การพัฒนาซองเมทาไลท์เพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษาซอสมะเขือเทศ

The development of tomato ketchup sachets for shelf life extended

พรรณรพี สาลีกิจ และนิทัศน์ ทิพยโสตนัยนา

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, oxsen_air@hotmail.com

บทคัดย่อ

บรรจุภัณฑ์เป็นสิ่งสำคัญในการรักษาคุณภาพของอาหารโดยเฉพาะอาหารประเภทซอสมะเขือเทศควรจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและก๊าซออกซิเจนได้ดีซึ่งส่งผลต่อคุณภาพและอายุของสินค้าอุตสาหกรรมจึงมักเลือกใช้ซองอะลูมิเนียมฟอยด์ (Aluminum Sachet) ที่มีอายุของสินค้ามากกว่าซองเมทาไลท์ (Metalized Sachet) มาบรรจุซอส แต่มีต้นทุนสูงกว่า วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การพัฒนาซองซอสมะเขือเทศด้วยฟิล์มเมทาไลท์เพื่อเพิ่มอายุสินค้าให้มากขึ้นโดยใกล้เคียงและมีต้นทุนต่ำกว่าซองอะลูมิเนียม ด้วยการปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มชั้นเมทาไลท์พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (MPET) ด้วยสารเคลือบ PSM (Specialized Chemical Coated High Barrier) และ PCM (Chemical Coated) ที่ความหนา 12.5 ไมครอนทำให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการซึมผ่านได้ดีมากขึ้น โดยทำการทดสอบหาคุณสมบัติเชิงกล ทดสอบอายุการจัดเก็บของสินค้าที่ระยะเวลา 8 เดือน และวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) พบว่าอายุการจัดเก็บของซอสมะเขือเทศในซองเมทาไลท์ที่มีระยะเวลานานขึ้น 1.8 เท่า คือ ประเภท PSM รองลงมาคือ PCM ตามลำดับ

คำสำคัญ: ซองเมทาไลท์, ซองอะลูมิเนียมฟอยด์, ซอสมะเขือเทศ, เมทาไลท์พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต

ABSTRACT

Packaging represents a critical step in the food quality preservation, especially for tomato ketchup product. The sauce containers should have the feature to prevent the seepage of moisture and oxygen, which, in turn, will improve the product's quality and shelf life. Therefore, food industry often prefers aluminum sachets which has longer usability period over metalized sachets to contain the products. However, aluminum sachets are more expensive than metalized sachet. The aim of this study is to develop tomato ketchup sachets made from metalized film in order to extend the sauce's shelf life to be similar to aluminum sachets with cheaper cost. For this matter, the metalized layer has been enhanced by applying PSM (Specialized Chemical Coated) product and PCM (Chemical Coated) product with the thickness of 12.5 micron to improve the layer's seepage prevention. After conducting the mechanical property test of layer, testing the product's shelf life in 8-month period and analyzing the layer's surface using Scanning electron microscope (SEM), the study found that the shelf life of tomato ketchup in metalized sachets with the layer coated with PSM is longer by 1.8 times ,and the second is PCM respectively.

Keywords: Metalized Sachets, Aluminum Sachets, Tomato Ketchup, Metalized Polyethylene Terephthalate

1. บทนำ

ปัจจุบันกระแสความนิยมบริโภคเครื่องปรุงรสอาหารในประเทศเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้ตลาดเครื่องปรุงรสอาหารขยายตัวอย่างรวดเร็ว ส่วนตลาดในต่างประเทศความนิยมเครื่องปรุงรสอาหารจากประเทศไทยเริ่มขยายตัวไปสู่การวางจำหน่ายบนชั้นในซุปเปอร์มาร์เก็ตใหญ่ๆ ซึ่งเป็นปัจจัยหนุนให้มูลค่าการส่งออกเครื่องปรุงรสอาหารของไทยมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง ซอสมะเขือเป็นหนึ่งในเครื่องปรุงรสที่มีพลาสติกชนิดเมทาไลท์คือฟิล์มพลาสติกที่มีการเคลือบด้วยชั้นบางๆ ของโลหะ โดยทั่วไปมักใช้เป็นโลหะอลูมิเนียม ซึ่งถือเป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่นิยมนำมาใช้พอกับอะลูมิเนียมฟอยด์สำหรับบรรจุซอสมะเขือเทศ โดยปกติแล้วอะลูมิเนียมฟอยด์จะสามารถรักษาคุณภาพได้ดีกว่าเมทาไลท์ เนื่องจากสามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ความชื้นและออกซิเจนได้ดีกว่าจึงมักจะส่งผลให้มีอายุการจัดเก็บของสินค้าที่ยาวนาน แต่ด้วยปัญหาการเกิดรูพรุนขนาดเล็กของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่มักจะเกิดขึ้นง่ายในระหว่างกระบวนการขึ้นรูป การนำไปใช้งานในกระบวนการผลิตฟิล์มและกระบวนการบรรจุซอสอันเนื่องมาจากสภาวะทางการบรรจุที่เป็นข้อจำกัดของเครื่องจักรและยังไม่สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งเมทาไลท์ยังมีต้นทุนของวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ถูกกว่าอะลูมิเนียมฟอยด์ ผู้ผลิตจึงให้ความสำคัญที่จะเลือกพัฒนาบรรจุภัณฑ์ซอสมะเขือเทศจากซองเมทาไลท์ให้สามารถยืดอายุของสินค้าได้เพิ่มมากขึ้นเพื่อการแข่งขันทางการตลาดและการส่งออก

ผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะพัฒนาบรรจุภัณฑ์ซองซอสมะเขือเทศด้วยฟิล์มเมทาไลท์โดยการปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มชั้นเมทาไลท์พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการซึมผ่านได้ดีมากขึ้นและเพื่อเพิ่มอายุสินค้าให้มากขึ้นโดยใกล้เคียงซองอะลูมิเนียมฟอยด์หรือมากกว่ากับบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันและเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้ผลิตในการแก้ปัญหาซองซึมรั่ว บริเวณรอยหักตามมุมของซองอะลูมิเนียมอีกด้วย รวมถึงการศึกษาต้นทุนของบรรจุภัณฑ์ที่ลดลงแต่ยังคงรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีและหากงานวิจัยนี้เป็นไปตามเป้าหมายจะเป็นแนวทางในการพิจารณาเพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆภายในบริษัทอีกทั้งยังเป็นการลดต้นทุนในการผลิตสินค้า เพื่อผลกำไรที่สูงขึ้นอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาซองเมทาไลท์ให้สามารถเพิ่มอายุของสินค้าซอสมะเขือเทศได้มากขึ้น

2.2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติของซองเมทาไลท์ที่พัฒนาขึ้นกับบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

2.3 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอายุของซอสมะเขือเทศระหว่างบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในปัจจุบันและบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนา

2.4 เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนของบรรจุภัณฑ์อะลูมิเนียมฟอยด์และบรรจุภัณฑ์ที่มีการพัฒนาขึ้น

3. การดำเนินการวิจัย

3.1 พัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่จะศึกษาด้วยการปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มชั้นเมทาไลท์พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตด้วยสารเคลือบ PSM และ PCM รวมความหนา 12.5 ไมครอน

ตารางที่ 1 แสดงชนิดตัวอย่างที่พัฒนาขึ้นเพื่อการศึกษาเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในปัจจุบัน

ชนิดตัวอย่าง	โครงสร้างของฟิล์ม MPET
ตัวอย่างที่ 1	PET12 / MPET(PCM)12.5 / LLDPE30
ตัวอย่างที่ 2	PET12 / MPET(PSM)12.5 / LLDPE30
ตัวอย่างที่ 3	PET12 / MPET 12/ LLDPE35 (MPET Current Spec)
ตัวอย่างที่ 4	PET12 / Alu7/ LLDPE50 (Alu Current Spec)

PSM และ PCM คือ สารเคมีที่นำมาเคลือบบนโครงสร้างของฟิล์มชั้นเมทาไลท์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการซึมผ่านของฟิล์มให้ดียิ่งขึ้น

3.2 การทดสอบคุณสมบัติของฟิล์มเมาทาไลท์

3.2.1 การวิเคราะห์โครงสร้างของพอลิเมอร์

- วิเคราะห์ภาพตัดขวางของฟิล์มพลาสติก (Cross Section)

3.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกล

- วิเคราะห์อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (Water vapor transmission rate, WVTR) (ASTM F 1249)
- วิเคราะห์อัตราการซึมผ่านออกซิเจน (Oxygen vapor transmission rate, OTR) (ASTM D 3958)
- วิเคราะห์ความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) (ASTM D 882)

3.3 การเตรียมตัวอย่างทดสอบอายุของซอสมะเขือเทศในบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนา

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างซองบรรจุภัณฑ์

- จัดเตรียมตัวอย่างซอง 3 Side-seal แต่ละชนิดที่จะทดสอบที่ขนาด 12 x 12 cm. อย่างละ 16 ซอง โดยมี 4 ชนิดตัวอย่าง คือ MPET(PCM), MPET(PSM), Al(Current Spec), MPET(Current Spec)
- บรรจุซอสมะเขือเทศน้ำหนัก 130 กรัม

3.3.2 สภาวะในการทดสอบ

- Room Temperature (25 – 35 °C, 60 %RH)
- ทดสอบเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลา 8 เดือน

3.4 การทดสอบอายุของผลิตภัณฑ์

3.4.1 การทดสอบค่าทางเคมีที่ระยะเวลา 8 เดือนของซอสมะเขือเทศ

- pH (pH-meter Model HI 9126 บริษัท Hanna Instruments)
- ความเข้มข้นและความหนืดของซอส (Bostwick Consistometer) (Analysis Procedure Heinz HQ
- Analysis laboratory Effective date 4/1/97)

3.4.2 การทดสอบทางจุลลินทรีย์ที่ระยะเวลา 8 เดือนของซอสมะเขือเทศ

- Total Plate Count (10,000 Cfu/g)

  (Bacteriological Analytical Manual online , January 2001, Chapter 3)
- Coliform (<10 Cfu/g)

  (Bacteriological Analytical Manual online , September 2002, Chapter 4)

- Yeast & Molds (<10 Cfu/g) (มอก.1402-2540 เรื่องมายองเนสและสลัดครีม)
- Lactic acid bacteria (<10 Cfu/g)

(Bacteriological Analytical Manual online , April 2001, Chapter 18)

3.4.3 วัดความแตกต่างของสีซอสมะเขือเทศด้วยเครื่องทดสอบ Spectrophotometer และหาความแตกต่างของค่าสีในแต่ละชนิดตัวอย่างที่ทดสอบโดยให้ซอสมะเขือเทศที่บรรจุในซองอะลูมิเนียมที่ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 เดือน เป็นมาตาฐานในการวัดค่าเปรียบเทียบความต่างของสีและนำมาคำนวณหา ค่า Delta E หากมีค่าไม่เกิน 3 คือไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_1 - L^*_2)^2+(a^*_1-a^*_2)^2+(b^*_1-b^*_2)^2}$$

3.4.4 วิเคราะห์ลักษณะผิวหน้าของซองในแต่ละตัวอย่างหลังบรรจุซอสมะเขือเทศที่ระยะเวลา 8 เดือน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) โดยดูลักษณะผิวหน้าของซองเมทาไลท์ด้านที่สัมผัสกับซอสมะเขือเทศโดยตรงเปรียบกันระหว่างซองเมทาไลท์ที่พัฒนาขึ้นเทียบกับซองเมทาไลท์เดิมที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบันโดยใช้กำลังขยายในการทดสอบ 1500 เท่า และ 10kV ศักย์เร่งอิเล็กตรอน

3.5 การวิเคราะห์ต้นทุนของบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนา

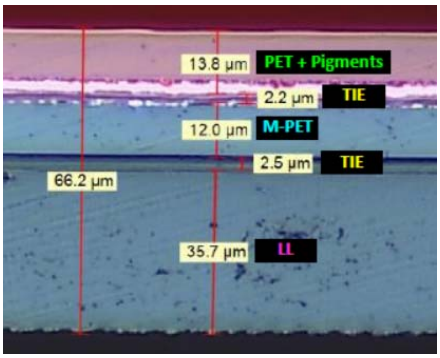
3.6 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

4. ผลการวิจัย

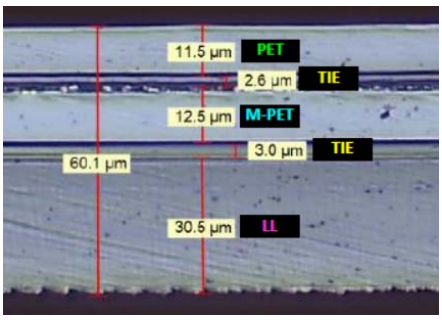
4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของฟิล์มเมทาไลท์

4.1.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของพอลิเมอร์

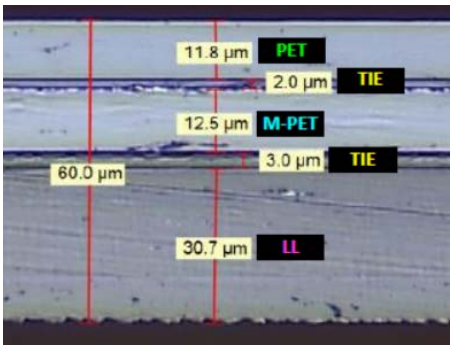
จากการวิเคราะห์โครงสร้างของพอลิเมอร์ด้วยวิธีวิเคราะภาพตัดขวางของฟิล์มเมทาไลท์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่านเพื่อตรวจสอบหาสารเคมีที่นำมาเคลือบบนชั้นเมทาไลท์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การป้องกันการซึมผ่านได้ดีมากขึ้นว่ามีความแตกต่างจากโครงสร้างเดิมและความสม่ำเสมอของความหนา สารเคมีที่นำมาเคลือบ พบว่า ความหนาของชั้นเมทาไลท์ที่เคลือบด้วยสาร PSM และ PCM มีค่าเท่ากับ 12.5 ไมครอนซึ่งต่างจากโครงสร้างเดิม 0.5 ไมครอนและมีความหนาสม่ำเสมอตลอดชั้นฟิล์มดังแสดง ตัวอย่างดังรูปที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 1 แสดงลักษณะโครงสร้างของฟิล์มเมทาไลท์ที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบัน



รูปที่ 2 แสดงลักษณะโครงสร้างของฟิล์มเมทาไลท์ด้วยสารเคลือบ PCM



รูปที่ 3 แสดงลักษณะโครงสร้างของฟิล์มเมทาไลท์ด้วยสารเคลือบ PSM

4.1.2 ผลการวิเคราะคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์มเมทาไลท์

จากผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์มเมทาไลท์แต่ละชนิดพบว่า ความสามารถในการป้องกัน การซึมผ่านไอน้ำและแก๊สออกซิเจนของฟิล์มเมทาไลท์ประเภท PSM ดีที่สุด รองลงมาคือ PCM และฟิล์มที่ ใช้อยู่ ณ ปัจจุบัน ตามลำดับ โดยมีค่า WVTR เท่ากับ 0.6415, 1.3462 และ 1.512 gm/m²/day และค่า OTR เท่ากับ 0.4536, 1.1384 และ 1.3381 cc/m²/day ในส่วนของความต้านทานแรงดึง ฟิล์มเมทาไลท์ประเภท PSM สามารถต้านทานแรงดึงยืดได้ดีที่สุด รองลงมาคือ PCM และฟิล์มที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบัน

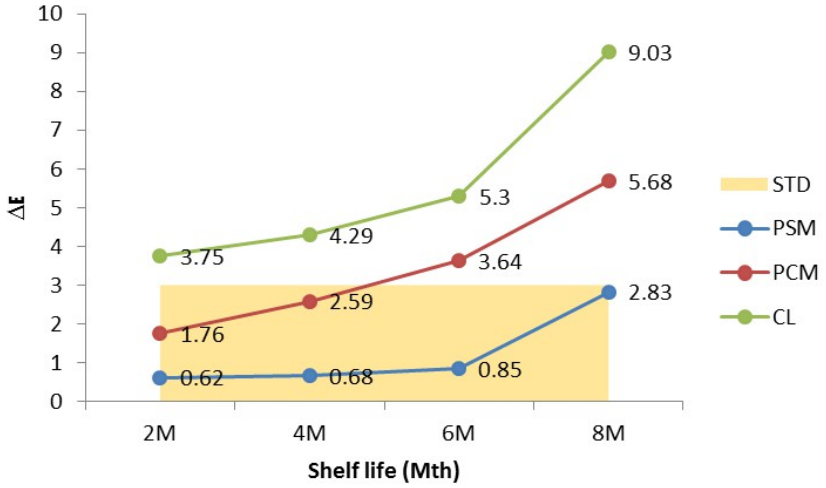
ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์มเมทาไลท์แต่ละชนิดตัวอย่าง

ชนิดตัวอย่าง	Properties			
	WVTR (gm/m²/day)	OTR (cc/m²/day)	Tensile strength (kpsi)	
			MD	TD
PET12/MPET12/LL35 (Current spec)	1.512	1.3381	26.87	27.13
PET12/MPET12/LL35 (PCM)	1.3462	1.1384	26.91	27.42
PET12/MPET12/LL35 (PSM)	0.6415	0.4536	27.25	27.93

4.2 ผลการทดสอบอายุของผลิตภัณฑ์

4.2.1 การทดสอบวัดค่าความแตกต่างของสีซอสมะเขือเทศ

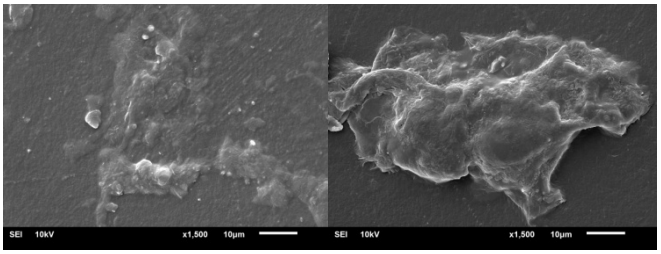
จากการทดสอบวัดความแตกต่างของสีซอสมะเขือเทศด้วยเครื่องทดสอบ Spectrophotometer และหาความแตกต่างของค่าสีในแต่ละชนิดตัวอย่างที่ทดสอบโดยให้ซอสมะเขือเทศที่บรรจุในซองอะลูมิเนียม ที่ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 เดือนเป็นมาตาฐานในการวัดค่าเปรียบเทียบความต่างของสีและนำมาคำนวณหา ค่า Delta E พบว่าฟิล์มเมทาไลท์ประเภท PSM ที่ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 เดือนเทียบกับซองอะลูมิเนียมมีค่า Delta E เท่ากับ 0.62, 0.68, 0.85 และ 2.83 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจาก Delta E มีค่าน้อยกว่า 3



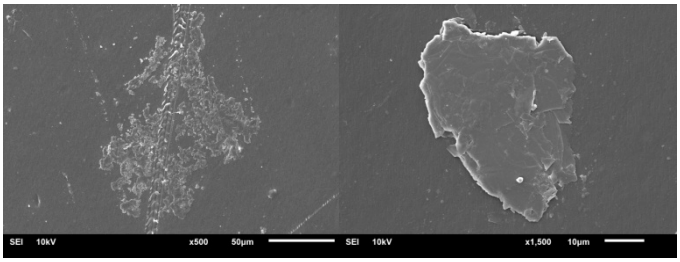
รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าความแตกต่างของสีของฟิล์มเมทาไลท์แต่ละประเภท

4.2.2 การวิเคราะห์ลักษณะผิวหน้าของซองเมทาไลท์หลังการทดสอบอายุของซอสมะเขือเทศ

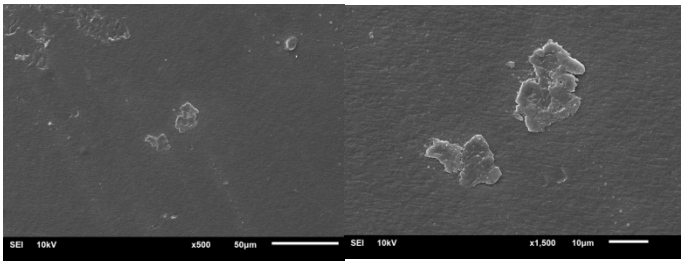
จากการวิเคราะห์ลักษณะผิวหน้าของซองในแต่ละตัวอย่างหลังบรรจุซอสมะเขือเทศที่ระยะเวลา 8 เดือน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยดูลักษณะผิวหน้าของซองเมทาไลท์ด้านที่สัมผัสกับซอสมะเขือเทศโดยตรงเปรียบกันระหว่างซองเมทาไลท์ที่พัฒนาขึ้นเทียบกับซองเมทาไลท์เดิมที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบันโดยใช้กำลังขยายในการทดสอบ 1500 เท่า และ 10kV ศักย์เร่งอิเล็กตรอน พบว่าซองเมทาไลท์ที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบันมีลักษณะโดนการกัดกร่อนจากซอสมะเขือเทศและเสียสภาพเป็นพื้นที่วงกว้างมากกว่าซองเมทาไลท์ประเภท PSM และ PCM ตามลำดับ



รูปที่ 5 แสดงลักษณะพื้นผิวของฟิล์มเมทาไลท์ที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบันที่ระยะเวลา 8 เดือน



รูปที่ 6 แสดงลักษณะพื้นผิวของฟิล์มเมทาไลท์ประเภท PCM ที่ระยะเวลา 8 เดือน



รูปที่ 7 แสดงลักษณะพื้นผิวของฟิล์มเมทาไลท์ประเภท PSM ที่ระยะเวลา 8 เดือน

4.3 ผลการวิเคราะห์ด้านต้นทุนของบรรจุภัณฑ์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านต้นทุนของบรรจุภัณฑ์อะลูมิเนียมฟอยด์ที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบัน ต้นทุนเมทาไลท์เดิมและต้นทุนเมทาไลท์ที่พัฒนาขึ้น พบว่าต้นทุนของเมทาไลท์ที่พัฒนาขึ้นมีต้นทุนต่ำกว่าอะลูมิเนียมเมื่อเทียบต้นทุนต่อ 1 ซองที่ผลิตได้

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนของบรรจุภัณฑ์เดิมและบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนา

ที่มาของต้นทุน	ต้นทุนจากบรรจุภัณฑ์เดิมอะลูมิเนียมฟอยด์	ต้นทุนจากบรรจุภัณฑ์เมทาไลท์ PSM	ต้นทุนจากบรรจุภัณฑ์เมทาไลท์ PCM	ต้นทุนจากบรรจุภัณฑ์เมทาไลท์เดิม
วัตถุดิบทางตรงม้วนฟิล์ม ขนาดหน้ากว้าง 616 mm. ความยาวม้วน 1,200 M.	13,800	9,800	8,400	7,900
ต้นทุนคิดเป็นจำนวนซองที่บรรจุได้ต่อ 1 ม้วน (คำนวณจาก 1 ม้วน = 112,941 ซอง)	0.12	0.08	0.07	0.06

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาซองซอสมะเขือเทศด้วยฟิล์มเมทาไลท์เพื่อเพิ่มอายุซอสมะเขือเทศให้มากขึ้นโดยใกล้เคียงและมีต้นทุนต่ำกว่าซองอะลูมิเนียมด้วยการปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มชั้นเมทาไลท์พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (MPET) ด้วยสารเคลือบ PSM (Specialized Chemical Coated) และ PCM (Chemical Coated) ที่ความหนา 12.5 ไมครอนนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและแก๊สออกซิเจน พบว่า ฟิล์มเมทาไลท์ประเภท PSM มีคุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกดีที่สุดทั้งในด้านความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านและความต้านทานแรงดึง อีกทั้งฟิล์มเมทาไลท์ประเภท PSM ยังสามารถรักษาคุณภาพของซอสมะเขือเทศได้ใกล้เคียงกับซองอะลูมิเนียมที่ระยะเวลา 8 เดือน ทั้งในด้านของความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์และลักษณะทางกายภาพซอส สีของซอสมะเขือเทศหลังการทดลองบรรจุเก็บไว้ที่ระยะเวลา 8 เดือนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับซองอะลูมิเนียม แต่ฟิล์มเมทาไลท์ที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและไม่สามารถยอมรับได้ ลักษณะผิวหน้าของซองด้านที่สัมผัสกับซอสโดยตรงมีลักษณะเกิดการกัดกร่อนมีความรุนแรงและเป็นบริเวณพื้นที่น้อยกว่าฟิล์มปัจจุบัน อีกทั้งต้นทุนของบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นยังมีต้นทุนต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ประเภทอะลูมิเนียมซึ่งทำให้สามารถนำไปใช้ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่สามารถแข่งขันทางด้านราคาได้ โดยงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการเลือกพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับซอสมะเขือเทศที่สามารถยืดอายุของสินค้าได้เพิ่มมากขึ้นเพื่อการแข่งขันทางการตลาดและการส่งออก ซึ่งอาจจะศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของความหนาหรือปริมาณของสารเคมีที่เพิ่มมากขึ้นสำหรับการเคลือบผิวหน้าของเมทาไลท์เพื่อให้คุณสมบัติทางด้านความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านได้ดียิ่งขึ้นใกล้เคียงกับวัสดุบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ ที่มีต้นทุนสูงกว่าพลาสติกชนิดเมทาไลท์หรือบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น เช่น ขวดแก้ว ที่มีโครงสร้างความเป็นผลึกมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

Emilio Marengo, Eleonora Mazzucco, Elisa Robotti, Fabio Gosetti, Marcello Manfredi, & Giorgio Calabrese. ป (2017). Characterization Study of Tomato Sauces Stored in Different Packaging Materials. *Current Analytical Chemistry, 13*, 187-201.

Hossein Mohammadhosseini, Rayed Alyousef, Nor Hasanah Abdul Shukor Lim, Mahmood Md Tahir, Hisham Alabduljabbar, Abdeliazim Mustafa Mohamed, & Mostafa Samadi. (2020). Waste metalized film food packaging as low cost and ecofriendly fibrous materials in the production of sustainable and green concrete composites. *Journal of Cleaner Production, 258*, 120726.

Naser Kohan-nia, & Babak Pakbin, R. M. (2016). Effect of Packaging Material on Color Properties of Catsup Tomato Sauce. *Journal of Applied Packaging Research*, 10-16.

Nitika Thakur, Monika Thakur, Gaurav Thakur, & Sohan Lal. (2018). Increased Shelf Life and Safety of Ketchup Prepared from Organically Raised Tomato (cv. Solan Lalima). *Journal of PurE and aPPliEd Microbiology, 12(3)*, 1351-1354.