บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณไอออนที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานชุบเคลือบโลหะ

ค่าความเข้มข้นของไอออนของโลหะและแอนไอออนในน้ำเสียจาก 4 โรงงาน วิเคราะห์โดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปคโตรมิเตอร์ เครื่องไอออนโครมาโตรกราฟ และเครื่องยูวี/วิสิเบิล สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความเข้มข้นของไอออนต่างๆในน้ำทิ้งจากการชุบเคลือบโลหะ

ความเข้มข้น (มก.ต่อ ลิตร)	โรงงานที่1	โรงงานที่2	โรงงานที่3	โรงงานที่4	เฉลี่ย
โครเมต	599.88	284.19	407.88	187.38	362.58
ทองแดง	14.64	1.51	7.99	0.18	6.08
เหล็ก	39.92	0.75	5.27	0.00	11.49
นิเกิล	123.70	0.60	4.80	1.50	32.65
ตะกั่ว	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*
สังกะสี	47.65	5.84	11.30	0.57	16.34
คลอไรด์	447.45	4139.46	1346.39	51.87	1496.29
ไซยาไนด์	0.97	0.89	1.01	0.62	0.88
ไนเตรต	8.70	76.83	138.14	26.57	62.56
ซัลเฟต	245.05	149.93	267.71	132.05	198.68
pH	2.49	5.97	3.56	6.19	4.56

ND* : ค่าที่วัดได้ต่ำกว่าขีดจำกัดของการตรวจวัด

จากตารางสามารถสรุปได้ดังนี้

ค่า pH ของน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 2.49 - 6.19 และมีค่าเฉลี่ยคือ 4.56

ค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตอยู่ระหว่าง 187.38 - 599.88 มก.ต่อลิตรและมีค่าเฉลี่ยคือ 362.58 มก.ต่อลิตร

ค่าความเข้มข้นของไอออนทองแดงอยู่ระหว่าง 0.18 - 14.65 มก.ต่อลิตรและมีค่าเฉลี่ยคือ 6.08 มก.ต่อลิตร

ค่าความเข้มข้นของไอออนเหล็กต่ำกว่า 40.00 มก.ต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยคือ 11.49 มก.ต่อลิตร

ค่าความเข้มข้นของไอออนนิเกิลอยู่ระหว่าง 0.60 - 123.70 มก.ต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยคือ 32.65 มก.ต่อลิตร

ไอออนตะกั่วในน้ำเสียมีน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าความเข้มข้นได้ จึงไม่นำมาศึกษาถึงผลกระทบของประสิทธิภาพการกำจัดโครเมตโดยพอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มอัลทราฟิลเทรชัน

ค่าความเข้มข้นของไอออนสังกะสีอยู่ระหว่าง 0.57 - 47.65 มก.ต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยคือ 16.34 มก.ต่อลิตร

ค่าความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์อยู่ระหว่าง 51.87 - 4139.46 มก.ต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยคือ 1496.29 มก.ต่อลิตร

ค่าความเข้มข้นของไอออนไซยาไนด์อยู่ระหว่าง 0.62 - 1.01 มก.ต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยคือ 0.88 มก.ต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นเฉลี่ยที่น้อยมาก จึงไม่นำมาศึกษาถึงผลกระทบของประสิทธิภาพการกำจัดโครเมตโดยพอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มอัลทราฟิลเทรชัน

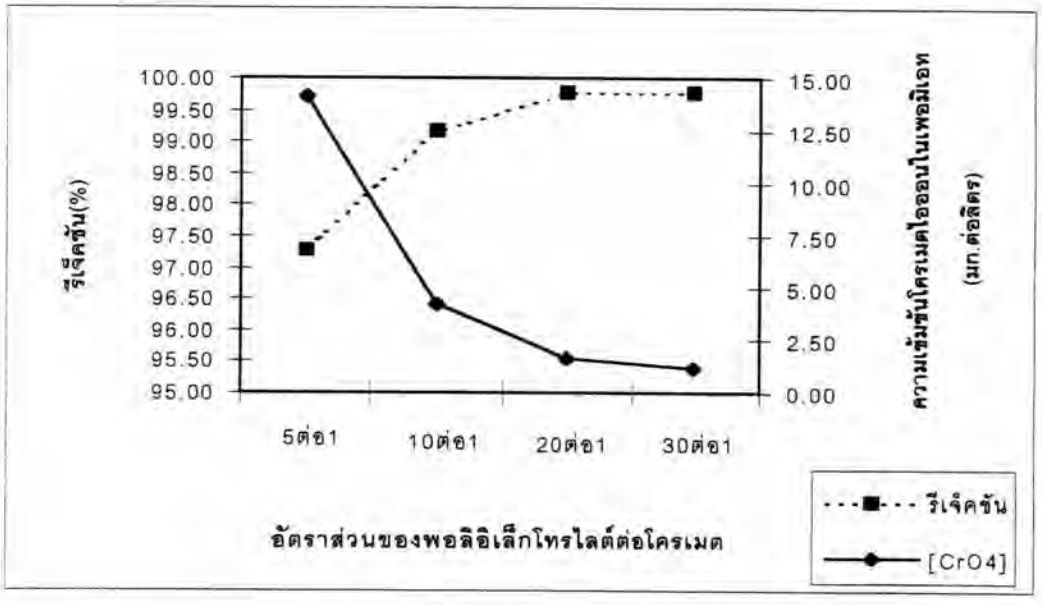
ค่าความเข้มข้นของไอออนไนเตรตอยู่ระหว่าง 8.70 - 138.14 มก.ต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยคือ 62.56 มก.ต่อลิตร

ค่าความเข้มข้นของไอออนซัลเฟตอยู่ระหว่าง 132.05 - 267.71 มก.ต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยคือ 198.68 มก.ต่อลิตร

4.2 การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างพอลิอิเล็กโทรไลต์และไอออนโครเมต

การทดลองได้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีโครเมตเข้มข้น 350 มก.ต่อลิตร โดยใช้อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อโครเมตที่ 5:1 10:1 20:1 และ 30:1 ผลการทดลองหาความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท รีเทนเทต และหาค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต

ผลการทดลองแสดงดังในรูป 4.1 เป็นกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์รีเจ็คชันและความเข้มข้นของโครเมต ในเพอมิเอท สัมพันธ์กับอัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อโครเมต ผลที่ได้แสดงว่าเปอร์เซ็นต์รีเจ็คชันเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของโครเมตในเพอมิเอทลดลงเมื่ออัตราส่วนเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนมากกว่าหรือเท่ากับ 10:1 ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า มากกว่า 99% ของโครเมตถูกจับไว้อยู่ด้านหน้าของเมมเบรน

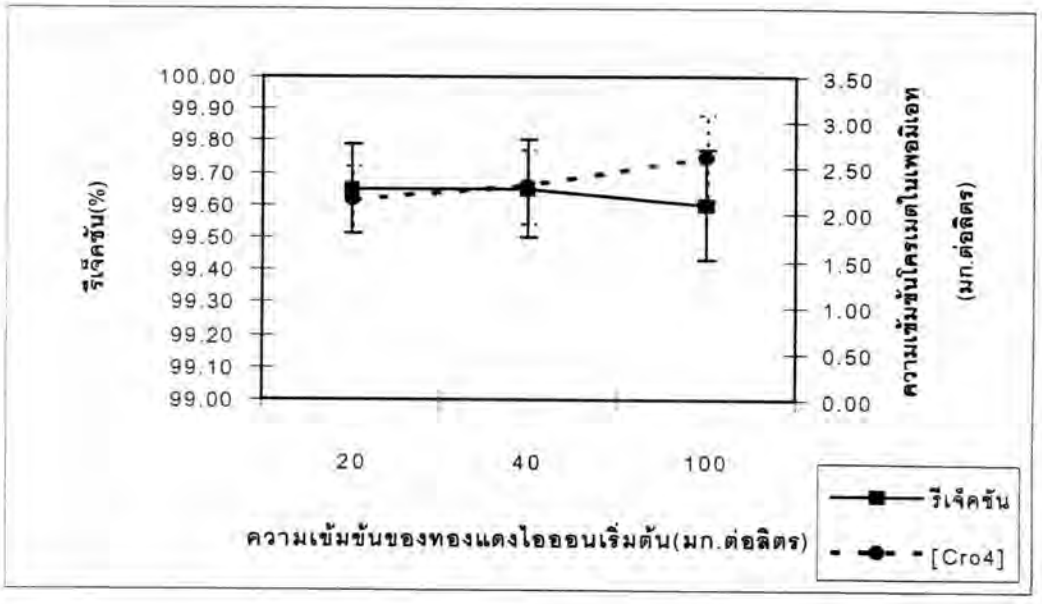


รูปที่ 4.1 แสดงอัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อโครเมตที่มีผลต่อการกำจัดไอออนโครเมต

4.3 การศึกษาผลกระทบของไอออนบวก ที่มีต่อค่าประสิทธิภาพการกำจัดไอออนโครเมตโดยพอลิอิเล็กโทรไลต์

4.3.1 การศึกษาผลกระทบของไอออนทองแดง

การทดลองใช้น้ำเสีย สังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไอออนโครเมต 350 มก.ต่อลิตร และให้อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อไอออนโครเมตเป็น 20:1 ศึกษาผลกระทบของไอออนทองแดง โดยเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 20 40 และ 100 มก.ต่อลิตร ผลการหาความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท ในรีเทนเทต และหาค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต สัมพันธ์กับความเข้มข้นของไอออนทองแดง ดังแสดงในรูปที่ 4.2

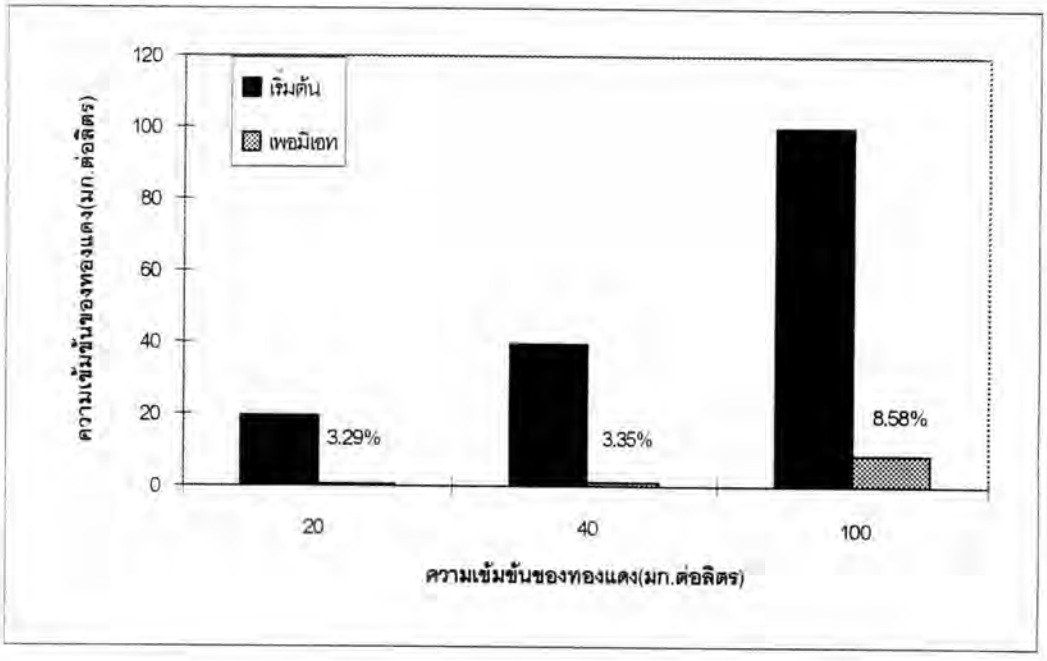


รูปที่ 4.2 แสดงผลกระทบของไอออนทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีผลต่อการกำจัดไอออนโครเมต

ผลที่ได้แสดงว่า การที่ปริมาณความเข้มข้นของทองแดงเพิ่มขึ้น ไม่ทำให้ค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตเปลี่ยนแปลงหรือลดลง คือยังมีค่าของการกำจัดไอออนโครเมตสูงกว่า 99% และความเข้มข้นของโครเมตในเพอมิเอทมีค่าคงที่คือ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยประมาณ 2 มก.ต่อลิตร ตลอดทุกค่าของการเพิ่มปริมาณไอออนทองแดง แสดงว่าการเพิ่มความเข้มข้นของไอออนทองแดง ไม่ทำให้ไอออนโครเมตในเพอมิเอทเพิ่มขึ้น

เมื่อนำค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตที่ได้นี้ ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้คอมพิวเตอร์ และใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอส(Statistic Package for Social Science) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว(One-way Analysis of Variance) พบว่าค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตที่มีไอออนทองแดงอยู่ด้วยทั้ง 3 สารละลายไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 และเมื่อเปรียบเทียบค่ารีเจ็คชันที่ได้นี้กับค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมตจากสารละลายที่ไม่มีไอออนทองแดง(หัวข้อ4.2) ผลที่ได้ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 เช่นกัน แสดงให้เห็นว่า ไอออนทองแดงในระดับความเข้มข้นดังกล่าวนี้ ไม่มีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตโดยพอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มอัลทราฟิลเทรชัน

ผลการหาปริมาณของไอออนทองแดงในเพอมิเอท ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรมิเตอร์ ได้ผลดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณของไอออนทองแดงก่อนและหลังผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณของไอออนทองแดงในเพอมิเอท โดยเปรียบเทียบกับไอออนทองแดงที่ใส่เข้าไปพบว่ามีไอออนทองแดงออกมาน้อยมากประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับไอออนทองแดงเข้มข้น 40 มก.ต่อลิตร และสูงขึ้นเป็นประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ที่ 100 มก.ต่อลิตร เป็นที่สังเกตว่า เมื่อความเข้มข้นของไอออนทองแดง 40 มก.ต่อลิตร จะเกิดตะกอนของ $CuCrO_4$ ดังสมการ

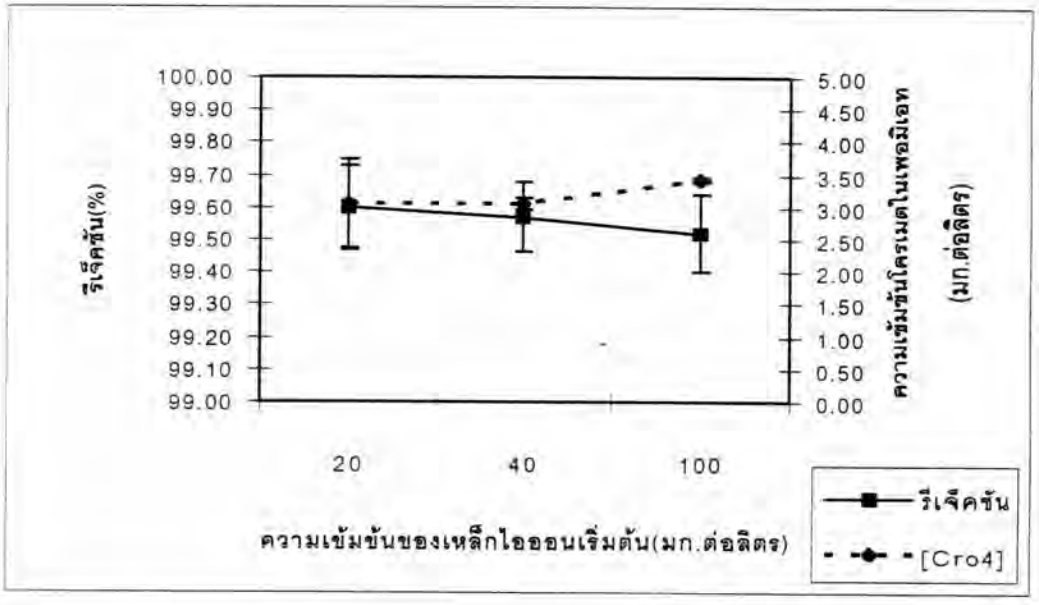
$$CrO_4^{-2}{}_{(aq)} + Cu^{+2}{}_{(aq)} \longrightarrow CuCrO_{4(s)}$$

และตะกอนจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณของสารละลายในส่วนของรีเทนเทตลดลง ตะกอนที่เกิดขึ้นถ้ามีมากๆจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเมมเบรน อาจทำให้เกิดการอุดตันในขณะที่กรอง และทำให้อัตราการกรองลดลง และใช้เวลาในการกรองเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ในระดับความเข้มข้นที่ศึกษานี้ตะกอนที่เกิดขึ้นไม่ทำให้เวลาลดลง และไม่ทำให้ค่ารีเจ็คชันของไอออน

โครเมตลดต่ำลง นั่นคือตะกอนที่เกิดขึ้นนี้ไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการกำจัดโครเมตโดยพอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มอัลทราฟิลเทรชัน

4.3.2 การศึกษาผลกระทบของไอออนเหล็ก

การทดลองใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไอออนโครเมต 350 มก.ต่อลิตร และให้อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อไอออนโครเมตเป็น 20:1 ศึกษาผลกระทบของไอออนเหล็ก โดยเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 20 40 และ 100 มก.ต่อลิตร ผลการทดลองหาความเข้มข้นของโครเมตในเพอมิเอท ในรีเทนเทต และหาค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไอออนเหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 4.4

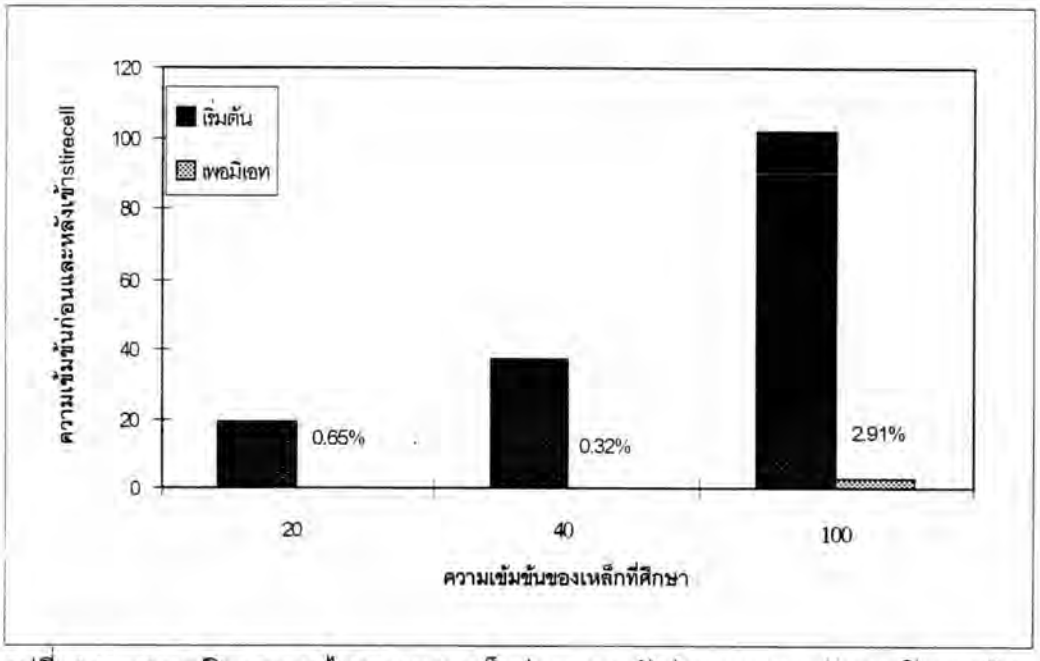


รูปที่ 4.4 แสดงผลกระทบของไอออนเหล็กในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีผลต่อการกำจัดไอออนโครเมต

จากผลการทดลองแสดงว่า ปริมาณไอออนเหล็กที่เพิ่มขึ้น 20 40 และ 100 มก.ต่อลิตร ไม่มีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต โดยทุกระดับความเข้มข้นที่ศึกษาได้ค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตสูงกว่า 99.5% และความเข้มข้นของไอออนโครเมต ในเพอมิเอทมีค่าเฉลี่ยรวมประมาณ 3 มก.ต่อลิตร

เมื่อนำค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมตที่ได้นี้ ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้คอมพิวเตอร์ และใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอส ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว พบว่าค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตที่มีไอออนเหล็กอยู่ด้วยทั้ง 3 สารละลายไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แต่เมื่อเปรียบเทียบค่ารีเจ็คชันที่ได้นี้กับค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตจากสารละลายที่ไม่มีไอออนเหล็ก(หัวข้อ 4.2) ผลที่ได้คือในระดับความเข้มข้น 20 และ 40 มก.ต่อลิตรไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่า ไอออนเหล็กในระดับความเข้มข้นดังกล่าวนี้ ไม่มีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตโดยพอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มอัลทราฟิลเทรชัน ส่วนในระดับความเข้มข้นของไอออนเหล็ก 100 มก.ต่อลิตร แตกต่างจากค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมตจากสารละลายที่ไม่มีไอออนเหล็ก ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีปริมาณของไอออนเหล็กถึง 100 มก.ต่อลิตรในสารละลาย จะส่งผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมต ถึงอย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่ารีเจ็คชันที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวก็ยังมีค่ามากกว่า 99% จึงถือว่าไม่มีผลกระทบมากนัก

ผลการหาปริมาณของไอออนเหล็กในเพอมิเอท ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรมิเตอร์ ได้ผลดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงปริมาณของไอออนของเหล็กก่อนและหลังผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน

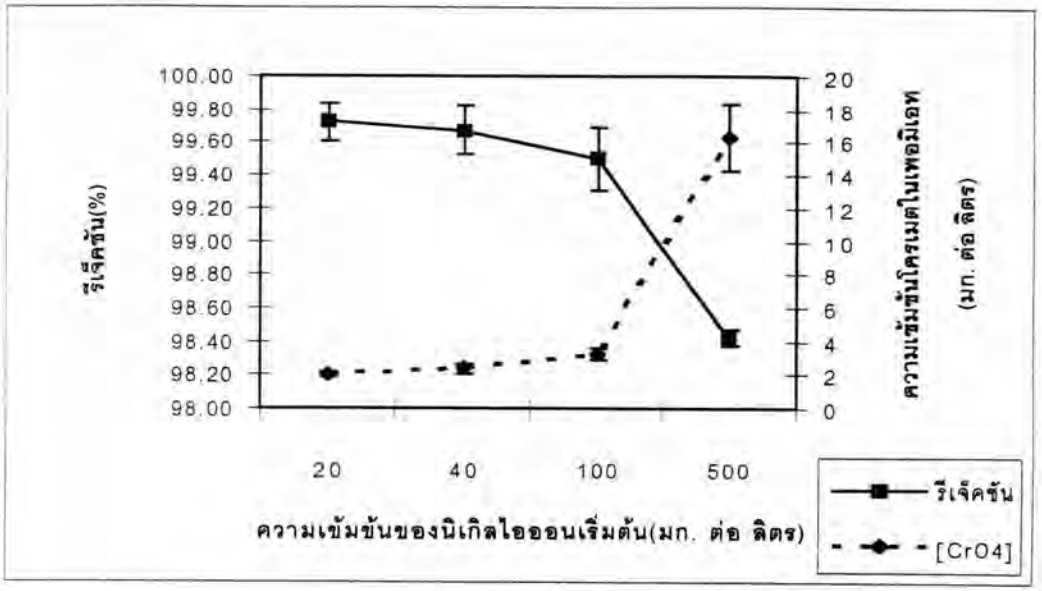
ผลการทดลองพบว่า ปริมาณของไอออนเหล็กในเพอมิเอทเมื่อเปรียบเทียบกับเริ่มต้น มีความแตกต่างกันมาก โดยที่ระดับความเข้มข้นของไอออนเหล็กเริ่มต้น 20 มก.ต่อลิตร มีไอออนเหล็กในเพอมิเอทเพียง 0.65 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระดับความเข้มข้นของไอออนเหล็กเริ่มต้น 40 มก.ต่อลิตร มีไอออนเหล็กในเพอมิเอทเพียง 0.35 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น 100 มก.ต่อลิตร มีเหล็กในเพอมิเอท 2.91 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองสังเกตเห็นตะกอนสีแดงอิฐขึ้น ซึ่งตะกอนที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากการรวมตัวกันระหว่างไอออนโครเมตกับไอออนเหล็ก($Fe_2(CrO_4)_3$) ดังสมการ

$$3CrO_4^{-2}{}_{(aq)} + 2Fe^{+3}{}_{(aq)} \longrightarrow Fe_2(CrO_4)_{3(s)}$$

และตะกอนจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อปริมาณของสารละลายในรีเทนเทตลดลง และปริมาณความเข้มข้นของเหล็กมากขึ้น ตะกอนที่เกิดขึ้นถ้ามีมากๆจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเมมเบรน เช่นเดียวกับผลกระทบจากไอออนทองแดง โดยอาจทำให้เกิดการอุดตันในขณะที่กรอง ทำให้อัตราการกรองลดลง และใช้เวลาในการกรองเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามตะกอนที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เวลาของการกรองเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และไม่ทำให้ค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมตลดต่ำลง

4.3.3 การศึกษาผลกระทบของไอออนนิเกิล

การทดลองใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไอออนโครเมต 350 มก.ต่อลิตร และให้อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อไอออนโครเมตเป็น 20:1 ศึกษาผลกระทบของไอออนนิเกิล โดยเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของไอออนนิเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 20 40 100 และ 500 มก.ต่อลิตร ผลการทดลองหาความเข้มข้นของโครเมตในเพอมิเอท ในรีเทนเทต และหาเปอร์เซ็นต์รีเจ็คชันของการกำจัดโครเมต สัมพันธ์กับความเข้มข้นของไอออนนิเกิล ดังแสดงในรูปที่ 4.6



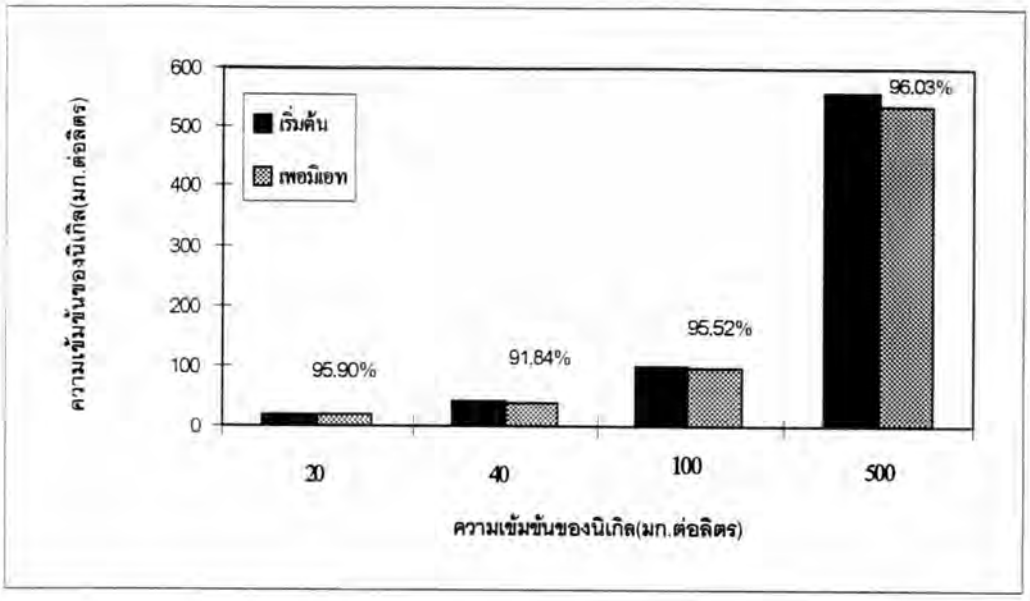
รูปที่ 4.6 แสดงผลกระทบของไอออนนิเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีผลต่อการกำจัดไอออนโครเมต

ผลที่ได้แสดงว่า ปริมาณของไอออนนิเกิลที่เพิ่มขึ้นถึง 100 มก.ต่อลิตร ไม่ส่งผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตแต่อย่างใด คือ ทุกระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของไอออนนิเกิลถึง 100 มก.ต่อลิตร ให้ค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตสูงกว่า 99% และเมื่อพิจารณาความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอทที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวนี้ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 3 มก.ต่อลิตร ส่วนผลกระทบของไอออนนิเกิลที่ 500 มก.ต่อลิตร จะส่งผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตคือ ทำให้ค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตลดลงเหลือ 98.42% เท่านั้น และมีความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอทสูงถึง 16.26 มก.ต่อลิตร เนื่องจากการที่มีปริมาณของไอออนนิเกิลในสารละลายในความเข้มข้นที่สูงจะทำให้ค่าไอออนิกสเตร็งค์ในสารละลายน้ำเสียสังเคราะห์สูงขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ความสามารถของพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่จะจับกับไอออนโครเมตลดลง และมีปริมาณของไอออนโครเมตในเพอมิเอท เพิ่มมากขึ้น

เมื่อนำค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตที่ได้นี้ ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้คอมพิวเตอร์ และใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอส ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว พบว่าค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตที่มีไอออนนิเกิลอยู่ด้วยในสารละลายระดับความเข้มข้น 100 มก.ต่อลิตร(99.50%) แตกต่างกับค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตที่มีไอออนนิเกิลอยู่ด้วยในสารละลายระดับความเข้มข้น 20 มก.ต่อลิตร(99.72)

ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 ส่วนค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตที่มีไอออนนิเกิลอยู่ด้วยในสารละลายระดับความเข้มข้น 500 มก.ต่อลิตร(98.41%) แตกต่างกับค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตที่มีไอออนนิเกิลอยู่ด้วยในสารละลายทุกระดับความเข้มข้น ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่า น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารละลายไอออนนิเกิลที่ระดับความเข้มข้น 100 มก.ต่อลิตรจะส่งผลต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตได้ต่างจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารละลายไอออนนิเกิล 20 มก.ต่อลิตร ส่วนน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารละลายไอออนนิเกิล 500 มก.ต่อลิตร ส่งผลต่อค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมตได้ต่างจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารละลายไอออนนิเกิลในทุกๆความเข้มข้น เมื่อเปรียบเทียบค่ารีเจ็คชันที่ได้นี้กับค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมต จากสารละลายที่ไม่มีไอออนนิเกิล(หัวข้อ 4.2) ผลที่ได้คือในระดับความเข้มข้น 20 และ 40 มก.ต่อลิตรไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่า ไอออนนิเกิลในระดับความเข้มข้นดังกล่าวนี้ ไม่มีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตโดย พอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มอัลทราฟิลเทรชัน ส่วนในระดับความเข้มข้นของไอออนนิเกิล 100 และ 500 มก.ต่อลิตร แตกต่างจากค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตจากสารละลายที่ไม่มีไอออนนิเกิล ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีปริมาณของไอออนนิเกิลระดับความเข้มข้นดังกล่าวนี้ในสารละลาย จะส่งผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต ถึงอย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมตที่ระดับความเข้มข้นของไอออนนิเกิลในสารละลาย 100 มก.ต่อลิตร ก็ยังมีค่ามากกว่า 99% จึงถือว่าไม่มีผลกระทบมากนัก

ผลการหาปริมาณของไอออนนิเกิลในเพอมิเอท ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรมิเตอร์ ได้ผลดังรูปที่ 4.7

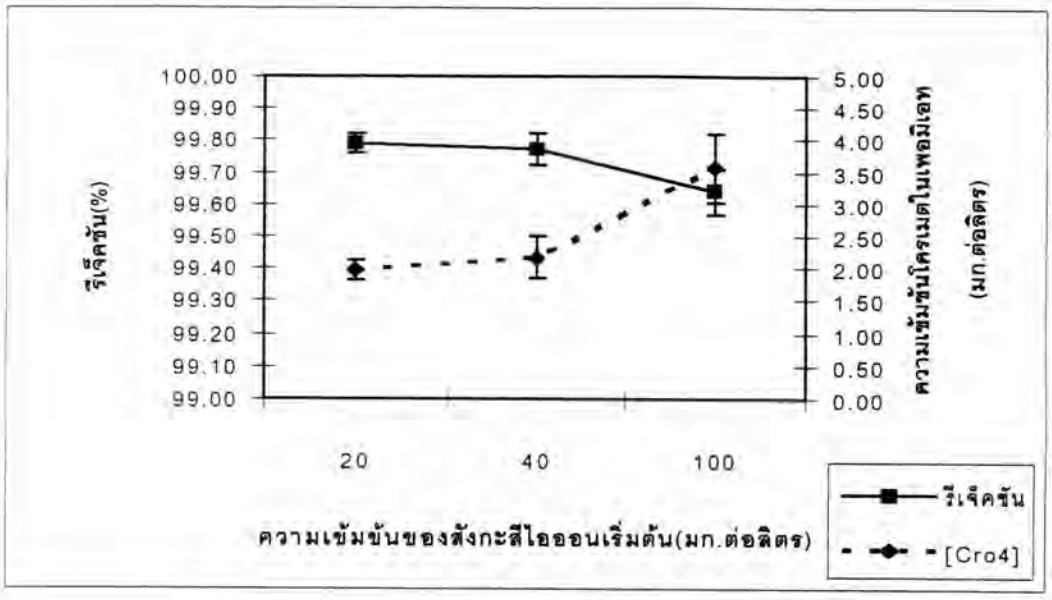


รูปที่ 4.7 แสดงปริมาณของไอออนนิเกิลก่อนและหลังผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน

ผลการทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นของไอออนนิเกิลในเพอมิเอท เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นเริ่มต้นแตกต่างกันน้อยมาก โดยที่ทุกระดับความเข้มข้นที่ทำการศึกษามีไอออนนิเกิลในเพอมิเอทประมาณ 95% ทุกระดับความเข้มข้นของไอออนนิเกิลที่ทำการศึกษาไม่มีตะกอนเกิดขึ้น และเวลาในการกรองแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ในระดับความเข้มข้นของไอออนนิเกิล 20 40 และ 100 มก.ต่อลิตร คือประมาณ 114.95-118.08 นาที ส่วนในระดับความเข้มข้น 500 มก.ต่อลิตร ใช้เวลาในการกรองมากกว่า คือประมาณ 125.63 นาที

4.3.4 การศึกษาผลกระทบของไอออนสังกะสี

การทดลองใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไอออนโครเมต 350 มก.ต่อลิตร และให้อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อไอออนโครเมตเป็น 20:1 ศึกษาผลกระทบของไอออนสังกะสี โดยเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของไอออนสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 20 40 และ 100 มก.ต่อลิตร ผลการหาความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท ในรีเทนเทต และหาค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต ดังแสดงในรูปที่ 4.8



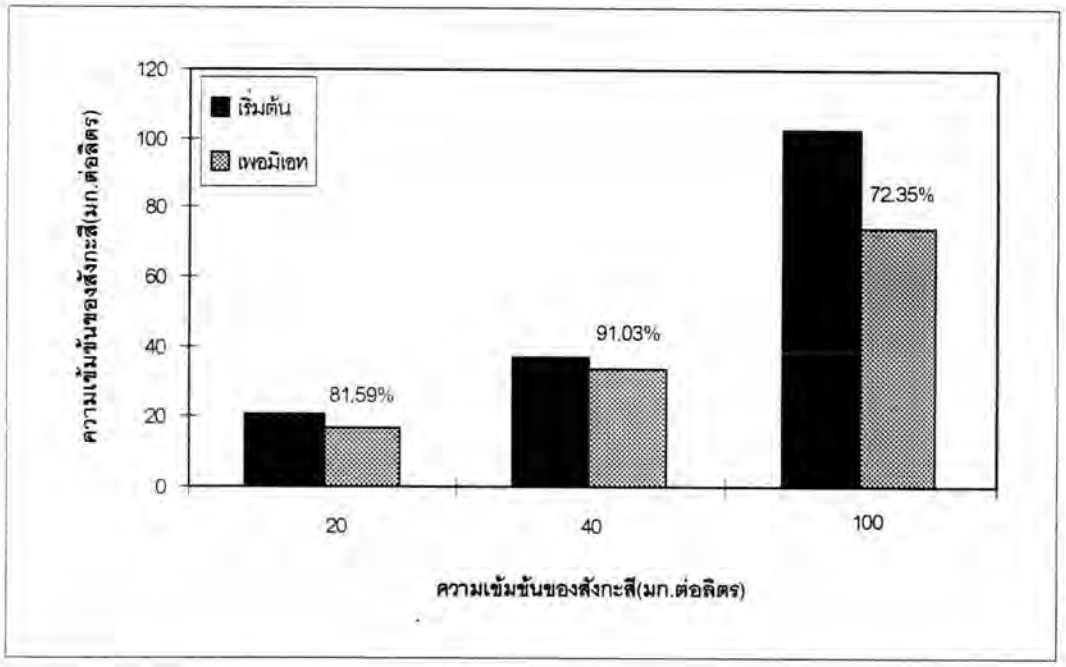
รูปที่ 4.8 แสดงผลกระทบของไอออนสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีผลต่อการกำจัดไอออนโครเมต

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ทุกความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของไอออนสังกะสีไม่มีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต โดยให้ค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตสูงกว่า 99.5% เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอทมีความเข้มข้น 1.98 2.18 และ 3.57 มก.ต่อลิตร ในระดับความเข้มข้นของไอออนสังกะสี 20 40 และ 100 มก.ต่อลิตร ตามลำดับ

เมื่อนำค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตที่ได้นี้ ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้คอมพิวเตอร์ และใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอส ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว พบว่าค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตที่มีไอออนสังกะสีอยู่ด้วยในสารละลายระดับความเข้มข้น 100 มก.ต่อลิตร(99.64%) แตกต่างกับค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต ที่มีไอออนสังกะสีอยู่ด้วยในสารละลายระดับความเข้มข้น 20 มก.ต่อลิตร(99.79) และ 40 มก.ต่อลิตร(99.77%) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารละลายไอออนสังกะสีที่ระดับความเข้มข้น 100 มก.ต่อลิตร จะส่งผลต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตได้ต่างจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารละลายไอออนสังกะสี 20 และ 40 มก.ต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบค่ารีเจ็คชันที่ได้นี้กับค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตจากสาร

ละลายที่ไม่มีไอออนสังกะสี(หัวข้อ 4.2) ผลที่ได้คือในระดับความเข้มข้น 20 และ 40 มก.ต่อลิตรไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่า ไอออนสังกะสีในระดับความเข้มข้นดังกล่าวนี้ ไม่มีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตโดยพอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มอัลทราฟิลเทรชัน ส่วนในระดับความเข้มข้นของไอออนสังกะสี 100 มก.ต่อลิตร แตกต่างจากค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตจากสารละลายที่ไม่มีไอออนสังกะสี ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีปริมาณของไอออนสังกะสีระดับความเข้มข้นดังกล่าวนี้ในสารละลาย จะส่งผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต ถึงอย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตที่ระดับความเข้มข้นของไอออนสังกะสีในสารละลาย 100 มก.ต่อลิตร ก็ยังมีค่ามากกว่า 99% จึงถือว่าที่ความเข้มข้นระดับนี้ไอออนสังกะสีไม่มีผลกระทบมากนัก

ผลการหาปริมาณของไอออนสังกะสีในเพอมิเอท ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรมิเตอร์ ได้ผลดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงปริมาณของไอออนสังกะสีก่อนและหลังผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน

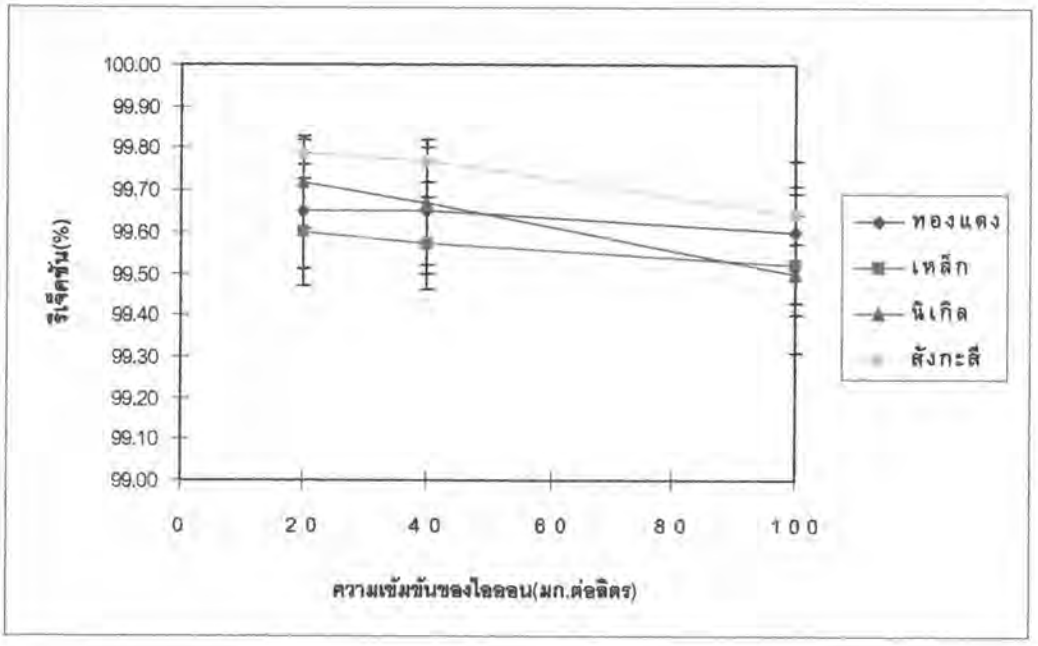
ผลการทดลองพบว่า ระดับความเข้มข้นของไอออนสังกะสีในเพอมิเอท เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นเริ่มต้น มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คือ มีปริมาณของไอออน

สังกะสีในเพอมิเอท 81.59% 91.03% และ 72.35% ที่ระดับสังกะสีเริ่มต้น 20 40 และ 100 มก.ต่อลิตรตามลำดับ และสิ่งที่สังเกตได้จากการทดลองคือ ที่ระดับสังกะสีเริ่มต้น 100 มก.ต่อลิตร จะมีตะกอนของ $ZnCrO_4$ เกิดขึ้นในรีเทนเทตดังสมการ

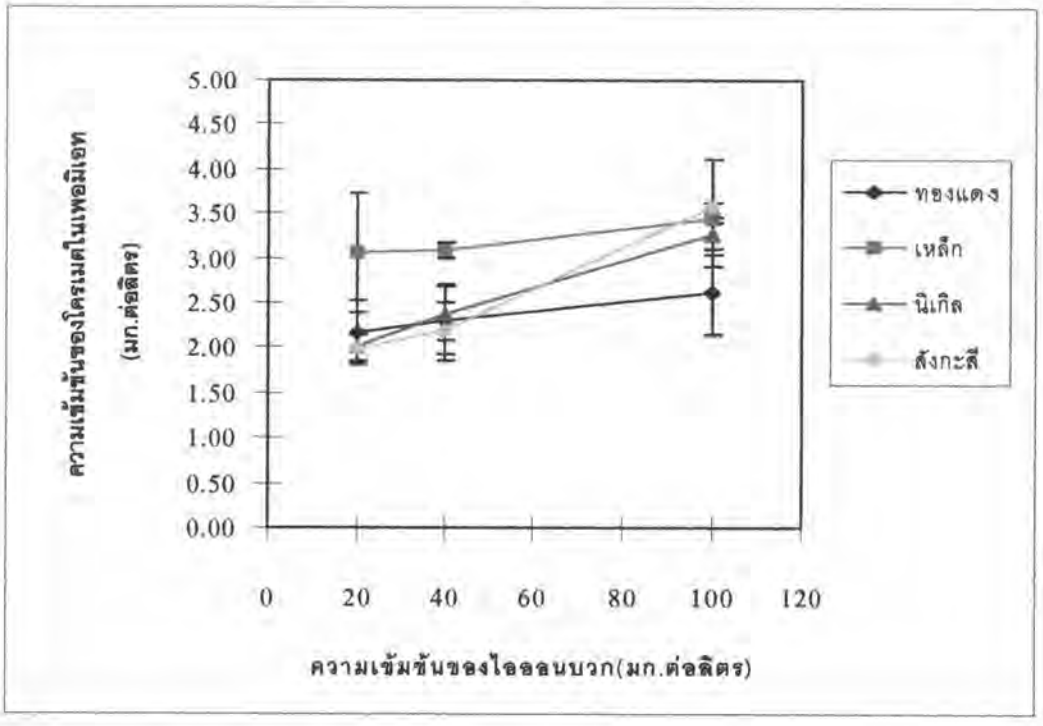
$$CrO_4^{-2}{}_{(aq)} + Zn^{+2}{}_{(aq)} \longrightarrow ZnCrO_{4(s)}$$

และตะกอนจะมากขึ้นเมื่อสารละลายรีเทนเทตลดลง ผลกระทบที่เกิดขึ้น เป็นไปในทำนองเดียวกับผลกระทบจากไอออนทองแดง และไอออนเหล็กคือเกิดผลกระทบต่อเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน อย่างไรก็ตามตะกอนที่เกิดขึ้นไม่มีผลต่อเวลาของการกรอง และไม่ทำให้ค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมตลดต่ำลง นั่นคือไอออนสังกะสีในระดับความเข้มข้นที่ศึกษานี้ไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการกำจัดโครเมตโดยพอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มอัลทราฟิลเทรชัน

เมื่อนำค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต และค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท ของผลกระทบจากไอออนบวกที่ศึกษาแต่ละตัว มาเปรียบเทียบกันในระดับความเข้มข้นเดียวกัน ได้ผลดังรูปที่ 4.10 และ รูปที่ 4.11



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบผลกระทบของไอออนต่างๆที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดไอออนโครเมต

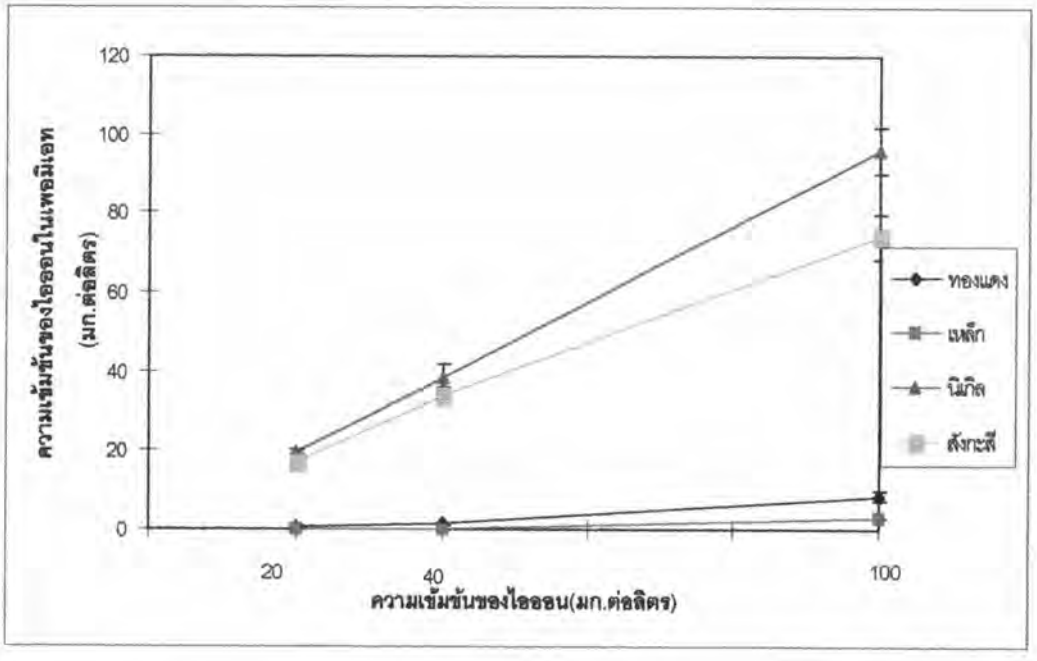


รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท ที่เกิดจากผลกระทบในไอออนบวก

ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ไอออนบวกทั้ง 4 ชนิด ในระดับความเข้มข้นเดียวกัน แสดงผลต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตได้ไม่ต่างกัน ในทุกระดับความเข้มข้นของทุกไอออน มีค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตมากกว่า 99.5% และเมื่อพิจารณาที่ค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท ได้ผลสอดคล้องกันคือ ไอออนบวกทั้ง 4 ชนิดในระดับความเข้มข้นเดียวกัน แสดงผลต่อความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอทไม่ต่างกัน ความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท อยู่ระหว่าง 1.98-3.43 มก.ต่อลิตร

เมื่อนำค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตของผลกระทบจากไอออนบวก ที่ศึกษาในระดับความเข้มข้นเดียวกันไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอส ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว พบว่าค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตของแต่ละไอออนในแต่ละระดับความเข้มข้นไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ในระดับความเข้มข้นเดียวกันของไอออนแต่ละตัวแสดงผลต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตไม่แตกต่างกัน

เมื่อนำผลการวิเคราะห์หาไอออนบวกแต่ละตัวในเพอมิเอท ในระดับความเข้มข้นเดียวกัน มาเปรียบเทียบกัน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.12



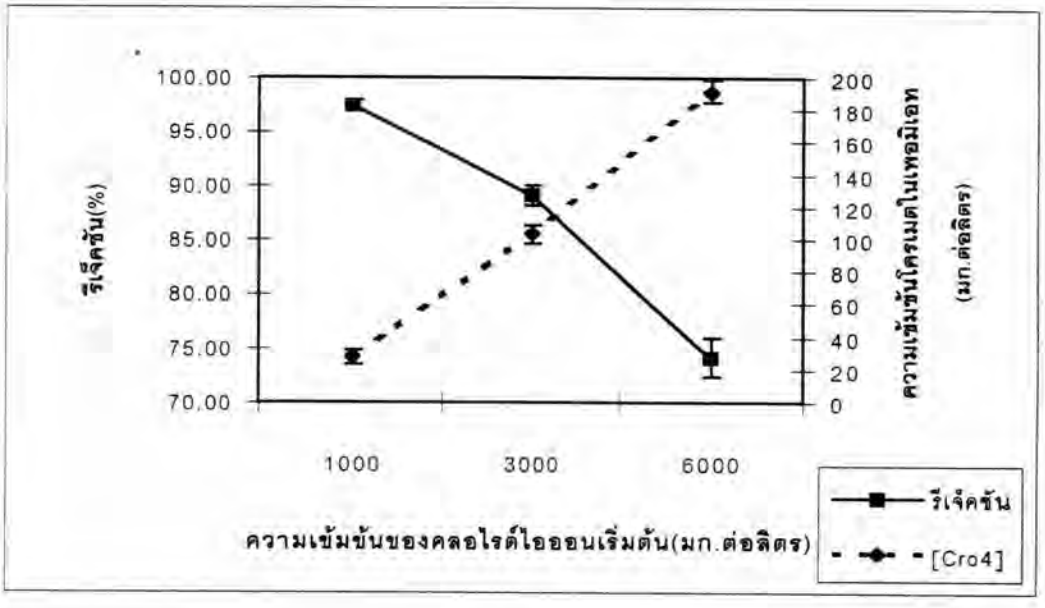
รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบความเข้มข้นของไอออนต่างๆในเพอมิเอท

ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ทองแดงและเหล็กมีแนวโน้มที่เหมือนกัน คือ หลังจากที่ผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชันแล้วจะมีความเข้มข้นของไอออนในเพอมิเอทน้อยมาก เนื่องจากมีการตกตะกอนกับไอออนโครเมตทำให้ผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชันออกมาได้น้อย ส่วนนิเกิลและสังกะสีมีแนวโน้มที่คล้ายกันคือ หลังจากที่ผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชันแล้ว ความเข้มข้นของไอออนนิเกิลในเพอมิเอทมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นเริ่มต้น และไอออนสังกะสีจะมีความเข้มข้นในเพอมิเอทต่างจากความเข้มข้นเริ่มต้นเล็กน้อย และจะต่างกับความเข้มข้นเริ่มต้นมากเมื่อมีความเข้มข้นสูงๆ เช่น ที่ความเข้มข้น 100 มก.ต่อลิตร เนื่องจากเริ่มมีตะกอนเกิดขึ้น

4.4 การศึกษาผลกระทบของไอออนลบที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดโครเมตโดยพอลิอิเล็กโทรไลต์

4.4.1 การศึกษาผลกระทบของไอออนคลอไรด์

การทดลองใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไอออนโครเมต 350 มก.ต่อลิตร และให้อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อไอออนโครเมตเป็น 20:1 ศึกษาผลกระทบของไอออนคลอไรด์ โดยเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์ในน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 1000 3000 และ 6000 มก.ต่อลิตร ผลการหาความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท ในรีเทนเทต และหาค่าเปอร์เซ็นต์รีเจ็คชันของการกำจัดโครเมต สัมพันธ์กับความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์ ได้ผลดังในรูปที่ 4.13



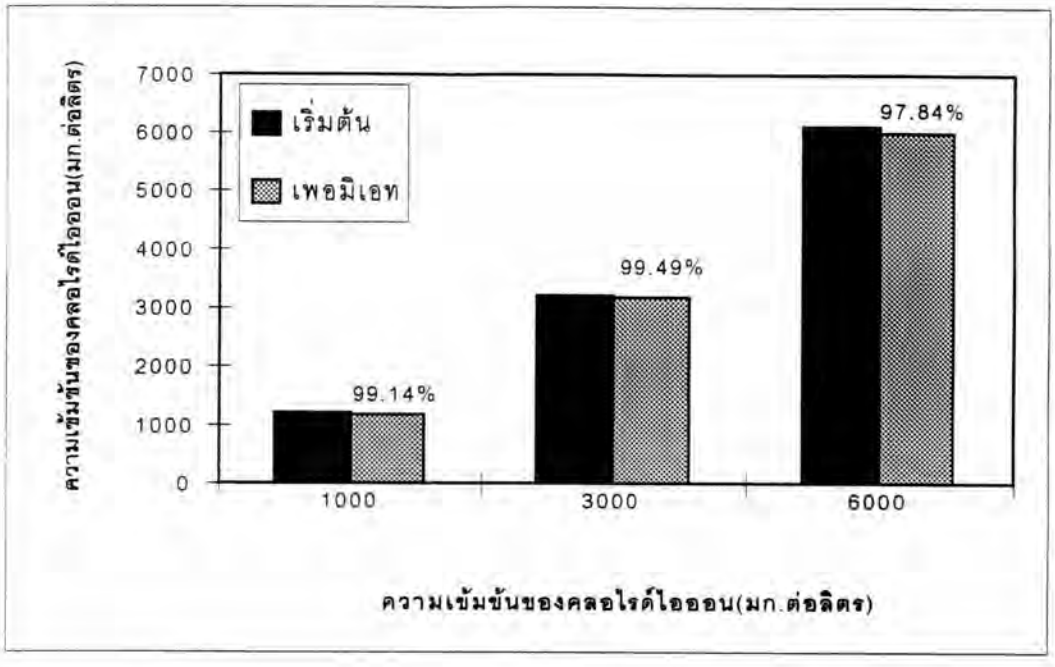
รูปที่ 4.13 แสดงผลกระทบของไอออนคลอไรด์ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีผลต่อการกำจัดไอออนโครเมต

ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ไอออนคลอไรด์ที่เติมเข้าไปในน้ำเสียสังเคราะห์ จะมีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตคือ ทำให้ค่ารีเจ็คชันดังกล่าวนี้ลดต่ำลง โดยค่าความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์จะสัมพันธ์กับค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตคือ เมื่อ

ความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์ในน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มขึ้น ค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตจะลดลง เมื่อพิจารณาที่ค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท พบว่ามีความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอทค่อนข้างสูง คือ 28.04 103.09 และ 191.67 มก.ต่อลิตร ที่ระดับความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์ 1000 3000 และ 6000 มก.ต่อลิตร สาเหตุที่ทำให้ค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตลดต่ำลง และมีความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอทสูงขึ้น เนื่องจากไอออนคลอไรด์ที่เติมเข้าไปในสารละลายน้ำเสียสังเคราะห์ จะไปเพิ่มค่าไอออนิกสเตร็งค์ในสารละลาย และไอออนคลอไรด์ที่เติมเข้าไปในปริมาณที่มากๆนี้ จะไปเกิดเป็นดับเบิลเลเยอร์(double layer) ขึ้นระหว่างพอลิอิเล็กโทรไลต์และโครเมต เป็นเหตุให้ไอออนโครเมตเข้าไปจับกับพอลิอิเล็กโทรไลต์ได้น้อยลง ดังนั้นไอออนโครเมตที่ไม่เกิดพันธะกับพอลิอิเล็กโทรไลต์จึงสามารถผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชันออกมาได้ (Sasaki และคณะ,1989 ; Edwin E. T. และคณะ, 1992 : Tucker และคณะ, 1992 ; Sriratana S., 1995 ; Tabatabai, Scamehorn และ Christian, 1995)

เมื่อนำค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตที่เติมคลอไรด์ทั้งสามความเข้มข้นไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอส ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว พบว่าค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตของทั้งสามระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่า ระดับความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์แต่ละค่าที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตทั้งสิ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับค่ารีเจ็คชันที่ได้นี้กับค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตจากสารละลายที่ไม่มีไอออนคลอไรด์(หัวข้อ4.2) ได้ค่าที่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่า ไอออนคลอไรด์ทั้งสามความเข้มข้นมีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต

ผลการหาปริมาณของไอออนคลอไรด์ในเพอมิเอท ด้วยวิธีการไตเตรต ได้ผลดังรูปที่ 4.14



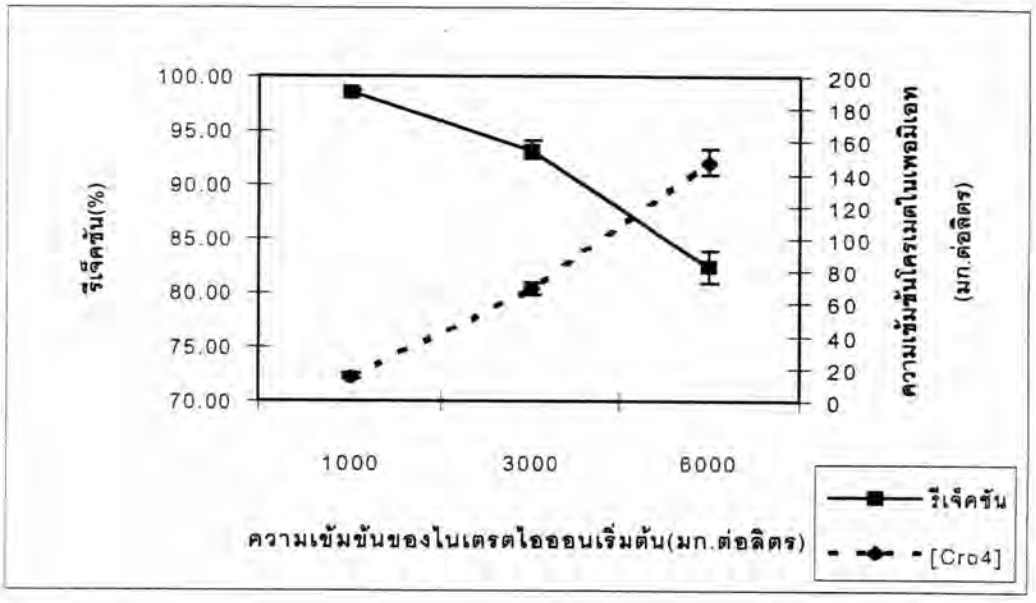
รูปที่ 4.14 แสดงปริมาณของไอออนคลอไรด์ก่อนและหลังผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน

จากผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์ในเพอมิเอท ไม่มีความแตกต่างกับความเข้มข้นเริ่มต้น ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่า ไอออนคลอไรด์ที่เติมเข้าไปในสารละลายน้ำเสียสังเคราะห์ เพียงแค่เข้าไปกั้นการเกิดพันธะระหว่างพอลิอิเล็กโทรไลต์และโครเมตเท่านั้น โดยไม่ไปเกิดพันธะกับพอลิอิเล็กโทรไลต์ ทำให้ไอออนคลอไรด์สามารถผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชันออกมาได้ และพบว่าไอออนคลอไรด์ที่เติมเข้าไปในสารละลายน้ำเสียสังเคราะห์ไม่มีผลต่อเวลาของการกรอง

4.4.2 การศึกษาผลกระทบของไอออนไนเตรต

การทดลองใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไอออนโครเมต 350 มก.ต่อลิตร และให้อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อไอออนโครเมตเป็น 20:1 ศึกษาผลกระทบของไอออนไนเตรต โดยเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของไอออนไนเตรตในน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 1000

3000 และ 6000 มก.ต่อลิตร ผลการหาค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท ในรีเทนเทต และหาค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต ดังแสดงในรูปที่ 4.15

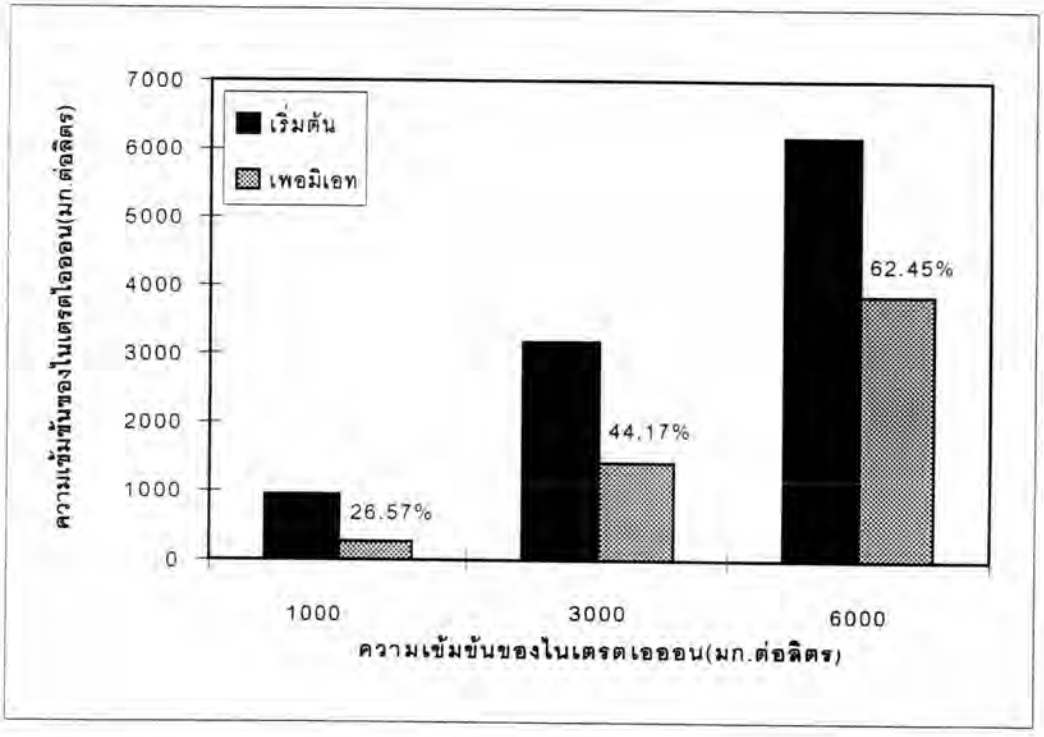


รูปที่ 4.15 แสดงผลกระทบของไอออนไนเตรตในน้ำเสียสังเคราะห์ ที่มีผลต่อค่าการกำจัดไอออนโครเมต

ผลที่ได้พบว่า ไอออนไนเตรตที่เติมเข้าไปในระบบ จะมีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต โดยไอออนไนเตรตที่เติมเข้าไปจะสัมพันธ์กับค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต คือ เมื่อความเข้มข้นของไอออนไนเตรตเพิ่มขึ้นค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตจะลดลง เมื่อพิจารณาที่ค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท พบว่าจะมีปริมาณของไอออนโครเมตในเพอมิเอทเข้มข้นขึ้น เมื่อมีไอออนไนเตรตในสารละลายน้ำเสียสังเคราะห์มากขึ้น คือ มีปริมาณของไอออนโครเมตในเพอมิเอทเป็น 15.43 69.06 และ 147.17 มก.ต่อลิตร ที่ระดับความเข้มข้นของไอออนไนเตรตเป็น 1000 3000 และ 6000 มก.ต่อลิตร ตามลำดับ สาเหตุที่ทำให้ค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตลดต่ำลง และมีไอออนโครเมตในเพอมิเอทเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากไอออนไนเตรตที่เติมลงไปในสารละลายน้ำเสียสังเคราะห์ จะไปเพิ่มค่าไอออนิกสเตร็งค์ในสารละลาย ทำให้ไอออนโครเมตจับกับพอลิอิเล็กโทรไลต์ได้น้อยลง นอกจากนี้ยังพบว่าไอออนไนเตรตที่เติมเข้าไปในสารละลาย จะเกิดการแย่งชิงกับไอออนโครเมตในการจับกับพอลิอิเล็กโทรไลต์อีกด้วย (Edwin E. T. et al.,1992)

เมื่อนำค่ารีเจ็คชันของการกำจัดโครเมตของการเติมไอออนไนเตรตทั้งสามความเข้มข้นไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอส ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว พบว่าค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตของทั้งสามระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของไอออนไนเตรตแต่ละค่าที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตทั้งสิ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับค่ารีเจ็คชันที่ได้นี้กับค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตจากสารละลายที่ไม่มีไอออนไนเตรต(หัวข้อ4.2) ได้ค่าที่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่า ไอออนไนเตรตทั้งสามความเข้มข้นมีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมต

ผลการหาปริมาณของไอออนไนเตรตในเพอมิเอทด้วย HPLCได้ผลดังรูปที่ 4.16



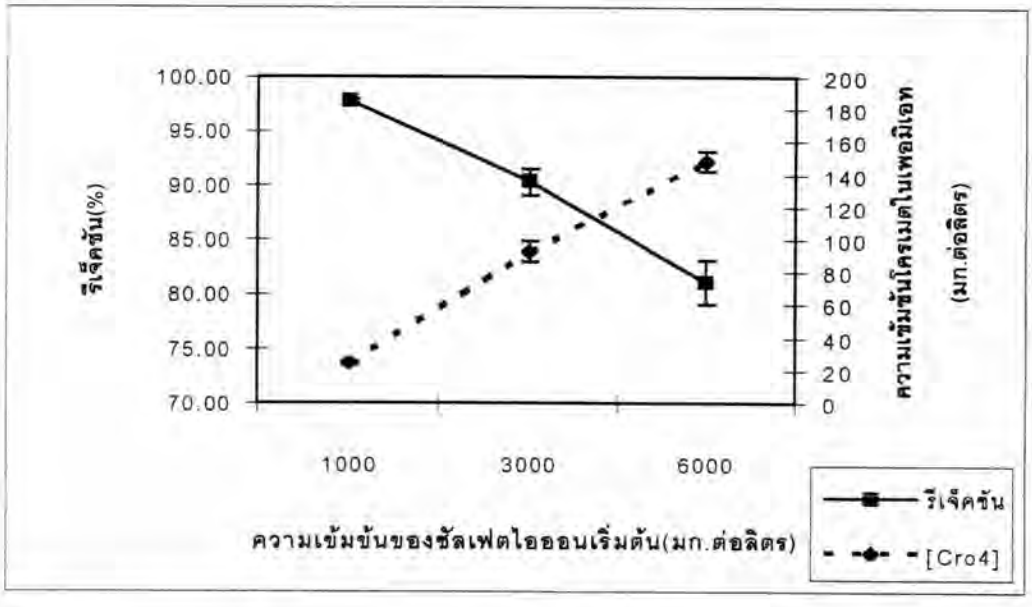
รูปที่ 4.16 แสดงปริมาณของไอออนไนเตรตก่อนและหลังผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน

จากผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของไอออนไนเตรตในเพอมิเอท จะแตกต่างจากความเข้มข้นเริ่มต้นอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากไอออนไนเตรตที่เกิดพันธะกับพอลิอิเล็ก

โทรไลต์ ไม่สามารถผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชันออกมาได้ และพบว่าไอออนไนเตรตที่เติมเข้าไปในสารละลายน้ำเสียสังเคราะห์ ทำให้เวลาของการกรองเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อมีความเข้มข้นของไอออนไนเตรตเพิ่มขึ้น

4.4.3 การศึกษาผลกระทบของไอออนซัลเฟต

การทดลองใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไอออนโครเมต 350 มก.ต่อลิตร และให้อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อไอออนโครเมตเป็น 20:1 ศึกษาผลกระทบของไอออนซัลเฟต โดยเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของไอออนซัลเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 1000 3000 และ 6000 มก.ต่อลิตร ผลการหาค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอทในรีเทนเทต และหาค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต ดังแสดงในรูปที่ 4.17



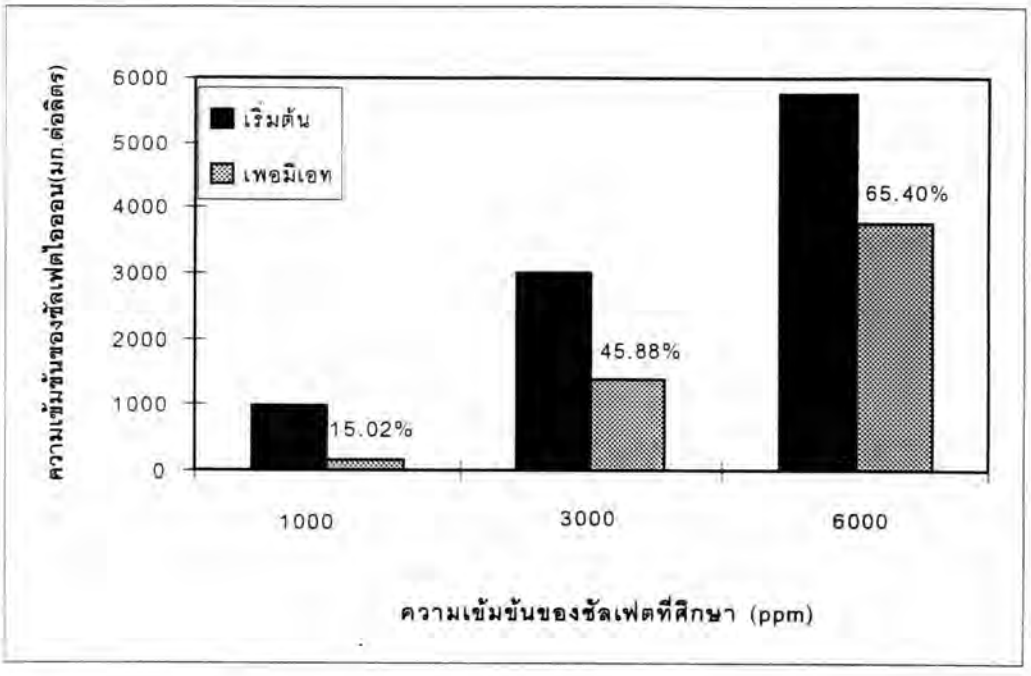
รูปที่ 4.17 แสดงผลกระทบของไอออนซัลเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ ที่มีผลต่อการกำจัดไอออนโครเมต

ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ไอออนซัลเฟตที่เติมลงไปในสารละลายน้ำเสียสังเคราะห์จะมีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต คือ จะทำให้ค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตลดต่ำลง และไอออนซัลเฟตที่เพิ่มลงไปในสารละลายนี้ จะมีความสัมพันธ์กับค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต เช่นเดียวกับผลกระทบจากไอออนคลอไรด์และไอออน

ไนเตรตคือ เมื่อไอออนซัลเฟตในสารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น ค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตจะลดต่ำลง เมื่อพิจารณาที่ค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท พบว่าเมื่อมีไอออนซัลเฟตในสารละลายมากขึ้น จะมีไอออนโครเมตในเพอมิเอทมากขึ้น คือ มีไอออนโครเมตในเพอมิเอทเป็น 24.79 92.86 และ 148.40 มก.ต่อลิตร ที่ระดับความเข้มข้นของไอออนซัลเฟต 1000 3000 และ 6000 มก.ต่อลิตร ตามลำดับ สาเหตุเป็นไปในทำนองเดียวกันกับผลกระทบจากไอออนไนเตรต คือ การเติมไอออนซัลเฟตลงไปในสารละลาย จะเป็นการไปเพิ่มค่าไอออนิกสเตร็งค์ ทำให้ไอออนโครเมตจับกับพอลิอิเล็กโทรไลต์ได้น้อยลง นอกจากนี้ ยังพบว่าไอออนซัลเฟตจะไปแย่งไอออนโครเมตในการจับกับพอลิอิเล็กโทรไลต์ ทำให้โครเมตจับกับพอลิอิเล็กโทรไลต์ได้น้อยลงอีกด้วย (Edwin E. T. et al.,1992)

เมื่อนำค่ารีเจ็คชันของการกำจัดโครเมตที่เติมไอออนซัลเฟตทั้งสามความเข้มข้นไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอส ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว พบว่าค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตของทั้งสามระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่า ระดับความเข้มข้นของไอออนซัลเฟตแต่ละค่าที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตและเมื่อเปรียบเทียบกับค่ารีเจ็คชันที่ได้นี้กับค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต จากสารละลายที่ไม่มีไอออนซัลเฟต(หัวข้อ4.2) ได้ค่าที่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติทางสถิติ 99.5 แสดงให้เห็นว่า ไอออนซัลเฟตทั้งสามความเข้มข้นมีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมต

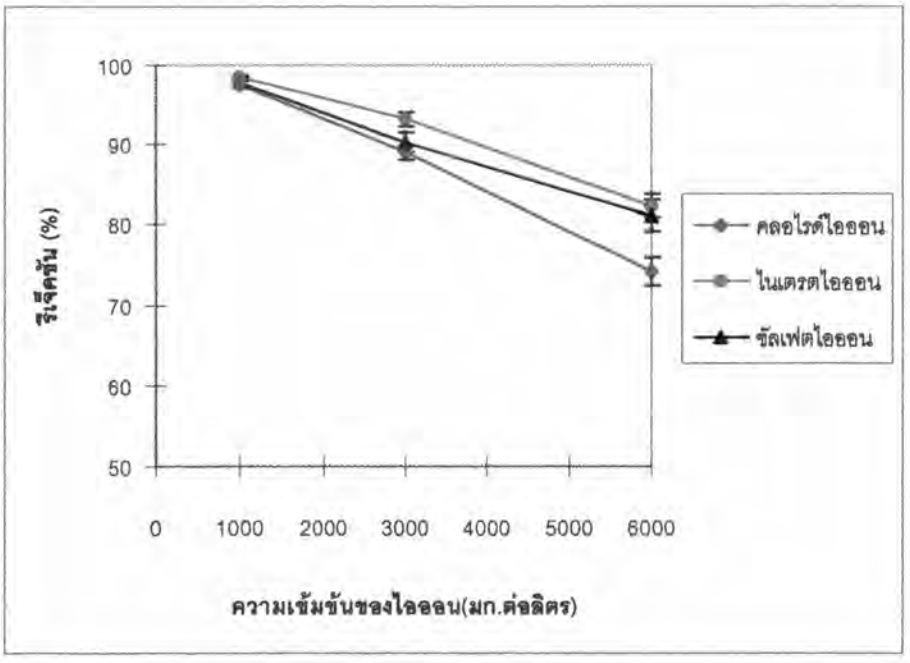
ผลการหาปริมาณของไอออนซัลเฟตในเพอมิเอทด้วย HPLC ได้ผลดังรูปที่ 4.18



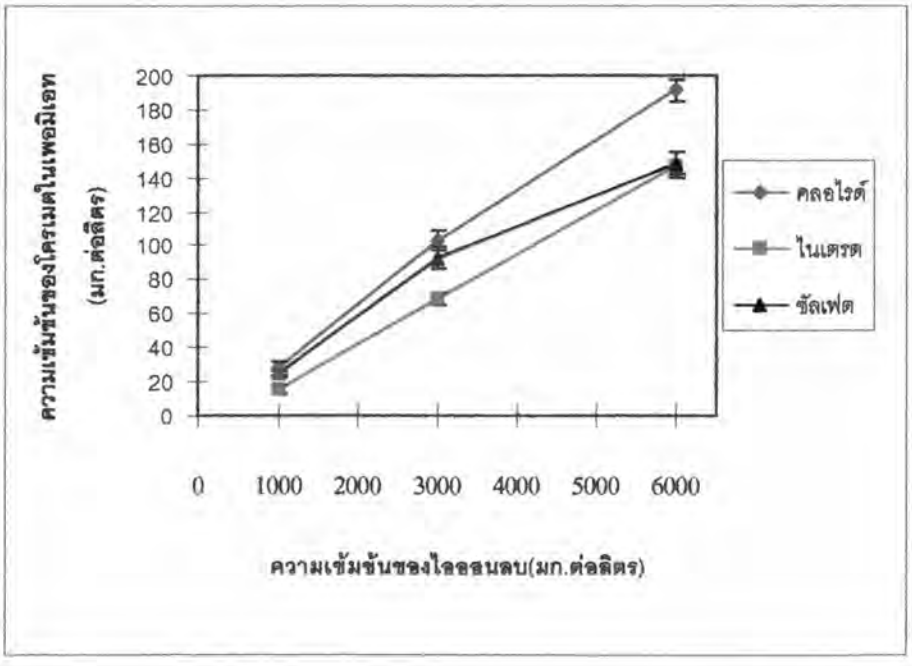
รูปที่ 4.18 แสดงปริมาณของไอออนซัลเฟตก่อนและหลังผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน

จากการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของไอออนซัลเฟตในเพอมิเอทต่างจากความเข้มข้นเริ่มต้นอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการที่มีไอออนซัลเฟตบางส่วนเกิดพันธะกับพอลิอิเล็กโทรไลต์ ทำให้ไม่สามารถผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชันออกมาได้ และจากการทดลองเป็นที่น่าสังเกตว่า ในการศึกษาผลกระทบจากไอออนซัลเฟต ต้องใช้เวลาในการกรองมากกว่าผลกระทบจากไอออนอื่นๆ คือ เมื่อความเข้มข้นของไอออนซัลเฟตมากขึ้นจะยิ่งต้องใช้เวลาในการกรองมากขึ้น โดยใช้เวลาเป็น 119.42 157.88 และ 170.61 นาที ที่ระดับความเข้มข้นของไอออนซัลเฟต 1000 3000 และ 6000 มก.ต่อลิตร ตามลำดับ

เมื่อนำค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต และค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท ของผลกระทบจากไอออนลบที่ศึกษาแต่ละตัวมาเปรียบเทียบกัน ในระดับความเข้มข้นเดียวกัน ได้ผลดังรูปที่ 4.19 และ 4.20



รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบผลกระทบของไอออนต่างๆที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดไอออนโครเมต

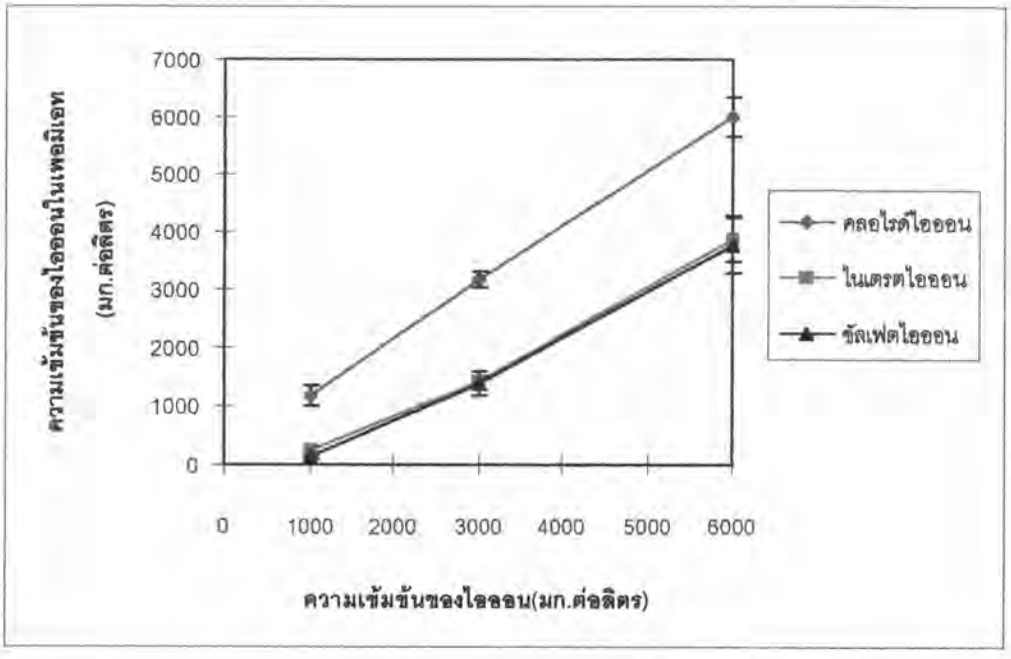


รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท ที่เกิดจากผลกระทบของไอออนลบ

ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า สารละลายที่มีไอออนลบต่างชนิดกันในระดับความเข้มข้น 1000 และ 3000 มก.ต่อลิตร มีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตไม่แตกต่างกัน และเป็นที่สังเกตเห็นว่า ที่ระดับความเข้มข้น 6000 มก.ต่อลิตร ไอออนคลอไรด์จะมีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตมากที่สุด และเมื่อพิจารณาที่ค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท พบว่าสอดคล้องกับค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตคือ ที่ระดับความเข้มข้น 1000 และ 3000 มก.ต่อลิตร ค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอทไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนที่ความเข้มข้น 6000 มก.ต่อลิตร สารละลายที่มีไอออนคลอไรด์จะส่งผลกระทบให้มีไอออนโครเมตในเพอมิเอทมากกว่าสารละลายที่มีไอออนไนเตรตและไอออนซัลเฟต สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากที่ระดับความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์สูงๆ ไอออนคลอไรด์นอกจากจะไปเพิ่มไอออนิกสเตร็งค์ในน้ำเสียสังเคราะห์แล้ว ยังเกิดเป็นดับเบิลเลเยอร์ระหว่างพอลิอิเล็กโทรไลต์และโครเมต ซึ่งเป็นเสมือนกับกำแพงกั้นไม่ให้โครเมตไปจับกับพอลิอิเล็กโทรไลต์ ส่วนไอออนไนเตรตและไอออนซัลเฟตจะส่งผลกระทบคือ จะเพิ่มไอออนิกสเตร็งค์ในสารละลายและเกิดการแก่งแย่งกับโครเมตในการเกิดพันธะกับพอลิอิเล็กโทรไลต์เท่านั้น

เมื่อนำค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต ในแต่ละระดับความเข้มข้นไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม เอสพีเอสเอส ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว พบว่าค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตของผลกระทบจากไอออนคลอไรด์ไม่แตกต่างจากค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตของผลกระทบจากไอออน ซัลเฟต แต่ค่าผลกระทบของทั้งสองไอออนมีความแตกต่างจากค่ารีเจ็คชันของการกำจัดโครเมตไอออนของผลกระทบจากไอออนไนเตรต ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5

เมื่อนำผลการวิเคราะห์หาไอออนลบแต่ละตัวในเพอมิเอท ในระดับความเข้มข้นเดียวกันมาเปรียบเทียบกันได้ ผลการทดลองดังรูปที่ 4.21

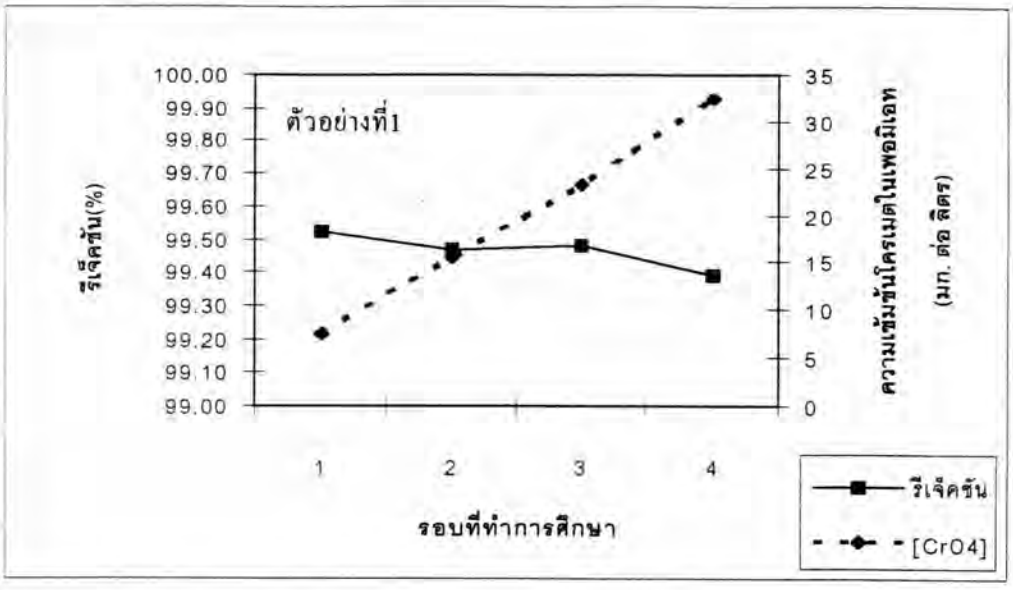


รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบความเข้มข้นของไอออนต่างๆหลังจากผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน

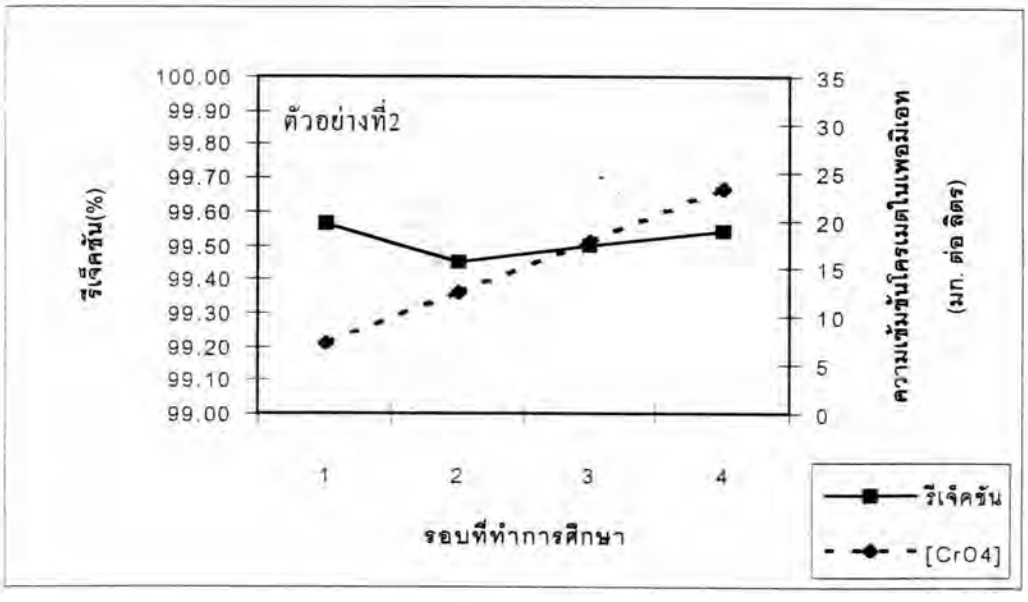
ผลที่ได้พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์ในเพอมิเอทจะต่างจากไอออนไนเตรตและไอออนซัลเฟตในเพอมิเอท คือ ความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์ในเพอมิเอทไม่แตกต่างจากความเข้มข้นเริ่มต้น ส่วนไอออนไนเตรตและไอออนซัลเฟตในเพอมิเอทต่างจากความเข้มข้นเริ่มต้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งก็เนื่องจากว่าไอออนคลอไรด์เพียงแค่ไปเกิดดับเบิลเลเยอร์ระหว่างพอลิอิเล็กโทรไลต์และไอออนโครเมตเท่านั้น จึงสามารถผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชันออกมาได้ ส่วนไอออนไนเตรตและไอออนซัลเฟตบางส่วนเกิดพันธะกับพอลิอิเล็กโทรไลต์ ทำให้ไม่สามารถผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชันออกมาได้

4.5 การศึกษาน้ำเสียจากโรงงานที่มีการชุบโครเมียม

ในการศึกษาได้ใช้อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อโครเมตในน้ำเสียเป็น 20:1 และวิเคราะห์หาปริมาณไอออนที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำเสีย นำน้ำเสียที่เติมพอลิอิเล็กโทรไลต์ลงไปแล้วมาผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน จนปริมาณสารละลายลดลงเหลือ 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำเสียลงไปให้มีปริมาตรเท่ากับเริ่มต้น ทำอัลทราฟิลเทรชันซ้ำ รวมการทำอัลทราฟิลเทรชันของตัวอย่างน้ำเสีย 4 รอบ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.22 และ รูปที่ 4.23



รูปที่ 4.22 แสดงไอออนต่างๆในน้ำทิ้งจากตัวอย่างที่1 ของการชุบโครเมตียมที่มีผลต่อค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมต



รูปที่ 4.23 แสดงไอออนต่างๆในน้ำทิ้งตัวอย่างที่2 ของการชุบโครเมตียมที่มีผลต่อค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมต

จากการทดลองพบว่า ทุกรอบของการเพิ่มน้ำเสียเข้าไป ค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตยังมีค่าสูงคือ เกิน 99% ทุกรอบ และเมื่อพิจารณาที่ค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท พบว่ามีค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอทเกินค่ามาตรฐานทุกรอบของการศึกษา คือ ค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในตัวอย่างที่ 1 เป็น 7.46 15.60 23.22 และ 32.45 มก.ต่อลิตร ค่าความเข้มข้นของไอออนโครเมตในตัวอย่างที่ 2 เป็น 7.33 12.54 17.83 และ 23.18 มก.ต่อลิตร แต่เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นเริ่มต้น และความเข้มข้นในเพอมิเอทแล้ว จะเห็นได้ชัดว่า กระบวนการพอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มอัลทราฟิลเทรชันสามารถกำจัดไอออนโครเมตได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก เช่นในรอบที่ 1 ของการศึกษา จะมีไอออนโครเมตออกมาในเพอมิเอทในตัวอย่างที่ 1 เป็น 0.76% และในตัวอย่างที่ 2 เป็น 0.63% เท่านั้น(ในรอบ 2 3 และ 4 จะมีการเติมน้ำเสียเพิ่มเข้าไปทุกรอบ) ซึ่งถ้าพิจารณาที่ค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตแล้วพบว่า ระดับไอออนต่างๆในน้ำเสียทั้งสองตัวอย่างนี้ ไม่มีผลต่อการกำจัดโครเมตโดยพอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มอัลทราฟิลเทรชัน และเป็นที่แน่นอนว่า ถ้ามีการนำเพอมิเอท ที่ได้นี้ไปผ่านกระบวนการพอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มอัลทราฟิลเทรชันซ้ำอีกรอบ ไอออนโครเมตในเพอมิเอทจะต้องได้ค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง และสามารถปล่อยน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการแล้วลงสู่ท่อระบายน้ำได้

เมื่อนำค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตของทุกรอบของการเติมน้ำเสีย ไปทดสอบสถิติด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอส ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว พบว่าค่ารีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมตของแต่ละรอบในการเติมน้ำเสียไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมตในการทดลองที่ไม่เติมไอออนใดๆ(หัวข้อ4.2) พบว่าค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมตในน้ำทิ้งจากโรงงานแตกต่างกับรีเจ็คชันของไอออนโครเมตเมื่อไม่เติมไอออนใดๆ ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 99.5 ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า เมื่อพิจารณาตามค่าทางสถิติ การนำระบบของพอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มอัลทราฟิลเทรชันไปกำจัดน้ำทิ้งโครเมตจากโรงงานชุบจริงๆ ไอออนต่างๆในน้ำทิ้งจะมีผลกระทบต่อค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมต แต่อย่างไรก็ตาม รีเจ็คชันของไอออนโครเมตที่ได้ออกมายังอยู่ในเกณฑ์ที่สูง และถ้ามีการนำเพอมิเอทที่ออกมาไปทำการบำบัดซ้ำอีกรอบ จะทำให้ได้ค่ารีเจ็คชันของไอออนโครเมตที่สูงมาก ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีมากของระบบการกำจัดน้ำเสียด้วยพอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มอัลทราฟิลเทรชัน

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนต่างๆในเพอมิเอท แสดงดังตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 แสดงส่วนประกอบของน้ำเสียตัวอย่างก่อนและหลังผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน (ตัวอย่างที่1)

น้ำเสีย	ความเข้มข้นของไอออน(มก.ต่อลิตร)							
	โครเมียม	ทองแดง	เหล็ก	นิเกิล	สังกะสี	คลอไรด์	ไนเตรต	ซัลเฟต
เริ่มต้น	986.12	32.63	32.50	205.07	23.30	2972.75	ND*	319.28
เพอมิเอทรอบที่1	7.46	25.74	22.53	169.51	22.84	1504.56	ND*	56.99
เพอมิเอทรอบที่2	15.60	30.60	26.48	175.12	23.23	1795.47	ND*	71.81
เพอมิเอทรอบที่3	23.22	30.18	28.56	179.08	23.88	1845.47	ND*	80.13
เพอมิเอทรอบที่4	32.45	30.60	28.79	179.28	24.27	1850.01	ND*	93.58

ND* : ค่าที่ต่ำกว่าขีดจำกัดของการตรวจวัด

ตารางที่ 4.3 แสดงส่วนประกอบของน้ำเสียตัวอย่างก่อนและหลังผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน (ตัวอย่างที่ 2)

น้ำเสีย	ความเข้มข้นของไอออน(มก.ต่อลิตร)							
	โครเมียม	ทองแดง	เหล็ก	นิเกิล	สังกะสี	คลอไรด์	ไนเตรต	ซัลเฟต
เริ่มต้น	1156.65	35.36	14.98	166.07	6.42	458.19	ND*	302.80
เพอมิเอทรอบที่1	7.33	30.38	9.93	140.42	6.16	449.55	ND*	36.59
เพอมิเอทรอบที่2	12.54	30.40	11.50	156.84	6.41	482.28	ND*	36.46
เพอมิเอทรอบที่3	17.83	27.59	11.79	154.10	6.38	465.00	ND*	44.32
เพอมิเอทรอบที่4	23.18	25.96	10.80	145.23	6.26	458.19	ND*	48.93

ND* : ค่าที่ต่ำกว่าขีดจำกัดของการตรวจวัด

จากผลการทดลองจะเลือกพิจารณาในรอบที่ 1 ของการทดลอง เพื่อให้สอดคล้องกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ได้ศึกษาผลวิเคราะห์ไอออนต่างๆในเพอมิเอทดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบความเข้มข้นของไอออนในเพอมิเอท กับความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ และน้ำเสียตัวอย่าง

ชนิดของไอออน	ความเข้มข้นในน้ำเสียสังเคราะห์	ความเข้มข้นของไอออนในเพอมิเอท(%)		
		น้ำเสียสังเคราะห์	น้ำเสียตัวอย่างที่ 1	น้ำเสียตัวอย่างที่ 2
ทองแดง	40	3.35	78.88	85.92
เหล็ก	20	0.65	69.32	66.29
นิเกิล	100	95.52	82.66	84.55
สังกะสี	20	81.59	98.07	95.80
คลอไรด์	1000,3000	99.14,99.49	50.61	98.11
ไนเตรต	-	-	-	-
ซัลเฟต	1000	26.57	17.85	12.08

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของไอออนทองแดงและไอออนเหล็กในเพอมิเอทของน้ำเสียตัวอย่าง แตกต่างจากน้ำเสียสังเคราะห์ คือ ในน้ำเสียสังเคราะห์จะมีความเข้มข้นของไอออนทองแดงและไอออนเหล็กในเพอมิเอท ต่างจากความเข้มข้นเริ่มต้นมาก ส่วนในน้ำเสียตัวอย่างมีไอออนทองแดงและไอออนเหล็กในเพอมิเอท ต่างจากความเข้มข้นเริ่มต้นเพียงเล็กน้อย ส่วนไอออนคลอไรด์ในเพอมิเอทของตัวอย่างน้ำเสีย ต่างจากน้ำเสียสังเคราะห์คือในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์ในเพอมิเอท ไม่แตกต่างจากความเข้มข้นเริ่มต้น ส่วนในตัวอย่างน้ำเสีย(โดยเฉพาะตัวอย่างที่ 1) มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าไอออนคลอไรด์ในตัวอย่างน้ำเสียเกิดการรวมตัวกับไอออนตัวอื่นๆ ส่วนไอออนที่เหลือคือ ไอออนนิเกิล ไอออนสังกะสี และไอออนซัลเฟต จะได้ผลที่สอดคล้องกับการทำน้ำเสียสังเคราะห์ คือ ไอออนนิเกิลและไอออนสังกะสี ความเข้มข้นเริ่มต้นกับความเข้มข้นในเพอมิเอทต่างกันเล็กน้อย ส่วนไอออนซัลเฟตมีความเข้มข้นเริ่มต้นต่างกับความเข้มข้นในเพอมิเอทมาก จากการที่มีบางไอออนที่ได้ผลไม่สอดคล้องกับการทดลองในน้ำเสียสังเคราะห์ เนื่องจากในตัวอย่างน้ำเสียจะมีไอออนอื่นๆอีกมากที่ไม่ได้ทำการศึกษาในขั้นนี้ ซึ่งอาจจะมีกระบวนการต่างๆเกิดขึ้น ที่ไม่เกิดใน

น้ำเสียสังเคราะห์ และเป็นที่สังเกตเห็นว่า ในการทดลองที่ใช้น้ำเสียตัวอย่าง ไม่ปรากฏตะกอน ขณะทำการกรอง และเวลาในการกรองแต่ละรอบก็ไม่แตกต่างกัน