บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

3.1 การคัดเลือกสีย้อมที่นำมาใช้ในการทดลอง

ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.1.3 ว่าด้วยเรื่องสีย้อมและการจำแนกสีย้อม ว่าสีย้อมแบ่งออกได้เป็นหลายประเภททั้งตามวิธีนำไปใช้งานและตามสูตรโครงสร้าง ดังนั้น การที่จะทำการทดลองศึกษาถึงการกำจัดสีของน้ำเสียให้ครอบคลุมสีทุกชนิดจึงเป็นไม่ได้ การศึกษานี้จึงได้เลือกศึกษาเฉพาะการกำจัดสีของน้ำเสียจากการย้อมฝ้าย ด้วยสาเหตุที่ว่าสีย้อมที่ใช้ย้อมฝ้ายมีอยู่ด้วยกัน 6 ประเภท ซึ่งสามารถที่จะทำการทดลองศึกษาได้ในเวลาที่ไม่ยาวนานเกินไป

สีย้อมที่ใช้ย้อมฝ้ายทั้ง 6 ประเภทนี้ แบ่งประเภทตามการนำไปใช้งานได้แก่

1. สีย้อมไดเรกท์
2. สีย้อมแวต
3. สีย้อมรีแอคคีฟ
4. สีย้อมซัลเฟอร์
5. สีย้อมอะโซอิค
6. สีย้อมเมททัลลิค

การย้อมฝ้ายนอกจากจะมีสีย้อมทั้ง 6 ประเภทดังกล่าวแล้ว สีย้อมแต่ละประเภทยังแบ่งออกเป็นโทนสีต่าง ๆ อีกมากมาย ดังนั้นเพื่อที่จะให้การศึกษาครอบคลุมปัญหาข้อนี้ การคัดเลือกสีย้อมที่นำมาใช้ในการทดลองจึงได้รวมเอาชนิดของโทนสีไว้ด้วย กล่าวคือ จะได้ทำการทดลองไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง (หรือ 3 ตัวอย่าง) สำหรับสีย้อมแต่ละประเภท เช่น สีย้อมไดเรกท์ สีย้อมแวต ฯลฯ โดยที่แต่ละตัวอย่างที่เลือกนำมาทดลองจะมีโทนสีแตกต่างกันออกไปอย่างเห็นได้ชัด เช่น เหลือง แดง น้ำเงิน น้ำตาล ฯลฯ ส่วนมาตรการในการคัดเลือกโทนสีที่จะนำมาใช้ในการทดลองสำหรับแต่ละประเภทสีก็ได้พิจารณาจากความนิยมของตลาดเป็นสำคัญ

กล่าวคือได้สำรวจและเลือกโทนสีที่ได้รับความนิยมมากโดยอาศัยข้อมูลจากการผลิตของโรงงานย้อมผ้า "ยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอ" ส่วนสีย้อมอีกบางประเภท เช่น สีย้อมอะโซอิคและสีย้อมเมทัลลิคซึ่งเป็นสีย้อมที่มีชนิดของโทนสีให้เลือกน้อย ได้พิจารณาเลือกมาประเภทละ 2 ตัวอย่าง และ 1 ตัวอย่างตามลำดับ ชนิดของสีย้อมที่นำมาใช้ในการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

3.2 <u>การเตรียมตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์สำหรับการทดลอง</u>

เมื่อได้คัดเลือกสีย้อมที่จะนำมาใช้ในการทดลองตามตารางที่ 3.1 แล้ว จึงได้วางแผนงานที่จะเก็บตัวอย่างน้ำเสียอันเกิดจากการย้อมจากโรงงานเพื่อทดลองต่อไป ซึ่งพบว่าไม่สามารถกระทำได้เนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

ก. ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในการทดลองค่อนข้างมาก เกิดอุปสรรคในการขนถ่ายน้ำเสียจากโรงงานถึงห้องปฏิบัติการ

ข. ความไม่สัมพันธ์กันระหว่างแผนงานการศึกษากับแผนการผลิตของโรงงานทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างน้ำเสียในเวลาที่ต้องการได้

ค. การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้ได้ตัวแทนชนิดของน้ำเสียจากการย้อมจริง ๆ ทำได้ยากมากโดยเฉพาะกรณีการย้อมแบบครั้งคราวทำให้ต้องเก็บตัวอย่างน้ำแบบตัวอย่างรวม (Composite sample) ซึ่งต้องใช้เวลามาก ประกอบกับตัวอย่างน้ำเสียที่จะนำมาใช้ในการทดลองมีหลายชนิดปะปนกันทำให้ไม่สามารถแยกเป็นสีแต่ละประเภทตามเจตน์จำนงได้

ง. การทดลองศึกษาการกำจัดสีโดยขบวนการโคแอกกูเลชันสำหรับแต่ละสีย้อมต้องใช้เวลาทดลองยาวนานอย่างน้อย 1-2 สัปดาห์ ทำให้น้ำเสียที่เก็บมาจากโรงงานเปลี่ยนสภาพไปได้ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนเป็นตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมด้วยสีย้อมซัลเฟอร์ น้ำเสียของสีย้อมชนิดนี้เมื่อตั้งทิ้งไว้ข้ามคืนจะเกิดการรวมตัวของอนุภาคของสีย้อมเอง เกิดการตกตะกอนแยกตัวออกจากน้ำได้โดยไม่ต้องทำการสิ่งหนึ่งสิ่งใด ลักษณะของน้ำทิ้งจึงเปลี่ยนไปโดยปริยาย

จากเหตุทั้ง 4 ประการนี้ทำให้จำเป็นต้องสังเคราะห์น้ำเสียขึ้นเอง โดยอาศัยความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญในด้านการย้อมสีของบริษัทยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอ ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มนี้จักได้ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับสถิติการใช้วัตถุดิบในการย้อมสีแต่ละประเภทของโรงงานประกอบกับระดับ

ตารางที่ 3.1 ชนิดของสีย้อมที่ใช้ในการทดลอง

ประเภทของสีย้อม	โทนสี	ชนิดของสีย้อมที่นำมาใช้ในการทดลอง		
		Commercial Name	CI. Generic Name	CI. Constitution Number
สีย้อมไดเรกท์	แดง	Kayarus Light Scarlet F2G	CI. Direct Red 224	*
	เหลือง	Kayarus Yellow GLS	-	*
	น้ำเงิน	Kayarus Blue FF.RL	-	*
สีย้อมแวต	แดง	Indanthrene Red FBB	CI. Vat Red 10	67000
	เหลือง	Indanthrene Yellow 5GF	CI. Vat Yellow 46	*
	น้ำเงิน	Indanthrene Blue RS	CI. Vat Blue 4	69800
สีย้อมรีแอคตีฟ	แดง	Remazol Red F3B	-	*
	เหลือง	Remazol Yellow R	-	*
	น้ำเงิน	Remazol Brill Blue RN	CI. Reactive Blue 19:1	61200
สีย้อมซัลเฟอร์	เขียว	Sodyesul Green NYFC	CI. Leuco Sulphur Green 2	53571
	น้ำเงิน	Sodyesul Blue 2G BCF	CI. Leuco Sulphur Blue 13	53450
	น้ำตาล	Sodyesul Brown FCF	CI. Sulphur Brown 37	*
สีย้อมอะโซอิค	ไม่มีสี	Naphthol AS	CI. Azoic Coupling Component 2	37505
	แดง	Fast Red B Salt	CI. Azoic Diazo Component 5	37125
	ส้ม	Fast Bordeaux GP Salt	CI. Azoic Diazo Component 1	37135
สีย้อมเบททัลลิค	น้ำเงิน	Phthalogen Brill Blue IF3GM	CI. Ingrain Blue 2:1	74160

หมายเหตุ: เครื่องหมาย " - " ในช่อง CI. Generic Name หมายถึงสีที่ใช้เป็นสีใหม่ ยังไม่มีการจัดหมวดหมู่
เครื่องหมาย " * " ในช่อง CI. Constitution Number หมายถึงว่ายังไม่ทราบโครงสร้างของตัวสี จึงไม่สามารถจะจัดแบ่งตัวสีเข้ากลุ่มได้

ความสามารถในการติดลงบนเส้นใยของสีนั้น ๆ มาเป็นบันทัดฐานในการคำนวณหาส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ควรจะเป็นของน้ำเสีย ซึ่งทำให้ได้สูตรสำเร็จที่ใช้สำหรับเตรียมตัวอย่างน้ำเสียดังต่อไปนี้

3.2.1 <u>สูตรสังเคราะห์น้ำเสียโดยใช้สีย้อมไดเรกท์</u>

<u>สีย้อม</u>

1.	Kayarus Light Scarlet F2G	=	0.0882	กรัม/ลบ.ดม.
2.	Kayarus Blue FF.RL	=	0.0882	"
3.	Kayarus Yellow GLS	=	0.0882	"

<u>สารช่วยย้อม</u>

1.	G-salt (Na_2SO_4)	=	5.15	"
2.	Soda ash	=	2.06	"
3.	Polytergent B-350(100 %)	=	0.074	"

หมายเหตุ: การเตรียมน้ำเสียของสีย้อมแต่ละชนิด ทำได้โดยนำปริมาณของสีย้อมที่ต้องการเตรียมมาผสมกับสารช่วยย้อมทั้งหมด จากนั้นจึงผสมน้ำลงไปตามอัตราส่วน

3.2.2 <u>สูตรสังเคราะห์น้ำเสียโดยใช้สีย้อมแวต</u>

<u>สีย้อม</u>

1.	Indanthrene Blue RS	=	0.046	กรัม/ลบ.ดม.
2.	Indanthrene Red FBB	=	0.046	"
3.	Indanthrene Yellow 5GF	=	0.046	"

<u>สารช่วยย้อม</u>

1.	Tamanori SA-25	=	0.110	"
2.	Acetic acid (90 %)	=	0.006	"

3.	Sodium hydrosulfite	=	0.220	กรัม/ลบ.ดม.
4.	Sodium hydroxide	=	0.187	"
5.	Sodium chloride	=	0.110	"
6.	Hydrogen per oxide (50 %)	=	0.022	"
7.	Polutergent B-350 (25 %)	=	0.015	"
8.	Soda ash	=	0.015	"

3.2.3 **สูตรสังเคราะห์น้ำเสียโดยใช้สีย้อมรีแอคตีฟ**

สีย้อม

1.	Remazol Brill Blue RN	=	0.065	กรัม/ลบ.ดม.
2.	Remazol Yellow R	=	0.065	"
3.	Remazol Red F3B	=	0.065	"

สารช่วยย้อม

1.	Soda ash	=	1.72	"
2.	G-salt (Na_2SO_4)	=	5.70	"
3.	Imacol J	=	0.11	"
4.	Sancowad Co	=	0.29	"
5.	Kierlon OLS	=	0.29	"

3.2.4 **สูตรสังเคราะห์น้ำเสียโดยใช้สีย้อมซัลเฟอร์**

สีย้อม

1.	Sodyesul Green NYFC	=	1.0	กรัม/ลบ.ลม.
2.	Sodyesul Blue 2GBCF	=	1.0	"
3.	Sodyesul Brown FCF	=	1.0	"

สารช่วยย้อม

1. Sodium sulfide = 0.38 กรัม/ลบ.ดม.
2. Sodyeco penetrant EH = 0.006 "
3. Soap agent = 0.06 "
4. $Na_2Cr_2O_7$ = 0.05 "

3.2.5 สูตรสังเคราะห์น้ำเสียโดยใช้สีย้อมอะโซอิค

กลุ่ม ก.

1. Naphtol AS-สีย้อย = 0.037 กรัม/ลบ.ดม.
2. Ofnapon ASN = 0.019 "
3. Caustic Soda (45 °Be) สารช่วยย้อม = 0.026 ลบ.ซม./ลบ.ดม.
4. Cargon PT = 0.004 กรัม/ลบ.ดม.

กลุ่ม ข.

5. Fast Red B Salt = 0.110 กรัม/ลบ.ดม.
หรือ 6. Fast Bordeaux GP Salt (สีย้อม) = 0.110 "
7. CH_3COOH = 0.009 ลบ.ซม./ลบ.ดม.
8. Remol ASN (สารช่วยย้อม) = 0.007 กรัม/ลบ.ดม.

การเตรียมตัวอย่างน้ำเสียของสีย้อมอะโซอิคมีความยุ่งยากและแตกต่างกว่าการเตรียมตัวอย่างน้ำเสียชนิดอื่น ๆ เพราะสีของตัวอย่างน้ำชนิดนี้ไม่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากสีย้อมแต่เพียงชนิดเดียว แต่เกิดขึ้นจากสีย้อม 2 ชนิดมาทำปฏิกิริยากันเรียกกันว่า "ปฏิกิริยาคับปลิง" (coupling reaction) แล้วให้สีชนิดใหม่ขึ้นมา

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นว่าสีย้อมอะโซอิคที่เลือกมาใช้ทดลองมี 3 ชนิด คือ Naphtol AS, Fast Red B Salt และ Fast Bordeaux GP Salt แต่จะเตรียมตัวอย่างน้ำเสียได้เพียง 2 ชนิดเท่านั้นคือ ตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากปฏิกิริยาคับปลิงของ Naphtol AS กับ Fast Red B Salt ให้สีออกมาเป็นสีแดงและตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจาก

ปฏิกิริยาคับปลิงของ Naphtol AS กับ Fast Bordeaux GP Salt ให้สีออกมาเป็นสีส้ม

การเตรียมตัวอย่างน้ำเสียของสีย้อมประเภทนี้ต้องแยกผสมสีย้อมและสารช่วยย้อมออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่ม ก. และกลุ่ม ข. นำส่วนผสมในกลุ่ม ก. มาละลายน้ำแล้วต้มให้ให้เดือดตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จึงค่อยนำมาผสมรวมกับกลุ่ม ข. จากนั้นจึงเติมสารช่วยย้อมอีก 2 ชนิดลงไปด้วยในอัตราส่วนดังนี้

๙.	Polytergent B-350 (25 %)	=	0.015	ลบ.ซม/ลบ.ดม.
๑๐	Soda ash	=	0.015	กรัม/ลบ.ดม.

3.2.6 สูตรสังเคราะห์น้ำเสียโดยใช้สีย้อมเมททัลลิค

สีย้อม

๑.	Phthalogen Br. Blue IF-3GM	=	0.0892	กรัม/ลบ.ดม.

สารช่วยย้อม

๑.	Levasol TR	=	0.446	"
๒.	Emulsifier PHN	=	0.89	"
๓.	Urea	=	1.45	"
๔.	Sodium nitrite	=	0.41	"
๕.	Soda ash	=	0.82	"
๖.	Hydrochloric acid	=	0.41	ลบ.ซม./ลบ.ดม.
๗.	Polytergent B-350 (25 %)	=	0.82	"

3.3 การวัดสี

3.3.1 การศึกษาการวัดค่าของสี

ในเบื้องต้นได้พยายามหาข้อมูลเกี่ยวกับการวัดสีที่ปฏิบัติกันอยู่ภายในประเทศ ทั้งนี้เพราะต้องการให้ผลการวิจัยเหมาะสมกับภาวะการณ์ภายในประเทศ ได้พบว่าการวัดสีที่

กระทำกันจะวัดในรูปของสารละลายมาตรฐานเอพีเอชเอทั้งสิ้น การวัดค่าของสีด้วยวิธีนี้เป็นการยัดเยียดเทียบสีของตัวอย่างน้ำ (ที่มีอยู่ด้วยกันหลากหลายโทนสี) กับสีของสารละลายมาตรฐาน (ซึ่งมีสีออกเหลือง) ค่าที่วัดได้จึงเป็นค่าที่เป็นไปไม่ได้และมีความน่าเชื่อถือน้อย ไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อผลทางวิชาการต่อไปได้

พัฒนาการลำดับต่อไปเกี่ยวกับการวัดสีภายในประเทศจึงเริ่มหันมาพิจารณาโทนสีของน้ำเสียเพิ่มเติมเข้าไปด้วย โดยเริ่มทำการวัดสีด้วยเครื่องมือเทียบสีที่เรียกว่าทินโทมิเตอร์ (Tintometer) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้หลักการผสมแม่สีทั้ง 3 เข้าด้วยกัน[12] การวัดสีของน้ำเสียกระทำโดยปรับค่าความสว่างไว้ที่ค่า 50 จากนั้นนำตัวอย่างน้ำเสียมาทำการวัดเทียบสีโดยพยายามปรับค่าแผ่นฟิลเตอร์ของเครื่องมือที่มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิดจนสีที่ได้รับจากการผสมแสงที่ผ่านจากแผ่นฟิลเตอร์มีค่าเท่ากับสีของตัวอย่างน้ำเสีย (เมื่อดูด้วยตา) นำผลที่ได้จากการวัดเทียบจากแผ่นฟิลเตอร์มารวมกัน ค่าที่ได้เรียกว่า "ค่าผลรวมของหน่วยโลวิบอนด์"

วิธีวัดสีโดยใช้หน่วย "ค่าผลรวมของหน่วยโลวิบอนด์" นี้เป็นวิธีที่คาดเดากันเอาไว้ว่าจะเป็นวิธีมาตรฐานที่จะนำไปใช้ในการวัดค่าของสีต่อไปในอนาคตอันใกล้นี้ ดังนั้นการวัดสีของตัวอย่างน้ำเสียในการวิจัยจึงจะใช้ค่าผลรวมของหน่วยโลวิบอนด์เป็นหลักและได้จัดซื้อเครื่องมือวัดสี "ทินโทมิเตอร์" มาเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับงานทดลองที่จะเริ่มต้นต่อไป แต่ได้พบในเวลาต่อมาว่า การวัดสีด้วยวิธีนี้ไม่สื่อความหมายนัก เพราะตัวอย่างน้ำสีน้ำเงินที่มีค่าเท่ากับ 10 หน่วยโลวิบอนด์อาจให้ความรู้สึกน่ารังเกียจกว่าตัวอย่างน้ำสีน้ำตาลที่มีค่าของสีเท่ากับ 10 หน่วยโลวิบอนด์เท่ากัน

วิธีวัดสีอีกวิธีหนึ่งที่นิยมกัน คือการวัดโดยใช้เครื่องมือสเปคโตรโฟโตมิเตอร์หาความยาวคลื่นของตัวอย่างน้ำเสีย โดยเลือกพิจารณาความยาวคลื่นที่ให้เปอร์เซนต์การดูดซึมแสงได้มากที่สุดเป็นความยาวคลื่นเด่น[11] วิธีการวัดสีด้วยวิธีนี้มีผู้นิยมกระทำกันมากพอสมควร เนื่องจากมีความสะดวกและสามารถตัดปัญหาในเรื่องความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับตัวบุคคลลงไปได้ แต่วิธีการวัดสีชนิดนี้ก็ยังมีจุดบกพร่องอยู่คือ กล่าวคือค่าสีที่วัดได้จะอยู่ในรูปของอัตราส่วนและจะนำไปใช้งานได้ก็เฉพาะกับการเปรียบเทียบตัวอย่างน้ำเสียซึ่งมีโทนสีชนิดเดียวกันเท่านั้น

ทำให้มีอุปสรรคต่อการใช้งานภาคสนาม

วิธีการที่ดีที่สุดในปัจจุบันเกี่ยวกับการวัดสีทำได้โดยใช้เครื่องมือสเปค-โตรโฟโตมิเตอร์หรือเครื่องเทียบสีทินโทมิเตอร์ ซึ่งวิธีการวัดจำเป็นต้องมีรูปแบบเฉพาะตัว ค่าที่วัดออกมาได้จะต้องแปลงเข้าสู่หน่วยสากลซีไออีและแปลงไปสู่หน่วยเอดีเอ็มไออีกต่อหนึ่ง[13]

การวัดค่าของสีให้ออกมาอยู่ในหน่วยเอดีเอ็มไอนี้ค่อนยุ่งยากและซับซ้อน เสียเวลาในการคิดคำนวณสูง แต่ผลที่ได้จากการวัดให้ความรู้สึกถูกต้องสูง เนื่องมาจากว่าเป็นการวัดค่าที่เต็มไปด้วยหลักวิชาการ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้วิธีการวัดสีด้วยเครื่องทินโทมิเตอร์ และแปลงผลของสีที่วัดได้ให้มาอยู่ในรูปของหน่วยสีเอดีเอ็มไอ

3.3.2 <u>การเตรียมตัวอย่างสีก่อนการวัด</u>

ความแม่นยำของการวัดค่าสีขึ้นอยู่กับการเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวัดมาก ปัจจัยที่จะมีผลกระทบต่อค่าสีที่วัดได้มีปลายประการเป็นต้นว่า

1. Standard methods[15] แนะนำให้ปรับค่าพีเอชของตัวอย่างให้เท่ากับ 7.6 ก่อนการวัดสีแต่ละครั้ง

2. การกรองตัวอย่างน้ำเสีย

3. การเจือจางตัวอย่างน้ำเสีย

สำหรับปัจจัยข้อแรก การที่ Standard methods แนะนำให้ปรับรักษาค่าพีเอชก่อนการวัดนั้น เป็นเพราะสีจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าพีเอชด้วย แต่ในงานวัดสีของน้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานมีประเด็นในการพิจารณาที่แตกต่างกันออกไป สีที่วัดควรจะกระทำที่ค่าพีเอชที่เกิดขึ้นจริง เพราะจะเป็นสภาพความเห็นสีที่จะเกิดขึ้นในสนาม ความน่ารังเกียจจึงควรจะประเมินจากสภาพที่เป็นจริงนี้ นอกจากนั้นในการวิจัยนี้ยังได้มีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการทำการทดลองตกตะกอน ดังนั้นการวัดสีในงานศึกษาส่วนนี้จึงจะไม่พิจารณาถึงผลกระทบของค่าพีเอช

ปัจจัยข้อที่สองที่จะมีผลกระทบต่อการวัดค่าสี คือการกรองตัวอย่างน้ำเสียก่อนการวัดค่าสี โดยทั่วไปแล้วเป้าหมายของการกรองตัวอย่างน้ำก่อนวัดค่าสีกระทำเพื่อที่จะกรองเอาสิ่งเจือปนอื่น ๆ อันมิใช่สาเหตุที่ทำให้เกิดสีออกไปซึ่งเป็นไปตามคำแนะนำของ Standard methods อีกเช่นกัน แต่ดังได้กล่าวไว้แล้วในปัจจัยข้อแรกว่างานวัดสีของน้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานมีประเด็นในการพิจารณาที่แตกต่างออกไปโดยจะพิจารณาที่สภาพที่เกิดขึ้นในสนามเป็นหลัก มีตัวอย่างน้ำเสียหลายชนิดโดยเฉพาะตัวอย่างน้ำเสียของสีย้อมซัฟเฟอร์เมื่อทำการกรองแล้วตัวอย่างน้ำที่ผ่านการกรองจะไม่มีสีออกมาซึ่งผิดกับตัวอย่างน้ำก่อนการกรองมาก ค่าของสีที่วัดได้ของตัวอย่างน้ำที่ผ่านการกรองจะให้ความรู้สึกไม่เป็นที่พึงรังเกียจแต่อย่างใด แต่ค่าของสีของตัวอย่างน้ำชนิดเดียวกันที่ไม่ผ่านการกรองจะให้ความรู้สึกพึงรังเกียจสูงซึ่งค่าสีค่านี้เป็นค่าที่เกิดขึ้นในสนามจริง ๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจะไม่กรองตัวอย่างน้ำก่อนการวัดสี

สำหรับปัจจัยข้อที่สามคือการเจือจางตัวอย่างน้ำก่อนการวัดค่าสี เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากปัจจัยหนึ่ง เพราะการวัดค่าสีจะวัดออกมาให้มีความแม่นยำสูงได้จำเป็นต้องเจือจางตัวอย่างน้ำให้ค่าของสีอยู่ในช่วงที่สามารถจะวัดได้แม่นยำที่สุด การเจือจางตัวอย่างน้ำก่อนการวัดสีนี้จำเป็นต้องอาศัยความชำนาญและเทคนิคการวัดเข้าช่วยพอสมควร อัตราการเจือจางและเทคนิคการวัดสีเสนอไว้ในบทความ "การวัดสี:สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ VS ทินโทมิเตอร์"โดย ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และอดิชาติ ปานเจริญ[18]

สรุปการเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวัดสีในงานวิจัยนี้จะไม่ทำการปรับค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำและไม่ทำการกรองตัวอย่างน้ำอีกด้วย แต่จะทำการเจือจางตัวอย่างน้ำเพื่อให้ค่าของสีลดลงอยู่ในช่วงที่จะทำการวัดสีได้แม่นยำที่สุด จึงทำการวัดค่าสีต่อไป

3.4 <u>การศึกษาเบื้องต้นของการกำจัดสีในน้ำทิ้งจากโรงย้อมด้วยแมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค</u>

ในตอนเริ่มแรกของการวางแผนงานในการวิจัยต้องการใช้ $MgCO_3$ มาทำการทดลองใช้เป็นสารเคมีที่ช่วยให้เกิดตะกอน แต่ปัญหามีว่า $MgCO_3$ นี้ไม่สามารถซื้อหาได้ในท้องตลาดไม่ว่าจะเป็นความบริสุทธิ์ในรูปการใช้งานในห้องปฏิบัติการหรือสำหรับการพาณิชย์

ก็ตาม อาจหามาทดลองใช้ได้โดยสั่งตรงจากบริษัทผู้ผลิตสารเคมีในต่างประเทศให้ช่วยสังเคราะห์ขึ้น แต่การกระทำเช่นนี้จะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์อันใด เนื่องจากผลการวิจัยชิ้นนี้ต้องการนำไปใช้งานโดยตรง ซึ่งถ้าสารเคมีที่ทดลองใช้ไม่สามารถหาซื้อได้ในท้องตลาดแล้ว ผลการทดลองที่ได้ก็จะไร้ประโยชน์ในการประยุกต์ซึ่งเป็นหัวใจของวัตถุประสงค์ของโครงการนี้โดยสิ้นเชิง

การแก้ปัญหานี้กระทำได้โดยเลือกใช้สารเคมีตัวใหม่ซึ่งคิดว่าจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ $MgCO_3$ คือแมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค $[3MgCO_3.Mg(OH)_2.3H_2O]$ ซึ่งต่อไปนี้จะใช้ชื่อย่อว่า MCHB นำมาใช้ในการทดลองแทน ผลการทดลองได้สรุปไว้ในรายงานการประชุมสัมนาทางวิชาการและนิทรรศการวิวัฒนาการทางวิศวกรรมสมัยกรุงรัตนโกสินทร์[23] เรื่อง "การศึกษาเบื้องต้นของการกำจัดสีในน้ำทิ้งจากโรงย้อมด้วยแมกนีเซียมคาร์บอเนตเบสิคไฮเดรท" ซึ่งสรุปได้ว่าน่าที่จะนำ MCHB นี้มาใช้ในการทดลองต่อไปได้

3.5 <u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

ตัวอย่างน้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองแบ่งตามประเภทของส่วนผสมมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือตัวอย่างน้ำเสียที่ควรจะเกิดขึ้นจริงในทางปฏิบัติ และตัวอย่างน้ำเสียที่เตรียมขึ้นเพื่อผลในการศึกษา

ตัวอย่างน้ำเสียที่ควรจะเกิดขึ้นจริงในทางปฏิบัติได้แก่ตัวอย่างน้ำที่เตรียมขึ้นจากการนำสีย้อมและสารช่วยย้อมละลายลงในน้ำตามอัตราส่วนในหัวข้อ 3.2 ตัวอย่างน้ำเสียแบบนี้จะมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 15 ตัวอย่าง และต่อไปจะเรียกชื่อตัวอย่างน้ำเสียแบบนี้ว่า "ตัวอย่างน้ำเสียที่มีสารช่วยย้อม"

ส่วนตัวอย่างน้ำเสียที่เตรียมขึ้นเพื่อผลในการศึกษา เป็นตัวอย่างน้ำที่เตรียมขึ้นได้ตามทำนองเดียวกับตัวอย่างน้ำในแบบแรก แตกต่างกันตรงที่ว่าตัวอย่างน้ำเสียแบบที่ 2 นี้จะไม่ใส่สารช่วยย้อมลงไป ดังนั้นจึงเรียกชื่อตัวอย่างน้ำเสียชนิดนี้ว่า "ตัวอย่างน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยย้อม" จำนวนตัวอย่างน้ำเสียในแบบที่ 2 นี้ จะมีอยู่ด้วยกัน 13 ตัวอย่าง ส่วนอีก 2 ตัวอย่างที่ขาดหายไปเป็นตัวอย่างน้ำเสียซึ่งเกิดจากการย้อมด้วยสีย้อมอะโซอิค เนื่องจากสีย้อมอะโซอิคจะให้สีออกมาได้จะต้องมีสารช่วยย้อมเข้ามาช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาคับปลิง

ดังนั้นจึงไม่มีตัวอย่างน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยย้อมของสีย้อมอะโซอิค

ตัวอย่างน้ำเสียที่มีสารช่วยย้อม 15 ตัวอย่าง และตัวอย่างน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยย้อมอีก 13 ตัวอย่าง รวมเป็นตัวอย่างน้ำเสียทั้งหมด 28 ตัวอย่าง จะถูกจัดเตรียมขึ้นตามสูตรที่ได้หาไว้ และตัวอย่างน้ำในแต่ละตัวอย่างจะถูกนำมาทดลองกำจัดสีโดยขบวนการโค-แอกกูเลชัน ซึ่งการทดลองกำจัดสีนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการทดลองโดยใช้สารส้มเป็นตัวทำให้เกิดตะกอน และส่วนที่สองเป็นการใช้ปูนขาวและ MCHB เป็นตัวทำให้เกิดตะกอน

3.5.1 <u>ส่วนแรก</u>

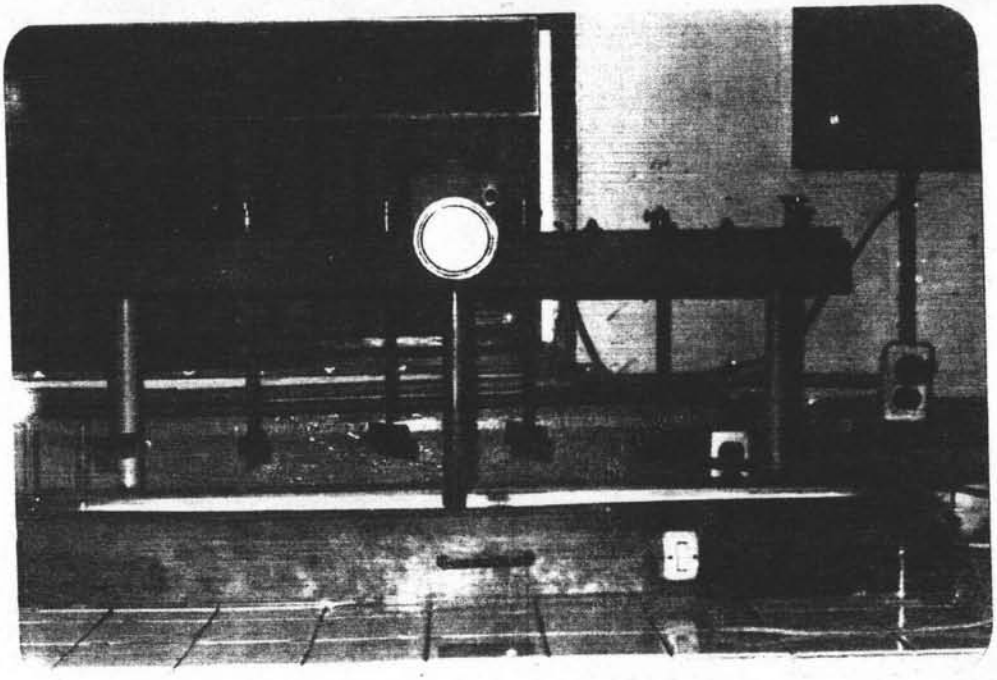
เมื่อจัดเตรียมตัวอย่างน้ำเสียขึ้นแล้วตามสัดส่วนที่กำหนดเอาไว้ นำตัวอย่างน้ำไปวัดหาค่าพีเอช ความเป็นด่างและค่าของสี แล้วจึงนำตัวอย่างน้ำเสียไปเข้าเครื่องกวน (jar test) ซึ่งสามารถจะกวนน้ำได้ครั้งละ 6 บีกเกอร์ (ดูรูปที่ 3.1) โดยที่บีกเกอร์หนึ่ง ๆ จุน้ำได้ 800 ลบ.ซม. และดำเนินการทดลองตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

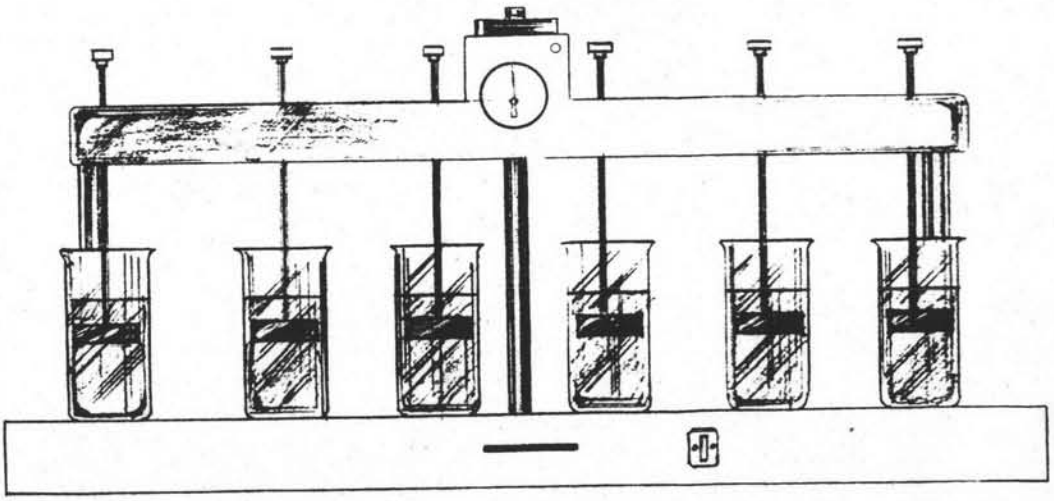
ก. ปรับตัวอย่างน้ำทั้ง 6 บีกเกอร์ ให้มีค่าพีเอช เท่ากับ 6.0 โดยใช้กรดซัลฟูริก และขณะที่เติมกรดจะเดินเครื่องกวนให้หมุนในอัตราเร็วเท่ากับ 100 รอบ/นาที

ข. เติมสารส้ม $\left[Al_2(SO_4)_3.16H_2O\right]$ ซึ่งเตรียมไว้เป็นสารละลายสต๊อก (stock solution) ลงไปในแต่ละบีกเกอร์ด้วยปริมาณที่แตกต่างกันและกวนด้วยความเร็วรอบเท่ากับ 100 รอบ/นาที ต่อไปอีก 1 นาทีจึงลดอัตราการกวนลงเหลือ 20 รอบ/นาที และกวนต่อไปอีก 3 นาที

ค. สังเกตดูว่าน้ำในบีกเกอร์ใดเริ่มเกิดฟล็อคพอที่ตาจะมองเห็นได้อย่างชัดเจนนำค่าปริมาณสารส้มที่ใช้ในบีกเกอร์นั้นไปทำการทดลองต่อไป

ง. ปรับค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียดิบใหม่ไปที่ค่า 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 และ 9.0 ด้วย H_2SO_4 0.2N หรือ NaOH 0.2N เติมปริมาณสารส้มตามค่าที่ได้ในข้อ ค. กวนเร็ว 1 นาที (100 รอบ/นาที) กวนช้า 20 นาที (20 รอบ/นาที) และตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 45 นาที





รูปที่ 3.1 เครื่องกวนที่ใช้ในงานวิจัย

จ. นำน้ำใส (supernatant) ไปวัดหาค่าพีเอช ความเป็นด่างและค่าของสี ตรวจดูว่าที่ค่าพีเอชใดได้ค่าความเป็นสีน้อยที่สุดนำค่าพีเอชนั้นไปทดลองในขั้นตอนต่อไป

ฉ. ปรับสภาพตัวอย่างน้ำเสียดิบไปที่ค่าพีเอชที่ได้จากข้อ จ ให้เท่ากันทุกบีกเกอร์ เติมสารส้มลงไปในแต่ละบีกเกอร์ด้วยปริมาณที่แตกต่างกันไป ทำการทดลองและวัดค่าตามข้อ ง. และ จ.

ช. นำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์และสรุปผล

3.5.2 <u>ส่วนที่สอง</u>

นำตัวอย่างน้ำที่เตรียมขึ้นและวัดค่าได้ในส่วนแรกมาทำการทดลองต่อโดยใช้ปูนขาวและ MCHB ตามขั้นตอนต่อไปนี้

ก. นำตัวอย่างน้ำเสียเข้าเครื่องกวนชนิดเดียวกันกับที่ใช้ทดลองในส่วนแรก เดินเครื่องกวนให้หมุนด้วยอัตราเร็วรอบเท่ากับ 100 รอบ/นาที

ข. เติมปูนขาวซึ่งเตรียมไว้เป็นสารละลายสต๊อกลงไปในแต่ละบีกเกอร์ด้วยปริมาณที่แตกต่างกันและกวนด้วยความเร็วรอบเท่ากับ 100 รอบ/นาทีต่อไปอีก 5 นาที จึงลดอัตราเร็วลงเหลือ 20 รอบ/นาที และกวนต่อไปอีก 20 นาที

ค. เมื่อครบ 40 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 45 นาที นำน้ำใสส่วนบนไปวัดค่าของสี พีเอชและความเป็นด่าง

ขั้นตอนการทดลองจากข้อ ก-ค นี้ เป็นการหาประสิทธิภาพการลดสีด้วยปูนขาวแต่เพียงอย่างเดียว จากนั้นนำตัวอย่างน้ำตัวอย่างเดิมเพื่อมาทำการทดลองโดยใช้ MCHB รวมกับปูนขาวตามขั้นตอนต่อไปนี้

ง. นำตัวอย่างน้ำเสียเข้าเครื่องกวน เดินเครื่องกวนให้หมุนด้วยอัตราเร็วรอบเท่ากับ 100 รอบ/นาที

จ. เติม MCHB ซึ่งเตรียมไว้เป็นสารละลายสต๊อกลงไปในแต่ละบีกเกอร์ด้วยปริมาณที่เท่ากันทุกบีกเกอร์และกวนด้วยความเร็วรอบเท่ากับ 100 รอบ/นาที นาน 1 นาที

ฉ. เติมปูนขาวซึ่งเตรียมไว้เป็นสารละลายสต๊อกลงไปในแต่ละบีกเกอร์ด้วยปริมาณที่แตกต่างกันและกวนด้วยความเร็วรอบเท่ากับ 100 รอบ/นาทีต่อไปอีก 5 นาที จึงลดอัตราเร็วลงเหลือ 20 รอบ/นาที และกวนต่อไปอีก 20 นาที

ช. เมื่อครบ 20 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 45 นาที นำน้ำใสส่วนบนไปหาค่าของสี พีเอชและความเป็นด่าง

ซ. นำตัวอย่างน้ำเสียมาทำการทดลองตามขั้นตอนในข้อ ง-ช อีก 2-4 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งจะเปลี่ยนแปลงปริมาณ MCHB ที่เติมลงในตัวอย่างน้ำให้มีปริมาณที่แตกต่างกันไป

ฌ. นำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์และสรุปผล

ขอบเขตการทดลองในการวิจัยได้สรุปไว้ในภาคผนวกตารางที่ ผ1