



บทที่ 6

การอภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษา ผลตอบสนองของสารทำลายชีวทานอล-อะซิโตนซึ่งได้จากกระบวนการหมักที่มีต่อกระบวนการออสโมซิสย้อนกลับแบบไม่หมุนเวียนสารละลายกลับ พบว่า ค่าเพอมีเอชันฟลักซ์ของสารละลายสังเคราะห์และน้ำหมักที่ผ่านกระบวนการอุลตราฟิวเตรชั่น เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดัน สอดคล้องตามสมการที่ 8 และเกิดปรากฏการณ์คอนเซนเตรชันโพลาไรเซชัน เมื่อความดันเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มอัตราการไหลระหว่าง 1 ถึง 3 ลิตรต่อนาที สามารถเพิ่มเพอมีเอชันฟลักซ์ได้ และพบว่า นอกจากความเสื่อมสภาพจากอายุการใช้งานและการอัดแน่นของเมมเบรนแล้ว สารละลายที่ใช้ในการศึกษาทั้งสองไม่ทำให้เกิดความต้านทานเมมเบรนอันเนื่องมาจากการอุดตันได้ ($R_p=0$) คงมีแต่ความต้านทานอันเนื่องจากความต้านการไหลผ่านของสารทำลายและสารที่ถูกละลาย และจากการทดลองทราบว่า ความดันออสโมติกของสารละลายทั้งสองมีค่าเท่ากับ 4.4 และ 7.9 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

จากผลการศึกษาการแยกชีวทานอลและอะซิโตน พบว่า ที่ความดัน 50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, อัตราการไหล 3 ถึง 5 ลิตรต่อนาที ค่ารีเจกชันของชีวทานอลและอะซิโตนในสารละลายสังเคราะห์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 93.0 % และ 81.1 % ตามลำดับ และในน้ำหมักชีวทานอลมีเท่ากับ 96.3 % และ 88.8 % ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในแง่พลังงาน ที่ความดัน 30 ถึง 50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเพอมีเอทในอัตราค่า คือประมาณ 0.015 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลิตรเพอมีเอท สำหรับสารละลายสังเคราะห์ และประมาณ 0.033 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลิตรเพอมีเอท สำหรับน้ำหมักชีวทานอล ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการศึกษาการทำให้ชีวทานอลในน้ำหมักเข้มข้นขึ้นโดยกระบวนการออสโมซิสย้อนกลับนี้คือ ที่อัตราการไหล 3 ลิตรต่อนาที เนื่องจากความต้านทานการไหลต่ำ, ใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเพอมีเอทค่า, และเปอร์เซ็นต์รีเจกชันของสารทำลายสูง

ในการศึกษาการทำให้บิวทานอลเข้มข้นขึ้น โดยกระบวนการออสโมซิสย้อนกลับ แบบหมุนเวียนสารละลายกลับพบว่า ในสารละลายสังเคราะห์ ที่รีโควเอรี 0 ถึง 40 % โดยปริมาตร รีเจคชั่นของบิวทานอลและอะซิโตนค่อนข้างคงที่ และมีค่าสูงสุดที่ 88.8 % และ 73.5 % ในขณะที่สามารถให้ค่ารีโควเอรีโดยมวล 97.1 % และ 94.0 % ตามลำดับ โดยได้สารละลายเข้มข้นสุดท้ายมีความเข้มข้นบิวทานอลและอะซิโตน เท่ากับ 44.8 และ 27.3 กรัมต่อลิตร ที่รีโควเอรี 88.5 % โดยปริมาตร ส่วนในน้ำหมักบิวทานอลที่ผ่านกระบวนการอุตสาหกรรมแล้ว ที่รีโควเอรี 0 ถึง 55 % โดยปริมาตร รีเจคชั่นของบิวทานอลและอะซิโตนค่อนข้างคงที่ และมีค่าสูงสุดที่ 95.3 % และ 92.6 % ในขณะที่สามารถให้ค่ารีโควเอรีโดยมวล 98.0 % และ 92.6 % ตามลำดับ โดยได้สารละลายเข้มข้นสุดท้ายมีความเข้มข้นบิวทานอลและอะซิโตนสูงสุด เท่ากับ 18.9 และ 16.4 กรัมต่อลิตร ที่รีโควเอรี 74 % โดยปริมาตร และเมื่อมีการเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้พบว่าที่ความดัน 50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ใช้พลังงานไฟฟ้าต่อน้ำหมักเริ่มต้นในอัตราต่ำที่สุด คือที่ ประมาณ 0.0192 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลิตรสารละลายเริ่มต้น สำหรับสารละลายสังเคราะห์ และ ประมาณเพอมีเอท 0.039 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลิตรสารละลายเริ่มต้น สำหรับน้ำหมักบิวทานอล

เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า ในการทำให้บิวทานอลเข้มข้นขึ้นโดยกระบวนการออสโมซิสย้อนกลับ กับการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย พบว่า ที่ความดัน 50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราการไหล 3 ลิตรต่อนาที และรีโควเอรี 74 % โดยปริมาตร กระบวนการออสโมซิสย้อนกลับ สามารถให้ค่ารีโควเอรีโดยมวล 92.7 % โดยได้บิวทานอลเข้มข้น 18.9 กรัมต่อลิตร ใช้พลังงานไฟฟ้า 0.039 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลิตร หรือคิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เท่ากับ 0.17 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อลิตรผลิตภัณฑ์ ต่อตารางเมตรพื้นที่เมมเบรนในขณะที่การกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย ได้บิวทานอลเข้มข้น 67 กรัมต่อลิตร และใช้พลังงานไฟฟ้า 0.296 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ที่รีโควเอรีโดยมวลเท่ากัน ซึ่งกระบวนการออสโมซิสย้อนกลับสามารถประหยัดพลังงานจากการกลั่นได้ 95.3 % (กระบวนการออสโมซิสใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปริมาตรผลิตภัณฑ์เท่ากับ 0.15 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลิตร ส่วนการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปริมาตรผลิตภัณฑ์เท่ากับ 3.2 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลิตร)

ด้วยสาเหตุที่กระบวนการออสโมซิสย้อนกลับขั้นตอนเดียว ไม่สามารถเปรียบเทียบ การความเข้มข้นของบิวทานอลในสารละลายผลิตภัณฑ์ที่ได้ กับการกลั่นอย่างชัดเจน จึงทำการ เปรียบเทียบการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายดังกล่าว กับการกระบวนการออสโมซิสย้อนกลับร่วมกับ การกลั่น พบว่า กระบวนการออสโมซิสย้อนกลับ ที่ความดัน 50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราการไหล 3 ลิตรต่อนาที และรีโคเวอรี 74 % โดยปริมาตร สามารถทำหน้าที่เตรียมน้ำหมัก ให้เข้มข้นขึ้นเพื่อการกลั่นต่อไปได้ (Preconcentration) โดยทำให้สารละลายที่กลั่นได้ใน การกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย มีความเข้มข้นบิวทานอลสูงสุดเฉลี่ย 239 กรัมต่อลิตร โดยใช้พลังงาน 0.091 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลิตรน้ำหมัก (รวมพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการออสโมซิส ย้อนกลับ) ในขณะที่สารละลายที่กลั่นได้จากน้ำหมักในการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่ายขั้นตอนเดียว มี ความเข้มข้นบิวทานอลสูงสุด 101 กรัมต่อลิตร โดยใช้พลังงาน 0.202 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อ ลิตรน้ำหมัก และในการทำให้บิวทานอลในน้ำหมักที่ผ่านกระบวนการอุลตราฟิวเตรชันแล้วมีความ เข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 6.0 เป็น 101 กรัมต่อลิตร พบว่า การใช้ได้มากกระบวนการออสโมซิสย้อน กลับร่วมกับการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้ากว่าการกลั่นลำดับส่วน อย่างง่ายขั้นตอนเดียวได้ถึง 39 %

จากงานวิจัยนี้ สามารถสรุปได้ว่าเป็น

1. กระบวนการออสโมซิสย้อนกลับสามารถแยกบิวทานอลจากน้ำหมัก ทำให้ความ เข้มข้นบิวทานอลเพิ่มขึ้นจาก 6.0 กรัมต่อลิตร เป็น 18.9 กรัมต่อลิตร
2. สภาวะที่เหมาะสมในการแยกสารทำละลายบิวทานอลคือที่ อัตราการไหล 3 ลิตรต่อนาที และความดัน 50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
3. ค่ารีโคเวอรีของบิวทานอลสูงสุด ในกระบวนการออสโมซิสย้อนกลับแบบไม่หมุน เวียนสารละลายกลับ และแบบหมุนเวียนสารละลายกลับมีค่าเท่ากับ 96.3 % และ 95.3 % ตามลำดับ
4. กระบวนการออสโมซิสย้อนกลับใช้พลังงานไฟฟ้า 1 ใน 21.3 ของการกลั่น และเมื่อร่วมกับการกลั่นจะใช้พลังงานไฟฟ้า 1 ใน 1.6 ของการกลั่น