ตั้งค่าไว้ โดยปริมาณก๊าซออกซิเจน 2-5% ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2-5% ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ดังแสดงในภาพที่ 3.3 และเพื่อป้องกันความดันภายในตู้สูงจนอาจเกิดอันตรายจึงมีการติดตั้งวาล์วควบคุมความปลอดภัย (SS, S10L, Taiwan) ทำหน้าที่ระบายก๊าซในตู้ออก โดยระบบข้างต้นถูกติดตั้งเข้ากับตู้เย็นแบบ Forced air

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

circulation โดยตั้งค่าสภาวะที่อุณหภูมิเท่ากับ 13-16 °C ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 70-90% ดังแผนภาพใน ภาพที่ 3.4 แสดงตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศสำหรับเก็บรักษากล้วยหอมทอง

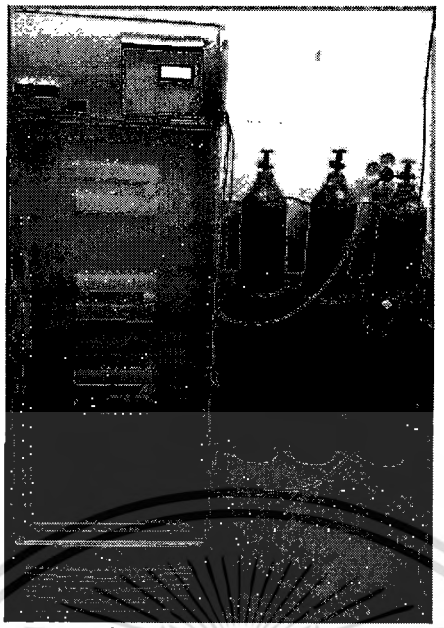


ภาพที่ 3.2 หลักการทำงานของตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ



ภาพที่ 3.3 แผนผังการทำงานของโปรแกรมในชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

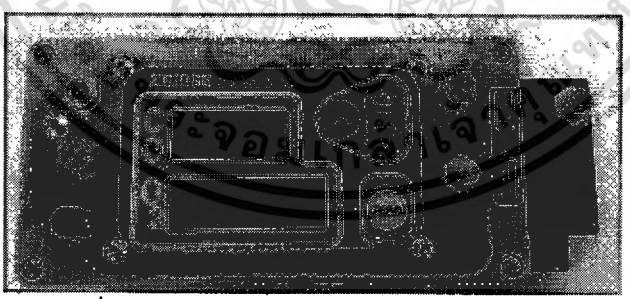
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศสำหรับเก็บรักษากล้วยหอมทอง

3.1.2 การสอบเทียบเซนเซอร์

การสอบเทียบเซนเซอร์ใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (headspace gas analyzer (Bridge, 900141, USA)) เป็นเครื่องมือมาตรฐานในการสอบเทียบ ดังแสดงในภาพที่ 3.5 ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกป้อนเข้าสู่ตู้ตั้งแต่ 1 ถึง 6% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกป้อนเข้าสู่ตู้ตั้งแต่ 2.5 ถึง 6% โดยวัดปริมาณก๊าซทั้งสองชนิดที่ทุกๆ 0.25% แล้วบันทึกปริมาณก๊าซที่เครื่องวัดกับเซนเซอร์อ่านได้ นำค่าที่ได้มาสร้างสมการสอบเทียบเซนเซอร์



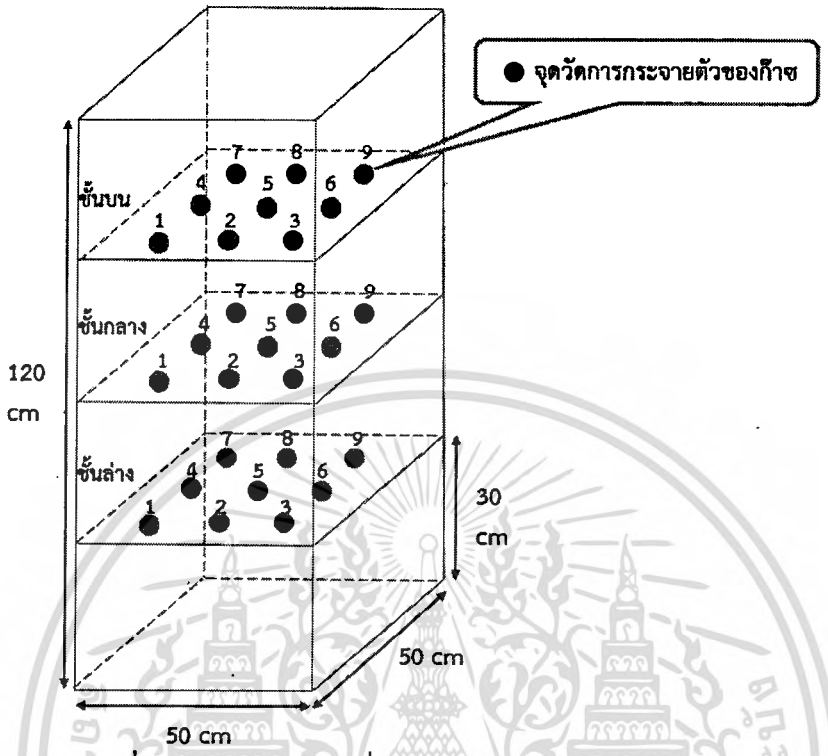
ภาพที่ 3.5 เครื่องวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.1.3 การทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้

การทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้โดยกำหนดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 3.5% ใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (headspace gas analyzer (Bridge, 900141, USA)) วัดปริมาณก๊าซภายในตู้ทั้งหมด 27 ตำแหน่ง แบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละ 9 ตำแหน่ง โดยแต่ละจุดวัดจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่วัดได้จากทั้ง 27 จุดมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 แสดงตำแหน่งที่วัดการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้

3.1.4 การคำนวณต้นทุนชุดควบคุมสภาพบรรยากาศ

ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำที่ได้พัฒนามานี้ อุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดคือ ชุดควบคุมสภาพบรรยากาศ อุปกรณ์ชุดนี้สามารถนำไปติดตั้งและประยุกต์ใช้กับตู้เย็นแบบ Forced air circulation ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ ดังนั้นจึงขอรายงานต้นทุนในการพัฒนาชุดควบคุมสภาพบรรยากาศ โดยต้นทุนทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ต้นทุนชุดควบคุมสภาพบรรยากาศ

รายการ	ราคา (บาท)
เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน	3,000
เซนเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	3,000
ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	2,000
โซลินอยด์วาล์ว	500
ท่อก๊าซ สายไฟ	500
หัวจ่ายก๊าซออกซิเจน, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจน	2,000
อื่นๆ	2,000
รวมเป็นจำนวนเงิน	13,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเปรียบเทียบการเก็บรักษากล้วยหอมทองด้วยการควบคุมสภาพบรรยากาศกับการเก็บรักษาด้วยความเย็นที่ระยะเวลาต่างๆ

3.2.1 การเตรียมตัวอย่างและสภาวะในการเก็บรักษา

กล้วยหอมทองดิบมาจากสวนในเขตบางมด จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยอายุการเก็บเกี่ยว 60-70 วันหลังตัดปลีเป็นจำนวน 4 เครือ ดังแสดงในภาพที่ 3.7 กล้วยจะถูกนำมาตัดแบ่งเป็นหวี ดังแสดงในภาพที่ 3.8 กล้วยหอมทองที่ตัดเป็นหวีจะถูกนำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 30 นาทีดังแสดงในภาพที่ 3.9 (ธนกร นาราพานิช และรวิภัทร ลาภเจริญสุข. 2560) โดยควบคุมอุณหภูมิน้ำด้วยเครื่อง Water Bath (Polyscience, PN 9502A12E, USA) ดังแสดงในภาพที่ 3.10 แล้วนำมาตัดออกเป็นลูก ตัวอย่างกล้วยจำนวน 10 ผลถูกนำมาตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ เคมี และเชิงกลเพื่อเป็นข้อมูลก่อนการเก็บรักษา (0 วัน) จากนั้นตัวอย่างกล้วยหอมทองจำนวน 130 ผล ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มเพื่อเก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่ถูกพัฒนาขึ้น จำนวน 70 ตัวอย่าง (ตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่างถูกใช้ในการทดสอบประสาทสัมผัส) และเก็บรักษาด้วยความเย็นจำนวน 60 ผล

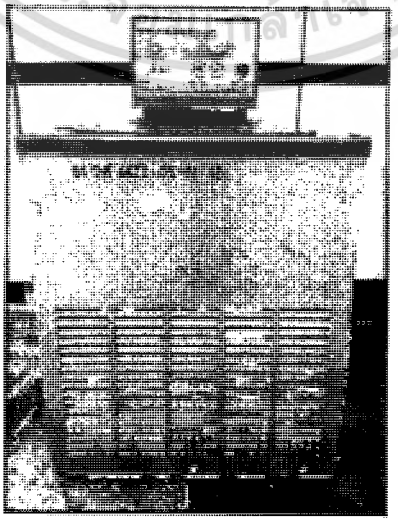
การเก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่ถูกพัฒนาขึ้นสภาวะในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12-16 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 70-90% ควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ 2-5% และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 2-5% ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษากล้วยหอมทอง (จริงแท้ ศิริพานิช. 2549) โดยมีพัดลมหมุนเวียนอากาศในตู้ (Forced air circulation) สำหรับการเก็บรักษาด้วยความเย็นตัวอย่างถูกเก็บรักษาในตู้เย็นมีพัดลมหมุนเวียนอากาศในตู้ (Sanden Intercool, PPU-0353D11A, Thailand) ที่อุณหภูมิ 12-16 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 70-90% โดยไม่ควบคุมสภาพบรรยากาศ (โดยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 0.04% และออกซิเจนประมาณ 21% จากค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด (Bridge, 900141, USA)) ดังแสดงในภาพที่ 3.11 โดยในการทดลองจะนำกล้วยหอมทองออกมาวัดค่าต่างๆ ทุก 7 วัน ทั้งหมด 6 ครั้ง ที่ 7, 14, 21, 28, 35 และ 42 วันหลังการเก็บรักษา

ภาพที่ 3.7 กล้วยหอมทองดิบที่มาจากสวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

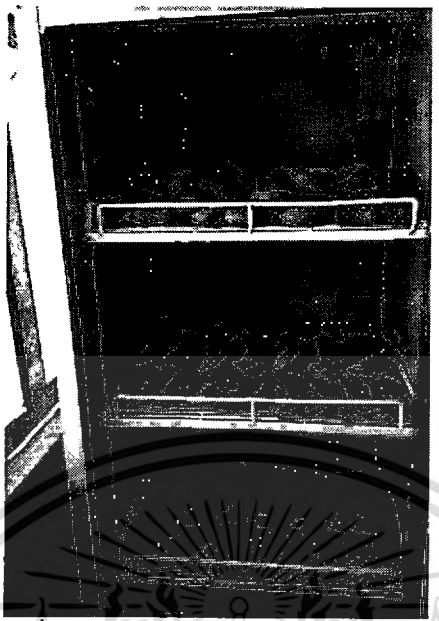
ภาพที่ 3.8 กล้วยหอมทองดิบที่ถูกตัดออกเป็นหวี

ภาพที่ 3.9 การแช่กล้วยหอมทองในน้ำ



ภาพที่ 3.10 เครื่อง Water Bath (Polyscience, PN 9502A12E, USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.11 การจัดเรียงกล้วยหอมทองเข้าตู้

3.2.2 การวัดสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และเคมี

3.2.2.1 น้ำหนัก

การหาน้ำหนักของกล้วยหอมทองใช้เครื่องชั่งอิเล็กโทรนิกส์ (Mettler-Toledo, ARC120, USA, พิกัด 3100 g, ความละเอียด 0.01 g) ดังแสดงในภาพที่ 3.12

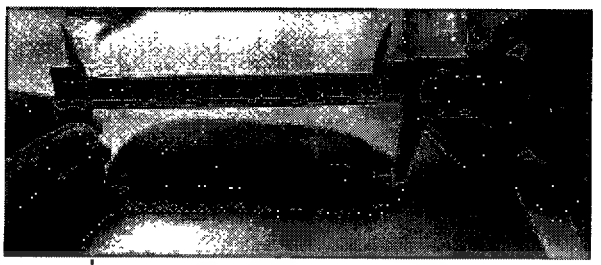
ภาพที่ 3.12 การชั่งน้ำหนักกล้วยหอมทอง

3.2.2.2 ขนาด

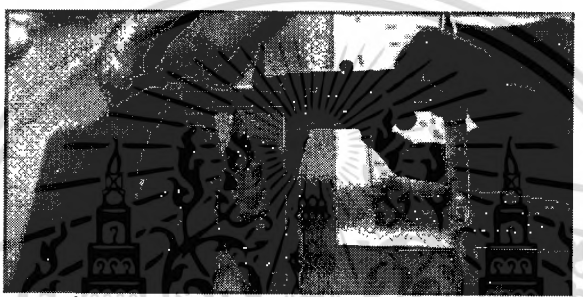
ขนาดของกล้วยหอมทอง รายงานเป็นความยาว (วัดจากขั้วผลไปยังก้นผล) ดังแสดงในภาพที่ 3.13 และ ความกว้าง (วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง) โดยตำแหน่งในการวัด คือ 3 ตำแหน่งหัว, กลาง และท้ายผลกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หอมทองดังแสดงในภาพที่ 3.14 โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ดิจิตอล (Mitutoyo, ABS digimatic caliper, No. 938882, Japan) แล้วหาค่าเฉลี่ย



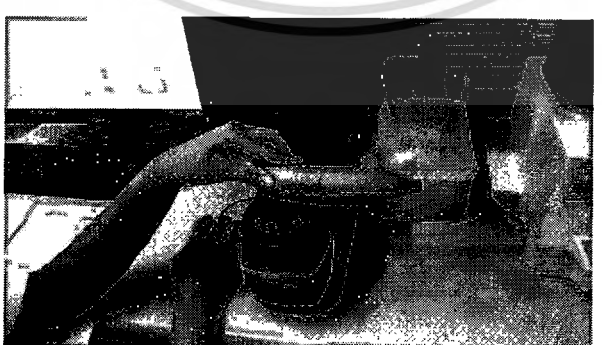
ภาพที่ 3.13 การวัดขนาดความยาวกล้วยหอมทอง



ภาพที่ 3.14 การวัดขนาดความกว้างกล้วยหอมทอง

3.2.2.3 สี

การวัดสีใช้เครื่อง Color Spectrophotometer (Miniscan EZ, 4500L, USA) บันทึกค่าสีโดยใช้มาตรฐานระบบ CIE Lab แหล่งกำเนิดแสง D65 มุม 10° (L* บอกความสว่างของสี, a* บอกความเป็นสีเขียวเมื่อค่าเป็นลบกับสีแดงเมื่อค่าเป็นบวก, b* บอกความเป็นสีน้ำเงินเมื่อค่าเป็นลบกับสีเหลืองเป็นบวก) ตำแหน่งในการวัด คือ 3 ตำแหน่งหัว, กลาง และท้ายผลกล้วยหอมทอง ในแต่ละตำแหน่งสแกน 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ยแล้วนำค่าทั้ง 3 ตำแหน่งมาหาค่าเฉลี่ยเป็นของทั้งผลดังแสดงในภาพที่ 3.15



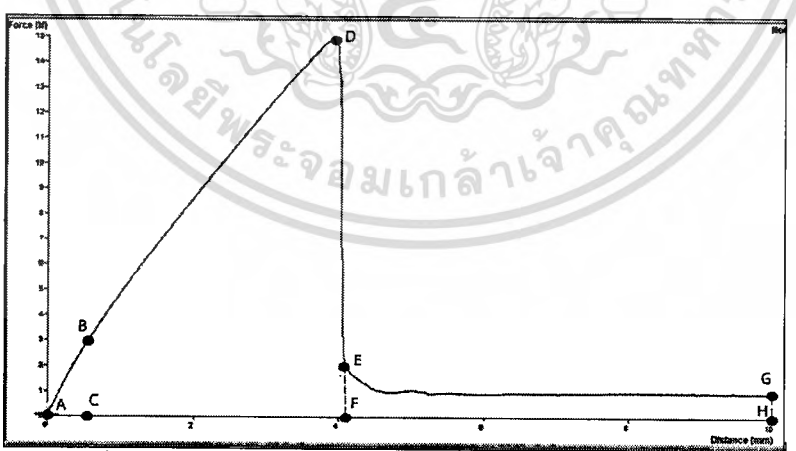
ภาพที่ 3.15 การวัดค่าสีกล้วยหอมทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.4 สมบัติเชิงกล

การวัดสมบัติเชิงกลใช้เครื่อง texture analyzer (stable micro system model TA.HD. Plus, London, UK) ทดสอบโดยวิธี Puncture test หัวกดทรงกระบอกหน้าตัดตรงขนาด 2 mm โดยตำแหน่งในการวัด คือ 3 ตำแหน่งหัว, กลาง และท้ายผลกล้วยหอมทองและหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงในภาพที่ 3.16 ค่าที่ได้มา ได้แก่ ความแน่นเนื้อเริ่มต้นของเปลือก (Initial Firmness), ความแน่นเนื้อเฉลี่ยของเปลือก (Average Firmness), แรงในการแทงทะลุของเปลือก (Rupture Force), ระยะทางในการแทงทะลุของเปลือก (Rupture Distance), ความเหนียวของเปลือก (Toughness), แรงกดเฉลี่ยที่เนื้อ (Average Penetrating Force) และพลังงานในการแทงทะลุเนื้อ (Penetrating Energy) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและระยะทางในการกดแสดงในภาพที่ 3.17

ภาพที่ 3.16 การวัดสมบัติเชิงกล โดยใช้เครื่อง texture analyzer



ภาพที่ 3.17 กราฟที่ได้จากการวัดสมบัติเชิงกลของกล้วยหอมทอง

จากภาพที่ 3.17 สามารถนำมาหาค่าต่างๆของสมบัติเชิงกล ได้ดังนี้

ความแน่นเนื้อเริ่มต้นที่เปลือก (Initial Firmness) = อัตราส่วนระหว่างระยะBC/ระยะAC (N/mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

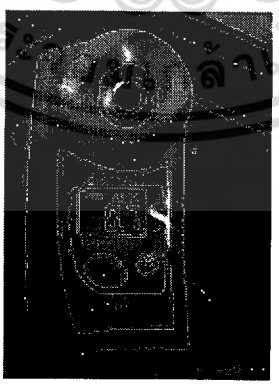
ความแน่นเนื้อเฉลี่ยที่เปลือก (Average Firmness) = อัตราส่วนระหว่างระยะDF/ระยะAF (N/mm)

แรงในการแทงทะลุของเปลือก (Rupture Force)	= จุด D	(N)
ระยะทางในการแทงทะลุของเปลือก (Rupture Distance)	= ระยะ AF	(mm)
ความเหนียวของเปลือก (Toughness)	= พื้นที่ ADF	(N mm)
แรงกดเฉลี่ยที่เนื้อ (Average Penetrating Force)	= ค่าเฉลี่ยของแรงในช่วง E ถึง G	(N)
พลังงานในการแทงทะลุเนื้อ (Penetrating Energy)	= พื้นที่ EFGH	(N mm)

3.2.2.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้

การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (%Brix) ได้โดยนำเนื้อกล้วยหอมทองทั้งลูก เติมน้ำกลั่น 3 เท่าของน้ำหนักเนื้อกล้วยหอมทอง มาปั่นให้ละเอียดดังแสดงในภาพที่ 3.18 กรองเฉพาะส่วนของน้ำมาหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วย เครื่อง Refractometer (Atago, PAL-1, Japan) ดังแสดงในภาพที่ 3.19 ซึ่งค่าที่อ่านได้จากเครื่องต้องนำมาคูณกลับด้วยค่าแฟคเตอร์การละลายทำ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

ภาพที่ 3.18 การปั่นตัวอย่างกับน้ำกลั่น



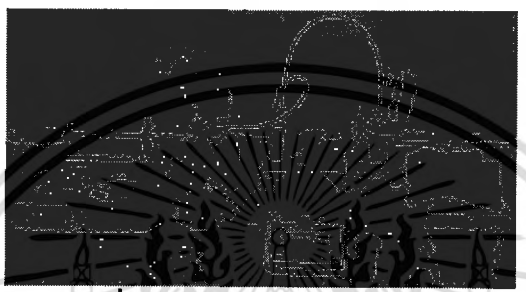
ภาพที่ 3.19 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.6 ปริมาณกรดมาลิก

การหาปริมาณกรดมาลิก (%Malic) โดยนำน้ำกล้วยที่เหลือจากการหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้มาใช้หาปริมาณกรด โดยน้ำกล้วยจะถูกนำมาไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1 N ด้วย Auto Titrator (Mettler Toledo, Titrator T50, Switzerland) ดังแสดงในภาพที่ 3.20 ซึ่งได้จากสมการที่ 3.1 ทำ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย ค่าที่ได้ต้องนำมาคูณกลับด้วยค่าแฟคเตอร์การละลาย

$$\text{ปริมาณกรดมาลิก} = \frac{\text{N.base*ml. base *meq.wt. ของกรดมาลิก*100}}{\text{ml.ของตัวอย่างของเหลว}} \qquad (3.1)$$



ภาพที่ 3.20 การวัดปริมาณกรดมาลิก

3.2.2.7 สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิก

การหาค่าสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิก (%Brix/%Malic) ได้จากสมการที่ 3.2

$$\text{สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิก} = \frac{\text{ปริมาณของแข็งที่ละลายได้}}{\text{ปริมาณกรดมาลิก}} \qquad (3.2)$$

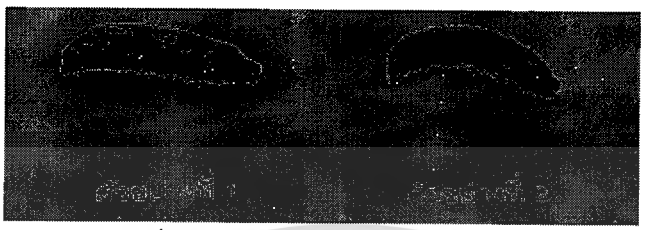
3.2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อเป็นการพิสูจน์ว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ จะเกิดกระบวนการสุกแบบปกติ โดยสมมติฐานเบื้องต้นคือสมบัติทางประสัมผัสจะไม่แตกต่างกับกล้วยหอมทองที่วางขายอยู่ในร้านสะดวกซื้อ

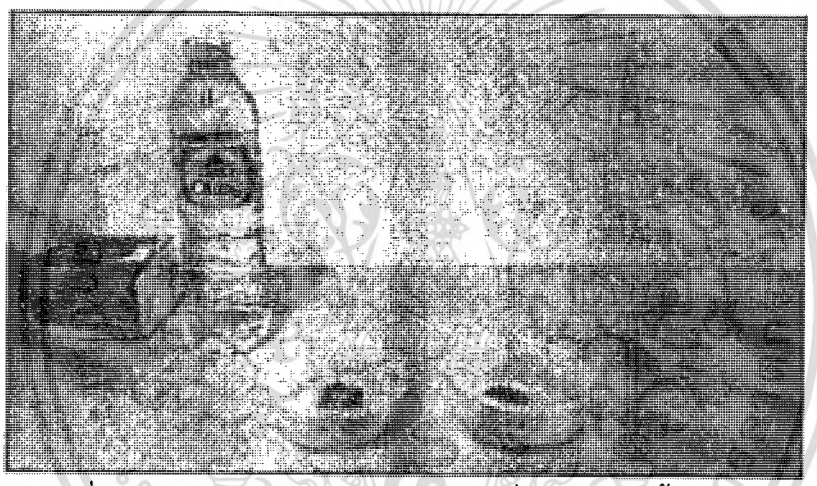
การทดสอบทางประสามสัมผัสในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบความชอบหรือการยอมรับ (Affective test or acceptance test) เพื่อประเมินความรู้สึกของผู้ทดสอบที่มีต่อกล้วยหอมทองในแง่ความชอบหรือการยอมรับ ผู้ทดสอบในวิธีนี้เป็นผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝนนั้นคือผู้บริโภคนั้นเอง (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2536) การทดสอบทางประสาทสัมผัสจะใช้ตัวอย่างกล้วยหอมทองที่ถูกเก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศเป็นเวลา 42 วัน จำนวน 10 ตัวอย่าง แล้วนำมาเก็บไว้ในห้องที่ถูกควบคุมอุณหภูมิ 25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% เป็นเวลา 7 วันเพื่อรอให้สุก การทดลองจะนำตัวอย่างกล้วยมาเปรียบเทียบกับกล้วยหอมทองที่วางขายอยู่ในร้านสะดวกซื้อเพื่อเปรียบเทียบความชอบของผู้บริโภค โดยทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะปรากฏของผล ดังแสดงในภาพที่ 3.21 กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังแสดงในภาพที่ 3.22 ที่ระดับคะแนนความชอบ 9 ระดับกับผู้บริโภคทั้งเพศชายและหญิงจำนวน 30 คน ดังแสดงในภาพที่ 3.23 ตัวอย่างแบบสอบถามได้แสดงในภาคผนวก ข และกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยความเย็นไม่ถูกนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส เพราะว่ากล้วยหอมทองเกิดการเน่าเสีย



ภาพที่ 3.21 กล้วยหอมทองที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏของผล)



ภาพที่ 3.22 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส (กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม)

ภาพที่ 3.23 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวิเคราะห์

วางแผนการทดลองแบบ Factorial analysis in CRD โดยมีปัจจัยในการทดลอง 2 ปัจจัย ได้แก่ สภาวะในการเก็บรักษาและระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งสภาะวะในการเก็บรักษามีทั้งสิ้น 2 สภาวะ คือ 1) เก็บรักษาด้วยควบคุมสภาพบรรยากาศ 2) เก็บรักษาด้วยความเย็น สำหรับระยะเวลาในการเก็บรักษา กำหนด 7 ระยะเวลาได้แก่ 0, 7, 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน รวมทั้งสิ้น 14 กลุ่มการทดลอง โดยแต่ละกลุ่มการทดลองทำการทดลองทั้งหมด 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ผล ค่าเฉลี่ยถูกเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (2 way ANOVA) ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สำหรับสมบัติทางประสาทสัมผัส จะใช้การทดสอบสมมุติฐานของกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent-samples t-test) ระหว่างกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ เป็นเวลา 42 วัน แล้วถูกนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน กับกล้วยหอมทองที่วางขายอยู่ในร้านสะดวกซื้อ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การสอบเทียบเซนเซอร์

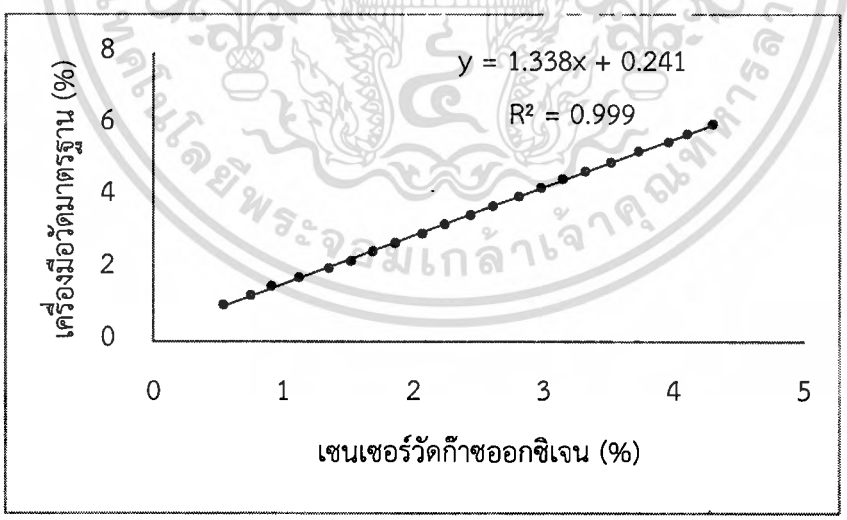
ในเบื้องต้นเพื่อให้การอ่านค่าปริมาณก๊าซของเซนต์เซอร์มีความถูกต้องและแม่นยำจะเป็นต้องปรับเทียบเซนเซอร์ทั้ง 2 โดยเครื่องมือวัดมาตรฐาน ซึ่งสมการที่ได้จากการสอบเทียบนี้จะถูกป้อนกลับไปยังโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบจ่ายก๊าซทั้งออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ โดยผลของการการสร้างสมการสำหรับการสอบเทียบแสดงดังข้อมูลด้านล่างนี้

4.1.1 เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน

สำหรับเซนเซอร์วัดออกซิเจน สมการสอบเทียบแสดงในสมการที่ 4.1 ซึ่งให้ผลค่า $R^2 = 0.999$ กราฟการกระจายตัวของข้อมูลแสดงในภาพที่ 4.1

$$Y = 1.3376X + 0.2409 \quad (4.1)$$

โดยที่ X คือค่าที่เซนเซอร์วัดได้ Y คือค่าจากเครื่องมือวัดมาตรฐาน



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจนอ่านได้กับค่าที่เครื่องมือวัดมาตรฐานอ่านได้

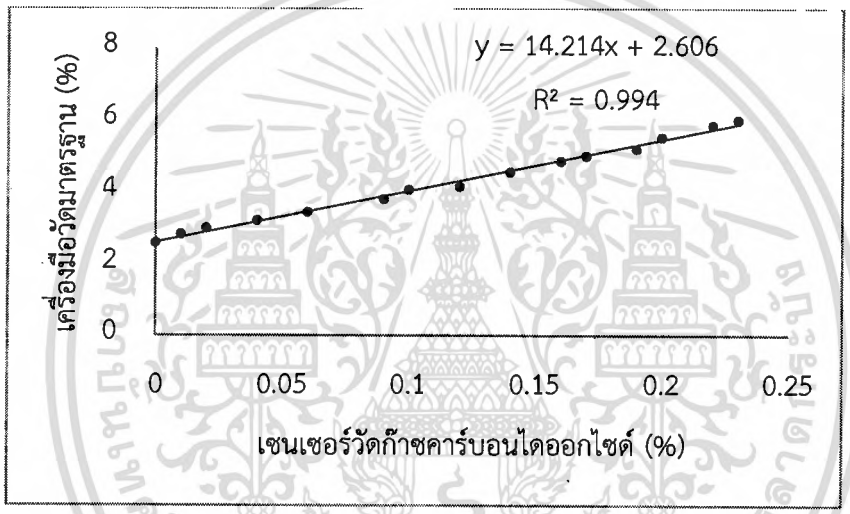
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 เซนเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เพื่อปรับตั้งความถูกต้องในการอ่านค่าของเซนเซอร์ จำเป็นต้องสอบเทียบเซนเซอร์กับเครื่องมือวัดมาตรฐาน สำหรับเซนเซอร์วัดคาร์บอนไดออกไซด์ สมการสอบเทียบแสดงในสมการที่ 4.2 ซึ่งให้ผลค่า R^2 = 0.994 กราฟการกระจายตัวของข้อมูลแสดงในภาพที่ 4.2

$$Y = 14.214X + 2.6064 \quad (4.2)$$

โดยที่ X คือค่าที่เซนเซอร์วัดได้ Y คือค่าจากเครื่องมือวัดมาตรฐาน



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่เซนเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อ่านได้กับค่าที่เครื่องมือวัดมาตรฐานอ่านได้

4.2 ผลการทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้

จากการกำหนดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในตู้ไว้ที่ 3.5% และทำการวัดปริมาณก๊าซทั้ง 27 จุดโดยรอบภายในตู้ ผลการทดสอบค่าแต่ละจุดแสดงในภาคผนวก ก โดยผลที่ได้สำหรับก๊าซออกซิเจนมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.535±0.051 % และสำหรับคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.54±0.06 % แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของก๊าซในตู้มีความสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้

ก๊าซ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ออกซิเจน	3.535%	0.051%
คาร์บอนไดออกไซด์	3.54%	0.06%

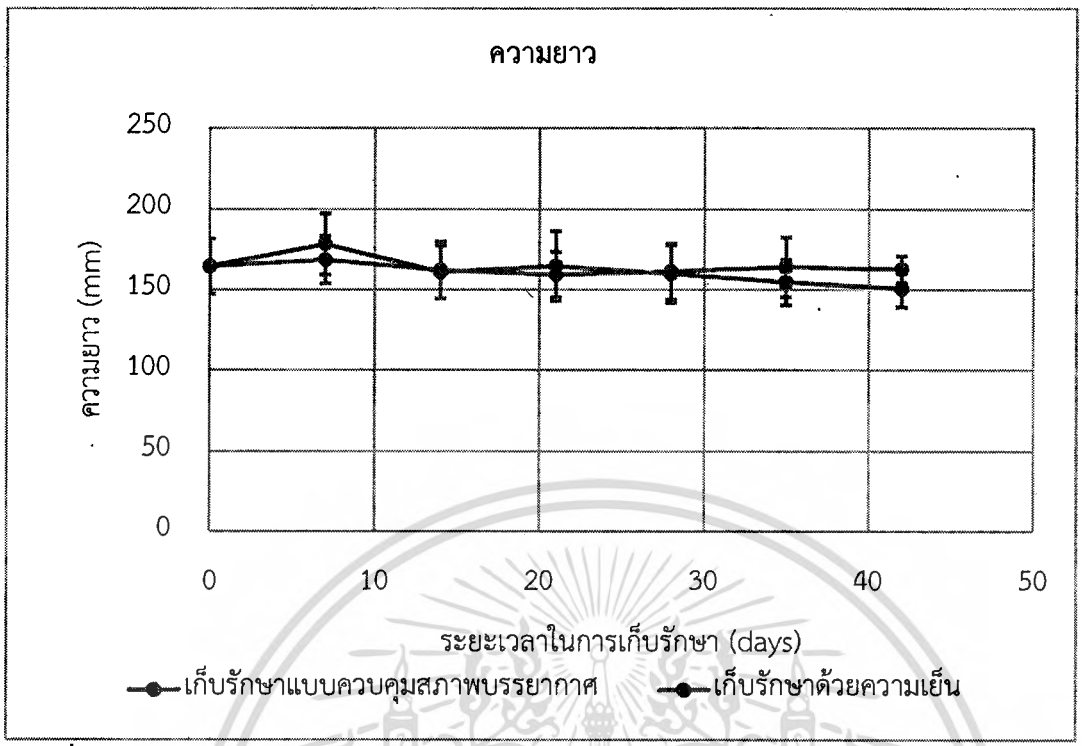
4.3 การทดลองเปรียบเทียบกล้วยหอมทองที่ถูกเก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพ บรรยากาศกับการเก็บรักษาด้วยความเย็น

4.3.1 สมบัติทางกายภาพ

ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) สำหรับสมบัติทางกายภาพพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัย (สภาวะและเวลาในการเก็บรักษา) และสภาวะในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก, ความยาว และความกว้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.2 สามารถกล่าวได้ว่าน้ำหนักและขนาด (ความยาวและความกว้าง) ของกล้วยที่เก็บรักษาทั้ง 2 สภาวะไม่ได้มีความแตกต่าง ระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความยาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ในขณะที่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและความกว้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยน้ำหนักและความกว้างมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.4-4.5 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลกล้วยมีช่องเปิดต่างๆ ที่ยอมให้น้ำและอากาศผ่านเข้าออกได้ จึงเกิดการสูญเสียน้ำอยู่ตลอดเวลาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (จริงแท้ ศิริพานิช และ ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์. 2543) ทำให้น้ำหนักและความกว้างลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

สำหรับค่า L*, a* และ b* พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 4.4 ค่า L* ของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่ทั้ง 2 สภาวะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วง 0 ถึง 21 วันหลังการเก็บรักษา แต่หลังจากวันที่ 21 พบว่าสภาวะในการเก็บรักษากล้วยมีผลต่อค่า L* อย่างมีนัยสำคัญ โดยค่า L* ของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่างจาก L* ของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยความเย็นที่มีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 4.6 สิ่งนี้บ่งบอกได้ว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยความเย็นมีสีที่สว่างขึ้น (L* เพิ่มขึ้น) แต่กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศไม่มีการเปลี่ยนแปลงความสว่างของสีผลหลังจากวันที่ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความยาวของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

ค่า a* ของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่ทั้ง 2 สภาวะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วง 0 ถึง 21 วันหลังการเก็บรักษา แต่หลังจากวันที่ 21 พบว่าสภาวะในการเก็บรักษากล้วยมีผลต่อค่า a* อย่างมีนัยสำคัญ โดยค่า a* ของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศมีการเพิ่มขึ้นอย่างเล็กน้อย ต่างจาก a* ของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยความเย็นที่มีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 4.7 แสดงว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยความเย็นเป็นสีแดงขึ้น (a* ค่าติดบวก) แต่กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศยังสามารถคงสีเขียวไว้ได้ (a* ค่าติดลบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงสมบัติทางกายภาพของกล้วยหอมทอง (น้ำหนัก, ความยาว และความกว้าง) ตามสภาวะในการเก็บรักษาต่างๆ

สมบัติทางกายภาพ	สภาวะในการเก็บรักษา	
	CA	NA
น้ำหนัก (g)	149.67±28.20^{ns}	152.15±20.80^{ns}
ความยาว (mm)	161.66±18.32^{ns}	162.89±15.44^{ns}
ความกว้าง (mm)	36.41±2.56^{ns}	36.93±2.28^{ns}

หมายเหตุ ns ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

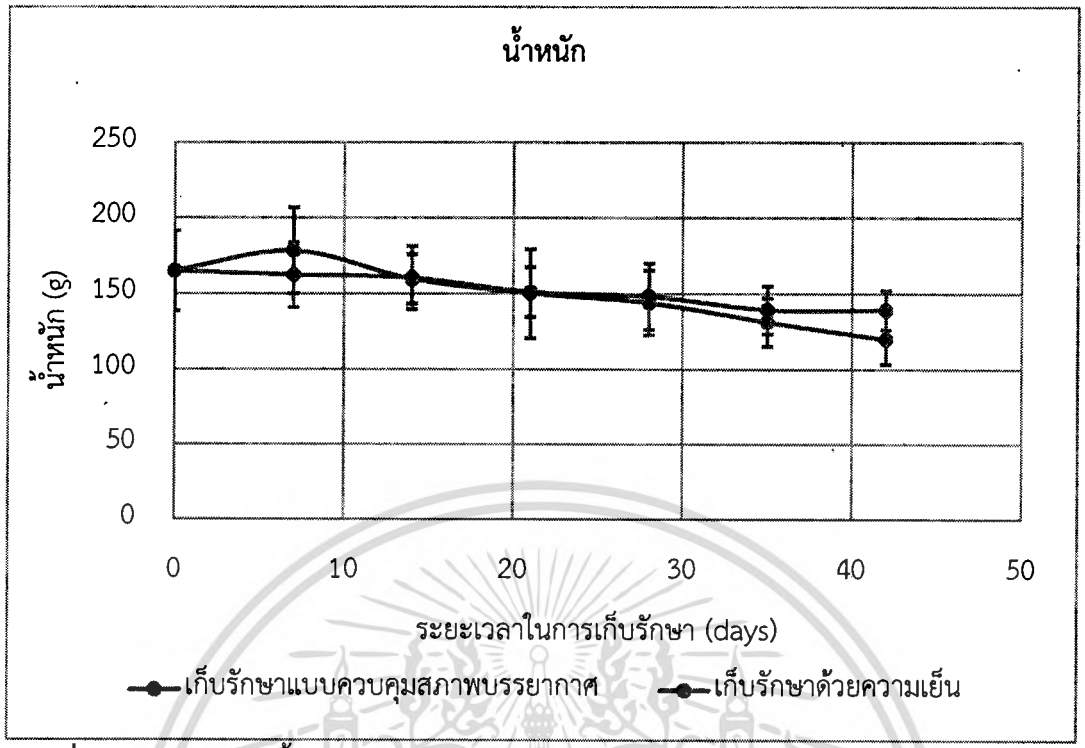
CA คือสภาวะควบคุมสภาพบรรยากาศ, NA คือสภาวะเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ 4.3 แสดงสมบัติทางกายภาพของกล้วยหอมทอง (น้ำหนัก, ความยาว และความกว้าง) หลังจากการเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่างๆ

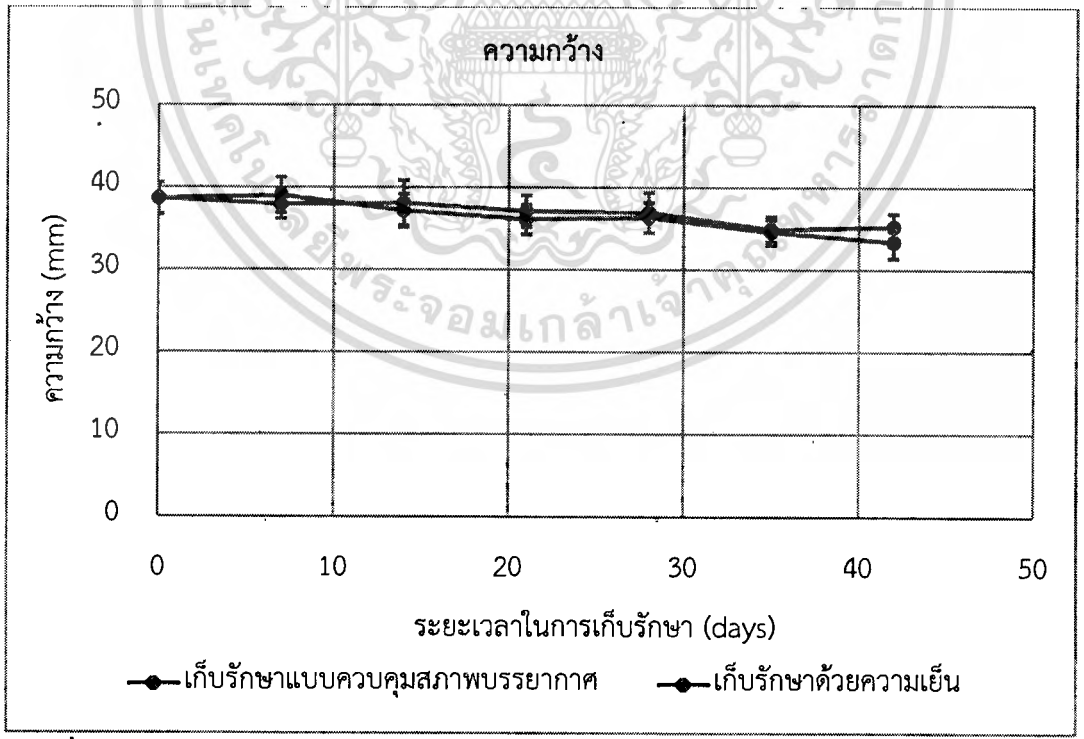
สมบัติทางกายภาพ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (days)						
	เริ่มต้น	7	14	21	28	35	42
น้ำหนัก (g)	164.81±22.14^{a}	170.27±25.82^{a}	159.90±18.25^{ab}	150.44±23.13^{bc}	146.07±20.96^{cd}	135.25±15.94^{de}	129.62±17.56^{e}
ความยาว (mm)	162.65±17.76^{ns}	173.29±17.19^{ns}	161.45±16.62^{ns}	161.91±17.90^{ns}	160.60±17.17^{ns}	159.28±16.7^{ns}	156.74±11.52^{ns}
ความกว้าง (mm)	38.54±1.06^{a}	38.45±2.02^{a}	37.58±2.39^{ab}	36.56±1.89^{b}	36.59±2.13^{b}	34.7±1.47^{c}	34.26±1.92^{c}

หมายเหตุ a,b,c,d,e ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

ns ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

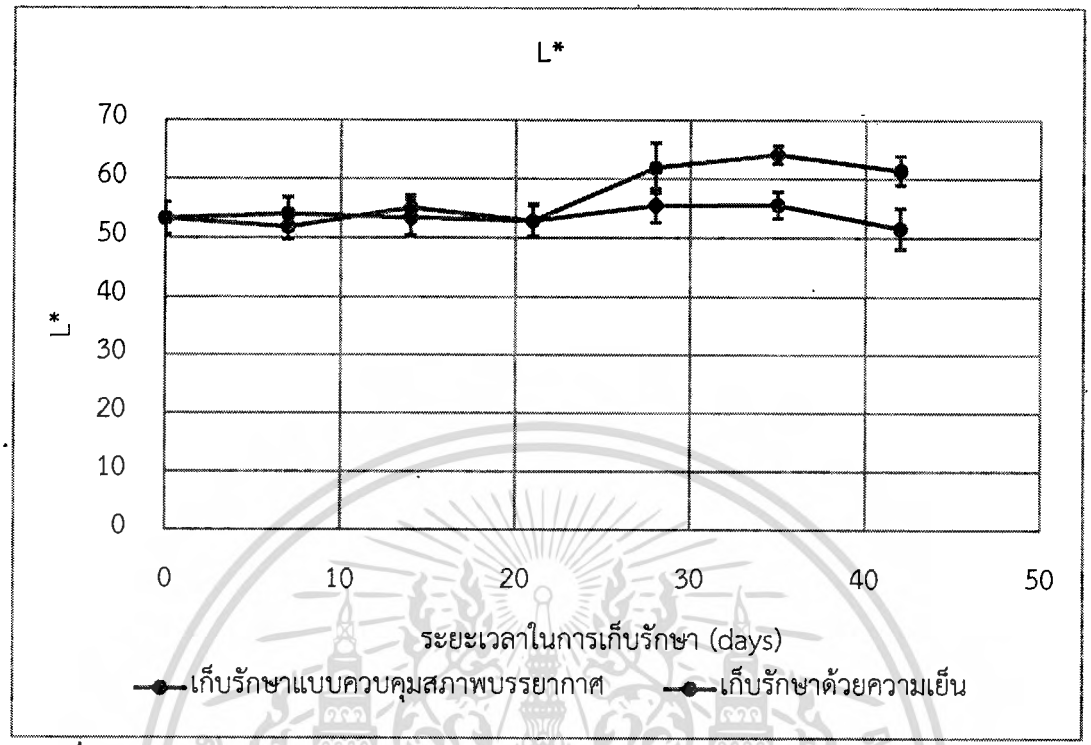


ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงน้ำหนักของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความกว้างของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงค่า L* ของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

ค่า b* ของกล้วยหอมทองมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับค่า L* แสดงให้เห็นว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยความเย็นเป็นสีเหลืองขึ้น (b* เพิ่มขึ้น) แต่กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีเหลืองของผล ดังแสดงในภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยหอมทองอาจเนื่องมาจากการสูญเสียสีเขียวหรือคลอโรฟิลล์ในกระบวนการสุก (จริงแท้ ศิริพานิช และ ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์. 2543) โดยกล้วยหอมทองที่สุกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ทำให้ค่า L* เพิ่มขึ้น, ค่า a* เพิ่มขึ้น และ b* เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงสมบัติทางกายภาพของกล้วยหอมทอง (L*, a* และ b*) หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

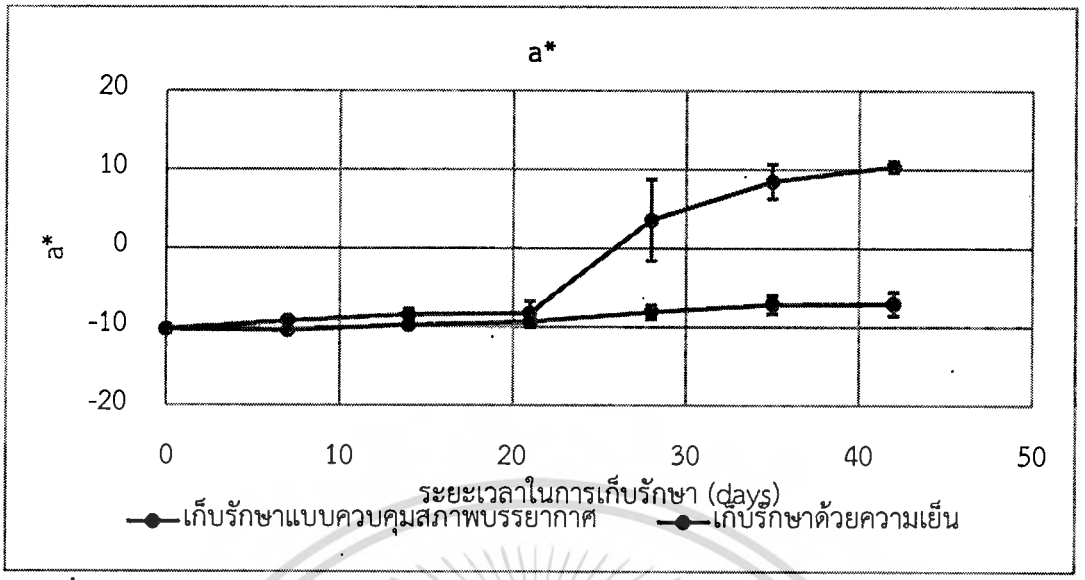
สมบัติทางกายภาพ	สภาวะในการเก็บรักษา	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (days)						
		เริ่มต้น	7	14	21	28	35	42
L*	CA	$54.08\pm2.20^{AB,ns}$	$54.06\pm2.77^{AB,ns}$	$53.41\pm3.04^{ABC,ns}$	$52.88\pm2.6^{BC,ns}$	$55.52\pm2.87^{A,b}$	$55.58\pm2.24^{A,b}$	$51.59\pm3.48^{C,b}$
	NA	$54.08\pm2.20^{CD,ns}$	$51.84\pm2.15^{D,ns}$	$55.04\pm2.11^{C,ns}$	$52.88\pm2.78^{CD,ns}$	$61.9\pm4.24^{AB,a}$	$64.12\pm1.48^{A,a}$	$61.44\pm2.45^{B,a}$
a*	CA	$-10.20\pm0.34^{D,ns}$	$-10.46\pm0.28^{D,b}$	$-9.74\pm0.32^{CD,b}$	$-9.35\pm0.70^{C,ns}$	$-8.10\pm0.85^{B,b}$	$-7.15\pm1.15^{A,b}$	$-7.08\pm1.47^{A,b}$
	NA	$-10.20\pm0.34^{C,ns}$	$-9.23\pm0.54^{C,a}$	$-8.44\pm0.71^{C,a}$	$-8.29\pm1.53^{C,ns}$	$3.54\pm5.16^{B,a}$	$8.44\pm2.20^{A,a}$	$10.35\pm0.69^{A,a}$
b*	CA	$33.97\pm1.54^{BC,ns}$	$33.56\pm1.25^{C,a}$	$31.37\pm1.29^{D,ns}$	$32.47\pm1.12^{CD,ns}$	$35.06\pm1.56^{AB,b}$	$35.96\pm1.89^{A,b}$	$33.07\pm2.19^{C,b}$
	NA	$33.97\pm1.54^{B,ns}$	$31.60\pm1.46^{B,b}$	$31.66\pm1.57^{B,ns}$	$33.11\pm2.86^{B,ns}$	$41.39\pm4.35^{A,a}$	$43.13\pm2.78^{A,a}$	$41.55\pm1.99^{A,a}$

หมายเหตุ A,B,C,D ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่หลังค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

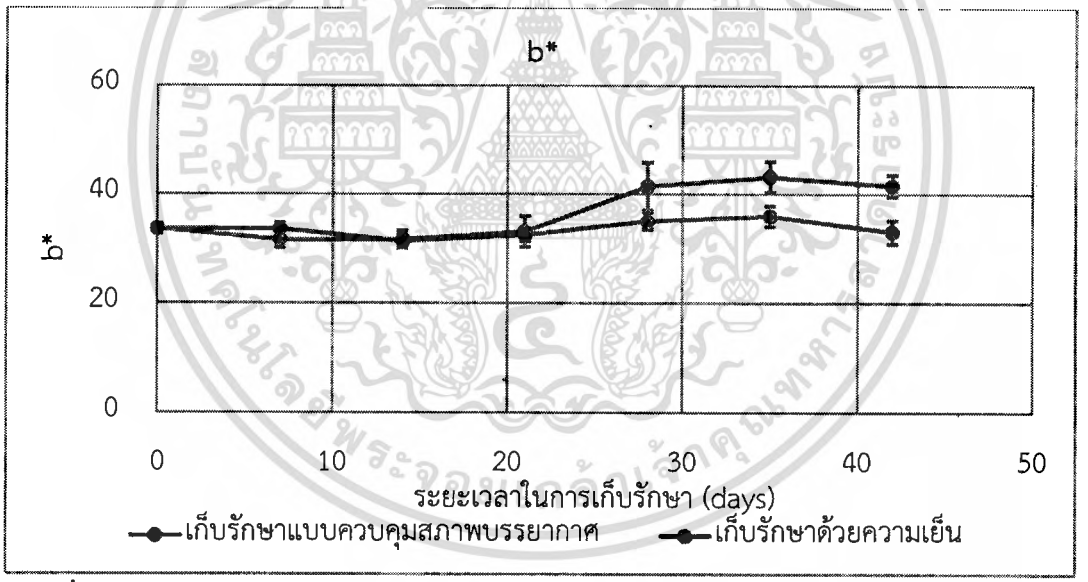
a,b ตัวอักษรพิมพ์เล็กหลังค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ns ตัวอักษรพิมพ์เล็กหลังค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

CA คือสภาวะควบคุมสภาพบรรยากาศ, NA คือสภาวะเก็บรักษาด้วยความเย็น



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงค่า a* ของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงค่า b* ของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

4.3.2 สมบัติเชิงกล

ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) สำหรับสมบัติเชิงกล พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัย (สภาวะและเวลาในการเก็บรักษา) ดังแสดงในตารางที่ 4.5-4.6 การพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกลของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาตามสภาวะทั้ง 2 สภาวะ แบ่งออกเป็นสมบัติเชิงกลของเปลือกและของเนื้อกล้วยหอมทอง โดยสมบัติเชิงกลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกกล้วยหอมทอง ได้แก่ ความแน่นเนื้อเริ่มต้นของเปลือก, ความแน่นเนื้อเฉลี่ยของเปลือก, แรงในการแทงทะลุของเปลือก, ระยะทางในการแทงทะลุของเปลือก และความเหนียวของเปลือก จากตารางที่ 4.5 แสดงสมบัติเชิงกลของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ โดยเปลือกมีความเหนียวมากขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา แต่ที่ในสภาวะเก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศสามารถคงลักษณะเปลือกกล้วยหอมทองได้ดีกว่าการเก็บรักษาด้วยความเย็น การเปลี่ยนแปลงของสมบัติเชิงกลของเปลือก ดังต่อไปนี้

ความแน่นเนื้อเริ่มต้นของเปลือกและความแน่นเนื้อเฉลี่ยของเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศมีค่าลดลงในช่วง 0 ถึง 14 วัน แต่หลังจากวันที่ 14 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง ต่างจากการเก็บรักษาด้วยความเย็นที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วง 0 ถึง 14 วัน แต่หลังจากวันที่ 14 พบว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 4.9-4.10

แรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 0 ถึง 14 วัน แต่หลังจากวันที่ 14 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง ต่างจากการเก็บรักษาด้วยความเย็นที่ค่าแรงในการแทงทะลุเพิ่มขึ้นในช่วง 0 ถึง 21 วัน แต่หลังจากวันที่ 21 ค่าแรงในการแทงทะลุกลับลดลงต่ำกว่าค่าเริ่มต้นอย่างต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 4.11

ระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่ทั้ง 2 สภาวะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แต่ที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าการเก็บรักษาด้วยความเย็น ดังแสดงในภาพที่ 4.12

ความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับระยะทางในการแทงทะลุของเปลือก แต่ที่เก็บรักษาด้วยความเย็นมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 0 ถึง 28 วัน หลังจากวันที่ 28 ค่าความเหนียวของเปลือกกลับลดลงต่ำกว่าค่าเริ่มต้นอย่างต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 4.13

สมบัติเชิงกลของเนื้อกล้วยหอมทอง ได้แก่ แรงกดเฉลี่ยที่เนื้อ และพลังงานในการแทงทะลุเนื้อ จากตารางที่ 4.6 แสดงสมบัติเชิงกลของเนื้อกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ โดยมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อที่นิ่มลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทั้ง 2 สภาวะ แต่การเก็บรักษาในสภาวะควบคุมสภาพบรรยากาศสามารถรักษาคุณภาพของเนื้อกล้วยหอมทองได้ดีกว่าการเก็บรักษาด้วยความเย็น โดยมีการเปลี่ยนแปลงของสมบัติเชิงกลของเนื้อ ดังต่อไปนี้ แรงกดเฉลี่ยที่เนื้อและพลังงานในการแทงทะลุเนื้อของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่ทั้ง 2 สภาวะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วง 0 ถึง 21 วันหลังการเก็บรักษา แต่หลังจากวันที่ 21 พบว่าสภาวะในการเก็บรักษากล้วยมีผลต่อการลดลงของค่าแรงกดเฉลี่ยที่เนื้ออย่างมีนัยสำคัญ โดยที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศมีค่าลดลงน้อยกว่าการเก็บรักษาด้วยความเย็น ดังแสดงในภาพที่ 4.14-4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงสมบัติเชิงกลของเปลือกกล้วยหอมทอง (ความแน่นเนื้อเริ่มต้นของเปลือก, แรงในการแทงทะลุของเปลือก, ความแน่นเนื้อเฉลี่ยของเปลือก, ระยะทางในการแทงทะลุของเปลือก และความเหนียวของเปลือก) หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

สมบัติเชิงกล	สภาวะในการเก็บรักษา	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (days)						
		เริ่มต้น	7	14	21	28	35	42
ความแน่นเนื้อเริ่มต้นของเปลือก (N/mm)	CA	$8.819\pm2.083^{A,ns}$	$5.630\pm0.687^{B,b}$	$4.233\pm0.520^{C,b}$	$3.964\pm0.724^{C,b}$	$3.608\pm0.705^{C,ns}$	$3.835\pm0.461^{C,a}$	$3.929\pm0.539^{C,a}$
	NA	$8.819\pm2.083^{A,ns}$	$7.644\pm1.234^{A,a}$	$8.066\pm1.230^{A,a}$	$5.780\pm1.153^{B,a}$	$3.890\pm1.352^{C,ns}$	$2.216\pm0.855^{D,b}$	$1.636\pm0.342^{D,b}$
ความแน่นเนื้อเฉลี่ยของเปลือก (N/mm)	CA	$9.120\pm1.173^{A,ns}$	$6.922\pm0.726^{B,ns}$	$6.224\pm0.695^{B,b}$	$6.222\pm0.841^{B,Cb}$	$5.205\pm1.003^{C,a}$	$5.234\pm0.711^{C,a}$	$5.204\pm0.979^{C,a}$
	NA	$9.120\pm1.173^{A,ns}$	$7.663\pm0.700^{B,ns}$	$8.718\pm0.718^{A,a}$	$7.190\pm1.278^{B,a}$	$3.647\pm1.660^{C,b}$	$2.109\pm0.789^{D,b}$	$1.525\pm0.237^{D,b}$
แรงในการแทงทะลุของเปลือก (N)	CA	$16.680\pm0.796^{C,ns}$	$18.637\pm1.952^{C,a}$	$22.436\pm2.362^{B,a}$	$22.951\pm2.489^{B,a}$	$22.562\pm2.761^{B,a}$	$23.624\pm1.692^{AB,a}$	$25.168\pm2.722^{A,a}$
	NA	$16.680\pm0.796^{B,ns}$	$16.045\pm1.169^{B,b}$	$19.141\pm1.040^{A,b}$	$20.386\pm1.554^{A,b}$	$13.819\pm3.547^{C,b}$	$8.610\pm3.915^{D,b}$	$5.722\pm1.655^{E,b}$
ระยะทางในการแทงทะลุของเปลือก (mm)	CA	$1.864\pm0.262^{E,ns}$	$2.734\pm0.273^{D,a}$	$3.604\pm0.139^{C,a}$	$3.714\pm0.252^{C,a}$	$4.448\pm0.660^{B,ns}$	$4.592\pm0.485^{AB,a}$	$4.960\pm0.762^{A,a}$
	NA	$1.864\pm0.262^{C,ns}$	$2.121\pm0.216^{C,b}$	$2.210\pm0.149^{C,b}$	$2.938\pm0.630^{B,b}$	$4.000\pm0.806^{A,ns}$	$4.002\pm0.673^{A,b}$	$3.669\pm0.618^{A,b}$
ความเหนียวของเปลือก (N mm)	CA	$15.667\pm1.900^{E,ns}$	$23.834\pm4.139^{D,a}$	$35.504\pm4.071^{C,a}$	$36.101\pm4.708^{C,a}$	$45.024\pm11.473^{B,a}$	$49.921\pm2.866^{B,a}$	$58.146\pm8.776^{A,a}$
	NA	$15.667\pm1.900^{BC,ns}$	$17.313\pm2.374^{B,b}$	$20.874\pm1.525^{B,b}$	$27.705\pm4.101^{A,b}$	$29.501\pm8.681^{A,b}$	$19.086\pm9.991^{B,b}$	$11.748\pm5.044^{C,b}$

หมายเหตุ A,B,C,D,E ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่หลังค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

a,b ตัวอักษรพิมพ์เล็กหลังค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ns ตัวอักษรพิมพ์เล็กหลังค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

CA คือสภาวะควบคุมสภาพบรรยากาศ, NA คือสภาวะเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ 4.6 แสดงสมบัติเชิงกลของเนื้อกล้วยหอมทอง (แรงกดเฉลี่ยที่เนื้อ และพลังงานในการแทงทะลุเนื้อ) หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

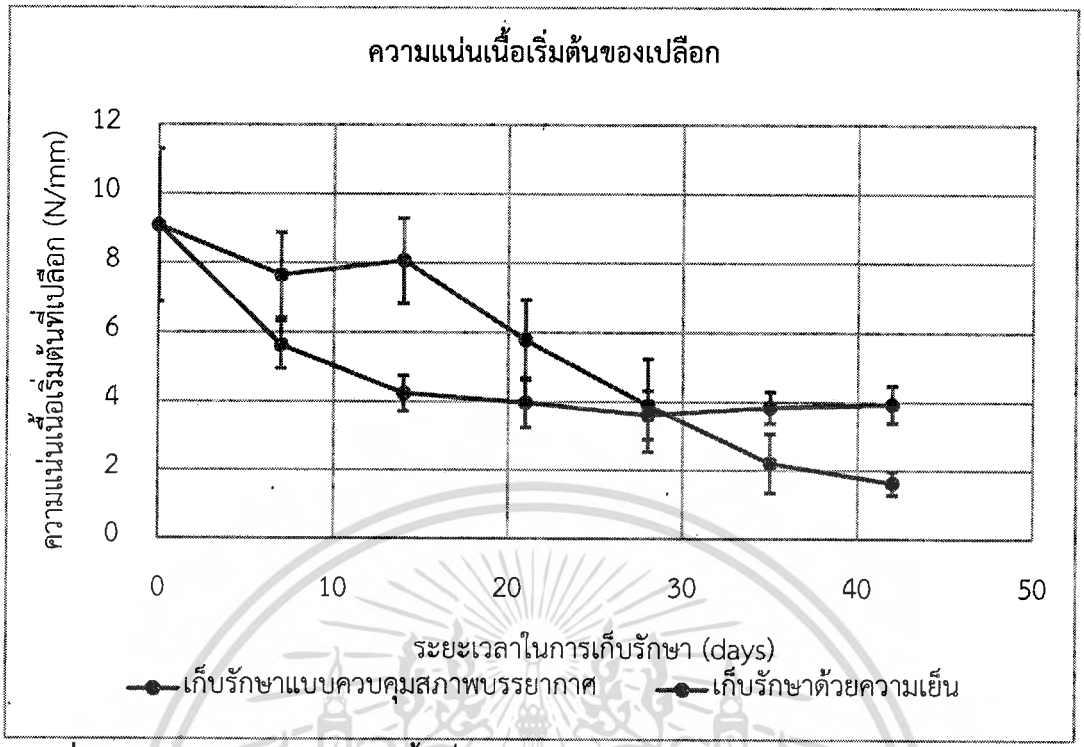
สมบัติเชิงกล	สภาวะในการเก็บรักษา	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (days)						
		เริ่มต้น	7	14	21	28	35	42
แรงกดเฉลี่ยที่เนื้อ	CA	$6.911\pm0.362^{A,ns}$	$6.513\pm0.636^{AB,ns}$	$5.804\pm0.434^{BC,b}$	$5.627\pm0.593^{C,ns}$	$3.927\pm1.272^{D,a}$	$3.305\pm1.556^{DE,a}$	$2.631\pm1.009^{E,a}$
(N)	NA	$6.911\pm0.362^{A,ns}$	$6.896\pm0.537^{A,ns}$	$6.839\pm0.492^{A,a}$	$5.874\pm1.315^{B,ns}$	$1.773\pm1.551^{C,b}$	$0.796\pm0.304^{D,b}$	$0.477\pm0.102^{D,b}$
พลังงานในการแทงทะลุเนื้อ	CA	$129.359\pm40.835^{AB,ns}$	$131.539\pm12.995^{A,ns}$	$109.363\pm12.498^{BC,b}$	$105.153\pm16.74^{C,ns}$	$71.014\pm24.132^{D,a}$	$57.7108\pm27.297^{DE,a}$	$44.061\pm18.022^{E,a}$
(N mm)	NA	$129.359\pm40.835^{AB,ns}$	$146.895\pm22.015^{A,ns}$	$132.412\pm12.768^{AB,a}$	$117.912\pm28.419^{B,ns}$	$32.719\pm31.076^{C,b}$	$14.712\pm5.139^{CD,b}$	$8.457\pm1.581^{D,b}$

หมายเหตุ A,B,C,D,E ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่หลังค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

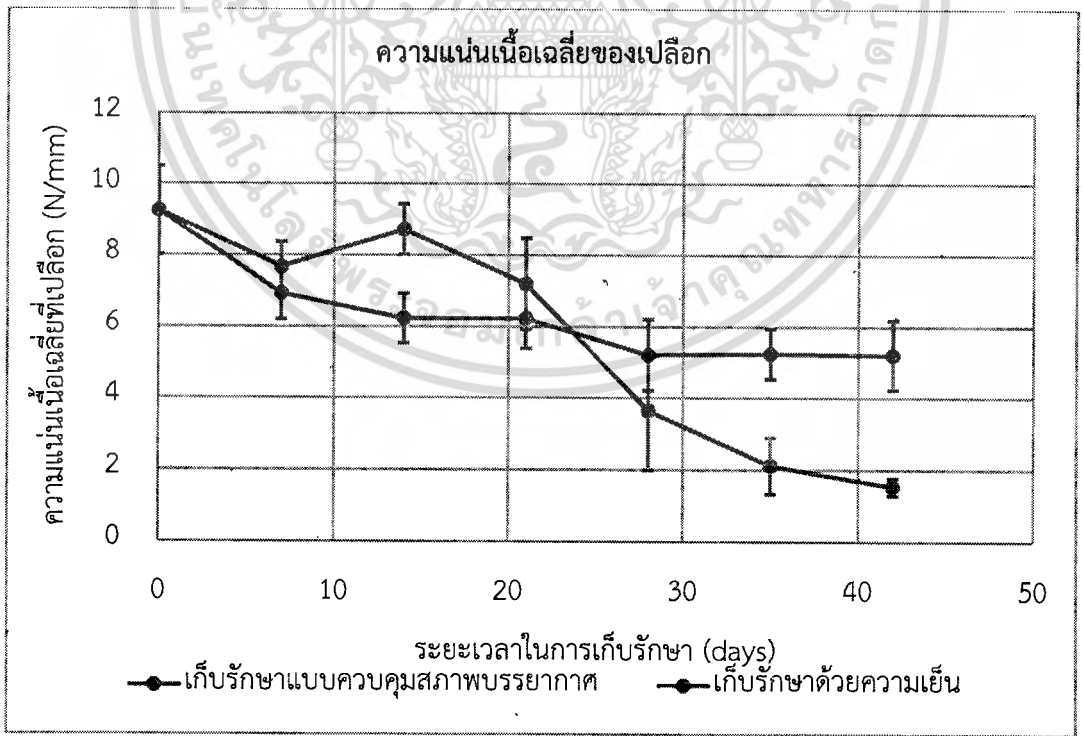
a,b ตัวอักษรพิมพ์เล็กหลังค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ns ตัวอักษรพิมพ์เล็กหลังค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

CA คือสภาวะควบคุมสภาพบรรยากาศ, NA คือสภาวะเก็บรักษาด้วยความเย็น

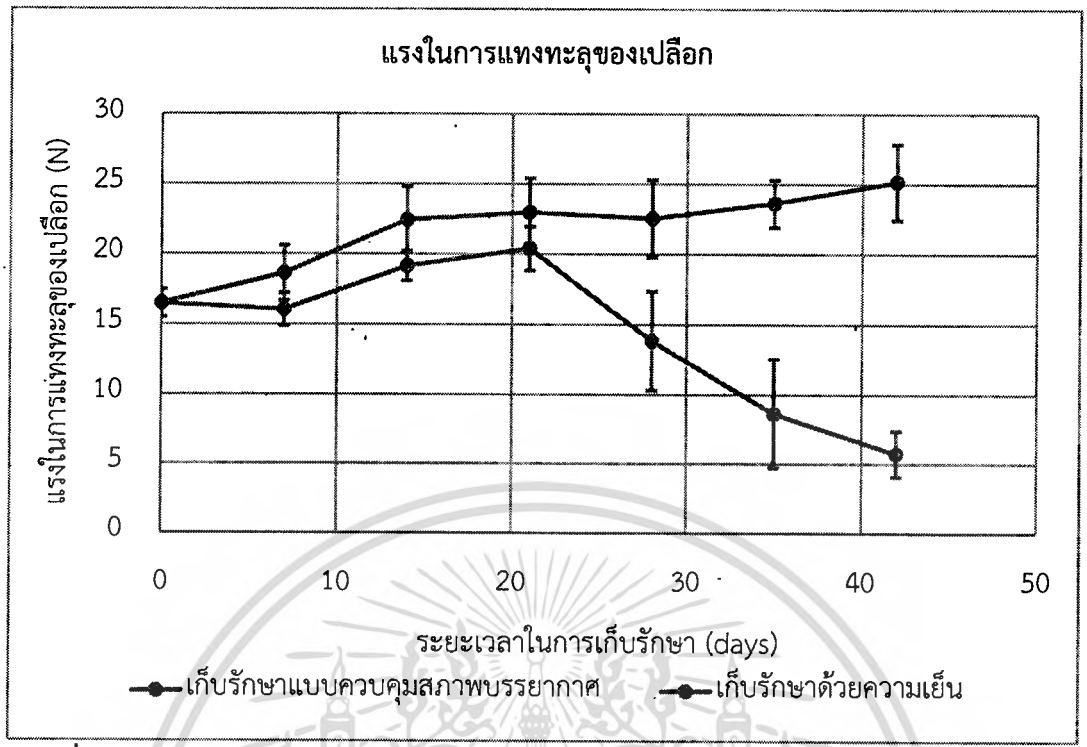


ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความแน่นเนื้อเริ่มต้นของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

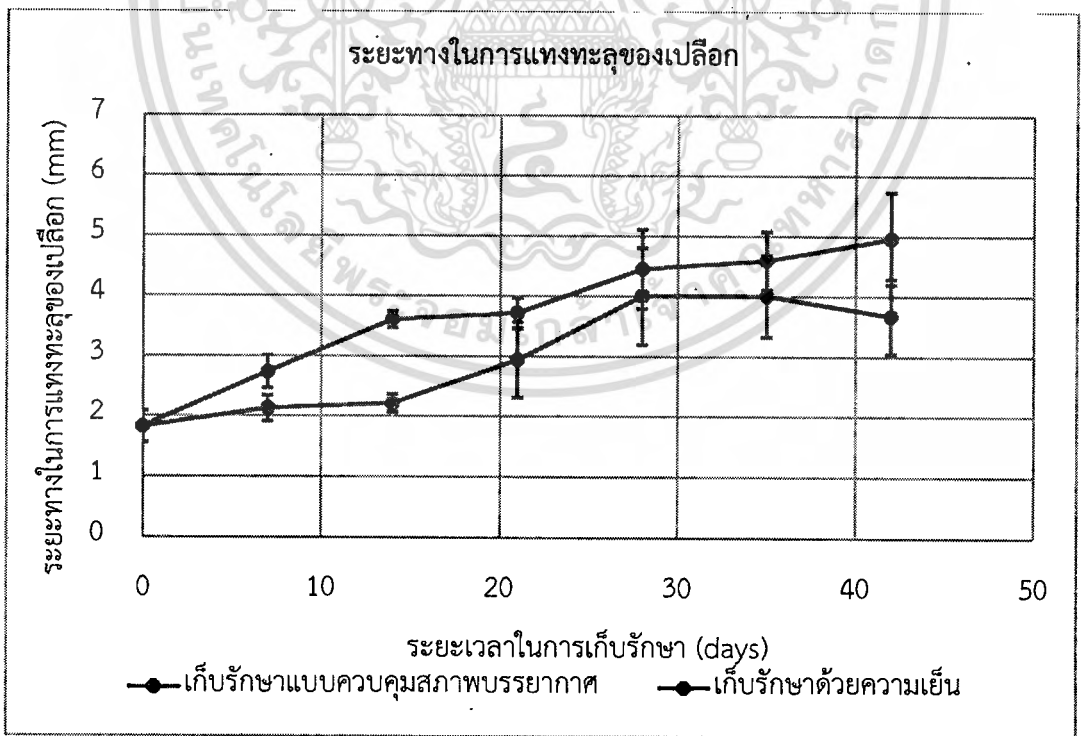


ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความแน่นเนื้อเฉลี่ยของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

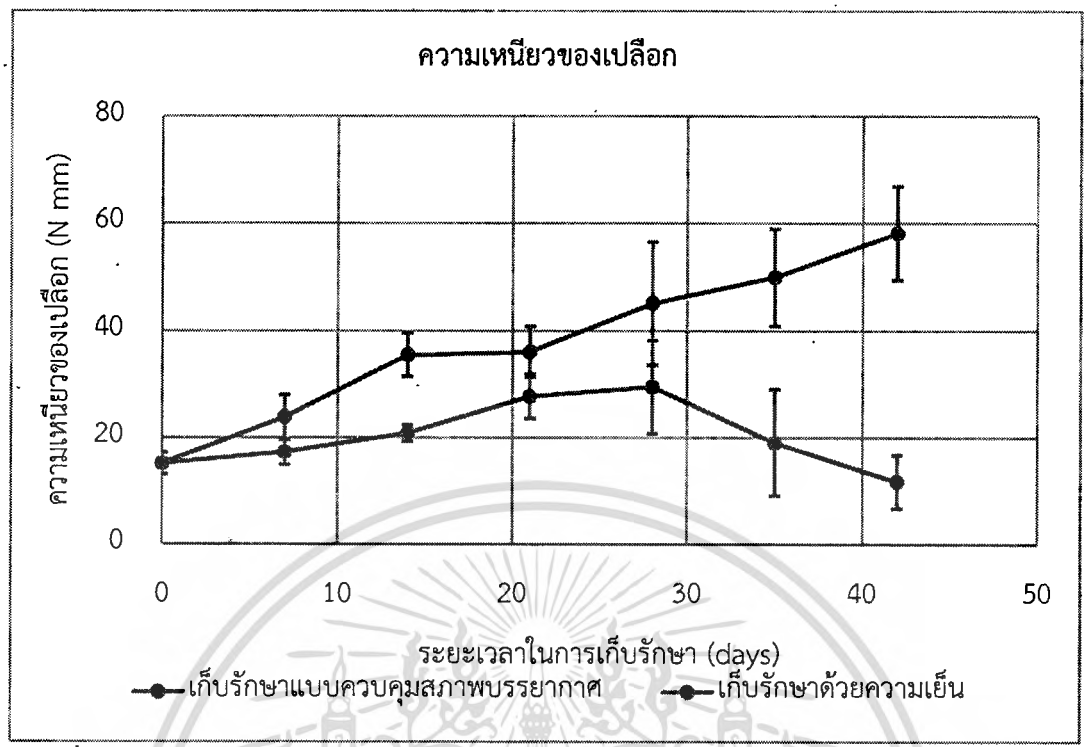


ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงแรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

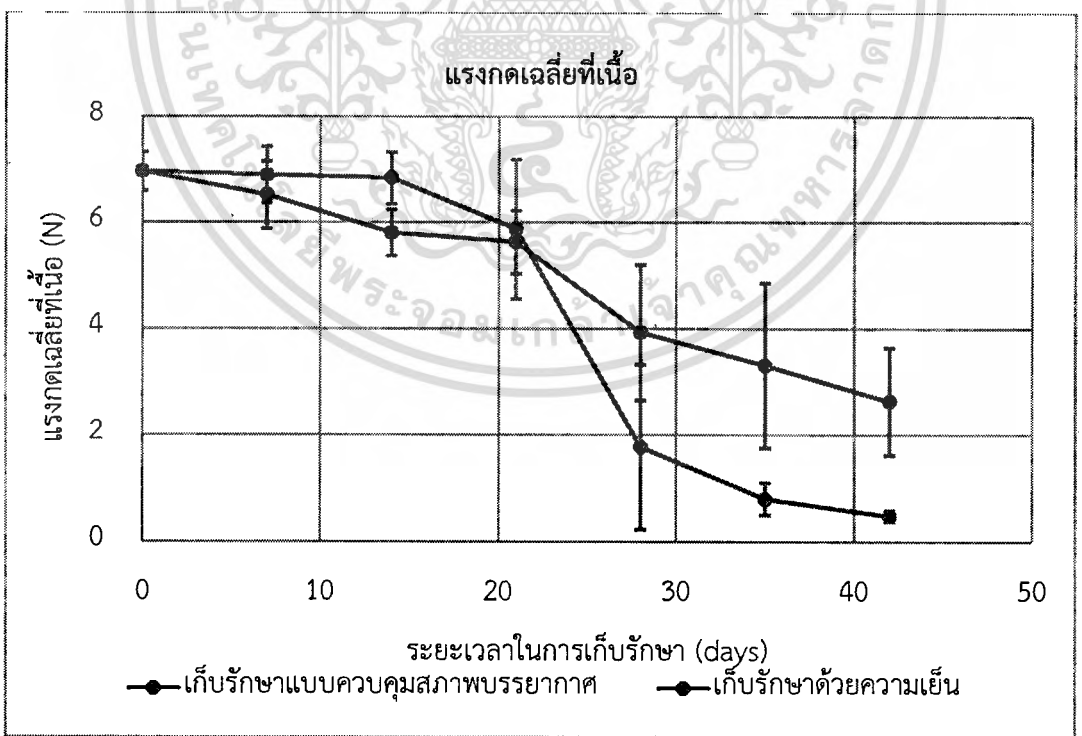


ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

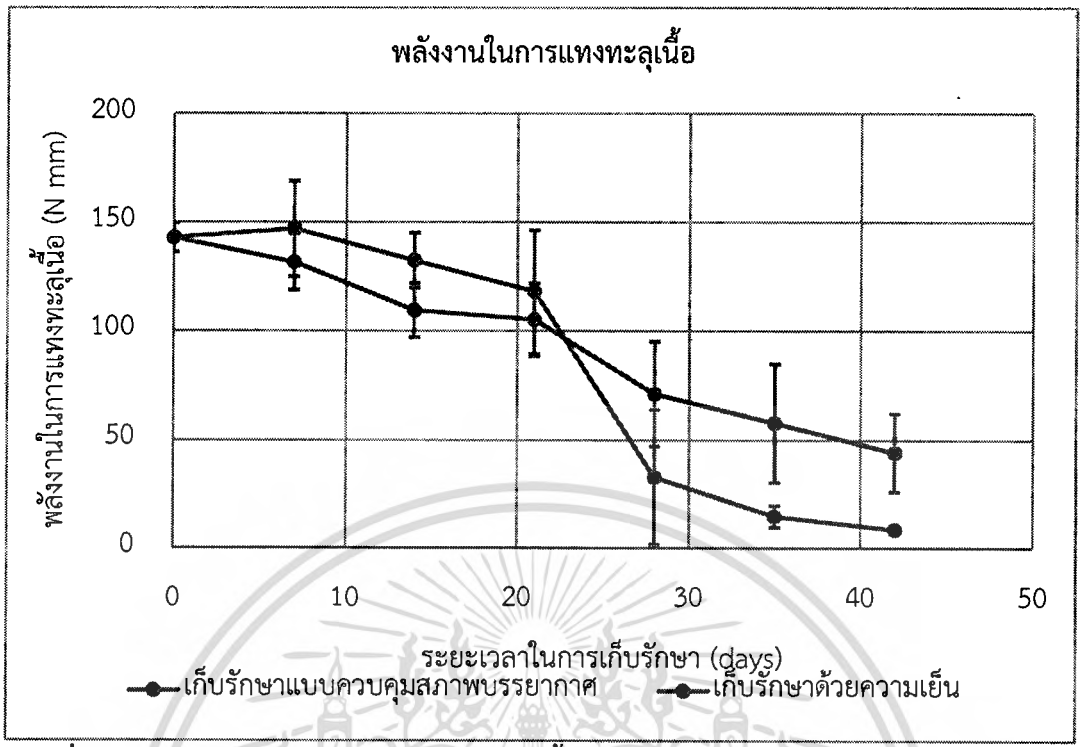


ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ



ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



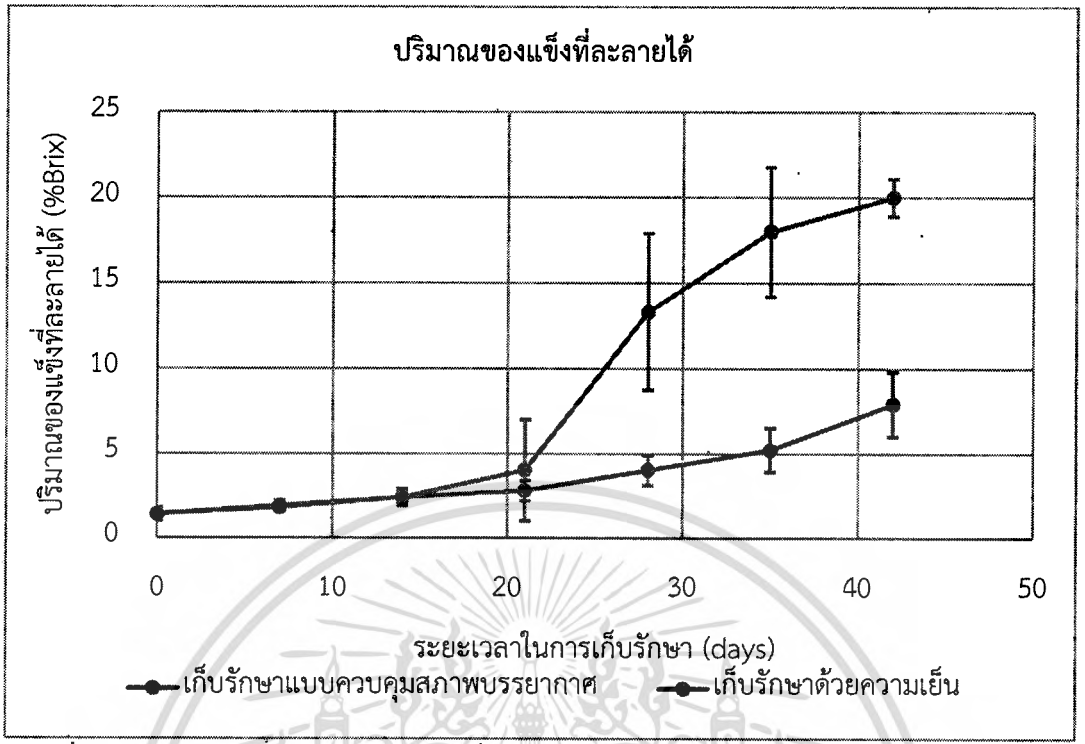
ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงพลังงานในการแทงทะลุเนื้อกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

4.3.3 สมบัติทางเคมี

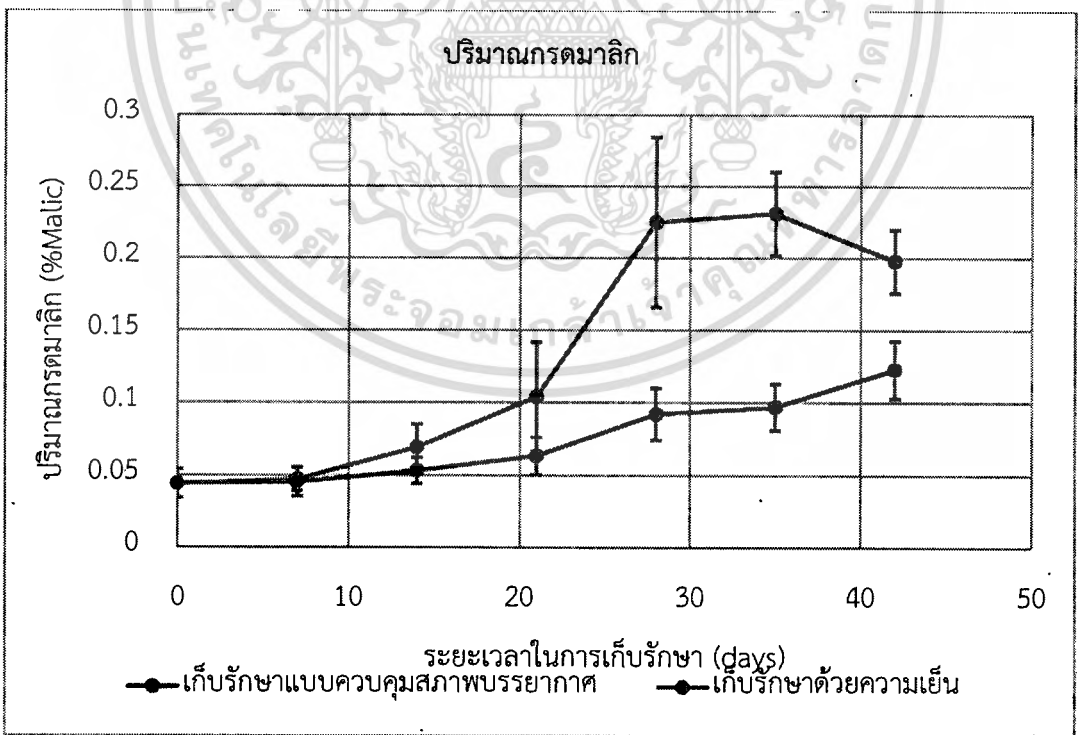
ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) สำหรับสมบัติเคมี พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัย (สภาวะและเวลาในการเก็บรักษา) ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่ทั้ง 2 สภาวะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วง 0 ถึง 21 วันหลังการเก็บรักษา แต่หลังจากวันที่ 21 พบว่าสภาวะในการเก็บรักษากล้วยมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยกว่าการเก็บรักษาด้วยความเย็นอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในภาพที่ 4.16 แสดงว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยความเย็นมีความสุกมากกว่าที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ เนื่องจากกระบวนการสุกของกล้วยหอมทองจะเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล (จริงแท้ ศิริพานิช. 2550)

ค่าปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.17 เพราะว่าเมื่อกล้วยหอมทองสุกปริมาณกรดมาลิกจะเพิ่มสูงขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช. 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ



ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงสมบัติทางเคมีของกล้วยหอมทอง (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้, ปริมาณกรดมาลิก และสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิก) หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

สมบัติทางเคมี	สภาวะในการเก็บรักษา	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (days)						
		เริ่มต้น	7	14	21	28	35	42
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (%Brix)	CA	$1.3\pm0.3^{E,ns}$	$1.9\pm0.3^{DE,ns}$	$2.4\pm0.5^{D,ns}$	$2.8\pm0.6^{D,ns}$	$4.0\pm0.9^{C,b}$	$5.2\pm1.3^{B,b}$	$7.9\pm1.9^{A,b}$
	NA	$1.3\pm0.3^{D,ns}$	$1.8\pm0.2^{CD,ns}$	$2.4\pm0.4^{CD,ns}$	$4.0\pm3.0^{C,ns}$	$13.3\pm4.6^{B,a}$	$18.0\pm3.8^{A,a}$	$20.0\pm1.1^{A,a}$
ปริมาณกรดมาลิก (%Malic)	CA	$0.041\pm0.006^{D,ns}$	$0.045\pm0.010^{D,ns}$	$0.052\pm0.009^{CD,b}$	$0.063\pm0.013^{C,b}$	$0.092\pm0.018^{B,b}$	$0.097\pm0.016^{B,b}$	$0.124\pm0.020^{A,b}$
	NA	$0.041\pm0.006^{D,ns}$	$0.047\pm0.008^{D,ns}$	$0.069\pm0.016^{D,a}$	$0.104\pm0.038^{C,a}$	$0.224\pm0.059^{AB,a}$	$0.231\pm0.0290^{A,a}$	$0.198\pm0.022^{B,a}$
สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิก (%Brix/%Malic)	CA	$32.3\pm3.3^{D,ns}$	$44.5\pm6.8^{C,a}$	$45.2\pm2.2^{C,a}$	$45.4\pm1.8^{C,a}$	$43.5\pm1.8^{C,b}$	$53.3\pm2.4^{B,b}$	$63.8\pm2.6^{A,b}$
	NA	$32.3\pm3.3^{D,ns}$	$38.0\pm4.6^{D,b}$	$34.8\pm4.9^{D,b}$	$36.7\pm10.4^{D,b}$	$59.5\pm21.1^{C,a}$	$77.3\pm12.0^{B,a}$	$102.3\pm12.8^{A,a}$

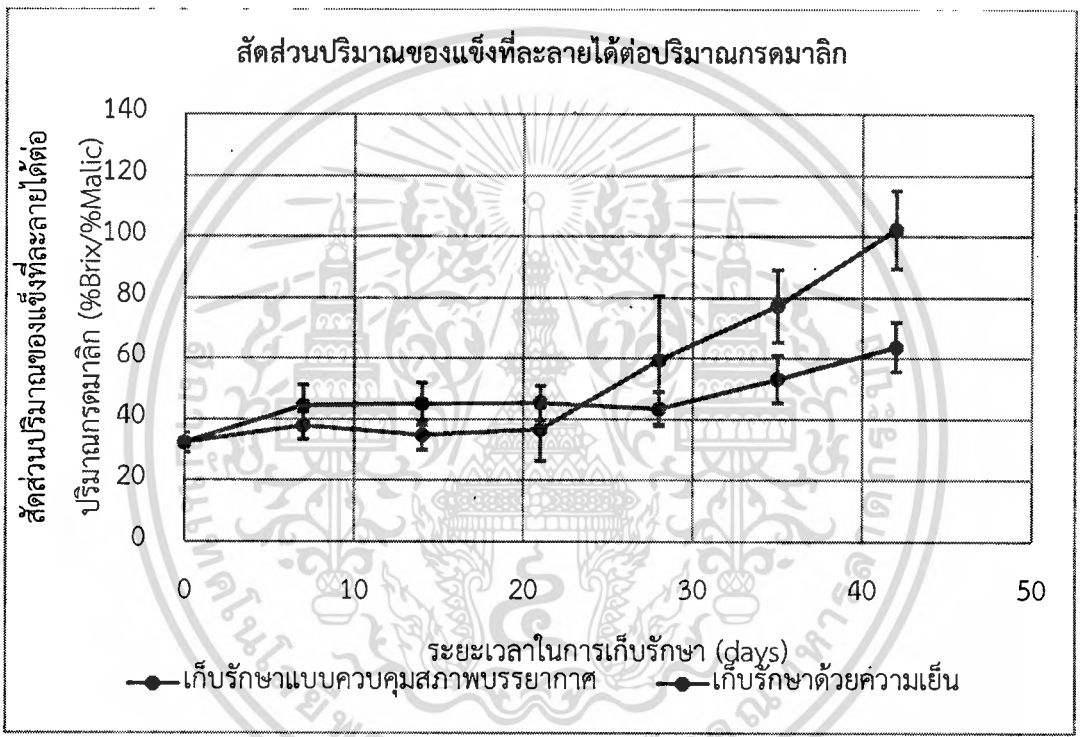
หมายเหตุ A,B,C,D,E ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่หลังค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

a,b ตัวอักษรพิมพ์เล็กหลังค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ns ตัวอักษรพิมพ์เล็กหลังค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

CA คือสภาวะควบคุมสภาพบรรยากาศ, NA คือสภาวะเก็บรักษาด้วยความเย

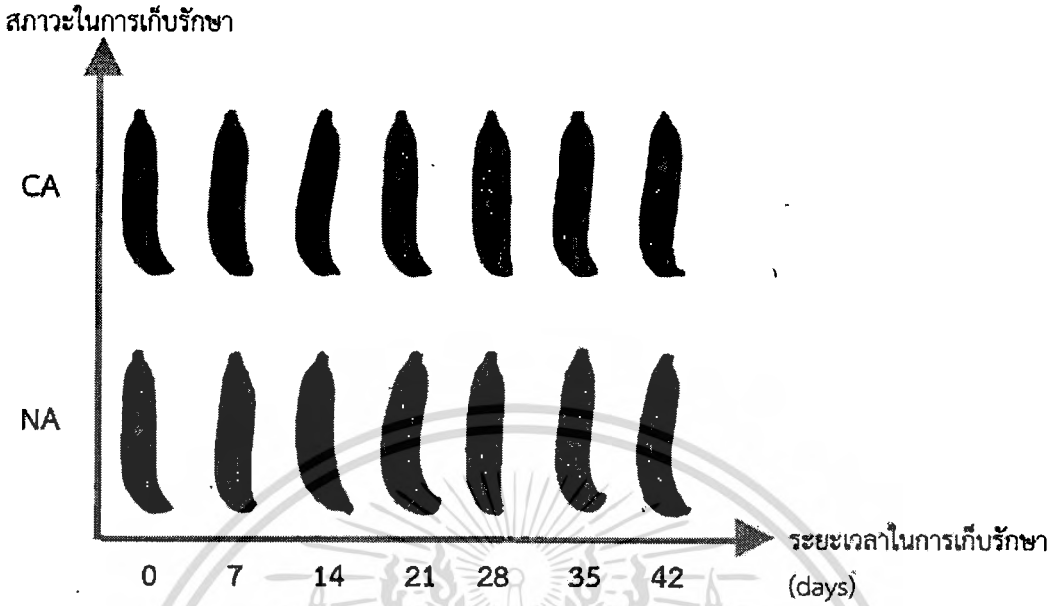
สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศในช่วง 0 ถึง 28 วัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิก หลังจากวันที่ 28 พบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ต่างจากการเก็บรักษาด้วยความเย็นที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วง 0 ถึง 21 วัน แต่หลังจากวันที่ 21 พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 4.18 บ่งบอกได้ว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศสามารถช่วยชะลอการสุกของกล้วยหอมทองได้



ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

ลักษณะภายนอกของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.19 แสดงให้เห็นว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยความเย็นเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองในระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 28 วัน และเป็นสีเหลืองพร้อมรับประทานในระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 42 วัน ต่างจากกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่คงสามารถคงสีเขียวไว้ได้ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.19 ลักษณะภายนอกของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

4.3.4 สมบัติทางประสาทสัมผัส

กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ เป็นเวลา 42 วัน แล้วถูกนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิ 25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% เป็นเวลา 7 วันและกล้วยหอมทองที่วางขายอยู่ในร้านสะดวกซื้อ สมบัติทางประสาทสัมผัสได้รับคะแนนความชอบมากกว่า 5 แสดงถึงการยอมรับของผู้บริโภค ยกเว้นลักษณะปรากฏของผลกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ ที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยกว่า 5 ดังแสดงในตารางที่ 4.8 แต่สมบัติทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศมีค่าน้อยกว่ากล้วยหอมทองที่วางขายอยู่ในร้านสะดวกซื้อ

ผลของการวิเคราะห์ Independent-samples t-test ระหว่างกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศกับกล้วยหอมทองที่วางขายอยู่ในร้านสะดวกซื้อ พบว่าสมบัติทางประสาทสัมผัสในด้านของกลิ่น และรสชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนลักษณะปรากฏของผล, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงสมบัติทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทอง (ลักษณะปรากฏของผล, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม) หลังจากการเก็บรักษาควบคุมสภาพบรรยากาศเป็นเวลา 42 วันแล้วนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิ 25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% เป็นเวลา 7 วัน กับ กล้วยหอมทองที่วางขายอยู่ในร้านสะดวกซื้อ

สมบัติทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่างที่	
	1	2
ลักษณะปรากฏของผล	3.30 ± 1.80^{b}	7.53 ± 1.20^{a}
กลิ่น	5.60 ± 2.31^{ns}	6.20 ± 1.38^{ns}
รสชาติ	5.87 ± 2.52^{ns}	6.97 ± 1.50^{ns}
เนื้อสัมผัส	5.40 ± 2.28^{b}	7.13 ± 1.46^{a}
ความชอบโดยรวม	5.70 ± 2.23^{b}	6.97 ± 1.27^{a}

หมายเหตุ 1 คือกล้วยหอมทองเก็บรักษาควบคุมสภาพบรรยากาศเป็นเวลา 42 วันแล้วนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิ 25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% เป็นเวลา 7 วัน

2 คือกล้วยหอมทองที่วางขายอยู่ในร้านสะดวกซื้อ

a,b ตัวอักษรพิมพ์เล็กหลังค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ns ตัวอักษรพิมพ์เล็กหลังค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่ถูกพัฒนาขึ้นได้ถูกปรับเทียบเซนเซอร์วัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสร้างสมการในการควบคุมการจ่ายก๊าซให้มีความถูกต้องและแม่นยำ โดยสมการปรับเทียบแสดงค่า R^2 = 0.999 สำหรับเซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน และ R^2 = 0.994 สำหรับเซนเซอร์วัดคาร์บอนไดออกไซด์ จากการทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งตู้โดยจากการทดสอบก๊าซออกซิเจนแสดงผลค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.535±0.051% และคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 3.54±0.06% ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้จึงสามารถนำมาใช้ในการเก็บรักษาได้

ผลการทดลองเปรียบเทียบการเก็บรักษากล้วยหอมทองในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศกับการเก็บรักษาด้วยความเย็น พบว่าน้ำหนักและขนาดของกล้วยที่เก็บรักษาทั้ง 2 สภาวะมีลักษณะไม่แตกต่างกัน โดยความยาวของกล้วยไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาในการเก็บแต่น้ำหนักและความกว้างนั้นจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงสีผลของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยความเย็นที่เปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองโดยที่ค่า L*, a* และ b* มีค่าเพิ่มขึ้น จากการพิจารณาสมบัติเชิงกลของเปลือกพบว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศมีความเหนียวมากกว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยความเย็น ในส่วนของเนื้อกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาทั้ง 2 สภาวะมีลักษณะที่นิ่มลงตามระยะเวลาในการเก็บแต่เนื้อกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศจะลดลงน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณกรดมาลิก และสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิก มีค่ามากขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศมีการแปลี่ยนแปลงปริมาณดังกล่าวไปน้อยกว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยความเย็นอย่างชัดเจน โดยภาพรวมกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาทั้ง 2 สภาวะมีการเปลี่ยนแปลงหลังจากวันที่ 21 แต่กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศมีการแปลี่ยนแปลงที่น้อยกว่าการเก็บรักษาด้วยความเย็นอย่างชัดเจน

สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองที่เก็บในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศและทิ้งไว้ให้สุกเป็นระยะเวลา 7 วันนั้น พบว่ากลิ่นและรสชาติของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศกับกล้วยหอมทองที่วางขายอยู่ในร้านสะดวกซื้อไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีระดับคะแนนมากกว่า 5 ซึ่งถือว่าได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลทั้งหมดนี้สามารถสรุปได้ว่ากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศสามารถชะลอความสุก ยืดอายุการเก็บรักษา คงคุณภาพของกล้วยหอมทองได้ และมีระยะเวลาในการจำหน่ายได้นานขึ้น ทำให้ไม่เกิดการเน่าเสียระหว่างรอการจำหน่าย โดยชุดควบคุมสภาพบรรยากาศมีราคา 13,000 บาท ซึ่งสามารถนำไปติดตั้งกับตู้เย็น Forced air circulation ขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้สามารถบรรจุผลิตผลทางการเกษตรได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้ได้ผลผลิตจากการวิจัยดังแสดงในตารางที่ 6.1 โดยแบบเสนอโครงการวิจัยที่พร้อมยื่นขอการสนับสนุนทุนวิจัยของหน่วยงานภายนอกผู้วิจัยได้ยื่นขอทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ (MRG) ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ในเรื่อง Design and Development of Low-cost Controlled Atmosphere Cabinet for Pan-Srithong Guava Storage สำหรับบทความวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศพร้อมทั้งเผยแพร่ผลงานทางวิชาการในการประชุมวิชาการ การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9 ในวันที่ 7 กันยายน 2561 ณ อาคาร 50 ปี เทคนิค ไทย-เยอรมัน ขอนแก่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จำนวน 1 เรื่อง ได้แก่ การออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำเพื่อเก็บรักษาผลิตผลเกษตร ซึ่งเอกสารหลักฐานแบบข้อเสนอโครงการดังแสดงในภาคผนวก ฉ

ตารางที่ 6.1 ผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

ประเภทผลงาน	รายละเอียดของผลงาน	จำนวนที่ได้
ข้อเสนอการวิจัยที่ยื่นเพื่อขอรับการสนับสนุนทุนจากงบประมาณแผ่นดิน หรือหน่วยงานภายนอกสถาบัน	- แบบเสนอโครงการวิจัยที่พร้อมยื่นขอการสนับสนุนทุนวิจัยของหน่วยงานภายนอก เช่น วช. สกว. สวก. เป็นต้น	1
การเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ(Publications)	- บทความวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศพร้อมทั้งเผยแพร่ผลงานทางวิชาการในการประชุมวิชาการระดับชาติ จำนวน 1 เรื่อง	1
องค์ความรู้ใหม่	- รูปแบบการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนภายในตู้เย็นแบบ force air - การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี เชิงกล และประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองระหว่างและหลังการเก็บรักษาภายใต้สภาวะควบคุมสภาพบรรยากาศ พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับกล้วยหอมทองที่เก็บในสภาวะบรรยากาศปกติ	2
ต้นแบบ	- ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศสำหรับผักผลไม้ในระดับห้องปฏิบัติการ	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กลอยใจ กางกรณ์. 2551. “การวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บนท้องถนนโดยใช้เครือข่ายตรวจวัดแบบไร้สาย.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

กิตติศักดิ์ แสนประสิทธิ์. 2557. **การทดลองและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC18F4550 ด้วยภาษาซี.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คุณวุฒิ สุวพานิช. 2540. “ผลของการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วง (Mangifera indica L.) พันธุ์เขียวเสวยและน้ำดอกไม้.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จักรพันธุ์ จันทร์ตักเตือน. 2546. “การพัฒนาต้นแบบตู้เก็บควบคุมบรรยากาศ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช.** พิมพ์ครั้งที่ 2. นครปฐม : โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช และ ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์. 2543. **การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** นครปฐม : ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.

ดนัย บุณยเกียนติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. **การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ธนกร นาราพานิช และ รวิภัทร ลาภเจริญสุข. 2560. “อิทธิพลของการเก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของกล้วยหอมทองที่ระยะเวลาต่างๆ.” หน้า 283-288. ใน **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 18.** กรุงเทพฯ : อิมแพค เมืองทองธานี.

บริษัท อีซี อิเล็กทรอนิกส์ คอมโพเน้นท์ จำกัด. 2560. **Sensors Gas sensor Air Oxygen Sensor KE- 50F3.** [Online] . Available : http://www.ec.in.th/Sensors/Gas_sensor?product_id=997

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. **กล้วย.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรียะดา ภัทรสัจจธรรม. 2558. **การเปรียบเทียบหลักสูตรกับผลไม้ไทย "กล้วยหอมทอง".** [Online]. Available : http://preeyadaphatt.blogspot.com/2015/12/blog-post.html

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. 2559. **การวัดเนื้อสัมผัสของผลิตผลทางการเกษตรและอาหาร.** กรุงเทพฯ : มีน เซอร์วิส ซัพพลาย.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2536. **การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มานัส แจ่มจำรูญ. 2545. "การเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาและชีวเคมีของเงาะพันธุ์ทองเมืองตราดภายใต้สภาพการเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วรินธร ยิ้มย่อง และชูชีพ ผ่องพันธ์. 2552. "การออกแบบและสร้างระบบการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ." คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

วิไล รังสาดทอง. 2559. **เทคโนโยลีการแปรรูปผักและผลไม้.** พิมพ์ครั้งที่ 2. ปทุมธานี : ยูโอเพ่น.

ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. 2561. **การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศ.** [Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/828/modified-atmosphere-packaging-map.

ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. 2561. **การลดอุณหภูมิเบื้องต้น.** [Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0933/pre-cooling-การลดอุณหภูมิเบื้องต้น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. **สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2560.** นนทบุรี : 21 เซ็นจูรี่.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. **สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2558.** กรุงเทพฯ : 21 เซ็นจูรี่.

Agroripe. 2018. **Controlled Atmosphere Storage.** [Online]. Available : http://www.agroripe.com/controlled-atmosphere-storage.

Alamar, M., Collings, E., Cools, K. and Terry, L. 2017. "Impact of controlled atmosphere scheduling on strawberry and imported avocado fruit." **Postharvest Biology and Technology.** 134 : 76-86.

Bahar, A. and Lichter, A. 2018. "Effect of controlled atmosphere on the storage potential of Ottomanit fig fruit." **Scientia Horticulturae.** 227 : 196-201.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Barbosa, N., Vieira, R. and Resende, E. 2018. "Modeling the respiration rate of Golden papayas stored under different atmosphere conditions at room temperature." **Postharvest Biology and Technology.** 136 : 152-160.

Both, V., Brackmann, A., Thewes, F., Weber, A., Schultz, E. and Ludwig, V. 2018. "The influence of temperature and 1-MCP on quality attributes of 'Galaxy' apples stored in controlled atmosphere and dynamic controlled atmosphere." **Food Packaging and Shelf Life.** 16 : 168-177.

Cliff, M. and Toivonen, P. 2017. "Sensory and quality characteristics of 'Ambrosia' apples in relation to harvest maturity for fruit stored up to eight months." **Postharvest Biology and Technology.** 132 : 145-153.

DeEll, J., Lum, G. and Ehsani-Moghaddam, B. 2016. "Effects of multiple 1-methylcyclopropene treatments on apple fruit quality and disorders in controlled atmosphere storage." **Postharvest Biology and Technology.** 111 : 93-98.

DeEll, J., Lum, G. and Ehsani-Moghaddam, B. 2016. "Elevated carbon dioxide in storage rooms prior to establishment of controlled atmosphere affects apple fruit quality." **Postharvest Biology and Technology.** 118 : 11-16.

Frigomech SRL. 2015. **Fruits and Vegetables.** [Online]. Available : http://www.frigomech.com/en/main/industries/food-industry/fruits-and-vegetables.html

Inteligistics. 2013. **Vacuum cooling for the fruit and vegetable industry.** [Online]. Available : http://www.inteligistics.com/vacuum-cooling-for-the-fruit-and-vegetable-industry.

Lum, G., DeEll, J., Hoover, G. and Subedi, S. 2017. "1-Methylcylopropene and controlled atmosphere modulate oxidative stress metabolism and reduce senescence-related disorders in stored pear fruit." **Postharvest Biology and Technology.** 129 : 52-63.

Matityahu, I., Marciano, P., Holland, D., Ben-Arie, R. and Amir, R. 2016. "Differential effects of regular and controlled atmosphere storage on the quality of three cultivars of pomegranate (Punica granatum L.)." **Postharvest Biology and Technology.** 115 : 132-141.

Mditshwa, A., Fawole, O., Vries, F., Merwe, K., Crouch, E. and Opara, U. 2017. "Minimum exposure period for dynamic controlled atmospheres to control superficial

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

scald in 'Granny Smith' apples for long distance supply chains." **Postharvest Biology and Technology.** 127 : 27-34.

Mu-bo, S., Lu-ping, T., Xue-lian, Z., Mei, B., Xue-qun, P. and Zhao-qi, Z. 2015. "Effects of high CO2 treatment on green-ripening and peel senescence in banana and plantain fruits." **Journal of Integrative Agriculture.** 14(5) : 875-887.

Ontario. 2014. **Forced-Air Cooling Systems for Fresh Ontario Fruits and Vegetables.** [Online]. Available : http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/14-039.htm.

Saquet, A. and Almeida, D. 2017. "Internal disorders of 'Rocha' pear affected by oxygen partial pressure and inhibition of ethylene action." **Postharvest Biology and Technology.** 128 : 54-62.

Saquet, A. and Almeida, D. 2017. "Responses of 'Rocha' pear to delayed controlled atmosphere storage depend on oxygen partial pressure." **Scientia Horticulturae.** 222 : 17-21

Sheng, L., Hánrahan, I., Sun, X., Taylor, M., Mendoza, M. and Zhu, M.J. 2018. "Survival of Listeria innocua on Fuji apples under commercial cold storage with or without low dose continuous ozone gaseous." **Food Microbiology.** 76 : 21-28.

Southwest VA Farmers' Market. 2018. **Hydro-Cooling.** [Online]. Available : http://swvafarmersmarket.org/hydro-cooling.

Teixeira, G., Júnior, L., Ferraudo, A. and Durigan, J. 2016. "Quality of guava (Psidium guajava L. cv. Pedro Sato) fruit stored in low-O2 controlled atmospheres is negatively affected by increasing levels of CO2." **Postharvest Biology and Technology.** 111 : 62-68.

Tessmer, M., Appezzato-da-Glória, B. and Antoniolli, L. 2016. "Influence of growing sites and physicochemical features on the incidence of lenticel breakdown in 'Gala' and 'Galaxy' apples." **Scientia Horticulturae.** 205 : 119-126.

Vanoli, M., Grassi, M. and Rizzolo, A. 2016. "Ripening behavior and physiological disorders of 'Abate Fetel' pears treated at harvest with 1-MCP and stored at different temperatures and atmospheres." **Postharvest Biology and Technology.** 111 : 274-285.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลการกระจายตัวของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในตู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก1 ผลการกระจายตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในตู้

ชั้น	ตำแหน่ง								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
บน	3.47±0.02	3.62±0.05	3.46±0.02	3.49±0.03	3.57±0.03	3.52±0.02	3.50±0.03	3.51±0.03	3.52±0.03
กลาง	3.55±0.03	3.47±0.03	3.46±0.04	3.54±0.04	3.56±0.03	3.49±0.04	3.53±0.04	3.51±0.04	3.50±0.03
ล่าง	3.55±0.02	3.55±0.04	3.49±0.02	3.60±0.02	3.63±0.02	3.64±0.03	3.59±0.04	3.58±0.05	3.56±0.02

ตารางที่ ก2 ผลการกระจายตัวของก๊าซออกซิเจนในตู้

ชั้น	ตำแหน่ง								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
บน	3.609±0.029	3.531±0.002	3.539±0.005	3.617±0.029	3.518±0.025	3.555±0.025	3.607±0.024	3.583±0.000	3.558±0.029
กลาง	3.438±0.029	3.546±0.005	3.550±0.001	3.498±0.000	3.446±0.001	3.532±0.024	3.504±0.010	3.500±0.002	3.512±0.025
ล่าง	3.530±0.022	3.515±0.009	3.549±0.002	3.462±0.000	3.449±0.002	3.558±0.018	3.606±0.005	3.582±0.012	3.562±0.006

ภาคผนวก ข.

แบบทดสอบความพึงพอใจต่อกล้วยหอมทอง

คำแนะนำ กรุณาประเมินความชอบต่อกล้วยหอมทองตามลำดับตัวอย่าง ทีละตัวอย่าง พร้อมทั้งให้ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อกล้วยหอมแต่ละคุณลักษณะคุณภาพ โดยกำหนดให้

ระดับคะแนน 1=ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3=ไม่ชอบปานกลาง 4=ไม่ชอบเล็กน้อย

5=ก้ำกึ่งระหว่างชอบกับไม่ชอบ

6=ชอบเล็กน้อย 7=ชอบปานกลาง 8=ชอบมาก 9=ชอบมากที่สุด

เพศ .....

อายุ .....

คุณลักษณะ	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
ลักษณะปรากฏของผล		

คำแนะนำ เมื่อรับประทานเสร็จ 1 ตัวอย่าง กรุณาดื่มน้ำเพื่อล้างปากก่อนรับประทานอีกตัวอย่าง

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง .....
กลิ่น		
รสชาติ		
เนื้อสัมผัส		
ความชอบโดยรวม		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ผลการทดลองเปรียบเทียบกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ กับการเก็บรักษาด้วยความเย็นต่อสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค1 น้ำหนัก (g) ของกล้วยหอมทองตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	156.85	159.56	202.56	197.28	133.50	142.76	153.82	163.94	153.66	184.19
	NA	156.85	159.56	202.56	197.28	133.50	142.76	153.82	163.94	153.66	184.19
7	CA	196.66	197.38	135.13	179.62	195.40	192.87	166.19	201.39	121.74	196.36
	NA	175.31	144.52	120.47	163.60	173.71	146.10	172.11	154.40	195.72	176.63
14	CA	180.77	166.03	185.39	142.20	148.49	163.01	137.66	159.33	167.73	143.59
	NA	165.45	165.30	177.58	191.10	148.06	141.07	140.12	166.42	182.51	126.10
21	CA	115.37	139.73	164.94	126.04	168.01	119.74	178.77	117.25	190.87	179.27
	NA	159.70	174.35	153.46	137.83	171.55	138.93	166.44	130.8	141.72	133.97
28	CA	156.52	148.64	153.34	176.06	116.48	167.30	112.68	147.17	122.76	139.13
	NA	130.84	148.25	128.18	121.66	148.67	174.74	166.96	186.77	133.81	141.35
35	CA	136.16	135.36	103.81	147.69	133.46	143.89	113.54	154.40	121.40	122.60
	NA	124.05	125.23	125.82	161.49	118.76	152.94	146.34	141.67	135.33	161.01
42	CA	111.57	125.50	159.37	123.16	103.47	102.42	125.48	124.24	116.41	107.59
	NA	133.24	128.96	136.71	152.82	158.13	129.11	126.32	155.61	124.46	147.79

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค2 ความยาว (mm) ของกล้วยหอมทองตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	158.21	152.60	191.49	190.16	142.05	148.37	144.07	161.08	158.61	179.88
	NA	158.21	152.60	191.49	190.16	142.05	148.37	144.07	161.08	158.61	179.88
7	CA	176.93	194.20	149.35	158.93	195.68	177.33	186.97	191.22	151.15	199.58
	NA	167.91	162.10	138.99	161.41	186.26	175.79	175.11	158.13	189.92	168.91
14	CA	173.65	160.43	119.95	153.95	157.88	166.78	178.30	170.76	170.60	156.60
	NA	178.51	146.27	180.55	169.95	180.30	144.4	142.41	180.02	158.17	139.57
21	CA	145.92	169.00	189.17	135.19	166.23	140.34	190.19	146.64	190.81	172.30
	NA	151.25	192.75	155.35	165.78	171.02	151.96	158.77	146.35	150.98	148.24
28	CA	170.74	157.60	167.16	195.14	155.86	168.33	124.91	152.52	154.02	152.81
	NA	155.2	163.14	172.82	146.64	165.02	169.61	141.04	200.32	154.28	144.74
35	CA	148.9	173.36	137.06	160.81	144.45	160.5	144.87	180.46	152.18	143.41
	NA	142.22	161.45	147.17	188.44	133.15	164.75	178.05	171.93	165.64	186.82
42	CA	146.56	158.90	171.76	154.67	133.98	136.17	158.38	147.41	142.97	157.45
	NA	177.18	163.79	161.32	156.58	171.29	150.65	167.58	165.88	152.66	159.59

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค3 ความกว้าง (mm) ของกล้วยหอมทองตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	38.23	38.7	40.61	38.07	36.57	37.6	38.44	38.83	38.71	39.64
	NA	38.23	38.7	40.61	38.07	36.57	37.6	38.44	38.83	38.71	39.64
7	CA	42.84	39.52	35.52	39.13	39.35	40.12	37.92	40.47	35.80	39.02
	NA	40.70	36.14	36.37	38.46	37.17	35.29	38.39	37.04	40.16	39.51
14	CA	38.33	38.16	40.30	35.65	36.46	37.24	33.65	35.72	39.65	36.16
	NA	37.57	38.31	39.20	44.66	35.69	36.80	36.01	38.02	39.17	34.85
21	CA	33.31	35.81	36.14	35.63	38.57	34.59	36.79	34.13	36.77	38.97
	NA	37.89	37.86	38.14	35.52	39.10	34.33	39.72	35.88	34.24	37.81
28	CA	37.21	36.66	36.33	38.77	33.95	37.70	32.81	37.78	35.29	36.36
	NA	35.65	36.79	34.61	34.54	36.36	41.19	40.21	39.21	34.37	36.00
35	CA	35.82	33.99	31.61	35.74	34.35	36.28	33.25	36.06	34.75	33.37
	NA	33.26	32.81	34.70	36.69	35.28	37.28	34.17	33.56	34.79	36.24
42	CA	33.59	33.57	37.68	33.53	31.94	31.21	33.52	34.45	33.73	30.32
	NA	32.95	35.49	34.93	37.47	36.64	34.22	32.86	36.19	34.70	36.33

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค4 L* ของกล้วยหอมทองตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	57.46	54.26	53.68	55.55	51.94	54.76	52.44	50.50	53.17	57.01
	NA	57.46	54.26	53.68	55.55	51.94	54.76	52.44	50.50	53.17	57.01
7	CA	55.31	57.56	53.54	49.69	57.60	49.47	54.36	53.56	55.44	54.03
	NA	53.28	53.33	53.33	53.92	50.97	50.24	46.99	53.04	50.52	52.74
14	CA	54.11	58.03	55.16	50.18	54.14	57.19	54.14	48.60	51.05	51.48
	NA	57.65	58.06	57.22	54.36	53.48	53.78	52.72	56.70	53.48	52.95
21	CA	50.01	50.02	55.46	51.41	52.13	57.02	51.90	52.75	51.35	56.72
	NA	54.85	59.24	52.58	54.32	51.71	51.81	49.25	50.37	52.89	51.74
28	CA	55.82	59.38	58.40	56.24	57.43	53.72	53.32	57.31	53.73	49.82
	NA	60.32	61.49	59.52	59.93	63.11	60.40	68.76	67.13	64.47	53.86
35	CA	57.54	58.33	52.72	57.83	56.92	56.44	51.93	54.08	56.00	54.07
	NA	63.39	65.85	62.27	65.46	63.16	64.94	64.46	61.85	63.68	66.10
42	CA	51.81	51.62	60.20	50.91	50.46	49.50	47.62	54.18	49.75	49.85
	NA	62.80	58.87	60.70	62.15	66.54	62.11	62.08	61.72	57.56	59.88

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค5 a* ของกล้วยหอมทองตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	-10.18	-10.37	-9.8	-9.69	-10.49	-10.14	-10.59	-10.69	-10.04	-9.97
	NA	-10.18	-10.37	-9.8	-9.69	-10.49	-10.14	-10.59	-10.69	-10.04	-9.97
7	CA	-10.83	-10.01	-10.20	-10.32	-10.22	-10.74	-10.84	-10.57	-10.42	-10.44
	NA	-9.05	-9.28	-8.58	-9.35	-9.72	-9.59	-8.17	-9.38	-10.04	-9.17
14	CA	-9.66	-9.22	-9.67	-9.48	-10.15	-10.07	-9.62	-10.10	-9.98	-9.42
	NA	-8.48	-9.13	-8.60	-9.37	-9.39	-7.37	-7.66	-8.03	-7.88	-8.55
21	CA	-8.74	-8.96	-10.46	-8.92	-8.34	-9.70	-10.23	-10.00	-9.06	-9.09
	NA	-8.82	-4.33	-7.64	-8.31	-8.19	-9.98	-9.23	-8.60	-9.05	-8.78
28	CA	-8.55	-6.94	-7.93	-8.42	-8.93	-9.09	-8.39	-6.41	-8.54	-7.81
	NA	9.99	6.34	-0.40	1.58	8.31	-2.36	7.62	6.95	3.05	-5.68
35	CA	-5.87	-7.38	-8.47	-6.81	-5.49	-6.87	-6.78	-9.38	-7.63	-6.79
	NA	11.01	8.28	3.19	8.71	8.96	8.34	8.54	10.27	10.20	6.86
42	CA	-7.71	-8.49	-3.20	-8.27	-6.97	-7.18	-7.54	-7.40	-6.71	-7.35
	NA	9.81	11.07	10.64	9.45	9.70	10.17	9.94	11.48	10.09	11.10

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค6 b* ของกล้วยหอมทองตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	33.62	34.97	32.87	34.33	33	34.28	33.98	32.58	32.06	35.02
	NA	33.62	34.97	32.87	34.33	33	34.28	33.98	32.58	32.06	35.02
7	CA	35.74	34.70	32.46	31.57	33.65	32.13	33.61	33.74	33.66	34.39
	NA	34.18	31.48	32.59	31.89	30.63	30.27	28.82	32.10	31.59	32.50
14	CA	32.12	32.25	32.63	29.45	32.46	32.34	32.31	30.17	30.04	29.93
	NA	32.66	33.23	33.68	32.19	31.58	29.94	29.68	32.63	31.88	29.11
21	CA	32.58	31.75	33.43	30.66	31.78	34.68	32.99	32.09	31.76	33.02
	NA	34.02	40.58	33.17	32.97	31.71	33.04	31.09	30.33	32.91	31.29
28	CA	34.79	36.27	35.53	36.70	35.13	35.97	32.20	36.72	34.61	32.69
	NA	40.13	46.62	42.33	41.07	45.17	38.03	43.87	41.29	44.07	31.32
35	CA	38.10	35.62	33.13	37.74	38.81	36.35	34.23	33.74	35.98	35.91
	NA	45.44	41.77	40.06	39.34	38.96	45.56	45.40	44.59	44.58	45.60
42	CA	31.80	33.88	38.57	31.95	32.16	32.17	30.84	34.25	32.63	32.47
	NA	45.26	43.01	41.19	39.46	43.53	39.76	42.07	42.05	39.83	39.36

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค7 ความแน่นเนื้อเริ่มต้นของเปลือกกล้วยหอมทอง (N/mm) ตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	6.610	9.204	10.105	4.718	11.084	8.490	9.534	7.608	9.145	11.688
	NA	6.610	9.204	10.105	4.718	11.084	8.490	9.534	7.608	9.145	11.688
7	CA	5.630	5.307	5.701	4.768	6.638	4.613	5.341	5.919	5.672	6.717
	NA	5.453	9.440	6.952	7.683	6.082	8.425	8.756	8.583	7.595	7.474
14	CA	3.199	4.129	3.733	4.676	4.052	4.221	4.618	4.944	4.074	4.680
	NA	7.660	8.284	6.894	6.903	11.097	8.688	7.038	8.008	7.894	8.189
21	CA	4.006	3.827	3.295	4.469	4.139	3.877	4.637	5.273	2.779	3.342
	NA	6.288	3.037	5.920	7.227	6.662	4.810	5.643	5.896	6.049	6.267
28	CA	3.676	3.810	3.996	4.789	2.968	2.396	4.015	3.914	2.757	3.760
	NA	2.497	2.729	4.040	3.836	2.973	5.899	3.930	3.759	2.725	6.513
35	CA	4.118	4.368	4.267	3.935	3.430	3.936	3.610	2.790	3.872	4.023
	NA	2.011	1.566	4.390	2.409	1.865	2.342	1.510	1.847	1.580	2.641
42	CA	4.194	4.515	3.093	4.602	4.542	3.559	3.280	4.003	3.906	3.598
	NA	1.792	1.903	1.753	2.122	1.867	1.776	1.235	1.447	0.994	1.471

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค8 ความแน่นเนื้อเฉลี่ยของเปลือกกล้วยหอมทอง (N/mm) ตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	7.403	9.319	10.575	7.478	9.299	9.560	9.983	7.768	9.387	10.428
	NA	7.403	9.319	10.575	7.478	9.299	9.560	9.983	7.768	9.387	10.428
7	CA	7.189	6.345	7.838	6.583	7.533	5.474	6.532	6.984	6.949	7.790
	NA	6.328	8.355	7.437	7.115	6.934	8.471	8.017	8.315	7.766	7.889
14	CA	4.891	6.502	5.422	7.038	6.362	6.348	6.498	6.938	5.600	6.641
	NA	8.955	8.980	7.627	7.718	9.912	9.443	8.218	8.535	9.021	8.767
21	CA	6.484	6.180	5.401	6.676	6.397	6.210	6.770	7.762	4.673	5.667
	NA	7.596	3.640	7.342	7.743	7.686	7.013	7.362	7.925	7.663	7.929
28	CA	5.610	5.822	6.161	6.442	5.015	3.580	6.232	4.549	4.734	3.904
	NA	2.198	2.737	3.107	3.317	2.889	4.948	3.420	3.511	2.482	7.865
35	CA	4.919	6.216	4.082	5.152	4.879	6.020	5.656	4.628	6.030	4.754
	NA	1.681	1.605	4.234	1.930	2.069	2.075	1.822	1.742	1.549	2.387
42	CA	4.037	5.706	3.295	5.746	6.694	5.297	4.955	6.070	5.205	5.040
	NA	1.627	1.555	1.524	1.865	1.648	1.816	1.169	1.381	1.165	1.498

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค9 แรงในการแทงทะลุเปลือกกล้วยหอมทอง (N) ตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	15.015	17.291	16.786	17.571	17.582	17.236	16.058	16.255	16.483	16.522
	NA	15.015	17.291	16.786	17.571	17.582	17.236	16.058	16.255	16.483	16.522
7	CA	21.815	16.286	17.758	17.999	18.161	16.087	17.654	19.185	21.370	20.059
	NA	15.319	14.992	17.973	14.668	15.720	16.440	15.181	17.971	16.502	15.682
14	CA	18.456	22.773	19.790	23.918	22.792	24.605	23.237	25.072	19.411	24.308
	NA	20.767	18.572	18.320	17.019	19.081	19.964	19.521	18.769	19.749	19.648
21	CA	25.590	23.215	22.249	24.110	24.351	22.156	24.823	24.861	17.191	20.960
	NA	20.117	16.870	20.037	20.774	19.242	21.024	20.291	21.785	21.146	22.572
28	CA	24.287	24.770	24.959	23.175	21.302	16.880	25.450	23.643	19.276	21.876
	NA	6.758	12.781	15.465	15.572	12.172	17.583	14.206	12.682	11.448	19.523
35	CA	25.265	25.096	21.839	22.662	21.722	23.869	24.785	21.309	26.154	23.540
	NA	6.842	7.120	18.165	5.837	10.084	8.498	5.149	6.937	5.853	11.619
42	CA	21.975	23.432	22.184	26.129	29.241	27.508	24.333	29.011	22.695	25.168
	NA	7.302	6.342	4.854	7.249	5.330	8.476	3.555	5.226	3.272	5.619

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค10 ระยะทางในการแทงทะลุเปลือกกล้วยหอมทอง (mm) ตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	2.081	1.848	1.584	2.383	1.893	1.808	1.606	2.109	1.746	1.587
	NA	2.081	1.848	1.584	2.383	1.893	1.808	1.606	2.109	1.746	1.587
7	CA	3.025	2.629	2.264	2.742	2.409	3.058	2.816	2.773	3.063	2.565
	NA	2.410	1.828	2.410	2.083	2.371	1.961	1.884	2.157	2.125	1.986
14	CA	3.754	3.497	3.654	3.392	3.572	3.864	3.577	3.608	3.465	3.654
	NA	2.336	2.075	2.412	2.204	1.919	2.112	2.375	2.209	2.192	2.265
21	CA	3.950	3.804	4.161	3.609	3.803	3.568	3.671	3.198	3.684	3.694
	NA	2.653	4.689	2.725	2.675	2.506	3.034	2.751	2.745	2.758	2.845
28	CA	4.341	4.251	4.047	3.569	4.260	4.783	4.076	5.281	4.076	5.796
	NA	3.043	4.680	4.949	4.682	4.206	3.546	4.171	3.629	4.613	2.479
35	CA	5.283	4.091	5.421	4.392	4.431	3.954	4.392	4.671	4.346	4.941
	NA	4.075	4.306	4.283	2.995	4.845	4.077	2.840	3.955	3.769	4.875
42	CA	5.451	4.146	6.796	4.565	4.360	5.204	4.927	4.772	4.385	4.995
	NA	4.468	4.057	3.170	3.864	3.213	4.639	3.017	3.747	2.785	3.729

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค11 ความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทอง (N mm) ตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	15.790	16.143	13.387	17.776	17.976	15.329	12.997	18.322	14.743	14.208
	NA	15.790	16.143	13.387	17.776	17.976	15.329	12.997	18.322	14.743	14.208
7	CA	30.688	20.199	18.709	22.309	21.209	22.656	21.647	25.281	30.856	24.786
	NA	18.351	14.627	22.287	16.260	16.413	16.064	15.376	19.852	18.320	15.579
14	CA	30.697	33.858	31.292	35.287	35.221	41.325	36.991	40.330	30.245	39.794
	NA	23.257	19.079	21.855	18.542	19.302	20.863	22.409	20.582	21.199	21.651
21	CA	43.002	36.895	37.557	37.730	39.602	32.858	39.908	35.305	26.852	31.305
	NA	25.160	38.193	25.881	27.284	23.163	27.006	25.617	27.718	26.997	30.031
28	CA	45.013	45.664	43.235	38.141	37.794	34.698	44.132	61.924	31.898	67.742
	NA	11.523	31.730	42.606	38.315	27.777	34.208	32.730	24.759	28.271	23.089
35	CA	66.554	46.053	61.860	47.586	44.102	40.581	45.883	40.058	48.637	57.893
	NA	16.143	16.858	40.169	9.854	24.713	19.112	7.224	14.936	12.020	29.832
42	CA	62.699	45.325	75.568	57.999	56.054	65.232	54.902	60.040	46.540	57.101
	NA	16.975	14.213	8.600	15.562	9.608	20.566	5.835	10.403	4.562	11.157

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค12 แรงกดเฉลี่ยที่กล้วยหอมทอง (N) ตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	6.358	6.489	6.957	7.278	7.314	7.119	7.184	7.183	6.501	6.727
	NA	6.358	6.489	6.957	7.278	7.314	7.119	7.184	7.183	6.501	6.727
7	CA	5.466	6.772	6.944	7.813	6.035	6.834	6.544	6.391	6.098	6.231
	NA	7.033	8.096	6.256	7.116	6.932	7.243	6.576	6.462	6.386	6.862
14	CA	6.197	5.422	6.202	5.765	5.442	5.211	6.580	6.044	5.641	5.541
	NA	7.288	7.084	6.190	6.577	7.509	6.579	6.201	7.232	6.449	7.283
21	CA	5.529	6.250	5.890	5.317	4.825	4.945	5.121	6.491	6.324	5.582
	NA	5.826	2.238	5.737	6.580	6.534	6.434	6.498	6.287	6.584	6.025
28	CA	3.707	3.278	3.987	3.913	5.612	5.231	4.935	1.647	4.689	2.267
	NA	0.635	0.696	1.094	2.184	1.178	1.393	1.329	1.396	1.842	5.982
35	CA	2.231	4.458	1.682	1.612	2.502	4.081	5.252	5.899	3.455	1.879
	NA	0.684	0.521	1.484	0.527	1.043	0.686	0.986	0.517	0.691	0.820
42	CA	0.990	3.765	1.171	2.637	3.846	2.681	2.981	3.307	3.144	1.790
	NA	0.508	0.585	0.419	0.506	0.537	0.650	0.339	0.345	0.399	0.478

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค13 พลังงานในการแทงทะลุเนื้อกล้วยหอมทอง (N mm) ตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	145.958	128.032	139.432	139.479	141.479	154.552	143.691	145.271	140.688	143.995
	NA	145.958	128.032	139.432	139.479	141.479	154.552	143.691	145.271	140.688	143.995
7	CA	116.264	133.498	142.591	159.297	137.003	135.114	119.928	127.895	119.311	124.492
	NA	144.293	189.601	120.398	137.422	145.397	182.787	142.743	140.046	131.352	134.915
14	CA	123.103	100.604	108.231	125.671	103.245	92.848	122.079	120.890	102.459	94.505
	NA	137.162	133.571	123.766	125.965	158.433	127.425	113.594	134.445	123.598	146.161
21	CA	105.032	106.414	96.586	106.356	84.882	103.062	90.262	147.180	110.487	101.272
	NA	120.017	40.330	120.928	130.811	125.327	137.661	124.479	141.824	120.912	116.836
28	CA	67.508	61.823	73.783	66.319	105.783	88.349	90.380	29.115	89.641	37.434
	NA	12.230	12.396	20.401	37.856	20.842	24.141	22.440	24.898	33.835	118.147
35	CA	38.621	74.678	28.203	27.459	44.334	69.026	97.461	99.989	63.328	34.010
	NA	12.029	9.471	25.231	10.224	19.371	14.014	19.479	10.348	11.858	15.093
42	CA	15.989	65.288	17.796	42.308	67.560	42.765	53.493	53.253	52.184	29.975
	NA	8.345	10.211	7.993	8.772	10.176	10.525	5.965	6.125	8.003	8.454

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค14 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทอง (%Brix) ตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	1.2	1.2	1.2	1.2	1.6	1.2	1.2	2.0	1.2	1.2
	NA	1.2	1.2	1.2	1.2	1.6	1.2	1.2	2.0	1.2	1.2
7	CA	2.0	1.6	2.4	2.4	2.0	2.0	1.9	2.0	1.6	1.6
	NA	1.6	2.0	1.6	2.0	1.6	2.0	2.0	1.6	1.6	1.6
14	CA	2.4	2.0	2.4	2.8	2.0	1.6	3.2	2.4	2.0	2.8
	NA	2.0	2.4	2.4	2.0	3.2	2.0	2.0	2.4	2.4	2.8
21	CA	4.0	3.6	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	3.2	2.8	2.8
	NA	2.4	12.4	2.4	3.6	2.8	3.2	3.6	3.2	3.6	3.2
28	CA	4.0	4.0	3.6	4.0	3.2	4.0	2.8	4.8	3.2	6.0
	NA	19.6	14.8	16.3	14.4	15.6	8.8	11.9	12.1	16.4	3.2
35	CA	5.6	5.6	8.4	5.2	4.8	4.4	5.6	3.6	4.0	4.8
	NA	18,8	20.4	7.6	20.0	16.8	19.2	18.4	20.0	20.0	19.2
42	CA	12.0	8.0	8.1	8.1	5.9	6.4	8.9	6.0	9.1	6.5
	NA	21.5	20.8	21.6	19.6	18.8	18.5	20.8	19.5	20.0	18.8

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค15 ปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทอง (%Malic) ตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	0.032	0.041	0.037	0.041	0.052	0.036	0.039	0.052	0.037	0.040
	NA	0.032	0.041	0.037	0.041	0.052	0.036	0.039	0.052	0.037	0.040
7	CA	0.060	0.036	0.060	0.055	0.043	0.040	0.039	0.035	0.037	0.043
	NA	0.043	0.063	0.041	0.045	0.043	0.060	0.044	0.044	0.048	0.039
14	CA	0.063	0.060	0.045	0.052	0.047	0.043	0.065	0.051	0.040	0.060
	NA	0.063	0.068	0.080	0.072	0.091	0.051	0.048	0.063	0.061	0.097
21	CA	0.080	0.076	0.053	0.044	0.051	0.060	0.064	0.080	0.055	0.068
	NA	0.085	0.205	0.083	0.109	0.092	0.084	0.073	0.111	0.101	0.092
28	CA	0.097	0.105	0.087	0.092	0.072	0.103	0.056	0.117	0.080	0.107
	NA	0.248	0.249	0.261	0.256	0.145	0.185	0.267	0.264	0.268	0.101
35	CA	0.100	0.085	0.140	0.097	0.099	0.091	0.093	0.093	0.084	0.088
	NA	0.227	0.220	0.157	0.255	0.232	0.248	0.241	0.241	0.227	0.261
42	CA	0.153	0.140	0.115	0.128	0.116	0.105	0.144	0.104	0.137	0.092
	NA	0.204	0.200	0.211	0.236	0.205	0.220	0.167	0.177	0.184	0.172

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ตารางที่ ค16 สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทอง (%Brix/%Malic) ตามระยะเวลาและสภาวะในการเก็บรักษา

การเก็บรักษา		ตัวอย่างที่									
ระยะเวลา	สภาวะ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	CA	37.5	29.0	32.1	29.0	30.8	33.3	31.0	38.5	32.1	30.0
	NA	37.5	29.0	32.1	29.0	30.8	33.3	31.0	38.5	32.1	30.0
7	CA	33.3	44.4	40.0	43.9	46.9	50.0	48.3	57.7	42.9	37.5
	NA	37.5	31.9	38.7	44.1	37.5	33.3	45.5	36.4	33.3	41.4
14	CA	38.3	33.3	52.9	53.8	42.9	37.5	49.0	47.4	50.0	46.7
	NA	31.9	35.3	30.0	27.8	35.3	39.5	41.7	38.3	39.1	28.8
21	CA	50.0	47.4	45.0	54.5	47.4	40.0	37.5	40.0	51.2	41.2
	NA	28.1	60.4	29.0	32.9	30.4	38.1	49.1	28.9	35.5	34.8
28	CA	41.1	38.0	41.5	43.5	44.4	39.0	50.0	40.9	40.0	56.3
	NA	79.0	59.4	62.2	56.3	107.3	47.5	44.5	46.0	61.2	31.6
35	CA	56.0	65.6	60.0	53.4	48.6	48.5	60.0	38.6	47.6	54.5
	NA	82.9	92.7	48.3	78.5	72.4	77.4	76.2	82.9	88.2	73.5
42	CA	78.3	57.1	70.9	63.5	50.6	60.8	62.0	57.7	66.0	71.0
	NA	105.2	104.0	102.5	83.1	91.6	84.2	124.8	109.8	108.7	109.3

หมายเหตุ CA คือ การเก็บรักษาด้วยตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

NA คือ การเก็บรักษาด้วยความเย็น

ภาคผนวก ง.

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทอง

ตารางที่ ง1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศเป็นเวลา 42 วัน แล้วถูกนำออกมาไว้ที่ที่อุณหภูมิ 25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% เป็นเวลา 7 วัน

ผู้ทดสอบการชิมคนที่	ลักษณะปรากฏของผล	กลิ่น	รสชาติ	ความแน่นเนื้อ	ความชอบโดยรวม
1	3	7	5	7	6
2	3	5	5	6	5
3	1	3	6	4	5
4	2	8	9	8	8
5	1	2	2	1	2
6	3	5	7	6	7
7	6	5	6	7	7
8	1	4	3	6	4
9	3	4	5	4	5
10	3	7	6	4	6
11	6	8	8	7	8
12	5	1	1	3	1
13	3	4	4	5	5
14	6	7	9	6	7
15	5	8	9	8	8
16	5	5	7	6	7
17	6	9	9	8	9
18	2	6	2	2	2
19	1	8	8	8	7
20	1	7	1	1	2
21	1	4	7	7	7
22	2	5	4	2	3
23	5	8	9	8	8
24	2	1	4	3	3
25	4	8	7	5	7
26	1	2	3	4	4
27	5	5	7	3	5
28	3	7	7	7	7
29	5	9	9	9	9
30	5	6	7	7	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมทองที่วางขายอยู่ในร้านสะดวกซื้อ

ผู้ทดสอบการชิมคนที่	ลักษณะปรากฏของผล	กลิ่น	รสชาติ	ความแน่นเนื้อ	ความชอบโดยรวม
1	9	6	8	8	7
2	6	7	8	8	8
3	7	8	8	7	8
4	7	5	6	8	7
5	5	4	7	7	6
6	8	4	7	7	7
7	7	6	7	6	8
8	7	7	7	6	7
9	7	6	7	7	7
10	7	5	7	6	8
11	8	4	9	8	7
12	8	7	4	3	3
13	7	7	8	8	8
14	7	5	9	5	6
15	8	5	2	8	5
16	8	7	6	8	7
17	9	8	8	7	8
18	6	7	6	4	5
19	8	8	7	7	6
20	9	7	8	9	9
21	9	6	6	7	8
22	8	5	7	8	7
23	8	6	6	9	7
24	9	6	8	8	8
25	8	5	6	7	6
26	4	4	6	7	6
27	7	7	6	5	6
28	8	7	7	8	7
29	9	9	9	9	9
30	8	8	9	9	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ตารางที่ จ1 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของความยาวกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:long

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5060.172[a]	13	389.244	1.417	.160
Intercept	3686641.342	1	3686641.342	1.342E4	.000
contition	53.704	1	53.704	.196	.659
time	3295.940	6	549.323	2.000	.070
contition * time	1710.527	6	285.088	1.038	.404
Error	34606.370	126	274.654		
Total	3726307.884	140			
Corrected Total	39666.542	139			

a. R Squared = .128 (Adjusted R Squared = .038)

ตารางที่ จ2 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของน้ำหนักกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:weight

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	30998.951[a]	13	2384.535	5.571	.000
Intercept	3188160.881	1	3188160.881	7.449E3	.000
contition	215.066	1	215.066	.502	.480
time	27419.923	6	4569.987	10.677	.000
contition * time	3363.962	6	560.660	1.310	.257
Error	53931.159	126	428.025		
Total	3273090.991	140			
Corrected Total	84930.110	139			

a. R Squared = .365 (Adjusted R Squared = .299)

ตารางที่ จ3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรานเพื่อหาความแตกต่างของน้ำหนักกล้วยหอมทองที่แต่ละระยะเวลาในการเก็บรักษา ด้วยวิธี Duncan

weight

Duncan

เวลา	N	Subset 1	2	3	4	5
42วัน	20	1.2962E2				
35วัน	20	1.3525E2	1.3525E2			
28วัน	20		1.4607E2	1.4607E2		
21วัน	20			1.5044E2	1.5044E2	
14วัน	20				1.5990E2	1.5990E2
เริ่มต้น	20					1.6481E2
7วัน	20					1.7027E2
Sig.		.391	.101	.505	.151	.137

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 428.025.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ4 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของความกว้างกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:width

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	376.655[a]	13	28.973	8.236	.000
Intercept	188248.159	1	188248.159	5.351E4	.000
contition	9.314	1	9.314	2.648	.106
time	343.287	6	57.215	16.264	.000
contition * time	24.054	6	4.009	1.140	.343
Error	443.254	126	3.518		
Total	189068.068	140			
Corrected Total	819.909	139			

a. R Squared = .459 (Adjusted R Squared = .404)

ตารางที่ จ5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรานเพื่อหาความแตกต่างของความกว้างกล้วยหอมทองที่แต่ละระยะเวลาในการเก็บรักษา ด้วยวิธี Duncan

Homogeneous

width

Duncan

เวลา	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
42วัน	20	3.4265E1		
35วัน	20	3.4700E1		
21วัน	20		3.6560E1	
28วัน	20		3.6590E1	
14วัน	20		3.7580E1	3.7580E1
7วัน	20			3.8446E1
เริ่มต้น	20			3.8540E1
Sig.		.465	.107	.129

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 3.518.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ6 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของค่า L* กล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษา ที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:L

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2035.630[a]	13	156.587	21.535	.000
Intercept	432789.955	1	432789.955	5.952E4	.000
contition	417.478	1	417.478	57.415	.000
time	944.744	6	157.457	21.655	.000
contition * time	673.408	6	112.235	15.436	.000
Error	916.168	126	7.271		
Total	435741.754	140			
Corrected Total	2951.798	139			

a. R Squared = .690 (Adjusted R Squared = .658)

ตารางที่ จ7 ผลการทดสอบความแปรปรวนของค่า L* กล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษา ที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:L

F	df1	df2	Sig.
.805	13	126	.654

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + contition + time + contition * time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ8 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย main effect ของค่า L* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษา

Pairwise Comparisons

Dependent Variable:L

เวลา	(I) สภาวะ	(J) สภาวะ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
						Lower Bound	Upper Bound
เริ่มต้น	CA	NA	-5.329E-15	1.206	1.000	-2.386	2.386
	NA	CA	5.329E-15	1.206	1.000	-2.386	2.386
7วัน	CA	NA	2.219	1.206	.068	-.167	4.606
	NA	CA	-2.219	1.206	.068	-4.606	.167
14วัน	CA	NA	-1.631	1.206	.179	-4.018	.755
	NA	CA	1.631	1.206	.179	-.755	4.018
21วัน	CA	NA	.002	1.206	.999	-2.385	2.388
	NA	CA	-.002	1.206	.999	-2.388	2.385
28วัน	CA	NA	-6.382*	1.206	.000	-8.768	-3.995
	NA	CA	6.382*	1.206	.000	3.995	8.768
35วัน	CA	NA	-8.531*	1.206	.000	-10.918	-6.145
	NA	CA	8.531*	1.206	.000	6.145	10.918
42วัน	CA	NA	-9.853*	1.206	.000	-12.240	-7.467
	NA	CA	9.853*	1.206	.000	7.467	12.240

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

*. The mean difference is significant at the .05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ9 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย main effect ของค่า L* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษา

Pairwise Comparisons

Dependent Variable:L

สภาพ	(I) เวลา	(J) เวลา	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.a	95% Confidence Interval for Difference*	
						Lower Bound	Upper Bound
CA	เริ่มต้น	7วัน	.023	1.206	.985	-2.364	2.409
		14วัน	.669	1.206	.580	-1.718	3.055
		21วัน	1.200	1.206	.322	-1.186	3.586
		28วัน	-1.440	1.206	.235	-3.826	.947
		35วัน	-1.507	1.206	.214	-3.894	.879
		42วัน	2.489*	1.206	.041	.103	4.876
	7วัน	เริ่มต้น	-.023	1.206	.985	-2.409	2.364
		14วัน	.646	1.206	.593	-1.740	3.033
		21วัน	1.177	1.206	.331	-1.209	3.564
		28วัน	-1.462	1.206	.228	-3.848	.824
		35วัน	-1.530	1.206	.207	-3.916	.857
		42วัน	2.467*	1.206	.043	.080	4.853
	14วัน	เริ่มต้น	-.669	1.206	.580	-3.055	1.718
		7วัน	-.646	1.206	.593	-3.033	1.740
		21วัน	.531	1.206	.660	-1.855	2.918
		28วัน	-2.108	1.206	.083	-4.495	.278
		35วัน	-2.176	1.206	.074	-4.562	.211
		42วัน	1.820	1.206	.134	-.566	4.207
	21วัน	เริ่มต้น	-1.200	1.206	.322	-3.586	1.186
		7วัน	-1.177	1.206	.331	-3.564	1.209
		14วัน	-.531	1.206	.660	-2.918	1.855
		28วัน	-2.640*	1.206	.030	-5.026	-.253
		35วัน	-2.707*	1.206	.027	-5.094	-.321
		42วัน	1.289	1.206	.287	-1.097	3.676
	28วัน	เริ่มต้น	1.440	1.206	.235	-.947	3.826
		7วัน	1.462	1.206	.228	-.924	3.848
		14วัน	2.108	1.206	.083	-.278	4.495
		21วัน	2.640*	1.206	.030	.253	5.026
		35วัน	-.068	1.206	.955	-2.454	2.319
		42วัน	3.929*	1.206	.001	1.542	6.315
	35วัน	เริ่มต้น	1.507	1.206	.214	-.879	3.894
		7วัน	1.530	1.206	.207	-.857	3.916
		14วัน	2.176	1.206	.074	-.211	4.562
		21วัน	2.707*	1.206	.027	.321	5.094
		28วัน	.068	1.206	.955	-2.319	2.454
		42วัน	3.996*	1.206	.001	1.610	6.383
	42วัน	เริ่มต้น	-2.489*	1.206	.041	-4.876	-.103
		7วัน	-2.467*	1.206	.043	-4.853	-.080
		14วัน	-1.820	1.206	.134	-4.207	.566
		21วัน	-1.289	1.206	.287	-3.676	1.097
		28วัน	-3.929*	1.206	.001	-6.315	-1.542
		35วัน	-3.996*	1.206	.001	-6.383	-1.610
NA	เริ่มต้น	7วัน	2.242	1.206	.065	-.145	4.628
		14วัน	-.662	1.206	.428	-3.049	1.424
		21วัน	1.202	1.206	.321	-1.185	3.588
		28วัน	-7.821*	1.206	.000	-10.208	-5.435
		35วัน	-10.036*	1.206	.000	-12.425	-7.652
		42วัน	-7.364*	1.206	.000	-9.750	-4.978
	7วัน	เริ่มต้น	-2.242	1.206	.065	-4.628	.145
		14วัน	-3.204*	1.206	.009	-5.591	-.818
		21วัน	-1.040	1.206	.390	-3.426	1.346
		28วัน	-10.063*	1.206	.000	-12.450	-7.677
		35วัน	-12.280*	1.206	.000	-14.667	-9.894
		42วัน	-9.606*	1.206	.000	-11.992	-7.219
	14วัน	เริ่มต้น	.662	1.206	.426	-1.424	3.349
		7วัน	3.204*	1.206	.009	.818	5.591
		21วัน	2.164	1.206	.075	-.222	4.551
		28วัน	-6.859*	1.206	.000	-9.246	-4.473
		35วัน	-9.076*	1.206	.000	-11.462	-6.690
		42วัน	-6.402*	1.206	.000	-8.788	-4.015
	21วัน	เริ่มต้น	-1.202	1.206	.321	-3.588	1.185
		7วัน	1.040	1.206	.390	-1.346	3.426
		14วัน	-2.164	1.206	.075	-4.551	.222
		28วัน	-9.023*	1.206	.000	-11.410	-6.637
		35วัน	-11.240*	1.206	.000	-13.627	-8.854
		42วัน	-8.566*	1.206	.000	-10.952	-6.179
	28วัน	เริ่มต้น	7.821*	1.206	.000	5.435	10.209
		7วัน	10.063*	1.206	.000	7.677	12.450
		14วัน	6.859*	1.206	.000	4.473	9.245
		21วัน	9.023*	1.206	.000	6.637	11.410
		35วัน	-2.217	1.206	.068	-4.603	.169
		42วัน	.457	1.206	.705	-1.929	2.844
	35วัน	เริ่มต้น	10.036*	1.206	.000	7.652	12.425
		7วัน	12.280*	1.206	.000	9.894	14.667
		14วัน	9.076*	1.206	.000	6.690	11.462
		21วัน	11.240*	1.206	.000	8.854	13.627
		28วัน	2.217	1.206	.068	-.169	4.603
		42วัน	2.674*	1.206	.029	.288	5.061
	42วัน	เริ่มต้น	7.364*	1.206	.000	4.978	9.750
		7วัน	9.606*	1.206	.000	7.219	11.992
		14วัน	6.402*	1.206	.000	4.015	8.789
		21วัน	8.566*	1.206	.000	6.179	10.952
		28วัน	-.457	1.206	.705	-2.844	1.929
		35วัน	-2.674*	1.206	.029	-5.061	-.288

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

*. The mean difference is significant at the .05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ10 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของค่า a* กล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:a

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6708.299[a]	13	516.023	179.727	.000
Intercept	4116.567	1	4116.567	1.434E3	.000
contition	1661.282	1	1661.282	578.614	.000
time	3276.521	6	546.087	190.198	.000
contition * time	1770.495	6	295.083	102.775	.000
Error	361.764	126	2.871		
Total	11186.629	140			
Corrected Total	7070.063	139			

a. R Squared = .949 (Adjusted R Squared = .944)

ตารางที่ จ11 ผลการทดสอบความแปรปรวนของค่า a* กล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:a

F	df1	df2	Sig.
11.970	13	126	.000

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + contition + time + contition * time

ตารางที่ จ12 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า a* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 0 วัน

ANOVA

a

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
Within Groups	2.020	18	.112		
Total	2.020	19			

ตารางที่ จ13 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า a* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 7 วัน

ANOVA

a

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.508	1	7.508	40.140	.000
Within Groups	3.367	18	.187		
Total	10.875	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ14 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า a* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 14 วัน

ANOVA

a

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.345	1	8.345	27.548	.000
Within Groups	5.453	18	.303		
Total	13.798	19			

ตารางที่ จ15 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า a* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 21 วัน

ANOVA

a

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.593	1	5.593	3.947	.062
Within Groups	25.504	18	1.417		
Total	31.097	19			

ตารางที่ จ16 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า a* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 28 วัน

ANOVA

a

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	677.529	1	677.529	49.494	.000
Within Groups	246.402	18	13.689		
Total	923.931	19			

ตารางที่ จ17 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า a* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 35 วัน

ANOVA

a

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1214.196	1	1214.196	394.953	.000
Within Groups	55.337	18	3.074		
Total	1269.533	19			

ตารางที่ จ18 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า a* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 42 วัน

ANOVA

a

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1518.606	1	1518.606	1.154E3	.000
Within Groups	23.681	18	1.316		
Total	1542.288	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ19 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า a* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาที่ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

a

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
7วัน	10	-1.045E1			
เริ่มต้น	10	-1.019E1			
14วัน	10	-9.73700	-9.73700		
21วัน	10		-9.35030		
28วัน	10			-8.10070	
35วัน	10				-7.14640
42วัน	10				-7.08170
Sig.		.075	.310	1.000	.865

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ จ20 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า a* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาด้วยความเย็น

a

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
เริ่มต้น	10	-1.019E1		
7วัน	10	-9.23330		
14วัน	10	-8.44510		
21วัน	10	-8.29270		
28วัน	10		3.54000	
35วัน	10			8.43690
42วัน	10			1.0345E1
Sig.		.087	1.000	.062

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ จ21 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของค่า b* กล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2042.445[a]	13	157.111	34.715	.000
Intercept	172827.308	1	172827.308	3.819E4	.000
contition	313.319	1	313.319	69.230	.000
time	1203.953	6	200.659	44.337	.000
contition * time	525.172	6	87.529	19.340	.000
Error	570.247	126	4.526		
Total	175440.000	140			
Corrected Total	2612.691	139			

a. R Squared = .782 (Adjusted R Squared = .759)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ22 ผลการทดสอบความแปรปรวนของค่า b* กล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Levene's Test of Equality of Error Variances*

Dependent Variable:b

F	df1	df2	Sig.
2.081	13	126	.020

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + contition + time + contition * time

ตารางที่ จ23 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า b* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 0 วัน

ANOVA

b

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
Within Groups	42.673	18	2.371		
Total	42.673	19			

ตารางที่ จ24 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า b* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 7 วัน

ANOVA

b

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19.184	1	19.184	10.392	.005
Within Groups	33.230	18	1.846		
Total	52.415	19			

ตารางที่ จ25 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า b* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 14 วัน

ANOVA

b

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.410	1	.410	.199	.661
Within Groups	37.074	18	2.060		
Total	37.485	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ26 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า b* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 21 วัน

ANOVA

b

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.031	1	2.031	.430	.520
Within Groups	85.031	18	4.724		
Total	87.062	19			

ตารางที่ จ27 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า b* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 28 วัน

ANOVA

b

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	200.319	1	200.319	18.752	.000
Within Groups	192.288	18	10.683		
Total	392.608	19			

ตารางที่ จ28 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า b* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 35 วัน

ANOVA

b

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	256.994	1	256.994	45.411	.000
Within Groups	101.867	18	5.659		
Total	358.862	19			

ตารางที่ จ29 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า b* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 42 วัน

ANOVA

b

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	359.552	1	359.552	82.885	.000
Within Groups	78.083	18	4.338		
Total	437.635	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ30 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า b* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาที่ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

b

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
14วัน	10	3.1370E1			
21วัน	10	3.2473E1	3.2473E1		
42วัน	10		3.3072E1		
7วัน	10		3.3565E1		
เริ่มต้น	10		3.3970E1	3.3970E1	
28วัน	10			3.5061E1	3.5061E1
35วัน	10				3.5960E1
Sig.		.124	.056	.129	.209

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ จ31 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า b* กล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาด้วยความเย็น

b

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
7วัน	10	31.60620	
14วัน	10	31.65740	
21วัน	10	33.11100	
เริ่มต้น	10	33.97070	
28วัน	10		41.39090
42วัน	10		41.55230
35วัน	10		43.12970
Sig.		.062	.157

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ จ32 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของความแน่นเนื้อเริ่มต้นของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:ความแน่นเนื้อเริ่มต้น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	726.556[a]	13	55.889	43.499	.000
Intercept	3709.923	1	3709.923	2.887E3	.000
contition	11.609	1	11.609	9.035	.003
time	576.554	6	96.092	74.790	.000
contition * time	138.393	6	23.066	17.952	.000
Error	161.889	126	1.285		
Total	4598.368	140			
Corrected Total	888.445	139			

a. R Squared = .818 (Adjusted R Squared = .799)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ33 ผลการทดสอบความแปรปรวนของความแน่นเนื้อเริ่มต้นของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:ความแน่นเนื้อเริ่มต้น

F	df1	df2	Sig.
3.293	13	126	.000

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + contition + time + contition * time

ตารางที่ จ34 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อเริ่มต้นของกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 0 วัน

ANOVA

ความแน่นเนื้อเริ่มต้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
Within Groups	78.106	18	4.339		
Total	78.106	19			

ตารางที่ จ35 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อเริ่มต้นของกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 7 วัน

ANOVA

ความแน่นเนื้อเริ่มต้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.277	1	20.277	20.319	.000
Within Groups	17.963	18	.998		
Total	38.240	19			

ตารางที่ จ36 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อเริ่มต้นของกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 14 วัน

ANOVA

ความแน่นเนื้อเริ่มต้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	73.453	1	73.453	82.357	.000
Within Groups	16.054	18	.892		
Total	89.507	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ37 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อเริ่มต้นของกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 21 วัน

ANOVA

ความแน่นเนื้อเริ่มต้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16.474	1	16.474	17.782	.001
Within Groups	16.676	18	.926		
Total	33.150	19			

ตารางที่ จ38 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อเริ่มต้นของกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 28 วัน

ANOVA

ความแน่นเนื้อเริ่มต้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.397	1	.397	.341	.566
Within Groups	20.924	18	1.162		
Total	21.321	19			

ตารางที่ จ39 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อเริ่มต้นของกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 35 วัน

ANOVA

ความแน่นเนื้อเริ่มต้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13.105	1	13.105	27.754	.000
Within Groups	8.499	18	.472		
Total	21.604	19			

ตารางที่ จ40 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อเริ่มต้นของกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 42 วัน

ANOVA

ความแน่นเนื้อเริ่มต้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26.295	1	26.295	129.082	.000
Within Groups	3.667	18	.204		
Total	29.963	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ41 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อเริ่มต้นของกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาที่ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

ความแน่นเนื้อเริ่มต้น

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
28วัน	10	3.6081E0		
35วัน	10	3.8349E0		
42วัน	10	3.9292E0		
21วัน	10	3.9644E0		
14วัน	10	4.2326E0		
7วัน	10		5.6305E0	
เริ่มต้น	10			8.8186E0
Sig.		.208	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ จ42 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อเริ่มต้นของกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาด้วยความเย็น

ความแน่นเนื้อเริ่มต้น

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
42วัน	10	1.6359E0			
35วัน	10	2.2159E0			
28วัน	10		3.8899E0		
21วัน	10			5.7796E0	
7วัน	10				7.6443E0
14วัน	10				8.0655E0
เริ่มต้น	10				8.8186E0
Sig.		.313	1.000	1.000	.055

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ จ43 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของความแน่นเนื้อเฉลี่ยของกล้วยหอมทอง หลังจากการเก็บรักษาสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:ความแน่นเนื้อเฉลี่ย(เปลือก)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	745.351[a]	13	57.335	61.682	.000
Intercept	5052.336	1	5052.336	5.435E3	.000
contition	12.355	1	12.355	13.292	.000
time	578.203	6	96.367	103.674	.000
contition * time	154.793	6	25.799	27.755	.000
Error	117.119	126	.930		
Total	5914.807	140			
Corrected Total	862.470	139			

a. R Squared = .864 (Adjusted R Squared = .850)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ44 ผลการทดสอบความแปรปรวนของความแน่นเนื้อเฉลี่ยของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:ความแน่นเนื้อเฉลี่ย(เปลือก)

F	df1	df2	Sig.
1.463	13	126	.141

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + contition + time + contition * time

ตารางที่ จ45 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย main effect ของความแน่นเนื้อเฉลี่ยของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษา

Pairwise Comparisons

Dependent Variable:ความแน่นเนื้อเฉลี่ย(เปลือก)

เวลา	(I) สภาวะ	(J) สภาวะ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
						Lower Bound	Upper Bound
เริ่มต้น	CA	NA	-1.776E-15	.431	1.000	-.853	.853
	NA	CA	1.776E-15	.431	1.000	-.853	.853
7วัน	CA	NA	-.741	.431	.088	-1.594	.112
	NA	CA	.741	.431	.088	-.112	1.594
14วัน	CA	NA	-2.494*	.431	.000	-3.347	-1.640
	NA	CA	2.494*	.431	.000	1.640	3.347
21วัน	CA	NA	-.968*	.431	.027	-1.821	-.115
	NA	CA	.968*	.431	.027	.115	1.821
28วัน	CA	NA	1.557*	.431	.000	.704	2.411
	NA	CA	-1.557*	.431	.000	-2.411	-.704
35วัน	CA	NA	3.124*	.431	.000	2.271	3.978
	NA	CA	-3.124*	.431	.000	-3.978	-2.271
42วัน	CA	NA	3.680*	.431	.000	2.826	4.533
	NA	CA	-3.680*	.431	.000	-4.533	-2.826

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

*. The mean difference is significant at the .05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ46 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย main effect ของความแน่นเนื้อเฉลี่ยของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษา

Pairwise Comparisons

Dependent Variable:ความแน่นเนื้อเฉลี่ย(นิวตัน)

สภาวะ	(I) เวลา	(J) เวลา	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.a	95% Confidence Interval for Difference a	
						Lower Bound	Upper Bound
CA	เริ่มต้น	7วัน	2.198*	.431	.000	1.345	3.052
		14วัน	2.896*	.431	.000	2.043	3.749
		21วัน	2.898*	.431	.000	2.045	3.751
		28วัน	3.915*	.431	.000	3.062	4.769
		35วัน	3.886*	.431	.000	3.033	4.740
		42วัน	3.916*	.431	.000	3.062	4.769
	7วัน	เริ่มต้น	-2.198*	.431	.000	-3.052	-1.345
		14วัน	.698	.431	.109	-.156	1.551
		21วัน	.700	.431	.107	-.154	1.553
		28วัน	1.717*	.431	.000	.864	2.570
		35วัน	1.688*	.431	.000	.835	2.541
		42วัน	1.717*	.431	.000	.864	2.570
	14วัน	เริ่มต้น	-2.896*	.431	.000	-3.749	-2.043
		7วัน	-.698	.431	.108	-1.551	.156
		21วัน	.002	.431	.996	-.851	.855
		28วัน	1.019*	.431	.020	.166	1.873
		35วัน	.990*	.431	.023	.137	1.844
		42วัน	1.020*	.431	.020	.166	1.873
	21วัน	เริ่มต้น	-2.898*	.431	.000	-3.751	-2.045
		7วัน	-.700	.431	.107	-1.553	.154
		14วัน	-.002	.431	.996	-.855	.851
		28วัน	1.017*	.431	.020	.164	1.871
		35วัน	.988*	.431	.024	.135	1.842
		42วัน	1.018*	.431	.020	.164	1.871
	28วัน	เริ่มต้น	-3.915*	.431	.000	-4.769	-3.062
		7วัน	-1.717*	.431	.000	-2.570	-.864
		14วัน	-1.019*	.431	.020	-1.873	-.166
		21วัน	-1.017*	.431	.020	-1.871	-.164
		35วัน	-.029	.431	.947	-.882	.824
		42วัน	.000	.431	.999	-.853	.854
	35วัน	เริ่มต้น	-3.886*	.431	.000	-4.740	-3.033
		7วัน	-1.688*	.431	.000	-2.541	-.835
		14วัน	-.990*	.431	.023	-1.844	-.137
		21วัน	-.988*	.431	.024	-1.842	-.135
		28วัน	.029	.431	.947	-.824	.882
		42วัน	.029	.431	.946	-.824	.883
	42วัน	เริ่มต้น	-3.916*	.431	.000	-4.769	-3.062
		7วัน	-1.717*	.431	.000	-2.570	-.864
		14วัน	-1.020*	.431	.020	-1.873	-.166
		21วัน	-1.018*	.431	.020	-1.871	-.164
		28วัน	.000	.431	.999	-.854	.853
		35วัน	-.029	.431	.946	-.883	.824
NA	เริ่มต้น	7วัน	1.457*	.431	.001	.604	2.311
		14วัน	.402	.431	.352	-.451	1.256
		21วัน	1.930*	.431	.000	1.077	2.783
		28วัน	5.473*	.431	.000	4.619	6.326
		35วัน	7.011*	.431	.000	6.157	7.864
		42วัน	7.595*	.431	.000	6.742	8.449
	7วัน	เริ่มต้น	-1.457*	.431	.001	-2.311	-.604
		14วัน	-1.055*	.431	.016	-1.908	-.202
		21วัน	.473	.431	.275	-.381	1.326
		28วัน	4.015*	.431	.000	3.162	4.868
		35วัน	5.553*	.431	.000	4.700	6.406
		42วัน	6.138*	.431	.000	5.285	6.991
	14วัน	เริ่มต้น	-.402	.431	.352	-1.256	.451
		7วัน	1.055*	.431	.016	.202	1.908
		21วัน	1.528*	.431	.001	.674	2.381
		28วัน	5.070*	.431	.000	4.217	5.923
		35วัน	6.608*	.431	.000	5.755	7.461
		42วัน	7.193*	.431	.000	6.340	8.046
	21วัน	เริ่มต้น	-1.930*	.431	.000	-2.783	-1.077
		7วัน	-.473	.431	.275	-1.326	.381
		14วัน	-1.528*	.431	.001	-2.381	-.674
		28วัน	3.542*	.431	.000	2.689	4.396
		35วัน	5.080*	.431	.000	4.227	5.934
		42วัน	5.665*	.431	.000	4.812	6.518
	28วัน	เริ่มต้น	-5.473*	.431	.000	-6.326	-4.619
		7วัน	-4.015*	.431	.000	-4.868	-3.162
		14วัน	-5.070*	.431	.000	-5.923	-4.217
		21วัน	-3.542*	.431	.000	-4.396	-2.689
		35วัน	1.538*	.431	.001	.685	2.391
		42วัน	2.123*	.431	.000	1.269	2.976
	35วัน	เริ่มต้น	-7.011*	.431	.000	-7.864	-6.157
		7วัน	-5.553*	.431	.000	-6.406	-4.700
		14วัน	-6.608*	.431	.000	-7.461	-5.755
		21วัน	-5.080*	.431	.000	-5.934	-4.227
		28วัน	-1.538*	.431	.001	-2.391	-.685
		42วัน	.585	.431	.178	-.269	1.438
	42วัน	เริ่มต้น	-7.595*	.431	.000	-8.449	-6.742
		7วัน	-6.138*	.431	.000	-6.991	-5.285
		14วัน	-7.193*	.431	.000	-8.046	-6.340
		21วัน	-5.665*	.431	.000	-6.518	-4.812
		28วัน	-2.123*	.431	.000	-2.976	-1.269
		35วัน	-.585	.431	.178	-1.438	.269

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ47 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของแรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:แรงในการแทงทะลุ(เปลือก)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4190.784[a]	13	322.368	64.233	.000
Intercept	45525.989	1	45525.989	9.071E3	.000
contition	1905.791	1	1905.791	379.736	.000
time	670.207	6	111.701	22.257	.000
contition * time	1614.786	6	269.131	53.625	.000
Error	632.359	126	5.019		
Total	50349.132	140			
Corrected Total	4823.143	139			

a. R Squared = .869 (Adjusted R Squared = .855)

ตารางที่ จ48 ผลการทดสอบความแปรปรวนของแรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:แรงในการแทงทะลุ(เปลือก)

F	df1	df2	Sig.
3.073	13	126	.001

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + contition + time + contition * time

ตารางที่ จ49 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 0 วัน

ANOVA

แรงในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
Within Groups	11.413	18	.634		
Total	11.413	19			

ตารางที่ จ50 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 7 วัน

ANOVA

แรงในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	33.606	1	33.606	12.982	.002
Within Groups	46.596	18	2.589		
Total	80.201	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ51 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 14 วัน

ANOVA

แรงในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	54.286	1	54.286	16.296	.001
Within Groups	59.962	18	3.331		
Total	114.248	19			

ตารางที่ จ52 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 21 วัน

ANOVA

แรงในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	32.888	1	32.888	7.638	.013
Within Groups	77.501	18	4.306		
Total	110.389	19			

ตารางที่ จ53 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 28 วัน

ANOVA

แรงในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	382.172	1	382.172	37.832	.000
Within Groups	181.831	18	10.102		
Total	564.004	19			

ตารางที่ จ54 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 35 วัน

ANOVA

แรงในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1127.042	1	1127.042	123.921	.000
Within Groups	163.707	18	9.095		
Total	1290.750	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ55 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 42 วัน

ANOVA

แรงในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1890.583	1	1890.583	372.532	.000
Within Groups	91.349	18	5.075		
Total	1981.932	19			

ตารางที่ จ56 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาที่ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

Homogeneous

แรงในการแทงทะลุ(เปลือก)

Duncan

		Subset for alpha = 0.05		
เวลา	N	1	2	3
เริ่มต้น	10	1.6679E1		
7วัน	10	1.8637E1		
14วัน	10		2.2436E1	
28วัน	10		2.2561E1	
21วัน	10		2.2950E1	
35วัน	10		2.3624E1	2.3624E1
42วัน	10			2.5167E1
Sig.		.052	.280	.123

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ จ57 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาด้วยความเย็น

Homogeneous

แรงในการแทงทะลุ(เปลือก)

Duncan

		Subset for alpha = 0.05				
เวลา	N	1	2	3	4	5
42วัน	10	5.7224E0				
35วัน	10		8.6104E0			
28วัน	10			1.3818E1		
7วัน	10				1.6044E1	
เริ่มต้น	10				1.6679E1	
14วัน	10					1.9141E1
21วัน	10					2.0385E1
Sig.		1.000	1.000	1.000	.534	.225

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ58 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:ระยะทางในการแทงทะลุ(เปลือก)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	142.568[a]	13	10.967	43.924	.000
Intercept	1559.223	1	1559.223	6.245E3	.000
contition	18.672	1	18.672	74.784	.000
time	116.880	6	19.480	78.021	.000
contition * time	7.016	6	1.169	4.684	.000
Error	31.459	126	.250		
Total	1733.250	140			
Corrected Total	174.027	139			

a. R Squared = .819 (Adjusted R Squared = .801)

ตารางที่ จ59 ผลการทดสอบความแปรปรวนของระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:ระยะทางในการแทงทะลุ(เปลือก)

F	df1	df2	Sig.
3.478	13	126	.000

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + contition + time + contition * time

ตารางที่ จ60 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 0 วัน

ANOVA

ระยะทางในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
Within Groups	1.232	18	.068		
Total	1.232	19			

ตารางที่ จ61 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 7 วัน

ANOVA

ระยะทางในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.879	1	1.879	31.010	.000
Within Groups	1.090	18	.061		
Total	2.969	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ62 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 14 วัน

ANOVA

ระยะทางในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.715	1	9.715	468.569	.000
Within Groups	.373	18	.021		
Total	10.088	19			

ตารางที่ จ63 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 21 วัน

ANOVA

ระยะทางในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.011	1	3.011	13.079	.002
Within Groups	4.144	18	.230		
Total	7.155	19			

ตารางที่ จ64 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 28 วัน

ANOVA

ระยะทางในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.005	1	1.005	1.851	.190
Within Groups	9.768	18	.543		
Total	10.773	19			

ตารางที่ จ65 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 35 วัน

ANOVA

ระยะทางในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.743	1	1.743	5.069	.037
Within Groups	6.191	18	.344		
Total	7.934	19			

ตารางที่ จ66 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 42 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

ระยะทางในการแทงทะลุ(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.336	1	8.336	17.326	.001
Within Groups	8.660	18	.481		
Total	16.996	19			

ตารางที่ จ67 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาที่ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

Homogeneous

ระยะทางในการแทงทะลุ(เปลือก)

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
เริ่มต้น	10	1.8644E0				
7วัน	10		2.7344E0			
14วัน	10			3.6037E0		
21วัน	10			3.7141E0		
28วัน	10				4.4480E0	
35วัน	10				4.5923E0	4.5923E0
42วัน	10					4.9601E0
Sig.		1.000	1.000	.593	.485	.078

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ จ68 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะทางในการแทงทะลุของเปลือกกล้วยหอมทอง สำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาด้วยความเย็น

Homogeneous

ระยะทางในการแทงทะลุ(เปลือก)

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
เริ่มต้น	10	1.8644E0		
7วัน	10	2.1214E0		
14วัน	10	2.2098E0		
21วัน	10		2.9381E0	
42วัน	10			3.6689E0
28วัน	10			3.9998E0
35วัน	10			4.0018E0
Sig.		.180	1.000	.196

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ69 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทอง หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:ความเหนียว(เปลือก)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	26193.670[a]	13	2014.898	48.694	.000
Intercept	117793.006	1	117793.006	2.847E3	.000
contition	10684.404	1	10684.404	258.212	.000
time	7835.635	6	1305.939	31.561	.000
contition * time	7673.632	6	1278.939	30.908	.000
Error	5213.685	126	41.378		
Total	149200.362	140			
Corrected Total	31407.356	139			

a. R Squared = .834 (Adjusted R Squared = .817)

ตารางที่ จ70 ผลการทดสอบความแปรปรวนของความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:ความเหนียว(เปลือก)

F	df1	df2	Sig.
3.752	13	126	.000

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + contition + time + contition * time

ตารางที่ จ71 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 0 วัน

ANOVA

ความเหนียว(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
Within Groups	64.993	18	3.611		
Total	64.993	19			

ตารางที่ จ72 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 7 วัน

ANOVA

ความเหนียว(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	212.620	1	212.620	18.679	.000
Within Groups	204.892	18	11.383		
Total	417.512	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ73 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 14 วัน

ANOVA

ความเหนียว(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1070.212	1	1070.212	113.279	.000
Within Groups	170.056	18	9.448		
Total	1240.268	19			

ตารางที่ จ74 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 21 วัน

ANOVA

ความเหนียว(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	352.475	1	352.475	18.084	.000
Within Groups	350.847	18	19.491		
Total	703.322	19			

ตารางที่ จ75 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 28 วัน

ANOVA

ความเหนียว(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1204.855	1	1204.855	11.641	.003
Within Groups	1862.990	18	103.499		
Total	3067.845	19			

ตารางที่ จ76 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 35 วัน

ANOVA

ความเหนียว(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4753.937	1	4753.937	52.247	.000
Within Groups	1637.820	18	90.990		
Total	6391.757	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ77 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 42 วัน

ANOVA

ความเหนียว(เปลือก)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10763.937	1	10763.937	210.122	.000
Within Groups	922.088	18	51.227		
Total	11686.025	19			

ตารางที่ จ78 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาที่ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

ความเหนียว(เปลือก)

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
เริ่มต้น	10	1.5667E1				
7วัน	10		2.3833E1			
14วัน	10			3.5504E1		
21วัน	10			3.6101E1		
28วัน	10				4.5024E1	
35วัน	10				4.9920E1	
42วัน	10					5.8146E1
Sig.		1.000	1.000	.851	.127	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ จ79 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเหนียวของเปลือกกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาด้วยความเย็น

ความเหนียว(เปลือก)

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
42วัน	10	1.1747E1		
เริ่มต้น	10	1.5667E1	1.5667E1	
7วัน	10		1.7312E1	
35วัน	10		1.9086E1	
14วัน	10		2.0873E1	
21วัน	10			2.7705E1
28วัน	10			2.9500E1
Sig.		.130	.066	.485

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ80 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:แรงกดเฉลี่ย(เนื้อ)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	742.272[a]	13	57.098	72.472	.000
Intercept	2951.752	1	2951.752	3.747E3	.000
contition	18.963	1	18.963	24.069	.000
time	657.995	6	109.666	139.195	.000
contition * time	65.314	6	10.886	13.817	.000
Error	99.270	126	.788		
Total	3793.294	140			
Corrected Total	841.542	139			

a. R Squared = .882 (Adjusted R Squared = .870)

ตารางที่ จ81 ผลการทดสอบความแปรปรวนของแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:แรงกดเฉลี่ย(เนื้อ)

F	df1	df2	Sig.
3.762	13	126	.000

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + contition + time + contition * time

ตารางที่ จ82 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 0 วัน

ANOVA

แรงกดเฉลี่ย(เนื้อ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
Within Groups	2.353	18	.131		
Total	2.353	19			

ตารางที่ จ83 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 7 วัน

ANOVA

แรงกดเฉลี่ย(เนื้อ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.735	1	.735	2.123	.162
Within Groups	6.230	18	.346		
Total	6.965	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ84 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 14 วัน

ANOVA

แรงที่กดเฉลี่ย(เนื้อ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.354	1	5.354	24.861	.000
Within Groups	3.876	18	.215		
Total	9.230	19			

ตารางที่ จ85 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 21 วัน

ANOVA

แรงที่กดเฉลี่ย(เนื้อ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.305	1	.305	.293	.595
Within Groups	18.736	18	1.041		
Total	19.041	19			

ตารางที่ จ86 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 28 วัน

ANOVA

แรงที่กดเฉลี่ย(เนื้อ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23.191	1	23.191	11.530	.003
Within Groups	36.205	18	2.011		
Total	59.396	19			

ตารางที่ จ87 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 35 วัน

ANOVA

แรงที่กดเฉลี่ย(เนื้อ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	31.483	1	31.483	25.035	.000
Within Groups	22.636	18	1.258		
Total	54.120	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ88 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 42 วัน

ANOVA

แรงที่กดเฉลี่ย(เนื้อ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23.210	1	23.210	45.244	.000
Within Groups	9.234	18	.513		
Total	32.443	19			

ตารางที่ จ89 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาที่ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

แรงที่กดเฉลี่ย(เนื้อ)

Duncan

		Subset for alpha = 0.05				
เวลา	N	1	2	3	4	5
42วัน	10	2.6311E0				
35วัน	10	3.3051E0	3.3051E0			
28วัน	10		3.9266E0			
21วัน	10			5.6273E0		
14วัน	10			5.8043E0	5.8043E0	
7วัน	10				6.5127E0	6.5127E0
เริ่มต้น	10					6.9110E0
Sig.		.112	.143	.674	.095	.345

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ จ90 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกดเฉลี่ยที่เนื้อกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาด้วยความเย็น

แรงที่กดเฉลี่ย(เนื้อ)

Duncan

		Subset for alpha = 0.05			
เวลา	N	1	2	3	4
42วัน	10	.476600			
35วัน	10	.795840			
28วัน	10		1.7729E0		
21วัน	10			5.8742E0	
14วัน	10				6.8390E0
7วัน	10				6.8961E0
เริ่มต้น	10				6.9110E0
Sig.		.397	1.000	1.000	.858

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ91 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของพลังงานในการแทงทะลุเนื้อกล้วยหอมทอง หลังจากการเก็บรักษาสภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:พลังงาน(เนื้อ)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	302940.935[a]	13	23303.149	40.564	.000
Intercept	1081815.699	1	1081815.699	1.883E3	.000
contition	3086.411	1	3086.411	5.373	.022
time	275376.349	6	45896.058	79.892	.000
contition * time	24478.175	6	4079.696	7.102	.000
Error	72384.293	126	574.479		
Total	1457140.927	140			
Corrected Total	375325.228	139			

a. R Squared = .807 (Adjusted R Squared = .787)

ตารางที่ จ92 ผลการทดสอบความแปรปรวนของพลังงานในการแทงทะลุเนื้อกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:พลังงาน(เนื้อ)

F	df1	df2	Sig.
1.586	13	126	.098

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + contition + time + contition * time

ตารางที่ จ93 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย main effect ของพลังงานในการแทงทะลุเนื้อกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษา

Pairwise Comparisons

Dependent Variable:พลังงาน(เนื้อ)

เวลา	(I) สภาวะ	(J) สภาวะ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	95% Confidence Interval for Difference[a]	
						Lower Bound	Upper Bound
เริ่มต้น	CA	NA	7.105E-15	10.719	1.000	-21.212	21.212
	NA	CA	-7.105E-15	10.719	1.000	-21.212	21.212
7วัน	CA	NA	-15.356	10.719	.154	-36.569	5.856
	NA	CA	15.356	10.719	.154	-5.856	36.569
14วัน	CA	NA	-23.049*	10.719	.033	-44.261	-1.836
	NA	CA	23.049*	10.719	.033	1.836	44.261
21วัน	CA	NA	-12.759	10.719	.236	-33.972	8.453
	NA	CA	12.759	10.719	.236	-8.453	33.972
28วัน	CA	NA	38.295*	10.719	.001	17.082	59.507
	NA	CA	-38.295*	10.719	.001	-59.507	-17.082
35วัน	CA	NA	42.999*	10.719	.000	21.787	64.212
	NA	CA	-42.999*	10.719	.000	-64.212	-21.787
42วัน	CA	NA	35.604*	10.719	.001	14.392	56.817
	NA	CA	-35.604*	10.719	.001	-56.817	-14.392

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

*. The mean difference is significant at the .05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ94 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย main effect ของพลังงานในการแทงทะลุเนื้อกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษา

Pairwise Comparisons

Dependent Variable:พลังงาน(นิ้ว)

สภาวะ	(I) ระยะ	(J) ระยะ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.a	95% Confidence Interval for Difference*	
						Lower Bound	Upper Bound
CA	เริ่มต้น	7วัน	-2.180	10.719	.839	-23.393	19.032
		14วัน	19.996	10.719	.064	-1.217	41.208
		21วัน	24.206*	10.719	.026	2.993	45.418
		28วัน	58.346*	10.719	.000	37.133	79.558
		35วัน	71.646*	10.719	.000	50.436	92.861
		42วัน	85.296*	10.719	.000	64.086	106.511
	7วัน	เริ่มต้น	2.180	10.719	.839	-19.032	23.393
		14วัน	22.176*	10.719	.041	.963	43.388
		21วัน	26.386*	10.719	.015	5.173	47.598
		28วัน	60.526*	10.719	.000	39.313	81.738
		35วัน	73.826*	10.719	.000	52.616	95.041
		42วัน	87.476*	10.719	.000	66.266	108.691
	14วัน	เริ่มต้น	-19.996	10.719	.064	-41.208	1.217
		7วัน	-22.176*	10.719	.041	-43.388	-.963
		21วัน	4.210	10.719	.695	-17.002	25.422
		28วัน	38.350*	10.719	.000	17.137	59.562
		35วัน	51.653*	10.719	.000	30.440	72.865
		42วัน	65.302*	10.719	.000	44.090	86.515
	21วัน	เริ่มต้น	-24.206*	10.719	.026	-45.418	-2.993
		7วัน	-26.386*	10.719	.015	-47.598	-5.173
		14วัน	-4.210	10.719	.695	-25.422	17.002
		28วัน	34.140*	10.719	.002	12.927	55.352
		35วัน	47.443*	10.719	.000	28.230	66.655
		42วัน	61.092*	10.719	.000	39.880	82.305
	28วัน	เริ่มต้น	-58.346*	10.719	.000	-79.558	-37.133
		7วัน	-60.526*	10.719	.000	-81.738	-39.313
		14วัน	-38.350*	10.719	.000	-59.562	-17.137
		21วัน	-34.140*	10.719	.002	-55.352	-12.927
		35วัน	13.303	10.719	.217	-7.910	34.515
		42วัน	26.952*	10.719	.013	5.740	48.165
	35วัน	เริ่มต้น	-71.646*	10.719	.000	-92.861	-50.436
		7วัน	-73.826*	10.719	.000	-95.041	-52.616
		14วัน	-51.653*	10.719	.000	-72.865	-30.440
		21วัน	-47.443*	10.719	.000	-68.655	-26.230
		28วัน	-13.303	10.719	.217	-34.515	7.910
		42วัน	13.650	10.719	.205	-7.563	34.862
	42วัน	เริ่มต้น	-85.296*	10.719	.000	-106.511	-64.086
		7วัน	-87.476*	10.719	.000	-108.691	-66.266
		14วัน	-65.302*	10.719	.000	-86.515	-44.090
		21วัน	-61.092*	10.719	.000	-82.305	-39.880
		28วัน	-26.952*	10.719	.013	-48.165	-5.740
		35วัน	-13.650	10.719	.205	-34.862	7.563
NA	เริ่มต้น	7วัน	-17.536	10.719	.104	-38.749	3.678
		14วัน	-3.053	10.719	.776	-24.265	18.160
		21วัน	11.447	10.719	.288	-9.766	32.659
		28วัน	98.841*	10.719	.000	75.428	117.853
		35วัน	114.647*	10.719	.000	93.435	135.860
		42วัน	120.902*	10.719	.000	99.690	142.115
	7วัน	เริ่มต้น	17.536	10.719	.104	-3.678	38.749
		14วัน	14.483	10.719	.179	-6.729	35.696
		21วัน	28.983*	10.719	.008	7.771	50.195
		28วัน	114.177*	10.719	.000	92.964	135.389
		35วัน	132.184*	10.719	.000	110.971	153.396
		42วัน	138.439*	10.719	.000	117.226	159.651
	14วัน	เริ่มต้น	3.053	10.719	.776	-18.160	24.265
		7วัน	-14.483	10.719	.179	-35.696	6.729
		21วัน	14.500	10.719	.179	-8.713	35.712
		28วัน	99.693*	10.719	.000	78.481	120.906
		35วัน	117.700*	10.719	.000	96.488	138.913
		42วัน	123.955*	10.719	.000	102.743	145.168
	21วัน	เริ่มต้น	-11.447	10.719	.288	-32.659	9.766
		7วัน	-28.983*	10.719	.008	-50.195	-7.771
		14วัน	-14.500	10.719	.179	-35.712	8.713
		28วัน	85.194*	10.719	.000	63.981	106.406
		35วัน	103.201*	10.719	.000	81.988	124.413
		42วัน	109.456*	10.719	.000	88.243	130.668
	21วัน	เริ่มต้น	-11.447	10.719	.288	-32.659	9.766
		7วัน	-28.983*	10.719	.008	-50.195	-7.771
		14วัน	-14.500	10.719	.179	-35.712	8.713
		28วัน	85.194*	10.719	.000	63.981	106.406
		35วัน	103.201*	10.719	.000	81.988	124.413
		42วัน	109.456*	10.719	.000	88.243	130.668
	28วัน	เริ่มต้น	-96.641*	10.719	.000	-117.853	-75.428
		7วัน	-114.177*	10.719	.000	-135.389	-92.964
		14วัน	-99.693*	10.719	.000	-120.906	-78.481
		21วัน	-85.194*	10.719	.000	-106.406	-63.981
		35วัน	18.007	10.719	.095	-3.206	39.219
		42วัน	24.262*	10.719	.025	3.049	45.474
	35วัน	เริ่มต้น	-114.647*	10.719	.000	-135.860	-93.435
		7วัน	-132.184*	10.719	.000	-153.396	-110.971
		14วัน	-117.700*	10.719	.000	-138.913	-96.488
		21วัน	-103.201*	10.719	.000	-124.413	-81.988
		28วัน	-18.007	10.719	.095	-39.219	3.206
		42วัน	6.255	10.719	.561	-14.958	27.467
	42วัน	เริ่มต้น	-120.902*	10.719	.000	-142.115	-99.690
		7วัน	-138.439*	10.719	.000	-159.651	-117.226
		14วัน	-123.955*	10.719	.000	-145.168	-102.743
		21วัน	-109.456*	10.719	.000	-130.668	-88.243
		28วัน	-24.262*	10.719	.025	-45.474	-3.049
		35วัน	-6.255	10.719	.561	-27.467	14.958

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

* The mean difference is significant at the .05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ95 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทอง หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Brix

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5205.666[a]	13	400.436	105.566	.000
Intercept	5325.575	1	5325.575	1.404E3	.000
contition	889.106	1	889.106	234.393	.000
time	3207.378	6	534.563	140.926	.000
contition * time	1109.181	6	184.864	48.735	.000
Error	477.947	126	3.793		
Total	11009.188	140			
Corrected Total	5683.613	139			

a. R Squared = .916 (Adjusted R Squared = .907)

ตารางที่ จ96 ผลการทดสอบความแปรปรวนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทอง หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:Brix

F	df1	df2	Sig.
5.116	13	126	.000

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + contition + time + contition * time

ตารางที่ จ97 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 0 วัน

ANOVA

Brix

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
Within Groups	1.312	18	.073		
Total	1.312	19			

ตารางที่ จ98 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 7 วัน

ANOVA

Brix

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.175	1	.175	2.683	.119
Within Groups	1.173	18	.065		
Total	1.348	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ99 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 14 วัน

ANOVA

Brix

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
Within Groups	3.488	18	.194		
Total	3.488	18			

ตารางที่ จ100 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 21 วัน

ANOVA

Brix

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.200	1	7.200	1.570	.226
Within Groups	82.528	18	4.585		
Total	89.728	19			

ตารางที่ จ101 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 28 วัน

ANOVA

Brix

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	436.832	1	436.832	39.305	.000
Within Groups	200.048	18	11.114		
Total	636.880	19			

ตารางที่ จ102 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 35 วัน

ANOVA

Brix

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	824.328	1	824.328	101.142	.000
Within Groups	146.704	18	8.150		
Total	971.032	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ103 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 42 วัน

ANOVA

Brix

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	729.753	1	729.753	307.667	.000
Within Groups	42.694	18	2.372		
Total	772.447	19			

ตารางที่ จ104 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาที่ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

Brix

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
เริ่มต้น	10	1.3200				
7วัน	10	1.9470	1.9470			
14วัน	10		2.3600			
21วัน	10		2.8400			
28วัน	10			3.9600		
35วัน	10				5.2000	
42วัน	10					7.9060
Sig.		.159	.058	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ จ105 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาด้วยความเย็น

Brix

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
เริ่มต้น	10	1.3200			
7วัน	10	1.7600	1.7600		
14วัน	10	2.3600	2.3600		
21วัน	10		4.0400		
28วัน	10			13.3070	
35วัน	10				18.0400
42วัน	10				19.9870
Sig.		.400	.065	1.000	.096

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ106 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทอง หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Acid

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.602[a]	13	.046	80.796	.000
Intercept	1.454	1	1.454	2.537E3	.000
contition	.115	1	.115	198.884	.000
time	.387	6	.065	112.524	.000
contition * time	.100	6	.017	29.220	.000
Error	.072	126	.001		
Total	2.129	140			
Corrected Total	.674	139			

a. R Squared = .893 (Adjusted R Squared = .882)

ตารางที่ จ107 ผลการทดสอบความแปรปรวนของปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทอง หลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:Acid

F	df1	df2	Sig.
6.079	13	126	.000

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + contition + time + contition * time

ตารางที่ จ108 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 0 วัน

ANOVA

Acid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
Within Groups	.001	18	.000		
Total	.001	19			

ตารางที่ จ109 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 7 วัน

ANOVA

Acid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.319	.579
Within Groups	.001	18	.000		
Total	.001	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ110 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 14 วัน

ANOVA

Acid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	1	.001	8.362	.010
Within Groups	.003	18	.000		
Total	.004	19			

ตารางที่ จ111 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 21 วัน

ANOVA

Acid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.008	1	.008	10.383	.005
Within Groups	.014	18	.001		
Total	.022	19			

ตารางที่ จ112 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 28 วัน

ANOVA

Acid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.088	1	.088	45.723	.000
Within Groups	.035	18	.002		
Total	.123	19			

ตารางที่ จ113 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 35 วัน

ANOVA

Acid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.090	1	.090	163.143	.000
Within Groups	.010	18	.001		
Total	.099	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ114 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 42 วัน

ANOVA

Acid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.027	1	.027	61.152	.000
Within Groups	.008	18	.000		
Total	.036	19			

ตารางที่ จ115 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาที่ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

Acid

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
เริ่มต้น	10	.040790			
7วัน	10	.044680			
14วัน	10	.052540	.052540		
21วัน	10		.063070		
28วัน	10			.091600	
35วัน	10			.097060	
42วัน	10				.123460
Sig.		.081	.098	.388	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ จ116 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาด้วยความเย็น

Acid

Duncan

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
เริ่มต้น	10	.040790			
7วัน	10	.046940			
14วัน	10	.069340			
21วัน	10		.103590		
42วัน	10			.197600	
28วัน	10			.224520	.224520
35วัน	10				.230930
Sig.		.053	1.000	.055	.643

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ117 ผลการทดสอบ Two-way ANOVA ของสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:BrixAcid

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	50630.038[a]	13	3894.618	44.926	.000
Intercept	358973.076	1	358973.076	4.141E3	.000
contition	2001.810	1	2001.810	23.092	.000
time	37908.426	6	6318.071	72.881	.000
contition * time	10719.802	6	1786.634	20.609	.000
Error	10922.963	126	86.690		
Total	420526.077	140			
Corrected Total	61553.001	139			

a. R Squared = .823 (Adjusted R Squared = .804)

ตารางที่ จ118 ผลการทดสอบความแปรปรวนของสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองหลังจากการเก็บรักษาที่สภาวะและระยะเวลาต่างๆ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:BrixAcid

F	df1	df2	Sig.
2.703	13	126	.002

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + contition + time + contition * time

ตารางที่ จ119 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 0 วัน

ANOVA

BrixAcid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
Within Groups	193.383	18	10.744		
Total	193.383	19			

ตารางที่ จ120 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 7 วัน

ANOVA

BrixAcid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	213.036	1	213.036	6.288	.022
Within Groups	609.853	18	33.881		
Total	822.889	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ121 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 14 วัน

ANOVA

BrixAcid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	542.608	1	542.608	15.035	.001
Within Groups	649.621	18	36.090		
Total	1192.229	19			

ตารางที่ จ122 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 21 วัน

ANOVA

BrixAcid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	377.225	1	377.225	5.418	.032
Within Groups	1253.272	18	69.626		
Total	1630.497	19			

ตารางที่ จ123 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 28 วัน

ANOVA

BrixAcid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1284.604	1	1284.604	5.366	.033
Within Groups	4308.882	18	239.382		
Total	5593.486	19			

ตารางที่ จ124 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 35 วัน

ANOVA

BrixAcid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2884.752	1	2884.752	28.121	.000
Within Groups	1846.509	18	102.584		
Total	4731.260	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ125 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 42 วัน

ANOVA

BrixAcid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7419.387	1	7419.387	64.784	.000
Within Groups	2061.444	18	114.525		
Total	9480.831	19			

ตารางที่ จ126 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาที่ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

BrixAcid

Duncan

		Subset for alpha = 0.05			
เวลา	N	1	2	3	4
เริ่มต้น	10	3.2344E1			
28วัน	10		4.3465E1		
7วัน	10		4.4488E1		
14วัน	10		4.5179E1		
21วัน	10		4.5417E1		
35วัน	10			5.3296E1	
42วัน	10				6.3797E1
Sig.		1.000	.547	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ จ127 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดมาลิกของกล้วยหอมทองสำหรับปัจจัยสภาวะในการเก็บรักษาด้วยความเย็น

BrixAcid

Duncan

		Subset for alpha = 0.05			
เวลา	N	1	2	3	4
เริ่มต้น	10	3.2344E1			
14วัน	10	3.4761E1			
21วัน	10	3.6731E1			
7วัน	10	3.7960E1			
28วัน	10		5.9493E1		
35วัน	10			7.7316E1	
42วัน	10				1.0231E2
Sig.		.326	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ128 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาในตู้ครบคุม
สภาพบรรยากาศเป็นเวลา 42 วัน แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 7 วัน กับ
กล้วยหอมทองที่วางขายตามร้านสะดวกซื้อ ต่อสมบัติทางประสาทสัมผัส
(ลักษณะปรากฏของผล, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม)

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ลักษณะปรากฏของผล	Equal variances assumed	9.398	.003	-10.716	58	.000	-4.233	.395	-5.024	-3.443
	Equal variances not assumed			-10.716	50.372	.000	-4.233	.395	-5.027	-3.440
กลิ่น	Equal variances assumed	8.216	.004	-1.221	58	.227	-.600	.491	-1.583	.383
	Equal variances not assumed			-1.221	47.209	.228	-.600	.491	-1.588	.388
รสชาติ	Equal variances assumed	11.361	.001	-2.058	58	.044	-1.100	.534	-2.170	-.030
	Equal variances not assumed			-2.058	47.250	.045	-1.100	.534	-2.175	-.025
เนื้อสัมผัส	Equal variances assumed	10.271	.002	-3.506	58	.001	-1.733	.494	-2.723	-.744
	Equal variances not assumed			-3.506	49.234	.001	-1.733	.494	-2.727	-.740
ความชอบโดยรวม	Equal variances assumed	13.153	.001	-2.701	58	.009	-1.267	.469	-2.205	-.328
	Equal variances not assumed			-2.701	46.070	.010	-1.267	.469	-2.210	-.323

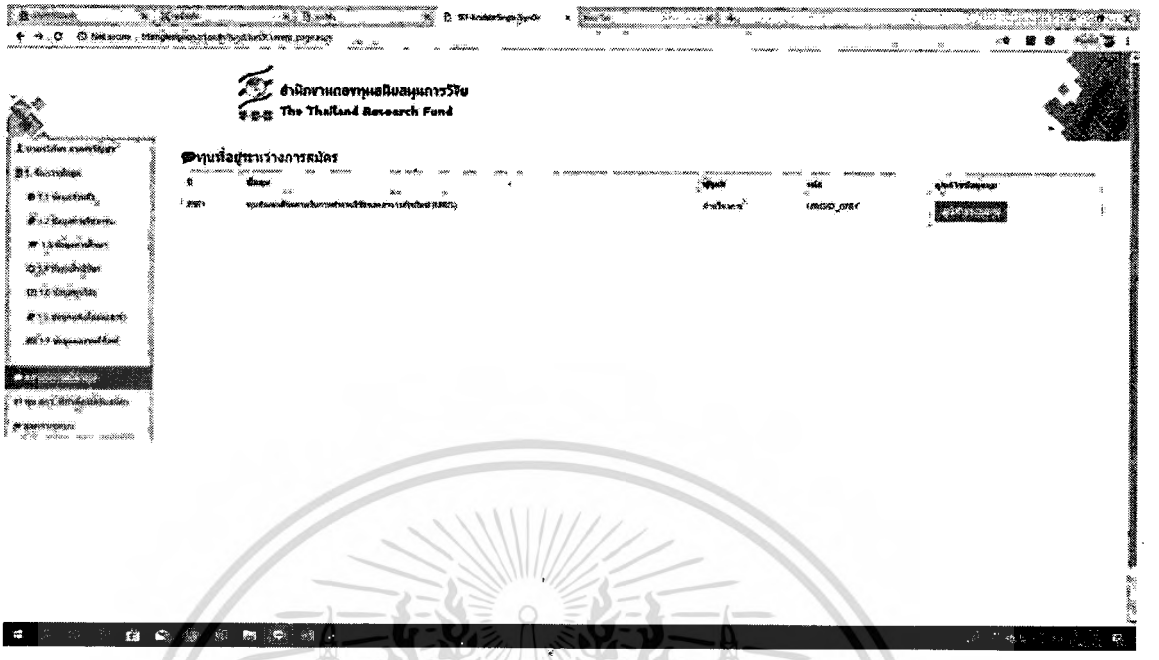
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ.

เอกสารหลักฐานผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลกฐานการเสนอหัวข้องานวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Proposal
Research Grant for New Scholar

Part 1 (Limited to one A4 page)

Project title: Design and Development of Low-cost Controlled Atmosphere Cabinet for Pan-Srithong Guava Storage

Project duration: 2 years

Total budget: 600,000 THB

Principal investigator / Department / Faculty / Institute:

Assist. Prof. Dr. Ravipat Lapcharoensuk, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

Abstract

Guava is popular fruit in Thailand due to good taste, high nutrition and inexpensive. Guava is a climacteric fruit exhibiting respiratory and ethylene peaks during ripening. Therefore, a technology that low-cost, easy and extend the storage life for storing guava is highly sought after within hotel and restaurant business. This research aims to design and develop low-cost controlled atmosphere cabinet for guava storage. In addition, this research interest to study effect of oxygen and carbon dioxide concentration level on physicochemical, texture and sensory properties of guava during controlled atmosphere storage and compare of these properties of guava stored in cool storage and controlled atmosphere storage. The development of low-cost controlled atmosphere cabinets can disseminate this technology to SMEs, hotel and restaurant business, farmers.

Keywords (3-5 words):

Storage; Controlled atmosphere; Internet of thing; Guava; Quality.

Research area / Sub area of this project:

Agricultural engineering/Post-harvest engineering

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Part 2 Proposal

1. **Project title:** Design and Development of Low-cost Controlled Atmosphere Cabinet for Pan-Srithong Guava Storage

2. **Principal-investigator**

2.1 Name: Ravipat Lapcharoensuk / ID card number: 1100700041581 / Age: 34

2.2 Position: Lecturer / Academic position: Assistant Professor / Salary: 48,840 THB

2.3 Education

- D.Eng. (Agricultural Engineering) King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand, 2015.

- M.Eng. (Agricultural Engineering) King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand, 2009.

- B.Eng. (Agricultural Engineering) King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand, 2007.

2.4 Department / Faculty / Institute / Address

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 1 Chalongkrung 1 Rd. Ladkrabang, Bangkok 10520.

2.5 Telephone: 02-329-8000 exp.5008 / Mobile phone: 084-433-1156 / Email address: ravipat.la@kmitl.ac.th

2.6 Weekly hours intended to spend on this project: 17.5 hours/week

3. **Mentor**

3.1 Name: Panmanas Sirisomboon

3.2 Academic position: Associate Professor

3.3 Institute / Address:

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 1 Chalongkrung 1 Rd. Ladkrabang, Bangkok 10520.

3.4 Academic field of specialty:

Physical and engineering property of agricultural material and food

Texture property of agricultural material and food

Evaluation of agricultural material and food using Near Infrared Spectroscopy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Material handling engineering

3.5 Examples of recent research outputs (Since 2012):

1. Cheevitsopon, E., Sirisomboon, P. 2018. Rapid evaluation of fat content in curry soup containing coconut milk by using near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 26(1), PP. 16-25.

2. Lim, J.H., Sirisomboon, P. 2018. Near infrared spectroscopy as an alternative method for rapid evaluation of toluene-swell of natural rubber latex and its products. Journal of Near Infrared Spectroscopy, in press.

3. Cheevitsopon, E., Sirisomboon, P. 2018. Evaluation of salt content of curry soup containing coconut milk by near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy, in press.

4. Khumpoon, L., Sirisomboon, P. 2018. Rapid evaluation of the texture properties of melon (Cucumis melo L. Var. reticulata cv. Green net) using near infrared spectroscopy. Journal of Texture Studies, in press.

5. Posom, J., Sirisomboon, P. 2017. Evaluation of the higher heating value, volatile matter, fixed carbon and ash content of ground bamboo using near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 25(5), pp. 301-310.

6. Sirisomboon, P., Kaewsorn, K., Thanimkarn, S., Phetpan, K. (2017) Non-linear viscoelastic behavior of cooked white, brown, and germinated brown Thai jasmine rice by large deformation relaxation test. International Journal of Food Properties, 20(7), pp. 1547-1557.

7. Taradolsirithitikul, P., Sirisomboon, P., Dachoupakan Sirisomboon, C. 2017. Qualitative and quantitative analysis of ochratoxin A contamination in green coffee beans using Fourier transform near infrared spectroscopy. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(4) , pp. 1260-1266.

8. Posom, J., Sirisomboon, P. 2017. Evaluation of lower heating value and elemental composition of bamboo using near infrared spectroscopy, Energy 121, pp. 147-158.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Lim, C.H., Sirisomboon, P. 2017. Evaluation of prevulcanisate relaxed modulus of prevulcanised natural rubber latex using Fourier transform near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 25(6), pp. 407-415.

10. Posom, J., Saechua, W., Sirisomboon, P. 2017. Evaluation of pyrolysis characteristics of milled bamboo using near-infrared spectroscopy. Renewable Energy, 103, pp. 653-665.

11. Vongsetskul, T., Prakultpawong, P., Sirisomboon, P., Tantirungrotechai, J., Surasit, C., Tangboriboonrat, P. 2017. Graphene oxide-loaded shortening as an environmentally friendly heat transfer fluid with high thermal conductivity. Thermal Science, 21(5), 2247-2254.

12. Pornchaloempong, P., Sirisomboon, P., Pongkuan, S. 2016. Rapid evaluation of the salt content of canned sardines in brine using near-infrared diffuse reflectance spectroscopy. Spectroscopy Letters, 49(10), pp. 613-618.

13. Posom, J., Shrestha, A., Saechua, W., Sirisomboon, P. 2016. Rapid non-destructive evaluation of moisture content and higher heating value of Leucaena leucocephala pellets using near infrared spectroscopy. Energy, 107, pp. 464-472.

14. Sirisomboon, P., Nawayon, J. 2016. Evaluation of total solids of curry soup containing coconut milk by near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 24(2), pp. 191-198.

15. Posom, J., Sirisomboon, P. 2015. Evaluation of the moisture content of Jatropha curcas kernels and the heating value of the oil-extracted residue using near-infrared spectroscopy. Biosystems Engineering, 130, pp. 52-59.

16. Phetpan, K., Sirisomboon, P. 2015. Evaluation of the moisture content of tapioca starch using near-infrared spectroscopy. Journal of Innovative Optical Health Sciences, 8(2), 1550014.

17. Lapcharoensuk, R., Sirisomboon, P. 2015. Sensory quality evaluation of rice using visible and shortwave near-infrared spectroscopy. International Journal of Food Properties, 18(5), pp. 1128-1138.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. Onsawai, P., Sirisomboon, P. 2015. Determination of dry matter and soluble solids of durian pulp using diffuse reflectance near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 23(3) pp. 167-179.

19. Kaewsorn, K., Sirisomboon, P. 2014. Study on evaluation of gamma oryzanol of germinated brown rice by near infrared spectroscopy. Journal of Innovative Optical Health Sciences 7(4) 14500023.

20. Posom, J., Sirisomboon, P. 2014. Evaluation of the thermal properties of Jatropha curcas L. kernels using near-infrared spectroscopy. Biosystems Engineering, 125, pp. 45-53.

21. Lapcharoensuk, R., Sirisomboon, P. 2014. Eating quality of cooked rice determination using Fourier transform near infrared spectroscopy. Journal of Innovative Optical Health Sciences 7(6), 1450003.

22. Kaewsorn, K., Sirisomboon, P. 2014. Determination of the gamma-aminobutyric acid content of germinated brown rice by near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 22(1), pp. 45-54.

23. Sirisomboon, P., Pornchaloempong, P., Ramsiri, P., Pongkuan, S., Srikornkarn, S. 2014. Evaluation of the salt content of canned sardines in tomato ketchup by diffuse reflection near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 22(5), pp. 329-336.

24. Sirisomboon, P., Deeprommit, M., Suchaiboonsiri, W., Lertsri, W. 2013. Shortwave near infrared spectroscopy for determination of dry rubber content and total solids content of Para rubber (Hevea brasiliensis) latex. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 21(4), pp. 269-279.

25. Sirisomboon D., C., Putthang, R., Sirisomboon, P. 2013. Application of near infrared spectroscopy to detect aflatoxigenic fungal contamination in rice. Food Control, 33(1), pp. 207-214.

26. Sirisomboon, P., Kaewkuptong, A., Williams, P. 2013. Feasibility study on the evaluation of the dry rubber content of field and concentrated latex of Para rubber by

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

diffuse reflectance near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 21(2), pp. 149-156.

27. Inagaki, T., Sirisomboon, P., Liu, C., Thanapase, W., Tsuchikawa, S. 2013. High accuracy rapid prediction and feasibility of on-site nondestructive estimation of Para rubber quality by spectroscopic methods. Journal of Wood Science, 59(2), pp. 119-126.

28. Sirisomboon, P., Posom, J. 2012. Thermal properties of Jatropha curcas L. kernels. Biosystems Engineering, 113(4), pp. 402-409.

29. Sirisomboon, P., Lapchareonsuk, R. 2012. Evaluation of the physicochemical and textural properties of pomelo fruit following storage. Fruits, 67(6), pp. 399-413.

30. Sirisomboon, P., Tanaka, M., Kojima, T., Williams, P. 2012. Nondestructive estimation of maturity and textural properties on tomato 'Momotaro' by near infrared spectroscopy. Journal of Food Engineering, 112(3), pp. 218-226.

31. Sirisomboon, P., Tanaka, M., Kojima, T. 2012. Evaluation of tomato textural mechanical properties. Journal of Food Engineering, 111(4), pp. 618-624.

32. Pornchaloempong, P., Sirisomboon, P., Nunak, N. 2012. Mass-volume-area properties of frozen Skipjack tuna. International Journal of Food Properties, 15(3), pp. 605-612.

33. Sirisomboon, P., Chowbankrang, R., Williams, P. 2012. Evaluation of apparent viscosity of para rubber latex by diffuse reflection near-infrared spectroscopy. Applied Spectroscopy, 66(5), pp. 595-599.

34. Sirisomboon, P., Theamprateep, C. 2012. Physicochemical and textural properties of pomelo (Citrus maxima Merr. cv. Kao Nam Pueng) fruit at preharvest, postharvest and during the commercial harvest period. Philippine Agricultural Scientist, 95(1), pp. 43-52.

4. Introduction to the research problem and its significance

Guava (*Psidium guajava* L.) is an important fruit crop of the subtropical and tropical regions in the world. Guava is popular fruit in Thailand due to good taste, high nutrition and inexpensive. Guava is consumed on fresh state or in processed products such as juice, jam and jelly. For hotel and restaurant business guava usually use guava to refreshment. Guava is a climacteric fruit exhibiting respiratory and ethylene peaks during ripening (Singh and Pal, 2008). In

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

addition, several works showed chilling injury free storage of guava below 10 °C. Therefore, a technology that low-cost, easy and extend the storage life for storing guava is highly sought after within hotel and restaurant business.

Controlled atmospheres (CA) storage can extend the storage life of many tropical and subtropical fruit such as fig (Bahar,A et.al. 2018), Golden papaya (Barbosa,N et.al. 2018), apple (Sheng, L et.al. 2018; Both,V et.al. 2018; Mditshwa,A et.al. 2017; DeEll,J et.al. 2016; Tessmer,M et.al. 2016) and 'Hayward' kiwifruit (Li,H et.al. 2017). Nowadays, CA technology is used in large scale agricultural industries because of its high cost. Small entrepreneurs (SMEs), farmers and consumers cannot access this technology. The development of low-cost controlled atmosphere cabinets can disseminate this technology to SMEs, hotel and restaurant business, farmers.

This research aims to design and develop low-cost controlled atmosphere cabinet for guava storage. In addition, this research interest to study effect of oxygen and carbon dioxide concentration level on physicochemical, texture and sensory properties of guava during controlled atmosphere storage and compare of these properties of guava stored in cool storage and controlled atmosphere storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Literature review

From 2016-2018, many researchers studied application of controlled atmosphere (CA) technique to store agricultural product (Table 1). These researches reported that CA can extend the storage life of many tropical and subtropical fruit. Singh and pal (2008) studied applied controlled atmosphere storage of guava (Psidium guajava L.) fruit. The effects of controlled atmospheres (CA) on respiration, ethylene production, firmness, weight loss, quality, chilling injury, and decay incidence of three commercially important cultivars of guava fruit were studied during storage in atmospheres containing 2.5, 5, 8, and 10 kPa O_2 with 2.5, 5, and 10 kPa CO_2 (balance N_2) at 8 °C, a temperature normally inducing chilling injury. They summarized that CA storage seems to be promising for shipping of guava fruit through marine transport to distant markets which may take 2 or 3 weeks.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 Research on application of controlled atmosphere storage for fruit.

Fruit	Storage condition	Storage time	Interested property	Result		Reference
				Before storage	After storage	
Fig	T 0 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 15 kPa)	1 month	weight loss (%)	na	6.0	Bahar,A et.al.
			TSS (%Brix)	15.7	16.2	2018
			TA (%)	0.21	0.17	
			L*	41.8	42.4	
	T 0 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)		weight loss (%)	na	6.5	
			TSS (%Brix)	15.7	16.5	
			TA (%)	0.21	0.18	
			L*	41.8	42.1	
	T 0 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 5 kPa)		weight loss (%)	na	6.8	
			TSS (%Brix)	15.7	18.3	
			TA (%)	0.21	0.23	
			L*	41.8	37.7	
	T 0 °C by NA		weight loss (%)	na	14.4	
			TSS (%Brix)	15.7	18.3	
			TA (%)	0.21	0.23	
			L*	41.8	37.7	

Annotation CA is controlled atmosphere storage; NA is normal atmosphere storage.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 (Continue) Research on application of controlled atmosphere storage for fruit.

Fruit	Storage condition	Storage time	Interested property	Result		Reference
				Before storage	After storage	
Fig	T 0 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 15 kPa)	1 month and stored at Temperature + 20 °C with 2 days	weight loss (%)	na	8.3	Bahar,A et al., 2013
			TSS (%Brix)	15.7	17.0	
			TA (%)	0.21	0.22	
			L*	41.8	43.5	
	T 0 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)		weight loss (%)	na	7.9	
			TSS (%Brix)	15.7	18.3	
			TA (%)	0.21	0.19	
			L*	41.8	43.0	
	T 0 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 5 kPa)		weight loss (%)	na	5.5	
			TSS (%Brix)	15.7	19.3	
			TA (%)	0.21	0.23	
			L*	41.8	44.6	
	T 0 °C by NA		weight loss (%)	na	15.7	
			TSS (%Brix)	15.7	21.0	
			TA (%)	0.21	0.21	
			L*	41.8	43.1	

Annotation CA is controlled atmosphere storage; NA is normal atmosphere storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 (Continue) Research on application of controlled atmosphere storage for fruit.

Fruit	Storage condition	Storage time	Interested property	Result		Reference
				Before storage	After storage	
Golden papaya	T 23 °C by CA (O_2 17 % and CO_2 10 %)	14 days	b*	23.0	34.0	Barbosa,N et.al. 2018
			a*	-6.0	20.0	
	T 23 °C by CA (O_2 17 % and CO_2 5 %)		b*	25.5	35.0	
			a*	-7.0	23.0	
	T 23 °C by CA (O_2 17 % and CO_2 0.6%)		b*	22.5	32.5	
			a*	-6.0	27.5	
	T 23 °C by CA (O_2 6 % and CO_2 10 %)		b*	23.5	34.0	
			a*	-7.5	17.5	
	T 23 °C by CA (O2 6 % and CO2 5 %)		b*	23.3	33.0	
			a*	-8.0	22.5	
	T 23 °C by CA (O_2 6 % and CO_2 0.6 %)		b*	23.0	32.0	
			a*	-7.8	25.0	
	T 23 °C by CA (O_2 3 % and CO_2 10 %)		b*	21.5	33.0	
			a*	-7.0	35.0	
	T 23 °C by CA (O_2 3 % and CO_2 5 %)		b*	22.7	33.3	
			a*	-8.0	21.0	
	T 23 °C by CA (O_2 3 % and CO_2 0.6 %)		b*	22.5	33.0	
			a*	-6.0	23.0	

Annotation CA is controlled atmosphere storage; NA is normal atmosphere storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 (Continue) Research on application of controlled atmosphere storage for fruit.

Fruit	Storage condition	Storage time	Interested property	Result		Reference
				Before storage	After storage	
Fuji apple	T -0.8 °C by CA (O_2 2 % and CO_2 1 %)	6 months and stored at Temperature = 22 °C with 7 days	Weight (g)	204	183	Sheng, L et.al. 2018
			Diameter (in)	3.0	2.9	
			Firmness (lbs)	15.0	13.8	
			TSS (%Brix)	12.7	12.5	
			TA (%malic)	0.307	0.232	
	T -0.8 °C by NA		Weight (g)	204	186	
			Diameter (in)	3.0	3.0	
			Firmness (lbs)	15.0	10.0	
			TSS (%Brix)	12.7	12.6	
			TA (%malic)	0.307	0.173	
Galaxy apple	T 2 °C by CA(O_2 1.2 kPa and CO_2 2 kPa)	9 months and stored at Temperature = 20 °C with 7 days	Firmness (N)	na	60.1	Both,V et.al. 2016
			TA (%)	na	4.2	
	T 1.5 °C by CA(O_2 1.2 kPa and CO_2 2 kPa)		Firmness (N)	na	60.2	
			TA (%)	na	4.0	
	T 1 °C by CA(O_2 1.2 kPa and CO_2 2 kPa)		Firmness (N)	na	60.4	
			TA (%)	na	4.1	
'Hayward' Kiwifruit	T 0 °C by NA	26 weeks	Firmness (N)	80	8	Li,H et.al. 2017
	T 0 °C by CA (O_2 2 % and CO_2 2 %)	16 weeks and stored at Temperature = 0 °C with 14 weeks		80	11	
	T 0 °C by CA (O_2 2 % and CO_2 5 %)			80	13	

Annotation CA is controlled atmosphere storage; NA is normal atmosphere storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 (Continue) Research on application of controlled atmosphere storage for fruit.

Fruit	Storage condition	Storage time	Interested property	Result		Reference
				Before storage	After storage	
pear fruit	T 0 °C by CA (O_2 16 kPa and CO_2 2 kPa)	17 weeks	firmness (N)	57	52	Lum,S et.al. 2017
			Peel colour	1.1	3.7	
	T 0 °C by CA (O_2 2.5 kPa and CO_2 2 kPa)		firmness (N)	57	52	
			Peel colour	1.1	5.2	
	T 0 °C by NA		firmness (N)	57	50	
			Peel colour	1.1	3.9	
Rocha pear	T -0.5 °C by CA (O_2 3 kPa)	136 days	TSS (%Brix)	13.0	13.5	Saquet,A et.al. 2017
			firmness (N)	90	20	
	T -0.5 °C by CA(O_2 0.5 kPa)		TSS (%Brix)	13.0	12.5	
			firmness (N)	40	15	
	T -0.5 °C by NA		TSS (%Brix)	10.5	12.0	
			firmness (N)	20	10	
Rocha pear	T -0.5 °C by CA (O_2 3 kPa and CO_2 0.6 kPa)	237 days and stored at Temperature = 20 °C with 7 days	TSS (g/kg)	115	138	Saquet,A et.al. 2017
			firmness (N)	52	36	
			skin color (h°)	105	95	
			TA (%)	2	0.8	
	T -0.5 °C by CA (O_2 0.5 kPa and CO_2 0.6 kPa)		TSS (g/kg)	115	122	
			firmness (N)	52	48	
			skin color (h°)	105	103	
			TA (%)	2	0.7	

Annotation CA is controlled atmosphere storage; NA is normal atmosphere storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 (Continue) Research on application of controlled atmosphere storage for fruit.

Fruit	Storage condition	Storage time	Interested property	Result		Reference
				Before storage	After storage	
Strawberry	T 5 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 15 kPa)	2 days in CA + 9 days in NA	firmness (N)	0.59	1.38	AlamarM et al., 2017
	T 5 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 15 kPa)	2.5 days in NA+ 2 days in CA + 7.5 days in NA		0.59	1.7	
	T 5 °C by NA	11 days		0.59	0.89	
Avocado	T 20 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)	2 days in CA + 7 days in NA		220	10	
	T 20 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)	1.5 in NA – 2 days in CA + 5.5 days in NA		220	16	
	T 20 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)	3 days in NA + 2 days in CA + 4 days in NA		220	29	
	T 20 °C by NA	9 days		220	35	
	T 20 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)	5 days in CA + 25 days in NA		215	12	
	T 20 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)	5 days in NA + 5 days in CA + 20 days in NA		215	10	
	T 20 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)	10 days in NA + 5 days in CA – 15 days in NA		215	25	
	T 20 °C by NA	30 days		215	5	
Ambrosia apple	T 0.5 °C by CA (O_2 2 kPa and CO_2 1 kPa)	5 months	TSS (%Brix)	na	14.10	Cliff,M et al., 2017
			TA (%)	na	17.75	
	T 0.5 °C by CA (O_2 1.2 kPa and CO_2 1 kPa)		TSS (%Brix)	na	14.10	
			TA (%)	na	18.79	
	T 0.5 °C by NA		TSS (%Brix)	na	14.20	
			TA (%)	na	17.60	
	T 0.5 °C by CA (O_2 2 kPa and CO_2 1 kPa)	8 months	TSS (%Brix)	na	13.80	
			TA (%)	na	16.18	
	T 0.5 °C by CA (O_2 1.2 kPa and CO_2 1 kPa)		TSS (%Brix)	na	15.90	
			TA (%)	na	17.23	
	T 0.5 °C by NA		TSS (%Brix)	na	15.90	
			TA (%)	na	16.35	

Annotation CA is controlled atmosphere storage; NA is normal atmosphere storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 (Continue) Research on application of controlled atmosphere storage for fruit.

Fruit	Storage condition	Storage time	Interested property	Result		Reference
				Before storage	Before storage	
Granny Smith apples	T 0 °C by NA	30 weeks	TSS (%Brix)	10.52-12.16	12.26-12.40	Mditshwa,A et.al, 2017
			TA (mg/100ml)	1.25-1.54	0.75-0.93	
			firmness (N)	79.14-81.99	44.70-51.54	
	T 0 °C by O_2 0.3-0.5 % and CO_2 1 %		TSS (%Brix)	10.52-12.16	11.87-12.96	
			TA (mg/100ml)	1.25-1.54	0.98-1.16	
			firmness (N)	79.14-81.99	70.45-71.02	
PG100-1 pomegranate	T 7 °C RH 95% by CA (O_2 2 kPa and CO_2 5 kPa)	5 months	TSS (%Brix)	15.2	13.5	Matityahu,I et.al, 2016
	T 7 °C RH 95% by NA		TSS (%Brix)	15.2	14.0	
			TA (%)	1.30	0.90	
PVE pomegranate	T 7 °C RH 95% by CA (O_2 2 kPa and CO_2 5 kPa)		TSS (%Brix)	14.0	13.5	
			TA (%)	0.65	0.80	
	T 7 °C RH 95% by NA		TSS (%Brix)	14.0	13.8	
			TA (%)	0.63	0.76	
PG116-17 pomegranate	T 7 °C RH 95% by CA (O_2 2 kPa and CO_2 5 kPa)		TSS (%Brix)	16.2	14.2	
			TA (%)	1.20	1.03	
	T 7 °C RH 95% by NA		TSS (%Brix)	16.2	14.6	
			TA (%)	1.20	0.85	

Annotation CA is controlled atmosphere storage; NA is normal atmosphere storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 (Continue) Research on application of controlled atmosphere storage for fruit.

Fruit	Storage condition	Storage time	Interested property	Result		Reference
				Before storage	Before storage	
Pedro Sato guava	T 12.2 °C by CA (O_2 5 kPa)	14 days	firmness (N)	125	117	Teixeira,G eLal. 2016
	T 12.2 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 1 kPa)			125	121	
	T 12.2 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 5 kPa)			125	119	
	T 12.2 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)			125	124	
	T 12.2 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 15 kPa)			125	124	
	T 12.2 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 20 kPa)			125	12	
	T 12.2 °C by CA (O_2 5 kPa)	28 days		125	125	
	T 12.2 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 1 kPa)			125	121	
	T 12.2 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 5 kPa)			125	97	
	T 12.2 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 10 kPa)			125	87	
	T 12.2 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 15 kPa)			125	59	
	T 12.2 °C by CA (O_2 5 kPa and CO_2 20 kPa)			125	28	

Annotation:CA is controlled atmosphere storage; NA is normal atmosphere storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 (Continue) Research on application of controlled atmosphere storage for fruit.

Fruit	Storage condition	Storage time	Interested property	Result		Reference
				Before storage	Before storage	
Abate Fetel pear	T 1 °C RH 95% by CA (O_2 2 kPa and CO_2 0.7 kPa)	20 weeks	firmness (N)	34	17	Veraldi et al. 2016
			skin color (h^0)	100	89	
	T 1 °C RH 95% by NA		firmness (N)	32	16	
			skin color (h^0)	89	84	
	T -0.5 °C RH 95% by CA O_2 2 kPa and CO_2 0.7 kPa		firmness (N)	46	16	
			skin color (h^0)	106	92	
	T -0.5 °C RH 95% by NA		firmness (N)	38	20	
			skin color (h^0)	95	86	
	T 1 °C RH 95% by CA (O_2 2 kPa and CO_2 0.7 kPa)	28 weeks	firmness (N)	25	20	
			skin color (h^0)	95	89	
	T 1 °C RH 95% by NA		firmness (N)	49	35	
			skin color (h^0)	97	90	
	T -0.5 °C RH 95% by CA O_2 2 kPa and CO_2 0.7 kPa		firmness (N)	38	20	
			skin color (h^0)	101	92	
	T -0.5 °C RH 95% by NA		firmness (N)	49	35	
			skin color (h^0)	85	81	
apple	T 3 °C by CA (O_2 17 kPa and CO_2 4 kPa)	6 weeks	firmness (N)	65.7-69.6	70.2-72.0	Dell'Ij et al. 2016
			TA (malic acid) (mg)	844-903	759-880	
apple	T 3 °C by CA (O_2 2.5 kPa and CO_2 2.5-4.5 kPa)	7 days	firmness (N)	41.4-57.8	36.5-40.5	Dell'Ij et al. 2016
			TA (malic acid) (mg)	669-781	626-603	
	T 3 °C by CA (O_2 2.5 kPa and CO_2 2 kPa)		firmness (N)	64.5-71.2	56.5-60.5	
			TA (malic acid) (mg)	625-548	447-603	
	T 0 °C by CA (O_2 2.5 kPa and CO_2 2.5 kPa)		firmness (N)	78.7	76.5	
			TA (malic acid) (mg)	776	732	

Annotation CA is controlled atmosphere storage; NA is normal atmosphere storage.

17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 (Continue) Research on application of controlled atmosphere storage for fruit.

Fruit	Storage condition	Storage time	Interested property	Result		Reference
				Before storage	Before storage	
Gala aople	T 0 °C RH 90 % by CA (O_2 1.5 % and CO_2 2.5 %)	120 days	firmness (N)	61-76	53-69	Tessmer,M et.al. 2016
			TA (%)	0.27-0.46	0.21-0.33	
			colour index	35-44	31-36	
	T 0 °C RH 90 % by NA		firmness (N)	61-76	54-61	
			TA (%)	0.27-0.46	0.15-0.29	
			colour index	35-44	22-39	
Galaxy apple	T 0 °C RH 90 % by CA (O_2 1.5 % and CO_2 2.5 %)		firmness (N)	67-83	56-71	
			TA (%)	0.44-0.50	0.37-0.40	
			colour index	50-63	60-68	
	T 0 °C RH 90 % by NA		firmness (N)	67-83	53-60	
			TA (%)	0.44-0.50	0.28-0.31	
			colour index	50-63	63-70	
Banana	T 20 °C by CA (O_2 21 % and CO_2 30 %)	6 days	h[b]	118	110	Mu-bo,S et.al. 2015
	T 20 °C by CA (O_2 21 % and CO_2 20 %)			118	109	
	T 20 °C by CA (O_2 21 % and CO_2 10 %)			118	96	
	T 20 °C by NA			118	93	
Plantain	T 20 °C by CA (O_2 21 % and CO_2 30 %)			118	101	
	T 20 °C by CA (O_2 21 % and CO_2 20 %)			118	92	
	T 20 °C by CA (O_2 21 % and CO_2 10 %)			118	91	
	T 20 °C by NA			118	90	

Annotation CA is controlled atmosphere storage; NA is normal atmosphere storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

References

Agroripe. 2018. **Controlled Atmosphere Storage.** [Online]. Available : http://www.agroripe.com/controlled-atmosphere-storage.

Alamar, M., Collings, E., Cools, K. and Terry, L. 2017. "Impact of controlled atmosphere scheduling on strawberry and imported avocado fruit." **Postharvest Biology and Technology.** 134 : 76-86.

Bahar, A. and Lichter, A. 2018. "Effect of controlled atmosphere on the storage potential of Ottomanit fig fruit." **Scientia Horticulturae.** 227 : 196-201.

Barbosa, N., Vieira, R. and Resende, E. 2018. "Modeling the respiration rate of Golden papayas stored under different atmosphere conditions at room temperature." Postharvest Biology and Technology. 136 : 152-160.

Both, V., Brackmann, A., Thewes, F., Weber, A., Schultz, E. and Ludwig, V. 2018. "The influence of temperature and 1-MCP on quality attributes of 'Galaxy' apples stored in controlled atmosphere and dynamic controlled atmosphere." **Food Packaging and Shelf Life.** 16 : 168-177.

Cliff, M. and Toivonen, P. 2017. "Sensory and quality characteristics of 'Ambrosia' apples in relation to harvest maturity for fruit stored up to eight months." **Postharvest Biology and Technology.** 132 : 145-153.

DeEll, J., Lum, G. and Ehsani-Moghaddam, B. 2016. "Effects of multiple 1-methylcyclopropene treatments on apple fruit quality and disorders in controlled atmosphere storage." **Postharvest Biology and Technology.** 111 : 93-98.

DeEll, J., Lum, G. and Ehsani-Moghaddam, B. 2016. "Elevated carbon dioxide in storage rooms prior to establishment of controlled atmosphere affects apple fruit quality." **Postharvest Biology and Technology.** 118 : 11-16.

Frigomech SRL. 2015. **Fruits and Vegetables.** [Online]. Available : http://www.frigomech.com/en/main/industries/food-industry/fruits-and-vegetables.html

Inteligistics. 2013. **Vacuum cooling for the fruit and vegetable industry.** [Online]. Available : http://www.inteligistics.com/vacuum-cooling-for-the-fruit-and-vegetable-industry.

Li, H., Pidakala, P., Billing, D. and Burdon, J. 2017. "Textural changes in 'Hayward' kiwifruit during and after storage in controlled atmospheres." **Scientia Horticulturae.** 222 : 40-45.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lum, G., DeEll, J., Hoover, G. and Subedi, S. 2017. "1-Methylcylopropene and controlled atmosphere modulate oxidative stress metabolism and reduce senescence-related disorders in stored pear fruit." **Postharvest Biology and Technology.** 129 : 52-63.

Matityahu, I., Marciano, P., Holland, D., Ben-Arie, R. and Amir, R. 2016. "Differential effects of regular and controlled atmosphere storage on the quality of three cultivars of pomegranate (Punica granatum L.)." **Postharvest Biology and Technology.** 115 : 132-141.

Mditshwa, A., Fawole, O., Vries, F., Merwe, K., Crouch, E. and Opara, U. 2017. "Minimum exposure period for dynamic controlled atmospheres to control superficial scald in 'Granny Smith' apples for long distance supply chains." Postharvest Biology and Technology. 127 : 27-34.

Mu-bo, S., Lu-ping, T., Xue-lian, Z., Mei, B., Xue-qun, P. and Zhao-qi, Z. 2015. "Effects of high CO2 treatment on green-ripening and peel senescence in banana and plantain fruits." Journal of Integrative Agriculture. 14(5) : 875-887.

Ontario. 2014. **Forced-Air Cooling Systems for Fresh Ontario Fruits and Vegetables.** [Online]. Available : http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/14-039.htm.

Saquet, A. and Almeida, D. 2017. "Internal disorders of 'Rocha' pear affected by oxygen partial pressure and inhibition of ethylene action." **Postharvest Biology and Technology.** 128 : 54-62.

Saquet, A. and Almeida, D. 2017. "Responses of 'Rocha' pear to delayed controlled atmosphere storage depend on oxygen partial pressure." **Scientia Horticulturae.** 222 : 17-21

Sheng, L., Hanrahan, I., Sun, X., Taylor, M., Mendoza, M. and Zhu, M.J. 2018. "Survival of Listeria innocua on Fuji apples under commercial cold storage with or without low dose continuous ozone gaseous." **Food Microbiology.** 76 : 21-28.

Singh, S. P. and Pal R. K. 2008. "Controlled atmosphere storage of guava (Psidium guajava L.) fruit." **Postharvest Biology and Technology,** 47(3) : 296-306.

Southwest VA Farmers' Market. 2018. **Hydro-Cooling.** [Online]. Available : http://swvafarmersmarket.org/hydro-cooling.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Teixeira, G., Júnior, L., Ferraudo, A. and Durigan, J. 2016. "Quality of guava (Psidium guajava L. cv. Pedro Sato) fruit stored in low-O2 controlled atmospheres is negatively affected by increasing levels of CO2." Postharvest Biology and Technology. 111 : 62-68.

Tessmer, M., Appezzato-da-Glória, B. and Antoniolli, L. 2016. "Influence of growing sites and physicochemical features on the incidence of lenticel breakdown in 'Gala' and 'Galaxy' apples." Scientia Horticulturae. 205 : 119-126.

Vanoli, M., Grassi, M. and Rizzolo, A. 2016. "Ripening behavior and physiological disorders of 'Abate Fetel' pears treated at harvest with 1-MCP and stored at different temperatures and atmospheres." Postharvest Biology and Technology. 111 : 274-285.

6. **Objectives**

1. To design and develop low-cost controlled atmosphere cabinet for guava storage.

2. To study effect of oxygen and carbon dioxide concentration level on physicochemical, texture and sensory properties of guava during controlled atmosphere storage.

3. To comparison of physicochemical, texture and sensory properties of guava stored in cool storage and controlled atmosphere storage.

7. **Methodology**

1. Literature and concerned researches about controlled atmosphere storage will be reviewed.

2. Controlled atmosphere (CA) cabinet will be designed and developed.

3. The 630 guava samples will be harvested at 150 days after blooming from commercial orchard in Nakhonpathom province, Thailand. The samples will be suddenly delivered to laboratory after harvesting. The samples will be soaked in cool water at 5 ^{O}C with 30 minutes. The samples will be stored at 3 conditions base on level of oxygen and carbon dioxide concentration which number of sample for each condition are 210 samples. The 30 samples of guava will be evaluated physicochemical, texture and sensory properties every week (7 days) until 49 days of storage.

4. The 420 guava samples will be harvested at 150 days after blooming from commercial orchard in Nakhonpathom province, Thailand. The samples will be suddenly delivered to laboratory after harvesting. The samples will be soaked in cool water at 5 ^{O}C with 30 minutes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The samples will be stored at 2 conditions which are cool storage and controlled atmosphere storage. The 210 samples of guava will be used for each condition. About 30 samples of guava will be evaluated physicochemical, texture and sensory properties every week (7 days) until 49 days of storage.

5. effect of oxygen and carbon dioxide concentration level on physicochemical, texture and sensory properties of guava during controlled atmosphere storage and comparison of these properties of guava stored in cool storage and controlled atmosphere storage will be studied.

6. summarize and report.

8. Scope of research

1. The 11.6 ft^3 of commercial force air refrigerator will be modified to be CA cabinet. The oxygen and carbon dioxide sensors will be used for detecting amount of oxygen and carbon dioxide in the chamber. Microcontroller will be programed to control solenoid valves for feeding the both gas into the chamber according required concentration of gas. Temperature and relative humidity sensor will be installed and connected to microcontroller for checking and recording air condition during storage.

2. Internal of thing (IoT) system will be applied with mobile application which will be developed to control and monitor gas concentration, temperature, relative humidity and air speed in the CA cabinet. In addition, gas concentration levels will be saved into cloud which will be used database for calculating guava respiratory rate during storage.

3. Pan-Srithong variety will be selected to study.

4. The physicochemical properties consisted of size, weight, color, total soluble solid content, acidity, and ratio of total soluble solid content to acidity. Texture property will be analyzed using puncture test with cylinder probe. Sensoty test will be evaluated by satisfaction of panelist on appearance of fruit, texture, aroma, taste and likeness.

5. The data will be reported as mean and standard deviation (SD) of triplicate analyses for each condition unless otherwise stated. Statistical significance of mean will be performed using Dancan's multiple range tests at 95% confidence interval ($P < 0.05$).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. **Equipment needed for the project**

   1. Spectrometer for color measurement

   2. Auto titrator for acidity analysis

   3. Texture analyzer for texture analysis

   4. refractometer for total soluble solid content analysis

   5. Gas analyzer for oxygen and carbon dioxide sensor calibration

10. **Project duration:** 2 years.

11. **Schedule for the entire project and expected outputs**

Description	Month/2019											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Literature review												
Design and development of CA cabinet												
Development of mobile application for controlling and monitoring CA cabinet												
CA cabinet Testing												
CA cabinet improving and fixing												

Description	Month/2020											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Study of effect of oxygen and carbon dioxide concentration level on physicochemical, texture and sensory properties of guava during controlled atmosphere storage.												
Comparison of physicochemical, texture and sensory properties of guava stored in cool storage and controlled atmosphere storage.												
Research summary, Writing the publication and report												

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. Budget details

Total budget cannot exceed 600,000 Baht for 2 years.

Expense	Price (THB)
1. Honorarium (Researcher 1 person x 24 months x 13,000 THB/month)	312,000
2. Materials	
2.1 Office materials	5,000
2.2 Computer materials	10,000
2.3. Guava sample (900 fruits x 10 THB/fruit)	9,000
2.4 Materials for developing of controlled atmosphere cabinet (such as sensor, microcontroller, refrigerator etc.)	200,000
2.5 Experiment materials (such as nitrogen, carbon dioxide, oxygen, chemical reagent, bag, tissue paper etc.)	64,000
Total	600,000

13. Expected benefits and research utilization

Output of this research is low-cost controlled atmosphere cabinet which extend the storage life of guava. It could help reduce food cost for **business hotel and restaurant in Thailand**. In addition, This CA cabinet can develop the controlled program on microcontroller for storing other agricultural product.

14. Connections with other experts within and outside Thailand

- Department of agricultural engineering and technology, Faculty of agriculture and natural resources, Rajamangala University of Technology Tawan-ok.
- Faculty of Agro Industry King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

15. Will this proposal or related proposal be submitted within the next six months or has it been submitted to other funding agency/source?

☑ No

☐ Yes, please give the name of the funding agency, name of the project and status of submission.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. The projects that the principal investigator is currently carrying out

16.1 Project title: Detection Adulterant in Powdered Pepper Using Fourier Transform-Near Infrared Spectroscopy with Multivariate Analysis

Project duration 2 years from August 2017 to August 2019

Research funding institute King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Budget 340,000 THB

Role of principal investigator in this project ☑ principal investigator

☐ other (please specify)

Weekly hours spent on this project 12 hours/week

16.2 Project title: _____

Project duration _____ years from _____ to _____

Research funding institute _____

Budget _____

Role of principal investigator in this project ☐ principal investigator

☐ other (please specify)

Weekly hours spent on this project _____ hours/week

I hereby certify that all the information above is true and I accept that TRF's decision is final.

Signature _____ (Principal investigator)

(Asst. Prof. Dr. Ravipat Lapcharoensuk)

Date _____

Signature _____ (Mentor)

(Assoc. Prof. Dr. Panmanas Sirisomboon)

Date _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักฐานการนำเสนอผลงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
150 หมู่ 6 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
โทรศัพท์ (043) 338 869 | โทรสาร (043) 338 870
http://apps.eng.rmuti.ac.th/estacon2018/index.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTA CON 2018

วิทยากรบรรยายพิเศษ

ศ.ดร.ผดุงศักดิ์	รัตนเดโช	เมธีวิจัยอาวุโส สกว. และผู้อำนวยการ Central of Excellence in Electromagnetic Energy Utilization in Engineering (CEEE) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ บรรยายในหัวข้อ : เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมแห่งอนาคต
ดร.สุรเดช	ทวีแสงสกุลไทย	ประธานกรรมการบริหาร กรรมการผู้จัดการใหญ่และประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท ช ทวี จำกัด (มหาชน) บรรยายในหัวข้อ : ความสำคัญของนวัตกรรมทางความคิด
ผอ.วรินทร์	รอดโพธิ์ทอง	ผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีการผลิตอัตโนมัติและหุ่นยนต์ สถาบันไทย-เยอรมัน บรรยายในหัวข้อ : Smart Engineer on Smart Technology

ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย

กลุ่มวิศวกรรมโยธา

ศ.ดร.ปริญญา	จินดาประเสริฐ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.จารึก	ถีระวงษ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.พงศกร	พรรณรัตนศิลป์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.สุชสันติ์	หอพิบูลสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Dr.Mengtim	Hoy	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ศ.ดร.ปิติ	สุคนธสุชกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.พีรพงศ์	จิตเสงี่ยม	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.กฤษณ์	ศรีวรมาศ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.รัตนา	หอมวิเชียร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร.ภิรติพงษ์	สุวีโร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.จิระยุทธ	สีบสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.เชิดศักดิ์	สุขศิริพัฒนพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.รัฐพล	สมนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.เกียรติสุดา	สมนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.จันทิมา	มณีโชติวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อ.ดร.จิรวัฒน์	ศุภโกศล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อ.ดร.สุบรร	ผลกะสิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.หริส	ประสารฉ่ำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.ปนัสย์ชัย	เชษฐโชติศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.เจริญชัย	ฤทธิรุทธ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.พัชรพล	โพธิ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.พงศกร	พวงชมภู	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.อภิชิต	คำภาหล้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.อัศนัย	ทาเภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTA CON 2018

กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า

ผศ.ดร.ชลธี	โพธิ์ทอง	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.สมมาตร	แสงเงิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผศ.ดร.อภิฌาน	กาญจนวาปสถิตย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อ.ดร.นพพณ	เสิศชูวงศา	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผศ.ดร.ภัณฑ์พงษ์	ศรีสถิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผศ.ดร.ณนอมศักดิ์	โสภณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.อุบล	สุริพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.วรรณเรีย์	วงศ์ไตรรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.ดร.ภูริพงศ์	สุทธิโสภาพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.รุ่งอรุณ	พรเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขต เทเวศร์
อ.วาริน	วีระสินธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขต เทเวศร์
อ.ดร.เกสศักติ์ดา	ศรีโคตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.อดิเรก	จันตะคุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.กฤษณะพงศ์	พันธ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ประยงค์	เสาร์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.ศิวิวัฒน์	วสุนธราเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.จรินทร์ศักดิ์	แซ่เตียว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.จักรวัฒน์	บุตรบุญชู	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.คณะวัติ	เนื่องวงษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.สุธาสินี	ละมุลตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.กัญจนา	ชัยอมฤต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ไพวรรณ	เกิดตรจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.สุภาพร	ปานิคม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.เอกพล	ขันสาลี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ

ผศ.ดร.ธีรวัฒน์	เหล่านภากุล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร.อาทิตย์	อภิโชติธนกุล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร.พชร	ชาตะวิถี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.บราชิป	ภาวะรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อ.ธฏษธรรมช์	ลาโสภา	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผศ.ดร.กัลยา	กิตติเลิศไพศาล	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผศ.ภัทราพล	กองทรัพย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผศ.ดร.ศิวดล	กัญญาคำ	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผศ.ดร.วรพจน์	งามชมภู	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อ.รัชทิน	เมืองนาค	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTA CON 2018

อ.ปันหิกา	ชัยกัณหา	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผศ.ดร.เชฏฐา	ชำนาญหล่อ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
อ.ดร.ชาตินักรบ	แสงสว่าง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
อ.ดร.วรญา	เนื่องมังฉา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
อ.ดร.อธิวัฒน์	บุญมี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
อ.ดร.มงคล	อิทธิผลิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง
ผศ.สุหัศน์	ยอดเพ็ชร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.จิตติวัฒน์	นิธิกาญจนธาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.สุรัตน์	วรรณศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.ดร.จารุพงษ์	บรรเทา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.นราภัทร์	บุตรชา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.ดร.วิทยา	ดาวดอน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.รุ่งวสันต์	ไกรกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อ.ดร.ศักดิ์ดา	คำจันทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ สกลนคร
อ.ดร.วิเรชา	คำจันทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ สกลนคร
อ.ดร.ทศพร	แจ่มใส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
อ.ดร.ชาญชัย	เหลาหา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ณภัทร	อินทบุบท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ภูริพัส	แสนพงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.สุรเชษฐ์	เถื่อนแก้วสิงห์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.คมกริช	จันทรเสนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล

บาวาไห ปิจิราวุช	เวียงจันดา	โรงเรียนนายเรือ
อ.ดร.เจษฎา	โพธิ์สม	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.จักรพันธุ์	ขวนอาษา	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อ.ดร.ณัฐคนย์	พรรณุเจริญวงษ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผศ.ดร.ธีรพัฒน์	ชมภูคำ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.รพีพัฒน์	ลาดศรีทา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ธนกฤต	นนท์ชนะ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อ.ดร.สมบัติ	ทำนา	สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ผศ.สุทิน	พลบูรณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อ.ดร.ปรีชา	ทุมมุ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อ.ดร.พิทักษ์	พร้อมไธสง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
น.ท.ดร.ธนาสิทธิ์	เสือส่าน ร.น.	สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ
ผศ.ดร.สมพล	สกุลหลง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศรีราชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTA CON 2018

อ.ดร.ประหาน	ศรีชัย	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
อ.ดร.อรรถพล	สีดำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
ผศ.ดร.สัณหวัจน์	ทองแดง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อ.ดร.สุริยา	โชคเพิ่มพูน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อ.ณรงค์	หูชัยภูมิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อ.ดร.รดินันท์	เหลือมพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ศูนย์กลางนครราชสีมา
อ.ดร.พลเทพ	เวงสูงเนิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ศูนย์กลางนครราชสีมา
ผศ.วศิษฐ	ชีระเจตกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.สุระ	ต้นดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ศุภฤกษ์	ชามงคลประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.สุภัทรชัย	สุวรรณพันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.พิศาล	มูลอำคา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ปฐมาภรณ์	ชัยกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ชัชรินทร์	ศักดิ์กำปัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ภาณุพิชญ์	ขีนเขียว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.กฤษณพันธ์	ศรีมงคล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ไทร	ศรีโยธา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ทศพล	แจ้งน้อย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.เอกวุฒิ	แสนคำวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.สิริธร	สุภาคาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.พิศาล	หมื่นแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

กลุ่มสถาปัตยกรรมศาสตร์

ผศ.นิคม	บุญญานุสิทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.อลงกรณ์	ถนิมหาญน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผศ.ดร.อภิชิต	คำภาหล้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.พัชรพล	โพธิ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

กลุ่มวิจัยสถาบันและวิจัยในชั้นเรียน

ผศ.ดร.ธวัชน์ชัย	คุณะโคตร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ว่าที่ รต.ดร.โกวิทย์	แสนทงษ์	มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ผศ.ชีรยุทธ	คุณะโคตร	มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
อ.ศุกรินทร์	คำสุวรรณ	มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ผศ.สุรินทร์	อ่อนน้อม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
รศ.ดร.สายตา	บุญโฌม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.ทายวุฒิ	โพธิ์ทองแสงอรุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.สมศักดิ์	ธนพุทธิวิโรจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.อารีรัตน์	เชื้อบุญเกิด โนท	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTA CON 2018

อ.ดร.สุบรร	ผลกะสิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.ศักดิ์ระวี	ระวีกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.อดิเรก	จันตะคุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ศุภฤกษ์	ชามงคลประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ชาญวิทย์	ชัยอมฤต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.นิภาดา	พาภักดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผศ.ดร.สุทัศน์	สุทธิประภา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.น.ท.วิรุจน์	คุณกิตติ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร.วรรณา	ศิริแสงตระกูล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร.จารุพงษ์	แสงบุญมี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.พุธษดี	ศิริแสงตระกูล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.ธีระยุทธ	ทองเครือ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร.ศุภโชค	สอนศิลพงศ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.สุชาติ	คุ้มมะณี	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.วุฒิชัย	วิเชียรโชย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.สำรวน	เวียงสมุทร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.เดชสิทธิ์	พรรษา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร.นิพจน์พัทธ์	เมืองโคตร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร.ภูวดล	ด้วงโต	มหาวิทยาลัยพะเยา
อ.ดร.พิเชษ	วะยะสุน	มหาวิทยาลัยบูรพา
อ.สมพร	เตียเจริญ	มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
อ.ดร.วิวัฒน์	นวลสิงห์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผศ.ดร.กฤษณพงศ์	สมสุข	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผศ.ดร.อภิฌาน	กาญจนวาปสถิตย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผศ.ดร.ธีระยุทธ์	เพ็งชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผศ.ดร.กชกร	เจดินัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
อ.ดร.กนกมน	รุจิรกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ผศ.สมบัติ	สมัครสมาน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
อ.เลิศพันธ์	เพียรสร้างสรร	วิทยาลัยพิชญบัณฑิต
อ.อศิราช	สุชสวัสดิ์	วิทยาลัยพิชญบัณฑิต
อ.ดร.วชิรปัญญา	ปัญญาว่อง	วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น
พ.ต.อ.วสุกิจจ์	ธนูรัตน์	สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ
อ.ดร.ภูษิตา	คู่ชัยภูมิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTA CON 2018

ผศ.ดร.ญาณวรรธน์	แสนตลาดชัยกิตติ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.วิเชียร	แสงอรุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.รัชนก	เชียรวาริช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.คมกฤช	อรุณฉายพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.วรุณพิพย์	ฉัตรจุฑามณี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.คมพิชิต	สีหามาตย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
รศ.ดร.สายันต์	โพธิ์เกตุ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ดร.เบญจมาศ	ศรีสองเมือง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ชยาคมน์	ปุริมศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.อัจฉรียา	เจียรศิริสมบูรณ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.รัชนี	พัฒชะนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ฐิติกานต์	สมบูรณ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.วิมลรัตน์	ทองภูธร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.วัชรินทร์	ชุนจันทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.พันธกานต์	แก้วอาษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ภฤษณพันธ์	ศรีมงคล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.พิฆเนศ	อุปชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.วุฒิไกร	ใสเหลื่อม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.ปรัชญาวุฒิ	โถบึ้น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผศ.ธีระพันธ์	ระรื่นรมย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.เศวช	หงษ์ประสิทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.เพิ่มพร	ลักขณาวรรณกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ดร.เฉลิมวุฒิ	น้อยอุ่นแสน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.น่าวา	งามวิทยานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ประสาน	เอื้อทาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.อภิวัฒน์	สวัสดิรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.จักรพนธ์	อบมา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.ปิยะนุช	ตั้งกิตติพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อ.จักรกริช	ปานเรือนแสน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTA CON 2018

คณะกรรมการตัดสินผลงานวิจัย

กลุ่มวิศวกรรมโยธา

แบบบรรยาย

ผศ.ดร.รัฐพล	สมนา
ผศ.ดร.จักษดา	ธำรงวุฒิ
อ.ดร.จิรวัฒน์	ศุภโกศล
ผศ.ดร.หริส	ประสารฉ่ำ
ผศ.ดร.พงศกร	หวงชมพู
ผศ.ดร.อภิชิต	คำภาหล้า
ผศ.ดร.เจริญชัย	ฤทธิรุทธ
อ.ดร.อัศนัย	ทาเภา

แบบโปสเตอร์

ผศ.ดร.พัชรพล	โพธิ์ศรี

กลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้า

แบบบรรยาย

ผศ.ดร.อภิญญา	อินทร์บอก
ผศ.ดร.วรรณรีย์	วงศ์ไตรรัตน์
ผศ.ดร.กิตติศักดิ์	ตียา
ผศ.วัชรพล	นาศทอง
ผศ.ดร.อดิเรก	จันตะคุณ
อ.ดร.สุธาสินี	ละบุลตรี
อ.ดร.กัญจนา	ชัยอมฤต
อ.สุภาพร	ปานิคม

แบบโปสเตอร์

ผศ.ประยงค์	เสาร์แก้ว
อ.ดร.ไพรวรรณ	เกิดตรวจ
อ.อภิวัฒน์	อัศวเมฆิน

กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ

แบบบรรยาย

ผศ.ดร.ธีรวัฒน์	เหล่านภากุล
ผศ.ดร.จิตติวัฒน์	นิธิกาญจนธาร
ผศ.ดร.รักน้อย	อัครรุ่งเรืองกุล
อ.ดร.จารุพงษ์	บรรเทา
อ.ดร.มานิดา	สว่างเนตร
ผศ.ดร.สุวิทย์	ธรรมแสง
อ.ดร.สุรเชษฐ์	เถื่อนแก้วสิงห์
อ.ดร.บุญส่ง	ฤทธิ์ดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTA CON2018

คณะกรรมการดำเนินงาน

อ.ปริญ	นาชัยสิทธิ์	ประธานกรรมการ
อ.บุญกิจ	อุ่นพิกุล	รองประธานกรรมการ
อ.ดร.ศุภฤกษ์	ชามงคลประดิษฐ์	กรรมการ
อ.ชุนแผน	ปฏิมาประกร	กรรมการ
ผศ.ดร.ศักดิ์ระวี	ระวีกุล	กรรมการ
ผศ.ดร.หริส	ประสารฉ่ำ	กรรมการ
ผศ.ดร.อภิจิต	คำภาหล้า	กรรมการ
ผศ.ดร.ปนัสย์ชัย	เชษฐโชติศักดิ์	กรรมการ
ผศ.ดร.เจรีญชัย	ฤทธิรุทธ	กรรมการ
อ.ดร.อัศนัย	ทาเภา	กรรมการ
อ.ดร.กัญจนา	ชัยอมฤต	กรรมการ
อ.ดร.ชาญวิทย์	ชัยอมฤต	กรรมการ
ผศ.ดร.อดิเรก	จันตะคุณ	กรรมการ
ผศ.ดร.กฤษณะพงศ์	พันธ์ศรี	กรรมการ
อ.ดร.สุรเชษฐ์	เถื่อนแก้วสิงห์	กรรมการ
อ.คมกริช	จันทรเสนา	กรรมการ
อ.ทศพล	แจ้งน้อย	กรรมการ
อ.เอกวุฒิ	แสนคำวงษ์	กรรมการ
อ.ดร.สุภัทรชัย	สุวรรณพันธุ์	กรรมการ
อ.ดร.พิศาล	มูลอำคา	กรรมการ
อ.ดร.ปฐมาภรณ์	ชัยกูล	กรรมการ
อ.ดร.ชัชรินทร์	ศักดิ์กำปัง	กรรมการ
อ.ดร.ภาณุพิชญ์	ขีนเขียว	กรรมการ
อ.ดร.ครรชิต	รองไชย	กรรมการ
อ.ดร.เพ็ญพร	ลักขณาวรรณกุล	กรรมการ
อ.ปิยะนุช	ตั้งกิตติพล	กรรมการ
อ.ประสาน	เอื้อทาน	กรรมการ
ผศ.ดร.ญาณวรรธน์	แสนคลาดชัยกิตติ์	กรรมการ
นางประวีณา	เนื่องรินทร์	กรรมการ
น.ส.สุภาวดี	เนตรวิทยานนท์	กรรมการ
น.ส.จิรกาล	แสนสีละ	กรรมการ
น.ส.ปิยมาภรณ์	ทาเสาร์	กรรมการ
นายเอกพงษ์	ตั้งตระกูล	กรรมการ
น.ส.นุศรา	มุลตรี	กรรมการและเลขานุการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTA CON2018

สารบัญ

คำนิยม	ก
สารจากรองอธิการบดีประจำวิทยาเขตขอนแก่น	ข
สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	ค
สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	ง
สารจากคณบดีคณะศิลปกรรมและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	จ
สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ฉ
สารจากคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล	ช
สารจากคณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา	ซ
สารจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์	ฌ
สารจากคณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	
วิทยากรบรรยายพิเศษ รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย	ญ
คณะกรรมการดำเนินการประชุมวิชาการ	ฎ
กำหนดการประชุมวิชาการ ESTACON 2018	ฑ
ตารางกำหนดนำเสนอบทความ ESTACON 2018	ฒ
กำหนดการนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย (Oral Presentation)	น
กำหนดการนำเสนอผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation)	ส
ประวัติและผลงานวิทยากรบรรยายพิเศษ	อ
บทความวิจัยภาคบรรยาย กลุ่มวิศวกรรมโยธา	
☐ CE033 ผลของการระบายทุกอินทรีย์ต่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานลูกชิ้นด้วยระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ช่อง	1
☐ CE035 อิทธิพลของเถ้าลอยแคลเซียมสูงต่อการพัฒนากำลังของดินลมหอบที่ถูกปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอย	8
☐ CE036 กำลังของดินชั้นทางหมุนเวียนแบบเต็มความลึกผสมซีเมนต์	14
☐ CE098 การศึกษาเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีต โดยการทดสอบแบบทำลายด้วยเครื่องกดคอนกรีตและแบบไม่ทำลายด้วยค้อนยิงกระแทกคอนกรีตและเครื่องยิงคลื่นอัลตร้าโซนิค	21
☐ CE126 การปรับคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตพรุนโดยใช้มวลรวมขนาดเล็ก	27
☐ CE140 คุณสมบัติการไหลในทางน้ำเปิดที่มีสิ่งกีดขวางและขยะปน	33
☐ CE149 การทดสอบความพลาสติกเสริมเส้นใยแบบพัลทรูดชั้นหน้าตัดฉากที่มีจุดรองรับแบบง่าย	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

☐ IE266 การศึกษาเวลาและรูปทรงที่มีผลต่อการชุบเคลือบผิวขี้ผึ้งด้วยทองแดงด้วยกรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้า 651

☐ IE267 การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าเพื่อให้ระยะทางรวมและจำนวนรถน้อยที่สุดโดยใช้วิธี PBIL 656

☐ IE291 การออกแบบและสร้างเครื่องคว้านรูมือตักแนวนอน 663

☐ IE294 การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก 672

☐ IE318 การเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการคัดโค้งตะแกรงชุดโค้งบนของการผลิตเครื่องนวดข้าว 680

☐ IE325 การเพิ่มมูลค่าเศษอะลูมิเนียมด้วยเตา Crucible โดยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง 687

☐ IE326 วิธีการฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิตและขนส่งข้าวหอมมะลิอินทรีย์ในจังหวัดนครพนม 692

☐ IE334 การศึกษารูปแบบอนุกรมเวลาเพื่อนำมาวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องกลึงแบบทั่วไป 701

☐ IE338 อิทธิพลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและระยะเวลาฟนเปลวไฟต่อค่าความแข็งและโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าผสม AISI 4140 โดยกระบวนการชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ 709

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์ กลุ่มวิศวกรรมอุตสาหการ

☐ IE044 การศึกษาสมบัติทางความร้อนและสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต/ท่อนาโนไททาเนต 717

☐ IE119 สมบัติทางกลของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำรีไซเคิลด้วยผงยางที่ผ่านการใช้งานแล้วและสารเชื่อมประสานพอลิเอทิลีนกราฟต์มาเลอิคแอนไฮไดร์ 723

☐ IE131 การจำลองการไหลของพลาสติกหลอมเหลว เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ชิ้นงานถาดรองแก้ว 729

บทความวิจัยภาคบรรยาย กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกล

☐ ME016 การศึกษาประสิทธิภาพแก๊สซิฟิเคชั่นร่วมของซังข้าวโพดและถ่านหินลิกไนต์ไทยในแก๊สซิฟไฟเออร์ชนิดไหลลงด้วยวิธีวิเคราะห์ทางอุณหพลศาสตร์ 735

☐ ME022 การออกแบบ, การสร้างและการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบไอน้ำความดันต่ำ 741

☐ ME027 การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้าโดยการหุ้มฉนวนสุญญากาศ 748

☐ ME038 ความเค้นหนาแน่นที่ฟิลเลตสำหรับการรับแรงในแนวแกนโดยแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ 754

☐ ME076 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องบดย่อยขวดพลาสติก 759

☐ ME092 การศึกษารูปแบบการไหลภายในท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ 763

☐ ME201 การควบคุมการนำทางแบบอัตโนมัติของเรือโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก 770

☐ ME204 การออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำเพื่อเก็บรักษาผลิตผลเกษตร 776

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTA CON2018

การออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำเพื่อเก็บรักษาผลิตผลเกษตร

Design and Development of Low-cost Controlled Atmosphere Cabinet for Agricultural Product Storage

รวิกัทร ลากเจริญสุข[1,*] และ ธนกร นาราพานิช[1]

[1] ห้องปฏิบัติการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ถ.ฉลองกรุง แขวง ลาดกระบัง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

*ผู้ติดต่อ: ravipat.la@kmitl.ac.th, โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 5008, โทรสาร 02-329-8336

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำโดยการประยุกต์ใช้ตู้เย็นแบบ force air ที่มีขายตามท้องตลาด เซนเซอร์วัดออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ถูกติดตั้งภายในตู้เพื่อใช้ในการตรวจวัดระดับก๊าซภายในตู้ การจ่ายก๊าซควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งสั่งการไปยังโซลินอยวาล์ว เซนเซอร์ทั้ง 2 ถูกปรับเทียบค่าด้วยเครื่องมือวัดปริมาณก๊าซพร้อมทั้งศึกษาการแพร่กระจายของก๊าซถูกวัดในตู้ทั้งหมด 27 จุด สมการปรับเทียบเซนเซอร์แสดงค่า R^2 = 0.999 สำหรับเซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน และ R^2 = 0.994 สำหรับเซนเซอร์วัดคาร์บอนไดออกไซด์ การกระจายตัวของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์แสดงผลค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.535±0.051% และ 3.54±0.06% ตามลำดับ ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำสามารถนำมาใช้ในการเก็บรักษาผลิตผลการเกษตรได้

คำหลัก: ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ ต้นทุนต่ำ การเก็บรักษา ผลิตผลเกษตร

Abstract

This research aims to design and development of low-cost controlled atmosphere cabinet which applied from commercial force air refrigerator. The oxygen and carbon dioxide sensors were installed for monitoring both gas in the cabinet. Gas feeding were controlled by microcontroller which commanded to the solenoid valve. Both sensors were calibrated using the headspace gas analyzer and gas diffusion were measured on 27 positions around the cabinet. The calibration equations showed R^2 = 0.999 of oxygen sensor and R^2 = 0.994 of carbon dioxide sensor. Mean and standard deviation of diffusion of oxygen and carbon dioxide were 3.535±0.051% and 3.54±0.06% respectively. The low-cost controlled atmosphere cabinet could be used for agricultural product storage.

Keywords: Controlled Atmosphere Cabinet; Low-cost; Storage; Agricultural product.

1. บทนำ

ผักผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวมาแล้วจะเสื่อมสภาพจนเน่าเสียเนื่องจากกระบวนทางสรีรวิทยา ได้แก่ การหายใจ การคายน้ำ และการผลิตเอทธิลีน การยืดอายุการเก็บรักษาจะช่วยแก้ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นซึ่งทำได้โดยการควบคุม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมปริมาณก๊าซที่มีผลต่อการหายใจ (ก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์) วิธีการนี้เรียกว่าการเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศ (Controlled atmosphere storage) โดยหลักการคืออาศัยการควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร

ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากทั้งในระดับชาติและนานาชาติที่ศึกษาการเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศโดยจากการสืบค้นพบว่างานวิจัยระดับชาติที่

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9
วันที่ 7 กันยายน 2561 ณ อาคาร 50 ปี เทคนิคโทษ-เธอรบับ ขอนแก่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านมาศึกษาการประยุกต์ใช้กับ บร็อกโคลี่, มะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้, ดอกกุหลาบสีแดง พันธุ์ Dallas [1], ผลเงาะพันธุ์ทองเมืองตราด [2], มะม่วงพันธุ์เขียวเสวยและพันธุ์น้ำดอกไม้ [3], มะนาว [4] และสำหรับในระดับนานาชาติมีงานวิจัยที่ศึกษาเทคโนโลยีนี้กับการเก็บรักษาแอปเปิลพันธุ์ Granny Smith [5], ลูกแพร์พันธุ์ Abate Fetel [6], ฝรั่ง [7], สตอเบอรี่ [8] และมะละกอพันธุ์ Golden [9] เป็นต้น เทคโนโลยีนี้ถูกใช้ในระดับอุตสาหกรรมการเกษตรขนาดใหญ่ทั้งนี้เนื่องจากมีต้นทุนที่สูง ทำให้เกษตรกรและผู้บริโภคไม่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีนี้ได้ ดังนั้นการพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศให้มีต้นทุนที่ถูกลงจะทำให้เทคโนโลยีนี้เข้าถึง เกษตรกรผู้ประกอบการรายย่อย หรือแม้แต่ผู้บริโภคจึงเป็นเรื่องที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง

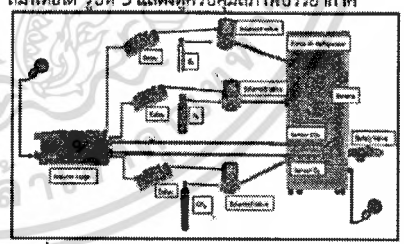
อย่างไรก็ตามการพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศให้สามารถใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้จำเป็นต้องเริ่มต้นจากการพัฒนาต้นแบบและทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อให้ได้กระบวนการและระบบที่เหมาะสมที่สุดก่อนการต่อยอดไปในเชิงพาณิชย์ต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำโดยการประยุกต์ใช้ตู้เย็นแบบ Forced air circulation ที่มีขายตามท้องตลาดเพื่อติดตั้งระบบควบคุมสภาพบรรยากาศที่พัฒนาขึ้น โดยระบบควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ต้องมีความถูกต้องและแม่นยำในการควบคุมระดับการจ่ายก๊าซให้เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรและการกระจายตัวของปริมาณก๊าซทั้งสองต้องมีสม่ำเสมอทั่วทั้งตู้ เนื่องจากหากระบบควบคุมปริมาณก๊าซไม่มีความถูกต้อง แม่นยำ และการกระจายตัวของปริมาณก๊าซภายในตู้ไม่สม่ำเสมออาจส่งผลต่อกระบวนการในหายใจของผลิตผลอาจทำให้อายุการเก็บรักษาผลิตผลสั้นลงได้ ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำนี้จะสามารถนำไปประยุกต์ในการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร งานวิจัยนี้ช่วยสร้างความเข้มแข็งและมั่นคงทางอาหาร ส่งเสริมรากฐานที่มั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนทางเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมของประเทศชาติได้ต่อไป

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 การออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำ

ระบบควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนประกอบไปด้วย 5 ส่วน คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ รีเลย์ โซลินอยวาล์ว เซนเซอร์ และวาล์วควบคุมความปลอดภัย วงจรการทำงานของตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศดังแผนภาพในรูปที่ 1 และมีรายละเอียดการทำงานดังต่อไปนี้

เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน (Grive, ME2-O2-Φ20, Chine) และคาร์บอนไดออกไซด์ (Winson, MH-Z16, Chine) อ่านค่าปริมาณก๊าซในตู้และส่งสัญญาณมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino, Mega, Italy) ทำหน้าที่ประมวลผลและสั่งการจ่ายก๊าซตามปริมาณที่ต้องการไปยังโซลินอยด์วาล์ว (Yong Chuang, YCW51, Chine) เพื่อให้ก๊าซไหลผ่านจากถังเข้าสู่ตู้ตามที่ตั้งค่าไว้ โดยในขั้นต้นของการพัฒนาได้กำหนดปริมาณก๊าซออกซิเจน 2-5% และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2-5% เนื่องจากระดับของปริมาณนี้เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรหลายชนิด เช่น กล้วยหอมทอง [10] กระหล่ำดอก [10] กระหล่ำปลี [10] ลูกพลับ [10] สาลี่ [10] ฝรั่ง [11,12,13] แอปเปิล [14,15,16] และกีวี [17] เป็นต้น ขั้นตอนการทำงานของคำสั่งที่ป้อนให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ดังแสดงในรูปที่ 2 นอกจากนั้นเพื่อป้องกันความดันภายในตู้สูงจนอาจเกิดอันตรายจึงมีการติดตั้งวาล์วควบคุมความปลอดภัย (SS, S10L, Taiwan) ทำหน้าที่ระบายก๊าซในตู้ออก โดยระบบข้างต้นถูกติดตั้งเข้ากับตู้เย็นแบบ Forced air circulation ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้ รูปที่ 3 แสดงตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

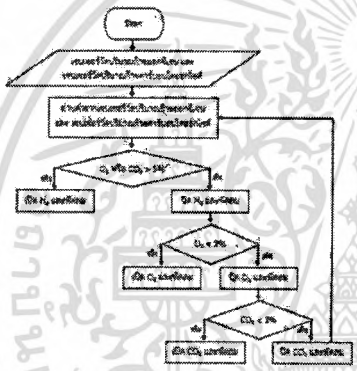


รูปที่ 1 วงจรการทำงานของตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศ

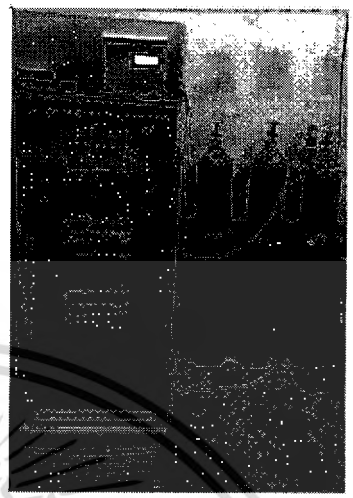
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. การสอบเทียบเซนเซอร์

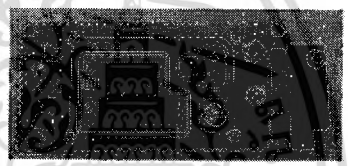
การสอบเทียบเซนเซอร์ใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Headspace gas analyzer, Bridge, 900141, USA โดยความละเอียดในการวัดสำหรับก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 0.001% และสำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.01%) เป็นเครื่องมือมาตรฐานในการสอบเทียบดังแสดงในรูปที่ 4 การทดลองจะกำหนดปริมาณของก๊าซออกซิเจนเข้าสู่ตู้ตั้งแต่ 1 ถึง 6% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกป้อนเข้าสู่ตู้ตั้งแต่ 2.5 ถึง 6% วัดปริมาณก๊าซทั้งสองชนิดที่ทุก 0.25% ด้วยเครื่องวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาตรฐานและอ่านปริมาณก๊าซที่เครื่องวัดมาตรฐานกับเซนเซอร์อ่านได้พร้อมบันทึกผลเพื่อนำค่าอ่านได้จากทั้ง 2 อุปกรณ์มาสร้างสมการสอบเทียบเซนเซอร์



รูปที่ 2 แผนผังการทำงานของคำสั่งชุดไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3 ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำ



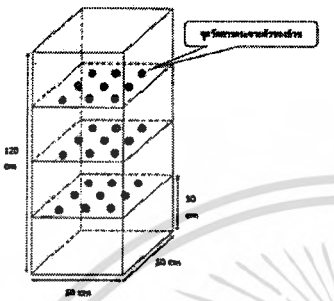
รูปที่ 4 เครื่องวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.3 การทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้

เนื่องจากตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้เป็นการติดตั้งระบบควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนเข้ากับตู้เย็นแบบ Force air circulation ซึ่งก๊าซภายในตู้จะมีการไหลเวียนตลอดเวลา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องการทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้เพื่อยืนยันว่าผลิตผลเกษตรที่เก็บรักษาภายในตู้นี้ทุกตำแหน่งจะอยู่ภายใต้สภาวะในการเก็บรักษาเดียวกัน โดยการทดสอบกำหนดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 3.5% ซึ่งเป็นค่ากลางระหว่างช่วงของการกำหนดระบบควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 2-5% ใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนไดออกไซด์ (Bridge, 900141, USA) วัดปริมาณก๊าซภายในตู้ทั้งหมด 27 ตำแหน่ง แบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นละ 9 ตำแหน่ง โดยแต่ละจุดวัดจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่วัดได้จากทั้ง 27 จุดมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งที่วัดการกระจายตัวของก๊าซ

3. ผลการทดลอง

3.1 ต้นทุนของชุดควบคุมสภาพบรรยากาศ

ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำที่ได้พัฒนามานี้ อุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดคือระบบควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน โดยต้นทุนระบบควบคุมปริมาณก๊าซแสดงในตารางที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบราคากับตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่จำหน่ายตามท้องตลาด (ราคาโดยประมาณ 105,000 ถึง 210,000 บาท [18]) ตู้ที่พัฒนาขึ้นนี้มีราคาถูกกว่าอย่างมาก และระบบควบคุมปริมาณก๊าซที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปติดตั้งและประยุกต์ใช้กับตู้เย็นแบบ Forced air circulation ตามขนาดความจุที่ต้องการได้ จึงกล่าวได้ว่าตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศต้นทุนต่ำที่พัฒนามานี้สามารถนำมาต่อยอดเชิงพาณิชย์ที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชน เกษตรกร ร้านสะดวกซื้อ โรงแรม และร้านอาหารได้ในอนาคต

ตารางที่ 1 ต้นทุนระบบควบคุมปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

รายการ	ราคา (บาท)
เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน	3,000
เซนเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	3,000
ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	2,000
อุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ โซลินอยด์วาล์ว ท่อก๊าซ สายไฟ หัวจ่ายก๊าซ	5,000
รวมเป็นจำนวนเงิน	13,000

3.2 ผลการสอบเทียบเซนเซอร์

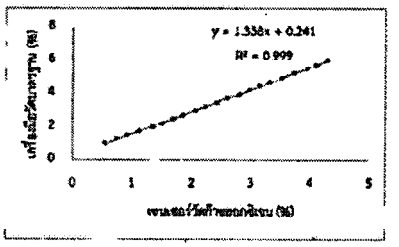
เพื่อปรับตั้งความถูกต้องในการอ่านค่าของเซนเซอร์ จำเป็นต้องสอบเทียบเซนเซอร์กับเครื่องมือวัดมาตรฐาน สำหรับเซนเซอร์วัดออกซิเจนสมการสอบเทียบแสดงในสมการที่ 1 ซึ่งให้ผลค่า $R^2 = 0.999$ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจนอ่านได้กับค่าที่เครื่องมือวัดมาตรฐานอ่านได้แสดงในรูปที่ 6 สำหรับเซนเซอร์วัดคาร์บอนไดออกไซด์สมการสอบเทียบแสดงในสมการที่ 2 ซึ่งให้ผลค่า $R^2 = 0.994$ กราฟการกระจายตัวของข้อมูลแสดงในรูปที่ 7

$$Y = 1.338X + 0.241 \quad (1)$$

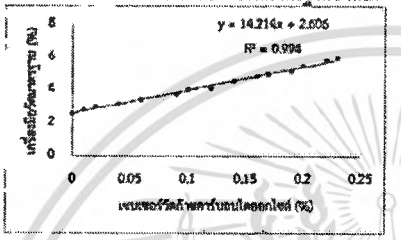
$$Y = 14.214X + 2.606 \quad (2)$$

โดยที่ X คือค่าที่เซนเซอร์วัดได้ Y คือค่าจากเครื่องมือวัดมาตรฐาน โดยสมการที่ได้นี้จะถูกป้อนสู่คำสั่งการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ปรับเทียบความถูกต้องในการตรวจจับและควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่เซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจนอ่านได้กับค่าที่เครื่องมือวัดมาตรฐานอ่านได้



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่เซนเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อ่านได้กับค่าที่เครื่องมือวัดมาตรฐานอ่านได้

3.3 ผลการทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้ จากการกำหนดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในตู้ไว้ที่ 3.5% และทำการวัดปริมาณก๊าซทั้ง 27 จุดโดยรอบภายในตู้ โดยผลที่ได้สำหรับก๊าซออกซิเจนมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.535±0.051% และสำหรับคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.54±0.06% แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของก๊าซในตู้มีความสม่ำเสมอ ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าผลิตผลที่เก็บรักษาภายในตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศนี้ทุกตำแหน่งภายในตู้จะอยู่ภายใต้สภาวะในการเก็บรักษาเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ [19] ที่สร้างระบบการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรในสภาพควบคุมบรรยากาศสำหรับร้านค้าปลีกที่เพียงแค่ควบคุมปริมาณก๊าซในกล่องอะคริลิกใสที่วางไว้ในตู้เย็นแบบ Forced air circulation ยากต่อการนำผลิตผลที่ถูกเก็บรักษาออกจากตู้เพื่อจำหน่าย จึงเป็นสิ่งยืนยันว่าตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่ได้ถูกพัฒนาในงานวิจัยนี้เหมาะสมต่อการนำไปงานเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

ตารางที่ 2 ผลการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้

ก๊าซ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ออกซิเจน	3.535%	0.051
คาร์บอนไดออกไซด์	3.54%	0.06

4. สรุปผลการทดลอง

ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่ถูกพัฒนาขึ้นได้ถูกปรับเทียบเซนเซอร์วัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสร้างสมการในการควบคุมการจ่ายก๊าซให้มีความถูกต้องและแม่นยำ โดยสมการปรับเทียบแสดงค่า R^2 = 0.999 สำหรับเซนเซอร์วัดก๊าซออกซิเจน และ R^2 = 0.994 สำหรับเซนเซอร์วัดคาร์บอนไดออกไซด์ จากการทดสอบการกระจายตัวของก๊าซภายในตู้ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งตู้โดยจากการทดสอบก๊าซออกซิเจนแสดงผลค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.535±0.051% และคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 3.54±0.06% ตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้มีต้นทุนต่ำกว่าที่จำหน่ายตามท้องตลาด เหมาะแก่การนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเก็บรักษาผลิตผลการเกษตรได้ นอกจากนั้นเนื่องจากการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศนี้ จึงสามารถพัฒนาระบบการทำงานต่างๆ ให้มีความอัจฉริยะยิ่งขึ้นต่อไปได้ในอนาคต เช่น การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) มาควบคุมการทำงานจากระยะไกลผ่านสมาร์ทโฟนหรือคอมพิวเตอร์ การเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรและประมวลผลผ่านการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (cloud computing) เป็นต้น ซึ่งสามารถช่วยในการติดตามผลิตผลโนระหว่างการเก็บรักษาได้ตลอดเวลา ตอบสนองภาคการเกษตรบนฐานเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าอย่างเป็นวงกว้าง ตามยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจและแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากกองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สัญญาเลขที่ KREF186012)

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วรินธร ยิ้มย่อง และ ชูชีพ ผ่องพันธ์ (2552) *รายงานวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างระบบการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ*, คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[2] มานัส แจ่มจำรูญ (2545) *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตเรื่องการเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาและชีวเคมีของเงาะพันธุ์ทองเมืองตราดภายใต้สภาพการเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ*, สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[3] คุณวุฒิ สุวพานิช (2540) *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตผลของการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วง (Mangifera indica L.) พันธุ์เขียวเสวยและน้ำดอกไม้*, สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[4] จักรพันธุ์ จันทร์ศักเดือน (2546) *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตการพัฒนาต้นแบบตู้เก็บควบคุมบรรยากาศ*, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[5] Mditshwa A., Fawole O., Vries F., Merwe K., Crouch E. and Opara U. (2017). Minimum exposure period for dynamic controlled atmospheres to control superficial scald in 'Granny Smith' apples for long distance supply chains, *Postharvest Biology and Technology*, vol. 127, pp. 27-34.

[6] Vanoli M., Grassi M. and Rizzolo A. (2016). Ripening behavior and physiological disorders of 'Abate Fetel' pears treated at harvest with 1-MCP and stored at different temperatures and atmospheres, *Postharvest Biology and Technology*, vol. 111, pp. 274-285.

[7] Tebxeira G., Júnior L., Ferraudo A. and Durigan J. (2016). Quality of guava (Psidium guajava L. cv. Pedro Sato) fruit stored in low-O_2 controlled atmospheres is negatively affected by increasing levels of CO_2, *Postharvest Biology and Technology*, vol. 111, pp. 62-68.

[8] Li L., Luo Z., Huang X., Zhang L., Zhao P., Ma H., Li X., Ban Z. and Liu X. (2015). Label-free quantitative proteomics to investigate strawberry fruit proteome changes under controlled atmosphere and low temperature storage, *Journal of Proteomics*, vol. 120, pp. 44-57.

[9] Martins D. and Resende E. (2015). External quality and sensory attributes of papaya cv. Golden stored under different controlled atmospheres, *Postharvest Biology and Technology*, vol. 110, pp. 40-42.

[10] จริงแท้ ศิริพานิช. (2549). *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[11] Alba-Jiménez J. E., Benito-Bautista P., Nava G. M., Rivera-Pastrana D. M. and Mercado-Silva E. M. (2018). Chilling injury is associated with changes in microsomal membrane lipids in guava fruit (Psidium guajava L.) and the use of controlled atmospheres reduce these effects, *Scientia Horticulturae*, Vol. 240, October 2018, pp. 94-101.

[12] Tebxeira G. and Durigan, J., (2010). Effect of controlled atmospheres with low oxygen levels on extended storage of guava fruit (Psidium guajava L. 'Pedro Sato'), *HortScience*, vol. 45(6), pp. 918–924.

[13] Benito-Bautista P. and Mercado-Silva, E. (1997). Effects of CA treatments on guava (Psidium guajava L.) fruit quality, paper presented in the 7th Controlled Atmosphere Research Conference, University of California, Davis, CA. USA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] Sheng L., Hanrahan I., Sun X., Taylor M., Mendoza M. and Zhu M.J. (2018). Survival of Listeria innocua on Fuji apples under commercial cold storage with or without low dose continuous ozone gaseous, *Food Microbiology*, Vol. 76, pp. 21-28.

[15] Mditshwa A., Fawole O., Vries F., Merwe K., Crouch E. and Opara U. (2017). Minimum exposure period for dynamic controlled atmospheres to control superficial scald in 'Granny Smith' apples for long distance supply chains, *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 127, pp. 27-34.

[16] Tessmer M., Appezzato-da-Glória B. and Antoniolli L. (2016). Influence of growing sites and physicochemical features on the incidence of lenticel breakdown in 'Gala' and 'Galaxy' apples, *Scientia Horticulturae*, Vol. 205, pp. 119-126.

[17] Li H., Pidakala P., Billing D. and Burdon J. (2017). Textural changes in 'Hayward' kiwifruit during and after storage in controlled atmospheres, *Scientia Horticulturae*, Vol. 222, pp. 40-45.

[18] Alibaba.com (2018). Controlled atmosphere cold storage, URL: https://www.alibaba.com/.

[19] วรินธร พูลศรี (2558). การออกแบบและสร้างระบบการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรในสภาพควบคุมบรรยากาศสำหรับร้านค้าปลีก, *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 46(3/1 พิเศษ), หน้า 243-246.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช.

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย

สัญญาเลขที่ KREF186012

โครงการ การพัฒนาและทดสอบตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศสำหรับผักผลไม้

Design and Testing of a Control Atmosphere Chamber for Vegetables and Fruits

รายงานสรุปการเงินรอบ 12 **เดือน**

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย ผู้รับทุน ผศ.ดร. รวิภัทร ลาภเจริญสุข

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 **ถึงวันที่** 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561

สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวม ทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย จากรายงานครั้งก่อน	ค่าใช้จ่าย งวดปัจจุบัน	รวมค่าใช้จ่าย สะสมถึงปัจจุบัน	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว	-	-	-	-	-
งบดำเนินงาน					
ค่าตอบแทน	-	-	-	-	-
ค่าใช้สอย	13,000	-	13,000	13,000	0
ค่าวัสดุ	87,000	-	87,000	87,000	0
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-	-	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-	-	-	-	-
รวม	100,000	-	100,000	100,000	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย รวิภัทร ลาภเจริญสุข (หัวหน้าโครงการ)

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิการศึกษา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.ด. (วิศวกรรมเกษตร)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2558
วศ.ม. (วิศวกรรมเกษตร)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2552
วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2550

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดสำหรับผลิตผลเกษตรและอาหาร
- การตรวจสอบผลผลิตเกษตรโดยไม่ทำลาย
- การเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศ
- การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟสำหรับให้ความร้อนแก่ผลิตผลเกษตรและอาหาร

รางวัลด้านการวิจัย

รางวัลผลงานวิจัยดีเด่นเรื่อง “การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้และปริมาณกรดด้วยเทคนิคเชิงแสง” จากการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติครั้งที่ 18 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2560.

ทุนวิจัยที่เคยได้รับ

1. การประเมินสมบัติภายในและภายนอกของส้มโอเพื่อการส่งออกที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่างๆกันด้วยวิธีไม่ทำาลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี **แหล่งเงินทุน** สำนักงานสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ปี พ.ศ. 2552 สถานะ ผู้ร่วมวิจัย

2. การตรวจสอบคุณภาพภายในของสับปะรดตามอายุการเก็บเกี่ยวโดยวิธีไม่ทำลายด้วยแบบจำลองจากค่าสี **แหล่งเงินทุน** ทุนวิจัยเงินรายได้มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ปี พ.ศ. 2558

3. การออกแบบและพัฒนาตู้ควบคุมสภาพบรรยากาศสำหรับเก็บรักษากล้วยหอมทอง **แหล่งเงินทุน** กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้และปริมาณกรดของเนื้อสับปะรดด้วยเทคนิคเชิงแสง **แหล่งเงินทุน** ทุนวิจัยเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี พ.ศ. 2560

5. การตรวจสอบสิ่งเจือปนในพริกไทยป่นโดยใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานฟอร์มสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ร่วมกับการวิเคราะห์ตัวแปรพหุ **แหล่งเงินทุน** กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี พ.ศ. 2560

6. การพัฒนาระบบไมโครเวฟอุตสาหกรรมเพื่อกำจัดมอดและไข่มอดในข้าวโพดอาหารสัตว์ **แหล่งเงินทุน** ทุนวิจัยเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี พ.ศ. 2561

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

1. Lapcharoensuk, R. and Narapanich, T. 2018. Design and Development of Low-cost Controlled Atmosphere Cabinet for Agricultural Product Storage. The 9th Engineer Science Technology and Architecture Conference 2018, Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus, 7 September 2018.

2. Posom, J., phuphanutada, J. and Lapcharoensuk, R. 2018. Gross calorific and ash content assessment of recycled sawdust from mushroom cultivation using near infrared spectroscopy. MATEC Web of Conference, Vol. 192, 03021.

3. Tamrai N., Masarn B., Kaewkabthong A., Lapcharoensuk R., Sangchan S. and Udompetaikul V. Development of an automatic tracking system to determine field efficiency of agricultural machines. MATEC Web of Conference, Vol. 192, 03059.

4. Lapcharoensuk, R. and Hongwiangjan J. 2018. Chemometric approaches for improvement of the results of different particle size on the near infrared spectra of white pepper. The 11th Thai Society of Agricultural Engineering International Conference, Chulabhorn International Convention Center, Hua Hin District, Prachuabkirikhan, Thailand, 26-27 April 2018.

5. Lapcharoensuk, R. and Nakawajana, N. 2018. Identification of syrup type using Fourier transform-near infrared spectroscopy with multivariate classification methods. Journal of Innovative Optical Health Sciences 11(1), 1750019.

6. Phuphanutada, J. and Lapcharoensuk, R. 2017. Study of Water Quality Changes of Lower Tha Chin River in Dry Season for Agriculture. The 18th national

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

conference of TSAE 2017, IMPACT Exhibition and Convention Center Hall 5-6 Bangkok, Thailand, 7-9 September 2017.

7. Narapanich, T. and Lapcharoensuk, R. 2017. Effect of water soaking and temperature controlling on physical and chemical properties of Cavendish banana at difference storage times. The 18th national conference of TSAE 2017, IMPACT Exhibition and Convention Center Hall 5-6 Bangkok, Thailand, 7-9 September 2017.

8. Lapcharoensuk, R., Jirakannukul, N., Pheinvirattanachai, T. and Rungvithu, P. 2017. Development of a Meter for Evaluation of Total Soluble Solid Content and Acidity in Pineapple Pulp using Optical Technique. The 18th national conference of TSAE 2017, IMPACT Exhibition and Convention Center Hall 5-6 Bangkok, Thailand, 7-9 September 2017.

9. Lapcharoensuk R. and Kaewsorn K. 2016. Classification of Cow's, Buffalo's, and Goat's Milk by Fourier Transform Near Infrared Spectroscopy. Thai Society of Agricultural Engineering Journal 22(1), 21-27.

10. Lapcharoensuk, R., Aimwongsa, T., Kaeynok, A., Phannote, N. and Kasetyangyunsapa, D. 2016. Color values models for determination of citric acid in pineapple. The 9th international conference of TSAE 2016, IMPACT Exhibition and Convention Center Hall 5-6 Bangkok, Thailand, 8-10 September 2016.

11. Lapcharoensuk, R., Phannote, N., and Kasetyangyunsapa, D. 2016. Physicochemical properties of pineapple at difference maturity. The 9th international conference of TSAE 2016, IMPACT Exhibition and Convention Center Hall 5-6 Bangkok, Thailand, 8-10 September 2016.

12. Lapcharoensuk, R., Pintasee, B., Doungsrida, P. and Pimpa, T. 2015. Physical and Mechanical Properties of Oyster Shell. The 8th Conference of Rajamangala University of Technology Tawan-ok. Pattaya, Chonburee, Thailand.3-5 June 2015.

13. Lapchareonsuk, R., Sirisomboon, P. 2015. Alternative Method for Measurement of Whiteness and Transparency of Rice using Mathematical Model of Color Values. The 8th TSAE International Conference (TSAE 2015) Bangkok International Trade and Exhibition Centre, Bangkok, Thailand. 17-19 march 2015.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. Lapchareonsuk, R., Sirisomboon, P. 2014. Some Physical Properties of Rice in Rice Quality Improvement Plant. The 7th TSAE International Conference (TSAE 2014) Krungsri River Hotal, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Thailand. 1-4 April 2014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้