หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 อิทธิพลของประเภทสีย้อมต่อประสิทธิภาพการลดสี

จากผลการทดลองเพื่อลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมด้ายหรือผ้า ด้วยสีย้อมประเภทต่างๆ โดยการออกซิเดชัน-รีดักชันด้วยโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ เห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการลดสีแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับประเภทของสีย้อมเป็นสำคัญ ยกตัวอย่างเช่น เราไม่สามารถลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมแว็ตลงได้ แม้ว่าจะใช้สารเคมีในปริมาณที่มากก็ตาม ในขณะที่น้ำเสียอันเกิดจากสีย้อมประเภทอื่น ๆ เราสามารถลดสีได้ดีมากน้อยลดหลั่นกันไปตามประเภทของสีย้อมนั้น ๆ

จากประสิทธิภาพการลดสีที่แตกต่างกันนี้ แสดงให้เห็นได้ชัดว่าประเภทของสีย้อมมีอิทธิพลมากต่อประสิทธิภาพการลดสี การพิจารณาเบื้องต้นในการลดสีของน้ำเสียจึงควรมุ่งประเด็นไปที่ประเภทของสีย้อมเป็นอันดับแรก แล้วจึงพิจารณาโทนสีย้อม สารเคมีที่ช่วยในการย้อม ฯลฯ ในลำดับต่อไป

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียชนิดปกติที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์ และรีแอคตีฟ ซึ่งมีลักษณะค่อนข้างคล้ายคลึงกัน ทั้งค่าสี ค่าพีเอช หรือแม้แต่สารช่วยย้อมหลัก (ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน) พบว่าประสิทธิภาพการลดสีที่ได้แตกต่างกันมาก (ดูตาราง 5.1) โดยเฉพาะการใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์เป็นสารลดสี นอกจากนี้สีย้อมไดเร็กท์ ยังจำเป็นต้องใช้สารเคมีในการลดสีมากกว่า และแพงกว่าการลดสีย้อมรีแอคตีฟด้วย

เมื่อพิจารณาการลดสีของน้ำเสียที่เกิดเพียงแต่จากสีย้อมแว็ต ซึ่งละลายน้ำได้น้อยมาก จะเห็นว่าไม่สามารถลดค่าสีโดยวิธีออกซิเดชัน-รีดักชันด้วยสารเคมีลงได้ กล่าวคือมีประสิทธิภาพการลดสีเท่ากับศูนย์ แสดงให้เห็นว่าประเภทของสีย้อมมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการลดสีของน้ำเสียอย่างเด่นชัด

จากการศึกษาถึงรากฐานของสีย้อมประเภทต่าง ๆ อย่างคร่าว ๆ อันได้แสดงไว้ในบทที่ 2 และจากผลการทดลองที่ได้โน้มนำมาถึงจุดที่น่าจะพิจารณาต่อไปคือ ส่วนที่เกี่ยวกับการละลายของ

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์ แว็ต และรีแอคตีฟ

	น้ำเสียที่เกิดจากสีย้อม		
	ไดเร็กท์	แว็ต	รีแอคตีฟ
น้ำเสียดิบ :			
ค่าสี (เอดีเอ็มไอ)	3450-5500	860-1460	2300-5300
ค่าพีเอช	10.5-10.6	9.3-9.6	10.5-10.7
ค่าโออาร์พี (มิลลิโวลท์)	-30 ถึง +20	-100 ถึง+90	-20 ถึง +45
ประสิทธิภาพการลดสี :			
โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์	12-56%(1740-3250)*	0 %	23-95%(282-2237)
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0%	0 %	0%
โซเดียมไฮโปคลอไรท์	73-92%(280-1463)	0 %	90-94 % (290-380)
ปริมาณสารเคมีที่ใช้ :			
โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ มก./ลบ.ดม.	200-300(16-19.3)**	300(11.0)**	75-300(3.66-11.0)**
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มก-H_2O_2/ลบ.ดม.	440 (20)**	440(20)**	440 (20)**
โซเดียมไฮโปคลอไรท์ มก-Cl /ลบ.ดม.	34.5-46(14-17.3)**	345(16.7-17.0)**	23-69(1-18.8)**

* ตัวเลขในวงเล็บคือค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดแล้วเป็น เอดีเอ็มไอ

** ตัวเลขในวงเล็บคือค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีเป็น บาท/$ม^3$

ลีย้อมในน้ำ กล่าวคือลีย้อมไดเร็กท์ รีแอคตีฟ เอซิด และเบสิค สามารถละลายน้ำได้ดี ส่วนลีย้อมแว็ต ซัลเฟอร์ อะโซอิค สามารถละลายน้ำได้น้อย[9,24] ในกรณีหลังจำต้องใช้สารประกอบประเภทที่เป็นสารรีดิวซ์มาช่วยในการทำให้สีละลายก่อน จึงสามารถนำสีนั้นไปใช้ในการย้อมต่อไป หลังจากการย้อม ผู้ย้อมจึงจักต้องทำให้ตัวสีย้อมกลับคืนรูปเดิมที่ไม่ละลายน้ำด้วยขบวนการออก-ซิเดชัน[6,9] จึงจะทำให้สีติดเนื้อผ้าหรือด้าย

จากแนวความคิดในหลักการย้อมและจากผลการทดลองที่ผ่านมา ทำให้สรุปได้ว่าการลดสีของน้ำเสีย โดยการออกซิเดชัน-รีดักชันด้วยสารเคมี สามารถกระทำได้กับน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมประเภทที่ละลายน้ำได้เท่านั้น และไม่สามารถลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมประเภทที่ไม่ละลายน้ำลงได้ เหตุที่เป็นดังนี้น่าจะเป็นเพราะในการย้อมผ้าด้วยสีย้อมประเภทที่ไม่ละลายน้ำต้องทำให้สีย้อมละลายน้ำก่อนโดยการรีดักชันและทำให้คืนรูปเดิมโดยการออกซิเดชัน ส่วนสีย้อมที่ละลายน้ำได้ไม่ต้องผ่านกระบวนการดังกล่าว เมื่อสารลดสีที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นสารเคมีประเภทออกซิเดชันหรือสารเคมีรีดักชันเท่านั้น การลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมประเภทที่ไม่ละลายน้ำด้วยวิธีดังกล่าว จึงเป็นการกระทำที่ซ้ำกับขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการย้อมนั่นเอง การลดสีโดยวิธีตามการวิจัยนี้จึงไม่ควรจะได้ผล

5.2 <u>อิทธิพลของโทนสีที่มีต่อประสิทธิภาพการลดสี</u>

ประสิทธิภาพในการลดสีน้ำเสีย แม้จะเกิดจากสีย้อมประเภทเดียวกันก็ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ถ้ามีโทนสีแตกต่างกันหรือมีองค์ประกอบทางเคมีของสารสีหรือสีย้อมไม่เหมือนกัน ตารางที่ 5.2 แสดงถึงอิทธิพลของโทนสีที่มีต่อประสิทธิภาพในการลดสีจากน้ำเสียบางประเภท ประสิทธิภาพในการลดสีโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ แตกต่างกันไปตามชนิดของโทนสี แต่ไม่อาจสรุปได้แน่ชัดว่าเราสามารถลดสีจากโทนสีใดได้ง่ายที่สุด เพราะขึ้นอยู่กับประเภทสีย้อมด้วย

เป็นที่น่าสังเกตว่าในการลดสีของน้ำเสียโทนสีน้ำเงินของสีย้อมไดเร็กท์และรีแอคตีฟโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์นั้น น้ำหลังการบำบัดกลับมีโทนสีออกเหลือง และเมื่อเวลาสัมผัสนานมากขึ้น สีของน้ำเสียจะค่อย ๆ เปลี่ยนกลับเป็นสีน้ำเงินอีกครั้ง

สำหรับการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ในการลดสีน้ำเสียทุกประเภทประสิทธิภาพที่ได้รับแตกต่างกันน้อยกว่าที่ใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ และการลดสีของน้ำเสียในทุกโทนสีสามารถกระทำได้ง่ายกว่า

ตารางที่ 5.2 อิทธิพลของโทนสีที่มีต่อประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสีย

ชนิดของสารเคมีที่ใช้	โทนสีแดง			โทนสีเหลือง			โทนสีน้ำเงิน			ปริมาณสารเคมีที่ใช้*	ผลการลดสี
	% การลดสี	เอดีเอ็มไอที่เหลือ	ปริมาณสารเคมี (มก/ลบ.ดม)	% การลดสี	เอดีเอ็มไอที่เหลือ	ปริมาณสารเคมี (มก/ลบ.ดม)	% การลดสี	เอดีเอ็มไอที่เหลือ	ปริมาณสารเคมี (มก/ลบ.ดม)		
1. ลีย้อมไดเร็กท์											
- $Na_2S_2O_4$	56	2425	200	50	1738	300	12	3250	250	มาก	ปานกลาง
- H_2O_2	0	5490	440	0	3453	440	0	3690	440	มาก ๆ	ไม่สามารถลดสีได้
- NaOCl as Cl	73	1463	34.5	92	288	46.0	92	280	34.5	น้อย	ง่าย
2. ลีย้อมรีแอคทีฟ											
- $Na_2S_2O_4$	95	282	75	95	235	100	23	2237	300	น้อย	ง่าย
- H_2O_2	0	5296	440	0	4940	440	0	3690	440	มาก ๆ	ไม่สามารถลดสีได้
- NaOCl as Cl	93	382	69	94	287	23	90	297	51.75	น้อย	ง่าย
3. ลีย้อมเอซิด											
- $Na_2S_2O_4$	60	275	150	70	27	75	71	290	75	น้อย	ง่าย
- H_2O_2	0	686	440	0	288	440	0	1006	440	มาก ๆ	ไม่สามารถลดสีได้
- NaOCl as Cl	73	187	46	99	nil	4.6	70	300	23	น้อย	ง่าย
4. ลีย้อมเบสิก											
- $Na_2S_2O_4$	87	42	62.5	71	112	100	89	125	75	น้อย	ง่าย
- H_2O_2	52	160	18	66	130	58	68	350	145	ปานกลาง	ง่าย
- NaOCl as Cl	58	140	5.75	99	nil	5.75	80	220	4.5	น้อยมาก	ง่าย

* ไม่คำนึงถึงสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชที่เหมาะสม

หมายเหตุ 1. ผลในตารางที่ 5.2 นี้ แสดงเฉพาะสีย้อมที่มีสารช่วยย้อมเจือปน (น้ำเสียที่ควรเกิดขึ้นจริงในงานสีนามทั่วไป)

2. สีย้อมประเภทอื่น ๆ ที่ไม่ได้นำมาแสดงเนื่องจากการลดสีไม่ได้ผล

ส่วนในด้านประสิทธิภาพในการลดสีของน้ำเสียโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้น แทบจะกล่าวได้ว่าไม่สามารถลดสีของน้ำเสียลงได้เลย ทั้งนี้ยกเว้นสีย้อมเบสิค ที่เป็นเช่นนี้คาดว่าเนื่องจากค่าศักยภาพในการออกซิเดชันไม่สูงพอที่จะแยกบอนด์ หรือเปลี่ยนโครงสร้างของโมเลกุลสีย้อมนั้น ๆ ให้อยู่ในรูปที่ปราศจากสีได้[20]

สรุปได้ว่าโทนสีที่แตกต่างกันมีผลกระทบต่อการลดสีของน้ำเสีย ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับประเภทของสีย้อมและสารเคมีที่ใช้ในการลดสีด้วย

5.3 อิทธิพลของสารช่วยย้อมที่เจือปนในน้ำเสีย

สารช่วยย้อมที่ใช้ในขบวนการย้อมแบ่งออกได้เป็นหลายประเภท แต่ละประเภทยังแบ่งออกเป็นชนิดของสารเคมีต่าง ๆ อีกมากมายและแต่ละตัวมีความเหมาะสมในการใช้ร่วมกับสีย้อมเพียงบางประเภทเท่านั้น ความสำคัญของปรากฏการณ์นี้ได้สรุปไว้พอเป็นสังเขปแล้ว ในบทที่ 2

5.3.1 ผลกระทบของสารช่วยย้อมที่มีต่อลักษณะของน้ำเสีย

จากลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ที่นำมาใช้ในการทดลอง (ดูตารางที่ 4.1) เมื่อพิจารณาค่าสีของน้ำเสียชนิดปกติเทียบกับชนิดควบคุมแล้ว จะเห็นว่าค่าสีของน้ำเสียชนิดปกติทุกประเภทยกเว้นสีย้อมแว็ต มีค่าสูงกว่าตัวอย่างน้ำเสียชนิดควบคุม นั่นคือสารช่วยย้อมที่เจือปนอยู่ในน้ำเสียทำให้ค่าสีของน้ำเสียแต่ละชนิดสูงขึ้นได้ สารช่วยย้อมส่วนใหญ่ของสีย้อมทุกประเภทยกเว้นสีย้อมแว็ตเป็นสารประกอบพวกเกลือ และมีกรด-ด่างในปริมาณน้อยเจือปนด้วย ส่วนสารช่วยย้อมที่เจือปนในน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมแว็ตมีสารประกอบประเภทสารรีดิวซิงด้วยคือ โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการฟอกสี ทำให้ค่าสีของน้ำเสียจากสีย้อมแว็ตชนิดปกติมีค่าต่ำกว่าชนิดควบคุม

ถ้าพิจารณาค่าพีเอช และโออาร์พีของน้ำเสียชนิดปกติและควบคุม เห็นได้ว่ามีค่าแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคมีที่เจือปนอยู่ในน้ำเสีย

5.3.2 ผลกระทบของสารช่วยย้อมที่มีต่อประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสีย

จากผลการทดลองที่สรุปในตารางที่ 4.2 ถึง 4.16 พบว่าประสิทธิภาพในการลดสีที่แตกต่างกันโดยเนื่องมาจากอิทธิพลของสารช่วยย้อมนั้น ไม่สามารถระบุเจาะจงออกมาให้เห็นเด่นชัด และเป็นตัวเลขสำหรับเปรียบเทียบได้ ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพในการลดสีที่เปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับประเภทของสีย้อม ชนิดของโทนสีและสารเคมีที่ใช้ในการลดสีด้วย

นอกจากนี้โดยส่วนใหญ่ประสิทธิภาพในการลดลีของน้ำเสียชนิดปกติ และชนิดควบคุมไม่แตกต่างกันมากนัก ชี้ให้เห็นถึงผลกระทบของสารช่วยย้อมว่ามีน้อยมากในกรณีนี้ โดยเฉพาะน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟ เอซิดและเบสิค ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดี ส่วนน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมแว็ตซึ่งไม่ค่อยละลายน้ำนั้น การลดสีโดยวิธีออกซิเดชันและรีดักชันไม่สามารถลดสีได้อยู่แล้ว ประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียทั้งชนิดปกติและควบคุมจึงไม่แตกต่างกันเลย สำหรับน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์ สารช่วยย้อมมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการลดสีสูงขึ้น แต่ระดับความมากน้อยของการลดสีที่เพิ่มขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับโทนสีเป็นสำคัญ

5.3.3 อิทธิพลของอัตราการละลายของสีย้อมต่อการลดสี

จากผลของการทดลอง มีข้อพึงสังเกต สำหรับน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมที่ละลายน้ำได้ดี เช่น สีย้อมรีแอคตีฟ เอซิด และเบสิคจะสามารถลดค่าสีได้ง่ายด้วยวิธีออกซิเดชันและรีดักชัน และสารช่วยย้อมมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการลดสีน้อยมาก แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่อาจสรุปได้แน่ชัดว่า ประสิทธิภาพการลดสีเพิ่มขึ้นหรือลดลง เพราะขึ้นกับโทนสีและประเภทของสารลดสี

ส่วนน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมที่ไม่ละลายน้ำ เช่น สีย้อมแว็ต การลดสีกระทำได้ยากลำบาก สารช่วยย้อมไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการลดสี

สำหรับน้ำเสียของสีย้อมที่สามารถละลายน้ำได้ในระดับกลาง เช่นสีย้อมไดเร็กท์ สารช่วยย้อมมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการลดสีสูงขึ้น ทั้งนี้เข้าใจในขั้นต้นนี้ว่า สารช่วยย้อมทำให้การละลายของสีย้อมดีขึ้น จึงทำให้การลดสีกระทำได้ง่ายขึ้น

5.4 พฤติกรรมของสารเคมีที่ใช้ในการลดสี

5.4.1 โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์

ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสีย โดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ชี้ให้เห็นว่าค่าพีเอชเริ่มต้น (ก่อนทำปฏิกิริยากับสารเคมี) ที่เหมาะสมมีช่วงกว้าง (5 ถึง 10.7) ทั้งนี้ขึ้นกับกลไกของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการลดสีเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมี ของสีน้ำเสียและชนิดของสีย้อม[20] ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยามักลดลงจากค่าพีเอชเริ่มต้น ค่าพีเอชที่ลดลงนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาและค่าพีเอชของน้ำเสียดิบโดยตรง

กล่าวคือ ในตัวอย่างน้ำชนิดเดียวกันค่าพีเอชหลังปฏิกิริยาจะลดลงตามปริมาณของโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ที่เพิ่มขึ้น ส่วนสำหรับน้ำเสียต่างชนิดกัน น้ำเสียดิบใดที่มีค่าพีเอชสูง เมื่อผ่านการบำบัดแล้ว ค่าพีเอชส่วนที่ลดลงหลังปฏิกิริยาจะน้อยกว่าในกรณีที่น้ำเสียดิบมีค่าพีเอชต่ำ ทั้งนี้เพราะน้ำเสียดิบที่มีค่าพีเอชสูงอยู่แล้วนั้นจะมีสภาพความเป็นด่างสูงกว่าน้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่ำ ดังนั้นค่าสภาพความเป็นด่างนี้จะเป็นบัฟเฟอร์ที่พยามยามรักษาค่าพีเอชเอาไว้ได้ดีกว่า

5.4.2 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อทำการลดสีของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมอันเกิดจากสีย้อมประเภทต่าง ๆ ส่วนใหญ่ให้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ แม้ว่าจักได้ใช้ไฮโดรเจนเปอร์-ออกไซด์ในปริมาณสูงแล้วก็ตาม ยกเว้นน้ำเสียจากสีย้อมเบสิค ที่สามารถทำการลดค่าสีลงได้พอสมควร แต่ก็ต้องใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในปริมาณปานกลางถึงค่อนข้างสูง (2.25-10.90 บาท/$ม^3$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะศักยภาพในการออกซิไดส์ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีค่าไม่สูงพอที่จะไปเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของสีย้อมดังกล่าวได้

ส่วนค่าพีเอชที่เหมาะสมของการลดสีโดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีค่าอยู่ในช่วงที่เป็นด่าง (9.0 ถึง 10.0) และค่าพีเอชหลังปฏิกิริยาจะลดลงจากค่าพีเอชเริ่มต้น สาเหตุที่ทำให้ค่าพีเอชลดลง เนื่องมาจากว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เมื่อใส่ลงในสารละลายแล้วนั้นจะมีบางส่วนแตกตัวให้โปรตอน (H^+) ทำให้มีฤทธิเป็นกรด ดังสมการ

$$H_2O_2 \longrightarrow O_2 + 2\,H^+ \quad (21)$$

$$H_2O_2 \longrightarrow H_2O + \hat{O}$$

5.4.3 โซเดียมไฮโปคลอไรท์

ประสิทธิภาพในการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมผ้าโดยโซเดียมไฮโปคลอไรท์อยู่ในเกณฑ์สูง (54.4 ถึง 94.2%) และทำการลดสีได้ผลดีกับสีย้อมเกือบทุกประเภทโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ในปริมาณที่ไม่สูงมากนัก

ค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของน้ำเสียมีช่วงกว้าง (2.5 ถึง 10.6) ส่วนใหญ่มีค่าในช่วงที่เป็นกรด ตัวอย่างน้ำเสียหลายประเภทเช่น สีย้อมไดเร็กท์ และรีแอคตีฟโทนสีแดงต้องการค่าพีเอชเริ่มต้นเป็นกรดมาก ๆ การลดสีจึงจะได้ผลดี ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยาจักสูงขึ้นจาก

ค่าพีเอชเริ่มต้น และค่าพีเอชที่สูงขึ้นนี้ขึ้นกับปริมาณของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ทั้งนี้เพราะโซเดียมไฮโปคลอไรท์เมื่อละลายน้ำมีฤทธิ์เป็นด่าง เนื่องจากเป็นเกลือของเบสแก่และกรดอ่อน ดังสมการ

$$NaOCl \longrightarrow Na^{+} + OCl^{-}$$

5.5 <u>การประเมินราคาค่าสารเคมี</u>

การประเมินราคาค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีในการกำจัดสีแต่ละประเภทในที่นี้เป็นผลเพียงจากการทดลองที่ได้ศึกษาวิจัยครั้งนี้เท่านั้น และผลการทดลองนี้ก็ขึ้นกับตัวอย่างน้ำเสียที่วิเคราะห์ขึ้นเป็นอย่างมาก แม้ว่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองได้ถูกคิดค้นขึ้นโดยยึดหลักและข้อมูลทางเทคนิคจากโรงงานย้อมผ้าของบริษัทยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอจำกัด ซึ่งเป็นโรงย้อมที่ใหญ่ที่สุดโรงหนึ่งในประเทศไทยแล้วก็ตาม ตัวอย่างน้ำดังกล่าวก็ยังจะเป็นเฉพาะตัวแทนเฉลี่ยของน้ำเสียที่ออกจากโรงย้อมเฉพาะแห่ง และตัวอย่างน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นนี้ไม่ได้นำน้ำเสียอันเกิดจากขั้นการเตรียมวัสดุสิ่งทอเข้ามารวมด้วย ทำให้ค่าสีของน้ำเสียสูงกว่าความเป็นจริงอยู่บ้าง อย่างไรก็ตามค่าการประเมินที่ได้นี้จะเป็นแนวทางที่นำไปประยุกต์กับโรงย้อมทั่ว ๆ ไปได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้หากผู้นำไปใช้เข้าใจถึงความแตกต่างกันของน้ำเสียที่ออกจากโรงงานแต่ละแห่ง

ราคาของสารเคมีแต่ละชนิดพร้อมทั้งความบริสุทธิ์ของสารที่จะนำไปใช้ในภาคสนาม แสดงไว้ในตารางที่ 5.3 และผลสรุปการประเมินราคาค่าสารเคมีต่อปริมาณน้ำเสีย แสดงไว้ในตารางที่ 5.4

<u>ค่าใช้จ่ายในการลดสีของน้ำเสียโดยวิธีออกซิเดชัน-รีดักชัน</u>

การประมาณค่าใช้จ่ายสำหรับการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมประเภทต่าง ๆ โดยใช้ $Na_2S_2O_4$, H_2O_2 และ NaOCl เป็นสารลดสี ในที่นี้คิดจากปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่สุดในการลดสีของน้ำเสียให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด กล่าวคือค่าสีต้องน้อยกว่า 300 เอดีเอ็มไอ แต่ในกรณีที่กำจัดสีไม่ได้ผลตามเกณฑ์ ราคาที่บ่งไว้ในตาราง เป็นราคาสารเคมีที่ใช้สำหรับภาวะการณ์ที่แสดงไว้นั้น ๆ ค่าใช้จ่ายที่ประเมินผลและแสดงไว้ในตารางที่ 5.5 ถึง 5.19 เป็นราคาที่คิดจากปริมาณสารลดสีรวมกับราคาสารเคมีที่ใช้ในการปรับพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของน้ำเสียก่อนเติมสารลดสีเท่านั้น ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่น ค่าอุปกรณ์การเติมสารเคมี ค่าก่อสร้างระบบ ฯลฯ ไม่ได้นำมาคิดรวมในที่นี้

ตารางที่ 5.3 ราคาและรายละเอียดในเชิงพาณิชย์ของสารเคมีที่ใช้, พ.ศ. 2526

ชนิดสารเคมี	ความเข้มข้น/ความบริสุทธิ์	ราคา (บาท / กิโลกรัม)
กรดไฮโดรคลอริค *	35 % (w/w)	2.80
โซเดียมไฮดรอกไซด์ *	50 % (w/w)	6.30
โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ **	90 %	33
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ **	50 % (w/w)	23
โซเดียมไฮโปคลอไรท์ *	10 % (w/w) as Cl	4.50

* ข้อมูลได้จากบริษัทเคมีธุรกิจจำกัด เป็นราคาซื้อขายกันในปริมาณมาก

** ข้อมูลได้จากบริษัทศรีกรุงวัฒนาจำกัด เป็นราคาซื้อขายกันในปริมาณมาก

ตารางที่ 5.4 ผลสรุปการประเมินราคาสารเคมีที่ใช้เทียบกับปริมาณน้ำเสีย

สารเคมี	ในห้องปฏิบัติการ	ค่าใช้จ่าย (สตางค์/ลบ.ม.)
0.2 N HCl	1 ลบ.ซม./ลบ.ดม.	5.84
0.2 N NaOH	1 ลบ.ซม./ลบ.ดม.	10.00
$Na_2S_2O_4$	1 มก /ลบ.ดม.	3.66
H_2O_2	1 มก -H_2O_2/ลบ.ดม.	4.60
NaOCl	1 มก -Cl /ลบ.ดม.	4.50

หมายเหตุ : ดูรายละเอียดการคำนวณราคาสารเคมีที่ใช้ในภาคผนวก 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. ค่าใช้จ่ายในการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์

ผลสรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์ แสดงไว้ในตารางที่ 5.5-5.7

ค่าใช้จ่ายรวมด้านสารเคมีในการลดสีตัวอย่างน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์ทั้งหมดโดยใช้ $Na_2S_2O_4$ และ H_2O_2 มีค่าสูงคือประมาณ 11-20 บาท/ม^3 ค่าสีน้ำทิ้งหลังการบำบัดยังสูงประมาณ 1758-5490 เอดีเอ็มไอ โดยเฉพาะการใช้ H_2O_2 เป็นสารลดสี ค่าสีหลังการบำบัดไม่มีแนวโน้มที่จะลดจากค่าสีของน้ำเสียเริ่มต้นลงได้

สำหรับค่าใช้จ่ายรวมในการใช้ NaOCl ลดสีน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์ชนิดปกติ มีค่าอยู่ในช่วง 14.0-17.3 บาท/ม^3 โดยที่ค่าสีของน้ำทิ้งหลังการบำบัดเหลือประมาณ 280-1463 เอดีเอ็มไอ โดยเฉพาะน้ำเสียโทนสีเหลือง (DY 5) และน้ำเงิน (DB 6) น้ำทิ้งหลังการบำบัดเป็นที่ยอมรับได้ คือมีค่าต่ำกว่า 300 เอดีเอ็มไอ และเมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉพาะค่า NaOCl จะเห็นว่าต่ำมากประมาณ 1.5-2.0 บาท/ม^3 ส่วนใหญ่จะเป็นค่าใช้จ่ายในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย

ส่วนค่าใช้จ่ายในการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์ชนิดควบคุมโดย NaOCl มีค่าประมาณ 4.2-4.6 บาท/ม^3 แต่ไม่สามารถลดสีน้ำทิ้งให้เป็นที่ยอมรับได้คือค่าสีของน้ำทิ้งหลังการบำบัดยังสูงประมาณ 634-1040 เอดีเอ็มไอ

สรุปได้ว่า การลดสีน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์โดยการออกซิเดชันรีดักชันนั้น NaOCl เป็นสารลดที่ดีกว่า $Na_2S_2O_4$ และ H_2O_2 แต่ยังไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในงานสนามเพราะค่าใช้จ่ายรวมสูงมาก เว้นเสียแต่มีวิธีที่จะลดค่าใช้จ่ายในการปรับพีเอชน้ำเสียเริ่มต้นให้ต่ำลงมาก ๆ

ข. ค่าใช้จ่ายในการลดสีน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมแว็ต

ผลสรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมแว็ต แสดงไว้ในตารางที่ 5.8-5.10

แม้ว่าเสียค่าใช้จ่ายรวมด้านสารเคมี ในการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมแว็ต โดย $Na_2S_2O_4$, H_2O_2และ NaOCl สูงประมาณ 11.0-20 บาท/ม^3 แล้วก็ตาม ก็ไม่สามารถลดค่าสีของน้ำเสียให้ลดลงจากค่าสีเริ่มต้นได้ วิธีนี้จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมแว็ต

ตารางที่ 5.5 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย สีย้อม ไดเร็กท์ โทนสี แดง

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม dr 1			ปกติ DR 4		
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.3			10.6		
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	5032			5490		
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	7.3	7.0	7.3	10.6	2.5	4.0
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	4480	2425	5032	5490	1040	1463
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/m^3)	11+0* = 11.0	7.32+8.6* = 16.0	20+0* = 20	20+0* = 20	1.3+3.0* = 4.30	1.5+15.8* = 17.3
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่

ตารางที่ 5.6 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย สีย้อม ไดเร็กท์ โทนสีเหลือง

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม dy 2			ปกติ DY 5		
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.1			10.6		
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	3331			3453		
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	7.1	7.0	7.1	10.6	4.0	6.0
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	2150	1738	3331	3453	634	288
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/m^3)	11+0* = 11.0	11+8.3* = 19.3	20+0* = 20	20+0* = 20	3.9+0.70+ = 4.6	2.07+12.0* = 14.0
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ยอมรับ

ตารางที่ 5.7 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย สีย้อม ไดเร็กท์ โทนสีน้ำเงิน

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม db 3			ปกติ DB 6		
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.0			10.5		
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	3585			3690		
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	7.0	9.0	7.0	10.5	6.0	4.0
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	3180	3250	3585	3690	734	280
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/m^3)	11+0* = 11.0	9.15+7.03* = 16.2	20+0* = 20	20+0* = 20	3.9+0.3* = 4.2	1.5+15.5* = 17.0
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ยอมรับ

* ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารเคมีออกซิเดชัน-รีดักชัน

ตัวเลขหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ปรับค่าพีเอชน้ำเสีย

ตารางที่ 5.8 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย สีย้อม แว็ต โทนสีแดง

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม vr 7			ปกติ VR 10		
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.2			9.6		
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	1240			1014		
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	7.2	9.6	9.0	10.0	4.0	4.0
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	1240	1014	1240	1014	1240	1014
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/$ม^3$)	11+0* = 11.0	11+0* = 11.0	20+0.3* = 20.3	20+0.3* = 20.3	15.0+.70* = 15.7	15.0+1.7* = 16.7
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่

ตารางที่ 5.9 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย สีย้อมแว็ต โทนสีเหลือง

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม vy 8			ปกติ VY 11		
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.3			9.3		
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	887			864		
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	7.3	9.3	9.0	9.3	4.0	4.0
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	887	864	887	864	887	864
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/$ม^3$)	11.0+0* = 11.0	11.0+0* = 11.0	20+.14* = 20.1	20+0* = 20.0	15.0+0.7* = 15.7	15.0+1.7* = 16.7
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่

ตารางที่ 5.10 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย สีย้อมแว็ต โทนสีน้ำเงิน

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม vb 9			ปกติ VB 12		
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.3			9.5		
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	1573			1457		
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	7.3	9.5	9.0	9.5	4.0	4.0
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	1573	1457	1573	1457	1573	1457
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/$ม^3$)	11.0+0* = 11.0	11.0+0* = 11.0	20+.18* = 20.2	20+0* = 20.0	15+0.7* = 15.7	15+2.0* = 17.0
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่

* ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารเคมีออกซิเดชัน-รีดักชัน

ตัวเลขหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ปรับค่าพีเอชน้ำเสีย

ค. ค่าใช้จ่ายในการลดสีน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟ

ผลสรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมรีแอคตีฟ แสดงไว้ในตารางที่ 5.11-5.13

$Na_2S_2O_4$ สามารถลดสีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟเกือบทั้งหมด (rr 13, ry 14, RR 16, RY 17) ให้ได้ค่าสีของน้ำทิ้งหลังการบำบัดมีค่าเป็นที่ยอมรับได้ โดยเสียค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีประมาณ 3.1-3.75 บาท/$ม^3$ ยกเว้นโทนสีน้ำเงิน (db 15, DB 18) แม้ว่าค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีสูงประมาณ 7.6-11.0 บาท/$ม^3$ ก็ยังไม่สามารถลดสีน้ำเสียให้เป็นที่ยอมรับได้ โดยสีน้ำเสียหลังการบำบัดยังสูงกว่า 2000 เอดีเอ็มไอ

สำหรับ H_2O_2 แม้ว่าค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี สูงถึง 20 บาท/$ม^3$ ยังไม่สามารถลดค่าสีน้ำเสียให้ลดลงจากค่าสีเริ่มต้นได้ H_2O_2 จึงไม่เหมาะสมในการลดสีน้ำเสียประเภทนี้

ส่วนค่าใช้จ่ายในการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมรีแอคตีฟชนิดปกติโดยใช้ NaOCl มีค่าประมาณ 1.0-18.8 บาท/$ม^3$ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุมเสียค่าใช้จ่ายเพียง 0.77-4.50 บาท/$ม^3$ ได้ค่าสีของน้ำทิ้งหลังการบำบัดเหลือต่ำจนเป็นที่ยอมรับได้

จะเห็นว่า NaOCl สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้มากกว่าใช้ $Na_2S_2O_4$ เป็นสารลดสี แต่ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีสูงกว่า การตัดสินใจเลือกใช้ขึ้นอยู่กับการจะนำไปใช้งานในลักษณะใด

ง. ค่าใช้จ่ายในการลดสีน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเอซิด

ผลสรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเอซิด แสดงไว้ในตารางที่ 5.14-5.16 ทำให้ทราบว่า ทั้ง NaOCl และ $Na_2S_2O_4$ สามารถลดสีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเอซิดได้ทั้งหมด ได้ค่าสีของน้ำทิ้งหลังการบำบัดเป็นที่ยอมรับทั้งสองชนิด แต่ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีโดยใช้ NaOCl ต่ำกว่า $Na_2S_2O_4$ กล่าวคือค่าใช้จ่ายในการใช้ NaOCl ประมาณ 0.21-3.37 บาท/$ม^3$ และของ $Na_2S_2O_4$ ประมาณ 2.3-5.8 บาท/$ม^3$

ส่วน H_2O_2 ไม่สามารถลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมเอซิดลงได้แม้เสียค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีสูงถึง 20 บาท/$ม^3$

สรุปได้ว่า NaOCl เป็นสารลดสีที่เหมาะที่สุดในการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเอซิด

ตารางที่ 5.11 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย สีย้อม รีแอคตีฟ โทนสีแดง

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม rr 13				ปกติ RR 16	
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.4				10.5	
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	4949				5296	
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	6.0	6.0	7.4	10.5	2.5	2.5
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	200	282	4949	5296	289	382
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/$ม^3$)	2.75+0.35* = 3.1	2.75+1.0* = 3.75	20+0* = 20	20+0* = 20	1.5+3.0* = 4.5	3.1+15.7 * = 18.8
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ไม่

ตารางที่ 5.12 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย สีย้อม รีแอคตีฟ โทนสีเหลือง

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม ry 14				ปกติ RY 17	
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.4				10.6	
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	4735				4940	
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	7.4	10.6	7.4	10.6	7.4	10.6
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	50	235	4735	4940	252	287
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/$ม^3$)	3.66+0* = 3.66	3.66+0* = 3.66	20+0* = 20	20+0* = 20	0.77+0* = 0.77	1.0+0* = 1.0
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ยอมรับ

ตารางที่ 5.13 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย สีย้อม รีแอคตีฟ โทนสีน้ำเงิน

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม rb 15				ปกติ RB 18	
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.4				10.7	
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	2826				2904	
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	10.0	10.7	7.4	10.7	6.0	8.0
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	2700	2237	2793	2904	169	297
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/$ม^3$)	7.3+0.3* = 7.6	11.0+0* = 11.0	20+0* = 20	20+0* = 20	1.5+0.3* = 1.8	2.32+5.8* = 8.12
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ยอมรับ

* ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารเคมีออกซิเดชัน-รีดักชัน

ตัวเลขหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ปรับค่าพีเอชน้ำเสีย

ตารางที่ 5.14 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย ลียอมเอซิด โทนสีแดง

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม ar 19			ปกติ AR 22		
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.8			6.1		
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	337			686		
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	7.8	5.0	7.8	6.1	7.8	3.0
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	105	275	337	686	130	187
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/$ม^3$)	4.5+0* = 4.5	5.5+0.3* = 5.8	20+0* = 20	20+0* = 20	1.5+0* = 1.5	2.07+1.3 = 3.37
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ยอมรับ

ตารางที่ 5.15 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย ลียอมเอซิด โทนสีเหลือง

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม ay 20			ปกติ AY 23		
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.65			6.4		
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	216			288		
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	7.65	6.4	7.65	9.0	7.65	6.4
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	60	87	216	288	nil	nil
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/$ม^3$)	2.75+0* = 2.75	2.75+0* = 2.75	20+0* = 20	20+2.6* = 22.6	0.13+0* = 0.13	0.21+0* = 0.21
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ยอมรับ

ตารางที่ 5.16 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย ลียอมเอซิด โทนสีน้ำเงิน

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม ab 21			ปกติ AB 24		
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.7			6.2		
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	643			1006		
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	7.7	6.2	9.0	9.0	6.0	6.2
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	79	290	643	1006	293	300
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/$ม^3$)	2.30+0* = 2.30	2.75+0* = 2.75	20+1.4* = 21.4	20+2.1* = 22.1	1.0+0.5* = 1.5	1.0+0* = 1.0
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ยอมรับ

* ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารเคมีออกซิเดชัน-รีดักชัน

ตัวเลขหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ปรับค่าพีเอชน้ำเสีย

จ. ค่าใช้จ่ายในการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเบสิค

ผลสรุปการประเมินราคาการลดสีน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเบสิค แสดงไว้ในตารางที่ 5.17-5.19 ทำให้ทราบว่า ทั้ง NaOCl และ $Na_2S_2O_4$ สามารถลดสีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเบสิคได้ทั้งหมด ได้น้ำทิ้งหลังการบำบัดเป็นที่ยอมรับได้ โดยค่าใช้จ่ายในการใช้ NaOCl ประมาณ 0.26-1.68 บาท/ม^3 ส่วนของ $Na_2S_2O_4$ ประมาณ 2.75-5.3 บาท/ม^3

สำหรับการใช้ H_2O_2 เป็นสารลดสี สามารถลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเบสิคได้ ให้ค่าสีของน้ำทิ้งหลังการบำบัดเป็นที่ยอมรับได้เฉพาะโทนสี แดงและเหลือง ส่วนโทนสีน้ำเงินค่าสีน้ำทิ้งหลังการบำบัดยังสูงกว่า 300 เอดีเอ็มไอ แต่ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงประมาณ 2.25-10.3 บาท/ม^3

สรุปได้ว่า NaOCl เป็นสารลดสีที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเบสิค

เมื่อพิจารณารวมทั้งหมด โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) น่าจะเป็นสารลดสีที่ดีที่สุด แต่ถ้าพิจารณาในรายละเอียดปลีกย่อย หรือการใช้งานในกรณีที่เฉพาะ สารลดสีแต่ละตัวอาจมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

อนึ่ง การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ได้รับความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านการย้อมสีของบริษัทยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอจำกัด ในการคิดค้นสูตรน้ำเสียจากโรงย้อมผ้า ดังนั้นน้ำเสียสังเคราะห์ที่ได้นี้อาจมีข้อแตกต่างจากน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมจริงก็ได้ อย่างไรก็ดี ข้อมูลที่ได้ก็เป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้งานภาคสนามของโรงงานต่าง ๆ ได้อย่างดี หากผู้นำไปใช้เข้าใจสภาวะความแตกต่างของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานนั้น ๆ อย่างถ่องแท้

5.6 แนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้สารเคมีในการกำจัดสี

อาจจะเป็นการลำบากที่จะสรุปว่าสารเคมีชนิดใดน่าจะนำมาใช้ในการลดสีของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมมากที่สุด เพราะสารเคมีแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลอง มีข้อดี และข้อเสียแตกต่างกันออกไป การที่จะเลือกสารเคมีชนิดใดไปใช้งาน จำเป็นต้องคำนึงถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นหรือสภาวะที่เหมาะสมนั้น ๆ การเลือกจึงต้องคำนึงถึงข้อดีและข้อเสียของสารเคมีแต่ละชนิดไป ซึ่งอาจ

ตารางที่ 5.17 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย สีย้อมเบสิค โทนสีแดง

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม br 25			ปกติ BR 28		
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.3			3.6		
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	306			330		
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	7.3	6.0	9.0	9.0	7.3	3.6
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	30	42	146	160	129	140
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/$ม^3$)	2.75+0* = 2.75	2.3+1.6* = 3.90	2.0+0.25* = 2.25	0.8+5.1* = 5.9	0.26+0* = 0.26	0.26+0* = 0.26
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ

ตารางที่ 5.18 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย สีย้อมเบสิค โทนสีเหลือง

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม by 26			ปกติ BY 29		
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.4			4.0		
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	328			387		
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	7.4	6.0	9.0	9.0	7.4	4.0
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	90	112	85	130	nil	nil
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/$ม^3$)	3.6+0* = 3.6	3.6+1.7* = 5.3	10.0+0.28* = 10.3	2.66+1.9* = 4.5	0.13+0* = 0.13	0.26+0* = 0.26
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ

ตารางที่ 5.19 สรุปการประเมินราคาของการลดสีน้ำเสีย สีย้อมเบสิค โทนสีน้ำเงิน

ประเภทน้ำเสีย	ควบคุม bb 27			ปกติ BB 30		
พีเอชน้ำเสีย (pH_o)	7.65			4.0		
ค่าสีน้ำเสีย เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)	791			1094		
สารเคมี / ข้อสรุปการทดลอง	$Na_2S_2O_4$		H_2O_2		NaOCl	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา	7.65	6.0	10.0	10.0	3.0	3.0
ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	100	125	355	350	179	220
ราคาสารเคมีที่ใช้ (บาท/$ม^3$)	2.75+0* = 2.75	2.75+0* = 2.75	10.0+0.9* = 10.9	6.67+2.3* = 9.0	0.39+1.3* = 1.69	0.52+1.17* = 1.68
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 เอดีเอ็มไอ)	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ยอมรับ

* ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารเคมีออกซิเดชัน-รีดักชัน

ตัวเลขหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ปรับค่าพีเอชน้ำเสีย

จะสรุปประเด็นสำคัญ ๆ ได้ดังนี้

5.6.1 โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์

ข้อดี

1. ประสิทธิภาพในการลดสีสูงสำหรับน้ำเสียจากสีย้อมที่ละลายน้ำได้เช่น สีย้อมรีแอคตีฟ เอซิด เบสิค เป็นต้น

2. ปริมาณโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ที่ใช้สำหรับการลดสีของน้ำเสียน้อย (≃ 62.5 - 100 มก./ลบ.ดม. เทียบค่าใช้จ่ายรวม ≃ 2.30 - 5.8 บาท/$ม^3$)

3. ต้องการเวลาสัมผัสในการลดสีน้อย (5-30 นาที)

4. โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ทำการลดสีได้ดี โดยที่ค่าพีเอชก่อนปฏิกิริยาไม่มีผลกระทบต่อการลดสีมากนัก กล่าวคือพีเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วงกว้าง 5.0-10.7 และสามารถลดสีได้ดีที่ค่าพีเอชของน้ำเสียดิบนั้นเอง หรือที่พีเอชแตกต่างจากค่าดังกล่าวไม่มากนัก ทำให้เสียค่าสารเคมีในการปรับค่าพีเอชก่อนปฏิกิริยาให้เหมาะสมน้อย

5. ผลกระทบของสารช่วยย้อมมีน้อย ทำให้สะดวกแก่การประยุกต์ใช้งาน กล่าวคือ สารช่วยย้อมที่ใช้กับสีย้อมประเภทเดียวกันในแต่ละโรงงานจะแตกต่างกันไปทั้งชนิดและปริมาณ การใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์เป็นสารลดสีจะลดปัญหาผลกระทบในด้านนี้ได้มาก แม้แต่ในโรงงานเดียวกัน สารเคมีที่ใช้ช่วยในการย้อมยังมีการเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา เป็นผลสืบเนื่องมาจากการพัฒนาทางด้านเทคนิคการผลิต อันจะเป็นผลให้ลักษณะสมบัติของน้ำเสียเปลี่ยนไปด้วย แต่การใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ในการลดสี ก็ยังสามารถประเมินประสิทธิภาพได้จากข้อมูลที่มีอยู่เดิมนี้ได้

ข้อเสีย

1. ราคาแพง (≃ 33 บาท/ก.ก.) เนื่องจากการใช้งานยังไม่กว้างขวางเท่าที่ควร ส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม

2. อาจก่อให้เกิดกลิ่นรำคาญเนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เล็กน้อย

3. ใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ลดสีของน้ำเสียโทนสีน้ำเงินของสีย้อมบางประเภท เช่น สีย้อมไดเร็กท์ รีแอคตีฟ เมื่อปล่อยทิ้งไว้ถึงจุดหนึ่งสีจะกลับคืนเหมือนเดิมได้ คาดว่าเนื่องจากการ Reoxidation จากอากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6.2 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ข้อดี

1. ผลกระทบของสารช่วยย้อมต่อประสิทธิภาพการลดสีมีน้อย

ข้อเสีย

1. ราคาแพง

2. ประสิทธิภาพในการลดสีต่ำ สามารถลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมเบสิคได้เพียงประเภทเดียวโดยให้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่ต้องใช้ปริมาณมาก ทำให้ค่าใช้จ่ายยังสูงกว่าการใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ (≃ 2.25 - 10.90 บาท/$ม^3$)

3. ต้องการเวลาสัมผัสในการลดสีสูงกว่าใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ (≃ 30 - 60 นาที)

4. ค่าพีเอชก่อนปฏิกิริยาที่เหมาะสมสำหรับการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วงที่เป็นด่าง (9.0-10.0) แต่น้ำเสียประเภทที่ลดสีโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้ผลดีเช่นน้ำเสียจากสีย้อมเบสิคกลับมีค่าพีเอชต่ำ (≃ 3.6-4.0) ทำให้เปลืองค่าสารเคมีในการปรับค่าพีเอช และทำให้น้ำหลังการบำบัดมีค่าความเป็นด่างสูงขึ้นด้วย

5.6.3 โซเดียมไฮโปคลอไรท์

ข้อดี

1. ราคาถูก

2. ประสิทธิภาพสูงในการลดสีสำหรับน้ำเสียที่ละลายน้ำได้โดยใช้สารลดสีในปริมาณต่ำ (≃ 2.9-86.5 มก/ลบ.ดม. เทียบค่าใช้จ่ายสารลดสี ≃ 0.13-3.90 บาท/$ม^3$)

3. สามารถลดสีของน้ำเสียโทนสีน้ำเงินจากสีย้อมไดเร็กท์และรีแอคตีฟลงได้โดยที่สีของน้ำหลังการบำบัดไม่มีการเปลี่ยนกลับคืน ดังเช่นในวิธี $Na_2S_2O_4$

4. ต้องการเวลาสัมผัสในการลดสีน้อย (≃ 5-50 นาที)

5. ผลกระทบของสารช่วยย้อมที่มีต่อประสิทธิภาพการลดสีต่ำ สามารถลดปัญหาในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของสารช่วยย้อม โดยที่ยังประเมินประสิทธิภาพในการลดสีได้จากข้อมูลที่มีอยู่เดิมได้

ข้อเสีย

1. ค่าพีเอช (ก่อนปฏิกิริยา) ที่เหมาะสมในการลดสีของน้ำเสียบางประเภทโดยโซเดียมไฮโปคลอไรท์อยู่ในระหว่าง 2.5 - 6.0 จำต้องปรับสภาพน้ำเสียประเภทดังกล่าวที่มีค่าพีเอชสูงให้ได้ตามเกณฑ์ที่ต้องการเสียก่อน โดยเฉพาะน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์ และรีแอคตีฟบางโทนสีอันทำให้เปลืองกรดมาก ค่าใช้จ่ายในการปรับพีเอชนี้เพิ่มขึ้นมากกว่าราคาของโซเดียมไฮโปคลอไรท์เสียอีก ทำให้ราคารวมของสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดทั้งหมดสูงตามไปด้วย ($\simeq$ 0.13 - 18.8 บาท/ม^3)

5.7 โออาร์พีกับการประยุกต์ใช้งานในการควบคุมการลดสีน้ำเสีย

จากการทดลองการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมประเภทต่าง ๆ โดยวิธีออกซิเดชัน-รีดักชัน และได้ศึกษาถึงโออาร์พีที่เหมาะสมของการลดสีของน้ำเสียดังกล่าวด้วย จากผลการทดลองที่แสดงไว้ในบทที่ 4 ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมและสรุปค่าโออาร์พีเทียบกับประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียคือแสดงไว้ในตารางที่ 5.20 ผลสรุปดังกล่าวทำให้ทราบว่าการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมประเภทต่าง ๆ โดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์เป็นสารลดสีทำให้ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ (หลังการบำบัด) มีค่าลดลงจากโออาร์พีเริ่มต้น ส่วนการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นสารลดสี โออาร์พีที่สภาพสมดุลย์มีค่าเพิ่มขึ้นจากโออาร์พีเริ่มต้น โออาร์พีที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้นนั้นมีค่ามากน้อยแตกต่างกันออกไปขึ้นกับปริมาณสารลดสีที่ใช้ทำปฏิกิริยาและสมบัติของน้ำเสียแต่ละชนิดด้วย กล่าวคือถ้าปริมาณสารลดสีที่ใช้เพิ่มมากขึ้นระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์จะเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นมากแปรผันตามไปด้วย ส่วนสมบัติของน้ำเสียมีผลกับโออาร์พีคือ น้ำเสียตัวอย่างเดียวกันที่พีเอชต่ำโออาร์พีจะสูงและถ้าพีเอชสูงขึ้น โออาร์พีจะมีค่าลดต่ำลง

ตามความตั้งใจเดิมของการทำวิจัยครั้งนี้ วัตถุประสงค์ของการศึกษาโออาร์พีของการลดสีน้ำเสียประเภทต่าง ๆ นั้น เพื่อต้องการทราบข้อมูลและนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานในการควบคุมการเติมสารเคมีในภาคสนามแบบอัตโนมัติ โดยอาศัยอุปกรณ์วัดโออาร์พีเป็นตัวส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เติมสารเคมี แต่จากผลการทดลองที่กล่าวในตอนต้นสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของการลดสีโดยวิธีออกซิเดชัน-รีดักชันขึ้นกับประเภทของสีย้อมและโทนสีของน้ำเสีย เมื่อพิจารณาโออาร์พีของการลดสีน้ำเสียชนิดปกติ (ซึ่งเป็นตัวแทนของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริงในภาคสนาม) จากสีย้อมประเภทต่าง ๆ เฉพาะที่ทำการลดสีได้ผลดี เช่น สีย้อมไดเร็กท์, รีแอคตีฟ, เอซิด และเบสิค

ตารางที่ 5.20 สรุปค่าโออาร์พีของการลดลีน้ำเสียเทียบกับประสิทธิภาพการลดลี

ข้อมูลสรุป / ประเภทน้ำเสีย	โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์			ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์			โซเดียมไฮโปคลอไรท์		
	% การลดลี	โออาร์พี เริ่มต้น (มิลลิโวลท์)	โออาร์พี ที่สภาพสมดุลย์ (มิลลิโวลท์)	% การลดลี	โออาร์พี เริ่มต้น (มิลลิโวลท์)	โออาร์พี ที่สภาพสมดุลย์ (มิลลิโวลท์)	% การลดลี	โออาร์พี เริ่มต้น (มิลลิโวลท์)	โออาร์พี ที่สภาพสมดุลย์ (มิลลิโวลท์)
1. ลีย้อมไดเร็กท์									
ชนิดปกติ	12 - 50	+50 ถึง +95	-280 ถึง -700	0	-30 ถึง +20	+70 ถึง +100	73 - 91	+455 ถึง +610	+835 ถึง +895
ชนิดควบคุม	11 - 35	+150 ถึง +230	-305 ถึง -640	0	+150 ถึง +230	+325 ถึง +340	79 - 81	+240 ถึง +605	+795 ถึง +1070
2. ลีย้อมแว็ต									
ชนิดปกติ	0	-100 ถึง +90	-640 ถึง -650	0	-100 ถึง +60	+150 ถึง +210	0	+230 ถึง +240	+840 ถึง +845
ชนิดควบคุม	0	+180 ถึง +240	-625 ถึง -645	0	+115 ถึง +160	+210 ถึง +215	0	+575 ถึง +700	+745 ถึง +755
3. ลีย้อมรีแอกตีฟ									
ชนิดปกติ	23 - 95	-20 ถึง +160	-175 ถึง -815	0	-20 ถึง +45	+95 ถึง +95	90 - 94	-20 ถึง +470	+370 ถึง +1005
ชนิดควบคุม	4.5 - 99	+20 ถึง +170	-270 ถึง -700	0	+130 ถึง +280	+325 ถึง +330	94 - 95	+130 ถึง +610	+600 ถึง +1120
4. ลีย้อมเอซิด									
ชนิดปกติ	60 - 75	+330 ถึง +600	-320 ถึง -490	0	+200 ถึง +580	+100 ถึง +245	70 - 99	+330 ถึง +600	+750 ถึง +960
ชนิดควบคุม	69 - 89	+240 ถึง +515	-385 ถึง -610	0	+330 ถึง +515	+125 ถึง +230	70 - 99	+350 ถึง +515	+350 ถึง +845
5. ลีย้อมเบสิค									
ชนิดปกติ	71 - 89	+160 ถึง +180	-490 ถึง +125	52 - 68	+75 ถึง +95	+90 ถึง +135	58 - 99	+460 ถึง +610	+460 ถึง +980
ชนิดควบคุม	70.5 - 90	+180 ถึง +220	-390 ถึง -480	52 - 74	+100 ถึง +120	+140 ถึง +220	58 - 99	+180 ถึง +770	+575 ถึง +965

หมายเหตุ - โออาร์พีเริ่มต้นหมายถึงค่าโออาร์พีก่อนทำปฏิกิริยากับสารลดลี

- โออาร์พีที่สภาพสมดุลย์หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดลีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ในตารางที่ 5.20 จะเห็นว่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ของน้ำเสียดังกล่าว (ซึ่งเป็นค่าที่ควรจะนำไปประยุกต์ใช้งานในการควบคุมการเติมสารเคมีของระบบการลดลีแบบต่อเนื่อง) แตกต่างกันมาก แม้แต่น้ำเสียจากลียอ้อมประเภทเดียวกัน ถ้าโทนลีแตกต่างกันออกไป โออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ก็มีช่วงกว้างถ่างออกไป จนหาจุดยุติสรุปไม่ได้ ถ้านำไปประยุกต์ใช้งานโดยเลือกควบคุมโออาร์พี ที่ค่าใดค่าหนึ่งในช่วงดังกล่าว หากโออาร์พีสูงหรือต่ำไปจะทำให้สิ้นเปลืองสารเคมีโดยไม่จำเป็น แต่ถ้าเลือกโออาร์พีต่ำไปหรือสูงไป ค่าลีของน้ำเสียหลังการบำบัดอาจไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่จะยอมรับได้ เว้นแต่จะควบคุมแหล่งกำเนิดน้ำเสียให้มีลียอ้อมประเภทเดียวกันและโทนลีเดียวกันในน้ำเสียหนึ่ง ๆ ที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัด ซึ่งในทางปฏิบัติ การกระทำเช่นนี้เป็นไปได้ยากและเป็นไปไม่ได้เลยในโรงงานที่ได้สร้างไว้แล้ว

สรุปได้ว่าการควบคุมการเติมสารเคมีโดยใช้สัญญาณโออาร์พีในปัจจุบันยังอยู่ในฐานะที่ไม่เหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานในการลดลีน้ำเสียจากโรงย้อมด้วยวิธีออกซิเดชัน-รีดักชันแบบอัตโนมัติ

5.8 <u>การประยุกต์ใช้งานร่วมกับการลดลีโดยวิธีอื่น ๆ</u>

จากผลการทดลองการลดลีของน้ำเสียจากลียอ้อมโดยวิธีออกซิเดชัน-รีดักชัน มีประเด็นสำคัญพอจะสรุปได้ว่า การลดลีของน้ำเสียโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์และโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์สามารถกระทำได้ดีกับน้ำเสียที่เกิดจากลียอ้อมประเภทที่ละลายน้ำได้ดี และไม่สามารถลดลีของน้ำเสียจากลียอ้อมประเภทที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาข้อมูลของ สมคิด วงค์ไชยสุวรรณ[25] เกี่ยวกับการกำจัดลีน้ำเสียจากโรงงานย้อมฝ้ายโดยวิธีการตกตะกอนด้วยสารเคมี พบว่าการใช้สารส้ม หรือแมกนีเซียมคาร์บอเนต-ไฮเดรตเบสิค ในการกำจัดลีน้ำเสียจากโรงงานย้อมฝ้ายด้วยขบวนการโคแอกกูเลชัน สามารถลดลีของน้ำเสียที่เกิดจากลียอ้อมประเภทที่ไม่ละลายน้ำได้ดี มีประสิทธิภาพการกำจัดลีได้มากกว่าร้อยละ 70 แต่ประสิทธิภาพการกำจัดลีน้ำเสียอันเกิดจากลียอ้อมประเภทที่ละลายน้ำได้ดีกลับมีค่าต่ำมาก

วิธีการที่ดีที่สุดในการกำจัดลีของน้ำเสียจากโรงย้อมในทางปฏิบัติจึงน่าจะเป็นการผสมผสานระหว่างวิธีดังกล่าวคือการลดลีด้วยการตกตะกอน และการใช้สารลดลี โดยอาจใช้วิธีแรกก่อนหรือหลังวิธีที่สองก็ได้ ทั้งนี้น่าที่จะได้มีการศึกษาควบคู่กันต่อไป