ความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการบำบัดน้ำเสียด้วยถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นที่เติมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

Possibility for Electricity Production from Wastewater Treatment Using Photosynthetic Bacteria Added Up-Flow Anaerobic Filter

จิระศักดิ์ สิงห์ทอง[1], ชัชรี เจริญ[1], เพชร เพ็งชัย[2]

Jirasak Singtong[1], Chadcharee Jaroen[1], Petch Pengchai[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการบำบัดน้ำเสีย การทดลองทำในถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นที่จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงถูกเติมเข้าถังกรองในช่วงเริ่มต้นเดินระบบโดยมีเชือกเส้นใยไนล่อนเป็นตัวกลางในถังกรอง น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าซีโอดีอยู่ระหว่าง 569-887 มิลลิกรัมซีโอดี/ลิตร ถูกป้อนเข้าระบบอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 25 วัน โดยมีระยะเวลาการกักเก็บน้ำในถัง 1.92-5.49 ชั่วโมง ขั้วไฟฟ้าที่ใช้คือแผ่นแกรไฟต์ โดยขั้วแอโนดจะถูกวางไว้ในถังกรองที่ความสูง 0.3 เมตร ส่วนขั้วแคโทดจะถูกวางไว้ทั้งด้านในและด้านนอกถังกรองที่ความสูง 0.3 เมตร ผลการทดลองพบว่าการวางขั้วแคโทดไว้ด้านในถังทำให้เกิดค่ากระแสไฟฟ้า (Short Circuit Current; SCC) อยู่ในช่วง 0.24-0.36 มิลลิแอมแปร์ ซึ่งสูงกว่ากรณีวางขั้วแคโทดไว้ด้านนอกถัง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความต่างศักย์ (Open Circuit Voltage; OCV) ในกรณีนี้อยู่ในช่วง 0.51-0.67 โวลต์ และค่ากำลังไฟฟ้าที่คำนวณได้อยู่ในช่วง 0.13-0.20 มิลลิวัตต์ สำหรับการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงในถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีอยู่ในช่วง 7.5 - 88.9 เปอร์เซ็นต์โดยมีค่าเฉลี่ยที่ระยะเวลากักเก็บ 5.49 ชั่วโมงเท่ากับ 76.3 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : ผลิตกระแสไฟฟ้าจากการบำบัดน้ำเสีย ถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

Abstract

This research examined the possibility of electricity production from wastewater treatment. After an addition of photosynthetic bacteria during the start-up period, an Up-flow Anaerobic Filter (UAF) was operated using nylon ropes as filter media. Synthetic wastewater with COD of 569-887 mg/l was continuously fed to the UAF throughout 25 days of operating period. Hydraulic retention time was 1.92-5.49 hours. Graphite plates were used as electrodes. Anodes were installed inside the filter chamber at 0.3 meters height. While cathodes were installed at 0.9 meters height both inside and outside the filter chamber. As a result, higher Short Circuit Current (SCC) of 0.24-0.36 mA was produced via the internal cathode. For internal cathodes, Open Circuit Voltage (OCV) of 0.51-0.67 V. and electrical power of 0.13-0.20 mW were also harvested. For the wastewater treatment performance, COD removal efficiencies of 7 - 88.80 percent were derived.

Keywords : Electricity production from wastewater treatment, Up-flow Anaerobic Filter, Photosynthetic bacteria

---

[1] นิสิตปริญญาตรี, [2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

[1] Bachelor degree student, [2] Assistant Professor, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Khamriang District, Kantarawichai City, Mahasrakham Province 44150, Thailand

* Corresponding author; Jirasak Singtong, E-mail: js.jirasaksingtong@gmail.com

บทนำ

ในสถานการณ์ปัจจุบันแหล่งน้ำมันดิบตามธรรมชาติมีปริมาณลดลงจนไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ ทำให้มีการคิดหาแหล่งพลังงานใหม่ๆ เพื่อทดแทนน้ำมันดิบ แหล่งพลังงานที่น่าสนใจมากคือของเสียซึ่งก่อมลพิษรุนแรงตามอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายของภาคอุตสาหกรรมด้วยความต้องการบริโภคที่มีอย่างไม่จำกัด ของเสียเหล่านี้เป็นปัญหาเพราะนอกจากจะไม่มีราคาแล้วยังมีต้นทุนในการจัดการอีกด้วย เทคโนโลยีเกี่ยวกับการแปลงของเสียเป็นพลังงานจึงกำลังได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย ในที่นี้ผู้วิจัยสนใจเทคโนโลยีใหม่ที่ชื่อ "เซลล์เชื้อเพลิงจุลชีพ (Microbial Fuel Cell : MFC)"

"เซลล์เชื้อเพลิงจุลชีพ" เป็นหน่วยปฏิบัติการที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในของเสีย อิเล็กตรอนที่ถูกจ่ายออกมาจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในของเสียจะถูกลำเลียงผ่านขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทดซึ่งทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนจึงเกิดเป็นกระแสไฟฟ้า[1]เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายของเสียด้วยจุลินทรีย์ถือเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแขนงหนึ่งซึ่งนิยมใช้อย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังเป็นที่ทราบกันว่ามีค่าศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้นขณะบำบัด ดังจะสังเกตได้จากค่าโออาร์พี (ORP : Oxidation Reduction Potential) ของกระบวนการ nitrification เท่ากับ 100 ถึง 350 mV กระบวนการย่อยสลายบีโอดีในน้ำเสีย เท่ากับ 50 ถึง 250 mV กระบวนการสร้างกรด เท่ากับ -100 ถึง -225 mV กระบวนการผลิตก๊าซมีเทน เท่ากับ -175 ถึง -400 mV เป็นต้น[2] นักวิจัยจำนวนไม่น้อยจึงเริ่มสนใจการนำศักย์ไฟฟ้าเหล่านี้ไปผลิตกระแสไฟฟ้าทำให้การบำบัดน้ำเสียมีโอกาสเป็นทั้งการจัดการของเสียและการผลิตพลังงานซึ่งจะอำนวยประโยชน์ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและด้านพลังงานซึ่งกำลังขาดแคลนอยู่ในปัจจุบัน เมื่อสิบกว่าปีที่ผ่านมานี้ มีนักวิจัยทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศให้ความสนใจกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลเชื้อเพลิงจุลชีพโดยใช้น้ำเสียเป็นอาหารของจุลินทรีย์ Wen และคณะ[3] ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลเชื้อเพลิงจุลชีพแบบห้องคู่ที่ใช้เยื่อเลือกผ่านโปรตอนกั้นระหว่างห้องแอโนด 0.1 ลิตรและห้องแคโทด 0.1 ลิตร น้ำเสียจากโรงงานผลิตเบียร์ผ่านเข้าห้องแอโนดที่อยู่ในสภาวะไร้อากาศแล้วจึงผ่านน้ำออกจากห้องแอโนดเข้าห้องแคโทดซึ่งอยู่ในสภาวะเติมอากาศ Wen และคณะ[2] พบว่าเซลเชื้อเพลิงจุลชีพของพวกเขาสามารถบำบัดซีโอดีในน้ำเสียได้ 91.7-95.7 % มีค่าความต่างศักย์ในวงจรเปิด 0.4 โวลต์และมีความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าสูงสุด 830 มิลลิวัตต์/ลุกบาศก์เมตรผ่านตัวต้านทาน 300 โอห์ม Mahendra และคณะ[4] ทดลองผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลเชื้อเพลิงจุลชีพแบบห้องเดี่ยวเปรียบเทียบกับแบบห้องคู่โดยใช้น้ำเสียเป็นอาหารจุลินทรีย์ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเซลเชื้อเพลิงจุลชีพแบบห้องเดี่ยวที่มีห้องแอดโนดอยู่ในสภาวะไร้อากาศและติดตั้งขั้วแคโทดข้างห้องให้สัมผัสกับอากาศ (air-cathode) ให้ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด (maximum current) เท่ากับ 0.84 มิลลิแอมแปร์และ 1.02 มิลลิแอมแปร์ สำหรับน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์นมตามลำดับซึ่งสูงกว่ากรณีแบบห้องคู่ งานวิจัยต่างๆเหล่านี้มักเริ่มต้นจากการผลิตเซลเชื้อเพลิงจุลชีพขนาดจำลองขึ้นมาก่อนแล้วจึงใช้น้ำเสียป้อนเพื่อผลิตไฟฟ้า แต่ยังไม่พบงานวิจัยใดที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ทั่วไป เช่น ถังกรองไร้อากาศมาประยุกต์เพื่อผลิตไฟฟ้า

คณะผู้วิจัยสนใจนำถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นที่เติมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงลงในถัง[5] มาแปรสภาพเป็นเซลเชื้อเพลิงจุลชีพ เนื่องจากทราบผลในงานวิจัยของธรรมนูญ ม้าวิเศษ[5] และ Uffen และคณะ[6] ว่าจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสามารถบำบัดซีโอดี บีโอดีในน้ำเสียได้ดีแม้จะอยู่ในสภาวะไร้อากาศและไม่มีแสง ในการแปลงถังกรองไร้อากาศเป็นเซลเชื้อเพลิงจุลชีพนั้น ผู้วิจัยใช้วิธีติดตั้งขั้วไฟฟ้าในถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นบริเวณด้านล่างเพื่อให้ถังกรองเกือบทั้งถังทำหน้าที่เป็นห้องแอโนด ส่วนห้องแคโทดนั้นทดลองใช้ 2 รูปแบบคือ 1) วางขั้วไฟฟ้าไว้นอกถังกรองเพื่อให้สัมผัสกับอากาศในลักษณะที่ใกล้เคียงกับ air-cathode 2) วางขั้วไฟฟ้าไว้ภายในถังกรองโดยวางไว้ด้านบนถังให้ส่วนหนึ่งสัมผัสกับน้ำและตัวกรอง และอีกส่วนหนึ่งสัมผัสกับอากาศภายในถังกรองด้านบน ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้ สามารถนำไปประกอบการพิจารณา

ความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการบำบัดน้ำเสียด้วยถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาค่าความต่างศักย์ (V) ปริมาณกระแสไฟฟ้า (mA) และกำลังไฟฟ้า (kW) ที่ผลิตได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นที่เติมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงในช่วงเริ่มต้นระบบ และศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น

เครื่องมือและวิธีการ

วิธีการทดลอง

1. ตัวกลางสำหรับใช้ในถังกรองทำจากเชือกไนล่อนแบบเดียวกันกับงานวิจัยของซันวานี[7]และทรงยศ[8] เนื่องจากมีรายงานว่าสามารถใช้บำบัดค่าซีโอดีในน้ำเสียได้สูงถึง 96.13% ที่อัตราภาระบรรทุก 0.3 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน ที่ระยะเวลากักเก็บ 16 ชั่วโมง [7] ตัวกลางแต่ละชิ้น (Figure 1) ประกอบด้วยเชือกไนล่อนยาว 10 เซนติเมตร จำนวน 20 เส้นมัดรวมกันโดยใช้ยางรัด มีพื้นที่ผิว 0.92 ตารางเมตร/ชิ้น[8]

Figure 1 Filter media used in this study

2. ถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นสร้างจากท่อพีวีซีทึบแสงทรงกระบอกสูง 1.2 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.10 เมตร เจาะรูติดตั้งวาล์วน้ำออกที่ระดับความสูง 0.3, 0.6 และ 0.9 เมตร ภายในถังติดตั้งแผ่นแกรไฟต์ขนาด 5×10 ซม. จากบริษัทโทโย ทันโซะจำนวน 3 แผ่นที่ตำแหน่งสูงจากถัง 0.9 เมตรเพื่อใช้เป็นขั้วแอโนด จากนั้นบรรจุตัวกลางลงในถังจำนวน 758 ชิ้นจนความสูงของชั้นกรองเท่ากับความสูงของระดับน้ำคือ 0.9 เมตร ด้านบนและด้านล่างของถังกรองปิดด้วยแผ่นพีวีซี และอุดช่องว่างบริเวณวาล์วน้ำออกด้วยซิลิโคนเพื่อกันอากาศจากภายนอกเข้าถัง ทั้งนี้ไม่มีการให้แสงแก่จุลินทรีย์ในระบบ

3. การติดตั้งขั้วแคโทดทำใน 2 รูปแบบ (Figure 2) รูปแบบแรกติดตั้งแผ่นแกรไฟต์ขนาด 5×10 จำนวน 1 แผ่นด้านนอกถังกรองบริเวณท่อน้ำออกความสูง 0.9 เมตรให้เพื่อให้ขั้วไฟฟ้าสัมผัสกับน้ำและอากาศเพื่อให้ใกล้เคียงกับ air-cathode ในงานวิจัยอื่น แบบที่ 2 ติดตั้งแผ่นแกรไฟต์ขนาด 5×10 จำนวน 3 แผ่นภายในถังกรองโดยวางไว้ด้านบนถังที่ความสูง 0.9 เมตร ให้ส่วนหนึ่งสัมผัสกับน้ำและตัวกรอง และอีกส่วนหนึ่งสัมผัสกับอากาศภายในถังกรองด้านบน

Figure 2 Position of cathodes used in this study (Left: inner cathode; Right: outer cathode)

4. เริ่มต้นเลี้ยงจุลินทรีย์ (Start-up) ขั้นแรกนำหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงปริมาตร 1 ลิตร ที่ได้รับบริจาคจากจากบริษัทจำหน่ายจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อการเกษตร (สยามโรโด) นำมาขยายพันธุ์โดยนำมาผสมกับไข่ดิบรวมเปลือกไข่ครึ่งฟอง ผสมกับน้ำประปา 4 ลิตร ใส่ขวดปิดฝาให้สนิทตากแดดทิ้งไว้เป็นเวลา 3-4 วันจนน้ำในขวดมีสีแดงเข้มแล้วเติมลงในถังกรอง 2.75 ลิตร พร้อมกับเติมอาหารเลี้ยงเชื้อลงในถังให้มีความเข้มข้น Peptone 5 กรัมต่อลิตร NaCl 5 กรัมต่อลิตร Beef extract 3 กรัมต่อลิตรและ Yeast extract 3 กรัมต่อลิตร โดยคิดที่ปริมาตรใช้งานจริงของถังกรอง 5.5 ลิตร แล้วเติมน้ำประปาลงในถังอีก 2.75 ลิตร จากนั้นแช่ตัวกรองในของผสมที่เติมไว้เป็นระยะเวลา 7 วันเพื่อให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตและเกาะกับตัวกลาง แล้วจึงปล่อยน้ำในถังออกจากระบบแล้วเวียนกลับเข้าถังทั้งหมดอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตราการไหลสูงสุด 25 ลิตร/วันเป็นระยะเวลา 7 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์ปรับตัวก่อนเดินระบบจริง

Figure 3 Upflow Anaerobic Filter during start-up period

5. เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ ประกอบด้วยแป้งประกอบอาหาร (ตราโกกิ บริษัทเอ็มแอนด์อาร์ โกกิ จำกัด ผลิตในประเทศไทย) 507 กรัม ต่อ นมวัว (แบบยูเอชที ตราวัวแดง บริษัทไทย-เดนมาร์ค ผลิตในประเทศไทย) 84.6 กรัม ผสมกับน้ำประปาปริมาตร 600 ลิตร มีค่าซีโอดีอยู่ระหว่าง 569-887 มิลลิกรัมซีโอดี/ลิตร

6. ศึกษาการผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยปล่อยน้ำเสียเข้าทางด้านล่างของถังกรองไร้อากาศที่อัตราการไหล 25 ลิตร/วัน แล้วปล่อยน้ำออกจากถังกรองที่ความสูง 0.3, 0.6 และ 0.9 เมตร คิดเป็นระยะเวลากักเก็บ 1.92, 4.05 และ 5.49 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นอัตราภาระบรรทุกซีโอดีประมาณ 8.8, 4.3 และ 3.2 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน ตามลำดับ เก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าถังกรองและออกจากถังกรองที่ระยะความสูงทั้ง 3 ค่า แล้วตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พร้อมกันนี้ได้ตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าของถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นตลอดระยะเวลาทดลอง

วิธีตรวจวัดค่าทางไฟฟ้า

ตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมัลติมิเตอร์ (Suoer SD9205A) จากบริษัท Foshan ประเทศจีน ค่าที่ไฟฟ้าที่ตรวจวัด ได้แก่ ค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วแคโทดและขั้วแอโนดโดยไม่ต่อตัวต้านทาน (Open Circuit Voltage: OCV) และค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการต่อขั้วแคโทดเข้ากับขั้วแอโนดโดยไม่ผ่านตัวต้านทาน (Short Circuit Current: SCC) โดยรอให้กระแสไฟฟ้าคงที่ก่อนจึงบันทึกค่า สำหรับค่า OCV และ SCC ที่ได้จะนำมาคูณกันเพื่อคำนวณกำลังไฟฟ้าในอุดมคติของระบบ

วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย

ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียโดยใช้วิธีดังต่อไปนี้ พีเอช (pH) และโออาร์พี (ORP) ตรวจวัดด้วยเครื่อง ORP มิเตอร์ ไนเตรท(NO_3) ตรวจวัดด้วยวิธีอุลตร้าไวโอเลตสเปคโตโฟโตเมทริคสแกนนิ่ง แอมโมเนีย (NH_3) ตรวจวัดด้วยวิธีเนสเลอร์ไลเซชั่น ซัลเฟต (SO_4^-) ตรวจวัดด้วยวิธี Turbidimetric ฟอสเฟต (PO_4^-) ตรวจวัดด้วยวิธีแวนาโดโมลิบโดฟอสฟอริกแอซิด ซีโอดี (COD) ตรวจวัดด้วยวิธี Close Reflux Tritrimetric Method [9]

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลองพบว่าระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นสามารถผลิตไฟฟ้าได้ การวางขั้วแคโทดไว้ด้านในถังมีค่า SCC อยู่ในช่วง 0.24-0.36 มิลลิแอมแปร์ ซึ่งสูงกว่ากรณีวางไว้ด้านนอกถังซึ่งมีค่า SCC เท่ากับ 0.002-0.01 มิลลิแอมแปร์ คาดว่าเป็นเพราะปริมาณอิเล็คตรอนสามารถวิ่งผ่านขั้วแคโทดกรณีสัมผัสกับน้ำเสียในถังได้มากกว่าขั้วแคโทดที่ติดตั้งอยู่ด้านนอกของถังเพราะมีพื้นที่สัมผัสกับน้ำเสียมากกว่า เป็นที่น่าสังเกตว่าแม้ในถังกรองจะปิดสนิทไม่ให้มีอากาศเข้าออก ปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทดก็ยังเกิดได้ดีโดย OVC และกำลังไฟฟ้าที่คำนวณได้ตลอดการทดลองของกรณีติดตั้งขั้วแคโทดไว้ด้านในมีค่าอยู่ในช่วง 0.51-0.67 โวลต์และ 0.13-0.20 มิลลิวัตต์ ตามลำดับ (Figure 4) ทั้งนี้ค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อพื้นที่ขั้วแอโนดในงานวิจัยนี้เท่ากับ 13.3 มิลลิวัตต์ต่อตารางเมตร เมื่อเทียบกับผลงานวิจัยของ Jiang และคณะ[10] ซึ่งใช้เซลเชื้อเพลิงจุลชีพควบคู่กับถังปฏิกิริยา photobioreactor บำบัดน้ำเสียชุมชนที่ความเข้มข้นซีโอดีเข้าระบบ 238.7 มก./ล. แล้วได้ OVC เท่ากับ 0.2 โวลต์ และความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อพื้นที่ขั้วแอโนดเท่ากับ 481 มิลลิวัตต์ต่อตารางเมตรแล้ว กล่าวได้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้ยังน้อยกว่างานวิจัยอื่นอยู่มาก อย่างไรก็ตาม ค่าความ

ต่างศักย์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ถือว่าน่าสนใจ หากสามารถนำเซลเชื้อเพลิงจุลชีพมาต่อแบบอนุกรมอาจทำให้ความต่างศักย์มีค่ามากเพียงพอที่จะใช้แบตเตอรี่เก็บประจุที่ผลิตได้ไว้สำหรับใช้งานได้

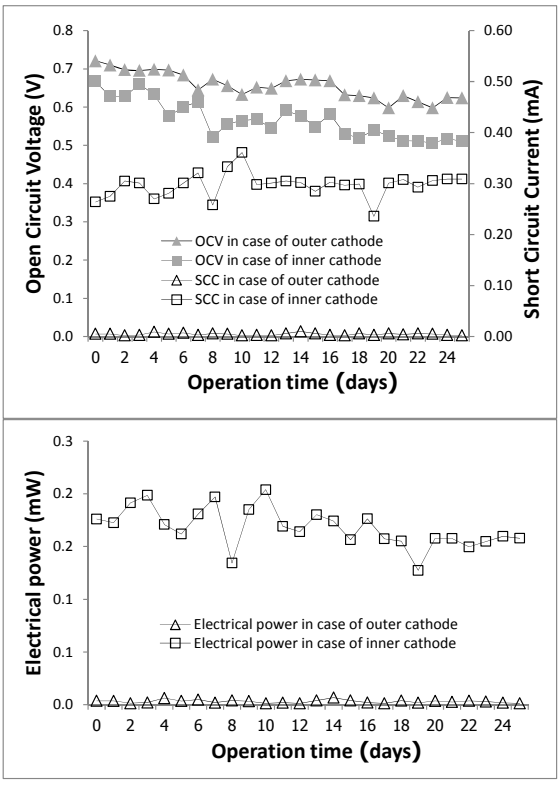

Figure 4 OVC SCC and electrical power produced by Upflow-anaerobic filter

สำหรับอุณหภูมิและค่าพีเอชของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นทั้งสองถังพบว่าอยู่ในช่วง 25-31 องศาเซลเซียส และ 5.6-7 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนค่าโออาร์พีน้ำของน้ำเสียเข้าออกจากถังกรองอยู่ในช่วง -250 ถึง -300 มิลลิโวลต์การที่ค่า ORP มีค่าที่เป็นลบนี้แสดงให้เห็นว่าเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน ผลการตรวจวัดค่าซีโอดี (COD) เป็นดังแสดงใน Figure 5 ซีโอดีเข้าระบบมีความเข้มข้น 569-887 มก./ล. และลดลงเหลือ 96-480 มก./ล. เมื่อออกจากระบบ ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีมีค่า อยู่ในช่วง 7.5-88.9 % โดยเมื่อแยกพิจารณาตามความสูงทางน้ำออก 0.3 เมตร, 0.6 เมตร และ 0.9เมตร ซึ่งมีระยะเวลากักเก็บ 1.92 ชั่วโมง 4.05 ชั่วโมง และ 5.49 ชั่วโมงตามลำดับแล้ว พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีสูงสุดเท่ากับ 66.8, 76.2 และ 88.9 % ตามลำดับ อธิบายได้ว่าระยะเวลากักเก็บที่มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังไม่มากพอจะทำให้ค่าซีโอดีในน้ำออกลดลงต่ำกว่า 120 มก./ล. ได้

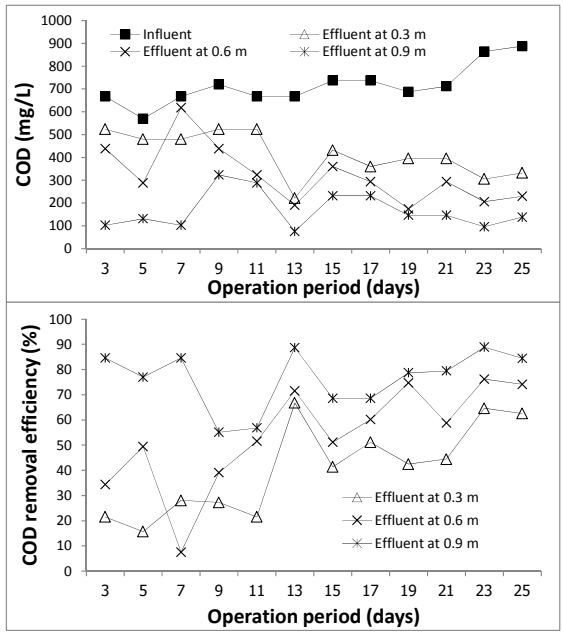

Figure 5 Concentrations and removal efficiencies of COD

นอกจากนี้ พบว่าถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นสามารถบำบัดปริมาณซัลเฟตในน้ำได้เป็นช่วงๆ โดยประสิทธิภาพการบำบัดซัลเฟต ของระบบมีค่า 5.4-79.1, 8.4-84.0, 40.7-96.1 % ณ ตำแหน่งที่ท่อน้ำออกสูง 0.3, 0.6, 0.9 เมตร ตามลำดับ ทั้งนี้ ยกเว้นวันที่ 9 และวันที่ 13 ของการเดินระบบที่ประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าติดลบ จุลินทรีย์ชนิดรีดิวซ์ซัลเฟต (Sulfate Reducing Bacteria, SRB) และ จุลินทรีย์ชนิดออกซิไดซ์ซัลไฟด์ (Sulfide Oxidizing. Bacteria) ในระบบอาจมีบทบาทสำคัญต่อการกำจัดและการปลดปล่อยซัลเฟต แต่งานวิจัยนี้ยังไม่ได้ศึกษาในรายละเอียดดังกล่าวจึงไม่สามารถอธิบายได้

สำหรับดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำตัวอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสเฟตนั้น พบว่ามีบางวันที่ถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นสามารถบำบัดแอมโมเนียได้ 58 % และบำบัดไนเตรทได้ 69 % และบำบัดฟอสเฟตได้ 95% แต่โดยรวมแล้วกล่าวได้ว่า

แทบไม่สามารถบำบัดดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำเหล่านี้ได้ในการทดลองนี้

สรุปผลการวิจัย

ถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นที่เติมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงในช่วงตั้งต้นระบบสามารถบำบัดน้ำเสียและผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โดยค่าสูงสุดของกระแสไฟฟ้าแบบ SCC ที่ผลิตได้เท่ากับ 0.36 มิลลิแอมแปร์ ค่าสูงสุดของความต่างศักย์แบบ OCV คือ 0.67โวลต์ และค่าสูงสุดของกำลังไฟฟ้าในอุดมคติที่คำนวณได้คือ 0.20 มิลลิวัตต์คิดเป็นความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อพื้นที่ขั้วแอโนดในงานวิจัยนี้เท่ากับ 13.3 มิลลิวัตต์ต่อตารางเมตร ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียพบว่าที่ระยะเวลากักเก็บ 5.49 ชั่วโมง ระบบสามารถบำบัดซีโอดีได้สูงสุด 88.9% และบำบัดซัลเฟตได้สูงสุด 96.1%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ บริษัท โทโย ทันโซะ ในความกรุณามอบแผ่นแกรไฟต์ให้ใช้ในการทดลองโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และขอบพระคุณบริษัทจำหน่ายจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อการเกษตร (สยามโรโด) ในความอนุเคราะห์บริจาคหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงให้ใช้ในการทดลอง ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชลธี โพธิ์ทอง สำหรับคำแนะนำในการเก็บข้อมูลค่าทางไฟฟ้า และขอขอบพระคุณ นายทรงยศ มงคลพิศ และ นายธรรมนูญ ม้าวิเศษ ที่ให้คำชี้แนะตลอดจนข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการเดินระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา-มารดาของคณะผู้วิจัยที่คอยอุปถัมภ์ค้ำชูในทุกๆด้าน

เอกสารอ้างอิง

1. จิระศักดิ์ และคณะ. ความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงในระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น.ปริญญานิพนธ์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2558.
2. YSI Environmental. ORP Management in Wastewater as an Indicator of Process Efficiency. Application note. ได้จาก: http://www.nanotech.sc.mahidol.ac.th/index.html May 13 2005. https://www.ysi.com/File%20Library/Documents/ Application% 20Notes/ A567- ORP-Management-in-Wastewater-as-an-Indicator-of-Process-Efficiency.pdf. 8 สิงหาคม 2559.
3. Wen Q, Wu Y, Zhao LX, Sun, Kong FY. Electricity generation and brewery wastewater treatment from sequential anode- cathode microbial fuel cell. Journal of Zhejiang University- SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology). 2010; 11(2): 87-93.
4. Mahendra BG, Mahavarkar S. Treatment of Wastewater and Electricity Generation Using Microbial Fuel Cell Technology. IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology. eISSN: 2319-1163 | pISSN: 2321-7308.
5. ธรรมนูญ ม้าวิเศษ.การใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2558.
6. Uffen RL. and Wolfe RS. Anaerobic growth of purple nonsulfur bacteria under dark conditions. Journal of Bacteriology 1970; 104: 462-472.
7. Sunwanee J. Wastewater Treatment of Fixed Film Microorganism on Nylon Rope Media by Anaerobic Filter. KU Res. 2006; 2: 974-16-2661-4.
8. ทรงยศ มงคลพิศ. การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยจุลินทรีย์จาวปลวกในระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2558.
9. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมประจำปี 2545-2546. คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ: วิศวกรรม

สถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมป์. 2545.

10. Pandey P., Shinde VN, Deopurkar RL, Kale SP, Patil SA. Recent advances in the use of different substrates in microbial fuel cells toward wastewater treatment and simultaneous energy recovery. Applied Energy. 2016; 168: 706-723.