การผลิตน้ำตาลจากการย่อยสลายโมเลกุลของชานอ้อยโดยใช้กรดซัลฟูริก

PRODUCTION OF SUGAR FROM MOLECULAR DEGRADATION OF SUGAR CANE BAGASSE BY USING SULFURIC ACID

ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล และ ชมพูนุช หาญนันทวิวัฒน์
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพฯ 10330
โทร. 02-2186777 โทรสาร 02-2186780, E-mail : fnesbc@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

ชานอ้อยประกอบด้วยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ ส่วนประกอบเหล่านี้สามารถเปลี่ยนให้เป็นน้ำตาล เมื่อนำน้ำตาลที่ได้มาหมักต่อจะได้เอทานอล ซึ่งเป็นที่ต้องการมากในปัจจุบันสำหรับผลิตแก๊สโซฮอล์ การไฮโดรไลซ์ชานอ้อยเพื่อให้ได้น้ำตาลมีผลดี เนื่องจากเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตที่ได้ อีกทั้งช่วยลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม วัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อหาความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการไฮโดรไลซ์ชานอ้อยให้ได้น้ำตาลสูงสุด ผลการวิจัยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โมเลกุลของชานอ้อย คือ 3% กรดซัลฟูริก ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 30 นาที ได้น้ำตาลรีดิวซ์ 53.73% คิดเป็น 80.5% ของเฮมิเซลลูโลสที่ถูกย่อยสลาย และได้ทำการวิเคราะห์น้ำตาลแต่ละชนิดพบว่าประกอบด้วย น้ำตาลไซโลส กลูโคส และอะราบิโนส มีค่า 25.76 กรัมต่อลิตร, 9.72 กรัมต่อลิตร และ 3.38 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ABTRACT

Sugar cane bagasse is mainly composed of cellulose and hemicellulose which can be converted to sugars and then further produce ethanol by fermentation, with a recent required to produce gassohol. The hydrolysis of sugar cane bagasse has a double consequence, the generation of a value-added product and the elimination of a waste. The objective of the study was to determine the effects of H_2SO_4 concentration, temperature and reaction time on the production of sugars. The optimum H_2SO_4 concentration of 3% at 120 °C and reaction time of 30 min were found in this studied. Under this condition 53.73% of reducing sugar was obtained. The amount of xylose, glucose and arabinose were also analyzed and found 25.76 g/l, 9.72 g/l and 3.38 g/l, respectively.

1. บทนำ

เนื่องจากความต้องการใช้แก๊สโซฮอล์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แก๊สโซฮอล์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีส่วนผสมของเอทานอล 10% ซึ่งในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มเป็น 20% จึงมีความต้องการวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้นจำนวนมาก การหาแหล่งวัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศซึ่งสามารถนำมาผลิตให้เพียงพอกับความต้องการเป็นเรื่องที่ควรศึกษาวิจัย

ชานอ้อยหรือกากอ้อย คือ กากใยที่เหลือหลังจากหีบน้ำอ้อยออกจากกระบวนการผลิตน้ำตาลในโรงงานน้ำตาล แต่ละปีจะมีชานอ้อยปริมาณมากออกมา ส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานน้ำตาล อีกส่วนหนึ่งนำไปใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ชานอ้อยประกอบด้วยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ประมาณ 60-70% ซึ่งในโมเลกุลของเซลลูโลสประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสต่อ ๆ กัน ส่วน เฮมิเซลลูโลสประกอบด้วยน้ำตาลไซโลสหลาย ๆ โมเลกุลต่อกัน และน้ำตาลอะราบิโนส การย่อยสลายเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลกลูโคส ไซโลส และอะราบิโนส เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์ (เอทานอล) เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง [2,3] น้ำตาลที่ได้จากการย่อยสลาย เมื่อนำมาหมักด้วยยีสต์จะได้แอลกอฮอล์จากนั้นนำไปกลั่นจะได้แอลกอฮอล์บริสุทธิ์ ซึ่งสามารถนำไปผสมกับน้ำมันเบนซินในอัตราส่วน 10% ที่รู้จักกันในนามของแก๊สโซฮอล์ การผลิตน้ำตาลจากชานอ้อยมีข้อดีที่ชานอ้อยไม่มีมูลค่า มีปริมาณมากอีกทั้งช่วยลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม

การไฮโดรไลซ์ด้วยกรด เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ย่อยสลายโมเลกุลของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว [4-14] ปริมาณน้ำตาลที่ได้ขึ้นกับสภาวะในการไฮโดรไลซ์ ได้แก่ ความเข้มข้นของกรด อุณหภูมิและความดันของการเกิดปฏิกิริยา ระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลาย อีกวิธีหนึ่ง คือ การย่อยสลายด้วยรังสีหรือรังสีร่วมกับกรด รังสีจะช่วยย่อยสลายโมเลกุลของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ให้มีขนาดเล็กลง จึงเพิ่มพื้นที่ผิวในการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด งานวิจัยที่ใช้รังสีหรือรังสีร่วมกับกรด [1,15-18] พบว่า ต้องใช้รังสีที่มีปริมาณสูงถึงมีผลในการย่อยสลายโมเลกุลของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ประกอบกับ

RECEIVED 4 July, 2005
ACCEPTED 29 September, 2006

ค่าใช้จ่ายในการฉายรังสีปริมาณสูงมีราคาแพง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การย่อยสลายโมเลกุลของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสด้วยกรด วัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโมเลกุลของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสในชานอ้อยด้วยกรดซัลฟูริกให้เป็นน้ำตาล

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีวิจัย

2.1 การเตรียมตัวอย่างและเครื่องมือวิเคราะห์

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชานอ้อย จากโรงงานน้ำตาล จังหวัดนครปฐม

การเตรียมตัวอย่าง : นำชานอ้อยไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 2 วัน นำมาบดด้วยเครื่องบด และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 1 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างที่เตรียมไว้ในเดสซิเคเตอร์เพื่อป้องกันความชื้น แบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งมาวิเคราะห์หาปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ด้วยวิธีของ Van Soest et al. [19] นำตัวอย่างชานอ้อยอีกส่วนหนึ่งไปไฮโดรไลซ์ด้วยกรดซัลฟูริกโดยใช้เครื่อง Autoclave ของ Hirayama รุ่น HA-300 MD จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสารละลายที่ได้จากการไฮโดรไลซ์โดยวิธีของ Somogyi & Nelson [20-21] และวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวแต่ละชนิดด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ของ Shimadzu รุ่น C-RIA โดยใช้ Lichrocart – NH2 Column

2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย

หาปริมาณ Neutral detergent fiber (NDF), Acid detergent fiber (ADF) และ Acid detergent lignin (ADL) ของชานอ้อย ด้วยวิธีของ Van Soest et al. [19] โดยปริมาณเยื่อใยในรูปของ NDF คือปริมาณเยื่อใยทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน, ปริมาณเยื่อใยในรูปของ ADF ประกอบด้วย เซลลูโลส และลิกนิน ส่วน ADL คือ ปริมาณลิกนิน จากความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ สามารถคำนวณหาปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ได้ดังนี้

เซลลูโลส (%)	=	ADF - ADL
เฮมิเซลลูโลส (%)	=	NDF - ADF
ลิกนิน (%)	=	ADL

2.3. การหาสภาวะที่เหมาะสม ในการไฮโดรไลซ์โมเลกุลของชานอ้อยด้วยกรดซัลฟูริก

การไฮโดรไลซ์โมเลกุลของชานอ้อยด้วยกรดซัลฟูริก โดยนำชานอ้อยมาไฮโดรไลซ์ด้วยกรดซัลฟูริกที่อุณหภูมิ 110 °C และ 120 °C ความเข้มข้นของกรด 1%-5% ระยะเวลา 10, 20 และ 30 นาที ใช้อัตราส่วนชานอ้อยต่อกรดซัลฟูริก เท่ากับ 1:10 (กรัมต่อมิลลิลิตร)

การหาอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยใช้ตัวอย่างหนัก 2 กรัม จำนวน 5 ตัวอย่าง บรรจุลงในขวดสำหรับ autoclave เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1%, 2%, 3%, 4% และ 5% ตามลำดับ ลงในขวดแต่ละใบ โดยใช้ปริมาตร 20 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน นำไปเข้าเครื่อง autoclave ที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 10 นาที กรองสารละลายที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธีของ Somogyi & Nelson [20-21] ทำการไฮโดรไลซ์เช่นเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น แต่ทำที่อุณหภูมิ 120 °C เปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ที่อุณหภูมิ 110 °C และ 120 °C การหาความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่เหมาะสม โดยใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น 1%-5% โดยเพิ่มความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกทีละ 0.2% ตามลำดับ นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปไฮโดรไลซ์ที่อุณหภูมิ 120 °C (อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองข้างต้น) เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ การหาเวลาที่เหมาะสม โดยการไฮโดรไลซ์ตัวอย่างด้วย 3% กรดซัลฟูริก (ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองข้างต้น) ที่อุณหภูมิ 120 °C โดยใช้ระยะเวลา 10 นาที, 20 นาที และ 30 นาที ตามลำดับ นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสม นำชานอ้อยมาไฮโดรไลซ์ด้วยกรดซัลฟูริกในสภาวะที่เหมาะสม (3% กรดซัลฟูริก ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 30 นาที) นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาชนิด และปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวด้วยเครื่อง HPLC

2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ด้วยเครื่อง HPLC

การหาปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ในสารละลายที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ด้วยเครื่อง HPLC ทำได้โดยนำสารละลายที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ที่สภาวะที่เหมาะสม (3% กรดซัลฟูริก ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 30 นาที) มาปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้มีค่าประมาณ 5.0-6.0 โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ กรองสารละลายนำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวด้วยเครื่อง HPLC โดยใช้เงื่อนไขดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เงื่อนไขในการวิเคราะห์น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจากสารละลายที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ โดยใช้เครื่อง HPLC

	Xylose, arabinose และ glucose
Column	Lichrocart – NH_2 ขนาด 250 x 4 mm
Mobile phase	90% CAN in H_2O (v/v)
Flow rate	1.8 ml/min
Temperature	25 °C
Injection volume	20 µl
Detector	RID

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

3.1 ปริมาณเยื่อใยในตัวอย่างชานอ้อยก่อนการไฮโดรไลซ์

การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย ในตัวอย่างชานอ้อยก่อนทำการไฮโดรไลซ์ พบว่า ปริมาณเยื่อใยในรูปของ NDF ซึ่งประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน มีค่า 85.49% และปริมาณเยื่อใยในรูปของ ADF ซึ่งประกอบด้วย เซลลูโลส และลิกนิน มีค่า 49.30% ส่วน ADL มีค่า 8.2% คิดเป็นปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน 41.10%, 36.19% และ 8.20% ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

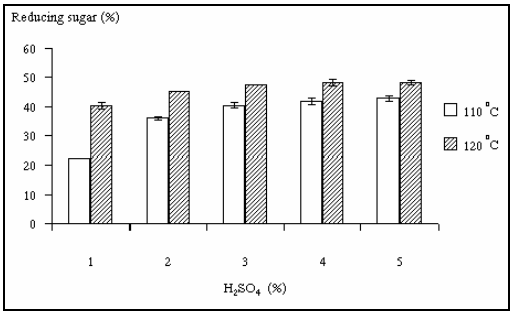
ตารางที่ 2 ปริมาณเยื่อใยในชานอ้อย

องค์ประกอบ	%โดยน้ำหนัก
NDF	85.49
ADF	49.30
ADL	8.20
เซลลูโลส	41.10
เฮมิเซลลูโลส	36.19
ลิกนิน	8.20

จะเห็นได้ว่าในตัวอย่างชานอ้อยมีปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสสูงถึง 77% ถ้าสามารถเปลี่ยนให้เป็นน้ำตาลได้หมดจะได้น้ำตาลปริมาณสูง จึงเป็นตัวอย่างที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ผลิตน้ำตาล น้ำตาลที่ได้เมื่อนำไปหมักต่อจะได้แอลกอฮอล์ (เอทานอล)

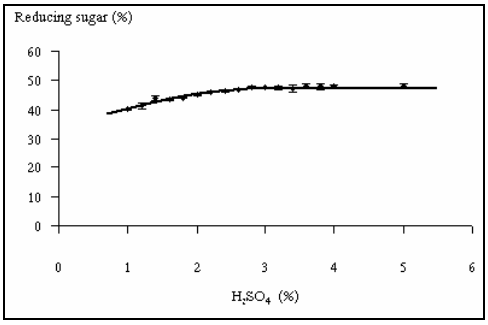
3.2 ผลการไฮโดรไลซ์โมเลกุลของชานอ้อยด้วยกรดซัลฟูริก

ผลการไฮโดรไลซ์ชานอ้อยที่อุณหภูมิ 110 °C กับ 120 °C โดยใช้ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก 1%, 2%, 3%, 4% และ 5% เป็นเวลา 10 นาที พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่อุณหภูมิ 120 °C มีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิ 110 °C ประมาณ 5-17% เมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นของกรดเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่อุณหภูมิ 110 °C และ 120 °C ที่ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกต่าง ๆ กัน พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่เพิ่มขึ้น และเริ่มคงที่ที่ 3% กรดซัลฟูริก และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 48.17% ที่อุณหภูมิ 120 °C, 5% กรดซัลฟูริก ดังรูปที่ 1 ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์ คือ 120 °C ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aguilar et al. [5] พบว่า solubilized fraction ของตัวอย่างชานอ้อยเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ณ ความเข้มข้นของกรดเดียวกัน และพบปริมาณน้ำตาลไซโลสสูงสุดที่อุณหภูมิ 122 °C โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 100 °C-128 °C ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก 2-6%



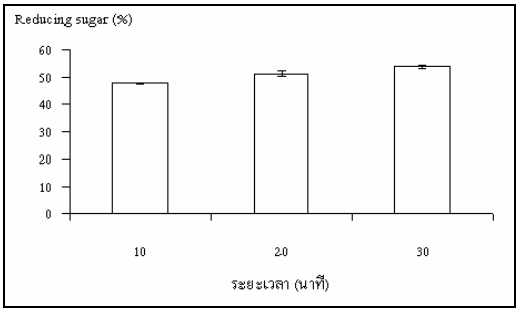
รูปที่ 1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในชานอ้อยที่ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซ์โมเลกุลของชานอ้อย โดยใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, และ 5 % ที่อุณหภูมิ 110 °C และ 120 °C เป็นเวลา 10 นาที โดยค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

ผลการหาความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่เหมาะสม โดยใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น 1-5% โดยเพิ่มความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกทีละ 0.2% ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 10 นาที พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น และจะเริ่มคงที่ที่ 3% กรดซัลฟูริก ดังรูปที่ 2 ดังนั้นความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์ คือ 3% กรดซัลฟูริก



รูปที่ 2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในชานอ้อยที่ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซ์โมเลกุลของชานอ้อย โดยใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 10 นาที โดยค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

ผลการหาระยะเวลาที่เหมาะสม โดยใช้ระยะเวลา 10, 20 และ 30 นาที ที่ 3% กรดซัลฟูริก อุณหภูมิ 120 °C พบว่า ที่เวลา 10 นาที ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้มีค่าน้อยที่สุด คือ 47.59% เมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 20 นาที และ 30 นาที ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้เพิ่มขึ้นโดยมีค่า 51.22% และ 53.73% ตามลำดับ ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์ คือ 30 นาที ดังรูปที่ 3 แสดงว่าปริมาณน้ำตาลที่ไฮโดรไลซ์ได้ใกล้จุดอิ่มตัว แต่ถ้าทำการไฮโดรไลซ์ต่อไปไซโลสบางส่วนจะสลายไปเป็น furfural ซึ่งเป็นสารที่ไม่ต้องการ [4,5] ซึ่งเวลาที่ได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Aguilar et al. [5] โดยพบสภาวะที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์ชานอ้อย คือ 2% กรดซัลฟูริก ที่อุณหภูมิ 122°C เวลาที่ดีที่สุดคือ 24 นาที ทำให้เฮมิเซลลูโลสถูกไฮโดรไลซ์ประมาณ 90%



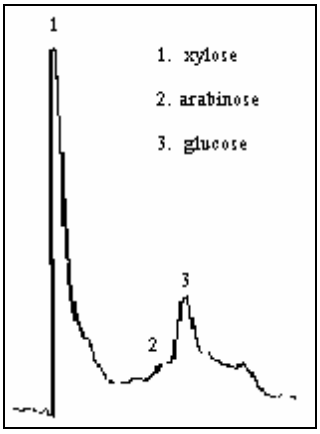
รูปที่ 3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสารละลายที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ (3% H_2SO_4, 120 °C, เวลา 10, 20 และ 30 นาที) โดยค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

จากการหาสภาวะในการไฮโดรไลซ์ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก และระยะเวลา พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โมเลกุลของชานอ้อย คือ 3% กรดซัลฟูริก ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นระยะเวลา 30 นาที ที่สภาวะนี้จะได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด คือ 53.73% โดยน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นน้ำตาล จากเฮมิเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากกรดเจือจางสามารถย่อยสลาย เฮมิเซลลูโลสได้ดี ส่วนกากที่เหลือจากการไฮโดรไลซ์ คือ เซลลูโลส ถ้านำมาไฮโดรไลซ์ต่อด้วยกรดเข้มข้นจะได้น้ำตาลกลูโคส ซึ่งจะทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ชานอ้อยจึงเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมที่จะนำมาผลิตน้ำตาลเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเอทานอล

3.3 ผลการวิเคราะห์น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวในสารละลายที่ได้จากการไฮโดรไลซ์

จากการวิเคราะห์น้ำตาลในสารละลายที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ด้วย 3% กรดซัลฟูริก ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 30 นาที พบว่าประกอบด้วยน้ำตาล 3 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลไซโลส กลูโคส และอะราบิโนส (รูปที่4) น้ำตาลไซโลสและอะราบิโนสเป็นน้ำตาลส่วนใหญ่ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์เฮมิเซลลูโลส ในขณะที่น้ำตาลกลูโคสมาจากเซลลูโลสบางส่วนถูกไฮโดรไลซ์ เนื่องจากกรดเจือจางสามารถย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสได้ดี แต่ย่อยสลายกลูโคสได้เพียงเล็กน้อย [4,5]

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้ง 3 ชนิด พบว่า ประกอบด้วยไซโลส 25.76 กรัมต่อลิตร, อะราบิโนส 3.38 กรัมต่อลิตร คิดเป็น 80.5% ของปริมาณเฮมิเซลลูโลสที่ถูกย่อยสลาย ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไซแลนและอะราแบนที่มีอยู่ในชานอ้อย [5] ส่วนปริมาณกลูโคสมีค่า 9.72 กรัมต่อลิตร และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Aguilar et al. [5] ได้ปริมาณน้ำตาลไซโลส และกลูโคสมีค่า 21.6 กรัมต่อลิตร, และ 3 กรัมต่อลิตร แสดงว่าความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น 1% (จาก 2% เป็น 3%) ทำให้ปริมาณน้ำตาลที่ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 2°C (จาก 120°C เป็น 122°C) ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลที่ได้



รูปที่ 4 แสดงพีคของน้ำตาลไซโลส (1), น้ำตาลอะราบิโนส (2) และน้ำตาลกลูโคส (3) จากการไฮโดรไลซ์โมเลกุลชานอ้อย ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 3% ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 30 นาที จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

4. สรุปผลการวิจัย

ในการนำชานอ้อย ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ด้วยการนำมาผลิตเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ โดยการไฮโดรไลซ์โมเลกุลของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบหลักของชานอ้อยด้วยกรดซัลฟูริก พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์โมเลกุลของชานอ้อยด้วยกรดซัลฟูริก คือ 3% กรดซัลฟูริก ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 30 นาที เป็นสภาวะที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าสูงสุด คือ 53.73% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสที่มีอยู่ในตัวอย่าง 77% นับว่า ชานอ้อยเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับนำมาผลิตน้ำตาล เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเอทานอล ในการหาปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว พบว่าน้ำตาลที่มีปริมาณสูงสุด คือ น้ำตาลไซโลส รองลงมา คือ กลูโคส และอะราบิโนส เนื่องจากกรดซัลฟูริกเจือจาง สามารถไฮโดรไลซ์โมเลกุลของเฮมิเซลลูโลสได้ดีกว่าโมเลกุลของเซลลูโลส และใน

โมเลกุลของเฮมิเซลลูโลส ประกอบด้วย น้ำตาลไซโลสเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น น้ำตาลไซโลสจึงมีปริมาณสูงสุด คือ 25.76 กรัมต่อลิตร รองลงมา คือ น้ำตาลกลูโคสมีค่า 9.72 กรัมต่อลิตร และน้ำตาลอะราบิโนสมีค่า 3.38 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็น 80.5% ของ เฮมิเซลลูโลสที่ถูกย่อยสลายเป็นน้ำตาลไซโลส และอะราบิโนส

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลด้วยเครื่อง HPLC และภาควิชาชีวเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในการใช้เครื่องมือ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ขวัญชนก จันทร์สว่าง. “การย่อยโมเลกุลของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยกระบวนการฉายรังสีแกมมา ร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์/ยูเรีย”, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2001.

[2] Sun, Y. and Cheng, Jiayang. “Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production-a review”, Bioresource Technology, Vol. 83, 2002, pp. 1-11.

[3] Cuzens, J.C. and Miller, J.R.. “Acid hydrolysis of bagasse for ethanol production”, Renewable Energy, Vol. 10, 1997, pp. 285-290.

[4] Lavarack, B.P., Griffin, G.J. and Rodman, D. “The acid hydrolysis of sugarcane bagasse hemicellulose to produce xylose, arabinose, glucose and other products”, Biomass and Bioenergy, Vol. 23, 2002, pp. 367-380.

[5] Aguilar, R., Ramirez, J.A., Garrote G. and Vazquez, M. “Kinetic study of the acid hydrolysis of sugar cane bagasse”, Journal of food Engineering Vol. 55, 2002, pp. 309-318.

[6] Liao, W., Liu, Y., Liu, C. and Chen, S. “Optimizing dilute acid hydrolysis of hemicellulose in a nitrogen-rich cellulosic matrial-dairy manure”, Biresource Technology, Vol. 94, 2004, pp. 33-41.

[7] Roberto, I.C., Mussatto, S.I. and Rodrigues, R.C.L.B. “Dilute-acid hydrolysis for optimization of xylose recovery from rice straw in a semi-pilot reactor”, Industrial crops and products, Vol. 17, 2003, pp. 171-176.

[8] Tsao, G. “Ethanol and chemicals from cellulosics”, Proceedings of the International Symposium : Alternative Sources of Energy for Agriculture, 1984, pp. 177-185.

[9] Trickett R. and Neytzell-de, W.F. “Dilute acid hydrolysis of bagasse hemicellulose”, Chemsa 1982, March, pp. 11-15.

[10] Youssef, K., Ghareib M. and El Dein, M.N. “Improvement of the biodegradation of some cellulosic wastes by acid pretreatment”, Acta Microbiologica Polonica, Vol. 40, 1991, pp. 187-195.

[11] Torget, R., Werdene, P., Himmel, M. and Grohmann, K. “Dilute acid pretreatment of short rotation woody and herbaceous crops”, Applied Biochemistry and Biotechnology, 1990, pp. 115-126.

[12] El-Taaboulsi, M., Nassar, M. and El-Rehim, E. Abd. “A modified method of nitric acid pulping of bagasse”, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 1983, pp. 387-396.

[13] Fontana, J., Corea, J., Duarte, J., Barbosa, A. and Blumel, M. “Aqueous phosphoric acid hydrolysis of hemicelluloses from sugarcane and sorghum bagasses”, Biotechnology and Bioengineering Symposium, Vol. 14 , 1984, pp. 175-185.

[14] Springer. “Hydrolysis of aspenwood xylan with aqueous solutions of hydrochloric acid”, TAPPI Journal, Vol. 49, 1966 pp. 102-106.

[15] Mamar, S. and Hadjadj, A.S. “A Radiation pretreatments of cellulose materials for the enhancement of enzymatic”, Radiation Physics and Chemistry, Vol. 35, 1990, pp. 451-455.

[16] Rahayu, C., Nazly, H., Erlinda, T.B. and Abbas, B. “Radiation and chemical pretreatment of cellulosic waste”, Radiation Physics and Chemistry, Vol. 42, 1993, pp. 695-698.

[17] Ardica, S., Calderaro, E. and Cappadona, C. “Radiation pre-treatments of cellulose materials for the enhancement of enzymatic hydrolysis”, Radiation Physics and Chemistry, Vol. 23, 1984, pp. 719-722.

[18] Zhao Xin, L. “Effect of Radiation pretreatment on enzymatic hydrolysis of rice straw with low concenttrations of alkali solutin”, Bioresource Technology, Vol. 43, 1993 pp. 13.17

[19] Van Soest, P.J. and Wine, R.H. “Determination. of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with. permanganate”, Journal of the Association of Official Analytical Chemists, Vol. 51, 1968, pp. 780-785

[20] Nelson, N. “A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose”, The Journal of Biological Chemistry, Vol. 153, 1944, pp. 375-381.

[21] Somogyi, M. “Notes on sugar determination.”, The Journal of Biological Chemistry, Vol. 195, 1952, pp. 19-23.