บทที่ 6

การวิจารณ์ผลการทดลอง

6.1 อิทธิพลของประเภทสีย้อมที่มีต่อระบบบำบัดน้ำเสีย

6.1.1 ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมฝ้ายด้วยสีย้อมประเภทต่าง ๆ ด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดขึ้นอยู่กับประเภทของสีย้อมด้วย ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบให้ทราบถึงความแตกต่างของประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียประเภทต่าง ๆ ด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดาดังกล่าว เห็นได้ชัดว่าการกำจัดสารอินทรีย์ด้วยวิธีแอคติเวเต็ดสลัดจ์ใช้งานได้ดีกับสีย้อมแทบทุกประเภท ประสิทธิภาพการกำจัดอยู่ในช่วง 77-95 % ยกเว้นสีย้อมเมททัลลิคที่ประสิทธิภาพการลดซีโอดีลดลงเหลือเพียง 11-20 % เหตุที่เป็นดังนี้น่าจะเป็นเพราะว่าสีย้อมเมททัลลิคเป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ ประกอบกับสีย้อมเมททัลลิคมีสารโลหะหนัก เช่น Mineral khaki (19,20) อันอาจเป็นพิษต่อจุลชีพในระบบฯ ทำให้ความสามารถของบักเตรีในการย่อยสลายลดลง ส่วนสีย้อมประเภทอื่น ๆ ถึงแม้ว่าจะมีโครงสร้างที่สลับซับซ้อนก็ตาม ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอินทรีย์ จึงสามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีววิทยา นอกจากนี้ยังมีสารอื่นๆ ที่ใช้ในการช่วยย้อมที่เป็นสารอินทรีย์อยู่มาก จึงถูกกำจัดด้วยกระบวนทางชีววิทยาได้ง่าย ประสิทธิภาพการลดซีโอดีจึงอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าดังกล่าวข้างต้น

สำหรับการกำจัดสีด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์พบว่า สีย้อมแวต อะโซอิค และซัลเฟอร์ถูกลดให้ต่ำกว่า 300 เอดีเอ็มไอ ได้ง่าย อาจจะเป็นเพราะสีย้อมทั้ง 3 ประเภทนี้เป็นสีย้อมที่ไม่ละลายน้ำ มีอนุภาคใหญ่พอสมควร บักเตรีนอกจากจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยปกติวิสัยแล้ว ยังสามารถดึงเอาอนุภาคของสีย้อมมาเกาะจับรวมกับตะกอนฟล็อค ทำให้จมตัวลงได้ง่ายขึ้น น้ำทิ้งหลังการบำบัดจึงมีค่าความเข้มข้นของสีต่ำ ในขณะเดียวกันสีย้อมเมททัลลิคเป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำแต่มีอนุภาคเล็กและเบากว่า จึงแขวนลอยกระจายอยู่ทั่วถังปฏิกิริยา ดังนั้นการรวมตัวกับตะกอนจึงเป็นไปได้ยากกว่าพวกสารสีมีโอกาสที่จะแขวนลอยอยู่ได้มากกว่า สีของน้ำทิ้งหลังการบำบัดจึงยังมีค่าความเข้มข้นสูง (450-930 เอดีเอ็มไอ) ส่วนสีรีแอคตีฟเป็นสีย้อม

ตารางที่ 6.1 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมประเภทต่าง ๆ ด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดา (อายุตะกอนเลน = 10 วัน)

ประเภทสีย้อม	สี (เอดีเอ็มไอ)		ประสิทธิภาพการกำจัดสี %	ผลกระทบของสารช่วยย้อม	ซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)		ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี %
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง			น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	
1. สีรีแอคทีฟ							
1.1 ชนิดควบคุม	1500	1400	7		520	52	90
1.2 ชนิดปกติ	1500	1380	8	±	550	50	90
2. สีไดเรกท์							
2.1 ชนิดควบคุม	1500	700	53		640	50	92
2.2 ชนิดปกติ	1500	1150	23	-	665	60	91
3. สีรวม							
3.1 ชนิดควบคุม	1400	650	54		786	110	86
3.2 ชนิดปกติ	1400	1200	14	--	888	80	89
4. สีแวต							
4.1 ชนิดควบคุม	720	50	93		730	70	90
4.2 ชนิดปกติ	670	200	70	-	700	80	89
5. สีซัลเฟอร์							
5.1 ชนิดควบคุม	810	60	93		1246	62	95
5.2 ชนิดปกติ	820	60	93	±	1340	70	95
6. สีอะโซอิค							
6.1 ชนิดปกติ	1760	80	95		1300	100	92
7. สีเมทัลลิค							
7.1 ชนิดควบคุม	930	930	0		3600	3200	11
7.2 ชนิดปกติ	2460	450	82		4550	3600	20

หมายเหตุ ± = ผลกระทบของสารช่วยย้อมน้อยมากหรือไม่มี

- = ผลกระทบของสารช่วยย้อมเล็กน้อย

-- = ผลกระทบของสารช่วยย้อมมาก

++ = ผลกระทบของสารช่วยย้อมมากกลับส่งเสริมให้การบำบัดดีขึ้นมาก

สีชนิดควบคุม คือ สีย้อมที่ไม่มีสารช่วยย้อม

สีชนิดปกติ คือ สีย้อมที่มีสารช่วยย้อม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ละลายน้ำได้ดี (19,20) ทำให้ไม่สามารถตกตะกอนได้อย่างง่าย ๆ สีในน้ำทิ้งจึงมีค่าความเข้มข้นสูงมาก (ประมาณ 1400 เอดีเอ็มไอ) สำหรับสีไดเรกท์ไม่มีการระบุแน่ชัดว่า สามารถละลายน้ำหรือไม่ (19,20) ผลการทดลองปรากฏว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีของระบบฯ มีน้อย สีในน้ำทิ้งยังคงมีความเข้มข้นสูงเกินกำหนด (700-1150 เอดีเอ็มไอ) สำหรับสีรวมระบบฯ นี้สามารถลดสีได้เพียงเล็กน้อย ความเข้มข้นของสีในน้ำทิ้งยังค่อนข้างสูง กล่าวคือมีถึง 650-1200 เอดีเอ็มไอ แสดงให้เห็นว่าในการใช้งานทั่วไปประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ในการกำจัดสีไม่ดีนัก ซึ่งยืนยันตรงกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่ผ่านมา (1,2,3)

6.1.2 ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ที่มีการเติมผงถ่าน (PACT)

ในการใช้ระบบ PACT สำหรับลดสารอินทรีย์และสีในน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมฝ้ายประเภทต่าง ๆ นั้น พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์สูงขึ้นเมื่อเทียบกับระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติ กล่าวคือ ความสามารถในการลดสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมฝ้ายสูงถึง 90 % ดูตารางที่ 6.2 ถึง 6.8 และรูปที่ 6.1 ถึง 6.7 ประกอบ เหตุผลในการลดซีโอดีได้ต่ำสำหรับสีย้อมเมททัลลิคก็เป็นเช่นเดียวกับในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติ

สำหรับความสามารถของระบบ PACT ในการลดสีนั้นแตกต่างกันตามประเภทของสีย้อมเช่นกัน (ดูตารางดังกล่าวข้างต้น) ประสิทธิภาพในการลดสีที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟ สีย้อมไดเรกท์ และสีย้อมรวม อยู่ในอัตราที่น่าพอใจ ความเข้มข้นของสีที่เหลือในน้ำทิ้งขึ้นอยู่กับปริมาณผงถ่านที่ใช้ ที่เป็นดังนี้มีสาเหตุสืบเนื่องมาจากการที่ในระบบ PACT ผงถ่านทำหน้าที่เป็นนิวเคลียสให้บักเตรีเกาะ อันมีผลให้บักเตรีและจุลชีพอื่น ๆ เจริญเติบโตได้ง่ายและสะดวกกว่าในระบบแขวนลอย (Suspension) และผงถ่านนี้ยังสามารถดูดติดสารสีได้อีกด้วย ประสิทธิภาพการลดสารอินทรีย์และสีจึงเพิ่มขึ้นมาก ส่วนสีย้อมประเภทอื่น ๆ ได้แก่ สีย้อมแวต ซัลเฟอร์ และอะโซอิค เป็นสีย้อมที่มีลักษณะเป็นอนุภาคคอลลอยด์ไม่ละลายน้ำ สามารถตกตะกอนลงได้เมื่อเกาะตัวกับฟล็อคบักเตรี ทำให้ลดสีลงได้ง่ายแม้ในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดาก็ตาม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับระบบ PACT แล้ว ประสิทธิภาพในการลดสีของระบบ PACT ก็ยังคงสูงกว่าระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดาอยู่ อนึ่งเมื่อทดลองกับสีย้อมเมททัลลิค ผลการทดลองก็เป็นในทำนองเดียวกัน กล่าวคือ พบว่าประสิทธิภาพการลดสีเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมผงถ่านลงในระบบฯ แต่น้ำทิ้งจะยังไม่ได้คุณภาพตามขีดกำหนดน้ำทิ้งมีความเข้มข้นสี 450-930 เอดีเอ็มไอ

จึงกล่าวได้ว่าระบบ PACT มีประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์และสีดีกว่าระบบ

ตารางที่ 6.2 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีรีแอคตีฟโดยระบบ PACT

ปริมาณผงถ่าน (ก./ลบ.ดม.)	สีย้อมรีแอคตีฟ											
	น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดควบคุม						น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดปกติ					
	ซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)		%	สี (เอดีเอ็มไอ)		%	ซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)		%	สี (เอดีเอ็มไอ)		%
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด
0	534	52	90%	1500	1400	7 %	543	55	90 %	1500	1380	8 %
0.1	534	50	90%	1500	1200	20 %	543	51	90 %	1500	1100	27 %
0.2	534	32	94%	1500	600	60 %	543	32	94 %	1500	600	60 %
0.3	534	20	96%	1500	110	93 %	543	25	95 %	1500	110	93 %
0.35	534	16	97%	1500	110	93 %	543	16	97 %	1500	110	93 %
0.4	534	15	97%	1500	60	96 %	543	15	97 %	1500	60	96 %
0.5	534	10	98%	1500	50	97 %	543	12	98 %	1500	50	97 %

* น้ำทิ้งหลังการบำบัด

ตารางที่ 6.3 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีไดเรกท์โดยระบบ PACT

ปริมาณผงถ่าน ก/ลบ.ดม.	สีย้อมไดเรกท์											
	น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดควบคุม						น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดปกติ					
	ซีโอดี (มก/ลบ.ดม)		%	สี (เอดีเอ็มไอ)		%	ซีโอดี (มก/ลบ.ดม)		%	สี (เอดีเอ็มไอ)		%
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด
0	640	60	90 %	1500	650	57 %	665	65	90 %	1500	1150	23 %
0.05	640	32	95 %	1500	250	83 %						
0.10	640	30	95 %	1500	250	83 %						
0.15	640	30	95 %	1500	250	83 %	665	53	92 %	1500	800	47 %
0.20	640	25	96 %	1500	100	93 %	665	50	93 %	1500	720	52 %
0.25	640	25	96 %	1500	70	95 %	665	45	93 %	1500	510	66 %
0.3	640	20	97 %	1500	65	96 %	665	40	94 %	1500	500	67 %
0.35							665	38	94 %	1500	400	73 %
0.40							665	25	96 %	1500	280	81 %

* น้ำทิ้งหลังการบำบัด

ตารางที่ 6.4 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีรวมโดยระบบ PACT

ปริมาณผงถ่าน ก./ลบ.ดม.	สีย้อมรวม									
	น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดควบคุม						น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดปกติ					
	ซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)		% กำจัด	สี (เอดีเอ็มไอ)		% กำจัด	ซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)		% กำจัด	สี (เอดีเอ็มไอ)		% กำจัด
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	
0	786	110	86 %	1400	650	54 %	888	200	77 %	1400	1200	14 %
0.1	786	95	88 %	1400	450	68 %						
0.15	786	100	87 %	1400	370	73 %	888	115	87 %	1400	800	43 %
0.2	786	86	89 %	1400	100	93 %	888	115	87 %	1400	500	64 %
0.25	786	85	89 %	1400	100	93 %	888	180	91 %	1400	300	79 %
0.3	786	65	92 %	1400	60	96 %	888	80	91 %	1400	250	82 %
0.35							888	80	91 %	1400	200	86 %

*น้ำทิ้งหลังการบำบัด

ตารางที่ 6.5 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีแวตโดยระบบ PACT

ปริมาณผงถ่าน ก./ลบ.ดม.	สีย้อมแวต											
	น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดควบคุม						น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดปกติ					
	ซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)		% กำจัด	สี (เอดีเอ็มไอ)		% กำจัด	ซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)		% กำจัด	สี (เอดีเอ็มไอ)		% กำจัด
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	
0	730	70	90 %	720	50	93 %	700	80	89%	670	200	70 %
0.2	730	60	92 %	720	50	93 %						
0.3							700	55	92%	670	50	92 %

*น้ำทิ้งหลังการบำบัด

ตารางที่ 6.6 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีซัลเฟอร์โดยระบบ PACT

ปริมาณผงถ่าน ก./ลบ.ดม.	สีย้อมซัลเฟอร์											
	น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดควบคุม						น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดปกติ					
	ซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)		%	สี (เอดีเอ็มไอ)		%	ซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)		%	สี (เอดีเอ็มไอ)		%
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด
0	1246	62	95 %	810	60	93 %	1340	70	95 %	820	60	93 %
0.2	1246	60	95 %	810	50	94 %						
0.3							1340	45	96 %	820	50	94 %

*น้ำทิ้งหลังการบำบัด

ตารางที่ 6.7 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีอะโซอิคโดยระบบ PACT

ปริมาณผงถ่าน ก/ลบ.ดม.	สีย้อมอะโซอิค											
	น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดควบคุม						น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดปกติ					
	ซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)		%	สี (เอดีเอ็มไอ)		%	ซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)		%	สี (เอดีเอ็มไอ)		%
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด
0							1300	100	92 %	1760	80	95 %
0.3							1300	130	90 %	1760	50	97 %

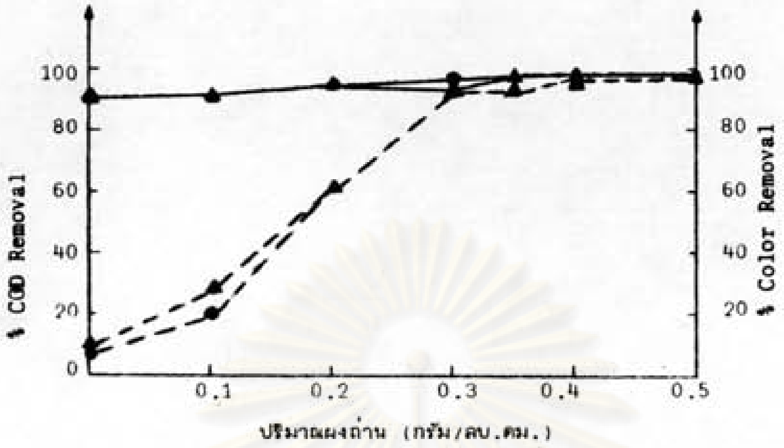
*น้ำทิ้งหลังการบำบัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

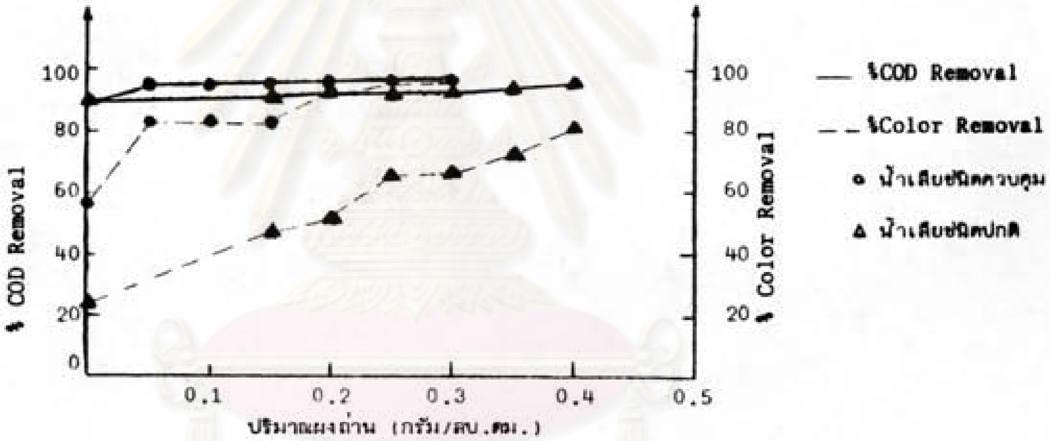
ตารางที่ 6.8 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีเมทัลลิค
โดยระบบ PACT

ปริมาณผงถ่าน ก/ลบ.ดม.	สีย้อมเมทัลลิค											
	น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดควบคุม						น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดปกติ					
	ซีโอดี (มก/ลบ.ดม.)		%	สี (เอดีเอ็มไอ)		%	ซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)		%	สี (เอดีเอ็มไอ)		%
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง*	กำจัด
0	3600	320	11 %	930	930	-	4550	3600	20 %	2460	450	82 %
0.2	3600	2650	26 %	930	600	35 %						
0.3							4550	3400	25 %	2460	400	84 %

*น้ำทิ้งหลังการบำบัด

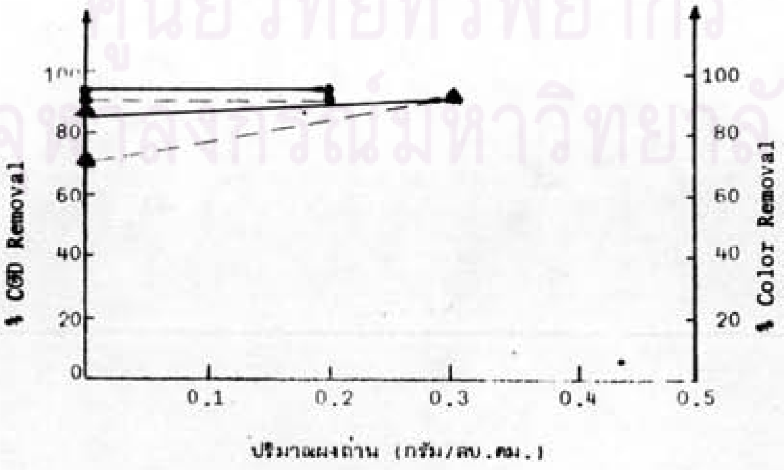


รูปที่ 6.1 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (สีรีแอคทีฟ)

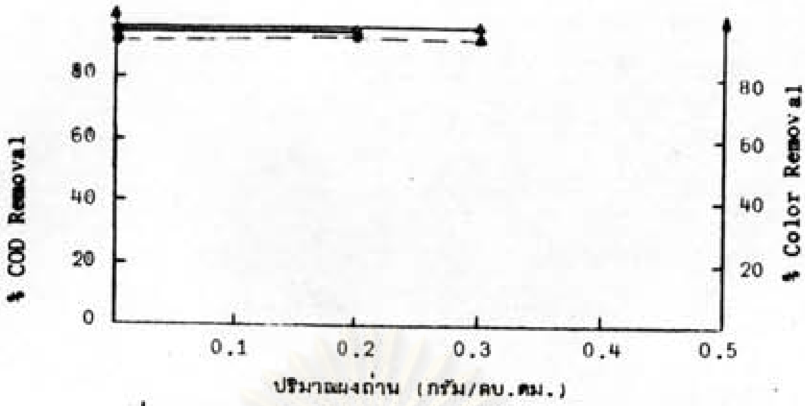


รูปที่ 6.2 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (สีไดเรกท์)

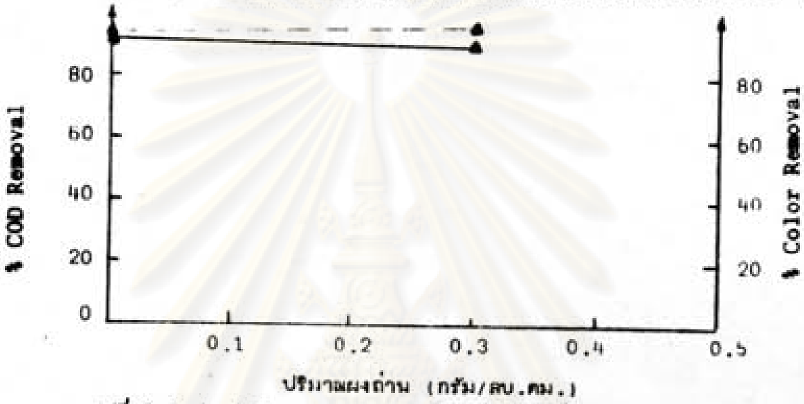
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



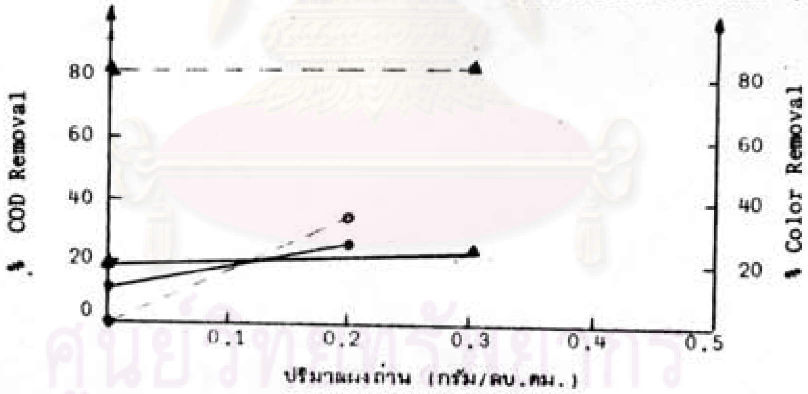
รูปที่ 6.3 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (สีแวต)



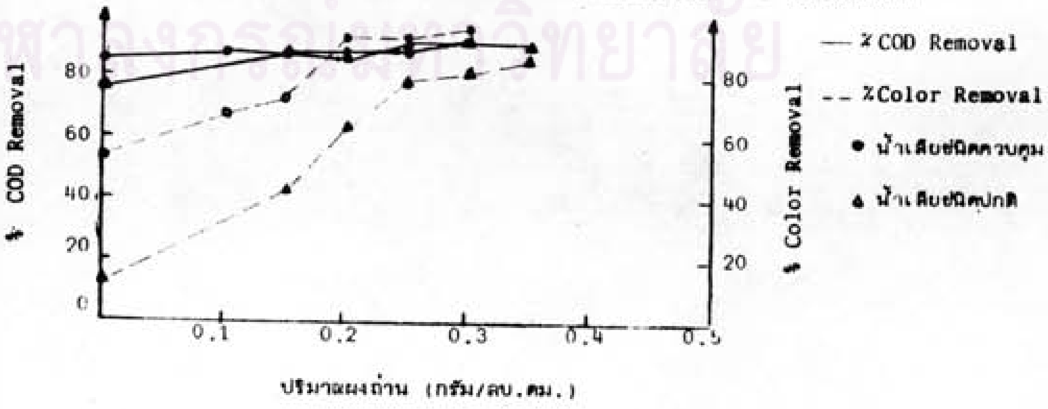
รูปที่ 6.4 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (สีซัลเฟอร์)



รูปที่ 6.5 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (สีอะโซอิค)



รูปที่ 6.6 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (สีเมททัลลิค)



รูปที่ 6.7 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (สีรวม)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติ และประเภทของสีย้อมมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบ PACT ด้วย ทั้งนี้ผงถ่านจะมีบทบาทมากในการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมรีแอคตีฟ ไดเรกท์และสีรวม แต่ถ้าการย้อมสีแวต ซัลเฟอร์และอะโซอิค ก็ไม่จำเป็นต้องเติมผงถ่านเพื่อลดสี

6.2 อิทธิพลของสารช่วยย้อม

สารช่วยย้อมเป็นสารเคมีที่ใส่ลงไปในขบวนการย้อมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย้อม ซึ่งแบ่งออกได้เป็นหลายประเภท ดังรายละเอียดที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.3.2 สารเคมีต่าง ๆ เหล่านี้มีความเหมาะสมกับการใช้ร่วมของสีย้อมบางชนิดโดยเฉพาะเท่านั้น แต่พอจะสรุปความสำคัญของสารช่วยย้อมได้ดังนี้คือ

- กรดและด่าง เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการย้อม ช่วยปรับพีเอชในระหว่างการย้อม และช่วยให้สีย้อมละลายน้ำได้ดี
- เกลือ มักใช้เป็นตัวเร่งหรือหน่วงปฏิกิริยาแล้วแต่กรณี
- สารรีดิวซ์ซึ่งและสารออกซิไดซ์ซึ่งใช้กับการย้อมเฉพาะแบบ

6.2.1 อิทธิพลของสารช่วยย้อมที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์

6.2.1.1 ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติ

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของน้ำเสียประเภทต่าง ๆด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.1 พบว่าสำหรับสีย้อมรีแอคตีฟชนิดควบคุมและชนิดปกติ ระบบฯ มีประสิทธิภาพในการลดซีโอดีใกล้เคียงกัน หรือกล่าวได้ว่าสารช่วยย้อมไม่มีผลกระทบต่อการกำจัด ทั้งนี้เนื่องจากสารช่วยย้อมของสีรีแอคตีฟมีหลายประเภท แต่ที่มีปริมาณมากได้แก่ เกลือโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) และโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ส่วนสีย้อมไดเรกท์ผลสรุปก็เป็นเช่นเดียวกัน น้ำเสียชนิดปกติมีค่าซีโอดีสูงกว่าชนิดควบคุม สารช่วยย้อมที่ใช้ปริมาณมากได้แก่เกลือโซเดียมซัลเฟต ($Na_2\ SO_4$) และโซเดียมคาร์บอเนต ($Na_2\ CO_3$) อันเป็นเกลืออนินทรีย์ที่ไม่เป็นภัยต่อจุลชีพ ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์สำหรับน้ำเสียทั้งสองชนิดจึงใกล้เคียงกัน

ส่วนสำหรับสีย้อมแวตและซัลเฟอร์ ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์สามารถลดซีโอดีในน้ำเสียทั้งสองชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน สาเหตุเนื่องจากสารช่วยย้อมสำหรับสีแวตมีหลายชนิด แต่ปริมาณของสารแต่ละชนิดมีไม่มากนัก ส่วนใหญ่เป็นเกลือโซเดียมซัลไฟท์ ($Na_2\ S_2\ O_4$)

โซเดียมคลอไรด์ (NaCL) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยบักเตรี ส่วนสำหรับสีซัลเฟอร์ สารช่วยย้อมที่เจือปนอยู่ในน้ำเสียส่วนใหญ่จะเป็นเกลือโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S)ซึ่งไม่มีผลกระทบเช่นกัน ประสิทธิภาพการลดซีโอดีของน้ำเสียทั้งสองชนิดจึงเหมือนกัน (95 %) สรุปได้ว่าสารช่วยย้อมของสีแวตและซัลเฟอร์ไม่มีผลต่อระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

สำหรับสารช่วยย้อมในสีเมททัลลิคที่เป็นส่วนประกอบสำคัญได้แก่ ยูเรีย โซเดียมคาร์บอเนต และ Emulsifier อันเป็นตัวการทำให้เกิดฟองจำนวนมาก น้ำเสียชนิดปกติมีความเข้มข้นซีโอดีสูงกว่าน้ำเสียชนิดควบคุมมาก เพราะมียูเรียประกอบอยู่ด้วย แต่ประสิทธิภาพในการกำจัดกลับตรงกันข้าม กล่าวคือ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุมระบบฯ สามารถลดซีโอดีได้ต่ำกว่าในกรณีของน้ำเสียชนิดปกติ อาจอธิบายสาเหตุได้จากสีย้อมเมททัลลิคเป็นสีย้อมอนินทรีย์ ซึ่งบักเตรีทำการย่อยสลายได้ยากและมีโลหะหนักในสารสีย้อมด้วย ส่วนสารช่วยย้อมมีสารประกอบอินทรีย์ เช่น ยูเรียซึ่งเป็นอาหารเสริมของบักเตรีและเป็นสารอินทรีย์ซึ่งย่อยสลายได้ง่าย ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีที่เพิ่มขึ้นของระบบน้ำเสียชนิดปกติจึงอาจจะมาจากส่วนของยูเรียที่กำจัดได้ง่ายนี้

สำหรับสีย้อมรวมซึ่งรวมเอาสีย้อมทั้ง 6 ประเภทมาผสมร่วมกัน (ดูรูป 6.7) พบว่าสารช่วยย้อมยังมีอิทธิพลต่อการกำจัดสารอินทรีย์ด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ ทั้งนี้เนื่องจากสารเคมีที่ใช้มีหลายประเภทด้วยกัน และแต่ละประเภทมีปริมาณแตกต่างกันไปตามชนิดของสีย้อม ซึ่งในจำนวนนี้อาจมีบางประเภทที่มีผลกระทบทางลบต่อความสามารถของจุลชีพ ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดลดลง กล่าวคือสำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม ระบบฯ สามารถลดซีโอดีได้ถึง 86 % แต่สามารถลดได้เพียง 77 % สำหรับน้ำเสียชนิดปกติ

กล่าวโดยสรุป สารช่วยย้อมโดยส่วนใหญ่ไม่มีอิทธิพลต่อการกำจัดสารอินทรีย์ด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ ยกเว้นน้ำเสียที่เกิดจากสีผสมรวมจะมีผลกระทบบ้าง เพราะมีสารช่วยย้อมหลายชนิดอาจเป็นตัวระงับการทำงานของจุลชีพ

6.2.1.2 ระบบ PACT

จากผลการทดลองที่สรุปไว้ในตารางที่ 6.2-6.8 และรูปที่ 6.1-6.7 พบว่าระบบ PACT มีประสิทธิภาพในการลดซีโอดีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีทุกประเภท ทั้งชนิดควบคุมและชนิดปกติ

ใกล้เคียงกัน กล่าวคือสารช่วยย้อมไม่มีผลกระทบต่อการลดซีโอดีด้วยระบบฯ นี้ และสามารถลดซีโอดีอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ สำหรับสีย้อมเมททัลลิคที่มีสารช่วยย้อมเป็นตัวการทำให้เกิดฟองจำนวนมากอันเป็นอุปสรรคต่อระบบบำบัดทางชีววิทยา แต่เมื่อมีการเติมผงถ่านลงในระบบฯ พบว่าสามารถลดจำนวนฟองลงได้และยังเป็นผลทำให้ความสามารถในการลดซีโอดีเพิ่มขึ้นอีกด้วย ประสิทธิภาพการบำบัดที่ได้พบว่าใกล้เคียงกันในน้ำเสียชนิดควบคุม แสดงว่าสารช่วยย้อมไม่มีผลต่อระบบฯ ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

กล่าวโดยสรุป สารช่วยย้อมไม่มีอิทธิพลต่อระบบ PACT ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

6.2.2 อิทธิพลของสารช่วยย้อมที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสี

6.2.2.1 ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์

สำหรับน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมทุกประเภท ทั้งชนิดปกติและชนิดควบคุม ยกเว้นสีย้อมเมททัลลิค ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์สามารถลดสารอินทรีย์ให้อยู่ในระดับมาตรฐานได้ แต่ไม่สามารถแก้ไขปัญหาเรื่องสี สีในน้ำทิ้งยังเกินกำหนดที่ต้องการ กล่าวคือเกิน 300 เอดีเอ็มไอ สารช่วยย้อมนี้นอกจากจะเป็นตัวเพิ่มประสิทธิภาพในการย้อมให้สีติดเส้นใยแล้ว บางชนิดยังเป็นการเพิ่มซีโอดีให้กับน้ำเสียอีกด้วย โดยเฉพาะสีเมททัลลิคซึ่งใส่สารช่วยย้อมแล้ว ความเข้มข้นของสีและซีโอดีเพิ่มขึ้นมากจนเห็นได้ชัด

จากตารางที่ 6.1 พบว่าสารช่วยย้อมมีผลกระทบต่อการลดสีด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์มาก ยกเว้นสีย้อมซัลเฟอร์ที่ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์สามารถลดสีได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งสำหรับน้ำเสียชนิดควบคุมและชนิดปกติ ส่วนสารช่วยย้อมในสีรีแอคตีฟมีปริมาณไม่มาก และตัวสีย้อมเองก็ละลายน้ำได้ดี สารช่วยย้อมของสีรีแอคตีฟจึงไม่มีอิทธิพลต่อการกำจัดสีด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ ซึ่งก็กำจัดสีไม่ได้ผลอยู่แล้ว น้ำทิ้งยังคงมีสีเข้มข้นถึงประมาณ 1400 เอดีเอ็มไอ สำหรับสีย้อมไดเรกท์ แวต และสีรวมสารช่วยย้อมทำให้ประสิทธิภาพการลดสีของระบบฯ ลดลง 30,40 และ 23 % ตามลำดับ แต่ในทางตรงกันข้ามระบบฯ สามารถกำจัดสีในน้ำเสียของสีย้อมเมททัลลิคชนิดปกติได้ดีกว่าน้ำเสียชนิดควบคุม เนื่องจากสารช่วยย้อมในสีเมททัลลิคบางตัวเป็นอาหารเสริมให้บักเตรีในระบบฯ เป็นผลให้สีในน้ำเสียลดลงได้มากขึ้น

สำหรับสีอะโซอิคซึ่งมีน้ำเสียชนิดปกติเท่านั้น ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์นี้สามารถกำจัดสีได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำทิ้งหลังการบำบัดมีความเข้มข้นของสีต่ำกว่า 100 เอดีเอ็มไอ ดังนั้นอาจ

สรุปว่าสารช่วยย้อมของสีอะโซอิคไม่มีอิทธิพลต่อการทำงานของระบบฯ

โดยสรุปสารช่วยย้อมมีอิทธิพลต่อการกำจัดสีด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ทั้งทางบวกและทางลบ ในทางลบคือทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีลดลงสำหรับสีแวต ไดเรกท์ และสีรวม ส่วนในทางบวกคือ การเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสีได้แก่ สีเมททัลลิค และไม่มีผลกระทบต่อการลดสีเลยเช่นในสีรีแอคตีฟ ซัลเฟอร์และอะโซอิค

6.2.2.2 ระบบ PACT

สารช่วยย้อมมีอิทธิพลต่อระบบ PACT ในการกำจัดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมบางประเภท ได้แก่ สีไดเรกท์ สีรวม และสีเมททัลลิค สารช่วยย้อมของสีรีแอคตีฟ แวต ซัลเฟอร์และอะโซอิค ไม่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีด้วยระบบ PACT แต่อย่างไร กล่าวคือประสิทธิภาพในการลดสีของสีรีแอคตีฟใกล้เคียงกันมากในน้ำเสียชนิดควบคุม (ไม่มีสารช่วยย้อม) และชนิดปกติ (มีสารช่วยย้อม) ดังแสดงผลการทดลองไว้ในตารางที่ 6.2 แล้วรูปที่ 6.1 ปริมาณผงถ่าน 0.3 ก./ลบ.ดม. สามารถลดสีได้ถึง 93 % ในน้ำเสียชนิดควบคุมและชนิดปกติ ส่วนสีแวต ซัลเฟอร์และอะโซอิคสารช่วยย้อมไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีด้วยระบบ PACT (ดูตารางที่ 6.5-6.7 และรูปที่ 6.3-6.5)

สำหรับสีไดเรกท์สารช่วยย้อมมีอิทธิพลในการลดสีของระบบฯ (ดูตารางที่ 6.3 และรูปที่ 6.2) ปริมาณผงถ่าน 0.15 ก./ลบ.ดม. สามารถลดสีได้ถึง 83 % ในน้ำเสียชนิดควบคุม แต่ในน้ำเสียชนิดปกติสามารถลดสีได้เพียง 47 % เท่านั้น และได้ผลการทดลองเช่นเดียวกันกับสีย้อม รวม ระบบ PACT ที่มีการเติมผงถ่าน 0.15 ก./ลบ.ดม. ความสามารถในการลดสีลดลงจาก 73 % (ในน้ำเสียชนิดควบคุม เหลือเพียง 43 % (ในน้ำเสียชนิดปกติ) ดังแสดงผลการทดลองไว้ในตารางที่ 6.4 และรูปที่ 6.7 เห็นได้ชัดว่าสารช่วยย้อมของสีไดเรกท์และสีรวมมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการลดสีของระบบ PACTมาก ทำให้ต้องเพิ่มปริมาณผงถ่านเพื่อให้ได้น้ำทิ้งที่มีลักษณะตามต้องการ

สารช่วยย้อมของสีเมททัลลิคมีผลกระทบต่อระบบฯ ในทางตรงกันข้าม คือ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดสี เนื่องจากสารช่วยย้อมของสีเมททัลลิคเป็นตัวทำให้สารสีสามารถละลายน้ำได้อีกทั้งสารช่วยย้อมบางชนิด เช่น ยูเรีย เป็นอาหารเสริมให้บักเตรีทำงานได้ดีขึ้น อันเป็นผลเพิ่มประสิทธิภาพในการลดสี (ดูตารางที่ 6.8 และรูปที่ 6.6)

สรุปคือสารช่วยย้อมมีอิทธิพลทั้งทางบวกและลบสำหรับระบบ PACT กล่าวคือในทางบวกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการลดสีที่เกิดจากสีย้อมเมททัลลิค ทางลบทำให้ความสามารถในการลดสีไดเรกท์ และสีรวม ด้วยระบบฯ ลดลง และไม่มีผลกระทบหรือน้อยมากต่อการลดสีรีแอคตีฟ แวตซัลเฟอร์ และอะโซอิค

6.3 บทบาทของปริมาณผงถ่านในระบบ PACT

ผงถ่านที่เติมลงในระบบ PACT นอกจากจะมีผลทำให้ระบบฯ มีประสิทธิภาพดีขึ้นทั้งด้านการลดอินทรีย์และสีแล้ว สังเกตได้ว่ายังมีส่วนทำให้อัตราส่วนอาหารต่อจุลชีพ (F/M) เพิ่มขึ้น และทำให้ความสามารถของการจมตัวของเลนเพิ่มขึ้นอีกด้วย รายละเอียดข้อดีเหล่านี้จะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไปเป็นข้อ ๆ ดังนี้

6.3.1 ปริมาณผงถ่านที่เหมาะสม

จากผลการทดลองใช้ระบบ PACT ในการกำจัดสีและสารอินทรีย์ของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมผ้าทั้งชนิดควบคุมและปกติ เห็นได้ว่ามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นมาก โดยการเพิ่มนี้เป็นปฏิภาคตรงกับปริมาณผงถ่านที่ใส่ลงในระบบ กล่าวคือเมื่อปริมาณผงถ่านเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการลดซีโอดีและสีจะเพิ่มขึ้นด้วย การทดลองครั้งนี้ได้กำหนดให้ความเข้มข้นของสีในน้ำทิ้งหลังการบำบัดไม่เกิน 300 เอดีเอ็มไอ และได้ทดลองหาปริมาณผงถ่านที่เหมาะสมในการกำจัดสารอินทรีย์และสีให้อยู่ในมาตรฐาน ปริมาณผงถ่านที่สูงขึ้นจะให้ลักษณะน้ำทิ้งดีขึ้น แต่ค่าใช้จ่ายในระบบฯ ย่อมสูงขึ้นตามไปด้วย ในการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมสีแต่ละประเภทจะใช้ปริมาณผงถ่านที่เหมาะสมไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับประเภทของสีย้อมและสารช่วยย้อม ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 6.2-6.8 และรูปที่ 6.1-6.7

ปริมาณผงถ่านที่เหมาะสมสำหรับระบบ PACT ในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมประเภทต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 6.9 สำหรับสีรีแอคตีฟชนิดควบคุมและชนิดปกติ ปริมาณผงถ่านที่เหมาะสมคือ 0.27 กรัม/ลบ.ดม. ซึ่งทำให้สามารถกำจัดซีโอดีได้ 90 % และลดสีให้อยู่ในเกณฑ์ 300 เอดีเอ็มไอ ปริมาณผงถ่านที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียของสีย้อมไดเรกท์ชนิดควบคุมเท่ากับ 0.05 กรัม/ลบ.ดม. อันสามารถลดซีโอดีได้ถึง 96 % และลดสีให้เหลือเพียง 290 เอดีเอ็มไอ ส่วนสำหรับน้ำเสียชนิดปกติต้องใช้ปริมาณผงถ่านถึง 0.4 กรัม/ลบ.ดม. จึงจะสามารถลดซีโอดีได้ 96 % และลดสีได้ 300 เอดีเอ็มไอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.9 ปริมาณผงถ่านที่เหมาะสมสำหรับระบบ PACT ในการบำบัดน้ำเสีย

ที่เกิดจากสีย้อมประเภทต่าง ๆ

ประเภทของสี	ปริมาณผงถ่าน ก./ลบ.ดม.	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)	ความเข้มข้นสีของน้ำทิ้ง (เอดีเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (%)
1. สีรีแอคทีฟ				
- ชนิดควบคุม	0.27	90 %	300	80 %
- ชนิดปกติ	0.27	90 %	300	80 %
2. สีไดเรกท์				
- ชนิดควบคุม	0.05	90 %	290	80 %
- ชนิดปกติ	0.40	90 %	300	80 %
3. สีรวม				
- ชนิดควบคุม	0.2	89 %	100	93 %
- ชนิดปกติ	0.25	91 %	300	79 %
4. สีแวต				
- ชนิดควบคุม	0	90 %	50	93 %
- ชนิดปกติ	0	89 %	200	70 %
5. สีซัลเฟอร์				
- ชนิดควบคุม	0	95 %	60	93 %
- ชนิดปกติ	0	95 %	60	93 %
6. สีอะโซอิค				
- ชนิดปกติ	0	92 %	80	95 %
7. สีเมทัลลิค				
- ชนิดควบคุม	0.2	26 %	600	35 %
- ชนิดปกติ	0.3	25 %	400	84 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

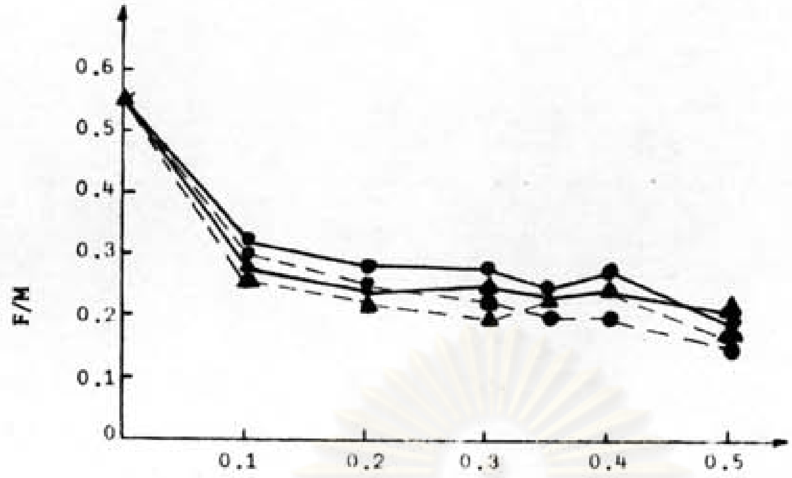
สำหรับสีแวต ซัลเฟอร์ และอะโซอิค ไม่จำเป็นต้องมีการเติมผงถ่านก็สามารถลดซีโอดีและสีได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ แต่ถ้ามีการเติมผงถ่านลงไปประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์และสีเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ส่วนกรณีสีเมททัลลิคชนิดควบคุมถ้าใช้ปริมาณผงถ่านเท่ากับ 0.2 กรัม/ลบ.ดม. จะไม่สามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีซีโอดีและสีอยู่ในเกณฑ์ได้ สำหรับน้ำเสียเมททัลลิคชนิดปกติใช้ปริมาณผงถ่าน 0.3 กรัม/ลบ.ดม. ก็ยังไม่ได้น้ำทิ้งที่มีคุณภาพเพียงพอ จำเป็นต้องมีการศึกษาทดลองหาปริมาณผงถ่านที่เหมาะสมในการกำจัดสารอินทรีย์และสีในน้ำเสียของสีย้อมเมททัลลิคให้อยู่ในเกณฑ์กำหนดต่อไป อย่างไรก็ตามน้ำเสียอันเกิดจากการย้อมด้วยสีเมททัลลิคนี้มีปริมาณน้อยในเชิงปฏิบัติ เมื่อระบายรวมลงมากับน้ำเสียประเภทอื่น ๆ จะถูกทำให้เจือจางมากจนอาจกล่าวได้ว่าจะไม่มีผลกระทบโดยส่วนรวม

ส่วนน้ำเสียของสีย้อมรวมชนิดควบคุม ปริมาณผงถ่าน 0.2 กรัม/ลบ.ดม. จะเหมาะสมในการลดสารอินทรีย์และสีให้อยู่ในเกณฑ์ได้และสีย้อมรวมชนิดปกติจะต้องการใช้ผงถ่านเพิ่มอีกเล็กน้อยเป็น 0.25 กรัม/ลบ.ดม. จึงจะลดทั้งซีโอดีและสีได้อย่างมีประสิทธิภาพตามต้องการ

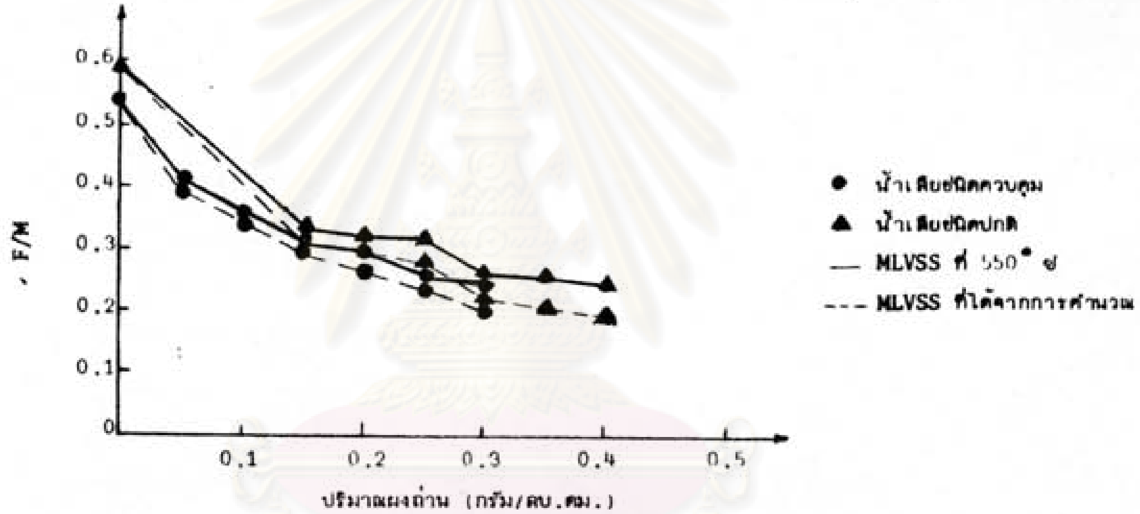
6.3.2 อัตราส่วนอาหารต่อมวลจุลชีพ (F/M)

จากรูปที่ 5.2-5.55 ซึ่งพัฒนามาเป็นรูปที่ 6.8-6.10 พบว่าระบบ PACT ที่มีการเติมผงถ่านปริมาณต่าง ๆ กันมีผลทำให้อัตราส่วน F/M เปลี่ยนแปลงไปด้วย กล่าวคือปริมาณผงถ่านที่ใส่ลงในระบบ PACT นอกจากจะทำให้น้ำทิ้งมีลักษณะดีขึ้นแล้วยังทำให้ปริมาณ MLVSS เพิ่มขึ้นโดยอัตโนมัติอีกด้วย โดยการเพิ่มดังกล่าวนี้เป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณผงถ่านที่เติมเข้าสู่ระบบฯ อนึ่งการเพิ่ม MLVSS นี้จะมีผลสืบเนื่องทำให้อัตราส่วน F/M ลดลงตามไปด้วย อันนับเป็นข้อดีอีกข้อหนึ่งของระบบฯ เพราะมีมวลจุลชีพในระบบมากขึ้นอันทำให้ประสิทธิภาพของระบบฯ เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลดีอีกประการหนึ่ง ก็คือทำให้ระบบฯ สามารถรับน้ำเสียในภาวะช็อค (Shock load) ได้ดีขึ้น สาเหตุที่เป็นได้อาจเนื่องจากผงถ่านนอกจากจะทำหน้าที่ดูดติดสีแล้วยังเป็นนิวเคลียสให้บักเตรีเกาะตัว และเจริญเติบโตเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ทำให้มวลของบักเตรีเพิ่มขึ้นได้ง่ายและมากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

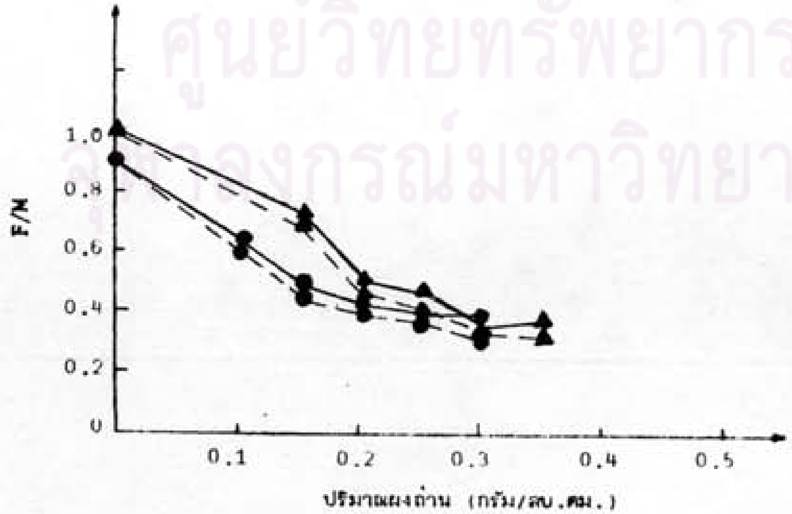


รูปที่ 6.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง F/M และปริมาณผงถ่านที่ภาวะคงตัว (Steady State) สำหรับสีรีแอคทีฟ



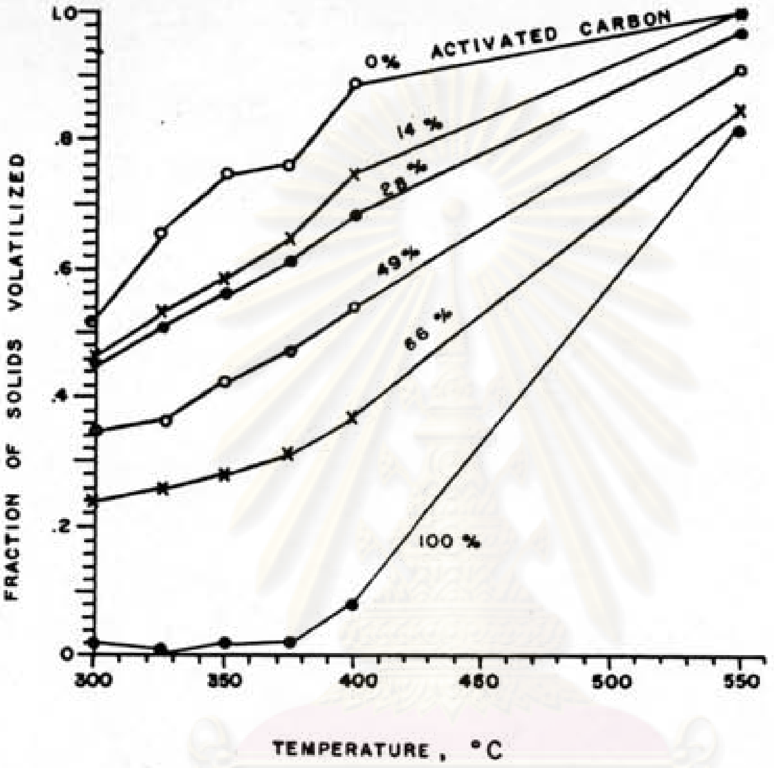
รูปที่ 6.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง F/M และปริมาณผงถ่านที่ภาวะคงตัว (Steady State) สำหรับสีไดเรกท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง F/M และปริมาณผงถ่านที่ภาวะคงตัว (Steady State) สำหรับสีรวม

อย่างไรก็ตามการวัด MLVSS ในการวิจัยนี้ได้กระทำตามวิธีมาตรฐานของสหรัฐ (53) กล่าวคือกระทำที่ 550°ซ เป็นเวลานาน 20 นาที อันอาจมีข้อผิดพลาดอันเนื่องมาจากการ Volatilization ของตัวผงถ่านเองได้ (ดูรูปที่ 6.11)



รูปที่ 6.11 การเผาเลนตะกอนที่มีปริมาณผงถ่านผสมอยู่ในปริมาณต่าง ๆ กัน และที่อุณหภูมิต่างกัน

Arbuckle และ Griggs (54) ได้ทำการค้นคว้าและเสนอแนะวิธีการหาปริมาณ MLVSS ในระบบ PACT ที่แม่นยำขึ้น จากผลการทดลองของคนทั้งสองพบว่า ที่อุณหภูมิ 550°ซ ผงถ่านส่วนใหญ่ (82 %) จะถูกเผาสูญสลายไปด้วย ซึ่งจะทำให้ค่า MLVSS ของมวลจุลชีพที่ได้มีค่ามากกว่าความเป็นจริง ในขณะที่ถ้าเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 400°ซ ปริมาณผงถ่านจะสูญสลายไปเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้เขายังกล่าวอีกว่าสำหรับผงถ่านที่มีปริมาณรูพรุนมากจุลชีพจะเกาะอุดตันได้ดีกว่าผงถ่านที่มีรูพรุนน้อย ดังนั้นเวลาเผาผงถ่านที่มีรูพรุนมากจะได้ค่า MLVSS น้อยกว่าผงถ่านที่มีรูพรุนน้อย

สำหรับการวิจัยการกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมครั้งนี้ ได้ใช้ค่า

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MLVSS ที่ 550°ซ แต่ได้ทำการคำนวณเปรียบเทียบหา MLVSS ที่ควรจะเป็นจริง (แสดงถึงศักยภาพของมวลจุลชีพ) โดยอาศัยสูตรจากการเสนอของ Arbucke และ Griggs ดังนี้

$$MLVSS_b = MLVSS - MLSS. \; CAR. \; X_{550}$$

เมื่อ $MLVSS_b$ = MLVSS due to biomass

MLVSS = measured MLVSS

MLSS = measured mixed liquor suspended solids

CAR = fraction of MLSS that is PAC

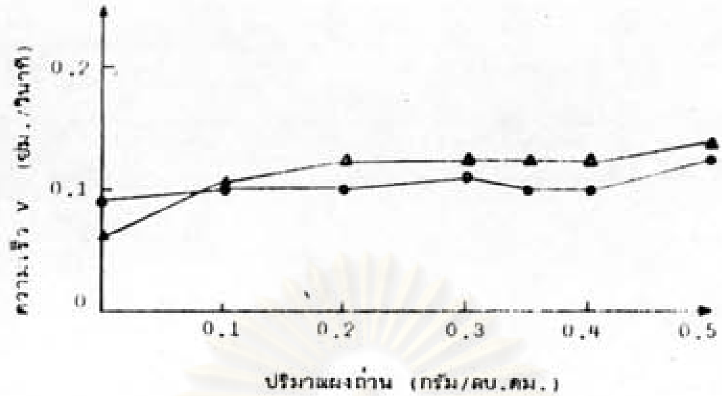
X_{550} = fraction of PAC volatilized at temperature 550°C = 0.82

ตัวอย่างการคำนวณหา $MLVSS_b$ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.

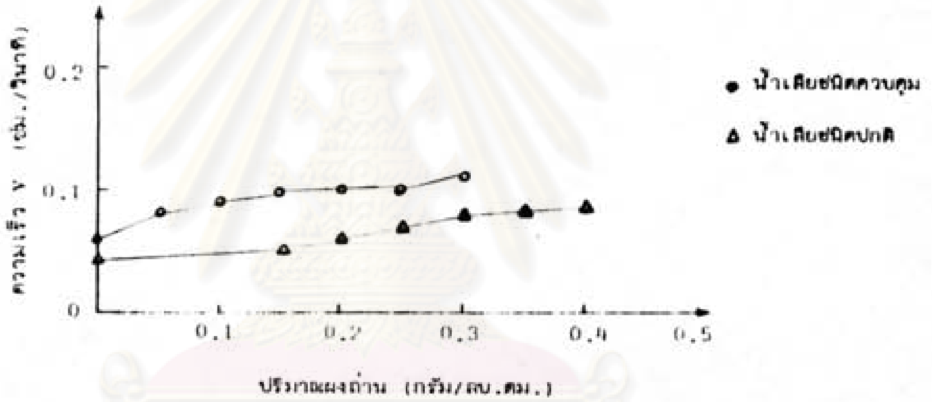
อนึ่งสูตรดังกล่าวนี้เป็นผลจากการวิจัยเผาผงถ่านชนิด Hydrocarbon 3000 ซึ่งอาจมีลักษณะสมบัติแตกต่างกับผงถ่าน M + B ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ดังนี้ค่า $MLVSS_b$ ที่คำนวณได้สำหรับการทดลองนี้อาจมีข้อผิดพลาดบ้าง แต่เพื่อเป็นการเปรียบเทียบให้ทราบถึงความแตกต่างของ MLVSS ที่ 550°ซ กับ $MLVSS_b$ ที่ควรจะเป็นจริง ได้ลองคำนวณค่า F/M จาก $MLVSS_b$ ด้วย ผลที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 6.8-6.10 ค่า F/M ที่ได้จากการคำนวณด้วยค่า $MLVSS_b$ จะมากกว่าค่า F/M ที่คำนวณจาก $MLVSS_{550°ซ}$ เล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้ก็ยังสอดคล้องกันดีมาก กล่าวคือปริมาณผงถ่านที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า F/M ลดลงในรูปแบบเดียวกันทุกการทดลอง ทำให้สรุปได้อย่างเห็นชัดว่า ในภาวะคงที่เดียวกันการเพิ่มปริมาณผงถ่านสามารถทำให้มีมวลจุลชีพในระบบฯ เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการลดอัตราส่วน F/M อันมีผลสืบเนื่องในด้านดีต่อประสิทธิภาพการกำจัดของระบบฯ

6.3.3 การจมตัวของตะกอน

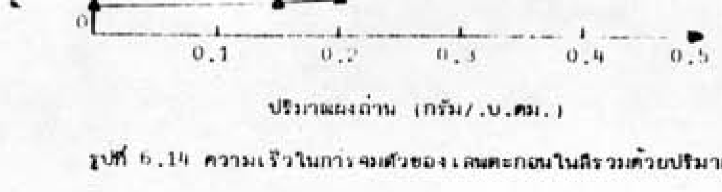
เมื่อเปรียบเทียบการจมตัวของตะกอนระหว่างระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดาและระบบ PACT ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6.12-6.18 พบว่าเลนตะกอนจากระบบ PACT มีความสามารถในการจมตัวได้ดีและเร็วกว่าเลนจากระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ และปริมาณผงถ่านมากขึ้นจะทำให้ความเร็วในการจมตัวของเลนเพิ่มขึ้นด้วย ยกตัวอย่างเช่น ความเร็วในการจมตัวของเลนในสีรีแอคทีฟชนิดควบคุมและปริมาณผงถ่าน 0 กรัม/ลบ.ดม. = 0.09 ซม./วินาที (78 ม./วัน) ขณะที่สำหรับ



รูปที่ 6.12 ความเร็วในการจมตัวของเสนตะกอนในสีรีแอคทีฟด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน

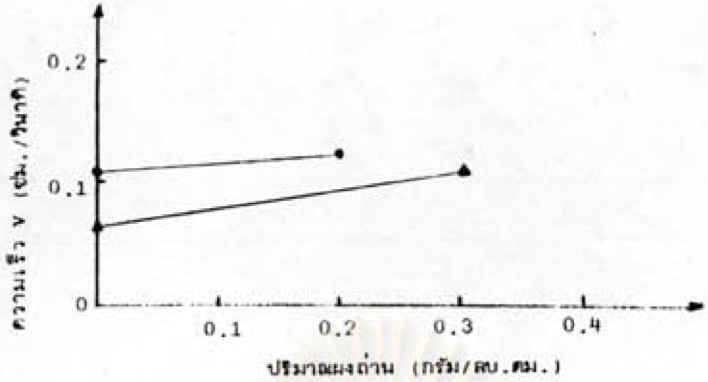


รูปที่ 6.13 ความเร็วในการจมตัวของเสนตะกอนในสีไดเรกท์ด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน

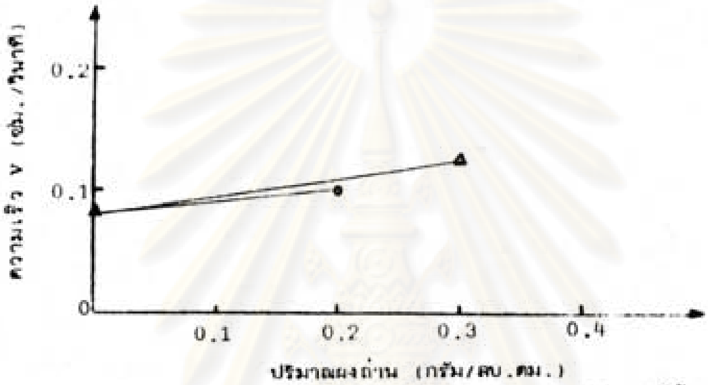


รูปที่ 6.14 ความเร็วในการจมตัวของเสนตะกอนในสีรวมด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน

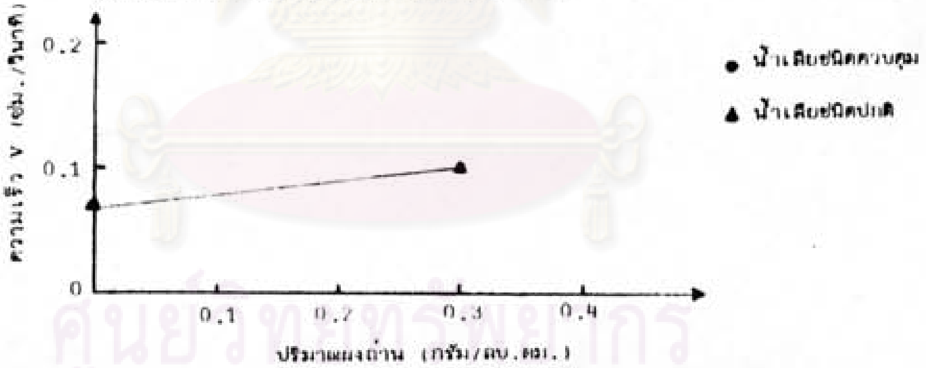
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



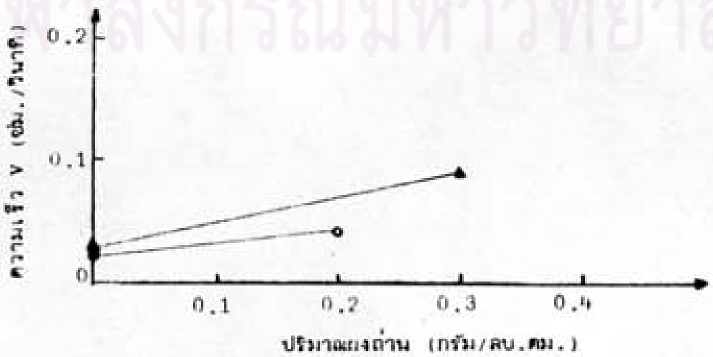
รูปที่ 6.15 ความเร็วในการจมตัวของเลนตะกอนในสีแวตด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน



รูปที่ 6.16 ความเร็วในการจมตัวของเลนตะกอนในสีซัลเฟอร์ด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน



รูปที่ 6.17 ความเร็วในการจมตัวของเลนตะกอนในสีอะโซอิคด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน



รูปที่ 6.18 ความเร็วในการจมตัวของเลนตะกอนในสีเมทัลลิคด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน

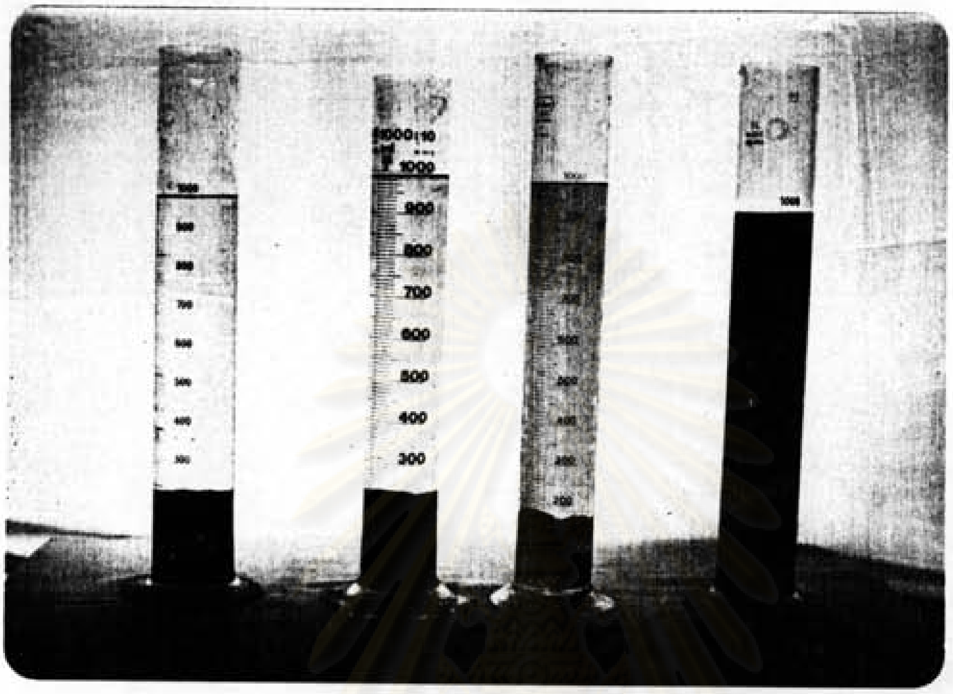
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในปริมาณผงถ่าน 0.1 กรัม/ลบ.ดม. ความเร็ว = 0.1 ซม./วินาที (68 ม./วัน) และในปริมาณผงถ่าน 0.5 กรัม/ลบ.ดม. ความเร็วในการจมตัวเพิ่มขึ้นเป็น 0.125 ซม./วินาที (108 ม./วัน) อนึ่งสำหรับการทดลองวัดการจมตัวของเลนของสีย้อมประเภทอื่นได้ผลในทำนองเดียวกัน

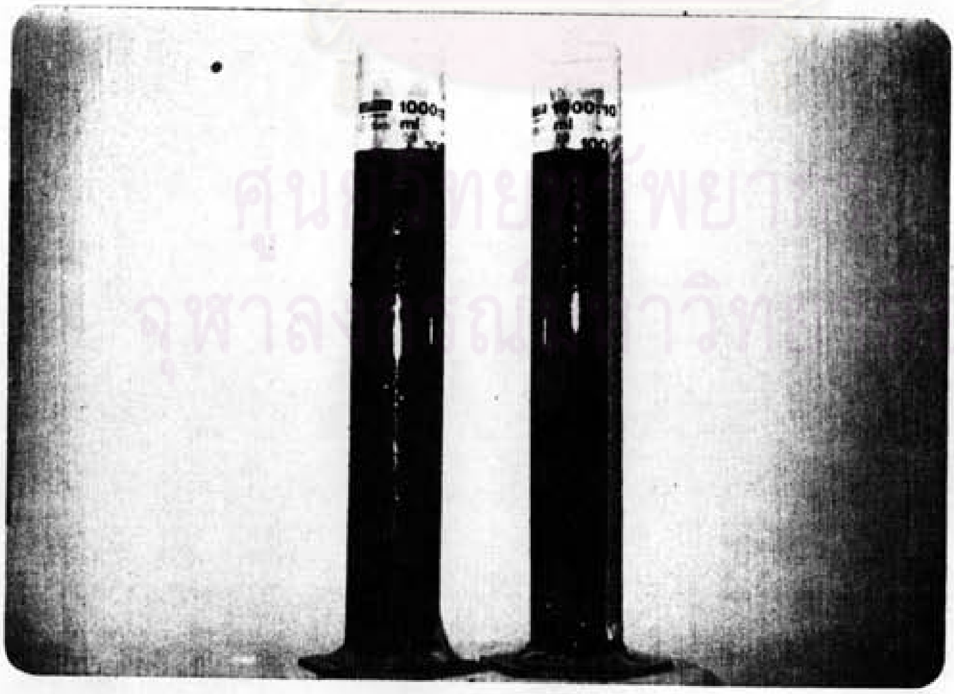
อย่างไรก็ตามการจมตัวของเลนด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดามีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดีพอสมควรอยู่แล้ว เช่นในสีรีแอคตีฟชนิดควบคุม ความเร็วในการจมตัวของเลน 78 ม./วัน ส่วนชนิดปกติมีความเร็ว = 54 ม./วัน ส่วนสีไดเรกท์ชนิดควบคุมความเร็ว 51 ม./วัน และชนิดปกติ 39 ม./วัน เป็นต้น น้ำทิ้งที่ออกจากระบบฯ มีลักษณะดี (ดูรูปถ่ายที่ 6.1) ยกเว้นสีย้อมเมททัลลิคที่น้ำทิ้งมีลักษณะค่อนข้างขุ่นเนื่องจากยังคงมีสารสีแขวนลอยอยู่ (ดูรูปถ่ายที่ 6.2) ซึ่งในระบบ PACT เองก็ตามถึงแม้ว่าอัตราการจมตัวของเลนจะดีขึ้น แต่น้ำทิ้งของสีย้อมเมททัลลิคยังคงขุ่นอยู่เช่นกัน การจมตัวของตะกอนในการทดลองสีย้อมประเภทนี้ต้องใช้เวลานานมากเพื่อที่จะทำให้สารแขวนลอยจมตัวลง และเนื่องจากการทดลองครั้งนี้สำหรับสีย้อมเมททัลลิคยังหาปริมาณผงถ่านที่เหมาะสมในการกำจัดสารอินทรีย์และสีให้อยู่ในเกณฑ์กำหนดไม่ได้ การตกตะกอนของสีนี้จึงสรุปได้แต่เพียงว่าการตกตะกอนยังไม่ดีพอและน้ำทิ้งมีความขุ่นมากเกินกำหนด

สำหรับข้อมูลการจมตัวของเลนตะกอนได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ข.

เป็นที่น่าสังเกตว่าลักษณะของเลนตะกอนของสีรีแอคตีฟแตกต่างกว่าเลนตะกอนของสีอื่น ๆ ดังแสดงไว้รูปถ่ายที่ 6.3 เลนตะกอนมีลักษณะเป็นแผ่นจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ ซึ่งง่ายต่อการตกตะกอนมาก เลนตะกอนลักษณะนี้เกิดขึ้นเฉพาะระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ที่ไม่มีการเติมผงถ่านเท่านั้น แต่ในระบบ PACT ตะกอนจะมีลักษณะฟุ้งกระจายมากกว่า (ดูรูปถ่ายที่ 6.4) สาเหตุที่เป็นดังนี้เนื่องจากระบบกวนตะกอนในถังไม่เพียงพอ ทำให้มวลชีวกับสารสีจับตัวกันแน่นเป็นก้อนนั้น แต่เมื่อใส่ผงถ่านลงไปจะทำให้มวลชีวเกาะติดกับผงถ่านซึ่งฟุ้งกระจายได้ง่ายในถังปฏิกิริยา ทำให้การจับตัวของมวลชีวกับสารสีน้อยลง

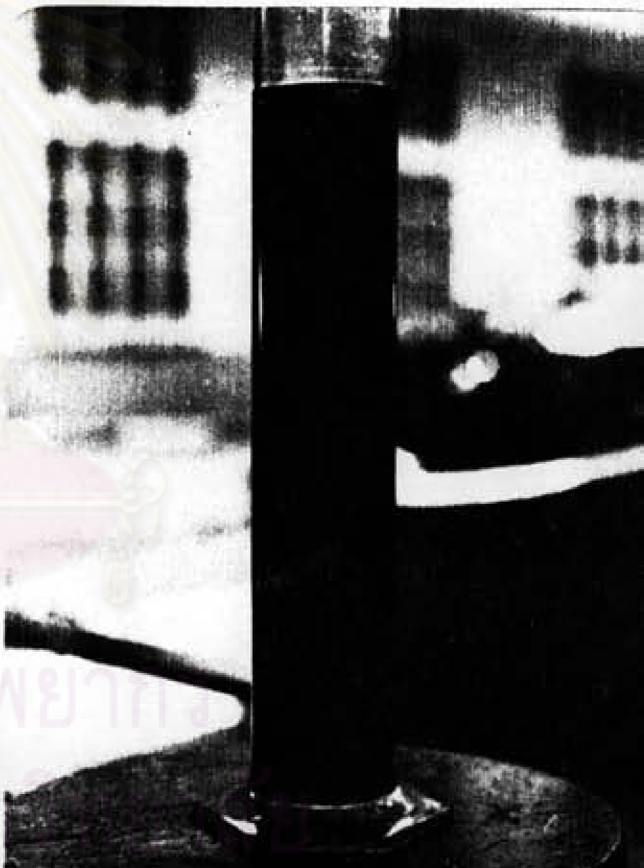


รูปถ่ายที่ 6.1 น้ำทิ้งของสีรีแอคตีฟหลังการตกตะกอน



รูปถ่ายที่ 6.2 น้ำทิ้งของสีเมททัลลิคหลังการตกตะกอน

รูปถ่ายที่ 6.3 เสนตะกอนของสีรีแอคตีฟ
ในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์



รูปถ่ายที่ 6.4 เสนตะกอนของสีรีแอคตีฟ
ในระบบ PACT

6.3.4 การเกิดฟอง

น้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีเมททัลลิคซ์นิดปกติ มีสารช่วยย้อมที่สำคัญได้แก่ Emulsifier PHN และ Levasol TR อันก่อให้เกิดฟองจำนวนมาก ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการทำงานของบักเตรีในระบบฯ เพราะฟองจะพาเอามวลชีวไปติดที่ผนังของถังปฏิกิริยา ดังแสดงไว้ในรูปถ่ายที่ 6.5 เมื่อใส่ผงถ่านลงไปปริมาณฟองลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีและลดสีเพิ่มขึ้น ดูตารางที่ 6.8

รูปถ่ายที่ 6.5 การเกิดฟองในสีย้อมเมททัลลิคซ์นิดปกติ

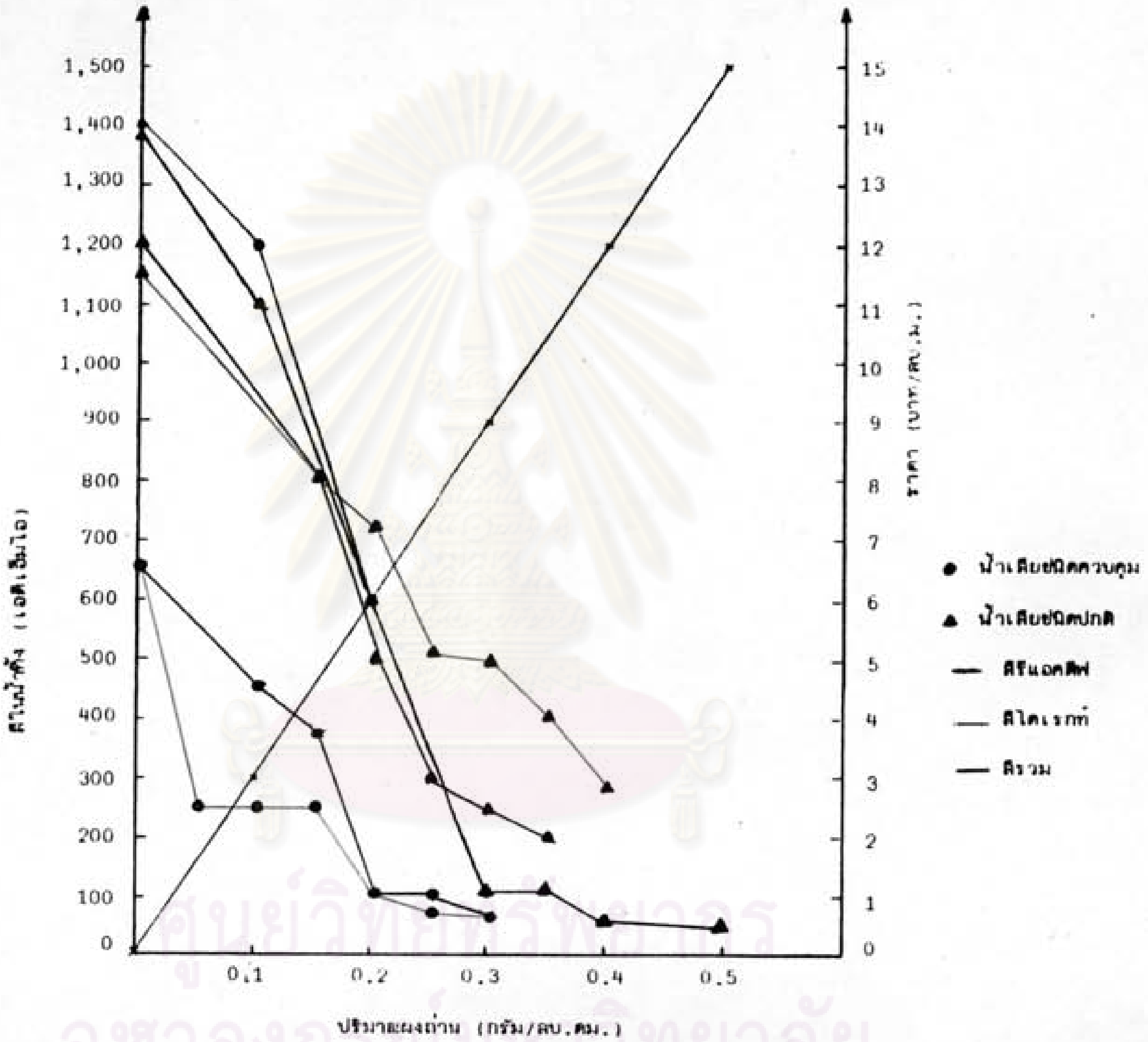
6.4 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารอินทรีย์และสีด้วยระบบ PACT

การประมาณค่าใช้จ่ายสำหรับการกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมประเภทต่าง ๆ ด้วยระบบ PACT ในที่นี้คิดจากปริมาณผงถ่านที่เหมาะสมที่สุดทั้งในการกำจัดสารอินทรีย์และสีให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด กล่าวคือค่าซีโอดีต้องต่ำกว่า 100 มก./ลบ.ดม. และค่าสีต้องน้อยกว่า 300 เอดีเอ็มไอ ค่าใช้จ่ายที่ประเมินผลและแสดงไว้ในรูปที่ 6.19 เป็นราคาที่คำนวณจากปริมาณผงถ่านที่ใส่ลงในระบบฯ เท่านั้น ค่าใช้จ่ายด้านอื่น ๆ เช่น การกำจัดตะกอนส่วนเกิน ค่าปรับคืนสภาพผงถ่าน ค่าอุปกรณ์การเติมผงถ่าน ฯลฯ ไม่นำมาคิดรวมในที่นี้ จากรูป 6.19 ดังกล่าวเห็นได้ว่าสารช่วยย้อมมีอิทธิพลทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นด้วย

โดยการอาศัยข้อมูลจากตารางที่ 6.9 และรูปที่ 6.19 คำนวณได้ว่า การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟชนิดควบคุมและชนิดปกติ จะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 8.00 บาท/ลบ.ม. ของน้ำเสีย สำหรับสีย้อมไดเรกท์มีค่าใช้จ่ายประมาณ 1.5 บาท/ลบ.ม. ของน้ำเสียชนิดควบคุมและ 12 บาท/ลบ.ม. ของน้ำเสียชนิดปกติ สำหรับสีย้อมอะโซอิค ซัลเฟอร์และแวต ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์สามารถลดซีโอดีและสีให้อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจได้ จึงไม่จำเป็นต้องเติมผงถ่านและไม่มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ส่วนสีเมททัลลิคการทดลองยังไม่ปรากฏแน่ชัดว่าปริมาณผงถ่านที่เหมาะสมเป็นเท่าไร เนื่องจากระยะการทดลองมีจำกัด อย่างไรก็ตามสีย้อมเมททัลลิคไม่เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายนัก ถ้ามองในเชิงการใช้งานทั่วไปแล้วน้ำเสียจากการย้อมประเภทนี้จะมีไม่มากนักแต่เพื่อให้มีข้อมูลใช้ในการวินิจฉัยจึงได้คิดคำนวณราคาค่าใช้จ่ายโดยคิดจากปริมาณผงถ่าน 0.2 กรัม/ลบ.ดม. (6 บาท/ลบ.ม.) สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุมและ 0.3 กรัม/ลบ.ดม. (9 บาท/ลบ.ม.) สำหรับน้ำเสียชนิดปกติ ซึ่งค่าใช้จ่ายจริงควรจะมากกว่านี้ เพื่อให้ได้น้ำทิ้งหลังการบำบัดมีคุณภาพตรงตามกำหนด

สำหรับสีรวมชนิดควบคุมเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 6.00 บาท/ลบ.ม. ส่วนชนิดปกตินั้นเสียค่าใช้จ่าย 7.50 บาท/ลบ.ม. จึงกล่าวได้ว่าสารช่วยย้อมมีผลทำให้ค่าใช้จ่ายในการกำจัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นตัวทำให้ต้องใช้ปริมาณผงถ่านมากขึ้นเพื่อให้ได้น้ำทิ้งมีลักษณะตรงตามที่กำหนดไว้

อนึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ได้รับความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านย้อมสีของบริษัทยูเนียนอุตสาหกรรมสิ่งทอในการคิดค้นสูตรสังเคราะห์ น้ำเสียที่สังเคราะห์ได้นี้จึงอาจมีข้อแตกต่างจากน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีจริงของบริษัทนี้ หรือของบริษัทอื่นได้



รูปที่ 6.19 ค่าใช้จ่ายผงถ่านในการลดสีสำหรับน้ำเสียของสีย้อมประเภทต่าง ๆ

หมายเหตุ 1. ผงถ่านราคา 30 บาท/กก.

2. ไม่รวมค่าดำเนินการอื่น ๆ

3. สีซัลเฟอร์ แวต และอะโซอิค ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดา สามารถกำจัดสีให้อยู่ในเกณฑ์กำหนด (ต่ำกว่า 300 เอดีเอ็มไอ) อยู่แล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อย่างไรก็ดีข้อมูลที่ได้ก็เป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์กับงานภาคสนามของโรงงานต่าง ๆ ได้อย่างดี โดยผู้นำไปใช้ต้องเข้าใจสภาวะความแตกต่างของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานนั้น ๆ ให้ถ่องแท้ การนำไปใช้จึงจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาอื่นตามมา

6.5 ข้อดีและข้อเสียของระบบ PACT

ข้อดีและข้อเสียของระบบ PACT ที่ได้จากการทดลองพอที่จะสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

ข้อดี

1. ระบบ PACT เป็นระบบที่ใช้บำบัดน้ำเสียที่มีทั้งสารอินทรีย์และสีได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ สามารถลดสารอินทรีย์และสีในน้ำทิ้งให้อยู่ในเกณฑ์กำหนดได้ ทั้งนี้ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดาไม่สามารถกระทำได้
2. ระบบฯ สามารถลดผลกระทบจากสารช่วยย้อมได้อย่างดี
3. ระบบฯ สามารถลดปัญหาเรื่องฟอง
4. ผงถ่านช่วยเร่งการจมตัวของเลนตะกอน ทำให้สามารถใช้ถังตะกอนที่มีขนาดเล็กลงและใช้เวลาในการจมตัวน้อยลงได้
5. เป็นระบบที่สามารถนำไปปรับปรุงกับระบบบำบัดน้ำเสียเดิมที่เป็นระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติได้อย่างง่ายดาย และเพิ่มความง่ายต่อการควบคุมดูแล

ข้อเสีย

1. เนื่องจากสีย้อมบางชนิดไม่สามารถถูกกำจัดออกโดยกระบวนการทางชีววิทยาให้อยู่ในเกณฑ์กำหนดได้ แม้ระบบ PACT สามารถจะแก้ไขปัญหาเรื่องสีได้ก็ตาม แต่สีบางชนิดจำเป็นต้องใช้ปริมาณผงถ่านในอัตราสูงเพื่อให้สีในน้ำทิ้งมีความเข้มข้นน้อยลง อันเป็นผลทำให้ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นสูงตามไปด้วย เช่น สีไดเรกท์ และสีเมททัลลิค ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับระบบกำจัดสีจึงสูงขึ้น ซึ่งจะมีผลกระทบต่อราคาผลิตต่อหน่วยของโรงงานโดยตรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย