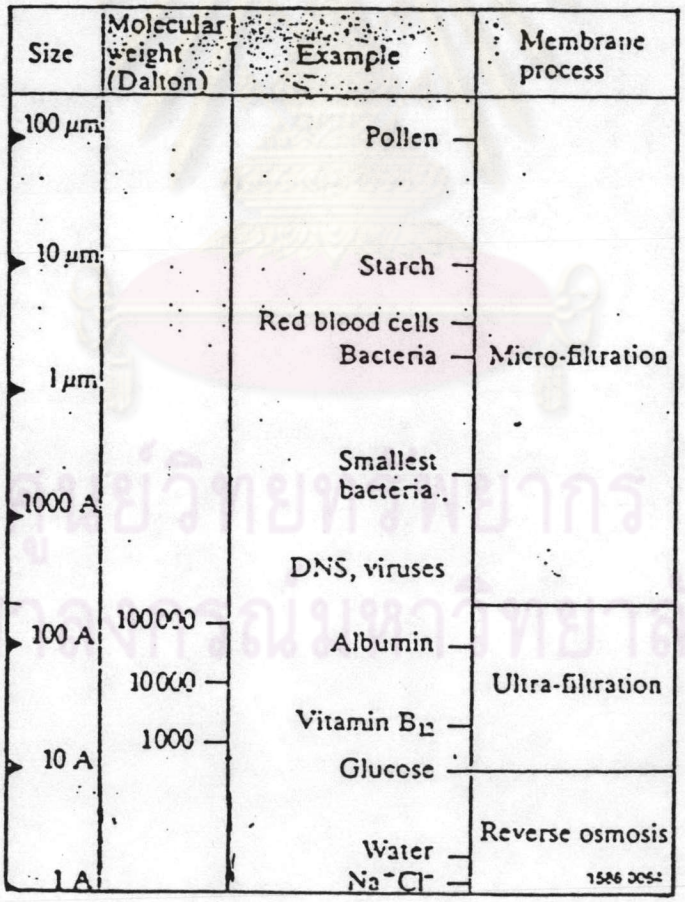
บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

จากการที่กระบวนการแยกสารโดยการคัดหรือซึมผ่านได้รับความสนใจมีการนำมาใช้ในระบบโรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นการกรองแบบไมโครฟิลเตรชันแบบอุลตราฟิลเตรชันหรือแบบรีเวอร์สออสโมซิสซึ่งจากระบวนการกรองต่างๆข้างต้นสามารถดูรายละเอียดได้จากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงถึงขนาดและน้ำหนักโมเลกุลของอนุภาคที่ระบบการกรองชนิดต่างๆสามารถกรองได้ (4)



การที่จะเลือกว่าจะใช้กระบวนการกรองแบบใดนั้นจะดูจากขนาดของอนุภาค ชนิดของอนุภาคและน้ำหนักโมเลกุล ที่จะทำการกรองเป็นหลัก งานวิจัยที่ทำในครั้งนี้จะเป็นการศึกษาถึงระบบการกรองแบบไมโครฟิลเตรชัน ซึ่งการกรองแบบไมโครฟิลเตรชันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะด้วยกันคือ

- การกรองแบบไหลผ่านเยื่อแผ่น (DEAD-END FILTRATION)
- การกรองแบบไหลขนานเยื่อแผ่น (CROSS-FLOW FILTRATION)

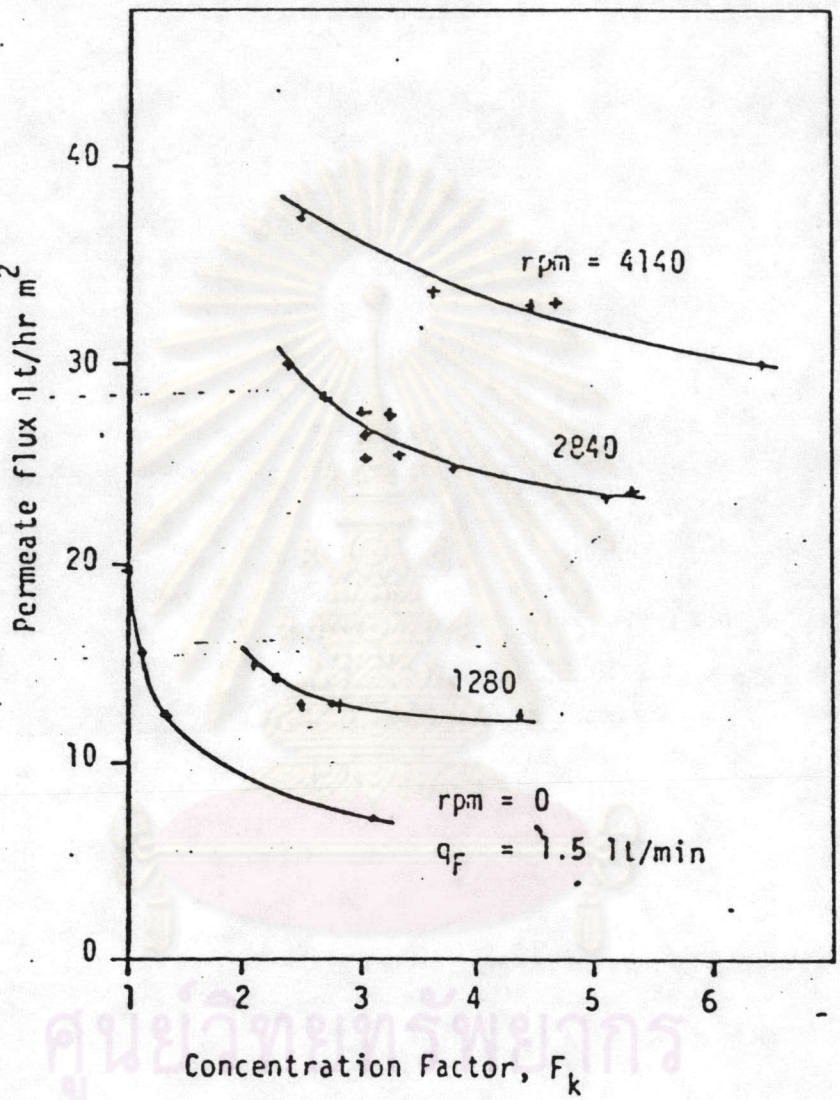
จากปัญหาการกรองแบบไหลผ่านเยื่อแผ่น(15) ที่เกิดการอุดตันของอนุภาคอย่างรวดเร็ว ทำให้ประสิทธิภาพในการกรองลดลงอย่างมาก การกรองแบบไหลขนานเยื่อแผ่น(15) จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นมาและสามารถช่วยลดปัญหาการอุดตันของอนุภาคบนผิวเยื่อแผ่นได้แต่ยังไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้มีการศึกษาและพัฒนาระบบการกรองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองให้ดีขึ้นการกรองแบบไมโครฟิลเตรชันด้วยเยื่อแผ่นชนิดหมุนได้จึงถูกนำมาศึกษาอย่างเป็นระบบมากขึ้น

ประวัติความเป็นมาของระบบการกรองแบบไมโครฟิลเตรชันด้วยเยื่อแผ่นชนิดหมุนได้

เริ่มในปี ค.ศ 1978 Lieberherr (9) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการลดชั้นฟิลม์บนผิวหน้าเยื่อแผ่น โดยศึกษาการหมุนวนของเทย์เลอร์ เพื่อเพิ่มความเร็วในการไหลบนผิวหน้าเยื่อแผ่น สารละลายที่มีความเร็วสูงจะเป็นตัวกวาดอนุภาคบริเวณผิวเยื่อแผ่นออกตลอดเวลา ทำให้สามารถควบคุมการสร้างชั้นฟิลม์บนผิวเยื่อแผ่นได้ ค่าเพอมิเอชันฟลักส์ที่ได้จึงมีค่าสูงและค่อนข้างคงที่ถึงแม้จะใช้เวลาในการกรองนานๆก็ตาม

ต่อมาในปี ค.ศ 1980 Lopez - Leiva (10) ทำการทดลองแยกสกิมมิลค์ (SKIM MILK) โดยใช้เครื่องกรองแบบไหลขนานเยื่อแผ่นชนิดหมุนได้เปรียบเทียบกับการกรองแบบไหลขนานเยื่อแผ่นชนิดหมุนไม่ได้ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าเพอมิเอชันฟลักส์ของเครื่องกรองชนิดหมุนได้จะมีค่าสูงกว่าเครื่องกรองชนิดหมุนไม่ได้มาก ดังแสดงในรูปที่ 2.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1แสดงถึง ค่าเพอมิเอชันฟลักซ์ที่ความเข้มข้นของสกิมมิลค์ต่างๆ ที่ความดัน 3 บาร์และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในปี ค.ศ 1981 W Tobler (13) ได้ทำการทดลองแยกสารแขวนลอยที่มีสีด้วยเครื่องกรองชนิดหมุนได้ โดยทำการทดลองที่ความเข้มข้นขาเข้าต่างๆกัน แล้วนำผลการทดลองที่ได้บางส่วนไปเปรียบเทียบกับการกรองแบบอัด (FILTER PRESS) ซึ่งจากการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่องกรองชนิดหมุนได้จะใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่าเครื่องกรองแบบอัดประมาณ 30 เท่าและยังสามารถประหยัดน้ำที่ใช้ในระบบได้ดีกว่าการกรองแบบอัดถึง 3 เท่า ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงถึงผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างเครื่องกรองชนิดหมุนได้กับเครื่องกรองแบบอัด (13)

Designation	Dim.	Membrane Filter Press (เครื่องกรองแบบอัด)	ESCHER WYSS Pressure Filter (เครื่องกรองแบบหมุนได้)
Daily batch quantity	Kg	16,000	
Number of batch per year	—	200	
Yearly batch quantity	t	3,200	
Daily operatiing hours	hr	16	24
Feed-mass flow	kg. hr-1	1000	670
Relative feed-mass flow	kg.m2.hr-1	6	120
Required filter area	m2	166	5.6
Installed filter area	m2	200	6.3
	—	(2 x 100 m2)	(2 x 3.15 m2)
Ratio wash -liquid /feed (**)	—	11.7	3.5
Required wash-liguid per year	t	37,400	11,200

ปี ค.ศ 1984 Matijevic และผู้ร่วมงาน (16) ได้ทำการทดลองเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าเพอมิเอชันฟลักซ์และรีเจคชันของเยื่อแผ่นที่ทำจากวัสดุที่เลือกมา คือ แคลเซียมโอลีเอต (Ca-Oleate) และแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) กับเยื่อแผ่นที่ทำมาจากวัสดุ เซอโครเมียมออกไซด์ (ZrO) กับ P-2VP จากงานวิจัยของ Matijevic นี้ทำให้ทราบว่ามีความเป็นไปได้ในการเลือกใช้วัสดุต่างๆมาใช้ในการทำเยื่อแผ่น ถ้ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานและมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่าเยื่อแผ่นแบบเดิม

ในปีถัดมา ค.ศ 1985 Rebsamen , Goldinger ,Scheirer และ Merten (4) ทำการศึกษาการแยกเซลล์ โดยใช้เครื่องกรองชนิดหมุนได้ทำการศึกษาผลกระทบของแรงเฉือนที่เกิดจากการหมุนวนของสารละลายต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตและสารทางเทคโนโลยีชีวภาพ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง คือ ไฮบริโดมาเซลล์ (Hybridoma cells) และเซลล์มะเร็ง (Human cacer cells) ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าแรงเฉือนที่เกิดจากการหมุนวนของเทย์เลอร์ไม่ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อเซลล์

ปี ค.ศ 1986 Fernando Vigo และClaudio Uliana (14) ได้ทำการแยกออลย์อีมัลชั่น (OIL EMULSION)โดยใช้เครื่องกรองชนิดหมุนได้ ศึกษาถึงการเกิดการหมุนวนของเทย์เลอร์ภายในช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นและผนังท่อ ที่จำนวนรอบการหมุนและลักษณะผิวของผนังท่อต่างๆกัน โดยใช้กล้องถ่ายรูปความไวสูงในการถ่ายจะเห็นได้ว่าขนาดและรูปร่างการหมุนวนแบบเทย์เลอร์จะเปลี่ยนไป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบการหมุนของเยื่อแผ่น นอกจากนั้นยังได้ศึกษาถึงผลของค่าเพอมิเอชันฟลักส์ เมื่อจำนวนรอบการหมุนของเยื่อแผ่น ลักษณะผิวของผนังท่อ และระยะช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นและผนังท่อเปลี่ยนไป จากผลการทดลองสรุปได้ว่าค่าเพอมิเอชันฟลักส์จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อจำนวนรอบการหมุนของเยื่อแผ่นมีค่ามากขึ้น ลักษณะผิวของผนังท่อมีความหยาบมากขึ้น และระยะช่องว่างระหว่างผนังเยื่อแผ่นและผนังท่อมีขนาดเล็กลง

ในปี ค.ศ 1988 Kroner และNissinen (7) ทำการทดลองกรองแบบไมโครฟิลเตรชัน โดยใช้เครื่องกรองชนิดหมุนได้เปรียบเทียบกับการกรองแบบ ไหลขนานเยื่อแผ่นชนิดหมุนไม่ได้ ในการแยกสารละลายแขวนลอยที่มีขนาดเล็ก เช่น อี.โคไล (E.Coli) เบรไวแบคทีเรียม (Brevibacterium) แอมโมเนีย เจิมร์ (Ammonia Gemes) และบาซิลรัส ไลชินิฟอร์มิส (Bacillus Licheniformis) ชนิดของเยื่อแผ่นที่ใช้คือ เทฟลอน (0.2μm), โพลีคาร์บอเนต (0.2μm) และโพลีซัลโฟน (1000 กิโลดาลตัน) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าเพอมิเอชันฟลักส์ของเครื่องกรองชนิดหมุนได้จะมีค่าสูงกว่าเครื่องกรองแบบไหลผ่านชนิดหมุนไม่ได้ ประมาณ 2-3 เท่า ภายใต้ภาวะการทดลองเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการกรองด้วยเครื่องกรองชนิดหมุน ได้กับการกรองแบบไหลขนานชนิดหมุนไม่ได้ (7)

Enzyme	Mol.wt. x 10^3	Organism	Flow-by system		Rotating filter	
			T_E (%)	flux (l/hr-m^2)	T_E (%)	flux (l/hr-m^2)
Protease	25	B.licheniformis	80	33	94	70
Formate-DH	78	C.boidinii	40	15	80	60
Lactate-DH	160	C.confusus	40	21	70	50
Fumarase	180	B.ammoniagenes	25	11	85	35
Asparase	190	E.coli	30	18	75	50
Leucine-DH	310	B,cereus	20	25	50	65

นอกจากนั้นยังได้ทดลองศึกษาผลของเพอมิเอชันฟลักส์ของเครื่องกรองชนิดหมุนได้ที่ระยะเวลาในการทดลองต่างๆกัน ทำให้ทราบว่าเมื่อทดลองเป็นเวลานานๆ ค่าเพอมิเอชันฟลักส์ที่ได้ก็มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มาก ทำให้สามารถนำเครื่องกรองชนิดหมุนได้ นี้ไปประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตแบบต่อเนื่องได้

ในปีเดียวกัน A Rushton และ GS Zhang (12) ได้ทำการทดลองแยกอนุภาคขนาดละเอียดจากน้ำโดยใช้เครื่องกรองชนิดหมุนได้ ผลการทดลองอธิบายในรูปของผลของความเร็วรอบการหมุน ความดันที่ใช้ในระบบ และคุณสมบัติของสารที่ใช้ทดลอง โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะชี้ให้เห็นว่าปัจจัยต่างๆข้างต้นนั้นสามารถอธิบายได้ในเทอมของสมการทางคณิตศาสตร์

ต่อมาในปี ค.ศ 1990 Riesmeier , Kroner และ Kula (11) ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้สมการการกรองทั่วไปไม่สามารถทำนายค่าเพอมิเอชันฟลักส์ในกรณีของเครื่องกรองชนิดหมุนได้ ค่าเพอมิเอชันฟลักส์ที่ได้จากการทดลองจะมีค่าสูงกว่าค่าเพอมิเอชันฟลักส์ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการการกรองทั่วไปมากซึ่งเป็นผลมาจากค่าความเค้นเฉือนที่เกิดบริเวณผิวเยื่อแผ่นภายในเครื่องกรองชนิดหมุนได้ การศึกษากระบวนการแยกสารโดยใช้เครื่องกรองชนิดหมุนได้ได้รับความสนใจมากขึ้นและได้มีการพัฒนานำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมโดยบริษัท Sulzer Ag ; Winterther , Switzerland บริษัท Sulzer ได้ทำการพัฒนาเครื่องกรองชนิดหมุนได้จนมีขนาดพื้นที่ในการกรอง 2 ตารางเมตร เพื่อใช้ในห้องทดลองและในอุตสาหกรรมที่มีการผลิตต่ำ ต่อมาได้พัฒนาขยายขนาดให้ใช้ได้ในระดับอุตสาหกรรม โดยมีขนาดพื้นที่ในการกรองถึง 10 ตารางเมตร สามารถที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆได้ เช่น อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น

ปี ค.ศ 1993 Nakano , Matsumaru และ Kataoka (6) ได้ทดลองศึกษาผลกระทบของฟองอากาศขนาดละเอียด โดยใช้เครื่องกรองที่เป็นเยื่อแผ่นเซรามิกชนิดหมุนได้ซึ่งทำการทดลองโดยใช้สารแขวนลอยของเซลล์ยีสต์ ที่มีการเติมอากาศ (AERATED YEAST CELL SUSPENSION) และที่ไม่มีการเติมอากาศ (AERATED YEAST CELL SUSPENSION) จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าค่าเพอมิเอชันฟลักส์ของสารแขวนลอยของเซลล์ยีสต์ที่มีการเติมอากาศมีค่าสูงกว่าแบบที่ไม่เติมอากาศ เนื่องมาจากฟองขนาดละเอียดจะไปสะสมบริเวณตัวกรองเซรามิกซึ่งไปป้องกันการสะสมตัวของอนุภาคบนผนังกรอง จากสาเหตุดังกล่าวทำให้สามารถลดความต้านทานการกรองและยังสามารถปฏิบัติการได้เป็นเวลานานๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย