



สำรวจเอกสาร

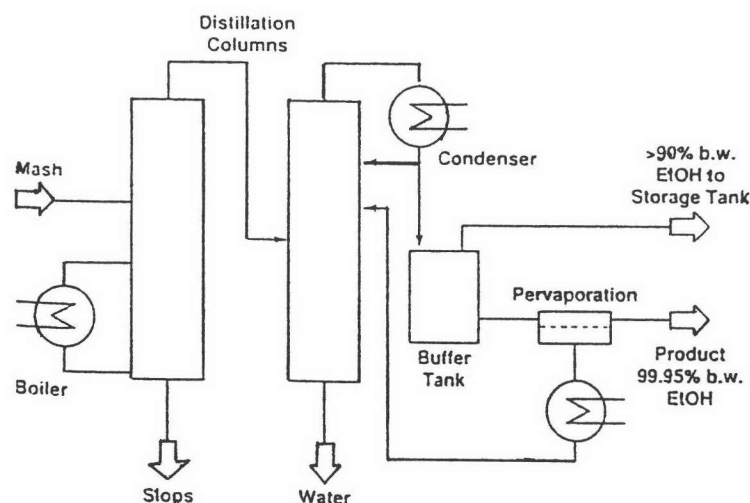
กระบวนการเพอร์เวเพอเรชัน

กระบวนการเพอร์เวเพอเรชันได้เริ่มมีการศึกษาอย่างเป็นระบบโดย Heisler และ Binning และ James และได้รับความสนใจจนมีการพัฒนาเป็นโรงงานจำลองในช่วงปี 1960 แต่เนื่องจากไม่สามารถขยายให้เป็นระดับอุตสาหกรรมได้ เพราะเยื่อที่ใช้มีค่าการเลือก และฟลักซ์ต่ำ ทำให้ความสนใจต่อกระบวนการนี้ลดลง [5] และเมื่อเทคโนโลยีของการผลิตเยื่อแก้วหน้าขึ้น ทำให้กระบวนการเพอร์เวเพอเรชันได้รับความสนใจอีกครั้งหนึ่ง จากผลงานของ Aptel กับ Neel และ Tusel จากบริษัท GFT ทำให้เกิดโรงงานเพิ่มความเข้มข้นของแอลกอฮอล์โดยการแยกน้ำ ออกเป็นแห่งแรกในปี 1982 [6] รูปที่ 2.1 เป็นแผนภาพกระบวนการที่ใช้ในการทำให้เอทานอล บริสุทธิ์โดยใช้กระบวนการเพอร์เวเพอเรชันร่วมกับการกลั่นของบริษัท GFT

กระบวนการเพอร์เวเพอเรชันได้รับการพัฒนาจนกลายเป็นอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้แก่

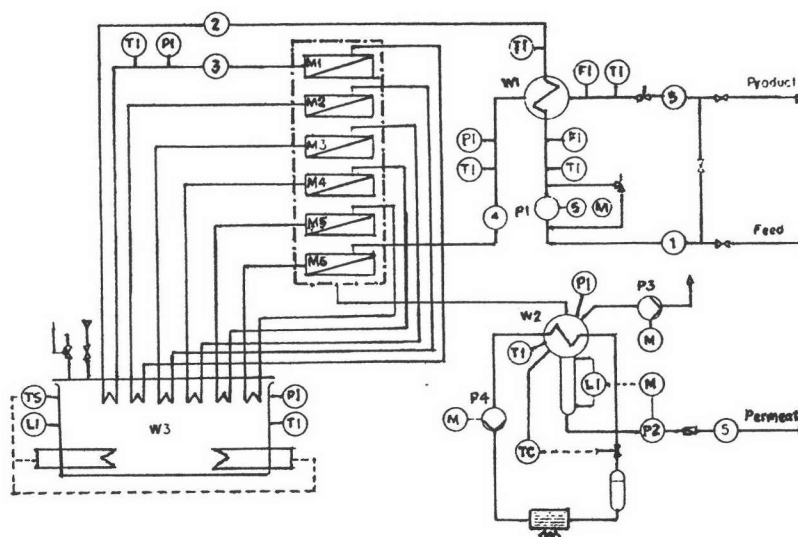
1. การทำให้ตัวทำละลายบริสุทธิ์โดยการแยกน้ำออก

การทำให้ตัวทำละลายบริสุทธิ์โดยเฉพาะสารผสมประเภทอะซีโโทริก นอกจากจะใช้ พลังงานสูงแล้วยังต้องเติมสารที่ทำให้สมดุลเปลี่ยนไปด้วย เช่น เบนซีนซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และยังคงแยกออกภายหลังอีกด้วย บริษัท GFT ใช้กระบวนการเพอร์เวเพอเรชันแยกน้ำจาก



รูปที่ 2.1 แสดงแผนภาพกระบวนการที่ใช้ในการทำให้เอทานอลบริสุทธิ์โดยใช้กระบวนการเพอร์เวเพอเรชันร่วมกับการกลั่นของบริษัท GFT [7]

ตัวทำละลายโดยเยื่อแผ่นโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ชนิดใหม่ ฟลักซ์ของน้ำจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิโดยที่ค่าการเลือกไม่เปลี่ยนแปลง สามารถนำความร้อนที่เหลือจากส่วนอื่นในโรงงานมาใช้ในกระบวนการเพอร์เวเพอเรชันได้ พลังงานที่ใช้ต่ำกว่าการกลั่น เพราะการกลั่นต้องทำให้สารป้อนทั้งหมดกลายเป็นไอ แต่ในกระบวนการเพอร์เวเพอเรชันเฉพาะเพอร์มิเอตเท่านั้นที่กลายเป็นไอ การติดตั้งอุปกรณ์ก็ใช้พื้นที่น้อยกว่าหอกลั่น มีการติดตั้งระบบนี้กับเอทานอล (ethanol) ไอโซโพรพานอล (isopropanol) เมทิลเอทิลคีโตน (methyl ethyl ketone) ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 12 เดือน [8] เยื่อนี้ใช้แยกน้ำออกจากกรดอินทรีย์ เอมีน (amine) และเอสเทอร์ (ester) ได้ด้วย รูปที่ 2.2 เป็นแผนภาพแสดงกระบวนการเพอร์เวเพอเรชันของบริษัท GFT



รูปที่ 2.2 แสดงแผนภาพการแยกน้ำออกจากตัวทำละลายโดยกระบวนการเพอร์เวเพอเรนซ์ของ บริษัท GFT

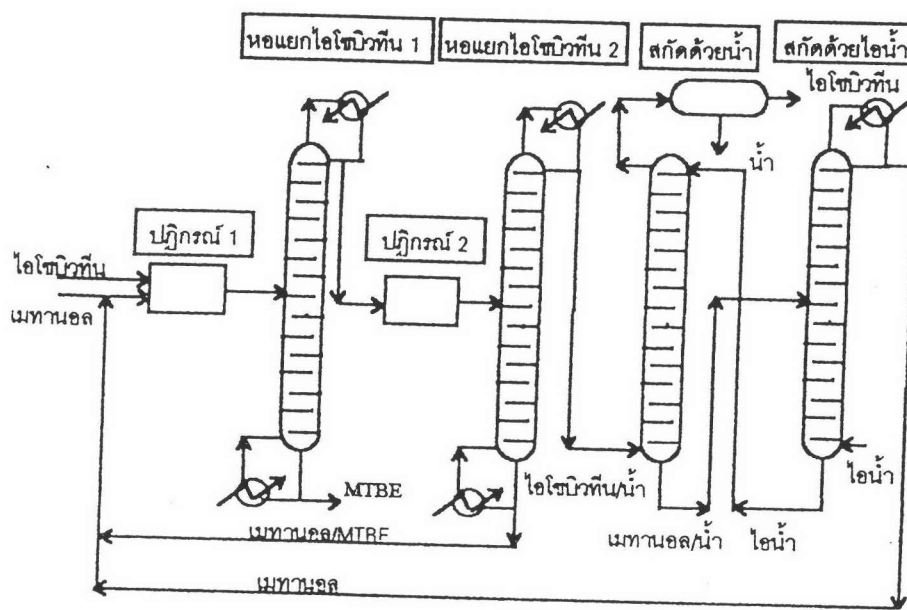
2. การผลิตเมทานอลในกระบวนการผลิต MTBE (methyl tertiary-butyl ether) [9]

การผลิต MTBE ใช้สารตั้งต้นคือ เมทานอล และ ไอโซบิวทีน (isobutene) จากเครื่องปฏิกรณ์ต้องแยก MTBE ออกโดยหอกลั่นที่ 1 แล้วจึงใช้น้ำสกัดเมทานอลออกจากไอโซบิวทีน แยกเมทานอลออกจากน้ำโดยการกลั่นแล้วนำเมทานอลกลับไปใช้ในเครื่องปฏิกรณ์ (รูป 2.3 ก) บริษัท Air Product and Chemical, Inc., ใช้เยื่อแผ่น Separex cellulose acetate แยกเมทานอลออกก่อนแล้วจึงแยก MTBE ออกจากไอโซบิวทีนโดยการกลั่น สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ (รูป 2.3 ข)

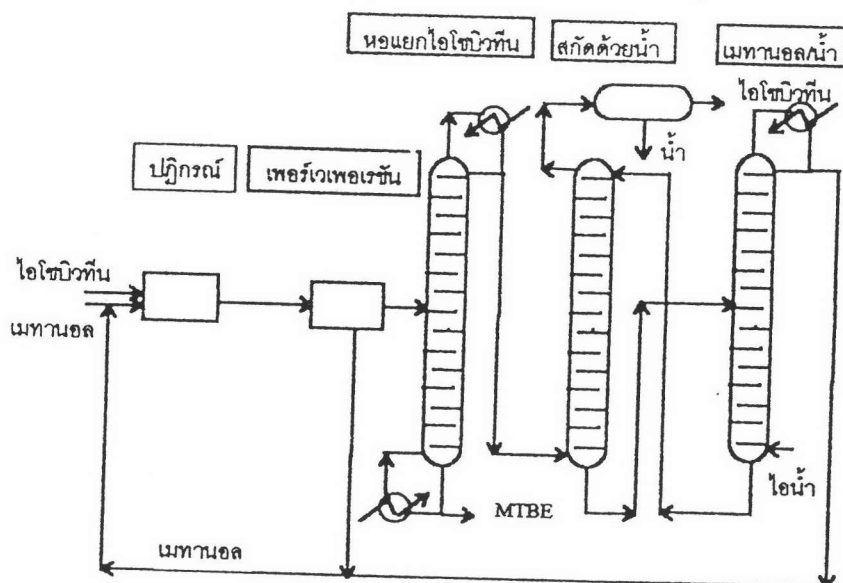
3. การใช้กระบวนการเพอร์เวเพอเรนซ์ร่วมกับปฏิกิริยาเคมี [8]

ในปี 1993 บริษัท GFT ใช้กระบวนการเพอร์เวเพอเรนซ์แยกน้ำออกจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน (esterification) จะเปลี่ยนสมดุลทางเทอร์โมไดนามิกส์ ทำให้การเปลี่ยนแปลงสารตั้งต้นไปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาและเพิ่มผล

ผลิตได้ 3 เท่า เมื่อใช้ปฏิกรณ์ที่มีขนาดเท่ากัน ทั้งยังลดหรือทดแทนการแยกและทำให้ผลิตภัณฑ์บริสุทธิ์อีกด้วย



ก กระบวนการผลิตแบบเดิม



ข กระบวนการผลิตที่ใช้กระบวนการเพอร์เวเพอเรนซ์

รูปที่ 2.3 การแยกเมทานอลกลับไปใช้งานซ้ำในกระบวนการผลิต MTBE

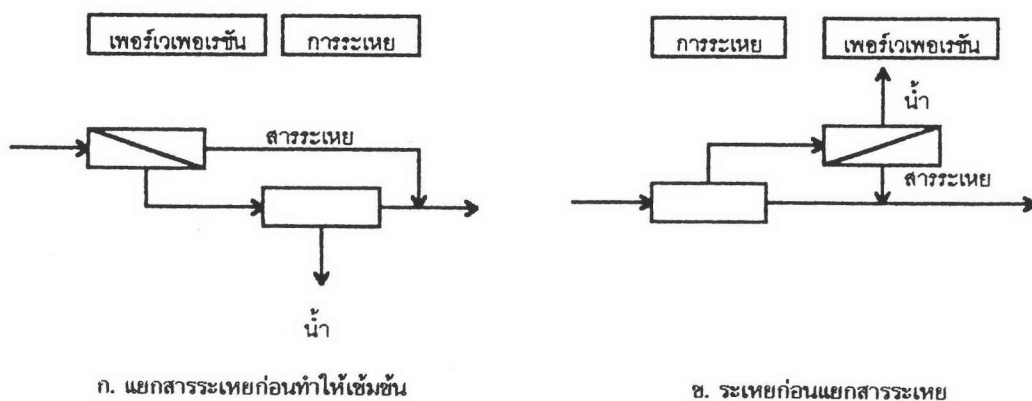
ก. กระบวนการผลิตแบบเดิม ข. กระบวนการผลิตที่ใช้กระบวนการเพอร์เวเพอเรนซ์

4. การแยกตัวทำละลายออกจากน้ำ

ใช้อย่างซิลิโคนแยกตัวทำละลายออกจากน้ำ แทนการใช้ความร้อนซึ่งใช้พลังงานสูง เช่นการแยกตัวทำละลายอินทรีย์ออกจากน้ำทิ้งจากโรงงานซึ่งนอกจากจะเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังนำตัวทำละลายนั้นมาใช้ได้อีก เช่น แยกไดคลอโรอีเทน (dichloroethane) 99.7 เปอร์เซ็นต์ จากสารละลายน้ำที่มีความเข้มข้นของไดคลอโรอีเทน 8600 ส่วนต่อล้านส่วน สารละลายน้ำที่เหลือมีความเข้มข้นของไดคลอโรอีเทน 5 ส่วนต่อล้านส่วน

กระบวนการเพอร์เวเพอเรชันมักจะใช้ศึกษาเกี่ยวกับการแยกสารละลายน้ำกับแอลกอฮอล์โมเลกุลต่ำ เช่น เมทานอล เอทานอล และโพรพานอล สารผสมอินทรีย์ เช่น อะโรมาติกอัลเคน อะโรมาติกส์-แนฟทีนส์ และไซรีนไอโซเมอร์ สารผสมที่เป็นอะซิโโทรป และสารผสมที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกัน [10]

การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรโดยใช้ความร้อนเช่น การระเหย จะทำให้สารที่ไกล่ซึ่งระเหยง่ายสูญหายไป จึงควรสกัดสารเหล่านี้ออกก่อนแล้วจึงเติมกลับคืนที่หลัง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพเหมือนเดิม (รูป 2.4) กระบวนการเพอร์เวเพอเรชันสามารถสกัดสารระเหยได้ดี เช่น การสกัดสารระเหยในแอปเปิล [10]



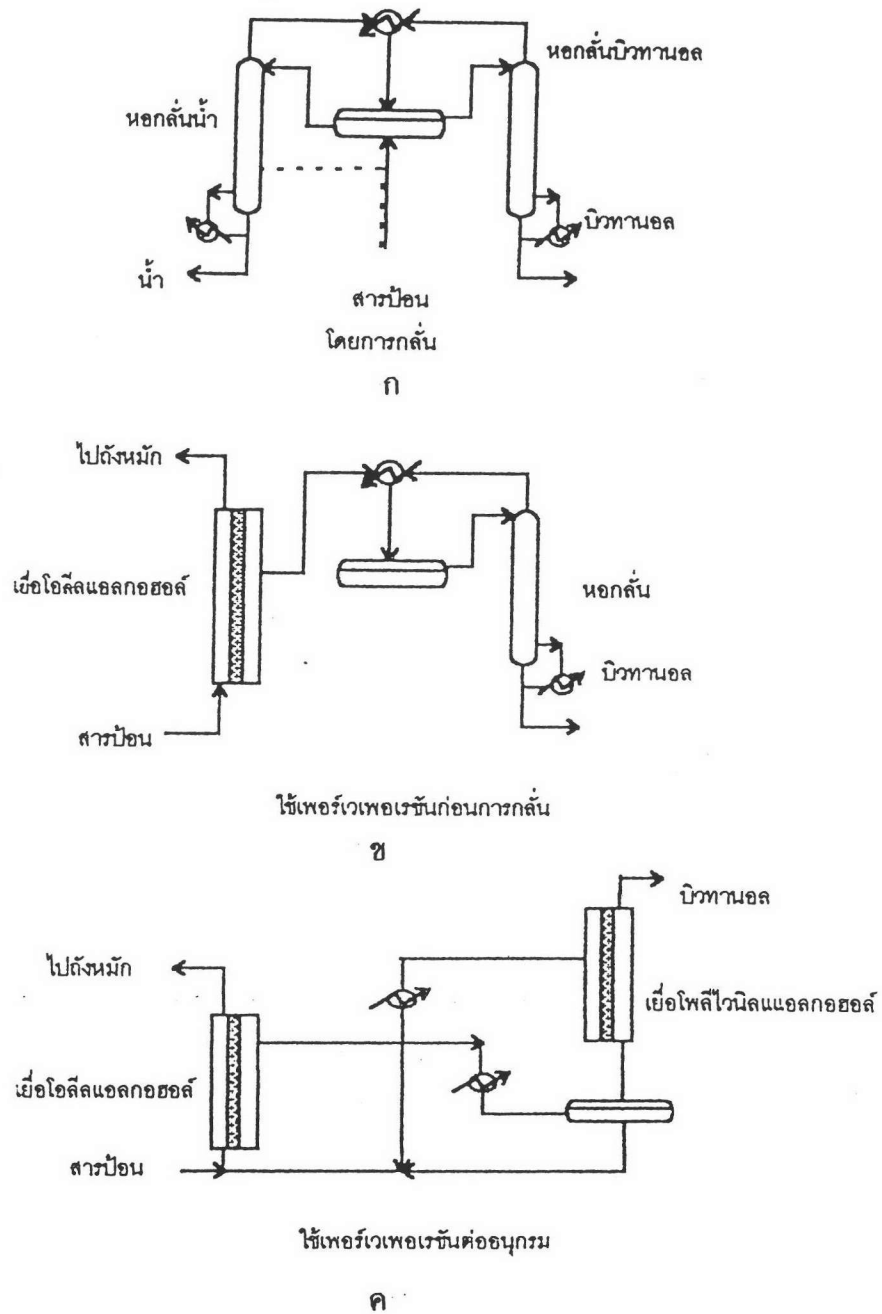
รูปที่ 2.4 การแยกสารระเหยง่ายโดยกระบวนการเพอร์เวเพอเรชัน

การแยกสารผสมน้ำ-บิวทานอลโดยกระบวนการเพอร์เวเพอเรชัน

การศึกษากระบวนการเพอร์เวเพอเรชันเพื่อให้พลังงานที่ใช้ในการแยกมีค่าต่ำที่สุด เยื่อที่ยอมให้แอลกอฮอล์ผ่านได้มากกว่าจะถูกนำมาใช้ในการแยกบิวทานอลออกจากน้ำหมัก ส่วนเยื่อที่ยอมให้น้ำผ่านได้มากกว่า จะถูกนำมาใช้ในการทำให้บิวทานอลบริสุทธิ์ [11] เยื่อที่ยอมให้บิวทานอลผ่านได้ดีคือ ยางซิลิโคน ส่วนเยื่อที่ยอมให้น้ำผ่านได้ดีคือ โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ มีการพัฒนาพอลิเมอร์ทั้งที่เป็นเยื่อแผ่นของแข็งและเยื่อแผ่นที่ตรึงของเหลวไว้ (support liquid membrane) เพื่อเพิ่มค่าการเลือก และเพิ่มค่าฟลักซ์ Matsumura และ Kataoka [12] ใช้โอลิลแอลกอฮอล์ (oleyl alcohol) ตรึงบนเยื่อที่มีรูพรุน ทำให้สารละลายบิวทานอลที่มีความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร เข้มข้นขึ้น 100 เท่า Matsumura และคณะ [13] ใช้เยื่อนี้ต่ออนุกรมกับเยื่อโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ในการเพิ่มความเข้มข้นของบิวทานอลจาก 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็น 95 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ใช้พลังงานเพียง 6.5 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมบิวทานอล (รูป 2.5 ค) ขณะที่การกลั่นใช้พลังงานถึง 79.5 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมบิวทานอล (รูป 2.5 ก) และเมื่อใช้เยื่อนี้แยกบิวทานอลจากน้ำหมักก่อนที่จะกลั่นจะใช้พลังงานเพียง 7.4 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมบิวทานอล (รูป 2.5 ข) เนื่องจาก โอลิลแอลกอฮอล์ไม่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ เขาจึงใช้เยื่อนี้ร่วมกับการหมักบิวทานอล-ไอโซโพรพานอลแบบต่อเนื่อง สามารถเพิ่มอัตราการผลิตได้ 2 เท่า และได้ความเข้มข้นของเพอร์มีเอตสูงกว่าในน้ำหมัก 50 เท่า [14]

การผลิตเยื่อแผ่นเพื่อใช้ในการแยกสาร [7,8]

เมื่อพิจารณารูปแบบการแยกโดยผ่านเยื่อสามารถแบ่งการแยกของเยื่อออกเป็น 2 รูปแบบอย่างหยาบ ๆ คือ



รูปที่ 2.5 การแยกและทำให้บิวทานอลบริสุทธิ์

- 1) การแยกเกิดจากความแตกต่างของน้ำหนักหรือรูปร่างของเพอร์มิเอต ซึ่งจะก่อให้เกิดความแตกต่างของค่าคงที่ของการแพร่ของสารแต่ละตัว

2) การแยกเกิดจากความแตกต่างของธรรมชาติทางเคมีของสารแต่ละชนิด ซึ่งการแยกในลักษณะนี้ขึ้นกับความแตกต่างของการเกิดแรงกระทำระหว่างสารแต่ละชนิดกับเยื่อแผ่น [17]

เยื่อแผ่นพอลิเมอร์ที่ใช้ในกระบวนการเพอร์เวเพอเรนซ์มี 2 ประเภท คือ พอลิเมอร์คล้ายแก้ว (glassy polymer) ซึ่งมีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (glass transition temperature, T_g) สูงกว่าอุณหภูมิใช้งาน จะยอมให้น้ำผ่านได้มากกว่าสารอินทรีย์ และพอลิเมอร์พวยยาง (elastomer) ซึ่งมีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วต่ำกว่าอุณหภูมิใช้งาน สายโซ่พอลิเมอร์มีกลุ่มข้างเคียง (side group) ขนาดเล็กและไม่มีขั้วเป็นผลให้มีโครงสร้างที่ยืดหยุ่น ทำให้สารอินทรีย์ผ่านได้มากกว่า [10]

สำหรับเยื่อที่ยอมให้น้ำผ่าน มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย และมักเป็นเยื่อที่สามารถเกิดแรงกระทำ เช่น พันธะไฮโดรเจน กับน้ำได้อย่างแข็งแรง ความแตกต่างของความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจน ทำให้เกิดการแยก M. Yoshikawa และคณะ [16] แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มหมู่คาร์บอกซิลิก ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงกับน้ำในเยื่อที่มีหมู่เอมิด (amide) จะช่วยเพิ่มค่าการเลือก (selectivity) ได้ถึง 10 เท่า ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สำหรับ ระบบเอทานอล-น้ำ

Yong Soo Kang และคณะ [15] แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มหมู่คาร์บอกซิเลทให้กับพื้นผิวสัมผัสของเยื่อแผ่นโพลีไวนิลแอลกอฮอล์แบบหนาแน่นจะช่วยเพิ่มฟลักซ์และค่าการเลือกได้

แม้ว่าจะมีการใช้เยื่อแผ่นมากมายหลายชนิด แต่จนถึงปัจจุบันนี้การพัฒนาเยื่อแผ่นก็ยังคงใช้เยื่อแผ่นที่ผลิตจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์เป็นเยื่อแผ่นหลัก เช่น การปรับปรุงผิวสัมผัส (surface modified) ของเยื่อแผ่นโดยเพิ่มหมู่คาร์บอกซิลิก และคาร์บอกซิเลทในเยื่อแผ่นโพลีไวนิลแอลกอฮอล์แบบหนาแน่นเพื่อเพิ่มฟลักซ์และค่าการเลือก [15] การใช้โพลีไวนิลแอลกอฮอล์เป็นชั้นเยื่อนั้นได้ถูกพัฒนาเพื่อใช้งานในด้านต่างๆมากมาย GFT พัฒนาในด้านที่แตกต่างออกไปคือ นำมาใช้ในการแยกน้ำออกจากตัวทำละลาย ซึ่งในปัจจุบันก็มีการพัฒนาเยื่อโพลีไวนิล

แอลกอฮอล์เพื่อใช้ในการแยกน้ำจากกรดอินทรีย์ (organic acid) เช่น กรดน้ำส้ม (acetic acid) การแยกน้ำออกจากเอมีนอินทรีย์ (organic amine) และเอสเทอร์ (ester) ตารางที่ 2.1 สรุปรวบรวมเยื่อแผ่นต่างๆที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมขององค์กรต่างๆ

ตารางที่ 2.1 กระบวนการเพอร์เวพอเรชั่นที่ใช้ในทางอุตสาหกรรม [7]

Organization	Primary Applications	Module Configuration	Membrane Materials
GFT	Dehydration of liquid organics	Plate-and-frame	PVA composites
MTR	Organic recovery from waste waters	spiral wound	Silicones
Lurgi	Dehydration of liquid organics	Plate-and-frame ^a	PVA composites
	Dehydration of liquid vapors	Plate-and-frame ^a	PVA composites
Tokutama Soda	Dehydration of liquid IPA	Hollow-fiber bundles	Chitosan
Kalsep	Dehydration of liquid organics	Tubular bundles	Ion exchange composites
Hoechst Celanese	MeOH/MTBE	spiral wound	Cellulose acetates
Mitsui	Dehydration of liquid organics	Plate-and-frame	PVA composites

^aGFT membrane

เยื่อโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ มีสมบัติในการเกิดฟิล์มดีมาก และเป็นเยื่อที่ยอมให้น้ำผ่านได้ดี นิยมใช้เป็นเยื่อแผ่นสำหรับแยกน้ำออกจากสารละลายอินทรีย์ในกระบวนการเพอร์เวพอเรชั่น และใช้ในกระบวนการออสโมซิสย้อนกลับที่มีองค์ประกอบของน้ำสูง คุณสมบัติที่เด่นชัดของเยื่อนี้คือ มีความเสถียรต่อตัวทำละลาย พีเอช (pH) และแรงดัน จากผลการทดลองของ Peter และ Stefan [18] ได้ยืนยันความเสถียรของเยื่อโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ต่อตัวทำละลายและสารเคมีต่างๆ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2.2 โดยเปรียบเทียบกับเยื่อแผ่นชนิดต่างๆ

ตารางที่ 2.2 ความเสถียรทางเคมีของเยื่อแผ่นโพลีไวนิลแอลกอฮอล์และเยื่อแผ่นชนิดต่างๆ

Reagent	Concentration (weight %)	pH	Membrane material			
			PVA	PVB	PVAc	CA
HNO ₃	12	0	3	0	0	0
H ₂ SO ₄	48	0	3	0	0	0
HCl	7	0	3	0	0	0
NH ₄ OH	25	13	3	0	0	0
NaOH	10	14	3	0	0	0
Phenol	0.1	3	3	0	0	0
Phenol	1.0	3	3	0	0	0
Phenol	2.0	3	3	0	0	0
Ethanol	100	7	3	0	0	0
DMF	100	7	3	0	0	0
DMSO	100	7	3	0	0	0
Formamide	100	7	3	0	0	0

Stability degrees:

0=Destruction of membrane

1=Strong swelling, decrease of membrane properties

2=Little swelling, membrane still usable

3=Stable, no alteration of membrane properties

โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ [3]

เป็นพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่งมีสูตรโครงสร้างเป็น $\text{-(CH}_2\text{-CH(OH))}_n\text{-}$

1. การเตรียมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์

เนื่องจากไวนิลแอลกอฮอล์ไม่เสถียรที่ภาวะปกติ การเตรียมจึงต้องเตรียมผ่านโพลีไวนิลอะซิเตต (polyvinyl acetate) ไวนิลแอลกอฮอล์มักจะอยู่ในรูปของอะซีตัลดีไฮด์ (acetaldehyde)



การเตรียมจึงนิยมเตรียมจากโพลีไวนิลอะซิเตต โดยแอลกอฮอล์ลิซิส (alcoholysis) ในสภาวะที่เป็นกรดหรือด่าง วิธีที่สะดวกในการเตรียมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์จากโพลีไวนิลอะซิเตต

คือใช้กระบวนการแบบสารละลายหรือแบบแขวนลอยโดยเฉพาะแบบสารละลายสะดวกมากเนื่อง จากใช้เมทานอล เป็นตัวทำละลายด้วย จะได้โพลีไวนิลแอลกอฮอล์แยกออกมาเลย

2. สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์

โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่เตรียมได้ในอุตสาหกรรมมักจะมีหมู่อะซีติลปะปนอยู่บ้างประมาณ 1.5-2.0 โมลเปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความหนาแน่น 1.293 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อุณหภูมิ เปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว 80 °ซ มีสมบัติคล้ายแป้งคือ เกิดสีน้ำเงินกับไอโอดีนละลายได้ในน้ำและ ต่างอ่อน มีความเป็นผลึกมากพอสมควร เนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิล น้ำหนักโมเลกุลที่ใช้ใน อุตสาหกรรมมีอยู่ 4 ช่วงคือ 250,000 - 300,000 ; 170,000 - 220,000 ; 120,000 - 150,000 และ 25,000 - 35,000 ตามลำดับ สมบัติทางกายภาพของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ขึ้นอยู่กับดีกรีของแอลกอฮอล์ลิซิส คือถ้าถูกไฮโดรไลซ์สมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าความทน ต่อแรงดึงสูงขึ้น ทนทานต่อการฉีกขาดได้ดีกว่าโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่ถูกไฮโดรไลซ์เพียงบางส่วน เนื่องจากมีความเป็นผลึกมากกว่าและพันธะไฮโดรเจนมากกว่า นอกจากนี้สมบัติทางกายภาพยัง ได้รับอิทธิพลจากความชื้นของสิ่งแวดล้อมด้วย เพราะเหตุว่าน้ำจะทำตัวเป็นพลาสติกไซเซอร์ให้กับ พอลิเมอร์ตัวนี้ได้ ตัวอย่างเช่น ถ้ามีความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ ความทนต่อแรงดึงจะลดลงแต่จะไป เพิ่มความสามารถในการยืดตัวออกมากขึ้น น้ำหนักโมเลกุลก็มีผลต่อสมบัติทางกายภาพด้วย เช่น ถ้าน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะทนต่อแรงดึงต่ำ ทนต่อแรงฉีกขาดต่ำกว่าพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

สมบัติการละลายน้ำพบว่า การละลายจะเพิ่มขึ้นถ้าหมู่อะซีติลในโพลีไวนิลอะซีเตตถูก แทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิลเพิ่มขึ้น และจะสูงสุดเมื่อมีดีกรีของการเปลี่ยนเป็นหมู่ไฮดรอกซิล 88 เปอร์เซ็นต์ ถ้าถึงจุดนี้การละลายสมบูรณ์และละลายในน้ำเย็นปกติได้ สำหรับตัวทำละลายอินทรีย์ โพลีไวนิลแอลกอฮอล์สามารถทนทานได้หลายชนิด โดยความทนทานจะเพิ่มตามดีกรีของหมู่ไฮ ดรอกซิลถ้าสูงจะไม่ละลายในตัวทำละลายทั้งอะลิฟาติกและอะโรเมติกไฮโดรคาร์บอน คลอรีเนต

ไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ที่มีคาร์บอนสูง ๆ เอสเทอร์ อีเทอร์ และคีโตน แต่ถ้าเป็นแอลกอฮอล์ที่มีคาร์บอนต่ำ ๆ จะสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ได้ ทำให้ละลายได้

พันธะไฮโดรเจนในโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ มีผลทำให้พอลิเมอร์ตัวนี้ มีอุณหภูมิหลอมตัวผลึก (crystalline melting temperature, T_m) สูงถึง 230 °C ถ้ามีหมู่ไฮดรอกซิลถึง 88 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อถึงอุณหภูมิหลอมตัวผลึกแล้วโพลีไวนิลแอลกอฮอล์จะไม่หลอมตัวเหมือนเทอร์โมพลาสติกทั่ว ๆ ไปแต่จะสลายตัวได้น้ำ กับสารที่เป็นพันธะคู่แบบคอนจูเกตทำให้เกิดสีขึ้น กรรมวิธีการผลิตเพื่อขึ้นรูปของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์จึงนิยมทำในสารละลายมากกว่าการหลอม

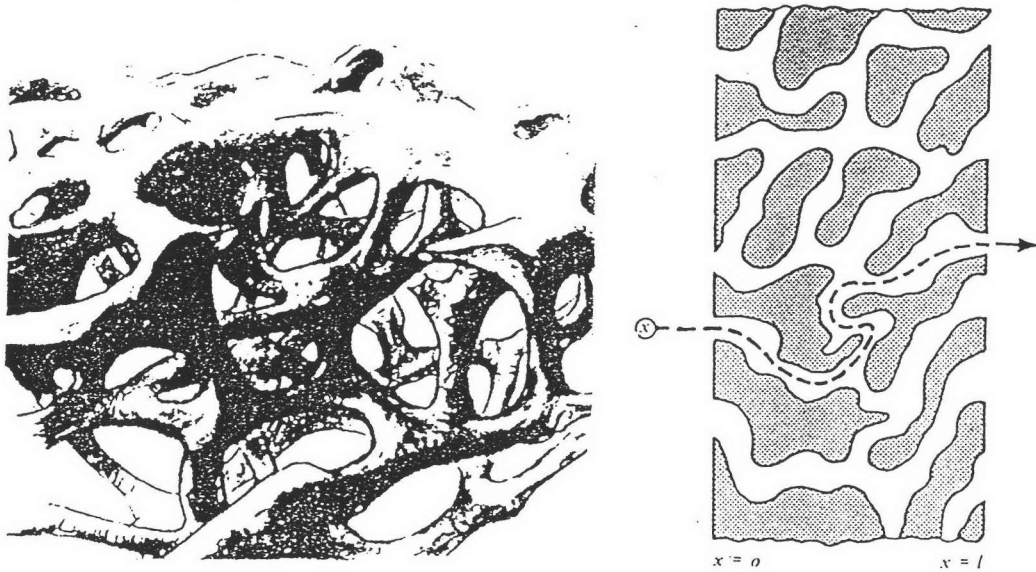
การนำโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ไปใช้ประโยชน์นั้น อาจแยกเป็น 2 ลักษณะ โดยที่ลักษณะแรก เนื่องจากพอลิเมอร์นี้ละลายน้ำได้ และทนต่อแรงดึงสูงจึงใช้เป็นตัวทำให้ข้น (thickening agent) สำหรับกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอิมัลชัน และแบบแขวนลอยใช้ทำแผ่นฟิล์มบรรจุของที่ละลายน้ำ เช่น สีย้อมผ้า ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าเชื้อโรค ทำน้ำยาถอดแบบในอุตสาหกรรมพลาสติกหล่อ ทำกาว เป็นต้น ส่วนการใช้ประโยชน์อีกลักษณะหนึ่งคือ ถ้าพอลิเมอร์ตัวนี้ผ่านปฏิกิริยาเคมีแล้วจะทำให้คุณสมบัติเปลี่ยนจากละลายน้ำเป็นไม่ละลายน้ำ ดังนั้น จึงนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเส้นใยผ้าเป็นหลัก โดยนำพอลิเมอร์นี้ไปปั่นเปียก (wet spun) ในน้ำอุ่นแล้วผ่านเข้าไปในสารละลายโซเดียมซัลเฟตเข้มข้นซึ่งมีกรดซัลฟูริกผสมกับฟอร์มมาดีไฮด์อยู่ด้วย เส้นใยที่ได้ออกมาจะไม่ละลายน้ำ

การพัฒนากระบวนการเพอร์เวเพอเรชัน [5]

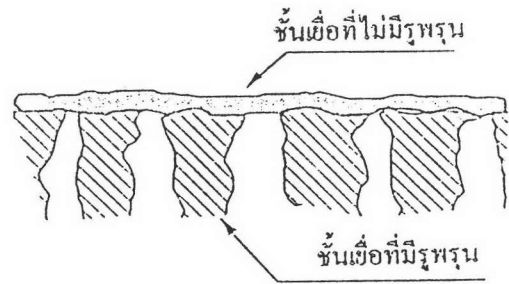
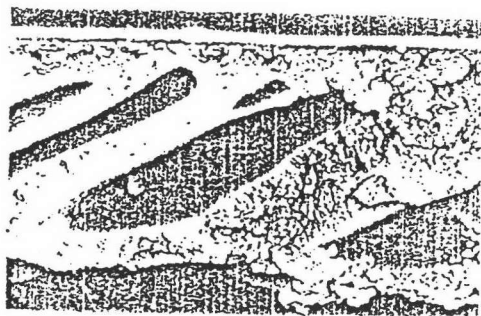
1. การใช้เยื่อแผ่นไม่สมมาตร (รูป 2.6)

เยื่อแผ่นที่ใช้โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ชนิด คือเยื่อแผ่นสมมาตร (symmetric membrane) และ เยื่อแผ่นไม่สมมาตร (asymmetric membrane) เยื่อแผ่นสมมาตรมีโครงสร้างเหมือนกันทั้ง

หมด มีทั้งแบบที่มีรูพรุน (porous) และไม่มีรูพรุน (non porous) เยื่อแผ่นไม่สมมาตร คือ เยื่อแผ่นที่มีโครงสร้างเป็นชั้นๆ ประกอบด้วยชั้นที่ไม่มีรูพรุนซึ่งมีความหนาน้อย และชั้นของเยื่อแผ่นที่มีรูพรุนทำหน้าที่รองรับและให้ความแข็งแรง



เยื่อแผ่นสมมาตรแบบมีรูพรุน

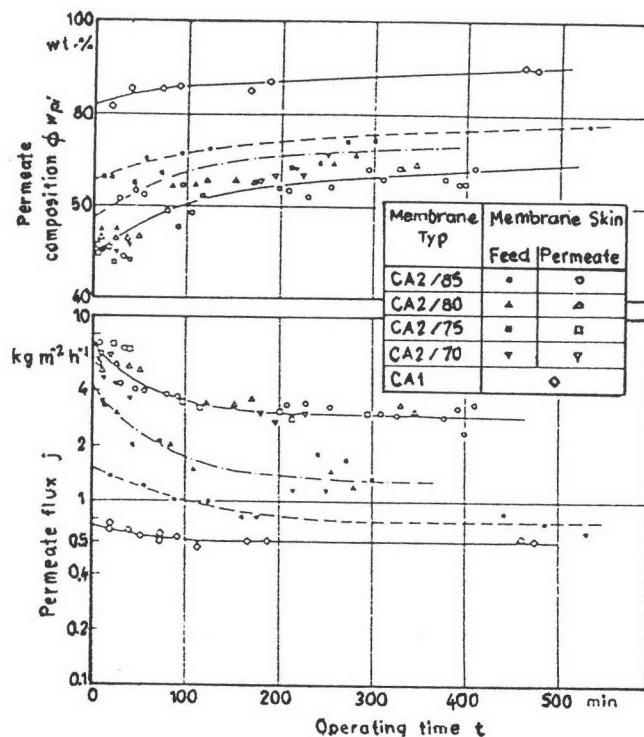


เยื่อแผ่นแบบไม่สมมาตร

รูปที่ 2.6 แสดงเยื่อแผ่นสมมาตรแบบมีรูพรุนและเยื่อแผ่นไม่สมมาตร

เยื่อแผ่นที่ใช้ในกระบวนการเพอร์เวเพอเรชันมักจะเป็นเยื่อแผ่นแบบไม่มีรูพรุน ฟลักซ์ของสารผ่านเยื่อจะมีค่าต่ำ การใช้เยื่อแผ่นไม่สมมาตรจะทำให้ฟลักซ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากชั้นเยื่อที่มีรู

พอรุนมีความต้านทานการถ่ายเทมวลต่ำกว่า การใช้เยื่อไม่สมมาตรที่มีความหนารวมเท่ากับเยื่อแผ่นแบบสมมาตร โดยให้ด้านไม่มีพอรุนสัมผัสสารป้อน ฟลักซ์จะมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าการเลือกลดลง ถ้าให้ด้านที่มีพอรุนสัมผัสด้านเพอร์มิเอต ฟลักซ์จะเพิ่มขึ้นมากกว่าและค่าการเลือกก็จะลดลงมากกว่าด้วย ดังแสดงในรูป 2.7



รูปที่ 2.7 การเปรียบเทียบเยื่อแผ่นไม่สมมาตรกับเยื่อแผ่นที่ไม่มีพอรุนที่มีความหนารวมเท่ากัน (ระบบน้ำ-บิวทานอล-เซลลูโลสอะซิเตท)

เมื่อด้านพอรุนของเยื่อแผ่นสัมผัสด้านเพอร์มิเอต เนื่องจากความเป็นพอรุน พื้นที่ผิวของการกลายเป็นไอจึงเพิ่มขึ้น แต่ความต้านทานเพอร์มิเอตก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ทำให้ลดแรงขับของการซึมผ่าน ถ้าพอรุนมีขนาดเล็กมากความดันลดก็จะยิ่งเพิ่มมาก อาจทำให้เกิดการควบแน่นในพอรุนนั้น ทำให้พื้นที่ผิวในการควบแน่นลดลงด้วย ฟลักซ์จึงน้อยกว่า พอรุนที่มีรูเปิดและมีเส้นผ่าศูนย์กลาง

กลางสูงกว่า 0.05 ไมครอนเท่านั้นที่จะช่วยทำให้ฟลักซ์เพิ่มขึ้นได้ จากรูป 2.7 ฟลักซ์ของเยื่อไม่สมมาตรมีค่าประมาณ 2 เท่าของเยื่อแผ่นไม่มีรูพรุน ความดันเพอร์มิเอตที่มากกว่าทำให้ค่าการเลือกลดลง ชั้นของเยื่อที่มีรูพรุนจะต้องมีความต้านทานการซึมผ่านน้อยเมื่อเทียบกับชั้นของเยื่อแผ่นที่ไม่มีรูพรุน และมีความเป็นรูพรุนมาก ๆ เพื่อจะได้ไม่ลดฟลักซ์และค่าการเลือก ในบางกรณีเยื่อแผ่นที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุนอาจเป็นพอลิเมอร์ต่างชนิดก็ได้โดยเยื่อแผ่นที่ไม่มีรูพรุนมีค่าการเลือกสูงกว่า เรียกว่าเยื่อแผ่นคอมโพสิตไม่สมมาตร (asymmetric composite membrane)

ในการใช้เยื่อไม่สมมาตรต้องคำนึงถึง

1. ความหนาที่เหมาะสมของเยื่อแผ่นทั้งสองชั้น
2. ความพรุนของชั้นเยื่อที่มีรูพรุน

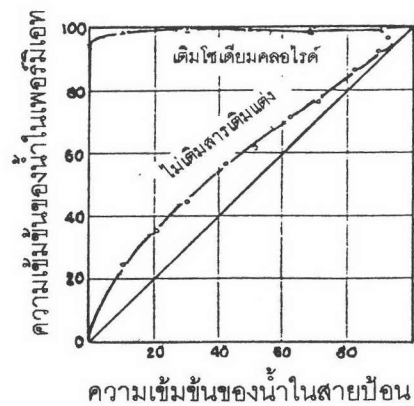
ผลการทดลองของ Moshe G. Katz' และ Theodore Wydeven, JR, [19] ได้ยืนยันว่าการใช้เยื่อแผ่นแบบไม่สมมาตรจะให้ฟลักซ์มากกว่าการใช้เยื่อแผ่นแบบหนาแน่นถึง 40 เท่า แต่ทั้งนี้ยังขึ้นกับความหนาของชั้นไม่มีรูพรุนของเยื่อแผ่นแบบไม่สมมาตรด้วย

2. การเติมสารเติมแต่งในสารป้อนเพื่อเพิ่มศักยภาพของการแยก (รูป 2.8)

องค์ประกอบที่ซึมผ่านได้มากกว่าจะต้องละลายได้ดีกว่าในสารเติมแต่งที่ไม่ระเหย หรือระเหยได้น้อย สารเติมแต่งจึงเข้มข้นที่ผิวเยื่อแผ่น กลายเป็นชั้นความต้านทานสำหรับองค์ประกอบที่ซึมผ่านได้น้อย แต่ฟลักซ์ก็จะมีค่าลดลงด้วย เดกโตรส (dextrose) กลีโคแลกหรือโซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride) โซเดียมซิเตรท (sodium citrate) ช่วยเพิ่มค่าการเลือกของเยื่อเซลโลเฟน (Cellophane) ในการแยกน้ำออกจากของผสมน้ำ-เอทานอล การใช้สารเติมแต่งต้องมีการแยกสารนั้นออก การใช้เยื่อแผ่นคอมโพสิตจะเหมาะสมกว่า

A. Mochizoki และคณะ [20] ทำการศึกษาโดยใช้เยื่อแผ่นเซลลูโลสอะซิเตท (cellulose acetate membrane) กับกระบวนการเพอร์เวเพอเรชันของสารผสมเอทานอล-น้ำ พบว่าการเติม

ไอออนของโลหะลงในสารป้อนในปริมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเกลือโลหะ จะช่วยเพิ่มความสามารถในการแยกของเยื่อแผ่น เนื่องจากไอออนของโลหะสามารถเกิดเป็นร่างแหกับเยื่อแผ่นได้ และค่าการเลือกของเยื่อแผ่นจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีของโลหะเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.8 กระบวนการเพอร์เมอเรชันของของผสมน้ำ-เอทานอล ผ่านเยื่อแผ่นเซลลูโลสอะซิเตท