

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2548). แนวทางปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมยางแผ่นรวมถวัลย์.
กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กัญญารัตน์ สฤกษ์พงศ์ทิรม. (2550). ผลการปรับที่เอชด้วยถั่วไม้อย่างพาราและอัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้ง
ต่อสมรรถภาพการทำงานของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้นในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยาง
ชั้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เกรียงศักดิ์ อุคนสิน โรจน์. (2543). วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสียเล่ม 4. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.
- เกมกาญจน์ รักษาพรหมณ์. (2539). การประเมินสภาพปัญหาไฮโดรเจนซัลไฟด์ในบ่อหมักไร้อากาศของ
ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานยาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ
สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ไกรสร อุคนรัตน์. (2521). การกำจัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเต้าหู้ด้วยเครื่องกรองแอนแอโรบิก (Treatment
of Soya-bean Cake Wastewater by Anaerobic Filter). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จุมพล ขุนอ่อน. (2540). การบำบัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยด้วยระบบถังเกรอะ-ถังกรองไร้อากาศสำเร็จรูป.
กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ชอบ บุญช่วย. (2540). การบำบัดน้ำเสียจากการทำยางแผ่นโดยใช้ระบบไม้ออกซิเจน (Rubber Sheet
Wastewater Treatment by Anaerobic Process). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ัชชวาล เรื่องประพันธ์. (2544). การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for Windows. ขอนแก่น: โครงการผลิต
ตำรา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เน่งน้อย ศรีสุวรรณ. (2538). การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานถลุงมือยางโดยวิธีการลอยตะกอน. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- บุญควน แก้วปินดา และคณะ. (2535). การปรับปรุงคุณภาพน้ำไฮโดรเจนซัลไฟด์จากถังส้วมบ้านพักอาศัยโดย
ขบวนการกรองไร้อากาศ. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บุญส่ง ไช้เกษ. (2519). การใช้เครื่องกรองวิธีแอนแอโรบิกเพื่อกำจัดน้ำเสียจากโรงงานทำผักกาดทอง.
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ปรีดีเปรม ทศนกุล และคณะ. (2547). การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนระดับห้องปฏิบัติการในโรงงานผลิตน้ำยางข้น. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยยาง.
- พรธิดา เสนไธย และคณะ. (2552). การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตแผ่นยางพารา (**Wastewater Treatment of Rubber Process**). รายงานโครงการของนักศึกษาปีที่ 4 หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ สกลนคร.
- พรพจน์ กรรณสูต. (2524). การกำจัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูงมากด้วยเครื่องกรองแอนแอโรบิกที่มีชั้นตัวกลางสูง (**Treatment of High Strength Organic Waste by Deep Bed Anaerobic Filter**). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรรษา อุดลยธรรม และกฤษณา คงศิลป์. (2547). การควบคุมกระบวนการผลิตและคุณภาพน้ำยางข้นในโรงงานต้นแบบที่จังหวัดสงขลา. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยยาง.
- พิพัฒน์ ชื่นชมชาติ. (2521). การนำเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถังและครึ่งถังมาประยุกต์ใช้กับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง (**Application of a Filled-up and Half-filled Anaerobic Filters for Low Strength Wastewater**). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันติน ตันจุลเวศม์. (2542). เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม. เล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รุจิรัตน์ ภารศิลป์. (2542). การบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมยางด้วยวิธีทางเคมีและการประยุกต์ใช้ในการเพาะเห็ด (**Treatment of effluent from natural rubber industry by chemical method and application in mushroom cultivation**). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัชรระ แก่นสุข. (2529). การใช้เครื่องกรองแอนแอโรบิกที่ใช้พลาสติกเป็นตัวกรองเพื่อกำจัดน้ำทิ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาวิศวกรรมอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วีระศักดิ์ สืบเสาะ. (2537). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพตัวกรองต่างชนิดโดยระบบการกรองไม่ใช้ออกซิเจนในการบำบัดน้ำเสียจากหอพัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาขารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สถิตพันธ์ ธรรมสถิตย์. (2537). คู่มือกำกับกรรมวิธีการผลิตในโรงงานอบ/รมยาง. พิมพ์ครั้งที่ 1. หนองคาย: กองพัฒนาการผลิตและการตลาด ฝ่ายพัฒนาสวนสงเคราะห์ สำนักงานสงเคราะห์การทำสวนยาง (สกย.) หนองคาย.
- สละ พรหมเดชบุญ. (2540). ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตขนมจีนโดยเครื่องกรองไร้อากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาวิศวกรรมอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

- สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสงขลา. (2541). การจัดการน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมยางพาราในจังหวัดสงขลา. เอกสารประกอบการสัมมนา วันที่ 17 กันยายน 2541 ณ โรงแรมไดมอนด์พลาซ่า, สงขลา.
- สุดา อธิษฐภรณ์รัตน์. (2551). โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศโดยใช้ตัวกลางจากวัสดุเหลือใช้ธรรมชาติ (Research on development of anaerobic filter tank by using natural waste media). กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.
- สุบัตจิต นิมรัตน์. (2548). จุลชีววิทยาของน้ำเสีย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุพัศรา เฉลียวพงศ์. (2540). สภาวะ pH ที่เหมาะสมของบ่อไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุวรรณ จรุงเรือง. (2532). การลดสี สารแขวนลอย และซีโอดีในน้ำเสียจากองขยะอ่อนนุช โดยใช้ขี้เถ้าแกลบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาวิศวกรรมอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี. (2546). การประเมินและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมของการจัดการของเสียโรงงานน้ำยางข้น. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อลิสรา วงศ์กิตติวิมล. (2543). การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นโดยดัดแปลงถังไฮบริดแบบไม้ออกซิเจน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อิสรา รังงาม. (2551). ประสิทธิภาพของระบบถังย่อยไร้อากาศแบบกะต่อเนื่องสำหรับบำบัดน้ำเสียของสหกรณ์โรงอบ/รมยาง (Efficiency of Semi-Continuous Anaerobic Digester in Series Treating Wastewater from Cooperative Smoked Rubber Sheet Factory). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อาภรณ์ รักเกิด. (2541). การประเมินปัญหาไนโตรเจนในน้ำเสียจากโรงงานยางและการกำจัดไนโตรเจนด้วยระบบบ่อบำบัดน้ำเสียที่ใช้ มวลชีวะประเภทเกาะผิว). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อุดมผล พิษน์ไพบูลย์. (2546). การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมและครบวงจร เพื่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- Metcalf and Eddy, Inc. (1991). *Wastewater engineering : treatment, disposal and reuse*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.
- Speece, R.E., (1995). *Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters*. Cambridge: Archae Press.
- U Puetpaiboon, C Yirong, T Kuttatep, and C Polprasert. (2003). *Application of Constructed Wetlands for Treatment of Wastewater from Smoked Sheet Rubber Plants*. Songkhla: Prince of Songkhla University.

Van Haandel, A. C. and Lettinga, G. (1994). **Anaerobic sewage treatment**. Chichester : John Wiley and Sons.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย

ตารางที่ ก.1 ค่า MLSS และ MLVSS ของเชื้อเริ่มต้น ในช่วงการเลี้ยงเชื้อให้ติดกับตัวกลาง

ค่าวิเคราะห์	น้ำหนักกระดาก่อน (g) W_0	น้ำหนักกระดากหลัง (g) W_1	น.น. หลัง - ก่อน (g)	ค่าคำนวณ (mg/l)
MLSS 1	0.0935	0.1138	0.0203	44,660
MLSS 2	0.0936	0.1096	0.0160	35,200
MLVSS 1	0.1138	0.0947	0.0191	42,020
MLVSS 2	0.1096	0.0946	0.0150	33,000

$$\text{ค่า MLSS/MLVSS (mg/l)} = \frac{W_1 - W_0 - x \cdot 10^6 \times \text{ค่าการเจือจาง}}{\text{ml. ของน้ำตัวอย่าง}}$$

โดย W_0 = น้ำหนักกระดากกรองก่อนวิเคราะห์, g
 W_1 = น้ำหนักกระดากกรองหลังวิเคราะห์, g

ตารางที่ ก.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย ในช่วงของการเลี้ยง
เชื้อให้ติดกับตัวกลาง

วันที่ ทดลอง	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช (pH)				ค่า COD (mg/l)				อัตราส่วนน้ำเสีย
		น้ำเข้า	แกลบ	ลูกบอล พลาสติก	ถ่าน	น้ำเข้า	แกลบ	ลูกบอล พลาสติก	ถ่าน	
1	27.0	7.22	-	-	-	3,800	-	-	-	น้ำแป้ง : น้ำ = 4 : 16
2	26.9	7.12	6.33	6.81	8.69	4,000	-	-	-	"
3	28.0	6.80	6.38	6.95	7.24	4,200	-	-	-	"
4	28.8	7.05	6.67	7.11	7.24	-	-	-	-	"
5	28.8	7.28	6.38	6.82	6.88	-	-	-	-	"
6	28.8	7.05	6.86	7.25	7.26	-	-	-	-	"
7	29.0	7.03	6.75	7.05	7.01	-	-	-	-	"
8	27.8	7.03	6.94	6.82	6.89	-	-	-	-	"
9	28.4	7.13	6.92	6.93	7.02	-	-	-	-	"
10	27.8	7.00	6.70	7.20	7.48	-	-	-	-	"
11	28.8	7.11	6.58	6.82	6.82	-	-	-	-	"
18	30.0	7.10	6.98	7.18	8.19	5,000	-	-	-	น้ำแป้ง : น้ำออก : น้ำ 5 : 5 : 15
19	30.0	7.02	6.86	6.94	7.11	-	-	-	-	"
20	30.9	7.02	6.84	6.95	6.86	-	-	-	-	"
21	29.5	7.00	6.70	6.77	6.76	-	-	-	-	"
22	29.7	7.15	6.82	6.86	6.80	-	-	-	-	"
23	30.8	7.02	6.82	6.91	6.80	-	-	-	-	"
24	31.4	7.02	6.93	6.98	6.86	-	-	-	-	"
25	30.7	7.00	6.85	6.93	6.77	-	-	-	-	"
26	28.8	7.11	6.82	6.80	6.76	-	-	-	-	"
27	28.8	7.05	6.75	6.72	6.70	-	-	-	-	"
28	29.3	7.04	6.70	6.71	6.73	6,239	1,816	1,862	1,443	"
29	29.3	7.05	6.77	6.78	6.79	-	-	-	-	"
30	28.9	7.12	6.79	6.87	6.86	-	-	-	-	"
31	29.0	7.02	6.91	6.98	7.04	-	-	-	-	"
32	28.9	7.04	6.79	7.16	7.06	-	-	-	-	"
33	27.3	7.08	6.95	7.02	7.02	-	-	-	-	"

ตารางที่ ก.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย ในช่วงของการเลี้ยง เชื้อให้ติดกับตัวกลาง (ต่อ)

วันที่ ทดลอง	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช (pH)				ค่า COD (mg/l)				อัตราส่วนน้ำเสีย
		น้ำเข้า	แกลบ	ลูกบอล พลาสติก	ถ่าน	น้ำเข้า	แกลบ	ลูกบอล พลาสติก	ถ่าน	
34	28.1	7.05	6.95	6.96	7.08	-	-	-	-	น้ำเป็ง : น้ำขาง : น้ำออก : น้ำ 5 : 5 : 15
35	28.2	7.21	6.98	6.93	6.89	3,701	753	565	423	"
36	29.6	7.07	6.98	6.93	6.85	-	-	-	-	น้ำเป็ง : น้ำขาง : น้ำออก : น้ำ 4 : 1 : 5 : 15
37	29.3	7.18	7.02	6.98	6.95	-	-	-	-	"
38	29.1	7.07	6.95	6.97	6.89	3,710	761	599	691	"
39	29.3	7.09	6.86	6.86	6.81	-	-	-	-	"
40	27.7	7.15	7.09	6.86	6.82	-	-	-	-	"
41	27.9	7.05	6.79	6.82	6.83	-	-	-	-	"
42	28.0	7.07	6.75	6.81	6.83	4,610	559	466	745	น้ำเป็ง : น้ำขาง : น้ำออก : น้ำ 3 : 2 : 5 : 15
43	28.0	7.00	6.71	6.79	6.82	-	-	-	-	"
44	27.9	7.14	6.73	6.95	6.86	-	-	-	-	"
45	28.2	7.18	6.73	6.88	6.86	3,072	419	373	189	"
47	27.7	7.18	6.79	6.85	6.91	-	-	-	-	"
48	28.9	7.02	6.89	6.92	6.93	-	-	-	-	น้ำเป็ง : น้ำขาง : น้ำออก : น้ำ 2 : 3 : 5 : 15
49	28.4	7.17	6.88	6.98	6.92	3,420	137	137	638	"
50	28.6	7.14	6.79	6.89	6.86	-	-	-	-	"
51	28.4	7.17	6.73	6.83	6.82	-	-	-	-	"
52	28.4	7.04	6.73	6.85	6.90	-	-	-	-	"
53	28.4	7.08	6.93	6.96	6.88	-	-	-	-	"
54	28.3	7.00	6.93	6.95	7.04	-	-	-	-	"
55	28.2	7.05	6.82	6.96	7.05	-	-	-	-	"
56	27.9	7.00	6.78	6.87	6.91	1,940	-	-	-	น้ำเป็ง : น้ำขาง : น้ำออก : น้ำ 1 : 4 : 15 : 5
57	27.9	7.07	6.82	6.86	7.24	-	-	-	-	"

ตารางที่ ก.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย ในช่วงของการเลี้ยงเชื้อให้ติดกับตัวกลาง (ต่อ)

วันที่ ทดลอง	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช (pH)				ค่า COD (mg/l)				อัตราส่วนน้ำเสีย
		น้ำเข้า	แกลบ	ลูกบอล พลาสติก	ถ่าน	น้ำเข้า	แกลบ	ลูกบอล พลาสติก	ถ่าน	
59	27.8	7.05	6.93	6.93	7.02	2,271	842	300	451	น้ำเป้ง : น้ำยาง : น้ำออก 2 : 8 : 10
60	27.8	7.02	6.81	6.85	7.04	-	-	-	-	"
61	27.5	7.00	6.77	6.82	6.97	-	-	-	-	"
62	27.0	7.03	6.95	6.98	7.02	-	-	-	-	น้ำยาง : น้ำออก 10 : 5
63	27.3	7.02	6.95	6.94	7.02	-	-	-	-	"
64	27.9	7.18	6.98	7.01	7.11	3,000	-	-	-	น้ำยาง : น้ำออก 12 : 8
65	27.9	6.98	6.74	6.78	6.77	-	-	-	-	"
66	28.3	7.00	6.80	6.78	6.94	-	-	-	-	"
67	28.7	7.05	6.88	6.98	7.02	-	-	-	-	"
74	29.0	6.99	6.72	6.77	6.75	3,000	-	-	-	"
81	28.2	7.01	6.79	6.76	6.93	3,218	-	-	-	"
88	28.6	7.12	6.93	6.96	6.88	3,146	-	-	-	"
95	27.8	7.03	6.78	6.74	6.92	3,469	-	-	-	"
102	28.5	7.23	6.94	6.98	6.94	3,346	-	-	-	"
109	28.4	7.17	6.88	6.98	6.92	3,268	-	-	-	"
116	28.6	7.14	6.79	6.89	6.86	3,240	-	-	-	"



ตารางที่ ก.3 ค่าอุณหภูมิและค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start Up)

วันที่	อุณหภูมิ (° C)				ค่าพีเอช			
	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
1	27.9	28.2	28.4	28.2	7.16	8.16	8.22	8.34
3	28.2	29.2	29.2	29.2	7.07	7.86	8.00	8.08
6	28.5	29.3	29.2	29.4	7.00	7.88	8.21	7.96
8	27.3	28.6	28.8	29.1	7.31	7.75	9.24	7.81
10	28.3	28.6	28.2	28.4	7.09	7.81	7.94	8.13
13	27.7	28.1	27.9	27.8	7.01	7.66	8.29	7.97
15	28.2	28.3	28.2	28.3	6.99	7.80	7.74	7.82
17	28.1	28.3	28.4	28.1	7.23	7.74	8.02	8.04
20	28.5	28.5	28.5	28.6	6.96	7.84	7.85	7.84
22	29.4	29.6	29.4	29.5	6.99	7.42	7.91	7.80
24	29.0	29.2	29.2	29.2	6.72	7.44	7.92	7.72
27	27.4	29.5	29.5	29.4	7.14	6.73	7.89	8.04
29	28.6	28.7	28.7	28.8	7.14	7.52	7.84	7.98
31	28.6	28.8	28.9	29.0	6.95	7.53	7.76	7.80
34	29.1	29.7	29.6	29.7	7.27	7.54	7.72	7.80
36	27.8	28.3	28.3	28.1	6.90	7.71	7.86	7.91
38	27.6	27.6	27.6	27.5	7.05	7.52	7.80	7.61
41	29.2	29.3	29.4	29.3	7.11	7.49	7.95	7.68
43	25.9	25.9	25.9	26.0	6.89	7.87	9.05	7.91
45	28.5	28.3	28.3	28.2	7.06	7.51	8.87	7.81
48	28.0	28.1	28.1	28.4	7.07	7.53	8.12	7.83

ตารางที่ ก.4 ค่าไออาร์พีและค่าซีไอดีของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start Up)

วันที่	ค่าไออาร์พี (มิลลิโวลท์)				ค่าซีไอดี (มก./ล.)			
	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
1	-245	-234	-229	-258	2,607.0	326.0	745.0	512.0
3	-288	-271	-263	-270	2,768.0	428.0	333.0	290.0
6	-201	-203	-183	-263	2,728.0	615.0	646.0	922.0
8	-229	-268	-166	-298	2,804.0	542.0	812.0	692.0
10	-187	-240	-230	-203	2,688.0	320.0	576.0	608.0
13	-178	-283	-242	-293	2,882.0	879.0	376.0	972.0
15	-244	-215	-253	-298	2,650.0	589.0	924.0	668.0
17	-224	-296	-270	-308	2,690.0	63.0	125.0	94.0
20	-201	-286	-289	-305	2,872.0	274.0	153.0	243.0
22	-194	-307	-290	-333	3,232.0	536.0	475.0	417.0
24	-236	-314	-324	-348	2,978.0	602.0	422.0	782.0
27	-160	-180	-240	-250	2,768.0	566.0	476.0	655.0
29	-162	-185	-171	-172	3,211.0	901.0	957.0	564.0
31	-148	-201	-221	-245	2,942.0	714.0	238.0	417.0
34	-170	-248	-235	-284	2,825.0	243.0	243.0	221.0
36	-155	-292	-271	-286	2,962.0	179.0	145.0	290.0
38	-144	-261	-250	-245	2,823.0	216.0	238.0	318.0
41	-191	-230	-213	-226	2,938.0	194.0	216.0	275.0
43	-183	-292	-261	-201	2,901.0	94.0	58.0	90.0
45	-140	-297	-290	-274	2,922.0	95.0	51.0	69.0
48	-152	-286	-249	-333	2,879.0	105.0	86.0	91.0

ตารางที่ ก.5 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) และของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) ของน้ำเสียที่เข้าและออกจาก ถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start Up)

วันที่	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)				ของแข็งแขวนลอยระเหย (มก./ล.)			
	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
1	185.0	27.5	22.5	17.5	-	-	-	-
3	152.5	50.0	47.5	42.5	-	-	-	-
6	187.5	32.5	37.5	15.0	-	-	-	-
8	233.0	13.0	37.0	73.0	-	-	-	-
10	395.0	25.0	22.5	60.0	365.0	22.5	15.0	30.0
13	460.0	25.0	32.5	50.0	415.0	22.5	25.0	50.0
15	595.0	32.5	20.0	17.5	540.0	25.0	20.0	17.5
17	455.0	32.5	10.0	15.0	430.0	32.5	10.0	15.0
20	500.0	27.5	15.0	40.0	150.0	27.5	15.0	40.0
22	315.0	22.5	27.5	17.5	280.0	22.5	17.5	15.0
24	475.0	25.0	25.0	20.0	430.0	25.0	25.0	20.0
27	660.0	32.5	52.5	35.0	575.0	30.0	47.5	22.5
29	155.0	27.5	30.0	17.5	140.0	20.0	27.5	17.5
31	280.0	17.5	17.5	20.0	250.0	17.5	17.5	20.0
34	265.0	7.5	7.5	17.5	225.0	7.5	7.5	17.5
36	395.0	20.0	20.0	30.0	350.0	17.5	20.0	26.5
38	500.0	30.0	60.0	42.5	425.0	27.5	55.0	40.0
41	540.0	20.0	20.0	25.0	510.0	20.0	20.0	17.5
43	505.0	17.5	17.5	15.0	450.0	15.5	17.5	15.0
45	510.0	15.0	17.5	27.5	485.0	15.0	10.0	27.5
48	570.0	22.5	15.0	20.0	515.0	22.5	15.0	20.0

ตารางที่ ก.6 ค่าสภาพด่างทั้งหมด (Alkalinity) และกรดไขมันระเหย (VFA) ของน้ำเสียออกจากถังกรองไร้อากาศ ที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ในช่วงเดินระบบ (Start Up)

วันที่	สภาพด่างทั้งหมด (มก./ล. ของแคลเซียมคาร์บอเนต)			กรดไขมันระเหย (มก./ล. ของกรดอะซิติก)		
	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
1	1,042.0	1,108.0	975.0	337.5	462.0	487.5
3	1,075.0	1,075.0	1,092.0	158.0	337.5	662.5
6	992.0	992.0	1,008.0	312.5	350.0	587.5
8	917.0	1,092.0	883.0	187.5	308.0	367.0
10	775.0	933.0	800.0	462.5	650.0	337.5
13	692.0	883.0	725.0	425.0	400.0	387.5
15	692.0	942.0	783.0	275.0	337.5	167.0
17	708.0	858.0	792.0	133.0	175.0	142.0
20	633.0	817.0	650.0	325.0	337.5	150.0
22	600.0	733.0	617.0	287.5	425.0	337.5
24	567.0	650.0	592.0	117.0	158.0	100.0
27	133.0	667.0	600.0	125.0	167.0	133.0
29	533.0	717.0	608.0	167.0	325.0	158.0
31	642.0	767.0	642.0	150.0	275.0	175.0
34	725.0	775.0	717.0	150.0	150.0	108.0
36	658.0	750.0	633.0	275.0	350.0	337.5
38	667.0	750.0	675.0	362.5	400.0	325.0
41	767.0	792.0	767.0	275.0	300.0	325.0
43	742.0	717.0	725.0	325.0	375.0	425.0
45	717.0	733.0	708.0	425.0	612.5	600.0
48	692.0	775.0	725.0	475.0	275.0	400.0

ตารางที่ ก.7 ค่าอุณหภูมิและค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี-ลิตร/วัน และเวลากักเก็บน้ำ 6 วัน

วันที่	อุณหภูมิ (° C)				ค่าพีเอช			
	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
50	28.4	28.3	28.1	28.3	6.89	8.33	8.76	8.44
52	27.9	28.2	28.2	28.3	7.18	8.05	8.21	8.09
55	27.8	28.2	28.2	28.3	7.01	7.53	7.55	8.04
57	28.8	28.6	28.7	28.9	6.96	7.59	7.98	8.20
59	27.4	27.8	27.9	28.1	6.96	7.23	7.71	7.90
62	27.6	28.0	28.1	28.1	6.97	8.17	8.47	8.48
64	28.2	28.3	28.4	28.4	6.89	8.00	8.18	8.13
66	27.4	27.4	27.6	27.7	6.87	7.96	7.90	7.98
69	27.3	27.6	27.8	27.8	6.90	7.80	8.04	8.00
71	27.7	27.4	27.5	27.1	6.87	8.26	8.38	8.35
73	27.4	27.2	27.1	27.4	6.90	8.25	8.49	8.26
76	26.0	26.9	26.8	26.8	7.00	8.13	8.42	8.32
78	26.4	26.7	26.7	26.0	6.90	7.91	8.29	8.16
84	27.1	27.6	27.8	27.0	7.04	8.15	8.43	8.47
86	27.4	27.3	27.1	27.0	7.00	7.91	8.40	8.36
89	27.8	28.4	28.6	28.3	6.93	7.94	8.44	8.44

ตารางที่ ก.8 ค่าไออาร์พีและค่าซีไอดีของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราการบำบัดทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.50 กก.ซีไอดี-ลิตร/วัน และเวลากักเก็บน้ำ 6 วัน

วันที่	ค่าไออาร์พี (มิลลิโวลต์)				ค่าซีไอดี (มก./ล.)			
	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
50	-196	-264	-259	-257	2,827.0	85.0	61.0	57.0
52	-180	-274	-293	-298	2,949.0	49.0	47.0	42.0
55	-190	-266	-289	-293	3,101.0	88.0	67.0	60.0
57	-176	-281	-270	-264	2,927.0	72.0	88.0	96.0
59	-154	-309	-287	-273	2,864.0	81.0	67.0	90.0
62	-151	-289	-296	-275	2,914.0	58.0	58.0	70.0
64	-144	-298	-313	-287	2,997.0	92.0	88.0	76.0
66	-159	-294	-307	-282	2,834.0	86.0	83.0	77.0
69	-139	-303	-315	-297	2,927.0	92.0	81.0	79.0
71	-132	-308	-290	-284	2,964.0	46.0	34.0	39.0
73	-157	-301	-293	-296	2,945.0	48.0	37.0	45.0
76	-148	-295	-287	-291	3,050.0	53.0	58.0	44.0
78	-152	-311	-304	-306	3,156.0	64.0	69.0	50.0
84	-163	-298	-296	-297	3,075.0	69.0	83.0	64.0
86	-153	-303	-300	-299	3,096.0	75.0	63.0	71.0
89	-160	-311	-307	-298	3,050.0	82.0	86.0	57.0

ตารางที่ ก.9 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) และของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) ของน้ำเสียที่เข้าและออกจาก ถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นศูนย์กลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี-ลิตร/วัน และเวลากัก เก็บน้ำ 6 วัน

วันที่	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)				ของแข็งแขวนลอยระเหย (มก./ล.)			
	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
50	485.0	30.0	25.0	25.0	420.0	27.5	20.0	25.0
52	510.0	17.5	25.0	20.0	475.0	12.5	17.5	17.5
55	480.0	25.0	20.0	20.0	450.0	25.0	20.0	20.0
57	495.0	25.0	22.5	20.0	465.0	25.0	20.0	20.0
59	505.0	15.0	25.0	15.0	485.0	15.0	22.5	15.0
62	540.0	27.5	15.0	30.0	505.0	25.0	15.0	27.5
64	510.0	22.5	27.5	17.5	496.0	22.5	27.5	17.5
66	560.0	22.5	20.0	15.0	540.0	22.5	17.5	15.0
69	495.0	17.5	22.5	15.0	475.0	17.5	22.5	15.0
71	495.0	20.0	17.5	22.5	460.0	17.5	17.5	22.5
73	510.0	27.5	22.5	27.5	495.0	25.0	20.0	25.0
76	480.0	20.0	30.0	22.5	440.0	20.0	30.0	22.5
78	475.0	30.0	25.0	27.5	455.0	27.5	22.5	25.0
84	510.0	30.0	30.0	30.0	495.0	30.0	30.0	30.0
86	540.0	27.5	27.5	25.0	505.0	27.5	27.5	25.0
89	540.0	25.0	20.0	27.5	495.0	25.0	17.5	27.5

ตารางที่ ก.10 ค่าสภาพด่างทั้งหมด (Alkalinity) และกรดไขมันระเหย (VFA) ของน้ำเสียออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เท่ากับ 0.50 กก.ซีโอดี-ลิตร/วัน และเวลากัก เก็บน้ำ 6 วัน

วันที่	สภาพด่างทั้งหมด (มก./ล. ของแคลเซียมคาร์บอเนต)			ของแข็งแขวนลอยระเหย (มก./ล. ของกรดอะซิติก)		
	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
50	658.0	708.0	642.0	300.0	362.5	300.0
52	667.0	742.0	658.0	287.5	281.3	275.0
55	650.0	683.0	625.0	312.5	362.5	400.0
57	650.0	750.0	650.0	287.5	275.0	325.0
59	773.5	804.0	692.0	400.0	487.5	462.5
62	575.0	633.0	558.0	300.0	387.5	375.0
64	708.0	767.0	708.0	275.0	287.5	325.0
66	725.0	783.0	683.0	287.5	275.0	337.5
69	808.0	875.0	808.0	275.0	275.0	275.0
71	825.0	883.0	825.0	275.0	275.0	312.5
73	867.0	875.0	775.0	275.0	275.0	287.5
76	737.0	777.0	701.0	287.5	287.5	287.5
78	737.0	799.0	719.0	287.5	287.5	287.5
84	799.0	833.0	737.0	275.0	275.0	287.5
86	743.0	786.0	685.0	275.0	275.0	287.5
89	786.0	786.0	719.0	275.0	275.0	287.5

ตารางที่ ก.11 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นและสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มี
 แกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เท่ากับ 0.50 กก.
 ซีโอดี-ลิตร/วัน และเวลากัก เก็บน้ำ 6 วัน

วันที่	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น (ลิตร/วัน)			สัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ (%)		
	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
50	-	-	-	-	-	-
52	-	-	-	-	-	-
55	-	-	-	-	-	-
57	-	-	-	-	-	-
59	-	-	-	-	-	-
62	-	-	-	-	-	-
64	-	-	-	-	-	-
66	4.20	2.66	3.94	78.30	49.15	73.31
69	3.96	3.33	3.91	73.74	61.85	72.85
71	3.79	3.47	3.92	70.53	64.53	73.01
73	3.50	3.47	3.93	65.10	64.42	73.17
76	3.45	3.60	3.93	64.04	66.85	73.09
78	3.35	3.62	3.88	62.28	67.26	72.30
79	3.31	3.62	3.93	61.48	67.34	73.17
82	3.31	3.61	3.97	61.48	67.20	73.92
84	3.31	3.58	3.98	61.38	66.57	74.07
86	3.31	3.55	4.03	61.37	66.00	75.11
89	3.31	3.55	4.02	61.45	66.03	74.88

ตารางที่ ก.12 ค่าอุณหภูมิและค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราการบำบัดทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี-ลิตร/วัน และเวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน

วันที่	อุณหภูมิ (° C)				ค่าพีเอช			
	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
3	24.8	23.4	23.8	24.2	6.89	7.97	8.00	8.20
5	24.2	23.5	23.8	24.1	6.91	8.01	7.86	7.81
8	21.9	21.4	21.5	21.6	6.93	7.50	7.50	7.56
10	23.8	23.6	23.6	23.9	6.85	7.51	7.49	7.66
12	25.0	25.2	25.2	25.5	6.90	7.47	7.52	7.53
15	25.3	25.4	25.7	25.7	7.11	7.55	7.53	7.71
17	24.3	24.6	24.0	25.0	7.07	7.74	7.80	7.90
19	23.0	23.7	23.2	23.5	7.04	7.80	7.60	7.73
22	23.7	23.4	23.4	23.7	6.92	7.53	7.65	7.72
24	24.0	24.0	24.1	24.3	6.89	7.56	7.70	7.77
26	24.8	24.6	24.8	25.0	6.98	7.74	7.60	7.74
29	24.5	24.8	24.8	24.5	6.95	7.54	7.60	7.81
31	25.2	25.6	25.6	25.7	7.05	8.00	7.81	7.99
33	25.0	25.5	25.5	25.6	7.00	7.93	7.96	8.10

ตารางที่ ก.13 ค่าโออาร์พีและค่าซีไอดีของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรอง ไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีไอดี-ลิตร/วัน และเวลากักเก็บน้ำ 2.5 วัน

วันที่	ค่าโออาร์พี (มิลลิวัตต์)				ค่าซีไอดี (มก./ล.)			
	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
3	-56	-241	-224	-269	3,324.5	162.0	156.0	169.0
5	-106	-254	-242	-267	3,063.0	243.5	152.0	167.5
8	-180	-229	-242	-268	2,840.0	209.0	185.0	240.0
10	-170	-226	-222	-226	2,763.0	169.0	138.0	110.0
12	-178	-253	-222	-269	2,817.0	59.5	72.0	89.0
15	-169	-221	-217	-236	3,332.5	93.0	68.0	76.0
17	-179	-247	-222	-259	3,065.0	97.0	83.0	123.0
19	-179	-248	-231	-210	3,256.0	68.0	93.0	98.0
22	-149	-213	-233	-239	3,144.0	116.0	80.0	136.0
24	-161	-241	-221	-212	3,134.0	49.0	74.0	131.0
26	-195	-256	-241	-229	3,224.0	105.0	133.0	105.0
29	-172	-262	-284	-263	3,213.0	140.0	124.0	136.0
31	-168	-283	-286	-272	3,035.0	136.0	97.0	124.0
33	-161	-278	-277	-266	3,055.0	132.0	101.0	136.0



ตารางที่ ก.14 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) และของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) ของน้ำเสียที่เข้าและออก จากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุก สารอินทรีย์เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี-ลิตร/วัน และเวลากัก เก็บน้ำ 2.5 วัน

วันที่	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)				ของแข็งแขวนลอยระเหย (มก./ล.)			
	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
3	470	50.0	50.0	22.5	435	47.5	50.0	22.5
5	475	60.0	47.5	35.0	425	55.0	42.5	35.0
8	525	45.0	52.5	22.5	440	35.0	45.0	17.5
10	540	45.0	35.0	22.5	475	45.0	32.5	22.5
12	475	40.0	35.0	22.5	440	40.0	32.5	22.5
15	605	25.0	27.5	25.0	500	25.0	27.5	25.0
17	525	15.0	25.0	20.0	450	15.0	22.5	17.5
19	520	17.5	27.5	22.5	475	17.5	20.0	15.0
22	505	17.5	30.0	17.5	445	17.5	22.5	12.5
24	510	17.5	25.0	20.0	470	17.5	25.0	20.0
26	510	25.0	35.0	25.0	485	22.5	30.0	25.0
29	530	17.5	20.0	15.0	500	17.5	17.5	15.0
31	535	15.0	30.0	20.0	500	15.0	30.0	20.0
33	510	17.5	25.0	20.0	500	17.5	22.5	20.0

ตารางที่ ก.15 ค่าสภาพด่างทั้งหมด (Alkalinity) และกรดไขมันระเหย (VFA) ของน้ำเสียออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เท่ากับ 1.20 กก.ซีโอดี-ลิตร/วัน และเวลากัก เก็บน้ำ 2.5 วัน

วันที่	สภาพด่างทั้งหมด (มก./ล. ของแคลเซียมคาร์บอเนต)			ของแข็งแขวนลอยระเหย (มก./ล. ของกรดอะซิติก)		
	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
3	1,575.0	1,600.0	1,625.0	362.5	550.0	675.0
5	1,625.0	1,675.0	1,725.0	425.0	675.0	787.5
8	1,300.0	1,325.0	1,642.0	337.5	512.5	550.0
10	1,208.0	1,242.0	1,400.0	325.0	462.0	431.3
12	957.0	1,058.0	1,208.0	412.5	525.0	600.0
15	1,067.0	1,042.0	1,117.0	387.5	287.5	512.5
17	1,158.0	1,175.0	1,175.0	362.5	537.5	550.0
19	1,163.0	1,092.0	1,179.0	412.5	568.8	662.5
22	1,125.0	1,150.0	1,175.0	300.0	450.0	375.0
24	1,092.0	1,108.0	1,117.0	425.0	587.5	700.0
26	1,033.0	1,033.0	1,058.0	300.0	387.5	425.0
29	1,008.0	1,017.0	1,025.0	287.5	343.8	387.5
31	1,033.0	1,033.0	1,058.0	300.0	387.5	425.0
33	1,008.0	1,017.0	1,025.0	287.5	343.8	387.5

ตารางที่ ก.16 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นและสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ออกจากถังกรองไร้อากาศที่มี
 แกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เท่ากับ 1.20 กก.
 ซีไอซี-ลิตร/วัน และเวลากัก เก็บน้ำ 2.5 วัน

วันที่	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น (ลิตร/วัน)			สัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ (%)		
	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
3	3.35	3.43	4.09	62.27	63.67	76.26
5	3.38	1.89	3.95	62.69	34.64	73.51
8	3.36	3.11	3.88	62.40	57.63	72.25
10	3.22	3.81	3.56	59.66	70.98	66.15
12	3.27	3.03	3.81	60.71	56.15	70.94
15	3.20	3.45	3.60	59.34	64.04	67.00
17	3.28	3.72	3.96	60.94	69.23	73.80
19	3.27	3.78	4.10	60.75	70.29	76.31
22	3.44	3.37	4.61	63.88	62.53	85.94
24	3.63	3.62	4.40	67.52	67.27	82.03
29	3.53	3.54	4.44	65.68	65.76	82.76
31	3.55	3.55	4.55	65.93	66.05	84.84
33	3.64	3.55	4.45	67.68	66.01	83.00

ตารางที่ ก.17 ค่าอุณหภูมิและค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอดี-ลิตร/วัน และเวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน

วันที่	อุณหภูมิ (°C)				ค่าพีเอช			
	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
3	22.4	22.3	22.4	22.7	7.04	7.48	7.65	7.59
5	24.9	24.2	24.7	25.1	6.94	7.77	7.86	7.80
7	24.9	24.4	24.7	24.8	7.04	7.36	7.55	7.50
10	26.1	25.3	25.8	26.2	6.93	7.55	7.52	7.72
12	25.7	25.8	26.0	26.4	7.02	7.51	7.53	7.68
17	25.1	25.9	26.2	26.4	6.96	7.50	7.52	7.70
19	28.1	27.7	27.5	27.9	7.00	7.53	7.57	7.82
21	23.8	23.7	24.0	24.3	7.06	7.70	7.80	7.84
24	25.5	25.3	25.6	25.7	7.08	7.62	7.64	7.90
26	23.6	23.1	23.2	23.5	7.02	7.73	7.83	7.90
28	23.8	24.4	23.8	24.0	7.00	7.64	7.72	7.91
31	23.3	23.7	23.8	23.2	6.93	7.70	7.70	7.93
33	25.2	24.9	24.5	24.5	6.97	7.83	7.82	7.95
35	24.1	24.3	25.3	25.3	7.05	7.89	7.83	7.97

ตารางที่ ก.18 ค่าไออาร์พีและค่าซีไอดีของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีไอดี-ลิตร/วัน และเวลากักเก็บน้ำ 1.5 วัน

วันที่	ค่าไออาร์พี (มิลลิโวลต์)				ค่าซีไอดี (มก./ล.)			
	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	น้ำเข้า	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
3	-196	-289	-265	-250	3,232.0	167.0	167.0	153.0
5	-201	-277	-254	-290	2,964.0	150.0	172.5	173.0
7	-205	-251	-231	-225	3,164.5	154.5	155.0	173.0
10	-190	-217	-207	-199	3,144.0	148.0	168.0	164.0
12	-186	-252	-232	-215	2,874.0	157.0	118.0	176.0
17	-213	-258	-239	-212	2,820.0	149.5	121.5	128.5
19	-189	-236	-215	-204	2,949.5	109.0	124.5	121.5
21	-193	-283	-267	-263	2,886.0	117.5	126.5	134.5
24	-186	-281	-241	-238	2,879.0	113.0	128.5	135.0
26	-188	-299	-258	-252	2,840.0	118.5	125.5	136.0
28	-194	-273	-284	-241	2,880.0	114.0	128.0	134.5
31	-188	-285	-288	-251	3,245.5	118.0	123.0	136.0
33	-193	-281	-286	-248	2,866.0	119.5	128.0	131.5
35	-194	-278	-289	-254	2,944.5	118.0	126.5	139.0

ตารางที่ ก.19 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) และของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกส ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอดี-ลิตร/วัน และเวลากัก เก็บน้ำ 1.5 วัน

วันที่	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)				ของแข็งแขวนลอยระเหย (มก./ล.)			
	น้ำเข้า	แกส	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	น้ำเข้า	แกส	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
3	415.0	40.0	37.5	47.5	390.0	37.5	37.5	37.5
5	420.0	37.5	45.0	37.5	410.0	37.5	45.0	37.5
7	475.0	35.0	45.0	37.5	455.0	35.0	32.5	37.5
10	455.0	40.0	50.0	50.0	415.0	40.0	50.0	50.0
12	440.0	27.5	40.0	35.0	385.0	27.5	40.0	35.0
17	450.0	35.0	40.0	35.0	425.0	35.0	40.0	35.0
19	450.0	36.0	44.0	38.0	430.0	36.0	44.0	36.0
21	465.0	36.0	38.0	32.0	450.0	36.0	34.0	26.0
24	455.0	28.0	38.0	38.0	415.0	28.0	38.0	32.0
26	410.0	20.0	28.0	28.0	410.0	20.0	28.0	28.0
28	385.0	28.0	26.0	26.0	360.0	24.0	26.0	26.0
31	385.0	22.0	28.0	24.0	360.0	20.0	28.0	24.0
33	420.0	20.0	20.0	22.0	400.0	18.0	20.0	22.0
35	430.0	26.0	22.0	20.0	410.0	24.0	22.0	20.0

ตารางที่ ก.20 ค่าสภาพด่างทั้งหมด (Alkalinity) และกรดไขมันระเหย (VFA) ของน้ำเสียออกจากถังกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เท่ากับ 2.00 กก.ซีโอซี-ลิตร/วัน และเวลากัก เก็บน้ำ 1.5 วัน

วันที่	สภาพด่างทั้งหมด (มก./ล. ของแคลเซียมคาร์บอเนต)			ของแข็งแขวนลอยระเหย (มก./ล. ของกรดอะซิติก)		
	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
3	942.0	950.0	942.0	362.5	487.5	406.0
5	942.5	955.0	955.0	342.0	367.0	375.0
7	983.0	992.0	996.0	400.0	412.5	431.3
10	992.0	992.0	992.0	450.0	500.0	487.5
12	933.0	950.0	933.0	325.0	437.5	437.5
17	992.0	992.0	975.0	612.5	400.0	562.5
19	987.5	975.0	992.0	493.8	475.0	475.0
21	967.0	975.0	983.0	312.5	312.5	312.5
24	983.0	1,008.0	1,008.0	312.5	387.5	325.0
26	992.0	942.0	975.0	387.5	400.0	375.0
28	958.0	1,017.0	967.0	400.0	425.0	387.5
31	1,058.0	1,075.0	1,058.0	415.0	435.0	435.0
33	1,025.0	1,000.0	1,083.0	425.0	456.3	487.5
35	1,080.0	1,021.0	1,100.0	425.0	475.0	468.0

ตารางที่ ก.21 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นและสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ออกจากถังกรอง ไร้อากาศที่มี
 แกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เท่ากับ 2.00 กก.
 ซีโอดี-ลิตร/วัน และเวลากัก เก็บน้ำ 1.5 วัน

วันที่	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น (ลิตร/วัน)			สัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ (%)		
	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก	แกลบ	ถ่าน	ลูกบอลพลาสติก
3	3.63	3.79	4.69	67.48	70.51	87.47
5	3.58	3.56	4.65	66.51	66.17	86.77
7	3.50	3.50	4.59	65.02	65.11	85.56
10	3.50	3.56	4.56	65.08	66.11	85.14
12	3.46	3.32	4.48	64.26	61.71	83.58
17	3.43	3.06	4.45	63.76	56.77	83.02
19	3.43	3.52	3.98	63.72	65.44	74.16
21	3.30	3.53	4.16	61.22	65.67	77.46
24	3.29	3.53	4.18	61.07	65.52	77.81
26	3.27	3.53	4.31	60.66	65.52	80.39
28	3.27	3.81	4.36	60.66	70.87	81.33
31	3.26	3.52	4.41	60.46	65.45	82.24
33	3.26	3.53	4.37	60.54	65.58	81.42
35	3.25	3.53	4.36	60.41	65.62	81.27

ภาคผนวก ข.

วิธีการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

Univariate Analysis of Variance

ตาราง ข.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองแบบแฟคทอเรียล ด้วยคำสั่ง Univariate : Between-Subjects Factors

		N
การดำเนินการ	1.00	9
	2.00	9
	3.00	9
ชนิดของตัวกลาง	1.00	9
	2.00	9
	3.00	9

ตาราง ข.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองแบบแฟคทอเรียล ด้วยคำสั่ง Levene's Test of Equality of Error Variances (a)

Dependent Variable: ประสิทธิภาพการบำบัด

F	df1	df2	Sig.
.457	8	18	.870

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a Design: Intercept+การดำเนินการ+ชนิดของตัวกลาง+การดำเนินการ * ชนิดของตัวกลาง

ตาราง ข.3 การวิเคราะห์การทดลองแบบแฟคทอเรียล ด้วยคำสั่ง Univariate : วิธีการดำเนินการ และชนิดของ
ตัวกลางต่อประสิทธิภาพการบำบัดค่าซีโอดี ของแฉ่งแขวนลอย และของแฉ่งแขวนลอยระเหยของถัง
กรองไร้อากาศ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ประสิทธิภาพการบำบัด

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	35.754(a)	8	4.469	1.779	.148
Intercept	242706.963	1	242706.963	96625.283	.000
การดำเนินการ	32.887	2	16.444	6.546	.007
ชนิดของตัวกลาง	1.310	2	.655	.261	.773
การดำเนินการ * ชนิดของ ตัวกลาง	1.557	4	.389	.155	.958
Error	45.213	18	2.512		
Total	242787.931	27			
Corrected Total	80.967	26			

a R Squared = .442 (Adjusted R Squared = .193)

กำหนด

สมมุติฐานหลัก : วิธีการดำเนินการ และชนิดของตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ มีประสิทธิภาพในการ
บำบัดค่าซีโอดี ของแฉ่งแขวนลอย และของแฉ่งแขวนลอยระเหย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมุติฐานรอง : วิธีการดำเนินการ และชนิดของตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ มีประสิทธิภาพในการ
บำบัดค่าซีโอดี ของแฉ่งแขวนลอย และของแฉ่งแขวนลอยระเหย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

พิจารณา

จากตาราง ข.2 พบว่า $p\text{-value} = P(F_{8,18} > 0.457) = 0.870$ ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้น ขอมรับสมมุติฐานหลัก
นั่นคือ ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดี ของแฉ่งแขวนลอย และของแฉ่งแขวนลอยระเหยในถังกรอง
ไร้อากาศ ด้วยวิธีการดำเนินการแต่ละวิธี และชนิดของตัวกลางแต่ละชนิด มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน ที่ระดับ
นัยสำคัญ 0.05

การทดสอบอิทธิพลร่วม (interaction) ซึ่งพบว่า $p\text{-value} = P(F_{8,18} > 0.155) = 0.958$ ดังตาราง ข.3 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้น ขอมรับสมมุติฐานหลัก

นั่นคือ ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการดำเนินการและชนิดของตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สามารถสรุปผลการทดสอบของแต่ละปัจจัย (main effect) ได้ดังนี้

การทดสอบวิธีการดำเนินการ พบว่า $p\text{-value} = P(F_{8,18} > 6.546) = 0.007$ ดังตาราง ข.3 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้น ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก

นั่นคือ วิธีการดำเนินการทั้ง 3 วิธีมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และของแข็งแขวนลอยระเหยแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดสอบชนิดของตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ พบว่า $p\text{-value} = P(F_{8,18} > 0.261) = 0.773$ ดังตาราง ข.3 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้น ขอมรับสมมุติฐานหลัก

นั่นคือ ชนิดของตัวกลางในถังกรองไร้อากาศทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และของแข็งแขวนลอยระเหยไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ตาราง ข.4 One-way ANOVA Test : วิธีการดำเนินการทั้ง 3 วิธีต่อการเกิดก๊าซมีเทน

ANOVA

วิธีการดำเนินการต่อสัดส่วนการเกิดก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.874	2	6.437	.099	.907
Within Groups	389.453	6	64.909		
Total	402.326	8			

กำหนด

สมมุติฐานหลัก : วิธีการดำเนินการมีผลต่อสัดส่วนการเกิดก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมุติฐานรอง : วิธีการดำเนินการมีผลต่อสัดส่วนการเกิดก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

พิจารณา

จากตาราง ข.4 พบว่า $p\text{-value} = P(F_{2,8} > 0.099) = 0.907$ ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้น ยอมรับสมมุติฐานหลัก นั่นคือ สัดส่วนการเกิดก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพด้วยวิธีการดำเนินการทั้ง 3 วิธีไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง ข.5 One-way ANOVA Test : ชนิดของตัวกลางในถังกรองไร้อากาศทั้ง 3 ชนิด ต่อการเกิดก๊าซมีเทน

ANOVA

ชนิดของตัวกลางในถังกรองไร้อากาศต่อสัดส่วนการเกิดก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	357.275	2	178.637	23.791	.001
Within Groups	45.051	6	7.509		
Total	402.326	8			

กำหนด

สมมุติฐานหลัก : ชนิดของตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ มีผลต่อสัดส่วนการเกิดก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

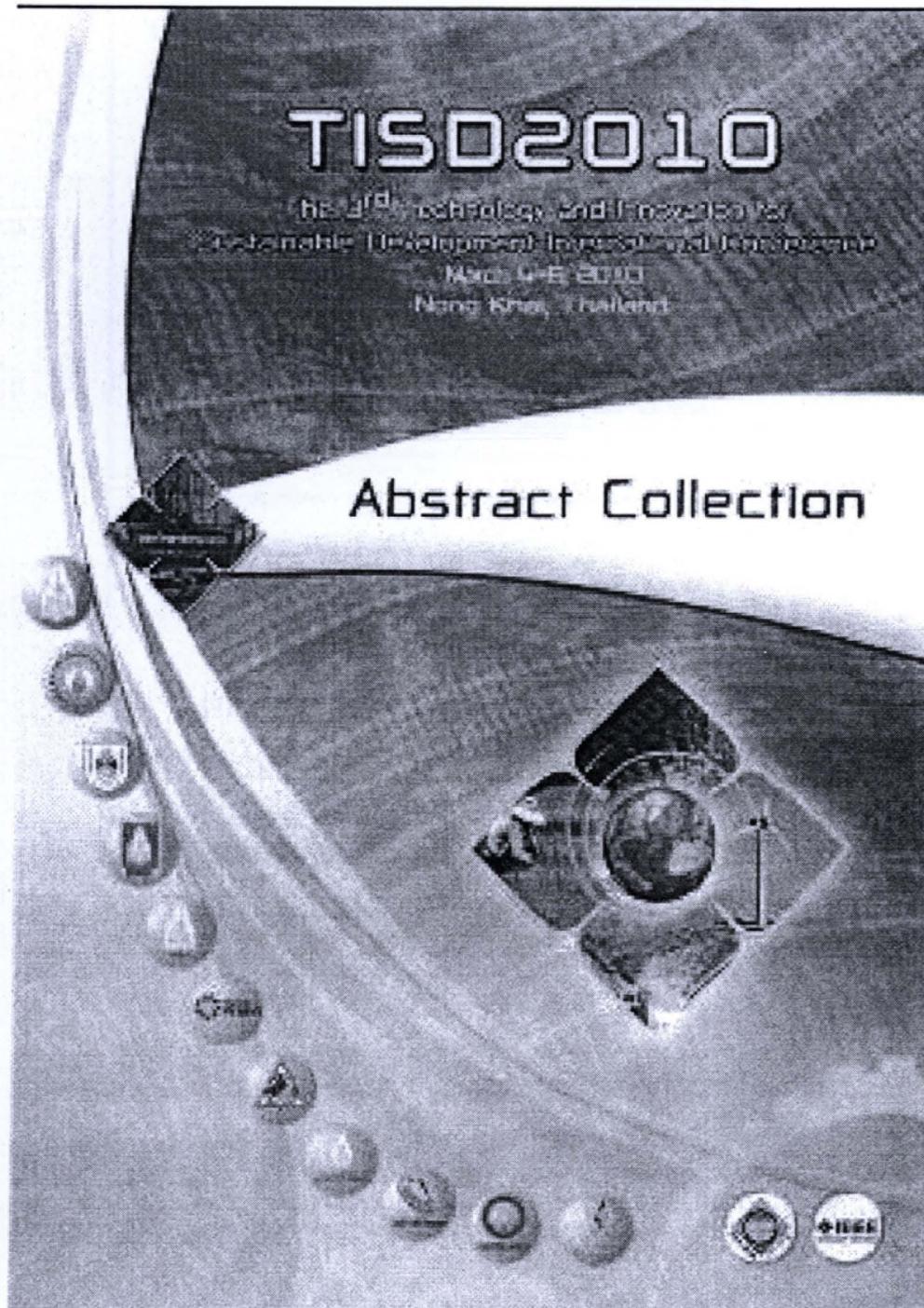
สมมุติฐานรอง : ชนิดของตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ มีผลต่อสัดส่วนการเกิดก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

พิจารณา

จากตาราง ข.5 พบว่า $p\text{-value} = P(F_{2,8} > 23.791) = 0.001$ ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ดังนั้น ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก นั่นคือ สัดส่วนการเกิดก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพด้วยถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางทั้ง 3 ชนิดแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ภาคผนวก ค
การเผยแพร่ผลงานวิจัย

ภาคผนวก ก.1 การเผยแพร่ผลงานวิจัย งาน The 3rd Technology and Innovation for Sustainable Development International Conference (TISD 2010) วันที่ 4-6 มีนาคม 2553 ณ โรงแรม รอยัล แม่โจง จังหวัดหนองคาย



Contents

F: Environmental Engineering and Management

Page

F3_002_2010S	A Combustion Aerosol Generator for Submicron Aerosol Production.....	843
F3_004_2010N	A Numerical Computation of Air Flow in the Area under the Station Platform of Bangkok Sky Train.....	847
F3_005_2010S	Use of Lichens as Bioindicators for Air Quality Monitoring in Nakhon Ratchasima Municipality Area.....	851
F3_006_2010N	Seasonal Variation of PM ₁₀ Concentrations in Northern Thailand.....	857
F3_009_2010N	The Absorption of Tobacco from Air into Aqueous Solution with Subsequent Fenton's Oxidation in Pilot Plant.....	862
F4_001_2010S	Effects of Chitosan on Oxidation Process and UASB Efficiency in Wastewater Treatment under Thermophilic Condition.....	868
F4_002_2010N	Fate and Transportation of Nutrient in Free Water Surface Constructed Wetland for Treatment of Tannin Industry Wastewater.....	875
F4_003_2010S	Wastewater Recycling: Threats and Opportunities for Hotels in Thailand and Cambodia.....	879
F4_005_2010S	Pellettization of Coal Fly Ash for Acid Brown 75, Direct Yellow 162 and Chromium (III) Removal from Aqueous Solution.....	886
F4_006_2010N	Effect of Polypropylene Substrate Density on Water Quality in Wastewater from Swiss Farm.....	892
F4_007_2010N	Treating Wastewater and Producing Biogas from Rubber Sheet Production Process Wastewater.....	897
F4_008_2010N	Effect of Metal Oxide Types Supported on an Activated Carbon in Catalytic Oxidation of Phenol.....	908
F4_009_2010S	Adsorption of Red Acid Dye from Synthetic Wastewater Using Burned Rice Husk.....	906
F4_040_2010S	Utilization of Husk, Charcoal and Plastic Ball as Support Media in Anaerobic Filter for Rubber Sheet Wastewater Treatment.....	909
F4_041_2010S	Performance of Subsurface Flow Constructed Wetlands Treating Small Community Wastewater in Tropical Climate.....	912
F7_001_2010S	Life Cycle Assessment of Municipal Wastewater Treatment System in Bangkok.....	916
F9_001_2010N	Impact Monitoring of Thermal Power Plant Operation on Aquatic Biological Environment in Estuarine River of Southern Thailand.....	922



TSEET 2010
The 17th Annual Conference & Exhibition

Utilization of Husk, Charcoal and Plastic Ball as Support Media in Anaerobic Filter for Rubber Sheet Wastewater Treatment

Jantima Yakson^{1*}, Mujalin Promprate¹, Warpen Winjarangud²

^{1,2} Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University,
Khon Kaen 40002

² Research Center for Environmental and Hazardous Substance Management, Faculty of Engineering,
Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

E-mail: sakuranguw@hotmail.com, mujalin@kku.ac.th, warpen@kku.ac.th

Abstract

The objectives of this study are to compare efficiency of husk, charcoal, and plastic ball used as support media in anaerobic filter for rubber sheet wastewater treatment, and to study appropriate hydraulic retention time (HRT) and organic loading rate (OLR) of anaerobic filter. Rubber sheet wastewater containing 3,000 kgCOD/L was used as influent for three laboratory-scale anaerobic filters with different types of media. Results have shown that treatment efficiency at (1) organic loading rate of 0.50 kgCOD/L-day and hydraulic retention time of 6 days and (2) organic loading rate of 1.20 kgCOD/L-day and hydraulic retention time of 2.5 days had no significant difference. The wastewater treatment efficiency and methane production capability of the three reactors containing different types of media were in the same ranges: COD removal efficiency was 95 - 98%, SS removal efficiency was 92 - 96%, VSS removal efficiency was 92 - 96%, and methane production rate was 60 - 73%, while effluent from the reactor containing charcoal as support media was the clearest.

Keywords: Anaerobic Filter, Rubber Sheet Wastewater Treatment, Husk, Charcoal, Plastic Ball

1. Introduction

Government policy has been promoting the rubber production in Northeastern Thailand. It results in a rapid growth of the small scale rubber sheet manufacturing businesses in this region. More than the rubber sheets as expected products, the manufacturing also produces fetid and high strength wastewater containing putrescent matters and acid. Despite the rapidly increasing small rubber sheet production with highly polluting wastewater, it seems an appropriate wastewater treatment technology has not been introduced to rubber sheet manufacturers. Some small manufacturers use septic tank as their wastewater treatment unit, which is not effective; while some discharge their wastewater into the environment without treatment [1]. During the passed decade, there have been a number of research findings, pointing that the anaerobic treatment, especially anaerobic filter, could effectively treated

rubber wastewater [2], [3], [4], [5], [6]. This research therefore aims to study the performance of selected natural materials, used as fixed-film support media in anaerobic filter reactor to treat rubber sheet wastewater. The treatment efficiency and performance of two reactors, each containing two different types of natural material (husk and charcoal), were compared to a reactor containing plastic media (plastic balls).

2. Materials and Methods

2.1. Tools and equipment

- 1) Rubber sheet wastewater from Amphoe Krahan, Khon Kaen
- 2) Seed sludge from a tapioca starch manufacturing's UASB
- 3) Three reactors, containing three different media: husk, charcoal, and plastic balls
- 4) Gas counter
- 5) Peristaltic pump

2.2. Methods

The study was divided into three stages: the preparation, start-up, and operation stages.

1) Preparation Stage

The rubber sheet wastewater characteristics collected from rubber sheet manufacturing was studied.

Three laboratory-scale reactors, made of 6 inches diameter PVC pipe, were built. Each reactor was designed to have a height of 1.0 meters and working volume of 10.6 liters. The designed height of media filter in each reactor was 0.6 meters.

Biomass attachment on the media was developed by feeding rubber sheet wastewater into three buckets containing the three different types of media and seed sludge.

2) Start-up Stage

Each type of media with biomass attachment was transferred to each reactor. Wastewater containing 3,000 kgCOD/L was fed into the reactors. Treatment efficiency of each reactor was observed.

Temperature, pH, oxidation reduction potential (ORP), suspended solids (SS), volatile suspended solids (VSS), alkalinity, volatile fatty acid (VFA) and chemical oxygen demand (COD) of the reactors' influent and effluent, and occurred biomass

(methane, nitrogen, hydrogen, carbon dioxide) were analyzed 3 times/week.

3) Operation Stage

Two sets of operation, with varied influent flow rate, organic loading rate and hydraulic retention time, were undertaken.

Operation 1 was undertaken at the flow rate of 1.76 L/day, organic loading rate of 0.50 kgCOD/L-day, and hydraulic retention time of 6 days.

Operation 2 was undertaken at the flow rate of 4.24 L/day, organic loading rate of 1.20 kg COD/L-day, and hydraulic retention time of 2.5 days.

Temperature, pH, oxidation reduction potential (ORP), suspended solids (SS), volatile suspended solids (VSS), alkalinity, volatile fatty acid (VFA) and chemical oxygen demand (COD) of the reactors' influent and effluent, and occurred biogas (methane, nitrogen, hydrogen, carbon dioxide) were analyzed 3 times/week.

3. Results

The results have shown that the wastewater treatment efficiency at (1) organic loading rate of 0.50 kgCOD/L-day and hydraulic retention time of 6 days and (2) organic loading rate of 1.20 kgCOD/L-day and hydraulic retention time of 2.5 days had no significant difference. The treatment efficiency and methane production capability of the three reactors containing different types of media were in the same range: COD removal efficiency was 95 - 98%, SS removal efficiency was 92 - 96%, VSS removal efficiency was 92 - 96%, and methane production rate was 60 - 73%, as detailed in Table 1.

Table 1. The COD, SS, and VSS Treatment Efficiency and Methane Production Capability of Anaerobic Filter Containing Husk, Charcoal, and Plastic Balls.

Stage	Media	Removal Efficiency (%)			Methane production (%)
		COD	SS	VSS	
First set	Husk	95.87	91.73	96.47	-
	Charcoal	96.18	91.55	96.41	-
	Plastic ball	96.69	91.74	95.78	-
Operation 1	Husk	97.61	93.18	93.21	64.29
	Charcoal	95.75	95.39	92.47	63.80
	Plastic ball	97.82	95.63	95.67	74.56
Operation 2	Husk	95.53	93.98	93.81	61.89
	Charcoal	96.52	91.75	93.71	66.82
	Plastic ball	97.41	93.24	95.47	72.27

4. Discussion

Wastewater treatment efficiency of the reactors containing husk, charcoal, and plastic balls at the 2 sets of operation were not significantly different. However, the results have shown that increasing organic loading rate and decreasing hydraulic retention time by more than 50% slightly affected the reactors' efficiency in wastewater treatment and methane production. It was also noticed that the effluent from the reactor containing charcoal was clearer than the effluent from the other reactors. In addition, among the studied types of media, plastic

balls seemed to have a higher capability in producing methane.

5. Conclusions

Husk and charcoal, locally available natural materials in Northeastern Thailand, can be utilized instead of using a synthetic material, as a support media in anaerobic filter for rubber sheet wastewater treatment. The laboratory-scale reactors containing husk and charcoal, operated at (1) the flow rate of 1.76 L/day, organic loading rate of 0.50 kgCOD/L-day, and hydraulic retention time of 6 days, and (2) the flow rate of 4.24 L/day, organic loading rate of 1.20 kg COD/L-day, and hydraulic retention time of 2.5 days, have the COD, SS, and VSS removal efficiencies of 95 - 98%, 92 - 96%, and 92 - 96%, respectively. For further study, the treatment capability of the anaerobic filter containing husk and charcoal, with increasing influent concentration and organic loading rate, and decreasing hydraulic retention time, may be explored to identify an appropriate and profitable treatment technology to the rubber sheet wastewater.

Acknowledgments

The research idea was initiated by the Regional Environmental Office 9, Udon Thani, based on the environmental concerns due to the rubber production activities in Northeastern Thailand. The research was financially supported by the Research Center for Environmental and Hazardous Substance Management, Faculty of Engineering, Khon Kaen University.

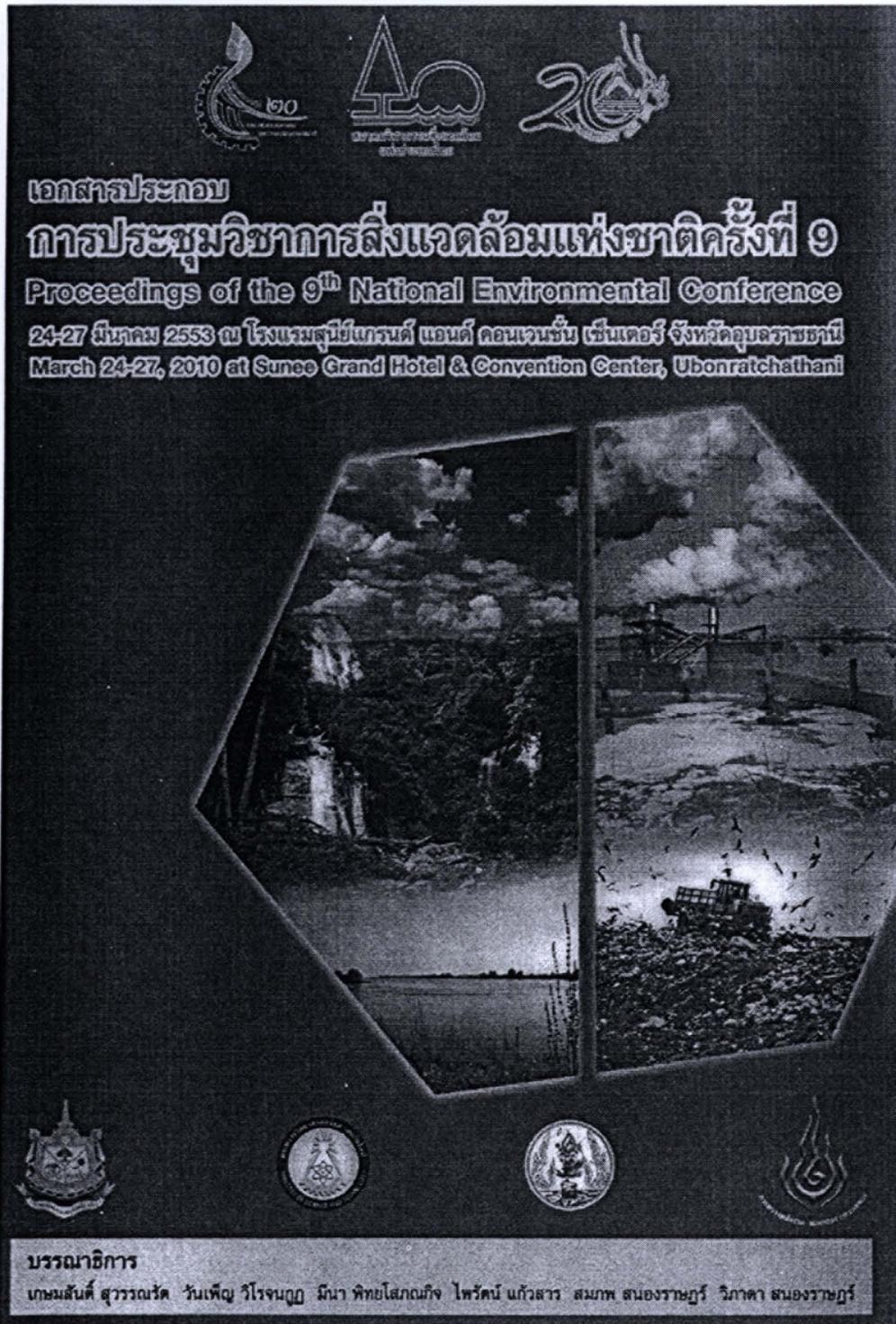
References

- [1] U Pathguboon, C Yirong, T Kuttasep, and C Polprasert. (2003). Application of Constructed Wetlands for Treatment of Wastewater from Smoked Sheet Rubber Plant. Songkhla: Prince of Songkhla University.
- [2] Gungarn Ruckasaporn. (2539). Assessment of Hydrogen sulfide Problem in Anaerobic Ponds of Rubber Wastewater Treatment System. Master of Science Thesis in Environmental Management, Prince of Songkhla University.
- [3] Chop Boonchuan (2541). Rubber Sheet wastewater treatment by Anaerobic Process. Master of Science Thesis in Environmental Management, Prince of Songkhla University.
- [4] Supattra Chaisasopong (2540). Optimum pH of Anaerobic Pond in Latex Industry wastewater Treatment. Master of Engineering Thesis in Chemical Engineering, Prince of Songkhla University.
- [5] Aporn Kakkooed (2542). Assessment of Nitrogen problem of rubber plant wastewater and Nitrogen removal with the fixed film in stabilization pond. Master of Science Thesis in Environmental Management, Prince of Songkhla University.
- [6] Joon Rukngum (2551). Efficiency of Semi-

J. Yakom et al. / TISD 2010, Thailand, 4-6 March 2010

Continuous Anaerobic Digester in Series Treating
Wastewater from Cooperative Smoked Rubber
Sheet Factory. Master of Science Thesis in
Environmental Management, Prince of Songkla
University.

ภาคผนวก ก.2 การเผยแพร่ผลงานวิจัย งานการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 9
วันที่ 24-27 มีนาคม 2553 ณ โรงแรมสุนีย์แกรนด์ แอนด์ คอนเวนชัน เซ็นเตอร์
จังหวัดอุบลราชธานี



เอกสภาประกอบ

การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 9
Proceedings of the 9th National Environmental Conference
 24-27 มีนาคม 2553 ณ โรงแรมสุนีย์แกรนด์ แอนด์ คอนเวนชัน เซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี
 March 24-27, 2010 at Suneo Grand Hotel & Convention Center, Ubonratchathani

บรรณาธิการ
 เกษมสันต์ สุวรรณรัตน์ วันเพ็ญ วิโรจน์ภู มิณา ศิขยโสภณกิจ ไพรัตน์ แก้วดาร สมภพ สอนงราษฎร์ วิภาดา สอนงราษฎร์



ผู้ดำเนินรายการ: ดร.อาทิตย์ เนรมิตคคพงษ์ และ อาจารย์จักรกฤษณ์ อัมพฤษ		
13.00-13.20 น.	การกำจัดซีโปรฟลอกซาซิน โดยการดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์	5
24R1-03	อิทธิพล สิริวิเศษ และ ปฎิภาณ ปัญญาพลกุล	
13.20-13.40 น.	การกำจัดซัลเฟตจากน้ำเสียของการผลิตยางสกินด้วยวิธีตกตะกอนทางเคมี	7
24R1-04	คุณัญญา นพาวรร พรทีพย์ ศรีแดง อุคมผล พิธานโพธิ์ และ สมทิพย์ คำนริวัฒน์	
13.40-14.00 น.	การกำจัดลิแกนด์ด้วยวิธีตกตะกอนที่ใช้แล้ว	9
24R1-05	อิศริยาภรณ์ บุญอิน ปฎิภาณ ปัญญาพลกุล และ ชัยพร ภู่งประเสริฐ	
14.00-14.20 น.	การกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียโดยการดูดซับด้วยฟอสโฟปัม	11
24R1-06	จินดารัตน์ พิมพ์สยาม และ ทศนงนฤต คุลยากรณ์	
14.20-14.40 น.	การใช้เกลือ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ เพื่อบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา	13
24R1-07	จันทิมา ยากิ้น มุจลินทร์ พูนประสิทธิ์ และ วันเพ็ญ วิโรจนนฤ	
14.40-15.00 น.	การใช้ระบบแอนไอออนิกฟลูอิดไคซ์เบดที่ใช้มีดกลางเป็นตัวกลางในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นสูง	15
24R1-08	พัชริยา รุ่งกิจวัฒนาบุญกุล วิบูลย์ลักษณ์ ทุ่งรัมย์ และ ชัยพร ภู่งประเสริฐ	
15.00-15.30 น.	พักรับประทานอาหารว่าง และการนำเสนอผลงานแบบโปสเตอร์	

ผู้ดำเนินรายการ: ดร.อาทิตย์ เนรมิตคคพงษ์ และ ดร.อรามา สุขธิ์นุ่น		
15.30-15.50 น.	การดูดซับฟลูออโรไฮโดรคาร์บอนในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยไอโซซัน	17
24R1-09	ปวริศ ภัทรสิทธิศรี และ ชลธ จารุสุทธิรักษ์	
15.50-16.10 น.	ประสิทธิภาพเชิงพลังงานในการกำจัดโครเมียม (เฮกซะวาเลนต์) โดยกระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้า	19
24R1-10	ศพรพรรณ ศุภวิจิตพัฒนา และ กิรราภรณ์ สุวรรณวิทยา	

ห้องประชุม 2 (อุทุมพร)

ผู้ดำเนินรายการ: รองศาสตราจารย์ ดร.เสนีย์ กาญจนวงศ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พุทธพร แสงเทียน		
11.30-11.50 น.	การบำบัดน้ำเสียคอกหมูโดยใช้น้ำเสียชุมชนเป็นสารอาหารร่วมในถังกรองไร้ออกซิเจน	21
24R2-01	วนาวลัย ปรางกู และ ปฎิรูป ผลจันทร์	
11.50-12.10 น.	การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยใช้ระบบไฟฟ้าเคมี	23
24R2-02	ฐาภาวศ แก้ววงษ์ และ อุคมผล พิธานโพธิ์	
12.10-13.00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน	๗ ห้องสัมมนา 3



24RI-07

การใช้แกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลางในถังกรอง ไร้อากาศ เพื่อบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา

Utilization of Husk, Charcoal and Plastic Ball as Support Medias in Anaerobic Filter for Rubber Sheet Wastewater Treatment

จันทิมา ยากอน¹ มุจลินทร์ พูนประสิทธิ์¹ และ วันเพ็ญ วิโรจนกุล¹

Janjima Yakoon¹, Mudjalai Poonprasit¹ and Wanpen Wirojanagud¹

บทนำ

รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการเพิ่มปริมาณผลผลิตยางพาราในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งในเชิงเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า การผลิตยางพาราเป็นกิจกรรมที่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มบทบาทมากขึ้นในระบบเศรษฐกิจของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขณะเดียวกัน ความเติบโตของการผลิตยางพาราที่ถ่างยังเป็นปัจจัยใหม่ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภูมิภาคนี้เช่นกัน เนื่องจากพื้นที่ปลูกยางพาราอยู่สูงกว่าพื้นที่เกษตรกรรม และมีน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพาราที่มีฤทธิ์เป็นกรดและมีกลิ่นเหม็นรุนแรง ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตทางการเกษตร ทั้งนี้ สกย. ได้จัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียแบบขบถอะ-บิโอซิมในพื้นที่ผลิตแผ่นยางพารา แต่ระบบดังกล่าวยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา มีผู้ศึกษาวิจัยและพบว่ากระบวนการไร้อากาศโดยเฉพาะถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพารา ได้ดี แนวทางและข้อเสนอแนะจากงานวิจัยเหล่านั้น ได้นำมาสู่ปัญหาของงานวิจัยนี้ คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่ง่ายต่อการดำเนินการและต้นทุนไม่สูงมากนัก เพื่อให้เหมาะสมกับโรงงานผลิต

แผ่นยางพาราขนาดเล็กที่มีอยู่และที่กำลังจะเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในภูมิภาค งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลได้และประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา ของถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) โดยเปรียบเทียบระหว่างถังที่มีวัสดุในท้องถิ่น (แกลบและถ่าน) เป็นชั้นกรอง กับถังที่มีลูกบอลพลาสติกเป็นชั้นกรอง

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษารับค้ำฉนวนจากการสร้างถังบำบัดน้ำเสียจำลองขนาด 10.6 ลิตร 3 ถัง ใช้แกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นชั้นกรอง 1 ชั้นต่อ 1 ถัง โดยทำการทดลอง 2 ชุด ซึ่งมีค่าอัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate, OLR) และระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสีย (Hydraulic Retention Time, HRT) ดังกัน คือ ชุดที่ 1 ที่ OLR 0.50 กก.ซีไอดี.ลิตร/วัน และ HRT 6 วัน และ ชุดที่ 2 ที่ OLR 1.20 กก.ซีไอดี.ลิตร/วัน และ HRT 2.5 วัน โดยเก็บตัวอย่างน้ำเข้าและน้ำออกมาตรวจวิเคราะห์ลักษณะสมบัติ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าไอออไนซ์ (OPR) ซีไอดี (COD) ของแข็งแขวนลอย (SS) ของแข็งระเหย (VSS) กรดไขมันระเหย (VFA) สภาพความเป็นด่าง (Alkalinity) และก๊าซมีเทน (CH₄) โดยวิเคราะห์ด้วยวิธีการที่กำหนดไว้ใน Standard Methods 19th Edition (1998)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา โดยใช้ถังกรองไร้อากาศจำลอง (ตารางที่ 1) ที่ OLR 0.50

¹นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา: อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002; โรงงานสหราชธารี ศูนย์วิจัยจัดการสิ่งแวดล้อมและสารอันตราย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002; โทรศัพท์: 086-639-9338, e-mail: sakurangud@botmail.com

กก.ซีไอดี.ลิตร/วัน และ HRT 6 วัน พบว่า ดึงกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง มีประสิทธิภาพในการบำบัด COD 97.61% 97.75% และ 97.85% ประสิทธิภาพในการบำบัด SS 95.30% 95.39% และ 95.57% ประสิทธิภาพในการบำบัด VSS 95.24% 95.47% และ 95.47% และอัตราการเกิด CH_4 64.29% 65.80% และ 73.56% ตามลำดับ ส่วนที่ค่า OLR 1.20 กก.ซีไอดี.ลิตร/วัน และ HRT 2.5 วัน พบว่า ดึงกรองไร้อากาศที่มีแกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง มีประสิทธิภาพในการบำบัด COD 95.50% 96.13% และ 95.61% ประสิทธิภาพในการบำบัด SS 92.80% 92.75% และ 95.34% ประสิทธิภาพในการบำบัด VSS 92.31% 92.51% และ 95.17% และอัตราการเกิด CH_4 61.09% 60.80% และ 72.03% ตามลำดับ ในขณะที่ค่าอุณหภูมิ pH และ OPR เป็นสัญญาณที่เร็วที่บอกถึงการทำงานของระบบบำบัด โดยไม่ใช้ออกซิเจน โดยเฉพาะค่า pH จะมีความสำคัญต่อแบคทีเรีย เพราะแบคทีเรียทั้งสองชนิดในระบบจะเจริญเติบโตในช่วง pH แคลๆ เท่านั้น ในขณะที่ Alkalinity และ VFA จะเป็นตัวชี้ถึงค่า pH เฟอร์และความเป็นพิษในระบบ ส่วนก๊าซชีวภาพ (CH_4) ที่เกิดขึ้นชี้ให้เห็นถึงสมรรถภาพของกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการบำบัดของถังกรองไร้อากาศ
จำลองที่การทดลองช่วงต่างๆ

ช่วง	ขั้นตอน	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)			การเกิด CH_4 (%)
		COD	SS	VSS	
Start up	แกลบ	85.87	93.73	94.33	N/A
	ถ่าน	86.19	93.35	94.41	N/A
	ลูกบอล	84.89	92.59	93.70	N/A
OLR 0.50 kgCOD-L/day	แกลบ	97.61	95.30	95.24	64.29
	ถ่าน	97.75	95.39	96.47	65.80
	HRT 6 days	97.85	95.57	96.47	73.56
OLR 1.20 kgCOD-L/day	แกลบ	95.50	92.80	92.31	61.09
	ถ่าน	96.13	92.75	92.51	60.80
	HRT 2.5 days	95.61	95.34	95.17	72.03

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่ แกลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติก มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยรวมใกล้เคียงกัน แต่ลูกบอลพลาสติกมีอัตราการเกิด CH_4 มากที่สุด ในขณะที่น้ำที่ผ่านถังกรองที่ใช้ถ่านเป็นตัวกลางจะมีความใสมากกว่าน้ำที่ผ่านตัวกลางชนิดอื่นอย่างเห็นได้ชัด

สรุปผล

แกลบและถ่าน ซึ่งเป็นวัสดุจากธรรมชาติในท้องถิ่นหาได้ง่าย สามารถนำมาใช้แทนลูกบอลพลาสติกซึ่งเป็นวัสดุสังเคราะห์ เป็นตัวกลางในถังกรองไร้อากาศที่บำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นอาหาร และถ่านยังมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่มีความใสมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวกลางอีกสองชนิด

ประวัติผู้เขียน



- ชื่อ นางสาวจันทิมา ยาเกิน
- วัน เดือน ปี เกิด 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2527 ที่จังหวัดขอนแก่น
- ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (คณะศึกษาศาสตร์) จังหวัดขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2545
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2549
- ศึกษาคู่ระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2550
- ประวัติการทำงาน ผู้ช่วยสอนวิชาเคมีของน้ำและน้ำเสีย (Chemistry of Water and Wastewater) และปฏิบัติการเคมีของน้ำและน้ำเสีย (Chemistry of Water and Wastewater Laboratory) เมื่อปี พ.ศ. 2550
- ผู้ช่วยสอนวิชาจุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม (Environmental Microbiology) และปฏิบัติการทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (Environmental Engineering Laboratory) เมื่อปี พ.ศ. 2551

