

การเคลือบผิวเยื่อแผ่น PVDF ด้วยไคโตซาน เพื่อป้องกัน
การเปียกในกระบวนการกลั่นแบบออสโมติก
COATING OF MICROPOROUS PVDF MEMBRANES WITH
CHITOSAN FOR PROTECTION AGAINST WETTING IN
OSMOTIC DISTILLATION PROCESS

กิตติคุณ เมฆทรัพย์

อำไพ ชนะไชย

รัตนา จิระรัตนานนท์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการเคลือบผิวเยื่อแผ่นเส้นใยกลวง PVDF ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำด้วยไคโตซานที่มีคุณสมบัติชอบน้ำสูง เพื่อป้องกันการเปียกจากน้ำมันในน้ำผลไม้ในกระบวนการกลั่นแบบออสโมติก (OD) โดยเป็นการเคลือบไคโตซานภายนอกท่อของเส้นใย ผลการทดสอบ FTIR และ SEM พบว่าไคโตซานสามารถเคลือบติดที่ผิวของเยื่อแผ่น PVDF ได้ดี และการเคลือบผิวด้วยไคโตซานส่งผลให้ค่าฟลักซ์น้ำที่ผ่านเยื่อแผ่นมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย ในการทดสอบการป้องกันการเปียกของเยื่อแผ่นด้วยน้ำมัน (limonene เข้มข้น 2 %vol) เป็นเวลา 5 ชั่วโมง พบว่าเยื่อแผ่นที่มีการเคลือบผิวด้วยไคโตซานสามารถป้องกันการเปียกได้ และยังมีค่าฟลักซ์คงที่ตลอดการทดลอง ส่วนเยื่อแผ่นที่ไม่มีการเคลือบผิวจะเกิดการเปียกอย่างชัดเจน โดยตรวจพบเกลือ CaCl_2 ที่แพร่ผ่านมาด้านรีเทนเทท และมีค่าฟลักซ์ลดลงถึง 29.27 % ที่เวลา 5 ชั่วโมง ในการทดสอบหาค่าการสูญเสียสารให้กลิ่นรสด้วย Ethyl acetate และ Ethyl hexanoate พบว่า การเคลือบผิวเยื่อแผ่นด้วยไคโตซานมีส่วนช่วยลดการสูญเสียสารให้กลิ่นรสได้

คำสำคัญ: กระบวนการกลั่นแบบออสโมติก การเคลือบผิวเยื่อแผ่น การเปียก

ABSTRACT

This research studied the coating of hydrophobic membrane PVDF with chitosan which was the high hydrophilicity substance for protection against wetting by oils from fruit juice in osmotic distillation process. FTIR and SEM results indicated that chitosan was well coated on PVDF membrane surface. Coating of membrane with chitosan resulted in membrane with higher flux. The protection against wetting of the membranes was tested by oil solution (limonene 2 %v) for 5 hr. The results indicated that the coated membrane was successful in protecting the membrane against wetting-out and maintaining the permeant flux along the test. An uncoated membrane was tremendously wetting-out which was shown by the existence of CaCl_2 in the

retentate solution and the decreasing of the permeant flux. The permeate flux of the uncoated membrane was decreased by 29.27% after 5 hr of OD operation of limonene oil. In testing of flavor (ethyl acetate and ethyl hexanoate) loss during OD, the results indicated that the chitosan coating on the membrane provided the decreasing of of flavor loss.

KEYWORDS: Osmotic distillation, Membrane coating, Wetting

1. บทนำ

การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำผลไม้ในปัจจุบัน มีด้วยกันอยู่หลายวิธี ได้แก่ การระเหยน้ำออก (Evaporation concentration) การทำความเข้มข้นเยือกแข็ง (freeze concentration) และกระบวนการออสโมซิสผันกลับ (Reverse osmosis) ซึ่งแต่ละวิธีอาจมีข้อเสียต่าง ๆ กัน เช่น การสูญเสียกลิ่นและรสชาติจากความร้อน การมีค่าใช้จ่ายในกระบวนการที่สูงและมีขีดจำกัดในการเพิ่มความเข้มข้น กระบวนการกลั่นแบบออสโมติก (Osmotic distillation) จึงเป็นอีกทางเลือกที่กำลังได้รับความสนใจ เพราะสามารถดำเนินการได้ที่อุณหภูมิและความดันปกติ สามารถเพิ่มความเข้มข้นได้สูงสุดถึง 75% TSS (Bui and others, 2004:237-245) และใช้ต้นทุนที่ต่ำ แต่มีข้อเสียที่สำคัญ 2 ข้อ คือ เยื่อแผ่นที่ใช้ อาจเกิดการเป็ยกจากน้ำมันในน้ำผลไม้ (รัตนา จิระรัตนานนท์, 2543:7, 12) ทำให้ประสิทธิภาพการดำเนินการลดลงและเสียคุณสมบัติในการแยกสาร และแม้ว่ากระบวนการนี้จะไม่ได้ทำลายสารให้กลิ่นรสของน้ำผลไม้ แต่ยังคงมีการสูญเสียสารให้กลิ่นรสบางส่วนผ่านรูพรุนของเยื่อแผ่นที่ใช้ (Barbe and others, 1998:67-75)

การเป็ยกของเยื่อแผ่น เกิดจากการมีน้ำมันไปยึดเกาะที่ผิวหน้าของเยื่อแผ่น น้ำมันในน้ำผลไม้เป็นสารประเภทไม่ชอบน้ำเช่นเดียวกับเยื่อแผ่นที่ใช้ จึงเกิดการดูดซับและสะสมที่ผิวหน้าของเยื่อแผ่น ส่งผลให้แรงดึงผิวของสารละลายบริเวณผิวหน้าเยื่อแผ่นลดลง ทำให้น้ำซึมผ่านรูพรุนไปได้ การเป็ยกของเยื่อแผ่นจะส่งผลให้ความต้านทานการผ่านเยื่อแผ่นของไอน้ำเพิ่มมากขึ้น เพราะ โมเลกุลน้ำมีความสามารถในการแพร่ในสภาพของเหลวได้น้อยกว่าในสภาพก๊าซ เมื่อการเป็ยกเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ การแพร่ผ่านของโมเลกุลน้ำจะไม่อยู่ในรูปของไอน้ำอีกต่อไป และสารละลายทั้งสองด้านจะผสมกันจนค่าพลังค์เป็นศูนย์ งานวิจัยนี้จึงสนใจในการป้องกันการเป็ยกของเยื่อแผ่น โดยการนำพอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำมาเคลือบผิวหน้าของเยื่อแผ่น เพราะพอลิเมอร์ชอบน้ำจะยอมให้น้ำเคลื่อนที่ผ่านไปได้ แต่จะกักสารที่ไม่ละลายน้ำไว้ น้ำมันจึงไม่สามารถผ่านรูพรุนของพอลิเมอร์ ชอบน้ำเข้าไปสัมผัสกับเยื่อแผ่นได้ จึงไม่เกิดการเป็ยกขึ้น

Mansouri และ Fane (1999:103-120) ได้ทำการเคลือบผิวเยื่อแผ่น PVDF ด้วย polyvinyl alcohol (PVA) เพื่อป้องกันการเป็ยกจากน้ำมัน (limonene) ในการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสด้วยกระบวนการ OD โดยทำการเคลือบผิวเยื่อแผ่น PVDF ด้วยการจุ่มเยื่อแผ่นลงในสารละลายเคลือบผิวโดยตรง (Dip Coating) และศึกษาการใช้สารเชื่อมขวาง Glutaraldehyde กับ Maleic acid พบว่า เยื่อแผ่นที่ผ่านการเคลือบผิวแล้วสามารถป้องกันการเป็ยกเยื่อแผ่นจากน้ำมันได้ดี โดยทำการทดสอบด้วยการนำเยื่อแผ่นที่เคลือบผิวแล้วไปใช้เพิ่มความเข้มข้นสารละลายที่มีน้ำมันอยู่ถึง 1 %wt เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า เยื่อแผ่นยังไม่เกิดการเป็ยก และมีสภาพที่ดีอยู่เมื่อมองด้วยตาเปล่า (ไม่มีการหลุดลอกของสารเคลือบผิว) ขณะที่เยื่อแผ่นที่ไม่มีการเคลือบผิวจะเกิดการเป็ยกอย่างรวดเร็วที่ความเข้มข้นของน้ำมันเพียง 0.2 %wt เท่านั้น

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการเคลือบผิวเยื่อแผ่นไม่ชอบน้ำ เช่น PTFE และ PVDF ด้วยพอลิเมอร์ชอบน้ำ เช่น Alginic acid (Xu and others, 2005:19-25) และ PVA (Mansouri, 1999:103-120) สามารถช่วยป้องกันการเปื่อยของเยื่อแผ่นในกระบวนการ OD ได้ดี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจใช้ไคโตซานซึ่งเป็นสารที่มีความชอบน้ำสูงมาเป็นสารเคลือบผิวเยื่อแผ่น เพื่อศึกษาผลของการเคลือบผิวเยื่อแผ่นที่มีต่อการเปื่อย และการเกิดฟาวลิง รวมถึงศึกษาผลที่มีต่อค่าการสูญเสียสารให้กลั่นรส

2. วิธีการทดลอง

2.1 สารเคมี

Chitosan (CS) ของบริษัท เอ็นเอ็นซี โปรดักส์, Acetic acid ของบริษัท LAB-SCAN, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ของบริษัท VolChem, Limonene และ Formaldehyde (FM) ของบริษัท Sigma Aldrich, Ethyl acetate ของบริษัท BDH, Ethyl hexanoate และ Ethanol ของบริษัท Merck และ NaOH ของบริษัท CARLO ERBA

2.2 เยื่อแผ่นที่ใช้

งานวิจัยนี้ใช้เยื่อแผ่นเส้นใยกลางทำจาก polyvinylidene fluoride (PVDF) ผลิตโดยบริษัท Memcor (South Windsor, New South Wales, Australia) ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 800 μm เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1300 μm ขนาดรูพรุน 0.2 μm และเป็นเยื่อแผ่นที่ไม่ชอบน้ำ ส่วนโมดูลทำมาจากแก้วมีความยาว 250 mm และมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 8 mm โดยใน 1 โมดูลบรรจุเยื่อแผ่นเส้นใยกลางจำนวน 15 เส้น ความยาวของเยื่อแผ่นเส้นใยกลางที่ใช้ในการถ่ายเทมวล คือ 225 mm คิดเป็นพื้นที่ในการถ่ายเทมวลเท่ากับ 0.01378 m^2

2.3 การเคลือบผิวเยื่อแผ่นด้วยไคโตซาน

2.3.1 การเตรียมสารละลายเคลือบผิว

ละลายไคโตซานในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 2 %wt โดยมีความเข้มข้นของไคโตซาน 0.1, 0.5, 1, 2%w/v ซึ่งเป็นช่วงความเข้มข้นที่ใช้ในงานวิจัยของ Tsai และคณะ ทำการกวนให้ไคโตซานละลายเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นจึงนำไปกรองเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนในไคโตซานออก จนได้สารละลายไคโตซานที่พร้อมจะนำไปใช้ในการเคลือบผิว

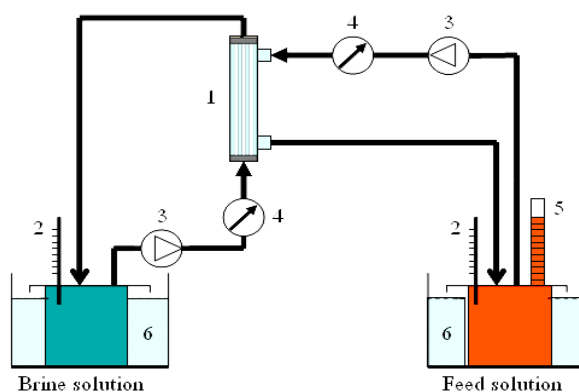
2.3.2 วิธีการเคลือบผิวเยื่อแผ่น

ในงานวิจัยนี้จะทำการเคลือบผิวเยื่อแผ่น PVDF ชนิดเส้นใยกลาง ด้วยวิธีการ Dip-coating โดยจะนำเยื่อแผ่นมาจุ่มลงในสารละลายเคลือบผิวเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นจึงนำออกมาทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในการเคลือบมากขึ้น ก่อนนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส ที่แต่ละอุณหภูมิเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (Tsai and others, 2008:146-155) เพื่อระเหยตัวทำละลายออก นำเยื่อแผ่นที่ได้มาแช่ลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 4 %w/v ในสารละลายเอทานอล 50 %v เป็นเวลา 60 นาที เพื่อทำให้ฟิล์มของไคโตซานอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ จากนั้นนำมาแช่ลงในสารละลายเอทานอล 50 %v เป็นเวลา 5 นาที ก่อนนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 3-4 ครั้ง เพื่อกำจัดสารปนเปื้อนออกให้หมด จึงนำเยื่อแผ่นที่ได้ไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำไปใช้งานต่อไป

2.4 การตรวจสอบคุณสมบัติของเยื่อแผ่น

2.4.1 การวัดฟลักซ์น้ำ

ทำการติดตั้งเยื่อแผ่นในชุดทดลองดังภาพประกอบ 1 โดยสารป้อนจะถูกปั๊มด้วย Peristaltic pump จาก Feed tank ไปที่ด้าน tube และป้อนสารละลายเกลือไปที่ด้าน shell ของเส้นใยรูพรุน ผ่าน Flow meter ควบคุมอัตราการไหลของสารป้อนและสารละลายเกลือที่ 455.3 และ 452.4 ml/min ตามลำดับ ซึ่งทำให้ความเร็วของสารป้อนและสารละลายเกลืออยู่ที่ 0.25 และ 1 m/s ตามลำดับ ซึ่งมีระบบด้านป้อนเป็นระบบปิด ทำให้สามารถรักษาระดับน้ำที่ปิดได้ ควบคุมอุณหภูมิของทั้งสองด้านไว้ที่ 25 °C โดยบันทึกระดับน้ำที่ลดลงของปีเปิดทางด้านสารป้อนทุกๆ 5 นาที ทำการวัดค่าฟลักซ์น้ำของแต่ละเยื่อแผ่นซ้ำมากกว่า 3 ครั้ง แล้วคัดเลือกข้อมูลที่ได้มาใช้อธิบายผล



ภาพประกอบ 1 ชุดทดลองในกระบวนการ OD (1) Hollow fiber module (2) Thermometer (3) Peristaltic pump (4) Flow meter (5) Pipette (6) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

2.4.2 ค่าร้อยละการสูญเสีย Ethyl acetate และ Ethyl hexanoate ของเยื่อแผ่น

ในการหาค่าร้อยละการสูญเสียของ Ethyl Acetate และ Ethyl hexanoate 500 mg/l จะทำการเก็บตัวอย่างสารละลายด้านรีเทนเทท ทั้งก่อนและหลังจากผ่านกระบวนการเป็นเวลา 7 ชั่วโมง จากนั้นวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ Ethyl acetate และ Ethyl hexanoate ด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC-14B) ซึ่งใช้ Column J&W DB-Wax ในวิเคราะห์แบบไอโซเทอร์มอล โดยตั้งอุณหภูมิที่ Injector 230 °C อุณหภูมิที่ Detector 250 °C (FID) และตั้งอุณหภูมิของ Oven 40 °C สำหรับวิเคราะห์ Ethyl acetate และ 65 °C สำหรับวิเคราะห์ Ethyl hexanoate นำค่าความเข้มข้นที่ได้มาคำนวณค่าร้อยละการสูญเสียสารให้กลิ่นรส

2.4.3 ลักษณะการยึดเกาะของสารเคลือบผิวที่ผิวหน้ารูพรุน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารเคลือบผิวโคโคซานที่มีต่อลักษณะการยึดเกาะของโคโคซานในโครงสร้างรูพรุน โดยการตรวจสอบโครงสร้างของเยื่อแผ่นด้วยเครื่อง Scanning electron microscopy (SEM)

2.4.4 ตรวจสอบการเชื่อมขวางของสารเคลือบผิว

ในการตรวจสอบการเคลือบผิวของโคโคซาน และการเชื่อมขวางของสารเคลือบผิว จะวิเคราะห์ได้จากเครื่อง Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy โดยสังเกตจากหมู่ฟังก์ชันและพันธะที่เกิดขึ้นในเยื่อแผ่น

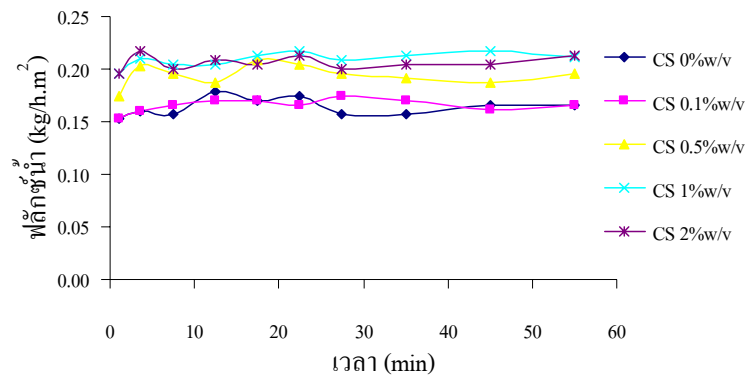
2.4.5 ตรวจสอบการเป็ยของเยื่อแผ่น

ตรวจสอบโดยนำสารละลายด้านรีเทนเทมาไตเตรดด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (AgNO_3) เข้มข้น 0.0124 M โดยใช้สารละลายโพแตสเซียมโครเมต (K_2CrO_4) เป็นอินดิเคเตอร์ หากเยื่อแผ่นเกิดการเป็ยจะได้ตะกอนสีขาว (AgCl) ออกมา และในกรณีที่ไม่เกิดการเป็ยจะได้ตะกอนสีแดง (Ag_2CrO_4)

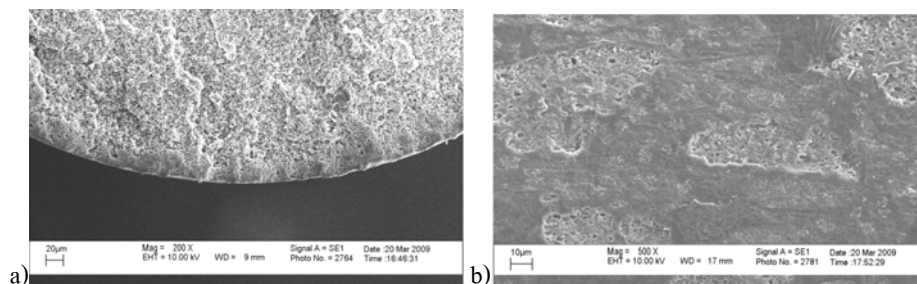
3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลของการเคลือบผิวเยื่อแผ่นที่มีต่อค่าฟลักซ์น้ำ

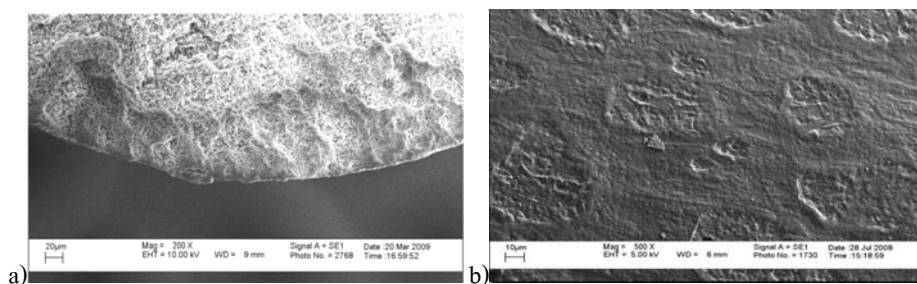
จากการเคลือบผิวเยื่อแผ่นด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน สามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่าฟลักซ์น้ำที่ผ่านเยื่อแผ่นกับเวลาได้ ดังภาพประกอบ 2 และตรวจสอบการยึดเกาะของไคโตซานด้วยเครื่อง Scanning electron microscopy (SEM) ดังแสดงในภาพประกอบ 3-5



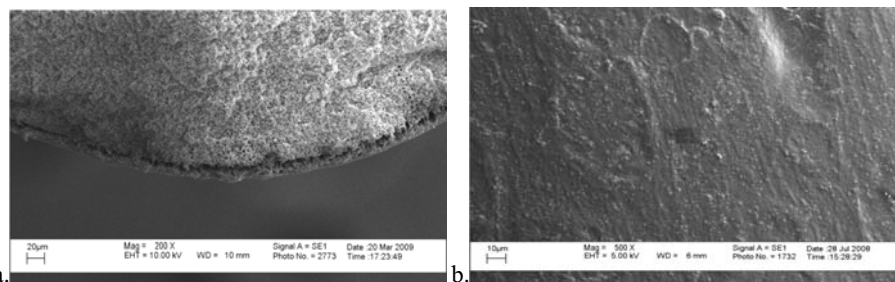
ภาพประกอบ 2 ฟลักซ์น้ำกับเวลา โดยใช้เยื่อแผ่นที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆ



ภาพประกอบ 3 a) ภาพหน้าตัดขวาง b) ภาพพื้นผิวของเยื่อแผ่นที่มีการเคลือบผิวด้วยไคโตซานเข้มข้น 0.1 %w/v



ภาพประกอบ 4 a) ภาพหน้าตัดขวาง b) ภาพพื้นผิวของเยื่อแผ่นที่มีการเคลือบผิวด้วยไคโตซานเข้มข้น 0.5 %w/v



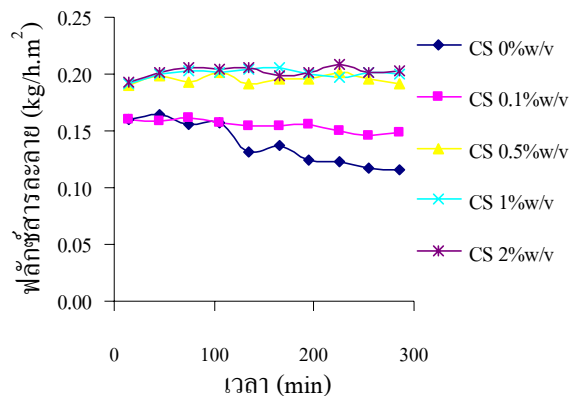
ภาพประกอบ 5 a) ภาพหน้าตัดขวาง b) ภาพพื้นผิวของเยื่อแผ่นที่มีการเคลือบผิวด้วยไคโตซานเข้มข้น 0.2 %w/v

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่า ความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ทำให้ฟลักซ์น้ำมีค่าลดลง ในทางตรงกันข้ามกลับพบว่าค่าฟลักซ์น้ำที่ผ่านเยื่อแผ่นมีค่ามากขึ้น ดังแสดงในภาพประกอบ 2 และจากการตรวจสอบการยึดเกาะของไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า ไคโตซานสามารถยึดเกาะกับเยื่อแผ่นได้ โดยไคโตซานจะปกคลุมพื้นผิวของเยื่อแผ่นได้บางส่วนที่ความเข้มข้นของไคโตซาน 0.1 %w/v ดังภาพประกอบ 3b. และเมื่อใช้ความเข้มข้นของไคโตซาน 0.5 %w/v จะเห็นว่าไคโตซานได้ปกคลุมพื้นผิวเยื่อแผ่นได้หมดจนมองไม่เห็นรูพรุนของ เยื่อแผ่นดังภาพประกอบ 4b. และเมื่อใช้ความเข้มข้นของไคโตซานที่ 2 %w/v พบว่า เกิดชั้นฟิล์มหนาที่ผิวหน้าของเยื่อแผ่นมากขึ้น

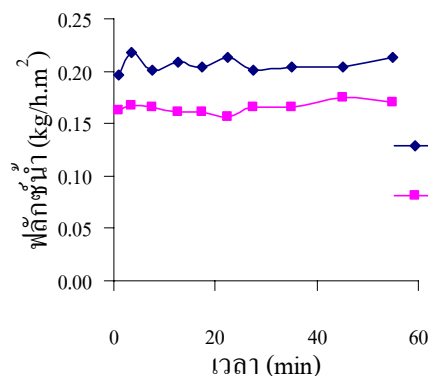
เมื่อเปรียบเทียบผลของค่าฟลักซ์น้ำ กับลักษณะการยึดเกาะของไคโตซานที่เกิดขึ้น สามารถอธิบายได้ว่าการเคลือบผิวเยื่อแผ่นด้วยไคโตซานได้ช่วยเพิ่มความชอบน้ำให้กับเยื่อแผ่นที่บริเวณผิวหน้า ลดแรงผลักระหว่างเยื่อแผ่นกับน้ำ ทำให้น้ำสามารถแพร่ผ่านเยื่อแผ่นรูพรุนได้ดีขึ้น ส่งผลให้ค่าฟลักซ์สูงขึ้นกว่าเยื่อแผ่นที่ไม่มีการเคลือบผิว โดยการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีความเข้มข้นสูงกว่า 0.5 %w/v จะให้ค่าฟลักซ์ที่ใกล้เคียงกัน

3.2 ผลของการเคลือบผิวเยื่อแผ่นที่มีต่อการป้องกันการเปื่อย

ได้ทำการทดสอบการเปื่อยของเยื่อแผ่นโดยนำไปผ่านกระบวนการ OD โดยใช้ Limonene เข้มข้น 2%v เป็นสารป้อนของระบบ ทำการเก็บตัวอย่างสารละลายด้านรีเทนเททไปทดสอบดูการเปื่อยของเยื่อแผ่นหลังผ่านไป 5 ชั่วโมง พบว่า เยื่อแผ่นที่มีการเคลือบผิวจะไม่เกิดการเปื่อยสุมบูรณ์ขึ้น เพราะไม่พบการซึมผ่านของเกลือมาทาง ด้านรีเทนเททเลย ซึ่งต่างกับเยื่อแผ่นที่ไม่มีการเคลือบผิวจะเกิดการเปื่อยขึ้นชัดเจน โดยสามารถวัดความเข้มข้นของเกลือที่ซึมผ่านออกมาทางด้านรีเทนเททได้ถึง 18.86 mg/l สามารถแสดงผลของฟลักซ์น้ำที่เวลาต่างๆ ได้ดังภาพประกอบ 6 พบว่าค่าฟลักซ์น้ำมีค่าลดลงจากเดิมสำหรับเยื่อแผ่นที่ไม่มีการเคลือบผิว แต่แทบจะไม่ลดลงเลยสำหรับเยื่อแผ่นที่ผ่านการเคลือบผิวแล้ว



ภาพประกอบ 6 พลิกซ์น้ำกับเวลา โดยใช้เยื่อแผ่นที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆ



ภาพประกอบ 7 พลิกซ์น้ำกับเวลา ก่อน และหลังจากแช่เยื่อแผ่นเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 2 %w/v ในสารละลาย limonene 4 %v เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ในการทดสอบความสามารถในการป้องกันการเปื่อยในระยะเวลาของเยื่อแผ่นที่มีการเคลือบผิว โดยการแช่เยื่อแผ่นทั้งที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 2%w/v ในสารละลาย limonene เข้มข้น 4%v เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวัดพลิกซ์น้ำอีกครั้ง พบว่าเยื่อแผ่นที่เคลือบผิวสามารถรักษาคุณสมบัติความไม่ชอบน้ำไว้ได้ แม้ค่าพลิกซ์น้ำจะลดลงจาก 0.206 มาอยู่ที่ 0.165 kg/h.m² ดังแสดงในภาพประกอบ 7 ในขณะที่เยื่อแผ่นที่ไม่มีการเคลือบผิวมีค่าพลิกซ์ลดลงเป็นศูนย์ และสูญเสียคุณสมบัติไม่ชอบน้ำชัดเจน สามารถตรวจพบปริมาณเกลือได้ถึง 0.578 กรัม ที่เวลา 15 นาทีแรกของการทดลอง

3.4 ผลของการเคลือบผิวเยื่อแผ่นที่มีต่อการสูญเสียสารให้กลิ่นรส

ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบค่าพลิกซ์ของน้ำ (J_w) และสารให้กลิ่นรส (J_v) สำหรับเยื่อแผ่นที่มีการเคลือบผิวด้วยไคโตซานเข้มข้น 2%w/v และเยื่อแผ่นที่ไม่มีการเคลือบผิว ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังตาราง 1 และ 2

ตาราง 1 เปรียบเทียบค่าฟลักซ์ของน้ำ ค่าฟลักซ์ของ Ethyl acetate และค่าร้อยละการสูญเสียในกระบวนการ OD ของสารละลาย Ethyl acetate 500 ppm เป็นเวลา 7 ชั่วโมง

ชนิดของเยื่อแผ่น	ฟลักซ์น้ำเฉลี่ย (kg/h.m ²)	ฟลักซ์ Ethyl acetate (kg/h.m ²)	%Volatile Loss	Jv/Jw
ไม่เคลือบไคโตซาน	0.1425	1.821×10^{-3}	28.06	0.0124
เคลือบไคโตซาน 2%w/v	0.1874	1.613×10^{-3}	24.87	0.0086

ตาราง 2 เปรียบเทียบค่าฟลักซ์ของน้ำ ค่าฟลักซ์ของ Ethyl hexanoate และค่าร้อยละการสูญเสียในกระบวนการ OD ของสารละลาย Ethyl hexanoate 500 ppm เป็นเวลา 7 ชั่วโมง

ชนิดของเยื่อแผ่น	ฟลักซ์น้ำเฉลี่ย (kg/h.m ²)	ฟลักซ์ Ethyl hexanoate (kg/h.m ²)	%Volatile Loss	Jv/Jw
ไม่เคลือบไคโตซาน	0.1299	6.003×10^{-3}	94.86	0.0462
เคลือบไคโตซาน 2%w/v	0.1695	5.787×10^{-3}	91.44	0.0341

ดังตาราง 1 และ 2 จะเห็นได้ว่า เยื่อแผ่นที่นำมาทดสอบทั้งสองชนิด มีค่าฟลักซ์ (J_v) และร้อยละการสูญเสีย Ethyl acetate ในปริมาณไม่ต่างกันมาก โดยเยื่อแผ่นที่ไม่มีการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 2%w/v มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย กล่าวได้ว่าสารเคลือบผิวไคโตซานสามารถกักกันโมเลกุลของ Ethyl acetate และ Ethyl hexanoate ไว้ได้ส่วนหนึ่ง เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างค่าฟลักซ์ของสารให้กลิ่นรสกับค่าฟลักซ์ของน้ำ (J_v/J_w) จะพบว่าเยื่อแผ่นที่มีการเคลือบผิวมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากกว่า เพราะสามารถให้โมเลกุลน้ำแพร่ผ่านได้ดีกว่าเยื่อแผ่นที่ไม่มีการเคลือบผิว และกักกันสารให้กลิ่นรสในกระบวนการได้มากกว่า

4. สรุปผลการทดลอง

เยื่อแผ่นที่มีการเคลือบผิวด้วยไคโตซานสามารถป้องกันการเป็ยกได้ดี และลดการสูญเสียสารให้กลิ่นรสได้ในปริมาณหนึ่ง โดยเยื่อแผ่นที่ทำการเคลือบผิวด้วยไคโตซานเข้มข้น 2%w/v สามารถรักษาคุณสมบัติไม่ชอบน้ำของเยื่อแผ่นในสารละลาย limonene เข้มข้น 4 %w/v ได้เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง การเคลือบผิวเยื่อแผ่นด้วยไคโตซานไม่ได้ทำให้ค่าฟลักซ์น้ำที่ผ่านเยื่อแผ่นลดลง แต่กลับทำให้ค่าฟลักซ์ของเยื่อแผ่นมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย งานวิจัยนี้ช่วยเพิ่มคุณค่าของไคโตซาน โดยนำมาช่วยลดข้อด้อยของเยื่อแผ่นในกระบวนการกลั่นแบบออสโมติกได้ในหลายด้าน จึงเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการศึกษาเพิ่มเติมกับเยื่อแผ่นชนิดอื่นๆ เพื่อเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ให้มีความล้ำหน้ามากขึ้น

5. รายการอ้างอิง

รัตนา จิระรัตนานนท์, 2543. กระบวนการแยกด้วยเยื่อแผ่นสังเคราะห์ พิมพ์ครั้งที่ 2, ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ไทยเส็ง.

- Barbe, A.M., Bartley, J.P., Jacobs, A.L., Johnson, R.A., 1998. "Retention of volatile organic flavour/fragrance compound in the concentration of liquid foods by osmotic distillation." **Journal of Membrane Science**. 145: 67-75.
- Bui V.A., Nguyen M.H., Muller J., 2004. "A laboratory study on glucose concentration by osmotic distillation in hollow fibre module." **Journal of Food Engineering**. 63: 237-245.
- J. Mansouri, A.G. Fane, 1999. "Osmotic distillation of oily feeds." **Journal of Membrane Science**. 153: 103-120.
- Tsai, H.A., Chen, W.H., Kuo, C.Y., Lee, K.R., Lai, J.Y., 2008. "Study on the pervaporation performance and long-term stability of aqueous *iso*-propanol solution through chitosan/polyacrylonitrile hollow fiber membrane." **Journal of Membrane Science**. 309: 146-155.
- Xu J.B., Spittler D.A., Bartley J.P., Johnson R.A., 2005. "Alginate acid-silica hydrogel coating for osmotic distillation membranes against wet-out by surface-active agents." **Journal of Membrane Science**. 260: 19-25.