

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมไฮโดรไลสเทกิงส์ปู้ด้า
โดยเทคนิคการระเบิดด้วยไอน้ำเพื่อผลิตไซลิทอล

The Suitable Condition for Hydrolysate Preparation from *Jatropha curcas* Linnaeus. Branch
Using Steam Explosion Technique for Xylitol Production

ภาณุ สัมเกลี้ยง¹ สาวิตรี จันทรานูรักษ์¹ วิทยา ปันสุวรรณ² และพิลาณี ไวกอนอมสัดย³
Panu Somkliang¹, Sawitri Chuntranuluck¹, Vittaya Punsuvon² and Pilanee Vaithanomsat³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการแยกน้ำตาลไซโลสออกจากกิงส์ปู้ด้า ได้แก่ กระบวนการแช่สารละลายกรดซัลฟูริกก่อนการระเบิด (Pre-hydrolysis and Steam explosion) และ กระบวนการระเบิดก่อนแช่สารละลายกรดซัลฟูริก (Steam explosion and Post-hydrolysis) โดยกิงส์ปู้ด้าแห้ง ประกอบด้วยเซลลูโลสร้อยละ 41.25 เพนโตแซนร้อยละ 32.13 ลิกนินร้อยละ 26.98 และสารแทรกที่ละลายในเอทานอล/เบนซีนร้อยละ 1.68 จากผลการทดลองพบว่าการแช่สารละลายกรดซัลฟูริก 1% w/v เป็นเวลา 1 วัน ก่อนการระเบิด ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ให้ปริมาณน้ำตาลไซโลสสูงสุดร้อยละ 6.82 คิดเป็นประสิทธิภาพในการแยกน้ำตาลไซโลสร้อยละ 24.37 ของปริมาณน้ำตาลไซโลสเริ่มต้นในกิงส์ปู้ด้า ส่วน กระบวนการระเบิด ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำไปแช่ในสารละลายกรดซัลฟูริก 3 % w/v นาน 45 นาที ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำตาลไซโลสสูงสุดร้อยละ 6.33 คิดเป็น ประสิทธิภาพในการแยกน้ำตาลไซโลสร้อยละ 22.62 ของปริมาณน้ำตาลไซโลสเริ่มต้นในกิงส์ปู้ด้า

คำสำคัญ : กิงส์ปู้ด้า การระเบิดด้วยไอน้ำ ไซลิทอล

ABSTRACT

This research aims to compare the efficiency of xylose fractionation from *Jathopha curcas* Linnaeus. branch using pre-hydrolysis following by steam explosion processes and steam explosion following by post-hydrolysis processes. *Jathopha curcas* Linnaeus. branch consists of 41.25% cellulose, 30.59% pentosan, 26.98% lignin and 1.68% ethanol/benzene extractive based on 100 g dry weight. The result revealed that pre-hydrolysis (soaking with sulfuric acid 1% w/v) for 1 day following by steam explosion at 200 °C for 1 minute had the maximum xylose (6.82%) and the efficiency of xylose fractionation of was 24.37%. Whereas the steam explosion at 200 °C for 3 minutes following by

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

post-hydrolysis process (3% sulfuric acid w/v) at 121 °C for 45 minutes gave the maximum xylose (6.33%) and the efficiency of xylose fractionation was 24.62% of the initial xylose in *Jathopha curcas* Linnaeus. branch.

Keywords : *Jathopha curcas* Linnaeus. branch, steam explosion, xylitol

E-mail : sk_panu@hotmail.com

คำนำ

ปัจจุบันพลังงานเป็นสิ่งจำเป็นในการดำเนินชีวิต อย่างไรก็ตามพลังงานที่ใช้ในปัจจุบันเป็นพลังงานที่ได้จากน้ำมันปิโตรเลียมซึ่งนับวันจะมีปริมาณลดน้อยลงตามความเจริญและเทคโนโลยีที่เพิ่มสูงขึ้น วิธีการหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาคือการใช้พลังงานเชื้อเพลิง คือการหาแหล่งพลังงานทดแทน โดยปัจจุบันสับปัดเป็นพืชพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความสนใจในการศึกษาและเพาะปลูกอย่างมาก เนื่องจากเมล็ดของสับปัดให้ปริมาณน้ำมันสูงจึงเป็นที่สนใจในการนำไปใช้ทดแทนน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งมีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆตามสภาวะกาลปัจจุบัน

สับปัด มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Jathopha curcas* Linnaeus. จัดเป็นหนึ่งในพืชพลังงานที่น่าสนใจในการนำมาพัฒนาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนภายในประเทศ เนื่องจากเมล็ดของสับปัดให้ปริมาณน้ำมันที่สูง แต่การที่จะทำให้สับปัดออกดอกติดผลให้เก็บเกี่ยวได้อย่างต่อเนื่องนั้นจะต้องมีการตัดแต่งกิ่ง (ศุภยวิชัยพีชไร่นครราชสีมา, 2548) ทำให้เกิดเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกิ่งสับปัดพบว่ากิ่งสับปัดประกอบด้วยเซลลูโลสร้อยละ 42.14 เพนโตแซนร้อยละ 30.59 ลิกนินร้อยละ 26.13 และสารแทรกที่ละลายในเอทานอล/เบนซินร้อยละ 1.86 เมื่ออ้างอิงกับน้ำหนักแห้งกิ่งสับปัด อย่างไรก็ตามเนื่องจากเพนโตแซน คือปริมาณเฮมิเซลลูโลสที่อยู่ในรูปของพอลิเมอร์น้ำตาลไซโลสเป็นองค์ประกอบหลักและมีปริมาณสูงจึงสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลไซลิตอลได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการสร้างมูลค่าเพิ่มจากกิ่งสับปัด โดยใช้เทคนิคการระเบิดด้วยไอน้ำเพื่อแยกน้ำตาลไซโลสออกจากกิ่งสับปัดเพื่อผลิตไซลิตอลในขั้นตอนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างชิ้นไม้สับและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกิ่งสับปัด

นำกิ่งสับปัด (*Jathopha curcas* Linnaeus.) มาตากแห้งให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 10 แล้วนำเข้าเครื่องสับชิ้นไม้ให้มีความหนาไม่เกิน 5 มิลลิเมตร และความกว้างไม่เกิน 1 นิ้ว นำชิ้นไม้สับที่ได้ไปบดด้วยเครื่อง Wiley-mill แล้วนำไปร่อนร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ขนาด 40/60 เมช จากนั้นศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไม้ตามวิธีมาตรฐานของ Tappi (Browing, 1963)

2. การแยกน้ำตาลไซโลสจากกิ่งสับปัดโดยเทคนิคการระเบิดด้วยไอน้ำ

2.1 การระเบิดด้วยเครื่องระเบิดไอน้ำ (Steam explosion)

ทำการระเบิดกิ่งสับปัดด้วยเครื่องระเบิดไอน้ำของบริษัท Kitto Koatsu ประเทศญี่ปุ่น ชนิดทำงานเป็นครั้ง (batch) ขนาดความจุ 2.5 ลิตร ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส (ความดัน 16 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

เป็นเวลา 1, 3 และ 5 นาที จากนั้นนำมาต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที กรองแยกไฮโดรไลสเทสและเยื่อออกจากกัน จากนั้นปรับปริมาตรไฮโดรไลสเทสให้ได้ 1 ลิตร

2.2 การแช่สารละลายกรดก่อนการระเบิด (Pre-hydrolysis and Steam explosion)

นำกิ่งสับดำแห้งสับ 100 กรัม มาแช่สารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 1% w/v (อัตราส่วน 1:10 Solid: Liquid) เป็นเวลา 1 วัน (Cara et al, 2007) ก่อนนำไประเบิดตามวิธีการข้างต้น

2.3 การระเบิดก่อนการแช่สารละลายกรด (Steam explosion and Post-hydrolysis)

นำกิ่งสับดำแห้งสับ 100 กรัม ไประเบิดตามวิธีการข้างต้น จากนั้นนำเยื่อและไฮโดรไลสเทสมาแช่สารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 1, 2 และ 3% w/v ก่อนนำไปนึ่งที่ความดันไอน้ำ 121 องศาเซลเซียส ณ เวลาต่างๆ คือ 15, 30, 45 และ 60 นาที (พิชญญา, 2549)

2.4 นำไฮโดรไลสเทสที่ได้ข้างต้น มาวิเคราะห์ปริมาณสารต่างๆ ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ของบริษัท Shimadzu (Class LC10 ประเทศญี่ปุ่น) ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลไซโลส กลูโคส ด้วยคอลัมน์ Aminex HPX-87P (Bio-Rad) ที่สภาวะ Mobile phase : Deionized water อัตราการไหล 0.6 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส Detector : Reflexive index (RI) ส่วนปริมาณอนุพันธ์ที่เกิดขึ้น ได้แก่ เพอร์ฟูอรอล, 5-ไฮดรอกซีเมทิลเพอร์ฟูอรอล ด้วยคอลัมน์ Aminex HPX-87H (Bio-Rad) ที่สภาวะ Mobile phase : 0.005 M H₂SO₄ อัตราการไหล 0.6 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส Detector : UV ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร และสารประกอบฟีนอลิกด้วยเครื่องเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (V-530 UV/VIS Spectrophotometer) ของบริษัท Jasco ที่ความยาวคลื่น 735 นาโนเมตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของกิ่งสับดำ

Table 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกิ่งสับดำ ประกอบด้วยเซลลูโลสร้อยละ 41.25 เพนโตแซนร้อยละ 32.13 ลิกนินร้อยละ 26.98 และสารแทรกที่ละลายในเอทานอล/เบนซีนร้อยละ 1.68 นอกจากนี้กิ่งสับดำยังประกอบด้วยปริมาณน้ำตาลไซโลสร้อยละ 27.99 และกลูโคสร้อยละ 50.52 เมื่อเทียบกับน้ำหนักแห้งกิ่งสับดำ

Table 1 Composition of *Jatropha curcas* Linnaeus. branch based on material dry weight.

Composition	% Based on material dry weight
Cellulose	41.25
Pantosan	32.13
Lignin	26.98
Extractive (ethanol/benzene)	1.68
Glucose	50.52
Xylose	27.99

2. การแยกน้ำตาลไซโลสจากกิ่งสับดำโดยเทคนิคการระเบิดด้วยไอน้ำ

Table 2 แสดงองค์ประกอบในไฮโดรไลสจากกระบวนการแช่สารละลายกรดก่อนการระเบิด โดยสภาวะที่ให้ปริมาณน้ำตาลไซโลสสูงสุดร้อยละ 6.82 คือการระเบิดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที

Table 2 Percentage by weight of sugars and their derivatives in *Jathopa curcas* Linnaeus. branch hydrolysate of Pre-hydrolysis and Stream explosion Processes. All values were calculated based on 100 g dry weight.

Pre-hydrolysis and Stream explosion processes						
Temperature (°C)	Time (min)	% w/w				Total phenolic compound
		Xylose	Glucose	Furfural	5-HMF	
200	1	6.82	2.05	0.1423	0.1022	1.7330
200	3	5.52	2.87	1.2292	0.3700	1.9540
200	5	5.45	1.66	1.0261	0.2064	2.1520

Table 3(1) แสดงองค์ประกอบในไฮโดรไลสจากกระบวนการระเบิดกิ่งสับดำก่อนการแช่สารละลายกรด โดยสภาวะที่ให้ปริมาณน้ำตาลไซโลสสูงสุดที่ร้อยละ 0.15 คือ การระเบิดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และเมื่อทำการย่อยโอลิโกเมอร์ของน้ำตาลไซโลสด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกต่อไป เพื่อให้ได้น้ำตาลไซโลส Table 3(2) พบว่าสภาวะที่ให้ปริมาณน้ำตาลไซโลสสูงสุดที่ร้อยละ 6.33 คือ การนำไฮโดรไลสหนึ่งซึ่งอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ที่ความเข้มข้นกรดซัลฟูริก 3% w/v

จากการวิเคราะห์พบว่าการแช่กิ่งสับดำในสารละลายกรดซัลฟูริกก่อนการระเบิดให้ไฮโดรไลสที่มีปริมาณน้ำตาลไซโลสสูงกว่าในสภาวะที่ไม่แช่สารละลายกรดซัลฟูริกก่อนการระเบิด โดยให้ปริมาณน้ำตาลไซโลสอยู่ในช่วงร้อยละ 5.45-6.82 (Table 2) เนื่องจากสารละลายกรดเข้าไปทำปฏิกิริยา hydrolysis ทำให้โครงสร้างของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินแยกออกจากกัน ดังนั้นจึงมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลไซโลสในน้ำล้างกิ่งสับดำหลังการระเบิดมีค่าสูงกว่าในสภาวะที่ไม่แช่กิ่งสับดำในสารละลายกรดก่อนการระเบิด จากข้อมูลที่ได้ในสภาวะการแช่กิ่งสับดำในสารละลายกรดซัลฟูริกก่อนการระเบิด พบว่าปริมาณน้ำตาลไซโลสลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น เนื่องจากความรุนแรงในการระเบิดที่มากขึ้น ทำให้น้ำตาลไซโลสเกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน กลายเป็นเฟอร์ฟูรอลมากขึ้น ในขณะที่ ลิกนินก็สลายตัวกลายเป็นสารประกอบฟีนอลิกมากขึ้นเช่นกัน ส่วนสภาวะที่ไม่แช่กิ่งสับดำในสารละลายกรดก่อนการระเบิดจะให้น้ำตาลไซโลสอยู่ในช่วงร้อยละ 0.10-0.15 (Table 3)

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแยกน้ำตาลไซโลสจากกิ่งสับดำ ระหว่างการแช่กิ่งสับดำในสารละลายกรดซัลฟูริกก่อนการระเบิด กับกระบวนการระเบิดกิ่งสับดำก่อนด้วยไอน้ำและนำไปแช่ในสารละลายกรด ซัลฟูริก พบว่าการแช่กิ่งสับดำในสารละลายกรด ซัลฟูริกเข้มข้น 1% w/v ก่อนการระเบิดมีประสิทธิภาพในการแยกน้ำตาลไซโลสได้สูงกว่า โดยสามารถแยกน้ำตาลไซโลสได้สูงถึงร้อยละ 24.37 ของปริมาณน้ำตาลไซโลสเริ่มต้นในกิ่งสับดำ (Figure 1) อย่างไรก็ตามกระบวนการนี้สามารถแยกน้ำตาลกลูโคสจากกิ่งสับดำได้ต่ำมาก คือ ร้อยละ 0.44-5.68 เนื่องจากกลูโคสส่วนใหญ่อยู่ในเยื่อมากกว่าในไฮโดรไลส

Table 3 Percentage by weight of sugar and their derivatives in *Jathopa curcas* Linnaeus. branch hydrolysate of (1) Steam explosion Process and (2) Post-hydrolysis Process. All values are calculated based on 100 g dry weight.

(1) Steam explosion process						
Temperature (°C)	Time (min)	% w/w				Total phenolic compound
		Xylose	Glucose	Furfural	5-HMF	
200	1	0.12	0.76	0.0004	0.0013	0.7610
200	3	0.15	1.03	0.0010	0.0016	0.8520
200	5	0.10	1.27	0.0045	0.0037	1.2750
(2) Post-hydrolysis process						
% H ₂ SO ₄ (w/v)	Time (min)	% w/w				
		Xylose	Glucose	Furfural	5-HMF	
1	15	2.30	0.22	0.017	0.004	
1	30	3.83	0.50	0.026	0.005	
1	45	4.45	0.64	0.035	0.012	
1	60	4.82	1.05	0.074	0.016	
2	15	3.91	0.79	0.037	0.010	
2	30	4.47	0.99	0.053	0.013	
2	45	5.14	1.13	0.084	0.014	
2	60	5.33	1.48	0.148	0.024	
3	15	4.77	1.20	0.088	0.021	
3	30	4.47	1.01	0.085	0.020	
3	45	6.33	1.89	0.121	0.024	
3	60	5.79	1.60	0.260	0.030	

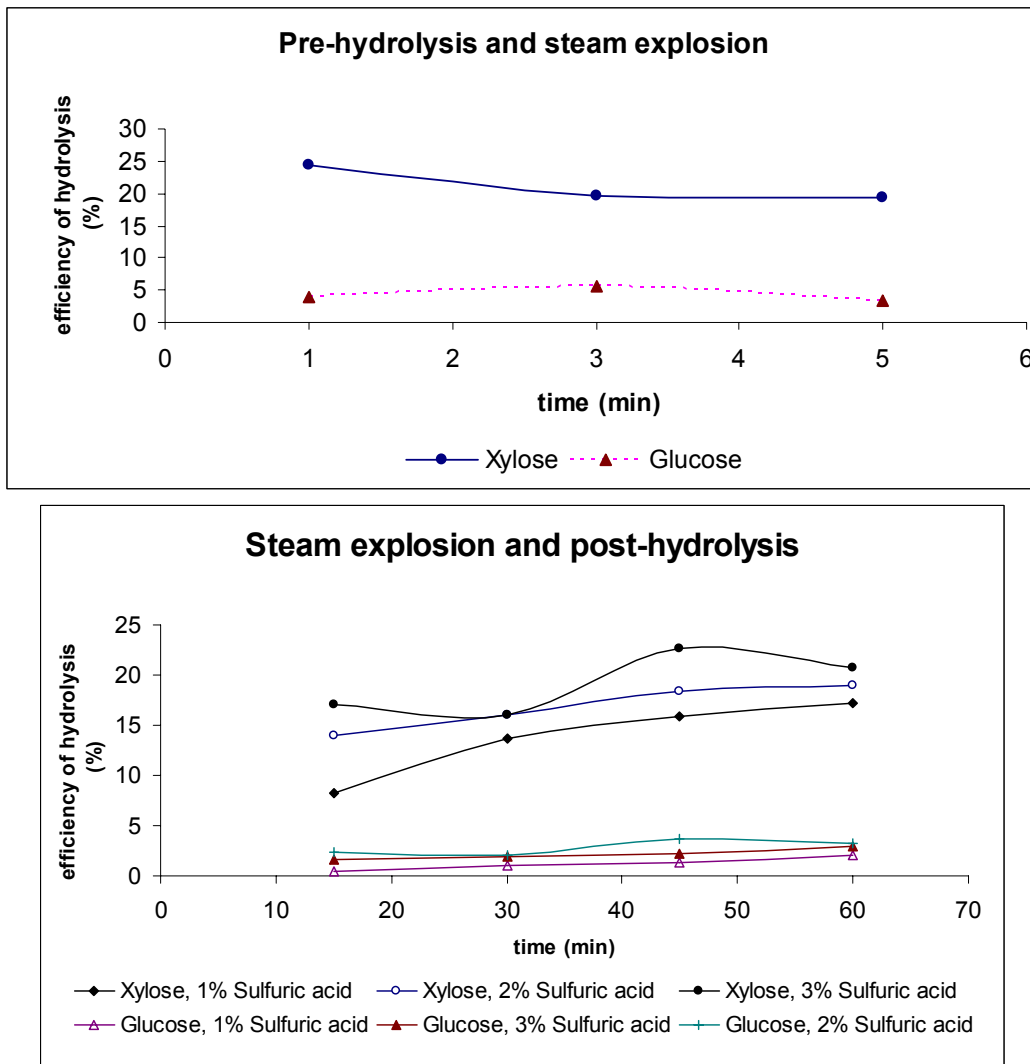


Figure 1 Comparison of result from Pre-hydrolysis and Post-hydrolysis processes.

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกน้ำตาลไซโลสจากกิ่งสับดูดา โดยการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการแช่กิ่งสับดูดาในสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1% w/v ก่อนการระเบิดด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที และกระบวนการระเบิดกิ่งสับดูดาด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และนำไปแช่ในสารละลายกรดซัลฟูริก 3% w/v ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที พบว่าประสิทธิภาพในการแยกน้ำตาลไซโลสของทั้งสองกระบวนการไม่แตกต่างกัน คือประมาณร้อยละ 6.33-6.87 คิดเป็นร้อยละ 22.62 -24.37 ของปริมาณน้ำตาลไซโลสเริ่มต้นในกิ่งสับดูดา อย่างไรก็ตามกระบวนการแช่กิ่งสับดูดาในสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1% w/v ก่อนการระเบิดด้วยไอน้ำ เป็นกระบวนการที่มีความยุ่งยากน้อยกว่า ดังนั้นจึงเลือกสภาวะดังกล่าวในการเตรียมไซโลสเพื่อนำไปศึกษากระบวนการผลิตไซลิทอลต่อไป อย่างไรก็ตามเนื่องจากการแยกน้ำตาลไซโลสจากกิ่งสับดูดาอาจก่อให้เกิดอนุพันธ์ต่างๆ เช่น เฟอร์ฟูรอล 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล และสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งอนุพันธ์เหล่านี้มีผลยับยั้งการเจริญและการผลิตไซลิทอลของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการหมัก ดังนั้นแนวทางการศึกษาต่อไป คือ การศึกษาวิธีกำจัดสารพิษให้มีปริมาณลดลง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการหมักไซลิทอลต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- พิชญา ภูมิภัทร. 2549. การศึกษากระบวนการผลิตไฮโดรไลเสทจากการระเบิดต้นปาล์มน้ำมันด้วยไอน้ำสำหรับการหมักไซลิทอล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศูนย์วิจัยพืชไร่นครราชสีมา. 2548. ข้อมูลเบื้องต้นของผลผลิตเมล็ดสบู่ดำจากแปลงอนุรักษ์พันธุ์. 4 หน้า
- Browing, B.L. 1963. Method in Wood Chemistry, pp. 389-467. Interscience Publishers, New York, London.
- Cara, C., E. Ruiz, M. Ballesteros, P. Manzanares, J.M. Negro. and E. Castro. 2007. Production of fuel ethanol from steam-explosion pretreated olive tree pruning. Fuel. 87: 692-700