

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตอัลกอฮอล์จากน้ำส้มเประคโดยการนำเชลยีสต์กลับมาใช้ใน เครื่องหมักคอกสมน์แบบต่อเนื่อง สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้ คือ

##### 5.1.1 กระบวนการหมักต่อเนื่องไม่มีการหมุนเวียนน้ำหมัก

- อัตราการเจือจางสูงถึง  $0.0270$  ชั่วโมง<sup>-1</sup> ระบบเสถียร เนื่องจากเชลยีสต์ถูกชะล้างออกไป

- อัตราการเจือจางเหมาะสมในช่วงที่ทำการทดลอง คือ  $0.0250$  ชั่วโมง<sup>-1</sup> ได้เอธานอลวันละ  $37.5$  ลิตร โดยมีปริมาณอัลกอฮอล์ร้อยละ  $11$  โดยปริมาตร ประสิทธิภาพการสร้างเอธานอลเท่ากับ  $0.90$  กรัมเอธานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ไป และได้เอธานอลออกมาเท่ากับ  $2.90$  กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

- กระบวนการหมักอัลกอฮอล์แบบต่อเนื่อง สามารถดำเนินเป็นระยะเวลายาวนานภายใต้สภาวะต่างๆ โดยไม่มีการปนเปื้อนจาก เชื้อจุลินทรีย์อื่น

##### 5.1.2 ความสามารถของเชลยีสต์แต่ละคอกสมน์ในการเปลี่ยนน้ำส้มเประคให้เป็นเอธานอล

- ความสามารถของเชลยีสต์กลุ่มที่สอง (คอกสมน์ไม่ให้อากาศคอกสมน์ที่ 6, 7, 8) ต่ำกว่า กลุ่มแรก (คอกสมน์ไม่ให้อากาศคอกสมน์ที่ 1-5) โดยดูจากค่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดในวันที่ 2 ดังนี้  $0.52, 0.39, 0.30$  ชั่วโมง<sup>-1</sup> (คอกสมน์ที่ 6, 7, 8 ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดของคอกสมน์ที่ 1-5 ดังนี้  $0.95, 0.88, 0.65, 0.67, 0.76, 0.77$  ชั่วโมง<sup>-1</sup> ตามลำดับ และค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในวันที่ 3 ของคอกสมน์ที่ 6-8 มีค่า  $0.77, 0.76, 0.68$  ชั่วโมง<sup>-1</sup> ตามลำดับ ต่ำกว่าค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของคอกสมน์ที่ 1-5 ( $0.80, 0.86, 0.77, 0.76, 0.84, 0.80$  ชั่วโมง<sup>-1</sup>) ตามลำดับ

##### 5.1.3 การนำเชลยีสต์จากผลผลิตกลับมาใช้ในกระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง

- การนำเชลยีสต์จากคอกสมน์ไม่ให้อากาศคอกสมน์ที่ 5 มาใช้ ช่วยอัตราส่วนการ

บ่อนย้อนกลับ 0.3 ที่สภาวะสมดุล อัตราการเจือจางสูงสุด  $0.0300 \text{ ชั่วโมง}^{-1}$   
 ได้เอธานอลวันละ 46 ลิตร โดยมีปริมาณอัลกอฮอล์ร้อยละ 11.6 โดยปริมาตร ประสิทธิภาพ  
 การสร้างเอธานอลเท่ากับ 0.89 กรัมเอธานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ไป และได้เอธานอล  
 ออกมาเท่ากับ 3.48 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

-การนำเซลล์สดจากคอสม์ไม่ให้อากาศคอสม์ที่ 6 มาใช้ ด้วยอัตราส่วนการ  
 บ่อนย้อนกลับ 0.3 ที่สภาวะสมดุล อัตราการเจือจางสูงสุด  $0.0280 \text{ ชั่วโมง}^{-1}$   
 ได้เอธานอลวันละ 43.2 ลิตร โดยมีปริมาณอัลกอฮอล์ร้อยละ 11.7 โดยปริมาตร ประสิทธิภาพ  
 การสร้างเอธานอลเท่ากับ 0.89 กรัมเอธานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ไป และได้เอธานอล  
 ออกมาเท่ากับ 3.25 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

-การนำเซลล์สดจากคอสม์ไม่ให้อากาศคอสม์ที่ 7 มาใช้ ด้วยอัตราส่วนการ  
 บ่อนย้อนกลับ 0.3 ที่สภาวะสมดุล อัตราการเจือจางสูงสุด  $0.0270 \text{ ชั่วโมง}^{-1}$   
 ได้เอธานอลวันละ 42 ลิตร โดยมีปริมาณอัลกอฮอล์ร้อยละ 11.6 โดยปริมาตร ประสิทธิภาพ  
 การสร้างเอธานอลเท่ากับ 0.88 กรัมเอธานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ไป และได้เอธานอล  
 ออกมาเท่ากับ 3.11 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

-การนำเซลล์สดจากคอสม์ไม่ให้อากาศคอสม์ที่ 5 มาใช้ ด้วยอัตราส่วนการ  
 บ่อนย้อนกลับ 0.5 ที่สภาวะสมดุล อัตราการเจือจางสูงสุด  $0.0310 \text{ ชั่วโมง}^{-1}$   
 ได้เอธานอลวันละ 48 ลิตร โดยมีปริมาณอัลกอฮอล์ร้อยละ 11.8 โดยปริมาตร ประสิทธิภาพ  
 การสร้างเอธานอลเท่ากับ 0.91 กรัมเอธานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ไป และได้เอธานอล  
 ออกมาเท่ากับ 3.67 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

-การนำเซลล์สดจากคอสม์ไม่ให้อากาศคอสม์ที่ 6 มาใช้ ด้วยอัตราส่วนการ  
 บ่อนย้อนกลับ 0.5 ที่สภาวะสมดุล อัตราการเจือจางสูงสุด  $0.0290 \text{ ชั่วโมง}^{-1}$   
 ได้เอธานอลวันละ 45 ลิตร โดยมีปริมาณอัลกอฮอล์ร้อยละ 11.8 โดยปริมาตร  
 ประสิทธิภาพการสร้างเอธานอลเท่ากับ 0.90 กรัมเอธานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ไป  
 และได้เอธานอลออกมาเท่ากับ 3.40 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

-การนำเซลล์สดจากคอสม์ไม่ให้อากาศคอสม์ที่ 7 มาใช้ ด้วยอัตราส่วนการ  
 บ่อนย้อนกลับ 0.5 ที่สภาวะสมดุล อัตราการเจือจางสูงสุด  $0.0280 \text{ ชั่วโมง}^{-1}$   
 ได้เอธานอลวันละ 44 ลิตร โดยมีปริมาณอัลกอฮอล์ร้อยละ 11.7 โดยปริมาตร ประสิทธิภาพ

การสร้างเอธานอลเท่ากับ 0.88 กรัมเอธานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ไป และได้เอธานอลออกมาเท่ากับ 3.22 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

สรุปได้ว่า ความนำเซลล์จากคอสม์ไปให้อากาศคอสม์ที่ 5 มาใช้ด้วย อัตราส่วนการบ่มย้อนกลับ 0.5

5.1.4 การนำเซลล์จากผลผลิตกลับมาใช้ในกระบวนการหมักแบบต่อเนื่องโดยมีการให้อากาศแก่เซลล์ที่นำกลับมาใช้ใหม่

-การนำเซลล์จากคอสม์ไปให้อากาศคอสม์ที่ 5 มาใช้ ด้วยอัตราส่วนการบ่มย้อนกลับ 0.5 แล้วทำการเพิ่มอัตราการให้อากาศเป็น 0.08 vvm ตลอดการทดลอง ที่สภาวะสมดุล อัตราการเจือจางสูงสุด  $0.0300 \text{ ชั่วโมง}^{-1}$  ได้เอธานอลวันละ 46 ลิตร โดยมีปริมาณอัลกอฮอล์ร้อยละ 11.6 โดยปริมาตร ประสิทธิภาพการสร้างเอธานอลเท่ากับ 0.89 กรัมเอธานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ และได้เอธานอลออกมาเท่ากับ 3.48 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

-การนำเซลล์จากคอสม์ไปให้อากาศคอสม์ที่ 5 มาใช้ ด้วยอัตราส่วนการบ่มย้อนกลับ 0.5 แล้วทำการเพิ่มอัตราการให้อากาศเป็น 0.12 vvm ตลอดการทดลอง ที่สภาวะสมดุล อัตราการเจือจางสูงสุด  $0.0330 \text{ ชั่วโมง}^{-1}$  ได้เอธานอลวันละ 50 ลิตร โดยมีปริมาณอัลกอฮอล์ร้อยละ 11.8 โดยปริมาตร ประสิทธิภาพการสร้างเอธานอลเท่ากับ 0.91 กรัมเอธานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ และได้เอธานอลออกมาเท่ากับ 3.72 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

-การนำเซลล์จากคอสม์ไปให้อากาศคอสม์ที่ 5 มาใช้ ด้วยอัตราส่วนการบ่มย้อนกลับ 0.5 แล้วทำการเพิ่มอัตราการให้อากาศเป็น 0.16 vvm ตลอดการทดลอง ที่สภาวะสมดุล อัตราการเจือจางสูงสุด  $0.0280 \text{ ชั่วโมง}^{-1}$  ได้เอธานอลวันละ 44 ลิตร โดยมีปริมาณอัลกอฮอล์ร้อยละ 10.5 โดยปริมาตร ประสิทธิภาพการสร้างเอธานอลเท่ากับ 0.78 กรัมเอธานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ และได้เอธานอลออกมาเท่ากับ 2.73 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

-ค่าอัตราการให้อากาศที่เหมาะสมในการทดลองคือ 0.12 vvm ที่สภาวะสมดุล อัตราการเจือจางสูงสุด  $0.0330 \text{ ชั่วโมง}^{-1}$  สามารถผลิตเอธานอลได้วันละ 50 ลิตร โดยมีปริมาณอัลกอฮอล์ร้อยละ 11.8 โดยปริมาตร

### 5.1.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกระบวนการหมักแบบต่อ เนื่อง เมื่อมีและไม่มีคาร์บอนนำ เซลกลับมาใช้

- ประสิทธิภาพกระบวนการหมักแบบต่อ เนื่อง เมื่อระบบมีคาร์บอนนำ เซลกลับมาใช้ มีค่าสูงกว่าระบบที่ไม่มีคาร์บอนนำ เซลกลับมาใช้
- ประสิทธิภาพกระบวนการหมักแบบต่อ เนื่อง เมื่อ เพิ่มการให้อากาศแก่ เซลที่นำ กลับมาใช้มีค่าสูงกว่าระบบไม่ เพิ่มการให้อากาศแก่ เซลที่นำกลับมาใช้

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการศึกษาเพิ่มในเรื่อง mixing pattern ของเซลและน้ำหมักภายในคอลัมน์ เพื่อใช้อธิบายผลการทดลองได้ดีขึ้น
- ควรศึกษาและหาวิธีใหม่ ๆ ที่เหมาะสมในการปรับสภาพ เซลที่อ่อนแอให้แข็งแรงขึ้นและควรแยกตะกอน เซลออกจากน้ำหมักก่อนที่จะนำกลับมาใช้ในกระบวนการหมัก
- ควรใช้วิธีใด เทรดกับสารละลาย เบเนดิกต์วัดปริมาณน้ำตาลที่เหลือในน้ำหมัก
- ควรมีการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้ เพื่อความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงน้ำตาลไป เป็น เอทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์
- ควรมีการศึกษา เสียรภาพระบบหมัก เอทานอลต่อ เนื่องจากมีปัญหาปน เปื้อนและการลดประสิทธิภาพของ เซลยีสต์ในระยะยาวนาน