

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลผลิตเอทานอลโดยใช้เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดต่อเนื่อง ซึ่งคอลัมน์แต่ละคอลัมน์ต่อกันแบบอนุกรม สภาวะการหมักอาศัยข้อมูลเบื้องต้นจากกระบวนการหมักแบบไม่ต่อเนื่อง ทั้งต่อเนื่อง และต่อเนื่องจากงานก่อน โดยใช้สารอาหารที่มีความเข้มข้นของสารอาหารน้ำตาล 18 องศาบริกซ์ (วิชาพงษ์, 2525) เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* อัตราการให้อากาศ 0.5 vvm 4 ชั่วโมงแรก ต่อมาลดเหลือ 0.04-0.06 vvm ตลอดการทดลอง เริ่มปล่อยสารอาหาร(น้ำหมัก)ให้ไหลล้นจากคอลัมน์หนึ่งไปยังคอลัมน์ถัดไป เมื่อเวลาทำการหมักผ่านไป 21 ชั่วโมง⁻¹ (ศจี, 2528) ตัวแปรที่ทำการศึกษาในการทำการศึกษานี้คือการทำวิจัยครั้งนี้คือ ผลของทิศทางการไหลของน้ำหมักในคอลัมน์ที่ไม่มีการให้อากาศ ผลของการนำเซลล์ยีสต์จากผลผลิตกลับมาใช้ในกระบวนการหมัก และผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุการเกษตรอื่นมาใช้ในกระบวนการหมัก ซึ่งจากผลการทดลองในครั้งนี้สามารถสรุปออกมาเป็นข้อๆ ได้ดังนี้:-

1) การหมักเพื่อผลิตเอทานอลโดยใช้เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดต่อเนื่อง ด้วยน้ำสลับประค พบว่าเมื่อให้ทิศทางการไหลของน้ำหมักเริ่มจากตอนล่างของคอลัมน์ที่มีการให้อากาศเข้าทางตอนบนของคอลัมน์ที่ไม่มีการให้อากาศแล้วไหลล้นจากตอนล่างของคอลัมน์นี้ไปเข้ายังตอนบนคอลัมน์ถัดไปจนครบทุกคอลัมน์ อัตราการเจือจางที่เหมาะสมที่จะทำให้ระบบสามารถรักษาสภาวะสมดุลไว้ที่ปริมาณเอทานอลคงที่ร้อยละ 10 โดยปริมาตร คือ 0.17 ชั่วโมง⁻¹ (ผลเช่นเดียวกับงานก่อน ศจี, 2528)

2) การหมักเพื่อผลิตเอทานอลโดยใช้เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดต่อเนื่อง ด้วยน้ำสลับประค พบว่าเมื่อให้ทิศทางการไหลของน้ำหมักเริ่มจากตอนล่างของคอลัมน์ที่มีการให้อากาศเข้าทางตอนล่างของคอลัมน์ที่ไม่มีการให้อากาศแล้วไหลล้นจากตอนบนของคอลัมน์นี้ไปเข้าทางตอนล่างของคอลัมน์ถัดไปจนครบทุกคอลัมน์ อัตราการเจือจางที่เหมาะสมที่จะทำให้ระบบสามารถรักษาสภาวะสมดุลไว้ที่ปริมาณเอทานอลคงที่ร้อยละ 10 โดยปริมาตร คือ 0.18 ชั่วโมง⁻¹

3) จากข้อ 1 และ 2 จะเห็นว่าทิศทางการไหลของน้ำหมักในคอลัมน์ที่ไม่มีการให้

อากาศจากตอนล่างของคอลัมน์แล้วไหลล้นจากตอนบนเข้าตอนล่างของคอลัมน์ถัดไปให้อัตราการผลิตผลิตภัณฑ์ ได้สูงกว่าการไหลจากตอนบนของคอลัมน์แล้วไหลล้นจากตอนล่างเข้าตอนบนของคอลัมน์ถัดไปที่สภาวะการหมักแบบเดียวกัน

4) สำหรับการนำเซลล์จากผลผลิตกลับมาใช้ในกระบวนการหมัก ได้เลือกวิธีตั้งน้ำหมักบางส่วนจากตอนล่างของคอลัมน์สุดท้าย(คอลัมน์ที่๑)กลับไปเข้าในคอลัมน์แรก ซึ่งมีอัตราการให้อากาศ ๐.๐4-๐.๐6 vvm ตลอดการทดลอง

5) การหมักเพื่อผลิตเอทานอลโดยใช้เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดต่อเนื่อง ด้วยน้ำล้นประต ที่ศทางการไหลของน้ำหมักในคอลัมน์ที่ไม่มีการให้อากาศจากตอนล่างของคอลัมน์แล้วไหลล้นจากตอนบนเข้าตอนล่างของคอลัมน์ถัดไป และมีการนำเซลล์จากผลผลิตกลับมาใช้ในกระบวนการหมัก เมื่อระบบอยู่ในสภาวะสมดุล พบว่า

- ที่อัตราส่วนการป้อนย้อนกลับ ๐.2625 อัตราการเจือจางเหมาะสม ๐.20 ชั่วโมง⁻¹

- ที่อัตราส่วนการป้อนย้อนกลับ ๐.30๐๐ อัตราการเจือจางเหมาะสม ๐.25 ชั่วโมง⁻¹

- ที่อัตราส่วนการป้อนย้อนกลับ ๐.325๐ อัตราการเจือจางเหมาะสม ๐.3๐ ชั่วโมง⁻¹

จากอัตราส่วน 3 ค่า พบว่าที่อัตราการป้อนย้อนกลับ ๐.325๐ อัตราการเจือจางเหมาะสม ๐.3๐ ชั่วโมง⁻¹ จะให้อัตราการผลิตเอทานอลสูงสุดที่ความเข้มข้นเอทานอลร้อยละ 11 โดยปริมาตร

6) การหมักเพื่อผลิตเอทานอลด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดต่อเนื่อง โดยทิศทางการไหลของน้ำหมักในคอลัมน์ที่ไม่มีการให้อากาศ จากตอนล่างของคอลัมน์แล้วไหลล้นจากตอนบนเข้าตอนล่างของคอลัมน์ถัดไป โดยมีการนำเซลล์จากผลผลิตกลับมาใช้ในกระบวนการหมัก อัตราส่วนการป้อนย้อนกลับ ๐.2625 เมื่อระบบอยู่ในสภาวะสมดุล พบว่าเมื่อใช้น้ำล้นประตหรือน้ำอ้อยเป็นสารอาหาร ให้อัตราการเจือจางเหมาะสมเท่ากัน คือ ๐.2๐ ชั่วโมง⁻¹ แต่เมื่อเทียบระดับความเข้มข้นเอทานอลที่ผลิตได้ จะเห็นว่าเมื่อใช้น้ำล้นประตเป็นสารอาหารจะสูงกว่าเมื่อใช้น้ำอ้อยเป็นสารอาหารเล็กน้อย คือ ร้อยละ 1๐ โดยปริมาตร กับร้อยละ ๑.5 โดยปริมาตร ตามลำดับ

7) การรักษาสภาวะสมดุล จะใช้ค่าที่ระดับความเข้มข้นเอทานอล ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

ข้อเสนอแนะ

ในการหมักเพื่อผลิตเอทานอลโดยใช้เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดต่อเนื่อง หากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงกว่านี้ ควรพิจารณาปรับปรุงในสิ่งต่างๆ ดังนี้ :-

- 1) การนำเซลล์จากผลผลิตกลับมาใช้ในระบบการหมัก ในการทดลองนี้ใช้การดึงน้ำหมักบางส่วนจากตอนล่างของคอลัมน์สุดท้าย (คอลัมน์ที่ 9) กลับไปเข้าในคอลัมน์แรก อาจพิจารณาดึงน้ำหมักคอลัมน์ใดคอลัมน์หนึ่งที่มีจำนวนเซลล์สูงมากกลับไปเข้าในคอลัมน์ที่มีจำนวนเซลล์น้อย เพื่อให้ทุกคอลัมน์มีอัตราการผลิตเอทานอลโดยเฉลี่ยเท่าๆกัน หรืออาจจะดึงน้ำหมักจากคอลัมน์ที่มีอัตราการผลิตเอทานอลสูงสุดกลับไปเข้าคอลัมน์แรก เพื่อเป็นการลดจำนวนคอลัมน์ที่ใช้ในการผลิต
- 2) ควรมีการศึกษาปริมาณอาหารเสริมที่เหลือในคอลัมน์ต่างๆซึ่งอาจมีผลต่อการหมัก
- 3) ศึกษาความเป็นกรด-ด่าง ขณะทำการหมักซึ่งมีผลต่อกระบวนการผลิตเอทานอล ควรมีการปรับ pH ในแต่ละคอลัมน์ให้เหมาะสมกับการทำงานของเซลล์
- 4) ควรจะมีการแปรค่าอัตราส่วนการบ่มยีสต์กลับเพิ่มขึ้น เพื่อหาค่าอัตราการผลิตที่เหมาะสมที่ให้ค่าสูงสุด สำหรับกระบวนการผลิตเอทานอลแบบต่อเนื่องที่มีการดึงเซลล์จากผลผลิตกลับมาใช้ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดต่อเนื่องนี้
- 5) ควรมีการแยกนับเซลล์ระหว่างเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่กับเซลล์ที่ตายแล้ว จะทำให้วิเคราะห์ผลได้ดีขึ้น เนื่องจากการหมักเป็นการทำงานของเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่เท่านั้น
- 6) ควรมีการนับหาความเข้มข้นของเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่ในน้ำหมักที่ดึงบางส่วนกลับมาใช้นั้น เพื่อจะนำค่าที่ได้ไปช่วยในการพิจารณาในด้านอื่นๆ เช่น เซลล์ที่ได้มี activity ต่ำมากน้อยเพียงใด เมื่อนำไปเพิ่มกับเซลล์ที่มีอยู่เดิมในคอลัมน์แรกควรจะต้องให้อากาศเพิ่มจากเดิมหรือไม่
- 7) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมัก (dissolves oxygen) ของคอลัมน์แรก ควรมีการวัดค่าออกมาเป็นตัวเลข ซึ่งจะทำให้ทราบเลยว่าปริมาณเพียงพอกับความต้องการของเซลล์ที่จะใช้ในการแบ่งเซลล์หรือเพิ่มกิจกรรมหรือไม่ อีกทั้งยังสามารถนำตัวเลขเหล่านี้ไปใช้ในการขยายขนาด (scale up) ลู่ระดับอุตสาหกรรมต่อไป