จลนพลศาสตร์และการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

Kinetics and Wastewater Treatment from Rubber Sheet Manufacturing

อังศุมาลี ทุนิจ,[1] สุนันทา เลาวัณย์ศิริ,[2] กรรณิการ์ ชูเกียรติวัฒนา[3]
Angsumalee Tunit,[1] Sunantha Laowansiri,[2] Kannika Chookietwattana[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาจลนพลศาสตร์และการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ทำการทดลองแบบกะ สภาวะไร้อากาศ ในขวดซีรัมขนาด 120 มิลลิลิตร ที่ความเข้มข้นซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นเท่ากับ 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยใส่น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นปริมาณ 70 มิลลิลิตร ลงไปในขวดซีรัม ใส่ตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ที่มี Mixed Liquor Volatile Suspended Solids (MLVSS) 2 กรัม/ลิตร ปริมาณ 30 มิลลิลิตร ลงไปในขวดซีรัม จากนั้นพ่นก๊าซไนโตรเจนบริเวณช่องว่างด้านบนขวดซีรัม แล้วปิดจุกยางแล้วปิดทับด้วยฝาอะลูมิเนียม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 5, 10, 15 และ 20 วัน จากผลการศึกษาพบว่าจลนพลศาสตร์การกำจัดซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นมีแนวโน้มเหมาะกับปฏิกิริยาลำดับสอง (second order) โดยการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นสูงสุดที่ความเข้มข้นซีโอดี 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร เวลา 20 วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุด เท่ากับร้อยละ 61.45±0.05 ประสิทธิภาพการในการกำจัดของแข็งแขวนลอยสูงสุดเท่ากับร้อยละ 68.44±0.12 ปริมาณก๊าซชีวภาพเท่ากับ 108.6±23.1 มิลลิลิตร และร้อยละก๊าซมีเทนเท่ากับ 73±0.06

คำสำคัญ : กระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ก๊าซชีวภาพ น้ำเสีย

Abstract

This research aims to study the kinetics and wastewater treatment from rubber sheet manufacturing. Anaerobic batch tests were done in 120 ml serum bottles, having controlled COD concentrations of the wastewater of 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 and 10,000 mg/l. 70 ml of the adjusted wastewater and 30 ml of sludge from upflow anaerobic sludge blanket (UASB) wastewater treatment system from

[1] นิสิตปริญญาโท, [2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150 [3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

[1] Master degree student, [2] Assist. Prof., Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand. [3] Assist. Prof., Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Maha Sarakham 44000, Thailand.

[*] Corresponding author: Angsumalee Tunit, Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand. E-mail: a_n_g-356@hotmail.com

tapioca starch factories were filled into the serum bottles. The sludge contained mixed liquor volatile suspended solids (MLVSS) of 2 g/l. Serum bottles were then flushed with nitrogen gas in headspace and sealed with butyl rubber stopper, followed by and aluminum crimp seal. Then the serum bottles were incubated at 37 ± 1 ^{o}C for 5, 10, 15 and 20 days. The results show that the kinetic of the COD removals for the wastewater treatment fitted well with second order reaction. The maximum COD removals efficiency was 61.45±0.05% at 10,000 mg/l COD and at 20 days. The maximum efficiency of COD removal was. The maximum efficiency of suspended solids removal was 68.44±0.12%. Biogas productions were 108.6±23.1 ml and methane gas contents were 73±0.06 %.

Keywords : rubber sheet manufacturing process, biogas, wastewater

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม จึงจำเป็นต้องมีการขยายตัวของอุตสาหกรรมการส่งออกเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการปัจจัยขั้นพื้นฐานของผู้อุปโภคทั่วโลกและสร้างรายได้ทางเศรษฐกิจให้กับประเทศ โดยประเทศไทยมีการปลูกยางพาราเป็นลำดับต้นๆ ของโลก ซึ่งยางพาราที่ปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้เป็นจำนวนมากให้กับประเทศ ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งที่มีพื้นที่ปลูกดั้งเดิมในจังหวัดทางภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศไทย ปัจจุบันได้ขยายพื้นที่ปลูกทางภาคอีสานในหลายจังหวัดที่มีศักยภาพเหมาะสมเพื่อสนับสนุนนโยบายการกระจายได้ของรัฐบาลและการลดความเสี่ยงจากการปลูกพืชไร่บางชนิด[1] ซึ่งการปลูกยางพาราก็ต้องนำน้ำยางที่กรีดจากต้นยางพารามาแปรรูปก่อนเพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่ยางพาราโดยการนำน้ำยางดิบมาแปรรูปเป็นยางแผ่นซึ่งการแปรรูปดังกล่าวจะมีมลภาวะที่สำคัญเกิดขึ้นคือความสกปรกที่เป็นเนื้อยางซึ่งปนเปื้อนไปกับน้ำเสียที่เกิดจากการล้างอุปกรณ์เครื่องรีดยางและน้ำเสียจากการล้างแผ่นยางที่มีกรดเหลืออยู่ซึ่งในกระบวนการผลิตนี้ก็จะทำให้เกิดน้ำเสียและกลิ่นเหม็นที่อาจส่งผลต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของเกษตรกร[2] ปัจจุบันพลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของทุกประเทศทำให้ความต้องการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นในขณะที่พลังงานที่ต้องการใช้นั้นมีอยู่อย่างจำกัดและมีแนวโน้มที่จะหมดไปในอนาคตโดยเฉพาะพลังงานน้ำมันดิบที่มีใช้เองภายในประเทศหรือนำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งทั่วโลกกำลังประสบปัญหากับวิกฤตพลังงานอันเนื่องมาจากราคาน้ำมันดิบเพิ่มสูงขึ้นอยู่ตลอดเวลา และปริมาณการผลิตลดลง ดังนั้นนานาประเทศจึงเร่งพัฒนาแหล่งพลังงานเพิ่มเติมหรือหาแหล่งพลังงานอื่นเพื่อใช้แทนน้ำมันดิบซึ่งแหล่งพลังงานที่ได้รับการสนใจมากที่สุด ได้แก่พลังงานทดแทน (renewable energy) ในรูปแบบต่างๆ โดยที่พลังงานก๊าซชีวภาพนั้นได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางเพราะในการผลิตก๊าซชีวภาพนอกจากจะได้พลังงานแล้วยังสามารถลดปริมาณของเสียได้อีกด้วย ก๊าซชีวภาพเริ่มมีใช้กันอย่างแพร่หลายในแถบชนบทของหลายประเทศได้มาจากการหมักขยะของเสียชนิดต่างๆ เช่น ขยะจากบ้านเรือน ผักผลไม้ มูลสุกร น้ำทิ้ง เป็นต้น[3] ซึ่งน้ำเสียจากการผลิตยางแผ่นที่เกิดขึ้นนั้นจะมีส่วนประกอบของน้ำยาง เศษยาง และกรดที่เป็นส่วนผสม ทำให้น้ำเสียที่ได้มีสภาพที่เป็นกรดมีความสกปรกสูงและมีองค์ประกอบของไนโตรเจนสูง[4] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความน่าสนใจในการนำน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นมาบำบัดด้วย

วิธีการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนอีกทั้งยังได้ก๊าซมีเทนที่สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ด้วย

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาจลนพลศาสตร์และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

2. ศึกษาความเข้มข้นซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงสุด

วิธีดำเนินการวิจัย

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นของชาวสวนยาง จังหวัดหนองบัวลำภู ปรับพีเอชของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ให้อยู่ในช่วง 7.0 ± 0.1 ด้วยกรดซัลฟูริก 0.1 นอร์มัล และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล จากนั้นปรับความเข้มข้นซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นเป็น 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร

จุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นจุลินทรีย์ที่ได้มาจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง จังหวัดกาฬสินธุ์

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

1) เตรียมน้ำเสียโดยจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นที่ความเข้มข้นซีโอดี เท่ากับ 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร ปรับพีเอชให้มีค่าประมาณ 7.0±0.1

2) ใส่น้ำเสียปริมาตร 70 มิลลิลิตร ลงในขวดเซรัมขนาด 120 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมตะกอนจุลินทรีย์ที่มี Mixed Liquor Volatile Suspended Solids (MLVSS) 2 กรัม/ลิตร ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ลงไปในขวดเซรัม

3) นำขวดเซรัมไปไล่อากาศโดยการพ่นก๊าซไนโตรเจนบริเวณช่องว่างด้านบนขวดเซรัมเป็นเวลา 1 นาที แล้วทำการปิดฝาขวดซีรัมด้วยจุกยางและปิดทับด้วยฝาปิดอะลูมิเนียม

4) เขย่าขวดซีรัมเพื่อให้เกิดการกวนผสมระหว่างจุลินทรีย์และน้ำเสียจากนั้นนำขวดเซรัมไปบ่มที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

5) เก็บตัวอย่าง ที่เวลา 5, 10, 15 และ 20 วัน นับจากวันที่เริ่มการทดลอง วิเคราะห์พารามิเตอร์ดังนี้ ซีโอดี และของแข็งแขวนลอย วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำตาม Standard Methods for the Examination of Water and Waste water[5] ปริมาณก๊าซชีวภาพ ใช้วิธีแทนที่ในน้ำและก๊าซมีเทน ใช้เครื่อง (Gas Chromato-graphy Mass Spectrometry, GC – MS)

การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการลดลงของซีโอดีในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการลดลงของ ซีโอดีเปรียบเทียบระหว่างปฏิกิริยาอันดับศูนย์ อันดับหนึ่ง และอันดับสอง ดังสมการที่ 1-3 ตามลำดับ[6]

สมการปฏิกิริยาอันดับศูนย์

$$C_t = C_0 - K_0 t \qquad \text{สมการที่ 1}$$

สมการปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง

$$\ln C_t = \ln C_0 - K_1 t \qquad \text{สมการที่ 2}$$

สมการปฏิกิริยาอันดับสอง

$$1/C_t = 1/C_0 + K_2 t \qquad \text{สมการที่ 3}$$

โดย

K_0 = ค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (มิลลิกรัม/ลิตร/นาที)

K_1 = ค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (1/นาที)

K_2 = ค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับสอง (ลิตร/มิลลิกรัม/นาที)

C_0 = ความเข้มข้นของซีโอดี ณ เวลาเริ่มต้น (มิลลิกรัม/ลิตร)

C_t = ความเข้มข้น ณ เวลา t ใดๆ (มิลลิกรัม/ลิตร)

t = เวลา(นาที)

โดยสมการปฏิกิริยาอันดับศูนย์ plot กราฟระหว่าง C_t กับ t สมการปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง Plot กราฟระหว่าง ln (C_t/C_0) กับ t และ สมการปฏิกิริยาอันดับที่สอง Plot กราฟ ระหว่าง $1/C_t$ กับ t จะได้ค่า k และค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ (Correlation Coefficient, R^2) โดยทำการเปรียบเทียบค่า R^2 ระหว่าง ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ อันดับหนึ่งและอันดับสอง ซึ่งค่า R^2 ของปฏิกิริยาใดที่ใกล้เคียง 1 แสดงว่าปฏิกิริยานั้น มีความเหมาะสมกับอันดับปฏิกิริยานั้นการกำจัดซีโอดี (K_2) ของจลนพลศาสตร์อันดับสองที่ความเข้มข้นซีโอดี 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

จลนพลศาสตร์การกำจัดซีโอดี

การศึกษาจลนพลศาสตร์ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ หนึ่ง และสอง พบว่าการกำจัดซีโอดีที่ความเข้มข้น ซีโอดี 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีแนวโน้มเหมาะกับจลนพลศาสตร์ปฏิกิริยาอันดับสอง (second order) มีค่า R^2 เข้าใกล้ 1 มากที่สุด (Table 1) เมื่อพิจารณาตามจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาอันดับสอง (second order) โดยคำนวณได้จากสมการที่ 3 สามารถนำมาสร้างกราฟระหว่าง$1/C_t$ กับ t (Figure 1) โดยนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าคงที่ใน และ 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร (Table 2) พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดี 8,000 และ 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าคงที่ (K_2) ใกล้เคียงกัน คือมีค่าคงที่ (K_2) เท่ากับ 8.0×10^{-6} และ 7.0×10^{-6} ลิตร/มิลลิกรัม/นาที รองลงมาคือ ที่ความเข้มข้นซีโอดี 2,000, 4,000 และ 6,000 มิลลิกรัม/ลิตร ที่มีค่าคงที่ (K_2) เท่ากับ 3.0×10^{-6}, 2.0×10^{-6} และ 1.0×10^{-6} ลิตร/มิลลิกรัม/นาที ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่ความเข้มข้นซีโอดี 8,000 และ 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตราความเร็วในการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นได้ดีกว่าที่ความเข้มข้นซีโอดี 2,000, 4,000 และ 6,000 มิลลิกรัม/ลิตร

การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นหลังผ่านการบำบัดแบบไร้อากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร ที่เวลา 5, 10, 15 และ 20 วัน (Figure 2) จากผลการทดลองพบว่าในระยะแรกจุลินทรีย์ต้องใช้เวลาในการปรับสภาพให้เข้ากับน้ำเสียและเริ่มสร้างเอนไซม์ที่จำเป็นในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียทำให้ในระยะแรกประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีน้อยและเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นจุลิทรีย์มีความคุ้นเคยกับน้ำเสียทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีมากขึ้นตามลำดับ[7,8] โดยในวันที่ 20 ที่ความเข้มข้นซีโอดี 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าร้อยละการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 55.40±0.13, 56.98±0.04, 57.48±0.02, 58.09±0.07 และ 61.45± 0.05 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดอยู่ที่ความเข้มข้นซีโอดี 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าเฉลี่ยการกำจัดซีโอดีร้อยละ 61.45±0.05 ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาการบำบัดน้ำเสียแต่ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองที่ 20 วัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชอบ[9] ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากการทำยางพาราแผ่นโดยใช้

ระบบถังกรองไร้อากาศ และ ถังหมักไร้อากาศ ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 5, 10, 15 และ 20 วัน พบว่าระบบถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 83.2, 74.8, 70.4 และ 63.4 ตามลำดับ ระบบถังหมักไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 66.1, 65.9, 53.7 และ 47.0 ตามลำดับ

Table 1 Constant and R^2 for zero, first and second order reactions of the different COD concentration wastewaters from rubber sheet manufacturing

COD Concentration (mg/l)	Constant and R^2	Order of reaction		
		Zero (mg/l/min)	First (1/min)	Second (l/mg/min)
2,000	K	51.34	0.043	3.0×10^{-6}
	R^2	0.920	0.967	0.985
4,000	K	110.7	0.043	2.0×10^{-6}
	R^2	0.887	0.948	0.952
6,000	K	162.9	0.041	1.0×10^{-6}
	R^2	0.894	0.956	0.985
8,000	K	215.4	0.037	8.0×10^{-6}
	R^2	0.882	0.970	0.962
10,000	K	281.0	0.043	7.0×10^{-6}
	R^2	0.908	0.967	0.989

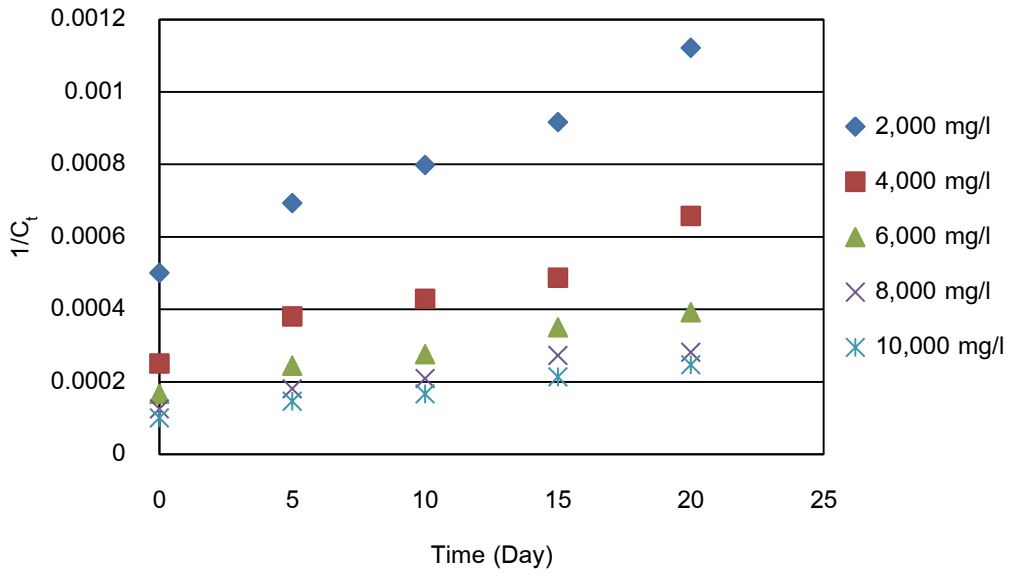

Figure 1 Scattering plots between time and corresponding inverse COD concentrations of 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 and 10,000 mg/l at 5, 10, 15 and 20 days

Table 2 Linear equation of x and y, Corresponding R^2, COD Concentrations of COD at corresponding times (C_t) and Constants of second order reactions (K_2) for COD concentrations of 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 and 10,000 mg/l at 5, 10, 15 and 20 days

COD concentration (mg/l)	Linear equations	C_t (mg/l)	K_2 (l/mg/min)	R^2
2,000	y = 0.000003x + 0.062	892	3.0×10^{-6}	0.985
4,000	y = 0.000002x + 0.082	1,721	2.0×10^{-6}	0.952
6,000	y = 0.000001x + 0.086	2,551	1.0×10^{-6}	0.985
8,000	y = 0.000008x + 0.082	3,353	8.0×10^{-6}	0.962
10,000	y = 0.000007x + 0.073	4,055	7.0×10^{-6}	0.989

Note: $y = 1/C_t$ x = time

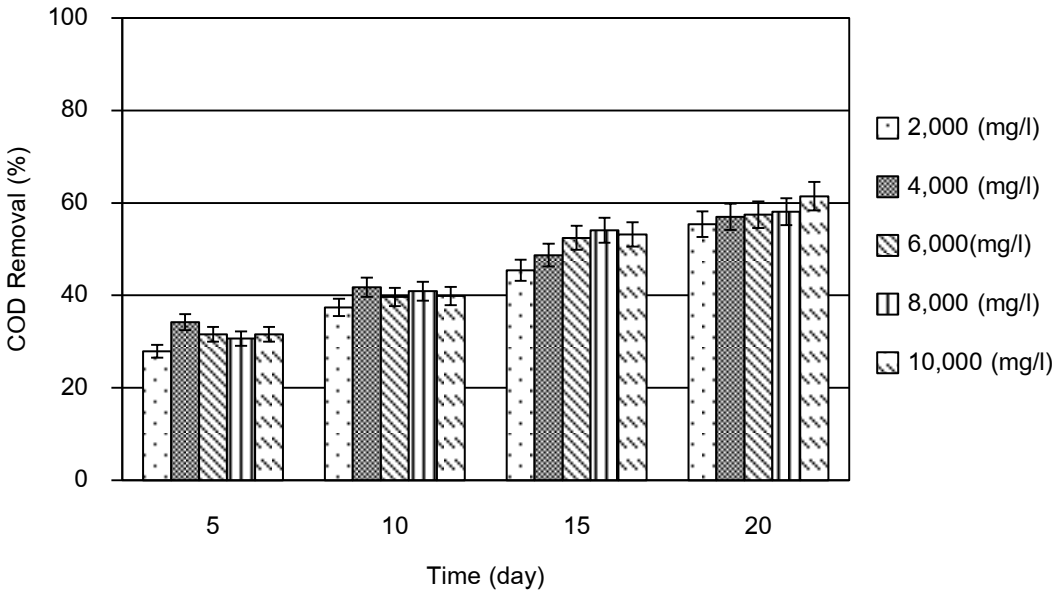

Figure 2 Efficiencies of COD removals for wastewater from rubber sheet manufacturing for varied COD concentrations of 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 and 10,000 mg/l at 5, 10, 15 and 20 days

ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย

ค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยก่อนการทดลองอยู่ในช่วง 210±3.24 ถึง 450±6.75 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อผ่านการหมักค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นมีค่าอยู่ในช่วง 95.57±1.32 ถึง 142.63±0.55 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการบำบัดที่เพิ่มขึ้น อาจเป็นผลเนื่องมาจากของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพารา แผ่นในส่วนของน้ำยางที่จับตัวกันเป็นแผ่นทำให้บางส่วนถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นของแข็งแขวนลอยส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย[10] ที่ความเข้มข้นซีโอดี 2,000,

4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าร้อยละการกำจัดของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 21.30±0.21 ถึง 68.30±0.12 (Figure 3) จะเห็นได้ว่าที่ค่าความเข้มข้นซีโอดี 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร ระยะเวลา 20 วัน มีประสิทธิภาพการ กำจัดของแข็งแขวนลอยสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 68.30±0.12 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชอบ[8] ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากการทำยางพาราแผ่นโดยใช้ระบบถังกรองไร้อากาศ และ ถังหมักไร้อากาศ ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 5, 10, 15 และ 20 วัน พบว่าระบบถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 63.9, 69.8, 73.5 และ 75.4 ตามลำดับ ระบบถังหมักไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 48.4, 54.3, 63.2 และ 63.2 ตามลำดับ

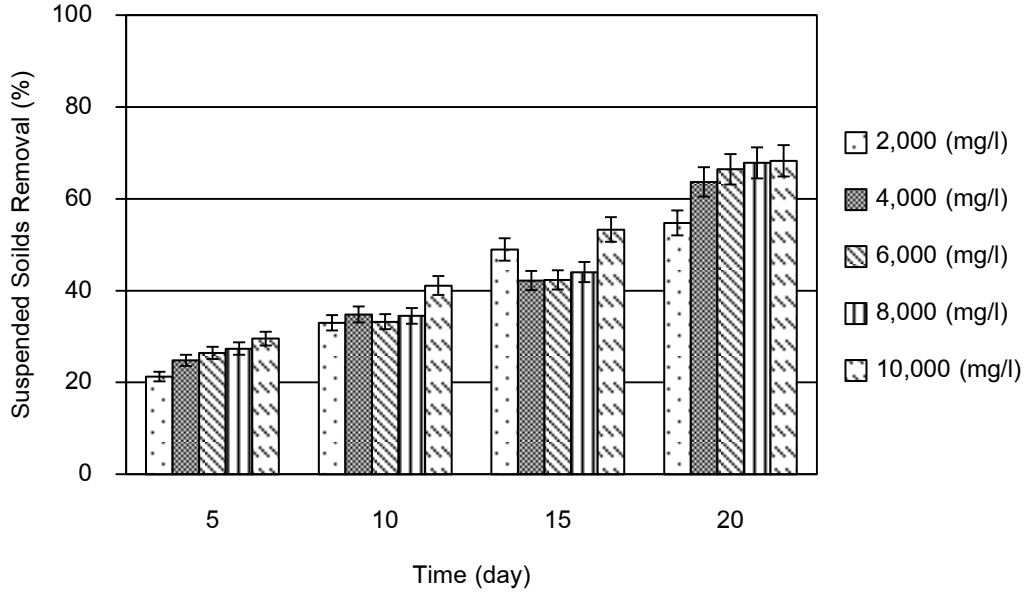

Figure 3 Efficiencies of suspended solids removals for wastewater from rubber sheet manufacturing for varied COD concentrations of 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 and 10,000 mg/l at 5, 10, 15 and 20 days

ปริมาณก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซที่ผสมกันระหว่างก๊าซชนิดต่างๆ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) [7, 11, 12] จากการศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นที่ผ่านการบำบัดแบบไร้อากาศที่ความเข้มข้นซีโอดี 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร ระยะเวลาการหมัก 5, 10, 15 และ 20 วัน (Figure 4) พบว่าเมื่อระยะเวลาการบำบัดเพิ่มขึ้นจะเห็นได้ว่าปริมาณของก๊าซชีวภาพที่ได้ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยที่ความเข้มข้นซีโอดี 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร ที่เวลา 20 วัน มีปริมาณก๊าซชีวภาพมากที่สุด เท่ากับ 108.6±23.1 มิลลิลิตร รองลงมาคือที่ความเข้มข้นซีโอดี 8,000, 6,000, 4,000 และ 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีปริมาณก๊าซชีวภาพเท่ากับ 95.63±8.59, 89.13±8.00, 81.48±6.50 และ 72.88±4.22 มิลลิลิตร โดยงานวิจัยของอุษา[13] ศึกษาการนำน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นมาผลิตก๊าซชีวภาพในถังหมักแบบไร้อากาศขนาด 200 ลิตร ผลการศึกษาพบว่าที่เวลา 20 วัน ถังหมักแบบไร้อากาศผลิตก๊าซชีวภาพได้ปริมาณมากที่สุด เท่ากับ 35 ลิตร

ร้อยละก๊าซมีเทน

จากการศึกษาร้อยละมีเทนของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นที่ความเข้มข้นซีโอดี 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร ที่เวลา 5, 10, 15 และ 20 วัน (Figure 5) พบว่าทุกความเข้มข้นซีโอดีมีแนวโน้มร้อยละก๊าซมีเทนเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการบำบัดที่เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากจุลินทรีย์มีเวลาในการปรับตัวให้คุ้นเคยกับน้ำเสียทำให้สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้น[14] ที่ความเข้มข้นซีโอดี 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีร้อยละมีเทนเฉลี่ยสูงที่สุดในวันที่ 20 เท่ากับร้อยละ 73±0.60 รองลงมาคือที่ความเข้มข้นซีโอดี 8,000, 6,000, 4,000, 2,000 มีร้อยละก๊าซมีเทนเท่ากับ 60.60±0.76, 55.7±0.60, 51.31±0.9 และ 47.57±0.5 ตามลำดับ โดยงานวิจัยของมุจลินทร์[15] ทำการศึกษาน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นในถังกรองไร้อากาศที่มีถ่านเป็นตัวกลาง จากผลการศึกษาพบว่าก๊าซมีเทนร้อยละ 63.38

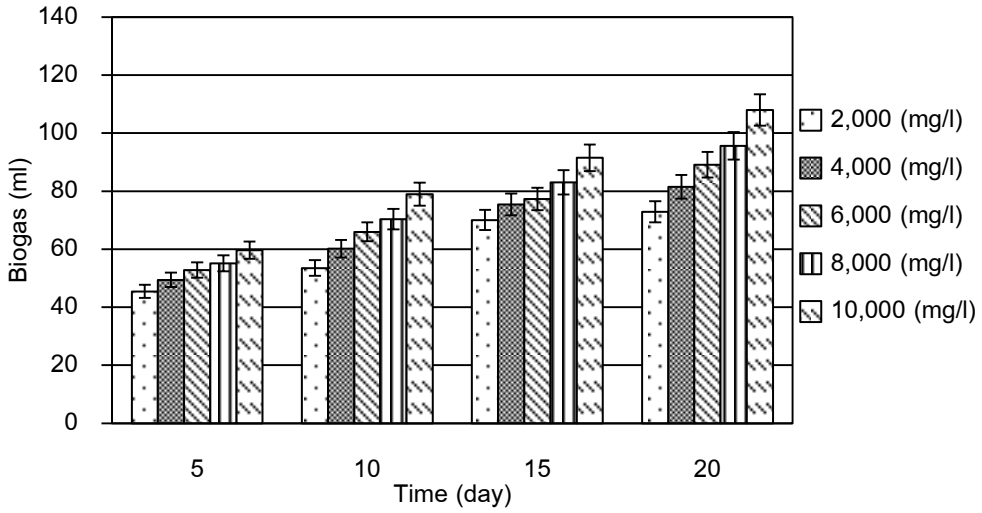

Figure 4 Biogas productions for wastewater from rubber sheet manufacturing for varied COD concentrations of 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 and 10,000 mg/l at 5, 10, 15 and 20 days

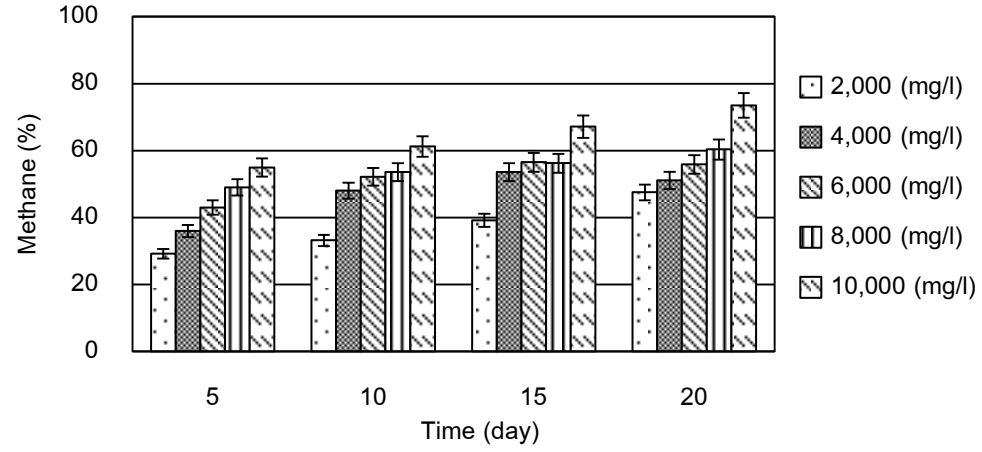

Figure 5 Methane gas contents in the biogas from wastewater for varied COD concentrations of 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 and 10,000 mg/l at 5, 10, 15 and 20 days

สรุปผล

จากการศึกษาจลนพลศาสตร์และการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นพบว่าการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียมีแนวโน้มเหมาะกับจลนพลศาสตร์ปฏิกิริยาลำดับสอง (Second Order) ที่ความเข้มข้นซีโอดี 8,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าคงที่ (K_2) สูงสุดเท่ากับ 8.0 x 10^{-6} ลิตร/มิลลิกรัม/นาที ในขณะที่ความเข้มข้นซีโอดี 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าคงที่ (K_2) ใกล้เคียงกับที่ความเข้มข้นซีโอดี 8,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าคงที่ (K_2) เท่ากับ 7.0 x 10^{-6} ลิตร/มิลลิกรัม/นาที น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นที่ความเข้มข้นซีโอดี 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร เวลา 20 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงสุดและมี ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยสูงสุด สามารถผลิตปริมาณก๊าซชีวภาพและร้อยละมีเทน สูงสุด ซึ่งพบว่าก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้แทนพลังงานเชื้อเพลิงได้ จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าที่ความเข้มข้นซีโอดีที่เพิ่มสูงขึ้น และระยะเวลาการบำบัดน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและของแข็งแขวนลอย ปริมาณก๊าซชีวภาพและร้อยละมีเทน ที่เพิ่มสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาค่าความเข้มข้นซีโอดีที่มากกว่า 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร และควรเพิ่มระยะเวลาในการศึกษามากกว่านี้

2. ควรทำการศึกษาในระบบจริงเพื่อทดสอบการใช้งานจริง

3. ควรศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงพลังงาน เช่น ค่าความร้อนในการทดแทนพลังงานอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์การเงินเพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2555 ในครั้งนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. กุลดิลก แก้วประพาพ. การส่งเสริมการปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารกสิกร 2546; 66(1):79-81.
2. Diversion of wastewater from rubber processing convert to biogas. [serial online]. Available from: URL: http://www.okmd.or.th/blog Sept. 13, 2012.
3. Biogas plants. [serial online]. Available from: URL: http://www.thaitapiocastarch.makewebeasy.com/customize-1.html Apr. 28, 2012.
4. วราภรณ์ ขจรไชยกูล. ยางธรรมชาติ. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย; 2549.
5. APHA, AWWA and WPCE. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18 th ed. Washington, DC: American Public Health Association. 1998.
6. McMurry J, Fay RC. Chemistry (International Edition). 4 th ed. Pearson Prentice Hall: New Jersey.2004.
7. อลิสรา วงศ์กิตติวิมล. การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นโดยถังปฏิกรณ์ไฮบริดแบบไม่ใช้ออกซิเจน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2543. 124.
8. Isa Z. Wastes from rubber processing and rubber product manufacturing industries. In Waste Management in Malaysia.

Editted by Yeoh BG. Kuala Lumpur. Falcon Press. 1993; 137-151.

9. Kida K, Morimura S, Tadokoro H, Mashodd S, Yusob AA, Ghin YB. Treatment of wastewater from rubber sheet manufacturing by a combination of chemical and biological processes. Environmental Technology. 1997; 18(5): 517-524.
10. ชอบ บุญช่วย. การบำบัดน้ำเสียจากการทำยางพาราแผ่นโดยระบบไม่ใช้ออกซิเจน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2541.95-101.
11. Wahaab RA. Wastewater treatment and resuse: Enviromental Health and Safety Consideration Environmental Health Research. 1995; 5(1): 35-46.
12. Speece RE. Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment. Environmental Science Technology. 1983; 17(1): 416-420.
13. อุษา อ้นทอง. การบำบัดน้ำเสียจากการผลิตยางแผ่นด้วยระบบบ่อหมักก๊าซชีวภาพ. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ; 2551.
14. จิรวัฒน์ ชาลีวรรณ. ผลของระยะเวลาเก็บกักต่อการเกิดก๊าซชีวภาพในการหมักแบบไร้ออกซิเจนอัตราการย่อยสูงของวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลไม้กระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2546.105-112.
15. มุจลินทร์ พูนประสิทธิ์. การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นด้วยถังกรองไร้อากาศที่มีถ่านเป็นตัวกลาง. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น;2554.96-110.