ผลของความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อต่อระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาแบบใช้อากาศ

The Effects of Disinfectant Concentrations on Aerobic Biological Wastewater Treatment System

พิชัย เจนจำรัสศรี

Pichai Janejumrussri

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Environmental Management
Prince of Songkla University

2538

หมายเลข TD 427 .A82 2538
Bib Key 68064

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อต่อระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาแบบใช้อากาศ

ผู้เขียน นายพิชัย เจนจำรัสศรี

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการที่ปรึกษา

_____ ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ณรงค์ ณ เชียงใหม่)

_____ กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดวงพร คันธโชติ)

_____ กรรมการ
(ดร. สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์)

คณะกรรมการสอบ

_____ ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ณรงค์ ณ เชียงใหม่)

_____ กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดวงพร คันธโชติ)

_____ กรรมการ
(ดร. สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์)

_____ กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรไชย รัตนไชย)

_____ กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานพ อรัญนารถ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

_____
(ดร. ไพรัตน์ สงวนไทร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	ผลของความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อต่อระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาแบบใช้อากาศ
ผู้เขียน	นายพิชัย เจนจำรัสศรี
สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2537

บทคัดย่อ

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียสังเคราะห์ต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งสมบูรณ์ (AS) ผลกระทบต่อกิจกรรมและจำนวนของจุลินทรีย์ในระบบบำบัด รวมทั้งผลกระทบต่อการตกตะกอน

การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัดนั้น ได้จัดชุดการทดลองขึ้น 2 ชุด ซึ่งจะเหมือนกันทุกอย่าง ยกเว้นปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบจะแตกต่างกัน คือระบบที่ 1 จะมีปริมาณสารอินทรีย์สูงกว่าระบบที่ 2 ประมาณ 3 เท่า การไหลของน้ำเสียจะไหลแบบต่อเนื่อง มีอัตราการไหลที่ทำให้ HRT ของระบบเท่ากับ 24 ชั่วโมง ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อที่ผสมลงในน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นจะเริ่มจาก 0 และ 10 ppm. แล้วจึงเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของความเข้มข้นเดิม คือ 20, 40, 80, 160, 320 และ 640 ppm. โดยเมื่อผสมน้ำยาฆ่าเชื้อที่ความเข้มข้นหนึ่งแล้วจะให้ระบบอยู่ในสภาวะคงที่ก่อน จากนั้นจึงจะเพิ่มความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ ปรากฏว่าในระบบที่ 1 ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 10 ถึง 160 ppm. จะมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด SCOD และ BOD เพียงเล็กน้อย คือร้อยละการกำจัด SCOD โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 97.61 และร้อยละการกำจัด BOD โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 99.34 แต่ที่ระดับความเข้มข้น 320 และ 640 ppm. พบว่าได้ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด SCOD และ BOD คือทำให้ประสิทธิภาพของการกำจัด SCOD ลดลงโดยเฉลี่ยเหลือเพียงร้อยละ 85.22 และร้อยละ 72.97 ตามลำดับ และประสิทธิภาพของการกำจัด BOD ลดลงโดยเฉลี่ยเหลือเพียงร้อยละ 96.91 และร้อยละ 86.24 ตามลำดับ ส่วนระบบที่ 2 ที่ระดับ ความเข้มข้น 10 ถึง 80 ppm. ปรากฏว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด SCOD และ BOD เพียงเล็กน้อย คือประสิทธิภาพการกำจัด

SCOD โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 94.84 และประสิทธิภาพการกำจัด BOD โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 98.13 แต่ที่ระดับความเข้มข้น 160 และ 320 ppm. พบว่าได้ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการกำจัด SCOD และ BOD คือทำให้ประสิทธิภาพของการกำจัด SCOD ลดลงโดยเฉลี่ยเหลือเพียงร้อยละ 85.39 และร้อยละ 91.36 ตามลำดับ และประสิทธิภาพของการกำจัด BOD ลดลงโดยเฉลี่ยเหลือเพียงร้อยละ 91.00 และร้อยละ 84.12 ตามลำดับ

สำหรับการศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดในแง่กิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยการหา Substrate Consumption Rate ปรากฏว่าในระบบที่ 1 ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 10 ถึง 160 ppm. จะมีค่าคงที่สำหรับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ (k) อยู่ระหว่าง 0.018 ถึง 0.021 ต่อนาที แต่ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 320 และ 640 ppm. พบว่าค่า k จะลดลงเหลือ 0.009, 0.006 ต่อนาที ตามลำดับ ส่วนระบบที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 10 ถึง 40 ppm. จะมีค่า k อยู่ระหว่าง 0.015 ถึง 0.022 ต่อนาที แต่ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 80, 160 และ 320 ppm. พบว่าค่า k จะลดลงเหลือ 0.006, 0.004 และ 0.002 ต่อนาที ตามลำดับ

ส่วนการศึกษาการตกตะกอนของระบบบำบัดของทั้ง 2 ระบบ ปรากฏว่าที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบนั้น จะเกิดลักษณะ Pin Floc ในน้ำใสของส่วนตกตะกอนของระบบบำบัด ทำให้ค่าปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS) ในน้ำทิ้งสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน

Thesis Title	The Effects of Disinfectant Concentrations on Aerobic Biological Wastewater Treatment System
Author	Mr.Pichai Janejumrussri
Major Program	Environmental Management
Academic Year	1994

Abstract

This study was determined the disinfectant concentrations effects of Savlon on microorganism numbers, microorganism activity, organic substrate removal and sludge settling in activated sludge system.

Two experimental reactors were differently feed with substrate concentration. Organic substrate concentration of the first reactor was three times higher than in the second one. The flow rate operation and disinfectant concentration adding levels of each reactor were similary controled. The influent of both reactors were feed with a continuous flow rate and the hydraulic retention time was 24 hours. The synthetic wastewater contained with 8 concentration levels of Savlon : 0, 10, 20, 40, 80, 160, 320, and 640 ppm., were examined in this study. The Savlon concentration levels were raised from one to another after the system achieve to steady state.

In the first reactor the result showed that Savlon concentration levels ranging from 10 to 160 ppm. have less effect on SCOD and BOD removal (97.61 % of SCOD and 99.34 % of BOD by average). When Savlon was increase to be 320 and 640 ppm., SCOD and BOD removal were decreasely observed. Average SCOD removal was found to be 85.22 % and 72.97 % at 320 ppm. and 640 ppm. respectively, while average value of BOD removal was found to be 96.91 % and 86.24 % , respectively.

In the second reactor, Savlon concentration levels ranging from 10 to 80 ppm. have less effect on SCOD and BOD removal (94.84 % of SCOD and 98.13 % BOD by average). When Savlon was increase to be 160 and 320 ppm., SCOD and BOD removal were decreasely observed. Average SCOD removal was found to be 85.30 % and 61.36 % at 160 ppm. and 320 ppm., respectively, while average value of BOD was found to be 91.90 % and 84.12 % , respectively.

The study of the effects of Savlon on microorganism activity was determined in terms of the substrate consumption rate. The result showed that the organic degradable rate constant (k) the first reactor were ranging from 0.018 to 0.021 per minute at the Savlon concentration level ranging from 10 to 160 ppm., While 320 and 640 ppm. of Savlon were used, k value were decrease to be 0.009 and 0.006 per minute, respectively.

The organic degradable rate constant (k) of the second reactor were ranging from 0.015 to 0.022 per minute at the Savlon concentration levels ranging from 10 to 40 ppm., While 160 and 320 ppm. of Savlon were used, k value were decrease to 0.006, 0.004 and 0.002 per minute, respectively.

While the Savlon concentration levels had more effects on SCOD and BOD removal, pin floc in supernatant of both reactor were occurred. So it caused effluent to have higher amount of suspended solids (SS) than the standard level.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากความกรุณาเสนอแนะแนวทาง ให้คำปรึกษา ให้การช่วยเหลือ แนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่อง จากรองศาสตราจารย์ ฉรงค์ ณ เชียงใหม่ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดวงพร คันธโชติ และ ดร.สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรไชย รัตนไชย และผู้ช่วย ศาสตราจารย์ ดร. มานพ อรัญนารถ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลา ในการสอบ เสนอแนะ และแก้ไขข้อบกพร่อง จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ ภาควิชา จุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความสะดวกเกี่ยวกับสถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ ในการวิจัย ขอขอบพระคุณ คุณลัดดา นิลรัตน์ ที่ให้การช่วยเหลือในการถ่ายภาพจุลินทรีย์ ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่โรงพยาบาล หาดใหญ่ โรงพยาบาลสงขลา โรงพยาบาลปัตตานี และโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลต่าง ๆ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณเพื่อน ๆ และผู้ที่ได้ให้การช่วยเหลือ ในส่วนต่าง ๆ ด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้อง ที่สละทั้งกำลังกาย และกำลังใจ มาตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

พิชัย เจนจำรัสศรี

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ . . . . . (3)

Abstract . . . . . (5)

กิตติกรรมประกาศ . . . . . (7)

สารบาญ . . . . . (8)

รายการภาพประกอบ . . . . . (10)

รายการตาราง . . . . . (12)

รายการตารางผนวก . . . . . (13)

รายการภาพผนวก . . . . . (14)

ตัวย่อ สัญลักษณ์ และคำนิยาม . . . . . (15)

บทที่

1. บทนำ 1

หลักการและเหตุผล 1

งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3

วัตถุประสงค์ 24

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย 25

ขอบเขตของการวิจัย 25

2. วิธีดำเนินการวิจัย 26

เครื่องมือในการทดลอง 26

น้ำเสียสังเคราะห์ 26

น้ำยาฆ่าเชื้อที่ใช้ในการทดลอง 28

ขั้นตอนการทดลอง 28

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวิจัย 29

3. ผล 31

การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัด 31

การศึกษาผลกระทบต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัด 32

การศึกษาลักษณะการตกตะกอน 33

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

4. บทวิจารณ์ สรุป และเสนอแนะ 55
บทวิจารณ์ และสรุป 55
ข้อเสนอแนะ 58
5. บรรณานุกรม 59
6. ภาคผนวก 67
7. ประวัติผู้เขียน 87

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1.	แสดงลักษณะโครงสร้างทางเคมีของสารในกลุ่ม QACs	7
2.	แสดงลักษณะโครงสร้างทางเคมีของสาร Chlorhexidine	7
3.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา และการฆ่าสปอร์ของ	13
	Bacillus anthracis โดย Phenol ความเข้มข้น 5 %	
	ที่อุณหภูมิ 33.3 ^{o}C	
4.	แสดงความไวของเซลล์ที่มีอายุน้อย หรือกำลังเจริญเติบโต	14
	และเซลล์ที่เจริญเต็มที่ หรืออยู่ในระยะพักตัวของ	
	Escherichia coli ต่อ 0.1 N NaOH ที่ 30^{o}ซ	
5.	แสดงการดื้อยาของ *P. aeruginosa* ในน้ำยา	16
	Cetrimide/Chlorhexidine	
6.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอน กับ F/M ratio	21
7.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SDI กับค่า SVI	23
8.	แสดงลักษณะ และขนาดของระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง	27
	แบบ Activated Sludge	
9.	แสดงลักษณะชุดประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง	30
	แบบ Activated Sludge	
10.	แสดงร้อยละการกำจัด SCOD ของระบบบำบัดน้ำเสีย	35
11.	แสดงร้อยละการกำจัด BOD ของระบบบำบัดน้ำเสีย	36
12.	แสดงฟองที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียระบบที่ 1	37
13.	แสดงฟองที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียระบบที่ 2	38
14.	แสดงร้อยละการกำจัด SCOD ในการหา Substrate	39
	Consumption Rate ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆของ	
	น้ำยาฆ่าเชื้อ savlon ในระบบที่ 1	
15.	แสดงร้อยละการกำจัด SCOD ในการหา Substrate	40
	Consumption Rate ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆของ	
	น้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ในระบบที่ 2	

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
16.	แสดงจำนวนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย ในวันที่ทา	41
	Substrate Consumption Rate	
17.	แสดงค่า SVI และค่า SS ในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย . . .	42
18.	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรีย	43
	Filamentous ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆของ	
	น้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ในระบบที่ 1	
19.	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรีย	45
	Filamentous ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆของ	
	น้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ในระบบที่ 2	
20.	แสดงลักษณะตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียของระบบที่ 1	47
21.	แสดงลักษณะตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียของระบบที่ 2	51

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1.	แสดงการใช้ Lysol และ Savlon ในโรงพยาบาล	2
2.	แสดงชนิดของสารเคมีที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย และผลกระทบที่เกิดขึ้น	3
3.	ผลความเข้มข้นของ Phenol ต่อเวลาที่ใช้ในการฆ่า . . . . . *Salmonella typhi*	14
4.	ผลของอุณหภูมิต่อการฆ่าแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* . . . . . โดย Phenol	15
5.	แสดงรูปแบบต่างๆของระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์ (AS)	19

รายการตารางผนวก

ตารางผนวก		หน้า
1.	ผลการทดลอง	68
2.	ค่า Substrate Consumption Rate ของระบบที่ 1	74
3.	ค่า Substrate Consumption Rate ของระบบที่ 2	74
4.	จำนวนจุลินทรีย์ และ MLSS ของระบบบำบัดน้ำเสีย . . . . . ในวันที่หา Substrate Consumption Rate	74
5.	ค่าอัตราส่วนระหว่างค่าแตกต่าง SCOD ที่เวลา 0 และ . . . . . 60 นาที จากการหา Substrate Consumption Rate กับค่า MLSS ของระบบที่ 1	75
6.	ค่าอัตราส่วนระหว่างค่าแตกต่าง SCOD ที่เวลา 0 และ . . . . . 60 นาที จากการหา Substrate Consumption Rate กับค่า MLSS ของระบบที่ 2	75

รายการภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1.	ค่าคงที่สำหรับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ (k) . . . . . จากการหา Substrate Consumption Rate ของระบบที่ 1	76
2.	ค่าคงที่สำหรับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ (k) . . . . . จากการหา Substrate Consumption Rate ของระบบที่ 2	77

ตัวย่อ สัญลักษณ์ และคำนิยาม

BOD = Biochemical Oxygen Demand (ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี) หมายถึง ค่าวัดความสกปรกของน้ำในรูปปริมาณอินทรีย์สารอย่างหยาบ ๆ ที่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์

F/M ratio = Food to Microorganism Ratio (อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์) ในระบบเอเอส หมายถึง ปริมาณของสารอินทรีย์ หรือบีโอดี (กก./วัน) ที่ป้อนเข้าถังเติมอากาศต่อจำนวนจุลชีพ (กก.) ที่มีอยู่ในถังเติมอากาศ

HRT = Hydraulic Retention Time (เวลากักพักชลศาสตร์) หมายถึง ระยะเวลาที่น้ำถูกกักพักในถังที่มีการไหลอย่างต่อเนื่อง มีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำหารด้วยอัตราการไหลของน้ำ

MLSS = Mixed Liquor Suspended Solids (น้ำผสมระหว่างน้ำเสียกับตะกอนแบคทีเรียในถังเติมอากาศ) หมายถึง ปริมาณตะกอนแขวนลอย (ปริมาณ หรือความเข้มข้นของแบคทีเรีย) ในถังเติมอากาศ

pH = พีเอช หมายถึง ส่วนกลับของลอการิทึมของความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ต่อสารละลายหนึ่งลิตร

ppm. = parts per million (พีพีเอ็ม, สนล.) หมายถึง ส่วนในล้านส่วน

SCOD = Soluble Chemical Oxygen Demand (ความต้องการออกซิเจนเชิงเคมีของสารละลาย) หมายถึงปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ ด้วยวิธีการทางเคมี

SPC = Standard Plate Count (จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่าง) หมายถึง ค่าโดยประมาณของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่าง ซึ่งจะเจริญเติบโตที่ 35°ซ ในเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะที่มีอาหาร และความชื้นที่เหมาะในห้องปฏิบัติการ

SRT = Sludge Retention Time (อายุสลัดจ์) ในกระบวนการของระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์(AS) หมายถึง ระยะเวลาที่จุลชีพอยู่ในถังเติมอากาศ สามารถคำนวณได้ โดยหารน้ำหนักของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศด้วยน้ำหนักของของแข็งแขวนลอย ที่ระบายออกจากระบบในแต่ละวัน

SS = Suspended Solids (ของแข็งแขวนลอย) หมายถึง ของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ น้ำเสีย หรือน้ำทิ้ง และสามารถกำจัดได้โดยกรอง

SV = Sludge Volume (ปริมาตรสลัดจ์) หมายถึง ปริมาตรสลัดจ์ที่จมตัวในเวลาต่างๆ เช่น SV0, SV30 ตัวเลข คือจำนวนนาทีที่ปล่อยให้ตะกอนจมตัว

SVI = Sludge Volume Index (ดัชนีปริมาตรสลัดจ์) หมายถึง อัตราส่วนปริมาตรของสลัดจ์เป็นมิลลิลิตร ที่ตกตะกอนจากตัวอย่าง 1,000 มิลลิลิตร ในเวลา 30 นาที ต่อความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยผสมคิดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร คูณทั้งหมดด้วย 1,000

บทที่ 1

บทนำ

หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันนี้ประเทศไทยยังมีปัญหาโรคติดต่ออีกหลายโรค ที่เป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยและตายของประชาชน ทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ กระทรวงสาธารณสุขได้ตระหนักถึงความรับผิดชอบในการป้องกันและควบคุมโรค โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะลดอัตราการเจ็บป่วยและการตายของประชาชน เพื่อควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรคจากแหล่งนำโรค หรือพาหะของโรคทั้งทางตรง และทางอ้อม รวมถึงการทำลายเชื้อโรคและแหล่งเพาะเชื้อโรค ให้ถูกหลักการทุกรูปแบบและขั้นตอน (วรรณวิไล จันทราภา, 2533 : 37)

โรงพยาบาลนับว่าเป็นแหล่งที่อาจเกิดการแพร่เชื้อโรค และการระบาดของโรคติดต่อ เนื่องจากเป็นสถานที่ที่มีประชาชนมาใช้บริการมาก ทั้งผู้ป่วย และญาติของผู้ป่วย ดังนั้นการบริหารจัดการโรงพยาบาล จะต้องคำนึงถึงการป้องกันการติดเชื้อโรคในโรงพยาบาลด้วย (ปลัดกระทรวงสาธารณสุข, 2531)

การฆ่าเชื้อ (Disinfection) เป็นวิธีการป้องกันการติดเชื้อในโรงพยาบาลวิธีหนึ่ง การฆ่าเชื้อคือการทำลายจุลชีพพวกก่อโรคให้หมดไปจากสิ่งของต่างๆ ซึ่งมักจะใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อ การทำลายนี้อาจจะฆ่าเชื้อได้ไม่หมด แต่สามารถป้องกันการติดเชื้อโรคได้ สารเคมีที่ใช้ในการทำลายเชื้อบนภาชนะ เครื่องมือ เครื่องใช้ เรียกว่า Disinfectant ส่วนพวกที่ใช้ทำลายเชื้อบนผิวหนัง เรียกว่า Antiseptic (มาลิน อังสุรังสี, 2526 : 32)

เนื่องจากยาฆ่าเชื้อมีมากมายหลายชนิด การเลือกใช้ในโรงพยาบาลแต่ละแห่งจะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของแพทย์ และพยาบาลที่มีความรู้ในเรื่องนี้ โดยอาศัยประสิทธิภาพของยา ความยากง่ายในทางปฏิบัติ ราคา ฯลฯ เป็นปัจจัยในการเลือกใช้ชนิดของยาฆ่าเชื้อ (สมหวัง ด่านชัยวิจิตร, โสภณ คงสำราญ และอมร ลีลารัศมี, 2529 : 26)

จากการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับ ชนิด และปริมาณการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อในโรงพยาบาลจำนวน 4 แห่ง คือ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ โรงพยาบาลหาดใหญ่

โรงพยาบาลสงขลา และ โรงพยาบาลปัตตานี ปรากฏว่า Lysol นิยมใช้มากที่สุด รองลงมาคือ Savlon (ดังแสดงในตาราง 1) สาเหตุมาจาก Lysol มีราคาถูก สามารถทำลายเชื้อที่สำคัญคือ วัณโรค และ AIDS ได้ดี และฤทธิ์การทำลายเชื้อไม่ถูกทำให้หมดไปโดยสารอินทรีย์ แต่จะไม่ใช้แช่เครื่องมือ ยาง หรือพลาสติก เพราะจะดูดซับตัวยาไว้ ทำให้ฤทธิ์ฆ่าเชื้อหมดไป และไม่นิยมใช้แช่เครื่องมือก่อนนำไปใช้กับผู้ป่วย เนื่องจากเป็นพิษกับเนื้อเยื่อ ส่วนมากจะนิยมใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon

ตาราง 1 แสดงการใช้ Lysol และ Savlon ในโรงพยาบาล

โรงพยาบาล	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม/วัน)	ปริมาณการใช้ Savlon (ลิตร/วัน)	ความเข้มข้นของ Savlon ในน้ำเสีย (ppm.)	ปริมาณการใช้ Lysol (ลิตร/วัน)	ความเข้มข้นของ Lysol ในน้ำเสีย (ppm.)
สงขลานครินทร์	1,715	7.35	4.28	1.73	1.01
หาดใหญ่	637	3.75	5.89	4.50	7.06
สงขลา	307	1.56	5.08	5.63	18.34
ปัตตานี	350	0.78	2.23	4.06	11.60
เฉลี่ย			4.37		9.50

ปัจจุบันแนวโน้มการใช้ยาฆ่าเชื้อในโรงพยาบาลมีเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระทรวงสาธารณสุขได้ตระหนักถึงปัญหาโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล จึงได้บรรจุงานควบคุมโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลลงในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (สมหวัง ด่านชัยวิจิตร, 2536 : 52-54)

ปกติน้ำยาฆ่าเชื้อเมื่อใช้เสร็จ จะกำจัดโดยการเททิ้งลงท่อระบายน้ำ จึงทำให้คุณลักษณะของน้ำทิ้งมีน้ำยาฆ่าเชื้อปะปนอยู่ด้วย น้ำทิ้งเหล่านี้จะไหลเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล ซึ่งโดยทั่วไประบบบำบัดน้ำเสียจะอาศัยวิธีชีววิทยาในการช่วยลดความสกปรกของน้ำ กล่าวคือจะมีจุลินทรีย์ทำการย่อยสลายของเสียที่ปนมากับน้ำเสียเป็นอาหาร (นิตยา มหาผล และชงชัย อุนทะอ่อน, 2535 : 6) การเจริญของจุลินทรีย์เหล่านี้จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมต่างๆ น้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนของยาฆ่าเชื้อนั้น ก็อาจส่งผลถึงการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย (บุญส่ง แสงอ่อน, 2533)

น้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนของน้ำยาฆ่าเชื้อ หากส่งผลถึงการเจริญของจุลินทรีย์แล้ว ย่อมทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาเปลี่ยนแปลงตามไป

ด้วย ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเน้นที่จะศึกษาถึงความเป็นพิษของน้ำยาฆ่าเชื้อ ที่จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

น้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีต่างๆ ย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงชนิดของสารเคมีที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย และผลกระทบที่เกิดขึ้น

สารประกอบ	ผลกระทบ	ความเข้มข้นที่วิกฤติ (มก./ล)
DDT	เป็นพิษต่อปลา และสิ่งมีชีวิตในน้ำ	0.001
Hexachloride	ทำให้เกิดกลิ่น และรสในน้ำ	0.02
Petrochemicals	ทำให้เกิดกลิ่น และรสในน้ำ	0.005 – 0.10
Phenol compounds	ทำให้เกิดกลิ่น และรสในน้ำ	0.0005 – 0.001
Surfactants	ทำให้เกิดฟอง และอาจรบกวนการจับตัวกัน	1.0 – 3.0

ที่มา : Metcalf & Eddy , 1972 : 634.

คิลก ภูวนันท์ (2536 : 6) ได้เสนอกรอบแนวคิดการวิจัยประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลหาดใหญ่ว่า น้ำยาฆ่าเชื้อโรคเป็นตัวแปรภายนอกตัวหนึ่งที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อม เขต 4 ราชบุรี (2535) ได้กล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในบ่อตกตะกอน คือ ตะกอนจมตัวได้ยากเวลาวัด และตะกอนลอยฟุ้งกระจายหลุดลอดผ่านฝายน้ำล้น สาเหตุอาจเกิดจากมีการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อโรคในปริมาณมาก

พิภพ พัชรพรรณสกุล และคณะ (2535) ได้ทำการประเมินผลระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลลพบุรี ปรากฏว่ามีปัญหาในการเลี้ยงตะกอน คือปริมาณตะกอนในคลองวนเวียนมีปริมาณน้อยมาก ทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียต่ำกว่าเกณฑ์ที่ได้ออกแบบไว้ กองอนามัยสิ่งแวดล้อมจึงได้ส่งเจ้าหน้าที่มาวิเคราะห์ปัญหา และสาเหตุ รวมทั้งหาวิธีการต่างๆ เพื่อเลี้ยงตะกอนในคลองวนเวียนให้มีปริมาณเพียงพอที่จะกำจัดความสกปรกของน้ำเสีย แต่ก็ไม่ประสบความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงได้เสนอแนะว่าควรมีการตรวจสอบการใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อโรคของโรงพยาบาล

จากการศึกษาถึงความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน และแบบสะสมของคลอรีนในปริมาณการใช้ผงขัดทำความสะอาดระดับปกติของ อาคาร ชุมชน โรงแรม ฯลฯ ปรากฏว่าไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์ (Activated Sludge : AS) แต่ถ้าใช้ปริมาณคลอรีนเพิ่มขึ้น จะมีผลกระทบต่อระบบบำบัดได้ เพราะคลอรีนทำให้จำนวนจุลินทรีย์ลดลง และฟื้นตัวเพิ่มจำนวนกลับคืนมาได้ช้ากว่า เมื่อใช้ปริมาณเพียงเล็กน้อย (สุพร วิมลวัดรเวที, 2521)

1. น้ำยาฆ่าเชื้อ

1.1 ชนิดและคุณสมบัติของน้ำยาฆ่าเชื้อ (สมหวัง ด่านวิจิตร, โสภณ คงสำราญ และอมร ลีลารัศมี, 2529 : 13-27)

การใช้น้ำยาฆ่าเชื้อในโรงพยาบาล ในทางปฏิบัติมีเพียงบางชนิดเท่านั้น ดังนั้นจึงอธิบายรายละเอียดเฉพาะชนิดที่กำลังใช้อยู่เป็นประจำในขณะนี้ สำหรับชนิดอื่นๆ เพียงแต่กล่าวถึงชื่อ และคุณสมบัติบางประการเท่านั้น

1.1.1 Acid กรดอนินทรีย์ทำลายจุลชีพโดยความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน และมีฤทธิ์กัดกร่อนค่อนข้างมาก ส่วนกรดอินทรีย์ทำลายจุลชีพโดยอาศัยสารทั้งโมเลกุลเป็นสำคัญ

ก. Acetic acid ความเข้มข้นร้อยละ 5 ในน้ำ สามารถทำลายจุลชีพได้หลายชนิด ทั้งเชื้อราแคนดิดา และ *Pseudomonus aeruginosa* แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นต่ำกว่านี้จะมีฤทธิ์เพียงยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลชีพ สารละลายความเข้มข้นร้อยละ 1 ในน้ำ สามารถใช้ทำแผลผ่าตัดได้ และกำจัดจุลชีพใน dialyzer และ inhalation-therapy equipment

ข. Boric acid (H_3BO_3)และ borax ($Na_2B_4O_7$ $10H_2O$) มีที่ใช้น้อย เคยนำไปใช้ล้างโพรงต่างๆในร่างกาย แต่มีพิษเพราะดูดซึมได้ ปัจจุบันใช้ผสมในยาล้างตา ล้างปากหรือกลั้วคอ สารนี้มีฤทธิ์อ่อนในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อรา

ค. Peracetic acid ใช้ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ในการล้างมือศัลยแพทย์ และในรูปของสเปรย์เพื่อลดจุลชีพในอากาศ

1.1.2 Alcohol ในรูปของ ethyl, isopropyl, benzyl และ phenethyl alcohol สามารถฆ่าแบคทีเรียและเชื้อราได้ ยกเว้นในภาวะมีสปอร์ นอกจากจะเติมกรดอินทรีย์บางชนิดลงไป แอลกอฮอล์ทำให้สารโปรตีนแข็งตัว และทำลายผนังเซลล์ แอลกอฮอล์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติ ดังนี้

ก. Ethyl alcohol ในความเข้มข้นร้อยละ 70 ในน้ำ สามารถทำลายเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด การฆ่าเชื้อใช้เวลาอย่างรวดเร็ว เมื่อเช็ดถูแล้วพอระเหยแห้งเชื้อจะตายหมด (ยกเว้นเชื้อวัณโรค ต้องใช้เวลานานถึง 10 นาที)

ข. Isopropyl alcohol มีฤทธิ์ดีกว่า ethyl alcohol เพียงเล็กน้อย สามารถนำมาใช้ได้เช่นเดียวกัน ความเข้มข้นที่ใช้ คือร้อยละ 95–99 ในน้ำ

ค. Benzyl alcohol มีฤทธิ์เพียงยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

ง. Phenethyl alcohol ส่วนมากนำไปใช้เป็น preservative

1.1.3 Aldehyde สารสำคัญในกลุ่มนี้มี 2 ชนิด คือ formaldehyde และ glutaraldehyde ซึ่งใช้ทั้งในรูปของของเหลวและไอระเหย

ก. Formaldehyde ที่วางขายในท้องตลาดมีความเข้มข้นร้อยละ 34 ถึง 38 โดยมีเมธิลแอลกอฮอล์ผสมอยู่เพื่อป้องกัน polymerisation ของฟอร์มาลดีไฮด์ สารนี้มีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส และสปอร์ แต่มีฤทธิ์แทรกซึมต่ำ ฟอร์มาลดีไฮด์ออกฤทธิ์ทำลายผนังเซลล์ของจุลชีพและโปรตีน ประสิทธิภาพในการทำลายจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น แต่จะลดลงถ้ามีสารอินทรีย์ เช่น โปรตีนปนอยู่ด้วย ใช้ในรูปของสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ความเข้มข้นร้อยละ 1–2 ในน้ำหรือแอลกอฮอล์ เพื่อทำความสะอาดเครื่องมือในโรงพยาบาล และ dialysis equipment สำหรับความเข้มข้นร้อยละ 8 ในแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซนต์ ใช้ทำความสะอาดเครื่องมือที่ทนความร้อนสูงไม่ได้ นอกจากนี้ ยังใช้เป็นไอระเหยทำลายจุลชีพ สิ่งไม่พึงประสงค์ของฟอร์มาลดีไฮด์ คือ กลิ่นและไอระเหยทำให้แสบตา

ข. Glutaraldehyde มีขอบข่ายในการทำลายจุลชีพเหมือนกับฟอร์มาลดีไฮด์ ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดอยู่ในรูปของกรดซึ่งจะทำให้สารนี้คงตัวดีมาก แต่ก่อนใช้ต้องทำให้ pH อยู่ระหว่าง 7.5–8.5 ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต ซึ่ง glutaraldehyde จะออกฤทธิ์ได้ดีที่สุด ใช้ในรูปของสารละลายความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่ pH 7.5–8.5 สารนี้ไม่กัดโลหะ ยาง หรือพลาสติก จึงใช้กับเครื่องมือหลายชนิดที่ทนความร้อนสูงไม่ได้ เวลาที่ใช้นาน 15–30 นาที ใน disinfection แต่ใช้เวลา 8–10 ชั่วโมงใน sterilization

ค. Paraformaldehyde ใช้เป็นก๊าซสำหรับทำความสะอาดห้อง และเครื่องมือ

ง. Noxythiolin และ polynoxylin ออกฤทธิ์โดยปล่อยฟอร์มาลดีไฮด์ออกมา ใช้เป็นยากำจัดจุลชีพเฉพาะที่ เช่น ในกระเพาะปัสสาวะ และลำคอ

1.1.4 Amidine ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ได้แก่ dibromopropamide และ propamadine ใช้ทำเป็นครีมทารักษาโรคติดเชื้อที่ผิวหนัง ปัจจุบันมีใช้น้อย

1.1.5 Ampholytic surfactant เป็นสารจำพวกกรดอะมิโน เช่น dodicine hydrochloride ความเข้มข้นร้อยละ 1 ใช้รักษาโรคติดเชื้อที่ผิวหนัง หรือ ทำความสะอาดเครื่องมือ

1.1.6 Cationic surfactant ได้แก่ Quarternary Ammonioum Compound (QAC_s) หรือ pyridinium compound มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตหรือฆ่าเชื้อ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น และ pH ที่เหมาะสม ออกฤทธิ์โดยทำให้เยื่อหุ้มเซลล์แตก ทำให้เอ็นไซม์หมดฤทธิ์ เปลี่ยนสภาพโปรตีน ได้ผลดีกับแบคทีเรียแกรมบวกมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ ไม่สามารถทำลาย เชื้อวัณโรค เชื้อรา สปอร์ของแบคทีเรีย สำหรับเชื้อไวรัสอาจทำลายได้บ้าง (นวลจิรา ภัทรรังรอง, 2527 : 46-47) สารในกลุ่มนี้มีลักษณะโครงสร้างทางเคมีดังภาพประกอบ 1 สำหรับสารในกลุ่มนี้ที่ใช้ในปัจจุบัน มีดังนี้

ก. Benzalkonium compound

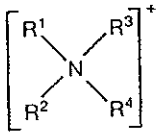
- ความเข้มข้น 1:1000 (ในน้ำ) ทำลายเชื้อที่ปรอทวัดไข้ในเวลา 30 นาที

- ความเข้มข้น 1:100 ใช้แช่เครื่องมือมีคมก่อนที่จะนำไปล้าง แช่สายยาง อุปกรณ์ที่ทำด้วยยาง หรือ polyethylene tube ใช้เวลา 30-60 นาที

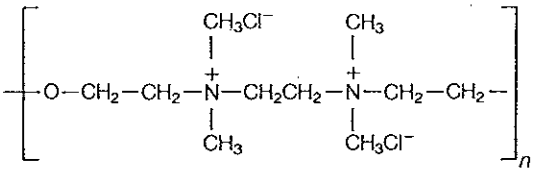
ข. Benzethonium chloride ใช้ควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่ายในสระว่ายน้ำ

ค. Cetrimide เป็นสารจำพวก cetyltrimethylammonium bromide ในปริมาณ 0.03 % สามารถทำลายเซลล์ปกติ (vegetative form) ของแบคทีเรียทั้งแกรมบวก และแกรมลบ ยกเว้น *Pseudomonas aeruginosa* ซึ่งต้องใช้ความเข้มข้น 1-3 %

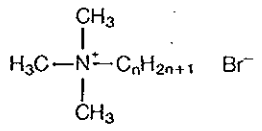
1.1.7 Chlorhexidine ใช้ในรูปของ gluconate มากกว่า acetate หรือ hydrochloride มีฤทธิ์ทำลายเชื้อได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ แต่ไม่ได้ผลกับเชื้อวัณโรค เชื้อรา ไวรัสและสปอร์ของแบคทีเรีย โดยออกฤทธิ์ที่เยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์รั่ว สารต่างๆภายในเซลล์จะออกนอกเซลล์ทำให้เซลล์ตาย และในความเข้มข้นสูงๆ จะทำให้สารโปรตีนแข็งตัว นอกจากนี้ยังมีผลยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ adenosine triphosphate มีลักษณะโครงสร้างทางเคมีดังภาพประกอบ 2



X^- General structure



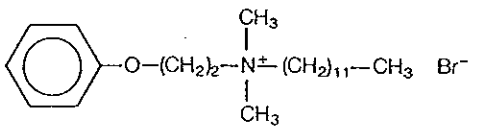
Polymeric QAC



(n = 12,14 or 16)

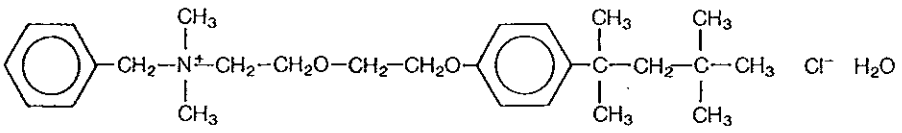
Cetrimide

(a mixture of dodecyl-, tetradecyl- and hexadecyl-trimethylammonium bromide)



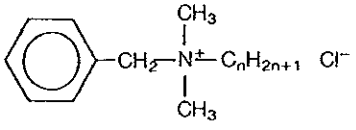
Domiphen bromide

(dodecyldimethyl-2-phenoxyethyl-ammonium bromide)



Benzethonium chloride

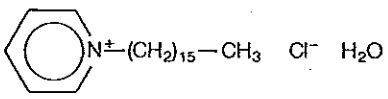
(benzyldimethyl-2-{2-[4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)-phenoxy]ethoxy}-ethylammonium chloride)



(n = 8 to 18)

Benzalkonium chloride

(a mixture of alkyldimethylbenzyl-ammonium chlorides)

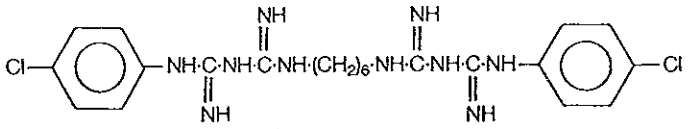


Cetylpyridinium chloride

(1-hexadecylpyridinium chloride)

ภาพประกอบ 1 แสดงลักษณะโครงสร้างทางเคมีของสารในกลุ่ม QAC_s

ที่มา : Russell, Hugo and Ajliffe, 1992 : 35



ภาพประกอบ 2 แสดงลักษณะโครงสร้างทางเคมีของสาร Chlorhexidine

ที่มา : Russell, Hugo and Ajliffe, 1992 : 32

chlorhexidine เป็นสารที่ incompatible กับสบู่ และจะเสื่อมฤทธิ์เมื่อถูกกับเลือด หรือสารอินทรีย์ สำหรับขนาดที่ใช้มีหลายลักษณะ โดยสามารถนำไปผสมกับสารอื่น หรือเจือจางในน้ำ ดังต่อไปนี้

ก. Savlon เป็นชื่อเรียกทางการค้าของส่วนผสม ระหว่าง Chlorhexidine 1.5 % กับ Cetrimide 15 % เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อที่ไม่ค่อยระคายเคืองต่อผิวหนัง ใช้ในกรณีต่างๆเช่น เช็ดผิวหนังก่อนผ่าตัดใช้แช่เครื่องมือ ใช้ทำความสะอาดสายยางต่างๆ ใช้แช่ผ้าปิดจมูก และหมวก เป็นต้น ลักษณะการใช้ Savlon จะทำการเจือจางในน้ำกลั่นในอัตราส่วนต่างๆ แล้วแต่ลักษณะการใช้งาน อาจผสมแอลกอฮอลล์ 70 % เพื่อเพิ่มฤทธิ์ของน้ำยา หรือ ผสม Sodium Nitrite 0.4 % เพื่อป้องกันการเกิดสนิมในการใช้แช่เครื่องมือต่างๆ (วนิดา บัวแย้ม, 2533 : 55–59)

Savlon นี้ใช้ได้ผลดีในแบคทีเรียแกรมบวก และแกรมลบ โดยเฉพาะ *Staphylococcus aureus* จะถูกยับยั้งเพียง 1:81,920 ของความเข้มข้นของน้ำยา โดยทั่วไปไม่นิยมใช้แช่ทำลายเชื้อบนเครื่องมือที่ผ่านการใช้กับผู้ป่วยมาแล้ว เนื่องจากฤทธิ์ของยาจะถูกยับยั้งโดยสารอินทรีย์ เช่นเลือด หนอง น้ำเหลือง เป็นต้น (เดชา ตันไพจิตร, บรรจง วรรณยิ่ง และมาลัย วรวิจิตร, 2531; อนุวัตร ลิ้มสุวรรณ และบรรจง ลิ้มสุวรรณ, 2523)

ข. Chlorhexidine 0.5 % ในน้ำ ใช้ล้างแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก หรือใช้แช่เครื่องมือมีคมไว้ 1 ชั่วโมงก่อนนำไปล้าง และแช่ไว้หลังจากทำความสะอาดแล้วเพื่อใช้ต่อไป น้ำยาเมื่อเจือจางด้วยน้ำแล้วใช้ได้ไม่เกิน 7 วัน

ค. Chlorhexidine 0.5 % ในแอลกอฮอล์ 70 % ใช้ราด และถูมือกำจัดเชื้อหลังทำการรักษาพยาบาลผู้ป่วยโรคติดเชื้อ กำจัดเชื้อที่ผิวหนังก่อนผ่าตัด

ง. Chlorhexidine 4 % ใน detergent บางชนิดใช้ฟอกมือก่อนผ่าตัด

จ. Picloxydine เป็นสารอีกชนิดหนึ่งในกลุ่มนี้ เมื่อนำมาผสมกับ octylphenoxy polyethoxyethanol และ benzalkonium chloride (Resiguard) ใช้พ่นในห้องเพื่อทำลายเชื้อ โดยใช้เวลาปิดห้องไว้ไม่เกิน 3 ชั่วโมง

1.1.8 Dye สีในกลุ่มนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อนุพันธ์ของ acridine และ tripheyl methane. Proflavine และ Aminacrine เป็นอนุพันธ์ของ acridine ส่วน Acriflavine และ Euflavine เป็น mixture ของอนุพันธ์ของ acridine.

Brilliant green และ Crystal violet รวมทั้ง Malachite green, Magenta และ Acid fuchsine จัดอยู่ในกลุ่มอนุพันธุ์ของ triphenylmethane

ก. Proflavine hemisulphate และอนุพันธ์ของ acridine มีฤทธิ์แค่ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยเฉพาะแกรมบวก แบคทีเรียอาจจะดื้อต่อยากลุ่มนี้ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อวัณโรค เชื้อไวรัส เชื้อรา และสปอร์ทนต่อฤทธิ์ของยากลุ่มนี้ มักจะใช้ยากลุ่มนี้รักษาบาดแผลจากเชื้อแกรมบวก หรือทำความสะอาดแผลไฟไหม้ที่ผิวหนัง

ข. Brilliant green และ crystal violet มักใช้ร่วมกันทำความสะอาดผิวหนัง ปัจจุบันไม่นิยมใช้แล้ว

1.1.9 Gaseous Disinfectant

ก. Methyl bromide ใช้เป็นก๊าซสำหรับฆ่าแมลงตามดิน อาหาร ผลไม้ พืชผัก

ข. Propiolactone ใช้เป็นไอระเหยที่ได้ผลดีมากใน sterilization และ disinfection มักใช้ก๊าซนี้กับสิ่งมีชีวิต เช่นใช้ในการกำจัดจุลชีพที่ปนอยู่กับเนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่จะนำไป transplant หรือในวัคซีน เช่น วัคซีนป้องกันโรคกลัวน้ำ นอกจากนี้ไอระเหยของสารนี้ใช้อบห้องก็ได้

1.1.10 Halogen สารกลุ่มนี้อาศัย oxidizing property ในการฆ่าเชื้อ และยาที่ใช้กันมากคือ สารผสมที่มี chlorine และ iodine ส่วน bromine มีฤทธิ์ระคายเคืองต่อผิวหนัง จึงมีใช้น้อย

ก. Inorganic chlorine compound

Chlorine และ hypochlorite เป็นสารที่ออกฤทธิ์เร็วมาก และฆ่าจุลชีพได้หลายชนิด ตั้งแต่ไวรัสที่มีขนาดเล็ก จนถึงสาหร่าย ยกเว้นเชื้อวัณโรค และสปอร์เท่านั้น ทั้ง chlorine และ hypochlorite จะทำให้เกิด hypochlorous acid (HOCl) ซึ่งจะผ่านเข้าไปในเซลล์ และทำปฏิกริยา oxidation กับสารต่างๆภายในเซลล์รวมทั้งเอ็นไซม์ต่างๆ จนผลสุดท้ายทำให้ผนังเซลล์แตกสลาย สำหรับ pH ที่ออกฤทธิ์ได้ดีคือ pH 6 แต่เนื่องจากก๊าซคลอรีนจะระเหย ถ้าสารละลายมี pH ที่เป็นกรด จึงต้องเติมด่างจนได้ pH อยู่ในช่วง 7-9 เพื่อให้คลอรีนยังคงอยู่ในสารละลายนั้น ก๊าซคลอรีนจะใช้ในขบวนการทำน้ำประปา โดยใช้อัตราส่วน 0.5-20 ppm. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการปนเปื้อนในน้ำที่นำมาทำน้ำประปา

น้ำยา Dakin's solution หรือ Milton's solution ซึ่งเตรียมมาจาก chlorinated lime นำมาทำลายเชื้อได้ดี สารอินทรีย์หลายชนิดที่มีส่วนประกอบของคลอรีน จะออกฤทธิ์เหมือน hypochlorite แต่มีความคงตัวดีกว่า และมีการระคายเคืองและเป็นพิษน้อยกว่าอีกด้วย สารจำพวก chloromine B หรือ chloroazodin มีฤทธิ์คล้ายคลึงกัน และใช้ผสมน้ำดื่มหรือทำความสะอาดน้ำในสระว่ายน้ำ

ข. สารประกอบไอโอดีน เป็นสารที่ทำลายจุลชีพได้หลายชนิด รวมทั้งเชื้อรา ไวรัส และสปอร์ ออกฤทธิ์ได้รวดเร็ว ใช้ทำความสะอาดบาดแผลในรูปน้ำยาเจือจาง ใช้เป็นน้ำยากลั้วคอทำลายเชื้อได้ด้วย

Iodophore เป็นสารเชิงซ้อนของไอโอดีน และ surfactant สารนี้ไม่ระเหย ฆ่าเชื้อได้ดีขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากสารนี้จะปล่อยสารไอโอดีนมากขึ้น นิยมใช้สารนี้ทำความสะอาดผิวหนังก่อนผ่าตัด และทำลายเชื้อในบาดแผลต่างๆ

Povidone-iodine เป็นสารเชิงซ้อนของไอโอดีนร่วมกับ povidone สารละลายที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.75-1.0 ใช้ทำความสะอาดผิวหนังและบาดแผล

1.1.11 Metal

ก. สารประกอบทองแดง จุนสี (copper sulphate) มีฤทธิ์เป็น bacteriostatic และยังมีฤทธิ์ต่อเชื้อรา สาหร่ายและเชื้อไวรัสบางชนิด ทองแดงออกฤทธิ์โดยจับกับ thiol group ของจุลชีพ และทำให้โปรตีนตกตะกอน ถ้าใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูง ส่วนมากใช้ผสมน้ำในสระว่ายน้ำ โดยใช้ความเข้มข้น 0.6-1.0 ppm. เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่าย

ข. สารประกอบปรอท ปรอทออกฤทธิ์โดยจับกับ thiol group ของเอ็นไซม์ที่อยู่ตามเซลล์เมมเบรน และไซโตพลาสซึม โดยทั่วไปมีฤทธิ์เป็น bacteriostatic และกลัวว่าจะเกิดพิษจากปรอทได้ จึงมีผู้นิยมใช้กันน้อยลง สารประกอบที่มีปรอทที่เคยใช้ลดจุลชีพในบาดแผล ได้แก่ hydragaphen, nitromersol และ thiomersol ส่วน Mercurochrome (ยาแดง) เคยนิยมใช้กันแพร่หลายในอดีต แต่ออกฤทธิ์ได้ไม่ดี เมื่อทำเป็น aqueous solution

ค. สารประกอบ silver จะออกฤทธิ์โดยจับกับ thiol group ที่ผนังเซลล์ นอกจากนี้ silver ยังรวมตัวกับ carboxyl, phosphate, amino group ที่อยู่ในเซลล์ แต่ต้องระวังความเข้มข้นที่ใช้อาจจะมีพิษต่อเนื้อเยื่อได้ ถ้าใช้ความเข้มข้นสูงจะทำให้โปรตีนตกตะกอน

Silver nitrate 0.1 % จะมีฤทธิ์ bactericidal ต่อแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ Silver sulphadiazine มีฤทธิ์ต่อจุลชีพได้กว้างขวาง คือทั้งแบคทีเรียแกรมบวก แกรมลบ ยีสต์ และ เชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* ที่ทำให้เกิดโรคในคนที่มีบาดแผลไฟไหม้ นิยมทำเป็นครีมและผสมสังกะสีเข้าไปด้วย สารละลาย Silver nitrate 0.2–1.0 % ใช้เป็นยาหยอดตา โดยเฉพาะสำหรับทารกแรกเกิด ซึ่งใช้ความเข้มข้น 1.0 %

1.1.12 Peroxide และ permanganate เป็น oxidizing agent ซึ่งผลิตออกมาในรูปต่างๆ เช่น hydrogen peroxide, potassium permanganate, magnesium peroxide, zinc peroxide และ zinc permanganate

ก. Hydrogen peroxide solution เป็นสารละลายที่มี H_2O_2 ร้อยละ 6–7 ซึ่งไม่คงตัวและมีฤทธิ์ฆ่าจุลชีพเพียงช่วงสั้นๆ คือในขณะที่ H_2O_2 สลายให้ออกซิเจนแก่ oxidise thiol group และ group อื่นๆที่อยู่ในผนังเซลล์ ฤทธิ์ในการฆ่าแบคทีเรียจะลดลงเมื่อมีโปรตีนอยู่ด้วย ปัจจุบันใช้ล้างแผลที่สกปรกมาก หรือใช้หยอดหู

ข. Potassium permanganate (ด่างทับทิม) เป็น disinfectant และดับกลิ่นได้ด้วย นิยมใช้ความเข้มข้นระหว่าง 1:1,000 ถึง 1:4,000 ความเข้มข้นที่ 1:10,000 จะฆ่าเชื้อแบคทีเรียแต่ต้องใช้เวลานาน 1 ชั่วโมง นิยมใช้ล้างแผล และบ้วนปาก ถ้าหากใช้ความเข้มข้นจางลงอาจจะใช้ล้างช่องคลอด หรือสวนล้างกระเพาะปัสสาวะที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 ใช้ล้างท้องในกรณีที่ผู้ป่วยกินฝิ่น มอร์ฟีน หรือ strychnine ลงในกระเพาะอาหาร

1.1.13 Phenol เป็นสารที่ระคายเคืองมาก การเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของฟีนอลทำให้สารนี้มีความระคายเคืองน้อยลง แต่ฤทธิ์ในการทำลายแบคทีเรียจะเปลี่ยนไปด้วย สารนี้ออกฤทธิ์โดยทำลายผนังเซลล์ ทำให้ส่วนประกอบของเซลล์รั่วไหลออกนอกเซลล์ และถ้าใช้ความเข้มข้นสูงจะทำให้โปรตีนแข็งตัว

ก. Phenol (carbolic acid) ความเข้มข้นต่ำกว่าร้อยละ 1 จะมีฤทธิ์เป็น bacteriostatic ส่วนความเข้มข้นสูงกว่านี้จะมีฤทธิ์เป็น bactericidal นิยมใช้กำจัดจุลชีพใน excreta ต่างๆ ส่วนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2–0.5 ใน glycerol สามารถนำมาใช้บ้วนปาก ทันตแพทย์นิยมใช้เป็นสารกำจัดจุลชีพและทำให้ชา

ข. Cresol เมื่อใช้ในขนาดความเข้มข้นร้อยละ 0.3–0.6 จะฆ่าจุลชีพได้หลายชนิดรวมทั้งเชื้อวัณโรค ถ้าผสมกับสบู่จะเรียก Lysol ใช้ทำความสะอาดเครื่องมือ

แพทย์และอื่นๆ ฤทธิ์ในการทำลายจุลชีพจะไม่ลดลงแม้จะมีสารอินทรีย์ปนอยู่ด้วย แต่จะลดลงถ้าถูกกับสารพวกพลาสติก

ค. Hexachlorophane จะมีฤทธิ์ต่อเชื้อแกรมบวก และไม่ค่อยได้ผลกับเชื้อแกรมลบ เช่น *Pseudomonas* และ *Salmonella* ฤทธิ์ในการกำจัดจุลชีพจะลดลงเมื่อถูกกับเลือด ในอดีตนิยมใช้กำจัดเชื้อ *S.aureus* ตามผิวหนัง โดยการล้างมือบ่อยๆ หลายครั้ง ซึ่งจะทำให้ยาไปเคลือบอยู่ตามผิวหนังนั้น ปัจจุบันใช้กันน้อยลง เพราะยานี้สามารถถูกดูดซึมผ่านผิวหนังแล้วเป็นพิษต่อเซลล์สมองได้

ง. Chloroxylenol นิยมใช้ในความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยใช้ทำความสะอาดผิวหนัง หรือล้างบาดแผล

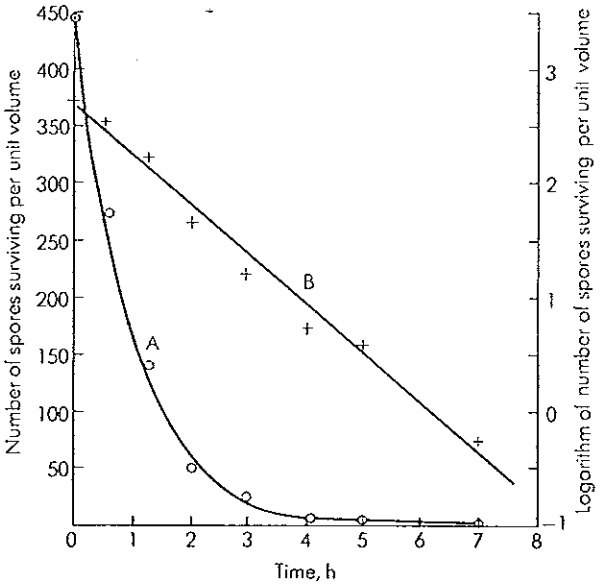
จ. Hydroxyquinoline และอนุพันธ์ เป็นสารที่ออกฤทธิ์ต่อเชื้อราแบคทีเรียแกรมบวก แต่ไม่ค่อยได้ผลกับเชื้อแกรมลบ ออกฤทธิ์ได้ดีเมื่อมีธาตุเหล็ก หรือทองแดงอยู่ด้วย นิยมใช้เป็นยาทาผิวหนังในความเข้มข้นต่ำๆ เช่น ร้อยละ 0.001 ซึ่งทำลายจุลชีพทั้งแบคทีเรีย และเชื้อราไปด้วยกัน นิยมใช้ในรูปของ hydroxyquinoline sulphate, potassium hydroxyquinoline sulphate และ chlorquinadol

ฉ. Dequalinium chloride เป็นอนุพันธ์ของ aminoquinaldinium และยังเป็น cationic surfactant ใช้ได้ผลกับเชื้อแกรมบวก และ แกรมลบ และ *Candida* ด้วย นิยมทำเป็นยาอมแก้เจ็บคอหรือป้ายคอในความเข้มข้นร้อยละ 0.5

1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อ

1.2.1 ธรรมชาติของจุลินทรีย์ กล่าวคือ species และส่วนประกอบทางเคมีของจุลินทรีย์บางชนิดจะทนสารเคมีบางอย่างได้ดี ระยะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่อยู่ในช่วง log phase จะถูกทำลายได้ง่ายกว่าในช่วงอื่น การมีลักษณะพิเศษอื่นๆ เช่น สปอร์หรือแคปซูล จะถูกทำลายได้ยาก และจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในระยะเริ่มต้นมีน้อยก็จะถูกทำลายได้ง่าย

1.2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมี ความเข้มข้น pH อุณหภูมิ และธรรมชาติของจุลินทรีย์ เมื่อจุลินทรีย์ได้รับสารเคมีในอัตราความเข้มข้นหนึ่งๆ แม้แต่ที่ความเข้มสูงมาก จุลินทรีย์ทุกตัวก็ไม่ได้ตายพร้อมกัน แต่จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตจะค่อยๆลดลง ดังนั้น disinfection จึงมักจะเป็นขบวนการที่จุลินทรีย์ถูกฆ่าในระยะเวลาที่เหมาะสม (ภาพประกอบ 3)



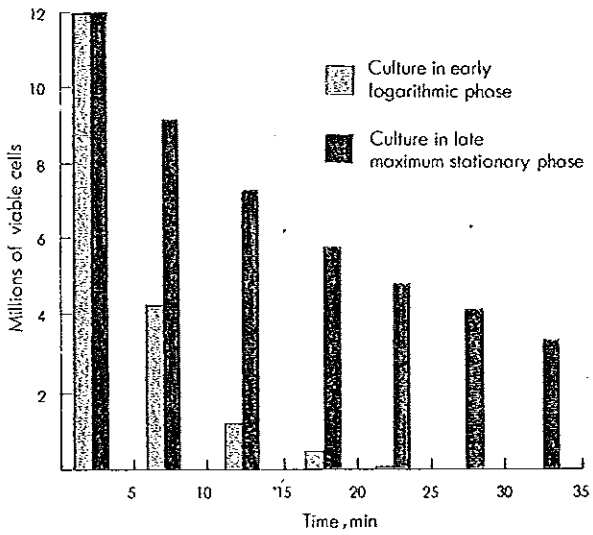
ภาพประกอบ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา และการฆ่าสปอร์ของ *Bacillus anthracis* โดย Phenol ความเข้มข้น 5 % ที่อุณหภูมิ 33.3°C

A. Arithmetic plot ของจำนวนสปอร์ที่ยังมีชีวิตอยู่ จำนวนประชากรจะลดลงอย่างรวดเร็วในตอนต้น และจะช้าลงในตอนท้าย

B. Logarithmic plot ของข้อมูลเดียวกัน จะเห็นได้ว่าค่อนข้างเป็นเส้นตรง แสดงว่าอัตราการตายเป็น Logarithmic หมายถึงครึ่งหนึ่งของจำนวนสปอร์ที่ยังมีชีวิตอยู่ จะตายลงหลังจากเวลาผ่านไปแล้วช่วงหนึ่ง

ที่มา : Pelczar, M.J. Jr., Chan and Krieg, 1986 : 471

ประชากรใดๆของจุลินทรีย์จะประกอบด้วยเซลล์ที่มีความต้านทานต่างๆกัน เซลล์ส่วนใหญ่จะมีความต้านทานปานกลาง ส่วนน้อยจะมีความต้านทานสูง และความต้านทานต่ำ เมื่อได้รับสารเคมีเซลล์ส่วนใหญ่จะตายก่อน แล้วพวกที่มีความต้านทานสูงจึงค่อยๆตาย เซลล์ที่มีอายุน้อยและกำลังเจริญเติบโตจะมีความไวต่อสารเคมีมาก ส่วนเซลล์ที่เจริญเต็มที่ หรืออยู่ในระยะพักตัวจะทนทานต่อสารเคมี ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4. ความไวของเซลล์ที่มีอายุน้อย หรือกำลังเจริญเติบโต และ เซลล์ที่เจริญเต็มที่ หรืออยู่ในระยะพักตัว ของ *Escherichia coli* ต่อ 0.1 N NaOH ที่ 30°C

ที่มา : Palczar, 1986 : 473

1.2.3 แรงตึงผิว เป็นสิ่งสำคัญใน disinfection สารที่ลดแรงตึงผิว (surfactants) จะมีหน้าที่สองอย่าง คือ การเกาะดูด disinfectant และการทำให้คุณสมบัติในด้าน wetting และ spreading ของ disinfectant ดีขึ้น หน้าที่ทั้งสองอย่างนี้ จะเป็นผลให้สารเคมีรวมตัวอยู่ที่ผิวเซลล์ จึงฆ่าเซลล์ได้เร็วขึ้น

1.2.4 ความเข้มข้นของสารเคมี มีอิทธิพลต่ออัตราการตายของแบคทีเรีย ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ผลความเข้มข้นของ Phenol ต่อเวลาที่ใช้ในการฆ่า *Salmonella typhi*

ระยะเวลา (นาที)	ความเข้มข้นของ Phenol (ในน้ำกลั่น)			
	1:70	1:80	1:90	1:100
5	0	*	*	*
10	0	0	*	*

ที่มา : Alcamo, 1983 : 647

0 = *S. typhi* จะถูกฆ่าตายที่ความเข้มข้น และระยะเวลานี้

* = *S. typhi* จะไม่ถูกฆ่าตายที่ความเข้มข้น และระยะเวลานี้

จะเห็นได้ว่า การเพิ่มความเข้มข้น phenol เพียงเล็กน้อย จะเพิ่มอัตราการตายสูงขึ้นมาก ที่ความเข้มข้นต่ำจะไม่สามารถฆ่าแบคทีเรียได้ และยังกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียด้วย หลักอันนี้ใช้กันทั่วไปในทางจุลชีววิทยา โดยใช้สารพิษปริมาณเล็กน้อยเป็นยากระตุ้น

ความเข้มข้นของสารเคมีที่จะใช้เป็นยาฆ่าเชื้อนั้น จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีเอง และสภาวะที่สารเคมีนั้นถูกใช้

1.2.5 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อหลายชนิด ความเข้มข้นของ H^+ จะมีอิทธิพลต่อการทำงานของสารเคมี โดยจะมีผลต่อทั้งแบคทีเรีย และสารเคมีเอง ถ้าแบคทีเรียอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี pH 7 แบคทีเรียจะมีประจุลบ หากเพิ่ม pH ขึ้น ประจุก็จะเพิ่มขึ้น และอาจจะทำให้ความเข้มข้นของสารเคมีที่ผิวของแบคทีเรียเปลี่ยนไปด้วย นอกจากนี้ pH ยังเป็นตัวกำหนดอัตราการแตกตัวของสารเคมี โดยทั่วไปสารเคมีที่อยู่ในรูปไม่แตกตัวจะผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปในเซลล์ได้ดีกว่าโมเลกุลที่แตกตัว

1.2.6 อุณหภูมิ จะเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของการใช้สารเคมีในการควบคุมจุลินทรีย์ เนื่องจากการตายของจุลินทรีย์เป็นขบวนการทางเคมีอย่างหนึ่ง และอัตราของปฏิกิริยาเคมีจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ดังนั้นการควบคุมจุลินทรีย์จึงเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงได้รวดเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (ดังตาราง 4)

ตาราง 4 ผลของอุณหภูมิต่อการฆ่าแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* โดย Phenol

Phenol (%)	Disinfection time (min)	
	at 10°C	at 20°C
1.82	17.50	5.00
1.66	40.00	7.50
1.54	70.00	12.50
1.43	100.00	20.00
1.33	150.00	30.00

ที่มา : พรสวรรค์ วิสุทธิ์วิเศษ, 2522 : 200, อ้างจาก Tilley, F.W. 1942.

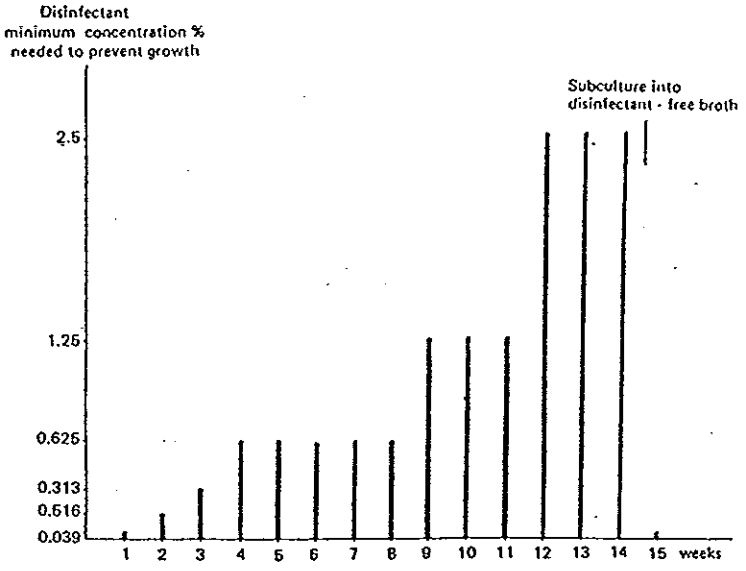
จากตาราง 4 จะเห็นได้ว่าอัตราการตายของ *S. aureus* ที่ 20°C จะเร็วกว่าที่ 10°C ประมาณ 5 เท่า โดยมากมักนิยมพูดกันในรูปของ Temperature Coefficient ของ Disinfection (Q_{10}) เพื่อแสดงผลของการเพิ่มอุณหภูมิ 10°C ที่จะมีผลต่อการตายของจุลินทรีย์ ดังนั้น Q_{10} จะขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ สารเคมี และ ปัจจัยอื่นๆ

1.2.7 ปริมาณที่ใช้ การใช้น้ำยาฆ่าเชื้อปริมาณมาก จะมีประสิทธิภาพฆ่าเชื้อได้ดีกว่าการใช้น้ำยาในปริมาณที่น้อย แม้ว่าจะมีความเข้มข้นเท่ากัน เนื่องจากน้ำยาปริมาณมากจะถูกทำลายฤทธิ์ (inactivation) โดยสารต่างๆน้อยกว่า

1.2.8 การเข้าสัมผัสกับเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งการออกฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อต้องอาศัยการที่น้ำยาจะสัมผัสกับเชื้อจุลินทรีย์ และเชื้อเหล่านี้ดูดน้ำยาเข้าไป ดังนั้นจึงต้องไม่มีสิ่งกีดกั้นการเข้าสัมผัสระหว่างน้ำยาฆ่าเชื้อกับเชื้อจุลินทรีย์

1.2.9 การเสื่อมสลายของน้ำยาฆ่าเชื้อบางชนิด จะเกิดขึ้นหลังจากการเตรียมน้ำยาทิ้งไว้หลายวัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมี และอุณหภูมิ

1.2.10 การดื้อยาของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดจะเกิดขึ้นง่าย เช่น *P. aeruginosa* ถ้าเชื้อจุลินทรีย์นี้โตใน cetrimide/chlorhexidine เมื่อเวลาผ่านไปจะต้องใช้ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อสูงขึ้นไปเรื่อยๆ จึงจะสามารถหยุดยั้งการเจริญของเชื้อได้ ดังแสดงในภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 แสดงการดื้อยาของ *P. aeruginosa* ในน้ำยา Cetrimide/Chlorhexidine

ที่มา : อุรุสา อินทรสุขศรี และ วิลาวัลย์ สุนทรารักษ์, 2536 : 34

1.2.11 การถูกทำลายฤทธิ์ น้ำยาฆ่าเชื้อจะถูกทำลายฤทธิ์ด้วยสารหลายชนิด ซึ่งน้ำยาแต่ละกลุ่มมีความไวต่อสารทำลายฤทธิ์ไม่เท่ากัน สารทำลายฤทธิ์น้ำยาฆ่าเชื้อที่พบบ่อยมี 4 กลุ่ม

- น้ำกระด้าง (Hard Water)
- สารอินทรีย์ (Organic mater) เช่น เลือด หนอง อุจจาระ และปัสสาวะ เป็นต้น
- สารธรรมชาติที่นำมาใช้ (Nateral material) เช่น จุกคอร์ก ไม้ สำลี และยาง เป็นต้น
- สารสังเคราะห์ (Man-made materials) เช่น ไนลอน พีวีซี และโพลีเอทีลีน เป็นต้น

1.3 คุณสมบัติของน้ำยาฆ่าเชื้อที่ดี โดยสรุป มีดังนี้

- มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อสูง และรวดเร็ว ทำลายเชื้อได้หลายชนิด
- มีความสามารถในการลดแรงตึงผิว ละลายได้ดีทั้งในน้ำ และไขมัน เมื่อเจือจางแล้วคงความเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่กัดกร่อนโลหะ ยาง และพลาสติก
- ปลอดภัยต่อผู้ใช้ ไม่เป็นพิษ ไม่ทำให้เกิดการระคายเคือง
- มีความคงตัวดี และไม่ถูกทำลายฤทธิ์โดยสารทำลายฤทธิ์
- หาง่าย และราคาถูก
- มีอายุการใช้งานนาน
- ไม่มีกลิ่น หรือมีกลิ่นหอมอ่อนๆ
- มีอำนาจในการแทรกซึมสูง เพื่อเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารต่างๆภายในเซลล์มากกว่าจะไปรวมตัวกับสารภายนอกเซลล์
- นำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ง่าย

1.4 กลไกการออกฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อโดยทั่วไป คือ (ฉรงค์ ณ เชียงใหม่, 2528)

- ทำลายผนังเซลล์ของเชื้อโรค
- เปลี่ยนแปลงการซึมของของเหลวเข้า-ออกจากเซลล์เชื้อโรค
- เปลี่ยนลักษณะของคอลลอยด์ในโปรโตพลาสซึมของเซลล์
- ยับยั้งฤทธิ์ของเอนไซม์ภายในเซลล์
- ยับยั้งขบวนการสังเคราะห์ต่างๆภายในเซลล์

2. ระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในโรงพยาบาลมีมากมายหลายรูปแบบ กระทรวงสาธารณสุข ได้ทำการศึกษารูปแบบที่เหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงพยาบาล ปรากฏว่าระบบบ่อผึ่ง (Oxidation Pond) เหมาะสำหรับโรงพยาบาลขนาด 60 เตียง ระบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) เหมาะสำหรับโรงพยาบาลขนาด 100–150 เตียง และระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) เหมาะสำหรับโรงพยาบาลขนาด 400 เตียง (Environmental Health Division, 1989 : 102–107)

จากการสำรวจ ศึกษารูปแบบระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาลขนาด 50 เตียงขึ้นไปในเขตกรุงเทพฯ ปรากฏว่าระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์(AS) มีการใช้ถึง 12 แห่ง จากทั้งหมด 56 แห่ง (ศาณี ทิพย์ทะเบียนการ, 2535 : 37)

จากการศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียของโรงพยาบาลโดย ชงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ(อ้างถึงใน ศาณี ทิพย์ทะเบียนการ, 2535 : 27) ปรากฏว่ามีค่าบีโอดีโดยเฉลี่ยเท่ากับ 116 มก./ล และมีค่าซีโอดีโดยเฉลี่ยเท่ากับ 237 มก./ล ซึ่งการคำนวณค่าสมมูลย์ประชากรจะใช้ค่าบีโอดีเท่ากับ 90 มก./ล และค่าซีโอดีเท่ากับ 250 มก./ล

2.1 ปฏิกริยาชีวเคมีในระบบบำบัดน้ำเสีย

สภาพแวดล้อมของปฏิกริยาชีวเคมีมี 2 ประเภทคือ ใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน สภาพแวดล้อมใช้ออกซิเจน หมายถึงสภาวะที่มีออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำปรากฏอยู่ในปริมาณพอเพียงสำหรับจุลินทรีย์ โดยไม่ทำให้เกิดการจำกัดอัตราเร็วของปฏิกริยาเกิดขึ้น ในสภาพแวดล้อมเช่นนี้ออกซิเจนจะทำหน้าที่เป็นสารตัวสุดท้ายที่รับอิเลคตรอน (Terminal Electron Acceptor) ของขบวนการเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ และมีการเจริญเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพเกิดขึ้น สภาพแวดล้อมแบบไม่ใช้ออกซิเจน หมายถึงสภาวะที่มีออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำน้อยมาก จนไม่เพียงพอสำหรับการหายใจแบบใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ ในสภาวะเช่นนี้สารตัวสุดท้ายที่รับอิเลคตรอนเป็นสารอินทรีย์ ขบวนการนี้เรียกว่า เฟอร์เมนเตชั่น (Fermentation) แต่ถ้าสารรับอิเลคตรอนเป็นสารอนินทรีย์ (ที่ไม่ใช่ออกซิเจน) ขบวนการนี้เรียกว่า การหายใจแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Respiration)

ปฏิกริยาชีวเคมีส่วนใหญ่มีความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยใช้ให้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่ใช้เพาะเลี้ยงในถังปฏิกริยา ส่วนหนึ่งของคาร์บอนที่อยู่ในสารอินทรีย์จะกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และที่เหลือจะนำไปใช้สร้าง

เซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์ คาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเป็นก๊าซซึ่งออกสู่บรรยากาศได้ง่าย ส่วนเซลล์จุลินทรีย์สามารถแยกออกจากน้ำได้โดยวิธีตกตะกอน อาจจะมีสารอินทรีย์ตกค้างอยู่บ้าง และถือว่าเป็นสารเฉื่อยที่ไม่ย่อยสลายอีกแล้ว ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับซากผุพัง (Humus) นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงรูปสารละลายอนินทรีย์ในน้ำ โดยปฏิกริยาชีวเคมี ตัวอย่างเช่น ปฏิกริยาไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) ซึ่งเป็นปฏิกริยาชีวเคมีในการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรต หรือปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) สามารถเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นก๊าซไนโตรเจน (มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, 2525 : 5-6)

2.2 จุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์ (AS) เป็นชื่อที่ใช้บรรยายลักษณะของจุลินทรีย์ของระบบปฏิกริยาเคมีแบบใช้ออกซิเจน และใช้จุลินทรีย์แขวนลอยในการกำจัดสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของสารละลายและรูปคอลลอยด์(colloid) ระบบนี้มีถังเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์หลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบจะมีลักษณะดำเนินการแตกต่างกัน ดังตาราง 5 ที่เหมือนกันทุกแบบคือ จะใช้วิธีการตกตะกอนเป็นวิธีแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำก่อนระบายน้ำทิ้งจากระบบ การที่ถังเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์มีลักษณะต่างๆกัน ทำให้เกิดผลกระทบต่อโครงสร้างและองค์ประกอบของชุมชนจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในถังปฏิกริยาเหล่านั้น

ตาราง 5 แสดงรูปแบบต่างๆของระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์ (AS)

Process	BOD loading (g BOD/m^3 x d)	F/M ratio $\frac{\text{(g BOD/m}^3\text{ x d)}}{\text{(g MLSS)}}$	Aeration Period (h)	Return Sludge Rate (%)	BOD Efficiency (%)
Extended aeration	150 - 500	0.05 - 0.2	20 - 30	100	85 - 95
Conventionnal	500 - 650	0.2 - 0.5	6.0 - 7.5	30	90 - 95
Step aeration	500 - 800	0.2 - 0.5	5.0 - 7.0	50	85 - 95
Contact stabilization	500 - 800	0.2 - 0.5	6.0 - 9.0	100	85 - 90
High rate	1300 up	0.5 - 1.0	2.0 - 3.5	100	80 - 85
High purity oxygen	1900 up	0.6 - 1.5	1.0 - 3.0	50	90 - 95

ที่มา : Hammer, 1977 : 385

โดยทั่วไปแล้วโครงสร้าง และองค์ประกอบของชุมชนจุลินทรีย์ของระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์(AS) อาจจำแนกออกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ๆดังนี้ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, 2525 : 212-218)

ฝ่ายหอสมุด
คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

ก. จุลินทรีย์ที่สร้างฟล้อค (Floc forming organisms) องค์ประกอบที่สำคัญของจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้คือแบคทีเรีย ซึ่งมีบทบาทที่สำคัญมากในการสร้างฟล้อค(Bioflocculation) ในระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์(AS)ถ้าขาดจุลินทรีย์ชนิดนี้แล้วจะทำให้การแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำโดยวิธีการตกตะกอนตามธรรมชาติเกิดได้ไม่ดี

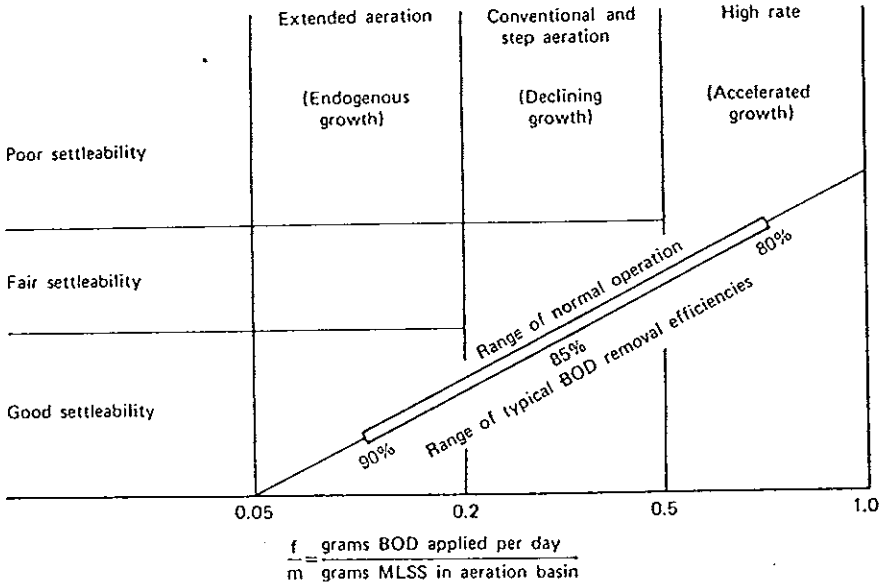
ข. แซพโปรไฟท์ (Saprophytes) เป็นจุลินทรีย์ที่รับผิดชอบต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ ส่วนใหญ่เซลล์กลุ่มนี้เป็นแบคทีเรีย ซึ่งมักเป็นพวกสร้างฟล้อคด้วย แบคทีเรียที่ไม่สามารถสร้างฟล้อคก็อาจอยู่ในประเภทนี้ได้ แต่จะถูกจับอยู่ในฟล้อค แซพโปรไฟท์สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 ชนิด คือแบบปฐมภูมิ (Primary) ซึ่งจะรับผิดชอบในการย่อยสลายสับสเตรตให้กลายเป็นสารประกอบโมเลกุลเล็ก ระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์(AS) ควรมีแซพโปรไฟท์แบบปฐมภูมิหลายๆชนิด ทั้งนี้เพื่อลดปัญหาในเรื่องการแย่งชิงอาหารชนิดเดียวกัน ทำให้สามารถย่อยสับสเตรตได้อย่างกว้างขวาง ส่วนแซพโปรไฟท์อีกชนิดหนึ่งจะเป็นแบบทุติยภูมิ (Secondary) ซึ่งจะมีหน้าที่ต่อจากแบบแรก กล่าวคือจะช่วยให้เกิดการย่อยสลายสับสเตรตโมเลกุลเล็กที่สร้างโดยแซพโปรไฟท์แบบปฐมภูมิ ผลสุดท้ายของปฏิกริยาคือ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ

ค. จุลินทรีย์ทำลาย (Predator) ชนิดที่สำคัญของระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์(AS) คือ โปรโตซัว ซึ่งจะจับแบคทีเรียเป็นอาหาร ตัวที่สำคัญ คือ ซิลิเอตซึ่งคลานหากินบนฟล้อค (Crawl Ciliates) หรือเป็นแบบกิ่งก้าน (Stalked Ciliates) ระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์(AS)ที่มีซิลิเอต โดยเฉพาะที่คลานหากินบนฟล้อคอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก มักเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง

ง. จุลินทรีย์ก่อกวน (Nuisance Organism) เป็นจุลินทรีย์ที่คอยก่อกวนการทำงานของระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์(AS) ปัญหาส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นกับการตกตะกอนของฟล้อค ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียหรือฟังไจที่มีรูปร่างยาวคล้ายเส้นใย จัดเป็นจุลินทรีย์ประเภทก่อกวนได้ เพราะมันจะทำให้เกิดการจมไม่ลงของตะกอนขึ้น ซึ่งเรียกว่า Bulking Sludge

2.3 การตกตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสีย

การตกตะกอนนับได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์(AS) การทำให้น้ำทิ้งจากระบบปราศจากตะกอนแขวนลอย จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น การที่ตะกอนจุลินทรีย์มีความสามารถในการตกตะกอน ลักษณะของถังตกตะกอนในระบบ หรืออัตราส่วนระหว่างอาหารและจำนวนจุลินทรีย์ (F/M ratio) ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอนกับ F/M ratio

ที่มา : Gray, 1989 : 347

2.3.1 ประเภทการตะกอน สามารถแบ่งได้ 4 ประเภท คือ (เสริมพล รัตนสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2524 : 84–85)

ก. การจมตัวประเภทที่ 1 (free settling) ได้แก่การจมตัวของอนุภาคชนิดไม่เกาะกัน (discrete particles) แต่ละอนุภาคจะจมตัวลงตามลำพัง ตัวอย่างเช่น การจมตัวของเม็ดทราย อนุภาคของแข็งจะจมตัวด้วยความเร็วสูง

ข. การจมตัวประเภทที่ 2 (flocculate settling or hindered settling) พบในน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นของตะกอนไม่มากนัก ลักษณะที่สำคัญคือ ตะกอนเป็นตะกอนเบา และจะต้องจับตัวกันเป็นตะกอนใหญ่ให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจึงจะจมตัวได้

ค. การจมตัวประเภทที่ 3 (zone settling) เกิดขึ้นเมื่อความเข้มข้นของตะกอนค่อนข้างสูง เกินกว่าตะกอนจะจับตัวกันจมตัวลงพร้อมกันทั้งหมด ทำให้เกิดการแบ่งแยกที่เห็นได้ชัดระหว่างชั้นน้ำใสตอนบน (supernatant) และชั้นตะกอนตอนล่างซึ่งจะยุบตัวลงไปเรื่อยๆ

ง. การจมตัวประเภทที่ 4 (compression settling) เกิดขึ้นเมื่อความเข้มข้นของตะกอนสูงมากจนตะกอนเกาะกันแน่น ชั้นตะกอนจะอัดตัวกันแน่นขึ้นและมีปริมาตรน้อยลง เนื่องจากแรงอัดที่เกิดจากน้ำหนักของตะกอนเอง

2.3.2 ดัชนีบ่งชี้การตกตะกอน

Sludge Density Index (SDI) เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้วัดการตกตะกอนชนิดหนึ่ง ถูกค้นพบโดย Donalson มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการหาอัตราการสูบตะกอนไหลกลับของระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์(AS)

$$SDI = \frac{MLSS(\%) \times 100}{\%\ \text{Volume occupied by MLSS after 30 min settling}}$$

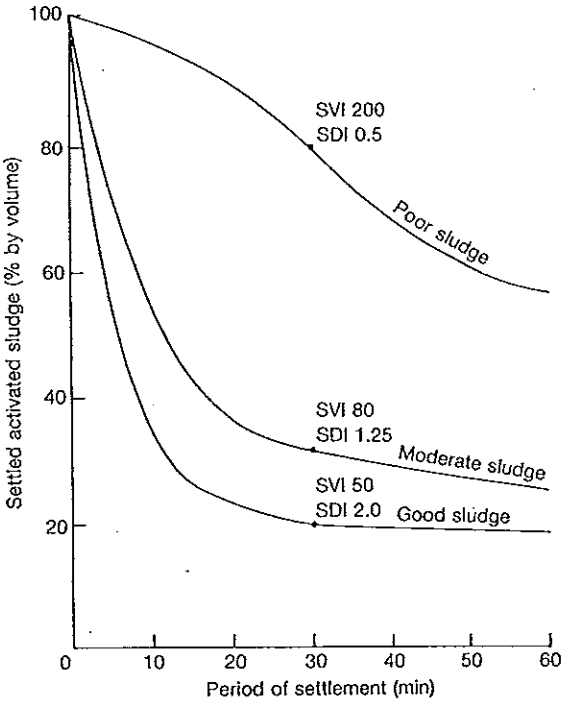
Sludge Volume Index (SVI) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้วัดคุณสมบัติทางด้านการตกตะกอนและการอัดตัวของ sludge ในถังตกตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ SVI ค้นพบโดย Mehlman เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2477 จุดประสงค์ครั้งแรกเพื่อใช้แสดงระดับการจมไม่ลงของ sludge ต่อมาได้ใช้ในการวัดระดับการอัดตัวของ sludge ทุกชนิด

วิธีการหาค่า SVI ทำได้โดยนำตัวอย่างน้ำเสียผสมตะกอนจุลินทรีย์(Mixed-Liqour)ในถังเติมอากาศปริมาตร 1 ลิตรใส่ลงในกระบอกตวง จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วอ่านระดับของตะกอนที่อยู่ในกระบอกตวงซึ่งเรียกว่า SV 30 และนำตัวอย่างน้ำเดียวกันนี้ไปหาค่าตะกอนแขวนลอย (MLSS) นำผลที่ได้มาหาค่า SVI ดังนี้

$$SVI = \frac{\%\text{MLSS by volume after 30 min}}{\%\text{MLSS}}$$

$$= \frac{\text{ml settled sludge} \times 1{,}000}{\text{mg/l MLSS}}$$

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างค่า SDI และค่า SVI สามารถดูได้จากภาพประกอบ 7 โดยทั่วไปแล้วมักถือว่า sludge ที่เป็นปกติควรมีค่า SVI อยู่ระหว่าง 50–200 Sludge ที่มีค่า SVI ต่ำกว่า 50 มักจะเป็น sludge ที่ประกอบด้วยเซลล์โดดแม้จะสามารถตกตะกอนได้ดี แต่จะมีตะกอนขุ่นมาก ส่วน sludge ที่มีค่า SVI สูงกว่า 200 มักจะเป็น sludge ที่มีปัญหาการจมไม่ลง กล่าวคือชั้น sludge จะเคลื่อนที่ตกตะกอนได้ช้า อย่างไรก็ตามน้ำที่อยู่เหนือชั้นตะกอนมีความใสสูงกว่าปกติ



ภาพประกอบ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SDI กับค่า SVI

ที่มา : Gray, 1989 : 347

2.3.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นกับการตกตะกอน

ภายใต้สภาวะบางอย่างของระบบบำบัดน้ำเสีย อาจทำให้เกิดปัญหาขึ้นกับการตกตะกอน เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียด้อยลงไป การตกตะกอนที่เป็นปัญหาอาจจำแนกได้เป็นสองประเภท ตามลักษณะผลเสียที่เกิดขึ้น ประเภทแรกทำให้เกิดความเสียหายในหน้าที่ด้านผลิตน้ำใสของถังตกตะกอน และประเภทที่ทำให้เกิดความเสียหายในด้านคุณสมบัติทางด้านอัดตัวของ sludge (พิษณุวัตน์ ศิริเวช, 2523 : 5-6)

ก. การตกตะกอนที่ทำให้เกิดน้ำขุ่น

(1) การตกตะกอนของเซลล์โคด ในระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์ (activated sludge) ที่ทำงานอยู่ในระดับ SRT ต่ำ การรวมตัวของตะกอนเป็นฟล็อคไม่อาจเกิดขึ้น ทำให้การตกตะกอนภายในถังตกตะกอนเป็นแบบอิสระ (discrete settling) ลักษณะของการตกตะกอนแบบนี้สามารถสังเกตได้ง่าย เมื่อปล่อยให้เกิดขึ้นในกระบอกตวงแก้วขนาด 1,000 มล. ทั้งนี้เพราะจะไม่มีการแบ่งชั้นระหว่าง sludge และ น้ำใส จะมีตะกอนแขวนลอยเป็นจำนวนมากอยู่เหนือชั้น sludge ค่า SVI จะต่ำมาก

(2) การตกตะกอนของฟล็อคที่แตกตัว ซึ่งในบางครั้งถึงแม้ว่า SRT จะมีค่าสูง แต่ก็ยังพบว่ามีตะกอนแขวนลอยจำนวนมากหลุดออกมากับน้ำทิ้งของ

ระบบบำบัดน้ำเสีย ตะกอนเหล่านี้มีใช่เป็นเซลล์โคด แต่เป็นตะกอนที่แตกตัวมาจากฟล้อค เชื่อกันว่าปรากฏการณ์นี้ เนื่องมาจากเกิด Restabilization ของฟล้อค เพราะมี SRT สูงเกินไป หรืออาจเกิดขึ้นเนื่องจากระดับการกวนน้ำสูงเกินไป ทำให้ฟล้อคแตกตัว

(3) การลอยตัวของตะกอน อาจเกิดขึ้นได้หากปล่อยให้ตะกอนตกค้างอยู่ในก้นถังตกตะกอนนานเกินไป จนทำให้เกิดปฏิกริยา Denitrification ก๊าซไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในกลุ่มฟล้อค จะทำให้เกิดการลอยตัวขึ้น และอีกลักษณะหนึ่งอาจเกิดสภาพไร้อากาศของตะกอนก้นถัง ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือก๊าซอื่นๆในกลุ่มฟล้อค ทำให้เกิดการลอยตัวของตะกอน

ข. การจมไม่ลงของตะกอน (Bulking)

บางครั้งในถังตกตะกอนสุดท้ายจะมีระดับตะกอนสูงมาก จนกระทั่งมีตะกอนหนีล้นออกทางฝายน้ำล้น สาเหตุอาจเป็นได้สองอย่าง คือ การระบายตะกอนกลับคืนไปยังถังเติมอากาศไม่เร็วพอ หรือเกิดการจมไม่ลงของตะกอนขึ้นภายในถังตกตะกอน ซึ่งสามารถแยกโดยการหาค่า SVI กล่าวคือ ถ้าค่า SVI สูงเกิน 200 แสดงว่าปัญหาเกิดจากการจมไม่ลงของตะกอน โดยทั่วไปแล้วการเกิดปัญหาการจมไม่ลงของตะกอนมีสองประเภท คือ แบบ Filamentous Bulking และแบบ Non Filamentous Bulking ซึ่งสามารถแยกความแตกต่างของทั้งสองประเภทได้โดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาถึงผลของความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ ต่อระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาแบบใช้อากาศ โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียเป็นเกณฑ์

2. ศึกษาถึงผลของความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ ที่จะเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาแบบใช้อากาศ โดยคำนึงถึงจำนวน และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ

3. ศึกษาถึงผลของความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ ต่อตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาแบบใช้อากาศ โดยคำนึงถึงลักษณะการตกตะกอนเป็นเกณฑ์

4. ศึกษาถึงผลของความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ที่จะมีต่อฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึง ผลของความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อต่อระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาแบบใช้อากาศ ในแง่ของประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสีย

2. ทำให้ทราบถึง ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อที่จะเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาแบบใช้อากาศ ในแง่ของจำนวน และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ

3. ทำให้ทราบถึง ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อต่อตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาแบบใช้อากาศ ในแง่ของลักษณะการตกตะกอน

4. ทำให้ทราบถึง ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่จะมีผลต่อฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย

5. ทำให้ทราบถึง ปริมาณความเข้มข้นสูงสุดของน้ำยาฆ่าเชื้อ ที่สามารถทิ้งลงในระบบบำบัดน้ำเสียได้

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย พอสรุปได้ดังนี้

1. ศึกษาถึงการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์(AS)

2. ศึกษาถึงปริมาณการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อในโรงพยาบาล 4 แห่ง คือ โรงพยาบาลหาดใหญ่ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ โรงพยาบาลสงขลา และ โรงพยาบาลปัตตานี

3. ศึกษาถึงผลความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ ที่จะมีผลต่อจำนวน และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งสมบูรณ์(AS) ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ และการตกตะกอนของระบบ

4. ศึกษาถึงผลของสารอินทรีย์ในน้ำเสียต่อฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อ ที่จะส่งผลต่อระบบบำบัดน้ำเสีย

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. เครื่องมือในการทดลอง

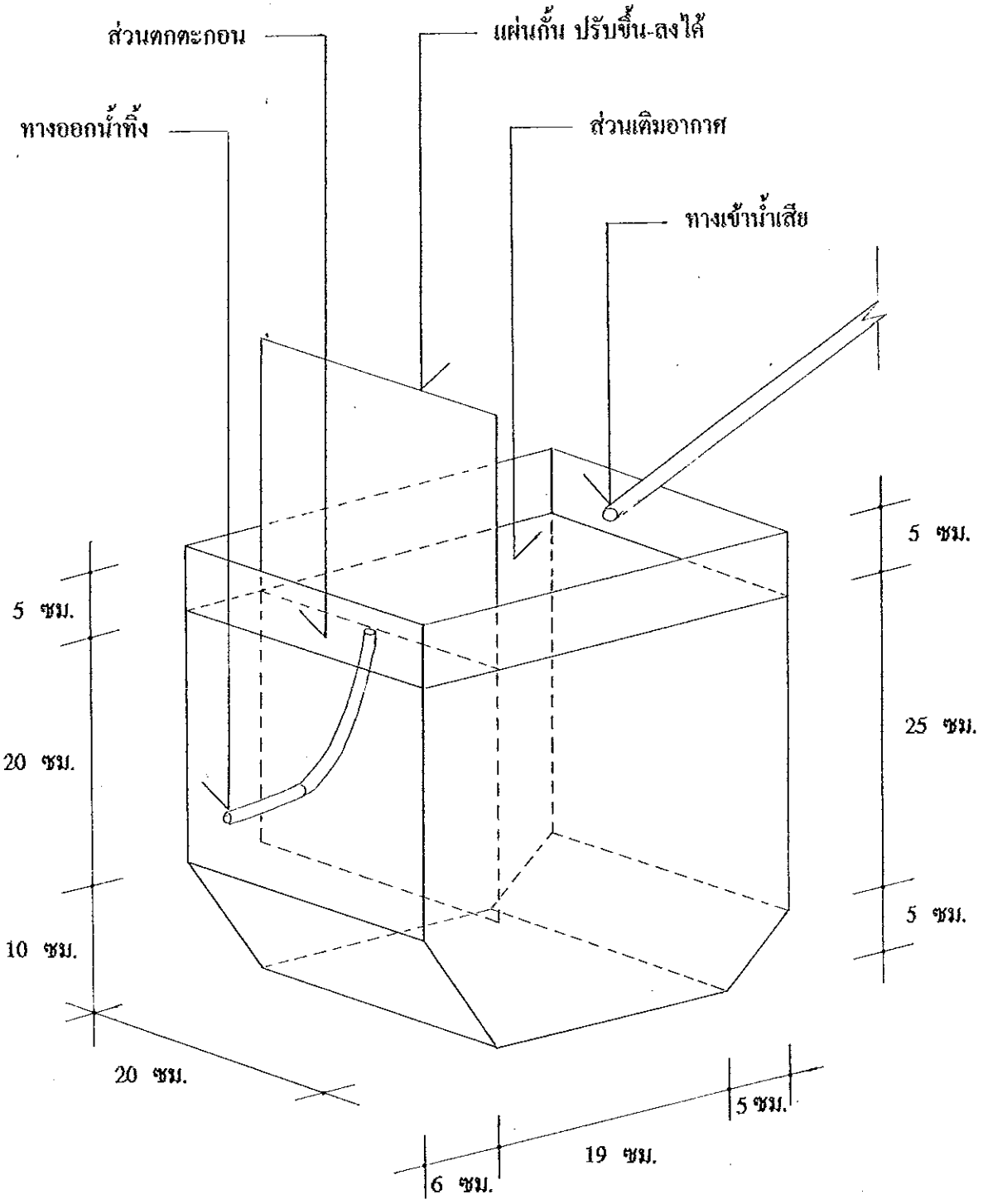
การทดลองนี้ ได้สร้างระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบระบบตะกอนเร่งสมบูรณ์ (AS) ดังภาพประกอบ 8 โดยระบบดังกล่าวจะแยกออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่สำหรับเติมอากาศ (Aeration Tank) และส่วนที่ให้ Sludge ตกตะกอน (Settling Tank) โดยสมมติให้มีการหมุนเวียนตะกอนทั้งหมด (Return Sludge 100 %) ส่วนที่เติมอากาศจะใช้เครื่องอัดอากาศ ต่อด้วยหินเป่าอากาศชนิดที่ใช้ในตู้เลี้ยงปลา โดยให้ปริมาตรอากาศที่อัดลงไปมากเกินความต้องการของจุลินทรีย์ที่จะใช้ ทั้งนี้จะควบคุมได้โดยการตรวจหา D.O. ในถังเติมอากาศไม่ให้ต่ำกว่า 1.0 มก. O_2/ลิตร ส่วนลักษณะการไหลของน้ำเสียนั้น จะไหลเข้าสู่ถังเติมอากาศตลอดเวลา (Continuous Feeding) โดยควบคุมอัตราการไหลให้คงที่

2. น้ำเสียสังเคราะห์ (Synthetic Wastewater)

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้จะเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้อัตราส่วนต่างๆดังนี้

– H_2O	2	liter
– glucose	6	g
– peptone	6	g
– yeast extract	0.6	g
– $(NH_4)_2\ SO_4$	4.8	g
– $KH_2\ PO_4$	0.96	g
– $Mg\ SO_4$	1.2	g
– $Mn\ SO_4$	0.108	g
– $Fe\ Cl_3$	0.006	g
– $Ca\ Cl_2.2H_2O$	0.012	g
– $NaHCO_3$	0.6–0.8	g

(The stock solution is equivalent to 7,000 mg COD/liter)



ภาพประกอบ 8. แสดงลักษณะ และขนาดของระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง แบบ Activated Sludge

3. น้ำยาฆ่าเชื้อที่ใช้ในการทดลอง

น้ำยาฆ่าเชื้อที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อที่มีชื่อทางการค้าว่า Savlon การเติมน้ำยาฆ่าเชื้อเข้าสู่ระบบนั้น จะผสมลงในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ด้วยความเข้มข้นในรูปของปริมาตรน้ำยาฆ่าเชื้อ ต่อปริมาตรน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบ มีหน่วยเป็น ppm.

4. ขั้นตอนในการทดลอง

4.1 การทดลองครั้งนี้ เริ่มจากการเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ให้มีความคุ้นเคยกับน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ Seed จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge ของ บริษัท โชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด ประมาณ 5 ลิตร ใส่ลงในระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง ปล่อยให้ Sludge ตกตะกอน จากนั้นทำการดูดน้ำส่วนที่ใส (Supernatant) ออกจนหมด เติมน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำประปาให้เต็มระบบ โดยมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์เพียงร้อยละ 10 ของความเข้มข้นที่ต้องการ ทำการปรับ pH ของระบบให้อยู่ในช่วง 6.5–7.5 โดยใช้ K_2HPO_4 หรือ KH_2PO_4 จากนั้นใช้เครื่องเป่าอากาศชนิดที่ใช้ในตู้เลี้ยงปลาทำการเป่าออกซิเจนให้กับจุลินทรีย์อย่างเพียงพอ เป็นเวลา 23 ชั่วโมง และหยุดให้อากาศ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ Sludge เกิดการตกตะกอน จากนั้นทำการดูดน้ำส่วนที่ใสออกจนหมด เติมน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำประปาให้เต็มระบบ โดยมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20 ของความเข้มข้นที่ต้องการ จากนั้นทำการเป่าอากาศพร้อมทั้งปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 6.5–7.5 สำหรับในวันต่อไปจะทำเช่นเดียวกันอีก แต่จะเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์อีกร้อยละ 10 ทุกวัน จนกระทั่งความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าสารอินทรีย์ตามต้องการแล้ว จะเริ่มเติมน้ำเสียสังเคราะห์ผสมน้ำประปาเข้าสู่ระบบบำบัดตลอดเวลา (Continuous Feed) โดยใช้ Micro Tube Pump ควบคุมอัตราการไหลให้คงที่ด้วยความเร็วที่ทำให้ HRT ของระบบบำบัดมีค่าเท่ากับ 24 ชั่วโมง สำหรับอัตราส่วน F/M จะควบคุมให้อยู่ในช่วง 0.1–0.3 และ pH จะปรับให้อยู่ในช่วง 6.5–7.5 ตลอดการทดลอง เมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงที่ (Steady State) แล้วจึงผสมน้ำยาฆ่าเชื้อลงในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบบำบัด เมื่อผสมน้ำยาฆ่าเชื้อที่ความเข้มข้นหนึ่งแล้ว จะให้ระบบอยู่ในสภาวะคงที่ก่อน จึงจะเพิ่มความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อต่อไป สำหรับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อที่ผสมลงในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดนั้น จะเริ่มจากระดับความเข้มข้น 0 ,10, 20, 40, 80, 160, 320 และ 640 ppm.

ในการทดลองครั้งนี้ ได้จัดชุดประกอบระบบบำบัดน้ำเสียจำลองขึ้น 2 ชุด (ภาพประกอบ 9) โดยทั้ง 2 ชุดนี้จะเหมือนกันทุกอย่าง ยกเว้นปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบบำบัดจะแตกต่างกัน คือ ระบบบำบัดน้ำเสียชุดที่ 1 จะมีปริมาณสารอินทรีย์สูงกว่าระบบบำบัดน้ำเสียชุดที่ 2 ประมาณ 3 เท่า สำหรับการศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ ต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียนั้น จะทำการวิเคราะห์หาค่า Soluble Chemical Oxygen Demand (SCOD) และ Biochemical Oxygen Demand (BOD) ของน้ำเสียก่อนและหลังเข้าระบบบำบัดน้ำเสียเป็นประจำทุกวัน ส่วน Suspended Solids (SS) จะวิเคราะห์เฉพาะในน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดเป็นประจำทุกวันเช่นกัน (ตามวิธีการใน Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 1989)

4.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียนั้น จะทำการศึกษาเมื่อระบบบำบัดน้ำเสียอยู่ในสภาวะคงที่ในแต่ละความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ โดยจะนำน้ำเสียผสมจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ (Mixed-liquor) มา 0.5 ลิตร ใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำเสียสังเคราะห์และให้อากาศด้วยเครื่องเป่าอากาศ ทำการวิเคราะห์หา Substrate Comsumption Rate โดยการหาค่า Soluble Chemical Oxygen Demand (SCOD) ของน้ำเสียในบีกเกอร์ที่เวลาต่างๆ คือ 0, 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที หลังเติมน้ำเสียสังเคราะห์ในบีกเกอร์

ส่วนการศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อต่อจำนวนของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียนั้น จะทำการศึกษาหาค่า Standard Plate Count (SPC) ของน้ำเสียในถังเติมอากาศ (Mixed-liquor) ณ วันเดียวกันกับการหา Substrate Consumption Rate (ตามวิธีการใน Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 1989)

4.3 การศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ ต่อตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียในแง่ของลักษณะการตกตะกอนนั้น จะนำน้ำเสียในถังเติมอากาศ (Mixed-liquor) มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีบ่งชี้การตกตะกอน (SVI) เป็นประจำทุกวัน (ตามวิธีการใน Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 1989) และจะทำการถ่ายรูปลักษณะทางกายภาพของตะกอน เมื่อระบบบำบัดน้ำเสียอยู่ในสภาวะคงที่

5. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวิจัย

- อุปกรณ์เครื่องเขียน
- แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย
- เครื่องมือวัดค่า pH
- เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ
- เครื่องมือวิเคราะห์ค่าออกซิเจนละลายน้ำ
- เครื่องมือวิเคราะห์ค่า ซี.โอ.ดี.
- เครื่องมือวิเคราะห์ค่า บี.โอ.ดี.
- เครื่องมือวิเคราะห์ค่าตะกอนแขวนลอย
- เครื่องมือวิเคราะห์ค่า Standard Plate Count
- กล้องจุลทรรศน์ชนิดถ่ายรูปได้

ภาพประกอบ ๑ แสดงลักษณะชุดประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ Activated Sludge

บทที่ 3

ผล

ผลการศึกษา

1. การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัด

เมื่อทำการเพาะเชื้อในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบตะกอนเร่งสมบูรณ์(AS) และเติมน้ำเสียสังเคราะห์โดยวิธีต่อเนื่อง จนได้อัตราส่วน F/M ของระบบที่ 1 (สารอินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบมีค่าประมาณ 5.34 g BOD/day) เท่ากับ 0.2 ปรากฏว่ามีประสิทธิภาพการกำจัด SCOD โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 97.4 และมีประสิทธิภาพการกำจัด BOD โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 99.2 เมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงที่ ได้เริ่มผสมน้ำยาฆ่าเชื้อในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบด้วยความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 10 ppm. พบว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด SCOD และ BOD เพียงเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ ในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบเป็น 2 เท่าของความเข้มข้นเดิม คือ 20, 40, 80, 160, 320 และ 640 ppm. ตามลำดับ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 20 ถึง 160 ppm. จะมี ประสิทธิภาพการกำจัด SCOD และ BOD ใกล้เคียงกันกับที่ระดับความเข้มข้นของ น้ำยาฆ่าเชื้อ 0 และ 10 ppm. แต่ที่ระดับความเข้มข้น 320 และ 640 ppm. ปรากฏว่าได้ส่งผลกระทบต่อระบบ ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัด SCOD และ BOD ลดลงตามลำดับ ดังแสดงในภาพประกอบ 10 และ 11

ส่วนระบบที่ 2 (สารอินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบมีค่าประมาณ 1.63 g BOD/day) เมื่อทำการเพาะเชื้อในระบบ และเติมน้ำเสียสังเคราะห์แบบต่อเนื่อง จนได้อัตราส่วน F/M เท่ากับ 0.18 ปรากฏว่าประสิทธิภาพการกำจัด SCOD โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 94.3 และมีประสิทธิภาพการกำจัด BOD โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 98.0 เมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงที่ ได้เริ่มผสมน้ำยาฆ่าเชื้อในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบด้วยความเข้มข้น 10, 20, 40, 80, 160 และ 320 ppm.ตามลำดับ พบว่าช่วงระดับความเข้มข้น 10 ถึง 80 ppm. จะมีประสิทธิภาพการกำจัด SCOD และ BOD ใกล้เคียงกันกับช่วงที่ยังไม่ได้ผสมน้ำยาฆ่าเชื้อในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 320 และ 640 ppm. ปรากฏว่าได้ส่งผลกระทบต่อระบบ ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัด SCOD และ BOD ลดลงตามลำดับ ดังแสดงในภาพประกอบ 10 และ 11

เป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อผสมน้ำยาฆ่าเชื้อลงในน้ำเสียก่อนเข้าระบบ ที่ระดับความเข้มข้นที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด SCOD และ BOD นั้น จะเกิดฟองขึ้น ดังภาพประกอบ 12 และ 13

2. การศึกษาผลกระทบต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัด

2.1 ในแง่กิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดนั้น จากผลการศึกษา Substrate Consumption Rate ของระบบที่ 1 ปรากฏว่าที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ถึง 160 ppm. จะมีร้อยละการกำจัด SCOD ใกล้เคียงกัน แต่ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 320 และ 640 ppm. พบว่าร้อยละการกำจัด SCOD ลดลงตามลำดับ (ภาพประกอบ 14) เมื่อนำข้อมูลจากการหา Substrate Consumption Rate แต่ละระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ มาหาค่าคงที่สำหรับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ (k) ปรากฏว่าที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ถึง 160 ppm. จะมีค่า k อยู่ระหว่าง 0.018 ถึง 0.021 ต่อนาที ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 320 และ 640 ppm. จะมีค่า k เท่ากับ 0.009 และ 0.006 ต่อนาที ตามลำดับ (ภาพผนวก 1) และเมื่อหาค่าอัตราส่วนระหว่างค่าแตกต่างของ SCOD ที่เวลา 0 และ 60 นาที จากการหา Substrate Consumption Rate กับค่า MLSS ของระบบบำบัดในวันเดียวกัน ปรากฏว่าที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ถึง 160 ppm. จะมีค่าอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 0.14 ถึง 0.19 mg.SCOD/mg.MLSS แต่ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 320 และ 640 ppm. จะมีค่าอัตราส่วนเท่ากับ 0.08 และ 0.10 mg.SCOD/mg.MLSS ตามลำดับ (ตารางผนวก 5)

สำหรับระบบที่ 2 นั้น ผลการศึกษา Substrate Consumption Rate ปรากฏว่าที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ถึง 40 ppm. จะมีร้อยละการกำจัด SCOD ใกล้เคียงกัน แต่ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 80 ถึง 320 ppm. พบว่าร้อยละการกำจัด SCOD ลดลงตามลำดับ (ภาพประกอบ 15) เมื่อนำข้อมูลจากการหา Substrate Consumption Rate แต่ละระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ มาหาค่าคงที่สำหรับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ (k) ปรากฏว่าที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ถึง 40 ppm. จะมีค่า k อยู่ระหว่าง 0.015 ถึง 0.022 ต่อนาที ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 80 ถึง 320 ppm. จะมีค่า k เท่ากับ 0.002 ถึง 0.006 ต่อนาที ตามลำดับ (ภาพผนวก 2) และเมื่อหาค่าอัตราส่วนระหว่างค่าแตก

ต่างของ SCOD ที่เวลา 0 และ 60 นาที จากการหา Substrate Consumption Rate กับค่า MLSS ของระบบบำบัดในวันเดียวกัน ปรากฏว่าที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ถึง 40 ppm. จะมีค่าอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 0.18 ถึง 0.20 mg.SCOD/mg.MLSS แต่ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 80 ถึง 320 ppm. จะมีค่าอัตราส่วนเท่ากับ 0.06 ถึง 0.14 mg.SCOD/mg.MLSS (ตารางผนวก 6)

2.2 ในแง่จำนวนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดนั้น จากการศึกษา Standard Plate Count (SPC) ในวันที่หา Substrate Consumption Rate ปรากฏว่าในระบบที่ 1 จำนวนจุลินทรีย์ในช่วงเริ่มต้นมีประมาณ 2.21 x 10^6 cfu/ml และเมื่อเติมน้ำยาฆ่าเชื้อลงในน้ำเสียสังเคราะห์ พบว่าจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นจนถึงระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 20 ppm. กล่าวคือ จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นประมาณ 1.729 x 10^7 cfu/ml หลังจากนั้นจำนวนจุลินทรีย์ลดลงเหลือประมาณ 7.90 x 10^4 cfu/ml เมื่อเติมน้ำยาฆ่าเชื้อที่ระดับความเข้มข้น 640 ppm. ดังแสดงในภาพประกอบ 16.

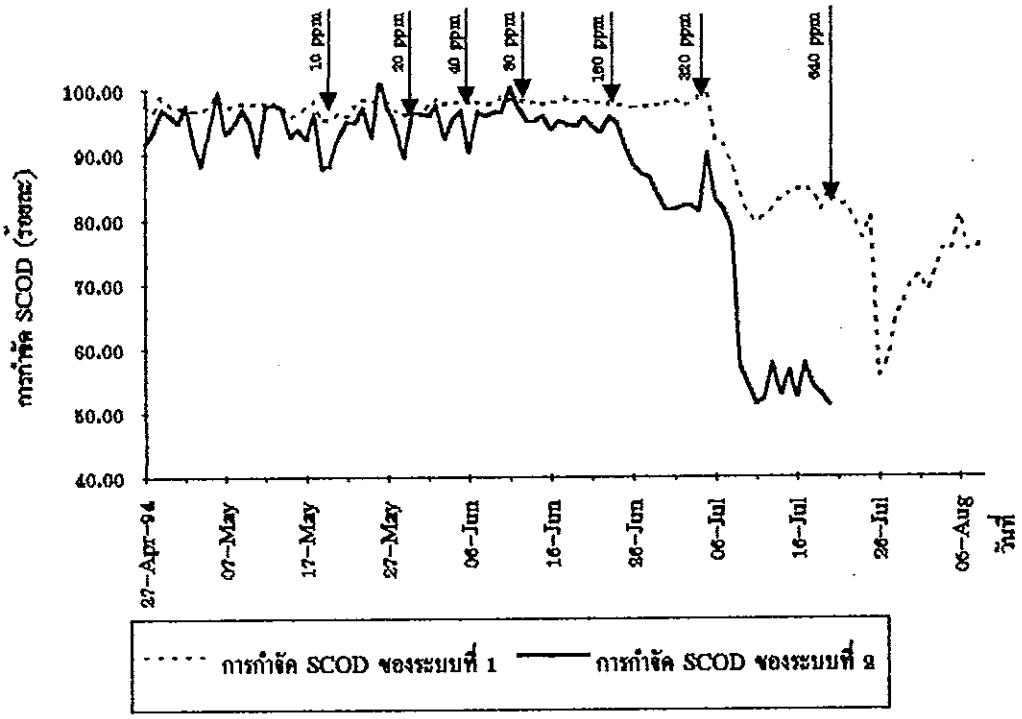
สำหรับระบบที่ 2 จำนวนจุลินทรีย์ในช่วงเริ่มต้นจะมีประมาณ 1.05 x 10^6 cfu/ml และเมื่อเติมน้ำยาฆ่าเชื้อลงในน้ำเสียสังเคราะห์ พบว่าจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นจนถึงระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 20 ppm. กล่าวคือจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นประมาณ 6.35 x 10^6 cfu/ml หลังจากนั้นจำนวนจุลินทรีย์ลดลงเหลือประมาณ 5.00 x 10^4 cfu/ml เมื่อเติมน้ำยาฆ่าเชื้อที่ระดับความเข้มข้น 320 ppm. ดังแสดงในภาพประกอบ 16

3. การศึกษาลักษณะการตกตะกอน

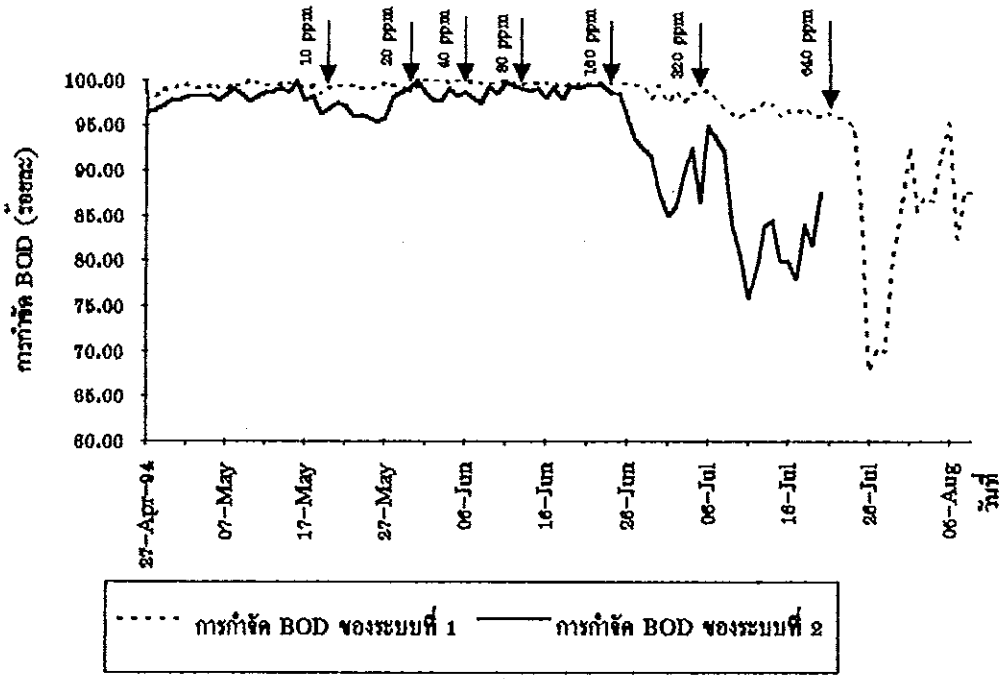
จากการติดตามผลของดัชนีบ่งชี้การตกตะกอน (SVI) เป็นประจำทุกวัน ปรากฏว่าเกิดปัญหาการจมไม่ลงของตะกอนขึ้นทั้งสองระบบ เมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่ามีแบคทีเรียแบบ Filamentous ลักษณะเป็นเส้นยาวๆอยู่ในกลุ่มฟล็อค ซึ่งมีอิทธิพลทำให้เกิดการจมไม่ลงของตะกอน จากกราฟแสดงค่า SVI (ภาพประกอบ 17) จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกค่า SVI ของทั้งสองระบบจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จนเมื่อเติมน้ำยาฆ่าเชื้อถึงระดับความเข้มข้น 40 ppm. ปรากฏว่าค่า SVI ได้ปรับตัวลดลงทั้งสองระบบ เมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ก็จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรีย กล่าวคือช่วงระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ถึง 10 ppm. พบว่าแบคทีเรียจับกันเป็นกลุ่มฟล็อค และมีแบคทีเรียแบบ Filamentous บ้างเล็กน้อย จากนั้นในช่วง

ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 20 ถึง 40 ppm. พบว่ามีแบคทีเรียแบบ Filamentous เพิ่มจำนวนขึ้นมาก และในช่วงระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 80 ถึง 640 ppm. พบว่าแบคทีเรียแบบ Filamentous มีลักษณะเยื่อเมือกเกาะอยู่ตามเส้นใย ดังภาพประกอบ 18 และ 19 และเมื่อดูด้วยตาเปล่าก็จะพบการเปลี่ยนแปลงของตะกอนเช่นกัน ดังภาพประกอบ 20 และ 21

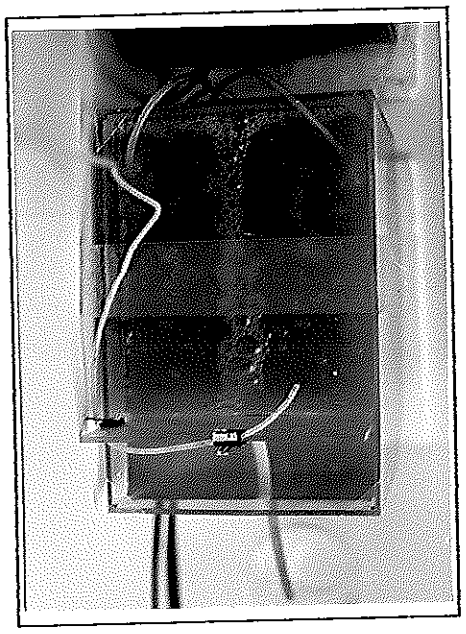
ถึงแม้จะมีปัญหาการจมไม่ลงของตะกอนเกิดขึ้นกับระบบบำบัดน้ำเสียทั้งสองระบบ แต่ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดนั้น ก็ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง คือไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีช่วงหลังๆที่ค่า SVI ของระบบลดลงแล้ว แต่ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่หลุดมากับน้ำทิ้งบางวัน มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก ดังแสดงในภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 10 แสดงการกำจัด SCOD (ร้อยละ) ของระบบบำบัดน้ำเสีย

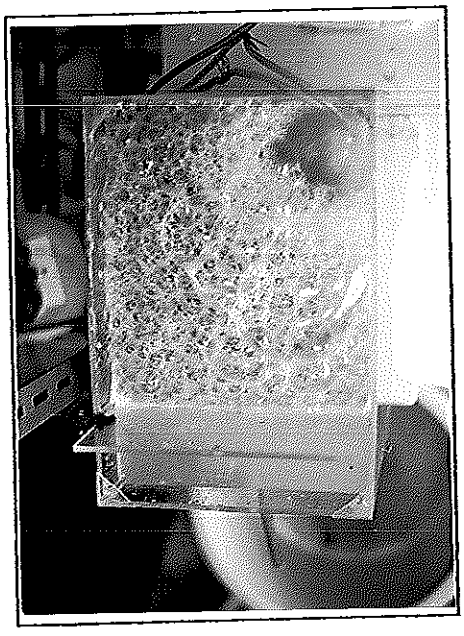


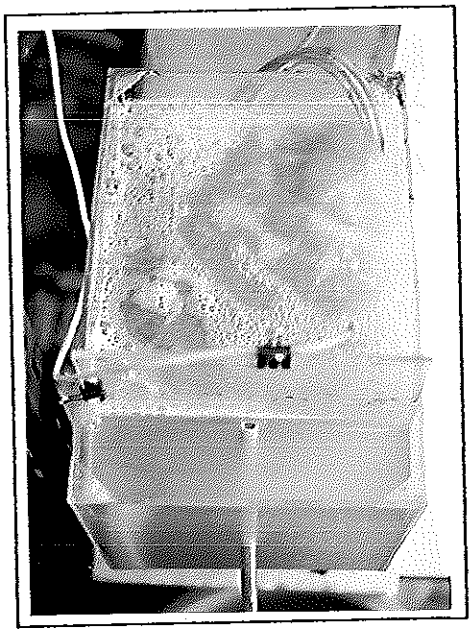
ภาพประกอบ 11 แสดงการกำจัด BOD (ร้อยละ) ของระบบบำบัดน้ำเสีย



ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ppm.

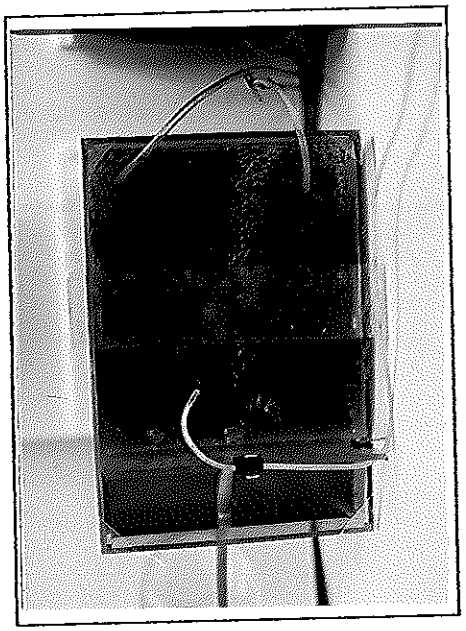
ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 320 ppm.



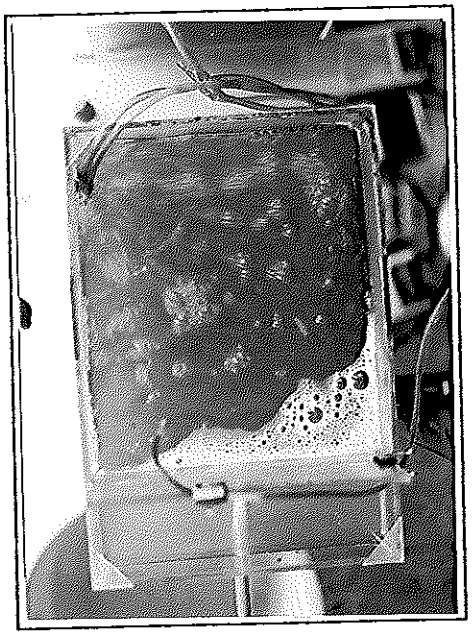


ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 640 ppm.

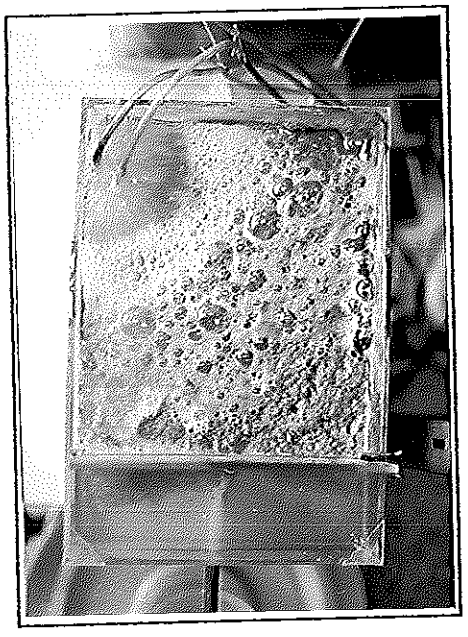
ภาพประกอบ 12 แสดงลักษณะฟองที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสีย (ระบบที่ 1)



ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ppm.

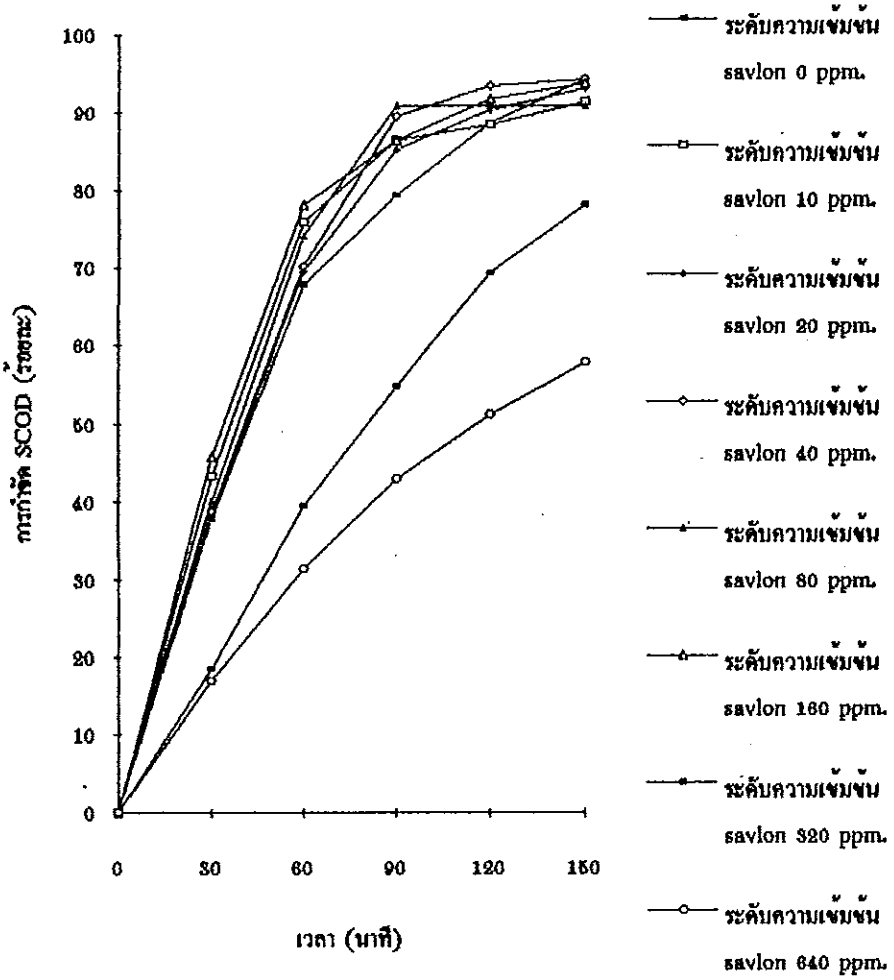


ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 160 ppm.

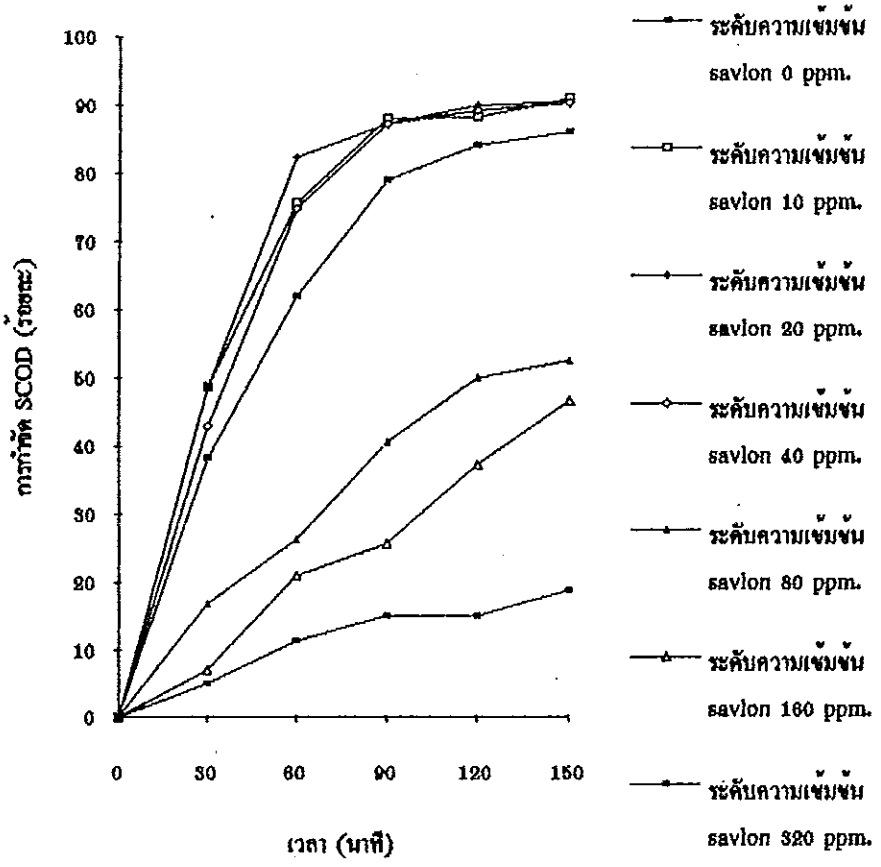


ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 320 ppm.

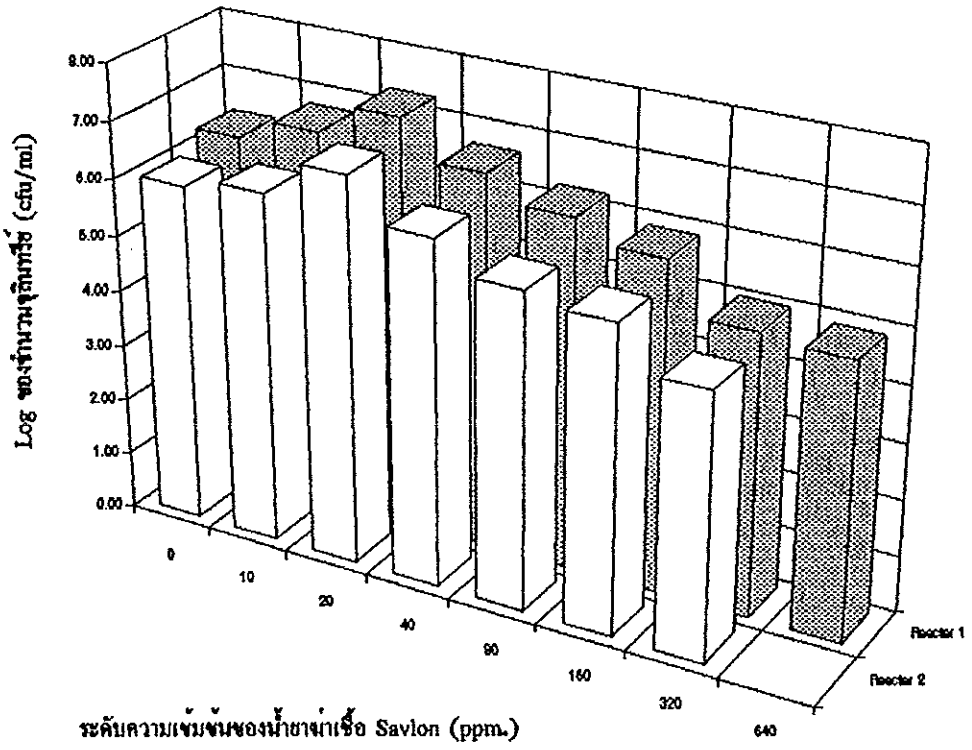
ภาพประกอบ 13 แสดงลักษณะฟองที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสีย (ระบบที่ 2)



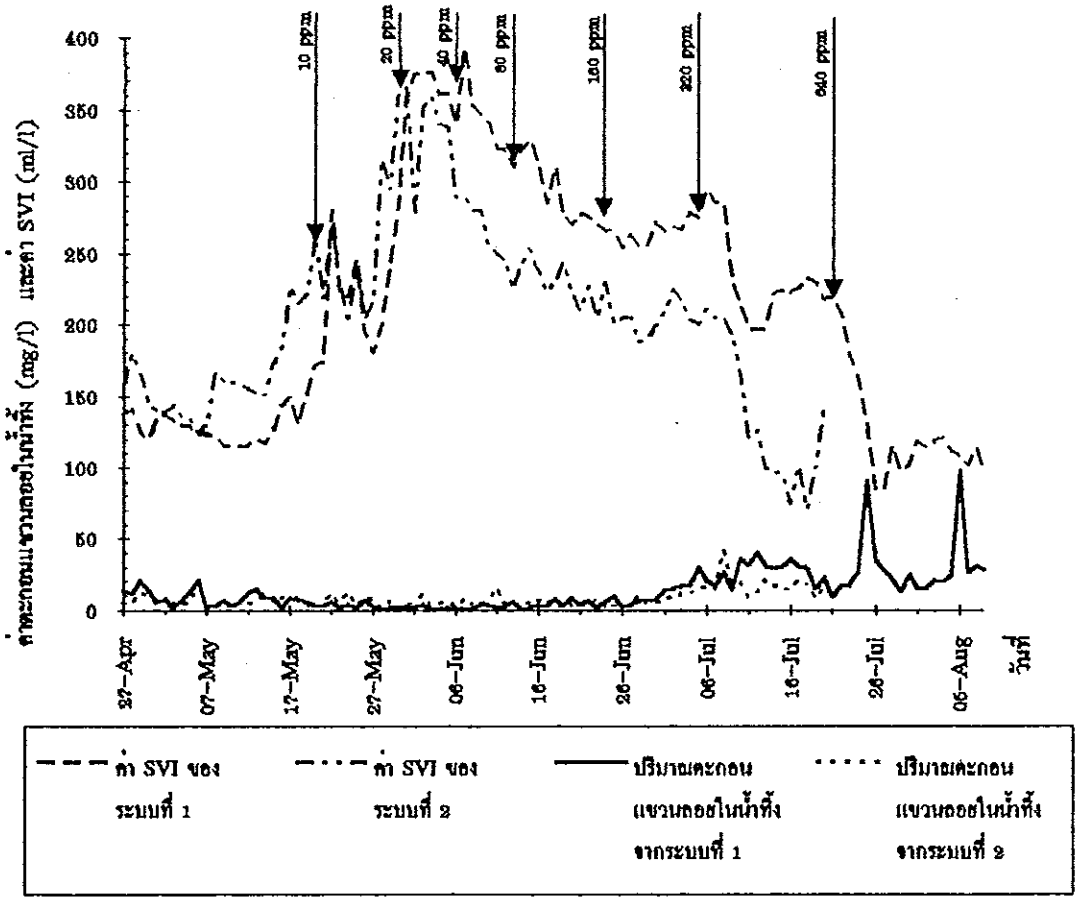
ภาพประกอบ 14 แสดงการกำจัด SCOD (ร้อยละ) ในการหา Substrate Consumption Rate ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆของน้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ในระบบที่ 1



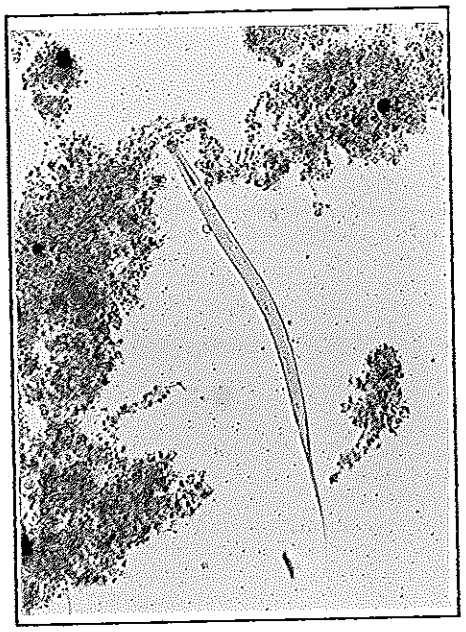
ภาพประกอบ 15 แสดงการกำจัด SCOD (ร้อยละ) ในการหา Substrate Consumption Rate ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆของน้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ในระบบที่ 2



ภาพประกอบ 16 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย ในวันที่ทา Substrate Consumption Rate

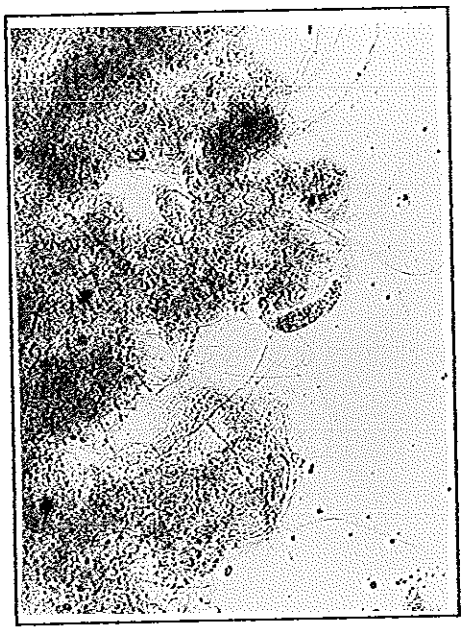


ภาพประกอบ 17 แสดงค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง และค่า SVI ของระบบบำบัดน้ำเสีย

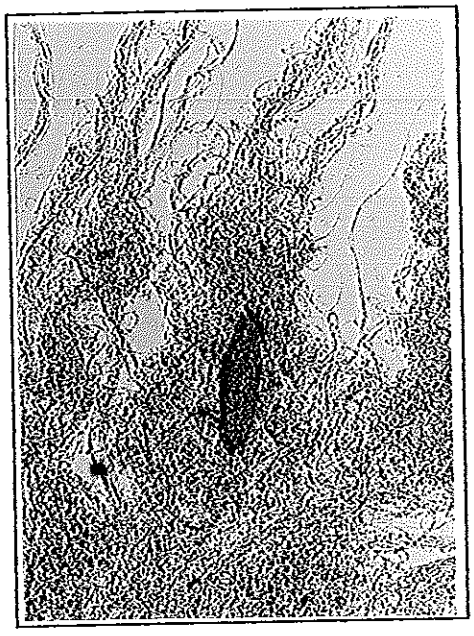


ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ppm.

ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 10 ppm.

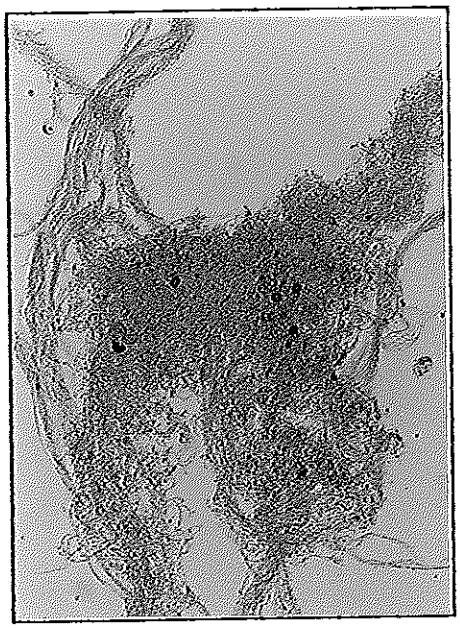


ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 20 ppm.

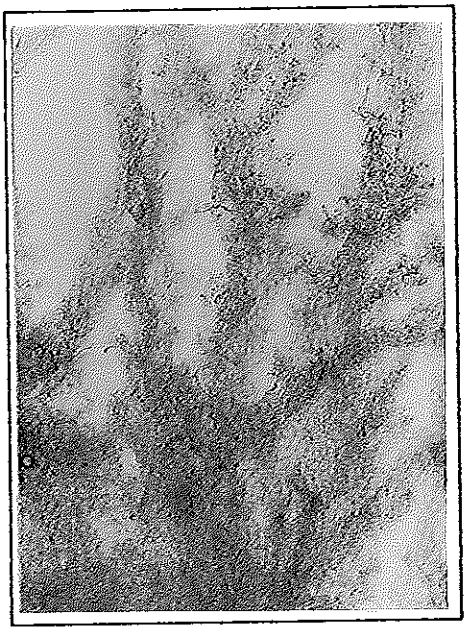


ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 40 ppm.

ภาพประกอบ 18 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสีย (ระบบที่ 1) ที่ความเข้มข้นต่างๆของน้ำยาฆ่าเชื้อ



ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 80 ppm.



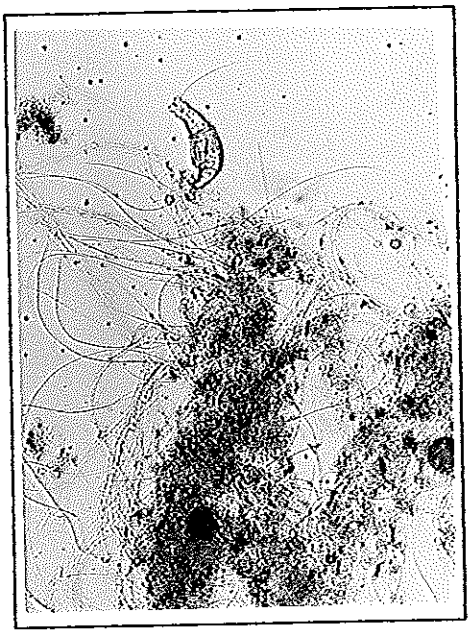
ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 160 ppm.

ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 320 ppm.

ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 640 ppm.

ภาพประกอบ 18 (ต่อ)

ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ppm.

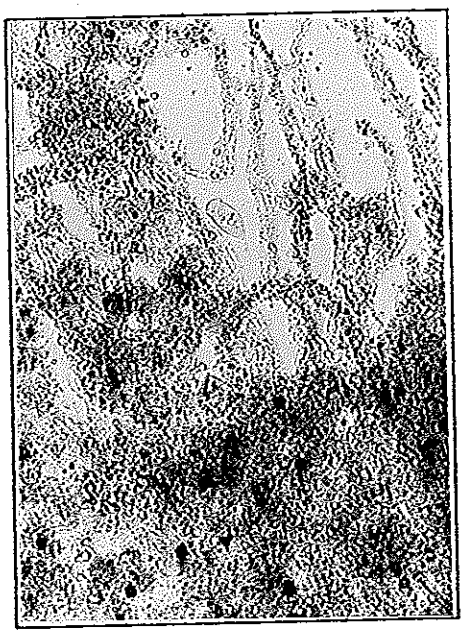


ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 10 ppm.

ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 20 ppm.

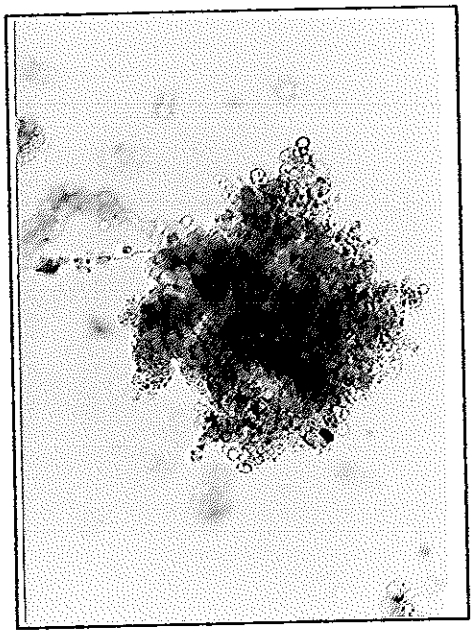
ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 40 ppm.

ภาพประกอบ 19 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสีย (ระบบที่ 2) ที่ความเข้มข้นต่างๆของน้ำยาฆ่าเชื้อ



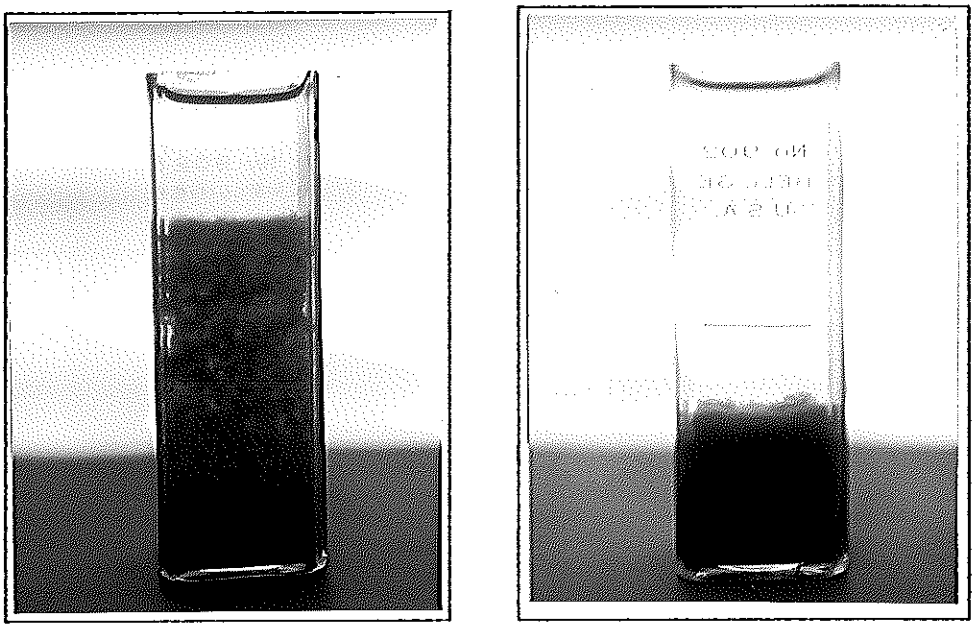
ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 80 ppm.

ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 160 ppm.



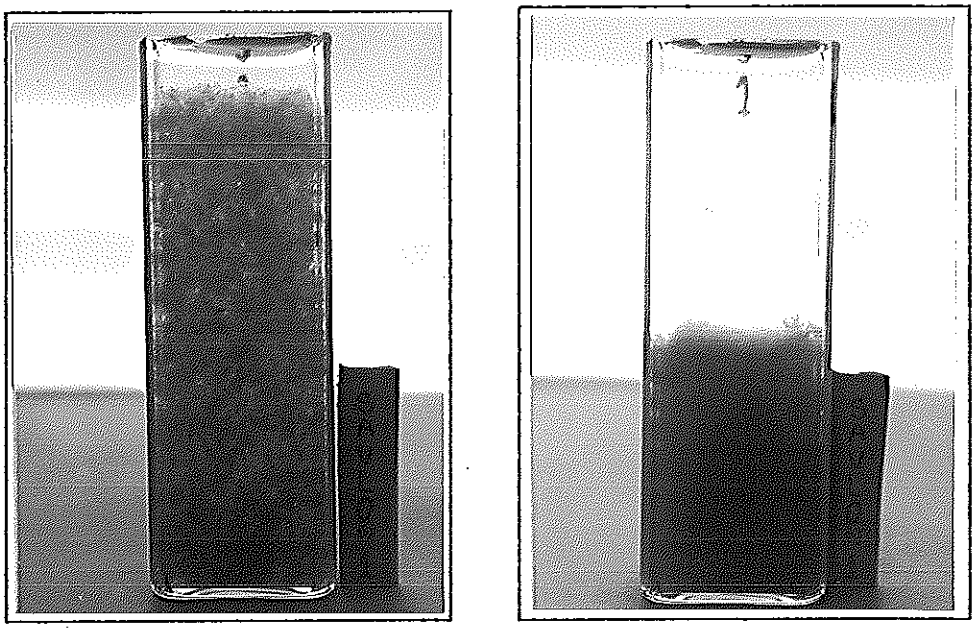
ความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 320 ppm.

ภาพประกอบ 19 (ต่อ)



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

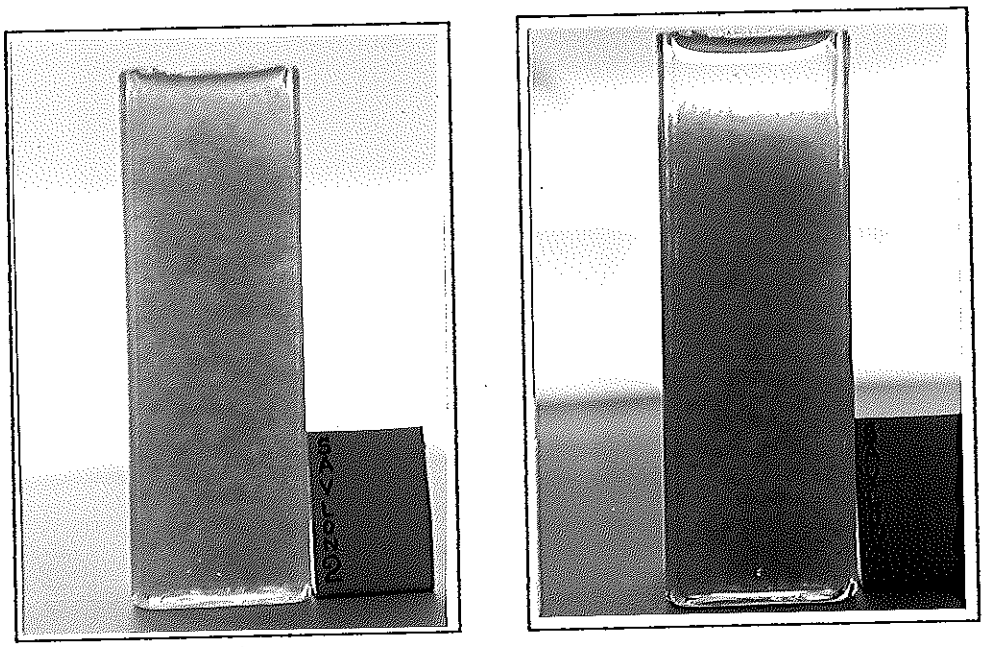
ก. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ppm.



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

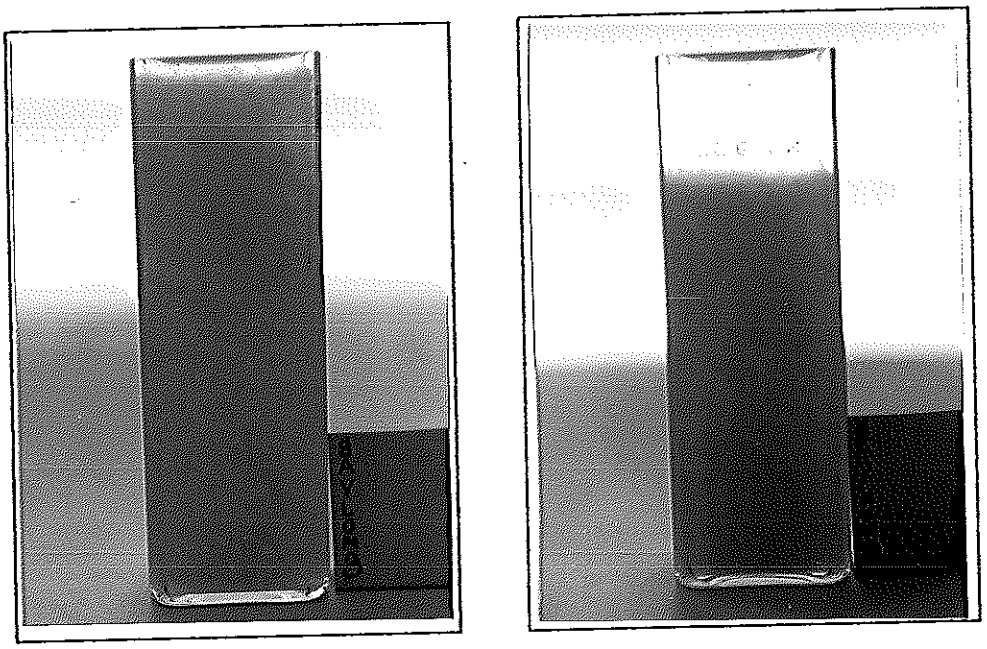
ข. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 10 ppm.

ภาพประกอบ 20 แสดงลักษณะตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียของระบบที่ 1



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

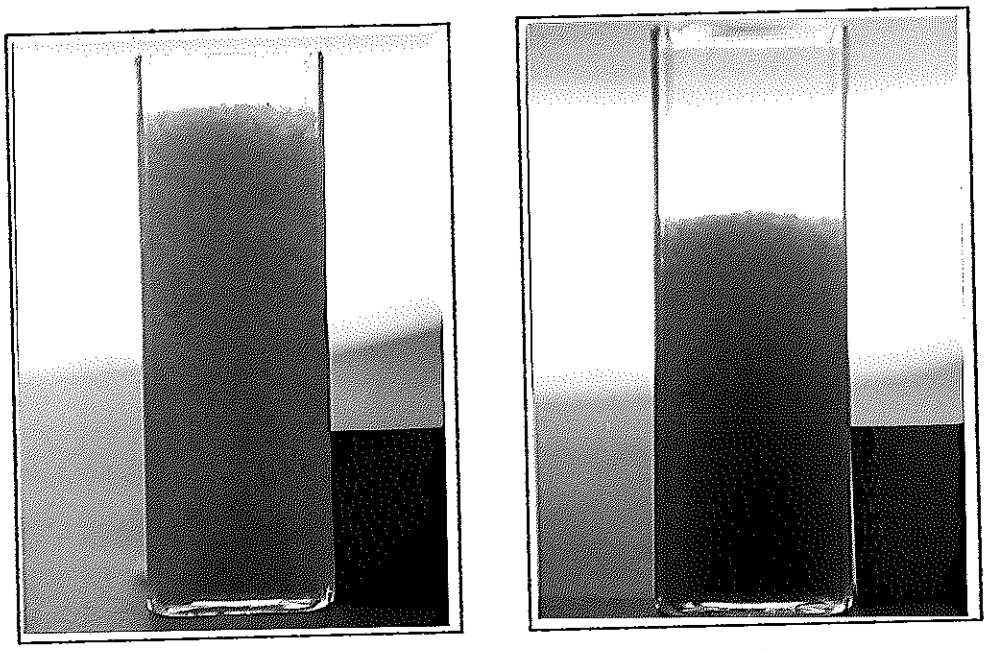
ก. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 20 ppm.



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

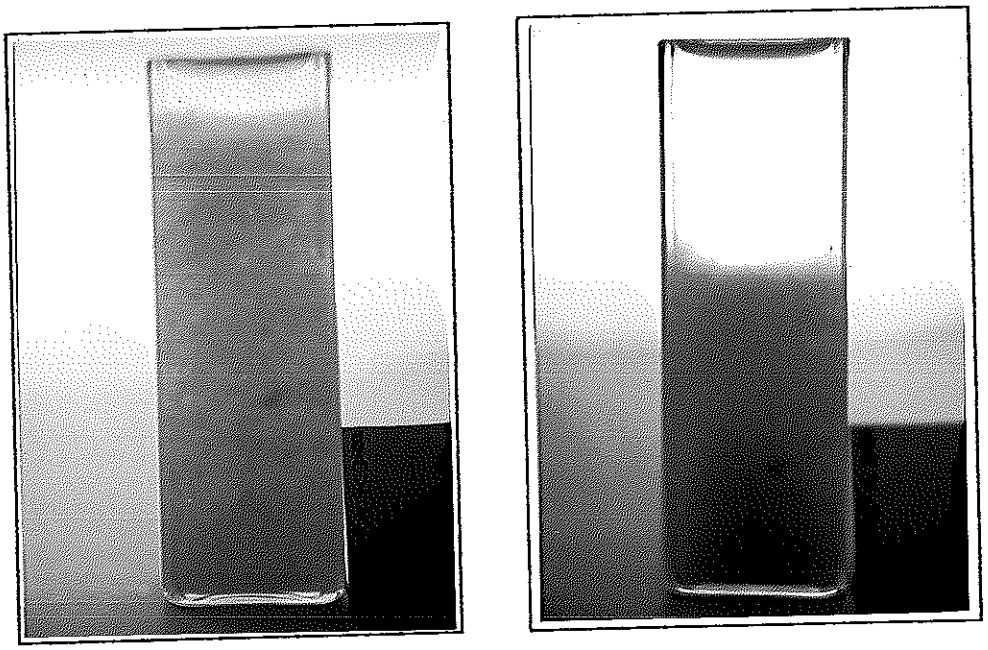
ข. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 40 ppm.

ภาพประกอบ 20 (ต่อ)



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

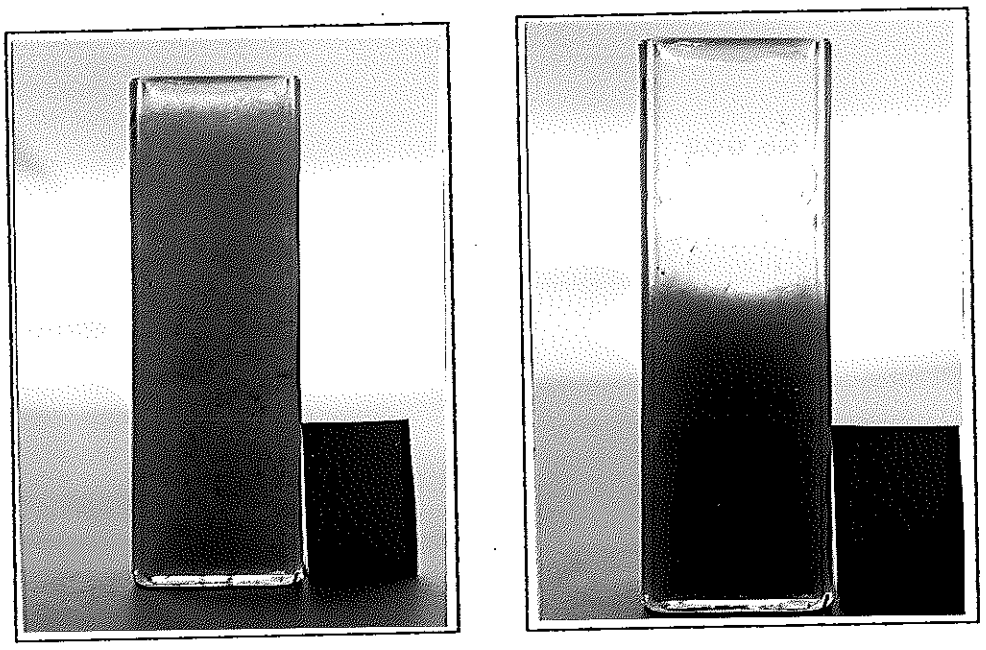
ก. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 80 ppm.



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

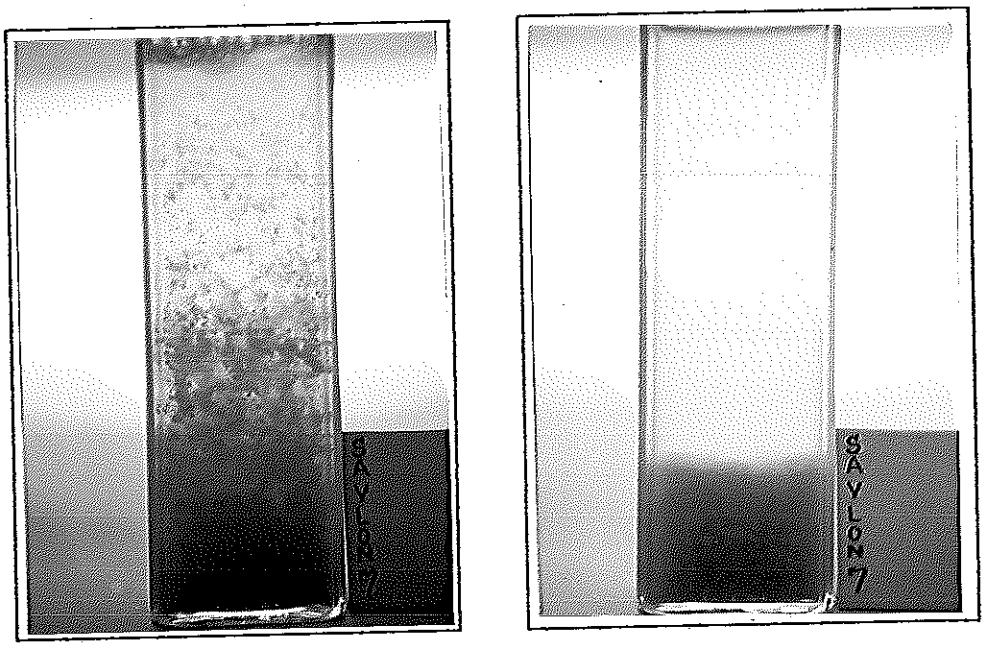
ข. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 160 ppm.

ภาพประกอบ 20 (ต่อ)



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

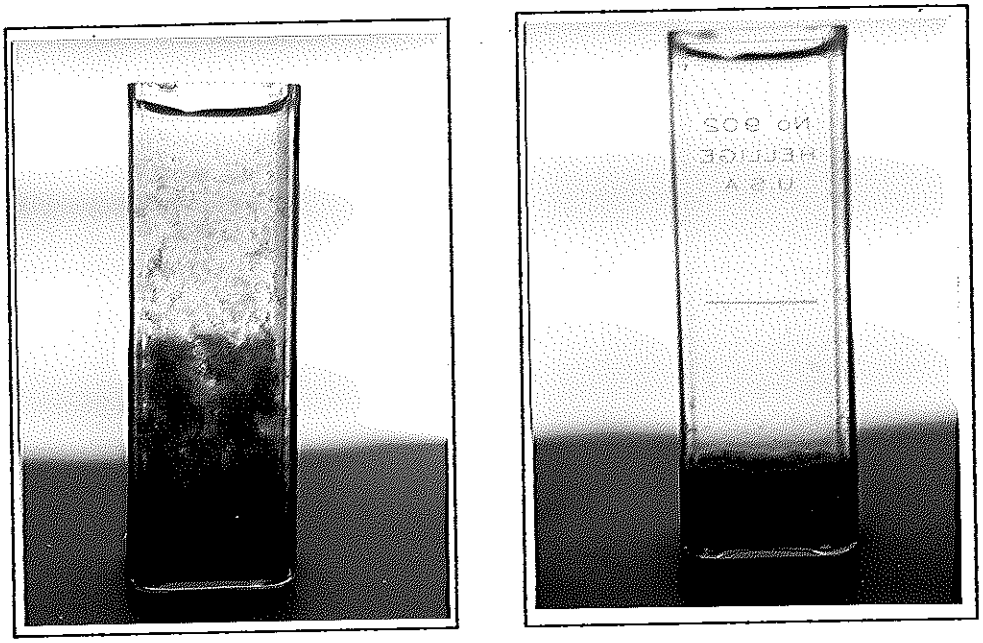
ก. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 320 ppm.



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

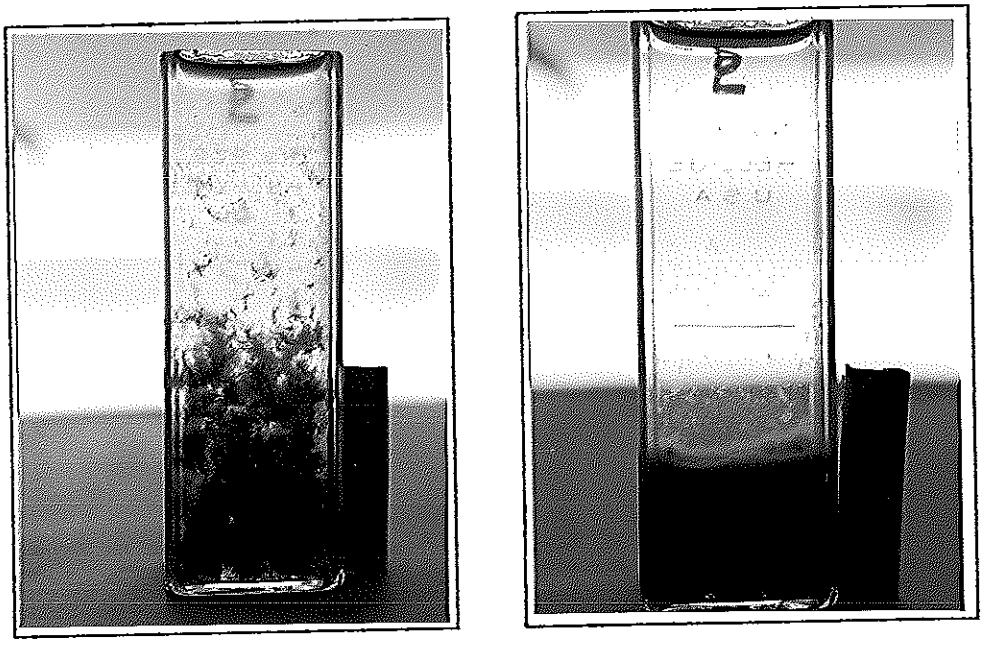
ข. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 640 ppm.

ภาพประกอบ 20 (ต่อ)



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

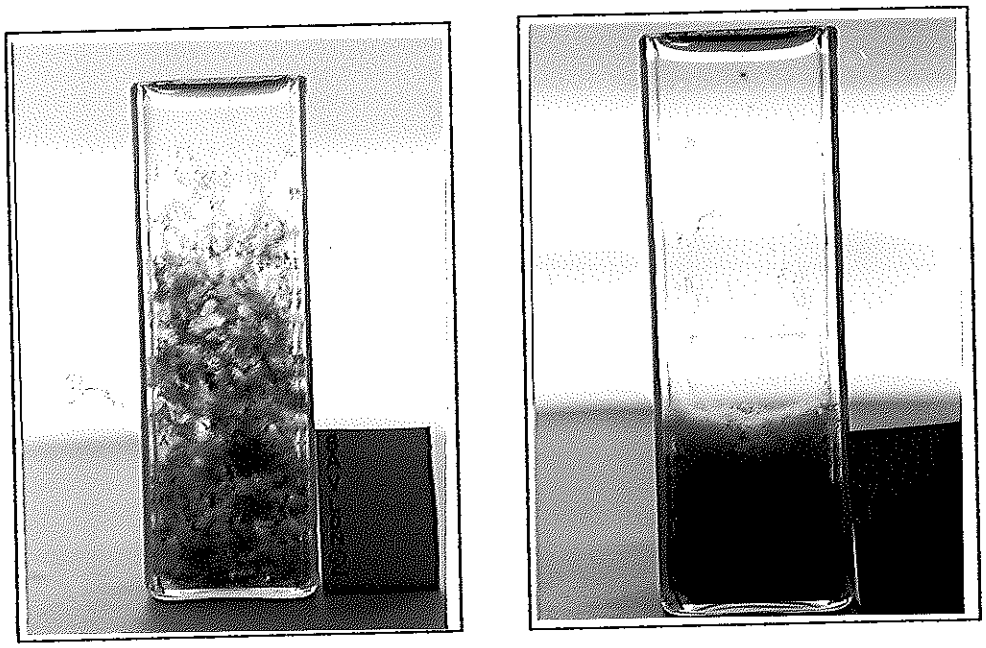
ก. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ppm.



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

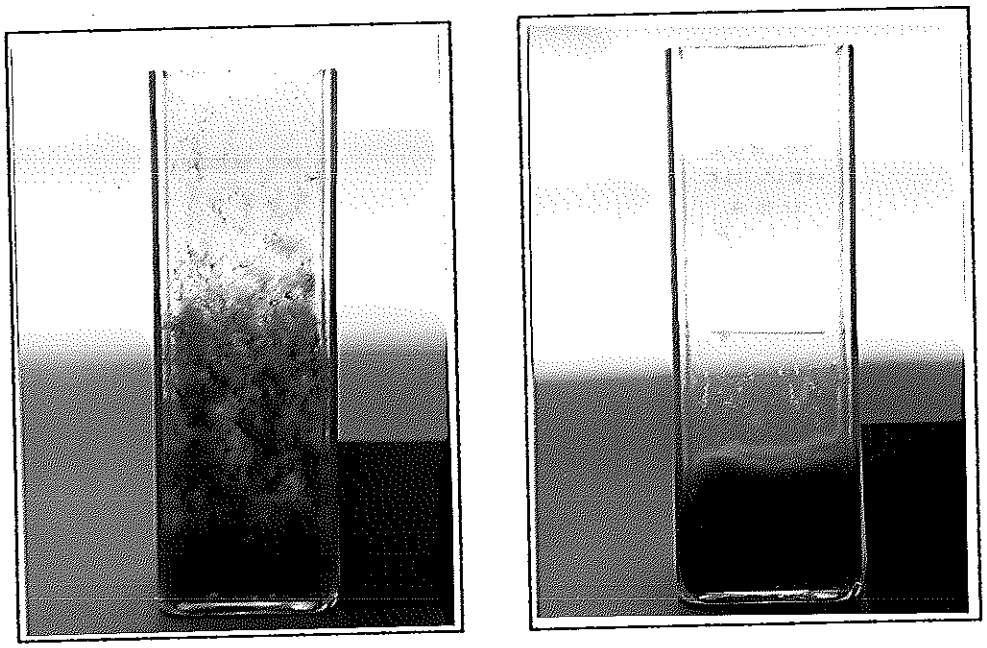
ข. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 10 ppm.

ภาพประกอบ 21 แสดงลักษณะตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียของระบบที่ 2



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

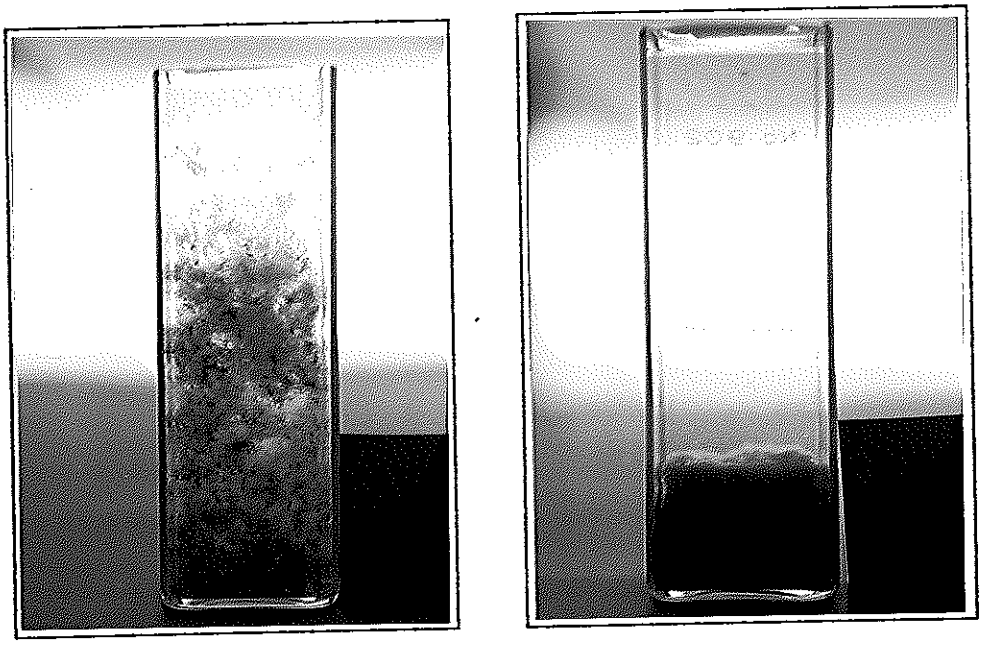
ก. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 20 ppm.



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

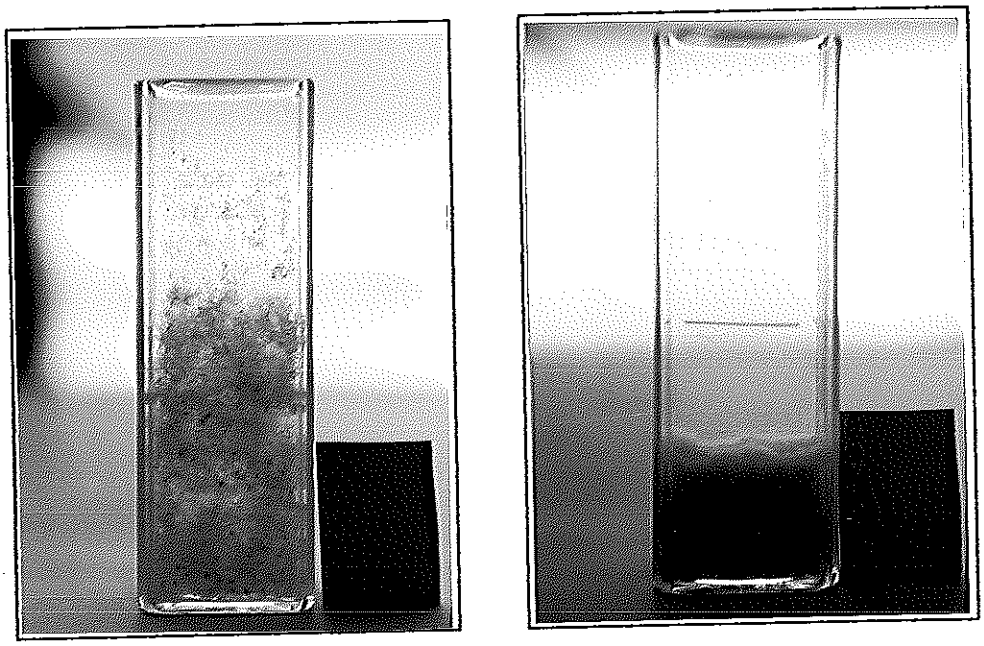
ข. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 40 ppm.

ภาพประกอบ 21 (ต่อ)



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

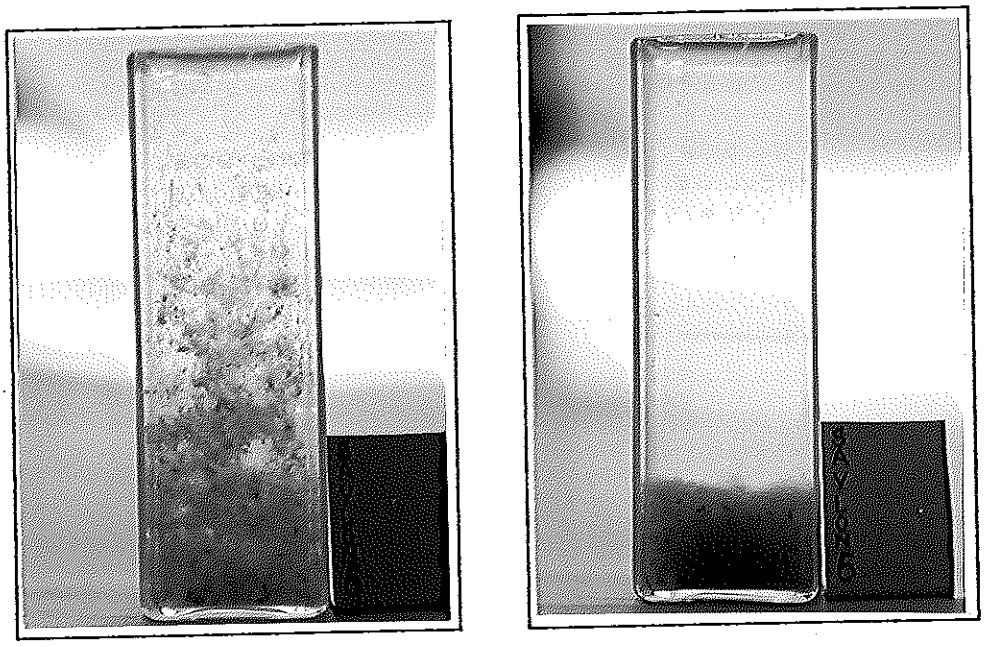
ก. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 80 ppm.



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

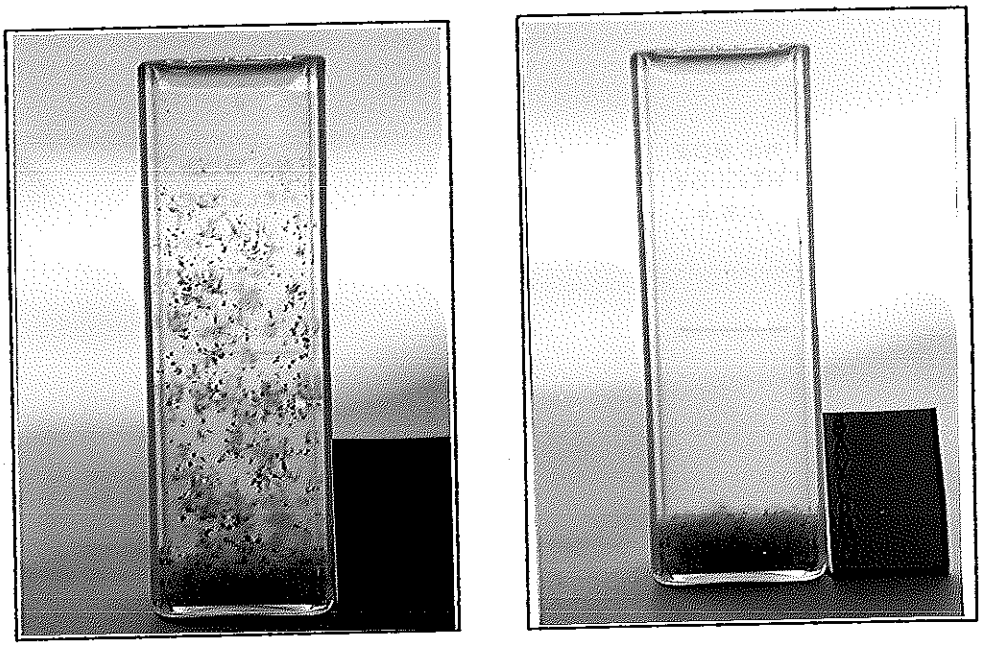
ข. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 160 ppm.

ภาพประกอบ 21 (ต่อ)



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

ก. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 320 ppm.



ช่วงเริ่มต้น ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

ข. ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 640 ppm.

ภาพประกอบ 21 (ต่อ)

บทที่ 4

บทวิจารณ์ สรุป และเสนอแนะ

บทวิจารณ์ และสรุป

1. การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัด

จากการศึกษาผลความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียนั้น สำหรับระบบที่ 1 (สารอินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบมีค่าประมาณ 5.34 g BOD/day) ในช่วงระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 10 ถึง 160 ppm. พบว่าไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบ สาเหตุอาจเนื่องมาจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ยับยั้งฤทธิ์การฆ่าเชื้อของน้ำยา และจุลินทรีย์อาจปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม แต่ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 320 และ 640 ppm. ปรากฏว่าได้ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบ สาเหตุอาจเนื่องมาจากฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อได้ส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบ

ส่วนระบบที่ 2 (สารอินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบมีค่าประมาณ 1.63 g BOD/day) ในช่วงระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 10 ถึง 80 ppm. พบว่าไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบ สาเหตุอาจเนื่องมาจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ยับยั้งฤทธิ์การฆ่าเชื้อของน้ำยา และจุลินทรีย์อาจปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม แต่ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 160 และ 320 ppm. ปรากฏว่าได้ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบ สาเหตุอาจเนื่องมาจากฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อได้ส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบ

จากการเปรียบเทียบของทั้งสองระบบ จะพบว่าน้ำยาฆ่าเชื้อได้ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบที่ 2 มากกว่าระบบที่ 1 สาเหตุอาจเนื่องมาจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียของระบบที่ 1 มีความเข้มข้นมากกว่า จึงทำให้ฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อของน้ำยาลดลงมากกว่า และจำนวนจุลินทรีย์ในระบบที่ 1 ก็มีมากกว่าด้วย

ดังนั้นการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ในระดับปกติของโรงพยาบาล เมื่อทิ้งลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียโดยชีววิทยาแบบใช้อากาศ (ความเข้มข้นของ Savlon ในน้ำทิ้งประมาณ 4.37 ppm.) จะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัด หากใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon เกินกว่าระดับการใช้ปกติแล้ว ฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อที่ส่งผล

ต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบนั้น จะขึ้นอยู่กับขนาดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และจำนวนจุลินทรีย์ในระบบด้วย

2. การศึกษาผลความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย

2.1 ในแง่กิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดนั้น สำหรับระบบที่ 1 ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ถึง 160 ppm. ปรากฏว่าร้อยละการกำจัด SCOD จากการหา Substrate Consumption Rate มีค่าใกล้เคียงกัน รวมทั้งค่าคงที่สำหรับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ (k) และค่าอัตราส่วนระหว่างค่าแตกต่างของ SCOD ที่เวลา 0 และ 60 นาที จากการหา Substrate Consumption Rate กับค่า MLSS มีค่าใกล้เคียงเช่นกัน สาเหตุอาจเนื่องมาจากฤทธิ์การฆ่าเชื้อของน้ำยา Savlon ถูกลดลงโดยสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และจุลินทรีย์ในระบบได้ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม แต่ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 320 และ 640 ppm. ปรากฏว่าร้อยละการกำจัด SCOD รวมทั้งค่าคงที่สำหรับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ และค่าอัตราส่วนระหว่างค่าแตกต่างของ SCOD ที่เวลา 0 และ 60 นาที จากการหา Substrate Consumption Rate กับค่า MLSS มีค่าลดลง สาเหตุอาจมาจากฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อได้ส่งผลต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัด ทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบลดลง

ส่วนระบบที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 0 ถึง 40 ppm. ปรากฏว่า ร้อยละการกำจัด SCOD จากการหา Substrate Consumption Rate มีค่าใกล้เคียงกัน รวมทั้งค่าคงที่สำหรับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ (k) และค่าอัตราส่วนระหว่างค่าแตกต่างของ SCOD ที่เวลา 0 และ 60 นาที จากการหา Substrate Consumption Rate กับค่า MLSS มีค่าใกล้เคียงเช่นกัน สาเหตุอาจเนื่องมาจากฤทธิ์การฆ่าเชื้อของน้ำยา Savlon ถูกลดลงโดยสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และจุลินทรีย์ในระบบได้ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม แต่ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 80 ถึง 320 ppm. ปรากฏว่าร้อยละการกำจัด SCOD รวมทั้งค่าคงที่สำหรับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ และค่าอัตราส่วนระหว่างค่าแตกต่างของ SCOD ที่เวลา 0 และ 60 นาที จากการหา Substrate Consumption Rate กับค่า MLSS มีค่าลดลง สาเหตุอาจมาจากฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อได้ส่งผลต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัด ทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบลดลง

หากดูความแตกต่างของทั้งสองระบบ จะพบว่าผลความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ได้ส่งผลต่อระบบที่ 2 มากกว่า สาเหตุอาจเนื่องมาจากปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และจำนวนจุลินทรีย์ในระบบที่ 2 มีน้อยกว่าในระบบที่ 1

ดังนั้นผลความเข้มของน้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียโดยชีววิทยาแบบใช้อากาศนั้น จะขึ้นอยู่กับจำนวนจุลินทรีย์ในระบบและปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งทำให้ฤทธิ์ของน้ำยาลดลง

2.2 ในแง่ผลกระทบต่อจำนวนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดนั้น จากการศึกษา Standard Plate Count (SPC) ในวันที่หา Substrate Consumption Rate ของทั้ง 2 ระบบ ปรากฏว่า ในช่วงแรกจำนวนจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 20 ppm. สาเหตุอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะการจับตัวกันเป็นกลุ่มฟล็อคของจุลินทรีย์ กล่าวคือมีแบคทีเรียแบบ filamentous เพิ่มจำนวนขึ้น ทำให้ลักษณะการจับตัวกันของจุลินทรีย์ไม่ดีพอ เมื่อนำน้ำตัวอย่างมาปั่นตีให้เป็นเนื้อเดียวกัน จึงทำให้เกิดลักษณะของจุลินทรีย์โดดๆขึ้นเป็นจำนวนมาก ค่า SPC ที่นับได้จึงเพิ่มขึ้น ส่วนในช่วงความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 40 ถึง 640 ppm. ปรากฏว่าค่า SPC เริ่มลดลงตามลำดับ จากการสังเกตพบว่าจุลินทรีย์ได้จับตัวกันเป็นเยื่อเมือกอยู่ตามเส้นใย และเกาะกันเป็นกลุ่มก้อนที่แน่น เมื่อนำน้ำตัวอย่างมาปั่นตีให้เป็นเนื้อเดียวกัน จำนวนจุลินทรีย์โดดๆจึงน้อยลง รวมทั้งฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้ออาจส่งผลต่อจุลินทรีย์ ทำให้จำนวนจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตในอาหารเลี้ยงเชื้อลดลง ค่า SPC ที่นับได้จึงน้อยลง

3. การศึกษาลักษณะการตกตะกอนของ Sludge ในระบบบำบัดน้ำเสีย

จากการติดตามผลดัชนีบ่งชี้การตกตะกอน (SVI) ของทั้งสองระบบ พบว่าในช่วงที่ยังไม่ได้เติมน้ำยาฆ่าเชื้อ ค่า SVI ที่วัดได้ในช่วง 3-4 วันก่อนเติมน้ำยาฆ่าเชื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อผสมน้ำยาฆ่าเชื้อที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm. ลงในน้ำเสียก่อนเข้าระบบ ปรากฏว่าช่วงวันแรกๆที่ผสมน้ำยาฆ่าเชื้อ ค่า SVI มีแนวโน้มลดลง แต่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณหนึ่งอาทิตย์ ค่า SVI กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สาเหตุอาจเกิดจากในช่วงแรกแบคทีเรียแบบ Filamentous ได้รับผลกระทบจากฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อ จากนั้นจึงสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีน้ำยาฆ่าเชื้อ จนถึงระดับความเข้มข้น 20 ppm. หากดูปริมาณตะกอนแขวนลอย(SS) ที่หลุดลอดไปกับน้ำทิ้งในช่วงนี้ ปรากฏว่ามีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง (20 ppm.) สาเหตุเนื่องมาจากแบบจำลองของระบบบำบัดที่ใช้ในการทดลองนี้ มีแผ่นที่กั้นระหว่างส่วนเติมอากาศกับส่วนตกตะกอนสามารถปรับขึ้นลงได้ ประกอบกับอัตราการไหลของน้ำต่ำ และคุณภาพน้ำที่อยู่เหนือชั้นตะกอนมีความใสสูง จึงทำให้สามารถควบคุมปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งให้อยู่ใน

เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งได้ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ 40 ถึง 640 ppm. ปรากฏว่าค่า SVI ได้เริ่มปรับตัวลดลงตามลำดับ สาเหตุเนื่องมาจากฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อได้ส่งผลต่อจุลินทรีย์ในระบบ กล่าวคือ เริ่มปรากฏลักษณะเยื่อเมือกเกาะอยู่ตามเส้นใยของแบคทีเรียแบบ Filamentous และมีการเกาะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนที่แน่นขึ้น ทำให้การตกตะกอนดีขึ้น แต่ในช่วงที่ระบบประสบปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ จะปรากฏลักษณะของ Pin Floc อยู่ในน้ำเหนือชั้นตะกอนขึ้นด้วย จึงทำให้คุณภาพน้ำทิ้งมีค่าปริมาณสารแขวนลอย(SS) เกินเกณฑ์มาตรฐาน

จากการทดลองครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ในระดับปกติ เมื่อกำจัดด้วยการเททิ้งลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาแบบใช้อากาศ (ความเข้มข้นของ Savlon ในน้ำทิ้งประมาณ 4.37 ppm.) จะไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัด ตลอดจนถึงจำนวนและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบ รวมทั้งลักษณะการตกตะกอนของ Sludge ในระบบบำบัด

เป็นที่น่าสังเกตว่า ในการทดลองครั้งนี้ได้ทดสอบผลของน้ำยาฆ่าเชื้อเพียงชนิดเดียว ซึ่งปริมาณการใช้เป็นส่วนหนึ่งของปริมาณการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อทั้งหมดของโรง-พยาบาล ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลต่างๆนั้น จึงอาจจากผลของน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดอื่นที่ใช้รวมกันก็ได้

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดด้านเวลา และงบประมาณ จึงทำให้มีเรื่องที่น่าศึกษาวิจัยเพิ่มเติม เช่น

1. ศึกษาผลความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ต่อ HRT ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งสมบูรณ์ (AS)

2. ศึกษาผลความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ Savlon ต่อรูปแบบระบบบำบัดน้ำเสียชนิดอื่น

3. ศึกษาผลความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดอื่นต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งสมบูรณ์ (AS)

4. ศึกษาวิธีกำจัดน้ำยาฆ่าเชื้อที่ใช้เสร็จแล้ว เช่น นำไปใช้แทนคลอรีนในการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ สิริสิงห. 2525. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ประยูรวงศ์.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ . 2535. วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 2 . พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์.

ควบคุมมลพิษ, กรม. และวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, สมาคม. 2536. ศัพท์บัญญัติ และนิยามสิ่งแวดล้อมน้ำ. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์.

ณรงค์ ณ เชียงใหม่. 2528. อนามัยสิ่งแวดล้อมชุมชน. สงขลา : หน่วยเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

---------. 2535. มลพิษสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์.

ดิลก ฦาวันท์. 2536. รายงานการวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพของระบบกำจัดน้ำเสียโรงพยาบาลหาดใหญ่. ฝ่ายเวชกรรมสังคม โรงพยาบาลหาดใหญ่.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2535. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นวลจิรา ภัทรรังรอง และคณะ. 2527. จุลชีววิทยา และปรสิตวิทยาสำหรับนักศึกษาเภสัช เล่ม 1. สงขลา : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิตยา มหาผล และกิตติพงษ์ ธนศานติ. 2532. " การกำจัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชน ", วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อม. 3 (มกราคม-เมษายน 3534), 5-18.

นิตยา มหาผล และธงชัย อุนทะอ่อน. 2535. "น้ำเน่าและหลักการวิธีการกำจัด", ใน คู่มือการดูแลระบบกำจัดของเสียในโรงพยาบาล. หน้า 6. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ : องค์การทหารผ่านศึก.

บรรจง วรรณยิ่ง และอรพิณ พานิชยานุสนธิ์. 2531. "ยาทำลายเชื้อและยาทำให้ปราศจากเชื้อ", ใน โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล. กรุงเทพฯ : อักษรสมัย.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2534. จุลชีววิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้น-ติ้งเฮาส์.

บุญส่ง แสงอ่อน. 2533. เอกสารประกอบการสอนจุลชีววิทยา. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เบญจา พวงสุวรรณ.2525. รายงานการศึกษาวิเคราะห์ผลงานวิจัย อันดับที่ 6 น้ำทิ้ง-น้ำเสีย.กองวิเคราะห์โครงการและประเมินผล สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน.

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. 2528. เทคนิคทางเคมี. กรุงเทพฯ : ศึกษาพร.

ปลัดกระทรวง,สำนักงาน.กระทรวงสาธารณสุข. 2531. คู่มือปฏิบัติงานโรงพยาบาลชุมชน ฝ่ายสุขาภิบาล และป้องกันโรค. กรุงเทพฯ : องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก

พรรณี พึ่งรัศมี และคณะ. 2524. จุลชีววิทยา เล่ม 1. สงขลา : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พรสวรรค์ วิสุทธิ์วิเศษ. 2522. จุลชีววิทยาทั่วไป. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิกพ พัชรพรรณสกุล และคณะ. 2535. รายงานการศึกษาเรื่อง การประเมินผลระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลลพบุรี. ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 1.

พิษณุวัตน์ ศิริเวช. 2523.การศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของพารามิเตอร์บางตัวที่มีต่อ การตกตะกอนของแอ็คติเว็ดเต็ดสลัจด์. ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (สำเนา)

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. 2525. การออกแบบขั้นตอนกระบวนการของระบบกำจัดน้ำเสีย โดยวิธีชีววิทยา เล่มที่ 1 ความรู้พื้นฐาน. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มาลิน จุลศิริ. 2531. การทำให้ปราศจากเชื้อและการฆ่าเชื้อ. ใน เภสัชจุลชีววิทยา. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ : อักษรบัณฑิต.

มาลิน อังสุรังษี. 2526. "บทที่ 4 การทำให้ปราศจากเชื้อ การทำลายเชื้อ และยาต้านจุลชีพ", ใน จุลชีพวิทยาทางการแพทย์. บรรณาธิการ นรีกุล สุระพัฒน์ และคณะ. หน้า 32. กรุงเทพฯ : กรุงเทพเวชสาร.

เลิศชัย เจริญชัญรักษ์. ม.ป.ป. เอกสารประกอบการสอนวิชา Public Health Laboratory. ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (สำเนา)

วนิดา บัวแย้ม. 2533. "น้ำยาฆ่าเชื้อ และน้ำยาแช่เครื่องมือที่ใช้ในโรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช" วารสารโรงพยาบาลมหาราช นครศรีธรรมราช, 17 : 2 (พฤษภาคม-สิงหาคม 2533), หน้า 55-59.

วรรณวิไล จันทราภา. 2533. "หน่วยที่ 1 มโนมติสุขภาพ และการสาธารณสุข", ใน เอกสารประกอบการสอนชุดวิชา การสาธารณสุข 1 หน่วยที่ 1-7. หน้า 37. กรุงเทพฯ : กิ่งจันทร์การพิมพ์.

วันเพ็ญ วิโรจนกูฏ. 2531. ชีววิทยาสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 2 .ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วินัย พรมจรรย์. 2537. " การหาค่าคงที่ทางจลศาสตร์ของกระบวนการกำจัดน้ำเสีย จากโรงงานยางพารา ด้วยวิธี Activated Sludge ", วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2533. ชีววิทยาของแบคทีเรีย. สงขลา : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วิลาวัณย์ อิจจิมากุล. 2529. กระบวนการสร้างและสลายของจุลินทรีย์. สงขลา : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วีระชัย โชควิญญู. 2530. เทคนิคการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านแบคทีเรีย. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์.

ศาณี ทิพย์ทะเบียนการ. 2534. "สมรรถนะของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลในกรุงเทพมหานคร", วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สงขลานครินทร์, มหาวิทยาลัย. คณะวิทยาศาสตร์. 2523. คู่มือปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมหวัง ด่านชัยวิจิตร. 2536. "การควบคุมโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลในประเทศไทย", วารสารโรคติดเชื้อ และยาต้านจุลชีพ. ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2536), หน้า 52-54.

สมหวัง ด่านชัยวิจิตร,โสภณ คงสำราญ, และอมร ลีลารัศมี . 2529. "Antiseptic, Disinfectant, Sterilization." ใน โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์.

สุพร วิมลวัตรเวที. 2521. "ผลของความเข้มข้นของผงขัดทำความสะอาดต่อระบบกำจัดน้ำเสีย วิธีชีววิทยาแบบแอร์โรบิค", วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรพล สายพานิช. ม.ป.ป. วิธีควบคุม และปัญหาในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนแร่ง. ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (สำเนา)

เสริมพล รัตนสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2524. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งชุมชน. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย.

อนามัย, กรม . 2535. คู่มือการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ : องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

อนามัยสิ่งแวดล้อม เขต 4 ราชบุรี, ศูนย์. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2535. เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การดูแลและบำรุงรักษาระบบกำจัดน้ำเสีย.

อนุวัตร ลิ้มสุวรรณ และบรรจง รัตนอุบล. 2523. "ยาทำลายเชื้อและยาทำให้ปราศจากเชื้อ." ใน โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล. กรุงเทพฯ : อักษรสมัย.

อุดมผล พืชไพบูลย์. 2535. เทคนิคการวิเคราะห์น้ำ และน้ำเสีย. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อุรุสา อินทรสุขศรี และวิลาวัลย์ สุนทรารักษ์. 2536. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อ. กรุงเทพฯ:ฝ่ายทดสอบยาทางชีววิทยา กองวิเคราะห์ยา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

Albertson, O.E. and Others. 1976. Operation of Wastewater Treatment Plants. Washington D.C. : Water Pollution Control Federation.

Alcamo, I.Edward. 1983. Fundamentals of Microbiology. U.S.A. : Addison – Wesley.

APHA, AWWA and WPCF. 1989. Standard Method for Examination for Water and Wastewater. 17 th ed. U.S.A. : APHA.

Block, S.Seymour. 1991, Disinfection, Sterlization, and Preservation. 4 th ed, U.S.A. : Lea&Febiger.

Bolton, R.L. and Klein, L. 1976. Sewage Treatment. London : Butterwerths.

Cruickshank ,R. ,Duguid ,J.P. ,Marmion ,B.P. and Swain ,R.H.A. 1973. Medical Microbiology. 12 th ed, Volume 1, Singapore : Churchill Liviingstone.

Fresenius, W., et al. 1989. Waste Water Technology : Origin ,Collection , Treatment and Analysis of Wastewater. Germany : Springer-Verlag.

Gray, N.F. 1989. Biology of Wastewater Treatment. New York : Oxford.

Hammer ,Mark J. 1977. Water and Wastewater Technology. New York : John Wiley & Sons.

Metcalf & Eddy. 1972. Wastewater Engineering Collection ,Treatment and Disposal. New York. : McGraw-Hill.

--------. 1991. Wastewater Engineering Treatment ,Disposal and Rense. 3 rd ed. Singapore : McGraw-Hill.

Environmental Health Division, Ministry of Public Health. 1989. Development of Appropriate and Economic Treatment System for Hospital Wastewater. Bangkok

Pelczar ,M.J.Jr.,E.C.S. Chan and N.R.Krieg. 1986. Microbiology. 5 th ed. New York : McGraw-Hill.

Russell ,A.D. ,Hugo ,W.B. and Ayliffe ,G.A.J. 1992. Principles and Practise of Disinfection ,Preservation and Sterilization. 2 nd ed. Hong Kong : Blackwell Scientific .

ภาคผนวก

ตารางผนวก 1. ผลการทดลอง

Date	Feed Savlon (ppm.)	Reacter 1										Reacter 2									
		SCOD			BOD			SS of Eff (mg/l)	SV 30 (ml/l)	MLSS (mg/l)	SVI	SCOD			BOD			SS of Eff (mg/l)	SV 30 (ml/l)	MLSS (mg/l)	SVI
		Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	% Remove (%)	Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	% Remove (%)					Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	% Remove (%)	Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	% Remove (%)				
27-Apr-94	0	616	13	97.85	350	4.00	98.86	14	145	1,060	137	188	15	91.78	110	4.00	96.36	5	90	570	158
28-Apr-94	0	535	18	96.64	350	6.90	98.03	11	150	1,075	140	167	10	93.80	111	3.70	96.68	4	100	560	179
29-Apr-94	0	548	7	98.76	375	4.00	98.93	20	160	1,280	125	158	5	96.84	107	3.10	97.09	11	100	605	165
30-Apr-94	0	548	11	97.95	363	4.00	98.90	14	170	1,400	121	184	7	96.20	116	2.60	97.76	11	100	695	144
01-May-94	0	548	16	97.00	381	2.70	99.29	5	185	1,375	135	163	8	94.87	111	2.60	97.66	4	100	715	140
02-May-94	0	565	16	97.23	357	1.70	99.52	7	195	1,425	137	188	5	97.54	116	2.10	98.19	7	100	725	138
03-May-94	0	590	19	96.75	380	2.60	99.26	2	200	1,500	133	180	14	91.97	104	1.90	98.17	5	100	700	143
04-May-94	0	556	19	96.67	370	3.50	99.05	6	200	1,545	130	171	20	88.15	108	1.90	98.24	3	100	735	136
05-May-94	0	591	14	97.60	345	2.60	99.25	13	200	1,555	129	197	12	94.14	122	2.00	98.36	6	100	755	133
06-May-94	0	586	6	99.01	390	2.40	99.38	20	205	1,655	124	180	1	99.61	111	2.60	97.66	19	100	805	124
07-May-94	0	574	16	97.17	335	4.00	98.81	3	210	1,705	123	180	12	93.23	110	1.80	98.36	2	110	690	131
08-May-94	0	582	13	97.72	340	0.90	99.74	3	220	1,805	122	180	10	94.34	123	1.20	99.02	2	115	695	166
09-May-94	0	595	14	97.72	390	2.90	99.26	6	220	1,890	116	176	6	96.85	113	1.70	98.49	6	110	685	161
10-May-94	0	551	12	97.77	430	0.30	99.93	3	210	1,825	115	164	8	94.90	114	2.70	97.63	4	108	680	159
11-May-94	0	561	11	97.96	405	1.10	99.73	5	210	1,820	115	184	19	89.88	131	2.40	98.16	7	110	690	159
12-May-94	0	546	12	97.79	395	2.20	99.44	12	210	1,805	116	169	4	97.42	117	1.60	98.63	4	110	710	155
13-May-94	0	546	11	97.92	360	2.10	99.42	15	205	1,710	120	169	4	97.85	116	1.50	98.71	7	108	710	152
14-May-94	0	565	16	97.22	380	1.80	99.53	8	215	1,840	117	169	5	97.15	114	1.00	99.12	9	115	760	151

ตารางผนวก 1. (ต่อ)

Date	Feed Savlon (ppm.)	Reacter 1										Reacter 2									
		SCOD			BOD			SS	SV 30	MLSS	SVI	SCOD			BOD			SS	SV 30	MLSS	SVI
		Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	% Remove (%)	Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	% Remove (%)	of Eff (mg/l)	(ml/l)	(mg/l)		Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	% Remove (%)	Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	% Remove (%)	of Eff (mg/l)	(ml/l)	(mg/l)	
15-May-94	0	561	24	95.77	430	1.70	99.60	8	225	1,790	126	174	13	92.79	123	1.70	98.62	6	120	695	173
16-May-94	0	556	20	96.37	390	1.70	99.56	2	260	1,825	143	189	12	93.80	132	0.30	99.77	8	130	710	183
17-May-94	0	565	15	97.39	390	3.50	99.10	8	270	1,810	149	179	14	92.34	108	2.50	97.69	8	140	620	226
18-May-94	0	562	11	98.11	375	2.50	99.33	7	250	1,830	130	181	7	96.29	96	1.70	98.23	8	140	650	215
19-May-94	0	543	26	95.13	385	6.10	98.42	5	280	1,860	151	176	21	87.81	120	4.50	96.26	5	150	680	221
20-May-94	10	581	26	95.48	405	3.60	99.11	3	290	1,700	171	181	21	88.30	125	3.90	96.87	2	150	575	261
21-May-94	10	571	20	96.45	390	2.10	99.46	3	350	2,010	174	190	13	92.92	134	3.40	97.46	5	160	730	219
22-May-94	10	581	23	95.96	340	2.70	99.21	5	570	2,035	280	181	9	95.03	114	3.30	97.11	11	170	635	268
23-May-94	10	571	15	97.34	370	2.40	99.35	2	460	2,085	221	181	9	94.78	117	4.70	95.99	5	150	660	227
24-May-94	10	552	8	98.49	375	2.80	99.25	4	450	2,045	220	181	5	97.19	119	4.70	96.04	12	150	745	201
25-May-94	10	543	10	98.13	385	4.20	98.91	2	480	1,970	244	181	13	92.67	111	4.60	95.87	3	160	650	246
26-May-94	10	576	11	98.17	360	2.80	99.22	6	415	2,135	194	176	-3	101.66	111	5.20	95.32	8	160	780	205
27-May-94	10	590	12	97.92	290	1.00	99.66	3	380	2,115	180	190	6	97.04	87	3.70	95.75	7	170	790	215
28-May-94	10	586	19	96.74	370	2.20	99.41	1	400	2,025	198	186	10	94.53	111	2.20	98.02	2	205	650	315
29-May-94	10	609	23	96.19	365	2.40	99.34	2	520	2,155	241	195	21	89.47	116	1.60	98.62	6	190	645	295
30-May-94	20	619	25	95.93	400	3.90	99.03	2	620	2,210	281	190	7	96.22	120	1.30	98.92	2	200	555	360
31-May-94	20	595	20	96.59	375	2.40	99.36	3	790	2,200	359	200	7	96.32	131	0.10	99.92	4	210	575	365
01-Jun-94	20	614	14	97.69	325	0.30	99.91	2	810	2,160	375	205	8	95.92	107	1.50	98.60	4	220	790	279
02-Jun-94	20	614	8	98.64	350	0.30	99.91	4	850	2,255	377	205	5	97.61	108	2.50	97.69	10	225	640	352

ตารางผนวก 1. (ต่อ)

Date	Feed Savlon (ppm.)	Reacter 1										Reacter 2									
		SCOD			BOD			SS of Eff	SV 30	MLSS	SVI	SCOD			BOD			SS of Eff	SV 30	MLSS	SVI
		Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	%Remove (%)	Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	%Remove (%)	(mg/l)	(ml/l)	(mg/l)		Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	%Remove (%)	Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	%Remove (%)	(mg/l)	(ml/l)	(mg/l)	
03-Jun-94	20	624	14	97.74	360	0.50	99.86	1	870	2,315	376	214	16	92.36	144	3.30	97.71	4	230	640	359
04-Jun-94	20	595	13	97.80	400	0.70	99.83	1	870	2,405	362	205	9	95.43	132	1.30	99.02	4	230	675	341
05-Jun-94	20	614	11	98.18	415	0.60	99.86	2	900	2,495	361	205	7	96.81	129	2.30	98.22	6	230	680	338
06-Jun-94	40	619	12	98.05	350	0.60	99.83	1	920	2,710	340	219	21	90.29	126	1.70	98.65	3	225	780	289
07-Jun-94	40	628	12	98.07	365	0.90	99.75	1	920	2,340	393	219	8	96.52	116	2.30	98.01	7	240	830	289
08-Jun-94	40	609	14	97.69	410	1.40	99.66	1	910	2,575	353	229	9	95.91	114	3.00	97.37	4	235	835	281
09-Jun-94	40	614	11	98.15	405	1.80	99.56	4	900	2,595	347	214	7	96.52	131	1.10	99.16	5	220	785	280
10-Jun-94	40	633	8	98.68	385	1.20	99.69	4	900	2,640	341	214	7	96.52	113	1.80	98.40	5	200	765	255
11-Jun-94	40	594	9	98.45	280	0.30	99.89	2	890	2,745	324	225	-1	100.29	81	0.10	99.88	15	180	720	250
12-Jun-94	40	594	11	98.10	300	1.10	99.63	3	875	2,720	322	211	5	97.42	105	0.70	99.33	5	180	735	245
13-Jun-94	80	630	9	98.50	315	1.80	99.43	5	850	2,740	310	243	11	95.33	95	0.90	99.05	4	170	755	225
14-Jun-94	80	644	13	97.97	420	0.50	99.88	1	850	2,635	323	247	12	95.03	114	1.40	98.77	3	170	705	241
15-Jun-94	80	657	15	97.69	400	1.60	99.60	2	835	2,540	329	252	10	95.85	135	1.30	99.04	5	175	695	252
16-Jun-94	80	648	12	98.09	290	0.90	99.69	4	800	2,570	311	234	15	93.79	75	1.50	98.01	6	180	755	238
17-Jun-94	80	662	13	98.00	410	0.50	99.88	3	800	2,810	285	257	13	95.09	111	0.90	99.19	7	175	785	223
18-Jun-94	80	639	9	98.65	395	3.40	99.14	7	800	2,580	310	252	13	94.66	123	2.60	97.89	5	165	720	229
19-Jun-94	80	671	13	98.02	420	0.90	99.79	3	760	2,755	276	266	15	94.29	98	0.60	99.39	2	175	720	243
20-Jun-94	80	684	10	98.58	450	2.10	99.53	8	730	2,705	270	261	11	95.65	99	0.90	99.09	4	170	765	222
21-Jun-94	80	621	12	98.01	260	1.10	99.58	4	735	2,645	278	224	12	94.52	83	0.40	99.52	3	160	760	210

ตารางผนวก 1. (ต่อ)

Date	Feed Savlon (ppm.)	Reacter 1										Reacter 2									
		SCOD			BOD			SS of Eff (mg/l)	SV 30 (ml/l)	MLSS (mg/l)	SVI	SCOD			BOD			SS of Eff (mg/l)	SV 30 (ml/l)	MLSS (mg/l)	SVI
		Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	% Remove (%)	Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	% Remove (%)					Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	% Remove (%)	Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	% Remove (%)				
22-Jun-94	80	634	14	97.86	330	1.10	99.67	6	740	2,680	276	233	15	93.45	90	0.60	99.33	3	165	730	226
23-Jun-94	80	635	13	97.92	370	1.40	99.62	2	715	2,640	271	223	10	95.64	125	0.80	99.36	8	155	755	205
24-Jun-94	160	662	16	97.59	405	1.70	99.58	5	720	2,705	266	300	15	94.91	135	1.80	98.67	3	160	700	229
25-Jun-94	160	691	16	97.71	470	2.00	99.57	9	720	2,705	266	313	27	91.26	161	2.40	98.50	4	160	795	201
26-Jun-94	160	700	19	97.25	340	1.40	99.59	3	715	2,820	254	304	35	88.43	110	4.50	95.90	2	160	780	205
27-Jun-94	160	704	17	97.53	320	1.30	99.59	4	710	2,710	262	317	41	86.98	96	6.30	93.45	3	160	780	205
28-Jun-94	160	665	18	97.36	295	2.10	99.29	6	685	2,690	255	283	39	86.29	86	6.50	92.43	9	160	850	188
29-Jun-94	160	652	16	97.62	295	6.30	97.87	6	690	2,695	256	296	48	83.63	110	9.40	91.43	5	155	815	190
30-Jun-94	160	635	15	97.70	420	2.40	99.43	7	700	2,585	271	275	51	81.29	132	16.50	87.50	5	150	755	199
01-Jul-94	160	585	8	98.59	156	3.90	97.50	14	720	2,710	266	257	48	81.43	72	10.90	84.88	8	150	720	208
02-Jul-94	160	629	16	97.40	270	3.30	98.78	15	700	2,600	269	281	51	81.92	96	13.50	85.96	9	160	715	224
03-Jul-94	160	620	13	97.98	330	8.10	97.55	17	690	2,595	266	271	49	81.92	111	11.40	89.75	11	160	735	218
04-Jul-94	160	605	7	98.92	350	5.10	98.54	17	730	2,625	278	266	50	81.21	120	9.10	92.42	11	160	785	204
05-Jul-94	320	765	7	99.12	345	5.20	98.49	30	760	2,760	275	407	40	90.09	74	10.00	86.41	15	160	800	200
06-Jul-94	320	712	55	92.30	320	3.30	98.97	20	800	2,720	294	392	67	83.03	111	5.70	94.88	17	170	810	210
07-Jul-94	320	823	72	91.31	450	9.20	97.96	17	780	2,735	285	445	83	81.27	168	10.70	93.64	15	170	830	205
08-Jul-94	320	813	92	88.64	470	14.50	96.92	26	800	2,810	285	455	99	78.31	177	13.90	92.15	41	160	790	203
09-Jul-94	320	847	137	83.79	410	15.20	96.29	14	660	2,935	232	479	206	57.05	125	19.70	84.18	19	140	725	193
10-Jul-94	320	847	162	80.86	360	14.70	95.92	35	620	2,885	215	460	211	54.19	159	30.30	80.98	19	110	665	165

ตารางผนวก 1. (ต่อ)

Date	Feed Savlon (ppm.)	Reacter 1										Reacter 2									
		SCOD			BOD			SS of Eff (mg/l)	SV 30 (ml/l)	MLSS (mg/l)	SVI	SCOD			BOD			SS of Eff (mg/l)	SV 30 (ml/l)	MLSS (mg/l)	SVI
		Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	%Remove (%)	Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	%Remove (%)					Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	%Remove (%)	Inf (mg/l)	Eff (mg/l)	%Remove (%)				
11-Jul-94	320	871	179	79.46	410	14.20	96.54	32	560	2,830	198	470	229	51.32	141	34.00	75.95	9	70	580	121
12-Jul-94	320	820	161	80.41	400	12.70	96.83	40	520	2,655	196	444	212	52.21	102	21.70	78.75	13	60	480	125
13-Jul-94	320	788	146	81.50	425	9.80	97.70	31	550	2,785	198	453	193	57.44	149	24.20	83.73	20	40	400	100
14-Jul-94	320	838	144	82.86	380	10.60	97.21	29	650	2,935	222	449	213	52.65	155	24.10	84.41	18	40	410	98
15-Jul-94	320	797	128	83.97	500	19.90	96.02	31	650	2,900	224	440	191	56.49	165	33.10	79.95	16	40	420	95
16-Jul-94	320	820	128	84.37	460	15.80	96.57	35	655	2,955	222	444	211	52.42	153	30.80	79.90	14	30	400	75
17-Jul-94	320	788	118	85.05	435	15.90	96.35	31	660	2,915	226	453	193	57.44	149	32.80	77.93	20	30	300	100
18-Jul-94	320	820	130	84.19	440	13.30	96.98	29	670	2,870	233	463	213	54.08	150	24.10	83.94	18	20	280	71
19-Jul-94	320	815	151	81.43	400	16.40	95.90	15	650	2,845	229	458	217	52.68	138	25.40	81.62	8	30	300	100
20-Jul-94	320	829	131	84.20	390	15.80	95.95	22	640	2,940	218	458	224	51.02	159	20.00	87.44	15	30	210	143
21-Jul-94	640	1,081	190	82.44	440	16.30	96.30	9	625	2,845	220										
22-Jul-94	640	1,141	203	82.25	450	17.80	96.05	17	630	3,030	208										
23-Jul-94	640	1,091	222	79.69	443	19.80	95.53	18	530	2,975	178										
24-Jul-94	640	1,081	248	77.02	450	22.60	94.98	27	480	2,950	163										
25-Jul-94	640	1,161	230	80.17	570	81.80	85.65	91	330	2,530	130										
26-Jul-94	640	1,061	470	55.70	345	111.20	67.79	34	190	2,215	86										
27-Jul-94	640	1,066	450	57.83	458	136.70	70.13	28	170	2,030	84										
28-Jul-94	640	1,071	383	64.25	510	153.30	69.96	21	200	1,745	115										
29-Jul-94	640	1,119	366	67.28	615	120.30	80.45	13	210	2,135	98										

ตารางผนวก 1. (ต่อ)

Date	Feed	Reacter 1										Reacter 2									
		SCOD			BOD			SS	SV 30	MLSS	SVI	SCOD			BOD			SS	SV 30	MLSS	SVI
	Savlon	Inf	Eff	% Remove	Inf	Eff	% Remove	of Eff				Inf	Eff	% Remove	Inf	Eff	% Remove	of Eff			
	(ppm.)	(mg/l)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(ml/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(ml/l)	(mg/l)	
30-Jul-94	640	1,128	341	69.76	631	90.60	85.63	24	230	2,255	102										
31-Jul-94	640	1,147	330	71.20	600	45.20	92.47	15	240	2,030	118										
01-Aug-94	640	1,147	358	68.75	615	68.70	85.58	16	240	2,095	115										
02-Aug-94	640	1,128	317	71.91	630	81.40	87.09	20	240	2,015	119										
03-Aug-94	640	1,147	284	75.27	608	81.50	86.60	19	250	2,075	121										
04-Aug-94	640	1,147	284	75.23	630	51.40	91.85	24	250	2,230	112										
05-Aug-94	640	1,166	228	80.47	495	24.00	95.15	97	250	2,325	108										
06-Aug-94	640	1,154	287	75.10	690	121.60	82.38	26	240	2,355	102										
07-Aug-94	640	1,135	283	75.08	595	72.10	87.68	31	230	2,030	113										
08-Aug-94	640	1,145	264	76.99	525	66.40	87.36	28	230	2,375	97										

ตารางผนวก 2. ค่า Substrate Consumption Rate ของระบบที่ 1

Time (min)	Savlon 0 ppm.		Savlon 10 ppm.		Savlon 20 ppm.		Savlon 40 ppm.		Savlon 80 ppm.		Savlon 160 ppm.		Savlon 320 ppm.		Savlon 640 ppm.	
	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)
0	505	0.00	496	0.00	547	0.00	559	0.00	567	0.00	465	0.00	569	0.00	760	0.00
30	314	37.70	281	43.30	338	38.30	342	38.70	339	40.10	252	45.90	463	18.50	632	16.90
60	162	67.90	119	76.00	167	69.60	167	70.20	146	74.20	102	78.10	344	39.50	522	31.30
90	105	79.30	67	86.50	81	85.20	59	89.50	52	90.90	63	86.50	257	54.90	436	42.90
120	57	88.70	57	88.50	52	90.40	36	93.50	52	90.90	39	91.70	174	69.40	371	51.20
150	29	84.90	42	91.40	37	93.20	32	94.30	52	90.90	29	93.90	124	78.20	321	57.80

ตารางผนวก 3. ค่า Substrate Consumption Rate ของระบบที่ 2

Time (min)	Savlon 0 ppm.		Savlon 10 ppm.		Savlon 20 ppm.		Savlon 40 ppm.		Savlon 80 ppm.		Savlon 160 ppm.		Savlon 320 ppm.	
	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)	SCOD (mg/l)	%Remove SCOD (%)
0	200	0.00	167	0.00	167	0.00	189	0.00	190	0.00	208	0.00	368	0.00
30	124	38.10	91	48.50	88	48.60	108	42.90	150	18.70	194	7.00	348	5.00
60	76	61.90	38	75.70	30	82.20	48	74.80	133	28.20	165	20.90	326	11.20
90	42	78.90	19	87.90	21	87.20	24	87.10	107	40.60	155	25.60	311	15.00
120	32	84.00	19	88.20	17	90.00	21	89.10	90	50.00	131	37.20	311	15.00
150	28	86.10	14	90.90	16	90.60	18	90.30	96	52.40	111	46.60	298	19.90

ตารางผนวก 4. จำนวนจุลินทรีย์ และ MLSS ของระบบบำบัดน้ำเสียในวันที่หา

Substrate Consumption Rate

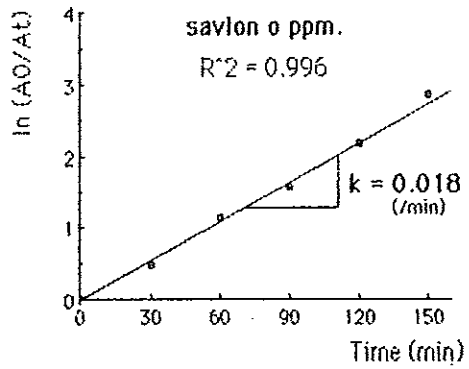
Savlon (ppm.)	Reacter 1		Reacter 2	
	SPC (cfu/ml)	MLSS (mg/l)	SPC (mg/l)	MLSS (mg/l)
0	2.21×10^6	1,930	1.05×10^6	650
10	5.50×10^6	2,025	1.69×10^6	650
20	1.95×10^7	2,405	7.40×10^6	675
40	4.40×10^6	2,745	1.36×10^6	720
80	1.73×10^6	2,640	4.10×10^5	755
160	7.30×10^6	2,600	2.77×10^5	715
320	1.00×10^5	2,915	5.00×10^4	300
640	7.90×10^4	2,355		

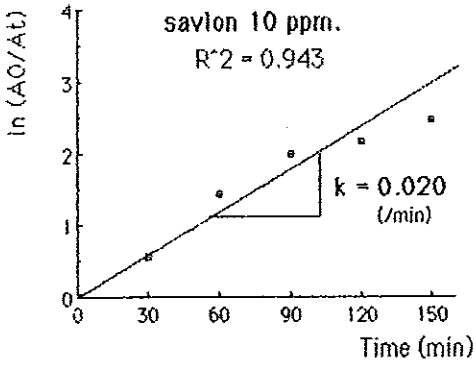
ตารางผนวก 5. ค่าอัตราส่วนระหว่างค่าแตกต่างของ SCOD ที่เวลา 0 และ 60 นาที จากการหา Substrate Consumption Rate กับค่า MLSS ของระบบที่ 1

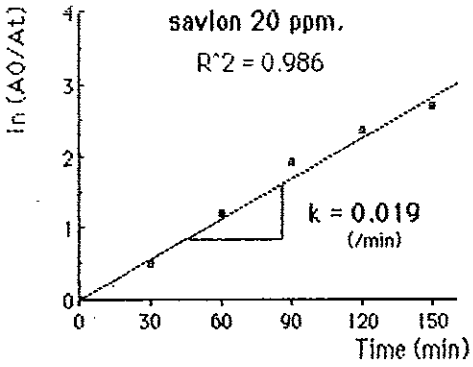
Savlon (ppm.)	SCOD at 0 min (mg/l)	SCOD at 60 min (mg/l)	Δ SCOD (mg/l)	MLSS (mg/l)	Δ SCOD / MLSS (mg SCOD / mg MLSS)
0	505	162	343	1,930	0.18
10	495	119	376	2,025	0.19
20	547	167	380	2,405	0.16
40	558	167	391	2,745	0.14
80	567	146	421	2,640	0.16
160	465	102	363	2,600	0.14
320	568	344	224	2,915	0.08
640	760	522	238	2,355	0.10

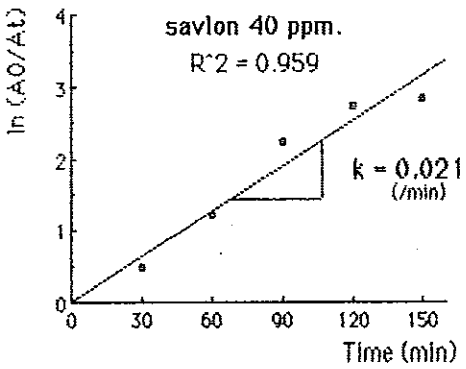
ตารางผนวก 6. ค่าอัตราส่วนระหว่างค่าแตกต่างของ SCOD ที่เวลา 0 และ 60 นาที จากการหา Substrate Consumption Rate กับค่า MLSS ของระบบที่ 2

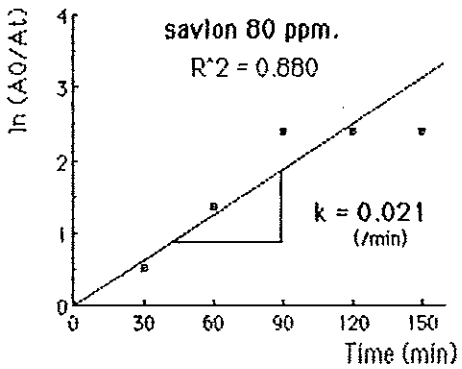
Savlon (ppm.)	SCOD at 0 min (mg/l)	SCOD at 60 min (mg/l)	Δ SCOD (mg/l)	MLSS (mg/l)	Δ SCOD / MLSS (mg SCOD / mg MLSS)
0	200	76	124	650	0.19
10	157	38	119	650	0.18
20	167	30	137	675	0.20
40	189	48	141	720	0.20
80	180	133	47	755	0.06
160	208	165	43	715	0.06
320	366	325	41	300	0.14

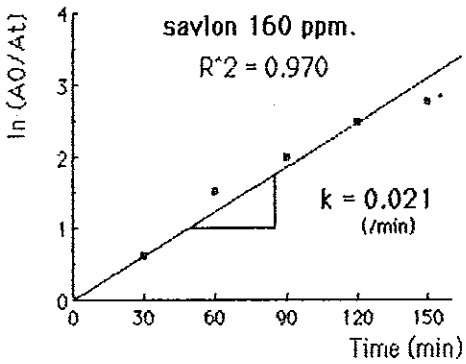


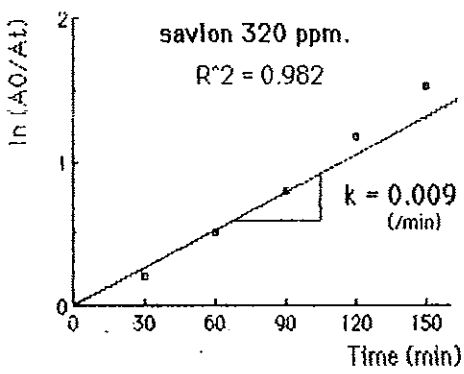


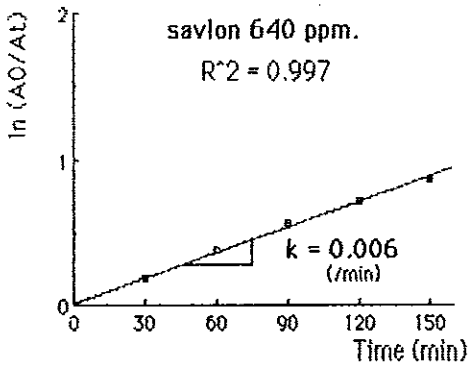




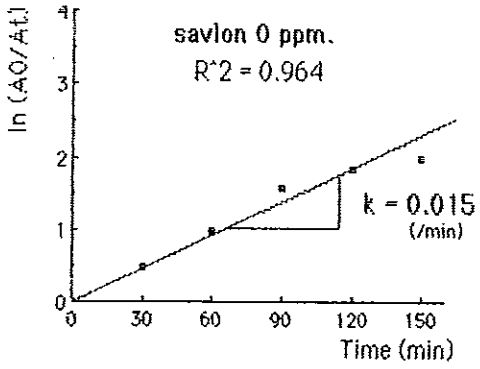


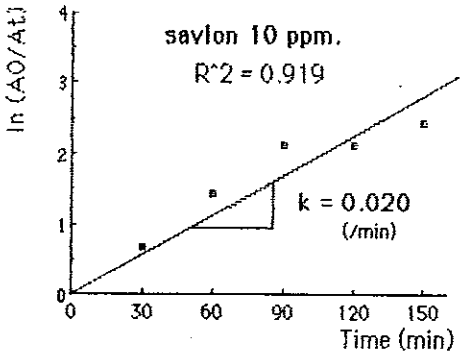


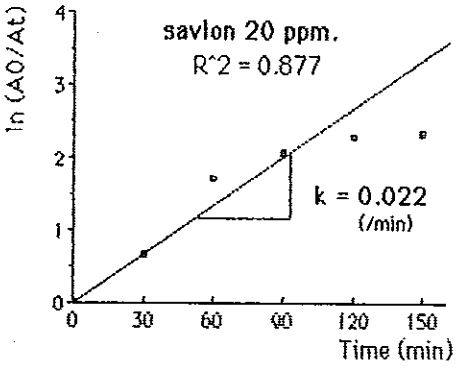


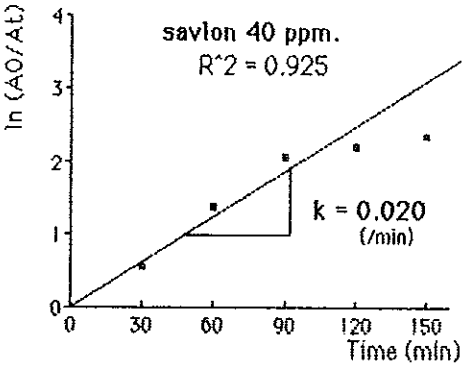


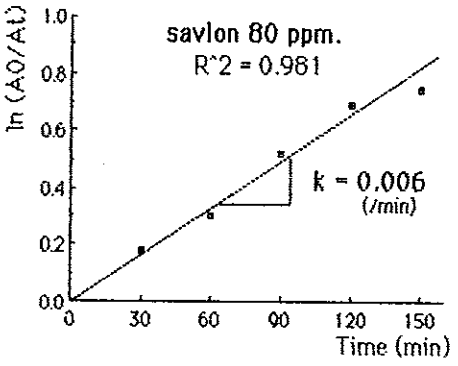
ภาพผนวก 1 ค่าคงที่สำหรับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ (k) จากการหา Substrate Consumption Rate ของระบบที่ 1

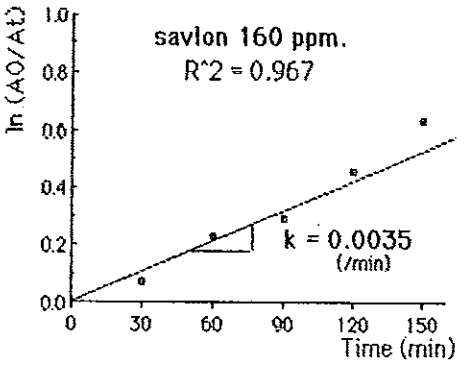


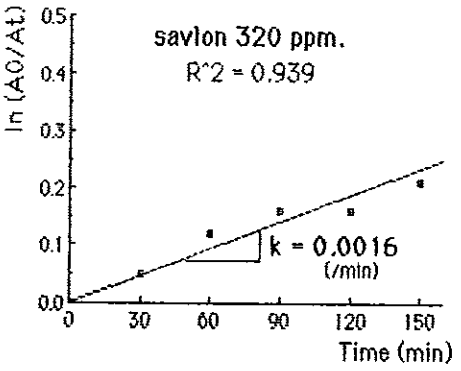












ภาพผนวก 2 ค่าคงที่สำหรับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ (k) จากการหา Substrate Consumption Rate ของระบบที่ 2

วิธีวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสีย

(ตามวิธีการใน Standard Method for Examination of Water and Wastewater)

Soluble Chemical Oxygen Demand (SCOD)

วิธีการวิเคราะห์หาค่า SCOD ทำโดย 2 ขั้นตอน คือขั้นแรกจะนำน้ำตัวอย่างกรองของแข็งแขวนลอย(SS)ในน้ำออกก่อน จากนั้นจะนำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองไปหาค่า COD

ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids ; SS)

ของแข็งแขวนลอย หมายถึงปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ และสามารถกรองได้ด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (Whatman GF/C) บางครั้งเรียกของแข็งประเภทนี้ว่า nonfilterable solids มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

1. เครื่องมือและอุปกรณ์
   - 1.1 กระดาษกรองใยแก้ว
   - 1.2 กรวยกรองบุคเนอร์ (buchner funnel)
   - 1.3 เครื่องดูดอากาศ (suction pump)
   - 1.4 ตู้อบ (drying oven)
   - 1.5 เครื่องชั่งละเอียด
2. ขั้นตอนการวิเคราะห์

2.1 อบกระดาษกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103–105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งหาน้ำหนัก

2.2 เลือกปริมาณตัวอย่างน้ำ ที่จะได้ปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิกรัม

2.3 วางกระดาษลงในกรวยบุคเนอร์ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ

2.4 ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกเพื่อให้ติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์

2.5 กรองน้ำตัวอย่างโดยอาศัยแรงดูดจากเครื่องดูดอากาศ

2.6 ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมด

2.7 ปิดเครื่องดูดอากาศ คีบกระดาษกรองใส่ภาชนะทนไฟ เช่น จานเพาะเชื้อ หรือกระจกนาฬิกา นำไปอบที่อุณหภูมิ 103–105 องศาเซลเซียส ในตู้อบประมาณ 1 ชั่วโมง

2.8 ทิ้งให้เย็นลงจนเท่าอุณหภูมิห้องในเดซิเคเตอร์ ชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

3. การคำนวณ

ของแข็งแขวนลอย (mg/l) = [(A-B) x 1000] / ปริมาณตัวอย่างน้ำ (ml)

โดยที่ A = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม)

B = น้ำหนักกระดาษกรองหลังการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม)

การหาค่า Chemical Oxygen Demand (COD)

1. เครื่องมือ

1.1 Reflux Apparatus ประกอบด้วยขวดขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งมีคอที่ทำด้วย ground glass 24/40 และ condenser 300 mm Jacket Liebig ซึ่งมีข้อต่อซึ่งทำด้วย ground glass 24/40

1.2 Hot Plate

1.3 บุเรตขนาด 50 มิลลิลิตร

2. สารเคมี

2.1 สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.25 M : เตรียมโดยชั่ง $Fe(NH_4)_2$ $6H_2O$ 98 กรัม ละลายในน้ำกลั่น เติม conc.H_2SO_4 20 มิลลิลิตร ปล่อยให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

2.2 สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 0.0417 M : ละลาย 12.259 กรัม $K_2Cr_2O_7$ (อบให้แห้งที่ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) ในน้ำกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร (ถ้าจำเป็นให้เติม 120 มิลลิกรัม sulfamic acid เพื่อกำจัดการขัดขวางการหาเนื่องจาก NO_2

2.3 สารละลายกรดกำมะถัน : ผสม Ag_2SO_4 และ conc. H_2SO_4 ด้วยสัดส่วน 5.5 กรัมของ Ag_2SO_4 ต่อ 1 กิโลกรัมของ conc. H_2SO_4 ตั้งทิ้งไว้ 2-3 วัน ก่อนนำไปใช้

2.4 ผง $HgSO_4$

2.5 Ferrion indicater solution : เตรียมโดยชั่ง 1,10-phenanthroline monohydrate 1.485 กรัม และ $FeSO_4$ $7H_2O$ 695 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวมเท่ากับ 100 มิลลิลิตร

3. ขั้นตอนการทดลอง

3.1 การหาค่าซีโอดี

3.1.1 ดวงตัวอย่างปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดสำหรับหาค่าซีโอดีขนาด 250 มิลลิลิตร

3.1.2 เติม $HgSO_4$ 0.4 กรัม และ glass beads 2–3 เม็ด

3.1.3 เติมสารละลายกรดกำมะถัน (มี Ag_2SO_4 ผสมอยู่ก่อนแล้ว) 5 มิลลิลิตร อย่างช้าๆ ผสมและทิ้งไว้ให้เย็น

3.1.4 เติมสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 0.0417 M 10 มิลลิลิตร

3.1.5 เติมสารละลายกรดกำมะถัน 25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

3.1.6 นำขวดหาค่าซีโอดีต่อกับ condenser เปิดน้ำหล่อเย็น

3.1.7 เปิดเตาให้ความร้อน ทำการ reflux 2 ชั่วโมง ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น ผสมน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 140 มิลลิลิตร

3.1.8 ทิเทรตไดโครเมตที่มากเกินพอด้วย FAS 0.25 M โดยใช้ 2–3 หยด ferroin indicator solution จุดยุติ คือจุดที่สารละลายเปลี่ยนสีจากน้ำเงินแกมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

3.2 การหาความเข้มข้นของ FAS

3.2.1 ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 0.0417 M 10 มิลลิลิตร เจือจางให้ได้ปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

3.2.2 เติม conc. H_2SO_4 30 มิลลิลิตร ปล่อยไว้ให้เย็น

3.2.3 ทิเทรตด้วย FAS 0.25 M โดยใช้ ferroin indicator solution 2–3 หยด จนกระทั่งถึงจุดยุติ คือจุดที่สารละลายเปลี่ยนสีจากน้ำเงินแกมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

4. การคำนวณ

Molarity ของ FAS = [ปริมาณ $K_2Cr_2O_7$(ml) x 0.25] / ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)

COD (mg/l) = [(A–B) x M x 8,000] / ปริมาณตัวอย่าง (ml)

โดยที่ A = ปริมาณ FAS ที่ใช้สำหรับ Blank (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณ FAS ที่ใช้สำหรับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

M = Molarity ของ FAS

บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand ; BOD)

วิธีการวิเคราะห์หาค่าบีโอดี ทำได้โดยหาความแตกต่างของค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ช่วงระยะเวลา 5 วัน ซึ่งจะใช้วิธี Azide Modification สำหรับการหาค่าบีโอดีมี 2 วิธี แยกตามปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ดังนี้

ก. วิธีการหาโดยตรง เมื่อมีค่าบีโอดีน้อยกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่เป็น น้ำจากแม่น้ำลำคลอง

ข. วิธีทำให้เจือจาง ใช้ในกรณีที่น้ำตัวอย่างมีความสกปรกสูง โดยมีค่าบีโอดีมากกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงจำเป็นต้องทำให้น้ำมีความสกปรกเจือจางลงโดยใช้น้ำผสมเจือจาง (dilution water) และควรวิเคราะห์อย่างน้อย 3 ความเข้มข้น

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 ขวดมาตรฐาน ความจุ 300 มิลลิตร มีจุกปิดได้สนิท ปากกว้างออกเล็กน้อย ทำให้มีร่องเหนือจุกและปากขวด เพื่อให้มีน้ำหล่ออยู่เสมอขณะ incubate ที่ 20 องศาเซลเซียส เพื่อกันการดึงอากาศจากภายนอกเข้าไปในขวด ขวดนี้ต้องล้างให้สะอาดทุกครั้งก่อนใช้

1.2 ตู้เย็นที่สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียสตลอดเวลา

1.3 กระบอกตวง

2. สารเคมี

2.1 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (Phosphate buffer solution) : ละลาย KH_2PO_4 8.5 กรัม K_2HPO_4 21.75 กรัม Na_2HPO_4 $7H_2O$ 33.4 กรัม และ NH_4Cl 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วทำให้เจือจางเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้จะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7.2

2.2 สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium sulfate solution) : ละลาย $MgSO_4 7H_2O$ 22.5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 1 ลิตร

2.3 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride solution) : ละลาย ayhydrous $CaCl_2$ 27.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1 ลิตร

2.4 สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ : ชั่ง $FeCl_3$ 6H2O 0.25 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1 ลิตร

2.5 สารละลายแมกกานีสซัลเฟต (Manganese sulfate solution) : ละลาย $MnSO_4$ $4H_2O$ 480 กรัม ($MnSO_4$ $2H_2O$ 400 กรัม หรือ $MnSO_4$ H_2O 364

กรัม) ในน้ำกลั่น กรองแล้วทำให้เจือจางเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้จะต้องไม่เกิดสีกับน้ำแป้ง ภายหลังเติมสารละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide solution) ในสภาพที่เป็นกรด

2.6 สารละลาย อัลคาไล-ไอโอไดด์-เอไซด์ (Alkali-iodide-azide reagent) : เตรียมได้โดยละลาย NaOH 500 กรัม หรือ KOH 700 กรัม และ NaI 135 กรัม หรือ KI 150 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 1 ลิตร เติม NaN_3 10 กรัม (ซึ่งเตรียมไว้ก่อนโดยละลายในน้ำกลั่นจำนวน 40 มิลลิลิตร) ลงในสารละลายที่เตรียมไว้ข้างต้น สารละลายนี้ไม่ควรเกิดสีกับน้ำแป้งเมื่อทำให้เป็นกรด หรือทำให้เจือจาง

2.7 สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 N : ชั่ง $Na_2S_2O_3\ 5H_2O$ 6.205 กรัม ละลายในน้ำกลั่น เติม NaOH 0.4 กรัม หรือ NaOH 6 N 1.5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวมเท่ากับ 1 ลิตร ทำการ standardize สารละลายนี้ด้วยสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไบไอโอเดต

2.8 conc. H_2SO_4

2.9 น้ำแป้งอินดิเคเตอร์ : ละลายแป้งมัน 5 กรัมในน้ำเย็นเล็กน้อย เทลงในน้ำที่กำลังเดือด 1 ลิตร คนและตั้งไว้ค้างคืน รินเอาเฉพาะน้ำใสๆข้างบน เก็บโดยการเติมกรดซาลิซิลลิค (salicylic acid) 1.25 กรัม ต่อน้ำแป้ง 1 ลิตร

2.10 สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไบไอโอเดต 0. 25 N : ชั่ง $KH(IO_3)_2$ 812.4 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร เก็บในขวดแก้วมีฝาปิด การ standardize สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 N สามารถทำได้โดยตวงน้ำกลั่น 100-150 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติม KI 2 กรัม conc.H_2SO_4 2-3 หยด และสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไบไอโอเดต 0.025 N ปริมาตร 20.00 มิลลิลิตร ลงไป เติมน้ำกลั่นลงไปอีกจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ทิเทรตไอโอดีนที่ถูกขับออกมาด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 N ที่เตรียมไว้จนกระทั่งใกล้ถึงจุดยุติ สังเกตจากสีของสารละลายจางลง เติมน้ำแป้งลงไป 1 มิลลิลิตร ทิเทรตต่อจนถึงยุติ ถ้าสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตที่เตรียมไว้ มีความเข้มข้น 0.025 N พอดี ปริมาตรที่ใช้ในการทิเทรตจะเท่ากับ 20.00 มิลลิลิตร ถ้าไม่ได้ให้ปรับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตให้เท่ากับ 0.025 N พอดีเพื่อ ความสะดวกในการคำนวณต่อไป

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์

3.1 วิธีวิเคราะห์โดยตรง

3.1.1 เติมออกซิเจนลงไปในน้ำโดยการพ่นอากาศลงไปให้อิ่มตัว

3.1.2 รินน้ำตัวอย่างลงใส่ขวดสำหรับหาค่าบีโอดีจนเต็ม 3 ขวด ปิดจุกให้สนิท ให้แน่ใจว่ามีน้ำหล่อที่ปากขวด นำขวดที่หนึ่งมาหาออกซิเจนละลายน้ำ อีกสองขวดนำไปไว้ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิ(incubator) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

3.1.3 หลังจาก 5 วัน นำขวดบีโอดีอีก 2 ขวดมาหาค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เหลืออยู่

3.2 วิธีทำให้เจือจาง

3.2.1 การเตรียมน้ำผสมเจือจาง(dilution Water) ทำได้โดย

- นำน้ำกลั่นมาปรับอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 20 + 1 องศาเซลเซียส
- ปรับคุณภาพให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ โดยเติมสารละลายต่อไปนี้อย่างละ 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร

(1) สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

(2) สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต

(3) สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

(4) สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์

และเติมอากาศให้มีออกซิเจนละลายอิ่มตัว

3.2.2 การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์(Seed) เพื่อให้ได้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดี จำเป็นจะต้องเลือกหัวเชื้อที่เหมาะสมกับตัวอย่างน้ำแต่ละชนิด โดยทั่วไปใช้น้ำจากส้วมหรือน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย(effluent) ที่ไม่ได้ฆ่าเชื้อมาก่อนเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ค่าบีโอดีอาศัยปฏิกิริยาทางชีวเคมี โดยมีจุลินทรีย์เป็นตัวกลางในการย่อยสลาย สภาพแวดล้อมจะมีผลต่อการวิเคราะห์มาก ทำให้ค่าบีโอดีที่ได้มีความแปรผันสูง การวิเคราะห์ตัวอย่างหนึ่งๆ จึงมักจะทำการผสมเจือจางหลายๆความเข้มข้น

เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วจึงทำการผสมเจือจางดังนี้

- ค่อยๆรินน้ำผสมเจือจางประมาณ 500 มิลลิลิตร โดยให้น้ำค่อยๆไหลลงตามข้างกระบอกตวงขนาด 1 ลิตร
- เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ลงในกระบอกตวง 2 มิลลิลิตร

- เติมตัวอย่างน้ำตามส่วนที่คำนวณได้
- เติมน้ำผสมเจือจางลงจนครบ 1 ลิตร
- คนให้เข้ากันโดยใช้แท่งแก้วเสียบจุกยางไว้ที่ปลายชักขึ้นลงเบาๆ ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ
- ค่อยๆรินตัวอย่างที่ผสมเข้ากันดีแล้ว ใส่ลงในขวดบีโอดีที่แห้ง และสะอาดจนเต็ม 3 ขวด ปิดจุกให้สนิท ขวดหนึ่งนำไปวิเคราะห์หาค่าออกซิเจนละลายวันแรก อีกสองขวดนำไปใส่ในตู้อบควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน โดยให้ตรวจดูว่ามีน้ำหล่อที่ปากขวดหรือไม่ และควรตรวจดูทุกวันอย่าให้แห้ง (ถ้าแห้งให้เติมด้วยน้ำผสมเจือจาง)

หลังจากที่นำขวดหาค่าบีโอดีไปไว้ในตู้มืด อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ครบ 5 วัน นำมาหาค่าออกซิเจนละลาย ตัวอย่างที่ใช้ได้จะต้องมีค่าออกซิเจนละลายเหลืออยู่อย่างน้อย 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีการใช้ออกซิเจนไปอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.2.3 การแก้ค่าเนื่องจากการเติมหัวเชื้อ(seed correction) ถ้ามีการเติมหัวเชื้อในน้ำตัวอย่าง จะต้องทำหัวเชื้อให้เจือจางแล้วนำไปไว้ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิเช่นเดียวกันกับการหาค่าบีโอดีในน้ำตัวอย่าง หลังจากนั้นทำการคำนวณหาค่าการใช้ปริมาณออกซิเจนในระยะเวลา 5 วัน ในการคำนวณค่าบีโอดีต้องทำการแก้ค่าเนื่องจากการเติมหัวเชื้อด้วย

3.2.4 วิธีการหาค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen ; D.O.)

(1) ตวงตัวอย่างปริมาตรที่ต้องการตามช่วงค่าบีโอดี เทในขวดสำหรับหาค่าบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร

(2) เติม Dilution Water จนถึงคอขวด และเติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 2 มิลลิลิตร

(3) เติม Alkali-iodide-azide reagent 2 มิลลิลิตร ปิดฝาอย่าให้เกิดฟองอากาศ เขย่าให้เข้ากัน

(4) รอให้เกิดตะกอนของ $Mn(OH)_2$ เติม conc. H_2SO_4 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

(5) ดูดตัวอย่างจากขวดหาค่าบีโอดี 203 มิลลิลิตร ทิเทรตด้วย 0.025 N $Na_2S_2O_3$ โดยมีน้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ จนสีของสารละลายกลายเป็นสีเหลืองอ่อน

(6) ทิเทรตต่อด้วย 0.025 N $Na_2S_2O_3$ จนสีน้ำเงินหายไป

3.2.5 การคำนวณ

- ออกซิเจนละลาย (D.O.)

1 ml 0.025 N $Na_2S_2O_3$ = 1 mg/l D.O. (ในตัวอย่างน้ำ 200 ml)

- BOD_5 (เมื่อไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์)

$$BOD_5 \text{ (mg/l)} = (D_1 - D_5)/P$$

- BOD_5 (เมื่อเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์)

$$BOD_5 \text{ (mg/l)} = [(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f] / P$$

โดยที่ D_1 = ค่าออกซิเจนละลายในวันแรก (มิลลิกรัมต่อลิตร)
D_2 = ค่าออกซิเจนละลายในวันที่ 5 (มิลลิกรัมต่อลิตร)
P = อัตราส่วนของการเจือจางตัวอย่างน้ำ
B_1 = ค่าออกซิเจนละลายในวันแรกของหัวเชื้อจุลินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
B_2 = ค่าออกซิเจนละลายในวันที่ 5 ของหัวเชื้อจุลินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
f = อัตราส่วนของปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำต่อปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างที่เตรียมไว้สำหรับการแก้ค่าเนื่องจากการเติมหัวเชื้อ

Standard Plate Count (SPC)

1. อุปกรณ์ และสารเคมี
   1.1 Plate Count Agar (อาหารเลี้ยงเชื้อของ Difco)
   1.2 Sterile Phosphate Buffered Solution
   1.3 Sterile pipette
   1.4 Water bath
   1.5 ตัวอย่างน้ำที่ตรวจ

2. วิธีปฏิบัติ

2.1 เขย่าตัวอย่างน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วใช้ปิเปตดูดตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน phosphate buffered solution 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันหลายครั้ง ขณะนี้น้ำจะถูกเจือจางลง 10 เท่า เป็น 10^{-1}

2.2 ใช้ปิเปตอันใหม่ดูดน้ำจากข้อ 2.1 มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอด phosphate buffered solution 9 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันหลายๆครั้ง ตอนนี้ตัวอย่างน้ำจะเจือจางเป็น 10^{-2}

2.3 ใช้ปิเปตอันใหม่ทำการเจือจางน้ำให้ได้เป็น 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7} และ 10^{-8} ตามลำดับ (การเจือจางแต่ละครั้งจะต้องเปลี่ยนปิเปต)

2.4 เขียนสัญลักษณ์ 10^{-3}, 10^{-4} 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7} และ 10^{-8} ลงบนฝาจานแก้ว ที่ระดับความเจือจางละ 2 จาน

2.5 เขย่าตัวอย่างน้ำ 10^{-8} หลายๆครั้ง แล้วใช้ปิเปตอันใหม่ดูดน้ำมาใส่ในจานแก้วที่เขียน 10^{-8} จานละ 1 มิลลิลิตร 2 จาน

2.6 เท plate count agar ลงในจาน แล้วหมุนจานไปในทิศทางที่ทวนเข็มนาฬิกาและตามเข็มนาฬิกา เพื่อให้ตัวอย่างน้ำผสมกับอาหารกระจายไปทั่วจานเพาะเชื้อ

2.7 ทำซ้ำข้อ 2.5 และ 2.6 แต่ใช้ตัวอย่างที่เจือจาง 10^{-3}, 10^{-4},10^{-5}, 10^{-6} และ 10^{-7}

2.8 เมื่อวุ้นแข็งตัวแล้วแบ่งจานเป็น 2 ชุด เอาเข้า incubator ที่ 35 องศาเซลเซียส บ่มเพาะเชื้อเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

2.9 หลังจากครบกำหนด นำจานอาหารมานับโคโลนี โดยเลือกนับจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี แล้วคำนวณหาจำนวนแบคทีเรียต่อตัวอย่างน้ำ 1 มิลลิลิตร โดยมีหน่วยเป็น cfu ต่อ ml (cfu = colony forming unit)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายพิชัย เจนจำรัสศรี

วัน เดือน ปีเกิด 14 สิงหาคม 2508

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์	พ.ศ. 2535