STUDY OF MONOMERIC SUGAR PRODUCTION FROM SUGARCANE BAGASSE USING MICROWAVE/CHEMICAL PRETREATMENT PROCESS

Kannika Jeamjumnunja

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University
2010

530036

Thesis Title:	Study of Monomeric Sugar Production from Sugarcane Bagasse using Microwave/Chemical Pretreatment Process
By:	Kannika Jeamjumnunja
Program:	Polymer Science
Thesis Advisors:	Assoc. Prof. Sujitra Wongkasemjit
	Asst. Prof. Apanee Luengnaruemitchai
	Dr. Thanyalak Chaisuwan

Accepted by The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

..... College Dean
(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:

....
(Assoc. Prof. Sujitra Wongkasemjit) (Asst. Prof. Apanee Luengnaruemitchai)

....
(Dr. Thanyalak Chaisuwan) (Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej)

....
(Asst. Prof. Bussarin Ksapabutr) (Dr. Siriluk Teeradakorn)

ABSTRACT

5172013063: Polymer Science Program
Kannika Jeamjumnunja: Study of Monomeric Sugar Production from Sugarcane Bagasse using Microwave/Chemical Pretreatment Process.
Thesis Advisors: Assoc. Prof. Sujitra Wongkasemjit, Asst. Prof. Apanee Luengnaruemitchai, and Dr. Thanyalak Chaisuwan 46 pp.
Keywords: Sugarcane bagasse/ Microwave technique/ Acid hydrolysis/ Alkali hydrolysis/ Pretreatment

Biofuel is an alternative energy resource that will be increasingly used in the future instead of fossil fuel, which has been continuously depleted. Sugarcane bagasse is a renewable source of biomass which is widely available in Thailand; it is mainly composed of cellulose and hemicellulose that can be pretreated to yield fermentable sugars for the production of value-added biofuel, namely, butanol and ethanol. Interestingly, microwave heating technique is now widely used in many applications of chemical research due to its fast heating, homogeneous temperature, reduced reaction time, and increased reaction rate. In this research, a suitable pretreatment condition of converting sugarcane bagasse to the highest amount of monomeric sugars via microwave technique was studied. Sugarcane bagasse was pretreated with sulfuric acid (H_2SO_4) or sodium hydroxide (NaOH) using microwave heating, and water, as a controlled experiment. The suitable conditions of the NaOH pretreatment were 0.5 % (w/v) NaOH with a 15:1 liquid-to-solid ratio at 40 °C for 5 min. In the case of the H_2SO_4 pretreatment, the optimal conditions were 2.0 % (v/v) H_2SO_4 with a 15:1 liquid-to-solid ratio at 120 °C for 15 min. Under optimal conditions, the sulfuric pretreatment released the highest total monomeric sugar yield of 51.50 g/100 g biomass (21.89 g of glucose and 29.61 g of xylose), which was much higher than those pretreated using NaOH.

บทคัดย่อ

นางสาว กรรณิกา เจียมจำนรรจา : การศึกษาการผลิตน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจากกากอ้อยโดยอาศัยกระบวนการย่อยสลายโครงสร้างพื้นฐานด้วยรังสีไมโครเวฟและสารเคมี (Study of Monomeric Sugar Production from Sugarcane Bagasse using Microwave/Chemical Pretreatment Process) อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. สุจิตรา วงศ์เกษมจิตต์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาภาณี เหลืองนฤมิตชัย และ ดร. ธัญญลักษณ์ ฉายสุวรรณ์ 46 หน้า

พลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกที่จะถูกนำมาใช้เพิ่มมากขึ้นในอนาคต เพื่อทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลซึ่งกำลังหมดไปอย่างต่อเนื่อง กากอ้อยเป็นชีวมวลชนิดหนึ่งที่พบได้มากในประเทศไทย มีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งจะสามารถถูกย่อยสลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวได้ และน้ำตาลเหล่านี้จะสามารถนำไปใช้หมักเพื่อให้ได้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ ได้แก่ บิวทานอลและเอทานอล ในปัจจุบันเทคนิคการให้ความร้อนด้วยรังสีไมโครเวฟถูกนำมาใช้ในงานวิจัยอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถให้ความร้อนได้อย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ ซึ่งช่วยลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาและช่วยเพิ่มอัตราการทำปฏิกิริยา งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมะสมในการย่อยสลายโครงสร้างพื้นฐานของกากอ้อยไปเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวให้ได้ปริมาณมากที่สุด โดยกากอ้อยจะถูกย่อยสลายด้วยกรดซัลฟิวริคหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีไมโครเวฟ ซึ่งใช้น้ำเป็นตัวทดลองควบคุม สภาวะที่เหมาะสมของการย่อยสลายโครงสร้างพื้นฐานด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดซัลฟิวริค คือ 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โซเดียมไฮดรอกไซด์ 15:1 อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 2.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร กรดซัลฟิวริค 15:1 อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ตามลำดับ ปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่ได้รับสูงสุดจากการย่อยสลายโครงสร้างพื้นฐานด้วยกรดซัลฟิวริคที่สภาวะเหมาะสม คือ 51.50 กรัมต่อ 100 กรัมชีวมวล โดยประกอบด้วยกลูโคส 21.89 กรัม และไซโลส 29.61 กรัม ซึ่งปริมาณน้ำตาลที่ได้รับมีปริมาณมากกว่าปริมาณน้ำตาลที่ได้จากการย่อยสลายโครงสร้างพื้นฐานด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to take this opportunity to thank Assoc. Prof. Sujitra Wongkasemjit, Asst. Prof. Apanee Luengnaruemitchai, Dr.Thanyalak Chaisuwan, Ph. D. Students, all of my friends, and staffs for their kind assistance, creative suggestion, and encouragement. I had enjoyable time working with all of them. The acknowledgments would not be complete without saying how much I appreciate the warm support I have received from my family. My special thanks go to them for their love, care, and understanding.

Finally, the author is grateful for the scholarship and funding of the thesis work provided by the Petroleum and Petrochemical College; and the National Center for Petroleum, Petrochemicals, and Advanced Materials.

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
Title Page		i
Abstract (in English)		iii
Abstract (in Thai)		iv
Acknowledgements		v
Table of Contents		vi
List of Tables		viii
List of Figures		ix
CHAPTER		
I	**INTRODUCTION**	1
II	**LITERATURE REVIEW**	2
III	**EXPERIMENTAL**	12
IV	**STUDY OF MONOMERIC SUGAR PRODUCING FROM SUGARCANE BAGASSE USING MICROWAVE/ CHEMICAL PRETREATMENT PROCESS**	16
	4.1 Abstract	16
	4.2 Introduction	17
	4.3 Experimental	18
	4.4 Results and Discussion	19
	4.5 Conclusions	36
	4.6 Acknowledgements	36
	4.7 References	36

CHAPTER		PAGE
V	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	39
	REFERENCES	40
	APPENDIX	43
	CURRICULUM VITAE	46

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
	CHAPTER II	
2.1	Composition of some agricultural lignocellulosic biomass	2
	CHAPTER IV	
4.1	Total yield of monomeric sugars of water-pretreated sugarcane bagasse under different times and temperatures	20
4.2	Momomeric sugar yields of sugarcane bagasse hydrolyzed with 0.5 % (w/v) NaOH using 30:1 LSR under different times and temperatures	22
4.3	Monomeric sugar yields of NaOH-pretreated sugarcane bagasse pretreated using 30:1 LSR at 40 °C for 15 min with different NaOH concentrations	24
4.4	Monomeric sugar yields of sugarcane bagasse using 0.5 % (w/v) NaOH at 40 °C for 15 min with different LSRs	25
4.5	Monomeric sugar yields of sugarcane bagasse hydrolyzed with 0.5 % (v/v) H_2SO_4 using 30:1 LSR under different times and temperatures	27
4.6	Monomeric sugar yields of sugarcane bagasse pretreated with different H_2SO_4 concentrations using 30:1 LSR at 120 °C for 15 min	29
4.7	Monomeric sugar yields of sugarcane bagasse using 2.0 % (v/v) H_2SO_4 at 120 °C for 15 min with different LSRs	31
4.8	Monomeric sugar yields of sugarcane bagasse pretreated with 2.0 % (v/v) of different dilute acids using 15:1 LSR at 120°C for 15 min	33
4.9	Monomeric sugar yields of sugarcane bagasse pretreated with different H_2SO_4 concentrations using 30:1 LSR at 120 °C for 90 min under conventional heating	34

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
	CHAPTER II	
2.1	The basic structure of cellulose	3
2.2	The basic structure of hemicellulose	4
2.3	Goals of pretreatment on lignocellulosic material	5
2.4	Pretreatment process	6
2.5	The chemical structures of furfural and hydroxymethyl furfural	8
2.6	Scanning electron microscopy micrographs of sugarcane bagasse	9
	CHAPTER III	
3.1	Powder of sugarcane bagasse used in the experiment	12
3.2	Microwave Solvent Extraction Lab Station	13
3.3	Sugarcane bagasse hydrolysates obtained from microwave/chemical pretreatment	14
	CHAPTER IV	
4.1	Effects of time and temperature on the release of the monomeric sugars of water-pretreated sugarcane bagasse	20
4.2	The main components of sugarcane bagasse hydrolyzed using 0.5 % (w/v) NaOH, 30:1 LSR under different times and temperatures	23
4.3	Effect of NaOH concentration on the release of the monomeric sugars of NaOH- pretreated sugarcane bagasse	24
4.4	Effect of LSR on the release of the monomeric sugars of NaOH-pretreated sugarcane bagasse	26

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
	CHAPTER IV	
4.5	The main components of sugarcane bagasse hydrolysate under 0.5 % (v/v) H_2SO_4, 30:1 LSR, and different times and temperatures	28
4.6	Effect of H_2SO_4 concentration on the release of monomeric sugars of sugarcane bagasse hydrolysates	30
4.7	Effect of LSR on the release of monomeric sugars of H_2SO_4-pretreated sugarcane bagasse	31
4.8	The effect of different types of dilute acid on the release of monomeric sugars of sugarcane bagasse	33
4.9	Effect of H_2SO_4 concentration on the release of monomeric sugars of sugarcane bagasse hydrolysates under conventional heating, using 30:1 LSR at 120 °C for 90 min	35
4.10	Comparison of the total monomeric sugar yields of sugarcane bagasse hydrolysates obtained from microwave- (Conditions: 30:1 LSR at 120 °C for 15 min) and conventional- (Conditions: 30:1 LSR at 120 °C for 90 min) heating	35