

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

กากมันสำปะหลังมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักปริมาณ 67.46 เปอร์เซ็นต์ และมีไฟเบอร์ปริมาณ 11.58 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลกลูโคสโดยการย่อยด้วยเอนไซม์ผสมได้แก่ กลูโคอะไมเลส แอลฟาอะไมเลส เซลลูเลส และเพกทีเนส ซึ่งภาวะที่เหมาะสมต่อการนำเอนไซม์ทั้ง 4 ชนิดมาทำงานร่วมกัน คือ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดต่าง 5

การใช้เอนไซม์ 3 ชนิด ได้แก่ กลูโคอะไมเลส ร่วมกับแอลฟาอะไมเลส และเซลลูเลสในการย่อยกากมันสำปะหลังปริมาณ 5 กรัม ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดต่าง 5 สามารถผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ได้มากกว่าการย่อยด้วยเอนไซม์ 2 ชนิด คือ กลูโคอะไมเลส และแอลฟาอะไมเลส 12.94 เปอร์เซ็นต์ที่ภาวะเดียวกัน และเมื่อเพิ่มเพกทีเนสในการย่อยกากมันสำปะหลังร่วมกับกลูโคอะไมเลส แอลฟาอะไมเลส และเซลลูเลส พบว่าสามารถผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ได้เพิ่มขึ้นโดยอัตราส่วนของเอนไซม์ทั้ง 4 ชนิดที่เหมาะสมต่อการย่อยกากมันสำปะหลังปริมาณ 8 กรัม คือ กลูโคอะไมเลส 48.6 AGU แอลฟาอะไมเลส 0.6 KNU เซลลูเลส 75 NCU และเพกทีเนส 130 PG โดยสามารถผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยความเร็วสูงสุด 8.15 กรัม/ลิตร.นาที่ ซึ่งที่ภาวะดังกล่าวการย่อยกากมันสำปะหลังด้วยเอนไซม์ผสม 4 ชนิด ทำให้ประสิทธิภาพการย่อยกากมันสำปะหลังเป็นน้ำตาลกลูโคสมีค่าสูงถึง 64.37 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การย่อยด้วยเอนไซม์ 3 ชนิด ได้แก่ กลูโคอะไมเลส แอลฟาอะไมเลส และเซลลูเลส ทำให้ประสิทธิภาพการย่อยกากมันสำปะหลังเป็นน้ำตาลกลูโคสมีค่าเพียง 59.77 เปอร์เซ็นต์

ในการย่อยกากมันสำปะหลังโดยการกวนในเครื่องปฏิกรณ์อัลตราฟิลเทรชัน ด้วยความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที่ ทำให้ได้น้ำตาลรีดิวซ์ที่มีความเข้มข้นมากกว่าการย่อยโดยการเขย่า 9.27 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแรงเฉือนที่เกิดจากการกวนไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์ และยังช่วยลดชั้นเจลที่ด้านทานการไหลผ่านเมมเบรนอีกด้วย

การย่อยกากมันสำปะหลังแบบ batch โดยการย่อยกากมันสำปะหลังปริมาณ 32 กรัม ด้วยเอนไซม์ผสมระหว่าง กลูโคอะไมเลส 194.4 AGU แอลฟาอะไมเลส 2.4 KNU เซลลูเลส 300 NCU และเพกทีเนส 520 PG กวนด้วยความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที่ สามารถผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ได้ 0.61 กรัม/น้ำตาลรีดิวซ์/กรัมกากมันสำปะหลัง ซึ่งประสิทธิภาพการย่อยมีค่า 70.11 เปอร์เซ็นต์

การย่อยกากมันสำปะหลังแบบ Fed-batch โดยเติมกากมันสำปะหลังหนึ่งเข้าไปในระบบมากกว่า 1 ครั้ง เอนไซม์ยังคงมีแอกติวิตีที่สามารถย่อยกากมันสำปะหลังต่อได้ ถึงแม้ว่าความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์ในระบบสูงขึ้นแล้วทำให้อัตราการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสมีผลต่อการรบกวนการทำงานของเอนไซม์

การย่อยกากมันสำปะหลังแบบ semicontinuous ร่วมกับการกรองแบบอัลตราฟิลเทรชันสามารถกักเอนไซม์ไว้ในถังปฏิกรณ์ได้ เป็นการตรึงเอนไซม์ให้ใช้ได้อย่างต่อเนื่องและคุ้มค่า อัตราการกรองในขั้นตอนการย่อยกากมันสำปะหลังที่ความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์ต่างๆ กัน ในภาวะการกรองเดียวกัน มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 0.19 ลิตร/ตารางเมตร.นาที่ นอกจากนี้ น้ำตาลรีดิวซ์สามารถผ่านเมมเบรนได้ดี โดยมีค่าความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์ของส่วนที่กรองได้คิดเป็น 95 เปอร์เซ็นต์ของความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์ในถังปฏิกรณ์

การย่อยกากมันสำปะหลังแบบ semicontinuous สามารถผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ได้ปริมาณและความเข้มข้นที่สูงกว่าการย่อยแบบ Fed-batch

จากสมการสมดุลมวลสารภายในเครื่องปฏิกรณ์อัลตราฟิลเทรชัน จะสามารถกำหนดค่าความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่มีสัดส่วน V/A ใดๆ ได้ และโดยอาศัยข้อมูลจากการย่อยกากมันสำปะหลังแบบ Fed-batch (batch) ร่วมกับสมบัติทางกายภาพของเครื่องปฏิกรณ์อัลตราฟิลเทรชัน จะสามารถคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์ภายในเครื่องปฏิกรณ์ต่อเวลา ในการย่อยกากมันสำปะหลังแบบ semicontinuous ได้

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยที่จะได้มีการศึกษาต่อไป คือ ควรจะกำจัดลิกนินที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในกากมันสำปะหลังออกไป เนื่องจากลิกนินอาจจะมีผลไปขัดขวางการชนกันระหว่างสับสเทรตกับเอนไซม์ ทำให้ประสิทธิภาพการย่อยกากมันสำปะหลังของเอนไซม์ลดลงได้ และควรมีการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์อัลตราฟิลเทรชันที่สามารถควบคุมความเร็วรอบของการกวนให้สูงขึ้น ทำให้สามารถย่อยกากมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องได้ และให้อัตราการกรองที่มีค่าสูงเพื่อดึงผลิตภัณฑ์ออกจากระบบได้ดีขึ้น