T-BIM-P-165-07

การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากชานอ้อย

Reducing Sugar Production from Sugarcane Bagasse

วรรณวิมล อารยะปราณี

ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ถนนพหลโยธิน ตำบลหลักหก อำเภอเมือง ปทุมธานี 12000

*ติดต่อ E-mail: wanvimon@rsu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 029972222 ต่อ 3330

บทคัดย่อ

ชานอ้อย (Bagasse) เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการหีบอ้อย มีองค์ประกอบหลัก คือ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ ชานอ้อยจะถูกปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และถูกย่อยด้วยสารละลายกรดกำมะถันให้ได้น้ำตาลรีดิวซ์ งานวิจัยมุ่งศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ได้แก่ ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.375-1.25 โมลาร์สำหรับกระบวนการปรับสภาพ และความเข้มข้นของกรดกำมะถัน 0.18 – 0.72 โมลาร์สำหรับกระบวนการไฮโดรไลซิสที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี DNS ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์สำหรับกระบวนการปรับสภาพจะทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่การเพิ่มความเข้มข้นของกรดกำมะถันจาก 0.18 ถึง 0.45 โมลาร์ แนวโน้มปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สกัดได้จากชานอ้อยจะเพิ่มขึ้นและเมื่อความเข้มข้นของกรดกำมะถันสูงกว่า 0.45 โมล แนวโน้มปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สกัดได้จากชานอ้อยจะลดลง ดังนั้นสภาวะเหมาะสมปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สกัดได้จากชานอ้อยความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมลาร์สำหรับกระบวนการปรับสภาพ และความเข้มข้นของกรดกำมะถัน 0.45 โมลาร์ สำหรับกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดกำมะถัน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้น้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด 39 กรัมต่อ 100 กรัมของชานอ้อย

คำสำคัญ: ชานอ้อย, น้ำตาลรีดิวซ์, ไฮโดรไลซิส

Abstract

Sugarcane bagasse obtained a waste from sugarcane process composed mainly of hemicelluloses, celluloses and lignin were used as raw material for reducing sugar production. The sugarcane bagasse was pretreated with sodium hydroxide solution and hydrolyzed with

sulfuric acid solution to obtain reducing sugar. The effects of 0.375 1.25 M sodium hydroxide for the pretreatment process and 0.18-0.72 M sulfuric acid solutions for hydrolysis process at 100 degree Celsius and reaction time of 24 hours on the amount of reducing sugar were investigated. Total reducing sugars were measured by DNS method. The results showed that an increase in the concentration of sodium hydroxide slightly increased the amount of reducing sugar. With increasing the sulfuric acid concentration from 0.18 to 0.45 M, the amount of reducing sugar tended to improve, and beyond the sulfuric acid concentration 0.45 M, the amount of reducing sugar tended to decrease. So, optimum conditions were using 1.0 M of sodium hydroxide for the pretreatment and using 0.45 M of sulfuric acid solutions for hydrolysis process at 100 degree Celsius for 24 hours. These could be obtained 39 g reducing sugar product / 100 g dry weight bagasse.

Keywords: Sugarcane bagasse, Reducing sugar, Hydrolysis

บทนำ

ปัจจุบันพลังงานในรูปเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil fuel) มีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วแปรผกผันตามการเพิ่มขึ้นของประชากรของโลกและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ทั่วโลกจึงให้ความสนใจในการนำเอทานอลมาผสมกับน้ำมันปิโตรเลียมเพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และยังมีส่วนช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องมากจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง วัตถุดิบที่นิยมใช้ในการผลิตเอทานอลได้แก่ มันสำปะหลัง และกากน้ำตาล ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลจึงมุ่งเน้นไปใช้วัตถุดิบประเภทอื่นมาทดแทน การนำเอาของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ที่อยู่ในรูปลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose material) มาผลิตเอทานอลเริ่มได้รับความสนใจมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่มีอยู่เป็นจำนวนมากและมีราคาถูก วัสดุชนิดลิกโนเซลลูโลสเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของเซลล์พืช ซึ่งเกิดขึ้นจากหน่วยย่อยของน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวหรือพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส ดังนั้นเมื่อทำการย่อยสลายเซลลูโลสให้กลายเป็นน้ำตาลกลูโคส และการย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสซึ่งเป็นโคพอลิเมอร์ของน้ำตาลคาร์บอน 5 และ 6 อะตอม จะได้น้ำตาลไซโลส แมนโนส อะราบิโนส และกลูโคส ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช [1] ซึ่งการย่อยสลายจะทำให้สายพอลิเมอร์ทั้งเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสถูกทำให้สั้นลงกลายเป็นน้ำตาลอิสระ เมื่อทำการหมักผลผลิตที่ได้เหล่านี้ด้วยเชื้อยีสต์จะได้เอทานอลออกมาในที่สุด

ชานอ้อย (Bagasse) เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการหีบอ้อยเพื่อผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อย เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมที่มีปริมาณมากและสม่ำเสมอ กากของเสียเหล่านี้จัดเป็นของเสียที่มีองค์ประกอบของพวกลิกโนเซลลูโลสจำนวนมาก องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยชานอ้อยแห้ง พบว่าประกอบด้วยอัลฟาเซลลูโลส ประมาณร้อยละ 45.5 เฮมิเซลลูโลสประมาณร้อยละ 27 ลิกนินประมาณร้อยละ 21.1 และอื่นๆ ประมาณร้อยละ 6.9 [2] ซึ่งเป็นแหล่งสำหรับการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) โดย

กระบวนการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์แบ่งออกเป็น 2 กระบวนการหลัก คือ กระบวนการปรับสภาพเพื่อกำจัดสารพวกลิกนินที่มีสมบัติไปห่อหุ้มหรือเคลือบโครงสร้างของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส และกระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ซึ่งเป็นการย่อยเซลลูโลสให้ได้น้ำตาลรีดิวซ์เป็นผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากชานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เนื่องจากชานอ้อยมีองค์ประกอบของเซลลูโลสในปริมาณที่เหมาะสม ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.375-1.25 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับกระบวนการปรับสภาพและความเข้มข้นของกรดกำมะถัน 0.18 – 0.72 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงสำหรับกระบวนการไฮโดรไลซิส วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี 3,5-Dinitrosalicylic acid (DNS) reagent [3]

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์

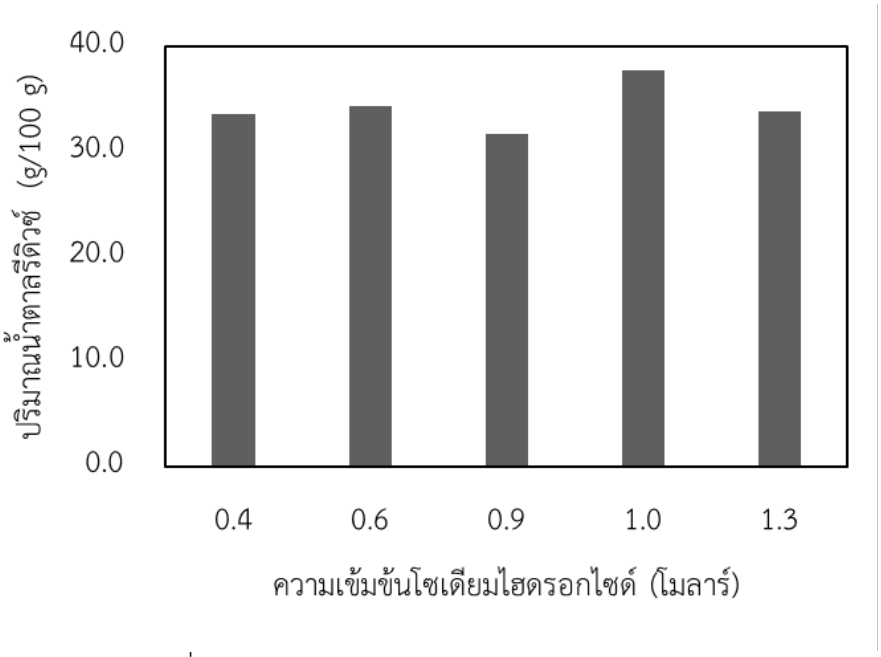
นำชานอ้อยมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆและ นำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำมาลดขนาดด้วยเครื่องบด ปรับสภาพโดยนำไปแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 0.375-1.25 โมลาร์ และสัดส่วนของชานอ้อยต่อสารละลาย 1:10 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำชานอ้อยที่ผ่านการปรับสภาพ ล้างด้วยน้ำกลั่นให้ค่า pH เท่ากับ 7 นำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แช่ชานอ้อยที่ที่ได้ไปผ่านกระบวนการปรับสภาพด้วยสารละลายกรดกำมะถัน 0.18 – 0.72 โมลาร์ และสัดส่วนของชานอ้อยต่อสารละลาย 1:10 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงสำหรับกระบวนการไฮโดรไลซิส จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี DNS [3]

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

การปรับสภาพวัตถุดิบ

การปรับสภาพชานอ้อยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนนำไปผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสเพื่อให้เกิดเป็นน้ำตาลรีดิวซ์นั้น วัตถุประสงค์หลักเพื่อแตกโครงสร้างของลิกนินซึ่งมีสมบัติห่อหุ้มเส้นใยของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเข้าด้วยกัน เนื่องจากสารประกอบลิกนินจะทำให้มีผลต่อขั้นตอนกระบวนการย่อยสลาย ซึ่งถ้าไม่ทำการกำจัดลิกนินออกก็จะทำให้การย่อยสลายนั้นทำได้ยาก การศึกษาครั้งนี้จะใช้ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.375-1.25 โมลาร์สำหรับปรับสภาพชานอ้อยโดยใช้สัดส่วนของชานอ้อยต่อสารละลาย 1:10กรัมต่อมิลลิลิตรและความเข้มข้นกรดกำมะถัน 0.63 โมลาร์ที่อุณหภูมิคงที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเมื่อความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 31.77 – 37.76 g/100 g ชานอ้อยแห้งดังรูปที่ 1 เมื่อเพิ่มความ

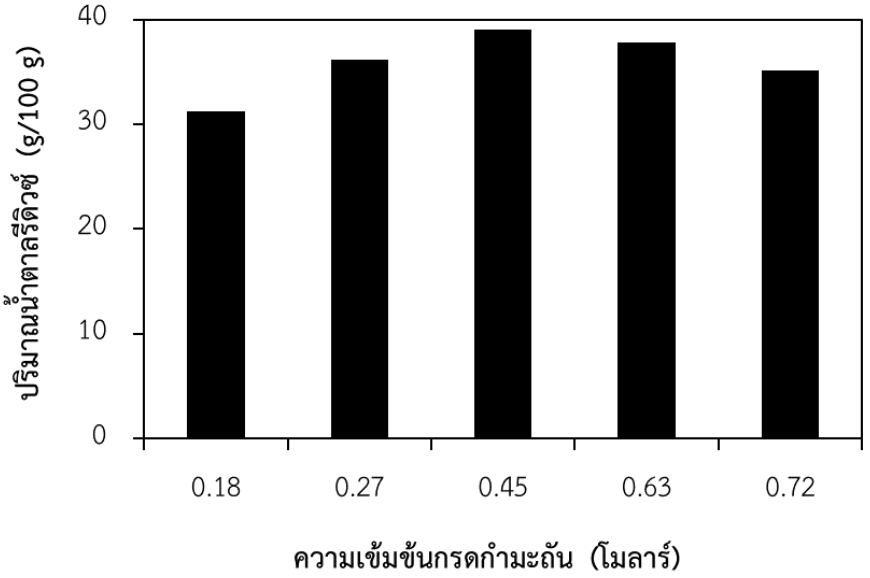
เข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ปริมาณของเซลลูโลสเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณเฮมิเซลลูโลสและลิกนินลดลง [4] ซึ่งเบสเหล่านี้เข้าไปทำลายโครงสร้างของลิกนินที่ปกคลุมอยู่ภายนอก ปรับสภาพให้วัตถุดิบอยู่ในสภาพที่ง่ายต่อการไฮโดรไลซิส เพิ่มพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และลดการเกิดผลึกของเซลลูโลส [5] ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายของเซลลูโลส [6] แต่ทว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นเบสแก่ ซึ่งในบางครั้งโซเดียมไฮดรอกไซด์ไม่ได้กำจัดลิกนินออกไปเพียงอย่างเดียวแต่อาจทำลายเฮมิ-เซลลูโลสและเซลลูโลสบางส่วนออกไปด้วย เป็นผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์และ
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ความเข้มข้นกรดกำมะถัน 0.63 โมลาร์

การไฮโดรไลซิส

กระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดซึ่งเป็นการย่อยเซลลูโลสให้ได้น้ำตาลรีดิวซ์โดยใช้กรดกำมะถัน 0.18 – 0.72 โมลาร์โดยใช้ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมลาร์ที่อุณหภูมิคงที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงดังรูปที่ 2 พบว่าเมื่อความเข้มข้นกรดกำมะถันเพิ่มขึ้นจาก 0.18 ไปเป็น 0.45 โมลาร์ มีผลทำให้ปริมาณน้ำตารีดิวซ์เพิ่มขึ้นจนได้ปริมาณสูงสุด ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มความเข้มข้นกรดกำมะถัน จะทำให้การย่อยสลายเซลลูโลสด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเพิ่มขึ้น แต่หลังจากเพิ่มระดับความเข้มข้นของกรดกำมะถันที่สูงกว่า 0.45 โมลาร์ มีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง อาจเป็นผลจากความเข้มข้นกรดกำมะถันที่มากเกินไปทำให้เกิดการทำลายโครงสร้างของน้ำตาลรีดิวซ์ โดยจะดึงเอาโมเลกุลของไฮโดรเจนและออกซิเจนออกจากโมเลกุลของน้ำตาลเกิดเป็นเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียง หรือเกิดเฟอร์ฟิวรอล [4] จึงทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของกรดกำมะถันที่สูงกว่า 0.45 โมลาร์



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกรดกำมะถันและ
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมลาร์

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากชานอ้อยครั้งนี้ใช้ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.375-1.25 โมลาร์ สำหรับปรับสภาพชานอ้อยโดยใช้สัดส่วนของชานอ้อยต่อสารละลาย 1:10กรัมต่อมิลลิลิตรและความเข้มข้นกรดกำมะถัน 0.63 โมลาร์ที่อุณหภูมิคงที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเมื่อความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มข้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดเพิ่มขึ้นจาก 31.77 – 37.76 g/100 g ชานอ้อยแห้ง และสำหรับกระบวนการย่อยสลายเซลลูโลสให้ได้น้ำตาลรีดิวซ์โดยใช้กรดกำมะถัน 0.18 – 0.72 โมลาร์ ที่ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมลาร์ที่อุณหภูมิคงที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเมื่อความเข้มข้นกรดกำมะถันเพิ่มขึ้นจาก 0.18 ไปเป็น 0.45 โมลาร์ มีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นจาก 31.25 – 39.06 g/100 g ชานอ้อยแห้ง ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มความเข้มข้นกรด จะทำให้การย่อยด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของกรดกำมะถันที่สูงกว่า 0.45 โมลาร์ มี ผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง เนื่องจากเกิดการทำลายโครงสร้างของน้ำตาลรีดิวซ์เมื่อความเข้มข้นกรดกำมะถันที่มากเกินไป ดังนั้นสภาวะเหมาะสมปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สกัดได้จากชานอ้อยความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมลาร์สำหรับกระบวนการปรับสภาพ และความเข้มข้นของกรดกำมะถัน 0.45 โมลาร์ สำหรับกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดกำมะถัน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้น้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด 39 กรัมต่อ 100 กรัมของชานอ้อย

เอกสารอ้างอิง

[1] Bosch, P., Wallberg, O., Joelsson, E., Galbe, M. and G. Zacchi. (2010). Impact of dual temperature profilein dilute acid hydrolysis of spruce for ethanol production. *Biotechnology for Biofuels*, 3, 12.

[2] Rocha G. J. M, Martin C., Soares I. B., Maior A. M. S., Baudel H. M., de Abreu C. A. M. (2011) Dilute mixed-acid pretreatment of sugarcane bagasse for ethanol production. *Biomass Bioenerg*. 35, 663-670.

[3] Miller G.L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugars.
Anal Chem, 31, 426-429.

[4] นันทิกา คล้ายชม, เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ และอนุสิษฐ์ ธนะพิมพ์เมธา. (2554). การผลิตน้ำตาลรีดิวส์จากซางข้างฟางหวานโดยกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรด. *วิศวกรรมสาร มก.*, 24, 91-102.

[5] Sun, Y. and Cheng, J. (2002). Hydrolysis oflignocellulosic materials for ethanol production: A review. *Biores. Technol*., 83, 1-11.

[6] Chen, B.Y., Chen, S.W. and Wang, H.T. (2012), Use of different alkaline pretreatments and enzyme models to improve low-cost cellulosic biomass conversion. *Biom. Bioen*, 39, 182-191.