บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

4.1 ประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ ของกระบวนการรีเวอร์สออสโมซีส กับเมมเบรนแบบม้วนรูปก้นหอย

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ในน้ำชะมูลฝอย ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่างกัน คือ 40, 80, 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ได้แสดงข้อมูลผลการศึกษาไว้ในภาคผนวก ก. และเนื่องจากไม่สามารถเตรียมน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างให้มีลักษณะสมบัติเหมือนกันในแต่ละการทดลองได้ จึงจะพิจารณาเปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ ในรูปของร้อยละการกำจัดที่ค่าความดันควบคุมต่าง ๆ ตามกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง และกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ดังนี้

4.1.1 การกำจัด ซีโอดี

ที่ความดันควบคุม 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่า ซีโอดี อยู่ในพิสัย 3,800 ถึง 6,200 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่า ซีโอดี อยู่ในพิสัย 800 ถึง 950 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ได้เฉลี่ยร้อยละ 82.9 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าซีโอดี อยู่ในพิสัย 1,400 ถึง 2,300 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่า ซีโอดี ประมาณ 200 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 86.7 ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่า ซีโอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และประสิทธิภาพการกำจัด ที่ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว

เวลา (นาที)	ค่า ซีโอดี (มก./ล.)					
	น้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง			น้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ		
	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด
30	3,861	927	76.0	1,481	222	85.0
60	4,633	927	80.0	1,481	222	85.0
90	5,405	927	82.9	1,481	222	85.0
120	6,178	849	86.3	1,481	222	85.0
150	6,178	849	86.3	2,222	222	90.0
180	6,178	849	86.3	2,222	222	90.0
ค่าเฉลี่ย			**82.9**			**86.7**

ที่ความดันควบคุม 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่า ซีโอดี อยู่ในพิสัย 4,600 ถึง 6,200 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่า ซีโอดี อยู่ในพิสัย 600 ถึง 800 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี ได้เฉลี่ยร้อยละ 86.8 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น มีค่า ซีโอดีอยู่ในพิสัย 300 ถึง 700 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่า ซีโอดี อยู่ในพิสัย 30 ถึง 100 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 89.1 ดังรายละเอียด แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่า ซีโอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และประสิทธิภาพการกำจัด ที่ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว

เวลา (นาที)	ค่า ซีโอดี (มก./ล.)					
	น้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง			น้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ		
	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด
30	4,633	618	86.7	362	36	90.0
60	4,633	695	85.0	435	43	90.0
90	5,405	695	87.1	507	43	91.4
120	5,405	695	87.1	507	51	90.0
150	6,178	772	87.5	580	72	87.5
180	6,178	772	87.5	652	94	85.6
ค่าเฉลี่ย			**86.8**			**89.1**

ที่ความดันควบคุม 120 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่า ซีโอดี อยู่ในพิสัย 4,500 ถึง 7,000 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่า ซีโอดี อยู่ในพิสัย 500 ถึง 700 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 88.2 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น มีค่าซีโอดี อยู่ในพิสัย 900 ถึง 1,700 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่า ซีโอดี อยู่ในพิสัย 60 ถึง 80 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 93.8 ดังรายละเอียด แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่า ซีโอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และประสิทธิภาพการกำจัด ที่ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ 120 ปอนด์/ตร.นิ้ว

เวลา (นาที)	ค่า ซีโอดี (มก./ล.)					
	น้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง			น้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ		
	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด
30	4,545	530	88.3	989	76	92.3
60	4,545	606	86.7	989	76	92.3
90	4,545	530	88.3	1,141	76	93.3
120	5,303	606	88.6	1,217	76	93.8
150	5,303	682	87.1	1,445	68	95.3
180	6,818	682	90.0	1,673	68	95.9
ค่าเฉลี่ย			**88.2**			**93.8**

ที่ความดันควบคุม 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่า ซีโอดี อยู่ในพิสัย 6,700 ถึง 8,200 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่า ซีโอดี อยู่ในพิสัย 400 ถึง 750 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี ได้เฉลี่ยร้อยละ 91.4 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่า ซีโอดี อยู่ในพิสัย 1,200 ถึง 1,600 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่า ซีโอดี อยู่ในพิสัย 60 ถึง 90 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 94.4 ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่า ซีโอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และประสิทธิภาพการกำจัดที่ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว

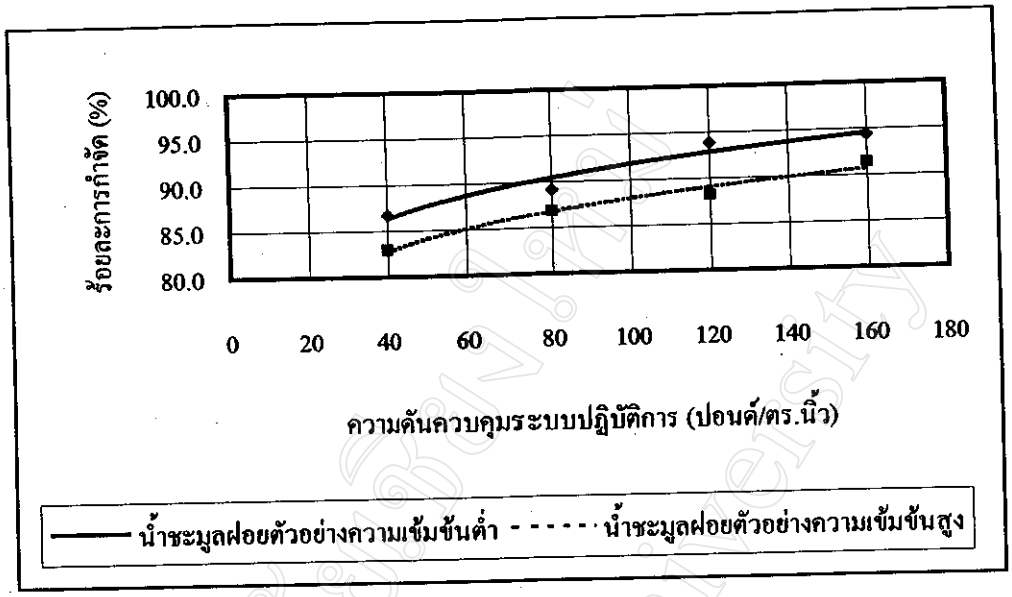
เวลา (นาที)	ค่า ซีโอดี (มก./ล.)					
	น้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง			น้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ		
	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด
30	6,716	448	93.3	1,293	84	93.5
60	6,716	522	92.2	1,293	84	93.5
90	7,463	672	91.0	1,369	76	94.4
120	7,463	746	90.0	1,369	76	94.4
150	8,209	672	91.8	1,445	76	94.7
180	7,463	746	90.0	1,521	68	95.5
ค่าเฉลี่ย			**91.4**			**94.4**

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี ของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี พบว่า การใช้ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่างกัน คือ 40, 80, 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 82.9 เป็นร้อยละ 86.8 เป็นร้อยละ 88.2 และเป็นร้อยละ 91.4 ตามลำดับ กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ประสิทธิภาพการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 86.7 เป็นร้อยละ 89.1 เป็นร้อยละ 93.8 และเป็นร้อยละ 94.4 ตามลำดับ

ในระบบปฏิบัติการรีเวอร์สออสโมซีส บริเวณผิวหน้าของเมมเบรนจะมีความหนาแน่นของอนุภาคและอิออนต่าง ๆ สูง เนื่องจากแรงกระทำของความดันควบคุมในระบบ ทำให้อนุภาคและอิออนบางส่วนเกิดการรวมตัวกัน เป็นสารประกอบที่มีอนุภาคใหญ่ขึ้นและเริ่มมีการเรียงตัวกันเกิดเป็นชั้นฟิล์มบาง ๆ ขึ้นชั่วขณะบริเวณผิวหน้าของเมมเบรน เรียกว่า Concentration Poralization เมื่อการเรียงตัวมีความสม่ำเสมอถึงระดับหนึ่งจะมีผลต่อ การแพร่ผ่านเมมเบรนของอนุภาคต่าง ๆ ที่แม้จะมีขนาดโมเลกุลที่เล็ก แต่จะเสมือนต้องเคลื่อนที่ผ่านชั้น Concentration Poralize นี้ ก่อนจะถึงชั้นของเมมเบรน ซึ่งถ้าเป็นอิออนอิสระอาจถูกรวมตัวเป็นสารประกอบเพิ่มขึ้น และถ้าชั้น Concentration Poralize มีการเรียงตัวกันอย่างสม่ำเสมอและมีความหนาแน่นสูงแล้ว อนุภาคต่าง ๆ จะสามารถผ่านไปสู่ชั้นเมมเบรนได้น้อยลง

การใช้ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการที่สูงนั้น อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนจะมีค่าสูง ในขณะที่อัตราการไหลของน้ำตัวอย่างเข้มข้นในระบบ (Concentrate Flux) ซึ่งมีทิศทางการไหลขนานกับผิวเมมเบรนจะมีค่าลดลง เป็นผลทำให้ชั้น Concentration Poralize มีการเรียงตัวกันอย่างสม่ำเสมอและมีความหนาแน่นสูง อนุภาคต่าง ๆ สามารถแพร่ผ่านเมมเบรนได้น้อยลง ในขณะที่น้ำสามารถแพร่ผ่านเมมเบรนได้มากกว่าและดีกว่าอนุภาคเหล่านั้น จึงทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าสูงขึ้น ดังนั้น ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด กล่าวคือ การเพิ่มค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการให้สูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าเพิ่มขึ้น

ในรูปที่ 4.1 ได้เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง กับกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ที่ค่าความดันควบคุมต่าง ๆ พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี ในกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ มีประสิทธิภาพสูงกว่าในกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ

จากการเปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี ในรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า เมื่อน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างมีความเข้มข้นสูงขึ้น แนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดจะมีค่าลดลง เพราะในน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสูงนั้น อนุภาคต่าง ๆ จะมีปริมาณสูงทำให้การแพร่ผ่านเมมเบรนของอนุภาคต่าง ๆ มีค่าสูงตาม ค่าความดันออสโมติคในระบบก็จะมีค่าสูง ทำให้อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าลดลง จึงเป็นผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าลดลง

ดังนั้น ความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในระบบ จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด กล่าวคือ เมื่อน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในระบบมีความเข้มข้นสูงขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดจะมีค่าลดลง ซึ่งผลการศึกษาพารามิเตอร์อื่น ๆ ก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน

4.1.2 การกำจัด ของแข็ง

ปริมาณของแข็งรวมในน้ำชะมูลฝอยที่ทำการศึกษาจะแยกพิจารณาเป็น ปริมาณของแข็งละลายน้ำ กับปริมาณของแข็งแขวนลอย ที่ความดันควบคุม 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น มีปริมาณของแข็งละลายน้ำอยู่ในพิสัย 18,500 ถึง 19,000 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมี ปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 3,800 ถึง 4,200 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งละลายน้ำได้เฉลี่ยร้อยละ 78.7 และเป็นผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงจากพิสัย 24.3 ถึง 24.8 mS/cm. อยู่ในพิสัย 12.2 ถึง 12.4 mS/cm. กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 3,200 ถึง 4,200 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 650 ถึง 850 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 80.2 และเป็นผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงจากพิสัย 3.3 ถึง 3.8 mS/cm. อยู่ในพิสัย 0.9 ถึง 1.3 mS/cm.

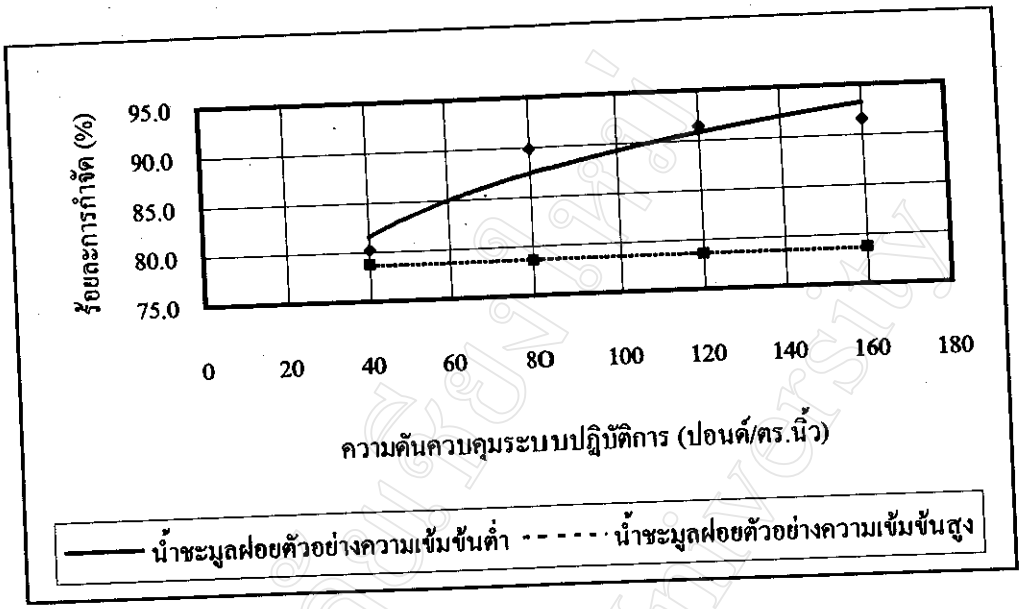
ที่ความดันควบคุม 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น มีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 17,400 ถึง 18,100 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 3,400 ถึง 4,000 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งละลายน้ำได้เฉลี่ยร้อยละ 78.6 และเป็นผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงจากพิสัย 25.0 ถึง 25.5 mS/cm. อยู่ในพิสัย 16.5 ถึง 17.5 mS/cm. กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น มีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 3,800 ถึง 7,000 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 400 ถึง 550 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 89.8 และเป็นผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงจากพิสัย 2.0 ถึง 4.0 mS/cm. อยู่ในพิสัย 0.5 ถึง 1.5 mS/cm.

ที่ความดันควบคุม 120 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น มีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 18,200 ถึง 18,600 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 3,600 ถึง 4,100 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งละลายน้ำได้เฉลี่ยร้อยละ 78.6 และเป็นผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงจากพิสัย 20.0 ถึง 23.0 mS/cm. อยู่ในพิสัย 10.0 ถึง 12.0 mS/cm. กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น มีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 1,100 ถึง 1,800 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณ

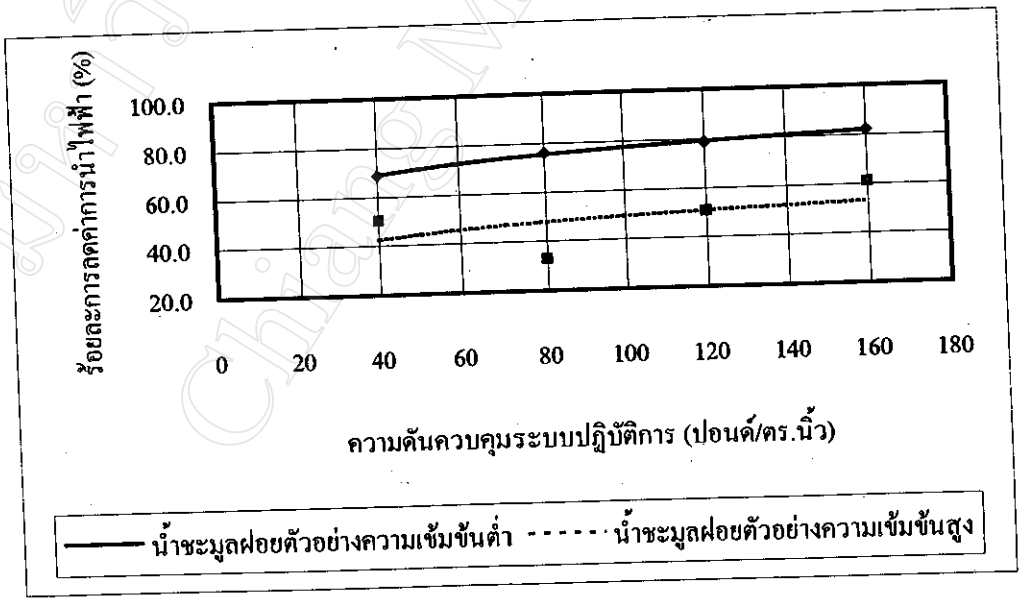
ของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 100 ถึง 200 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 91.4 และเป็นผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงจากพิสัย 1.4 ถึง 1.8 mS/cm. อยู่ในพิสัย 0.2 ถึง 0.5 mS/cm.

ที่ความดันควบคุม 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น มีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 18,400 ถึง 18,600 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 3,500 ถึง 4,200 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งละลายน้ำได้เฉลี่ยร้อยละ 78.7 และเป็นผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงจากพิสัย 25.5 ถึง 26.5 mS/cm. อยู่ในพิสัย 9.0 ถึง 11.0 mS/cm. กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น มีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 1,100 ถึง 1,700 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 100 ถึง 200 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 91.5 และเป็นผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงจากพิสัย 2.0 ถึง 4.0 mS/cm. อยู่ในพิสัย 0.3 ถึง 0.8 mS/cm.

จากผลการศึกษาน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี พบว่า การใช้ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการที่ต่างกันคือ 40, 80, 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งละลายน้ำมีแนวโน้มที่ไม่แตกต่างกันคือ ร้อยละ 78.7 ร้อยละ 78.6 ร้อยละ 78.6 และร้อยละ 78.7 ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากการเตรียมน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานั้น จะทำการเจือจางน้ำชะมูลฝอยจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครเชียงใหม่ โดยควบคุมค่า ซีโอดี เป็นหลัก เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งละลายน้ำ ในน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูงจะเห็นได้ว่า มีปริมาณของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัย 17,400 ถึง 19,000 มก./ล. ซึ่งเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูงและมีช่วงค่าไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้น การเพิ่มความดันควบคุมระบบปฏิบัติการในช่วง 40 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว จึงไม่สามารถเห็นความแตกต่างของประสิทธิภาพการกำจัดได้อย่างเด่นชัด เมื่อเทียบกับค่าความเข้มข้นของน้ำตัวอย่างในระบบที่ค่อนข้างสูง การแพร่ผ่านเมมเบรนของอนุภาคต่าง ๆ จะมีปริมาณสูงและใกล้เคียงกัน ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ พบว่า การใช้ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่างกัน ประสิทธิภาพการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 80.2 เป็นร้อยละ 89.8 เป็นร้อยละ 91.4 และเป็นร้อยละ 91.5 ตามลำดับ ในรูปที่ 4.2 ได้เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด ของแข็งละลายน้ำ และในรูปที่ 4.3 ได้เปรียบเทียบแนวโน้มการลดลงของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี จะเห็นได้ว่า แนวโน้มของประสิทธิภาพการกำจัด และการลดลงของค่าการนำไฟฟ้า จะขึ้นกับค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ และค่าความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในระบบ



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด ของแข็งละลายน้ำ ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบแนวโน้มการลดค่าการนำไฟฟ้า ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ

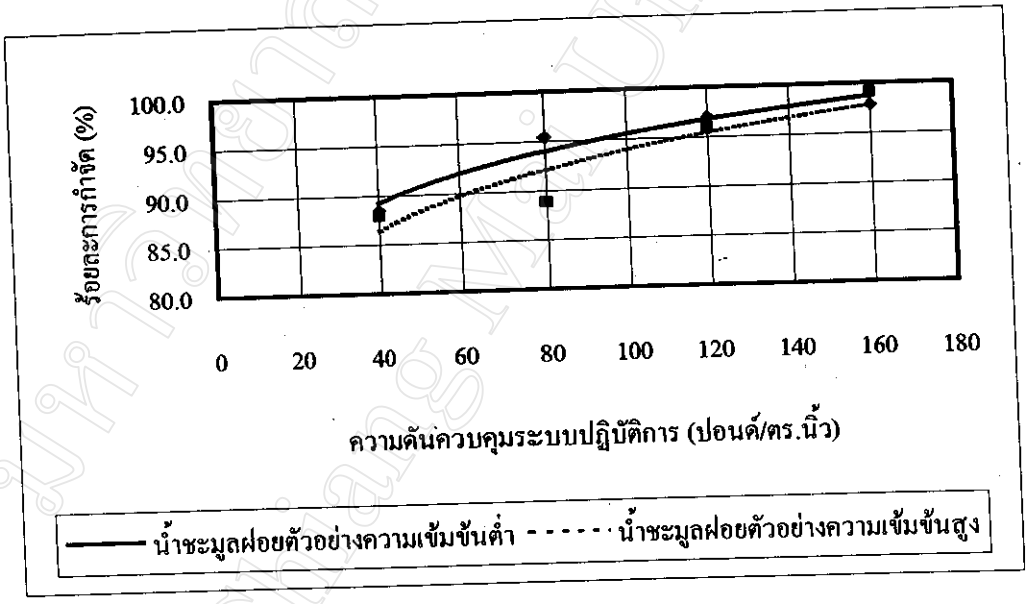
สำหรับประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย ที่ความดัน 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในพิสัย 250 ถึง 550 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในพิสัย 10 ถึง 70 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยได้เฉลี่ยร้อยละ 87.9 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ในพิสัย 40 ถึง 100 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ในพิสัย 4.0 ถึง 10.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 88.4

ที่ความดัน 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในพิสัย 600 ถึง 850 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในพิสัย 40 ถึง 125 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยได้เฉลี่ยร้อยละ 88.8 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ในพิสัย 220 ถึง 280 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ในพิสัย 5.0 ถึง 15.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 95.4

ที่ความดัน 120 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในพิสัย 490 ถึง 570 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในพิสัย 15 ถึง 35 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยได้เฉลี่ยร้อยละ 95.8 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ในพิสัย 70 ถึง 90 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ในพิสัย 1.0 ถึง 3.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 97.0

ที่ความดัน 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในพิสัย 570 ถึง 590 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ในพิสัย 5.0 ถึง 10.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยได้เฉลี่ยร้อยละ 99.0 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในพิสัย 50 ถึง 150 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ในพิสัย 1.0 ถึง 5.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 97.8

จากผลการศึกษาน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี พบว่า การใช้ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่างกันคือ 40, 80, 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 87.9 เป็นร้อยละ 88.8 เป็นร้อยละ 95.8 และเป็นร้อยละ 99.0 ตามลำดับ กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ประสิทธิภาพการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 88.4 เป็นร้อยละ 95.4 เป็นร้อยละ 97.0 และเป็นร้อยละ 97.8 ตามลำดับ ในรูปที่ 4.4 ได้เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย ในน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง และน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ที่ค่าความดันระบบปฏิบัติการต่าง ๆ จะเห็นได้ว่า แนวโน้มของประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย จะขึ้นกับ ค่าความดันควบคุมในระบบปฏิบัติการ และค่าความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในระบบเช่นเดียวกัน



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด ของแข็งแขวนลอย ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ

4.1.3 การกำจัด สี

ที่ความดันควบคุม 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นวัดค่าความเข้มสีได้ อยู่ในพิสัย 500 ถึง 600 หน่วยสี หลังผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนวัดค่าความเข้มสีได้ อยู่ในพิสัย 5 ถึง 10 หน่วยสี คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดสี ได้เฉลี่ยร้อยละ 98.6 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นวัดค่าความเข้มสีได้ อยู่ในพิสัย 400 ถึง 500 หน่วยสี หลังผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนวัดค่าความเข้มสีได้น้อยกว่า 5 ถึง 5 หน่วยสี คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดได้มากกว่าร้อยละ 98.8

ที่ค่าความดันควบคุม 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูงในน้ำตัวอย่างเข้มข้นวัดค่าความเข้มสีได้ อยู่ในพิสัย 500 ถึง 600 หน่วยสี หลังผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนวัดค่าความเข้มสีได้ อยู่ในพิสัย 5 ถึง 10 หน่วยสี คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดสีได้เฉลี่ยร้อยละ 98.6 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นวัดค่าความเข้มสีได้ อยู่ในพิสัย 50 ถึง 200 หน่วยสี หลังผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนวัดค่าความเข้มสีได้น้อยกว่า 5 ถึง 5 หน่วยสี คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดได้มากกว่า ร้อยละ 90

ที่ค่าความดันควบคุม 120 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูงในน้ำตัวอย่างเข้มข้นวัดค่าความเข้มสีได้ อยู่ในพิสัย 500 ถึง 600 หน่วยสี หลังผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนวัดค่าความเข้มสีได้ อยู่ในพิสัย 5 ถึง 10 หน่วยสี คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดสีได้เฉลี่ยร้อยละ 98.7 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นวัดค่าความเข้มสีได้ อยู่ในพิสัย 50 ถึง 200 หน่วยสี หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนวัดค่าความเข้มสีได้น้อยกว่า 5 ถึง 5 หน่วยสี คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดได้มากกว่า ร้อยละ 90

ที่ค่าความดันควบคุม 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูงในน้ำตัวอย่างเข้มข้นวัดค่าความเข้มสีได้ อยู่ในพิสัย 500 ถึง 600 หน่วยสี หลังผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนวัดค่าความเข้มสีได้ อยู่ในพิสัย 5 ถึง 10 หน่วยสี คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดสีได้เฉลี่ยร้อยละ 98.8 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นวัดค่าความเข้มสีได้อยู่ในพิสัย 400 ถึง 500 หน่วยสี หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนวัดค่าความเข้มสีได้น้อยกว่า 5 ถึง 5 หน่วยสี คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดได้มากกว่า ร้อยละ 98.8

จากผลการศึกษาน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี พบว่า กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ประสิทธิภาพการกำจัดสี มีค่าร้อยละ 98.6 ร้อยละ 98.6 ร้อยละ 98.7 และร้อยละ 98.8 ตามลำดับ ส่วนกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ค่าความเข้มสีในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน โดยส่วนใหญ่วัดค่าได้น้อยกว่า 5 หน่วยสี จึงไม่สามารถคิดเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด สี ของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณีได้ โดยในกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดสี ได้โดยรวมมากกว่าร้อยละ 90

4.1.4 การกำจัด ฟอสฟอรัสรวม

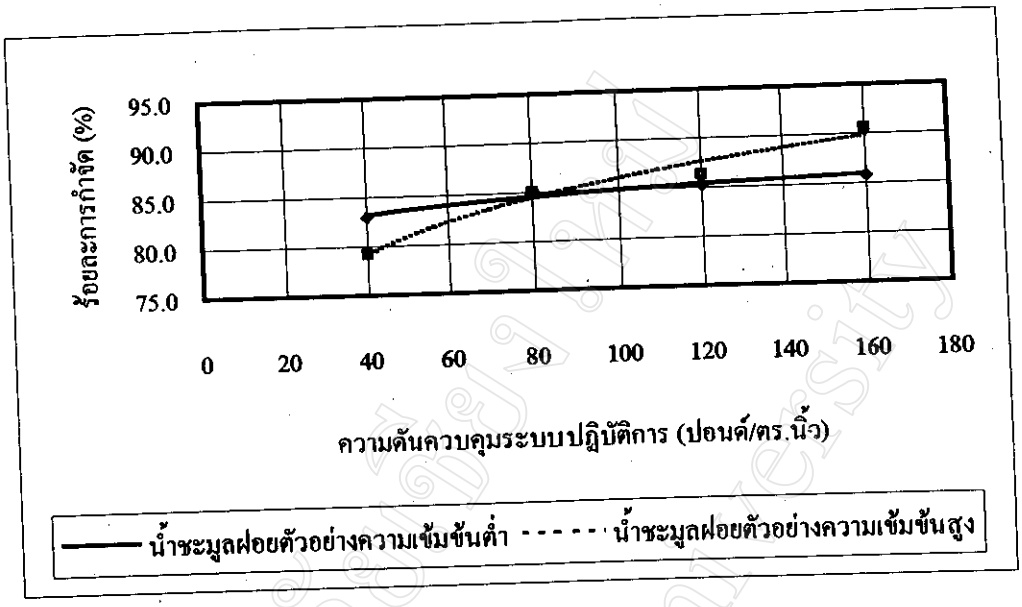
ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำชะมูลฝอยจะอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน เช่น ออโธฟอสเฟต อินทรีย์ฟอสเฟต โพลีฟอสเฟต ซึ่งรูปต่าง ๆ เหล่านี้จะมีน้ำหนักโมเลกุลที่น้อยกว่า 200 ยกเว้น พวกโพลีฟอสเฟต ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ถูกกำจัดออกจึงอยู่ในรูป โพลีฟอสเฟต เป็นส่วนใหญ่ ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสรวม ที่ความดันควบคุม 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 60 ถึง 120 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมอยู่ในพิสัย 15 ถึง 25 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสรวมได้เฉลี่ยร้อยละ 79.2 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำในน้ำตัวอย่างความเข้มข้นมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมอยู่ในพิสัย 30 ถึง 35 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 4.0 ถึง 10.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 83.0

ที่ความดันควบคุม 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 60 ถึง 110 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 10 ถึง 20 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสรวมได้เฉลี่ยร้อยละ 85.0 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 30 ถึง 60 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 4.0 ถึง 8.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 85.1

ที่ความดันควบคุม 120 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 90 ถึง 120 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 5.0 ถึง 25.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสรวมได้เฉลี่ยร้อยละ 86.3 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 25 ถึง 40 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 4.0 ถึง 6.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 85.2

ที่ความดันควบคุม 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 30 ถึง 100 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 1.0 ถึง 15.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสรวมได้เฉลี่ยร้อยละ 90.6 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 20 ถึง 40 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม อยู่ในพิสัย 3.0 ถึง 6.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 85.8

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสรวมของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี พบว่า การใช้ค่าความดันควบคุมต่างกัน คือ 40, 80, 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ประสิทธิภาพการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 79.2 เป็นร้อยละ 85.0 เป็นร้อยละ 86.3 และเป็นร้อยละ 90.6 ตามลำดับ กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ประสิทธิภาพการกำจัดมีแนวโน้มที่ไม่แตกต่างกัน คือ ร้อยละ 83.0 ร้อยละ 85.1 ร้อยละ 85.2 และร้อยละ 85.8 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี จะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างเข้มข้นในระบบ มีค่าอยู่ในพิสัยเดียวกัน คือ 20 ถึง 120 มก./ล. จึงทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละความดันควบคุม โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่าความดันควบคุมเพียงเล็กน้อย ในรูปที่ 4.5 ได้เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสรวมของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี ที่ค่าความดันควบคุมต่าง ๆ



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด ฟอสฟอรัสรวม ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ

4.1.5 การกำจัด สารประกอบไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนในน้ำชะมูลฝอยตัวอย่าง ส่วนใหญ่อยู่ในรูป แอมโมเนียไนโตรเจน คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 80.0 ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และเป็นอินทรีย์ไนโตรเจน เฉลี่ยร้อยละ 19.5 ที่เหลืออยู่ในรูป ไนไตรทไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำชะมูลฝอย จะแยกพิจารณาในรูปของ แอมโมเนียไนโตรเจน อินทรีย์ไนโตรเจน ไนไตรทไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน ดังนี้

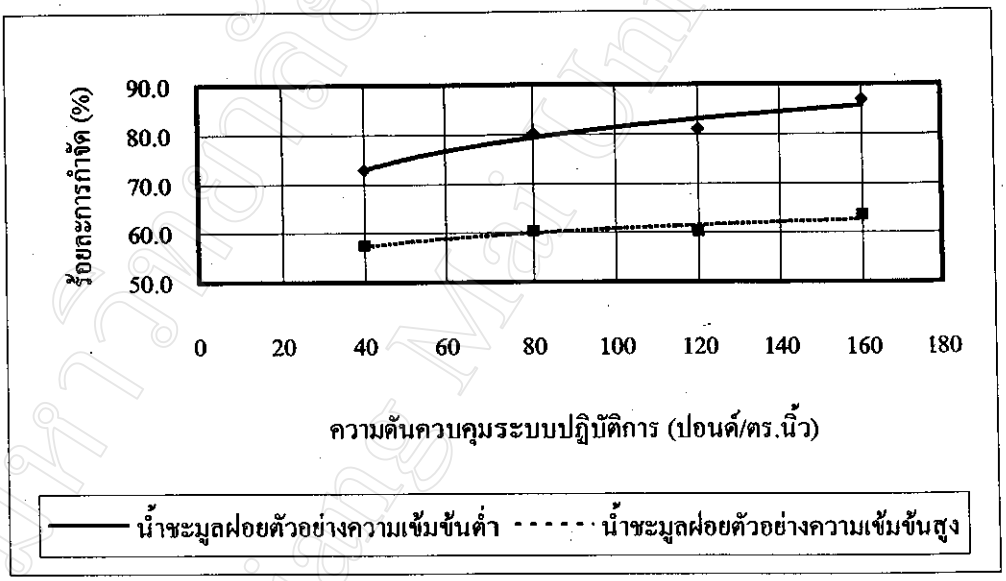
พิจารณาประสิทธิภาพการกำจัด แอมโมเนียไนโตรเจน ที่ความดันควบคุม 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 1,600 ถึง 1,700 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 650 ถึง 750 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้เฉลี่ยร้อยละ 57.4 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ในพิสัย 250 ถึง 500 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 50 ถึง 150 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 72.9

ที่ความดันควบคุม 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 1,360 ถึง 1,380 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 530 ถึง 550 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้เฉลี่ยร้อยละ 60.3 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 150 ถึง 350 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ในพิสัย 30 ถึง 70 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 80.1

ที่ความดันควบคุม 120 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 1,340 ถึง 1,380 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ในพิสัย 530 ถึง 550 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 60.2 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 300 ถึง 360 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 50 ถึง 75 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 81.0

ที่ความดันควบคุม 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 1,480 ถึง 1,500 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 530 ถึง 550 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้เฉลี่ยร้อยละ 63.5 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 350 ถึง 500 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 45 ถึง 65 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 86.9

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจน ของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี พบว่า การใช้ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่างกัน คือ 40, 80, 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูงประสิทธิภาพการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 57.4 เป็นร้อยละ 60.3 เป็นร้อยละ 60.2 และเป็นร้อยละ 63.5 ตามลำดับ และกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ประสิทธิภาพการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 72.9 เป็นร้อยละ 80.1 เป็นร้อยละ 81.0 และเป็นร้อยละ 86.9 ตามลำดับ ในรูปที่ 4.6 ได้เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจน ของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี ที่ค่าความดันควบคุมต่าง ๆ พบว่า แนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ มีประสิทธิภาพสูงกว่า กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด แอมโมเนียไนโตรเจน ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ

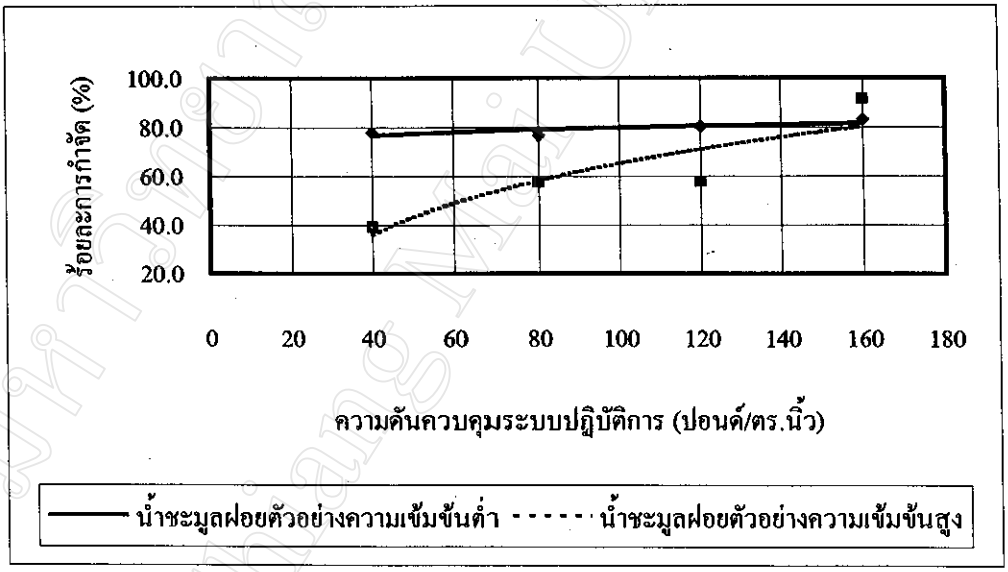
สำหรับประสิทธิภาพการกำจัดอินทรีย์ไนโตรเจน ที่ความดันควบคุม 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 250 ถึง 300 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 160 ถึง 170 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดอินทรีย์ไนโตรเจนได้เฉลี่ยร้อยละ 39.3 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 20 ถึง 70 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 2.0 ถึง 20.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 77.9

ที่ความดันควบคุม 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 350 ถึง 450 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 150 ถึง 200 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดอินทรีย์ไนโตรเจนได้เฉลี่ยร้อยละ 57.3 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 130 ถึง 150 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 25 ถึง 50 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 76.6

ที่ความดันควบคุม 120 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 400 ถึง 450 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 170 ถึง 190 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดอินทรีย์ไนโตรเจนได้เฉลี่ยร้อยละ 57.7 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 100 ถึง 200 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 15 ถึง 40 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 80.2

ที่ความดันควบคุม 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 180 ถึง 220 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 10 ถึง 25 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดอินทรีย์ไนโตรเจนได้เฉลี่ยร้อยละ 91.5 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 40 ถึง 90 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ในพิสัย 5.0 ถึง 15.0 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 83.0

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดอินทรีย์ไนโตรเจน ของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี พบว่า การใช้ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่างกัน คือ 40, 80, 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ประสิทธิภาพการกำจัดอินทรีย์ไนโตรเจน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 39.3 เป็นร้อยละ 57.3 เป็นร้อยละ 57.7 และเป็นร้อยละ 91.5 ตามลำดับ กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ประสิทธิภาพการกำจัดอินทรีย์ไนโตรเจน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 77.9 เป็นร้อยละ 76.6 เป็นร้อยละ 80.2 และเป็นร้อยละ 83.0 ตามลำดับ และในรูปที่ 4.7 ได้เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดอินทรีย์ไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี ที่ค่าความดันควบคุมต่าง ๆ พบว่า แนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดอินทรีย์ไนโตรเจน กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ มีประสิทธิภาพสูงกว่าในกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด อินทรีย์ไนโตรเจน ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ

สำหรับการศึกษาถึงประสิทธิภาพการกำจัดไนไตรทไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจน นั้น เนื่องจากน้ำชะมูลฝอยที่นำมาทำการศึกษา เป็นน้ำชะมูลฝอยที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบที่มีอายุไม่มาก ปริมาณไนโตรเจนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแอมโมเนียไนโตรเจน และอินทรีย์ไนโตรเจน ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในเบื้องต้น โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปไนไตรทไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน เฉลี่ยแล้วคิดเป็นเพียงร้อยละ 0.5 จากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยมาก ข้อมูลประสิทธิภาพการกำจัดของทั้งสองพารามิเตอร์ จึงจะไม่นำมาใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบ แต่ในการศึกษาก็ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าไว้ ดังนี้

ปริมาณไนไตรทไนโตรเจน ในน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าอยู่ในพิสัย 0.1 ถึง 10.0 มก./ล. หลังผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณไนไตรทไนโตรเจน อยู่ในพิสัย น้อยกว่า 0.01 ถึง 0.2 มก./ล. ส่วนปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี มีค่าอยู่ในพิสัย 0.05 ถึง 5.0 มก./ล. หลังผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจน อยู่ในพิสัย น้อยกว่า 0.01 ถึง 0.5 มก./ล.

4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอนินทรีย์ ของกระบวนการรีเวอร์สออสโมซีส กับ เมมเบรนแบบม้วนรูปก้นหอย

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอนินทรีย์ในน้ำชะมูลฝอย ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ 40, 80, 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ได้แสดงข้อมูลผลการศึกษาไว้ในภาคผนวก ข. และเนื่องจากไม่สามารถเตรียมน้ำชะมูลฝอยตัวอย่าง ให้มีลักษณะสมบัติเหมือนกันในแต่ละการทดลองได้ จึงจะพิจารณาเปรียบเทียบแนวโน้มของประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอนินทรีย์ ในรูปร้อยละการกำจัด ที่ค่าความดันควบคุมต่าง ๆ ตามกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง และน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ มีรายละเอียดของผลการศึกษา ดังนี้

4.2.1 การกำจัด คลอไรด์

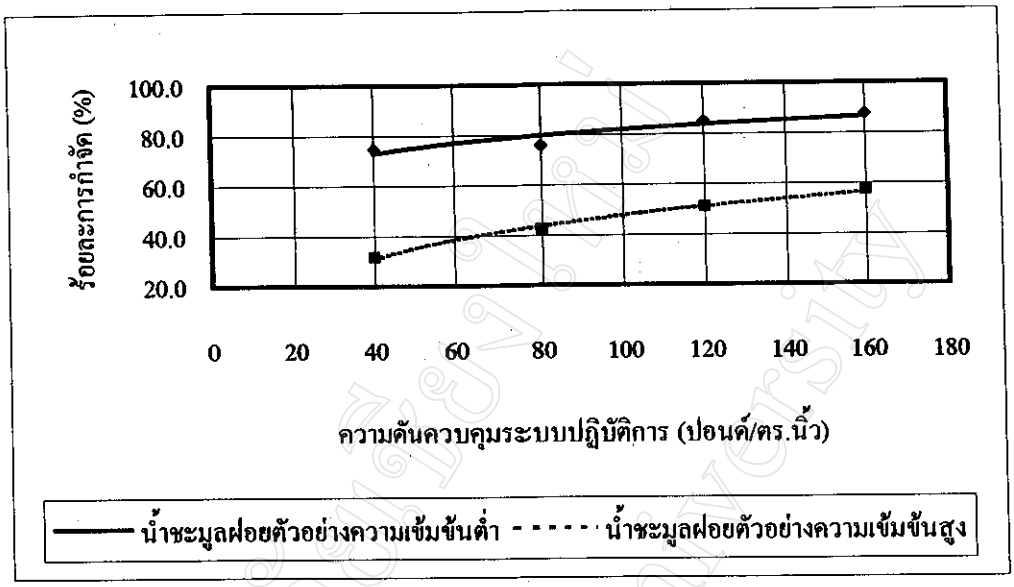
ที่ความดันควบคุม 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณคลอไรด์อยู่ในพิสัย 4,200 ถึง 4,500 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน มีปริมาณคลอไรด์อยู่ในพิสัย 2,900 ถึง 3,300 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดคลอไรด์ได้เฉลี่ยร้อยละ 31.7 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณคลอไรด์ อยู่ในพิสัย 150 ถึง 350 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณคลอไรด์ อยู่ในพิสัย 40 ถึง 100 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 74.6

ที่ความดันควบคุม 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณคลอไรด์อยู่ในพิสัย 3,900 ถึง 4,500 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน มีปริมาณคลอไรด์อยู่ในพิสัย 2,200 ถึง 2,800 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดคลอไรด์ได้เฉลี่ยร้อยละ 42.6 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณคลอไรด์ อยู่ในพิสัย 400 ถึง 850 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณคลอไรด์ อยู่ในพิสัย 100 ถึง 250 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 75.6

ที่ความดันควบคุม 120 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณคลอไรด์อยู่ในพิสัย 4,400 ถึง 5,800 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน มีปริมาณคลอไรด์อยู่ในพิสัย 2,200 ถึง 2,800 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดคลอไรด์ได้เฉลี่ยร้อยละ 50.8 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณคลอไรด์ อยู่ในพิสัย 600 ถึง 950 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณคลอไรด์ อยู่ในพิสัย 50 ถึง 200 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 85.1

ที่ความดันควบคุม 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณคลอไรด์อยู่ในพิสัย 4,400 ถึง 4,800 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน มีปริมาณคลอไรด์อยู่ในพิสัย 1,900 ถึง 2,100 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดคลอไรด์ได้เฉลี่ยร้อยละ 57.3 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีปริมาณคลอไรด์ อยู่ในพิสัย 750 ถึง 950 มก./ล. หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีปริมาณคลอไรด์ อยู่ในพิสัย 80 ถึง 160 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 87.5

จากผลการศึกษาน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี พบว่า การใช้ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่างกันคือ 40, 80, 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูงประสิทธิภาพการกำจัดคลอไรด์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 31.7 เป็นร้อยละ 42.6 เป็นร้อยละ 50.8 และเป็นร้อยละ 57.3 ตามลำดับ กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ประสิทธิภาพการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 74.6 เป็นร้อยละ 75.6 เป็นร้อยละ 85.1 และเป็นร้อยละ 87.5 ตามลำดับ และในรูปที่ 4.8 ได้เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดคลอไรด์ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ พบว่า กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ มีประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่ากรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง จะเห็นได้ว่า แนวโน้มของประสิทธิภาพการกำจัดคลอไรด์ จะขึ้นกับความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ และค่าความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในระบบ เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอินทรีย์



รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด คลอไรด์ ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ

4.2.2 การลด ค่าความเป็นด่างรวม

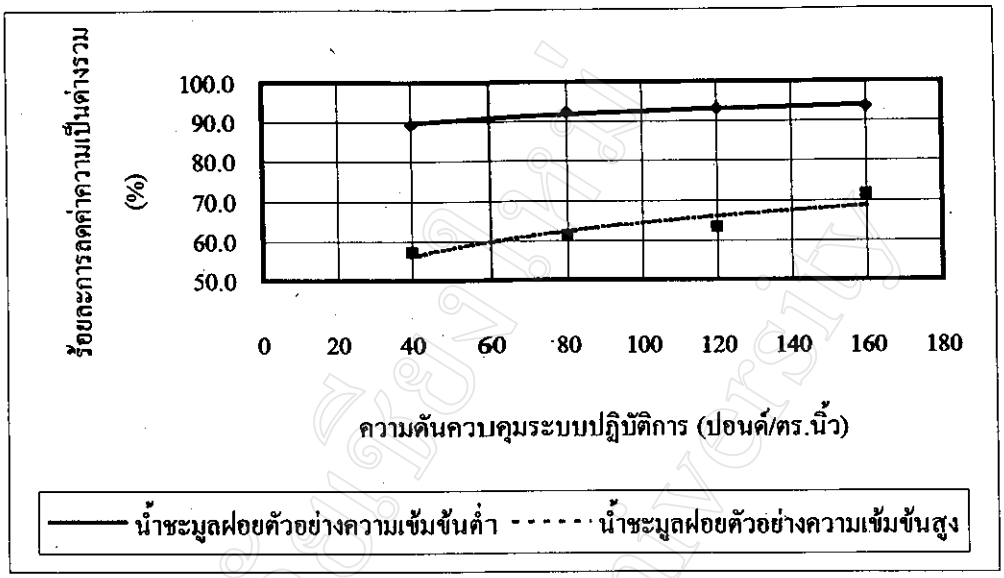
ที่ความดันควบคุม 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ในพิสัย 7,500 ถึง 7,800 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ในพิสัย 3,000 ถึง 3,500 มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการลดค่าความเป็นด่างรวมได้เฉลี่ยร้อยละ 57.3 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ในพิสัย 2,200 ถึง 3,100 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ในพิสัย 150 ถึง 400 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการลดค่าความเป็นด่างรวมได้เฉลี่ยร้อยละ 89.3

ที่ความดันควบคุม 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ในพิสัย 7,400 ถึง 7,600 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ในพิสัย 2,700 ถึง 3,200 มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการลดค่าความเป็นด่างรวมได้เฉลี่ยร้อยละ 61.2 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ในพิสัย 2,500 ถึง 4,000 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ในพิสัย 150 ถึง 400 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการลดค่าความเป็นด่างรวมได้เฉลี่ยร้อยละ 92.3

ที่ความดันควบคุม 120 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความเป็นด่างรวมมีค่าอยู่ในพิสัย 7,300 ถึง 7,600 มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ประมาณ 2,700 มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการลดค่าความเป็นด่างรวมได้เฉลี่ยร้อยละ 63.4 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ในพิสัย 1,700 ถึง 3,100 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ในพิสัย 100 ถึง 250 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการลดค่าความเป็นด่างรวมได้เฉลี่ยร้อยละ 93.1

ที่ความดันควบคุม 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความเป็นด่างรวม อยู่ในพิสัย 7,100 ถึง 7,700 มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ในพิสัย 1,800 ถึง 2,300 มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการลดค่าความเป็นด่างรวมได้เฉลี่ยร้อยละ 71.5 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ในพิสัย 1,800 ถึง 3,200 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความเป็นด่างรวมอยู่ในพิสัย 100 ถึง 250 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการลดค่าความเป็นด่างรวมได้เฉลี่ยร้อยละ 93.6

ในรูปที่ 4.9 ได้เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการลดค่าความเป็นด่างรวม ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่างกัน จะเห็นได้ว่า กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำมีประสิทธิภาพสูงกว่า กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการลดค่า ความเป็นด่างรวม ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ

จากผลการศึกษาน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี พบว่า การใช้ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่างกันคือ 40, 80, 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูงประสิทธิภาพการลดค่าความเป็นด่างรวม มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 57.3 เป็นร้อยละ 61.2 เป็นร้อยละ 63.4 และเป็นร้อยละ 71.5 ตามลำดับ กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำประสิทธิภาพมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 89.3 เป็นร้อยละ 92.3 เป็นร้อยละ 93.1 และเป็นร้อยละ 93.6 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า แนวโน้มของประสิทธิภาพการลดค่าความเป็นด่างรวม จะขึ้นกับความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ และค่าความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในระบบเช่นเดียวกับ คลอไรด์

4.2.3 การกำจัด ความกระด้างรวม

จากผลการศึกษา พบว่าในน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างมีค่าความเป็นด่างรวม สูงกว่าค่าความกระด้างรวม ดังนั้น ความกระด้างที่เกิดขึ้นจึงเป็นความกระด้างคาร์บอเนต หรือ ความกระด้างชั่วคราว โดยจะแยกพิจารณาในรูปของ ความกระด้างแคลเซียม (แคลเซียมคาร์บอเนต) และ ความกระด้างแมกนีเซียม (แมกนีเซียมคาร์บอเนต) ดังนี้

พิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแคลเซียม ที่ค่าความดันควบคุม 40 ปอนด์ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแคลเซ็ยมอยู่ในพิสัย 1,200 ถึง 1,300 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแคลเซียม อยู่ในพิสัย 20 ถึง 30 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็น ประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแคลเซียมได้เฉลี่ยร้อยละ 97.9 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแคลเซียมอยู่ในพิสัย 400 ถึง 600 มก./ลแคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแคลเซ็ยม อยู่ในพิสัย 1.0 ถึง 5.0 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 99.6

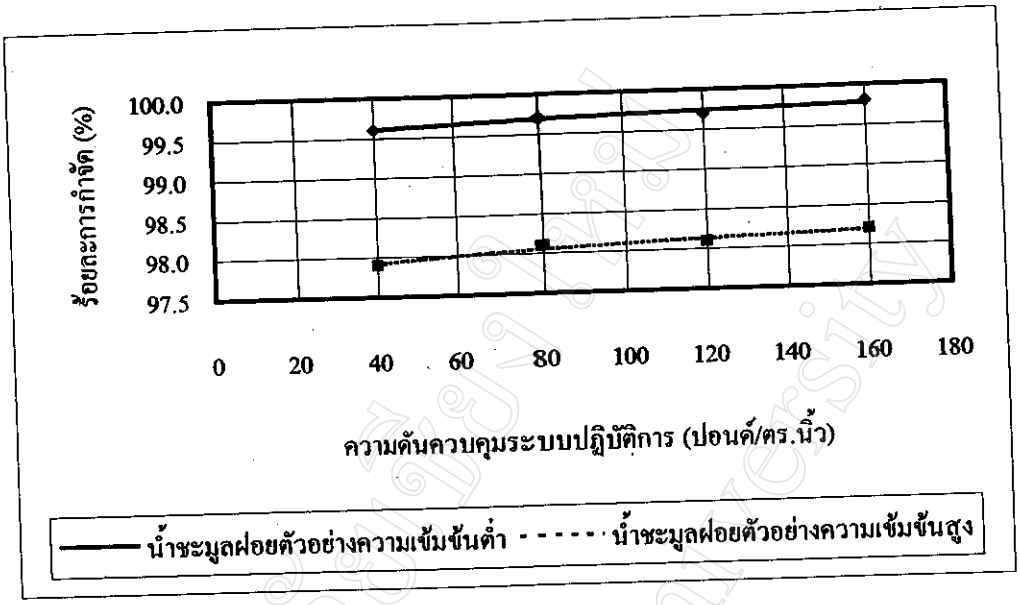
ที่ค่าความดันควบคุม 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแคลเซียมอยู่ในพิสัย 540 ถึง 600 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแคลเซียมอยู่ในพิสัย 10 ถึง 15 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแคลเซียมได้เฉลี่ยร้อยละ 98.1 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแคลเซียมอยู่ในพิสัย 300 ถึง 450 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแคลเซียม อยู่ในพิสัย 0.8 ถึง 1.6 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 99.7

ที่ค่าความดันควบคุม 120 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแคลเซียมอยู่ในพิสัย 850 ถึง 950 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแคลเซียมอยู่ในพิสัย 15 ถึง 20 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแคลเซียมได้เฉลี่ยร้อยละ 98.1 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแคลเซียมอยู่ในพิสัย 700 ถึง 850 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน

มีค่าความกระด้างแคลเซียม อยู่ในพิสัย 1.0 ถึง 5.0 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 99.7

ที่ค่าความดันควบคุม 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแคลเซียมอยู่ในพิสัย 900 ถึง 1,000 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแคลเซียมอยู่ในพิสัย 15 ถึง 20 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแคลเซียมได้เฉลี่ยร้อยละ 98.2 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแคลเซียมอยู่ในพิสัย 700 ถึง 900 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแคลเซียม อยู่ในพิสัย 1.0 ถึง 3.0 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 99.8

จากผลการศึกษาน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี พบว่า การใช้ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่างกันคือ 40, 80, 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแคลเซียมไม่แตกต่างกันและค่อนข้างคงที่ กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูงประสิทธิภาพการกำจัดคิดเป็นร้อยละ 97.9 ร้อยละ 98.1 ร้อยละ 98.1 และร้อยละ 98.2 ตามลำดับ และกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ประสิทธิภาพการกำจัดคิดเป็นร้อยละ 99.6 ร้อยละ 99.7 ร้อยละ 99.7 และร้อยละ 99.8 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากค่าความกระด้างแคลเซียมในน้ำชะมูลฝอยทั้ง 2 กรณี มีค่าอยู่ในพิสัยเดียวกัน คือ 300 ถึง 1,300 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต และประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าค่อนข้างสูงในทุกความดันควบคุม คิดเป็นร้อยละ 97.9 ถึงร้อยละ 99.8 ซึ่งถือว่าระบบปฏิบัติการสามารถกำจัดความกระด้างแคลเซียมได้เกือบทั้งหมดในช่วงค่าพิสัยดังกล่าว และในรูปที่ 4.10 ได้เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแคลเซียม ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่างกัน จะเห็นได้ว่า กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ มีประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่า กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูงเล็กน้อย



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด ความกระด้างแคลเซียม ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ

สำหรับประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแมกนีเซียม ที่ค่าความดันควบคุม 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแมกนีเซียมอยู่ในพิสัย 2,400 ถึง 2,600 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน มีค่าความกระด้างแมกนีเซียมอยู่ในพิสัย 100 ถึง 140 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแมกนีเซียมได้เฉลี่ยร้อยละ 95.3 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแมกนีเซียม อยู่ในพิสัย 650 ถึง 900 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแมกนีเซียม อยู่ในพิสัย 4.0 ถึง 10.0 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 99.1

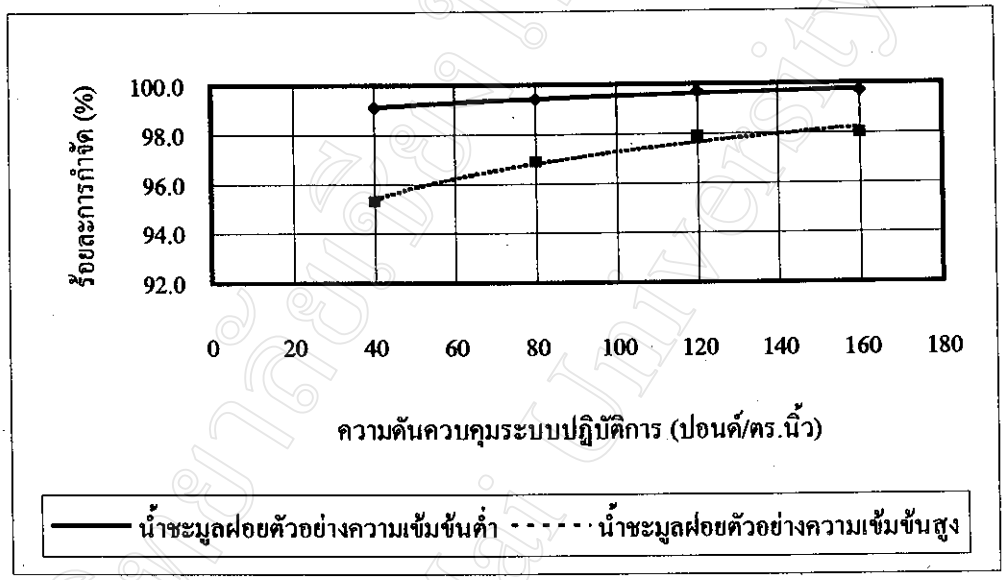
ที่ค่าความดันควบคุม 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแมกนีเซียมอยู่ในพิสัย 2,730 ถึง 2,790 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแมกนีเซียมอยู่ในพิสัย 80 ถึง 90 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแมกนีเซียมได้เฉลี่ยร้อยละ 96.9 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแมกนีเซียมอยู่ในพิสัย 500 ถึง 800 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแมกนีเซียม อยู่ในพิสัย 3.0 ถึง 5.0 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 99.4

ที่ค่าความดันควบคุม 120 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแมกนีเซียมอยู่ในพิสัย 1,300 ถึง 1,360 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแมกนีเซียมอยู่ในพิสัย 20 ถึง 30 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแมกนีเซียมได้เฉลี่ยร้อยละ 97.9 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแมกนีเซียมอยู่ในพิสัย 1,250 ถึง 1,650 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแมกนีเซียม อยู่ในพิสัย 3.0 ถึง 10.0 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 99.7

ที่ค่าความดันควบคุม 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูง ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแมกนีเซียมอยู่ในพิสัย 3,000 ถึง 3,200 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแมกนีเซียมอยู่ในพิสัย 50 ถึง 70 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแมกนีเซียมได้เฉลี่ยร้อยละ 98.0 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าความกระด้างแมกนีเซียมอยู่ในพิสัย 700 ถึง 1,200 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต หลังจากผ่านระบบปฏิบัติการ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าความกระด้างแมกนีเซียม อยู่ในพิสัย 2.0 ถึง 4.0 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 99.7

จากผลการศึกษาน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างทั้ง 2 กรณี พบว่า การใช้ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่างกันคือ 40, 80, 120 และ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแมกนีเซียม มีลักษณะเช่นเดียวกันกับประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแคลเซียม กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูงประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างแมกนีเซียมคิดเป็นร้อยละ 95.3 ร้อยละ 96.9 ร้อยละ 97.9 และร้อยละ 98.0 ตามลำดับ กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำประสิทธิภาพการกำจัดคิดเป็นร้อยละ 99.1 ร้อยละ 99.4 ร้อยละ 99.7 และร้อยละ 99.7

ตามลำดับ และในรูปที่ 4.11 ได้เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด ความกระด้างแมกนีเซียม ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่างกัน จะเห็นได้ว่า กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ มีประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่า กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นสูงเล็กน้อย



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด ความกระด้างแมกนีเซียม ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ

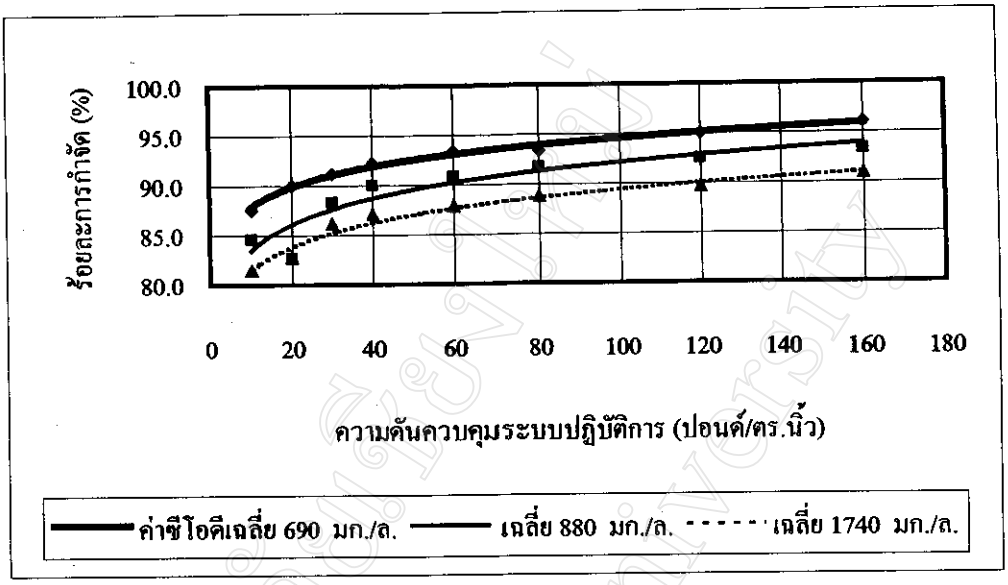
4.3 ผลของความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอินทรีย์

การศึกษาผลของความดันควบคุมระบบปฏิบัติการที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดได้แสดงข้อมูลไว้ในภาคผนวก ค. เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันควบคุม กับประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี ของแข็งละลายน้ำ ของแข็งแขวนลอย และประสิทธิภาพการลดค่าการนำไฟฟ้า พบว่า มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนี้

ก. <u>ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี</u> กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างมีค่า ซีโอดี เฉลี่ย 690 มก./ล. เมื่อเพิ่มค่าความดันควบคุมจาก 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 87.5 เป็นร้อยละ 96.0 กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างมีค่า ซีโอดี เฉลี่ย 880 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 84.5 เป็นร้อยละ 93.3 และกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างมีค่า ซีโอดี เฉลี่ย 1,740 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 81.4 เป็นร้อยละ 90.8 ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 4.5 และในรูปที่ 4.12 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี ที่ค่าความดันควบคุม 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี ที่ค่าความดันควบคุม 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว

ความดันควบคุม (ปอนด์/ตร.นิ้ว)	ค่า ซีโอดี เฉลี่ย 690 มก./ล.			ค่า ซีโอดี เฉลี่ย 880 มก./ล.			ค่า ซีโอดี เฉลี่ย 1,740 มก./ล.		
	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด
10	602	75	87.5	827	128	84.5	1,673	312	81.4
20	677	68	90.0	827	143	82.7	1,673	289	82.7
30	677	60	91.1	902	105	88.4	1,749	243	86.1
40	677	53	92.2	902	90	90.0	1,749	228	87.0
60	677	45	93.4	902	83	90.8	1,749	213	87.8
80	677	45	93.4	902	75	91.7	1,749	198	88.7
120	752	38	94.9	902	68	92.5	1,749	182	89.6
160	752	30	96.0	902	60	93.3	1,825	167	90.8



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ กับ ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี

จากรูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ จะเห็นได้ว่า การควบคุมความเข้มข้น ซีโอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นในระบบให้คงที่ เมื่อเพิ่มความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ มีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากการควบคุมความเข้มข้นน้ำตัวอย่างเข้มข้นในระบบให้คงที่ ค่าความดันออสโมติคในระบบจะมีค่าคงที่ การเพิ่มความดันควบคุมระบบปฏิบัติการจะมีผลต่อการเพิ่มอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนโดยตรง และเป็นผลทำให้ชั้น Concentration Poralize มีการเรียงตัวกันอย่างสม่ำเสมอและมีความหนาแน่นสูงขึ้น อนุภาคต่าง ๆ จะสามารถแพร่ผ่านเมมเบรนได้น้อยลง ในขณะที่น้ำสามารถแพร่ผ่านเมมเบรนได้มากขึ้นตามแรงกระทำจากความดันในระบบ และสามารถแพร่ผ่านเมมเบรนได้ดีกว่าอนุภาคเหล่านั้น จึงทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าสูงขึ้น

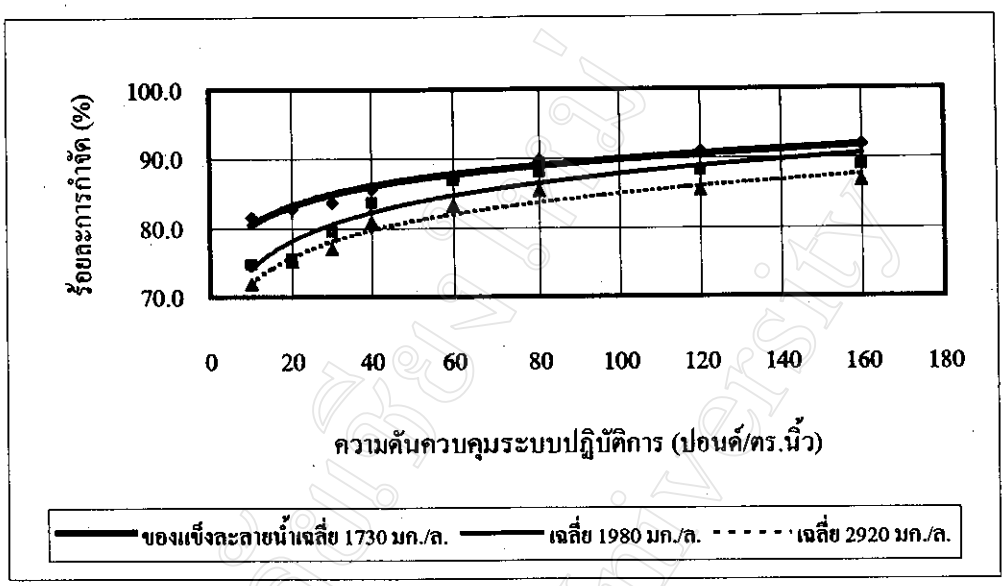
ส่วนการใช้น้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่า มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดเช่นกัน กล่าวคือ ที่น้ำตัวอย่างมีค่าความเข้มข้นซีโอดี เฉลี่ย 690 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดจะสูงกว่า ที่ค่าความเข้มข้นซีโอดี เฉลี่ย 880 มก./ล. และสูงกว่าที่ค่าความเข้มข้นซีโอดี เฉลี่ย 1,740 มก./ล. เนื่องจากในน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นนั้น ค่าความดันออสโมติคในระบบ

ก็จะมีค่าสูงขึ้น ทำให้อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนมีค่าลดลง และปริมาณอนุภาคต่าง ๆ ที่มากขึ้นก็มีผลทำให้เกิดการแพร่ผ่านเมมเบรนมากขึ้น จึงทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าลดลง

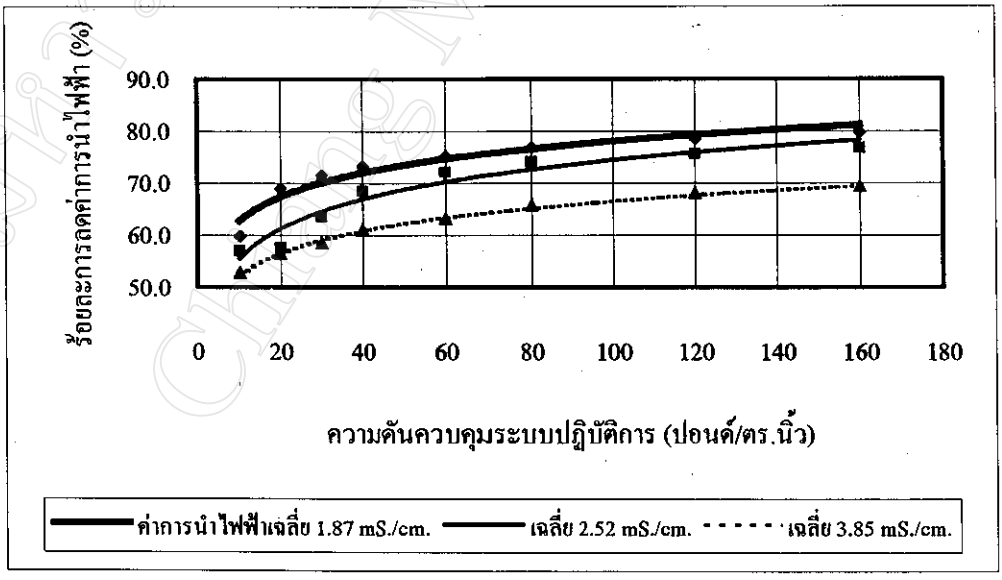
ดังนั้น ความดันควบคุมในระบบปฏิบัติการ และความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่าง จึงมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด กล่าวคือ การเพิ่มความดันควบคุมระบบปฏิบัติการจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าสูงขึ้น ในทางกลับกันถ้าน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในระบบมีความเข้มข้นสูงขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดจะมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Angelo, C. et al. (1998) ในหน้าที่ 27 คือ เมื่อควบคุมค่าความเข้มข้นน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างในระบบให้คงที่ ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี จะขึ้นกับค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ

ข. <u>ประสิทธิภาพการกำจัด ของแข็งละลายน้ำ</u> กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างมีปริมาณของแข็งละลายน้ำเฉลี่ย 1,730 มก./ล. มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 1.87 mS./cm. เมื่อเพิ่มความดันควบคุมจาก 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ประสิทธิภาพการกำจัด ของแข็งละลายน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 81.5 เป็นร้อยละ 91.9 เป็นผลทำให้การลดค่าการนำไฟฟ้า มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 59.8 เป็นร้อยละ 79.8 ที่ปริมาณของแข็งละลายน้ำ เฉลี่ย 1,980 มก./ล. มีค่าการนำไฟฟ้า เฉลี่ย 2.52 mS./cm. เมื่อเพิ่มความดันควบคุมจาก 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ประสิทธิภาพการกำจัด ของแข็งละลายน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 74.7 เป็นร้อยละ 88.9 การลดค่าการนำไฟฟ้า มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 57.0 เป็นร้อยละ 76.8 และที่ปริมาณของแข็งละลายน้ำ เฉลี่ย 2,920 มก./ล. มีค่าการนำไฟฟ้า เฉลี่ย 3.85 mS./cm. เมื่อเพิ่มความดันควบคุมจาก 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ประสิทธิภาพการกำจัด ของแข็งละลายน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 71.8 เป็นร้อยละ 86.6 การลดค่าการนำไฟฟ้า มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 52.7 เป็นร้อยละ 69.3

ในรูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งละลายน้ำ ที่ค่าความดันควบคุม 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว และในรูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดค่าการนำไฟฟ้า ที่ค่าความดันควบคุม 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งละลายน้ำ และประสิทธิภาพการลดค่าการนำไฟฟ้า มีลักษณะเช่นเดียวกันกับ ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี ที่ได้กล่าวไปแล้วในเบื้องต้น

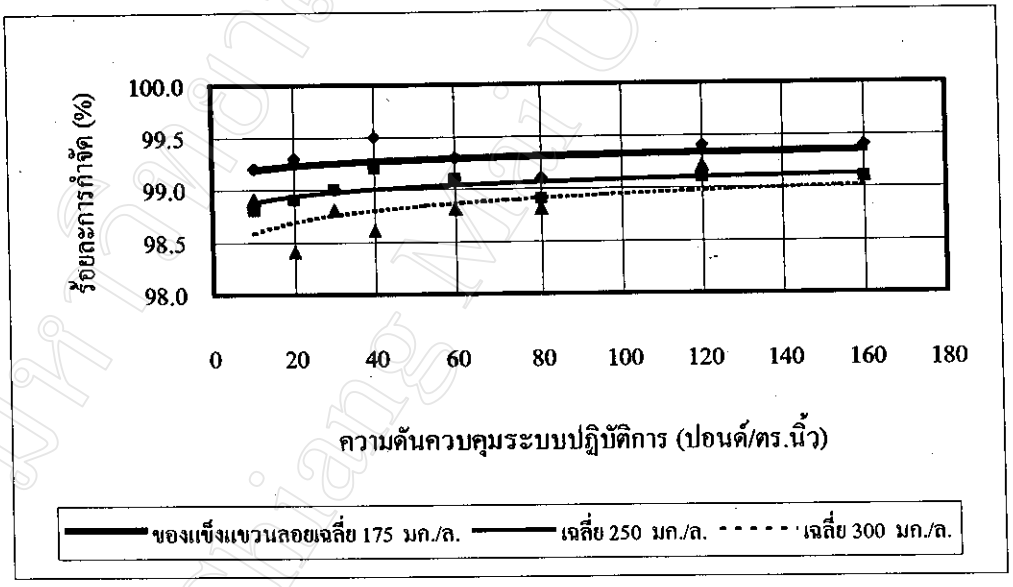


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ กับ ประสิทธิภาพการกำจัด ของแข็งละลายน้ำ



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ กับ ประสิทธิภาพการลดค่าการนำไฟฟ้า

ค. <u>ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย</u> กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างมีปริมาณของแข็งแขวนลอย เฉลี่ย 175 มก./ล. เมื่อเพิ่มความดันควบคุมจาก 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 99.2 เป็นร้อยละ 99.4 ที่ปริมาณของแข็งแขวนลอย เฉลี่ย 250 มก./ล. เมื่อเพิ่มความดันควบคุมจาก 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 98.8 เป็นร้อยละ 99.1 และที่ปริมาณของแข็งแขวนลอย เฉลี่ย 300 มก./ล. เมื่อเพิ่มความดันควบคุมจาก 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 98.9 เป็นร้อยละ 99.1 และในรูปที่ 4.15 ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัด ของแข็งแขวนลอย ที่ค่าความดันควบคุม 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว จะเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยจะมีค่าเพิ่มขึ้น และกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างมีปริมาณของแข็งแขวนลอยสูงขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดจะมีค่าลดลง



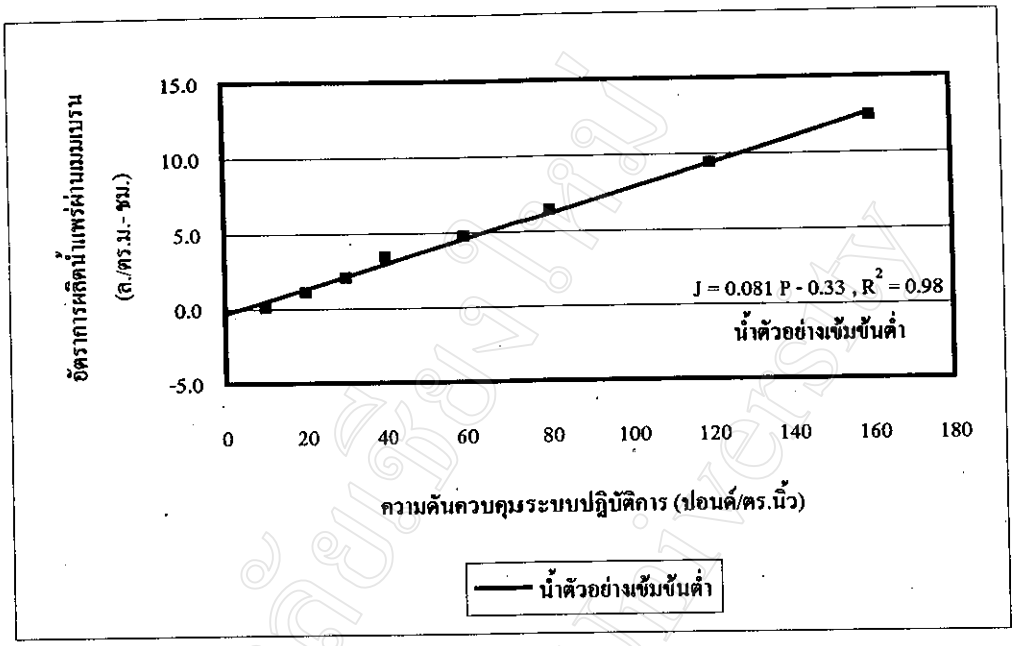
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ กับ ประสิทธิภาพการกำจัด ของแข็งแขวนลอย

4.3.1 ค่าคงที่ของเมมเบรน สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย (น้ำ)

การหาค่าคงที่ของเมมเบรน สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย (น้ำ) ได้แสดงผลการศึกษาไว้ในภาคผนวก ค. ในการเดินระบบปฏิบัติการด้วยน้ำประปา ขณะเริ่มเดินเครื่องระบบปฏิบัติการ ค่าความดันที่อ่านได้จากมาตรวัดความดันของแบบจำลองมีค่าเป็นศูนย์ พบว่า ระบบปฏิบัติการสามารถผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนได้ คิดเป็น 2.6 ล./ตร.ม.-ชม. ทั้งนี้ เป็นผลมาจากความดันในระบบที่เกิดจาก เครื่องสูบน้ำความดันสูงของแบบจำลอง ดังนั้น ค่าอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนที่จะใช้หาค่าคงที่จะต้องปรับแก้ค่า โดยหักลบด้วยค่าอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนที่เกิดขึ้นเนื่องจากผลของความดันดังกล่าว ในตารางที่ 4.6 เป็นค่าอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนที่ค่าความดันควบคุมต่าง ๆ ที่ปรับแก้แล้ว และในรูปที่ 4.16 ได้แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าความดันควบคุมกับอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนที่ปรับแก้แล้ว ของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ

ตารางที่ 4.6 อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ที่ปรับแก้แล้ว

ความดัน (ปอนด์/ตร.นิ้ว)	อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน (ล./ตร.ม.-ชม.)		
	น้ำตัวอย่าง ความเข้มข้นต่ำ	น้ำตัวอย่าง ความเข้มข้นปานกลาง	น้ำตัวอย่าง ความเข้มข้นสูง
10	0.07	- 0.60	- 1.27
20	1.07	0.40	- 0.60
30	2.07	1.07	0.07
40	3.40	1.73	0.40
60	4.73	3.07	2.40
80	6.40	4.40	3.40
120	9.40	8.07	6.73
160	12.4	11.07	9.73



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดันควบคุม กับอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ

จากรูปที่ 4.16 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง ค่าความดันควบคุมกับอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนที่ปรับแก้แล้ว ของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ มีรูปสมการ คือ

$$J = 0.081\,P - 0.33 \qquad (20)$$

โดย J = อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน

P = ค่าความดันที่กระทำโดยตรงต่อระบบ (Applied Pressure)

ในกระบวนการรีเวอร์สออสโมซีส แรงดันหรือแรงกระทำ ที่ทำให้อัตราการแพร่ผ่านเมมเบรนอยู่ในสภาวะสมดุล เรียกว่า แรงดันออสโมติค นั่นคือ ที่ค่าอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนเป็นศูนย์ ค่าความดันที่กระทำโดยตรงต่อระบบจะมีค่าเท่ากับ ค่าความดันออสโมติค (π) และในการศึกษาครั้งนี้ได้ สมมติให้ค่าความดันออสโมติคของน้ำประปาที่ใช้เจือจางน้ำชะมูลฝอยมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้น จากสมการที่ (20) เมื่อแทนค่าความสัมพันธ์ดังกล่าว จะสามารถหาค่าความดันออสโมติคกรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำได้เป็น

$$0 = 0.081\,\pi - 0.33 \quad (21)$$

$$\pi = 4.07 \text{ ปอนด์/ตร.นิ้ว}$$

จากสมการที่ (18) แทนค่า (π) และแทนค่าพจน์ (J) ด้วยสมการที่ (20) จะได้ว่า

$$J = A * (P - \pi) \quad (18)$$

$$0.081\,P - 0.33 = A * (P - 4.07) \quad (22)$$

$$0.081\,(P - 4.07) = A * (P - 4.07) \quad (23)$$

$$A = 0.081$$

ดังนั้น ในกรณีน้ำชะมูลฝอยความเข้มข้นต่ำ สามารถเขียนความสัมพันธ์ตามสมการที่ (18) ได้เป็น

$$J = 0.081 * (P - 4.07) \quad (24)$$

จากสมการที่ (24) เขียนความสัมพันธ์ในรูปหน่วยวัดมาตรฐานได้เป็น

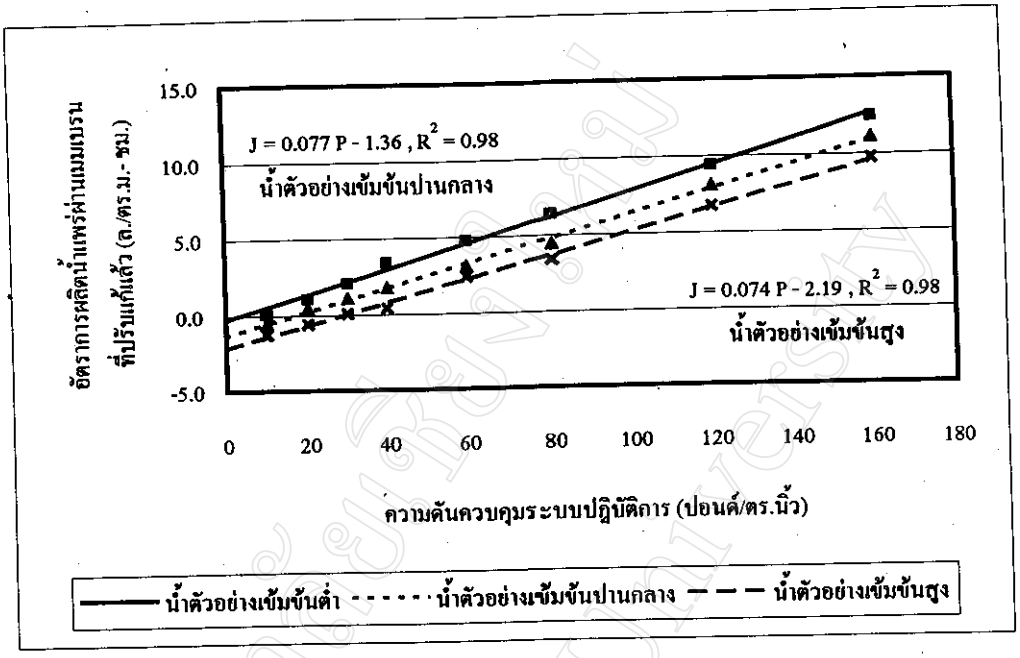
$$J = (1.15 * 10^{-4}) * \{P - (2.87 * 10^{3})\} \quad (25)$$

โดย J = อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน (ล./ตร.ม.-ชม.)

P = ค่าความดันที่กระทำโดยตรงต่อระบบ (กก./ตร.ม.)

$A = 1.15 * 10^{-4}$ (ล./กก.-ชม.)

การเปลี่ยนรูปสมการให้อยู่ในรูปหน่วยวัดมาตรฐาน ได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ฉ. สำหรับ กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นปานกลาง และความเข้มข้นสูง ได้เปรียบเทียบความสัมพันธ์ไว้ในรูปที่ 4.17 โดยสามารถหาค่าคงที่ (A) และค่าความดันออสโมติคได้ในทำนองเดียวกัน ในตารางที่ 4.7 เป็นค่าคงที่ (A) และค่าความดันออสโมติค ของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่าง ๆ และคิดเป็นค่าคงที่ (A) เฉลี่ย $1.10 * 10^{-4}$ ล./กก.-ชม. ในช่วงค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ $7.05 * 10^{3}$ ถึง $112.7 * 10^{3}$ กก./ตร.ม. (10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว.) และน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างมีช่วงค่า ซีโอดี อยู่ในพิสัย 600 ถึง 1,850 มก./ล.



รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ กับ อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนที่ปรับแก้แล้ว ของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่าง ๆ

ตารางที่ 4.7 ค่าคงที่ (A) สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย (น้ำ)

น้ำตัวอย่าง ความเข้มข้น	รูปสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น $J_1 = A * (P - \pi)$	ความดันออสโมติค (กก./ตร.ม.)	ค่าคงที่ (A) (ล./กก.-ชม.)
ต่ำ	$J = (1.15 * 10^{-4}) * \{P - (2.87 * 10^{3})\}$	$2.87 * 10^{3}$	$1.15 * 10^{-4}$
ปานกลาง	$J = (1.09 * 10^{-4}) * \{P - (12.4 * 10^{3})\}$	$12.4 * 10^{3}$	$1.09 * 10^{-4}$
สูง	$J = (1.05 * 10^{-4}) * \{P - (20.8 * 10^{3})\}$	$20.8 * 10^{3}$	$1.05 * 10^{-4}$
เฉลี่ย			$1.10 * 10^{-4}$

4.4 ค่าคงที่ของเมมเบรน สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย

การศึกษาหาค่าคงที่ของเมมเบรน สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย ได้แสดงผลการศึกษาไว้ในภาคผนวก ง. ในตารางที่ 4.8 แสดงค่าความเข้มข้นซีโอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น และในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนที่ช่วงเวลาต่าง ๆ และในรูปที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นซีโอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับค่าความเข้มข้นซีโอดี ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน พบว่า เมื่อน้ำตัวอย่างเข้มข้นในระบบ มีค่าความเข้มข้นซีโอดีสูงขึ้น น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน จะมีค่าความเข้มข้นซีโอดีสูงขึ้นเช่นกัน เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Koottatep, S. (1979) จากสมการการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย สมการที่ (19) ที่ได้กล่าวไว้ในเบื้องต้น คือ

$$J_2 = - B * \Delta C_{2S} \qquad (19)$$

ในระบบปฏิบัติการที่มีอัตราการไหลต่อเนื่อง (Continuous Flow) สามารถแทนพจน์ อัตราการไหล (J_2) ด้วยค่าความเข้มข้นของตัวถูกละลายในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน Koottatep, S. (1979) ดังนั้น จากสมการที่ (19) สามารถเปลี่ยนรูปความสัมพันธ์ใหม่ได้เป็น

$$C_P = (B^*) * (C_C - C_P) \qquad (26)$$

หรือ $$C_P = [\, B^*/(1+B^*) \,] * C_C \qquad (27)$$

โดย C_P = ค่าความเข้มข้นของตัวถูกละลายในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน

C_C = ค่าความเข้มข้นของตัวถูกละลายในน้ำตัวอย่างเข้มข้น

B^* = ค่าคงที่

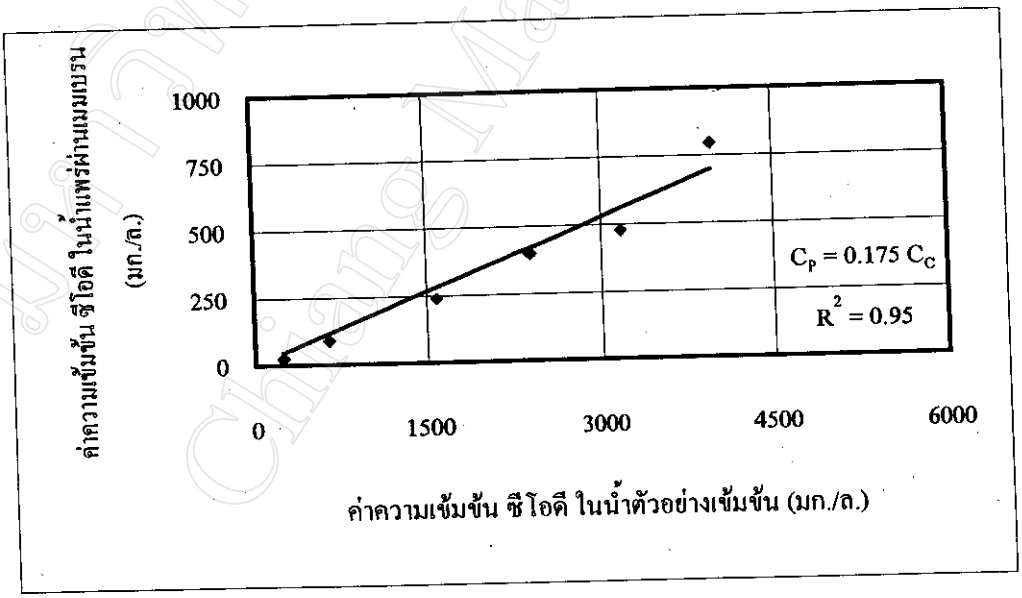
จากสมการที่ (27) เขียนความสัมพันธ์ใหม่ได้เป็น

$$C_P = (\beta) * C_C \qquad (28)$$

โดย (β) = ค่าคงที่ของเมมเบรนสำหรับการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย

ตารางที่ 4.8 ค่าซีโอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น และ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ

เวลา (นาที)	ค่าซีโอดี (มก./ล.)		
	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด
60	238	24	89.9
120	635	87	86.3
180	1,587	238	85.0
240	2,381	397	83.3
300	3,175	476	85.0
360	3,968	794	80.0



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นซีโอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ค่าความเข้มข้น ซีโอดี ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน

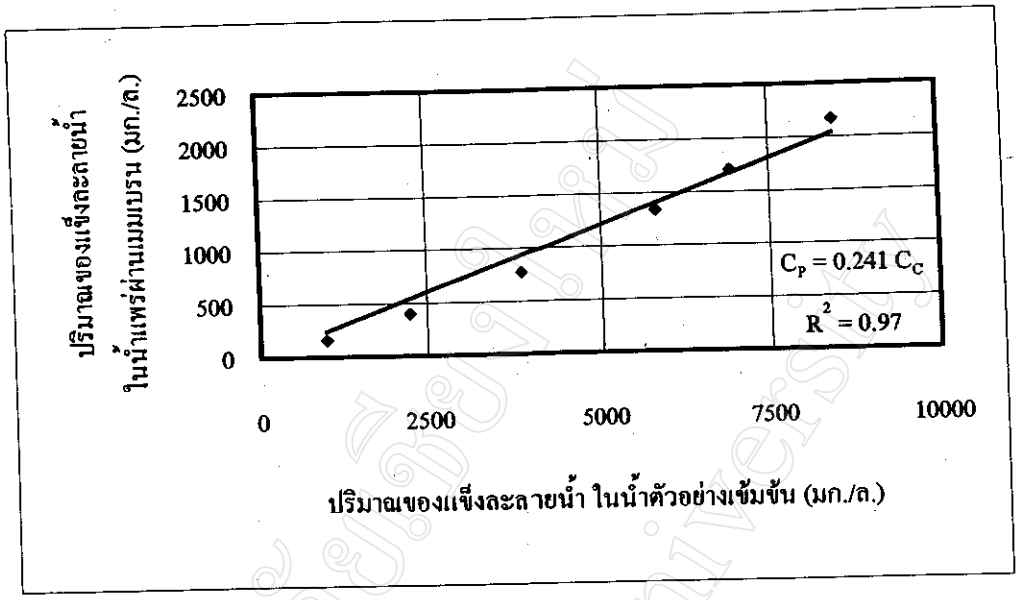
จากความสัมพันธ์เชิงเส้น ระหว่างค่าความเข้มข้นซีโอดีในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับค่าความเข้มข้นซีโอดีในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ที่แสดงในรูปที่ 4.18 สามารถหาค่าคงที่ของเมมเบรน (β) สำหรับการเคลื่อนที่ของ ซีโอดี ได้จากค่าความชันของเส้นกราฟ คือ

$$C_P = 0.175\, C_C \qquad (29)$$

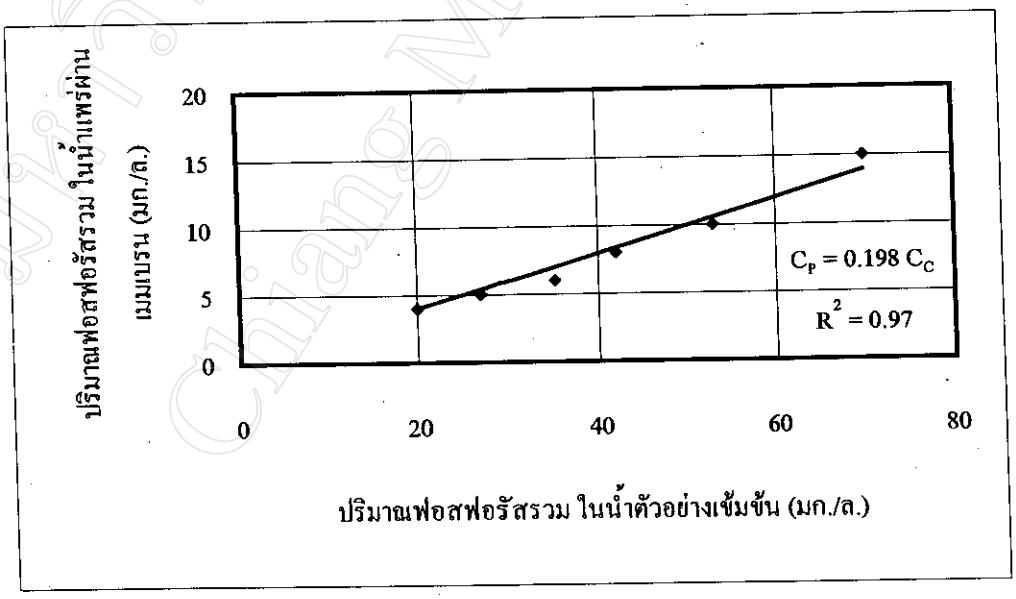
ค่าคงที่ของเมมเบรน (β) สำหรับการเคลื่อนที่ของ ซีโอดี เท่ากับ 0.175 สำหรับพารามิเตอร์อื่น ๆ ได้แสดงค่าคงที่ไว้ในตารางที่ 4.9 และในรูปที่ 4.19 ถึงรูปที่ 4.27 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของแต่ละพารามิเตอร์

ตารางที่ 4.9 ค่าคงที่ (β) สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย

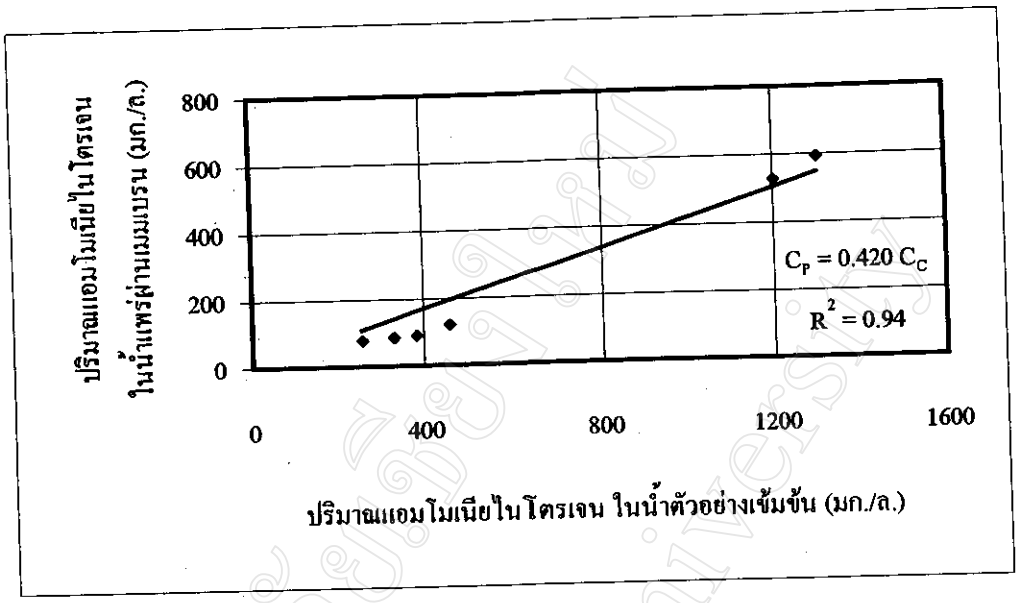
พารามิเตอร์	รูปแบบสมการ ($C_P = \beta * C_C$)	R^2	ค่าคงที่ (β)	พิสัย
ซีโอดี	$C_P = 0.175 * C_C$	0.95	0.175	$200 \le C_C \le 4,000$
ของแข็งละลายน้ำ	$C_P = 0.241 * C_C$	0.97	0.241	$900 \le C_C \le 8,500$
ฟอสฟอรัสรวม	$C_P = 0.198 * C_C$	0.97	0.198	$20 \le C_C \le 70$
แอมโมเนียไนโตรเจน	$C_P = 0.420 * C_C$	0.94	0.420	$250 \le C_C \le 1,300$
อินทรีย์ไนโตรเจน	$C_P = 0.312 * C_C$	0.90	0.312	$20 \le C_C \le 450$
คลอไรด์	$C_P = 0.543 * C_C$	0.96	0.543	$250 \le C_C \le 4,300$
ความเป็นด่างรวม	$C_P = 0.090 * C_C$	0.84	0.090	$1,100 \le C_C \le 3,800$
ความกระด้างแคลเซียม	$C_P = 0.027 * C_C$	0.90	0.027	$250 \le C_C \le 1,000$
ความกระด้างแมกนีเซียม	$C_P = 0.028 * C_C$	0.82	0.028	$350 \le C_C \le 2,700$
การนำไฟฟ้า	$C_P = 0.453 * C_C$	0.94	0.453	$1.0 \le C_C \le 8.0$



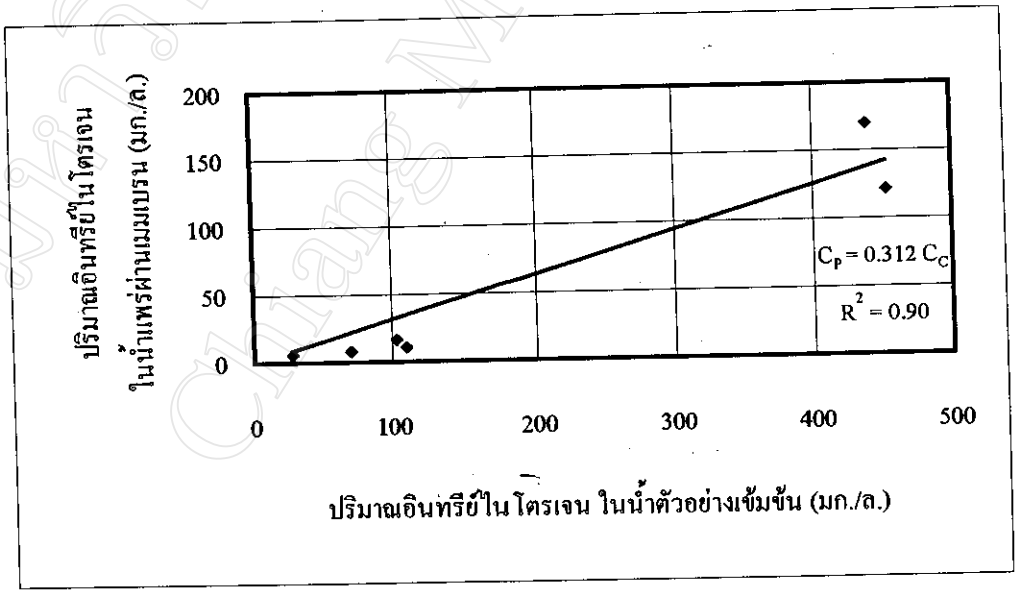
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณของแข็งละลายน้ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ปริมาณของแข็งละลายน้ำ ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน



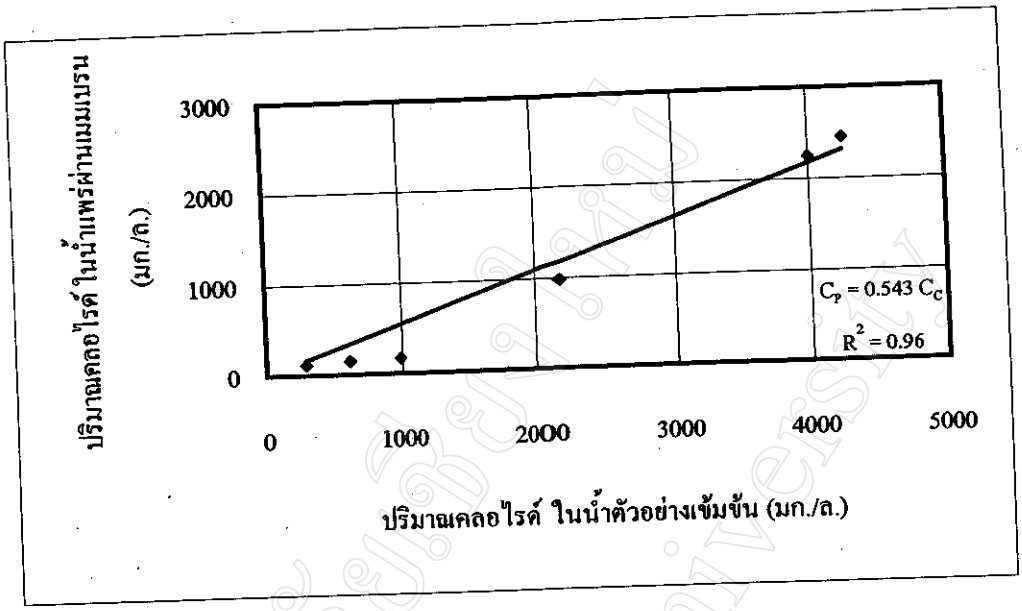
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน



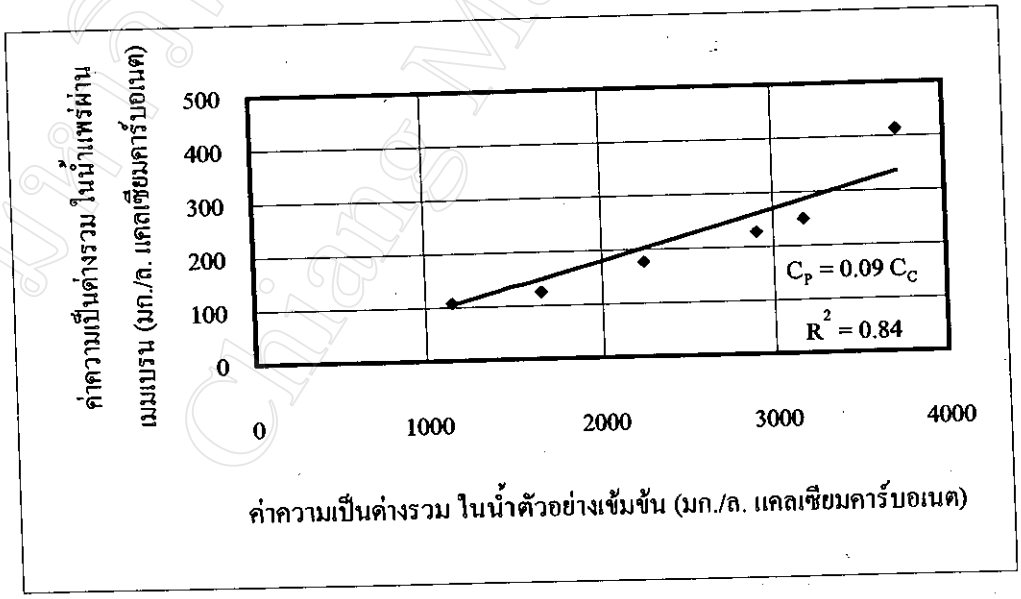
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน



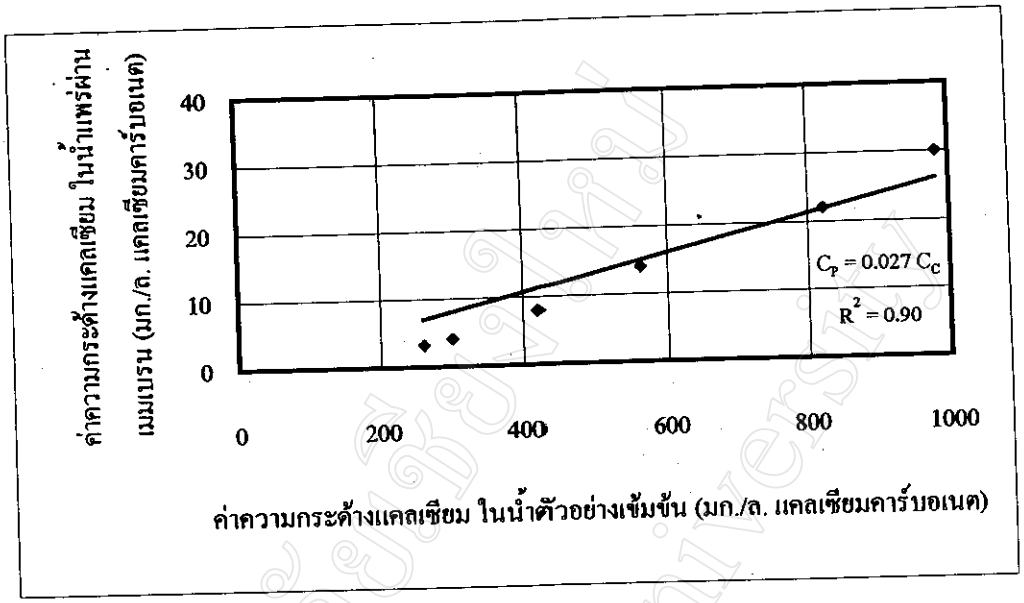
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน



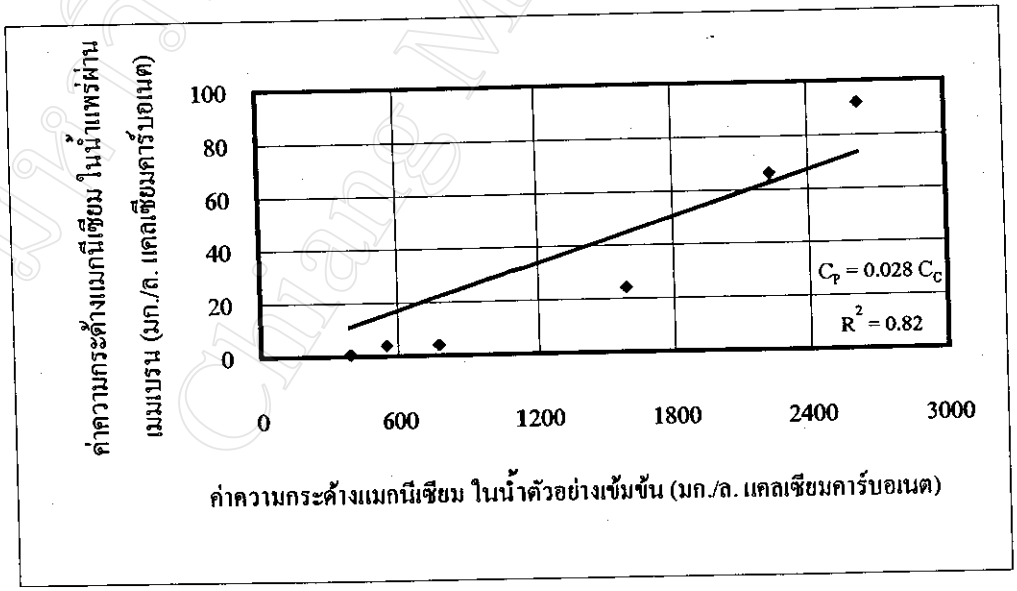
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณคลอไรด์ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ปริมาณคลอไรด์ ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน



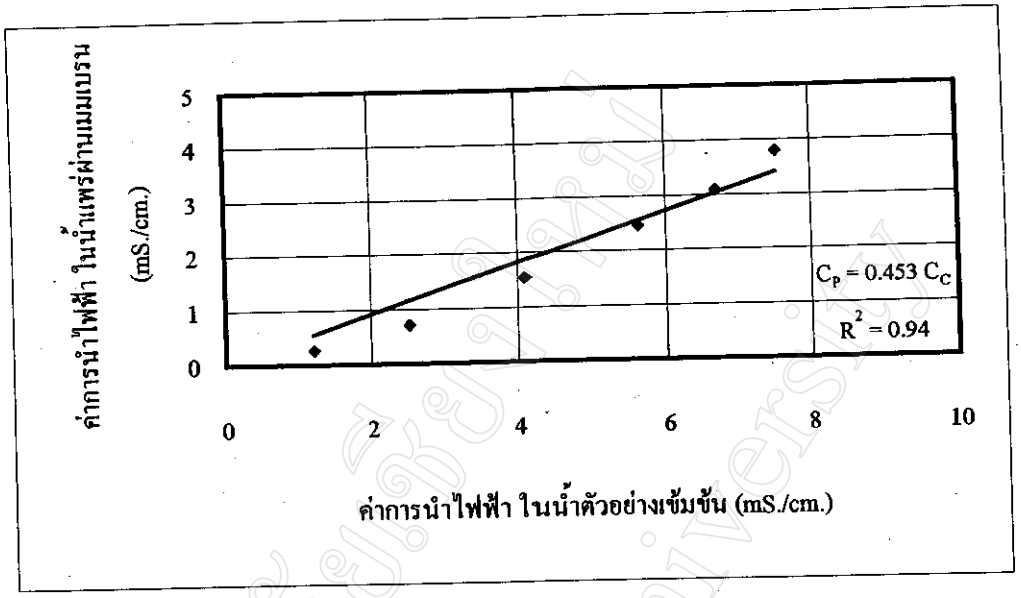
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเป็นด่างรวม ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ค่าความเป็นด่างรวม ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความกระด้างแคลเซียม ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ค่าความกระด้างแคลเซียม ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความกระด้างแมกนีเซียม ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ค่าความกระด้างแมกนีเซียม ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการนำไฟฟ้า ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ค่าการนำไฟฟ้า ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

การหาค่าคงที่ของเมมเบรนสำหรับการเคลื่อนที่ของสี พบว่า ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นที่มีค่าความเข้มสี พิสัย 20 ถึง 300 หน่วยสี วัดค่าความเข้มสีในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนได้น้อยกว่า 5 หน่วยสี ส่วนในน้ำตัวอย่างเข้มข้นที่มีค่าความเข้มสีมากกว่า 300 หน่วยสีขึ้นไป ค่าความเข้มสีในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนสามารถวัดค่าได้โดยจะมีค่าสูงขึ้น เมื่อค่าความเข้มสีในน้ำตัวอย่างเข้มข้นมีค่าสูงขึ้น ดังผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.10

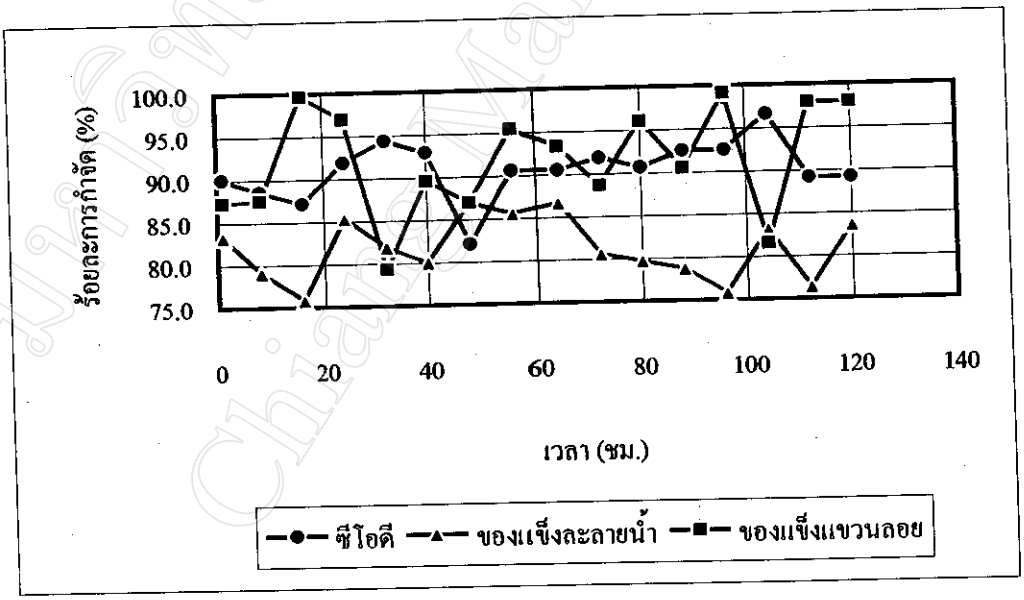
ตารางที่ 4.10 ค่าความเข้มสี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น และ ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ

เวลา (นาที)	ค่าความเข้มสี (หน่วยสี)		
	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด
60	20	น้อยกว่า 5	มากกว่า 75
120	150	น้อยกว่า 5	มากกว่า 96
180	300	น้อยกว่า 5	มากกว่า 98
240	400	5	98.8
300	500	10	98.0
360	500	10	98.0

ดังนั้น จากผลการศึกษาดังกล่าวจะไม่นำไปคิดหาค่าความสัมพันธ์ในรูปของ ค่าคงที่สำหรับการเคลื่อนที่ของสี แต่สามารถหาความสัมพันธ์ในเบื้องต้น ระหว่างค่าความเข้มสีในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับค่าความเข้มสีในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนได้ คือ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้นที่มีค่าความเข้มสี พิสัย 20 ถึง 300 หน่วยสี จะสามารถวัดค่าความเข้มสีในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนได้น้อยกว่า 5 หน่วยสี ส่วนในน้ำตัวอย่างเข้มข้นที่มีค่าความเข้มสี 400 และ 500 หน่วยสี จะสามารถวัดค่าความเข้มสีในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนได้ 5 และ 10 หน่วยสี ตามลำดับ

4.5 ผลการศึกษาการเดินระบบปฏิบัติการ ที่มีช่วงระยะเวลายาวนาน

การศึกษาการเดินระบบที่ค่าความดันควบคุมคงที่ 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว. ในช่วงระยะเวลายาวนาน ได้แสดงผลการศึกษาไว้ในภาคผนวก จ. ในตารางที่ 4.11 แสดงค่าอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ในรูป ซีโอดี ของแข็งละลายน้ำ และของแข็งแขวนลอย ที่ระยะเวลาเดินระบบปฏิบัติการต่าง ๆ และในรูปที่ 4.28 ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัด กับระยะเวลาเดินระบบปฏิบัติการ จะเห็นได้ว่า การเดินระบบปฏิบัติการที่มีระยะเวลายาวนาน ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี ของแข็งละลายน้ำ และของแข็งแขวนลอย โดยมีประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี อยู่ในพิสัยร้อยละ 82.1 ถึงร้อยละ 96.6 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี ได้เฉลี่ยร้อยละ 90.8 มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งละลายน้ำ อยู่ในพิสัยร้อยละ 75.8 ถึงร้อยละ 89.0 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 81.6 มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย อยู่ในพิสัยร้อยละ 79.3 ถึงร้อยละ 99.7 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 93.5



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลาเดินระบบปฏิบัติการ กับ ประสิทธิภาพการกำจัด

ตารางที่ 4.11 อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และร้อยละการกำจัด ซีโอดี ของแข็งละลายน้ำ และของแข็งแขวนลอย ในการเดินระบบปฏิบัติการช่วงระยะเวลายาวนาน

เวลา (ชม.)	อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน (ล./ตร.ม.-ชม.)	ค่า ซีโอดี (มก./ล.)			ปริมาณของแข็งละลายน้ำ (มก./ล.)			ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
		น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด
0	13.67									
1	13.67	1,556	156	90.0	3,486	582	83.3	59	7.5	87.3
8	13.00	1,481	170	88.5	3,468	725	79.1	277	34.5	87.5
8	13.00									
9	12.33	1,690	197	88.3	3,737	727	80.5	398	3.0	99.2
16	11.67	1,690	218	87.1	4,075	988	75.8	340	1.5	99.6
16	12.33									
17	12.00	1,761	127	92.8	3,771	605	84.0	289	4.5	98.4
24	11.67	1,831	148	91.9	3,746	551	85.3	289	9.0	96.9
24	11.33									
25	11.00	986	63	93.6	2,238	423	81.1	82	2.0	97.6
32	10.67	986	56	94.3	2,548	462	81.9	87	18.0	79.3
32	9.67									
33	9.33	935	72	92.3	2,418	502	79.2	227	8.0	96.5
40	9.33	1,007	72	92.9	2,494	499	80.0	106	11.0	89.6

ตารางที่ 4.11 อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และร้อยละการกำจัด ซีโอดี ของแข็งละลายน้ำ และของแข็งแขวนลอย ในการเดินระบบปฏิบัติการช่วงระยะเวลายาวนาน (ต่อ)

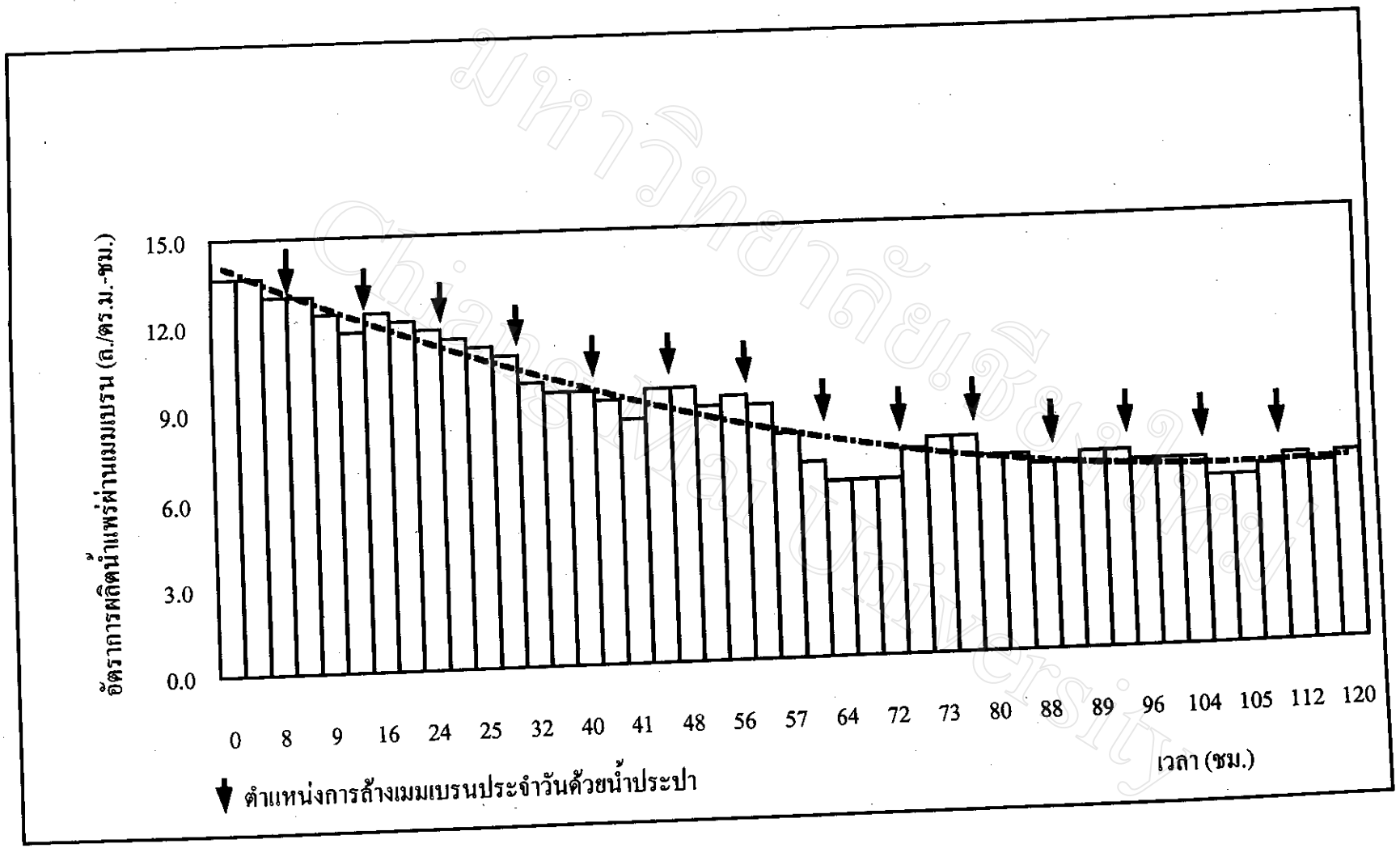
เวลา (ชม.)	อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน (ล./ตร.ม.-ชม.)	ค่า ซีโอดี (มก./ล.)			ปริมาณของแข็งละลายน้ำ (มก./ล.)			ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
		น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด
40	9.00									
41	8.33	6,906	1,158	83.2	5,258	577	89.0	67	2.5	96.2
48	9.33	6,619	1,187	82.1	5,106	668	86.9	54	7.0	87.0
48	9.33									
49	8.67	1,223	122	90.0	2,149	349	83.8	65	6.0	90.8
56	9.00	1,223	115	90.6	2,269	326	85.6	76	3.5	95.4
56	8.67									
57	7.67	1,295	122	90.6	2,096	344	83.6	39	1.0	97.4
64	6.67	1,367	129	90.5	2,270	302	86.7	45	3.0	93.3
64	6.00									
65	6.00	863	68	92.1	2,429	520	78.6	226	5.0	97.8
72	6.00	971	79	91.9	2,514	488	80.6	106	12.0	88.7
72	7.00									
73	7.33	1,079	94	91.3	2,480	540	78.2	220	5.0	97.7
80	7.33	1,079	101	90.7	2,494	506	79.7	101	4.0	96.0

ตารางที่ 4.11 อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และร้อยละการกำจัด ซีโอดี ของแข็งละลายน้ำ และของแข็งแขวนลอย ในการเดินระบบปฏิบัติการช่วงระยะเวลายาวนาน (ต่อ)

เวลา (ชม.)	อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน (ล./ตร.ม.-ชม.)	ค่า ซีโอดี (มก./ล.)			ปริมาณของแข็งละลายน้ำ (มก./ล.)			ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
		น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด	น้ำตัวอย่างเข้มข้น	น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	ร้อยละการกำจัด
80	6.67									
81	6.67	1,367	90	93.4	2,093	344	83.6	37	1.0	97.3
88	6.33	1,439	108	92.5	3,460	734	78.8	275	26.0	90.5
88	6.33									
89	6.67	1,511	126	91.7	3,475	582	83.3	50	8.0	84.0
96	6.67	1,583	119	92.5	4,080	987	75.8	325	3.0	99.1
96	6.33									
97	6.33	1,439	104	92.8	3,445	725	79.0	270	35.0	87.0
104	6.33	1,475	50	96.6	3,456	581	83.2	49	9.0	81.6
104	5.67									
105	5.67	1,655	137	91.7	3,771	605	84.0	269	5.0	98.1
112	6.00	1,403	151	89.2	4,100	968	76.4	335	7.0	97.9
112	6.33									
113	6.00	1,727	158	90.8	4,100	979	76.1	325	1.0	99.7
120	6.33	1,799	194	89.2	3,770	619	83.6	280	6.0	97.9

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาเดินระบบปฏิบัติการ กับอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ดังแสดงในรูปที่ 4.29 พบว่า การเดินระบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนานนั้นมีผลต่ออัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน คือ ทำให้อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนลดลงจาก 13.67 ล./ตร.ม.-ชม. ในวันแรกของการเดินระบบ เหลือ 6.33 ล./ตร.ม.-ชม. ในวันที่ 15 ของการเดินระบบ (ที่ 120 ชม.) โดยมีอัตราการลดลงในช่วง 60 ชั่วโมงแรก ของการเดินระบบค่อนข้างสูง คือ ลดลงจาก 13.67 ล./ตร.ม.-ชม. เหลือ 6.67 ล./ตร.ม.-ชม. คิดเป็นอัตราการลดลงเฉลี่ย 116.67 มล./ตร.ม-ชม. และในช่วง 60 ถึง 120 ชม. อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนเริ่มคงที่ ทั้งนี้ เนื่องจากในช่วงแรกของการเดินระบบ เมมเบรนจะเริ่มมีการอุดตัน (fouling) จากอนุภาคที่มีขนาดเล็กที่สามารถผ่านเข้าไปในช่องพรุนของเมมเบรน แต่เกิดการอุดตันอยู่ภายในไม่สามารถผ่านออกจากเมมเบรนได้ ซึ่งการล้างทำความสะอาดเมมเบรนด้วยน้ำประปา จะสามารถทำความสะอาดเมมเบรนในส่วนที่เกิดการอุดตันนี้ได้น้อยมาก จึงไม่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนในวันถัดไป จากนั้นอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนเริ่มคงที่ในช่วงต่อมา เนื่องจากช่องพรุนภายในเมมเบรนที่จะสามารถเกิดการอุดตันได้จะเหลืออยู่น้อยลง ในขณะที่ช่องพรุนที่เหลือส่วนใหญ่ น้ำ และอนุภาคต่าง ๆ สามารถแพร่ผ่านได้ จึงทำให้อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรนค่อนข้างคงที่ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Japie J, Schoeman., et al. (1996) ในหน้าที่ 28 คือ อัตราการลดลงของการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ในช่วงแรกของการเดินระบบมีค่าค่อนข้างสูงจากนั้นจึงเริ่มคงที่ และการล้างเมมเบรนด้วยสารละลายสิ่งสกปรก (Detergent) มีความจำเป็น และมีผลต่อการเพิ่มอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน

อย่างไรก็ตาม การเดินระบบปฏิบัติการต่อเนื่องจะทำให้ช่องพรุนในเมมเบรนที่ยังไม่เกิดการอุดตันสามารถเกิดการอุดตันเพิ่มขึ้นได้ จากการที่มีอนุภาคเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปแล้วติดค้างอยู่ภายในช่องพรุนเพิ่มขึ้น หรือจากการที่อนุภาคที่แม้จะมีขนาดเล็กแต่เมื่อเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในช่องพรุนแล้วเกิดการจับตัวและเรียงตัวกันอย่างพอเหมาะกับช่องพรุนนั้น และไม่สามารถผ่านออกไปได้ ส่วนช่องพรุนที่อุดตันไปแล้ว อนุภาคที่อุดตันก็สามารถหลุดผ่านเมมเบรนออกไปได้เช่นกัน



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลาเดินระบบปฏิบัติการ กับอัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน