249623
ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249623

การใช้ผักตบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ เพื่อบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา

UTILIZATION OF HUSK, CHARCOAL AND PLASTIC BALL AS SUPPORT MEDIAS IN ANAEROBIC FILTER FOR RUBBER SHEET WASTEWATER TREATMENT

นางสาวอันทิมา ขวกิ้น

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2553

600254065

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249623

การใช้แกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ เพื่อบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา

UTILIZATION OF HUSK, CHARCOAL AND PLASTIC BALL AS SUPPORT MEDIAS IN ANAEROBIC FILTER FOR RUBBER SHEET WASTEWATER TREATMENT

นางสาวจันทิมา ยาเกิ้น

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2553

การใช้แกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ เพื่อบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา

นางสาวจันทิมา ยาเกิ้น

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2553

UTILIZATION OF HUSK, CHARCOAL AND PLASTIC BALL AS SUPPORT MEDIAS IN ANAEROBIC FILTER FOR RUBBER SHEET WASTEWATER TREATMENT

MISS JANTIMA YAKOEN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENTS OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY
2010

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ชื่อวิทยานิพนธ์: การใช้แกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลางในถังกรองไร้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์: นางสาวจันทิมา ยาเกิ้น

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร. สมภพ สนองราษฎร์	ประธานกรรมการ
อ.ดร.กัลยกร ขวัญมา	กรรมการ
อ.ดร. มุจลินทร์ พูนประสิทธิ์	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์:

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.ดร. มุจลินทร์ พูนประสิทธิ์)

.....	.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ลำปาง แม่นมาตย์)	(รองศาสตราจารย์ ดร. สมนึก ธีระกุลพิศุทธิ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

จันทิมา ยาเกิ้น. 2553. ***การใช้แกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ เพื่อบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา.*** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อ.ดร.มุจลินทร์ พูนประสิทธิ์

บทคัดย่อ

249623

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก ที่ใช้เป็นตัวกลางในถังกรองไร้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา และศึกษาระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย (Hydraulic Retention Time; HRT) และอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate; OLR) ที่เหมาะสมของถังกรองไร้อากาศ น้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพาราที่มีค่า 3,000 มก.ซีโอดี/ลิตร ถูกใช้เป็นน้ำเข้าระบบสำหรับถังกรองไร้อากาศขนาดห้องปฏิบัติการ 3 ถังซึ่งบรรจุตัวกลางที่แตกต่างกัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางทั้ง 3 ชนิด ที่ (1) ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 6 วัน และอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.50 กก.ซีโอดี/ลิตร/วัน (2) ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 2.5 วัน และอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.20 กก.ซีโอดี/ลิตร/วัน และ (3) ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 1.5 วัน และอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร/วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย อยู่ในช่วง 95 – 98% 92 – 96% และ 92 – 96% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม น้ำเสียที่ผ่านถังกรองไร้อากาศที่ใช้ถ่านเป็นตัวกลางมีความใสมากที่สุด อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพและปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพของถังกรองไร้อากาศทั้ง 3 ถังนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถังกรองไร้อากาศที่ใช้วัสดุธรรมชาติคือแกลบและถ่านเป็นตัวกลาง มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ 3.30-3.55 ลิตร/วัน และปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ 62-66% น้อยกว่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (3.95-4.40 ลิตร/วัน) และปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ (73-82% ตามลำดับ) ของถังกรองไร้อากาศที่ใช้วัสดุสังเคราะห์คือลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง โดยภาพรวมแล้วความสามารถในการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพาราของถังกรองไร้อากาศที่ใช้วัสดุธรรมชาติใกล้เคียงกับความสามารถของถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางจากวัสดุสังเคราะห์ ในขณะที่ถังกรองไร้อากาศที่ใช้เวลากักเก็บน้อยกว่า (1.5 วัน) มีความสามารถในการบำบัดได้ใกล้เคียงกับถังกรองไร้อากาศที่ใช้เวลากักเก็บมากกว่า (2.5 และ 6 วัน) ดังนั้น ถังกรองไร้อากาศที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 1.5 วัน ที่ใช้แกลบหรือถ่านซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น อาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสม ในแง่ของการลงทุนและความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย สำหรับผู้ประกอบการโรงรีดยางขนาดเล็ก

Jantima Yakoen. 2010. ***Utilization of Husk, Charcoal and Plastic Ball as Support Medias in Anaerobic Filter for Rubber Sheet Wastewater Treatment***. Master of Engineering Thesis in Environmental Engineering, Graduate School, Khon Kaen University.

Thesis Advisor : Dr. Mudjalin Poonprasit

ABSTRACT

249623

The objectives of this study are to compare the treatment efficiency of husk, charcoal, and plastic balls used as support media in anaerobic filters for rubber sheet wastewater treatment, and to study appropriate hydraulic retention time (HRT) and organic loading rate (OLR) of the anaerobic filters. Rubber sheet wastewater containing 3,000 mgCOD/L was used as the influent for three laboratory-scale anaerobic filters containing different types of media. Results have shown that the treatment efficiencies of the anaerobic filters containing 3 different types of media at (1) the organic loading rate of 0.50 kgCOD/L/day and hydraulic retention time of 6 days (2) the organic loading rate of 1.20 kgCOD/L/day and hydraulic retention time of 2.5 days and (3) the organic loading rate of 2.00 kgCOD/L/day and hydraulic retention time of 1.5 days had no statistically significant difference, at the 0.05 level of significance. The COD, SS, and VSS removal efficiencies were in the ranges of 95 – 98%, 92 – 96%, and 92 – 96%, respectively. The effluent from the anaerobic filter containing charcoal as support media was however the clearest. The biogas production rates and methane contents of the 3 anaerobic filters had statistically significant differences, at the 0.05 level of significance. The anaerobic filters containing natural materials, which were husk and charcoal, as support medias had the biogas production rate of 3.30-3.55 L./days and methane content of 62-66%, less than the biogas production rate (3.95-4.40 L./days) and methane content (73-82%) of the anaerobic filter containing synthetic materials, which were plastic balls, as support medias. In total, the rubber sheet wastewater treatment capability of the anaerobic filters containing natural materials was comparable to the treatment capability of the anaerobic filter containing synthetic materials, whereas the anaerobic filter operated at a lower hydraulic retention time (1.5 days) had a comparable treatment capability to the anaerobic filters operated at a higher hydraulic retention time (2.5 and 6 days). Therefore the anaerobic filter operated at the organic loading rate of 2.00 kgCOD/L/day and hydraulic retention time of 1.5 days, using husk or charcoal which was locally available natural materials, could be an appropriate option, in terms of investment cost and treatment capability, for small-scale rubber sheet manufacturers.

วิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบส่วนดีให้บุพการี คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ดร.มุจลินทร์ พูนประสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้แนะนำความรู้ทางด้านวิชาการและข้อคิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์มากในงานวิจัยครั้งนี้มาโดยตลอด รวมถึงตรวจแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นด้วยความเอาใจใส่ ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. สมภพ สนองราษฎร์ และ ดร.กัลยกร ขวัญมา คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณรจนา อินทรธิราช นักวิชาการสิ่งแวดล้อม สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 9 จ.อุดรธานี สำหรับความคิดแรกเริ่มในการทำการวิจัย และ ผศ.พนมชัย วีระยุทธศิลป์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และให้ความรู้เรื่องระบบบำบัดน้ำเสีย

ขอขอบคุณบริษัท เนชั่นแนล สตาร์ช จำกัด ที่อนุเคราะห์เชื้อตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัด UASB และกลุ่มผู้ผลิตแผ่นยางพารา กลุ่มนิคมสหกรณ์คงมูล อ.กระนวน จ.ขอนแก่น ที่อนุเคราะห์น้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา ตลอดระยะเวลาในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย ให้คำปรึกษาแนะนำ และอำนวยความสะดวกด้านเครื่องมือและอุปกรณ์การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณศูนย์การจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้มอบทุนสำหรับการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมถึงญาติพี่น้องทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และทุกสิ่งทุกอย่างที่เป็นแรงผลักดันทำให้มีความสำเร็จในวันนี้ และขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้องทุกท่าน ที่คอยเป็นกำลังใจและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยเหลือในทุกๆ ด้านจนสำเร็จการศึกษา

จันทิมา ยาเกิ้น

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
คำอุทิศ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.2.1 วัตถุประสงค์หลัก	2
1.2.2 วัตถุประสงค์รอง	2
1.3 สมมุติฐานงานวิจัย	2
1.4 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย	2
1.4.1 ตัวแปรอิสระ	2
1.4.2 ตัวแปรตาม	2
1.4.3 ตัวแปรควบคุม	3
1.5 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 กระบวนการผลิตแผ่นยางพาราสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	5
2.1.1 การรวบรวมน้ำยางจากชาวสวนยาง	5
2.1.2 การทำยางแผ่นดิบรมควัน	6
2.1.3 การรีดยาง	7
2.1.4 การอบหรือรมควันยาง	7
2.1.5 การคัดเกรดชั้นยาง	7
2.2 น้ำเสียจากกระบวนการผลิตแผ่นยางพารา	8
2.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน	10
2.3.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการไม่ใช้อากาศ	10
2.3.2 กระบวนการเปลี่ยนรูปในระบบไร้ออกซิเจน	14
2.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของกระบวนการไร้ออกซิเจน	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.4 ระบบ Anaerobic Filter (AF) หรือ Fixed-bed reactors หรือ Packed-bed reactors	21
2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS (โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ)	22
2.4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว	23
2.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกหลายทาง	23
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
2.5.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยถังกรองไร้อากาศ	24
2.5.2 การบำบัดน้ำเสียด้วยถังกรองไร้อากาศโดยใช้ตัวกรองพลาสติก	24
2.5.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยถังกรองไร้อากาศโดยใช้ตัวกรองจากธรรมชาติ	25
2.5.4 การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพารา	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	31
3.1 รูปแบบงานวิจัย	31
3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	31
3.2.1 วัสดุ	31
3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	31
3.2.3 สารเคมี	33
3.3 วิธีการศึกษา	33
3.3.1 ขั้นตอนในการวิจัย	33
3.3.2 การเก็บตัวอย่างในการทดลอง	35
3.4 สถานที่ทำวิจัย	36
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	38
4.1 ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา	38
4.2 จุลินทรีย์ตั้งต้นที่ใช้ในการทดลอง	39
4.3 การทดลองช่วงเดินระบบ	39
4.4 การทดลองช่วงดำเนินการ 1	48
4.5 การทดลองช่วงดำเนินการ 2	57
4.6 การทดลองช่วงดำเนินการ 3	66
4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลาง ที่ช่วงต่างๆ ของการดำเนินการ	75

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	91
5.1 สรุปผลการวิจัย	91
5.2 ข้อเสนอแนะ	92
เอกสารอ้างอิง	93
ภาคผนวก	97
ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย	98
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ	122
ภาคผนวก ค การเผยแพร่ผลงานวิจัย	128
ประวัติผู้เขียน	138

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากการผลิตยางแผ่นรมควัน 10

ตารางที่ 2.2 สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน 18

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา 38

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start up) 40

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสาอินทรีย์ 0.50 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 6 วัน 48

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสาอินทรีย์ 1.20 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน 57

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสาอินทรีย์ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน 66

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบปัจจัยต่อการสร้างมีเทนของถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.50, 1.20 และ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน 90

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการรวบรวมน้ำยางจากชาวสวนยาง 6

ภาพที่ 2.2 แหล่งที่มาของน้ำเสียจากแต่ละกระบวนการผลิตแผ่นยางพารา 9

ภาพที่ 2.3 ปฏิกิริยารีดักชันในน้ำเสีย 12

ภาพที่ 2.4 ลักษณะของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนต่างๆ 13

ภาพที่ 2.5 ลำดับการเกิดปฏิกิริยาสำหรับระบบไร้ออกซิเจนของสารประกอบอินทรีย์ซับซ้อน 14

ภาพที่ 2.6 ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม สำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแต่ละชนิด 18

ภาพที่ 3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการทดลอง 32

ภาพที่ 3.2 ลักษณะถังกรองไร้อากาศจำลองที่มีตัวกลางเต็มถัง 34

ภาพที่ 3.3 รายละเอียดการดำเนินการทดลองในช่วง Start up และ Operation 37

ภาพที่ 4.1 ค่าอุณหภูมิของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start up) 41

ภาพที่ 4.2 ค่าพีเอช (pH) ของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start up) 41

ภาพที่ 4.3 ค่าโออาร์พี (ORP) ของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start up) 42

ภาพที่ 4.4 ค่ากรดไขมันระเหย (VFA) ของน้ำที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start up) 43

ภาพที่ 4.5 ค่าสภาพด่างทั้งหมด (Alkalinity) ของน้ำที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start up) 43

ภาพที่ 4.6 อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดของน้ำที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start up) 44

ภาพที่ 4.7 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start up) 45

ภาพที่ 4.8 ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start up) 45

ภาพที่ 4.9 อัตราส่วนของแข็งแขวนลอยระเหยต่อของแข็งแขวนลอยของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start up) 46

ภาพที่ 4.10 ค่าซีโอดีของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start up) 47

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 4.11	ค่าอุณหภูมิของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 6 วัน	49
ภาพที่ 4.12	ค่าพีเอช (pH) ของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 6 วัน	50
ภาพที่ 4.13	ค่าโออาร์พี (ORP) ของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 6 วัน	50
ภาพที่ 4.14	กรดไขมันระเหย (VFA) ของน้ำที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 6 วัน	51
ภาพที่ 4.15	สภาพด่างทั้งหมด (Alkalinity) ของน้ำที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 6 วัน	52
ภาพที่ 4.16	อัตราส่วนกรดระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดของน้ำที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 6 วัน	52
ภาพที่ 4.17	ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 6 วัน	53
ภาพที่ 4.18	ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 6 วัน	54
ภาพที่ 4.19	อัตราส่วนของแข็งแขวนลอยระเหยต่อของแข็งแขวนลอยของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 6 วัน	54
ภาพที่ 4.20	ค่าซีโอดีของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 6 วัน	55

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.21 สัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพของถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 6 วัน 56

ภาพที่ 4.22 ค่าอุณหภูมิของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน 58

ภาพที่ 4.23 ค่าพีเอช (pH) ของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน 59

ภาพที่ 4.24 ค่าโออาร์พี (ORP) ของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน 59

ภาพที่ 4.25 กรดไขมันระเหย (VFA) ของน้ำที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน 60

ภาพที่ 4.26 สภาพด่างทั้งหมด (Alkalinity) ของน้ำที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน 61

ภาพที่ 4.27 อัตราส่วนกรดระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดของน้ำที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน 61

ภาพที่ 4.28 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน 62

ภาพที่ 4.29 ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน 63

ภาพที่ 4.30 อัตราส่วนของแข็งแขวนลอยระเหยต่อของแข็งแขวนลอยของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้ อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน 63

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.31 ค่าซีโอดีของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน 64

ภาพที่ 4.32 สัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพของถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน 65

ภาพที่ 4.33 ค่าอุณหภูมิของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน 67

ภาพที่ 4.34 ค่าพีเอช (pH) ของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน 68

ภาพที่ 4.35 ค่าโออาร์พี (ORP) ของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน 68

ภาพที่ 4.36 กรดไขมันระเหย (VFA) ของน้ำที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน 69

ภาพที่ 4.37 สภาพด่างทั้งหมด (Alkalinity) ของน้ำที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน 70

ภาพที่ 4.38 อัตราส่วนกรดระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดของน้ำที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน 70

ภาพที่ 4.39 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน 71

ภาพที่ 4.40 ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน 72

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.41 อัตราส่วนของแข็งแขวนลอยระเหยต่อของแข็งแขวนลอยของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน 72

ภาพที่ 4.42 ค่าซีโอดีของน้ำที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน 73

ภาพที่ 4.43 สัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพของถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอดี/ลิตร-วัน เวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน 74

ภาพที่ 4.44 น้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง 78

ภาพที่ 4.45 ค่าโออาร์พีของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ และช่วงการดำเนินการ 1-3 79

ภาพที่ 4.46 ค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ และช่วงการดำเนินการ 1-3 80

ภาพที่ 4.47 กรดไขมันระเหยของน้ำเสียที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ และช่วงการดำเนินการ 1-3 81

ภาพที่ 4.48 สภาพด่างทั้งหมดของน้ำเสียที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ และช่วงการดำเนินการ 1-3 82

ภาพที่ 4.49 อัตราส่วนกรดไขมันระเหยง่ายต่อสภาพด่างทั้งหมดของน้ำเสียที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ และช่วงการดำเนินการ 1-3 83

ภาพที่ 4.50 ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ และช่วงการดำเนินการ 1-3 84

ภาพที่ 4.51 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ และช่วงการดำเนินการ 1-3 87

ภาพที่ 4.52 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงดำเนินการ 1-3 88

ภาพที่ 4.53 สัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงดำเนินการ 1-3 89