การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แบคทีริโอฟาจเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ

Possibility in Application of Bacteriophage as an Indicator of Water Quality

ธนสิทธิ์ สุขหยิ่งหลง อรรถกระวีสุขศรี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่
ได้รับแล้ว
วันที่ 29 พ.ย. 2543

ประดิษฐ์ คล้ายดวง

Pradit Claydong

Order Key 28271
BIB Key 175993

เลขหมู่ TD613.T48 ป46 2534 ฉ.2
เลขทะเบียน
29 พ.ย. 2543

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Environmental Management

Prince of Songkla University

2543

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แบคทีริโอฟาจเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ
ผู้เขียน นายประดิษฐ์ คล้ายดวง
สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ เจิดจรรย์ ศิริวงศ์)

.....กรรมการ
(ดร. สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ เจิดจรรย์ ศิริวงศ์)

.....กรรมการ
(ดร. สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เยาวลักษณ์ ดิสระ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อดิศร รัตนพันธ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาสงขลานครินทร์อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. นพรัตน์ บำรุงรักษ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แบคทีริโอฟาจเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ

ผู้เขียน นายประดิษฐ์ คล้ายดวง

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกันย่อมมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน บางแห่งมีสิ่งขับถ่ายปนเปื้อนอยู่ด้วย ไม่ว่าจะเป็นอุจจาระ ปัสสาวะหรือสิ่งขับถ่ายอื่นๆจากสัตว์เลือดอุ่น ซึ่งอาจมีเชื้อโรคปนเปื้อนมาด้วย ฉะนั้นการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่เป็นตัวชี้วัดเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ การวิจัยในครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรม เกษตรกรรมและน้ำตามธรรมชาติ จำนวน 17 แห่ง ในจังหวัดสงขลา เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ ซึ่งคุณภาพน้ำทางชีวภาพได้แก่ bacteriophage, coliform bacteria และ fecal coliform bacteria

ผลจากการศึกษาคุณภาพน้ำพบพีเอช อุณหภูมิ ตะกอนแขวนลอย คลอไรด์และซีโอดีมีค่าอยู่ในช่วง 6.45 - 10.0, 18 - 36 ^{0}ซ., 8 - 1,560 มก./ล., 11 - 18,443 มก./ล. และ 10 - 4,028 มก./ล. ตามลำดับ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria พบมีค่าอยู่ในช่วง <3 – 2.4x10^{8} MPN/100ml และ <3 – 2.4 x10^{8} MPN/100ml ตามลำดับ ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน โรงพยาบาล โรงฆ่าสัตว์และฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นพบ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ได้มาก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 58 - 3.9 x10^{4} PFU/ml, 2.4 x10^{2} – 9.2 x10^{4} PFU/ml, 16 - 4.0 x10^{4} PFU/ml และ 10 – 2.2 x10^{4} PFU/ml ตามลำดับ พบได้น้อยในน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำและไม่พบเลยในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยเฉลี่ยส่วนใหญ่ในแต่ละแหล่งกำเนิดน้ำเสียจะพบปริมาณ bacteriophage C มากกว่า bacteriophage B, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ linear correlation ระหว่างปริมาณ bacteriophage (bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage) กับปริมาณ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในแหล่งกำเนิดน้ำเสียต่างๆมีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง โดยพบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.720 ยกเว้นความสัมพันธ์ระหว่าง bacteriopjage B กับปริมาณ coliform bacteria ในแหล่งน้ำที่เกี่ยวข้องกับโรงฆ่าสัตว์และฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่น โดยพบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.660 จากข้อมูลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ทำให้ได้ข้อสรุปว่ามีความ

เป็นไปได้ในการใช้ RNA-F-specific bacteriophage เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน โรงฆ่าสัตว์และน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นได้แก่ วัว และหมู

Thesis Title	Possibility in Application of Bacteriophage as an Indicator of Water Quality
Author	Mr. Pradit Claydong
Major Program	Environmental Management
Academic Year	1999

Abstract

Characteristics of different wastewater sources are generally found to be different. Some sources of wastewater are contaminated with excreta from animals and contain pathogenic microorganisms. Thus, it is necessary to determine an indicator for the presence of microorganism in order to monitor water quality. This study was conducted by collecting wastewater samples from 17 sources in Songkhla province, including domestic, industrial and agricultural sources and natural water samples from river and the sea. The water samples were analysed for physical, chemical and biological characteristics . The biological characteristics analysed were number of bacteriophages, coliform bacteria and fecal coliform bacteria.

The results indicated that pH, temperature, suspended solids, chloride and COD were in the ranges of 6.45 – 10.0, 18- 36 ^{0}C, 8 - 1,560 mg/l, 11 - 18,443 mg/l and 10 - 4,028 mg/l respectively. The concentration of coliform bacteria and fecal coliform bacteria were <3 – 2.4 x10^{8} MPN/100ml and <3 – 2.4 x10^{8} MPN/100ml. Bacteriophages of B and C, F-specific bacteriophage, and RNA-F-specific bacteriophage in water samples from domestic sources, hospitals, slaughterhouses and animal farms were found at concentrations of 58 - 3.9 x10^{4} PFU/ml, 2.4 x10^{2} – 9.2 x10^{4} PFU/ml, 16 – 4.0 x10^{4} PFU/ml and 10 – 2.2 x10^{4} PFU/ml respectively, whereas bacteriophages in samples from sea food product industries were detected at relatively lower concentrations. Bacteriophages were not detected in water samples from natural sources. Bacteriophage C was observed at higher levels than bacteriophage B, F-specific bacteriophage and RNA-F-specific bacteriophage. Statistical analysis between the concentration of each bacteriophage (B, C, F-specific bacteriophage and RNA-F-specific bacteriophage) and coliform bacteria and fecal coliform bacteria in wastewater was conducted using linear correlation . The results indicated that correlation between concentrations of bacteriophage, coliform bacteria and fecal coliform bacteria had a correlation coefficient of more than 0.720 in all cases

except for bacteriophage B and coliform bacteria in samples from slaughterhouses and animal farms which correlation coefficient lower than 0.660. On the based of the results of this study, it can be concluded that RNA-F-specific bacteriophage has potential for use as a water quality index for the contamination of wastewater from domestic areas, slaughterhouses and animal farms, especially cow and pig farms.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องด้วยความกรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องจากอาจารย์ที่ปรึกษา คืออาจารย์เจิดจรรย์ ศิริวงศ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม คือ ดร. สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ ซึ่งผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เยาวลักษณ์ ดิสระ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อดิศร รัตนพันธ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาเสียสละเวลาในการสอบ การให้คำแนะนำ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อำนวยความสะดวกในเรื่อง สถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ในการวิจัย และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณผู้บังคับบัญชาทุกท่านที่ให้โอกาสลาศึกษาต่อ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ในฝ่ายสุขาภิบาลและป้องกันโรค โรงพยาบาลขนอม ที่ได้ปฏิบัติงานแทนในระหว่างการลาและห่วงใยเสมอมา

ท้ายที่สุด ขอขอบพระคุณพ่อ คุณแม่ พี่ๆ น้องๆ ภรรยาและลูกๆ ที่คอยเป็นแรงบันดาลใจและคอยให้กำลังใจในการต่อสู้กับปัญหาและอุปสรรคต่างๆ จนสามารถทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ประดิษฐ์ คล้ายดวง

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบาญ	(8)
รายการภาพประกอบ	(10)
รายการตาราง	(12)
รายการตารางผนวก	(13)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
วัตถุประสงค์ของโครงการ	24
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	24
ขอบเขตและวิธีการดำเนินการวิจัย	24
2. วิธีการวิจัย	25
วัสดุ	25
อุปกรณ์	26
วิธีดำเนินการ	27
3. ผลการวิจัย	42
คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี	42
คุณภาพทางด้านชีววิทยาในน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ	55
RNA-F-specific bacteriophage ในน้ำแหล่งต่างๆ	68
เปรียบเทียบปริมาณ bacteriophage B กับ bacteriophage C ในน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ	70
ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย	72
ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ประเภทต่างๆ	74

สารบาญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 บทวิจารณ์	88
คุณภาพน้ำ ทางกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำประเภทต่างๆ	88
คุณภาพน้ำทางด้านชีววิทยาของแหล่งน้ำประเภทต่างๆ	96
ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง bacteriophage B กับ bacteriophage C	105
ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย	106
ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ประเภทต่างๆ	111
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	115
ข้อเสนอแนะ	119
ข้อเสนอแนะในการวิจัยเพิ่มเติม	119
บรรณานุกรม	120
ภาคผนวก	130
ประวัติผู้เขียน	164

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1. แสดงส่วนประกอบ phage	14
2. แสดงการเจริญเติบโตของ phage	16
3. แสดงการตรวจวิเคราะห์ phage	19
4. น้ำเสียจากโรงพยาบาลสงขลานครินทร์	34
5. น้ำเสียจากโรงแรมรีเจนซี่	34
6. น้ำเสียจากบ้านพักมนพัทตรา	34
7. น้ำเสียจากบ่อเกรอะ	34
8.น้ำเสียจากท่อน้ำเสียรวมเทศบาล	35
9. น้ำเสียจากแพปลาท่าสะอ้าน	35
10.น้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด	35
11.น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครหาดใหญ่	35
12.น้ำเสียจากโรงฆ่าไก่	36
13. น้ำเสียจากโรงฆ่าวัว	36
14. น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมู	36
15. น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงวัว	36
16. น้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง	36
17. น้ำจากฟาร์มเลี้ยงปลากะพง	36
18. น้ำจากทะเลชายฝั่ง	37
19. น้ำจากคลองอู่ตะเภา	37
20. แสดงค่าเฉลี่ย bacteriophage ประเภทต่างๆ ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน	62
21. แสดงค่าเฉลี่ย bacteriophage ประเภทต่างๆ ในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม	65
22. แสดงค่าเฉลี่ย bacteriophage ประเภทต่างๆ ในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัว	67
23. แสดงเปอร์เซ็นต์ของ RNA และ DNA-F-specific bacteriophage ในน้ำจากแหล่งชุมชน	69

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
24. แสดงเปอร์เซ็นต์ของ RNA และ DNA-F-specific bacteriophage ในน้ำจากแหล่งอุตสาหกรรม	69
25. แสดงเปอร์เซ็นต์ของ RNA และ DNA-F-specific bacteriophage ในน้ำจากแหล่งเกษตรกรรม	69
26. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยbacteriophage B กับ bacteriophage C ในน้ำจากแหล่งชุมชน	71
27. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยbacteriophage B กับ bacteriophage C ในน้ำจากแหล่งอุตสาหกรรม	71
28. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยbacteriophage B กับ bacteriophage C ในน้ำจากแหล่งเกษตรกรรม	71
29. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria กับ bacteriophage ในน้ำทุกประเภท	83
30. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ในน้ำทุกประเภท	84

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1. แสดงสถานที่และจุดที่เก็บตัวอย่างน้ำ	33
2. แสดงค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างในน้ำจากแหล่งต่างๆ	43
3. แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในน้ำจากแหล่งต่างๆ	45
4. แสดงค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอยในน้ำจากแหล่งต่างๆ	48
5. แสดงค่าเฉลี่ยคลอไรด์ในน้ำจากแหล่งต่างๆ	51
6. แสดงค่าเฉลี่ยซีโอดีในน้ำจากแหล่งต่างๆ	54
7. ปริมาณ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน	56
8. ปริมาณ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม	59
9. ปริมาณ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในน้ำจากแหล่งเกษตรกรรม	60
10. ปริมาณ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในน้ำตามธรรมชาติ	61
11. แสดงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ	73
12. แสดงค่าเฉลี่ย log(MPN/100ml) และ log(PFU/ml)ของจุลินทรีย์ในพารามิเตอร์ต่างๆ ในแหล่งน้ำประเภทต่างๆที่นำมาหาความสัมพันธ์	75
13. แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ประเภทต่างๆในน้ำทุกประเภท	85
14. แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ประเภทต่างๆในน้ำเสียประเภทต่างๆ	86
15. แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ประเภทต่างๆในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์และฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่น	87
16. เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างbacteriophage B กับ bacteriophage C ในน้ำ จากแหล่งต่างๆ	106
17. แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ประเภทต่างๆในแหล่งน้ำประเภทต่างๆ	113

รายการตารางภาคผนวก

ตารางผนวก	หน้า
1. น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์	130
2. น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์	131
3. น้ำเสียระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของโรงแรมรีเจนซี่	132
4. น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของโรงแรมรีเจนซี่	133
5. น้ำเสียจากบ้านพักมนพัทตรา	134
6. น้ำเสียจากบ่อเกรอะ	135
7. น้ำเสียจากท่อน้ำเสียรวมเทศบาล	136
8. น้ำเสียระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของโรงงานปลาป่น บริษัทอภิทุนคอปอเรชั่น จำกัด	137
9. น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของโรงงานปลาป่น บริษัทอภิทุนคอปอเรชั่น จำกัด	138
10. . น้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสีย (activated sludge และ aerated lagoon) ของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด	139
11. น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (activated sludge และ aerated lagoon) ของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด	140
12. น้ำเสียระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของโรงฆ่าสัตว์ เทศบาลนครหาดใหญ่	141
13. น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของโรงฆ่าสัตว์ เทศบาลนครหาดใหญ่	142
14. น้ำเสียจากแพปลาท่าสะอ้าน	143
15. น้ำเสียจากโรงฆ่าไก่	144
16. น้ำเสียจากโรงฆ่าวัว	145
17. น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมู	146
18. น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงวัว	147
19. น้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง	148
20. น้ำจากฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง	149

รายการภาคผนวก (ต่อ)

รายการภาคผนวก	หน้า
21. น้ำทะเลชายฝั่งหาดสมิหรา	150
22. น้ำจากคลองอู่ตะเภา	151
23. เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของ RNA และ DNA-F-specific bacteriophage ในน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ	152
24. MPN index and 95 % confidence limit for various combination of positive results when three tubes used per dilution (10 ml, 1 ml and 0.1 ml)	162

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ปัญหาคุณภาพน้ำเป็นผลมาจากการเพิ่มของประชากร การขยายตัวของอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมอย่างรวดเร็ว โดยกิจกรรมดังกล่าวเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง และส่วนใหญ่ขาดระบบการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสม มีการปล่อยออกไปปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม น้ำที่ผ่านการใช้แล้วเหล่านี้ปนเปื้อนด้วยสารอันตรายมากมาย สามารถก่อให้เกิดโรคนานาชนิดโดยเฉพาะโรคที่เกี่ยวข้องกับน้ำเป็นสื่อ ทั้งนี้เพราะมีไวรัสและแบคทีเรียหลายชนิดที่เป็นสาเหตุของโรค เช่น โรคโปลิโอ โรคตับอักเสบ โรคอุจจาระร่วง โรคไทฟอยด์ โรคอหิวาตกโรค และโรคระบบทางเดินอาหาร ฯลฯ ซึ่งโรคเหล่านี้เกิดจากไวรัสและแบคทีเรียชนิดที่เป็นอันตราย (pathogenic agent) โรคเหล่านี้มักจะมีการระบาดอยู่บ่อยๆในประเทศที่ด้อยพัฒนา ทั้งนี้เพราะประเทศเหล่านี้มีระดับความเป็นอยู่และการดำเนินชีวิตที่ยังไม่ถูกสุขลักษณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสุขาภิบาลเรื่องน้ำยังไม่ดีพอ ไวรัสและแบคทีเรียพวกนี้จะปนเปื้อนและสามารถดำรงชีวิตอยู่ในแหล่งน้ำได้เป็นเวลานาน น้ำปนเปื้อนจากเชื้อโรคเพียงเล็กน้อยก็ย่อมไม่ปลอดภัยสำหรับบริโภค

สำหรับโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่ออันเนื่องมาจากเชื้อไวรัสและแบคทีเรียได้ปรากฏขึ้น เช่นรายงานของประเทศอินเดียพบประชากร 35,000 คน ติดเชื้อไวรัสตับอักเสบที่ปนเปื้อนในน้ำจากโรงบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีการเติมคลอรีนแล้ว (Metcalf, 1978 : 303) ในประเทศสหรัฐอเมริการะหว่าง ค.ศ. 1983-1987 โรคทางเดินอาหารที่นำโดยไวรัส *Norwalk*, *Hepatitis A* และไวรัสอื่นๆเป็นสาเหตุของโรคทางเดินอาหารและโรคที่มีน้ำเป็นสื่อที่สำคัญ (Cliver, 1996 : 59) และจากการตรวจวิเคราะห์น้ำดื่มน้ำใช้ประเภทต่างๆเช่น น้ำฝน น้ำบาดาล น้ำบ่อตื้นและน้ำสระของประเทศไทยพบ coliform bacteria ปนเปื้อนอยู่ 80 เปอร์เซ็นต์ (กรมอนามัย, 2536 : 1) แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทต่างๆมีไวรัสและแบคทีเรียปนเปื้อนอยู่ไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัย สอดคล้องกับรายงานของกรมควบคุมโรคติดต่อซึ่งรายงานว่าโรคอุจจาระร่วงยังเป็นโรคที่มีอัตราป่วยมากที่สุด คือ 1,686 ต่อประชากร 100,000 คน (กรมควบคุมโรคติดต่อ, 2538 : 63) และจากการตรวจวิเคราะห์น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว

ปรากฏว่าพบไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรคเหล่านี้ได้ (Block and Schwartzbrod, 1989 : 9) ในปัจจุบันมีการประเมินคุณภาพน้ำจากการปนเปื้อนของเชื้อโรคในแหล่งน้ำประเภทต่างๆ โดยใช้แบคทีเรียที่ไม่ก่อให้เกิดโรค (non-pathogenic bacteria) เป็นตัวชี้วัดเพื่อบ่งบอกคุณภาพน้ำจากการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรค (pathogenic bacteria) เช่น coliform bacteria , fecal coliform bacteria และแบคทีเรียชนิดอื่นๆ เนื่องจากแบคทีเรียเหล่านี้เมื่อปนเปื้อนในแหล่งน้ำ สามารถดำรงชีวิตได้นานกว่าแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรค ถ้าพบแบคทีเรียพวกนี้มากในแหล่งน้ำนั้นก็มีโอกาสที่จะมีเชื้อโรคบางชนิดที่เป็นอันตรายปนเปื้อนอยู่ (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525 : 340) แต่แบคทีเรียที่เป็นตัวชี้วัดเหล่านี้มีชีวิตรอดในสิ่งแวดล้อมได้น้อยกว่าไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรคบางชนิด (Metcalf, 1978 : 310) ดังนั้นเมื่อตรวจวิเคราะห์ไม่พบแบคทีเรียที่เป็นตัวชี้วัดก็ไม่ได้แสดงว่ามีความปลอดภัยจากไวรัสที่ก่อให้เกิดโรค จากสาเหตุเหล่านี้จึงควรมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ปนเปื้อนไวรัสที่ก่อให้เกิดโรค แต่วิธีการตรวจวิเคราะห์ไวรัสโดยตรงค่อนข้างยุ่งยาก ประกอบกับไวรัสเหล่านี้มีจำนวนมากน้อยแตกต่างกันไปตามคุณภาพของน้ำที่ได้รับการปนเปื้อนในแต่ละแห่ง สภาพภูมิประเทศและสิ่งแวดล้อม (Block and Schwartzbrod, 1989 : 1) ปัจจุบันพบว่ามีไวรัสกลุ่มหนึ่งที่ตรวจพบได้ในแหล่งน้ำและเป็นไวรัสที่ไม่เป็นอันตรายต่อคน คือ bacteriophage ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนของน้ำได้ อนึ่งการจะสรุปว่าสามารถใช้ bacteriophage เป็นตัวชี้วัดได้นั้นใช้หลักการพิจารณาว่าต้องเป็นไวรัสที่ไม่ก่อให้เกิดโรค เป็นไวรัสที่อยู่ในแหล่งน้ำได้นาน มีวิธีการตรวจวิเคราะห์ที่ง่าย ทราบผลได้รวดเร็ว สามารถชี้วัดได้ว่าถ้าตรวจพบไวรัสชนิดที่เป็นดัชนีก็แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นมีการปนเปื้อนและอาจมีสิ่งมีชีวิตชนิดที่ก่อให้เกิดโรคปะปนอยู่ด้วย (Havelaar, *et al.*, 1991 : 536) ในการศึกษาวิจัยเรื่องความเป็นไปได้ในการใช้ bacteriophage เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำนี้เป็นการวิจัยที่เน้นการสำรวจเพื่อศึกษาว่าในแหล่งน้ำที่แตกต่างกันจะมีปริมาณและประเภทของ bacteriophage เป็นอย่างไร เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นมาสนับสนุนถึงการนำเอา bacteriophage มาเป็นดัชนีเพื่อชี้วัดคุณภาพน้ำ อันสามารถนำไปพัฒนาวิธีการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในการบริหารจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมต่อไป

การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. น้ำเสีย

น้ำเสีย (wastewater) หมายถึงน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ต่างๆอาทิเช่น การชำระร่างกาย การประกอบอาหาร การขับถ่ายของเสีย การล้างวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม การล้างเครื่องจักร การหล่อเย็นเครื่องจักร ฯลฯ ทำให้คุณลักษณะของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิมเนื่องจากมีสิ่งสกปรกต่างๆทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ถ่ายเทลงมาเจือปนอยู่ในน้ำ ปริมาณสิ่งสกปรกในน้ำเสียหรือความสกปรกของน้ำเสียจึงขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ของน้ำ (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ , 2526 : 1) แหล่งที่มาของน้ำเสียแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆคือ

1.1. น้ำเสียจากแหล่งชุมชน (domestic wastewater) น้ำเสียจากแหล่งชุมชนได้แก่น้ำเสียจากบ้านพักอาศัย อาคาร ร้านค้า ตลาด โรงมหรสพ โรงแรม ฯลฯ เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น การชำระร่างกาย การซักเสื้อผ้า การประกอบอาหาร การขับถ่าย ฯลฯ สิ่งสกปรกต่างๆในน้ำเสียประเภทนี้ส่วนมากเป็นสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร สบู่ ผงซักฟอก อุจจาระ ปัสสาวะ ฯลฯ น้ำเสียจากแหล่งชุมชนอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ น้ำส้วม (toilet waste) ซึ่งมีสิ่งขับถ่ายจากร่างกายปนอยู่และน้ำเสียจากกิจกรรมอื่นๆ เช่น การประกอบอาหาร การชำระร่างกาย เป็นต้น คุณลักษณะของน้ำเสียจากแหล่งชุมชนมีสิ่งสกปรกทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่เป็นของแข็งและสารละลาย นอกจากนี้ยังมีเชื้อโรคและพยาธิปนอยู่ด้วย (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2526 : 1)

1.2. น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (industrial wastewater) น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมได้แก่น้ำเสียที่เกิดจากขบวนการต่างๆในอุตสาหกรรม เช่น การล้างเครื่องจักร การระบายความร้อน ฯลฯ สิ่งสกปรกในน้ำเสียมีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำและชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2526 : 1)

1.3 น้ำเสียจากการเกษตรกรรม (agriculture wastewater) น้ำเสียจากการเกษตรเกิดจากกิจการทางการเกษตร การปศุสัตว์ มีสารพิษตกค้างจากสารเคมีที่ใช้ในการเกษตรที่เรียกว่ายาปราบศัตรูพืช ตลอดจนซากมูลสัตว์และกากของเสียจากปศุสัตว์ ซึ่งกระจายออกไปในอาณาบริเวณที่กว้างขวางยากต่อการรวบรวม การป้องกันและการกำจัดเป็นสิ่งที่กระทำได้ยากเพราะน้ำเสียจากการเกษตรกรรมมีแหล่งกำเนิดแบบกระจาย (non-point source) (ฉัตรไชย รัตนไชย, 2539 : 199)

2. น้ำเป็นสื่อนำโรค

น้ำสะอาดเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ แต่น้ำที่ไม่สะอาดจะเป็นสื่อนำโรคทางเดินอาหารมาสู่มนุษย์ได้ เช่น โรคท้องร่วง โรคอหิวาตกโรค โรคไทฟอยด์ โรคตับอักเสบ โรคบิด โรคลำไส้อักเสบและอื่นๆ มีผู้คาดคะเนว่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของโรคต่างๆในโลกเกี่ยวข้องกับน้ำที่ไม่สะอาด (องอาจ ชนะชาญมงคล, 2532 : 32) โรคที่เกิดเนื่องจากอาหารและน้ำที่ไม่สะอาดยังเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยและการตายที่สำคัญของคนไทย จากรายงานการเฝ้าระวังโรคของกรมควบคุมโรคติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข พบว่ารายงานสถิติแสดงอัตราป่วยในระยะ 10 ปี คือระหว่างปี พ.ศ. 2521 - 2530 มีผู้ป่วยที่เป็นโรคซึ่งเกิดจากน้ำและอาหารที่ไม่สะอาดอยู่ในอัตราที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราป่วยด้วยโรคอื่นๆและมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี (กรมควบคุมโรคติดต่อ, 2532 : 30-32) และในปี พ.ศ.2538 พบว่าโรคอุจจาระร่วงเฉียบพลันยังเป็นโรคติดต่อที่มีอัตราป่วยสูงสุดของประเทศไทย (กรมควบคุมโรคติดต่อ, 2538 : 63) นับว่าน้ำเป็นสื่อนำโรคที่ยังเป็นปัญหาอยู่

น้ำสะอาดที่นำมาใช้ในกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เมื่อผ่านการใช้แล้วเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นน้ำเสีย โดยที่น้ำเสียเหล่านี้ปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์ในปริมาณที่แตกต่างกัน และจากการตรวจวิเคราะห์น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วก็ยังสามารถพบจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยและโรคได้ โดยมีผลกระทบแตกต่างกันไปตามสภาวะแวดล้อมของแต่ละชุมชน (Chaas, 1986 : 1-20) ในการพัฒนาอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมก่อให้เกิดการรวมกลุ่มของประชากรอย่างหนาแน่นซึ่งมาตรฐานของคุณภาพชีวิตจะต้องเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับปรุงน้ำดื่มน้ำใช้ให้ปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัย อย่างไรก็ตามน้ำผิวดินยังมีความเสี่ยงจากเชื้อโรค เนื่องจากปนเปื้อนด้วยน้ำเสียจากแหล่งชุมชน เช่น อุจจาระ ปัสสาวะและขยะมูลฝอย ไวรัสจากอุจจาระของคนสามารถปนเปื้อนและทนทานในแหล่งน้ำได้นาน จากการศึกษาในกลุ่มประชากรประกอบด้วยผู้ใหญ่ 70 เปอร์เซ็นต์และเด็ก 30 เปอร์เซ็นต์พบไวรัสในอุจจาระโดยเฉลี่ย 300 อนุภาค/กรัม สอดคล้องกับประชาชนในเขตเมืองซึ่งสามารถปล่อยไวรัสลงสู่สิ่งแวดล้อมได้เฉลี่ย 6000 อนุภาค/คน/วัน (Clarbe, 1961 quoted in Block and Schwartzbrod, 1989 : 9) ในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะพยากรณ์การปนเปื้อนจากจุลินทรีย์และให้ความแน่ใจว่าไม่เสี่ยงต่อสุขภาพอนามัย มีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคสามารถติดต่อได้ทั้งจากการใช้น้ำสำหรับการพักผ่อนหย่อนใจและการบริโภคสัตว์น้ำ (Mcneill, 1985 : 561) เช่น แบคทีเรีย : *Cholerae*, ไวรัส : *Enterovirus hepatitis A*, (รวมทั้ง *Poliovirus* และ *Coxsackivirus*), *Norwalk types* (สาเหตุของโรคลำไส้อักเสบ : gastroenteritis) และ *Rotaviruses* (เป็นสาเหตุของโรคโรคลำไส้อักเสบ

และโรคบิด : dysentary) โปรโตซัว : *Giardia lamblia* (สาเหตุของโรค giardiasis) และ พยาธิ : พยาธิตัวกลม (roundworm) พยาธิปากขอ (hookworm) และ พยาธิตัวตืด (tapeworm)

โรคที่มีน้ำเป็นสื่อที่เกี่ยวข้องกันอย่างมาก คือโรคตับอักเสบและโรคลำไส้อักเสบ (hepatitis and gastroenteritis) ความเสี่ยงต่อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ได้มีการค้นคว้าหาจุลินทรีย์ที่เป็นตัวบ่งชี้และเป็นมาตรฐานสำหรับการใช้น้ำในแหล่งน้ำที่มีความแตกต่างกัน โดยมีการศึกษาค้นคว้าเงื่อนไขทางระบาดวิทยาในการศึกษาความเหมาะสมของตัวชี้วัด (indicator) ของจุลินทรีย์ซึ่งอาศัยอยู่ในสัตว์เลือดอุ่นและคน โดยมีความสัมพันธ์กับโรคที่มีความเสี่ยง (Chaas , 1986 : 1-20)

การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคต้องเป็นการตรวจวิเคราะห์โดยตรง แต่จากการศึกษาพบว่าการตรวจวิเคราะห์โดยตรงและเร่งด่วนนั้นเป็นระดับที่ไม่จำเป็นและขาดความเที่ยงตรง ในบางครั้งก็ตรวจวิเคราะห์ไม่พบยกเว้นมีการระบาดในชุมชน เหตุผลเหล่านี้นำมาซึ่งแนวความคิดของการใช้จุลินทรีย์ที่เป็นดัชนี (microbial indicator concept) เพื่อเฝ้าระวังจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรค ในปัจจุบันนี้น้ำที่ปนเปื้อนจากอุจจาระสามารถใช้จุลินทรีย์เป็นตัวชี้วัดคือกลุ่ม coliform bacteria โดยเฉพาะ fecal coliform bacteria เป็นดัชนีแสดงถึงการปนเปื้อนอุจจาระกันอย่างกว้างขวาง แต่ยังมีปัญหาและข้อจำกัดในการนำมาใช้ ได้มีการศึกษาหลายๆรายงานพบว่า fecal coliform bacteria มีชีวิตรอดได้น้อยกว่าจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคหลายชนิด เนื่องจากมีความไวต่อสารเคมีฆ่าเชื้อหลายชนิด (Berg, *et al.*, 1978 : 880-884) และทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้น้อยในน้ำเค็ม (Mcneill, 1985 : 561)

ในปัจจุบันนี้วิธีการตรวจวิเคราะห์ไวรัสและแบคทีเรียมีความก้าวหน้ามากเช่น ใช้ gene probe (Grabow, *et al.*, 1991 : 433) สำหรับการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคยังมีหลายวิธีที่เฉพาะแต่ละโรคได้แก่ salmonella, enterovirus, rotavirus และ protozoa ได้ถูกนำมาใช้ในการเฝ้าระวังคุณภาพของน้ำ การใช้ประโยชน์การเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาช่วยให้ประชาชนเฝ้าระวังภาวะการสุขาภิบาลและประเมินประสิทธิภาพกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ในการกำจัดจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรค (Sobsey, 1989 : 179-195) การพัฒนาตัวชี้วัดสำหรับใช้เป็นทางเลือกหรือเพิ่มเติมจากกลุ่ม coliform bacteria ในการประเมินผลคุณภาพน้ำได้รับความสนใจมากขึ้น นอกจากนี้เป็นการใช้เป็นดัชนีความปลอดภัยของสุขภาพอนามัยร่วมกันในแหล่งน้ำที่แตกต่างกัน เช่น น้ำเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจและการเลี้ยงสัตว์น้ำ สำหรับการเลือกใช้จุลินทรีย์ที่เป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนอุจจาระ แบคทีเรีย

ได้แก่ *Pseudomonas aeruginosa, Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* ไวรัสได้แก่ bacteriophage และ enterovirus

การใช้แบคทีเรียเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนจากอุจจาระ มีจุดมุ่งหมายเพื่อความปลอดภัยจากแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค น้ำดื่มและน้ำใช้ที่เหมาะสมจะต้องเฝ้าระวังอย่างเข็มงวด สำหรับการประเมินความเสี่ยงการปนเปื้อนเชื้อโรคในแหล่งน้ำต้องใช้ตัวชี้วัดที่ดีมีเหตุผลอยู่ 3 ประการ (Metcalf, 1978 : 308-310) กล่าวคือปริมาณของเชื้อโรคในแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและพบได้น้อยกว่าจุลินทรีย์ที่เป็นตัวชี้วัด ทำให้ยากลำบากในการตรวจวิเคราะห์ การตรวจวิเคราะห์เชื้อโรคโดยตรงมีเทคนิคที่ยุ่งยากใช้เวลายาวนานกว่า แต่การตรวจวิเคราะห์ตัวชี้วัดโดยปกติสามารถทำได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลาและเชื่อถือได้ สามารถตรวจวิเคราะห์ได้เที่ยงตรง นี่เป็นสาเหตุที่พิจารณาเลือกใช้ตัวชี้วัดการปนเปื้อนจากอุจจาระของคนและสัตว์มากกว่าการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคโดยตรง

แนวความคิดที่จะใช้ตัวชี้วัดต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติเหล่านี้คือ ควรเป็นตัวแทนของน้ำ เสีย และพบในแหล่งน้ำที่ได้รับการปนเปื้อนโดยไม่พบในแหล่งน้ำดี ปริมาณตัวชี้วัดควรจะมีมากกว่าตัวเชื้อโรค สนับสนุนความสัมพันธ์กับระดับการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ มีชีวิตที่ยาวนานกว่าเชื้อโรค ทนทานต่อสารเคมีที่ใช้ฆ่าเชื้อโรค ใช้ได้กับแหล่งน้ำทุกชนิด สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ในห้องปฏิบัติการทั่วๆไป ทั้งมีความเชื่อถือได้สูงในขณะที่ใช้เวลาในการตรวจวิเคราะห์สั้น มีคุณสมบัติที่คงที่และไม่เพิ่มจำนวนในแหล่งน้ำ แต่อย่างไรก็ตามไม่มีตัวชี้วัดชนิดใดที่มีความสมบูรณ์ครบทุกเงื่อนไขดังกล่าวได้

3. มาตรฐานคุณภาพน้ำทางชีวภาพ

ประเทศไทยได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประเภทต่างๆไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) ซึ่งในส่วนของพารามิเตอร์ทางชีวภาพจะกำหนดเฉพาะ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria เท่านั้น ส่วนในเรื่องของไวรัสยังไม่ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานไว้ รายละเอียดดังนี้คือ

3.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคของกระทรวงสาธารณสุข

3.1.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทได้กำหนดคุณสมบัติเกี่ยวกับจุลินทรีย์ไว้ดังนี้

ก) ตรวจพบแบคทีเรียชนิด coliform bacteria น้อยกว่า 2.2 MPN/100 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN

ข) ตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด *E.coli*

ค) ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

3.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคของกระทรวงอุตสาหกรรม

3.2.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคของกระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดคุณสมบัติเกี่ยวกับจุลินทรีย์ไว้ ดังนี้

ก) เกณฑ์กำหนดสูงสุดไม่เกิน 500 colony / ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยวิธี standard plate count

ข) coliform bacteria น้อยกว่า 2.2 MPN/100 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN

ค) ตรวจไม่พบแบคทีเรีย *E.coli*

3.2.2.มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคของกระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดคุณสมบัติเกี่ยวกับจุลินทรีย์ไว้ ดังนี้

ก) เกณฑ์กำหนดสูงสุดไม่เกิน 500 colony / ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยวิธี standard plate count

ข) แบคทีเรียที่ตรวจพบน้อยกว่า 2.2MPN/100 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN

ค) ตรวจไม่พบแบคทีเรีย *E.coli*

3.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

3.3.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 เพื่อการอุปโภคและบริโภค การอนุรักษ์สัตว์น้ำ ฯลฯ ได้กำหนดคุณสมบัติเกี่ยวกับจุลินทรีย์ไว้ ดังนี้

ก) แบคทีเรียกลุ่มcoliform bacteria ไม่เกิน 5,000 MPN/100 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN

ข) แบคทีเรียกลุ่ม fecal coliform bacteria ไม่เกิน 1,000 MPN/100 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN

3.3.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภท 3 เพื่อการอุปโภคและบริโภค การเกษตรกรรม ได้กำหนดคุณสมบัติเกี่ยวกับจุลินทรีย์ไว้ ดังนี้

ก) แบคทีเรียกลุ่มcoliform bacteria ไม่เกิน 20,000 MPN/100 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN

ข) แบคทีเรียกลุ่ม fecal coliform bacteria ไม่เกิน 4,000 MPN/100 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN

3.4 การกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

3.4.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งประเภท 4 เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ได้กำหนดคุณสมบัติเกี่ยวกับจุลินทรีย์ไว้ ดังนี้

แบคทีเรียกลุ่ม coliform bacteria ไม่เกิน 1,000MPN/100 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN

3.4.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งประเภท 5 เพื่อการว่ายน้ำได้กำหนดคุณสมบัติเกี่ยวกับจุลินทรีย์ไว้ ดังนี้

แบคทีเรียกลุ่ม coliform bacteria ไม่เกิน 1,000MPN/100 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN

4. แบคทีเรียที่เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ

สำหรับคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาได้มีการตรวจหาแบคทีเรียบางชนิดเพื่อใช้เป็นดัชนี(index) ที่จะบอกคุณภาพน้ำว่าปลอดภัยต่อการบริโภคหรือไม่ แบคทีเรียเหล่านี้ได้แก่ *E.coli,* fecal coliform bacteria, fecal streptococci และ *Clostridium perfringens* เป็นต้น นอกจากนี้อาจตรวจเชื้อแบคทีเรียกลุ่มอื่นๆ รวมทั้ง fungi, protozoa, algae และ virus โดยจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และชนิดของน้ำที่ทำการตรวจวิเคราะห์

coliform bacteria เป็นแบคทีเรียอยู่ในวงศ์ enterobacteriaceae มีคุณสมบัติทั่วไป คือเป็นพวกแกรมลบ (gram negative) ลักษณะเป็นแท่ง (rod-shape) ไม่สร้างสปอร์ (non-spore forming) บางชนิดมีแคปซูล (capsule) เคลื่อนที่ได้ด้วย flagella ที่มีอยู่รอบตัว coliform bacteria ทุกชนิดสามารถ reduce ไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ ย่อยสลายน้ำตาลกลูโคสได้ผลผลิตเป็นกรดและแก๊ส aerogenic หรือให้กรดอย่างเดียวไม่มีแก๊ส (anaerogenic) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 48 ชั่วโมง เป็นแบคทีเรีย aerobic bacteria และ facultative anaerobic bacteria ซึ่งอาศัยอยู่ตามธรรมชาติในทางเดินอาหารของคนและสัตว์เลือดอุ่นทุกชนิด (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525 : 340-341) เนื่องจากมันอาศัยอยู่ในลำไส้ได้จึงถูกเรียกว่า paracolon bacilli ซึ่งในอุจจาระ 1 กรัม มีจำ นวน coliform bacteria ประมาณ 10^6-10^8 cell (Feachem, *et al.*, 1983 : 53-64 อ้างในสุรพล ทรัพย์แก้ว, 2539 : 21) สามารถดำรงชีวิตและทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดีกว่าแบคทีเรียกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค จึงถูกนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่าน้ำหรืออาหารที่ตรวจพบ coliform bacteria อาจถูกปนเปื้อนโดยอุจจาระได้ แต่ coliform bacteria บางชนิดสามารถพบได้จากแหล่งธรรมชาติอื่นๆ เช่น ดิน พืช และอากาศ (Defigueredo and Splittstoesser, 1976 : 272) ดัง

นั้นจึงไม่อาจยืนยันได้ว่าน้ำหรืออาหารที่มีcoliform bacteria อยู่จะถูกปนเปื้อนด้วยอุจจาระเสมอไป จึงมีการศึกษาหาแบคทีเรียที่ให้ผลแน่นอนกว่าได้แก่ fecal coliform bacteria ซึ่งเป็น coliform bacteria ที่มีแหล่งที่มาจากอุจจาระคนหรือสัตว์เลือดอุ่น (นภาพันธ์ นันทพงษ์, 2533 : 46) โดยสามารถแยก fecal coliform bacteria ออกจาก non-fecal coliform bacteria โดยอาศัยอุณหภูมิ พบว่า fecal coliform bacteria สามารถย่อยสลายน้ำตาลกลูโคสที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส และทำให้เกิดแก๊สในขณะที่ non-fecal coliform bacteria ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมินี้

ดังนั้น coliform bacteria จึงประกอบด้วย fecal coliform bacteria และ non-fecal coliform bacteria การใช้จุลินทรีย์กลุ่มcoliform bacteria เป็นตัวบ่งชี้ (indicator organism) คุณภาพทางแบคทีเรีย เพราะการตรวจวิเคราะห์ทำได้ง่ายและทราบผลได้เร็วกว่าแบคทีเรียกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรคและพบอาศัยอยู่ในอุจจาระของคนและสัตว์เลือดอุ่นถึงร้อยละ 95 ที่พบในดินและพืชมีเพียงร้อยละ 5 และไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ทำการวิเคราะห์ (นรีกุล สุรพัฒน์และคณะ, 2522 : 85-86)

5. ไวรัสที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ

จากการประมาณการชนิดและปริมาณของไวรัสในแหล่งน้ำ พบว่าปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งน้ำที่เก็บกักอยู่ ลักษณะการใช้น้ำ ประชากรที่อยู่อาศัย การปนเปื้อนของแหล่งน้ำและสภาพของภูมิประเทศ ชนิดและปริมาณของไวรัสมีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนจากอุจจาระ การแยกชนิดของไวรัสที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ โดยอาศัยลักษณะของ nucleic acid, capsid, เปลือกห่อหุ้ม (envelope) การเจริญเติบโตในเซลล์ (intracellular multiplication : cytoplasm or nucleus) และความทนทานต่อสารเคมี (susceptibility to chemical agent) เช่น อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม พีเอช และอื่นๆ สามารถแบ่งได้เป็น 8 วงศ์ (family) (Block and Schwartzbrod, 1989 : 3) คือ

5.1 Picornaviridae ไวรัสในวงศ์นี้ส่วนใหญ่อยู่ในสกุล (genus) enterovirus ที่พบในแหล่งน้ำเป็นไวรัสชนิด *Poliomyelitic* , *Coxsackie*, *ECHO* และ *Hepatitis A virus* เป็นไวรัสขนาดเล็กประมาณ 26-30 นาโนเมตร รูปร่างสมมาตรแบบก้อน ไม่มีเปลือกหุ้ม single-strand RNA มีความทนทานต่ออีเทอร์ คลอโรฟอร์มและกรด การติดเชื้อ enterovirus สามารถติดต่อได้โดยผ่านทางอากาศ น้ำและอาหาร การติดเชื้อจะปรากฏอาการหรือไม่ปรากฏอาการก็ได้ ไวรัสชนิดนี้จะพบในลำคอ (pharynx) และลำไส้ (intestine) ขับออกมาทางอุจจาระ สามารถมีชีวิตอยู่ได้นาน 3 เดือน ดังมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 *Poliomyelitic virus* แบ่งได้ 3 สายพันธุ์ (strain) คือ 1, 2 และ 3 ซึ่งมีแอนติเจน (antigen) และลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic wild strain) และสายพันธุ์ที่ใช้ผลิตวัคซีน (vaccinal strain)

5.1.2 *Coxsackie virus* แบ่งได้ 2 ชนิดคือ *Coxsackie A* virus มี 23 serotypes การติดเชื้อจะเข้าไปทำลายระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) ระบบหายใจ (respiratory system) และระบบย่อยอาหาร (digestive system) ส่วน *Coxsackie B virus* มี 6 serotypes เป็นสาเหตุของอาการปวดกล้ามเนื้อ (myalgia) อาการของหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular) อาการของเนื้อเยื่อและผิวหนัง (cutaneomucous) และระบบประสาทส่วนกลาง

5.1.3 *ECHO virus* (*Enteric cytopathogenic human orphan virus*) เป็นสาเหตุของโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ (meningitis) ระบบย่อยอาหาร เช่น โรคอุจจาระร่วง ระบบหายใจ และโรคตาอักเสบ (conjunctivitis)

5.1.4 *Hepatitis A virus* เป็นไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรคตับอักเสบชนิด เอ สามารถตรวจพบได้ก่อนปรากฏอาการของโรค 7-14 วัน และจะทำให้เกิดกลุ่มอาการดีซ่าน (jaundice)

5.2 Reoviridae ไวรัสในวงศ์นี้มีหลายสกุล แต่ที่พบได้มากมี 3 สกุล คือ *Reovirus*, *Rotavirus* และ *Orbivirus* เป็นไวรัสที่ก่อโรคในคน มีเพียง *Reovirus* และ *Rotavirus* ที่สามารถติดต่อผ่านน้ำได้ ลักษณะรูปร่างเป็นแบบสมมาตรแบบก้อน ขนาดระหว่าง 65-80 นาโนเมตร double-strand RNA ทนต่ออีเทอร์ และสารละลายไขมัน ดังมีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 *Reovirus* เป็นไวรัสที่พบในทางเดินอาหารและทางเดินหายใจ (respiratory and enteric tracts) แต่ที่เป็นสาเหตุของโรคยังเป็นที่สงสัยกันอยู่ เพราะสามารถตรวจพบได้ในกลุ่มอาการต่างๆและความสัมพันธ์กับโรคยังไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามอาจทำให้มีอาการในผู้ป่วยโรคเบาหวาน (juvenile diabetes)

5.2.2 *Rotavirus* พบหลายชนิดที่แยกได้จากคนและสัตว์ เป็นสาเหตุของโรคลำไส้อักเสบในเด็ก (infantile gastroenteritis)

5.3 Coronaviridae ไวรัสในวงศ์นี้ มีเปลือกหุ้มอนุภาค ขนาดระหว่าง 75-160 นาโนเมตร เป็น single-strand RNA ทำลายได้ด้วยอีเทอร์ คลอโรฟอร์มและสบู่ (detergent) เป็นสาเหตุของโรคหลอดลม (respiratory branch) โรคเลือดออกในลำไส้อย่างรุนแรง (severe hemorrhagic gastroenteritis)

5.4 Caliciviridae เป็นไวรัสที่มีขนาดเล็ก 30-38 นาโนเมตร ไม่มีเปลือกหุ้ม single-strand RNA ไม่สามารถทำลายได้ ด้วยคลอโรฟอร์ม แต่จะตายที่พีเอช 3-5 และสามารถตรวจพบได้ในอุจจาระใน

ผู้ป่วยลำไส้อักเสบช่วงเวลาสั้นๆในขณะเกิดโรค 4 วันแรกทุกคน และตรวจพบได้ครึ่งหนึ่งในระหว่างวันที่ 5-9

5.5 Astroviridae เป็นไวรัสที่มีขนาดเล็ก 28-30 นาโนเมตร single-strand RNA ลักษณะคล้ายรูปดาว พบในอุจจาระ ก่อให้เกิดโรคลำไส้อักเสบในเด็ก แต่การศึกษาในทางระบาดวิทยาที่มีผลกระทบต่อผู้ใหญ่ยังมีข้อมูลน้อย

5.6 Adenoviridae ไวรัสในวงค์นี้มีลักษณะรูปร่างแบบสมมาตรเชิงซ้อน มีขนาดระหว่าง 70-80 นาโนเมตร ไม่มีเปลือกหุ้ม double-strand DNA มีปุ่มยื่นออกมา (filamentous projection) ทนต่ออีเทอร์และคลอโรฟอร์ม เป็นสาเหตุการติดเชื้อในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม พบ 33 serotype ที่เป็นสาเหตุของโรคในคน สกุลที่มีข้อมูลค่อนข้างละเอียด คือ *Mastadenovirus* เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้ออย่างกว้างขวาง เช่น โรคลำไส้อักเสบ โรคเกี่ยวกับลำไส้ (intestinal tract) และโรคตาอักเสบ

5.7 Norwalk and similar virus ไวรัส norwalk มีขนาด 25-27 นาโนเมตร พบหลายชนิดที่มีรูปร่างคล้ายไวรัสที่เป็นสาเหตุโรคลำไส้อักเสบ เช่น เชื้อ hawaii agent, otofuke agent และ sapporo agent สามารถตรวจพบได้ในช่วงเวลาสั้นๆ 12-24 ชั่วโมง ในระหว่างที่ปรากฏอาการ

5.8 Non-A และ Non B Hepatitis virus เป็นไวรัสที่ไม่ได้มีความสัมพันธ์กับไวรัส hepatitis A และ B และสามารถทนสภาวะแวดล้อมในธรรมชาติได้น้อย ทำให้เกิดอาการในคนที่แตกต่างกัน การติดต่อผ่านระบบทางเดินอาหาร โดยเฉพาะในเด็ก แต่ต้องมีสภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม

6. ลักษณะทั่วไปของไวรัส

ไวรัสเป็นจุลินทรีย์ที่มีสถานะเป็นเพียงอนุภาคมี nucleic acid เพียงชนิดเดียวไม่มี organelle ของตัวเอง การสร้างสิ่งต่างๆที่ไวรัสต้องการได้จากกลไกของเซลล์ที่ไวรัสนั้นเข้าไปเจริญอยู่ (เยาวลักษณ์ ดิสระ, 2533 : 5)

6.1 ส่วนประกอบของไวรัส

6.1.1 Nucleic acid สำหรับ nucleic acid ที่พบในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั่วไปมี 2 ชนิด คือ DNA และ RNA แต่ในอนุภาคไวรัสจะมี nucleic acid เพียงชนิดหนึ่งชนิดใดเท่านั้น nucleic acid อาจจะอยู่ในลักษณะที่เป็นสายเดียว (single strand) หรือสายคู่ (double strand) ก็ได้ ดังนั้น nucleic acid ของไวรัสสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 แบบ คือ single-strand DNA, single-strand RNA, double-strand DNA และ double-strand RNA

6.1.2 Capsid สำหรับ capsid เป็นโปรตีนที่ห่อหุ้มอยู่โดยรอบ nucleic acid ส่วนของ capsid และ nucleic acid รวมกันเรียกว่าnucleocapsid .ซึ่ง capsid ประกอบขึ้นจากโปรตีนหน่วยย่อย (structural หรือ subunit) จำนวนมาก โดยทั่วไปอนุภาคไวรัสแต่ละชนิดจะมีโปรตีนหน่วยย่อยที่มีรูปร่างเหมือนกัน ซึ่งแต่ละหน่วยจะประกอบด้วย polypeptide เพียงสายเดี่ยว หรือ polypeptide ที่แตกต่างกันหลายสาย โปรตีนหน่วยย่อยเหล่านี้มักจะเกาะกันเป็นกลุ่มที่มีรูปร่างคงที่ เรียกกลุ่มโปรตีนนี้ว่า capsomer หรือ morphological unit

6.1.3 เปลือกหุ้มไวรัส (envelope) ไวรัสสัตว์ส่วนใหญ่จะมีเปลือกหุ้มรอบ nucleocapsid อีกชั้นหนึ่ง เปลือกหุ้มนี้เกิดขึ้นในขั้นตอนที่ไวรัสหลุดออกจากเซลล์ให้อาศัย ไวรัสที่ไม่มีเปลือกหุ้มอาจเรียกว่าไวรัสเปลือย (naked virus) เปลือกหุ้มของไวรัสได้จากเยื่อหุ้มของเซลล์ที่ไวรัสเข้าไปเจริญอยู่ อาจจะเป็นเยื่อหุ้มไซโตพลาสมิค (cytoplasmic membrane) หรือเยื่อหุ้มนิวเคลียส (nuclear membrane) คาร์โบไฮเดรตและไลปิดที่พบในเปลือกหุ้มจะเหมือนกับที่พบในเยื่อหุ้มของเซลล์ให้อาศัย สำหรับโปรตีนส่วนมากจะเป็นโปรตีนที่ไวรัสสร้างขึ้นมา ขณะที่ไวรัสเจริญอยู่ในเซลล์ ซึ่งโปรตีนส่วนนี้เข้าไปแทรกอยู่ที่เยื่อหุ้มของเซลล์ บริเวณนี้จะกลายมาเป็นส่วนของเปลือกหุ้มไวรัส ไวรัสที่มีเปลือกหุ้มบริเวณเปลือกหุ้มด้านนอกจะมีลักษณะเป็นปุ่มหรือระยางค์ที่ยื่นออกมาเรียกว่าspike ขนาดและรูปร่างของระยางค์มีได้แตกต่างกันในไวรัสแต่ละชนิด มีหน้าที่ในการยึดจับอนุภาคไวรัสเข้ากับเซลล์ให้อาศัย ระยางค์ที่ยื่นจากเปลือกหุ้มนอกจากมีหน้าที่ที่ช่วยในการนำไวรัสเข้าหรือออกจากเซลล์ให้อาศัยและยังมีสมบัติเป็นแอนติเจนอีกด้วย เปลือกหุ้มของไวรัสถูกทำลายได้ด้วยสารละลายอินทรีย์ (organic solvent) เช่น อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เมื่อส่วนของเปลือกหุ้มถูกทำลายทำให้ความสามารถของไวรัสที่จะเข้าสู่เซลล์ให้อาศัยสูญเสียไป

6.2 รูปร่างและขนาดของไวรัส

ไวรัสแต่ละชนิดจะมีรูปร่างและขนาดที่แน่นอน อนุภาคไวรัสมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20-500 นาโนเมตร แต่โดยทั่วไปไวรัสส่วนมากจะมีขนาดเล็กกว่า 150 นาโนเมตร อนุภาคของไวรัสชนิดเดียวกันจะมีขนาดเท่ากันเสมอ รูปร่างของไวรัสที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน คือรูปร่างของ capsid แบ่งได้ 3 แบบคือ

6.2.1 สมมาตรแบบก้อน (cubic symmetry) เป็นไวรัสที่มีรูปร่างเกือบกลมมีเหลี่ยม (polyhedral) แต่โดยทั่วไปมองดูคล้ายสามเหลี่ยม 20 รูป มาจัดตัวประกอบกันเกิดเป็นมุม 12 มุม โดยแต่ละมุมเกิดจากสามเหลี่ยม 5 รูป จึงเรียกรูปร่างไวรัสแบบนี้ว่า icosahedral symmetry

6.2.2 สมมาตรแบบท่อน (helical symmetry) เป็นไวรัสที่มีรูปร่างเป็นแท่ง หรือท่อนมีความยาวมากกว่าความกว้าง อาจจะเป็นแท่งตรงหรือคดงอ

6.2.3 สมมาตรแบบเชิงซ้อน (complex symmetry) ประกอบด้วยไวรัส 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีรูปร่างคล้ายลูกอ๊อด (tadpole shape) คือส่วนหัว (head) ซึ่งเป็นที่อยู่ของ nucleic acid จะสมมาตรแบบก้อน และส่วนหาง (tail) ซึ่งเป็นท่อน อีกกลุ่มหนึ่งเป็นไวรัสที่มีเปลือกหุ้ม ทำให้เห็นรูปร่างแตกต่างไปจากรูปร่างของ nucleocapsid

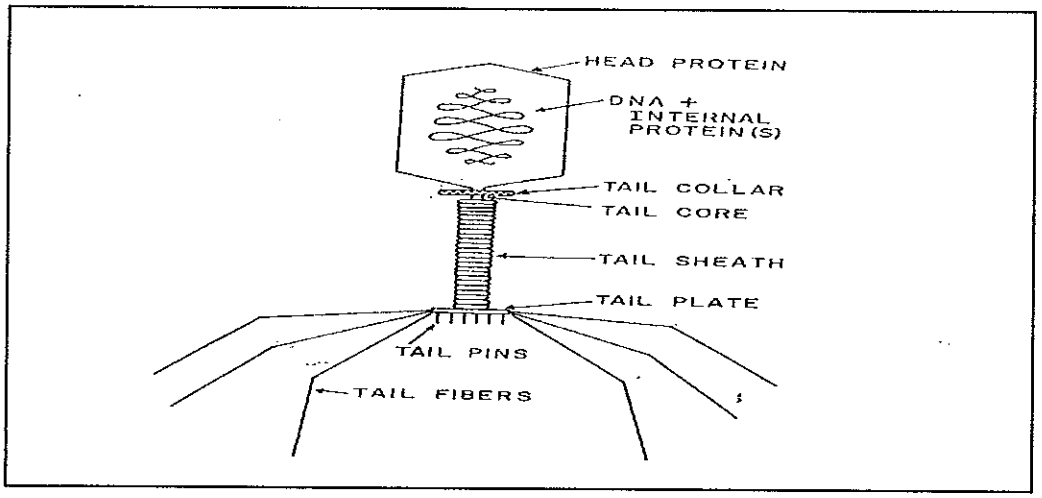
6.3 การเพิ่มจำนวนของไวรัส

ไวรัสจัดเป็นสิ่งมีชีวิตเพราะสามารถเพิ่มจำนวนได้ แต่ในขบวนการนี้ไวรัสต้องอาศัยเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆเนื่องจากไวรัสไม่มีสิ่งต่างๆที่เป็นวัตถุดิบที่ไวรัสใช้ในขบวนการเพิ่มจำนวน ไวรัสได้สิ่งที่ไวรัสต้องการจากเซลล์ให้อาศัยที่เหมาะสมแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์ให้อาศัยเพื่อสร้างส่วนประกอบที่จำเป็นสำหรับไวรัส จากนั้นส่วนประกอบเหล่านี้จะรวมกันขึ้นเป็นไวรัสที่สมบูรณ์ การเพิ่มจำนวนของไวรัสกล่าวเป็นลำดับดังต่อไปนี้คือ ขั้นแรกไวรัสจะเข้าสู่เซลล์ให้อาศัยด้วยวิธีการต่างๆ ไวรัสบางชนิดเข้าสู่เซลล์ให้อาศัยทั้งอนุภาค บางชนิดจะเกาะติดกับเซลล์ให้อาศัยก่อน จากนั้นจึงผ่านเข้าไปในเซลล์ หลังจากนั้น capsid และ nucleic acid แยกจากกัน แล้วจะมีการสร้าง nucleic acid และโปรตีนซึ่งเป็นส่วนประกอบของอนุภาคไวรัสใหม่ เมื่อส่วนต่างๆมีเพียงพอกับความต้องการไวรัสจะชักนำให้ส่วนประกอบเหล่านั้นมารวมกันเป็นไวรัสรุ่นใหม่จำนวนมาก และจะหลุดจากเซลล์ให้อาศัยเป็นไวรัสที่สมบูรณ์พร้อมที่จะเข้าสู่เซลล์ใหม่ต่อไป สำหรับการเจริญเพิ่มจำนวนของไวรัสสรุปได้ดังนี้การเกาะติด (attachment) การเข้าสู่เซลล์ให้อาศัย (penetration) การเพิ่มจำนวน nucleic acid และการสังเคราะห์โปรตีน (nucleic acid replication and protein synthesis) การประกอบเข้าเป็นอนุภาคไวรัส (assembly) และ การหลุดจากเซลล์ให้อาศัย

7. Bacteriophage

bacteriophage คือไวรัสกลุ่มหนึ่งซึ่งสามารถทำลายเซลล์ของแบคทีเรียได้หรือเรียกสั้นๆว่าphage พวกนี้มีความจำเพาะในการทำลายเซลล์แบคทีเรียแต่ละชนิด เช่น coliform bacteria เรียกว่า coliphage และ bacteriophage หลายชนิดที่มีความจำเพาะกับแบคทีเรียที่เป็นโฮสท์ ซึ่งได้มีการศึกษากันมากโดยการใช้โฮสท์ที่เป็น enteric bacteria ได้แก่ *Salmonella, Shigella* และ *Bacteroides fragilis* (Kott, 1966 : 141)

7.1 ลักษณะส่วนประกอบของ phage (ภาพประกอบ 1) สำหรับ phage ที่มีขนาดเล็กได้แก่ ϕX174 และ MS2 มีลักษณะรูปร่างของ capsid เป็นแบบก้อนเกือบกลม (icosahedral) ส่วน phage f1 มีลักษณะรูปร่างของ capsid เป็นแบบเกลียว (helical) และเป็นเส้นยาว (filamentous) สำหรับ phage ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ประกอบด้วยส่วนหัวที่มี genome ซึ่งเป็นรหัสพันธุกรรมล้อมรอบ capsid มีลักษณะรูปร่างเป็นแบบหกเหลี่ยม (hexagonal) และหางอาจจะยาวหรือสั้น โดยที่หางจะเป็นอวัยวะที่ช่วยในการเกาะติดกับโฮสท์เซลล์และมีท่อ (tube) สำหรับให้ DNA ผ่านไปยังโฮสท์เซลล์ ส่วนประกอบของหางจะมีความซับซ้อนตามแต่ละชนิดของ phage โดยแบ่งได้เป็น 3 แบบดังนี้คือ แบบแรกลักษณะของหางจะสั้นได้แก่ phage T3 และ T4 ส่วน phage T1 และ ϕλ ลักษณะของหางจะยาวไม่ซับซ้อนจะยืดหรือหดได้ ซึ่งประกอบด้วยปุ่ม (knob) หรือระยางค์ (spike) หนึ่งหรือหลายๆระยางค์ หรือเป็นเส้น (fiber) ที่ส่วนปลายสุดของหาง แบบสุดท้ายได้แก่ phage T2, T4 และ T6 เรียกว่า T-even phage โดยที่แกนของหางจะเป็นรู (hallow core) ซึ่งปลายด้านหนึ่งจะเกาะติดกับส่วนของหัว และปลายอีกด้านหนึ่งจะเกาะติดกับแผ่นของหาง (baseplate) โดยเรียงตัวกันเป็นแบบหกเหลี่ยม (hexagonal base plate) ซึ่งเป็นที่ยึดติดของ pin จำนวน 6 เส้นและเส้นใย (fiber) จำนวน 6 เส้น โดยที่ตำแหน่งตรงกลางจะมีลักษณะโค้งงอ ส่วนที่เป็น collar บางๆจะมีหนวด (whisker) หลายๆเส้นยึดติดกับส่วนของหัว โดยจะล้อมรอบด้วยเปลือกหุ้ม (sheath) ซึ่งประกอบด้วย capsomer จำนวน 24 วง (ring) เรียงตัวกันเป็นแบบเกลียว (helical) ในส่วนของหางเหล่านี้ประกอบด้วยโปรตีนเฉพาะที่แตกต่างกัน 20 ชนิด ซึ่งมีส่วนช่วยในการนำ DNA เข้าสู่โฮสท์เซลล์ (Joklik, 1980 : 201)



ที่มา : Mathews, 1971 : 24

ภาพประกอบ 1 แสดงส่วนประกอบของ phage

7.2 genome ของ phage มีหลายชนิด แต่โดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วย single linear double-stranded DNA moleclues โดยที่ moleclues จะมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 1.0×10^6 - 1.0×10^8 daltons โดยเฉพาะ T-even phage การเรียงตัวของ DNA จะเป็นแบบวงกลม (circular) ซึ่งใน moleclues จะประกอบด้วย nucleotides ชนิดเดียวกัน แต่ใน terminal nucleotides จะแตกต่างกันตามชนิดของ genome และมี nucleotides ไม่กี่ชนิดที่ซ้ำซ้อนกัน ส่วน genome ของ phage อื่นๆได้แก่ PM2 ประกอบด้วย circular double–stranded DNA molecules และ phage ϕX174, G4 และ fd จะประกอบด้วย single-stranded circular DNA molecules แบบมีขั้วบวก (plus polarity) และเป็นแบบ linear single-stranded nonpermuted RNA molecules แบบมีขั้วบวก ส่วน phage ของ *Pseudomonas phaseolica* และ ϕ6 ประกอบด้วย double-stranded RNA molecules โดยที่ genome แบ่งเป็น 3 ส่วน โดยในแต่ส่วนมีน้ำหนัก molecules เท่ากับ 2.2×10^6, 2.9×10^6 และ 4.8×10^6 daltons ตามลำดับ (Joklik, 1980 : 197-200)

7.3 การเกาะติดของ phage ในโฮสท์เซลล์

การเกาะติดของ phage ในโฮสท์เซลล์จะมีหน่วยรับที่จำเพาะในการเกาะติดของไวรัส (virus-specific receptor) และมีความจำเพาะกับสายพันธุ์แบคทีเรียที่เป็นโฮสท์เซลล์ ส่วนประกอบที่จำเพาะใน molecule ของ phage ที่ใช้ในกระบวนการเกาะติดกับหน่วยรับบนผนังของเซลล์โฮสท์จะเปลี่ยนแปลงตามชนิดของ phage ได้แก่ icosahedral phage (ϕX174 และ MS2) ซึ่งเป็น phage ที่มีขนาดเล็กจะมีหน่วยที่ใช้ในการเกาะติดหลายๆตำแหน่งและ filamentous phage (f1) โดยจะใช้ปลายด้านหนึ่งของหางที่มีปุ่ม (knob) ระยางค์ (spike) หรือเส้นใย (fiber) จะเกาะติดกับผนังของโฮสท์เซลล์ซึ่งประกอบด้วย lipopolysaccharide หรือ lipoprotein หรือบางชนิดจะเกาะติดที่ F-pilli โดยเป็น phage ประเภทที่มี genome เป็น single-stranded DNA และ RNA ในแบคทีเรียโฮสท์เซลล์เพศผู้ (male bacteria host) (Joklik, 1980 : 202) จากการศึกษา phage จะมีความแตกต่างกันตามชนิดของส่วนที่เกาะติดเข้าในผนังของแบคทีเรียที่ใช้เป็นโฮสท์เซลล์

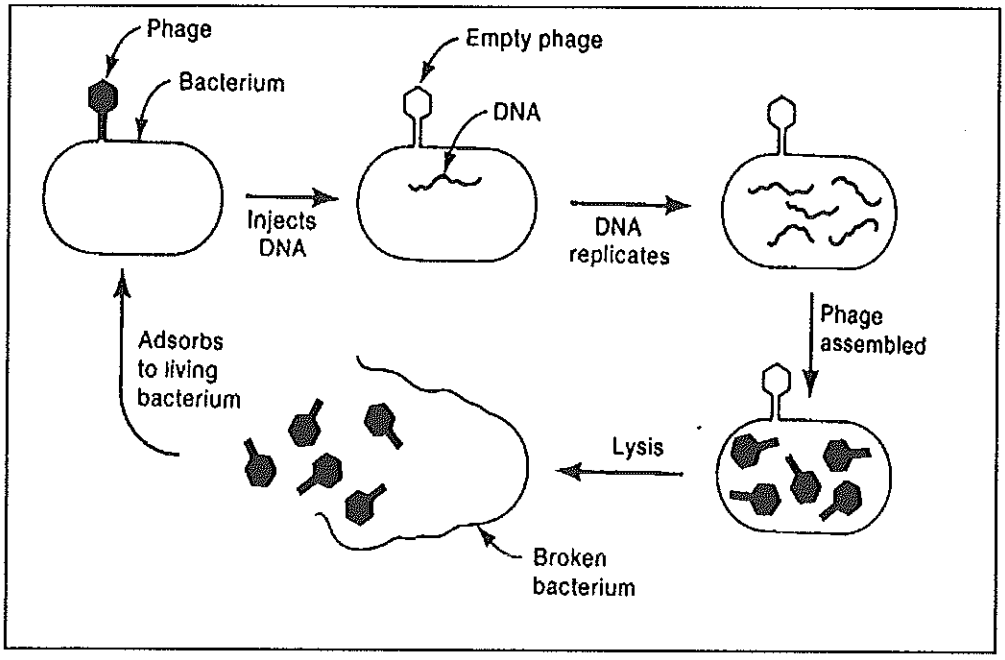
การที่ phage เกาะติดและผ่านเข้าสู่โฮสท์เซลล์จะเกิดขึ้นทันทีที่ทันใด โดยการถ่ายเท nucleic acid เข้าสู่โฮสท์เซลล์ ในกระบวนการปลดปล่อย DNA ของ phage ผ่านเข้าสู่โฮสท์เซลล์โดยการใช้หางเกาะติดและผ่านเข้าไป การที่ nucleic acid ผ่านเข้าไปในโฮสท์เซลล์ ในขณะที่ผนังของโฮสท์เซลล์ไม่เปิดทางให้เข้าไปได้ ในกรณีของ phage ที่ไม่มีหาง nucleic acid จะถูก enzyme ทำลาย ซึ่งจะทำให้โปรตีนที่เป็นเปลือกหุ้มแตกออกและถ่ายเท nucleic acid ผ่านเข้าในโฮสท์เซลล์ได้ (Freifelder, 1987 : 554)

7.4 การเจริญเติบโตของphage ในเซลล์โฮสท์ (phage infection) (ภาพประกอบ 2) มี 2 แบบ คือ

7.4.1. Lytic infection คือการติดเชื้อของ phage ในเซลล์แบคทีเรียมีการเพิ่มจำนวนในที่สุดโฮสท์เซลล์จะแตก (lysis) vegetative phage ก็จะถูกปลดปล่อยออกมาเป็นจำนวนมาก phage ที่มีการติดเชื้อแบบนี้เรียกว่าvirulent phage

7.4.2. Lysogenic infection คือการติดเชื้อของ phage ในแบคทีเรียเซลล์แต่ไม่ให้ vegetative phage หรือให้จำนวนน้อยมาก ส่วนใหญ่จะเป็น prophage โดยที่ genome ของ phage บางส่วนเข้าไปรวมตัวกับ nucleic acid ของแบคทีเรีย เรียกแบคทีเรียนี้ว่า lysogenic bacteria เมื่อแบคทีเรียแบ่งตัวแบบ binary fission โดยที่ genome ของไวรัสก็จะถูกแบ่งตัวไปพร้อมๆกับแบคทีเรียบางครั้ง prophage จะเปลี่ยนเป็น vegetative phage ได้ตามธรรมชาติหรือจากการกระตุ้นด้วยแสงอุลตราไวโอเลตหรือสารเคมีบางชนิด ผลของ lysogenic infection ของ phage ทำให้เกิด phage transduction และ phage conversion (ศิริพร รัตนเลิศ, 2522 : 57)

Temperate phage คือ phage ที่มีการติดเชื้อแบคทีเรียแล้วส่วนใหญ่จะเป็นแบบ lysogenic cycle ส่วนน้อยให้ lytic cycle ได้เป็นครั้งคราว



ที่มา : Freifelder, 1987 : 19

ภาพประกอบ 2 แสดงการเจริญเติบโตของphage

7.5 Bacteriophage สามารถแบ่งได้หลายประเภทตามลักษณะรูปร่างของ capsid และ nucleic acid และตำแหน่งของเนื้อเยื่อ หรือชนิดของโฮสท์เซลล์ที่ phage ชอบเจริญเติบโต ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

7.5.1 Bacteriophage แบ่งตามลักษณะรูปร่างของ capsid และ nucleic acid ได้เป็น 6 วงศ์ (Havelaar, *et al.*, 1991 : 531) ดังนี้ คือ *Myoviridae, Styloviridae, Podoviridae, Microviridae, Leviviridae* และ *Inoviridae*

7.5.2 Bacteriophage แบ่งโดยพิจารณาถึงตำแหน่งของเนื้อเยื่อหรือชนิดของโฮสท์เซลล์ phage ชอบเจริญเติบโตได้เป็น 2 ประเภท คือ somatic coliphage และ F-specific bacteriophage (Havelaar, *et al.*, 1991 : 532) ดังนี้คือ

7.5.2.1 Somatic coliphage เป็น bacteriophage ที่ใช้ *F⁻ E coli* เป็นโฮสท์ จะเกาะติดที่ผนังเซลล์ (somatic receptor) ตามทฤษฎีหากใช้ *Male (F^+ or Hfr)* เป็นโฮสท์ สามารถวิเคราะห์ได้ทั้ง somatic และ F-specific phage แต่ในทางปฏิบัติเมื่อใช้ *Male E. coli* เป็นโฮสท์ จะวิเคราะห์ somatic coliphage ได้ในสัดส่วนที่มากกว่า F-specific phage (Dhillon, *et al.*, 1970 : 187 and Furuse, *et al.*, 1981 : 1139) และปัจจัยที่สำคัญในการศึกษา bacteriophage คือ สายพันธุ์โฮสท์ ซึ่ง *E. coli C* จะให้ bacteriophage ชนิด somatic coliphage มากที่สุด (Ignazzitto, *et al.*, 1980 ; Havelaar and Hogeboom, 1983 and Ibister, *et al.*, 1983 quoted in Havelaar, *et al.*, 1991 : 532) เนื่องจากมีหน่วยรับ bacteriophage ที่เจริญเติบโตใน *E. coli C* ได้เหมาะสม และ *E. coli B* ใช้เป็นโฮสท์ในการวิเคราะห์ somatic coliphage ได้ดีเช่นกัน

7.5.2.2 F-specific bacteriophage เป็นไวรัสที่อยู่ในกลุ่ม *Leviviridae* (single-strand RNA) และ *Inoviridae* (single-strand DNA) ซึ่งจะเกาะติดเฉพาะที่ F-หรือ sex-pili coded ในแบคทีเรียโฮสท์ *E. coli K12* โดยที่ F-pili สังเคราะห์ขึ้นจากแบคทีเรีย*E. coli* และแบคทีเรียอื่นๆที่มีความสัมพันธ์กันโดยมีปัจจัยที่เหมาะสม แบคทีเรียที่สามารถสร้าง F-pili เป็นพวกสายพันธุ์ *E. coli* , *Salmonella, Shigella, Serratia* และ *Proteus* สำหรับแบคทีเรียที่ใช้เป็นโฮสท์กันมากในการศึกษาวิจัยซึ่งสังเคราะห์ F-pili ได้มากที่สุดคือสายพันธุ์ *E. coli K12 F^+* (Freifelder, 1987 and Ippen and Valentine, 1965 quoted in Danteravanich, 1992 : 23) ดังนั้นสายพันธุ์โฮสท์มาตรฐานสำหรับแยก bacteriophage ในวงศ์ *leviviridae* คือ F^+ หรือ Hfr ได้รับมาจาก *E. coli K12* (Goyal, 1987 quoted in Danteravanich, 1992 : 23)

สำหรับการตรวจวิเคราะห์ F-specific bacteriophage โดยวิธี double layer agar ให้ผลดีที่สุด (Adam, 1959 : 450-454) ซึ่งจากรายงานการศึกษาได้ใช้แบคทีเรียโฮสท์*E. coli K12 F^+* (A/λ) ในระยะ

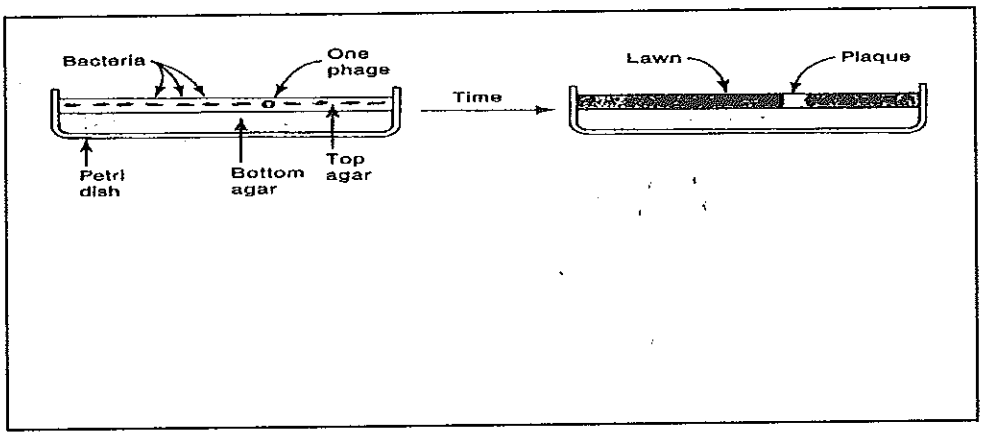
exponential growth phase ตรวจวิเคราะห์ F-specific bacteriophage โดยที่ F-specific bacteriophage ประกอบด้วย RNA-F-specific bacteriophage มากกว่า 97 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็น DNA-F-specific bacteriophage (Ketratanakul and Ohgaki, 1988) การแยก F-specific bacteriophage ในการตรวจวิเคราะห์เป็น RNA และ DNA-F-specific bacteriophage โดยการเติม RNase A enzyme ใน plate โดยที่ RNase A เป็น enzyme จะยับยั้งการเจริญเติบโต plaque ของ RNA-F-specific bacteriophage แต่จะปล่อยให้ plaque ของ DNA- F-specific bacteriophage เจริญเติบโต (Havelaar, Furuse and Hogeboom, 1986 : 256)

7.6 การตรวจวิเคราะห์ phage

การตรวจวิเคราะห์ phage ในรายละเอียดมีความแตกต่างกันแต่อย่างไรก็ตามแบคทีเรียโฮสท์ก็ยังเป็นสิ่งที่สำคัญ จากรายงานว่าการใช้แบคทีเรียโฮสท์ชนิดเดียวไม่สามารถนำมาตรวจวิเคราะห์ bacteriophage ทั้งหมดในสิ่งแวดล้อมได้ (Primrose, *et al.*, 1982 quoted in Danteravanich, 1992 : 22) แต่จากการศึกษาการตรวจวิเคราะห์ bacteriophage ในน้ำทิ้งของระบบ activated sludge และน้ำจากทะเลสาบโดยใช้แบคทีเรียโฮสท์ผสมกันระหว่าง *E. coli B* และ *E. coli C* พบว่าให้ค่าต่ำกว่าการใช้ *E. coli C* เพียงชนิดเดียว (Kennedy, *et al.*, 1985 quoted in Danteravanich, 1992 : 22) และต่อมาได้มีนักวิจัยหลายท่านได้พัฒนาการตรวจวิเคราะห์ bacteriophage เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและเหมาะสมกับคุณภาพของน้ำในแต่ละแห่งที่มีความแตกต่างกัน

สำหรับการศึกษา phage ในแหล่งน้ำโดยวิธี double layer agar ต้องกำจัดแบคทีเรียที่ปนเปื้อนก่อน โดยใช้สารคลอโรฟอร์ม การกรอง ยาปฏิชีวนะหรือการปั่นแต่จะลดปริมาณ phage ลงด้วย เนื่องจาก phage จะตายหรือติดค้างที่แผ่นกรอง ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งคือข้อจำกัดในปริมาตรของน้ำที่นำมาวิเคราะห์และปริมาณของ phage ทั้งหมดต้องมากกว่า 10^4 อนุภาค/มิลิลิตร (Havelaar, *et al.*, 1991 : 533) ในส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อ (media) ก็มีส่วนสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของ phage อย่างมากเช่นเดียวกัน (Kott, 1966 : 142) และได้มีการพัฒนาปรับปรุงอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าให้ phage ได้สูงสุดเป็นผลมาจากการเติมอนุมูลโลหะของแคลเซียม (Ca^{2+}) หรือแมกนีเซียม (Mg^{2+}) ลงไป (Ibister, *et al.*, 1983 quoted in Havelaar, *et al.*, 1991 : 532) ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเกาะติดของ phage โดยใช้เซลล์โฮสท์ในระยะ early exponential growth phase (Havelaar and Hogeboom, 1983 quoted in Havelaar, *et al.*, 1991 : 532) การตรวจวิเคราะห์ phage กระทำได้โดยใช้เซลล์ของแบคทีเรียเป็นโฮสท์เซลล์ที่เป็น

สายพันธุ์ที่จำเพาะกับชนิดของไวรัส (ภาพประกอบ 3) โดยที่แบคทีเรียจะเจริญเติบโตในอาหารแข็งในชั้นบางๆ เรียกว่าlawn เมื่อ phage สามารถเกาะติดกับแบคทีเรียโฮสท์เซลล์ ซึ่งแบคทีเรียแต่ละเซลล์



ที่มา : Freifelder, 1987 : 19

ภาพประกอบ 3 แสดงการตรวจวิเคราะห์ phage

เหล่านี้จะเป็นที่เจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของไวรัส หลังจากนั้นจะทำให้แบคทีเรียที่โฮสท์เซลล์แตกออก อนุภาคของไวรัสที่หลุดออกมาจะทำลายเซลล์แบคทีเรียซึ่งอยู่ข้างเคียงต่อไป เป็นผลให้มองเห็นเป็นวงใสเรียกว่า plaque ดังนั้นการเพาะเลี้ยง phage กระทำได้โดยการใส่ไวรัสผสมกับแบคทีเรียโฮสท์ที่จำเพาะและรอจนเซลล์ของแบคทีเรียแตกสลายจะได้อนุภาคไวรัสรุ่นใหม่ (เยาวลักษณ์ ดิสระ, 2533 : 53)

7.7 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกาะติดของ bacteriophage กับเซลล์โฮสท์

การเกาะติดของ bacteriophage กับเซลล์โฮสท์ มีปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีหลายอย่างที่สนับสนุนให้กระบวนการเหล่านี้ให้มีความเหมาะสม ปัจจัยที่สำคัญได้แก่

7.7.1 อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเกาะติดของ bacteriophage ต่อเซลล์โฮสท์โดยเฉพาะ F-specific bacteriophage เนื่องจาก bacteriophage ในกลุ่มนี้จะเกาะติดที่ F-pili การสังเคราะห์ F-pili จะเริ่มหลังจากระยะ log growth phase 1-2 นาที ซึ่งจะพบปริมาณ F-pili สูงสุดเกิดขึ้นหลัง 8-10 นาที เมื่อบ่ม (incubate) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิต่ำจะมีแนวโน้มลดต่ำลงเรื่อยๆจนถึง 0 ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส (Valentine, Wedel and Ippen, 1965 : 277-283) จากการศึกษาการเกาะติด bacteriophage โดยใช้ *Fr phage* พบว่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและไม่สามารถเกาะติดเมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เนื่องจากเซลล์โฮสท์ไม่สังเคราะห์ F-pili ที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งแสดงว่า

Central Library
Prince of Songkla University

F-pili บน sex factor มีความไวต่ออุณหภูมิ (Knolle and ϕiskov, 1967 quoted in Novotny and Lavin, 1971 : 671-678) เมื่อวัด F-pili โดยวิธี serum-bloking power ไม่พบที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส และจะเริ่มปรากฏเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น พบสูงสุดเมื่ออุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (Novotny and Lavin, 1971 : 671-678) ซึ่ง F-pili ถูกทำลายอย่างรวดเร็วด้วยสารละลายไขมัน (lipid solvent) และที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทำลายความสามารถการเกาะติดของ phage (Wendt, Ippen and Valentine, 1966 : 375-380)

7.7.2 พีเอช (pH) พีเอชมีอิทธิพลต่อการเกาะติดของ phage จากการศึกษาการเกาะติดของ bacteriophage MS-2 และ T2 ต่ออนุภาคของซิลิกา (siliga) ซึ่งพบว่าพีเอชก่อให้เกิดประจุที่ผิวของไวรัส ทำให้การเกาะติดดียิ่งขึ้น (Zerda,*et al.*, 1985 : 92) และสำหรับการเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์โดยวิธีการกรองต้องปรับให้ phage มีประจุบวกก่อน เพื่อจะให้เกิดการเกาะติดตัวกรองที่เป็นประจุลบได้ดียิ่งขึ้นด้วยการปรับพีเอช (Bitton, 1980 and Gerba, 1984 quoted in Havelaar, 1991 : 534) และ bacteriophage ไม่มีความทนทานต่อกรดที่พีเอช 3 และด่างที่พีเอช 10 (Ohgaki, *et al.*, 1986 : 267-275)

7.7.3 ตะกอนแขวนลอย (suspended solids) ตะกอนแขวนลอยช่วยป้องกันผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม และส่งเสริมการอยู่รอดของ bacteriophage ในน้ำตามธรรมชาติและทนทานต่อการกำจัดของคลอรีน จากรายงานการศึกษา bacteriophage MS-2 ในตะกอนแขวนลอยพบว่ามีความทนทานต่อคลอรีนมากกว่าไวรัสอิสระ 2 เท่า (Stagg,*et al.*, 1977 quoted in Gerba, Staggt and Abadie, 1978 : 805-812) และการศึกษาในน้ำที่มีความขุ่นมากพบว่าปริมาณการเกาะติดของ phage ลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ระยะเวลาการอยู่รอดของ phage มีเพิ่มมากขึ้น (Gerba and Schaiberger, 1975 : 93-101) ในส่วนขนาดของตะกอนแขวนลอยพบว่ามีอิทธิพลต่อการเกาะติดของไวรัสเช่นเดียวกัน จากรายงานการศึกษาการดูดซับไวรัสของ bentonite clay ในขนาดที่แตกต่างกัน พบว่าตะกอนแขวนลอยขนาดที่เล็กกว่าสามารถดูดซับไวรัสได้ดีกว่าขนาดใหญ่ (Dunn and Hitchbarn, 1965 quoted in Gerba and Schaiberger, 1975 : 93-101)

7.7.4 คลอไรด์ (chloride) น้ำจากแหล่งธรรมชาติมักมีคลอไรด์ปะปนอยู่เสมอ เนื่องจากการสัมผัสของน้ำกับคลอไรด์ที่อยู่ในดินและหิน นอกจากนี้อาจเกิดจากการปนเปื้อนของน้ำทะเลหรือน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม (อุดมผล พืชน์ไพบูลย์, 2540 : 1-1) ซึ่งคลอไรด์เป็นสารเคมีที่ส่งเสริมให้ bacteriophage เกาะติดเซลล์โฮสท์ โดยจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้ 1-5 โมลของแคลเซียมคลอไรด์หรือแมกนีเซียมคลอไรด์ เติมในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Havelaar, *et al.*, 1991 : 532)

7.7.5 ซีโอดี (COD : chemical oxygen demand) ค่าซีโอดีเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำ โดยเป็นปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ในหลายๆการศึกษาพบว่าปริมาณ bacteriophage ในแหล่งน้ำมีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพน้ำที่วัดค่าเป็นปริมาณสารอินทรีย์ในเทอมของซีโอดี หรือใช้แบคทีเรียเป็นตัวชี้วัด (Havelaar, *et al.*, 1991 : 539)

7.8 การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ bacteriophage

Armon and Kott (1997) ได้ทำการศึกษา bacteriophage ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดโรคที่มีสาเหตุมาจากเชื้อไวรัสโดยมีน้ำเป็นสื่อ เมื่อพิจารณาถึงข้อดีข้อเสียในการนำมาใช้โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์ (enteropathogen) ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ รวมทั้งวงจรชีวิตของ bacteriophage ที่เกิดขึ้นทั้งในคนและสัตว์ วิธีการตรวจวิเคราะห์และการฆ่าเชื้อของสารเคมี นอกจากนี้ยังใช้เป็นตัวติดตามการปนเปื้อน (tracer) ของน้ำ โดยที่พฤติกรรมของ bacteriophage จะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาวะของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ในหอย (shellfish) และความทนทานต่อการฆ่าเชื้อเมื่อเปรียบเทียบกับไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรคด้วยรังสีอุตราไวโอเลต ผลจากศึกษา bacteriophage จึงมีความเป็นไปได้ที่นำมาเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำต่อการปนเปื้อนด้วยไวรัสที่ก่อให้เกิดโรค

Havelaar and Pot-Hogeboom (1988) ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการใช้ bacteriophage เป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนในน้ำเสีย โดยได้ศึกษาแหล่งที่อยู่อาศัยของ RNA-F-specific bacteriophage (FRNA phage) ผลจากการศึกษาปรากฏว่าไม่พบ FRNA phage ในอุจจาระของคน สุนัข วัวและม้า พบได้เล็กน้อยในอุจจาระของหมู ในอุจจาระของไก่รุ่นพบประมาณ 10^3-10^7 PFU/g แต่ในน้ำเสียจากหลายๆแห่งพบปริมาณ FRNA phage อยู่ในช่วงระหว่าง 10^3-10^4 PFU/ml ซึ่งแสดงว่า FRNA phage จะพบและเพิ่มจำนวนได้ในน้ำเสียโดยไม่ได้ปนเปื้อนมาจากอุจจาระโดยตรง แต่การเพิ่มจำนวนของ FRNA phage ในสิ่งแวดล้อม แบคทีเรียโฮสท์ในน้ำเสียจะต้องมีอุณหภูมิสูงกว่า 30องศาเซลเซียส. ซึ่งสามารถสร้าง F-pili

Havelaar, *et al.* (1990) ได้ทำการศึกษาหา bacteriophage ในอุจจาระของคน หมู วัวและไก่ โดยการตรวจวิเคราะห์หา somatic coliphage และ RNA-F-specific coliphage (FRNA phage) โดยศึกษาผลกระทบของช่วงอายุของโฮสท์ การใช้และไม่ใช้ยาปฏิชีวนะ และแบคทีเรียโฮสท์ที่เหมาะสม โดยตรวจพบ somatic coliphage จำนวนมากในอุจจาระของสัตว์ตัวอย่างทุกชนิด ส่วน FRNA phage ตรวจ

พบได้น้อยในอุจจาระจากคนและวัว แต่พบได้มากกว่าในอุจจาระของหมูและไก่รุ่น ส่วนอุจจาระจากลูกไก่ทั้งใช้ยาปฏิชีวนะและไม่ใช้พบได้เสมอมากกว่า $3x10^6$ PFU/g. สำหรับในน้ำเสียจากแหล่งที่อยู่อาศัย โรงพยาบาล โรงฆ่าสัตว์และน้ำเสียจากแหล่งอื่นๆ พบ FRNA phage ได้มากกว่า 10^3 PFU/ml โดยเปลี่ยนแปลงตามแหล่งของน้ำเสีย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า FRNA phage พบได้ในน้ำเสียมากกว่า

Havelaar, *et al.* (1991) ได้ทำการศึกษาการใช้ bacteriophage เป็นตัวชี้วัดไวรัสในแหล่งน้ำตามธรรมชาติและในระบบบำบัดน้ำเสีย โดยศึกษาในกลุ่ม somatic coliphage, F-specific coliphage และ phage ของ *Bacteroides fragilis* ได้ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่มีการปนเปื้อนมากโดยวิธี plaque count และตัวอย่างน้ำที่มีการปนเปื้อนน้อยโดยวิธี enrichment method พบว่ากลุ่ม F-specific coliphage มีชีวิตรอดได้ยาวนานกว่ากลุ่ม somatic coliphage แต่ทั้ง 2 กลุ่มเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนได้ดีกว่าการปนเปื้อนจากอุจจาระ ส่วน phage ของ *Bacteroides fragilis* พบอยู่ทั่วไปยกเว้นในอุจจาระจากคน

Palmateer, *et al.* (1990) ได้ทำการศึกษาหา coliphage, bacteriophage และ coliform bacteria bacteria ในน้ำดื่มซึ่งมีคลอรีนตกค้างอยู่ 18 ตัวอย่าง จากแหล่งน้ำต่างๆใน 3 เมืองของประเทศแคนาดา พบ coliform bacteria ตั้งแต่ตรวจไม่พบเลยถึงมากกว่า 5,500 colony/100 ml ทุกตัวอย่างพบ coliphage และ bacteriophage ดังนั้นการนำ coliphage และ bacteriophage มาใช้เป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนทางชีวภาพจะเหมาะสมกว่าการใช้ coliform bacteria

Kamiko and Ohgaki (1992) ได้ทำการศึกษาพบว่า RNA-F-specific phage (FRNA phage) สามารถเพิ่มจำนวนในเซลล์โฮสท์ *E. coli K12* F^+ (A/λ) ได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส และเพิ่มจำนวนได้เล็กน้อยในแหล่งน้ำ การกำจัดไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคและ FRNA phage ในสิ่งแวดล้อมมีความคล้ายคลึงกัน อัตราการกำจัด FRNA phage สามารถใช้คาดการณ์การกำจัด pathogenic virus ได้ สำหรับการศึกษา somatic coliphage โดยใช้ *E. coli C* เป็นโฮสท์ สามารถพบได้ดีกว่าและเพิ่มจำนวนได้มากกว่า FRNA phage แต่การใช้ somatic coliphage ดังกล่าวไม่สามารถนำมาประเมินถึงความทนทานของ pathogenic virus ได้ เนื่องจากมีความทนทานน้อยกว่า ดังนั้นการนำ FRNA phage มาเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อน pathogenic virus จะมีความเหมาะสมมากกว่า

Jofre, *et al.* (1995) ได้ทำการศึกษาโดยใช้ bacteriophage เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพในการผลิตน้ำดื่ม โดยประเมินประสิทธิภาพกระบวนการกำจัด enterovirus โดยใช้ bacteriophage ที่แตกต่างกัน คือ somatic coliphage, F-specific coliphage และ phage ของ *Bacteroides fragilis* ซึ่ง bacteriophage ส่วน

ใหญ่ถูกกำจัดออกไปในขั้นตอน prechlorination, flocculation และ sedimentation ในทุกขั้นตอน phage มีชีวิตรอดได้ยาวนานกว่าแบคทีเรียที่เป็นตัวชี้วัด พบ phage ของ *Bacteroides fragilis* มีชีวิตรอดในระบบบำบัดน้ำเสียได้นานกว่า somatic coliphage และ F-specific coliphage ส่วน enteric virus ตรวจพบจำนวนน้อยในน้ำที่ยังไม่ผ่านการบำบัด ซึ่งประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการกำจัดไวรัส ไม่สามารถประเมินผลได้เที่ยงตรง ดังนั้นจำนวนความชุกชุมของ bacteriophage ในตัวอย่างน้ำอาจใช้เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังให้ปลอดภัยจากไวรัสได้

Quiberoni, Suarez and Reinheimer (1999) ได้ทำศึกษาวิจัยโดยการนำ bacteriophage ของแบคทีเรีย lactic acid (lactobacillus helveticus phage) มาศึกษาความทนทานต่อสารเคมีฆ่าเชื้อและความร้อนในการฆ่าเชื้อ ผลปรากฏว่า lactobacillus helveticus phage จะตายไปเป็นจำนวน 95 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 63-72 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลานาน 5 นาที ในสารอาหารแขวนลอย (suspension media) โดยที่ความทนทานต่อความร้อนและสารเคมีฆ่าเชื้อจะเปลี่ยนแปลงตามชนิดของ phage ถ้าใช้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส phage จะตายหมดภายในเวลา 5 นาที ผลจากการศึกษาได้นำมาประยุกต์ใช้ในการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนและสารเคมีในโรงงานรีดนมและเป็นตัวชี้วัดในการศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อม

Bacteriophage ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำพบได้หลายชนิด แต่ไม่มีชนิดใดที่ให้ผลที่เหมาะสมสมบูรณ์ทุกสภาวะแวดล้อม สำหรับเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนของไวรัสที่ก่อให้เกิดโรค เนื่องจากยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับระบบนิเวศน์และความทนทานในสิ่งแวดล้อม ในเร็วๆนี้การศึกษาวิจัยพบว่า RNA-F-specific bacteriophage ดูเหมือนว่ามีความเป็นไปได้มากที่สุดสำหรับนำมาเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคในน้ำเสีย เพราะว่ารูปร่างและส่วนประกอบมีความคล้ายคลึงกับ *Picornavirus* (Havelaar and Hogeboom, 1988, Furuse, *et al.*, 1981; Ketratanakul, 1989 and Kamiko and Ohgaki, 1992 quoted in Danteravanich, 1992 : 2) แต่ศักยภาพความเป็นไปได้สำหรับเป็นตัวชี้วัดของ RNA-F-specific bacteriophage ยังเป็นที่สงสัยอยู่เนื่องจากขาดข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งกำเนิด

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาคุณภาพน้ำบางพารามิเตอร์ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ตะกอนแขวนลอย คลอไรด์ และซีโอดีของน้ำจากแหล่งต่างๆ

2. ศึกษาปริมาณและประเภทของ bacteriophage ปริมาณของ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในน้ำที่ผ่านการใช้แล้ว (น้ำเสีย) และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากแหล่งน้ำเสียประเภทต่างๆคือ น้ำเสียจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรม เกษตรกรรมตลอดจนแหล่งน้ำธรรมชาติ

3. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ bacteriophage ประเภทต่างๆกับ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ที่ตรวจพบได้ในแหล่งน้ำประเภทต่างๆ ทั้งนี้เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ bacteriophage มาเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ทราบถึงปริมาณและประเภทของ bacteriophage ในแหล่งน้ำประเภทต่างๆเพื่อนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์ในการสนับสนุนหาความเป็นไปได้ในการใช้ bacteriophage มาเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ

ขอบเขตและวิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยา ซึ่งได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ตะกอนแขวนลอย คลอไรด์ ซีโอดี coliform bacteria, fecal coliform bacteria และ bacteriophage ของแต่ละแหล่งน้ำนำมาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ในแต่ละพารามิเตอร์

2. คำนวณประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียต่อการกำจัดตะกอนแขวนลอย ซีโอดี coliform bacteria, fecal coliform bacteria และ bacteriophage ประเภทต่างๆ เป็นเปอร์เซ็นต์ ในแต่ละโรงงานที่มีระบบบำบัดน้ำเสีย

3. ศึกษาหาความสัมพันธ์ของปริมาณ bacteriophage ประเภทต่างๆกับ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria แบคทีเรียโดยวิธี linear correlation analysis

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ทางด้านเคมีและกายภาพและจุลชีววิทยา ดังรายละเอียดดังนี้

1. สารเคมีเกรด A.R. (analytical reagent)

-Magnesium sulfate : $MgSO_4.7H_2O$ (Baker analysed : Germany)

-Sodium chloride : NaCl (Carlo erba : Italy)

-Manganese sulphate : $MnSO_4.4H_2O$ (Mallinckrodt, Inc. : U.S.A.)

-Dextrose (Carlo erba : Italy)

-Ferrous ammonium sulphate : $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ (Mallinckrodt, Inc.: U.S.A.)

-Sulphuric acid : H_2SO_4 (Merck : Germany)

-Potassium dichromate : $K_2Cr_2O_7$ (Carlo erba : Italy)

-Siver sulphate : Ag_2SO_4 (Merck : Germany)

Calcium chloride :$CaCl_2$ (FLUKA : Switzerland)

-Mercury sulphate : $HgSO_4$ (Merck : Germany)

-Potassium chromate : K_2CrO_4 (Carlo erba : Italy)

-Siver nitrate : $AgNO_3$ (Merck : Germany)

-Anhydrous dipotassium hydrogen phosphate : K_2HPO_4 (J.T. Baker : U.S.A.)

-Potassium dihydrogen phosphate : KH_2PO_4 (FLUKA : Switzerland)

-Sodium thiosulphate : $Na_2S_2O_3$ (FLUKA : Switzerland)

-Alcohol 70 % (องค์การเภสัชกรรม)

2. อาหารเลี้ยงเชื้อ ประกอบด้วย

-Brilliant green lactose bile broth 2% : BGLB (Merck : Germany)

-EC medium (Merck : Germany)

-Lauryl tryptose broth (Merck : Germany)

-Bacto agar (Merck : Germany)

-Poly peptone (Difco : U.S.A.)

-Yeast extract (Difco : U.S.A.)

-RNase A (Sigma : U.S.A .)

อุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วยอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างน้ำ และอุปกรณ์ในการตรวจวิเคราะห์น้ำทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ดังต่อไปนี้

-ขวดแก้ว ขนาด 500 มิลลิลิตร.

-ขวดพลาสติก ขนาด 1,000 มิลลิลิตร.

-กระติกน้ำแข็งสำหรับรักษาอุณหภูมิตัวอย่างน้ำ

-ขวดน้ำกลั่น

-ฟอยล์อลูมิเนียม (aluminium foil)

-ไซริงค์ (syringe) สำหรับดูดตัวอย่างน้ำ

-เครื่องมือวัด pH (pH mate รุ่น M 90)

-บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

-เครื่องดูดสูญญากาศ (suction pump)

-เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)

-เครื่องรีฟลักซ์ (reflux apparatus)

-เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง : Mettler Toledo รุ่น AB204 : Switzerland.

-เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง : Mettler Toledo รุ่น PB 1502 : Switzerland.

-ตู้อบความร้อน (hot air sterilizing oven) : Contherm : U.S.A.

-เตาไฟฟ้าพร้อมระบบแม่เหล็กไฟฟ้า (hotplate/magnetic stirrer) : Framo รุ่น M21/1: U.S.A.

-หม้อนึ่งอัดไอ (autoclave) TOMY : SS 320 : Japan.

-ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ (air incubator 35 ^{0}C), Memmert : Germany.

-ตู้เย็น (refrigerator) : Samsung SR-V39 : Korea.

-เครื่องปั่นความเร็วสูง (superspeed centrifuge), SORVALL super T 21 : U.S.A.

-เครื่องผสม (mixer) : Touch mixer Model 231 : U.S.A.

-เครื่องอังไอน้ำ (waterbath) : Memmert : Germany.

-หลอดทดลอง (test tube) ขนาด 20 x 150 mm.

-หลอดดักก๊าซ (durham tube) ขนาด 6 x 50 mm.

-ที่วางหลอดทดลอง (rack)

-Pipette

-Volumetric flask

-ตะเกียงก๊าซ

-ห่วงเขี่ยเชื้อ (wire loop) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิลิตร.

-เครื่องแก้วชนิดต่างๆ

-แบคทีเรีย *E.coli B*, *E.coli C* และ *E. coli K12* F^{+} (A/λ)

วิธีดำเนินการ

1. ชนิดของตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำเพื่อการวิจัยเป็นน้ำเสียจากแหล่งน้ำประเภทต่างๆในจังหวัดสงขลาได้แก่ น้ำเสียจากแหล่งชุมชนจำนวน 5 แห่ง น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมจำนวน 6 แห่ง น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรมจำนวน 4 แห่ง และน้ำตามธรรมชาติจำนวน 2 แห่ง รวมทั้งหมด 17 แห่ง ดังนี้คือ

1.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน

ศึกษาตัวอย่างน้ำเสียจากแหล่งชุมชน จำนวน 5 แห่ง ได้แก่ น้ำเสียจากโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ โรงแรมรีเจนซี่ บ้านพักมนพัทตรา บ่อเกรอะและท่อน้ำเสียรวมเทศบาล โดยมีรายละเอียดของแต่ละแห่งดังต่อไปนี้

1.1.1 โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์เป็นโรงพยาบาลของคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขนาด 750 เตียง ซึ่งผลิตน้ำเสียปริมาณ 750 ลูกบาศก์เมตร/วัน (เทศบาลนครหาดใหญ่, 2539 : 9) โดยน้ำเสียประกอบด้วยน้ำทิ้งจากแผนกต่างๆรวมทั้งอุจจาระ ปัสสาวะของผู้ป่วยและผู้ใช้บริการระบายลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียชนิด aerated lagoon หลังจากผ่านการบำบัดแล้วจะปล่อยลงสู่ท่อระบายน้ำเสียสาธารณะ

1.1.2 โรงแรมรีเจนซี่ โรงแรมรีเจนซี่ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ มีห้องพักจำนวน 190 ห้อง ซึ่งผลิตน้ำเสียปริมาณ 157 ลูกบาศก์เมตร/วัน (เทศบาลนครหาดใหญ่, 2539 : 2) น้ำเสียเกิดจากกิจกรรมการซักรีด การใช้ในชีวิตประจำวันและสิ่งปฏิกูลต่างๆคืออุจจาระและปัสสาวะจะถูกบำบัดโดยระบบบำบัดน้ำเสียชนิด aerated lagoon ส่วนน้ำเสียจากโรงครัว ภัตตาคารและคาราโอเกะจะปล่อยลงสู่ท่อระบายน้ำเสียรวมเทศบาลโดยตรง ในขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำระบบบำบัดน้ำเสียไม่ได้เปิดเครื่องเติมอากาศและได้เปิดปั๊มสูบน้ำเสียจากบ่อพักปล่อยทิ้ง

1.1.3 บ้านพักมนพัทตรา บ้านพักมนพัทตราตั้งอยู่บ้านเลขที่ 102/19 ม. 1 ต. คอหงส์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา เป็นอาคารชุด 2 ชั้นที่ผู้พักอาศัยเช่าอยู่ซึ่งประกอบกิจกรรมหลายๆอย่างได้แก่ร้านอาหาร ร้านเสริมสวย ร้านซักรีด คาราโอเกะและอื่นๆ โดยน้ำเสียเกิดจากกิจกรรมเหล่านี้แล้วระบายลงสู่ท่อระบายน้ำเสียรวมเทศบาล

1.1.4 บ่อเกรอะ บ่อเกรอะของอาคารที่พักนักศึกษาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เป็นที่เก็บกักน้ำเสียซึ่งเกิดจากอุจจาระ ปัสสาวะของผู้พักอาศัย ซึ่งสิ่งปฏิกูลจากอุจจาระและปัสสาวะจะปล่อยลงสู่บ่อเกรอะโดยตรง เมื่อน้ำเสียผ่านการบำบัดในบ่อเกรอะแรกก็จะไหลล้นสู่บ่อเกรอะบ่อที่ 2 หลังจากนั้นน้ำทิ้งจะไหลล้นลงสู่ท่อรวมน้ำเสีย สำหรับตัวอย่างน้ำนั้นเก็บจากบ่อเกรอะบ่อที่ 2

1.1.5 ท่อน้ำเสียรวมเทศบาล ท่อน้ำเสียรวมเทศบาล ถนนศุภสารรังสรรค์ เทศบาลนครหาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ เป็นแหล่งรับน้ำฝนและน้ำเสียจากหลายๆกิจกรรมของผู้ประกอบกิจการและผู้พักอาศัยในบริเวณข้างเคียง หลังจากนั้นน้ำเสียจะระบายลงสู่คลองเตย ซึ่งน้ำเสียเหล่านี้ปนเปื้อนด้วยสิ่งปฏิกูลต่างๆมากมาย

1.2 น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม

ศึกษาตัวอย่างน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมจำนวน 6 แห่ง ได้แก่น้ำเสียจากโรงงานปลาป่นบริษัทอภิทุนคอปอเรชั่น จำกัด โรงงานอาหารทะเลแช่แข็งบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด โรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครหาดใหญ่ แพปลาท่าสะอ้าน โรงฆ่าไก่และโรงฆ่าวัว โดยมีรายละเอียดแต่ละแห่งดังต่อไปนี้

1.2.1.โรงงานปลาป่นบริษัทอภิทุนคอปอเรชั่น จำกัด โรงงานปลาป่นบริษัทอภิทุนคอปอเรชั่น จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 191 ถนนริมทะเล ม. 8 ต. เกาะแต้ว อ. เมือง ประกอบกิจการผลิตอาหารสัตว์โดยใช้วัตถุดิบเป็นสัตว์น้ำจากทะเล ประมาณ 2-5 ตัน/วัน กิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียคือ การล้างปลาและน้ำเสียจากการระบายความร้อนจากหม้อน้ำ โดยผลิตน้ำเสียปริมาณ 5 ลูกบาศก์เมตร/วัน

(ทำเนียบโรงงานอุตสาหกรรมจังหวัดสงขลา, 2538 : 5) ซึ่งน้ำเสียถูกบำบัดโดยระบบบำบัดน้ำเสียชนิด aerated lagoon หลังจากน้ำเสียได้ผ่านการบำบัดแล้วระบายลงสู่ทะเล

1.2.2 โรงงานอาหารทะเลแช่แข็งบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด โรงงานอาหารทะเลแช่แข็งบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 4/2 ถนนหาดใหญ่-จะนะ (เอเชีย) ม. 3 ต. นาหม่อม อ. นาหม่อม โดยประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตอาหารทะเลแช่แข็งโดยใช้วัตถุดิบในการผลิตเป็นพวกกุ้งและสัตว์น้ำอื่นๆจากทะเล กิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียคือการล้างวัตถุดิบ โดยจะผลิตน้ำเสียปริมาณ 800 ลูกบาศก์เมตร/วัน (ทำเนียบโรงงานอุตสาหกรรมจังหวัดสงขลา, 2538 : 3) น้ำเสียถูกบำบัดโดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียชนิด activated sludge และ aerated lagoon หลังจากผ่านการบำบัดแล้วระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

1.2.3 โรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครหาดใหญ่ โรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครหาดใหญ่ตั้งอยู่หมู่ที่ 8 ต. คอหงส์ อ. หาดใหญ่ ประกอบกิจการการฆ่าหมู วันละ 150-200 ตัว กิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสีย คือ การล้างคอกปศุสัตว์และการล้างเนื้อสัตว์หลังจากการฆ่า โดยจะผลิตน้ำเสียปริมาณ 50 ลูกบาศก์เมตร/วัน ซึ่งน้ำเสียถูกบำบัดโดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียชนิด activated sludge หลังจากการบำบัดแล้วระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

1.2.4 แพปลาท่าสะอ้าน แพปลาท่าสะอ้านของเทศบาลเมืองสงขลาเป็นท่าเรือสำหรับรวบรวมสัตว์น้ำจากทะเล โดยกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสีย คือการล้างสัตว์น้ำ ขบวนการคัดแยก การขนส่ง การบดน้ำแข็ง การตกค้างของสัตว์น้ำและกิจกรรมอื่นๆในชีวิตประจำวันของผู้ประกอบกิจการได้แก่ ร้านอาหาร บ้านพักอาศัย ซึ่งน้ำเสียทั้งหมดจะไหลลงสู่ท่อน้ำเสียรวมแล้วระบายลงสู่ทะเลสาบสงขลาโดยตรง

1.2.5 โรงฆ่าไก่ โรงฆ่าไก่ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 118/2 ถนนประชาอุทิศ เทศบาลนครหาดใหญ่ อ. หาดใหญ่ โดยกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสีย คือการล้างโรงเรือนเก็บกักไก่ก่อนฆ่าซึ่งจะปนเปื้อนด้วยอุจจาระและล้างเนื้อไก่หลังจากการฆ่าประมาณ 500-700 ตัว/วัน ซึ่งผลิตน้ำเสียปริมาณ 20 ลูกบาศก์เมตร/วัน แล้วระบายลงสู่ท่อน้ำเสียรวมเทศบาลโดยตรง

1.2.6 โรงฆ่าวัว โรงฆ่าวัวตั้งอยู่บ้านเลขที่ 145/2 ม. 6 ต. ควนลัง อ. หาดใหญ่ โดยกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียคือการฆ่าวัว จำนวน 1-2 ตัว/วัน ซึ่งจะปนเปื้อนด้วยอุจจาระ ปัสสาวะ เลือด และน้ำเสียจากการล้างเนื้อหลังจากการฆ่า โดยผลิตน้ำเสียปริมาณ 1-2 ลูกบาศก์เมตร/วัน หลังจากนั้นน้ำเสียถูกระบายลงสู่ทุ่งนาหลังโรงฆ่าสัตว์โดยตรง

1.3 น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม

ศึกษาตัวอย่างน้ำจากแหล่งเกษตรกรรมจำนวน 4 แห่ง ได้แก่ฟาร์มเลี้ยงหมู ฟาร์มเลี้ยงวัว ฟาร์มเลี้ยงกุ้งและฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง โดยมีรายละเอียดแต่ละแห่งดังต่อไปนี้

1.3.1 ฟาร์มเลี้ยงหมู ฟาร์มเลี้ยงหมูตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ต.คอหงส์ อ. หาดใหญ่ โดยประกอบกิจการเลี้ยงหมูเพื่อการศึกษาจำนวน 90 ตัว น้ำเสียเกิดจากกิจกรรมการล้างคอกวันละ 2 ครั้ง ในเวลาเช้าและเย็นซึ่งจะปนเปื้อนด้วยอุจจาระ ปัสสาวะและเศษอาหารของหมู โดยน้ำเสียจะระบายลงสู่ท่อระบายน้ำเสียไหลลงสู่บ่อเกรอะซึ่งตั้งอยู่ข้างโรงเรือน

1.3.2 ฟาร์มเลี้ยงวัว ฟาร์มเลี้ยงวัวตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ต. คอหงส์ อ.หาดใหญ่ โดยประกอบกิจการเลี้ยงวัวเพื่อการศึกษาจำนวน 60 ตัว น้ำเสียเกิดจากการล้างคอกวัววันละ 2 ครั้ง ในช่วงเวลาเช้าและเย็นซึ่งปนเปื้อนด้วยอุจจาระ ปัสสาวะและเศษอาหารของวัว โดยน้ำเสียถูกระบายลงสู่ท่อระบายน้ำเสียไหลลงสู่บ่อเกรอะข้างโรงเรือน

1.3.3 ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ฟาร์มเลี้ยงกุ้งตั้งอยู่เลขที่ 67 ม. 7 ต. เกาะยอ อ. เมือง ประกอบกิจการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยเป็นบ่อขนาด 4 ไร่ ซึ่งเป็นน้ำเค็มที่สูบมาจากทะเลสาบสงขลา โดยเป็นการเลี้ยงในระบบปิดไม่มีการถ่ายเทน้ำจนกว่าจะเลี้ยงเสร็จในช่วงเวลาหนึ่ง แต่จะมีการเติมน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำให้เหมาะสมอยู่เสมอ และเครื่องเติมอากาศจะเดินระบบอยู่ตลอดเวลายกเว้นในช่วงเวลาให้อาหาร ขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำกุ้งกุลาดำมีอายุ 55 วัน

1.3.4 ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังตั้งอยู่หมู่ที่ 1 ต. เกาะยอ อ. เมือง โดยประกอบกิจการเลี้ยงปลากะพงในกระชังๆละ ประมาณ 300 ตัว ซึ่งมีอยู่หลายกระชัง เป็นการเลี้ยงในระบบเปิดในทะเลสาบสงขลาโดยน้ำมีการถ่ายเทตลอดเวลา ขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำปลากะพงในกระชังมีอายุ 4 เดือน

1.4 น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

ศึกษาตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติได้แก่ น้ำทะเลชายฝั่งหาดสมิหลาและตลองอู่ตะเภา โดยมีรายละเอียดแต่ละแห่งดังต่อไปนี้

1.4.1 ชายฝั่งหาดสมิหลา ชายฝั่งหาดสมิหลา ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลเมืองสงขลา ต. บ่อยาง อ. เมือง เป็นแหล่งท่องเที่ยวสำหรับพักผ่อนหย่อนใจ บริเวณแนวชายหาดมีร้านอาหารเล็กๆตลอดแนวสำหรับบริการนักท่องเที่ยว สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลหน้าวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

1.4.2 คลองอู่ตะเภา คลองอู่ตะเภาโดยกระแสน้ำได้ไหลผ่านย่านชุมชนที่มีประชาชนอาศัยอยู่หนาแน่นซึ่งตลอดแนวลำคลองจะมีท่อน้ำเสียระบายน้ำเสียลงสู่คลอง ดังนั้นคลองอู่ตะเภาจึงเป็นคลองที่รับน้ำเสียในเขตชุมชนหาดใหญ่โดยน้ำจะปนเปื้อนด้วยสารนานาชนิดจากชุมชน หลังจากนั้นไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำจากคลองอู่ตะเภาบริเวณหน้าวัดหาดใหญ่ใน

2. การเก็บตัวอย่างน้ำ ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในช่วงเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2541 เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยาโดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือการเตรียมภาชนะ การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างและวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

2.1 การเตรียมภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำ

เตรียมขวดแก้วขนาด 500 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดโดยใช้ฟอล์ยอลูมิเนียม (aluminium foil) ห่อหุ้มให้สนิทกับคอขวดเพื่อป้องกันการปนเปื้อน (contaminate) อีกชั้นหนึ่ง นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลานาน 15 นาที

2.2 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยวิธี grab sampling โดยเก็บน้ำตัวอย่างในแต่ละแห่งขณะที่มีกิจกรรมก่อให้เกิดน้ำเสีย จำนวน 17 แห่งๆละ 3 ครั้ง ในช่วงระยะเวลาที่ต่างกัน สำหรับโรงงานที่มีระบบบำบัดน้ำเสีย จำนวน 5 แห่ง เก็บตัวอย่างน้ำ 2 จุด คือน้ำเสียก่อนผ่านระบบบำบัดและน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดแล้ว ส่วนตัวอย่างน้ำจากแห่งอื่นๆ จำนวน 12 แห่ง เก็บ 1 จุด รวมทั้งหมด 66 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างครั้งละ 3 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างน้ำทั้งหมด 198 ตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (ตาราง 1 และภาพประกอบ 4-19).

-โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 2 จุด โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดและน้ำผ่านระบบบำบัด

-โรงแรมรีเจนซี่ เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 2 จุด โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดและน้ำผ่านระบบบำบัด

-อาคารบ้านพักมนพัทตรา เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 จุด บริเวณผิวน้ำ.

-บ่อเกรอะ เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 จุด บริเวณความลึกจากผิวน้ำประมาณ 30 เซนติเมตร

-ท่อน้ำเสียรวมเทศบาล เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 จุด บริเวณผิวน้ำ

-โรงงานปลาป่นบริษัทอภิทุนคอปอเรชั่น จำกัด เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 2 จุด โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดและน้ำผ่านระบบบำบัด (ไม่มีภาพประกอบ เนื่องจากไม่ได้รับอนุญาตให้ทำการถ่ายภาพ)

-โรงงานอาหารทะเลแช่แข็งบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 2 จุด โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดและน้ำผ่านระบบบำบัด

-โรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครหาดใหญ่ เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 2 จุด โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดและน้ำผ่านระบบบำบัด

-แพปลาท่าสะอ้าน เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 จุด ณ. ปลายท่อระบายน้ำเสียก่อนระบายลงสู่ทะเลสาบ

-โรงฆ่าไก่ เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 จุด บริเวณผิวน้ำ

-โรงฆ่าวัว เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 จุด บริเวณผิวน้ำ

-ฟาร์มเลี้ยงหมู เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 จุด บริเวณผิวน้ำ

-ฟาร์มเลี้ยงวัว เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 จุด บริเวณผิวน้ำ

-ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 จุด บริเวณความลึกจากผิวน้ำ 30 เซนติเมตร

-ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 จุด บริเวณความลึกจากผิวน้ำ 30 เซนติเมตร

-น้ำทะเลชายฝั่ง เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 จุด บริเวณห่างจากชายฝั่งทะเลประมาณ 10 เมตร. บริเวณความลึกจากผิวน้ำ 30 เซนติเมตร.

-น้ำจากคลองอู่ตะเภา เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 จุด บริเวณความลึกจากผิวน้ำ 30 เซนติเมตร

2.3 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ

2.3.1 เขียนสัญลักษณ์บนฉลากข้างขวดเพื่อระบุประเภทของตัวอย่าง สถานที่และวันเดือนปีที่เก็บตัวอย่าง

2.3.2 หลีกเลี่ยงการปนเปื้อนในระหว่างการเก็บตัวอย่าง โดยการจับทางก้นขวด แล้วเปิดฝาขวดออกพร้อมกับฟอล์ยอลูมิเนียม ใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำจ้วงเก็บน้ำโดยตรง ในกรณีที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำมีน้ำน้อย (ความลึกน้อยกว่า 10 เซนติเมตร) จะใช้ไซริงค์ดูดตัวอย่างน้ำใส่ขวด

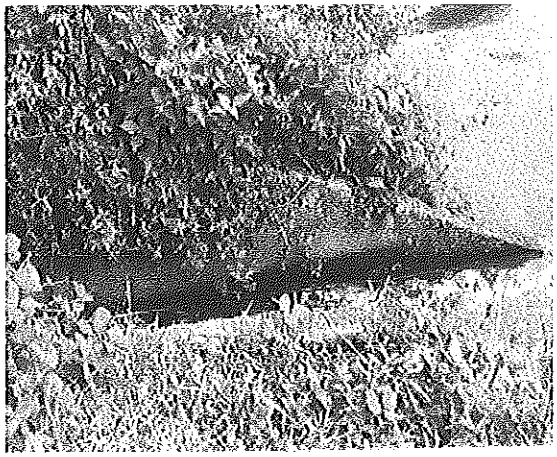
2.3.3 เก็บตัวอย่างน้ำขวดละประมาณ 450 มิลลิลิตร

2.3.4 เก็บรักษาตัวอย่างน้ำ โดยการแช่น้ำแข็งไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส และทำการวิเคราะห์ทันทีเมื่อถึงห้องปฏิบัติการ

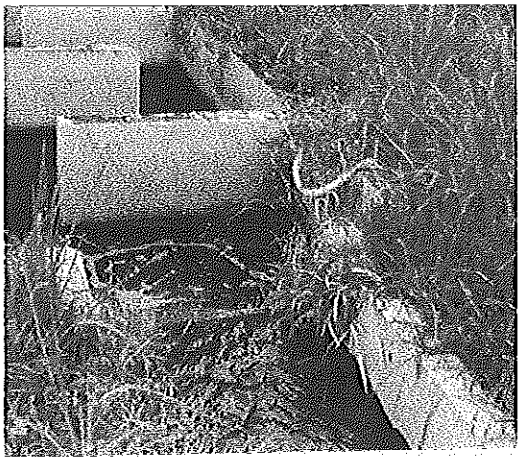
ตาราง 1 แสดงสถานที่และจุดที่เก็บตัวอย่างน้ำ

สถานที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนที่เก็บตัวอย่าง (ครั้ง)		จำนวน (ครั้ง)
	น้ำเสียดิบ	น้ำผ่านระบบบำบัด	ตัวอย่างรวม *
แหล่งชุมชนประกอบด้วย			
-โรงพยาบาลสงขลานครินทร์	3	3	6
-อาคารบ้านพักมนพัทตรา	3	-	3
-โรงแรมรีเจนซี่	3	3	6
-บ่อเกรอะ	-	3	3
-ท่อน้ำเสียรวมเทศบาล	3	-	3
แหล่งอุตสาหกรรมประกอบด้วย			
-โรงงานอาหารทะเลแช่แข็งบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด	3	3	6
-โรงงานปลาป่นบริษัทอภิทุนคอปอเรชั่น จำกัด	3	3	6
-โรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครหาดใหญ่	3	3	6
-แพปลาท่าสะอ้าน	3	-	3
-โรงฆ่าไก่	3	-	3
-โรงฆ่าวัว	3	-	3
แหล่งเกษตรกรรมประกอบด้วย			
-ฟาร์มเลี้ยงหมู	3	-	3
-ฟาร์มเลี้ยงวัว	3	-	3
-ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง	3	-	3
-ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง	3	-	3
แหล่งน้ำตามธรรมชาติประกอบด้วย			
-น้ำทะเลชายฝั่ง	3	-	3
-น้ำจากลำคลองอู่ตะเภา	3	-	3
จำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น	48	18	66

* : การเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งจะเก็บตัวอย่างครั้งละ 3 ตัวอย่าง

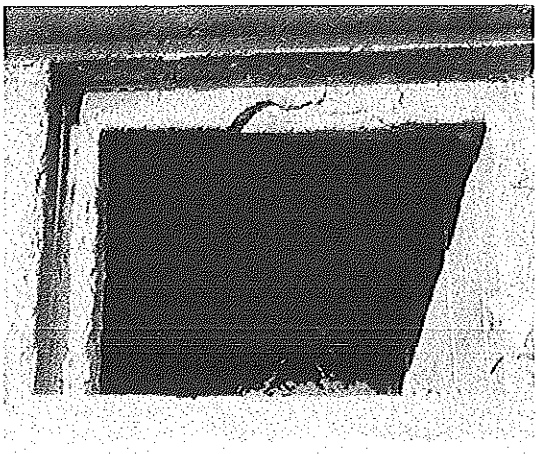


ก. น้ำเสียดิบ

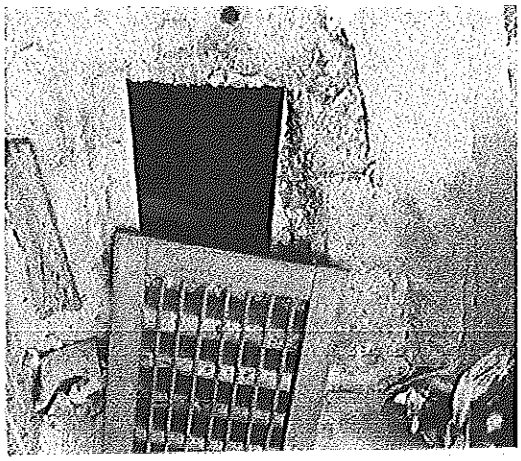


ข. น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย

ภาพประกอบ 4 น้ำเสียจากโรงพยาบาลสงขลานครินทร์

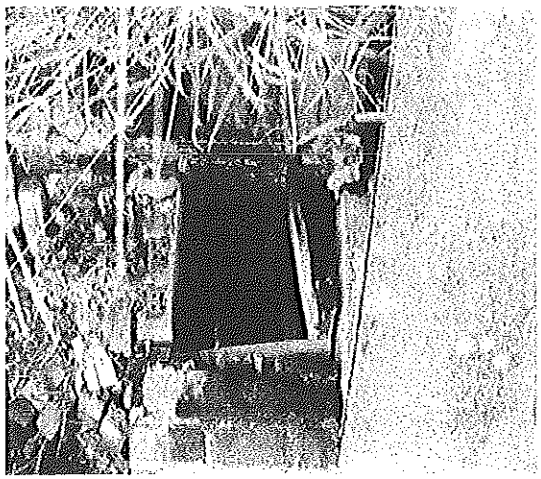


ก. น้ำเสียดิบ

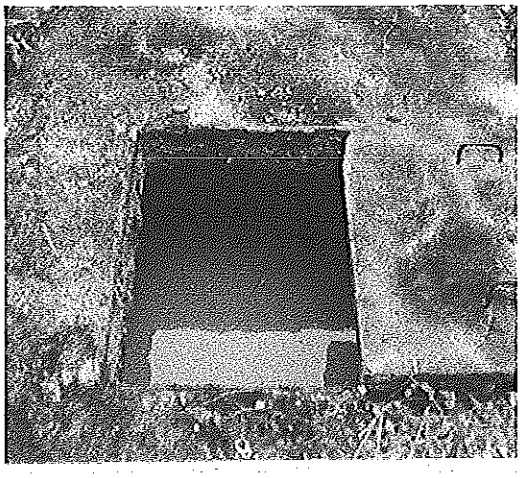


ข. น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย

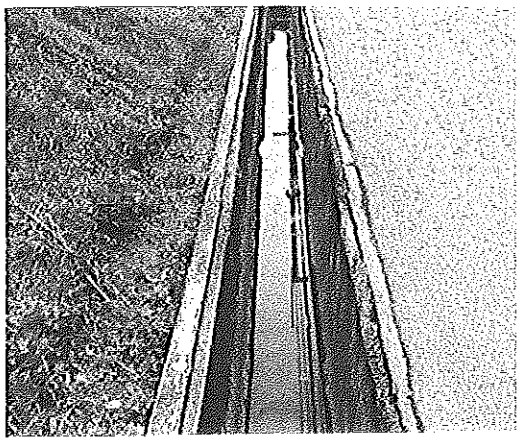
ภาพประกอบ 5 น้ำเสียจากโรงแรมรีเจนซี่



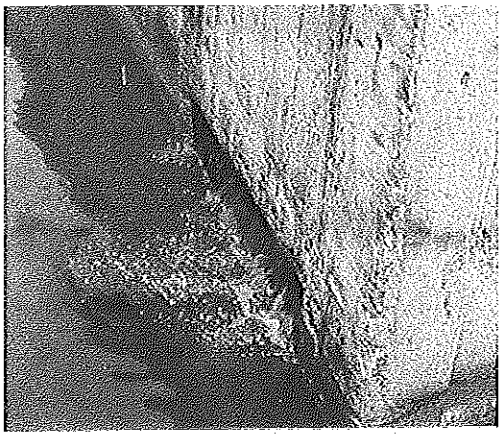
ภาพประกอบ 6 น้ำเสียจากบ้านพักมนพัทตรา



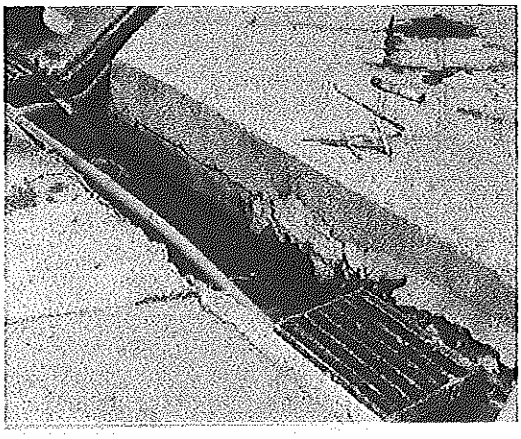
ภาพประกอบ 7 น้ำเสียจากบ่อเกรอะ



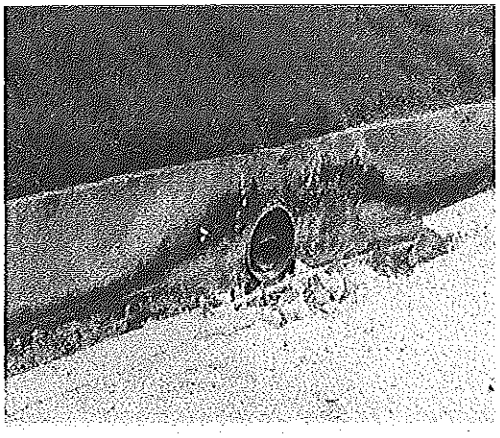
ภาพประกอบ 8 น้ำเสียจากท่อน้ำเสียรวมเทศบาล



ภาพประกอบ 9 น้ำเสียจากแพปลาท่าสะอ้าน

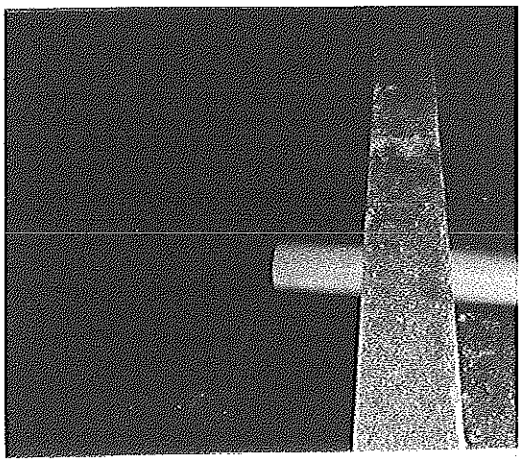


ก. น้ำเสียดิบ

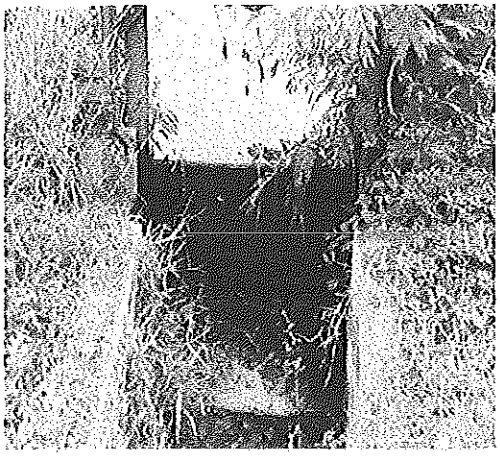


ข. น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย

ภาพประกอบ 10 น้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด

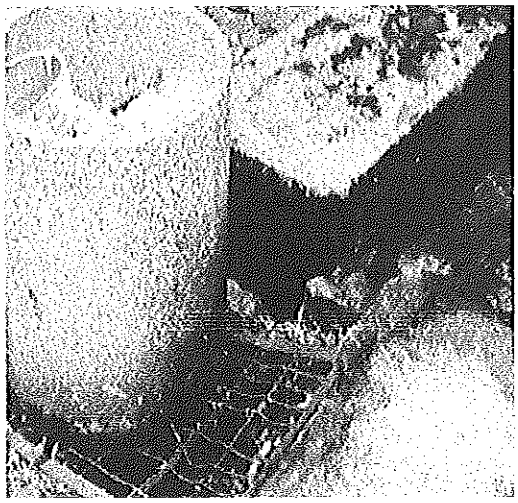


ก. น้ำเสียดิบ

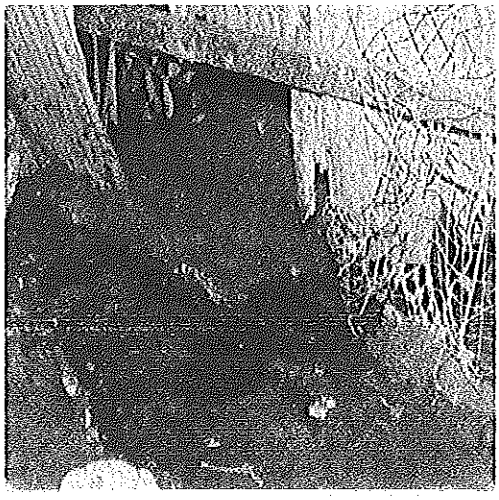


ข. น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย

ภาพประกอบ 11 น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครหาดใหญ่

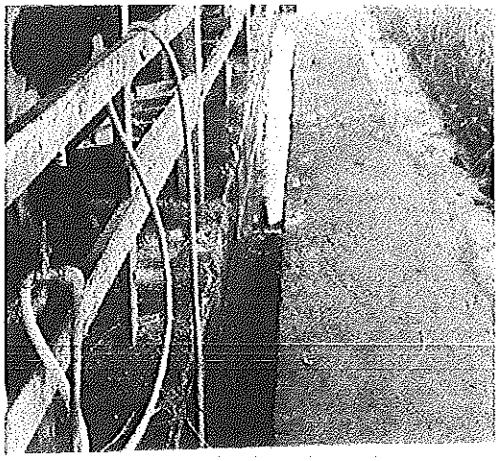


ภาพประกอบ 12 น้ำเสียจากโรงฆ่าไก่

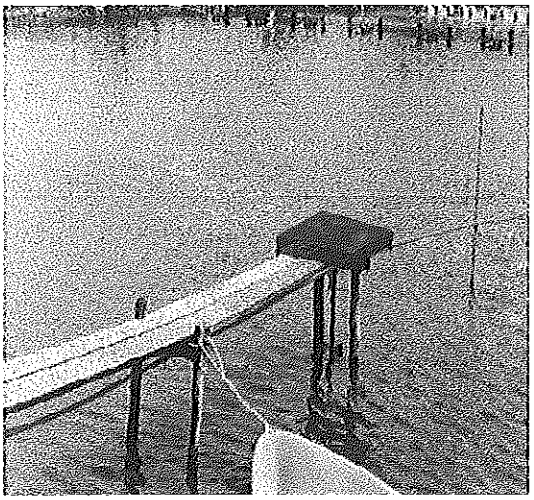


ภาพประกอบ 13 น้ำเสียจากโรงฆ่าวัว

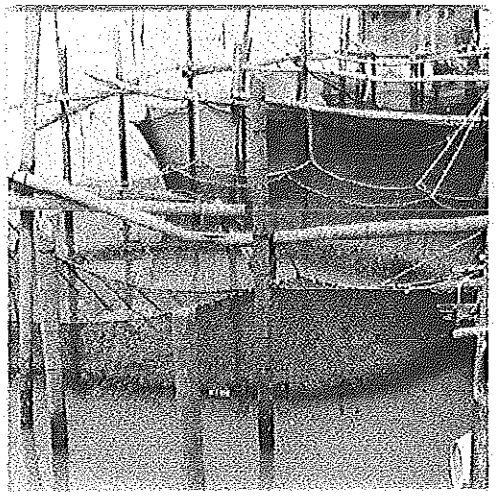
ภาพประกอบ 14 น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมู



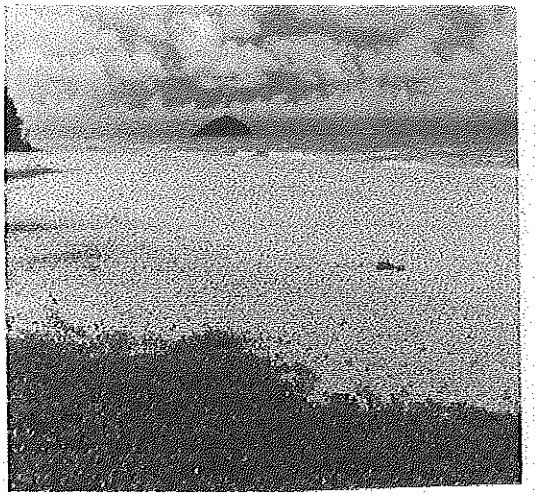
ภาพประกอบ 15 น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงวัว



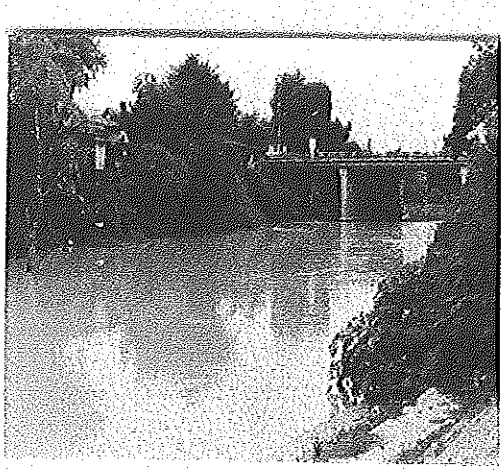
ภาพประกอบ 16 น้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง



ภาพประกอบ 17 น้ำจากฟาร์มเลี้ยงปลากะพง



ภาพประกอบ 18 น้ำจากทะเลชายฝั่ง



ภาพประกอบ 19 น้ำจากคลองอู่ตะเภา

3. การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

3.1 การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ (ภาคผนวก ค.)

3.1.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตรวจวัด ณ. จุดเก็บตัวอย่าง โดยใช้วิธี electrometric method เครื่องที่ใช้ในการวัดเป็น pH meter (APHA, AWWA and WEF, 1995 : 4-65)

3.1.2 อุณหภูมิ (temperature) ตรวจวัด ณ. จุดที่เก็บตัวอย่าง โดยใช้ thermometer (APHA, AWWA and WEF, 1995 : 2-59)

3.1.3 ตะกอนแขวนลอย (suspended solids) ตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี gravimetric method dried at 103-105 ^{0}C (APHA, AWWA and WEF, 1995 : 2-56)

3.2 การวิเคราะห์ทางด้านเคมี (ภาคผนวก ค.)

3.2.1 คลอไรด์ (chloride) ตรวจวิเคราะห์โดยวิธี argentometric method (APHA, AWWA and WEF, 1995 : 4-49)

3.2.2 ซีโอดี (chemical oxygen demand : COD) ตรวจวัดโดยวิธี dichromate reflux method (APHA, AWWA and WEF, 1995 : 5-13) น้ำเสียที่นำมาตรวจวิเคราะห์เป็นน้ำเสียจากโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ โรงแรมรีเจนซี่ บ้านพักมนพัทตรา บ่อเกรอะ ท่อน้ำเสียรวมเทศบาล โรงงานอาหารทะเลแช่แข็งบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด โรงงานปลาป่นบริษัทอภิทุนคอปอเรชั่น จำกัด โรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครหาดใหญ่ โรงฆ่าไก่ โรงฆ่าวัว ฟาร์มเลี้ยงหมู ฟาร์มเลี้ยงวัวและน้ำคลองอู่ตะเภา ยกเว้นน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง แพปลาท่าสะอ้านและน้ำทะเลชายฝั่งหาดสมิหลา

3.3 การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา (ภาคผนวก ง.)

3.3.1 Coliform bacteria เป็นการวิเคราะห์ปริมาณ coliform bacteria ทั้งหมด โดยวิธี multiple-tube fermentation technique (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2522 : 362) การวิเคราะห์ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การตรวจสอบในขั้นแรก (presumptive test) การตรวจขั้นยืนยัน (confirmed test) นำผลที่ได้จากการตรวจสอบขั้นยืนยันมาหาค่า MPN (most probable number) จากตารางดัชนี MPN รายงานผลในหน่วย MPN/100 ml

3.3.2 Fecal coliform bacteria การวิเคราะห์หาปริมาณ fecal coliform bacteria ใช้อุปกรณ์และวิธีเช่นเดียวกับการหาปริมาณ coliform bacteria เพียงแต่ในขั้นยืนยันใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ EC medium แทน brilliant green lactose bile broth 2% (BGLB) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 44.5 $\pm$ 0.2 องศาเซลเซียส รายงานผลในหน่วย MPN/100

สำหรับค่าปริมาณ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ที่ไม่สามารถอ่านค่าได้จากตารางดัชนี MPN สามารถหาค่าได้โดยวิธีคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตร Thomus' simple formula

$$\text{MPN/100 ml} = \frac{\text{จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก X 100}}{\sqrt{\text{มล.ของตัวอย่างน้ำในหลอดที่ให้ผลบวก X มล. ของตัวอย่างในหลอดทั้งหมด}}}$$

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ การใช้ตัวอย่างน้ำไม่ได้เริ่มที่ 10 มล./หลอด จึงต้องนำค่าที่อ่านได้จากตารางดัชนี MPN หรือจากที่คำนวณได้ มาคำนวณหาปริมาณของ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ดังนี้

$$\text{MPN/100 ml} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้จากตาราง X 10}}{\text{ปริมาณตัวอย่างน้ำใน 1 หลอดระดับเริ่มต้น}}$$

3.3.3 การตรวจวิเคราะห์ bacteriophage โดยวิธี double layer agar (Adam, 1959 and Ketratanakul, 1989 quoted in Danteravanich, 1992 : 42-45) อาหารเลี้ยงเชื้อโดยใช้ phage broth, top agar และ phage bottom agar โดยศึกษา bacteriophage ตามชนิดของโฮสท์ที่ให้อาศัยคือ somatic coliphage และ F-specific bacteriophage ดังมีรายละเอียดดังนี้

3.3.3.1 Somatic coliphage สามารถใช้แบคทีเรียโฮสท์ได้หลายชนิด แต่การวิจัยในครั้งนี้ใช้แบคทีเรียเป็นโฮสท์ 2. ชนิดคือ *E. coli B* เพื่อตรวจวิเคราะห์หา bacteriophage B และ *E. coli C* เพื่อตรวจวิเคราะห์หา bacteriophage C

3.3.3.2 F-specific bacteriophage โดยใช้แบคทีเรียโฮสท์ *E.coli K12* $F^{+}(A/\lambda)$ ซึ่งประกอบด้วย RNA-F-specific bacteriophage และ DNA-F-specific bacteriophage สามารถแยก bacteriophage ทั้ง 2 ชนิดนี้ได้โดยการเติมเอนไซม์ RNase A ปริมาณ 100 μg/plate (Havelaar, *et al.*, 1986 : 256) ลงบน phage bottom agar ของแบคทีเรียโฮสท์ก่อนบ่ม (incubate) นับปริมาณ DNA-F-specific bacteriophage ได้จาก plate ที่เติมเอนไซม์ RNase A สำหรับ RNA-F-specifie coliphage สามารถหาปริมาณได้โดยนำปริมาณของ bacteriophage ใน plate ที่ไม่เติมเอนไซม์ RNase A ลบด้วยปริมาณของ bacteriophage ใน plate ที่เติมเอนไซม์ RNase A มีหน่วยเป็น PFU (plague forming unit)/ml

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ น้ำตัวอย่าง โฮสท์เซลล์และการตรวจวิเคราะห์

1. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ phage broth ประกอบด้วย 1% polypeptone , 0.5% yeast extract, 0.5 % NaCl, 0.02 % $MgSO_4.7H_2O$, 0.005 % $MnSO_4.4H_2O$ และ 0.15 % dextrose เตรียมโดยการละลายสารดังกล่าวในน้ำกลั่น แล้วนำไปปรับพีเอชให้เป็น 7.0±0.2 เทใส่หลอดและ flask นำไป sterile ใน autoclave 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

1.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ top agar เตรียมโดยเติม bacto agar จำนวน 6 กรัม ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ phage broth 1,000 มิลลิลิตร และเติมด้วย 0.1 นอร์มัล $CaCl_2$ solution 75 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มจนเดือด ปิเปตสารละลายใส่ในหลอดๆละ 4 มิลลิลิตร นำไป sterile ใน autoclave 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเก็บรักษา top agar ไว้ใน waterbath อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ phage bottom agar ประกอบด้วย 1.1 % bacto agar และ phage broth เตรียมโดยเติม bacto agar 11 กรัม ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ phage broth 1,000 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มให้เดือดจน agar ละลายหมด หลังจากนั้นนำไป sterile ใน autoclave 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แล้วนำมาเทลงใน plate ที่ sterile แล้ว

2. การเตรียมน้ำตัวอย่าง

นำตัวอย่างน้ำมาประมาณ 40 มิลลิลิตร ไปปั่น (centrifuge) ที่ความเร็ว 12,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อแยกแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมากับตัวอย่างน้ำให้ตกตะกอน

แล้วดูดน้ำใส (supernatant) มาตรวจวิเคราะห์ ถ้าหากตัวอย่างน้ำมีปริมาณ bacteriophage มากต้องนำมาเจือจางด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ phage broth ก่อน

3. การเตรียมโฮสท์เซลล์

แบคทีเรียที่ใช้เป็นโฮสท์เซลล์คือ *E. coli B*, *E. coli C* และ *E. coli K12* F^+ (A/λ) โดยนำ stock bacteria ทั้ง 3 ชนิดมาจากมหาวิทยาลัยโตเกียวในประเทศญี่ปุ่นซึ่งเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ–70 องศาเซลเซียส เมื่อจะเตรียมเป็น working stock bacteria นำ stock bacteria มาเขี่ยเชื้อ (streak plate) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยที่เก็บรักษา working stock bacteria ไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเตรียมแบคทีเรียโฮสท์โดยเขี่ยเชื้อจาก working stock bacteria ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ phage bottom agar นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เขี่ยเชื้อแบคทีเรียที่เป็น colony เดี่ยวๆ 1-2 colony ลงใน phage broth ปริมาณ 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3.5 - 4 ชั่วโมง แล้วจึงจะนำมาใช้เป็นแบคทีเรียโฮสท์ซึ่งเป็นระยะ early exponential growth phase

4. วิธีการตรวจวิเคราะห์

4.1 นำ top agar ที่เก็บรักษาไว้ใน waterbath มาเติมแบคทีเรียโฮสท์ *E. coli B*, *E. coli C* และ *E. coli K12* F^+(A/λ) ในปริมาณหลอดละ 0.35 มิลลิลิตร (ปริมาณแบคทีเรีย 10^8 CFU/ml) (Danteravanich, 1992 : 45) และเขียนสัญลักษณ์บนหลอด top agar ตามชนิดของแบคทีเรียโฮสท์ที่เติม

4.2. เติมน้ำตัวอย่างลงไป 0.1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า แล้วเทลงบน phage bottom agar โดยในแต่ละ plate เขียนสัญลักษณ์ตามชนิดของแบคทีเรียโฮสท์ที่เติม สำหรับ phage bottom agar ที่เติมแบคทีเรียโฮสท์ *E. coli K12* F^+(A/λ) จำนวน 2 ชุดและชุดหนึ่ง เติมเอนไซม์ RNase A 100 μg/plate

4.3 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง แล้วอ่านผล ถ้าเมื่อปรากฏเป็นวงใสขึ้นมาให้ถือว่าเป็นผลบวก แสดงว่ามี bacteriophage มีหน่วยเป็น PFU (plague forming unit)/ml การนับ somatic coliphage นับจาก phage bottom agar ที่มีการเติมแบคทีเรียโฮสท์ *E. coli B* และ *E. coli C* ลงใน top agar ส่วน F-specific bacteriophage นับจาก phage bottom agar ที่มีการเติมแบคทีเรียโฮสท์ *E. coli K12* F^+ (A/λ) และที่ไม่เติมเอนไซม์ RNase A สำหรับการแยก DNA-F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ได้กล่าวไว้แล้วในการตรวจวิเคราะห์ F-specific bacteriophage

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ข้อมูลทั่วไปวิเคราะห์โดยใช้ตาราง กราฟ เปอร์เซ็นต์ (%)และค่าเฉลี่ย (X)

5.2 การหาความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria, fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ประเภทต่างๆ โดยใช้ linear correlation analysis

บทที่ 3

ผลการวิจัย

1. คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

1.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นกรด-ด่างในน้ำจากแหล่งต่างๆตรวจวัดได้ดังนี้ (ตาราง 2)

1.1.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน การตรวจวัดในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบว่ามีความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกัน อันเนื่องมาจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียและสารเคมีที่ปนเปื้อนมีความหลากหลาย โดยพบความเป็นกรด-ด่างมีค่าอยู่ในช่วง 7.15-10.0 ในน้ำเสียจากโรงพยาบาลพบความเป็นกรด-ด่างมากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ โดยพบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.34 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 8.55-10.0 เนื่องมาจากอาจถูกปะปนโดยกรด หรือด่างแก่จากน้ำทิ้งของโรงพยาบาลในแผนกต่างๆซึ่งระบายลงสู่ท่อน้ำเสีย สำหรับความเป็นกรด-ด่างของน้ำตามธรรมชาติจะพบอยู่ในช่วง 4-9 แต่ส่วนใหญ่แล้วค่อนข้างเป็นด่างเล็กน้อยเนื่องจากมีคาร์บอเนต ($CO^{=}_3$) ไบคาร์บอเนต (HCO^{-}_3)(กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525 : 65) ความเป็นด่างของน้ำมีสาเหตุใหญ่ๆมาจากองค์ประกอบของสารละลาย 3 ชนิดด้วยกัน โดยพิจารณาจากการที่น้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงจากมากไปหาน้อยคือ ไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525 : 93) ส่วนน้ำเสียจากโรงแรมและท่อรวมน้ำเสียเทศบาลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.49 และ 7.18 ตามลำดับ สำหรับน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาล โรงแรม บ่อเกรอะและน้ำเสียจากอาคารบ้านพักพบความเป็นกรด-ด่างที่ใกล้เคียง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.57, 7.41, 7.75 และ 7.31 ตามลำดับ

1.1.2 น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม การตรวจวัดในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมพบว่ามีความเป็นกรด-ด่างมีค่าอยู่ในช่วง 6.45 - 8.99 โดยที่ความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น พบค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 8.15 - 8.99 โดยน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่ โรงฆ่าวัว แพปลา โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง โรงฆ่าสัตว์และโรงงานปลาป่นมีความเป็นกรด-ด่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.56, 6.86, 6.89, 7.49, 7.13 และ 8.55 ตามลำดับ สำหรับความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่ โรงฆ่าวัวและแพปลามีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันโดยพบค่าค่อนข้างไปทางกรดเล็กน้อยทั้งนี้เนื่องจากมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียมาจากการฆ่าสัตว์และการขนถ่ายสัตว์น้ำจากทะเลโดยที่น้ำเสียเหล่านี้มีสารอินทรีย์อยู่สูงทำให้การเกิดขบวนการออกซิเดชั่นทางชีวะของสารอินทรีย์ในน้ำ

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างในน้ำจากแหล่งต่างๆ

น้ำเสียจากแหล่งชุมชน				น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม				น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม				น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ			
แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	ความเป็นกรด-ด่าง		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	ความเป็นกรด-ด่าง		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	ความเป็นกรด-ด่าง		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	ความเป็นกรด-ด่าง	
		range	mean±SD			range	mean±SD			range	mean±SD			range	mean±SD
โรงพยาบาล	น้ำเสีย	8.55-10.00	9.34±0.73	โรงงานปลาป่น	น้ำเสีย	8.15-8.99	8.55±0.41	ฟาร์มเลี้ยงหมู	น้ำเสีย	7.05-7.54	7.25±0.26	น้ำทะเลชายฝั่ง	น้ำธรรมชาติ	8.08-8.10	8.09±0.01
	น้ำผ่านระบบบำบัด	7.25-7.92	7.57±0.34		น้ำผ่านระบบบำบัด	8.63-9.42	9.02±0.39	ฟาร์มเลี้ยงวัว	น้ำเสีย	7.62-8.00	7.85±0.2	น้ำจากลำคลอง	น้ำธรรมชาติ	6.80-6.90	6.86±0.06
โรงแรม	น้ำเสีย	7.41-7.53	7.49±0.07	โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง	น้ำเสีย	7.33-7.68	7.49±0.13	ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง	น้ำธรรมชาติ	8.29-8.35	8.32±0.03	-	-	-	-
	น้ำผ่านระบบบำบัด	7.37-7.49	7.41±0.07		น้ำผ่านระบบบำบัด	6.06-6.61	6.42±0.31	ฟาร์มเลี้ยงปลากะพง	น้ำธรรมชาติ	8.02-8.49	8.25±0.24	-	-	-	-
อาคารบ้านพัก	น้ำเสีย	7.30-7.32	7.31±0.01	โรงฆ่าสัตว์	น้ำเสีย	6.71-7.5	7.13±0.39	-	-	-	-	-	-	-	-
บ่อเกรอะ	น้ำเสีย	7.70-7.80	7.75±0.19		น้ำผ่านระบบบำบัด	7.78-7.97	7.86±01	-	-	-	-	-	-	-	-
ท่อรวมน้ำเสีย	น้ำเสีย	7.15-7.22	7.18±0.04	แพปลา	น้ำเสีย	6.84-6.95	6.89±0.06	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	โรงฆ่าไก่	น้ำเสีย	6.45-6.70	6.56±0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	โรงฆ่าวัว	น้ำเสีย	6.58-7.00	6.86±0.24	-	-	-	-	-	-	-	-

จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้น้ำมีความเป็นกรด ความเป็นกรดของน้ำที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เรียกว่า carbon dioxide acidity แต่กรดคาร์บอนิคอย่างเดียวจะไม่ทำให้ความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.5 (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525 : 83) ส่วนน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง โรงฆ่าสัตว์ และโรงงานปลาป่น พบว่ามีความเป็นกรด-ด่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.42, 7.86 และ 8.55 ตามลำดับ

1.1.3 น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม การตรวจวัดน้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรมพบว่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าในช่วง 7.05 - 8.49 โดยในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวมีความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 7.25 และ 7.85 ตามลำดับ โดยกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียทั้งสองแห่งมีความคล้ายคลึงกัน คือเป็นฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นและพบสารอินทรีย์ในเทอมของซีโอดีที่สูง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 790 - 4,028 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งทำให้เกิดขบวนการออกซิเดชั่นทางชีวะของสารอินทรีย์ในน้ำก่อให้เกิดความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างไปทางกรด ในน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งและฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังพบว่ามีความเป็นกรด-ด่าง ค่าอยู่ในช่วง 8.02 - 8.49 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.32 และ 8.25 ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่ามากกว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นทั้งสองแห่ง เนื่องจากน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งและฟาร์มเลี้ยงปลากะพงเป็นน้ำเค็มคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างไปทางด่างมากกว่า

1.1.4 น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ การตรวจวัดในน้ำตามธรรมชาติพบว่าน้ำทะเลชายฝั่งมีความเป็นกรด-ด่าง ค่าในช่วง 8.08 - 8.10 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.09 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งและฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง โดยน้ำจากทั้งสามแห่งเป็นน้ำเค็ม ส่วนน้ำจากคลองอู่ตะเภาพบความเป็นกรด-ด่าง ค่าอยู่ในช่วง 6.80 - 6.90 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.86

1.2 อุณหภูมิ (temperature) น้ำเสียที่ระบายออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยมากจะมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ เมื่อระบายทิ้งไปยังแม่น้ำลำคลองจะทำให้สภาวะแวดล้อมเปลี่ยนไปได้ เช่น ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าปกติการเจริญเติบโตของพืชที่ก่อให้เกิดปัญหาของมลพิษทางน้ำจะมีมากกว่าปกติ และอาจเกิดราขึ้นได้ในแหล่งน้ำ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 : 35) ผลการตรวจวัดอุณหภูมิในน้ำจากแหล่งต่างๆมีดังนี้ (ตาราง 3)

1.2.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน การตรวจวัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบอุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 26-31 องศาเซลเซียส โดยพบว่าอุณหภูมิมีความแตกต่างกันจากหลายๆสาเหตุของกิจกรรม

ตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในน้ำจากแหล่งต่างๆ

น้ำเสียจากแหล่งชุมชน				น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม				น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม				น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ			
แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	อุณหภูมิ (°ซ.)		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	อุณหภูมิ (°ซ.)		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	อุณหภูมิ (°ซ.)		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	อุณหภูมิ (°ซ.)	
		range	mean±SD			range	mean±SD			range	mean±SD			range	mean±SD
โรงพยาบาล	น้ำเสีย	30-31	30.3±0.58	โรงงานปลาป่น	น้ำเสีย	32-36	34±2	ฟาร์มเลี้ยงหมู	น้ำเสีย	27-28	27.3±0.6	น้ำทะเลชายฝั่ง	น้ำธรรมชาติ	31-31	31±0
	น้ำผ่านระบบบำบัด	30-30	30±0		น้ำผ่านระบบบำบัด	30-34	32.3±2.08	ฟาร์มเลี้ยงวัว	น้ำเสีย	27-29	28 ±1	น้ำจากลำคลอง	น้ำธรรมชาติ	29-30	29.6±0.58
โรงแรม	น้ำเสีย	30-31	30.3±0.58	โรงงานผลิตอาหารทะเลแช่แข็ง	น้ำเสีย	18-20	19.3±1.15	ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง	น้ำธรรมชาติ	31-32	31.7±0.58	-	-	-	-
	น้ำผ่านระบบบำบัด	30-31	30.3±0.58		น้ำผ่านระบบบำบัด	28-29	28.3±0.57	ฟาร์มเลี้ยงปลากะพง	น้ำธรรมชาติ	30-30	30±0	-	-	-	-
อาคารบ้านพัก	น้ำเสีย	26-28	27±1	โรงฆ่าสัตว์	น้ำเสีย	29-30	29.3±0.58	-	-	-	-	-	-	-	-
บ่อเกรอะ	น้ำเสีย	29-30	29.7±0.58		น้ำผ่านระบบบำบัด	28-29	28.7±0.6	-	-	-	-	-	-	-	-
ท่อรวมน้ำเสีย	น้ำเสีย	30-30	30±0	แพปลา	น้ำเสีย	28-30	29±1	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	โรงฆ่าไก่	น้ำเสีย	29-30	29.7±0.58	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	โรงฆ่าวัว	น้ำเสีย	27-28	27.7±0.58	-	-	-	-	-	-	-	-

ที่ก่อให้เกิดน้ำเสียและช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงตามสภาวะแวดล้อมในแต่ละวัน ในน้ำเสียจากอาคารบ้านพักพบอุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 26-28 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส โดยมีค่าต่ำกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆและน้ำเสียจากโรงแรมพบอุณหภูมิที่สูงกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 30-31 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.3 องศาเซลเซียส ส่วนน้ำเสียจากท่อรวมน้ำเสียเทศบาลพบอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส สำหรับน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากบ่อเกรอะ โรงพยาบาลและโรงแรมพบอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.7, 30 และ 30.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

1.2.2 น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม การตรวจวัดน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมพบอุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 18 - 36 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าแตกต่างกันมากโดยน้ำเสียเกิดจากโรงงานและกระบวนการที่ก่อให้เกิดน้ำเสียที่แตกต่างกัน ได้แก่จากการล้างวัตถุดิบ การล้างเครื่องจักร การระบายความร้อน การแช่เย็นและอื่นๆทำให้น้ำมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยในน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น มีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วง 32 - 36 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำเสียส่วนหนึ่งเกิดจากการระบายความร้อนจากหม้อน้ำ ในส่วนน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง พบว่าอุณหภูมิมีต่ำสุดอยู่ในช่วง 18 - 20 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.3 องศาเซลเซียส อันเนื่องมาจากในกระบวนการผลิตของโรงงานใช้ระบบความเย็นในการถนอมอาหาร ซึ่งจะปล่อยน้ำเสียออกมาในอุณหภูมิที่ต่ำ สำหรับน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่ โรงฆ่าสัตว์และโรงฆ่าวัวพบว่าอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันเท่ากับ 29.7, 29.3 และ 27.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น โรงฆ่าสัตว์และโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งพบอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.3, 28.7 และ 28.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สำหรับน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง พบอุณหภูมิค่าอยู่ในช่วง 28 - 29 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิสูงกว่าน้ำเสียเนื่องจากน้ำได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อมทั่วๆไปในขณะเดียวกันก็คายความเย็นไปด้วย จนเข้าสู่สภาวะบรรยากาศของสิ่งแวดล้อม

1.2.3 น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม การตรวจวัดน้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรมพบว่าอุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 27 - 32 องศาเซลเซียส สำหรับน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งและฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังพบว่าอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันเท่ากับ 31.7 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยที่ทั้งสองแห่งเป็นการเลี้ยงสัตว์ในน้ำเค็มมีสภาวะแวดล้อมและคุณภาพของน้ำที่คล้ายคลึงกัน

ส่วนน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงวัวและฟาร์มเลี้ยงหมูพบอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27 - 29 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28 และ 27.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกันโดยน้ำเสียจากทั้งสองแห่งเกิดจากการประกอบกิจการเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นเช่นเดียวกันในขณะที่กิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียก็คล้ายคลึงกัน จากการล้างคอกปศุสัตว์และเวลาในการเก็บตัวอย่างในตอนเช้าเช่นเดียวกัน

1.2.4 น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ การตรวจวัดในน้ำทะเลชายฝั่งพบอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำจากคลองอู่ตะเภาที่พบค่าอยู่ในช่วง 29 - 30 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.6 องศาเซลเซียส

1.3. ตะกอนแขวนลอย (suspended solids) ตะกอนแขวนลอยในน้ำเสียจากแหล่งน้ำต่างๆ มีค่าดังนี้ (ตาราง 4)

1.3.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน การตรวจวัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบตะกอนแขวนลอยมีค่าอยู่ในช่วง 17 - 164 มิลลิกรัม/ลิตร โดยพบว่าน้ำเสียจากโรงพยาบาลมีปริมาณตะกอนแขวนลอยอยู่ในช่วง 108 - 164 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126 มิลลิกรัม/ลิตร มากกว่าตะกอนแขวนลอยในน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ ทั้งนี้อาจเนื่องจากน้ำเสียได้รับการปนเปื้อนจากอุจจาระและสิ่งปฏิกูลต่างๆ โดยตรงปล่อยลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียทำให้มีตะกอนแขวนลอยอยู่สูง ตะกอนแขวนลอยประกอบด้วยสิ่งเจือปนในน้ำที่เหลืออยู่เมื่อระเหยน้ำจนหมดมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ซึ่งอาจละลายน้ำหรือไม่ก็ได้ (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2526: 25) โดยที่ค่าตะกอนแขวนลอยจะใช้บอกระดับความสกปรกของน้ำเสียได้เป็นอย่างดี ตลอดจนบอกถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525 : 259) ส่วนน้ำเสียจากท่อรวมน้ำเสียเทศบาลพบตะกอนแขวนลอยในปริมาณต่ำสุดคือมีค่าอยู่ในช่วง 17 - 31 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากน้ำเสียมีการตกตะกอนในท่อจึงทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าต่ำ สำหรับในน้ำเสียจากโรงพยาบาล อาคารบ้านพักและโรงแรมพบปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126, 57 และ 35 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากบ่อเกรอะ โรงแรมและโรงพยาบาลพบตะกอนแขวนลอยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 62, 17 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ อนึ่งน้ำที่ผ่านการบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียทุกแห่งจะพบปริมาณตะกอนแขวนลอยต่ำกว่าในน้ำเสียดิบ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

1.3.2 น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม การตรวจวัดน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมพบตะกอนแขวนลอยมีค่าอยู่ในช่วง 40 - 1,480 มิลลิกรัม/ลิตร โดยน้ำเสียจากแพปลาพบตะกอนแขวนลอยในปริมาณที่มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 830 – 1,480 มิลลิกรัม/ลิตร

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอยในน้ำจากแหล่งต่างๆ

น้ำเสียจากแหล่งชุมชน				น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม				น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม				น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ			
แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	
		range	mean±SD			range	mean±SD			range	mean±SD			range	mean±SD
โรงพยาบาล	น้ำเสีย	108-164	126±20	โรงงานปลาป่น	น้ำเสีย	40 - 62	54 ±8	ฟาร์มเลี้ยงหมู	น้ำเสีย	950-1,520	1,225 ±221	น้ำทะเลชายฝั่ง	น้ำธรรมชาติ	8 -15	11 ±3
	น้ำผ่านระบบบำบัด	12-19	14 ±2		น้ำผ่านระบบบำบัด	20-36	28 ±6	ฟาร์มเลี้ยงวัว	น้ำเสีย	380-1,560	1,194 ±627	น้ำจากล้ำคลอง	น้ำธรรมชาติ	38-60	49 ±9
โรงแรม	น้ำเสีย	27 - 45	35 ±6	โรงงานผลิตอาหารทะเลแช่เยือง	น้ำเสีย	74-152	107 ±29	ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง	น้ำธรรมชาติ	14-198	71 ±75	-	-	-	-
	น้ำผ่านระบบบำบัด	13 - 20	17 ±3		น้ำผ่านระบบบำบัด	12 - 28	21 ±6	ฟาร์มเลี้ยงปลากะพง	น้ำธรรมชาติ	23-90	50 ±23	-	-	-	-
อาคารบ้านพัก	น้ำเสีย	39 - 98	57 ±22	โรงฆ่าสัตว์	น้ำเสีย	245 -985	553 ± 285	-	-	-	-	-	-	-	-
บ่อเกรอะ	น้ำเสีย	54 - 72	62 ±7		น้ำผ่านระบบบำบัด	110 - 160	133 ±16	-	-	-	-	-	-	-	-
ท่อรวมน้ำเสีย	น้ำเสีย	17 - 31	22 ± 4	แพปลา	น้ำเสีย	830-1,480	1,179±289	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	โรงฆ่าไก่	น้ำเสีย	240 - 600	405 ±139	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	โรงฆ่าวัว	น้ำเสีย	190 - 540	357 ±132	-	-	-	-	-	-	-	-

และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,179 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเลได้แก่การคัดแยก การล้าง การขนส่ง การแปรรูปและน้ำเสียจากแหล่งที่อยู่อาศัยของผู้ประกอบการและคนงานโดยน้ำเสียทั้งหมดจะระบายลงสู่ท่อน้ำเสียรวมทำให้พบตะกอนแขวนลอยอยู่สูง สำหรับน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น พบปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ต่ำกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆมีค่าอยู่ในช่วง 40 - 62 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54 มิลลิกรัม/ลิตร ในส่วนของน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่และโรงฆ่าวัวพบตะกอนแขวนลอยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 405 และ 357 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ ซึ่งน้ำเสียเกิดจากการประกอบกิจการการฆ่าสัตว์เช่นเดียวกัน แต่แตกต่างกันในประเภทของสัตว์ ปริมาณและกระบวนการฆ่าสัตว์ สำหรับน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ โรงงานปลาป่นและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง พบปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 133, 28 และ 21 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์พบตะกอนแขวนลอยในปริมาณที่มากกว่าน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ มีค่าอยู่ในช่วง 110 - 160 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 133 มิลลิกรัม/ลิตร อันเป็นผลมาจากปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำเสียมีค่าที่สูงและขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

1.3.3 น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม การตรวจวัดน้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรมพบตะกอนแขวนลอยค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันมากซึ่งขึ้นอยู่กับการปนเปื้อนของน้ำเสีย และกระบวนต่างๆในการผลิต พบค่าอยู่ในช่วง 14 - 1,560 มิลลิกรัม/ลิตร โดยตะกอนแขวนลอยพบปริมาณที่สูงมากจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวมีค่าอยู่ในช่วง 380 - 1,560 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,225 และ 1,194 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียมีส่วนคล้ายคลึงกันมากในการล้างคอกปศุสัตว์ เศษอาหารและอุปกรณ์ต่างๆในกระบวนการเลี้ยงปศุสัตว์ซึ่งในน้ำเสียมีการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ที่สูงในเทอมของซีโอดีโดยมีค่าอยู่ในช่วง 791 - 4,028 มิลลิกรัม/ลิตร โดยที่ปริมาณของตะกอนแขวนลอยและซีโอดีบอกถึงระดับการปนเปื้อนของน้ำเสีย สำหรับน้ำธรรมชาติจากการประกอบกิจการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง และฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังพบตะกอนแขวนลอยในปริมาณที่ต่ำค่าอยู่ในช่วง 14 - 198 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันเท่ากับ 71 และ 50 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ที่ต่ำเพราะน้ำดิบที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องเป็นน้ำสะอาด เพื่อป้องกันการระบาดของโรคจึงทำให้การวิเคราะห์พบปริมาณตะกอนแขวนลอยได้ต่ำไปด้วย

1.3.4 น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ การตรวจวัดในน้ำทะเลชายฝั่งและคลองอู่ตะเภาพบ

ตะกอนแขวนลอยมีค่าอยู่ในช่วง 8 - 60 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11 และ 49 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงการปนเปื้อนของน้ำที่มีอยู่น้อยจากสารอินทรีย์โดยเฉพาะน้ำทะเลชายฝั่ง ส่วนในน้ำคลองอู่ตะเภามีการปนเปื้อนด้วยน้ำเสียมากกว่า

1.4 คลอไรด์ (chloride) ในน้ำตามธรรมชาติจะมีส่วนผสมของคลอไรด์อยู่เสมอ เนื่องจากคลอไรด์มาจากดินและหินต่างๆซึ่งน้ำได้ไหลผ่านและจากน้ำเสียที่มาจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมทั่วๆไป (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 : 43) น้ำตามภูเขาและที่สูงๆมักจะมีปริมาณคลอไรด์น้อยในขณะที่น้ำตามแม่น้ำและน้ำใต้ดินมีปริมาณคลอไรด์มาก น้ำตามธรรมชาติอาจได้รับคลอไรด์เพิ่มขึ้นได้หลายทาง เนื่องจากความสามารถในการละลายของน้ำทำให้สามารถละลายคลอไรด์จากชั้นดินต่างๆ ละอองน้ำจากมหาสมุทรถูกพัดพาเข้ามาสู่แผ่นดินในสภาพของหยดน้ำเล็กๆซึ่งมีเกลืออยู่ พวกนี้เป็นตัวทำให้ปริมาณคลอไรด์บนพื้นแผ่นดินสูงขึ้น (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525 : 166) โดยที่การตรวจวัดหาปริมาณคลอไรด์ในน้ำจากแหล่งต่างๆพบดังนี้ (ตาราง 5)

1.4.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน การตรวจวัดในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบปริมาณคลอไรด์มีค่าที่แตกต่างกันมากโดยพบค่าอยู่ในช่วง 39 - 242 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับน้ำเสียจากโรงพยาบาลพบปริมาณคลอไรด์มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆโดยมีค่าอยู่ในช่วง 86 - 242 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 143 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากน้ำเสียได้รับการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายและสิ่งปฏิกูลต่างๆระบายลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียโดยตรง โดยพบว่าในอุจจาระของคนเราจะมีสารคลอไรด์อยู่ประมาณ 6 กรัม/คน/วัน (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 : 43) ส่วนน้ำเสียจากโรงแรมพบปริมาณคลอไรด์มีค่าอยู่ในช่วง 72 - 77 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งน้ำเสียปนเปื้อนด้วยอุจจาระและสิ่งปฏิกูลเช่นเดียวกันทำให้ปริมาณคลอไรด์สูงด้วย สำหรับน้ำเสียจากท่อน้ำเสียรวมเทศบาลและอาคารบ้านพักพบปริมาณคลอไรด์มีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันเท่ากับ 67 และ 46 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งน้ำเสียจากทั้งสองแห่งนี้มาจากย่านที่อยู่อาศัยและกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

ส่วนน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากบ่อเกรอะ โรงแรมและโรงพยาบาลพบปริมาณคลอไรด์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126, 75 และ 67 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียจากทั้งสามแห่งมีลักษณะคล้ายคลึงจากการปนเปื้อนด้วยอุจจาระ

1.4.2 น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม การตรวจวัดในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมพบปริมาณคลอไรด์มีค่าอยู่ในช่วง 30 - 11,496 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำเสียจากแพปลาพบปริมาณคลอไรด์

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยคลอไรด์ในน้ำจากแหล่งต่างๆ

น้ำเสียจากแหล่งชุมชน				น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม				น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม				น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ			
แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	คลอไรด์ (มก./ล.)		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	คลอไรด์ (มก./ล.)		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	คลอไรด์ (มก./ล.)		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	คลอไรด์ (มก./ล.)	
		range	mean±SD			range	mean±SD			range	mean±SD			range	mean±SD
โรงพยาบาล	น้ำเสีย	86 –242	143 ± 67	โรงงานปลาป่น	น้ำเสีย	871-1,188	1,045±136	ฟาร์มเลี้ยงหมู	น้ำเสีย	50 -87	69 ±13	น้ำทะเลชายฝั่ง	น้ำธรรมชาติ	18,002-18,443	18,211 ±146
	น้ำผ่านระบบบำบัด	65-70	67 ±22		น้ำผ่านระบบบำบัด	1,619-1,795	1,732±65	ฟาร์มเลี้ยงวัว	น้ำเสีย	147-223	182 ±32	น้ำจากลำคลอง	น้ำธรรมชาติ	11-16	13 ±2
โรงแรม	น้ำเสีย	72-77	73 ±2	โรงงานผลิตอาหารทะเลแช่แข็ง	น้ำเสีย	235-983	510 ± 353	ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง	น้ำธรรมชาติ	14,921-15,704	15,426±237	-	-	-	-
	น้ำผ่านระบบบำบัด	71 - 81	75 ±5		น้ำผ่านระบบบำบัด	342-379	360 ±11	ฟาร์มเลี้ยงปลากะพง	น้ำธรรมชาติ	10,469-14,529	12,713±1,637	-	-	-	-
อาคารบ้านพัก	น้ำเสีย	39 - 52	46 ±5	โรงฆ่าสัตว์	น้ำเสีย	48-62	55 ±6.4	-	-	-	-	-	-	-	-
บ่อเกรอะ	น้ำเสีย	121-130	126 ±4		น้ำผ่านระบบบำบัด	95 -99	97 ±1.2	-	-	-	-	-	-	-	-
ท่อรวมน้ำเสีย	น้ำเสีย	54 - 75	67 ±10	แพปลา	น้ำเสีย	9,980-11,496	10,893 ±596	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	โรงฆ่าไก่	น้ำเสีย	143-167	155±10	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	โรงฆ่าวัว	น้ำเสีย	30 -62	46±14	-	-	-	-	-	-	-	-

มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 9,980 - 11,496 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10,893 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากน้ำเสียเป็นน้ำเค็มที่เกิดจากการนำน้ำเค็มมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ ได้แก่การล้างปลา การคัดแยก การแปรรูป การขนส่งและอื่นๆที่เกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเล ซึ่งน้ำทะเลจะมีปริมาณคลอไรด์ที่สูงมาก โดยปริมาณของคลอไรด์เพิ่มมากขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณของเกลือแร่ที่เพิ่มขึ้น (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525 : 166) สำหรับน้ำเสียที่พบปริมาณคลอไรด์ได้มากเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการที่ใช้สัตว์น้ำจากทะเลเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต โดยเฉพาะในน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง พบปริมาณคลอไรด์มีค่าอยู่ในช่วง 235 - 1,188 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,045 และ 510 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนน้ำเสียจาก โรงฆ่าไก่ โรงฆ่าสัตว์และโรงฆ่าวัว พบปริมาณคลอไรด์มีค่าอยู่ในช่วง 30 - 167 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 155, 55 และ 46 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งพบปริมาณคลอไรด์ได้น้อยกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ โดยเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับการฆ่าสัตว์ สำหรับน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง พบปริมาณคลอไรด์มีค่าอยู่ในช่วง 342 - 1,795 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,732 และ 360 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยพบมากกว่าน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาล

1.4.3 น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม การตรวจวัดน้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรมพบปริมาณคลอไรด์ที่แตกต่างกันมากมีค่าอยู่ในช่วง 50 - 15,704 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่น คือน้ำจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัว โดยพบปริมาณคลอไรด์มีค่าอยู่ในช่วง 50 - 223 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 69 และ 182 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งน้ำเสียในกลุ่มนี้พบปริมาณคลอไรด์ได้น้อยกว่าน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจากทะเล คือน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งและฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง โดยพบค่าอยู่ในช่วง 10,469 - 15,704 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15,426 และ 12,713 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยฟาร์มทั้งสองแห่งเพาะเลี้ยงในน้ำเค็ม

1.4.4 น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ การตรวจวัดในน้ำจากแหล่งตามธรรมชาติโดยเฉพาะน้ำทะเลชายฝั่งซึ่งเป็นน้ำเค็มพบปริมาณคลอไรด์สูงที่สุดค่าอยู่ในช่วง 18,002 - 18,443 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18,211 มิลลิกรัม/ลิตร และคลองอู่ตะเภาพบปริมาณคลอไรด์ต่ำที่สุดค่าอยู่ในช่วง 11 - 16 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13 มิลลิกรัม/ลิตร

1.5 ซีโอดี (COD: chemical oxygen demand) ซีโอดีใช้วัดระดับความสกปรกของน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมเป็นปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ในน้ำจากแหล่งต่างๆตรวจวัดหาปริมาณซีโอดี ยกเว้นน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง แพปลาและน้ำทะเลชายฝั่งไม่มีการตรวจวัด เนื่องจากคลอไรด์ในน้ำเค็มเป็นตัวลดออกซิเจนจะไปรีดิวซ์โปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) และตกตะกอนของเงินซัลเฟต (Ag_2SO_4) ที่เติมลงไป ทำให้ค่าซีโอดีที่ได้สูงกว่าค่าความเป็นจริง (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525 : 217) ในการตรวจวิเคราะห์ในน้ำจากแหล่งต่างๆพบปริมาณซีโอดี ดังรายละเอียดคือ (ตาราง 6)

1.5.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน การตรวจวัดในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบปริมาณซีโอดีมีค่าอยู่ในช่วง 78 - 465 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำเสียจากโรงพยาบาล พบปริมาณซีโอดีมีค่าอยู่ในช่วง 352 - 465 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 404 มิลลิกรัม/ลิตร และพบในปริมาณมากกว่าในน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ เนื่องจากน้ำเสียที่ระบายลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนมาด้วยอุจจาระและสิ่งปฏิกูลต่างๆจากคนและกิจกรรมอื่นๆในการบริการผู้ป่วยโดยตรง อนึ่งบ่อเกรอะซึ่งเป็นบ่อบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กชนิดหนึ่ง น้ำเสียประกอบด้วยอุจจาระและสิ่งปฏิกูลเช่นเดียวกันกับน้ำเสียจากโรงพยาบาลพบว่าปริมาณซีโอดีมีค่าอยู่ในช่วง 348 - 416 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 372 มิลลิกรัม/ลิตร โดยปริมาณซีโอดีต่ำกว่าน้ำเสียจากโรงพยาบาล อันเนื่องมาจากน้ำเสียได้ผ่านการบำบัดมาแล้วในบ่อเกรอะบ่อแรก ส่วนน้ำเสียจากอาคารบ้านพักและท่อน้ำเสียรวมเทศบาลพบปริมาณซีโอดีที่ใกล้เคียงกันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 197 และ 172 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งน้ำเสียจากทั้งสองแห่งมาจากแหล่งที่อยู่อาศัยเช่นเดียวกัน สำหรับน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมรีเจนซี่และโรงพยาบาลโดยพบปริมาณซีโอดีที่ใกล้เคียงกันพบค่าอยู่ในช่วง 59 - 86 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72 และ 68 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

1.5.2 น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม การตรวจวัดในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมพบปริมาณซีโอดีมีค่าอยู่ในช่วง 298 – 3,116 มิลลิกรัม/ลิตร โดยน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งพบปริมาณซีโอดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,331 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งพบในปริมาณที่มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ และน้ำเสียจากโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับการฆ่าสัตว์ก็พบปริมาณซีโอดีที่มากเช่นเดียวกัน คือน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,125 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับน้ำ เสียจากโรงฆ่าไก่และโรงฆ่าวัวพบปริมาณซีโอดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,038 และ 1,804 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ตาราง 6 แสดงค่าเฉลี่ยซีโอดีในน้ำจากแหล่งต่างๆ

น้ำเสียจากแหล่งชุมชน				น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม				น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม				น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ			
แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	ซีโอดี (มก./ล.)		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	ซีโอดี (มก./ล.)		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	ซีโอดี (มก./ล.)		แหล่งน้ำ	ประเภทน้ำ/น้ำเสีย	ซีโอดี (มก./ล.)	
		range	mean±SD			range	mean±SD			range	mean±SD			range	mean±SD
โรงพยาบาล	น้ำเสีย	352-465	404 ±35	โรงงานปลาป่น	น้ำเสีย	298 - 498	397 ±71	ฟาร์มเลี้ยงหมู	น้ำเสีย	3,302-4,028	3,677 ±221	น้ำทะเลชายฝั่ง	น้ำธรรมชาติ	-	-
	น้ำผ่านระบบบำบัด	62-77	68 ±5		น้ำผ่านระบบบำบัด	212 - 417	332 ±77	ฟาร์มเลี้ยงวัว	น้ำเสีย	791 -2,096	1,544 ±456	น้ำลำคลอง	น้ำธรรมชาติ	10 - 40	27 ±11
โรงแรม	น้ำเสีย	78 -98	88 ±8	โรงงานผลิตอาหารทะเลแช่แข็ง	น้ำเสีย	1,867-2,944	2,331±434	ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง	น้ำธรรมชาติ	-	-	-	-	-	-
	น้ำผ่านระบบบำบัด	59 - 86	72 ±8		น้ำผ่านระบบบำบัด	172 - 280	194 ±33	ฟาร์มเลี้ยงปลากะพง	น้ำธรรมชาติ	-	-	-	-	-	-
อาคารบ้านพัก	น้ำเสีย	146 - 247	197 ±32	โรงฆ่าสัตว์	น้ำเสีย	920 - 1,254	1,125 ±106	-	-	-	-	-	-	-	-
บ่อเกรอะ	น้ำเสีย	348 - 416	372 ±23		น้ำผ่านระบบบำบัด	213 - 336	286 ±52	-	-	-	-	-	-	-	-
ท่อรวมน้ำเสีย	น้ำเสีย	160 - 188	172 ±10	แพปลา	น้ำเสีย	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	โรงฆ่าไก่	น้ำเสีย	1,495 –3,116	2,038 ±660	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	โรงฆ่าวัว	น้ำเสีย	887-3,167	1,804 ±783	-	-	-	-	-	-	-	-

เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดจากประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์ โดยเฉพาะการฆ่าสัตว์และการแปรรูปสัตว์จะมีสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่สูงทำให้ค่าซีโอดีมีปริมาณที่สูงด้วย ส่วนน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น พบปริมาณที่น้อยกว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 397 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น โรงฆ่าสัตว์และโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง พบปริมาณซีโอดีที่ไม่แตกต่างกันมากนักมีค่าอยู่ในช่วง 172 - 417 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 332, 286 และ 194 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณซีโอดีในน้ำเสียและประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละแห่งที่มีกระบวนการบำบัดที่แตกต่างกัน

1.5.3 น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม การตรวจวัดในน้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรมพบว่าน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูพบปริมาณซีโอดีสูงสุดมีค่าอยู่ในช่วง 3,302 – 4,028 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,677 มิลลิกรัม/ลิตร อันเนื่องมาจากน้ำ เสียปนเปื้อนมาด้วยอุจจาระ ปัสสาวะ สิ่งปฏิกูลต่างๆจากสัตว์เลี้ยงและอาหารซึ่งมีสารอินทรีย์สูง ส่วนน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงวัวก็พบค่าปริมาณซีโอดีที่สูงเช่นเดียวกันค่าอยู่ในช่วง 791 - 2,096 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,545 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณซีโอดีในน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ

1.5.4 น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ การตรวจวัดในน้ำจากแหล่งตามธรรมชาติสำหรับคลองอู่ตะเภาพบว่าปริมาณซีโอดีค่าอยู่ในช่วง 10 - 40 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งพบค่าต่ำสุด

2. คุณภาพทางด้านชีววิทยาในน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ

คุณภาพทางด้านชีววิทยาในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรม เกษตรกรรมและน้ำตามแหล่งธรรมชาติได้มีการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ coliform bacteria, fecal coliform bacteria, bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage รายละเอียดดังนี้

2.1 Coliform bacteria และ Fecal coliform bacteria

ความมุ่งหมายในการวิเคราะห์น้ำทางแบคทีเรีย ก็เพื่อจะทราบว่าน้ำที่นำมาวิเคราะห์นั้นมีการปนเปื้อนด้วยแบคทีเรียที่จะก่อให้เกิดโรคได้หรือไม่เท่านั้น ไม่จำเป็นที่จะต้องตรวจให้พบเชื้อที่ทำให้เกิดโรคเลยที่เดียว ทั้งนี้เพื่อจะได้เตรียมตัวป้องกันโรคไว้ล่วงหน้าได้รวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ โดยปกติ coliform bacteria อยู่ในอุจจาระของคนและสัตว์ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ อีก 5 เปอร์เซ็นต์

อยู่ในดินและอากาศ การตรวจ coliform bacteria ในน้ำเป็นเครื่องชี้บอกได้ว่าน้ำสกปรกมากน้อยเพียงใด น้ำสกปรกมากก็จะตรวจพบมาก ถ้าสกปรกน้อยก็พบน้อยเป็นต้น ดังนั้นน้ำที่มีอุจจาระปนอยู่จึงตรวจพบ coliform bacteria อยู่เสมอ ถ้าน้ำที่สะอาดปราศจากการปนเปื้อนจากอุจจาระจะไม่พบ coliform bacteria เลยหรือพบน้อยที่สุด coliform bacteria อาศัยและเจริญเติบโตได้ดีในน้ำมากกว่าพวกเชื้อโรคในลำไส้ ซึ่งอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ดังนั้นถ้าตรวจน้ำไม่พบ coliform bacteria ก็อนุมานได้ว่าน้ำนั้นไม่มีเชื้อโรคในลำไส้ (enteric pathogens) (ณรงค์ ณ.เชียงใหม่, 2530 : 43) โดยที่ fecal coliform bacteria เป็นแบคทีเรียกลุ่มหนึ่งของ coliform bacteria ที่พบได้ในอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่นเท่านั้น การตรวจวิเคราะห์ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรม เกษตรกรรมและน้ำตามธรรมชาติพบในปริมาณที่แตกต่างกันไปดังนี้

ตาราง 7 ปริมาณ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน

แหล่งน้ำ	ประเภทของน้ำ	coliform bacteria (MPN/100ml)		fecal coliform bacteria (MPN/100ml)	
		range	mean±SD	range	mean±SD
โรงพยาบาล	น้ำเสีย	$9.3x10^5$-$2.4x10^8$	$2.0x10^7 \pm 5.8x10^7$	$9.3x10^5$-$2.4x10^8$	$7.6x10^6 \pm 9.4x10^6$
	น้ำผ่านระบบบำบัด	$9.0x10^2$-$7.5x10^3$	$3.3x10^3 \pm 1.9x10^3$	$9.0x10^2$-$4.3x10^3$	$2.4x10^3 \pm 1.5x10^3$
โรงแรม	น้ำเสีย	$4.6x10^6$-$2.4x10^7$	$9.1x10^6 \pm 6.0x10^6$	$2.3x10^6$-$2.4x10^7$	$8.8x10^6 \pm 6.3x10^6$
	น้ำผ่านระบบบำบัด	$4.3x10^5$-$2.4x10^7$	$8.6x10^6 \pm 1.5x10^7$	$2.3x10^5$-$2.4x10^6$	$8.5x10^6 \pm 1.2x10^6$
บ้านพัก	น้ำเสีย	$9.3x10^6$-$1.1x10^8$	$3.4x10^7 \pm 3.3x10^7$	$1.5x10^6$-$9.3x10^6$	$4.1x10^6 \pm 2.7x10^6$
บ่อเกรอะ	น้ำเสีย	$7.5x10^5$-$9.3x10^6$	$3.4x10^6 \pm 2.7x10^6$	$7.5x10^5$-$9.3x10^6$	$3.4x10^6 \pm 2.7x10^6$
ท่อน้ำเสีย	น้ำเสีย	$4.3x10^6$-$2.4x10^7$	$1.2x10^7 \pm 6.7x10^6$	$2.3x10^6$-$9.3x10^6$	$6.6x10^6 \pm 3.2x10^6$

2.1.1 น้ำ เสียจากแหล่งชุมชน การตรวจวิเคราะห์ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบปริมาณ coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง $9.3.x10^5 - 2.4\ x10^8$ MPN/100ml (ตาราง 7) โดยน้ำเสียจากโรงพยาบาลพบปริมาณ coliform bacteria ที่สูงมากมีค่าอยู่ในช่วง $9.3\ x10^5 - 2.4x10^8$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2.0\ x10^7$ MPN/100ml ซึ่งน้ำเสียปนเปื้อนด้วยอุจจาระที่ระบายมาจากห้องส้วมโดยตรงลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย สำหรับน้ำเสียจากอาคารบ้านพักและท่อน้ำเสียรวมเทศบาลพบปริมาณ

coliform bacteria ที่ใกล้เคียงกันค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4 $x10^7$ และ 1.2 $x10^7$ MPN/100ml ตามลำดับ โดยลักษณะของน้ำเสียเกิดจากกิจกรรมเกี่ยวกับการใช้น้ำในชีวิตประจำวันในย่านที่พักอาศัย เช่นเดียวกับน้ำเสียจากโรงพยาบาลทำให้พบปริมาณ coliform bacteria ที่สูงมากด้วย ส่วนน้ำเสียจากโรงแรมพบปริมาณ coliform bacteria ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.1 $x10^6$ MPN/100ml

สำหรับน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรม บ่อเกรอะและโรงพยาบาลพบปริมาณ coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง 9.2 $x10^2$ – 9.3 $x10^6$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.6 $x10^6$, 3.4 $x10^6$ และ 3.3 $x10^3$ MPN/100ml ตามลำดับ ซึ่งพบในปริมาณที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย และปริมาณ coliform bacteria ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมและบ่อเกรอะพบปริมาณ coliform bacteria ที่สูงใกล้เคียงกัน เนื่องจากน้ำทั้งสองแห่งได้รับการปนเปื้อนจากอุจจาระ ประกอบกับระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมมีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ต่ำ ซึ่งเกิดจากกระบวนการควบคุมการปฏิบัติงานในระบบบำบัดน้ำเสียและการปิดเครื่องเติมอากาศ และในน้ำเสียบางส่วนจากสระว่ายน้ำของโรงแรมได้ผ่านการฆ่าเชื้อโดยใช้คลอรีนมาแล้วส่วนหนึ่งในกระบวนการเฝ้าระวังคุณภาพของน้ำในสระ ในส่วนของบ่อเกรอะเป็นบ่อบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กจึงทำให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ต่ำเช่นเดียวกัน ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียแบบ aerated lagoon ของโรงพยาบาลมีประสิทธิภาพในการกำจัด coliform bacteria มากกว่า จึงพบ coliform bacteria ในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียในปริมาณที่ต่ำ

ปริมาณ fecal coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง 7.5 $x10^5$ – 2.4 $x10^8$ MPN/100ml (ตาราง 7) โดยน้ำเสียจากโรงพยาบาลพบปริมาณ fecal coliform bacteria มากที่สุดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.6 $x10^6$ MPN/100ml ซึ่งสอดคล้องกับการพบ coliform bacteria ในปริมาณที่มากด้วย โดยที่ fecal coliform bacteria เป็นแบคทีเรียซึ่งอยู่ในกลุ่ม coliform bacteria ที่มีแหล่งมาจากอุจจาระของคนหรือสัตว์เลือดอุ่น (บุญส่ง แสงอ่อน, 2533 : 428) ส่วนในน้ำเสียจากโรงแรม ท่อน้ำเสียรวมเทศบาลและอาคารบ้านพักพบปริมาณ fecal coliform bacteria มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.8 $x10^6$, 6.6 $x10^6$ MPN/100ml และ 4.1 $x10^6$ MPN/100ml ตามลำดับ สำหรับน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาล บ่อเกรอะและโรงแรม พบปริมาณ fecal coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง 9.0 $x10^2$ – 9.3 $x10^6$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.4 $x10^3$, 3.4 $x10^6$ และ 8.5 $x10^6$ MPN/100ml ตามลำดับ โดยในปริมาณที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย และการปนเปื้อนของน้ำเสียจากอุจจาระในปริมาณที่แตกต่างกันไป

2.1.2 น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม การตรวจวิเคราะห์ในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมพบปริมาณ coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง $4.3 \times 10^3 - 2.4 \times 10^8$ MPN/100ml น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการเกี่ยวการฆ่าสัตว์เป็นกลุ่มที่พบปริมาณ coliform bacteria มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ โดยน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลพบปริมาณ coliform bacteria สูงที่สุดโดยมีค่าอยู่ในช่วง $2.4 \times 10^7 - 2.4 \times 10^8$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.2×10^7 MPN/100ml ในน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่และโรงฆ่าวัว พบในปริมาณที่มากใกล้เคียงกับโรงฆ่าสัตว์เทศบาลโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.3×10^7 และ 3.8×10^6 MPN/100ml ตามลำดับ เนื่องจากน้ำเสียเกิดจากการประกอบกิจการฆ่าสัตวเป็นน้ำเสียที่ได้รับการปนเปื้อนจากอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่นซึ่งได้แก่หมู ไก่และวัว จึงพบ coliform bacteria ในปริมาณที่สูง และน้ำเสียจากแพปลาพบ coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง $2.3 \times 10^5 - 4.6 \times 10^6$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.4×10^6 MPN/100ml โดยน้ำเสียนี้มิได้เกิดจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเลแต่เพียงอย่างเดียว แต่มีการปนเปื้อนด้วยน้ำเสียจากย่านที่พักอาศัยด้วย จึงพบปริมาณ coliform bacteria ในปริมาณที่สูงกว่าในน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่น ซึ่งเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบเกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเลอย่างเดียว พบปริมาณ coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง $4.3 \times 10^3 - 4.5 \times 10^5$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.5×10^5 MPN/100ml และ 2.7×10^4 MPN/100ml ตามลำดับ โดยทั่วไปน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีจุลินทรีย์อยู่น้อยหรือไม่มีเลย (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2526 : 21) สำหรับน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาล โรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่นพบ coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง $70 - 9.3 \times 10^5$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.7×10^5, 1.8×10^3 และ 2.6×10^2 MPN/100ml ตามลำดับ

สำหรับปริมาณ fecal coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง $4.0 \times 10^3 - 1.1 \times 10^8$ MPN/100ml ในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลพบปริมาณ fecal coliform bacteria มากกว่าในน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ โดยมีค่าอยู่ในช่วง $2.4 \times 10^7 - 1.1 \times 10^8$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.4×10^7 MPN/100ml ในน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่ และโรงฆ่าวัวซึ่งเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับการฆ่าสัตว์เลือดอุ่นเช่นเดียวกัน พบปริมาณ fecal coliform bacteria ที่มากและใกล้เคียงกันค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.4×10^7 และ 2.0×10^6 MPN/100ml ตามลำดับ ส่วนในน้ำเสียจากแพปลาพบ fecal coliform bacteria มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.3×10^5 MPN/100ml สำหรับน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเลพบได้ในปริมาณที่น้อยกว่าโดยน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง และโรงงานปลาป่น พบปริมาณ fecal coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง $4.0 \times 10^3 - 4.3 \times 10^4$ MPN/100ml

ตาราง 8 ปริมาณ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม

แหล่งน้ำ	ประเภทของน้ำ	coliform bacteria (MPN/100ml)		fecal coliform bacteria (MPN/100ml)	
		range	mean±SD	range	mean±SD
โรงงานปลาป่น	น้ำเสีย	$4.3x10^3$-$4.3x10^4$	$2.7x10^4 \pm 1.7x10^4$	$4.0x10^3$-$4.3x10^4$	$2.0x10^4 \pm 1.5x10^4$
	น้ำผ่านระบบบำบัด	7.0x10-$9.0x10^2$	$2.6x10^2 \pm 2.8x10^2$	4.0x10-$4.0x10^2$	$1.4x10^2 \pm 1.5x10^2$
โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง	น้ำเสีย	$3.0x10^4$-$4.5x10^5$	$2.5x10^5 \pm 2.8x10^5$	$3.0x10^4$-$4.0x10^4$	$3.4x10^4 \pm 5.3x10^3$
	น้ำผ่านระบบบำบัด	$4.0x10^2$-$4.3x10^3$	$1.8x10^3 \pm 1.2x10^3$	$3.0x10^2$-$4.0x10^2$	$3.1x10^2 \pm 3.0x10$
โรงฆ่าสัตว์	น้ำเสีย	$2.4x10^7$-$2.4x10^8$	$8.2x10^7 \pm 6.6x10^7$	$2.4x10^7$-$1.1x10^8$	$5.4x10^7 \pm 2.8x10^7$
	น้ำผ่านระบบบำบัด	$2.3x10^5$-$9.3x10^5$	$3.7x10^5 \pm 2.7x10^5$	$2.3x10^5$-$4.3x10^5$	$2.7x10^5 \pm 8.81x10^4$
แพปลา	น้ำเสีย	$2.3x10^5$-$4.6x10^6$	$2.4x10^6 \pm 1.9x10^6$	$4.0x10^4$-$9.3x10^5$	$1.3x10^5 \pm 2.9x10^5$
โรงฆ่าไก่	น้ำเสีย	$4.3x10^6$-$1.1x10^8$	$3.3x10^7 \pm 3.2x10^7$	$4.3x10^6$-$2.4x10^7$	$1.4x10^7 \pm 7.9x10^6$
โรงฆ่าวัว	น้ำเสีย	$3.4x10^6$-$4.6x10^6$	$3.8x10^6 \pm 6.5x10^5$	$1.5x10^6$-$2.6x10^6$	$2.0x10^6 \pm 5.1x10^5$

และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4 $x10^4$ และ 2.0 $x10^4$ MPN/100ml ตามลำดับ ในน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลพบปริมาณ fecal coliform bacteria ที่มากโดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.3 $x10^5$ – 4.3 $x10^5$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.7 $x10^5$ MPN/100ml สำหรับน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่น พบในปริมาณที่น้อยกว่าค่าอยู่ในช่วง 40 – 4.0 $x10^2$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.1 $x10^2$ และ 1.4 $x10^2$ MPN/100ml ตามลำดับ อนึ่งโรงงานที่มีระบบบำบัดน้ำเสียพบปริมาณ fecal coliform bacteria ในน้ำเสียมากกว่าในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

2.1.3 น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม การตรวจวิเคราะห์ในน้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรมพบปริมาณ coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง 3 - 1.1 $x10^8$ MPN/ml (ตาราง 9) โดยน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวพบปริมาณ coliform bacteria ค่าอยู่ในช่วง 1.5 $x10^6$ - 1.1 $x10^8$ และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 $x10^7$ และ 6.6 $x10^6$ MPN/100ml ตามลำดับ ซึ่งน้ำเสียจากทั้งสองแห่งนี้เกิดจากการประกอบกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นโดยน้ำเสียได้รับการปนเปื้อนจากอุจจาระของสัตว์เลี้ยงได้แก่

หมูและวัว ส่วนน้ำจากฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังและฟาร์มเลี้ยงกุ้งพบปริมาณ coliform bacteria น้อยกว่าฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวโดยมีค่าอยู่ในช่วง 3 – 4.6 $x10^3$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.2 $x10^3$ และ 10 MPN/100ml ตามลำดับ

ตาราง 9 ปริมาณ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในน้ำจากแหล่งเกษตรกรรม

แหล่งน้ำ	ประเภทของน้ำ	coliform bacteria (MPN/100ml)		fecal coliform bacteria (MPN/100ml)	
		range	mean±SD	range	mean±SD
ฟาร์มเลี้ยงหมู	น้ำเสีย	$4.6x10^7$-$1.1x10^8$	$7.4x10^7 \pm 3.4x10^7$	$4.6x10^7$-$1.1x10^8$	$7.4x10^7 \pm 3.4x10^7$
ฟาร์มเลี้ยงวัว	น้ำเสีย	$1.5x10^6$-$1.7x10^7$	$6.6x10^6 \pm 5.2x10^6$	$4.3x10^5$-$4.6x10^6$	$2.2x10^6 \pm 1.1x10^6$
ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง	น้ำธรรมชาติ	3-4.3x10	10±13	3 –7	3.8±1.3
ฟาร์มเลี้ยงปลากะพง	น้ำธรรมชาติ	23 –$4.6x10^3$	$1.2x10^3 \pm 8.2x10^2$	$2.1x10^2$- $4.6x10^2$	$3.3x10^2 \pm 1.3x10^2$

สำหรับในน้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรมพบปริมาณ fecal coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง 3 - 1.1 $x10^8$ MPN/100ml โดยน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวพบปริมาณ fecal coliform bacteria ที่มากและใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.3 $x10^5$ - 1.8 $x10^8$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 $x10^7$ และ 2.2 $x10^6$ MPN/100ml ตามลำดับ ซึ่งน้ำเสียจากทั้งสองแห่งนี้เกิดจากการประกอบกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่น ส่วนน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังและฟาร์มเลี้ยงกุ้งพบปริมาณ fecal coliform bacteria ที่น้อยกว่าค่าอยู่ในช่วง 3 – 4.6 $x10^2$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.3 $x10^2$ และ 3.8 MPN/100ml ตามลำดับ

2.1.4 น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติจากน้ำทะเลชายฝั่งพบปริมาณ coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง 3 - 4 MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.6 MPN/100ml และคลองอู่ตะเภาพบอยู่ในช่วง 3.9 $x10^3$ – 2.1 $x10^5$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 $x10^4$ MPN/100ml ส่วนปริมาณ fecal coliform bacteria พบอยู่ในช่วง 3 – 4.6 $x10^4$ MPN/100ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3 และ 1.1 $x10^4$ MPN/100ml ตามลำดับ (ตาราง 10)

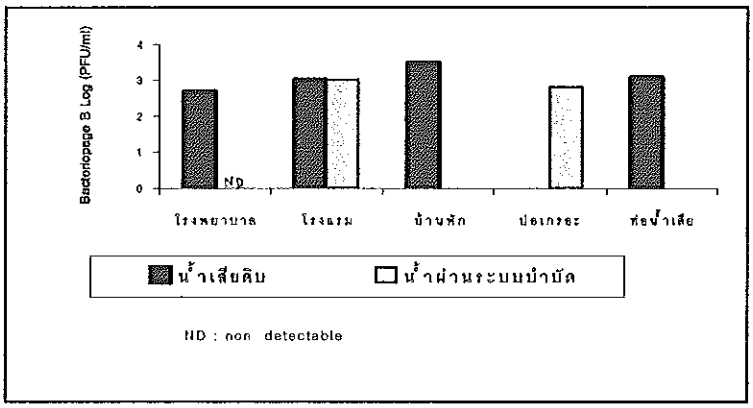
ตาราง 10 ปริมาณ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในน้ำตามธรรมชาติ

แหล่งน้ำ	ประเภทของน้ำ	coliform bacteria (MPN/100ml)		fecal coliform bacteria (MPN/100ml)	
		range	mean±SD	range	mean±SD
น้ำทะเลชายฝั่งคลองอู่ตะเภา	น้ำธรรมชาติ	3 - 4	3.6±0.5	3 - 3	3 ± 0
	น้ำธรรมชาติ	$3.9x10^3$-$2.1x10^5$	$2.1x10^4$±$2.2x10^4$	$2.3x10^3$-$4.6x10^4$	$1.1x10^4$±$3.7x10^4$

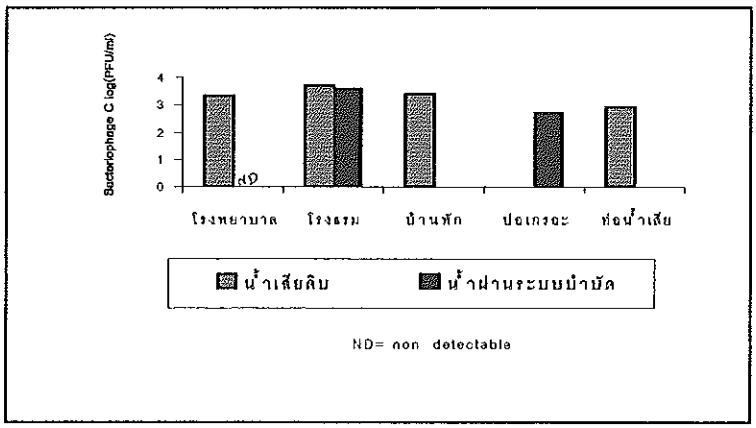
2.2 Bacteriophage

ในน้ำจากแหล่งต่างๆได้มีการตรวจวิเคราะห์หา bacteriophage B, bacteriophage C และ F-specific bacteriophage โดยที่ F-specific bacteriophage แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ RNA-F-specific bacteriophage และ DNA-F-specific bacteriophage ในการวิจัยในครั้งนี้ได้สนใจที่จะศึกษาเฉพาะ RNA-F-specific bacteriophage เนื่องจากมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดีและเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนของน้ำเสียได้ (Havelaar, *et al.*, 1991 : 537) พบปริมาณ bacteriophage ในน้ำจากแหล่งต่างๆได้ดังนี้

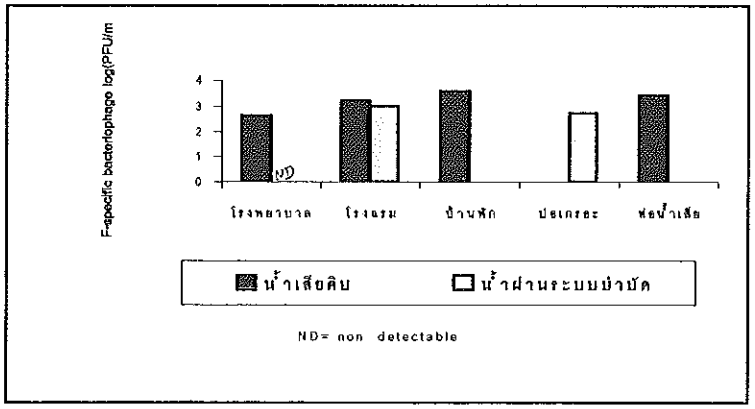
2.2.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนได้ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage (ภาพประกอบ 20 ก.-ง.) พบ bacteriophage B มีค่าอยู่ในช่วง $1.5 x10^2 - 5.1 x10^3$ PFU/ml โดยน้ำเสียจากอาคารบ้านพักพบปริมาณ bacteriophage B มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $3.2 x10^3$ PFU/ml นอกจากนั้นในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบ bacteriophage B ได้เสมอในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งน้ำเสียได้รับการปนเปื้อนจากกิจกรรมที่ใกล้เคียงกันได้แก่ อุจจาระ ปัสสาวะและกิจกรรมอื่นๆที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน ในน้ำเสียจากโรงพยาบาล ท่อน้ำเสียรวมเทศบาลและโรงแรมพบปริมาณ bacteriophage B มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $5.6 x10^2$, $1.3 x10^3$ และ $1.1 x10^3$ PFU/ml ตามลำดับ ส่วนน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากบ่อเกรอะและโรงแรมพบปริมาณ bacteriophage B มีค่าอยู่ในช่วง $1.3 x10^2$ - $1.6 x10^3$ PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ $6.7 x10^2$ และ $1.0 x10^3$ PFU/ml ตามลำดับ ซึ่งพบในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย และการใช้สารเคมีฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้งก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยเฉพาะน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมและบ่อเกรอะจะพบ bacteriophage B ในปริมาณที่สูง แต่ในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจาก



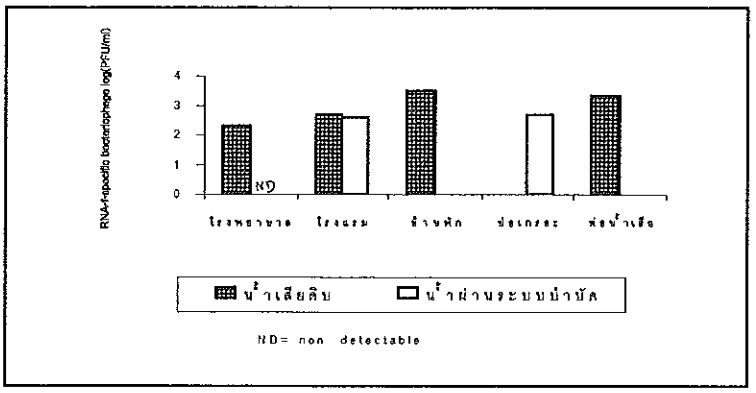
ก.bacteriophage B



ข. bacteriophage C



ค. F-specific bacteriophage



ง. RNA-F-specific bacteriophage

ภาพประกอบ 20.ก.-ง. แสดงค่าเฉลี่ย bacteriophage ประเภทต่างๆในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน

โรงพยาบาลตรวจวิเคราะห์ไม่พบ bacteriophage B อาจจะเป็นสาเหตุมาจากการใช้สารคลอรีนฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งก่อนปล่อยระบายออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลมีระบบการเติมคลอรีนอยู่ จากรายงานการศึกษาในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียหลังจากการเติมคลอรีนแล้ว ทั้ง total bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ตรวจวิเคราะห์พบได้น้อยกว่า 10 PFU/ml (Ketratanakul and Ohgaki, 1988)

สำหรับ bacteriophage C ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 2.4×10^2 - 8.9×10^3 PFU/ml โดยน้ำเสียจากโรงแรมพบปริมาณ bacteriophage C มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.6×10^3 PFU/ml ในน้ำเสียจากโรงพยาบาล อาคารบ้านพักและท่อน้ำเสียรวมเทศบาลพบปริมาณ bacteriophage C มีค่าอยู่ในช่วง 2.4×10^2 – 5.0×10^3 PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.1×10^3, 2.6×10^3 และ 7.1×10^2 PFU/ml ตามลำดับ ซึ่งพบในปริมาณที่ใกล้เคียงกันกับน้ำเสียจากโรงแรม ซึ่งมีลักษณะการปนเปื้อนของน้ำเสียจากอุจจาระและกิจกรรมการใช้น้ำในชีวิตประวันเช่นเดียวกัน ส่วนน้ำ ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรม และบ่อเกรอะพบปริมาณ bacteriophage C มีค่าอยู่ในช่วง 1.5×10^2 – 7.9×10^3 PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.0×10^3และ 4.9×10^2 PFU/ml ตามลำดับ

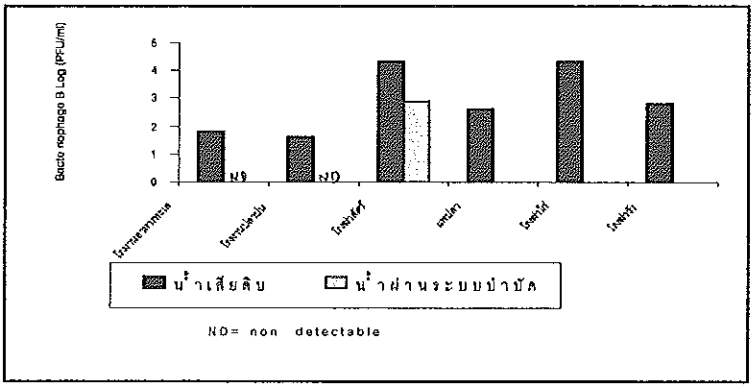
ส่วนปริมาณ F-specific bacteriophage ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบได้เสมอโดยมีค่าอยู่ในช่วง 50 – 7.7×10^3 PFU/ml เนื่องจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียมีลักษณะคล้ายคลึงกันจากการใช้น้ำในชีวิตประจำวัน สำหรับน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียก็พบในลักษณะที่แตกต่างกันเนื่องจากประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียและการใช้สารเคมีฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้ง โดยพบค่าอยู่ในช่วง 0 - 1.8×10^3 PFU/ml ในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมและบ่อเกรอะพบในปริมาณที่สูงค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.1×10^3 และ 7.8×10^2 PFU/ml ตามลำดับ แต่น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลตรวจวิเคราะห์ไม่พบ

สำหรับปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบปริมาณมีค่าอยู่ในช่วง 50 – 7.3×10^3 PFU/ml ซึ่งพบได้ในปริมาณที่น้อยกว่า bacteriophage B และ bacteriophage C โดยน้ำเสียจากอาคารบ้านพักพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆเช่นเดียวกับ bacteriophage B ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.5×10^3 PFU/ml นอกจากนั้นในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนก็พบได้เสมอในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ในน้ำเสียจากท่อน้ำเสียรวมเทศบาลโรงแรมและโรงพยาบาลพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.8×10^3,

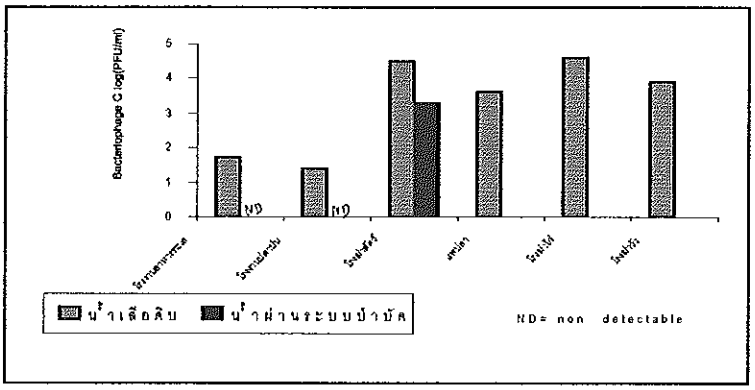
5.1 $x10^2$ และ 1.9 $x10^2$ PFU/ml ตามลำดับ ส่วนน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียก็พบได้เสมอจากบ่อเกรอะ และโรงแรมมีค่าอยู่ในช่วง 1.8 $x10^2$ – 1.3 $x10^3$ PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.5 $x10^2$ และ 4.0 $x10^2$ PFU/ml ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย คุณภาพของน้ำเสีย และปัจจัยทางสภาวะสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำแต่ละแห่งซึ่งมีอิทธิพลต่อการอยู่รอดของ bacteriophage

2.2.2 น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม ในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมได้ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage (ภาพประกอบ 21 ก.-ง.) พบปริมาณ bacteriophage B มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 3.9 $x10^4$ PFU/ml โดยน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่พบปริมาณ bacteriophage B มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.2 $x10^4$ PFU/ml ส่วนในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาล โรงฆ่าวัวและแพปลาพบปริมาณ bacteriophage B มีค่าอยู่ในช่วง 2.3 $x10^2$ - 3.9 $x10^4$ PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 $x10^4$, 6.1 $x10^2$ และ 9.1 $x10^2$ PFU/ml ตามลำดับ ซึ่งปริมาณที่พบใกล้เคียงกันเนื่องจากน้ำเสียเกิดจากการประกอบกิจการโรงฆ่าสัตว์เช่นเดียวกัน ในส่วนน้ำเสียจากแพปลาโดยที่น้ำเสียส่วนหนึ่งมาจากย่านที่พักอาศัยก็พบปริมาณ bacteriophage B ได้ใกล้เคียงกัน สำหรับน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่นเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเลพบปริมาณ bacteriophage B ได้น้อยกว่าในช่วง 0- 95 PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58 และ 40 PFU/ml ตามลำดับ ในส่วนของน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลพบปริมาณ bacteriophage B ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.9 $x10^2$ PFU/ml ซึ่งพบได้มาก แต่น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่นตรวจวิเคราะห์ไม่พบ bacteriophage B

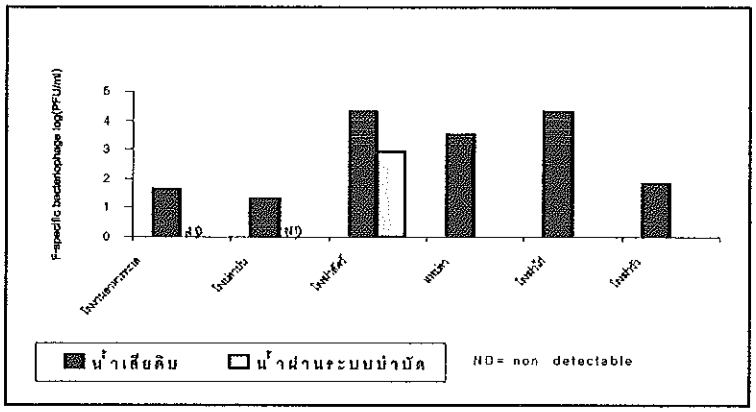
สำหรับ bacteriophage C พบค่าอยู่ในช่วง 20 – 5.1 $x10^4$ PFU/ml โดยน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่พบปริมาณมากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.9 $x10^4$ PFU/ml สำหรับในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลและโรงฆ่าวัวพบปริมาณ bacteriophage C ที่ใกล้เคียงกันค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.3 $x10^4$ และ 7.3 $x10^3$ PFU/ml ตามลำดับ ส่วนน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง และโรงงานปลาป่นพบในปริมาณที่น้อยกว่าน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการฆ่าสัตว์ค่าอยู่ในช่วง 20 – 83 PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52 และ 26 PFU/ml ตามลำดับ อนึ่งน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียก็เช่นเดียวกันพบได้ในปริมาณที่มากจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 $x10^3$ PFU/ml ส่วนน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่นตรวจวิเคราะห์ไม่พบ bacteriophage C เนื่องจากประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย กระบวนการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งก่อน



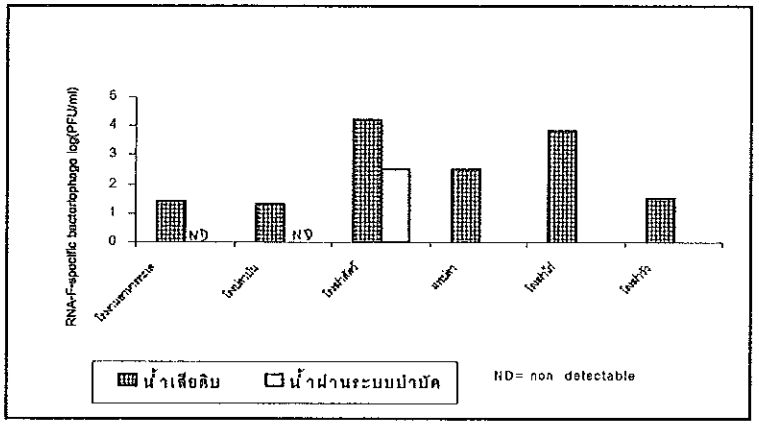
ก. bacteriophage B



ข. bacteriophage C



ค. F-specific bacteriophage



ง. RNA-F- specific bacteriophage

ภาพประกอบ 21.ก.-ง. แสดงค่าเฉลี่ย bacteriophage ประเภทต่างๆในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม

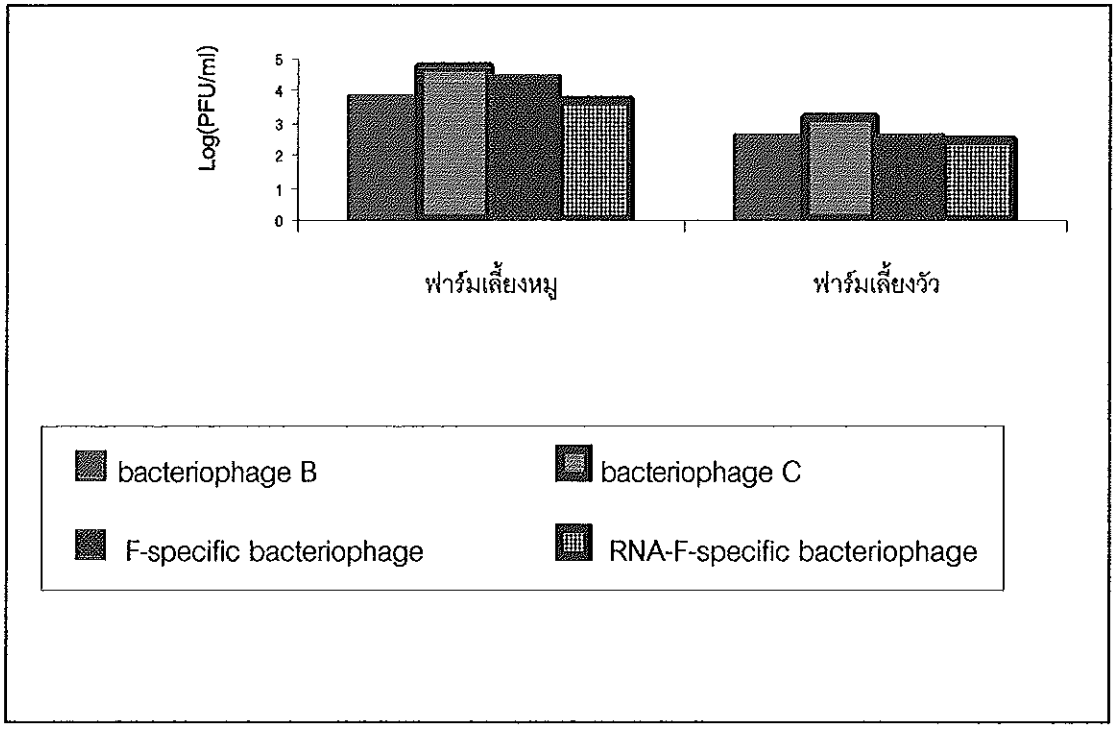
ปล่อยระบายออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆที่ส่งผลกระทบต่อการอยู่รอดของ bacteriophage

ปริมาณ F-specific bacteriophage ในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมพบค่าอยู่ในช่วง 0 – 4.0 x10^4 PFU/ml โดยพบปริมาณที่มากในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลและโรงฆ่าไก่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 x10^4 และ 1.9 x10^4 PFU/ml ตามลำดับ โดยน้ำเสียจากทั้งสองแห่งระบายมาจากจุดที่มีการฆ่าสัตว์หลายๆจุดในสถานที่ประกอบการ ซึ่งน้ำเสียตกค้างอยู่เป็นเวลานานแล้วค่อยๆระบายลงมา โดยแตกต่างกับน้ำเสียจากโรงฆ่าวัวที่น้ำเสียระบายลงมาโดยตรงจากสถานประกอบการลงสู่ทุ่งนาโดยน้ำมิได้ตกค้างอยู่และปริมาณน้ำเสียมีน้อย ซึ่งพบปริมาณ F-specific bacteriophage น้อยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59 PFU/ml และในน้ำเสียจากแพปลาก็พบได้ในปริมาณที่สูง ซึ่งน้ำเสียเกิดจากกิจกรรมในการประกอบการเกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเลและการใช้น้ำในชีวิตประจำวันในย่านที่พักอาศัย พบได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.7 x10^3 PFU/ml สำหรับน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่น ซึ่งประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์จากทะเลพบได้ในปริมาณที่น้อยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36 และ 20 PFU/ml ตามลำดับ

ในส่วน RNA-F-specific bacteriophage ในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมพบได้ทุกแห่งในปริมาณที่น้อยกว่า bacteriophage B และ bacteriophage C มีค่าอยู่ในช่วง 0 – 2.2 x10^4 PFU/ml โดยน้ำเสียในกลุ่มโรงงานที่เกิดจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับโรงฆ่าสัตว์พบในปริมาณที่มากกว่าน้ำเสียในกลุ่มโรงงานที่เกิดจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำเช่นเดียวกันกับ bacteriophage B และ bacteriophage C ในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.5 x10^4 PFU/ml ส่วนในน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่พบในปริมาณที่ใกล้เคียงกันกับน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.9 x10^3 PFU/ml แต่ในน้ำเสียจากโรงฆ่าวัวพบได้ในปริมาณที่น้อยกว่ามีค่าอยู่ในช่วง 10 - 1.0 x10^2 PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35 PFU/ml เนื่องจาก RNA-F-specific bacteriophage จะพบในอุจจาระของสัตว์ได้น้อยหรือไม่พบเลย แต่จะพบได้ในน้ำเสีย (Havelaar, *et al.*, 1990 : 30) สำหรับน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่นพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 50 PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28 และ 20 PFU/ml ตามลำดับโดยพบในปริมาณที่น้อยกว่าน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์

อนึ่งน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง ไม่พบ RNA-F-specific bacteriophage แต่ในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลพบในปริมาณค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.2×10^2 PFU/ml

2.2.3 น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรมได้ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage (ภาพประกอบ 22) แต่ในน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งและฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังตรวจวิเคราะห์ไม่พบ bacteriophage ทุกชนิด สำหรับในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวพบปริมาณ bacteriophage B มีค่าอยู่ในช่วง 90 - 1.4×10^4 PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.1×10^3 และ 3.9×10^2 PFU/ml ตามลำดับ ส่วน bacteriophage C พบค่าอยู่ในช่วง $7.8 \times 10^2 - 9.2 \times 10^4$ PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.6×10^4 และ 1.7×10^3 PFU/ml ตามลำดับ ส่วน F-specific bacteriophage พบปริมาณมีค่าอยู่ในช่วง 95 - 1.8×10^4 PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.4×10^4 และ 4.1×10^2 PFU/ml ตามลำดับ และ RNA-F-specific bacteriophage พบปริมาณมีค่าอยู่ในช่วง 45– 1.3×10^4 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.6×10^3 และ 3.0×10^2 PFU/ml ตามลำดับ



ภาพประกอบ 22 แสดงค่าเฉลี่ย bacteriophage ประเภทต่างๆในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมู และฟาร์มเลี้ยงวัว

2.2.4 น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ ในน้ำตามแหล่งธรรมชาติจากน้ำทะเลชายฝั่งและคลองอู่ตะเภาได้ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ผลจากการตรวจวิเคราะห์ไม่พบ bacteriophage ทุกชนิด

3. RNA-F-specific bacteriophage ในน้ำจากแหล่งต่างๆ

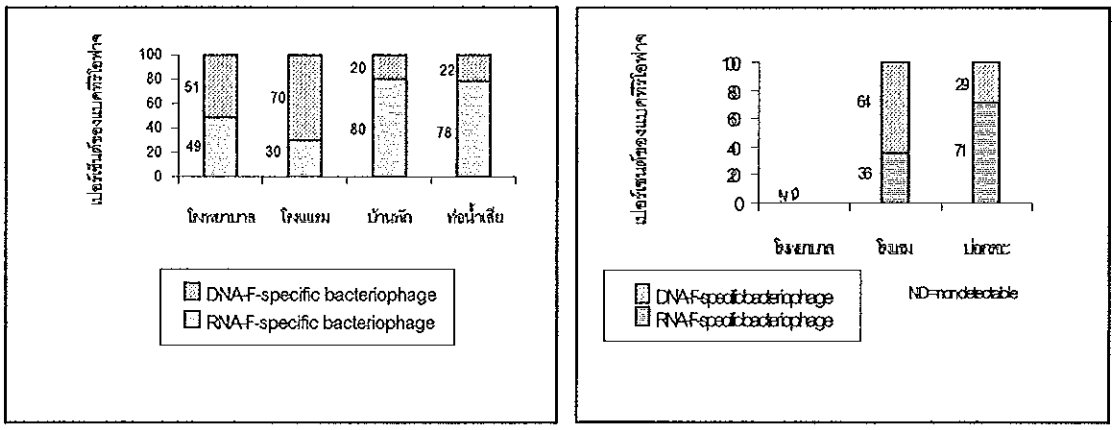
F-specific bacteriophage ประกอบด้วย RNA-F-specific bacteriophage อยู่ในวงศ์ *Levividae* (single-strand RNA) และ DNA F-specific bacteriophage อยู่ในวงศ์ *Inoviridae* (single-strand DNA) โดยจะเกาะติดที่ F-pilli หรือ sex-pilli ใน F-plasmid ของแบคทีเรียโฮสท์ *E.coli* K-12 และแบคทีเรียอื่นๆ การตรวจวิเคราะห์โดยวิธี double layer agar method พบ RNA-F-specific bacteriophage มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของ F-specific bacteriophage (Havelaar, *et al.*, 1991 : 529-532) และจากรายงานการศึกษาในน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสีย activated sludge ในประเทศญี่ปุ่น พบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage ซึ่งเป็น bacteriophage f2, MS2 และ $\phi\beta$ เท่ากับ 19 - 53 เปอร์เซ็นต์ ของ bacteriophage ทั้งหมด (Ketratanakul and Ohgaki, 1988) การตรวจวิเคราะห์ในน้ำจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรม เกษตรกรรมและน้ำตามธรรมชาติ พบดังนี้

3.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage ในช่วงระหว่าง 30 - 80 เปอร์เซ็นต์ ของ F-specific bacteriophage ในน้ำเสียจากท่อน้ำเสียเทศบาลและอาคารบ้านพบปริมาณมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมและบ่อเกรอะพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage ในช่วงระหว่าง 36 - 71 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นเป็น DNA-F-specific bacteriophage (ภาพประกอบ 23.ก.-ข.)

3.2 น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม ในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage ในช่วงระหว่าง 23 – 100 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง โรงงานปลาป่น โรงฆ่าสัตว์และโรงฆ่าวัวโดยพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของ F-specific bacteriophage ส่วนน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์พบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage 39 เปอร์เซ็นต์ (ภาพประกอบ 24 ก.-ข.)

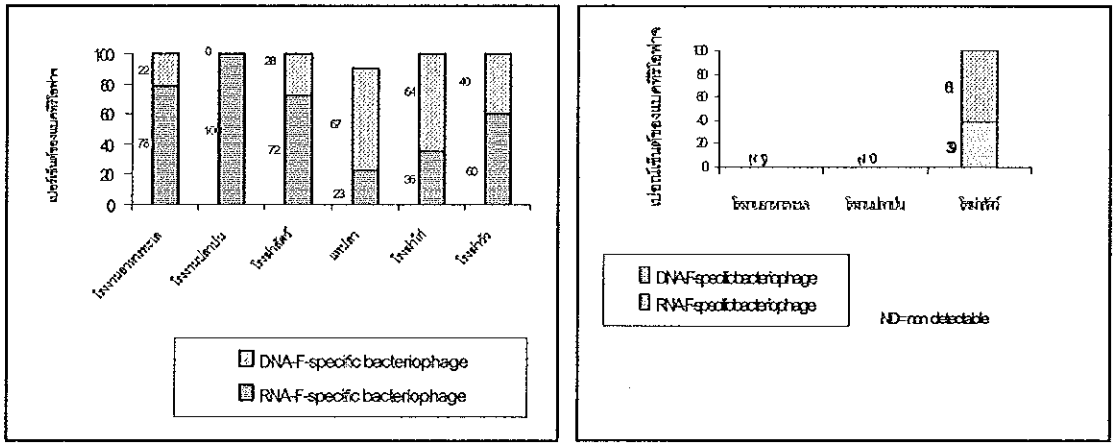
3.3 น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม ในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage เท่ากับ 40 และ 73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพประกอบ 25.)

3.4 น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ ในน้ำคลองอู่ตะเภาและน้ำทะเลชายฝั่งไม่พบพบ RNA-F-specific bacteriophage



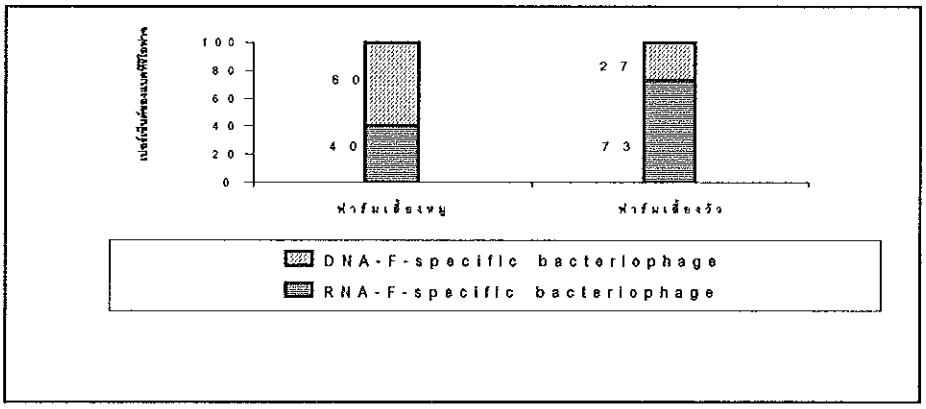
ก. น้ำเสีย ข. น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย

ภาพประกอบ 23.ก-ข. แสดงเปอร์เซ็นต์ของ RNAและ DNA-F-specific bacteriophage ในน้ำจากแหล่งชุมชน



ก. น้ำเสีย ข. น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย

ภาพประกอบ 24.ก-ข. แสดงเปอร์เซ็นต์ของ RNA และ DNA-F-specific bacteriophage ในน้ำจากแหล่งอุตสาหกรรม



ภาพประกอบ 25 แสดงเปอร์เซ็นต์ของ RNAและ DNA-F-specific bacteriophage ในน้ำจากแหล่งเกษตรกรรม

4. เปรียบเทียบปริมาณbacteriophage B กับ bacteriophage C ในน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ

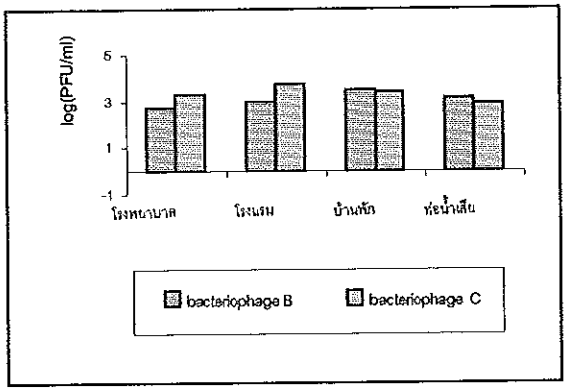
bacteriophage B และ bacteriophage C เป็น bacteriophage ประเภท somatic coliphage แต่แตกต่างกันที่เซลล์โฮสท์ bacteriophage B จะเกาะติดที่ผนังเซลล์โฮสท์ *E. coli* B ส่วน bacteriophage C จะเกาะติดที่ผนังเซลล์โฮสท์ *E. coli* C โดยพบว่า *E. coli* C เป็นเซลล์โฮสท์ที่ให้ bacteriophage เกาะติดดีที่สุด การศึกษา somatic coliphage โดยใช้ *E. coli* B เป็นเซลล์โฮสท์พบว่ามีความทนทานในสภาวะแวดล้อมของน้ำเค็มได้ดีกว่า coliform bacteria (Kott, 1966b; Kott and Ben Ari, 1968 quatoed in Havelaar, *et al.*, 1991 : 539) ในน้ำจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรม เกษตรกรรมและแหล่งตามธรรมชาติโดยพบปริมาณ bacteriophage B และ bacteriophage C ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันดังนี้

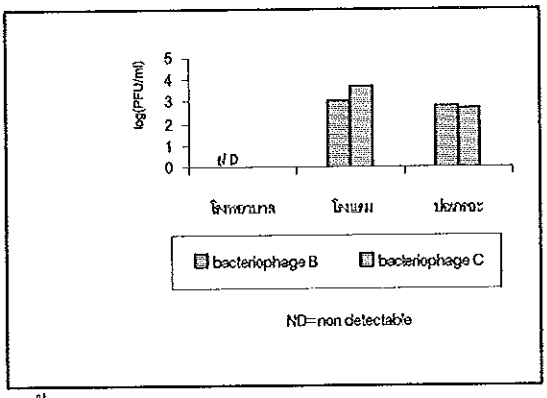
4.1 น้ำเสียจากแหล่งชุมชน ในน้ำเสียจากโรงแรมและโรงพยาบาล พบปริมาณ bacteriophage C มากกว่า bacteriophage B โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5×10^3 และ 1.6×10^3 PFU/ml ตามลำดับ แต่ในน้ำเสียจากอาคารบ้านพักและท่อน้ำเสียรวมเทศบาลปริมาณ bacteriophage C น้อยกว่า bacteriophage B โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.0×10^2และ 5.9×10^2 PFU/ml ตามลำดับ สำหรับน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมพบปริมาณ bacteriophage C มากกว่า bacteriophage B ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.0×10^3 PFU/ml แต่ในน้ำจากบ่อเกรอะโดยพบปริมาณ bacteriophage C น้อยกว่า bacteriophage B ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.8×10^2 PFU/ml (ภาพประกอบ 26.ก.-ข)

4.2 น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม ในน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่ โรงฆ่าวัว แพปลาและโรงฆ่าสัตว์โดยพบปริมาณ bacteriophage C มากกว่า bacteriophage B ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.7×10^4 , 6.7×10^3 , 3.6×10^3 และ 2.0×10^3 PFU/ml ตามลำดับ ส่วนน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งโดยพบปริมาณ bacteriophage C น้อยกว่า bacteriophage B ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6 PFU/ml สำหรับน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์พบปริมาณ bacteriophage C มากกว่าbacteriophage B ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.1×10^3 PFU/ml (ภาพประกอบ 27.ก.-ข.)

4.3 น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม ในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวพบปริมาณ bacteriophage C มากกว่า bacteriophage B ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.8×10^4 และ 1.3×10^3 PFU/ml ตามลำดับ (ภาพประกอบ 28)

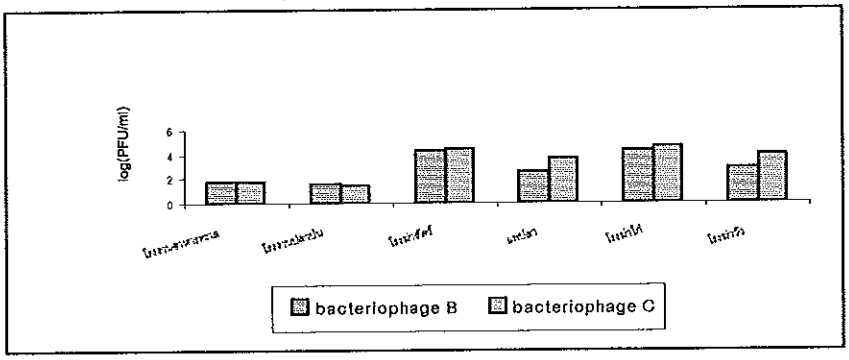
4.4 น้ำจากแหล่งตามธรรมชาติ ในน้ำทะเลชายฝั่งและคลองอู่ตะเภาตรวจไม่พบ bacteriophage



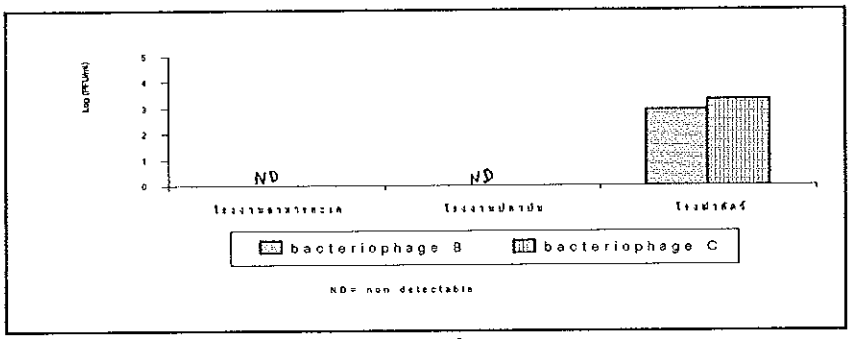


ก. น้ำเสีย ข. น้ำผ่านระบบบำบัด

ภาพประกอบ 26.ก-ข. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยbacteriophage B กับ bacteriophage C ในน้ำจากแหล่งชุมชน

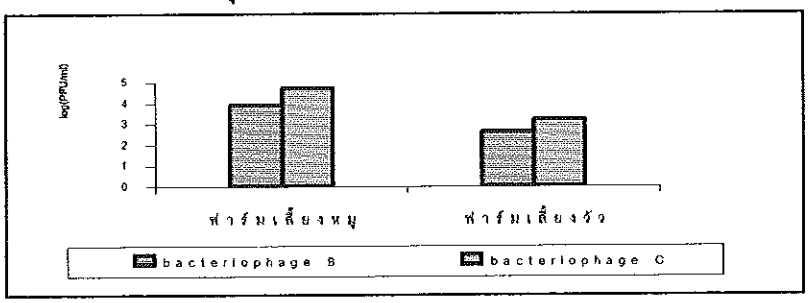


ก. น้ำเสีย



ข. น้ำผ่านระบบบำบัด

ภาพประกอบ 27.ก-ข. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยbacteriophage B กับ bacteriophage C ในน้ำจากแหล่งอุตสาหกรรม



ภาพประกอบ 28.. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยbacteriophage B กับ bacteriophage C ในน้ำจากแหล่งเกษตรกรรม

5. ประสิทธิภาพของระบบบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสีย aerated lagoon ของโรงงานปลาป่น โรงพยาบาลและโรงแรม ระบบบำบัดน้ำเสีย activated sludge และ aerated lagoon ของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและระบบบำบัดน้ำเสีย activated sludge ของโรงฆ่าสัตว์เทศบาล โดยระบบบำบัดน้ำเสียจากแต่ละแห่งประกอบด้วยระบบส่วนย่อยๆและกระบวนการบำบัดจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำเสียและวัตถุประสงค์ในการกำจัดว่าต้องการจะลดสิ่งปนเปื้อนในระดับใด ถ้าต้องการมีประสิทธิภาพในการกำจัดมากก็ต้องเพิ่มส่วนย่อยๆในระบบบำบัดน้ำเสียมากขึ้น โดยระบบย่อยๆในเกือบทุกขั้นตอนของระบบบำบัดน้ำเสียจะมีส่วนช่วยในการกำจัดสารปนเปื้อนในพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดจนการปฏิบัติงานในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย ฉะนั้นจึงทำให้ประสิทธิภาพแตกต่างกันไปด้วย

สำหรับประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการกำจัดตะกอนแขวนลอย ซีโอดี coliform bacteria, fecal coliform bacteria, bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งมีประสิทธิภาพดีในการกำจัดในทุกๆพารามิเตอร์ (ตาราง 11) ได้แก่การกำจัดตะกอนแขวนลอยและซีโอดีพบได้ในช่วง 80 - 89 และ 83 - 92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดทางชีววิทยาในทุกๆพารามิเตอร์ พบได้ในช่วงระหว่าง 99 - 100 เปอร์เซ็นต์ โดยทั้งสองแห่งใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างกัน แต่มีประสิทธิภาพสูงเช่นเดียวกัน เนื่องจากการจัดการควบคุมการปฏิบัติงานเป็นไปอย่างถูกหลักวิชาการและในกระบวนการบำบัดทุกขั้นตอนของระบบบำบัดน้ำเสียทำงานได้อย่างดี ซึ่งในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียทั้งสองแห่งก่อนปล่อยทิ้งระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะมีการเติมสารคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคด้วย สำหรับโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งใช้ระบบบำบัดน้ำเสียสองระบบเข้ามาเพื่อเสริมประสิทธิภาพในการกำจัด เนื่องจากน้ำเสียมีระดับของสารอินทรีย์ที่สูงมากในเทอมของซีโอดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,331 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำเสียจากโรงพยาบาลและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง ปริมาณตะกอนแขวนลอยพบค่าที่ใกล้เคียงกันค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126 และ 107 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ค่าซีโอดีนั้นแตกต่างกันมากค่าเฉลี่ยเท่ากับ 404 และ 2,331 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย activated sludge ของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกอนแขวนลอยและซีโอดีเท่ากับ 76 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการกำจัดทางทางชีววิทยามีค่าอยู่ระหว่าง 93 - 99.5 เปอร์เซ็นต์ โดยประสิทธิภาพในการกำจัดตะกอนแขวนลอยและซีโอดีต่ำกว่าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียไม่เดินระบบอย่างต่อเนื่อง ในส่วนประสิทธิภาพการกำจัดในทางชีว

วิทยาพบค่าที่ใกล้เคียงกันจากอิทธิพลทางสภาวะแวดล้อมได้แก่อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ตะกอนแขวนลอย คลอไรด์และซีโอดีซึ่งมีผลต่อการอยู่รอดของจุลินทรีย์

ตาราง 11 แสดงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ

พารามิเตอร์	ประสิทธิภาพในการกำจัดของระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานต่างๆ (%)				
	โรงพยาบาล	โรงแรม	โรงงานปลาป่น	โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง	โรงฆ่าสัตว์
ตะกอนแขวนลอย	89.0	47.0	48.0	80.0	76.0
ซีโอดี	83.0	18.0	16.0	92.0	75.0
coliform bacteria	99.9	5.0	99.0	99.3	99.5
fecalcoliform bacteria	99.9	4.0	99.3	99.0	99.5
bacteriophage B	100	9.0	100	100	95.2
bacteriophage C	100	11.0	100	100	93.6
F-specific bacteriophage	100	35.0	100	100	96
RNA-F-specific bacteriophage	100	22.0	100	100	97.8

ระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมและโรงงานปลาป่น พบประสิทธิภาพในการกำจัดตะกอนแขวนลอยและซีโอดีที่ต่ำพบได้ในช่วง 47 - 48 และ 16 - 18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยทั้งสองแห่งใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย aerated lagoon และปิดเครื่องเติมอากาศตลอดเวลาในขณะเดินระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญมากในการกำจัดสารอินทรีย์ในเทอมของตะกอนแขวนลอยและซีโอดี ส่วนในการกำจัดในทางชีววิทยาพบประสิทธิภาพในทุกๆพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันมาก โดยระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานปลาป่น พบได้ในช่วงระหว่าง 99 - 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมพบได้ในช่วงระหว่าง 4 - 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำที่สุดเนื่องจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียมีความแตกต่างกัน โดยน้ำเสียจากโรงแรมเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการใช้ในชีวิตประจำวันปนเปื้อนด้วยอุจจาระ ปัสสาวะซึ่งมีปริมาณ coliform bacteria, fecal coliform bacteria, bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ที่มากกว่า ในขณะที่น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียพบจุลินทรีย์ในพารามิเตอร์เหล่านี้ที่มากเช่นเดียวกัน ด้วยปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เกื้อกูลให้จุลินทรีย์เหล่านี้มีชีวิตรอดที่ดีกว่า อนึ่งน้ำเสียบางส่วนในบ่อพักของระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมได้ใช้ปั๊มน้ำสูบน้ำเสียปล่อยทิ้ง ณ.จุดปล่อยน้ำ

ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียโดยตรงโดยไม่ผ่านบ่อพักสำหรับเติมอากาศ ทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์ในน้ำเสียและน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแตกต่างกันเล็กน้อย สำหรับน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียได้จากการประกอบสัตว์น้ำจากทะเล ซึ่งพบจุลินทรีย์ในพารามิเตอร์ต่างๆได้น้อยกว่า และระบบบำบัดน้ำเสียประกอบด้วยบ่อขนาดที่แตกต่างกันจำนวน 5 บ่อเรียงต่อกันเป็นแบบอนุกรม ทำให้น้ำเสียไหลอย่างเป็นระบบไม่ลัดขั้นตอนทำให้การกำจัดในทางชีววิทยาได้ดีกว่าโรงแรม ประกอบกับระยะเวลาในการเก็บกักน้ำที่นานกว่าส่งผลกระทบต่อความอยู่รอดของจุลินทรีย์ให้สั้นลงด้วย จึงตรวจวิเคราะห์ไม่พบจุลินทรีย์ในน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย

6. ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ประเภทต่างๆ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในเทอมของ log (MPN/100ml) กับค่าเฉลี่ยของ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ในเทอมของ log (PFU/ml) โดยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ program Exel ด้วยการใช้สถิติคือ linear correlation analysis ซึ่งแบ่งการหาความสัมพันธ์ในน้ำเป็น 3 ประเภทคือ น้ำจากทุกแหล่งที่นำมาตรวจวิเคราะห์ทั้งหมดได้แก่ น้ำเสียจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรม เกษตรกรรรมและน้ำตามธรรมชาติ รวมทั้งน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียด้วย และแบ่งตามคุณลักษณะของน้ำเสีย คือเป็นน้ำเสียจากทุกประเภท ยกเว้นน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียและน้ำตามธรรมชาติ และน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์และฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่น โดยพบความสัมพันธ์ดังนี้

6.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ในน้ำจากแหล่งน้ำประเภทต่างๆทุกแห่ง จำนวน 17 แห่ง 198 ตัวอย่าง ประกอบด้วยน้ำจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรม เกษตรกรรมและน้ำตามธรรมชาติ (ตาราง 12)รายละเอียดดังนี้คือ

6.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage (ภาพประกอบ 29.ก.-ง) พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.902, 0.899, 0.886 และ 0.883 ตามลำดับ (ตาราง 13) ซึ่งแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria กับ bacteriophage B และความสัมพันธ์กับ bacteriophage C มีความสัมพันธ์กันที่สูงมาก

ตาราง 12 แสดงค่าเฉลี่ย log (MPN/100ml) และ log (PFU/ml) ของจุลินทรีย์ในพารามิเตอร์ต่างๆ ในแหล่งน้ำประเภทต่างๆที่นำมาหาความสัมพันธ์

water sample source number/times	parameters					
	bacteria log (MPN/100ml)		bacteriophage log (PFU/ml)			
	coliform bacteria	fecal coliform bacteria	bacteriophage B	bacteriophage C	F-specific bacteriophage	RNA-F-specific bacteriophage
น้ำเสียโรงพยาบาล						
1/1	6.7	6.7	2.9	3.0	2.5	2.2
1/2	8.4	8.4	2.7	3.1	2.9	2.8
1/3	6.7	6.7	3.0	3.2	2.8	2.3
2/1	6.0	6.0	2.7	3.6	2.0	2.1
2/2	6.2	6.2	2.6	3.5	1.8	1.9
2/3	6.7	6.7	2.2	3.7	1.7	1.7
3/1	7.7	6.7	2.9	2.5	2.7	2.6
3/2	7.4	7.4	2.7	2.9	2.7	2.4
3/3	7.4	7.4	2.5	2.9	2.6	2.3
น้ำผ่านระบบน้ำเสียโรงพยาบาล						
1/1	2.9	2.9	0	0	0	0
1/2	2.9	2.9	0	0	0	0
1/3	3.6	3.4	0	0	0	0
2/1	2.9	2.9	0	0	0	0
2/2	3.6	3.6	0	0	0	0
2/3	3.6	3.6	0	0	0	0
3/1	3.4	3.4	0	0	0	0
3/2	3.6	3.2	0	0	0	0
3/3	3.9	3.6	0	0	0	0
น้ำเสียโรงแรม						
1/1	6.6	6.6	2.6	3.6	2.8	2.4
1/2	7.4	7.4	2.7	3.6	3.0	2.8
1/3	6.9	6.9	2.9	3.7	3.7	2.6
2/1	6.9	6.9	2.8	3.6	3.0	2.7
2/2	6.6	6.6	2.8	3.6	2.9	2.8
2/3	6.6	6.6	2.9	3.5	3.1	2.3
3/1	6.9	6.9	3.1	3.9	3.2	2.7
3/2	6.9	6.9	3.3	3.8	3.2	2.7
3/3	6.6	6.4	3.3	3.9	3.3	3.4

ตาราง 12 (ต่อ)

water sample source number/times	parameters					
	bacteria log (MPN/100ml)		bacteriophage log (PFU/ml)			
	coliform bacteria	fecal coliform bacteria	bacteriophage B	bacteriophage C	F-specific bacteriophage	RNA-F-specific bacteriophage
น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียโรงแรม						
1/1	6.6	6.6	2.7	3.7	2.7	2.3
1/2	6.6	6.6	2.7	3.7	2.9	2.4
1/3	7.4	7.4	3.2	3.5	2.7	2.3
2/1	6.9	6.9	2.9	3.4	3.1	2.7
2/2	7.4	7.4	2.9	3.4	3.0	2.7
2/3	6.6	6.6	3.0	3.5	2.9	2.6
3/1	6.6	6.4	3.1	3.9	3.1	2.8
3/2	7.6	6.6	3.1	3.9	3.2	2.9
3/3	7.4	7.4	3.2	3.9	3.3	2.9
น้ำเสียอาคารบ้านพัก						
1/1	7.0	6.2	3.4	3.0	3.5	3.4
1/2	7.0	6.2	3.3	3.0	3.4	3.3
1/3	7.7	6.9	3.2	3.0	3.4	3.3
2/1	7.7	6.6	3.0	3.2	3.9	3.9
2/2	8.0	6.6	3.7	3.3	3.8	3.4
2/3	7.7	6.4	3.6	3.4	3.8	3.4
3/1	7.0	6.4	3.6	3.3	3.6	3.0
3/2	6.9	6.6	3.7	3.5	3.6	3.2
3/3	7.2	6.9	3.5	3.5	3.5	3.2
น้ำเสียบ่อเกรอะ						
1/1	6.6	6.6	3.2	2.9	3.0	2.8
1/2	6.9	6.9	3.2	2.8	2.9	2.7
1/3	6.6	6.6	2.9	3.1	2.9	2.9
2/1	5.9	5.9	2.1	2.4	2.6	2.6
2/2	6.2	6.2	2.6	2.2	2.8	2.5
2/3	6.2	6.2	2.7	2.3	2.7	2.3
3/1	6.7	6.7	2.3	2.4	2.8	2.6
3/2	6.2	6.2	2.5	2.6	2.6	2.5
3/3	6.4	6.4	2.7	2.6	3.2	3.1

ตาราง 12 (ต่อ)

water sample source number/times	parameters					
	bacteria log(MPN/100ml)		bacteriophage log (PFU/ml)			
	coliform bacteria	fecal coliform bacteria	bacteriophage B	bacteriophage C	F-specific bacteriophage	RNA-F-specific bacteriophage
น้ำเสียท่อน้ำเสียรวม						
1/1	6.9	6.9	2.6	2.5	2.8	2.7
1/2	6.6	6.4	2.7	2.5	2.9	2.4
1/3	6.6	6.6	2.8	2.4	2.7	2.5
2/1	7.2	6.9	2.7	2.5	2.8	2.6
2/2	7.3	6.9	2.8	2.6	2.8	2.5
2/3	6.9	6.9	2.7	2.4	2.8	2.6
3/1	7.4	6.9	2.5	3.2	3.8	3.8
3/2	6.9	6.6	3.5	3.2	3.6	3.6
3/3	6.9	6.4	3.7	3.3	3.7	3.6
น้ำเสียโรงงานปลาป่น						
1/1	4.6	4.6	1.4	1.4	1.5	1.5
1/2	4.4	4.4	1.2	1.4	1.3	1.3
1/3	4.6	4.6	1.4	1.6	1.3	1.3
2/1	3.9	3.9	1.3	1.3	0	0
2/2	3.9	3.9	1.3	1.4	0	0
2/3	3.6	3.6	0	1.3	0	0
3/1	4.6	4.4	0	1.3	0	0
3/2	4.4	4.4	1.3	1.3	0	0
3/3	4.6	3.6	1.5	1.5	0	0
น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานปลาป่น						
1/1	1.8	1.6	0	0	0	0
1/2	2.2	1.9	0	0	0	0
1/3	1.8	1.6	0	0	0	0
2/1	2.9	2.6	0	0	0	0
2/2	2.6	2.6	0	0	0	0
2/3	2.6	2.6	0	0	0	0
3/1	1.9	1.9	0	0	0	0
3/2	1.8	1.6	0	0	0	0
3/3	2.2	1.9	0	0	0	0

ตาราง 12 (ต่อ)

water sample source number/times	parameters					
	bacteria log (MPN/100ml)		bacteriophage log (PFU/ml)			
	coliform bacteria	fecal coliform bacteria	bacteriophage B	bacteriophage C	F-specific bacteriophage	RNA-F-specifi bacteriophage
น้ำเสียโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง						
1/1	4.9	4.6	1.9	1.8	1.7	1.7
1/2	5.2	4.5	1.9	1.9	1.7	1.4
1/3	5.4	4.6	1.3	1.9	1.5	1.1
2/1	4.9	4.5	1.8	1.7	1.5	1.1
2/2	4.5	4.5	1.8	1.7	1.5	1.5
2/3	4.6	4.5	1.4	1.7	1.5	1.5
3/1	5.9	4.6	1.8	1.6	1.5	1.5
3/2	5.4	4.6	1.6	1.4	1.4	1.4
3/3	5.6	4.5	1.9	1.3	1.5	1.5
น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง						
1/1	3.2	2.5	0	0	0	0
1/2	3.2	2.6	0	0	0	0
1/3	3.4	2.5	0	0	0	0
2/1	3.4	2.5	0	0	0	0
2/2	2.9	2.5	0	0	0	0
2/3	3.4	2.5	0	0	0	0
3/1	3.6	2.5	0	0	0	0
3/2	2.6	2.5	0	0	0	0
3/3	2.6	2.5	0	0	0	0
น้ำเสียโรงฆ่าสัตว์						
1/1	7.6	7.6	3.9	4.4	4.2	4.1
½	7.9	7.6	3.9	4.3	4.0	3.9
1/3	8.3	7.9	4.1	4.3	4.1	3.3
2/1	7.6	7.6	4.3	4.6	4.3	3.9
2/2	7.9	7.6	4.3	4.4	4.3	3.6
2/3	7.6	7.6	3.9	4.4	4.2	3.9
3/1	7.4	7.4	4.5	4.7	4.3	3.3
3/2	8.0	8.0	4.5	4.6	4.6	4.0
3/3	7.7	7.7	4.6	4.7	4.6	4.3

ตาราง 12 (ต่อ)

water sample source number/times	parameters					
	bacteria log(MPN/100ml)		bacteriophage log (PFU/ml)			
	coliform bacteria	fecal coliform bacteria	bacteriophage B	bacteriophage C	F-specific bacteriophage	RNA-F-specific bacteriophage
น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์						
1/1	5.4	5.4	2.4	3.3	2.8	2.6
1/2	5.4	5.4	2.6	3.3	2.7	1.4
1/3	5.9	5.6	2.6	3.4	2.9	2.6
2/1	5.4	5.4	2.4	3.0	2.5	2.3
2/2	5.4	5.4	2.8	3.3	3.0	2.6
2/3	5.9	5.6	2.5	3.4	2.8	2.6
3/1	5.4	5.4	3.1	3.3	3.1	2.7
3/2	5.4	5.4	3.1	3.3	3.0	2.1
3/3	5.4	5.4	3.2	3.3	3.0	2.6
น้ำเสียแพปลา						
1/1	6.4	5.6	2.7	3.1	2.7	2.4
1/2	5.4	4.6	2.8	3.1	2.6	2.2
1/3	5.6	4.6	2.8	3.2	2.8	2.5
2/1	6.7	5.6	2.9	3.9	3.0	2.7
2/2	6.4	5.9	3.0	3.9	2.9	2.6
2/3	5.4	5.4	3.1	4.0	3.1	3.0
3/1	6.7	5.3	2.9	3.6	3.1	3.0
3/2	6.4	5.2	2.9	3.5	3.2	2.9
3/3	6.7	4.9	3.1	3.5	3.0	2.9
น้ำเสียโรงฆ่าไก่						
1/1	7.4	7.4	4.3	4.6	4.0	3.6
1/2	8.0	7.3	4.1	4.7	4.2	3.9
1/3	7.4	7.4	4.2	4.7	4.1	3.8
2/1	7.7	7.2	4.3	4.6	4.2	3.9
2/2	7.7	6.9	4.4	4.5	4.3	3.6
2/3	7.4	6.9	4.5	4.5	4.4	3.9
3/1	6.9	6.6	4.4	4.5	4.2	3.1
3/2	6.6	6.6	4.5	4.5	4.3	3.9
3/3	7.2	7.2	4.4	4.6	4.4	4.0

ตาราง 12 (ต่อ)

water sample source number/times	parameters					
	bacteria log (MPN/100ml)		bacteriophage log (PFU/ml)			
	coliform bacteria	fecal coliform bacteria	bacteriophage B	bacteriophage C	F-specific bacteriophage	RNA-F-specific bacteriophage
น้ำเสียโรงฆ่าวัว						
1/1	6.7	6.4	3.6	3.5	2.0	1.9
1/2	6.7	6.7	3.6	3.5	1.9	1.4
1/3	6.7	5.9	2.4	3.4	2.2	2.0
2/1	6.2	5.9	3.0	4.3	1.5	1.2
2/2	7.2	6.4	3.1	4.1	1.7	1.5
2/3	7.2	6.1	2.9	4.2	1.8	1.6
3/1	6.6	6.4	2.7	3.6	1.3	1.0
3/2	6.2	6.1	2.4	3.6	1.2	1.0
3/3	6.6	6.4	2.5	3.7	1.3	1.0
น้ำเสียฟาร์มเลี้ยงหมู						
1/1	8.0	8.0	3.7	4.8	4.1	3.7
1/2	8.0	8.0	3.9	4.7	3.9	3.3
1/3	8.0	8.0	3.9	4.7	4.3	4.0
2/1	7.7	7.7	4.1	4.4	4.3	4.1
2/2	7.7	7.7	4.1	4.7	4.1	3.7
2/3	7.7	7.7	3.9	4.6	4.0	3.8
3/1	7.7	7.7	3.8	4.6	3.7	3.4
3/2	8.0	8.0	3.5	4.9	3.7	3.5
3/3	7.7	7.7	3.8	4.9	3.7	3.4
น้ำเสียฟาร์มเลี้ยงวัว						
1/1	6.4	5.6	1.8	3.6	2.8	2.5
1/2	6.7	6.4	1.9	3.1	2.6	2.5
1/3	7.2	6.2	2.1	2.9	1.9	1.7
2/1	6.4	6.4	2.5	3.1	2.6	2.5
2/2	6.7	6.4	2.4	2.9	2.5	2.2
2/3	6.2	6.2	2.5	2.9	2.5	2.5
3/1	7.0	6.4	2.9	3.3	2.6	2.4
3/2	6.7	6.4	2.9	3.3	2.8	2.7
3/3	7.0	6.7	2.9	3.3	2.7	2.7

ตาราง 12 (ต่อ)

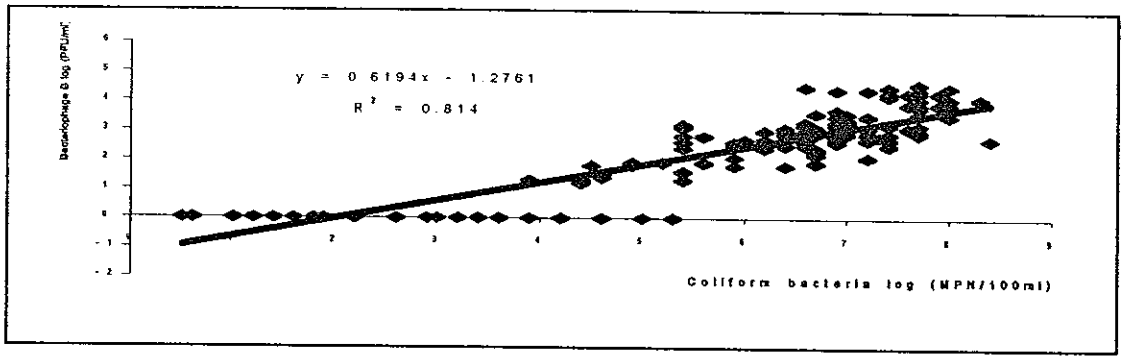
water sample source number/times	parameters					
	bacteria log (MPN/100ml)		bacteriophage log (PFU/ml)			
	coliform bacteria	fecal coliform bacteria	bacteriophage B	bacteriophage C	F-specific bacteriophage	RNA-F-specific bacteriophage
น้ำฟาร์มเลี้ยงกุ้ง						
1/1	0.6	0.6	0	0	0	0
1/2	1.6	0.8	0	0	0	0
1/3	1.0	0.6	0	0	0	0
2/1	1.2	0.6	0	0	0	0
2/2	0.6	0.6	0	0	0	0
2/3	0.6	0.6	0	0	0	0
3/1	0.5	0.5	0	0	0	0
3/2	0.5	0.5	0	0	0	0
3/3	0.5	0.5	0	0	0	0
น้ำฟาร์มเลี้ยงปลากะพง						
1/1	1.4	1.4	0	0	0	0
1/2	3.0	2.7	0	0	0	0
1/3	2.2	2.2	0	0	0	0
2/1	3.4	2.7	0	0	0	0
2/2	3.0	2.7	0	0	0	0
2/3	3.0	2.7	0	0	0	0
3/1	3.0	2.4	0	0	0	0
3/2	3.0	2.4	0	0	0	0
3/3	3.4	2.7	0	0	0	0
น้ำทะเลชายฝั่ง						
1/1	0.5	0.5	0	0	0	0
1/2	0.6	0.5	0	0	0	0
1/3	0.5	0.5	0	0	0	0
2/1	0.5	0.5	0	0	0	0
2/2	0.5	0.5	0	0	0	0
2/3	0.6	0.5	0	0	0	0
3/1	0.5	0.5	0	0	0	0
3/2	0.5	0.5	0	0	0	0
3/3	0.5	0.5	0	0	0	0

ตาราง 12 (ต่อ)

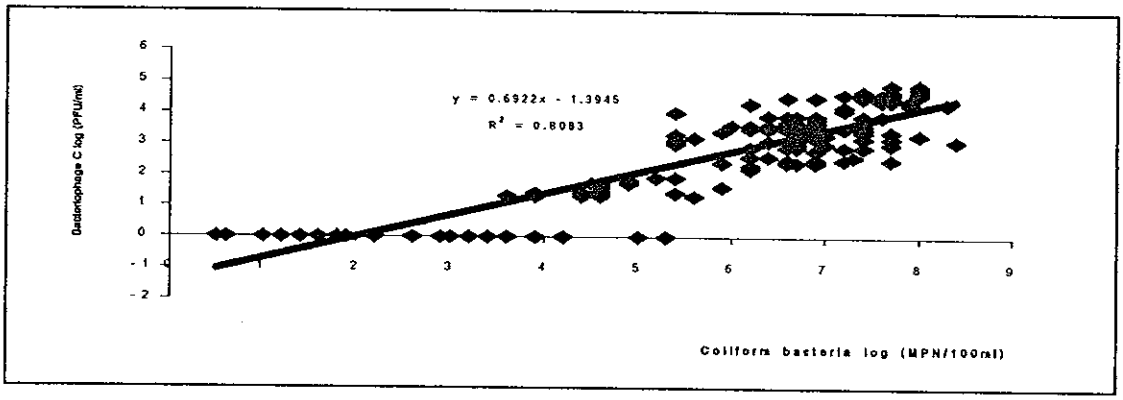
water sample source number/times	parameters					
	bacteria log (MPN/100ml)		bacteriophage log (PFU/ml)			
	coliform bacteria	fecal coliform bacteria	bacteriophage B	bacteriophage C	F-specific bacteriophage	RNA-F-specific bacteriophage
น้ำคลอง						
1/1	3.6	3.4	0	0	0	0
1/2	3.6	3.6	0	0	0	0
1/3	4.2	3.9	0	0	0	0
2/1	3.9	3.6	0	0	0	0
2/2	3.6	3.6	0	0	0	0
2/3	3.9	3.6	0	0	0	0
3/1	3.9	3.6	0	0	0	0
3/2	5.3	4.7	0	0	0	0
3/3	5.0	4.4	0	0	0	0

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใกล้เคียงกัน ในส่วนความสัมพันธ์กับ F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage น้อยกว่าความสัมพันธ์ระหว่าง bacteriophage B และ bacteriophage C

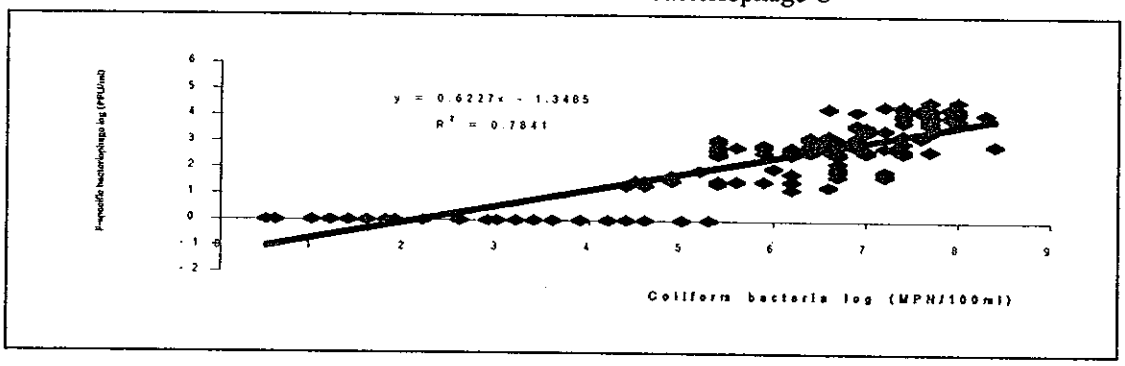
6.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง fecal coliform bacteria กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage (ภาพประกอบ 30 ก.-ง.) พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.906, 0.907, 0.890 และ 0.885 ตามลำดับ (ตาราง 13) โดยความสัมพันธ์ระหว่าง fecal coliform bacteria กับ bacteriophage C มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด



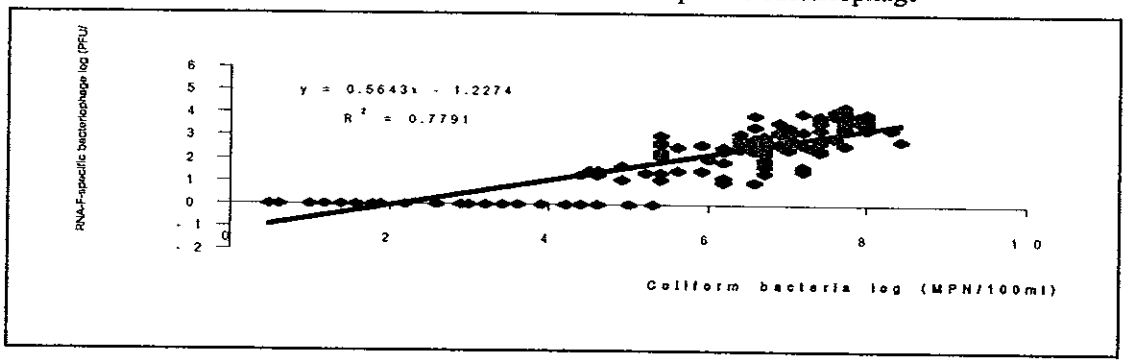
ก. ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria กับ bacteriophage B



ข. ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria กับ bacteriophage C

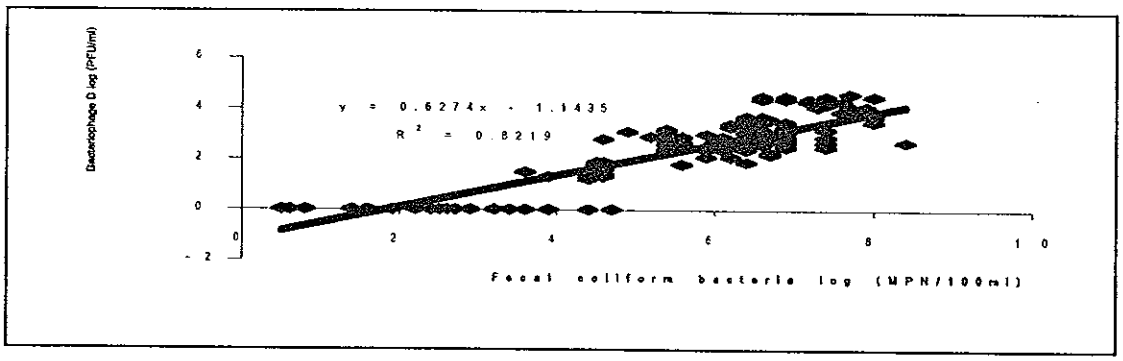


ค. ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria กับ F-specific bacteriophage

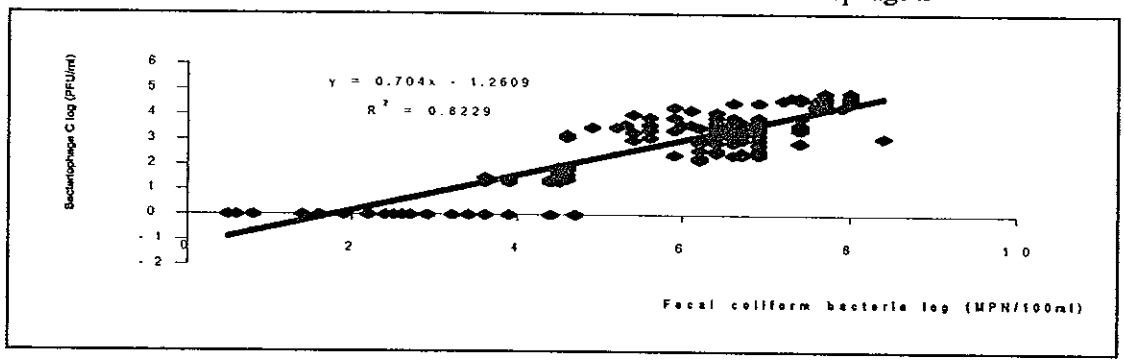


ง. ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria กับ RNA-F-specific bacteriophage

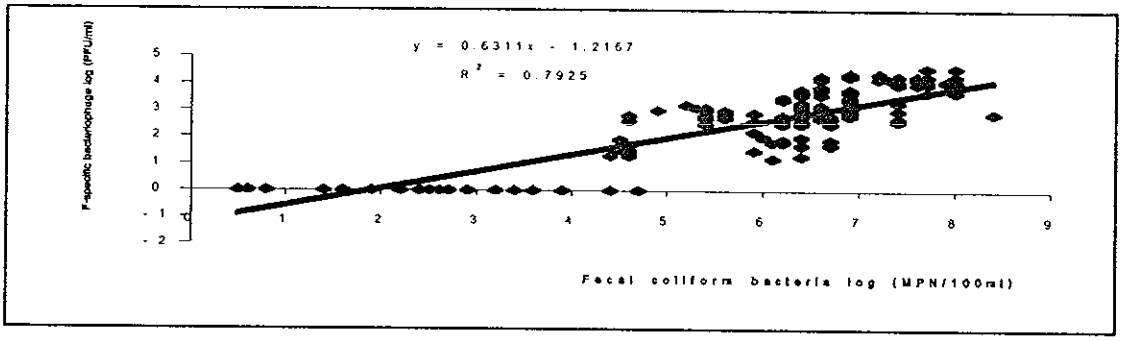
ภาพประกอบ 29 ก.-ง. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง coliform กับ bacteriophage ในน้ำทุกประเภท



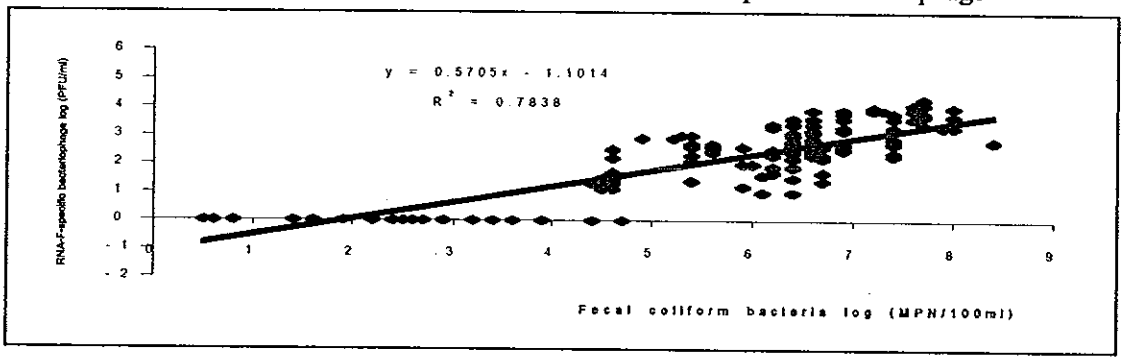
ก. ความสัมพันธ์ระหว่าง fecal coliform bacteria กับ bacteriophage B



ข. ความสัมพันธ์ระหว่าง fecal coliform bacteria กับ bacteriophage C



ค. ความสัมพันธ์ระหว่าง fecal coliform bacteriaกับ F-specific bacteriophage



ง. ความสัมพันธ์ระหว่าง fecal coliform bacteria กับ RNA F-specific bacteriophage

ภาพประกอบ 30 ก.-ง. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ในน้ำทุกประเภท

ตาราง 13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ประเภทต่างๆในน้ำทุกๆประเภท

bcteria	correlation coefficient : r			
	Bacteriophage B	bacteriophage C	F-specific bacteriophage	RNA-F-specific bacteriophage
coliform bacteria	0.902	0.899	0.886	0.883
fecal coliform bacteria	0.906	0.907	0.890	0.885

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ในน้ำเสียจากแหล่งน้ำประเภทต่างๆจำนวน 14 แห่ง 126 ตัวอย่าง (ตาราง 12) ประกอบด้วยน้ำเสียจากโรงพยาบาล โรงแรม อาคารบ้านพัก ท่อน้ำเสียรวมเทศบาล โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง โรงงานปลาป่น โรงฆ่าสัตว์เทศบาล แพปลา โรงฆ่าไก่ โรงฆ่าวัว ฟาร์มเลี้ยงหมู ฟาร์มเลี้ยงวัว ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง และฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง รายละเอียดดังนี้คือ

6.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.810, 0.780, 0.820 และ 0.810 ตามลำดับ (ตาราง 14) ซึ่งแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria กับ F-specific bacteriophage มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ในส่วนของความสัมพันธ์กับ RNA-F-specific bacteriophage และ bacteriophage B มากกว่าความสัมพันธ์กับ bacteriophage C

6.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง fecal coliform bacteria กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.780, 0.770, 0.790 และ 0.770 ตามลำดับ (ตาราง 14) โดยความสัมพันธ์ระหว่าง fecal coliform bacteria กับ F-specific bacteriophage มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด

ตาราง 14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ประเภทต่างๆในน้ำเสียประเภทต่างๆ

Bacteria	correlation coefficient : r			
	bacteriophage B	bacteriophage C	F-specific bacteriophage	RNA-F-specific bacteriophage
coliform bacteria	0.810	0.780	0.820	0.810
fecal coliform bacteria	0.780	0.770	0.790	0.770

6.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์และกิจการที่เกี่ยวข้องกับสัตว์เลือดอุ่น จำนวน 5 แห่ง 45 ตัวอย่าง(ตาราง 12) ประกอบด้วยน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาล โรงฆ่าไก่ โรงฆ่าวัว ฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัว รายละเอียดดังนี้คือ

6.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.660, 0.740, 0.740 และ 0.730 ตามลำดับ (ตาราง 15) แสดงว่าความสัมพันธ์กันระหว่าง coliform bacteria กับ bacteriophage C และ F-specific bacteriophage มีความสัมพันธ์สูงเท่าเทียมกัน แต่ความสัมพันธ์กับ RNA-F-specific bacteriophage น้อยกว่าเล็กน้อยเท่ากับ 0.730

6.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง fecal coliform bacteria กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.720, 0.750, 0.770 และ 0.770 ตามลำดับ (ตาราง 15) แสดงว่าความสัมพันธ์กันระหว่าง fecal coliform bacteria กับ bacteriophage B และ bacteriophage C พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูง

ตาราง 15 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ประเภทต่างๆในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์และฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่น

bacteria	correlation coefficient : r			
	bacteriophage B	bacteriophage C	F-specific bacteriophage	RNA-F-specific bacteriophage
coliform bacteria	0.660	0.740	0.740	0.730
fecal coliform bacteria	0.720	0.750	0.770	0.770

ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage B และ bacteriophage C ในน้ำจากทุกประเภทมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage แสดงว่าในน้ำจากทุกประเภทจะตรวจวิเคราะห์พบ bacteriophage B และ bacteriophage C ได้มากกว่า F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage และในน้ำเสียจะตรวจวิเคราะห์พบ bacteriophage ทุกๆประเภทได้ในทิศทางเดียวกันกับ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria เนื่องจากมีความสัมพันธ์กันที่สูง ในเชิงปริมาณเมื่อพบตัวแปรหนึ่งก็สามารถพบอีกตัวแปรหนึ่ง

บทที่ 4

บทวิจารณ์

1. คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำประเภทต่างๆ

1.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำที่มีความเป็นกรดหรือความเป็นด่างสูงมักจะใช้ประโยชน์ได้น้อยในการใช้เป็นน้ำดื่มเพราะเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำได้กำหนดค่าความเป็นกรด-ด่างไว้ขึ้นอยู่กับประโยชน์การนำน้ำไปใช้ตามวัตถุประสงค์หรือในกิจกรรมแต่ละอย่างได้แก่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค มาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทานและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน กำหนดค่าความเป็นกรด-ด่างค่าอยู่ในช่วง 6.5-8.5, 7.0-8.5, 6.5-8.5 และ 5.0-9.0 ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2538 : 3-31) สำหรับน้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรม ถ้ามีความเป็นกรด-ด่างต่ำเกินไปอาจกัดกร่อนท่อต่างๆได้ ช่วงความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในกิจกรรมทางอุตสาหกรรมอยู่ในช่วง 6-8 ในน้ำตามธรรมชาติมักพบไบคาร์บอเนตซึ่งเกิดจากปฏิกริยาระหว่างน้ำกับหินปูน และความเป็นกรดอันเนื่องมาจากคาร์บอนไดออกไซด์จะมีช่วงความเป็นกรด-ด่าง 4.5-8.2 ความเป็นกรด-ด่างอันเนื่องมาจากแร่ธาตุที่เป็นกรดซึ่งมักได้จากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม มักมีความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.5 และอาจแสดงความเป็นกรดในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ได้ (พิมล เรียนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวาณิชน์, 2525 : 63) นอกจากนี้ความเป็นกรด-ด่างมีผลกระทบต่อการใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อ การศึกษาในน้ำผิวดินกับการเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโดยใช้ *Giardia muris* cysts, bacteriophage *MS2* และ fecal coliform bacteria เป็นตัวชี้วัดพบว่าประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อเปลี่ยนแปลงตามความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ โดยพบความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 9.0 จะมีประสิทธิภาพมากกว่าที่ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.0 และ 7.0 (Tilton, 1977) การวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากแหล่งต่างๆ พบความเป็นกรด-ด่างค่าอยู่ในช่วง 6.45-10.0 สำหรับน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังและน้ำทะเลชายฝั่ง ซึ่งเป็นน้ำเค็มพบว่าค่อนข้างมีสภาพเป็นด่างโดยมีความเป็นกรด-ด่าง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.32, 8.25 และ 8.09 ตามลำดับ ในน้ำที่มีสภาพเป็นด่างสูงมักประกอบด้วยไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต ยกเว้นน้ำเสียจากแพปลามีสภาพค่อนข้างเป็นกรดเล็กน้อยโดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 6.89 ซึ่งลักษณะของกิจกรรมการใช้น้ำมี

ความแตกต่างกันมาก โดยน้ำเสียจากแพปลาจะปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์สูง จากการตกค้างและย่อยสลายของสัตว์น้ำจึงก่อให้เกิดสภาพเป็นกรดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลจากการออกซิเดชั่นของสารอินทรีย์ ส่วนน้ำทะเลชายฝั่ง ฟาร์มเลี้ยงกุ้งและฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังใช้น้ำสำหรับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้รับการปนเปื้อนจากน้ำเสียน้อยกว่าแพปลา แต่ไม่ได้ตรวจวิเคราะห์ซีโอดีเนื่องจากน้ำเสียทุกแห่งเป็นน้ำเค็มโดยพบปริมาณคลอไรด์สูงมากค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18,211, 15,426 และ 12,713 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และน้ำเสียจากแพปลาค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10,893 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากคลอไรด์ในน้ำเค็มเป็นตัวลดออกซิเจนจะไปรีดิวซ์โปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ที่เติมลงไปทำให้ค่าซีโอดีที่ได้สูงกว่าค่าความเป็นจริง (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525: 217)

อนึ่งน้ำเสียจากโรงพยาบาลพบว่ามีสภาพความเป็นด่างมากกว่าแห่งอื่นๆ โดยมีความเป็นกรด-ด่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.34 โรงงานปลาป่นและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งพบว่าน้ำเสียมีสภาพค่อนข้างเป็นด่างโดยมีความเป็นกรด-ด่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.55 และ 7.49 ตามลำดับ น้ำเสียจากโรงฆ่าไก่และโรงฆ่าวัวพบว่ามีสภาพค่อนข้างเป็นกรดเล็กน้อยโดยมีความเป็นกรด-ด่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.56 และ 6.86 เนื่องมาจากเกิดการออกซิเดชั่นทางชีวะของสารอินทรีย์ในน้ำเสียของทั้งสองแห่ง ซึ่งพบปริมาณสารอินทรีย์สูงมากในเทอมของซีโอดี โดยพบซีโอดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,038 และ 1,804 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ แต่ในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์มีสภาพค่อนข้างเป็นด่างเล็กน้อยโดยมีความเป็นกรด-ด่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.13 ใกล้เคียงกับน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวซึ่งน้ำเสียจากทั้งสองแห่งพบความเป็นกรด-ด่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.25 และ 7.85 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณซีโอดีสูงเช่นเดียวกันกับน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่และโรงฆ่าวัวโดยพบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,677 และ 1,545 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ดังนั้นความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียมีปัจจัยหลายๆอย่างที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง เช่น สารเคมีที่นำมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ น้ำชำระล้าง วัสดุพื้นผิวโรงเรือนและอื่นๆส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียมีความแตกต่างกัน

ส่วนน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากทุกๆแห่งพบว่ามีสภาพเป็นด่างโดยพบความเป็นกรด-ด่างค่าเฉลี่ยมากกว่า 7.40 โดยพบว่าน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นมีสภาพความเป็นกรด-ด่างมากที่สุดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.02 และพบปริมาณคลอไรด์ที่สูงเช่นเดียวกันค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,045 มิลลิกรัม/ลิตร ยกเว้นน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง พบความเป็นกรด-ด่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.42 ความเป็นกรด-ด่างในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากทุกๆแห่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานที่กำหนดความเป็นกรด-ด่าง มีค่า

ไม่น้อยกว่า 5.5 และไม่มากกว่า 9.0 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2539) ยกเว้นน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น พบความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 9.0 แต่สำหรับการนำน้ำไปใช้ในกิจกรรมอย่างอื่นความเป็นกรด-ด่างจะเหมาะสมเฉพาะแต่ละกิจกรรม ได้แก่ความเหมะสมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต้องมีความเป็นกรด-ด่างในช่วงระหว่าง 7.5-8.5 (พรเสิด จันทร์รัชชกูล และคณะ, 2537 : 45) และสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งได้มีเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงชายฝั่งโดยแบ่งเป็น 7 ประเภท ซึ่งจะมีประโยชน์ในการรักษาสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ควบคุมและป้องกันผลกระทบแหล่งน้ำของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากใช้มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งในการควบคุมมลภาวะของแหล่งน้ำ และได้มีการเสนอร่างเกณฑ์คุณภาพน้ำมาตรฐานเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเป็น3 ประเภท คือ class A, class B และ class C โดยกำหนดค่ามาตรฐานความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.5 - 8.5 , 5.5 - 6.5 (8.5 - 9.5) และ <5.5, >9.5 ตามลำดับ (ดณิต ไชยาคำ และคณะ, 2537 : 29)

1.2 อุณหภูมิ (temperature)

น้ำเสียที่ปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยมากจะมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ และเมื่อปล่อยทิ้งลงสู่แม่น้ำลำคลองจะทำให้สภาวะแวดล้อมเปลี่ยนไป เช่น ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าปกติการเจริญเติบโตของพืชที่ก่อให้เกิดปัญหาของมลพิษทางน้ำจะมีมากกว่าปกติ และอาจเกิดราขึ้นได้ในแหล่งน้ำ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 : 35) และอุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการเร่งปฏิกริยาเคมี ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ต่อกลิ่นและรสของน้ำ (พิมล เรียนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวาณิชน์, 2525 : 62) การเจริญเติบโตของแบคทีเรียโดยมีปัจจัยทางสภาวะสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิจนเมื่อถึงจุดหนึ่งก็จะลดลงและในที่สุดก็จะตาย จึงมีการแบ่งแบคทีเรียตามอุณหภูมิที่แบคทีเรียนั้นอาศัย (ณรงค์ ณ.เชียงใหม่, 2530 : 257) จากการตรวจวิเคราะห์น้ำพบอุณหภูมิมีค่าที่แตกต่างกันมาก อันเนื่องมาจากน้ำเสียแต่ละแห่งมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียมีความหลากหลาย ประกอบกับวันเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างก็มีความแตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาหนึ่ง จากการตรวจวิเคราะห์น้ำจากแหล่งต่างๆ โดยพบอุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 18-36 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิมีค่าที่สูงเป็นน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น โรงพยาบาล โรงแรม โรงฆ่าไก่ และโรงฆ่าสัตว์โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34, 30.3, 30.3, 29.7 และ 29.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากน้ำเสียส่วนหนึ่งระบายออกจากหม้อน้ำและมีกิจกรรมที่ต้องใช้ความร้อน ยกเว้นน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง พบ

ว่าอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.3 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ สาเหตุมาจากกระบวนการผลิตเกือบทุกขั้นตอนใช้ระบบความเย็น สำหรับน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง น้ำทะเลชายฝั่งและฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง พบอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.7, 31 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งบริเวณดังกล่าวได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงทำให้ได้รับความร้อนได้ดีกว่าประกอบการเก็บตัวอย่างน้ำในเวลาใกล้ๆเที่ยงวัน จึงพบอุณหภูมิมีค่าค่อนข้างสูงกว่าน้ำจากแห่งอื่น

อนึ่งน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงวัวและฟาร์มเลี้ยงหมูพบว่าอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28 และ 27.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง น้ำทะเลชายฝั่งและฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง โดยน้ำเสียเกิดจากการล้างคอกปศุสัตว์และไม่มีกิจกรรมอย่างอื่นที่จะเพิ่มความร้อนให้น้ำเสีย จึงทำให้อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ

สำหรับน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบว่าอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันมาก โดยน้ำเสียจากโรงแรม โรงพยาบาล และท่อน้ำเสียรวมเทศบาลมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30.3, 30.3 และ 30 องศาเซลเซียส ด้วยกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียมีส่วนคล้ายคลึงกัน ยกเว้นน้ำเสียจากอาคารบ้านพักซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส เนื่องจากเก็บตัวอย่างน้ำในเวลาช่วงเช้า และน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียพบอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน จากช่วงระยะเวลาหนึ่งที่น้ำเสียปรับสภาพตามสภาวะแวดล้อมก่อให้เกิดอุณหภูมิคงที่กว่า โดยพบว่าน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น โรงแรม โรงพยาบาล โรงฆ่าสัตว์และโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 32.3, 30.3, 30, 28.7 และ 28.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยอุณหภูมิของทุกแห่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานที่กำหนดอุณหภูมิไว้ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2539) ส่วนค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภท 4 เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งได้กำหนดอุณหภูมิไว้ไม่เกิน 33 องศาเซลเซียส (กรมควบคุมมลพิษ, 2538 : 34) และเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืดที่เหมาะสม ต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำได้กำหนดอุณหภูมิอยู่ในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส โดยมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติและไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (สถาบันประมงน้ำจืดแห่งประเทศไทย, 2530 อ้างจาก กรมควบคุมมลพิษ, 2538 : 31)

1.3 ตะกอนแขวนลอย (suspended solids)

การตรวจวิเคราะห์น้ำพบปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าอยู่ในช่วง 8 - 1,560 มิลลิกรัม/ลิตร โดยน้ำเสียในแต่ละแห่งพบตะกอนแขวนลอยมีความแตกต่างกันมาก ซึ่งปริมาณตะกอนแขวนลอยบ่งชี้ได้ถึงความสกปรกของน้ำเสียและบอกถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียได้บ้าง

(เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 : 34) โดยที่ตะกอนแขวนลอยประกอบด้วยสารอินทรีย์และอนินทรีย์ (organic and inorganic substance) น้ำเสียที่พบปริมาณตะกอนแขวนลอยมากเป็นน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม เกษตรกรรมและชุมชน แต่ในน้ำตามธรรมชาติพบได้น้อยกว่า สำหรับน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม คือน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ โรงฆ่าไก่ โรงฆ่าวัวและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งพบปริมาณตะกอนแขวนลอยสูงโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 553, 405, 357 และ 107 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ในขณะที่พบปริมาณค่าซีโอดีสูงเช่นเดียวกัน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,125, 2,038, 1,804 และ 2,331 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ แสดงถึงน้ำเสียได้รับการปนเปื้อนมากและมีสารอินทรีย์สูงเช่นเดียวกัน สำหรับน้ำเสียจากแพปลาพบปริมาณตะกอนแขวนลอยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,179 มิลลิกรัม/ลิตร โดยพบปริมาณมากที่สุดในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรม เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเล โดยปนเปื้อนตะกอนแขวนลอยในปริมาณที่สูงในกระบวนการต่างๆและปนเปื้อนจากย่านที่พักอาศัยของคนงานที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน ไหลชำระล้างลงท่อระบายน้ำเสียก่อนปล่อยระบายออกสู่ทะเลสาบสงขลา ณ. จุดเดียวกัน

สำหรับน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวพบปริมาณตะกอนแขวนลอยมากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,225 และ 1,194 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และค่าซีโอดีก็สูงเช่นเดียวกัน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,677 และ 1,544 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ แต่น้ำเสียจากโรงงานปลาป่นพบปริมาณตะกอนแขวนลอยได้น้อยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54 มิลลิกรัม/ลิตร และซีโอดีก็ต่ำเช่นเดียวกันโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 397 มิลลิกรัม/ลิตร โดยที่ปริมาณของตะกอนแขวนลอยและซีโอดีมีความสัมพันธ์กันโดยเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน

ส่วนน้ำตามแหล่งธรรมชาติพบปริมาณตะกอนแขวนลอยได้น้อยกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8 - 60 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำคลองอู่ตะเภาและน้ำทะเลชายฝั่งพบปริมาณตะกอนแขวนลอยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49 และ 11 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยที่ตะกอนแขวนลอยจากน้ำคลองอู่ตะเภาพบปริมาณมากกว่า เป็นเพราะคลองอู่ตะเภาไหลผ่านชุมชนเมืองหาดใหญ่ซึ่งน้ำได้รับการปนเปื้อนจากสารอินทรีย์และอนินทรีย์มากกว่าแต่ยังน้อยกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ

ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าอยู่ในช่วง 17 – 164 มิลลิกรัม/ลิตร และพบปริมาณซีโอดีที่ต่ำ ค่าอยู่ในช่วง 78 - 465 มิลลิกรัม/ลิตร โดยปริมาณของตะกอนแขวนลอยและซีโอดีพบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน จากการศึกษาในน้ำเสียของการเคหะแห่งชาติที่ห้วยขวางพบตะกอนแขวนลอยมีค่าอยู่ในช่วง 95 – 194 มิลลิกรัม/ลิตร (เสริมพล รัตสุข

และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2526 : 6) โดยปริมาณที่พบค่อนข้างแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปัจจัยจากการใช้น้ำหรือคุณภาพของน้ำเสียจึงทำให้น้ำเสียมีปริมาณตะกอนแขวนลอยที่แตกต่างกัน

อนึ่งน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียพบปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าอยู่ในช่วง 12 - 160 มิลลิกรัม/ลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละแห่งและคุณภาพของน้ำเสียที่ผ่านเข้ามาในระบบบำบัด โดยพบว่าน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์พบปริมาณตะกอนแขวนลอยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 133 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณมากกว่าน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ แต่ในน้ำเสียดิบจากโรงฆ่าสัตว์ก็พบปริมาณตะกอนแขวนลอยที่มาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 553 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่น้ำเสียจากแห่งอื่นๆพบปริมาณที่น้อยกว่า มาตรฐานคุณภาพของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานได้กำหนดไว้ว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยต้องไม่มากกว่า 30 มิลลิกรัม/ลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำ แต่ต้องไม่มากกว่า 150 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2538 : 8) การกำหนดปริมาณตะกอนแขวนลอยเป็นพารามิเตอร์หนึ่งในมาตรฐานคุณภาพน้ำ สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในกิจกรรมหลายๆประเภทซึ่งมีค่าที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และผลกระทบของคุณภาพน้ำในการนำไปใช้ ได้แก่มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคและมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค

1.4 คลอไรด์ (chloride)

ในน้ำตามแหล่งธรรมชาติจะพบคลอไรด์อยู่เสมอ เนื่องจากคลอไรด์มาจากดินและหินต่างๆซึ่งน้ำได้ไหลผ่านและจากฝั่งทะเลทั่วๆไป สาเหตุจากน้ำทะเลได้ไหลซึมเข้าสู่แผ่นดิน และมาจากน้ำเสียจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมทั่วๆไปเข้าไปปนเปื้อนในน้ำตามธรรมชาติทำให้ปริมาณคลอไรด์เพิ่มสูงขึ้น โดยที่ปริมาณคลอไรด์ในน้ำเสียสามารถบ่งชี้ถึงความสกปรกของน้ำเสียว่ามีมากน้อยเพียงใดได้ ซึ่งอาจใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่ามีน้ำเสียไหลลงแหล่งน้ำนั้นๆหรือไม่แต่เป็นเพียงการคาดคะเนเท่านั้น (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 : 43) โดยปริมาณคลอไรด์จะเพิ่มมากขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณของเกลือแร่ที่เพิ่มขึ้นด้วย (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525 : 166) ในส่วนมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคและมาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ได้กำหนดปริมาณคลอไรด์ค่าอยู่ในช่วง 250 - 600 และ ไม่เกิน 200 – 600 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2538 : 67)

การตรวจวิเคราะห์น้ำพบคลอไรด์ในปริมาณที่แตกต่างกันมาก ในน้ำจากทะเลชายฝั่ง ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังและน้ำเสียจากแพปลา โดยทุกแห่งพบปริมาณคลอไรด์มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 10,893 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเลก็พบปริมาณคลอไรด์ที่สูงเช่นเดียวกัน ได้แก่น้ำเสียจากโรงงานปลาป่นและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งพบปริมาณคลอไรด์ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,045 และ 510 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สำหรับน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์และโรงฆ่าสัตว์พบปริมาณคลอไรด์ค่าอยู่ในช่วง 30-223 มิลลิกรัม/ลิตร โดยที่น้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบปริมาณคลอไรด์ที่ใกล้เคียงกันมีค่าอยู่ในช่วง 54 - 242 มิลลิกรัม/ลิตร ในส่วนน้ำเสียจากโรงพยาบาลพบปริมาณคลอไรด์ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 143 มิลลิกรัม/ลิตร โดยพบปริมาณที่มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆในแหล่งชุมชน และปริมาณใกล้เคียงกับน้ำเสียจากบ่อเกรอะซึ่งพบปริมาณคลอไรด์ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126 มิลลิกรัม/ลิตร โดยที่น้ำเสียจากทั้งสองแห่งปนเปื้อนด้วยอุจจาระและปัสสาวะจากคนเช่นเดียวกัน ซึ่งสิ่งขับถ่ายของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัสสาวะจะมีปริมาณคลอไรด์ที่เท่ากับคลอไรด์ที่บริโภคเข้าไปกับอาหารและน้ำ โดยจะมีปริมาณเฉลี่ย 6 กรัมของคลอไรด์/คน/วัน และทำให้ปริมาณคลอไรด์ในน้ำเสียเพิ่มขึ้นจากเดิมอีกประมาณ 15 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้น้ำเสียมีปริมาณคลอไรด์สูงขึ้นด้วย (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525 : 166) ส่วนน้ำคลองอู่ตะเภาพบปริมาณคลอไรด์ค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 13 มิลลิกรัม/ลิตร สาเหตุจากการเจือจางของน้ำฝนและพบปริมาณซีโอดีที่ต่ำเช่นเดียวกันกับคลอไรด์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27 มิลลิกรัม/ลิตร

อนึ่งน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียพบปริมาณคลอไรด์ที่มาก ในน้ำเสียจากโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเล ในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง พบปริมาณคลอไรด์ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,732 และ 360 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ โรงแรมและโรงพยาบาลพบคลอไรด์ได้ในปริมาณที่น้อยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 97, 75 และ 67 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

1.5 ซีโอดี (COD : chemical oxygen demand)

ระดับความสกปรกของน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม บอกได้ในเทอมของซีโอดีหรือบีโอดี (BOD) น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม รวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงานและกิจกรรมอื่นๆของโรงงานอุตสาหกรรม โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งโดยกำหนดค่าซีโอดีไม่มากกว่า 120 มิลลิกรัม/ลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่ง

รับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมแต่ต้องไม่เกิน 400 มิลลิกรัม/ลิตร (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2539) แต่ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาดและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ได้กำหนดเป็นค่าบีโอดีค่าอยู่ในช่วง 20 - 200 และ 1.5 - 4.0 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2537) สำหรับคุณภาพน้ำทิ้งจากฟาร์มเพาะเลี้ยงสุกรอยู่ในระหว่างขั้นตอนเสนอคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติพิจารณา เพื่อออกเป็นมาตรฐานที่ผู้ประกอบกิจการจะต้องปฏิบัติตาม ในการตรวจวิเคราะห์น้ำจากทุกแห่งพบปริมาณซีโอดีมีค่าอยู่ในช่วง 10 - 4,028 มิลลิกรัม/ลิตร ยกเว้นน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง แพปลาและน้ำทะเลชายฝั่งไม่มีการตรวจวิเคราะห์ซีโอดี โดยพบว่าน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นมีปริมาณซีโอดีที่สูงมากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ โดยที่น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวพบปริมาณซีโอดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,677 และ 1,544 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่ โรงฆ่าวัวและ โรงฆ่าสัตว์พบปริมาณซีโอดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,038, 1,804 และ 1,125 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สำหรับน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งก็พบปริมาณซีโอดีที่สูงมากเช่นเดียวกันกับน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,331 มิลลิกรัม/ลิตร แต่กิจกรรมและวัตถุดิบในการผลิตที่ก่อให้เกิดน้ำเสียมีความแตกต่างกัน อนึ่งถ้าเปรียบเทียบการปนเปื้อนของน้ำเสียในเทอมของตะกอนแขวนลอยในน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง พบปริมาณตะกอนแขวนลอยที่น้อยกว่าโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 107 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่น้ำเสียจากโรงฆ่าไก่ โรงฆ่าวัวและโรงฆ่าสัตว์พบปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 405, 357 และ 553 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

สำหรับน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบปริมาณซีโอดีมากที่สุด คือน้ำเสียจากโรงพยาบาลพบปริมาณซีโอดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 404 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณตะกอนแขวนลอยที่พบมากที่สุดเช่นเดียวกันกับปริมาณซีโอดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ปริมาณซีโอดีน้อยกว่าน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมทุกๆแห่ง ยกเว้นน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นพบปริมาณซีโอดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 397 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนั้นพบได้ในปริมาณที่น้อยทั้งซีโอดีและตะกอนแขวนลอย สำหรับน้ำเสียจากอาคารบ้านพัก ท่อน้ำเสียรวมเทศบาลและโรงแรมพบปริมาณซีโอดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 197, 172 และ 88 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณตะกอนแขวนลอยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 57, 22 และ 35 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ในส่วนน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียโดยพบปริมาณซีโอดีที่แตกต่างกันค่าอยู่ในช่วง 59 - 417 มิลลิกรัม/ลิตร อันเป็นผลมาจากชนิดและประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละแห่งที่มีความ

แตกต่างกัน ตลอดจนการควบคุมในการปฏิบัติงาน อนึ่งน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากบ่อเกรอะพบค่าซีโอดีค่อนข้างสูงกว่าน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากแห่งอื่นๆค่าเฉลี่ยเท่ากับ 372 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งน้ำเสียได้ผ่านการบำบัดมาแล้วจากบ่อเกรอะ แต่ประสิทธิภาพยังต่ำ

2. คุณภาพน้ำทางด้านชีววิทยาของแหล่งน้ำประเภทต่างๆ

2.1 Coliform bacteria)

การตรวจวิเคราะห์น้ำพบ coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง 3 – 2.4 $x10^8$ MPN/100ml โดยพบปริมาณที่มากในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรม ยกเว้นน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง และน้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม ยกเว้นน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งและฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกะชัง ส่วนน้ำตามธรรมชาติพบปริมาณ coliform bacteria ได้น้อย สำหรับน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมู โรงฆ่าสัตว์ โรงฆ่าไก่และโรงฆ่าวัวพบปริมาณ coliform bacteria ได้มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 $x10^7$, 8.2 $x10^7$, 3.3 $x10^7$ และ 3.8 $x10^6$ MPN/100ml ตามลำดับ เนื่องจากน้ำเสียถูกปนเปื้อนด้วยอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่นเช่นเดียวกัน แต่ระดับการปนเปื้อนนั้นมีความแตกต่างกันในเทอมของซีโอดีโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,677, 1,125, 2,038 และ 1,804 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ในส่วนน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่น พบ coliform bacteria ในปริมาณที่น้อยกว่าน้ำ เสียจากการประกอบกิจการโรงฆ่าสัตว์โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.5 $x10^5$ และ 2.7 $x10^4$ MPN/100ml ตามลำดับ แต่ระดับการปนเปื้อนในเทอมของซีโอดีของน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,331 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งปริมาณซีโอดีสูงเช่นเดียวกันกับน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์แต่พบปริมาณ coliform bacteria น้อยกว่า จากการศึกษาในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วๆไปพบว่าจะมีจุลินทรีย์อยู่น้อยหรือไม่มีเลย (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2526 : 21)

สำหรับน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบ coliform bacteria ในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกันกับน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมในการดำรงชีวิตของคนเช่น การชำระร่างกาย การขับถ่าย ฯลฯ ดังนั้นจึงมีการปนเปื้อนด้วย coliform bacteria สูง ในน้ำเสียจากโรงพยาบาลพบปริมาณ coliform bacteria มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นในแหล่งชุมชนโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.0 $x10^7$ MPN/100ml แต่ระดับการปนเปื้อนในเทอมของซีโอดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 404 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งต่ำกว่าน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง จากการศึกษาปริมาณ coliform bacteria ในน้ำทิ้งของโรงพยาบาลพัทลุงพบค่าเฉลี่ยในช่วง 2.4 $x10^3$ - 1.26 $x10^7$ MPN/100ml (ชลฤดี เทพชนะ, 2536 : 25)

และน้ำเสียจากอาคารบ้านพัก ท่อน้ำเสียรวมเทศบาล โรงแรมและแพปลาพบปริมาณ coliform bacteria ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4×10^7, 1.2×10^7, 9.1×10^6 และ 2.4×10^6 MPN/100ml ตามลำดับ แต่ระดับการปนเปื้อนในเทอมของซีโอดีก็ต่ำกว่าน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ ค่าซีโอดีในน้ำเสียจากอาคารบ้านพัก ท่อน้ำเสียรวมเทศบาล และโรงแรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 197, 172 และ 88 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

น้ำตามแหล่งธรรมชาติพบ coliform bacteria ได้ในปริมาณที่น้อยกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ น้ำทะเลชายฝั่งและคลองอู่ตะเภาพบปริมาณ coliform bacteria ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.6 และ 2.1×10^4 MPN/100ml ตามลำดับ ซึ่งระดับการปนเปื้อนของน้ำคลองอู่ตะเภาในเทอมของซีโอดีพบว่าต่ำ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27 มิลลิกรัม/ลิตร จากการศึกษาคุณภาพน้ำคลองอู่ตะเภาโดยเก็บน้ำบริเวณสะพานรถไฟหาดใหญ่พบ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5×10^4 และ 8.6×10^3 MPN/100ml ตามลำดับ (กรมอนามัย, 2540 : 225) ดังนั้นน้ำทะเลชายฝั่งอาจได้รับการปนเปื้อนด้วยอุจจาระน้อยกว่าน้ำคลองอู่ตะเภา โดยที่คลองอู่ตะเภาไหลผ่านย่านชุมชนที่พักอาศัยเมืองหาดใหญ่ แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของ coliform bacteria ด้วยในแหล่งน้ำนั้นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพแวดล้อมในน้ำเค็ม ส่วนน้ำจากฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังและฟาร์มเลี้ยงกุ้งก็พบในปริมาณที่น้อยเช่นเดียวกัน กับน้ำตามแหล่งธรรมชาติค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.2×10^3 และ 10 MPN/100ml ตามลำดับ ซึ่งบ่งชี้ได้ถึงการปนเปื้อนในปริมาณที่ต่ำ

อนึ่งน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียก็พบปริมาณ coliform bacteria ที่แตกต่างกัน เนื่องจากประสิทธิภาพ สภาวะแวดล้อมและการควบคุมการปฏิบัติงานในระบบบำบัดน้ำเสีย สำหรับน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมพบปริมาณ coliform bacteria ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.6×10^6 MPN/100ml โดยพบในปริมาณที่ใกล้เคียงกับน้ำเสียเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่ต่ำตลอดจนการควบคุมการปฏิบัติงานไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ส่วนน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ โรงพยาบาล โรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่นพบ coliform bacteria ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.7×10^5, 3.3×10^3, 1.8×10^3 และ 2.6×10^2 MPN/100ml ตามลำดับ และน้ำเสียจากบ่อเกรอะพบ coliform bacteria ในปริมาณที่มากค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4×10^6 MPN/100ml เนื่องจากบ่อเกรอะเป็นบ่อบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กมีประสิทธิภาพในการกำจัดที่ต่ำ และน้ำเสียถูกปนเปื้อนด้วยสิ่งขับถ่ายจากมนุษย์จึงพบได้ในปริมาณที่สูง

ได้มีการกำหนดในเทอมของ coliform bacteria เป็นพารามิเตอร์หนึ่งในหลายๆพารามิเตอร์เป็นมาตรฐานของคุณภาพน้ำที่นำไปใช้ประโยชน์ในกิจการต่างๆ เพื่อเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนของ

น้ำจากอุจจาระ ซึ่งถ้าพบ coliform bacteria ก็แสดงว่าน้ำนั้นมีการปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคหรือน้ำนั้นไม่สะอาดและปลอดภัย โดยที่คุณภาพน้ำนั้นมีการแบ่งระดับการปนเปื้อนจากการใช้ปริมาณ coliform bacteria เป็นตัวชี้วัดที่จะนำน้ำไปใช้ในกิจการต่างๆ ได้แก่ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งมีค่า coliform bacteria ค่าอยู่ในช่วง 5,000 - 20,000 และ 1,000 MPN/100ml ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

2.2 Fecal coliform bacteria

fecal coliform bacteria เป็น coliform bacteria กลุ่มหนึ่งที่พบในอุจจาระของคนและสัตว์เลือดอุ่น ฉะนั้นปริมาณที่พบ fecal coliform bacteria ในน้ำเสียก็ย่อมเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณ coliform bacteria อาจจะพบในปริมาณที่เท่ากันหรือน้อยกว่าก็ได้ จากการตรวจวิเคราะห์น้ำพบ fecal coliform bacteria มีค่าอยู่ในช่วง 3 – 2.4 x10^8 MPN/100ml และพบปริมาณที่มากในน้ำเสียจากการประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับสัตว์เลือดอุ่น พบมากที่สุดในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 x10^7 MPN/100ml ส่วนน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงวัวค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.2 x10^6 MPN/100ml สำหรับน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งและฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังพบ fecal coliform bacteria ในปริมาณที่ต่ำค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.8 และ 3.3 x10^2 MPN/100ml ตามลำดับ โดยในแหล่งน้ำเหล่านี้ประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำ ซึ่งไม่ได้เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของ fecal coliform bacteria หรือปนเปื้อนด้วยอุจจาระน้อยกว่าเช่นเดียวกันกับน้ำทะเลชายฝั่งที่พบปริมาณ fecal coliform bacteria น้อยกว่า 3 MPN/100ml แต่ในน้ำคลองอู่ตะเภาพบได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.1 x10^4 MPN/100ml เนื่องจากน้ำคลองอู่ตะเภาได้รับการปนเปื้อนด้วยสิ่งขับถ่ายของคนมากกว่าน้ำทะเลชายฝั่ง

สำหรับน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมก็เช่นเดียวกันพบปริมาณ fecal coliform bacteria ได้มากในน้ำเสียจากการประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับสัตว์เลือดอุ่นมากกว่าน้ำเสียจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำ โดยพบว่าน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ โรงฆ่าไก่และโรงฆ่าวัวมีปริมาณ fecal coliform bacteria ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.4 x10^7, 1.4 x10^7 และ 2.0 x10^6 MPN/100ml ตามลำดับ ส่วนน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่นพบปริมาณ fecal coliform bacteria น้อยกว่าน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์โดยพบในปริมาณค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4 x10^4 และ 2.0 x10^4 MPN/100ml ตามลำดับ

ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบ fecal coliform bacteria ปริมาณที่ใกล้เคียงกันกับน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ โดยพบมากที่สุดในน้ำเสียจากโรงแรมค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.8 x10^6 MPN/100ml สำหรับน้ำเสีย

จากโรงพยาบาล ท่อน้ำเสียรวมเทศบาลและอาคารบ้านพักพบปริมาณ fecal coliform bacteria ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.6×10^6, 6.6×10^6 และ 4.1×10^6 MPN/100ml ตามลำดับ

อนึ่งน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียก็พบในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบบำบัด น้ำเสียและคุณภาพของน้ำเสียที่ได้รับการปนเปื้อนเช่นเดียวกับ coliform bacteria ในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์เลือดอุ่นพบปริมาณ fecal coliform bacteria ได้มากกว่าน้ำเสียจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำ โดยพบได้ในปริมาณที่มากในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรม โรงฆ่าสัตว์และโรงพยาบาลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.5×10^6, 2.7×10^5 และ 2.4×10^3 MPN/100ml ตามลำดับ ส่วนที่พบปริมาณ fecal coliform bacteria ได้น้อยในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่นโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.1×10^2 และ 1.4×10^2 MPN/100ml ตามลำดับ การนำ fecal coliform bacteria มาใช้เป็นพารามิเตอร์หนึ่งเพื่อบอกระดับการปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำ โดยที่มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 และประเภท 3 พบ fecal coliform bacteria ไม่เกิน 1,000 และ 4,000 MPN/100ml ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

2.3 Bacteriophage B

การตรวจวิเคราะห์ bacteriophage ในแต่ละวิธีมีรายละเอียดที่แตกต่างกันและข้อจำกัดต่างๆ ทั้งปริมาตรของตัวอย่างน้ำและปริมาณของ bacteriophage ในแหล่งน้ำ นอกจากนี้แบคทีเรียโฮสท์ก็มีส่วนสำคัญที่ทำให้ปริมาณ bacteriophage มีความแตกต่างกัน การตรวจวิเคราะห์น้ำในแหล่งน้ำประเภทต่างๆพบปริมาณ bacteriophage B มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 3.9×10^4 PFU/ml ยกเว้นในน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง น้ำทะเลชายฝั่งและคลองอู่ตะเภาตรวจวิเคราะห์ไม่พบ โดยพบได้มากในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ซึ่งจากรายงานการศึกษาพบว่าในน้ำเสียจากในเมืองย่านชุมชนพบปริมาณ bacteriophage มากว่าในน้ำเสียจากย่านชนบท (Dhillon, *et al.*, 1970 : 187)

สำหรับน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบ bacteriophage B ได้เสมอในปริมาณที่ใกล้เคียงกันค่าอยู่ในช่วง $1.5 \times 10^2 - 5.1 \times 10^3$ PFU/ml โดยปริมาณที่พบเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria โดยที่ bacteriophage B พบได้ในอุจจาระของคนและสัตว์เลือดอุ่นเช่นเดียวกัน (Havelaar, *et al.*, 1990 : 32) ในน้ำเสียจากอาคารบ้านพักพบ bacteriophage B

ในปริมาณที่มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆในแหล่งชุมชนโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.2 $x10^3$ PFU/ml ในขณะที่ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4 $x10^7$ และ 4.1 $x10^6$ MPN/100ml ตามลำดับ และในน้ำเสียจากโรงพยาบาลซึ่งน้ำเสียได้รับการปนเปื้อนจากอุจจาระของคนโดยตรงพบปริมาณ bacteriophage B ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.6 $x10^2$ PFU/ml ในขณะที่พบ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.0 $x10^7$ และ 7.6 $x10^6$ MPN/100ml ตามลำดับ

สำหรับน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวพบปริมาณ bacteriophage B ได้เสมอใกล้เคียงกับน้ำเสียจากแหล่งชุมชนโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.1 $x10^3$ และ 3.9 $x10^2$ PFU/ml ตามลำดับ ซึ่งน้ำเสียปนเปื้อนด้วยอุจจาระและสิ่งขับถ่ายของสัตว์เลือดอุ่นเช่นเดียวกัน ในขณะที่พบปริมาณ coliform bacteria ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 $x10^7$ และ 6.6 $x10^6$ MPN/100ml ตามลำดับ และ fecal coliform bacteria ที่สูงเช่นเดียวกัน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 $x10^7$ และ 2.2 $x10^6$ MPN/100ml ตามลำดับ สำหรับน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งและฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังโดยประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำ ตรวจวิเคราะห์ไม่พบ bacteriophage B แต่พบปริมาณ coliform bacteria ได้น้อยเช่นเดียวกัน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 และ 1.2 $x10^3$ MPN/100ml ตามลำดับ และ fecal coliform bacteria ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.8 MPN/100ml และ 3.3 $x10^2$ MPN/100ml ตามลำดับ

น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมพบปริมาณ bacteriophage B ที่สูงมากในน้ำเสียที่ปนเปื้อนจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์เลือดอุ่น ในน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่พบปริมาณที่มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.2 $x10^4$ PFU/ml น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์และโรงฆ่าวัวพบปริมาณ bacteriophage B ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 $x10^4$ และ 6.1 $x10^2$ PFU/ml ตามลำดับ โดยในน้ำ เสียจากโรงฆ่าสัตว์พบ coliform bacteria ในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกัน พบค่าอยู่ในช่วง 2.4 $x10^7$ – 2.4 $x10^8$ MPN/100ml และระดับการปนเปื้อนในเทอมของซีโอดีก็พบในปริมาณที่มากค่าอยู่ในช่วง 920 – 1,254 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับในน้ำเสียที่ปนเปื้อนจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเลพบ bacteriophage B ได้ในปริมาณที่น้อย โดยน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งพบ bacteriophage B ค่าอยู่ในช่วง 0 - 95 PFU/ml โดยพบปริมาณ coliform bacteria ค่าอยู่ในช่วง 4.0 $x10^3$ - 4.3 $x10^5$ MPN/100ml ในขณะที่พบซีโอดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 397 และ 2,331 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งค่าซีโอดีมีความแตกต่างกันมากโดยแสดงถึงการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ แต่การปนเปื้อนในเทอมของค่า coliform bacteria ไม่ค่อยแตกต่างกัน

ในน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียก็พบในลักษณะเช่นเดียวกันโดยพบ bacteriophage B ในปริมาณที่มากจากน้ำเสียที่ปนเปื้อนสิ่งขับถ่ายจากสัตว์เลือดอุ่น ฉะนั้นน้ำเสียที่ปนเปื้อนด้วยสิ่งขับ

ถ่ายจากสัตว์เลือดอุ่นพบ bacteriophage B ในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกันกับ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria

2.4 Bacteriophage C

การตรวจวิเคราะห์น้ำในแหล่งน้ำต่างๆพบปริมาณ bacteriophage C ค่าอยู่ในช่วง 0 – 9.2 x10^4 PFU/ml ยกเว้นน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง น้ำทะเลชายฝั่งและคลองอู่ตะเภาตรวจวิเคราะห์ไม่พบ โดยน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูพบปริมาณ bacteriophage C มากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.6 x10^4 PFU/ml สอดคล้องกับการศึกษาพบว่าโดยปกติพบได้ในอุจจาระของคน วัว หมู ไก่และสัตว์เลือดอุ่น โดยพบค่าเฉลี่ยในช่วง 10 – 1.0 x10^3 PFU/g. ซึ่งพบได้ปริมาณสูงสุดในอุจจาระของหมู ลูกวัวและไก่อ่อน สำหรับในอุจจาระของคนพบได้ในปริมาณที่ต่ำกว่า (Dhillon, *et al.*, 1976 : 68) ฉะนั้นในแหล่งน้ำทั่วๆไปโดยที่ไม่มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียที่เกี่ยวข้องกับสัตว์เลือดอุ่นหรือปนเปื้อนจากอุจจาระจึงไม่พบ bacteriophageC

สำหรับน้ำเสียที่ปนเปื้อนจากแหล่งชุมชนพบ bacteriophage C ได้เสมอในทุกแห่งเช่นเดียวกับ bacteriophage B โดยพบค่าอยู่ในช่วง 2.4 x10^2 - 8.9 x10^3 PFU/ml จากการศึกษาในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนในประเทศฮ่องกงพบปริมาณ bacteriophage C ค่าเฉลี่ยในช่วง 36 - 1.6 x10^4 PFU/ml (Dhillon, *et al.*, 1970 : 187) โดยน้ำเสียจากโรงแรมพบ bacteriophage C ปริมาณที่มากที่สุด สำหรับน้ำเสียจากโรงพยาบาลพบ bacteriophage C ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 x10^3 PFU/ml โดยน้ำเสียได้รับการปนเปื้อนจากอุจจาระโดยตรงและพบปริมาณที่มากกว่า bacteriophage B ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.6 x10^2 PFU/ml ดังนั้นน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนจากอุจจาระมากกว่าและมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมย่อมพบปริมาณ bacteriophage C มากกว่าในน้ำเสียโดยทั่วๆไปที่มีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม เมื่อวัดระดับการปนเปื้อนในเทอมของซีโอดี ตะกอนแขวนลอย หรือ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria น้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมพบปริมาณ bacteriophage C ได้เช่นเดียวกันกับ bacteriophage B โดยพบมากในน้ำเสียที่ปนเปื้อนจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์เลือดอุ่น ในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ โรงฆ่าไก่และโรงฆ่าวัวโดยพบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.3 x10^4, 3.9 x10^4 และ 7.3 x10^3 PFU/ml ตามลำดับ ในขณะเดียวกันพบ coliform bacteria ในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกันค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.2 x10^7, 3.3 x10^7 และ 3.8 x10^6 MPN/100ml และ fecal coliform bacteria ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.4 x10^7, 1.4 x10^7 และ 2.0 x10^6 MPN/100ml ตามลำดับ และน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงวัว ก็พบ bacteriophage C ในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกัน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.7 x10^3 PFU/ml เนื่องจากน้ำเสียมีการปนเปื้อนจากอุจจาระของวัว

สำหรับน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่นพบ bacteriophage C ได้ในปริมาณที่น้อย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52 และ 26 PFU/ml ตามลำดับ ในขณะที่พบค่าซีโอดีที่สูงเช่นเดียวกัน แต่ในส่วนของ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria พบในปริมาณที่น้อยกว่าน้ำเสียที่ปนเปื้อนจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์เลือดอุ่น ซึ่งแสดงถึงการปนเปื้อนจากอุจจาระน้อยกว่า โดยสอดคล้องกับการพบปริมาณ bacteriophage B ที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

อนึ่งน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียก็พบในลักษณะเช่นเดียวกัน โดยพบ bacteriophage C ในปริมาณที่มากในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมและโรงฆ่าสัตว์ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.0 $x10^3$ และ 2.1 $x10^3$ PFU/ml ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียและสภาวะแวดล้อมอื่นๆในแต่ละแห่งที่มีคุณภาพที่แตกต่างกัน สำหรับน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานปลาป่นและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งตรวจวิเคราะห์ไม่พบ bacteriophage C เช่นเดียวกันกับ bacteriophage B

2.5 F-specific bacteriophage

จากรายงานการศึกษา F-specific bacteriophage พบว่าโฮสท์เซลล์มีส่วนสำคัญในการพบปริมาณ plaque ที่แตกต่างกัน การตรวจวิเคราะห์ในน้ำเสียเมื่อใช้โฮสท์เซลล์ *Salmonella typhimurium* ให้ plaque ที่ต่ำกว่า 10 PFU/ml หลังจากนั้นนำมาเติม nalidixic acid เพื่อป้องกันการกลายพันธ์ของ F-plssmid : F' 42 *lac*::Tn5 โดยใช้โฮสท์เซลล์ *S. typhimurium* WG49 ให้ plaque เพิ่มมากขึ้นกว่า 1.0 $x10^3$ PFU/ml (Havelaar and Hogeboon, 1984 quoted in Havelaar, *et al.*, 1991 : 533) โดยที่ F-specific bacteriophage จะเกาะติดที่ F-pilli ของเซลล์โฮสท์ โดยมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมช่วยสนับสนุนในการเกาะติด โดยพบว่าแบคทีเรียหลายชนิดที่สร้าง F-pilli ได้ ก็ใช้เป็นแบคทีเรียโฮสท์ในการวิเคราะห์ F-specific bacteriophage ได้เช่นเดียวกันได้แก่ *Salmonella, E.coli, Shigella* และ *Bacteroides fragilis* (Danteravanich, 1992 : 23)

การตรวจวิเคราะห์น้ำในแหล่งน้ำต่างๆพบ F-specific bacteriophage ค่าอยู่ในช่วง 0 – 4.0 $x10^4$ PFU/ml ซึ่งจากรายงานการศึกษาในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน โรงพยาบาล และโรงฆ่าสัตว์พบได้ในช่วง 1.0 $x10^2$ – 5.0 $x10^4$ PFU/ml โดยใช้โฮสท์เซลล์ *S. typhimurium* WG49 (Havelaar, Furuse and Hogeboon, 1986 : 255) โดยพบ F-specific bacteriophage ได้น้อยมากในอุจจาระจากคนและสัตว์ใช้โฮสท์เซลล์ *E.coli* HfrH (Havelaar, Furuse and Hogeboom, 1986 : 255) ยกเว้นน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง น้ำทะเลชายฝั่งและคลองอู่ตะเภาตรวจวิเคราะห์ไม่พบ F-specific bacteriophage แต่พบได้เสมอในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนค่าอยู่ในช่วง 50 – 7.7 $x10^3$ PFU/ml โดยพบปริมาณมากที่สุดในน้ำเสียจากอาคารบ้านพักค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.4 $x10^3$

PFU/ml ในน้ำเสียจากท่อน้ำเสียรวมเทศบาล โรงแรมและโรงพยาบาลพบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.3 $x10^3$, 1.7 $x10^3$ และ 3.9 $x10^2$ PFU/ml ตามลำดับ

ในน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมพบได้ในปริมาณที่สูงจากโรงฆ่าสัตว์และโรงฆ่าไก่ ค่าอยู่ในช่วง 1.1 $x10^4$ – 4.0 $x10^4$ PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 $x10^4$ และ 1.9 $x10^4$ PFU/ml ตามลำดับ ส่วนในน้ำเสียจากโรงฆ่าวัวพบได้ในปริมาณที่น้อยกว่าน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ทั้งสองแห่งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59 PFU/ml เนื่องจากคุณภาพของน้ำเสียมีความแตกต่างกัน ในน้ำเสียจากโรงฆ่าวัวเกิดจากน้ำสะอาดที่ชำระล้างหลังจากการฆ่าซึ่งใช้น้ำในปริมาณที่ไม่มากนัก ทำให้น้ำเสียไม่มีการตกค้างระบายออกตลอดเวลาจึงทำให้พบ F-specific bacteriophage ได้น้อยกว่า ในส่วนน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งพบได้ในปริมาณที่ต่ำกว่าน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ค่าอยู่ในช่วง 0 - 55 PFU/ml และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20 และ 36 PFU/ml ตามลำดับ สำหรับน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวพบ F-specific bacteriophage ค่าอยู่ในช่วง 95 – 2.2 $x10^4$ PFU/ml และ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.4 $x10^4$ และ 4.1 $x10^2$ PFU/ml ตามลำดับ

2.6 RNA-F-specific bacteriophage

การตรวจวิเคราะห์ในแหล่งน้ำต่างๆพบ RNA-F-specific bacteriophage ค่าอยู่ในช่วง 0 – 2.2 $x10^4$ PFU/ml โดยพบปริมาณมากที่สุดในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ ยกเว้นน้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง น้ำทะเลชายฝั่งและคลองอู่ตะเภาตรวจวิเคราะห์ไม่พบ จากรายงานการศึกษาไม่พบ RNA-F-specific bacteriophage ในน้ำดี (Havelaar, unpublished data quoted in Havelaar, *et al.*, 1991 : 535) แต่จะพบ RNA-F-specific bacteriophage เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ bacteriophage B, bacteriophage C และ F-specific bacteriophage โดยพบได้เสมอในน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์เลือดอุ่นและน้ำเสียจากแหล่งชุมชน ที่ปนเปื้อนมากในเทอมของซีโอดี ตะกอนแขวนลอย หรือ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria

ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนพบ RNA-F-specific bacteriophage ได้เสมอในทุกๆแห่ง แต่ในน้ำเสียจากอาคารบ้านพักพบปริมาณมากกว่าน้ำเสียจากแห่งอื่นๆค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.5 $x10^3$ PFU/ml ในน้ำเสียจากท่อน้ำเสียรวมเทศบาลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.8 $x10^3$ PFU/ml โดยสอดคล้องกับการศึกษาซึ่งพบ RNA-F-specific bacteriophage ได้เสมอในปริมาณที่มากในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและอุตสาหกรรม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.0 $x10^3$- 1.0 $x10^4$ PFU/ml (Havelaar, *et al.*, 1984 quoted in Havelaar, *et al.*, 1991 : 535) และจากรายงานการศึกษาในน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียในประเทศญี่ปุ่นพบได้ค่าอยู่ในช่วง 1.0 $x10^2$ – 1.0 $x10^4$ PFU/ml โดยใช้โฮสท์เซลล์ *E.coli* (F^+ or Hfr) (Furuse, *et al.*, 1981 :

1141) แต่จากการศึกษาในน้ำเสียเมื่อใช้โฮสท์เซลล์ *E.coli K12* F^+ (A/λ) พบ RNA-F-specific bacteriophage ค่าอยู่ในช่วง 1.4 $x10^3$ - 6.8 $x10^3$ PFU/ml (Ketratanakul, 1989 quoted in Danteravanich, 1992 : 25) ซึ่งการใช้โฮสท์เซลล์ที่แตกต่างกันก็จะให้ plaque ที่แตกต่างกันด้วย

สำหรับน้ำเสียจากแหล่งอุตสาหกรรมพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage ได้มากในน้ำเสียจากแหล่งที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์เลือดอุ่น คือน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่และโรงฆ่าสัตว์ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.9 $x0^3$ และ 1.5 $x10^4$ PFU/ml ตามลำดับ ส่วนน้ำเสียจากโรงฆ่าวัวพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage ได้น้อยกว่าน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์อื่นๆค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35 PFU/ml ในขณะเดียวกันอุณหภูมิและคลอไรด์ก็ต่ำกว่าน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ทั้งสองแห่งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.7 องศาเซลเซียส และ 46 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิและคลอไรด์จะมีอิทธิพลต่อการเกาะติดเซลล์โฮสท์และที่สำคัญ RNA-F-specific bacteriophage พบได้น้อยในอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่น แต่จะพบได้ในปริมาณมากในน้ำเสียที่มีระดับการปนเปื้อนที่สูงในเทอมของ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria (Havelaar, *et al.*, 1991 : 535) ส่วนน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงงานปลาป่นพบ RNA-F-specific bacteriophage ได้ในปริมาณที่ต่ำค่าอยู่ในช่วง 0 - 50 PFU/ml โดยน้ำเสียจากโรงงานทั้งสองแห่งเกิดจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเล ซึ่งพบปริมาณ coliform bacteria ที่น้อยกว่าน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เช่นเดียวกันด้วย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.3 $x10^3$ – 4.5 $x10^5$ MPN/100ml

ในน้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรมพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage ได้มากในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.6 $x10^3$ และ 3.0 $x10^2$ PFU/ml ตามลำดับ ซึ่งพบปริมาณได้ใกล้เคียงกับน้ำเสียจากแหล่งชุมชน จากรายงานการศึกษาสามารถพบ RNA-F-specific bacteriophage ในน้ำเสียทั่วๆไปมีค่าอยู่ในช่วง 1.0 $x10^3$ – 1.0 $x10^4$ PFU/ml (Havelaar and Pot-Hogeboom, 1988 : 114-1) ในขณะที่พบปริมาณ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ที่สูงเช่นเดียวกัน

อนึ่ง F-specific bacteriophage ซึ่งเป็นไวรัสชนิดหนึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มตามลักษณะของ nucleic acid คือ RNA-F-specific bacteriophage และ DNA-F-specific bacteriophage จากการตรวจวิเคราะห์น้ำในแหล่งต่างๆโดยพบ RNA-F-specific bacteriophage ได้ในช่วง 23-100 เปอร์เซ็นต์ โดยแตกต่างจากรายงานการศึกษาในน้ำเสียจากประเทศเนเธอร์แลนด์โดยพบ RNA-F-specific bacteriophage ในปริมาณที่มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (Havelaar, *et al.*, 1991 : 533) ซึ่ง RNA-F-specific bacteriophage ได้รับความสนใจที่ใช้ศึกษาเป็นตัวบ่งชี้การปนเปื้อนของไวรัสที่ทำ

ให้เกิดโรคในน้ำเสียมากกว่า bacteriophage ชนิดอื่นๆเนื่องจากมีความคล้ายคลึงกับไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคและพบว่ามีความทนทานต่อสารเคมีฆ่าเชื้อต่างๆ (Havelaar, *et al.*, 1991 ; 537) สำหรับน้ำเสียจากแหล่งชุมชนจากอาคารบ้านพัก ท่อน้ำเสียรวมเทศบาลและบ่อเกรอะพบ RNA-F-specific bacteriophage มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ของ F-specific bacteriophage ส่วนน้ำเสียจากโรงแรมและโรงพยาบาลพบ RNA-F-specific bacteriophage ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของ F-specific bacteriophage

ในน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง โรงฆ่าสัตว์และโรงฆ่าวัวพบ RNA-F-specific bacteriophage มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็น DNA-F-specific bacteriophage สำหรับน้ำเสียจากโรงฆ่าไก่พบได้ในปริมาณที่ต่ำเท่ากับ 36 เปอร์เซ็นต์ ของ F-specific bacteriophage อนึ่งน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมูพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage ได้เท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์และฟาร์มเลี้ยงวัวพบได้มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ของ F-specific bacteriophage

ปริมาณ bacteriophage ประเภทต่างๆในน้ำเสียตรวจพบ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่พบว่าโดยส่วนใหญ่จะพบปริมาณ bacteriophage C มากกว่า bacteriophage B, F-specific bacteriophage และมากกว่า RNA-F-specific bacteriophage ตามลำดับ ซึ่งจากรายงานการศึกษาในน้ำเสียจากแหล่งต่างๆพบ somatic coliphage (โฮสท์เซลล์ *E. coli CN*) ในปริมาณมากกว่า F-specific bacteriophage (โฮสท์เซลล์ *S. typhimurium WG49*) ประมาณ 2-4 เท่า (Havelaar, Furuse and Hogeboom, 1986 : 255)

3. ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง bacteriophage B กับ bacteriophage C

ทั้ง bacteriophage B และ bacteriophage C เป็น bacteriophage ในกลุ่ม somatic coliphage เช่นเดียวกันโดยจะเกาะติดที่ผนังของเซลล์โฮสท์ แต่จะแตกต่างกันที่เซลล์โฮสท์ที่นำมาตรวจวิเคราะห์ จากการศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย bacteriophage B กับ bacteriophage C ในน้ำจากแหล่งต่างๆพบดังนี้ (ตาราง 16)

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง bacteriophage B กับ bacteriophage C โดยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS for window สถิติ T-test : paired two sample for means ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าน้ำเสียจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรมและเกษตรกรรมปริมาณค่าเฉลี่ยของ bacteriophage B แตกต่างกับ bacteriophage C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value < 0.05

ตาราง 16 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง bacteriophageB กับ bacteriophage C ในน้ำจากแหล่งต่างๆ

แหล่งน้ำ	bacteriophage B		bacteriophage C		t-computed two-tailed	t-table	p-value
	mean	SD	mean	SD			
แหล่งชุมชน	2.9289	0.4093	3.0822	0.4877	-2.036	1.960	0.048
แหล่งอุตสาหกรรม	2.8574	1.2593	3.2370	1.2963	-6.003	1.960	0.000
แหล่งเกษตรกรรม	3.1444	0.7987	3.9389	0.8311	-8.291	2.110	0.000

สรุปได้ว่าในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน แหล่งอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ปริมาณค่าเฉลี่ยระหว่าง bacteriophage C แตกต่างกับ bacteriophage B โดยที่ปริมาณค่าเฉลี่ยของ bacteriophage C มากกว่า bacteriophage B ในทุกๆแหล่งน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับหลายๆการศึกษาเปรียบเทียบสายพันธุ์โฮสท์พบว่า *E. coli* C เป็นโฮสท์ของ bacteriophage ในกลุ่ม somatic coliphage ได้ดีที่สุด เนื่องจาก bacteriophage สามารถเกาะติดเซลล์โฮสท์ได้ในปริมาณที่มากที่สุด (Ignazzitto, *et al.*, 1980; Havelaar and Hogeboom, 1983 and Tbister, *et al.*, 1983 quoted in Havelaar, *et al.*, 1991 : 532) และส่วนใหญ่ในการวิจัยหลายๆรายงานก็นิยมใช้ *E. coli* C เป็นโฮสท์ในการศึกษา bacteriophage ในกลุ่ม somatic coliphage

4. ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย aerated lagoon ของโรงพยาบาล โรงแรมและโรงงานปลาป่น ระบบบำบัดน้ำเสีย activated sludge ของโรงฆ่าสัตว์และระบบบำบัดน้ำเสีย activated sludge กับ aerated lagoon ของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง โดยประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละแห่งนั้นมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำเสียในแต่ละแห่งและกระบวนการบำบัดน้ำเสียในแต่ละระบบที่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยทั่วๆไปสามารถจัดแบ่งได้ 3 วิธี คือ วิธีทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2540 : 2-2) ซึ่งกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปประกอบด้วยกระบวนการย่อยๆหลายกระบวนการมารวมกัน ทั้งนี้เพราะสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียมีหลายชนิด โดยแต่ละชนิดของสิ่งปนเปื้อนจำเป็นต้องใช้วิธีการที่เหมาะสมในการกำจัดที่แตกต่างกันไป ซึ่งพารามิเตอร์ที่นำมาประเมินประสิทธิภาพของ

ระบบบำบัดน้ำเสียคือตะกอนแขวนลอย ซีโอดี coliform bacteria, fecal coliform bacteria, bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ดังนี้คือ

4.1 ประสิทธิภาพการกำจัดทางด้านกายภาพ

4.1.1 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนแขวนลอย

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการกำจัดตะกอนแขวนลอยของโรงงานทั้ง 5 แห่ง พบในช่วง 47-89 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ aerated lagoon ของโรงพยาบาลมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกอนแขวนลอยมากที่สุดเท่ากับ 89 เปอร์เซ็นต์ โดยตะกอนแขวนลอยในน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบำบัดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียแบบ aerated lagoon เหมาะสำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง (อุดมผล พืชน์ไพบูลย์, 2540 : 3-16) สำหรับโรงงานปลาป่นใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย aerated lagoon ประกอบด้วยบ่อขนาดเล็ก จำนวน 5 บ่อ พบประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนแขวนลอยต่ำเท่ากับ 48 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในขณะที่เก็บน้ำตัวอย่างเครื่องเติมอากาศปิดเครื่อง และน้ำเสียในบ่อปรับสภาพก่อนปล่อยน้ำทิ้งมีสาหร่าย ซึ่งเป็นเหตุให้ตะกอนแขวนลอยในน้ำผ่านระบบมีค่าสูง โดยทั่วไปการใช้บ่อผึ่งในการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสียจะมีปริมาณสาหร่ายประมาณ 40-140 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูปของตะกอนแขวนลอย กรณีนี้เกิดขึ้นได้เนื่องจากน้ำเสียมีธาตุอาหารจากระบบบ่อเติมอากาศลงแหล่งรับน้ำโดยตรง (อุดมผล พืชน์ไพบูลย์, 2540 : 3-22) ซึ่งตะกอนแขวนลอยมีอิทธิพลต่อจุลินทรีย์ในน้ำให้มีความทนทานที่ยาวนานขึ้น เนื่องจากตะกอนแขวนลอยช่วยดูดสารพิษไว้ (Gerba and Schaiberger, 1975 : 93) ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียของโรงแรมพบประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนแขวนลอยต่ำสุดเท่ากับ 47 เปอร์เซ็นต์ และระบบบำบัดน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์และโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งพบประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนแขวนลอยเท่ากับ 76 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการกำจัดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่างในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย และคุณภาพของน้ำเสียในแต่ละแห่ง โดยกระบวนการในการตกตะกอน การกรอง บ่อดักไขมันและการใช้ตะแกรงดักวิธีการเหล่านี้จะกำจัดตะกอนแขวนลอยได้ประมาณ 50-65 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD_5) สามารถกำจัดได้ราว 20-30 เปอร์เซ็นต์ (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2540 : 2-3) จากรายงานการศึกษาการใช้ถังเกรอะ (septic tank) ร่วมกับถังกรองไร้ออกซิเจนอิสระ (anaerobic filters) กำจัดตะกอนแขวนลอยในน้ำเสียของโรงแรมได้เท่ากับ 76.8 เปอร์เซ็นต์ (นิพนธ์ ศรีบุญเรือง และคณะ,

2540 : 13) และจากการศึกษาหลายๆรายงานของระบบบำบัดน้ำเสียในการกำจัดตะกอนแขวนลอยก็มีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันไป

4.1.2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย aerated lagoon ของโรงแรมและโรงงานปลาป่นในการกำจัดซีโอดีพบต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในขณะเก็บน้ำตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียปิดเครื่องเติมอากาศ นอกจากนั้นพบประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีมากกว่า 74 เปอร์เซ็นต์ โดยระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งพบประสิทธิภาพมากที่สุดเท่ากับ 92 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge และ aerated lagoon ร่วมกันทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดมากขึ้น ซึ่งน้ำเสียดิบพบปริมาณซีโอดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,331 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียพบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 194 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge ของโรงฆ่าสัตว์กำจัดซีโอดีได้ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge เป็นระบบที่นิยมใช้กันในประเทศไทยมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (อุดมผล พืชน์ไพบูลย์, 2540 : 3-2) และเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ

4.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดทางชีววิทยา

4.2.1 ประสิทธิภาพในการกำจัด coliform bacteria ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ aerated lagoon ของโรงแรมพบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดต่ำเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียปิดเครื่องเติมอากาศ และน้ำเสียบางส่วนถูกสูบปล่อยทิ้งโดยตรงโดยไม่ผ่านเครื่องเติมอากาศ ทำให้ coliform bacteria ในน้ำเสียถูกกำจัดออกไปน้อย นอกจากนั้นระบบบำบัดน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์ โรงพยาบาล โรงงานปลาป่นและโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งพบประสิทธิภาพในการกำจัด coliform bacteria ที่ใกล้เคียงกันมากในช่วง 99.0-99.9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ระบบบำบัดน้ำเสียมีกระบวนการบำบัดที่มีความแตกต่างกัน รายงานการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย oxidation pond และ wet land ในการกำจัด coliform bacteria พบประสิทธิภาพได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (Ohgaki, *et al.*, 1986 : 267)

4.2.2 ประสิทธิภาพในการกำจัด fecal coliform bacteria ในระบบบำบัดน้ำเสียพบประสิทธิภาพในการกำจัด fecal coliform bacteria พบในช่วง 99.0 - 99.9 เปอร์เซ็นต์ โดยพบประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการกำจัด coliform bacteria เนื่องจากเป็นแบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยพบว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการกำจัด fecal coliform bacteria พบได้มากกว่าการกำจัดตะกอนแขวนลอยและซีโอดี ยกเว้นระบบบำบัดน้ำเสียของโรงแรม ซึ่งน้ำเสียพบปริมาณ

fecal coliform bacteria ใกล้เคียงกับน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.8 $x10^6$ และ 8.5 $x10^6$ MPN/100ml ตามลำดับ จากรายงานการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพพบประสิทธิภาพในการกำจัด fecal coliform bacteria พบได้ในช่วง 88-99 เปอร์เซ็นต์ (Danteravanich, 1992 : 58) และจากหลายๆการศึกษาพบประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน

4.2.3 ประสิทธิภาพในการกำจัด bacteriophage B ในหลายๆประเทศการศึกษาในเรื่องการกำจัดไวรัสในกระบวนการบำบัดน้ำเสียได้รับการศึกษากันอย่างกว้างขวาง (Leong, 1983; Bitton, 1987; Lewis and Metcalf, 1988 quoted in Havelaar, *et al.*, 1991 : 538) สำหรับประเทศไทยยังมีการศึกษาเรื่องนี้อยู่น้อยมาก โดยเฉพาะระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพในการกำจัด bacteriophage โดยที่กระบวนการส่วนย่อยๆในระบบบำบัดน้ำเสียและวิธีการดำเนินการมีความแตกต่างกันคือระยะเวลาในการเก็บกัก (hydrulic retention time) และปริมาณสารอินทรีย์ (organic loading) ของน้ำเสียที่เข้ามาบำบัด ฉะนั้นการกำจัดไวรัสของระบบบำบัดน้ำเสียจึงมีประสิทธิภาพในการกำจัดที่แตกต่างกัน จากรายงานการศึกษาการกำจัดไวรัสในถังตกตะกอนใบแรก (primary sedimentation tank) สามารถกำจัดได้ 10 เปอร์เซ็นต์ บ่อบำบัดทางชีวภาพบ่อที่ 2 (secondary biological treatment) สามารถกำจัดได้ 90 เปอร์เซ็นต์ และบ่อบำบัดทางชีวเคมีรวมถึงการฆ่าเชื้อโรค (tertiary treatment excluding disinfection) สามารถกำจัดได้ 99.9 เปอร์เซ็นต์ (Lewis and Metcalf, 1988 quoted in Havelar, *et al.*, 1991 : 538) แต่จากรายงานการศึกษาในระบบ activated sludge ประสิทธิภาพการกำจัดไวรัสจะเปลี่ยนแปลงตามชนิดของไวรัส พบว่า enterovirus, adenovirus และ reovirus พบประสิทธิภาพในการกำจัดเท่ากับ 93, 85 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Irving and Smith, 1981 quoted in Havelaar, *et al.*, 1991 : 538) ดังนั้นประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการกำจัดไวรัสจะเปลี่ยนแปลงตามประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย และชนิดของไวรัส

สำหรับประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการกำจัด bacteriophage B พบประสิทธิภาพได้มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นระบบบำบัดน้ำเสียของโรงแรมพบประสิทธิภาพการกำจัด bacteriophage B ต่ำกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียปิดเครื่องเติมอากาศ ในทำนองเดียวกันกับประสิทธิภาพในการกำจัดตะกอนแขวนลอยเท่ากับ 47 เปอร์เซ็นต์ และซีโอดีเท่ากับ 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกำจัดได้ในปริมาณที่ต่ำในขณะที่น้ำเสียพบปริมาณตะกอนแขวนลอยและซีโอดีที่ต่ำเช่นเดียวกันค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35 มิลลิกรัม/ลิตร และ 88 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17 มิลลิกรัม/ลิตร และ 72 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยที่ตะกอนแขวนลอยมีอิทธิ

พลต่อการกำจัดไวรัส เนื่องจากไวรัสจะเกาะติดและแฝงตัวอยู่ในตะกอนแขวนลอย ซึ่งจะช่วยป้องกันการกำจัดจากสารเคมี และการตกตะกอนของตะกอนแขวนลอยจะช่วยในการกำจัดไวรัสออกไปจากน้ำเสีย จากการศึกษาน้ำเสียการเกาะติดของ bacteriophage ในตะกอนแขวนลอยพบได้ในช่วงระหว่าง 12-30 เปอร์เซ็นต์ ของ bacteriophage ทั้งหมด และ 6-20 เปอร์เซ็นต์ เป็น RNA-F-specific bacteriophage (Ketratanakul and Ohgaki, 1988) สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ aerated lagoon ของโรงพยาบาลพบประสิทธิภาพในการกำจัด bacteriophage B มากเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยที่การกำจัดตะกอนแขวนลอย ซีโอดี และ bacteriophage B เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งจากการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge ในการกำจัด enteric virus และ bacteriophage ได้เท่ากับ 99.9 เปอร์เซ็นต์ (Nieuwstad, *et al.*, 1988 quoted in Havelaar, *et al.*, 1991 : 538)

4.2.4 ประสิทธิภาพในการกำจัด bacteriophage C สำหรับโรงงานปลาป่นและโรงแรมใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ aerated lagoon เช่นเดียวกันพบประสิทธิภาพในการกำจัด bacteriophage C ได้ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการกำจัดตะกอนแขวนลอยและซีโอดีของโรงงานทั้งสองแห่งก็ต่ำเช่นเดียวกัน ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียแบบ aerated lagoon ของโรงพยาบาลพบประสิทธิภาพในการกำจัด bacteriophage C ได้มากเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกันกับ bacteriophage B สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและโรงฆ่าสัตว์พบประสิทธิภาพในการกำจัด bacteriophage C ได้มากกว่า 93.0 เปอร์เซ็นต์ ในทำนองเดียวกันประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียจากทั้งสองแห่งในการกำจัดตะกอนแขวนลอยและซีโอดีก็สูงเช่นเดียวกัน

4.2.5 ประสิทธิภาพในการกำจัด F-specific bacteriophage ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการกำจัด F-specific bacteriophage พบได้ในช่วง 96 - 100 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นระบบบำบัดน้ำเสียของโรงแรมพบประสิทธิภาพการกำจัดต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ โดยระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานปลาป่นพบประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียตรวจวิเคราะห์ไม่พบ bacteriophage ซึ่งอาจจะเกิดจากสภาวะแวดล้อมในน้ำไม่เหมาะสมทำให้การมีชีวิตรอดของ bacteriophage ได้น้อย แต่ในน้ำเสียก็พบ F-specific bacteriophage ที่น้อยเช่นกันค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20 PFU/ml หรือทั้งนี้ประสิทธิภาพที่สูงมากอาจเป็นเพราะวิธีการตรวจวิเคราะห์ bacteriophage ในน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียไม่สามารถตรวจพบได้ในน้ำที่มีปริมาณ bacteriophage ต่ำ ซึ่งการวิเคราะห์โดยวิธี double layer agar ในน้ำเสียต้องมีไวรัสมากกว่า 10^4 particle/ml ฉะนั้น

ประสิทธิภาพในการกำจัด F-specific bacteriophage เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่ได้หมายถึงระบบบำบัดนั้นจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด แต่เกิดจากปัจจัยอื่นๆที่สนับสนุนให้พบปริมาณ bacteriophage ได้น้อยในน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย

4.2.6 ประสิทธิภาพในการกำจัด RNA-F-specific bacteriophage ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการกำจัด RNA-F-specific bacteriophage พบได้ในช่วง 97 - 100 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage ที่พบในน้ำเสียใกล้เคียงกับน้ำที่ผ่านระบบบำบัดเช่นเดียวกันกับ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria จึงทำให้ไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัด และพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น ในน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียตรวจวิเคราะห์ไม่พบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage อยู่เลย ในขณะเดียวกันในน้ำเสียก็พบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage น้อย จึงทำให้พบประสิทธิภาพในการกำจัดมากที่สุด โดยเกิดจากปัจจัยอื่นๆที่ทำให้การอยู่รอดของ RNA-F-specific bacteriophag ต่ำ จากการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge พบประสิทธิภาพในการกำจัด RNA-F-specific bacteriophage ได้เท่ากับ 99.9 เปอร์เซ็นต์ และในน้ำเสียพบว่าการเกาะติดของ bacteriophage ในตะกอนแขวนลอยเท่ากับ 12 – 20 เปอร์เซ็นต์ ของ bacteriophage ทั้งหมดเป็น RNA-F-specific bacteriophage เท่ากับ 6 - 20 เปอร์เซ็นต์และมากกว่า 97 เปอร์เซ็นต์ใน aerated tank ที่เกาะติดในตะกอนแขวนลอยเป็นเป็น RNA-F-specific bacteriophage (Ketratanakul and Ohgaki, 1988 : 3) อนึ่งการกำจัดไวรัสและ bacteriophage ของระบบบำบัดน้ำเสียต้องอาศัยกระบวนการหลายอย่าง โดยอาศัยกลไกทางกายภาพร่วมกับการตกตะกอนของตะกอนแขวนลอย การกลืนกินของโปรโตซัว จุลินทรีย์ที่ต่อต้านไวรัสและอุณหภูมิ (Shimohara, *et al.*, 1984 quoted in Havelaar, *et al.*, 1991 : 538) ฉะนั้นจึงทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพในการกำจัด bacteriophage ได้แตกต่างกัน

5. ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ประเภทต่างๆ

การหาความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในเทอมของ log (MPN/100ml) กับค่าเฉลี่ยของ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ในเทอมของ log (PFU/ml) ในน้ำจากแหล่งต่างๆ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรมแกรมคอมพิวเตอร์ pragram Exel สถิติของ linear correlation analysis ในการหา

ความสัมพันธ์โดยแบ่งน้ำเป็น 3 ประเภทคือน้ำที่นำมาตรวจวิเคราะห์ทั้งหมด น้ำเสียทั้งหมดยกเว้นน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียและน้ำตามธรรมชาติ และน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์และฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นพบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ตาราง 17) ดังนี้

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ในน้ำที่นำมาตรวจวิเคราะห์ทั้งหมด โดยพบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.883 แสดงถึงความสัมพันธ์ที่สูงมาก (อภิญญา วงศ์กิดาการ, 2531 : 245) สามารถใช้ในการคาดการณ์แนวโน้มในเชิงปริมาณได้เมื่อตรวจวิเคราะห์ในพารามิเตอร์หนึ่งๆในทิศทางเดียวกัน ส่วนความสัมพันธ์กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ในน้ำเสียทั้งหมดยกเว้นน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียและน้ำตามธรรมชาติ ทุกๆชุดตัวแปรพบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.770 สำหรับความสัมพันธ์กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์และฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นพบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.660 ทุกชุดตัวแปร ซึ่งต่ำกว่าค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ในน้ำที่นำมาตรวจวิเคราะห์ทั้งหมด และน้ำเสียทั้งหมดยกเว้นน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียและน้ำตามธรรมชาติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์น้อยกว่า

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง fecal coliform bacteria กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage โดยพบความสัมพันธ์ในน้ำจากทุกแหล่งที่นำมาตรวจวิเคราะห์ทั้งหมด ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง fecal coliform bacteria กับ bacteriophage B และ bacteriophage C ที่สูงมากกว่า 0.906 ซึ่งสามารถใช้ในการคาดการณ์แนวโน้มในเชิงปริมาณได้เมื่อตรวจวิเคราะห์ในพารามิเตอร์หนึ่งๆในทิศทางเดียวกันสำหรับความสัมพันธ์กับ F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.890 และ 0.885 ตามลำดับ ส่วนในน้ำเสียทั้งหมดยกเว้นน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียและน้ำตามธรรมชาติ และในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์และฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบมากกว่า 0.660 ทุกชุดตัวแปร

ตาราง 17 แสดงค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage ประเภทต่างๆในแหล่งน้ำประเภทต่างๆ

bacteriophage	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)					
	น้ำจากทุกแหล่ง ที่นำมาตรวจวิเคราะห์ทั้งหมด		น้ำเสียทั้งหมด ยกเว้นน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียและน้ำธรรมชาติ		น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ และฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่น	
	coliform bacteria	fecal coliform bacteria	coliform bacteria	fecal coliform bacteria	coliform bacteria	fecal coliform bacteria
B	0.902	0.906	0.810	0.780	0.660	0.720
C	0.899	0.907	0.780	0.770	0.740	0.750
F-specific bacteriophage	0.886	0.780	0.820	0.790	0.740	0.770
RNA-F-specific bacteriophage	0.883	0.770	0.810	0.770	0.730	0.770
number of sample	198	198	126	126	45	45

สำหรับ F-specific bacteriophage ประกอบด้วย RNA-F-specific bacteriophage ในช่วงระหว่าง 23 - 100 เปอร์เซ็นต์ พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในทุกชุดตัวแปรมากกว่า 0.740 โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทุกชุดตัวแปรเท่ากันหรือมากกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับ RNA-F-specific bacteriophage ฉะนั้น F-specific bacteriophage มีความเป็นไปได้ที่นำมาเป็นชี้วัดการปนเปื้อนของน้ำเสีย แต่ F-specific bacteriophage ประกอบด้วย DNA-F-specific bacteriophage ในช่วงระหว่าง 0 - 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็น bacteriophage ที่มีความทนทานในสิ่งแวดล้อมได้แตกต่างกันมากจึงไม่ได้รับความสนใจมาใช้เป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนในน้ำเสีย ซึ่งในน้ำเสียจากโรงพยาบาล โรงแรม แพปลา โรงฆ่าไก่และฟาร์มเลี้ยงหมูพบมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ความทนทานของ bacteriophage ในสิ่งแวดล้อมในน้ำเสียมีความแตกต่างกันมาก และลักษณะโครงสร้างบางอย่างของ DNA-F-specific bacteriophage มีความแตกต่างไปจากไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรค แต่จากรายงานการศึกษาหลายๆ แห่งพบว่า RNA-F-specific bacteriophage ซึ่งประกอบด้วย bacteriophage f2, MS2 และ Qβ ได้รับความสนใจเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนของไวรัส เนื่องมาจากมีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายคลึงกับ enterovirus และจากการศึกษาพบว่ามีความทนทานและมีชีวิตรอดในสิ่งแวดล้อมในน้ำเสียได้มาก

กว่าไวรัสหลายชนิด (Joseph and Bernard, 1974 quoted in Ketratanakul and Ohgaki, 1988) ดังนั้น RNA-F-specific bacteriophage จึงมีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะนำมาเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนในน้ำเสีย

ผลจากการตรวจวิเคราะห์น้ำหลายๆแห่งพบปริมาณ bacteriophage ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรรมโดยเฉพาะน้ำเสียจากการประกอบกิจการฆ่าสัตว์เลือดอุ่นและเกษตรกรรมโดยเฉพาะน้ำเสียจากการฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัวพบ bacteriophage C ปริมาณที่มาก ส่วน bacteriophage B ก็พบได้ในปริมาณที่มากเช่นเดียวกันแต่น้อยกว่า bacteriophage C และทั้ง bacteriophage C และ bacteriophage B พบได้น้อยในน้ำเสียจากการประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำ ในส่วน F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage สามารถพบได้ในแหล่งกำเนิดน้ำเสียต่างๆในรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน แต่โดยเฉลี่ยส่วนใหญ่จะพบน้อยกว่า bacteriophage C และ bacteriophage B และในน้ำเสียจากโรงฆ่าวัวพบได้น้อยมาก ในขณะเดียวกันในน้ำเสียจากโรงฆ่าหมูและโรงฆ่าไก่พบได้ในปริมาณที่มาก

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

น้ำเป็นสื่อที่สำคัญที่เกิดโรคทางเดินอาหารจากเชื้อไวรัสได้แก่ โรคตับอักเสบ โรคลำไส้อักเสบ ฯลฯ แต่เป็นการยากที่จะตรวจวิเคราะห์เชื้อไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคในน้ำโดยตรงและใช้เวลานานในการตรวจวิเคราะห์ ซึ่งไม่ทันการในการเฝ้าระวังความปลอดภัยจากการนำน้ำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ประกอบกับความทนทานของเชื้อโรคชนิดต่างๆในสิ่งแวดล้อมพบว่ามีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีการค้นหาอุลินทรีย์ที่มีความเหมาะสมเป็นตัวแทนวัดการปนเปื้อนของเชื้อโรคในน้ำขึ้น โดยต้องมีลักษณะโครงสร้างทางกายภาพและเคมีคล้ายคลึงกับเชื้อโรค ตรวจได้ง่าย พบได้เสมอในทุกแหล่งน้ำและมีความทนทานในสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่าเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค ในปัจจุบันได้ใช้ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่ได้รับการปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเพื่อระวังความความปลอดภัย แต่อย่างไรก็ตาม coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ถูกทำลายได้มากกว่าไวรัสที่ก่อให้เกิดโรค ฉะนั้นน้ำดื่มหรือน้ำใช้ที่ได้มาตรฐานและพบคลอรีนตกค้าง ก็ยังสามารถตรวจวิเคราะห์พบไวรัสตับอักเสบและ enterovirus อื่นๆได้ (Stetler, Ward and Waltrip, 1984 : 319) ซึ่งน้ำนั้นก็ยังมีความเสี่ยงจากไวรัสอยู่ จากการศึกษาโดยนำน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียมาตรวจวิเคราะห์พบ *Hepatitis A virus* และพบว่ามีความทนทานในสภาวะแวดล้อมในน้ำเสียได้ดี (Divizia, *et al.*, 1998 : 161-167) ดังนั้นเมื่อน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนในน้ำผิวดิน จึงมีความเป็นไปได้ที่น้ำผิวดินได้รับการปนเปื้อนจากไวรัสเหล่านี้ เมื่อนำน้ำมาอุปโภคและบริโภคจะทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัย ประกอบกับแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคได้แก่ *Escherichia coli 0157 : H7* สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สารอาหารในน้ำเสียมีปริมาณจำกัด อุณหภูมิ 4-46 องศาเซลเซียส และค่าบีโอดีต่ำกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่การเจริญเติบโตของ coliform bacteria ที่นำมาใช้เป็นตัวชี้วัด ปริมาณของสารอาหารเป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโต (Rajkowski and Rice, 1999 : 731-734) ดังนั้นในน้ำเสียทั่วๆไปก็มีศักยภาพเพียงพอที่ทำให้แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคเจริญเติบโตได้ดี

coliform bacteria อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่นประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นอาศัยอยู่ในดิน น้ำและอากาศ ส่วน fecal coliform bacteria นั้นอาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและ

สัตว์เลือดอุ่น ดังนั้นถ้าหากมีการตรวจวิเคราะห์พบ fecal coliform bacteria ในน้ำจึงแสดงว่ามีการปนเปื้อนอุจจาระจากคนหรือสัตว์เลือดอุ่น แสดงถึงน้ำแห่งนั้นว่ามีความเสี่ยงในการนำมาอุปโภคและบริโภค แต่ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำเป็นตัวกำหนดความอยู่รอดของจุลินทรีย์และความทนทานในแต่ละแห่งมีความแตกต่างกัน เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำเป็นตัวกำหนดความอยู่รอดได้แก่อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ตะกอนแขวนลอย คลอไรด์และปริมาณสารอินทรีย์ในเทอมของบีโอดีหรือซีโอดีและอื่นๆ ซึ่งจากการตรวจวิเคราะห์พบว่ามีความแตกต่างกันมากในน้ำแต่ละแห่ง โดยที่กิจกรรมและกระบวนการที่ก่อให้เกิดน้ำเสียนั้นมีความแตกต่างกัน

การปนเปื้อนจากไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคในน้ำ ยังไม่มีจุลินทรีย์ตัวใดที่นำมาใช้เป็นมาตรฐานเพื่อบ่งชี้ว่าน้ำแห่งนั้นมีการปนเปื้อนจากไวรัส สำหรับการตรวจวิเคราะห์ไวรัสโดยตรงยังมีวิธีการที่ยุ่งยากซับซ้อนและเฉพาะแต่ละชนิดของไวรัส ใช้เวลานาน สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและใช้ห้องปฏิบัติการที่ทันสมัย แต่จากการศึกษาวิจัยหลายๆแห่งทั่วโลกได้มีความสนใจนำ bacteriophage มาเป็นตัวชี้วัดในการศึกษาความทนทานของสารเคมีในการฆ่าเชื้อโรค การปนเปื้อนของไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรคโดยมีน้ำเป็นสื่อ และการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคในอาหารต่างๆ ได้แก่การนำเอา RNA-F-specific bacteriophage มาเป็นตัวชี้วัดการฆ่าเชื้อโรคในน้ำดื่มด้วยรังสีอุตราไวโอเลต (Rijal, 1998) และการนำ male-specific bacteriophage มาเป็นตัวชี้วัดในการประเมินผลการปนเปื้อนอุจจาระในน้ำเสียของกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆ และในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงฆ่าหมู ผลจากการศึกษาพบว่า male-specific bacteriophage มีศักยภาพเพียงพอในการเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนด้วยอุจจาระในน้ำเสีย (Miller, *et al.*, 1999 : 898-904) สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจนำข้อมูลมาสนับสนุนเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ bacteriophage เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำที่ปนเปื้อนจากไวรัส โดยมีการศึกษา bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ในแหล่งน้ำประเภทต่างๆ ดังนี้

ในการตรวจวิเคราะห์หา bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ไม่พบในน้ำทะเลชายฝั่ง ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชังและคลองอู่ตะเภา สำหรับน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสียก็ตรวจวิเคราะห์ไม่พบ bacteriophage ประเภทใดๆ แต่พบมากในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นเช่นเดียวกันกับ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria ในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ทั้ง 3 แห่ง และแหล่งชุมชน โดยพบ bacteriophage B ค่าอยู่ในช่วง 1.5×10^2 - 3.9×10^4 PFU/ml และ bacteriophage C ค่าอยู่ในช่วง

1.5 $x10^2$ - 9.2 $x10^4$ PFU/ml ส่วนน้ำเสียจากโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเลพบได้ในปริมาณที่น้อย โดยพบ bacteriophage B ค่าอยู่ในช่วง 0 - 95 PFU/ml และ bacteriophage C ค่าอยู่ในช่วง 0 - 83 PFU/ml ซึ่ง bacteriophage C พบได้ในปริมาณที่มากกว่า bacteriophage B ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรมและเกษตรกรรม

สำหรับ F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage พบปริมาณที่มากในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นเช่นเดียวกัน ในน้ำเสียจากโรงฆ่าหมู โรงฆ่าไก่ โรงฆ่าวัวและแหล่งชุมชนพบค่าอยู่ในช่วง 16 – 4.0 $x10^4$ PFU/ml และ 10 – 2.2 $x10^4$ PFU/ml ตามลำดับ ส่วนน้ำเสียจากโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำจากทะเลพบ F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ได้ในปริมาณที่น้อยค่าอยู่ในช่วง 0 - 55 PFU/ml และ 0 - 50 PFU/ml ซึ่งพบได้น้อยกว่า bacteriophage B และ bacteriophage C สำหรับปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage พบได้ในช่วง 23 - 80 เปอร์เซ็นต์ ของ F-specific bacteriophage ในทุกๆแหล่งน้ำยกเว้นน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นพบปริมาณ RNA-F-specific bacteriophage เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์

ความสัมพันธ์ระหว่าง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่สูงมากกว่า 0.730 ทุกชุดตัวแปร ยกเว้นความสัมพันธ์ของ coliform bacteria และ fecal coliform bacteriophage กับ bacteriophage B ในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์และฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นพบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.660 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับ bacteriophage C ในทุกชุดตัวแปรมีความสัมพันธ์มากกว่า 0.740 ซึ่งแสดงถึงปริมาณของ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria กับ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage มีแนวโน้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อพบ coliform bacteria หรือ fecal coliform bacteria มากก็สามารถพบ bacteriophage ที่มากด้วย โดยสามารถพยากรณ์ในเชิงปริมาณเมื่อทราบค่าจุลินทรีย์ตัวแปรหนึ่งๆได้ ในขณะที่ coliform bacteria และ fecal coliform bacteria มีแหล่งอาศัยอยู่ในอุจจาระของคนและสัตว์เลือดอุ่น และนำมาเป็นชี้วัดการปนเปื้อนจากอุจจาระเพื่อความปลอดภัยจากแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค ฉะนั้น bacteriophage เหล่านี้ก็มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนของน้ำจากอุจจาระเช่นเดียวกัน เพื่อความปลอดภัยจากไวรัสที่ก่อให้เกิดโรค โดยเฉพาะ bacteriophage C มีความสัมพันธ์ที่สูงทั้ง coliform bacteria และ fecal coliform bacteria และตรวจวิเคราะห์พบในปริมาณที่มากกว่า bacteriophage ประเภทอื่นๆ แต่ bacteriophage ในกลุ่ม somatic coliphage ทั้ง bacteriophage B และ

bacteriophage C มีความทนทานในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันมาก (Havelaar, *et al.*, 1991 : 541) จากรายงานการศึกษาพบ RNA-F-specific bacteriophage มีความทนทานต่อสารเคมีและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่า bacteriophage C และ bacteriophage B

จากรายงานการศึกษาหลายๆแห่งพบว่า RNA-F-specific bacteriophage มีความทนทานในสิ่งแวดล้อมได้ดี ประกอบกับลักษณะทางโครงสร้างมีความคล้ายคลึงกับ enterovirus โดยที่ enterovirus เป็นไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคและมีความทนทานได้ดีกว่าไวรัสหลายๆชนิดที่ก่อให้เกิดโรค (Havelaar, *et al.*, 1991 : 536) จึงมีความสนใจนำมาเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนของน้ำเพื่อความปลอดภัยจากไวรัส ในขณะเดียวกัน RNA-F-specific bacteriophage พบได้ในปริมาณค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่า bacteriophage ประเภทอื่นๆ แต่วิธีการตรวจวิเคราะห์มีความซับซ้อนมากกว่า และ RNA-F-specific bacteriophage ก็เป็น bacteriophage กลุ่มหนึ่งของ F-specific bacteriophage ฉะนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ F-specific bacteriophage เป็นตัวชี้วัดในการตรวจวิเคราะห์น้ำเสีย แต่จากการตรวจวิเคราะห์พบว่า F-specific bacteriophage ประกอบด้วย DNA-F-specific bacteriophage ในช่วงระหว่าง 20 - 70 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น สำหรับในน้ำเสียจากโรงพยาบาล โรงแรม แพปลา โรงฆ่าไก่และฟาร์มเลี้ยงหมูพบ DNA-F-specific bacteriophage ได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นเป็น RNA-F-specific bacteriophage ดังนั้นถ้าหากนำ F-specific bacteriophage มาเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำต้องคำนึงถึง DNA-F-specific bacteriophage ที่พบอยู่ในน้ำด้วย เนื่องจากมีความทนทานในสิ่งแวดล้อมและมีลักษณะโครงสร้างบางอย่างที่แตกต่างไปจากไวรัสที่ก่อให้เกิดโรค จึงไม่เหมาะสมที่จะนำ F-specific bacteriophage มาเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำจากแหล่งชุมชน แหล่งอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสัตว์เลือดอุ่นได้แก่ โรงฆ่าสัตว์ และฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่นได้แก่ ฟาร์มเลี้ยงหมูและฟาร์มเลี้ยงวัว

การที่จะนำจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งชนิดใดทั้งแบคทีเรียและไวรัสมาเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ เพื่อบ่งบอกถึงความปลอดภัยในการใช้น้ำ ต้องมีเงื่อนไขและสภาพแวดล้อมหลายๆอย่างเป็นตัวกำหนดเพื่อพิจารณานำมาใช้ได้แก่ สามารถตรวจวิเคราะห์ได้เสมอในทุกๆแหล่งน้ำ เมื่อน้ำนั้นปนเปื้อนจากเชื้อโรค มีปริมาณมากกว่า คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีคล้ายคลึงกับเชื้อโรค ทนทานกว่าและวิธีการตรวจวิเคราะห์ที่ง่ายสะดวกรวดเร็ว ใช้ได้กับห้องปฏิบัติการทั่วๆไป ซึ่งก็เป็นการยากที่จะให้ตัวชี้วัดมีคุณสมบัติที่ครบถ้วนดังกล่าว แต่ก็พยายามนำจุลินทรีย์ที่มีข้อดีและความเหมาะสมมากที่สุดมาเป็นตัวชี้วัดได้

ข้อมูลในเชิงปริมาณทั้ง bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน โรงฆ่าสัตว์และฟาร์มเลี้ยงสัตว์เลือดอุ่น เช่น หมูและวัวได้ แต่ต้องพิจารณาเงื่อนไขอื่นๆด้วยในการตัดสินใจนำไปใช้ ได้แก่ วิธีการตรวจวิเคราะห์ที่ง่าย ปฏิบัติได้ในห้องปฏิบัติการทั่วๆไป ความรวดเร็วในการตรวจวิเคราะห์ มีความทนทานในสิ่งแวดล้อมได้ดีและมีลักษณะโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับไวรัสที่ก่อให้เกิดโรค ดังนั้น RNA-F-specific bacteriophage จึงมีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะนำมาเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ

ข้อเสนอแนะ

สำหรับวิธีการในการศึกษาวิจัย bacteriophage จากรายงานหลายๆแห่งทั่วโลก พบว่ามีรายละเอียดปลีกย่อยที่แตกต่างกัน ทำให้ยากในการเปรียบเทียบเป็นมาตรฐานเดียวกัน เช่น แบคทีเรียโฮสท์ อุณหภูมิในการเพาะเซลล์และอาหารเลี้ยงเชื้อ ฯลฯ ดังนั้นจึงต้องปรับวิธีการศึกษาวิจัยให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยเพิ่มเติม

1. ศึกษาเปรียบเทียบความทนทานของ bacteriophage B, bacteriophage C, F-specific bacteriophage และ RNA-F-specific bacteriophage ต่อสารเคมีฆ่าเชื้อได้แก่ คลอรีนในระบบบำบัดน้ำเสีย

2. การศึกษาวิจัยในครั้งนี้พบ RNA-F-specific bacteriophage ในน้ำจากแหล่งต่างๆพบได้ในช่วงระหว่าง 23-80 เปอร์เซ็นต์ ของ F-specific bacteriophage ซึ่งจากรายงานในหลายๆประเทศพบ RNA-F-specific bacteriophage มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จึงควรศึกษาวิจัยเพิ่มเติมถึงสาเหตุของปัจจัยต่างๆที่พบ RNA-F-specific bacteriophage มีความแตกต่างกัน

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ สิริสิงห. 2525. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2539. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องกำหนดคุณภาพน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน. 14 มิถุนายน 2539.

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2537. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด. 4 กุมภาพันธ์ 2537.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย . พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์.

ควบคุมโรคติดต่อ, กรม. กองระบาดวิทยา. 2532. สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค. กรุงเทพฯ : องค์การทหารผ่านศึก.

————— . 2538. สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค. กรุงเทพฯ : องค์การทหารผ่านศึก.

ควบคุมมลพิษ, กรม. กองการจัดการคุณภาพน้ำ. 2538. เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย (Water Quality Criteria & Standard in Thailand). กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

คณิต ไชยาดำ, สิริ ทุกข์วินาศ, ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, พุทธ ส่องแสงจินดา และดุสิต ดันวิไลย. 2537. คุณภาพน้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ความรู้เบื้องต้นและการวิเคราะห์ (Water Qualities for Coastal Aquaculture Principles and Analytical Methods). พิมพ์ครั้งที่ 1. สงขลา : มงคลการพิมพ์.

ชลฤดี เทพชนะ. 2536. "ผลกระทบจากน้ำทิ้งของโรงพยาบาลพัทลุงต่อคุณภาพแหล่งน้ำในเขตเทศบาลเมืองพัทลุง", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)

ฉัตรไชย รัตนไชย. 2539. การจัดการคุณภาพน้ำ, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ณรงค์ ณ เชียงใหม่ 2530. สุขภาพสิ่งแวดล้อมชุมชน, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

เทศบาลนครหาดใหญ่. 2539. "รายงานฉบับสุดท้าย (FR-2) การสำรวจแหล่งมลพิษ" : เทศบาลนครหาดใหญ่. (สำเนา)

นิพนธ์ ศรีบุญเรือง , อุไรวรรณ อินทร์ม่วง และ บัน ยีรัมย์. 2540. "ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงแรมโดยใช้ถังเกรอะร่วมกับถังกรองไร้ออกซิเจน", วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อม, 1(เมษายน-มิถุนายน 2540) , 13.

นภาพรรณ นันทพงษ์. 2533 "โคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนของแหล่งน้ำจากอุจจาระ" วารสารกองสุขาภิบาล. 17(ตุลาคม-ธันวาคม 2533), 45-48.

นรีกุล สุระพัฒน์, จันทร์เพ็ญ วิรัตน์, ปรีชา พุทธาวุฒิไกร, สุวณี สุภเวชย์ และประมวล เทพชัยศรี. 2526. จุลชีววิทยาทางการแพทย์. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ : กรุงเทพเวชสาร. 84-95.

พิมล เรียนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. 2525. เคมีสภาวะแวดล้อม พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

บุญส่ง แสงอ่อน. 2533 จุลชีววิทยา : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พรเสิด จันทร์รัชชกูล; เจเอฟ เทอร์นบอล และชะลอ ลิ้มสุวรรณ, 2537. คู่มือการเลี้ยงและป้องกันโรคกุ้งกุลาดำ พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ. : สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ.

เยาวลักษณ์ คิสระ. 2533. วิทยาไวรัสเบื้องต้น : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศิริพร รัตนเสิศ. 2522. คู่มือไวรัสวิทยาสำหรับนักศึกษาพยาบาล : ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์. 2540. "กระบวนการบำบัดน้ำเสียขั้นพื้นฐาน", การควบคุมและการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย. : คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2526. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

สุรพล ทรัพย์แก้ว. 2539 "การปนเปื้อนทางแบคทีเรียในภาชนะสัมผัสอาหารของร้านจำหน่ายอาหารในเขตเทศบาลเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)

องอาจ ชนะชาญมงคล. 2532. "การจัดหาน้ำสะอาดในโรงพยาบาลชุมชน", เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการดำเนินงานสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมของโรงพยาบาลชุมชน. กรุงเทพฯ : กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

อุดมผล พืชน์ไพบูลย์. 2540. "การออกแบบควบคุมและเดินระบบบำบัดน้ำเสียประเภทต่างๆ", การควบคุมและการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย, : คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

———————. 2540. "พระราชบัญญัติกฎหมายด้านน้ำเสีย", การควบคุมและการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย. : คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อุตสาหกรรมจังหวัดสงขลา, สำนักงาน. 2539. "ทำเนียบโรงงานอุตสาหกรรมจังหวัดสงขลา", : สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสงขลา. (สำเนา)

อนามัย, กรม. กองอนามัยสิ่งแวดล้อม. 2536. คู่มือ (เจ้าหน้าที่) การควบคุมและปรับปรุงคุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ : สามเจริญพานิชย์.

————. สำนักงานอนามัยสิ่งแวดล้อม. 2540. สถานการณ์คุณภาพแหล่งน้ำในประเทศไทย ปี 2540 : สำนักงานอนามัยสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข.

อภิญญา วงศ์กิดาการ. 2531. สถิติสำหรับชีววิทยา : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Adams, M.H. 1959. Bacteriophage. New York : Interscience.

APHA, AWWA and WEF. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed. New York : American Public Health Association.

Armon, R. and Kott, Y. 1977. "Bacteriophages as Indicator of Pollution", Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 11(1997), 299-335.

Berg, G.; Dahling, D. R.; Brown, G. A. and Berman, D. 1978. "Validity of Fecal Coliforms, Total Coliforms and Fecal Streptococci as Indicators of Viruses in Chlorinated Primary Sewage Effluents", Applied and Environmental Microbiology. 36(1978), 880-884.

Block, J. C. and Schwartzbrod, L. 1989. Viruses in Water System Detection and Identification. New York : VCH Publishers, Inc.

Cabelli, V. J. 1989. "Swimming -associated Illnesses and Recreational Water Quality Criteria", Water Science and Technology. 21(1989), 13-21.

Cabelli, V. J.; Dufour, A. P.; Mccabe, L. J. and Levin, M. A. 1983. "A Marine Recreational Water Quality Criteria Consistent with Indicator Concepts and Risk Analysis", Journal of Water Pollution Control Federation. 55(1983), 1306-1314

Chaas, C. N. 1986. "Wastewater Disinfection and Infectious Disease Risks", CRC Critical Reviews in Environmental Control. 17(1986), 1-20.

Cliver, D. O. 1996. "New Issues in Food and Environmental Virology", Journal of Food Protection. 58(1996), 59.

Danteravanich, S. 1992. "Application of Polymerase Chain Reaction for Health-Related Viral Indicators Detection in Wastewater" , Ph.D. Dissertation, University of Tokyo. (Unpublished)

Defigueredo, M. P.and Splittstoesser, D. F. 1976. Food Microbiology Public Health and Food Aspects Connecticut : The AVI Publishing Com, Inc.

Dhillon, T. S.; Chan, Y. S.; Sun, S. M. and Chau, W. S. 1970. "Distribution of Coliphage in Hong Kong Sewage", Applied Microbiology. 20(1970), 187-191.

Dhillon, T. S.; Dhillon, K. S.; Chau, H. C.; Li, W. K. and Tsang, A. H. C. 1976. "Studies on Bacteriophages Distribution : Virulent and Temperate Bacteriophage Content of Mammalian Feces", Applied and Environmental Microbiology. 32(1976), 68-74.

Divizia, M.; Ruscio, V.; Degener, A. M. and Pana, A. 1998. "Hepatitis A Virus Detection in Wastewater by PCR and Hybridization", Microbiologica. 21(1998), 161-167.

Freifelder, D. H. 1987. Molecular Biology. Second Edition : Printed in the United States of America.

Furuse, K.; Ando, A.; Osama, S. and Watanabe, I. 1981. "Distribution of Ribonucleic Acid Coliphages in Raw Sewage from Treatment Plants in Japan", Applied and Environmental Microbiology. 41(1981), 1139-1143.

Gerba, C. P. and Schaiberger, G. E. 1975. "Effect of Particulates on Virus Surviral in Seawater", Journal WPCF, 47(1975), 93-101.

Gerba, C. P.; Staggt, C. H. and Abadie, M. G. 1978. "Characterization of Sewage Solid-Associated Viruses and Behavior in Natural Water', Journal of Water Research, 12 (1978), 805-812

Grabow, W. O. K.; Moris, R. and Botzenhart, K. 1991. "Heath-Related Water Microbiology 1990, Proc. IAWPRC Int.Symp", Water Science and Technology, 24(1991), : 433-437.

Havelaar, A. H.; Farrah, S.R.; Jofre, J.; Marques, E.; Ketratanakul, A.; Martins, M.T.; Ohagaki, S.; Sobsey, M.D. and Zaiss. 1991. "Bacteriophages as Model Viruses in Water Quality Control". Water Research. 25(1991), 529-545.

Havelaar, A. H.; Furuse, K.and Hogeboom, W. M. 1986. "Bacteriophages and Indicator Bacteria in Human and Animal Faeces", Journal of Applied Bacteriology. 60(1986), 255-262.

Havelaar, A. H. and Pot-Hogeboom, W. M. 1988. "F-specific RNA bacteriophages as Model Viruses in Water Hygiene : Ecological Aspects", In Proceeding of International Conference on Water and Wastewater Microbiology, Newport Beach, California, USA.

Havelaar, A. H.; Pot-Hogeboom, W. M.; Furuse, K. J.; Pot, R. and Hormann, M. P. 1990. "F-specific RNA bacteriophages and Sensitive Host Strains in Faeces and Wastewater of Human and Animal Origin", Journal of Applied Bacteriology. 6(1990), 30-35.

Irving, L. G. and Smith, F. A. 1981. "One-year Survey of Enteroviruses, Adenoviruses and Reoviruses Isolated from Effluent at an Activated Sludge Purification Plant", Applied and Environmental Microbiology. 41(1990), 51-59.

Jofre, J.; Olle, E.; Ribas, F.; Videl, A. and Lucena, F. 1995. "Potential Usefulness of Bacteriophages that Infect *Bacteroides fragilis* as Model Organisms for Monitoring Virus Removal in Drinking Water Treatment Plant", Applied and Environmental Microbiology. 61(1995), 3227-3231.

Joklik, W. K. 1980. "The Bacteriophage" Principle of Animal Virology. New York : A Publishing Devision of Printice-Hall Inc.

Kamiko, N. and Ohgaki, S. 1992. "Multiplication Characteristics of FRNA phage and Its Utility as an Indicator for Pathogenic Viruses", Munuscript of Poster Presentation PB30 at Health-Related Water Microbiology Symposium in IAWPRC Conference. May, 1992, Washington D.C.

Ketratanakul, A. and Ohgaki, S. 1988. "Indigeneous Coliphage and RNA-F-specific Coliphage Associated to Suspended Solid in Activated Sludge Process", In IAWPRC 14th Biennial Conference, Brigton, 1988 Health-Related Water Microbiology Seminar. Japan : University of Tokyo.

Kott, Y. 1966. "Estimation of Low Numbers of *Escherichia coli* bacteriophage by Use of the Most Probable Number Method". Applied Microbiology. 14(1966), 141-144.

Mathews, C. H. 1971. Bacteriophage Biochemistry New York : Van Nostrand Reinhold Company.

Mcneill, A. R. 1985. "Microbiological Water Quality Criteria : A Review for Australia", Australian Water Resources Council Technical Paper. No.85, Cambera : 561-563.

Metcalf, T. G. 1978. "Indicators for Viruses in Natural Water". Water Pollution Microbiology. Michell, R., ed. New York : A Wiley-Interscience Publication.

Miller, A. J.; Eblen, B. S.; Osa, A. and Burkhardt, W. I. 1999. "Application and Evaluation of Male-Specific Bacteriophage as a Process Integrity or Faecal Contamination Indicator in a Pork Slaughterhouse Environment", Journal of Applied Microbiology. 85(1999), 898-904.

Novotny, C. P. and Lavin, K. 1971. "Some Effects of Temperature on the Growth of F-pili", Journal of Bacteriology. 107(1971), 671-682

Ohgaki, S.; Ketratanakul, A.; Suddevgrai, S.; Prasertsom, U. and Suthienkul, O. 1986. "Adsorption of Coliphages to Particulates", Journal of Tokyo. 8(1986), 267-275.

Palmateer, G. A.; Dutka, B. J.; Janzen, E. M.; Meissner, S. M. and Sakellaris, M. 1990. "Coliphages and Bacteriophage in Canadian Drinking Waters", Water International. 15(1990), 157-159.

Payment, P.; Trudel, M. and Plante, R. 1985. "Elimination of viruses and Indicator Bacteria at Each Step of Treatment During Preparation of Drinking Water at Seven Water Plants", Applied and Environmental Microbiology. 40(1985), 1418-1428.

Quiberoni, A.; Suarez, V. B. and Reinheimer, A. 1999. "Inactivation of Lactobacillus Helvetious Bacteriophages by Thermal and Chemical Treatments", Journal of Food Protection. 62(1999), 894-898.

Rajkowski, K. T. and Rice, E. W. 1999. "Recovery and Survival of *Escherichia coli 0157 : H7* in Reconditioned Pork Processing Wastewater", Journal of Food Protection. 62(1999), 731-734.

Richard, G. F.; David, J. B.; Hemda, G. D.and Duncan, M. 1983. Sanitation and Disease Bath. : The Pitman Press.

Rijal, G.K. 1998. "Evaluation of Multiple Bacterial Species and F-RNA Phage to Assess the Effectiveness of UV Systems as a Disinfectant of Drinking Water and Wastewater" Ph.D. Dissertation, University of Hawaii. (Unpublished).

Sobsey, M. D. 1989. "Inactivated of Health-Related Water Microorganisms in Water by Disinfection Processes", Water Science and Tecnnology. 21(1989), 179-195.

Stetler, R. E.; Ward, R. L and Waltrip, S. C. 1984. "Enteric Virus and Indicator Bacteria Levels in a Water Treatment System Modified to Reduce Trihalomethane Production", Applied and Environmental Microbiology 47(1984), 319-324.

Tilton, K. S. 1997 "Comparison of Chlorine and Chlorine Dioxide as Disinfectants for Surface Waters", Ph.D. Dissertation, University of New Hampshire.(Unpublished)

Valentine, R. C.; Wedel, H. and Ippen, K. A. 1965. "F-pili Requirement for RNA bacteriophage Adsorption", Biochemical and Biophysical Research Communications. 21(1965), 277-283.

Wendt, L. W.; Ippen, K. A. and Valentine, R. 1966. "General Properties of F-pili", Biochemical and Biophysical Research Communications, 23(1966), 375-380.

Wood, I. R.; Bell, R. G. and Wilkinson, D. l. 1993. "Inactivaion of Faecal Indicator Bacteria", Ocean Disposal of Wastewater V.8 Singapore : World Science Publishing Co. Pte. Ltd. JBW.printers ∝ Binders Pte.Ltd.

Zerda, K. S.; Gerba, C. P.; Hou, K. C. and Goyal, S. M. 1985. "Adsorption of Viruses to Charge-modified Silica", Applied and Environmental Microbiology, 49(1985), 91-95.

ภาคผนวก ก. ผลการตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยาของน้ำเสีย

ตารางผนวก 1 น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์

sample/ time	date	temp. ^{0}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	30 Aug.98	30	8.55	138	107	435	$4.6x10^{6}$	$4.6x10^{6}$	$1.3x10^{3}$	$7.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	$1.2.x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$1.2x10^{3}$	$7.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	ND	$2.8x10^{2}$	$2.5x10^{2}$	$2.3x10^{2}$
1/2	30 Aug.98	30	8.55	164	115	419	$2.4x10^{8}$	$2.4x10^{8}$	$1.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$1.1x10^{3}$	$1.8x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$5.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$2.3x10^{2}$	$1.5x10^{2}$	$2.5x10^{2}$	ND
1/3	30 Aug.98	30	8.55	148	105	380	$4.6x10^{6}$	$4.6x10^{6}$	$9.0x10^{2}$	$1.3x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$7.0x10^{2}$	$1.6x10^{3}$	$2.1x10^{3}$	$1.4x10^{3}$	$1.2x10^{3}$	$9.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$
2/1	1 Sep.98	31	10.00	124	242	465	$9.3x10^{5}$	$9.3x10^{5}$	$2.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$2.9x10^{3}$	$4.0x10^{3}$	$4.4.x10^{3}$	$3.8x10^{3}$	$1.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	ND	ND	ND	ND	ND
2/2	1 Sep.98	31	10.00	108	227	403	$1.5x10^{6}$	$1.5x10^{6}$	$2.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$3.6x10^{3}$	$3.6x10^{3}$	$3.8x10^{3}$	$3.2x10^{3}$	$2.0x10^{2}$	ND	$1.0x10^{2}$	ND	ND	ND	ND	ND
2/3	1 Sep.98	31	10.00	110	225	419	$4.6x10^{6}$	$4.6x10^{6}$	$2.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$4.5x10^{3}$	$5.3x10^{3}$	$5.5x10^{3}$	$4.9x10^{3}$	ND	$1.0x10^{2}$	ND	$1.0x10^{2}$	ND	ND	ND	ND
3/1	3 Sep.98	30	9.46	108	90	392	$4.6x10^{7}$	$4.6x10^{7}$	$6.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$1.2x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$1.5x10^{2}$	$1.4x10^{2}$	$1.3x10^{2}$	$1.0x10^{2}$
3/2	3 Sep.98	30	9.46	116	86	352	$2.4x10^{7}$	$2.4x10^{7}$	$3.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	$1.3x10^{3}$	$6.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$3.5x10^{2}$	$2.2x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.9x10^{2}$
3/3	3 Sep.98	30	9.46	118	86	368	$2.4x10^{7}$	$2.4x10^{7}$	$3.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$1.2x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$3.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$1.7x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$1.7x10^{2}$

ND = non detectable

ตารางผนวก 2 น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์

sample/ time	date	temp. °C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	30 Aug.98	30	7.92	13	70	62	$9.0x10^2$	$9.0x10^2$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/2	30 Aug.98	30	7.92	13	70	70	$9.0x10^2$	$9.0x10^2$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/3	30 Aug.98	30	7.92	13	70	70	$4.3x10^3$	$2.3x10^3$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/1	1 Sep.98	30	7.53	19	67	70	$9.0x10^2$	$9.0x10^2$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/2	1 Sep.98	30	7.53	13	67	66	$4.3x10^3$	$4.3x10^3$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/3	1 Sep.98	30	7.53	18	67	62	$4.3x10^3$	$4.3x10^3$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/1	3 Sep.98	30	7.25	14	65	77	$2.3x10^3$	$2.3x10^3$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/2	3 Sep.98	30	7.25	12	65	70	$4.3x10^3$	$1.5x10^3$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/3	3 Sep.98	30	7.25	13	65	62	$7.5x10^3$	$4.3x10^3$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND = non detectable

ตารางผนวก 3 น้ำเสียระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของโรงแรมรีเจนซี

sample/ time	date	temp. °C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	20 Sep.98	30	7.53	27	72	86	$4.3x10^6$	$4.3x10^6$	$5.0x10^2$	$4.0x10^2$	$4.0x10^2$	$7.0x10^2$	$3.9x10^3$	$4.7x10^3$	$4.0x10^3$	$4.8x10^3$	$1.0x10^3$	$8.0x10^2$	$3.0x10^2$	$9.0x10^2$	$4.0x10^2$	$3.0x10^2$	$2.0x10^2$	ND
1/2	20 Sep.98	30	7.53	45	72	78	$2.4x10^7$	$2.4x10^7$	$7.0x10^2$	$7.0x10^2$	$4.0x10^2$	$4.0x10^2$	$5.2x10^3$	$4.7x10^3$	$4.4x10^3$	$4.3x10^3$	$1.1x10^3$	$1.9x10^3$	$1.5x10^3$	$6.0x10^2$	$8.0x10^2$	$9.0x10^2$	$3.0x10^2$	$4.0x10^2$
1/3	20 Sep.98	30	7.53	33	73	86	$9.3x10^6$	$9.3x10^6$	$5.0x10^2$	$1.2x10^3$	$9.0x10^2$	$9.0x10^2$	$5.0x10^3$	$5.2x10^3$	$7.6x10^3$	$3.9x10^3$	$5.0x10^2$	$7.0x10^2$	$8.0x10^2$	$1.0x10^2$	$5.0x10^2$	$3.0x10^2$	$4.0x10^2$	$4.0x10^2$
2/1	22 Sep.98	31	7.98	40	72	98	$9.3x10^6$	$9.3x10^6$	$6.0x10^2$	$9.0x10^2$	$6.0x10^2$	$8.0x10^2$	$3.1x10^3$	$4.9x10^3$	$3.8x10^3$	$4.0x10^3$	$1.4x10^3$	$5.0x10^2$	$1.3x10^3$	$8.0x10^2$	$5.0x10^2$	$6.0.x10^2$	$3.0x10^2$	$7.0.x10^2$
2/2	22 Sep.98	31	7.98	31	72	90	$4.3x10^6$	$4.3x10^6$	$6.0x10^2$	$1.0x10^3$	$6.0x10^2$	$6.0x10^2$	$4.9x10^3$	$5.5x10^3$	$4.7x10^3$	$2.6x10^3$	$3.0x10^2$	$9.0x10^2$	$1.4x10^3$	$5.0x10^2$	$9.0x10^2$	$4.0x10^2$	$7.0x10^2$	$4.0x10^2$
2/3	22 Sep.98	31	7.98	28	72	98	$9.3x10^6$	$9.3x10^6$	$1.2x10^3$	$9.0x10^2$	$1.1x10^3$	$6.0x10^2$	$2.4x10^3$	$5.3x10^3$	$3.9x10^3$	$3.1x10^3$	$1.2x10^3$	$9.0x10^2$	$1.7x10^3$	$1.3x10^3$	$1.1x10^3$	$9.0x10^2$	$1.0x10^3$	$1.7x10^3$
3/1	24 Sep.98	31	7.52	33	76	78	$9.3x10^6$	$9.3x10^6$	$1.2x10^3$	$1.8x10^3$	$1.3x10^3$	$8.0x10^2$	$8.5x10^3$	$8.2x10^3$	$9.0x10^3$	$8.5x10^3$	$2.4x10^3$	$9.0x10^2$	$1.3x10^3$	$1.1x10^3$	$8.0x10^2$	$9.0x10^2$	$1.3x10^3$	$7.0x10^2$
3/2	24 Sep.98	31	7.52	36	77	82	$7.5x10^6$	$7.5x10^6$	$2.3x10^3$	$2.2x10^3$	$1.7x10^3$	$2.0x10^3$	$8.5x10^3$	$5.9x10^3$	$5.6x10^3$	$7.3x10^3$	$1.9x10^3$	$1.5x10^3$	$1.4x10^3$	$1.3x10^3$	$1.0x10^3$	$7.0x10^2$	$1.0x10^3$	$8.0x10^2$
3/3	24 Sep.98	31	7.52	43	75	94	$4.3x10^6$	$2.3x10^6$	$2.7x10^3$	$2.5x10^3$	$1.3x10^3$	$1.5x10^3$	$8.9x10^3$	$9.2x10^3$	$8.3x10^3$	$9.1x10^3$	$1.4x10^3$	$1.8x10^3$	$2.8x10^3$	$1.4x10^3$	$1.0x10^3$	$1.0x10^3$	$9.0x10^2$	$1.4x10^3$

ND = non detectable

ตารางผนวก 4 น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของ โรงแรมรีเจนซี

sample/ time	date	temp. °C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
									bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
							coliform	fecal coliform	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	20 Sep.98	31	7.49	13	72	59	4.6×10^{6}	4.6×10^{6}	4.0×10^{2}	8.0×10^{2}	5.0×10^{2}	3.0×10^{2}	5.8×10^{3}	4.8×10^{3}	4.3×10^{3}	4.6×10^{3}	5.0×10^{2}	8.0×10^{2}	1.1×10^{3}	2.0×10^{2}	4.0×10^{2}	4.0×10^{2}	1.0×10^{2}	2.0×10^{2}
1/2	20 Sep.98	31	7.49	16	72	70	4.6×10^{6}	4.6×10^{6}	4.0×10^{2}	8.0×10^{2}	3.0×10^{2}	4.0×10^{2}	6.7×10^{3}	5.9×10^{3}	5.3×10^{3}	4.2×10^{3}	9.0×10^{2}	7.0×10^{2}	6.0×10^{2}	7.0×10^{2}	6.0×10^{2}	6.0×10^{2}	6.0×10^{2}	9.0×10^{2}
1/3	20 Sep.98	31	7.49	13	72	66	2.4×10^{7}	2.4×10^{7}	7.0×10^{2}	1.0×10^{3}	1.7×10^{3}	1.4×10^{3}	4.2×10^{3}	5.0×10^{3}	3.2×10^{3}	4.4×10^{3}	9.0×10^{2}	7.0×10^{2}	7.0×10^{2}	6.0×10^{2}	5.0×10^{2}	6.0×10^{2}	ND	4.0×10^{2}
2/1	22 Sep.98	30	7.38	17	71	70	9.3×10^{6}	9.3×10^{6}	4.0×10^{2}	1.2×10^{3}	6.0×10^{2}	8.0×10^{2}	1.7×10^{3}	4.0×10^{3}	3.9×10^{3}	4.8×10^{3}	2.2×10^{3}	1.3×10^{3}	4.0×10^{2}	1.7×10^{3}	1.0×10^{3}	4.0×10^{2}	1.1×10^{3}	4.0×10^{2}
2/2	22 Sep.98	30	7.38	20	71	70	2.3×10^{7}	2.3×10^{7}	1.0×10^{2}	1.3×10^{3}	1.4×10^{3}	5.0×10^{2}	3.6×10^{3}	3.5×10^{3}	3.3×10^{3}	3.3×10^{3}	2.1×10^{3}	9.0×10^{2}	1.7×10^{2}	1.1×10^{3}	7.0×10^{2}	8.0×10^{2}	1.1×10^{3}	5.0×10^{2}
2/3	22 Sep.98	30	7.38	20	72	67	4.3×10^{6}	4.3×10^{6}	1.7×10^{3}	5.0×10^{2}	8.0×10^{2}	1.4×10^{3}	2.9×10^{3}	5.0×10^{3}	3.9×10^{3}	2.8×10^{3}	1.1×10^{3}	6.0×10^{2}	8.0×10^{2}	1.3×10^{3}	2.0×10^{2}	7.0×10^{2}	9.0×10^{2}	8.0×10^{2}
3/1	24 Sep.98	30	7.37	16	81	82	4.3×10^{6}	2.3×10^{6}	1.4×10^{3}	1.2×10^{3}	9.0×10^{2}	1.3×10^{3}	7.2×10^{3}	5.8×10^{3}	8.5×10^{3}	8.3×10^{3}	9.0×10^{2}	2.1×10^{3}	1.4×10^{3}	1.3×10^{3}	8.0×10^{2}	7.0×10^{2}	1.1×10^{3}	7.0×10^{2}
3/2	24 Sep.98	30	7.37	21	81	86	4.7×10^{7}	4.3×10^{6}	1.0×10^{3}	1.5×10^{3}	2.1×10^{3}	1.3×10^{3}	5.8×10^{3}	7.2×10^{3}	8.5×10^{3}	8.1×10^{3}	1.9×10^{3}	1.8×10^{3}	1.4×10^{3}	1.7×10^{3}	1.1×10^{3}	9.0×10^{2}	3.0×10^{3}	8.1×10^{2}
3/3	24 Sep.98	30	7.37	15	80	78	2.4×10^{7}	2.4×10^{7}	1.3×10^{3}	1.5×10^{3}	1.9×10^{3}	1.5×10^{3}	7.3×10^{3}	8.5×10^{3}	7.8×10^{3}	8.3×10^{3}	1.7×10^{3}	1.3×10^{3}	2.3×10^{3}	1.8×10^{3}	1.1×10^{3}	9.0×10^{2}	8.0×10^{2}	4.0×10^{2}

ND = non detectable

ตารางผนวก 5 น้ำเสียจากบ้านพักมนพัทตรา

sample/ time	date	temp. ^{0}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	27 Sep.98	26	7.3	39	45	169	$1.1x10^{7}$	$1.5x10^{6}$	$1.0x10^{3}$	$2.7x10^{3}$	$3.8x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$1.7x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$9.0x10^{2}$	$5.3x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$7.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$
1/2	27 Sep.98	26	7.3	42	47	180	$1.1x10^{7}$	$1.5x10^{6}$	$2.3x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$2.5x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$9.0x10^{2}$	$1.0x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$1.5x10^{3}$	$3.3x10^{3}$	$3.1x10^{3}$	$1.9x10^{3}$	$2.6x10^{3}$	$7.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$
1/3	27 Sep.98	26	7.3	54	45	176	$4.6x10^{7}$	$9.3x10^{6}$	$1.5x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$2.1x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$7.0x10^{2}$	$1.0x10^{3}$	$9.0x10^{2}$	$1.3x10^{3}$	$1.8x10^{3}$	$2.5x10^{3}$	$4.1x10^{3}$	$1.5x10^{3}$	$4.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$
2/1	28 Sep.98	28	7.31	98	40	219	$4.6x10^{7}$	$4.3x10^{6}$	$3.0x10^{3}$	$5.9x10^{3}$	$4.1x10^{3}$	$2.9x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$1.6x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$5.9x10^{3}$	$9.1x10^{3}$	$8.0x10^{3}$	$7.0x10^{3}$	$4.5x10^{3}$	$3.9x10^{3}$	$2.8x10^{3}$	$3.5x10^{3}$
2/2	28 Sep.98	28	7.31	40	39	223	$1.1x10^{8}$	$4.3x10^{6}$	$3.0x10^{3}$	$4.3x10^{3}$	$6.0x10^{3}$	$6.9x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$1.7x10^{3}$	$6.3x10^{3}$	$5.9x10^{3}$	$6.0x10^{3}$	$5.6x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$3.6x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$3.1x10^{3}$
2/3	28 Sep.98	28	7.31	43	40	223	$4.6x10^{7}$	$2.3x10^{6}$	$4.0x10^{3}$	$5.0x10^{3}$	$5.3x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$1.7x10^{3}$	$3.3x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$3.5x10^{3}$	$5.8x10^{3}$	$6.3x10^{3}$	$7.3x10^{3}$	$5.0x10^{3}$	$3.5x10^{3}$	$3.9x10^{3}$	$4.0x10^{3}$	$2.8x10^{3}$
3/1	29 Sep.98	27	7.32	90	52	247	$1.0x10^{7}$	$2.3x10^{6}$	$3.1x10^{3}$	$2.8x10^{3}$	$5.8x10^{3}$	$3.7x10^{3}$	$1.9x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$3.6x10^{3}$	$4.3x10^{3}$	$4.0x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$2.5x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$2.7x10^{3}$
3/2	29 Sep.98	27	7.32	60	52	146	$9.3x10^{6}$	$4.3x10^{6}$	$4.3x10^{3}$	$5.0x10^{3}$	$4.9x10^{3}$	$4.8x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$3.1x10^{3}$	$3.5x10^{3}$	$3.7x10^{3}$	$3.9x10^{3}$	$4.1x10^{3}$	$3.3x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$1.7x10^{3}$	$1.9x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$2.0x10^{3}$
3/3	29 Sep.98	27	7.32	44	52	192	$1.5x10^{7}$	$7.5x10^{6}$	$1.9x10^{3}$	$3.8x10^{3}$	$3.1x10^{3}$	$3.8x10^{3}$	$2.9x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$3.7x10^{3}$	$2.9x10^{3}$	$4.0x10^{3}$	$3.1x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$2.1x10^{3}$	$1.9x10^{3}$	$8.0x10^{2}$

ND = non detectable

ตารางผนวก 6 น้ำเสียจากบ่อเกรอะ

sample/ time	date	temp. ^{0}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
									bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
							coliform	fecal coliform	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	17 Aug.98	29	7.8	70	128	416	$4.3x10^{6}$	$4.3x\ 10^{6}$	$1.9x10^{3}$	$8.0\ x10^{2}$	$2.1x10^{3}$	$1.2x10^{3}$	$4.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$1.2x10^{3}$	$1.4x10^{3}$	$1.8x10^{3}$	$5x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$
1/2	17 Aug.98	29	7.8	64	130	388	$9.3x10^{6}$	$9.3x10^{6}$	$1.9x10^{3}$	$2.0x10^{2}$	$1.5x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$1.3x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$13x10^{3}$	$3.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$2.1x10^{3}$	$2.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$1.1x10^{3}$
1/3	17 Aug.98	29	7.8	56	130	384	$4.3x10^{6}$	$4.3x\ 10^{6}$	$1.7x10^{3}$	$1.5x10^{3}$	$3.0x10^{2}$	$1.1x10^{3}$	$5.0x10^{2}$	$1.6x10^{3}$	$1.9x10^{3}$	$1.1x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$1.2x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$5.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$
2/1	18 Aug.98	30	7.7	64	122	359	$7.5x10^{5}$	$7.5x10^{5}$	$3.5x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	ND	ND	$3.0x10^{2}$	ND	ND	$7.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	ND	$1.0x10^{2}$
2/2	18 Aug.98	30	7.7	54	123	370	$1.5x10^{6}$	$1.5x10^{6}$	$5.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	ND	$2.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	ND	$3.0x10^{2}$	$1.2x10^{3}$	$5.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$
2/3	18 Aug.98	30	7.7	58	121	366	$1.5x10^{6}$	$1.5x10^{6}$	$5.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$5x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$1.0x10^{3}$	$2.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$
3/1	19 Aug.98	30	7.7	72	128	363	$4.6x10^{6}$	$4.6x10^{6}$	$2.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	ND	ND	$3.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	ND
3/2	19 Aug.98	30	7.7	56	123	348	$1.5x10^{6}$	$1.5x10^{6}$	$5.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	ND	ND	$3.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	ND	ND
3/3	19 Aug.98	30	7.7	64	128	348	$2.4x10^{6}$	$2.4x10^{6}$	$8.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	ND	$1.0x10^{3}$	$5.0x10^{2}$	$1.2x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$3.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	ND

ND = ไม่ detectable

ตารางผนวก 7 น้ำเสียจากท่อน้ำเสียรวมเทศบาล

sample/ time	date	temp. ^{0}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
									bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
							coliform	fecal colform	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	11 Sep.98	30	7.17	22	74	168	$9.3x10^{6}$	$9.3x10^{6}$	$2.7x10^{2}$	$4.9x10^{2}$	$3.7x10^{2}$	$4.1x10^{2}$	$3.1x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$3.5x10^{2}$	$2.5x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$6.3x10^{2}$	$7.5x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$2.5x10^{2}$	$2.8x10^{2}$
1/2	11 Sep.98	30	7.17	19	73	172	$4.3x10^{6}$	$2.3x10^{6}$	$5.0x10^{2}$	$4.1x10^{2}$	$4.9x10^{2}$	$8.1x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.9x10^{2}$	$3.5x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$8.5x10^{2}$	$9.6x10^{2}$	$8.5x10^{2}$	$6.8x10^{2}$	$4.3x10^{2}$	$7.3x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$
1/3	11 Sep.98	30	7.17	17	73	160	$4.3x10^{6}$	$4.3x10^{6}$	$6.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$5.6x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$1.8x10^{2}$	$2.3x10^{2}$	$4.5x10^{2}$	$3.9x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$2.5x10^{2}$	$2.1x10^{2}$	$1.8x10^{2}$
2/1	13 Sep.98	30	7.15	21	75	172	$1.5x10^{7}$	$9.3x10^{6}$	$4.1x10^{2}$	$7.8x10^{2}$	$2.8x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$2.5x10^{2}$	$2.9x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$3.7x10^{2}$	$5.9x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$2.5x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$4.1x10^{2}$	$1.9x10^{2}$
2/2	13 Sep.98	30	7.15	19	74	164	$2.0x10^{7}$	$9.3x10^{6}$	$8.3x10^{2}$	$7.5x10^{2}$	$5.1x10^{2}$	$7.1x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$3.5x10^{2}$	$3.8x10^{2}$	$4.1x10^{2}$	$5.6x10^{2}$	$6.8x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$5.9x10^{2}$	$3.5x10^{2}$	$3.6x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.3x10^{2}$
2/3	13 Sep.98	30	7.15	21	74	160	$9.3x10^{6}$	$9.3x10^{6}$	$5.5x10^{2}$	$4.9x10^{2}$	$4.5x10^{2}$	$5.5x10^{2}$	$1.9x10^{2}$	$2.5x10^{2}$	$2.1x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$7.5x10^{2}$	$8.3x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$5.8x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.8x10^{2}$
3/1	26 Sep.98	30	7.22	31	54	188	$2.4x10^{7}$	$9.3x10^{6}$	$1.3x10^{3}$	$2.9x10^{3}$	$3.7x10^{3}$	$3.8x10^{3}$	$7.0x10^{2}$	$1.6x10^{3}$	$1.5x10^{3}$	$1.8x10^{3}$	$6.6x10^{3}$	$5.7x10^{3}$	$7.8x10^{3}$	$8.1x10^{3}$	$9.0x10^{2}$	$1.0x10^{3}$	$4.0x10^{2}$	$1.0x10^{3}$
3/2	26 Sep.98	30	7.22	24	55	188	$9.3x10^{6}$	$4.3x10^{6}$	$1.5x10^{3}$	$5.0x10^{3}$	$3.9x10^{3}$	$3.1x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$1.6x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$1.5x10^{3}$	$3.9x10^{3}$	$4.7x10^{3}$	$5.0x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$4.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$
3/3	26 Sep.98	30	7.22	22	55	180	$9.3x10^{6}$	$2.3x10^{6}$	$3.6x10^{3}$	$7.3x10^{3}$	$4.3x10^{3}$	$4.3x10^{3}$	$1.7x10^{3}$	$1.5x10^{3}$	$2.5x10^{3}$	$1.5x10^{3}$	$4.9x10^{3}$	$4.5x10^{3}$	$6.0x10^{3}$	$4.0x10^{3}$	$2.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$1.1x10^{2}$

ND = non detectable

ตารางผนวก 8 น้ำเสียระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของโรงงานปลาป่นบริษัทอภิทุนคอปอเรชั่น จำกัด

sample/ time	date	temp. °C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	30 Sep.98	34	8.99	62	1,188	418	$4.3x10^4$	$4.3x10^4$	4.0x10	ND	5.0x10	ND	5.0x10	2.0x10	ND	4.0x10	2.0x10	5.0x10	3.0x10	2.0x10	2.0x10	ND	2.0x10	2.0x10
1/2	30 Sep.98	34	8.99	60	1,184	395	$2.3x10^4$	$2.3x10^4$	2.0x10	4.0x10	ND	ND	6.0x10	3.0x10	2.0x10	ND	2.0x10	ND	2.0x10	2.0x10	ND	ND	ND	ND
1/3	30 Sep.98	34	8.99	52	1,174	498	$4.3x10^4$	$4.3x10^4$	4.0x10	2.0x10	3.0x10	2.0x10	6.0x10	2.0x10	5.0x10	4.0x10	ND	2.0x10	ND	ND	3.0x10	ND	ND	ND
2/1	2 Oct.98	36	8.48	60	1,076	415	$9.0x10^3$	$9.0x10^3$	ND	ND	2.0x10	ND	3.0x10	ND	2.0x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/2	2 Oct.98	36	8.48	58	1,086	456	$9.0x10^3$	$9.0x10^3$	2.0x10	3.0x10	ND	3.0x10	3.0x10	3.0x10	ND	2.0x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/3	2 Oct.98	36	8.48	58	1,081	456	$4.0x10^3$	$4.0x10^3$	ND	ND	ND	ND	ND	2.0x10	ND	2.0x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/1	4 Oct.98	32	8.17	40	881	298	$4.3x10^4$	$2.3x10^4$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.0x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/2	4 Oct.98	32	8.17	46	871	306	$2.3x10^4$	$2.3x10^4$	2.0x10	ND	ND	ND	2.0x10	ND	2.0x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/3	4 Oct.98	32	8.17	50	871	329	$4.3x10^4$	$4.3x10^4$	3.0x10	ND	ND	ND	ND	3.0x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND = non detectable

ตารางผนวก 9 น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (aerated lagoon) ของโรงงานปลาป่นบริษัทอภิทุนคอปอเรชั่น จำกัด

sample/ time	date	temp. ^{o}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	30 Sep.98	33	8.63	22	1,785	408	7.0x10	4.0x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/2	30 Sep.98	33	8.63	22	1,619	417	$1.5x10^{2}$	9.0x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/3	30 Sep.98	33	8.63	20	1,795	399	7.0x10	4.0x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/1	2 Oct.98	34	9.42	30	1,791	369	$9.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/2	2 Oct.98	34	9.42	27	1,776	349	$4.0x10^{2}$	4.0x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/3	2 Oct.98	34	9.42	26	1,771	331	$4.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/1	4 Oct.98	30	9.03	36	1,702	250	9.0x10	9.0x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/2	4 Oct.98	30	9.03	36	1,679	250	7.0x10	4.0x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/3	4 Oct.98	30	9.03	32	1,673	212	$1.5x10^{2}$	9.0x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND = non detectable

ตารางผนวก 10 น้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสีย (activated sludge และ aerated lagoon) ของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด

sample/ time	date	temp. ^{0}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
									bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
							coliform	fecal coliform	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	6 Sep.98	20	7.58	144	983	2,944	9.0×10^{4}	4.0×10^{4}	1.1×10^{2}	7.0x10	3.0 x10	9.0x10	8.0x10	7.0x10	5.0x10	4.0x10	4.0x10	6.0x10	3.0x10	7.0x10	ND	ND	ND	ND
1/2	6 Sep.98	20	7.58	152	978	2,880	1.5×10^{5}	3.0×10^{4}	8.0x10	1.1×10^{2}	1.0×10^{2}	9.0x10	1.0×10^{2}	7.0x10	8.0x10	6.0x10	7.0x10	5.0x10	4.0x10	6.0x10	ND	3.0x10	ND	ND
1/3	6 Sep.98	20	7.58	124	983	2,840	2.3×10^{5}	4.0×10^{4}	7.0x10	ND	9.0x10	1.1×10^{2}	6.0x10	7.0x10	9.0x10	1.1×10^{2}	6.0x10	4.0x10	3.0x10	ND	ND	ND	2.0x10	ND
2/1	8 Sep.98	18	7.33	120	303	2,160	9.0×10^{4}	3.0×10^{4}	4.0x10	3.0x10	7.0x10	1.0×10^{2}	4.0x10	4.0x10	3.0x10	1.0×10^{2}	7.0x10	3.0x10	3.0x10	ND	ND	ND	2.0x10	ND
2/2	8 Sep.98	18	7.33	100	303	2,107	3.0×10^{4}	3.0×10^{4}	5.0x10	3.0x10	1.0×10^{2}	6.0x10	4.0x10	5.0x10	3.0x10	9.0x10	3.0x10	4.0x10	2.0x10	3.0x10	ND	ND	ND	ND
2/3	8 Sep.98	18	7.33	96	313	2,187	4.0×10^{4}	3.0×10^{4}	4.0x10	.8.0x10	ND	6.0x10	7.0x10	3.0x10	5.0x10	6.0x10	4.0x10	5.0x10	ND	3.0x10	ND	ND	ND	ND
3/1	10 Sep.98	20	7.56	78	235	1,867	9.3×10^{5}	4.0×10^{4}	7.0x10	5.0x10	5.0x10	7.0x10	ND	4.0x10	ND	ND	3.0x10	3.0x10	6.0x10	ND	ND	ND	ND	ND
3/2	10 Sep.98	20	7.56	74	240	1,867	2.3×10^{5}	4.0×10^{4}	ND	1.0×10^{2}	ND	6.0x10	ND	1.0×10^{2}	ND	ND	2.0x10	4.0x10	4.0x10	ND	ND	ND	ND	ND
3/3	10 Sep.98	20	7.56	76	260	2,133	4.3×10^{5}	3.0×10^{4}	8.0x10	1.0×10^{2}	1.1×10^{2}	6.0x10	ND	ND	2.0x10	ND	3.0x10	4.0x10	2.0x10	5x10	ND	ND	ND	ND

ND = non detectable

ตารางผนวก 11 น้ำผ่านระบบบำบัดของระบบบำบัดน้ำเสีย (activated sludge และ aerated lagoon) ของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด

sample/ time	date	temp. °C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	6 Sep.98	29	6.06	26	342	188	$1.5x10^3$	$3.0x10^2$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/2	6 Sep.98	29	6.06	26	351	188	$1.5x10^3$	$4.0x10^2$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/3	6 Sep.98	29	6.06	28	351	192	$2.3x10^3$	$3.0x10^2$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/1	8 Sep.98	28	6.6	18	362	188	$2.3x10^3$	$3.0x10^2$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/2	8 Sep.98	28	6.6	28	355	180	$9.0x10^2$	$3.0x10^2$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/3	8 Sep.98	28	6.6	24	360	184	$2.3x10^3$	$3.0x10^2$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/1	10 Sep.98	28	6.61	12	367	172	$4.3x10^3$	$3.0x10^2$	1x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/2	10 Sep.98	28	6.61	16	379	280	$4.0x10^2$	$3.0x10^2$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/3	10 Sep.98	28	6.61	13	369	176	$4.0x10^2$	$3.0x10^2$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND = non detectable

ตารางผนวก 12 น้ำเสียระบบบำบัดน้ำเสีย (activated sludge) ของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครหาดใหญ่

sample/ time	date	temp. ^{0}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
									bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
							coliform	fecal coliform	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	5 Sep.98	29	6.71	270	56	920	4.3×10^{7}	4.3×10^{7}	8.0×10^{3}	9.0×10^{3}	1.3×10^{4}	9.0×10^{3}	2.5×10^{4}	2.5×10^{4}	2.4×10^{4}	3.3×10^{4}	1.4×10^{4}	1.8×10^{4}	1.6×10^{4}	1.7×10^{4}	5.0×10^{3}	4.0×10^{3}	2.2×10^{4}	1.4×10^{4}
1/2	5 Sep.98	29	6.71	245	51	1,120	9.3×10^{7}	4.3×10^{7}	7.0×10^{3}	1.0×10^{4}	1.0×10^{4}	6.0×10^{3}	1.7×10^{4}	$2.0.\times10^{4}$	3.3×10^{4}	1.8×10^{4}	1.4×10^{4}	1.3×10^{4}	1.3×10^{4}	6.0×10^{3}	7.0×10^{3}	9.0×10^{3}	$1.1.\times10^{4}$	1.4×10^{4}
1/3	5 Sep.98	29	6.71	270	51	1,080	2.4×10^{8}	9.3×10^{7}	1.0×10^{4}	1.5×10^{4}	1.5×10^{4}	1.0×10^{4}	$2.0.\times10^{4}$	2.2×10^{4}	1.6×10^{4}	1.6×10^{4}	7.0×10^{3}	2.5×10^{4}	6.0×10^{4}	1.9×10^{4}	$1.0.\times10^{4}$	1.4×10^{4}	1.6×10^{4}	9.0×10^{3}
2/1	9 Sep.98	30	7.5	985	49	1,080	4.3×10^{7}	4.3×10^{7}	1.7×10^{4}	2.3×10^{4}	2.1×10^{4}	1.3×10^{4}	3.3×10^{4}	$4.0.\times10^{4}$	3.2×10^{4}	2.1×10^{4}	2.1×10^{4}	1.9×10^{4}	$2.0.\times10^{4}$	$2.0.\times10^{4}$	$1.0.\times10^{4}$	1.5×10^{4}	1.4×10^{4}	9.0×10^{3}
2/2	9 Sep.98	30	7.5	980	49	1,120	9.3×10^{7}	4.3×10^{7}	1.3×10^{4}	2.3×10^{4}	$2.0.\times10^{4}$	2.3×10^{4}	2.7×10^{4}	2.4×10^{4}	3.2×10^{4}	2.3×10^{4}	1.3×10^{4}	1.3×10^{4}	1.7×10^{4}	3.1×10^{4}	1.3×10^{4}	2.2×10^{4}	2.1×10^{4}	1.6×10^{4}
2/3	9 Sep.98	30	7.5	435	48	1,080	4.3×10^{7}	4.3×10^{7}	1.0×10^{4}	1.3×10^{4}	9.0×10^{3}	5.0×10^{3}	2.3×10^{4}	3.1×10^{4}	2.2×10^{4}	2.9×10^{4}	9.0×10^{3}	2.2×10^{4}	1.3×10^{4}	1.4×10^{4}	8.0×10^{3}	1.1×10^{4}	7.0×10^{3}	5.0×10^{3}
3/1	11 Sep.98	29	7.19	575	62	1,254	2.4×10^{7}	2.4×10^{7}	4.1×10^{4}	4.3×10^{4}	3.5×10^{4}	1.6×10^{4}	3.4×10^{4}	5.8×10^{4}	6.2×10^{4}	2.4×10^{4}	1.5×10^{4}	2.5×10^{4}	2.3×10^{4}	1.3×10^{4}	$2.0.\times10^{4}$	1.6×10^{4}	2.0×10^{4}	1.5×10^{4}
3/2	11 Sep.98	29	7.19	560	63	1,254	1.1×10^{8}	1.1×10^{8}	3.4×10^{4}	$4..0\times10^{4}$	2.4×10^{4}	$4.1.\times10^{4}$	5.2×10^{4}	3.5×10^{4}	3.9×10^{4}	3.9×10^{4}	3.6×10^{4}	4.8×10^{4}	2.1×10^{4}	3.7×10^{4}	$2.2.\times10^{4}$	1.6×10^{4}	2.7×10^{4}	3.6×10^{4}
3/3	11 Sep.98	29	7.19	660	63	1,216	4.6×10^{7}	4.6×10^{7}	5.0×10^{4}	3.9×10^{4}	$3.0.\times10^{4}$	3.5×10^{4}	4.3×10^{4}	$4.6.\times10^{4}$	5.9×10^{4}	$4.6.\times10^{4}$	2.5×10^{4}	3.4×10^{4}	4.2×10^{4}	2.5×10^{4}	1.4×10^{4}	2.5×10^{4}	1.6×10^{4}	1.8×10^{4}

ND = non detectable

ตารางผนวก 13 น้ำผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (activated slude) ของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครหาดใหญ่

sample/ time	date	temp. ^{o}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	5 Sep.98	28	7.97	125	99	320	$2.3x10^{5}$	$2.3x10^{5}$	$4.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.9x10^{3}$	$1.5x10^{3}$	$1.8x10^{3}$	$2.2x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$3.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$
1/2	5 Sep.98	28	7.97	110	99	336	$2.3x10^{5}$	$2.3x10^{5}$	$2.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$2.1x10^{3}$	$2.2x10^{3}$	$1.5x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$5.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$1.0x10^{3}$	$5.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$
1/3	5 Sep.98	28	7.97	115	96	320	$9.3x10^{5}$	$4.3x10^{5}$	$3.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$2.3x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$3.1x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$5.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$1.0x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$
2/1	9 Sep.98	29	7.83	140	96	304	$2.3x10^{5}$	$2.3x10^{5}$	$2.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$1.3x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$9.0x10^{2}$	$1.4x10^{3}$	$4.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$1.0x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	ND	$2.0x10^{2}$
2/2	9 Sep.98	29	7.83	160	95	336	$2.3x10^{5}$	$2.3x10^{5}$	$9.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$2.1x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$5.0x10^{2}$	$1.7x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$1.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$
2/3	9 Sep.98	29	7.83	145	96	304	$7.5x10^{5}$	$4.3x10^{5}$	$2.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	ND	$7.0x10^{2}$	$2.8x10^{3}$	$2.2x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$2.7x10^{3}$	$7.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$
3/1	11 Sep.98	29	7.78	140	97	228	$2.3x10^{5}$	$2.3x10^{5}$	$1.6x10^{3}$	$1.2x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$1.0x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$1.4x10^{3}$	$2.6x10^{3}$	$2.1x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$1.3x10^{3}$	$1.4x10^{3}$	$1.8x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$
3/2	11 Sep.98	29	7.78	120	96	213	$2.3x10^{5}$	$2.3x10^{5}$	$1.1x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$1.8x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$1.5x10^{3}$	$2.6x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$2.6x10^{3}$	$1.4x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$6.0x10^{2}$	$1.2x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$1.1x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$
3/3	11 Sep.98	29	7.78	140	97	213	$2.3x10^{5}$	$2.3x10^{5}$	$1.2x10^{3}$	$1.9x10^{3}$	$1.2x10^{3}$	$1.7x10^{3}$	$2.1x10^{3}$	$2.1x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$2.2x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$1.0x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$7.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$

ND = non detectable

ตารางผนวก 14 น้ำเสียจากแพปลาท่าสะอ้าน

sample/ time	date	temp. °C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
									bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
							coliform	fecal coliform	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	12 Oct.98	29	6.95	1,070	11,056	-	$2.4x10^6$	$4.3x10^5$	$5.4x10^2$	$4.3x10^2$	$5.9x10^2$	$3.7x10^2$	$1.3x10^3$	$1.4x10^3$	$9.9x10^2$	$1.3x10^3$	$4.6x10^2$	$5.3x10^2$	$5.2x10^2$	$4.8x10^2$	$3.4x10^2$	$2.6x10^2$	$2.5x10^2$	$2.1x10^2$
1/2	12 Oct.98	29	6.95	960	11,399	-	$2.5x10^5$	$4.0x10^4$	$7.0x10^2$	$5.8x10^2$	$6.0x10^2$	$7.3x10^2$	$1.3x10^3$	$1.5x10^3$	$1.3x10^3$	$1.0x10^3$	$3.9x10^2$	$4.8x10^2$	$2.7x10^2$	$3.9x10^2$	$2.9x10^2$	$2.6x10^2$	$2.2x10^2$	$1.3x10^2$
1/3	12 Oct.98	29	6.95	1,480	11,496	-	$4.3x10^5$	$4.0x10^4$	$5.8x10^2$	$7.5x10^2$	$6.4x10^2$	$5.7x10^2$	$1.5x10^3$	$1.3x10^3$	$1.3x10^3$	$1.3x10^3$	$4.6x10^2$	$7.0x10^2$	$5.5x10^2$	$5.5x10^2$	$1.6x10^2$	$2.4x10^2$	$2.9x10^2$	$1.8x10^2$
2/1	13 Oct.98	30	6.88	830	10,224	-	$4.6x10^6$	$4.3x10^5$	$1.4x10^3$	$9.0x10^2$	$1.0x10^3$	$4.0x10^2$	$7.4x10^3$	$7.9x10^3$	$7.8x10^3$	$7.2x10^3$	$1.2x10^3$	$1.0x10^3$	$1.0x10^3$	$1.2x10^3$	$3.0x10^2$	$8.0x10^2$	$1.1x10^3$	$3.0x10^2$
2/2	13 Oct.98	30	6.88	1,200	10,420	-	$2.4x10^6$	$9.3x10^5$	$1.4x10^3$	$1.4x10^3$	$7.0x10^2$	$5.0x10^2$	$8.0x10^3$	$7.7x10^3$	$6.8x10^3$	$8.6x10^3$	$9.0x10^2$	$1.0x10^3$	$1.3x10^3$	$5.0x10^2$	$7.0x10^2$	$9.0x10^2$	$1.0x10^2$	$2.0x10^2$
2/3	13 Oct.98	30	6.88	900	9,980	-	$2.3x10^5$	$2.3x10^5$	$1.2x10^3$	$1.0x10^3$	$1.8x10^3$	$1.2x10^3$	$1.0x10^4$	$1.0x10^4$	$1.0x10^4$	$1.0x10^4$	$5.5x10^2$	$1.9x10^3$	$1.3x10^3$	$8.0x10^2$	$5.0x10^2$	$3.0x10^2$	$4.0x10^2$	$3.0x10^2$
3/1	14 Oct.98	28	6.84	1,680	11,057	-	$4.6x10^6$	$2.1x10^5$	$1.1x10^3$	$8.0x10^2$	$9.0x10^2$	$1.1x10^3$	$3.7x10^3$	$4.2x10^3$	$5.3x10^3$	$3.8x10^3$	$1.2x10^3$	$6.0x10^2$	$2.3x10^3$	$1.3x10^3$	$4.0x10^2$	$1.0x10^2$	$3.0x10^2$	$4.0x10^2$
3/2	14 Oct.98	28	6.84	1,070	11,300	-	$2.4x10^6$	$1.5x10^5$	$1.3x10^3$	$8.0x10^2$	$9.0x10^2$	$7.0x10^2$	$2.2x10^3$	$4.1x10^3$	$4.0x10^3$	$3.2x10^3$	$1.8x10^3$	$1.8x10^3$	$1.2x10^3$	$1.4x10^3$	$6.0x10^2$	$5.0x10^2$	$6.0x10^2$	$2.0x10^2$
3/3	14 Oct.98	28	6.84	1,420	11,105	-	$4.6x10^6$	$9.0x10^4$	$7.0x10^2$	$1.4x10^3$	$1.5x10^3$	$1.7x10^3$	$1.7x10^3$	$2.3x10^3$	$4.5x10^3$	$3.9x10^3$	$1.1x10^3$	$9.0x10^2$	$6.0x10^2$	$1.8x10^3$	$2.0x10^2$	$3.0x10^2$	$2.0x10^2$	$3.0x10^2$

ND = non detectable

ตารางผนวก 15 น้ำเสียจากโรงฆ่าไก่

sample/ time	date	temp. °C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	12 Sep.98	30	6.45	550	167	3,116	$2.4x10^7$	$2.4x10^7$	$2.5x10^4$	$2.3x10^4$	$2.4x10^4$	$1.4x10^4$	$3.8x10^4$	$3.7x10^4$	$4.5x10^4$	$5.6x10^4$	$6.0x10^3$	$2.1x10^4$	$1.1x10^4$	$8.0x10^3$	$7.0x10^3$	$9.0x10^3$	$8.0x10^3$	$9.0x10^3$
1/2	12 Sep.98	30	6.45	500	167	3,116	$1.1x10^8$	$2.1x10^7$	$2.3x10^4$	$1.4x10^4$	$6.0x10^3$	$6.0x10^3$	$4.4x10^4$	$3.9x10^4$	$5.9x10^4$	$6.0x10^4$	$1.0 x10^4$	$9.0x10^3$	$1.9x10^4$	$2.5x10^4$	$1.0.x10^4$	$5.0x10^3$	$4.0x10^3$	$8.0x10^3$
1/3	12 Sep.98	30	6.45	490	167	1,786	$2.4x10^7$	$2.4x10^7$	$1.8x10^4$	$2.0x10^4$	$2.1x10^4$	$5.0x10^3$	$5.9x10^4$	$3.4x10^4$	$4.3x10^4$	$4.2x10^4$	$1.5x10^4$	$9.0x10^3$	$1.2x10^4$	$1.8x10^4$	$9.0x10^3$	$9.0x10^3$	$8.0x10^3$	$3.0x10^3$
2/1	13 Sep.98	30	6.53	440	150	2,340	$4.6x10^7$	$1.5x10^7$	$2.6x10^4$	$1.5x10^4$	$3.1x10^4$	$8.0x10^3$	$4.3x10^4$	$4.2x10^4$	$4.1x10^4$	$3.0 x10^4$	$1.9x10^4$	$1.7x10^4$	$1.4x10^4$	$1.7x10^4$	$1.2x10^4$	$6.0x10^3$	$4.0x10^3$	$1.7x10^4$
2/2	13 Sep.98	30	6.53	600	143	1,672	$4.6x10^7$	$7.5x10^6$	$1.3x10^4$	$3.8x10^4$	$1.6x10^4$	$6.0x10^3$	$3.8x10^4$	$3.5x10^4$	$2.8x10^4$	$3.0 x10^4$	$9.0x10^3$	$2.8x10^4$	$2.0 x10^4$	$1.6x10^4$	$1.3x10^4$	$1.3x10^4$	$1.4x10^4$	$1.7x10^4$
2/3	13 Sep.98	30	6.53	310	147	1,733	$2.4x10^7$	$9.3x10^6$	$2.9x10^4$	$2.4x10^4$	$2.9x10^4$	$3.6x10^4$	$2.8x10^4$	$2.5x10^4$	$4.3x10^4$	$3.9x10^4$	$1.8x10^4$	$2.7x10^4$	$2.4x10^4$	$3.9x10^4$	$2.3x10^4$	$2.1x10^4$	$1.5x10^4$	$1.3x10^4$
3/1	14 Sep.98	29	6.7	260	152	1,520	$7.5x10^6$	$4.3x10^6$	$2.4x10^4$	$2.3x10^4$	$2.4x10^4$	$2.0x10^4$	$2.6x10^4$	$3.4x10^4$	$4.0x10^4$	$3.2x10^4$	$1.9x10^4$	$1.0 x10^4$	$1.8x10^4$	$1.8x10^4$	$1.2x10^4$	$1.2x10^4$	$1.3x10^4$	$2.3x10^4$
3/2	14 Sep.98	29	6.7	260	152	1,571	$4.3x10^6$	$4.3x10^6$	$4.0x10^4$	$4.7x10^4$	$2.2x10^4$	$2.1x10^4$	$2.6x10^4$	$4.7x10^4$	$3.8x10^4$	$2.7x10^4$	$1.2x10^4$	$1.9x10^4$	$2.6x10^4$	$2.9x10^4$	$2.0 x10^4$	$5.0x10^3$	$1.9x10^4$	$1.2x10^4$
3/3	14 Sep.98	29	6.7	240	152	1,495	$1.5x10^7$	$1.5x10^7$	$2.2x10^4$	$2.8x10^4$	$2.5x10^4$	$2.4x10^4$	$4.8x10^4$	$3.3x10^4$	$2.8x10^4$	$3.3x10^4$	$2.4x10^4$	$2.1x10^4$	$3.0 x10^4$	$3.6x10^4$	$2.0 x10^4$	$1.3x10^4$	$1.0 x10^4$	$7.0x10^3$

ND = non detectable

ตารางผนวก 16 น้ำเสียจากโรงฆ่าวัว

sample/ time	date	temp. ^{0}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	24 Sep.98	27	7.00	320	50	1,710	4.6×10^{6}	2.4×10^{6}	6.0×10^{2}	3.0×10^{2}	3.0×10^{2}	3.0×10^{2}	3.1×10^{3}	3.2×10^{3}	3.6×10^{3}	4.1×10^{3}	ND	2.0×10^{2}	2.0×10^{2}	ND	1.0×10^{2}	ND	ND	ND
1/2	24 Sep.98	27	7.00	320	40	2,166	4.6×10^{6}	4.6×10^{6}	7.0×10^{2}	3.0×10^{2}	3.0×10^{2}	2.0×10^{2}	2.7×10^{3}	3.5×10^{3}	3.3×10^{3}	2.4×10^{3}	ND	2.0×10^{2}	1.0×10^{2}	ND	1.0×10^{2}	1.0×10^{2}	ND	ND
1/3	24 Sep.98	27	7.00	260	50	1,368	4.6×10^{6}	7.5×10^{5}	2.0×10^{2}	2.0×10^{2}	4.0×10^{2}	2.0×10^{2}	2.1×10^{3}	3.5×10^{3}	2.3×10^{3}	2.5×10^{3}	3.0×10^{2}	2.0×10^{2}	1.0×10^{2}	ND	1.0×10^{2}	1.0×10^{2}	ND	ND
2/1	25 Sep.98	28	6.99	510	60	2,153	1.5×10^{6}	9.0×10^{5}	1.1×10^{3}	9.0×10^{2}	1.3×10^{3}	1.0×10^{3}	1.7×10^{4}	2.1×10^{4}	2.5×10^{4}	1.2×10^{4}	3.0x10	6.0x10	3.0x10	2.0x10	4.0x10	ND	2.0x10	ND
2/2	25 Sep.98	28	6.99	540	57	2,634	1.5×10^{7}	2.3×10^{6}	1.2×10^{3}	1.7×10^{3}	1.3×10^{3}	1.4×10^{3}	1.5×10^{4}	1.7×10^{4}	1.3×10^{4}	9.3×10^{3}	3.0x10	7.0x10	8.0x10	3.0x10	3.0x10	ND	ND	ND
2/3	25 Sep.98	28	6.99	530	62	3,167	1.5×10^{7}	1.5×10^{6}	1.1×10^{3}	8.0×10^{2}	1.3×10^{3}	7.0×10^{2}	2.8×10^{3}	9.0×10^{3}	1.2×10^{4}	1.4×10^{4}	5.0x10	6.0x10	8.0x10	7.0x10	3.0x10	ND	4.0x10	ND
3/1	26 Sep.98	28	6.58	270	35	1,140	4.3×10^{6}	2.3×10^{6}	8.0×10^{2}	3.0×10^{2}	6.0×10^{2}	3.0×10^{2}	4.7×10^{3}	4.1×10^{3}	3.9×10^{3}	3.3×10^{3}	ND	2.0x10	3.0x10	ND	ND	2.0x10	ND	ND
3/2	26 Sep.98	28	6.58	190	30	1,013	1.5×10^{6}	1.5×10^{6}	4.0×10^{2}	2.0×10^{2}	1.0×10^{2}	3.0×10^{2}	4.5×10^{3}	3.8×10^{3}	4.1×10^{3}	4.2×10^{3}	ND	ND	2.0x10	ND	ND	ND	ND	ND
3/3	26 Sep.98	28	6.58	280	30	8,87	4.3×10^{6}	2.3×10^{6}	3.0×10^{2}	4.0×10^{2}	3.0×10^{2}	2.0×10^{2}	6.2×10^{3}	3.9×10^{3}	5.4×10^{3}	5.3×10^{3}	2.0x10	4.0x10	ND	ND	ND	3x10	2.0x10	ND

ND = non detectable

ตารางผนวก 17 น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงหมู

sample/ time	date	temp. °C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	15 Sep.98	28	7.05	1,350	55	3,724	$1.1x10^{8}$	$1.1x10^{8}$	$8.0x10^{3}$	$6.0x10^{3}$	$5.0x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$5.5x10^{4}$	$6.8x10^{4}$	$5.4x10^{4}$	$6.8x10^{4}$	$1.7x10^{4}$	$1.8x10^{4}$	$7.0x10^{3}$	$8.0x10^{3}$	$7.0x10^{3}$	$1.0x10^{4}$	$6.0x10^{3}$	$7.0x10^{3}$
1/2	15 Sep.98	28	7.05	1,100	50	3,534	$1.1x10^{8}$	$1.1x10^{8}$	$1.2x10^{4}$	$1.2x10^{4}$	$4.0x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$3.3x10^{4}$	$5.2x10^{4}$	$5.3x10^{4}$	$5.4x10^{4}$	$8.0x10^{3}$	$7.0x10^{3}$	$1.0x10^{4}$	$1.4x10^{4}$	$1.1x10^{4}$	$3.0x10^{3}$	$9.0x10^{3}$	$7.0x10^{3}$
1/3	15 Sep.98	28	7.05	950	53	3,648	$1.1x10^{8}$	$1.1x10^{8}$	$1.2x10^{4}$	$6.0x10^{3}$	$7.0x10^{3}$	$1.3x10^{4}$	$3.2x10^{4}$	$5.1x10^{4}$	$6.2x10^{4}$	$6.9x10^{4}$	$2.3x10^{4}$	$1.5x10^{4}$	$1.8x10^{4}$	$1.5x10^{4}$	$1.1x10^{4}$	$4.0x10^{3}$	$9.0x10^{3}$	$7.0x10^{3}$
2/1	16 Sep.98	27	7.16	980	65	3,645	$1.1x10^{8}$	$4.6x10^{7}$	$1.9x10^{4}$	$1.0x10^{4}$	$1.3x10^{4}$	$7.0x10^{3}$	$2.7x10^{4}$	$1.8x10^{4}$	$2.1x10^{4}$	$2.8x10^{4}$	$2.1x10^{4}$	$2.2x10^{4}$	$2.3x10^{4}$	$2.2x10^{4}$	$9.0x10^{3}$	$1.2x10^{4}$	$1.1x10^{4}$	$5.0x10^{3}$
2/2	16 Sep.98	27	7.16	1,200	80	3,302	$4.6x10^{7}$	$4.6x10^{7}$	$1.0x10^{4}$	$1.9x10^{4}$	$1.6x10^{4}$	$1.0x10^{4}$	$4.7x10^{4}$	$5.0x10^{4}$	$5.2x10^{4}$	$6.4x10^{4}$	$8.0x10^{3}$	$1.6x10^{4}$	$1.9x10^{4}$	$1.0x10^{4}$	$1.2x10^{4}$	$4.0x10^{3}$	$1.3x10^{4}$	$3.0x10^{3}$
2/3	16 Sep.98	27	7.16	1,450	77	3,916	$4.6x10^{7}$	$4.6x10^{7}$	$4.0x10^{3}$	$1.0x10^{4}$	$6.0x10^{3}$	$1.2x10^{4}$	$4.2x10^{4}$	$5.5x10^{4}$	$3.2x10^{4}$	$3.7x10^{4}$	$9.0x10^{3}$	$1.0x10^{4}$	$1.2x10^{4}$	$9.0x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$7.0x10^{3}$
3/1	17 Sep.98	27	7.54	1,520	75	4,028	$4.6x10^{7}$	$4.6x10^{7}$	$9.0x10^{3}$	$8.0x10^{3}$	$4.0x10^{3}$	$4.0x10^{3}$	$3.5x10^{4}$	$4.3x10^{4}$	$4.8x10^{4}$	$4.7x10^{4}$	$8.0x10^{3}$	$4.0x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	4.0x103
3/2	17 Sep.98	27	7.54	1,400	77	3,800	$1.1x10^{8}$	$1.1x10^{8}$	$4.0x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$5.0x10^{3}$	$9.3x10^{4}$	$8.4x10^{4}$	$9.7x10^{4}$	$9.5x10^{4}$	$4.0x10^{3}$	$5.0x10^{3}$	$4.0x10^{3}$	$5.0x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	ND	$2.0x10^{3}$	$1.0x10^{3}$
3/3	17 Sep.98	27	7.54	1,080	87	3,496	$4.6x10^{7}$	$4.6x10^{7}$	$6.0x10^{3}$	$7.0x10^{3}$	$5.0x10^{3}$	$8.0x10^{3}$	$8.7x10^{4}$	$9.2x10^{4}$	$9.3x10^{4}$	$8.5x10^{4}$	$5.0x10^{3}$	$6.0x10^{3}$	$4.0x10^{3}$	$5.0x10^{3}$	$2.0x10^{3}$	$1.0x10^{3}$	$3.0x10^{3}$	$3.0x10^{3}$

ND = non detectable

ตารางผนวก 18 น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงวัว

sample/ time	date	temp. ^{o}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	28 Aug.98	29	8.00	1,050	223	1,381	$2.4x10^{6}$	$4.3x10^{5}$	$1.0x10^{2}$	5.0x10	8.0x10	ND	$1.5x10^{3}$	$9.0x10^{2}$	$1.2x10^{3}$	$1.8x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	ND	$3.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$1.7x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	ND
1/2	28 Aug.98	29	8.00	1,560	222	1,567	$4.6x10^{6}$	$2.4x10^{6}$	ND	$2.8x10^{2}$	5.0x10	3.0x10	$4.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$2.1x10^{3}$	$1.3x10^{3}$	$4.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	ND	9.0x10	$1.7x10^{2}$	3.0x10
1/3	28 Aug.98	29	8.00	1,340	204	1,428	$1.7x10^{7}$	$1.5x10^{6}$	$1.2x10^{2}$	$1.8x10^{2}$	$1.9x10^{2}$	3.0x10	$1.1x10^{3}$	$1.6x10^{3}$	$3.0x10^{2}$	$6.0x10^{2}$	2.0x10	$3.0x10^{2}$	2.0x10	ND	7.0x10	2.0x10	$1.1x10^{2}$	ND
2/1	29 Aug.98	28	7.62	1,020	184	1,753	$2.4x10^{6}$	$2.4x10^{6}$	$4.2x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$1.0x10^{3}$	$1.2x10^{3}$	$9.0x10^{2}$	$1.5x10^{3}$	$4.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	ND	$6.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	ND	$1.0x10^{2}$	$1.0x10^{2}$
2/2	29 Aug.98	28	7.62	380	175	962	$4.6x10^{6}$	$2.4x10^{6}$	ND	$3.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	1.5x10_	$9.0x10^{2}$	$5.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	ND	$1.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	ND
2/3	29 Aug.98	28	7.62	520	147	791	$1.5x10^{6}$	$1.5x10^{6}$	$6.0x10^{2}$	$3.3x10^{2}$	$1.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$1.1x10^{3}$	$5.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	$1.1x10^{3}$	$6.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	ND	ND	ND	$2.0x10^{2}$	ND
3/1	30 Aug.98	27	7.94	1,340	188	2,096	$1.1x10^{7}$	$2.4x10^{6}$	$5.0x10^{2}$	$1.2x10^{3}$	$9.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$3.1x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$1.5x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$4.0x10^{2}$	ND	9.0x10	$1.5x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	ND
3/2	30 Aug.98	27	7.94	1,100	126	1,862	$4.6x10^{6}$	$2.4x10^{6}$	$7.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$1.0x10^{3}$	$3.0x10^{2}$	$1.2x10^{3}$	$7.0x10^{2}$	$2.9x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$5.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$7.0x10^{2}$	$1.2x10^{2}$	5.0x10	ND	7.0x10
3/3	30 Aug.98	27	7.94	1,440	172	2,064	$1.1x10^{7}$	$4.6x10^{6}$	$1.1x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$1.2x10^{3}$	$5.0x10^{2}$	$3.2x10^{3}$	$2.3x10^{3}$	$1.6x10^{3}$	$8.0x10^{2}$	$9.0x10^{2}$	$2.0x10^{2}$	$3.0x10^{2}$	$8.0x10^{2}$	$1.8x10^{2}$	9.0x10	3.0x10	7.0x10

ND = non detectable

ตารางผนวก 19 น้ำจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง

sample/ time	date	temp. ^{0}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	18 Oct.98	31	8.35	26	15,312	-	4	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/2	18 Oct.98	31	8.35	22	15,459	-	4.3 x 10	7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/3	18 Oct.98	31	8.35	32	14,921	-	1.1 x 10	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/1	19 Oct.98	32	8.33	161	15,459	-	1.5 x 10	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/2	19 Oct.98	32	8.33	152	15,704	-	4	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/3	19 Oct.98	32	8.33	198	15,655	-	4	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/1	20 Oct.98	32	8.29	18	15,263	-	<3	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/2	20 Oct.98	32	8.29	15	15,557	-	3	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/3	20 Oct.98	32	8.29	14	15,508	-	<3	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND = non detectable

ตารางผนวก 20 น้ำจากฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง

sample/ time	date	temp. ^{o}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	15 Oct.98	30	8.02	59	14,089	-	2.3x10	2.3x10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/2	15 Oct.98	30	8.02	90	14,285	-	$1.1x10^{3}$	$4.6x10^{2}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/3	15 Oct.98	30	8.02	78	14,529	-	$1.5x10^{2}$	$1.5x10^{2}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/1	16 Oct.98	30	8.24	48	13,257	-	$2.4x10^{3}$	$4.6x10^{2}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/2	16 Oct.98	30	8.24	46	13,110	-	$1.1x10^{3}$	$4.6x10^{2}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/3	16 Oct.98	30	8.24	54	13,258	-	$1.1x10^{3}$	$4.6x10^{2}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/1	17 Oct.98	30	8.49	27	10,763	-	$1.1x10^{3}$	$2.4x10^{2}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/2	17 Oct.98	30	8.49	23	10,665	-	$1.1x10^{3}$	$2.4x10^{2}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/3	17 Oct.98	30	8.49	28	10,469	-	$2.4x10^{3}$	$4.6x10^{2}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND = non detectable

ตารางผนวก 21 น้ำทะเลชายฝั่งหาดสมิหรา

sample/ time	date	temp. ^{0}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria		bacteriophage (PFU/ml)															
							(MPN/100 ml)		somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				Bacvteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	12 Sep.98	31	8.09	8.7	18,384	-	<3	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/2	12 Sep.98	31	8.09	8.7	18,294	-	4	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/3	12 Sep.98	31	8.09	9.1	18,134	-	<3	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/1	13 Sep.98	31	8.08	10.2	18,002	-	<3	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/2	13 Sep.98	31	8.08	8.6	18,443	-	<3	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/3	13 Sep.98	31	8.08	9.3	18,052	-	4	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/1	14 Sep.98	31	8.1	15	18,149	-	3	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/2	14 Sep.98	31	8.1	15	18,247	-	<3	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/3	14 Sep.98	31	8.1	14	18,198	-	3	<3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND = non detectable

ตารางผนวก 22 น้ำจากคลองอู่ตะเภา

sample/ time	date	temp. ^{0}C	pH	SS (mg/l)	chloride (mg/l)	COD (mg/l)	bacteria (MPN/100 ml)		bacteriophage (PFU/ml)															
									somatic coliphage								F-specific bacteriophage (FSB)							
							coliform	fecal coliform	bacteriophage B				bacteriophage C				RNA and DNA-FSB				DNA-FSB			
									1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1/1	20 Aug.98	30	6.9	56	16	20	3.9×10^{3}	2.3×10^{3}	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/2	20 Aug.98	30	6.9	50	15	20	4.3×10^{3}	4.3×10^{3}	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1/3	20 Aug.98	30	6.9	40	16	10	1.5×10^{4}	7.5×10^{3}	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/1	21 Aug.98	30	6.8	56	12	28	9.3×10^{3}	4.3×10^{3}	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/2	21 Aug.98	30	6.8	60	12	24	4.3×10^{3}	4.3×10^{3}	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2/3	21 Aug.98	30	6.8	60	12	20	9.3×10^{3}	4.3×10^{3}	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/1	22 Aug.98	29	6.8	38	11	40	9.3×10^{3}	4.3×10^{3}	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/2	22 Aug.98	29	6.8	40	11	40	2.1×10^{5}	4.6×10^{4}	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3/3	22 Aug.98	29	6.8	42	12	40	1.1×10^{5}	2.4×10^{4}	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND = non detectable

ภาคผนวก ข.

ตารางภาคผนวก 23 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของ RNA และ DNA-F-specific bacteriophage ในน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ

ลำดับที่	แหล่งน้ำเสีย	น้ำเสีย		น้ำผ่านระบบบำบัด	
		F-specific bacteriophage (FSB)		F-specific bacteriophage (FSB)	
		RNA-FSB	DNA-FSB	RNA-FSB	DNA-FSB
1.	โรงพยาบาล	49	51	0	0
2.	โรงแรม	30	70	36	64
3.	อาคารบ้านพัก	80	20	-	-
4.	ท่อน้ำเสียรวม	78	22	-	-
5.	บ่อเกรอะ	-	-	78	22
6.	โรงงานปลาป่น	100	-	0	0
7.	โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง	78	22	94	6
8.	โรงฆ่าสัตว์	72	28	39	61
9.	แพปลา	23	67	-	-
10.	โรงฆ่าไก่	36	64	-	-
11.	โรงฆ่าวัว	60	40	-	-
12.	ฟาร์มเลี้ยงหมู	40	60	-	-
13.	ฟาร์มเลี้ยงวัว	73	27	-	-
14.	ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง	0	0	-	-
15.	ฟาร์มเลี้ยงปลากะพงในกระชัง	0	0	-	-
16.	น้ำทะเลชายฝั่ง	0	0	-	-
17.	คลองอู่ตะเภา	0	0	-	-

ภาคผนวก ค.
วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยวิธี electrometric method

การวัดพีเอช คือ การวัดสภาพความเป็นกรดหรือด่างของสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวกลาง โดยใช้หลักการ electrochemistry โดยการวัดความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นระหว่าง reference electrode กับ sensing electrode ความต่างศักย์ที่ได้เกิดขึ้น จากจำนวนของไฮโดรเจนอิออน (H^+) ในน้ำ ความต่างศักย์ที่เกิดจากอิออน (ionic potential) จะถูกเปลี่ยนให้เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้า (electronic potential) แล้วขยายให้มีความต่างศักย์สูงขึ้นด้วยเครื่อง pH meter

วิธีตรวจวิเคราะห์

การวัดค่าพีเอชของน้ำโดยใช้เครื่อง pH meter ทำได้โดยใช้ glass electrode ซึ่งมีความสามารถในการวัดความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) การอ่านค่าพีเอช สามารถอ่านค่าพีเอชโดยตรง ซึ่งการวัดค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำทุกครั้ง ต้องใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน (standard buffer solution) ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน calibrate เครื่องก่อน

2. ตะกอนแขวนลอย (suspended solids) โดยวิธี gravimetric method

ตะกอนแขวนลอย หมายถึง ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำและสามารถกรองได้ด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (whatman GF/C) บางครั้งของแข็งประเภทนี้เรียกว่า nonfilterable solid

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระดาษกรองใยแก้ว (whatman GF/C)
2. ชุดกรอง (filtration apparatus)
3. เครื่องดูดอากาศ (suction pump)
4. ตู้อบ (drying oven) ควบคุมอุณหภูมิได้ 103-105 องศาเซลเซียส
5. เดสซิเคเตอร์ (desiccator)
6. เครื่องชั่งละเอียด (analytical balance)
7. aluminium foil

วิธีการวิเคราะห์

1. อบกระดาษกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งหาน้ำหนัก

2.เลือกปริมาตรน้ำที่จะได้ปริมาณของตะกอนแขวนลอยให้เหมาะสม แต่ไม่ควรน้อยกว่า 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร

3. วางกระดาษลงในกรวย ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ (suction pump)

4. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกเพื่อให้ติดแน่นกับกรวยกรอง

5. กรองน้ำตัวอย่างโดยอาศัยแรงดูดจากเครื่องดูดอากาศ

6. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมด

7. ปิดเครื่องดูดอากาศใช้ปากคีบ คีบกระดาษกรองใส่ในถ้วย aluminium foil นำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ในตู้อบ (drying oven) ประมาณ 1 ชั่วโมง

8. ทิ้งไว้ให้เย็นลง จนเท่าอุณหภูมิห้องในเดซิเคเตอร์ ชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

การคำนวณ

ของแข็งแขวนลอย(mg/l) $= \left[(B-A) \times 10^6\right]$ / ปริมาณตัวอย่างน้ำ (ml)

A = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนการวิเคราะห์ (กรัม)

B = น้ำหนักกระดาษกรองหลังการวิเคราะห์ (กรัม)

3. คลอไรด์ (chloride) โดยวิธี argentometric method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร
2. บุเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
3. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. K_2CrO_4 indicator : ชั่ง K_2CrO_4 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่นเล็กน้อย เติม $AgNO_3$ ลงไปจนกระทั่งมีตะกอนสีแดงเกิดขึ้น ตั้งทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง กรองและเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

2. สารละลายมาตรฐานเงินไนเตรท 0.0141 นอร์มัล : ชั่ง $AgNO_3$ 2.395 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร การใช้ต้อง standardize ด้วย NaCl 0.0141 นอร์มัล ทุกครั้ง โดยที่ 1 มิลลิลิตร ของสารละลายมาตรฐานเงินไนเตรทจะสมมูลย์กับ 0.5 กรัม ของคลอไรด์

3. สารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์ 0.0141 นอร์มัล : ชั่ง NaCl ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส จำนวน 824.1 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวมเท่ากับ 1 ลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. ตวงตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร หรือเลือกปริมาตรที่เหมาะสม เทในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

2. ปรับพีเอชของตัวอย่างน้ำให้อยู่ระหว่าง 7.0-10.0 ด้วย NaOH หรือ H_2SO_4 เติม K_2CrO_4 indicator 1 มิลลิลิตร

3. ทิเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานเงินไนเตรท 0.0141 N จนกระทั่งถึงจุดยุติคือสีเหลืองอมส้ม

การวิเคราะห์ทำ blank ทุกครั้ง โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง ค่าที่ได้จากการทิเทรตสำหรับ Blank ควรอยู่ระหว่าง 0.2-0.3 มิลลิลิตร

การคำนวณผล

$$\text{คลอไรด์ (mg/l)} = \frac{[(A-B) \times N \times 35,450]}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (ml)}}$$

A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานเงินไนเตรทที่ใช้ในการทิเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานเงินไนเตรทที่ใช้ในการทิเตรทน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (normality)

4. ซีโอดี (COD : chemical oxygen demand) โดยวิธี dichromate reflux method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.ชุดรีฟลักซ์ พร้อมเตาแผ่นเหล็กความร้อน

2.บูเรตขนาด 50 มิลลิลิตร

สารเคมีที่ใช้

1. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.10 นอร์มัล : เตรียมโดยชั่ง $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ 37.2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น เติมกรดซัลฟูริค (conc.H_2SO_4) 20 มิลลิลิตร ปล่อยให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

2. สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 0.250 นอร์มัล : ชั่ง $K_2Cr_2O_7$ (อบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) 12.259 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

3. กรดซัลฟูริค โดยการเติมเงินซัลเฟต (Ag_2SO_4) 22 กรัม ในกรดซัลฟูริคขนาดบรรจุ 9 ปอนด์ หรือ 4 กิโลกรัม ตั้งทิ้งไว้ 2-3 วันก่อนนำมาใช้

4. ผงปรอทซัลเฟต ($HgSO_4$)

5. ferroin indicator solution : 1,10-phenanthroline monohydrate 1.485 กรัม และ $FeSO_4.7H_2O$ 695 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1.ตวงตัวอย่างปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดสำหรับหาค่าซีโอดี ขนาด 250 มิลลิลิตร

2. เติม $HgSO_4$ 0.4 กรัม และ glass beads 2-3 เม็ด

3. เติมสารละลายกรดซัลฟูริค (ผสม Ag_2SO_4 อยู่ก่อนแล้ว) 5 มิลลิลิตร อย่างช้าๆพร้อมกับเขย่าเพื่อละลายปรอทซัลเฟต และควรทำให้เย็นในขณะเขย่า เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียไปของสารที่เป็นไอในตัวอย่าง

4. เติมสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 0.250 นอร์มัล 10 มิลลิลิตร โดยใช้ปิเปต

5. ค่อยๆเติมสารละลายกรดซัลฟูริค 25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

6. นำขวดรีฟลักซ์ไปต่อกับเครื่องกับ condenser เปิดน้ำหล่อเย็น ต้มให้เดือด (reflux) นาน 2 ชั่วโมง ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นลงไปในขวดประมาณ 80 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

7. ทิเทรตไดโครเมตที่มากเกินพอด้วย FAS 0.10 นอร์มัล โดยใช้ 2-3 หยด ferroin indicator solution ถึงจุดยุติคือ จุดที่สีของสารละลายเปลี่ยนจากน้ำเงินแกมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

การหาความเข้มข้นของ FAS

1. ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 0.250 นอร์มัล 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร

2. เติมกรดซัลฟูริค 30 มิลลิลิตร ปล่อยทิ้งไว้จนเย็น

3. ทิเทรตด้วย FAS 0.10 นอร์มัล โดยใช้ ferroin indicator solution 2-3 หยดจนกระทั่งถึงจุดยุติ คือ จุดที่สีของสารละลายเปลี่ยนจากน้ำเงินแกมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้น ของ FAS} = [\text{ปริมาณ}K_2Cr_2O_7\text{(ml)} \times 0.25]/\text{ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)}$$

$$\text{COD (mg/l)} = [(A-B) \times M \times 8000]/\text{ปริมาณตัวอย่าง (ml)}$$

โดยที่ A = ปริมาณFAS ที่ใช้สำหรับ Blank (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณ FAS ที่ใช้สำหรับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

M = ความเข้มข้นของ FAS

ภาคผนวก ง.
วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยา

1. Total coliform bacteria โดยวิธี multiple tube fermentation technique

ทำการวิเคราะห์โดยใช้ระบบ 3 หลอด เป็นเทคนิคการตรวจหาเชื้อ coliform bacteria โดยมีขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์ดังนี้

การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ (buffer solution)

สำหรับน้ำเสียที่มีปริมาณ coliform bacteria มาก ต้องนำมาเจือจางด้วยสารสะลายบัฟเฟอร์ก่อน ตามความเหมาะสม ซึ่งเตรียมได้ ดังนี้

1.1 ละลาย 34.0 กรัม ของโปตัสเซี่ยมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) ในน้ำกลั่น (distilled water) 500 มิลลิลิตร ปรับพีเอชให้ได้ 7.2 $\pm$ 0.5 ด้วยการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 นอร์มัล เติมน้ำกลั่นจนครบ 1000 มิลลิลิตร

1.2 นำสารละลายจากข้อ 1.1 มาปริมาณ 1.25 มิลลิลิตร เติมสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต 5.0 มิลลิลิตร (50 กรัม $MgSO_4.7H_2O$ ต่อน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร) แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

1.3 ตวงใส่หลอดทดลอง หลอดละ 9 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัดไอ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

การทดสอบขั้นแรก (presumptive test)

1. การเตรียมหลอดทดลอง (test tube) พร้อมหลอดดักก๊าซ (durham tube) ซึ่งวางในลักษณะคว่ำภายในหลอดทดลอง วางหลอดทดลองในที่วางหลอดทดลอง (rack) 3 แถว ๆละ 3 หลอด

2. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ lauryl tryptose broth 35.6 กรัม หลอมละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อโรคด้วยหม้อนึ่งอัดไอ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที อาหารเมื่อฆ่าเชื้อภายในอุณหภูมิความดัน และเวลาที่กำหนดแล้วไม่ควรปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในหม้อนึ่งอัดไอ เพราะจะทำให้อาหารพวก tryptose เสื่อมสลายตัวไป

3. เขียนสัญลักษณ์และปริมาตรของตัวอย่างบนหลอดทดลอง

4. ดูดตัวอย่างด้วยปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ด้วยวิธีปราศจากเชื้อ (aseptic technique) ใส่ในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ในแถวที่ 1 ปริมาณ 0.1 มิลลิลิตร และ 0.01 มิลลิลิตร ในแถวที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

5. เขย่าหลอดบรรจุน้ำตัวอย่างด้วยเครื่องเขย่าอัตโนมัติให้เข้ากัน

6. เขย่าหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่ตัวอย่างเสร็จแล้ว ด้วยเครื่องเขย่าอัตโนมัตินาน 2 นาที เพื่อให้ส่วนผสมต่างๆ เข้ากันดี

7. นำหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวไปบ่มเชื้อ (incubate) ในตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิที่ 35±0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

8. การอ่านผลการทดลอง เมื่อบ่มเชื้อครบ 48 ชั่วโมง ก่อนอ่านผลต้องเขย่าหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อเสียก่อน ตรวจดูก๊าซในหลอดดักก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด ถ้าหลอดใดมีก๊าซเกิดขึ้นไม่ว่าเท่าไร แสดงว่าการตรวจสอบขั้นแรกให้ผลบวกบันทึกผล และนำไปทำการตรวจสอบขั้นยืนยันทุกหลอด ถ้าหลอดใดไม่มีก๊าซแสดงว่าการตรวจสอบขั้นแรกในผลลบบันทึกผล

การตรวจสอบขั้นยืนยัน (confirmed test)

1. นำหลอดที่ให้ผลบวกในการตรวจสอบขั้นแรกทุกหลอด มาทำการทดลองในขั้นยืนยันต่อไป

2. เตรียมหลอดทดลองพร้อมหลอดดักก๊าซ เพื่อบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ brilliant green lactose bile broth 2% (BGLB) 40 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร หลอมละลายแล้วบรรจุหลอดละ 10 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

3. เขียนสัญลักษณ์บนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อที่บรรจุอาหารดังกล่าว และผ่านการฆ่าเชื้อแล้วให้ได้จำนวนเท่ากับจำนวนหลอด lauryl tryptose broth ที่ให้ผลบวก

4. เลือกหลอดที่เกิดก๊าซ จากการตรวจสอบขั้นแรก เขย่าเบาๆ แล้วใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ (wire loop) ซึ่งลนไฟฆ่าเชื้อจนแดง ทิ้งให้เย็นสักครู่ ถ่ายเชื้อจากหลอดที่ให้ผลบวกของ lauryl tryptose broth แต่ละหลอดลงในหลอด BGLB หลอดต่อหลอด และต้อง sterile loop ทุกครั้งที่จะใช้

5. เขย่าหลอด BGLB ที่ถ่ายเชื้อลงไป ให้ส่วนผสมเข้ากันดี นำเชื้อไปบ่มในตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

6. อ่านผลการทดลองหลังจากครบ 48 ชั่วโมง นำมาตรวจดูการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ ถ้าเกิดก๊าซจะให้ผลบวก บันทึกผลว่าพบหลอดที่เกิดก๊าซจำนวนกี่หลอด

7.นำผลของหลอดที่ให้ผลบวกและลบในแต่ละการเจือจาง ไปคำนวณหา coliform bacteria จากตารางดัชนี MPN (most probable number index) ซึ่งค่านี้จะบอกถึงจำนวน coliform bacteria ที่มีโอกาสพบได้บ่อยกว่าค่าอื่นๆ สำหรับตัวอย่างนั้นๆ ในรูปของ MPN/100ml ส่วนกรณีที่ไม่สามารถอ่านค่าจากตารางได้ ใช้วิธีคำนวณจากสูตร Thomas' simple formula (รายละเอียดในบทที่ 2)

2. Fecal coliform bacteria

การตรวจวิเคราะห์ขั้นนี้ ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ EC medium 37 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร บรรจุลงในหลอดทดลองที่มีหลอดดักก๊าซคว่ำอยู่ภายใน หลอดละ 10 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที โดยมีขั้นตอนวิเคราะห์ ดังนี้ คือ

1. การตรวจสอบขั้นแรก ใช้เทคนิควิธีการเดียวกับการวิเคราะห์หา coliform bacteria ทุกประการ

2. เขียนสัญลักษณ์บนหลอดอาหาร EC medium ให้ได้จำนวนเท่ากับหลอด lauryl tryptose broth ที่ให้ผลบวก

3. ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ ที่ลนไฟฆ่าเชื้อแล้ว ถ่ายเชื้อจากหลอด lauryl tryptose broth ที่ให้ผลบวกทุกหลอด หลอดต่อหลอด ให้เขย่าหลอดจาก lauryl tryptose broth เบาๆก่อนถ่ายเชื้อทุกครั้ง โดยทำพร้อมกับการตรวจ coliform bacteria ในขั้นยืนยันที่ใช้อาหาร BGLB

4. นำหลอดอาหารเหลว EC medium ที่ได้รับการถ่ายเชื้อแล้ว ไปบ่มเชื้อในเครื่องอังน้ำภายใน 30 นาที หลังจากเติมเชื้อแล้วที่อุณหภูมิ 44.5$\pm$ 0.2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24$\pm$2 ชั่วโมง โดยให้ระดับน้ำในเครื่องอังน้ำ ท่วมสูงเกินระดับผิวบนของอาหารในหลอด

5. การอ่านผลการทดลอง หลอดที่พบว่าเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซให้อ่านผลเป็นบวก แสดงว่า coliform bacteria ที่ปะปนอยู่ในตัวอย่าง เป็น fecal coliform bacteria ที่ถูกขับถ่ายออกมากับอุจจาระของคนและสัตว์เลือดอุ่น หลอดที่ไม่เกิดก๊าซภายใน 24 ชั่วโมง ให้อ่านผลเป็นลบ แสดงว่า coliform bacteria ที่ปะปนอยู่ในตัวอย่างตรวจเป็นพวก non-fecal coliform bacteria ซึ่งมาจากพืชหรือดิน

6. นำผลการอ่านไปคำนวณหาจำนวน fecal coliform bacteria จากตารางดัชนี MPN จะได้ค่าของ fecal coliform bacteriaในรูป MPN/100 ml ในกรณีที่ไม่สามารถอ่านค่าจากตารางได้ให้ใช้วิธีคำนวณจากสูตร Thomas' simple formula (ดังรายละเอียดในบทที่ 2)

ตารางภาคผนวก 24 MPN index and 95% confidence limit for various combination of positive results when three tubes used per dilution (10 ml, 1 ml and 0.1 ml)

combination of Positives	tube per dilution		
	3		
	MPN index /100 ml	95 % confidence limit	
		lower	upper
0-0-0	< 3		
0-0-1	3	< 0.5	9
0-1-0	3	< 0.5	13
0-2-0	-	-	-
1-0-0	4	< 0.5	20
1-0-1	7	1	21
1-1-0	7	1	23
1-1-1	11	3	36
1-2-0	11	3	36
2-0-0	9	1	36
2-0-1	14	3	37
2-1-0	15	3	44
2-1-1	20	7	89
2-2-0	21	4	47
2-2-1	28	10	150
2-3-0	-	-	-
3-0-0	23	4	120
3-0-1	39	7	130
3-0-2	64	15	380
3-1-0	43	7	210
3-1-1	75	14	230

ตารางภาคผนวก 24 (ต่อ)

combination of positives	tube per dilution		
	3		
	MPN index /100 ml	95 % confidence limit	
		lower	upper
3-1-2	120	30	380
3-2-0	92	15	380
3-2-1	150	30	440
3-2-2	210	35	470
3-3-0	240	36	1,300
3-3-1	460	71	2,400
3-3-2	1,100	150	4,800
3-3-3	≥ 2,400	-	-

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายประดิษฐ์ คล้ายดวง

วัน เดือน ปีเกิด 30 สิงหาคม 2502

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ประกาศนียบัตรวิชาพนักงานอนามัยชั้นตรี	วิทยาลัยการสาธารณสุขภาคใต้ จังหวัดยะลา	2521
สาธารณสุขศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช	2528

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

นักวิชาการสุขาภิบาล 6 โรงพยาบาลขนอม อ. ขนอม จ. นครศรีธรรมราช