สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

อิสวัต แสงมณี* กรกฎ เพ็ชร์หัสณะโยธิน* และสุธน เสถียรยานนท์*

*สาขาวิชาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีน้ำเสียจาก 2 แหล่งคือ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่มีอัตราการไหล 240 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานที่มีอัตราการไหล 90 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เมื่อนำน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียพบว่า มีค่า BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-}, Total Fe และ O/G เท่ากับ 402, 1, 580, 8.50, 1.20, 0.824 และ 12.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีค่า BOD, COD และ O/G สูงกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงนำน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมาทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนทางเคมี จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนคือ Bentonite:$Al_2(SO_4)_3$ ในอัตราส่วน 1:2 ที่ความเข้มข้น 2,250 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Anionic Polymer ที่ความเข้มข้น 1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ระยะเวลาตกตะกอน 25 นาที สามารถลดค่า BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-}, Total Fe และ O/G ลงเหลือ 7.81, 100, 2.95, 0.31, 0.30 และ 0 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดได้ร้อยละ 98.06, 93.67, 65.29, 73.96, 63.21 และ 100 ตามลำดับ ซึ่งคุณภาพน้ำหลังบำบัดมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมจึงสามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติได้

เมื่อนำน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียพบว่ามีค่า BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-}, Total Fe และ O/G เท่ากับ 298.97, 342.31, 15.8, 6.99, 3.79 และ 14.24 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีค่า BOD, COD และ O/G สูงกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงนำมาบำบัดน้ำเสียด้วยวิธี Sequencing Batch Reactor (SBR) โดยทำการทดลองในถังจำลองขนาด 20 ลิตร จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัด คือ

บทนำ

น้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีน้ำเสียจาก 2 แหล่งคือ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงาน และน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน ซึ่งมีสมบัติที่แตกต่างกัน โดยที่น้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีอัตราส่วน BOD ต่อ COD ต่ำกว่า 0.4 เหมาะสำหรับการบำบัดด้วยวิธีทางเคมี ซึ่งโดยปกติน้ำเสียจะมีค่าอัตราส่วน BOD ต่อ COD ประมาณ 0.4 - 0.8 น้ำเสียที่มีอัตราส่วน BOD ต่อ COD ต่ำแสดงว่ามีอัตราส่วนของสารที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้อยู่มาก และน้ำเสียที่มีอัตราส่วน BOD ต่อ COD สูงแสดงว่ามีอัตราส่วนของสารที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ง่ายอยู่มาก (นภดล เจริญวัฒนชัย, 2540) จากการศึกษาของ Brian Bolto et al., (2000) พบว่า Bentonite มี Al_2O_3 เป็นองค์ประกอบ เมื่อละลายน้ำแล้วได้ไอออนของ Al^{3+} หรือ $Al(OH)_3$ ขึ้นอยู่กับ pH ของน้ำ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับสารที่ได้จากการละลายของ $Al_2(SO_4)_3$ โดยที่สาร Bentonite นี้มีน้ำหนักมากกว่า $Al_2(SO_4)_3$ สามารถใช้เป็นสารตกตะกอนได้ และจากการศึกษาของ Badawy et al., (2006) พบว่าสามารถใช้ Bentonite เป็นสารช่วยในการตกตะกอนได้ จึงนำ Bentonite มาทำการทดลองเพื่อตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิต ส่วนใหญ่วิธีบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตในประเทศไทยทำโดยการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้ $Al_2(SO_4)_3$ ซึ่งมีราคาประหยัด และหาได้ง่ายในประเทศไทย $Al_2(SO_4)_3$ สามารถทำให้สารแขวนลอยในน้ำเสียเกาะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนได้ดี แต่ไม่สามารถตกตะกอนได้ เนื่องมาจากตะกอนที่เกิดการรวมตัวกันมีน้ำหนักเบาจึงไม่สามารถตกตะกอนลงมาได้ จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนหรือเติมสารช่วยในการตกตะกอนลงไป โดยทั่วไปสารเคมีชนิดอื่นๆที่ใช้ในการตกตะกอนเช่น $Fe_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, PAC หรือสารช่วยตกตะกอนจำพวกพอลิเมอร์ ซึ่งมีราคาแพงกว่า $Al_2(SO_4)_3$ มาก และสารบางชนิดยังไม่สามารถตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตได้ ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและหาสารที่สามารถตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและมีราคาประหยัด ส่วนน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานมีอัตราส่วน BOD ต่อ COD สูงกว่า 0.8 เหมาะสำหรับการบำบัดด้วย วิธีทางชีวภาพ เนื่องจากมีสารที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ง่ายอยู่มาก จึงได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดโดยด้วยวิธีทางชีวภาพด้วยระบบบำบัดแบบ SBR

อุปกรณ์และวิธีทำ

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียก่อนการบำบัด

เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยวิธีจ้วง (Grab Sample) จากทั้ง 2 แหล่งมาวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพและเปรียบเทียบตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ทำการวิเคราะห์คือ pH, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), Total PO_4^{3-}, Total Fe และ Oil And Grease (O/G)

ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนทางเคมี

การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี โดยทำดังนี้

1. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนทางเคมีเบื้องต้น

ทำการทดลองตกตะกอนน้ำเสียในบีกเกอร์เพื่อหา pH และชนิดและปริมาตรสารโคแอกกูแลนด์ที่เหมาะสมอย่างคร่าวๆ ก่อนนำมาศึกษาต่อด้วยเครื่องมือ Jar Test โดยกำหนดค่าต่างๆ ให้ครอบคลุมช่วงที่สามารถตกตะกอนได้ดีจากการศึกษาเบื้องต้น

2. การศึกษาหาค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนทางเคมี

ทำการศึกษาที่ pH 6, 7, 8, 9, 10 และ 11 ตามลำดับ และปรับ pH ด้วยสารละลาย NaOH และสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร

3. ศึกษาหาชนิดและปริมาณของสารโคแอกกูแลนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนทางเคมี

ใช้สารละลาย $Al_2(SO_4)_3$ และสารละลาย Bentonite:$Al_2(SO_4)_3$ ในอัตราส่วน 2:1, 1:1, 1:2 และ 1:3 ที่ความเข้มข้น 1,500, 1,750, 2,000, 2,250, 2,500 และ 2,750 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ในการตกตะกอน

4. ศึกษาหาปริมาตรของสารโคแอกกูแลนด์เอดที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนทางเคมี

ใช้สารละลาย Anionic Polymer ที่ความเข้มข้น 0, 1.25, 2.50, 3.75, 5.00 และ 6.25 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ เป็นสารช่วยในการตกตะกอน

5. การศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนทางเคมี

ทำการศึกษาโดยทิ้งให้น้ำเสียตกตะกอนในระยะเวลาที่แตกต่างกัน คือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ

6. การศึกษาคุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการผลิตหลังการบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

นำน้ำเสียที่ผ่านการตกตะกอนทางเคมีด้วยสภาวะที่เหมาะสมแล้ว มาวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังบำบัด โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ คือ BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-}, Total Fe และ O/G และนำค่าที่ได้มาหาประสิทธิภาพในการบำบัดต่อไป

ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโดยระบบบำบัดแบบ SBR

ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานด้วยวิธี SBR โดยทำการทดลองดังต่อไปนี้

1. ศึกษาหาปริมาณอาหารเสริมที่ต้องการใช้ในการบำบัดของจุลินทรีย์

การทำงานของระบบบำบัดทั่วไปมักจะมีอัตราส่วนของ BOD:N:P:Fe เท่ากับ 100:5:1:0.5

2. ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงค่า F/M ratio และระยะเวลาในการเติมอากาศที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ในการบำบัด

โดยกำหนดค่า F/M ratio เป็น 0.15, 0.20 และ 0.25 เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเติมอากาศ โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียมาวิเคราะห์ค่า BOD และ COD ทุกชั่วโมง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียให้ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้อยที่สุด

3. การศึกษาคุณภาพน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานหลังการบำบัดด้วยวิธี SBR

ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานด้วยสภาวะที่เหมาะสม และนำน้ำเสียหลัง การบำบัดมาวิเคราะห์คุณภาพ โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ คือ BOD,COD, TKN, Total PO_4^{3-}, Total Fe และ O/G และนำค่าที่ได้มาหาประสิทธิภาพในการบำบัดต่อไป

ผลการทดลอง

คุณภาพน้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ก่อนการบำบัด

ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บมาจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีน้ำเสียจาก 2 แหล่ง คือ น้ำเสียจากกระบวนการผลิต และน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียพบว่า น้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีค่าอัตราส่วน BOD:COD เท่ากับ 0.254 ซึ่งต่ำกว่าปกติ (ตารางที่ 1) แสดงว่าในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีสารที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้หรือย่อยสลายได้ช้าในอัตราส่วนที่สูงเหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี ส่วนน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานมีอัตราส่วน BOD:COD เท่ากับ 0.873 ซึ่งค่อนข้างสูงมาก แสดงว่าน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน มีสารที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ดีในอัตราส่วนที่สูง ซึ่งเหมาะในการบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพโดยระบบบำบัดแบบ SBR

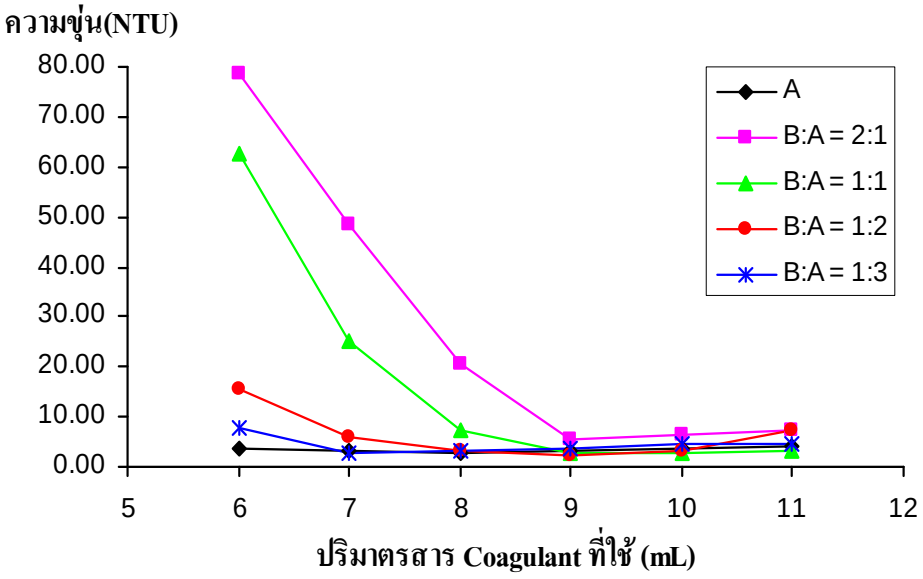
ตารางที่ 1. แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากการทดลอง

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำก่อนบำบัด		คุณภาพน้ำเสียหลังบำบัด		ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย (%)		มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม
	น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	น้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน	น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	น้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน	น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	น้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน	
pH	7.06	7.01	5.68	7.15	-	-	5.5-9.0
BOD (mg/L)	402	298.97	7.81	13.80	98.06	95.38	< 20
COD (mg/L)	1,580	342.31	100.00	39.34	93.67	88.51	< 120
TKN (mg/L)	8.50	15.8	2.95	11.00	65.29	30.38	< 100
Total PO_4^{3-}(mg/L)	1.20	6.99	0.31	0.39	73.96	94.42	No Std.
Total Fe (mg/L)	0.824	3.79	0.30	0.28	63.21	92.61	No Std.
O/G (mg/L)	12.8	14.24	0.00	0.484	100.00	96.60	< 5

สภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี

1. pH ชนิด และปริมาตรสารโคแอกกูแลนด์ที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิต

จากการศึกษาพบว่าที่ pH 11 และ Bentonite:$Al_2(SO_4)_3$ ในอัตราส่วน 1:2 ที่ความเข้มข้น 2,250 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถตกตะกอนน้ำเสียได้ดีที่สุด (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1. ผลการศึกษาหาชนิดและปริมาตรสารโคแอกกูแลนด์ที่เหมาะสม

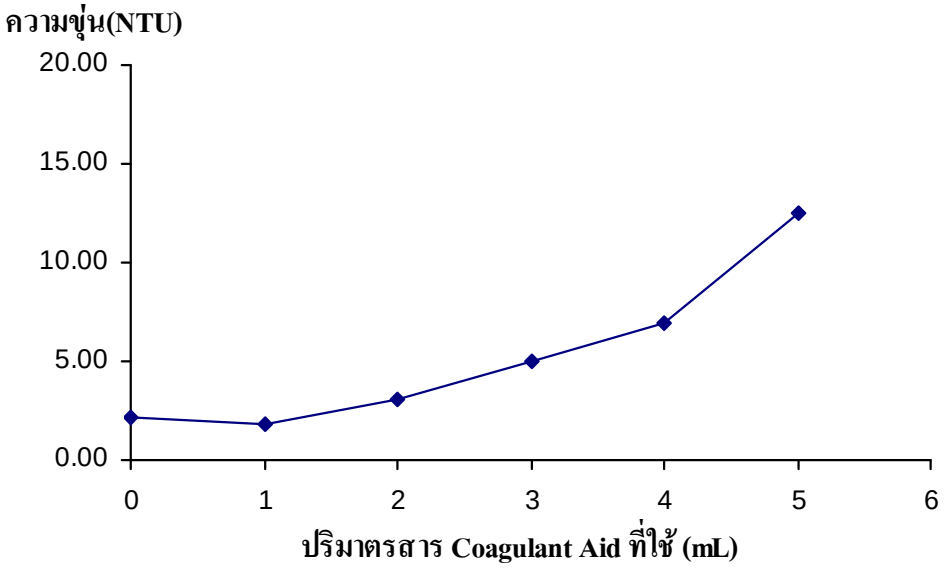
สาร A คือ $Al_2(SO_4)_3$ สาร B คือ Bentonite

2. ปริมาตรสารโคแอกกูแลนด์เอดที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนทางเคมี

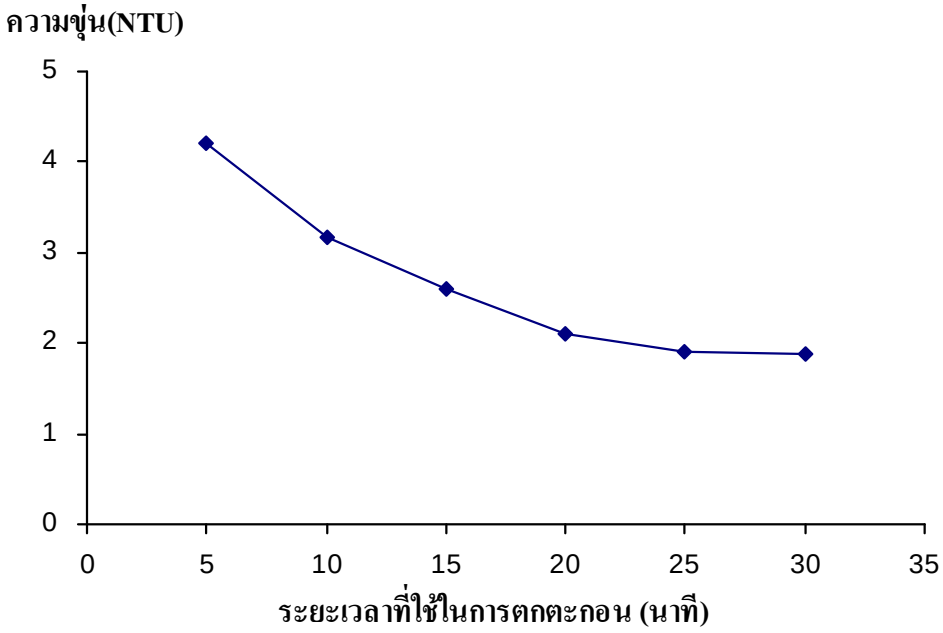
จากการทดลองพบว่า Anionic Polymer ที่ความเข้มข้น 1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถช่วยในการตกตะกอนน้ำเสียได้ดีที่สุด (ภาพที่ 2)

3. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี

จากการทดลองตกตะกอนน้ำเสียในระยะเวลาที่แตกต่างกัน คือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที พบว่า ที่ระยะเวลา 25 นาที สามารถตกตะกอนน้ำเสียได้ดีที่สุด (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 2. ผลการศึกษาหาปริมาตรสารโคแอกกูแลนด์เอดที่เหมาะสม



ภาพที่ 3. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสีย

4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการผลิตหลังการบำบัด

จากการนำน้ำเสียที่ผ่านการตกตะกอนทางเคมีด้วยสภาวะที่เหมาะสมแล้วมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังบำบัด โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ คือ BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-}, Total Fe และ O/G เมื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพในการบำบัดปรากฏผลดังตารางที่ 1 จากผลการทดลองวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการผลิตหลังการบำบัดด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี พบว่าทุกพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์มีค่าผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

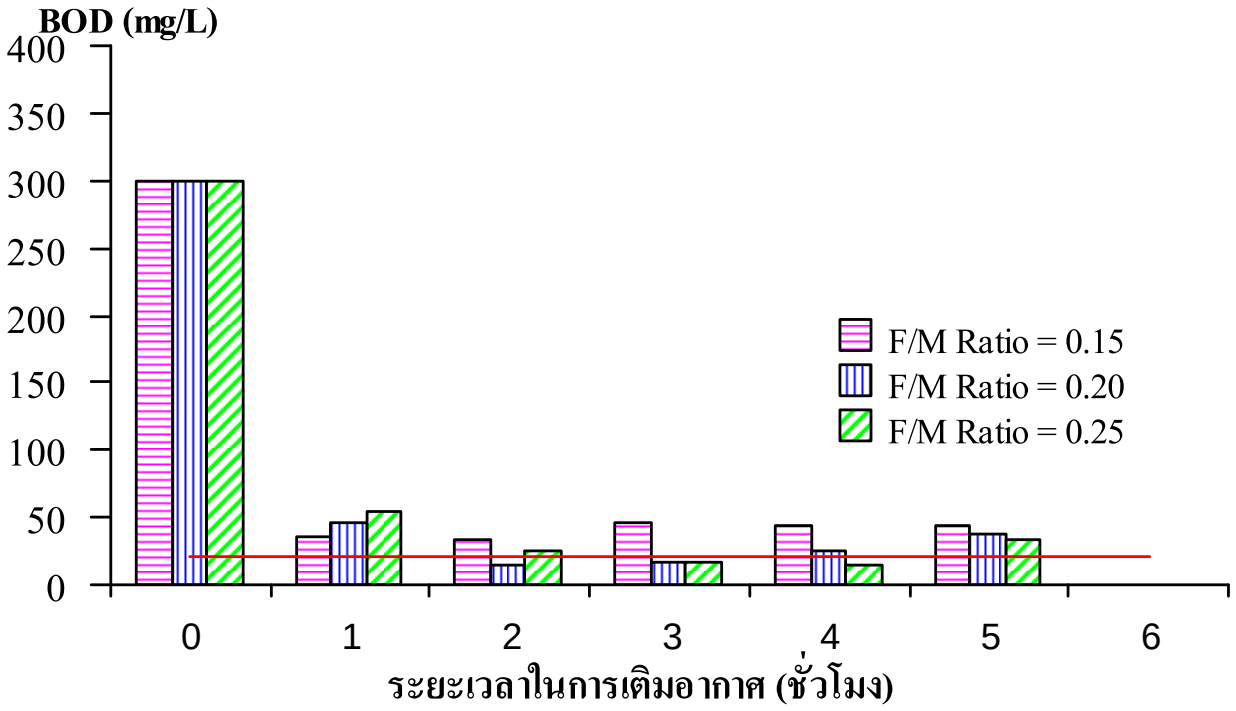
สภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโดยระบบบำบัดแบบ SBR

1. ปริมาตรอาหารเสริมที่จุลินทรีย์ต้องการ

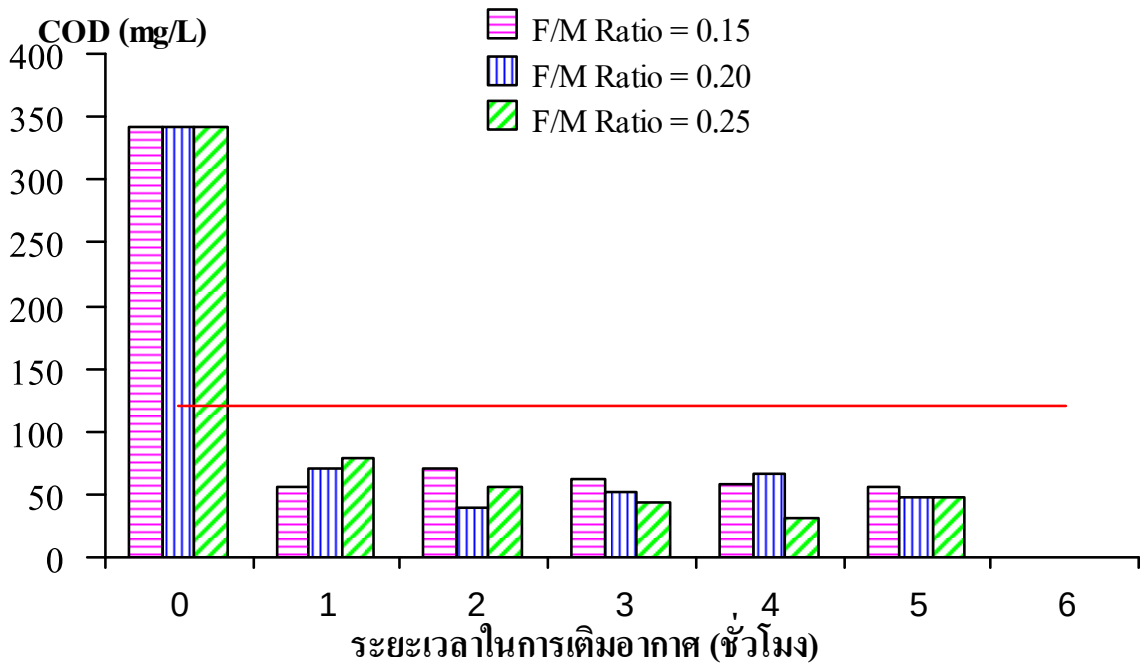
จากการศึกษาพบว่าในตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานมีปริมาณสารอาหารอยู่เพียงพอแล้ว จึงไม่ต้องมีการเติมอาหารเสริม

2. การเปลี่ยนแปลงค่า F/M ratio และระยะเวลาในการเติมอากาศที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัด

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานที่ F/M Ratio ต่างๆ กันพบว่าที่ F/M Ratio เท่ากับ 0.20 และใช้ระยะเวลาในการเติมอากาศ 2 ชั่วโมงสามารถบำบัดค่า BOD และ COD ได้ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งและประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4–5



ภาพที่ 4. การเปรียบเทียบค่า BOD เมื่อใช้ระยะเวลาในการเติมอากาศต่างๆ กัน



ภาพที่ 5. การเปรียบเทียบค่า COD เมื่อใช้ระยะเวลาในการเติมอากาศต่างๆ กัน

3. คุณภาพน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานโรงงานหลังการบำบัด

จากการทดลองปรากฏผลการทดลองดังตารางที่ 1 เมื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพในการบำบัดปรากฏผลดังตารางที่ 1จากผลการทดลองที่ได้น้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานหลังการบำบัดด้วยวิธี SBR พบว่าทุกพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์มีค่าผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

สรุปผลการทดลอง

สภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยกระบวนการตกตะกอนทางเคมีคือ pH เท่ากับ 11 ใช้ Bentonite:$Al_2(SO_4)_3$ ในอัตราส่วน 1:2 ที่ความเข้มข้น 2,250 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Anionic Polymer ที่ความเข้มข้น 1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และใช้ระยะเวลาในการตกตะกอน 25 นาที ส่วนสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยระบบบำบัดแบบ SBR คือใช้ F/M Ratio เท่ากับ 0.20 และระยะเวลาเติมอากาศ 2 ชั่วโมง ซึ่งทั้ง 2 สภาวะสามารถบำบัดน้ำเสียให้ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

นภดล เจริญวัฒนชัย และคณะ. (2540). **การปรับปรุงการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR**. งานวิจัยปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Brain, B., David, D., Rob, E., and Simon, K. (2000). **Cationic polymer and clay or metal oxide combinations for natural organic matter removal**. Clayton South, Australia: CSIRO Molecular Science.

Badawy, M.I., and Ali, M.E.M. (2006). **Fenton's peroxidation and coagulation processes for the treatment of combined industrial and domestic wastewater**. Cairo, Egypt: National Research Center, Water Pollution Department.