บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทสรุป

1. น้ำฝรั่งหลังจากผ่านการกรองมีคุณสมบัติต่างๆลดลง โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง มีลักษณะการลดลงน้อยมากหรือเกือบคงที่ ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{0}บริกซ์) และปริมาณกรดทั้งหมดลดลงไม่มาก ค่าที่ลดลงมากที่สุดคือ ความขุ่นและปริมาณของแข็ง ทั้งหมด ตามลำดับ น้ำฝรั่งที่กรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 50,000 มีความขุ่นน้อยที่สุด คือ 0.56 NTU สำหรับกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน น้ำฝรั่งที่กรองด้วยเมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟลูออไรด์ (GVHP) และ (GVWP) และเซรามิกส์ มีความขุ่นน้อย คือ 3.57, 4.18 และ 4.82 ตามลำดับ
2. ฟลักซ์ของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน โดยมีผลของอัตราการไหลของสารป้อนต่อฟลักซ์น้อยมากหรือไม่มีผลเลย ในเมมเบรนที่มีขนาดรูพรุนใหญ่อย่างเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ค่าความต้านทานเมมเบรน (R_m) ชนิดโพลีไวนิลิดีนฟลูออไรด์ (GVHP) และ (GVWP) เซลลูโลสอะซิเตท เซลลูโลสไนเตรท ขนาดรูพรุน 0.1 และ 0.45 ไมโครเมตรและเซรามิกส์ มีค่า 0.013 ± 0.002, 0.030 ± 0.012, 0.009, 0.11 ± 0.05, 0.005 ± 0.001 และ 0.13 ± 0.1 กิโลปาสคาล/(ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง) ตามลำดับ
3. ฟลักซ์น้ำฝรั่งในการกรองด้วยกระบวนการอัลตราฟิลเตรชันและไมโครฟิลเตรชันมีแนวโน้มลดลงต่อเวลา โดยลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 15 นาทีแรก และลดลงต่อเนื่องอย่างช้าๆ จนสิ้นสุดเวลาดำเนินการ ฟลักซ์น้ำฝรั่งจะเพิ่มขึ้นเมื่อความดันเพิ่มขึ้นในช่วงความดันต่ำ แล้วฟลักซ์น้ำฝรั่งจะมีค่าคงที่หรือลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มความดันสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความดันทำให้เกิดการอัดแน่นของชั้นเจลที่ผิวหน้าเมมเบรนทำให้เสมือนมีเมมเบรนชั้นที่สองเกิดขึ้น ฟลักซ์น้ำฝรั่งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลสูงขึ้น เพราะว่าการเพิ่มอัตราการไหลเป็นการเพิ่มแรงเฉือนและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของตัวถูกละลาย ทำให้ตัวถูกละลายหลุดออกจากผิวหน้าเมมเบรนและแพร่กลับสู่ bulk

ได้ดี เมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟลูออไรด์ (GVHP) ดำเนินการที่สภาวะความดัน 10 ปอนด์/นิ้ว^2 มีค่าเพอมิเอทฟลักซ์มากที่สุด คือ 15.311 ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง

4. เมื่อเปรียบเทียบผลของลักษณะการไหลแบบ dead-end และแบบไหลขวาง พบว่าการไหลแบบ dead-end ให้ค่าฟลักซ์น้ำฝรั่งน้อยกว่าแบบไหลขวาง เนื่องจากการไหลแบบ dead-end เป็นการไหลตั้งฉากดังนั้นเมื่อเพิ่มความดันทำให้เจลยิ่งอัดแน่น เกิดความต้านทานการไหลของน้ำฝรั่งเพิ่มขึ้นน้ำฝรั่งจึงไหลผ่านเมมเบรนได้น้อยลง และการลดลงของฟลักซ์น้ำฝรั่งต่อเวลาของกระบวนการไหลแบบ dead-end ในช่วงแรกรวดเร็วกว่าและมีค่าต่ำกว่ากระบวนการไหลแบบขวาง
5. เมื่อเปรียบเทียบผลของขนาดรูพรุนของเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 50,000 และ 100,000 และเมมเบรนชนิดเซลลูโลสไนเตรท ขนาดรูพรุน 0.1 และ 0.45 ไมโครเมตร พบว่าเมมเบรนที่มีรูพรุนขนาดใหญ่จะมีค่าฟลักซ์น้ำฝรั่งมากกว่าและมีความต้านทานน้อยกว่าเมมเบรนที่มีขนาดรูพรุนเล็ก เนื่องจากสารละลายมีขนาดอนุภาคเล็กจึงแพร่ผ่านเมมเบรนที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ไปได้ง่ายกว่าเมมเบรนที่มีรูพรุนขนาดเล็ก
6. จากการวิเคราะห์ความต้านทาน พบว่าในขณะที่เพอมิเอทฟลักซ์ลดลงต่อเวลา ค่าความต้านทานจะเพิ่มขึ้นต่อเวลาด้วย ความดันมีผลต่อความต้านทาน เมื่อความดันเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นด้วย อัตราการไหลสารป้อนมีผลต่อค่าความต้านทานน้อยมาก เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นความต้านทานมีค่าน้อยลงหรือคงที่ เนื่องจากแรงเฉือนที่เพิ่มขึ้น พบว่า เมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟลูออไรด์ (GVHP) ดำเนินการที่สภาวะความดัน 10 ปอนด์/นิ้ว^2 มีค่าความต้านทานรวม (R_T) น้อยที่สุด คือ 4.491 กิโลปาสคาล/(ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง)
7. จากการวิเคราะห์ความต้านทานต่างๆ ในการกรองน้ำฝรั่งด้วย Module สำเร็จรูปเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ โดยวิเคราะห์ค่าความต้านทาน R_t, $R_{p,re}$, $R_{p,ir}$, R_f และ R_m โดยค่า R_t, $R_{p,re}$, $R_{p,ir}$ และ R_f เพิ่มขึ้นกับความดันและลดลงกับอัตราการไหลสารละลายป้อน เนื่องจากแรงเฉือนทำให้การสะสมสารละลายที่ผิวเมมเบรนน้อยลง ค่าความต้านทาน $R_{p,re}$ มีค่าสูงกว่า R_f และ $R_{p,ir}$ มาก แสดงว่าเจลที่เกิดขึ้นสามารถผันกลับได้ ซึ่งเจลแปรผันกลับได้ที่เกิดขึ้นนี้เปรียบเหมือนชั้นเมมเบรนที่คอยกักกันโมเลกุลของเพกทินในชั้นของ fouling ชั้นเจลเกิดจากการที่ตัวถูกละลายทั้งขนาดเล็ก

และใหญ่ถูกกรองผ่านผิวเมมเบรนและเกิดการสะสมอยู่มาก การเพิ่มความดันขึ้นจะทำให้เจลถูกอัดแน่นจนกลายเป็นเจลจริงหรือ fouling ได้

8. ค่าความต้านทาน $R_{p,re}$ มีค่าสูงกว่า $R_{p,ir}$ และ R_f มาก แสดงว่าเจลที่เกิดขึ้นสามารถผันกลับได้ ซึ่งเจลแปรผันกลับได้ที่เกิดขึ้นนี้เปรียบเหมือนชั้นเมมเบรนที่คอยกักกันโมเลกุลของเพกทินในชั้นของ fouling ชั้นเจลเกิดจากการที่ตัวถูกละลายทั้งขนาดเล็กและใหญ่ถูกกรองผ่านผิวเมม เบรนและเกิดการสะสมอยู่มาก การเพิ่มความดันขึ้นจะทำให้เจลถูกอัดแน่นจนกลายเป็นเจลจริงหรือ fouling ได้
9. จากงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าสำหรับกระบวนการกรองแบบไมโครฟิลเตรชันสมควรเลือกเมมเบรนชนิดโพลีไวนิลิดีนฟลูออไรด์ (GVHP) และเมมเบรนชนิดเซรามิกส์ ดำเนินการที่สภาวะความดัน 40 และ 10 ปอนด์/นิ้ว^2 ซึ่งให้เพอมิเอทฟลักซ์สูงที่สุด คือ 49.4 และ 19.38 ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้เมมเบรนทั้งสองชนิดข้างต้นมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกอนในน้ำฝรั่งสูง คือมีความขุ่น 3.57 และ 3.48 NTU ตามลำดับ สำหรับกระบวนการกรองแบบอัลตราฟิลเตรชัน สมควรเลือกเมมเบรนชนิดโพลีซัลโฟน ขนาดรูพรุน MWCO 100,000 ดำเนินการที่สภาวะความดัน 50 ปอนด์/นิ้ว^2 ซึ่งให้เพอมิเอทฟลักซ์สูงที่สุด คือ 32.8 ลิตร/เมตร^{2}ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกอนใน น้ำฝรั่งสูง คือมีความขุ่น 2.37 NTU

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยนี้เป็นระดับห้องปฏิบัติการเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาขั้นสูง ควรมีการทำการขยายระดับการศึกษาในขั้นสูงต่อไป
2. การวิจัยนี้จะเน้นด้านประสิทธิภาพการกรองมากกว่าการวิเคราะห์ค่าความต้านทาน จึงควรศึกษาวิเคราะห์ผลของพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้นสารละลาย เป็นต้น ที่มีต่อค่าความต้านทานต่างๆ
3. อาจมีการศึกษาการนำกระบวนการกรองแบบอัลตราฟิลเตรชันและไมโครฟิลเตรชันกับน้ำผลไม้อื่นๆ หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้ได้
4. อาจมีการศึกษาการกำจัดตะกอนน้ำผลไม้โดยใช้เอนไซม์ร่วมด้วย เปรียบเทียบกับการไม่ใช้เอนไซม์ร่วมด้วยในการกำจัดตะกอน โดยนำไปเปรียบเทียบด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพอมิเอทฟลักซ์ ค่าความต้านทาน และเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น โดยอาจเปรียบเทียบกับกระบวนการกำจัดแบบเดิม