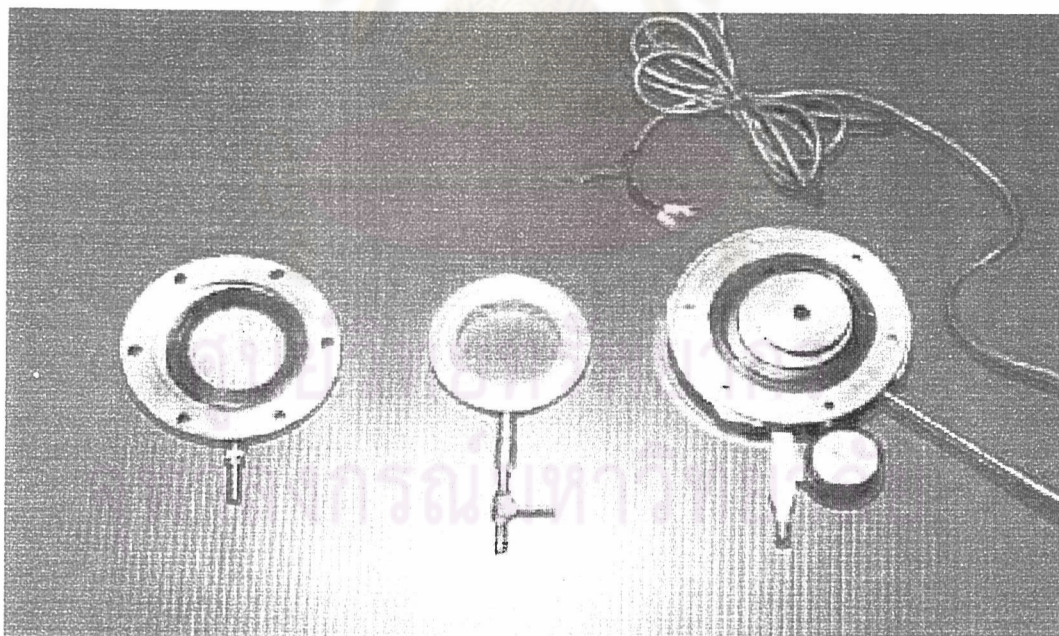


บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 โมดูลของเยื่อแผ่น

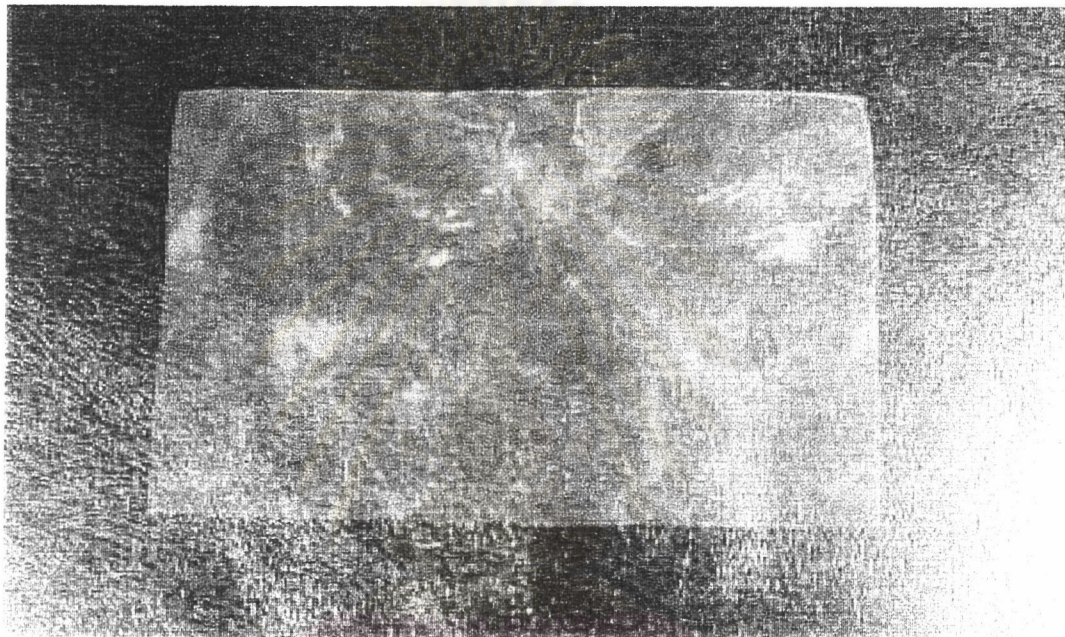
โมดูลที่ใช้ในการทดลองนี้ทำจากสแตนเลสประกอบด้วย 3 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ในชั้นแรกจะเป็นส่วนบนสุดของโมดูล ประกอบด้วยตะแกรงซึ่งจะทำหน้าที่กั้นไม่ให้เยื่อแผ่นถูกดูดเข้ามาในโมดูลชั้นแรกเมื่อเปิดปั๊มสุญญากาศ นอกจากนี้จะมีท่อส่งเพอร์มิเอตต่อไปยังเครื่องควบแน่นซึ่งตั้งอุณหภูมิของเครื่องไว้ที่ -98 องศาเซลเซียส ส่วนชั้นที่สองจะเป็นส่วนกลางของโมดูลซึ่งจะมีข้อต่อ 2 ทางติดอยู่ โดยที่ข้อต่อแรกจะมีไว้เพื่อวนสารป้อนกลับไปให้หลอดเก็บสารป้อน และในข้อต่ออีกส่วนจะมีไว้ต่อกับขวดเก็บ 95%เอทานอล ซึ่งจะปั๊มเอทานอลจากขวดเก็บนี้ในกรณีที่มีความดันสารป้อนตกลง เนื่องจากเปิดปั๊มสุญญากาศเพื่อดึงเพอร์มิเอตออกมาและในชั้นสุดท้ายจะประกอบด้วยท่อซึ่งจะรับสารป้อนจากหลอดเก็บสารป้อน พร้อมทั้งติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์และเกจวัดความดันเพื่อวัดอุณหภูมิและความดันของสารป้อน



รูปที่ 3.1 โมดูลของเยื่อแผ่น

3.2 เชื้อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟน

เชื้อแผ่นที่ใช้ในการทดลองนี้มีโครงสร้างแบบเชิงประกอบ (composite form) ซึ่งประกอบด้วยแอลจีเนตทำหน้าที่เป็นชั้นเลือกผ่าน (selective dense layer) เคลือบอยู่ด้านบนบนของเซลโลเฟนที่ทำหน้าที่เป็นชั้นรองรับ (supporting layer) รูปที่ 3.2 แสดงภาพถ่ายของเชื้อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.2 ภาพถ่ายของเชื้อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟน

3.3 ผลของอุณหภูมิต่อสัมประสิทธิ์การกระจาย

การแยกของสารละลายผ่านเชื้อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนด้วยกระบวนการเพอร์เวอเรชันมีความสัมพันธ์กับค่าการละลาย (solubility) ของตัวละลาย (solute) ในพอลิเมอร์ ค่าการละลายของตัวละลายในพอลิเมอร์สามารถแสดงได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ในตารางที่ 3.1 เป็นตารางที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การกระจายของน้ำและเอทานอลกับอุณหภูมิของสารป้อนของ 95% เอทานอล พบว่าสัมประสิทธิ์การกระจายเอทานอลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของสารป้อนเพิ่มขึ้น และพบว่าน้ำจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายสูงกว่าเอทานอล ดังนั้นจึงแสดงว่าน้ำมีความสามารถในการเข้าไปในเชื้อแผ่นได้ดีกว่าเอทานอล

ตารางที่ 3.1 สัมประสิทธิ์การกระจายของน้ำและแร่ธาตุของสารปุ๋ยมูลต่างๆ

| อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เกิดขึ้นที่เคลือบบนผิวหน้าของเซลล์โตน (% โดยน้ำหนัก) | | | | | |
|----------------------------|--|---|---|---|---|---|
| | 1 | | 2 | | 3 | |
| | สัมประสิทธิ์การกระจาย ตัวของเอทานอลในเชื้อ แผ่น | สัมประสิทธิ์การกระจาย ตัวของน้ำในเชื้อแผ่น | สัมประสิทธิ์การกระจาย ตัวของเอทานอลในเชื้อ แผ่น | สัมประสิทธิ์การกระจาย ตัวของน้ำในเชื้อแผ่น | สัมประสิทธิ์การกระจาย ตัวของเอทานอลในเชื้อ แผ่น | สัมประสิทธิ์การกระจาย ตัวของน้ำในเชื้อแผ่น |
| 40 | 0.63 | 13.57 | 0.62 | 21.67 | 0.76 | 16.67 |
| 50 | 0.79 | 6.67 | 0.84 | 5.59 | 0.81 | 8.00 |
| 60 | 0.89 | 3.41 | 0.89 | 3.59 | 0.84 | 6.92 |
| 70 | 0.90 | 3.04 | 0.90 | 3.51 | 0.87 | 5.36 |

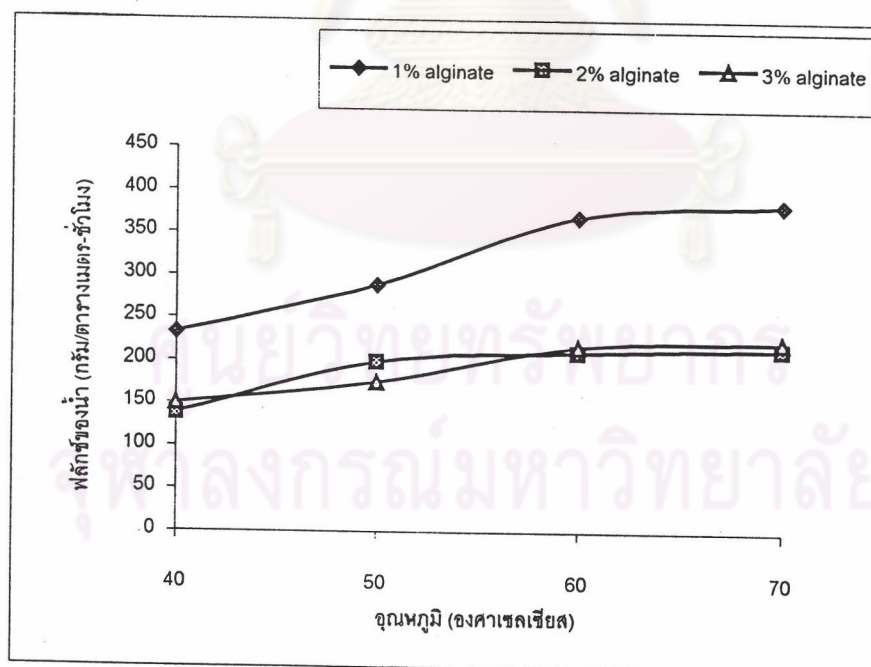
3.4 ผลของอุณหภูมิต่อกระบวนการเพอร์เวพอเรชันของ 95%เอทานอล

ผลของอุณหภูมิของสารป้อนต่อกระบวนการเพอร์เวพอเรชัน แสดงดังกราฟรูปที่ 3.3-

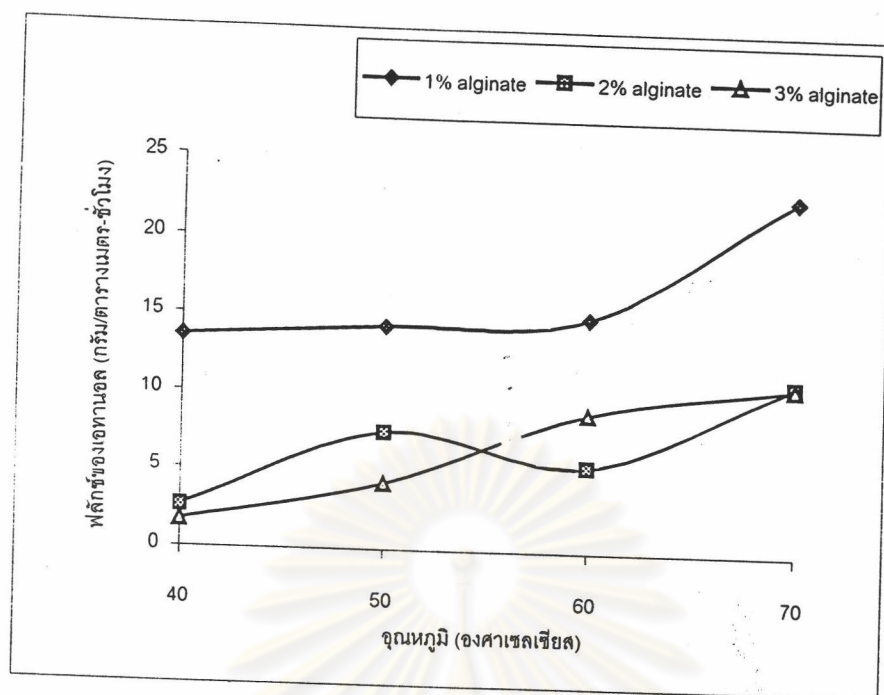
3.12 จากกราฟพบว่าฟลักซ์ของน้ำและเอทานอลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของสารป้อน อุณหภูมิมีผลต่อทุกๆขั้นตอนของกระบวนการเพอร์เวพอเรชัน เช่นขั้นตอนของการดูดซึม, การถ่ายเทมวลผ่านเยื่อแผ่น เป็นต้น

เมื่อพิจารณาจากค่าฟลักซ์ของน้ำและเอทานอลที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิของสารป้อนต่างๆ พบว่า ฟลักซ์ของเอทานอลมีค่าต่ำกว่าน้ำ ทั้งนี้เป็นเพราะในกระบวนการดูดซึม (sorption process) เอทานอลมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายต่ำกว่าน้ำนั่นเอง

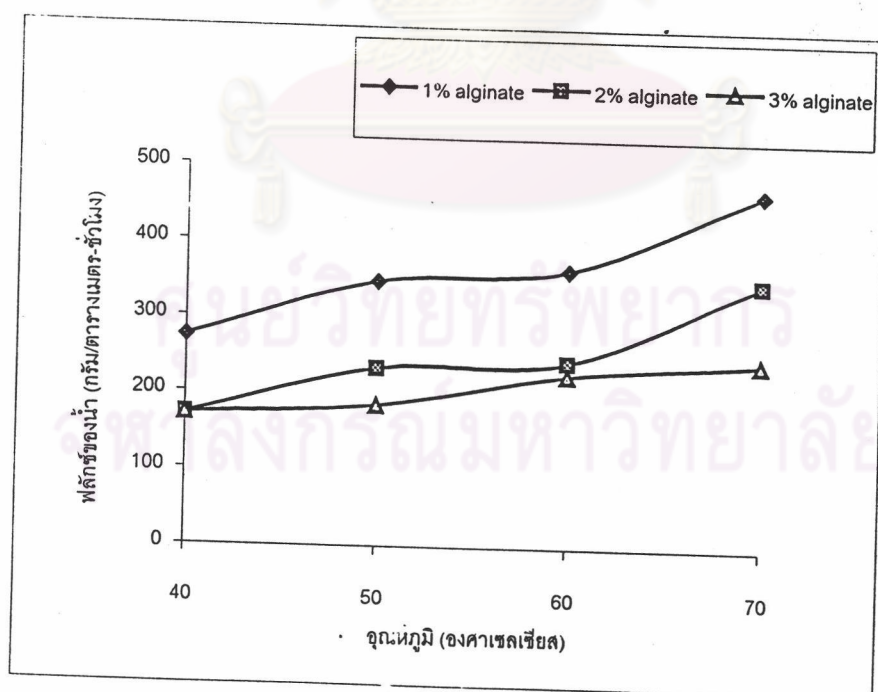
จากกราฟรูปที่ 3.13 - 3.17 แสดงผลของอุณหภูมิของสารป้อนต่อค่าการเลือกของเยื่อแผ่น พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของสารป้อนค่าการเลือกของเยื่อแผ่นมีค่าค่อนข้างคงที่ เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพขององค์ประกอบ เช่น สัมประสิทธิ์การแพร่, ความดันไออิ่มตัว เป็นต้น มีการเปลี่ยนแปลงพร้อมๆกัน อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองที่ได้แสดงว่าอุณหภูมิของสารป้อนมีผลต่อค่า ฟลักซ์ชัดเจนกว่าค่าการเลือกนั่นเอง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Boddeker (35)



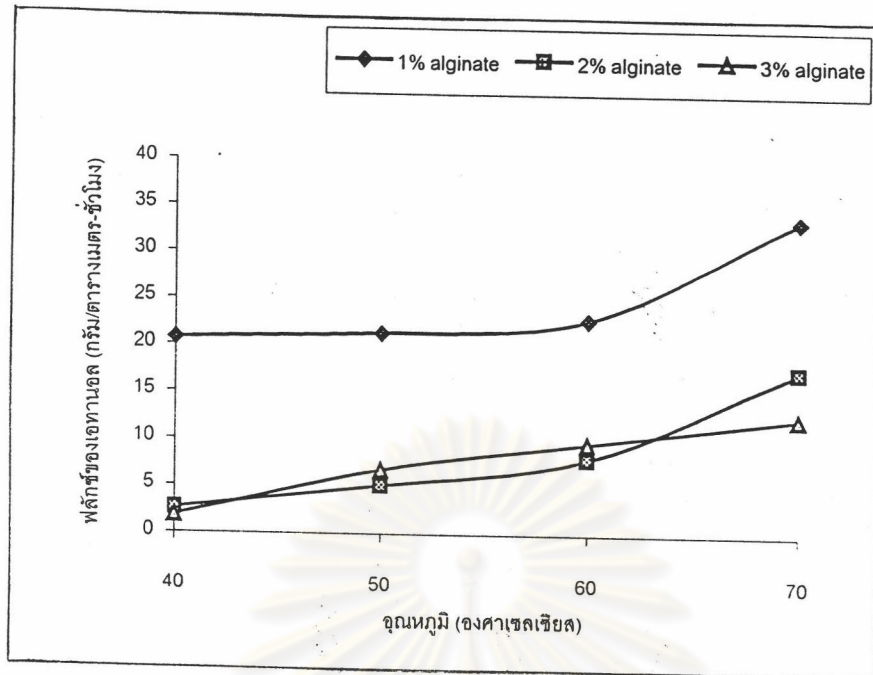
รูปที่ 3.3 ผลของอุณหภูมิต่อค่าฟลักซ์ของน้ำสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -300 มิลลิเมตรปรอท



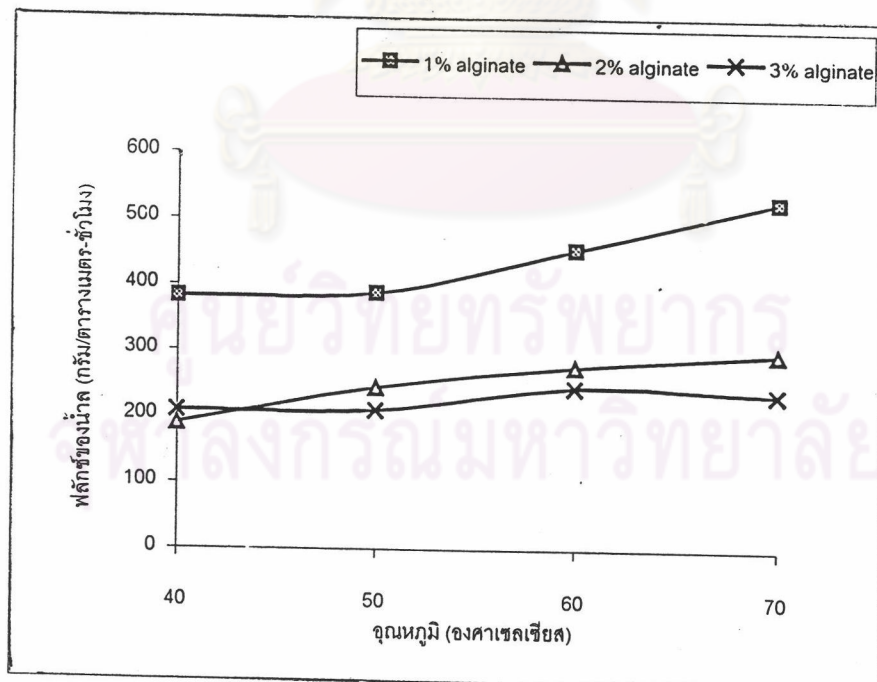
รูปที่ 3.4 ผลของอุณหภูมิต่อค่าฟลักซ์ของเอทานอลสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -300 มิลลิเมตรปรอท



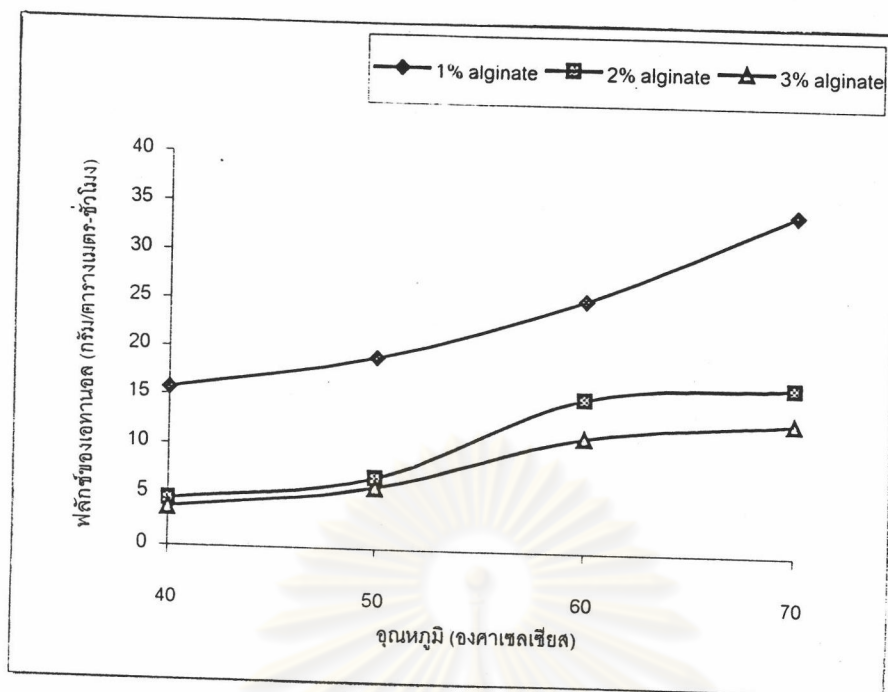
รูปที่ 3.5 ผลของอุณหภูมิต่อค่าฟลักซ์ของน้ำสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -350 มิลลิเมตรปรอท



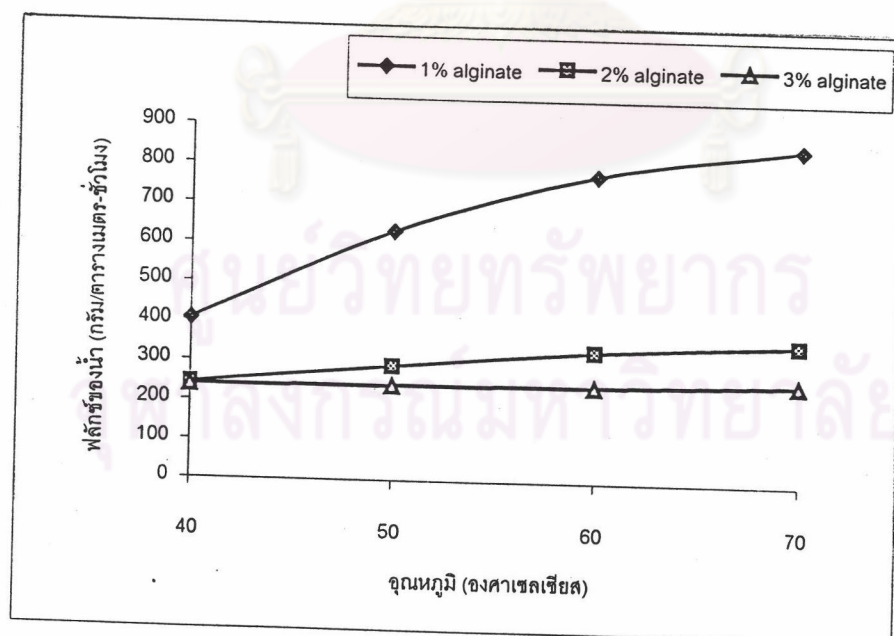
รูปที่ 3.6 ผลของอุณหภูมิต่อค่าฟลักซ์ของเอทานอลสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -350 มิลลิเมตรปรอท



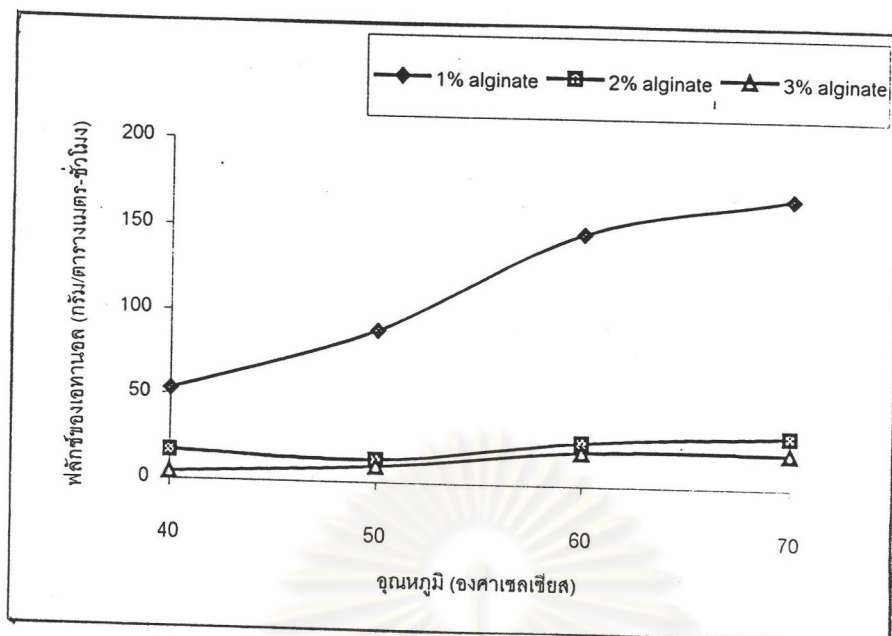
รูปที่ 3.7 ผลของอุณหภูมิต่อค่าฟลักซ์ของน้ำสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -400 มิลลิเมตรปรอท



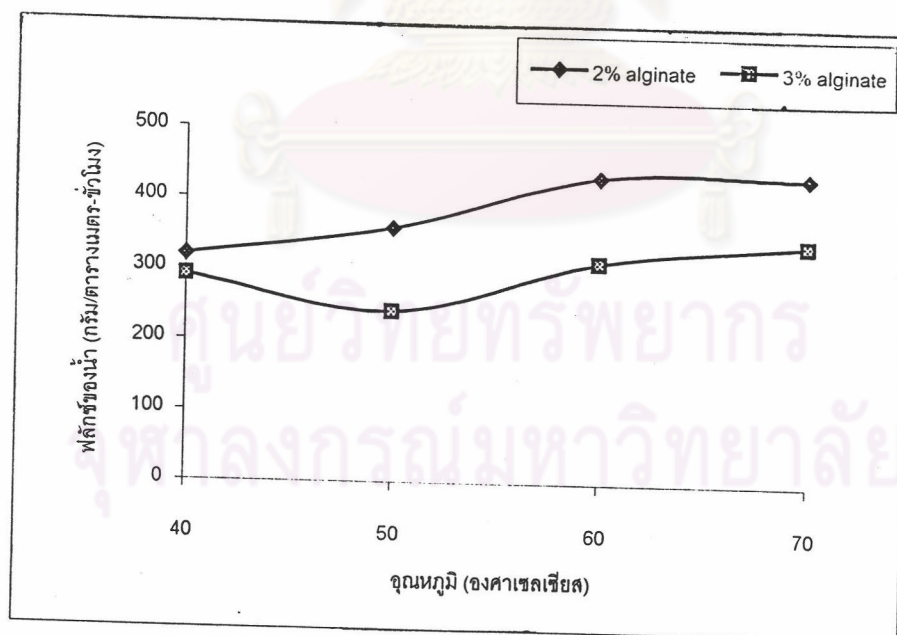
รูปที่ 3.8 ผลของอุณหภูมิต่อค่าฟลักซ์ของเอทานอลสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -400 มิลลิเมตรปรอท



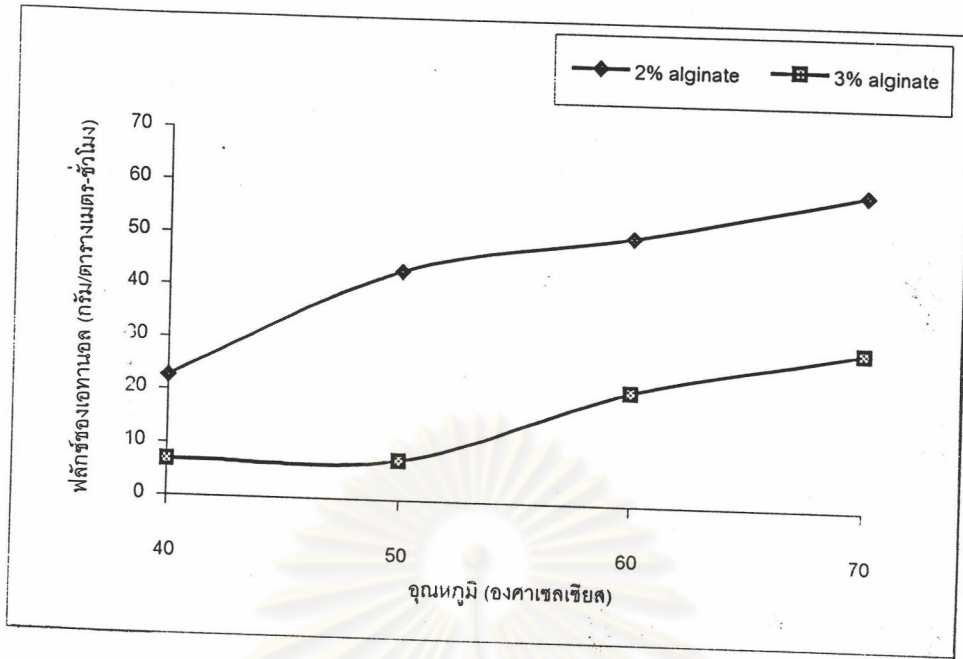
รูปที่ 3.9 ผลของอุณหภูมิต่อค่าฟลักซ์ของน้ำสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -450 มิลลิเมตรปรอท



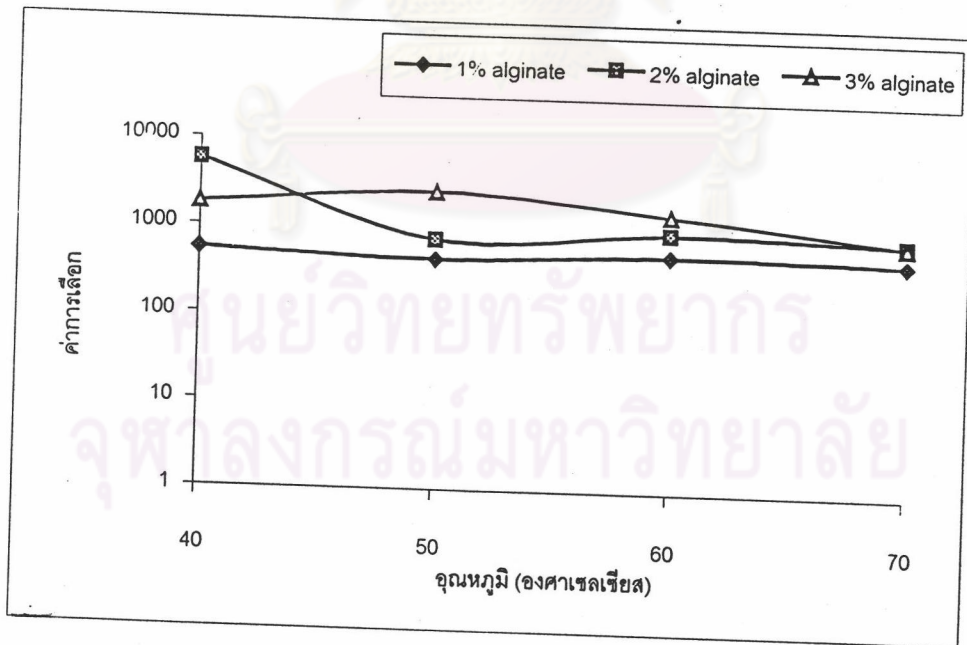
รูปที่ 3.10 ผลของอุณหภูมิต่อค่าฟลักซ์ของเอทานอลสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -450 มิลลิเมตรปรอท



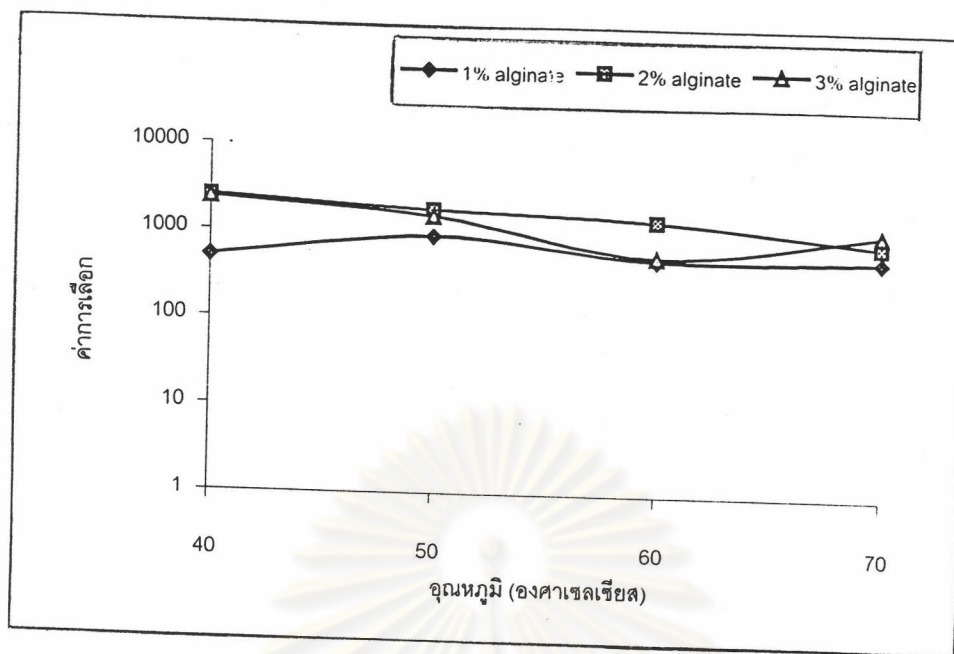
รูปที่ 3.11 ผลของอุณหภูมิต่อค่าฟลักซ์ของน้ำสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -500 มิลลิเมตรปรอท



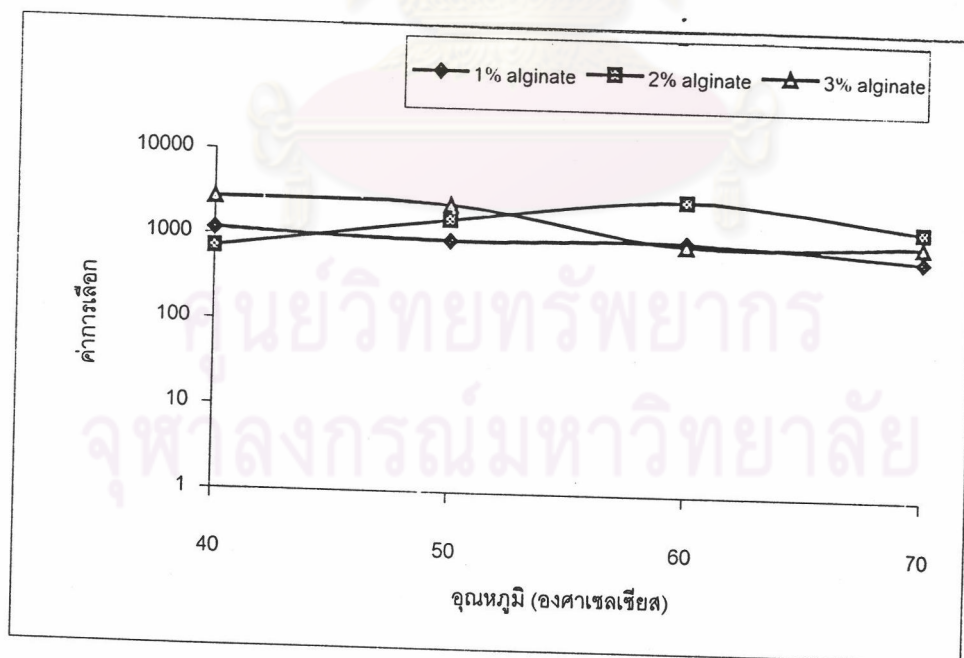
รูปที่ 3.12 ผลของอุณหภูมิต่อค่าฟลักซ์ของเอทานอลสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -500 มิลลิเมตรปรอท



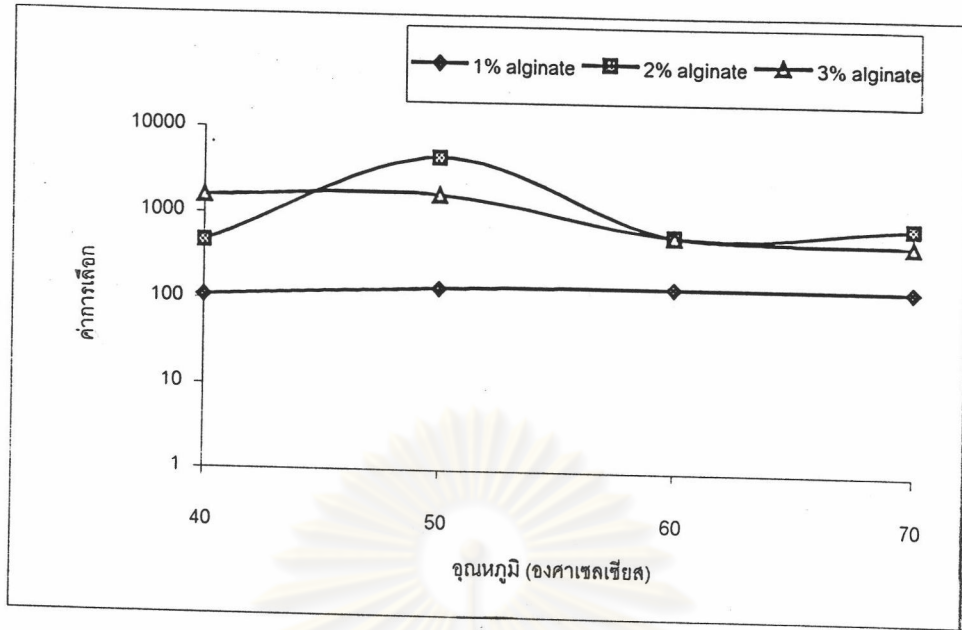
รูปที่ 3.13 ผลของอุณหภูมิต่อค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -300 มิลลิเมตรปรอท



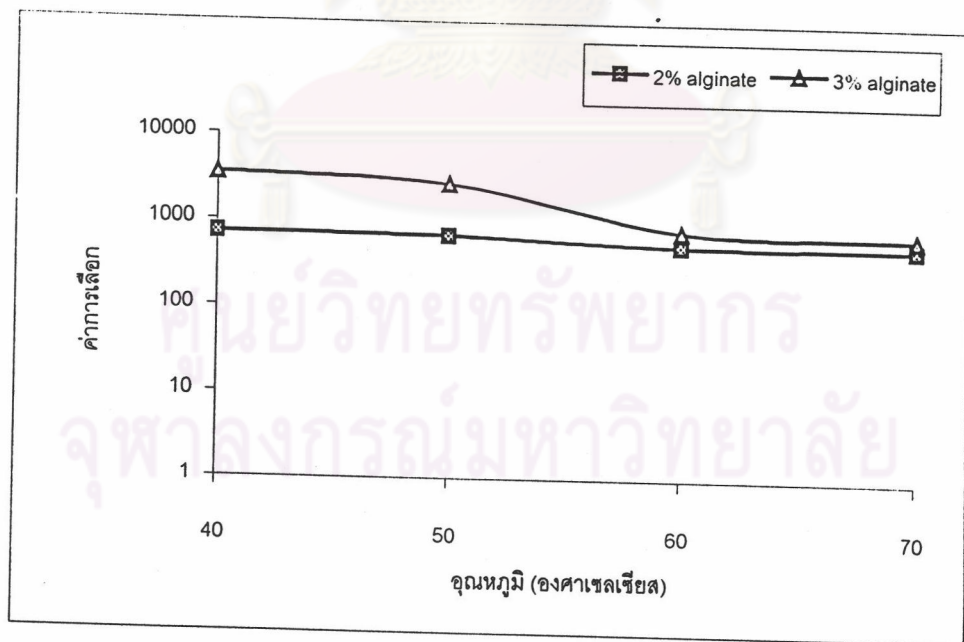
รูปที่ 3.14 ผลของอุณหภูมิต่อค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -350 มิลลิเมตรปรอท



รูปที่ 3.15 ผลของอุณหภูมิต่อค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -400 มิลลิเมตรปรอท



รูปที่ 3.16 ผลของอุณหภูมิต่อค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -450 มิลลิเมตรปรอท



รูปที่ 3.17 ผลของอุณหภูมิต่อค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ความดันเพอร์มิเอต -500 มิลลิเมตรปรอท

3.5 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อกระบวนการเพอร์แวกเพอร์ชันของ 95%เอทานอล

โดยปกติความดันเพอร์มิเอตจะสามารถเพิ่มแรงขับของกระบวนการได้ ดังนั้นเมื่อความดันเพอร์มิเอตเพิ่มขึ้น ความแตกต่างระหว่างความดันย่อย(partial pressure) ระหว่างสารป้อนและด้านเพอร์มิเอตของเยื่อแผ่นจึงลดลง มีผลให้ค่าฟลักซ์ของสารละลายลดลงไปด้วยผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าฟลักซ์ของน้ำและเอทานอลแสดงดังกราฟรูปที่ 3.18-3.25

ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าการเลือกของเยื่อแผ่นแสดงดังกราฟรูปที่ 3.26 - 3.29 พบว่าเมื่อลดความดันเพอร์มิเอต ค่าการเลือกของเยื่อแผ่นมีแนวโน้มลดลงทั้งนี้เป็นเพราะการลดความดันเพอร์มิเอตจะไปเพิ่มแรงขับของกระบวนการ เพราะฉะนั้นเอทานอลจึงสามารถแพร่ผ่านเยื่อแผ่นได้มากขึ้นด้วย จึงทำให้ค่าการเลือกของเยื่อแผ่นลดลง โดยที่เยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจินต/เซลโลเฟนที่ความเข้มข้นแอลจินตเท่ากับ 1% โดยน้ำหนักจะให้ค่าการเลือกต่ำที่สุด

3.6 ผลของความหนาของเยื่อแผ่นต่อกระบวนการเพอร์แวกเพอร์ชันของ 95%เอทานอล

ความหนาของเยื่อแผ่นแปรไปตามความเข้มข้นของแอลจินตที่ใช้เคลือบบนเซลโลเฟนดังนี้ ความเข้มข้นแอลจินต 1% โดยน้ำหนักให้ความหนาของเยื่อแผ่นเท่ากับ 35.4 ± 2.4 ไมโครเมตร ความเข้มข้นแอลจินต 2% โดยน้ำหนักให้ความหนาของเยื่อแผ่นเท่ากับ 46.7 ± 2.3 ไมโครเมตร ความเข้มข้นแอลจินต 3% โดยน้ำหนักให้ความหนาของเยื่อแผ่นเท่ากับ 55.7 ± 2.3 ไมโครเมตร ตารางที่ 3.2 และ 3.3 แสดงผลของความหนาของเยื่อแผ่นต่อค่าฟลักซ์ของสารละลายและค่าการเลือก พบว่าฟลักซ์ของสารมีแนวโน้มลดลงเมื่อเยื่อแผ่นมีความหนามากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารจะแพร่ผ่านเยื่อแผ่นได้ยากขึ้นเมื่อเยื่อแผ่นหนาขึ้น คือเยื่อแผ่นมีความต้านทานการถ่ายเทมวลผ่านเยื่อแผ่นมากขึ้นนั่นเอง สำหรับค่าการเลือกของเยื่อแผ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเยื่อแผ่นมีความหนามากขึ้น เนื่องจากเมื่อเยื่อแผ่นมีความหนามากขึ้นทำให้เอทานอลแพร่ผ่านเยื่อแผ่นได้ยากขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของเอทานอลในด้านเพอร์มิเอตมีค่าน้อยลง จึงทำให้เยื่อแผ่นจึงมีค่าการเลือกเพิ่มขึ้น

3.7 ค่าการซึมผ่าน (permeability) และสัมประสิทธิ์การแพร่ (diffusivity) ของกระบวนการเพอร์แวกเพอร์ชันของ 95%เอทานอล

ตัวละลายที่มีการซึมผ่านสูงกว่าจะสามารถที่จะถูกแยกออกมาได้มากกว่าตัวละลายตัวอื่นๆ ด้วยกระบวนการเพอร์แวกเพอร์ชัน ในขณะที่สัมประสิทธิ์การแพร่จะแสดงถึงความสามารถในการเคลื่อนที่ของตัวละลายในเยื่อแผ่น สัมประสิทธิ์การแพร่สามารถคำนวณได้จากค่าสัมประสิทธิ์การกระจายและค่าการซึมผ่าน ดังแสดงในภาคผนวก ค ในกราฟรูปที่ 3.30 - 3.39 เป็นกราฟที่แสดงผลของอุณหภูมิของสารป้อนต่อค่าการซึมผ่านและกราฟรูปที่ 3.40- 3.47 แสดงผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าการซึมผ่านของน้ำและเอทานอล จากกราฟพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิค่าการซึมผ่านของน้ำและเอทา

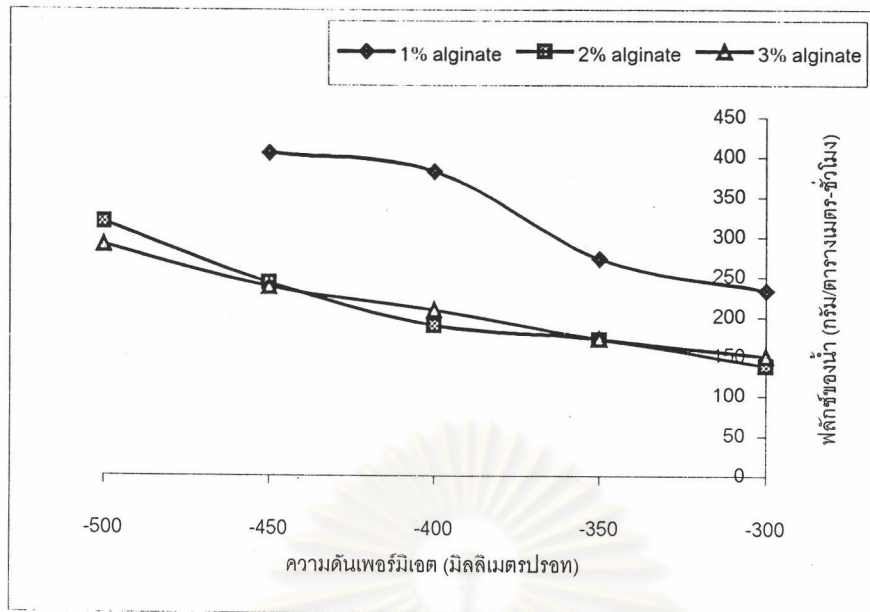
นอลมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยที่เยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจินต/เซลโลเฟนที่ความเข้มข้นอัลจินตเท่ากับ 1% โดยน้ำหนักจะให้ค่าการซึมผ่านของน้ำและเอทานอลสูงสุด นอกจากนี้เมื่อลดความดันเพอร์มิเอตลง ค่าการซึมผ่านของน้ำและเอทานอลมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ผลของอุณหภูมิและความดันเพอร์มิเอตต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำและเอทานอล แสดงในกราฟรูปที่ 3.48-3.57 และ 3.58-3.65 จากกราฟพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของสารป้อน และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของทั้งน้ำและเอทานอลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อลดความดันเพอร์มิเอตลง การที่ลดความดันเพอร์มิเอตจะไปเพิ่มแรงขับเคลื่อนระหว่างสองด้านของเยื่อแผ่น ซึ่งมีผลทำให้ตัวละลายสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้นและทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่มีค่าสูงขึ้นด้วย

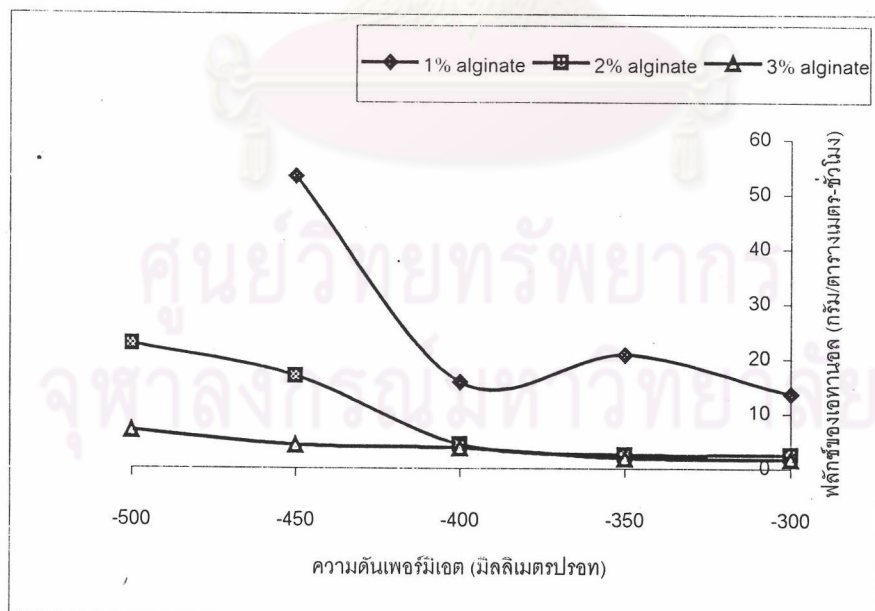
ผลของความหนาของเยื่อแผ่นต่อค่าการซึมผ่านและค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ แสดงในตารางที่ 3.4-3.7 อย่างไรก็ตามพบว่าความหนาของเยื่อแผ่นนั้น ไม่มีผลต่อค่าการซึมผ่านและค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำและเอทานอล



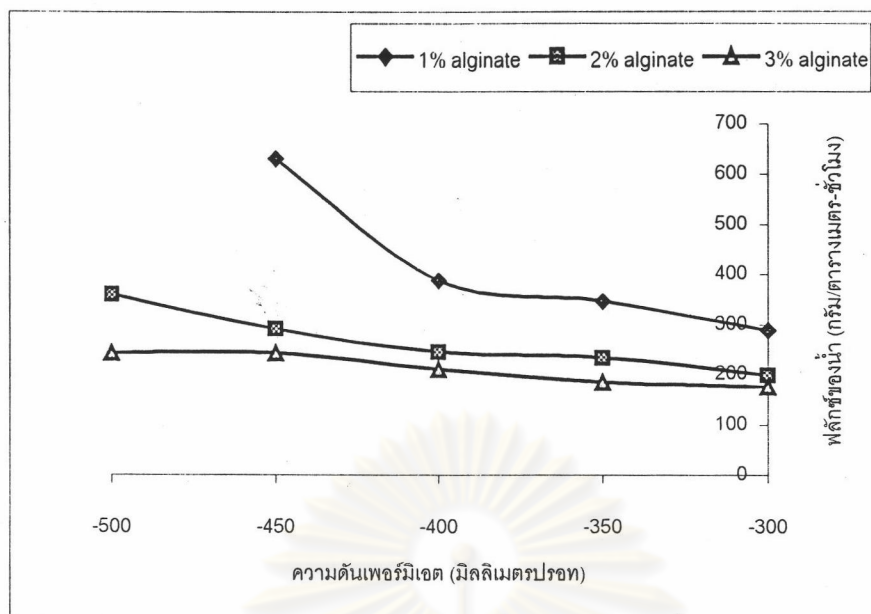
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



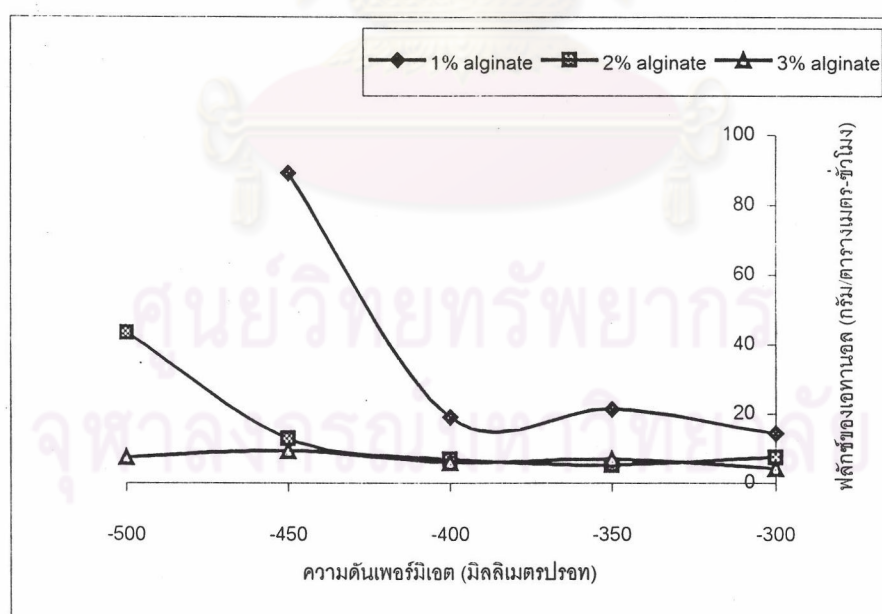
รูปที่ 3.18 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าฟลักซ์ของน้ำสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/ไคโตซานที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



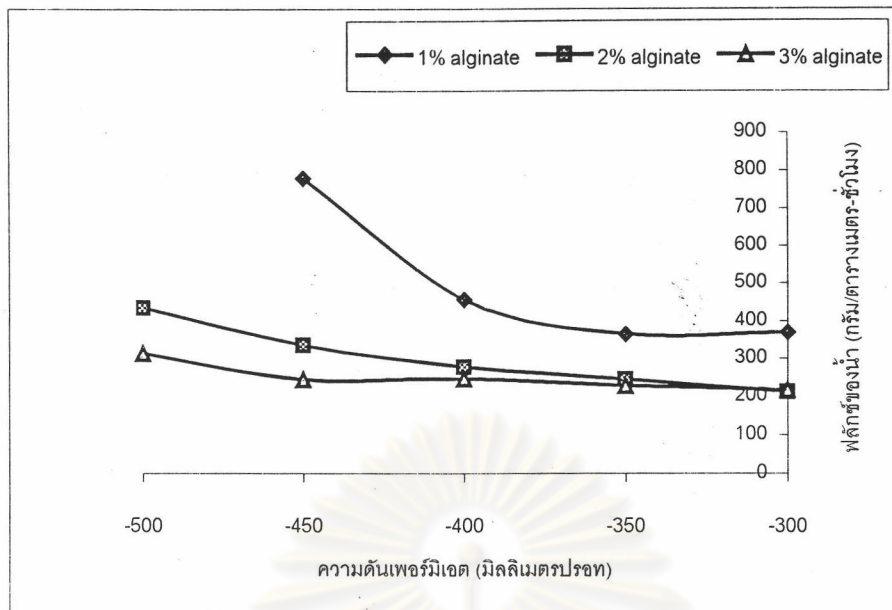
รูปที่ 3.19 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าฟลักซ์ของเอทานอลสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/ไคโตซานที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



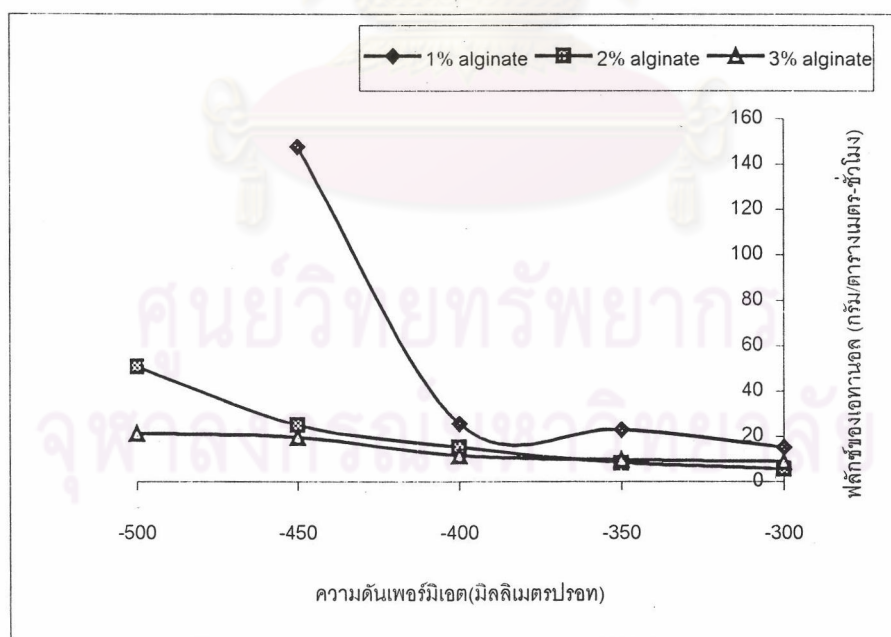
รูปที่ 3.20 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าฟลักซ์ของน้ำสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



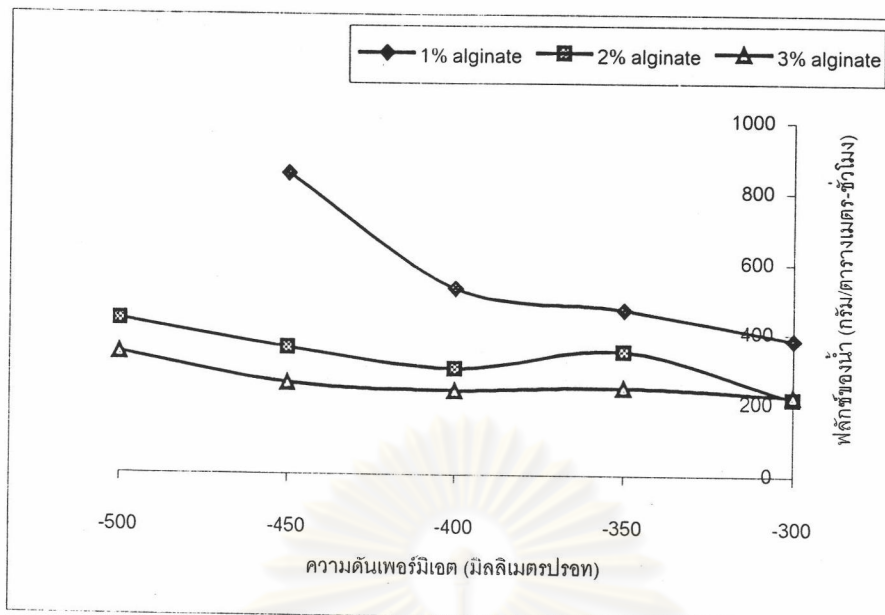
รูปที่ 3.21 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าฟลักซ์ของเอทานอลสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



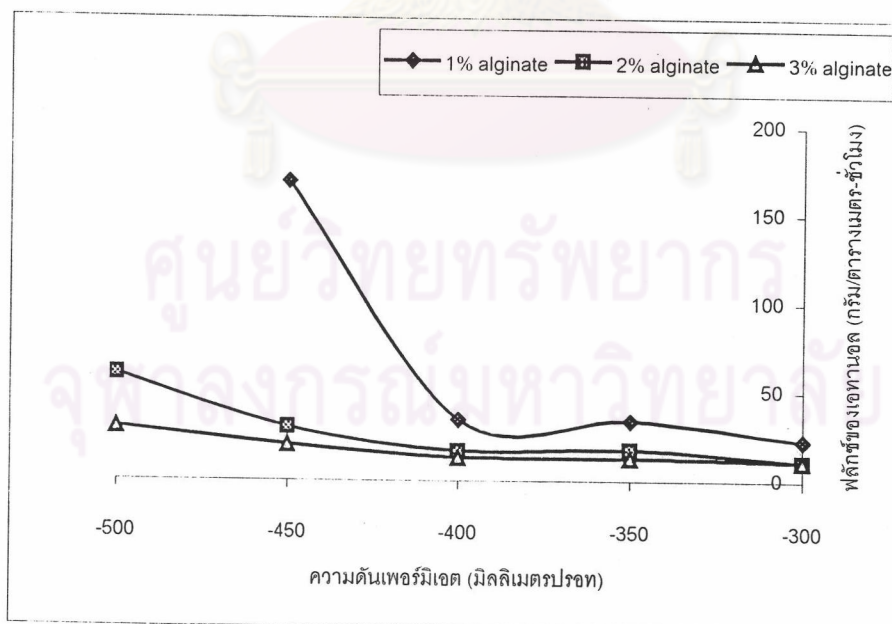
รูปที่ 3.22 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าฟลักซ์ของน้ำสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



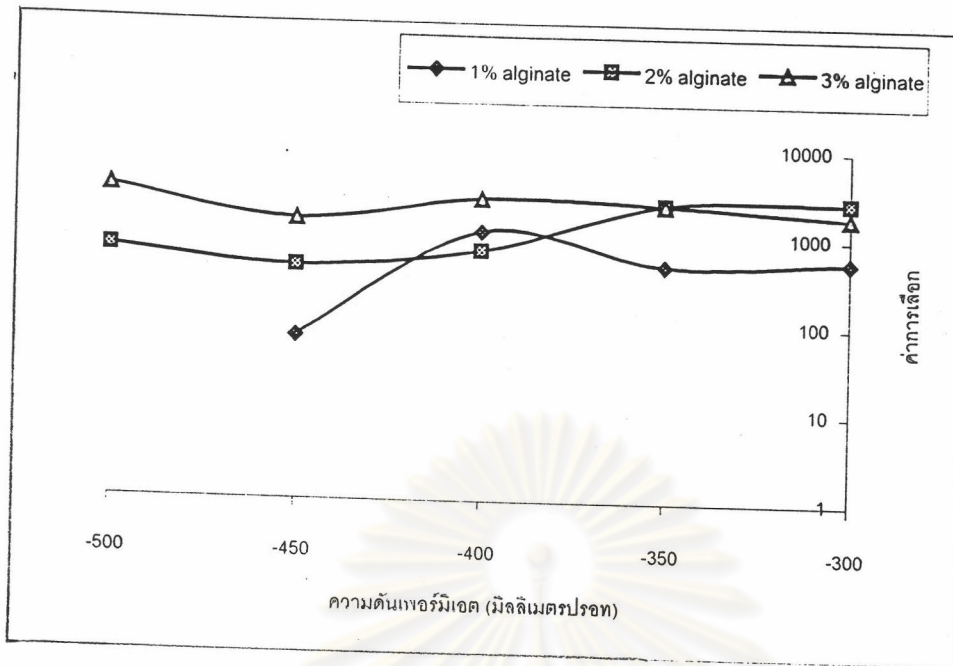
รูปที่ 3.23 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าฟลักซ์ของเอทานอลสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



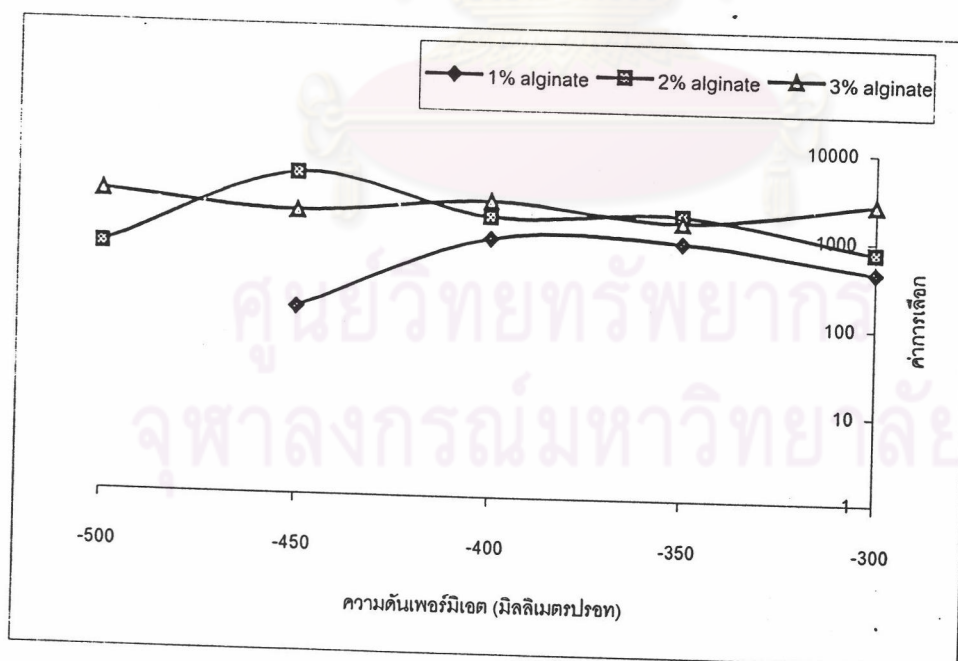
รูปที่ 3.24 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าฟลักซ์ของน้ำสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส



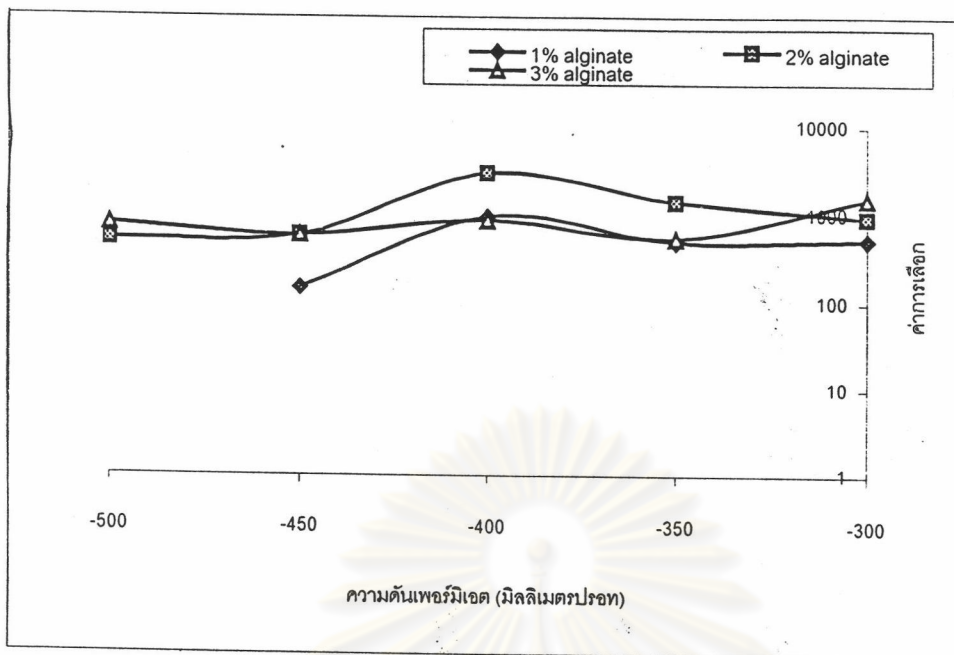
รูปที่ 3.25 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าฟลักซ์ของเอทานอลสำหรับเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส



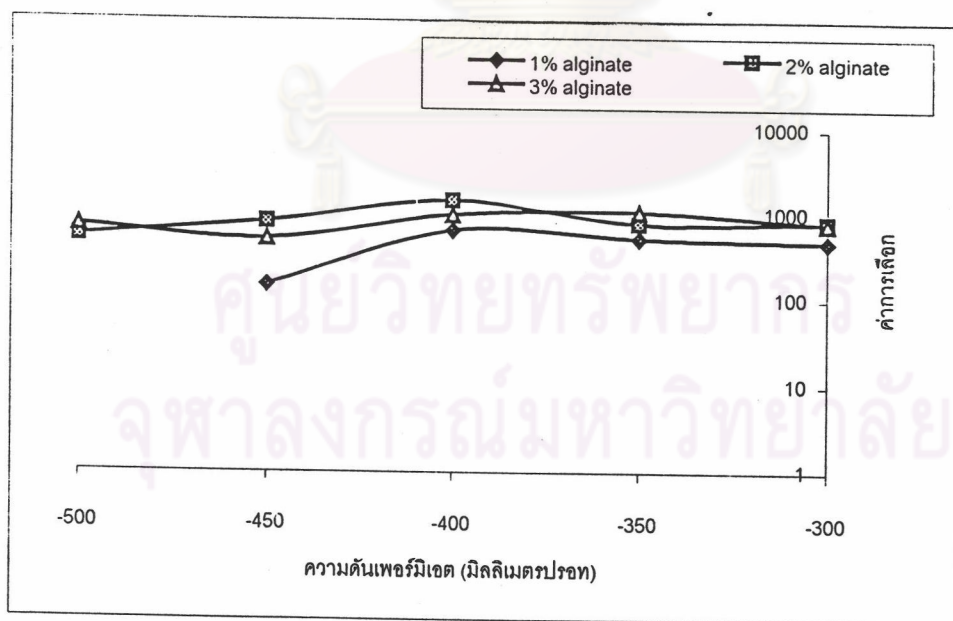
รูปที่ 3.26 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่
อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.27 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่
อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.28 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.29 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเชิงประกอบแอลจีเนต/เซลโลเฟนที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 3.2 ผลของความหมายของข้อเสนอแนะต่อค่าฟลักซ์ของน้ำและเอทานอล

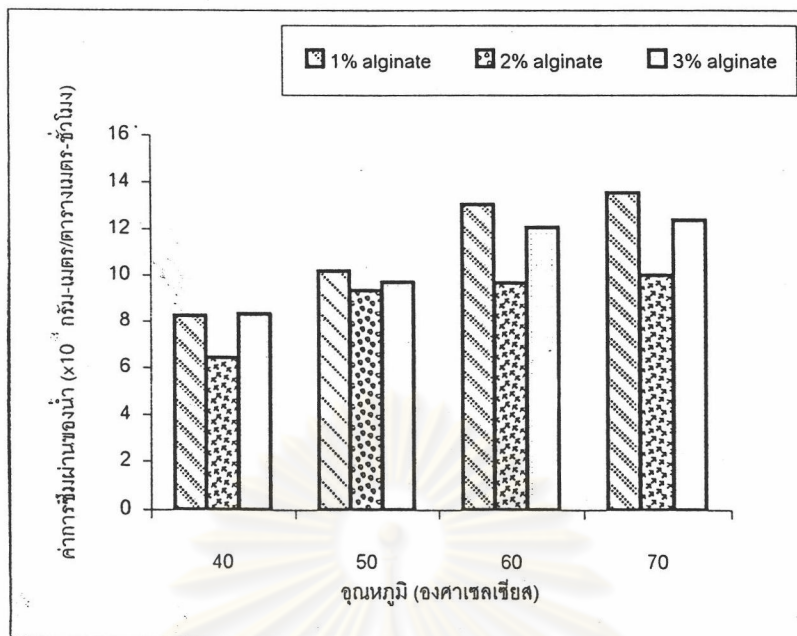
| ความเข้มข้นของ แอลกอฮอล์ที่ใช้เคลือบ ที่ผิวหน้าของเซลล์โพลีเมอร์ (%โดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ความดันเพอร์มิเอต (มิลลิเมตรปรอท) | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|-------|
| | | -300 | | -350 | | -400 | | -450 | | -500 | | | |
| | | ฟลักซ์ของ เอทานอล (กรัม/ตาราง เมตร-ชั่วโมง) | ฟลักซ์ของ น้ำ (กรัม/ตาราง เมตร-ชั่วโมง) | ฟลักซ์ของ เอทานอล (กรัม/ตาราง เมตร-ชั่วโมง) | ฟลักซ์ของ น้ำ (กรัม/ตาราง เมตร-ชั่วโมง) | ฟลักซ์ของ เอทานอล (กรัม/ตาราง เมตร-ชั่วโมง) | ฟลักซ์ของ น้ำ (กรัม/ตาราง เมตร-ชั่วโมง) | ฟลักซ์ของ เอทานอล (กรัม/ตาราง เมตร-ชั่วโมง) | ฟลักซ์ของ น้ำ (กรัม/ตาราง เมตร-ชั่วโมง) | ฟลักซ์ของ เอทานอล (กรัม/ตาราง เมตร-ชั่วโมง) | ฟลักซ์ของ น้ำ (กรัม/ตาราง เมตร-ชั่วโมง) | | |
| 1 | 40 | 13.55 | 232.9 | 20.7 | 273.3 | 15.7 | 382.1 | 53.3 | 405.0 | .* | .* | .* | .* |
| | 50 | 14.23 | 288.5 | 21.3 | 346.6 | 19.1 | 387.6 | 89.1 | 630.2 | .* | .* | .* | .* |
| | 60 | 14.95 | 368.5 | 22.8 | 363.9 | 25.3 | 455.3 | 147.7 | 778.3 | .* | .* | .* | .* |
| | 70 | 22.71 | 382.8 | 33.5 | 467.0 | 34.4 | 528.1 | 169.1 | 851.9 | .* | .* | .* | .* |
| 2 | 40 | 2.53 | 137.8 | 2.6 | 170.9 | 4.4 | 188.9 | 16.7 | 242.9 | 22.6 | 22.6 | 318.9 | 318.9 |
| | 50 | 7.40 | 198.1 | 5.1 | 232.5 | 6.8 | 244.1 | 12.7 | 291.1 | 43.3 | 43.3 | 358.9 | 358.9 |
| | 60 | 5.39 | 210.1 | 8.0 | 242.8 | 15.1 | 276.6 | 25.0 | 334.2 | 50.6 | 50.6 | 433.4 | 433.4 |
| | 70 | 10.82 | 214.6 | 17.0 | 237.1 | 16.6 | 297.3 | 30.1 | 356.6 | 59.6 | 59.6 | 435.4 | 435.4 |
| 3 | 40 | 1.67 | 149.7 | 1.8 | 171.6 | 3.6 | 208.5 | 4.2 | 237.8 | 6.8 | 6.8 | 290.4 | 290.4 |
| | 50 | 4.12 | 174.9 | 6.7 | 183.7 | 5.8 | 209.7 | 9.5 | 241.4 | 7.3 | 7.3 | 241.3 | 241.3 |
| | 60 | 8.79 | 216.6 | 9.7 | 225.7 | 11.2 | 245.2 | 19.4 | 243.6 | 21.2 | 21.2 | 312.5 | 312.5 |
| | 70 | 10.72 | 222.4 | 12.5 | 243.9 | 12.9 | 235.7 | 20.0 | 255.1 | 29.5 | 29.5 | 340.7 | 340.7 |

.* ข้อเสนอแนะที่ขาดไม่สามารถวัดค่าได้

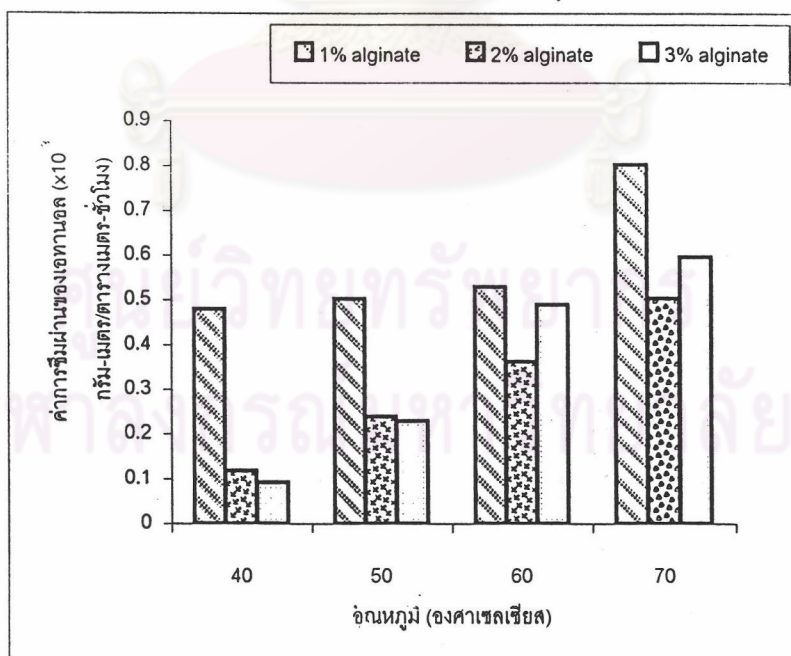
ตารางที่ 3.3 ผลของความหมายของข้อเสนอต่อการเลือกของข้อเสนอ

| ความเข้มข้นของแอลจินเนต ที่ใช้เคลือบบนเซด โดเฟน (% โดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ความดันพอร์มิออต (มิลลิเมตรปรอท) | | | | |
|--|----------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|
| | | -300 | -350 | -400 | -450 | -500 |
| 1 | 40 | 537 | 495 | 1147 | 109 | .* |
| | 50 | 441 | 886 | 903 | 138 | .* |
| | 60 | 523 | 499 | 960 | 149 | .* |
| | 70 | 479 | 522 | 646 | 148 | .* |
| 2 | 40 | 2673 | 2415 | 704 | 461 | 707 |
| | 50 | 738 | 1795 | 1599 | 4633 | 668 |
| | 60 | 936 | 1411 | 2960 | 595 | 530 |
| | 70 | 807 | 778 | 1448 | 807 | 535 |
| 3 | 40 | 1823 | 2361 | 2696 | 1561 | 3437 |
| | 50 | 2612 | 1491 | 2413 | 1708 | 2651 |
| | 60 | 1515 | 546 | 876 | 592 | 787 |
| | 70 | 777 | 1069 | 977 | 508 | 715 |

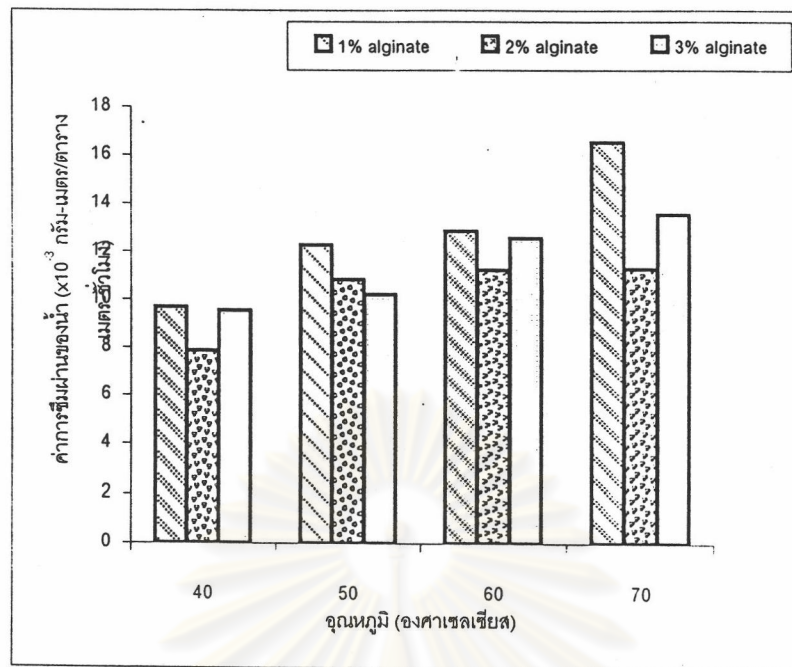
.* ข้อเสนอเลือกไม่ได้



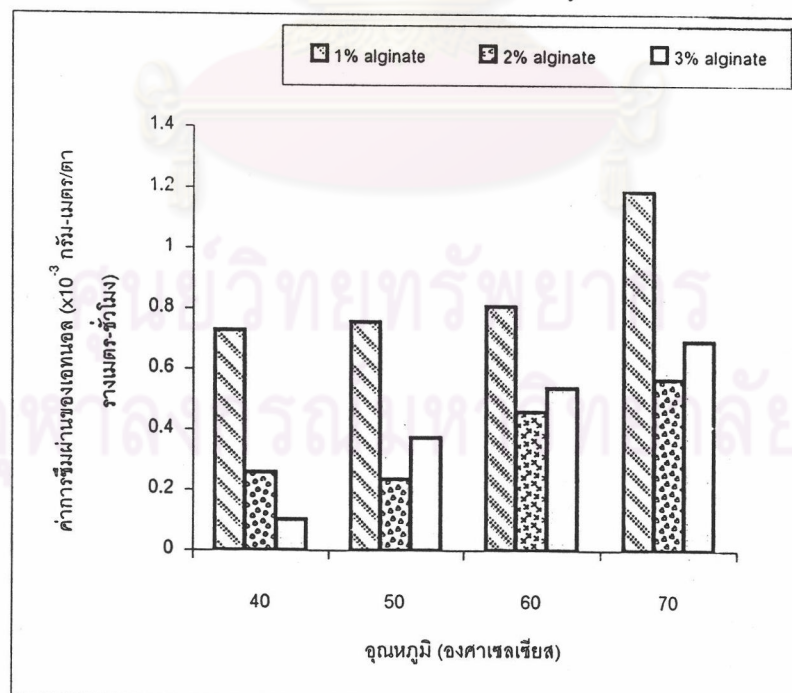
รูปที่ 3.30 ผลของอุณหภูมิต่อค่าการซึมผ่านของน้ำที่ความดันเพอร์มิเอต -300 มิลลิเมตรปรอท



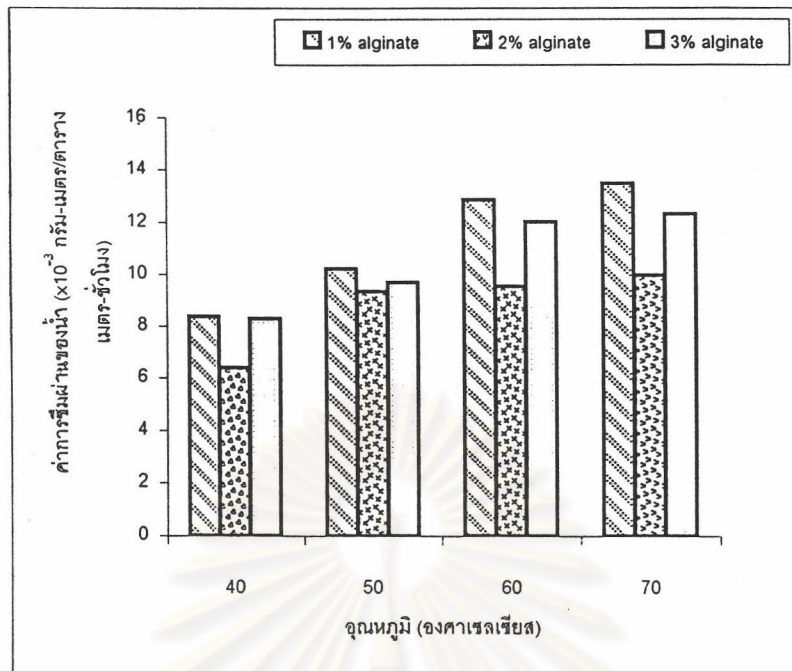
รูปที่ 3.31 ผลของอุณหภูมิต่อค่าการซึมผ่านของเอทานอลที่ความดันเพอร์มิเอต -300 มิลลิเมตรปรอท



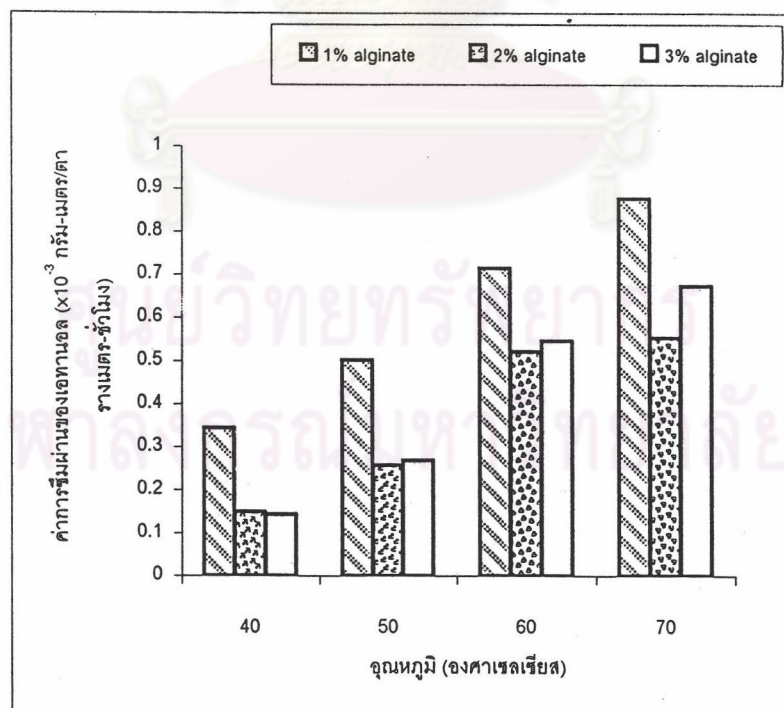
รูปที่ 3.32 ผลของอุณหภูมิต่อค่าการซึมผ่านของน้ำที่ความดันเพอร์มิเอต -350 มิลลิเมตรปรอท



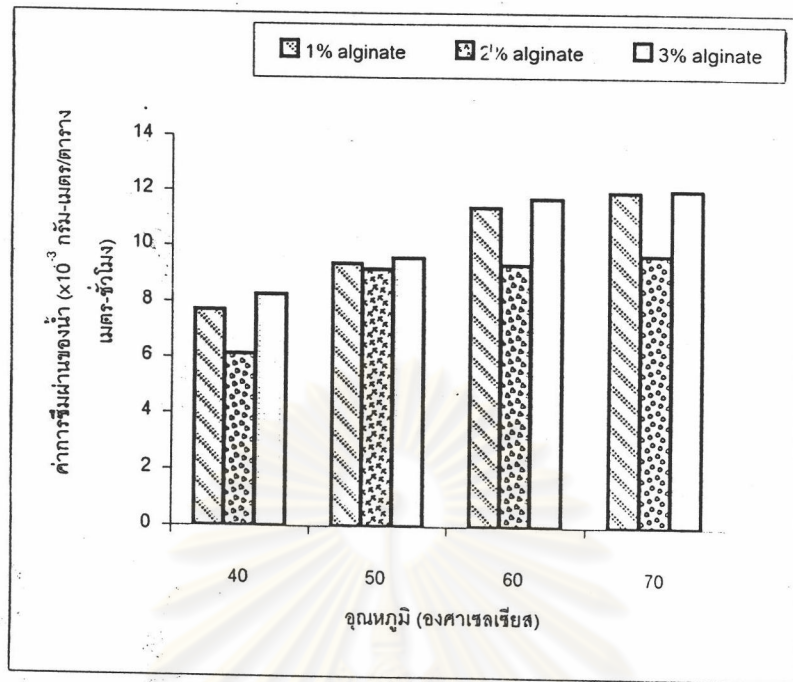
รูปที่ 3.33 ผลของอุณหภูมิต่อค่าการซึมผ่านของเอทานอลที่ความดันเพอร์มิเอต -350 มิลลิเมตรปรอท



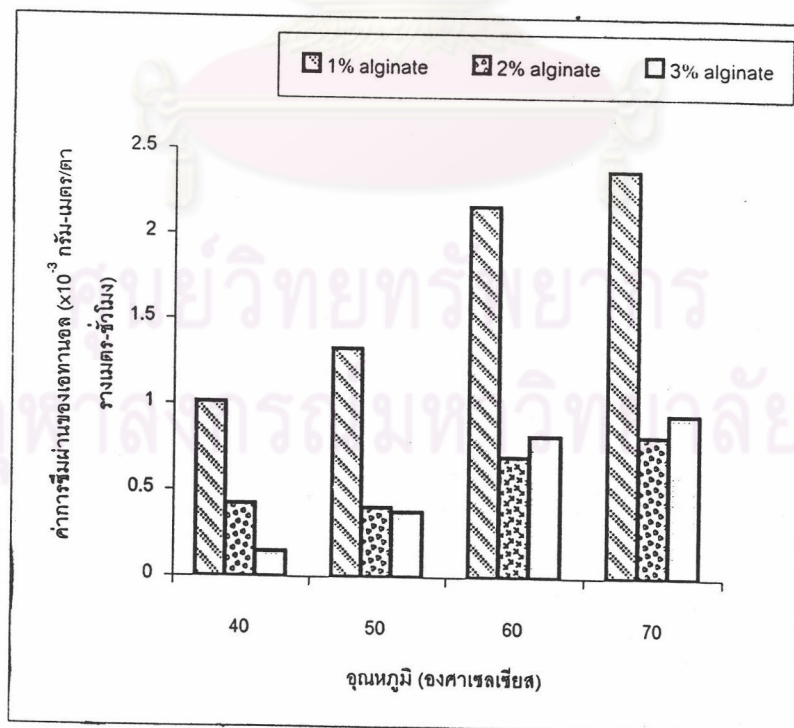
รูปที่ 3.34 ผลของอุณหภูมิต่อค่าการซึมผ่านของน้ำที่ความดันเพอร์มิอิต-400 มิลลิเมตรปรอท



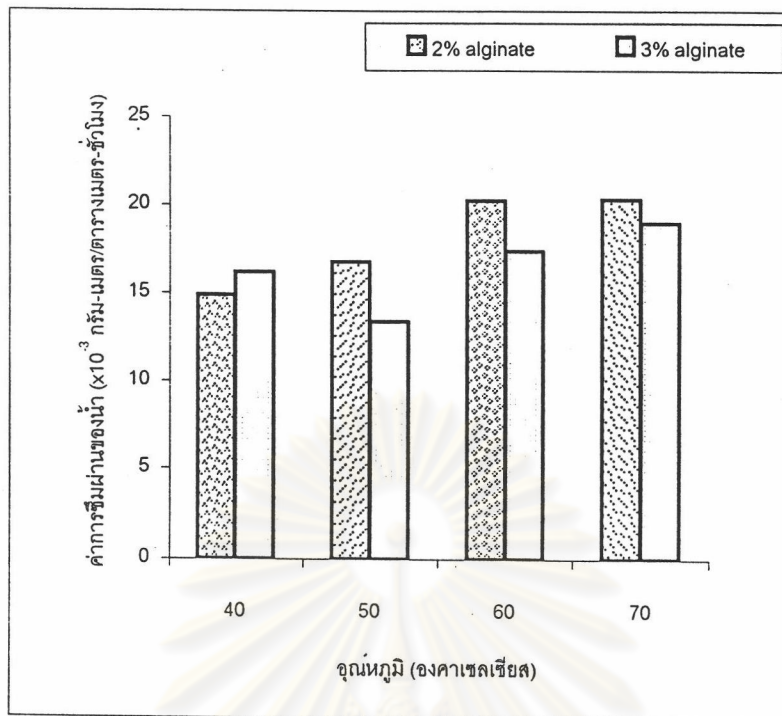
รูปที่ 3.35 ผลของอุณหภูมิต่อค่าการซึมผ่านของเอทานอลที่ความดันเพอร์มิอิต-400 มิลลิเมตรปรอท



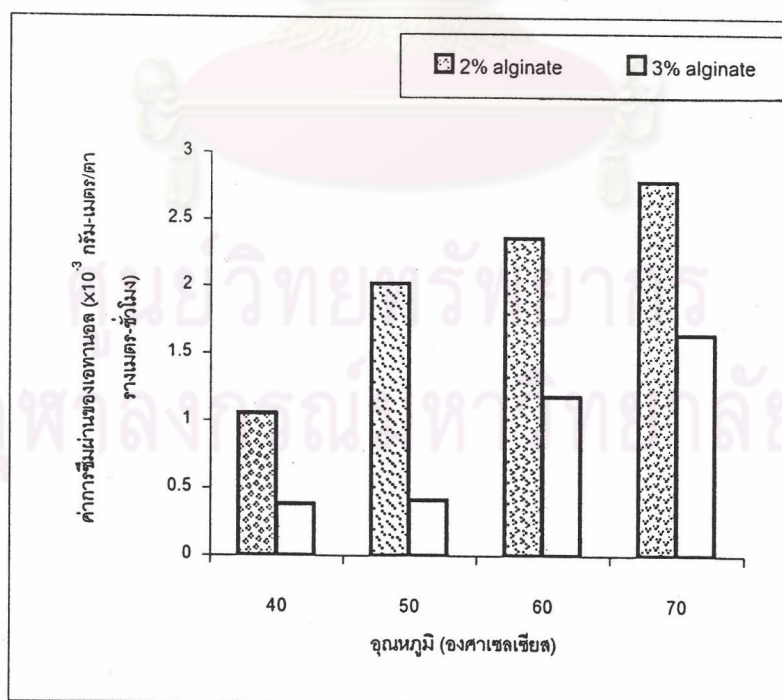
รูปที่ 3.36 ผลของอุณหภูมิต่อค่าการซึมผ่านของน้ำที่ความดันเพอร์มิเอต -450 มิลลิเมตรปรอท



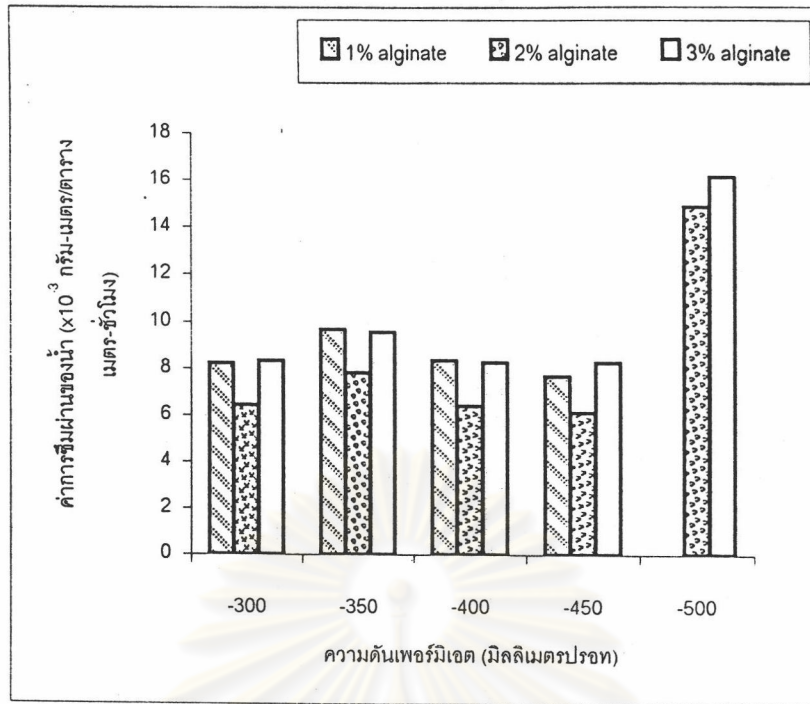
รูปที่ 3.37 ผลของอุณหภูมิต่อค่าการซึมผ่านของเอทานอลที่ความดันเพอร์มิเอต -450 มิลลิเมตรปรอท



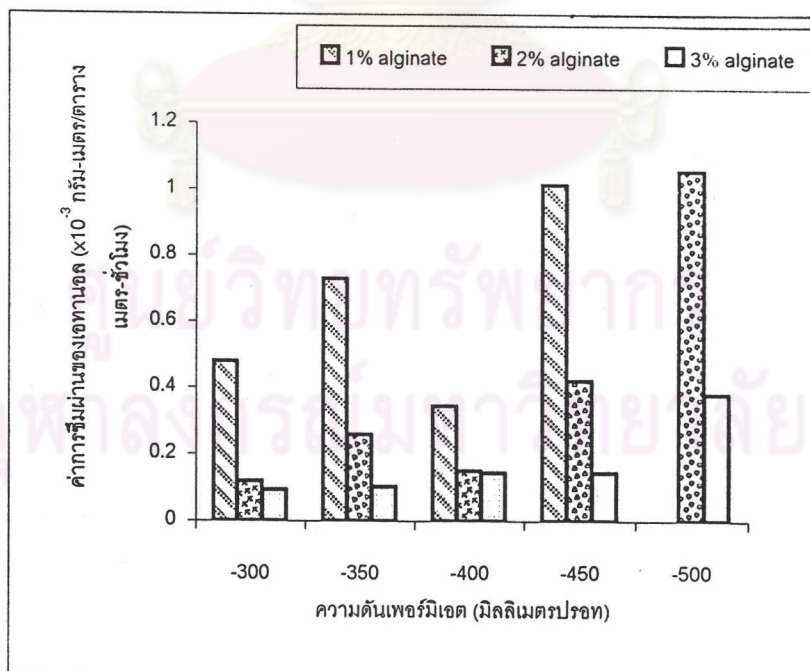
รูปที่ 3.38 ผลของอนุหภูมิต่อค่าการซึมผ่านของน้ำที่ความดันเพอร์มิเอต -500 มิลลิเมตรปรอท



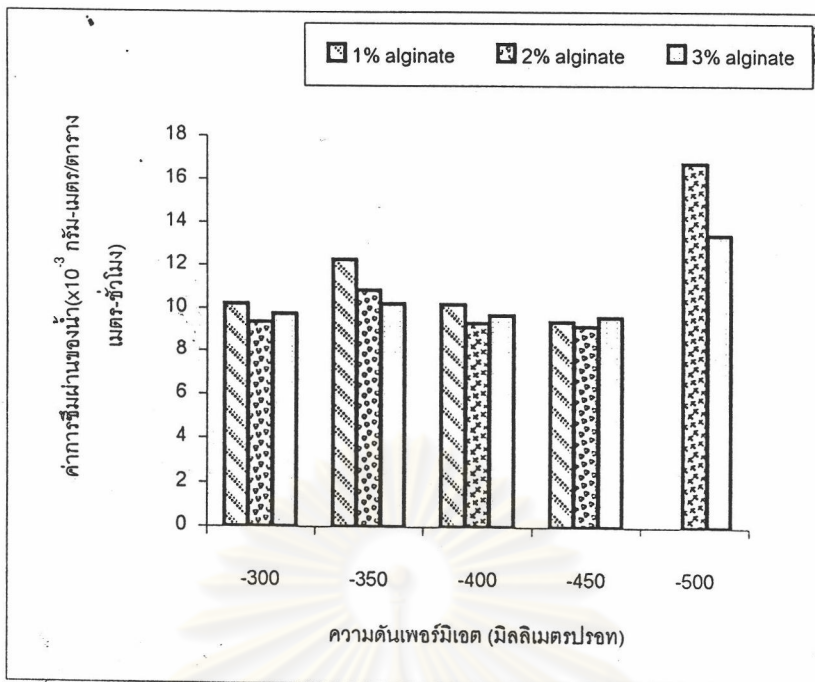
รูปที่ 3.39 ผลของอนุหภูมิต่อค่าการซึมผ่านของเอทานอลที่ความดันเพอร์มิเอต -500 มิลลิเมตรปรอท



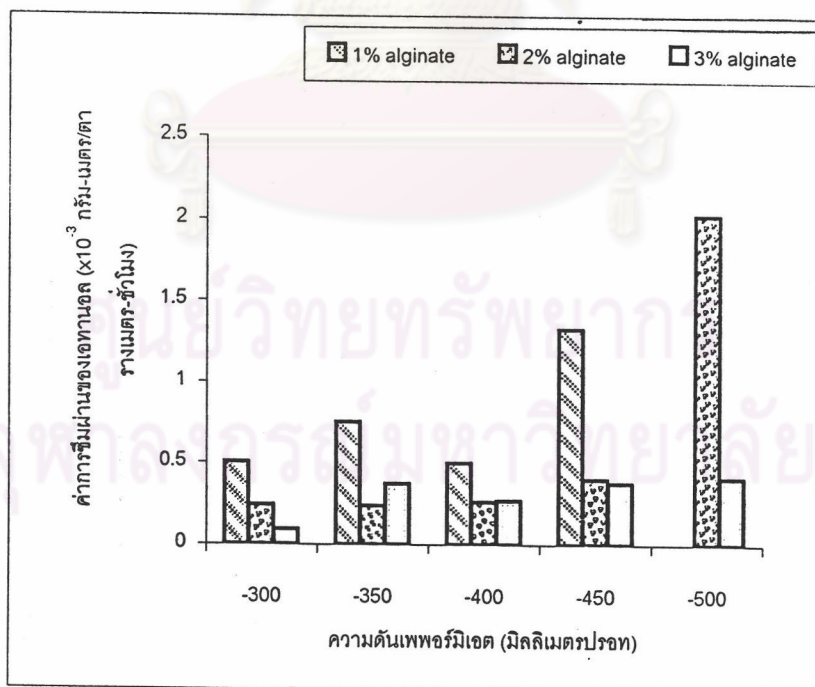
รูปที่ 3.40 ผลของความดันเฟอร์มิเอตต่อค่าการซึมผ่านของน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



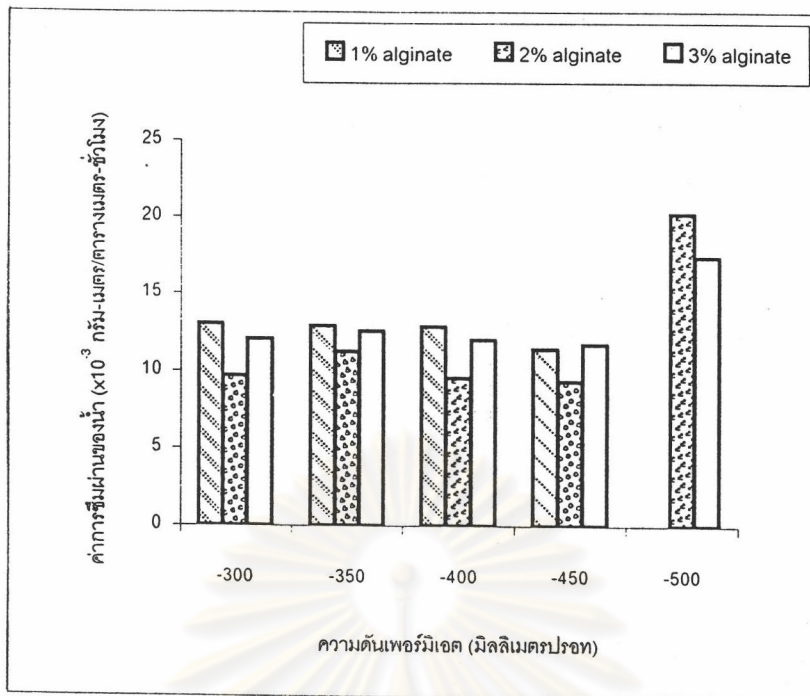
รูปที่ 3.41 ผลของความดันเฟอร์มิเอตต่อค่าการซึมผ่านของเอทานอลที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



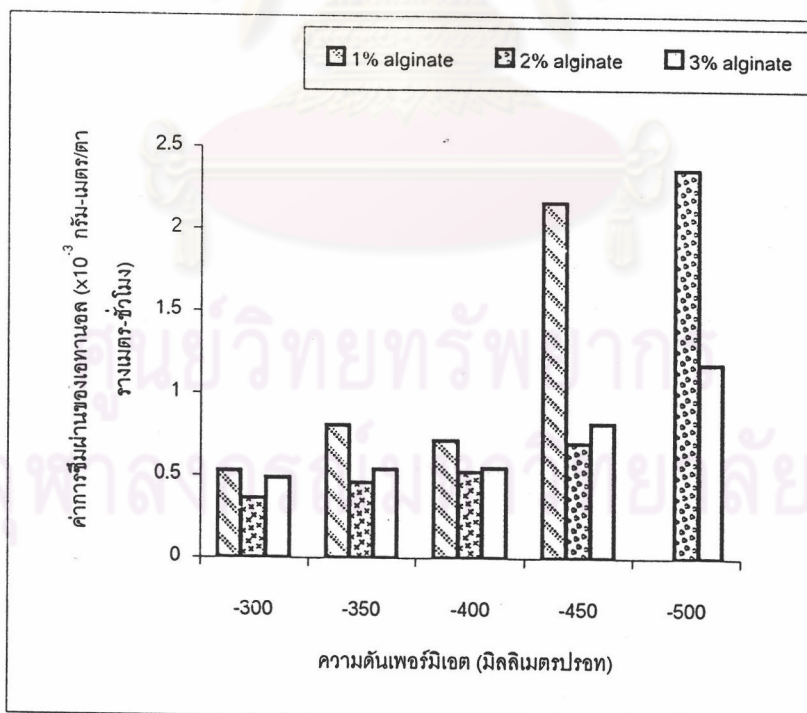
รูปที่ 3.42 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าการซึมผ่านของน้ำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



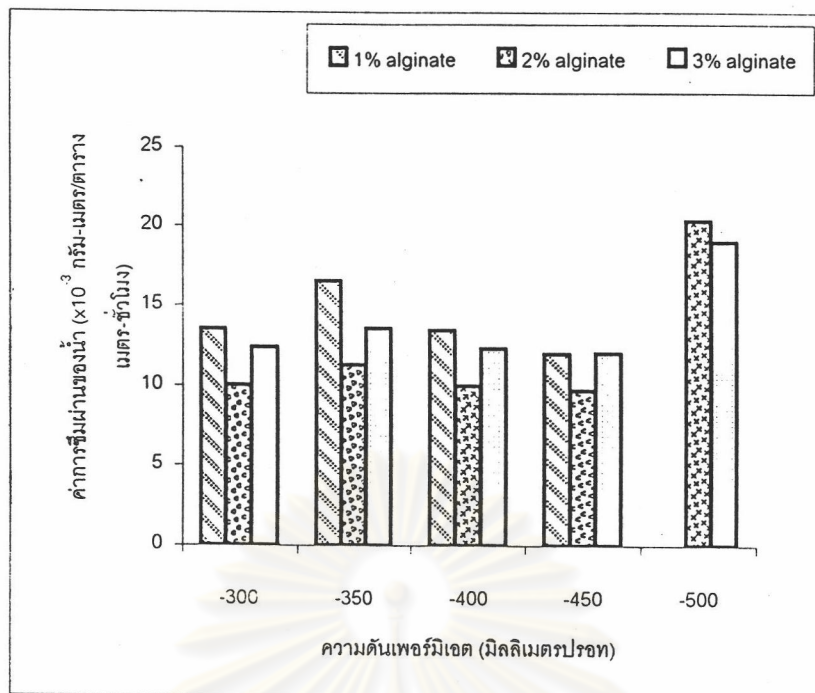
รูปที่ 3.43 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าการซึมผ่านของเอทานอลที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



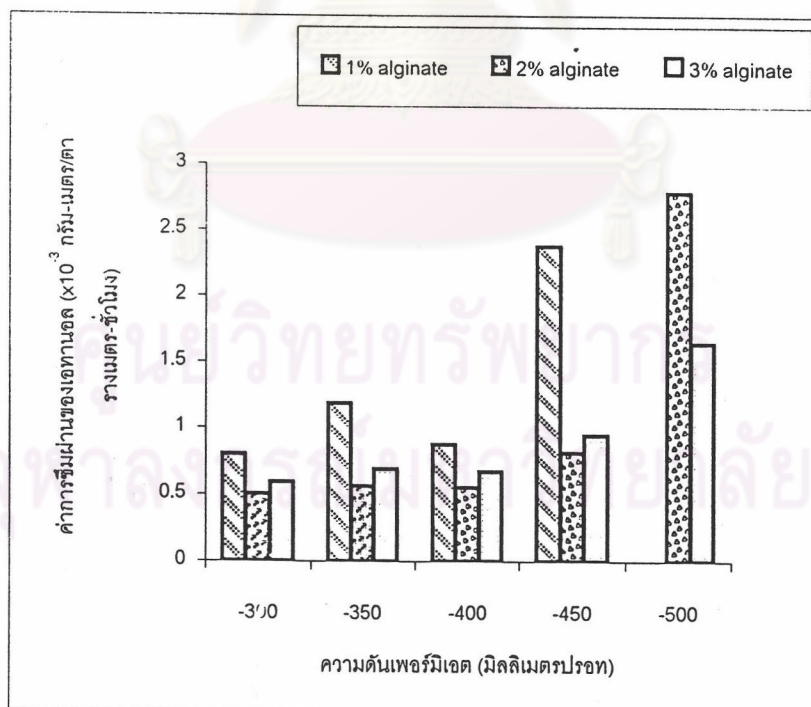
รูปที่ 3.44 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าการซึมผ่านของน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



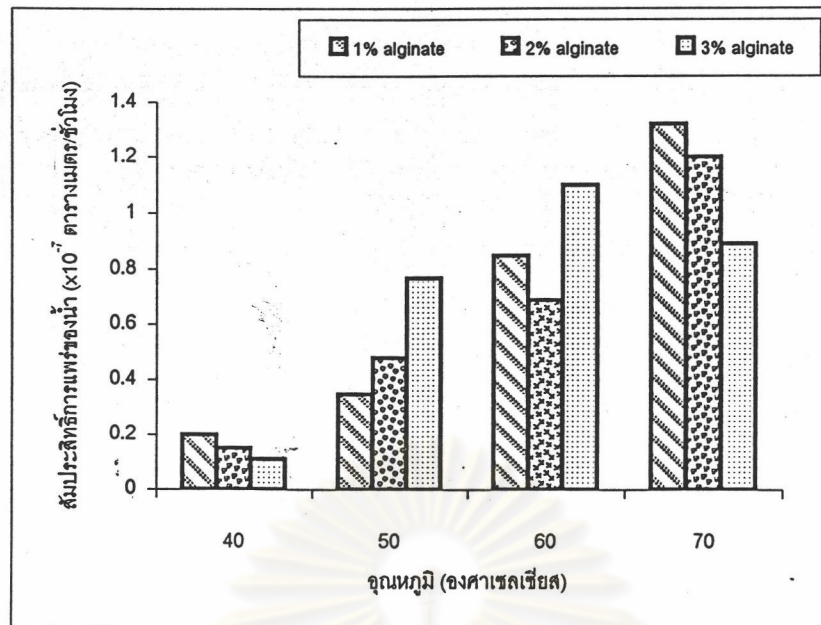
รูปที่ 3.45 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าการซึมผ่านของเอทานอลที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



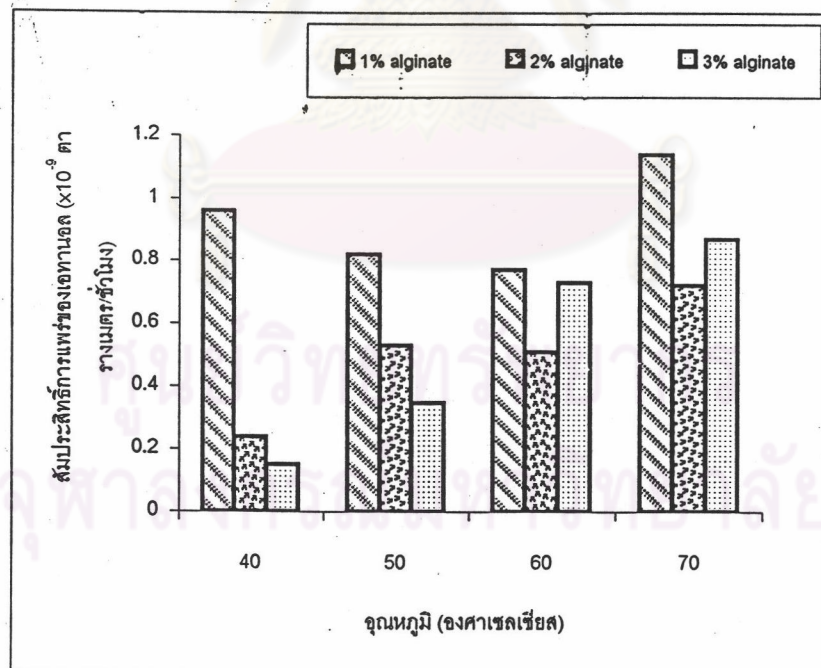
รูปที่ 3.46 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าการซึมผ่านของน้ำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส



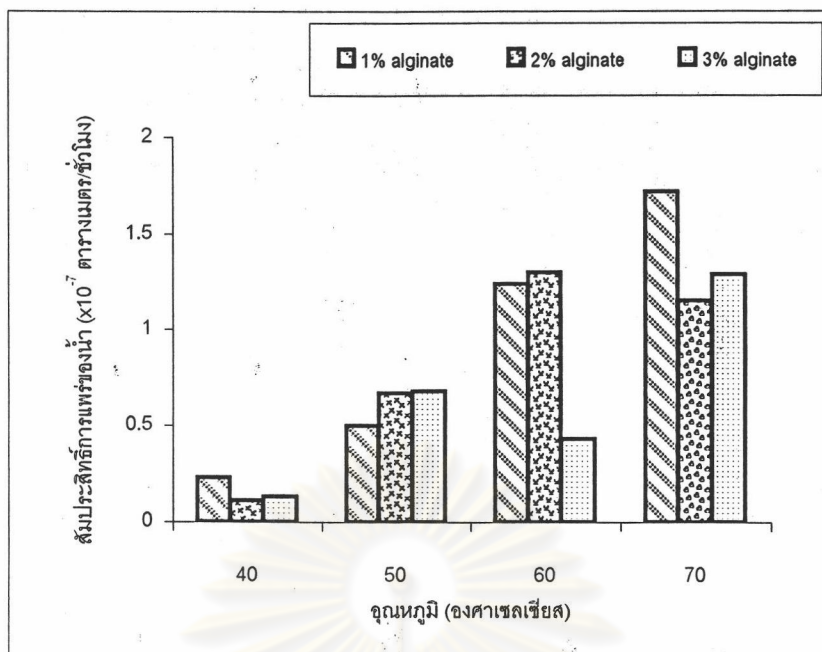
รูปที่ 3.47 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อค่าการซึมผ่านของเอทานอลที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส



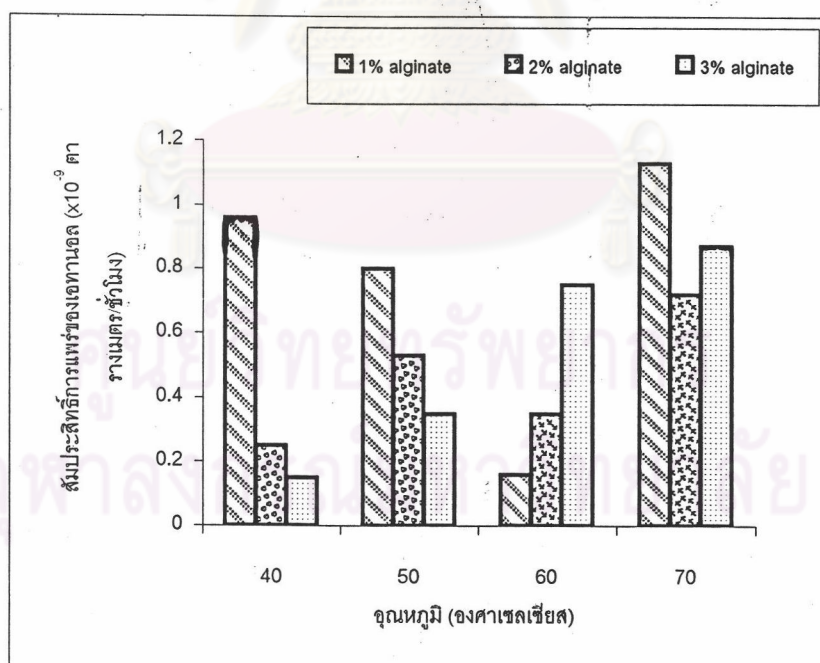
รูปที่ 3.48 ผลของอุณหภูมิต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำที่ความดันเพอร์มิเอต -300 มิลลิเมตรปรอท



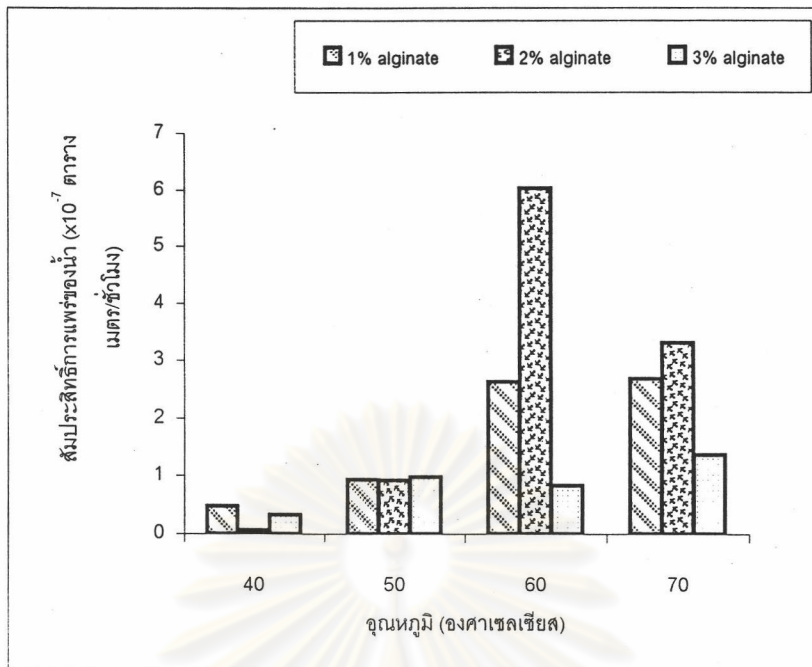
รูปที่ 3.49 ผลของอุณหภูมิต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลที่ความดันเพอร์มิเอต -300 มิลลิเมตรปรอท



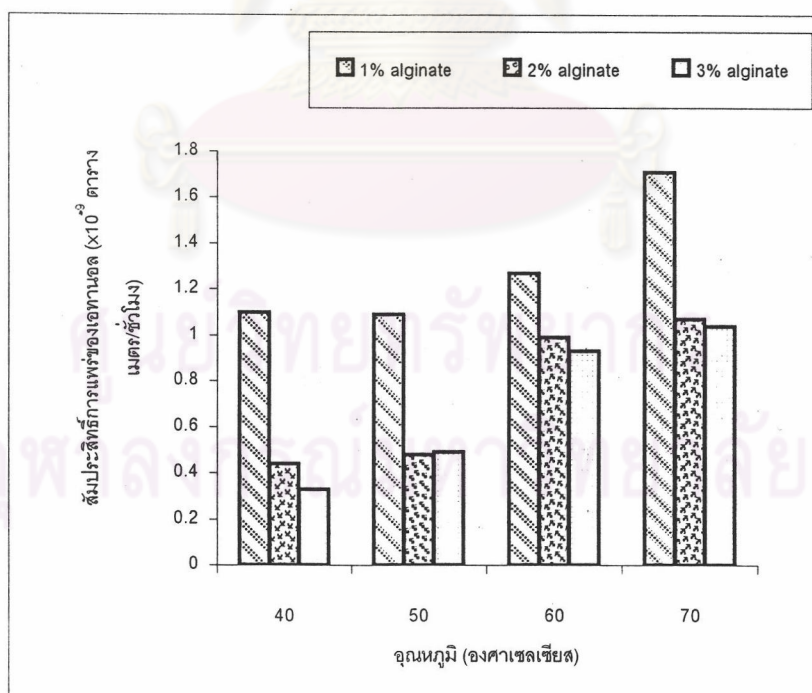
รูปที่ 3.50 ผลของอุณหภูมิต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำที่ความดันเพอร์มิเอต -350 มิลลิเมตรปรอท



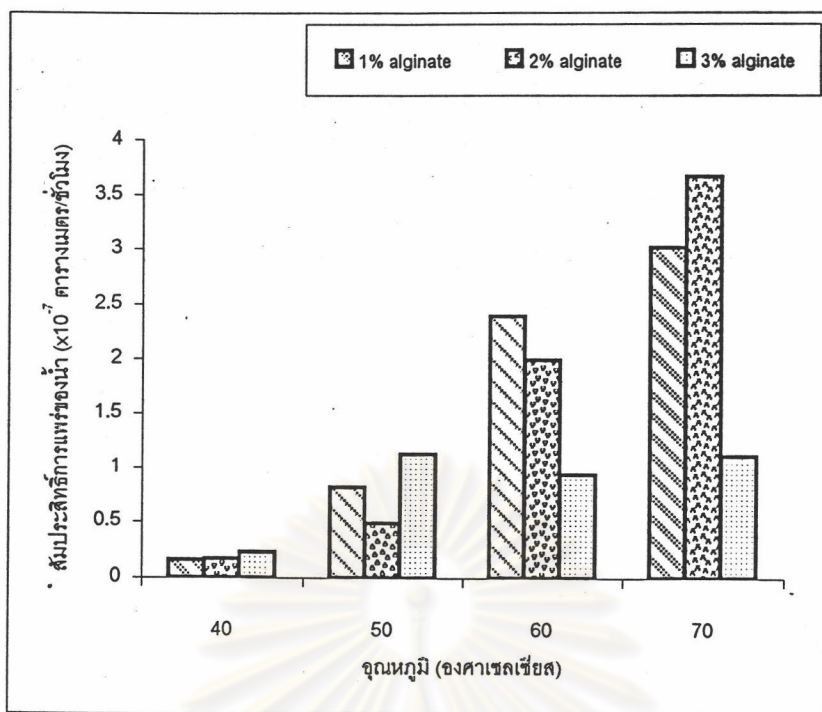
รูปที่ 3.51 ผลของอุณหภูมิต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลที่ความดันเพอร์มิเอต -350 มิลลิเมตรปรอท



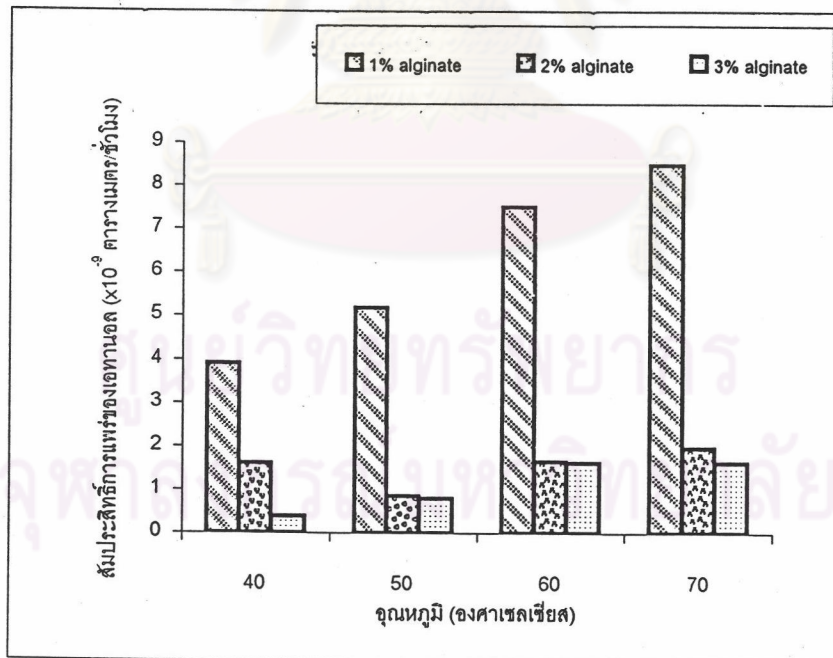
รูปที่ 3.52 ผลของอุณหภูมิต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำที่ความดันเพอร์มิเอต -400 มิลลิเมตรปรอท



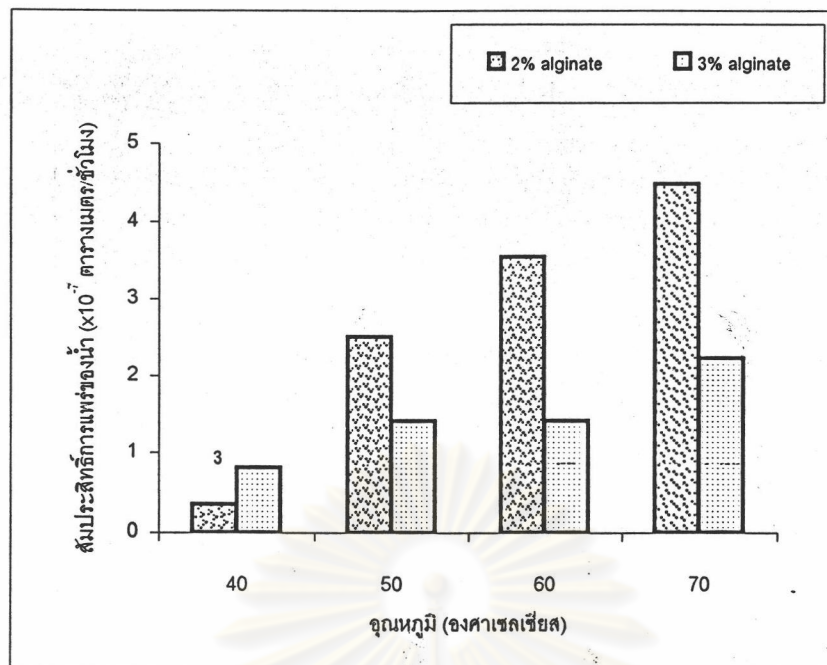
รูปที่ 3.53 ผลของอุณหภูมิต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลที่ความดันเพอร์มิเอต -400 มิลลิเมตรปรอท



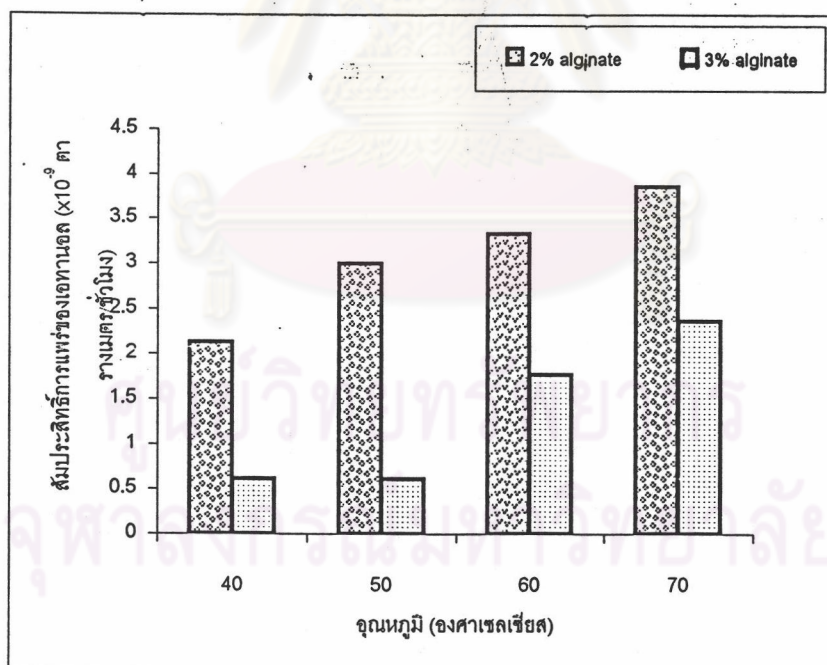
รูปที่ 3.54 ผลของอุณหภูมิต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำที่ความดันเพอร์มิเอต -450 มิลลิเมตรปรอท



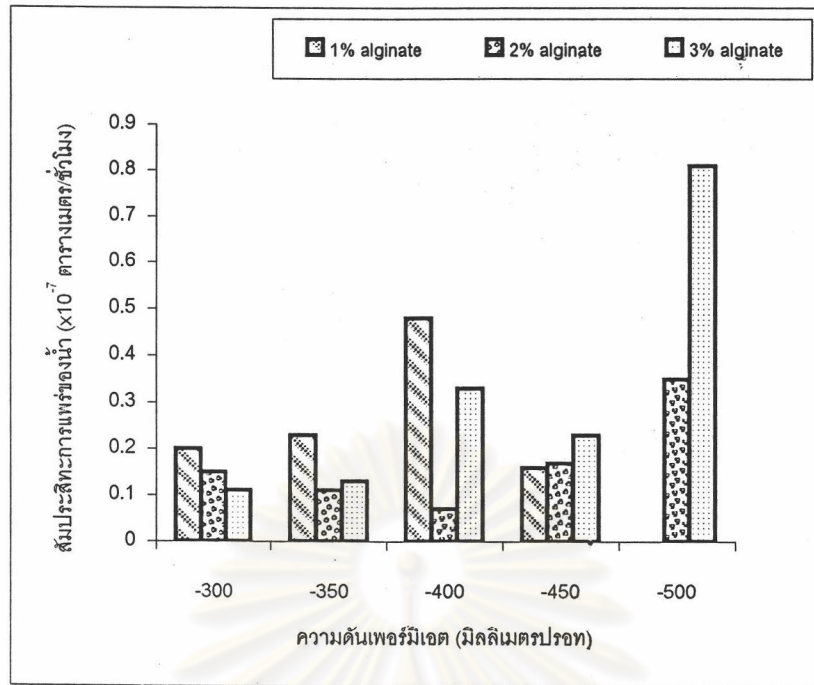
รูปที่ 3.55 ผลของอุณหภูมิต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลที่ความดันเพอร์มิเอต -450 มิลลิเมตรปรอท



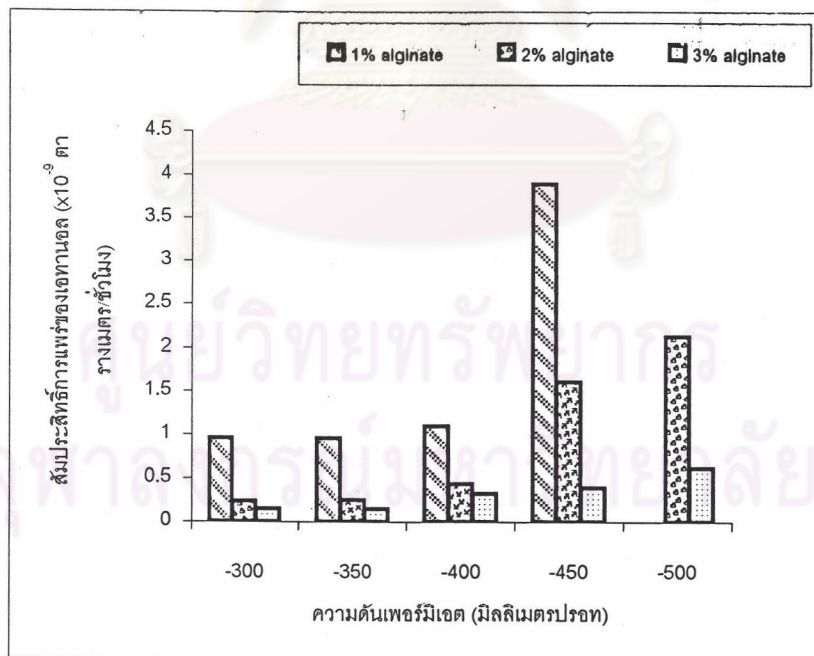
รูปที่ 3.56 ผลของอุณหภูมิต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำที่ความดันเพอร์มิเอต -500 มิลลิเมตรปรอท



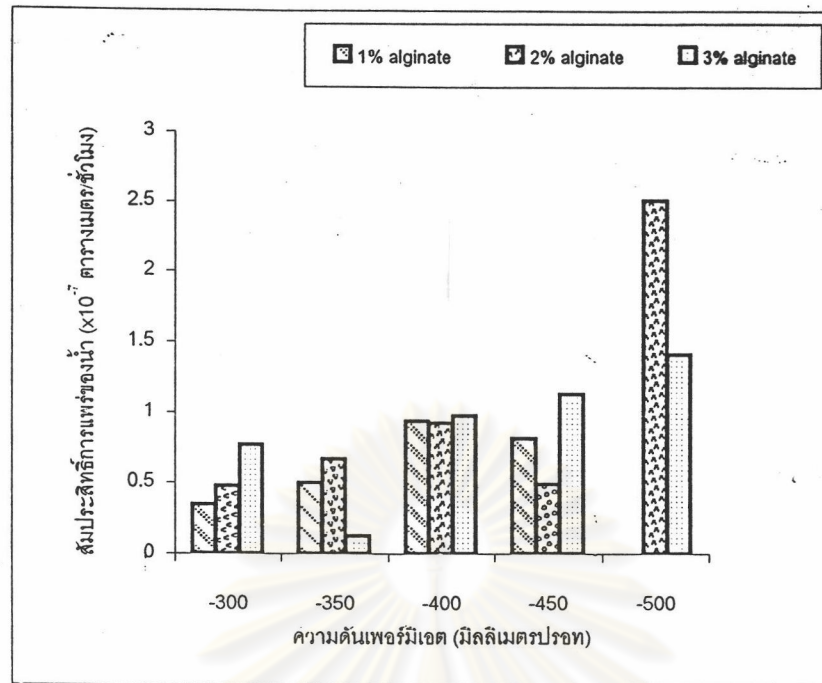
รูปที่ 3.57 ผลของอุณหภูมิต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลที่ความดันเพอร์มิเอต -500 มิลลิเมตรปรอท



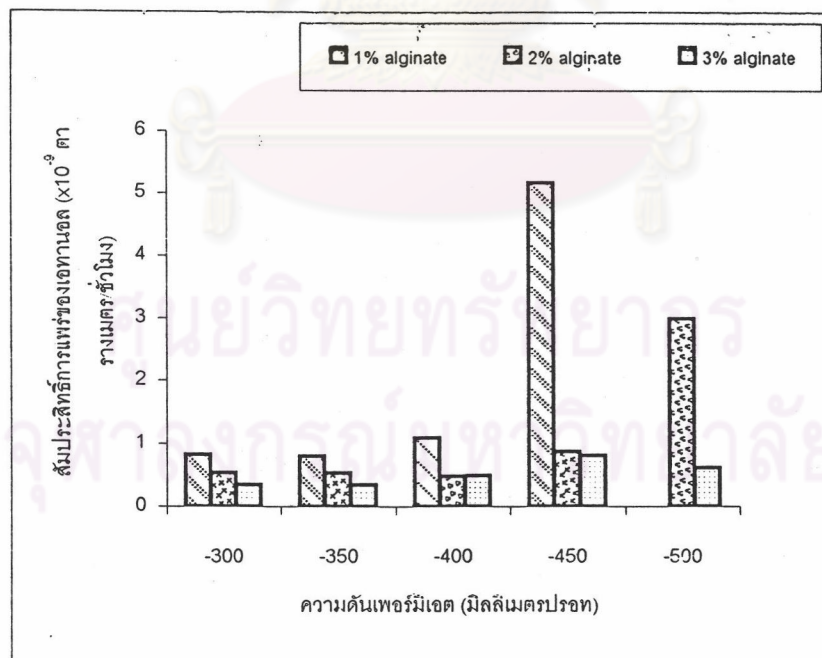
รูปที่ 3.58 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



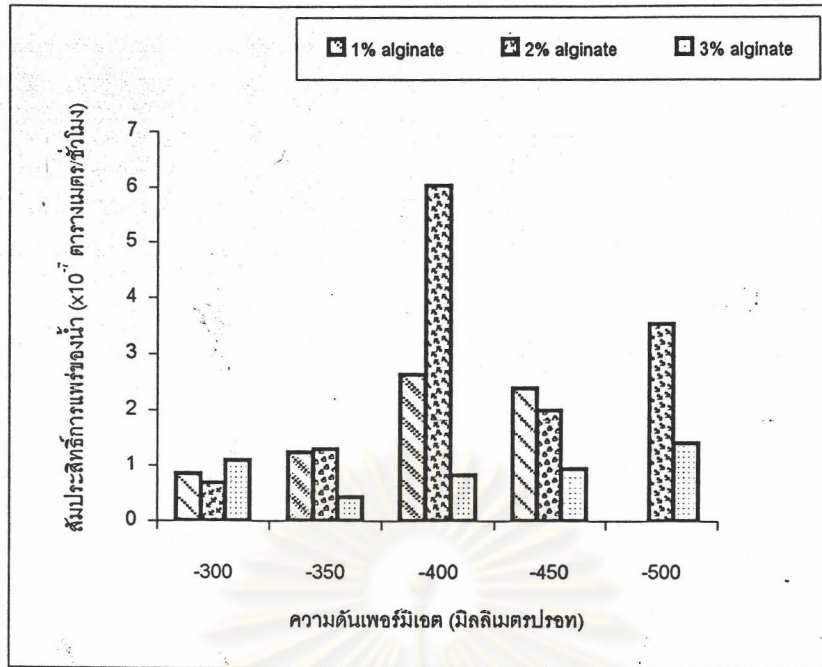
รูปที่ 3.59 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



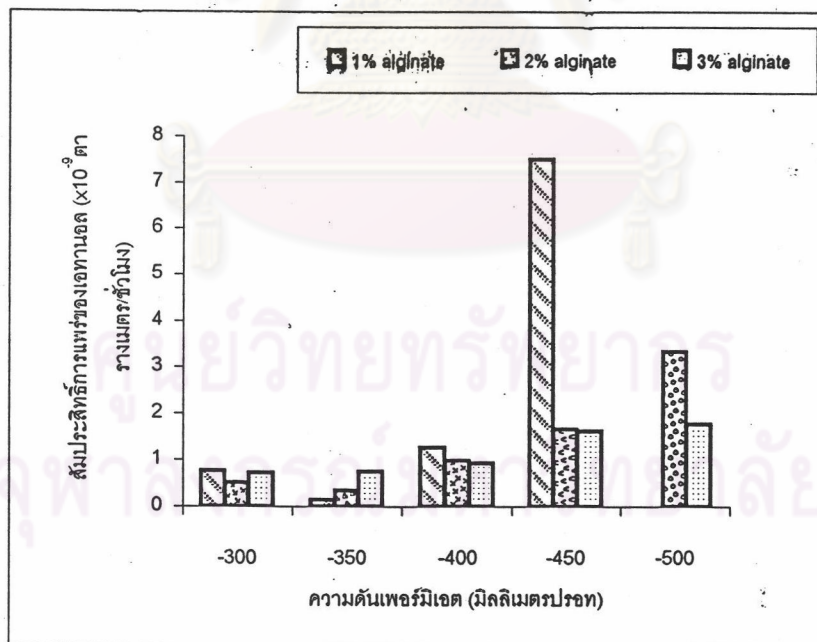
รูปที่ 3.60 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อสมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



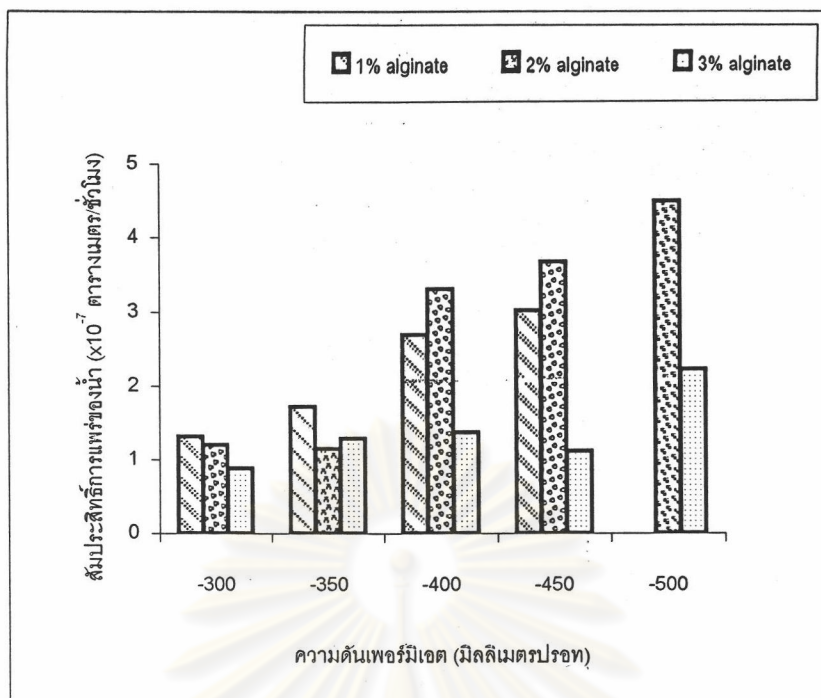
รูปที่ 3.61 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อสมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



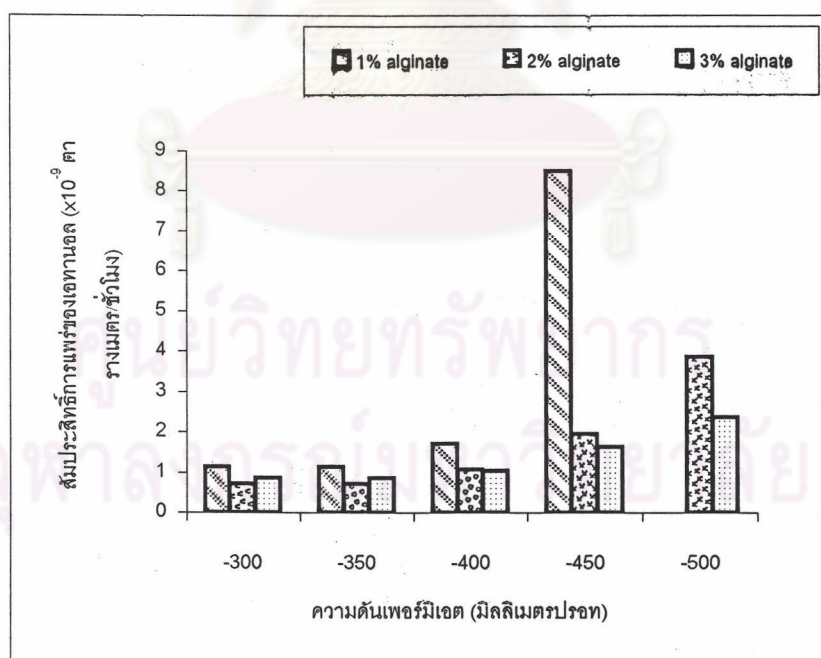
รูปที่ 3.62 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.63 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.64 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.65 ผลของความดันเพอร์มิเอตต่อสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอลที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 3.4 ผลของความหนาแน่นของเชื้อแผ่นต่อค่าการซึมผ่านเชื้อแผ่นของเอทานอล

| ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลล์โกลเฟน(% โดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ความดันเพอร์มิอิต (มิกโรมตรปรอท) | | | | | ค่าการซึมผ่านเชื้อแผ่นของเอทานอล($\times 10^3$ กรัม-มตร/ตร.ม-ชั่วโมง) |
|---|-------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|--|
| | | -300 | -350 | -400 | -450 | -500 | |
| 1 | 40 | 0.48 | 0.73 | 0.34 | 1.01 | -* | |
| | 50 | 0.50 | 0.76 | 0.50 | 1.33 | -* | |
| | 60 | 0.53 | 0.81 | 0.72 | 2.16 | -* | |
| | 70 | 0.80 | 1.19 | 0.88 | 2.38 | -* | |
| 2 | 40 | 0.12 | 0.26 | 0.15 | 0.42 | 1.05 | |
| | 50 | 0.24 | 0.24 | 0.26 | 0.40 | 2.02 | |
| | 60 | 0.36 | 0.46 | 0.52 | 0.70 | 2.36 | |
| | 70 | 0.51 | 0.57 | 0.56 | 0.82 | 2.78 | |
| 3 | 40 | 0.09 | 0.10 | 0.14 | 0.14 | 0.38 | |
| | 50 | 0.23 | 0.37 | 0.27 | 0.38 | 0.41 | |
| | 60 | 0.49 | 0.54 | 0.55 | 0.82 | 1.18 | |
| | 70 | 0.60 | 0.69 | 0.67 | 0.95 | 1.64 | |

-* เชื้อแผ่นมีลักษณะไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ 3.5 ผลของความหนาแน่นของเชื้อผ่านค่าการซึมผ่านเชื้อแผ่นของน้ำ

| ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลล์โกลเฟน (% โดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ความดันเพอร์มิอิต (มิลลิเมตรปรอท) | | | |
|--|-------------------------|---|---|---|---|
| | | -300 | -350 | -400 | -450 |
| | | ค่าการซึมผ่านเชื้อแผ่นของน้ำ ($\times 10^3$ กรัม-เมตร.ม-ชั่วโมง) | ค่าการซึมผ่านเชื้อแผ่นของน้ำ ($\times 10^3$ กรัม-เมตร.ม-ชั่วโมง) | ค่าการซึมผ่านเชื้อแผ่นของน้ำ ($\times 10^3$ กรัม-เมตร.ม-ชั่วโมง) | ค่าการซึมผ่านเชื้อแผ่นของน้ำ ($\times 10^3$ กรัม-เมตร.ม-ชั่วโมง) |
| 1 | 40 | 8.24 | 9.68 | 8.38 | 7.71 |
| | 50 | 10.21 | 12.27 | 10.22 | 9.39 |
| | 60 | 13.04 | 12.88 | 12.86 | 11.41 |
| | 70 | 13.55 | 16.53 | 13.48 | 11.98 |
| 2 | 40 | 6.44 | 7.84 | 6.40 | 6.13 |
| | 50 | 9.36 | 10.86 | 9.34 | 9.20 |
| | 60 | 9.70 | 11.25 | 9.54 | 9.36 |
| | 70 | 10.02 | 11.30 | 9.97 | 9.71 |
| 3 | 40 | 8.34 | 9.56 | 8.29 | 8.29 |
| | 50 | 9.74 | 10.23 | 9.70 | 9.59 |
| | 60 | 12.07 | 12.57 | 12.01 | 11.74 |
| | 70 | 12.39 | 13.59 | 12.31 | 12.04 |

-* เยื่อแผ่นนี้รักษาได้ไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ 3.6 ผลของความหนาแน่นของเชื้อแผ่นต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอล

| ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลดิโอเฟน (% โดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ความดันเพอร์มิเอต (มิลลิเมตรปรอท) | | | | |
|---|-------------------------|---|---|---|---|---|
| | | -300 | -350 | -400 | -450 | -500 |
| | | สัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอล($\times 10^{-9}$ ตร.ม/ชั่วโมง) | สัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอล($\times 10^{-9}$ ตร.ม/ชั่วโมง) | สัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอล($\times 10^{-9}$ ตร.ม/ชั่วโมง) | สัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอล($\times 10^{-9}$ ตร.ม/ชั่วโมง) | สัมประสิทธิ์การแพร่ของเอทานอล($\times 10^{-9}$ ตร.ม/ชั่วโมง) |
| 1 | 40 | 0.96 | 0.96 | 1.10 | 3.90 | -* |
| | 50 | 0.82 | 0.80 | 1.09 | 5.18 | -* |
| | 60 | 0.77 | 0.16 | 1.27 | 7.51 | -* |
| | 70 | 1.14 | 1.13 | 1.71 | 8.50 | -* |
| 2 | 40 | 0.24 | 0.25 | 0.44 | 1.61 | 2.13 |
| | 50 | 0.53 | 0.53 | 0.48 | 0.87 | 3.00 |
| | 60 | 0.51 | 0.35 | 0.99 | 1.66 | 3.33 |
| | 70 | 0.72 | 0.72 | 1.07 | 1.96 | 3.86 |
| 3 | 40 | 0.15 | 0.15 | 0.33 | 0.39 | 0.62 |
| | 50 | 0.35 | 0.35 | 0.49 | 0.81 | 0.62 |
| | 60 | 0.73 | 0.75 | 0.93 | 1.62 | 1.77 |
| | 70 | 0.87 | 0.87 | 1.04 | 1.63 | 2.37 |

-* เชื้อแผ่นนี้ถูกขาคไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ 3.7 ผลของความหนาของเยื่อแผ่นต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ

| ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ใช้เคลือบที่ผิวหน้าของเซลล์โพลีเอทิลีน (% โดยน้ำหนัก) | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ความดันเพอร์มิเตอร์ (มิลลิเมตรปรอท) | | | | |
|---|-------------------------|--|--|--|--|--|
| | | -300 | -350 | -400 | -450 | -500 |
| | | สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ ($\times 10^{-7}$ ตร.ม/ชั่วโมง) | สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ ($\times 10^{-7}$ ตร.ม/ชั่วโมง) | สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ ($\times 10^{-7}$ ตร.ม/ชั่วโมง) | สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ ($\times 10^{-7}$ ตร.ม/ชั่วโมง) | สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ ($\times 10^{-7}$ ตร.ม/ชั่วโมง) |
| 1 | 40 | 0.20 | 0.23 | 0.48 | 0.16 | -* |
| | 50 | 0.35 | 0.50 | 0.94 | 0.82 | -* |
| | 60 | 0.85 | 1.24 | 2.64 | 2.39 | -* |
| | 70 | 1.32 | 1.72 | 2.69 | 3.02 | -* |
| 2 | 40 | 0.15 | 0.11 | 0.07 | 0.17 | 0.35 |
| | 50 | 0.48 | 0.67 | 0.93 | 0.49 | 2.51 |
| | 60 | 0.69 | 1.30 | 6.03 | 1.99 | 3.54 |
| | 70 | 1.20 | 1.15 | 3.31 | 3.67 | 4.48 |
| 3 | 40 | 0.11 | 0.13 | 0.33 | 0.23 | 0.81 |
| | 50 | -0.77 | 0.68 | 0.98 | 1.13 | 1.41 |
| | 60 | 1.10 | 0.43 | 0.83 | 0.94 | 1.41 |
| | 70 | 0.89 | 1.29 | 1.37 | 1.11 | 2.22 |

-* เยื่อแผ่นจิกขาดไม่สามารถวัดค่าได้

3.8 สถานะที่เหมาะสมของกระบวนการเพอร์แวกเพอร์เรชันเมื่อใช้เซลโลเฟนเคลือบด้วยแอลจีเนตเป็นเยื่อแผ่นเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอล

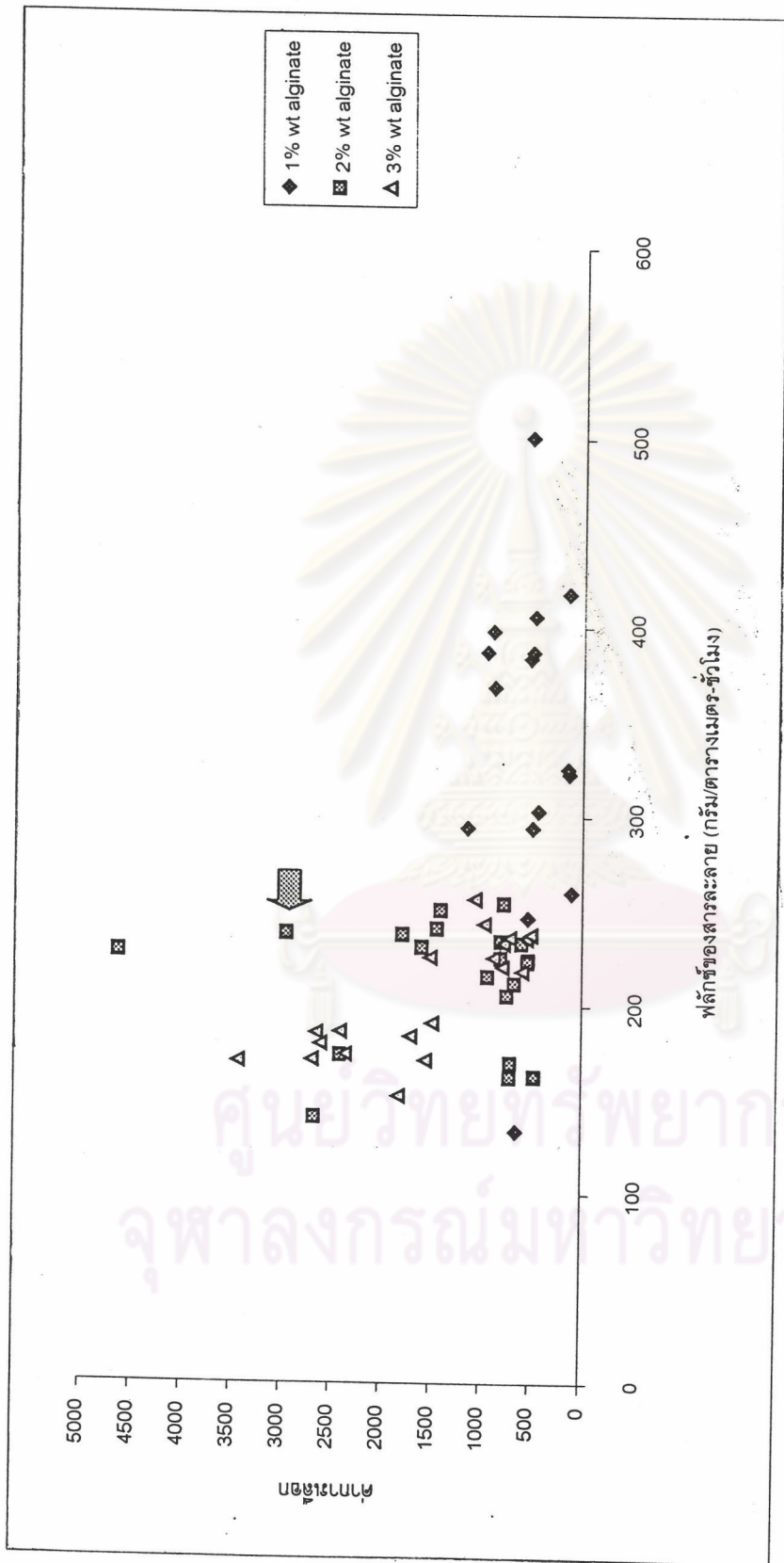
ในการเลือกสถานะที่เหมาะสมของกระบวนการเพอร์แวกเพอร์เรชัน ต้องพิจารณาว่าค่าฟลักซ์และค่าการเลือกของเยื่อแผ่นควรมีค่ากลางๆ ไม่สูงมากหรือต่ำมากจนเกินไป(17) จากกราฟรูปที่ 3.66 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลักซ์ของสารละลายและค่าการเลือกของเยื่อแผ่นที่สถานะต่างๆ สังเกตได้ว่าที่บริเวณฟลักซ์สูงๆ เยื่อแผ่นจะมีค่าการเลือกต่ำ ในขณะที่บริเวณที่เยื่อแผ่นมีค่าการเลือกสูง ฟลักซ์ของสารก็ต่ำเช่นกัน ดังนั้นการเลือกสถานะที่เหมาะสมก็ควรเลือกตรงจุดที่เยื่อแผ่นให้ค่าฟลักซ์และค่าการเลือกกลางๆ มีค่าไม่สูงมากหรือต่ำมากไป จากกราฟพบว่าสถานะที่เหมาะสมที่สุดของกระบวนการอยู่ที่ความดันเพอร์มิเอต-400 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นของแอลจีเนตที่ใช้เคลือบบนเซลโลเฟน คือ 2 % โดยน้ำหนัก ให้ค่าฟลักซ์ของสารละลายและค่าการเลือกของเยื่อเท่ากับ 291.7 กรัมต่อตารางเมตร-ชั่วโมง และ 2960 ตามลำดับ สามารถเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลจากเริ่มต้น 95% โดยปริมาตรเป็น 99.5% โดยปริมาตร หรือเท่ากับ 99.4 % โดยน้ำหนัก

3.9 การเก็บรักษาเยื่อแผ่นที่ผลิตได้

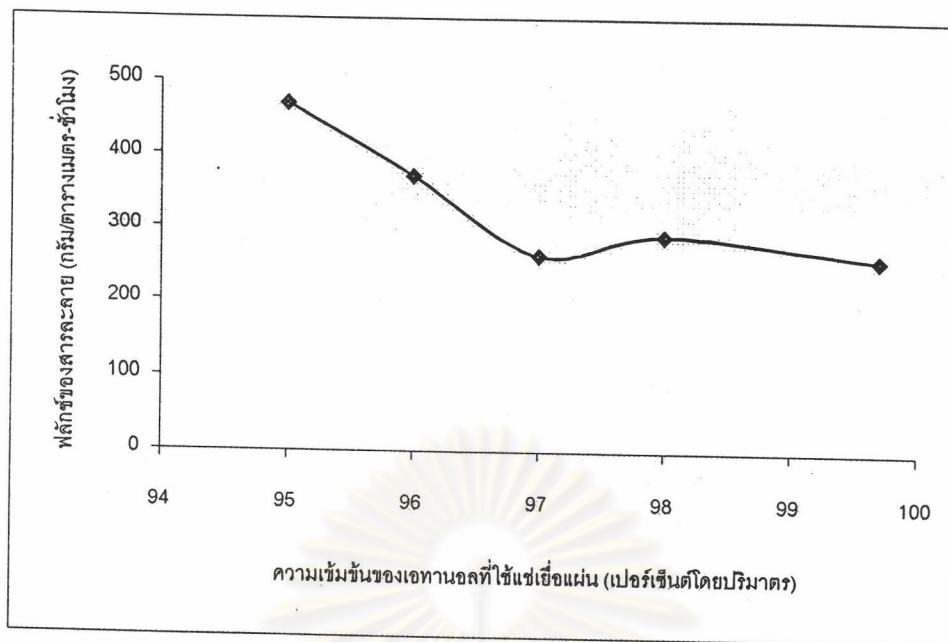
3.9.1 ความเข้มข้นของเอทานอลที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเยื่อแผ่น

ในการทดลองนี้ได้แปรความเข้มข้นของเอทานอลเป็น 95, 96, 97, 98 และ 99.7% โดยปริมาตร เมื่อนำเยื่อแผ่นคือเซลโลเฟนเคลือบด้วยแอลจีเนตเข้มข้น 2 % โดยน้ำหนัก ไปแช่ในเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5 วัน แล้วนำมาใช้ในกระบวนการเพอร์แวกเพอร์เรชัน สถานะที่ใช้ทดลองคือ ความดันเพอร์มิเอต -400 มิลลิเมตรปรอท และ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสถานะที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.5 ได้ค่าฟลักซ์และค่าการเลือกดังแสดงในรูปที่ 3.67 และ 3.68 ตามลำดับ

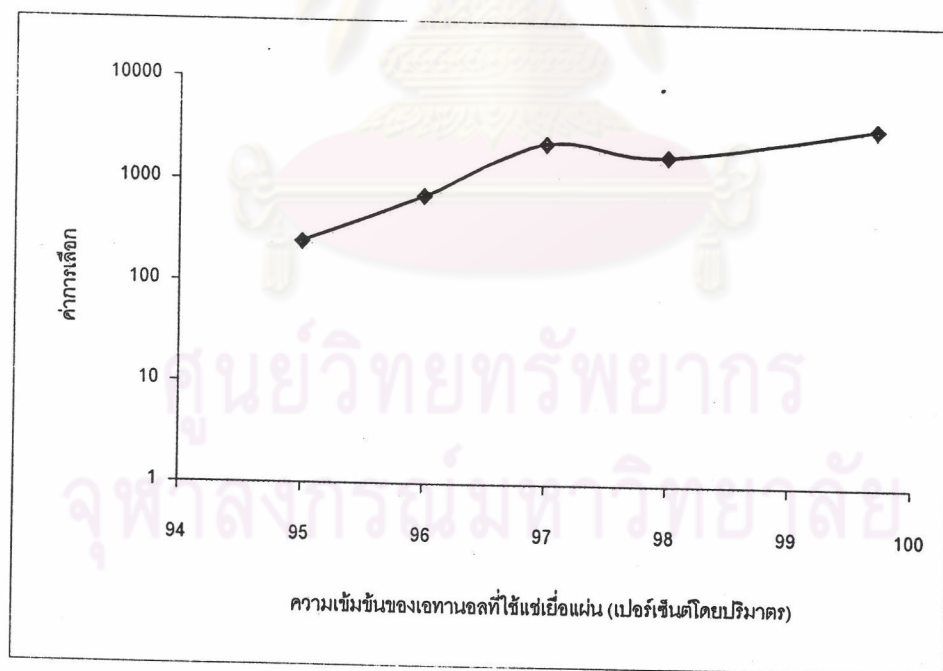
จากกราฟรูปที่ 3.67 และ 3.68 จะเห็นได้ว่าเมื่อเก็บรักษาเยื่อแผ่นไว้ในเอทานอลที่ความเข้มข้นต่ำๆ เยื่อแผ่นจะให้ค่าฟลักซ์สูง ซึ่งเมื่อทดลองหาดีกรีการพองตัว (swelling degree) ของเยื่อแผ่นที่แช่ในเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าเยื่อแผ่นที่แช่ในเอทานอลเข้มข้น 95% โดยปริมาตรจะให้ดีกรีการพองตัวสูงสุด คือ 36.61% ในขณะที่เยื่อแผ่นที่แช่ในเอทานอลที่ความเข้มข้นสูงๆ จะมีดีกรีการพองตัวต่ำลง ดังแสดงในรูปที่ 3.69 เยื่อแผ่นที่มีดีกรีการพองตัวสูงจะให้ค่าฟลักซ์สูงเนื่องจากโมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของเอทานอลจะซึมผ่านเยื่อได้ง่ายขึ้น จึงมีผลให้เยื่อแผ่นมีค่าการเลือกต่ำและจากการหาดีกรีการพองตัวซึ่งพบว่าเยื่อแผ่นที่แช่ในเอทานอลเข้มข้น 95% โดยปริมาตรจะมีดีกรีการพองตัวสูงสุด ดังนั้นเยื่อแผ่นจึงให้ค่าฟลักซ์สูงที่สุดในขณะที่ค่าการเลือกของเยื่อแผ่นก็มีค่าต่ำที่สุดเช่นกัน และเยื่อแผ่นที่แช่ในเอทานอลเข้มข้นสูงๆ จะมีดีกรีการพองตัวต่ำลง ค่าฟลักซ์ที่ได้ก็ลดลงแต่เยื่อแผ่นมีค่าการเลือกสูงขึ้นซึ่งผลที่ได้จากการทดลองทั้งสอง



รูปที่ 3.66 ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์และค่าการเลือกของเยื่อแผ่นที่อุณหภูมิและความดันต่างกัน



รูปที่ 3.67 ค่าฟลักซ์ของสารละลายเมื่อเก็บรักษาเชื้อในเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ



รูปที่ 3.68 ค่าการเลือกของเชื้อแผ่นเมื่อเก็บรักษาเชื้อในเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ

นี้ให้ผลที่สอดคล้องกัน และจากกราฟรูปที่ 3.67 และ 3.68 ความเข้มข้นของเอทานอลที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเยื่อแผ่นที่ผลิตได้ คือ เอทานอลเข้มข้น 99.7% โดยปริมาตร โดยที่ค่าฟลักซ์และค่าการเลือกของเยื่อแผ่นเท่ากับ 256.9 กรัมต่อตารางเมตร-ชั่วโมง และ 3486 ตามลำดับ สำหรับดีกรีการพองตัวของเยื่อแผ่นที่แช่ในเอทานอลเข้มข้น 99.7% โดยปริมาตร มีค่าเท่ากับ 12.92% และเยื่อแผ่นที่เก็บรักษาใน 99.7% เอทานอล สามารถเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลจากเริ่มต้น 95% เป็น 99.0% โดยปริมาตรหรือเท่ากับ 98.8 % โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ ง-25 (ภาคผนวก ง)

3.9.2 ระยะเวลาที่เก็บรักษาเยื่อแผ่น

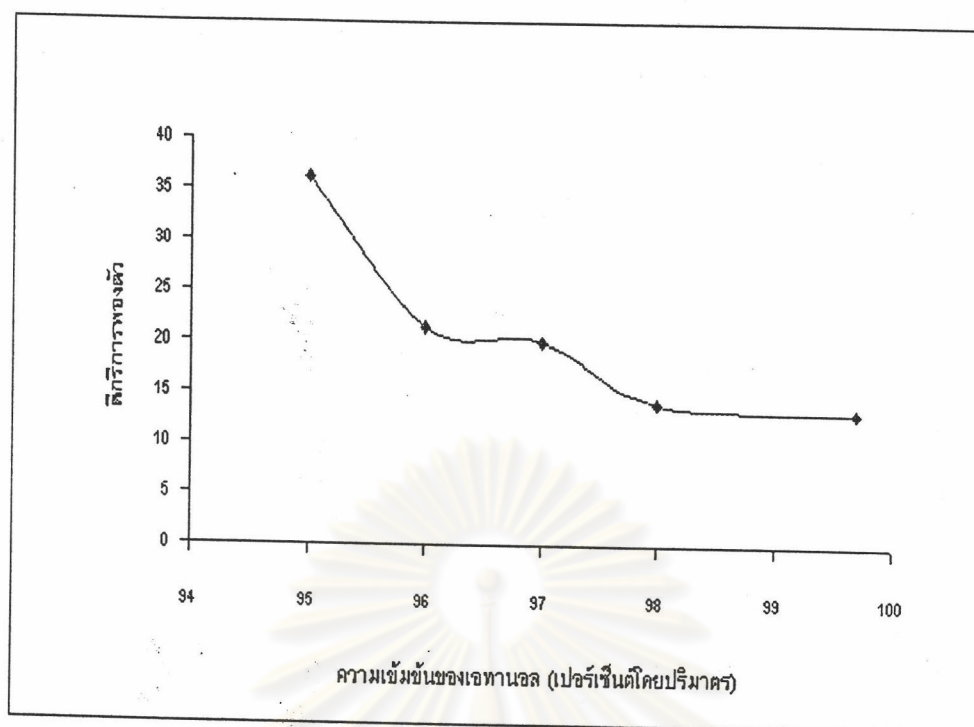
สำหรับการทดลองนี้ได้แปรระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาเยื่อแผ่นเป็น 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาที่เก็บรักษาเยื่อแผ่นที่มีต่อเพอร์แวกเพอร์ชันของ 95% เอทานอล โดยความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้ในการเก็บรักษาเยื่อแผ่นในการทดลองนี้ คือ 99.7 % โดยปริมาตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดซึ่งได้จากทดลองในข้อ 3.6.1 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาเยื่อแผ่นต่อเพอร์แวกเพอร์ชันของสารละลายผสมน้ำและเอทานอล แสดงในตารางที่ 3.8

จากตารางที่ 3.8 พบว่า เมื่อเก็บรักษาเยื่อแผ่นเป็นเวลานานขึ้นเยื่อแผ่นจะให้ค่าฟลักซ์ของสารละลายสูงขึ้น เยื่อแผ่นที่เก็บรักษานาน 30 วันจะให้ค่าฟลักซ์สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 725.4 กรัมต่อตารางเมตร-ชั่วโมง ในขณะที่เยื่อแผ่นจะให้ค่าการเลือกลดลง อย่างไรก็ตามเยื่อแผ่นที่เก็บรักษาไว้นาน 30 วัน พบว่าเยื่อแผ่นยังคงให้ค่าการเลือกที่ดี คือมีค่าเท่ากับ 725 และสามารถเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลจาก 95% เป็น 98.7% โดยปริมาตรได้ ดังแสดงในตารางที่ ง-27 (ภาคผนวก ง)

3.10 ผลของระยะเวลาในการทดลอง (operation time) และความมีอายุของเยื่อแผ่น (membrane aging) ต่อเพอร์แวกเพอร์ชันของสารละลายผสมน้ำและ เอทานอล

ฟลักซ์และค่าการเลือกที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสถูกพลอตกับระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 3 รอบ แสดงในกราฟรูปที่ 3.70 และ 3.71 ตามลำดับ หลังจากทำการวัดผลในแต่ละครั้ง เยื่อแผ่นจะถูกเก็บในโมดูลเยื่อแผ่น (membrane module) ซึ่งด้านเพอร์มิเอตจะเปิดให้สัมผัสกับความดันบรรยากาศเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ต่อไปเรียกว่า “ความมีอายุของเยื่อแผ่น (membrane aging)”

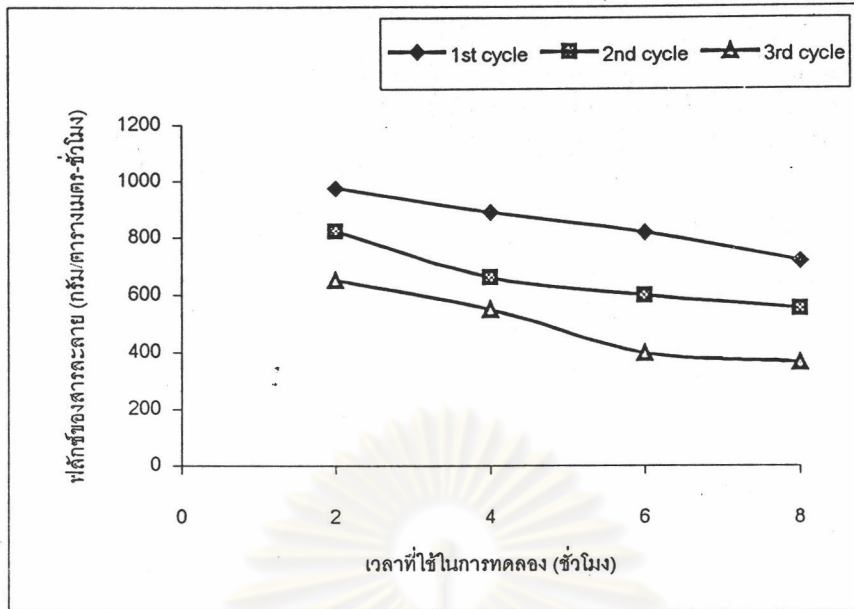
ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองและความมีอายุของเยื่อแผ่น ดังเกิดการแสดงออกของเยื่อ (membrane performance) ได้จากข้อมูลของฟลักซ์ ในรอบแรกของการทดลองเยื่อแผ่นยังไม่เกิดคลายตัว (unrelax) และยังไม่ผ่าน aging process พบว่าฟลักซ์ของเยื่อแผ่นจะลดลงเมื่อใช้ระยะเวลาในการทดลองมากขึ้น ในรอบที่สองฟลักซ์มีค่าลดลงไปประมาณ 15% และเมื่อมีการทำ aging เข้าในรอบที่สามฟลักซ์ของสารละลายมีค่าลดลงไปถึง 50% ผลการทดลองที่ได้ให้ผลในลักษณะ



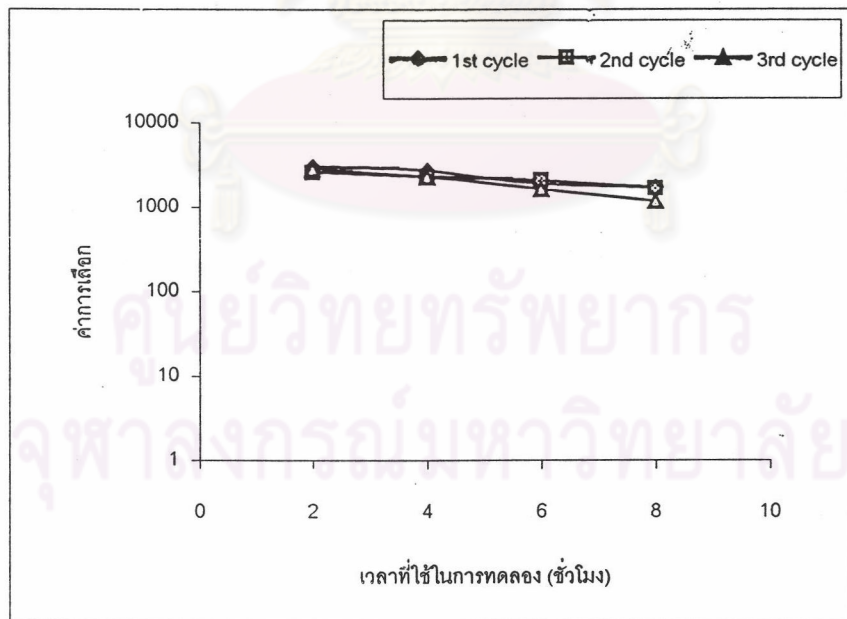
รูปที่ 3.69 คีกริการพองตัวของเยื่อแผ่นที่แช่ในเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 3.8 ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาเยื่อแผ่นที่มีต่อเพอร์เมอเรชันของเอทานอล 95 % โดยปริมาตร

| ระยะเวลาที่เก็บรักษาเยื่อแผ่น (วัน) | ความหนาของเยื่อแผ่น (ไมโครเมตร) | ฟลักซ์ (กรัมต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) | ค่าการเลือก (α) |
|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 5 | 43.0 | 256.9 | 3486 |
| 10 | 42.0 | 309.9 | 3048 |
| 15 | 43.5 | 316.8 | 2249 |
| 20 | 43.5 | 361.9 | 1672 |
| 25 | 44.0 | 543.7 | 1387 |
| 30 | 45.0 | 725.4 | 725 |



รูปที่ 3.70 ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองต่อค่าฟลักซ์ของสารละลาย



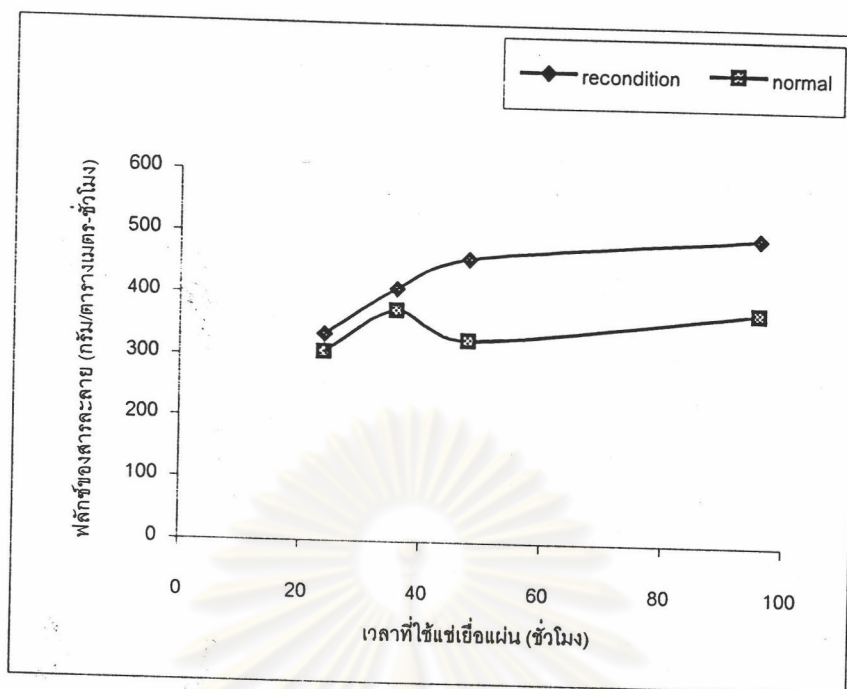
รูปที่ 3.71 ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองต่อค่าการเลือก

เกี่ยวกับการทดลองของ Yeom, Jegal และ Lee ในปี 1996 (30) ฟลักซ์มีการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองและความมีอายุของเยื่อแผ่น ในขณะที่ค่าการเลือกไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ดังแสดงในกราฟรูปที่ 3.71

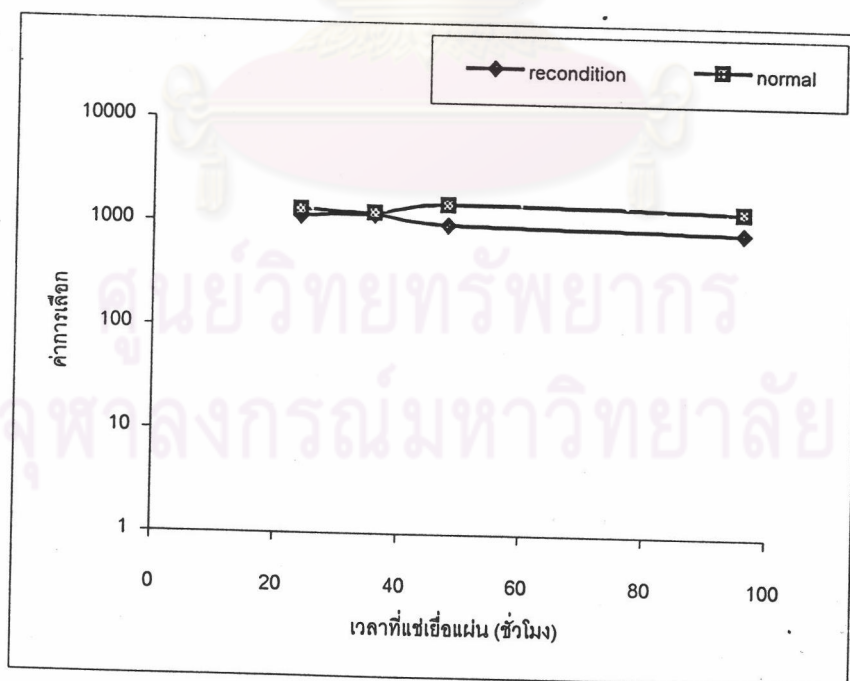
3.11 การนำเยื่อแผ่นที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

ในการทดลองนี้ได้นำเยื่อแผ่นที่ผ่านกระบวนการเพอร์แวกเพอเรชันและการ aging มาแช่ในเอทานอลที่ความเข้มข้น 99.7 % โดยปริมาตร เป็นเวลาต่างๆดังนี้คือ 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เมื่อนำเยื่อแผ่นที่ได้แช่ในเอทานอล 99.7% เป็นเวลาต่างๆมาทดสอบใช้ในกระบวนการเพอร์แวกเพอเรชันเพื่อแยกสารละลายผสมเอทานอล-น้ำ จะได้ค่าฟลักซ์และค่าการเลือกของเยื่อแผ่นดังแสดงในกราฟรูปที่ 3.72 และ 3.73 ตามลำดับ

เมื่อนำเยื่อแผ่นที่ผ่านกระบวนการเพอร์แวกเพอเรชันและการ aging มาแช่ในเอทานอลที่ความเข้มข้น 99.7% เป็นเวลาต่างๆกัน จากกราฟรูปที่ 3.72 ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงผลของเวลาที่ใช้ในการแช่เยื่อแผ่นต่อค่าฟลักซ์ของสารละลาย จะเห็นได้ว่าค่าฟลักซ์จะมีค่าสูงขึ้นหลังจากที่ได้แช่ในเอทานอล สำหรับค่าการเลือกของเยื่อแผ่นที่ผ่านการ aging และนำมาแช่ในเอทานอลก่อนนำมาใช้ในกระบวนการเพอร์แวกเพอเรชัน พบว่าค่าการเลือกของเยื่อแผ่นมีค่าน้อยลงเมื่อแช่เยื่อแผ่นในเอทานอลเป็นเวลานานขึ้น ดังแสดงในกราฟรูปที่ 3.73 ค่าฟลักซ์และค่าการเลือกของเยื่อแผ่นที่ผ่านกระบวนการเพอร์แวกเพอเรชันและการ aging มีค่าอยู่ในช่วง 306-380 กรัมต่อตารางเมตร-ชั่วโมง และ 1200-1540 ตามลำดับ เยื่อแผ่นที่ผ่านการใช้งานมาแล้วและนำมาแช่ในเอทานอลที่เวลาต่างๆ ให้ค่าฟลักซ์และค่าการเลือกในช่วง 334-500 กรัมต่อตารางเมตร-ชั่วโมง และ 870-1200 ตามลำดับ เยื่อแผ่นที่ผ่านกระบวนการเพอร์แวกเพอเรชันและการ aging แล้วและนำกลับมาใช้ใหม่โดยทำการแช่เยื่อแผ่นก่อนนำกลับมาใช้นั้นสามารถเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลจาก 95% โดยปริมาตรได้เป็น 98.3% โดยปริมาตรหรือเท่ากับ 98.0% โดยน้ำหนักเมื่อแช่เยื่อแผ่นในเอทานอลเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ ง-31 (ภาคผนวก)



รูปที่ 3.72 ผลของระยะเวลาที่แช่เยื่อแผ่นต่อค่าฟลักซ์ของสารละลาย



รูปที่ 3.73 ผลของระยะเวลาที่แช่เยื่อแผ่นต่อค่าการเลือก