



KKU Engineering Journal

<http://www.en.kku.ac.th/enjournal/th/>

ผลของตัวแปรที่มีต่อสมบัติเชิงกลและการซึมผ่านก๊าซของแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนผสมเถ้าแกลบ Effect of variables on mechanical property and permeability of polyethylene-rice husk ash film

ฉัตรเกล้า มะชะศรี และ สมใจ ขจรชีพันธุ์งาม*

Chatklaw Machsri and Somjai Kajorncheappunngam*

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 4002

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002

Received April 2013

Accepted September 2013

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลและการซึมผ่านก๊าซของแผ่นฟิล์มที่ผลิตจากพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE) ผสมเถ้าแกลบ โดยมีตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ สัดส่วนของเถ้าแกลบที่ผสมในแผ่นฟิล์ม (0%, 10%, 20% และ 30% โดยน้ำหนัก) และ อัตราแรงดึงฟิล์มขณะทำการขึ้นรูป (Stretching ratio) (100%, 135%, 150% และ 170%) ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะมีผลต่อสมบัติของแผ่นฟิล์ม เช่น ความทนแรงดึง และสมบัติการยืดตัว ณ จุดขาด อัตราการซึมผ่านของไอน้ำและอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนของแผ่นฟิล์ม ผลจากการศึกษาพบว่า การเพิ่มส่วนผสมเถ้าแกลบในแผ่นฟิล์ม และการเพิ่มอัตราแรงดึงฟิล์มในขณะขึ้นรูปจะส่งผลให้สมบัติความทนแรงดึงของแผ่นฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้น แต่จะลดสมบัติการยืดตัว ณ จุดขาดของแผ่นฟิล์ม การเพิ่มอัตราแรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปมีผลทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจนของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้น ผลจากการทดสอบการนำแผ่นฟิล์มไปหีบห่อพริกขี้หนูสด แสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มที่มีสัดส่วนเถ้าแกลบผสม 30% ที่อัตราแรงดึงฟิล์มในขณะขึ้นรูป 170% สามารถเก็บรักษาพริกขี้หนูได้ถึง 80 วัน ในขณะที่แผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนทั่วไปที่ผลิตโดยวิธีธรรมดาสามารถเก็บพริกขี้หนูได้เพียง 20 วัน

คำสำคัญ : แผ่นฟิล์มที่ก๊าซซึมผ่านได้ พอลิเอทิลีน เถ้าแกลบ

Abstract

The objective of this research is to study the effects of variables on mechanical property and gas permeability of film produced from Low Density Polyethylene (LDPE) mixed with rice husk ash. The studied variables were the portions of rice husk ash (0%, 10%, 20% and 30% by weight) blended in the film and the stretching ratios during film forming (100%, 135%, 150% and 170%). These variables affected the film property, such as tensile strength and elongation at break, water vapor transmission rate and oxygen

*Corresponding author. Tel.: +66-8-9422-0455

Email address: ksomja@kku.ac.th

transmission rate of the film. The results of the study indicated that increasing the amount of rice husk ash blended in film and the stretching ratio caused an increase in tensile strength, but reduced the elongation at break. Increasing the stretching ratio led to an increase in both water vapor and oxygen transmission rate of the film. Results of applying film for chilli packaging showed that the film containing 30% rice husk ash and with stretching ratio of 170% could extend chilli shelf life up to 80 days while the conventional polyethylene film could keep chilli for only 20 days.

Keywords : Permeable film, Polyethylene, PE, Rice husk ash

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่เป็นแหล่งเพาะปลูกพืชผักและผลไม้ที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ทำให้มีการส่งออกผลผลิตพืชผักและผลไม้ไปยังประเทศอื่นๆ ทั่วโลก ปัญหาช่วงแรกๆ ที่พบคือผลผลิตที่ส่งออกไปมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น เกิดการเน่าเสียเร็ว ทำให้ไม่สามารถเก็บผลผลิตไว้ได้นาน จึงได้มีการแก้ปัญหาโดยทำการเก็บผลผลิตที่ได้ไว้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำซึ่งจะช่วยลดอัตราการกระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolic process rate) ภายในของผลผลิต ทำให้ผลผลิตมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวขึ้น [1] แต่วิธีนี้ทำให้ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ต่อมาจึงมีการพัฒนามาเป็นการบรรจุหีบห่อภายใต้สภาวะอากาศดัดแปลง (Modified atmosphere packaging, MAP) คือมีการสร้างระบบการหีบห่อผักและผลไม้ที่สามารถควบคุมสภาวะต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับผลผลิตที่อยู่ภายในหีบห่อได้ เช่น การควบคุมอัตราการระเหยของไอน้ำบนพื้นผิวของผลผลิต การใส่สารที่สามารถดูดซับก๊าซเอทิลีนลงไปในหีบห่อ และการควบคุมความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในหีบห่อ เป็นต้น ตัวอย่างพืชผักผลไม้ที่ใช้เทคนิคการหีบห่อภายใต้สภาวะอากาศดัดแปลงมาใช้เพื่อยืดอายุของพืชผักผลไม้ ได้แก่ เห็ด [2] แอปเปิ้ล [3] มะเขือเทศ [4] มันฝรั่ง [5] และ มะม่วง [6] เป็นต้น

สำหรับพอลิเมอร์ที่นิยมนำมาใช้ทำเป็นวัสดุหีบห่อภายใต้สภาวะอากาศดัดแปลง เช่น พอลิเอทิลีนความ

หนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene, LDPE) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride, PVC) พอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ในการผลิตแผ่นฟิล์มเพื่อการหีบห่อผลผลิตจะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของแผ่นฟิล์มและอัตราการซึมผ่านก๊าซของแผ่นฟิล์ม การที่ก๊าซสามารถซึมผ่านแผ่นฟิล์มได้เนื่องจากสารตัวเติม (Filler) ที่มีอยู่ในพอลิเมอร์และแรงดึงฟิล์มขณะทำการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม (Stretching ratio) จะทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็กตรงบริเวณผิวสัมผัสระหว่างสารตัวเติมและพอลิเมอร์ฟิล์ม ดังนั้นอัตราการซึมผ่านก๊าซผ่านแผ่นฟิล์มและความแข็งแรงของแผ่นฟิล์มจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพอลิเมอร์ ชนิดและปริมาณของสารตัวเติม (Filler) และแรงดึงฟิล์มขณะทำการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม (Stretching ratio) [7] ฟิล์มที่มีรูพรุนนั้นนอกจากจะนำไปใช้เป็นแผ่นฟิล์มสำหรับการบรรจุหีบห่อภายใต้สภาวะอากาศดัดแปลงแล้วยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ให้ความสำคัญกับอัตราการซึมผ่านก๊าซของแผ่นฟิล์ม ตัวอย่างเช่น ส่วนประกอบของผ้าอ้อมเด็ก และวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ฟิล์มที่ใช้ห่อหุ้มอาหาร เป็นต้น [8] ได้มีการศึกษาพัฒนากระบวนการผลิตแผ่นฟิล์มที่ให้ก๊าซซึมผ่านได้ด้วยวิธีการต่างๆ กัน เช่น การผสมแป้งมันสำปะหลังลงในพอลิเมอร์ [9] การทำแผ่นฟิล์มโดยการผสมซีโอไลต์ (Zeolite) กับพอลิเอทิลีน [8] และมีการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติการให้ก๊าซซึมผ่านได้ของแผ่นฟิล์มที่ทำจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่มีและไม่มีส่วนผสมวัสดุเซรามิกส์ [10]

จากการค้นคว้าพบว่างานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศส่วนใหญ่ศึกษาการใช้วัสดุหลากหลายชนิดเป็นสารตัวเติมผสมกับพอลิเมอร์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและอัตราการซึมผ่านก๊าซของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ หรือมุ่งเน้นศึกษาระบวนการควบคุมสภาวะภายในหีบห่อเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตสด [11-12] โดยใช้แผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ชนิดต่างๆที่ผลิตโดยวิธีธรรมดาทั่วไป (Conventional process) ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านก๊าซต่ำ ปัจจุบันจึงมีความพยายามที่จะพัฒนาตัวแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ที่ใช้หีบห่อผลผลิตให้มีอัตราการซึมผ่านก๊าซได้มากขึ้น เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บผลผลิตสด นอกจากนี้ยังไม่พบผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มอัตราการซึมผ่านก๊าซของแผ่นฟิล์มโดยการผสมเถ้าแกลบกับพอลิเมอร์ ร่วมกับการใช้กระบวนการดึงฟิล์มในขณะขึ้นรูป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจผลิตแผ่นฟิล์มจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำโดยมีเถ้าแกลบเป็นสารตัวเติม โดยตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่ ปริมาณของเถ้าแกลบที่ผสมกับพอลิเอทิลีน และอัตราส่วนแรงดึงฟิล์มขณะทำการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม (Stretching ratio) ซึ่งตัวแปรทั้งสองจะมีผลต่อสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำ สมบัติการซึมผ่านของก๊าซ ออกซิเจน และสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม ผลจากงานวิจัยนี้จะช่วยให้มีข้อมูลของอัตราการซึมผ่านของก๊าซและสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ที่สภาวะการผลิตต่างๆ ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซและสมบัติเชิงกลตรงกับความต้องการนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ

2. วัสดุและวิธีการวิจัย

2.1 วัตถุดิบ

พลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) เกรด EL-Lene LD 1902FA จากบริษัทไทยพอลิเอทิลีน (1993) และเถ้าแกลบ (Rice husk ash) ที่เตรียม

ได้จากการเผาแกลบดิบ โดยใส่แกลบดิบลงในถังน้ำมันขนาด 100 ลิตรให้เต็มถึง จุดไฟเผาแกลบ 5-6 ชั่วโมง ทิ้งไว้ 1 คืน แล้วนำเถ้าแกลบไปบดด้วย Ball mill ความเร็วรอบ 50-60 รอบต่อนาที ใช้เวลาบด 4 ชั่วโมง แล้วร่อนแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อน Mesh no. 230 จะได้เถ้าแกลบที่มีขนาดประมาณ 63 ไมครอน จากนั้นนำเถ้าแกลบไปอบไล่ความชื้นด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วจึงเก็บใส่ภาชนะที่มีฝาปิดสนิท

2.2 การเตรียมส่วนผสมเพื่อทำเม็ดพลาสติก

ซึ่งน้ำหนักของวัตถุดิบทั้ง 2 อย่าง คือเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) โดยให้มีปริมาณส่วนผสมเถ้าแกลบและ LDPE ตามสูตรที่ต้องการ โดยให้น้ำหนักรวมของแต่ละสูตรผสมเท่ากับ 20 กิโลกรัม ซึ่งสูตรการผสมทั้ง 4 สูตร เป็นดังนี้ :

สูตรที่ 1 เถ้าแกลบ 0% และ LDPE 100%

สูตรที่ 2 เถ้าแกลบ 10% และ LDPE 90%

สูตรที่ 3 เถ้าแกลบ 20% และ LDPE 80%

สูตรที่ 4 เถ้าแกลบ 30% และ LDPE 70%

2.3 การผสมวัตถุดิบและทำเป็นเม็ดพลาสติก

นำเม็ดพลาสติกและเถ้าแกลบที่เตรียมไว้ในแต่ละสูตรการผสมไปทำการผสมเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ (Twin screw extruder) โดยได้ปรับตั้งอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของเครื่องอัดรีดดังนี้ บริเวณจุดป้อนสาร (Feed zone) 160 °C บริเวณหลอมเหลว (Metering zone) 165 °C และบริเวณปลายสุด (Die zone) 170 °C ใช้ความเร็วรอบของสกรูเท่ากับ 23 รอบ/นาที จะผลิตส่วนผสมได้ประมาณ 5 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยส่วนผสมจะไหลออกจากหัวตายผ่านไปยังอ่างน้ำเย็น จากนั้นนำมาทำเป็นเม็ดด้วยเครื่องตัดเม็ดพลาสติก (Pelletizer)

2.4 การขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม

นำเม็ดพลาสติกที่ได้จากการคอมปาวด์แล้วทั้ง 4 สูตร ไปเป่าขึ้นรูปแผ่นฟิล์มด้วยเครื่องอัดรีดชนิดเป่า (Blowing film extruder) และทำการตั้งอุณหภูมิของตัวเครื่องดังนี้ บริเวณจุดป้อนสาร (Feed zone) 163°C บริเวณหลอมเหลว (Metering zone) โซน 1 และ โซน 2 เท่ากับ 165°C และบริเวณหัวปลายสุด (Die zone) 170°C โดยในระหว่างทำการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มจะมีการปรับเปลี่ยนอัตราการผลิตแผ่นฟิล์มขณะขึ้นรูป (Stretching ratio) ของแต่ละสูตรเป็น 100%, 135%, 150% และ 170% ควบคุมความกว้างของแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ไว้ที่ประมาณ 40-45 เซนติเมตร และความหนาของแผ่นฟิล์มประมาณ 0.2 มิลลิเมตร

2.5 การทดสอบสมบัติของแผ่นฟิล์ม

นำตัวอย่างแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ทั้ง 4 สูตร ไปทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ดังนี้

2.5.1 การทดสอบสมบัติความทนแรงดึง (Tensile strength) และสมบัติการยืดตัว (Elongation) ของแผ่นฟิล์ม

ตัดแผ่นฟิล์ม เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 6 นิ้ว แล้วนำขึ้นงานตัวอย่างไปทดสอบการทนต่อแรงดึงและการยืดตัวด้วยเครื่อง Instron machine (Instron 60634) ตามมาตรฐาน ASTM D882 โดยจะทำการทดสอบ 3 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่างเพื่อหาค่าเฉลี่ย

2.5.2 การทดสอบอัตราการซึมผ่านก๊าซของแผ่นฟิล์ม

นำแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ที่แต่ละสภาวะไปทำการทดสอบหาอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (Oxygen transmission rate) ตามมาตรฐาน ASTM D3985 และอัตราการซึมผ่านไอน้ำ (Water vapor transmission rate) ตามมาตรฐาน ASTM E96

2.5.3 การตรวจสอบพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม

ตัดแผ่นฟิล์มเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1×1 เซนติเมตร ติดชิ้นงานแผ่นฟิล์มบนแท่นรองรับ (Stub) แล้วนำไปเคลือบด้วยคาร์บอนแล้วเคลือบซ้ำด้วยทองคำ จากนั้นนำชิ้นงานแผ่นฟิล์มที่ผ่านการเคลือบแล้วไปตรวจสอบพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, S-3000N, Hitachi, Japan)

2.5.4 การทดสอบความสามารถในการยืดอายุของผลผลิตสดของแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้

นำพริกชี้หนูสดที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว บรรจุลงในถุงพลาสติกที่ทำจากแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้แต่ละชนิดและถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนที่มีขายทั่วไป (ถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนที่ผลิตโดยวิธีธรรมชาติ) โดยบรรจุจำนวน 3 ถุงต่อแผ่นฟิล์ม 1 ชนิด แต่ละถุงบรรจุพริกชี้หนูสดปริมาณ 100 กรัม แล้วนำถุงพลาสติกที่บรรจุพริกชี้หนูสดเก็บไว้ในตู้เย็น ควบคุมอุณหภูมิ 10°C แล้วนำออกมาตรวจดูการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ (เช่น การเริ่มเกิดการเน่าเสีย) ทุกๆ 10 วัน เป็นระยะเวลา 80 วัน

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

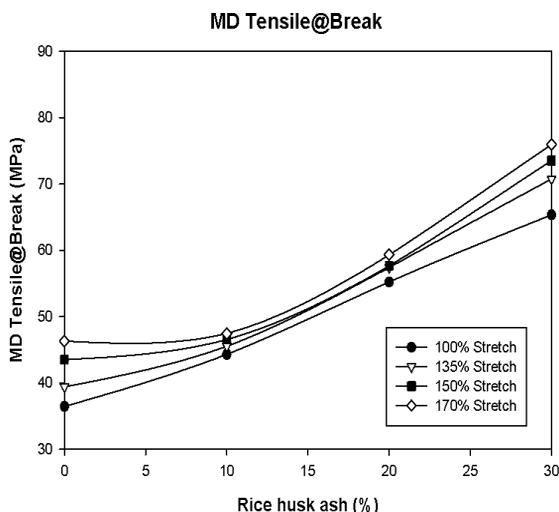
3.1 ผลของปริมาณแก้วกลบและอัตราแรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปต่อการทนต่อแรงดึงและการยืดตัวของแผ่นฟิล์ม

ผลการทดสอบสมบัติความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) และสมบัติการยืดตัว (Elongation) ของแผ่นฟิล์มในทิศทางการดึงในแนวเดียวกันกับทิศทางของเครื่องจักร (Machine direction, MD) และในทิศทางขวาง (Transverse direction, TD) แสดงในรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จากรูปที่ 1 พบว่าเมื่อปริมาณร้อยละแก้วกลบและแรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สมบัติความทนต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มทั้งในแนว MD และ TD มีค่าเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอนุภาคแก้วกลบจะทำหน้าที่เป็นวัสดุเสริมแรง กล่าวคือเมื่อมีแรงกระทำต่อแผ่นฟิล์ม อนุภาคแก้วกลบ

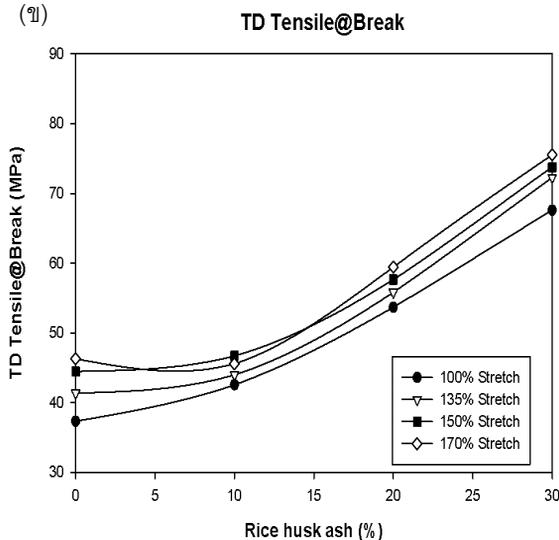
จะทำหน้าที่รับแรงแล้วกระจายแรงหรือถ่ายโอนแรงไปยังอนุภาคอื่นโดยผ่านเนื้อฟิล์มพลาสติกที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสานระหว่างอนุภาคของแก้วเคลือบ ดังนั้นเมื่ออนุภาคของแก้วเคลือบเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้ความทนต่อแรงดึงและความแข็งแรงของแผ่นฟิล์มมีค่าเพิ่มมากขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามสมบัติการยึดตัวของแผ่นฟิล์มจะมีค่าลดลง (รูปที่ 2) เมื่อค่าร้อยละแก้วเคลือบเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคของแก้วเคลือบเป็นวัสดุคนละประเภทกับพลาสติก จึงไม่มีความยึดหยุ่นเหมือนพลาสติก เมื่อเข้าไปแทรกตัวผสมอยู่ในเนื้อของฟิล์มพลาสติก จึงทำให้เนื้อของพลาสติกไม่มีความต่อเนื่อง หรือความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneity) ของพลาสติกเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ความยืดหยุ่นหรือการยึดตัวของแผ่นฟิล์มที่มีแก้วเคลือบผสมอยู่ด้วยลดลง ค่าความทนต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้มีค่าอยู่ในช่วง 37.46-75.94 MPa โดยแผ่นฟิล์มที่มีสัดส่วนผสมของแก้วเคลือบ 30% ที่อัตราการดึงแผ่นฟิล์มขณะขึ้นรูป 170% จะทนต่อแรงดึงได้สูงสุด 75.94 MPa ในขณะที่แผ่นฟิล์มที่ไม่มีส่วนผสมแก้วเคลือบเลย (แผ่นฟิล์ม LDPE 100%) และผลิตที่อัตราการดึงฟิล์มขณะขึ้นรูป 100% จะทนต่อแรงดึงได้น้อยที่สุดคือ 37.46 MPa

นอกจากนี้จากผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่า หากผลิตแผ่นฟิล์มที่มีปริมาณส่วนผสมแก้วเคลือบเท่ากัน ค่าการทนต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนแรงดึงขณะขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม (Stretching ratio) มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการดึงฟิล์มในขณะขึ้นรูปจะช่วยในการจัดเรียงตัวของโมเลกุลพอลิเอทิลีนให้เป็นระเบียบและอยู่ในทิศทางเดียวกันกับแรงดึงฟิล์มจึงทำให้แผ่นฟิล์มมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นในทิศทางที่ดึงฟิล์มขณะขึ้นรูป

(ก)

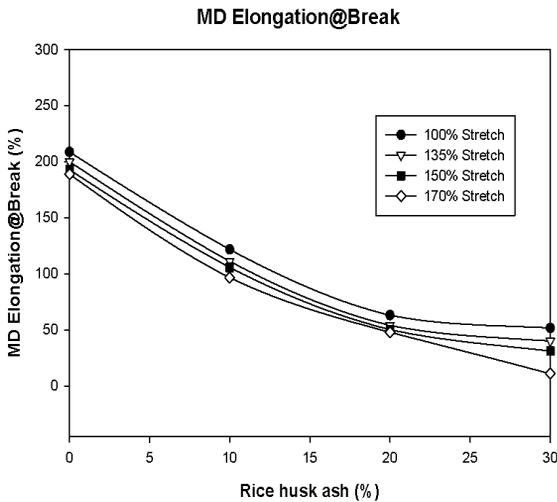


(ข)

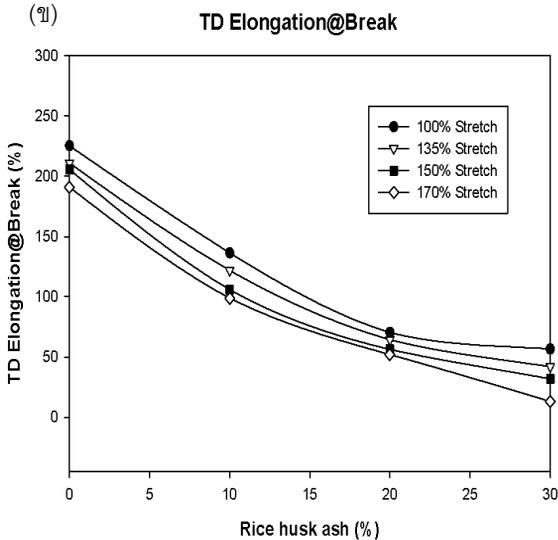


รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละแก้วเคลือบกับความทนแรงดึงของแผ่นฟิล์มที่ขนาดแรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปต่างๆ (ก) ตามแนว Machine Direction, MD (ข) ตามแนว Transverse Direction, TD

(ก)



(ข)

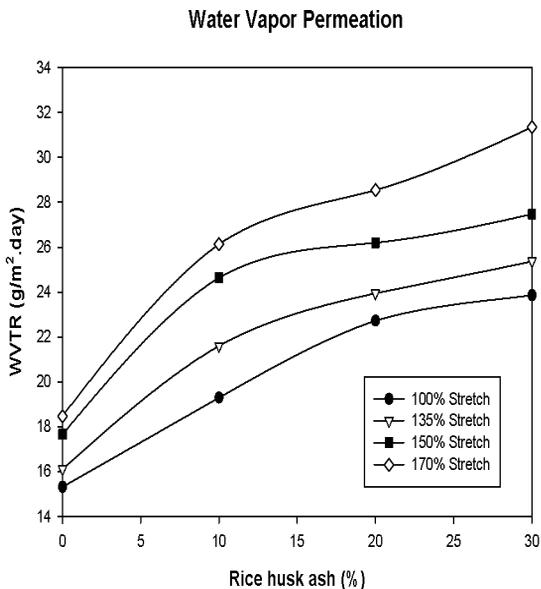


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้าแกลบกับสมบัติการยืดตัวของแผ่นฟิล์มที่ขนาดแรงดึง ฟิล์มขณะขึ้นรูปต่างๆ (ก) ตามแนว Machine Direction, MD (ข) ตามแนว Transverse Direction, TD

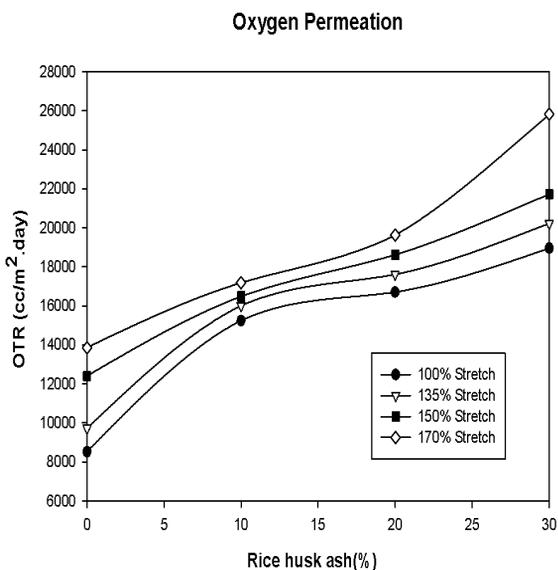
3.2 ผลของปริมาณเถ้าแกลบและอัตราการดึงแผ่นฟิล์มขณะขึ้นรูปต่อการซึมผ่านไอน้ำและก๊าซออกซิเจน

การทดสอบอัตราการซึมผ่านไอน้ำและก๊าซออกซิเจนของแผ่นฟิล์ม พบว่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจนจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น (รูปที่ 3 และ รูปที่ 4) เมื่อปริมาณร้อยละเถ้าแกลบที่ผสมอยู่ในเนื้อฟิล์มพลาสติกและขนาดแรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างพอลิเมอร์มีช่องว่างมากขึ้นเมื่อมีอนุภาคเถ้าแกลบผสมในเนื้อฟิล์มพลาสติกมากขึ้น และการเพิ่มแรงดึงฟิล์มในขณะขึ้นรูปแผ่นฟิล์มพลาสติกจะส่งผลทำให้แผ่นฟิล์มมีความบางมากขึ้น โดยที่บริเวณที่ไอน้ำหรือก๊าซออกซิเจนสามารถซึมผ่านแผ่นฟิล์มได้ดี คือ บริเวณผิวสัมผัสระหว่างอนุภาคของเถ้าแกลบกับเนื้อพลาสติกซึ่งเป็นบริเวณที่มีความบางและมีช่องว่างหรือรูพรุนที่ไอน้ำหรือก๊าซออกซิเจนสามารถซึมผ่านได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับบริเวณอื่นๆ

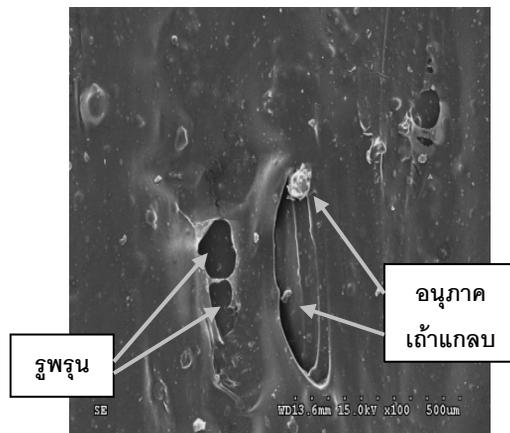
นอกจากนี้ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) (รูปที่ 5) ที่แสดงพื้นผิวของแผ่นฟิล์มเป็นหลักฐานสำคัญที่สนับสนุน และแสดงให้เห็นว่าบริเวณที่เกิดรูพรุน หรือบริเวณที่มีความบางของแผ่นฟิล์มเกิดขึ้นหลังจากทำการดึงฟิล์มในขณะขึ้นรูปนั้นคือ บริเวณรอบๆ ผิวสัมผัสระหว่างอนุภาคของเถ้าแกลบกับเนื้อพลาสติก LDPE ซึ่งเอื้อให้ก๊าซออกซิเจนและไอน้ำสามารถซึมผ่านได้มากขึ้น แผ่นฟิล์มที่ผลิตได้มีค่าอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนอยู่ในช่วง 8521-25811 cm³/m² day ซึ่งเหมาะกับ การหีบห่อ บรีดเคเคอรี่ ถั่วลันเตา กะหล่ำปลี เป็นต้น [13]



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้าแกลบกับอัตราการซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์มที่แรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปที่ขนาดต่างๆ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละเถ้าแกลบกับอัตราการซึมผ่านออกซิเจนของแผ่นฟิล์มที่แรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปที่ขนาดต่างๆ

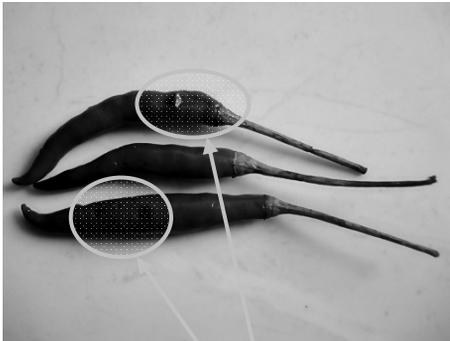


รูปที่ 5 ลักษณะรูพรุนบนแผ่นฟิล์มที่เกิดบริเวณรอบๆผิวสัมผัสระหว่างอนุภาคของเถ้าแกลบกับเนื้อพลาสติก LDPE ภายหลังจากดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปด้วยส่วนผสมเถ้าแกลบ 20% แรงดึงฟิล์ม 150% กำลังขยาย 100 เท่า

3.3 ผลการทดสอบความสามารถในการยืดอายุของผลผลิตสดของแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้

จากการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงของพริกชี้หนูสดที่ถูกหีบห่อในแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ทั้ง 4 สูตรการผสมและใช้แรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปเท่ากันคือ 170% พบว่าแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้จากสูตรที่ 4 คือ ผสมเถ้าแกลบ 30% สามารถเก็บรักษาพริกชี้หนูสดได้นานที่สุด เป็นเวลา 80 วัน กล่าวคือในวันที่ 80 จึงเริ่มสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของพริกชี้หนูเกิดขึ้น เช่น บริเวณก้านขั้วมีสีคล้ำลง เกิดการเหี่ยวและเกิดเชื้อราสีขาวที่ก้านขั้ว บริเวณผิวของพริกชี้หนูมีสีคล้ำขึ้น เกิดรอยเหี่ยว รอยนูน ความแน่นของเนื้อพริกลดลงแสดงถึงความเสื่อมสภาพของพริกชี้หนูได้เกิดขึ้นแล้ว ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของพริกชี้หนูแสดงในรูปที่ 6 นอกจากนี้ผลจากการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มที่มีส่วนผสมเถ้าแกลบเพิ่มขึ้นจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของพริกชี้หนูได้นานขึ้นดังนี้

(ก)



รอยเขียว จุดดำบนพริกชี้หนู
และบริเวณก้านขั้วมีสีคล้ำ

(ข)



รูปที่ 6 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของพริกชี้หนูที่หีบห่อด้วย (ก) แผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนธรรมดา 20 วัน (ข) แผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนที่มีส่วนผสมเม็ดแอลบ 30% ใช้แรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูป 170% เป็นเวลา 80 วัน

แผ่นฟิล์มที่มีส่วนผสมเม็ดแอลบ 0%, 10%, 20% และ 30% จะสามารถเก็บรักษาพริกชี้หนูได้นาน 30, 50, 60 และ 80 วัน ตามลำดับ ในขณะที่พริกชี้หนูที่หีบห่อด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีนที่ผลิตโดยวิธีธรรมดาและไม่ได้ผสมเม็ดแอลบ (แผ่นฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีนที่ขายทั่วไป) จะเก็บรักษาพริกชี้หนูได้นานแค่ 20 วันเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากพริกชี้หนูยังมีการหายใจอยู่ (พืชผักหลังการเก็บเกี่ยวจะยังมีการหายใจอยู่) จึงมีการนำก๊าซออกซิเจนภายในหีบห่อบรรจุมาใช้ในการหายใจ ซึ่งในตอนแรกอัตราการหายใจจะสูง เนื่องจากปริมาณของก๊าซออกซิเจนยังสูงอยู่และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังมีน้อย หลังจาก

นั้นอัตราการหายใจจะค่อยๆลดลงตามการลดลงของปริมาณก๊าซออกซิเจนและการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความแตกต่างของความดันของก๊าซทั้งสองที่อยู่ภายในกับภายนอกภาชนะจะทำให้ก๊าซออกซิเจนภายนอกซึมผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุ ขณะเดียวกันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะซึมผ่านออกไปภายนอกเช่นกันจนกระทั่งเกิดสมดุล แต่แผ่นฟิล์มที่มีส่วนผสมเม็ดแอลบมากกว่าจะมีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนสูงกว่า จึงมีการนำก๊าซออกซิเจนมาใช้ในการหายใจได้มากกว่าทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาพริกชี้หนูสดได้นานขึ้น

4. สรุป

สามารถผลิตแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำที่มีเม็ดแอลบเป็นส่วนผสมสูงสุด 30% ได้ การเพิ่มปริมาณเม็ดแอลบและการเพิ่มอัตราการดึงฟิล์มในขณะขึ้นรูปมีผลทำให้แผ่นฟิล์มที่ผลิตได้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำและก๊าซออกซิเจนสูงขึ้น แผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้สามารถเก็บรักษาพริกชี้หนูได้นานสูงสุด 80 วัน ซึ่งนานกว่าการเก็บรักษาพริกชี้หนูที่หีบห่อด้วยแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนที่ผลิตโดยวิธีธรรมดาทั่วไปประมาณ 4 เท่า แผ่นฟิล์มที่ผลิตได้มีความแข็งแรงและมีค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำและก๊าซออกซิเจนในระดับต่างๆกัน ดังนั้นจึงช่วยให้สามารถเลือกผลิตแผ่นฟิล์มที่ให้คุณสมบัติตามที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายและรวดเร็วขึ้นช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิต

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเภทกองทุนวิจัย 40 ปี ประจำปี พ.ศ. 2555

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Cazier J B. Mathematical modeling of gas exchanges in film-wrapped cucumber. Doctoral Thesis. Sweden: Department of Crop science, University of Agricultural Sciences; 2001.
- [2] Simon A, Gonzalez-Fandos E, Tobar V. The sensory and microbiological quality of fresh sliced mushroom (*Agaricus bisporus* L.) packaged in modified atmospheres. *International Journal of Food Science and Technology*. 2005; 40(9): 943-952.
- [3] Soliva-Fortuny R C, Ricart-Coll M, Martin-Belloso, O. Sensory quality and internal atmosphere of fresh-cut golden delicious apples. *International Journal of Food Science and Technology*. 2005; 40(4): 369-379.
- [4] Aguayo E, Escalona V, Artes F. Quality of fresh-cut tomato as affected by type of cut, packaging, temperature and storage time. *European Food Research and Technology*. 2004; 219(5): 492-499.
- [5] Beltran D, Selma MV, Tudela J A, Gill M. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 2005; 37(1): 37-46.
- [6] Beaulieu J C, Lea M J. Volatile and quality changes in fresh-cut mangos prepared from firm-ripe and soft-ripe fruit, stored in clamshell containers and passive MAP. *Postharvest Biology and Technology*, 2003; 30(1): 15-28.
- [7] Hale W R, Dohrer K K, Tant M R, Sand I D. A diffusion model for water vapor transmission through micro - porous polyethylene / CaCO₃ films. *Physicochemical and Engineering Aspects*, 2001(187-188): 483-491.
- [8] Kim H, Biswas J, Choe S. Effect of stearic acid coating on zeolite in LDPE, LLDPE, and HDPE composites. *Polymer*, 2006; 47: 3984-3992.
- [9] Sa-nguanruksa J, Rujiravanit R, Supaphol P, Tokura S. Porous polyethylene membranes by template-leaching technique: preparation and characterization. *Polymer Testing*, 2004; 23: 91-99.
- [10] Lee D S, Hagggar P E, Yam K L. Application of ceramic-filled polymeric films for packaging fresh produce. *Packaging Technology and Science*. 2006; 5(1): 27-30.
- [11] Sandhya. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT-Food Science and Technology*. 2010; 43: 381-392.

- [12] Waghmare R B. Annapure U.S. Combined effect of chemical treatment and/or modified atmosphere packaging (MAP) on quality of fresh-cut. *Postharvest Biology and Technology*. 2013; 85: 147-153.
- [13] Faber J N. Chapter IV Microbiology safety of controlled modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce: Comprehensive review in food science and food safety. 2003; 2: 142-160.