บทที่ 2
วิธีการวิจัย

2.1 วิธีดำเนินการวิจัย

2.1.1 การศึกษาคุณสมบัติความเป็นด่างของเถ้าไม้ยางพารา (Ash)

นำ Ash ที่เป็นของเสียเกิดจากการเผาไหม้ไม้ยางพารา ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงจากหม้อนึ่งไอน้ำ (Boiler) ในกระบวนการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ของ บริษัท เซฟสกิน (ทุ่งลุง) จำกัด มาใช้เป็นวัสดุสำหรับปรับพีเอชน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น โดยทำการศึกษาคุณสมบัติความเป็นด่างของ Ash ตามวิธีการวิเคราะห์ดินของ วรรณา เลี้ยววาริน (2538) ดังแสดงในภาคผนวก ข

2.1.2 การศึกษาปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ Ash ต่อการปรับพีเอชของน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น

จากการศึกษาปริมาณการใช้ NaOH และ Ash ต่อการปรับพีเอชของน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นเป็นการศึกษาขั้นต้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับประมาณปริมาณการใช้ NaOH และ Ash ต่อการปรับพีเอชน้ำเสียให้มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.6±0.1 ตลอดระยะเวลาการทดลอง

1) ศึกษาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ในการปรับพีเอชน้ำเสียให้มีค่าเท่ากับ 7.6±0.1 โดยทำการทดสอบค่าพีเอชของน้ำเสียที่เปลี่ยนแปลงต่อปริมาณของ NaOH ด้วยวิธีจาร์เทส (Jar Test) ตีกวนที่ความเร็ว 125 รอบต่อนาที ต่อปริมาตรน้ำเสีย 1,000 มล. โดยเติม NaOH 6 N ปริมาณต่างๆ คือ 0 2 4 6 8 10 และ 12 มล. ตามลำดับ หรือคิดเป็นเนื้อสารมีค่าเท่ากับ 0.48 0.96 1.44 1.92 2.44 และ 2.88 ก./ล. ตามลำดับ โดยวัดค่าพีเอชทุกๆ 5 นาที เป็นเวลา 60 นาที ในทุกตัวอย่าง

2) ศึกษาปริมาณการใช้ Ash ใช้วิธีการเดียวกันกับการทดสอบหาปริมาณการใช้ NaOH โดยใช้ Ash ที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงละเอียด (Sieve) ขนาดตา 500 ไมโครเมตร อบไล่ความชื้นที่ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง (ชม.) หลังจากนั้นตีกวนน้ำเสียที่มีการเติม Ash ในปริมาณต่างๆ คือ 0 5 10 15 20 25 และ 30 ก. ตามลำดับ ต่อน้ำเสีย 1,000 มล. เพื่อดูพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อใช้ NaOH และ Ash ที่ปริมาณต่างๆ

3) ปรับพีเอชของน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นก่อนป้อน (Feed) เข้าระบบบำบัด ABR โดยทำการปรับพีเอชของน้ำเสียด้วย NaOH 6 N และ Ash ให้น้ำเสียมีค่าพีเอชเท่ากับ 7.6±0.1 โดยปริมาณของ NaOH และAsh สำหรับปรับพีเอชในแต่ละครั้งจะมีการปรับใช้ตามความเหมาะสมของพีเอชของน้ำเสียเริ่มต้น

2.1.3 การศึกษาลักษณะน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การเก็บตัวอย่างน้ำเสียจาก บริษัท ฉลองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด อ.จะนะ จ. สงขลา โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากในบ่อปรับสภาพน้ำเสียที่ 3 (Equalization pond : EQ3+DAF1) (ภาพประกอบ 2-1 และ 2-2) จำนวน 12 ครั้ง ในช่วงเดือน มกราคม 2548-กุมภาพันธ์ 2550

2) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียแบบจ้วง (Grab Sampling) โดยใช้ปั๊มไดโว่ (Submersible Pump) เป็นเครื่องมือช่วยในการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย และทำการวิเคราะห์ค่าพีเอชและอุณหภูมิทันทีในขณะที่เก็บตัวอย่าง

3) ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียในห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธีการใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition ของ APHA, AWWA and WEF (1998) และ สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (2535) ซึ่งทำการวิเคราะห์ในพารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสีย

Parameters	Method
Temperature	Thermometer
pH	pH meter
Alkalinity	Direct Titration Method*
Volatile Fatty Acids	Direct Titration Method*
BOD_5	5-Day BOD Test
TCOD	Close Reflux, Titrimetric Method
FCOD	Filter/Close Reflux, Titrimetric Method
TKN	Macro-Kjeldahl Method
NH_4^+-N	Titrimetric Method
SO_4^{2-}	Turbidimetric Method
S^{2-} (ion)	Iodometric Method
SS	Gravimetric Method

ที่มา: APHA, AWWA and WEF, 1998

*สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย และ World Environmental Center, 2535

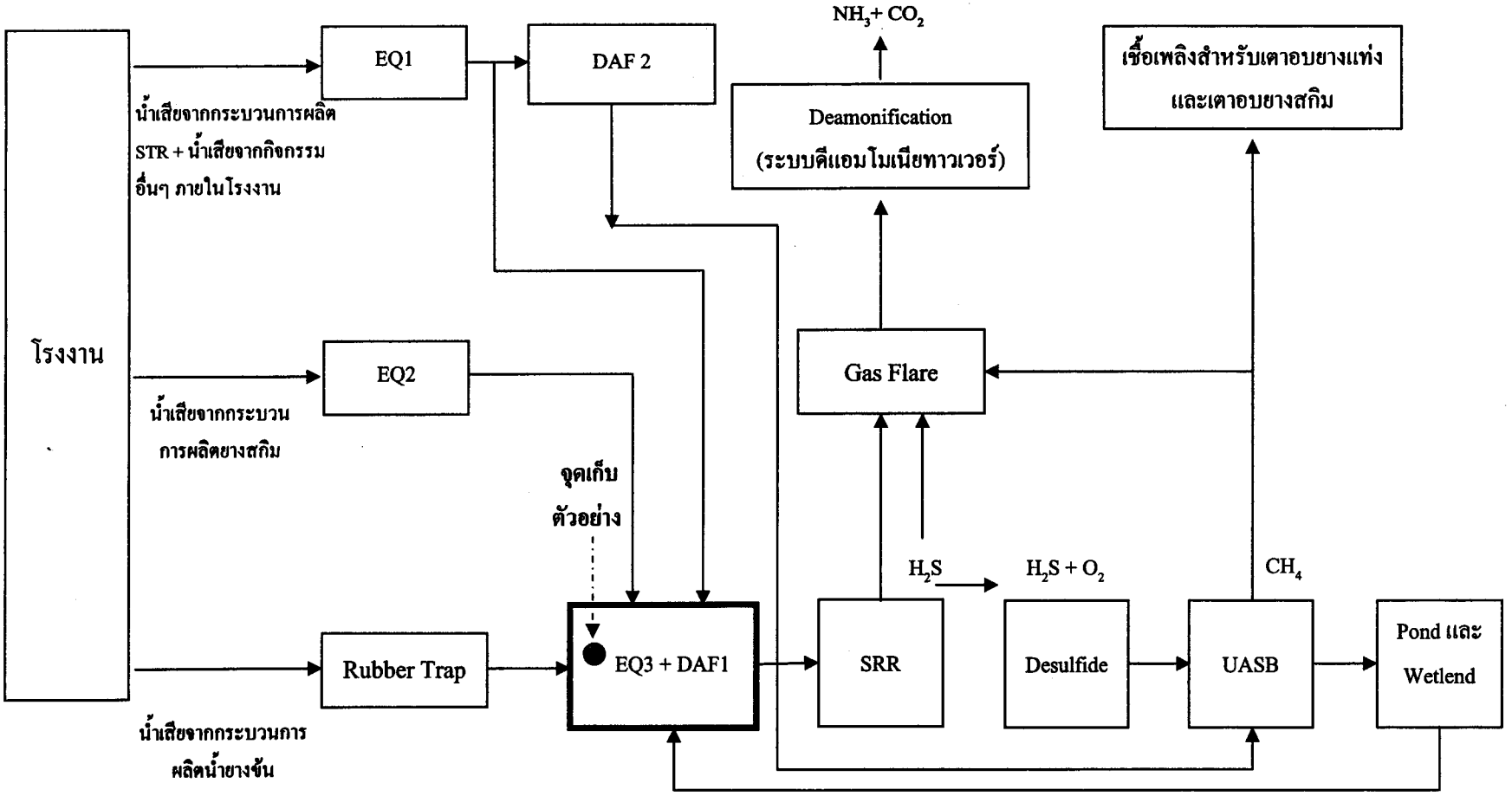
2.1.4 การเริ่มต้นเดินระบบ (Start-up)

การเริ่มต้นเดินระบบจำลองไร้อากาศ ABR ในการทดลองนี้ทำโดยเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ Seed) ที่นำมาจากระบบบำบัดน้ำเสียไร้อากาศแบบยูเอเอสบี (UASB) และระบบเอสอาร์อาร์ (Sulfate Reducing Reactor ; SRR) ของบริษัท ฉลองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด เติมผสมหัวเชื้อจุลินทรีย์ลงในระบบ ABR ทั้ง 2 ชุด ในสัดส่วน 1:1 โดยให้มีค่า MLSS ประมาณ 20,000 มก./ล. แล้วเติมน้ำสะอาดเข้าระบบตามปริมาตรใช้งานทั้งหมด 23 ล. และทำการปรับอุณหภูมิในถังปฏิกรณ์ให้มีค่าเท่ากับ 35±1 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 1 คืน หลังจากนั้นจึงป้อนน้ำเสียที่ผ่านการปรับพีเอชด้วย NaOH และ Ash ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.6±0.1 แล้วทำการเดินระบบที่ HRT 10 วัน เพื่อให้ตะกอนจุลินทรีย์คุ้นเคยกับน้ำเสียใหม่จนกระทั่งระบบ ABR ทั้ง 2 ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Stable Condition) ซึ่งดูจากประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมดและความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่าย มีค่าคงที่หรือเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 10 หลังจากนั้นจะทำการเดินระบบทั้ง 2 ภายใต้ HRT เดียวกัน (แสดงในตารางที่ 2-2) และเริ่มทำการเปลี่ยนการทดลองที่ HRT ต่างๆ

2.1.5 การศึกษาก๊าซชีวภาพ

1) วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักการแทนที่น้ำ ซึ่งทำการวัดเป็นประจำทุกวัน

2) การเก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพ ใช้ถุงเก็บก๊าซเก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพจากจุดเก็บตัวอย่างก๊าซในระบบ ABR (ภาพประกอบที่ 2-3) และทำการศึกษาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพโดยการตรวจวัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) จะทำตามวิธีวิเคราะห์ของ Mizuno *et al.* (1997) ส่วนก๊าซมีเทน (CH_4) ไนโตรเจน (N_2) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไฮโดรเจน (H_2) จะส่งไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) ใช้ Detector ชนิด Thermal Conductivity Detector (TCD)



ภาพประกอบ 2-1 จุดเก็บตัวอย่างและผังลำดับการบำบัดน้ำเสียของ บริษัท ฉลองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด ที่ศึกษา

ที่มา: บริษัท ฉลองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด

ภาพประกอบ 2-2 ลักษณะของบ่อ EQ3 + DAF1 ของโรงงานผลิตน้ำยางข้น (1 และ 2) และจุดที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (3 และ 4)

2.1.6 ระบบบำบัดน้ำเสีย ABR จำลองในห้องปฏิบัติการ

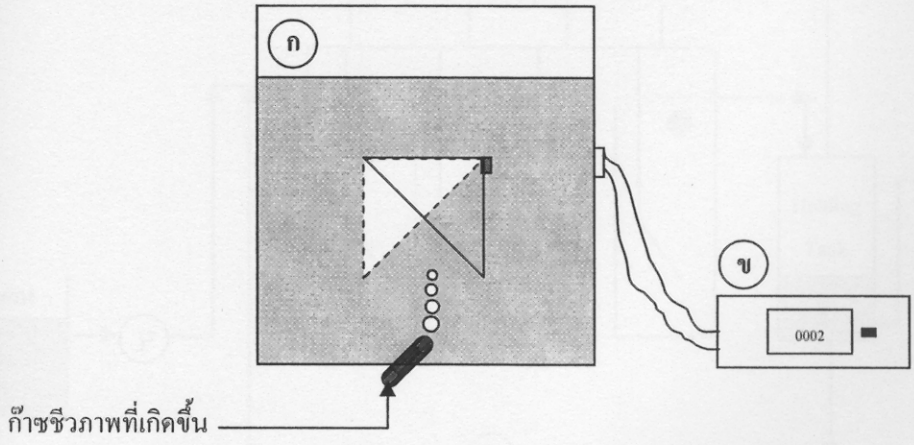
หลังจากทำการปรับพีเอชน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นด้วย NaOH และ Ash ให้มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.6±0.1 แล้วจะทำการทดลองเดินระบบบำบัด ABR พร้อมกันทั้งสองชุดการทดลองโดยระบบที่ 1ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียที่ปรับพีเอชน้ำเสียด้วย NaOH (ABR-NaOH) และระบบที่ 2 จะทำการทดลองบำบัดน้ำเสียที่ปรับพีเอชน้ำเสียด้วย Ash (ABR-Ash) ซึ่งระบบ ABR ทั้งสองระบบประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ ดังนี้

1) ถังปฏิกรณ์ (Reactor) มีลักษณะเป็นถังทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ทำด้วยพลาสติกอะคริลิก (Acrylic Plastic) กว้าง 60 ซม. ยาว 30 ซม. สูง 32 ซม. และมีช่องสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำเสียสูงจากก้นถัง 24.5 ซม. ปริมาตร 25 ล. โดยมีปริมาตรใช้งาน (Working Volume) 23 ล. แบ่งเป็น 4 หน่วยย่อย มีปริมาตรความจุหน่วยย่อยละ 5.75 ล. ซึ่งแต่ละหน่วยย่อยมีจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียอยู่ทางด้านหน้า ส่วนทางด้านบนของระบบมีจุดสำหรับรวบรวมก๊าซชีวภาพไปยังบอลลูน (ภาพประกอบที่ 2-4 และ 2-5)

2) ชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controler) จะประกอบด้วยสายให้ความร้อน (Heater) มีลักษณะคล้ายสายไฟยาวประมาณ 2 เมตร ควบคุมความร้อนด้วยตัวควบคุมอุณหภูมิที่สามารถปรับอุณหภูมิได้ตามต้องการ

3) ปั๊มดูดของเหลว (Peristaltic Pump) จำนวน 4 ตัว ซึ่งจะมีปุ่มปรับความเร็วสำหรับปรับความเร็วของน้ำเสียตามความต้องการ โดยใช้สำหรับปั๊มน้ำเสียเข้าระบบ จำนวน 2 ตัว และใช้ในการสูบกลับน้ำทิ้ง (Recycle) จำนวน 2 ตัว

4) ชุดวัดปริมาณก๊าซ (Gas Meter) จะประกอบด้วยชุดนับปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น (Gas Counter) และตัวรวบรวมก๊าซชีวภาพ ทำด้วยพลาสติกอะคริลิก (Acrylic Plastic) เป็นถังทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ สามารถบรรจุน้ำได้ 2 ล. และภายในจะมีช่องว่างสี่เหลี่ยมที่แบ่งเป็นสามเหลี่ยม 2 ช่อง สามารถพลิกกลับไปมาได้เมื่อมีก๊าซที่เกิดขึ้นโดยอาศัยหลักการการแทนที่น้ำ ทั้งนี้ใช้แม่เหล็กเป็นตัวส่งสัญญาณ (Sensor) ไปยัง Gas Counter เพื่อนับปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2-3 โดยซึ่งการพลิกกลับไปมาของตัวแทนที่น้ำ 1 ครั้ง เท่ากับปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น 99±1 มิลลิลิตร (มล.)



ภาพประกอบที่ 2-3 ชุดวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ (ก) ตัวรวบรวมก๊าซชีวภาพ และ (ข) ตัวนับปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น (Gas Counter)

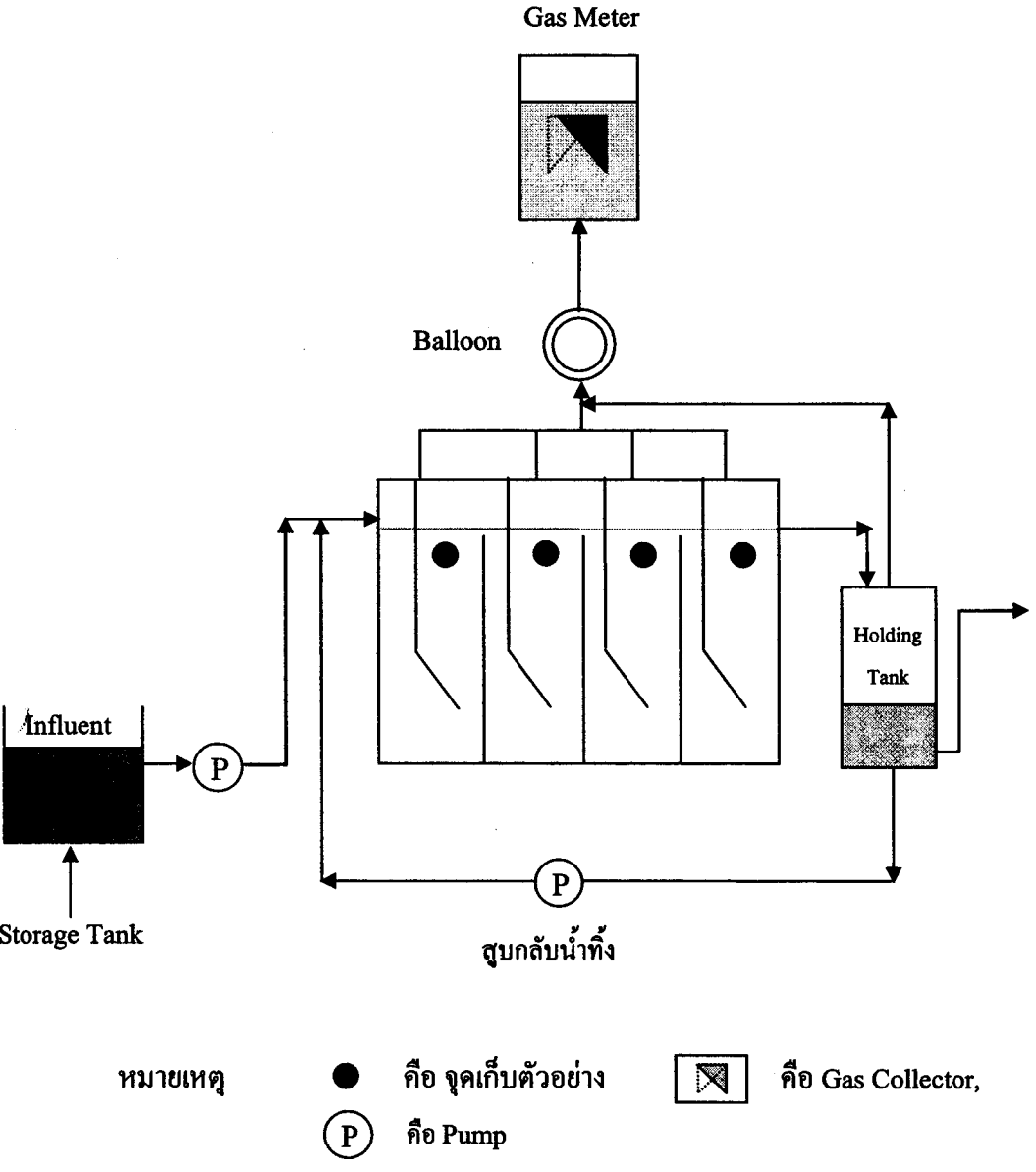
5) บอลลูนชายหาด (Balloon) ใช้สำหรับรวบรวมพักก๊าซก่อนที่จะส่งไปยังตัวเก็บก๊าซ

6) ถังเก็บน้ำเสีย (Storage Tank) จำนวน 2 ถัง ใช้เป็นที่เก็บน้ำเสียก่อนเข้าสู่กระบวนการบำบัด

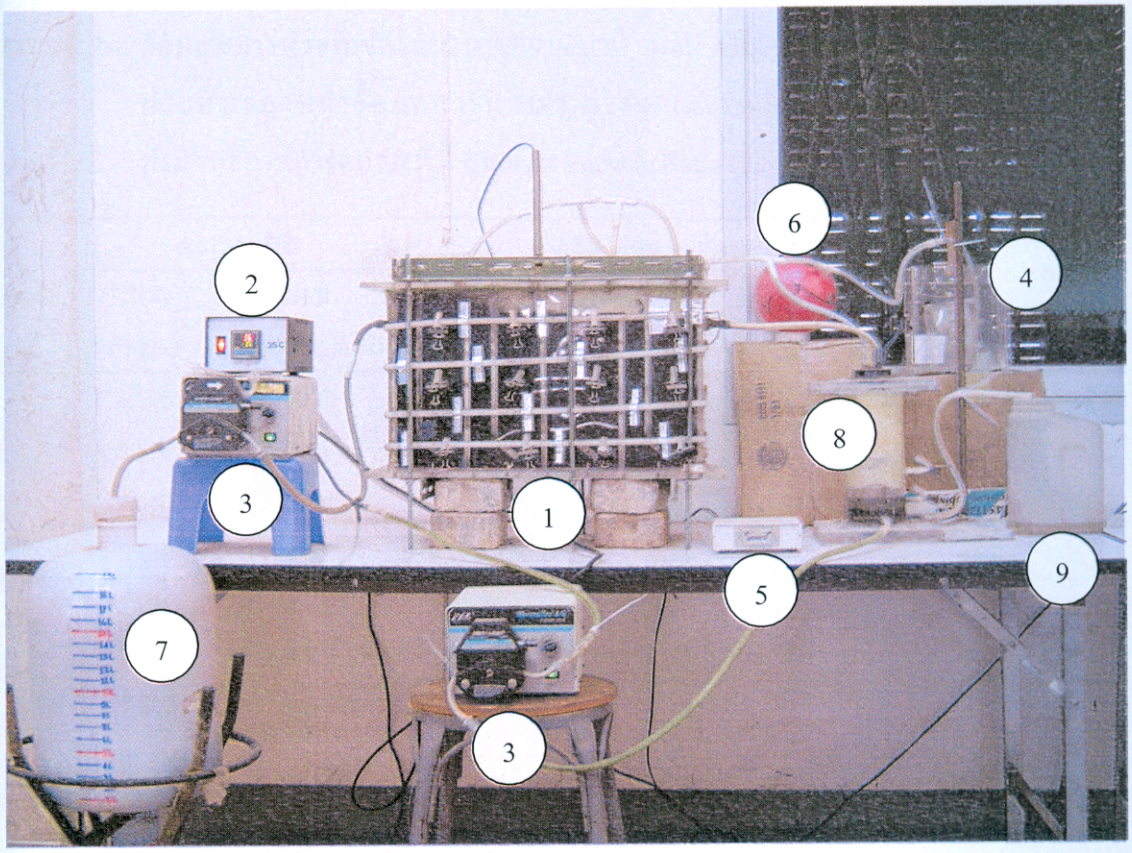
7) ถังพักน้ำทิ้ง (Holding Tank) จำนวน 2 ใบ เพื่อพักน้ำทิ้งเพื่อใช้สำหรับหมุนเวียนน้ำทิ้งกลับ

8) ถังรองรับน้ำทิ้ง จำนวน 2 ใบ ใช้ในการรองรับน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดแล้ว

9) เส้นท่อ เป็นทรงกลมทำด้วยซิลิโคน (Silicone) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.9 ซม. ใช้สำหรับเป็นท่อทางน้ำเข้า-น้ำออก หมุนเวียนน้ำทิ้งกลับ และส่งก๊าซชีวภาพไปยังตัวเก็บก๊าซ



ภาพประกอบที่ 2-4 แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย ABR ในห้องปฏิบัติการ



1. ระบบบำบัด ABR	4. ตัวรวบรวมก๊าซชีวภาพ	7. Storage Tank
2. Temperature Controler	5. Gas Counter	8. Holding Tank
3. Peristatic Pump	6. Balloon	9. ถังรองรับน้ำทิ้ง

ภาพประกอบ 2-5 ลักษณะของชุดอุปกรณ์ประกอบของระบบ ABR ที่ใช้ทดลองในห้องปฏิบัติการ

2.1.7 ลักษณะการทำงานของระบบ ABR

ในการทดลองนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบ ABR ที่กำจัดมลสารในน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการปรับพีเอชด้วย NaOH (ABR-NaOH) และระบบ ABR ที่รับน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ปรับพีเอชด้วย Ash (ABR-Ash) โดยปรับพีเอชของน้ำเสียให้มีค่าเท่ากับ 7.6±0.1 เดินระบบภายใต้สภาวะ (HRT) เดียวกัน ส่วนระยะที่ 2 เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดมลสารที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้ง (Effluent Recycle Ratio ; R) ต่างๆ ของทั้ง 2 ระบบ ภายใต้สภาวะการทดลองเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ลักษณะการทำงานของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ระยะที่ 1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพกำจัดมลสารที่ HRT ต่างๆ และระยะที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกำจัดมลสารที่ Effluent Recycle Ratio (R) ต่างๆ

ระยะ	ABR-NaOH		ABR-Ash		Effluent Recycle Ratio (R)*	Q (L/d)	HRT (d)
	$TCOD_{in}$ (mg/L)	OLR (kgCOD/ m^3·d)	$TCOD_{in}$ (mg/L)	OLR (kgCOD/ m^3·d)			
1	6,596	0.66	5,997	0.60	-	2.3	10
	5,819	1.16	5,526	1.11	-	4.6	5
	5,660	2.26	5,408	2.16	-	9.2	2.5
	5,540	4.43	5,154	4.11	-	18.4	1.25
2	5,795	4.64	5,708	4.56	0.3	18.4	1.25
	5,908	4.73	5,817	4.65	0.5	18.4	1.25

หมายเหตุ : * Effluent Recycle Ratio ; $R = \frac{\text{Recycle Flow Rate (L/d)}}{\text{Influent Flow Rate (L/d)}}$

2.1.8 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการใช้ NaOH และ Ash ในการปรับพีเอชน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น

เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการใช้ NaOH กับ Ash ในการปรับพีเอชน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นพีเอช 4.75 ให้มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.6±0.1 ต่อปริมาตรน้ำเสีย 1 ลบ.ม. โดยใช้ผลการศึกษาปริมาณ NaOH กับ Ash ในการปรับพีเอชน้ำเสียด้วยวิธีจาร์เทสจากข้อ 2.1.3

2.1.9 ความถี่การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ ABR

ความถี่ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบ ABR เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบทั้ง 2 ชุดการทดลอง แสดงในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ความถี่ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ ABR

Parameters	Frequency of Mornitoring
Temperature	สัปดาห์ละ 2 ครั้ง
pH	สัปดาห์ละ 2 ครั้ง
Alkalinity	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
Volatile Fatty Acids	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
SS	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
TCOD	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
FCOD	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
SO_4^{2-}	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
S^{2-} (ion)	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
TKN	ก่อนเปลี่ยน HRT*
NH_4^+-N	ก่อนเปลี่ยน HRT*
BOD_5	ก่อนเปลี่ยน HRT*
Gas Chromatographic Method	ก่อนเปลี่ยน HRT
Biogas Production	ทุกวัน

หมายเหตุ; *วิเคราะห์คุณภาพน้ำ 3 จุด คือ น้ำเสียก่อนเข้าระบบ (Influent) น้ำทิ้งจากหน่วยย่อยที่ 2 (Comp.2) และน้ำทิ้งจากหน่วยย่อยที่ 4 (Effluent)

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดมลสารของระบบที่บำบัดน้ำเสียที่ปรับพีเอชด้วย NaOH (NaOH-ABR) และ Ash (ABR-Ash) ในรูปของร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation ; SD) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Independent T-Test แบบ Mann Whiney U Test เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารทั้ง 2 ระบบ

2.3 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยสารปรับพีเอช (pH Adjustment) ตัวอย่างน้ำเสีย หัวเชื้อจุลินทรีย์ และสารเคมีระดับคุณภาพวิเคราะห์ (Analytical Reagent Grade ; AR Grade) มีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 สารปรับพีเอช ที่ใช้ในการทดลองนี้คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 6 N และ เถ้าไม้ยางพารา (Ash) ซึ่งนำมาจากเตา Boiler ของบริษัท เซฟสกิน (ทุ่งลุง) จำกัด

2.3.2 ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง คือ น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นของ บริษัท ฉลองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด ซึ่งเป็นน้ำเสียรวมจากบ่อ EQ3+DAF1 (ภาพประกอบ 2-1) ที่ทำการปรับพีเอชด้วย NaOH 6 N และ Ash ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาที และทำการกรองตัวอย่างน้ำเสียด้วยผ้าขาวบางเพื่อเอาเศษยาง และเศษถ่านใน Ash ออกจากน้ำเสียก่อน

2.3.3 หัวเชื้อจุลินทรีย์ (Seed) ที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียไร้อากาศ UASB และ SRR ของบริษัท ฉลองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด

2.3.4 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ (ตารางที่ 2-3) ตามวิธีการใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WEF, 1998)

2.4 อุปกรณ์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

2.4.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ ได้แก่

1) ขวดโพลีเอทธิลีนขนาด 1 ล.
2) แกลลอนพลาสติกขนาด 25 และ 30 ล.
3) ปั๊มไดโว่ (Submersible Pump) แรงส่งน้ำ 6 เมตร มีอัตราการไหล 25 ล./นาที ผลิตภัณฑ์ Clinton Type QDX 1.5-16-0.37

2.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียในห้องปฏิบัติการ ได้แก่

1) ตะแกรงร่อน (Sieve) ละเอียดขนาดตา 500 ไมโครเมตร
2) UV-VIS Spectrophotometer ผลิตภัณฑ์ Shimadzu รุ่น UV 1601
3) Refrigerated Superspeed Centrifuge ผลิตภัณฑ์ Sorvall รุ่น Super T21
4) Touch Mixer ผลิตภัณฑ์ Fisher Scientific รุ่น 231
5) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ผลิตภัณฑ์ Mettler Toledo รุ่น PB1502
6) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ผลิตภัณฑ์ Mettler Toledo รุ่น AB 204
7) เครื่องวัดพีเอช (pH Meter) ผลิตภัณฑ์ WTW รุ่น pH 526
8) ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ผลิตภัณฑ์ Contherm รุ่น 240M
9) เตาเผา (Furnace) ผลิตภัณฑ์ Thermolyne รุ่น 6000
10) เครื่องกวนชนิดใช้แม่เหล็ก (Magnetic Stirrer) และเตาไฟฟ้า (Hot Plate) ผลิตภัณฑ์ Framo รุ่น M 21/1
11) ปั๊มดูดสุญญากาศ (Vacuum Pump) ผลิตภัณฑ์ GAST รุ่น 0296
12) ตู้ดูดความชื้น (Desicator) ผลิตภัณฑ์ Sanplatee
13) ตู้บ่มบีโอดี (BOD Incubator) ผลิตภัณฑ์ภายในประเทศ

14) เตาย่อยตัวอย่างสำหรับซีโอดีแบบปิด (Heating Blocks) ผลิตภัณฑ์ J.P Selecta รุ่น R.A.T.

15) ชุดกลั่นแอมโมเนีย (Ammonia Distillation Apparatus) ผลิตภัณฑ์ Gerhardt รุ่น EV 16