

R. Nokkaew², V. Punsuvon^{1,2*}, P. Vaithanomsat³ and T. Khunrong²

¹ Department of Chemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Jatuchak, Bangkok, Thailand 10900

² Center of Excellence-Oil Palm, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

³ Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

* E-mail: tsclvit@ku.ac.th

Abstract:

The acid-catalyzed steam explosion technique was pre-treatment of ethanol from the oil palm frond. Oil palm frond chips was impregnated in 0.14 M H₂SO₄ for one night before steam explosion technique. The conditions of steam explosion were 180 - 203 °C of temperature and 2 - 5 min of steam explosion time. The fibers and solution from this technique had rich cellulose, hemicellulose-derived, mono and oligosaccharides. Monomers (glucose and xylose) and oligomer solubilization indicated the optimum condition of steam pre-treatment. The results showed that the condition at 191 °C for 2 min of explosion time gave the highest percentage of enzyme hydrolysis. The fiber obtained from this optimum condition was also further studied ethanol yield by separate hydrolysis and fermentation (SHF).

Keywords: Ethanol, steam explosion, the oil palm frond and fermentation

Introduction:

Lignocelluloses materials are renewable resources for the ethanol fuel and this research interests the oil palm frond which agricultural residue causes pollution in the future. Lignocelluloses materials in a bioconversion process requires a pre-treatment step in order to break down the various physical and chemical barriers that greatly inhibit their susceptibility to bioprocess such as enzymatic hydrolysis and fermentation. In steam explosion pre-treatment is one technique which biomass is exposed to pressurized steam followed by rapid reduction in pressure. The accessibility of the cellulose components to degradation by enzymes is greatly increased. Compared with alternative pre-treatment methods, the advantages of steam explosion include a significantly lower environmental impact, lower capital investment and less hazardous process chemicals (Ruiz, 2008).

The objective of this work is to evaluate the effect of temperature and exploded time of steam explosion pre-treatment of acid impregnated oil palm frond chip, including the susceptibility of enzymatic hydrolysis of the cellulose residue and the hemicellulosic-sugar recoveries.

Experimental Procedure:

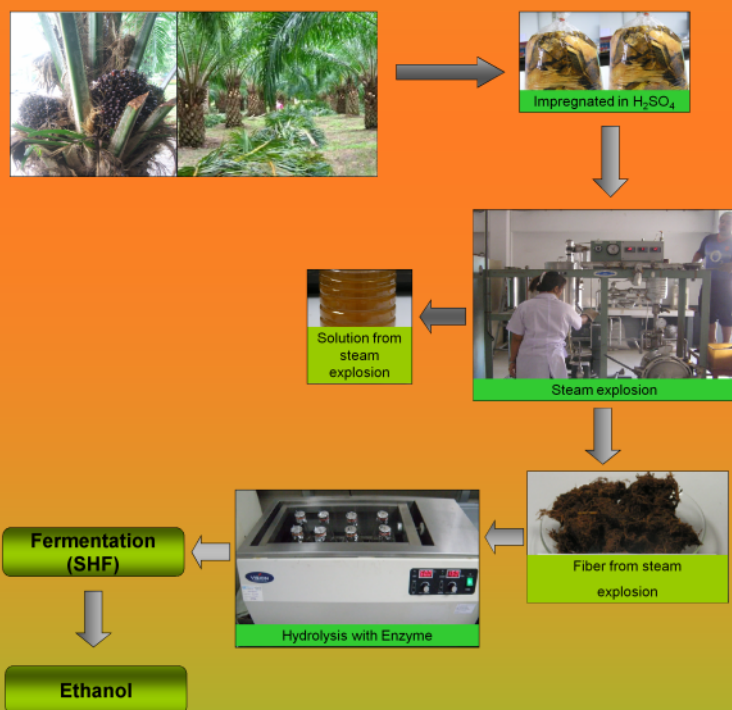


Figure 1 Diagram of ethanol product from the oil palm frond that it produced by fermentation.

Results and Discussion:

The oil palm frond consisted of 57.11% glucose and 16.37% lignin. This result indicated that high glucose content in oil palm frond was appropriated for ethanol production. Figure 2 showed the fiber yield, glucose and lignin after steam explosion technique. This technique not only produced sugars, it produced inhibitors (furfural and hydroxy methylfurfural) for yeast fermentation that result showed in table 1. In figure 3, enzyme hydrolysis yields were improved by steam explosion pre-treatment at any conditions. The maximum hydrolysis yield at 72 h (48.14%) was found in the water in soluble fiber obtained at 191 °C, 2 min of pre-treatment condition. In figure 4, The highest ethanol yield of fermentation at 72 h was 75.98%.

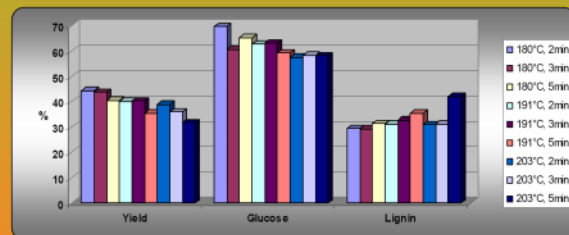


Figure 2 Total recovery yield and composition of water-insoluble fiber from steam explosion.

Table 1 Sugars and toxics composition from steam explosion conditions (g/100 g raw material).

Condition	Sugar in fiber					Toxic in hydrolysate	
	Glucose	Xylose	Galactose	Arabinose	Manose	HMF	Furfural
180°C, 2 min	2.46	10.01	1.49	2.74	0.97	0.08	0.38
3 min	2.40	10.45	1.30	2.42	0.97	0.09	0.60
5 min	2.98	8.91	1.14	2.29	0.79	0.21	1.31
191°C, 2 min	3.19	8.60	1.08	2.10	0.84	0.21	0.75
3 min	3.48	9.45	1.34	2.78	1.10	0.12	1.20
5 min	4.40	7.47	1.24	2.07	1.13	0.18	1.60
203°C, 2 min	3.54	9.83	1.42	2.43	1.10	0.19	0.73
3 min	3.56	7.90	1.17	2.25	1.02	0.27	1.38
5 min	6.05	6.10	0.95	1.67	0.92	0.52	1.81

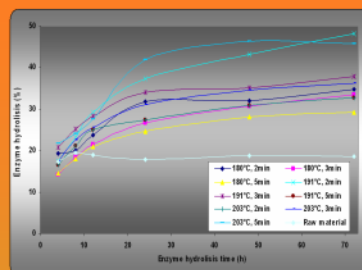


Figure 3 Enzymatic hydrolysis of pretreated fiber of steam explosion

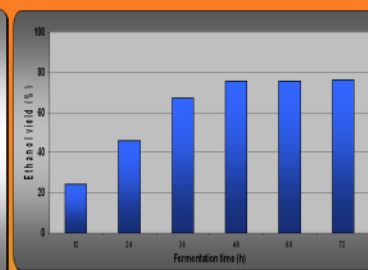


Figure 4 Ethanol yield from SHF process

Conclusion:

Acid impregnation followed steam explosion pre-treatment is an interesting option for using oil palm frond in ethanol production scheme. The optimize steam explosion pre-treatment at 191°C for 2 min improves enzymatic hydrolysis yield from 19.74 to 48.14% (unpretreated material to pretreated material) and renders a relatively concentrated glucose broth suitable for fermentation. In the water soluble filtrate, the highest concentration of sugar in monomeric form along with a low presence of inhibitors is found for an acid impregnation and steam explosion pre-treatment. This is the benefit of this technique because the global process economy and the utilization of the feedstock will be improved by considering the monomeric form of sugar (mostly xylose) in the hydrolysate for fermentation to ethanol production.

References:

- [1] Ruiz, C. Ca1ra., P.Manzanares., M. Ballesteros., and E.Castro. Enzymeand Microbial Technology (2008). pp. 160-166.
- [2] M. Ballesteros., J.M. Oliva., M.J. Negro., P.Manzanares., and I. Ballesteros. Process Biochemistry (2004). pp. 1843-1848.

Acknowledgement

This research is supported by Research and Development Institute



ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านปาล์มน้ำมัน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เล็งเห็นความสำคัญของคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากชุมชนต่างๆ ทั่วประเทศ ซึ่งน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้อาจได้มาตรฐานหรือไม่ได้มาตรฐานโดยที่ทางชุมชนไม่สามารถตรวจสอบได้ เหตุเพราะทางชุมชนขาดเครื่องมือและบุคลากรในการวิเคราะห์ขั้นสูง อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ด้วยยาน้ำมันไบโอดีเซลค่อนข้างมาก

จากการสนับสนุนของอธิการบดี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านปาล์มน้ำมันซึ่งสามารถปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันไบโอดีเซล เป็นการรองรับบริการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันไบโอดีเซลชุมชนในอัตราค่าวิเคราะห์ขั้นต่ำ รวมทั้งทำการวิจัย และแก้ปัญหาในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากวัตถุดิบต่างๆ เพื่อให้ได้น้ำมันที่ได้มาตรฐานตามกรมธุรกิจพลังงาน ซึ่งกำหนดค่าที่สำคัญที่ต้องทำการตรวจสอบ 5 ค่า ดังนี้

- 1.ค่าความเป็นกรด (Acid value หรือ Acid number: AV) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D664**
คือปริมาณน้ำหนักของโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ในหน่วยเป็นมิลลิกรัม (mg KOH) ที่ใช้สะเทินกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมัน 1 กรัม ปริมาณค่ากรดไขมันอิสระที่มีค่าสูงจะมีค่าความเป็นกรดสูง ส่งผลต่อความเสถียรของน้ำมันไบโอดีเซล แสดงถึงคุณภาพที่ไม่ดีของน้ำมันไบโอดีเซลนั้นๆ กำหนดให้มีค่า AVไม่เกิน 0.80 mg KOH/g
- 2. ค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C (Viscosity @ 40°C) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D445**
ค่าความหนืดมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันจะมีค่าสูงกว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืช เนื่องจากไขมันประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว ความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงจะควบคุมลักษณะการคั่งน้ำมันในหัวสูบของกระบอกสูบในเครื่องยนต์ น้ำมันที่มีความหนืดสูงจะส่งผลด้านลบต่อลักษณะการคั่งของน้ำมัน กำหนดให้มีค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลมีค่าไม่น้อยกว่า 1.90 cSt และไม่มากกว่า 8.0 cSt
- 3. ค่าจุดวาบไฟ (Flash point) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D93**
คืออุณหภูมิต่ำสุดซึ่งเมื่อผ่านเปลวไฟทดสอบแล้วทำให้ไอของน้ำมันเกิดเปลวไฟลุกวาบขึ้น ค่าจุดวาบไฟของน้ำมันไบโอดีเซลจะมีค่าสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงทั่วไป จึงทำให้มั่นใจในความปลอดภัย ถ้าค่าจุดวาบไฟมีค่าต่ำแสดงว่าเมทานอลที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา โดยกำหนดให้อุณหภูมิของจุดวาบไฟมีค่าไม่น้อยกว่า 120 °C
- 4. ค่าน้ำและตะกอน (Water and Sediment) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D2709**
น้ำและตะกอนในน้ำมันไบโอดีเซลจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์หรือไบโอดีเซลทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ ส่งผลต่อการกัดกร่อนของเครื่องยนต์ และเป็นตัวเร่งให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในถังเก็บน้ำมัน เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้หัวฉีดเกิดการอุดตัน ปริมาณของน้ำและตะกอนในน้ำมันไบโอดีเซลต้องมีค่าไม่เกิน 0.20% โดยปริมาตร
- 5. ค่ากลีเซอรินรวม (Total glycerin) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D6584**
คือปริมาณกลีเซอรินอิสระรวมกับปริมาณโมเลกุลของโมโนกลีเซอริน ไดกลีเซอริน และไตรกลีเซอรินเป็นค่าที่แสดงถึงสารปนเปื้อนที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ไม่สมบูรณ์ รวมทั้งสารจำพวกกลีเซอรอลที่เป็นผลพลอยได้การผลิตน้ำมันไบโอดีเซล โดยค่ากลีเซอรินรวมปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลกำหนดไม่เกิน 1.50% โดยน้ำหนัก ค่ากลีเซอรินรวมจะมีผลก่อให้เกิดการอุดตันที่บริเวณหัวฉีดและไส้กรองและปัญหาการใช้งานในสภาพอากาศเย็น



ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านปาล์มน้ำมัน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ : 02-5625555 ต่อ 2010 โทรสาร : 02-5625555 ต่อ 2010 E-mail: fscivit@ku.ac.th

ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านปาล์มน้ำมัน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เล็งเห็นความสำคัญของคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากชุมชนต่างๆ ทั่วประเทศ ซึ่งน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้อาจได้มาตรฐานหรือไม่ได้มาตรฐานโดยที่ทางชุมชนไม่สามารถตรวจสอบได้ เหตุเพราะทางชุมชนขาดเครื่องมือและบุคลากรในการวิเคราะห์ขั้นสูง อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันไบโอดีเซลค่อนข้างมาก

จากการสนับสนุนของอธิการบดี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านปาล์มน้ำมันซึ่งสามารถปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันไบโอดีเซล เป็นการรองรับบริการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันไบโอดีเซลชุมชนในอัตราค่าวิเคราะห์ขั้นต่ำ รวมทั้งทำการวิจัย และแก้ปัญหาในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากวัตถุดิบต่างๆ เพื่อให้ได้น้ำมันที่ได้มาตรฐานตามกรมธุรกิจพลังงาน ซึ่งกำหนดค่าที่สำคัญที่ต้องทำการตรวจสอบ 5 ค่า ดังนี้

1. ค่าความเป็นกรด (Acid value หรือ Acid number: AV) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D664

คือปริมาณน้ำหนักรวมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในหน่วยเป็นมิลลิกรัม (mg KOH) ที่ใช้สะเทินกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมัน 1 กรัม ปริมาณค่ากรดไขมันอิสระที่มีค่าสูงจะมีค่าความเป็นกรดสูง ส่งผลต่อความเสถียรของน้ำมัน ไบโอดีเซลแสดงถึงคุณภาพที่ไม่ดีของน้ำมันไบโอดีเซลนั้นๆ กำหนดให้มีค่า AV ไม่เกิน 0.80 mg KOH/g



2. ค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C (Viscosity @ 40°C) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D445

ค่าความหนืดมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันจะมีค่าสูงกว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืช เนื่องจากไขมันประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว ความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงจะควบคุมลักษณะการฉีดน้ำมันในหัวสูบของกระบอกสูบในเครื่องยนต์ น้ำมันที่มีความหนืดสูงจะส่งผลด้านลบต่อลักษณะการฉีดของน้ำมัน กำหนดให้มีค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลมีค่าไม่น้อยกว่า 1.90 cSt และไม่เกิน 8.0 cSt



ค่าความหนืด (ASTM D445)

4. ค่าน้ำและตะกอน (Water and Sediment) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D2709

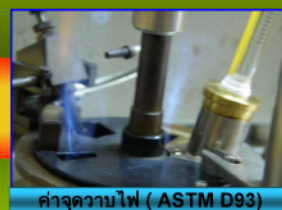
น้ำและตะกอนในน้ำมันไบโอดีเซลจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์หรือไบโอดีเซลทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ ส่งผลต่อการกัดกร่อนของเครื่องยนต์ และเป็นตัวเร่งให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในถังเก็บน้ำมัน เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้หัวฉีดเกิดการอุดตัน ปริมาณของน้ำและตะกอนในน้ำมันไบโอดีเซลต้องมีค่าไม่เกิน 0.20% โดยปริมาตร



ค่าน้ำและตะกอน (ASTM D2709)

3. ค่าจุดวาบไฟ (Flash point) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D93

คืออุณหภูมิต่ำสุดซึ่งเมื่อผ่านเปลวไฟทดสอบแล้วทำให้ไอของน้ำมันเกิดเปลวไฟลุกวาบขึ้น ค่าจุดวาบไฟของน้ำมันไบโอดีเซลจะมีค่าสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงทั่วไป จึงทำให้มั่นใจในความปลอดภัย ถ้าค่าจุดวาบไฟมีค่าต่ำแสดงว่าเมทานอลที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา โดยกำหนดให้อุณหภูมิของจุดวาบไฟมีค่าไม่น้อยกว่า 120 °C



ค่าจุดวาบไฟ (ASTM D93)

5. ค่ากลีเซอรินรวม (Total glycerin) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D6584

คือปริมาณกลีเซอรินอิสระรวมกับปริมาณโมเลกุลของโมโนกลีเซอริน ไดกลีเซอริน และไตรกลีเซอรินเป็นค่าที่แสดงถึงสารปนเปื้อนที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลไม่สมบูรณ์ รวมทั้งสารจำพวกกลีเซอรอลที่เป็นผลพลอยได้การผลิตน้ำมันไบโอดีเซล โดยค่ากลีเซอรินรวมปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลกำหนดไม่เกิน 1.50% โดยน้ำหนัก ค่ากลีเซอรินรวมจะมีผลก่อให้เกิดการอุดตันที่บริเวณหัวฉีดและไส้กรองและปัญหาการใช้งานในสภาพอากาศเย็น



ค่ากลีเซอรินรวม (ASTM D6584)