สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

รายงานวิจัย

เรื่อง

ผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

(Effect of physical environment on survival of Fecal Coliform and Fecal Streptococci in Bangpakong Estuary)

โดย

รตีวรรณ อ่อนรัศมี
ดนัย บวรเกียรติกุล
รจฤดี โชติกาวินทร์
วัลลภ ใจดี

26 มี.ค. 2552
BK 0048928
249249
เริ่มบริการ
31 มี.ค. 2552

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนจาก งบประมาณแผ่นดิน
ประจำปี 2542

บทคัดย่อ

ปากแม่น้ำบางปะกงเป็นบริเวณที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจำนวนมาก อันเป็นผลให้เป็นแหล่งรวมของของเสียต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ โดยเฉพาะเชื้อโรคที่ปนเปื้อนน้ำบริเวณนี้อันอาจมีผลกระทบต่อระบบห่วงโซ่อาหารและระบบนิเวศน์วิทยาของบริเวณปากแม่น้ำ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาเลือกใช้จุลินทรีย์บ่งชี้นี้เหมาะสมในการกำหนดคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำ

การดำเนินการวิจัยมีทั้งภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ ในภาคสนามประกอบด้วยการเก็บตัวอย่างน้ำในระยะต่าง ๆ จากปากแม่น้ำ คือ บริเวณปากแม่น้ำ และบริเวณที่ห่างจากปากแม่น้ำในระยะ 2.5, 5, 8 และ 12 กิโลเมตร และที่ระดับความลึก 3 ระดับ คือ ระดับต่ำกว่าผิวน้ำ 30 เซนติเมตร ระดับกึ่งกลางแม่น้ำ และระดับเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตร ในช่วงเวลา 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว หลังจากนั้นมีการทดลองทางห้องปฏิบัติการโดยการใช้ระบบจำลอง microcosm

ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิ, ความนำไฟฟ้า, ความเค็มและของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับฟีคัลสเตรปโตคอคไค แต่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับฟีคัลโคลิฟอร์ม จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า แสงแดดและความเค็มเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่มีผลต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค และพบว่า ที่ความเค็มที่ 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน ฟีคัลสเตรปโตคอคไคมีการรอดชีวิตได้ดีกว่าฟีคัลโคลิฟอร์ม

Abstract

The Bangpakong estuary is an area where many fishery manufactures have been operated; as a result it is the vulnarable area in which various waste products including physical, chemical and biological waste products have accumulated and contaminated with the water in this area. This may affect the chains of food and ecological system of this area. Therefore, this research objective is to identify the effect of physical environment factors to the survival of Fecal Coliform and Fecal Streptrococci. Then, The appropriate selection of Fecal Coliform and Fecal Streptococci indicators for identification of water quality in estuary will be based on the data obtained for this study.

This study comprises of field work and laboratory activites. In the field the samples of water were collected from different areas in relation to the mount of the river such as at the estuary itself and at the points of 2.2, 5, 8 and 12 kms from the estuary, and at the three depth levels including at 30 cms below the surface, at the middle of the river, and at the 50 cm above the riverbed) in three seasons - hot, rainy and cool seasons. In the labolatory phase, all samples were analysed after and experimentation in the microcosm model.

The study revealed that temperature, electrical conductability, saltiness and all dissolved solid has a positive relationship with Feacal streptococci whereas it has a negative relationship with Fecal coliform. The result of laboratory showed that sunshine and saltiness affect to survival of Fecal coliform and Fecal streptococci. It also showed that at the salty level of 1, 10, 20 and 30 per thousand, the Fecal streptococci was able to have better survival than the Fecal coliform.

รตีวรรณ อ่อนรัศมี
ดนัย บวรเกียรติกุล
รจฤดี โชติกาวินทร์
วัลลภ ใจดี

ผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพต่อการรอดชีวิตของ
ฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

พิมพ์ครั้งที่ 1 มิถุนายน 2543
สงวนลิขสิทธิ์

พิมพ์ที่ ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
คณะสาธารณสุขศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
จ.ชลบุรี

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2542 มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

โครงการวิจัยนี้ได้รับความเอื้อเฟื้อในการเก็บตัวอย่างน้ำจากคุณวินัย ตันพิบูลย์, อาจารย์อุดมศักดิ์ มหาวีรวัฒน์, อาจารย์สุรพล เมฆวณิชย์, อาจารย์ปวีณา มีประดิษฐ์, อาจารย์นันทพร บุตรบำรุง, คุณวสันต์ ปิยธรรมสถิต, คุณสัญญา ว่องไวอมรเวช, ศิษย์เก่าและศิษย์ปัจจุบันรุ่น 1, 2, 3, 4 และ 5 สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ขอขอบพระคุณอาจารย์ชิงชัย เมธพัฒน์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจทานบทคัดย่อ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ คณะสาธารณสุขศาสตร์ทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

มิถุนายน 2543

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ

บทคัดย่อภาษาไทย

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย 3

1.5 คำจำกัดความ 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 6

2.1 ปากแม่น้ำ 6

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำในปากแม่น้ำ 8

2.3 ปัจจัยควบคุมการกระจายของสารในปากแม่น้ำ 9

2.4 ข้อมูลทั่วไปของแม่น้ำบางปะกง 10

2.5 แบคทีเรีย 12

2.6 จุลินทรีย์บ่งชี้ 17

2.7 โคลิฟอร์ม 18

2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์ม 18

2.9 สเตรปคอคไค 20

2.10 ฟีคัลสเตรปโตคอคไค 21

2.11 สัดส่วนของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค 21

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	25
3.1 รูปแบบการวิจัย	25
3.2 สถานที่ในการวิจัย	25
3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	25
3.4 ขั้นตอนการศึกษาและการเก็บข้อมูล	27
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย	30
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย	33
4.1 การศึกษาในภาคสนาม	33
4.1.1 การสำรวจพื้นที่เบื้องต้น	33
4.1.2 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา	38
4.1.3 การเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	51
4.1.4 การเปลี่ยนแปลงตามสถานที่ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	55
4.1.5 ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพต่อของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	59
4.2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ	60
4.2.1 ค่า T_{90} ของของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	60
4.2.2 ผลกระทบจากแสงแดดต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	62
4.2.3 ผลกระทบจากความเค็มต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	63
4.2.4 ผลกระทบจากแสงแดดและความเค็มต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	65
4.2.5 การเปรียบเทียบการรอดชีวิตระหว่างฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	68

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 อภิปราย สรุปผล และข้อเสนอแนะ 69

5.1 อภิปรายผลการศึกษา 69

5.2 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 74

บรรณานุกรม 76

ภาคผนวก 79

ภาคผนวก ก ข้อมูลดิบผลการศึกษา 79

ภาคผนวก ข ภาพกิจกรรมการเก็บตัวอย่างน้ำ 92

ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัยและสัดส่วนการทำวิจัย 97

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าประมาณของแบคทีเรียที่ใช้เป็นตัวชี้วัดต่อตัวมนุษย์หรือสัตว์บางชนิด	22
3.1	การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ	27
3.2	การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี	29
3.3	การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางชีววิทยา	29
4.1	คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีววิทยา	39
4.2	การเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	52
4.3	การเปลี่ยนแปลงตามระยะทางของปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	56
4.4	ความแตกต่างของฟีคัลโคลิฟอร์มตามสถานที่ในฤดูร้อน	57
4.5	ความแตกต่างของฟีคัลสเตรปโตคอคไคตามสถานที่ในฤดูหนาว	58
4.6	ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพต่อฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	59
4.7	ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	62
4.8	การเปรียบเทียบค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	63
4.9	ความแตกต่าง ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มที่ระดับความเค็มต่างกัน	64
4.10	ความแตกต่าง ค่า T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคที่ระดับความเค็มต่างกัน	64
4.11	การเปรียบเทียบ T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคในภาวะที่มีแสงแดดและในที่มืดที่ระดับความเค็มต่างกัน	65
4.12	ความแตกต่าง ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มในภาวะที่มีแสงแดดและความเค็มเป็นปัจจัยร่วม	66
4.13	ความแตกต่าง ค่า T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคในภาวะที่มีแสงแดดและความเค็มเป็นปัจจัยร่วม	66
4.14	การเปรียบเทียบค่า T_{90} ระหว่างฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	68

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดการวิจัย	5
2.1	การหมุนเวียนของกระแสน้ำในปากแม่น้ำแบบ Salt Wedge	6
2.2	การหมุนเวียนของกระแสน้ำในปากแม่น้ำแบบน้ำ 2 ชั้นผสมผสานกันเล็กน้อย	7
2.3	การหมุนเวียนของกระแสน้ำในปากแม่น้ำประเภทที่น้ำผสมผสานกันดี	8
2.4	ระยะของการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย	13
3.1	แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำ	26
3.2	แผนภูมิการทดลองในห้องปฏิบัติการ	28
3.3	ระบบจำลอง microcosm	31
3.4	การทดลองผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค	32
4.1	ป่าชายเลน บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง	34
4.2	เรือสินค้า บริเวณกิโลเมตรที่ 2.5 จากปากแม่น้ำ	34
4.3	ชุมชนชาวประมงบริเวณกิโลเมตรที่ 5 จากปากแม่น้ำ	35
4.4	การเลี้ยงปลาในกระชัง บริเวณกิโลเมตรที่ 6 จากปากแม่น้ำ	35
4.5	ย่านโรงงานอุตสาหกรรม บริเวณกิโลเมตรที่ 8 จากปากแม่น้ำ	36
4.6	โรงไฟฟ้าบางปะกง	36
4.7	ป่าชายเลนบริเวณกิโลเมตรที่ 12 จากปากแม่น้ำ	37
4.8	ความเร็วของกระแสน้ำ	43
4.9	อุณหภูมิของน้ำ	43
4.10	ความนำไฟฟ้า	44
4.11	ความเค็ม	44
4.12	ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	45
4.13	ความขุ่น	45
4.14	พีเอช	46
4.15	ของแข็งแขวนลอย	46
4.16	ออกซิเจนละลาย	47
4.17	บีโอดี	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.18 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 48

4.19 ไนเตรท-ไนโตรเจน 48

4.20 ไนไตรท์-ไนโตรเจน 49

4.21 ฟอสฟอรัสทั้งหมด 49

4.22 ฟีคัลโคลิฟอร์ม 50

4.23 ฟีคัลสเตรปโตคอคไค 50

4.24 การเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของฟีคัลโคลิฟอร์ม 53

4.25 การเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของฟีคัลสเตรปโตคอคไค 54

4.26 กราฟแสดงค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์ม 61

4.27 กราฟแสดงค่า T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไค 61

4.28 กราฟเปรียบเทียบค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ในสภาวะที่มีแสงแดด 67

4.29 กราฟเปรียบเทียบค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ในสภาวะที่มืด 67

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ปากแม่น้ำเป็นบริเวณเขตติดต่อระหว่างแม่น้ำและทะเล มีการผสมกันระหว่างน้ำจืดและน้ำทะเล (เปี่ยมศักดิ์ มานะเศวต 2536) จึงเป็นย่านที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ในขณะเดียวกันก็เป็นบริเวณที่รวบรวมของแหล่งของเสียต่าง ๆ ที่ไหลปนเปื้อนมาตามแม่น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อโรคที่ก่อให้เกิดโรคจากน้ำเป็นสื่อ อาจมีโอกาสปนเปื้อนไปยังสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงและเข้าสู่มนุษย์ในที่สุด ในการควบคุมคุณภาพน้ำจึงได้มีการกำหนดพารามิเตอร์และค่ามาตรฐานขึ้น เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินคุณภาพน้ำ ซึ่งจะนำไปสู่การใช้ประโยชน์ที่เหมาะสม

สำหรับคุณภาพน้ำทางชีววิทยานั้น โดยปกติไม่นิยมตรวจจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogenic Organism) เพราะค่อนข้างยุ่งยาก เสียเวลา และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย จึงมีการนำเอากลุ่มของจุลินทรีย์บ่งชี้ (Indicator Organism) มาใช้ตรวจวิเคราะห์แทน โดยคาดว่าหากพบจุลินทรีย์บ่งชี้ ก็อาจพบจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคด้วย กลุ่มของจุลินทรีย์บ่งชี้นิยมใช้ฟีคัลโคลิฟอร์ม เป็นตัวบ่งชี้สำหรับแหล่งน้ำทั่ว ๆ ไป แต่สำหรับน้ำทะเลและกากตะกอนนั้น การตรวจหาฟีคัลสเตรปโตคอคไคอาจมีความเหมาะสมมากว่า โดยมีรายงานว่า ความเค็ม อุณหภูมิ แสงแดด มีผลต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอ์ม (Enzinger R.M. และ Cooper R.C 1976, Fujooka S. และ คณะ 1981, McCambridge J และ McMeekin T.A. 1981 , Hood Mary A., และ Ness Bregory E. 1982 , Davies Cheryl และคณะ 1995 , Solic และ Krstulovic Nada 1992) และมีรายงานการตรวจพบเชื้อ Salmonella ในหอยและในน้ำทะเล ในขณะที่ค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม ที่ตรวจพบอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (Kfir R., Burger J.S., และ J.S., Idema G.K. 1993)

ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 ได้กำหนดโคลิฟอร์มทั้งหมด และ ฟีคัลโคลิฟอร์ม เป็นพารามิเตอร์ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางชีววิทยา ทั้งมาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน และมาตรฐานน้ำทะเล สำหรับปากแม่น้ำบางปะกงนั้น มีคุณลักษณะเป็นน้ำกร่อย ค่าความเค็มอยู่ในช่วง 11-33 ส่วนในพันส่วน (กรมควบคุมมลพิษ 2536) ประกอบกับแม่น้ำบางปะกงไหลผ่านย่านชุมชน พื้นที่การเกษตร และย่านอุตสาหกรรม จึงเป็นแหล่งรองรับของเสียต่าง ๆ มาโดยตลอดจนถึงบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งเป็นเสมือนหนึ่งแหล่งรวบรวมความสกปรกสุดท้ายก่อนลงสู่ทะเล หากมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคก็จะสามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร โดยผ่านสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงอยู่เป็นจำนวนมากในบริเวณสองฝั่งน้ำ อีกทั้งมีการปล่อยน้ำหล่อเย็นจากโรงไฟฟ้าลงสู่แม่น้ำอาจส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น และอาจกระทบถึงจำนวนของจุลินทรีย์บ่งชี้ได้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่มีผลต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์ม ซึ่งเป็นกลุ่มแบคทีเรีย

ตามที่กำหนดในมาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินและ ฟีคัลสเตรปโตคอคไค ซึ่งเป็นจุลินทรีย์บ่งชี้ที่เหมาะสมกับน้ำเค็ม เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาเลือกใช้จุลินทรีย์บ่งชี้ที่เหมาะสม อันจะเป็นหนทางหนึ่งในการช่วงป้องกันการเกิดโรคระบาดที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ และเป็นการพัฒนางานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมให้ก้าวหน้าต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพที่มีต่อฟีคัลโคลีฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค
3. เพื่อศึกษาผลกระทบจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่มีต่อการรอดชีวิตฟีคัลโคลีฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. การศึกษาวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การศึกษาวิจัยในภาพสนามและการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการ
2. พื้นที่ในการวิจัยในภาพสนามได้แก่ บริเวณ 0,2.5, 5, 8 และ 12 กิโลเมตร จากปากแม่น้ำบางปะกง อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา สถานที่การวิจัยในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. การศึกษาวิจัยในภาคสนามได้แก่

-คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีววิทยาของบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

-ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพที่มีต่อฟีคัลโคลีฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

4. การศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการโดยระบบจำลอง microcosm ได้แก่

-ผลกระทบจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่มีต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลีฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

5. ตัวแปรในการศึกษาวิจัย

5.1 ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพที่มีต่อฟีคัลโคลีฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

-ตัวแปรต้น ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ความนำไฟฟ้า (Conductivity), ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solid)

-ตัวแปรตาม ได้แก่ ฟีคัลโคลีฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

5.2 ผลกระทบจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่มีต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลีฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

-ตัวแปรต้น ได้แก่ ความเค็ม, แสงแดด

-ตัวแปรตาม ได้แก่ ฟีคัลโคลีฟอร์ม , ฟีคัลสเตรปโตคอคไค

1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย

1. การศึกษาในภาคสนามทำการเก็บตัวอย่าง ฤดูกาลละ 2 ครั้ง ได้แก่ ฤดูร้อน (มีนาคมและเมษายน) , ฤดูฝน (สิงหาคมและกันยายน) , ฤดูหนาว (พฤศจิกายนและธันวาคม)

2. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ ดำเนินการ เพียงฤดูกาลเดียว โดยนำตัวอย่างน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงมาปรับคุณภาพน้ำให้มีความเค็มใกล้เคียงกับความเค็มของตัวอย่างน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงในช่วงฤดูร้อน, ฤดูฝน และฤดูหนาว

3. ในการเก็บตัวอย่างจากระบบ microcosm จะทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ที่เวลาต่าง ๆ ดังนี้ ชั่วโมงเริ่มต้น, 18 ชั่วโมง, 24 ชั่วโมง, 42 ชั่วโมง, 48 ชั่วโมง, 66 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง นับจากชั่วโมงที่เริ่มต้น ทั้งนี้ระยะห่างของช่วงเวลาเก็บตัวอย่างไม่เท่ากันทุกช่วง เนื่องจากบางช่วงเป็นเวลายามวิกาล ไม่สะดวกในการเก็บตัวอย่าง จึงจำเป็นต้องปรับเวลาเก็บตัวอย่างให้เหมาะสม

1.5 คำจำกัดความ

1. ฟีคัลโคลิฟอร์ม หมายถึง กลุ่มแบคทีเรียที่ตรวจวัดโดยการสร้างโคโลนี ด้วยวิธี membrane filter tecnique โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ m-FC medium ทำการเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 44.5 $\pm$ 0.2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 $\pm$ 2 ชั่วโมง

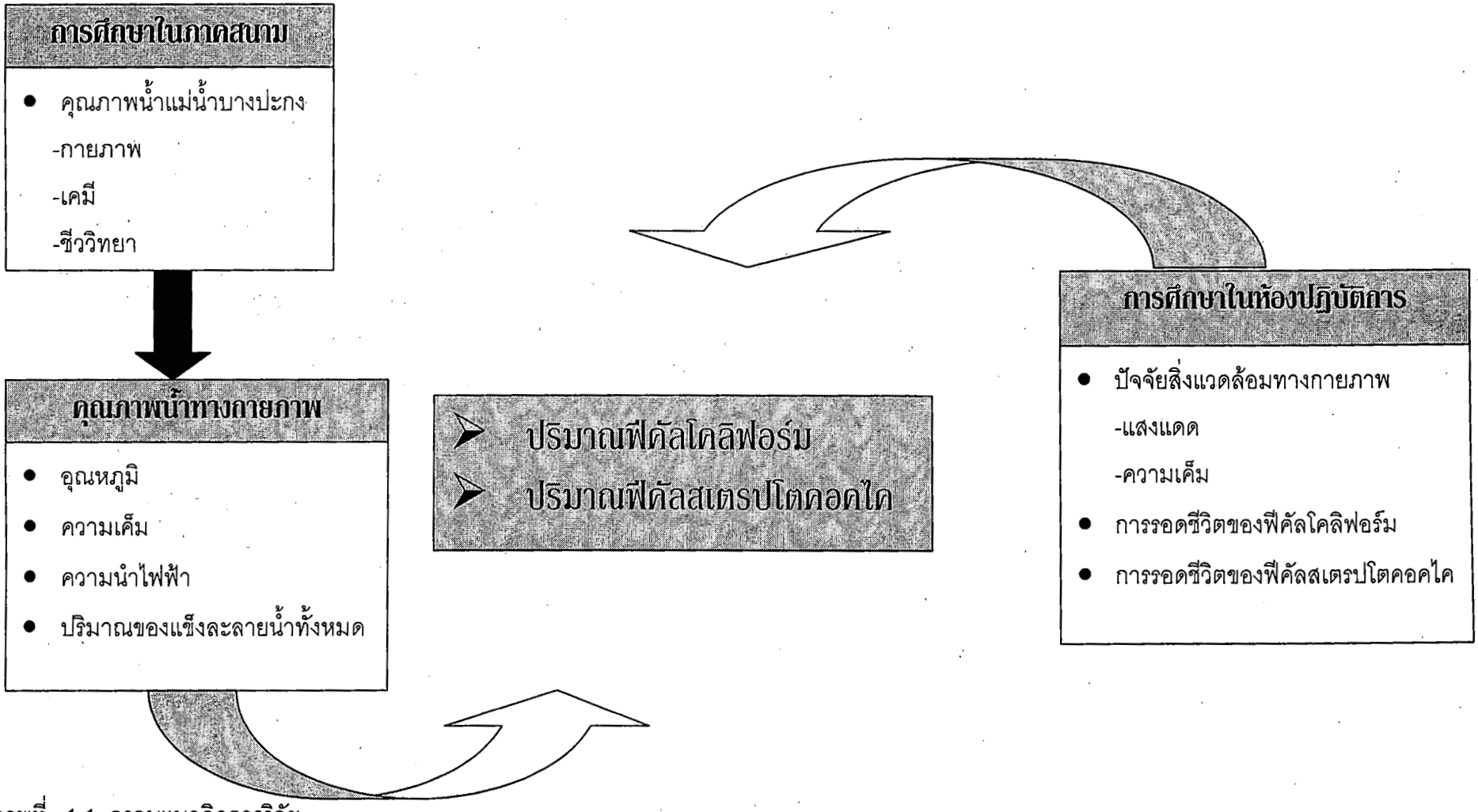
2. ฟีคัลสเตรปโตคอคไค หมายถึง กลุ่มแบคทีเรียที่ตรวจวัดโดยการสร้างโคโลนี ด้วยวิธี membrane filter tecnique โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ KF Streptococcus Agar ทำการเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 36 $\pm$ 0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 $\pm$ 48 ชั่วโมง

3. ระบบจำลอง microcosm หมายถึงระบบนิเวศจำลองเพื่อใช้ในการศึกษาการรอดชีวิตของฟีคัลโคลีฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ระบบจำลอง microcosm มีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความจุประมาณ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำด้วยพลาสติกใส ภายในบรรจุตัวอย่างน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางประกง ซึ่งผ่านการกรองและฆ่าเชื้อแล้ว และเติมตัวอย่างน้ำเสียจากชุมชน

4. T_{90} หมายถึง ระยะเวลาที่เชื้อแบคทีเรียลดจำนวนลงไป 90% จากจำนวนตั้งต้น

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นการพัฒนาความรู้และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาเลือกจุลินทรีย์บ่งชี้ (Indicator Organism) ที่เหมาะสมกับแหล่งน้ำบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งมีคุณลักษณะเป็นน้ำกร่อยเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดเกณฑ์ หรือมาตรฐานคุณภาพน้ำทางแบคทีเรียต่อไป การเลือกจุลินทรีย์บ่งชี้ที่เหมาะสมจะเป็นหนทางหนึ่งในการป้องกันและเฝ้าระวังโรค ที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ เช่น โรคทางเดินอาหาร, ไทฟอยด์ เป็นต้น



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

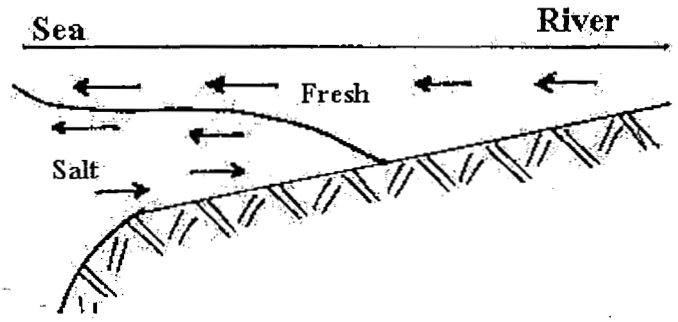
บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ปากแม่น้ำ

ปากแม่น้ำหรือ เอสทูรี (Estuary) หมายถึง บริเวณที่เป็นเขตรอยต่อระหว่างแม่น้ำกับทะเล มีการผสมผสานระหว่างน้ำจืดจากพื้นแผ่นดินกับน้ำเค็มจากทะเล (เปี่ยมศักดิ์ มานะเศวต 2533, มนูวดี หังสพฤกษ์ 2532, Nelson L. Nemensw 1991.)

ปากแม่น้ำ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท (มนูวดี หังสพฤกษ์ 2532) ได้แก่

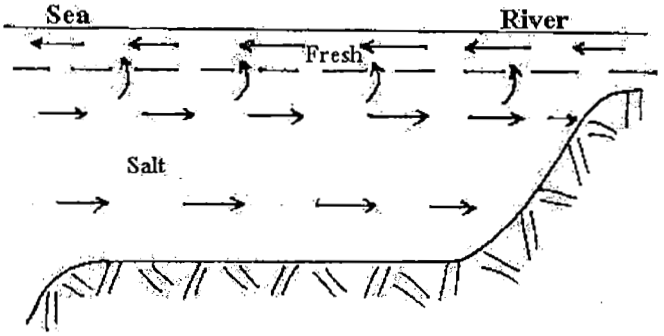
1. Salt Wedge น้ำทะเลจะล้ำเข้าไปในท้องแม่น้ำในระดับล่างเป็นแบบลิ่มดังภาพที่ 2.1 ความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างความหนาแน่นของน้ำทั้งสองชนิดทำให้เกิดแนวแบ่งเขตขึ้น และลดความปั่นป่วน และการผสมผสานให้เหลือน้อยมาก ที่ปากแม่น้ำมิสซิสซิปปี ในสหรัฐ-อเมริกา ลิ่มน้ำเค็มยื่นเข้าไปในแม่น้ำถึง 70 กิโลเมตร



ภาพที่ 2.1 การหมุนเวียนของกระแสน้ำในปากแม่น้ำแบบ Salt Wedge

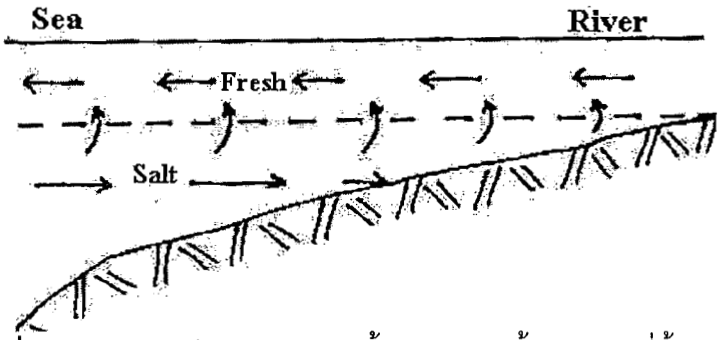
2. ประเภทที่มีการผสมผสานระหว่างชั้นของน้ำทั้งสองชนิดเล็กน้อย ดังภาพที่ 2.2 ปากแม่น้ำประเภทนี้มีการดึงเอาน้ำที่มีความเค็มสูงจากชั้นล่างขึ้นไปผสมกับน้ำชั้นบน เกิดขึ้นเมื่อความเร็วของแม่น้ำที่ไหลออกทะเลสูงพอที่จะทำให้เกิดคลื่นภายใน ขึ้นที่ระหว่างชั้นของน้ำทั้งสองจนทำให้ชั้นระหว่างชั้นน้ำทั้งสองถูกทำลายไป และเกิดการผสมผสานของน้ำทั้ง 2 ชั้นได้ดีขึ้น ความเค็มของน้ำชั้นบนจึงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะทางที่ออกสู่ทะเล พร้อมกับการเพิ่มของปริมาตรด้วย เนื่องจากมีน้ำทะเลขึ้นมาผสม ความเค็มของน้ำชั้นล่างเกือบจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่

มีการเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ ของน้ำไปทางเหนือน้ำ การหมุนเวียนของน้ำในอ่าวแคบ ๆ หลายแห่งเป็นแบบนี้ ส่วนหนึ่งของน้ำจืดจากชั้นบนจะแทรกซึมลงชั้นล่าง รอยต่อระหว่างชั้นจึงถูกแทนที่ด้วยชั้นกึ่ง-กลางซึ่งเรียกว่า ฮาโลคลายน์ ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างรวดเร็วตามความลึก ถ้าเป็นบริเวณปากแม่น้ำที่ลึกและแคบอาจจะพบแบบที่ชั้นทั้งสองของน้ำอยู่เพียงส่วนบนสุดเพียงตื้น ๆ ส่วนล่างสุดที่ลึกลงไปจะเป็นน้ำนิ่งไม่มีการถ่ายเท ถ้าเป็นบริเวณปากแม่น้ำมีพื้นตื้น น้ำในส่วนล่างของปากแม่น้ำอาจมีโอกาสถ่ายเทน้อย จะเกิดสภาพขาดออกซิเจนได้



ภาพที่ 2.2 การหมุนเวียนของกระแสน้ำในปากแม่น้ำแบบน้ำ 2 ชั้น ผสมผสานกันเล็กน้อย

3. ประเภทที่น้ำผสมผสานกันดี ในปากแม่น้ำที่ตื้น ที่กระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงมีความแรง จะมีการผสมผสานดีในแนวดิ่ง ดังภาพที่ 2-3 แม้ว่าการไหลของน้ำจะยังเป็นแบบ 2 ชั้น คือ น้ำจืดไหลออกทะเลในระดับบนและน้ำทะเลไหลเข้าแม่น้ำในระดับล่าง ในกรณีนี้ความเค็มจะเพิ่มขึ้นทีละน้อยตามความลึก ปากแม่น้ำของอ่าวเชสสปีค ทางฝั่งตะวันออกของสหรัฐอเมริกา แม่น้ำเทมส์ และแม่น้ำเมอร์เซย์ ในอังกฤษก็เป็นแบบนี้ สำหรับแม่น้ำในประเทศไทยพบว่าแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแบบนี้ในฤดูแล้ง ซึ่งมีน้ำจืดไหลออกน้อย น้ำทั้ง 2 ชั้นจะมีการผสมผสานกันดีและความเค็มจะค่อยเพิ่มขึ้นตามความลึก แต่ในฤดูน้ำมากเดือนกันยายน-ตุลาคม น้ำชั้นบนจะเป็นน้ำจืดแท้ ๆ ที่ไหลออกทะเล มีการแบ่งชั้นของน้ำเห็นได้ชัดเจน โดยน้ำชั้นล่างเป็นน้ำทะเลที่มีการผสมผสานระหว่างสองชั้นนี้น้อยมาก แม่น้ำแม่กลองและแม่น้ำบางปะกง ในฤดูแล้งมีการผสมผสานของน้ำระหว่างชั้นดีมาก เพราะปากแม่น้ำตื้นมีความลึกของน้ำเพียง 4-5 เมตร พบว่าความเค็มของน้ำที่ผิวหน้าและที่ลึกมีค่าเท่ากัน แต่ในปลายฤดูฝนก็ยังคล้ายคลึงกัน ความเค็มจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามความลึกแต่ไม่มากนัก โดยไม่มี ฮาโลคลายน์



ภาพที่ 2.3 การหมุนเวียนของกระแสน้ำในปากแม่น้ำประเภทที่น้ำผสมผสานกันดี

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำในปากแม่น้ำ

ปากแม่น้ำจะมีปริมาณเกลือละลายอยู่เฉลี่ย 120 มิลลิกรัมต่อลิตรจนถึงน้ำที่มีความเค็ม 35 ส่วนในพันส่วนซึ่งเป็นระดับความเค็มปกติของน้ำทะเลน้ำในแม่น้ำจะมีแคลเซียมและไบคาร์บอเนตเป็นแคตไอออนหลักและแอนไอออนหลักตามลำดับ ขณะที่ในน้ำทะเลมีโซเดียม แมกเนเซียม คลอไรด์ และซัล-เฟตเป็นไอออนหลักสี่ชนิด

การกระจายขององค์ประกอบทางเคมีภายในปากแม่น้ำเป็นผลมาจากกระบวนการหลายอย่างที่เกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน สารต่าง ๆ ที่เกิดโดยธรรมชาติและโดยการกระทำของมนุษย์ต่างก็ถูกนำเข้าสู่บริเวณปากแม่น้ำโดยแม่น้ำ โดยทางอากาศ จากแหล่งบนชายฝั่งใกล้เคียงและจากทะเลด้วย ส่วนหนึ่งจะสะสมอยู่ในปากแม่น้ำ และอีกส่วนหนึ่งก็ถูกพาออกทะเลไป สารต่าง ๆ เหล่านี้จะอยู่ในสภาพและรูปแบบต่าง ๆ กัน บางส่วนละลายอยู่ในน้ำในรูปแบบของไอออนอิสระ ไอออนคู่ สารประกอบเชิงซ้อน คอลลอยด์ และสารแขวนลอย ชิ้นส่วนของแร่ธาตุที่แขวนลอยอยู่จะมีผิว-เคลือบไปด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ องค์ประกอบทุกชนิดในปากแม่น้ำยังอยู่ภายใต้อิทธิ-พลทางไฮโดรไดนามิกส์ และ ไฮโดรลิกส์ของระบบน้ำ รวมทั้งอิทธิพลของสิ่งมีชีวิตด้วย โดยทั่ว-ไปกล่าวได้ว่าลักษณะทางเคมีของปากแม่น้ำถูกควบคุมโดยลักษณะของแม่น้ำแต่ละลาย และ ลัด-ส่วนของการผสมผสานของน้ำจืดกับน้ำทะเล

สำหรับองค์ประกอบปริมาณน้อยมักจะพบว่าธาตุที่ไม่ค่อยว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ลิเทียม ยูเรเนียม โมลิบดินัม และฟลูออไรด์ จะมีในน้ำทะเลมากกว่าน้ำในแม่น้ำ แต่ธาตุที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาทางเคมีมากกว่า เช่น แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี กลับตรง-กันข้าม แความแตกต่างในองค์ประกอบปริมาณน้อยระหว่างแม่น้ำสายหนึ่งกับอีกสายหนึ่งนี้อาจมีได้มาก เช่น แตกต่างกันเป็นสิบเท่า หรือบางแห่งอาจเป็นพันเท่าก็มี (มนูวดี หังสพฤกษ์ 2532)

2.3 ปัจจัยควบคุมการกระจายของสารในปากแม่น้ำ

การกระจายของธาตุอาหารและก๊าซที่ละลายน้ำในปากแม่น้ำอยู่ภายใต้การควบคุมของการหมุนเวียนของน้ำ การผสมผสาน กระบวนการทางฟิสิกส์ กระบวนการทางชีวภาพ กระบวนการทางเคมี และการตกตะกอน แอสตันได้สรุปถึงอิทธิพลต่าง ๆ ที่ควบคุมการกระจายดังกล่าวไว้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. การผสมผสานกันของน้ำจืดกับน้ำทะเล โดยน้ำขึ้นน้ำลงนั้น ไม่ว่าจะเป็นแบบวันละสองครั้ง หรือแบบครั้งเดียวก็ตาม จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของน้ำในปากแม่น้ำ ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแบบชั่วคราวในการถ่ายเทสาร เช่น ธาตุอาหาร โลหะ จากแหล่งน้ำจืดหรือจากน้ำทะเล มักพบว่าปากแม่น้ำจะมีปริมาณธาตุอาหารและโลหะสูงกว่าในทะเลมาก เนื่องจากการนำพาจากแม่น้ำ

2. การหมุนเวียนของน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งการแบ่งชั้นของน้ำในปากแม่น้ำบางแห่งทำให้เกิดความแตกต่างในระดับของสารทั้งในแนวนอนและแนวดิ่ง

3. ความจำกัดในแง่รูปร่างลักษณะของปากแม่น้ำอาจจำกัดการหมุนเวียนถ่ายเทของน้ำ เช่น ในฟยอร์ด ซึ่งการผสมผสานกันของน้ำทะเลจากภายนอกกับน้ำในปากแม่น้ำเป็นไปได้น้อยมาก ทำให้เกิดสภาพการขาดแคลนก๊าซออกซิเจน เกิดเป็นสภาพรีดิวซิงในระดับล่างของน้ำในฟยอร์ดได้

4. ระบบกระแสน้ำชายฝั่งและในปากแม่น้ำทำให้เกิดการทับถมของตะกอนต่างๆ การตกตะกอนและการกลับลอยขึ้นของตะกอนในปากแม่น้ำ อาจมีผลกระทบต่อปริมาณรวมของธาตุอาหารต่าง ๆ ที่ละลายน้ำ รวมทั้งธาตุอาหารด้วย

5. ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างการผสมผสานของน้ำแม่น้ำและน้ำทะเล อาจนำไปสู่การกำจัดหรือการเพิ่มของธาตุที่ละลายน้ำ ยิ่งกว่านั้นการเปลี่ยนแปลงความเค็มและอุณหภูมิจะมีผลต่อการละลายอีกด้วย

6. กระบวนการผลิตทางชีวภาพและเมตาบอลิซึมมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเกิดและการกระจายของธาตุอาหารและก๊าซบางชนิด เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน สภาวะแวดล้อมของปากแม่น้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงได้มาก ทำให้เกิดปัญหาด้านการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตบริเวณนั้น จึงพบสัตว์และพืชจำนวนน้อยชนิดที่อาศัยอยู่ได้ (มนูวดี หังสพฤกษ์ 2543)

2.4 ข้อมูลทั่วไปของแม่น้ำบางปะกง

แม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำสายหลักของภาคตะวันออก เกิดจากการรวมตัวของแม่น้ำนครนายกและแม่น้ำปราจีนบุรี ที่อำเภอบางแตน จังหวัดปราจีนบุรีและไหลลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอบางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา รวมความยาวประมาณ 122 กิโลเมตร มีความกว้างอยู่ในช่วง 100-500 เมตร ความลึกโดยเฉลี่ยประมาณ 4 เมตร (เกศินี กิจกำแหง 2542, พิชาญ สว่างวงศ์ และคณะ 2541) บริเวณท้องน้ำจะมีลักษณะเป็นร่องคลื่นและเรียบสลับกันไป ร่องน้ำนี้จะคดเคี้ยวซึ่งเป็นผลมาจากกระแสน้ำขึ้นลงที่เปลี่ยนแปลงมากบริเวณปากแม่น้ำและผลของน้ำท่วมในฤดูน้ำหลาก

ลักษณะของแม่น้ำจะมีปริมาณน้ำน้อยในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนพฤษภาคม และมีปริมาณน้ำมากในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน โดยปริมาณน้ำสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนกันยายน ในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณน้ำโดยรวมประมาณร้อยละ 80-90 ของปริมาณน้ำทั้งหมดในรอบปี และจากข้อมูลในรอบระยะเวลา 10 ปี พบว่าปริมาตรน้ำอยู่ระหว่าง 4,000 ถึง 5,000 ลูกบาศก์เมตร ในฤดูแล้งการไหลของน้ำจากบริเวณที่บรรจบกันของแม่น้ำจนถึงปากแม่น้ำใช้เวลาประมาณ 30 วัน แต่ในฤดูฝนใช้เวลาเพียง 1 วัน เนื่องจากในฤดูฝนมีความเร็วของกระแสน้ำสูงมาก ประมาณ 1.4 เมตรต่อวินาที (เกศินี กิจกำแหง 2542)

ระบบนิเวศน์ทางน้ำของระบบลุ่มน้ำถูกควบคุมโดยลักษณะของปากแม่น้ำของแม่น้ำบางปะกง ซึ่งมีค่าความเค็มประมาณ 2-5 หน่วยต่อพันหน่วย ที่ระยะทาง 110 กิโลเมตร จากปากแม่น้ำนับว่าไม่ผิดปกตินักในช่วงสูงสุดของฤดูแล้ง (สุรพล เมฆวณิชย์ 2543)

ลักษณะภูมิอากาศบริเวณลุ่มแม่น้ำบางปะกงแบ่งเป็นช่วงฤดูฝน ได้แก่ ในระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม (ฤดูมรสมตะวันตกเฉียงใต้) ช่วงฤดูแล้ง ได้แก่ ในระหว่างช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน (มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ) (พิชาญ สว่างวงศ์ และคณะ 2541) จากข้อมูลสภาพภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2504 ถึง 2543) สรุปได้ดังนี้ อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 27.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดตลอดปี 32.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 23.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยจะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดปี ปริมาณฝนตกเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 1,314.6 มม. จำนวนที่มีฝนตกในรอบปีโดยเฉลี่ย 121.6 วัน ปริมาณฝนโดยเฉลี่ยในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมอยู่ระหว่าง 133.5-296.2 มม. เดือนที่มีฝนตกชุกที่สุดได้แก่ เดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุด 286.9 มม. และเดือนที่มีฝนตกน้อยที่สุด คือ เดือนธันวาคม มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 8.9 มม. (คอนซัลแตนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด 2537.)

ลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงจะเป็นแบบน้ำผสม (mixed type) มีน้ำขึ้นน้ำลงวันละ 2 ครั้งในช่วงน้ำตาย (neap tide) และมีน้ำขึ้นน้ำลงวันละ 1 ครั้งในช่วงน้ำเกิด (spring tide) ปากแม่น้ำบางปะกงเป็นบริเวณน้ำกร่อยได้รับอิทธิพลโดยตรงจากน้ำท่าที่ไหลลงมาจากบริเวณต้นน้ำ ส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงความเค็ม พบว่า ในฤดูฝนจะมีความเค็มระหว่าง 0-10 ส่วนในพันส่วน ฤดูแล้งซึ่งมีปริมาณน้ำท่าไหลลงมาน้อย ความเค็มจะมีค่าระหว่าง 20-30 ส่วนในพันส่วน

จากมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งกำหนดโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมได้จัดให้แม่น้ำบางปะกงตลอดสายเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 (เพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนและเพื่อใช้ในการเกษตร) ได้มีผู้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงไว้ดังนี้

บริษัทคอนซัลแตนท์ ออฟ เทคโนโลยี ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกงในปี 2536 พบว่าที่ระยะ 8.6 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำมีอุณหภูมิ 33.5 องศาเซลเซียส พีเอช 7.52 ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำเท่ากับ 4.47 มิลลิกรัม/ลิตร บีโอดีเท่ากับ 2.84 มิลลิกรัม/ลิตร จำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด เท่ากับ 900 MPN/100 มิลลิลิตร และสารแขวนลอยเท่ากับ 0.6 มิลลิกรัม/ลิตร

สมเจตร ภูมิสวัสดิ์ ได้ทำการศึกษาการแพร่กระจายของแบคทีเรียบริเวณปากแม่-น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ถึง เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2538 ถึงเดือนมิถุนายน 2539 พบว่าบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง มีค่าปริมาณรวมของแบคทีเรียอยู่ระหว่าง 1.80×10^2 ถึง 2.09×10^5 CFU/มิลลิลิตร โดยมีปริมาณมากที่สุดในเดือนธันวาคม สามารถแยกตัวอย่างของแบคทีเรียได้ 361 สายพันธุ์ ทำการจำแนกชนิดได้เป็นแบคทีเรียในสกุล วิบริโอ, ฟลาโวแบคทีเรียม, ซูโดโมแนส, อัลคาลิเจน, เฟล็กซิแบคเตอร์, บาซิลัส และแอโรโมแนส คิดเป็นร้อยละ 17.17, 13.85, 8.03, 6.37, 5.26, 5.26 และ 4.99 ตามลำดับ โดยเฉพาะในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงจะมีความหลากหลายของสกุลแบคทีเรียมากกว่า 15 สกุล ซึ่งมากกว่าสถานีอื่น ๆ ในบริเวณเดียวกัน มีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวมอยู่ระหว่าง 2-2,400 MPN/100 มิลลิลิตร โดยมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายน, ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าอยู่ระหว่าง 2-460 MPN/100 มิลลิลิตร มีปริมาณมากที่สุดในเดือนกรกฎาคม

สุบัณฑิต เมฆขยายและคณะ ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำด้านแบคทีเรียและพาโธ-เจนนิคแบคทีเรียในแม่น้ำบางปะกง ช่วงที่ไหลผ่านอำเภอเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2535 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2536 พบว่าจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วง

ระหว่าง 2-9,000 MPN/100 มิลลิลิตร และจำนวนฟีคัลโคลิฟอร์มอยู่ในช่วงระหว่าง 2-2,400 MPN/100 มิลลิลิตร นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดอยู่ในช่วงระหว่าง 3,900-6,500 เซลล์/มิลลิลิตร และ *E. coli* ร้อยละ 68.3 ของตัวอย่างทั้งหมด นอกจากนี้ยังตรวจพบ *V. parahaemolyticus* ร้อยละ 24.17 และ *V. cholerae 0-1, eltor, ogawa* ร้อยละ 0.83 อีกด้วย

กองวิจัยและทดลอง กรมชลประทาน ได้ดำเนินการสำรวจคุณภาพน้ำในช่วงเดือนพฤษภาคม 2543 และมีนาคม 2535 ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณหน้าวัดโสธร และที่สะพานบางปะกง พบว่า น้ำมีลักษณะขุ่นและได้รับอิทธิพลจากการรุกล้ำของน้ำเค็มสูง มีค่านำไฟฟ้าสูงกว่า 5000 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ออกซิเจนละลายมีค่าอยู่ในช่วง 3.4-3.6 มก./ล บีโอดีในช่วงเดือนมีนาคม 2535 มีค่าสูงมาก (4.1 มก./ล) ปริมาณไนเตรท 0.9-9.3 มก./ล ฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.1-0.4 มก./ล

แม่น้ำบางปะกงจัดเป็นแม่น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสายหนึ่งของประเทศมีการใช้ประโยชน์จากแม่น้ำนี้ในหลาย ๆ ด้าน เช่น การอุปโภค, การบริโภค, เป็นแหล่งน้ำดิบผลิตประปา, แหล่งประมง แหล่งน้ำสำหรับการเกษตรและปศุสัตว์ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชน พื้นที่การเกษตรและอุตสาหกรรมมาโดยตลอดลำน้ำ บริเวณปากแม่น้ำจึงเป็นแหล่งรวบรวมความสกปรกก่อนลงสู่ทะเล ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน จึงมีการกำหนดแบคทีเรียเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของน้ำ

2.5 แบคทีเรีย

แบคทีเรียจัดอยู่ในอาณาจักโปรทิสตา (Protista) ซึ่งจำแนกได้ 2 กลุ่มตามลักษณะเซลล์ ได้แก่ โปรคาริโอท เป็นเซลล์ชั้นต่ำ และยูคาริโอ เป็นเซลล์ชั้นสูง สำหรับแบคทีเรีย จัดอยู่ในกลุ่มโปรคาริโอท มีลักษณะดังนี้

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างแบบง่าย ๆ เป็นเซลล์ที่ลักษณะแบบมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส แบคทีเรียมีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 0.01 ไมโครเมตรถึง 10 X 25 ไมโครเมตร เซลล์ที่กำลังเจริญเติบโตจะมีความยาวเพิ่มขึ้นแต่เส้นผ่าศูนย์กลางของเซลล์ไม่เพิ่มขึ้น (สุวณี สุภเวชย์ 2540) แบคทีเรียมีรูปร่างต่าง ๆ กัน จำนวน 3 พวก ได้แก่

1. ทรงกลม เป็นแบคทีเรียที่รูปกลมหรือรูปไข่ อาจอยู่เป็นเซลล์เดี่ยว ๆ เช่น ไมโครคอคคัส หรือต่อกันเป็นสายโซ่ เช่น สเตรปโตคอคคัส หรืออยู่เป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น เช่น สแตฟฟีโลคอคคัส

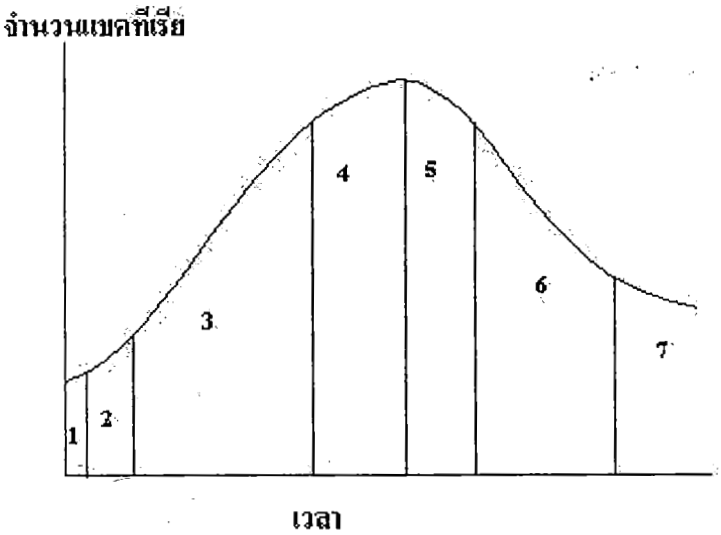
2. ทรงกระบอก เป็นแบคทีเรียที่มีรูปท่อน บางชนิดเป็นท่อนสั้น ๆ เช่น *E.coli* และ เอ็นเตอร์โรแบคเตอร์ บางชนิดเป็นท่อนยาว เช่น บาซิลัส

3. แบบเกลียว เป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็นท่อนยาวหรือท่อนสั้นแต่จะโค้งงอ เช่น *Vibrio cholerae* ทำให้เกิดอหิวาตกโรค และ *Treponema pallidum* ทำให้เกิดโรคซิฟิลิส

แบคทีเรียบางชนิดมีรูปร่างไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงได้หลายแบบที่เรียกว่า พลีโอมอร์ฟิค เนื่องจากไม่มีผนังเซลล์ที่จะทำให้เซลล์คงรูปร่างอยู่ได้ ได้แก่ ไมโครพลาสมา

การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

แบคทีเรียมีการเจริญเติบโตเป็น 7 ระยะ ดังภาพที่ 2.4 โดยที่รูปกราฟจะเป็นรูปโค้งคล้ายกับตัวเอส



ภาพที่ 2.4 ระยะของการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

จากภาพที่ 2-4 จะเห็นได้ว่ามีการแบ่งออกเป็น 7 ระยะ

1. ระยะคงที่ คือ ช่วงที่ 1 เป็นระยะเริ่มต้นที่มีแบคทีเรีย ช่วงแรกนี้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะไม่มี จะเป็นช่วงที่แบคทีเรียกำลังเริ่มมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมใหม่ เช่น ชนิดของอาหาร อุณหภูมิ พีเอช

2. ระยะเพิ่มขึ้น คือ ช่วงที่ 2 ช่วงที่สองนี้แบคทีเรียเริ่มคุ้นเคยกับสภาวะแวดล้อม จะมีการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย จะเห็นได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก จำนวนของแบคทีเรียค่อย ๆ เพิ่มขึ้นแต่ยังไม่สูงมาก

3. ระยะเพิ่มขึ้นแบบลอการิทึม คือ ช่วงที่ 3 ช่วงที่สามนี้เมื่อแบคทีเรียปรับตัวเข้ากับสภาวะแวดล้อมได้ดีแล้ว ในระยะนี้อาหารหรือสารอินทรีย์มีปริมาณมาก จะมีการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียอย่างมาก จนถึงจุดหนึ่งจะเป็นตำแหน่งที่มีอัตราการเพิ่มของจำนวนแบคทีเรียสูงสุด

4. ระยะเริ่มลดลง คือ ช่วงที่ 4 ช่วงที่สี่นี้เป็นระยะที่ปริมาณอาหารลดน้อยลง เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำไม่มีเพิ่มเข้ามา จะมีจำนวนแบคทีเรียคงที่โดยมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะค่อย ๆ ลดลง

5. ระยะลดลง คือ ช่วงที่ 5 ช่วงที่ห้านี้ปริมาณอาหารเกือบหมดแล้ว เกิดการสมดุลย์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกับอัตราการตายของแบคทีเรีย

6. ระยะลดลงเพิ่มขึ้น คือ ช่วงที่ 6 ช่วงที่หกนี้ปริมาณอาหารน้อยมาก แบคทีเรียเริ่มกันกันเองทำให้อัตราการตายของแบคทีเรียสูงมาก ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีค่าติดลบ

7. ระยะการลดลงแบบลอการิทึม คือ ช่วงที่ 7 เป็นช่วงสุดท้ายจะเห็นว่าอัตราการลดลงของแบคทีเรียเพิ่มมากขึ้นแบบลอการิทึม

จะเห็นได้ว่าปริมาณอาหารมีผลต่อการเพิ่มจำนวนแบคทีเรีย จนถึงจุด ๆ หนึ่งปริมาณอาหารมีมากสุดจะเกิดอัตราการเพิ่มของจำนวนแบคทีเรียสูงที่สุด

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

การทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะทำให้เข้าใจและอธิบายการกระจายของแบคทีเรียในธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการควบคุมและทำลายแบคทีเรียที่ไม่ต้องการ แบคทีเรียตอบสนองต่อปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้ไม่เท่ากัน สภาวะสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นโทษต่อแบคทีเรียชนิดหนึ่งอาจจะเป็นประโยชน์สำหรับแบคทีเรียอีกชนิดหนึ่งก็ได้ นอกจากนี้แบคทีเรียยังอาจมีชีวิตรอดอยู่ได้ในสภาวะที่มันไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (สุวณี สุภเวชย์ 2540)

ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ได้แก่

1. **อุณหภูมิ** (Temperature) ถือเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญมากอย่างหนึ่งต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย ในที่อุณหภูมิสูงสุดที่แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ (maximum temperature) ปฏิกิริยาทางเคมีและเอนไซม์ในเซลล์จะเกิดในอัตราที่เร็วขึ้น การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น แต่โปรตีน กรดนิวคลิอิก และส่วนประกอบของเซลล์ที่ไวต่ออุณหภูมิสูงอาจถูกทำลายโปรตีนสภาพธรรมชาติ เยื่อหุ้มเซลล์แฟบลง เกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนและ

จะไม่มีการเจริญเติบโตถ้าอุณหภูมิสูงเกินนี้ สำหรับในที่อุณหภูมิต่ำสุดที่แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ (minimum temperature) นั้นปฏิกริยาของเอนไซม์หลายชนิดในเซลล์ จะลดลง นอกจากนี้ยังอาจเกิดสภาพเมมเบรนกลายสภาพคล้ายวุ้น ขบวนการลำเลียงช้ามาก ทำให้ไม่มีการเจริญเติบโต แต่ไม่ตาย ส่วนอุณหภูมิที่พอเหมาะที่แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ (Optinum terperature) นั้นทำให้การเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเป็นไปอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิช่วงนี้มักเป็นอุณหภูมิที่ใกล้กับอุณหภูมิสูงสุดมากกว่าอุณหภูมิต่ำสุด ช่วงของอุณหภูมิทั้ง 3 นี้ รวมเรียกว่า Cardinal temperature ซึ่งแบคทีเรียแต่ละชนิดจะมีค่าต่างๆ กัน และไม่เฉพาะเจาะจง (สุวณี สุภเวชย์ 2540)

การจำแนกแบคทีเรียตามค่า Cardinal temperature แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ (Smith, Conant, Overman, 1964)

1. Thermophilc เป็นแบคทีเรียกลุ่มที่เจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิช่วง 25-80 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50-60 องศาเซลเซียส

2. Mesophilice เป็นแบคทีเรียกลุ่มที่เจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิช่วง 10-45 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-40 องศาเซลเซียส

3. Psychrophile เป็นแบคทีเรียกลุ่มที่เจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิช่วง -5-30 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 10-20 องศาเซลเซียส

2. **พีเอช** (pH) มีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์ แบคทีเรียแต่ละชนิดจะมีช่วงพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตแตกต่างกันไป ส่วนใหญ่จะเจริญได้ดีที่พีเอชเป็นกลางหรือค่อนข้างเป็นด่างอ่อน ๆ ได้แก่ พีเอช 5 ถึง 9 แต่มีแบคทีเรียบางชนิดที่ไม่เจริญเติบโตที่พีเอชเป็นกลาง ได้แก่ แบคทีเรียพวก Thilbacillus. Sulfolobus และ Thermoplasma แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถออกซิไดส์สารซัลไฟด์ให้เป็นกรดซัลฟิวริกได้ (สุวณี สุภเวชย์ 2540)

3. **ออกซิเจน** (Oxygen) จากคุณสมบัติความต้องการออกซิเจน สามารถจำแนกแบคทีเรียเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. แอนแอโรบส์ (anaerobes) เป็นแบคทีเรียที่ไม่มีระบบการหายใจที่ใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็คตรอนตัวสุดท้าย (termiand electron acceptor) แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ

1.1 facultative anaerobe จะเป็นพวกที่ทนต่อออกซิเจน

1.2 obligate anaerobe หรือ strict anaerobe จะเป็นพวกที่ถูกทำลายโดยออกซิเจน เนื่องจากมีเอนไซม์ที่จะทำปฏิกริยากับสารพิษที่เกิดจากออกซิเจนเมตาบิลิซึม

2. แอโรบส์ (aerobes) เป็นแบคทีเรียที่ได้พลังงานจากการหายใจโดยใช้ออกซิเจนไปรับอิเล็คตรอนในขบวนการ oxidative phosphorylation แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มย่อย คือ

1.1 obligate aerobes ได้แก่ กลุ่มที่เจริญเติบโตหรืออยู่รอดได้ในที่ที่มีก๊าซออกซิเจนเท่านั้น

1.2 facultative aerobes ได้แก่ กลุ่มที่ต้องการหรือไม่ต้องการออกซิเจนแต่เจริญได้ดีในสภาวะที่มีออกซิเจน

1.3 microaerophile ได้แก่ กลุ่มที่ต้องการออกซิเจนในระดับที่ต่ำกว่าบรรยากาศ

4. น้ำที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ได้ (Water availability) แบคทีเรียสามารถนำน้ำมาใช้ในการดำรงชีวิตได้จากน้ำจากอาหาร (bound water) และน้ำจากรอบ ๆ อาหาร โดยปกตินำจะแพร่จากที่ที่มีปริมาณสูงกว่าไปยังที่ที่มีปริมาณต่ำกว่าเสมอ หากเซลล์ของแบคทีเรียมีความเข้มข้นของสารละลายสูงกว่าสิ่งแวดล้อม น้ำจะแพร่จากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่เซลล์ แต่หากเซลล์ของแบคทีเรียมีความเข้มข้นของสารละลายเจือจางกว่าสิ่งแวดล้อม น้ำจะแพร่จากเซลล์สู่สิ่งแวดล้อม เมื่อพิจารณาตามหลักการน้ำที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ได้ สามารถแบ่งแบคทีเรียได้ 3 กลุ่มย่อย ได้แก่ (สุวณี สุภเวชย์ 2540)

1. moderate halophiles ได้แก่ แบคทีเรียที่สามารถอยู่ได้ในที่ที่มีความเข้มข้นของเกลือสูงเหนือต่ำ แบคทีเรียจะนำเอาโซเดียมอิออนในสิ่งแวดล้อมไปใช้ในการทำให้เมมเบรนคงทนและใช้ในการทำงานของเอนไซม์ แบคทีเรียกลุ่มนี้จะพบได้ทั่วไปในน้ำทะเล

2. extreme halophiles ได้แก่ แบคทีเรียสามารถอาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีความเข้มข้นของเกลือสูงมาก
3. xerophiles ได้แก่ แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่แห้งแล้ง

ปัจจัยที่มีผลต่อการลดจำนวนลงของแบคทีเรีย

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการลดจำนวนลงของแบคทีเรียได้แก่ (Cheryl M. Davies et al 1995)

1. ความเค็ม ความเค็มสูง ๆ มีผลในเชิงลบต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิด เช่น ฟีคัลโคลิฟอร์ม
2. ผู้ล่าและปรสิต ได้แก่ โปรโตซัว, แบทรีโอฟาจ
3. แสงแดด จะมีผลกระทบอย่างมากต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรีย
4. สารพิษและโลหะหนัก มีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อแบคทีเรียต่าง ๆ
5. สารอาหาร ปริมาณสารอาหารที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะทำให้ไม่มีอัตราการเพิ่มของแบคทีเรียและเกิดการกินกันเอง

2.6 จุลินทรีย์บ่งชี้ (Indicator Organism)

จุลินทรีย์บ่งชี้วัดคุณภาพน้ำจะใช้พิจารณาถึงความปลอดภัยในการนำน้ำนั้นมาใช้ประโยชน์ด้านอุปโภคบริโภคนั้น โดยทั่วไปจะดูว่ามีการปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำนั้นหรือไม่ หากพบจุลินทรีย์บ่งชี้วัดในน้ำ อาจคาดได้ว่ามีการปนเปื้อนจากอุจจาระและอาจมีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่ด้วย สำหรับหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกจุลินทรีย์ชนิดใดมาเป็นจุลินทรีย์บ่งชี้วัดนั้น มีรายละเอียดดังนี้ (http://biology.rwc.uc.edu/HomePage/BWS/filters/)

1. ต้องพบจุลินทรีย์ชนิดนี้ เมื่อมีการตรวจพบจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค
2. ต้องพบในอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่น
3. ต้องมีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อม ซึ่งจุลินทรีย์ที่ให้เกิดโรคทนได้
4. ง่ายต่อการตรวจวิเคราะห์และไม่ใช้เวลาในการตรวจนานเกินไป
5. จะต้องเป็นจุลินทรีย์ที่มาจากระบบทางเดินอาหาร เช่น เดียวกันกับจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

2.7 ฟีคัลโคลิฟอร์ม

ฟีคัลโคลิฟอร์มเป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนหรือสัตว์เลือดอุ่น ถูกขับถ่ายออกมากับอุจจาระ แต่ที่พบโดยทั่วไปมากกว่า ร้อยละ 90 คือ *Escherichia coli* (Khatiwada NR 1999)

คุณสมบัติของฟีคัลโคลิฟอร์ม

คุณสมบัติของ ฟีคัลโคลิฟอร์ม สามารถกล่าวได้สรุปดังต่อไปนี้(ธงชัย พรรณสวัสดิ์และคณะ 2540)

1. รูปร่างเป็นท่อนสั้น ไม่มีสปอร์
2. เป็นพวกแกรมเนคกาทีฟหรือย้อมติดสีแกรมลบนั่นเอง
3. สามารถย่อยสลายพวกแลคโตส ให้เกิดกรดและก๊าซ เมื่อนำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องสาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือ 48 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 30 – 37 องศาเซลเซียส ภายใน 48 ชั่วโมง
4. สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีอากาศ และไม่มีอากาศ จึงจัดแบคทีเรียพวกนี้เป็นแฟคคัลเททีฟ
5. สามารถทำให้เกิดแก๊สจากอาหารเหลวซนิดอีซีมีเดียม ที่อุณหภูมิ 44.5 $\pm$ 0.2 องศาเซลเซียส ภายใน 24 $\pm$ 2 ชั่วโมง

2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์ม

1. แสงแดด

แสงแดดและรังสีอุลตร้าไวโอเล็ต มีผลกระทบอย่างมากต่อการอยู่รอดของ ฟีคัลโคลิฟอร์ม โดยพบว่าปริมาณของ ฟีคัลโคลิฟอร์ม จะลดลงในกรณีที่มีแสงอาทิตย์มาก (Davies CM และ คณะ 1995 , Lim Ch และ Flint KP 1989, El SF ,EL AL 1989., Fujioka RS และคณะ 1981, McCambridge J และ MxMeekin TA 1981) และมีการเปรียบเทียบกับเชื้อแซลโมเนลลา พบว่าแซลโมเนลลามีชีวิตรอดได้มากกว่า ฟีคัลโคลิฟอร์ม อีกด้วย (Evison LM 1988)

2. ความเค็ม

ความเค็มมีความสัมพันธ์ในทางเชิงลบกับปริมาณของฟีคัลโคลิฟอร์ม (Evison LM 1988, Davies CM และคณะ 1995, Lim CH และ Flint KP 1989, Chan YY และ Killick EG , Gerba CP และ McLeed JS 1976,Hood MA และ Ness GE 1982, Faust MA 1975, Solic และ Krstulovic N 1992, El SFและคณะ 1989.) ในการตรวจน้ำทะเล ฟีคัลโคลิฟอร์มไม่มีการแสดงโคโลนีให้เห็นนั้นไม่ได้ชี้ชัดลงไปว่าฟีคัลโคลิฟอร์มนั้นตายแล้ว เพียงแต่ว่าฟีคัลโคลิฟอร์มอ่อนแอ

จนไม่สามารถที่จะสร้างเป็นโคโลนีขึ้นมาให้เห็นได้ (Dawe LL และ Penrose WR 1978) นอกจานี้ยังมีการศึกษาในน้ำจืดที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส และมีแสงแดด พบว่า E.Coli มีชีวิตอยู่รอดได้นานกว่าในน้ำทะเลในสภาวะเดียวกัน (El SFและคณะ 1989.)

3. อุณหภูมิของน้ำ

อุณหภูมิของน้ำทะเลมีผลกระทบโดยตรงอาจจะเนื่องจากแสงแดดส่องลงมาที่พื้นน้ำ ทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้ฟีคัลโคลิฟอร์ม นั้นลดลงปริมาณลง (Chan YY และ Killick EG , Faust MA และคณะ 1975, Solic และ Krstulovic N 1992 El SF ,EL AL 1989.) แต่ในน้ำทะเลที่อุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียสกับพบว่ามีการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fujioka RS และคณะ 1981)

4. ปริมาณสารอาหาร

ปริมาณของ ฟอสเฟตและสารอาหารทางอินทรีย์นั้นไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระยะเวลาของการเพิ่ม ฟีคัลโคลิฟอร์ม สำหรับน้ำที่ไม่มีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ โดยการกรอง แต่เมื่อเติมสารอาหารไนโตรเจนจะพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทันที (Lim CH และ Flint KP 1989)

5. โลหะหนักและสารพิษ

สารพิษมีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ โดยเฉพาะโลหะหนักพบว่ามีผลกระทบต่อการดำรงชีพของ ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Davies CM และคณะ 1995, Gerba CPและ McLeed JS 1976, Hood MA และ Ness GE 1976)

6. ตะกอนและความลึก

ฟีคัลโคลิฟอร์มจะอยู่ในน้ำทะเลได้ดีกว่าปกติ ถ้ามีตะกอนอยู่ด้วย (Gerba CPและ McLeed JS 1976, Sherer BM และ คณะ 1992) นอกจากนี้ยังพบว่าสำหรับแบคทีเรียแล้วจะมีจำนวนลดลงตามระยะที่ห่างจากชายฝั่ง (Bergstein T และ คณะ 1992)

7. ผู้ล่าและภาวะการเบียดเบียน

ฟีคัลโคลิฟอร์มอาจถูกทำลายหรือเบียดเบียน จากพวกนอร์มัลฟลอราหรือเชื้อโรคอื่นๆในน้ำ เช่น *Clostridium perfringens* ทำให้มีปริมาณลดลง (Davies CM และคณะ 1995, Gerba CP และ McLeed JS 1976, Hood MA และ Ness GE 1976, Stanifield G และคณะ 1978)

2.9 สเตรปโตคอคไค

สเตรปโตคอคไค (สำรวย ศิริภาคย์ 2511) เป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างกลมหรือเรียงตัวเป็นสายยาว บางพวกเป็นแบคทีเรียประถิ่นอยู่ในทางเดินหายใจส่วนต้น ๆ หรือในลำไส้ บางพวกทำให้เกิดโรคติดเชื้อในคนและสัตว์ได้ จัดเป็นเชื้อเป็นพวกแกรมบวก รูปร่างกลมหรือรี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.8–1.0 ไมโครเมตร หรืออาจมีขนาดต่างๆ กันได้แล้วแต่ภาวะที่เชื้อเจริญ เชื้อแบ่งตัวในแนวเดียวกันจึงเห็นลักษณะการเรียงตัวอยู่เป็นคู่ ๆ หรือต่อกันเป็นสาย ไม่สร้างสปอร์ ไม่เคลื่อนที่และไม่สร้างรงค-วัตถุ สเตรปโตคอคไค สร้างแคปซูลซึ่งอาจมีส่วนประกอบของโพลีแซคคาไรด์หรือกรดไฮยาลูโรนิก ขึ้นอยู่กับชนิดของสายพันธุ์ ผนังเซลล์มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแอนติเจน โดยมีชื่อเรียกต่าง ๆ เช่น แอนติเจนเอ็ม, แอนติเจนที, แอนติเจนอาร์ นอกจากนี้รองลงมาเป็นสารพวกคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีคุณลักษณะเฉพาะในเชื้อแต่ละกลุ่ม

สเตรปโตคอคไคเจริญได้ไม่ดีบนอาหารเลี้ยงเชื้อธรรมดา และเจริญได้ดีบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเลือดหรือซีรัมผสมอยู่ด้วย เชื้อพวกก่อให้เกิดโรคเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และจะเจริญได้ดียิ่งขึ้นในที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าปกติ แต่บางชนิดจะเจริญได้ในบรรยากาศที่ไร้ออกซิเจน โคโลนีมีขนาดเล็กประมาณ 1-2 มม. กลมใสและไม่มีสี อาศัยลักษณะโคโลนีและการสลายเม็ดเลือดแดงบนอาหารแข็งเสริมเลือด สามารถแบ่งเชื้อสเตรปโตคอคไค แยกเป็น 3 พวก คือ

1. อัลฟา ฮีโมไลติก สเตรปโตคอคไค เป็นพวกที่สลายเม็ดเลือดแดงได้บ้างเป็นบางส่วน จะเห็นลักษณะรอบ ๆ โคโลนีของเชื้อมีสีเขียวอ่อน ๆ เชื้อในกลุ่มนี้ ได้แก่ *Streptococcus viridans* และ *S.salivarius* เป็นต้น

2. เบตา ฮีโมไลติก สเตรปโตคอคไค เป็นพวกที่สลายเม็ดเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์ จะเห็นลักษณะรอบ ๆ โคโลนีมีขอบใส เชื้อในกลุ่มนี้ ได้แก่ *S. pyogenes*

3. นัล ฮีโมไลติก สเตรปโตคอคไค(แกมมา ฮีโมไลติก สเตรปโตคอคไค) เชื้อไม่สามารถสลายเม็ดเลือดแดง จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงรอบ ๆ โคโลนี ตัวอย่างของเชื้อในกลุ่มนี้ คือ *S. farcalis* เป็นต้น

เชื้อสเตรปโตคอคไค ที่ทำให้เกิดโรคในคนส่วนใหญ่เป็นพวกเบตา ฮีโมไลติก สเตรปโตคอคไค

2.10 ฟีคัลสเตรปโตคอคไค

ได้มีการใช้ฟีคัลสเตรปโตคอคไค เป็นตัวชี้วัดมลภาวะที่เกิดจากน้ำทิ้งกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วจะมีการรอดชีวิตที่ดีกว่าฟีคัลโคลิฟอร์ม จึงใช้เป็นตัวชี้วัดแทนฟีคัลโคลิฟอร์ม ได้ในกรณีที่สถานการณ์ที่ไม่สามารถตรวจพบฟีคัลโคลิฟอร์ม (สุบัณฑิต เมฆขยายและคณะ 2536) โดยมีการจัดแบ่ง ฟีคัลสเตรปโตคอคไค ออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้แก่ (Stanfield G และคณะ 1978)

1.กลุ่มแลนซฟิลซ์ดี แบ่งเป็น 1) *กลุ่มเอนเตอโรคอกคัส เช่น S. faecalis*, S. faecalis *subsp.* Liquefaciens, S. faecalis *subsp.* Zymogenes, *S. faecium , S. duran*

2) กลุ่ม วิริแดนส์ เช่น S. bovis, *S. equinus*

2.กลุ่มแลนซฟิลซ์คิว ได้แก่ กลุ่ม วิริแดส์ เช่น S. mitis,S. salivarius

แต่ยังไม่การตกลงอย่างแน่ชัดว่าฟีคัลสเตรปโตคอคไค ที่กล่าวกันหมายถึงกลุ่มใด จนกระทั่งประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศอังกฤษ ได้สรุปกันว่าฟีคัลสเตรปโตคอคไค ว่าคือพวกจุลินทรีย์ที่อยู่ในกลุ่มแลนซฟิลด์ส นั่นเอง เนื่องจากพบได้ในอุจจาระ

2.11 สัดส่วนของฟีคัลโคลิฟอร์ม ต่อ ฟีคัลสเตรปโตคอคไค

นอกจากนี้ยังมีการนำค่าการตรวจนับฟีคัลโคลิฟอร์ม และฟีคัลสเตรปโตคอคไค มาสัมพันธ์กัน โดยจากการสังเกตปริมาณของเสียที่ถูกปล่อยออกมาพบของเสียของมนุษย์และสัตว์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นสัดส่วนของฟีคัลโคลิฟอร์ม (เอฟซี) และฟีคัลสเตรปโตคอคไค (เอฟเอส) ที่ได้จากการตรวจนับตัวอย่างสามารถบอกได้ว่ามีการปนเปื้อนมาจากของเสียมนุษย์หรือสัตว์ ตารางที่ 2.1 ถ้า เอฟซี/เอฟเอส มีค่าน้อยกว่า 1.0 แสดงว่ามีการปนเปื้อนจากสัตว์ แต่ถ้ามากกว่า 4.0 จะเป็นการปนเปื้อนจากมนุษย์

ตารางที่ 2.1 ค่าประมาณของแบคทีเรียที่ใช้เป็นตัวชี้วัดต่อตัวมนุษย์หรือสัตว์บางชนิด (Metcalf & Eddy1991)

สัตว์	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของตัวชี้วัดต่ออุจจาระ 1 กรัม		ค่าเฉลี่ยต่อตัวใน 24 ชั่วโมง		
	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (10^6)	ฟีคัลสเตรปโตคอคไค (10^6)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (10^6)	ฟีคัลสเตรปโตคอคไค (10^6)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม/ฟีคัลสเตรปโตคอคไค
ไก่	1.3	3.4	240	620	0.4
วัว	0.23	1.3	5,400	31,000	0.2
เป็ด	33.0	54.0	11,000	18,000	0.6
มนุษย์	13.0	3.0	2,000	450	4.4
หมู	3.3	84.0	8,900	230,000	0.04
แกะ	16.0	38.0	18,000	43,000	0.4
ไก่งวง	0.29	2.8	130	1,300	0.1

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แอล. เอ็ม. อีวิสัน (1988) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการมีชีวิตรอดของจุลินทรีย์ที่เป็นตัวชี้วัดและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในน้ำจืดและน้ำทะเล พบว่า แสงแดดมีอิทธิพลต่อการมีชีวิตรอดของ*E. coli* มากกว่าแซลโมเนลลา

เชอริล เอ็ม. เดวิด, จูเลียน เอ. เอช.และคณะ (1995) ได้ทำการศึกษาการอยู่รอดของฟีคัลแบคทีเรียในตะกอนในทะเลและแหล่งน้ำจืด พบว่าอัตราการมีชีวิตรอดของฟีคัลแบคทีเรียขึ้นอยู่กับ แสงแดด, ความเค็มมาก, สารพิษ, ผู้ล่าและปรสิต และความเข้มข้นของสารอาหาร

วาย.วาย.ชาน และอี.จี.คิลิค (1995) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของความเค็ม, แสงอุลตร้าไวโอเล็ตและอุณหภูมิ มีผลต่อปฏิกริยาโฟโต้รีแอคชั่นของ *E. coli*

ชาร์ล พี. เจอบา และจอห์น เอส. แม็คลีด (1976) ได้ทำการศึกษาผลของตะกอนในการอยู่รอดของ *E. coli* ในทะเล พบว่า *E. coli* จะอยู่รอดในน้ำทะเลได้นานกว่าปกติ เมื่อมีตะกอนอยู่ด้วย เนื่องจากมีสารอินทรีย์ต่าง ๆ สะสมอยู่ที่ตะกอน

แมรี เอ. ฮูด และเกรกรอรี อี. เนส (1982) ได้ศึกษาการอยู่รอดของเชื้อ *Vibrio chloerae* และ *E. coli* ในน้ำและตะกอนที่ปากแม่น้ำ พบว่า *V. cholerae* มีความคงทนสามารถอยู่รอดได้ดี

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

กว่า *E. coli* ส่วนการอยู่รอดของ *E. coli* แปรผกผันกับความเค็ม, ผู้ล่า, การแก่งแย่งกับจุลินทรีย์ท้องถิ่น, โลหะหนัก และสารอาหาร *V. cholerae* สามารถมีชีวิตรอดได้ในน้ำทะเล โดยมีความสัมพันธ์อยู่กับอุณหภูมิ, พีเอช, ความเค็ม, สารอินทรีย์ และความหนาแน่นของจุลินทรีย์

ฟอสท์ เอ็ม. เอ.และคณะ (1975) ได้ศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการรอดของ *E. coli* ในสภาพแวดล้อมบริเวณปากแม่น้ำ พบว่าการรอดชีวิตของ *E. coli* มีผลมาจากเวลา, อุณหภูมิของน้ำ, ค่าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ และความเค็ม ในกล่องที่อยู่ในแม่น้ำโรด จำนวน *E.coli* ที่ลดลงครึ่งหนึ่งจะมีสหสัมพันธ์ กับอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มทีละ 10 องศาเซลเซียส ได้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.617 ในระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากนั้นเมื่อนำมาหาค่าความถดถอยได้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.756 และความแปรปรวน ประมาณร้อยละ 75.6 แสดงให้เห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำ, ความเค็มที่ละลายอยู่ในน้ำมีผล โดยที่มีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ –0.717 สามารถใช้ในการพยากรณ์ปัจจัยของอุณหภูมิต่อปริมาณของฟีคัลโคลิฟอร์ม จากการปล่อยน้ำเสียแบบเป็นจุดหรือไม่เป็นจุด สำหรับการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบริเวณปากแม่น้ำ

โซลิคและ นาดา ครสตูโลวิค (1992) ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยของแสง, อุณหภูมิ, ความเค็ม และพีเอชต่อการอยู่รอดของ ฟีคัลโคลิฟอร์ม ในน้ำทะเล พบว่า อุณหภูมิมีผลอย่างมากต่อการอยู่รอดของ ฟีคัลโคลิฟอร์ม และความเค็มจะมีผลในเชิงลบต่อการอยู่รอดของ ฟีคัลโคลิฟอร์ม โดยที่ความเค็มร้อยละ 7-15 จะพบว่ามีการอยู่รอดมาก แต่เมื่อเพิ่มความเค็มเป็นร้อยละ 15-40 การอยู่รอดจะลดน้อยลง นอกจากนี้พีเอชที่เหมาะสมก็คือ 6-7

ไอ-ซาร์กาวี เอฟ.และคณะ(1989) ได้ทำการศึกษาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมบางชนิดที่มีผลต่อการอยู่รอดของฟีคัลที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ชี้วัดในน้ำทะเล พบว่า อุณหภูมิ,ความเค็ม, แสง มีผลต่อการอยู่รอดของฟีคัลที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ชี้วัด แต่สำหรับ *E. coli* จะอยู่ในน้ำจืดได้นานกว่าน้ำทะเล ที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียสในสถานการณ์ที่มีแสงแดดด้วย

โรเจอร์ เอส. ฟูจิโอกะและคณะ (1981) ได้ศึกษาผลกระทบของแสงแดดที่มีต่อการอยู่รอดของแบคทีเรียตัวชี้วัดในน้ำทะเล พบว่าฟีคัลโคลิฟอร์ม จะอยู่รอดในน้ำทะเลได้ในช่วงอุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส และในการทดลองโดยการฉายรังสีอุลตร้าไวโอเล็ตจากสเปรกตรัมของแสงอาทิตย์พบว่า ฟีคัลโคลิฟอร์ม ร้อยละ 90 ทนทานอยู่ได้นาน 30-90 นาที และ ฟีคัลสเตรปโตคอคไค ร้อยละ 90 ทนทานอยู่ได้นานถึง 60-180 นาที

เจ. แม็คเคมบริดจ์ และที.เอ.แม็คเมคิน (1981) ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของแสงแดดและจุลินทรีย์ผู้ล่าต่อการมีชีวิตรอดของฟีคัลแบคทีเรียและแบคทีเรียอื่น ๆ พบว่า การลดลง

577.64
ผ111
ล.3
249249

ของ *E. coli* ในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากปากแม่น้ำมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญอย่างมากกับแสงแดดและจุลินทรีย์ผู้ล่า มากกว่าปัจจัยอื่น โดยเรียงลำดับได้ดังนี้

Klebsiella pneumoniae > *E. coli* > *Salmonella typhimurium* , *Streptoccocus faecium* , *Enterobacter aerogenes* , *Erwinia herbicola*

ลินดา แอล. เดวี และวิลเลียม อาร์. เพนโรส (1978) พบว่าโคลิฟอร์มไม่ได้ถูกทำลายหรือตายลงในน้ำทะเล แต่เพียงแต่อ่อนแอจนไม่สามารถที่จะสร้างโคโลนีขึ้นมาให้เห็นได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ

เชอเรอร์ บี. เอ็ม.และคณะ (1991) ได้ทำการศึกษาการอยู่รอดของแบคทีเรียที่เป็นตัวชี้วัดในตะกอนของลำน้ำ พบว่าการอยู่รอดของฟีคัลสเตรปโตคอคไค และฟีคัลโคลิฟอร์ม ได้นานถ้าในน้ำนั้นมีตะกอนอยู่

ทัลยา เบิร์กสเตนและคณะ (1992) ได้ทำการศึกษาการใช้แบคทีเรียเป็นตัวชี้วัดจากการปนเปื้อนของอุจจาระในบริเวณใกล้ฝั่งของทะเลสาบคินเนอเร็ต พบว่า จำนวนแบคทีเรียจะมีจำนวนลดลงตามระยะทางที่ห่างจากฝั่ง และความลึกของการเก็บตัวอย่างจะมีผลการวัดตะกอน โดยพบสห-สัมพันธ์ระหว่างความลึกกับจำนวนแบคทีเรียเป็นไปในเชิงลบ

ชาร์ล ฮาเกดรอน และอาร์.บี. รีนู จูเนียร์ (2000) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาวิธีการตรวจหาการปนเปื้อนจากอุจจาระในน้ำ พบว่าฟีคัลสเตรปโตคอคไค สามารถทนทานต่อสารปฏิชีวนะตามธรรมชาติดีกว่าฟีคัลโคลิฟอร์ม จึงน่าที่จะนำมาใช้ในการเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำได้ดีกว่าฟีคัลโคลิ-ฟอร์ม

พอจ จูเนียร์ และรีเยส เอ็ม.แอล. (1991) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านแบคทีเรียในสถานพักผ่อนหย่อนใจที่สวนสาธารณะเจเพอร์ซีพริสท์ ในเทนเน็สซี เห็นควรนำฟีคัลสเตรปโตคอคไคเป็นตัวชี้วัดทางด้านแบคทีเรียในคู่มือการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบริเวณสถานพักผ่อนหย่อนใจอีกด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณา (Descriptive Research) และการวิจัยเชิงวิเคราะห์ (Analytical Research Design)

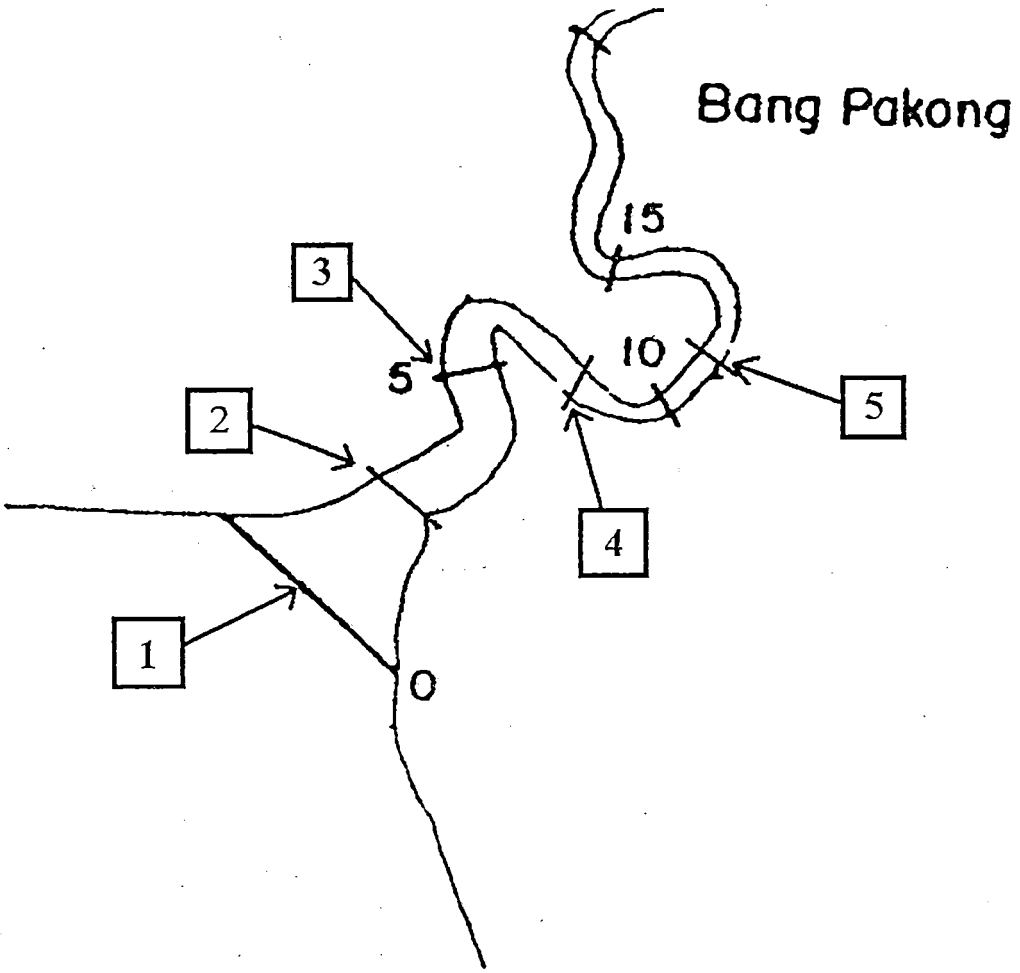
3.2 สถานที่ในการวิจัย

ทำการศึกษาวิจัยในภาคสนาม ณ บริเวณ 0, 2.5, 5, 8 และ 12 กิโลเมตร จากปากแม่น้ำบางปะกง อ. บางปะกง จ. ฉะเชิงเทรา สำหรับการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการทำการศึกษา ณ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.3.1 การศึกษาในภาคสนาม

เก็บตัวอย่างน้ำฤดูกาลละ 2 ครั้ง ด้วยวิธีการเก็บแบบจ้วง (Grab Sampling) โดยมีสถานีเก็บตัวอย่างที่บริเวณ 0, 2.5, 5, 8 และ 12 กิโลเมตร จากปากแม่น้ำบางปะกงเข้ามา แต่ละสถานีจะทำการเก็บตัวอย่าง 3 จุด ได้แก่ ที่ระดับใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร, ที่ระดับกึ่งกลางความลึก และที่ระดับเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตร ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาน้ำลง



List of Sampling Stations

1 ปากน้ำ (0 km)

2 ระยะ 2.5 km จากปากน้ำ

3 ระยะ 5 km จากปากน้ำ

4 ระยะ 8 km จากปากน้ำ

5 ระยะ 12 km จากปากน้ำ

ภาพที่ 3.1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

3.3.2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

เก็บตัวอย่างน้ำในระบบจำลอง microcosm ณ ระดับความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน เพื่อนำมาวิเคราะห์หาฟีคัลโคลิฟอร์ม และฟีคัลสเตรปโตคอคไค ดังแสดงในภาพที่ 3.2

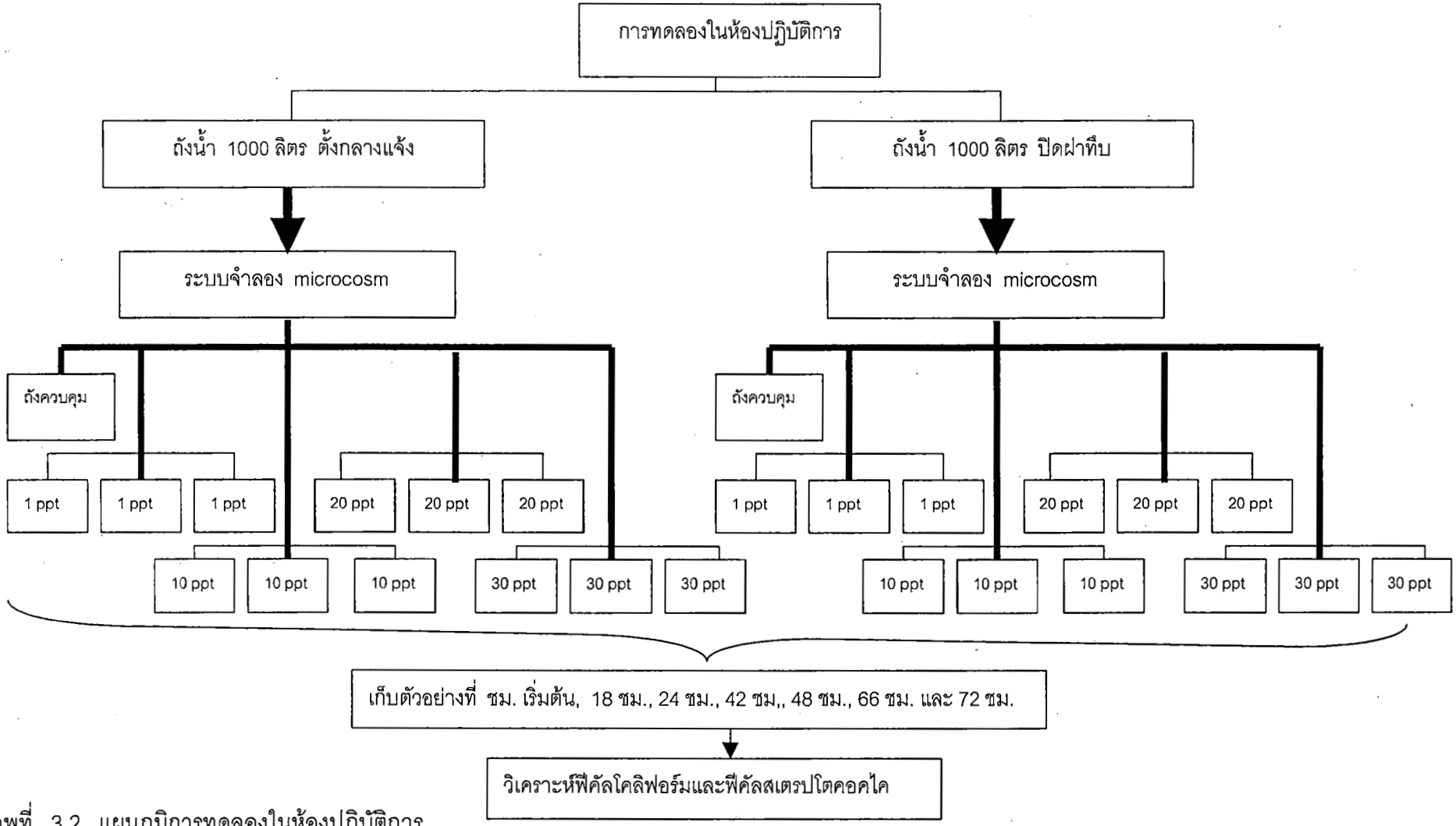
3.4 ขั้นตอนการศึกษาและการเก็บข้อมูล

ดำเนินการเก็บตัวอย่างในภาคสนาม ฤดูกาลละ 2 ครั้ง ได้แก่ ฤดูร้อน (มีนาคมและเมษายน 2542), ฤดูฝน (สิงหาคมและกันยายน 2542) และฤดูหนาว (พฤศจิกายนและธันวาคม 2542) นำข้อมูลที่ได้มาศึกษาวิเคราะห์ดังนี้

3.4.1 ศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีววิทยา วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำถือตาม Standard Method for the Examination of Water and Wastewater โดยมีรายละเอียดของพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ

พารามิเตอร์	เครื่องมือ
1. อุณหภูมิ	Thermometer
2. ความเค็ม	Conductivity meter/ Jenway model 4200, England
3. ความนำไฟฟ้า	Conductivity meter/ Jenway model 4200, England
4. ความขุ่น	Turbiditymeter/Lovibonal DRT-15 CE, USA
5. ความเร็วของกระแสน้ำ	Currentmeter



ภาพที่ 3.2 แผนภูมิการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 3.2 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี

พารามิเตอร์	วิธีการ	เครื่องมือ
1. Dissloved Oxygen	DO meter	WTW model oxi320, Germany
2. BOD	Azide modification	-
3. pH	pH meter	Testo model 251, Germany
4. Ammonia-nitrogen	Distillation/ Nesslerization	Gerhardt VAP20/ UV/Vis Spectrophotometer, Unicam UV4-100, England
5. Nitrite - nitrogen	Diazotization	UV/Vis Spectrophotometer, Unicam UV4-100, England
6. Nitrate - nitrogen	Cd-reduction	
7. Total Phosphorus	Persulfate Digestion/ Ascorbic Acids	
8. Suspended Solids	Gravimetric method	Sartorious, Germany
9. Total Dissolved solids	Conductivity meter	Jenway model 4200,England

ตารางที่ 3.3 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางชีววิทยา

พารามิเตอร์	วิธีการ	อาหารเลี้ยงเชื้อ
1. ฟีคัลโคลีฟอร์ม	membrane filter technique	m-FC medium (Difco)
2. ฟีคัลสเตรปโตคอคไค		KF Streptococcus Agar (Difco)

3.4.2 ศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพที่มีฟีคัลโคลิฟอร์ม และฟีคัลสเตรปโตคอคไค

3.4.3 ทำการทดลองด้วยระบบจำลอง microcosm เพื่อศึกษาผลกระทบจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่มีต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ระบบจำลอง microcosm เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 5 X 10 X 20 เซนติเมตร ความจุประมาณ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำจากพลาสติกใส แบ่งระบบจำลองเป็น 2 ชุด ดังนี้

-ชุดที่ 1 (แสงแดด) : ความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน (ความเค็มละ 3 ซ้ำ), ถังควบคุม

-ชุดที่ 2 (ที่มืด) : ความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน (ความเค็มละ 3 ซ้ำ), ถังควบคุม

2. นำตัวอย่างน้ำจากบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงมาปรับให้มีค่าความเค็มเป็น 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน ด้วยโซเดียมคลอไรด์ (NaCl : Merck)

3. ทำการกรองตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกงและนำไปฆ่าเชื้อโรคด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

4. เติมตัวอย่างน้ำจากบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงในข้อ 3 ปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงใน ระบบจำลอง microcosm

5. นำตัวอย่างน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เติมลงในระบบจำลอง microcosm 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรและเติมในถังควบคุม 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

6. นำระบบจำลอง microcosm ชุดที่ 1 ใส่ลงในถังน้ำความจุ 1000 ลิตร ที่ตั้งไว้กลางแจ้ง และนำระบบจำลอง microcosm ชุดที่ 2 ใส่ลงในถังน้ำความจุ 1000 ลิตร ปิดฝาให้สนิท เพื่อป้องกันแสงแดด

7. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่เวลาชั่วโมงเริ่มต้น, 18 ชั่วโมง, 24 ชั่วโมง, 42 ชั่วโมง, 48 ชั่วโมง, 66 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง นับจากเวลาเริ่มต้น

8. ทำการตรวจวิเคราะห์ ฟีคัลโคลิฟอร์ม และฟีคัลสเตรปโตคอคไค

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา เพื่อบรรยายถึงสภาพโดยทั่วไปของคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

-นำเสนอข้อมูลคุณภาพน้ำในแต่ละฤดูกาล ด้วยสถิติค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

-แสดงภาพแนวโน้มของคุณภาพน้ำตามสถานีต่าง ๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Surfer Version 6.04

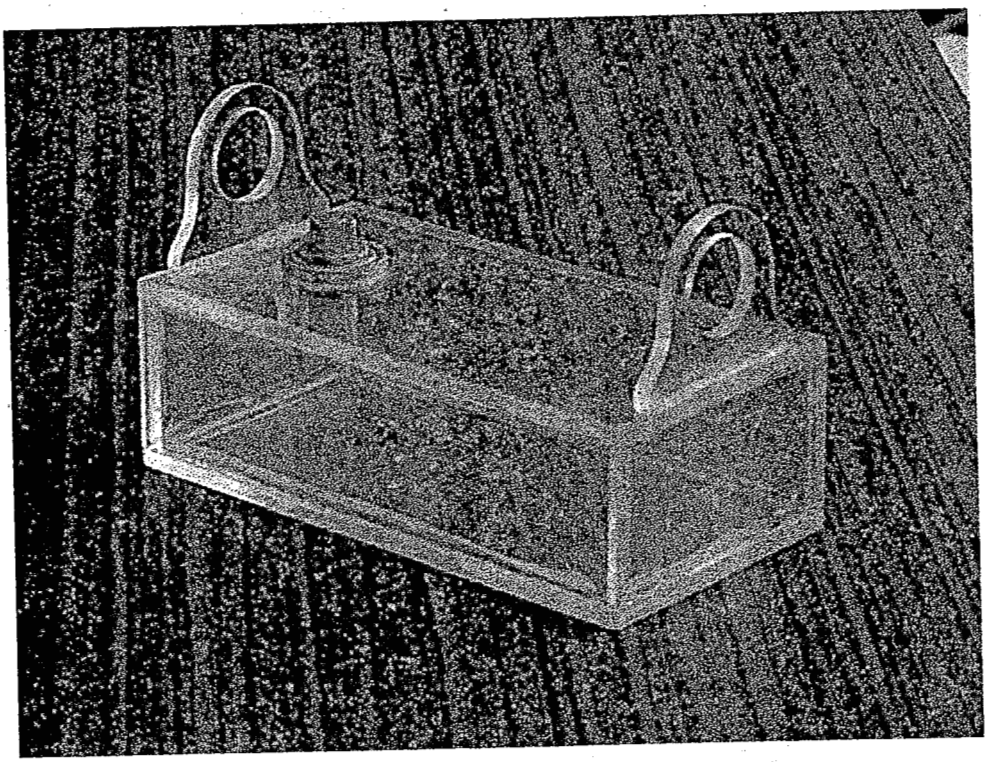
-ศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของ ฟีคัลโคลิฟอร์ม และฟีคัลสเตรปโตคอคไค โดยวิเคราะห์จากโปรแกรม Spss for Windows Version 9.01 ด้วยสถิติ ANOVA และ LSD

-ศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามสถานที่ของ ฟีคัลโคลิฟอร์ม และฟีคัลสเตรปโตคอคไค โดยวิเคราะห์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Spss for Windows Version 9.01 ด้วยสถิติ ANOVA และ LSD

3.5.2 ศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพต่อ ฟีคัลโคลิฟอร์ม และฟีคัลสเตรปโตคอคไค เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยวิเคราะห์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Spss for Windows Version 9.01 ด้วยสถิติ Correlation coefficient

3.5.3 ศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพต่อการรอดชีวิตของ ฟีคัลโคลิฟอร์ม และฟีคัลสเตรปโตคอคไค โดยวิเคราะห์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Spss for Windows Version 9.01 ด้วยสถิติ t-test, ANOVA และ LSD

3.5.4 ศึกษาเปรียบเทียบการรอดชีวิตของ ฟีคัลโคลิฟอร์ม และฟีคัลสเตรปโตคอคไค ด้วยสถิติ t-test



ภาพที่ 3.3 ระบบจำลอง microcosm

ภาพที่ 3.4 การทดลองผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพต่อการรอดชีวิตของ ฟีคัลโคลิฟอร์ม และฟีคัลสเตรปโตคอคไค

บทที่ 4
ผลการศึกษาวิจัย

4.1 การศึกษาในภาคสนาม

4.1.1 การสำรวจพื้นที่เบื้องต้น

แม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำสายหลักของภาคตะวันออก เกิดจากการไหลมารวมกันของแม่น้ำนครนายกกับแม่น้ำปราจีนบุรีที่ตำบลบางแตน อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี มีความยาวประมาณ 122 กิโลเมตร ความกว้าง 50-100 เมตร ไหลผ่านชุมชนต่าง ๆ ในเขตจังหวัดนครนายก ปราจีนบุรี และฉะเชิงเทรา และไหลลงสู่อ่าวไทย ที่อำเภอบางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา

การขึ้นลงของน้ำในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จะมีลักษณะเป็นแบบน้ำผสม (mixed tide) ได้แก่ ในช่วงน้ำตาย (neap tide) จะมีน้ำขึ้นน้ำลงวันละ 2 ครั้ง ส่วนในช่วงน้ำเกิด (spring tide) จะมีน้ำขึ้นน้ำลงเพียงวันละ 1 ครั้ง (พิชาญ สว่างวงศ์และคณะ 2541)

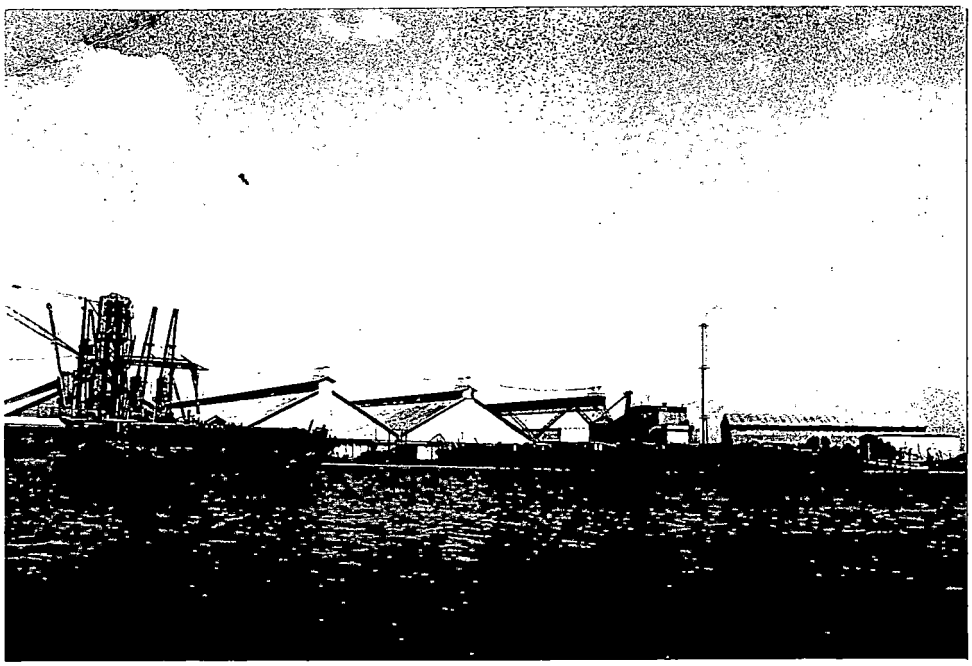
สำหรับลักษณะพื้นที่โดยทั่วไปในบริเวณที่ทำการศึกษาเป็นดังนี้ สถานีที่ 1 คือ บริเวณปากแม่น้ำ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าชายเลน สถานีที่ 2 คือ บริเวณ 2.5 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ พื้นที่ฝั่งขวาเป็นย่านโรงงานอุตสาหกรรมและป่าชายเลน ส่วนฝั่งซ้ายของแม่น้ำจะเป็นสนามกอล์ฟ นอกจากนี้ยังเป็นพื้นที่จอดพักของเรือสินค้าต่าง ๆ การทำประมงชายฝั่ง เช่น การจับสัตว์น้ำด้วยอวน, การเลี้ยงปลาในกระชัง สถานีที่ 3 คือ บริเวณ 5 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ พื้นที่โดยรอบเป็นชุมชนชาวประมงขนาดใหญ่ เป็นทั้งเขตที่พักอาศัย ธุรกิจร้านค้า และมีการเลี้ยงปลาในกระชังอยู่ตลอดสองฝั่งของลำน้ำ นอกจากนี้ยังมีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ตลอดแนวลำน้ำเช่นกัน สถานีที่ 4 คือ บริเวณ 8 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ มีลักษณะเช่นเดียวกันกับบริเวณ 5 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ สถานีที่ 5 คือ บริเวณ 12 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ ลักษณะพื้นที่โดยรอบเป็นป่าชายเลนและย่านเกษตรกรรม นอกจากนี้บริเวณกิโลเมตรที่ 10 จากปากแม่น้ำยังมีโรงไฟฟ้าบางปะกงตั้งอยู่ฝั่งซ้ายของแม่น้ำ ลักษณะของพื้นที่ตลอดแนวลำน้ำดังแสดงในภาพที่ 4.1 ถึง 4.7

ภาพที่ 4.1 ป่าชายเลน บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

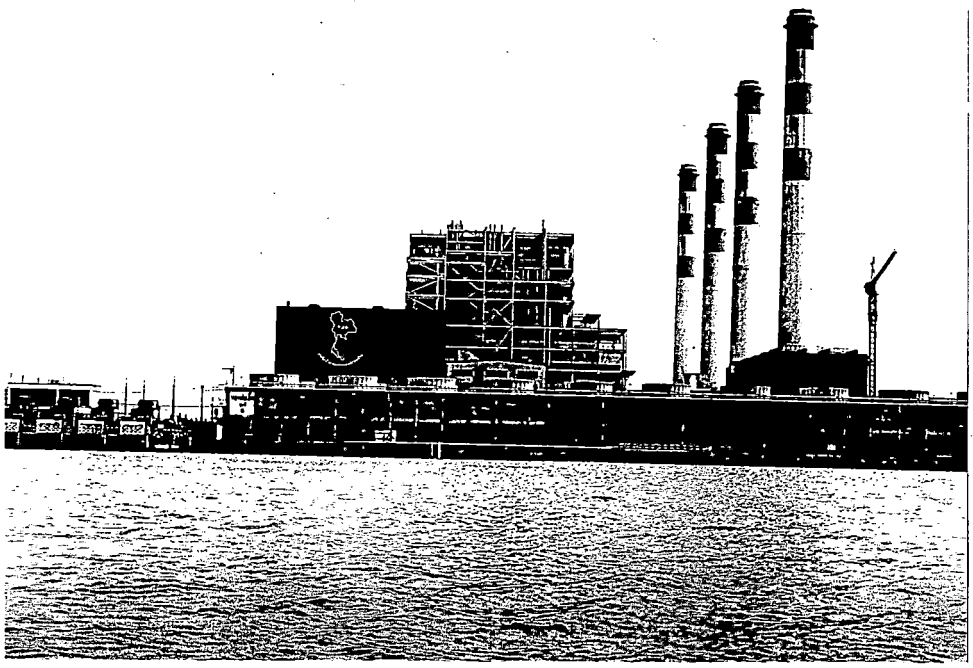
ภาพที่ 4.2 เรือสินค้าบริเวณกิโลเมตรที่ 2.5 จากปากแม่น้ำ

ภาพที่ 4.3 ชุมชนชาวประมงบริเวณกิโลเมตรที่ 5 จากปากแม่น้ำบางปะกง

ภาพที่ 4.4 การเลี้ยงปลาในกระชัง บริเวณกิโลเมตรที่ 6 จากปากแม่น้ำบางปะกง



ภาพที่ 4.5 ย่านโรงงานอุตสาหกรรม บริเวณกิโลเมตรที่ 8 จากปากแม่น้ำบางปะกง



ภาพที่ 4.6 โรงไฟฟ้าบางปะกง

ภาพที่ 4.7 ป่าชายเลนบริเวณกิโลเมตรที่ 12 จากปากแม่น้ำ

4.1.2 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ในช่วงฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน 2542), ฤดูฝน (สิงหาคม-กันยายน 2542) และฤดูหนาว (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2542) โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ณ สถานีต่าง ๆ ที่จุดเก็บตัวอย่าง 3 ระดับความลึก ได้แก่ ระดับใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร (S) , ระดับกึ่งกลางความลึก (M) และ ระดับเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตร (B) สรุปผลการศึกษาเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 4.1 (สำหรับรายละเอียดข้อมูลได้แสดงไว้ในภาคผนวก ตารางที่ 1ก, ตารางที่ 2ก และตารางที่ 3ก)

ตารางที่ 4.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา

พารามิเตอร์	ฤดูกาล	0			2.5			5		
		S	M	B	S	M	B	S	M	B
		X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ±SD
ความเร็วของกระแสน้ำ (ม/วินาที)	ร้อน	0.6 ± 0.2	0.5 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.6 ±0.3	0.5 ±0.1	0.5 ±0.1	0.6 ±0.0	0.5 ±0.1	0.5 ±0.2
	ฝน	1.2 ± 0.5	0.8 ± 0.0	0.7 ± 0.1	0.9 ±0.2	0.9 ±0.2	0.7 ±0.3	0.7 ±0.2	0.6 ±0.2	0.6 ±0.3
	หนาว	0.5 ± 0.2	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.2	0.4 ±0.1	0.4 ±0.1	0.3 ±0.1	0.4 ±0.1	0.3 ±0.0	0.3 ±0.0
อุณหภูมิน้ำ (°ซ)	ร้อน	31.1 ± 1.5	31.1 ± 0.9	31.2 ± 0.7	31.6 ±0.4	31.7 ±0.6	31.8 ±0.6	32.0 ±0.3	32.1 ±0.1	32.3 ±0.3
	ฝน	28.1 ± 0.7	28.1 ± 0.7	28.1 ± 0.6	28.9 ±1.4	28.9 ±1.5	28.8 ±1.4	29.5 ±1.8	29.4 ±1.7	29.2 ±1.8
	หนาว	27.3 ± 0.6	27.0 ± 0.6	26.5 ± 0.6	27.1 ±0.4	26.7 ±0.4	26.5 ±0.8	27.3 ±0.6	27.0 ±0.6	26.5 ±0.9
พีเอช	ร้อน	7.43 ± 0.21	7.50 ± 0.16	7.92 ± 0.66	7.34 ±0.09	7.44 ±0.16	7.50 ±0.20	7.30 ±0.01	7.45 ±0.24	7.57 ±0.23
	ฝน	7.04 ± 0.13	7.15 ± 0.24	7.38 ± 0.55	6.86 ±0.28	6.92 ±0.22	6.94 ±0.23	6.85 ±0.22	6.86 ±0.23	6.92 ±0.23
	หนาว	6.63 ± 1.05	6.79 ± 1.00	8.29 ± 0.73	6.54 ±1.02	6.73 ±1.05	7.45 ±0.05	39.81 ±46.80	7.13 ±0.37	7.29 ±0.54
ความนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ เซนติเมตร)	ร้อน	49.25 ± 0.28	49.45 ± 0.00	49.45 ± 0.21	49.60 ±0.07	49.75 ±0.28	49.75 ±0.21	49.95 ±0.28	49.80 ±0.28	50.30 ±0.92
	ฝน	1.30 ± 1.77	1.77 ± 2.33	4.84 ± 6.63	0.48 ±0.47	0.58 ±0.61	0.60 ±0.64	0.42 ±0.36	0.43 ±0.36	0.44 ±0.35
	หนาว	5.59 ± 2.85	13.12 ± 0.83	14.48 ± 4.29	0.67 ±0.89	1.35 ±0.98	3.65 ±0.59	0.71 ±0.03	1.43 ±1.03	10.48 ±11.69
ของแข็งละลายน้ำ (ก/ล)	ร้อน	29.60 ± 0.07	29.65 ± 0.00	29.70 ± 0.07	29.80 ±0.07	29.80 ±0.14	29.90 ±0.28	30.05 ±0.28	30.10 ±0.14	30.20 ±0.28
	ฝน	1.03 ± 1.41	1.32 ± 1.82	2.90 ± 4.00	0.44 ±0.49	0.35 ±0.37	0.36 ±0.38	0.25 ±0.21	0.26 ±0.21	0.26 ±0.21
	หนาว	3.35 ± 1.70	6.95 ± 2.35	9.30 ± 1.51	1.60 ±1.16	1.93 ±0.71	4.10 ±3.03	0.35 ±0.10	0.43 ±0.01	5.37 ±5.71
ความขุ่น (เอ็นทียู)	ร้อน	134.45 ± 57.70	173.10 ± 27.22	257.50 ± 106.63	122.05 ±79.13	157.55 ±31.04	193.90 ±27.72	81.50 ±115.54	149.55 ±37.97	196.25 ±76.37
	ฝน	111.90 ± 28.43	143.10 ± 10.04	204.50 ± 19.09	139.45 ±0.64	170.05 ±11.38	233.00 ±0.00	103.10 ±40.87	134.75 ±49.85	177.05 ±94.68
	หนาว	26.34 ± 13.80	37.30 ± 3.82	73.30 ± 10.04	71.65 ±7.14	72.50 ±6.79	94.45 ±16.90	80.60 ±0.42	94.45 ±6.29	164.65 ±20.15
ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	ร้อน	34.3 ± 0.6	34.7 ± 0.1	34.8 ± 0.1	35.0 ±0.1	35.1 ±0.3	35.1 ±0.2	35.4 ±0.4	35.5 ±0.3	35.6 ±0.5
	ฝน	0.9 ± 0.8	1.1 ± 1.1	2.2 ± 2.7	0.5 ±0.2	0.5 ±0.3	0.5 ±0.3	0.4 ±0.1	0.4 ±0.1	0.5 ±0.2
	หนาว	2.6 ± 1.1	6.2 ± 0.0	8.3 ± 0.6	1.3 ±0.7	1.5 ±0.4	4.2 ±3.7	0.6 ±0.0	0.9 ±0.4	4.2 ±4.4
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล)	ร้อน	2.6 ± 0.1	2.8 ± 0.5	2.8 ± 0.4	2.5 ±0.2	2.8 ±0.6	2.7 ±0.4	2.6 ±0.3	2.7 ±0.6	2.8 ±0.4
	ฝน	2.4 ± 1.2	2.6 ± 1.2	2.7 ± 1.2	2.4 ±1.0	2.6 ±1.0	2.7 ±1.1	2.3 ±1.0	2.6 ±0.8	2.7 ±0.7
	หนาว	1.9 ± 0.3	2.1 ± 0.1	2.8 ± 0.0	2.0 ±0.3	2.0 ±0.3	2.2 ±0.3	1.8 ±0.1	2.1 ±0.2	2.8 ±0.4
บีโอดี (มก./ล)	ร้อน	1.9 ± 0.0	2.8 ± 2.2	3.6 ± 3.0	1.2 ±0.2	1.6 ±0.7	2.0 ±0.7	1.5 ±0.1	1.9 ±0.7	3.1 ±1.9
	ฝน	0.6 ± 0.4	1.3 ± 0.9	1.9 ± 1.4	1.0 ±1.1	1.7 ±1.3	1.9 ±1.5	1.1 ±0.8	1.3 ±0.6	1.8 ±0.8
	หนาว	1.2 ± 0.1	2.5 ± 1.0	2.8 ± 0.9	0.6 ±0.3	1.0 ±0.6	0.9 ±0.2	1.8 ±0.1	1.5 ±0.1	1.8 ±0.1

ตารางที่ 4.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา (ต่อ)

พารามิเตอร์	ฤดูกาล	0			2.5			5		
		S	M	B	S	M	B	S	M	B
		X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (มก./ล)	ร้อน	0.06 ± 0.03	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.14 ± 0.01
	ฝน	0.03 ± 0.00	0.04 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.05 ± 0.03	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00
	หนาว	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.08 ± 0.07	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.00	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มก./ล)	ร้อน	0.40 ± 0.36	0.45 ± 0.04	0.51 ± 0.04	0.27 ± 0.11	0.50 ± 0.22	0.55 ± 0.02	0.52 ± 0.05	0.55 ± 0.01	0.60 ± 0.02
	ฝน	0.12 ± 0.05	0.14 ± 0.07	0.15 ± 0.06	0.15 ± 0.04	0.15 ± 0.04	0.17 ± 0.04	0.12 ± 0.01	0.14 ± 0.02	0.19 ± 0.01
	หนาว	0.17 ± 0.03	0.23 ± 0.01	0.29 ± 0.06	0.21 ± 0.13	0.30 ± 0.21	0.42 ± 0.32	0.24 ± 0.14	0.29 ± 0.18	0.36 ± 0.21
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มก./ล)	ร้อน	0.57 ± 0.47	0.62 ± 0.06	0.70 ± 0.03	0.58 ± 0.07	0.73 ± 0.25	1.06 ± 0.48	0.79 ± 0.16	0.87 ± 0.48	1.21 ± 0.90
	ฝน	0.12 ± 0.03	0.21 ± 0.14	0.34 ± 0.32	0.27 ± 0.14	0.34 ± 0.11	0.55 ± 0.30	0.38 ± 0.41	0.48 ± 0.54	0.59 ± 0.58
	หนาว	0.39 ± 0.15	0.60 ± 0.02	0.65 ± 0.02	0.44 ± 0.09	0.53 ± 0.01	0.53 ± 0.02	0.39 ± 0.10	0.67 ± 0.26	0.71 ± 0.30
ฟอสฟอรัส (มก./ล)	ร้อน	0.25 ± 0.01	0.40 ± 0.06	0.78 ± 0.03	0.26 ± 0.16	0.31 ± 0.06	0.39 ± 0.04	0.10 ± 0.25	0.19 ± 0.10	0.37 ± 0.21
	ฝน	0.15 ± 0.02	0.23 ± 0.01	0.33 ± 0.07	0.19 ± 0.03	0.27 ± 0.12	0.46 ± 0.18	0.18 ± 0.04	0.30 ± 0.02	0.35 ± 0.01
	หนาว	0.09 ± 0.03	0.12 ± 0.01	0.17 ± 0.03	0.13 ± 0.04	0.16 ± 0.02	0.20 ± 0.01	0.21 ± 0.07	0.22 ± 0.07	0.30 ± 0.03
ฟีคัลโคลีฟอร์ม (โคโลนี/100มล)	ร้อน	220 ± 64	370 ± 106	470 ± 71	310 ± 113	350 ± 28	400 ± 35	170 ± 163	280 ± 78	360 ± 57
	ฝน	350 ± 198	415 ± 120	520 ± 170	310 ± 212	405 ± 177	465 ± 134	390 ± 198	455 ± 233	505 ± 191
	หนาว	422 ± 151	641 ± 4	765 ± 132	636 ± 192	751 ± 91	886 ± 202	672 ± 344	822 ± 293	1094 ± 616
ฟีคัลสเตปโตรคอคไค (โคโลนี/100มล)	ร้อน	2400 ± 1075	2680 ± 198	2800 ± 85	1520 ± 905	1960 ± 311	2000 ± 28	2420 ± 170	2960 ± 0	2780 ± 0
	ฝน	105 ± 35	160 ± 14	190 ± 0	95 ± 35	135 ± 49	180 ± 14	95 ± 35	130 ± 71	220 ± 57
	หนาว	86 ± 81	222 ± 172	265 ± 192	199 ± 161	315 ± 323	343 ± 363	235 ± 191	351 ± 333	408 ± 333
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล)	ร้อน	305.00 ± 1.41	354.00 ± 16.97	394.50 ± 20.51	270.00 ± 108.19	285.00 ± 41.01	301.50 ± 47.38	241.50 ± 70.00	282.50 ± 37.48	298.00 ± 14.14
	ฝน	76.00 ± 11.31	161.00 ± 123.04	222.00 ± 200.82	114.00 ± 36.77	221.00 ± 108.89	253.00 ± 151.32	100.00 ± 2.83	160.00 ± 45.25	198.00 ± 16.97
	หนาว	62.50 ± 20.51	86.50 ± 7.78	148.50 ± 38.89	74.00 ± 2.83	79.00 ± 0.00	154.50 ± 13.44	69.00 ± 1.41	137.50 ± 57.28	234.00 ± 56.57

ตารางที่ 4.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา(ต่อ)

พารามิเตอร์	ฤดูกาล	8			12		
		S	M	B	S	M	B
		X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD
ความเร็วของกระแสน้ำ (ม/วินาที)	ร้อน	0.6 ± 0.0	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.2	0.6 ± 0.1	0.5 ± 0.0	0.4 ± 0.1
	ฝน	0.5 ± 0.0	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1
	หนาว	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.6 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.1
อุณหภูมิน้ำ (°ซ)	ร้อน	32.0 ± 0.1	32.4 ± 0.3	32.9 ± 0.3	32.4 ± 0.9	32.4 ± 0.4	32.7 ± 0.1
	ฝน	29.2 ± 1.6	29.2 ± 1.5	29.0 ± 1.6	29.3 ± 1.9	29.1 ± 2.0	29.1 ± 1.9
	หนาว	27.2 ± 0.0	27.1 ± 0.2	27.0 ± 0.3	28.8 ± 2.5	28.8 ± 2.5	28.7 ± 2.4
พีเอช	ร้อน	7.18 ± 0.25	7.30 ± 0.11	7.36 ± 0.11	6.82 ± 0.28	7.36 ± 0.43	7.59 ± 0.27
	ฝน	6.71 ± 0.25	6.80 ± 0.28	6.83 ± 0.25	6.57 ± 0.03	6.62 ± 0.05	6.64 ± 0.04
	หนาว	6.91 ± 0.65	6.96 ± 0.64	6.98 ± 0.64	6.95 ± 0.57	6.98 ± 0.57	7.00 ± 0.54
ความนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ เซนติเมตร)	ร้อน	49.95 ± 0.14	50.00 ± 0.14	50.25 ± 0.14	49.40 ± 0.71	49.45 ± 0.14	49.70 ± 0.07
	ฝน	0.36 ± 0.31	0.38 ± 0.32	0.38 ± 0.32	0.38 ± 0.23	0.39 ± 0.24	0.39 ± 0.24
	หนาว	0.42 ± 0.10	0.45 ± 0.12	0.45 ± 0.13	0.43 ± 0.16	0.44 ± 0.16	0.44 ± 0.16
ของแข็งละลายน้ำ (ก/ล)	ร้อน	30.05 ± 0.00	30.05 ± 0.07	30.10 ± 0.00	29.70 ± 0.35	29.70 ± 0.14	29.80 ± 0.07
	ฝน	0.22 ± 0.18	0.23 ± 0.19	0.23 ± 0.19	0.23 ± 0.14	0.23 ± 0.14	0.23 ± 0.14
	หนาว	0.25 ± 0.06	0.27 ± 0.07	0.27 ± 0.07	0.26 ± 0.10	0.26 ± 0.10	0.27 ± 0.09
ความขุ่น (เอ็นทียู)	ร้อน	55.70 ± 62.51	72.25 ± 11.38	124.70 ± 33.59	8.26 ± 87.29	38.67 ± 5.64	176.20 ± 103.10
	ฝน	95.55 ± 41.65	106.15 ± 42.21	132.50 ± 21.92	88.15 ± 45.04	115.45 ± 36.13	139.15 ± 42.21
	หนาว	88.50 ± 19.09	101.05 ± 8.98	115.90 ± 19.94	65.45 ± 12.94	85.85 ± 5.73	96.05 ± 18.74
ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	ร้อน	35.4 ± 0.0	35.5 ± 0.0	35.6 ± 0.1	34.8 ± 0.6	34.8 ± 0.1	35.0 ± 0.0
	ฝน	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1
	หนาว	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.5 ± 0.1
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล)	ร้อน	2.5 ± 0.0	2.7 ± 0.1	2.7 ± 0.1	2.6 ± 0.0	2.6 ± 0.2	2.7 ± 0.2
	ฝน	2.4 ± 1.0	2.5 ± 0.8	2.6 ± 0.8	2.6 ± 0.8	2.4 ± 0.8	2.5 ± 0.8
	หนาว	1.9 ± 0.0	2.3 ± 0.0	2.6 ± 0.1	1.7 ± 0.2	2.0 ± 0.1	2.0 ± 0.1
บีโอดี (มก./ล)	ร้อน	0.5 ± 0.9	1.2 ± 0.6	2.6 ± 1.5	0.7 ± 1.3	1.8 ± 1.0	2.3 ± 0.8
	ฝน	0.8 ± 0.7	1.1 ± 0.7	1.7 ± 0.9	0.8 ± 0.6	1.5 ± 1.1	1.9 ± 0.6
	หนาว	1.4 ± 0.2	1.5 ± 0.0	1.6 ± 0.0	1.1 ± 0.2	1.7 ± 0.7	2.0 ± 0.5

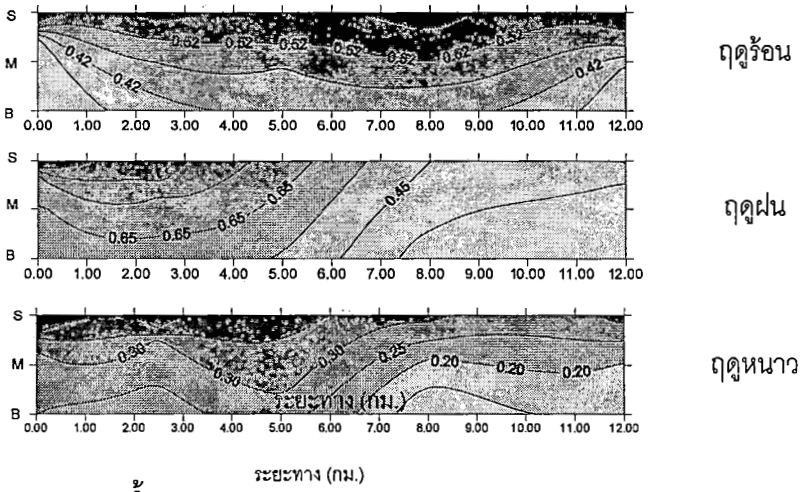
ตารางที่ 4.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา(ต่อ)

พารามิเตอร์	ฤดูกาล	8			12		
		S	M	B	S	M	B
		X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (มก./ล)	ร้อน	0.09 ± 0.07	0.09 ± 0.00	0.10 ± 0.00	0.07 ± 0.01	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0
	ฝน	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.00	0.05 ± 0.02	0.12 ± 0.13	0.03 ± 0.00	0.04 ± 0.01
	หนาว	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.12 ± 0.14	0.03 ± 0.00	0.03 ± 0.00
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มก./ล)	ร้อน	0.54 ± 0.08	0.65 ± 0.05	0.68 ± 0.01	0.67 ± 0.06	0.75 ± 0.16	0.83 ± 0.14
	ฝน	0.54 ± 0.00	0.15 ± 0.00	0.17 ± 0.02	0.13 ± 0.02	0.17 ± 0.01	0.18 ± 0.00
	หนาว	0.19 ± 0.06	0.45 ± 0.09	0.51 ± 0.11	0.12 ± 0.01	0.25 ± 0.12	0.32 ± 0.18
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มก./ล)	ร้อน	0.52 ± 0.05	0.63 ± 0.11	0.60 ± 0.02	0.54 ± 0.01	0.71 ± 0.26	0.90 ± 0.51
	ฝน	0.42 ± 0.46	0.48 ± 0.48	0.50 ± 0.48	0.11 ± 0.14	0.22 ± 0.27	0.40 ± 0.50
	หนาว	0.61 ± 0.21	0.64 ± 0.15	0.72 ± 0.17	0.32 ± 0.43	0.40 ± 0.53	0.33 ± 0.40
ฟอสฟอรัส (มก./ล)	ร้อน	0.15 ± 0.11	0.19 ± 0.01	0.22 ± 0.00	0.10 ± 0.12	0.16 ± 0.02	0.26 ± 0.02
	ฝน	0.19 ± 0.04	0.22 ± 0.03	0.25 ± 0.05	0.66 ± 0.73	0.23 ± 0.05	0.27 ± 0.09
	หนาว	0.18 ± 0.03	0.18 ± 0.04	0.25 ± 0.05	0.13 ± 0.02	0.21 ± 0.08	0.26 ± 0.09
ฟีคัลโคลีฟอร์ม (โคโลนี/100มล)	ร้อน	110 ± 177	110 ± 0	170 ± 42	30 ± 99	110 ± 57	130 ± 14
	ฝน	425 ± 318	495 ± 290	605 ± 148	310 ± 212	485 ± 7	670 ± 99
	หนาว	829 ± 161	829 ± 161	922 ± 192	445 ± 402	674 ± 260	772 ± 243
ฟีคัลสเตปโตรคอคไค (โคโลนี/100มล)	ร้อน	1680 ± 396	2280 ± 424	2800 ± 368	1980 ± 580	3280 ± 919	3920 ± 453
	ฝน	115 ± 21	135 ± 35	150 ± 28	100 ± 28	140 ± 28	180 ± 85
	หนาว	115 ± 81	208 ± 212	307 ± 314	70 ± 15	110 ± 14	125 ± 6
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล)	ร้อน	237.00 ± 40.31	256.00 ± 21.21	270.50 ± 7.78	195.50 ± 55.15	225.00 ± 23.33	291.50 ± 50.91
	ฝน	86.00 ± 28.28	94.00 ± 22.63	138.00 ± 14.14	73.00 ± 18.38	109.00 ± 7.07	178.00 ± 25.46
	หนาว	81.00 ± 25.46	90.50 ± 14.85	102.50 ± 30.41	59.50 ± 0.71	88.50 ± 21.92	147.50 ± 68.59

เมื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาวาดโดยโปรแกรม surfer Version 6.04 เพื่อแสดงแนวโน้มคุณภาพน้ำตามสถานีต่าง ๆ ในแต่ละฤดูกาล ได้ผลการศึกษาเป็นดังนี้

1. ความเร็วของกระแสน้ำ (current), ม/วินาที

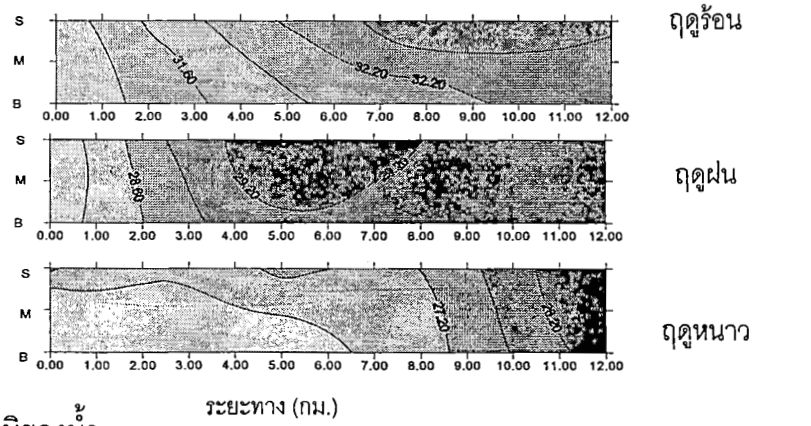
ความเร็วของกระแสน้ำฤดูร้อน, ฤดูฝนและฤดูหนาว มีค่าระหว่าง 0.3-0.6 ม/วินาที, 0.3–1.2 ม/วินาที และ 0.1-0.5 ม/วินาที ตามลำดับ พบว่าฤดูฝนจะมีค่าความเร็วของกระแสน้ำสูงกว่าฤดูอื่น ๆ และความเร็วที่ระดับใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร จะมีค่าสูงกว่าที่ระดับกึ่งกลางความลึกและระดับเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ



ภาพที่ 4.8 ความเร็วของกระแสน้ำ

2. อุณหภูมิของน้ำ (Temperature), °ซ

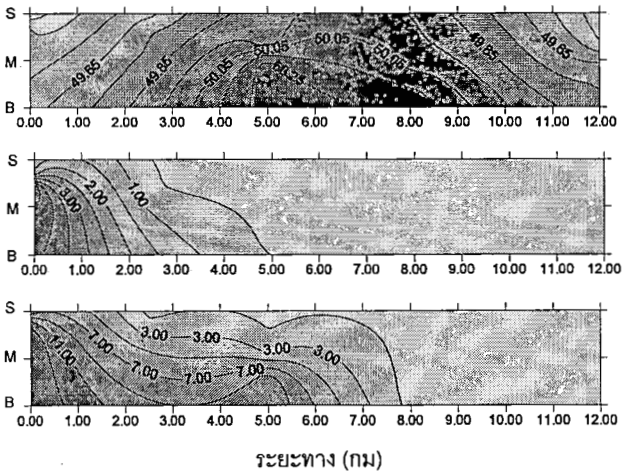
อุณหภูมิของน้ำทั้งในฤดูร้อน, ฤดูฝน และฤดูหนาว มีค่าระหว่าง 31.1-32.9 °ซ, 28.5-29.5 °ซ และ 26.5-28.8 °ซ ตามลำดับ พบว่า ที่ระดับเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตร จะมีอุณหภูมิต่ำที่สุด รองลงมาคือ ที่ระดับกึ่งกลางความลึกและระดับใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร ตามลำดับ



ภาพที่ 4.9 อุณหภูมิของน้ำ

3. ความนำไฟฟ้า (Conductivity), มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร

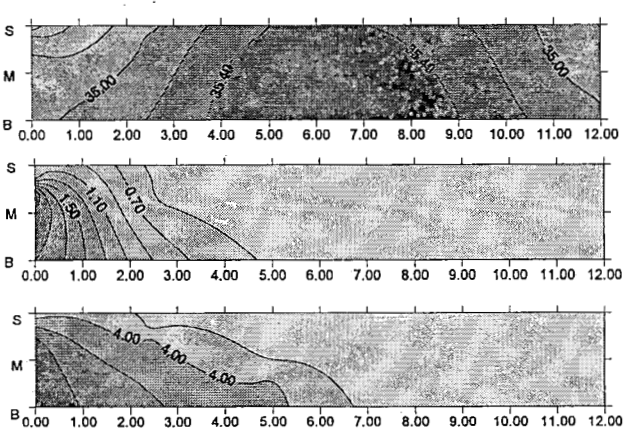
ความนำไฟฟ้าในฤดูร้อน, ฤดูฝนและ ฤดูหนาว มีค่าระหว่าง 49.25-50.30 มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร, 0.36-4.84 มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร และ 0.42-14.48 มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร ตามลำดับ เป็นที่สังเกตว่าบริเวณปากแม่น้ำจะมีค่าความนำไฟฟ้าค่อนข้างสูงกว่าบริเวณอื่น



ภาพที่ 4.10 ความนำไฟฟ้า

4. ความเค็ม (Salinity), ส่วนในพันส่วน

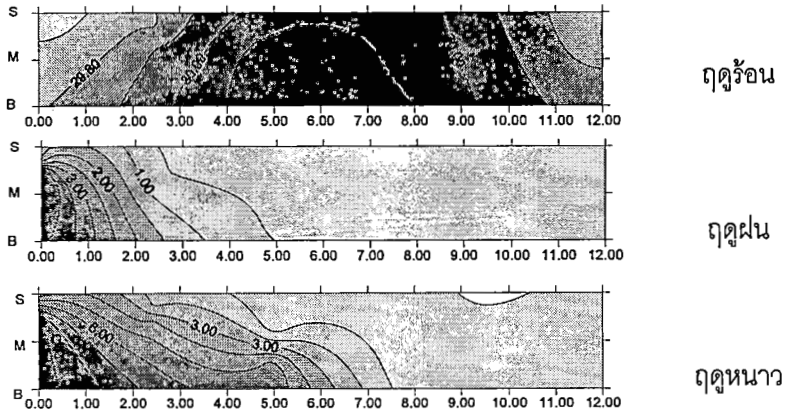
ความเค็มในฤดูร้อน, ฤดูฝนและฤดูหนาว มีค่าระหว่าง 34.3-35.6 ส่วนในพันส่วน, 0.4-2.2 ส่วนในพันส่วน และ 0.4-2.2 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ โดยพบว่าในฤดูฝนและฤดูหนาว ความเค็มจะค่อย ๆ ลดลงตามระยะห่างจากปากแม่น้ำ สำหรับในฤดูร้อนจะมีค่าความเค็มใกล้เคียงกันทุกสถานี



ภาพที่ 4.11 ความเค็ม

5. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids), ก/ล

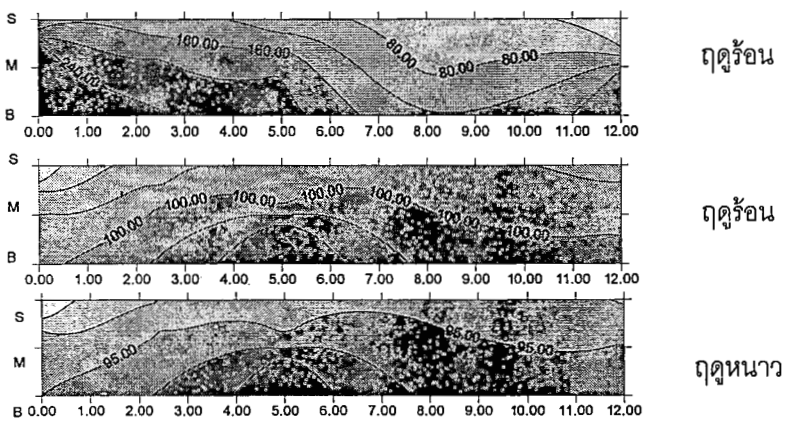
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดในฤดูร้อน, ฤดูฝนและฤดูหนาว มีค่าอยู่ในช่วง 29.6-30.20 ก/ล, 0.23-2.9 ก/ล และ 0.25-9.3 ก/ล ตามลำดับ โดยพบว่า ฤดูร้อนจะมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดสูงที่สุด และเป็นที่น่าสังเกตว่า ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดจะมีแนวโน้มไปในลักษณะเดียวกับความเค็มและความนำไฟฟ้า



ภาพที่ 4.12 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด

6. ความขุ่น (Turbidity), เอ็นทียู

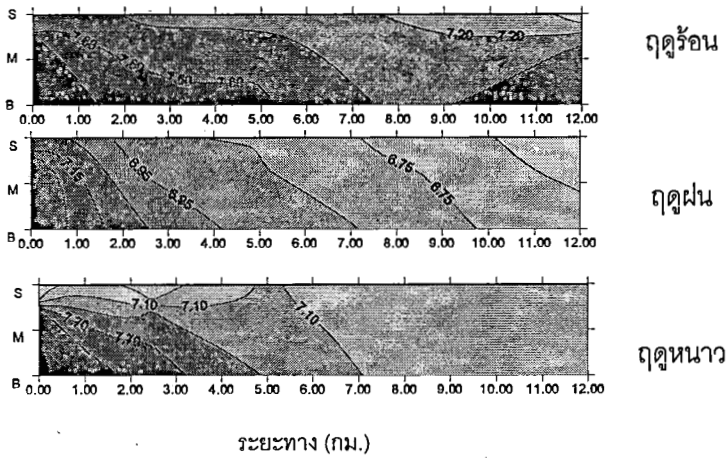
ความขุ่นในฤดูร้อน ฤดูฝนและฤดูหนาว มีค่าระหว่าง 8.26-257.50 เอ็นทียู , 88.15-233.0 เอ็นทียู และ 26.34 – 164.65 เอ็นทียู ตามลำดับ โดยพบว่า บริเวณเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตรที่สถานีที่ 5 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำจะมีความขุ่นสูง ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว



ภาพที่ 4.13 ความขุ่น

7. พีเอช (pH)

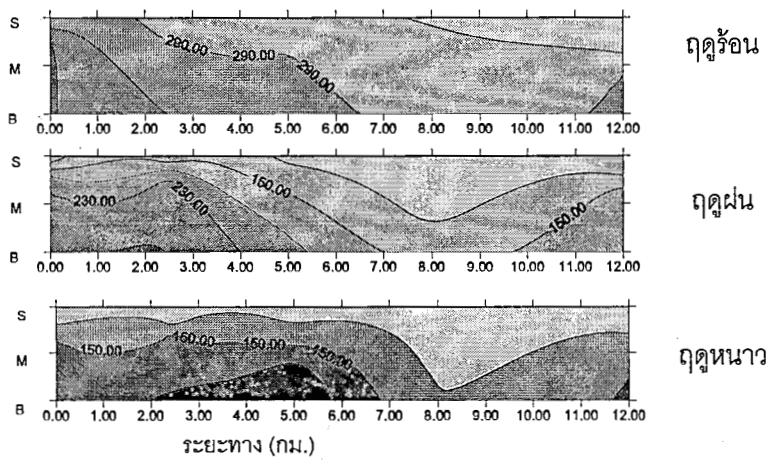
พีเอชในฤดูร้อน, ฤดูหนาวและฤดูฝน มีค่าระหว่าง 6.82-7.92, 6.82-7.38 และ 6.63-8.29 ซึ่งพบว่าในทั้ง 3 ฤดู แม่น้ำบางปะกงจะมีพีเอชอยู่ในช่วงความเป็นกลาง และจะมีพีเอชสูงบริเวณปากแม่น้ำทั้ง 3 ฤดูกาล



ภาพที่ 4.14 พีเอช

8. ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids), มก./ล

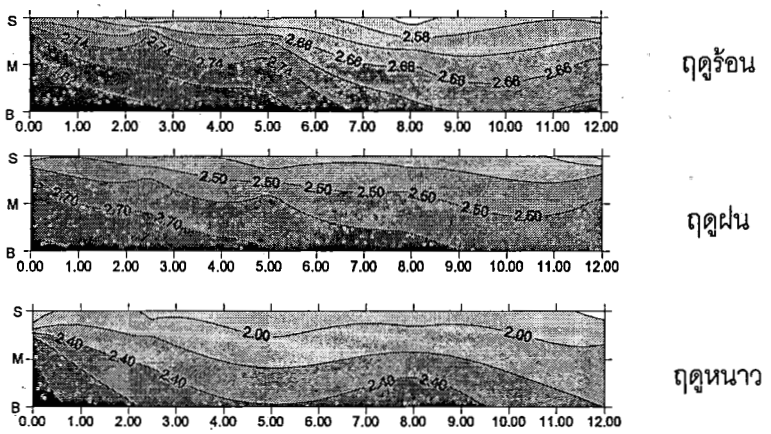
ของแข็งแขวนลอยทั้ง 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน, ฤดูฝนและฤดูหนาว มีค่าระหว่าง 195.50-394.50 มก./ล , 73.00-253 มก./ล และ 59.50-234.00 มก./ล ตามลำดับ โดยสังเกตพบว่าของแข็งแขวนลอยจะมีปริมาณมากบริเวณเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตร ซึ่งมีแนวโน้มคล้ายกับปริมาณความขุ่น



ภาพที่ 4.15 ของแข็งแขวนลอย

9. ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen), มก/ล

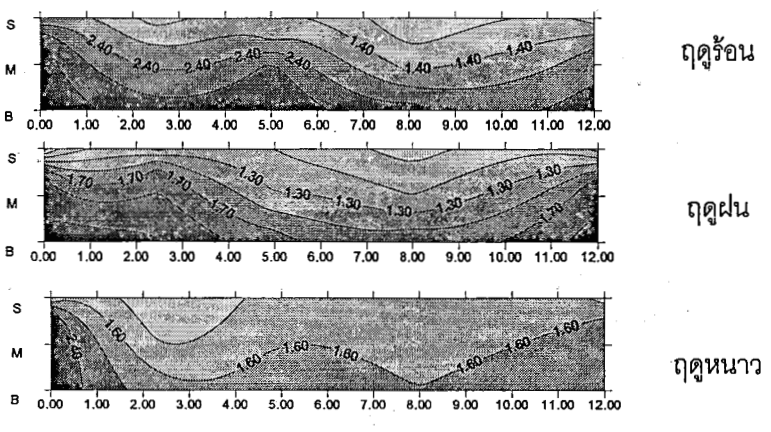
ออกซิเจนละลายน้ำทั้ง 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน, ฤดูฝนและฤดูหนาว มีค่าอยู่ในช่วง 2.5-2.8 มก./ล , 2.2-2.7 มก./ล และ 1.8-2.8 มก./ล ตามลำดับ



ภาพที่ 4.16 ออกซิเจนละลาย

10. บีโอดี (BOD), มก./ล

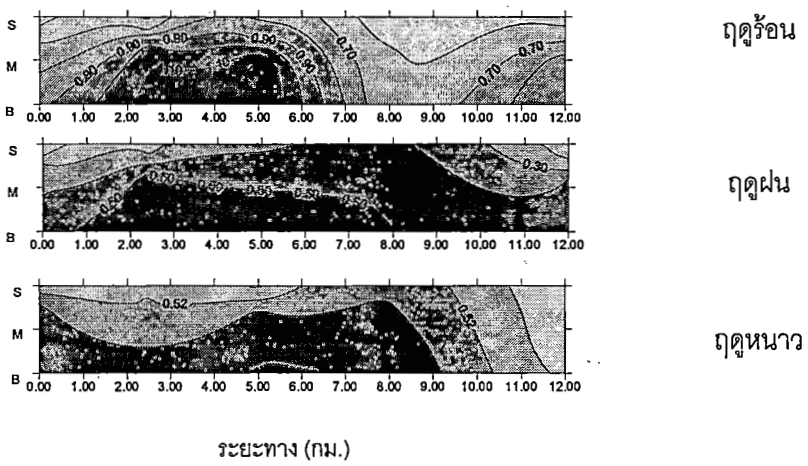
บีโอดีในฤดูร้อน ฤดูฝนและฤดูหนาว มีค่าระหว่าง 0.5-3.6 มก./ล, 0.6-1.9 มก./ล และ 0.8-2.8 มก./ล ตามลำดับ ซึ่งพบว่าบริเวณเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตรจะมีปริมาณบีโอดีมากกว่า บริเวณใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร และระดับกึ่งกลางความลึก



ภาพที่ 4.17 บีโอดี

11. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen), มก./ล

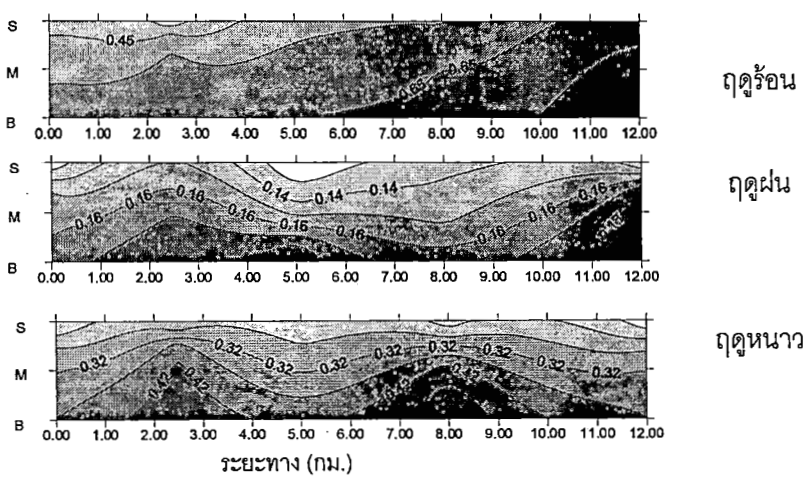
ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในฤดูร้อน ฤดูฝนและฤดูหนาว มีค่าระหว่าง 0.52-1.21 มก./ล, 0.11-0.59 มก./ล และ 0.32-0.72 มก./ล ตามลำดับ ซึ่งพบว่าบริเวณเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตรจะมีปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน มากกว่า บริเวณใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร และระดับกึ่งกลางความลึก



ภาพที่ 4.18 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน

12. ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen), มก./ล

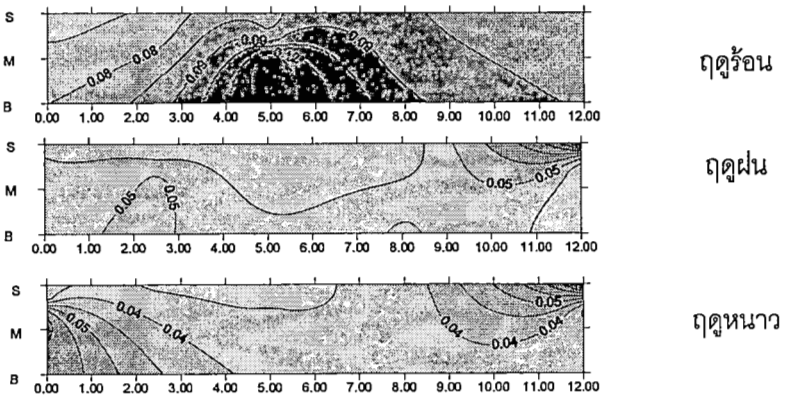
ไนเตรท-ไนโตรเจนในฤดูร้อน ฤดูฝนและฤดูหนาว มีค่าระหว่าง 0.27-0.83 มก./ล, 0.12-0.19 มก./ล และ 0.12-0.51 มก./ล ตามลำดับ ซึ่งพบว่าบริเวณเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตรจะมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมากกว่า บริเวณใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร และระดับกึ่งกลางความลึกในทุกสถานี



ภาพที่ 4.19 ไนเตรท-ไนโตรเจน

13. ไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-Nitrogen), มก./ล

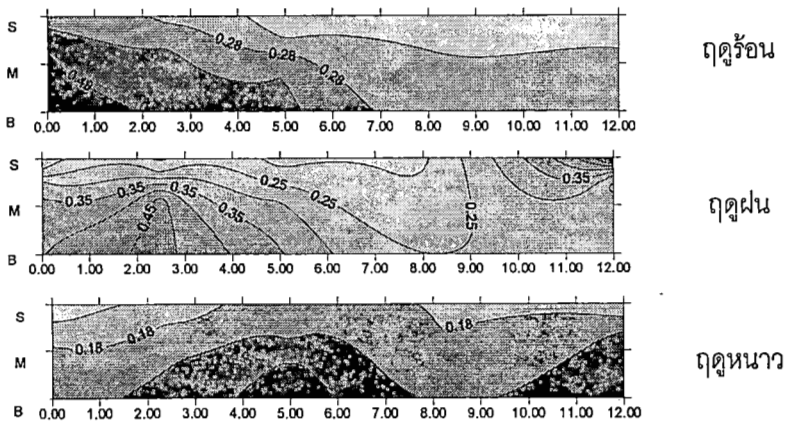
ไนไตรท์-ไนโตรเจนในฤดูร้อน ฤดูฝนและฤดูหนาว มีค่าระหว่าง 0.06-0.14 มก./ล, 0.03-0.12 มก./ล และ 0.02-0.12 มก./ล ตามลำดับ พบว่า ทั้ง 3 ฤดูกาลจะมีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 4.20 ไนไตรท์-ไนโตรเจน

14. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Phosphorus), มก./ล

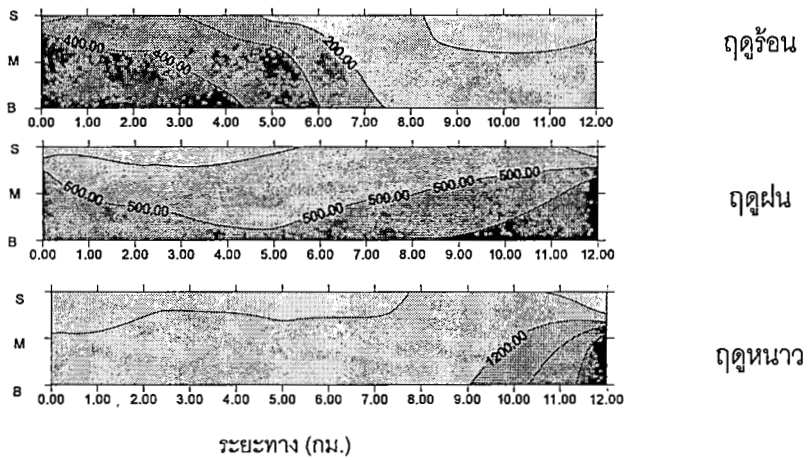
ฟอสฟอรัสทั้งหมด ในฤดูร้อน ฤดูฝนและฤดูหนาว มีค่าระหว่าง 0.10-0.48 มก./ล, 0.15-0.66 มก./ล และ 0.09-0.26 มก./ล ตามลำดับ ซึ่งพบว่าบริเวณเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตรจะมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมากกว่า บริเวณใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร และระดับกึ่งกลางความลึกในฤดูฝนและฤดูหนาว ส่วนในฤดูร้อนพบว่า บริเวณปากแม่น้ำจะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าสถานีอื่น ๆ



ภาพที่ 4.21 ฟอสฟอรัส

15. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform), โคโลนี/100 มล.

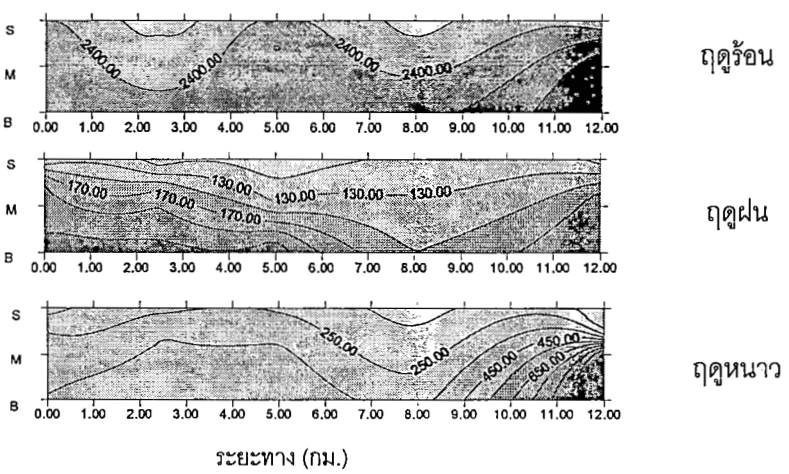
ฟีคัลโคลิฟอร์ม ในฤดูร้อน ฤดูฝนและฤดูหนาว มีค่าระหว่าง 30-400 โคโลนี/100 มล, 310-670 โคโลนี/100 และ 422-1094 โคโลนี/100 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าในช่วงฤดูหนาวจะมีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มมากกว่าในฤดูกาลอื่น ๆ



ภาพที่ 4.22 ฟีคัลโคลิฟอร์ม

16. ฟีคัลสเตรปโตคอคไค (Fecal Streptococci), โคโลนี/100 มล.

ฟีคัลสเตรปโตคอคไค ในฤดูร้อน ฤดูฝนและฤดูหนาว มีค่าระหว่าง 1520-3920 โคโลนี /100 มล, 95-220 โคโลนี/100 และ 70-408 โคโลนี/100 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าในช่วงฤดูร้อนจะมีปริมาณฟีคัลสเตรปโตคอคไคมากกว่าในฤดูกาลอื่น ๆ



ภาพที่ 4.23 ฟีคัลสเตรปโตคอคไค

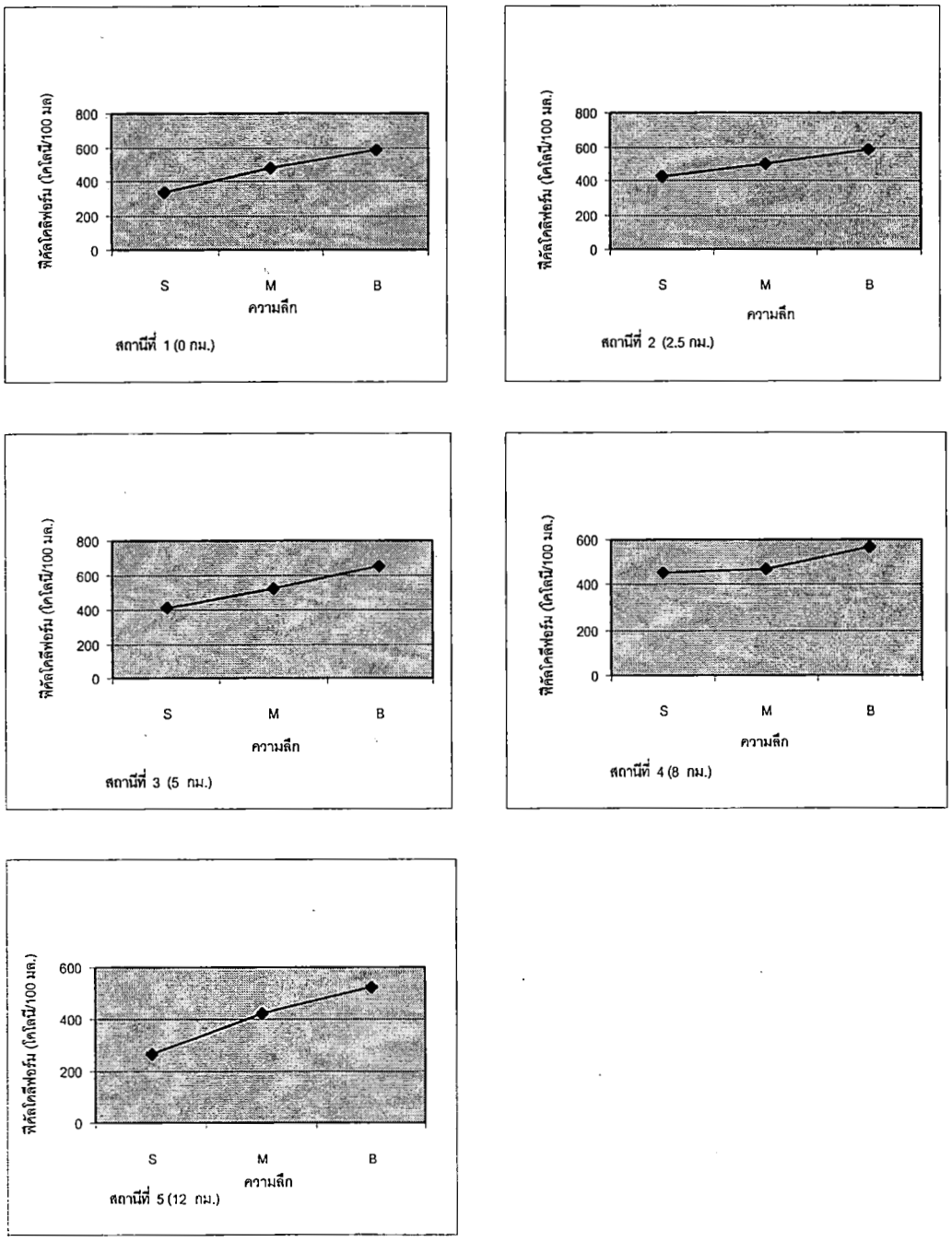
4.1.3 การเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

จากผลการศึกษาค่าเฉลี่ยรวมทุกฤดูกาลนำมาเขียนกราฟเพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคตามระดับความลึกสังเกตได้ว่าในแต่ละสถานีพบว่า ฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค มีปริมาณสูงที่สุดที่ระดับความลึกเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตร รองลงมาคือ ที่ระดับกึ่งกลางความลึก และระดับใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.24 และภาพที่ 4.25 อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลการศึกษาเฉลี่ยรวมทุกฤดูกาลมาทดสอบทางสถิติเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

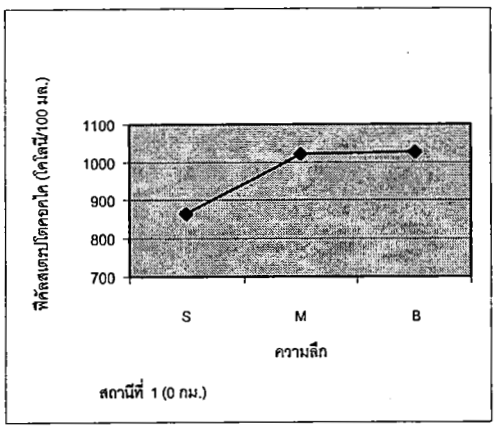
ตาราง 4.2 การเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของปริมาณฟีคัลโคลีฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

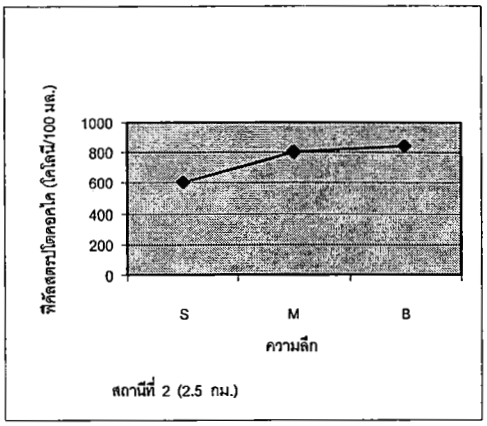
พารามิเตอร์	0 กม.				2.5 กม.				5 กม.			
	S	M	B	P	S	M	B	P	S	M	B	P
	X ±SD	X ±SD	X ±SD		X ±SD	X ±SD	X ±SD		X ±SD	X ±SD	X ±SD	
ฟีคัลโคลิฟอร์ม โคโลนี/100 มล.	331 ±68	475 ±64	585 ±50	0.154	419 ±502	502 ±75	584 ±84	0.685	411 ±36	519 ±111	653 ±292	0.654
ฟีคัลสเตรปโตคอคไค โคโลนี/100 มล.	864 ±587	1021 ±99	1025 ±96	0.981	605 ±470	803 ±155	841 ±135	0.947	917 ±84	1147 ±175	1136 ±130	0.976

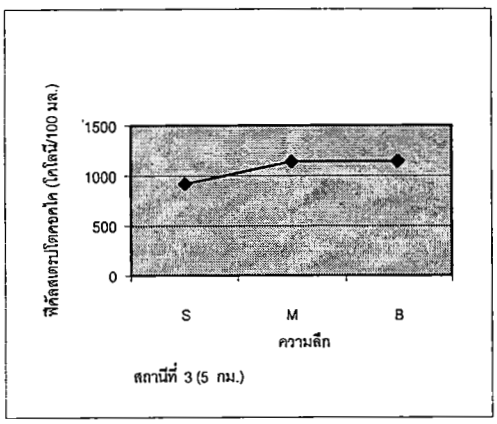
พารามิเตอร์	8 กม.				12 กม.			
	S	M	B	P	S	M	B	P
	X ±SD	X ±SD	X ±SD		X ±SD	X ±SD	X ±SD	
ฟีคัลโคลิฟอร์ม โคโลนี/100 มล.	455 ±87	472 ±145	566 ±77	0.927	262 ±153	423 ±102	524 ±119	0.560
ฟีคัลสเตรปโตคอคไค โคโลนี/100 มล.	637 ±201	874 ±195	1086 ±182	0.906	717 ±322	1177 ±519	2175 ±238	0.888

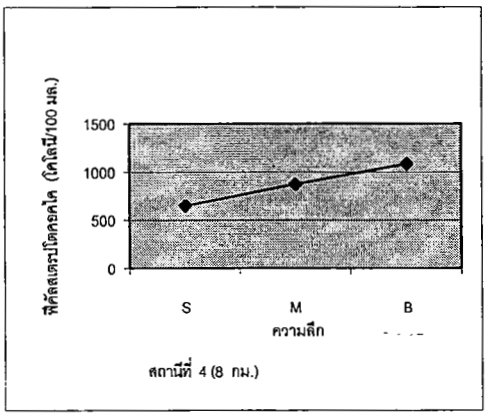


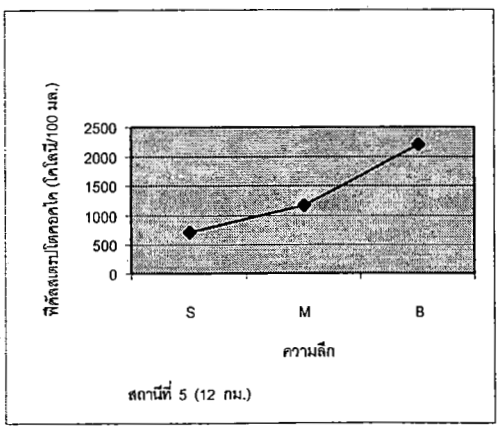
ภาพที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของฟีคัลโคลีฟอร์ม











ภาพที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของฟีคัลสเตรปโตคอคไค

4.1.4 การเปลี่ยนแปลงตามสถานที่ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามสถานที่ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคในฤดูร้อน, ฤดูฝน และฤดูหนาวนี้ เนื่องจากผลการทดสอบทางสถิติพบว่า ฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ไม่มีความแตกต่างในแต่ละระดับความลึก จึงนำค่าเฉลี่ยรวมของทุกระดับความลึกมาทดสอบทางสถิติเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงตามสถานที่ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค พบว่า ในฤดูร้อนฟีคัลโคลิฟอร์มจะมีการเปลี่ยนแปลงตามสถานที่โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) พบว่า สถานีที่ 1 คือ บริเวณ 0 กิโลเมตรและ สถานีที่ 2 คือ บริเวณ 2.5 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำมีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มมากกว่าสถานีที่ 4 คือ บริเวณ 8 และ สถานีที่ 5 คือ บริเวณ 12 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ, สถานีที่ 5 กิโลเมตรมีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มสูงกว่าสถานีที่ 12 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ ส่วนฤดูฝนและฤดูหนาวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) สำหรับฟีคัลสเตรปโตคอคไค พบว่า การเปลี่ยนแปลงตามสถานที่ในฤดูร้อนและฤดูฝน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนฤดูหนาวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยพบว่าสถานีที่ 2 คือ บริเวณ 2.5 และ สถานีที่ 3 คือ บริเวณ 5 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ มีความแตกต่างจากสถานีที่ 5 คือ บริเวณ 12 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.3 , 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

ตาราง 4.3 การเปลี่ยนแปลงตามสถานที่ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

พารามิเตอร์	ฤดูร้อน						ฤดูฝน					
	0	2.5	5	8	12	P	0	2.5	5	8	12	P
	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD		X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	
ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/100 มล)	353.3 ± 125.83	353 ± 45.09	270 ± 95.394	130 ± 34.64	90 ± 52.915	0.005	428 ± 85.78	393.3 ± 78.16	450 ± 57.663	860 ± 53.69	630 ± 167.88	0.701
ฟีคัลสเตรปโตคอคไค (โคโลนี/100 มล)	2627 ± 205.26	1827 ± 266.3	2720 ± 274.95	2253 ± 560.5	3060 ± 988.53	0.135	152 ± 43.11	136.7 ± 42.52	148 ± 64.485	133.3 ± 17.56	140 ± 40	0.983

พารามิเตอร์	ฤดูหนาว					
	0	2.5	5	8	12	P
	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	X ± SD	
ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/100 มล)	609.2 ± 173.63	758 ± 125.1	863 ± 56.569	2253 ± 560.5	3060 ± 988.53	0.005
ฟีคัลสเตรปโตคอคไค (โคโลนี/100 มล)	190.7 ± 93.159	286 ± 76.25	331 ± 0.00	210 ± 96.02	101 ± 28.506	0.043

ตารางที่ 4.4 ความแตกต่างของฟีคัลโคลิฟอร์มตามสถานที่ในฤดูร้อน

สถานที่	สถานที่เปรียบเทียบ	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย	P
0 กม.	2.5 กม.	0.0000	1.00
	5 กม.	83.3300	0.224
	8 กม.	223.333	0.006
	12 กม.	263.333	0.002
2.5 กม.	2.5 กม.	0.0000	1.00
	5 กม.	83.3300	0.224
	8 กม.	223.333	0.006
	12 กม.	263.333	0.002
5 กม.	0 กม.	-83.330	0.224
	2.5 กม.	-83.330	0.224
	8 กม.	140.000	0.054
	12 กม.	180.000	0.019
8 กม.	0 กม.	-223.330	0.006
	2.5 กม.	-223.330	0.006
	5 กม.	-140.000	0.054
	12 กม.	40.000	0.548
2.5 กม.	0 กม.	-263.330	0.002
	2.5 กม.	-236.330	0.002
	8 กม.	-180.000	0.019
	12 กม.	-40.000	0.548

ตารางที่ 4.5 ความแตกต่างของฟีคัลสเตรปโตคอคไคตามสถานที่ในฤดูหนาว

สถานที่	สถานที่เปรียบเทียบ	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย	P
0 กม.	2.5 กม.	-94.8333	0.179
	5 กม.	-140.3333	0.058
	8 กม.	-19.3333	0.774
	12 กม.	89.3333	0.203
2.5 กม.	2.5 กม.	94.8333	0.179
	5 กม.	-45.5000	0.504
	8 กม.	75.5000	0.276
	12 กม.	184.1667	0.019
5 กม.	0 กม.	140.3333	0.058
	2.5 กม.	45.5000	0.504
	8 กม.	121.0000	0.095
	12 กม.	229.6667	0.006
8 กม.	0 กม.	19.3333	0.774
	2.5 กม.	-75.5000	0.276
	5 กม.	-121.0000	0.095
	12 กม.	108.6667	0.128
12 กม.	0 กม.	-89.3333	0.203
	2.5 กม.	-184.1667	0.019
	5 กม.	-229.6667	0.006
	8 กม.	-108.6667	0.128

4.1.5 ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพต่อฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพต่อฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค พบว่า คุณภาพน้ำทางกายภาพที่มีความสัมพันธ์กับฟีคัลโคลิฟอร์มได้แก่ อุณหภูมิ, ความเร็วของกระแสน้ำ, ความนำไฟฟ้า, ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และความเค็ม สำหรับฟีคัลสเตรปโตคอคไคมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำทางกายภาพได้แก่ อุณหภูมิ, ความนำไฟฟ้าและความเค็ม โดยพบว่าอุณหภูมิของน้ำ, ความนำไฟฟ้าและความเค็ม มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับฟีคัลโคลีฟอร์มแต่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับฟีคัลสเตรปโตคอคไค ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์คุณภาพน้ำทางกายภาพต่อฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

พารามิเตอร์	จำนวนตัวอย่าง	ฟีคัลโคลิฟอร์ม		ฟีคัลสเตรปโตคอคไค	
		R	P	R	P
ความเร็วของกระแสน้ำ	45	-0.541	0.000	0.270	0.859
อุณหภูมิของน้ำ	45	-0.846	0.000	0.849	0.000
ความนำไฟฟ้า	45	-0.652	0.000	0.944	0.000
ความเค็ม	45	-0.661	0.000	0.944	0.000
ความขุ่น	45	0.020	0.895	0.210	0.166

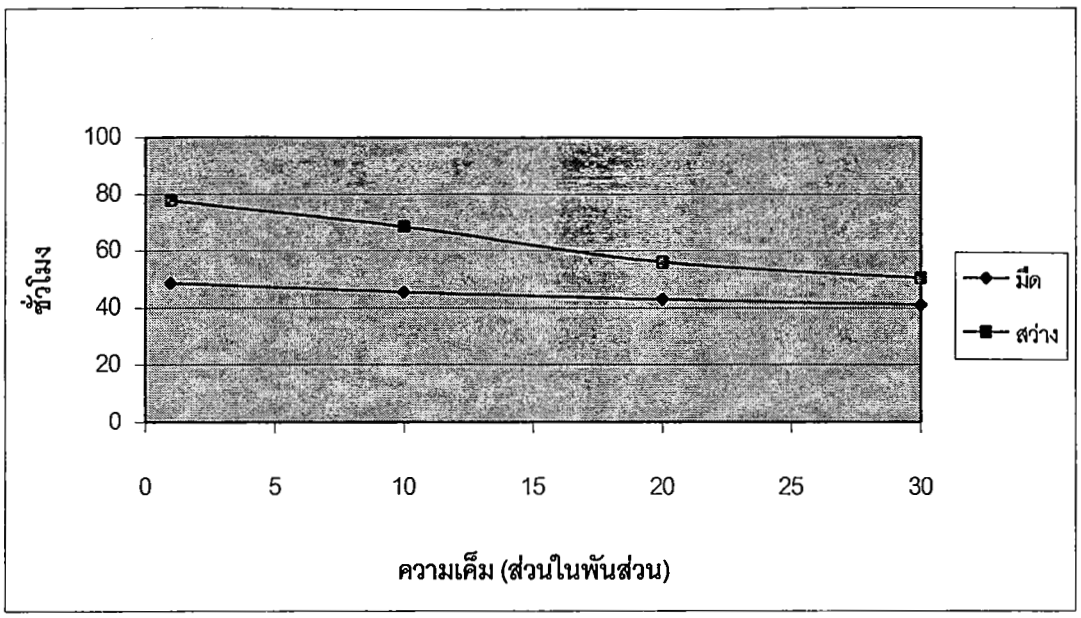
4.2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

4.2.1 ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

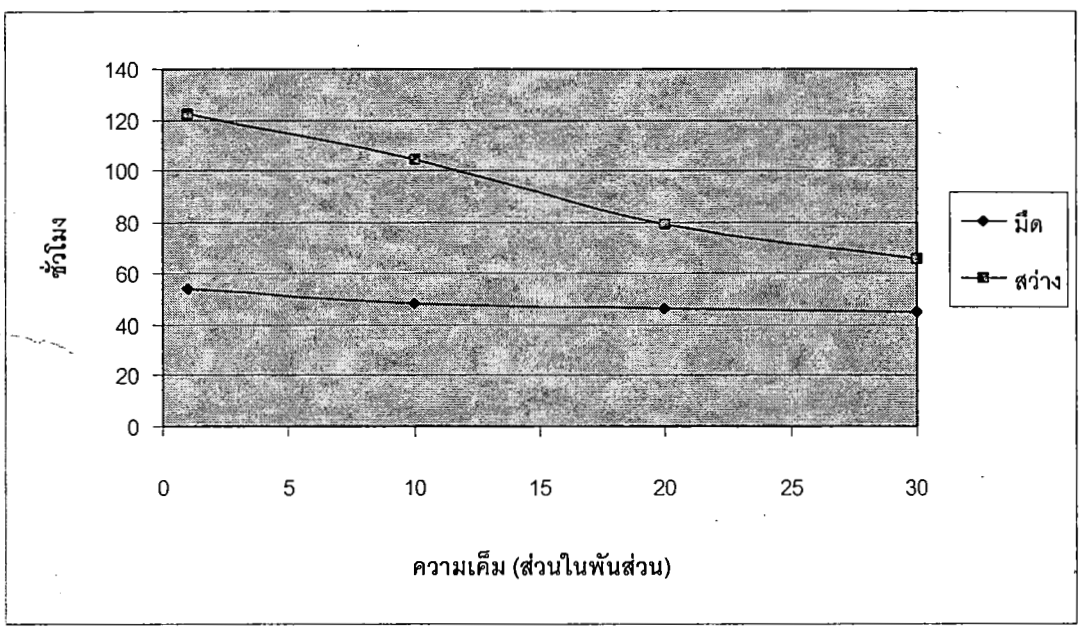
จากการศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพต่อฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค พบว่า คุณภาพน้ำทางกายภาพที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ได้แก่ อุณหภูมิ, ความนำไฟฟ้า, ของแข็งละลายน้ำและความเค็ม จึงนำผลการศึกษาที่ได้มาออกแบบการทดลองในห้องปฏิบัติการเป็นระบบจำลอง microcosm

เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาวมีความแตกต่างกันไม่มากนัก กล่าวคือมีค่าอยู่ในช่วง 26.5-32.4 °ซ สำหรับความนำไฟฟ้าและของแข็งละลายน้ำจะมีค่าสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับความเค็ม ในการศึกษาในห้องปฏิบัติการจึงเลือกพารามิเตอร์ที่สำคัญ คือ ความเค็มมาทำการศึกษาเพียงพารามิเตอร์เดียวและเพิ่มปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ได้แก่ แสงแดด มาทำการศึกษา เพื่อดูผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค โดยใช้ค่า T_{90} เป็นตัวบ่งชี้ ผลการศึกษาเป็นดังนี้

T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มในภาวะที่มีแสงแดดที่ระดับความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วนมีค่าเฉลี่ย 48.6664 $\pm$ 0.4416 ชั่วโมง, 48.4337 $\pm$ 0.05617 ชั่วโมง, 42.9969 $\pm$ 0.06004 ชั่วโมง และ 41.2391 $\pm$ 0.2498 ชั่วโมง ตามลำดับ ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มซึ่งอยู่ในที่มืดที่ระดับความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วนมีค่าเฉลี่ย 77.7194 $\pm$ 2.3354 ชั่วโมง, 68.2992 $\pm$ 0.7944 ชั่วโมง, 56.1240 $\pm$ 0.6038 ชั่วโมง และ 50.6017 $\pm$ 0.3378 ชั่วโมงตามลำดับ สำหรับ T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคในภาวะที่มีแสงที่ระดับความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วนมีค่าเฉลี่ย 53.6341 $\pm$ 0.5923 ชั่วโมง, 47.8442 $\pm$ 1.3535 ชั่วโมง, 46.2721 $\pm$ 1.1032 ชั่วโมง และ 44.9093 $\pm$ 1.4889 ชั่วโมง ตามลำดับ ค่า T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคซึ่งอยู่ในที่มืดที่ระดับความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วนมีค่าเฉลี่ย 122.3215 $\pm$ 4.5772 ชั่วโมง, 104.6632 $\pm$ 1.2221 ชั่วโมง, 79.1969 $\pm$ 3.2661 ชั่วโมง และ 65.7291 $\pm$ 2.7849 ชั่วโมงตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ภาพที่ 4.26 และภาพที่ 4.27



ภาพที่ 4.26 กราฟแสดงค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์ม



ภาพที่ 4.27 กราฟแสดงค่า T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไค

ตารางที่ 4.7 ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	T_{90} (ชั่วโมง)			
	ฟีคัลโคลิฟอร์ม		ฟีคัลสเตรปโตคอคไค	
	มืด $\bar{x} \pm$ SD	แสงแดด $\bar{x} \pm$ SD	มืด $\bar{x} \pm$ SD	แสงแดด $\bar{x} \pm$ SD
1	77.7194± 2.3354	48.6664± 0.4416	122.3215± 4.5772	53.6341± 0.5923
10	68.2992± 0.7944	45.4337± 0.0561	104.6632± 1.2221	47.8442± 1.3535
20	56.1240± 0.6038	42.9969± 0.0600	79.1969± 3.2661	46.2721± 1.1032
30	50.6017± 0.3378	41.2391± 0.2498	65.7291± 2.7849	44.9093± 1.4889

4.2.2 ผลกระทบจากแสงแดดต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

จากการศึกษาเปรียบเทียบค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคในระบบจำลอง microcosm ซึ่งตั้งอยู่กลางแจ้งได้รับแสงแดดโดยตรงกับค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคในระบบจำลอง microcosm ซึ่งตั้งอยู่ในที่มืด ผลการศึกษาพบว่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มในภาวะที่มีแสงแดดมีค่าเฉลี่ยรวมทุกระดับความเค็มเป็น 44.5840± 2.9203 ชั่วโมง และ T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มในภาวะที่มืดมีค่าเฉลี่ย 66.1861± 11.0779 ชั่วโมง สำหรับค่า T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคในภาวะที่มีแสงแดดมีค่าเฉลี่ย 48.1649± 3.6159 ชั่วโมง และ ค่า T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคในภาวะที่มืดมีค่าเฉลี่ย 95.4548± 22.4812 ชั่วโมง เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ พบว่า ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มในสภาวะที่มีแสงแดดและ ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มในที่มืดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p< 0.05$) ค่า T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคในภาวะที่มีแสงและ ค่า T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคซึ่งอยู่ในที่มืดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p< 0.05$) โดยพบว่า ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคในภาวะที่มีแสงแดดจะมีระยะเวลาสั้นกว่าค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคซึ่งอยู่ในที่มืด ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

พารามิเตอร์	ปัจจัย	จำนวน	T_{90}		P
			X	SD	
ฟีคัลโคลิฟอร์ม	แสงแดด	12	44.5840	2.9204	0.000
	มืด	12	63.1861	11.0779	
ฟีคัลสเตรปโต คอคไค	แสงแดด	12	48.1649	3.6159	0.000
	มืด	12	95.4548	22.4812	

4.2.3 ผลกระทบจากความเค็มต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

จากการเปรียบเทียบค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ที่ ระดับความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน ซึ่งอยู่ในที่มืด พบว่า ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มที่ระดับความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน มีค่าเฉลี่ย 77.72 $\pm$ 2.3309 ชั่วโมง, 68.30 $\pm$ 0.7930 ชั่วโมง, 56.12 $\pm$ 0.6060 ชั่วโมง และ 65.73 $\pm$ 2.7860 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อนำมาทดสอบทางสถิติพบว่า ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มที่ระดับความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดย ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มที่ระดับความเค็ม 1 ส่วนในพันส่วนมีระยะเวลานานกว่าที่ระดับความเค็ม 10,20 และ 30 ส่วนในพันส่วนตามลำดับ สำหรับ ค่า T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคที่ระดับความเค็ม 1 ส่วนในพันส่วนมีระยะเวลานานกว่าที่ระดับความเค็ม 10,20 และ 30 ส่วนในพันส่วนตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 ความแตกต่างค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มที่ระดับความเค็มต่างกัน

ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	ความเค็มเปรียบเทียบ (ส่วนในพันส่วน)	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย	P
1	10	9.4202	0.000
	20	21.5953	0.000
	30	27.1177	0.000
1	1	-9.4202	0.000
	10	12.1752	0.000
	20	17.6975	0.000
20	1	-21.5953	0.000
	10	-12.1752	0.000
	20	5.5223	0.00[illegible]
20	1	-27.1177	0.000
	10	-17.6975	0.000
	20	-5.5223	0.00[illegible]

ตารางที่ 4.10 ความแตกต่าง ค่า T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคที่ระดับความเค็มต่างกัน

ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	ความเค็มเปรียบเทียบ (ส่วนในพันส่วน)	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย	P
2[illegible]	10	17.6583	0.000
	20	43.1246	0.000
	30	56.5923	0.000
20	1	-17.6583	0.000
	10	25.4663	0.000
	20	38.9341	0.000
1	1[illegible]	-43.1246	0.000
	20	-25.4663	0.000
	30	13.4677	0.00[illegible]
20	1	-56.5923	0.000
	10	-38.9341	0.000
	20	-13.4677	0.00[illegible]

4.2.4 ผลกระทบจากแสงแดดและความเค็มต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

เมื่อนำมาทดสอบทางสถิติเพื่อดูผลกระทบจากปัจจัยได้แก่ แสงแดดและความเค็มต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค พบว่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ที่ระดับความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p< 0.05$) โดย T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มที่ระดับความเค็ม 1 ส่วนในพันส่วนมีระยะเวลานานกว่าที่ระดับความเค็ม 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ สำหรับ T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไค ในภาวะที่มีแสงแดดและในที่มืดที่ระดับความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วนที่ระดับความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p< 0.05$) โดย T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคที่ระดับความเค็ม 1 ส่วนในพันส่วนมีระยะเวลานานกว่าที่ระดับความเค็ม 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคที่ระดับความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วนมีระยะเวลานานกว่าที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ T_{90} ที่ระดับความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ($p< 0.05$) T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคที่ระดับความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ T_{90} ที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ($p< 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.11 , 4.12 และ 4.13

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ในภาวะที่มีแสงแดดและในที่มืดที่ระดับความเค็มต่างกัน

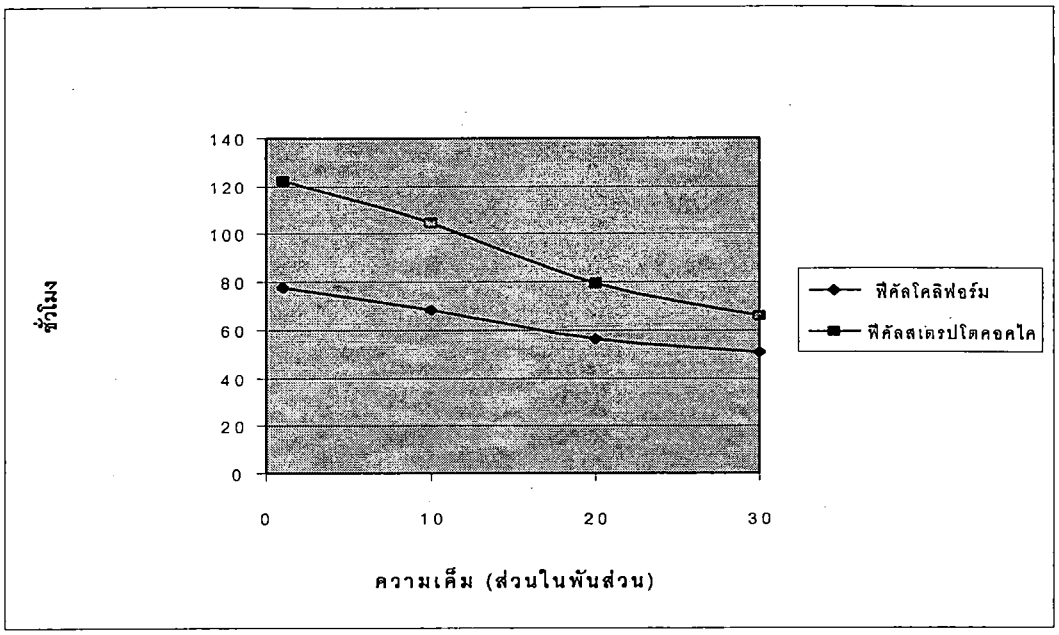
ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	T_{90} (ชั่วโมง)					
	ฟีคัลโคลิฟอร์ม			ฟีคัลสเตรปโตคอคไค		
	มืด $\bar{x} \pm SD$	แสงแดด $\bar{x} \pm SD$	P	มืด $\bar{x} \pm SD$	แสงแดด $\bar{x} \pm SD$	P
1	77.7194± 2.3354	48.6664± 0.4416	.000	122.3215± 4.5772	53.6341± 0.5923	.000
10	68.2992± 0.7944	45.4337± 0.0561	.001	104.6632± 1.2221	47.8442± 1.3535	.000
20	56.1240± 0.6038	42.9969± 0.0600	.000	79.1969± 3.2661	46.2721± 1.1032	.000
30	50.6017± 0.3378	41.2391± 0.2498	.000	65.7291± 2.7849	44.9093± 1.4889	.002

ตารางที่ 4.12 ความแตกต่าง ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มในภาวะที่มีแสงแดดและความเค็มเป็นปัจจัยร่วม

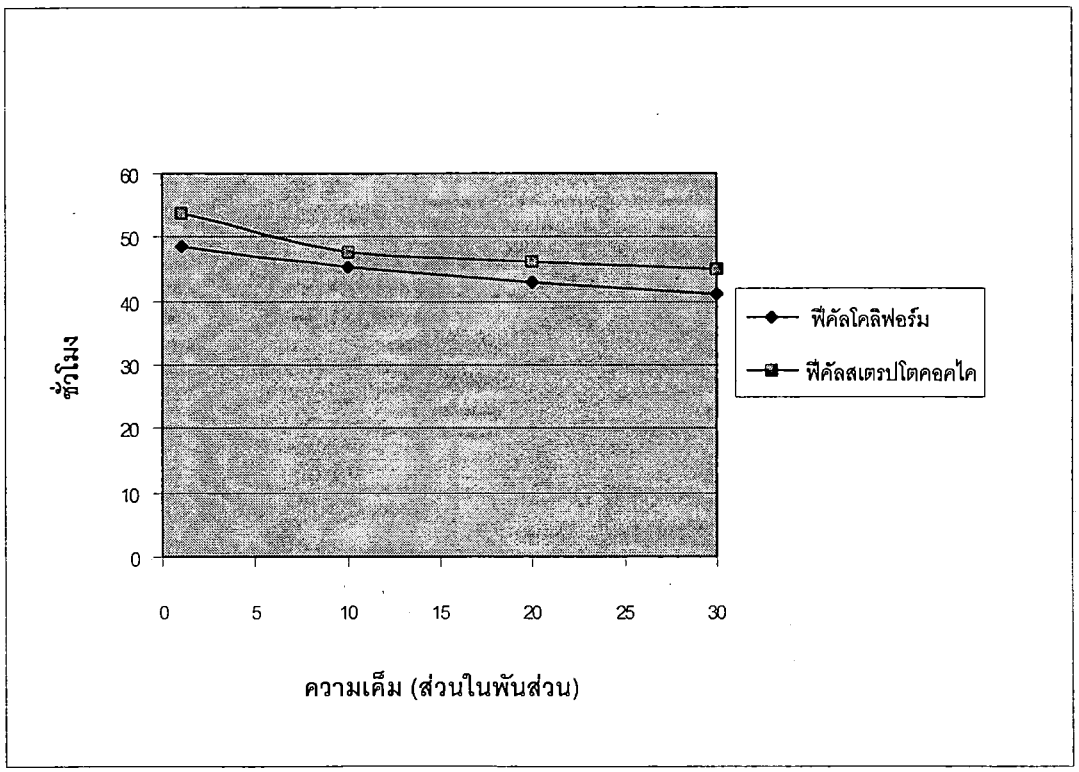
ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	ความเค็มเปรียบเทียบ (ส่วนในพันส่วน)	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย	P
1	10	3.2327	0.000
	20	5.6696	0.000
	30	7.2474	0.000
1	1	-3.2327	0.000
	10	2.4369	0.000
	20	4.1947	0.000
1	1	-5.6696	0.000
	10	-2.4369	0.000
	20	1.7578	0.000
30	1	-7.4274	0.000
	10	-4.1947	0.000
	20	-1.7578	0.000

ตารางที่ 4.13 ความแตกต่าง ค่า T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคในภาวะที่มีแสงแดดและความเค็มเป็นปัจจัยร่วม

ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	ความเค็มเปรียบเทียบ (ส่วนในพันส่วน)	ความแตกต่างค่าเฉลี่ย	P′
30	10	5.7900	0.000
	20	7.6321	0.000
	30	8.7248	0.000
1	10	-5.7900	0.000
	20	1.5721	0.143
	30	2.9349	0.016
1	1	-7.3621	0.000
	10	-1.5721	0.143
	20	1.3628	0.016
30	1	-8.7248	0.000
	10	-2.9349	0.016
	20	-1.3628	0.197



ภาพที่ 4.28 กราฟเปรียบเทียบค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคในสภาวะที่มีแสงแดด



ภาพที่ 4.29 กราฟเปรียบเทียบค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคในสภาวะมืด

4.2.5 การเปรียบเทียบการรอดชีวิตระหว่างฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.005$) โดย T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคมีระยะเวลานานกว่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มที่ทุกระดับความเค็ม ทั้งในสภาวะที่มีแสงแดดและในที่มืด ดังแสดงใน ตารางที่ 4.14, ภาพที่ 4.28 และภาพที่ 4.29

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบค่า T_{90} ระหว่างฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

สภาวะ	ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	จำนวนตัวอย่าง	T_{90} (ชั่วโมง)		P
			ฟีคัลโคลิฟอร์ม	ฟีคัลสเตรปโตคอคไค	
มืด	1	3	77.7194 ± 2.3354	122.3215± 4.5772	0.001
	10	3	68.2992 ±0.7944	104.6632 ±1.2221	0.000
	20	3	56.1240 ±0.6038	79.1969 ± 3.2661	0.005
	30	3	50.6017 ± 0.3378	65.7291 ± 2.7849	0.002
แสงแดด	1	3	48.6664± 0.4416	53.6341± 0.5923	0.000
	10	3	45.4337 ± 0.0561	47.8441 ± 1.3535	0.037
	20	3	42.9969 ±0.0600	46.2721 ± 1.1032	0.035
	30	3	41.2391 ± 0.2498	44.9093 ± 1.4889	0.014

บทที่ 5
อภิปราย สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่มีผลต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์ม และฟีคัลสเตรปโตคอคไค ในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ทำการศึกษาโดยการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในภาคสนามและการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการดังนี้

5.1.1 การศึกษาวิเคราะห์คุณภาพน้ำในภาคสนาม

ทำการศึกษาโดยมีสถานีเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีววิทยาในช่วงฤดูร้อน (มีนาคมและเมษายน 2542), ฤดูฝน (สิงหาคมและกันยายน 2542) และ ฤดูหนาว (พฤศจิกายนและธันวาคม 2542) ทำการเก็บตัวอย่างฤดูกาลละ 2 ครั้ง ในเวลาน้ำลง ณ สถานีเก็บตัวอย่าง 5 สถานี ได้แก่ บริเวณ 0, 2.5, 5, 8 และ 12 กิโลเมตร จากปากแม่น้ำ แต่ละสถานีทำการเก็บ 3 จุด ได้แก่ ที่ระดับใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร, ที่ระดับกึ่งกลางความลึกและที่ระดับเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตร ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำอภิปรายได้ดังนี้

5.1.1.1 **ความเร็วของกระแสน้ำ** ในฤดูฝนจะมีค่าความเร็วของกระแสน้ำสูงกว่าฤดูกาลอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากในฤดูฝนจะมีปริมาณน้ำท่าไหลจากต้นแม่น้ำลงมาเป็นปริมาณมาก เมื่อเปรียบเทียบความเร็วของกระแสน้ำในแต่ละจุดเก็บ พบว่า บริเวณใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร จะมีความเร็วของกระแสน้ำมากกว่าที่ระดับกึ่งกลางความลึกและระดับเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตร ทั้งนี้เป็นเพราะที่บริเวณผิวน้ำจะได้รับอิทธิพลจากกระแสลม

5.1.1.2 **อุณหภูมิของน้ำ** พบว่าในฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงกว่าฤดูฝนและฤดูหนาว ตามลำดับ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิของน้ำทั้งสามฤดูมีความแตกต่างกันไม่มากนัก และสอดคล้องกับอุณหภูมิของบรรยากาศซึ่งโดยปรกติจะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดปี

5.1.1.3 **ความนำไฟฟ้า, ความเค็ม และของแข็งละลายน้ำทั้งหมด** จะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ในช่วงฤดูร้อนจะมีการลุกล้ำของน้ำเค็มเข้ามาทำให้ความเค็ม, ความนำไฟฟ้าและของแข็งละลายน้ำทั้งหมดตลอดช่วงลำน้ำที่ทำการศึกษามีค่าไม่แตกต่างกันนักและมีค่าค่อนข้างสูงเนื่องจากอิทธิพลของน้ำเค็ม สำหรับฤดูฝนและฤดูหนาว จะพบว่าความเค็ม, ความนำไฟฟ้าและของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ลดลงตามระยะห่างจากปากแม่น้ำและมีค่าต่ำกว่าในฤดูร้อน ทั้งนี้เนื่องจากในฤดูฝนและฤดูหนาวจะมีปริมาณน้ำท่าจากต้นแม่น้ำไหลลงมาเป็นปริมาณมากจึงผลักดันน้ำเค็มออกไป นอกจากนี้จะสังเกตได้ว่าในช่วงฤดูฝนจะมีการลุกล้ำของน้ำเค็มเข้ามาน้อยกว่าในช่วงฤดูหนาว

5.1.1.4 **ความขุ่นและของแข็งแขวนลอย** คุณภาพน้ำในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงจะมีความขุ่นและอนุภาคตะกอนต่าง ๆ สูงมาก จนสามารถสังเกตุเห็นได้ด้วยตาเปล่าในฤดูฝนจะมีความขุ่นสูงมาก เนื่องจากมีปริมาณน้ำท่าไหลลงสู่แม่น้ำเป็นปริมาณมากและมีการพัดพาตะกอนดินต่าง ๆ ลงสู่ลำน้ำ ซึ่งตะกอนดินต่าง ๆ ที่ถูกพัดพามากับน้ำท่าจะมีคุณสมบัติเป็นประจุลบ ประกอบกับในน้ำจืดจะมีอิออนต่าง ๆ ละลายอยู่น้อย อนุภาคและตะกอนดินต่าง ๆ จึงเกิดแรงผลักกันและแขวนลอยอยู่ในน้ำ (มนูวดี หังสพฤกษ์ 2532) นอกจากนี้ในช่วงฤดูฝน ความเร็วของกระแสน้ำมีค่าสูง จึงก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนขึ้นมา สำหรับในฤดูหนาว พบว่าน้ำมีความขุ่นค่อนข้างต่ำ มีความใสคล้ายกับน้ำทะเล ทั้งนี้เนื่องจากมีการลุกล้ำของน้ำทะเลเข้ามาส่งผลให้น้ำมีอิออนประจุบวกเพิ่มมากขึ้น ทำให้แรงผลักระหว่างอนุภาคตะกอนดินต่าง ๆ ลดต่ำลง ทำให้มีโอกาสเกาะตัวกันมากขึ้น และตกตะกอนลงสู่ท้องน้ำ ประกอบกับความเร็วของกระแสน้ำลดลง เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนที่ท้องน้ำน้อยกว่าฤดูฝน ส่วนในฤดูร้อนพบว่าน้ำมีความขุ่นสูงกว่าในฤดูหนาว สาเหตุหนึ่งเป็นเพราะความเร็วของกระแสน้ำค่อนข้างแรงกว่าในฤดูหนาว จึงเกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคและตะกอนต่าง ๆ ขึ้นมา อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความเร็วของกระแสน้ำ พบว่า ความเร็วของกระแสน้ำในฤดูร้อน และฤดูหนาวแตกต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นอาจมีสาเหตุมาจากประจุลบที่ผิวของอนุภาคตะกอน, สารแขวนลอยต่าง ๆ เกิดการกลับค่าของประจุกลายเป็นประจุบวก ซึ่งการกลับค่าของประจุของอนุภาคตะกอนต่าง ๆ นั้นจะเกิดที่ความเค็มประมาณ 6 ส่วนในพันส่วน และมีรายงานบางฉบับ พบว่า การกลับค่าของประจุเกิดขึ้นที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน (มนูวดี หังสพฤกษ์ 2532) ขณะที่น้ำทะเลที่ลุกล้ำเข้ามาจะมีอิออนประจุบวกอยู่ จึงเกิดแรงผลักระหว่างอนุภาคตะกอนและสารแขวนลอยต่าง ๆ ทำให้การเกาะตัวและการตกตะกอนเกิดได้ยาก

5.1.1.5 **พีเอช** โดยภาพรวมค่าพีเอชมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างสถานีต่าง ๆ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเช่นกัน และเป็นที่สังเกตได้ว่า พีเอชมีแนวโน้มสูงขึ้นในบริเวณช่วงใกล้ปากแม่น้ำ ทั้งนี้เป็นเพราะอิทธิพลของน้ำทะเลซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างอ่อน ๆ อันเกิดจากแร่ธาตุต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล เช่น โซเดียม, แมกนีเซียม, คลอไรด์, ซัลเฟต เป็นต้น (มนูวดี หังสพฤกษ์ 2532) นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากการสังเคราะห์แสงของแพลงค์ตอนและสาหร่ายซึ่งทำให้ค่าพีเอชของน้ำสูงขึ้นด้วยทางหนึ่ง

5.1.1.6 **ออกซิเจนละลาย** มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นบริเวณปากแม่น้ำ และค่อย ๆ ลดลง เมื่อลึกเข้ามา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะบริเวณปากแม่น้ำ มีระดับน้ำค่อนข้างตื้นและมีคลื่นลมแรงจึงช่วยให้การละลายออกซิเจนลงสู่น้ำเป็นไปได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับค่าพีเอชซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในบริเวณปากแม่น้ำเช่นกัน ดังนั้นค่าออกซิเจนละลายน้ำที่สูงในช่วงปาแม่น้ำ

อาจเป็นผลมาจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชซึ่งมีอยู่ชุกชุมบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง (พิชาญ สว่างวงศ์ 2543)

5.1.1.7 **บีโอดี** จากผลการวิเคราะห์บีโอดี พบว่า มีค่าค่อนข้างสูง ในบางสถานีมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินที่มิใช่ทะเล โดยพบว่า ในฤดูร้อนจะมีบีโอดีสูงกว่าฤดูอื่น ทั้งนี้เป็นเพราะในช่วงฤดูร้อนจะมีปริมาณน้ำในแม่น้ำค่อนข้างน้อยในขณะเดียวกันของเสียจำพวกสารอินทรีย์จากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เช่น ชุมชน, โรงงานอุตสาหกรรม ยังคงปล่อยลงสู่แม่น้ำในจำนวนเท่าเดิม ประกอบกับในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิของน้ำมีค่าค่อนข้างสูงกว่าฤดูอื่น ปฏิกิริยาในการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้บีโอดีมีค่าสูงตามไปด้วย

5.1.1.8 **แอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนเตรต-ไนโตรเจน และไนไตรท์-ไนโตรเจน** เป็นที่สังเกตได้ว่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าค่อนข้างสูงมากในช่วงบริเวณกิโลเมตรที่ 5 เนื่องมาจากบริเวณดังกล่าวเป็นที่ตั้งของชุมชนชาวประมง มีการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังกันอย่างหนาแน่น ซึ่งอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาในกระชัง ได้แก่ ปลาสด ทำให้มีของเสียจำพวกโปรตีนตกค้างอยู่และเกิดการย่อยสลายเป็นแอมโมเนีย, ไนไตรท์และไนเตรตขึ้น สำหรับไนเตรต-ไนโตรเจนและไนไตรท์-ไนโตรเจน พบว่า มีปริมาณค่อนข้างสูงบริเวณสถานีที่ 12 กิโลเมตร และค่อย ๆ ลดลงเมื่อใกล้บริเวณปากแม่น้ำ และพบว่ามีค่าค่อนข้างสูงในบริเวณที่มีการเพาะเลี้ยงปลาในกระชัง แสดงให้เห็นว่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจนน่าจะเป็นผลมาจากการปนเปื้อนของของเสียจาการเกษตร, ชุมชนที่พักอาศัย รวมทั้งโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่อย่างหนาแน่นตลอดสองฝั่งของแม่น้ำ

5.1.1.9 **ฟอสฟอรัสทั้งหมด** จะพบปริมาณค่อนข้างสูงในบริเวณช่วงปากแม่น้ำ ทั้งนี้เป็นเพราะการควบคุมปริมาณฟอสฟอรัสในบริเวณปากแม่น้ำเกิดขึ้นโดยการดูดซับและคายออกจากผิวของตะกอนเป็นสำคัญซึ่งในบริเวณปากแม่น้ำจะมีตะกอนอยู่เป็นจำนวนมาก และตะกอนเหล่านี้จะเป็นตัวดูดซับเอาฟอสฟอรัสไว้ (มนูวดี หังสพฤกษ์ 2532) เมื่อพิจารณาดูแนวโน้มปริมาณของแข็งแขวนลอย พบว่า มีลักษณะไปในทิศทางเดียวกัน

5.1.1.10 **ฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค** พบว่าการเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ที่ระดับใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร, ที่ระดับกึ่งกลางความลึก และที่ระดับความลึกเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อดูการเปลี่ยนแปลงตามสถานี พบว่า ในฤดูร้อนฟีคัลโคลิฟอร์มจะมีปริมาณสูงที่สุดบริเวณปากแม่น้ำ ฤดูฝนและฤดูหนาวทุกสถานีมีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับฟีคัลสเตรปโตคอคไค พบว่า ในฤดูร้อนและฤดูหนาวทุกสถานีมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนฤดูหนาว พบว่า มีปริมาณสูงที่บริเวณสถานีที่ 12 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ เป็นสาเหตุได้ว่า บริเวณที่มีปริมาณของแข็งแขวนลอยสูงจะมีปริมาณของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคสูงตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากของแข็งแขวนลอยจะช่วยป้องกันฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคมิให้ถูกทำลาย

จากแสงแดด ดังนั้นจึงพบว่าฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับของแข็งแขวนลอย (Davies et al 1985, Fujoka et at 1981)

5.1.2 การเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ที่ระดับความลึกใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร, ที่ระดับกึ่งกลางความลึกและที่ระดับความลึกเหนือท้องน้ำ 50 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากแม่น้ำบางปะกงมีความเร็วของกระแสน้ำค่อนข้างสูง ทำให้เกิดการปั่นป่วนของลำน้ำผสมกันเป็นอย่างดี ประกอบกับการหมุนเวียนของกระแสน้ำในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงจัดอยู่ในประเภทที่น้ำผสมผสานกันดีในแนวดิ่ง (พิชาญ สว่างวงศ์ 2541, มนูวดี หังสพฤกษ์ 2532) จึงทำให้ปริมาณของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคไม่มีความแตกต่างกันตามระดับความลึก

5.1.3 การเปลี่ยนแปลงตามสถานที่ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

ผลการศึกษาพบว่าในฤดูร้อนฟีคัลโคลิฟอร์มมีปริมาณค่อนข้างสูงบริเวณปากแม่น้ำและค่อย ๆ ลดลงเมื่อห่างจากปากแม่น้ำเข้ามา ทั้งนี้สอดคล้องกับแนวโน้มของของแข็งแขวนลอย จึงเป็นไปได้ว่าที่บริเวณปากแม่น้ำมีตะกอนและของแข็งแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมาก ตะกอนและของแข็งแขวนลอยเหล่านี้ช่วยป้องกันฟีคัลโคลิฟอร์มมิให้ถูกทำลายจากแสงแดด นอกจากนี้ยังอาจมีสาเหตุมาจากความเหมาะสมของปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่มีผลการเจริญเติบโตของฟีคัลโคลิฟอร์มอีกด้วย ส่วนในฤดูฝน และฤดูหนาวพบว่าปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มตามสถานที่ต่างๆ ที่ทำการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับฟีคัลสเตรปโตคอคไค พบว่า ในฤดูหนาวมีปริมาณค่อนข้างสูง บริเวณที่ สถานีที่ 5 คือ บริเวณ 12 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ ส่วนในฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่าปริมาณของฟีคัลสเตรปโตคอคไคตามสถานที่ต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเกิดจากความเหมาะสมของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของฟีคัลสเตรปโตคอคไค

5.1.4 การศึกษาทางห้องปฏิบัติการ

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในภาคสนามและนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพต่อจำนวนของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค พบว่า ความเค็ม, ความนำไฟฟ้า และอุณหภูมิมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับฟีคัลโคลิฟอร์ม แต่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับฟีคัลสเตรปโตคอคไค จึงนำมาออกแบบการทดลองทางห้องปฏิบัติการด้วยระบบจำลอง microcosm เพื่อศึกษาถึงปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค โดยทำการศึกษาเฉพาะความเค็ม เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลต่าง ๆ เพียงเล็กน้อย ขณะที่ความเค็มจะมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูกาลอย่างเห็นได้ชัด ส่วนความนำไฟฟ้า และของแข็งละลายน้ำทั้งหมดจะมีแนวโน้มความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับความเค็มจึงไม่ขอกล่าวในที่นี้ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการฆ่าเชื้อด้วยวิธีนึ่งอัดความดันเพื่อกำจัดจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่อาจเป็นจุลินทรีย์ผู้ล่าและส่งผลกระทบต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคออกไป สำหรับผลการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่มีผลกระทบต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคเป็นดังนี้

5.1.4.1 **ผลกระทบจากแสงแดด** จากผลการศึกษาพบว่า ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคในสภาวะที่มีแสงแดดจะมีระยะเวลาสั้นกว่าในสภาวะมืด แสดงให้เห็นว่าแสงแดดมีอิทธิพลต่อการลดจำนวนลงของแบคทีเรียสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Solic และ Krstulovic Nada 1992 ทั้งนี้เนื่องจาก แสงแดดประกอบด้วยแสงขาว (Visible Light) และแสงอุลตร้าไวโอเล็ต (Ultraviolet) เมื่อแบคทีเรียได้รับแสงแดด ดีเอ็นเอ (DNA) ที่อยู่ภายในเซลล์จะดูดกลืน (absorb) พลังงานทำให้โมเลกุล thymine เชื่อมต่อกัน เกิดการผ่าเหล่า (mutation) เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของดีเอ็นเอ จึงไม่สามารถสังเคราะห์โปรตีนได้เป็นปกติ ส่งผลให้ขบวนการเมตาบอลิซึมผิดปกติและตายลงในที่สุด (Alcamo 1983, บัญญัติ สุขศรีงาม 2519, สุวณี สุภาเวชย์ 2540)

5.1.4.2 **ผลกระทบจากความเค็ม** จากผลการศึกษาที่ระดับความเค็ม 1, 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน พบว่า เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคจะมีระยะเวลาสั้นลง แสดงให้เห็นว่าความเค็มมีอิทธิพลต่อการลดจำนวนของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ทั้งนี้เป็นไปตามหลักของความดันออสโมติก (Osmotic pressure) เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น จะมีน้ำที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ได้ (water availability หรือ ค่า Aw) ลดต่ำลง มีแนวโน้มที่น้ำจะแพร่ออกจากเซลล์ของแบคทีเรียสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้เซลล์เหี่ยว ขบวนการเมตาบอลิซึมหยุดชงักลงและตายในที่สุด (สุวณี สุภาเวชย์ 2540, Alcamo 1983, David T.Smith et.at 1964,บัญญัติ สุขศรีงาม 2519.)

5.1.4.3 ผลกระทบจากแสงแดดและความเค็ม เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีแสงแดดและความเค็มเป็นปัจจัยร่วมกัน พบว่า ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค จะมีระยะเวลาสั้นลงกว่าสภาวะที่มืดและมีความเค็ม แสดงให้เห็นว่า แสงแดดและความเค็มมีอิทธิพลต่อการลดจำนวนลงของแบคทีเรียในลักษณะเสริมฤทธิ์กัน (Synergism) นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่า T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไคที่ระดับความเค็ม 10 และ 20 ส่วนในพันส่วน ไม่มีความแตกต่างกัน และ T_{90} ของฟีคัลสเตรปโตคอคไค ที่ระดับความเค็ม 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน ไม่มีความแตกต่างกัน จึงกล่าวได้ว่า แสงแดดเป็นปัจจัยสำคัญต่อการลดจำนวนลงของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค

5.1.4.4 การเปรียบเทียบการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค จากผลการศึกษาพบว่า ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มมีระยะเวลาสั้นกว่าฟีคัลสเตรปโตคอคไค ในทุกระดับความเค็ม ทั้งสภาวะที่มีแสงแดดและสภาวะมืด โดยพบว่า น้ำที่มีความเค็มในช่วง 1-30 ส่วนในพันส่วน แสงแดดและความเค็มจะมีอิทธิพลต่อการลดจำนวนลงของฟีคัลโคลิฟอร์ม ขณะที่ในช่วงความเค็ม 10-20 ส่วนในพันส่วน และช่วงความเค็ม 20-30 ส่วนในพันส่วน แสงแดดจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อการลดจำนวนลงของฟีคัลสเตรปโตคอคไค จึงกล่าวได้ว่า ฟีคัลสเตรปโตคอคไค มีการรอดชีวิตดีกว่าฟีคัลโคลิฟอร์มในสภาวะที่น้ำมีความเค็มในช่วง 1-30 ส่วนในพันส่วน

5.2 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ได้แก่ แสงแดดและความเค็ม โดยพบว่า ที่ระดับความเค็มช่วง 10-30 ส่วนในพันส่วน แสงแดดเป็นปัจจัยสำคัญซึ่งมีอิทธิพลต่อการลดจำนวนลงของฟีคัลสเตรปโตคอคไค ขณะที่แสงแดดและความเค็มเป็นปัจจัยร่วมกันที่สำคัญต่อการลดจำนวนลงของฟีคัลโคลิฟอร์มในทุกระดับความเค็ม นอกจากนี้ยังพบว่าฟีคัลสเตรปโตคอคไคมีการรอดชีวิตดีกว่าฟีคัลโคลิฟอร์มในสภาพน้ำกร่อยและน้ำเค็ม

จากผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่า ในสภาวะที่น้ำมีระดับความเค็มอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1-30 ส่วนในพันส่วน ความเค็มเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการลดจำนวนลงของฟีคัลโคลิฟอร์ม เมื่อผลการตรวจวิเคราะห์ฟีคัลโคลิฟอร์มลิฟอร์มซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางแบคทีเรียในปัจจุบันมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินที่มิใช่ทะเล อาจมีเชื้อโรคบางชนิดสามารถทนต่อความเค็มและรอดชีวิตได้ดีกว่าฟีคัลโคลิฟอร์มปนเปื้อนอยู่ ดังนั้นในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางแบคทีเรียจึงควรตรวจวิเคราะห์ฟีคัลสเตรปโตคอคไค ควบคู่ไปกับ

การตรวจวิเคราะห์ฟีคัลโคลิฟอร์มเพื่อนำผลที่ได้มาพิจารณาถึงคุณภาพของแหล่งน้ำนั้น ซึ่งจะเหมาะสมมากยิ่งขึ้นกว่าการตรวจวิเคราะห์ฟีคัลโคลิฟอร์มเพียงอย่างเดียว

ในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษาโดยเปรียบเทียบการรอดชีวิตของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค และเชื้อโรคบางชนิดที่ทนต่อความเค็ม เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาเลือกดัชนีบ่งชี้คุณภาพทางแบคทีเรียสำหรับน้ำที่มีความเค็มต่อไปและควรทำการศึกษา microcosm ในภาคสนามด้วย

บรรณานุกรม

กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. **การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการต่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง.** มปป. กรกฎาคม 2535.

เกศินี กิจกำแหง. **การเปลี่ยนแปลงตามเวลาและสถานที่ของสารอาหารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยบูรพา.2542.

คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด. **รายงานการศึกษามาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการโรงแรมคันทรี่มารีนาฮิลตัน** มปป. ตุลาคม 2537.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์, วิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์ บรรณาธิการ. **คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย.**. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์, 2540.

พิชาญ สว่างวงศ์ และคณะ. **การศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เคมีและชีววิทยาในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง 2537-2540.**มหาวิทยาลัยบูรพา 2540.

บัญญัติ สุขศรีงาม. **จุลชีววิทยา.** คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน ชลบุรี, 2519.

มนูวดี หังสพฤกษ์. **สมุทรศาสตร์เคมี.** สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กทม, 2532.

สมเจตร ภูมิสวัสดิ์. **การศึกษาการแพร่กระจายของแบคทีเรียบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ถึง เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี. [ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา].** ชลบุรี: วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2539.

สำรวย ศิริภาคย์. **จุลชีววิทยาสำหรับพยาบาล.**พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ : คณะแพทยศาสตร์และศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยแพทย์ไ 2521.

สุบัณฑิต เมฆขยาย, บัญญัติ สุขศรีงาม, จิระ เครือทราย และ ทรงศักดิ์ พ่วงศรี. **คุณภาพน้ำด้านแบคทีเรียและพาโธเจนนิคแบคทีเรียในแม่น้ำบางปะกง.** ม.ป.ท. ; 2536 .

สุรพล เมฆวณิชย์. **คุณลักษณะของน้ำที่บ่งชี้ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลเสตรปโตคอคไคในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม , 2543.

สุวณี สุภเวชย์, มาลัย วรวิจิตร . **แบคทีเรียพื้นฐาน.** พิมพ์ครั้งที่ 2 โรงพิมพ์ศิริยอด, กทม. 2540.

Bergstein T, Dan B and Koppel F **Indicator Bacteria for fecal pollution in the littoral stream sediments.** J EBVIRON.QUAL.1992;1457-1469.

Biology Department, Raymond Walter College University of Cincinnati. **Microbial Indicator.** Available from : http://biology.rwc.uc.edu/HomePage/BWS/filters/membranefilters .html [Access 2000 Jan 20]

Chan YY and Killick EG **The effect of Salinity, light and temperature in a disposal environment on the recovery of *E. coli*.** Wat.Res. vol.29 : 1373-1377.

Consultant of Technology . **The Environmental Impact Report of the Country Marine Hilton Hotel. Bangpakong** Thailand. n.p.; n.d.

David T. Smith, Norman F. Conant, John R. Overman. **Microbiology** 13th Edition, Meredith Publishing Company New York, 1964.

Davies CM, Long JA , Donald M and Ashbolt N J. **Survival of Fecal Microorganisms in Marine and Freshwater Sediments.** Appl Environ. Microbiol. 1995;61(5) :

El SF, El AL, Gawad AA and Molazem S **Some Environmental Factors Affecting Survival of Fecal Pathogens and Indicator Organisms in Seawater.** WSTED. 1989; 21

Evison LM. **Comparative studies in the survival of indicator organisms and pathogens in Fresh and seawater.** Water Sci Tech. 1988, 20 (11/12): 309-315

Faust MA; Aotaky AE and Hargadon MT **Effect of physical parameters on the in situ survival of *Escherichia coli* estuarine environment.** Appl. Microbiol. 1975;

Gabriel Bitton. **Wastewater Microbiology.** Wiley-Liss, Inc New York. 1994.

Gerba CP and McLeed JS **Effect of Sediment on Survival of *Escherichia coli* in Marine Water.** Appl Environ. Microbiol. 1976; 32 : 114-120.
30(5) : 800-806.

Hood MA and Ness GE **Survival of *Vibrio Cholerae* and *Esherichia coli* in Estuarine Water and Sediments.** Appl. Environ. Microbiol. 1982; 43(3) : 578-584.

I. Edward Alcamo. **Fundamentals of Microbiology.** Addison-Wesley Publishing Company, Inc California, 1983.

Khatiwada NR Kinetics of organic matter and fecal micro-organism removal in free water surface constructed wetland. [[Ph.D.Thesis in Engineering]. Bangkok : Asian Institute of Technology: 1999.

Lim CH and Flint KP **The effect of nutrients on the survival of *Escherichia coli* in the lake**

water. Applied Bacteriology. 1989; 66 : 559-569.

McCambridge J and McMeekin TA **Effect of Solar Radiation and Predacious Microorganisms on Survival of Fecal and Other Bacteria**. Appl Environ. Microbiol. 1981; 41 (5) : 1083-1087.

Metcalf & Eddy. **Wastewater Engineering Treatment,Disposal and Reuse.** 3rd ed. Singapore:McGraw-Hill Book Company Inc., 1991.

Nelson L. Nemerow. **Stream lake estuary and ocean pollution** 2nd edition. Van Nostrand Reinhdd, New York, 1991.

1888-1896.

Solic and Krstulovic N **Separate and combined effects of solar radiation, Temperature, salinity and pH on the survival of fecal coliforms in seawater.** Wat. Res. 1992; 24(8) : 411-416.

(1) : 115-120.

Stanfield G, Irving TE and Robinson JA **Isolation of Fecal streptococci from sewage . In: Technical Report TR83.** Coasts and Estuaries Division, Water Research Centre; 1978 : 1-4.

ภาคผนวก ก.

ตาราง 1ก. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกงฤดูร้อน (เดือนมีนาคมและเมษายน 2542)

Month	Station	flow rate m/s	water T oC	pH	conduct ms/cm	TDS g/l	Turbid NTU	sal g/l	DO mg/l	BOD mg/l	NO2-N mg/l	NO3-N mg/l	NH3-N mg/l	Phosphoru mg/l	FC cfu/100ml	FS cfu/100ml	SS mg/l
มีนาคม	S0	0.65	30.40	7.47	49.20	29.60	124.40	34.00	2.95	2.48	0.0518	0.3998	0.5909	0.1869	220	2400	297
	M0	0.54	30.50	7.61	49.30	29.60	183.00	34.60	3.02	4.37	0.0531	0.4687	0.6277	0.3949	370	2680	337
	B0	0.54	30.60	8.32	49.30	29.60	314.00	34.70	3.04	5.58	0.0549	0.4862	0.6431	0.5357	470	2800	400
	S2.5	0.58	31.10	7.38	49.70	29.90	89.10	35.10	2.88	1.24	0.0605	0.3896	0.6567	0.1860	310	1520	236
	M2.5	0.48	31.20	7.52	49.90	29.90	111.10	35.20	3.01	2.10	0.0619	0.4583	0.8552	0.2392	350	1960	246
	B2.5	0.42	31.30	7.63	49.90	30.10	164.80	35.20	3.04	2.21	0.0638	0.5142	1.2744	0.3301	400	2000	257
	S5	0.51	31.90	7.35	50.00	30.10	59.60	35.50	2.92	1.63	0.0731	0.5194	1.0709	0.0945	170	2240	247
	M5	0.46	32.20	7.58	50.30	30.20	157.10	35.70	3.02	2.25	0.0750	0.5321	1.2026	0.2424	280	2600	289
	B5	0.37	32.40	7.64	50.60	30.40	250.00	35.90	3.03	4.32	0.0777	0.5527	1.8026	0.4312	360	3320	296
	S8	0.58	31.90	7.15	49.80	30.00	54.10	35.30	2.43	0.46	0.0885	0.5377	0.5509	0.1399	110	1680	243
	M8	0.46	32.50	7.36	49.90	30.00	73.40	35.40	2.71	1.46	0.0901	0.6185	0.6408	0.1760	110	2280	261
	B8	0.34	32.60	7.40	50.30	30.10	118.60	35.60	2.74	3.15	0.0942	0.6726	0.6540	0.2031	170	2600	262
	S12	0.61	31.80	6.92	49.20	29.60	7.35	34.70	2.69	0.32	0.0855	0.7724	0.5609	0.0673	30	1980	201
	M12	0.54	32.50	7.33	49.40	29.60	17.14	34.80	2.78	2.37	0.0903	0.7907	0.8897	0.0945	110	3280	223
	B12	0.34	32.50	7.77	49.60	29.70	206.00	34.80	2.85	2.42	0.0929	0.9103	1.2490	0.2005	130	3920	299
มีนาคม	S0	0.61	31.80	7.38	49.30	29.60	144.50	34.50	2.34	1.26	0.0676	0.4067	0.5486	0.3169	220	2400	313
	M0	0.51	31.80	7.38	49.60	29.70	163.20	34.80	2.54	1.30	0.0686	0.4302	0.6072	0.4049	370	2680	371
	B0	0.15	31.70	7.51	49.60	29.80	201.00	34.90	2.59	1.55	0.0749	0.5415	0.7580	0.4161	470	2800	389
	S2.5	0.61	32.10	7.29	49.50	29.70	155.00	34.80	2.21	1.11	0.0748	0.1428	0.5023	0.3260	310	1520	304
	M2.5	0.61	32.20	7.35	49.60	29.70	204.00	34.90	2.50	1.30	0.0777	0.5446	0.5963	0.3860	350	1960	324
	B2.5	0.58	32.30	7.37	49.60	29.70	223.00	34.90	2.45	1.84	0.0842	0.5912	0.8475	0.4501	400	2000	346
	S5	0.61	32.10	7.24	49.90	30.00	103.40	35.30	2.20	1.31	0.0934	0.5110	0.5173	0.0974	170	2600	236
	M5	0.61	32.00	7.31	49.30	30.00	142.00	35.20	2.40	1.58	0.0948	0.5754	0.5368	0.1320	280	3320	276
	B5	0.58	32.10	7.50	50.00	30.00	142.50	35.30	2.48	1.79	0.1930	0.6452	0.6254	0.3003	360	2240	300
	S8	0.61	32.10	7.21	50.10	30.10	57.30	35.40	2.60	0.55	0.0859	0.5446	0.4882	0.1627	110	1680	231
	M8	0.58	32.20	7.24	50.10	30.10	71.10	35.50	2.62	0.98	0.0881	0.6822	0.6204	0.2055	110	2280	251
	B8	0.51	33.10	7.31	50.20	30.10	130.80	35.50	2.68	2.10	0.1014	0.6905	0.5432	0.2395	170	2800	279
	S12	0.51	33.00	6.72	49.60	29.80	9.16	34.90	2.44	1.00	0.0643	0.5600	0.5259	0.1246	30	1980	190
	M12	0.44	32.30	7.39	49.50	29.80	60.20	34.80	2.50	1.33	0.0679	0.7159	0.5291	0.2348	110	3280	227
	B12	0.37	32.90	7.40	49.80	29.90	146.40	35.10	2.52	2.26	0.0683	0.7537	0.5595	0.3263	130	3920	284

ตาราง 2ก. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกงฤดูฝน (เดือนสิงหาคมและกันยายน 2542)

Month	Station	flow rate m/s	water T oC	pH	conduct ms/cm	TDS g/l	Turbid NTU	sal g/l	DO mg/l	BOD mg/l	NO2-N mg/l	NO3-N mg/l	NH3-N mg/l	Phosphorus mg/l	FC cfu/100ml	FS cfu/100ml	SS mg/l
สิงหาคม	S0	1.53	27.60	6.95	0.05	0.05	132.00	0.30	3.27	0.35	0.0282	0.1564	0.1440	0.1373	490	130	68
	M0	0.77	27.60	6.98	0.12	0.03	136.00	0.30	3.49	0.70	0.0325	0.1840	0.3084	0.2179	500	170	74
	B0	0.72	27.60	6.99	0.15	0.07	191.00	0.30	3.56	0.80	0.0372	0.1917	0.5663	0.2841	640	190	80
	S2.5	1.02	27.90	6.66	0.15	0.09	139.00	0.30	3.10	0.20	0.0270	0.1794	0.3642	0.1671	460	120	88
	M2.5	1.02	27.60	6.76	0.15	0.09	162.00	0.30	3.32	0.80	0.0316	0.1811	0.4169	0.1890	530	170	144
	B2.5	0.92	27.80	6.78	0.15	0.09	233.00	0.30	3.41	0.80	0.0342	0.1969	0.7661	0.3284	560	190	146
	S5	0.56	28.20	6.69	0.17	0.10	132.00	0.30	3.01	0.50	0.0337	0.1286	0.6720	0.2064	530	120	98
	M5	0.48	28.20	6.70	0.18	0.11	170.00	0.30	3.18	0.90	0.0347	0.1554	0.8642	0.3160	620	180	192
	B5	0.37	27.90	6.75	0.19	0.11	244.00	0.30	3.19	1.20	0.0400	0.1973	0.9955	0.3428	640	180	210
	S8	0.46	28.10	6.53	0.14	0.09	125.00	0.30	3.08	0.50	0.0386	0.1398	0.7434	0.1659	650	130	66
	M8	0.44	28.10	6.60	0.15	0.09	136.00	0.30	3.14	0.60	0.0387	0.1470	0.8193	0.1984	700	160	78
	B8	0.35	27.80	6.65	0.16	0.09	148.00	0.30	3.19	1.00	0.0394	0.1776	0.8420	0.2117	710	170	148
	S12	0.54	27.90	6.59	0.22	0.13	120.00	0.30	2.74	0.42	0.0300	0.1416	0.2105	1.1721	460	120	86
	M12	0.4	27.70	6.65	0.22	0.13	141.00	0.30	3.01	0.70	0.0360	0.1720	0.4105	0.1937	480	160	114
	B12	0.35	27.70	6.66	0.22	0.13	169.00	0.30	3.05	1.40	0.0415	0.1839	0.7584	0.2031	740	240	160
กันยายน	S0	0.88	28.60	7.13	2.55	2.02	91.80	1.50	1.60	0.85	0.0319	0.0858	0.1026	0.1639	210	80	84
	M0	0.76	28.60	7.32	3.41	2.61	150.20	1.90	1.75	1.95	0.0473	0.0897	0.1141	0.2269	330	150	248
	B0	0.61	28.50	7.77	9.52	5.72	218.00	4.10	1.91	2.90	0.0513	0.1063	0.1178	0.3850	400	190	364
	S2.5	0.76	29.90	7.06	0.82	0.79	139.90	0.60	1.63	1.80	0.0357	0.1244	0.1685	0.2112	160	70	140
	M2.5	0.73	29.90	7.07	1.01	0.61	178.10	0.70	1.86	2.60	0.0501	0.1279	0.2570	0.3600	280	100	298
	B2.5	0.56	29.80	7.10	1.05	0.63	233.00	0.70	1.89	2.90	0.0712	0.1371	0.3411	0.5850	370	170	360
	S5	0.85	30.70	7.00	0.68	0.40	74.20	0.50	1.60	1.70	0.0369	0.1120	0.0860	0.1447	250	70	102
	M5	0.77	30.60	7.02	0.69	0.41	99.50	0.50	2.09	1.70	0.0381	0.1315	0.0981	0.2923	290	80	128
	B5	0.73	30.40	7.06	0.69	0.41	110.10	0.60	2.19	2.30	0.0432	0.1792	0.1776	0.3573	370	260	186
	S8	0.44	30.30	6.88	0.58	0.35	66.10	0.30	1.63	1.35	0.0251	0.1344	0.0935	0.2170	200	100	106
	M8	0.34	30.20	6.99	0.60	0.36	76.30	0.30	1.95	1.60	0.0455	0.1444	0.1449	0.2460	290	110	110
	B8	0.24	30.10	7.00	0.61	0.36	117.00	0.50	2.07	2.30	0.0660	0.1533	0.1562	0.2891	500	130	128
	S12	0.39	30.60	6.55	0.55	0.33	56.30	0.50	1.56	1.20	0.2170	0.1140	0.0191	0.1432	160	80	60
	M12	0.31	30.50	6.58	0.55	0.33	89.90	0.30	1.87	2.20	0.0291	0.1601	0.0236	0.2681	490	120	104
	B12	0.24	30.40	6.61	0.56	0.33	109.30	0.50	1.94	2.30	0.0294	0.1859	0.0472	0.3281	600	120	196

ตาราง 3ก. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกงฤดูหนาว (เดือนพฤศจิกายนและธันวาคม 2542)

Month	Station	flow rate m/s	water T oC	pH	conduct ms/cm	TDS g/l	Turbid NTU	sal g/l	DO mg/l	BOD mg/l	NO2-N mg/l	NO3-N mg/l	NH3-N mg/l	Phosphorus mg/l	FC cfu/100ml	FS cfu/100ml	SS mg/l
พฤศจิกายน	S0	0.31	27.70	7.37	3.57	2.15	16.58	1.80	1.64	1.10	0.0090	0.1887	0.4996	0.1092	315	29	77
	M0	0.31	27.40	7.49	12.53	8.61	34.60	6.20	1.96	1.80	0.0139	0.2244	0.6199	0.1278	638	100	92
	B0	0.18	26.90	7.77	17.51	10.37	66.20	8.40	2.81	2.15	0.1260	0.3358	0.6308	0.1500	672	129	121
	S2.5	0.36	27.30	7.26	0.04	2.42	66.60	1.80	1.73	0.30	0.0103	0.3080	0.3733	0.1568	772	85	72
	M2.5	0.36	27.00	7.47	0.66	2.43	67.70	1.80	1.80	0.60	0.0173	0.4494	0.5209	0.1772	815	86	79
	B2.5	0.23	27.00	7.48	4.06	6.24	82.50	6.80	2.04	0.80	0.0228	0.6443	0.5218	0.1975	1029	86	145
	S5	0.34	27.70	7.29	0.69	0.42	80.30	0.60	1.75	1.30	0.0169	0.3432	0.3202	0.2599	915	100	68
	M5	0.34	27.40	7.39	0.70	0.42	98.90	0.60	1.91	1.40	0.0206	0.4144	0.8583	0.2720	1029	115	97
	B5	0.31	27.10	7.67	2.21	1.33	178.90	1.10	1.98	1.70	0.0221	0.5140	0.9206	0.3242	1529	172	194
	S8	0.2	27.20	7.37	0.35	0.21	75.00	0.40	1.85	1.25	0.0221	0.2263	0.7566	0.1538	943	58	63
	M8	0.17	26.90	7.41	0.36	0.22	94.70	0.40	2.24	1.50	0.0240	0.5140	0.7515	0.1562	943	58	80
	B8	0.1	26.80	7.43	0.36	0.22	101.80	0.40	2.69	1.60	0.0242	0.5839	0.8361	0.2017	1058	85	81
	S12	0.26	27.00	7.35	0.32	0.19	74.60	0.40	1.85	0.90	0.0209	0.1340	0.6295	0.1225	729	59	59
	M12	0.2	27.00	7.38	0.33	0.19	81.80	0.40	2.05	1.20	0.0233	0.3348	0.7748	0.1586	858	100	73
	B12	0.15	27.00	7.38	0.33	0.20	82.80	0.40	2.14	1.60	0.0244	0.4457	0.6118	0.2002	943	129	99
ธันวาคม	S0	0.6	26.90	5.88	7.60	4.55	36.10	3.30	2.10	1.26	0.0223	0.1445	0.2830	0.0617	529	143	48
	M0	0.51	26.50	6.08	13.70	5.28	40.00	6.20	2.16	3.28	0.0261	0.2330	0.5892	0.1083	643	343	81
	B0	0.42	26.00	8.80	11.45	8.23	80.40	9.20	2.76	3.40	0.0313	0.2460	0.6649	0.1922	858	400	176
	S2.5	0.5	26.80	5.82	1.30	0.78	76.70	0.80	2.22	1.33	0.0332	0.1180	0.5009	0.1013	500	313	76
	M2.5	0.44	26.40	5.99	2.04	1.43	77.30	1.20	2.23	1.45	0.0385	0.1560	0.5304	0.1435	686	543	79
	B2.5	0.32	25.90	7.41	3.23	1.95	106.40	1.50	2.45	1.08	0.0399	0.1890	0.5479	0.2064	743	600	164
	S5	0.42	26.90	6.71	0.73	0.28	80.90	0.60	1.94	1.49	0.0215	0.1440	0.4669	0.1615	429	370	70
	M5	0.33	26.60	6.86	2.15	0.44	90.00	1.10	2.21	1.57	0.0344	0.1560	0.4882	0.1772	615	586	178
	B5	0.31	25.80	6.91	18.74	9.41	150.40	7.30	2.60	1.82	0.0373	0.2130	0.4909	0.2832	658	643	274
	S8	0.44	27.20	6.45	0.50	0.30	102.00	0.50	1.92	1.50	0.0337	0.1460	0.4605	0.2023	715	172	99
	M8	0.2	27.20	6.51	0.53	0.32	107.40	0.50	2.28	1.49	0.0366	0.3810	0.5325	0.2082	715	358	101
	B8	0.12	27.20	6.52	0.54	0.33	130.00	0.50	2.56	1.62	0.0386	0.4330	0.5952	0.2501	786	529	124
	S12	0.39	30.60	6.55	0.55	0.33	56.30	0.50	1.56	1.20	0.2170	0.1140	0.0191	0.1432	160	80	60
	M12	0.31	30.50	6.58	0.55	0.33	89.90	0.50	1.87	2.20	0.0291	0.1601	0.0236	0.2681	490	120	104
	B12	0.24	30.40	6.61	0.56	0.33	109.30	0.50	1.94	2.30	0.0294	0.1859	0.0472	0.3281	600	120	196

ตารางที่ 4ก การทดสอบความแตกต่างของฟีคัลโคลิฟอร์มตามสถานที่ในฤดูร้อน

Dependent Variable	(I) STATION	(J) STATION	Mean Difference (I-J)	Std.Error	Sig.
Fecal Coliform	0	2.5	0.000	64.2564	1.000
		5	83.330	64.2564	0.224
		8	223.333	64.2564	0.006
		12	263.333	64.2564	0.002
	2.5	0	0.000	64.2564	1.000
		5	83.333	64.2564	0.224
		8	223.330	64.2564	0.006
		12	263.330	64.2564	0.002
	2.5	0	-83.330	64.2564	0.224
		5	-83.330	64.2564	0.224
		8	140.000	64.2564	0.054
		12	180.000	64.2564	0.019
	2.5	0	-223.330	64.2564	0.006
		5	-223.330	64.2564	0.006
		8	-140.000	64.2564	0.054
		12	40.000	64.2564	0.548
	2.5	0	-263.330	64.2564	0.002
		2.5	-263.330	64.2564	0.002
		5	-180.000	64.2564	0.019
		8	-40.000	64.2564	0.548

ตารางที่ 5ก การทดสอบความแตกต่างของฟีคัลสเตรปโตคอคไคตามสถานที่ในฤดูหนาว

Dependent Variable	(I) STATION	(J) STATION	Mean Difference (I-J)	Std.Error	Sig.
Fecal Streptococci	0	2.5	-94.833	65.5735	0.179
		5	-140.333	65.5735	0.058
		8	-19.333	65.5735	0.774
		12	89.333	65.5735	0.203
	2.5	0	94.833	65.5735	0.179
		5	-45.500	65.5735	0.504
		8	75.500	65.5735	0.276
		12	184.167	65.5735	0.019
	2.5	0	140.333	65.5735	0.058
		5	45.500	65.5735	0.504
		8	121.000	65.5735	0.095
		12	229.667	65.5735	0.006
	2.5	0	19.333	65.5735	0.774
		5	-75.500	65.5735	0.276
		8	-121.000	65.5735	0.095
		12	108.667	65.5735	0.128
	12	0	-89.333	65.5735	0.203
		2.5	-184.167	65.5735	0.019
		5	-229.667	65.5735	0.006
		8	-108.667	65.5735	0.128

ตาราง 6ก ร้อยละของการลดจำนวนลงของฟีคัลโคลิฟอร์ม

Time	Sal (ppt)	Dilution		Time (hrs)					
				18	24	42	48	66	72
Dark	Control	-1	A	24.6	33.2	53.6	65.6	75.5	88.3
			B	24.2	34.2	53.1	66.4	75.3	87.4
			C	24.2	32.6	53.5	66.5	72.1	88.0
	1	Direct	A	21.8	35.1	57.5	79.2	89.7	91.7
			B	21.3	35.2	57.7	79.0	86.7	91.0
			C	21.3	36.6	57.3	78.5	87.7	91.7
	1	Direct	A	30.0	44.4	66.6	83.7	87.9	93.1
			B	29.0	45.1	66.2	83.6	87.1	93.0
			C	29.4	45.6	66.6	83.5	88.3	93.3
	20	Direct	A	36.8	55.2	72.7	91.5	92.5	94.9
			B	37.2	55.4	72.1	91.0	92.3	94.5
			C	35.9	55.3	72.1	91.9	92.9	94.0
	30	Direct	A	44.1	60.6	78.9	92.1	94.8	97.7
			B	44.9	61.4	78.5	92.3	95.2	96.7
			C	44.2	59.6	78.6	92.8	95.1	96.4
Light	Control	-1	A	33.3	57.7	75.5	88.0	93.7	98.4
			B	34.3	57.3	77.8	87.7	92.1	98.9
			C	33.7	57.4	77.1	87.7	92.8	99.0
	1	Direct	A	47.1	60.8	80.5	91.7	95.6	99.9
			B	46.8	60.2	80.5	90.9	95.5	99.3
			C	47.1	60.9	80.2	91.8	95.5	99.3
	20	Direct	A	61.2	71.1	87.6	94.2	97.8	99.7
			B	60.8	71.3	87.3	94.2	98.0	99.7
			C	61.4	71.7	87.0	94.6	98.1	99.6
	30	Direct	A	66.7	78.4	93.6	96.4	98.3	99.9
			B	66.8	78.7	94.0	96.5	98.3	99.8
			C	66.8	78.5	93.3	96.9	98.3	99.8
	30	Direct	A	71.1	90.0	97.5	98.6	99.0	99.9
			B	71.0	90.6	97.8	98.5	99.0	100.0
			C	70.9	90.5	97.2	98.1	98.7	99.9

ตาราง 7ก ร้อยละของการลดจำนวนลงของฟีคัลสเตรปโตคอคไค

Time	Sal (ppt)	Dilution		Time (hrs)					
				18	24	42	48	66	72
Dark	Control	-1	A	32.2	50.8	56.4	67.8	68.4	71.4
			B	24.5	50.6	56.7	63.7	69.1	71.5
			C	40.5	49.8	57.7	69.2	69.3	71.0
	1	Direct	A	32.1	59.7	69.2	73.3	75.7	80.5
			B	34.2	58.8	69.1	72.4	74.6	79.3
			C	34.0	57.0	69.2	71.5	75.4	79.7
	10	Direct	A	33.4	60.2	71.6	75.1	77.2	82.1
			B	33.2	59.8	71.0	74.2	79.2	82.2
			C	34.3	61.8	71.6	75.4	76.3	83.1
	20	Direct	A	36.2	65.6	76.8	79.8	82.2	84.9
			B	36.1	67.8	76.8	80.4	83.5	87.4
			C	38.2	62.3	79.2	79.8	83.0	87.1
	10	Direct	A	38.6	70.9	79.8	84.3	85.5	89.7
			B	38.2	70.3	82.3	85.3	86.8	90.1
			C	37.4	71.6	78.2	84.6	84.9	90.8
Light	Control	-1	A	34.6	65.6	71.7	83.7	92.6	96.1
			B	36.6	64.4	72.8	85.9	93.4	97.3
			C	34.4	65.1	71.7	85.0	93.2	96.5
	1	Direct	A	43.8	68.8	75.3	87.4	94.7	97.0
			B	44.7	69.2	75.2	87.4	96.2	97.2
			C	41.4	68.1	75.8	88.6	94.2	96.9
	20	Direct	A	47.0	75.0	84.0	90.0	95.2	95.1
			B	48.7	73.5	84.3	89.9	95.7	99.3
			C	41.1	73.0	84.8	90.7	95.0	100.0
	10	Direct	A	54.9	79.7	84.9	94.0	96.5	98.8
			B	36.3	78.7	84.5	94.1	96.9	97.4
			C	54.3	79.2	86.5	94.5	96.5	96.9
	20	Direct	A	55.2	88.1	73.2	94.3	97.8	98.5
			B	57.1	86.5	71.4	94.5	98.1	98.5
			C	52.7	87.7	71.7	94.7	97.8	98.8

ตารางที่ 8ก การทดสอบความแตกต่าง ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคที่ระดับความเค็มต่างกัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Fecal Coliform	Between Groups	1336.800	3	445.600	271.544	.000
	Within Groups	13.128	8	1.641		
	Total	1349.928	11			
Fecal Streptococci	Between Groups	4980.030	3	1660.010	157.035	.000
	Within Groups	73.997	7	10.571		
	Total	5054.026	10			

ตารางที่ 9ก การจำแนกความแตกต่าง ค่า T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคที่ระดับความเค็มต่างกัน

Dependent Variable	(I) Salinity	(J) Salinity	Mean Difference (I-J)	Std Error	Sig	95%Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Fecal Coliform	1 ppt	10 ppt	9.4202	1.0459	.000	7.0082	11.8321
		20 ppt	21.5953	1.0459	.000	19.1834	24.0073
		30 ppt	27.1177	1.0459	.000	24.7057	29.5296
	10 ppt	1 ppt	-9.4202	1.0459	.000	-11.8321	-7.0082
		20 ppt	12.1752	1.0459	.000	9.7632	14.5871
		30 ppt	17.6975	1.0459	.000	15.2856	20.1095
	10 ppt	1 ppt	-21.5953	1.0459	.000	-24.0073	-19.1834
		10 ppt	-12.1752	1.0459	.000	-14.5871	-9.7632
		30 ppt	5.5223	1.0459	.00[illegible]	3.1104	7.9343
	10 ppt	1 ppt	-27.1177	1.0459	.000	-29.5296	-24.7057
		10 ppt	-17.6975	1.0459	.000	-20.1095	-15.2856
		30 ppt	-5.5223	1.0459	.00[illegible]	-7.9343	-3.1104
Fecal Coliform	1 ppt	10 ppt	17.6583	2.6547	.000	11.3810	23.9356
		20 ppt	43.1246	2.6547	.000	36.8473	49.4019
		30 ppt	56.5923	2.9680	.000	49.5741	63.6106
	10 ppt	1 ppt	-17.6583	2.6547	.000	-23.9356	-11.3810
		10 ppt	25.4663	2.6547	.000	19.1890	31.7436
		30 ppt	38.9341	2.9680	.000	31.9158	45.9523
	10 ppt	1 ppt	-43.1246	2.6547	.000	-49.4019	-36.8473
		20 ppt	-25.4663	2.6547	.000	-31.7436	-19.1890
		30 ppt	13.4677	2.9680	.00[illegible]	6.4495	20.4860
	10 ppt	1 ppt	-56.5923	2.9680	.000	-63.6106	-49.5741
		10 ppt	-38.9341	2.9680	.000	-45.9523	-31.9158
		30 ppt	-13.4677	2.9680	.00[illegible]	-20.4860	-6.4495

ตารางที่ 10ก การทดสอบความแตกต่าง T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไค ในภาวะที่มีแสงแดดและความเค็มเป็นปัจจัยร่วม

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Fecal Coliform	Between Groups	93.288	3	31.096	470.826	.000
	Within Groups	0.528	8	0.006605		
	Total	93.816	11			
Fecal StreptoCocci	Between Groups	132.591	3	44.197	31.476	.000
	Within Groups	11.233	8	1.404		
	Total	143.825	11			

ตารางที่ 11ก การจำแนกความแตกต่าง T_{90} ของฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลสเตรปโตคอคไคในภาวะที่มีแสงแดดและความเค็มเป็นปัจจัยร่วม

Dependent Variable	(I) Salinity	(J) Salinity	Mean Difference (I-J)	Std Error	Sig	95%Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Fecal Coliform	1 ppt	10 ppt	3.2327	0.2098	.000	2.7488	3.7166
		20 ppt	5.6696	0.2098	.000	5.1857	6.1534
		30 ppt	7.4274	0.2098	.000	6.9435	7.9113
	10 ppt	1 ppt	-3.2327	0.2098	.000	-3.7166	-2.7488
		20 ppt	2.4369	0.2098	.000	1.9530	2.9207
		30 ppt	4.1947	0.2098	.000	3.7108	4.6786
	20 ppt	1 ppt	-5.6696	0.2098	.000	-6.1534	-5.1857
		10 ppt	-2.4369	0.2098	.000	-2.9207	-1.9530
		30 ppt	1.7578	0.2098	.000	1.2740	2.2417
	10 ppt	1 ppt	-7.4274	0.2098	.000	-7.9113	-6.9435
		20 ppt	-4.1947	0.2098	.000	-4.6786	-3.7108
		30 ppt	-1.7578	0.2098	.000	-2.2417	-1.2740
Fecal Coliform	1 ppt	10 ppt	5.79000	0.9675	.000	3.5589	8.0211
		20 ppt	7.3621	0.9675	.000	5.1310	9.5932
		30 ppt	8.7248	0.9675	.000	6.4937	10.9559
	10 ppt	1 ppt	-5.7900	0.9675	.000	-8.0211	-3.5589
		10 ppt	1.5721	0.9675	.143	-0.6590	3.8032
		30 ppt	2.9349	0.9675	.016	0.7038	5.1660
	10 ppt	1 ppt	-7.3621	0.9675	.000	-9.5932	-5.1310
		20 ppt	-1.5721	0.9675	.143	-3.8032	0.6590
		30 ppt	1.3628	0.9675	.197	-0.8683	3.5939
	20 ppt	1 ppt	-8.7248	0.9675	.000	-10.9559	-6.4937
		10 ppt	-2.9349	0.9675	.016	-5.1660	-0.7038
		30 ppt	-1.3628	0.9675	.197	-3.5939	0.8683

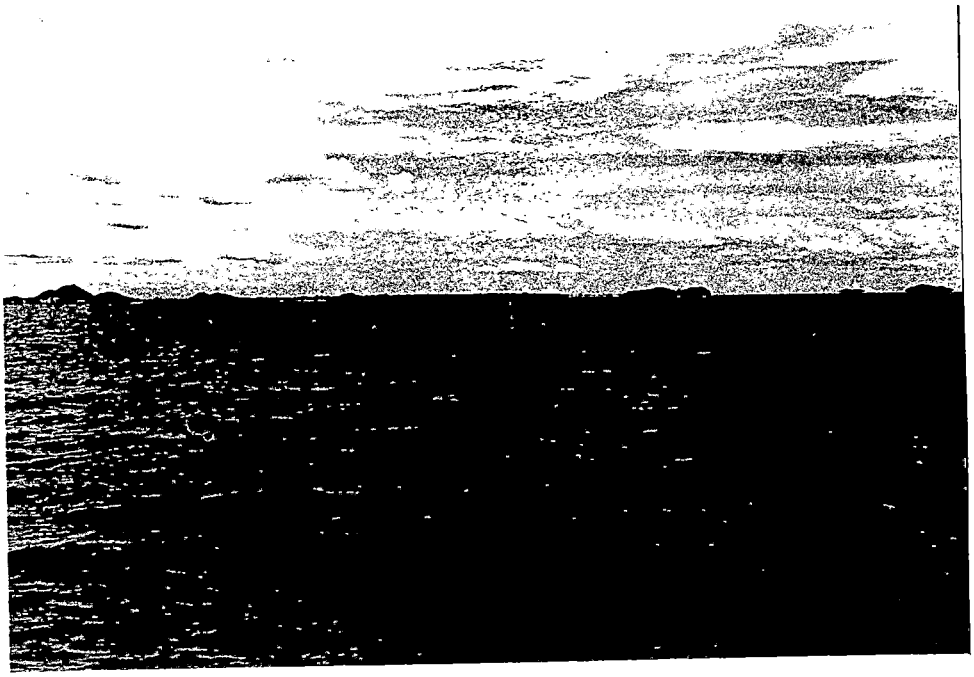
ตาราง 12ก ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มจากการทดลองด้วยแบบจำลอง microcosm ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน

Time	Sal	Dilution		0 hrs				18 hrs				24 hrs				42 hrs				18 hrs				42 hrs				72 hrs			
	(ppt)			1	2	3	Aver	1	2	3	Aver	1	2	3	Aver	1	2	3	Aver	1	2	3	Aver	1	2	3	Aver	1	2	3	Aver
Dark	Control	-1	A	143	142	275	186.7	1856	1213	1162	1410	1136	1159	1455	1250	889	840	876	868.3	650	655	625	643.3	428	425	520	457.7	233	254	168	218.3
			B	231	114	215	186.7	1490	1320	1441	1417	1025	1665	1000	1230	890	902	840	877	620	655	612	629	451	352	585	462.7	210	212	285	235.7
			C	112	115	231	152.7	1231	1254	1223	1236	1145	1020	1130	1098	780	714	780	758	552	565	520	545.7	444	452	466	454	225	251	110	195.3
	-1	Direct	A	1856	970	1250	1359	1250	1050	888	1063	985	836	826	882.3	688	415	628	577	280	311	258	283	173	147	100	140	113	112	114	113
			B	1008	1248	-	1128	904	865	894	887.7	704	736	754	731.3	488	512	430	476.7	256	244	212	237.3	131	187	133	150.3	82	63	161	102
			C	1411	863	450	908	623	648	872	714.3	598	600	528	575.3	402	365	395	387.3	154	195	236	195	120	125	90	111.7	68	82	75	75
	10	Direct	A	780	793	765	772.7	523	580	520	541	436	412	440	429.3	228	254	292	258	111	145	122	126	70	110	100	93.33	71	38	51	53.33
			B	716	740	715	723.7	521	502	518	513.7	408	428	356	397.3	280	252	201	244.3	144	115	98	119	96	88	95	93	55	55	42	50.67
			C	1016	440	570	675.3	491	470	470	477	344	375	384	367.7	214	255	207	225.3	132	142	61	111.7	72	90	76	79.33	54	30	52	45.33
	20	Direct	A	896	896	801	848.5	590	540	480	536.7	399	353	389	380.3	208	234	253	231.7	92	44	80	72	85	70	36	63.67	45	45	40	45.33
			B	840	812	812	826	521	504	532	519	360	360	364	368	201	255	236	230.7	87	78	58	74.33	42	74	76	64	42	34	61	45.67
			C	982	982	980	982	871	676	341	629.3	430	462	425	439	200	340	282	274	78	76	86	80	63	52	93	69.33	87	47	42	58.67
	30	Direct	A	1678	640	793	1037	504	980	654	579.3	380	360	486	408.7	220	225	210	218.3	86	85	75	82	52	56	55	54.33	22	25	24	23.67
			B	642	582	923	715.7	464	372	346	394	288	256	285	276.3	145	156	160	153.7	55	58	52	55	35	28	40	34.33	22	25	24	23.67
			C	1113	610	709	810.7	442	466	449	452.3	360	380	242	327.3	165	168	88	173.7	58	60	56	58	52	33	35	40	37	30	20	29
Light	Control	-1	A	148	175	102	141.7	1020	902	920	947.3	598	593	612	601	420	398	378	398.7	209	226	213	216	176	90	88	118	34	34	20	29.33
			B	125	213	201	179.7	1200	1230	1120	1183	755	789	763	769	451	356	390	399	245	201	220	222	145	90	121	118.7	22	12	25	19.67
			C	168	141	140	149.7	880	885	1020	928.3	603	589	599	597	325	430	254	343	145	254	155	184.7	110	101	90	100.3	21	12	25	19.33
	1	Direct	A	864	1272	1264	1133	698	540	560	599.3	395	489	450	444.7	220	254	179	220.7	95	92	94	93.67	54	52	42	49.33	0	1	2	1
			B	1232	1504	744	1160	590	640	620	616.7	485	450	451	462	230	210	238	226	99	104	112	105	58	55	44	52.33	14	0	12	8.667
			C	1638	1254	899	1264	616	712	676	668	502	490	489	493.7	312	219	220	250.3	104	102	105	103.7	51	60	61	57.33	10	6	9	8.333
	30	Direct	A	1136	1408	613	1052	320	486	420	408.7	311	299	302	304	114	112	166	130.7	54	34	95	61	17	20	31	22.67	4	3	4	3.667
			B	1436	786	745	989	379	408	375	387.3	298	274	279	283.7	114	139	123	125.3	60	55	57	57.33	22	17	20	19.67	2	3	3	2.667
			C	1234	604	664	834	372	287	308	322.3	211	240	257	236	138	102	85	108.3	51	40	45	45.33	14	13	21	16	4	2	3	3
	30	Direct	A	920	952	872	914.7	324	256	333	304.3	174	189	230	197.7	51	59	65	58.33	31	32	35	32.67	25	15	6	15.33	1	0	2	1
			B	1072	968	896	978.7	504	306	366	325.3	175	201	250	208.7	61	57	59	59	35	32	35	34	15	18	16	16.33	5	70	1	2
			C	1233	933	505	890.3	255	321	310	295.3	222	202	149	191	57	32	71	60	132	40	12	28	13	17	16	15.33	5	0	0	1.667
	30	Direct	A	768	451	441	553.3	190	110	179	159.7	60	53	53	55.33	18	15	10	13.67	8	7	9	9	4	5	7	5.333	0	0	1	0.333
			B	541	440	442	607.7	180	160	188	176	58	59	55	57.33	15	12	14	13.67	5	12	10	9	5	5	8	6	0	0	0	0
			C	544	530	518	530.7	160	152	152	154.7	45	48	58	50.33	14	16	14	14.67	12	10	9	10.33	5	9	7	7	0	0	1	0.333

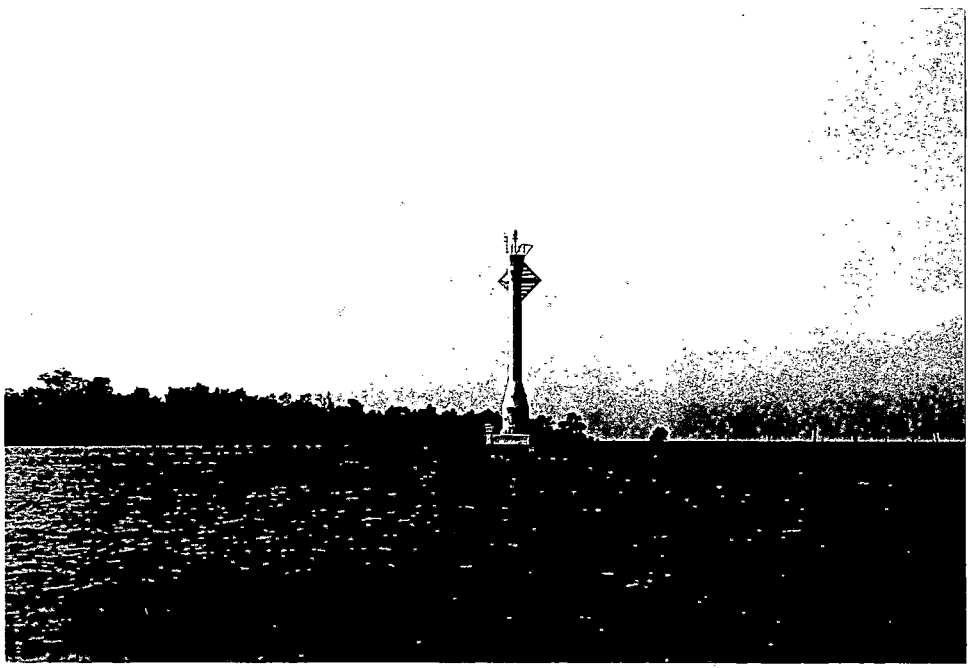
ตาราง 13ก ปริมาณฟีคัลสเตรปโตคอคไคจากการทดลองด้วยแบบจำลอง microcosm ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน

Time	Sal (ppt)	Dilution		0 hrs				18 hrs				24 hrs				42 hrs				48 hrs				66 hrs				72 hrs			
				1	2	3	Aver	1	2	3	Aver	1	2	3	Aver	1	2	3	Aver	1	2	3	Aver	1	2	3	Aver	1	2	3	Aver
Dark	Control	-1		83	94	114	97	546	761	666	657.7	468	498	465	477	462	420	388	423.3	296	326	314	312	312	320	289	307	290	280	262	277.3
				93	43	113	83	646	668	566	626.7	425	404	402	410.3	330	380	381	363.7	290	314	312	305.3	254	266	258	259.3	251	212	254	239
				103	87	93	94	465	668	545	559.3	480	455	482	472.3	400	412	380	397.3	245	300	350	298.3	256	289	321	288.7	275	255	289	273
	1	Direct	A	352	302	244	299	220	188	202	203.3	143	99	120	120.7	88	95	94	92.33	75	85	80	80	53	93	72	72.67	52	65	58	58.33
			B	301	265	-	283	211	155	193	186.3	99	109	142	116.7	78	88	96	87.33	71	69	94	78	70	66	80	72	68	62	46	58.67
			C	248	320	264	277	186	166	197	183	150	124	84	119.3	68	80	108	85.33	77	92	68	79	47	70	88	68.33	68	55	58	56.33
	10	Direct	A	312	365	-	339	246	210	220	225.3	120	128	156	134.7	100	96	92	96	112	68	75	84.33	95	52	95	77.33	70	50	62	60.67
			B	372	300	332	335	243	211	217	223.7	116	140	148	134.7	93	104	94	97	117	52	90	86.33	51	78	80	69.67	57	60	62	59.67
			C	323	320	-	322	207	207	220	211.3	120	88	152	122.7	96	88	90	91.33	109	66	60	79	78	74	77	76.33	32	39	92	54.33
	20	Direct	A	396	251	268	305	185	152	247	194.7	120	110	85	105	48	72	92	70.67	92	58	35	61.67	57	52	54	54.33	42	49	47	46
			B	412	418	300	377	236	237	249	240.7	125	150	83	121.3	82	88	92	87.33	73	53	96	74	52	70	55	62	53	43	46	47.33
			C	420	420	296	379	244	251	207	234	122	166	140	142.7	85	87	64	78.67	62	66	101	76.33	52	72	69	64.33	44	50	52	48.67
	30	Direct	A	228	303	253	261	173	165	143	160.3	78	78	72	76	92	34	32	52.67	36	34	53	41	42	35	37	38	28	20	33	27
			B	266	288	214	256	150	170	155	158.3	80	61	87	76	24	64	48	45.33	48	29	36	37.67	35	35	31	33.67	32	22	22	25.33
			C	302	326	224	284	173	170	182	177.7	61	69	112	80.67	52	64	70	62	36	42	53	43.67	44	47	36	43	30	24	24	26
Light	Control	-1		104	110	106	107	721	697	680	699.3	358	392	355	368.3	272	325	310	302.3	145	180	198	174.3	88	76	75	79.67	28	52	46	42
				110	120	100	110	782	654	655	697	366	378	399	381	284	332	282	299.3	155	155	156	155.3	78	68	71	72.33	22	35	33	20
				120	111	102	111	698	712	774	728	352	370	399	373.3	302	321	321	314.7	155	148	195	166	74	85	69	76	32	42	42	38.67
	1	Direct	A	214	258	220	231	127	108	154	129.7	78	52	88	72	64	57	50	57	30	27	30	29	8	16	13	12.33	6	5	10	7
			B	320	276	307	301	123	183	193	166.3	80	86	112	92.67	92	52	80	74.67	41	33	40	36	10	10	14	11.33	8	8	9	8.333
			C	285	152	240	226	127	130	140	132.3	56	80	80	72	39	59	66	54.67	27	22	28	25.67	12	19	8	13	6	5	10	7
	10	Direct	A	184	240	284	236	124	141	110	125	51	82	44	59	33	36	44	37.67	26	24	21	23.67	14	9	11	11.33	7	11	17	11.67
			B	216	230	244	230	113	154	87	118	64	67	52	61	69	32	37	36	23	29	18	23.33	12	4	14	10	2	3	10	1.667
			C	203	280	240	241	181	128	117	142	62	72	61	65	120	58	32	36.67	19	16	52	22.33	14	14	9	12	0	0	0	0
	20	Direct	A	280	282	260	274	120	133	118	123.7	71	50	46	55.67	31	45	48	41.33	15	17	16	16.33	8	17	4	9.667	5	2	3	3.333
			B	216	202	188	202	114	159	113	128.7	48	49	32	43	25	45	24	31.33	14	16	6	12	7	7	5	6.333	7	4	5	5.333
			C	266	234		250	101	114	128	114.3	46	47	61	52	28	46	27	33.67	11	16	14	13.67	10	9	7	8.667	7	8	8	7.667
	30	Direct	A	251	207		229	70	75	163	102.7	28	21	33	27.33	82	22	80	61.33	13	13	13	13	5	5	5	5	2	2	6	3.333
			B	259	182	226	222	76	85	125	95.33	30	38	22	30	80	51	80	63.67	10	14	13	12.33	6	3	4	4.333	3	4	3	3.333
			C	278	268		273	79	152	156	129	31	35	35	33.67	68	68	78	77.33	15	13	15	14.33	7	6	5	6	5	3	2	3.333

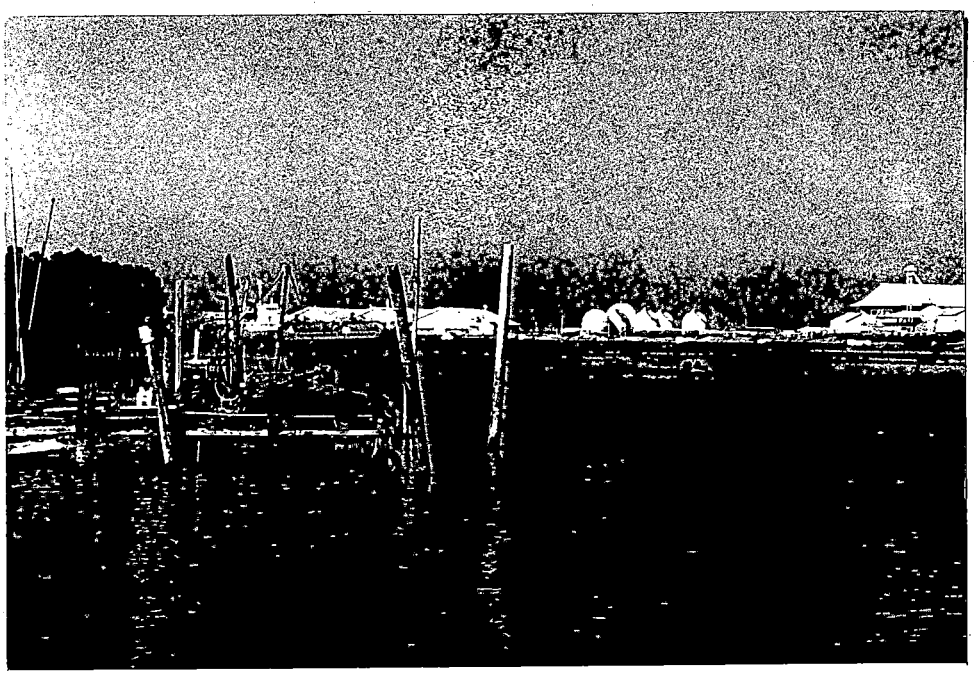
ภาคผนวก ข



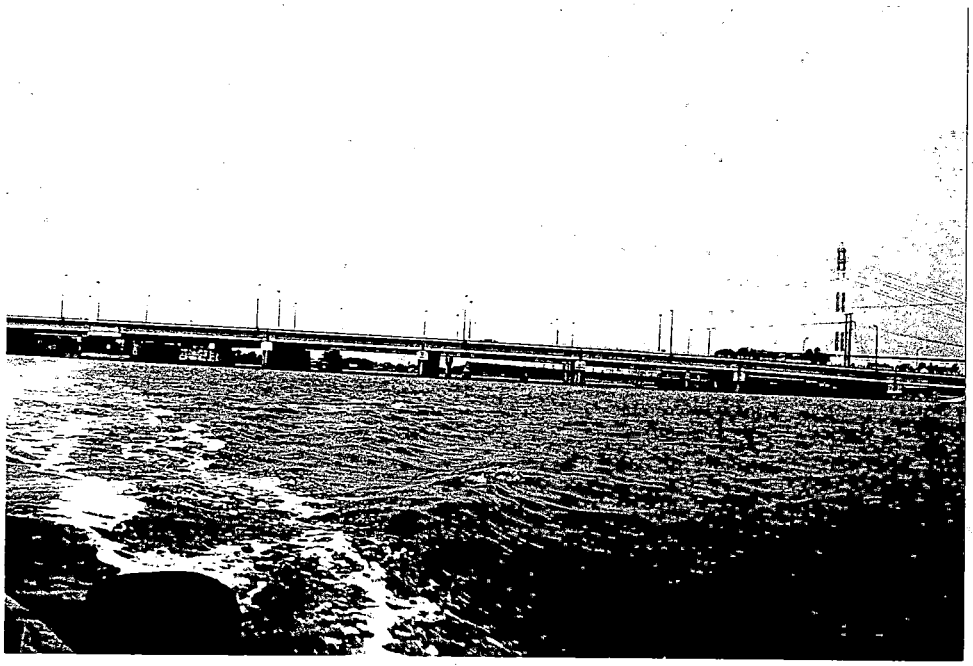
ภาพที่ 1ข สถานีเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง



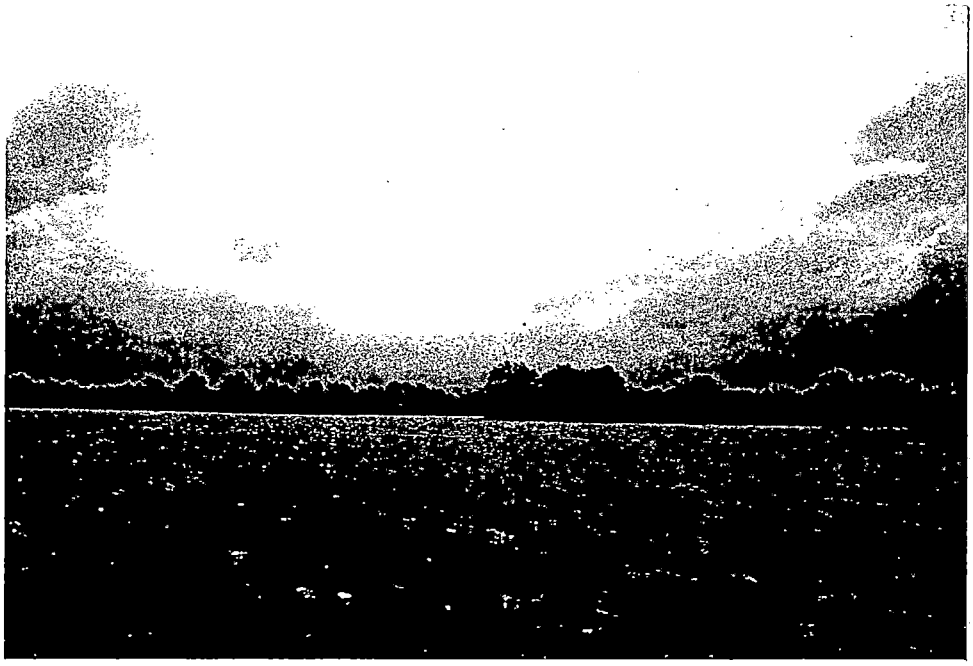
ภาพที่ 2ข สถานีเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 บริเวณห่างจากปากแม่น้ำ 2.5 กิโลเมตร



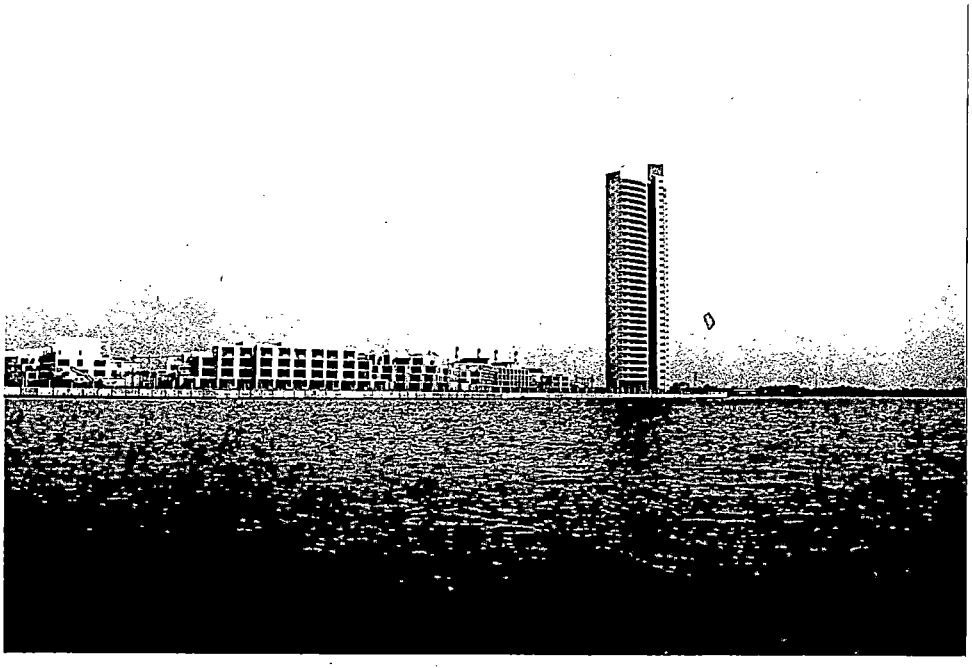
ภาพที่ 3ข สถานีเก็บตัวอย่างน้ำที่ 3 บริเวณห่างจากปากแม่น้ำ 5 กิโลเมตร



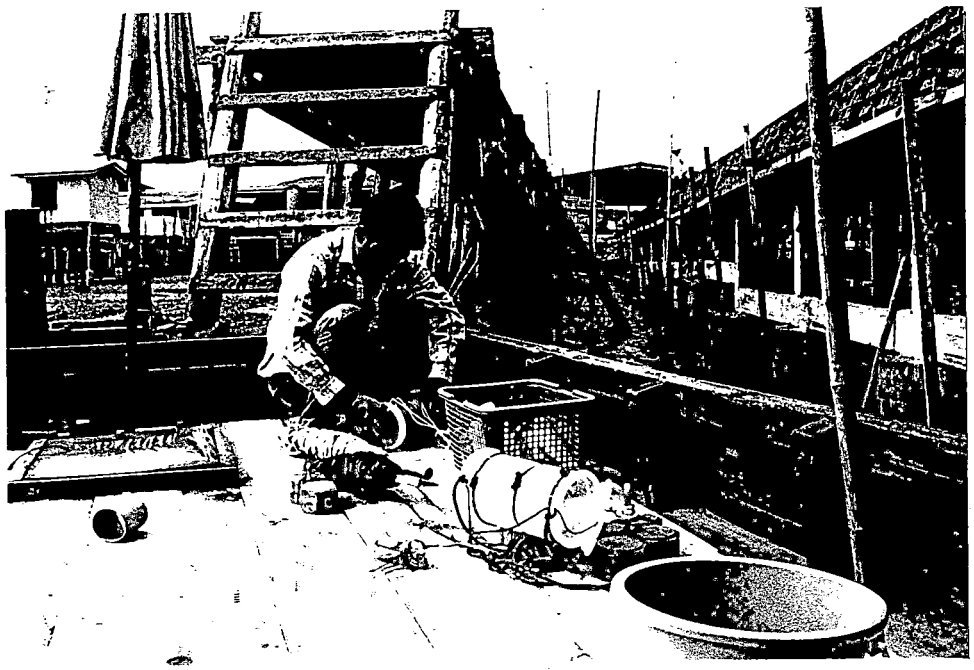
ภาพที่ 4ข สถานีเก็บตัวอย่างน้ำที่ 4 บริเวณห่างจากปากแม่น้ำ 8 กิโลเมตร



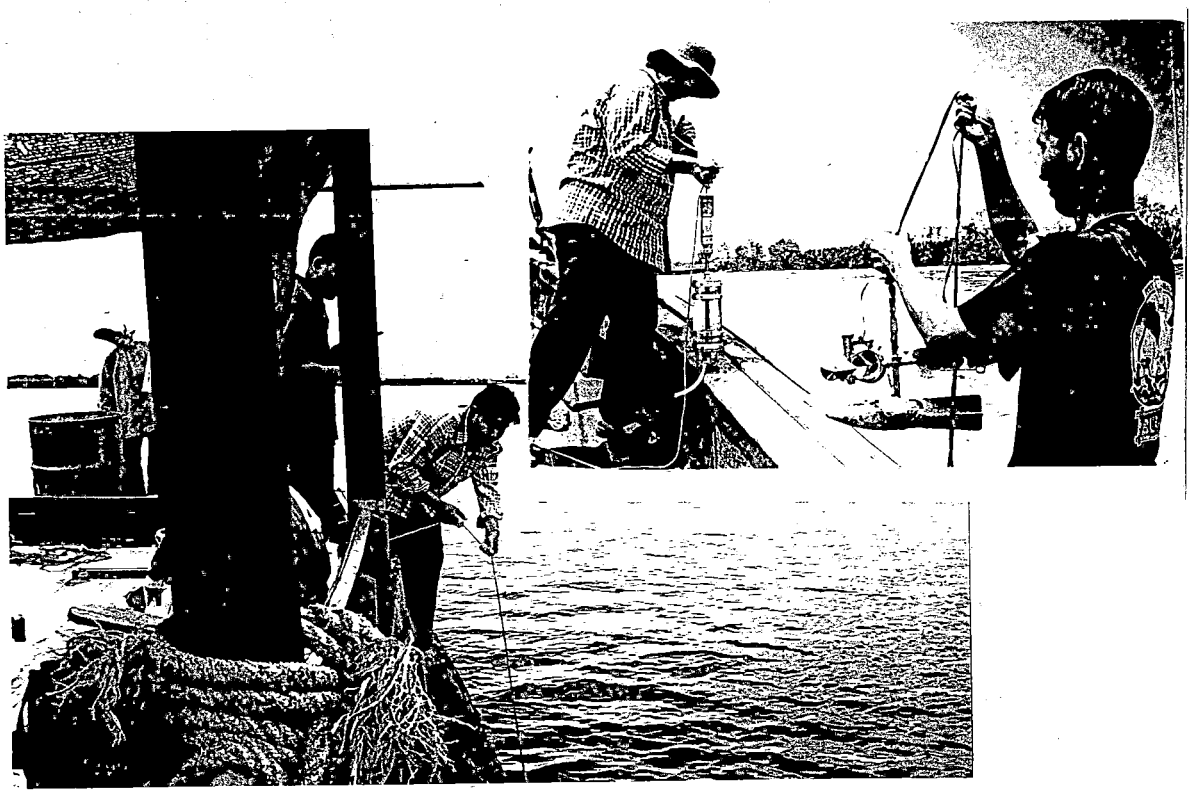
ภาพที่ 5ข สถานีเก็บตัวอย่างน้ำที่ 5 บริเวณห่างจากปากแม่น้ำ 12 กิโลเมตร



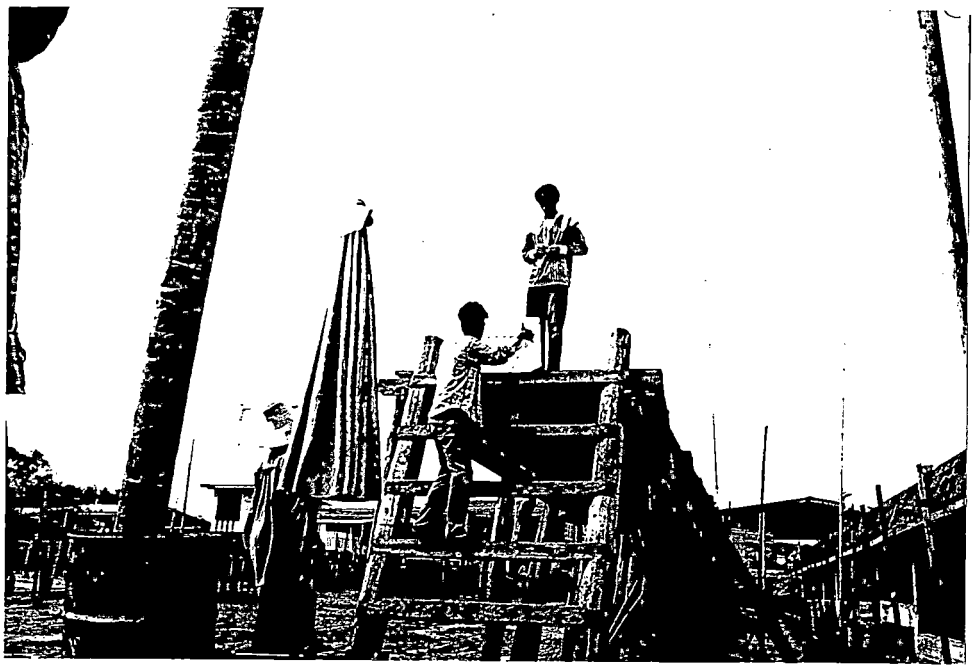
ภาพที่ 6ข คอนโดมิเนียมและที่พักอาศัยบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างที่ 4



ภาพที่ 7ข อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ



ภาพที่ 8 ข การเก็บตัวอย่างน้ำ



ภาพที่ 9 ข กิจกรรมในการเก็บตัวอย่างน้ำ