

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยน้ำทิ้งและตะกอนจุลินทรีย์จากกลุ่มโรงงาน น้ำยางข้นและโรงงานอาหารทะเล ในเขตจังหวัดสงขลา จำนวน 17 โรงงาน (ดังแสดงรายชื่อและที่ตั้งของโรงงานไว้ในตารางที่ 2.2) และสารเคมี อันได้แก่ สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ ค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ทีเคเอ็น ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสทั้งหมด และซัลเฟต ตลอดจนการย้อมสีแบบ Gram และ Neisser ซึ่งดูได้จากภาคผนวก ก

2.2 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการคณะกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ได้แก่ ขวดโพลีเอทิลีน ขนาด 1 ลิตร

2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียในห้องปฏิบัติการ ได้แก่

- UV- VIS Spectrophotometer ของ Shimadzu รุ่น 160 A
- Refrigerated Superspeed Centrifuge ของ Beckman รุ่น JA-21
- Micropipette ของ Eppendoff
- Reduction Column
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง รุ่น H-10 ของ Mettler
- เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ของ Wissenschaftlich Technische Werkstätten รุ่น pH 526
- ตู้อบความร้อนแห้ง (Hot Air Oven) ของ Conthardt
- เครื่องกวนชนิดใช้แม่เหล็ก (Magnetic Stirrer)
- เตาไฟฟ้า (Hot Plate) ของ Framo-GerTMtetchik รุ่น M 21/1
- เตาชนิด Heating Mantle
- ชุดกรองบูคเนอร์ (Buchner Filter)
- โถดูดความชื้น (Desiccator)
- อุปกรณ์รีฟลักซ์ (Reflux Apparatus)

- กระดาษกรอง GF/C ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร ขนาดรูกรอง 1.00 ไมโครเมตร
- กระดาษกรองเซลลูโลสอะซิเตต (Cellulose Acetate) ขนาดรูกรอง 0.45 ไมโครเมตร
- กระดาษกรองเซลลูโลสไนเตรท (Cellulose Nitrate) ขนาดรูกรอง 0.45 ไมโครเมตร
- กระบอทดวง
- เครื่องแก้ว
- กล้องจุลทรรศน์แบบ Phase Contrast กำลังขยายสูงสุด 1000 เท่า

2.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

2.3.1 ดำรวจโรงงานและข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้น โดยกำหนดแหล่งของข้อมูล ดังนี้

สำรวจโรงงานน้ำยางข้นและโรงงานอาหารทะเลที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ในเขตจังหวัดสงขลา โดยการทำแบบสอบถามเชิงสำรวจซึ่งพัฒนาขึ้นมาจากการสอบถามของผู้ประกอบการหรือผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ จากกลุ่มโรงงานน้ำยางข้นและโรงงานอาหารทะเล ในเขตจังหวัดสงขลา พร้อมทั้งสำรวจโครงสร้างการออกแบบระบบบำบัด ลักษณะน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบบำบัด ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียในสถานะปัจจุบัน และปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย (ดังภาคผนวก ก) ตลอดจนเก็บข้อมูลน้ำเสียในสถานที่จริง

2.3.2 ลักษณะสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยาของน้ำทิ้งในระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์จากโรงงานน้ำยางข้นและโรงงานอาหารทะเล ในเขตจังหวัดสงขลา

โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ณ จุดก่อนเข้าบ่อเติมอากาศและหลังออกจากถังตกตะกอน รวมทั้งเก็บตัวอย่างตะกอนในบ่อเติมอากาศของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบ Grab Sampling วิเคราะห์ทั้งในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ โดยพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ในภาคสนามได้แก่ ลักษณะสีของน้ำทิ้ง ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen) อุณหภูมิ (Temperature) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ส่วนพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้แก่ ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ทั้งแบบละลายน้ำและแบบทั้งหมดโดยแบบละลายน้ำจะใช้กระดาษกรองที่มีความจำเพาะ

เจาะจงเพื่อนำมากรองน้ำทั้งตัวอย่างของกลุ่มโรงงานน้ำยางข้นและโรงงานอาหารทะเล โดยน้ำทั้งกลุ่มของโรงงานน้ำยางข้นจะผ่านกระดาษกรองเซลลูโลสอะซิเตต (Cellulose Acetate) ที่มีขนาดรูกรอง 0.45 ไมโครเมตร ในส่วนน้ำทั้งของกลุ่มโรงงานอาหารทะเลจะผ่านกระดาษกรองเซลลูโลสไนเตรท (Cellulose Nitrate) ที่มีขนาดรูกรอง 0.45 ไมโครเมตร เนื่องจากกระดาษกรองเซลลูโลสอะซิเตตมีคุณสมบัติคือ ไม่เหมาะกับน้ำเสียที่มีปริมาณโปรตีนสูง ให้ความคงทนทางกายภาพ (ทนแรงดันได้มากกว่า) และอุณหภูมิที่ทนได้อยู่ที่ระดับสูงกว่า ดังนั้นจึงเหมาะกับน้ำเสียประเภทโรงงานน้ำยางข้น ส่วนกระดาษกรองเซลลูโลสไนเตรทพบว่ามีคุณสมบัติคือ เหมาะกับน้ำเสียที่มีปริมาณโปรตีนสูง ดังนั้นจึงเหมาะสมกับน้ำเสียประเภทโรงงานอาหารทะเล การที่ผู้วิจัยนำตัวอย่างน้ำทั้งมาวิเคราะห์ค่าบีโอดีและซีโอดีแบบละลายน้ำ ทั้งนี้เพื่อหาสัดส่วนของสารอินทรีย์ละลายน้ำกับสารอินทรีย์ทั้งหมด

นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS) ที่เคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen: NO_3^- -N) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP) และซัลเฟต (Sulfate: SO_4^{2-}) โดยวิธีการตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition 1998 ในส่วนของตัวอย่างตะกอนจุลินทรีย์ที่เก็บมาจากบ่อเติมอากาศและตะกอนย้อนกลับหาค่า SV_{30} ด้วยวิธีการเจือจาง (Dilution Method) และนำตะกอนย้อนกลับหาค่า MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids) โดยใช้วิธี Gravimetric Method ดังตารางที่ 2.1 จากนั้นนำตะกอนจุลินทรีย์ที่เก็บมาจากบ่อเติมอากาศมาเกลี่ยบนแผ่นสไลด์ (Slide) แล้วทำการย้อมสีโดยวิธีแบบ Gram และ Neisser เพื่อศึกษาของกลุ่มของแบคทีเรียสายใยอันก่อให้เกิดปัญหาตะกอนไม่จมตัวในระบบ แอวกิเวเต็คสลัดจ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ Phase Contrast ที่มีกำลังขยายสูงสุดถึง 1000 เท่า ซึ่งรายละเอียดของวิธีการวิเคราะห์ต่าง ๆ อยู่ในภาคผนวก ก

ตารางที่ 2.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง พารามิเตอร์ที่นำมาวิเคราะห์และวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง				วิธีวิเคราะห์
	ก่อนเข้า บ่อเติม อากาศ	หลังออก จากถังตก ตะกอน	ตะกอนใน บ่อเติม อากาศ	ตะกอน ย่อน กลับ	
อุณหภูมิ	/	/	/	-	Thermometer
ความเป็นกรด- ด่าง	/	/	/	-	Electrometric Method (pH meter)
ปริมาณออกซิเจน ละลาย	-	-	/	-	Membrane Electrode Method
บีโอดีละลายน้ำ	/	/	-	-	Azide Modification Method
บีโอดีทั้งหมด	/	/	-	-	Azide Modification Method
ซีโอดีละลายน้ำ	/	/	-	-	Closed Reflux Method
ซีโอดีทั้งหมด	/	/	-	-	Closed Reflux Method
ข อ ง แ ฉี ง แขวนลอย	/	/	-	-	Gravimetric Method
ทีเคเอ็น	/	/	-	-	Macro – Kjeldahl Method
ไ น เ ต ร ท - ไนโตรเจน	/	/	-	-	Cadmium Reduction Method
ฟอสฟอรัส ทั้ง หมด	/	/	-	-	Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method
ซัลเฟต	/	/	-	-	Turbidimetric Method
SV ₃₀	-	-	/	-	Dilution Method
MLSS	-	-	-	/	Gravimetric Method
Filamentous bacteria	-	-	/	-	Gram and Neisser Method

ที่มา : APHA, AWWA and WEF, 1998

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ (/) คือ ทำการวิเคราะห์ (-) คือ ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

2.3.3 เทียบเคียงและระบุชนิดของแบคทีเรียสายใย โดยเทียบเคียงจาก Dichotomous Key for Filamentous Organism “Identification” in Activated Sludge (Jenkins, *et al.*, 1993) (ดังแสดงในภาคผนวก จ)

2.3.4 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดกลุ่มของแบคทีเรียสายใย อันได้แก่

ปริมาณออกซิเจนละลาย

ค่าความเป็นกรด-ด่าง

อุณหภูมิ

ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (Hydraulic Retention Time: HRT)

อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (Food to Microorganism Ratio: F/M ratio)

อายุตะกอน (Mean Cell Residence Time: MCRT)

โดยระยะเวลาเก็บกักน้ำ F/M ratio และอายุตะกอน คำนวณได้ดังนี้

วิธีคำนวณ HRT

$$HRT = \frac{V \times 24}{Q}$$

เมื่อ

HRT = ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในบ่อเติมอากาศ (ชั่วโมง)

V = ปริมาตรของน้ำเสียในบ่อเติมอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)

Q = อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่บ่อเติมอากาศ (ลูกบาศก์ต่อวัน)

24 = เวลา 24 ชั่วโมงในหนึ่งวัน

วิธีคำนวณ F/M ratio

$$F/M \text{ ratio} = \frac{Q \times BOD_5}{V \times MLSS}$$

เมื่อ $F/M \text{ ratio} =$ อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (กรัมบีโอดีต่อกรัมตะกอนแขวนลอยต่อวัน)
 $Q =$ อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)
 $BOD_5 =$ ค่าบีโอดีของน้ำเสีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
 $V =$ ปริมาตรของน้ำเสียในบ่อเติมอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)
 $MLSS =$ ตะกอนแขวนลอยในบ่อเติมอากาศ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

วิธีคำนวณ MCRT

$$\begin{aligned}
 \text{อายุตะกอน} & \quad \frac{\text{น้ำหนักของจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศ}}{\text{น้ำหนักของจุลินทรีย์ที่ออกจากระบบต่อวัน}} \\
 (\text{MCRT}), \text{ วัน} & = \\
 & = \frac{\text{น้ำหนักของจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศ}}{\text{น้ำหนักตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินที่นำไปทิ้ง} + \frac{\text{น้ำหนักตะกอนจุลินทรีย์ที่ออกมา}}{\text{กับน้ำออก}}}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 2.2 รายชื่อและที่ตั้งโรงงานน้ำยางข้นและอาหารทะเล ในเขตจังหวัดสงขลา ที่ดำเนินการศึกษา

ลำดับที่	รายชื่อโรงงาน	ที่ตั้งของโรงงาน	รหัสโรงงาน
	น้ำยางข้น		
1	บริษัทไทยฮัวยางพารา จำกัด	5 ถ.เอเชียสายใหม่ ม.10 ต.ท่าช้าง กิ่ง อ.บางกล่ำ สงขลา 90110	A
2	บริษัทไทยมารีเบอรี่โปรดักส์ จำกัด	201 ถ.เอเชีย-ท่าช้าง ม.4 ต. ท่าช้าง อ. บางกล่ำ สงขลา	B
3	บริษัทเซาท์เลนด้าเท็กซ์ จำกัด	99/9 ถ.สายเอเชีย ม.6 ต. ท่าช้าง อ. บางกล่ำ สงขลา	C
4	บริษัทเอสเคเลาเท็กซ์ จำกัด	89/2 ม.9 ต.ท่าช้าง อ.บางกล่ำ สงขลา	D
5	บริษัทบีเทคอินดัสเทรียล จำกัด	268 ม.5 ต.กำแพงเพชร อ.รัตภูมิ สงขลา	E
6	บริษัทจะนะน้ำยางข้น จำกัด	8/3 ถ.สงขลา-ปัตตานี ม.5 ต.บ้านนา อ.จะนะ สงขลา 90130	F
7	บริษัทอีฮับฮวด จำกัด	152 ม.3 บ้านสำนักหว้า ต. เขามีเกียรติ อ. สะเดา สงขลา	G
	รายชื่อโรงงานอาหารทะเล		
8	บริษัทแพ็คฟู๊ด จำกัด	113 ถ. กาญจนวนิช ม.1 ต. ท่าข้าม อ.หาดใหญ่ สงขลา	H
9	บริษัทคิงฟิชเชอร์โฮลดิ้ง จำกัด	24-26 ถ.ราษฎร์อุทิศ 1 ต.บ่อหย่าง อ.เมืองสงขลา สงขลา	I
10	บริษัทสงขลาโพรเซสฟู๊ดส์ จำกัด	70/5 ม.3 ต.เขารูปช้าง อ.เมือง สงขลา	J
11	บริษัทโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการ	84/22 ถ.สายเอเชีย ม.7 ต.คอหงส์ อ.	K

	ผลิต จำกัด	หาดใหญ่ สงขลา	
--	------------	---------------	--

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อโรงงาน	ที่ตั้งของโรงงาน	รหัส โรงงาน
	อาหารทะเล		
12	บริษัทสยามโกชนากร จำกัด	80/18 ถ.บ้านทุ่งใหม่ ม.3 ต.เขารูปช้าง อ.เมือง สงขลา	L
13	บริษัทสงขลาแคนนิ่ง จำกัด	350 ม.2 ถ.กาญจนวนิช ต.พะวง อ.เมือง สงขลา	M
14	บริษัทแมนเอโฟรสเซนฟู้ดส์ จำกัด	3/2 ม.7 ถ.เก้าเส้ง-จะนะ ต.เขารูปช้าง อ.เมือง สงขลา	N
15	บริษัทไทยอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	53 ซ.เสาวพฤกษ์ ถ.วิเชียรชม ม.3 ต. บ่อหยาง อ.เมืองสงขลา สงขลา	O
16	บริษัทณรงค์ซีฟู้ดส์ จำกัด	1422 ถ.เพชรเกษม ต.หาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ สงขลา	P
17	บริษัทห้องเย็นโซติวัฒน์อุตสาหกรรม จำกัด	4/2 ม.3 ต.นาหม่อม อ.นาหม่อม สงขลา	Q