

**อิทธิพลของสภาวะการระเบิดด้วยไอน้ำที่มีต่อการแยกองค์ประกอบทางเคมีจากหญ้าแฝก
และการเตรียมไฮโดรไลเสทเพื่อผลิตไซลิทอล**

**Influence of Steam Explosion Conditions on Chemicals Fractionation from Vetiver Grass
(*Vetiveria zizanioides* Nash) and Hydrolysate Preparation for Xylitol Production**

สุวิชญา รอดกำเหน็ด¹ สาวิตรี จันทร์านุรักษ์¹ วิทยา บัณสุวรรณ² และพิลาณี ไวถนอมสัตย์³

Suwichaya Rodkamnerd¹, Sawitri Chuntranuluck¹, Vitaya Punsuvon² and Pilanee Vaithanomsat³

บทคัดย่อ

จากการทดลองแยกองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแฝก (*Vetiveria zizanioides* Nash) ด้วยไอน้ำ ที่ความรุนแรงในช่วง $\log R_o = 3.03-4.13$ (ที่ความดัน 15 และ 17 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรืออุณหภูมิ 203, 208 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1, 3, 5, 7 และ 9 นาที พบว่าปริมาณของน้ำตาลไซโลส กลูโคส เฟอรัล 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอรัล กรดอะซิติก และสารประกอบฟีนอลิกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความดัน และระยะเวลาของการระเบิดด้วยไอน้ำ โดยสภาวะที่ให้ความเข้มข้นไซโลสสูงสุดที่ร้อยละ 0.831 คือ ความดัน 17 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (203 องศาเซลเซียส) เวลา 5 นาที เมื่อทำการเปลี่ยนน้ำตาลโอลิโกเมอร์ของไซโลสในไฮโดรไลเสทให้เป็นน้ำตาลไซโลส ด้วยการไฮโดรไลซ์ในสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 % (w/v) ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 45 นาที พบว่าน้ำตาลไซโลสเพิ่มจากร้อยละ 0.831 เป็น 3.917

คำสำคัญ : หญ้าแฝก การระเบิดด้วยไอน้ำ เหมเซลลูโลส

ABSTRACT

This research studied on fractionation of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* nash) using steam explosion with the severity ($\log R_o$) of 3.03-4.13, was done at pressure 15 and 17 kg/cm² (203, 208 °C) for 1, 3, 5, 7 and 9 min. It was found that the contents of xylose, glucose, furfural, 5-hydroxymethylfurfural, acetic acid, and total phenolic compound increased with increasing pressure and time. The highest xylose concentration of 0.831% was obtained under the condition at 17 kg/cm² (203°C) and 5 min. Further

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900

² ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Chemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900

³ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University, Bangkok 10900

hydrolysis of xylooligosaccharides in hydrolysate to xylose with 1% (w/v) sulfuric acid at 120 °C for 45 min improved the yield of xylose from 0.831 to 3.917 %.

Keywords : vetiver grass, steam explosion, hemicellulose

E-mail : suwichaya.gift@hotmail.com

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาความเสื่อมโทรมของหน้าดินจากการกัดเซาะของน้ำ และจากสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร เนื่องจากหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงในการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยศักยภาพนี้จะสูงขึ้นเมื่อมีการแตกหน่อและกอเพิ่มมากขึ้น จากการกระตุ้นด้วยการตัดส่วนใบและต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2535) ทำให้ได้ส่วนใบและต้นเป็นวัสดุเหลือทิ้ง ที่สามารถนำมาแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มเช่น การผลิตไซลิทอลจากน้ำตาลไซโลส (Datar et al, 2007) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเฮมิเซลลูโลส การผลิตไซลิทอลมี 2 วิธีคือ วิธีทางเคมี และวิธีทางชีวภาพ ซึ่งการผลิตไซลิทอลในปัจจุบันใช้วิธีทางเคมี ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงในการทำให้บริสุทธิ์ การแยกองค์ประกอบเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยกระบวนการอุตสาหกรรมแบบเดิมนั้นนิยมใช้สารเคมีในการย่อยสลาย แต่ในปัจจุบันการระเบิดด้วยไอน้ำ (steam explosion) กำลังได้รับความสนใจ เนื่องจากมีข้อดี คือ มีประสิทธิภาพสูงในการแยกองค์ประกอบ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ดังนั้นจึงนำมาซึ่งงานวิจัยการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาผลิตน้ำตาลไซลิทอลด้วยวิธีทางชีวภาพ โดยใช้เทคนิคการระเบิดด้วยไอน้ำ (steam explosion) ในการแยกน้ำตาลไซโลสจากหญ้าแฝก

อุปกรณ์และวิธีการ

นำหญ้าแฝกหอม (*Vetiveria zizanioides* Nash) สายพันธุ์ศรีลังกา จากกรมพัฒนาที่ดิน อำเภอเมืองจังหวัดพิจิตร มาทำการตากแห้งลดขนาดให้มีความยาวประมาณ 1 นิ้ว แล้วนำไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแฝก จากนั้นนำหญ้าแฝกแห้ง 200 กรัม ผ่านกระบวนการระเบิดไอน้ำด้วยเครื่องระเบิดไอน้ำของบริษัท Kitto Koatsu ประเทศญี่ปุ่น ชนิดทำงานเป็นครั้ง (batch) ขนาดความจุ 2.5 ลิตร ที่สภาวะความดัน 15 และ 17 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (203 และ 204°C) ตามลำดับ เป็นเวลา 1,3,5,7 และ 9 นาที นำส่วนที่ได้จากการระเบิดด้วยไอน้ำมาปรับปริมาตรให้ได้ 1.2 ลิตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที กรองแยกไฮโดรไลเซตและเยื่อออกจากกัน โดยนำส่วนไฮโดรไลเซตมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคส ไซโลส และอนุพันธ์ที่เกิดจากการสลายตัวของน้ำตาล ได้แก่ กรดอะซิติก เฟอร์ฟูรอล 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล และสารประกอบฟีนอลิก ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC; Shimadzu LC 10A, ประเทศญี่ปุ่น) คอลัมน์ Aminex HPX-87H (BioRad ประเทศญี่ปุ่น) ที่สภาวะ mobile phase 0.005 N H₂SO₄ อัตราการไหล 0.6 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้ Detector ชนิด Refractive index (RI) detector และ UV 277 นาโนเมตร ทำการย่อยไฮโดรไลเซตด้วยกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 1 และ 2% w/v ที่อุณหภูมิ 120

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ไชโลส และอนุพันธ์ที่เกิดการสลายตัวของของน้ำตาล

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการทดลองพบว่าหญ้าแฝก ประกอบด้วย สารแทรก ลิกนิน ไฮโดรเซลลูโลส เซลลูโลส เพนโตแซน และเถ้า เท่ากับร้อยละ 9.12, 9.97, 59.85, 30.71, 29.13 และ 2.89 เมื่อเทียบกับกับน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝก ตามลำดับ ตารางที่ 1 แสดง ค่าร้อยละขององค์ประกอบในไฮโดรไลเซสที่ได้หลังจากการระเบิดหญ้าแฝกด้วยไอน้ำ

ตารางที่ 1 ปริมาณขององค์ประกอบต่างๆ ในไฮโดรไลเซสหญ้าแฝกหลังการระเบิดด้วยไอน้ำ โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝก 200 กรัม

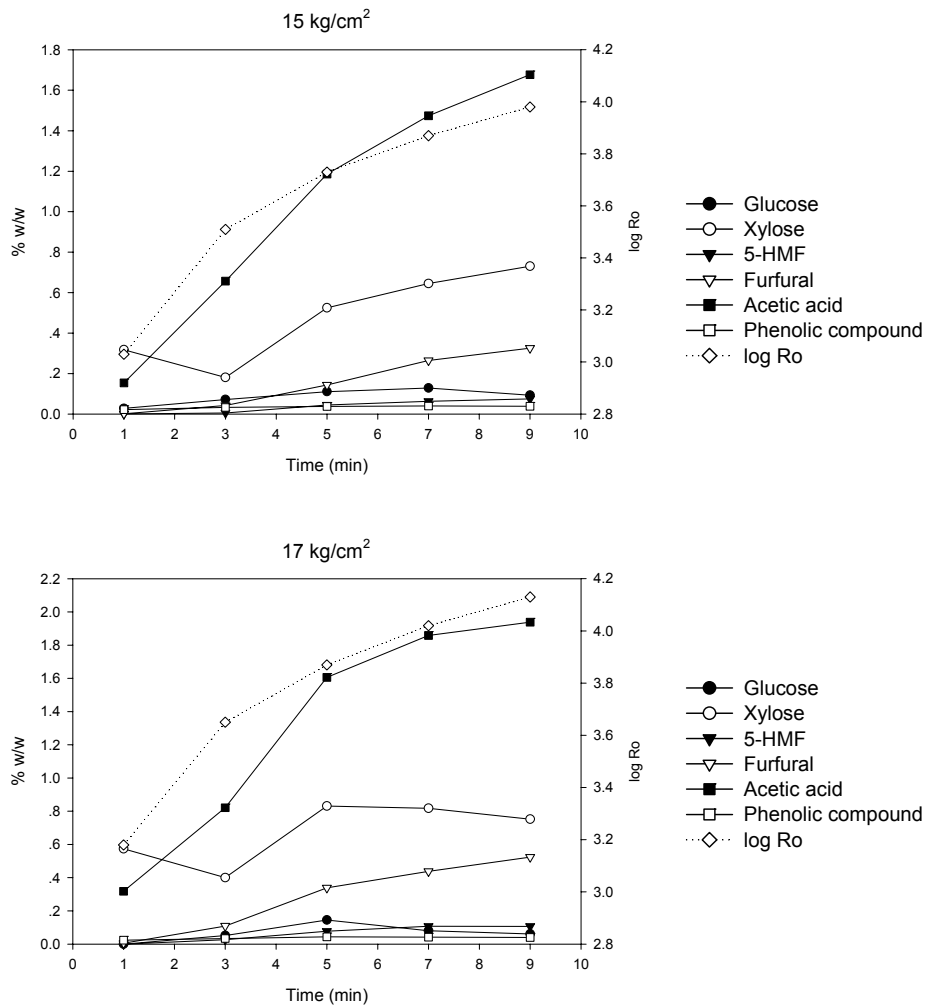
Pressure (kg/cm ²)	Time (min)	log Ro*	% w/w					Total phenolic compound
			Glucose	Xylose	Acetic acid	Furfural	5-HMF	
15	1	3.03	0.028	0.318	0.154	0.0015	0.001	0.022
15	3	3.51	0.072	0.181	0.657	0.043	0.006	0.033
15	5	3.73	0.111	0.525	1.186	0.144	0.045	0.038
15	7	3.87	0.129	0.645	1.474	0.265	0.063	0.04
15	9	3.98	0.093	0.731	1.677	0.326	0.075	0.039
17	1	3.18	0	0.574	0.318	0.006	0	0.024
17	3	3.65	0.052	0.400	0.821	0.109	0.027	0.034
17	5	3.87	0.145	0.831	1.606	0.339	0.078	0.044
17	7	4.02	0.081	0.818	1.858	0.438	0.108	0.042
17	9	4.13	0.061	0.752	1.938	0.524	0.107	0.040

* log Ro = log {t exp [(T-100)/14.75]}

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในไฮโดรไลเซสของหญ้าแฝกมีน้ำตาลไชโลสมากกว่าน้ำตาลกลูโคส เนื่องจากไฮโดรไลเซสมีส่วนของเฮมิเซลลูโลสซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลโอลิโกเมอร์ของไชโลสเป็นหลัก มีน้ำตาลกลูโคสในปริมาณน้อย นอกจากนั้นการเกิดไฮโดรไลซิสที่ภายในสายเซลลูโลสของเยื่อ อาจทำให้มีน้ำตาลกลูโคสปนออกมาบ้าง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอนุพันธ์ของกลูโคส คือ 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอรูรอลที่มีปริมาณต่ำด้วยเช่นกัน

ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของน้ำตาลกลูโคส ไชโลส และอนุพันธ์ของน้ำตาลต่างๆ ที่เกิดจากการสลายตัวระหว่างการระเบิดด้วยไอน้ำที่สภาวะต่างๆ โดยพบว่า เมื่อ log Ro มีค่าสูงขึ้น กรดอะซิติกจะมีค่าสูงขึ้นเช่นกันและจะไปส่งเสริมการย่อยสลายโอลิโกเมอร์ของน้ำตาลไชโลส ให้เป็นน้ำตาลไชโลสสูงขึ้น แต่เมื่อค่า log Ro ตั้งแต่ 4.0 ขึ้นไป

ความรุนแรงในการระเบิด จะทำให้ปริมาณน้ำตาลไซโลสลดลงและเปลี่ยนไปเป็นอนุพันธ์ คือ เฟอรัฟอรอลมากขึ้น แต่ค่า log Ro ไม่ส่งผลต่อปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกเป็นอนุพันธ์ที่เกิดจากการย่อยสลายลิกนินที่มีเป็นโครงสร้างแข็งแรง ที่ส่วนใหญ่ยังคงค้างอยู่ในเยื่อ สารประกอบฟีนอลิกที่พบในไฮโดรไลเสทนั้นอาจเกิดจากการย่อยสลายของลิกนินที่มีโครงสร้างขนาดเล็ก ที่สามารถละลายได้ทั้งในกรดหรือในน้ำ



ภาพที่ 1 อิทธิพลของความดันและเวลาต่อปริมาณน้ำตาลไซโลส กลูโคส เฟอรัฟอรอล 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอรัฟอรอล กรดอะซิติก และสารประกอบฟีนอลิก

จากการทดลองพบว่าสภาวะที่ให้ปริมาณน้ำตาลไซโลสสูงสุด ร้อยละ 0.831 โดยมีปริมาณกรดอะซิติก เฟอรัฟอรอล และ 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอรัฟอรอลอยู่ในเกณฑ์ต่ำ คือร้อยละ 1.6065, 0.339 และ 0.0785 ตามลำดับ คือการระเบิดหญ้าแฝกหอม ที่ความดัน 17 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที

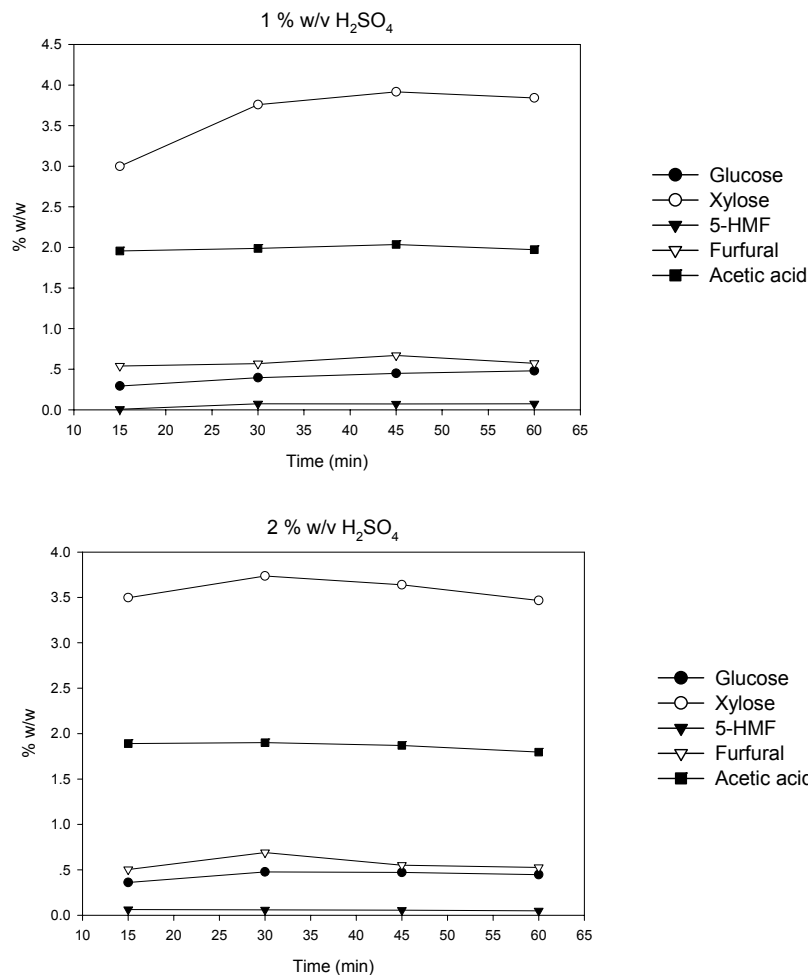
การย่อยโพลิโกเมอร์ของน้ำตาลไซโลสให้เป็นน้ำตาลไซโลสด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณองค์ประกอบต่างๆ ภายหลังจากการย่อยด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1 และ 2 %w/v ที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่าน้ำตาลกลูโคส ไซโลส กรดอะซิติก เฟอร์ฟูรอล 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล และสารประกอบฟีนอลิก มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงเวลาประมาณ 45 นาที จึงมีปริมาณค่อยๆ ลดลง โดยได้ปริมาณน้ำตาลไซโลสสูงสุดร้อยละ 3.917 เมื่อใช้สารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1 %w/v เป็นระยะเวลา 45 นาที ดังนั้นการย่อยด้วยสารละลายกรดสามารถเพิ่มปริมาณไซโลสจากการระเบิดด้วยไอน้ำได้

Table 2 ปริมาณขององค์ประกอบต่างๆ ในไฮโดรไลเสทหญ้าแฝกหลังจากการย่อยสลายด้วยกรด โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝก 200 กรัม

% H ₂ SO ₄	Time (min)	% w/w				
		Glucose	Xylose	Acetic acid	Furfural	5-HMF
1	15	0.293	3.000	1.956	0.539	0.007
1	30	0.396	3.759	1.988	0.568	0.074
1	45	0.449	3.917	2.036	0.670	0.072
1	60	0.479	3.843	1.973	0.572	0.074
2	15	0.361	3.497	1.890	0.503	0.063
2	30	0.477	3.736	1.901	0.690	0.059
2	45	0.471	3.639	1.870	0.550	0.056
2	60	0.448	3.466	1.797	0.527	0.049

จากภาพที่ 2 พบว่าเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายด้วยกรดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไซโลสมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบอื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณต่ำมาก



ภาพที่ 2 อิทธิพลของความเข้มข้นกรดซัลฟูริกและเวลาต่อปริมาณน้ำตาลไซโลส กลูโคส เฟอร์ฟูรอล 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล กรดอะซิติก และสารประกอบฟีนอลิก

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สภาวะที่เหมาะสมในการแยกเฮมิเซลลูโลสจากหญ้าแฝก 200 กรัม ด้วยการระเบิดด้วยไอน้ำ คือ ความดัน 17 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที โดยสามารถแยกน้ำตาลไซโลสสูงสุดร้อยละ 0.831 จากนั้นนำไฮโดรไลสที่ได้ไปทำการย่อยสลายโอลิโกเมอร์ของน้ำตาลไซโลสด้วยสารละลายกรด โดยสภาวะที่เหมาะสม คือ ใช้สารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1% w/v แล้วนำไปไฮโดรไลซิสที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จะได้น้ำตาลไซโลสสูงชันเป็นร้อยละ 3.917 โดยในไฮโดรไลสหลังการย่อยสลายโอลิโกเมอร์ของน้ำตาลไซโลส ยังมีปริมาณ กรดอะซิติก เฟอร์ฟูรอล 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล และสารประกอบฟีนอลิกอยู่ในปริมาณมาก ซึ่งสารเหล่านี้สามารถยับยั้งการเจริญและการผลิตไซลิทอลของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการหมัก ดังนั้นแนวทางที่ควรศึกษาต่อไป คือ การกำจัดสารพิษเหล่านี้ให้มีปริมาณลดลง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการหมักไซลิทอลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.) ในปีงบประมาณ 2551

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2535. หญ้าแฝก *Vetiveria zizanioides* Nash. ฝ่ายการพิมพ์ กองแผนที่และการพิมพ์ กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

Datar, R., J. Huang, P.C Maness, A. Mohaghagheghi, S. Czernik and E. Chornet. 2007. Hydrogen production from the fermentation of corn stover biomass pretreated with a steam-explosion process. *Hydrogen Energy*. 32: 932-939.