Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 175-178 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 175-178 (2553)

# การยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

# Shelf-life extension of rambutan by micro-perforated films

**ชาริณี วิโนทพรรษ์[1], นพดล เกิดดอนแฝก[1], ปิติรัตน์ กลิ่นธรรม[1] และ วรรณี ฉินศิริกุล[1]**

Charinee Winotapun[1], Noppadon Kerddonfag[1], Pitirat Klintham[1] and Wannee Chinsirikul[1]

**Abstract**

Based on the development of laser perforating machine at National Metal and Materials Technology Center (MTEC), this manuscript demonstrated an application example using our developed micro-perforated films. This study aimed at effects of three different packaging films (regular BOPP, micro-perforated BOPP and macro-perforated LDPE films) and their in-pack atmospheres, on shelf life and quality of rambutan. Rambutan was packaged in the 'tray–in bag' form. The micro-perforated films used had varying numbers of holes depending upon required oxygen transmission rate (OTR), and the average hole diameter was ~ 50 microns. Three micro-perforated films (MP) with different OTRs were fabricated and used. These are 2700 (MP-A), 3765 (MP-B) and 6400 (MP-C) cc/$m^2$.day. Comparison was made between regular BOPP, the three micro-perforated films and macro-perforated PE films (6 mm hole diameter, 8 holes/bag). Bag size of ~15x17 cm and rambutan weight of ~ 150 g were used and kept the same for all tests. Quality and weight loss of rambutan were monitored and analyzed at the storage temperature of 13 °C and 90-95%RH. It was found that MP-B appeared to be the most effective package for rambutan with resulting shelf life of 14 days. Storage shelf-life of 12 and 8 days were obtained for MP-A and MP-C, respectively. The lowest weight loss and delayed discoloration of skin and spines were observed in micro-perforated package. For the package with regular BOPP and macro-perforations, shelf-life of rambutan was 3 and 8 days, respectively. Modified atmosphere (MA) was developed in the packages of micro-perforated films whereas air atmosphere was observed in the macro-perforated packages. Overall results, thus, indicated that create micro-perforated films MA condition which is beneficial for extending shelf-life of the rambutan.

**Key word:** Rambutan, Micro-perforated films, Modified atmosphere packaging, shelf life

**บทคัดย่อ**

จากงานวิจัยและพัฒนาเครื่องเจาะรูฟิล์มพลาสติกด้วยเลเซอร์ของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการเปรียบเทียบผลของบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด คือ ฟิล์ม BOPP ไม่เจาะรู ฟิล์มที่มีรูเจาะขนาดไมครอน ฟิล์ม LDPE ที่รูเจาะขนาดใหญ่ ที่มีค่าอัตราการผ่านของก๊าซที่แตกต่างกัน รวมถึงสภาวะบรรยากาศภายในถุงบรรจุที่มีต่อการเก็บรักษาเงาะ โดยบรรจุเงาะในถาดแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์ม BOPP ไม่เจาะรู ฟิล์ม BOPP ที่เจาะรูในระดับไมครอน ที่มีค่าอัตราการผ่านของก๊าซออกซิเจน 2700 3765 และ 6400 cc/$m^2$.day ตามลำดับ เปรียบเทียบกับถุง LDPE เจาะรูขนาดใหญ่ จำนวน 8 รู โดยฟิล์มแต่ละประเภทมีขนาด 15×17 เซนติเมตร บรรจุเงาะ ~ 150 กรัม ต่อ 1 ถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% พบว่า การบรรจุเงาะในถุง BOPP เจาะรูขนาดไมครอน ที่มีอัตราการผ่านของก๊าซออกซิเจน 3765 cc/$m^2$.day สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและชะลอการเกิดสีน้ำตาลดำของขนและผิวเปลือกของเงาะได้ดีที่สุด และมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคตลอดระยะเวลา 14 วัน รองลงมา คือ เงาะที่บรรจุในถุง BOPP ที่มีการเจาะรูในระดับไมครอน ที่มีอัตราการผ่านของก๊าซออกซิเจน 2700 และ 6400 cc/$m^2$.day สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 และ 8 วัน ตามลำดับ นอกจากนี้ภายหลังการเก็บรักษาเพียง 3 วัน เงาะบรรจุอยู่ในถุง BOPP ที่ไม่เจาะรู เริ่มมีกลิ่นหมักและมีรสชาติที่ผิดแปลกไป ส่วนเงาะที่บรรจุในถุง LDPE เจาะรูขนาดใหญ่ 8 รู พบว่า ในภายหลังจากการเก็บรักษา 9 วัน เงาะเริ่มมีอาการเน่าและขนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำเกิดขึ้น ส่วนสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์แต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน ผลการศึกษานี้จึงบ่งชี้ถึงสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีประโยชน์ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

**คำสำคัญ** เงาะ, ฟิล์มเจาะรูระดับไมครอน, สภาพบรรยากาศดัดแปลง

---

[1] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ปทุมธานี 12120

[1] National Metal and Materials Technology Center, National Science and Technology Development Agency Pathumthani 12120

## คำนำ

เงาะ (*Nephelium lappaccum* Linn.) เป็นไม้ผลเมืองร้อน เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีความชื้นค่อนข้างสูง นิยมบริโภคผลสดและเป็นวัตถุดิบที่สำคัญของอุตสาหกรรมเกษตร เช่น เงาะกระป๋อง เป็นต้น เงาะเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ แต่ปัญหาราคาผลผลิตเงาะตกต่ำยังเกิดขึ้นทุกปี อาจเนื่องจากช่วงฤดูกาลการผลิตเงาะมีระยะสั้นและและออกสู่ตลาดพร้อมๆ กัน ประกอบกับภายหลังการเก็บเกี่ยวเงาะมีอายุการเก็บรักษาสั้น ซึ่งเกิดจากการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว จึงควรเก็บรักษาในสภาพที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยไม่ก่อให้เกิดการเสื่อมคุณภาพจากความเย็น วิธีการหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อการยืดอายุเก็บรักษาผลิตผลเงาะ คือ การใช้บรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มผลิตผลร่วมกับอุณหภูมิการเก็บรักษาที่เหมาะสม อย่างไรก็ดี หากใช้บรรจุภัณฑ์หรืออุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้ก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุไม่เหมาะต่อการยืดอายุรวมถึงอาจเกิดหยดน้ำอยู่ในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งส่งผลให้เงาะเกิดการเน่าเสีย การศึกษานี้จึงทดลองเปรียบเทียบผลของบรรจุภัณฑ์มีรูเจาะขนาดไมครอนที่อัตราการผ่านของก๊าซที่แตกต่างกัน โดยฟิล์มเจาะรูในระดับไมครอนนี้ผลิตจากเครื่องเจาะรูฟิล์มพลาสติกด้วยเลเซอร์ที่พัฒนาขึ้นโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ การใช้ฟิล์มที่มีรูเจาะระดับไมครอนเป็นเทคนิคหนึ่งในการสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (Equlilibrium Modified Atmosphere, EMA) ภายในถุงบรรจุผลิตผลสด เพื่อยืดอายุและช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาของผลเงาะ จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การใช้ฟิล์มเจาะรูในระดับไมครอนบรรจุผักและผลไม้สามารถรักษาคุณภาพผลิตผลการเกษตรได้หลายชนิด เช่น หัวหอมใหญ่ซอย (Ibaraki et al., 2000) และผักสลัดกรีนโอ๊ค (ชาริณีและคณะ, 2009) เป็นต้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

คณะวิจัยได้ทดสอบเจาะรูฟิล์ม BOPP ที่มีความหนา 25 ไมครอน ด้วยเครื่องเจาะรูฟิล์มที่ใช้ Nd-YAG laser ชนิดแสงสีเขียว ที่มีความยาวคลื่นแสง 532 nm และตรวจสอบประสิทธิภาพและคุณภาพของรูเจาะด้วย Optical Microscopy โดยเจาะรูฟิล์ม BOPP แล้ววัดอัตราการแพร่ของก๊าซออกซิเจน ($O_2$) และคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$)ผ่านฟิล์มโดยใช้เมมเบรนที่มีความเป็นรูพรุนสูงและยอมให้ก๊าซผ่านได้สูงมากที่พัฒนาขึ้นโดย MTEC เป็น back-up substate ของฟิล์มเจาะรูในระดับไมครอนเพื่อช่วยในการควบคุมความดันของก๊าซที่เปลี่ยนแปลงและป้องกันการรั่วของก๊าซที่อาจเกิดขึ้น แล้วส่งผลกระทบต่อเซ็นเซอร์ภายในเครื่องทดสอบ (Kerddonfag *et al*., 2008) ฟิล์ม BOPP เจาะรูขนาดไมครอน 3 ตัวอย่างที่พัฒนาขึ้นและใช้ในการศึกษานี้ มีอัตราการผ่านของก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 2700 3765 และ 6400 cc/$m^2$.day ส่วนการบรรจุเริ่มจากคัดเลือกเงาะให้มีน้ำหนักขนาดและสีสม่ำเสมอกัน แล้วบรรจุลงในถาดห่อหุ้มด้วยฟิล์ม BOPP ไม่เจาะรู ถุง BOPP เจาะรูในระดับไมครอน (∅เฉลี่ย ~ 50 ไมครอน) ฟิล์มเจาะรูทางการค้าที่ใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน ซึ่งเป็นฟิล์ม LDPE ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะขนาดใหญ่โดยเฉลี่ย ~ 6 มิลลิเมตร จำนวน 8 รู ต่อ 1 ถุง และเปรียบเทียบกับเงาะที่ไม่บรรจุถุงพลาสติก (ชุดควบคุม) ถุงบรรจุทั้งสามประเภทมีขนาด 15x17 เซนติเมตร บรรจุเงาะ ~ 150 กรัมต่อ 1 ถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส จากนั้นสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพ โดยบันทึกปริมาณก๊าซภายในถุง ($O_2$และ $CO_2$) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรต และการสูญเสียน้ำหนักของเงาะ

## ผล

การศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เพื่อยืดอายุผลเงาะ พบว่าฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน 3 ตัวอย่าง ที่พัฒนาขึ้น มีสมบัติการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์และค่า WVTR แสดงในตารางที่ 1 การบรรจุเงาะในฟิล์ม BOPP ที่มีรูเจาะขนาดไมครอนสามารถสร้างบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุลภายในบรรจุภัณฑ์ได้ โดยถุง MP- B มีปริมาณก๊าซ $O_2$ และ $CO_2$ เฉลี่ยเท่ากับ 12.6% และ 6.3% ตามลำดับ ถุง MP-A และ MP-B เข้าสู่สภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุลตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ถุง BOPP ไม่เจาะรู มีปริมาณของก๊าซ $CO_2$ สูงขึ้นและ $O_2$ ภายในถุงลดลงต่ำมากหลังจากการเก็บรักษา 4 วัน (Figure 1)

**Table1** Gas permeability of perforated BOPP and regular BOPP films (~ 25 micron)

| Sample | Transmission Rate (TR) (cc/m2/day), 23°C, 0%RH | | WVTR (g/$m^2$/day), |
|---|---|---|---|
| | OTR | $CO_2$TR | 25°C,100%RH |
| Regular BOPP films | 1600±23 | 3465±114 | 6±1 |
| MP-A | 2700±49 | 4228±156 | 16±2 |
| MP-B | 3765±97 | 5156±310 | 26±5 |
| MP-C | 6400±291 | 8870±930 | 64±15 |

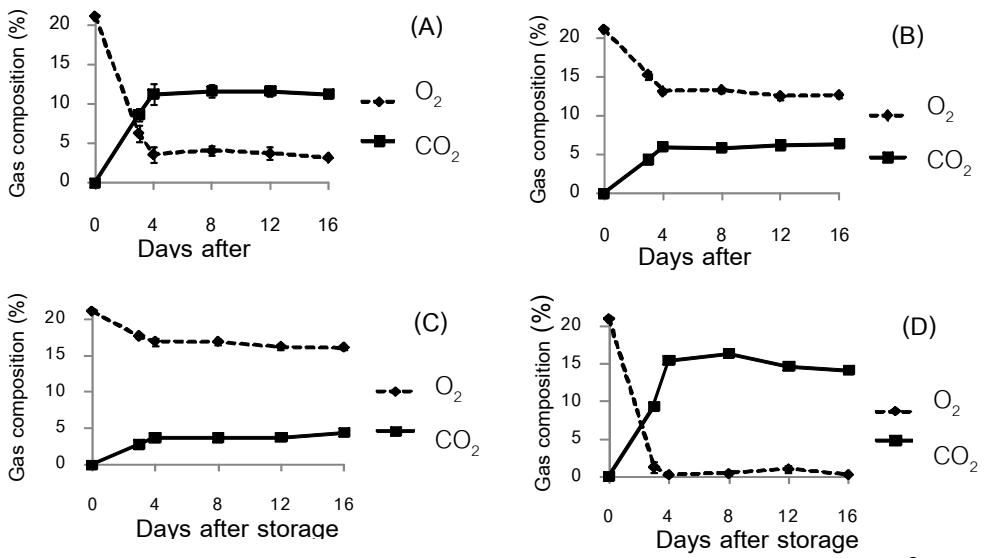


**Figure1** Changes in $O_2$ and $CO_2$ concentrations in BOPP film packages during storage at 13°C

(A) MP-A (B) MP- B

(C) MP-C (D) Regular BOPP

ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในผลเงาะที่เก็บรักษาในถุงชนิดต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในผลเงาะมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา พบว่า ถุง LDPE เจาะรูขนาดใหญ่ ถุง BOPP ไม่เจาะรูและถุง MP-A MP-B และ MP-C มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำคือ 20.13 19.29 19.93 20.20 และ 20.13 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตโดยเฉลี่ย คือ 0.22 0.20 0.24 0.23 และ 0.24 % ตามลำดับ (Figure2)

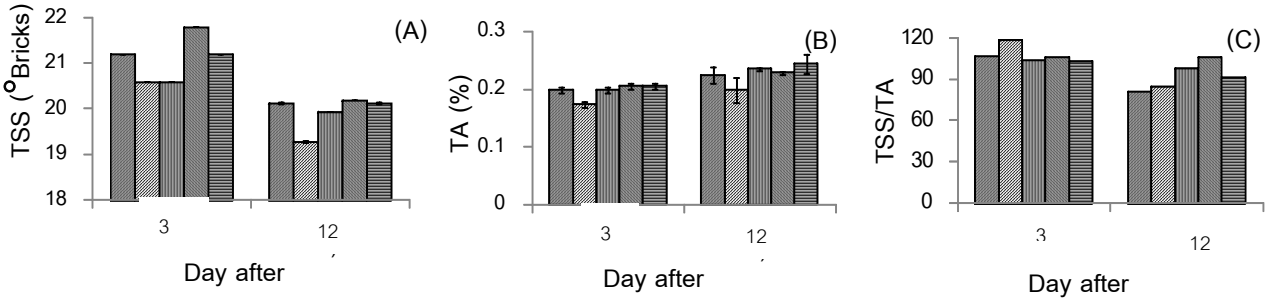


**Figure 2** (A) TSS (B) TA (C) TSS/TA of rambutan packed in micro-perforated film; Commercial film with 8 macro-perforations

Regular BOPP Micro-perforated A Micro-perforated B Micro-perforated C

อย่างไรก็ตาม ในทุกชุดการทดลองผลเงาะมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 3) ผลเงาะที่บรรจุในถุง MP-B สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลเงาะได้ดีที่สุด รองลงมา คือ เงาะที่บรรจุในถุง MP-A และ MP-C ถุง LDPE เจาะรูขนาดใหญ่ จำนวน 8 รู และ โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 2.85 3.19 3.39 8.64 และ 32.48 ตามลำดับ

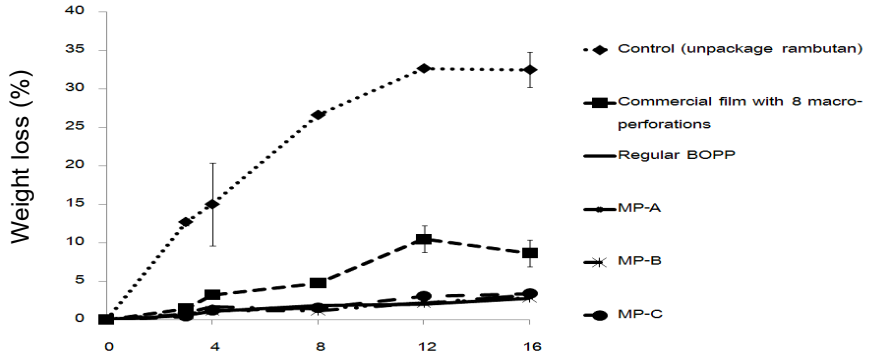


**Figure 3** Effect of micro-perforated film on weight loss of rambutan during storage at 13°C

## วิจารณ์ผล

การศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เพื่อยืดอายุผลเงาะนั้น พบว่า ถุง BOPP ที่ไม่เจาะรู มีสมบัติให้ก๊าซผ่านเข้าออกน้อยเกินไป ทำให้ปริมาณก๊าซ $CO_2$ สะสมมากและ $O_2$ ภายในถุงลดลงมาก ส่งผลให้เงาะมีกลิ่นหมักเกิดขึ้นภายหลังการเก็บรักษาได้เพียง 3 วัน เนื่องจากเงาะเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ $O_2$ ส่งผลให้เกิดการสะสมของแอลกอฮอล์จากกระบวนการหายใจ เงาะจึงมีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติไป ส่วนถุง LDPE เจาะรูขนาดใหญ่ยอมให้ก๊าซและไอน้ำผ่านมากเกินไป ทำให้เงาะสูญเสียน้ำมากและขนเงาะเหี่ยวเร็ว เนื่องจากขนเงาะที่มีพื้นที่ผิวในการคายน้ำสูง(จริงแท้, 2544) ทำให้สามารถเก็บรักษาได้เพียง 6 วัน ในขณะที่ถุง BOPP ที่มีรูเจาะขนาดไมครอนมีสมบัติในการยอมให้ก๊าซผ่านเข้าออกได้ในปริมาณที่เหมาะสม ทำให้ช่วยชะลอการหายใจและการเสื่อมสภาพของเงาะ ชะลอการลดลงของ TSS และ เพิ่มขึ้นของ TA เนื่องจากน้ำตาลจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ (จริงแท้, 2544) นอกจากนี้ฟิล์มยังสามารถรักษาระดับความชื้นในภาชนะบรรจุให้อยู่ในระดับที่สูง ~90% ซึ่งส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลเงาะที่น้อยลง ฟิล์มยังยอมให้ไอน้ำที่เกิดขึ้นระเหยหรือแพร่ผ่านฟิล์มได้ จึงช่วยลดปัญหาจากการควบแน่นของหยดน้ำและการเน่าของผลเงาะ ถุง MP-C เกิดการเปลี่ยนสีของขนเงาะเป็นสีน้ำตาลดำ ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา และหลังจากการเก็บรักษาในวันที่ 12 ผลเงาะที่บรรจุในถุง MP-A เริ่มมีรสชาติที่ผิดปกติและมีกลิ่นหมักเกิดขึ้น ในขณะที่เงาะที่บรรจุในถุง MP-B สามารถรักษาความสดของเงาะและมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคตลอดระยะเวลา 14 วัน

## สรุป

จากการทดลองการเปรียบเทียบผลของการใช้ฟิล์มที่มีรูเจาะขนาดไมครอนต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของเงาะ พบว่าในการเก็บรักษาโดยใช้ถุง Micro-perforated B สามารถสร้างบรรยากาศดัดแปลงและยืดอายุการเก็บรักษา ชะลอการเปลี่ยนสีของขนเงาะเป็นสีน้ำตาลดำได้ดี และมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด รองลงมาคือ Micro-perforated A และ C ถุง LDPE ที่เจาะรูขนาดใหญ่ 8 รู และถุง BOPP ที่ไม่เจาะรู ตามลำดับ โดยเงาะที่บรรจุในถุง Micro-perforated B สามารถเก็บรักษาได้ถึง 14 วัน ในขณะที่เงาะที่บรรจุในถุง BOPP ไม่เจาะรูสามารถเก็บรักษาได้เพียง 3 วัน

## คำขอบคุณ

คณะวิจัยขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการสนับสนุนงบประมาณสำหรับงานวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ชาริณี วิโนทพรรษ์ นพดล เกิดดอนแฝก ปิติรัตน์ กลิ่นธรรม และวรรณี ฉินศิริกุล. 2552. ผลของฟิล์มที่มีรูเจาะขนาดไมครอนต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของผักสลัดกรีนโอ๊ค. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 8. โรงแรมดิเอ็มเพรส. หน้าที่ 137.

Ibaraki, T., T. Ishii, E. Ikematsu, H. Ikeda and H.Ohta. 2000. Modified atmosphere packaging of cut welsh onion: effect of micro-perforated polypropylene film packaging on chemical component and quality stability of the vegetable. Food Sci. Technol. Res.6: 126-129.

Kerddonfag, N., W. Chinsirikul, A. Fuongfuchat, and C. Winotapun. 2008. New approach in measuring permeability of micro-perforated films via interated system of coulometric sensor with biaxially oriented PP membranes. Proceeding of the Polymer Processing Society 24th Annual Meeting. Italy: 390.