2/753

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนของผัก

(Study on rate of oxygen consumption of vegetables)

T097064

จัดทำโดย

นางสาวปารณัท ทองสิน รหัสนักศึกษา 46041101
นางสาวสุชาดา ใส้สุวรรณ รหัสนักศึกษา 46041115
นาวสาวสุทธิลักษณ์ พุ่งมณีสกุล รหัสนักศึกษา 46041117

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2549

ส/รว.
2/549ก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 97064
วัน,เดือน,ปี.....

.b 11729640
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนของผัก

(Study on rate of oxygen consumption of vegetables)

จัดทำโดย

นางสาวปารณัท ทองสิน

นางสาวสุชาดา ไล้สุวรรณ

นาวสาวสุทธิลักษณ์ พุ่งมณีสกุล

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

_____ 23 มี.ค. 50

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ วัน / เดือน / ปี

(รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวปารณัท ทองสิน , นางสาวสุชาดา ไล้สุวรรณ และนางสาวสุทธิลักษณ์ พุ่งมณีสกุล 2549 :
การศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนของผัก (Study on rate of oxygen consumption of vegetables)
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของอุณหภูมิและชนิดพลาสติกสำหรับการเก็บรักษาผักกระเฉด ถั่วพู เห็ดฟาง และเห็ดนางฟ้า ในถุงพลาสติก 3 ชนิด คือ ถุงเย็นหนา(LDPE 1) 0.02 mm ถุงเย็นบาง(LDPE 2) 0.008 mm และถุงร้อน(PP) 0.006 mm โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C , 10 °C และ 15 °C จากนั้นทำการวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก บันทึกการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักที่เก็บในแต่ละอุณหภูมิ

จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 4 °C จะเหมาะสมต่อการเก็บรักษาผักกระเฉดและเห็ดนางฟ้ามากที่สุด โดยผักกระเฉดและเห็ดนางฟ้ามีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด ซึ่งจะช่วยชะลอกระบวนการเมตาบอลิซึมของผัก ส่งผลให้เกิดการเน่าเสียช้าลง โดยผักกระเฉดจะสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 11 วัน และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด สำหรับถั่วพูที่อุณหภูมิ 4 °C พบว่ามีอาการสะท้านหนาว(Chilling Injury)เกิดสีน้ำตาลบนฝักของถั่วพู ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ส่วนที่อุณหภูมิ 10 °C จะเหมาะสมต่อการเก็บรักษาถั่วพูได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 4 °C และ 15 °C โดยถั่วพูจะสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 8 วัน เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด สำหรับที่อุณหภูมิ 10 °C เหมาะสมต่อการเก็บรักษาเห็ดฟางมากที่สุด เนื่องจากเห็ดฟางมีอัตราการใช้ออกซิเจนต่ำที่สุด และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนของผักทั้ง 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับชนิดของถุงพลาสติกที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผักแต่ละชนิด จะมีผลต่ออัตราการใช้ออกซิเจน การเปลี่ยนแปลงของสีและความสด และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผัก โดยขึ้นอยู่กับอัตราการซึมผ่านของก๊าซที่ผ่านเข้าออกจากถุงและสรีระวิทยาของผักแต่ละชนิด จากการทดลองพบว่าถุงพลาสติกชนิดต่างๆที่ใช้เก็บรักษาถั่วพูจะมีความแตกต่างของอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนของเห็ดนางฟ้าที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 และ PP จะไม่มีความแตกต่างกัน แต่จะแตกต่างกับถุงพลาสติกชนิด LDPE 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับผักกระเฉดและเห็ดฟางที่บรรจุในถุงพลาสติกทั้ง 3 ชนิดจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ผักกระเฉด ถั่วพู และเห็ดนางฟ้า จะเหมาะสมต่อการเก็บรักษาโดยการบรรจุในถุง พลาสติกชนิด LDPE 2 และเห็ดฟางจะเหมาะสมต่อการเก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด PP

ปารณัท / สุชาดา / สุทธิลักษณ์	รุจิรา	๒๒ มิ.ย. 50
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษ เรื่อง " การศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนของผัก (Study on oxygen consumption of vegetables) " ในครั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความกรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา และแนะนำเรื่องต่างๆ พร้อมทั้งตรวจและแก้ไขข้อบกพร่อง ในการทำรายงานปัญหาพิเศษครั้งนี้ให้มีความสมบูรณ์ เป็นอย่างยิ่ง

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำต่างๆ รวมทั้งเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจรวมถึงให้การสนับสนุนในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

คณะผู้จัดทำ

28 กุมภาพันธ์ 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตารางภาคผนวก	ช
สารบัญภาพภาคผนวก	ซ
บทที่	
1. บทนำ	1
2.วารสารปริทัศน์	2
2.1 การหายใจ	2
2.2 การสูญเสียน้ำ	3
2.3 การปลดปล่อยความร้อน	4
2.4 การเปลี่ยนแปลงของสี	4
2.5 การเก็บรักษาผลผลิต Storage operation	4
2.6 วิธีการเก็บรักษาผลผลิต	5
2.7 ความเสียหายของผลผลิตอันเนื่องมาจากการเก็บรักษา	6
2.8 อาการที่ผลผลิตที่ได้รับอันตรายจากสภาพอุณหภูมิต่ำแสดงออก	7
2.9 ถุงพลาสติก	8
3.อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	10
3.1 วัตถุดิบ	10
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	10
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	10
4.ผลการทดลองและการวิจารณ์ผลการทดลอง	12
4.1 ผลการทดลองของผักกระเฉด	12
4.2 ผลการทดลองของถั่วพู	16
4.3 ผลการทดลองของเห็ดฟาง	20
4.4 ผลการทดลองของเห็ดนางฟ้า	22
5.สรุปผลการทดลอง	24
6.เอกสารอ้างอิง	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก	หน้า
ภาคผนวก ก	27
ภาคผนวก ข	29
ภาคผนวก ค	30
ภาคผนวก ง	31
ภาคผนวก จ	33
ภาคผนวก ฉ	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 4.1 ล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนของผักกระเฉด ในถุงพลาสติกชนิดต่างๆที่อุณหภูมิ 4 °C , 10 °C และ15 °C 13

ตารางที่ 4.2 ล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจนของถั่วพู ในถุงพลาสติกชนิดต่างๆที่ อุณหภูมิ 4 °C , 10 °C และ15 °C 17

ตารางที่ 4.3 ล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจนของเห็ดฟาง ในถุงพลาสติกชนิดต่างๆที่อุณหภูมิ 4 °C , 10 °C และ15 °C 21

ตารางที่ 4.4 ล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจนของเห็ดนางฟ้า ในถุงพลาสติกชนิดต่างๆที่อุณหภูมิ 4 °C , 10 °C และ15 °C 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้ของถั่วพู 31
ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้ของผักกระเฉด 32
ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้ของเห็ดฟาง 33
ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้ของเห็ดนางฟ้า 34
ตารางที่ 5 แสดงการให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสี และความสดของผักกระเฉด 35
ตารางที่ 6 แสดงการให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสี และความสดของถั่วพู 36
ตารางที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียโดยน้ำหนักของผักกระเฉด 37
ตารางที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียโดยน้ำหนักของถั่วพู 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ ข.1 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของผักกระเฉด 27

ภาพที่ ข.2 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของถั่วพู 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงผลชนิดของถุงพลาสติกที่มีผลต่อการใช้ก๊าซออกซิเจนของผักกระเฉดที่อุณหภูมิ4 °C , 10 °C และ15 °C	12
ภาพที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจน ((%) day^{-1})ของผักกระเฉดกับส่วนกลับของอุณหภูมิ(K^{-1})ที่ใช้ในการเก็บรักษา	13
ภาพที่ 4.3 แสดงการให้คะแนนการยอมรับโดยรวมด้านสีและความสดของผักกระเฉดที่ระดับคะแนน 1-5	14
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกระเฉด	15
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงผลชนิดของถุงพลาสติกที่มีผลต่อการใช้ก๊าซออกซิเจนของถั่วพูที่อุณหภูมิ4 °C , 10 °C และ15 °C	16
ภาพที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจน ((%) day^{-1})ของถั่วพูกับส่วนกลับของอุณหภูมิ(K^{-1})ที่ใช้ในการเก็บรักษา	17
ภาพที่ 4.7 แสดงการให้คะแนนการยอมรับโดยรวมด้านสีและความสดของผักกระเฉดที่ระดับคะแนน 1-5 และ	18
ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู	19
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงผลชนิดของถุงพลาสติกที่มีผลต่อการใช้ก๊าซออกซิเจนของเห็ดฟางที่อุณหภูมิ4 °C , 10 °C และ15 °C	20
ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจน ((%) day^{-1})ของเห็ดฟางกับส่วนกลับของอุณหภูมิ(K^{-1})ที่ใช้ในการเก็บรักษา	21
ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงผลชนิดของถุงพลาสติกที่มีผลต่อการใช้ก๊าซออกซิเจนของเห็ดนางฟ้าที่อุณหภูมิ4 °C , 10 °C และ15 °C	22
ภาพที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจน ((%) (1/hr)ของเห็ดนางฟ้าและส่วนกลับของอุณหภูมิ(K^{-1})ที่ใช้ในการเก็บรักษา	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ผลผลิตทางเกษตรกรรมนั้นมีอยู่มากมายหลายชนิดหนึ่งในนั้น คือ ผักซึ่งจัดเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่เกษตรกรไทยเพาะปลูกกันมาช้านาน ส่วนประกอบต่างๆของผัก ได้แก่ ใบ ลำต้น ราก หรือหัว สามารถนำมาบริโภคเป็นอาหารหรือทำเป็นยารักษาโรคได้ เป็นที่ทราบกันดีว่าการบริโภคผักมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่ายและมีวิตามินเกลือแร่ที่จำเป็นแก่ร่างกาย ประชาชนส่วนใหญ่นิยมรับประทานผักสดหรือผักที่ผ่านการปรุงสุกไม่มากจนเกินไป เพราะจะยังคงวิตามินและเกลือแร่มากกว่าผักที่ผ่านการให้ความร้อนมาแล้วหลายครั้ง ผักสดนั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของการเก็บรักษา เนื่องจากหลังการเก็บเกี่ยว ผักยังคงมีชีวิตและยังมีการหายใจอยู่ ดังนั้นจึงทำให้ผักเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาอยู่ตลอดเวลา และไม่สามารถเก็บรักษาได้นานเท่าที่ควร

แม้เทคโนโลยีด้านการชะลออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูปจะมีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง แต่ยังมีผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่ยังต้องการรับประทานของสดและเสียคุณค่าทางอาหารน้อย จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะมีการศึกษาถึงวิธีการเก็บรักษาผักสดที่พร้อมนำไปปรุงสุกให้มีอายุการเก็บรักษาที่นาน และยังคงความสดไว้ได้มากที่สุด ในที่นี้จะอาศัยการบรรจุผักสดที่ผ่านการตัดแต่งแล้วในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิระดับต่ำ เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักสดให้สามารถเก็บรักษาได้นานมากขึ้น ซึ่งการเก็บรักษาผักสดให้ได้นานและมีความสดใหม่ที่สุดนั้นจะต้องเก็บรักษาในถุงบรรจุที่มีลักษณะเหมาะสมต่อธรรมชาติและชนิดของผักภายใต้อุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อให้ผักมีความสด คงคุณค่าทางโภชนาการ และมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพน้อยที่สุด ด้วยการตรวจวัดจากอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจน ปริมาณน้ำหนักที่สูญเสีย และลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไปของผักสด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผัก
2. เพื่อศึกษาชนิดของถุงพลาสติกที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผัก
3. เพื่อศึกษาการใช้ปริมาณก๊าซออกซิเจน และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 การหายใจ

2.1.1 การหายใจมี 2 ชนิด คือ

2.1.1.1 การหายใจที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic respiration) เป็นการหายใจที่เกี่ยวกับการออกซิเดชันของน้ำตาล ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน

2.1.1.2 การหายใจที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic respiration) การหายใจชนิดนี้บางทีเรียกว่าการหมัก (Fermentation) เป็นการหายใจที่ไม่ใช้ออกซิเจน หรือใช้ในจำนวนจำกัด

การหายใจที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะให้พลังงานน้อยกว่าการหายใจแบบที่ใช้ออกซิเจน ซึ่งโดยปกติผลิตผลทางการเกษตรทุกชนิดจะมีการหายใจที่ใช้ออกซิเจน แต่ในการเก็บรักษาบางสภาวะที่มีการลดปริมาณออกซิเจนต่ำกว่าปกติ ทำให้ออกซิเจนในบรรยากาศอาจมีไม่เพียงพอที่จะรักษาระดับของการหายใจที่ใช้ออกซิเจนได้ ทำให้เกิดการหายใจที่ไม่ใช้ออกซิเจน หรือใช้ออกซิเจนในปริมาณที่จำกัดได้ ความเข้มข้นต่ำสุดของออกซิเจนที่จะทำให้เกิดการหายใจที่ไม่ใช้ออกซิเจนนั้น จะผันแปรไปตามชนิดของเนื้อเยื่อ พันธุ์ ความแก่อ่อน และอุณหภูมิ

2.1.2 อัตราการหายใจ

อัตราการหายใจ หมายถึง น้ำหนักหรือปริมาตรออกซิเจนที่ใช้ หรือคาร์บอนไดออกไซด์ที่คายออกมาต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (มิลลิกรัมหรือมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง)

อัตราการหายใจเป็นดัชนีที่ชี้ให้เห็นถึงอัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของสารอาหารในเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นภายในเซลล์หรือเนื้อเยื่อของผลิตผลทางการเกษตรและสามารถบอกถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตผลด้วยว่าจะเก็บรักษาได้นานเท่าไร ผลิตผลที่มีอัตราการหายใจสูงมักจะเก็บรักษาได้ไม่นาน ในทางตรงข้ามผลิตผลที่มีอัตราการหายใจต่ำจะเก็บรักษาได้นาน

2.1.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการหายใจ

2.1.2.1.1 อุณหภูมิ อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และจะเพิ่มจนถึงจุดสูงสุด เรียกว่า optimum temperature หลังจากจุดนี้ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นอีก อัตราการหายใจจะลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงจุดที่การหายใจหยุด เรียกจุดของอุณหภูมิที่ทำให้ผักผลไม้หยุดการหายใจว่า Thermal death point การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการหายใจของผักและผลไม้ หลังการเก็บเกี่ยว เช่น จากการศึกษาของ McGregor, B.M. ใน ค.ศ.1989 การที่นำถั่วพูไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซนต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของถั่วพูได้นานถึง 4 สัปดาห์ เนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำลงมีผลให้ถั่วพูมีอัตราการหายใจต่ำลงด้วยจึงทำให้ถั่วพูเกิดการเน่าเสียช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1.2 เอทธิลีน ผลไม้ทุกชนิดเมื่อเกิดการสุกจะสังเคราะห์ก๊าซเอทธิลีนออกมาซึ่งปริมาณที่ปลดปล่อยออกมานั้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ ผลไม้จำพวก climacteric ส่วนใหญ่จะปล่อยก๊าซเอทธิลีนมากกว่าผลไม้พวก non- climacteric

2.1.2.1.3 ส่วนประกอบของก๊าซในบรรยากาศ

- ปริมาณของก๊าซออกซิเจน เมื่อปริมาณของก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศลดลงจากปกติจนเหลือประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์ อัตราการหายใจจะลดลง ทั้งนี้เพราะปริมาณของออกซิเจนไม่เพียงพอให้เกิดกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน จึงส่งผลให้อัตราการหายใจลดลง ในการเก็บรักษาผลิตผลนั้นเมื่อควบคุมปริมาณของก๊าซออกซิเจนให้ต่ำลงแล้วอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมต้องเหมาะสมด้วย และในเนื้อเยื่อชนิดที่มีกระบวนการเมตาบอลิซึมสูงโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูงการลดปริมาณออกซิเจนลง อาจจะเพิ่มอัตราการหายใจได้

- ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไปในสภาพบรรยากาศที่เก็บรักษาผลิตผลอาจก่อให้เกิดเอทธานอลได้ และการเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้มากขึ้นจะทำให้อัตราการหายใจลดลง

2.1.2.1.4 ภาวะความเครียดทางกายภาพ (Physical stress) การเกิดความเครียดในผลิตผล เช่น การถูกจุลินทรีย์เข้าทำลาย การเกิดบาดแผลต่างๆ จะส่งผลให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น โดยมักมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของก๊าซเอทธิลีนซึ่งปลดปล่อยออกมาด้วย

Fei Tao และคณะ(2005) ศึกษาผลกระทบทางด้านเคมีและกายภาพของเห็ดขาวในระหว่างการเก็บรักษา หลังนำไปแช่เย็นภายในระบบสุญญากาศพบว่าในช่วงแรกเห็ดขาวมีอัตราการหายใจค่อนข้างสูง เนื่องมาจากผลของการเก็บเกี่ยวและผ่านกระบวนการตัดแต่ง(Villacscusa and Gil ,2003) จากนั้นอัตราการหายใจจะค่อยๆลดลงแล้วจะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้ง และการเก็บรักษาเห็ดขาวที่อุณหภูมิ 4±1 °C ภายใต้สภาวะการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ ในห้องเย็นนั้นเป็นสภาวะที่เหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมน้อยที่สุด

2.2 การสูญเสียน้ำ

ในระหว่างกระบวนการหายใจ นอกจากผลผลิตจะสลายอาหารที่สะสมแล้ว ยังมีการปลดปล่อยน้ำออกมาด้วย แต่ปริมาณน้ำที่ผลผลิตสูญเสียไปเนื่องจากการหายใจนั้น จัดว่าอยู่ในระดับที่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการสูญเสียน้ำอันเนื่องมาจากการคายน้ำ แต่ถึงอย่างไรการหายใจก็มีส่วนทำให้ผลผลิตหลังเก็บเกี่ยวมีการคายน้ำด้วย

ความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหายใจ ทำให้อุณหภูมิภายในตัวผลผลิตสูงขึ้น ผลผลิตจึงต้องมีการระบายความร้อนออกโดยการคายน้ำ ซึ่งจะช่วยให้ผลผลิตมีอุณหภูมิหรือความร้อนภายในลดลง การคายน้ำของผลผลิตจะเกิดขึ้นผ่านทางปากใบเป็นส่วนใหญ่ แต่ทั้งนี้ส่วนอื่นๆก็สามารถสูญเสียน้ำได้เช่นกัน ผลผลิตที่มีโครงสร้างที่สูญเสียน้ำง่าย เช่น มีขนมาก มีชั้นไขหรือนวลปกคลุมน้อย มักจะมีการคายน้ำมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณการคายน้ำของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว จะขึ้นอยู่กับชนิดของผลผลิต ความแก่-อ่อน และสภาพแวดล้อมที่ผลผลิตได้รับ ในสภาพอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ทำให้การหมุนเวียนของอากาศเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลผลิตมีการสูญเสียน้ำเร็วขึ้น ทำให้น้ำหนักของผลผลิตลดลง ส่งผลให้ผู้ผลิต ผู้ค้า และผู้บริโภค สุญเสียประโยชน์ในด้านปริมาณและมูลค่าที่ควรจะได้รับ การสูญเสียน้ำยังส่งผลให้ผลผลิตมีลักษณะปรากฏภายนอกเหี่ยวย่น เหี่ยวแห้ง ทำให้สูญเสียคุณค่าในการกระตุ้นความสนใจของผู้บริโภคที่จะซื้อผลิตผลนั้น

2.3 การปลดปล่อยความร้อน

ในระหว่างการหายใจ มีพลังงานเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งพลังงานเหล่านี้ส่วนหนึ่งจะถูกแปรสภาพไปเป็นพลังงานความร้อน และผลผลิตปลดปล่อยออกมา หากผลผลิตมีการวางกองซ้อนทับกัน ความร้อนจากการหายใจที่ถูกปลดปล่อยออกมานี้จะเกิดการสะสม ทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศรอบๆผลผลิตสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ผลผลิตได้รับความเสียหาย โดยอาจทำให้ผลผลิตมีการสูญเสียน้ำมากขึ้น ผลผลิตได้รับอันตรายจากความร้อน(heat injury)

สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการหายใจ จะมีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยความร้อนด้วยเช่นกัน หากสามารถควบคุมการหายใจของผลผลิตไว้ได้ ก็จะสามารถควบคุมการปลดปล่อยความร้อนของผลผลิตได้ การทราบถึงการปลดปล่อยความร้อนของผลผลิตจะสามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณาในการเลือกใช้ พื้นที่ที่ใช้ในการเก็บรักษา โรงเก็บรักษา ขนาดของเครื่องทำความเย็น ปริมาณการระบายอากาศ ตลอดจนการออกแบบภาชนะที่ใช้ในการบรรจุ เป็นต้น

2.4 การเปลี่ยนแปลงของสี

ในระหว่างการเข้าสู่ระยะแก่และการชราของผลผลิต ผลผลิตจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระและชีวเคมีมากมาย การเปลี่ยนแปลงอันหนึ่งที่มีความสำคัญและเห็นได้ชัด คือ การที่ผลผลิตสูญเสียสีเขียว ปรากฏการณ์เช่นนี้ เกิดจากการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ มีผลให้คาร์โรทีนอยด์ (carotenoids) หรือรงควัตถุอื่นแสดงความเด่นขึ้นมา ทำให้ผลผลิตมีสีเหลือง ซึ่งเป็นอาการของการชรา ผลผลิตบางอย่างอาจมีสีแดงของแอนโธไซยานิน(anthocyanins) หรือสีแดงของไลโคปีน (lycopene)

2.5 การเก็บรักษาผลผลิต Storage operation

หลักการทั่วไปในการเก็บรักษาผลผลิตคือ การเก็บรักษาผลผลิตไว้ภายใต้สภาพที่ไม่เอื้ออำนวยให้เกิดกิจกรรมทางเมตาบอลิซึม อันจะช่วยชะลอให้การเสื่อมที่จะเกิดขึ้น เกิดได้ช้าลง การควบคุมกิจกรรมทางด้านการหายใจ การสร้างเอทธิลีน จะเป็นหลักสำคัญที่ใช้ในการ ชลอการเสื่อมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 วิธีการเก็บรักษาผลผลิต

โดยทั่วไปแล้ว ผลผลิตที่ถูกเก็บรักษาไว้ มักมีคุณภาพไม่ดีไปกว่าเดิม แม้ว่าจะมีวิธีการในการเก็บรักษาดี อย่างไรก็ตามการสูญเสียก็ยังเกิดขึ้นได้ ในบางครั้งผลผลิตที่ถูกเก็บรักษาไว้จะมีการสูญเสียคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะวิตามินซี แต่แม้ว่าจะมีการสูญเสียเกิดขึ้นก็ตาม การเก็บรักษาผลผลิต โดยให้ผลผลิตมีคุณภาพที่ดีที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ก็ยังไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษาผลผลิต โดยผลผลิตมีการสูญเสียน้อยที่สุด ได้แก่

2.6.1 การใช้ความเย็น (Refrigerated storage)

สภาพอุณหภูมิต่ำเป็นสภาพแวดล้อมที่นิยม และเป็นหัวใจสำคัญในการเก็บรักษาผลผลิต สภาพอุณหภูมิต่ำจะเป็นการลดหรือชะลอขบวนการทางเมตาบอลิซึมต่างๆ ที่สำคัญคือ การควบคุมการหายใจ ซึ่งจะมีอัตราลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำลง แต่แม้ว่าจะสามารถควบคุมการหายใจได้แล้วก็ตาม หากไม่สามารถควบคุมกิจกรรมทางเมตาบอลิซึมอื่นๆ ผลผลิตก็จะเกิดความเสียหายด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสูญเสียน้ำของผลผลิต หากผลผลิตได้รับอุณหภูมิต่ำ อัตราการหายใจลดลง แต่ยังมีอัตราการสูญเสียความชื้นเท่าเดิม ผลผลิตจะเกิดความเครียด(stress)ขึ้น มีการสร้างสิ่งไม่พึงประสงค์ภายในตัวผลผลิตเอง หรือเหี่ยวย่นจนไม่สามารถจำหน่ายได้ การใช้สภาพอุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาผลผลิตจะต้องใช้สภาพความชื้นสูงควบคู่กันไป สิ่งที่ต้องพิจารณาในการเลือกการเก็บรักษาวิธีนี้คือ ชนิด คุณภาพและสภาพแวดล้อมที่ผลผลิตได้รับก่อนการเก็บเกี่ยว

2.6.2 วิธีการลดอุณหภูมิล่วงหน้า

อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีความแตกต่างกันไป ผลผลิตแต่ละชนิดจะมีความอ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำแตกต่างกัน หากได้รับอุณหภูมิต่ำเกินไป ผลผลิตบางชนิดอาจเกิดความเสียหายได้ (Chilling injury) ดังนั้นการเลือกใช้ระดับอุณหภูมิต่ำจะต้องมีความเหมาะสมกับผลผลิตแต่ละชนิด อุณหภูมิที่ใช้ควรมีความคงที่และผันแปรไปจากอุณหภูมิที่เหมาะสมไม่มากนัก และต้องพิจารณาถึงความสามารถหรือพลังในการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นด้วย

2.6.3 การหมุนเวียนของอากาศเย็น

เพื่อให้ทุกตำแหน่งในโรงเก็บรักษามีความเย็นสม่ำเสมอ เท่าๆกัน

2.6.4 ความชื้นสัมพัทธ์

ผลผลิตส่วนใหญ่ต้องการความชื้นของอากาศสูงประมาณ 90-95% แต่อาจมีปัญหาในเรื่องการแพร่ระบาดของจุลินทรีย์ หรือโรคที่ติดมากับผลผลิต แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไป ผลผลิตจะสูญเสียน้ำแล้วเหี่ยว

จากการศึกษาของ Juan Carlos Guevara และคณะ ในการวัดอัตราการหายใจของ prickly pear cactus cladodes โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อนำไปประยุกต์หาสมการทางคณิตศาสตร์ของอัตราการหายใจ อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ใช้ทำการทดลองมี 4 อุณหภูมิ คือ 5 °C , 14 °C , 20°C และ 25 °C , ความชื้นสัมพัทธ์ 6 ค่า และความดันย่อยของก๊าซออกซิเจนที่ใช้ มีค่าอยู่ระหว่าง 15 และ 0.8 kPa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Oxygen partial pressure กับชั่วโมงที่ทำการเก็บรักษาในภาชนะปิด ซึ่งอัตราการหายใจสามารถคำนวณได้จาก การลดลงของออกซิเจนของบรรยากาศในถุงซึ่งทำการปิดผนึกเก็บรักษาลูกแพร์ไว้ และใน 1 ถุงทำการบรรจุลูกแพร์ปริมาณ 1 กิโลกรัม สัดส่วนของปริมาณออกซิเจนในถุงนั้นมีการลดลงเป็นเส้นตรงมีความชันและความชันของเส้นกราฟนั้น คือ อัตราการใช้ออกซิเจนของลูกแพร์นั่นเอง ซึ่งผลการทดลองพบว่าอัตราการใช้ออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น และในทางกลับกันเมื่อเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ให้สูงขึ้นอัตราการใช้ออกซิเจนจะลดลง โดยอาศัยสมการของ Arrhenius คือ $R = Ae^{(-Eo/RT)}$ นำอัตราการใช้ออกซิเจน(R)ที่หาได้ไปใส่ค่าลือกการิทึ่มฐานธรรมชาติในแต่ละค่าเพื่อนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ln R กับ ส่วนกลับของอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่นำมาใช้มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน เมื่อสร้างกราฟได้แล้ว จะสามารถนำค่าความชันที่ได้ของกราฟนี้มาหาค่า Eo หรือ activation energy ของลูกแพร์ที่เก็บในสภาวะต่างๆ

2.7 ความเสียหายของผลผลิตอันเนื่องมาจากการเก็บรักษา

ในการเก็บรักษาผลผลิตโดยวิธีการต่างๆนั้น ผลผลิตแต่ละชนิดจะมีการตอบสนองต่อวิธีการต่างๆเหล่านั้นๆแตกต่างกันไป ซึ่งการตอบสนองอาจเป็นไปในทางบวกหรือทางลบก็ได้ ในบางครั้งแทนที่วิธีการเก็บรักษาผลผลิตจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น กลับก่อให้เกิดความเสียหายโดยตรงจากการเก็บรักษา ความเสียหายของผลผลิตอันเนื่องมาจากการเก็บรักษา มีหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น

2.7.1 ความเสียหายจากอุณหภูมิต่ำหรือจากความเย็น (Chilling injury)

ผลผลิตที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน และเขตกึ่งร้อนจำนวนมาก และผลผลิตที่มีถิ่นกำเนิดในเขตหนาวบางชนิด อาจได้รับอันตรายจากอุณหภูมิในช่วง 0-20 องศาเซลเซียส ความเสียหายจากความเย็นจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิที่ยังไม่เป็นจุดเยือกแข็ง และบางครั้งอาจสูงกว่าที่ระดับจุดเยือกแข็งมาก ปรากฏการณ์เช่นนี้มีความสำคัญอย่างมากต่อการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษาผลผลิตในสภาพอุณหภูมิต่ำเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

สภาพอุณหภูมิต่ำทำให้คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของผนังเซลล์เปลี่ยนแปลงไป ผนังเซลล์สูญเสียความยืดหยุ่นและแตกหักเสียหาย สารละลายภายในเซลล์รั่วออกมาเกิดการสูญเสียองค์ประกอบภายในเซลล์ และเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์

ความรุนแรงของอันตรายจากความเย็นที่เกิดกับผลผลิตหรือส่วนของผลผลิต จะขึ้นกับระดับของอุณหภูมิ ระยะเวลา และความอ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำที่ผลผลิตได้รับ ยิ่งอุณหภูมิต่ำกว่าระดับอุณหภูมิที่ปลอดภัยมากเท่าใด ระดับความรุนแรงของอันตรายก็จะยิ่งเกิดขึ้นมาก แต่อย่างไรก็ตาม อันตรายที่ผลผลิตได้รับจะแสดงอาการออกมาค่อนข้างช้าในสภาพอุณหภูมิต่ำ เมื่อผลผลิตหลุดพ้นจากสภาพอุณหภูมิต่ำ อาการของอันตรายจะแสดงออกมาอย่างรวดเร็วมาก ในเรื่องระยะเวลาของการได้รับอุณหภูมิต่ำนั้น ยิ่งผลผลิตได้รับอันตรายนานขึ้น ความเสียหายจะยิ่งเกิดขึ้นมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนความอ่อนแอของผลผลิตจะขึ้นกับผลผลิตแต่ละชนิด ตลอดจนอายุ และระยะการพัฒนาของผลผลิตนั้นๆ ผลผลิตที่มีอายุน้อยจะอ่อนแอกว่าผลผลิตที่มีอายุมาก ผลผลิตที่มีถิ่นกำเนิดต่างกัน จะมีความคงทนหรืออ่อนแอต่างกัน กล้วยได้รับอันตรายจากความเย็นเพียงไม่กี่ชั่วโมง ก็เกิดความเสียหายแล้ว ในขณะที่แอปเปิ้ลบางพันธุ์ อาจต้องได้รับนานหลายสัปดาห์จึงจะเกิดความเสียหาย

ระดับของอุณหภูมิที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผลผลิตจะแตกต่างกันไปตามชนิดของผลผลิต เช่น กล้วย ได้รับอันตรายที่อุณหภูมิในช่วง 12-13 องศาเซลเซียส มะม่วงที่อุณหภูมิ 10-13 องศาเซลเซียส แตงและสับปะรดที่อุณหภูมิ 7-10 องศาเซลเซียส มะเขือและมะละกอที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส แอปเปิ้ลและส้มที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นต้น

2.8 อาการที่ผลผลิตที่ได้รับอันตรายจากสภาพอุณหภูมิต่ำแสดงออก

ผลผลิตที่ได้รับอันตรายจากสภาพอุณหภูมิต่ำ มักไม่แสดงอาการให้เห็นชัดเจนในขณะที่ยังคงอยู่ในสภาพอุณหภูมิต่ำ แต่จะแสดงอาการออกมาเมื่อผลผลิตนั้นๆ ได้รับอุณหภูมิสูงขึ้น อาการที่ผลผลิตแต่ละชนิดแสดงออกมาจะแตกต่างกันไป โดยอาจเป็นไปในลักษณะต่างๆ คือ

2.8.1 การเน่าเสีย (Decay)

ผลผลิตที่ได้รับอันตรายจากอุณหภูมิต่ำจะแสดงอาการเน่าเสียอย่างรวดเร็ว การเน่าเสียจะเป็นไปอย่างรวดเร็วยิ่งกว่าการเน่าเสียจากการแพร่ระบาดของเชื้อโรคหลังเก็บเกี่ยวโดยทั่วไป เนื่องจากผลผลิตที่ได้รับอันตรายจะมีความต้านทานของเซลล์ต่อเชื้อลดลง นอกจากนี้การที่เซลล์แตกหรือเนื้อเยื่อตาย ทำให้สารที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากเซลล์ จะถูกใช้เป็นสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ เชื้อโรคจะเจริญเติบโตและแพร่ระบาดได้ดี

2.8.2 การมีสีผิดปกติ (Discoloration)

อุณหภูมิต่ำทำให้ลักษณะผิวภายนอกของผลผลิตบางชนิด เช่น กล้วย เงาะ ถั่ว มีสีผิดปกติไป หรือสีของเนื้อผลผลิต เช่น มะเขือ ผิดปกติ ลักษณะผิดปกติของสี อาจเป็นจุดหรือแถบสีดำหรือสีน้ำตาลหรือสีคล้ำลงกว่าเดิม อาการสีผิดปกตินี้บางครั้งอาจเห็นได้ชัดเจนตั้งแต่ผลผลิตยังอยู่ในสภาพอุณหภูมิต่ำหรือเมื่อเคลื่อนย้ายไปยังที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ทั้งนี้ขึ้นกับความรุนแรงของอันตรายที่ได้รับ

2.8.3 รอยบุ๋ม (Pitting)

รอยบุ๋มที่ลงลึกไปจากผิวเนื้อเยื่อเป็นอาการที่พบเห็นโดยทั่วไปกับผลผลิตที่ได้รับความเสียหาย และมักเป็นอาการแรกๆที่ผลผลิตแสดงออกมา ความรุนแรงของการเกิดรอยบุ๋ม จะขึ้นกับความรุนแรงของอันตรายและความชื้นของบรรยากาศ ในสภาพความชื้นต่ำ

2.8.4 การสุกผิดปกติ (Abnormally ripening)

อุณหภูมิต่ำทำให้ผลผลิตหลายชนิดมีลักษณะการสุกที่ผิดไปจากปกติ เช่น มะเขือเทศที่ได้รับอันตรายจากอุณหภูมิต่ำ ผลทุเรียนที่รับอันตรายจากอุณหภูมิต่ำ เมื่อนำมาบ่มจะมีกลิ่น รส ที่ผิดปกติไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ถุงพลาสติก

2.9.1 โพลิเอธิลีน (Polyethelene – PE)

PE นับเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดและยังมีราคาถูก สืบเนื่องจาก PE มีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติกชนิดอื่นๆ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ PE แบ่งเป็น 3 ประเภทตามความหนาแน่น คือ

2.9.1.1 โพลิเอธิลีนความหนาแน่นต่ำ(Low Density Polyethelene หรือ LDPE) ความหนาแน่น 0.910 – 0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2.9.1.2 โพลิเอธิลีนความหนาแน่นปานกลาง(Medium Density Polyethelene หรือ MDPE) ความหนาแน่น 0.926-0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2.9.1.3 โพลิเอธิลีนความหนาแน่นสูง(High Density Polyethelene หรือ HDPE) ความหนาแน่น0.941-0.965 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2.9.2 ตัวอย่างการใช้งานของ PE ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

2.9.2.1 ผลิตเป็นถุงร้อน(HDPE) และถุงเย็น(LDPE) สำหรับการใช้งานทั่วไปสามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาดโดยทั่วไป ข้อสังเกตถุงร้อนที่ผลิตจาก HDPE จะมีสีขาวขุ่น

2.9.2.2 ใช้ห่อหรือบรรจุอาหาร ได้เกือบทุกชนิดโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค แต่ไม่ควรใช้ LDPE กับอาหารร้อน

2.9.2.3 นิยมใช้บรรจุถุงขนมปัง เนื่องจาก PE ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีจึงช่วยป้องกันมิให้ขนมปังแห้ง เนื่องจากสูญเสียความชื้นออกไป

2.9.2.4 นิยมทำถุงบรรจุผักและผลไม้สด เนื่องจาก PE ยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ดี ทำให้ก๊าซออกซิเจนซึมผ่านเข้ามาเพียงพอให้พืชหายใจ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชคายออกมาก็จะสามารถซึมผ่านออกไปได้ง่าย ในบางกรณีจำเป็นต้องเจาะรูที่ถุงเพื่อช่วยระบายไอน้ำที่พืชคายออกมา

2.9.2.5 นิยมใช้ LDPE เป็นชั้นสำหรับการปิดผนึกด้วยความร้อน เนื่องจากกระดาษและเปลวอะลูมิเนียมซึ่งนิยมนำมาใช้เป็นถุงหรือซองบรรจุอาหาร ไม่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ จึงนิยมนำ LDPE มาประกบติดกับวัสดุต่างๆเหล่านี้ โดยให้ LDPE อยู่ชั้นในสุด และทำหน้าที่เป็นชั้นสำหรับปิดผนึกด้วยความร้อน

2.9.2.6 ฟิล์ม PE ชนิดยืดตัวได้ (Stretch film) นิยมใช้ห่ออาหารสดพร้อมปรุง เนื้อสด และอาหารทั่วไป รูปแบบที่นิยม คือ ใช้ถาดรองอาหารแล้วห่อด้วยฟิล์มยืดตัวได้

2.9.2.7 PE ไม่นิยมใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารที่มีไขมันสูง เช่น เนย ถั่วทอด ขนมขบเคี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 โพลิโพรพิลีน(Polypropylene - PP)

PP มักเป็นที่รู้จักกันในนามของถุงร้อน ด้วยคุณสมบัติเด่นของ PP ซึ่งมีความใสและป้องกันความชื้นได้ดี มากกว่าครึ่งหนึ่งของ PP ที่นิยมใช้กันจะเป็นรูปของฟิล์ม อย่างไรก็ตามการป้องกันการซึมผ่านของอากาศใน PP ยังไม่ดีเท่ากับพลาสติกบางชนิด เนื่องจากช่วงอุณหภูมิของการหลอมละลายมีช่วงอุณหภูมิสั้นทำให้ PP เชื่อมติดได้ยาก

2.9.4 ตัวอย่างการใช้งานของ PP ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

2.9.4.1 ใช้บรรจุอาหารร้อน เช่น ถุงร้อนชนิดใส

2.9.4.2 ใช้บรรจุอาหารที่ต้องผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ โดยที่ PP จะเป็นองค์ประกอบหนึ่งของวัสดุที่ใช้ผลิตซอลประเภทนี้ ซึ่งนิยมเรียกว่า Retort Pouch ซองนี้สามารถนำมาใช้แทนกระป๋องโลหะได้ บางครั้งจึงเรียกว่า Flexible Can

2.9.4.3 ใช้ทำถุงบรรจุผักผลไม้

2.9.4.4 ใช้ทำซองบรรจุอาหารแห้ง เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป และอาหารที่มีไขมันอายุการเก็บรักษาไม่สูง เช่น คุกกี้ ถั่วทอด เป็นต้น

2.9.4.5 ใช้ทำกล่องอาหาร ลัง ถาด และตะกร้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

ผักที่นำมาทดลองเก็บรักษาได้แก่ ผักกระเฉด เห็ดฟาง เห็ดนางฟ้า และถั่วพู

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 ถุงพลาสติกชนิด PP ความหนา 0.006 mm ,LDPE ความหนา 0.02 mm และLDPE ความหนา 0.008 mm (เพื่อความสะดวกในการทดลอง จะเรียก LDPE ความหนา 0.02 mm ว่า LDPE 1 และเรียก LDPE ความหนา 0.008 mm ว่า LDPE 2)

3.2.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง

3.2.3 เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติก (seamer)

3.2.4 Incubator ที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 4 °C ,10 °C และ 15 °C

3.2.5 สก็อตเทปใส

3.2.6 ปากกาเพอร์มาเน้นท์

3.2.7 เครื่องวัดก๊าซออกซิเจน ABISS Model PAK-01

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การตรวจการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนของถุงพลาสติก

เนื่องจากถุงพลาสติกที่นำมาทำการทดลองเป็นถุงพลาสติกคนละชนิดกันและมีความหนาแตกต่างกันจึงคาดว่าจะมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนแตกต่างกันด้วย จึงทำการทดลองดังนี้

3.3.1.1 นำถุงพลาสติกทั้งสามชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิด PP,LDPE 1 และ LDPE 2 มาอัดก๊าซไนโตรเจนให้เต็มถุง จากนั้นใช้หนังยางรัดปิดปากถุงให้แน่น

3.3.1.2 นำถุงพลาสติกที่อัดก๊าซไนโตรเจนแล้วไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C, 10 °C และ 15 °C

3.3.1.3 ทำการวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนโดยใช้เครื่องวัดก๊าซออกซิเจน ABISS Model PAK -01 ที่ผ่านซึมเข้ามาในถุงแต่ละชนิดที่อุณหภูมิต่างๆทุกวัน พร้อมทั้งบันทึกผล

3.3.1.4นำค่าที่ได้มาพล๊อตกราฟระหว่าง ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ซึมผ่านเข้ามาในถุง(%) กับ ระยะเวลา (วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การหาอัตราการใช้ออกซิเจนของผัก

3.3.2.1 ซื้อผักสด ได้แก่ ผักกระเฉด เห็ดฟาง เห็ดนางฟ้า และถั่วพู มาจากตลาดสด

3.3.2.2 คัด ตัดแต่ง และทำความสะอาดผักสด แล้วจดบันทึกลักษณะภายนอก

3.3.2.3 แบ่งผักที่จะทำการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ คือ

กลุ่มที่ 1 นำมาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP

กลุ่มที่ 2 นำมาบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด LDPE 1

กลุ่มที่ 3 นำมาบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2

ปิดปากถุงด้วยเครื่องปิดผนึกถุงพลาสติก(seamer)

3.3.2.4 ชั่งน้ำหนักผักสดพร้อมถุงที่ยังไม่ได้ผ่านการปิดผนึกโดยให้น้ำหนักผักมีค่าประมาณ 100 กรัม

3.3.2.5 ปิดผนึกถุงโดยวัดให้ห่างจากปากถุงประมาณ 3 นิ้ว

3.3.2.6 วัดปริมาณออกซิเจนเริ่มต้น(เวลาที่ 0)ภายในถุงที่บรรจุผัก โดยใช้เครื่องวัดออกซิเจน ABISS Model PAK-01

3.3.2.7 นำผักทั้ง 3 กลุ่มไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 4 °C , 10 °C และ 15 °C

3.3.2.8 วัดปริมาณก๊าซออกซิเจนทุกๆชั่วโมงหรือทุกๆวันจนกว่าผักจะใช้ก๊าซออกซิเจนในถุงหมดหรือจนกว่าผักมีลักษณะไม่เป็นที่ยอมรับ

3.3.2.9 สังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพทางด้านสี และความสดของผักทุกๆวัน โดยการให้คะแนนตามระดับต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองของผักกระเฉด

4.1.1 อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนของผักกระเฉด

จากภาพที่ 4.1 พบว่าที่อุณหภูมิ 4 °C , 10 °C และ15 °C ผักกระเฉดที่บรรจุด้วยถุงพลาสติกชนิด LDPE 1 , LDPE 2 และPP มีอัตราการใช้ออกซิเจนที่ต่างกัน โดยสามารถสังเกตได้จากความชันของกราฟ ซึ่งมีค่าเท่ากับปริมาณออกซิเจนที่เหลือภายในถุง(%)ต่อเวลา(วัน) พบว่าที่อุณหภูมิ 15 °C มีความชันสูงสุด รองลงมาคือ ที่อุณหภูมิ 10 °C และ4 °C ตามลำดับ

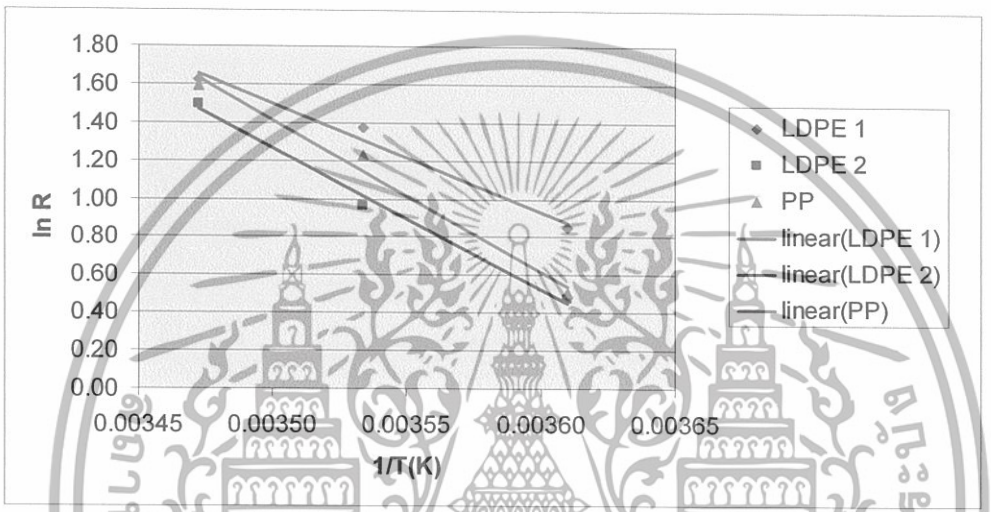
*หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 4 °C และ10 °C ในการหาความชันพิจารณาในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 6

*หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 15 °C ในการหาความชันพิจารณาในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 4

ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงผลชนิดของถุงพลาสติกที่มีผลต่อการใช้ก๊าซออกซิเจนของผักกระเฉดที่อุณหภูมิ4 °C , 10 °C และ15 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.2 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจน((%) day^{-1})ของผักกระเฉดและส่วนกลับของอุณภูหมิ(K^{-1})ที่ใช้ในการเก็บรักษา พบว่าผักกระเฉดที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE 1 มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงที่สุดในแต่ละอุณหภูมิรองลงมา คือ ถุงพลาสติกชนิด PP และ LDPE 2 ตามลำดับ หากเปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิต่างๆ ในถุงพลาสติกชนิดเดียวกัน พบว่าที่อุณหภูมิ 15 °C มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่สุด และรองลงมาเป็นอุณหภูมิ 10 °C และ4 °C ตามลำดับ โดยความสัมพันธ์ระหว่างล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจนกับส่วนกลับของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาในถุงพลาสติกทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกัน



ภาพที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจน((%) day^{-1})ของผักกระเฉดกับส่วนกลับของอุณหภูมิ(K^{-1})ที่ใช้ในการเก็บรักษา

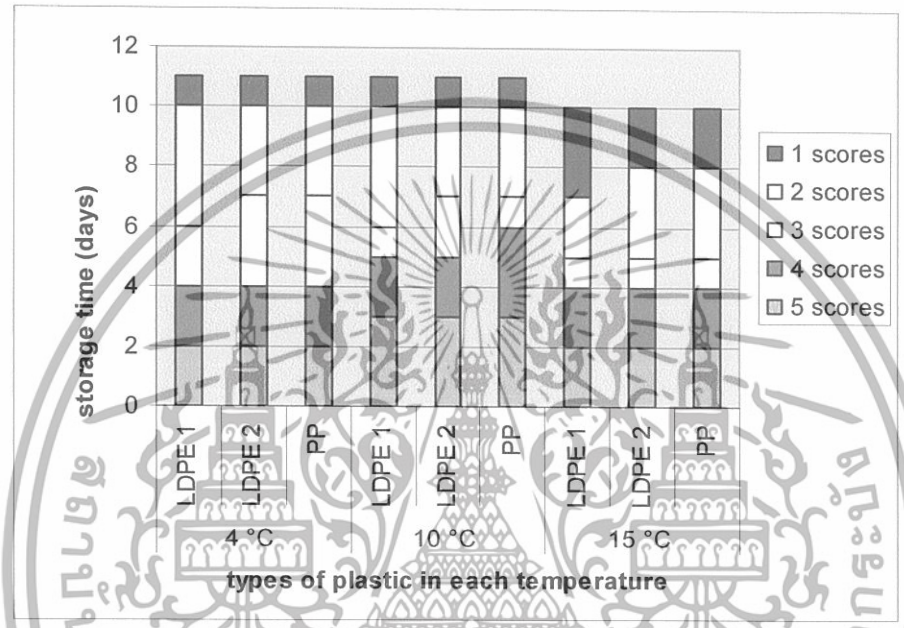
ตารางที่ 4.1 ล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนของผักกระเฉดในถุงพลาสติกชนิดต่างๆที่อุณหภูมิ 4 °C , 10 °C และ15 °C

T(°C)	T(K)	1/T(K)	ln R		
			LDPE 1	LDPE 2	PP
4	277	0.00361	0.84985	0.47446	0.50617
10	283	0.00353	1.37422	0.96549	1.22964
15	288	0.00347	1.61939	1.49492	1.59026
slope(Eo/R)			-5632.5801	-7360.7775	-7926.7382
r^2			0.979700452	0.992749449	0.98386604

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของผักกระเฉด

จากภาพที่ 4.3 ว่าที่อุณหภูมิ 4 °C และ 10 °C สามารถเก็บรักษาผักกระเฉดได้นานถึง 11 วัน และที่อุณหภูมิ 15 °C สามารถเก็บรักษาผักกระเฉดได้ 10 วัน หากทำการเปรียบเทียบคะแนนการยอมรับด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักตามเวลาที่ผักกระเฉดอยู่ในช่วงการยอมรับต่างๆ พบว่าที่อุณหภูมิ 10 °C มีคะแนนมากที่สุด คือ 36 คะแนน รองลงมาคือ 4 °C และ 15 °C โดยมีคะแนนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 33.67 และ 28.67 ตามลำดับ



*หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 15 °C สามารถเก็บรักษาผักกระเฉดได้ 10 วัน
ที่อุณหภูมิ 4 °C และ 10 °C สามารถเก็บรักษาผักกระเฉดได้ 11 วัน

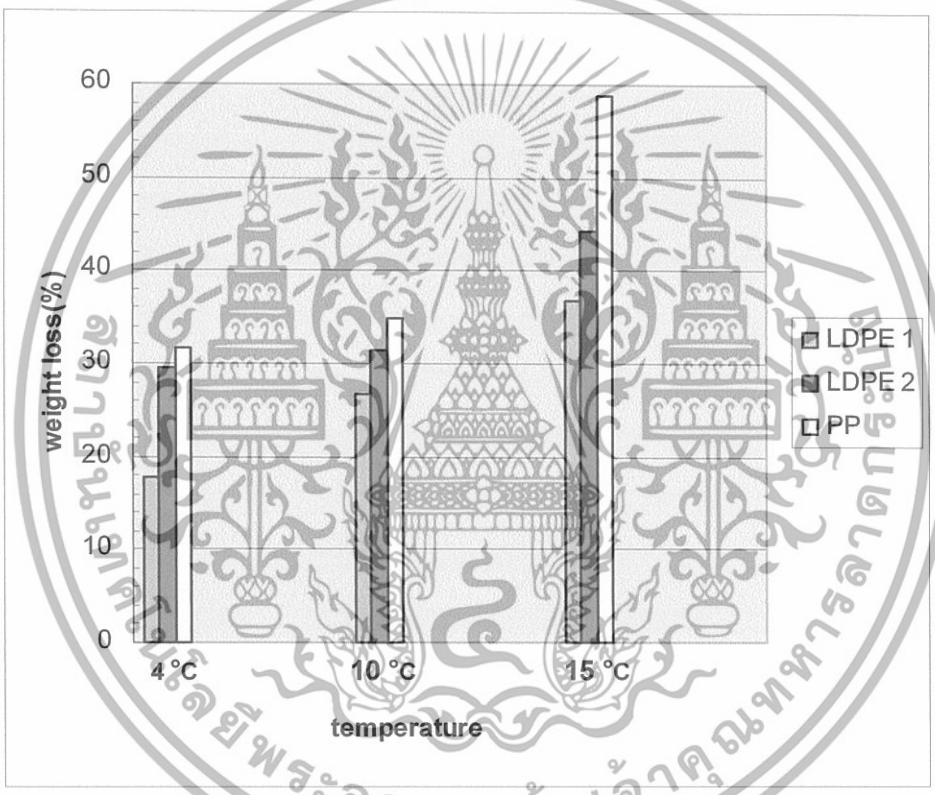
ภาพที่ 4.3 แสดงการให้คะแนนการยอมรับโดยรวมด้านสีและความสดของผักกระเฉดที่ระดับคะแนน 1-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การสูญเสียน้ำหนักของผักกระเฉด

จากการทดลองนำน้ำหนักเริ่มต้นและน้ำหนักสุดท้ายของผักกระเฉดมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก(ดูการคำนวณได้ในภาคผนวก ค) จากนั้นนำค่าที่ได้จากคำนวณมาพล็อตกราฟ

จากภาพที่ 4.4 สังเกตได้ว่าถุงพลาสติกชนิด LDPE 1 มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดในทุกอุณหภูมิที่ทำการทดลอง ผักกระเฉดที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 และ PP จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้นตามลำดับ ที่อุณหภูมิที่ 15 °C มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าที่ อุณหภูมิ4 °Cและ10 °C และยังพบว่าผักกระเฉดที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด PP ที่อุณหภูมิ 15 °C มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดเท่ากับ 58.83 %



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกระเฉด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองของถั่วพู

4.2.1 อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนของถั่วพู

จากภาพที่ 4.5 พบว่าที่อุณหภูมิ 15 °C มีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนสูงสุด รองลงมาคือ ที่อุณหภูมิ 10 °C และ4 °C ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 4 °C และ 10 °C อัตราการใช้ออกซิเจนของถั่วพูที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดต่างๆมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และที่อุณหภูมิ 15 °C อัตราการใช้ออกซิเจนของที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE 1มีค่าสูงที่สุด

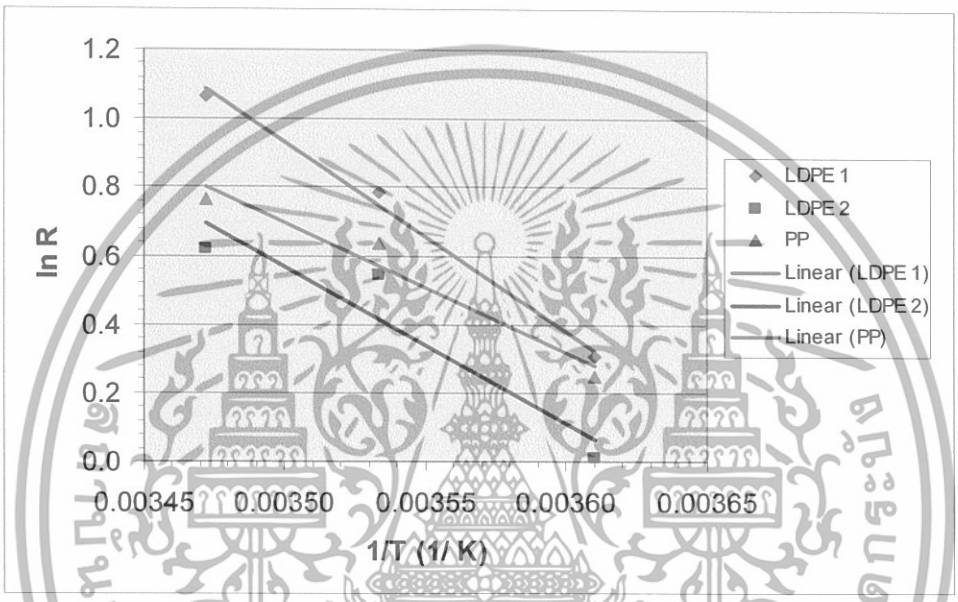
*หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 4 °C และ10 °C ในการหาความชันพิจารณาในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 3

*หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 15 °C ในการหาความชันพิจารณาในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 6

ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงผลชนิดของถุงพลาสติกที่มีผลต่อการใช้ก๊าซออกซิเจนของถั่วพูที่อุณหภูมิ 4 °C , 10 °C และ15 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.6 พบว่าถั่วพูที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE 1 มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงที่สุดในแต่ละอุณหภูมิ รองลงมา คือ ถุงพลาสติกชนิด PP และ LDPE 2 ตามลำดับ หากเปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิต่างๆ ในถุงพลาสติกชนิดเดียวกัน พบว่าที่อุณหภูมิ 15 °C มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงที่สุด และรองลงมาเป็นอุณหภูมิ 10 °C และ 4 °C ตามลำดับ ซึ่งที่อุณหภูมิ 4 °C ถั่วพูมีสีน้ำตาลคล้ำ จึงไม่เป็นที่ยอมรับ เนื่องจากมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป ทำให้เนื้อเยื่อของผักถูกทำลาย จึงมีสีน้ำตาลเกิดขึ้น ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจนกับส่วนกลับของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาในถุงพลาสติกทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกัน



ภาพที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจน ((%) day^{-1})ของถั่วพูกับส่วนกลับของอุณหภูมิ(K^{-1})ที่ใช้ในการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.2 ล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจนของถั่วพูในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 4 °C , 10 °C และ15 °C

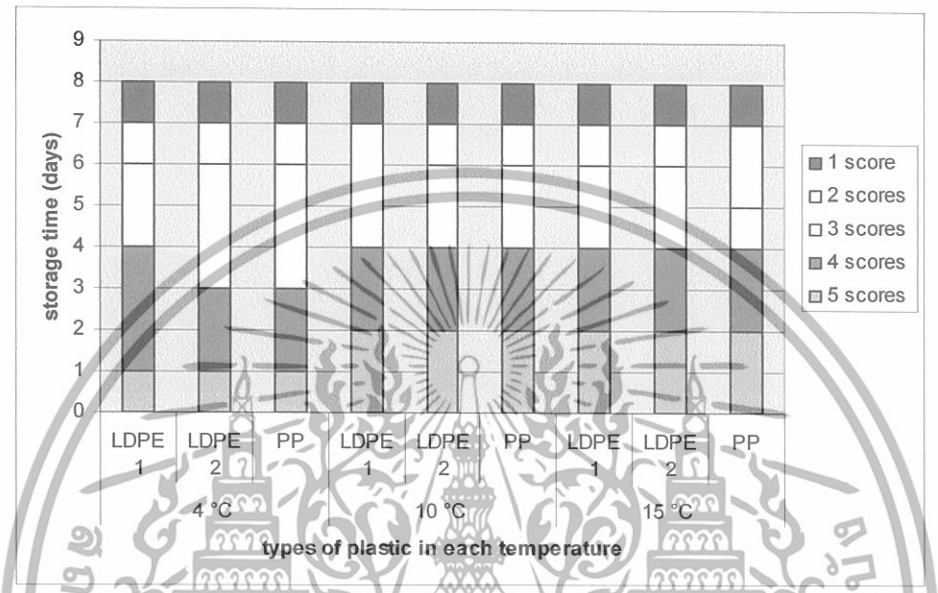
T(°C)	T(K)	1/T(1/K)	ln R		
			LDPE 1	LDPE 2	PP
4	277	0.00361	0.31	0.01	0.25
10	283	0.00353	0.78	0.54	0.64
15	288	0.00347	1.07	0.62	0.76
slope(Eo/R)			-5538.55	-4533.78	-3792.01
r^2			0.54597	0.40158	0.59707

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

97064

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของถั่วพู

จากภาพที่ 4.7 พบว่าที่อุณหภูมิ 4 °C , 10 °C และ15 °C สามารถเก็บรักษาถั่วพูได้นาน 8 วัน หากทำการเปรียบเทียบคะแนนการยอมรับด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักตามเวลาที่ถั่วพูอยู่ในช่วงการยอมรับต่างๆ พบว่าที่อุณหภูมิ 10 °C มีคะแนนมากที่สุด คือ 27.33 คะแนน รองลงมาคือ 15 °C และ 4 °C โดยมีคะแนนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 26.67 และ 25.33 ตามลำดับ



*หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 4 °C , 10 °C และ15 °C สามารถเก็บรักษาถั่วพูได้ 8 วัน

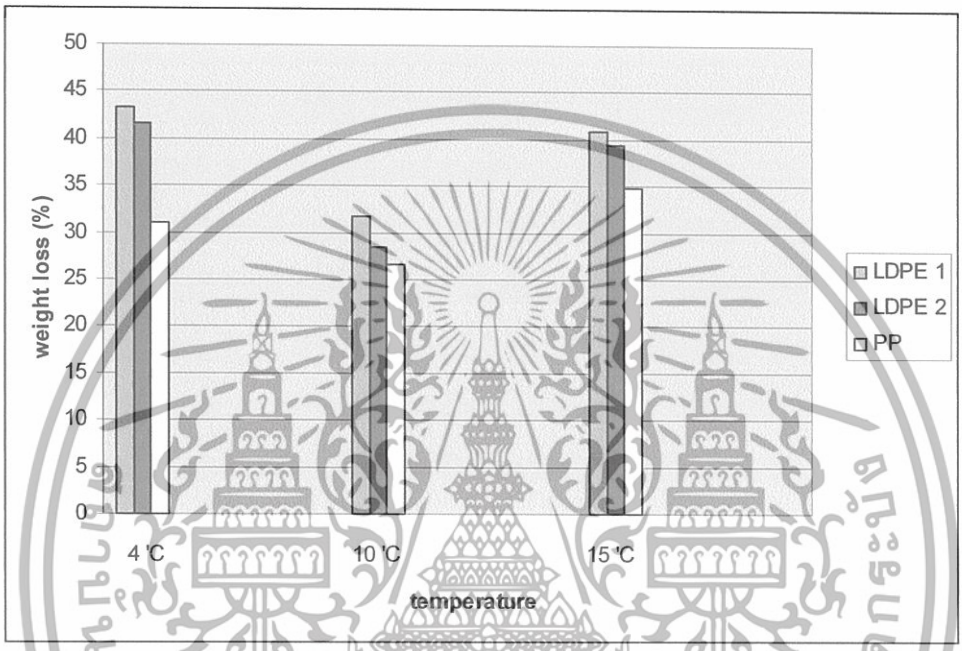
ภาพที่ 4.7 แสดงการให้คะแนนการยอมรับโดยรวมด้านสีและความสดของถั่วพูที่ระดับคะแนน 1-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู

จากการทดลองนำน้ำหนักเริ่มต้นและน้ำหนักสุดท้ายของถั่วพูมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก(ดูการคำนวณได้ในภาคผนวก ค) จากนั้นนำค่าที่ได้จากคำนวณมาพล็อตกราฟ

จากภาพที่4.8 พบว่าถุงพลาสติกชนิด LDPE 1 มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดในทุกอุณหภูมิที่ทำการทดลอง ถั่วพูที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 และPP จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักลดลงตามลำดับ และที่อุณหภูมิที่ 10 °C มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด



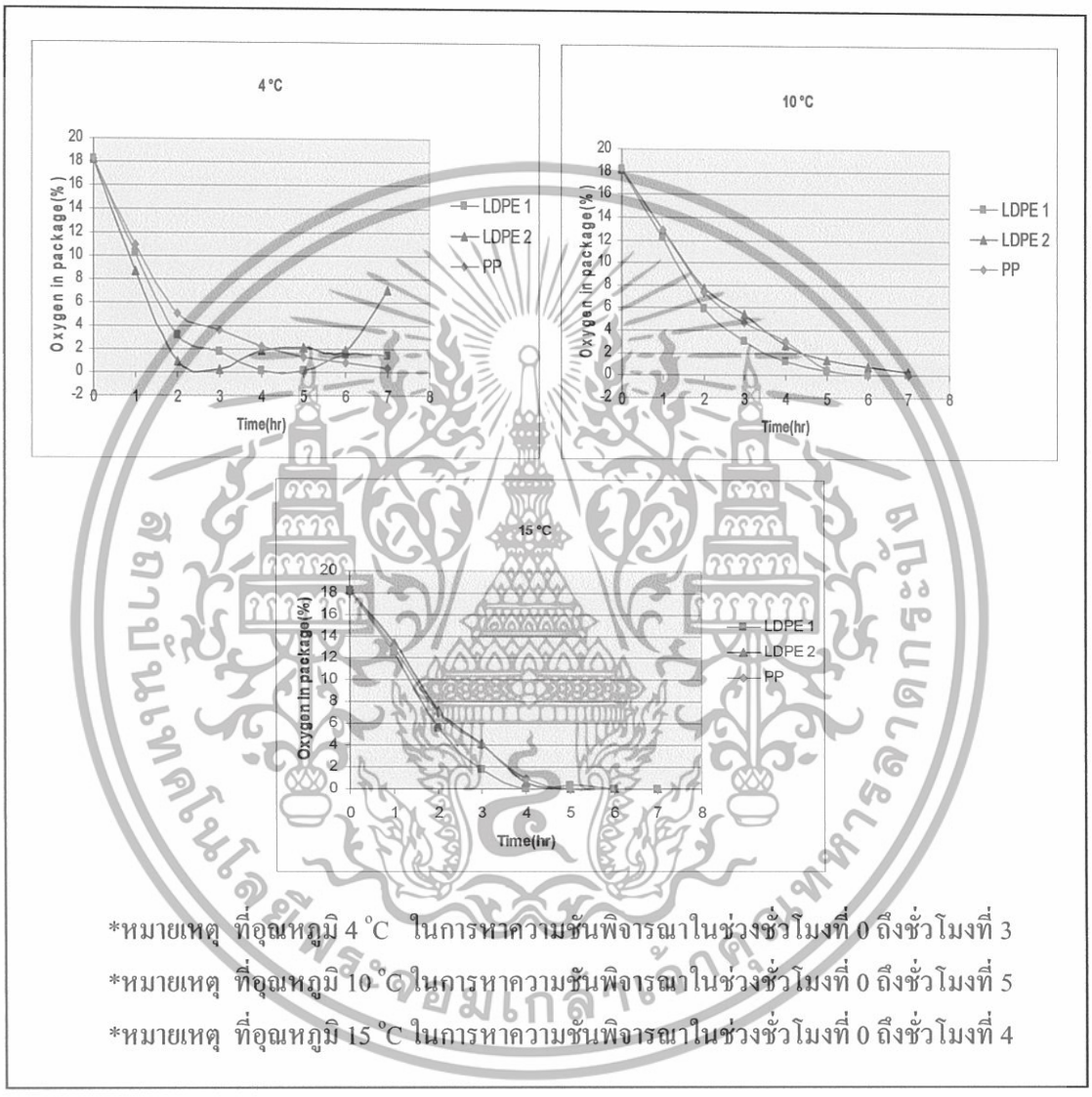
ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองของเห็ดฟาง

4.3.1 อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนของเห็ดฟาง

จากภาพที่ 4.9 พบว่าที่อุณหภูมิ 4 °C อัตราการใช้ออกซิเจนของเห็ดฟางมีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือ อุณหภูมิ 15 °C และ10 °C ตามลำดับ สำหรับที่อุณหภูมิเดียวกันอัตราการใช้ออกซิเจนของเห็ดฟางที่บรรจุด้วยถุงพลาสติกต่างชนิดกันมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด



*หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 4 °C ในการหาความชันพิจารณาในช่วงชั่วโมงที่ 0 ถึงชั่วโมงที่ 3

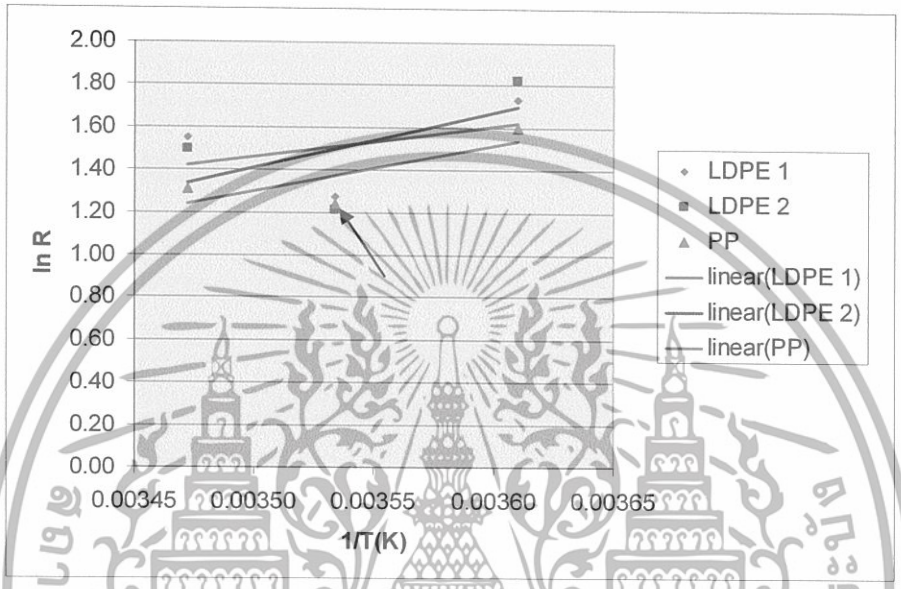
*หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 10 °C ในการหาความชันพิจารณาในช่วงชั่วโมงที่ 0 ถึงชั่วโมงที่ 5

*หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 15 °C ในการหาความชันพิจารณาในช่วงชั่วโมงที่ 0 ถึงชั่วโมงที่ 4

ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงผลชนิดของถุงพลาสติกที่มีผลต่อการใช้ก๊าซออกซิเจนของเห็ดฟางที่อุณหภูมิ4 °C , 10 °C และ15 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.10 พบว่าเห็ดฟางที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE 1 , LDPE 2 และ PP มีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนต่ำสุดที่อุณหภูมิ 10 °C หากพิจารณาจากความชันของกราฟพบว่าในถุงพลาสติกชนิด PP เห็ดฟางมีอัตราการใช้ออกซิเจนต่ำที่สุดหากเปรียบเทียบกับอัตราการใช้ออกซิเจนในถุงพลาสติกชนิดอื่นๆ แม้ว่าที่อุณหภูมิ 10°C เห็ดฟางในถุง LDPE 2 มีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างแตกต่างกับถุงพลาสติกชนิด PP สำหรับการวิเคราะห์เชิงสถิติ



ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจน ((%) day^{-1})ของเห็ดฟางกับส่วนกลับของอุณหภูมิ(K^{-1})ที่ใช้ในการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.3 ล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจนของเห็ดฟางในถุงพลาสติกชนิดต่างๆที่อุณหภูมิ 4 °C , 10 °C และ15 °C

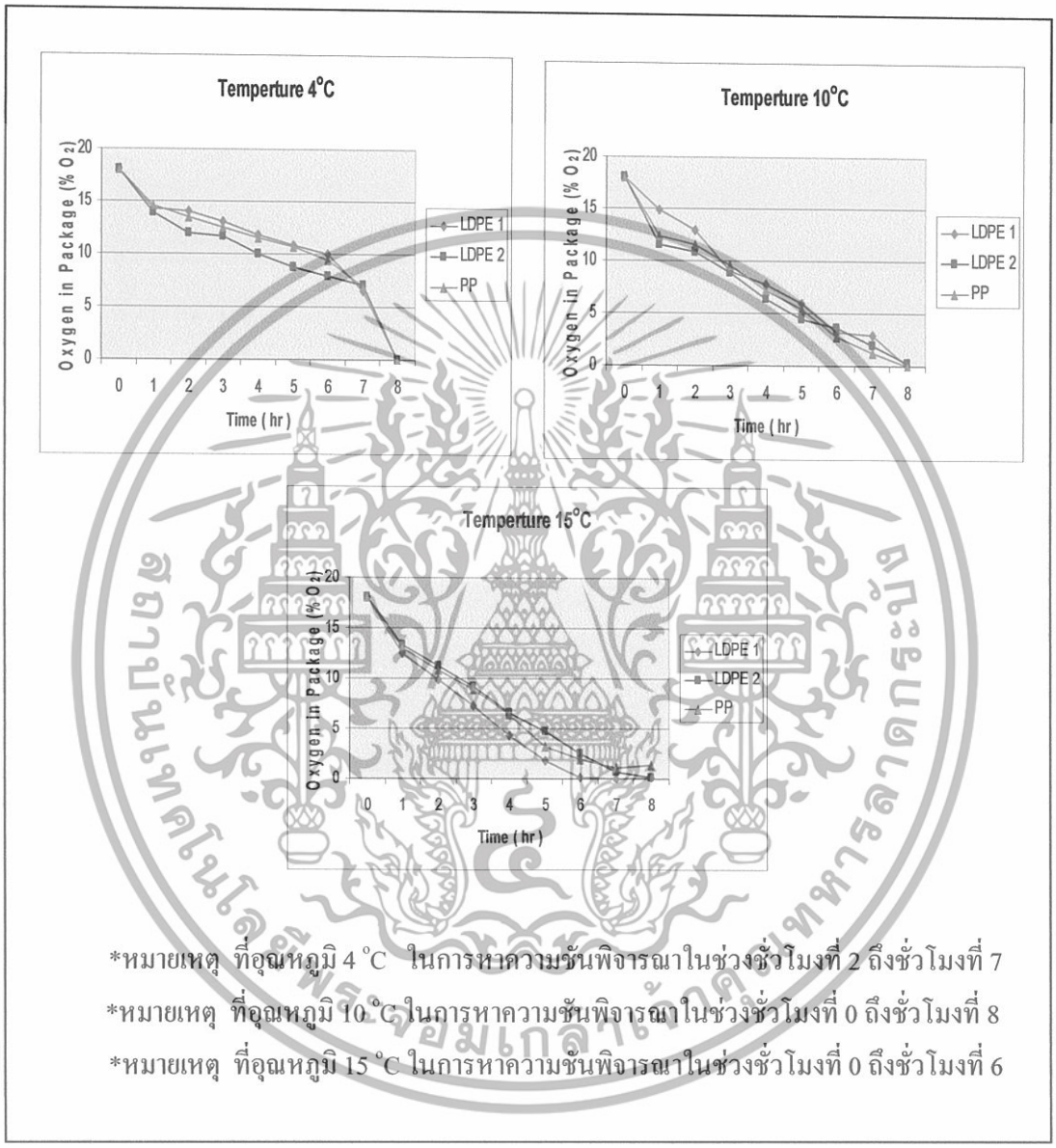
T(°C)	T(°K)	1/T(°K)	ln R		
			LDPE 1	LDPE 2	PP
4	277	0.00361	1.72758	1.81970	1.59777
10	283	0.00353	1.27217	1.20896	1.23755
15	288	0.00347	1.54884	1.49515	1.31126
slope(Eo/R)			1485.2634	2582.2133	2184.5998
r^2			0.18828	0.34080	0.62893

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลองของเห็ดนางฟ้า

4.4.1 อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนของเห็ดนางฟ้า

จากภาพที่ 4.11 พบว่า ถุงพลาสติกทุกชนิด ที่อุณหภูมิ 4 °C เห็ดนางฟ้าที่มีอัตราการใช้ออกซิเจนต่ำที่สุด และที่อุณหภูมิเดียวกันอัตราการใช้ออกซิเจนของเห็ดนางฟ้าที่บรรจุด้วยถุงพลาสติกต่างชนิดกันมีค่าไม่แตกต่างกันมาก



*หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 4 °C ในการหาความชันพิจารณาในช่วงชั่วโมงที่ 2 ถึงชั่วโมงที่ 7

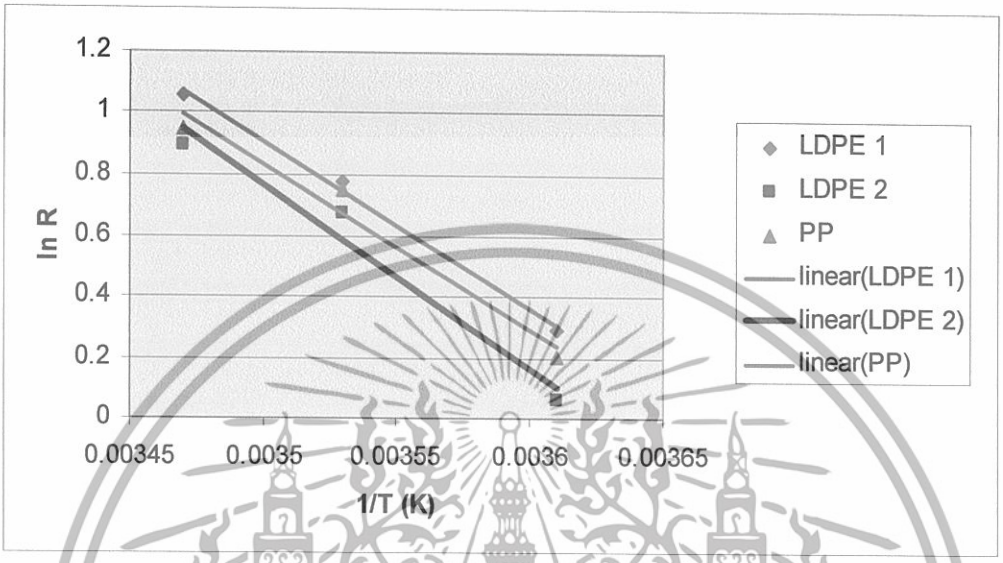
*หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 10 °C ในการหาความชันพิจารณาในช่วงชั่วโมงที่ 0 ถึงชั่วโมงที่ 8

*หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 15 °C ในการหาความชันพิจารณาในช่วงชั่วโมงที่ 0 ถึงชั่วโมงที่ 6

ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงผลชนิดของถุงพลาสติกที่มีผลต่อการใช้ก๊าซออกซิเจนของเห็ดนางฟ้าที่อุณหภูมิ4 °C , 10 °C และ15 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.12 พบว่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติกชนิด LDPE 1 , LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 °C มีอัตราการใช้ออกซิเจนต่ำที่สุด ในทางกลับกันที่อุณหภูมิ 15 °C มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงที่สุด และเห็ดนางฟ้าที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 ที่อุณหภูมิต่างๆ มีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด



ภาพที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจน((%)(1/hr)ของเห็ดนางฟ้าและส่วนกลับของอุณหภูมิ(K^{-1})ที่ใช้ในการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.4 ล็อกการิทึ่มฐานธรรมชาติของอัตราการใช้ออกซิเจนของเห็ดนางฟ้าในถุงพลาสติกชนิดต่างๆที่อุณหภูมิ 4 °C , 10 °C และ15 °C

T(°C)	T(°K)	1/T(°K)	ln R		
			LDPE 1	LDPE 2	PP
4	277	0.00361	0.29331	0.05854	0.20142
10	283	0.00353	0.77480	0.67736	0.75134
15	288	0.00347	1.05630	0.89171	0.94613
slope(Eo/R)			-5480.6859	-6047.6260	-5403.3420
r^2			0.99500	0.96400	0.96600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผักกระเฉด

การเก็บรักษาผักกระเฉดที่อุณหภูมิ 4 °C จะมีผลให้ผักกระเฉดมีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด ซึ่งจะช่วยชะลอกระบวนการเมตาบอลิซึมของผักกระเฉดที่จะส่งผลต่อการเน่าเสีย ของผักกระเฉด ซึ่งทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด โดยผักกระเฉดสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 11 วัน ที่อุณหภูมิ 10 °C คะแนนการยอมรับด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักมีค่า 36 คะแนนและที่อุณหภูมิ 4 °C มีค่า 33.67 คะแนน ซึ่งคะแนนมีค่าไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นอุณหภูมิ 4 °C จึงเหมาะสมต่อการเก็บรักษาผักกระเฉดมากที่สุด

ผักกระเฉดที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 มีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกับถุงพลาสติกชนิดอื่นในทางสถิติ ผักกระเฉดที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด PP มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด และผักกระเฉดที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด LDPE 1 มีคะแนนการยอมรับด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักน้อยที่สุด ดังนั้นถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 จึงมีความเหมาะสมในการเก็บรักษาผักกระเฉดมากที่สุด

5.1.2 ถั่วพู

การเก็บรักษาถั่วพูที่อุณหภูมิ 4 °C จะมีผลให้ถั่วพูมีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด แต่พบว่า ถั่วพูมีสีน้ำตาลคล้ำ จึงไม่เป็นที่ยอมรับ เนื่องจากมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป ทำให้เนื้อเยื่อของผักถูกทำลาย จึงมีสีน้ำตาลเกิดขึ้น ที่อุณหภูมิ 15 °C อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนของถั่วพูมีปริมาณสูงที่สุด ทำให้อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาถั่วพู คือ 10 °C เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงด้านสีและความสด และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด และมีคะแนนการยอมรับด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักมากที่สุด โดยถั่วพูสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 8 วัน

ถั่วพูที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 มีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด และมีความแตกต่างกับถุงพลาสติกชนิดอื่นในทางสถิติ ทั้งยังมีคะแนนการยอมรับและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกับถั่วพูที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่เหลืออีก 2 ชนิด ดังนั้นถุงพลาสติกชนิด LDPE 2จึงมีความเหมาะสมต่อการเก็บรักษาถั่วพูมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 เห็ดฟาง

การเก็บรักษาเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 4 °C เห็ดฟางจะมีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนสูงที่สุด และที่อุณหภูมิ 10 °C มีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด ดังนั้นที่อุณหภูมิ 10 °C จึงเหมาะสมต่อการเก็บรักษาเห็ดฟางมากที่สุด

เห็ดฟางที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด PP มีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด และไม่มีความแตกต่างกับถุงพลาสติกชนิดอื่นในทางสถิติ ดังนั้นถุงพลาสติกชนิด PP จึงมีความเหมาะสมต่อการเก็บรักษาเห็ดฟางมากที่สุด

5.1.4 เห็ดนางฟ้า

การเก็บรักษาเห็ดนางฟ้าที่อุณหภูมิ 15 °C เห็ดนางฟ้าจะมีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนสูงที่สุด และที่อุณหภูมิ 4 °C มีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด ดังนั้นที่อุณหภูมิ 4 °C จึงเหมาะสมต่อการเก็บรักษาเห็ดนางฟ้ามากที่สุด

เห็ดฟางที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 มีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด และไม่มีความแตกต่างกับถุงพลาสติกชนิด PP แต่มีความแตกต่างกับถุงพลาสติกชนิด LDPE 1 ในทางสถิติ ดังนั้นถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 จึงมีความเหมาะสมต่อการเก็บรักษาเห็ดฟางมากที่สุด

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองของผักกระเฉด ในวันที่ 9 ของถุงพลาสติกทั้ง 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 10 °C และ 15 °C มีปริมาณออกซิเจนเพิ่มสูงขึ้น อาจเกิดมาจากการเกิดไฟตกของตู้ควบคุมอุณหภูมิ ทำให้ผลของข้อมูลเกิดความผิดพลาดคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กัญญรัตน์ สำเร็จ และลลิตา บุรีรักษ์. 2548. ปัญหาพิเศษ " เรื่องผลของอุณหภูมิและชนิดพลาสติกสำหรับการเก็บรักษาผักไฮโดรโปนิค(Effect of temperature and plastic type on Hydroponic vegetable storage) ". คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีระวิยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดนัย บุญเกียรติ.2540 .สรีระวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน .คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ. 2548. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวางแผนการทดลองทางอุตสาหกรรมเกษตร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Bryan R. Becker et al. Journal "Transpiration and Respiration of Fruits and Vegetables ". Mechanical and Aerospace Engineering Department. University of Missouri-Kansas City. Kansas City

Fei Tao et al. 2005. Journal "Effects of different storage conditions on chemical and physical properties of white mushrooms after vacuum cooling". Department of Agriculture. Southern Yangtze University. China.

Juan Carlos et al. 2006. Journal " Modeling the influence of temperature and relative humidity on respiration rate of prickly pear cactus cladodes ". Departamento de Alimentosy Biotecnologia. Mexico.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เกณฑ์คะแนนสีและความสดของผักกระเฉด

จากการทดลองมีเกณฑ์ในการให้คะแนนตามลักษณะทางกายภาพ คือ สี และลักษณะ อาการเหี่ยว โดยแบ่งระดับเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 5 ระดับ ดังนี้

1. ผักกระเฉด

เกณฑ์การให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของผักกระเฉด แบ่งออกเป็น 5 ระดับดังภาพต่อไปนี้

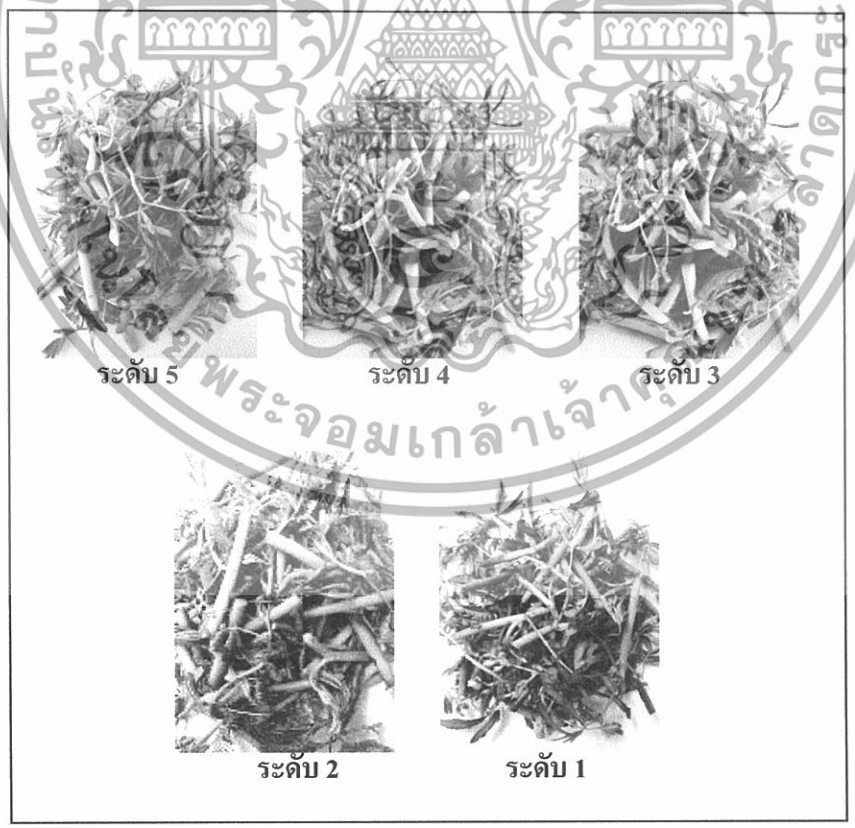
ระดับที่ 5 : ผักมีสีเขียวสดมากที่สุด และไม่มีส่วนใดที่เหี่ยวหรือเน่าเสีย

ระดับที่ 4 : ผักมีสีเขียวสด

ระดับที่ 3 : ผักเริ่มมีสีเหลือง และมีลักษณะที่เหี่ยวเฉา

ระดับที่ 2 : ผักมีสีเหลืองมากกว่าครึ่งหนึ่งของถุง และเหี่ยวเฉา

ระดับที่ 1 : ผักมีสีเหลืองและสีน้ำตาลเกือบทั้งหมด และเนื้อสัมผัสนิ่ม



ระดับ 5 ระดับ 4 ระดับ 3

ระดับ 2 ระดับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข.1 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของผักกระเฉด

2. ถั่วพู

เกณฑ์การให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของถั่วพู แบ่งออกเป็น 5 ระดับดังภาพต่อไปนี้

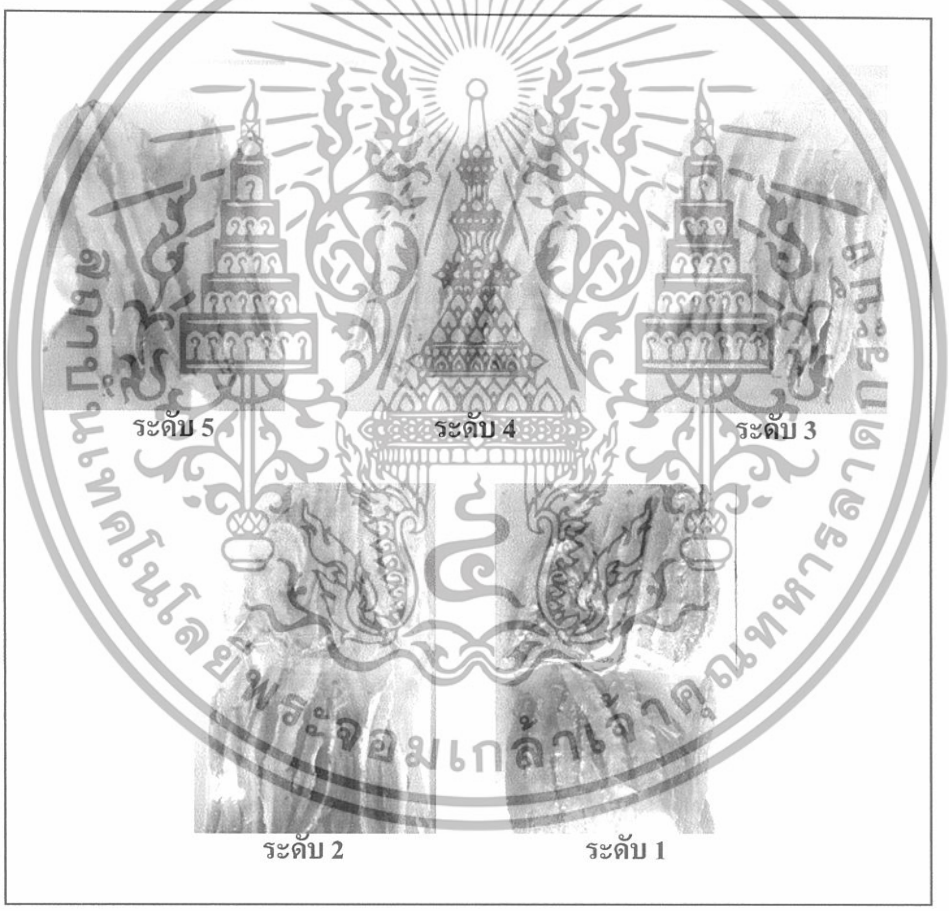
ระดับที่ 5 : ผักมีสีเขียวสดมากที่สุด และไม่มีส่วนใดที่เหี่ยวหรือเน่าเสีย

ระดับที่ 4 : ผักมีสีเขียวสด

ระดับที่ 3 : ผักเริ่มมีสีเหลืองหรือสีน้ำตาลอ่อน และมีลักษณะที่เหี่ยวเฉา

ระดับที่ 2 : ผักมีสีน้ำตาลมากกว่าครึ่งหนึ่งของถุง และเหี่ยวเฉา

ระดับที่ 1 : ผักมีสีน้ำตาลเกือบทั้งหมด และขอบของผลถั่วพูมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ



ภาพที่ ข.2 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของถั่วพู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

เป็นการคำนวณหาปริมาณน้ำหนักที่สูญเสียไปในช่วงการเก็บรักษาผัก ซึ่งหากมีเปอร์เซนต์การสูญเสียต่ำ จะทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ลดลงไม่มากหากผลิตภัณฑ์ยังคงมีลักษณะที่ดีมีลักษณะทางกายภาพและเหี่ยวไม่มากนัก

การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งน้ำหนักผักเริ่มต้นในวันแรกที่ทำการทดลอง และน้ำหนักผักในสุดท้ายที่ทำการมดลอง คือ น้ำหนักที่หักส่วนที่เน่าหรือเสียออกไปแล้ว

การคำนวณ

การคำนวณเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักโดยคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์จากสมการ

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การคำนวณหาค่า Activation energy (E_a) kJ mol^{-1}

เป็นการคำนวณหาค่า Activation energy ซึ่งเป็นค่าที่มาจากสมการ Arrhenius โดยสมการเริ่มต้น คือ $R = Ae^{(-Ea/RT)}$ จากนั้นนำสมการ มาทำการใส่ล็อกการิทึมฐานธรรมชาติ จะได้สมการเป็น $\ln R = \ln A - E_a/RT$ นำค่าความชัน(อัตราการใช้ออกซิเจน)ที่ได้มาจากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์ออกซิเจนกับ เวลา มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ln R กับส่วนกลับของอุณหภูมิที่เป็นองศาเคลวิน ซึ่งจากความสัมพันธ์ของสมการ Arrhenius จะได้ว่า

การคำนวณ

ความชัน = $-E_a/R$

$-E_a$ = R x ความชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

1.ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้

1.1 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้ของถั่วพู

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้ของถั่วพู

Time (day)	4 °C,oxygen in air = 18.0%			10 °C,oxygen in air = 18.0%			15 °C,oxygen in air = 18.0%		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
1	15.4	15.6	15.3	15.0	14.8	16.2	14.0	15.8	14.6
2	14.1	14.8	14.2	12.0	12.6	14.4	9.0	13.0	13.2
3	13.3	14.3	13.5	11.1	12.4	11.7	6.7	11.2	10.2
4	12.7	14.2	12.2	9.4	12.0	10.5	4.8	9.4	9.0
5	0	0	0	4.6	11.6	9.8	1.5	8.5	7.4
6	0	0	0	4.5	10.2	7.2	0	6.1	3.6
7	0	0	0	4.3	10.0	5.3	0	4.7	2.1
SLOPE=RATE	-1.36	-1.01	-1.28	1.66	1.36	1.33	1.69	1.09	1.26

1.2 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้ของผักกระเฉด

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้ของผักกระเฉด

Time(day)	4 °C,oxygen in air = 18.1%			10 °C, oxygen in air = 18.1%			15 °C, oxygen in air = 18.1%		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	18	18	18	18	18	18	18	18	18
1	15.73	16.63	16.7	15.6	15.97	13.6	16.8	14.93	15.1
2	12.02	15.02	15.2	9.73	10.65	10.2	8.9	5.08	3.23
3	10.17	14.13	13.4	5.07	7.93	7.4	1.7	2.6	2.05
4	7.13	12.93	11.1	0.93	5.1	4	0.3	1.87	0
5	6.23	9.8	10.3	0.07	4.03	3.07	0	2.17	0
6	4.13	8.25	8.15	0	3.3	2.3	0	3.43	0
7	4.4	8.2	7.8	0.83	3.53	3.67	0.93	4.2	1.15
8	3.7	7.2	7	0	2.9	4.57	0	2.33	0
9	5.57	6.7	7.4	2.8	4.07	5.57	8.4	4.7	6.75
10	4	6.2	7.2	0.03	2.57	8.07	0	3.77	0.7
14	4	6	7	0	3.2	7.13	0	1.03	1.35
17	6.13	13.67	15.2	0.033	0	–	–	–	–
SLOPE=RATE	-2.33	-1.60	-1.65	-3.95	-2.62	-3.42	-5.05	-4.45	-4.90

1.3 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้ของเห็ดฟาง

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้ของเห็ดฟาง

Time(hr)	4 °C,oxygen in air = 18.3%			10 °C,oxygen in air = 18.3%			15 °C,oxygen in air = 18.3%		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2
1	10.2	8.7	10.9	12.23	12.87	12.87	12.43	13.43	12.97
2	3.13	1	5.07	5.9	7.7	7.37	5.5	7.2	7
3	0.8	0.2	3.67	3	5.4	4.77	1.77	4.17	3.97
4	0.067	1.9	2.27	1.23	2.67	3.07	0	0.53	0.97
5	0.087	2.17	1.33	0.4	1.33	0.47	0.4	0	0.03
6	1.5	1.87	0.83	0	0.77	0	0	0	0
7	1.47	7.1	0.33	0	0.23	0	0	0	0
SLOPE=RATE	-5.92	-6.17	-4.94	-3.56	-3.35	-3.44	-4.70	-4.46	-3.71

1.4 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้ของเห็ดฟาง

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนที่วัดได้ของเห็ดนางฟ้า

Time(hr)	4 °C,oxygen in air = 18.3%			10 °C,oxygen in air = 18.3%			15 °C,oxygen in air = 18.3%		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	18	18	18	18	18	18	18	18	18
1	14.36	13.83	14.56	14.85	11.5	12.33	12.46	13.3	13
2	13.96	12	13.46	12.86	10.8	11.56	9.8	11.23	10.9
3	13	11.6	12.56	9.06	8.83	9.56	7.2	9.2	8.83
4	11.86	10.06	11.56	7.75	6.36	7.16	4.3	6.56	6.44
5	10.8	8.8	10.63	5.96	4.46	5.36	1.8	4.66	3.17
6	10.06	7.9	9.4	3.23	3.65	2.76	0.1	2.55	2
7	6.55	7.05	6.98	2.9	1.95	1.2	0	0.75	1.05
8	0	0	0	0	0.3	0	0.1	0.2	1.4
SLOPE=RATE	-1.34	-1.06	-1.22	1.07	0.98	1.04	1.23	1.05	1.10

2 . ข้อมูลแสดงการให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสี และความสดของผัก

2.1 ข้อมูลแสดงการให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสี และความสดของผักกระเฉด

ตารางที่ 5 แสดงการให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสี และความสดของผักกระเฉด

level of score	day of water mimosa in cooling incubator.								
	4 °C			10 °C			15 °C		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
5	2	2	2	3	3	3	2	2	2
4	2	2	2	2	2	3	2	2	2
3	2	3	3	1	2	1	1	1	1
2	4	3	3	4	3	3	2	3	3
1	1	1	1	1	1	1	3	2	2
total(day)	11	11	11	11	11	11	10	10	10
weight of score	33	34	34	35	36	37	28	29	29
average weight of score	33.67			36.00			28.67		

2.2 ข้อมูลแสดงการให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสี และความสดของถั่วพู

ตารางที่ 6 แสดงการให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสี และความสดของถั่วพู

level of score	day of water mimosa in cooling incubator.								
	4 °C			10 °C			15 °C		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
5	1	1	1	2	2	2	2	2	2
4	3	2	2	2	2	2	2	2	2
3	2	3	3	3	2	2	2	2	1
2	1	1	1	0	1	1	1	1	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
total(day)	8	8	8	8	8	8	8	8	8
weight of score	26	25	25	28	27	27	27	27	26
average weight of score	25.33			27.33			26.67		

3. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียโดยน้ำหนักของผัก

ตารางที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียโดยน้ำหนักของผักกระเฉด

types of plastic	Temperature (°C)	before weight (g)	after weight (g)	weight loss(%)	average weight loss(%)
LDPE 1	4	100.29	78.68	21.55	17.76
	4	100.93	85.91	14.88	
	4	100.1	83.21	16.87	
	10	100.43	66.58	33.71	26.82
	10	100.34	75.77	24.49	
	10	100.6	78.17	22.30	
	15	100.2	67.2	32.93	36.74
	15	100.4	62.13	38.12	
	15	100.73	61.26	39.18	
LDPE 2	4	100.09	70.66	29.40	29.52
	4	100.24	68.55	31.61	
	4	100.64	72.9	27.56	
	10	100.71	66.6	33.87	31.37
	10	100.19	71.66	28.48	
	10	100.35	68.45	31.79	
	15	100.44	57.23	43.02	44.39
	15	100.73	56.09	44.32	
	15	100.35	54.33	45.86	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียโดยน้ำหนักของผักกระเฉด (ต่อ)

types of plastic	Temperature (°C)	before weight (g)	after weight (g)	weight loss(%)	average weight loss(%)
PP	4	100.63	70.2	30.24	31.62
	4	100.31	71.8	28.42	
	4	100.22	63.94	36.20	
	10	100.42	66.9	33.38	34.96
	10	100.26	62.76	37.40	
	10	100.64	66.32	34.10	
	15	100.25	44.11	56.00	58.83
	15	100.16	38.19	61.87	
	15	100.54	41.59	58.63	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียโดยน้ำหนักของถั่วพู

types of plastic	Temperature (°C)	before weight (g)	after weight (g)	weight loss (%)	average weight loss (%)
LDPE 1	4	100.29	58.9	41.27	43.30
	4	100.93	56.95	43.57	
	4	100.1	54.98	45.07	
	10	100.43	66.58	33.71	31.68
	10	100.34	70.12	30.12	
	10	100.6	69.17	31.24	
	15	100.2	59.53	40.59	40.95
	15	100.4	57.13	43.10	
	15	100.73	61.26	39.18	
LDPE 2	4	100.09	55.29	44.76	41.61
	4	100.24	60.68	39.47	
	4	100.64	59.75	40.63	
	10	100.71	74.6	25.93	28.39
	10	100.19	71.66	28.48	
	10	100.35	69.45	30.79	
	15	100.44	58.23	42.03	39.42
	15	100.73	63.09	37.37	
	15	100.35	61.33	38.88	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียโดยน้ำหนักของถั่วพู (ต่อ)

types of plastic	Temperature (°C)	before weight (g)	after weight (g)	weight loss (%)	average weight loss (%)
PP	4	100.63	70.2	30.24	30.95
	4	100.31	70.8	29.42	
	4	100.22	66.94	33.21	
	10	100.42	75.9	24.42	26.66
	10	100.26	73.76	26.43	
	10	100.64	71.32	29.13	
	15	100.25	67.11	33.06	34.91
	15	100.16	62.19	37.91	
	15	100.54	66.59	33.77	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

1. แผนการทดลองของผักกระเฉด

Post Hoc Tests

TEMP

Multiple Comparisons

Dependent Variable: LNR

	(I) TEMP	(J) TEMP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	10	15	-.37316489*	8.79E-02	.001	-.56477295	-.18155682
		4	.47975978*	8.79E-02	.000	.28815171	.67136784
	15	10	.37316489*	8.79E-02	.001	.18155682	.56477295
		4	.85292467*	8.79E-02	.000	.66131660	1.04453273
	4	10	-.47975978*	8.79E-02	.000	-.67136784	-.28815171
		15	-.85292467*	8.79E-02	.000	-1.04453273	-.66131660

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

LNR

	TEMP	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Duncan[a,b]	4	9	.5688811		
	10	9		1.048641	
	15	9			1.421806
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 3.480E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE

Multiple Comparisons

Dependent Variable: LNR

	(I) PACKAGE	(J) PACKAGE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	LDPE 1	LDPE 2	.16545656	8.79E-02	.084	-2.6152E-02	.35706462
		PP	.18786567	8.79E-02	.054	-3.7424E-03	.37947373
	LDPE 2	LDPE 1	-.16545656	8.79E-02	.084	-.35706462	2.6152E-02
		PP	2.241E-02	8.79E-02	.803	-.16919895	.21401718
	PP	LDPE 1	-.18786567	8.79E-02	.054	-.37947373	3.7424E-03
		LDPE 2	-2.241E-02	8.79E-02	.803	-.21401718	.16919895

Based on observed means.

Homogeneous Subsets

LNR

	PACKAGE	N	Subset 1
Duncan[a,b]	PP	9	.9430177
	LDPE 2	9	.9654268
	LDPE 1	9	1.130883
	Sig.		.064

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 3.480E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แผนการทดลองของถั่วพู

Post Hoc Tests

TEMP

Multiple Comparisons

Dependent Variable: LNR

	(I) TEMP	(J) TEMP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	10	15	-.17404444*	2.24E-02	.000	-.22288617	-.12520272
		4	.47792222*	2.24E-02	.000	.42908050	.52676395
	15	10	.17404444*	2.24E-02	.000	.12520272	.22288617
		4	.65196667*	2.24E-02	.000	.60312494	.70080839
	4	10	-.47792222*	2.24E-02	.000	-.52676395	-.42908050
		15	-.65196667*	2.24E-02	.000	-.70080839	-.60312494

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

LNR

	TEMP	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	4	9	.1761222		
	10	9		.6540444	
	15	9			.8280889
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2.261E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE

Multiple Comparisons

Dependent Variable: LNR

	(I) PACKAGE	(J) PACKAGE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	LDPE 1	LDPE 2	.33703333*	2.24E-02	.000	.28819161	.38587506
		PP	.18711111*	2.24E-02	.000	.13826939	.23595284
	LDPE 2	LDPE 1	-.33703333*	2.24E-02	.000	-.38587506	-.28819161
		PP	-.14992222*	2.24E-02	.000	-.19876395	-.10108050
	PP	LDPE 1	-.18711111*	2.24E-02	.000	-.23595284	-.13826939
		LDPE 2	.14992222*	2.24E-02	.000	.10108050	.19876395

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

LNR

	PACKAGE	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Duncan[a,b]	LDPE 2	9	.3904333		
	PP	9		.5403556	
	LDPE 1	9			.7274667
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 2.261E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แผนการทดลองของเห็ดฟาง

Post Hoc Tests

TEMP

Multiple Comparisons

Dependent Variable: LNR

	(I) TEMP	(J) TEMP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	10	15	-.26045111*	5.02E-02	.000	-.36982183	-.15108039
		4	-.47762333*	5.02E-02	.000	-.58699406	-.36825261
	15	10	.26045111*	5.02E-02	.000	.15108039	.36982183
		4	-.21717222*	5.02E-02	.001	-.32654295	-.10780150
	4	10	.47762333*	5.02E-02	.000	.36825261	.58699406
		15	.21717222*	5.02E-02	.001	.10780150	.32654295

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

LNR

	TEMP	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	10	9	1.245652		
	15	9		1.506103	
	4	9			1.723276
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.134E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE

Multiple Comparisons

Dependent Variable: LNR

	(I) PACKAGE	(J) PACKAGE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	LDPE 1	LDPE 2	3.041E-02	5.02E-02	.556	-7.8961E-02	.13978072
		PP	9.484E-02	5.02E-02	.083	-1.4532E-02	.20420961
	LDPE 2	LDPE 1	-3.041E-02	5.02E-02	.556	-.13978072	7.8961E-02
		PP	6.443E-02	5.02E-02	.224	-4.4942E-02	.17379961
	PP	LDPE 1	-9.484E-02	5.02E-02	.083	-.20420961	1.4532E-02
		LDPE 2	-6.443E-02	5.02E-02	.224	-.17379961	4.4942E-02

Based on observed means.

Homogeneous Subsets

LNR

	PACKAGE	N	Subset 1
Duncan[a,t]	PP	9	1.438588
	LDPE 2	9	1.503017
	LDPE 1	9	1.533427
	Sig.		.097

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.134E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แผนการทดลองของเห็ดนางฟ้า

Post Hoc Tests

TEMP

Multiple Comparisons

Dependent Variable: LNR

	(I) TEMP	(J) TEMP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	10	15	-.35869367*	8.53E-02	.001	-.54444254	-.17294479
		4	.49423100*	8.53E-02	.000	.30848213	.67997987
	15	10	.35869367*	8.53E-02	.001	.17294479	.54444254
		4	.85292467*	8.53E-02	.000	.66717579	1.03867354
	4	10	-.49423100*	8.53E-02	.000	-.67997987	-.30848213
		15	-.85292467*	8.53E-02	.000	-1.03867354	-.66717579

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

LNR

	TEMP	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Duncan[a,b]	4	9	.5688811		
	10	9		1.063112	
	15	9			1.421806
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 3.271E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE

Multiple Comparisons

Dependent Variable: LNR

	(I) PACKAGE	(J) PACKAGE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	LDPE 1	LDPE 2	.18767878*	8.53E-02	.048	1.9299E-03	.37342765
		PP	.21783889*	8.53E-02	.025	3.2090E-02	.40358776
	LDPE 2	LDPE 1	-.18767878*	8.53E-02	.048	-.37342765	-1.9299E-03
		PP	3.016E-02	8.53E-02	.730	-.15558876	.21590899
	PP	LDPE 1	-.21783889*	8.53E-02	.025	-.40358776	-3.2090E-02
		LDPE 2	-3.016E-02	8.53E-02	.730	-.21590899	.15558876

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

LNR

	PACKAGE	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	PP	9	.9352667	
	LDPE 2	9	.9654268	
	LDPE 1	9		1.153106
	Sig.		.730	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 3.271E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้