

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี การบำบัดโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการบำบัดทั้ง 2 วิธีร่วมกัน โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพและค่าใช้จ่ายในการบำบัด ซึ่งการทดลองสามารถแบ่งเป็น 4 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี โดยหาปริมาณสารสร้างตะกอนและค่า pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนสำหรับสารสร้างตะกอน 3 ชนิด ได้แก่ อลูมิเนียมซัลเฟต เฟอร์ริกคลอไรด์และโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ ส่วนที่สองเป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ โดยใช้ระบบสัมผัสแบบคอลัมน์ เพื่อหาอายุการใช้งานของถ่านกัมมันต์และปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัด ส่วนที่สามเป็นการศึกษาการทำงานร่วมกันระหว่างวิธีการตกตะกอนทางเคมีกับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย โดยในกระบวนการตกตะกอนทางเคมีได้เลือกใช้สารสร้างตะกอนที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยได้ดีที่สุด ซึ่งพิจารณาจากประสิทธิภาพและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการบำบัด จากนั้นจึงบำบัดน้ำชะมูลฝอยต่อด้วยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ โดยใช้ตัวแปรในการเดินระบบที่ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่ดีที่สุด และส่วนที่สี่เป็นการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยทั้ง 3 วิธี โดยตลอดการทดลองได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยจำนวน 2 ครั้ง คือ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2548 และเดือนมกราคม 2549 บริเวณบ่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยก่อนที่จะผ่านเข้าสู่ระบบบำบัด ดังนั้นการวิเคราะห์ผลในขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพการตกตะกอนทางเคมีจึงใช้ค่าผลการทดลองที่ได้ในแต่ละครั้งการทดลอง เนื่องจากคุณภาพน้ำชะมูลฝอยเริ่มต้นมีค่าแตกต่างกันในแต่ละครั้ง ทำให้การหาปริมาณสารสร้างตะกอนและค่า pH ที่เหมาะสมมีความเฉพาะในแต่ละครั้งการทดลอง ส่วนการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ และการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีและกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ใช้ค่าเฉลี่ย เพราะประสิทธิภาพการบำบัดในแต่ละครั้งการทดลองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและประสิทธิภาพมีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ผล ซึ่งผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาประสิทธิภาพการตกตะกอนทางเคมีในน้ำชะมูลฝอย

1.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำชะมูลฝอย

จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำชะมูลฝอยพบว่า น้ำชะมูลฝอยมีค่า pH อยู่ในช่วง 8.25-8.31 ค่าสีอยู่ในช่วง 2,190-2,978 Pt-Co ความขุ่นอยู่ในช่วง 62.1-85.9 NTU ของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 61-72 มก./ล. และค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 648-827 มก./ล. สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำชะมูลฝอย

ตัวอย่างน้ำ ครั้งที่	พารามิเตอร์				
	pH	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	ซีโอดี (มก./ล.)
1	8.25	2,190	62.1	61	648
2	8.31	2,978	85.9	72	827

หมายเหตุ ตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 เก็บเมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน 2548

ตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 เก็บเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2549

1.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารสร้างตะกอนและ pH ที่เหมาะสมในกระบวนการตกตะกอนทางเคมีโดยวิธีจาร์เทสต์

ในการศึกษาหาปริมาณสารสร้างตะกอนกำหนดให้ไม่มีการปรับค่า pH ของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอย เพราะค่า pH ของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยเริ่มต้นมีค่าอยู่ในช่วง 8.25-8.31 ซึ่งอยู่ในช่วงของการตกตะกอนได้และเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายสารเคมีในการปรับ pH โดยในขั้นเริ่มต้นเป็นการทดลองเพื่อหาช่วงของปริมาณสารสร้างตะกอนทั้ง 3 ชนิดอย่างกว้างๆ ซึ่งนำไปใช้ในการพิจารณาเลือกช่วงของปริมาณสารสร้างตะกอนที่เหมาะสมในขั้นต่อไป ดังแสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ 2-ง4 และภาพผนวกที่ ง1-ง3 สำหรับผลการวิเคราะห์โดยใช้จาร์เทสต์ในการหาปริมาณสารสร้างตะกอนและ pH ที่เหมาะสม แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนแรก เป็นการทดลองเพื่อหาช่วงของปริมาณสารสร้างตะกอนและค่า pH อย่างกว้างๆ โดยคุณลักษณะที่ใช้ในการพิจารณาคัดเลือก คือ ประสิทธิภาพในการกำจัดสีและความขุ่น

ขั้นตอนที่สอง เป็นการทดลองในขั้นละเอียดเพื่อหาปริมาณสารสร้างตะกอนและค่า pH ที่มีผลต่อการบำบัดน้ำชะมูลฝอยได้มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยคุณลักษณะที่ใช้ในการพิจารณาคัดเลือก คือ ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยทุกพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด โดยเฉพาะประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ซึ่งจากผลการทดลองพบว่ากระบวนการตกตะกอนสามารถบำบัดน้ำชะมูลฝอยให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ได้ทุกพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด ยกเว้นค่าซีโอดี ดังแสดงรายละเอียดมาตรฐานน้ำทิ้งในภาคผนวก จ

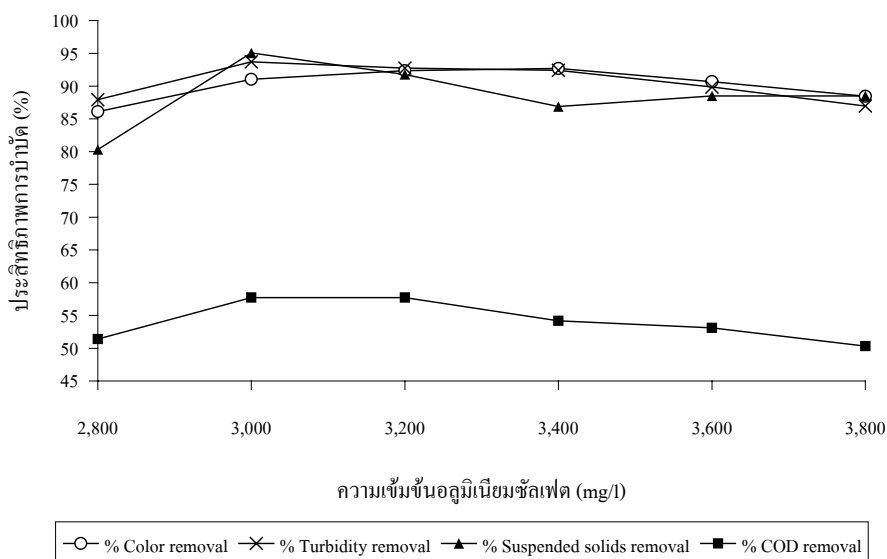
1.2.1 ตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1

ก. เมื่อใช้อลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอน

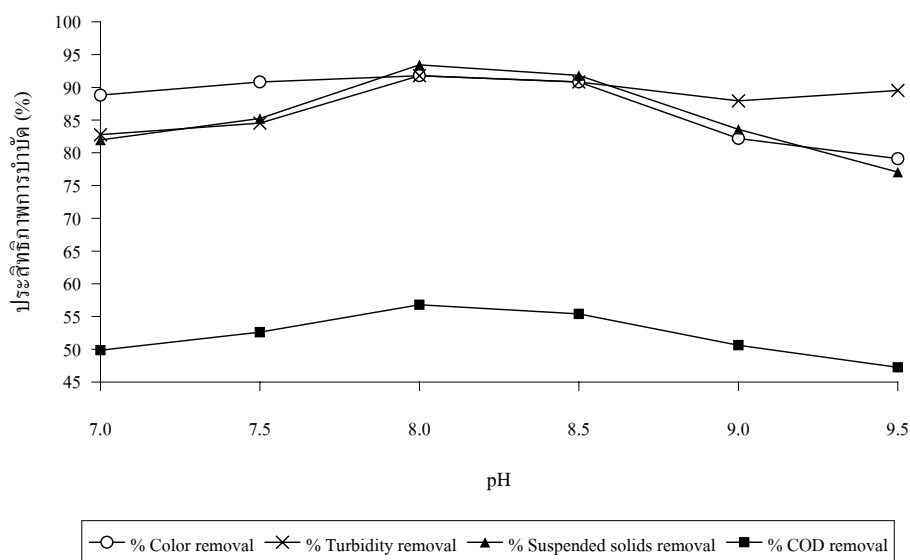
ขั้นตอนแรก เริ่มต้นโดยการเติมอลูมิเนียมซัลเฟตลงในตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยที่ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 2,000-4,500 มก./ล. โดยค่า pH เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 8.25 ซึ่งผลการทดลองพบว่า ปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟตที่เหมาะสม คือ 3,000 มก./ล. ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดสีและความขุ่นสูงสุด คือ 88.22% และ 95.81% ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางผนวกที่ 6 จากนั้นนำปริมาณที่เหมาะสมที่ได้ไปหาค่า pH ในการตกตะกอน โดยปรับค่า pH ในช่วง 4.0-9.0 เป็นการหาค่า pH อย่างกว้าง พบว่าค่า pH ที่เหมาะสมคือ 8.0 ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดสีและความขุ่นสูงสุด คือ 89.00% และ 92.91% ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางผนวกที่ 7

ขั้นตอนที่สอง เติมอลูมิเนียมซัลเฟตในช่วง 2,800-3,800 มก./ล. โดยกำหนดค่า pH ของน้ำตัวอย่างเท่ากับ 8.0 ตามค่า pH ที่หาได้ในขั้นตอนแรก โดยพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟต 3,000 มก./ล. เท่ากับที่ปริมาณ 3,200 มก./ล. คือ 57.72% แต่เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์อื่นที่ตรวจวัดแล้วพบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงเลือกปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟตที่เหมาะสมคือ 3,000 มก./ล. ดังแสดงในภาพที่ 20 และตารางผนวกที่ 8 จากนั้นนำปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟตที่ได้ 3,000 มก./ล. ไปหาค่า pH ที่เหมาะสม

ที่สุดในการตกตะกอนในช่วง 7.0-9.5 พบว่าค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดมีค่า 8.0 เนื่องจากมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดเท่ากับ 56.79% ดังแสดงในภาพที่ 21 และตารางผนวกที่ 9



ภาพที่ 20 ปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟตที่เหมาะสมในการทดลองในชั้นละเอียดของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 ที่ pH 8.0



ภาพที่ 21 ค่า pH ที่เหมาะสมในการทดลองในชั้นละเอียดของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 โดยใช้ปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟต 3000 มก./ล.

ดังนั้นสรุปได้ว่าเมื่อใช้ลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอนในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 ปริมาณลูมิเนียมซัลเฟตที่เหมาะสมคือ 3,000 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสมมีค่า 8.0 โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอดีเท่ากับ 91.78%, 91.79%, 93.44% และ 56.79% ตามลำดับ และค่า pH หลังตกตะกอนมีค่า 6.40 ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 ด้วยลูมิเนียมซัลเฟตที่เหมาะสม 3,000 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสม 8.0

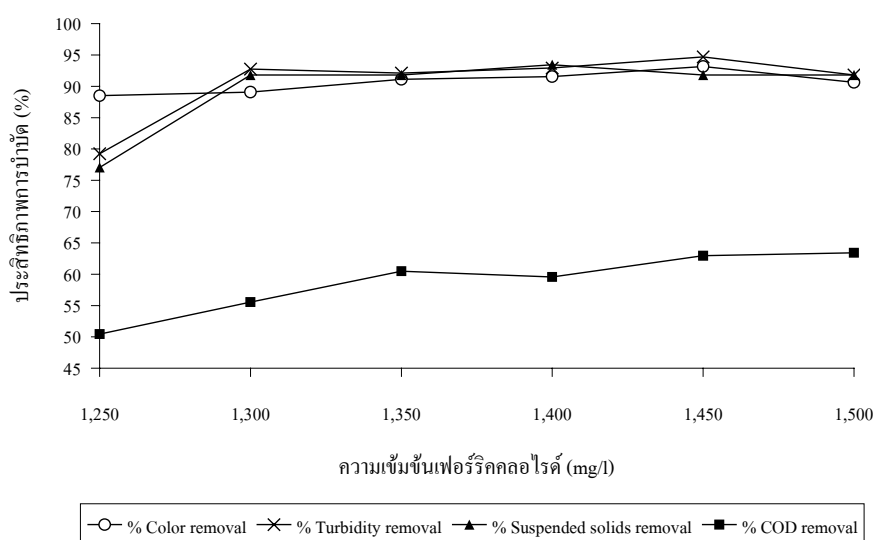
พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำเสีย	คุณภาพน้ำทิ้ง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)
pH	8.25	6.40	-
สี (Pt-Co)	2,190	180	91.78
ความขุ่น (NTU)	62.1	5.1	91.79
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	61	4	93.44
ซีโอดี (มก./ล.)	648	280	56.79

ข. เมื่อใช้เฟอร์ริกคลอไรด์เป็นสารสร้างตะกอน

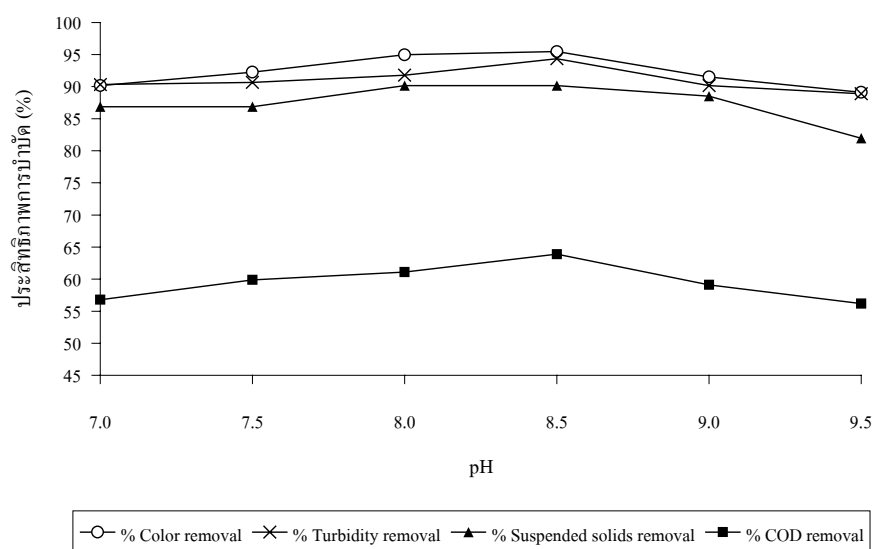
ขั้นตอนแรก เริ่มต้นเติมเฟอร์ริกคลอไรด์ลงในตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยที่ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 800-1,800 มก./ล. โดยค่า pH เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 8.25 ซึ่งผลการทดลองพบว่าปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ที่เหมาะสม คือ 1,400 มก./ล. ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดสีและความขุ่นสูงสุด คือ 89.13% และ 91.79% ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางผนวกที่ ง10 จากนั้นนำปริมาณที่เหมาะสมที่ได้ไปหาค่า pH ในการตกตะกอน โดยปรับค่า pH ใน 4.0-9.0 เป็นการหาค่า pH อย่างกว้างพบว่าค่า pH ที่เหมาะสมคือ 8.0 ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดสีและความขุ่นสูงสุด คือ 91.28% และ 92.75% ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางผนวกที่ ง11

ขั้นตอนที่สอง เติมเฟอร์ริกคลอไรด์ในช่วง 1,250-1,500 มก./ล. โดยกำหนดค่า pH ของน้ำตัวอย่างเท่ากับ 8.0 ตามค่า pH ที่หาได้ในขั้นตอนแรก ซึ่งพบว่าปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ 1,450 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี 62.96% และที่ปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ 1,500 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุด 63.43% จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่าเพิ่มขึ้น

เพียง 0.47 % แต่ใช้ปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์เพิ่มขึ้น 50 มก./ล. ดังนั้นจึงเลือกปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ที่เหมาะสม คือ 1,450 มก./ล. ดังแสดงในภาพที่ 22 และตารางผนวกที่ 12 จากนั้นนำปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ที่ได้ดังกล่าวไปหาค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดในการตกตะกอนในช่วง 7.0-9.5 พบว่าค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดมีค่า 8.5 โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีสูงสุด 63.89% ดังแสดงในภาพที่ 23 และตารางผนวกที่ 13



ภาพที่ 22 ปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ที่เหมาะสมในการทดลองในชั้นละเอียดของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 ที่ pH 8.0



ภาพที่ 23 ค่า pH ที่เหมาะสมในการทดลองในชั้นละเอียดของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 โดยใช้ปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ 1,450 มก./ล.

ดังนั้นสรุปได้ว่าเมื่อใช้เฟอร์ริกคลอไรด์เป็นสารสร้างตะกอนในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 ปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ที่เหมาะสมคือ 1,450 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสมมีค่า 8.5 โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอดีเท่ากับ 95.48%, 94.36%, 90.16% และ 63.89% ตามลำดับ และค่า pH หลังตกตะกอนมีค่า 6.05 ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 ด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์ที่เหมาะสม 1,450 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสม 8.5

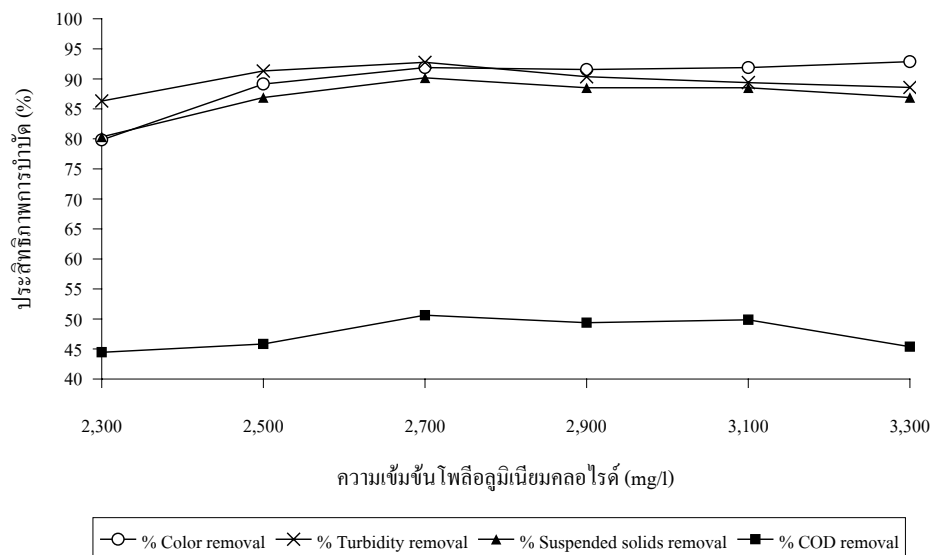
พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำเสีย	คุณภาพน้ำทิ้ง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)
pH	8.25	6.05	-
สี (Pt-Co)	2,190	99	95.48
ความขุ่น (NTU)	62.1	3.5	94.36
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	61	6	90.16
ซีโอดี (มก./ล.)	648	234	63.89

ก. เมื่อใช้โพลีลูมิเนียมคลอไรด์เป็นสารสร้างตะกอน

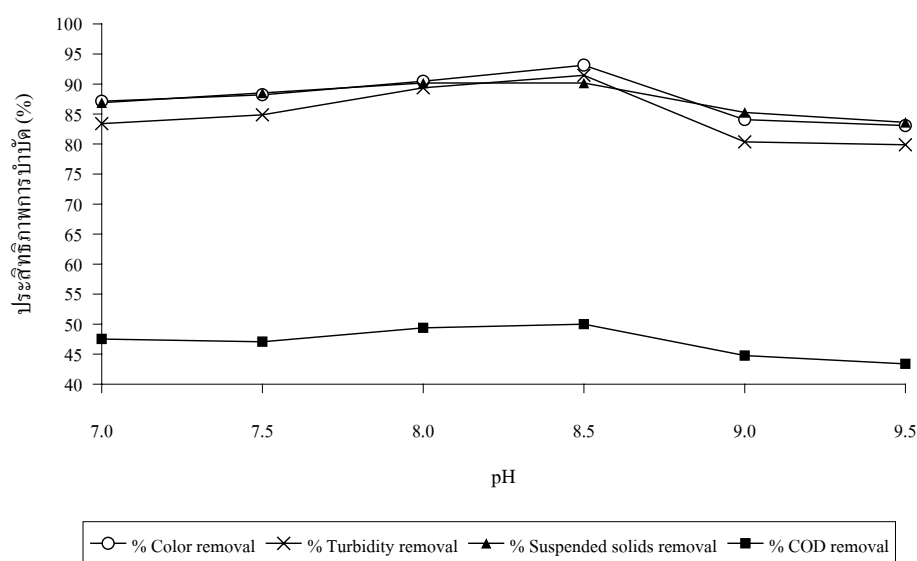
ขั้นตอนแรก เริ่มต้นเดิมโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ลงในตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยที่ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 2,000-4,500 มก./ล. โดยค่า pH เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 8.25 ซึ่งผลการทดลองพบว่าปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ 2,500 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดสี 93.11% และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 91.30% และปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ 4,000 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุด 94.34% และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 86.47% จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียง 1.23% แต่ใช้ปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น 1,500 มก./ล. ประกอบกับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ปริมาณ 2,500 มก./ล. มีประสิทธิภาพดีกว่า ดังนั้นจึงเลือกปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสม คือ 2,500 มก./ล. ดังรายละเอียดในตารางผนวกที่ 14 จากนั้นนำปริมาณที่เหมาะสมที่ได้ไปหาค่า pH ในการตกตะกอน โดยปรับค่า pH ในช่วง 4.0-9.0 เป็นการหาค่า pH อย่างกว้าง พบว่าค่า pH ที่เหมาะสมคือ 8.0 ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุด 92.15% ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นพบว่า ที่ pH 7.0 มีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ pH 8.0 แต่ความขุ่นไม่ใช่

ปัจจัยหลักในการพิจารณาและการปรับ pH ให้ลดลงเท่ากับ 7.0 เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการบำบัด ดังรายละเอียดในตารางผนวกที่ ง15

ขั้นตอนที่สอง เติมโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ในช่วง 2,300-3,300 มก./ล. โดยกำหนดค่า pH ของน้ำตัวอย่างเท่ากับ 8.0 ตามค่า pH ที่หาได้ในขั้นตอนแรกซึ่งพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีสูงสุดคือ ที่ปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ 2,700 มก./ล. ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีสูงสุด 50.62 % ดังแสดงในภาพที่ 24 และตารางผนวกที่ ง16 จากนั้นนำปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ที่ได้ไปหาค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดในการตกตะกอนในช่วง 7.0-9.5 พบว่าค่า pH 8.5 มีประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีสูงสุด 50.00% ส่วนที่ค่า pH 8.0 มีประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดี 49.38% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจากประสิทธิภาพการบำบัดในภาพรวมเมื่อปรับค่า pH 8.5 มีประสิทธิภาพการบำบัดดีกว่าเมื่อปรับค่า pH 8.0 ดังนั้นจึงเลือกค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดคือ 8.5 ดังแสดงในภาพที่ 25 และตารางผนวกที่ ง17



ภาพที่ 24 ปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการทดลองในชั้นละเอียดของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 ที่ pH 8.0



ภาพที่ 25 ค่า pH ที่เหมาะสมในการทดลองในชั้นละเอียดของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 โดยใช้ปริมาณโพสโลลูมิเนียมคลอไรด์ 2,700 มก./ล.

ดังนั้นสรุปได้ว่าเมื่อใช้โพสโลลูมิเนียมคลอไรด์เป็นสารสร้างตะกอนในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 ปริมาณโพสโลลูมิเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสมคือ 2,700 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสมมีค่า 8.5 โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอดีเท่ากับ 93.15%, 91.47%, 90.16% และ 50.00% ตามลำดับ และค่า pH หลังตกตะกอนมีค่า 6.50 ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ประสิทธิภาพในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 ด้วยโพสโลลูมิเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสม 2,700 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสม 8.5

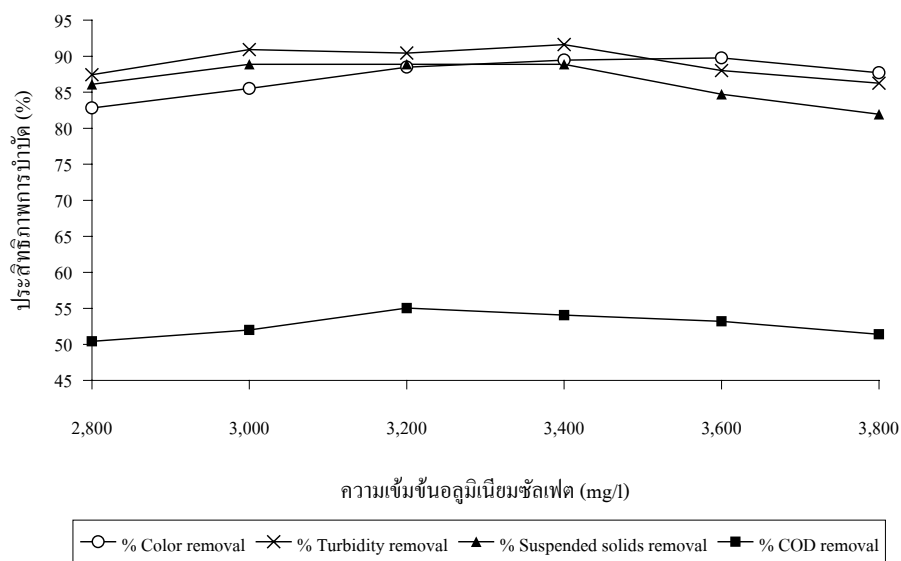
พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำเสีย	คุณภาพน้ำทิ้ง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)
pH	8.25	6.50	-
สี (Pt-Co)	2,190	150	93.15
ความขุ่น (NTU)	62.1	5.3	91.47
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	61	6	90.16
ซีโอดี (มก./ล.)	648	324	50.00

1.2.2 ตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2

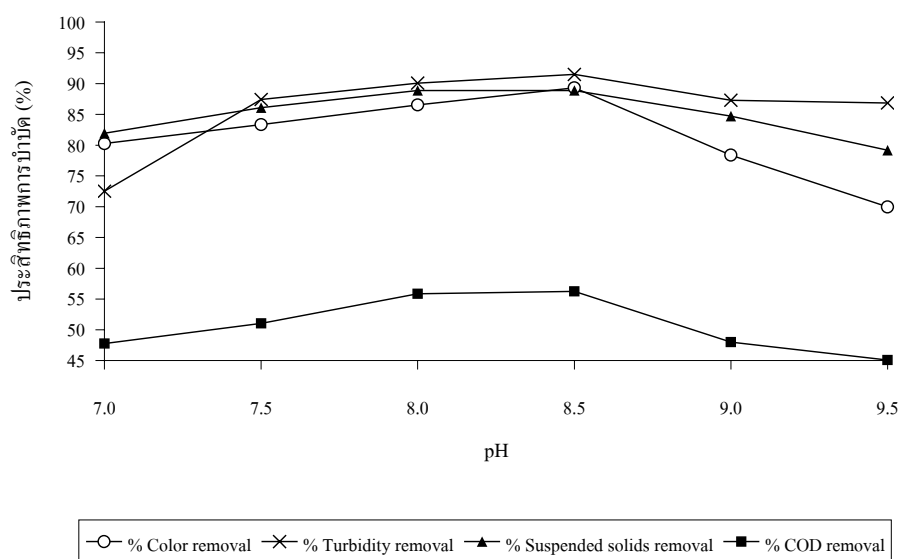
ก. เมื่อใช้อลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอน

ขั้นตอนแรก เริ่มต้น โดยเติมอลูมิเนียมซัลเฟตลงในตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยที่ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 2,000-4,500 มก./ล. โดยค่า pH เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 8.31 ซึ่งผลการทดลองพบว่า ปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟต 3,000 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดสี 86.23% และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 91.97% และปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟต 3,500 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุด 88.08% และประสิทธิภาพการกำจัดค่าความขุ่น 89.52% จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียง 1.85% แต่ใช้ปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟตเพิ่มขึ้น 500 มก./ล. ประกอบกับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ปริมาณ 3,000 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดที่ดีกว่า ดังนั้นจึงเลือกปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟตที่เหมาะสม คือ 3,000 มก./ล. ดังรายละเอียดในตารางผนวกที่ 18 จากนั้นนำปริมาณที่เหมาะสมที่ได้ไปหาค่า pH ในการตกตะกอน โดยปรับค่า pH ในช่วงระหว่าง 4.0-9.0 เป็นการหาค่า pH อย่างกว้าง พบว่าค่า pH ที่เหมาะสมคือ 8.0 ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดสีและความขุ่นสูงสุดคือ 86.94% และ 90.45% ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางผนวกที่ 19

ขั้นตอนที่สอง เติมอลูมิเนียมซัลเฟตในช่วง 2,800-3,800 มก./ล. โดยกำหนดค่า pH ของน้ำตัวอย่างเท่ากับ 8.0 ตามค่า pH ที่หาได้ในขั้นตอนแรก ซึ่งพบว่าปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟตที่เหมาะสมที่สุดคือ 3,200 มก./ล. เนื่องจากมีประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีสูงสุด 55.02% ดังแสดงในภาพที่ 26 และตารางผนวกที่ 20 จากนั้นนำปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟตที่ได้ไปหาค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดในการตกตะกอนในช่วง 7.0-9.5 พบว่าค่า pH 8.5 มีประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีสูงสุด 56.23% ส่วนที่ค่า pH 8.0 มีประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดี 55.86% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจากประสิทธิภาพการบำบัดในภาพรวมเมื่อปรับค่า pH 8.5 มีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่าเมื่อปรับที่ค่า pH 8.0 ดังนั้นจึงเลือกค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดคือ 8.5 ดังแสดงในภาพที่ 27 และตารางผนวกที่ 21



ภาพที่ 26 ปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟตที่เหมาะสมในการทดลองในชั้นละอียดของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 ที่ pH 8.0



ภาพที่ 27 ค่า pH ที่เหมาะสมในการทดลองในชั้นละอียดของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 โดยใช้ปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟต 3,200 มก./ล.

ดังนั้นสรุปได้ว่าเมื่อใช้ลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอนในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 ปริมาณลูมิเนียมซัลเฟตที่เหมาะสมคือ 3,200 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสมมีค่า 8.5 โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอดีเท่ากับ 89.32%, 91.50%, 88.89% และ 56.23% ตามลำดับ และค่า pH หลังตกตะกอนมีค่า 6.53 ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ประสิทธิภาพในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 ด้วยลูมิเนียมซัลเฟตที่เหมาะสม 3,200 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสม 8.5

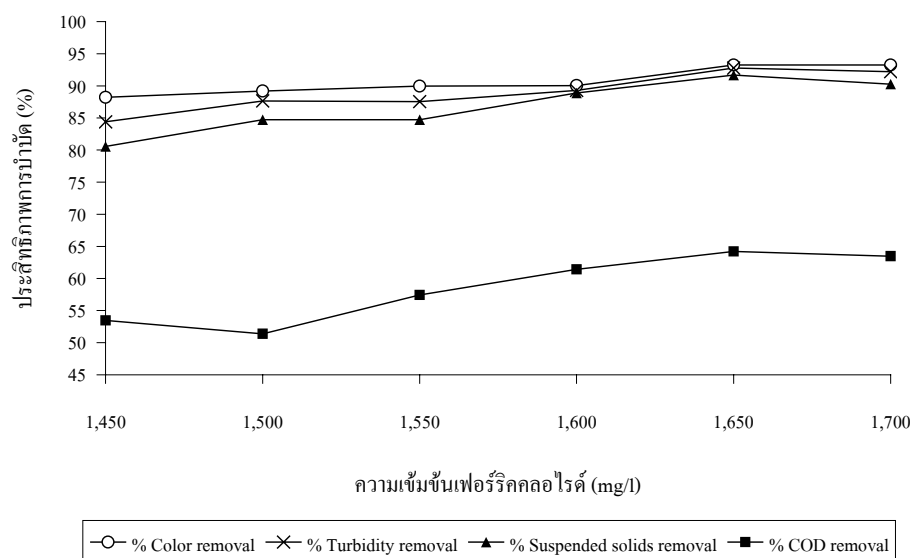
พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำเสีย	คุณภาพน้ำทิ้ง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)
pH	8.31	6.53	-
สี (Pt-Co)	2,978	234	89.32
ความขุ่น (NTU)	85.9	7.3	91.50
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	72	6	88.89
ซีโอดี (มก./ล.)	827	362	56.23

ข. เมื่อใช้เฟอร์ริกคลอไรด์เป็นสารสร้างตะกอน

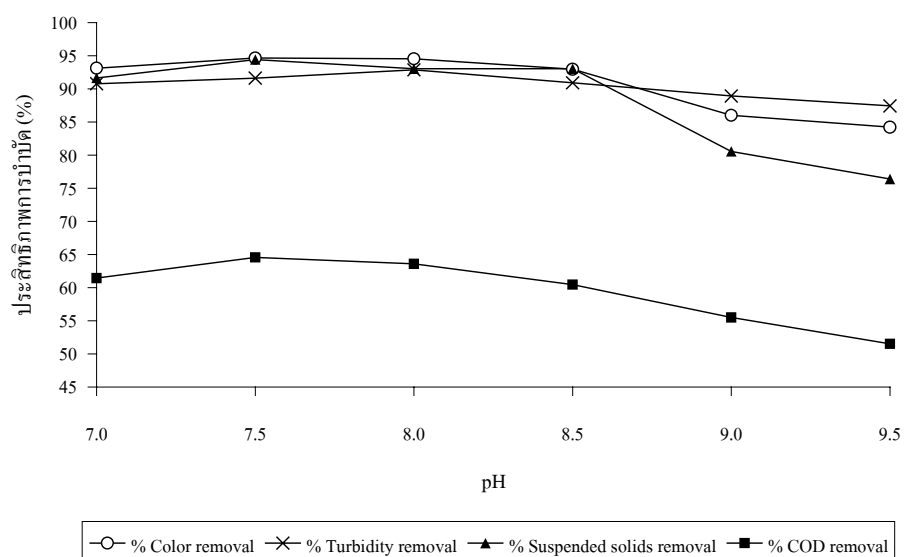
ขั้นตอนแรก เริ่มต้นเติมเฟอร์ริกคลอไรด์ลงในตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยที่ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 800-1,800 มก./ล. โดยค่า pH เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 8.31 ซึ่งผลการทดลองพบว่าปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ที่เหมาะสม คือ 1,600 มก./ล. ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุด 87.31% ดังรายละเอียดในตารางผนวกที่ 22 จากนั้นนำปริมาณที่เหมาะสมที่ได้ไปหาค่า pH ในการตกตะกอน โดยปรับค่า pH ในช่วง 4.0-9.0 เป็นการหาค่า pH อย่างกว้าง พบว่าค่า pH ที่เหมาะสมคือ 8.0 ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดค่าสีและความขุ่นสูงสุด คือ 91.77% และ 90.69% ดังรายละเอียดในตารางผนวกที่ 23

ขั้นตอนที่สอง เติมเฟอร์ริกคลอไรด์ในช่วงระหว่าง 1,450-1,700 มก./ล. โดยกำหนดค่า pH ของน้ำตัวอย่างเท่ากับ 8.0 ตามค่า pH ที่หาได้ในขั้นตอนแรก ซึ่งพบว่าปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ที่เหมาะสมคือ 1,650 มก./ล. เนื่องจากมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุด 64.21% ดังแสดงในภาพที่ 28 และตารางผนวกที่ 24 จากนั้นนำปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ที่ได้ไปหาค่า pH ที่เหมาะสม

ที่สุดในการตกตะกอนในช่วง 7.0-9.5 พบว่าค่า pH 7.5 มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุด 64.57% ส่วนที่ค่า pH 8.0 มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี 63.60% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และค่า pH เริ่มต้นมีค่า 8.31 เมื่อปรับ pH ให้ได้ 7.0 เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการบำบัดมากกว่าการปรับ pH 8.0 ดังนั้นจึงเลือกค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดคือ 8.0 ดังแสดงในภาพที่ 29 และตารางผนวกที่ 25



ภาพที่ 28 ปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ที่เหมาะสมในการทดลองในชั้นละเอียดของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 ที่ pH 8.0



ภาพที่ 29 ค่า pH ที่เหมาะสมในการทดลองในชั้นละเอียดของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 โดยใช้ปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ 1,650 มก./ล.

ดังนั้นสรุปได้ว่าเมื่อใช้เฟอร์ริกคลอไรด์เป็นสารสร้างตะกอนในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 ปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์ที่เหมาะสมคือ 1,650 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสมมีค่า 8.0 โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอดีเท่ากับ 94.56%, 92.90%, 93.06% และ 63.60% ตามลำดับ และค่า pH หลังตกตะกอนมีค่า 6.05 ดังแสดงในตารางที่ 12

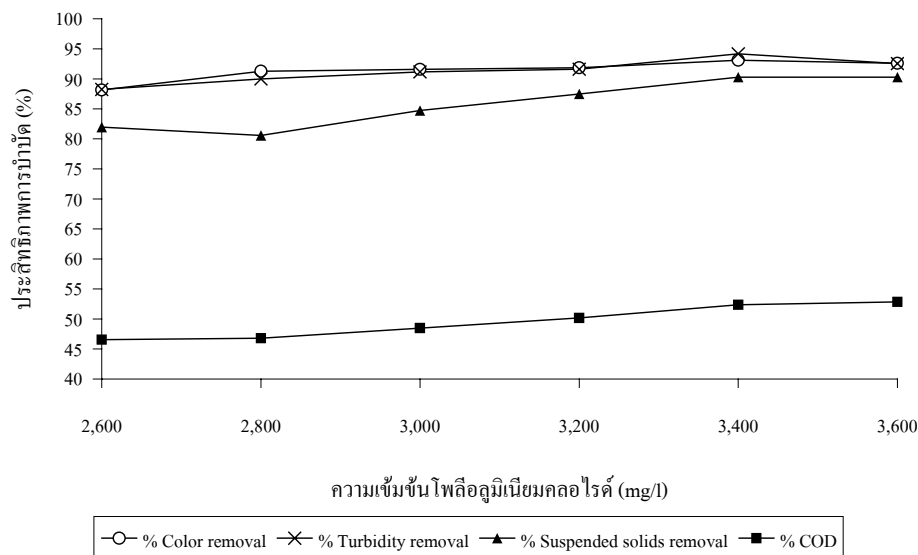
ตารางที่ 12 ประสิทธิภาพในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 ด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์ที่เหมาะสม 1,650 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสม 8.0

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำเสีย	คุณภาพน้ำทิ้ง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)
pH	8.31	6.05	-
สี (Pt-Co)	2,978	162	94.56
ความขุ่น (NTU)	85.9	6.1	92.90
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	72	5	93.06
ซีโอดี (มก./ล.)	827	301	63.60

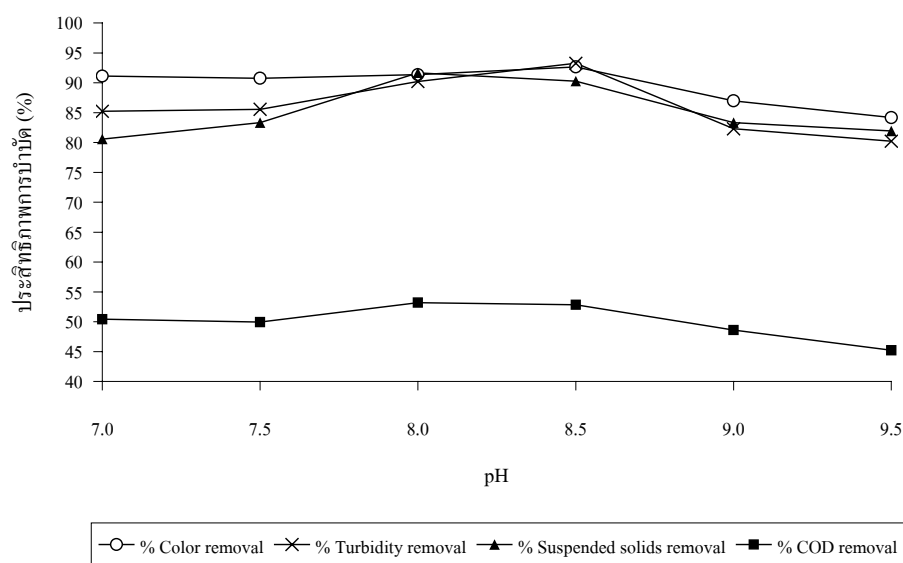
ก. เมื่อใช้โพลีลูมิเนียมคลอไรด์เป็นสารสร้างตะกอน

ขั้นตอนแรก เริ่มต้น โดยการเติมโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ลงในตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยที่ความเข้มข้นอยู่ในช่วงระหว่าง 2,000-4,500 มก./ล. โดยค่า pH เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 8.31 ซึ่งผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้ปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ 3,000 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดสี 91.13% และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 94.18% และปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ 4,000 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุด 92.11% และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 89.29% จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียง 0.98% แต่ใช้ปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น 1,000 มก./ล. ประกอบกับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ปริมาณ 3,000 มก./ล. มีประสิทธิภาพดีกว่า ดังนั้นจึงเลือกปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสม คือ 3,000 มก./ล. ดังรายละเอียดในตารางผนวกที่ 26 จากนั้นนำปริมาณที่เหมาะสมที่ได้ไปหาค่า pH ในการตกตะกอนโดยปรับค่า pH ในช่วง 4.0-9.0 เป็นการหาค่า pH อย่างกว้าง พบว่าค่า pH ที่เหมาะสมคือ 8.0 ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดสีและความขุ่นสูงสุด คือ 91.28% และ 92.32% ดังรายละเอียดในตารางผนวกที่ 27

ขั้นตอนที่สอง เติมโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ในช่วงระหว่าง 2,600-3,600 มก./ล. โดยกำหนดค่า pH ของน้ำตัวอย่างเท่ากับ 8.0 ตามค่า pH ที่หาได้ในขั้นตอนแรกโดยพบว่าปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ 3,600 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุด 52.84% ส่วนที่ปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ 3,400 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี 52.36% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ประกอบกับประสิทธิภาพการบำบัดในภาพรวมเมื่อใช้ปริมาณ 3,400 มก./ล. มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีกว่า ดังนั้นจึงเลือกปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสมที่สุดคือ 3,400 มก./ล. ดังแสดงในภาพที่ 30 และตารางผนวกที่ 28 จากนั้นนำโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ที่ได้ไปหาค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดในการตกตะกอนในช่วง 7.0-9.5 พบว่าค่า pH 8.0 มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุด 53.20% ส่วนที่ค่า pH 8.5 มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี 52.84% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ประกอบกับคุณภาพน้ำชะมูลฝอยเริ่มต้นมีค่า pH 8.31 เมื่อเลือกปรับค่า pH 8.5 จะประหยัดกว่าที่ pH 8.0 ดังนั้นจึงเลือกค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดคือ 8.5 ดังแสดงในภาพที่ 31 และตารางผนวกที่ 29



ภาพที่ 30 ปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการทดลองในชั้นละเอียดของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 ที่ pH 8.0



ภาพที่ 31 ค่า pH ที่เหมาะสมในการทดลองในชั้นละเอียดของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 โดยใช้ปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ 3,400 มก./ล.

ดังนั้นสรุปได้ว่าเมื่อใช้โพลีลูมิเนียมคลอไรด์เป็นสารสร้างตะกอนในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 ปริมาณโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสมคือ 3,400 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสมมีค่า 8.5 โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอดี เท่ากับ 92.65%, 93.25%, 90.28% และ 52.84% ตามลำดับ และค่า pH หลังตกตะกอนมีค่า 6.39 ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ประสิทธิภาพในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 ด้วยโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสม 3,400 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสม 8.5

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำเสีย	คุณภาพน้ำทิ้ง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)
pH	8.31	6.39	-
สี (Pt-Co)	2,978	219	92.65
ความขุ่น (NTU)	85.9	5.8	93.25
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	72	7	90.28
ซีโอดี (มก./ล.)	827	390	52.84

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณลูมิเนียมซัลเฟตที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 3,000-3,200 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วงระหว่าง 8.0-8.5 โดยมีค่าเฉลี่ยในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอดีเท่ากับ 90.55 %, 91.65 %, 91.17% และ 56.51 % ตามลำดับ และค่า pH หลังการตกตะกอนมีค่าเฉลี่ย 6.47 ส่วนเฟอร์ริกคลอไรด์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1,450-1,650 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วงระหว่าง 8.0-8.5 โดยมีค่าเฉลี่ยในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอดีเท่ากับ 95.02 %, 93.63 %, 91.61 % และ 63.75 % ตามลำดับ และค่า pH หลังการตกตะกอนมีค่าเฉลี่ย 6.05 และโพลีลูมิเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 2,700-3,400 มก./ล. และค่า pH ที่เหมาะสมเท่ากับ 8.5 โดยมีค่าเฉลี่ยในการกำจัดสีความขุ่น ของแข็งแขวนลอย และซีโอดีเท่ากับ 92.90 %, 92.36 %, 90.22 % และ 51.42 % ตามลำดับ และค่า pH หลังการตกตะกอน มีค่าเฉลี่ย 6.45 ดังแสดงในตารางที่ 14-16

ตารางที่ 14 สรุปประสิทธิภาพในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยด้วยลูมิเนียมซัลเฟต

พารามิเตอร์	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)		
	ตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1	ตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
สี	91.78	89.32	90.55
ความขุ่น	91.79	91.50	91.65
ของแข็งแขวนลอย	93.44	88.89	91.17
ซีโอดี	56.79	56.23	56.51

ตารางที่ 15 สรุปประสิทธิภาพในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์

พารามิเตอร์	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)		
	ตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1	ตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
สี	95.48	94.56	95.02
ความขุ่น	94.36	92.90	93.63
ของแข็งแขวนลอย	90.16	93.06	91.61
ซีโอดี	63.89	63.60	63.75

ตารางที่ 16 สรุปประสิทธิภาพในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยด้วยโพลีลูมิเนียมคลอไรด์

พารามิเตอร์	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)		
	ตัวอย่างครั้งที่ 1	ตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
สี	93.15	92.65	92.90
ความขุ่น	91.47	93.25	92.36
ของแข็งแขวนลอย	90.16	90.28	90.22
ซีไอดี	50.00	52.84	51.42

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดของสารสร้างตะกอนแต่ละชนิด ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 17 พบว่า ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีไอดีของสารสร้างตะกอนทั้ง 3 ชนิดอยู่ในช่วง 90.55-95.02%, 91.65-93.63%, 90.22-91.61% และ 51.42-63.75% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยของสารสร้างตะกอนทั้ง 3 ชนิดมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นในการเลือกใช้สารสร้างตะกอนทั้ง 3 ชนิดในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยจึงควรพิจารณาค่าใช้จ่ายของสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดประกอบด้วย

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเฉลี่ยในการบำบัดตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยด้วยสารสร้างตะกอน

พารามิเตอร์	ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการบำบัดของสารสร้างตะกอน (%)		
	อลูมิเนียมซัลเฟต	เฟอร์ริกคลอไรด์	โพลีลูมิเนียมคลอไรด์
สี	90.55	95.02	92.90
ความขุ่น	91.65	93.63	92.36
ของแข็งแขวนลอย	91.17	91.61	90.22
ซีไอดี	56.51	63.75	51.42

1.3 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี

ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยสามารถแบ่งเป็นค่าใช้จ่ายของสารสร้างตะกอน และค่าใช้จ่ายของสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่า pH โดยคิดราคาเทียบกับปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดทั้งหมด (บาท/กก.ซีโอดี) ซึ่งจากผลการทดลองบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีของสารสร้างตะกอนทั้ง 3 ชนิดข้างต้น พบว่าวิธีการตกตะกอนทางเคมีไม่สามารถกำจัดค่าซีโอดีให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งได้ ดังนั้นราคาในการบำบัดต่อปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดทั้งหมด จึงเป็นค่าซีโอดีที่ไม่ได้มาตรฐานน้ำทิ้ง โดยค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยเมื่อใช้โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 75.60 บาท/กก.ซีโอดี รองลงมาได้แก่ เพอร์ริคคลอไรด์ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 50.17 บาท/กก.ซีโอดี และอลูมิเนียมซัลเฟตมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ 35.50 บาท/กก.ซีโอดี ดังแสดงในตารางที่ 18 และรายละเอียดการคำนวณค่าใช้จ่ายในการบำบัดแสดงในภาคผนวก จ

ตารางที่ 18 สรุปค่าใช้จ่ายสารเคมีที่ใช้ในวิธีการตกตะกอนทางเคมี

หน่วย : (บาท/กก.ซีโอดี)					
สารสร้างตะกอน	ตัวอย่าง น้ำครั้งที่	ค่าสารสร้าง ตะกอน	ค่าสารเคมี ปรับ pH	รวมค่าใช้จ่าย	รวมค่าใช้จ่าย เฉลี่ย
อลูมิเนียมซัลเฟต	1	29.10	10.87	39.97	35.50
	2	24.57	6.45	31.02	-
เพอร์ริคคลอไรด์	1	38.53	12.08	50.61	50.17
	2	34.51	15.21	49.72	-
โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์	1	66.67	15.43	82.10	75.60
	2	62.24	6.86	69.10	-

ดังนั้นจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้สารสร้างตะกอน 3 ชนิด พบว่าเมื่อเลือกใช้อลูมิเนียมซัลเฟตจะมีค่าใช้จ่ายของสารเคมีที่ถูกกว่าเพอร์ริคคลอไรด์และโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการบำบัดของสารสร้างตะกอนทั้ง 3 ชนิดมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงควรเลือกใช้อลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอนที่มีความเหมาะสมมากที่สุดในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย

1.4 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง

คุณภาพน้ำชะมูลฝอยที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้สารสร้างตะกอนทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ อลูมิเนียมซัลเฟต เฟอริกคลอไรด์และโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ดังแสดงในตารางที่ 19-20 พบว่า คุณภาพน้ำทิ้งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกพารามิเตอร์ ยกเว้นค่าซีโอดี กล่าวคือ ค่า pH ในน้ำทิ้งอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง คือ 5.5-9.0 ส่วนการกำจัดสีระบบสามารถลดสีจากสีน้ำตาลเข้มลงไปเป็นสีเหลืองอ่อน ซึ่งไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ดังนั้นค่าสีของน้ำทิ้งจึงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง คือ มีค่าไม่เกิน 50 มก./ล. และค่าซีโอดีในน้ำทิ้งมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งกำหนดให้มีค่าซีโอดีไม่เกิน 120 มก./ล. จะเห็นได้ว่า การบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีไม่สามารถกำจัดค่าซีโอดีใน น้ำชะมูลฝอยให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งได้ จึงควรที่จะมีการบำบัดน้ำชะมูลฝอยในขั้นตอนต่อไปก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งได้แก่ กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

ตารางที่ 19 คุณภาพน้ำทิ้งของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 1 หลังผ่านการบำบัดด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี

รายการ	หน่วย	คุณภาพน้ำเสีย	คุณภาพน้ำทิ้งเมื่อใช้สารสร้างตะกอน			ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ¹
			อลูมิเนียมซัลเฟต	เฟอริกคลอไรด์	โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์	
pH	-	8.25	6.40	6.05	6.50	5.5-9.0
ลักษณะทางกายภาพ	-	สีน้ำตาลเข้ม	สีเหลืองอ่อน	สีเหลืองอ่อน	สีเหลืองอ่อน	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
สี	Pt-Co	2,190	180	99	150	-
ความขุ่น	NTU	62.1	5.1	3.5	5.3	-
ของแข็งแขวนลอย	มก./ล.	61	4	6	6	ไม่เกิน 50
ซีโอดี	มก./ล.	648	280	234	324	ไม่เกิน 120

หมายเหตุ 1 หมายถึง ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ 2539)

ตารางที่ 20 คุณภาพน้ำทิ้งของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยครั้งที่ 2 หลังผ่านการบำบัดด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี

รายการ	หน่วย	คุณภาพน้ำเสีย	คุณภาพน้ำทิ้งเมื่อใช้สารสร้างตะกอน			ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ¹
			อลูมิเนียมซัลเฟต	เฟอร์ริกคลอไรด์	โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์	
pH	-	8.31	6.53	6.05	6.39	5.5-9.0
ลักษณะทางกายภาพ	-	สีน้ำตาลเข้ม	สีเหลืองอ่อน	สีเหลืองอ่อน	สีเหลืองอ่อน	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
สี	Pt-Co	2,978	234	162	219	-
ความขุ่น	NTU	85.9	7.3	6.1	5.8	-
ของแข็งแขวนลอย	มก./ล.	72	8	5	7	ไม่เกิน 50
ซีโอดี	มก./ล.	827	362	301	390	ไม่เกิน 120

หมายเหตุ 1 หมายถึง ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539)

2. การทดสอบการดูดติดผิวแบบต่อเนื่อง

การทดลองโดยใช้แบบจำลองคอลัมน์เป็นการทดลองการดูดติดผิวแบบต่อเนื่อง โดยทำการป้อนน้ำชะมูลฝอยเข้าสู่ระบบสัมผัสแบบคอลัมน์อย่างต่อเนื่องแบบไหลลง (Down flow) และเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วที่ความสูงชั้นถ่านที่กำหนดไว้ คือ 0.2, 0.5 และ 0.8 ม. เพื่อวิเคราะห์หาค่า pH สี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอดีที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งที่ออกจากคอลัมน์ โดยแปรผันอัตราน้ำล้นผิวที่ 0.02, 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่

2.1 การศึกษาอายุการใช้งานของถ่านกัมมันต์

การศึกษาอายุการใช้งานของถ่านกัมมันต์พิจารณาจากระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยจนกระทั่งถ่านกัมมันต์หมดประสิทธิภาพในการบำบัด ซึ่งจากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและของแข็งแขวนลอยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น โดยเกิดกลไกการกรองขึ้นในระหว่างอนุภาคของถ่านกัมมันต์ ส่วนประสิทธิภาพในการ

กำจัดสีและซีโอไซด์มีแนวโน้มลดลง เมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น ซึ่งเกิดกลไกการดูดติดผิว โดย ถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอไซด์ได้นานกว่าการกำจัดสี ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาในการกำจัดซีโอไซด์เป็นตัวแทนของอายุการใช้งานของถ่านกัมมันต์ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ พบว่า ที่อัตราน้ำ ล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ ความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 84.33 ชม. ที่ความสูง ชั้นถ่าน 0.5 ม. มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 96.33 ชม. และที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 114.33 ชม. ส่วนที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ ความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. มีอายุการใช้งาน เฉลี่ย 54.33 ชม. ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม. มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 60.33 ชม. และที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 90.33 ชม. และที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ ความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 24.33 ชม. ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม. มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 54.33 ชม. และที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 72.33 ชม. ดังแสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 เวลาที่ถ่านกัมมันต์หมดประสิทธิภาพในการดูดติดผิวซีโอไซด์ที่อัตราน้ำล้นผิวและชั้นถ่าน ความสูงต่างๆ

อัตราน้ำล้นผิว (ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่)	ความสูงชั้นถ่าน (ม.)	เวลาที่ถ่านกัมมันต์หมดประสิทธิภาพ (ชม.)
0.02	0.2	84.33
	0.5	96.33
	0.8	114.33
0.03	0.2	54.33
	0.5	60.33
	0.8	90.33
0.04	0.2	24.33
	0.5	54.33
	0.8	72.33

หมายเหตุ 1. อายุการใช้งานของถ่านกัมมันต์พิจารณาจากประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำชะมูลฝอย

2. ข้อมูลการทดลองการดูดซับแบบต่อเนื่องที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02, 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท และความสูงชั้นถ่าน 0.2, 0.5 และ 0.8 ม. ดังแสดงในภาคผนวก ข

จากการศึกษาอายุการใช้งานของถ่านกัมมันต์ของตัวอย่างน้ำชะมูลฝอย พบว่า เมื่ออัตราน้ำล้นผิวเท่ากัน ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีอายุการใช้งานของถ่านกัมมันต์นานที่สุด รองลงมาคือ ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. ตามลำดับ และเมื่อความสูงชั้นถ่านเท่ากัน ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท มีอายุการใช้งานนานที่สุด รองลงมาคือ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท ตามลำดับ

2.2 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

ดำเนินการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารต่างๆ ของกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

2.2.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่านต่างๆ กัน เมื่ออัตราน้ำล้นผิวเท่ากัน

2.2.1.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท

ก. ประสิทธิภาพการกำจัดซี

ประสิทธิภาพการกำจัดซีในน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท พบว่าในช่วงเวลา 20 นาทีแรก (ชั่วโมงที่ 0.33) ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุด 60.48% รองลงมาคือ ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีเท่ากับ 43.31% และ 30.41% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดซีในทุกความสูงชั้นถ่านมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 32

ข. ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น

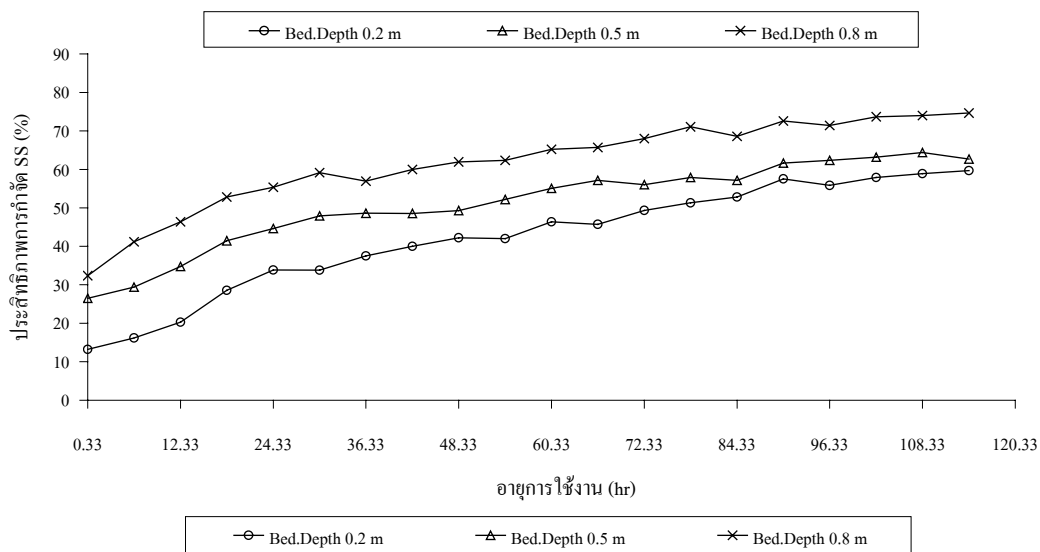
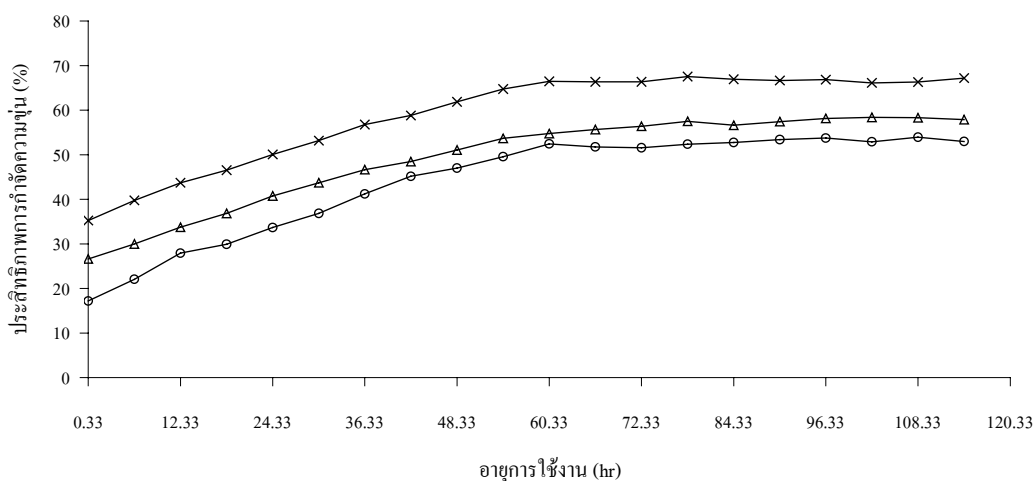
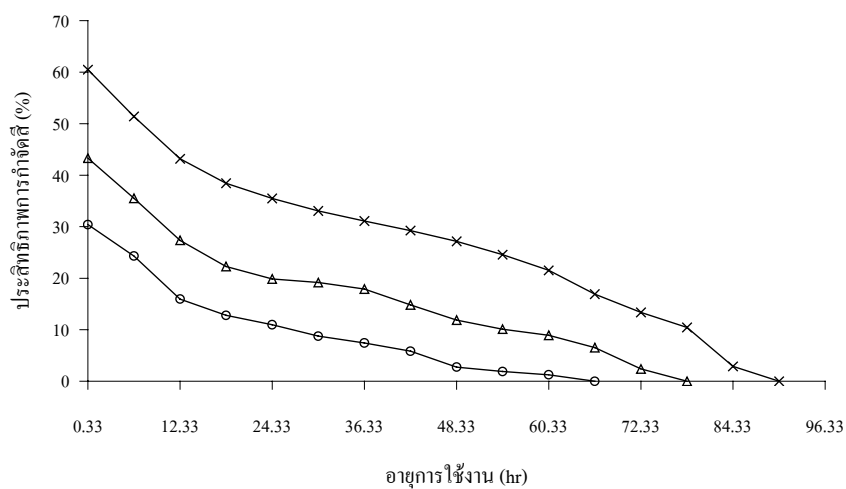
ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ พบว่าในช่วงเวลาที่ 114.33 (ชั่วโมงสุดท้ายในการเดินระบบ) ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น 67.19% ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 57.89% และ 53.00% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นในทุกความสูงชั้นถ่านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเดินระบบที่นานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 32

ค. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย

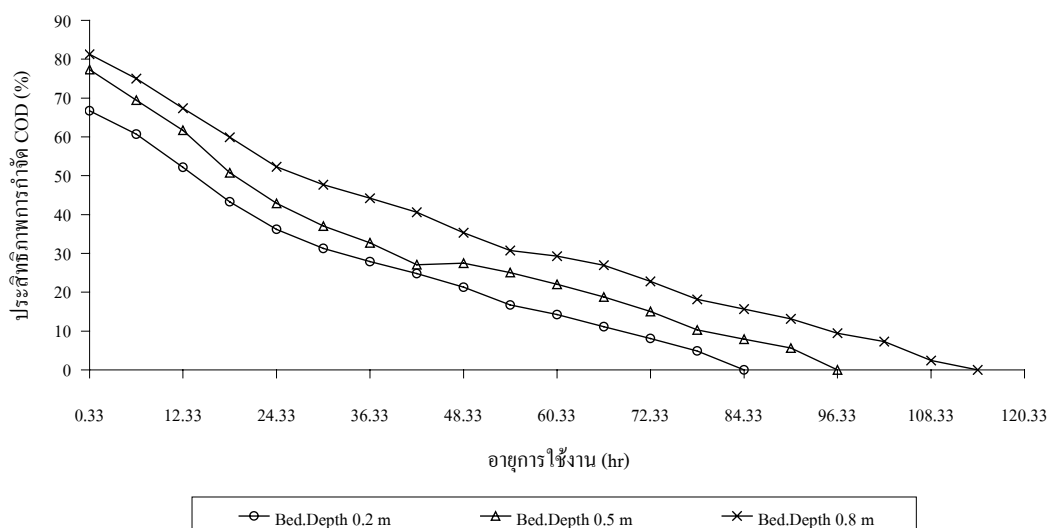
ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ พบว่าในช่วงเวลาที่ 114.33 (ชั่วโมงสุดท้ายในการเดินระบบ) ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย 74.63% ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 62.69% และ 59.70% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยในทุกความสูงชั้นถ่านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเดินระบบที่นานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 32

ง. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ พบว่าในช่วงเวลา 20 นาทีแรก (ชั่วโมงที่ 0.33) ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดซีโอดี 81.31% รองลงมาคือ ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 77.32% และ 66.75% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในทุกความสูงชั้นถ่านมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 32



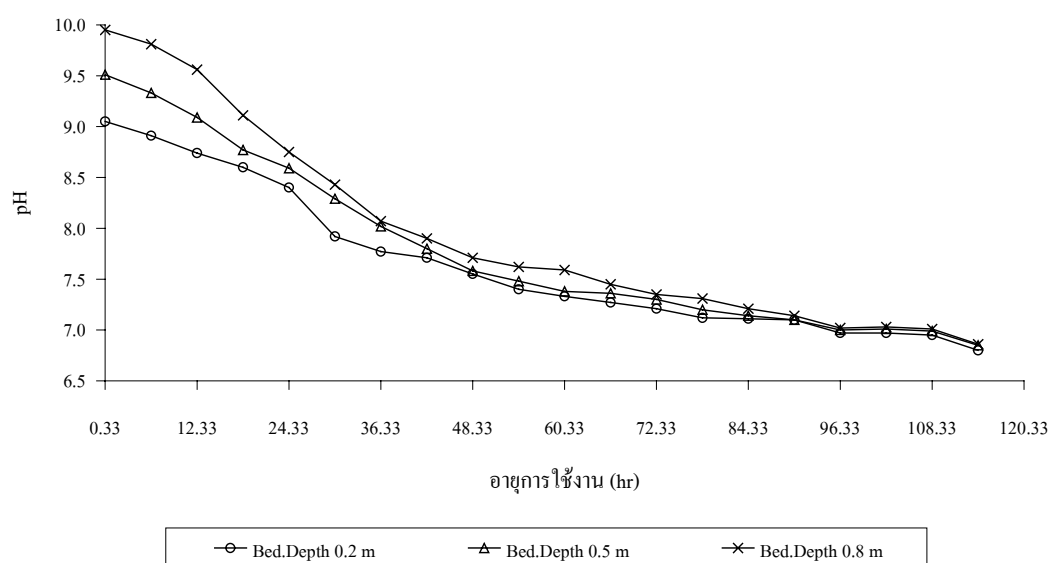
ภาพที่ 32 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ



ภาพที่ 32 (ต่อ)

จ. ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัด

ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท พบว่าที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีค่า pH สูงกว่าที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. ตามลำดับ โดยมีค่า pH ของน้ำทิ้งในช่วงเวลา 20 นาทีแรกสูงสุดเท่ากับ 9.95 และมีค่าลดลงตามลำดับตามระยะเวลาในการเดินระบบที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 33



ภาพที่ 33 ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัดที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท

2.2.1.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./

ตร.ม.-นาที

ก. ประสิทธิภาพการกำจัดสี

ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที พบว่าในช่วงเวลา 20 นาทีแรก (ชั่วโมงที่ 0.33) ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดสี 41.81% รองลงมาคือ ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่ากับ 33.50% และ 22.79% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดสีในทุกความสูงชั้นถ่านมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 34

ข. ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น

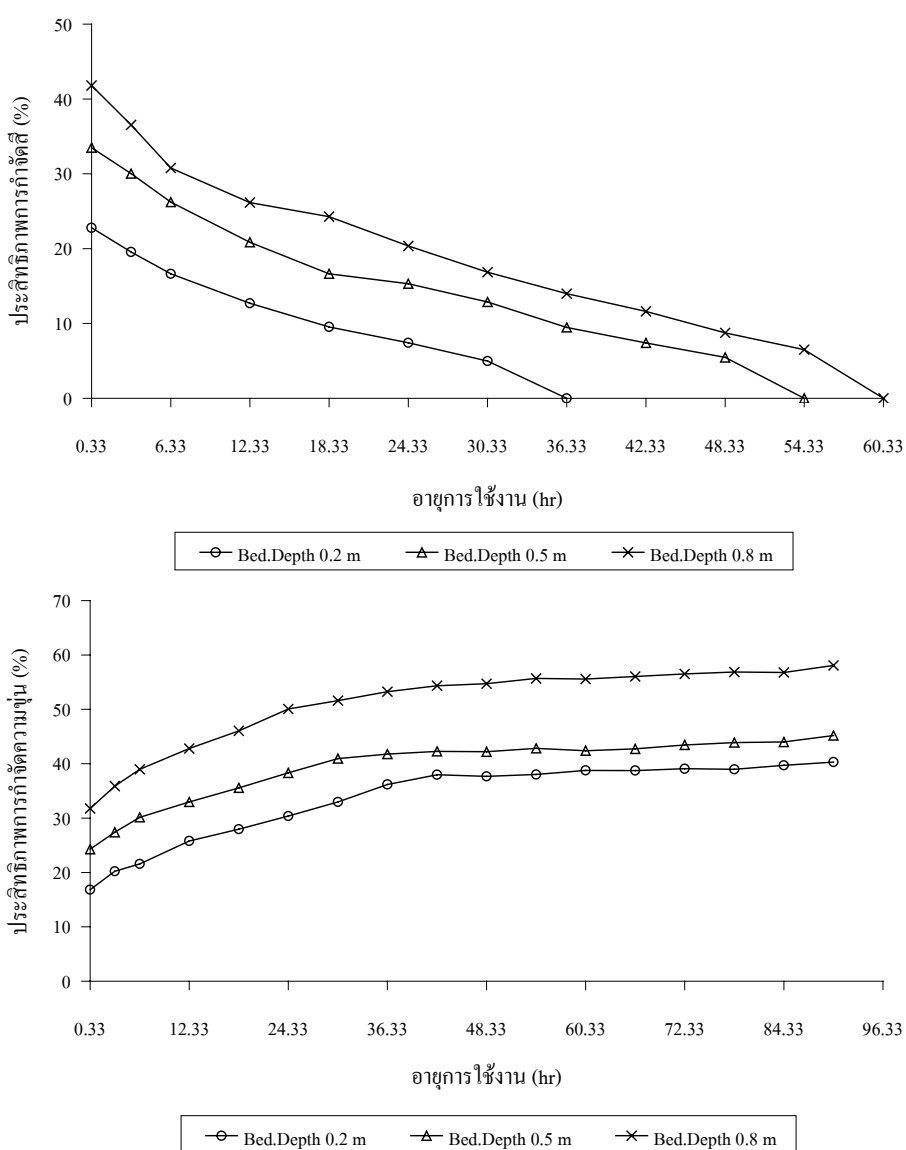
ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที พบว่าในชั่วโมงที่ 90.33 (ชั่วโมงสุดท้ายในการเดินระบบ) ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น 58.10% ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 45.19% และ 40.32% ตามลำดับ และประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นในทุกความสูงชั้นถ่านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเดินระบบที่นานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 34

ค. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย

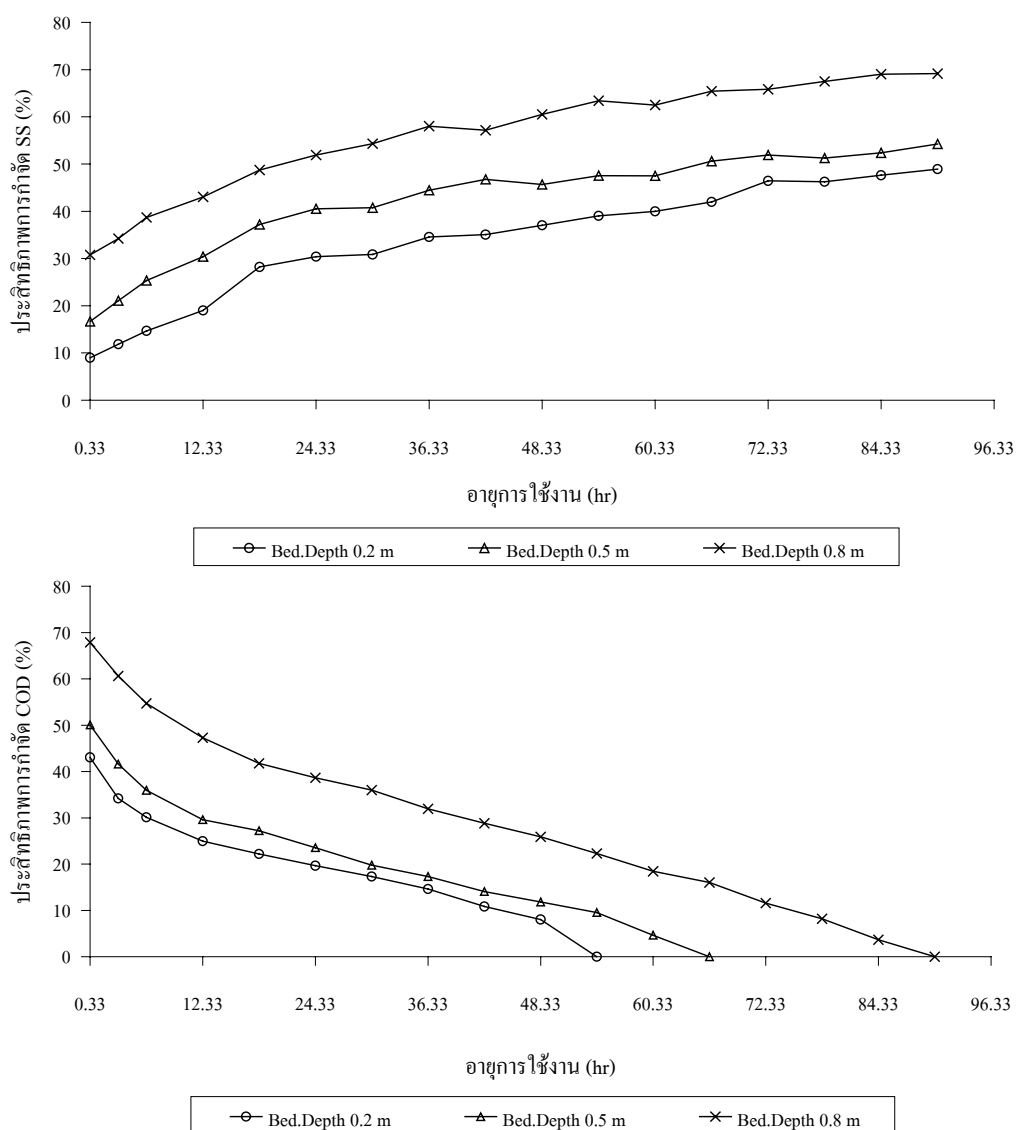
ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที พบว่าในชั่วโมงที่ 99.33 (ชั่วโมงสุดท้ายในการเดินระบบ) ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย 69.14% ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 54.26% และ 48.94% ตามลำดับ และประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยในทุกความสูงชั้นถ่านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเดินระบบที่นานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 34

ง. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ พบว่าในช่วงเวลา 20 นาที่แรก (ชั่วโมงที่ 0.33) ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดซีโอดี 67.89% รองลงมาคือ ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 50.06% และ 43.06% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในทุกความสูงชั้นถ่านมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 34



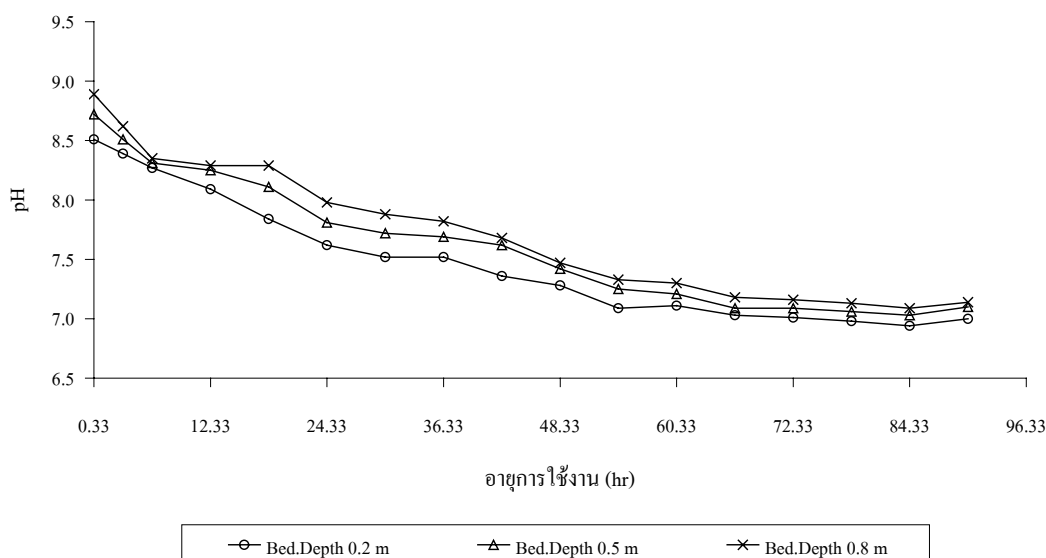
ภาพที่ 34 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่



ภาพที่ 34 (ต่อ)

จ. ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัด

ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ พบว่าที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีค่า pH สูงกว่าที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. ตามลำดับ โดยมีค่า pH ของน้ำทิ้งในช่วงเวลา 20 นาทีแรกสูงสุดเท่ากับ 8.89 และมีค่าลดลงตามลำดับตามระยะเวลาในการเดินระบบที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 35



ภาพที่ 35 ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัดที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ

2.2.1.3 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ

ก. ประสิทธิภาพในการกำจัดสี

ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ พบว่าในช่วงเวลา 20 นาทีแรก (ชั่วโมงที่ 0.33) ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดสี 39.64% รองลงมาคือ ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่ากับ 30.10% และ 20.56% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดสีในทุกความสูงชั้นถ่านมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 36

ข. ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น

ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ พบว่าในชั่วโมงที่ 72.33 (ชั่วโมงสุดท้ายในการเดินระบบ) ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น 49.33% ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 37.66% และ 33.42% ตามลำดับ

ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นในทุกความสูงชั้นถ่านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเดินระบบที่นานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 36

ค. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย

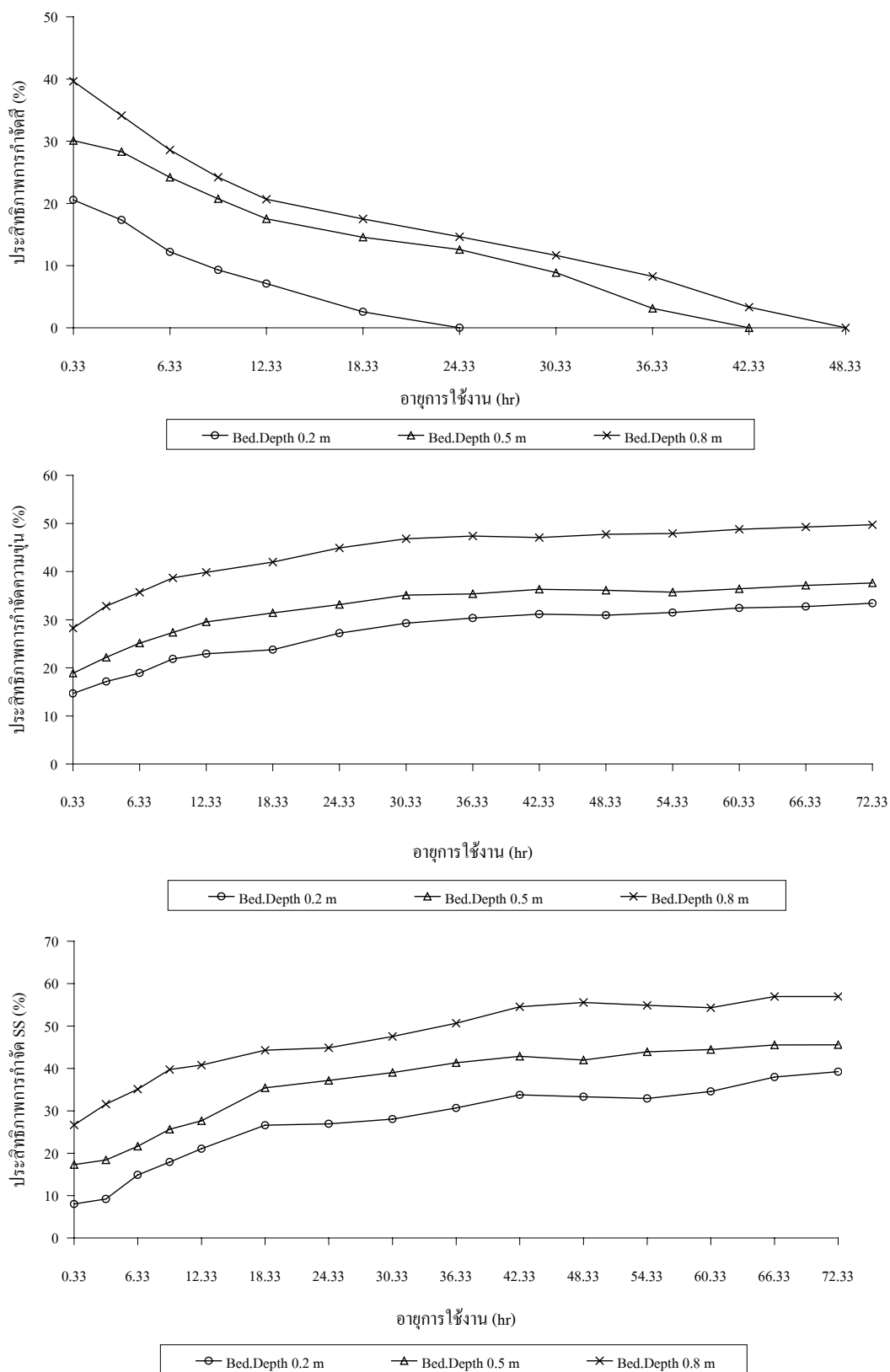
ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท พบว่าในช่วงเวลาที่ 72.33 (ชั่วโมงสุดท้ายในการเดินระบบ) ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย 56.96% ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 45.57% และ 39.24% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยในทุกความสูงชั้นถ่านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเดินระบบที่นานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 36

ง. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี

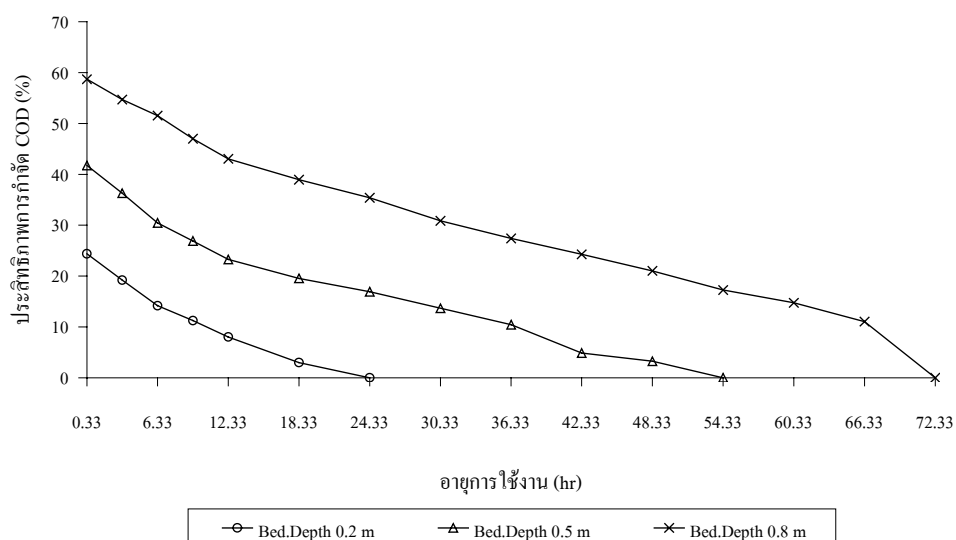
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท พบว่าในช่วงเวลา 20 นาทีแรก (ชั่วโมงที่ 0.33) ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดซีโอดี 58.67% รองลงมาคือ ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 41.72% และ 24.37% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในทุกความสูงชั้นถ่านมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 36

จ. ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัด

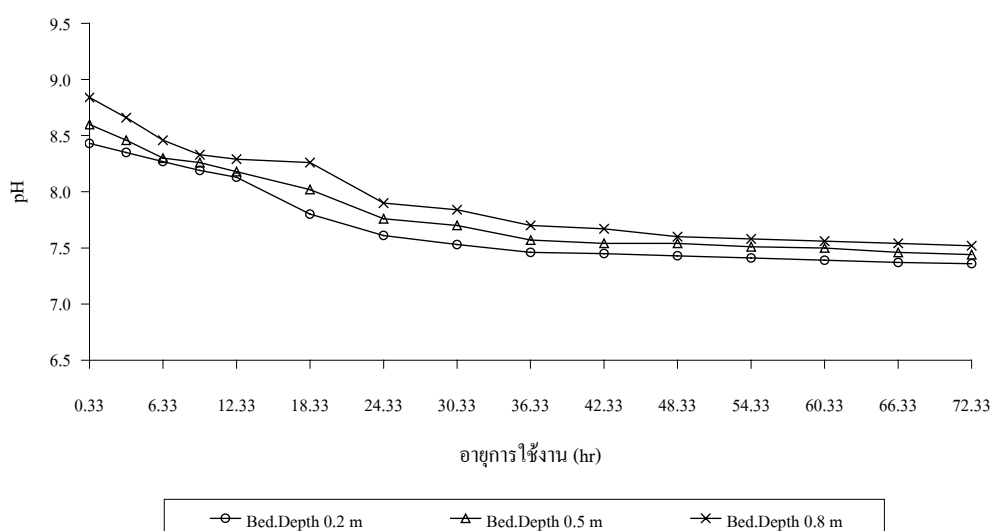
ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท พบว่าที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีค่า pH สูงกว่าที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. ตามลำดับ โดยมีค่า pH ของน้ำทิ้งในช่วงเวลา 20 นาทีแรกสูงสุดเท่ากับ 8.84 และมีค่าลดลงตามลำดับตามระยะเวลาในการเดินระบบที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 37



ภาพที่ 36 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ



ภาพที่ 36 (ต่อ)



ภาพที่ 37 ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัดที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ

จากภาพที่ 32, 34 และ 36 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอดี ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.2, 0.5 และ 0.8 ม. เมื่ออัตราน้ำล้นผิวเท่ากัน พบว่าที่ความสูงชั้นถ่านมากที่สุด คือ 0.8 ม. มีความสามารถในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอดีจากน้ำชะมูลฝอยได้สูงสุด และความสามารถในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอดีจะต่ำลงเมื่อความสูงชั้นถ่านลดลง โดยเปรียบเทียบที่เวลาในการใช้งานถ่านกัมมันต์เท่ากัน

ซึ่งในทุกอัตราน้ำล้นผิวพบว่า ถ่านกัมมันต์จะหมดประสิทธิภาพในการดูดติดสีก่อน จากนั้นถ่านกัมมันต์ยังมีประสิทธิภาพในการดูดติดผิวสีโอดีต่อไปได้อีก

2.2.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่อัตราน้ำล้นผิวต่างๆ กัน เมื่อความสูงชั้นถ่านเท่ากัน

2.2.2.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม.

ก. ประสิทธิภาพในการกำจัดสี

ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. พบว่าในช่วงเวลา 20 นาทีแรก (ชั่วโมงที่ 0.33) ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดสี 30.41 % รองลงมาคือ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ โดยมีประสิทธิภาพ ในการกำจัดสีเท่ากับ 22.79% และ 20.56% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดสีในทุกอัตรา น้ำล้นผิวมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 38

ข. ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น

ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. พบว่าชั่วโมงสุดท้ายของการเดินระบบ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น 53.00% ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 40.32% และ 33.42% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นในทุกอัตราน้ำล้นผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเดินระบบที่นานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 38

ค. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย

ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. พบว่าในชั่วโมงสุดท้ายในการเดินระบบ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย 59.70% ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็ง

แขวนลอยมากกว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 48.94% และ 39.24% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยในทุกอัตราน้ำล้นผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเดินระบบที่นานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 38

ง. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. พบว่าในช่วงเวลา 20 นาทีแรก (ชั่วโมงที่ 0.33) ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดซีโอดี 66.75% รองลงมาคือ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ โดยมี ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 43.06% และ 24.37% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในทุกอัตราน้ำล้นผิวมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 38

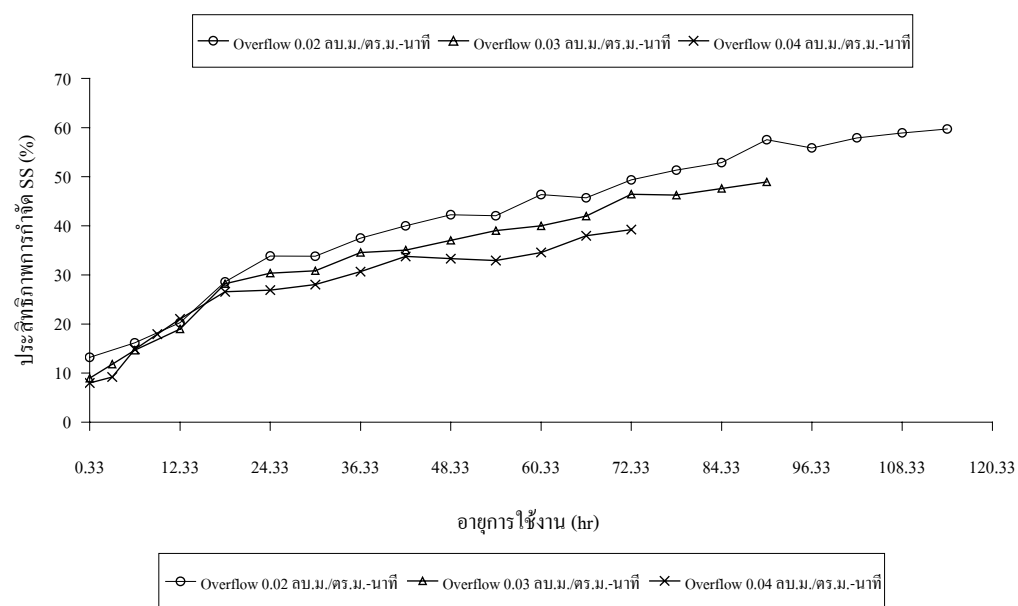
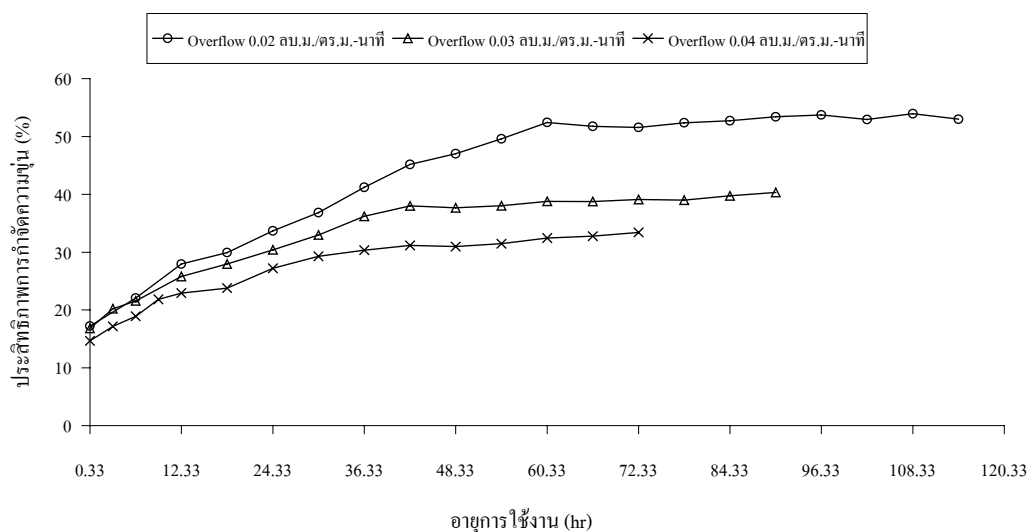
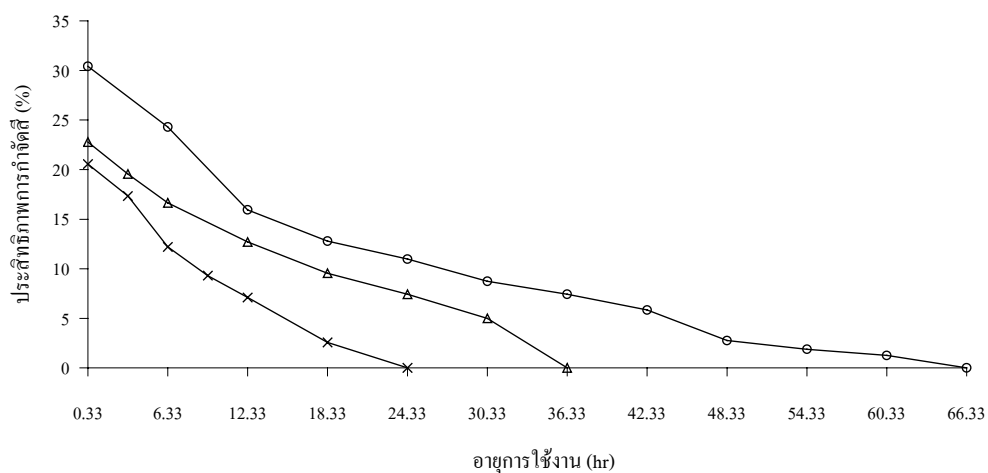
จ. ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัด

ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. พบว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่, มีค่า pH สูงกว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ ตามลำดับ โดยมีค่า pH ของน้ำทิ้งในช่วงเวลา 20 นาทีแรกสูงสุดเท่ากับ 9.05 และมีค่าลดลงตามลำดับตามระยะเวลาในการเดินระบบที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 39

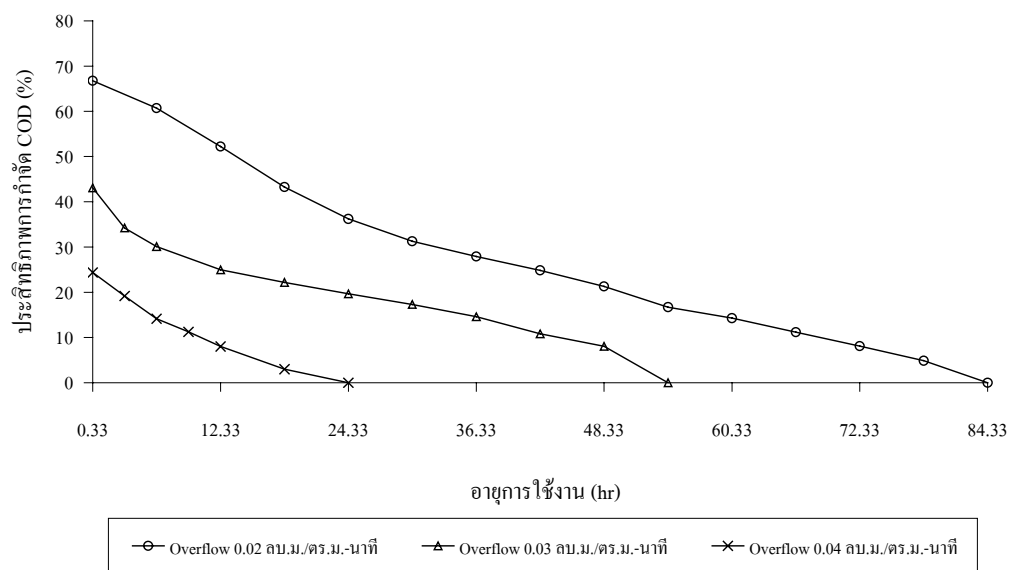
2.2.2.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม.

ก. ประสิทธิภาพในการกำจัดสี

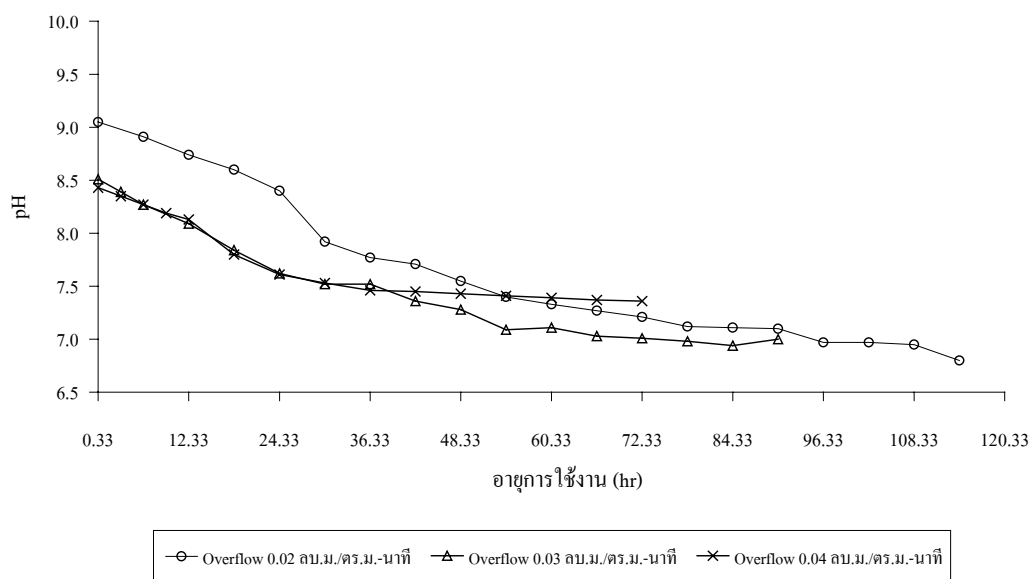
ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม. พบว่าในช่วงเวลา 20 นาทีแรก (ชั่วโมงที่ 0.33) ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดสี 43.31 % รองลงมาคือ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ โดยมี ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่ากับ 33.50% และ 30.10% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดสีในทุกอัตราน้ำล้นผิวมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 40



ภาพที่ 38 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำจะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม.



ภาพที่ 38 (ต่อ)



ภาพที่ 39 ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัดที่ความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม.

ข. ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น

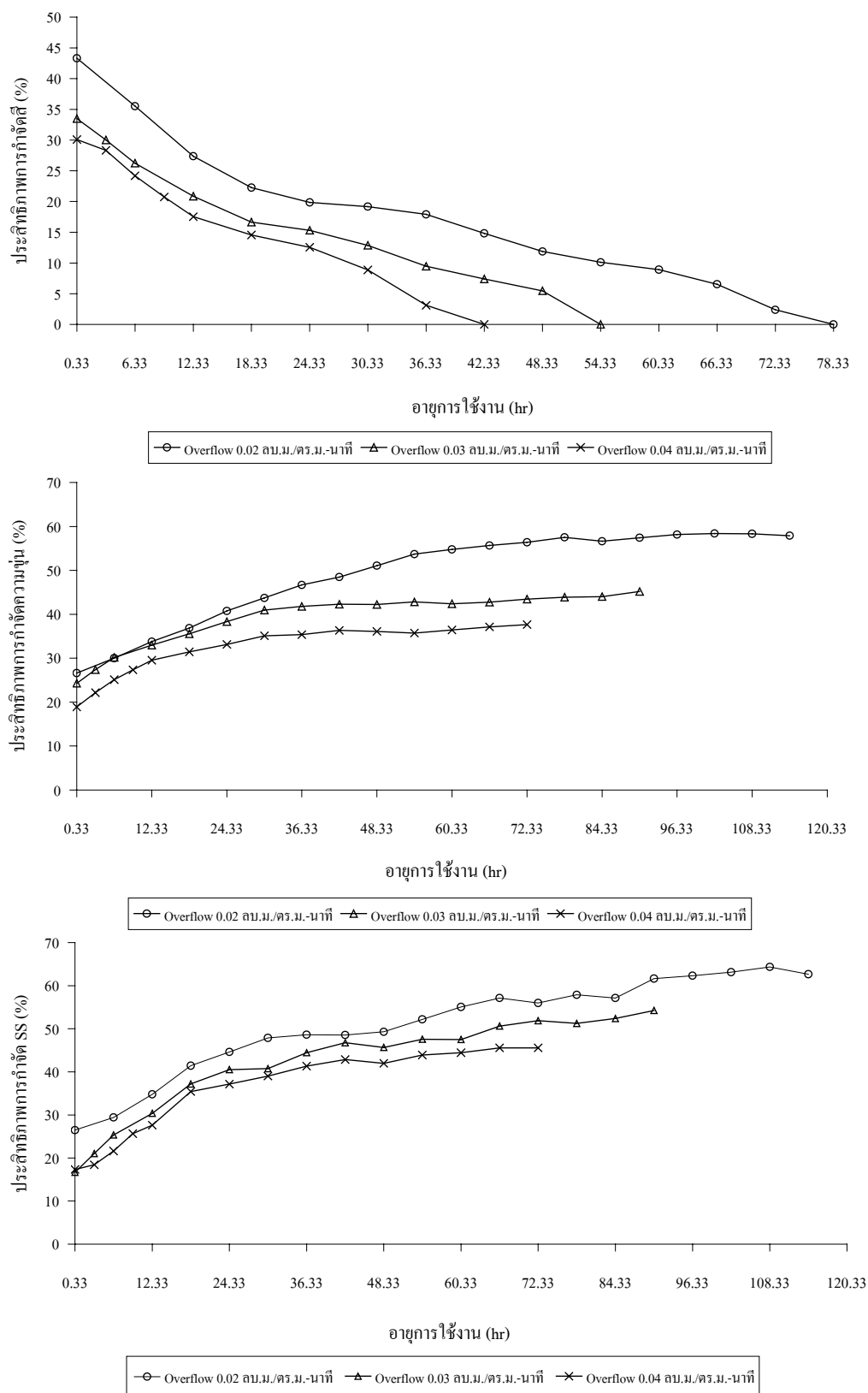
ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม. พบว่าในช่วงโมเมนต์ท้ายของการเดินระบบ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น 57.89% ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 45.19% และ 37.66% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นในทุกอัตราน้ำล้นผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเดินระบบที่นานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 40

ค. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย

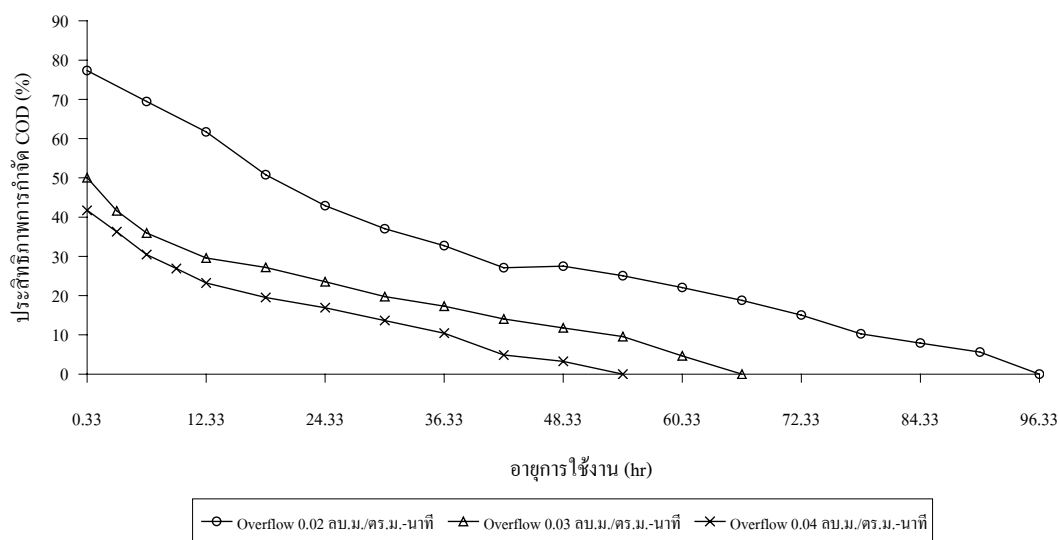
ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม. พบว่าในช่วงโมเมนต์ท้ายในการเดินระบบ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย 62.69% ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยมากกว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 54.26% และ 45.57% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยในทุกอัตราน้ำล้นผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเดินระบบที่นานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 40

ง. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม. พบว่าในช่วงเวลา 20 นาทีแรก (ช่วงโมเมนต์ 0.33) ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดซีโอดี 77.32% รองลงมาคือ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ โดยมี ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 50.06% และ 41.72% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในทุกอัตราน้ำล้นผิวมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 40



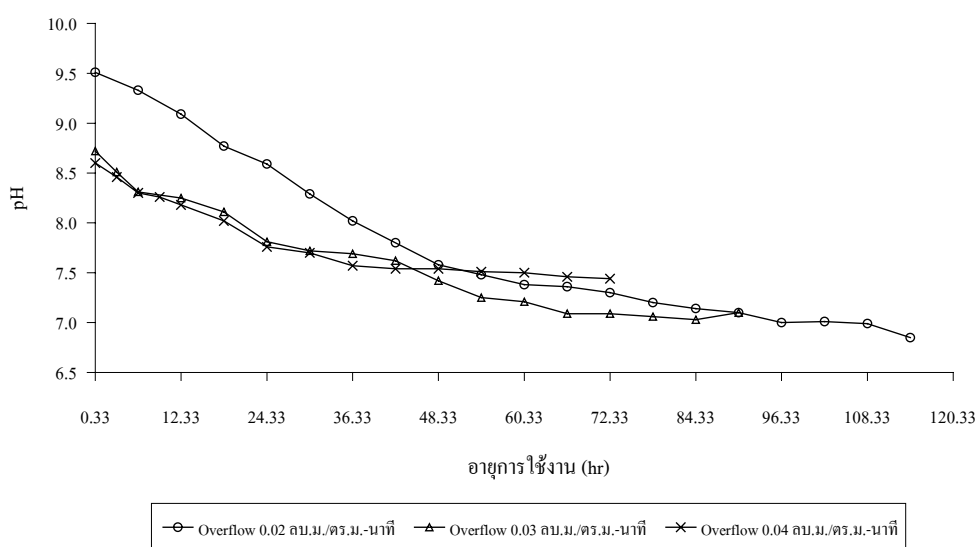
ภาพที่ 40 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม.



ภาพที่ 40 (ต่อ)

จ. ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัด

ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม. พบว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ. มีค่า pH สูงกว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ. ตามลำดับ โดยมีค่า pH ของน้ำทิ้งในช่วงเวลา 20 นาทีแรกสูงสุดเท่ากับ 9.51 และมีค่าลดลงตามลำดับตามระยะเวลาในการเดินระบบที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 41



ภาพที่ 41 ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัดที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม.

2.2.2.3 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม.

ก. ประสิทธิภาพในการกำจัดสี

ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. พบว่าในช่วงเวลา 20 นาทีแรก (ชั่วโมงที่ 0.33) ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดสี 60.48 % รองลงมาคือ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่ากับ 41.81% และ 39.64% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดสีในทุกอัตราน้ำล้นผิวมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 42

ข. ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น

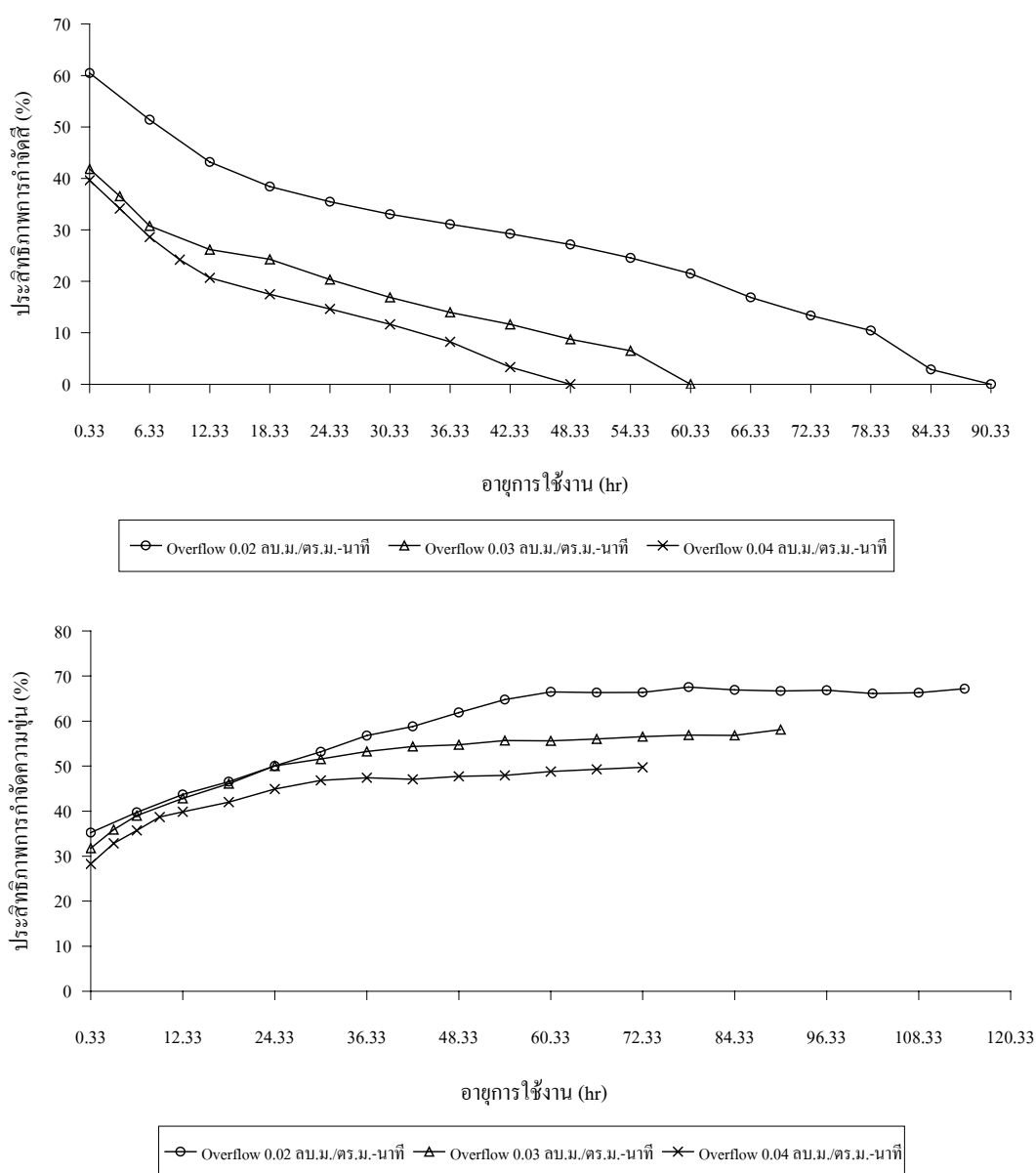
ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. พบว่าในช่วงสุดท้ายของการเดินระบบ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น 67.19% ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 58.10% และ 49.73% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นในทุกอัตราน้ำล้นผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเดินระบบที่นานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 42

ค. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย

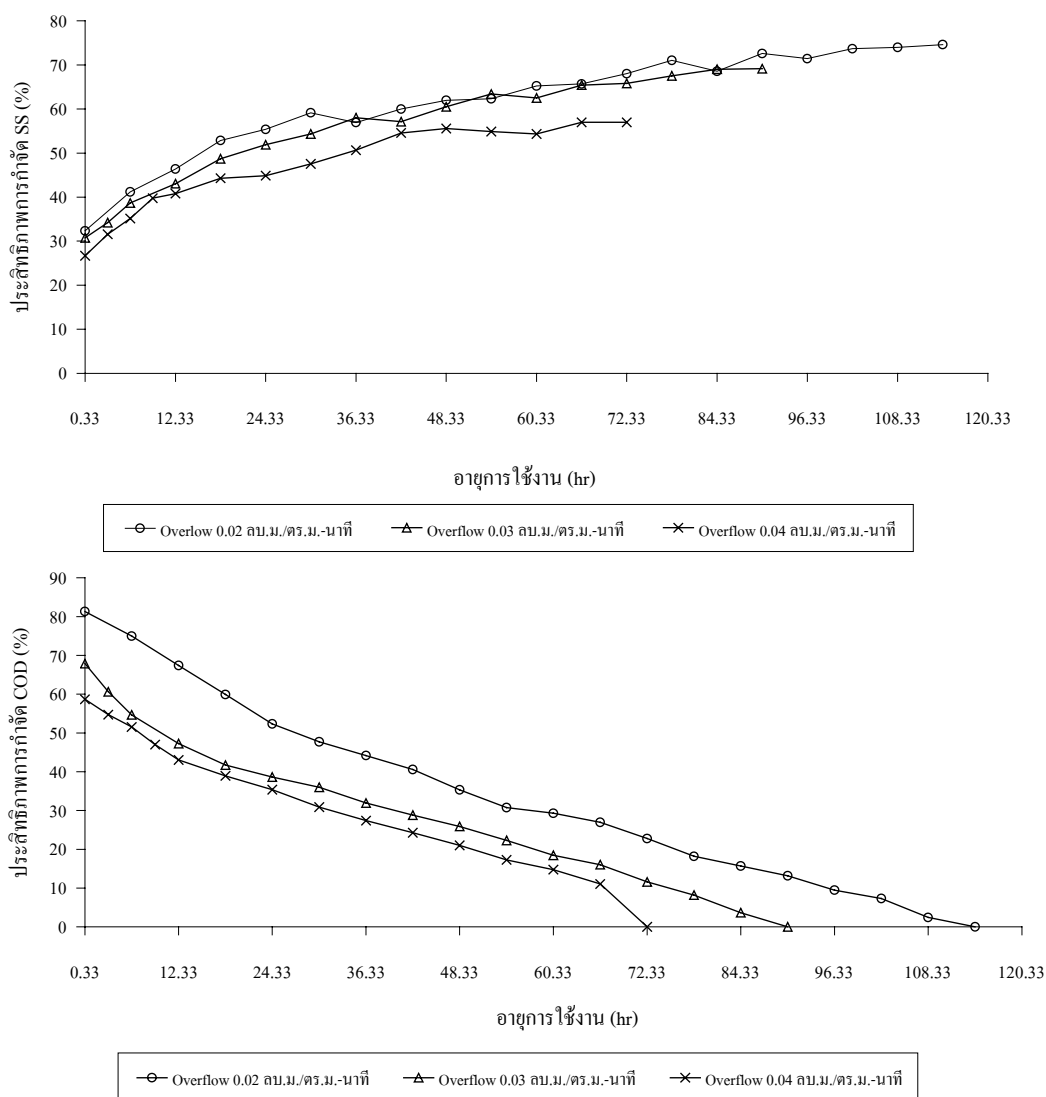
ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. พบว่าในช่วงสุดท้ายในการเดินระบบ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย 74.63% ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยมากกว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 69.15% และ 56.96% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยในทุกอัตราน้ำล้นผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเดินระบบที่นานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 42

ง. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. พบว่าในช่วงเวลา 20 นาทีแรก (ชั่วโมงที่ 0.33) ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดซีโอดี 81.31% รองลงมาคือ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทึ โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 67.89% และ 58.67% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในทุกอัตราน้ำล้นผิวมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการเดินระบบนานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 42



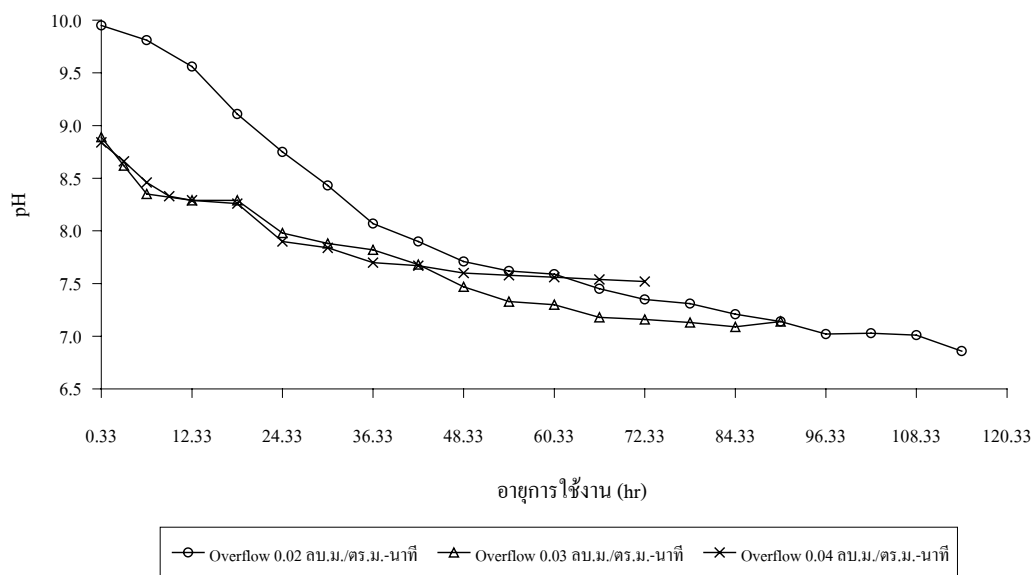
ภาพที่ 42 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอยที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม.



ภาพที่ 42 (ต่อ)

จ. ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัด

ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. พบว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท. มีค่า pH สูงกว่าที่อัตราน้ำ ล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท. ตามลำดับ โดยมีค่า pH ของน้ำทิ้งในช่วงเวลา 20 นาทีแรก สูงสุดเท่ากับ 9.95 และมีค่าลดลงตามลำดับตามระยะเวลาในการเดินระบบที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงใน ภาพที่ 43



ภาพที่ 43 ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัดที่ความสูงชันถ่าน 0.8 ม.

จากภาพที่ 38, 40 และ 42 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอไซด์ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02, 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจำลองความสูงชันถ่านเท่ากัน พบว่าในทุกระดับความสูงชันถ่าน ที่อัตราน้ำล้นผิวต่ำที่สุดคือ 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจำลองสามารถในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอไซด์จากน้ำชะมูลฝอยได้สูงสุด และความสามารถในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอไซด์จะลดต่ำลงเมื่ออัตราน้ำ ล้นผิวมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยเปรียบเทียบที่เวลาในการใช้งานถ่านกัมมันต์เท่ากัน

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า เมื่ออัตราน้ำล้นผิวเท่ากันในทุกอัตราน้ำล้นผิวที่ความสูงชันถ่านมากที่สุด คือ 0.8 ม. มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยได้สูงสุดและประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยจะลดต่ำลงเมื่อความสูงชันถ่านลดลง โดยเปรียบเทียบเมื่อเวลาในการใช้งานถ่านกัมมันต์เท่ากัน เนื่องจากเมื่อเพิ่มความสูงชันถ่านจะทำให้เวลาสัมผัสระหว่างถ่านและมลสารต่างๆ ในน้ำชะมูลฝอยมีค่าเพิ่มขึ้น โอกาสที่ถ่านจะดูดซับมลสารต่างๆ จะเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่าในทุกอัตราน้ำล้นผิวถ่านกัมมันต์จะหมดประสิทธิภาพในการดูดซับสีก่อน แต่ยังคงมีประสิทธิภาพในการดูดซับซีโอไซด์ เนื่องจากสีในน้ำชะมูลฝอยประกอบด้วย กรดฮิวมิกและกรดฟัลลิก ซึ่งมีโตนสีเหลืองและถ้ามีความเข้มข้นสูงจะมีสีดำ โดยเป็นสารที่มีความสามารถในการถูกดูดซับผิวต่ำหรือถูกดูดซับผิวได้ยาก

เมื่อความสูงชันถ่านเท่ากันพบว่า ในทุกระดับความสูงชันถ่านที่อัตราน้ำล้นผิวต่ำที่สุด คือ 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ มีความสามารถในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยได้สูงสุดและ ประสิทธิภาพ ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยจะลดต่ำลงเมื่ออัตราน้ำล้นผิวมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยเปรียบเทียบที่ระยะเวลาในการใช้งานถ่านกัมมันต์เท่ากัน เนื่องจากการเพิ่มอัตราน้ำล้นผิวทำให้มลสารต่างๆ ในน้ำ ชะมูลฝอยมีเวลาสัมผัสกับพื้นที่ผิวถ่านน้อยลง สารดูดติดผิวจะต้องมีเวลาสัมผัสเพียงพอเพื่อแพร่เข้าสู่พื้นที่ผิวภายในเม็ดถ่าน ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ที่เกิดปฏิกิริยาในการดูดติดสาร ดังนั้นถ้ามีเวลา สัมผัสสั้นเกินไปมลสารต่างๆ จะหลุดออกมากับน้ำทิ้งก่อนที่จะเกิดการดูดติดผิวจึงถึงจุดยุติเร็ว

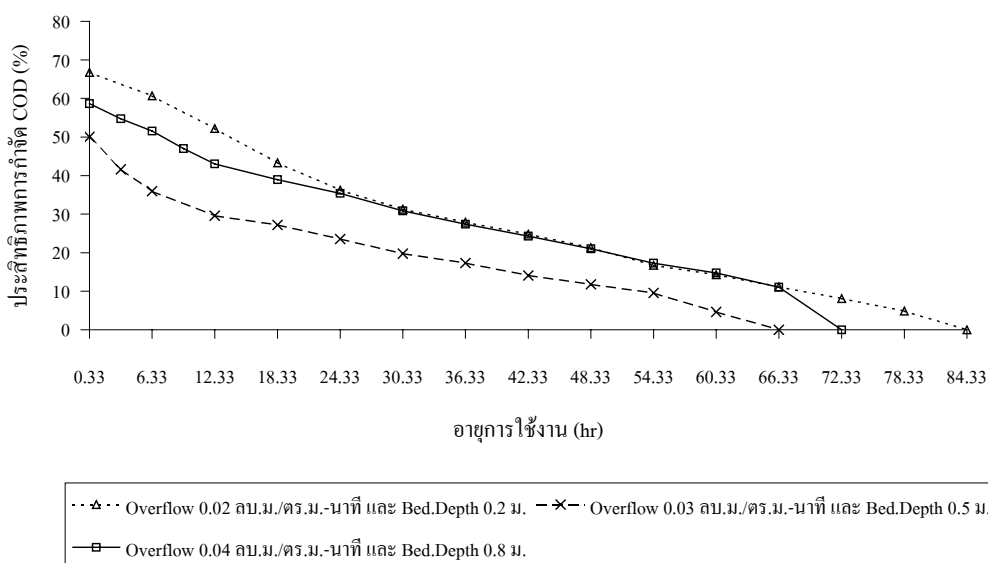
ประสิทธิภาพในการกำจัดสีและซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลา ในการเดินระบบนานขึ้น ซึ่งเป็นเพราะว่าในช่วงเวลาแรกๆ พื้นที่ผิวของถ่านยังมีมาก แต่เมื่อน้ำ ชะมูลฝอยผ่านชั้นถ่านนานขึ้นพื้นที่ผิวของถ่านจะลดลง เนื่องจากมีอนุภาคของสี สารอินทรีย์และ มลสารต่างๆ ถูกดูดติดผิวอยู่ที่ผิวของถ่านมากขึ้น ทำให้พื้นที่ผิวที่เหลือของถ่านลดลง ดังนั้น ประสิทธิภาพในการกำจัดสีและซีโอดีจึงลดลงเมื่อเวลาในการบำบัดนานขึ้น ส่วนประสิทธิภาพใน การกำจัดความขุ่นและของแข็งแขวนลอยในน้ำชะมูลฝอยเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเดินระบบ นานขึ้น เพราะช่วงว่างระหว่างอนุภาคของถ่านถูกอุดตันด้วยมลสารต่างๆ เมื่อเวลาผ่านไป ทำให้ ช่วงว่างระหว่างอนุภาคของถ่านมีขนาดเล็กลง ดังนั้นการกำจัดความขุ่นและของแข็งแขวนลอยมี ประสิทธิภาพดีขึ้นในชั่วโมงหลังๆ

สำหรับค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แล้ว พบว่า ในชั่วโมงแรกๆ ค่า pH มีค่าสูงกว่าค่า pH ก่อนการบำบัด เนื่องจากคุณสมบัติของถ่านมีค่า pH สูง เมื่อน้ำชะมูลฝอยสัมผัสกับถ่านจึงมีค่า pH สูงตามไปด้วย และเมื่อเวลาผ่านไปค่า pH ของน้ำชะมูลฝอย จะลดลง เนื่องจากถ่านสัมผัสกับน้ำชะมูลฝอยนานขึ้นจึงมีสภาพเป็นกลางมากขึ้น ค่า pH จึงลดลง โดยที่ความสูงชันถ่านมากที่สุด คือ 0.8 ม. มีค่า pH สูงกว่าที่ความสูงชันถ่าน 0.5 และ 0.2 ม. ตาม ลำดับ เนื่องจากที่ความสูงชันถ่าน 0.8 ม. มีระยะเวลาในการสัมผัสน้ำชะมูลฝอยนานที่สุดและใน ทำนองเดียวกันที่อัตราน้ำล้นผิวต่ำที่สุด คือ 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ มีค่า pH สูงกว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ ตามลำดับ เนื่องจากที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ มี ระยะเวลาในการสัมผัสน้ำชะมูลฝอยนานที่สุด

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดย กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ คือ ความสูงชันถ่านและอัตราน้ำล้นผิว

2.3 การศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

จากผลการทดลองบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ พบว่า ถ่านกัมมันต์จะหมดประสิทธิภาพในการดูดซับเสียก่อน แต่ยังคงมีประสิทธิภาพในการดูดซับผิวชีโอดีต่อไปได้ ดังนั้นในการศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ได้พิจารณาจากประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดี ซึ่งจากภาพที่ 44 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม. และที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. จะเห็นได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. กับประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม. จะเห็นได้ว่า เมื่ออัตราน้ำล้นเพิ่มขึ้น 50% และความสูงชั้นถ่านเพิ่มจาก 0.2 ม. เป็น 0.5 ม. (เพิ่มขึ้น 150%) ดังนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม. จะต้องมีประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีได้ดีกว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. แต่จากผลการทดลองพบว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. มีประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีสูงสุดในช่วงเวลา 20 นาทีแรก คือ 66.75% ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีสูงกว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม. (ประสิทธิภาพกำจัดชีโอดี 50.06%) และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. กับประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. จะเห็นได้ว่า เมื่ออัตราน้ำล้นเพิ่มขึ้น 100% และความสูงชั้นถ่านเพิ่มจาก 0.2 ม. เป็น 0.8 ม. (เพิ่มขึ้น 300%) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. มีประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีสูงสุดในช่วงเวลา 20 นาทีแรก คือ 66.75% ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีสูงกว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. (ประสิทธิภาพกำจัดชีโอดี 58.67%) ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า อัตราน้ำล้นผิวเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์มากกว่าความสูงชั้นถ่าน



ภาพที่ 44 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ และความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ และความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม. และที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม.

2.4 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยสามารถคิดจากราคาถ่านกัมมันต์เทียบกับปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดทั้งหมด (บาท/กก.ซีโอดี) ซึ่งจากผลการทดลองบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ พบว่าวิธีการดังกล่าวไม่สามารถกำจัดค่าซีโอดีให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งได้ ดังนั้นราคาในการบำบัดต่อปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดทั้งหมด จึงเป็นค่าซีโอดีที่ไม่ได้มาตรฐานน้ำทิ้ง ดังแสดงในตารางที่ 22 และรายละเอียดการคำนวณค่าใช้จ่ายในการบำบัดแสดงในภาคผนวก จ

จากตารางที่ 22 เมื่อพิจารณาปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดทั้งหมดพบว่า ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.2 และ 0.5 ม. ปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดทั้งหมดมีค่าลดลงเมื่ออัตราน้ำล้นผิวเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. โดยปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดทั้งหมดที่ความสูง 0.8 ม. มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยในแต่ละอัตราน้ำล้นผิว ซึ่งอยู่ในช่วง 63,018-66,599 มก.ซีโอดี และในทำนองเดียวกันเมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการบำบัดต่อปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดทั้งหมดพบว่า ที่ความสูงชั้นถ่าน 0.2 และ 0.5 ม. ค่าใช้จ่ายถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการบำบัดต่อปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราน้ำล้นผิวเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. ค่าใช้จ่ายถ่านกัมมันต์

ที่ใช้ในการบำบัดต่อปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดทั้งหมด อยู่ในช่วง 0.73-0.77 บาท/กรัมซีโอดี ซึ่งมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยในแต่ละอัตราน้ำล้นผิว จะเห็นได้ว่า ที่ความสูงชั้นถ่านน้อยกว่า 0.8 ม. อัตราน้ำล้นผิวมีผลต่อการดูดซับซีโอดีในน้ำชะมูลฝอย โดยเฉพาะที่ความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน (ปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดทั้งหมดที่ความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. อยู่ในช่วง 6,413-39,061 มก.ซีโอดี) ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ความสูงชั้นถ่านที่เหมาะสมในการบำบัดควรมีค่าน้อยกว่า 0.8 ม.

ตารางที่ 22 สรุปค่าใช้จ่ายถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

อัตราน้ำล้นผิว (ลบ.ม./ตร.ม.-นาท)	ความสูง ชั้นถ่าน (ม.)	ซีโอดีที่ถูก กำจัดทั้งหมด (มก.ซีโอดี)	ความจุดูดซับ (กรัมซีโอดี/กรัมถ่าน)	ราคา (บาท/กรัมซีโอดี)
0.02	0.2	39,061	0.192	0.31
	0.5	50,248	0.099	0.61
	0.8	66,194	0.082	0.73
0.03	0.2	24,326	0.120	0.50
	0.5	31,861	0.063	0.95
	0.8	63,018	0.078	0.77
0.04	0.2	6,413	0.032	1.88
	0.5	27,268	0.054	1.11
	0.8	66,599	0.082	0.73

เมื่อพิจารณาที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท พบว่าค่าใช้จ่ายถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการบำบัดต่อปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดทั้งหมด มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงชั้นถ่านเพิ่มขึ้นตามลำดับ ส่วนที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท ราคาในการบำบัดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงชั้นถ่านเพิ่มขึ้น ยกเว้นที่ความสูงชั้นถ่าน 0.5 ม. ซึ่งมีราคาในการบำบัดสูงกว่าที่ความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. และที่อัตราน้ำล้นผิว 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท ราคาในการบำบัดมีค่าลดลงเมื่อความสูงชั้นถ่านเพิ่มขึ้นตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.03 ลบ.ม./ตร.ม.-นาท เป็นอัตราน้ำล้นผิวที่เป็นช่วงเปลี่ยนของการเพิ่มขึ้นของอัตราน้ำล้นผิว

สำหรับค่าใช้จ่ายถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการบำบัดต่อปริมาณซีโอไซด์ที่ถูกกำจัดทั้งหมดที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. มีราคาถูกที่สุด จึงควรที่จะเลือกใช้ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยพบว่า ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยได้ดีกว่าที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.2 ม. ดังนั้นจึงเลือกใช้อัตราน้ำ ล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยจึงจะมีความเหมาะสมที่สุด

2.5 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง

คุณภาพน้ำชะมูลฝอยที่ผ่านการบำบัดโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยได้สูงสุด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ดังแสดงในตารางที่ 23 พบว่า ค่า pH ในน้ำทิ้งในช่วงแรกของการบำบัด (ชั่วโมงที่ 0.33-18.33) มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง คือ มีค่ามากกว่า 9.0 (เกณฑ์กำหนดให้อยู่ในช่วง 5.5-9.0) และเมื่อเวลาในการบำบัดผ่านไปพบว่า ค่า pH ในน้ำทิ้งมีค่าลดต่ำลงจนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ส่วนการกำจัดสีนั้นระบบสามารถลดสีจากสีน้ำตาลเข้มลงไปเป็นสีน้ำตาลอ่อน ทำให้สีของน้ำทิ้งยังคงเป็นที่พึงรังเกียจ ดังนั้นค่าสีของน้ำทิ้งจึงไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งมีต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งตลอดระยะเวลาในการบำบัด (เกณฑ์กำหนดให้มีค่าของแข็งแขวนลอยไม่เกิน 50 มก./ล.) และค่าซีโอไซด์ในน้ำทิ้งมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง (เกณฑ์กำหนดให้มีค่าซีโอไซด์ไม่เกิน 120 มก./ล.) จะเห็นได้ว่า การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ไม่สามารถบำบัดสีและซีโอไซด์ในน้ำทิ้งให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งได้จึงควรที่จะมีการบำบัดน้ำชะมูลฝอยในเบื้องต้นก่อนเข้ากระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ซึ่งได้แก่ กระบวนการตกตะกอนทางเคมี

ตารางที่ 23 คุณภาพน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัดโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม.

รายการ	หน่วย	คุณภาพน้ำเสีย	คุณภาพน้ำทิ้ง	ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ¹
pH	-	8.31	9.95 ²	5.5-9.0
ลักษณะทางกายภาพ	-	สีน้ำตาลเข้ม	สีน้ำตาลอ่อน ²	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
สี	Pt-Co	2,978	1,054 ²	-
ความขุ่น	NTU	85.9	20.8 ³	-
ของแข็งแขวนลอย	มก./ล.	72	17 ³	ไม่เกิน 50
ซีโอดี	มก./ล.	827	145 ²	ไม่เกิน 120

หมายเหตุ 1 หมายถึง ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539)

2 หมายถึง คุณภาพน้ำทิ้งในชั่วโมงที่ 0.33

3 หมายถึง คุณภาพน้ำทิ้งในชั่วโมงที่ 114.33

3. การศึกษาการทำงานร่วมกันระหว่างวิธีการตกตะกอนทางเคมีกับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

จากการทดลองบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีในขั้นตอนแรก พบว่า อลูมิเนียมซัลเฟตมีความเหมาะสมที่สุดในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย เมื่อเปรียบเทียบกับเฟอร์ริกคลอไรด์ และโพอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ในเรื่องของค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีทั้งราคาสารสร้างตะกอน และราคาสารเคมีที่ใช้ในการปรับ pH ซึ่งมีราคาถูกกว่า และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยมีค่าใกล้เคียงกันในทุกพารามิเตอร์ ดังนั้นในการทดลองขั้นตอนนี้จึงเลือกใช้อลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอนในกระบวนการตกตะกอนทางเคมี ซึ่งปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟตที่เหมาะสมมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 3,000-3,200 มก./ล. และจากการตรวจวัดค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเริ่มต้นพบว่า มีค่าเฉลี่ย 8.36 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงค่า pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้อลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอนที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนแรก คือ มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 8.0-8.5 เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่า pH และความยุ่งยากในการควบคุมค่า pH แล้วจึงไม่มี

การปรับค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยแต่อย่างใด จากนั้นจึงทำการบำบัดน้ำชะมูลฝอยต่อโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ซึ่งจากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย โดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในขั้นตอนการทดลองที่สอง พบว่าอัตราน้ำล้นผิวต่ำที่สุดในการทดลอง คือ 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่านมากที่สุดในการทดลอง คือ 0.8 ม. มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยได้สูงสุด ดังนั้นจึงเลือกปัจจัยดังกล่าวมาใช้ในการเดินระบบ ดังแสดงรายละเอียดผลการทดลองในภาคผนวก ข ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

3.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีร่วมกับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

การพิจารณาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีร่วมกับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ได้ใช้ค่าซีไอดีเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา เนื่องจากในการทดลองบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี และการทดลองบำบัดน้ำชะมูลฝอย โดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในขั้นตอนแรกนั้น พบว่ากระบวนการบำบัดทั้ง 2 วิธี ไม่สามารถกำจัดค่าซีไอดีให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งได้ และจากการทดลองบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีร่วมกับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ พบว่า ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์หลังจากผ่านการบำบัดด้วยวิธีการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมซัลเฟตแล้ว ในช่วงเวลาที่ 0.33-108.33 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ระบบสามารถบำบัดค่าซีไอดีในน้ำชะมูลฝอยให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งได้ (กำหนดให้ไม่เกิน 120 มก./ล.) ดังนั้นจึงพิจารณาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

3.1.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดซี

ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอในน้ำชะมูลฝอยโดยใช้อลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอนมีค่าเฉลี่ย 90.78% และเมื่อบำบัดน้ำชะมูลฝอยต่อโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอในช่วงเวลาที่ 0.33-108.33 มีค่าอยู่ในช่วง 56.33-99.21% คิดเป็นประสิทธิภาพรวมของระบบในการกำจัดซีไอในช่วง 95.93-99.92% ดังแสดงในภาพที่ 45

3.1.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น

การกำจัดความขุ่นในน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ลูมินีเยมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอน ในกระบวนการตกตะกอน พบว่ามีประสิทธิภาพเฉลี่ย 91.90% และบำบัดน้ำชะมูลฝอยต่อโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นในช่วงเวลาที่ 0.33-108.33 มีค่าอยู่ในช่วง 57.69-69.81% คิดเป็นประสิทธิภาพรวมของระบบในการกำจัดความขุ่นในช่วง 96.87-97.75% ดังแสดงในภาพที่ 46

3.1.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย

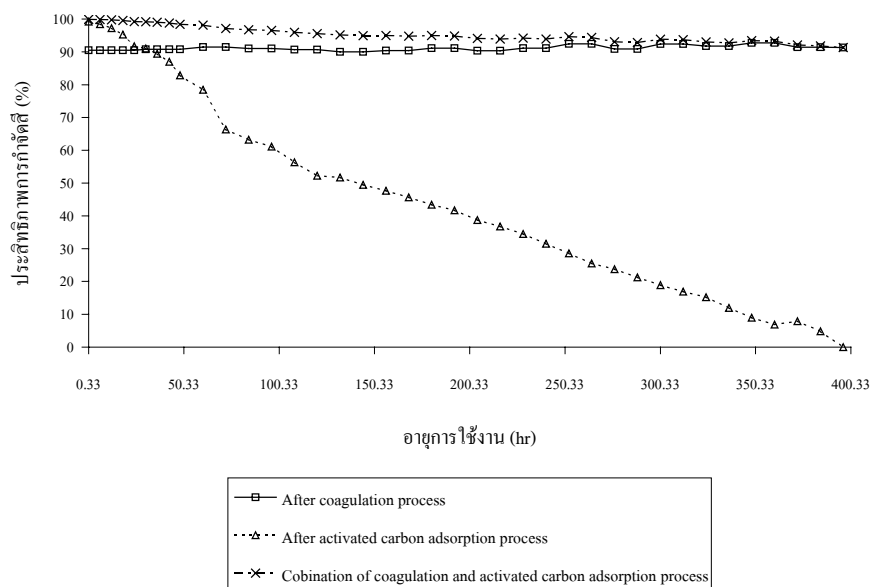
การบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนโดยใช้ลูมินีเยมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอน พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยมีค่าเฉลี่ย 91.50% และบำบัดน้ำชะมูลฝอยต่อโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยในช่วงเวลาที่ 0.33-108.33 มีค่าอยู่ในช่วง 16.67-37.50% คิดเป็นประสิทธิภาพรวมของระบบในการกำจัดของแข็งแขวนลอยในช่วง 92.68-94.87% ดังแสดงในภาพที่ 47

3.1.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี

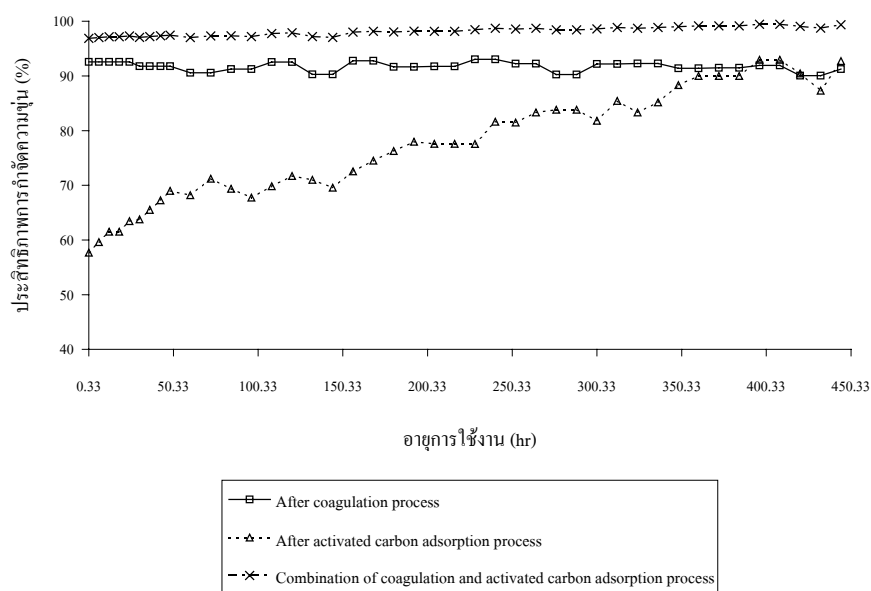
การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ลูมินีเยมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอนในกระบวนการตกตะกอน พบว่ามีประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดซีโอดี 53.45% และเมื่อบำบัดน้ำชะมูลฝอยต่อโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในช่วงเวลาที่ 0.33-108.33 มีค่าอยู่ในช่วง 65.12-95.87% คิดเป็นประสิทธิภาพรวมของระบบในการกำจัดซีโอดีในช่วง 83.81-98.13% ดังแสดงในภาพที่ 48

3.1.5. ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัด

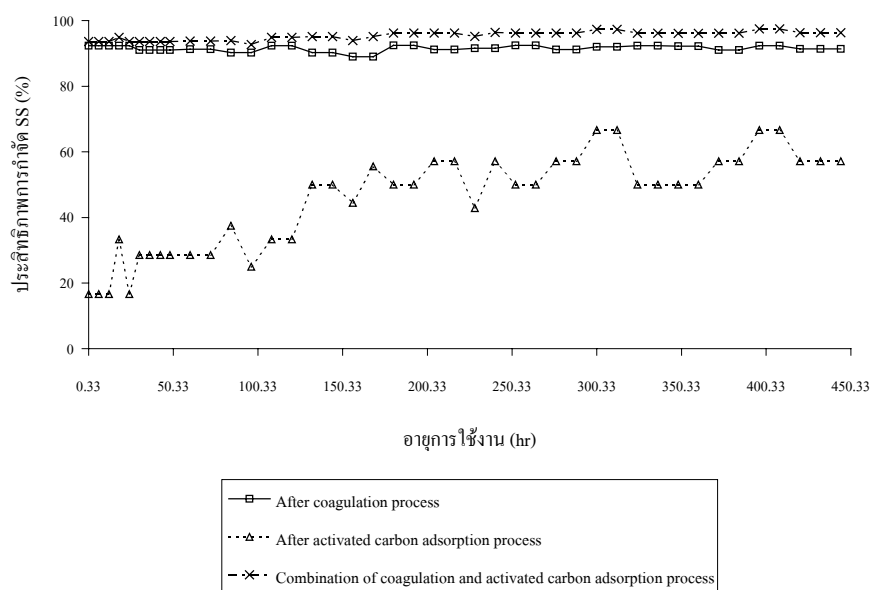
ค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้ลูมินีเยมซัลเฟต พบว่า มีค่าลดลง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.62 และเมื่อบำบัดน้ำชะมูลฝอยต่อโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์พบว่า ค่า pH ของน้ำทิ้งมีค่าสูงขึ้น โดยในช่วงเวลาที่ 0.33-108.33 มีค่าอยู่ในช่วง 7.22-8.15 ดังแสดงในภาพที่ 49



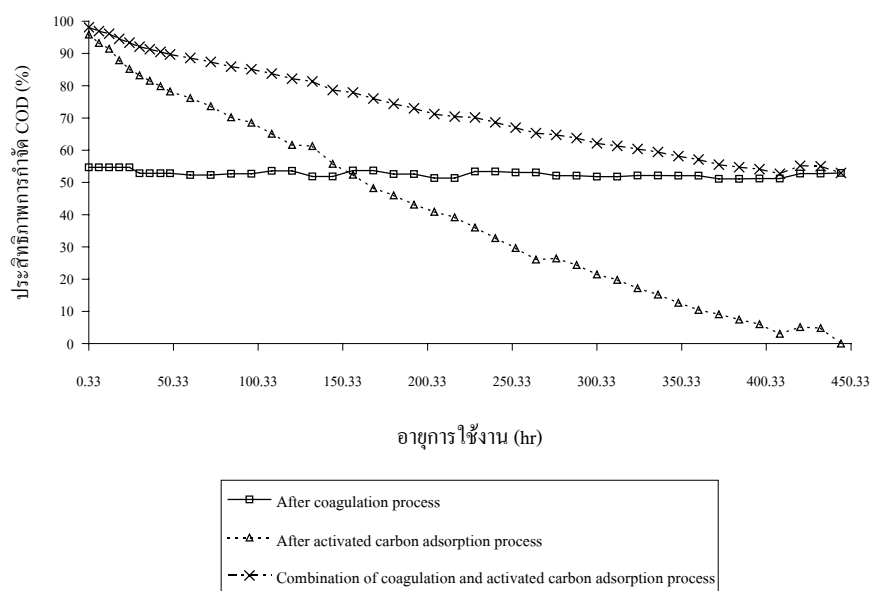
ภาพที่ 45 ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ลูมินีมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอน ร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม.



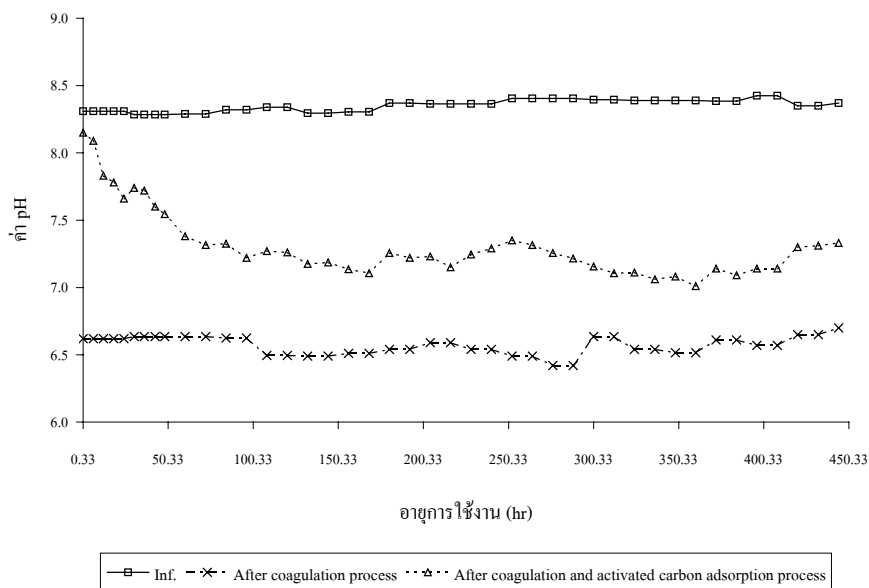
ภาพที่ 46 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ลูมินีมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอน ร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม.



ภาพที่ 47 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ลูมินิกซ์เฟตเป็นสารสร้างตะกอนร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม.



ภาพที่ 48 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ลูมินิกซ์เฟตเป็นสารสร้างตะกอนร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม.



ภาพที่ 49 ค่า pH หลังการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอนร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม.

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า เมื่อบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอนในกระบวนการตกตะกอนทางเคมี โดยไม่มีการปรับค่า pH ใดๆ พบว่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอไซด์มีค่าเท่ากับ 90.78%, 91.90%, 91.50% และ 53.45% ตามลำดับ และค่า pH หลังการตกตะกอนมีค่าเฉลี่ย 6.62 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในขั้นตอนแรกที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอไซด์มีค่าเท่ากับ 90.55%, 91.65 %, 91.17 % และ 56.51 % ตามลำดับ และค่า pH หลังการตกตะกอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.47 จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยในขั้นตอนนี้มีค่าไม่แตกต่างจากการทดลองในขั้นตอนแรกแต่อย่างใด และเมื่อบำบัดน้ำชะมูลฝอยต่อโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์พบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยได้มากขึ้น โดยในช่วงเวลาที่ 0.33-108.33 พบว่าค่าซีโอไซด์ในน้ำทิ้งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง (ไม่เกิน 120 มก./ล.) และมีประสิทธิภาพในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอไซด์อยู่ในช่วง 56.33-99.21%, 57.69-69.81%, 16.67-37.50% และ 65.12-95.87% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในภาพรวมสำหรับการบำบัดน้ำชะมูลฝอยทั้ง 2 วิธีร่วมกัน สรุปได้ว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก โดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดสี ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอไซด์

อยู่ในช่วง 95.93-99.92%, 96.87-97.75%, 92.68-94.87% และ 83.81-98.13% ตามลำดับ รวมทั้งเป็นการเพิ่มอายุการใช้งานให้กับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ เนื่องจากกระบวนการตกตะกอนทางเคมีจะช่วยลดมลสารต่างๆ และสารแขวนลอยในน้ำชะมูลฝอยก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการดูดซับของชั้นถ่านกัมมันต์ให้มากขึ้น ดังนั้นการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนร่วมกับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จึงมีความเหมาะสมกว่าการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งเพียงอย่างเดียว แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการบำบัดประกอบด้วย

3.2 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีร่วมกับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีร่วมกับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์พิจารณาจากการบำบัดน้ำชะมูลฝอยให้ได้มาตรฐานน้ำทิ้ง โดยกำหนดจากค่ามาตรฐานซีโอดีในน้ำทิ้งไม่เกิน 120 มก./ล. พบว่าการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้อลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอน (คุณภาพน้ำทิ้งมีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 339-361 มก./ล.) คิดเฉพาะค่าใช้จ่ายของอลูมิเนียมซัลเฟตเท่านั้น เนื่องจากไม่มีการปรับค่า pH ในน้ำชะมูลฝอยโดยใช้ปริมาณอลูมิเนียมซัลเฟตที่เหมาะสม 3,100 มก./ล. คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่อปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดเท่ากับ 27.73 บาท/กรัมซีโอดี หรือคิดเป็น 11.07 บาท/ลบ.ม. ส่วนการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์หลังจากผ่านการบำบัดด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีแล้ว (คุณภาพน้ำทิ้งมีค่าซีโอดีไม่เกิน 120 มก./ล.) พบว่า มีค่าใช้จ่ายถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการบำบัดต่อปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดเท่ากับ 0.69 บาท/กรัมซีโอดี หรือคิดเป็น 1,107.42 บาท/ลบ.ม. ดังนั้นรวมค่าใช้จ่ายของทั้งสองกระบวนการ (คุณภาพน้ำทิ้งมีค่าซีโอดีไม่เกิน 120 มก./ล.) เมื่อคิดค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่อปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดเท่ากับ 28.42 บาท/กรัมซีโอดี หรือคิดเป็น 1,118.49 บาท/ลบ.ม. ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 สรุปค่าใช้จ่ายสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี
รวมกับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์(ค่าซีโอดีเริ่มต้นอยู่ในช่วง 741-759 มก./ล.)

กระบวนการบำบัด	ราคาในการบำบัด	
	บาท/กรัมซีโอดี	บาท/ลบ.ม.
1. กระบวนการตกตะกอนทางเคมี โดยใช้โซลูมิเนียมซัลเฟต (คุณภาพน้ำที่มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 339-361 มก./ล.)	27.73	11.07
2. กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์หลังผ่าน กระบวนการตกตะกอนทางเคมี (คุณภาพน้ำที่มีค่าซีโอดีไม่เกิน 120 มก./ล.)	0.69	1,107.42
รวมทั้งสองกระบวนการ (คุณภาพน้ำที่มีค่าซีโอดีไม่เกิน 120 มก./ล.)	28.42	1,118.49

3.3 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำชะมูลฝอยที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี
รวมกับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์กับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคม
อุตสาหกรรม ดังแสดงในตารางที่ 25 พบว่า คุณภาพน้ำทิ้งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกพารามิเตอร์
กล่าวคือ ค่า pH ในน้ำทิ้งอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งตลอดระยะเวลาในการบำบัด (อยู่ในช่วง
5.5-9.0) น้ำทิ้งมีลักษณะใสไม่มีสี (ในช่วงแรกของการบำบัด) และมีสีเหลืองอ่อน (เมื่อถ่านใกล้หมด
ประสิทธิภาพ) ซึ่งตลอดระยะเวลาในการบำบัดน้ำทิ้งมีสีที่ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ดังนั้นค่าสีของน้ำทิ้ง
จึงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ส่วนค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งตลอดระยะเวลาในการบำบัดมีค่า
ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง (มีค่าไม่เกิน 50 มก./ล.) และเมื่อพิจารณาค่าซีโอดีในน้ำทิ้งพบว่า เมื่อ
ระยะเวลาในการบำบัดไม่เกิน 108.33 ชม. น้ำทิ้งมีค่าซีโอดีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง (ไม่เกิน 120
มก./ล.) ดังนั้นจึงควรเลือกใช้กระบวนการตกตะกอนทางเคมีรวมกับกระบวนการดูดซับด้วยถ่าน
กัมมันต์ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยให้มีคุณภาพอยู่ใน
เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งสามารถปล่อยออกสู่แหล่งน้ำได้โดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำแต่อย่างใด

ตารางที่ 25 คุณภาพน้ำชะมูลฝอยเมื่อผ่านการบำบัดด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้
อลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอนร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่อัตราน้ำล้นผิว
0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม.

รายการ	หน่วย	คุณภาพน้ำเสีย	คุณภาพน้ำทิ้ง ¹	ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ²
pH	-	8.29-8.34	7.22-8.15	5.5-9.0
ลักษณะทางกายภาพ	-	สีน้ำตาลเข้ม	ใสไม่มีสี	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
สี	Pt-Co	2,605-2,653	2-107	-
ความขุ่น	NTU	70.3-71.1	1.6-2.2	-
ของแข็งแขวนลอย	มก./ล.	78-82	4-6	ไม่เกิน 50
ซีโอดี	มก./ล.	741-759	14-120	ไม่เกิน 120

หมายเหตุ 1 หมายถึง คุณภาพน้ำเสียและคุณภาพน้ำทิ้งในชั่วโมงที่ 0.33-108.33

2 หมายถึง ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม
ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3
(พ.ศ 2539)

4. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะมูลฝอย

จากผลการทดลองบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี พบว่าอลูมิเนียมซัลเฟตมีความเหมาะสมในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเฟอร์ริกคลอไรด์ และโพลิออลูมิเนียมคลอไรด์ แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้ยังไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง กล่าวคือคุณภาพน้ำทิ้งมีค่าซีโอดีเกินมาตรฐาน ส่วนการทดลองบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ โดยแปรผันอัตราน้ำล้นผิวที่ 0.02, 0.03 และ 0.04 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วที่ความสูงชั้นถ่านที่กำหนดไว้ คือ 0.2, 0.5 และ 0.8 ม. สรุปได้ว่า ที่อัตราน้ำล้นผิวดำที่สุดในการทดลอง คือ 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาทิจ และที่ความสูงชั้นถ่านมากที่สุดในการทดลอง คือ 0.8 ม. มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยได้สูงสุด แต่เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้กับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งพบว่า ระบบไม่สามารถบำบัดสีและซีโอดีในน้ำทิ้งให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งได้ สำหรับการทดลองบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ โดยใช้อลูมิเนียมซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอนและเดินระบบกระบวนการ

ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่อัตราน้ำล้นผิว 0.02 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ และความสูงชั้นถ่าน 0.8 ม. พบว่า คุณภาพน้ำที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกพารามิเตอร์ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้กระบวนการตกตะกอนทางเคมีร่วมกับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยให้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งสามารถปล่อยออกสู่แหล่งน้ำได้ โดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ ส่วนค่าใช้จ่ายในการบำบัดคิดเป็นเงิน 28.42 บาท/กรัมซีโอดี หรือ 1,118.49 บาท/ลบ.ม. ซึ่งมีค่าสูง ดังนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการซื้อถ่านกัมมันต์ใหม่มาทดแทน จึงควรที่จะมีการฟื้นฟูสภาพของถ่านกัมมันต์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งกระบวนการที่สามารถฟื้นฟูสภาพของถ่านกัมมันต์ที่ใช้แพร่หลาย คือ กระบวนการทางความร้อน สำหรับถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกจำนวน 2 ครั้ง หลังจากมีการฟื้นฟูสภาพของถ่านกัมมันต์แล้ว โดยประสิทธิภาพในการบำบัดในครั้งที่ 1 และ 2 จะลดลงเหลือ 80% และ 60% ตามลำดับ และราคาในการฟื้นฟูสภาพของถ่านกัมมันต์คิดจากค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการเผาให้ความร้อนต่อน้ำหนักถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการบำบัด 811 กรัม มีค่าเท่ากับ 1.09 บาท (ข้อมูลจากการสอบถามผู้ผลิต)