บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 แบบจำลองถังปฏิกิริยายูเอเอสบี

ถังปฏิกิริยายูเอเอสบี 2 ชุดคือถัง A และถัง B มีปริมาตรเท่ากัน ทำจากวัสดุท่อพลาสติกอะคริลิกใส เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 63 มม. จำนวน 5 ท่อนต่อถัง แต่ละท่อนมีความยาว 1 ม. นำมาต่อเชื่อมเป็นท่อนยาวด้วยอุปกรณ์ข้อต่อพีวีซี แต่ละถังมีปริมาตรทำการ 15.59 ล. ระดับน้ำในถังมีความสูง 5.0 ม. ติดตั้งอุปกรณ์แยกสามสถานะ GSS (Gas - Solids Separator) ที่ความสูงประมาณ 4 ม. ที่บริเวณด้านล่างของถังปฏิกิริยามีจุดเก็บตัวอย่างน้ำรวม 11 จุดเพื่อศึกษา Solids Profile ของถังปฏิกิริยาที่สภาวะคงที่ รายละเอียดของถังปฏิกิริยาและระยะห่างของจุดเก็บตัวอย่างน้ำดังแสดงในรูปที่ 3.1 ถึง 3.3

3.1.2 เครื่องสูบน้ำเสีย

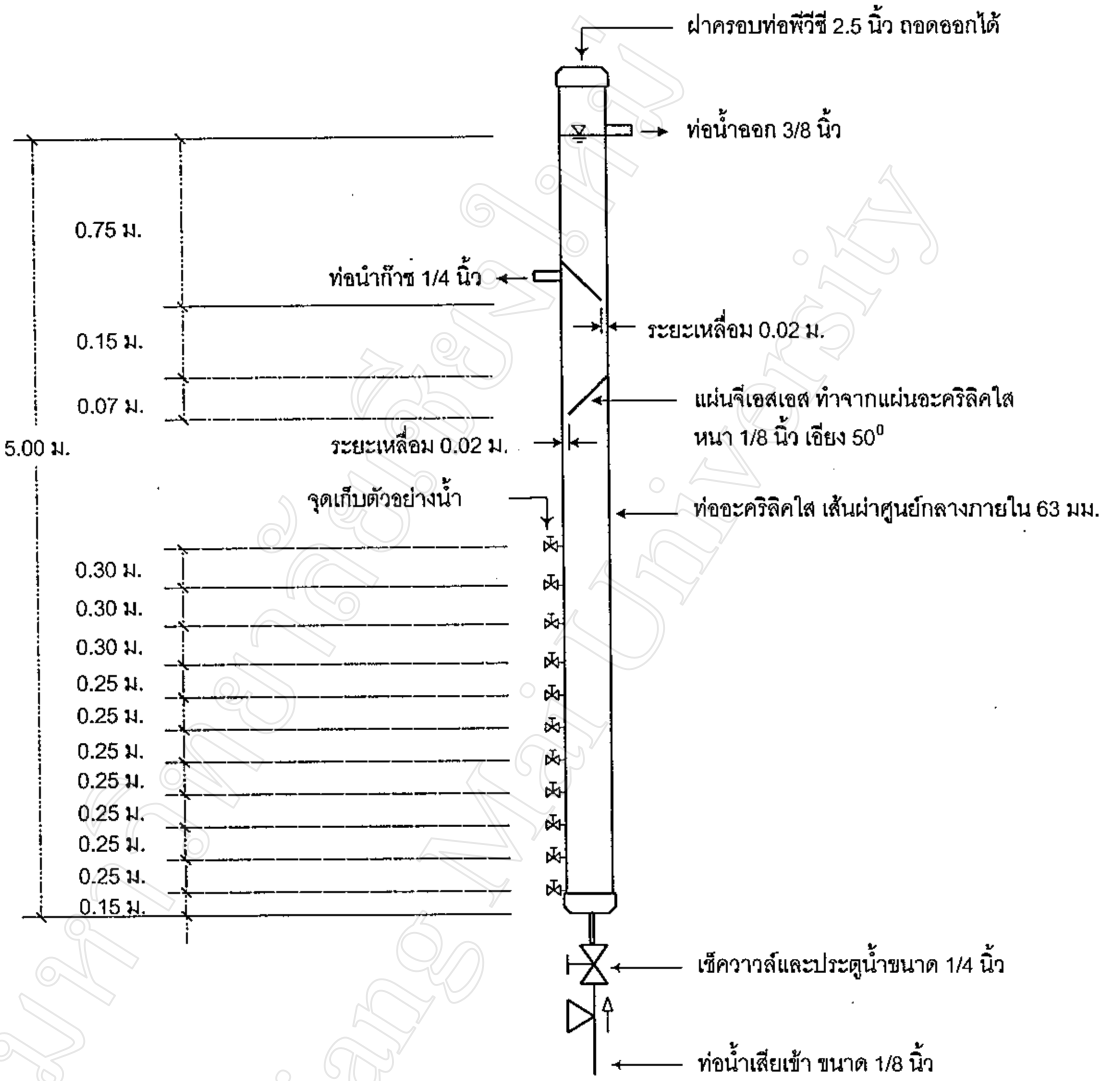
เครื่องสูบน้ำเสียเป็นเครื่องสูบน้ำแบบรีดสายหรือ Peristaltic Pump ยี่ห้อ GILSON รุ่น MINIPULS 3 จำนวน 2 เครื่องเพื่อสูบน้ำเข้าที่ด้านล่างถังของแต่ละถังปฏิกิริยา

3.1.3 ถังพักน้ำเสียและถังพักน้ำออก

น้ำเสียที่จะเข้าถังถูกพักในถังพลาสติกขนาด 70 ล.กวนด้วยเครื่องกวนแบบใบพัด ยี่ห้อ EYELA รุ่น MDC-MS ในการป้อนน้ำเสียแก่ถังปฏิกิริยาทั้งสองถัง ถังพักน้ำออกของแต่ละถังปฏิกิริยาจะถูกพักในถังพลาสติกขนาด 20 ล.

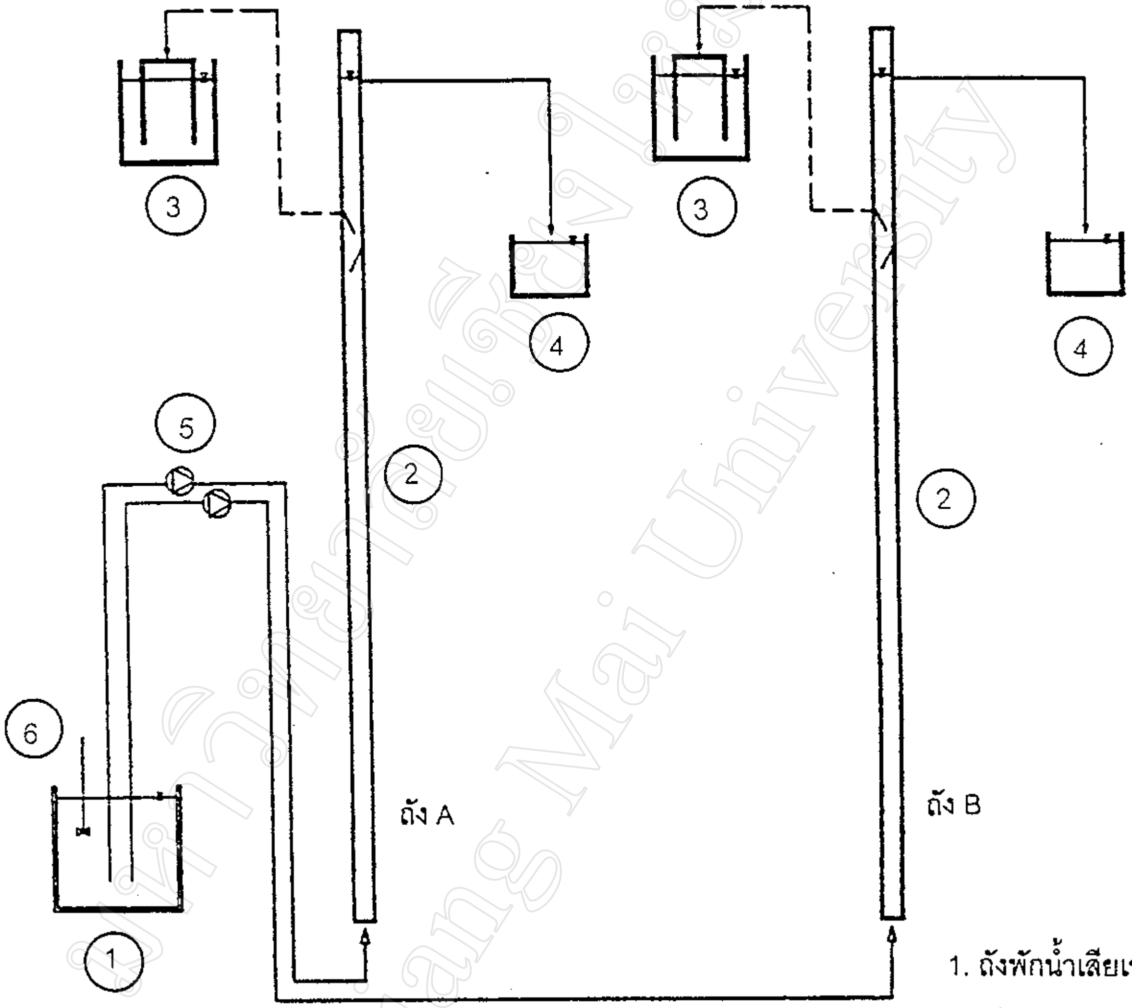
3.1.4 อุปกรณ์วัดก๊าซชีวภาพ

ถังปฏิกิริยาแต่ละถังมีอุปกรณ์เก็บก๊าซชีวภาพโดยอาศัยหลักการการแทนที่น้ำ รายละเอียดของถังเก็บก๊าซดังแสดงในรูปที่ 3.4 น้ำในถังเก็บก๊าซชีวภาพจะถูกปรับให้มีค่าพีเอช 4 เพื่อป้องกันการละลายน้ำของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนซัลไฟด์



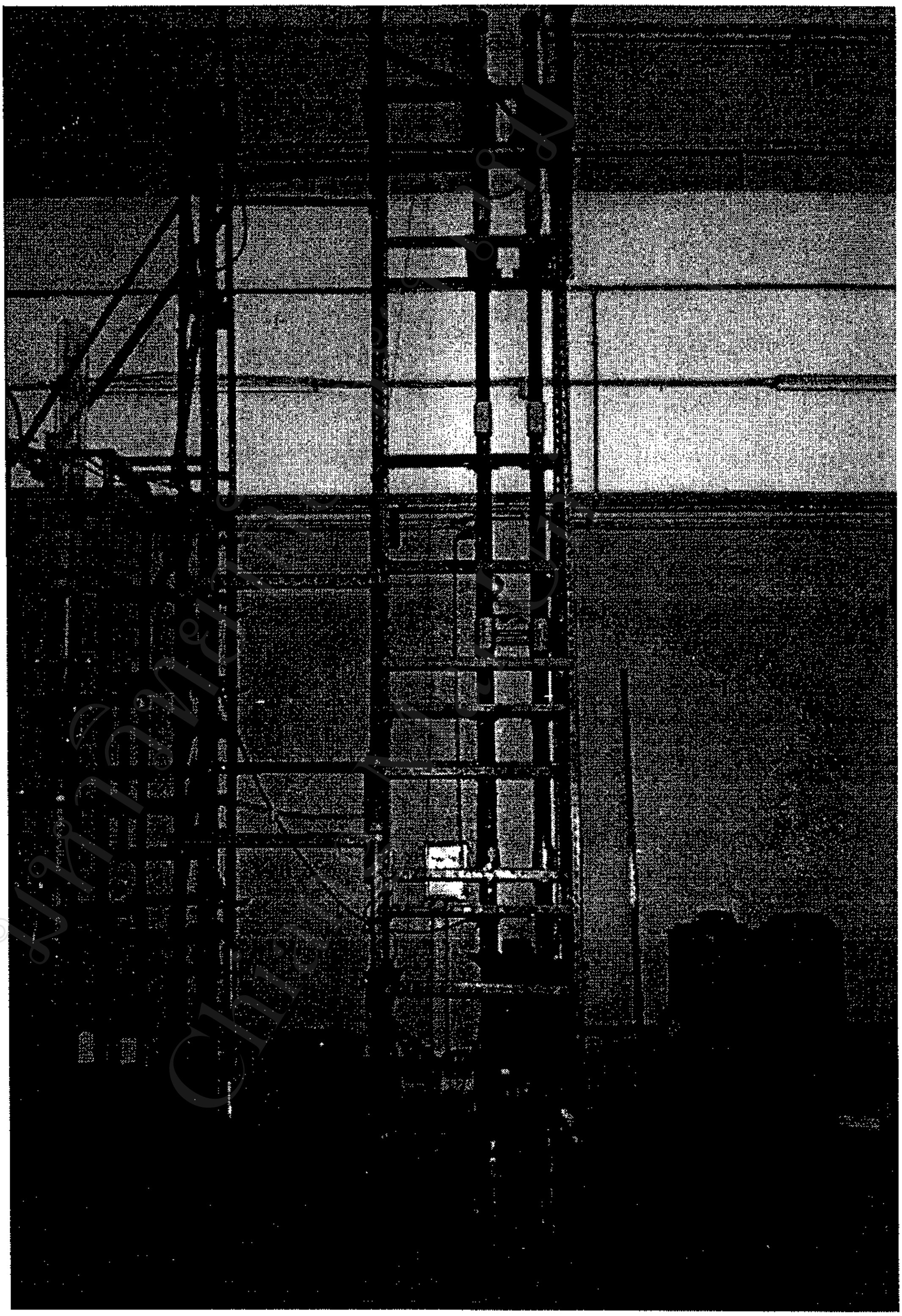
รูปที่ 3.1 รายละเอียดและขนาดของถังปฏิกิริยายูเอเอสบี

มาตราส่วน : ไม่มี

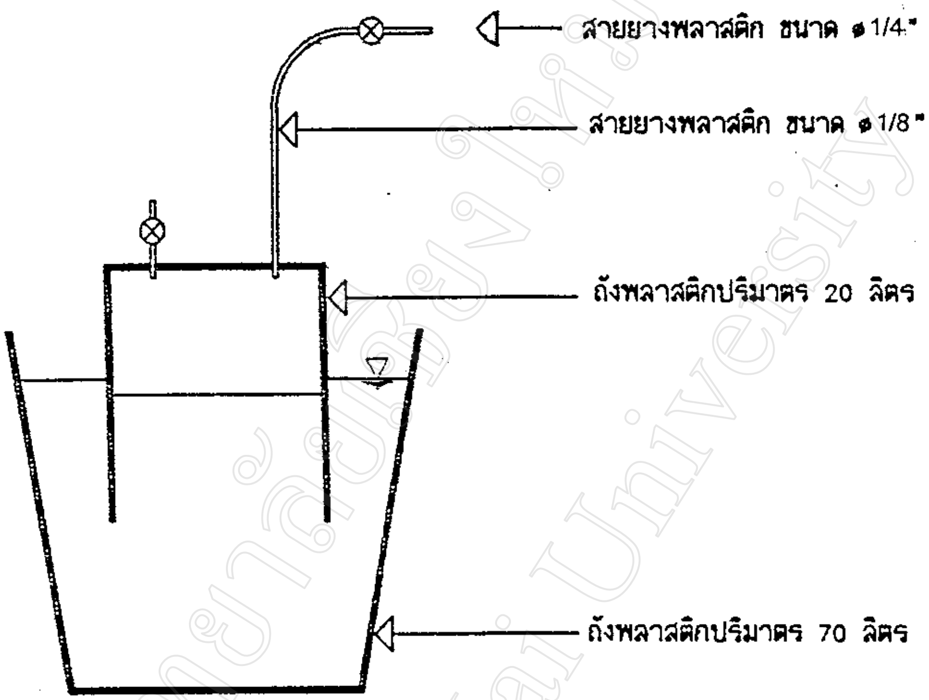


1. ถังพักน้ำเสียเข้า
2. ถังปฏิกิริยายูเอเอสบี
3. ถังเก็บก๊าซชีวภาพ
4. ถังพักน้ำออก
5. เครื่องสูบน้ำเสีย
6. เครื่องกวน

รูปที่ 3.2 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือ



รูปที่ 3.3 ลักษณะการติดตั้งถังปฏิกิริยายูเอเอสบี A และ B



รูปที่ 3.4 รายละเอียดและขนาดของถังเก็บก๊าซ

3.2 น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา

น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาเป็นน้ำเสียจริงจากโรงงานฟอกและย้อมสีเส้นไหมของ หจก. เพ็ญศิริไหมไทย จังหวัดลำพูน เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านสถานที่ของโรงงานฟอกย้อมไหม ทำให้ไม่สามารถทำการเก็บน้ำเสียจากบ่อรวบรวมน้ำเสียได้ จึงได้ทำการเก็บรวบรวมน้ำฟอกไหมและน้ำย้อมไหมโดยตรงจากถังฟอกในขั้นตอน (1) และถังย้อมขั้นตอน (3) ของรูปที่ 2.7 เดือนละครั้ง นำมาผสมกันในอัตราส่วนที่เท่าๆ กัน แล้วนำไปเก็บรักษาในห้องอุณหภูมิ 4^{0}ซ ของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และจะเก็บรักษาเป็นเวลาไม่เกินหนึ่งเดือนเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของน้ำเสีย ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากการเก็บตัวอย่างแบบเฉพาะที่เวลาต่างๆ กันจำนวน 6 ตัวอย่างในช่วงเดือนเมษายน - มิถุนายน 2541 จากโรงงานดังแสดงในตารางที่ 3.1 น้ำเสียที่ผสมกันแล้วนี้จะถูกนำมาเจือจางก่อนป้อนแก่ระบบเพื่อลดความเข้มข้นของสารยับยั้งในน้ำเสียซึ่งได้แก่สารช่วยฟอก สารช่วยย้อม สารด่างและสบู่ แอมโมเนียไนโตรเจนและ

ความเป็นด่างที่สูงเกินไป ให้มีความเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ โดยจะเจือจางให้มีค่าความเข้มข้นซีโอดี 2,500 มก./ล. ทุกการทดลอง อัตราส่วนของการเจือจางอยู่ในช่วง 1:2 - 1:10 น้ำเสียที่ถูกเจือจางแล้วนี้มีลักษณะสมบัติดังแสดงในตารางที่ 3.2

เนื่องจากน้ำเสียมีความแปรผันมากขึ้นกับชนิดของสีย้อมและชนิดของพันธุ์ไหม ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงจำกัดชนิดของสีย้อมและพันธุ์ไหมในการศึกษาการทดลองระยะที่ 1 และ 2 ให้เป็นเฉพาะสีย้อมชนิดสีแอซิดกับไหมพันธุ์ผสม แต่ไม่จำกัดโทนสี (Hue) และความเข้มของสีย้อม ทำการบันทึกโทนสีทุกครั้ง การกำหนดโทนสีจะแบ่งเป็น 10 โทนสีตามวิธีของ Standard Methods (APHA, AWWA, WPCF, 1995) ได้แก่สีม่วง น้ำเงิน เขียวออกน้ำเงิน เขียว เหลืองออกเขียว เหลือง แสดออกแดง แสด แดงออกแสด และแดง การเปลี่ยนน้ำเสียที่ป้อนแก่ระบบในการทดลองระยะที่ 1 และ 2 มีความถี่เดือนละครั้ง เพื่อหลีกเลี่ยงการแปรผันของลักษณะสมบัติของน้ำเสีย การทดลองระยะที่ 3 เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่มีการป้อนน้ำเสียตามสภาพที่เกิดจริงในโรงงานโดยไม่จำกัดชนิดของสีย้อมและชนิดของพันธุ์ไหมแก่ถัง B ความถี่ที่ป้อนน้ำเสียประมาณสองครั้งต่อสัปดาห์

ตารางที่ 3.1 ลักษณะสมบัติน้ำเสียโรงงานฟอกและย้อมสีไหมของหจก.เพ็ญศิริไหมไทย

พารามิเตอร์	หน่วย	พิสัย
ซีโอดี	มก./ล.	8,000 - 30,500
ซีโอดีกรอง	มก./ล.	6,200 - 26,500
บีโอดี(BOD_5)	มก./ล.	6,200 - 20,000
พีเอช	-	9.0 - 9.9
ของแข็งแขวนลอย	มก./ล.	660 - 1,760
ของแข็งแขวนลอยระเหย	มก./ล.	300 - 1,370
ความเป็นด่างรวม	มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต	2,390 - 4,550
กรดไขมันระเหย	มก./ล.อะซิติก	560 - 2,240
เจดาลห์ไนโตรเจน	มก./ล.	2,390 - 4,550
ฟอสฟอรัสรวม	มก./ล.	31 - 68

ตารางที่ 3.2 ลักษณะสมบัติน้ำเสียที่เจือจางให้มีความเข้มข้นซีโอดี 2,500 มก./ล.

พารามิเตอร์	หน่วย	พิสัย
ซีโอดี	มก./ล.	2,500
ซีโอดีกรอง	มก./ล.	1,800 - 2,000
บีโอดี(BOD_5)	มก./ล.	1,200 - 1,050
พีเอช	-	7.8 - 8.0
ของแข็งแขวนลอย	มก./ล.	230 - 300
ของแข็งแขวนลอยระเหย	มก./ล.	200 - 230
ความเป็นด่างรวม	มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต	550 - 760
กรดไขมันระเหย	มก./ล.อะซิติก	400 - 700
เจดาลห์ไนโตรเจน	มก./ล.	250 - 300
ฟอสฟอรัสรวม	มก./ล.	5.0 - 5.1

3.3 การดำเนินการวิจัย

3.3.1 การเริ่มต้นระบบ

การเริ่มต้นระบบใช้ตะกอนหัวเชื้อจากถังหมักตะกอนแบบไร้อากาศจากโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นำมากรองเพื่อคัดของแข็งแขวนลอยชิ้นใหญ่ออก แล้วบรรจุตะกอนลงในถังปฏิกิริยาทั้งสองถังในปริมาณเท่าๆ กันจำนวนถังละ 3.9 ลิตร และเนื่องจากขณะทำการรวบรวมตะกอนนั้นเป็นช่วงที่ถังหมักตะกอนสูบเอาตะกอนที่มีความเข้มข้นน้อยออกมา ทำให้ได้ตะกอนหัวเชื้อที่ใช้ในการทดลองมีความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยระเหยน้อย คือมีค่าความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยระเหย 9,000 มก./ล. คิดเป็นปริมาณตะกอนหัวเชื้อเท่ากับ 2.2 กก.ของแข็งแขวนลอยระเหย/ม.^{3} ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าที่ Pol and Lettinga (1986) แนะนำในกรณีใช้ตะกอนหัวเชื้อแบบเจือจาง คือควรใช้ 6 กก.ของแข็งแขวนลอยระเหย/ม.^{3} หลังจากนั้นเติมน้ำเสียที่ถูกเจือจางด้วยน้ำประปาที่ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงในอัตราส่วนน้ำเสียต่อน้ำประปา 1:2 จนเต็มถังปฏิกิริยาเพื่อให้ตะกอนเกิดการปรับสภาพกับน้ำเสีย ทำการหมักไว้เป็นเวลาประมาณ 1 เดือน

3.3.2 แผนงานวิจัย

เมื่อแบคทีเรียในถังปฏิกิริยาปรับสภาพให้เข้ากับน้ำเสียและสร้างก๊าซมีเทนได้มากพอมีปริมาณใกล้เคียงกับทฤษฎีแล้ว เริ่มทำการทดลองในถังปฏิกิริยา A และ B ด้วยค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.54 และ 2.56 กก.ซีโอดี /(ม^3.วัน) ตามลำดับ โดยค่อย ๆ เพิ่มความเข้มข้นครั้งละร้อยละ 20 รายละเอียดแผนงานวิจัยดังแสดงตามตารางที่ 3.3 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างน้ำจากถังปฏิกิริยา ความถี่ และการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นไปตามตารางที่ 3.4 เมื่อสิ้นสุดการทดลองแต่ละครั้งและระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดเก็บตัวอย่างของถังปฏิกิริยาที่ความสูงต่าง ๆ กัน 11 จุด เพื่อศึกษา Solids Profile ของแต่ละพารามิเตอร์ที่แปรผันตามความสูงของถังปฏิกิริยา

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการลดสีของระบบ ทำโดยการวิเคราะห์หาความเข้มสีของน้ำตัวอย่างในหน่วยเอสยู หรือ Space Unit (SU) ซึ่งหาได้จากค่าพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัดส่วนการดูดกลืนแสง (Absorbance) กับค่าความยาวคลื่นแสง (Wavelength) แล้วหาค่าร้อยละที่ลดลงของค่าความเข้มสีของน้ำออกถัง A และ B เปรียบเทียบกับค่าความเข้มสีของสีน้ำเข้า การวัดค่าสัดส่วนการดูดกลืนแสงได้ทำการวัดที่ความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400 - 700 นาโนเมตรและอ่านค่าทุก 10 นาโนเมตร การวิเคราะห์ความเข้มสีได้ทำการวิเคราะห์ทั้งแบบสีจริง (True Color) ซึ่งได้ทำการแยกของแข็งแขวนลอยออกก่อนด้วยวิธีการเหวี่ยง 1500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 40 นาที และแบบสีปรากฏ (Apparent Color) ที่รวมผลของการหักเหแสงเนื่องจากสารแขวนลอยในน้ำตัวอย่างด้วย

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดการทดลอง

การทดลอง	ถังปฏิกิริยา	อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ กก.ซีโอดี/(ม^3.วัน)	อัตราน้ำเสียเข้า ล./วัน	เวลาเก็บกักน้ำ ชม	ความเร็วไหลขึ้นของน้ำ ม./ชม	ระยะเวลาการทดลอง เดือน
1	A	1.54	9.4	39.8	0.12	3
	B	2.56	15.6	24.0	0.21	3
2	A	0.52	3.1	120.0	0.04	2
	B	1.04	6.2	60.0	0.08	2
3	B	1.01*	6.2	60.0	0.08	2

<u>หมายเหตุ</u> * - ทำการทดลองน้ำเสียตามสภาพชนิดของน้ำเสียที่เกิดจริงในโรงงานโดยไม่จำกัดชนิดสีย้อมและชนิดพันธุ์ไหมจนเข้าสู่สภาวะคงที่หรือตามเวลาที่กำหนด

ตารางที่ 3.4 ตำแหน่งและความถี่ของการเก็บตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์

พารามิเตอร์	จุดเก็บตัวอย่าง		ความถี่	วิธีวิเคราะห์
	น้ำเข้า	น้ำออก		
ซีโอดี*** ซีโอดีกรอง***	/	/	2 ครั้ง/สัปดาห์**	Open Reflux
ของแข็งแขวนลอย*** ของแข็งแขวนลอยระเหย***	/	/	2 ครั้ง/สัปดาห์**	Gravimetric Method
กรดไขมันระเหย	/	/	2 ครั้ง/สัปดาห์**	Dilallo and Albertson (1960)
ความเป็นด่างรวม	/	/	2 ครั้ง/สัปดาห์**	Titration
เจดาลห์ไนโตรเจน	/	/	ทุก 2 สัปดาห์	Kjeldahl Method
แอมโมเนียในรูปไนโตรเจน	/	/	ทุก 2 สัปดาห์	Distillation and Acid Titration
ฟอสฟอรัสรวม	/	/	ทุก 2 สัปดาห์	Persulfate and Ascorbic Acid
อุณหภูมิ พีเอช โออาร์พี	/	/	ทุกวัน	pH Meter (HACH EC 10)
สภาพการนำไฟฟ้า	/	/	2 ครั้ง/สัปดาห์	Conductivity Meter(Handylab LF1)
สี (Space Unit)	/	/	2 ครั้ง/สัปดาห์**	UV-VIS Spectrophotometer (JASCO 7800)
ปริมาณก๊าซชีวภาพ	ถังเก็บก๊าซ		ทุกวัน	-
องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ	ถังเก็บก๊าซ		ทุก 2 สัปดาห์	

หมายเหตุ : ** เพิ่มเป็น 3 ครั้งต่อสัปดาห์เมื่อการทดลองเข้าสู่สภาวะคงที่

*** ทำการวิเคราะห์ที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำ 11 จุดเพื่อศึกษา Solids Profile ที่สภาวะคงที่

3.3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

การวิเคราะห์และการเก็บตัวอย่างน้ำ กระทำตามวิธี Standard Methods (APHA, AWWA, WPCF, 1995) ยกเว้นค่ากรดไขมันระเหยจะใช้วิธีวิเคราะห์ของ Dilallo and Albertson, (1960) การหาค่าความเข้มสีใช้วิธี Space Unit การเก็บตัวอย่างน้ำออกเพื่อทำการวิเคราะห์จะเก็บที่ถังพักน้ำออก ยกเว้นการวิเคราะห์ค่าพีเอช อุณหภูมิ สภาพการนำไฟฟ้า โออาร์พีของน้ำออกที่จะวัดที่ด้านบนของถัง การเก็บตัวอย่างน้ำเข้าจะเก็บที่ถังพักน้ำเสียเข้า

3.3.4 สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูลทั้งหมดกระทำในห้องปฏิบัติการกลางภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่