

การปรับสภาพกากตะกอนปาล์มน้ำมันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อผลิตก๊าซมีเทน Hydrogen Peroxide Pretreatment of Palm Oil Decanter Cake for Methane Production

เจียรไน ปฐมโรจน์สกุล^{1*}, อินจิรา นิยมธู¹, สิทธิพันธุ์ ไชยนันท์¹ และ สายพิน ไชยนันท์¹
ขวัญจิรา แซ่เตียว², ศิริลักษณ์ สารี²

Jeiranai Pathomrojsakul^{1*}, Injira Niyomtul¹, Sittipphan Chaiyanan¹, and Saipin Chaiyanan¹, Kwanjira Sae-Tiew², Siriluck Salee²

¹คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

²ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

*E-mail: saipin.cha@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มทำให้เกิดของเสียทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว ปกติน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ น้ำเสียโดยเฉลี่ยประกอบด้วยกากตะกอนประมาณ 14% กากตะกอนจากการสกัดน้ำมันปาล์มมีบทบาทในการหมักก๊าซชีวภาพน้อยมากเนื่องจากประกอบด้วยลิกโนเซลลูโลสซึ่งถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ได้ยาก ดังนั้นควรมีการปรับสภาพกากตะกอนเพื่อให้จุลินทรีย์ใช้ได้ง่ายขึ้นก่อนนำไปหมักก๊าซชีวภาพ งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพกากตะกอนน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพน้ำทิ้งกากตะกอนน้ำมันปาล์ม (14% กากตะกอน) คือ ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 2,000 ส่วนในล้านส่วน และสัดส่วนของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อเฟอร์รัสซัลเฟตในการเร่งปฏิกิริยา 10:1 การปรับสภาพดำเนินการที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที เมื่อผ่านการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ น้ำตาลรีดิวซ์ปริมาณ 974.5 ± 1.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร ถูกปลดปล่อยออกมาในสารละลาย และค่าซีโอดีของสารละลายลดลงจาก 28,200 เหลือเป็น 27,600 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบการผลิตก๊าซชีวภาพระหว่างน้ำเสียกากตะกอนที่ไม่ปรับและปรับสภาพก่อนหมักพบว่า ก๊าซชีวภาพที่ได้จากน้ำเสียที่ปรับสภาพมีปริมาณก๊าซมีเทนสูงถึง 0.406 ลูกบาศก์เมตรต่อกรัมซีโอดี เทียบเทียบกับที่ไม่ปรับสภาพ ได้มีเทนเพียง 0.0228 ลูกบาศก์เมตรต่อกรัมซีโอดี เพิ่มขึ้นถึง 14.5 เท่า

คำสำคัญ: การปรับสภาพน้ำเสีย/กากตะกอนปาล์ม/น้ำเสียจากการสกัดน้ำมันปาล์ม/ก๊าซชีวภาพ/ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ABSTRACT

Palm oil mill processing industries generate both solid and liquid wastes. Normally, liquid waste is used for producing biogas. Waste water is composed of approximately 14% of sludge. Sludge or palm oil mill decanter had little participation in biogas production because it was composed of lignocellulose which was difficult to degrade by microorganisms. Therefore, pretreatment of this decanter cake for enabling microbial degradation is necessary before biogas processing. This research was aimed at studying the optimal conditions for pretreatment of palm oil mill liquid waste (14% decanter cake) by using hydrogen peroxide. The optimal conditions for pretreatment were using hydrogen peroxide 2,000 ppm, and the ratio of hydrogen peroxide and ferrous sulfate

(catalyst) at 10:1. The reaction was performed at 50°C for 20 min. After hydrogen peroxide pretreatment, the reducing sugar was released to the solution at 974.5 ± 1.5 $\mu\text{g/ml}$, and COD was decreased from 28,200 to 27,600 mg/L. When comparing biogas production between non pretreated and pretreated liquid waste, biogas from the pretreated waste had methane up to 0.406 $\text{m}^3\text{CH}_4/\text{kgCOD}$ while non-pretreated waste had only 0.028 $\text{m}^3\text{CH}_4/\text{kgCOD}$. The methane production increased 14.5 times.

Keywords: Pretreatment wastewater/ Decanter cake/ Palm oil mill waste/ Biogas/ Hydrogen peroxide

1. บทนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากผลผลิตที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งด้านการอุปโภค และบริโภค จึงส่งผลให้การผลิตน้ำมันปาล์มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ผลที่ตามมาคือ ทำให้มีปริมาณของเหลือที่เกิดจากกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน วัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตปาล์มน้ำมันในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มมีวัสดุเศษเหลือในรูปของแข็ง ได้แก่ ทะลายปาล์มเปล่า (Empty fruit bunches), เส้นใยปาล์ม (Palm pericarp fiber), กากเนื้อผลปาล์ม (Palm kernel cake), กะลาปาล์ม (Palm shell), กากตะกอน (Decanter waste cake) และน้ำเสีย ส่วนที่เป็นของเหลว คือ น้ำเสีย (Palm oil mill effluent, POME) น้ำเสียเหล่านี้สามารถนำเข้าสู่กระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic digester) เพื่อผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ (Biogas) ได้ โดยน้ำทิ้งเหล่านี้จะมีลักษณะสีน้ำตาลเข้ม มีปริมาณสารอินทรีย์ และความขุ่นหนืดสูง จึงต้องมีกระบวนการกรองส่วนที่เป็นของแข็งต่างๆ เพื่อเป็นการลดตะกอน หรือส่วนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ออกก่อนที่จะส่งไปบ่หมักหรือระบบในการผลิตก๊าซชีวภาพ ส่วนที่กรองออกมา เรียกว่ากากตะกอนปาล์ม (Decanter Cake Oil Palm) จะเป็นส่วนที่ย่อยสลายยาก ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ และกากตะกอนนี้มีปริมาณมาก (ทะลายปาล์มสดที่ตัดจากต้นหนึ่งร้อยละ 14 หลังจากผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแล้วจะมีส่วนของกากตะกอนปาล์มเหลืออยู่ถึงร้อยละ 14 (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ, 2548) จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำมาใช้ผลิตก๊าซชีวภาพได้เป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีปริมาณสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะทำการจัดการกากปาล์มซึ่งเป็นส่วนที่ย่อยสลายได้ยาก เพราะว่าตะกอนปาล์มส่วนใหญ่เป็นกากใยเซลลูโลสและลิกนินซึ่งมีลักษณะเป็นของแข็งที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ยาก ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพค่อนข้างต่ำ ซึ่งการบำบัดเบื้องต้น (Pretreatment) เชื่อว่าจะมีส่วนช่วยให้สารอินทรีย์พวกเส้นใยเซลลูโลสย่อยสลายได้ง่ายขึ้น (Zhang, 2010) โดยการทำการบำบัดเบื้องต้นสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งทางชีวภาพ เคมี และกายภาพ เพื่อที่จะทำให้ส่วนของกากตะกอนปาล์มนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น เพื่อเพิ่มผลผลิตก๊าซชีวภาพ เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงสภาพน้ำทิ้งกากตะกอนปาล์มก่อนนำมาผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงสภาพน้ำทิ้งกากตะกอนปาล์มก่อนนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

คือ กากตะกอนที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจังหวัด สุราษฎร์ธานี การเตรียมตัวอย่างน้ำทิ้งทำโดยกระจายกากตะกอนในน้ำกลั่นในสัดส่วน 14%w/v และใช้เป็นน้ำเสียตั้งต้นที่ต้องปรับปรุงสภาพ

3.2 หัวเชื้อจุลินทรีย์

หัวเชื้อจุลินทรีย์ จากบ่อหมักก๊าซชีวภาพของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจังหวัด สุราษฎร์ธานี

3.3 วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำเสีย

วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำเสียด้วยวิธีการต่อไปนี้

- วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter
- วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ด้วยวิธี Somogyi-Nelson โดยใช้สารละลายน้ำตาลกลูโคส ความเข้มข้น 10-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทำกราฟมาตรฐาน
- วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ด้วยวิธี Kjeldahl
- วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid) (AOAC, 2000)
- วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด ด้วยวิธี Wet oxidation-redox titration method
- วิเคราะห์ค่าซีโอดี (COD) ด้วยวิธี Closed reflux titrimetric (APHA, 1998)
- วิเคราะห์ค่าบีโอดี (BOD) โดยใช้ OxiTop®Control AN6

3.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับปรับปรุงสภาพกากตะกอนปาล์มโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ศึกษาสภาวะต่างๆในการปรับปรุงสภาพน้ำเสียจากกากตะกอนปาล์มด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ดังต่อไปนี้

- ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์: 1,000 1,500 และ 2,000 ppm
- อัตราส่วนของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับเฟอร์ริลเฟต (สารเร่งปฏิกิริยา): 0, 5, 10, 15, และ 20
- เวลาที่ใช้ในการปรับปรุงสภาพ: 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที
- อุณหภูมิที่ใช้ในการปรับปรุงสภาพ: 30, 40, 50, และ 60°C

3.5 การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียจากกากตะกอนปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

นำน้ำเสียจากกากตะกอนที่ผ่านการปรับปรุงสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่สภาวะที่เหมาะสมมาหมักก๊าซชีวภาพใน OxiTop®Control AN6 เปรียบเทียบกับการหมักน้ำกากตะกอนที่ไม่ได้ปรับปรุงสภาพ

4. ผลการทดลอง

4.1 องค์ประกอบของน้ำเสียจากกากตะกอนปาล์มก่อนการปรับปรุงสภาพ

จากการศึกษาเบื้องต้นน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่สะสมในบ่อบำบัดมีอัตราเฉลี่ยของกากตะกอนปาล์มประมาณ 14% ดังนั้นในการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงสภาพกากตะกอนเพื่อเพิ่มผลผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย การทดลองนี้จึงเตรียมกากตะกอน 14% ในน้ำกลั่นและใช้เป็นตัวแทนน้ำเสียเริ่มต้นในการศึกษาผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำเสียเริ่มต้น แสดงในตารางที่ 1

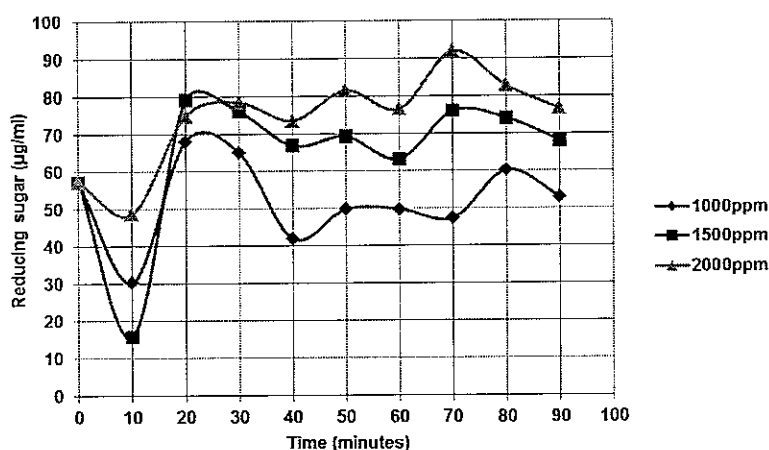
ตารางที่ 1 องค์ประกอบของน้ำเสียจากกากตะกอนปาล์มก่อนการปรับปรุงสภาพ

Parameter	ค่าที่วิเคราะห์ได้
pH	6.8-7.2
Reducing sugar	77.40 ±1.5 µg/ml
Total Nitrogen (TN)	0.42 g/ml
Total solid (TS)	14,770 mg/l
Total Organic Carbon (TOC)	98 mg/l
Chemical Oxygen Demand (COD)	28,200 mg/l
Biological Oxygen Demand (BOD)	15,320 mg/l

4.2 การปรับปรุงสภาพกากตะกอนปาล์มโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

การปรับปรุงสภาพกากตะกอนปาล์มโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรงนี้เป็นการปรับปรุงสภาพด้วยวิธีทางเคมี ทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิลอิสระทำปฏิกิริยากับสารประกอบอินทรีย์ได้และให้ผลผลิต ภัณฑ์สุดท้ายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญโดยตรงของปฏิกิริยานี้ คือ การควบคุมปริมาณของสารเคมี และค่าพีเอชระหว่างการทำปฏิกิริยา ซึ่งหากมีการควบคุมปัจจัยเหล่านี้ไม่เหมาะสมก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์จากการเกิดปฏิกิริยาเป็นเพียงน้ำและออกซิเจนเท่านั้น

เมื่อทดลองใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1,000 1,500 และ 2,000 ppm ในการปรับปรุงสภาพน้ำเสียกากตะกอนปาล์ม ที่เวลาต่างกัน คือที่ 10 20 30 40 50 60 70 80 และ 90 นาที ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 30°C เก็บตัวอย่างน้ำเสียกากตะกอนปาล์มหลังการปรับปรุงสภาพนำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 1



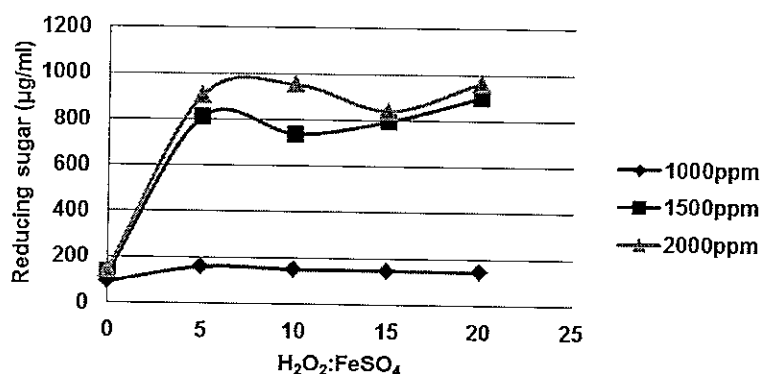
รูปที่ 1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกปลดปล่อยในน้ำเสียดามระยะเวลาที่ใช้ในการปรับปรุงด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 1,000, 1,500, และ 2,000 ppm

จากการทดลอง (รูปที่ 1) จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลาที่ 10 นาทีแรก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าลดลงจากก่อนการปรับปรุง เมื่อเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตอนต้น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อาจออกซิไดซ์น้ำตาลที่มีอยู่ก่อนให้เป็นกรดอินทรีย์ ค่าน้ำตาลรีดิวซ์จึงลดลง แต่เมื่อครบ 10 นาทีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นเนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับโครงสร้างของกากตะกอนปาล์ม(ลิกโนเซลลูโลส) ทำให้มีการปลดปล่อยสารชีวโมเลกุลขนาดเล็ก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมีสมบัติเป็น reducing compound ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดที่ 20 นาที จากนั้นช่วงเวลาระหว่าง 20-90 นาทีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

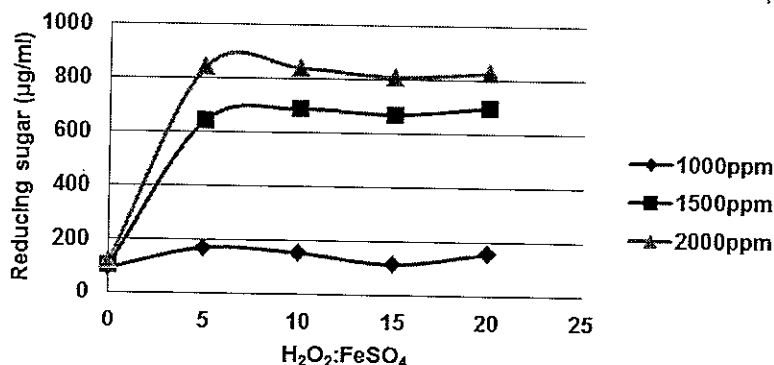
จากผลการทดลองข้างต้น จึงเลือกใช้ระยะเวลา 20 นาทีในการปรับปรุงสภาพกากตะกอนปาล์มก่อนนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

การปรับปรุงสภาพน้ำเสียโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์โดยทั่วไป นิยมเร่งปฏิกิริยาโดยใส่ตัวเร่ง เช่น เฟอร์รัสซัลเฟต (FeSO_4) เรียกปฏิกิริยาว่า ปฏิกิริยาเฟนตัน (Fenton's reaction) เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) กับเฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) (Sinnaraprasat and Fongsatitkul, 2011) งานวิจัยจึงศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง H_2O_2 กับ FeSO_4 เพื่อให้สามารถเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายกากตะกอนปาล์มได้อย่างสมบูรณ์ ผลการหาอัตราส่วนระหว่าง H_2O_2 กับ FeSO_4 ที่เหมาะสม ที่อุณหภูมิ 30 40 50 60 และ 70°C แสดงในรูปที่ 2-5 พบว่าในสภาวะที่ใช้อัตราส่วน 10:1 (กรัมต่อกรัม) ให้ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สูงกว่าการทดลองที่ไม่ได้เติมตัวเร่งปฏิกิริยา และมีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 2,000 ppm

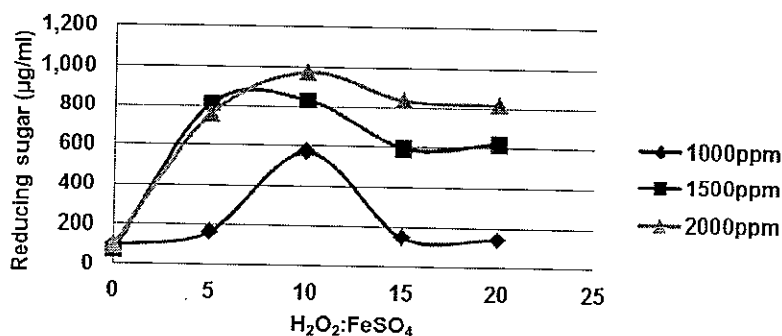
และเมื่อทดสอบหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปรับสภาพ (รูปที่ 6) พบว่าในทุกความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิ 50°C โดยมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 50°C ปริมาณการย่อยสลายจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาเฟนตันจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 50°C ประสิทธิภาพของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อาจลดลง เนื่องจากอุณหภูมิสูงเร่งให้เกิดการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไปเป็นออกซิเจนและน้ำ จากการทดลองดังกล่าวนี้จึงเลือกอุณหภูมิ 50°C ในการปรับสภาพน้ำเสียกากตะกอนปาล์ม



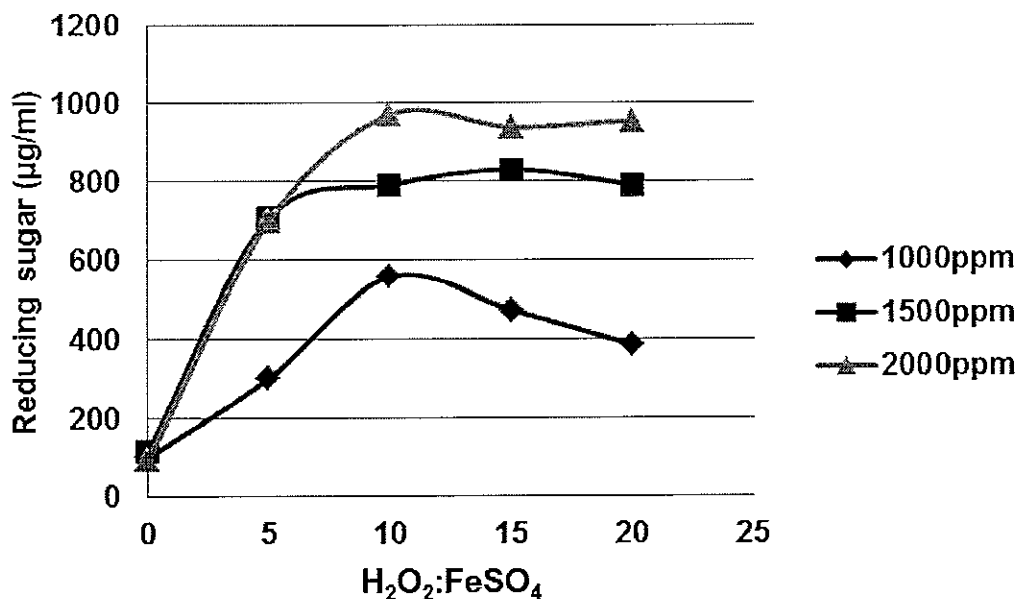
รูปที่ 2 อัตราส่วนระหว่าง H₂O₂ กับ FeSO₄ ที่เหมาะสมในการปรับสภาพกากตะกอนที่อุณหภูมิ 30°C



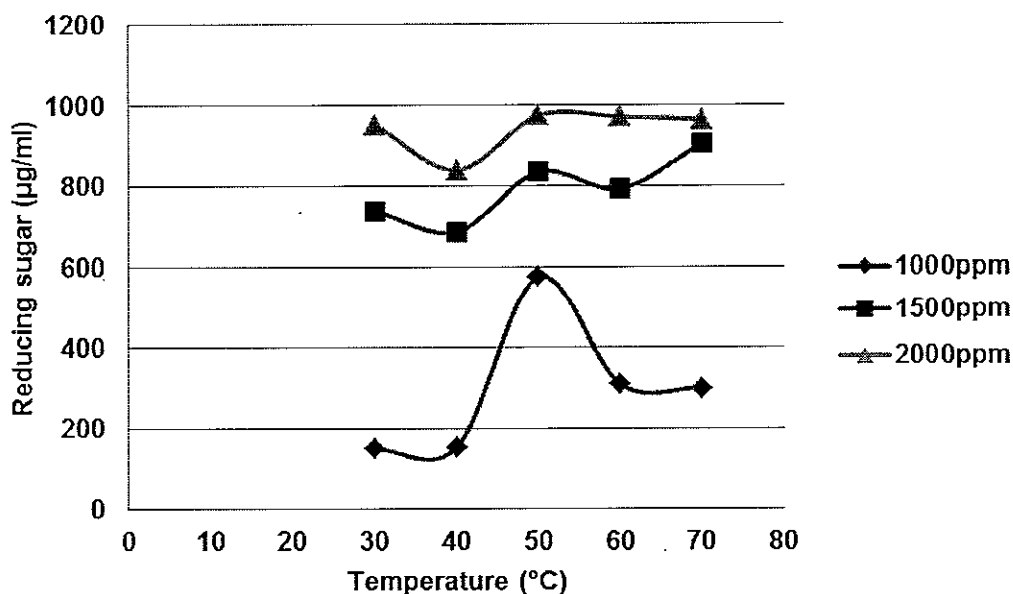
รูปที่ 3 อัตราส่วนระหว่าง H₂O₂ กับ FeSO₄ ที่เหมาะสมในการปรับสภาพกากตะกอนที่อุณหภูมิ 40°C



รูปที่ 4 อัตราส่วนระหว่าง H₂O₂ กับ FeSO₄ ที่เหมาะสมในการปรับสภาพกากตะกอนที่อุณหภูมิ 50°C



รูปที่ 5 อัตราส่วนระหว่าง H₂O₂ กับ FeSO₄ ที่เหมาะสมในการปรับปรุงสภาพกากตะกอนที่อุณหภูมิ 60°C



รูปที่ 6 การปรับปรุงสภาพกากตะกอนเมื่อใช้ H₂O₂ ที่ 1,000 1,500 และ 2,000 ppm ที่อุณหภูมิต่างๆ

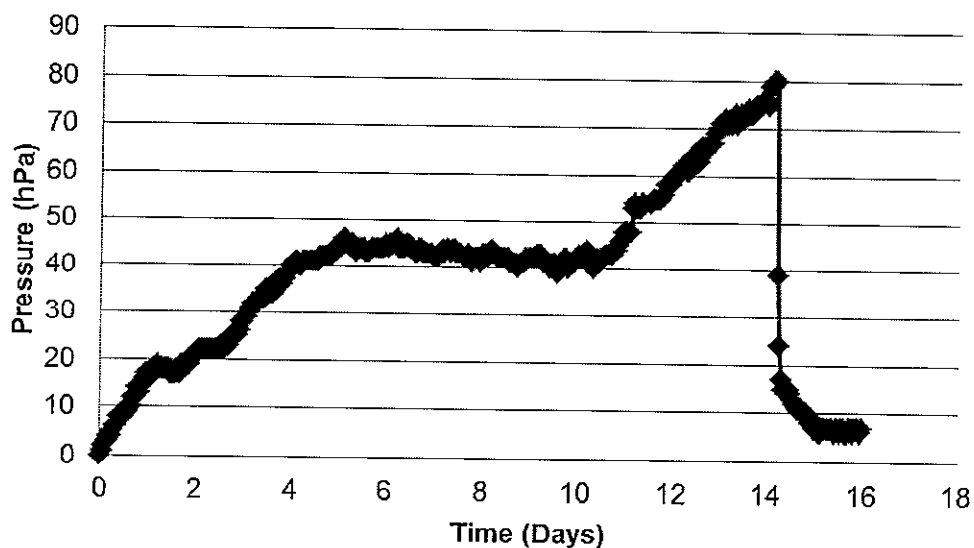
จากการศึกษาผลของปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการปรับปรุงสภาพของน้ำเสียกากตะกอนปาล์ม สรุปได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการปรับปรุงสภาพน้ำเสียกากตะกอนปาล์ม คือ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 2,000 ppm ที่สัดส่วน H₂O₂: FeSO₄เท่ากับ 10:1 ที่อุณหภูมิ 50°C นาน 20 นาที เมื่อนำสภาวะดังกล่าวไปใช้ในการปรับปรุงสภาพน้ำเสียกากตะกอนปาล์ม พบว่าน้ำเสียกากตะกอนที่ผ่านการปรับปรุงสภาพมีองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของน้ำเสียกากตะกอนปาล์มก่อนและหลังการปรับปรุงสภาพ

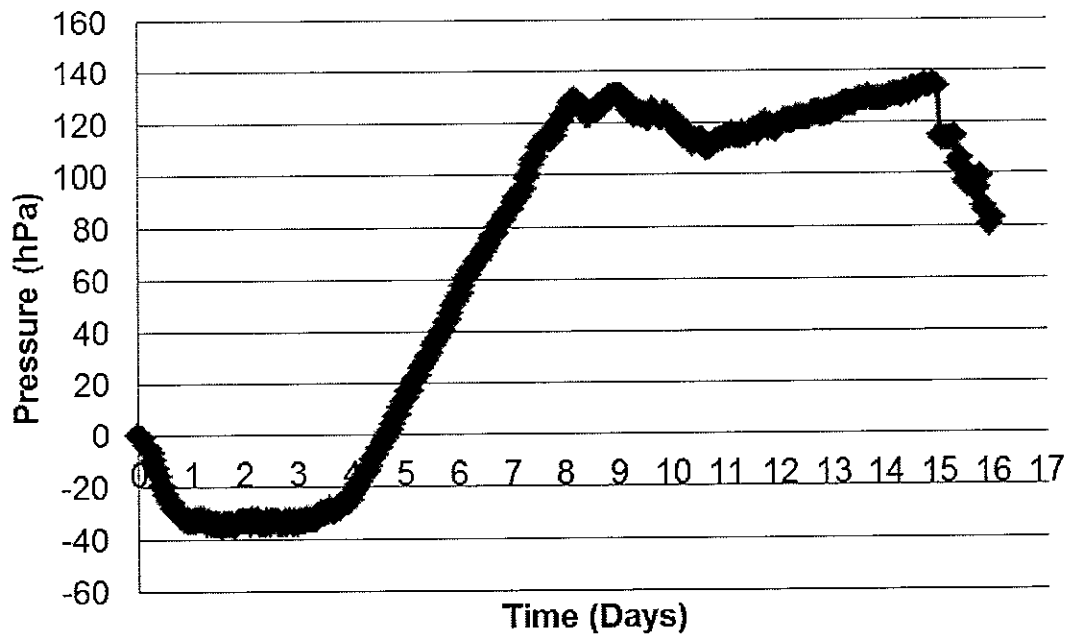
Parameter	ก่อนปรับปรุงสภาพ	หลังปรับปรุงสภาพ (2000 ppm, 50°C)
pH	6.8-7.2	6.8-7.2
Reducing sugar	77.40 ±1.5 µg/ml	974.5 ±1.5 µg/ml
Total Nitrogen (TN)	0.42 g/ml	0.28 g/ml
Total solid (TS)	14,770 mg/l	13,400 mg/l
Total Organic Carbon (TOC)	98 mg/l	84 mg/l
Chemical Oxygen Demand (COD)	28,200 mg/l	27,600 mg/l
Biological Oxygen Demand (BOD)	15,320 mg/l	15,040 mg/l

4.3 การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียกากตะกอนปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

เมื่อนำน้ำเสียกากตะกอนปาล์มมาทำการปรับปรุงสภาพด้วยสภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองข้างต้นมาหมักก๊าซชีวภาพเปรียบเทียบกับน้ำเสียกากตะกอนปาล์มที่ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงสภาพ ในอุปกรณ์ชุด Oxitop® Control meter for biogas พบว่าค่าความดันก๊าซของชุดที่ไม่ผ่านการปรับปรุงสภาพเพิ่มขึ้นทีละน้อยต่อเนื่อง เมื่อครบ 14 วัน ของการหมัก สูงสุดเพียง 80 hPa (รูปที่ 7) ส่วนชุดที่ผ่านการปรับปรุงสภาพความดันจะต่ำลงในช่วงแรกซึ่งอาจเกิดจากการปรับตัวของจุลินทรีย์ในระบบ จากการปรับปรุงสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แต่หลังจากวันที่ 4 ของการหมักจะมีค่าความดันก๊าซเพิ่มขึ้นอย่างแตกต่างและเมื่อครบ 14 วันค่าความดันก๊าซอยู่ที่ 140 hPa (รูปที่ 8) และเมื่อกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในส่วนของของเหลวในขวดหมักด้วยกรดไฮโดรคลอริกและในส่วนช่องว่างอากาศด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการปรับปรุงสภาพให้ค่าปริมาณของก๊าซมีเทนสูงกว่าที่ไม่ปรับ คือเพิ่มขึ้นจาก 0.028 m³CH₄/kg COD เป็น 0.406 m³CH₄/kg COD จึงเห็นได้ว่าการปรับปรุงสภาพกากตะกอนด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำให้ได้ก๊าซมีเทนซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในก๊าซชีวภาพ เพิ่มขึ้นถึง 14.5 เท่า



รูปที่ 7 ความดันก๊าซที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักน้ำเสียกากตะกอนปาล์มที่ไม่ผ่านการปรับปรุงสภาพด้วย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์



รูปที่ 8 ความดันก๊าซที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักน้ำเสียกากตะกอนปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพด้วย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 2000 ppm อุณหภูมิ 50°C

ตารางที่ 3 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากการหมักน้ำเสียกากตะกอนปาล์มที่ผ่านและไม่ผ่านการปรับสภาพ

ปริมาณก๊าซชีวภาพ	น้ำเสียกากตะกอนปาล์มที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ	น้ำเสียกากตะกอนปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพ (2000ppm, 50°C)
ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมด (hPa)	80	134
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($\text{m}^3 \text{CO}_2/\text{kg COD}$)	2.07	2.95
ปริมาณก๊าซมีเทน ($\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{kg COD}$)	0.028	0.406

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพน้ำเสียกากตะกอนปาล์มเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยพิจารณาการย่อยสลายกากตะกอนจากค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาในน้ำเสีย พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพ คือ ใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 2,000 ppm อัตราส่วนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อสารเร่งปฏิกิริยาเฟอร์รัสซัลเฟตเท่ากับ 10:1 อุณหภูมิ 50°C นาน 20 นาที น้ำเสียกากตะกอนปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพมีค่าน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่า Total nitrogen (TN) Total solid (TS) Total Organic carbon (TOC) และ Chemical oxygen demand (COD) ลดลง

การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียกากตะกอนปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอุปกรณ์ชุด Oxitop® Control meter for biogas พบว่าประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนสูงกว่าที่ไม่ปรับสภาพ ได้ก๊าซมีเทนถึง 0.406 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{kg COD}$

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, วีระพงศ์ จันทรมนิยม, ประกิจ ทองคำ และ สมเกียรติ สีสนอง (2548) *เส้นทางการสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้านการเกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว*, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน
- [2] Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 2000, *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 16th ed., AOAC International, Arlington, Virginia, USA.
- [3] Muadchim, M., Suksaroj, T.T., Rattanapan, C., and Suksaroj, C. (2012) Biogas Production and Biochemical Methane Potential of Anaerobic Co-Digestion from Pretreated Biodiesel Processing Wastewater and Decanter Cake. *Thai Environmental Engineering Journal* Vol 26 (1), pp.15-23.
- [4] Sinnaraprasat, S. and Fongsatitkul, P. (2011) Optimum condition of Fenton's Reagent to Enhance the Alcohol Production from Palm Oil Mill Effluent (POME), *Environment Asia journal*, Vol 4(2), pp. 9-16. DOI10.14456/ea.2011.12
- [5] Zhang, H. J. (2010) Sludge treatment to increase biogas production, Trita-LWR Degree Project, pp.10-20.