

ชื่อโครงการ การปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม LDPE ด้วย EVA, EVOH และซีโอไลต์เอ

แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์

ประจำปีงบประมาณ 2558 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2557 ถึง 30 กันยายน 2558

หัวหน้าโครงการวิจัย

นางสุภารัตน์ รักชลธิ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์)

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ด้วยเอทิลีนไวนิลอะซิเตดโคพอลิเมอร์(EVA)/เอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์โคพอลิเมอร์ (EVOH) และซีโอไลต์เอ เพื่องานบรรจุภัณฑ์ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาอัตราส่วนพอลิเมอร์ผสม LDPE/EVA/EVOH ที่ 80/20/0, 80/15/5, 80/10/10, 80/0/15 และ 80/0/20 โดยน้ำหนัก และศึกษาผลของการใช้ซีโอไลต์เอ (20% โดยน้ำหนัก) การผสมสูตรทำได้โดยใช้เครื่องผสมระบบปิด (Internal mixer) และนำไปขึ้นรูปฟิล์มโดยกระบวนการกดอัด จากการศึกษาพบว่า EVA และ/หรือ EVOH มีการกระจายตัวดีระดับหนึ่งในทุกสูตรฟิล์มพอลิเมอร์ผสม ความเป็นผลึกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณ EVOH มากขึ้น เนื่องจาก EVOH มีหมู่ไฮดรอกซิลสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนทำให้มีโครงสร้างที่แข็ง โดยมีค่าความแข็งแรงดึง ณ จุดคราก และความแข็งแรงดึง ณ จุดขาด มีค่าใกล้เคียงกันกับฟิล์ม LDPE แต่ค่ายังมอดูลัสสูงกว่าฟิล์ม LDPE การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH ทุกสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน โดยฟิล์มที่มีผลึกมากนั้นมีขั้วมาก ส่วนฟิล์มที่มีอสัณฐานมาก มีขั้วน้อย ทำให้เกิดการแข่งขันกันระหว่างสัณฐานวิทยาและความมีขั้ว ค่าการซึมผ่านไอน้ำสามารถเพิ่มได้โดยการเติมซีโอไลต์เอ 20% โดยน้ำหนัก เพราะความมีรูพรุนและมีขั้วสูงของซีโอไลต์เอ

คำสำคัญ : สมบัติเชิงกล, ความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำ, ฟิล์มแอลดีพีอี, ซีโอไลต์เอ

Research Title: Improvement of mechanical and water vapor permeability properties of LDPE films with EVA, EVOH and zeolite A

Researcher: Mrs. Suparat Rukchonlatee

Faculty: Science

Department: Chemistry

ABSTRACT

This research studied on improvement of mechanical and water vapor permeability (WVP) of low density polyethylene (LDPE) films by mixing with ethylene vinyl acetate copolymer (EVA), ethylene vinyl alcohol copolymer (EVOH) and zeolite A for a longer shelf-life packaging of fresh produces. The LDPE/EVA/EVOH compounds were mixed for the blend ratios of 80/20/0, 80/15/5, 80/10/10, 80/5/15 and 80/0/20 and the zeolite A filler at a 20%wt loading was employed. All compounds were prepared using an internal mixer and the films were shaped using a compression molding process. The results revealed that EVA and/or EVOH could be well dispersed in all films. The crystallinity was increased when EVOH loading was increased. The LDPE/EVA/EVOH films with higher EVOH loading shows similar tensile strength at yield and tensile strength at break but greater Young's modulus, as compared with LDPE films. This was due to semi-crystalline structure of EVOH induced by internal hydrogen bonding. WVP of all LDPE/EVA/EVOH films were in the same range. The film with high crystallinity has higher polarity but that with high amorphous has lower polarity. Hence WVP is governed by morphology and polarity of the film. Additionally, WVP of the LDPE/EVA/EVOH was markedly increased when 20%wt of zeolite A was added. This is due to high polarity and porosity of the incorporated zeolites.

Keywords : Mechanical Properties, Water Vapor Permeability, LDPE Film, Zeolite A

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง การปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม LDPE ด้วย EVA, EVOH และซีโอไลต์เอ (Improvement of mechanical and water vapor permeability properties of LDPE films with EVA, EVOH and zeolite A) ดำเนินงานได้เป็นอย่างดี โดยได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปี งบประมาณ ๒๕๕๘ (สัญญาเลขที่ 2558 02050027 / เลขรหัสโครงการ 25580205027) ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายรัชวิทย์ ช่อนภู และนางสาวศิริธร ดีเสมอ นักศึกษาปริญญาตรี นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาเคมีทุกท่านในการอำนวยความสะดวกและช่วยให้งานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นางสุภารัตน์ รักชลธิ

หัวหน้าโครงการ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	6
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 การรักษาคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว	8
2.1.1 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของพืช	10
2.1.1.1 การหายใจ.....	10
2.1.1.2 การคายน้ำ.....	14
2.1.1.3 การสุก	14
2.2 บรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพผักและผลไม้.....	14
2.2.1 อัตราการซึมผ่านไอน้ำ.....	15
2.2.2 อัตราการซึมผ่านของก๊าซ	15
2.2.3 การออกแบบภาชนะบรรจุภัณฑ์สำหรับผู้บริโภค.....	16
2.2.4 ฟิล์มที่ใช้สำหรับเป็นบรรจุภัณฑ์	17
2.3 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)	18
2.3.1 ลักษณะทั่วไปของ LDPE	18
2.3.2 สมบัติโดยทั่วไปของ LDPE	19
2.3.3 การประยุกต์ใช้งาน.....	19
2.4 เอทิลีนไวนิลอะซิเตตโคพอลิเมอร์ (EVA)	20
2.4.1 ลักษณะทั่วไปของ EVA	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 สมบัติโดยทั่วไปของ EVA	21
2.4.3 การประยุกต์ใช้งาน	21
2.5 เอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์โคพอลิเมอร์ (EVOH)	22
2.5.1 ลักษณะทั่วไปของ EVOH	22
2.5.2 สมบัติโดยทั่วไปของ EVOH	22
2.5.3 การประยุกต์ใช้งาน	23
2.6 ซีโอไลต์เอ	24
2.6.1 โครงสร้างของซีโอไลต์เอ	24
2.6.2 สมบัติของซีโอไลต์เอ	25
2.6.3 การประยุกต์ใช้งาน	26
2.7 พอลิเมอร์ผสม	26
2.8 กระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัด	27
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	33
3.1 สารเคมี	33
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	34
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	36
3.3.1 การสังเคราะห์ EVOH จาก EVA	36
3.3.2 การเตรียมสูตรพอลิเมอร์ผสม	37
3.3.3 การเตรียมสูตรพอลิเมอร์ผสมที่มีซีโอไลต์เอ	38
3.3.4 การเตรียมฟิล์มด้วยวิธีกดอัด	39
3.3.5 ความหนาของฟิล์ม	39
3.3.6 การวิเคราะห์ฟิล์มด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทสโกปี	39
3.3.6.1 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของ EVOH ที่ได้จากการไฮโดรไลซิส EVA	39
3.3.6.2 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของฟิล์มตัวอย่างและซีโอไลต์เอ	40
3.3.7 การวิเคราะห์ปริมาณซีโอไลต์เอในสูตรพอลิเมอร์ผสม	40
3.3.8 การหาอุณหภูมิการหลอมเหลวผลึก อุณหภูมิการตกผลึกและปริมาณผลึก	40
3.3.9 การศึกษาสัณฐานวิทยา	41
3.3.9.1 การกระจายตัวของซีโอไลต์เอ	41
3.3.9.2 การกระจายตัวของ EVA และ/หรือ EVOH	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.10 การทดสอบสมบัติการรับแรงดึง.....	42
3.3.11 การทดสอบการซึมผ่านไอน้ำ	43
3.3.12 การทดสอบมุมสัมผัส	43
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	45
4.1 การสังเคราะห์ EVOH และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ	45
4.2 การศึกษาผลของอัตราส่วน EVA/EVOH ในฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH	47
4.2.1 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชัน	47
4.2.1.1 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของ EVOH	47
4.2.1.2 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH	48
4.2.2 ความหนาของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH	50
4.2.3 การศึกษาผลของตัวทำละลายในฟิล์มตัวอย่าง	50
4.2.4 การศึกษาการกระจายตัวของ EVA และ/หรือ EVOH ในฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH	51
4.2.5 การทดสอบสมบัติทางความร้อนของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH.....	52
4.2.6 การทดสอบสมบัติเชิงกลของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH	54
4.2.7 การทดสอบวัดมุมสัมผัสของพอลิเมอร์ผสม LDPE/EVA/EVOH	56
4.2.8 การทดสอบการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH	57
4.3 การศึกษาผลของการมีซีโอไลต์เอ 20% โดยน้ำหนัก ในฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH	58
4.3.1 การตรวจสอบหาหมู่ฟังก์ชันของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH/Zeolite A	58
4.3.2 ความหนาของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH/Zeolite A	60
4.3.3 การตรวจสอบปริมาณของซีโอไลต์เอในสูตรพอลิเมอร์ผสม	60
4.3.4 การศึกษาการกระจายตัวของซีโอไลต์เอในฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH/Zeolite A.....	60
4.3.5 การทดสอบสมบัติทางความร้อนของฟิล์มLDPE/EVA/EVOH/Zeolite A	62
4.3.6 การทดสอบสมบัติเชิงกลของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH/Zeolite A.....	63
4.3.7 การทดสอบวัดมุมสัมผัสของพอลิเมอร์ผสมที่มีซีโอไลต์เอ	66
4.3.8 การทดสอบการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH/Zeolite A	66

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	68
5.1 สรุปผลงานวิจัย.....	68
5.2 ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารอ้างอิง	70
ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย	74

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม และระยะเวลาในการเก็บรักษาผัก.....	10
2.2 ชนิดของผลไม้จำแนกตามลักษณะการหายใจขณะผลแก่หรือสุก	13
2.3 อัตราการหายใจของผลไม้บางชนิดประเภท Climacteric	13
2.4 อัตราการหายใจของผลไม้บางชนิดประเภท Non-climacteric	14
2.5 ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ.....	15
2.6 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในฟิล์ม พลาสติกชนิดต่างๆ.....	16
2.7 สมบัติบางประการของ EVOH.....	23
3.1 สมบัติบางประการของ LDPE	33
3.2 สมบัติบางประการของ EVA.....	34
3.3 สมบัติบางประการของ Zeolite A.....	34
3.4 พอลิเมอร์ผสมสูตรทั้งหมดโดยน้ำหนัก.....	38
3.5 สูตรพอลิเมอร์ผสมที่มีซีโอไลต์เอ (โดยน้ำหนัก).....	38
4.1 อักษรย่อแทนสูตรและสูตรผสมทั้งหมด.....	46
4.2 ค่าดัชนีการบดอัดและไฮดรอกซิลของ EVA และ EVOH.....	48
4.3 ความหนาของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH	50
4.4 T_m , T_c และเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกของพอลิเมอร์	53
4.5 T_m , T_c และเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกของพอลิเมอร์ในฟิล์มสูตรต่างๆ.....	53
4.6 ค่ามุมสัมผัสของพอลิเมอร์ผสมสูตรต่างๆ	57
4.7 ความหนาของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH/ Zeolite A	60
4.8 ปริมาณของซีโอไลต์เอในสูตรพอลิเมอร์ผสม	60
4.9 T_m , T_c และเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกของพอลิเมอร์ในฟิล์มสูตรต่างๆ ที่มีซีโอไลต์เอ	63
4.10 ค่ามุมสัมผัสของพอลิเมอร์ผสมสูตรต่างๆ ที่มีซีโอไลต์เอ	66

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ความแข็งแรงดึง ณ จุดขาด ของฟิล์ม LDPE/EVA ที่อัตราส่วนต่างๆ.....	2
1.2 การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม LDPE/EVA ที่อัตราส่วนต่างๆ.....	3
1.3 การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม LDPE, LE(80/20) และ LE(80/20)25.....	3
1.4 ความแข็งแรงดึง ณ จุดคราก ของฟิล์มตัวอย่าง จากการศึกษผลของหมู่ฟังก์ชัน	4
1.5 การดึงยึด ณ จุดขาด ของฟิล์มตัวอย่าง จากการศึกษผลของหมู่ฟังก์ชัน	4
1.6 การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มตัวอย่าง จากการศึกษผลของหมู่ฟังก์ชัน	5
1.7 การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม LDPE/EVOH จากการศึกษผลการเติมซีโอไลต์เอ.....	5
2.1 แผนผังแสดงการหายใจของพืชโดยสังเขป ทั้งแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน	11
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหายใจและอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาไว้ ที่อุณหภูมิ 60°F.....	12
2.3 โครงสร้างของ LDPE	18
2.4 โครงสร้างของ EVA.....	21
2.5 โครงสร้างของ EVOH.....	22
2.6 Frame work ของซีโอไลต์เอ	25
2.7 โครงสร้างของซีโอไลต์เอ.....	25
2.8 สมบัติของพอลิเมอร์ผสมในกรณีผสมเข้ากันได้ (Miscible).....	27
2.9 สมบัติของพอลิเมอร์ผสมในกรณีไม่ผสมเข้ากันได้ (Immiscible)	27
3.1 ลักษณะของชิ้นงานตัวอย่าง.....	42
4.1 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของตัวอย่างด้วยเครื่อง FT-IR	47
4.2 FT-IR สเปกตรัมของฟิล์ม LDPE, EVA, EVOH และฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH	49
4.3 ภาพ SEM ของพื้นผิวที่แตกหัก ของฟิล์ม LDPE ก่อนสกัดและหลังสกัด (กำลังขยาย 3500 เท่า).....	50
4.4 ภาพ SEM ของพื้นผิวที่แตกหักของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH ที่อัตราส่วนต่างๆ (กำลังขยาย 3500 เท่า) ที่มีการสกัดวัฏภาคของ EVA และ/หรือ EVOH ออก.....	52
4.5 สมบัติการรับแรงดึงของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH ที่อัตราส่วนต่างๆ	56
4.6 การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มตัวอย่าง จากการศึกษผลของอัตราส่วน EVA/EVOH	58
4.7 FT-IR สเปกตรัมของซีโอไลต์เอและฟิล์ม LDPE, EVA, EVOH และฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH/Zeolite A.....	59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 ภาพ SEM ของพื้นผิวที่แตกหักของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH/Zeolite A (กำลังขยาย 3500 เท่า).....	62
4.9 ภาพเปรียบเทียบขนาดของรูพรุนในฟิล์ม L80EO20Z20 กับ L80EO20 หลังสกัด (กำลังขยาย 3500 เท่า).....	62
4.10 สมบัติการรับแรงดึงของฟิล์ม LDPE/EVA/EVOH/Zeolite A	65
4.11 การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มตัวอย่าง จากการศึกษาผลของการเติมซีโอไลต์เอ	67