



การบำบัดเบื้องต้นทางกายภาพของผักตบชวา เพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

Physical Pretreatment of Water Hyacinth for Biogas Production

Pimnarin Sungkasudi* Pichaya Rachdawong* and Chackrit Nuengjamnong**

พิมพันธ์ินทร์ สังขสุทธิ์* พิชญา รัชฎาวงศ์* และ จักรกริสน์ เนื่องจำนงค์**

*ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

**ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

*E-mail : pichaya.r@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการบำบัดผักตบชวาเบื้องต้น โดยวิธีทางกายภาพด้วยการลดขนาด และนำไปผลิตก๊าซชีวภาพด้วยวิธีการทำบีเอ็มพี (Biochemical Methane Potential; BMP) ในขวดซีรัมขนาด 120 มิลลิลิตร ด้วยสารตั้งต้นผสมระหว่างผักตบชวาและมูลโคในอัตราส่วนน้ำหนักเปียกของผักตบชวาต่อน้ำหนักเปียกของมูลโค เท่ากับ 5:1 ทำการเปรียบเทียบระหว่างผักตบชวาที่ไม่ผ่านการบำบัดเบื้องต้น (ขนาด 40-50 มิลลิเมตร) และผักตบชวา ที่มีการลดขนาด ได้แก่ เล็กกว่า 5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 และ 25-30 มิลลิเมตร ทดลองเป็นระยะเวลา 39 วัน ผลการทดลองพบว่า ที่สภาวะสมดุลผักตบชวาทั้ง 7 ขนาด ให้ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนร้อยละ 47.05-53.48 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพรายวันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.52 ± 10.80 มิลลิลิตร โดยผักตบชวาที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงสุดเท่ากับ 0.26 ลิตร/กรัมของแข็งระเหย และที่ขนาด 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 และ 25-30 มิลลิเมตร ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 0.25 0.23 0.21 0.21 และ 0.20 ลิตร/กรัมของแข็งระเหย ตามลำดับ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าขนาดของผักตบชวามีผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig<0.05)

คำสำคัญ : ผักตบชวา; บีเอ็มพี; การบำบัดเบื้องต้นทางกายภาพ; ก๊าซชีวภาพ

Abstract

The objective of this work was to study the effect of physical pretreatment of water hyacinth by size reduction on biogas production and biogas production was estimated by biochemical methane potential (BMP). The BMP work was performed using 120-ml serum bottles. The ratio of water hyacinth to cow dung was 5:1 (wet weight). The six size ranges of water hyacinth were pretreated as: less than 5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 and 25-30 mm, respectively, while the cow dung served as control. And compare the six size ranges with the size range of 40-50 mm. (no pretreatment). During 39-day incubation period within a room temperature range of 28.1 to 32.0°C, The steady state, the six size ranges and no pretreatment had methane percentages between 47.05 and 53.48. The average of daily biogas production was 18.52±10.80 ml. The biogas yield of water hyacinth with the size of less than 5 mm. was highest of 0.26 m³/kg VS. Furthermore, the size ranges of 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 and 25-30 mm. had biogas yields of 0.25, 0.23, 0.21, 0.21 and 0.20 m³/kg VS, respectively. The overall results showed that pretreating Water Hyacinth by size reduction did statistically affect the volume of cumulative biogas produced (Sig <0.05).

Keywords : Water hyacinth; BMP; Physical pretreatment; Biogas

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น และส่วนใหญ่ผู้นำเข้าจากต่างประเทศ [1] โดยพลังงานส่วนใหญ่มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil fuel) ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปหรือที่เรียกว่าพลังงานสิ้นเปลือง ซึ่งหากมีการนำมาใช้งานในปริมาณมากย่อมส่งผลให้พลังงานประเภทนี้หมดไป และไม่สามารถเกิดทดแทนได้ทันกับความต้องการใช้งานของมนุษย์ นักวิจัยจึงได้พยายามศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับพลังงานทางเลือกอื่นๆ สำหรับผลิตเป็นพลังงานทดแทน สำหรับประเทศไทยได้มีการกำหนดนโยบายเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในประเทศเพิ่มมากขึ้น เช่น แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 ซึ่งกำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนประเภทก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงานในปี พ.ศ. 2579 ไว้ 680 เมกะวัตต์ [2] และผักตบชวา เป็นพืชพลังงานชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ และสอดคล้องกับนโยบายสนับสนุนด้านพลังงานทางเลือกจากภาครัฐ

ผักตบชวา (Water hyacinth) เป็นวัชพืชที่มีถิ่นกำเนิดในแถบลุ่มน้ำอะเมซอนประเทศบราซิล สามารถเจริญเติบโตได้ทุกสภาพน้ำ ทนทานต่อสภาพแวดล้อม ขยายพันธุ์ได้ทั้งเมล็ดและการแตกหน่อ จึงมีการขยายพันธุ์และแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วเมื่อเกิดเป็นพรมหนา จะทำให้แสงไม่สามารถส่องผ่านลงใต้น้ำได้ ส่งผลต่อพืชและสัตว์ใต้น้ำ ทำให้พืชน้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจึงลดลง เกิดน้ำเน่าเสีย นอกจากนี้ยังกีดขวางการไหลของน้ำ บดบังทัศนียภาพ รวมถึงการทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินในแต่ละปีรัฐบาลต้องสูญเสียงบประมาณประมาณ 50 ล้านบาท ในการจัดการผักตบชวา ประมาณ 6,240,000-6,256,560 ตัน ในแหล่งน้ำ 3,955 แห่ง ครอบคลุมพื้นที่ 60 จังหวัด [3] แม้ผักตบชวาจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมากมาย ในทางกลับกันสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น สามารถนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับใช้เป็นพลังงานทดแทน เนื่องจากมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 21 (อัตราส่วนที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 20-30) [4] แต่ผักตบชวาและมีปริมาณเซลลูโลส

เฮมิเซลลูโลส และลิกนินเท่ากับร้อยละ 19.88 33.91 และ 4.22 ตามลำดับ ทำให้เกิดการย่อยสลายในระบบไร้อากาศได้ช้า ดังนั้น เพื่อจึงควรมีการปรับสภาพก่อนการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการบำบัดผักตบชวาเบื้องต้น โดยวิธีทางกายภาพด้วยการลดขนาด และนำไปผลิตก๊าซชีวภาพด้วยวิธีการทำบีเอ็มพี (Biochemical Methane Potential; BMP)

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

ผักตบชวาที่ใช้ในการทดลองมาจากแหล่งน้ำในศูนย์ฝึกนิสิต คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดนครปฐม โดยทำการเก็บตัวอย่างนำมาล้างให้สะอาดด้วยน้ำประปา และแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ผักตบชวาที่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นโดยการตัดให้มีขนาดเล็กกว่า 5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 และ 25-30 มิลลิเมตร ตามลำดับ และผักตบชวาที่ไม่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นมีขนาด 40-50 มิลลิเมตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง คือ มูลโคนมแห้ง นำมาจากศูนย์ฝึกนิสิต คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดนครปฐม

การวิเคราะห์องค์ประกอบของผักตบชวาและมูลโค

องค์ประกอบเบื้องต้นของผักตบชวาและมูลโค ได้แก่ ของแข็งทั้งหมด (Total solids, TS) ความชื้น (Moisture content) ของแข็งระเหย (Volatile solids, VS) และเถ้า (Ash) ตามวิธี AOAC (1991) [5] ความเป็นกรด

ต่าง (pH) โดย Electronic pH meter ความต่างศักย์ออกซิเดชันรีดักชัน (ORP) โดย Electronic ORP Meter

องค์ประกอบทางเคมีของผักตบชวา ได้แก่ ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินตามวิธีของ Van Soest (1991) [6] ปริมาณธาตุคาร์บอนและไนโตรเจนของผักตบชวา โดย CHNS/O analyzer ซึ่งองค์ประกอบเบื้องต้นของผักตบชวาและมูลโค ดังตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของผักตบชวา ดังตารางที่ 2

การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนของผักตบชวา

การบำบัดผักตบชวาเบื้องต้นโดยการลดขนาด เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ โดยการใช้วิธีการทำบีเอ็มพี (Biochemical methane potential; BMP) ซึ่งนำผักตบชวาที่ผ่านการลดขนาดต่างๆ (ดังรายละเอียดหัวข้อวัตถุดิบ) ผสมกับมูลโคในอัตราส่วนน้ำหนักเปียกของผักตบชวาต่อน้ำหนักเปียกของมูลโคเท่ากับ 5:1 ดังรูปที่ 1 และเติมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) สำหรับใช้เป็นบัฟเฟอร์ ให้มีปริมาตรรวม 80 มิลลิลิตร ทำการหมักโดยใช้ขวดซีรัมขนาด 120 มิลลิลิตร และชุดควบคุม ซึ่งจะใส่เฉพาะหัวเชื้อจุลินทรีย์ (มูลโค) โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา รวม 39 วัน

บันทึกปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยอาศัยหลักการแทนที่ของเหลว ซึ่งของเหลวเตรียมโดยใช้โซเดียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 20 ผสมกับกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 5 ปรับค่าความเป็นกรดต่างต่ำกว่า 3 เพื่อป้องกันการละลายน้ำของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ [7] ดังรูปที่ 2 โดยปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นคำนวณได้ดังสมการ [8]

$$\text{ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น} = \frac{\text{ปริมาณก๊าซชีวภาพชุดทดลอง (ลิตร)} - \text{ปริมาณก๊าซชีวภาพชุดควบคุม (ลิตร)}}{\text{น้ำหนักของแข็งระเหยที่ใส่เข้าระบบ (กรัม)}}$$



รูปที่ 1 ผักตบชวาส่วนของลำต้น ใบ และมูลวัว (จากซ้ายไปขวา)

ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนวิเคราะห์โดยเครื่อง Gas chromatography (GC) รุ่น Shimadzu GC-2010 ที่มีตัวตรวจวัดเป็น Thermal conductivity detector (TCD) และก๊าซฮีเลียมเป็นก๊าซพา (Carrier gas)

การวิเคราะห์ส่วนที่เป็นของเหลวในขวดทดลอง

การวิเคราะห์ส่วนที่เป็นของเหลว (กรองด้วยกระดาษกรอง GF/C เพื่อแยกส่วนน้ำและตะกอน) ได้แก่ ซีโอดีละลาย กรดไขมันระเหย สภาพต่าง ตามวิธีมาตรฐานของ APHA (2005)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของผักตบชวาและมูลโค

องค์ประกอบ	ผักตบชวา	มูลโค
ของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	17.02±6.98	58.84 ±11.77
ความชื้น (ร้อยละ)	82.98	51.47
ของแข็งระเหย (ร้อยละ)	10.96±0.92	20.83±0.86
เถ้า (ร้อยละ)	6.06	38.01
ความเป็นกรดต่าง	6.11	8.66
ความต่างศักย์ออกซิเดชันรีดักชัน (มิลลิโวลต์)	198±4.24	-82.83±0.96



รูปที่ 2 เครื่องวัดปริมาณก๊าซชีวภาพแบบท่อรูปตัวยู

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลของขนาดต่อปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมใช้การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (correlation analysis) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบของผักตบชวาและมูลโค

องค์ประกอบเบื้องต้นของผักตบชวาและมูลโค แสดงดังตารางที่ 1

ในพืชต่างๆ ไปมีองค์ประกอบทางเคมีคือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยผักตบชวาซึ่งเป็น

วัตถุดิบในการศึกษาคั้งนี้ มีองค์ประกอบทางเคมีแสดง ดังตารางที่ 2

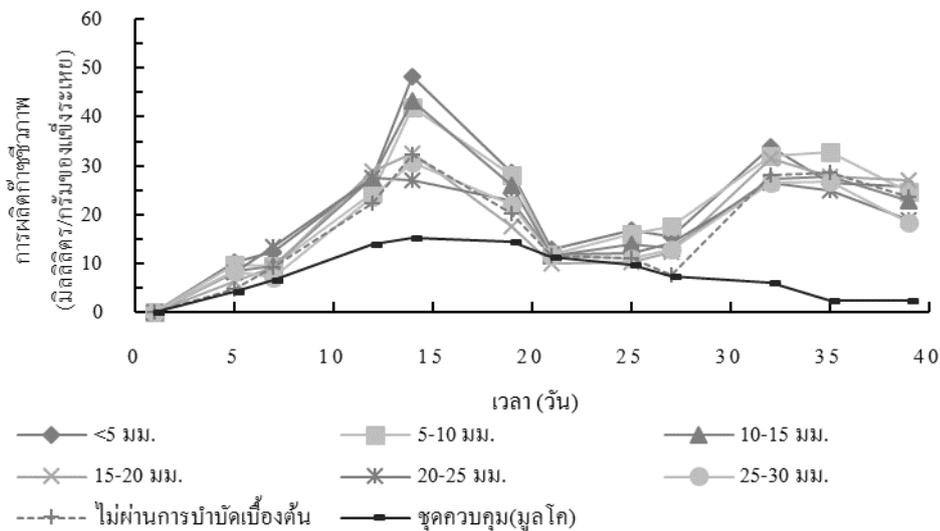
ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของผักตบชวา

องค์ประกอบ	สัดส่วน (ร้อยละ)		
	ผักตบชวาตัวอย่าง	[9]	[10]
เซลลูโลส	19.88	18.2	16
เฮมิเซลลูโลส	33.91	48.7	43
ลิกนิน	4.22	3.50	6.80
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	21.11	-	30.10

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างผักตบชวาที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้มีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ โดยมีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 19.88 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 33.91 และปริมาณลิกนินร้อยละ 4.22 จะเห็นได้ว่าผักตบชวามีปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูงที่สุด ซึ่งเฮมิเซลลูโลสจะถูกย่อยสลายในขั้นตอนไฮโดรไลสิสได้ง่ายกว่าเซลลูโลส และลิกนิน เนื่องจากมีโครงสร้างที่สามารถละลายน้ำได้ จึงทำให้เกิดการย่อยสลายได้เร็วและง่ายกว่า [11]

การผลิตก๊าซชีวภาพรายวัน

การผลิตก๊าซชีวภาพรายวันแสดงถึงการย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนโดยจุลินทรีย์ ซึ่งการผลิตก๊าซชีวภาพรายวันจากการย่อยสลายผักตบชวาที่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นทางกายภาพโดยการลดขนาด แสดงดังรูปที่ 3



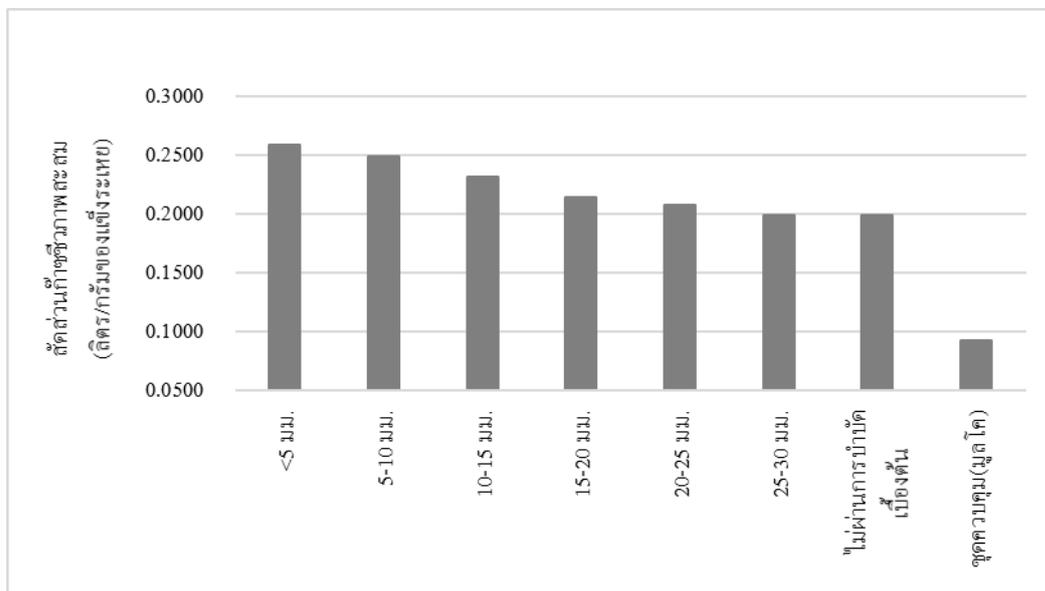
รูปที่ 3 การผลิตก๊าซชีวภาพรายวัน

จากรูปที่ 3 พบว่าการเดินระบบโดยใช้ระยะเวลา รวม 39 วัน การผลิตก๊าซชีวภาพรายวันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.17 ± 10.85 มิลลิลิตร/กรัมของแข็งระเหย และการผลิต ก๊าซชีวภาพสูงสุดเกิดขึ้นในวันที่ 14 และ 32 โดยในวันที่ 14 ผักตบชวาขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร มีการผลิตก๊าซ ชีวภาพรายวันเท่ากับ 48.25 มิลลิลิตร/กรัมของแข็งระเหย โดยก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมาจากการย่อยสลายของ สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่าย เช่นน้ำตาล [12] และวันที่ 32 ผักตบชวาขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร มีการผลิตก๊าซ

ชีวภาพสูงสุดมีค่าเท่ากับ 33.77 มิลลิลิตร/กรัมของแข็ง ระเหย ซึ่งอาจมาจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ที่ย่อย สลายยาก จึงส่งผลให้ก๊าซชีวภาพมีค่าสูงขึ้นอีกครั้ง

ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม

ปริมาตรก๊าซชีวภาพสะสมจากการย่อยสลาย ผักตบชวาที่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นทางกายภาพโดยการ ลดขนาด แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม

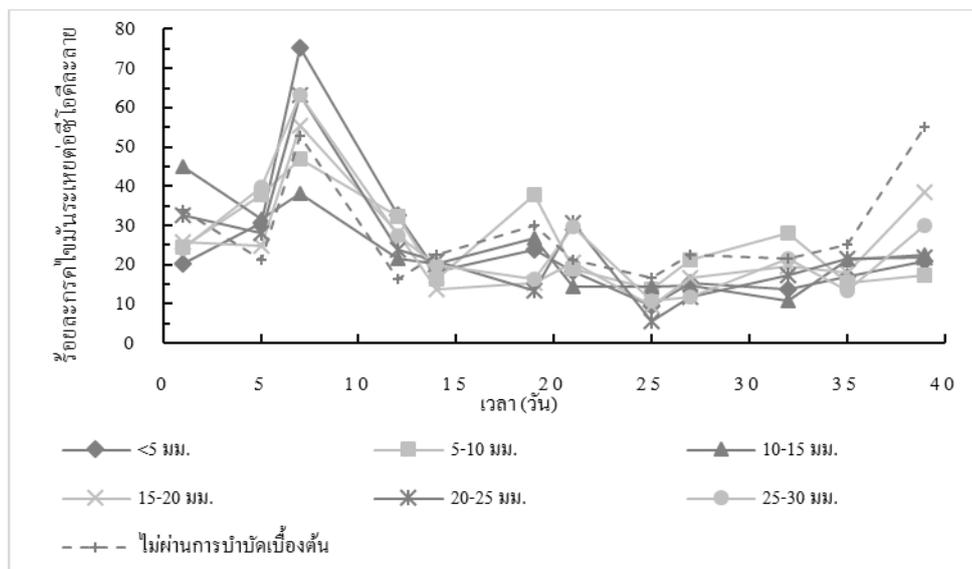
จากรูปที่ 4 พบว่า ผักตบชวาขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร มีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงสุดเท่ากับ 0.258 ลิตร/กรัมของแข็งระเหย ส่วนขนาด 5-10 10-15 15-20 20-25 และ 25-30 มิลลิเมตร มีปริมาณก๊าซชีวภาพ สะสมเท่ากับ 0.248 0.231 0.214 0.207 และ 0.199 ลิตร/ กรัมของแข็งระเหย ตามลำดับ ในขณะที่ผักตบชวาที่ไม่ ผ่านการบำบัดเบื้องต้นมีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ

0.199 ลิตร/กรัมของแข็งระเหย และชุบน้ำคลุม (มุด โค) มี ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 0.093 ลิตร/กรัมของแข็ง ระเหย จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ขนาดของ ผักตบชวามีผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig} < 0.05$) เนื่องจากการลดขนาดเป็น ผลให้อันดับการโพลิเมอร์ (Polymerization degree) และ โครงสร้างผลึกของเซลลูโลส (Crystallinity) ลดลง พื้นที่

ผิวเพิ่มขึ้น [13] และขนาดที่เล็กลงทำให้เกิดการย่อยสลายได้ง่ายยิ่งขึ้น ส่งผลให้การผลิตก๊าซชีวภาพรายวันสูงขึ้น ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมจึงมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมจากผักตบชวาในการศึกษานี้ใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎีซึ่งอยู่ในช่วง 0.20-0.30 ลิตร/กรัมของแข็งระเหย [14] และที่สภาวะสมดุลความเข้มข้นของก๊าซมีเทนอยู่ระหว่างร้อยละ 47.05-53.48

การวิเคราะห์ส่วนที่เป็นของเหลวในขวดทดลอง

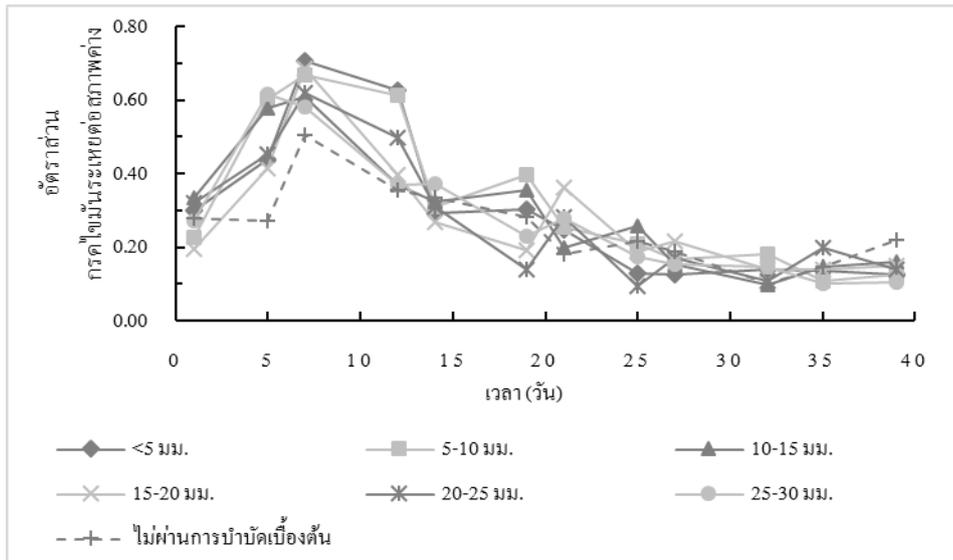
การวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของส่วนที่เป็นของเหลวแสดงถึงเสถียรภาพของระบบและระดับการย่อยสลายของผักตบชวาประกอบด้วยกรดไขมันระเหยต่อซีโอดีละลาย (แสดงดังรูปที่ 5) อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่าง (แสดงดังรูปที่ 6) และความเป็นกรดต่าง (แสดงดังรูปที่ 7)



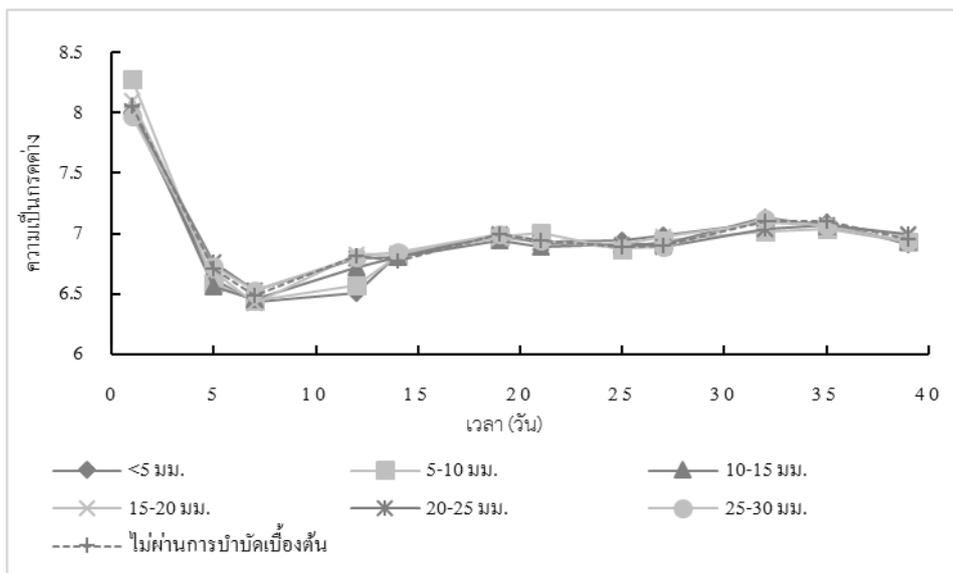
รูปที่ 5 ร้อยละของกรดไขมันระเหยต่อซีโอดีละลาย

จากรูปที่ 5 พบว่า ค่าร้อยละของกรดไขมันระเหยต่อซีโอดีละลายมีค่าสูงที่สุดในวันที่ 7 เป็นผลมาจากจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรดเปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุล

เดี่ยวเป็นกรดไขมันระเหยและเมื่อเวลาผ่านไปมีค่าลดลง เนื่องจากถูกนำไปใช้โดยจุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทน ซึ่งสอดคล้องกับการผลิตก๊าซชีวภาพรายวัน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 6 อัตราส่วนไขมันระเหยต่อสภาพต่าง



รูปที่ 7 ความแตกต่าง

จากรูปที่ 6 พบว่า อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างมีค่าอยู่ในช่วง 0.10-0.71 และหลังจากวันที่ 12 อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างมีค่าน้อยกว่า 0.4 เป็นผลให้จุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทนสามารถทำงานได้ดี โดยระบบที่ดีควรมีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อ

สภาพต่างน้อยกว่า 0.4 แต่หากมีค่ามากกว่า 0.8 แสดงว่าระบบกำลังเสถียรสมดุล เป็นผลให้ค่าความแตกต่างลดลงอย่างรวดเร็วและระบบล่มในที่สุด [15]

จากรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าค่าความแตกต่างลดลงในระยะเริ่มต้น และมีแนวโน้มคงที่เมื่อระบบเข้าสู่

สมดุล โดยหลังเสร็จสิ้นการทดลองครั้งนี้ พบว่า ค่าความเป็นกรดต่างมีพิสัยอยู่ในช่วง 6.77-7.13 ซึ่งค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมในกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศอยู่ในช่วง 6.5-7.6 [16] และค่าความเป็นกรดต่างที่จุลินทรีย์กลุ่มสว่ามีเทนสามารถเจริญเติบโตได้คืออยู่ในช่วง 6.5-8.5 [10]

สรุป

การศึกษาผลของการบำบัดผักตบชวาเบื้องต้นโดยวิธีทางกายภาพด้วยการลดขนาด พบว่า ขนาดของผักตบชวามีผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($Sig < 0.05$) โดยผักตบชวาที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพสูงที่สุด โดยมีปริมาตรก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 0.258 ลิตร/กรัมของแข็งระเหย

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาวิธีการนำผักตบชวาที่ผ่านการหมักมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่สำหรับทำงานวิจัย เอื้อเพื่อเครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมี ตลอดจนคำแนะนำในการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประเภททุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต (059)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. Situation of energy in thailand. [online]. Available from: http://www.dede.go.th/download/state_58/sit_59/frontpage_jan59.pdf. (in Thai)
- [2] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. 2015. Alternative Energy Development Plan: AEDP2015. [online]. Available from : <http://www.dede.go.th/main.php?filename=index>. (in Thai)
- [3] Prime Minister's Office. 2014. Quantity of water hyacinth in Thailand. [online]. Available from: <http://region2553.prd.go.th/prphayao/news>. (in Thai)
- [4] Verma, S. 2002. Anaerobic digestion of biodegradable organic in municipal solid wastes. Department of Earth & Environmental Engineering, Columbia University, USA.
- [5] AOAC. 1991. Association of analytical communities. Maryland, USA.
- [6] Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Science. 74: 3583-3597.
- [7] Sawyer, C.N., McCarty, P.L. and Parkin, G.F. 2003. Chemistry for environmental engineering and science. 5th ed. New York, McGraw-Hill.

- [8] Banks, C. 2007. D7: Kinetic data from a modified BMP test with uncoupling of solids and liquid retention times, Renewable energy from crops and agrowastes. School of Civil. Engineering & the Environment, University of Southampton, UK.
- [9] Nigam, J.N. 2002. Bioconversion of water-hyacinth (*Eichhornia crassipes*) hemicellulose acid hydrolysate to motor fuel ethanol by xylose-fermenting yeast. *J Biotechnol.* 97: 107-116
- [10] Pukdepin, A. 1988. Microbiological and chemical pretreatments of water hyacinth used as the substrate for biogas production. Master of Science. Kasetsart university. (in Thai)
- [11] Charles, E. W., et al. 2005. Hydrolysis of Cellulose and Hemicellulose. 2nd ed. New York, Marcel Dekker.
- [12] Ahn, H. K., Smith, M. C., Kondrad, S.L. and White, J. W. 2010. Evaluation of biogas production potential by dry anaerobic digestion of switchgrass-animal manure mixtures. *Appl. Biochem. Biotech.* 160: 965-975.
- [13] Krathy, L. and Jirout, T. 2011. Biomass size reduction machines for enhancing biogas production. *Chem. Eng. Technol.* 34: 391-9.
- [14] Gunnarsson, C. C. and Petersen, C. M. 2007. Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: A literature review. *Waste Manage.* 27: 117-129.
- [15] Tuntulvate, M. 1999. Technology of industrial wastewater treatment. Vol 1. 1st ed . Bangkok, Chulalongkorn university (in Thai)
- [16] Rittmann, B. E. and McCarty, P. L. 2000. Environmental biotechnology: Principles and applications. New York, McGraw-Hill.