



Biogas Production from Fruit Peel Wastes using Ultrasonic Pretreatment

Chatchadin Kingthong, Thakrit Mongkolkasidej,
Siriwan Huitwatsart, Surawith Tunchaiyaphum and
Piyachai Chailoratana

EasyChair preprints are intended for rapid
dissemination of research results and are
integrated with the rest of EasyChair.

May 30, 2020

การผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกผลไม้เหลือทิ้งโดยการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิก Biogas Production from Fruit Peel Wastes using Ultrasonic Pretreatment

ฉัตรชฎิล กิ่งทอง^{1*}, ศิริวรรณ ห้วยเวชศาสตร์¹, ฐกฤต มงคลกษิณีเดช¹,
สุรวิทย์ ดุนชัยภูมิ² และ ปิยชัย ชัยลัธรัตน์²

^{1*} นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

² อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

ติดต่อ: surawitth@sau.ac.th

บทคัดย่อ

เปลือกผลไม้เหลือทิ้งคือวัสดุ lignocellulose ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ อย่างไรก็ตามการไฮโดรไลซิสวัสดุ lignocellulose พบว่าเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลาและจำกัดอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยคลื่นอัลตราโซนิกต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกผลไม้ โดยศึกษาการใช้คลื่นอัลตราโซนิก 20 kHz ที่เวลา 10, 20 และ 30 นาที และแอมพลิจูด 50, 70 และ 100% ในการปรับสภาพวัตถุดิบ โดยดำเนินการย่อยสลายในสภาพไม่ใช้ออกซิเจนในขวดทดลองขนาด 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 35 °C ผลการวิจัยพบว่า ระยะเวลาและแอมพลิจูดในการปรับสภาพวัตถุดิบมีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยที่แอมพลิจูด 100% เวลา 10 นาที ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมและก๊าซมีเทนสะสมสูงสุดที่เวลาการย่อยสลาย 15 วัน ซึ่งมีปริมาณมากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ 34.25% และ 36.92% ตามลำดับ ดังนั้นการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิกจึงเป็นวิธีที่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพโดยช่วยเพิ่มปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพในระยะการย่อยสลายที่สั้นลง

คำหลัก: ก๊าซชีวภาพ, เปลือกผลไม้, อัลตราโซนิก

Abstract

Fruit peel wastes as a lignocellulose material which are a good feedstock for biogas production. However, hydrolysis of lignocellulose material is the rate limiting step in anaerobic digestion. The aim of this the research was to study the effect of ultrasonic pretreatment on biogas production from fruit peels. The effect of ultrasonic times (10, 20, and 30 min) and amplitudes (50, 70, and 100%) at 20 kHz were investigated for pretreatment of fruit peels. Anaerobic digestion was performed at 35 °C in 1 L laboratory glass bottle as the digester. The results showed that ultrasonic times and amplitudes could affect biogas production. The highest cumulative biogas and methane yields after 15 days for digestion were obtained from ultrasonic pretreated fruit peels at 100 % amplitude, 10 min. It were higher than the control (unpretreated fruit peels) as 34.25% and 36.92%, respectively. The ultrasonic pretreatment was able to be a potential method for biogas production that increased the amount of biogas with shorter digestion time.

Keywords: Biogas, Fruit Peel, Ultrasonic

1. บทนำ

ปัญหาขยะมูลฝอย นับเป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ทวีความรุนแรงขึ้นตามการเพิ่มของจำนวนประชากรและการเติบโตทางเศรษฐกิจ จากรายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี 2559 พบว่า มีปริมาณการเกิดขยะรวมกันทั้งประเทศ 27.06 ล้านตันต่อปี [1] เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของขยะมูลฝอยพบว่า เป็นขยะอินทรีย์หรือขยะที่สามารถย่อยสลายได้ คิดเป็นร้อยละ 64 จากปริมาณขยะทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยเศษอาหาร เศษผักผลไม้ต่างๆ เมื่อเวลาผ่านไปขยะอินทรีย์เหล่านี้จะเกิดการย่อยสลายเองตามธรรมชาติ ส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา เช่น มลพิษทางน้ำจากกรณีน้ำชะขยะ (Leachate) มลพิษทางอากาศจากการเกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนหากมีการปล่อยออกสู่บรรยากาศ

ปัจจุบันพลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ ทำให้ความต้องการในการใช้พลังงานมีเพิ่มมากขึ้น พลังงานจากฟอสซิลซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักเริ่มมีปริมาณจำกัดและมีแนวโน้มที่จะหมดไปในอนาคตอันใกล้ จึงมีความสนใจหาแหล่งพลังงานทางเลือกอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น เช่น พลังงานหมุนเวียน ไบโอบีโอดีเซล เชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นต้น เมื่อพิจารณาจากปัญหาขยะอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเศษอาหาร เศษผัก และเศษผลไม้เหลือทิ้ง โดยเฉพาะเศษผลไม้เหลือทิ้ง มักมีปริมาณมากทั้งจากการบริโภคในครัวเรือนและอุตสาหกรรมแปรรูป จึงมีการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาทางเพิ่มมูลค่า หรือหาวิธีลดปริมาณขยะให้น้อยลง เช่น การศึกษาการสกัดสารสำคัญในเศษผลไม้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ต่างๆ การนำมาหมักหรือทำปุ๋ยอินทรีย์ หรือการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นพลังงานชีวภาพ ได้เป็นเอทานอลและก๊าซเชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นต้น

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงชีวภาพเกิดจากการหมักและย่อยสลายของสารอินทรีย์ในรูปแบบต่างๆ โดยอาศัย

จุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งทำหน้าที่หมักและย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เปลี่ยนรูปเป็นก๊าซชีวภาพ โดยจะมีส่วนผสมของก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซอื่นๆ ก๊าซชีวภาพมีสัดส่วนของก๊าซมีเทนสูงจะมีคุณสมบัติสามารถติดไฟได้ดี ดังนั้นจึงสามารถนำก๊าซชีวภาพไปใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงอื่นๆ ได้ วัตถุดิบสำคัญในการผลิตก๊าซชีวภาพคือ ขยะที่สามารถย่อยสลายได้ มีการทดลองศึกษาโดยการนำเปลือกสับประรดหมักร่วมกับมูลโค ในสภาวะไร้อากาศนาน 30 วัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพ โดยมีปริมาณก๊าซมีเทนร้อยละ 46.19 โดยปริมาตร [2] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกมะม่วงโดยกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพที่มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนได้ร้อยละ 50.17 [3] โดยส่วนใหญ่ในการหมักนิยมใช้วัตถุดิบหรือเศษผลไม้ได้ในถังหมักโดยตรง หรือผ่านการปรับสภาพด้วยกระบวนการต่างๆ เช่น การใช้แรงทางกล โดยการทุบ การบด การม่ หรือการใช้ความร้อนเพื่อทำลายเนื้อเยื่อของวัตถุดิบ [4] การปรับสภาพด้วยวิธีการต่างๆ เหล่านี้ต้องการลดขนาดหรือปรับสภาพโครงสร้างของวัตถุดิบเพื่อให้เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการทางชีวภาพได้ดียิ่งขึ้น

ในการศึกษาครั้งนี้ จึงมีแนวคิดเพื่อศึกษากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกผลไม้เหลือทิ้งโดยการปรับสภาพวัตถุดิบ (Pretreatment) ก่อนการหมักด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงหรือคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic) เนื่องจากเป็นวิธีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิสสารอินทรีย์ ซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์ในกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพทำงานได้ดีขึ้น โดยมีปัจจัยในการศึกษา ได้แก่ ระยะเวลาการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิก และแอมพลิจูดของคลื่นอัลตราโซนิกต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีวิจัย

2.1 วัตถุดิบ

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้เปลือกผลไม้เหลือทิ้งเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการหมัก โดยเลือกใช้เปลือกผลไม้ 3 ชนิด ได้แก่ สับปะรด แดงโม และมะม่วง เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีทุกฤดูกาลและมีปริมาณผลผลิตสูง นอกจากนี้มีองค์ประกอบเหมาะสมในกระบวนการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ โดยก่อนการทดลองได้มีการวิเคราะห์คุณสมบัติของเปลือกผลไม้ ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) และปริมาณของแข็งที่ระเหยง่าย (VS)

2.2 หัวเชื้อจุลินทรีย์

หัวเชื้อ (Seed) ในการเริ่มต้นระบบ ได้จากตะกอนเข้มข้นในระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนจากบริษัท ซีแอนดีจี เอ็นไวรอนเมนทอล โปรเทคชั่น (ประเทศไทย) จำกัด โดยนำหัวเชื้อมาเลี้ยงที่อุณหภูมิ 35 °C ในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และทำการวิเคราะห์ TS , VS และ pH ของหัวเชื้อจุลินทรีย์ก่อนการทดลองหมัก

2.3 ขั้นตอนการทดลอง

เตรียมวัตถุดิบทั้งหมดโดยการปั่นด้วยเครื่องปั่นอาหารเพื่อลดขนาดวัตถุดิบให้สะดวกต่อการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิก จากนั้นชั่งน้ำหนักวัตถุดิบในอัตราส่วน สับปะรด : แดงโม : มะม่วง ที่ 50 : 45 : 5 ให้มีจำนวนวัตถุดิบทั้งหมด 150 กรัม เติมน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร ดำเนินการปรับสภาพด้วยเครื่องอัลตราโซนิก 20 kHz (Ultrasonic Processor - Cole Parmer 20 kHz) ตามชุดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ในอัตราส่วนของของแข็งระเหยง่าย (VS) ของวัตถุดิบกับหัวเชื้อเท่ากับ 1 : 0.5 แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ให้มีค่าเท่ากับ 7.50 ทุกชุดการทดลอง จากนั้นดำเนินการหมักในชุดทดลอง ซึ่งประกอบด้วยขวดแก้วทดลองขนาด 1 ลิตรและประกอบกับชุดเก็บก๊าซชีวภาพแสดงดังรูปที่ 1

โดยควบคุมอุณหภูมิระหว่างการหมักที่ 35 °C ตลอดการทดลอง

ตารางที่ 1 การปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

ชุดทดลอง	การปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิก	
	แอมพลิจูด (%)	ระยะเวลา (นาที)
1	70	10
2	70	20
3	70	30
4	50	10
5	100	10
ชุดควบคุม	ไม่มีการปรับสภาพด้วยอัลตราโซนิก	

2.4 การเก็บก๊าซชีวภาพ

ชุดการทดลองประกอบด้วย ขวดแก้วทดลองขนาด 1 ลิตรเป็นถังหมัก และถังพลาสติกขนาด 6 ลิตรเป็นถังเก็บก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นแสดงดังรูปที่ 1 โดยการเก็บก๊าซอาศัยหลักการการแทนที่น้ำ ซึ่งภายในถังพลาสติกได้บรรจุสารละลายเกลืออิ่มตัวไว้เต็มถัง (จากการศึกษาของ Walker et al. [5] พบว่า การใช้สารละลายเกลืออิ่มตัว สามารถป้องกันการละลายของก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำได้) โดยปริมาตรของน้ำที่ล้นออกมาจากถังเก็บก๊าซคือปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ในการทดลองครั้งนี้จะทำการวัดปริมาตรของน้ำที่ล้นออกมาจากถังเก็บก๊าซต่อเนื่องทุกวัน



รูปที่ 1 ชุดการทดลอง

2.5 การวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ในการทดลอง ได้แก่ COD (วิธี Closed Reflux), TS และ VS (วิธี Gravimetric), pH (เครื่องมือ pH meter), ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวันใช้วิธีการแทนที่ในสารละลายเกลืออิ่มตัว, ปริมาณก๊าซมีเทนวิเคราะห์โดยเครื่องมือ Biogas Analyzer (บริษัท ShiAn - ประเทศจีน) ผลการวิเคราะห์วัตถุดิบเริ่มต้นแสดงดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 คุณลักษณะของวัตถุดิบเปลือกผลไม้และหัวเชื้อจุลินทรีย์

พารามิเตอร์	เปลือกผลไม้	หัวเชื้อจุลินทรีย์
%TS	13.29	14.39
%VS	11.91	7.70

ตารางที่ 3 คุณลักษณะสารตั้งต้นของระบบ (ประกอบด้วยเปลือกผลไม้ หัวเชื้อจุลินทรีย์ และน้ำกลั่น)

พารามิเตอร์	สารตั้งต้นของระบบ (ปริมาตร 1 ลิตร)
pH	7.50
TS	3.7%
VS	2.7%
COD	13,000-16,500 mg/L

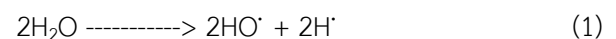
3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาผลการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิกต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกผลไม้ โดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก 20 kHz ที่ระยะเวลา 10, 20 และ 30 นาที และแอมพลิจูด 50, 70 และ 100% ดำเนินการหมักเป็นระยะเวลา 15 วัน มีรายละเอียดผลการวิจัยดังต่อไปนี้

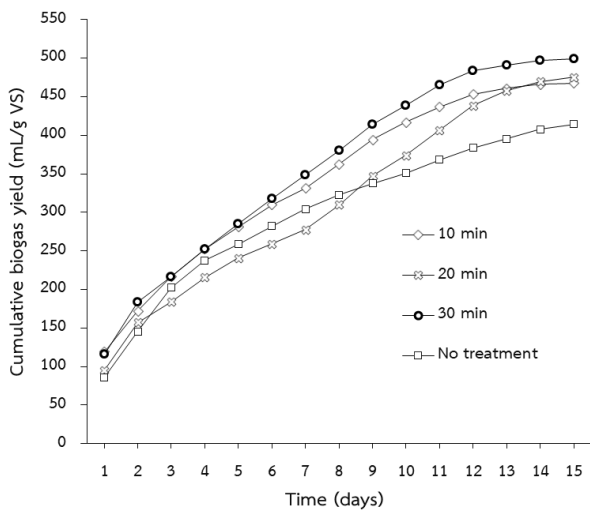
3.1 ผลการศึกษาระยะเวลาของการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิกต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

ผลการศึกษาระยะเวลาในการปรับสภาพวัตถุดิบ (10, 20 และ 30 นาที) ที่แอมพลิจูด 70% แสดงดังรูปที่ 2 โดยพบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมมีแนวโน้ม

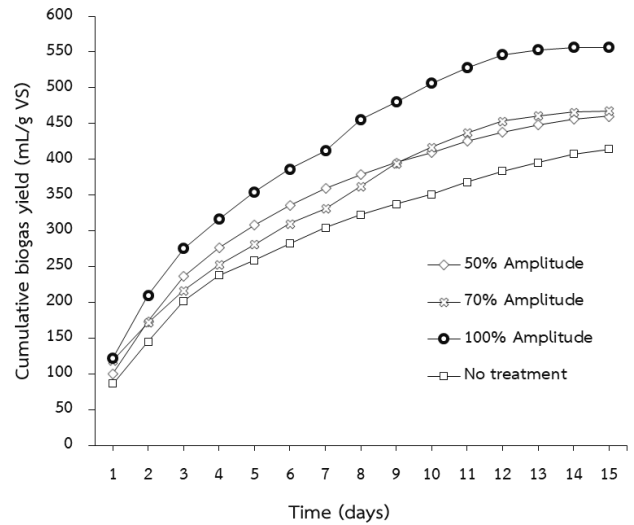
เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โดยเมื่อครบระยะเวลาการหมัก 15 วัน การปรับสภาพด้วยอัลตราโซนิกที่ 30 นาที ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงสุด เท่ากับ 499 มิลลิลิตรต่อกรัม VS เริ่มต้น อย่างไรก็ตามพบว่าที่ระยะเวลาการปรับสภาพ 10 และ 20 นาที ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมไม่แตกต่างกัน การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซชีวภาพเมื่อมีการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิกนั้นสามารถอธิบายได้โดย คลื่นอัลตราโซนิกสามารถปรับสภาพวัสดุชีวมวลซึ่งมีองค์ประกอบของลิกโนเซลลูโลสเพื่อให้ย่อยต่อการหมักก๊าซชีวภาพเนื่องจากผลของปรากฏการณ์แควิเทชัน (cavitation) ซึ่งเป็นภาวะที่เกิดขึ้นจากคลื่นเสียงที่ทำให้ของเหลวมีฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากและขยายตัวขึ้นจนแตกออกด้วยอุณหภูมิและความดันสูง [6,7,8] ผลนี้จะช่วยทำลายโครงสร้างที่ซับซ้อนของผนังเซลล์พืชที่มีลิกโนเซลลูโลส (ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส) เป็นองค์ประกอบ ส่งผลให้มีการปลดปล่อยสารภายในเซลล์และทำให้จุลินทรีย์สามารถเข้าถึงเพื่อย่อยสลายเซลลูโลสได้ง่าย [9] ซึ่งกลไกของคลื่นอัลตราโซนิกในการปรับสภาพชีวมวลสามารถอธิบายได้โดย 1) การเกิดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (hydroxyl radical) และไฮโดรเจน (hydrogen radical) จากโมเลกุลของน้ำในของเหลว (แสดงดังสมการที่ 1) เนื่องจากปรากฏการณ์แควิเทชันที่มีการระเบิดฟองอากาศ เป็นผลให้มีการย่อยสลายโครงสร้างที่ซับซ้อนของผนังเซลล์ชีวมวลและปลดปล่อยสารภายในเซลล์ออกมา [10, 11]



และ 2) การเกิดแรงเฉือน (Shear force) เนื่องจากการระเบิดฟองอากาศด้วยอุณหภูมิ (5000 °C) และความดัน (2000 atm) สูง ซึ่งจะช่วยลดขนาดโมเลกุลของชีวมวลและทำลายโครงสร้างผนังเซลล์ของชีวมวล [10, 11]



รูปที่ 2 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่ระยะเวลาการปรับสภาพวัตถุดิบแตกต่างกัน (แอมพลิจูด 70%)



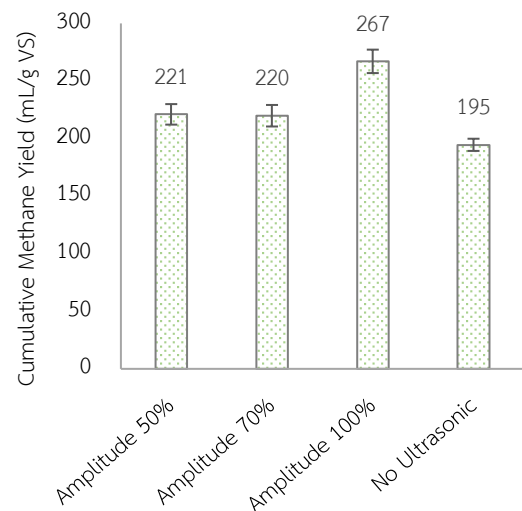
รูปที่ 3 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่ระดับแอมพลิจูดคลื่นอัลตราโซนิกแตกต่างกัน (ระยะเวลาปรับสภาพ 10 นาที)

3.2 ผลการศึกษาแอมพลิจูดของคลื่นอัลตราโซนิกในการปรับสภาพต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

รูปที่ 3 แสดงผลการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่แอมพลิจูด 50 70 และ 100% เป็นระยะเวลา 10 นาที พบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของระดับแอมพลิจูด โดย ณ เวลาการหมัก 15 วัน ที่แอมพลิจูด 100% (150 W) ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงสุด 556 มิลลิลิตรต่อกรัม VS เริ่มต้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการปรับสภาพวัตถุดิบพบว่า วัตถุดิบที่ผ่านการปรับสภาพที่แอมพลิจูด 100% ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมมากกว่า 34.25% อธิบายผลนี้ได้ว่าการเพิ่มระดับแอมพลิจูดเป็นการเพิ่มพลังงานและจำนวนของฟองอากาศขนาดเล็กทำให้การแคปเวชันมีมากขึ้น [12] และเป็นผลให้โครงสร้างที่ซับซ้อนและแข็งแรงของลิกโนเซลลูโลสถูกทำลายให้ง่ายต่อการย่อยของจุลินทรีย์

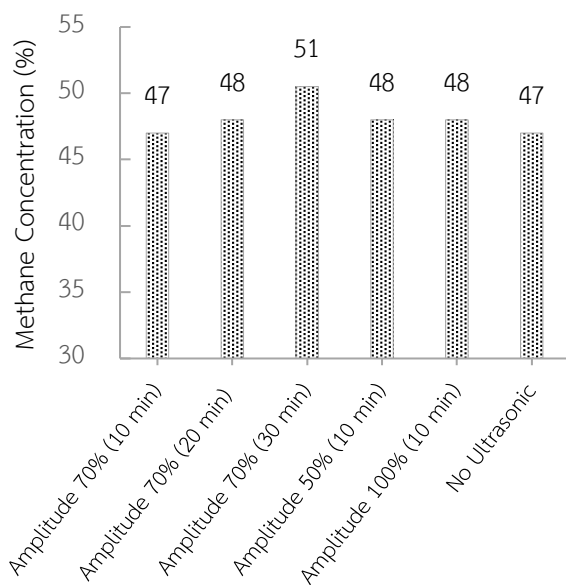
ผลของการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซมีเทนสะสมในชุดการทดลองที่ผ่านการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่ระดับแอมพลิจูด 50, 70 และ 100% ระยะเวลา 10 นาทีกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ

แสดงดังรูปที่ 4 พบว่า ปริมาณมีเทนสะสมของชุดการทดลองที่ผ่านการปรับสภาพมีค่าสูงสุดที่ 267 มิลลิลิตรต่อกรัม VS เริ่มต้น โดยมีปริมาณมากกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีการปรับสภาพ 36.92%



รูปที่ 4 ปริมาณก๊าซมีเทนสะสมของชุดการทดลองที่ผ่านการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (เวลา 10 นาที) และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ

การวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ โดยใช้เครื่องมือ Biogas Analyzer วัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ โดยค่าที่วัดได้ออกมาในรูป 0-100 % โดยปริมาตร จากผลการวิเคราะห์พบว่าชุดทดลองที่มีการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยคลื่นอัลตราโซนิกและชุดควบคุมที่ไม่มีการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยคลื่นอัลตราโซนิกได้ให้ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 47 - 51% โดยมีผลดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในชุดการทดลอง

3.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ (COD Removed)

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการกำจัด COD แสดงดังตารางที่ 4.4 และ 4.5 พบว่าชุดทดลองที่มีการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่ระยะเวลาต่างกัมีประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในรูป COD อยู่ในช่วง 58.04 - 71.72% โดยพบว่าประสิทธิภาพการกำจัด COD มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยคลื่นอัลตราโซนิกเพิ่มขึ้น และสำหรับการศึกษาผลของระดับแอมพลิจูดของคลื่นอัลตราโซนิกในการปรับสภาพวัตถุดิบพบว่าประสิทธิภาพการกำจัด COD อยู่ในช่วง

58.04-73.41% ซึ่งเมื่อระดับแอมพลิจูดเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการกำจัด COD ก็มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยที่แอมพลิจูด 100% เวลา 10 นาที เป็นสภาวะให้ประสิทธิภาพการกำจัด COD มากที่สุด เท่ากับ 73.41% ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 26.48%

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพในการกำจัด COD ที่เวลาการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิกแตกต่างกัน (แอมพลิจูด 70%)

ชุดการทดลอง	ค่า COD (mg/L)		%COD Removed
	เริ่มต้น	สิ้นสุด	
10 min	13,000	4,675	64.04
20 min	15,000	4,920	66.93
30 min	16,500	4,660	71.72
No Ultrasonic	13,500	5,660	58.04

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพในการกำจัด COD ที่ระดับแอมพลิจูดในการปรับสภาพแตกต่างกัน (เวลา 10 นาที)

ชุดการทดลอง	ค่า COD (mg/L)		%COD Removed
50%	15,500	5,840	62.31
70%	13,000	4,675	64.04
100%	15,500	4,120	73.41
No Ultrasonic	13,500	5,660	58.04

4. สรุปผลวิจัย

การศึกษาผลของการปรับสภาพเปลือกผลไม้ที่มีองค์ประกอบของลิกโนเซลลูโลสด้วยคลื่นอัลตราโซนิกต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยศึกษาระยะเวลาและระดับแอมพลิจูดของคลื่นอัลตราโซนิกต่อปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ผลการวิจัยพบว่าระยะเวลาและระดับแอมพลิจูดของคลื่นอัลตราโซนิกมีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ โดย ณ เวลาการหมัก 15 วัน พบว่าการปรับสภาพวัตถุดิบที่แอมพลิจูด 100% (150 W) เป็นเวลา 10 นาที ได้ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมและปริมาณก๊าซมีเทนสะสมสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพ 34.25 และ 36.92% ตามลำดับ ผลนี้แสดงให้เห็นว่าการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิกเป็นวิธีที่สามารถใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพโดยมีผลต่อการเพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพในระยะเวลาการหมักที่สั้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการหมักแบบดั้งเดิมที่ไม่มีการปรับสภาพวัตถุดิบ อย่างไรก็ตามงานวิจัยต่อไปควรมีการศึกษาความคุ้มค่าด้านพลังงานเมื่อมีการปรับสภาพด้วยคลื่นอัลตราโซนิก รวมถึงการศึกษาในระดับนำร่องต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนสำหรับเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ จากบริษัท ซีแอนด์จี เอ็นไวรอนเมนทอลโปรดักชั่น (ประเทศไทย) จำกัด และการสนับสนุนเครื่องมือวิจัยจากห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยร่วมภาครัฐและเอกชน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมถึงการสนับสนุนสถานที่ปฏิบัติงานวิจัยและเครื่องมือจากห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน กรมควบคุมมลพิษ (2563). *ข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของประเทศ*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://thaimsw.pcd.go.th>, เมื่อวันที่ 15/03/2563
- [2] พงษ์ศักดิ์ โพธิ์ศรีทอง, ประชุมพร เล่าห์ประเสริฐ และ ประยูร พงศ์สถิตกุล (2552). การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเปลือกสับปะรดโดยกระบวนการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน, *วารสารวิจัยคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, ปีที่ 2 (2), พฤษภาคม - สิงหาคม 2552, หน้า 39-46.
- [3] ผ่องพรรณ วัฒนาการกิตกุล (2554). *การผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกมะม่วงเหลือทิ้งในถังหมักแบบท่อไหล* [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [4] รัชพล พะวงศรีรัตน์ (2558). กระบวนการปรับสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทลิกโนเซลลูโลส, *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University*, ปีที่ 2 (1), มกราคม - มิถุนายน 2558, หน้า 143 - 157.
- [5] Walker, M., Zhang, Y., Heaven, S. and Bank, C. (2009). Potential errors in the quantitative evaluation of biogas production in anaerobic digestion processes, *Bioresource Technology* 100, pp.6339-6346
- [6] Pilli, S., Bhunia, P., Yan, S., LeBlanc, R.J., Tyagi, R.D., and Surampalli, R.Y. (2011). Ultrasonic pretreatment of sludge: A review, *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 18 (2011), pp. 1-18.

- [7] Li, X., Mettu, S., Martin, G., Ashokkumar. M., and Lin, C.S.K. (2019). Ultrasonic pretreatment of food waste to accelerate enzymatic hydrolysis for glucose production, *Ultrasonics – Sonochemistry* (2019), Vol. 53, pp. 77-82.
- [8] Joshi, S.M. and Gogate, P.R., Intensifying the biogas production from food waste using ultrasound: Understanding into effect of operating parameters, *Ultrasonics – Sonochemistry* (2019), Vol. 59, 104755.
- [9] Pansripong, S., Arijharn, W., Liplap, P., and Hinsui, T. (2019). Effect of Ultrasonic Pretreatment on Biogas Production from Rice Straw, *Oriental Journal of Chemistry*. Vol.35 (4), pp. 1265 – 1273.
- [10] Shanthi, M., Banu, J.R., and Sivashanmugam, P. (2019). Synergistic effect of combined pretreatment in solubilizing fruits and vegetable residue for biogas production: Hydrolysis, energy assessment, *Fuel* (2019), Vol.254, pp. 194-202.
- [11] Gianico, A., Braguglia, C.M., Mescia, D., and Mininni, G. (2013). Ultrasonic and thermal pretreatments to enhance the anaerobic bioconversion of olive husks, *Bioresource Technology* (2013), Vol.147, pp. 623–626.
- [12] Braeutigam, P., Franke, M. and Ondruschka, B. (2014). Effect of ultrasound amplitude and reaction time on the anaerobic fermentation of chicken manure for biogas production, *biomass and bioenergy* (2014), Vol.63, pp. 109-113.

ประวัติผู้เขียนบทความ

นายฉัตรชฎิล กิ่งทอง
นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์



นางสาวศิริวรรณ ห้วยเวชศาสตร์
นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์



นายฐกฤต มงคลกษิต์เดช
นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์



อาจารย์สุรวิทย์ ตุนชัยภูมิ
ประวัติการศึกษา:
วศ.ม. วิศวกรรมเคมีบูรณาการ
มหาวิทยาลัยมหิดล
งานวิจัยที่สนใจ:
การผลิตไบโอเอทานอลและก๊าซชีวภาพจากวัสดุชีวมวล



อาจารย์ปิยชัย ชัยลัธรัตน์
อาจารย์สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
งานวิจัยที่สนใจ:
การพัฒนากระบวนการวิเคราะห์คลอรีนเพื่อใช้ในการ
บริการชุมชน, ปริมาณโลหะหนักของตะกอนดินและน้ำ

