บทที่ 6

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองศึกษาถึงผลของสังกะสีที่มีต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยที่มีการเวียนตะกอนกลับอย่างสมบูรณ์ ทดลองที่ความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ค่าต่าง ๆ กันเริ่มจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่เติมสังกะสีแล้วเพิ่มค่าของสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 6.44 มิลลิกรัมต่อลิตร 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 15.48 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำไปวิเคราะห์และประเมินผลของสังกะสีที่มีต่อ

1) ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีของระบบ

2) ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ

3) สัมประสิทธิการเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์และสัมประสิทธิการสลายตัวของจุลินทรีย์

4) การเกิดไนตริฟิเคชัน และสมดุลย์ของสังกะสีในระบบ

การทดลองใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 7 เดือน ได้ระบบในสภาวะคงที่รวม 16 ครั้ง ข้อมูลดิบที่ได้จากการทดลองในแต่ละสภาวะคงที่ของระบบได้รวบรวมไว้ในภาคผนวก

6.1 การทดลองโดยไม่เติมสารสังกะสี

การทดลองโดยไม่เติมสารสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ ทดลองเพื่อให้ได้ซึ่งข้อมูลที่จะนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเปรียบเทียบกับข้อมูลเมื่อน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าความเข้มข้นของสังกะสีในปริมาณต่าง ๆ กัน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 6.1 ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบรวม 4 ครั้ง คือ 4.90 6.11 7.99 และ 8.63 วันตามลำดับที่สภาวะคงที่ทั้ง 4 ครั้ง น้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบ มีค่า COD เฉลี่ยระหว่าง 477 ถึง 530 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งมี COD เฉลี่ย 19 ถึง 45 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบสูงกว่า 90 เปอร์เซนต์ ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ pH สภาพความเป็นด่าง อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์และตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินจะลดลงเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 6.1 ผลการทดลองเมื่อไม่เติมสารสังกะสี

ข้อมูลที่ทำการทดลอง		ผลการทดลอง			
ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ	(วัน)	4.90	6.11	7.99	8.63
ความเข้มข้นของสารอินทรีย์วัดในค่า COD					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	477	484	495	530
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	21	19	45	32
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซนต์)	95.66	96.08	90.84	93.98
ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย					
ตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	1075	1262	1392	1476
ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	52	54	53	16
อัตราส่วนของตะกอนอินทรีย์ต่อตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในระบบ	(เปอร์เซนต์)	81.32	89.06	89.41	89.84
pH					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ		7.2	7.2	7.2	7.1
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ		7.8	6.7	6.6	6.3
สภาพความเป็นด่างในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	571	542	587	541
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	507	174	139	121
ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	54.79	55.04	58.04	52.26
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	47.01	14.58	1.05	2.24
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซนต์)	14.08	73.45	98.17	95.70

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16838828

ตารางที่ 6.1 ผลการทดลองเมื่อไม่เติมสารสังกะสี (ต่อ)

ข้อมูลที่ใช้การทดลอง		ผลการทดลอง			
ความเข้มข้นของอินทรีย์-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	21.73	27.19	24.12	24.33
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	6.27	3.05	3.52	2.44
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซนต์)	71.50	88.68	85.40	90.20
ความเข้มข้นของไนไตรต-ไนโตรเจน					
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	9.7	18.6	20.7	20.8
ปริมาณความจุทั้งหมดของระบบ	(ลิตร)	10	10	10	10
อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(ลิตรต่อวัน)	18	18	18	18
อัตราการระบายตะกอนทิ้งจากระบบ	(ลิตรต่อวัน)	1.40	1.00	0.67	1.00
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์	(ต่อวัน)	0.20	0.16	0.12	0.12
อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ	(ต่อวัน)	0.76	0.66	0.58	0.61
สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ	มก.ต่อลิตร MLVSS / มก.ต่อลิตร COD	0.26	0.24	0.21	0.20
ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน	(มก.ต่อวัน)	2194	2065	1742	1710
ความเข้มข้นของสังกะสี					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	0	0	0	0
น้ำ-ตะกอนในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	-	-	-	-
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	-	-	-	-
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	-	-	-	-
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซนต์)	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.1 ผลการทดลองเมื่อไม่เติมสารสังกะสี ; Θ_c = 4.90 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 4.90 วัน ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมี COD เฉลี่ย 477 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.2 สภาพความเป็นด่าง 571 มิลลิกรัมต่อลิตรวัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 54.79 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 21.73 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 1075 มิลลิกรัมต่อลิตร คือคิดเป็น 81.32 เปอร์เซนต์ ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมี COD เฉลี่ย 21 มิลลิกรัมต่อลิตร pH เพิ่มจากเดิมเป็น 7.8 สภาพความเป็นด่าง 507 มิลลิกรัมต่อลิตร ในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนียม-ไนโตรเจน 47.01 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 6.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจน 9.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD 95.66 เปอร์เซนต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.20 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.76 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ 0.26 และมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 2194 มิลลิกรัมต่อวัน

6.1.2 ผลการทดลองเมื่อไม่เติมสารสังกะสี ; Θ_c = 6.11 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 6.11 วัน ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมี COD เฉลี่ย 484 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.2สภาพความเป็นด่าง 542 มิลลิกรัมต่อลิตรวัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 55 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 27.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 1262 มิลลิกรัมต่อลิตร คือคิดเป็น 54 เปอร์เซนต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมี COD เฉลี่ย 19 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ลดลงเหลือ 6.7 สภาพความเป็นด่างลดลงจาก 542 เหลือ 174 มิลลิกรัมต่อลิตรวัดในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 14.58 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 3.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจน 18.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD 96.08 เปอร์เซนต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.16 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.66 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ 0.24 และมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 2065 มิลลิกรัมต่อวัน

6.1.3 ผลการทดลองเมื่อไม่เติมสารสังกะสี ; Θ_c = 7.99 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 7.99 วัน ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมี COD เฉลี่ย 495 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.2 สภาพความเป็นด่าง 587

มิลลิกรัมต่อลิตรวัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 58.04 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 24.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 1392 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 89.41 เปอร์เซนต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมี COD เฉลี่ย 45 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ลดลงเหลือ 6.6 สภาพความเป็นด่าง 587 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 1.05 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 3.52 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจน 20.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD 45 เปอร์เซนต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.12 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.58 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ 0.21 และมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1742 มิลลิกรัมต่อวัน

6.1.4 ผลการทดลองเมื่อไม่เติมสารสังกะสี ; Θ_c = 8.63 วัน

เมื่อสภาวะคงทีของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 8.63 วัน ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมี COD เฉลี่ย 530 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.1 สภาพความเป็นด่าง 541 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 52.26 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 24.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 1476 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็น 83.84 เปอร์เซนต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ไนเตรต-ไนโตรเจน 20.8 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมี COD เฉลี่ย 32 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ลดลงเหลือ 6.3 สภาพความเป็นด่าง 121 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 2.24 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 2.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจน 20.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD เฉลี่ย 93.98 เปอร์เซนต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.12 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.61 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ 0.20 และมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1710 มิลลิกรัมต่อวัน

6.2 การทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสี 6.44 มิลลิกรัมต่อลิตร

การทดลองเมื่อเติมสารสังกะสีที่มีความเข้มข้นเฉลี่ย 6.44 มิลลิกรัมลงในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีสารสังกะสี ซึ่งทำการทดลองที่สภาวะคงที่ของระบบที่ระยะเวลาของตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักในระบบ 4.48 8.64 12.42 และ 16.14 วันตามลำดับ ข้อมูลดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.2 ปรากฏว่า COD เฉลี่ยในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่าจาก 430 ถึง 585 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า COD ในน้ำทิ้งซึ่งผ่านการกรองมีค่าจาก 10 ถึง 37 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบ

ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 6.44 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อมูลที่ทำการทดลอง		ผลการทดลอง			
ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ	(วัน)	4.48	8.64	12.42	16.14
ความเข้มข้นของสารอินทรีย์วัดในค่า COD					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	461	430	585	585
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	20	26	37	30
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซนต์)	97.87	94.09	93.71	94.07
ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย					
ตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	814	975	1767	2254
ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	17	12	18	48
อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ต่อตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในระบบ	(เปอร์เซนต์)	69.84	75.81	83.82	89.18
pH					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ		7.4	7.4	7.4	7.4
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ		7.4	6.5	6.7	6.6
สภาพความเป็นด่างในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	567	571	555	553
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	298	87	116	90
ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	53.57	54.43	58.29	56.26
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	1.65	1.77	6.39	1.34
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซนต์)	96.98	96.76	88.98	97.62

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 6.44 มิลลิกรัมต่อลิตร (ต่อ)

ข้อมูลที่ทำการทดลอง		ผลการทดลอง			
ความเข้มข้นของอินทรีย์-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	24.21	25.86	25.61	28.59
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	1.92	2.85	1.62	1.91
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซนต์)	92.08	89.60	93.66	93.37
ความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจน					
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	-	26.9	29.3	30.7
ปริมาณความจุโดยหมดของระบบ	(ลิตร)	10	10	10	10
อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(ลิตรต่อวัน)	18	18	18	18
อัตราการระบายตะกอนทิ้งจากระบบ	(ลิตรต่อวัน)	2.00	1.00	0.67	0.50
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์	(ต่อวัน)	0.22	0.12	0.08	0.06
อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ	(ต่อวัน)	1.00	0.74	0.50	0.44
สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ	มก.ต่อลิตร MLVSS / มก.ต่อลิตร COD	0.21	0.16	0.15	0.12
ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน	(มก.ต่อวัน)	1817	1128	1423	1396
ความเข้มข้นของสังกะสี					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	6.59	6.57	6.41	6.17
น้ำ-ตะกอนในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	32.25	50.14	82.78	118.90
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	1.72	1.44	0.62	1.50
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	0.82	0.88	0.53	0.40
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซนต์)	87.67	86.51	91.73	93.61

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อยู่ในช่วงระหว่าง 93.87 ถึง 97.87 เปอร์เซนต์ ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบเพิ่มขึ้นจาก 814 เป็น 975 1767 และ 2254 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบเพิ่มขึ้น

6.2.1 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 6.59 มิลลิกรัมต่อลิตร ; Θ_c = 4.48 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 4.48 วัน ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 6.59 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 461 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.4 สภาพความเป็นด่าง 567 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 54.43 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 24.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 814 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 69.84 เปอร์เซนต์ ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ความเข้มข้นของสังกะสีในระบบ 32.25 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีปริมาณสังกะสี 0.82 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 10 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.4 สภาพความเป็นด่าง 298 มิลลิกรัมต่อลิตรวัดในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 1.65 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 1.92 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่พบปริมาณของไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองแล้ว ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบ 97.87 เปอร์เซนต์ ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีของระบบ 87.67 เปอร์เซนต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.22 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 1.00 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.21 และมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1817 มิลลิกรัมต่อวัน

6.2.2 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 6.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ; Θ_c = 8.64 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 8.64 วัน ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 6.57 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 430 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.4 สภาพความเป็นด่าง 571 มิลลิกรัมต่อลิตรวัดในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 54.43มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 25.86 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 975 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 75.81 เปอร์เซนต์ ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ความเข้มข้นของสังกะสีในระบบ 50.14 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีปริมาณสังกะสี 0.88 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 26 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในระบบซึ่งสังเกต

ได้จากค่า pH ซึ่งลดลงเหลือ 6.5 และสภาพความเป็นด่างลดลงเหลือ 87 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต ในขณะที่ปริมาณของไนเตรต-ไนโตรเจน ในน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองเพิ่มขึ้นเป็น 26.9 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 1.77 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 2.85 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบ 94.09 เปอร์เซนต์ ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีของระบบร้อยละ 86.51 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.12 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.74 ต่อวันสัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏ 0.16 และระบบมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1128 มิลลิกรัมต่อวัน

6.2.3 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 6.41 มิลลิกรัมต่อลิตร ; θ_c = 12.42 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 12.42 วัน ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 6.41 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 585 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.4 สภาพความเป็นด่าง 555 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 58.29 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 25.61 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 17.67 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 83.82 เปอร์เซนต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ความเข้มข้นของสังกะสีในระบบ 82.78 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีปริมาณสังกะสี 0.53 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 37 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ลดลงเหลือ 6.7 สภาพความเป็นด่างลดลงจาก 555 เหลือ 116 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 6.39 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 1.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบ 93.71 เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีของระบบ 91.73 เปอร์เซนต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.08 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.56 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏ 0.15 และระบบมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1423 มิลลิกรัมต่อวัน

6.2.4 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในระบบ 6.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ; θ_c = 16.14 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 16.14 วัน ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 6.17 มิลลิกรัมต่อลิตร COD เฉลี่ย 585 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.4 สภาพความเป็นด่าง 553 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 56.26 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 28.59

มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 2254 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นร้อยละ 89.18 เปอร์เซนต์ ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ความเข้มข้นของสังกะสีในระบบ 118.90 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีปริมาณสังกะสี 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร COD เฉลี่ย 30 มิลลิกรัมต่อลิตร pH และสภาพความเป็นด่างลดลงเหลือ6.6 และ 90 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนตตามลำดับ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 1.34 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 1.91 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบ 94.07 เปอร์เซนต์ ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีของระบบ 93.61 เปอร์เซนต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.06 ต่อวันอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.44 ต่อวัน สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏ 0.12 และระบบมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1396 มิลลิกรัมต่อวัน

6.3 การทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสี 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตร

การทดลองเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ให้สูงขึ้น ซึ่งวัดค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในน้ำเสีย สังเคราะห์ได้ 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่สภาวะคงที่ของระบบที่ระยะเวลาของตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักในระบบ 4.75 9.34 12.76 และ 16.11 วันตามลำดับ ข้อมูลดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.3 ปรากฏว่า COD เฉลี่ยในน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าจาก 522 ถึง 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า COD ในน้ำทิ้งซึ่งผ่านการกรองแล้ว มีค่าจาก 18 ถึง 31 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบซึ่งค่อนข้างคงที่ประมาณ 95 เปอร์เซนต์ ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์และตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินจะลดลงเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบเพิ่มขึ้น

6.3.1 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 9.97 มิลลิกรัมต่อลิตร ; Θ_c = 4.75 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 4.75 วัน ลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 9.97 มิลลิกรัมต่อลิตร COD เฉลี่ย 531 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.3 สภาพความเป็นด่าง 581 มิลลิกรัมต่อลิตรวัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย -ไนโตรเจน 53.90 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 27.65 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 1109 คิดเป็น 80.43 เปอร์เซนต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ความเข้มข้นของสังกะสีในระบบเฉลี่ย 66.90 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรอง

ตารางที่ 6.3 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อมูลที่ทำการทดลอง		ผลการทดลอง			
ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ	(วัน)	4.58	8.97	13.48	17.82
ความเข้มข้นของสารอินทรีย์วัดในค่า COD					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	471	472	480	499
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	21	26	25	18
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซนต์)	95.61	95.36	94.69	96.35
ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย					
ตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	1150	1848	2126	2581
ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	17	19	13	13
อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ต่อตะกอน					
แขวนลอยทั้งหมดในระบบ	(เปอร์เซนต์)	79.17	78.99	77.36	71.18
pH					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ		7.4	7.4	7.3	7.4
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ		7.0	7.0	6.3	6.2
สภาพความเป็นด่างในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	587	599	576	616
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	203	79	87	66
ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	58.55	59.50	59.18	53.60
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	10.38	-	0.79	-
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซนต์)	82.32	100.00	98.67	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตร (ต่อ)

ข้อมูลที่ทำการทดลอง		ผลการทดลอง			
ความเข้มข้นของอินทรีย์-เนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	27.65	25.62	26.42	26.96
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	1.33	1.48	1.53	1.70
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซนต์)	95.26	94.28	94.22	93.71
ความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจน					
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	30.5	40.8	37.8	53.1
ปริมาณความจุทั้งหมดของระบบ	(ลิตร)	10	10	10	10
อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(ลิตรต่อวัน)	18	18	18	18
อัตราการระบายตะกอนทิ้งจากระบบ	(ลิตรต่อวัน)	2.00	1.00	0.67	0.50
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์	(ต่อวัน)	0.21	0.11	0.08	0.06
อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ	(ต่อวัน)	0.82	0.48	0.44	0.43
สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ	มก.ต่อลิตร MLVSS / มก.ต่อลิตร COD	0.23	0.18	0.16	0.14
ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน	(มก.ต่อวัน)	2335	2044	1636	1362
ความเข้มข้นของสังกะสี					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	9.97	9.66	10.20	10.63
น้ำ-ตะกอนในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	66.90	99.45	114.77	139.33
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	1.08	0.86	0.83	0.70
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	0.72	0.56	0.57	0.61
ประสิทธิภาพการกำจัด	(ร้อยละ)	92.87	94.20	94.42	94.26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แล้วมีความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 0.72 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 94.77 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ลดลงเหลือ 6.4 สภาพความเป็นด่างลดลงเหลือ 100 มิลลิกรัมต่อลิตรวัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.91 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 1.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจน 30.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบ 94.77 เปอร์เซนต์ ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีของระบบ 92.87 เปอร์เซนต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.21 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.82 ต่อวัน สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.23 และระบบมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 2335 มิลลิกรัมต่อวัน

6.3.2 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสี ในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 9.66 มิลลิกรัมต่อลิตร ; Θ_c = 9.34 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 9.34 วัน ลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 9.66 มิลลิกรัมต่อลิตร COD เฉลี่ย 522 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.4 สภาพความเป็นด่าง 570 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 56.09 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 25.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 1909 คิดเป็น 87.58 เปอร์เซนต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ความเข้มข้นของสังกะสีในระบบเฉลี่ย 99.45 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองแล้วมีความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 0.56 มิลลิกรัมต่อลิตร COD เฉลี่ย 18 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ลดลงจาก 7.4 เหลือ 6.5 สภาพความเป็นด่างลดลงเหลือ 104 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 1.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจน 40.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบ 81.72 เปอร์เซนต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.11 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.48 ต่อวัน สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.18 และระบบมีตะกอนส่วนเกิน 2044 มิลลิกรัมต่อวัน

6.3.3 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 10.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ; Θ_c = 12.76 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 12.76 วัน ลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 10.20 มิลลิกรัมต่อลิตร COD เฉลี่ย 544 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.5 สภาพความเป็นด่าง 576 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดในหน่วย

ของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 56.18 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 26.42 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 2088 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 84.70 เปอร์เซนต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ความเข้มข้นของสังกะสีในระบบเฉลี่ย 114.77 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองแล้วมีความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 0.57 มิลลิกรัมต่อลิตร COD เฉลี่ย 31 มิลลิกรัมต่อลิตร pH และสภาพความเป็นด่างลดลงเหลือ 6.7 และ 115 มิลลิกรัมต่อลิตรวัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนตตามลำดับ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 1.10 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 1.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจน 38.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด CODของระบบ 94.41 เปอร์เซนต์ ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีของระบบ 94.42 เปอร์เซนต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.08 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.44 ต่อวัน สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.08 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.44 ต่อวัน สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.16 และระบบมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1630 มิลลิกรัมต่อวัน

6.3.4 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ; θ_c = 16.11 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 16.11 วัน ลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตร COD เฉลี่ย 550 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.4 สภาพความเป็นด่าง 588 มิลลิกรัมต่อลิตรวัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 56.93 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 26.96 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 2194 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 78.30 เปอร์เซนต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ความเข้มข้นของสังกะสี เฉลี่ย 139.33 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองแล้วมีความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 0.61 มิลลิกรัมต่อลิตร COD เฉลี่ย 27 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.96 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 1.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจน 53.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบ 95.03 เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีของระบบ 94.26 เปอร์เซนต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.06 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.18 ต่อวัน สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต ปรากฏของจุลินทรีย์ 0.14 และมีระบบมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1362 มิลลิกรัมต่อวัน

6.4 การทดลองด้วยความเข้มข้นของสังกะสี 15.48 มิลลิกรัมต่อลิตร

การทดลองเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ให้สูงขึ้น โดยวัดได้ค่าเฉลี่ยของสังกะสีในน้ำเสียได้ 15.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการทดลองที่สภาวะคงที่ของระบบที่ระยะเวลาของตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักในระบบ 4.58 8.97 13.48 และ 17.82 วันตามลำดับ ข้อมูลดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.4 ซึ่งปรากฏค่า COD ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบมีค่าจาก 471 ถึง 480 มิลลิกรัมต่อลิตร COD ในน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 18 ถึง 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบค่อนข้างจะคงที่ คือประมาณ 95 เปอร์เซนต์ ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบให้สูงขึ้น มีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในระบบซึ่งทำให้ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน pH และสภาพความเป็นด่างในน้ำทิ้งลดลง แต่ค่าไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำทิ้งมีค่าระหว่าง 0.97 ถึง 1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีได้ 92 เปอร์เซนต์

6.4.1 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 15.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ; θ_c = 4.58 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 4.58 วัน ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 15.62 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 471 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.4 สภาพความเป็นด่าง 587 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 58.55 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 24.31 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 1150 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 79.71 เปอร์เซนต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ความเข้มข้นของสังกะสีในระบบ 101.58 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีปริมาณสังกะสี 1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 21 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.0 สภาพความเป็นด่างลดลงเหลือ 203 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 10.38 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 1.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจน 47.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD 95.61 เปอร์เซนต์และประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสี 92.02 เปอร์เซนต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.22 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.1 ต่อวัน สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.32 และมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 2511 มิลลิกรัมต่อวัน

ตารางที่ 6.4 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 15.48 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อมูลที่ทำการทดลอง		ผลการทดลอง			
ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ	(วัน)	4.75	9.34	12.76	16.11
ความเข้มข้นของสารอินทรีย์วัดในค่า COD					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	531	522	544	550
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	28	18	31	27
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซนต์)	94.97	96.49	94.41	95.03
ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย					
ตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	1109	1909	2088	2194
ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	12	9	18	18
อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ต่อตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในระบบ	(เปอร์เซนต์)	80.42	87.58	84.70	78.30
pH					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ		7.3	7.4	7.4	7.4
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ		6.4	6.5	6.7	6.7
สภาพความเป็นด่างในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	581	570	576	588
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	100	104	115	114
ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	53.90	56.09	56.18	56.93
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	0.91	1.00	1.10	0.96
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซนต์)	93.82	98.12	98.05	98.48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 15.48 มิลลิกรัมต่อลิตร (ต่อ)

ข้อมูลที่ทำการทดลอง		ผลการทดลอง			
ความเข้มข้นของอินทรีย์-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	24.31	24.08	24.49	21.08
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	1.19	-	1.07	0.37
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซนต์)	95.14	100.00	95.85	98.27
ความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจน					
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	47.6	46.2	52.8	53.7
ปริมาณความจุทั้งหมดของระบบ	(ลิตร)	10	10	10	10
อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(ลิตรต่อวัน)	18	18	18	18
อัตราการระบายตะกอนทิ้งจากระบบ	(ลิตรต่อวัน)	2.00	1.00	0.67	0.50
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์	(ต่อวัน)	0.22	0.11	0.07	0.06
อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ	(ต่อวัน)	0.70	0.44	0.38	0.34
สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ	มก.ต่อลิตร MLVSS / มก.ต่อลิตร COD	0.32	0.25	0.20	0.17
ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน	(มก.ต่อวัน)	2511	2060	1577	1448
ความเข้มข้นของสังกะสี					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	15.62	14.71	15.78	15.70
น้ำ-ตะกอนในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	101.58	173.02	193.56	249.59
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	1.86	1.15	1.85	1.12
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	1.25	0.98	1.27	0.97
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซนต์)	92.02	93.43	91.98	93.82

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.4.2 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 14.71 มิลลิกรัมต่อลิตร ; θ_c = 8.97 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 8.97 วัน ลักษณะของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 14.71 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 472 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.4 สภาพความเป็นด่าง 599 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 59.50 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 24.31 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็น 1848 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 78.99 เปอร์เซนต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ความเข้มข้นของสังกะสีในระบบ 173.02 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีปริมาณสังกะสี 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด 93.43 เปอร์เซนต์ COD ของน้ำทิ้ง 20 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด COD 95.36 เปอร์เซนต์ pH ในน้ำทิ้งลดลงเหลือ 6.4 สภาพความเป็นด่างลดลงเหลือ 79 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่พบแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และอินทรีย์-ไนโตรเจน ในน้ำทิ้ง ไนเตรต-ไนโตรเจน 46.2 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.11 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.44 ต่อวัน สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.25 และมีตะกอนส่วนเกิน 2060 มิลลิกรัมต่อวัน

6.4.3 ผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 15.87 มิลลิกรัมต่อลิตร ; θ_c = 13.48 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักในระบบ 13.48 วัน ลักษณะของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 15.87 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 480 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.3 สภาพความเป็นด่าง 576 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 59.18 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 24.49 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 2126 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 77.36 เปอร์เซนต์ ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ความเข้มข้นของสังกะสีในระบบ 193.56 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีปริมาณสังกะสี 1.27 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 25 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ลดลงเหลือ 6.3 สภาพความเป็นด่างลดจาก 576 เหลือ 87 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.79 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 1.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจน 52.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบ 94.69 เปอร์เซนต์ ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีของระบบร้อยละ 91.98 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.07 ต่อวัน อัตราการใช้

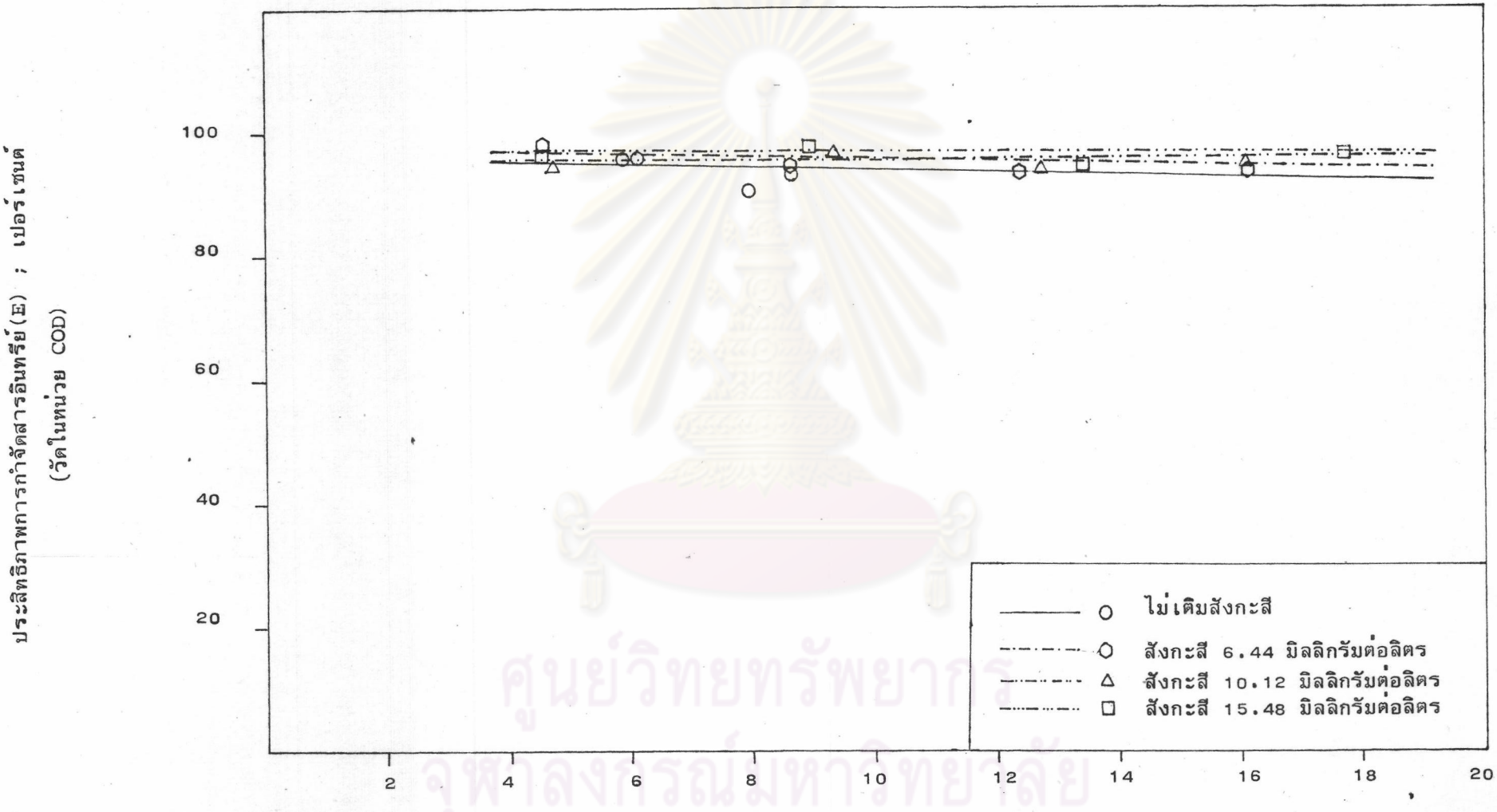
สารอาหารจำเพาะ 0.38 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.20 และมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1577 มิลลิกรัมต่อวัน

6.4.4 ผลการทดลอง เมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 15.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ; θ_c = 17.82 วัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักในระบบ 17.82 วัน ลักษณะของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย 15.70 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 499 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.4 สภาพความเป็นด่าง 616 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 53.60 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 21.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 2581 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 71.18 เปอร์เซนต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ความเข้มข้นของสังกะสีในระบบ 249.59 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีปริมาณสังกะสี 0.97 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 18 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ลดลงเหลือ 6.2 สภาพความเป็นด่างลดลงจาก 616 เหลือ 66 มิลลิกรัมต่อลิตร ในหน่วยแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่พบปริมาณของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำที่ผ่านการกรอง อินทรีย์-ไนโตรเจน 0.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน 53.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบร้อยละ 96.35 ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสี 93.82 เปอร์เซนต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.06 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.34 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.20 และมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1928 มิลลิกรัมต่อวัน

6.5 ผลของสังกะสีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์

รูปที่ 6.1 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลของสังกะสีที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยที่ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักในระบบต่าง ๆ กัน ทำการทดลองที่ความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียในค่าต่าง ๆ กัน จากการศึกษาพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบเฉลี่ย 6.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบอยู่ในช่วงระหว่าง 93 ถึง 97 เปอร์เซนต์ เฉลี่ยประมาณ 95 เปอร์เซนต์ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบเป็น 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบก็ยังค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วงประมาณ 95 เปอร์เซนต์ เมื่อทำการทดลองเพิ่มความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบให้เป็น 15.48 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบเฉลี่ย 95 เปอร์เซนต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบ



รูปที่ 6.1 ผลของสังกะสีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

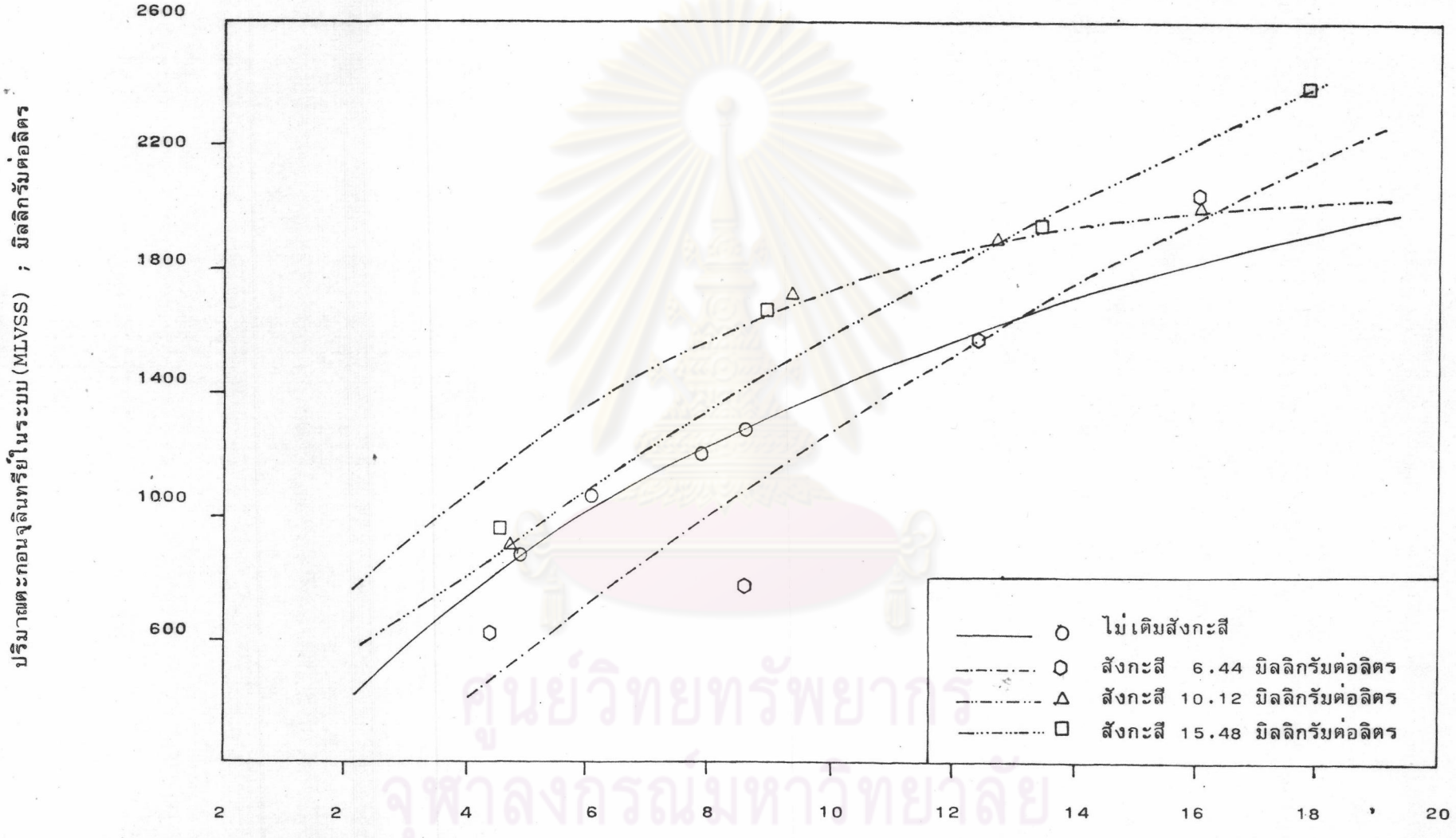
กันกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีสารสังกะสีแล้วพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเมื่อระบบไม่มีสังกะสีอยู่เพียง 1 เปอร์เซนต์ แสดงว่าความเข้มข้นของสังกะสีต่ำกว่า 15 ในน้ำเสียไม่มีผลต่อการกำจัดสารอินทรีย์

6.6 ผลของสังกะสีต่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ

รูปที่ 6.2 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบกับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ ทำการทดลองที่ความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียในค่าต่าง ๆ กัน จากการศึกษาพบว่าปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบเพิ่มขึ้น และระบบจะมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ โดยที่ในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสารสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบ 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 15.48 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อเปรียบเทียบกันกับในระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีสารสังกะสีในน้ำเสียแล้วพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีสารสังกะสีในน้ำเสียจะมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบต่ำกว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสารสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์โดยระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสารสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ 15.48 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์สูงสุด และระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสารสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีค่าปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบที่รองลงมา ในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสารสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ 6.44 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่ใกล้เคียงกันกับระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีสารสังกะสีในน้ำเสียซึ่งแสดงว่าสังกะสีมีผลต่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบซึ่งอาจจะอธิบายได้ว่าสังกะสีเป็นอาหารเสริมสร้างที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่ง Forstner (1981) พบว่าความเข้มข้นของโลหะหนักบางชนิดในน้ำเสียจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ ซึ่งโลหะหนักบางชนิดถือเป็นอาหารเสริมสร้าง ถ้ามีปริมาณมากหรือน้อยเกินไปจะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โลหะหนักพวกนี้ก็ได้แก่ ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น

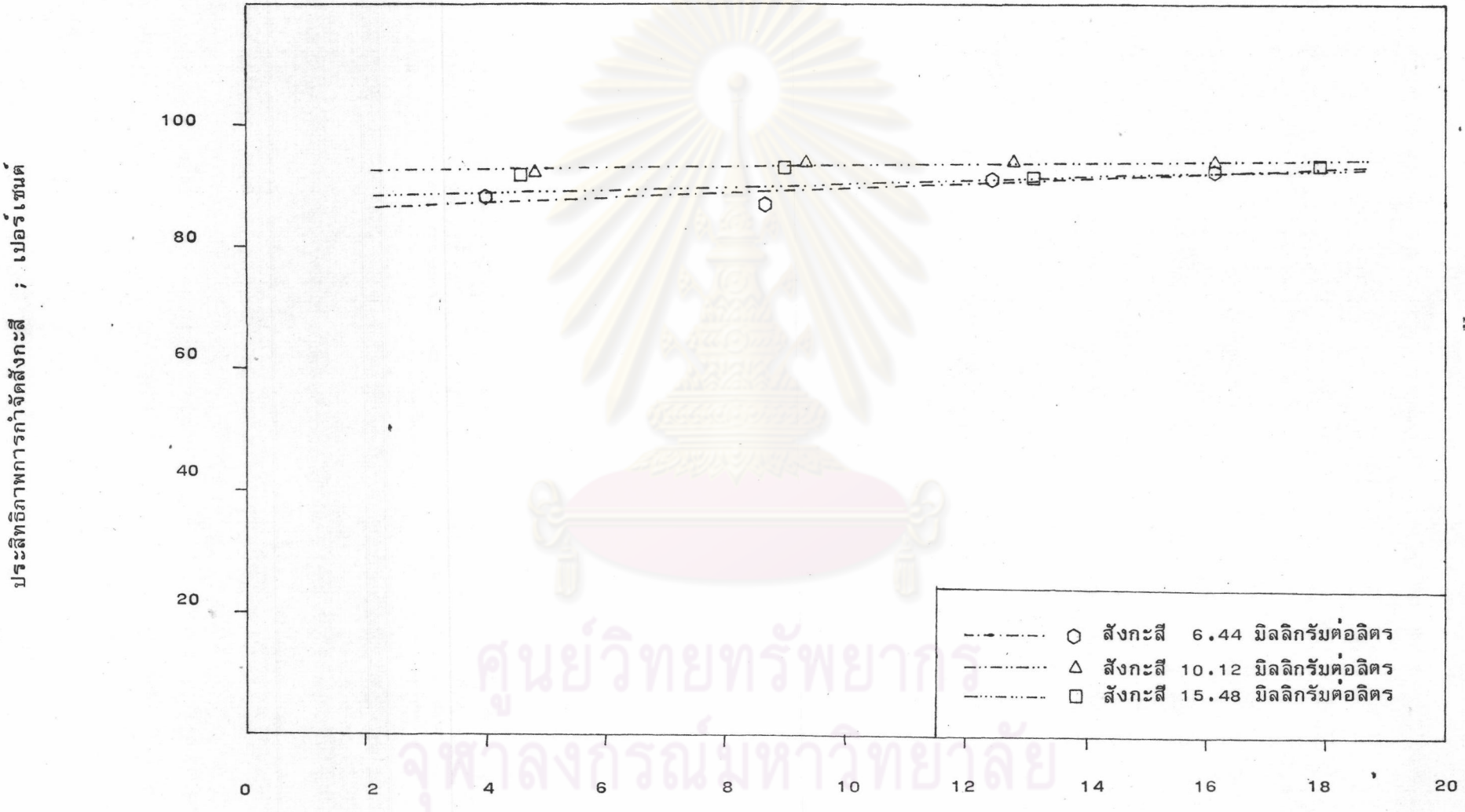
6.7 ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีของระบบ

รูปที่ 6.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยกับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ จากการทดลองที่ความเข้มข้นของสารสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียในค่าต่าง ๆ กันพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบเพิ่มขึ้น และระบบบำบัดน้ำเสียสามารถกำจัดสังกะสีได้ในปริมาณสูงกว่า 85 เปอร์เซนต์ โดยที่ปริมาณความ



รูปที่ 6.2 ผลของสังกะสีต่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.3 การกำจัดสังกะสีของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี่ยงตะกอนแขวนลอย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เข้มข้นในน้ำเสียสังเคราะห์ 6.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีโดยเฉลี่ยประมาณ 89 เปอร์เซนต์ เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีโดยเฉลี่ยประมาณ 94 เปอร์เซนต์ และเมื่อปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียเป็น 15.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีเฉลี่ยประมาณ 93 เปอร์เซนต์ ซึ่งแสดงว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยสามารถใช้ได้ดีในการกำจัดน้ำเสียที่มีสารสังกะสี McDermott(1962) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดสังกะสีในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย ทำการทดลองที่ความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสีย 2.5 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ จากผลการทดลองปรากฏว่าระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสี 95 89 และ 74 เปอร์เซนต์ตามลำดับ

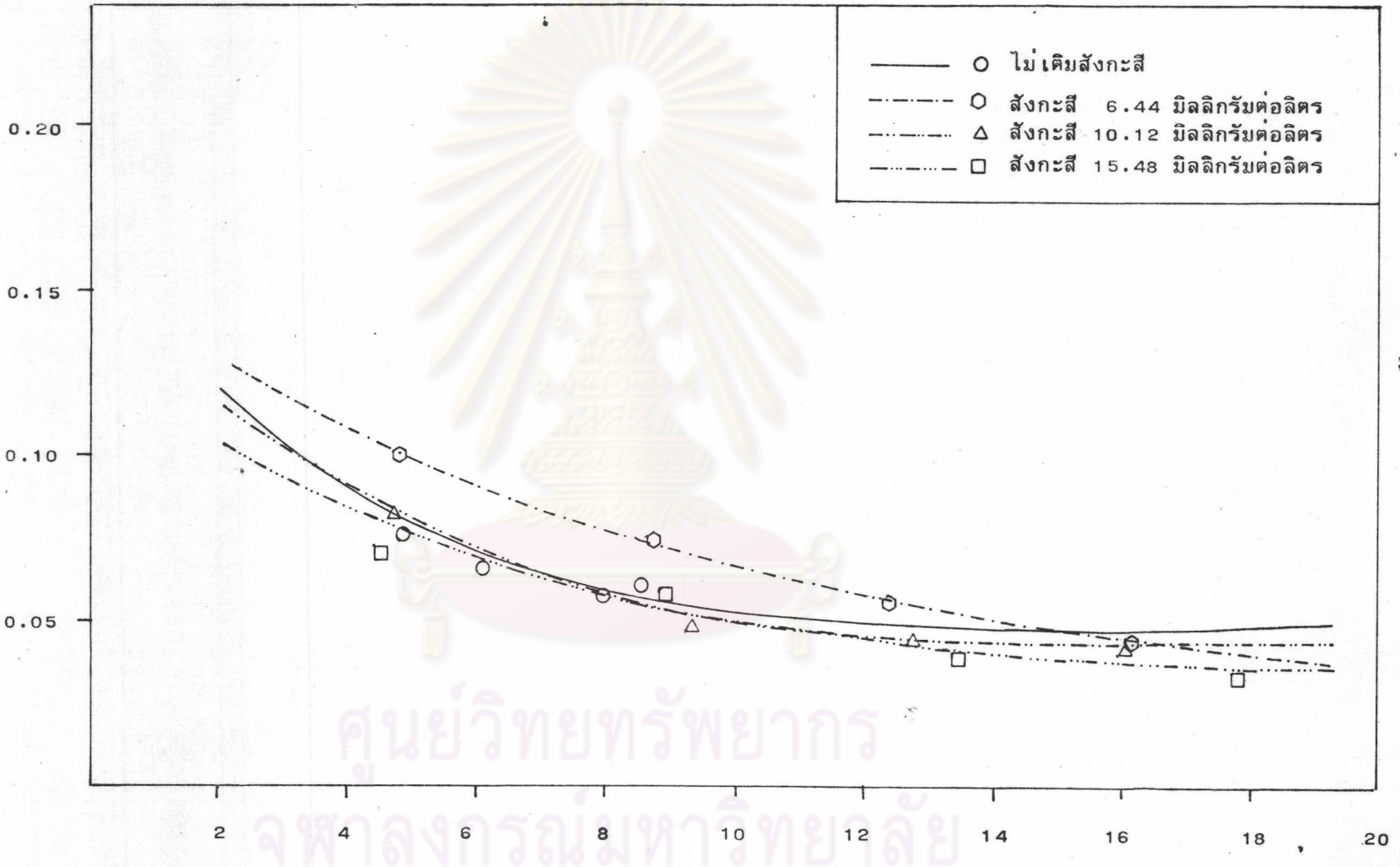
6.8 ผลของสังกะสีต่ออัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ

รูปที่ 6.4 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลของสังกะสีที่มีต่ออัตราการใช้สารอาหารจำเพาะกับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ จากการศึกษาพบว่าอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะจะลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักในระบบให้สูงขึ้น จากการทดลองที่ความเข้มข้นของสังกะสี 6.44 มิลลิกรัมต่อลิตรอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะจะสูงกว่าในระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีสารสังกะสีในน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสารสังกะสีในน้ำเสีย 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะจะไม่ต่างกันกับระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสารสังกะสีในน้ำเสีย 15.48 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่จะน้อยกว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีสารสังกะสีในน้ำเสีย

6.9 ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน

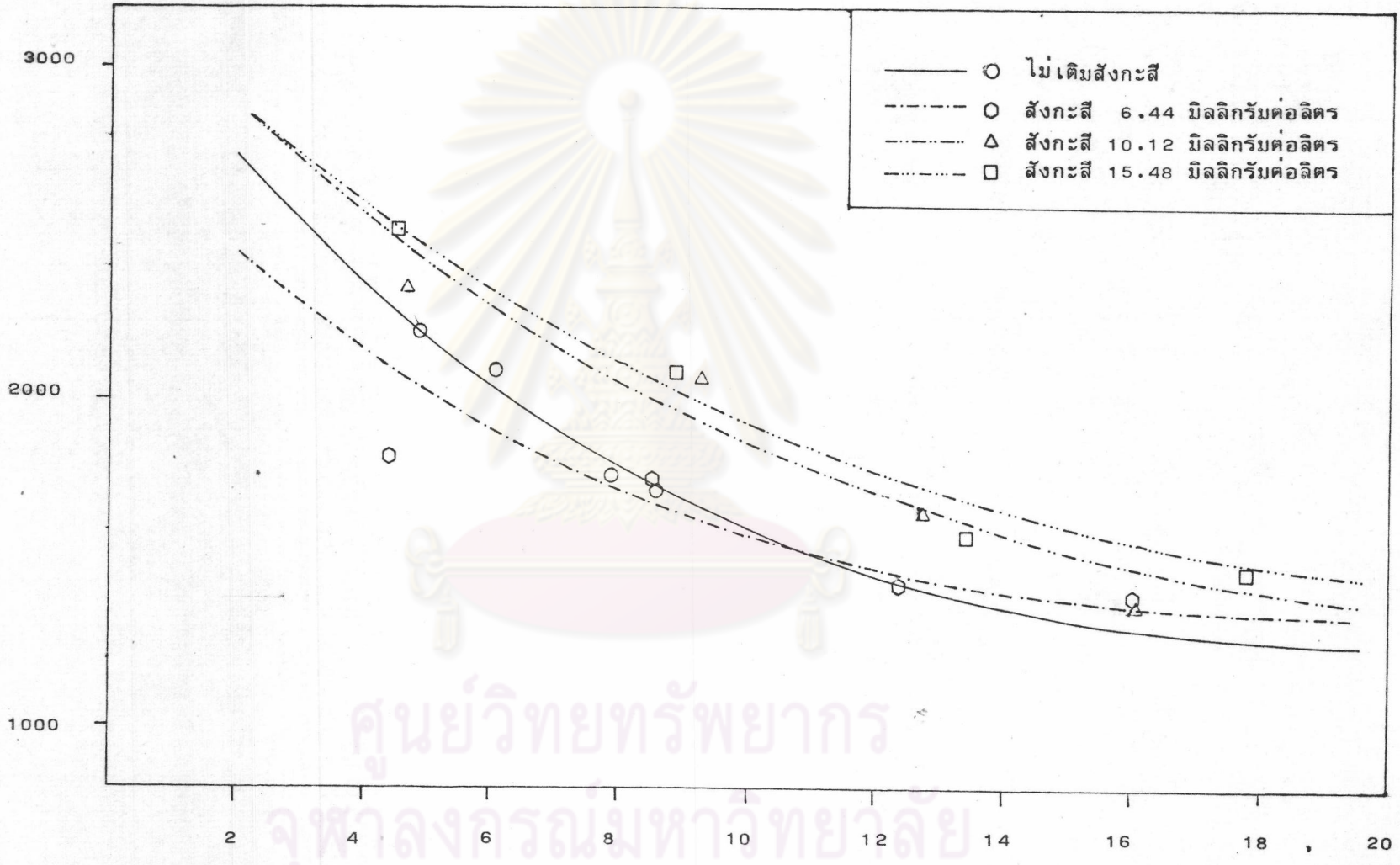
รูปที่ 6.5 แสดงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน กับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ พบว่าปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินจะลดลงเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบเพิ่มขึ้น ในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสารสังกะสีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินจะสูงกว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีสังกะสี ในระบบจะมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินน้อยเมื่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบน้อย และจะมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินในระบบมากเมื่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบมาก

6.10 อิทธิพลของสังกะสีต่อสัมประสิทธิการเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์ (Y_{max}) และอัตราการสลายตัวจำเพาะของจุลินทรีย์ (k_d)



รูปที่ 6.4 ผลของสังกะสีต่ออัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.5 ผลของสังกะสีต่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์และอัตราการสลายตัวจำเพาะของจุลินทรีย์ อธิบายได้จากสมการ

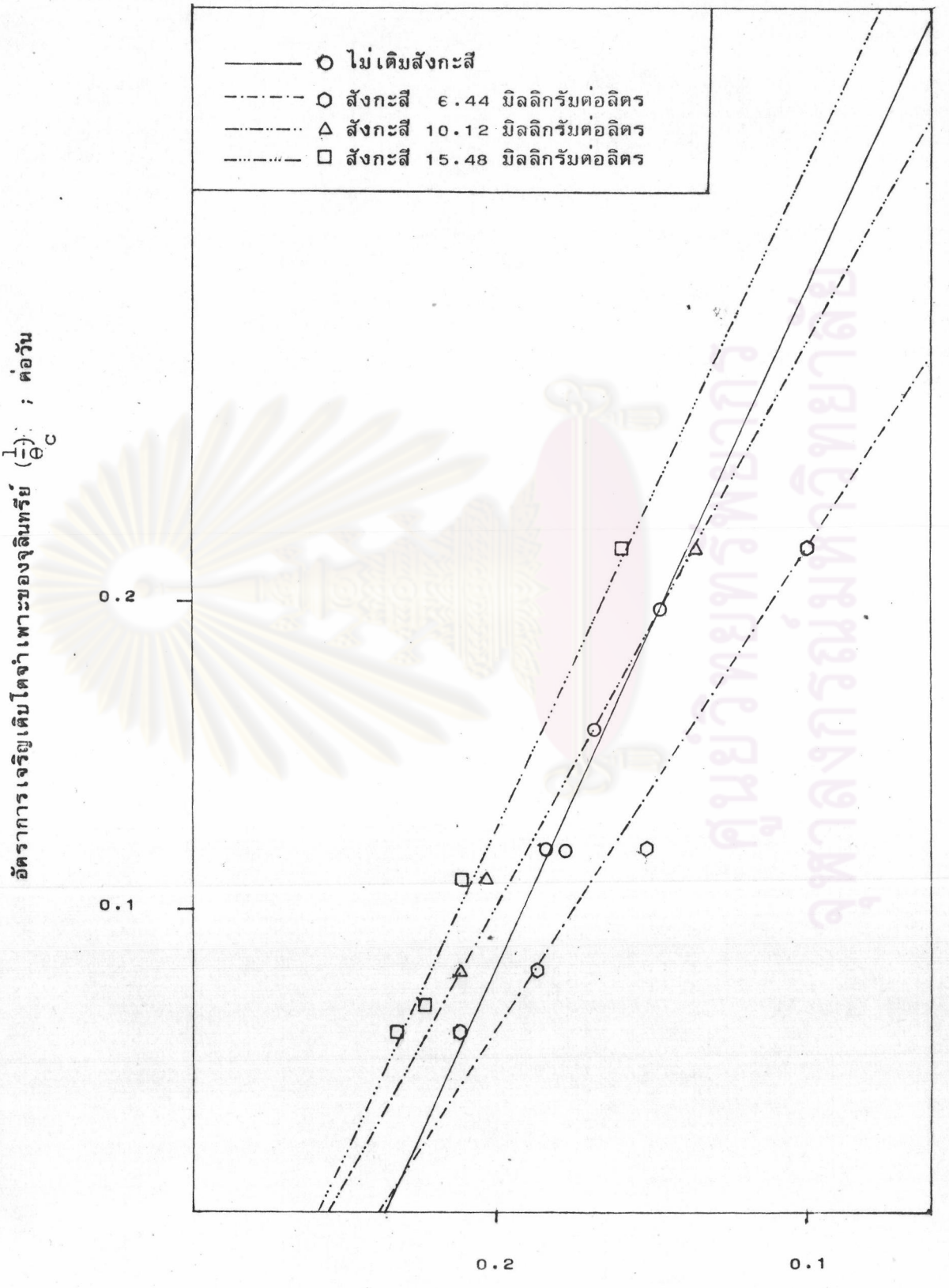
$$1/\theta_c = Y_{max}\ U - k_d \quad \text{.....} \quad (6.1)$$

จากสมการที่ 6.1 ซึ่งเป็นสมการเส้นตรงความชันของเส้นตรงที่ได้คือ Y_{max} และค่าที่ตัดแกน Y คือ k_d รูปที่ 6.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ทางเส้นตรงด้วย Least Square Method ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์และอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะของจุลินทรีย์ในการทดลองที่ค่าความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบในค่าต่าง ๆ กัน ค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์และค่าอัตราการสลายตัวจำเพาะของจุลินทรีย์ในการทดลองที่สภาวะคงที่ของการทดลองที่ค่าความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียแต่ละค่าแสดงไว้ดังตารางที่ 6.5

จากผลของการทดลองพบว่าในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสารสังกะสีในน้ำเสียเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสังกะสีในระบบสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์และอัตราการสลายตัวจำเพาะของจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสารสังกะสีในน้ำเสีย 6.44 มิลลิกรัมต่อลิตร สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ 0.22 อัตราการสลายตัวจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.09 ต่อวัน เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสังกะสีในระบบเป็น 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตร สัมประสิทธิการเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์ 0.32 และอัตราการสลายตัวจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.08 ต่อวัน เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสังกะสีในระบบบำบัดน้ำเสียเป็น 15.48 มิลลิกรัมต่อลิตร สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์จะเพิ่มเป็น 0.47 และอัตราการสลายตัวจำเพาะของจุลินทรีย์จะเพิ่มเป็น 0.1 ต่อวัน ในระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีสารสังกะสีในน้ำเสียจะมีสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์ 0.50 และอัตราการสลายตัวจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.1 ต่อวัน

6.11 ผลของสังกะสีต่อสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏ

รูปที่ 6.7 แสดงถึงผลของสังกะสีที่มีต่อสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์กับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบพบว่าเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบเพิ่มขึ้นสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์จะลดลง และในระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีสารสังกะสีในน้ำเสียสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบจะสูงกว่าในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสารสังกะสีในน้ำเสียโดยในระบบที่ไม่มีสารสังกะสีสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.25 ต่อวัน ในระบบที่มีสารสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ 6.44

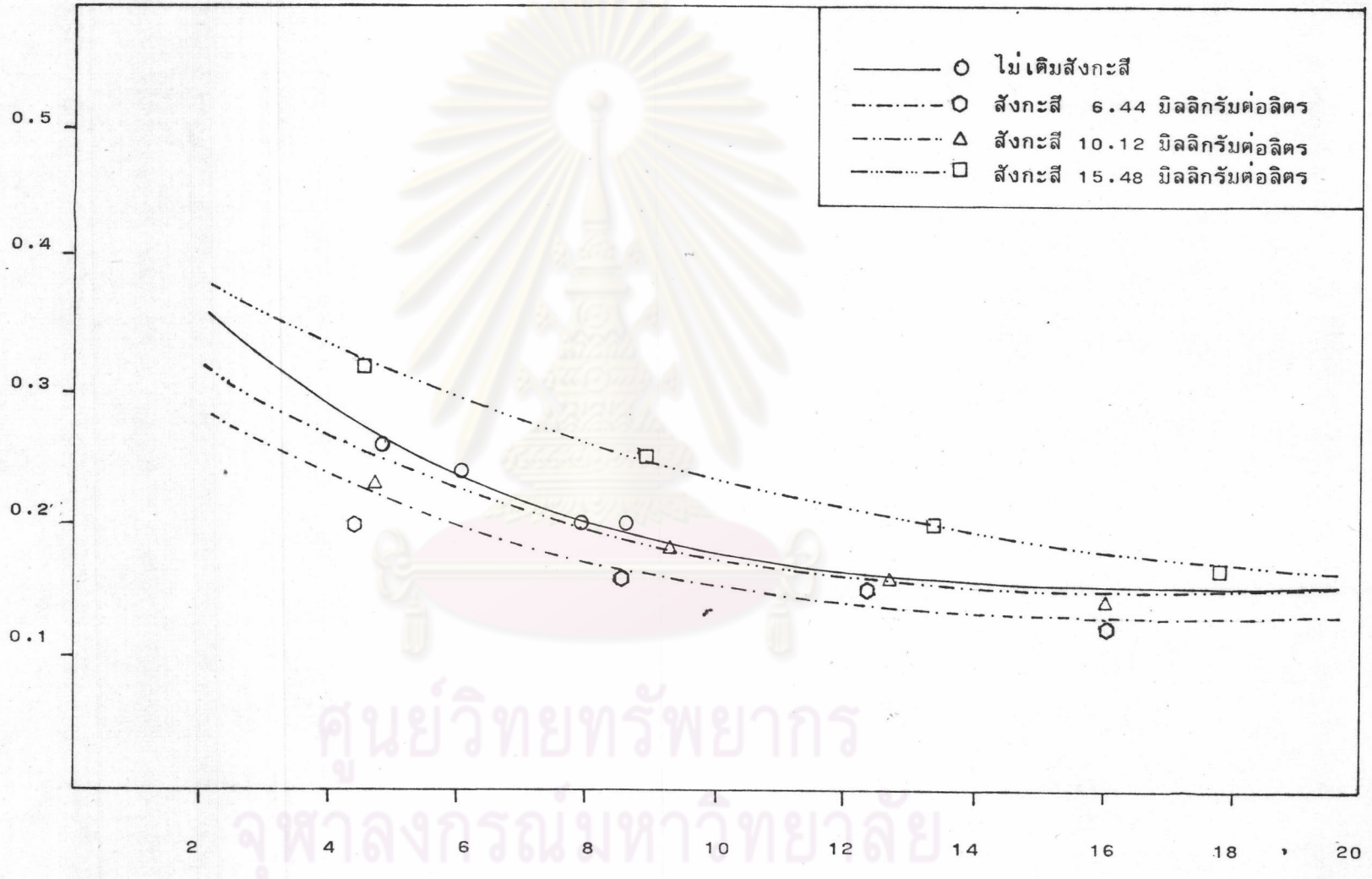


รูปที่ 6.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์กับอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ

ตารางที่ 6.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์ (Y_{max}) และอัตราการสลายตัวจำเพาะของจุลินทรีย์ (k_d)

ความเข้มข้นของสังกะสี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	Y_{max}	k_d (ต่อวัน)	สมการ
0	0.50	0.18	$1/\theta_c = 0.50U-0.18$
6.44	0.22	0.09	$1/\theta_c = 0.22U-0.09$
10.12	0.32	0.08	$1/\theta_c = 0.32U-0.08$
15.48	0.47	0.1	$1/\theta_c = 0.47U-0.1$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ (Yobs) ; มก.ต่อลิตร MLVSS/มก.ต่อลิตร COD

ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ (θ_c) ; วัน

รูปที่ 6.7 ผลของสังกะสีต่อสัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

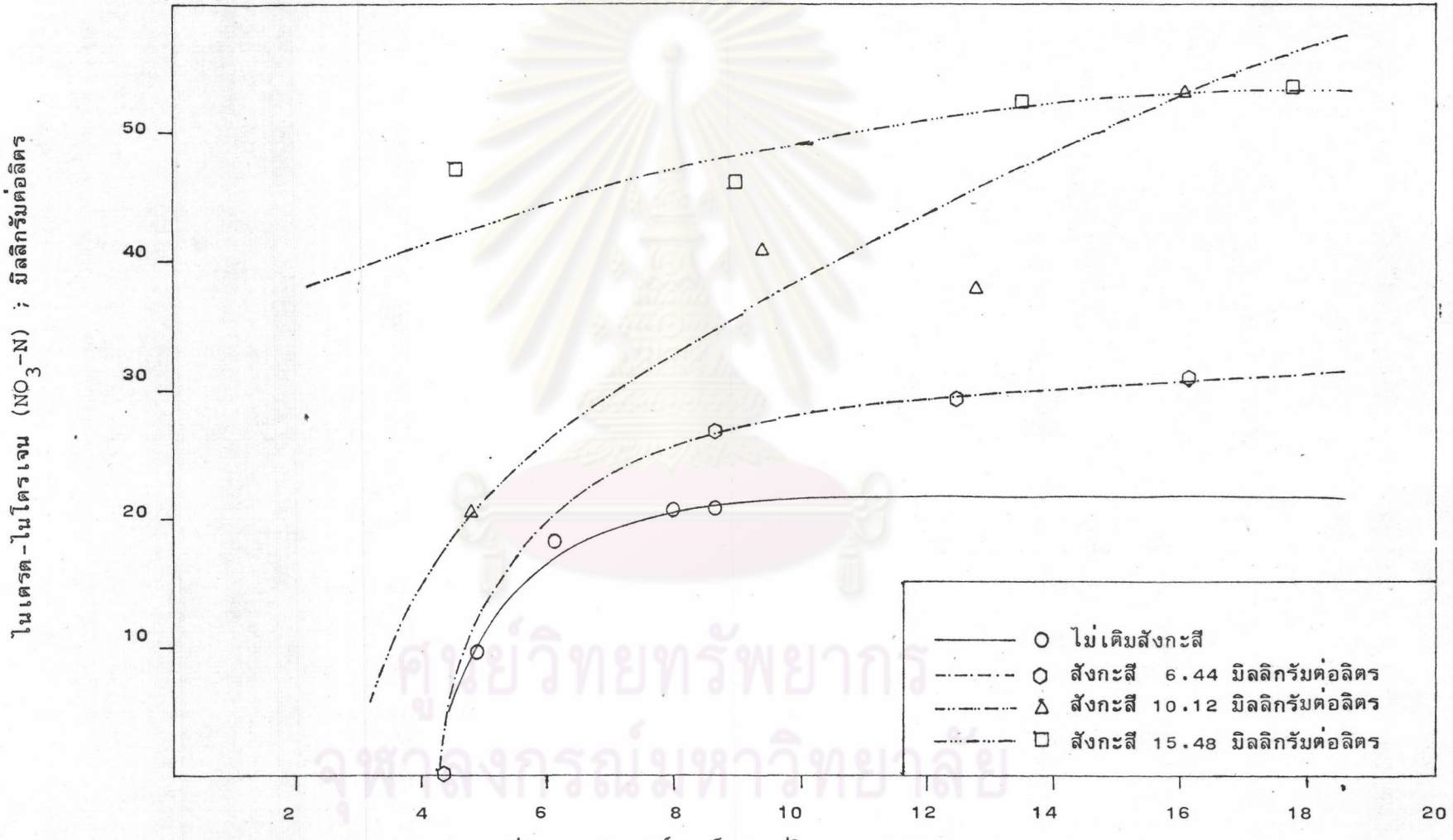
มิลลิกรัมต่อลิตรสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.16 ต่อวัน ระบบที่มีสารสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์ 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตร สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.18 ต่อวัน และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสังกะสีในน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 15.48 มิลลิกรัมต่อลิตรสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.24 ต่อวัน ซึ่งอาจจะอธิบายได้ว่าในระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีสารสังกะสีในน้ำเสียนั้นจุลินทรีย์ในระบบต้องการพลังงานที่จะใช้ในการซ่อมแซมเซลล์มากกว่าจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสารสังกะสีในน้ำเสีย

6.12 การเกิดไนตริฟิเคชัน

ไนตริฟิเคชันที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยจะเกิดขึ้นเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบมากกว่า 3 วัน และสภาวะแวดล้อมภายในระบบจะต้องเหมาะสมเพียงพอสำหรับ Nitrifying bacteria ในการดำรงชีวิตซึ่ง Nitrifying bacteria จะได้รับพลังงานจากการออกซิไดซ์แอมโมเนีย-ไนโตรเจนไปเป็นไนไตรท์-ไนโตรเจนแล้วเป็นไนเตรต-ไนโตรเจน

จากผลการทดลองพบว่าการเกิดไนตริฟิเคชันภายในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยจะขึ้นกับระยะเวลาที่จุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ภายในระบบ การเกิดไนตริฟิเคชันจะมีผลต่อไนโตรเจนภายในระบบบำบัดน้ำเสียพบว่าเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ภายในระบบเพิ่มขึ้น ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในระบบค่อนข้างที่จะลดลงและปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนในระบบเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 6.8 ซึ่งแสดงถึงปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองที่ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบต่าง ๆ กันและทดลองที่ความเข้มข้นของสังกะสีในปริมาณต่าง ๆ กัน ซึ่งอาจจะอธิบายได้ว่าเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบต่ำชุมนุมประชากรจุลินทรีย์พวก Nitrifier จะมีน้อยซึ่งทำให้การออกซิเดชั่นไนโตรเจนในน้ำเสียไปเป็นไนไตรท์-ไนโตรเจนและไนเตรต-ไนโตรเจนได้น้อย ซึ่งในขณะที่ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ภายในระบบเพิ่มมากขึ้นนั้น ชุมนุมประชากรจุลินทรีย์พวก Nitrifier ก็จะมีเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้การออกซิเดชันไนโตรเจนในน้ำเสียไปเป็นไนเตรต-ไนโตรเจนเกิดได้มากขึ้น

ในการเกิดไนตริฟิเคชันนั้นมีความสัมพันธ์กับสภาพความเป็นด่างของระบบกล่าวคือ ในการออกซิเดชันแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 1 มิลลิกรัมต่อลิตรให้เป็นไนเตรต-ไนโตรเจน ต้องใช้ความเป็นด่างสูงถึง 7.14 มิลลิกรัมต่อลิตรวัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนตและจากผลการทดลองพบว่าสภาพความเป็นด่างในระบบจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ภายในระบบเพิ่ม

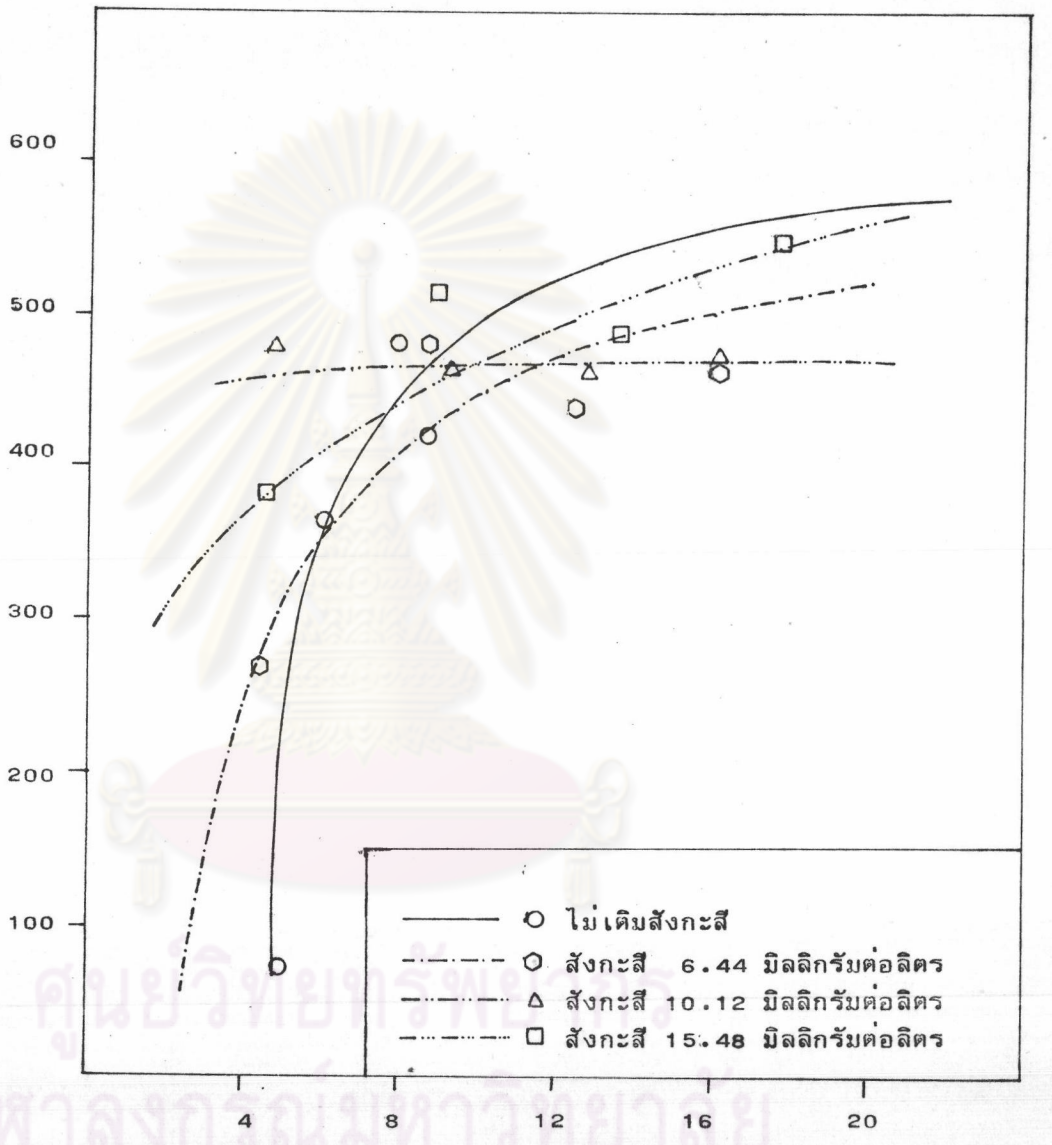


รูปที่ 6.8 ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งที่ผ่านการกรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขึ้น ดังรูปที่ 6.9 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพความเป็นด่างในระบบและระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบซึ่งทดลองที่ความเข้มข้นของสังกะสีในระบบบำบัดน้ำเสียในปริมาณต่าง ๆ กัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ (θ_c) ; วัน

รูปที่ 6.9 การเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นด่างภายในระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย