บทที่ 7

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการทดลองปรับปรุงสร้าง เครื่องหมักแบบคอลัมน์ระบบไหลหมุนเวียนผ่านท่อป้อนย้อนกลับจากงานก่อนเพื่อใช้ผลิตเอทานอล ได้ทำการสร้างระบบหล่อเย็นและอุปกรณ์กำจัดฟอง เพิ่มเติม เมื่อศึกษาลักษณะการสร้างและการทำงาน อาจกล่าวได้ว่า ขบวนการหมักที่มีการไหลหมุนเวียนของน้ำหมักผ่านท่อป้อนย้อนกลับ ที่อัตราการป้อนอากาศ 0.5 ปริมาตรอากาศ ต่อปริมาตรน้ำหมัก ต่อนาที ทำให้อัตราการเพิ่มจำนวนของเชื้อหมักมีค่าสูง เมื่อเทียบกับไม่มีการไหลหมุนเวียนของน้ำหมักผ่านท่อป้อนย้อนกลับ และใช้พลังงานไม่มากนัก นอกจากนี้สามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับงานอื่น ๆ ต่อไปได้ง่าย สำหรับอุปกรณ์กำจัดฟองสามารถทำการกำจัดฟองได้ดีพอสมควร ทำให้ไม่ต้องใช้สารกำจัดฟอง จึงช่วยลดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการหมักของเชื้อหมักลงได้

การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง เมื่อศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ในการผลิตเอทานอล พอสรุปได้ว่า การหมักน้ำตาลในน้ำสับปะรดให้เป็นเอทานอล ต้องทำให้สารละลายน้ำสับปะรดมีความเข้มข้นของน้ำตาลอยู่ในช่วง 14-20 องศาบริกซ์ (เป็นช่วงที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุดโดยใช้ระยะเวลาสั้น) เติมสารอาหารเสริมซึ่งประกอบด้วย แอมโมเนียม ซัลเฟต, ไดแอมโมเนียม ไฮโดรเจน ฟอสเฟต อย่างละ 0.05% และแมกเนเซียม ซัลเฟต 0.01% (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปรับความเป็นกรด-ด่างให้ได้ 4.5 เมื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการหมัก หมักด้วยเชื้อยีสต์ Saccharomyces ellipsoideus และSaccharomyces cerevisiae ใช้เชื้อหมักเริ่มต้น 5% ของปริมาตรน้ำหมักทั้งหมด อัตราการป้อนอากาศ 0.5 ปริมาตรอากาศ ต่อปริมาตรน้ำหมัก ต่อนาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อเพิ่มปริมาณเซลล์ยีสต์ให้มากเพียงพอในช่วงแรกของการหมัก จะได้ปริมาณเอทานอลในช่วง 8.4 - 12.2% โดยปริมาตร เวลาในการหมักทั้งหมด 13 - 22 ชั่วโมง ตามลำดับ ปริมาณการใช้น้ำตาล 97% แต่ที่จะให้อัตราส่วนของเอทานอลต่อระยะเวลาสูงสุดคือ ที่ความเข้มข้นน้ำตาล 18 องศาบริกซ์ ได้ปริมาณเอทานอล 10.9% โดยปริมาตร ระยะเวลาการหมักทั้งหมด 16 ชั่วโมง ส่วนการหมักน้ำสับปะรดที่ได้จากการเจือจางน้ำสับปะรดเข้มข้น

ที่ความเข้มข้นน้ำตาลเดียวกันนี้ ก็ให้ผลในทำนองเดียวกัน แต่จะได้ปริมาณเอทานอลน้อยกว่าการหมักน้ำตาลในสารละลายน้ำสับปะรดสด ในการหมักที่จะให้ได้ปริมาณเอทานอลสูงกว่า 13% โดยปริมาตร จะต้องใช้สารละลายน้ำตาลในน้ำสับปะรดสูงกว่า 20 องศาบริกซ์ ซึ่งต้องเพิ่มระยะเวลาการบ่มอากาศมากกว่า 4 ชั่วโมง เมื่อเพิ่มปริมาณเซลล์ยีสต์ให้มากเพียงพอ ทำให้ประสิทธิภาพการหมักในช่วงแรกสูงขึ้น ถึงแม้ได้ปริมาณเอทานอลสูงขึ้น แต่เวลาในการหมักก็เพิ่มขึ้นด้วย เมื่อศึกษาการเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้นในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ 5% ของปริมาตรทั้งหมด ที่อัตราการบ่มอากาศยังใช้เหมือนเดิม ระยะเวลาที่เหมาะสมในการบ่มอากาศ 8 ชั่วโมงหรือมากกว่า ซึ่งจะช่วยลดขั้นตอนการเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้นในการผลิตเอทานอล ดังนั้นอาจเป็นไปได้ที่ทำให้การผลิตเร็วและผลผลิตสูงขึ้น ทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง

การทดลองแบบกึ่งต่อเนื่อง จะได้อัตราการถ่ายเทที่เหมาะสมประมาณ 25% ทุก 3 ชั่วโมง และความเข้มข้นน้ำตาลอยู่ในระดับคงที่ที่เหมาะสมคือ 18 องศาบริกซ์ เริ่มถ่ายเทในชั่วโมงที่ 13 จะได้ปริมาณเอทานอลอยู่ในช่วง 8% โดยปริมาตร ปริมาณการใช้น้ำตาลอยู่ในช่วง 70-75% ซึ่งทำให้อัตราการเพิ่มจำนวนของเชื้อหมักใกล้เคียงกับอัตราการถ่ายเชื้อหมักออก อัตราการเติมน้ำตาลเข้าสู่ถังหมักเท่ากับอัตราการใช้น้ำตาลโดยเซลล์ยีสต์ในน้ำหมัก และอัตราการผลิตเอทานอลเท่ากับอัตราการถ่ายออกของเอทานอลในน้ำหมัก จะอยู่ในสภาวะนี้เป็นเวลานาน ถ้าหากต้องการปริมาณเอทานอล 10% โดยปริมาตร ปริมาณการใช้น้ำตาลยังอยู่ในช่วง 70% เหมือนกัน ควรใช้ความเข้มข้นน้ำตาล 20 องศาบริกซ์ เริ่มถ่ายเทในชั่วโมง 16 แต่ต้องนำเชื้อหมักกลับคืนเข้าสู่ถังหมักใหม่ เมื่อรักษาสภาวะสมดุลย์เป็นเวลานาน ๆ ได้ ส่วนน้ำตาลที่เหลือนั้นสามารถนำกลับไปใช้ในการหมักได้อีก เมื่อศึกษาการทำงานในระบบกึ่งต่อเนื่องแล้ว อาจกล่าวได้ว่า ระบบนี้สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตได้พอสมควร ไม่ต้องเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้นบ่อย ๆ และลดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการหมักของยีสต์ลง เนื่องจากการควบคุมสภาพการหมัก เช่น การเติมด่าง และอื่น ๆ ถ้าเปลี่ยนมาเป็นระบบของเครื่องควบคุมแบบอัตโนมัติ จะทำให้ช่วงการเปลี่ยนแปลงมีน้อย และลดเวลาการหมัก ซึ่งจะช่วยให้รู้สภาพที่แน่ชัดสำหรับการหมักชนิดนั้น ๆ ได้ดีกว่านี้

จากผลการวิจัยนี้คิดว่า สับปะรดอาจจะเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอล เนื่องจากในน้ำสับปะรดแทบจะเรียกได้ว่าไม่มีสารที่ยับยั้งการเจริญและการหมัก

ของเซลล์ยีสต์ เพียงแต่ปรับสภาวะเล็กน้อยเท่านั้นก็จะเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมักด้วยยีสต์ อย่างเช่นต้องการเกลือแร่ในรูปของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแมกเนเซียม เสริมอีกเพียงเล็กน้อย ก็จะทำให้การหมักสมบูรณ์ นอกจากนี้ผลผลิตจากสับปะรดในเมืองไทยมีมาก ในระหว่างการผลิตนั้นจะมีของเสียและของเหลือบางส่วนเป็นจำนวนมาก ถ้าโรงงานผู้ผลิตสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ก็อาจจะเป็นรายได้มากพอที่จะเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของโรงงานทั้งหมด ซึ่งไม่ควรจะมองข้ามไป อย่างเช่น นำมาเปลี่ยนให้เป็นเอทานอล หรืออาจเป็นก๊าซชีวภาพ (ส่วนที่เป็นกากสับปะรดที่คั้นน้ำออกแล้ว) เป็นเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในโรงงาน ดังนั้นจากผลการวิจัยและเหตุผลข้างต้นนี้ย่อมเป็นที่หวังได้ว่า การผลิตเอทานอลจากน้ำสับปะรดจะเป็นอุตสาหกรรมการเกษตรที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง