

บทที่ 4.

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

การทำวิจัยครั้งนี้ทำการทดลองทั้งหมด 8 ชุดการทดลอง โดย ทำ Isotherm Test ก่อนเพื่อเลือกชนิดของผงถ่านกัมมันต์ที่มีความสามารถในการดูดติดในช่วงของ ซีโอดี และสีในช่วงที่ต้องการบำบัดสูงที่สุดจากผงถ่านกัมมันต์ที่เลือกมาสวมชนิด

น้ำเสียที่เก็บจาก โรงงานฟอกย้อมมีสภาพพีเอชค่อนข้างสูงประมาณ 10-12 จึงต้องปรับสภาพ พีเอช ให้ได้ประมาณ 7 ก่อนเพื่อที่จะไม่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรียในระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์และระบบแพคท์ และเพื่อที่จะทำให้อยู่ในสถานะเดียวกัน การทำ Isotherm Test จะต้องปรับสภาพ พีเอช ของน้ำเสียด้วย กรดซัลฟูริกให้ได้ประมาณ 7

4.1 การเลือกชนิดของผงถ่าน

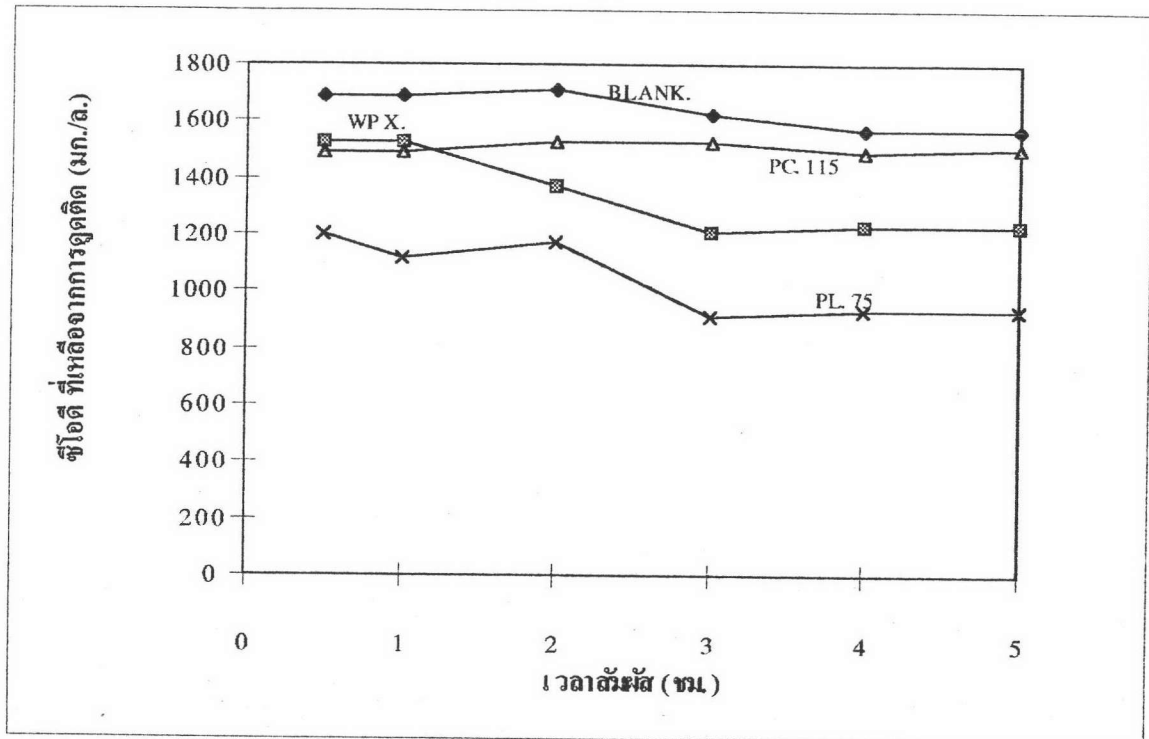
การทำวิจัยครั้งนี้เลือกชนิดของผงถ่านกัมมันต์โดยใช้วิธี Isotherm Test จากตัวอย่างน้ำเสียจริงจากโรงฟอกย้อม ในงานปฏิบัติจริงได้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการทำ Isotherm Test จากน้ำเสียโรงฟอกย้อมที่ไปเก็บตัวอย่างน้ำเสียเนื่องจากในแต่ละครั้งที่ไปเก็บน้ำเสียนั้น สภาพสีของน้ำเสียเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก ทำให้ต้องเปลี่ยนแหล่งเก็บน้ำเสียใหม่ซึ่งมีสภาพของน้ำเสียไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ในการวิจัยครั้งนี้จึงต้องทำ Isotherm Test สองครั้ง โดยมีผลการทดลองจากน้ำเสียโรงงานแห่งแรก ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 พร้อมกับรูปที่ 4.1,4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.1 การหาเวลาสัมผัสที่เหมาะสม(น้ำเสียจากโรงงานแรก)

เวลาขยา (ชม.)	ซีโอดี.ที่เหลือจากการดูดติดผิว (มก/ล)			
	BLANK	PL 75	WPX	PC 115
0.5	1686	1201	1527	1488
1	1686	1116	1527	1488
2	1706	1170	1369	1527
3	1626	912	1210	1527
4	1567	932	1230	1488
5	1567	932	1230	1507

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ 3000 มก./ล

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ซีไอดี ที่เหลือจากการ ดูดติดกับเวลาสัมผัส ได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ซีไอดีที่เหลือจากการดูดติดกับเวลาสัมผัส

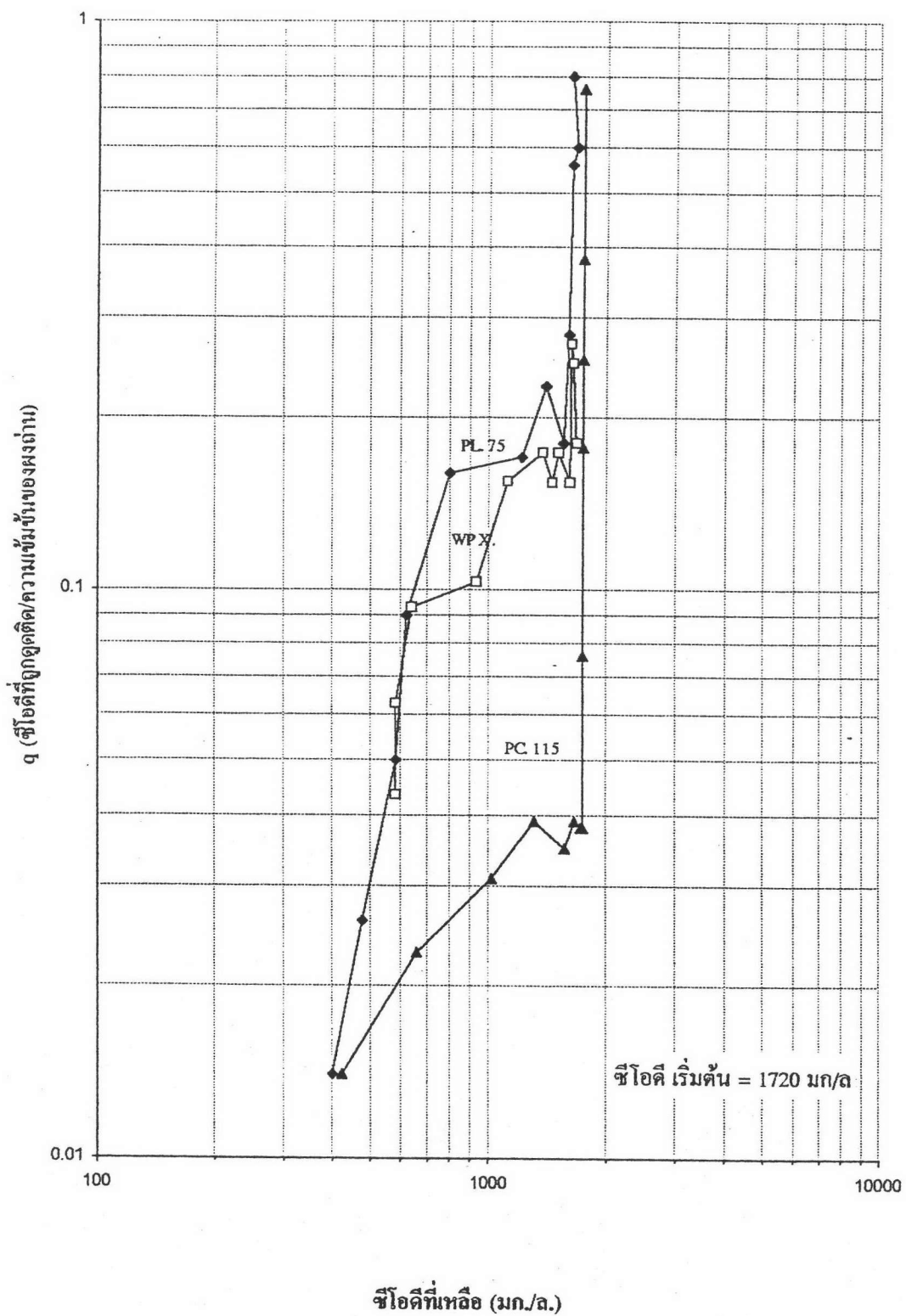
จากรูปที่ 4.1 ณ เวลาสัมผัสตั้งแต่ 3 ชม. ค่าของ ซีไอดี หลังจากการดูดติดของผงถ่าน กัมมันต์ทั้งสามชนิดเริ่มคงที่ จึงน่าจะใช้เวลานี้ในการหา Isotherm Test แต่ในการทดลองจริง ใช้เวลาเขย่า 4 ชม. ก็ไม่น่าจะให้ผลแตกต่างกัน

จากรูปที่ 4.1 ยังแสดงให้เห็นว่าชุดของผงถ่านกัมมันต์ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ ไม่สามารถลดซีไอดีได้มากนักแม้ว่าจะใช้ความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ถึง 3000 มก./ล. โดยเฉพาะผงถ่านกัมมันต์ชนิด PC. 115 แทบจะไม่กำจัดซีไอดีเลยเมื่อเทียบกับค่า Blank. และผงถ่าน PL 75 สามารถดูดติดซีไอดีได้ดีที่สุดจากผงถ่านที่ทำการทดสอบทั้งสามชนิด

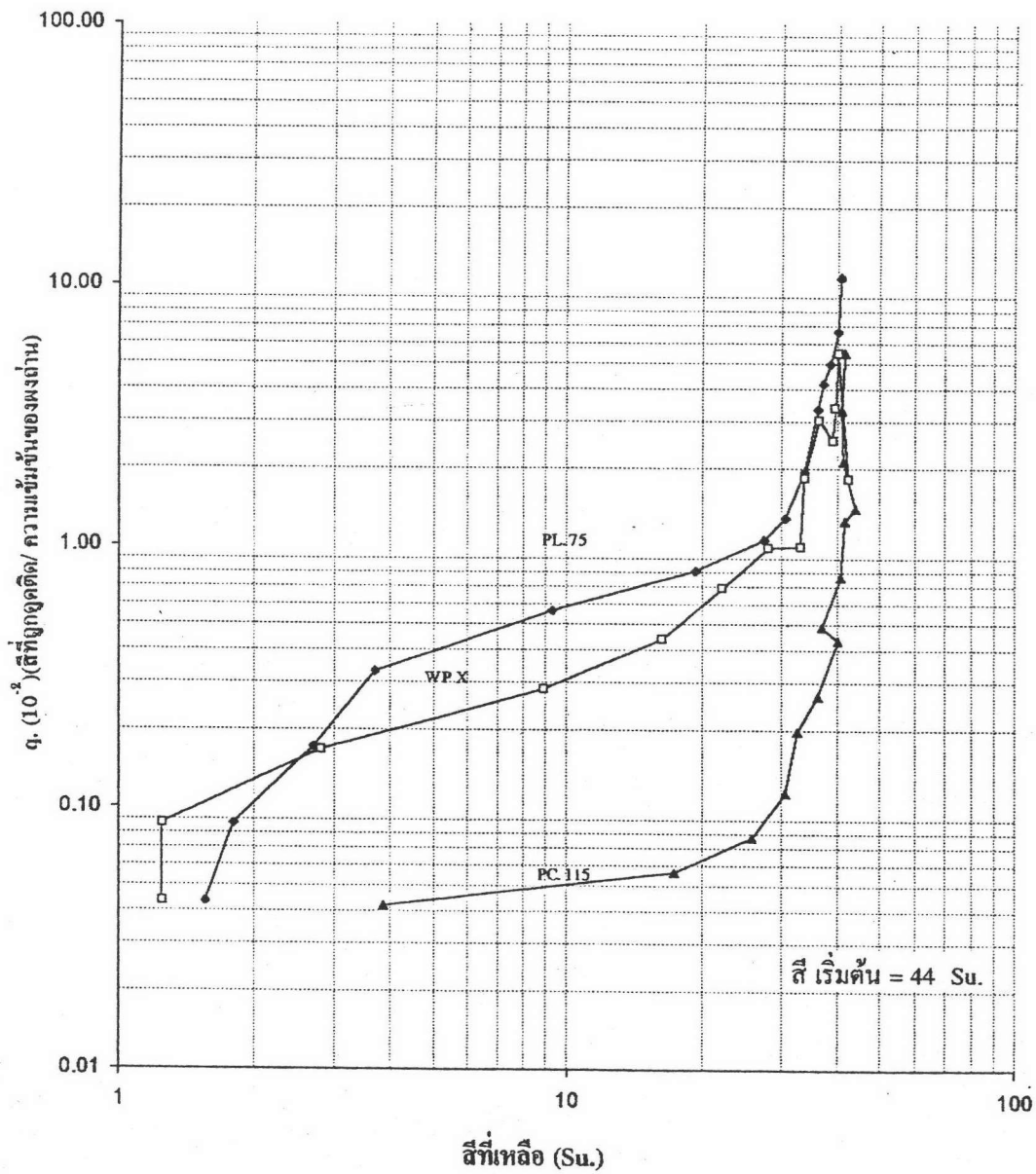
เวลาสัมผัสนำไปใช้สำหรับการเขย่าเพื่อการทำ Isotherm Test โดยใช้ ซีไอดี และ ซี เป็นสารถูกดูดติด ในการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดติดของผงถ่านกัมมันต์ทั้งสามชนิด ดัง ตารางที่ 4.2 สรุปเป็นกราฟดังรูปที่ 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.2 ผลการทำ Isotherm Test จากโรงฟอกย้อมแห่งที่แรก

ผงดำน (มก/ล)	ความเข้มข้นที่เหลือจากการดูดติด						q (ความเข้มข้นของสารถูกดูดติด/ ความเข้มข้นของผงดำน)					
	ซีไอดี (มก/ล)			สี (Su)			ซีไอดี (มก./ล.)			สี (Su.)		
	PL 75	WPX	PC115	PL 75	WPX	PC115	PL 75	WPX	PC115	PL 75	WPX	PC115
0	1740	1683	1780	43.4	42.9	44.3						
25	1740	1683	1780	40.7	42.4	43.9				0.1080	0.0180	0.0140
50	1740	1683	1742	40.1	40.1	41.5			0.7600	0.0670	0.0550	0.0550
100	1680	1665	1742	38.4	39.5	41.0	0.6000	0.1800	0.3800	0.0500	0.0340	0.0330
150	1620	1645	1742	37.1	39.0	41.1	0.8000	0.2500	0.2530	0.0420	0.0257	0.0210
215	1620	1625	1742	36.2	36.3	41.6	0.5600	0.2700	0.1770	0.0337	0.0305	0.0126
500	1600	1606	1742	33.8	33.7	40.5	0.2800	0.1540	0.0760	0.0192	0.0183	0.0076
1000	1560	1509	1742	30.6	32.9	39.9	0.1800	0.1740	0.0380	0.0129	0.0100	0.0044
1500	1400	1451	1723	27.4	28.1	36.9	0.2267	0.1540	0.0380	0.0107	0.0099	0.0049
3000	1220	1374	1664	19.3	22.2	36.2	0.1700	0.1740	0.0390	0.0081	0.0069	0.0027
6000	800	1123	1568	9.3	16.3	32.5	0.1600	0.1550	0.0350	0.0057	0.0044	0.0020
12000	620	929	1316	3.7	8.9	30.6	0.0900	0.1030	0.0390	0.0033	0.0028	0.0011
24000	580	639	1026	2.7	2.8	25.7	0.0500	0.0930	0.0310	0.0017	0.0017	0.0008
48000	480	580	658	1.8	1.3	17.3	0.0260	0.0630	0.0230	0.0009	0.0009	0.0006
96000	400	580	426	1.6	1.3	3.9	0.0140	0.0435	0.0140	0.0004	0.0004	0.0004



รูปที่ 4.2 Isotherm ซีไอต์เป็นสารถูกดูดติด



รูปที่ 4.3 Isotherm สีเป็นสารถูกดูดติด

จากรูปที่ 4.2 และ 4.3 จะสังเกตได้ว่า ผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL. 75 มีความสามารถในการดูดซับ (q) มากกว่าผงถ่านกัมมันต์ชนิด WPX. และ PC.115 ทุกช่วงของความเข้มข้นของซีโอดีที่เหลือจากการแยก แต่ถ้าพิจารณาเรื่องสีจะเห็นได้ว่าที่ค่าสีที่ต่ำกว่า 2.75 Su. ผงถ่านชนิด WPX. มีค่า q มากกว่าผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL.75 และ PC. 115 ในทางปฏิบัติ การที่จะบำบัดน้ำทิ้งให้ได้ค่าสีน้อยขนาดนี้เป็นการสิ้นเปลืองเกินไป กล่าวโดยรวมจึงน่าจะเลือกผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL.75 มาใช้ทำการทดลองในระบบแพคท์ต่อไป โดยมีสมมุติฐานที่ว่าผงถ่านกัมมันต์ที่มีความสามารถในการดูดซับสูงกว่าน่าจะเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในระบบแพคท์ได้มากกว่า ข้อสังเกตจากเส้นกราฟ Isotherm Test ที่มี ซีโอดีและสีเป็นสารถูกดูดซับประการหนึ่งคือในช่วงแรกที่ใช้ถ่านในปริมาณน้อยจะได้ลักษณะเส้นกราฟอยู่ในแนวคิ่ง หมายถึงการเพิ่มความเข้มข้นของผงถ่านไม่ได้ทำให้ค่าซีโอดีหรือสีลดลงเลยนั่นคือถ่านไม่สามารถดูดซับซีโอดีหรือสีได้ในช่วงนี้ ส่งผลให้ค่า q ลดลงเรื่อย ๆ ในขณะที่ซีโอดีและสีที่เหลือมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง จากการทดลองในทางปฏิบัติ สีของน้ำเสียจากโรงงานแห่งแรกที่ไปเก็บมีค่าเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก จึงไม่สามารถทำการทดลองในระบบแพคท์ต่อไปได้ นั่นคือจะสิ้นสุดการทดลองสำหรับน้ำเสียจากโรงฟอกย้อมที่ไปเก็บเพียงเท่านี้ เนื่องจากถ้าค่าความเริ่มต้นของสีต่างกันมาก การประเมินผลจะไม่ค่อยถูกต้องนัก การแก้ปัญหาทำได้โดยการเลือกโรงงานฟอกย้อมที่มีค่าสีของน้ำเสียไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมาทำการทดลองต่อไป

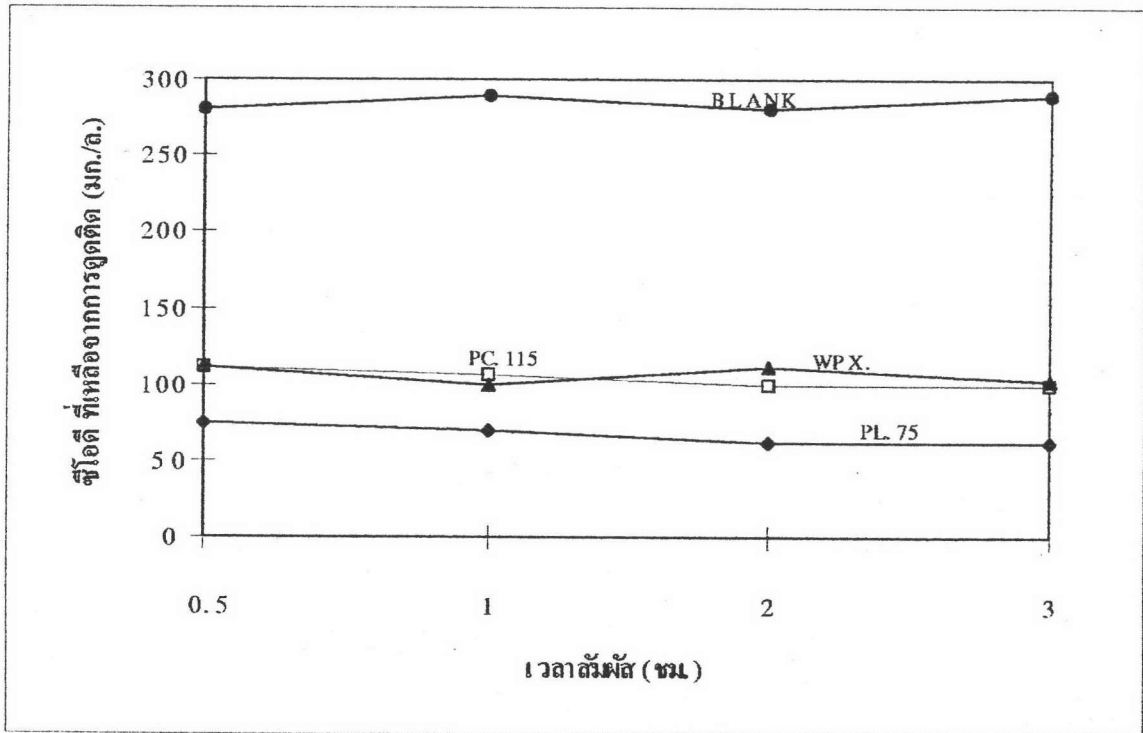
ในการเก็บน้ำเสียจากโรงงานแห่งที่สอง ขั้นตอนการทำการทดลองเหมือนกับที่ได้ทำการทดลองในน้ำเสียที่เก็บมาจากโรงงานแห่งแรก คือการหาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมก่อน โดยครั้งนี้ใช้ความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ 48,000 มก./ล ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การหาเวลาสัมผัสที่เหมาะสม

เวลาแยก (ชม.)	ซีโอดีที่เหลือจากการดูดซับ (มก./ล.)			
	BLANK	PL 75	WPX	PC 115
0	281	281	281	281
0.5	281	75	112	112
1	290	69	106	100
2	281	62	100	112
3	290	62	100	102

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ 48,000 มก./ล

จากตารางที่ 4.3 สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ซีโอดี ที่เปลี่ยนแปลงกับเวลา ได้ดังรูปที่ 4.4



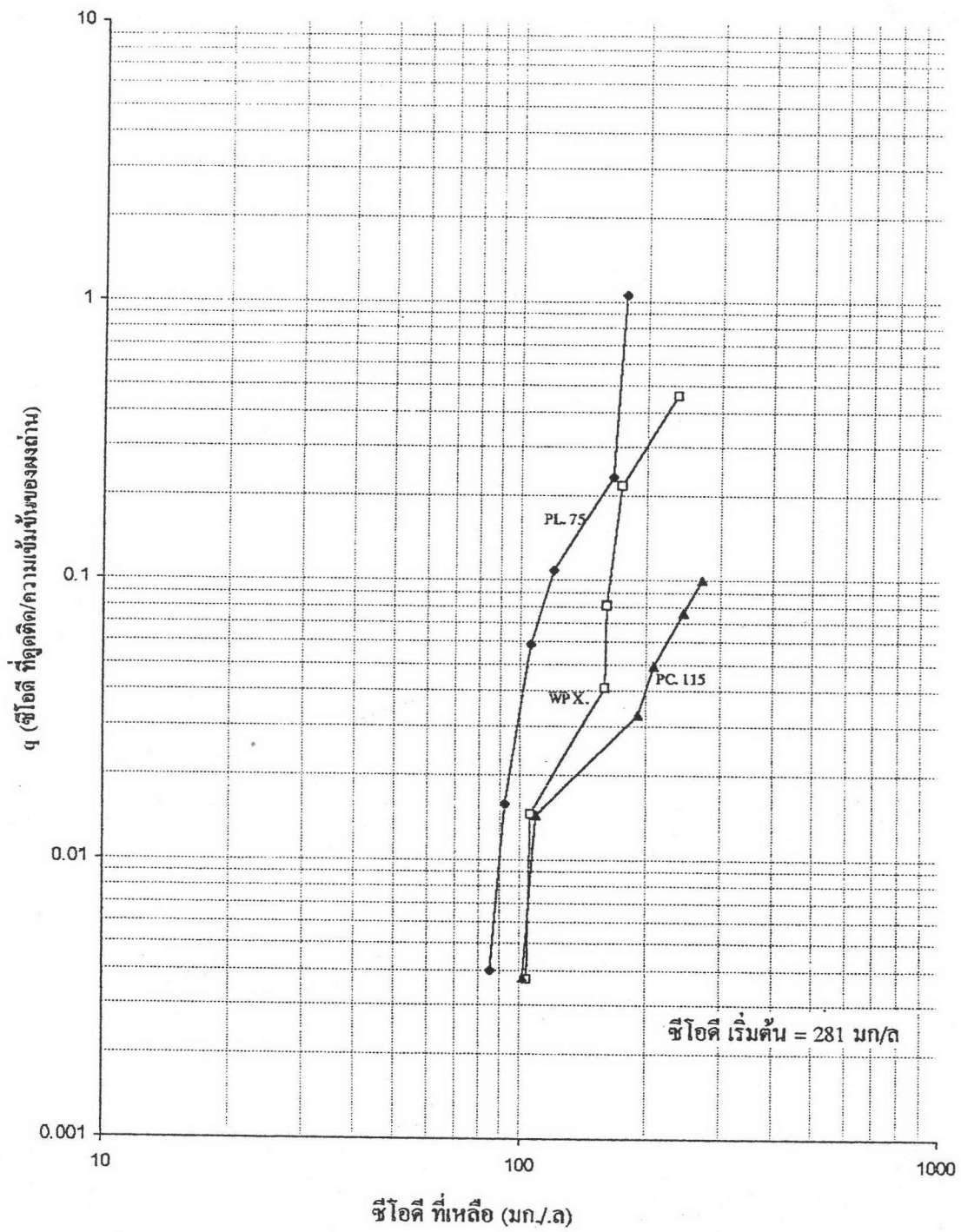
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง ซีโอดีที่เหลือจากการดูดคิดกับเวลาสัมผัส

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าเวลาสัมผัสตั้งแต่ 0.5 - 3 ชม.ไม่ได้ให้ผลที่แตกต่างกันในการกำจัดซีโอดีอย่างมีนัยสำคัญ ในการวิจัยขั้นต่อไปในเรื่องการทำ Isotherm Test ใช้เวลาสัมผัส 3 ชม. จากลักษณะกราฟที่ได้ ผงถ่านกัมมันต์ชนิด WPX และ PC.115 ไม่ให้ผลแตกต่างกันในเรื่องการดูดคิดซีโอดีอย่างมีนัยสำคัญ และผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL 75 มีความสามารถในการดูดคิดซีโอดีได้ดีที่สุดจากผงถ่านทั้งสามชนิด ที่ความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์เท่ากับ 48000 มก./ล.

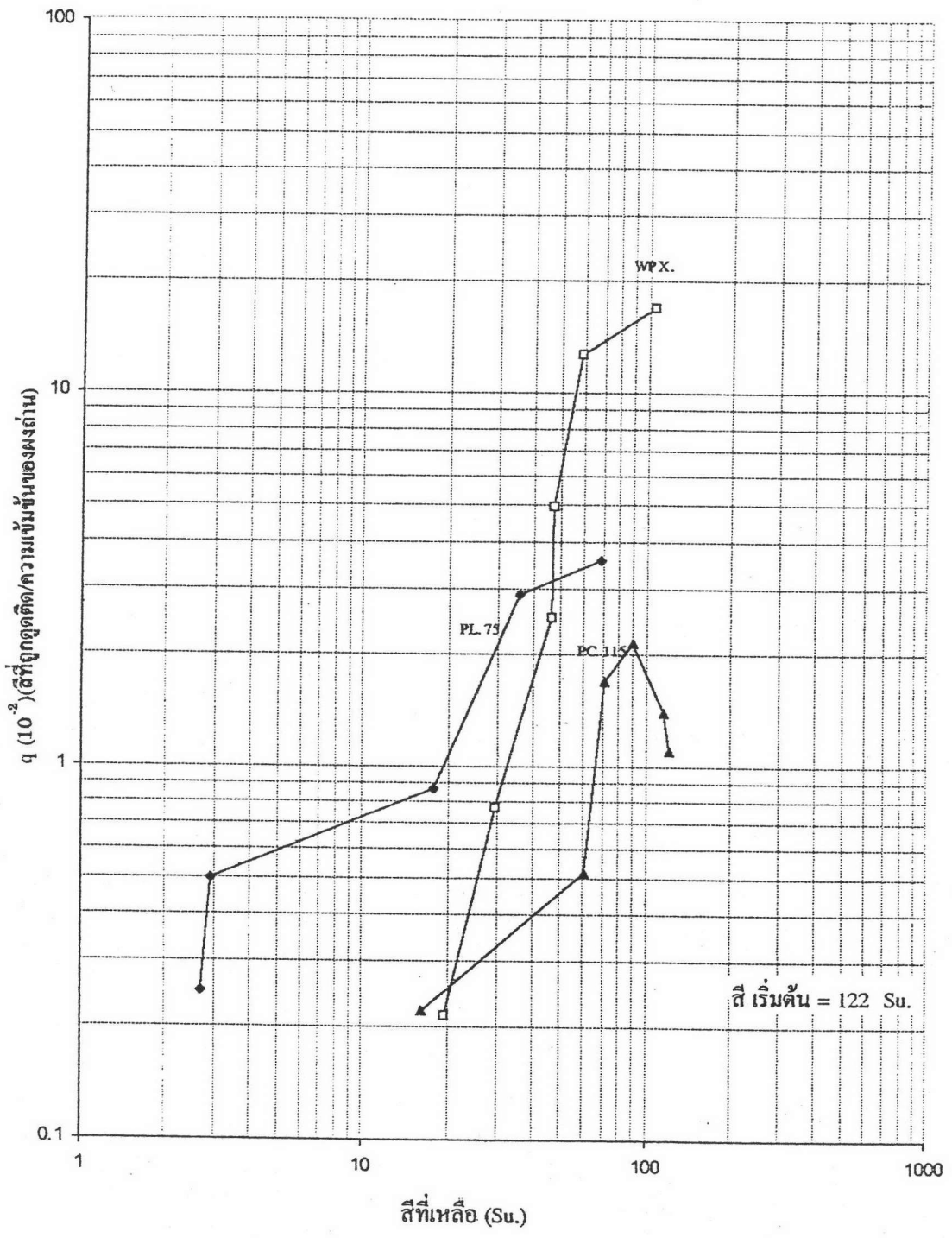
เวลาที่ได้นำไปทำการทดสอบ Isotherm โดยมีซีโอดีและสีเป็นสารถูกดูดคิด ดังตารางที่ 4.4 และสรุปเป็นกราฟดังรูปที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.4 ผลการทำ Isotherm Test จากโรงฟอกย้อมแห่งที่สอง

ผง ถ่าน (มก/ล)	ความเข้มข้นที่เหลือจากการเขย่า						q (ความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ/ความเข้มข้นถ่าน)					
	ซีไอดี (มก/ล)			สี (Su)			ซีไอดี (มก./ล.)			สี (Su.)		
	PL 75	WPX	PC115	PL 75	WPX	PC115	PL 75	WPX	PC115	PL 75	WPX	PC115
0	280	282	282	122.1	122.1	122.1						
100	176	236	272	120.8	105.1	121.0	1.0600	0.4600	0.1000	0.0125	0.1700	0.0110
1500	165	173	244	68.7	58.8	115.1	0.2340	0.2180	0.0760	0.0356	0.0422	0.0046
3000	120	160	208	35.8	47.2	90.0	0.1080	0.0810	0.0490	0.0288	0.0250	0.0107
12000	106	159	191	17.7	46.7	71.3	0.0590	0.0410	0.0330	0.0087	0.0063	0.0042
24000	92	106	109	2.9	29.4	60.4	0.0158	0.0146	0.0144	0.0050	0.0039	0.0026
48000	85	104	102	2.7	19.4	16.2	0.0040	0.0037	0.0038	0.0025	0.0021	0.0022



รูปที่ 4.5 Isotherm ซีไอดีเป็นสารถูกดูดติด



รูปที่ 4.6 Isotherm สีเป็นสารถูกดูดซับ

จากรูปที่ 4.5 แสดงถึงความสามารถการดูดติด (q) โดยมีซีโอดีเป็นสารถูกดูดติดของผงถ่านกัมมันต์สามชนิด จากลักษณะเส้นกราฟของผงถ่านทั้งสามชนิดมีลักษณะที่ไม่ใช่เป็นเส้นตรงแบบต่อเนื่องที่มีความชันเดียว โดยเส้นกราฟทั้งสามมีลักษณะเป็นเส้นตรงสามเส้นที่มีการเปลี่ยนแปลงความชันในลักษณะไม่ต่อเนื่อง แสดงว่ามีสารที่ถูกดูดติดอยู่สามชนิด ถ้าสารที่ถูกดูดติดมีชนิดเดียว เส้นกราฟจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงต่อเนื่องไม่มีการเปลี่ยนแปลงความชันแบบหักมุม ลักษณะของเส้นกราฟที่มีความชันต่างกันแสดงถึงอัตราการดูดติดที่ต่างกัน

ลักษณะของเส้นกราฟที่มีค่าความชันเข้าใกล้ ∞ จะแสดงถึงลักษณะของการดูดติดของสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถถูกดูดติดได้อีก ซึ่งเส้นกราฟของผงถ่านกัมมันต์ทั้งสามแปรผลในลักษณะเดียวกัน นั่นคือไม่ว่าจะใช้ความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์เท่าไรก็ไม่สามารถกำจัดซีโอดีได้อีก ส่งผลให้ค่า q มีค่าลดลงเรื่อย ๆ ในขณะที่ค่าความเข้มข้นของซีโอดีที่เหลือไม่เปลี่ยนแปลง

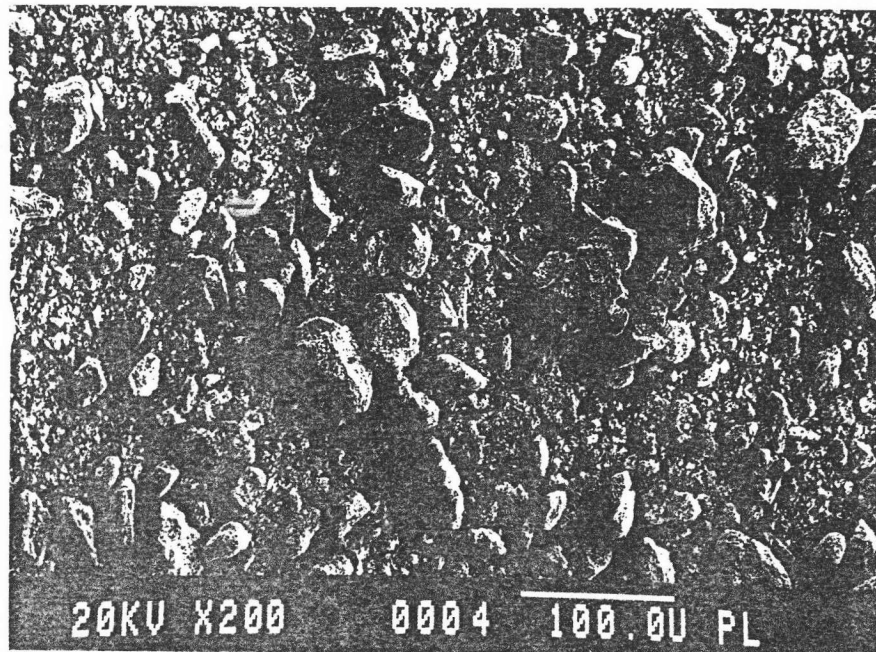
ลักษณะของเส้นกราฟที่ความชันสูงกว่า จะแสดงถึงความซับซ้อนของสารที่ถูกดูดติดที่มากกว่า ด้วยเหตุผลเดียวกับลักษณะของเส้นกราฟที่เข้าใกล้ ∞ นั่นคือต้องใช้ความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ในการดูดติดผิวมากในการที่จะทำให้ความเข้มข้นของซีโอดีลดลง นั่นหมายถึงถ่านมีความสามารถในการดูดติดสารอินทรีย์นั้นได้น้อยนั่นเอง

ถ้าพิจารณาเปรียบเทียบเส้นกราฟของผงถ่านกัมมันต์ทั้งสามชนิดจะสังเกตได้ว่า ผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL.75 มีค่า q สูงที่สุดทุกช่วงความเข้มข้นของซีโอดีที่เหลือจากการเขย่า ผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL.75 จึงน่าจะเหมาะสมที่สุดในการใช้เพื่อทำการทดลองในระบบแพคท์ต่อไป ภายใต้สมมุติฐานที่ว่า ผงถ่านที่มีความสามารถในการดูดติดดีที่สุดน่าจะมีความสามารถในการเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดในระบบแพคท์ได้ดีที่สุด

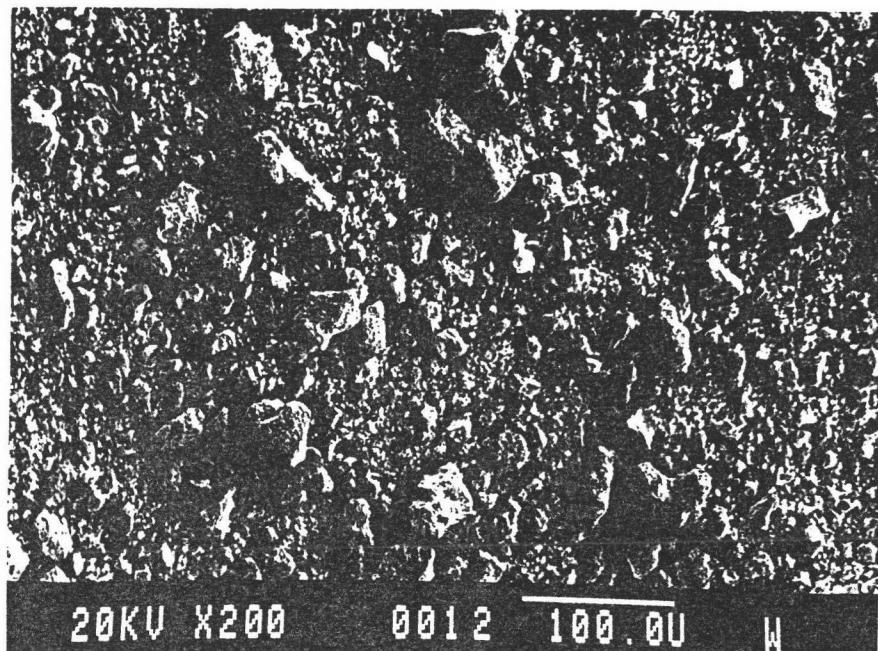
รูปที่ 4.6 แสดงถึงความสามารถการดูดติด (q) ของผงถ่านกัมมันต์สามชนิด โดยมีสีเป็นสารถูกดูดติด เส้นกราฟของผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL.75 และ WPX. ประเมินผลในลักษณะเดียวกับ รูปที่ 4.5 ในขณะที่เส้นกราฟของผงถ่านกัมมันต์ชนิด PC. 115 มีลักษณะต่างออกไป กล่าวคือเส้นกราฟยังไม่ถึงจุดที่ความชันเข้าใกล้ ∞ ต้องใช้ความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์มากกว่า 48,000 มก./ล. ถึงจะทำให้ถึงจุดที่ไม่สามารถดูดติดสารอินทรีย์ได้อีก

จากรูปที่ 4.6 เส้นกราฟของผงถ่านกัมมันต์ PC.115 ที่ความเข้มข้นของสีที่จุดสมมูลย์ที่มีค่าเข้าใกล้ความเข้มข้นสีที่จุดเริ่มต้น (ที่ 121 และ 115.1 Su) กลับมีค่า q น้อยกว่าค่าความเข้มข้นสีที่จุดสมมูลย์ที่ 90 Su. อันจะทำให้เส้นกราฟในช่วงนี้มีค่าความชันติดลบ โดยปกติแล้วค่าความเข้มข้นที่จุดสมมูลย์มีค่ามาก ค่า q จะมีค่ามากด้วย ค่าความชันของเส้นกราฟไม่น่าจะติดลบ สาเหตุอาจเกิดจากปริมาณความเข้มข้นของผงถ่านที่วัดได้มากกว่าความเป็นจริงทำให้ค่า q ต่ำกว่าความเป็นจริง การที่ความเข้มข้นของผงถ่านมากกว่าที่ควรจะเป็นจริง ๆ อาจเป็นเพราะที่ความเข้มข้น

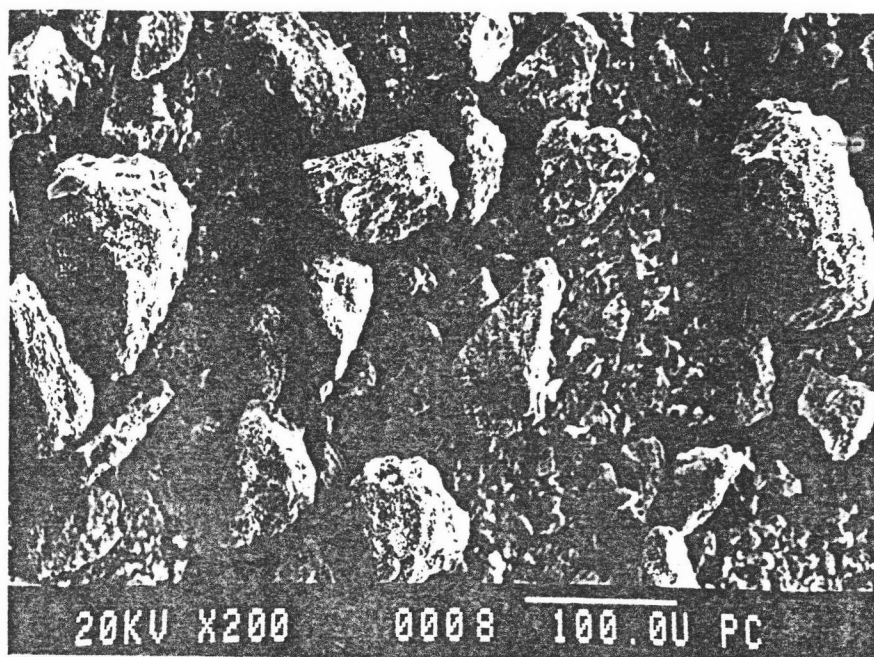
ของผงถ่านกัมมันต์ต่ำ ๆ ปริมาณผงถ่านที่ใส่ในขวดมีค่าน้อย บางส่วนอาจจะแทรกอยู่ตามผิวของขวด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้ขวดพลาสติก(เนื่องจากมีน้ำหนักเบาเพื่อที่จะสามารถชั่งในเครื่องชั่งละเอียดได้)อาจทำให้ผงถ่านกัมมันต์ที่แทรกตัวอยู่ตามผิวขวดไม่สามารถดูดติดสารถูกดูดติดที่อยู่ในขวดได้ สาเหตุที่เป็นไปได้อีกอย่างหนึ่งก็คือเครื่องมือวัดสีที่ใช้ไม่สามารถวัดความแตกต่างของสีที่มีค่าใกล้เคียงกันได้อย่างถูกต้องมากนัก เนื่องจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามากกว่าความแตกต่างของสีที่มีค่าใกล้เคียงกัน จากการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดติดของถ่านทั้งสามชนิด โดยใช้ สี เป็น สารถูกดูดติด โดยพิจารณาทุกช่วงของค่าสี จะสังเกตได้ว่าผงถ่านชนิด PL.75 มีความสามารถในการดูดติดสูงที่สุด นอกจากการเปรียบเทียบการดูดติดซีโอดีและสีโดยใช้ Isotherm Test แล้วยังสามารถเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของถ่านทั้งสามชนิดจากรูปถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM.) เมื่อขยาย 200 เท่าด้วยดังรูปที่ 4.7, 4.8, 4.9



รูปที่ 4.7 ลักษณะทางกายภาพของผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL.75 เมื่อขยาย 200 เท่า

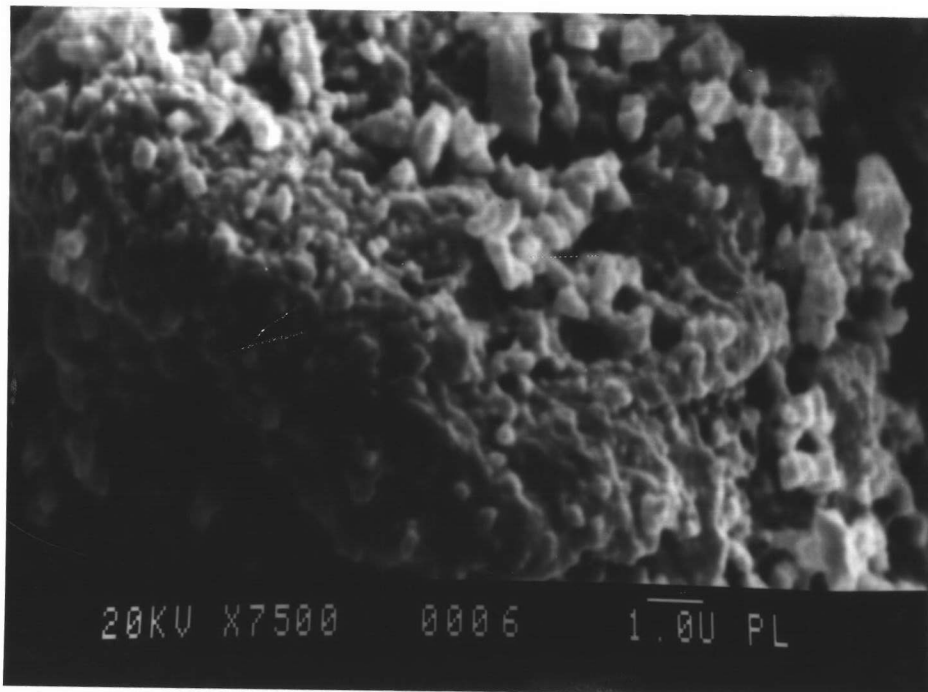


รูปที่ 4.8 ลักษณะทางกายภาพของผงถ่านกัมมันต์ชนิด WPX.เมื่อขยาย 200 เท่า

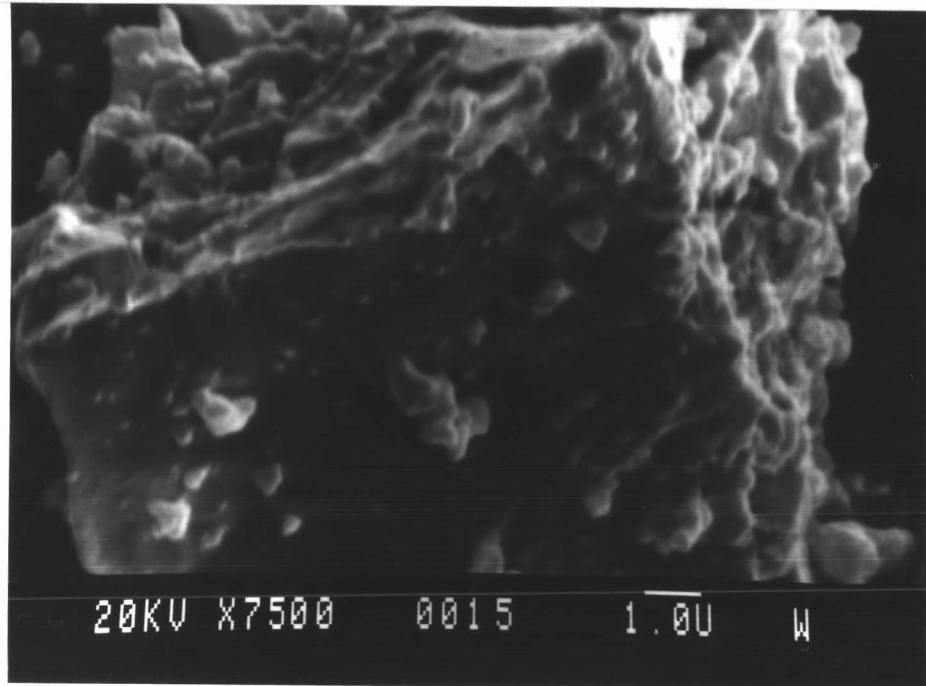


รูปที่ 4.9 ลักษณะทางกายภาพของผงถ่านกัมมันต์ชนิด PC.115 เมื่อขยาย 200 เท่า

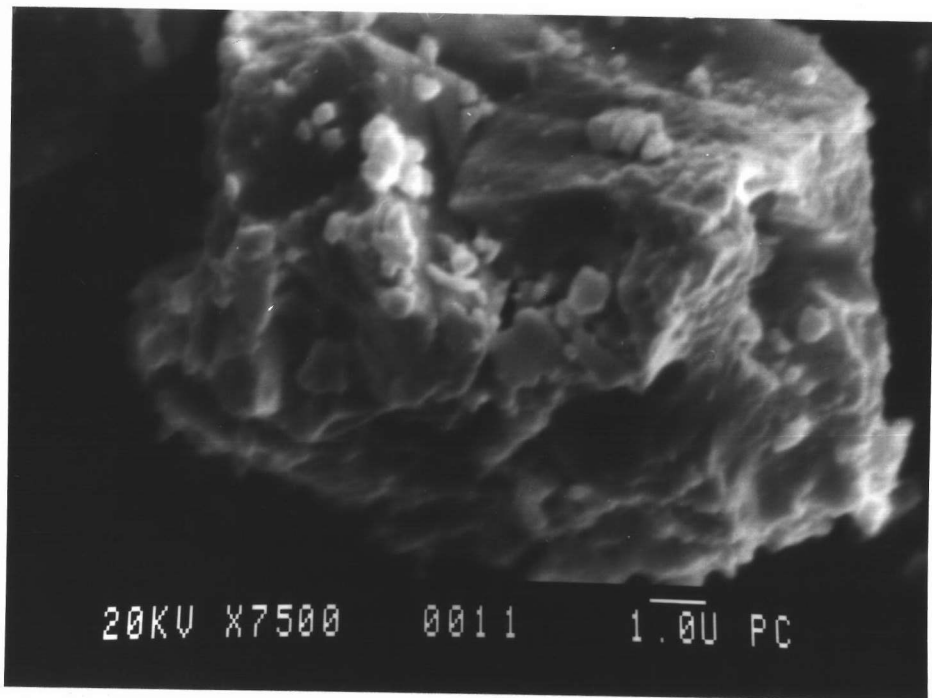
จากลักษณะทางกายภาพดังรูปที่ 4.7-4.9 จะสังเกตเห็นถึงลักษณะทางกายภาพของผงถ่านแต่ละชนิดคือ จากการพิจารณาจากภาพจะสังเกตได้ว่าผงถ่านกัมมันต์ชนิด PC.115 จะมีขนาดใหญ่กว่าผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL.75 และ WPX. อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งลักษณะขนาดของผงถ่านก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการดูดติด ถ้าผงถ่านขนาดใหญ่จะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรน้อยกว่าผงถ่านขนาดเล็ก ความสามารถในการดูดติดต่อปริมาตรของถ่านจะน้อยกว่า เมื่อขยายขนาดของผงถ่านกัมมันต์ทั้งสามชนิดด้วยกำลังขยาย 7500 เท่าจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.10 - 4.12



รูปที่ 4.10 ลักษณะทางกายภาพของผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL.75เมื่อขยาย 7500 เท่า



รูปที่ 4.11 ลักษณะทางกายภาพของผงถ่านกัมมันต์ชนิด WPX.เมื่อขยาย 7500 เท่า



รูปที่ 4.12 ลักษณะทางกายภาพของผงถ่านกัมมันต์ชนิด PC.115 เมื่อขยาย 7500 เท่า

จากรูปจะเห็นได้ว่าผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL.75 มีลักษณะเป็นรูพรุนมากกว่าผงถ่านกัมมันต์สองชนิดที่เหลือ ทำให้มีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับสารถูกดูดติดมากกว่า การที่ผงถ่านมีลักษณะเป็นรูพรุนมากกว่าน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มีความสามารถในการดูดติดมากกว่าซึ่งสอดคล้องกับการทำ Isotherm Test ที่ผ่านมามีว่า ผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL.75 มีความสามารถในการดูดติดดีที่

สุดจากผงถ่านที่คัดเลือกมาทั้งสามชนิด กล่าวโดยสรุปคือไม่ว่าจะใช้ค่าซีไอดีหรือสีเป็นสาร
 ถูกคูดัด ผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL.75 มีความสามารถในการคูดัดสูงที่สุด จึงเลือกผงถ่านชนิดนี้
 ไปทำการทดลองในระบบแพคท์ต่อไปภายใต้สมมุติฐานที่ว่า ผงถ่านกัมมันต์ที่มีความสามารถในการ
 การคูดัดดีที่สุดน่าจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดในระบบแพคท์ได้ดีที่สุด

4.2 ผลการทำงานของระบบแยกทิวเต็ดสลัดจ์ที่มีการเติมผงถ่านกัมมันต์ภายใต้สภาวะต่าง ๆ

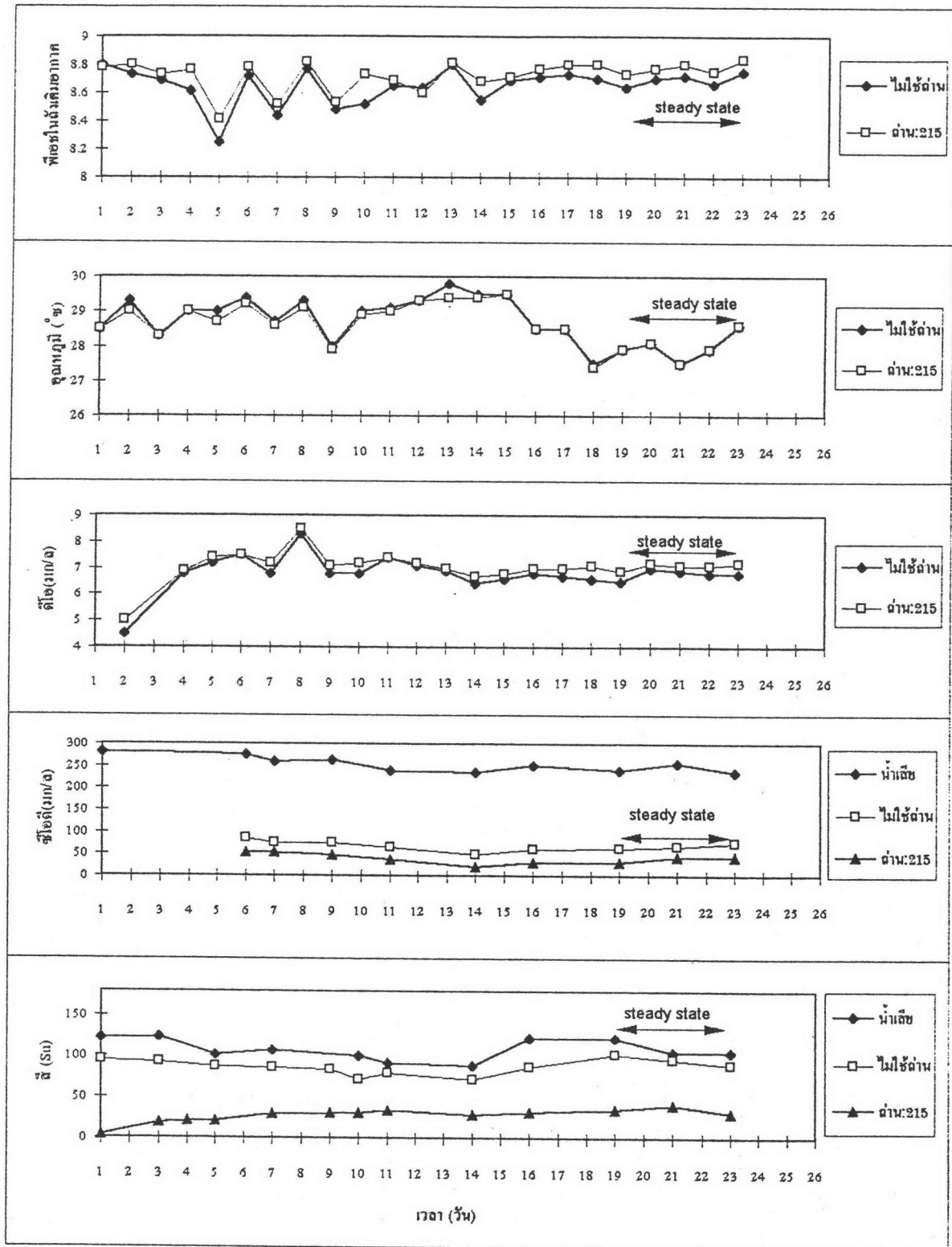
การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ทำการทดลอง 3 ครั้ง โดยในครั้งที่ 1 แบ่งการทดลองออกเป็น 2
 ชุด ชุดที่ 1 คือระบบแยกทิวเต็ดสลัดจ์ธรรมดา ชุดที่ 2 คือระบบแพคท์ที่ความเข้มข้นถ่าน 215
 มก./ล. โดยตัวแปรอื่นใช้สภาวะเดียวกันหมด ผลการทดลองของระบบแยกทิวเต็ดสลัดจ์และระบบ
 แพคท์ที่ความเข้มข้นถ่าน 215 มก./ล. สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.13 โดยสามารถสรุปพารามิเตอร์
 ที่สำคัญได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง steady state ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ
 ในการทดลองครั้งที่ 1.

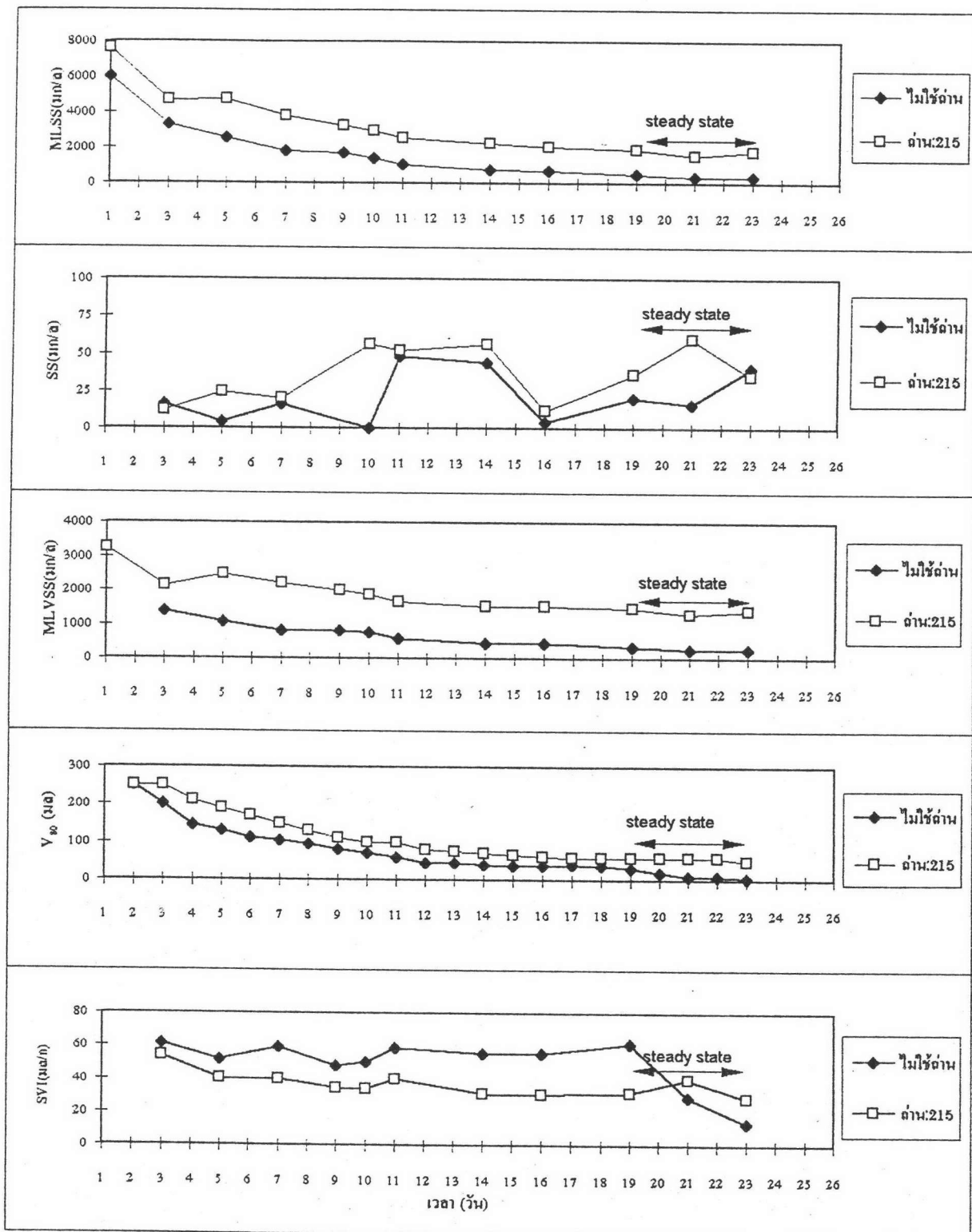
พารามิเตอร์	น้ำเสีย		ถังเติมอากาศ				น้ำทิ้ง			
	เฉลี่ย	S.D.	ไม่ใช้ถ่าน *		ถ่าน:215**		ไม่ใช้ถ่าน		ถ่าน:215	
			เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.
พีเอช	6.84	0.01	8.69	0.04	8.78	0.04				
อุณหภูมิ(°ซ)	28	0.49	28	0.36	28	0.36				
ดีไอ.(มก./ล.)			6.8	0.17	7.1	0.11				
ซีไอดีที่กรองผ่านกระดาษ GF/C (มก./ล)	244	8.64					69	5.4	39	5.4
สี (Su)	110	8.10					96	5.6	35	3.8
SS (มก./ล.)	54	18.5	403	63	1729	156	25	10.5	44	11.6
VSS.(มก./ล.)			280	39.6	1395	68.7				
V ₃₀ (มล./ล.)			15	8.9	58	4				
—SVI.(มล./ก.)			34	19.8	33	4.7				

*ไม่ใช้ถ่าน = ระบบแยกทิวเต็ดสลัดจ์ธรรมดา

**ถ่าน:215 = ระบบแยกทิวเต็ดสลัดจ์ที่มีการเติมถ่าน 215 มก/ล



รูปที่ 4.13 ผลของการทดลองครั้งที่ 1.



ไม่มีใช้ถ่าน = ระบบแอกทีฟเวตคอสต์ธรรมดา

ถ่าน:215 = ระบบแอกทีฟเวตคอสต์ที่มีการเติมถ่าน 215 มก/ล

รูปที่ 4.13 (ต่อ) ผลของการทดลองครั้งที่ 1.

การทดลองครั้งที่ 2 แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุด ชุดที่ 1 คือ ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดา ชุดที่ 2 และ 3 คือ ระบบแพคท์ที่ความเข้มข้นถ่าน 25 และ 50 มก./ล. ตามลำดับ โดยตัวแปรอื่นใช้สภาวะเดียวกันหมด

ผลการทดลองของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์และระบบแพคท์ที่ความเข้มข้นถ่าน 25 และ 50 มก./ล. สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.14 โดยสามารถสรุปพารามิเตอร์ที่สำคัญได้ดังตารางที่ 4.6

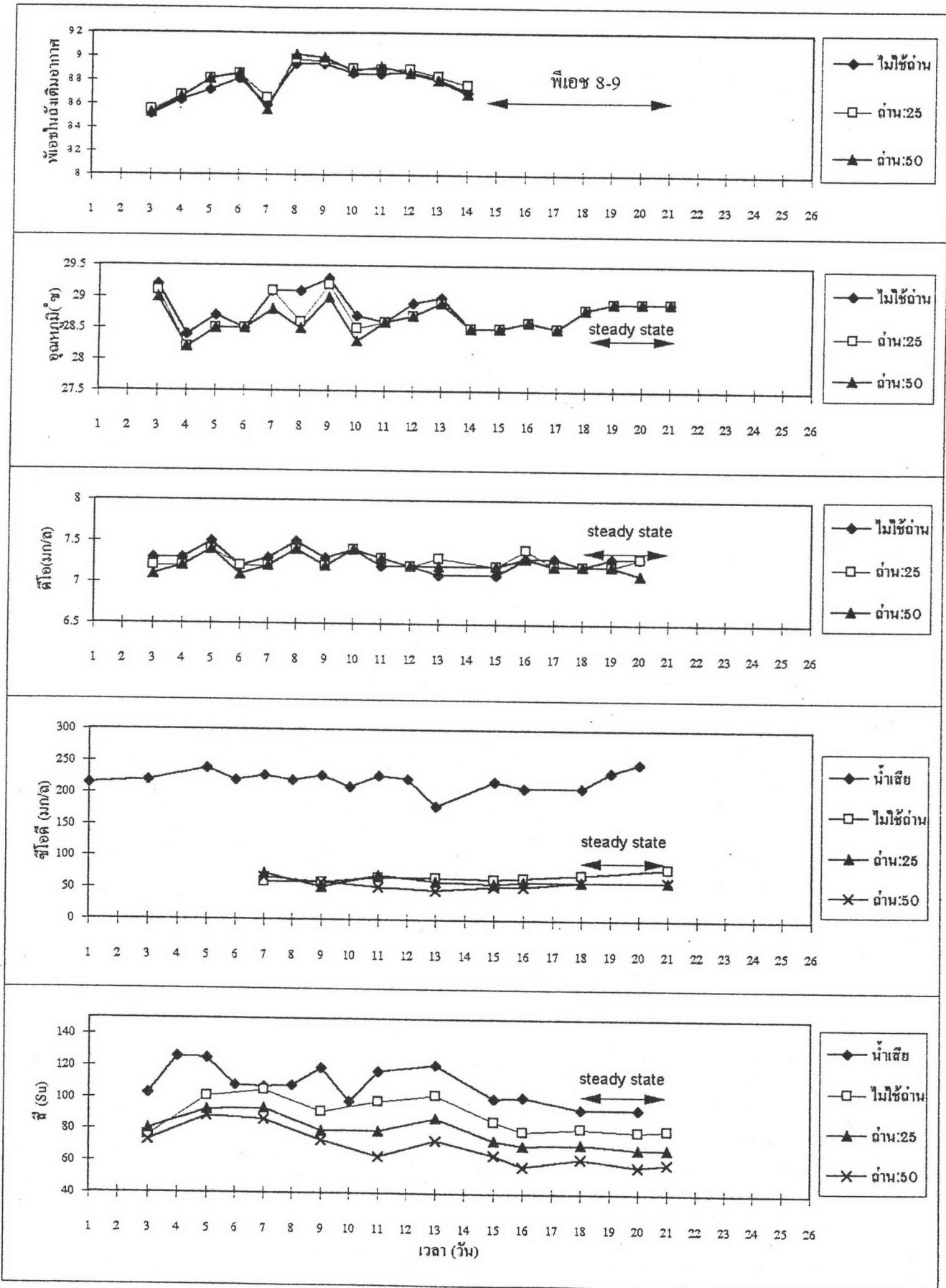
ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง steady state ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 2.

พารามิเตอร์	น้ำเสีย		ถังเติมอากาศ						น้ำทิ้ง					
	เฉลี่ย	S.D.	ไม่ใช้ถ่าน*		ถ่าน:25**		ถ่าน:50***		ไม่ใช้ถ่าน		ถ่าน:25		ถ่าน:50	
			เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.
ทีเอช	≈ 7	-	8-9	-	8-9	-	8-9	-						
อุณหภูมิ(°ซ)	≈ 29		28.9	0.0	28.8	0.0	28.8	0.0						
ดีโอ.(มก/ล)			7.3	0.0	7.2	0.0	7.2	0.0						
ซีไอดีที่กรองผ่าน กระดาษ GF/C (มก/ล)	229	16.1							76	5	60	0.0	60	0.0
ดี (Su)	93	0.0							80	0.8	69	1.4	59	2.1
SS (มก/ล)	29	1.5	323	19.7	527	60.8	699	79.7	27	6.1	9	0.5	4	0.5
VSS.(มก/ล)			236	6.5	395	49.3	533	39						
V ₃₀ (มล/ล)			13	8.5	30.0	0.0	40.0	0.0						
SVI.(มล/ก)			40	23.3	58	6.9	58	6.1						

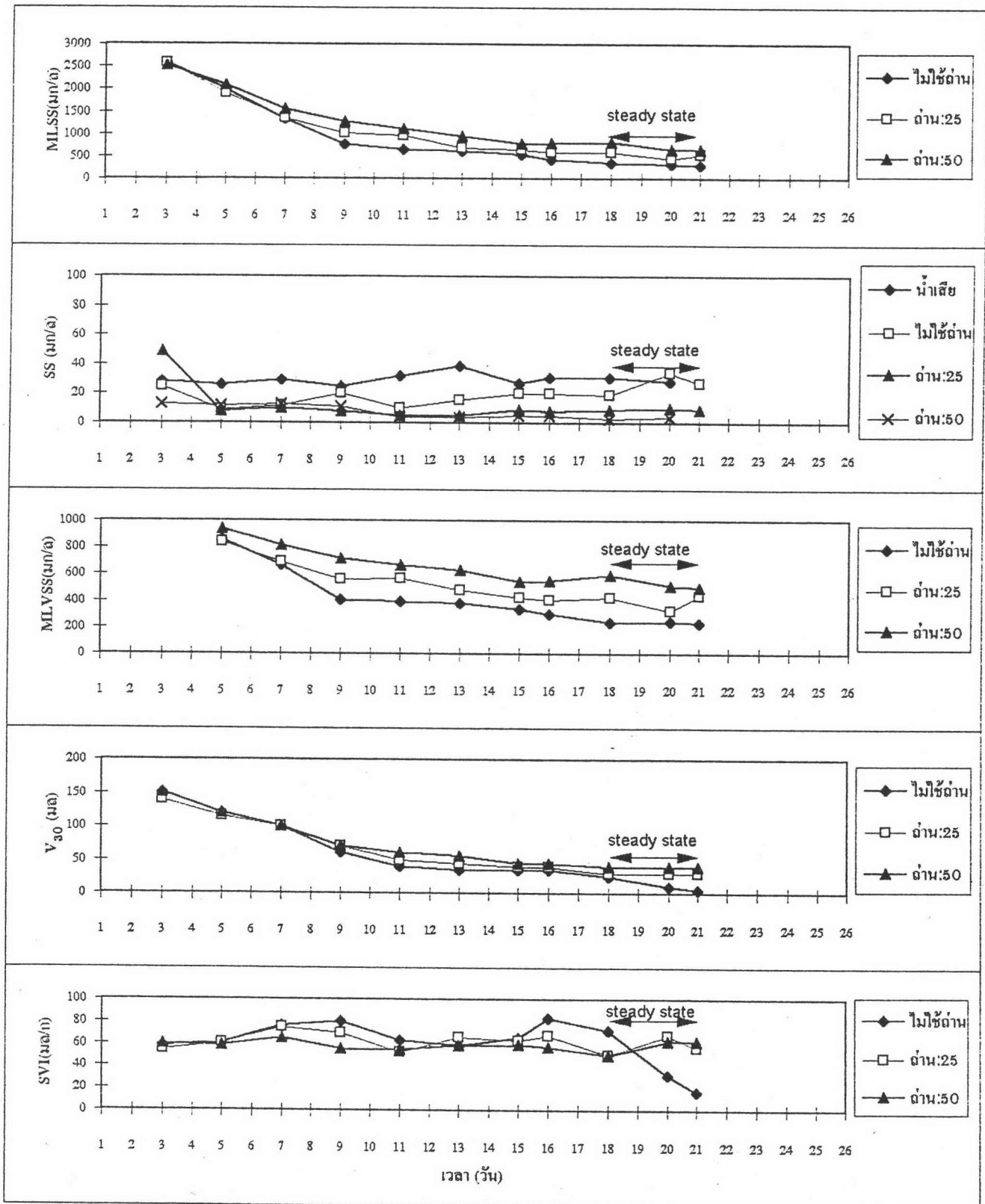
*ไม่ใช้ถ่าน = ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดา

**ถ่าน:25 = ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่มีการเติมถ่าน 25 มก/ล

***ถ่าน:50 = ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่มีการเติมถ่าน 50 มก/ล



รูปที่ 4.14 ผลของการทดลองครั้งที่ 2.



ไม่ใช้ถ่าน = ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ธรรมดา

ถ่าน:25 = ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ที่มีการเติมถ่าน 25 มก/ล

ถ่าน:50 = ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ที่มีการเติมถ่าน 50 มก/ล

รูปที่ 4.14 (ต่อ) ผลของการทดลองครั้งที่ 2.

การทดลองครั้งที่ 3 แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุด ชุดที่ 1 คือ ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดา ชุดที่ 2 และ 3 คือระบบแพคท์ที่ ความเข้มข้นถ่าน 100 และ 150 มก./ล. ตามลำดับ โดยตัวแปรอื่นใช้สภาวะเดียวกันหมด

ผลการทดลองของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์และระบบแพคท์ที่ความเข้มข้นถ่าน 100 และ 150 มก./ล. สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.15 โดยสามารถสรุปพารามิเตอร์ที่สำคัญได้ดังตารางที่ 4.7

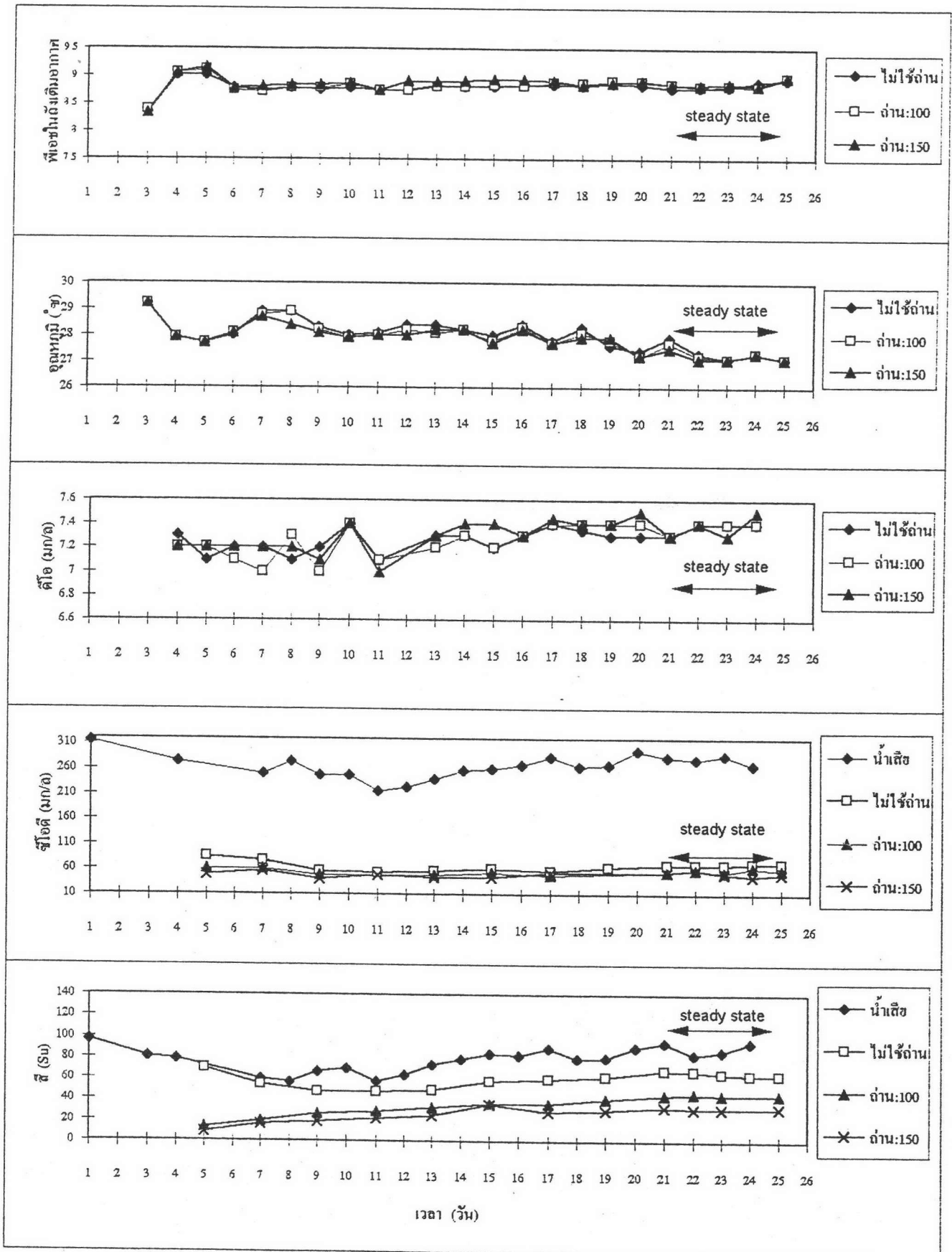
ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง steady state ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 3.

พารามิเตอร์	น้ำเสีย		ถังเติมอากาศ						น้ำทิ้ง					
			ไม่ใช้ถ่าน		ถ่าน:100		ถ่าน:150		ไม่ใช้ถ่าน		ถ่าน:100		ถ่าน:150	
	เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.	เฉลี่ย	S.D.
พีเอช	6.8	0.0	8.8	0.1	8.9	0.1	8.9	0.0						
อุณหภูมิ(°ซ)	28.6	1.1	27.3	0.3	27.3	0.2	27.2	0.2						
ดีไอ (มก./ล.)			7.4	0.0	7.4	0.4	7.4	0.1						
ซีไอดีที่กรองผ่าน กระดาษ GF/C (มก./ล)	279	7.1							70	0.1	58	3.0	53	4.1
ซี (Su)	89	4.9							65	2.0	45	0.9	32	0.8
SS (มก./ล.)	19	0.8	396	26.2	1090	46.1	1506	47.1	30	5.5	22	5.5	10	1.5
VSS(มก./ล.)			324	7.2	876	30.9	1230	16.3						
V ₃₀ (มล./ล.)			27	2.5	36	3.4	45	3.2						
SVI(มล./ก.)			68	2.5	33	2.5	30	1.6						

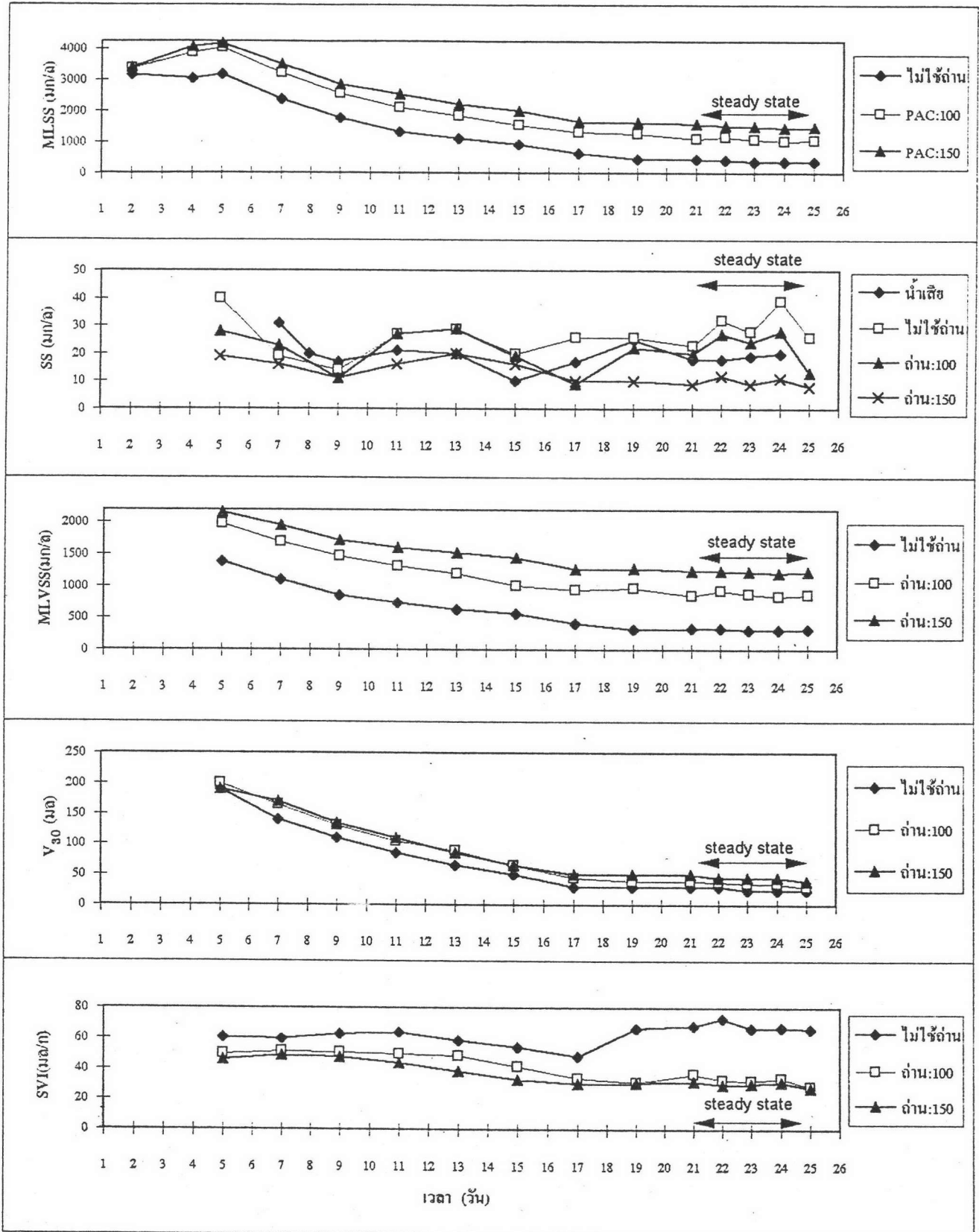
*ไม่ใช้ถ่าน = ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดา

**ถ่าน:100 = ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่มีการเติมถ่าน 100 มก/ล

***ถ่าน:150 = ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่มีการเติมถ่าน 150 มก/ล



รูปที่ 4.15 ผลของการทดลองครั้งที่ 3.



ไม่ใช้ถ่าน = ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ธรรมดา

ถ่าน:100 = ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ที่มีการเติมถ่าน 100 มก/ล.

ถ่าน:150 = ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ที่มีการเติมถ่าน 150 มก/ล.

รูปที่ 4.15 (ต่อ) ผลของการทดลองครั้งที่ 3.

4.3 อิทธิพลของผงดำนกัมมันต์ที่มีต่อระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์

4.3.1 การกำจัดซีโอดีและสี

จากผลการทดลองทั้งสามครั้งดังตารางที่ 4.5,4.6,4.7 สามารถสรุปอิทธิพลของผงดำนกัมมันต์ที่มีต่อการกำจัดซีโอดีและสีดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 % กำจัดซีโอดีและสี

การทดลองครั้งที่	ชุดการทดลอง	ซีโอดี (มก/ล)		กำจัดซีโอดี		สี น้ำเสีย	สี (Su)		กำจัดสี	
		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	% ^ก	% ที่เพิ่ม ^ข		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	% ^ค	% ที่เพิ่ม ^ง
1.	ไม่ใช้ถ่าน	244	69	72		ม่วง แดง	110	96	14	
	ถ่าน:215	244	39	84	43		110	35	68	64
2	ไม่ใช้ถ่าน	229	76	67		ฟ้า เขียว	93	80	14	
	ถ่าน: 25	229	60	74	21		93	69	26	14
	ถ่าน: 50	229	60	74	21		93	59	37	26
3	ไม่ใช้ถ่าน	279	70	75		ส้ม แดง	89	65	27	
	ถ่าน:100	279	58	79	17		89	45	50	32
	ถ่าน:150	279	53	81	25		89	32	64	51

หมายเหตุ : รายการคำนวณของ ก, ข, ค, ง แสดงในภาคผนวก

เมื่อเปรียบเทียบกับระบบบำบัดจริงของโรงงานที่นำน้ำเสียมาทำการทดลอง ค่าเฉลี่ยของค่าซีโอดีน้ำเสีย ตั้งแต่ เดือน เมษายน พศ.2537 ถึง เดือน มีนาคม พศ. 2538 เท่ากับ 239 มก./ล. น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีซีโอดี 103 มก./ล. จะได้ % กำจัดซีโอดีเท่ากับ 57 % เมื่อเปรียบเทียบกับระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่ทำการวิจัยครั้งนี้คือ ค่าซีโอดีของน้ำเสียเท่ากับ 250 มก./ล ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งเท่ากับ 72 มก./ล ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 71 % จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดของระบบบำบัดจริงน้อยกว่าระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่ทำการทดลอง สาเหตุจากระบบบำบัดจริงใช้ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoons) มีเซลล์จุลชีพน้อยกว่าระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ทำให้การกำจัดซีโอดีเนื่องจากการดูดติดโดยเซลล์จุลชีพมีน้อยกว่า

4.3.1.1. ลักษณะที่แตกต่างของน้ำเสียในแต่ละการทดลอง

เนื่องจากการทดลองแต่ละครั้ง ลักษณะน้ำเสียที่นำมาทดลองอาจมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจึงต้องมี หน่วยควบคุมซึ่งก็คือ ระบบเอกทิวเต็คสตัดจ์ธรรมชาติที่ไม่มีการเติมผงถ่าน ทำหน้าที่เปรียบเทียบผลของผงถ่านกัมมันต์ที่มีต่อระบบทุกครั้งของการทดลอง จากผลการทดลองของหน่วยควบคุม ทั้ง 3 ครั้ง % กำจัดซีโอดีและสีไม่เท่ากัน คือ % กำจัดซีโอดีอยู่ในช่วง 67-75 % % กำจัดสีอยู่ในช่วง 14 - 27% โดยมีค่าเฉลี่ยของ % กำจัดซีโอดีและกำจัดสีเท่ากับ 71 % และ 18 % ตามลำดับ กรณีการกำจัดซีโอดีสามารถเรียงตามความง่ายต่อการย่อยสลายซีโอดีตามลักษณะน้ำเสียในแต่ละการทดลองคือ การทดลองครั้งที่ 3 > ครั้งที่ 2 > ครั้งที่ 1 ถ้าพิจารณาในเรื่องสี จะสามารถเรียงตามความง่ายต่อการย่อยสลายสีคือ การทดลองครั้งที่ 3 > ครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 1 โดยครั้งที่ 1. กับครั้งที่ 2. มี % การกำจัดสีใกล้เคียงกัน

วรรณะสีของน้ำเสียในแต่ละครั้งของการทดลองก็มีความแตกต่างกัน การทดลองทั้ง 3 ครั้ง น้ำเสียมีสีม่วงแดง, สีฟ้าเขียว และสีส้มแดง ตามลำดับ สามารถสังเกตวรรณะสี (hue) ได้จากค่า Absorbance ที่ทำการวัดได้ดังตารางที่ 4.9 เช่น น้ำเสียจากการทดลองครั้งที่ 2. ที่มีสีฟ้าเขียว จะสอดคล้องกับค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรที่มีค่าต่ำเมื่อเทียบกับน้ำเสียจากการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 3 แสดงว่าน้ำเสียจากการทดลองครั้งที่ 2 ดูคลีนคลีนแสงที่ความยาวคลื่นช่วง 500 นาโนเมตรน้อย สะท้อนช่วงความยาวคลื่นนี้ออกมามาก จากตารางที่ 2.4 ที่ว่า สีซ็อมรีเอกทีฟที่มีวรรณะสีในช่วงสี ฟ้า-เขียว จะมีโอกาสที่จะเป็นสีในกลุ่ม Antraquinone และ Phthalocyanine มากกว่ากลุ่มอื่น ในขณะที่สีซ็อมรีเอกทีฟ ที่มีวรรณะสีอื่นนอกจากวรรณะสีในช่วงสีฟ้า-เขียว จะมีโอกาสเป็นสีรีเอกทีฟในกลุ่มเอโซมากกว่ากลุ่มอื่น ทำให้สามารถที่จะเปรียบเทียบกับสีของน้ำเสียจากงานวิจัยครั้งนี้ได้ว่า น้ำเสียจากการทดลองครั้งที่ 2 ที่มีสีฟ้าเขียว น่าจะเป็นสีรีเอกทีฟในกลุ่ม Antraquinone และ Phthalocyanine และน้ำเสียจากการทดลองครั้งที่ 1 และ 3 ที่มีสีม่วงแดง และสีส้มแดง ตามลำดับ น่าจะเป็นสีซ็อมรีเอกทีฟในกลุ่มเอโซ

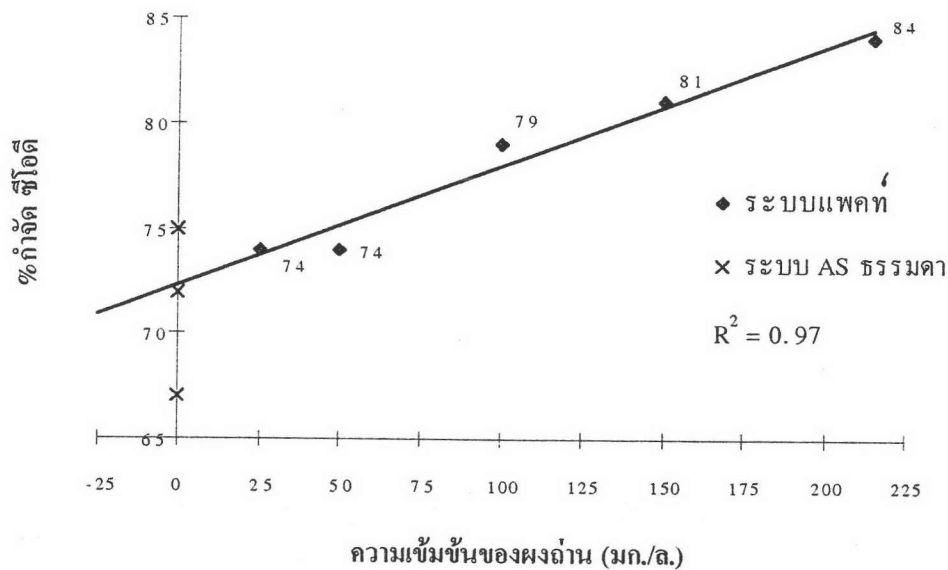
การที่กลุ่มโครงสร้างทางเคมีของสีซ็อมต่างกัน เป็นสาเหตุให้การย่อยสลายซีโอดีและสีมีค่าแตกต่างกัน (Dohanyos et.al,1978;Goronszy and Tomas ,1992;Reife,1996) เนื่องจากโครงสร้างของสีซ็อมที่ต่างกัน ต้องใช้พลังงานในทำลายพันธะของกลุ่มโครโมฟอร์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการที่น้ำเสียมีลักษณะที่แตกต่างกัน เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและสีในแต่ละชุดการทดลองที่เป็นหน่วยควบคุมมีค่าไม่เท่ากัน

ตารางที่ 4.9 ค่า Absorbance ของน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ความยาวคลื่นค่าต่าง ๆ

การทดลองครั้งที่	ชนิดของการทดลอง	absorbance(10^{-3}) น้ำเสีย					absorbance(10^{-3}) น้ำทิ้ง				
		ความยาวคลื่น(nm)				Su	ความยาวคลื่น (nm)				Su.
		400	500	600	700		400	500	600	700	
1	ไม่ใช้ถ่าน.										
	ค่าเฉลี่ย	424	389	487	34	111	424	369	364	27	96
	SD.	22.2	23.8	47	8.6	8	17.1	13.5	34.3	1.3	5.7
	ถ่าน:215										
	ค่าเฉลี่ย	424	389	487	34	111	169	149	113	13	35
	SD.	22.2	23.8	47	8.6	8	15.9	15.6	13.7	3.3	3.7
2.	ไม่ใช้ถ่าน										
	ค่าเฉลี่ย	415	314	349	116	93	356	271	303	98	80
	SD.	5.5	4.0	1.5	6.0	0	6.2	2.6	7.5	3.3	0.8
	ถ่าน:25										
	ค่าเฉลี่ย	415	314	349	116	93	315	239	259	76	69
	SD.	5.5	4.0	1.5	6.0	0	2.5	5.2	9.3	3.1	1.4
	ถ่าน:50										
	ค่าเฉลี่ย	415	314	349	116	93	278	208	217	61	59
	SD.	5.5	4.0	1.5	6.0	0	6.6	6.0	9.3	1.9	2.1
3.	ไม่ใช้ถ่าน.										
	ค่าเฉลี่ย	483	438	191	45	89	392	348	101	15	65
	SD.	30.4	22.1	12.7	7.6	4.9	8.4	11.6	3.6	4.7	2.0
	ถ่าน:100										
	ค่าเฉลี่ย	483	438	191	45	89	273	237	65	15	44
	SD.	30.4	22.1	12.7	7.6	4.9	3.1	4.7	1.5	2.4	0.9
	ถ่าน:150										
	ค่าเฉลี่ย	483	438	191	45	89	198	169	44	11	32
	SD.	30.4	22.1	12.7	7.6	4.9	6.9	3.5	0.7	1.9	0.8

4.3.1.2. การกำจัดซีไอดี

จากตารางที่ 4.8 สามารถสรุปเป็นกราฟในเรื่อง % กำจัดซีไอดี เปรียบเทียบกับความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ที่เติมในระบบ โดยใช้ Linear Regression ได้ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง % กำจัดซีไอดีกับความเข้มข้นของผงถ่านที่เติมในระบบ AS.

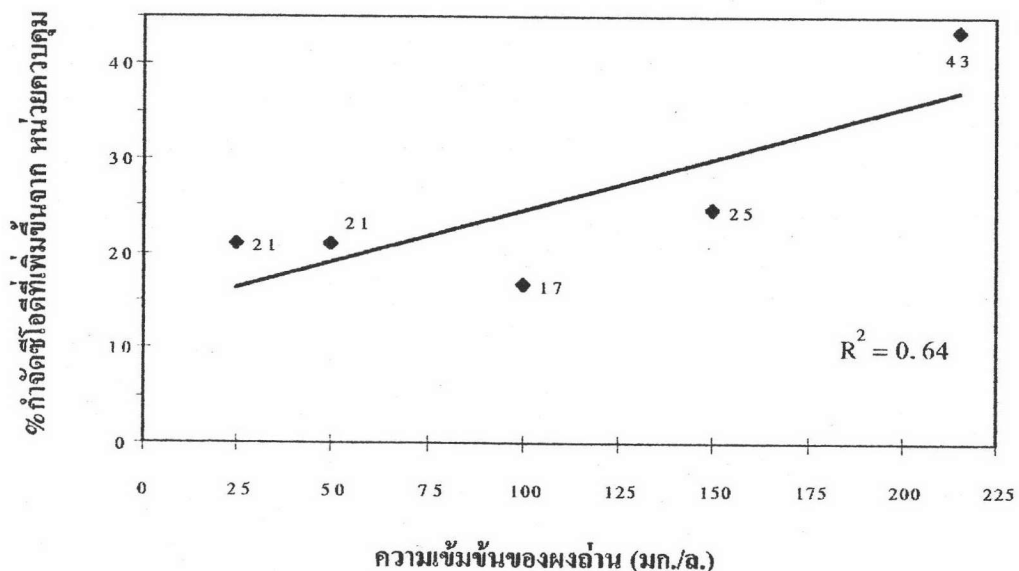
จากรูปที่ 4.16 เมื่อเติมผงถ่านกัมมันต์ลงในระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์จะทำให้การกำจัดซีไอดีเพิ่มขึ้น ยิ่งใส่ในปริมาณมากก็จะกำจัดซีไอดีได้มากขึ้น ยกเว้นจากการทดลองชุดถ่าน:25 กับ ถ่าน:50 มี % กำจัดซีไอดีเท่ากัน คือ 74 % น่าจะเป็นเพราะปริมาณผงถ่านทั้งสองค่ามีความแตกต่างกันน้อย ทำให้ไม่สามารถที่จะบอกความแตกต่างของประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของระบบแพคท์ได้

เมื่อใช้ Linear Regression ประมาณกราฟเส้นตรงระหว่าง % กำจัดซีไอดี กับความเข้มข้นของผงถ่าน โดยตัดค่าในหน่วยควบคุมออก จะได้สมการ

$$\% \text{กำจัดซีไอดี} = 72.3 + [0.06 \times \text{ความเข้มข้นผงถ่าน(มก./ล.)}] \quad (4.1)$$

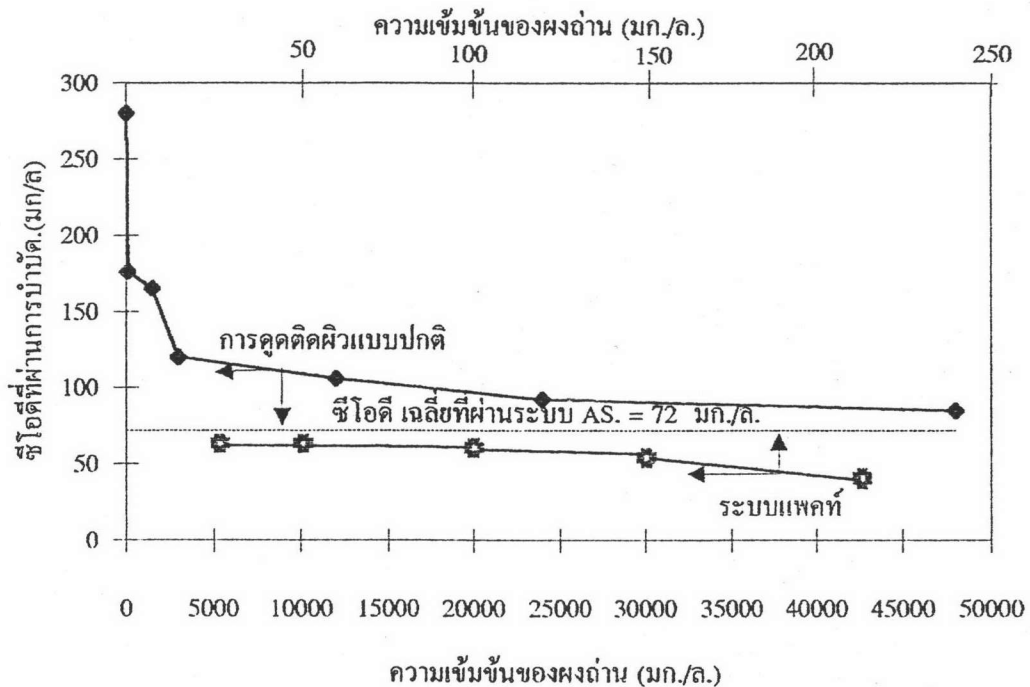
จากสมการจะได้กราฟเส้นตรงที่มีค่าความชันเท่ากับ 0.06 หมายถึง ผงถ่าน กำจัดซีโอดีได้มากกว่าระบบแอกทิวเต้คสตัคจ์ธรรมดาเท่ากับ 6 % ของปริมาณถ่านที่ใช้ (มก/ล) ค่าที่กราฟตัดแกน Y คือ ค่า % กำจัดซีโอดีที่ความเข้มข้นผงถ่านเท่ากับ 0 ซึ่งเท่ากับ 72.3 % จากการทดลองในการวิจัยครั้งนี้ทั้งสามครั้งมี % กำจัดซีโอดีเท่ากับ 72,67,75 % ตามลำดับ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 71.3 % เปรียบเทียบกับการประมาณด้วยกราฟเส้นตรงซึ่ง % กำจัดซีโอดีเท่ากับ 72.3 % จะเห็นว่าใกล้เคียงกันมาก อีกทั้งค่า R^2 (Coefficient of Determination) เส้นกราฟ มีค่าเท่ากับ 0.97 ใกล้เคียงหนึ่งมาก แสดงว่าสมการ 4.1 เป็นตัวแทนในการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างผงถ่านที่มีผลต่อ % กำจัดซีโอดีได้ดี

จากตารางที่ 4.8 ในเรื่อง % กำจัดซีโอดีที่เพิ่มขึ้นจากระบบแอกทิวเต้คสตัคจ์ ที่คำนวณจากสมการที่อ้างถึงใน Environmental Protection, EPA. (Shaul et.al, 1983 อ้างถึงใน Reife, 1996) จะมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของผงถ่านมากขึ้น แนวโน้มของกราฟเป็นเส้นตรงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง % กำจัดซีโอดีที่เพิ่มขึ้นจากหน่วยควบคุม กับ ความเข้มข้นของผงถ่านที่เติมในระบบ AS.

จากกราฟ ค่า R^2 (Coefficient of Determination) มีค่าต่ำ คือเท่ากับ 0.64 แสดงว่า ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นถ่านที่มีต่อ %กำจัดซีโอดีแทนด้วยสมการเส้นตรงได้ไม่เหมาะสม โดยปกติ ที่ความเข้มข้นผงถ่านที่ค่า 100 มก./ล. น่าจะมี % กำจัดซีโอดีที่เพิ่มขึ้นมากกว่า ความเข้มข้นผงถ่านที่ค่า 25 และ 50 มก./ล. แต่จากการทดลอง % กำจัดซีโอดีที่เพิ่มขึ้นที่ความเข้มข้นผงถ่านที่ค่า 25 และ 50 มก./ล. มีค่ามากกว่า ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะในการทดลองครั้งที่ 2 ที่ความเข้มข้นของผงถ่าน 25 และ 50 มก./ล. นั้น น้ำเสียที่นำมาทดลองมีความน่าจะเป็นที่จะเป็นสีในกลุ่ม Antraquinone และ Phthalocyanine มากกว่าการทดลองอีก 2 ครั้ง ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าผงถ่านให้ผลในการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นจากระบบแอกทิเวเต็ดสตัคจ์ในสีกลุ่มนี้มากกว่าในการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความเข้มข้นถ่าน 100 มก/ล อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 4.17 ผงถ่านเป็นตัวช่วยให้ระบบแอกทิเวเต็ดสตัคจ์กำจัดซีโอดีได้มากขึ้น สิ่งที่น่าสังเกตประการหนึ่งคือความสามารถในการดูดซับซีโอดีของผงถ่านที่นำมาทดลอง ในระบบแอกทิเวเต็ดสตัคจ์คือผงถ่าน PL.75 มีค่าต่ำ โดยมีข้อจำกัดในการดูดซับซีโอดีถึงแค่ 85 มก/ล สังเกตจากการดูดซับซีโอดีของผงถ่าน ในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ซีโอดีที่เหลือจากการดูดซับซีโอดีด้วยปริมาณถ่านค่าต่าง ๆ

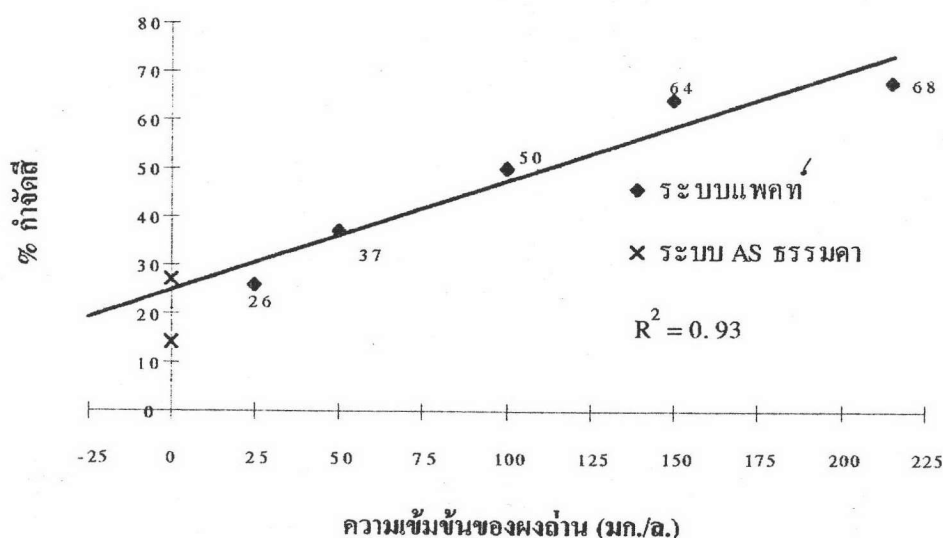
จากรูปที่ 4.18 จะสังเกตได้ว่าผงถ่าน PL.75 ไม่สามารถกำจัดซีโอดีให้ต่ำกว่า 85 มก./ล. ได้ ไม่ว่าจะใช้ความเข้มข้นมากเท่าไรก็ตาม ในขณะที่ความเข้มข้นในน้ำทิ้งหลังจากบำบัดด้วยระบบแอกทิเวเต็ดสตัคจ์ อยู่ในช่วง 69-76 มก./ล. ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 72 มก./ล. ผง

ถ่านกัมมันต์ที่เติมในระบบแพคท์จึงไม่น่าจะสามารถดูดซับซีโอดีให้ต่ำกว่าเดิมคือ 72 มก./ล ได้ แต่จากการทดลอง ซีโอดีน้ำทิ้งของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่มีการเติมผงถ่าน กลับมีค่าน้อยกว่า 69-76 มก./ล คืออยู่ในช่วง 39-60 มก./ล สาเหตุน่าจะมาจากสถานะเสริม (Synergy) ระหว่างผงถ่านกับเซลล์จุลชีพ

โดยปกติค่าซีโอดีที่ต่ำกว่า 120 มก./ล ถือได้ว่าผ่านมาตรฐานจากกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมแล้ว ในแง่การกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโรงฟอกย้อมที่นำมาวิจัยนี้ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ก็สามารถกำจัดให้ต่ำกว่ามาตรฐานได้

4.3.1.3. การกำจัดสี

จากตารางที่ 4.8 สามารถสรุปเป็นกราฟโดยใช้ Linear Regression ในการประมาณกราฟเส้นตรงในเรื่อง %กำจัดสี โดยตัดค่าของหน่วยควบคุมออก เปรียบเทียบกับความเข้มข้นของผงถ่านที่เติมในระบบได้ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่าง % กำจัดสี กับความเข้มข้นของผงถ่านที่เติมในระบบ AS.

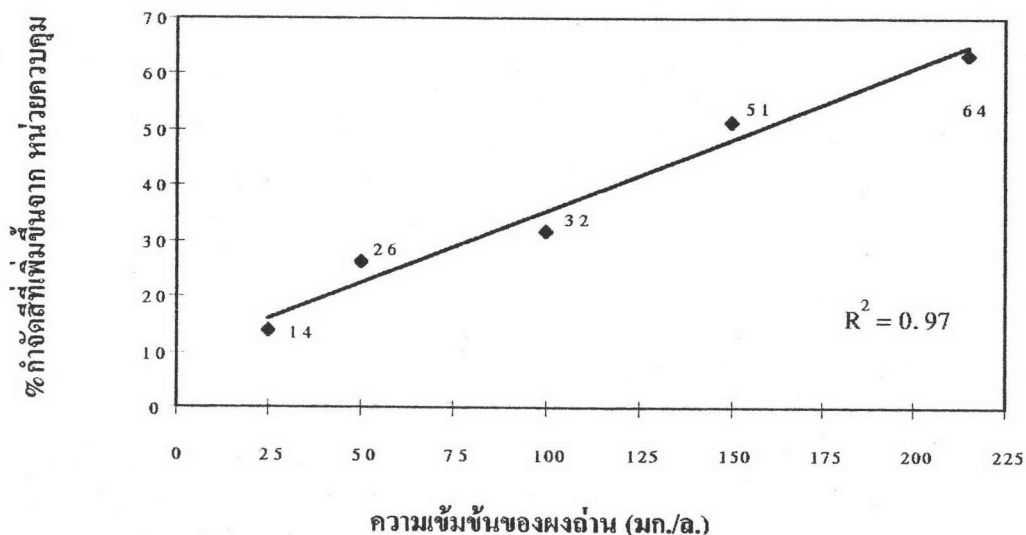
ผลของผงถ่านกัมมันต์ในการกำจัดสีได้ผลในลักษณะเดียวกับซีโอดี คือ เมื่อความเข้มข้นของผงถ่านที่เติมในระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์มากก็สามารถกำจัดสีได้มากขึ้น จากการทดลองครั้งที่ 2 ที่ปริมาณผงถ่าน 25 มก./ล กำจัดสี 26 % ที่ปริมาณผงถ่าน 50 มก./ล กำจัดสีได้

37 % ต่างกับการกำจัดซีโอดีที่ % กำจัดเท่ากัน แสดงว่าในการทดลองครั้งที่ 2 ผลของผงถ่านกัมมันต์มีผลในเรื่องการกำจัดซีโอดีมากกว่าซีโอดี เมื่อใช้ Linear Regression ประมาณกราฟเส้นตรงระหว่าง % กำจัดซีโอดี กับความเข้มข้นของผงถ่าน จะได้สมการ

$$\% \text{ กำจัดซีโอดี} = 24.86 + [0.22 \times \text{ความเข้มข้นผงถ่าน(มก./ล.)}] \quad (4.2)$$

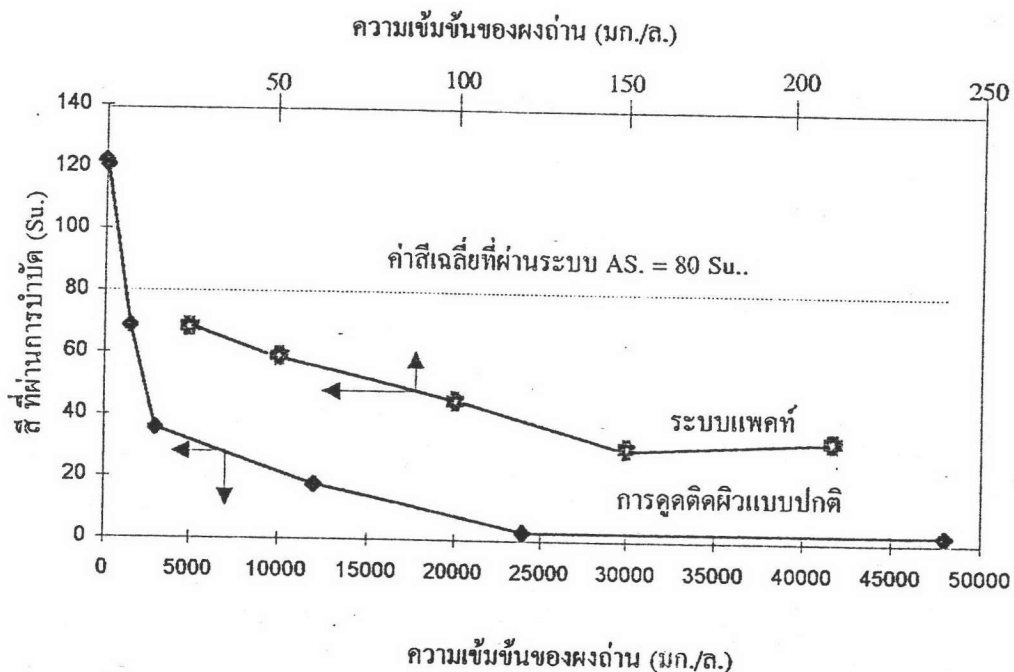
จะได้กราฟเส้นตรงที่มีค่าความชันเท่ากับ 0.22 ซึ่งหมายถึงผงถ่านกำจัดซีโอดีมากกว่าระบบแอกทิเวเต็ดคาร์บอนเท่ากับ 22 % ของปริมาณถ่านที่ใช้ (มก/ล) ค่าที่กราฟตัดแกน Y คือ ค่าประมาณของ % กำจัดซีโอดี ที่ความเข้มข้นผงถ่านเท่ากับ 0 ซึ่งเท่ากับ 24.86 % จากการทดลองในการวิจัยครั้งนี้ทั้ง 3 ครั้งมี % กำจัดซีโอดีที่ความเข้มข้นของผงถ่านเท่ากับ 0 อยู่ในช่วง 13.5 - 27 % เปรียบเทียบกับการประมาณด้วยกราฟเส้นตรงซึ่ง % กำจัดซีโอดี เท่ากับ 24.86 % จะเห็นว่าอยู่ในช่วงเดียวกัน ค่า R^2 (Coefficient of Determination) ของเส้นกราฟในรูปที่ 4.19 มีค่าเท่ากับ 0.93 โกล้เคียงหนึ่งมาก แสดงว่าสมการ 4.2 เป็นตัวแทนในการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างผงถ่านกับ % กำจัดซีโอดีได้ดี

จากตารางที่ 4.8 ในเรื่อง % กำจัดซีโอดีที่เพิ่มขึ้นจากระบบแอกทิเวเต็ดคาร์บอน เปรียบเทียบกับความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง % กำจัดซีโอดีที่เพิ่มขึ้นจาก หน่วยควบคุม กับ ความเข้มข้นของผงถ่าน ที่เติมในระบบ AS.

จะเห็นได้ว่าลักษณะของเส้นกราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ที่เป็นฟังก์ชันเพิ่ม แสดงว่า เมื่อปริมาณความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ที่เติมในระบบแอกทิเวเตดสตัคจ์มากขึ้น %กำจัดสีที่เพิ่มขึ้นจากระบบแอกทิเวเตดสตัคจ์จะมากขึ้น ค่า R^2 (Coefficient of Determination) ของกราฟเท่ากับ 0.97 ใกล้เคียง 1 แสดงว่า ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นถ่านที่มีต่อ %กำจัดสี แทนด้วยสมการเส้นตรงได้ดี เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของผงถ่านที่ใช้ในการดูดซับสีเปรียบเทียบกับสีที่ลดลงแสดงดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 สีที่เหลือจากการดูดซับสีด้วยปริมาณถ่านค่าต่าง ๆ

จากรูป ที่ความเข้มข้นของผงถ่านมากกว่า 24000 มก./ล. สีจะถูกดูดซับด้วยผง ถ่านเกือบทั้งหมด คือค่า Su เข้าใกล้ค่า 0 เมื่อเปรียบเทียบกับ สีที่ผ่านการบำบัดจากระบบ แอกทิเวเตดสตัคจ์ซึ่งน้ำทิ้งจะมีค่าสีอยู่ในช่วง 65-96 Su. โดยค่าเฉลี่ยของน้ำทิ้งที่ผ่านระบบ แอกทิเวเตดสตัคจ์จากหน่วยควบคุมทั้ง 3 ครั้งจะได้ 80 Su. จากรูปที่ 4.21 จะต้องใช้ผงถ่านความ เข้มข้นถึง 1186 มก./ล. ถึงจะสามารถกำจัดสีได้เท่ากับระบบแอกทิเวเตดสตัคจ์

ระบบแอกทิเวเต็ดสตัคส์กำจัดสีได้เฉลี่ยประมาณ 18 % โดยกำจัดสีได้เหลือเฉลี่ยประมาณ 80 Su จากสีน้ำเสียประมาณ 100 Su และต้องเติมผงถ่านที่ความเข้มข้น 215 มก./ล. ถึงจะกำจัดสีได้เหลือประมาณ 35 Su นั่นคือระบบแพคท์สามารถกำจัดสีได้ประมาณ 68 % แต่ต้องใช้ปริมาณถ่านค่อนข้างมาก การที่สีของน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ยากแก่การกำจัด เนื่องจากลักษณะน้ำเสียที่มีสีย้อมรีแอกทีฟอยู่เป็นส่วนใหญ่ และ สีรีแอกทีฟ มีความสามารถในการละลายน้ำและสภาพความเป็นขั้ว(Polarity)สูง ทำให้การดูดติดโดยผงถ่านกัมมันต์และโดยสตัคส์เกิดขึ้นน้อย(Reife,1996). อีกทั้งมีพวกหมู่เกาะ(Substituent) บนวงแหวนอโรแมติกประเภท SO_3H และกลุ่มฮาโลเจนอยู่ในสีย้อมรีแอกทีฟ ทำให้อยู่สลายทางจุลชีพได้ยาก (Dohanyos et.al, 1978; Goronszy,1992)

4.3.1.4. การเปรียบเทียบการกำจัดสีไอดีและสีของระบบ AS. และระบบแพคท์

จากการประมาณ % กำจัดสีไอดีและสี โดยใช้ Linear Regression ดังสมการ 4.1 และสมการ 4.2 คือ

$$\% \text{กำจัดสีไอดี} = 72.3 + [0.06 \times \text{ความเข้มข้นผงถ่าน(มก./ล.)}] \quad (4.1)$$

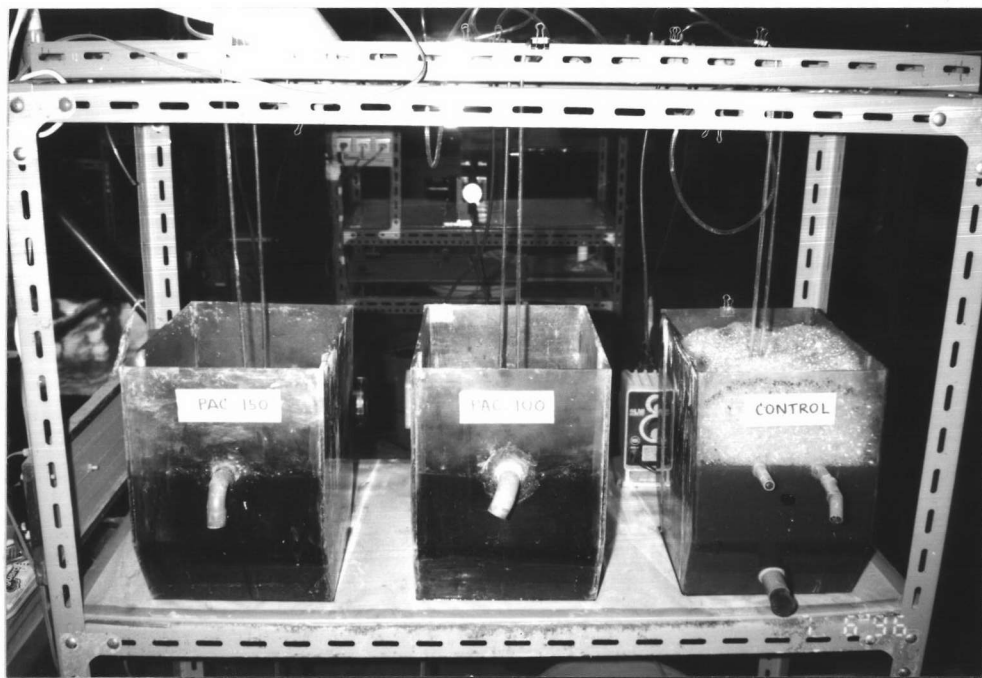
$$\% \text{กำจัดสี} = 24.86 + [0.22 \times \text{ความเข้มข้นผงถ่าน(มก./ล.)}] \quad (4.2)$$

เมื่อเปรียบเทียบการกำจัดสีไอดีและสีของระบบแอกทิเวเต็ดสตัคส์จากสมการ 4.1 จะสังเกตได้ว่าระบบแอกทิเวเต็ดสตัคส์ธรรมดาซึ่งก็คือ ที่ความเข้มข้นผงถ่านเท่ากับ 0 กำจัดสีไอดีได้ 72.3 % เปรียบเทียบกับสมการ 4.2 ที่ระบบแอกทิเวเต็ดสตัคส์ธรรมดากำจัดสีได้ 24.86 % และเมื่อพิจารณา % กำจัดสีไอดีและสีของระบบแอกทิเวเต็ดสตัคส์ที่ได้จากการทดลองจริง ๆ พบว่า % กำจัดสีไอดี อยู่ในช่วง 67-75 % % กำจัดสีอยู่ในช่วง 14- 27 % แสดงว่า ระบบแอกทิเวเต็ดสตัคส์กำจัดสีไอดีได้ดีกว่าสีมากอาจเนื่องมาจากมีสารอินทรีย์ที่ไม่ใช่สีอยู่ในน้ำเสียเป็นจำนวนมาก เช่น แป้ง เป็นต้น

เมื่อเปรียบเทียบการกำจัดสีไอดีและสีของระบบแพคท์ จากสมการ 4.1 และ 4.2 จะสังเกตได้ว่า การเติมผงถ่านทำให้การกำจัด สีไอดีและสีเพิ่มขึ้นจากระบบแอกทิเวเต็ดสตัคส์ธรรมดา 6 และ 22 % ของปริมาณถ่านที่ใช้(มก/ล) ตามลำดับ นั่นหมายถึงการเติมผงถ่านในปริมาณที่เท่ากัน จะให้ผลในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นมากกว่ากำจัดสีไอดี สาเหตุอาจจะมาจากผงถ่านกัมมันต์ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถดูดติดสีไอดีได้เลย ที่ความเข้มข้นสีไอดีน้ำทิ้งของระบบแพคท์ ในขณะที่ผงถ่านยังสามารถดูดติดสีไอดีที่ความเข้มข้นสีน้ำทิ้งของระบบแพคท์

4.3.2 การเกิดฟอง

น้ำเสียจากโรงฟอกย้อมจะมีสารที่ทำให้เกิดฟองได้แก่ สบู่ที่ใช้ในกระบวนการซักล้าง ซึ่งจะเป็นต่ออุปสรรคต่อการทำงานของแบคทีเรียในระบบ เนื่องจากฟองจะพาเอากลุ่มจุลชีพไปติดที่ข้างถังปฏิกรณ์ และขัดขวางการถ่ายเทอากาศที่ผิวน้ำ เมื่อเติมผงถ่านกัมมันต์ลงไปในถังปฏิกรณ์ ฟองจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดจะสังเกตได้จากรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบลักษณะการเกิดฟองของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์และระบบแพคท์

การที่ฟองลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อมีการเติมผงถ่านกัมมันต์ลงไปในระบบเนื่องจากผงถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับสารที่ทำให้เกิดฟองเช่นสารพวก Surfactants (สารประกอบที่ส่งผลกระทบต่อแรงตึงผิวเมื่อละลายในน้ำหรือสารละลาย) ได้ดีเนื่องจากสารประกอบประเภทนี้มีสภาพที่เป็นขั้วต่ำ (Low Polarity) และความสามารถในการละลายต่ำ (Low Solubility) จึงสามารถแยกสารถูกดูดซับออกจากน้ำได้ง่ายด้วยกลไกการดูดซับของถ่านคือแรงดึงดูดระหว่างมวล (Van der Waals Forces)

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงของมวลจุลชีพ

ปัญหาในการวัดปริมาณเซลล์จุลชีพในระบบแพคท์คือ ผงถ่านกัมมันต์บางส่วนจะสลายกลายเป็นไอ ที่อุณหภูมิ 550 °ซ ในการวัด ของแข็งระเหยแขวนลอย (Volatile Suspended Solids, VSS.) ในการวิจัยครั้งนี้จึงทดลองนำเอาค่า MLSS. ในระบบแพคท์ลบด้วย ความเข้มข้นของผงถ่านในถังปฏิกริยา(คำนวณจากความเข้มข้นของผงถ่านที่เดิมในระบบ) เพื่อที่จะได้ปริมาณเซลล์จุลชีพในระบบแพคท์ รายละเอียดดังตารางที่ 4.10 และ 4.11

ตารางที่ 4.10 MLSS ในแต่ละการทดลอง

การทดลอง	ถ่านที่ใช้ (มก./ล.)	SRT (วัน)	HRT (วัน)	ความเข้มข้นของถ่าน ^ก ในถังเดิมอากาศ (มก./ล.)	MLSS (มก./ล.).		
					ทั้งหมดที่วัดได้		ของแบคทีเรีย ^ข
					เฉลี่ย	SD	
ครั้งที่ 1.	0	7	1	0	403	63.0	-
	215	7	1	1505	1729	156	224
ครั้งที่ 2.	0	7	1	0	323	19.7	-
	25	7	1	175	527	60.8	352
	50	7	1	350	699	79.7	349
ครั้งที่ 3.	0	7	1	0	396	26.2	-
	100	7	1	700	1090	46.1	390
	150	7	1	1050	1506	47.1	456

หมายเหตุ : ก คำนวณจาก (SRT/HRT)× ถ่านที่ใช้

ข คำนวณจาก MLSS ทั้งหมดที่วัดได้ - ความเข้มข้นของถ่านในถังเดิมอากาศ

ตารางที่ 4.11 ผลต่างระหว่างมวลจุลชีพที่ได้จากการวัดกับการคำนวณ

การทดลอง	ถ่านที่ใช้ (มก./ล.)	SRT (วัน)	HRT (วัน)	ความเข้มข้นของถ่านในถังเติมอากาศ (มก./ล.)	MLSS แบบที่เรีย	ผลต่าง**
					(มก./ล.)	(มก./ล.)
ครั้งที่ 1.	0	7	1	0	403	-
	215	7	1	1505	224 *	179
ครั้งที่ 2.	0	7	1	0	323	-
	25	7	1	175	352 *	-29
	50	7	1	350	349 *	-26
ครั้งที่ 3.	0	7	1	0	396	-
	100	7	1	700	390 *	6
	150	7	1	1050	456 *	-60

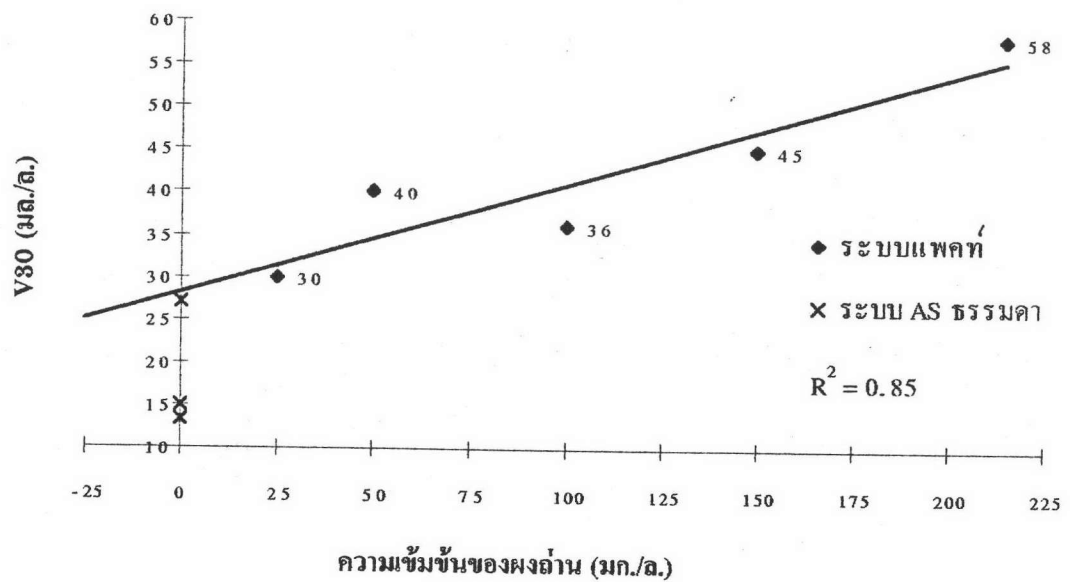
หมายเหตุ : * MLSS แบบที่เรียที่ได้จากการคำนวณ

** จำนวนจาก MLSS แบบที่เรียที่ได้จากการวัด - MLSS แบบที่เรียที่ได้จากการคำนวณ

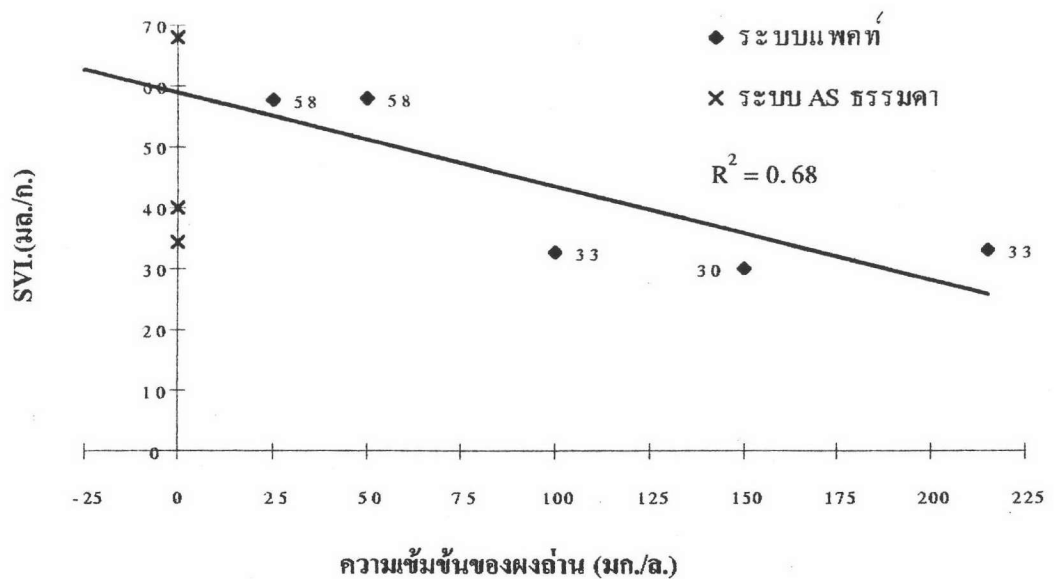
จากตารางที่ 4.10 และ 4.11 ในการทดลองครั้งที่ 1 ค่า MLSS ของแบคทีเรียที่ได้จากการคำนวณน้อยกว่า MLSS ที่ได้จากการวัด สาเหตุเนื่องมาจาก ค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ของ MLSS ที่ได้จากการวัด ทั้งของแบคทีเรียและของแบคทีเรียที่ผสมรวมกับผงถ่านมีค่าสูง เมื่อนำมาคำนวณ จึงส่งผลให้ค่าความผิดพลาดยิ่งมากขึ้น ทำให้ค่า MLSS ของแบคทีเรียที่วัดกับที่คำนวณได้มีค่าต่างกัน ในการทดลองครั้งที่ 2 และการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความเข้มข้นถ่าน 100 มก/ล ค่า MLSS ของแบคทีเรียที่ได้จากการวัดและจากการคำนวณมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความเข้มข้นถ่าน 150 มก/ล ค่า MLSS ของแบคทีเรียที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าที่ได้จากวัด แต่จากการพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก็ยังคงอยู่ในช่วงของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการวัด ปัญหาในการวัด MLSS ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของ MLSS ของแบคทีเรีย ส่วนหนึ่งมาจากการเกิดฟองในถังเติมอากาศทำให้เซลล์ของแบคทีเรียติดไปกับฟองและกระจายตามขอบถัง ทำให้เซลล์ของแบคทีเรียไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมดจึงเกิดการผิดพลาดในการวัดเกิดขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงเซลล์จุลชีพเกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของถ่านกัมมันต์

4.3.4 ลักษณะการตกตะกอน

พารามิเตอร์ที่พิจารณาเกี่ยวกับลักษณะการตกตะกอนคือค่า V_{30} และค่า SVI. จากตารางที่ 4.5, 4.6, 4.7 สามารถประมาณความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{30} และค่า SVI กับ ความเข้มข้นของผงถ่านด้วย Linear Regression โดยตัดค่าในหน่วยควบคุมออก ดังรูปที่ 4.23 และรูปที่ 4.24 ตามลำดับ



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่าง V_{30} กับ ความเข้มข้นของผงถ่าน



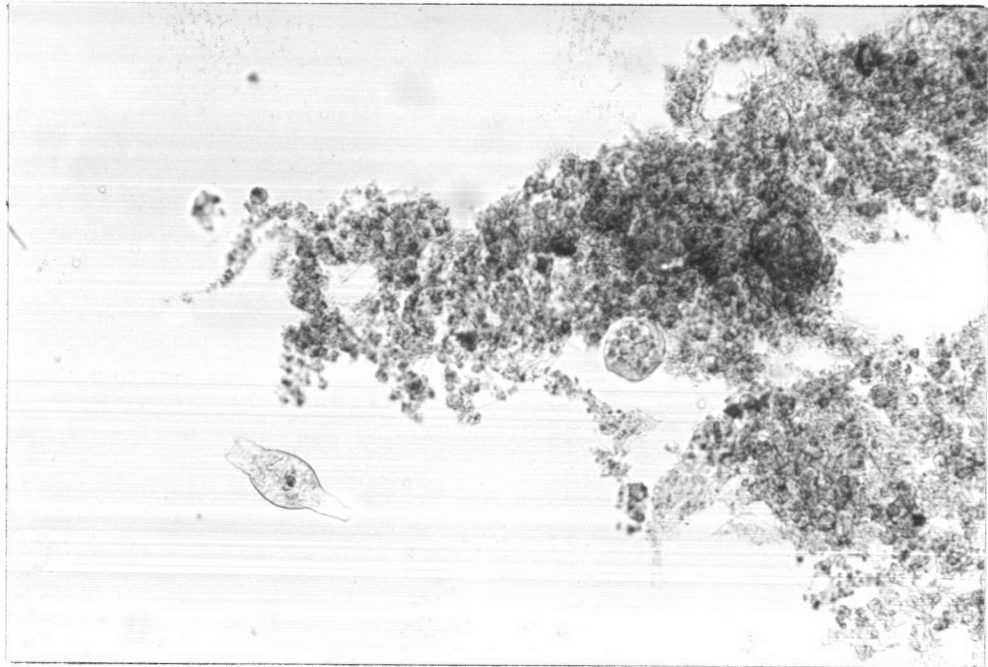
รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่าง SVI. กับ ความเข้มข้นของผงถ่าน

ประเด็นในเรื่องลักษณะการตกตะกอนสำหรับการทดลองครั้งนี้ ไม่ค่อยมีความสำคัญนัก เนื่องจากตะกอนจุลชีพในการทดลองครั้งนี้มีน้อย รวมทั้งน้ำเสียเป็นน้ำเสียที่ย่อยสลายได้ยาก ทำให้ระบบมีค่า V_{30} และ ค่า SVI. ต่ำ

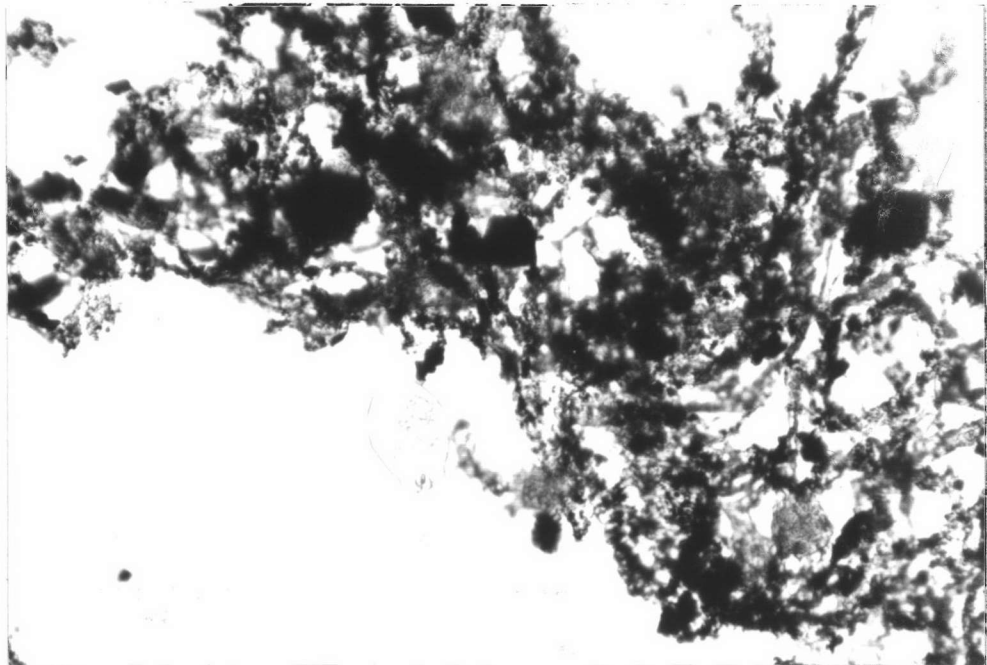
จากรูปที่ 4.23 ค่า V_{30} มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ที่เติมในระบบเพิ่มขึ้น เนื่องจากค่า MLSS รวมในระบบมีค่ามากขึ้น จากรูปที่ 4.24 เมื่อความเข้มข้นผงถ่านเพิ่มขึ้น ค่า SVI. มีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาประกอบกับค่า V_{30} แสดงว่าผงถ่านสามารถปรับปรุงการตกตะกอนของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ได้

4.3.5 ลักษณะจุลินทรีย์ในระบบ

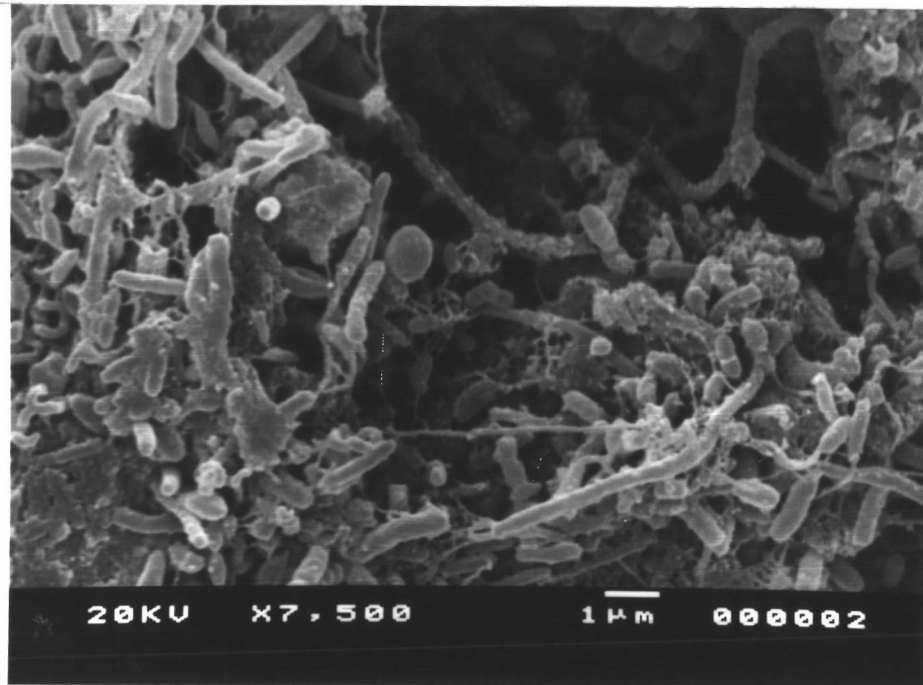
ลักษณะทางกายภาพของจุลินทรีย์ในระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์และจุลินทรีย์ผสมรวมกับผงถ่านกัมมันต์เมื่อถ่านด้วยกล้องจุลทรรศน์แสดงดังรูปที่ 4.25 และ 4.26 ตามลำดับ และเมื่อถ่ายด้วย SEM แสดงดังรูปที่ 4.27 และ 4.28 ตามลำดับ



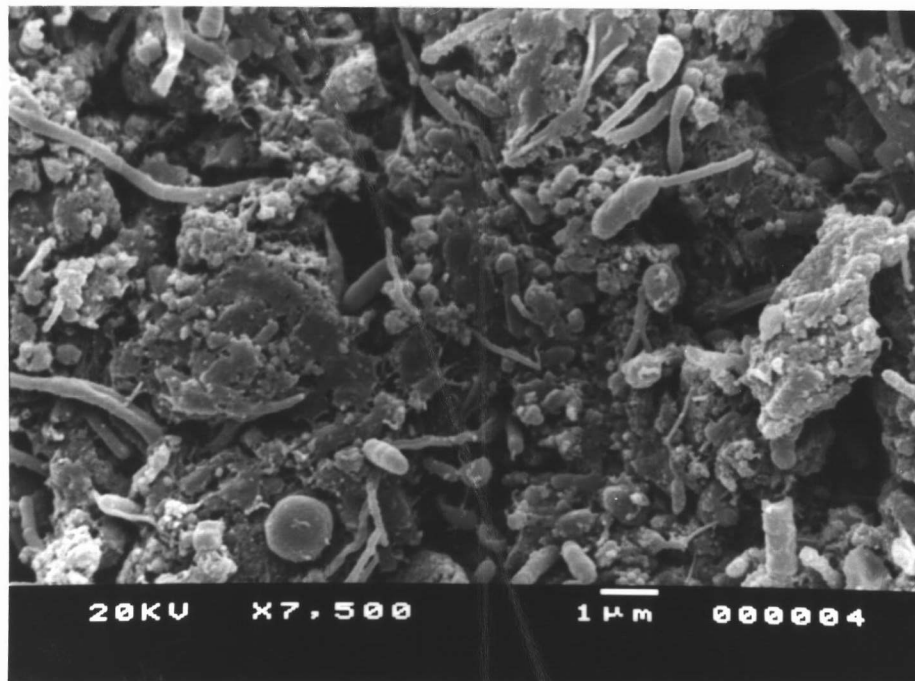
รูปที่ 4.25 จุลินทรีย์ในระบบเอกทิวเต้ดสลัดจ์ อายุตะกอน 7 วัน(หน่วยควบคุม)



รูปที่ 4.26 จุลินทรีย์ผสมรวมกับผงถ่านในระบบแพคท์ อายุตะกอน 7 วัน (ระบบแพคท์)



รูปที่ 4.27 จุลินทรีย์ในระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์เมื่อถ่ายด้วย SEM ขยาย 7500 เท่า อายุตะกอน 7 วัน
(หน่วยควบคุม)



รูปที่ 4.28 จุลินทรีย์ผสมรวมกับผงถ่านในระบบแพคท์เมื่อถ่ายด้วย SEM ขยาย 7500 เท่า
อายุตะกอน 7 วัน (ระบบแพคท์)

จากรูป 4.25 และ 4.26 จะเห็นความแตกต่างของลักษณะของจุลินทรีย์ในระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์กับระบบแพคท์คือ สีของระบบแพคท์จะเป็นลักษณะเช่นเดียวกับผงถ่านกับมันต์คือสีดำ โดย

ผงถ่านกัมมันต์จะกระจายไปตามเซลล์ของแบคทีเรียอยู่ทั่วไป โดยมีกลุ่มแบคทีเรียจะเกาะอยู่ตามผิวของผงถ่าน ในขณะที่เซลล์ของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์จะสีน้ำตาลอ่อน

จากการเปรียบเทียบรูปที่ 4.10 และ รูปที่ 4.28 จะสังเกตเห็นแบคทีเรียเกาะติดอยู่ตามผิวของผงถ่าน แบคทีเรียบางกลุ่มก็ฝังตัวอยู่ในมาโครพอร์ซึ่งตรงกับที่ Betten (1979) ได้ตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับเรื่องนี้ว่า มาโครพอร์เป็นสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับการเกาะติดและเป็นสถานที่หลบภัยจากพวกโปรโตซัวและโรติเฟอร์ ทำให้แบคทีเรียมีโอกาสที่จะทำตัวให้ชินกับลักษณะน้ำเสียได้มากขึ้น ซึ่งก็เป็นสมมุติฐานอย่างหนึ่งที่ทำให้สามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยากได้ดีขึ้น

จากลักษณะของกลุ่มแบคทีเรียที่พบจากการสังเกตรูปที่ 4.27 และรูปที่ 4.28 จะเป็นแบคทีเรียจำพวกเดียวกัน ได้แก่ แบคทีเรียประเภท (Coccus) ซึ่งมีลักษณะกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ในช่วง 1 - 3 ไมโครเมตร และแบคทีเรียพวกบาซิลลัส(Bacillus) มีลักษณะเป็นก้านยาว มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.3 - 1.5 ไมโครเมตร ยาวประมาณ 1 - 10 ไมโครเมตร

4.4 การเปรียบเทียบถ่านธรรมชาติกับถ่านในระบบแพคท์

4.4.1 ความสามารถในการดูดติด

ความสามารถในการดูดติดของถ่าน(Real Loading) คือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่สามารถถูกดูดติดในถ่านกัมมันต์ต่อหน่วยน้ำหนักถ่านกัมมันต์ที่ใช้ ที่อุณหภูมิคงที่ ส่วนความสามารถในการดูดติดของถ่านในระบบแพคท์(Apparent Loading) คือปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดเพิ่มขึ้นโดยระบบแพคท์เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดโดยแอกทิเวเตดสลัดจ์ ณ ค่าอายุสลัดจ์คงที่ ต่อปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในระบบ(Flynn et.al.,1976) ความหมายของความสามารถในการดูดติดของถ่านในระบบแพคท์อีกนัยหนึ่งก็คือ ความสามารถดูดติดของถ่านจริง ๆ รวมกับส่วนของการกำจัดสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการอยู่ร่วมกันระหว่างถ่านกับเซลล์จุลินทรีย์เข้าไปด้วยทั้งในด้านความสามารถในการดูดติดที่เพิ่มขึ้นของถ่านและการกำจัดสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดติดของถ่านในระบบแพคท์กับความสามารถในการดูดติดจริง ๆ ของถ่านสามารถแสดงได้ในรูปของครรชนีสภาวะเสริมคือ

$$\text{ครรชนีสภาวะเสริม} = \frac{\text{ความสามารถในการดูดติดของถ่านในระบบแพคท์}}{\text{ความสามารถในการดูดติดของถ่านจริง ๆ}}$$

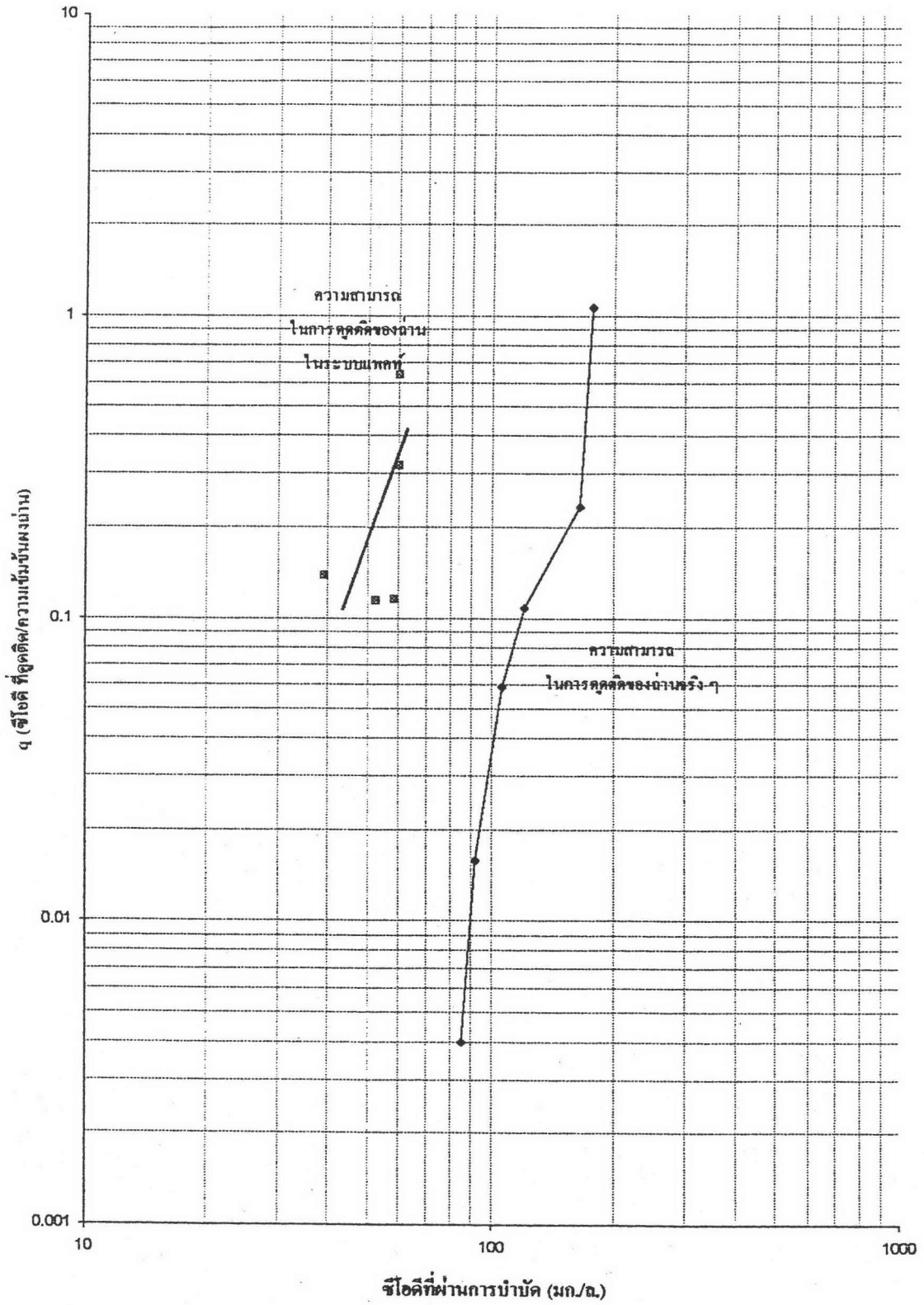
ดรชนีสถานะเสริมจะแสดงให้เห็นถึงการกำจัดสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการอยู่ร่วมกันของ ถ่านกับจุลชีพ ถ้าไม่เกิดสถานะเสริม (Synergy) ระหว่างถ่านกับจุลชีพแล้ว ดรชนีสถานะเสริม ควรจะน้อยกว่า 1 เนื่องจากเกิดการอุดตันผิวของถ่านเนื่องจากกลุ่มเซลล์จุลชีพ แต่ถ้าการอยู่ร่วมกัน ของถ่านและจุลชีพก่อให้เกิดสถานะเสริม (Synergy) ขึ้นแล้ว ดรชนีสถานะเสริม จะมากกว่า 1 ยิ่ง การอยู่ร่วมกันระหว่างถ่านและจุลชีพก่อให้เกิดสถานะเสริมขึ้นมาก ดรชนีสถานะเสริมก็จะมีค่า มาก จากการทดลองสรุปค่าความสามารถในการกำจัดซีโอดีและสีของถ่านธรรมชาติและถ่านใน ระบบแพคท์ ในการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ดังตารางที่ 4.12 และ รูปที่ 4.29 และ 4.30

ตารางที่ 4.12 ความสามารถในการกำจัดซีโอดีและสีของถ่านธรรมชาติและถ่านในระบบแพคท์

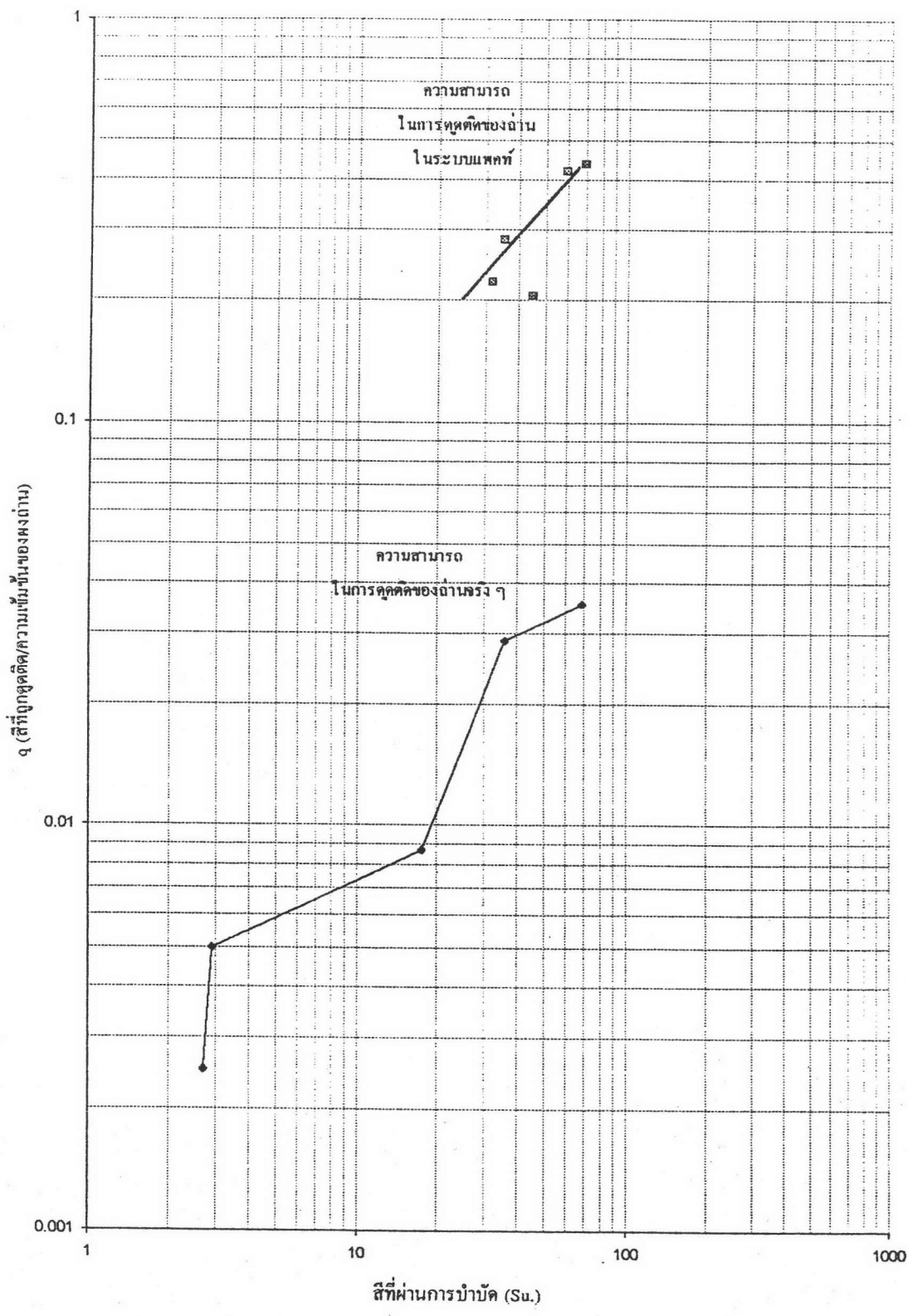
การทดลอง	ชุดการทดลอง	ซีโอดี น้ำเสีย (มก/ล)	ซีโอดี น้ำทิ้ง (มก/ล)	ความสามารถในการกำจัดซีโอดี (มก. ซีโอดี/ มก. ถ่าน)		สี น้ำเสีย (Su.)	สี น้ำทิ้ง (Su.)	ความสามารถในการกำจัดสี [Su. สี/ (มก/ลถ่าน)]		ดรชนีสถานะเสริม * (สีเป็นสารดูดติด)
				ถ่าน	ถ่านในระบบแพคท์			ถ่าน	ถ่านในระบบแพคท์	
ครั้งที่ 1	ไม่ใช้ถ่าน	244	69.0			110	96.0			
	ถ่าน:215	244	39.0	0	0.14	110	35.0	2.7×10^{-2}	0.28	10.3
ครั้งที่ 2	ไม่ใช้ถ่าน	229	76.0			93	80.0			
	ถ่าน: 25	229	60.0	0	0.64	93	69.0	3.6×10^{-2}	0.44	12.4
	ถ่าน:50	229	60.0	0	0.32	93	59.0	3.4×10^{-2}	0.42	12.4
ครั้งที่ 3	ไม่ใช้ถ่าน	279	69.8			89	65.2			
	ถ่าน:100	279	58.2	0	0.12	89	44.5	3.1×10^{-2}	0.21	6.7
	ถ่าน:150	279	52.6	0	0.11	89	31.8	2.4×10^{-2}	0.22	9.5

หมายเหตุ: ตัวอย่างการคำนวณค่าต่าง ๆ แสดงไว้ในภาคผนวก

*ดรชนีสถานะเสริม (Synergy Index) = (ความสามารถในการดูดติดของถ่านในระบบแพคท์) / (ความสามารถในการดูดติดของถ่านธรรมชาติ)



รูปที่ 4.29 การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดติดซีไอดีของถ่านธรรมชาติ และถ่านในระบบแพคท์



รูปที่ 4.30 การเปรียบเทียบความสามารถการตัดคัตสี่ของถ่านธรรมดาและถ่านในระบบแพคท์

จากรูปที่ 4.29 และ 4.30 กราฟจะแบ่งเป็นสองกลุ่มอย่างชัดเจน โดยเส้นกราฟของถ่านที่อยู่ในระบบแพคท์จะอยู่เหนือเส้นกราฟของถ่านธรรมดา ลักษณะเช่นนี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการกำจัดซีโอดีและสีที่เพิ่มขึ้น เส้นกราฟยิ่งห่างกันมากเท่าไรแสดงให้เห็นถึงผลของสถานะเสริม(Synergy) ระหว่างผงถ่านกับเซลล์จุลชีพที่มากขึ้น ในกรณีที่ซีโอดีเป็นสารถูกดูดซับถึงแม้จะไม่สามารถเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของถ่านธรรมดาและถ่านในระบบแพคท์ที่ความเข้มข้นซีโอดีค่าเดียวกันได้ก็ตาม ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า จากการที่ถ่านไม่สามารถดูดซับซีโอดีได้ต่ำกว่า 85 มก/ล กลับสามารถช่วยให้ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์กำจัดซีโอดีได้มากขึ้นจากเดิมที่ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์สามารถกำจัดได้ ทั้งนี้ ถ่านไม่สามารถดูดซับซีโอดีได้เลยที่ค่าซีโอดีน้ำทิ้งของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ในกรณีที่สีเป็นสารถูกดูดซับ จะเห็นได้ว่าความสามารถในการดูดซับของถ่านในระบบแพคท์ มีค่ามากกว่าถ่านธรรมดาทุกช่วงของความเข้มข้นของ สี ณ จุดสมมูลย์ ของ ระบบแพคท์ แสดงให้เห็นถึงอันตรกิริยา(Interaction) ของผงถ่านกัมมันต์และจุลชีพ ยิ่งอัตราส่วนระหว่าง ความสามารถในการดูดซับของถ่านในระบบแพคท์ ต่อความสามารถในการดูดซับของถ่านธรรมดามีค่ามาก ก็แสดงถึงผลของอันตรกิริยา(Interaction) ระหว่างผงถ่านกัมมันต์และจุลชีพที่จะเกี่ยวเนื่องกันในการกำจัดสีมากขึ้น ค่าอัตราส่วนของการทดลองในครั้งนี้สูงสุดที่ 12.4 ณ จุดสมมูลย์ของสีที่ค่า 59 Su. ที่ความเข้มข้นถ่าน 50 มก/ล ซึ่งมีค่าเท่ากับ ค่าอัตราส่วน ที่ความเข้มข้นถ่าน 25 มก/ล ณ จุดสมมูลย์ของสีที่ค่า 69 Su.

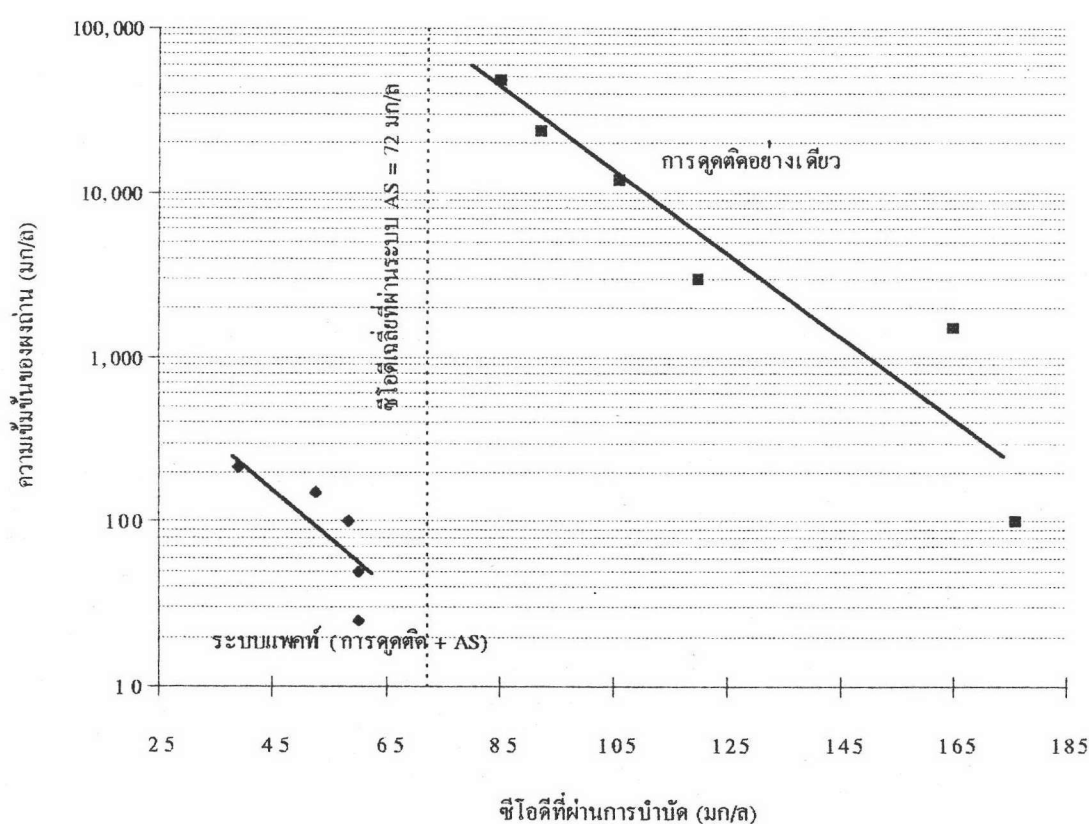
แนวโน้มของเส้นกราฟของความสามารถในการดูดซับของถ่านในระบบแพคท์จะมีค่าเป็นบวก ซึ่งตรงกับที่ Eckenfelder(1989) อ้างถึง โดยมีแนวโน้มไปทางเดียวกันกับเส้นกราฟของความสามารถในการดูดซับของถ่านธรรมดาที่ได้จากการทำ Isotherm Test. นั่นคือ ณ จุดสมมูลย์ที่ความเข้มข้นสูงค่าความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์จะมีค่ามากกว่า ณ จุดสมมูลย์ที่ค่าความเข้มข้นต่ำ เป็นผลจากการที่สารอินทรีย์สามารถแพร่เข้าไปในโพรงของผงถ่านกัมมันต์ได้ง่ายกว่าที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ

4.4.2 ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้

การเปรียบเทียบปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์เมื่อใช้ในระบบแพคท์กับที่ใช้ผงถ่านกัมมันต์เพียงอย่างเดียว จะแสดงให้เห็นถึงข้อดีของระบบแพคท์ที่มากกว่าการใช้การดูดซับอย่างเดียว ในกรณีการกำจัดซีโอดี รายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.31

ตารางที่ 4.13 ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย
ให้มีซีไอดี (มก/ล) เหลือในระดับต่าง ๆ

วิธีการกำจัด ซีไอดี	ปริมาณผงถ่าน(มก/ล) ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้มีซีไอดีเหลือในระดับต่าง ๆ										
	176	165	120	106	92	85	60	60	58.2	52.6	39
การดูดซับด้วย คาร์บอน	100	1500	3000	12000	24000	48000	-	-	-	-	-
ระบบแพคท์	-	-	-	-	-	-	25	50	100	150	215



รูปที่ 4.31 ปริมาณผงถ่านที่ใช้ในการกำจัดซีไอดีโดยการดูดซับคาร์บอนเปรียบเทียบกับระบบแพคท์

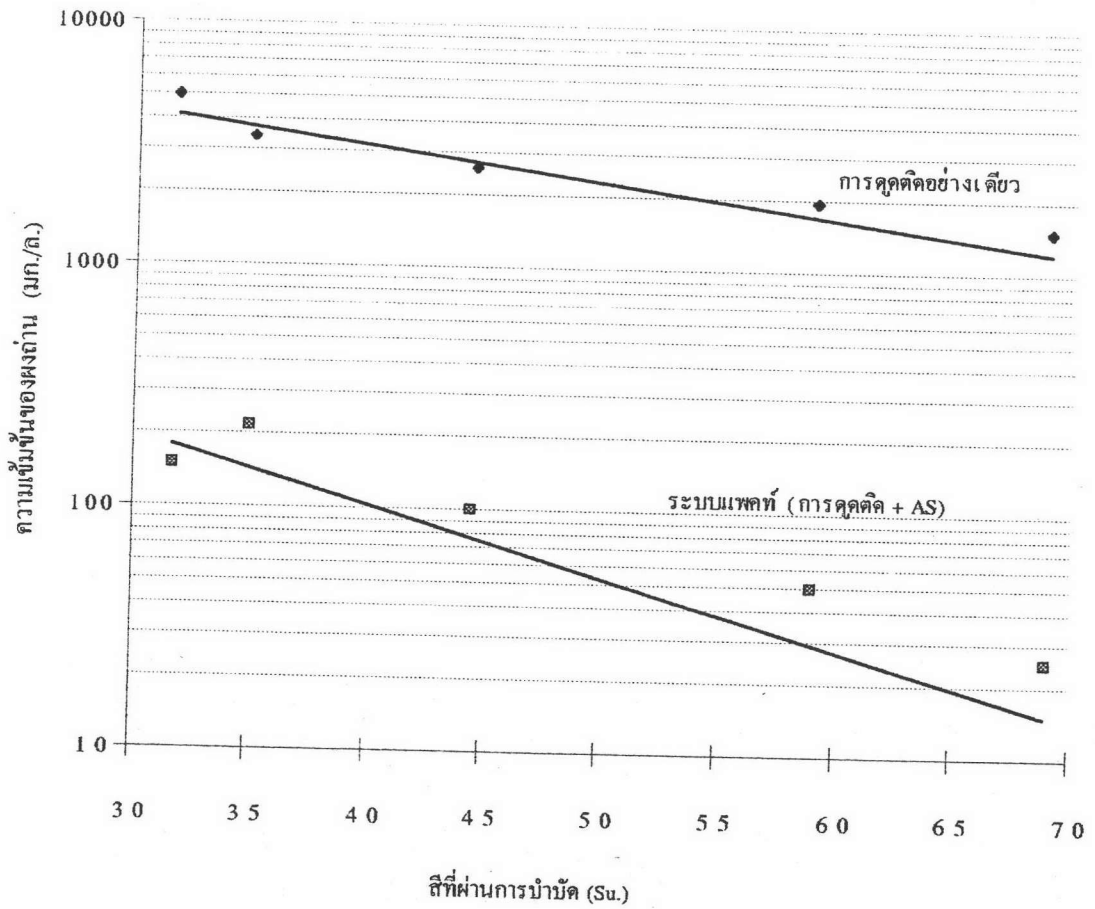
จากรูปที่ 4.31 จะสังเกตได้ว่าไม่สามารถเปรียบเทียบปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการกำจัดซีไอดีโดยการดูดซับคาร์บอนกับที่ใช้ในระบบแพคท์ได้ที่ความเข้มข้นซีไอดีที่ผ่านการบำบัดค่าเดียวกัน ถึงแม้ว่าต้นทุนค่าจะไม่สามารถใช้กลไกการดูดซับคาร์บอนกำจัดซีไอดีให้ถึงค่าที่ระบบแพคท์เวเต็สส์ลัดจ์ทำได้แม้ว่าจะใช้ปริมาณถ่านถึง 48,000 มก/ล แล้วก็ตาม การใช้ถ่านในระบบ

แพคท์กลับช่วยให้สามารถกำจัดซีโอดีได้มากขึ้นจากระบบแอกทิเวเต็ดสลิคจ์ธรรมดาได้ แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของอันตรกิริยา(Interaction) ระหว่างผงถ่านกับเซลล์จุลชีพในการกำจัดซีโอดี หรืออาจมองอีกแง่หนึ่งคือระบบแอกทิเวเต็ดสลิคจ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของผงถ่าน

การเปรียบเทียบปริมาณผงถ่านที่ใช้ในการดูดซับซีโอดีอย่างเดียวกับที่ใช้กำจัดสีในระบบแพคท์สามารถเปรียบเทียบได้ที่ค่าสีที่ผ่านการบำบัดค่าเดียวกัน โดยถ่านสามารถดูดซับซีโอดีถึงค่าสีที่ผ่านการบำบัดจากระบบแพคท์ได้ ซึ่งแตกต่างกับกรณีของซีโอดี ที่ถ่านไม่สามารถดูดซับซีโอดี ได้ถึงค่าที่ผ่านการบำบัดจากระบบแพคท์ รายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.32

ตารางที่ 4.14 ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้มีสีเหลือในระดับต่าง ๆ

วิธีการกำจัดสี	ปริมาณผงถ่าน (มก/ล) ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้มีสี(Su.) เหลือในระดับต่าง ๆ				
	69	59	44.5	31.75	35
การดูดซับผิว	1492	1942	2602	4989	3373
ระบบแพคท์	25	50	100	150	215



รูปที่ 4.32 ปริมาณผงถ่านที่ใช้ในการกำจัดสีโดยการดูแลรักษาผิวเปรียบเทียบกับระบบแพคท์

จากรูปที่ 4.32 ความเข้มข้นของผงถ่านที่ใช้ในระบบแพคท์จะน้อยกว่าความเข้มข้นที่ใช้เพื่อการดูแลรักษาอย่างเดี่ยวหลายเท่า เช่น ที่ค่าสี ณ จุดสมมูลย์ที่ 69 Su. ใช้ผงถ่านในระบบแพคท์ 25 มก./ล. ในขณะที่ต้องใช้ผงถ่านในการดูแลรักษาอย่างเดี่ยวถึง 1492 มก./ล. ซึ่งมากกว่าที่ใช้ในระบบแพคท์ ถึง $1492/25 = 59.7$ เท่า อัตราส่วนนี้จะลดลงเมื่อ ค่าสี ณ. จุดสมมูลย์ลดลง โดยสังเกตจากแนวโน้มของเส้นกราฟ การที่สามารถประหยัดถ่านได้หลายเท่าก็เนื่องจากระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสีของถ่านนั่นเอง

4.5 ค่าใช้จ่ายของผงดำนกัมมันต์ที่ใช้ในระบบแพคท์

จากการพิจารณาประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์พบว่า ในการกำจัดซีโอดี น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ธรรมดา มีค่าซีโอดีน้ำทิ้งที่ผ่านมาตรฐานของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ที่กำหนดให้น้ำทิ้งมีค่าซีโอดีไม่เกิน 120 มก./ล. อยู่แล้ว ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์อย่างเดี่ยวยสามารถกำจัดซีโอดีได้เฉลี่ยเท่ากับ 72 มก./ล. จากซีโอดีน้ำเสียในช่วง 229-279 มก./ล. จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเติมผงดำนกัมมันต์ลงไปในระบบอีกเพื่อกำจัดซีโอดี ส่วนในเรื่องการกำจัดสี ประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานในเรื่องวิธีการวัดและค่าที่จะใช้เป็นมาตรฐาน จากการวิจัยครั้งนี้ ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเฉลี่ยของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์มีค่าประมาณ 18% โดยกำจัดสีได้เหลือประมาณ 80 Su. จากสีของน้ำเสียประมาณ 100 Su. ซึ่งถือได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์อยู่ในเกณฑ์ต่ำจากผลที่ได้ ข้อจำกัดในเรื่องปริมาณความเข้มข้นของผงดำนที่ต้องใช้ในการเติมลงในระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์จึงขึ้นอยู่กับวิธีการกำจัดสี จากการประมาณความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของผงดำนที่ใช้ในระบบแพคท์ กับ ประสิทธิภาพในการกำจัดสี โดยอ้างจากสมการที่ 4.2 คือ

$$\% \text{กำจัดสี} = 24.86 + [0.22 \times \text{ความเข้มข้นผงดำน(มก./ล.)}]$$

จากสมการ ถ้าใช้ความเข้มข้นผงดำน 200 มก./ล. (หรือ 0.2 กก/ม³) จะได้ประสิทธิภาพการกำจัดสีประมาณ 70 % จากประสิทธิภาพการกำจัดสีที่ได้ งานวิจัยครั้งนี้จึงใช้ค่าปริมาณผงดำนที่ความเข้มข้น 200 มก./ล เป็นเกณฑ์ในการคิดค่าใช้จ่ายของผงดำนที่เติม จากราคาของผงดำนกัมมันต์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประมาณ 40 บาท/กก ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อผงดำน (200 มก./ล.) \times (40 บาท/กก) = 8 บาท/ม³ และจากอัตราการปล่อยน้ำเสียของโรงงานที่นำน้ำเสียมาทำการวิจัยมีค่าประมาณ 5,000 ม³/วัน จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ (8 บาท/ม³) \times (5000ม³/วัน) = 40,000 บาท/วัน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่จะต้องเสียทุกวันที่ย้อนข้างสูง และถ้าใช้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากการวิจัยนำไปใช้กับโรงงานนี้ ซึ่งได้แก่ เวลาพักน้ำ และค่าอายุสลัดจ์ที่มีค่าเท่ากับ 1 วัน และ 7 วัน ตามลำดับ, ค่า MLSS_{เบคทีเรีย} ซึ่งมีค่าประมาณ 400 มก/ล และค่า MLSS_{แพคท์} ที่ความเข้มข้นผงดำน 200 มก/ล ซึ่งมีค่าประมาณ 1800 มก/ล จะพบว่าสลัดจ์ที่เกิดขึ้นใน ระบบแพคท์ มีค่ามากกว่าสลัดจ์ในระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ โดยมีค่าประมาณ 4.5 เท่าของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ ถ้ากำจัดสลัดจ์ส่วนเกินออกโดยตรงที่ถังเติมอากาศ สลัดจ์ที่ต้องกำจัดในระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์จะมีค่าประมาณ 0.06 กก/ม³ ถ้าใช้ระบบแพคท์จะต้องกำจัดสลัดจ์ถึง 0.26 กก/ม³ กำจัดสลัดจ์เพิ่มขึ้น 0.2 กก/ม³ หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 1 ตันต่อวัน

4.6 ข้อสังเกตเพิ่มเติมจากขอบเขตงานวิจัย

จากการสังเกตถึงสภาพการเปลี่ยนแปลงของน้ำเสียที่อยู่ในถังพลาสติกทึบที่แสงไม่สามารถส่องผ่านได้กับน้ำเสียที่เก็บไว้ในขวดใสที่แสงสามารถส่องผ่านได้ พบว่าน้ำเสียที่เก็บอยู่ในภาชนะที่แสงผ่านไม่ได้สีจะจางเร็วกว่า จึงได้นำน้ำเสียจากการทดลองครั้งที่ 3. ใส่น้ำไปในขวดชมพู ปริมาตร 250 มล. 4ขวด คือ L 7 ,D 7, L 10 และ D 10 ปิดฝาให้สนิทโดยมีสถานะของแต่ละชุด การทดลองที่มีพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงคือ แสงและ พีเอช ดัง ตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 สถานะของชุดการทดลองเรื่องการกำจัดสี

ชุดการทดลอง	สถานะของการทดสอบ
L. 7	ปรับ pH ของน้ำเสียประมาณ 7 และตั้งทิ้งไว้ในที่แสงแดดส่องถึง
D. 7	ปรับ pH ของน้ำเสียประมาณ 7 และตั้งทิ้งไว้ในที่มีดสนิท
L. 10	ปรับ pH ของน้ำเสียประมาณ 10 และตั้งทิ้งไว้ในที่แสงแดดส่องถึง
D. 10	ปรับ pH ของน้ำเสียประมาณ 10 และตั้งทิ้งไว้ในที่มีดสนิท

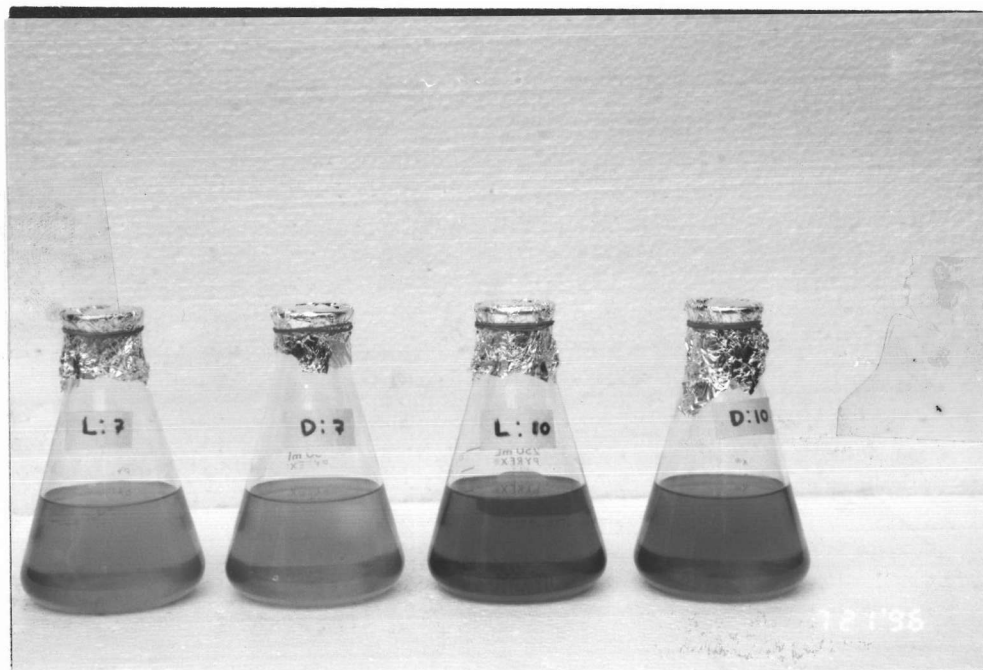
เมื่อเตรียมอุปกรณ์ในแต่ละชุดการทดลอง โดยปรับสถานะตามตารางที่ 4.15 เสร็จเรียบร้อยแล้ว นำอุปกรณ์แต่ละชุดการทดลองตั้งทิ้งไว้เพื่อวิเคราะห์ผลเป็นเวลา 1 และ 2 วัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.16 พร้อมกับรูปถ่ายของชุดการทดลองเมื่อเริ่มต้นกับเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 2 วัน แสดงดังรูปที่ 4.33 และ 4.34

ตารางที่ 4.16 สีและซีโอดีของน้ำเสียภายหลังที่ตั้งทิ้งไว้เวลานาน 1 และ 2 วัน

ชุดการทดลอง	สี (Su.) จากการตั้งทิ้งไว้			% กำจัดสี ที่ตั้งทิ้งไว้		ซีโอดี (มก/ล.) จากการตั้งทิ้งไว้			% กำจัดซีโอดี ที่ตั้งทิ้งไว้	
	0 วัน	1. วัน	2. วัน	1. วัน	2. วัน	0 วัน	1. วัน	2. วัน	1. วัน	2. วัน
L.7	79	61	55	23	30	268	235	189	12	30
D.7	79	52	49	34	37	268	224	197	16	27
L.10	79	75	75	4	5	268	240	181	10	33
D.10	79	73	70	7	12	268	228	189	15	30

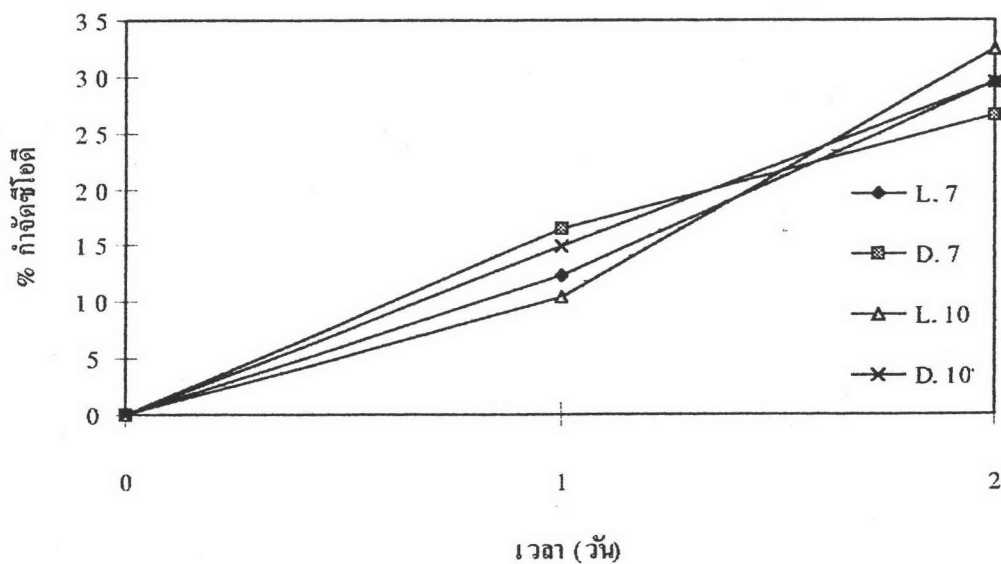


รูปที่ 4.33 ลักษณะน้ำเสียเมื่อเริ่มต้น

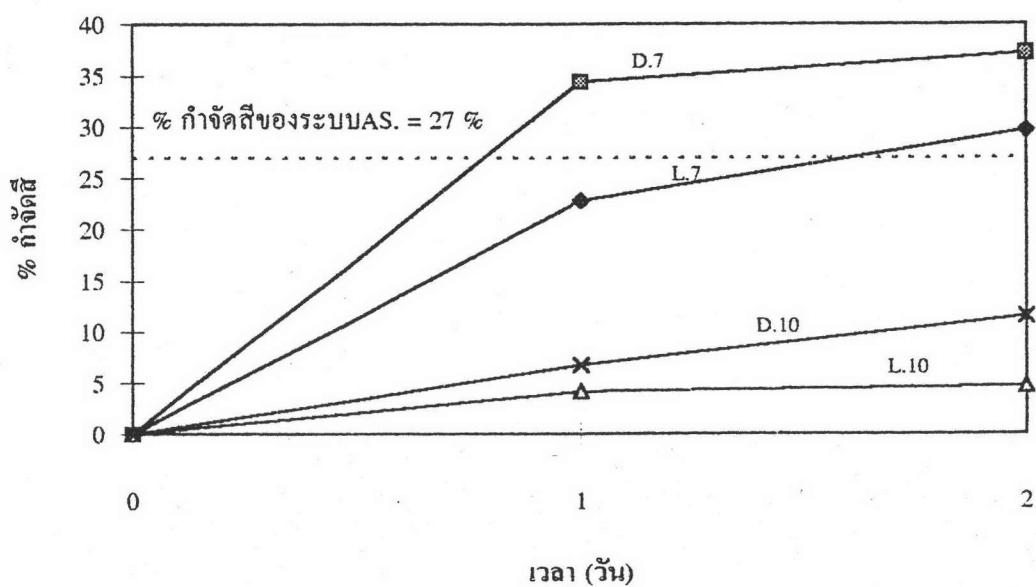


รูปที่ 4.34 ลักษณะน้ำเสียเมื่อผ่านไป 2 วัน

จากตารางที่ 4.16 สามารถแสดง % กำจัดชีโอดี และ % กำจัดสี เปรียบเทียบกับเวลา ของชุดการทดลองต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 4.35 และรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.35 การเปรียบเทียบ % กำจัดชีโอดีกับเวลาของชุดการทดลองต่าง ๆ



รูปที่ 4.36 การเปรียบเทียบ % กำจัดสีกับเวลาของชุดการทดลองต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.35 ผลกระทบของแสงและพีเอชไม่มีผลต่อซีโอดีอย่างมีนัยสำคัญ ลักษณะของเส้นกราฟเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น % กำจัดซีโอดีก็จะมากขึ้น

จากรูปที่ 4.36 ประกอบกับรูปที่ 4.33 และรูปที่ 4.34 จะพบว่าพีเอชมีผลอย่างเด่นชัดต่อการลดลงของสี คือที่พีเอช 7 สีจะลดลงได้มากกว่า ที่ พีเอช 10 ทั้งชุดการทดลองที่อยู่ในที่มีดและที่ถูแสงแดด ชุดการทดลองที่อยู่ในที่มีด ลักษณะของสีน้ำเสียเปลี่ยนไปจากเดิมที่สีเป็นสีแดง-ส้ม กลายเป็นสีแดงอ่อนผสมสีเหลือง ส่วนชุดการทดลองที่ถูแสงแดดมีสีแดงอ่อนลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับสีตอนเริ่มต้น ในขณะที่ไม่เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนในชุดการทดลองที่มีพีเอช 10 ทั้งที่อยู่ในที่มีดและที่ถูแสงแดด

แสงแดดมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี กล่าวคือ น้ำเสียที่ถูแสงแดด สีจะลดลงน้อยกว่าน้ำเสียที่อยู่ในที่มีด โดยสังเกตจาก % กำจัดสีจากรูปที่ 4.36 และความแตกต่างของสีในแต่ละชุดการทดลองไม่ได้ส่งผลให้ซีโอดีเปลี่ยนแปลงด้วย แสดงว่าสีเปลี่ยนรูปไปอยู่ในสภาพของสารอินทรีย์ที่ไม่แสดงสี

เมื่อเปรียบเทียบ % กำจัดสีกับระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ จากการทดลองในน้ำเสียครั้งนี้กำจัดสีได้ 27 % แสดงด้วยเส้นประในรูปที่ 4.36 จะเห็นได้ว่าเมื่อผ่านไปหนึ่งวันชุดการทดลอง D.7 กำจัดสีได้เท่ากับ 34 % มากกว่า % กำจัดสีของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ และเมื่อผ่านไป 2 วัน การทดลองชุด D.7 กับ L.7 จะมี % กำจัดสีมากกว่าระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ คือในชุดการทดลอง L.7 กำจัดสีได้ 30 % ชุดการทดลอง D.7 กำจัดสีได้ 37 %

เมื่อเวลาผ่านไป 11 วัน พารามิเตอร์บางอย่างได้ถูกวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท San E.68 Lab. ได้ผลดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียในการทดลองครั้งที่ 3. เมื่อเวลาผ่านไป 11 วัน

พารามิเตอร์	ชุดการทดลอง			
	L.7	D.7	L.10	D.10
โออาร์พี. (มิลลิโวลท์)	+272	+293	+251	+263
บีโอดี (มก/ล)	8	16	11	10
ซีโอดีทั้งหมด (มก/ล)	148	168	161	161

ค่า บีไอดี และค่า ซีไอดีทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นั้นหมายถึงการยืนยันลักษณะเดียวกับ รูปที่ 4.35 ที่ว่า ผลกระทบของแสงและพีเอชไม่มีผลต่อซีไอดีอย่างมีนัยสำคัญ การที่ค่า โออาร์พี เป็นบวกและซีไอดีมีค่าลดลงแสดงว่า มีปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้น ไม่ได้อยู่ในสภาพแอนแอโรบิก แม้ว่าขวดที่ใส่น้ำเสียจะปิดฝาก็ตาม ดังนั้นการลดสีที่เกิดขึ้นไม่น่าจะเกิดจากจุลชีพ ซึ่งตรงกันกับที่ Eberhard et al.,1990 (อ้างถึงใน Reife,1996) ได้ทำการวิจัยการย่อยสลายของสีย้อมเอโซชนิด Acid Red 151 โดยนักวิจัยกลุ่มนี้พบว่า การย่อยสลายของสีย้อมเอโซชนิดนี้ไม่ได้เกิดจากจุลชีพ