บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

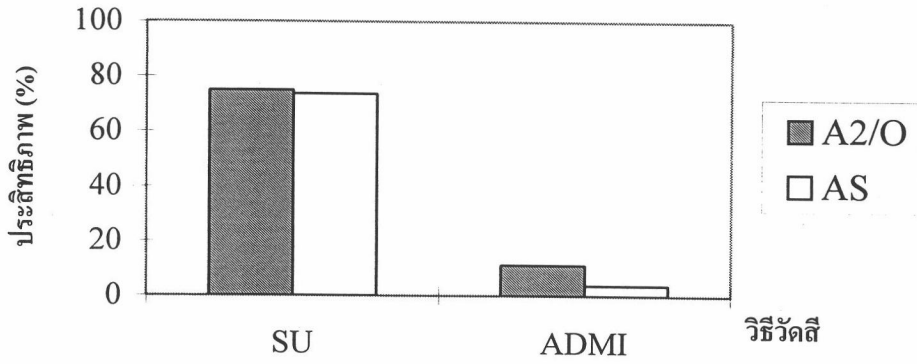
5.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีระหว่างระบบ AS กับ A_2O

จากการทดลองโดยการใช้ระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดาและระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะภาพในการกำจัดสีดิสเพอร์ส, ซัลเฟอร์ และรีแอกทีฟ โดยหลังจากทำโพรไฟล์ซีโอดีของน้ำเสียดิสเพอร์สจึงได้กำหนดให้ระบบฯทั้งสองมีการทำงาน 2 วัฏจักรต่อวัน ซึ่งรายละเอียดของช่วงการทำงานและผลการทดลองทั้งหมดได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 โดยพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีโดยใช้ระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดาอย่างไม่ชัดเจนนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีวัดสีและชนิดสี ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้วิธีการวัดสี 2 วิธีคือ วัดในหน่วย SU และหน่วย ADMI ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ

จากตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.1 ซึ่งแสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีดิสเพอร์สในระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์และระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา โดยระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์มีประสิทธิภาพการกำจัดสีในหน่วย SU และ ADMI เท่ากับ 75 % และ 11.2 % และ 72.7 % และ 3.8 % สำหรับระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา ซึ่งพบว่าระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์มีประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงกว่าระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดาเล็กน้อย แต่จะเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนขึ้นเมื่อสังเกตดูด้วยตาเปล่า ดังแสดงในภาพที่ 4.4 และ 4.13

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีดิสเพอร์ส

ระบบ	ประสิทธิภาพการกำจัดสี		
	SU	ADMI	ดูด้วยตา
A_2/O	75	11.2	มาก
AS	73.7	3.8	ปานกลาง

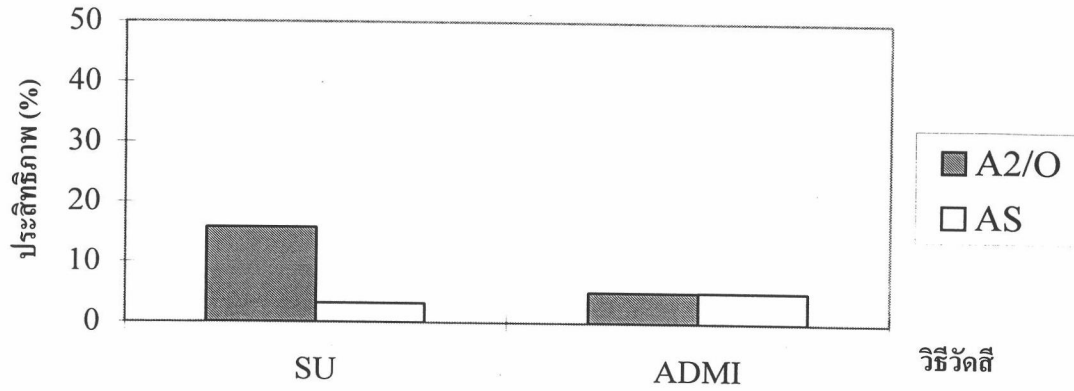


รูปที่ 5.1 กราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีดิสเพอร์ส

ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดสีซัลเฟอร์นั้นแสดงในตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.2 ซึ่งผลที่ได้จะเห็นว่าสีซัลเฟอร์ถูกกำจัดคิดเป็นประสิทธิภาพในหน่วยวัดของ SU และ ADMI 15.7 % และ 5.1 % สำหรับระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ และ 3.2 % และ 5.2 % สำหรับระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา เมื่อเปรียบเทียบระหว่างทั้ง 2 ระบบฯจะเห็นว่าระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์กำจัดสีได้มากกว่าระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดาสำหรับการวัดสีในหน่วย SU ส่วนการวัดสีในหน่วย ADMI พบว่าทั้ง 2 ระบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจะพบว่าสีซัลเฟอร์ถูกกำจัดได้น้อยมาก ดังแสดงในภาพที่ 4.17 และ 4.25 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของสีในน้ำเข้าสูงเกินไปหรืออาจเนื่องมาจากโครงสร้างโมเลกุลของสีสลายตัวได้ยาก ซึ่งต้องอาศัยงานวิจัยต่อไปอีก

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีซัลเฟอร์

ระบบ	ประสิทธิภาพการกำจัดสี		
	SU	ADMI	ดูด้วยตา
A_2/O	15.7	5.1	ปานกลาง
AS	3.2	5.2	น้อยมาก

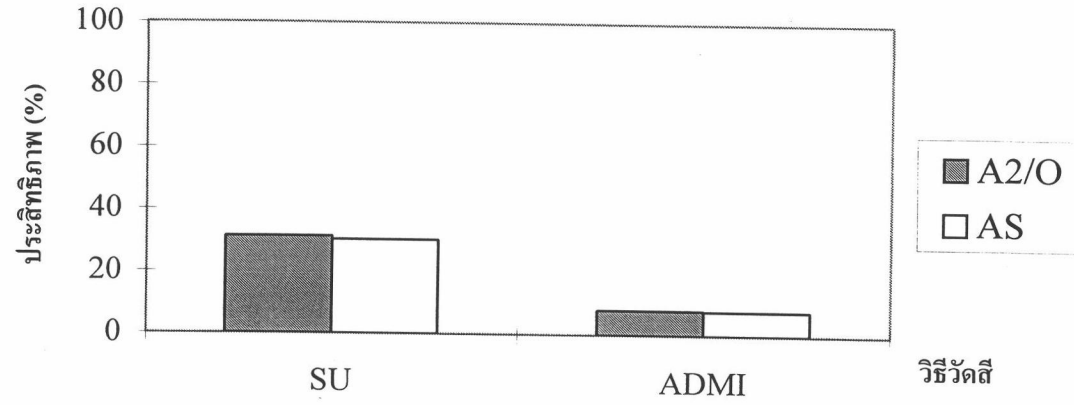


รูปที่ 5.2 กราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีซัลเฟอร์

ตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.3 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดสีรีแอกทีฟทั้ง 2 ระบบฯ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยในหน่วย SU และ ADMI ตามลำดับคิดเป็น 31.2 % และ 8.0 % สำหรับระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ และ 30.2 % และ 7.8 % สำหรับระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีรีแอกทีฟ จะพบว่าระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีมากกว่าระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดาในปริมาณเล็กน้อย และเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจะพบว่าระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์สามารถกำจัดสีรีแอกทีฟได้ดีกว่าระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา (ดูภาพที่ 4.29 และ 4.37)

ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟ

ระบบ	ประสิทธิภาพการกำจัดสี		
	SU	ADMI	ดูด้วยตา
A_2/O	31.17	8.02	ปานกลาง
AS	30.19	7.76	น้อย



รูปที่ 5.2 กราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีซัลเฟอร์

จากผลการเปรียบการกำจัดสีทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ สีดิสเพอร์ส, ซัลเฟอร์ และรีแอกทีฟ ระหว่างระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์กับระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดาได้อธิบายไปแล้วในตอนต้น จะเห็นได้ว่าระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้ดีกว่าระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา เนื่องจากในระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์มีสภาวะแอนนอกซิก+แอนแอโรบิก โดยในสภาวะแอนแอโรบิกโมเลกุลของสีซึ่งมีขนาดโมเลกุลใหญ่ถูกย่อยสลายให้กลายเป็นโมเลกุลเล็กก่อนเข้าสู่ช่วงออกซิก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติของสีแต่ละชนิด จะเห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีทั้ง 3 ชนิดไม่สูงมากนั้นอาจเป็นเพราะวิธีวัดสียังไม่ดีพอ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Carliell และคณะ (1996) กล่าวว่าการวัดสีในหน่วย ADMI ให้ค่าที่ไม่แน่นอนเนื่องจากมีค่าความขุ่นมารบกวนการวัดสี นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าสีประเภทดิสเพอร์สและซัลเฟอร์เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ (Carliell และคณะ,1996) ส่วนสีรีแอกทีฟเป็นสีที่ละลายน้ำ โดยพบว่าสีประเภทที่ไม่ละลายน้ำสามารถถูกกำจัดได้ดีด้วยกระบวนการดูดติดผิวมวลจุลชีพ (MLSS) (Shaul และคณะ,1985) ทั้งนี้จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของมวลจุลชีพที่มีอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสีย แต่อย่างไรก็ตามในระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานฟอกย้อมทั่วๆไป ส่วนมากจะมีความเข้มข้นของมวลจุลชีพในรูปของ MLSS ประมาณ 1000 มก./ล. และจะค่อยๆลดลงไปอีก (Porter and Snider, 1976) ทั้งนี้เพื่อที่จะให้เกิดการย่อยสลายทางชีวภาพนานๆ เนื่องจากน้ำเสียโรงฟอกย้อมจะถูกย่อยสลายได้ยากกว่าน้ำเสียชุมชน (Shiriver และ Dague, 1978) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองนี้ จากตารางที่ 5.4 พบว่าค่า MLSS ในระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์และระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดามีค่าเฉลี่ย 1118 และ 1070 มก./ล. สำหรับสีดิสเพอร์ส , 377 และ 439 มก./ล. สำหรับสีซัลเฟอร์, 657 และ 597 มก./ล. สำหรับสีรีแอกทีฟ ตามลำดับ ซึ่งสัณนิฐานได้ว่าการที่สีดิสเพอร์สมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงกว่าสีอีก 2 ประเภทเนื่องจากมี MLSS สูง

ตารางที่ 5.4 ค่าความเข้มข้นของมวลจุลชีพ (MLSS)ของสี 3 ประเภทที่ SRT = 8 วัน)

ชนิดสี	MLSS (mg/l)	
	ระบบเอทูโอ_เอสบีอาร์	ระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา
ดิสเพอร์ส	1118	1070
ซัลเฟอร์	377	439
รีแอกทีฟ	657	597

กว่า นอกจากนี้การกำจัดสีกลุ่มเอโซจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นหากมีสภาวะแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกเพิ่มขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสีย ทั้งนี้จะช่วยให้สีที่มีโครงสร้างของโมเลกุลที่ยาวและซับซ้อนจะถูกย่อยสลายให้มีโครงสร้างของโมเลกุลที่ง่ายๆไม่ซับซ้อนมากนัก และช่วยให้สีถูกกำจัดได้มากขึ้นอีกด้วย (Carliell และคณะ, 1995) ซึ่งเป็นข้อสนับสนุนข้อหนึ่งที่ทำให้การบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการเอทูโอ-เอสบีอาร์มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงกว่าระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา และเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการกำจัดสีในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกของระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ของสีทั้ง 3 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 5.5 จะเห็นว่า สีทั้ง 3 ประเภท จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิก และช่วงออกซิกแตกต่างกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ สีดีสเพอร์สและสีซัลเฟอร์จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงในช่วงออกซิก ยกเว้นสีซัลเฟอร์ที่วัดในหน่วย ADMI ส่วนในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกสีทั้ง 2 ชนิดถูกกำจัดได้น้อยมาก ซึ่งเป็นไปตามคำอธิบายข้างต้นที่ว่าสีทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งกลไกการกำจัดสีชนิดไม่ละลายน้ำที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ กลไกการดูดติดผิวฟล็อก ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดในช่วงออกซิก แต่การที่สีทั้ง 2 ชนิดถูกกำจัดในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกได้น้อยนั้น อาจเนื่องมาจากมีจำนวนจุลินทรีย์ที่ชินกับน้ำเสียทั้ง 2 ชนิดน้อยเกินไปจนไม่เพียงพอให้สีถูกดูดติดบนฟล็อก และสีที่ใช้ในการทดลองนี้มีสูตรโครงสร้างของโมเลกุลแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5.6 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีกรรมวิธีในการผลิตสีย้อมให้ได้สีตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งทำให้สีดังกล่าวมีสูตรโครงสร้างไม่แน่นอนในการย้อมแต่ละครั้ง

ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดสีรีแอกทีฟจะมีประสิทธิภาพการกำจัดในแต่ละช่วงของระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์แตกต่างไปจากสีดิสเพอร์สและซัลเฟอร์ กล่าวคือการกำจัดสีในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกจะประสิทธิภาพสูงกว่าในช่วงออกซิก ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า สีชนิดรีแอทีฟมีสมบัติที่สามารถละลายน้ำได้และมีกลุ่มเอโซเป็นโครงสร้างหลัก ทำให้สีดังกล่าวถูกดูดติดผิว

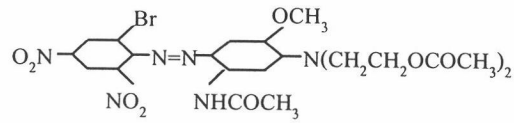
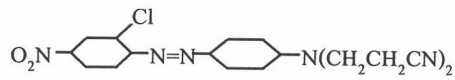
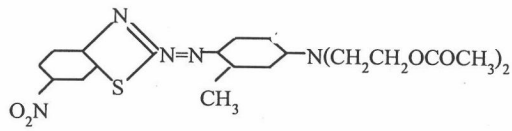
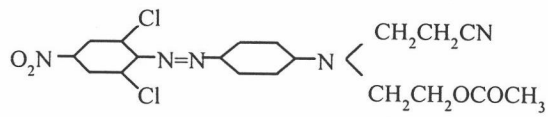
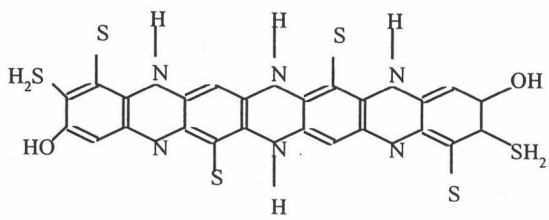
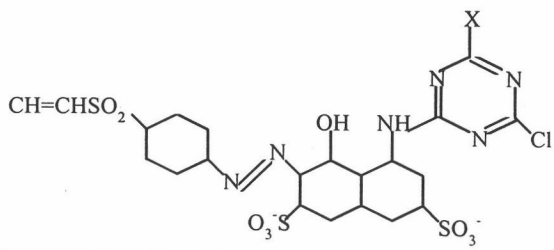
ตารางที่ 5.5 ประสิทธิภาพการกำจัดสีในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกและออกซิกของระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ (2+8 ชั่วโมง)

ชนิดสี	หน่วย SU (%)		หน่วย ADMI (%)	
	แอนนอกซิก+แอนแอโรบิก	ออกซิก	แอนนอกซิก+แอนแอโรบิก	ออกซิก
ดิสเพอร์ส	4.5	54.2	2.76	8.6
ซัลเฟอร์	5.3	11.1	4.4	0.8*
รีแอกทีฟ	30.0	1.6	5.6	2.5

* ค่าที่วัดได้ไม่สอดคล้องกับการดูด้วยตา

ฟล็อกได้น้อย และลักษณะโครงสร้างของโมเลกุลของสีรีแอกทีฟนี้มีความซับซ้อนและมีลักษณะเป็นลูกโซ่ยาว ซึ่งขึ้นอยู่กับสูตรของสีแต่ละชนิดที่มีมากมายหลายชนิด โดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยโครงสร้างหลักเช่น กลุ่มเอโซ, แอนทราควิโนน, ควินโนลีน ฯลฯ (Baughman และ Weber, 1994) โดยสีรีแอกทีฟที่มีกลุ่มเอโซเป็นโครงสร้างโมเลกุลหลักสามารถถูกกำจัดได้ในสภาพแอนแอโรบิก (Brown และ Hamburger, 1987 ; Carliell และคณะ, 1995) ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้นี้ แต่อย่างไรก็ตามการที่ระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงสุด ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับการทำงานในช่วงแอนแอโรบิกที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดโครงสร้างหลักของโมเลกุลสี (Carliell และคณะ, 1994) ซึ่งการทดลองครั้งนี้ยังไม่สามารถกำหนดช่วงเวลาแอนแอโรบิคที่เหมาะสมได้ แต่กำหนดได้ในช่วงกว้างๆเท่านั้นคือ 8 และ 20 ชั่วโมงตามลำดับซึ่งจะอธิบายในหัวข้อต่อไป

ตารางที่ 5.6 ชื่อทางการค้าและสูตรโครงสร้างทางเคมีของสี 3 ชนิดที่ใช้ในการวิจัย

ชนิดสี	ชื่อทางการค้า	สูตรโครงสร้างทางเคมี
1.ดิสเพอร์ส	kiwalon polyester brown 2B-SF	
		
		
		
2.ซัลเฟอร์	dirazol black RDT-LS	
3.รีแอกทีฟ	remozol red RB (reactive red 198)	
	remozol golden yellow RNL (reactive orange 107)	-
	remozol navy blue GG (reactive blue 203)	-

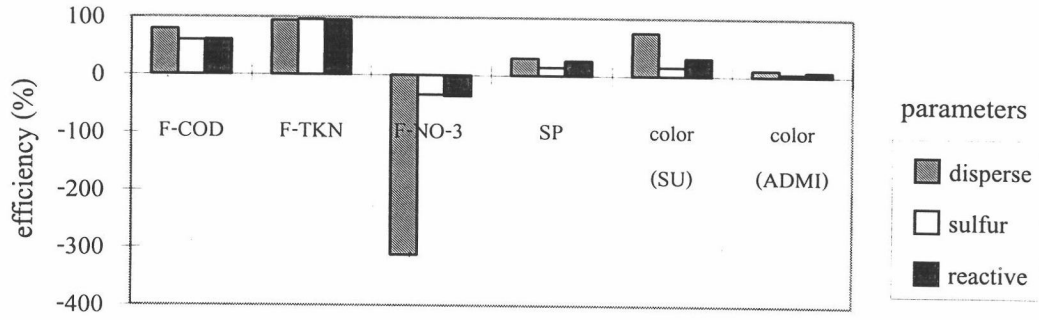
5.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์และเอสบีอาร์แบบธรรมดา

จากการทดลองชุดที่ 1, 2 และ3 พบว่าระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์และระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดามีประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 5.7 และรูปที่ 5.4 จากรูปที่ 5.4 อธิบายได้ว่าระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี, ทีเคเอ็น, ไนเทรต และฟอสฟอรัส เท่ากับ 79.2, 93.7, -312.9 และ 29.8 % ตามลำดับสำหรับสีดิสเพอร์ส; 59.8, 95.6, -33.6 และ 14.2% สำหรับสีซัลเฟอร์ และ 60.6, 94.8, -36 และ 25.71% สำหรับสีรีแอกทีฟตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี, ทีเคเอ็น, ไนเทรต และฟอสฟอรัส ของระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดาดังแสดงในตารางที่ 5.8 และรูปที่ 5.5 พบว่ามีค่าเท่ากับ 82.4, 94.8, -367 และ 12.3 %

ตารางที่ 5.7 แนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดของระบบ เอทูโอ-เอสบีอาร์ (2+8 ชั่วโมง)

ชนิดสี	ประสิทธิภาพการกำจัด					
	F-COD	F-TKN	F-NO_3^-	(TP-SP)/TP*100	color (SU)	color (ADMI)
ดิสเพอร์ส	79.1	93.7	-312.9	29.8	75	11.2
ซัลเฟอร์	59.8	95.6	-33.6	14.2	15.7	5.1
รีแอกทีฟ	60.6	94.8	-36	25.7	31.2	8.0

สำหรับสีดีสเพอร์ส; 64, 95.2, -231.5, และ 6.5% สำหรับสีซัลเฟอร์ และ 61.2, 94.8, -367 และ 12.2% สำหรับสีรีแอกทีฟตามลำดับ (ดูรูปที่ 5.5) ซึ่งจะเห็นว่าระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดามีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงกว่าระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ โดยผลที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zaoyan และคณะ (1992) ซึ่งได้เปรียบเทียบการกำจัดสีและสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมโดยกระบวนการชีวภาพหมุน(RBC) ระหว่างชนิดที่เป็นแอนแอโรบิก-แอโรบิกกับแอโรบิกอย่างเดียว พบว่าการที่มีช่วงแอนแอโรบิกแล้วตามด้วยช่วงแอโรบิกจะมีประสิทธิภาพใน



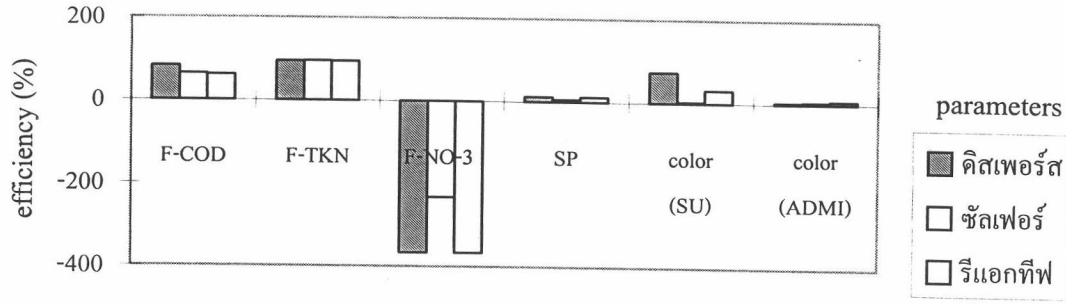
รูปที่ 5.4 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และสีของสี 3 ชนิดในระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์

การกำจัดสารอินทรีย์ต่ำกว่าระบบที่มีช่วงแอโรบิกอย่างเดียว หรืออาจกล่าวได้ว่าในช่วงแอนแอโรบิกซีโอดีถูกกำจัดน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงแอโรบิก นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์(ซีโอดี)ยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่าง COD:BOD_5 ในเสียก่อนเข้าระบบฯทั้งสองที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีค่าอัตราส่วนระหว่าง COD:BOD_5 เท่ากับ 2.9, 8.4 และ 6.7 สำหรับสีดิสเพอร์ส, สีซัลเฟอร์ และสีรีแอกทีฟตามลำดับ ซึ่งถ้าระบบมีค่าอัตราส่วนระหว่าง COD:BOD_5 ต่ำๆจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงกว่า ในที่นี้คือสีดิสเพอร์ส ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเสียชนิดสีดิสเพอร์สมีน้ำเสียจากสุขาภิบาล(โรงอาหารและห้องสุขา)รวมอยู่ด้วย ทำให้มีปริมาณสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพสูงกว่า (Porter และ Snider , 1976)

ตารางที่ 5.8 แนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดของระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา(2+8 ชั่วโมง)

ชนิดสี	ประสิทธิภาพการกำจัด					
	F-COD	F-TKN	$F\text{-}NO_3^-$	(TP-SP)/TP*100	color (SU)	color (ADMI)
ดิสเพอร์ส	82.4	94.8	-366.6	12.3	73.6	3.8
ซัลเฟอร์	64.0	95.2	-231.5	6.5	3.2	5.2
รีแอกทีฟ	61.2	94.8	-366.6	12.3	31.2	7.8

นอกจากการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปซีโอดีแล้ว ยังมีการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบฯอีกด้วย จากรูปที่ 5.4 จะเห็นว่าระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์มีประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็น, ไนเทรต และฟอสฟอรัสคิดเป็น 93.7, -312.9 และ 29.8 % สำหรับสีดิสเพอร์ส, 95.6, -33.6 และ 14.2 % สำหรับสีซัลเฟอร์และ 94.8, -367 และ 12.2 % สำหรับสีรีแอกทีฟ ตามลำ



รูปที่ 5.5 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และสีของสี 3 ชนิดในระบบอาร์แบบธรรมดา

ดับ จากผลที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจะเห็นได้ว่าระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดาและระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์มีประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นสูงใกล้เคียงกัน แต่ระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดาจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดไนเทรตและฟอสฟอรัสต่ำกว่าระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ ทั้งนี้เนื่องจากทฤษฎีที่ว่าระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่มีช่วงแอโรบิกอย่างเดียวจะเกิดเฉพาะปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ซึ่งสารอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นไนไทรต์และไนเทรตเป็นผลผลิตขั้นสุดท้าย ซึ่งทำให้น้ำเสียที่มีค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนสูงๆเมื่อเข้าสู่ระบบบำบัดแบบชีวภาพที่มีช่วงแอโรบิกอย่างเดียวจะมีค่าไนเทรตถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณสูง โดยจะเห็นได้จากผลการทดลองที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ในการกำจัดสีในระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์พบว่าสีดิสเพอร์สมีประสิทธิภาพไนเทรตต่ำกว่าสีซัลเฟอร์และสีรีแอกทีฟ ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำเสียมีสีดิสเพอร์สซึ่งในการทดลองนี้ไปขัดขวาง (intrefere) ต่อวิธีการวัดค่าไนเตรทโดยใช้วิธี UV - spectrophotometer ส่วนสีซัลเฟอร์และสีรีแอกทีฟจะเป็นตัวขัดขวางน้อยกว่า

ส่วนการที่ระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสสูงกว่าระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา ก็เป็นไปตามทฤษฎีที่ว่าระบบที่มีช่วงแอนแอโรบิกแล้วตามด้วยช่วงแอโรบิก จะมีกลไกการกำจัดฟอสฟอรัสที่เรียกว่า ฟอสฟอรัสถูกสะสมในเซลล์ปริมาณมาก (Luxury uptake phosphorus) (Randall *et.al.*, 1992) แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสของระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ที่ได้นี้มีประสิทธิภาพไม่สูงมากนัก ทั้งๆที่น้ำเสียก่อนเข้าระบบฯของสีดิสเพอร์ส, สีซัลเฟอร์ และสีรีแอกทีฟ มีค่าอัตราส่วน BOD_5:P เท่ากับ 71.1, 19.9 และ 33.1 ตามลำดับ ซึ่ง Barnard (1984) กล่าวว่าระบบดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสสูงจะต้องมีอัตราส่วน BOD_5:P สูงกว่า 10 การที่ผลการทดลองเป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากในระบบฯยังมีไนเทรตเหลืออยู่ซึ่งเป็นตัวขัดขวางการกำจัดฟอสฟอรัส จากการทดลองเนื่องจากระบบมีการทำงานในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกเพียง 2 ชม. พบว่าในช่วงดังกล่าวยังมีไนเทรตเหลืออยู่ แสดงว่าระบบฯเกิด

ปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันไม่สมบูรณ์ และนอกจากนี้อาจเกิดจากระบบฯทำงานในที่ๆมีอุณหภูมิสูงเกิน(24-26°C) ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสลดลง

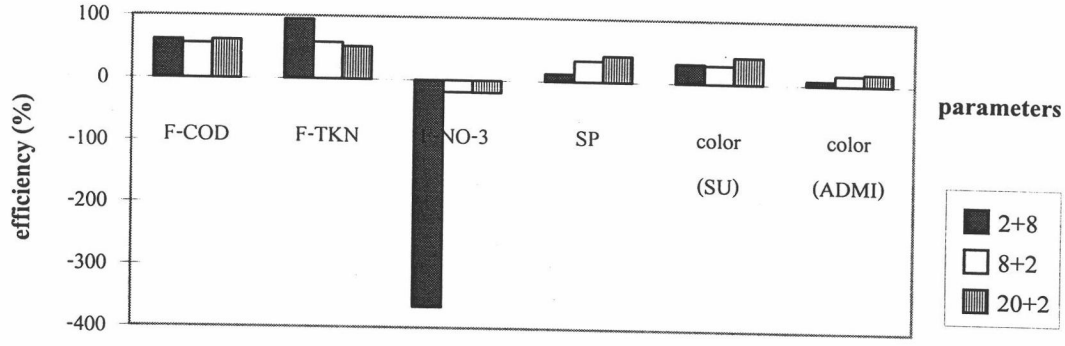
5.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟโดยใช้ระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ระหว่างน้ำเสียจริงกับน้ำเสียที่เติมแหล่งคาร์บอนเสริม

เนื่องจากพบว่าในการทดลองโดยใช้ระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ในการกำจัดสีจากน้ำเสียที่เก็บมาจากกระบวนการฟอกย้อมที่มีการใช้สีรีแอกทีฟประเภทเดียวซึ่งมีค่าบีโอดีต่ำ (~ 150 มก./ล.) แต่มีค่าซีโอดีสูง(~ 1000 มก./ล.)พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดสีต่ำมาก จึงสันนิฐานว่าสาเหตุเกิดจากน้ำเสียดังกล่าวมีสารที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่ายน้อย ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบฯ เพราะได้เก็บน้ำเสียดังกล่าวมาจากรางน้ำเสียที่ออกจากโรงฟอกย้อมอย่างเดียวไม่รวมน้ำเสียจากโรงอาหารและห้องสุขา จึงได้ทำการทดลองเติมแหล่งคาร์บอนได้แก่น้ำตาลและกรดอะซิติกเสริมลงไปในน้ำเสียดังกล่าวในปริมาณ 350 และ 150 มก./ล.ตามลำดับเพื่อให้มีสารที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้เพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kremer (1987) อ้างโดย Relife และ Freeman (1996) ซึ่งกล่าวว่าการเติมแหล่งคาร์บอนเสริม เช่น กรดอะซิติก โพรไพโอนิก ลงไปในน้ำเสียจะทำให้จุลินทรีย์ใช้สารอาหารได้ง่ายกว่าที่จะใช้สารอาหารจากตัวสีย้อมเอง โดยการกำหนดให้ระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์มีช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกต่างกันคือ 8 และ 20 ชั่วโมงและมีช่วงการทำงานอื่นๆเท่ากันหมด โดยจะเรียกชื่อระบบฯที่เติมแหล่งคาร์บอนว่า การทำงานที่ 8+2 และ 20+2 ชั่วโมงตามลำดับ ตารางที่ 5.9 และรูปที่ 5.6 จะเห็นได้ว่าระบบฯที่ไม่ได้เติมแหล่งคาร์บอน (2+8 ชั่วโมง) จะมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นสูงกว่าระบบที่เติมแหล่งคาร์บอน ทั้งนี้เนื่องจากระบบที่ใช้น้ำเสียจริงมีการทำงานในช่วงออกซิกนานกว่าคือ 8 ชั่วโมง ทำให้สารอินทรีย์ดังกล่าวถูกย่อยสลายได้มากกว่าระบบฯที่เติมแหล่งคาร์บอนเสริมซึ่งมีช่วงออกซิกเพียง 2 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 5.6 ยังพบอีกว่าระบบฯที่เติมแหล่งคาร์บอนเสริมมีประสิทธิภาพการกำจัดไนเทรตและฟอสฟอรัสสูงกว่าระบบฯที่ใช้น้ำเสียจริง เนื่องจากระบบแรกมีการทำงานในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกนานกว่าคือ 8 และ 20 ชั่วโมง ซึ่งทำให้ไนเทรตถูกกำจัดได้หมด แต่ในการทดลองพบว่ายังมีไนเทรตเหลืออยู่ในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิก ซึ่งการที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดเนื่องจากวิธีวัดค่าไนเทรตไม่ดีพอกล่าวคือ สีจะเป็นตัวขัดขวางทำให้ค่าไนเทรตที่วัดได้ผิดพลาดไป นอกจากนี้ยังพบอีกว่าระบบฯประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสไม่สูงนัก โดยมีประสิทธิภาพ 12.3, 33.5 และ 41.9 % สำหรับการทำงานที่ 2+8, 8+2 และ 20+2 ชั่วโมงตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระบบฯมีเซลล์น้อยเกินไป นอกจากนี้อาจเกิดจากอุณหภูมิของน้ำเสีย

ในระบบฯสูงเกินไป (24-26 °C) ซึ่ง Sell และคณะ (1981), Randall และคณะ (1992) กล่าวว่าที่อุณหภูมิสูงดังกล่าวมีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสลดลง

ตารางที่ 5.9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ (สีรีแอกทีฟ)

ช่วงการทำงาน	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					
	F-COD	F-TKN	$F\text{-}NO_3^-$	(TP-SP)/TP*100	color (SU)	color (ADMI)
2+8	61.2	94.8	-366.6	12.3	31.2	7.8
8+2	55.4	58.2	-19.2	33.5	29.2	16.4
20+2	61.2	52.0	-19.8	41.9	42.8	19



รูปที่ 5.6 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และสีรีแอกทีฟของระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ ที่มีช่วงการทำงานต่างกัน

สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีระหว่างระบบฯที่ใช้น้ำเสียจริง(2+8 ชั่วโมง) กับระบบฯที่เติมแหล่งคาร์บอนเสริม (8+2 และ 20+2 ชั่วโมง)นั้นไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้เนื่องจากน้ำเสียที่เก็บมาจากโรงงานไม่เหมือนกันเนื่องจากไม่ได้ทดลองพร้อมกัน แต่จากการสังเกตดูด้วยตาพบว่าสีถูกกำจัดลงได้โดยเฉพาะที่การทำงาน 20+2 ชั่วโมง (ดูภาพที่ 4.37, 4.44 และ 4.51) แต่จากประสิทธิภาพการกำจัดสีที่ได้มีค่าไม่สูงนัก ทั้งนี้อาจเกิดจากในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกที่ 2 ชั่วโมงยังมีไนเตรทเหลืออยู่ซึ่งเป็นตัวยับยั้งการสลายพันธะของโมเลกุลสี แต่ที่ 8 และ 20 ชั่วโมงไม่น่าจะยังมีไนเทรตเหลืออยู่ซึ่งน่าจะเกิดจากความผิดพลาดของวิธีการวัดไนเทรตและวิธีวัดสี นอกจากนี้ยังสังเกตพบว่าหลังจากที่ระบบฯเริ่มเปลี่ยนช่วงการทำงานจากช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกเป็นช่วงออกซิกจะมีกลิ่นเหม็นเหมือนกาซไข่เน่า (H_2S) เพราะการเติม

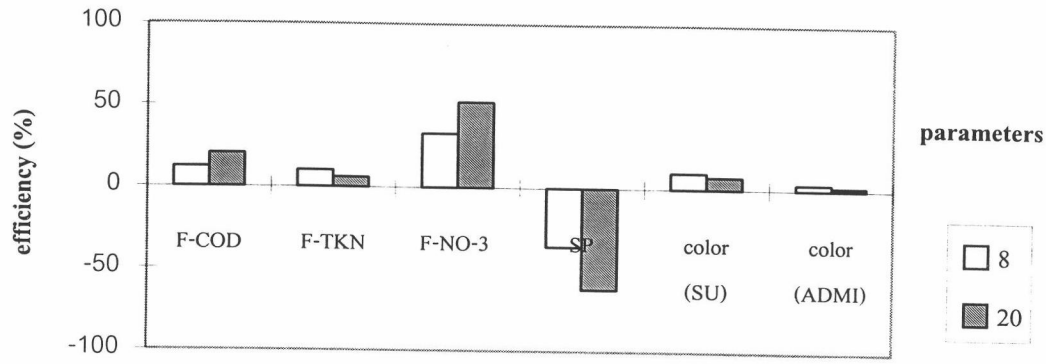
อากาศทำให้ก๊าซดังกล่าวถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ ซึ่งแสดงว่าในระบบฯมีซัลเฟอร์อยู่(เกิดจากการใช้กรดซัลฟุริกในการปรับพีเอชในน้ำเสีย) ซึ่งก็เป็นตัวยับยั้งการกำจัดสีเช่นกัน (Carliell และคณะ (1996))

5.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟที่การทำงานในช่วงแอนนอกซิก +แอนแอโรบิกต่างกัน

ตารางที่ 5.10 และรูปที่ 5.7 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟที่มีการทำงานในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิก 8 และ 20 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าระบบทั้งสองมีประสิทธิภาพการกำจัดสีไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ก็ยังพบว่าที่ 20 ชั่วโมงระบบฯสามารถกำจัดสีได้ดีกว่าโดยเฉพาะเมื่อสังเกตดูด้วยตา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยส่วนหนึ่งของ Boe และคณะ (1993) อ้างโดย Relife และ Freeman (1996) ได้ทำการทดลองเพื่อกำจัดสีจากน้ำเสียโรงฟอกย้อมโดยใช้ระบบแอนแอโรบิก-ออกซิก ซึ่งกำหนดให้มีช่วงแอนแอโรบิกต่างกันคือ 6 และ 12 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าที่ช่วงการทำงาน 12 ชั่วโมงสีถูกกำจัดลดลงได้มากกว่าที่ช่วงการทำงาน 6 ชั่วโมง นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกของระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีน้อยมากคิดเป็น 12.0 และ 20.1 % ที่การทำงาน 8 และ 20 ชั่วโมงตามลำดับ ทั้งนี้ไม่รวมซีโอดีที่ลดลงเนื่องจากการเจือจางของน้ำเสีย โดยซีโอดีที่ลดลงนี้เกิดจากการใช้สารอาหารของจุลินทรีย์ในระบบฯตามปกติเช่นเดียวกับค่าทีเคเอ็นซึ่งถูกกำจัดได้เพียง 10.1 และ 6% ซึ่งทั้งซีโอดีและทีเคเอ็นส่วนใหญ่จะถูกกำจัดได้ดีในช่วงออกซิก แต่ในทางตรงกันข้ามพบว่าในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิก 20 ชั่วโมงระบบฯสามารถกำจัดไนเทรตและปล่อยฟอสฟอรัสออกมานอกเซลล์ได้มากขึ้น โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดไนเตรทในช่วง 8 และ 20 ชั่วโมงเฉลี่ย 33 และ 52.1 % ตามลำดับ

ตารางที่ 5.10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกของระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์(สีรีแอกทีฟ)

ชั่วโมง	ประสิทธิภาพการกำจัดในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิก					
	F-COD	F-TKN	F-NO_3^-	(TP-SP)/TP*100	color (SU)	color (ADMI)
2	21.4	3.2	62.2	-24.0	14.7	0.9
8	12.0	10.1	32.9	-36.2	10	3.5
20	20.1	6.0	52.1	-62.2	7.6	1.8



รูปที่ 5.7 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และสีรีแอกทีฟของระบบเอทูโอ-เอสบีอาร์ ที่มีการทำงานในช่วงแอนนอกซิก+แอนแอโรบิกต่างกัน