



KKU Engineering Journal

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

สมบัติเชิงกล และสมบัติการให้ก๊าซผ่านแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนผสมขานอ้อย

Mechanical property and gas permeability property of polyethylene film mixed with bagasse

รัฐพล แสงศัพท์ และ สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม*

Rattapon Sangsup and Somjai Kajorncheappunngam*

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 4002

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

Received March 2014

Accepted May 2014

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของตัวแปรที่มีต่อสมบัติของแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene, LDPE) ผสมขานอ้อย โดยเน้นศึกษาตัวแปรสองตัว คือ ปริมาณของขานอ้อยที่ผสมและขนาดของแรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูป (Stretching ratio) โดยทำการผสมขานอ้อยกับพอลิเอทิลีนโดยให้มีสัดส่วนของขานอ้อยอยู่ในช่วงร้อยละ 0-20 โดยน้ำหนัก โดยใช้แรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปเท่ากับ 100, 135, 150 และ 170% ตามลำดับ แล้วทำการทดสอบสมบัติเชิงกลและอัตราการซึมผ่านไอน้ำและก๊าซออกซิเจนของแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณขานอ้อยส่งผลให้ความทนต่อแรงดึงและการยืดตัวของแผ่นฟิล์มลดลง การเพิ่มแรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปส่งผลให้สมบัติความทนต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้นแต่การยืดตัวของแผ่นฟิล์มลดลง การเพิ่มขึ้นของทั้งปริมาณขานอ้อยและแรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม จะส่งผลให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำและ อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : แผ่นฟิล์มที่ก๊าซซึมผ่านได้ พอลิเอทิลีน ขานอ้อย

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of variables on the property of low density polyethylene (LDPE)/bagasse film. Two variables are focused and studied. These two variables are the bagasse content and the stretching ratio during the film forming. The proportion of bagasse in the range of 0-20% (by weight) was mixed with LDPE, and then it was processed to be a thin film by blowing film extruder with various stretching ratio (i.e. 100, 135, 150 and 170%). Properties of these films such as mechanical property, water vapor and oxygen permeation rate and fractured surface of the film under scanning electron microscope (SEM) were determined and analyzed. The results showed that as the bagasse content is increased, both the tensile strength and elongation at break of the film decreased. An increase in stretching ratio during the film forming caused an increase in tensile strength but it caused a decrease of elongation at break of the film. Increasing of both stretching ratio during the film forming and the bagasse content enhanced the water vapor transmission rate (WVTR) and oxygen transmission rate (OTR) of the film.

Keywords : Permeable film, Polyethylene, Bagasse

*Corresponding author. Tel.: +66 894220455

Email address: rattapon_s@toray.co.th (Sangsup, R.), ksomja@kku.ac.th* (Kajorncheappunngam, S.)

doi: 10.14456/kkuenj.2015.5

1. บทนำ

ผักและผลไม้เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย ผลผลิตเหล่านี้จัดว่าเป็นผลผลิตเขตร้อนซึ่งจะมีอัตราการหายใจสูงและปัญหาสำคัญของผักผลไม้คือการเน่าเสียหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพของผลผลิต ส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการของผักผลไม้ลดลง ผักผลไม้สุกหรือแก่และเน่าเสียในที่สุด การยืดอายุการเน่าเสียของผลผลิตในระยะแรกใช้วิธีเก็บรักษาในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำซึ่งทำให้งานต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น ต่อมาได้มีการพัฒนาระบบบรรจุภัณฑ์ภายใต้สภาวะอากาศดัดแปลง (Modified atmosphere packaging, MAP) เพื่อใช้ยืดอายุการเก็บรักษาผัก ผลไม้และอาหาร โดยระบบบรรจุภัณฑ์ภายใต้สภาวะอากาศดัดแปลงนี้จะเน้นที่การดัดแปลงบรรยากาศภายในหีบห่อโดยการเติมก๊าซต่างๆ เช่น ก๊าซออกซิเจน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ในปริมาณที่เหมาะสมกับชนิดผลผลิตเพื่อชะลอการเน่าเสียของผลผลิต ตัวอย่างพืชผักผลไม้ที่นำเทคนิคการหีบห่อภายใต้สภาวะอากาศดัดแปลงมาใช้เพื่อชะลอการเน่าเสีย ได้แก่ เห็ด [1] แอปเปิ้ล [2] มะเขือเทศ [3] มันฝรั่ง [4] และ มะม่วง [5] เป็นต้น สำหรับพอลิเมอร์ที่นิยมนำมาใช้ทำเป็นวัสดุหีบห่อภายใต้สภาวะอากาศดัดแปลง ได้แก่ พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride, PVC) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene, LDPE) พอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) เป็นต้น ซึ่งแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์เหล่านี้จะถูกผลิตขึ้นโดยวิธีกรรมดัดทำให้มีสมบัติในการให้ก๊าซซึมผ่านได้ต่ำ เช่น พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมีค่าอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนประมาณ $6000 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{day}$ [6] ไม่เหมาะกับการนำมาหีบห่อผักผลไม้ได้ทุกชนิด เพราะผักผลไม้แต่ละชนิดต้องการแผ่นฟิล์มที่มีอัตราในการให้ก๊าซซึมผ่านต่างกัน ดังนั้นจึงต้องทำการเลือกชนิดของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ให้เหมาะสมกับชนิดของผักผลไม้ที่จะหีบห่อ ทำให้เสียเวลาในการเลือกชนิดของพอลิเมอร์ การออกแบบ และการผลิตแผ่นฟิล์ม ทำให้งานต้นทุนในผลิตสูงขึ้น ได้มีการศึกษาพัฒนากระบวนการผลิตแผ่นฟิล์มที่ให้ก๊าซซึมผ่านได้โดยการเติมสารตัวเติม (Filler) ชนิดต่างๆลงไปผสมกับพอลิเมอร์ เช่น การทำแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนผสมซีโอไลต์ (Zeolite) [7] การเติมแป้งมัน

สำปะหลังผสมลงในพอลิเมอร์ฟิล์ม [8] การผลิตแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำผสมวัสดุเซรามิกส์ [9] เป็นต้น

ชานอ้อยเป็นวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำตาล จากฐานข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลในปี 2552 รายงานว่ามีปริมาณผลผลิตอ้อยอยู่ที่ 68 ล้านตัน และมีปริมาณกากอ้อยสูงถึง 60 ล้านตัน [10] อย่างไรก็ตามปริมาณชานอ้อยเกือบ 100% ที่เกิดขึ้นถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงและในปัจจุบันประเทศไทยได้นำชานอ้อยมาใช้ประโยชน์ทำเป็นภาชนะใส่อาหารที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งเช่น จาน กล่องบรรจุอาหารที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ

จากการสืบค้นข้อมูลงานวิจัยพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่จะนำชานอ้อยมาใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวกับวัสดุคอมโพสิต โดยนำเส้นใยชานอ้อยมาผสมกับพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ เช่น พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) พอลิโพรพิลีน (PP) เป็นต้น [11-15] แล้วขึ้นรูปเป็นชิ้นงานคอมโพสิตที่มีความหนามากกว่าที่จะทำเป็นแผ่นฟิล์ม นอกจากนี้ไม่พบว่ามีการวิจัยที่นำชานอ้อยมาใช้เป็นวัสดุตัวเติม (Filler) ผสมกับพอลิเมอร์เพื่อการผลิตแผ่นฟิล์มที่มีสมบัติในการให้ก๊าซซึมผ่านได้สูงขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจจะศึกษาการนำชานอ้อยมาผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเพื่อผลิตแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ที่มีอัตราในการให้ก๊าซผ่านได้สูงขึ้น โดยจะเน้นศึกษาตัวแปร คือ ปริมาณชานอ้อยที่ผสมในแผ่นฟิล์มและอัตราการดึงแผ่นฟิล์ม (Stretching ratio) ขณะขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม โดยปัจจัยดังกล่าวจะมีผลต่ออัตราการซึมผ่านก๊าซของแผ่นฟิล์มและสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ ผลของงานวิจัยนี้จะทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานในการผลิตแผ่นฟิล์มจากพอลิเมอร์ 1 ชนิดแต่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซได้หลากหลายอัตรา และมีสมบัติเชิงกล (ความแข็งแรงของแผ่นฟิล์ม) ได้หลายระดับขึ้นอยู่กัปริมาณของชานอ้อยที่ผสมอยู่ในแผ่นฟิล์มและอัตราการดึงแผ่นฟิล์มในขณะขึ้นรูป ซึ่งผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในแง่ของการประหยัดเวลาและลดต้นทุนในการผลิต นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ชานอ้อยด้วย

2. วัสดุและวิธีการวิจัย

2.1 วัตถุดิบ

พลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) เกรด EL-Lene LD 1902FA จากบริษัท ไทยพอลิเอทิลีน (1993) และวิธีการเตรียมอนุภาคขานอ้อย ได้อิงตามงานวิจัยของมาลินี และ รัชดา [16] โดยมีขั้นตอน ดังนี้ นำขานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการหีบอ้อยมาทำความสะอาดแล้วนำไปต้มกับโซดาไฟ (NaOH 0.1 โมล/ลิตร) ที่อุณหภูมิประมาณ 100 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วแช่ขานอ้อยในหม้อต้มต่ออีก 48 ชั่วโมง ทำการล้างต่าง ออกด้วยน้ำเปล่า แล้วนำขานอ้อยมาอบให้แห้งด้วย เครื่องอบ ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำ เส้นใยขานอ้อยไปบดด้วย Ball mill และทำการคัด ขนาดด้วยตะแกรงร่อนเพื่อให้ได้ขนาดอนุภาคขานอ้อย อยู่ในช่วง 1-10 ไมครอน

2.2 การเตรียมส่วนผสมเพื่อทำเม็ดพลาสติก

ซึ่งน้ำหนักของวัตถุดิบทั้ง 2 อย่าง คือ เม็ด พลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และ ขานอ้อยโดยให้มีปริมาณส่วนผสมขานอ้อยและ LDPE ตามสูตรที่ต้องการ โดยให้น้ำหนักรวมของแต่ละสูตรผสม เท่ากับ 20 กิโลกรัม ซึ่งสูตรการผสมทั้ง 4 สูตร เป็นดังนี้ :

สูตรที่ 1 ขานอ้อย 0% และ LDPE 100%

สูตรที่ 2 ขานอ้อย 5% และ LDPE 95%

สูตรที่ 3 ขานอ้อย 10% และ LDPE 90%

สูตรที่ 4 ขานอ้อย 20% และ LDPE 80%

2.3 การผสมวัตถุดิบและทำเป็นเม็ดพลาสติก

นำเม็ดพลาสติกและขานอ้อยที่เตรียมไว้ในแต่ละ สูตรการผสมไปทำการผสมเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ (Twin screw extruder) โดยได้ ปรับตั้งอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของเครื่องอัดรีดดังนี้ บริเวณ จุดป้อนสาร (Feed zone) 160 °C บริเวณหลอมเหลว (Metering zone) 165 °C และบริเวณปลายสุด (Die zone) 170 °C ใช้ความเร็วรอบของสกรูเท่ากับ 23 รอบ/นาที จะผลิตส่วนผสมได้ประมาณ 6 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยส่วนผสมจะไหลออกจากหัวดายผ่านไปยังอ่างน้ำเย็น จากนั้น นำมาทำเป็นเม็ดด้วยเครื่องตัดเม็ดพลาสติก (Pelletizer)

2.4 การขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม

นำเม็ดพลาสติกที่ได้จากการคอมปาวด์แล้ว ทั้ง 4 สูตร ไปเป่าขึ้นรูปแผ่นฟิล์มด้วยเครื่องอัดรีดชนิดเป่า (Blowing film extruder) และทำการตั้งอุณหภูมิของตัว เครื่องดังนี้ บริเวณจุดป้อนสาร (Feed zone) 163 °C และ บริเวณหัวปลายสุด (Die zone) 170 °C โดยในระหว่าง ทำการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มจะมีการปรับเปลี่ยนอัตราการดึงแผ่น ฟิล์มขณะขึ้นรูป (Stretching ratio) ของแต่ละสูตรเป็น 100%, 135%, 150% และ 170% ควบคุมความกว้าง ของแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ไว้ที่ประมาณ 45 เซนติเมตร และ ความหนาของแผ่นฟิล์มประมาณ 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 แล้วนำชิ้นงานตัวอย่างไปทดสอบ การทนต่อแรงดึงและการยืดตัวด้วยเครื่อง Instron machine (Instron 60634) ตามมาตรฐาน ASTM D882 โดยจะทำการทดสอบ 3 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่างเพื่อหาค่าเฉลี่ย

2.5.2 การทดสอบอัตราการซึมผ่านก๊าซของ แผ่นฟิล์ม

นำแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ที่แต่ละสภาวะไปทำ การทดสอบหาอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (Oxygen transmission rate) ตามมาตรฐาน ASTM D3985 และ อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (Water vapor transmission rate) ตามมาตรฐาน ASTM E398

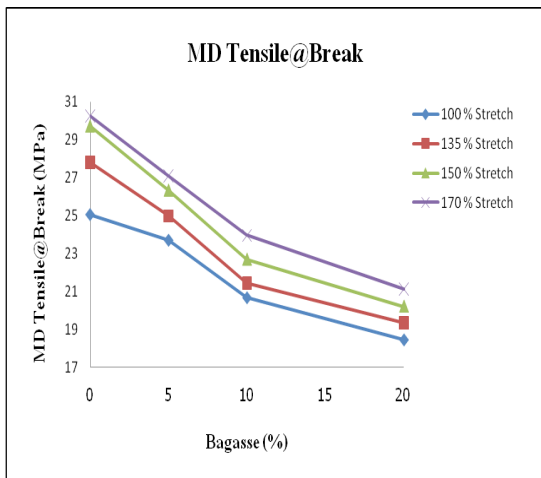
2.5.3 การตรวจสอบพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม

ตัดแผ่นฟิล์มเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1x1 เซนติเมตร ติดชิ้นงานแผ่นฟิล์มบนแท่นรองรับ (Stub) แล้วนำไปเคลือบด้วยคาร์บอนแล้วเคลือบซ้ำด้วยทองคำ จากนั้นนำชิ้นงานแผ่นฟิล์มที่ผ่านการเคลือบแล้วไปตรวจสอบพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, S-3000N, Hitachi, Japan)

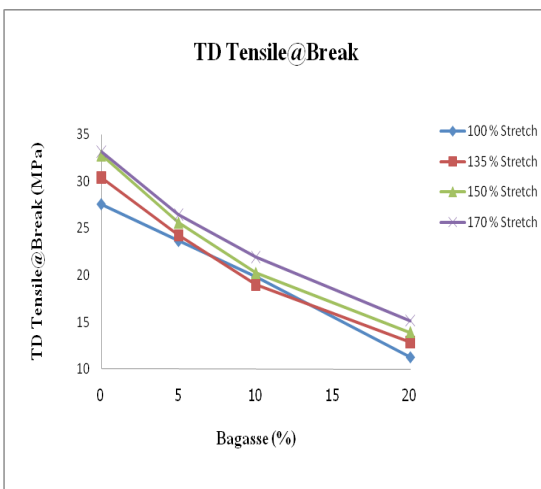
3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลของปริมาณขานอ้อยและอัตราแรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปต่อการทนต่อแรงดึงและการยืดตัวของแผ่นฟิล์ม

จากกราฟรูปที่ 1 และ รูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณขานอ้อย และ อัตราส่วนแรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูป มีผลต่อค่าความทนแรงดึงและการยืดตัวของแผ่น

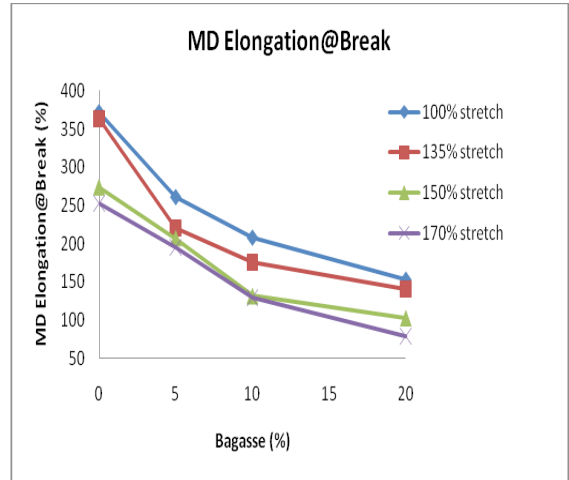


(ก)

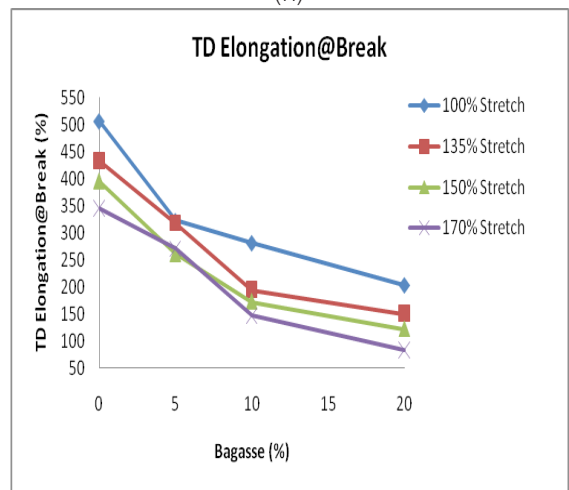


(ข)

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



(ก)



(ข)

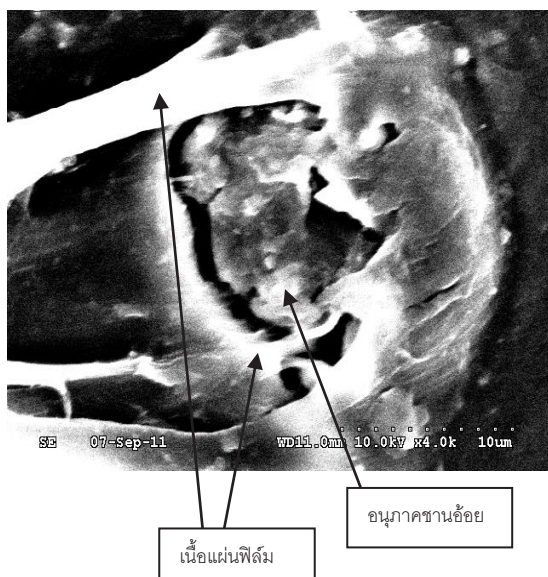
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละขานอ้อยกับสมบัติการยืดตัวของแผ่นฟิล์มที่ขนาดแรงดึง ฟิล์มขณะขึ้นรูปต่างๆ (ก) ตามแนว Machine Direction, MD (ข) ตามแนว Transverse Direction, TD

ฟิล์มทั้งในทิศทางการดึงของเครื่องจักร (Machine Direction, MD) และในทิศทางขวาง (Transverse Direction, TD) โดยค่าความทนแรงดึงและการยืดตัวของฟิล์มทั้งในแนว MD และ TD จะมีค่าลดลงเมื่อ ร้อยละของขานอ้อย ในแผ่นฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากอนุภาคขานอ้อย มีสมบัติที่ไม่ยืดหยุ่นได้เข้าไปแทรกตัวในเนื้อพื้นของฟิล์มพอลิเมอร์ ทำให้แผ่นฟิล์มนั้นไม่มีความต่อเนื่องหรือความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) ของพอลิเมอร์ลดลง ซึ่งผลนี้สอดคล้องกับหลักฐาน

ภาพถ่าย SEM ในรูปที่ 3 ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าบริเวณที่แผ่นฟิล์มฉีกขาดจะเกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสระหว่างอนุภาคขานอ้อยกับเนื้อพื้นพอลิเมอร์ซึ่งเป็นบริเวณที่เนื้อพอลิเมอร์ไม่มีความต่อเนื่อง ส่งผลให้ความแข็งแรงของแผ่นฟิล์มลดลง นอกจากนี้เนื่องจากขานอ้อยเป็นวัสดุเส้นใยธรรมชาติที่ผิวของเส้นใยจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (OH group) ซึ่งมีสมบัติของการมีขั้ว ดังนั้นจึงทำให้การเกาะติดระหว่างผิวสัมผัสของขานอ้อยกับพอลิเมอร์ซึ่งเป็นสารไม่มีขั้วไม่ได้ จึงทำให้ความแข็งแรงของแผ่นฟิล์มลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความทนต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้กับแผ่นฟิล์มชนิดเดียวกันที่ผสมเถ้าแกลบ [17] จะให้ผลการทดลองตรงกันข้ามกัน กล่าวคือเมื่อสัดส่วนผสมของเถ้าแกลบเพิ่มขึ้นจะมีผล

ทำให้ค่าการทนต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะเถ้าแกลบมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบในปริมาณค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับขานอ้อย และซิลิกามีความแข็งแรงจึงทำให้แผ่นฟิล์มแข็งแรงขึ้นเมื่อสัดส่วนเถ้าแกลบเพิ่มขึ้น

ผลจากการทดสอบยังชี้ให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มที่มีสัดส่วนผสมร้อยละของขานอ้อยเท่ากัน ค่าความทนแรงดึงจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนแรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการดึงฟิล์มขณะขึ้นรูป

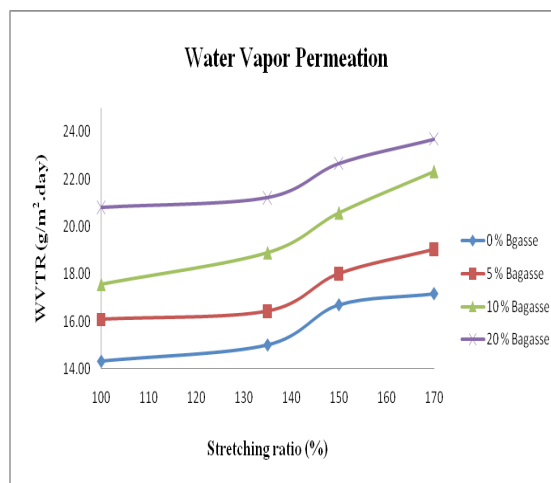


รูปที่ 3 ภาพถ่ายจาก SEM แสดงการฉีกขาดของฟิล์มที่เกิดขึ้นบริเวณรอบๆ อนุภาคขานอ้อย หลังการทดสอบสมบัติความทนแรงดึงของฟิล์ม (กำลังขยาย 4000 เท่า)

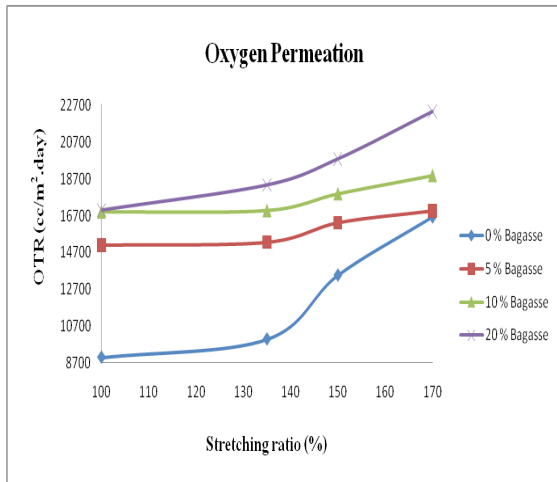
รูปจะช่วยในการจัดเรียงตัวของโมเลกุลพอลิเอทิลีนให้เป็นระเบียบและอยู่ในทิศทางเดียวกับแรงดึง จึงทำให้แผ่นฟิล์มมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นในทิศทางที่ดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปแต่ในขณะเดียวกันจะมีผลทำให้ระยะยืดตัว ณ จุดขาดของฟิล์ม (Elongation at break) ลดลงดังแสดงในรูปที่ 2

3.2 ผลของปริมาณขานอ้อยและอัตราการดึงแผ่นฟิล์มขณะขึ้นรูปต่อการซึมผ่านไอน้ำและก๊าซออกซิเจน

ผลการทดสอบอัตราการซึมผ่านไอน้ำและก๊าซออกซิเจนของแผ่นฟิล์มแสดงในรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ พบว่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจนจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อขนาดแรงดึงฟิล์มขณะ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละขานอ้อยกับอัตราการซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์มที่แรงดึง ฟิล์มขณะขึ้นรูปที่ขนาดต่างๆ

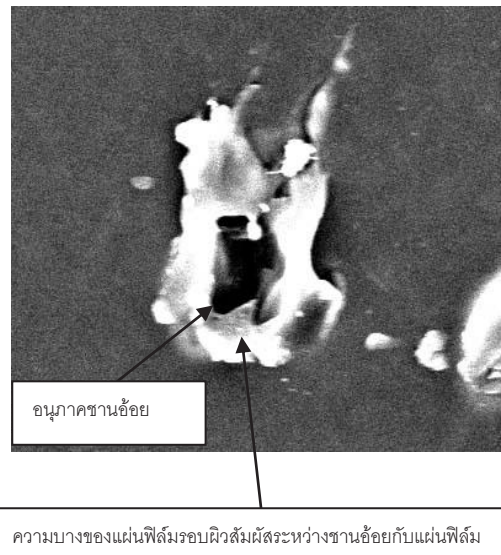


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละขานอ้อยกับอัตราการซึมผ่านออกซิเจนของแผ่นฟิล์มที่ แรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปที่ขนาดต่างๆ

ขึ้นรูปและปริมาณร้อยละขานอ้อยที่ผสมอยู่ในเนื้อฟิล์มพลาสติกมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของพอลิเมอร์มีช่องว่างมากขึ้นเมื่อมีอนุภาคขานอ้อยแทรกในเนื้อฟิล์มพอลิเมอร์ขึ้น และการเพิ่มแรงดึงฟิล์มในขณะขึ้นรูปแผ่นฟิล์มพลาสติกจะมีผลทำให้แผ่นฟิล์มมีความบางมากขึ้น โดยที่บริเวณที่ไอน้ำหรือก๊าซออกซิเจนสามารถซึมผ่านแผ่นฟิล์มได้ดี คือ บริเวณผิวสัมผัสระหว่างอนุภาคของขานอ้อยกับเนื้อพลาสติกซึ่งเป็นบริเวณที่มีความบางและมีช่องว่างหรือรูพรุนที่ไอน้ำหรือก๊าซออกซิเจนสามารถซึมผ่านได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับบริเวณอื่นๆ แผ่นฟิล์มที่ผลิตได้มีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนสูงสุดเท่ากับ 23.69 g/m²/day และ 22374 cc/m²/day ตามลำดับ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของฉัตรเกล้าและสมใจ [17] ที่ทำการผลิตแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ชนิดเดียวกันแต่ใช้สารตัวเติมเป็นแก้วเกลบก็พบว่าการเพิ่มสัดส่วนของแก้วเกลบในแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีน และการเพิ่มแรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปมีผลทำให้อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและไอน้ำเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่เพิ่มขึ้นได้มากกว่า กล่าวคือแผ่นฟิล์มผสมแก้วเกลบให้ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนสูงสุดเท่ากับ 31.34 g/m²/day และ 25811 cc/m²/day ตามลำดับ

นอกจากนี้ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) (รูปที่ 6) ที่แสดงพื้นผิวของแผ่นฟิล์มเป็นหลักฐานสำคัญอีกชิ้นหนึ่งที่สนับสนุน

และแสดงให้เห็นว่าบริเวณที่เกิดรูพรุน หรือบริเวณที่มีความบางของแผ่นฟิล์มเกิดขึ้นหลังจากทำการดึงฟิล์มในขณะขึ้นรูปนั้น คือ บริเวณรอบๆ ผิวสัมผัสระหว่างอนุภาคของขานอ้อยกับเนื้อพลาสติก LDPE ซึ่งเอื้อให้ก๊าซออกซิเจนและไอน้ำสามารถซึมผ่านได้มากขึ้น แผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้ มีค่า



รูปที่ 6 ลักษณะรูพรุนและความบางบนแผ่นฟิล์มที่เกิดบริเวณรอบๆ ผิวสัมผัสระหว่างอนุภาคของขานอ้อยกับเนื้อแผ่นฟิล์มพลาสติก LDPE

อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนอยู่ระหว่าง 8000 – 22000 cm³/m²/day จัดว่าเป็นแผ่นฟิล์มที่มีสมบัติในการให้ก๊าซออกซิเจนซึมผ่านได้สูง เหมาะกับการนำไปหีบห่อผักที่ต้องการปริมาณออกซิเจนสูงเช่น บร็อคโคลี่ เห็ดหน่อไม้ฝรั่ง และ แครอท เป็นต้น [18] เมื่อลองนำแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้มาหีบห่อพริกสด พบว่าสามารถเก็บรักษาพริกได้นานกว่าพริกที่หีบห่อด้วยแผ่นฟิล์มที่มีจำหน่ายในท้องตลาด 1.5 เท่า

4. สรุป

ทั้งปริมาณของขานอ้อยที่ผสมในแผ่นฟิล์มและอัตราส่วนการดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปมีผลต่อสมบัติความทนแรงดึง การยืดตัว อัตราการซึมผ่านไอน้ำและก๊าซออกซิเจนของแผ่นฟิล์ม โดยการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนผสมขานอ้อยในแผ่นฟิล์ม จะมีผลทำให้สมบัติความทนแรงดึงและ

การยืดตัวของแผ่นฟิล์มลดลงในขณะที่การเพิ่มแรงดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปทำให้ความทนต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้น การเพิ่มขนาดของแรงดึงฟิล์มและสัดส่วนผสมของขาน้อย ทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำและ อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นและหลากหลายอัตรา สามารถนำไปใช้หีบห่อเพื่อยืดอายุผักผลไม้ได้หลากหลายชนิด

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเภททุนอุดหนุนทั่วไป ประจำปี พ.ศ. 2556

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Simon A, Gonzalez-Fandos E, Tobar V. The sensory and microbiological quality of fresh sliced mushroom (*Agaricus bisporus* L.) packaged in modified atmospheres. *Int J Food Sci Technol* 2005;40(9):943-52.
- [2] Soliva-Fortuny RC, Ricart-Coll M, Martin-Belloso O. Sensory quality and internal atmosphere of fresh-cut golden delicious apples. *Int J Food Sci Technol* 2005;40(4): 369-79.
- [3] Aguayo E, Escalona V, Artes F. Quality of fresh-cut tomato as affected by type of cut, packaging, temperature and storage time. *Eur Food Res Technol* 2004;219(5):492-9.
- [4] Beltran D, Selma MV, Tudela JA, Gill M. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biol Technol* 2005;37(1):37-46.
- [5] Beaulieu JC, Lea MJ. Volatile and quality changes in fresh-cut mangos prepared from firm-ripe and soft-ripe fruit, stored in clamshell containers and passive MAP. *Postharvest Biol Technol* 2003;30(1):15-28.
- [6] Makmar Company: packaging machinery & materials. Oxygen transmission rate. [Table]. 2013 [cited 2014 May 18]. Available from: <http://www.makmar.co.nz/Tech+Advice+-FAQ/Oxygen+Transmission+Rates.html>.
- [7] Kim H, Biswas J, Choe S. Effect of stearic acid coating on zeolite in LDPE, LLDPE, and HDPE composites. *Polymer* 2006;47:3984-92.
- [8] Sa-nguanrukso J, Rujiravanit R, Supaphol P, Tokura S. Porous polyethylene membranes by template - leaching technique: preparation and characterization. *Polymer Testing* 2004;23: 91-9.
- [9] Lee DS, Hagggar PE, Yam KL. Application of ceramic-filled polymeric films for packaging fresh produce. *Packag Technol Sci* 2006; 5(1):27-30.
- [10] Office of the cane and sugar board. [2009]. [cited 2009 Apr 1]. Available From: <http://www.ocsb.go.th/showlist.asp?id=182>.
- [11] Moubarik A, Grimi N, Boussetta N. Structural and thermal characterization of Moroccan sugar cane bagasse cellulose fiber and their applications as a reinforcing agent in low density polyethylene. *Compos Part B - Eng* 2013;52:233-8.
- [12] Mulinari DR, Voorwald HJC, Cioffi MOH, Silva MLCP, Cruz TGD, Saron C. Sugarcane bagasse cellulose/HDPE composites obtained by extrusion. *Compos Sci Technol* 2009;69:214-9.
- [13] Zheng YT, Cao DR, Wang DS, Chen JJ. Study on the interface modification of bagasse fiber and the mechanical properties of its composite with PVC. *Compos Part A - Appl S* 2007;38: 20-25.

- [14] Luz SM, Goncalves AR, Del'Acro AP. Mechanical behavior and microstructural analysis of sugarcane bagasse fiber reinforced polypropylene composites. *Compos Part A - Appl S* 2007;38:1455-61.
- [15] Cerqueira EF, Baptista CARP, Mulinari DR. Mechanical behavior of polypropylene reinforced sugarcane bagasse fibers composites. *Eng Procedia* 2011;10:2046-51.
- [16] Chaisupakitsin M, Khuanton R. Effect of additive on polymer composite from recycle HDPE-filled bagasse fibers. *Journal of the National Research Council of Thailand* 2002;34(2):149-62. (in Thai).
- [17] Chatklaw M, Kajorncheappunngam S. Effect of variables on mechanical property and permeability of polyethylene – rice husk ash film. *KKU Eng J* 2013;40(4):617-26. (in Thai).
- [18] Faber JN, Harris LJ, Parish ME, Beuchat LR, Suslow TV, Gorney JR, et al. Microbiology safety of controlled modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce, Comprehensive review in food science and food safety 2003;2:142-60.