การประเมินแบคทีเรียที่อาจใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำชายฝั่งทะเล : กรณีศึกษาชายหาดบางแสน

นายพิธา รัตนศิลปิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974-17-3215-5
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BACTERIA EVALUATION AS POSSIBLE INDEX FOR FECAL CONTAMINATION IN COASTAL WATER : A CASE STUDY AT BANGSAEN BEACH

Mr. Pitha Rattanasillapin

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science
Inter-department of Environmental Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2002

ISBN 974-17-3215-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินแบคทีเรียที่อาจใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำชายฝั่งทะเล : กรณีศึกษาชายหาดบางแสน
โดย	นายพิธา รัตนศิลปิน
สหสาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…… คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กำธร ธีรคุปต์)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

…….. กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

…….. กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิธา รัตนศิลปิน : การประเมินแบคทีเรียที่อาจใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำชายฝั่งทะเล : กรณีศึกษาชายหาดบางแสน (BACTERIA EVALUATION AS POSSIBLE INDEX FOR FECAL CONTAMINATION IN COASTAL WATER : A CASE STUDY AT BANGSAEN BEACH) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์; 129 หน้า. ISBN 974-17-3215-5

จากตัวอย่างน้ำทะเลจำนวน 84 ตัวอย่าง ที่เก็บมาจากบริเวณชายหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 พบว่าปริมาณอีโคไล มีความสัมพันธ์กับปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.432 ปริมาณฟีคอลสเตร็ปโตคอคไค มีความสัมพันธ์กับปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.596 เมื่อพิจารณาตามสถานีเก็บตัวอย่างพบว่าปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับปริมาณอีโคไลที่สถานีเก็บตัวอย่างโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท และชมรมวินด์เซิร์ฟ มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟีคอลสเตร็ปโตคอคไคที่สถานีเก็บตัวอย่างวงเวียนบางแสน แหลมแท่นและชมรมวินด์เซิร์ฟ และมีความสัมพันธ์กับวิบริโอที่สถานีเก็บตัวอย่างโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ทเท่านั้น

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ที่บริเวณชายหาดบางแสน ฟีคอลสเตร็ปโตคอคไคมีความสัมพันธ์กับโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มากกว่าอีโคไล และสามารถใช้ฟีคอลสเตร็ปโตคอคไคเป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4389086120 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEYWORD : FECAL STREPTOCOCCI / INDEX / COASTAL WATER / *E. coli* / *Vibrio* spp.

PITHA RATTANASILLAPIN : BACTERIA EVALUATION AS POSSIBLE INDEX FOR FECAL CONTAMINATION IN COASTAL WATER : A CASE STUDY AT BANGSAEN BEACH. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. CHARNWIT KOSITANONT, Ph.D. 129 pp. ISBN 974-17-3215-5.

Eighty four samples of sea water were collected from Bangsaen Beach, Chonburi Province during June – December 2002. The correlations among coliform bacteria, *E. coli*, Fecal streptococci and *Vibrio* spp. were determined. Coliform bacteria was found significantly correlated to *E. coli* and Fecal streptococci with the correlation coefficient of 0.432 and 0.596 respectively. Considering the correlations among bacterial numbers of each station, coliform bacteria was correlated with *E. coli* at Bangsaen Beach Resort Hotel and Windsurf Club. It was also correlated with fecal streptococci at Bangsaen roundabout, Lamtan and Windsurf Club. The correlation with *Vibrio* spp. was found only at Bangsaen Beach Resort Hotel.

From the results, fecal streptococci showed higher correlation with coliform bacteria than *E. coli.* Therefore it could possibly be used as index bacteria.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Inter-department Environmental Science Student's signature.....
Field of study Environmental Science Advisor's signature.....
Academic year 2002 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลาย ๆ ฝ่าย จึงขอแสดงความขอบคุณทุกๆ ท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่ให้ทั้งความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนความช่วยเหลือต่างๆ รวมทั้งยังได้สละเวลาอันมีค่ายิ่งในการให้คำปรึกษาและตรวจแก้ไขข้อผิดพลาดตลอดมา ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ผู้อำนวยการหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กำธร ธีรคุปต์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล และ รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ายิ่ง เพื่อเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัยตลอดงานวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกท่านของภาควิชาจุลชีววิทยา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งในด้านคำแนะนำ การยืมอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ และอำนวยความสะดวกในการวิจัย

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณามอบทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

นอกจากนี้ขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ เพื่อนๆ ในห้องปฏิบัติการ 453 ตึกแถบนีละนิธิ และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง ครูบาอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ให้การสนับสนุนและคอยช่วยเหลือรวมทั้งเป็นกำลังใจในการศึกษามาโดยตลอด จนกระทั่งสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญรูป.....ญ
บทที่1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
บทที่ 2 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 ชนิดและคุณสมบัติพื้นฐานของแบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนี.....4
2.2 ลักษณะของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย.....5
2.3 ลักษณะของฟีคอลโคลิฟอร์ม.....6
2.4 ลักษณะของฟีคอลสเตรปโตคอคไค..... 7
2.5 คุณสมบัติของวิบริโอ.....9
2.6 ค่ามาตรฐานของแบคทีเรียที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ใช้ในสถานที่พักผ่อน.....10
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการทดลอง.....18
3.1 สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำทะเล.....18
3.2 ชนิดของแบคทีเรียที่เลือกใช้ในการทดลอง.....19
3.3 การเก็บตัวอย่างน้ำทะเล.....19
3.4 การวัดปัจจัยทางกายภาพ.....20
3.5 Multiple-Tube Procedure.....20
3.6 การกรองผ่านเยื่อกรอง.....21
3.7 การนับจำนวนเชื้อทั้งหมด (Total Count) โดยวิธี Pour Plate.....22
3.8 การแยกเชื้อ *Vibrio* spp.โดยวิธี Spread Plate.....23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.9 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นทางสถิติของแบคทีเรียแต่ละชนิด.....23
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....24
4.1 การคัดเลือกแบคทีเรียที่นำมาใช้ในการทดลอง.....24
4.2 ปัจจัยทางกายภาพของตัวอย่างน้ำทะเล ณ สถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 สถานี.....24
4.3 คุณสมบัติพื้นฐานของ Fecal streptococci 27
4.4 ปริมาณแบคทีเรียแต่ละชนิดที่สถานีวงเวียนบางแสน.....28
4.5 ปริมาณแบคทีเรียแต่ละชนิดที่สถานีโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท.....30
4.6 ปริมาณแบคทีเรียแต่ละชนิดที่สถานีแหลมแท่น.....32
4.7 ปริมาณแบคทีเรียแต่ละชนิดที่สถานีชมรมวินด์เซิร์ฟ.....34
4.8 ปริมาณแบคทีเรียรวมเฉลี่ยบริเวณชายหาดบางแสน.....36
4.9 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์รวมของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มในรูปเชิงเส้น.....39
4.10 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มในรูปเชิงเส้น
ณ สถานีเก็บตัวอย่างวงเวียนบางแสน โรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท
แหลมแท่น และชมรมวินด์เซิร์ฟ 41
4.11 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มในรูปเชิงเส้น
ในช่วงเวลาต่างๆตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงเดือน ธันวาคม.....43
4.12 การประเมินความเหมาะสมของแบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อน.....47
ของอุจจาระ
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....49
5.1 สรุปผลการทดลอง.....49
5.2 ข้อเสนอแนะ.....52
รายการอ้างอิง.....53
ภาคผนวก.....58
ภาคผนวก ก ตารางผลการทดลอง.....59
ภาคผนวก ข มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล.....61
ภาคผนวก ค ตารางแสดงค่าเอ็มพีเอ็นที่ขีดจำกัดความเชื่อมั่นร้อยละ 95.....66
ภาคผนวก ง สูตรและวิธีเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ.....68
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ทางสถิติ.....71
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....129

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนระหว่าง FC/FS.....9
ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ใช้ในสถานที่พักผ่อน.....11
ตารางที่ 4.1 ปัจจัยทางกายภาพ ณ สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1..... 25
ตารางที่ 4.2 ปัจจัยทางกายภาพ ณ สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2..... 26
ตารางที่ 4.3 ปัจจัยทางกายภาพ ณ สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3..... 26
ตารางที่ 4.4 ปัจจัยทางกายภาพ ณ สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4..... 27
ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของแบคทีเรียรวมในตัวอย่างน้ำทะเล โดยแสดงค่า Coefficient of Correlation : r และค่า p-value.....40
ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มในตัวอย่างน้ำทะเลของทุกสถานี โดยแสดงค่า Coefficient of Correlation : r และค่า p-value 42
ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มในตัวอย่างน้ำทะเลในแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงเดือนธันวาคมโดยแสดงค่า Coefficient of Correlation : r และค่า p-value 44
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ระหว่าง *E. coli* กับ Fecal streptococci.....47

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.1 สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1, 2, 3 และ 4……..……18
รูปที่ 3.2 อุปกรณ์และเครื่องกรองสูญญากาศในการกรองตัวอย่างน้ำ……..22
รูปที่ 4.1 ปริมาณแบคทีเรียรวม ณ สถานีเก็บตัวอย่างวงเวียนบางแสน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2545……28
รูปที่ 4.2 ปริมาณแบคทีเรีย ณ สถานีเก็บตัวอย่างวงเวียนบางแสน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึง เดือนธันวาคมพ.ศ.2545……29
รูปที่ 4.3 ปริมาณแบคทีเรียรวม ณ สถานีเก็บตัวอย่างโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท ตั้งแต่เดือน มิถุนายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2545……..30
รูปที่ 4.4 ปริมาณแบคทีเรีย ณ สถานีเก็บตัวอย่างโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท ตั้งแต่เดือน มิถุนายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2545……..31
รูปที่ 4.5 ปริมาณแบคทีเรียรวม ณ สถานีเก็บตัวอย่างแหลมแท่น ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2545……..32
รูปที่ 4.6 ปริมาณแบคทีเรีย ณ สถานีเก็บตัวอย่างแหลมแท่น ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2545……..34
รูปที่ 4.7 ปริมาณแบคทีเรียรวม ณ สถานีเก็บตัวอย่างชมรมวินด์เซิร์ฟตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2545……35
รูปที่ 4.8 ปริมาณแบคทีเรีย ณ สถานีเก็บตัวอย่างชมรมวินด์เซิร์ฟ ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2545……..36
รูปที่ 4.9 ปริมาณแบคทีเรียรวมเฉลี่ยบริเวณชายหาดบางแสน……..37
รูปที่ 4.10 ปริมาณแบคทีเรียชนิดต่างๆบริเวณชายหาดบางแสน……..38

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บริเวณชายฝั่งทะเลเป็นบริเวณที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการประกอบกิจกรรมต่างๆมากมายหลายประเภท และมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศเป็นอันมาก ตัวอย่างของการใช้ประโยชน์จากบริเวณชายฝั่งทะเล เช่น การใช้เป็นสถานที่ท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจและเล่นกีฬาทางน้ำ เป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและทำการประมง เป็นแหล่งรองรับน้ำเสีย เป็นต้น ดังนั้น จึงควรมีการรักษาคุณภาพน้ำชายฝั่งให้มีคุณภาพที่ดี เพื่อให้เหมาะแก่การนำไปใช้ในการประกอบกิจกรรมต่างๆ

ปัญหาการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ เป็นปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญและเป็นปัญหาที่มีผู้ให้ความสนใจเป็นอันมาก การปนเปื้อนในแหล่งน้ำทำให้เกิดปัญหาต่างๆขึ้นกับชายฝั่งเป็นอันมาก เช่น ทำให้ปลาตาย ทำให้เกิดสภาวะน้ำทะเลเปลี่ยนสี เกิดการฟอกขาวของปะการัง ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในทะเลได้รับผลกระทบโดยตรง และนอกจากนี้ยังส่งผลกระทบมายังมนุษย์ได้อีกด้วย

การปนเปื้อนในแหล่งน้ำเกิดได้จากหลายสาเหตุ สาเหตุหนึ่งที่มีความสำคัญ ควรทำการติดตามตรวจสอบ และหาวิธีแก้ปัญหาคือการปนเปื้อนที่เกิดจากแบคทีเรีย ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของแหล่งน้ำ กลุ่มของแบคทีเรียที่สำคัญที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ คือ แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียหลายชนิด แบคทีเรียในกลุ่มของโคลิฟอร์มนี้มีความสำคัญคือเป็นแบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนีในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอุจจาระในแหล่งน้ำ โดยจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการปนเปื้อนในแหล่งน้ำนั้นๆ คือถ้ามีปริมาณของแบคทีเรียในกลุ่มของโคลิฟอร์ม คือ *Escherichia coli* ในปริมาณมาก แสดงว่าบริเวณนั้นมีการปนเปื้อนสูง

วิธีที่ใช้ในการตรวจสอบแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำที่ใช้กันมาก คือการหาค่า MPN (Most Probable Number) ที่เป็นค่าทางสถิติที่บอกจำนวนแบคทีเรียที่เป็นไปได้มากที่สุด ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำจืดทั้งน้ำผิวดินและใต้ดิน และใช้ตรวจสอบ คุณภาพของน้ำดื่มและใช้ในการตรวจสอบความสะอาดของอาหารอีกด้วย

แบคทีเรียในกลุ่มของโคลิฟอร์มเป็นแบคทีเรียที่ทนความเค็มได้น้อยและจะสามารถเจริญได้น้อยเมื่ออยู่ในน้ำทะเล ดังนั้นการตรวจสอบค่า MPN บริเวณชายฝั่งจึงเป็นวิธีที่ได้ผลไม่แม่นยำเท่าที่ควร นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียบางชนิดที่สามารถก่อโรคได้ สามารถทนต่อ

ความเค็มและกลับมาเจริญใหม่เมื่ออยู่ในสภาพที่เหมาะสมได้ดีกว่า จึงควรมีการทดลองหาดัชนีชนิดอื่นๆที่มีความเหมาะสม มาใช้ในการตรวจสอบและใช้เป็นดัชนีแทนแบคทีเรียในกลุ่มของโคลิฟอร์ม

จากการตรวจสอบและหาข้อมูลอ้างอิงในเบื้องต้น พบว่าแบคทีเรียที่น่าจะมีความเหมาะสม และสามารถใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระแทนแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม และ *Escherichia coli* คือแบคทีเรียในกลุ่ม Fecal streptococci และแบคทีเรียในกลุ่ม *Vibrio spp.* ซึ่งแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มนี้ สามารถทนต่อความเค็มได้ดีกว่าโคลิฟอร์ม และ *Escherichia coli*

ในการศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อจะหาแบคทีเรียที่จะสามารถใช้เป็นดัชนีในการชี้วัดการปนเปื้อนของอุจจาระแทนแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม และ *Escherichia coli* โดยใช้แบคทีเรียในกลุ่ม Fecal streptococci และ *Vibrio spp.* ในการทดสอบ ซึ่งในการทดลองได้มีการสำรวจและทำการแยกเชื้อจากน้ำทะเลชายฝั่ง โดยบริเวณที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างบริเวณชายหาด บางแสนตั้งแต่บริเวณหาดวอนนภาไปจนถึงแหลมแท่น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อเลือกชนิดของแบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระบริเวณชายหาดบางแสน

1.2.2 ศึกษาปริมาณของแบคทีเรียที่อาจใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระบริเวณชายหาดบางแสน

1.2.3 ประเมินความเหมาะสมและความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียที่อาจใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระ กับแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาปริมาณของแบคทีเรียชนิดต่างๆ ได้แก่ Coliform bacteria, *Escherichia coli*, *Vibrio* spp. และ Fecal streptococci

1.3.2 พื้นที่ศึกษาคือบริเวณชายหาดบางแสน โดยเก็บตัวอย่างจาก 4 สถานี

1.3.3 เก็บตัวอย่างเป็นเวลา 7 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545

1.3.4 ปัจจัยทางกายภาพที่ทำการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช ความเค็ม และค่าการดูดกลืนแสง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้แบคทีเรียที่สามารถใช้เป็นดัชนีชนิดใหม่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณ MPN ของโคลิฟอร์ม และเป็นประโยชน์กับงานด้านจุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม

1.4.2 เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการบอกถึงการปนเปื้อนบริเวณชายฝั่ง เพื่อความปลอดภัยในการประกอบกิจกรรมต่างๆ และเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมอุตสาหกรรมท่องเที่ยว ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่นำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นอันมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชนิดและคุณสมบัติพื้นฐานของแบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนี

แบคทีเรียในน้ำที่เกิดจากการปนเปื้อน อาจก่อให้เกิดโรคแก่ระบบทางเดินอาหาร และโรคอื่นๆบางโรคในมนุษย์ แบคทีเรียเหล่านี้ไม่ใช่พวกที่อาศัยประจำในน้ำ แต่ลงสู่แหล่งน้ำได้โดยการปนเปื้อนในสิ่งขับถ่ายจากมนุษย์และสัตว์บางชนิดด้วยวิธีการต่างๆกัน ดังนั้น ในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำเพื่อความปลอดภัยจากโรค ก่อนนำไปใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ จึงควรตรวจสอบหาแบคทีเรียซึ่งเป็นสาเหตุของโรคต่างๆเหล่านั้น

ในทางปฏิบัติ การตรวจสอบแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคทำได้ยากและไม่เหมาะสม ด้วยเหตุผลหลายประการ ได้แก่

1) เชื้อโรคเหล่านั้นมีหลายชนิด ในการตรวจสอบเพื่อความปลอดภัยจึงต้องตรวจสอบหาเชื้อโรคแต่ละชนิด ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายมาก

2) ปริมาณของเชื้อโรคเหล่านี้ อาจจะมีปริมาณไม่มากเพียงพอ จึงอาจตรวจไม่พบด้วยวิธีการต่างๆในห้องปฏิบัติการ

3) เนื่องจากการตรวจสอบหาเชื้อโรค ต้องเสียเวลานาน อย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง ระหว่างรอผลการตรวจสอบ ซึ่งถ้าพบว่ามีเชื้อโรคชนิดใดชนิดหนึ่งในระหว่างการตรวจสอบ น้ำนั้นอาจถูกนำมาใช้และมีผู้ป่วยเกิดขึ้นแล้ว และโรคนั้นอาจแพร่กระจายไปแล้ว

คุณสมบัติของแบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนควรมีลักษณะ ดังนี้

1) แบคทีเรียที่เป็นดัชนี ควรสามารถตรวจพบได้ในแหล่งน้ำทุกชนิด เช่น น้ำจืด น้ำบ่อ น้ำกร่อย น้ำทะเล น้ำประปา และน้ำทิ้ง

2) จะต้องตรวจพบแบคทีเรียที่เป็นดัชนีทุกครั้งที่ตรวจพบแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรค โดยเฉพาะโรคที่ติดต่อกับทางเดินอาหาร

3) แบคทีเรียที่เป็นดัชนี เมื่ออยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ จะสามารถอยู่รอดได้นานกว่าแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรค

4) แบคทีเรียที่เป็นดัชนีต้องไม่เพิ่มจำนวนเมื่ออยู่ในแหล่งน้ำ

5) วิธีการที่ใช้ตรวจสอบแบคทีเรียที่เป็นดัชนี จะต้องมีความเฉพาะเจาะจงสูง และตรวจพบได้แม้ว่าจะมีจำนวนน้อย

6) วิธีที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์จะต้องสะดวกรวดเร็ว และไม่สิ้นเปลือง

7) แบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนีไม่ควรเป็นอันตรายต่อมนุษย์

8) ปริมาณของแบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนที่ตรวจพบ จะต้องมีความสัมพันธ์กับระดับของการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์

9) แบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนต้องไม่มีอยู่ในน้ำบริสุทธิ์

2.2 ลักษณะของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria)

แบคทีเรียโคลิฟอร์มจัดอยู่ใน Family Enterobacteriaceae ซึ่งประกอบไปด้วยสมาชิก 4 กลุ่ม ได้แก่

1. Escherichia group
2. Citrobacter group
3. Klebsiella group
4. Enterobacter group

แบคทีเรียในกลุ่มนี้มีลักษณะเซลล์เป็นท่อนสั้นไม่สร้างสปอร์ เรียงตัวอยู่เดี่ยวๆ หรือเป็นคู่ เคลื่อนที่โดยใช้ peritrichous flaggella หรือไม่เคลื่อนที่ ติดสีแกรมลบ เจริญได้ในทั้งที่ ที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน (Facultative anaerobe) เจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อทั่วไป เช่น อาหาร Nutrient Agar (NA) โคโลนีบนอาหาร NA มีลักษณะผิวเรียบ ชื้น เป็นมัน สีเทา สามารถให้กรดและก๊าซจากการหมักน้ำตาลแลคโตสภายใน 48 ชั่วโมง เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

แบคทีเรียโคลิฟอร์มสามารถพบได้ในดิน พืช แมลง ทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่นหรือสัตว์เลือดเย็น เช่น ปลา ก็สามารถตรวจพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มได้ในทางเดินอาหาร เราอาจแยกชนิดของแบคทีเรียโคลิฟอร์ม พร้อมกับบอกที่มา โดยการทดสอบ Indole, Methyl red, Voges Proskauer และ Citrate หรือที่เรียกว่า IMVIC test

ลักษณะเฉพาะอีกอย่างหนึ่งของแบคทีเรียในกลุ่มนี้คือ สามารถสร้างเอนไซม์ β-D-galactosidase ซึ่งสามารถย่อย ortho-nitrophenyl-β-D-galactopyranoside (ONPG) ได้ O-nitrophenol ซึ่งเป็นสารที่มีสีเหลือง (Eckner, 1998)

ข้อจำกัดการใช้โคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นดัชนี คือ

1) สามารถเพิ่มจำนวนได้ในน้ำ
2) สามารถแพร่กระจายได้ในระบบส่งน้ำ
3) แบคทีเรียอื่นสามารถระงับการเจริญได้
4) ไม่สามารถบ่งชี้กับสุขภาพอนามัยได้
5) ไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนโปรโตซัวและไวรัส (Gleeson and Gray, 1997)

2.3 ลักษณะของฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal coliform)

มีสมบัติเช่นเดียวกับแบคทีเรียโคลิฟอร์ม แต่แตกต่างกันที่แบคทีเรียในกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม สามารถใช้น้ำตาลแลคโตสและให้ก๊าซที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แบคทีเรียโคลิฟอร์ม สามารถพบได้ในอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่นโดยมี *E. coli* เป็นแบคทีเรียที่มีแหล่งที่อยู่แน่นอนในทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่น และมี Klebsiella, Citrobacter และ Enterobacter อยู่เป็นจำนวนเล็กน้อย จากการศึกษาแยกเชื้อในอุจจาระตรวจพบ *E. coli* 96.8% Klebsiella 1.5% Citrobacter และ Enterobacter 1.7% โดย *E. coli* ประมาณ 90% มาจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น บางส่วนอาจพบได้ในดิน แมลง ดอกไม้ และต้นพืช *Enterobacter aerogenes* ส่วนใหญ่พบในดิน พืช เมล็ดพืช และอาจพบในสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ได้บ้าง สำหรับ *Enterobacter cloaceae* สามารถพบได้ในสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ตลอดจนในดิน ดังนั้น การตรวจสอบแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำ จึงไม่อาจบ่งชี้แน่นอนลงไปได้ว่า มีแหล่ง ปนเปื้อนมาจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์เลือดอุ่น หรือจากแหล่งอื่น จึงต้องใช้แบคทีเรียที่เป็นดัชนีอื่นๆ เช่น Fecal coliform และ Fecal streptococci ร่วมในการพิจารณา

ลักษณะของ *E. coli* คือ เซลล์มีขนาด 1.1-1.5 × 2.0-6.0 ไมโครเมตร สามารถสร้างแคปซูลได้ ติดสีแกรมลบ สามารถเคลื่อนที่โดยอาศัย peritrichous flaggella บางสายพันธุ์ ไม่เคลื่อนที่ เจริญได้ในทั้งที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (Facultative anaerobe) ออกซิเดสให้ ผลลบ คาตาเลสให้ผลบวก เมธิลเรดให้ผลบวก

จากการที่ในอุจจาระมีจำนวน *E. coli* มากกว่าแบคทีเรียโคลิฟอร์มชนิดอื่นๆ ประมาณว่าแต่ละคนจะขับถ่ายอุจจาระในแต่ละครั้ง 100 กรัม แต่ละกรัมในคนสุขภาพดี จะมี *E. coli* ประมาณ 10^8 เซลล์ ในกรณีที่เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคจะปะปนออกมากับอุจจาระ ดังนั้นถ้าพบ *E. coli* ในแหล่งน้ำ แสดงว่ามีการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของคนกับสัตว์เลือดอุ่น และอาจมีโอกาสได้รับอันตรายจากจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุ

ของโรค นอกจากนี้การที่ *E. coli* มีจำนวนมากกว่าจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรค และสามารถอยู่รอดในแหล่งน้ำได้นานกว่า จึงทำให้ง่ายต่อการตรวจนับจำนวน และการตรวจพบ *E. coli* ยังแสดงให้เห็นว่ามีการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายใหม่ๆ เนื่องจากการเพิ่มจำนวนของ *E. coli* เกิดขึ้นได้ยากและสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้นานประมาณ 2 สัปดาห์เท่านั้น นอกจากนี้การวิเคราะห์ตรวจสอบ เชื้อ *E. coli* ยังสามารถทำได้ง่าย เนื่องจาก *E. coli* มีเอนไซม์ β-glucoronidase ในการย่อยสลายสับสเตรท 4–methylumbelliferyl-β-D-glucoronide (MUG) ซึ่งจะให้ผลผลิต คือสาร 4-methylumbelliferone ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติเรืองแสงได้เมื่ออยู่ภายใต้ แสงอัลตราไวโอเลต (Eckner, 1998)

ข้อจำกัดของฟีคัลโคลิฟอร์มและ *E. coli* ในการใช้เป็นอินดิเคเตอร์ คือ เชื้อในกลุ่มนี้บางชนิดสามารถเจริญและเพิ่มจำนวนได้ในแหล่งน้ำได้ และมีความทนน้อยกว่าไวรัส และโปรโตซัวในน้ำที่ผ่านการบำบัด (Gerba, 2000) นอกจากนี้การอยู่ในน้ำชายฝั่งยังทำให้เซลล์ของแบคทีเรียมีอัตราการอยู่รอดน้อยลงและมีอัตราการตายสูงขึ้นเนื่องจากแรงดันออสโมติกอีกด้วย (Nagata, 2001) ซึ่งอาจจะทำให้ได้ผลการตรวจสอบไม่ดีเท่าที่ควร

2.4 ลักษณะของฟีคอลสเตรปโตคอคไค (Fecal streptococci)

เป็น Streptococci ที่มาจากลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่น จัดอยู่ในกรุ๊ป D *Streptococcus* มี รูปร่างกลม ติดสีแกรมบวก ไม่สร้างเอนโดสปอร์ หมักน้ำตาลกลูโคสเกิดกรดแลคติคไม่ให้ก๊าซ เซลล์เรียงตัวเป็นโซ่สั้นๆ เพียง 2 เซลล์ หรือมากกว่า ขนาดของเซลล์ 0.6-2.0×0.6-2.5 ไมโครเมตร ดำรงชีวิตแบบทั้งที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (Facultative anaerobe) คะตะเลสเป็นลบ ต้องการอาหารที่ซับซ้อน เช่น กรดอะมิโนพิวรีน ไพริมิดีน เปปไทด์ วิตามิน และบางครั้งต้องการกรดไขมัน และ NO_2 แต่มีชนิดหนึ่ง คือ *S. bovis* ในวัว ต้องการเพียงกลูโคส แอมโมเนีย และเกลือ อนินทรีย์ สำหรับการเจริญ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญ คือ 37 องศาเซลเซียส พีเอช 9.6 ความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ 6.5 % น้ำดี 40% (ดวงพร คันธโชติ, 2537) แบคทีเรียกลุ่มนี้พบได้ทั่วไปในสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น พืช แมลง ดิน และในน้ำ ชนิดและปริมาณของ Streptococci สามารถบอกแหล่งที่มาของการปนเปื้อนและคุณภาพน้ำได้

ข้อดีของ Fecal streptococci คือ เป็นแบคทีเรียที่มีความจำเพาะ ไม่มีการแพร่กระจายทั่วไปเหมือนกับโคลิฟอร์ม พบได้จากอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่น (Figueras, et.al.,1996) แบคทีเรียในกลุ่มนี้จะไม่เพิ่มจำนวนในแหล่งน้ำ สามารถอยู่ในน้ำทะเลและน้ำดื่มได้ดีกว่า *E. coli* คือ สามารถอยู่รอดได้นานถึง 6 สัปดาห์ในน้ำดื่ม นอกจากนี้จากการ

สำรวจทางระบาดวิทยายังพบว่าแบคทีเรียในกลุ่มนี้จะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเกิดโรคสูงอีกด้วย

แบคทีเรียในกลุ่ม Fecal streptococci ได้แก่

S. fecalis
S. fecalis subspecies liquefaciens
S. fecalis subspecies zymogenes
S. fecium

แบคทีเรียในกลุ่มนี้พบมากในอุจจาระของมนุษย์เป็นส่วนใหญ่ และอาจพบบ้างในอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่นอื่นๆ บ้าง สำหรับ *S. fecalis* subspecies liquefaciens อาจพบในดิน พืช และแมลงบางชนิด แต่มีเป็นส่วนน้อย

S. bovis พบมากในอุจจาระของวัว แกะ
S. equinus พบมากในอุจจาระของม้า
S. avium พบมากในสัตว์ปีก เช่น ไก่ ไก่งวง และบางครั้งพบใน มนุษย์ สุนัข และหมู

การตรวจพบ *S. bovis* และ *S. equinus* อาจจะบ่งชี้ได้ว่า เกิดจากการปนเปื้อนจากอุจจาระของวัว ม้า หรือแกะ แต่จากการสำรวจพบว่า แบคทีเรียเหล่านี้อาจมีในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ และอาหารเลี้ยงสัตว์ด้วย

อัตราส่วนของ Fecal coliform (FC) ต่อ Fecal streptococci (FS) สามารถบอกแหล่ง ที่มาของการปนเปื้อนได้ว่า มาจากมนุษย์หรือสัตว์เลือดอุ่นได้ เพราะสิ่งขับถ่ายของมนุษย์มีแบคทีเรีย โคลิฟอร์ม มากกว่าสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ แต่ในทางตรงข้าม สิ่งขับถ่ายจากสัตว์จะมีปริมาณ Fecal streptococci มากกว่า

อัตราส่วนระหว่าง FC/FS สามารถบอกแหล่งที่มาของการปนเปื้อน โดยแสดงดังตารางที่ 2.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนระหว่าง FC/FS

FC/FS	ต้นกำเนิดการปนเปื้อน
4.4	คน
0.6	เป็ด
0.4	แกะ
0.4	ไก่
0.4	หมู
0.2	วัว
0.1	ไก่งวง

ที่มา : วีระชัย (2530)

ถ้าอัตราส่วนระหว่าง FC/FS มากกว่า 4 แสดงว่า เกิดการปนเปื้อนมาจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ ถ้า FC/FS น้อยกว่า 0.7 แสดงว่า ต้นกำเนิดการปนเปื้อนไม่ได้มาจากมนุษย์ ถ้ามีค่าระหว่าง 0.7 ถึง 4.4 แสดงว่าต้นกำเนิดการปนเปื้อนเกิดจากมนุษย์และสัตว์ปนกัน

ข้อดีในการใช้ Fecal streptococci เป็นอินดิเคเตอร์ เมื่อเปรียบเทียบกับ แบคทีเรียชนิดอื่นๆ คือ

1) สามารถดำรงชีวิตได้นานในสภาพแวดล้อมทั่วไป ทั้งในดินและน้ำ
2) สามารถทนต่อสารเคมี เช่น คลอรีน ได้ดีกว่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย
3) มักไม่เพิ่มจำนวนในแหล่งน้ำ
4) สามารถทนต่อเกลือที่ความเข้มข้นสูงได้ดีกว่าโคลิฟอร์ม

2.5 คุณสมบัติของวิบริโอ (*Vibrio spp.*)

Vibrio spp. มีขนาดของเซลล์กว้าง 0.5-0.8 ไมโครเมตร ยาว 1.4-2.6 ไมโครเมตร รูปร่างเป็นแท่งสั้น อาจมีทั้งลักษณะโค้งและตรง อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ หรืออาจเป็นกลุ่มดูคล้ายตัวเอส หรือเป็นเกลียว เคลื่อนที่โดยใช้ polar flaggella ซึ่งมี 1 เส้น แต่บางชนิดอาจมีมากกว่า 1 เส้น ก็ได้ ติดสีแกรมลบ เจริญได้ทั้งที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (Facultative anaerobe) ไม่สร้าง แคปซูล ออกซิเดสให้ผลบวก อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อ

การเจริญ 20-37 องศาเซลเซียส พีเอช 6-9 ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 3% พบได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำทะเล สามารถอยู่ได้ในทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์ บางชนิดก่อให้เกิดโรคกับคนและสัตว์ เช่น *Vibrio cholelrae* ก่อให้เกิดโรคอหิวาตกโรค *Vibrio parahaemolyticus* ซึ่งปนเปื้อนในปลา หอย กุ้ง ปู ทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษ และลำไส้อักเสบในมนุษย์

2.6 ค่ามาตรฐานของแบคทีเรียที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ใช้ในสถานที่พักผ่อน

ค่ามาตรฐานของปริมาณแบคทีเรียที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ใช้ในสถานที่พักผ่อนของประเทศต่างๆ และหน่วยงานต่างๆมีค่าแตกต่างกันขึ้นกับความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมและลักษณะการใช้ประโยชน์ในพื้นที่นั้นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ใช้ในสถานที่พักผ่อน

ประเทศหรือหน่วยงาน	การทดลอง (ตัวอย่าง/เวลา)	ค่ามาตรฐาน (ค่าตัวกลางเลขคณิต)
U.S. EPA	5/30 days	Fecal coliform 200/100 ml (Saliba, 1993) น้ำจืด Enteroccocci 33/100 ml Fecal coliform 126/100 ml น้ำทะเล Enterococci 35/100 ml
กรมควบคุมมลพิษ ประเทศไทย	-	Coliform $\leq$ 1,000/100 ml
European Economic Community	2/30 days	Coliform 500/100 ml Fecal coliform 100/100 ml Fecal streptococci 100/100 ml Salmonella 0/1 liter Enterovirus 0/10 liters
Ontario, Canada	10/30 days	Coliform $\leq$ 1,000/100 ml Fecal coliform $\leq$ 100/100 ml
Japan	-	Coliform $\leq$ 1,000/100 ml
Phillipines	-	Coliform $\leq$ 1,000/100 ml
New Zealand	-	Coliform $\leq$ 1,000/100 ml

ที่มา : Gerba (2000)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Palmer, et al. (1993) ได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli.* และแบคทีเรียในกลุ่ม Coliform ในน้ำทะเลชายฝั่งโดยใช้เทคนิค Colilert – Marine water ซึ่งใช้เวลาเพียง 24 ชั่วโมง ตรวจสอบน้ำทะเลตัวอย่างจากชายฝั่ง 86 แห่งบริเวณทางใต้ของแคลิฟอร์เนีย โดยใช้ O-nitrophenyl-β-D-galactopyranoside (ONPG) และ 4-methylumbelliferyl-β-D-glucuronide (MUG) เป็นสับสเตรท โคลิฟอร์มแบคทีเรียจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีเหลือง สำหรับ *E. coli* ตรวจสอบได้โดยสังเกตจากการเรืองแสงจากหลอดยูวี ภายใต้ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร แล้วนำผลการทดสอบที่ได้มาทำการตรวจสอบทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบการใช้วิธีนี้กับการใช้วิธี Multiple Tube Fermentation (MTF) พบว่าผลที่ได้จากวิธีทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน

Fiksdal et al. (1994) ได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนของอุจจาระบริเวณชายฝั่งโดยใช้เอนไซม์เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ โดยในการศึกษาใช้เอนไซม์ที่มีชื่อว่า4-methylumbelliferyl-β-D-galactopyranosidase และ เอนไซม์ 4-methylumbelliferyl-β-D-glucuronidase ซึ่งการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ใช้เวลาการทดสอบเพียง 25 นาที ในการทดสอบน้ำที่มีการปนเปื้อนด้วยอุจจาระหรือน้ำที่มีการปนเปื้อนของน้ำเสียลงสู่ชายฝั่งโดยศึกษาการปนเปื้อนในพื้นที่ชายฝั่ง 2 บริเวณ คือ

1.บริเวณปากแม่น้ำที่มีการปนเปื้อนสูงที่ได้รับน้ำเสียมาจากโรงบำบัดน้ำเสียและน้ำมีอัตราการฟอกตัวเองต่ำ

2.บริเวณที่น้ำมีการปนเปื้อนน้อยและมีอัตราการฟอกตัวเองสูง

จากสถิติที่ได้จากทั่วโลกที่มีความสัมพันธ์กัน จะนำมาใช้ประเมินปริมาณของ Fecal coliform จากทั้ง 2 แหล่งได้ถึงแม้ว่าสภาพแวดล้อม เช่นความเค็ม จะมีผลต่อลักษณะและรูปร่างของเซลล์ ซึ่งจะทำให้มีความแตกต่างกันตามบริเวณที่เก็บตัวอย่างก็ตาม ความไวในการตรวจสอบโดยเอนไซม์ 4-methylumbelliferyl-β-D-glucuronidase จะสามารถตรวจสอบได้ในกรณีที่มีจำนวนแบคทีเรีย 10-100 CFU/100 ml. ส่วนเอนไซม์ 4-methylumbelliferyl-β-D-galactopyranosidase จะมีความไวในการตรวจสอบน้อยกว่า เนื่องจากสับสเตรทจะมีการสลายตัวเองได้เร็วกว่าความจำกัดในการตรวจสอบจะจำกัดอยู่ในช่วงที่มีความเข้มข้นของเซลล์ของ Fecal coliform 100-1,000 CFU/100 ml.

Dupray และ Derrien (1995) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการคงอยู่ของเชื้อ *E. coli.* และ *Salmonella spp.* ในน้ำเสีย โดยได้ทำการทดลองโดยใช้แบคทีเรีย *E. coli.*, *Salmonella typhimurium* และ *Salmonella manhattan* ที่อยู่ในทะเล และนำเชื้อแบคทีเรียมาเพาะเลี้ยง ในน้ำเสียก่อน เพื่อศึกษาการปรับตัวของเชื้อ ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ถึง 72 ชั่วโมง หลังจากนั้น ทำการกรองเชื้อแล้วนำมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีน้ำทะเลและน้ำเสียปนกันที่ผ่านการกรองโดยใช้เยื่อกรองขนาด 0.22 μ.m. บ่มเชื้อที่ 20°C ในที่มืด โดยบ่มเชื้อไว้เป็นเวลา 6 วัน แล้วตรวจสอบการรอดชีวิตของเชื้อโดยการนับจำนวนโคโลนีบนอาหาร tryptic soy agar และนับจำนวนเชื้อโดยการย้อมสี acridine orange และดูด้วยเทคนิค epifluorescence และได้ทำการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ก่อนและหลังจากที่อยู่ในน้ำทะเลโดยใช้ชุดเครื่องมือ APIZYM จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการเลี้ยงแบคทีเรียกลุ่ม Enterobacteriaceae ในน้ำเสียก่อนระยะเวลาหนึ่งจะทำให้แบคทีเรียสามารถปรับตัวได้ก่อนที่จะลงไปอยู่ในน้ำทะเลซึ่งจะทำให้มีอัตราการรอดชีวิตมากขึ้น

Budnick et al. (1996) ได้ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม Enterococci โดยใช้วิธี MPN โดยใช้อาหาร Enterolert เปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงเชื้อโดยวิธี Standard membrane filter ในการทดสอบน้ำจากแหล่งน้ำจืดและน้ำทะเล จำนวน 138 แห่ง จากการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างการทดสอบด้วย 2 วิธีนี้ และการใช้ Enterolert ในการทดสอบให้ผล false-positive และ false-negative 5.1 และ 0.4 % ตามลำดับ แต่การทดสอบด้วยวิธี Enterolert จะใช้เวลาน้อยกว่าการใช้ standard method คือใช้เวลา 24 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า Enterolert เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการตรวจวัดดีกว่า standard method

Bogosian et al. (1998) ได้ใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อใหม่ที่เรียกว่า Mixed Culture Recovery (MCR) method เพื่อศึกษาเซลล์ของแบคทีเรียที่เป็น nonculturable cell ว่าจะสามารถกลับมามีชีวิตใหม่ได้หรือไม่ โดยนำอาหารมาเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ให้ผลบวกกับน้ำตาลแลคโตส และกลุ่มที่ให้ผลลบกับน้ำตาลแลคโตส เพื่อให้เชื้อทั้ง 2 กลุ่มสามารถกลับมาเจริญใหม่ได้ โดยการเพิ่มสารอาหารที่มีความสัมพันธ์กับการกลับมาเจริญใหม่ของเชื้อและได้ทำการทดลองอีกครั้งในแบคทีเรีย *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Enterobacter aerogenes* และ *Salmonella choleraesuis* ผลที่ได้พบว่ามีแต่เซลล์ที่เป็น culturable strain เท่านั้นที่สามารถกลับมาเจริญได้ จากผลการทดลองทำให้สรุปได้ว่าเซลล์

ที่เป็น nonculturable cell จะตายไปและเหลือเพียงเซลล์ที่อยู่ในช่วง culturable cell เท่านั้น ที่สามารถกลับมาเจริญได้

Bernhard และ Field (2000) ได้ใช้วิธีการตรวจสอบทางพันธุกรรมตรวจสอบชิ้นส่วนของ 16s ribosomal DNA (rDNA) เพื่อใช้แยกการปนเปื้อนระหว่างจุลินทรีย์ที่มาจากทางเดินอาหารของมนุษย์กับจุลินทรีย์ที่มาจากทางเดินอาหารของวัว โดยใช้จุลินทรีย์ 2 สกุลคือ *Bifidobacterium* และจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Bacteroides-Prevotella* จากการทดลองพบว่าการใช้จุลินทรีย์ในกลุ่ม *Bacteroides-Prevotella* เป็นตัวบ่งชี้ จะให้ผลดีกว่าการใช้ *Bifidobacterium* และเป้าหมายของการทดลองนี้ก็คือใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอุจจาระจากแหล่งกำเนิดที่เป็น non point source

Byamukama et al. (2000) ทำการตรวจสอบกลุ่มของแบคทีเรียที่ใช้เป็นอินดิเคเตอร์ ได้แก่ *Escherichia coli* (*E. coli*), Total coliform, Fecal coliform และแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ในกลุ่มของ Sulfite-reducing bacteria โดยใช้ตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนจากหลายพื้นที่ในเขตร้อน แล้วนำมาทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติการเป็นตัวบ่งชี้ของการปนเปื้อนโดยฟีคอลจากการทดลองพบว่าการบอกจำนวนโดยการปนเปื้อนของ *E. coli* เมื่อใช้ Chromocult coliform agar ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการตรวจสอบการปนเปื้อนจากอุจจาระในพื้นที่ที่ทำการสำรวจโดยใช้เวลาการตรวจสอบ ภายใน 24 ชั่วโมง ส่วนการตรวจสอบโดยการใช้จุลินทรีย์ชนิดอื่นๆจะมีความสามารถในการ ตรวจสอบต่ำกว่า

Carson et al. (2001) ได้ทำการทดลองแยกเชื้อ *E. coli* ที่มาจากมนุษย์และสัตว์อีก 7 ชนิดได้แก่ วัว หมู ม้า สุนัข ไก่ ไก่งวง และห่าน โดยใช้วิธีแยกจาก Ribotype ซึ่งวิธีนี้สามารถแยกได้ว่าการปนเปื้อนของ *E. coli* นั้นมาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นมนุษย์หรือสัตว์ชนิดใด แต่ความแม่นยำและถูกต้องของวิธีนี้จะถูกจำกัดเมื่อมีการปนเปื้อนจากโฮสต์เกิน 3 ชนิด

Nagata (2001) ทำการศึกษาโดยเลี้ยงจุลินทรีย์ *E. coli* สายพันธุ์ ATCC 9637 ใน Chemically Defined (CD) medium ที่มีปริมาณความเข้มข้นของเกลือ 1.0 -1.2 M โดยเติม ectoine หรือ glycine betaine ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อด้วย จากการทดลองพบว่าการเติมสาร ทั้ง 2 ชนิดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำให้อัตราการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนี้เพิ่มขึ้นอย่างมี นัยสำคัญ ในขณะที่เมื่อเติมอนุพันธ์ของ ectoine 2 ชนิดได้แก่ hydroxyectoine และ homoectoine พบว่ามีการเจริญของเชื้อเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเติม ectoine และ glycine betaine ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อจะทำให้เซลล์สามารถทนต่อการแตกด้วยแรงดัน ออสโมซิสได้มากขึ้นและยังมีบทบาทเป็นตัวช่วยกระตุ้นพลังงานภายในเซลล์ ทำให้เซลล์มีอัตราการอยู่รอดมากขึ้น

Vilanova (2002) ได้ทำการทดลอง โดยตรวจสอบปริมาณเชื้อ Fecal coliform และ Enterococci ในน้ำจากแม่น้ำ จากการทดลองพบว่า การบำบัดน้ำเสียไม่ทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงปริมาณของเชื้อแบคทีเรีย

Landre et al. (1998) ได้ทำการทดลองพบว่า การตรวจเชื้อในกลุ่ม coliform และ *E. coli.* โดยวิธี Colilert สามารถเกิดผล false-positive ขึ้นได้ โดยจุลินทรีย์ในสกุล *Aeromonas sp.* พบว่าเชื้อในกลุ่ม *Aeromonas sp.* ในปริมาณน้อยมากก็อาจจะสามารถทำให้เกิดผล false-positive ได้คือถ้ามีปริมาณเซลล์ของเชื้อ *Aeromonas sp.* เท่ากับ $1X10^1$ cell/10 ml. จะให้ผลบวกเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 4 สัปดาห์ ในกรณีที่เก็บอาหารไว้นานและกรณีที่น้ำที่ตรวจสอบมีเชื้อ *Aeromonas sp.* ปนอยู่อาจจะทำให้เกิดผลบวกสูงกว่าปกติได้

Vasconcelos และ Swartz (1976) ได้ทำการทดลองโดยใช้ Diffusion chamber เพื่อใช้เป็นแบบจำลองในการทดสอบอัตราการอยู่รอดของแบคทีเรีย 8 ชนิด ที่แยกได้จากสิ่งแวดล้อม โดยมีแบคทีเรียที่เป็นอินดิเคเตอร์ 3 ชนิด จากการทดลอง พบว่า *Streptococcus fecalis* เป็นแบคทีเรียชนิดที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดีที่สุด

Kibbey et al. (1978) ได้ทำการศึกษาเชื้อ Streptococcus ในดิน โดยศึกษาการอยู่รอดของเชื้อในดินที่มีปริมาณความชื้นและอุณหภูมิต่างๆกัน ทำการตรวจสอบอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้สำหรับเชื้อ Streptococcus ที่มาจากดิน และทำการแยกเชื้อบางชนิดที่แยกได้จากดิน นอกจากนี้ยังกล่าวถึงการใช้เชื้อ Streptococcus เป็นอินดิเคเตอร์บอกการปนเปื้อนของอุจจาระในดิน

Zmirou et al. (1987) ได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ของการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับ ทางเดินอาหาร (acute gastro-intestinal disease; AGID)ในน้ำดื่ม กับจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นอินดิเคเตอร์ 4 ชนิด คือ Total plate count, Total coliform, Thermotolerant (fecal) coliform และ Fecal streptococci (FS) จากการทดลองพบว่า FS มีความเหมาะสมที่สุดที่จะใช้เป็น อินดิเคเตอร์ และมีความเกี่ยวข้องกับ AGID

Audicana et al. (1995) ได้ทำการทดลองโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Kanamycin-Esculin-Azide agar นำมาดัดแปลงเพื่อใช้แยกเชื้อ Fecal streptococci จากน้ำตัวอย่าง การทดลองทำโดยเพิ่มความเข้มข้นของ Sodium azide ให้มีค่าเป็น 0.4 g/l. และใช้ Oxolinic acid 5 mg/l. แทน Kanamycin sulfate และเรียกชื่ออาหารดัดแปลงชนิดนี้ว่า Oxolinic acid-esculin-azide (OAA) agar แล้วนำผลการทดลองที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการใช้อาหาร Slanetz-Bartley และ KF-agar โดยใช้น้ำดื่มและน้ำทะเลเป็นตัวอย่างในการตรวจสอบ พบว่าอาหาร OAA agar มีความจำเพาะและมีประสิทธิภาพในการแยกเชื้อได้ดีกว่าอาหารชนิดอื่น แต่ไม่สามารถจำแนกเป็นโคโลนี ที่มีลักษณะเฉพาะตัวได้

Efstratiou et al. (1998) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของแบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนีกับแบคทีเรียอีก 3 ชนิดได้แก่ *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* และ *Candida albicans* โดยได้ทำนายปริมาณของ *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* และ *Candida albicans* ในน้ำเสียที่ปนเปื้อนบริเวณชายฝั่งจากปริมาณของ Total coliform, Fecal coliform และ Fecal streptococci จากการทดลองพบว่าแบคทีเรียที่ใช้เป็นอินดิเคเตอร์ทุกชนิดจะมีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกันอย่างชัดเจนกับ *Salmonella spp.* และมีความสัมพันธ์ปานกลางกับ *Staphylococcus aureus* และ *Candida albicans*

Polo et al. (1998) ได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อ Salmonella กับแบคทีเรียที่เป็นอินดิเคเตอร์ชนิดอื่นๆ พบว่า ปริมาณ Salmonella มีความสัมพันธ์กับแบคทีเรียที่เป็นอินดิเคเตอร์ชนิดอื่นๆ ทั้งที่อยู่ในแหล่งน้ำจืดและน้ำเค็ม แต่ในกรณีของน้ำทะเล จะสามารถพบเชื้อ Salmonella ได้ แม้ว่าจะมีเชื้อ Fecal streptococci อยู่ในปริมาณน้อยก็ตาม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำทะเล

เก็บตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณชายหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี โดยเก็บตัวอย่างน้ำทะเลทุกเดือนเป็นเวลา 7 เดือน ติดต่อกัน เริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลจาก 4 สถานี (รูปที่ 3.1) โดยแต่ละสถานีจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 3 จุด รวมเป็น 12 จุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 ได้แก่

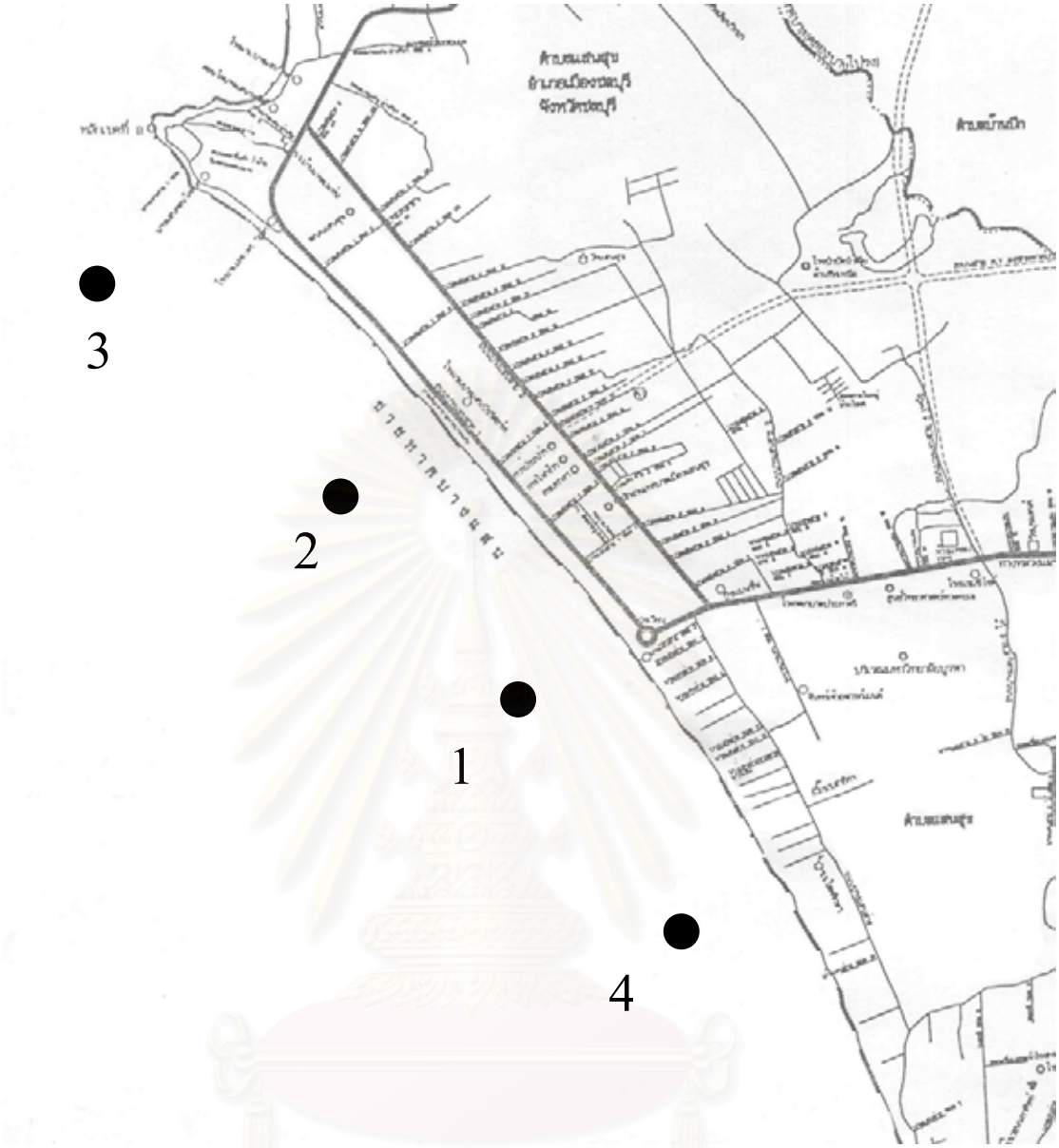
1. วงเวียนบางแสน ตั้งอยู่ในบริเวณสุดถนนสายที่แยกมาจากถนนสุขุมวิท บริเวณนี้เป็นบริเวณที่มีการเล่นน้ำทะเล มีการขายอาหารและมีเตียงผ้าใบให้เช่าเพื่อนั่งรับประทานอาหารบริเวณริมหาด

2. โรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท เป็นบริเวณที่อยู่ฝั่งตรงข้ามของบริเวณที่เป็นที่ตั้งของโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท บริเวณนี้เป็นบริเวณที่มีการตั้งร้านค้ากันอย่างหนาแน่น มีกิจกรรมทางน้ำได้แก่ การเล่นน้ำทะเล บานาน่าโบ๊ต เป็นต้น และนอกจากนี้ยังเป็นจุดที่ใช้รับส่งเรือบานาน่าโบ๊ตอีกด้วย

3. แหลมแท่น เป็นบริเวณที่อยู่สุดหาดบางแสน มีก้อนหินขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก บริเวณริมทะเลมีการสร้างเขื่อนหินเพื่อไม่ให้น้ำเซาะถนน บริเวณเขื่อนมีร้านค้าขายของเป็นจำนวนมาก และในบริเวณนี้มีผู้มาทำการตกปลาเป็นจำนวนมากด้วย

4. ชมรมวินด์เซิร์ฟ บริเวณนี้เป็นที่ตั้งของชมรมวินด์เซิร์ฟ ซึ่งบริเวณนี้มีกิจกรรมทางน้ำ คือ การเล่นวินด์เซิร์ฟ มีการว่ายน้ำเล่นบ้าง แต่ไม่มีการตั้งเตียงผ้าใบริมชายหาด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1, 2, 3 และ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ชนิดของแบคทีเรียที่เลือกใช้ในการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกชนิดของแบคทีเรียที่คาดว่าจะเป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อน 5 ชนิด คือ

- แบคทีเรียรวม (Total bacteria) วิเคราะห์โดยวิธี Pour plate
- แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Coliform bacteria) วิเคราะห์โดยการหาค่าMPN
- *Escherichia coli* (*E. coli*) วิเคราะห์โดยการหาค่าMPN
- แบคทีเรียกลุ่มวิบริโอ (*Vibrio* spp.) วิเคราะห์โดยวิธี Spread plate
- แบคทีเรียกลุ่ม Fecal streptococci วิเคราะห์โดยวิธีเยื่อกรอง

3.3 การเก็บตัวอย่างน้ำทะเล (กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

การเก็บตัวอย่างน้ำทะเลมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.3.1 เตรียมขวดแก้วสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 500 มิลลิลิตรและฝาปิดที่ผ่านการล้างทำความสะอาดและอบให้แห้งแล้ว นำไปทำการนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121° C เป็นเวลา 15 นาที

3.3.2 คว่ำขวดเก็บตัวอย่างลงไปตรงๆในน้ำจนได้ระดับความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร จากนั้นหงายขวดโดยหันปากขวดเก็บตัวอย่างไปในทิศทางที่กระแสน้ำไหลเข้ามาโดยต้องหันออกจากตัวผู้เก็บตัวอย่าง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากมือและร่างกายของผู้เก็บตัวอย่าง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจนน้ำในขวดเก็บตัวอย่างมีระดับต่ำกว่าปากขวดประมาณ 2.5 เซนติเมตร เพื่อที่จะได้มีช่องว่างไว้สำหรับการเขย่าผสมน้ำตัวอย่างก่อนทำการทดลอง

3.3.3 ปิดฝาขวดเก็บตัวอย่างให้สนิท จากนั้นนำกระดาษฟลอยด์มาพันรอบๆ ขวดเก็บตัวอย่างเพื่อป้องกันไม่ให้แสงสัมผัสกับน้ำตัวอย่างขณะที่ทำการขนส่งน้ำตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการ

3.3.4 นำขวดเก็บตัวอย่างที่ห่อกระดาษฟลอยด์เรียบร้อยแล้วมาบรรจุลงในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งบรรจุอยู่เพื่อรักษาอุณหภูมิให้อยู่ประมาณ 4°C ขณะที่ทำการขนย้ายไปสู่ห้องปฏิบัติการ

3.4 การวัดปัจจัยทางกายภาพ (Standard Method, 1995)

3.4.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ตรวจสอบโดยวัดความเป็นกรดด่างโดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter)

3.4.2 อุณหภูมิ (Temperature) ตรวจสอบโดยเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

3.4.3 ความเค็ม (Salinity) ตรวจสอบโดยใช้เครื่องวัดความเค็ม แบบ Hand Refractometer

3.4.4 ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbant) ตรวจสอบโดยใช้เครื่อง Spectronic 20 โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 550 นาโนเมตร

3.5 Multiple-Tube Procedure (Standard Method, 1995)

3.5.1 นำหลอดทดลองที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ Fluorocult LMX-broth จำนวน 9 หลอด โดยมีหลอดที่มีความเข้มข้นของอาหารเลี้ยงเชื้อเพิ่มเป็น 2 เท่าของสูตรปกติเป็นจำนวน 3 หลอด โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อหลอดละ 10 มิลลิลิตร และใช้ความเข้มข้นของสูตรอาหารปกติจำนวน 6 หลอด คือ หลอดละ 9 มิลลิลิตร จำนวน 3 หลอด และหลอดละ 9.9 มิลลิลิตร จำนวน 3 หลอด ทุกหลอดปิดด้วยจุกสำลีให้สนิท แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121° C เป็นเวลา 15 นาที

3.5.2 เขย่าน้ำตัวอย่างแรงๆ จากนั้นปิเปตน้ำตัวอย่างลงในหลอดที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อความเข้มข้นเป็น 2 เท่าของหลอดปกติทั้ง 3 หลอดๆละ 10 มิลลิลิตร โดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ

3.5.3 ปิเปตตัวอย่างน้ำทะเลปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีความเข้มข้นของอาหารเลี้ยงเชื้อปกติปริมาตรละ 3 หลอด โดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ

3.5.4 เขย่าหลอดเบาๆเพื่อให้อาหารผสมกับน้ำตัวอย่าง

3.5.5 นำหลอดทดลองทั้งหมดเข้าตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิประมาณ 35±0.5° C เป็นเวลา 24±2 ชั่วโมง

3.5.6 ตรวจสอบผลการทดลอง โดยดูหลอดที่ให้ผลบวก คือหลอดที่อาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีฟ้า

3.5.7 นับจำนวนหลอดทดลองที่เปลี่ยนเป็นสีฟ้า แล้วบันทึกผลที่ได้เป็นจำนวน Total Coliform Bacteria โดยคำนวณค่าจากตารางค่า MPN

3.5.8 นำหลอดที่เป็นสีฟ้ามาส่องดูการเรืองแสง ด้วยหลอดรังสีอุลตร้าไวโอเลต ที่ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร โดยนำมาเปรียบเทียบกับหลอดควบคุมที่มีเชื้อ *Escherichia coli* จากนั้นนับจำนวนหลอดที่เรืองแสงแล้วบันทึกปริมาณของเชื้อ *Escherichia coli* โดยเปรียบเทียบดูจากตารางค่า MPN

3.5.9 คำนวณค่า Most Probable Number (MPN) จากหลอดที่ให้ผลบวกจากตาราง และคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{ค่า MPN (จากตาราง MPN)} \times \frac{10}{\text{ปริมาตรมากสุดที่ทดสอบ}} = \text{MPN/ 100 ml.}$$

3.5.10 รายงานผลการทดลองที่ได้เป็น MPN / 100 ml

3.6 การกรองผ่านเยื่อกรอง (Membrane Filtration Procedure : MF) (วีระชัย โชควิญญู, 2530)

3.6.1 เช็ดโต๊ะที่จะทำการทดลองด้วยแอลกอฮอล์ 95% จัดชุดกรองพร้อมเครื่องดูดสูญญากาศให้เป็นไปตามรูป 3.2 จากนั้นนำแผ่นกรองปลอดเชื้อที่มีขนาดรู 0.45 ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตรวางบนชุดกรอง จากนั้นเติมน้ำกลั่นปลอดเชื้อประมาณ 5-10 มิลลิลิตรเพื่อให้กระดาษกรองแนบกับชุดกรองสนิทโดยไม่มีฟองอากาศ

3.6.2 กรองน้ำตัวอย่างปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง จนน้ำแห้ง

3.6.3 ใช้ปากคีบจุ่มแอลกอฮอล์ 95% เผาจนแดง แล้วทิ้งไว้ให้เย็น เปิดฝาจานเพาะเชื้อ คีบแผ่นกรอง วางลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยการวางแผ่นกรองต้องค่อยๆ วางระวังไม่ให้มีฟองอากาศ จากนั้นปิดฝาจานเพาะเชื้อ

3.6.4 คว่ำจานเพาะเชื้อที่มีแผ่นกรองอยู่ภายใน บรรจุใส่ถุงพลาสติกใส มัดปากถุงให้แน่น จากนั้นนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ ที่อุณหภูมิ 35° C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

3.6.5 นับจำนวนเชื้อแบคทีเรีย Fecal streptococci ที่ขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

รูปที่ 3.2 อุปกรณ์และเครื่องกรองสูญญากาศในการกรองตัวอย่างน้ำ

3.7 การนับจำนวนเชื้อทั้งหมด (Total count) โดยวิธี Pour Plate (Standard Method, 1995)

3.7.1 เขย่าน้ำตัวอย่างให้เข้ากัน แล้วใช้ปิเปตดูดน้ำตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เจือจางใน Normal Saline 9 มิลลิลิตร แล้วทำการเจือจางให้ได้ อัตราการเจือจาง 10, 100 และ 1000 เท่า ตามลำดับ

3.7.2 ปิเปตน้ำตัวอย่างที่ทำการเจือจางแล้ว จากข้อ 3.6.1 ในแต่ละอัตราการเจือจาง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่ผ่านการบ่มฆ่าเชื้อแล้ว อัตราการเจือจางละ 3 plate

3.7.3 เท Nutrient Agar + 2 % NaCl ที่หลอมเหลว ลงในจานเพาะเชื้อ แล้วเขย่าให้อาหารและเชื้อเข้ากันทั่วทั้งจาน

3.7.4 ตั้งจานเพาะเชื้อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาดูผล

3.7.5 บันทึกผลการทดลองให้อยู่ในหน่วย CFU

3.8 การแยกเชื้อ *Vibrio* spp. โดยวิธี Spread Plate (Standard Method, 1995)

3.8.1 เขย่าน้ำตัวอย่างให้เข้ากัน แล้วใช้ปิเปตดูดน้ำตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS - Agar ตัวอย่างละ 3 plate

3.8.2 ใช้แท่งแก้วกระจายเชื้อ เกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.8.3 นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง แล้วดูผล

3.8.4 บันทึกผลจำนวนเชื้อ *Vibrio spp*. ที่ขึ้น

3.9 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นทางสถิติของแบคทีเรียแต่ละชนิด

วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นทางสถิติของแบคทีเรียแต่ละชนิดตามวิธีในหนังสือการใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2545)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การคัดเลือกแบคทีเรียที่นำมาใช้ในการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ผู้ทำการวิจัยได้ใช้แบคทีเรีย 5 ชนิดในการทำการทดลองเนื่องจาก

- แบคทีเรียรวม (Total bacteria) บอกให้ทราบถึงจำนวนของแบคทีเรียทั้งหมดที่อยู่ในน้ำตัวอย่าง

- แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Coliform bacteria) เป็นตัวแทนของกลุ่มแบคทีเรียที่ใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการบ่งบอกการปนเปื้อนที่ใช้กันโดยทั่วไปในน้ำทุกชนิด

- *Escherichia coli* เป็นตัวแทนของแบคทีเรียที่ใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการบ่งบอกการปนเปื้อนของอุจจาระที่ใช้กันโดยทั่วไปในน้ำจืด

- แบคทีเรียกลุ่มวิบริโอ (*Vibrio* spp.) เป็นแบคทีเรียที่มีความสามารถในการบอกการปนเปื้อนของอุจจาระซึ่งยังไม่มีผู้รายงานความสัมพันธ์และแบคทีเรียในกลุ่มนี้บางสายพันธุ์สามารถก่อให้เกิดโรคได้

- แบคทีเรียกลุ่ม Fecal streptococci เป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่คาดว่าน่าจะมีความสามารถในการเป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระได้

จากลักษณะของแบคทีเรียต่างๆดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แบคทีเรียที่ผู้วิจัยให้ความสนใจและคาดว่าน่าจะใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระบริเวณชายฝั่งทะเล คือ แบคทีเรียในกลุ่ม Fecal streptococci เนื่องจากแบคทีเรียในกลุ่มนี้ สามารถเจริญได้ในสภาพที่มีเกลือความเข้มข้นสูงได้ดีกว่า *E. coli* และมีความทนทานต่อปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ได้ดีกว่าแบคทีเรียชนิดอื่นๆ

4.2 ปัจจัยทางกายภาพของตัวอย่างน้ำทะเล ณ สถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 สถานี

ปัจจัยทางกายภาพของตัวอย่างน้ำทะเล ณ สถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 สถานี ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงธันวาคม พ.ศ. 2545 แสดงดังตารางที่ 4.1 ถึง ตารางที่ 4.4

ที่สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1 อุณหภูมิที่วัดได้อยู่ในช่วง 27.1 ถึง 31.6 องศาเซลเซียส โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน และมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 7.84 ถึง 8.31 มีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม สูงสุดในเดือนสิงหาคม ความเค็มมีค่าตั้งแต่ 20 ถึง 33 ‰ มีค่าต่ำสุดใน

เดือนสิงหาคม สูงสุดในเดือนพฤศจิกายน ค่าการดูดกลืนแสงที่ 550 นาโนเมตร มีค่า 0.000 ถึง 0.142 มีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายนและตุลาคม สูงสุดในเดือนสิงหาคม ดังตารางที่4.1

ตารางที่ 4.1 ปัจจัยทางกายภาพ ณ สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1

เดือน	**อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)**	pH	Salinity (‰)	**ค่าการดูดกลืนแสงที่ 550นาโนเมตร**
มิถุนายน	30.8	8.17	23	0.046
กรกฎาคม	29.5	8.21	21	0.064
สิงหาคม	28.8	8.31	20	0.142
กันยายน	31.6	8.18	24	0.000
ตุลาคม	29.2	7.84	31	0.000
พฤศจิกายน	27.1	7.89	33	0.001
ธันวาคม	29.0	7.93	30	0.003

ที่สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2 อุณหภูมิที่วัดได้อยู่ในช่วง 27.8 ถึง 32.2 องศาเซลเซียส โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน และมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน พีเอชที่วัดได้อยู่ในช่วง 7.92 ถึง 8.35 มีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม สูงสุดในเดือนสิงหาคม ความเค็มมีค่าตั้งแต่ 20 ถึง 32 ‰ มีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคม สูงสุดในเดือนพฤศจิกายน ค่าการดูดกลืนแสงที่ 550 นาโนเมตร มีค่า 0.000 ถึง 0.116 มีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน และตุลาคม สูงสุดในเดือนสิงหาคม ดังตารางที่4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยทางกายภาพ ณ สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2

เดือน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	pH	Salinity (‰)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 550นาโนเมตร
มิถุนายน	30.6	8.25	23	0.031
กรกฎาคม	29.3	8.26	22	0.068
สิงหาคม	29.3	8.35	20	0.116
กันยายน	32.2	8.15	25	0.000
ตุลาคม	29.6	7.92	30	0.000
พฤศจิกายน	27.8	7.96	32	0.002
ธันวาคม	29.6	8.01	31	0.002

ที่สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3 อุณหภูมิที่วัดได้อยู่ในช่วง 27.7 ถึง 31.0 องศาเซลเซียส โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน และสูงสุดในเดือนกันยายน ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 7.92 ถึง 8.35 มีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน สูงสุดในเดือนกันยายน ความเค็มมีค่าตั้งแต่ 20 ถึง 31 ‰ มีค่าต่ำสุดในเดือนมิถุนายนและสิงหาคม สูงสุดในเดือนตุลาคมและธันวาคม ค่าการดูดกลืนแสงที่ 550 นาโนเมตร มีค่า 0.000 ถึง 0.059 โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน ตุลาคม และธันวาคม สูงสุดในเดือนกรกฎาคม ดังตารางที่4.3

ตารางที่ 4.3 ปัจจัยทางกายภาพ ณ สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3

เดือน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	pH	Salinity (‰)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 550นาโนเมตร
มิถุนายน	30.6	8.32	20	0.017
กรกฎาคม	30.0	8.22	21	0.059
สิงหาคม	29.2	8.29	20	0.023
กันยายน	31.0	8.35	25	0.000
ตุลาคม	29.1	7.93	31	0.000
พฤศจิกายน	27.7	7.92	30	0.001
ธันวาคม	29.3	8.08	31	0.000

ที่สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4 อุณหภูมิที่วัดได้อยู่ในช่วง 27.2 ถึง 32.5 องศาเซลเซียส โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน และมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน พีเอชอยู่ในช่วง 7.88 ถึง 8.40 มีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม สูงสุดในเดือนมิถุนายน ความเค็มมีค่าตั้งแต่ 21 ถึง 34 ‰ มีค่าต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม และสิงหาคม สูงสุดในเดือนตุลาคม ค่าการดูดกลืนแสงที่ 550นาโนเมตร มีค่า 0.000 ถึง 0.140 โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม สูงสุดในเดือนสิงหาคม ดังตารางที่4.4

ตารางที่ 4.4 ปัจจัยทางกายภาพ ณ สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4

เดือน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	pH	Salinity (‰)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 550นาโนเมตร
มิถุนายน	32.5	8.40	22	0.048
กรกฎาคม	29.7	8.31	21	0.062
สิงหาคม	29.4	8.24	21	0.140
กันยายน	30.5	8.24	23	0.002
ตุลาคม	28.8	7.88	34	0.000
พฤศจิกายน	27.2	7.90	33	0.001
ธันวาคม	28.4	7.95	32	0.001

จากผลการวิเคราะห์ตลอดช่วงเวลา 7 เดือนที่ทำการเก็บตัวอย่างพบว่า ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในเดือนกันยายนมีค่าเท่ากับ 31.33 องศาเซลเซียส ค่าพีเอชเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในเดือนสิงหาคม มีค่าเท่ากับ 8.30 ความเค็มเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในเดือนพฤศจิกายน มีค่าเท่ากับ 32 ‰ และค่าการดูดกลืนแสงที่ 550 นาโนเมตรมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนสิงหาคม มีค่าเท่ากับ 0.105

4.3 คุณสมบัติพื้นฐานของ Fecal streptococci

Fecal streptococci มีลักษณะพื้นฐานที่ตรวจสอบได้ดังนี้

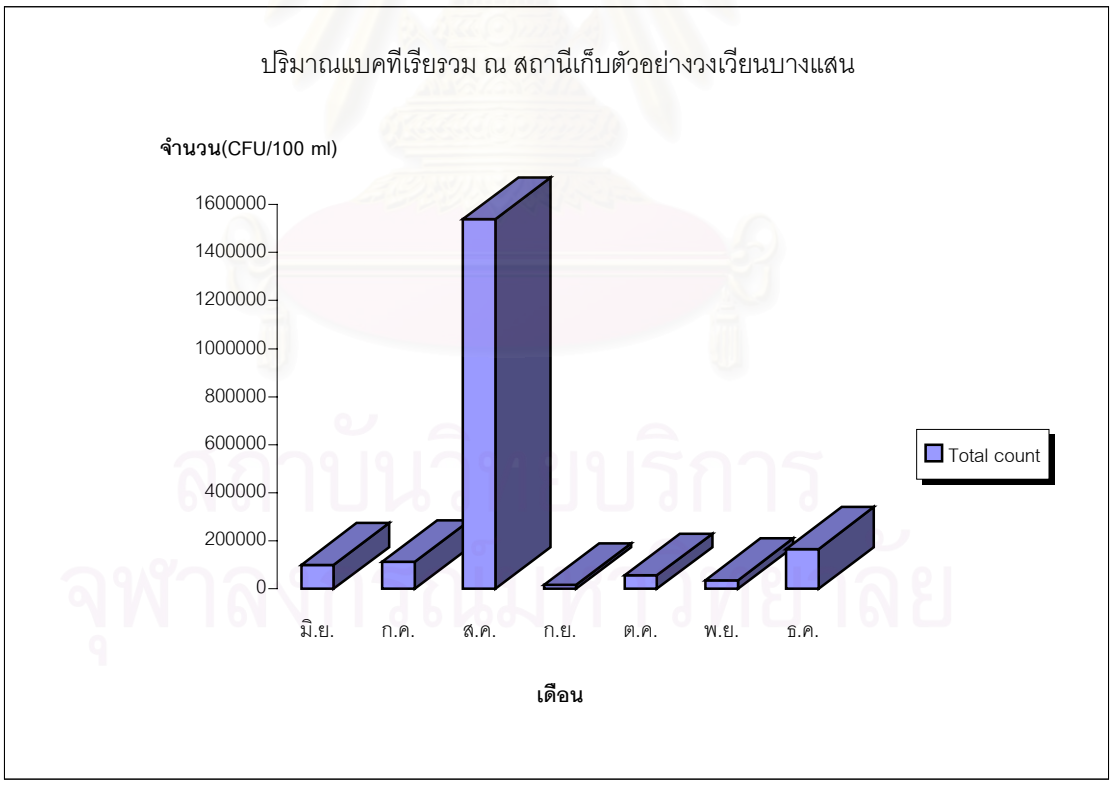
- ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ คือ ติดสีแกรมบวก เซลล์มีลักษณะกลมอยู่เป็นคู่ๆหรือเรียงตัวกันเป็นสายสั้นๆ
- ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้
- ไม่สร้างเอนโดสปอร์

- สามารถหมักน้ำตาลกลูโคสให้ผลิตภัณฑ์ เป็นกรดแลกติก
- สามารถเจริญได้ใน Bile esculin และ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

4.4 ปริมาณแบคทีเรียแต่ละชนิดที่สถานีวงเวียนบางแสน

บริเวณวงเวียนบางแสน เป็นบริเวณที่มีการทำกิจกรรมบริเวณชายฝั่งทะเลหลายประเภท ได้แก่ การขายอาหาร การพักผ่อนริมชายหาด และมีการประกอบกิจกรรมทางน้ำประเภทต่างๆ เช่น การเล่นน้ำทะเล และยังมีการเล่นกีฬาทางน้ำอีกด้วยจึงเป็นสาเหตุให้บริเวณนี้มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียจากมนุษย์ลงสู่น้ำทะเล

จากการทดลองหาปริมาณแบคทีเรียรวมในตัวอย่างน้ำทะเลจากสถานีวงเวียนบางแสนในห้องปฏิบัติการพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวม (Total Count :TC) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าอยู่ในช่วง 15,000 ถึง 1,500,000 CFU/100 ml โดยมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ปริมาณแบคทีเรียรวม ณ สถานีเก็บตัวอย่างวงเวียนบางแสน

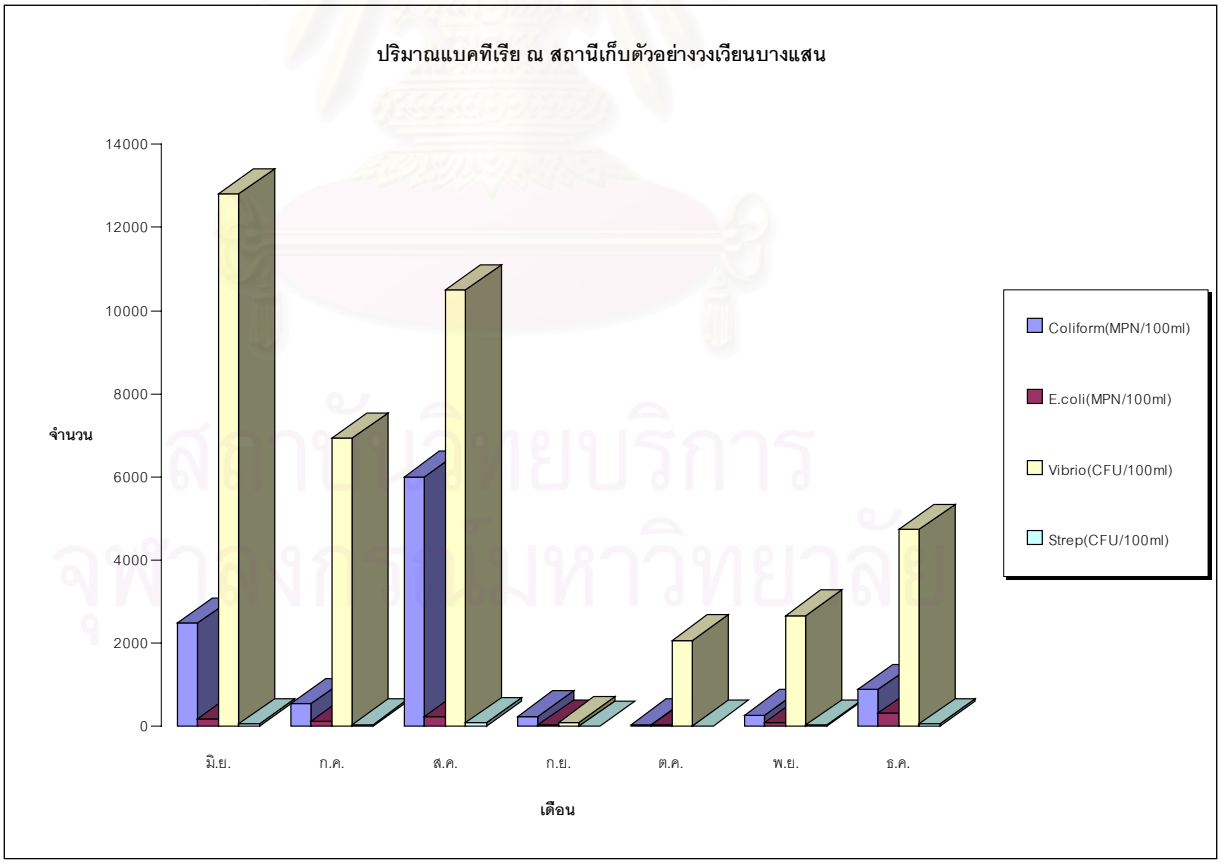
ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าอยู่ในช่วง 36 ถึง 6,000 MPN/100 ml โดยมีปริมาณมากที่สุดในเดือนสิงหาคม เช่นเดียวกับปริมาณแบคทีเรียรวม

ปริมาณแบคทีเรีย *E. coli* ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าอยู่ในช่วง 29 ถึง 313 MPN/100 ml และมีปริมาณสูงสุดในเดือนธันวาคม ส่วนเดือนอื่นมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ปริมาณแบคทีเรีย Fecal streptococci ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าอยู่ในช่วง 2 ถึง 79 CFU/100 ml ซึ่งปริมาณแบคทีเรีย Fecal streptococci ในสถานีเก็บตัวอย่างนี้จะมีค่าที่มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีปริมาณไม่แน่นอน แต่มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 100 ถึง 12,800 CFU/100 ml โดยที่ปริมาณ *Vibrio* spp. มีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน และมีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน

จากผลการทดลองแบคทีเรียที่ตรวจสอบส่วนใหญ่มีแนวโน้มคล้ายๆกัน คือ จะมีจำนวนมากในเดือนสิงหาคมและน้อยที่สุดในเดือนกันยายน



รูปที่ 4.2 ปริมาณแบคทีเรีย ณ สถานีเก็บตัวอย่างวงเวียนบางแสน ตั้งแต่ เดือนมิถุนายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2545

4.5 ปริมาณแบคทีเรียแต่ละชนิดที่สถานีโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท

บริเวณโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท เป็นบริเวณที่มีการปนเปื้อนจากการทำกิจกรรมต่างๆ คล้ายคลึงกับสถานีเก็บตัวอย่างวงเวียนบางแสน ไม่ว่าจะเป็น การขายอาหาร การพักผ่อนริมชายหาด หรือแม้แต่กิจกรรมทางน้ำ แต่ในสถานีเก็บตัวอย่างนี้มีความหนาแน่นของการประกอบกิจกรรมต่างๆมากกว่า เนื่องจากเป็นช่วงกลางชายหาดที่มีความยาว และนอกจากนี้สถานีเก็บตัวอย่างนี้ ยังเป็นบริเวณที่นิยมนำเรือบานาน่าโบ๊ตขึ้นลง เป็นสาเหตุให้บริเวณนี้มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียลงสู่น้ำทะเลมากกว่าบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างวงเวียนบางแสน

จากการทดลองหาปริมาณแบคทีเรียรวมในตัวอย่างน้ำทะเลจากสถานีโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ทในห้องปฏิบัติการ พบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวม (Total Count :TC) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าอยู่ในช่วง 28,333 ถึง 463,333 CFU/100 ml โดยมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม ซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 4.3

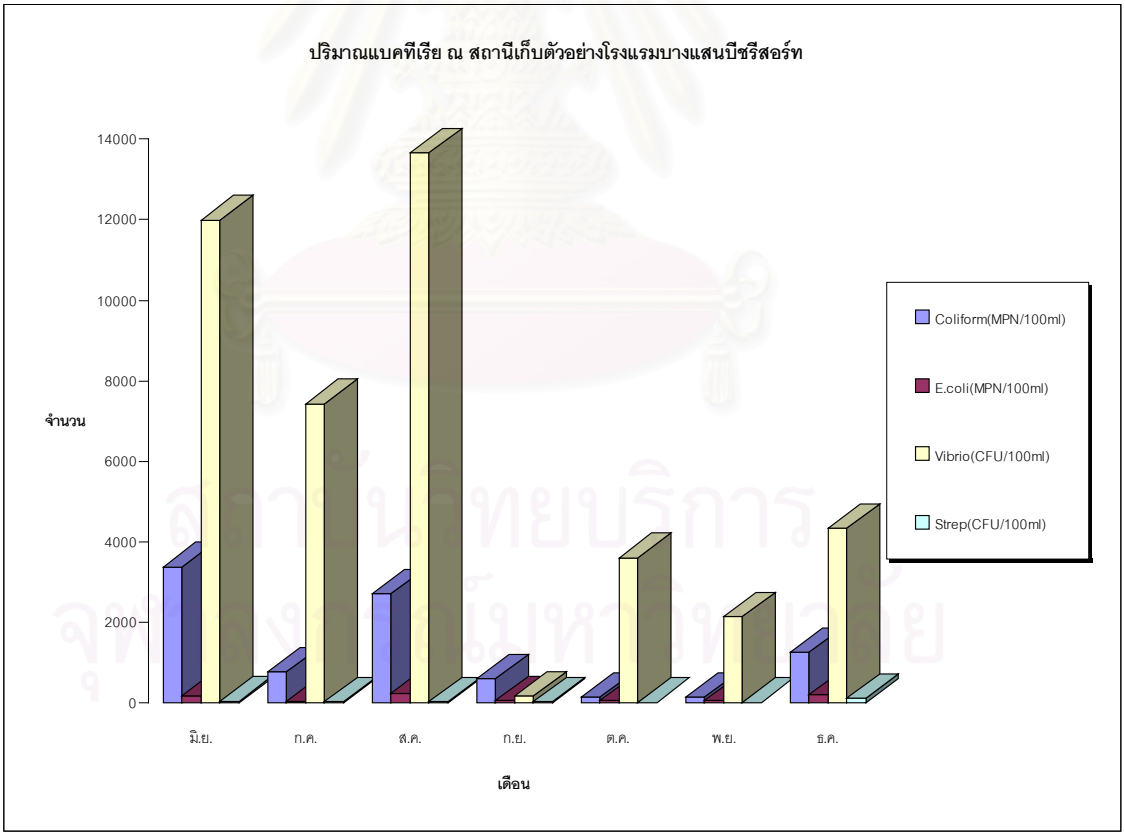
รูปที่ 4.3 ปริมาณแบคทีเรียรวม ณ สถานีเก็บตัวอย่างโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท

ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 142 ถึง 3,376 MPN/100 ml โดยมีปริมาณมากที่สุดในเดือนสิงหาคม เช่นเดียวกันกับปริมาณแบคทีเรียรวม

ปริมาณแบคทีเรีย *E. coli* ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 43 ถึง 240 MPN/100 ml และมีปริมาณสูงสุดในเดือนสิงหาคม และมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ปริมาณแบคทีเรีย Fecal streptococci ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5 ถึง 109 CFU/100 ml ซึ่งปริมาณแบคทีเรีย Fecal streptococci ในสถานีเก็บตัวอย่างนี้ มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเช่นเดียวกัน

ปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีปริมาณไม่แน่นอน แต่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 166 ถึง 13,667 CFU/100 ml ปริมาณ *Vibrio* spp. มีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม และมีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน

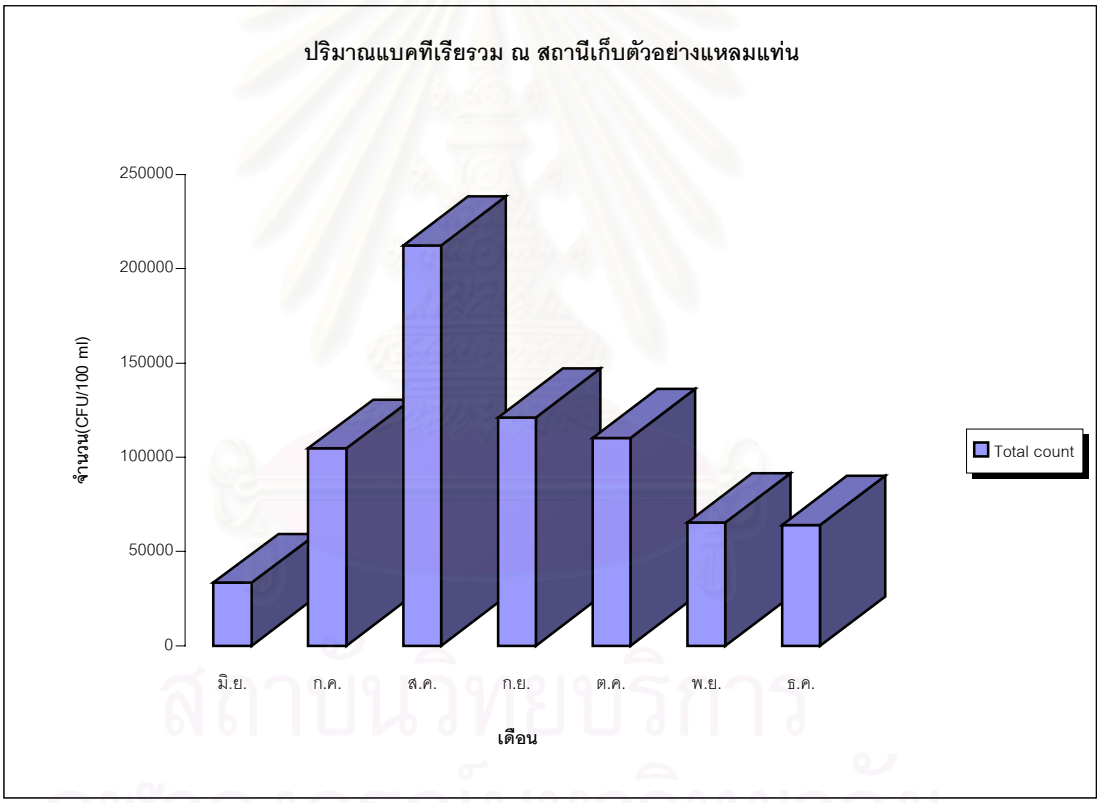


รูปที่ 4.4 ปริมาณแบคทีเรีย ณ สถานีเก็บตัวอย่างโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2545

4.6 ปริมาณแบคทีเรียแต่ละชนิดที่สถานีแหลมแท่น

บริเวณแหลมแท่น เป็นบริเวณที่มีการทำกิจกรรมต่างๆน้อย เนื่องจากมีก้อนหินขนาดใหญ่เป็นจำนวนมากและมีหาดทรายเพียงเล็กน้อย จึงไม่มีการเล่นน้ำและเล่นกีฬาทางน้ำ มีเพียงการขายอาหารอยู่บริเวณริมเขื่อนกั้นน้ำ ซึ่งร้านค้าเหล่านี้มีการทิ้งน้ำและเศษอาหารลงที่บริเวณนี้

จากการทดลองหาปริมาณแบคทีเรียรวมในตัวอย่างน้ำทะเลจากสถานีแหลมแท่นในห้องปฏิบัติการพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวม (Total Count :TC) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าอยู่ในช่วง 64,000ถึง 212,333 CFU/100 ml โดยมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม ซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ปริมาณแบคทีเรียรวม ณ สถานีเก็บตัวอย่างแหลมแท่น

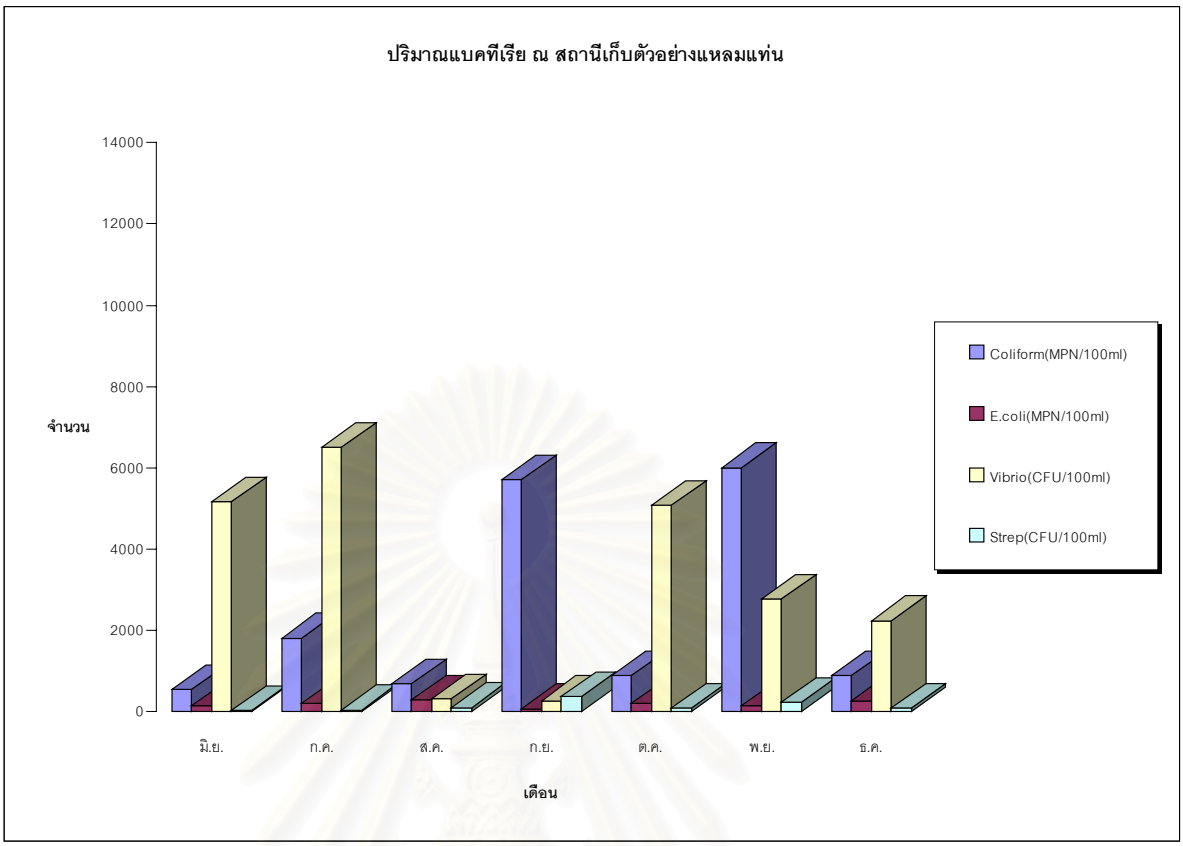
ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2545 มีปริมาณเชื้อน้อยกว่าจุดเก็บตัวอย่างอื่นๆเนื่องจากในบริเวณนี้มีการทำกิจกรรมต่างๆน้อยกว่าในบริเวณอื่น แต่หลังจากเดือนกันยายนเป็นต้นไป สถานีเก็บตัวอย่างนี้มีปริมาณน้ำขึ้นสูงและขังอยู่จนเกือบถึงสันเขื่อน ทำให้น้ำมีการหมุนเวียนได้น้อย ปริมาณออกซิเจนลดลง จึงทำให้ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงขึ้นกว่าช่วง 3 เดือนแรกที่ทำการเก็บตัวอย่าง โดยมีค่า MPN สูงสุดในเดือนพฤศจิกายน คือ 6,000 MPN/100 ml

ปริมาณแบคทีเรีย *E. coli* ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าไม่แน่นอนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 63 ถึง 283 MPN/100 ml และมีปริมาณสูงสุดในเดือนสิงหาคม ซึ่งมีแนวโน้มไม่เป็นไปในทางเดียวกันกับปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย แสดงว่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียน่าจะมาจากแหล่งอื่นที่ไม่ใช่มนุษย์ ซึ่งจากการสังเกต พบว่าในบริเวณนี้มีห้องน้ำอยู่ในบริเวณใกล้เคียง และมีการระบายน้ำจากบริเวณสันเขื่อนทิ้งลงไปในทะเล

ปริมาณแบคทีเรีย Fecal streptococci ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 29 ถึง 360 CFU/100 ml และมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน ซึ่งปริมาณแบคทีเรีย Fecal streptococci ในสถานีเก็บตัวอย่างนี้มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเช่นเดียวกัน

ปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีปริมาณไม่แน่นอนและไม่สอดคล้องกับปริมาณเชื้อชนิดอื่นๆ แต่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 2 ถึง 65 CFU/100 ml ปริมาณ *Vibrio* spp. มีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม และมีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน ซึ่งจากการสำรวจทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พบว่า บริเวณที่มีน้ำนิ่งจะพบแบคทีเรีย *Vibrio* spp มากขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

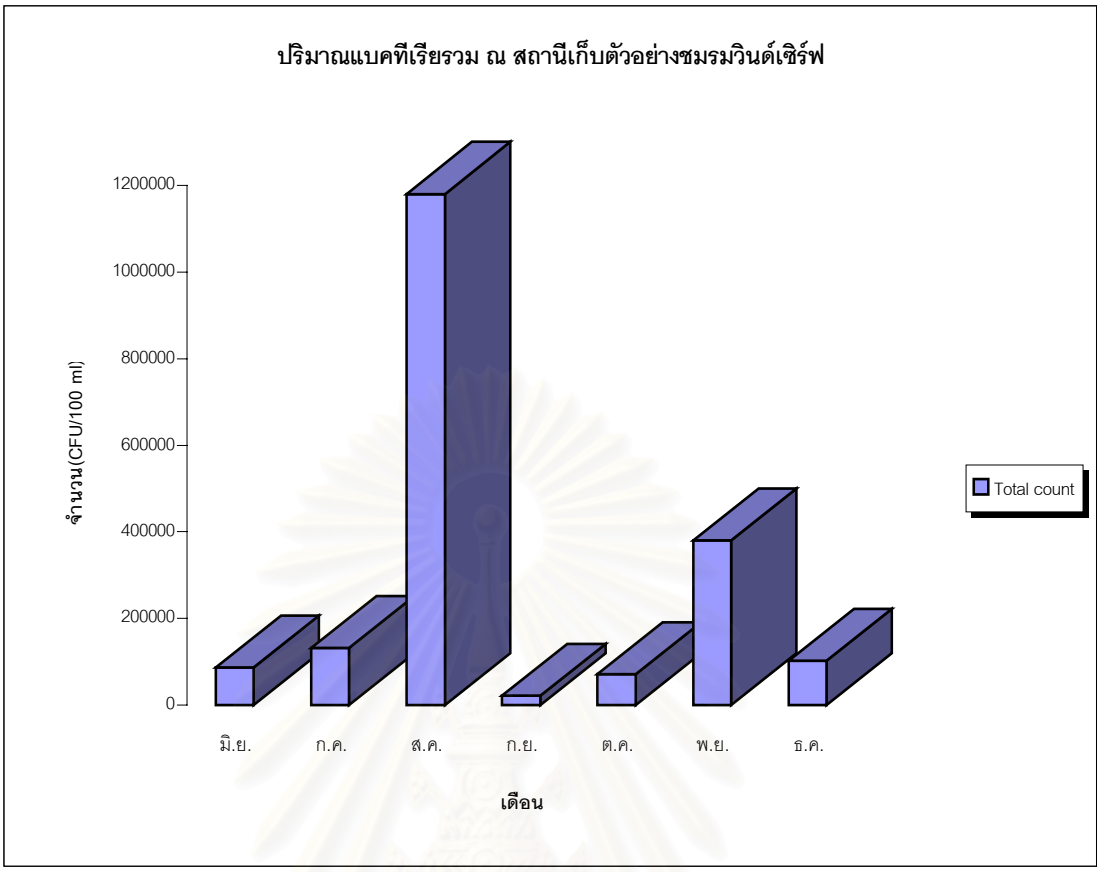


รูปที่ 4.6 ปริมาณแบคทีเรีย ณ สถานีเก็บตัวอย่างแหลมแท่น ตั้งแต่ เดือนมิถุนายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2545

4.7 ปริมาณแบคทีเรียแต่ละชนิดที่สถานีชมรมวินด์เซิร์ฟ

บริเวณชมรมวินด์เซิร์ฟ เป็นบริเวณที่มีการทำกิจกรรมต่างๆน้อย เนื่องจากเป็นบริเวณหาดที่อยู่ห่างจากบริเวณแหล่งท่องเที่ยวหลักออกมา เพราะเป็นทางที่แยกออกมาจากถนนเส้นหลัก ประกอบกับบริเวณนี้ไม่มีร้านค้าที่ตั้งร้านแบบถาวร มีเพียงที่พักตากอากาศที่เป็นส่วนบุคคล ปริมาณคนที่ลงเล่นน้ำจึงไม่มากนัก มีเพียงการเล่นวินด์เซิร์ฟของชมรม นอกจากนี้ยังพบว่า สถานีเก็บตัวอย่างนี้มีการสร้างห้องสุขาอยู่ใกล้กับบริเวณชายหาดมากกว่าสถานีเก็บตัวอย่างอื่นๆ

จากการทดลองหาปริมาณแบคทีเรียรวมในน้ำทะเลจากสถานีชมรมวินด์เซิร์ฟในห้องปฏิบัติการพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวม (Total Count :TC) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าอยู่ในช่วง 21,333 ถึง 1,180,670 CFU/100 ml โดยมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม ซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ปริมาณแบคทีเรียรวม ณ สถานีเก็บตัวอย่างชมรมวินด์เซิร์ฟ

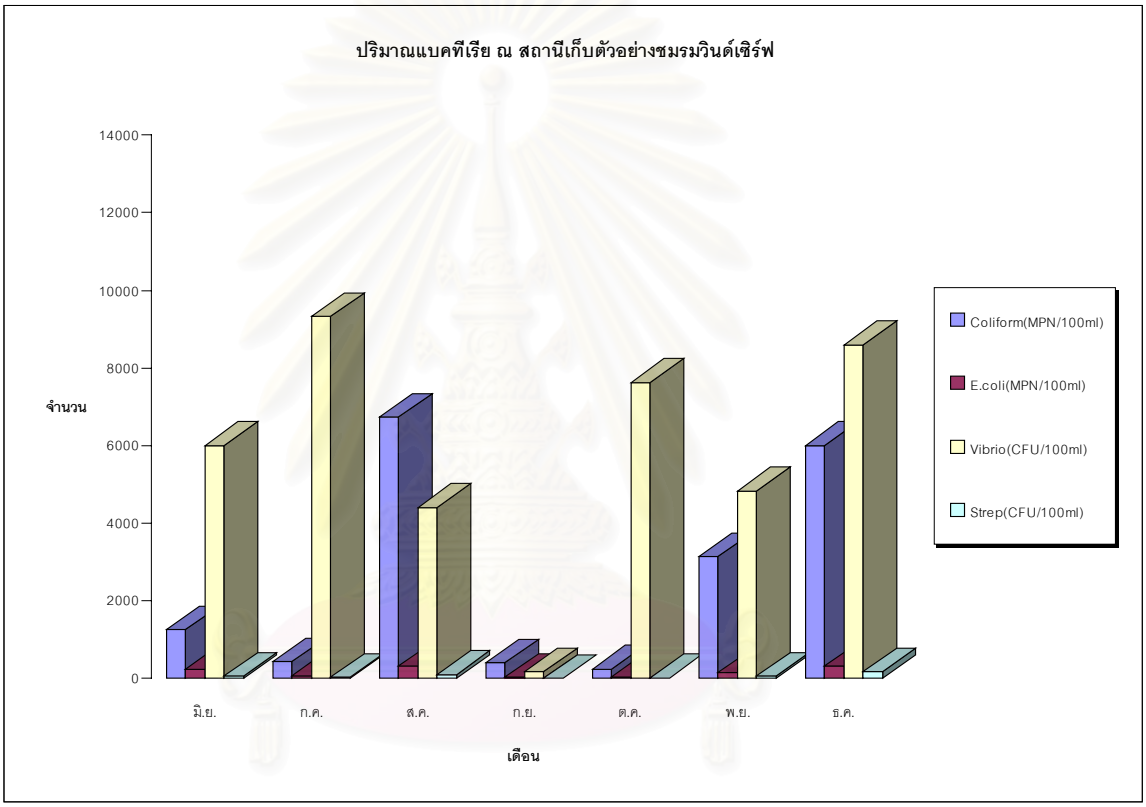
ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2545 มีค่าไม่แน่นอน ปริมาณโคลิฟอร์มมีค่าอยู่ในช่วง 240 ถึง 6,733 MPN/100 ml แต่มีปริมาณสูงสุดในเดือนสิงหาคม คือ 6,733 MPN/100 ml เนื่องจากมีฝนตกก่อนที่จะทำการเก็บตัวอย่าง ซึ่งอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนมาจากห้องน้ำที่อยู่บริเวณใกล้เคียง และอีกเดือนหนึ่งซึ่งมีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียปริมาณมาก คือ เดือนธันวาคม เนื่องจากเป็นเดือนที่มีวันหยุดต่อเนื่องหลายวัน ทำให้มีนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก จึงมีกิจกรรมต่างๆเกิดขึ้นมากกว่าปกติ เช่น การใช้ห้องน้ำ ส่งผลให้มีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเพิ่มขึ้น

ปริมาณแบคทีเรีย *E. coli* ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 29 ถึง 313 MPN/100 ml และมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดเท่ากันในเดือนสิงหาคมและเดือนธันวาคม

ปริมาณแบคทีเรีย Fecal streptococci ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2 ถึง 161 CFU/100 ml และมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม ซึ่งปริมาณแบคทีเรีย

Fecal streptococci ในสถานีเก็บตัวอย่างนี้มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเช่นเดียวกัน

ปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 มีปริมาณไม่แน่นอนและไม่สอดคล้องกับปริมาณเชื้อชนิดอื่นๆ แต่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 166 ถึง 9,333 CFU/100 ml ปริมาณ *Vibrio* spp. มีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม และมีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน

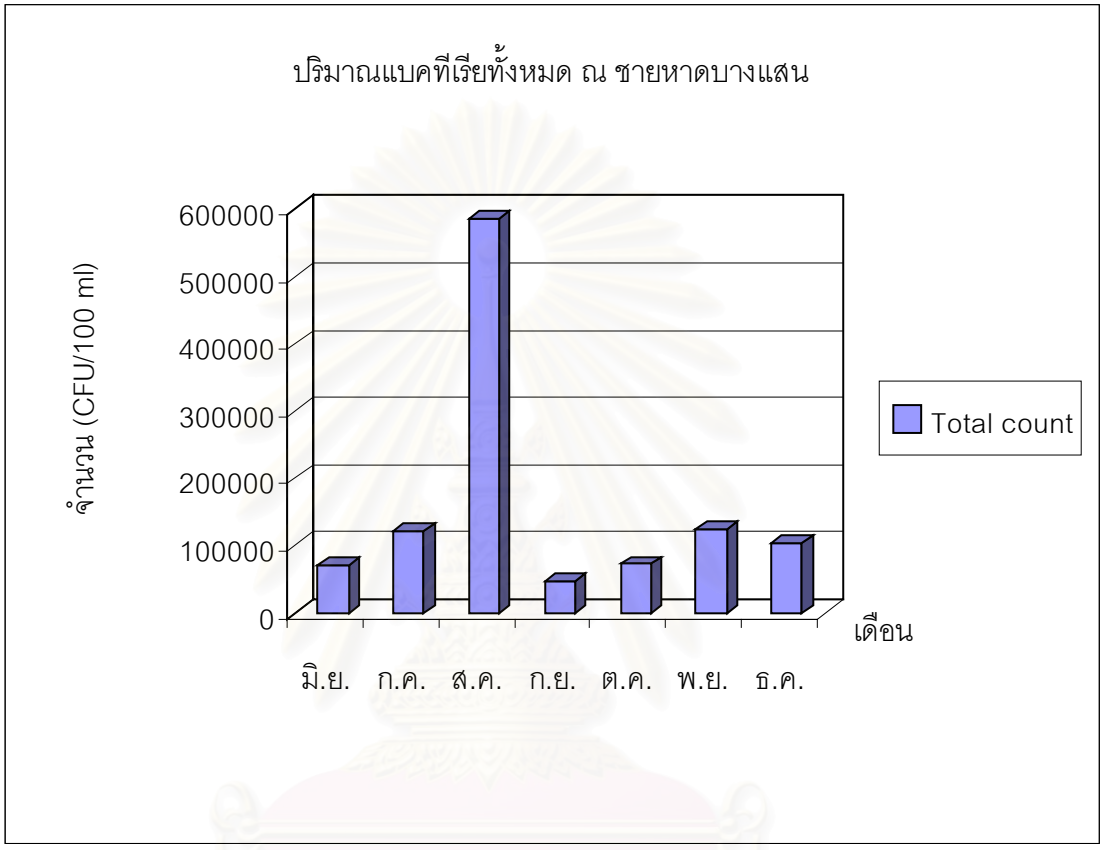


รูปที่ 4.8 ปริมาณแบคทีเรีย ณ สถานีเก็บตัวอย่างชมรมวินด์เซิร์ฟตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2545

4.8 ปริมาณแบคทีเรียรวมเฉลี่ยบริเวณชายหาดบางแสน

จากการหาค่าเฉลี่ยของปริมาณแบคทีเรียรวมจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 สถานี พบว่าปริมาณแบคทีเรียมีปริมาณสูงสุด ในเดือนสิงหาคม เนื่องจากมีฝนตกหนักก่อนที่จะทำการเก็บตัวอย่าง ทำให้มีการชะเอาแบคทีเรียและสารต่างๆ รวมถึงสารอาหารลงไปในทะเล ทำให้พบแบคทีเรียในปริมาณสูง ส่วนเดือนที่มีปริมาณแบคทีเรียรวมต่ำที่สุด คือ เดือนกันยายน เนื่องจากมี

ความเค็มเพิ่มสูงขึ้นมาก ทำให้แบคทีเรียไม่สามารถปรับตัวได้ทัน ประกอบกับมีน้ำทะเลหนุนขึ้นสูง ทำให้สิ่งต่างๆ และแบคทีเรียจากบนฝั่งไม่สามารถลงไปสู่ทะเลได้ ส่วนเดือนอื่นๆ ปริมาณแบคทีเรียเฉลี่ย จะมีค่าประมาณ 10,000 CFU/100 ml



รูปที่ 4.9 ปริมาณแบคทีเรียรวมเฉลี่ยบริเวณชายหาดบางแสน

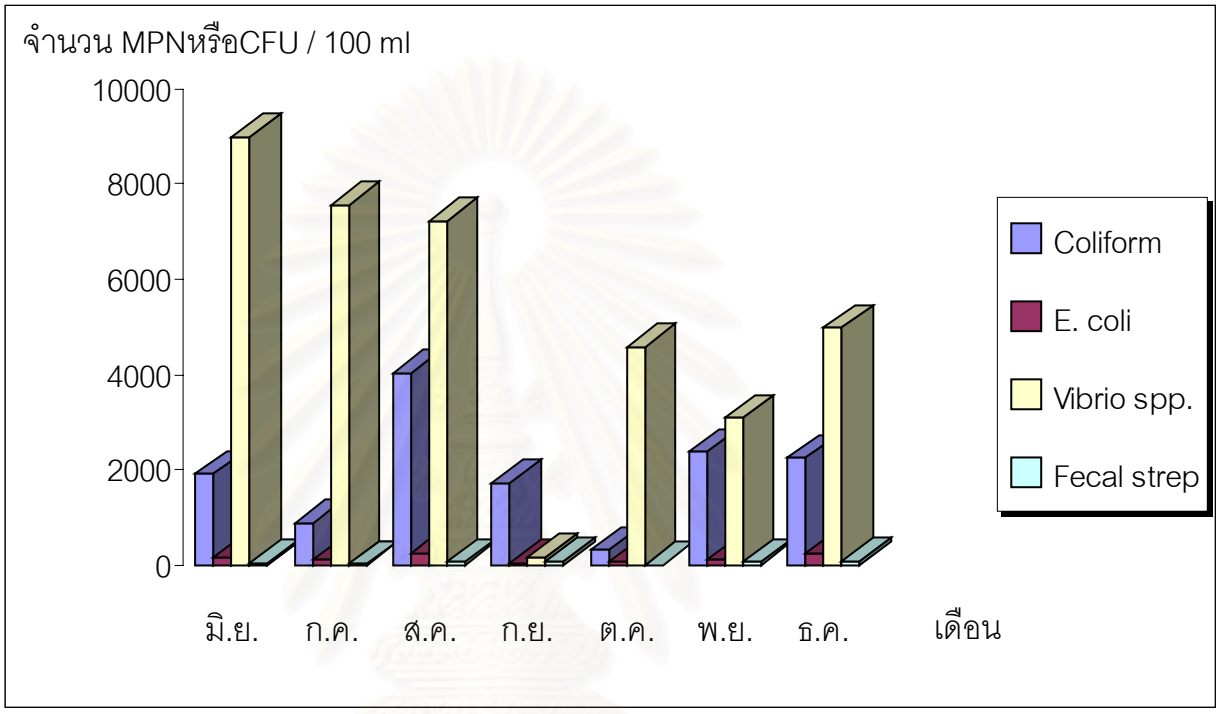
จากแนวโน้มโดยรวม พบว่า ปริมาณแบคทีเรียทุกชนิด จะมีค่าสูงในเดือนสิงหาคม และมีค่าต่ำในเดือนกันยายน เนื่องจาก ในเดือนสิงหาคม เป็นเดือนที่มีฝนตกหนักก่อนจะทำการเก็บตัวอย่างทำให้มีการชะเอาแบคทีเรียและสารต่างๆ รวมถึงสารอาหารลงไปในทะเล ทำให้พบแบคทีเรียในปริมาณสูง ส่วนเดือนที่มีปริมาณแบคทีเรียรวมต่ำที่สุด คือ เดือนกันยายน เนื่องจากมีความเค็มเพิ่มสูงขึ้นมาก ทำให้แบคทีเรียไม่สามารถปรับตัวได้ทัน ประกอบกับมีน้ำทะเลหนุนขึ้นสูง ทำให้สิ่งต่างๆ และแบคทีเรียจากบนฝั่งไม่สามารถลงไปสู่ทะเลได้ ซึ่งมีแนวโน้มคล้ายกับปริมาณแบคทีเรียรวม

จากกราฟสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีมากที่สุดในเดือนสิงหาคม และน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม

E. coli มีปริมาณมากที่สุดในเดือนสิงหาคม และน้อยที่สุดในเดือนกันยายน

ปริมาณแบคทีเรีย Fecal streptococci มีมากที่สุดในเดือนธันวาคม น้อยที่สุดในเดือนกรกฎาคม

ปริมาณ *Vibrio* spp. มีปริมาณมากที่สุดในเดือนมิถุนายน และน้อยที่สุดในเดือนกันยายน



รูปที่ 4.10 ปริมาณแบคทีเรียชนิดต่างๆ บริเวณชายหาดบางแสน

จากผลการทดลองที่ได้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำชายฝั่งของกรมควบคุมมลพิษ ประเทศไทย ที่กำหนดให้มีค่าแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม ไม่เกิน 1,000 MPN/100 ml ในประเภทคุณภาพน้ำที่ 3 และ4 เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง และการว่ายน้ำพบว่าปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าเกินมาตรฐานในเดือนมิถุนายน สิงหาคม กันยายน พฤศจิกายน และธันวาคม และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ U.S. EPA ที่กำหนดให้มีแบคทีเรีย Enterococci ไม่เกิน 35 CFU/100 ml พบว่า มีค่าเกินมาตรฐานในเดือนมิถุนายน สิงหาคม กันยายน พฤศจิกายน และธันวาคมเช่นเดียวกัน จากผลการเปรียบเทียบทั้ง 2 ค่ามาตรฐาน พบว่าแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน จึงคาดว่าแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มนี้ น่าจะมีความสัมพันธ์กัน ผู้วิจัยจึงนำผลการทดลองที่ได้ไปหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มแบคทีเรียชนิดต่างๆ โดยวิธีการทางสถิติ เพื่อหาระดับความสัมพันธ์ของแบคทีเรียแต่ละกลุ่ม

4.9 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์รวมของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มในรูปเชิงเส้น

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ Fecal sterptococci น่าจะมีความสัมพันธ์กัน ผู้วิจัยจึงนำแบคทีเรียทั้งหมดมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น เพื่อพิจารณาว่า Fecal sterptococci มีความสัมพันธ์กับโคลิฟอร์มอย่างไร และเหมาะสมจะเป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระหรือไม่ ซึ่งผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ผลดังตารางที่ 4.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์รวมของแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำทะเล โดยแสดงค่า Coefficient of Correlation: r และค่า p-value

แบคทีเรีย	**ความสัมพันธ์รวม**	
	r	**p-value**
Total count กับ Coliform bacteria	0.508	0.000*
Total count กับ *E. coli*	0.366	0.001*
Total count กับ Streptococci	0.126	0.253
Total count กับ *Vibrio* spp.	0.114	0.301
Coliform bacteria กับ *E. coli*	0.432	0.000*
Coliform bacteria กับ *Vibrio* spp.	0.180	0.101
Coliform bacteria กับ Streptococci	0.596	0.000*
E. coli กับ *Vibrio* spp.	0.215	0.049*
E. coli กับ Streptococci	0.201	0.067
Vibrio spp. กับ Streptococci	-0.110	0.320

* มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.5 พบว่า แบคทีเรียที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ได้แก่ Total count กับแบคทีเรียโคลิฟอร์ม, Total count กับ *E. coli,* แบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ *E. coli,* แบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ Fecal streptococci และ *E. coli* กับ *Vibrio* spp. โดยมีค่า Coefficient of Correlation (r) เท่ากับ 0.508, 0.366, 0.432, 0.596 และ0.215 ตามลำดับ

ในการวิเคราะห์ผลที่ได้ผู้วิจัยจะเน้นถึงการพิจารณาการหาความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ *E. coli* และความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ Fecal streptococci เนื่องจากเป็นแบคทีเรียที่คาดว่าจะสามารถใช้เป็นดัชนีได้ จากผลการวิเคราะห์พบว่าค่า r ที่ได้ เท่ากับ 0.432 และ 0.596 ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าแบคทีเรียในกลุ่ม Fecal streptococci มีความสัมพันธ์กับแบคทีเรียโคลิฟอร์มมากกว่า *E. coli* ด้วยเหตุนี้ Fecal streptococci จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระในบริเวณชายหาดบางแสน

การหาความสัมพันธ์รวมระหว่างแบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ *Vibrio* spp.พบว่าไม่สัมพันธ์กัน จึงสามารถสรุปได้ว่า *Vibrio* spp. ไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นอินดิเคเตอร์เนื่องจากมีจำนวนผันแปรไม่แน่นอนและค่าความสัมพันธ์ที่ได้ไม่มีความสัมพันธ์กับแบคทีเรียโคลิฟอร์ม นอกจากนี้ *Vibrio* spp. ยังมีปริมาณมากเนื่องจากเป็นแบคทีเรียที่สามารถมาจากแหล่งอื่นที่ไม่ใช่มนุษย์ และสามารถเพิ่มจำนวนได้ในน้ำทะเลได้อีกด้วย

4.10 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มในรูปเชิงเส้น ณ สถานีเก็บตัวอย่างวงเวียนบางแสน โรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท แหลมแท่น และชมรมวินด์เซิร์ฟ

เมื่อพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์รวมของแบคทีเรียแล้ว ผู้วิจัยคาดว่าปัจจัยหนึ่งที่อาจจะมีผลต่อค่าความสัมพันธ์ของแบคทีเรียชนิดต่างๆ คือ สถานที่เก็บตัวอย่าง เนื่องจากแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างมีสภาพแวดล้อมและลักษณะที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการหาความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของแบคทีเรียชนิดต่างๆที่ทุกสถานีเก็บตัวอย่าง ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มในตัวอย่างน้ำทะเลของทุกสถานี โดยแสดงค่า Coefficient of Correlation: r และค่า p-value

แบคทีเรีย	วงเวียนบางแสน		โรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท		แหลมแท่น		ชมรมวินด์เซิร์ฟ	
	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value
Total count กับ Coliform bacteria	0.856	0.000*	0.465	0.034*	-0.017	0.941	0.593	0.005*
Total count กับ *E. coli*	0.424	0.056	0.565	0.008*	0.037	0.874	0.484	0.026*
Total count กับ Streptococci	0.712	0.000*	-0.007	0.975	0.127	0.584	0.313	0.167
Total count กับ *Vibrio* spp.	0.027	0.909	0.677	0.001*	-0.391	0.079	-0.157	0.498
Coliform bacteria กับ *E. coli*	0.411	0.065	0.758	0.000 *	-0.141	0.542	0.844	0.000*
Coliform bacteria กับ *Vibrio* spp.	0.312	0.169	0.697	0.000*	-0.222	0.334	0.134	0.563
Coliform bacteria กับ Streptococci	0.833	0.000*	0.250	0.274	0.785	0.000*	0.507	0.019*
E. coli กับ *Vibrio* spp.	0.366	0.103	0.495	0.023*	-0.002	0.993	0.197	0.392
E. coli กับ Streptococci	0.385	0.085	0.544	0.009*	-0.233	0.309	0.631	0.002*
Vibrio spp. กับ Streptococci	0.473	0.031*	0.065	0.779	-0.521	0.015*	0.218	0.342

* มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.6 เมื่อพิจารณาจากสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มแบคทีเรียนั้นมีความแปรผันไม่แน่นอนโดยที่ค่า Total count มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับค่าของแบคทีเรียโคลิฟอร์มใน 3 สถานีเก็บตัวอย่าง คือที่สถานีวงเวียนบางแสน, โรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท และแหลมแท่น ส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง Total count กับแบคทีเรียอื่นๆ พบว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยกว่า Coliform bacteria คือมีความสัมพันธ์กับ *E. coli* ที่สถานีเก็บตัวอย่างโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท และที่ชมรมวินด์เซิร์ฟ Total count สัมพันธ์กับ Fecal streptococci ที่สถานีวงเวียนบางแสน และสัมพันธ์กับ *Vibrio* spp. ที่สถานีเก็บตัวอย่างโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ทเท่านั้น

จากการหาความสัมพันธ์กันระหว่างแบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ *E. coli* พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ 2 สถานีเก็บตัวอย่าง คือที่สถานีโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท และชมรมวินด์เซิร์ฟ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.758 และ0.844 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ Fecal streptococci พบว่ามีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ 3 สถานีเก็บตัวอย่าง คือที่สถานีวงเวียนบางแสน, แหลมแท่น และชมรมวินด์เซิร์ฟ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.833, 0.785 และ 0.507 ตามลำดับ

จากข้อมูลทั้งหมดจึงทำให้สามารถสรุปได้ว่าเมื่อพิจารณาจากสถานีเก็บตัวอย่าง Fecal streptococci มีความสัมพันธ์กับแบคทีเรียโคลิฟอร์มมากกว่า *E. coli* คือมีความสัมพันธ์กันใน 3 สถานีเก็บตัวอย่าง และ 2 สถานีเก็บตัวอย่างตามลำดับ ส่วน *Vibrio* spp. มีความสัมพันธ์กับแบคทีเรียโคลิฟอร์มเพียง 1 สถานีเท่านั้น

4.11 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มในรูปเชิงเส้นในช่วงเวลาต่างๆ ตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงเดือน ธันวาคม

อีกปัจจัยหนึ่งซึ่งผู้วิจัยคาดว่าน่าจะมีผลต่อความสัมพันธ์ของแบคทีเรีย คือ ช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากช่วงเวลาที่แตกต่างกันน่าจะมีผลทำให้บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างมีสภาพแตกต่างกัน และเมื่อทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มจะได้ผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มในตัวอย่างน้ำทะเล ในแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงเดือน ธันวาคม โดยแสดงค่า Coefficient of Correlation: r และค่า p-value

แบคทีเรีย	**มิ.ย.**		**ก.ค.**		**ส.ค.**		**ก.ย.**		**ต.ค.**		**พ.ย.**		**ธ.ค.**	
	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value
Total count กับ Coliform bacteria	0.294	0.354	-0.358	0.254	0.725	0.008*	0.790	0.002*	0.850	0.000*	0.248	0.438	-0.154	0.632
Total count กับ *E. coli*	0.350	0.264	-0.363	0.246	0.196	0.541	0.452	0.140	0.792	0.002*	0.313	0.322	0.348	0.267
Total count กับ Streptococci	0.724	0.008*	-0.558	0.059	0.329	0.297	0.941	0.000*	0.717	0.009*	-0.053	0.871	-0.029	0.930
Total count กับ *Vibrio* spp.	0.567	0.055	0.419	0.175	-0.133	0.680	0.353	0.260	0.380	0.223	0.911	0.000*	0.280	0.379
Coliform bacteria กับ *E. coli*	0.521	0.082	0.578	0.049*	0.272	0.392	0.635	0.026*	0.971	0.000*	0.658	0.020*	0.382	0.221

* มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มในตัวอย่างน้ำทะเล ในแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงเดือน ธันวาคม โดยแสดงค่า Coefficient of Correlation: r และค่า p-value

แบคทีเรีย	มิ.ย.		ก.ค.		ส.ค.		ก.ย.		ต.ค.		พ.ย.		ธ.ค.	
	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value
Coliform bacteria กับ *Vibrio* spp.	0.369	0.238	-0.315	0.318	0.146	0.650	0.762	0.004*	0.372	0.233	0.339	0.281	0.753	0.005*
Coliform bacteria กับ Streptococci	0.484	0.111	0.495	0.102	0.450	0.142	0.807	0.001*	0.744	0.006*	0.941	0.000*	0.215	0.502
E. coli กับ *Vibrio* spp.	-0.114	0.723	-0.420	0.174	-0.136	0.674	0.321	0.309	0.204	0.525	0.362	0.248	0.388	0.213
E. coli กับ Streptococci	0.501	0.097	0.250	0.434	0.156	0.628	0.498	0.100	0.738	0.006*	0.627	0.029*	-0.112	0.728
Vibrio spp. กับ Streptococci	0.082	0.800	-0.442	0.150	-0.243	0.447	0.438	0.155	0.275	0.387	0.034	0.917	0.368	0.215

* มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.7 พบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของแบคทีเรียเมื่อเปรียบเทียบตามเดือนที่ทำการเก็บตัวอย่าง สามารถสรุปผลได้ คือ Total count กับ แบคทีเรียโคลิฟอร์ม มีความสัมพันธ์กันในเดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคม มีค่า r เท่ากับ 0.725, 0.790 และ 0.850 ตามลำดับ

Total count กับ Fecal streptococci มีความสัมพันธ์กันในเดือนมิถุนายน กันยายน และตุลาคมมีค่า r เท่ากับ 0.724, 0.941 และ 0.717 Total count กับ *E. coli* มีความสัมพันธ์กันในเดือนตุลาคมมีค่า r เป็น 0.792 ส่วน Total count กับ *Vibrio* spp. มีความสัมพันธ์กันในเดือนพฤศจิกายน เท่านั้นโดยมีค่า r คือ 0.911

แบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ *E. coli* มีความสัมพันธ์กันใน 4 เดือน คือ เดือนกรกฎาคม กันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายนมีค่า r เป็น 0.049, 0.635, 0.971 และ 0.658 ตามลำดับ แบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ *Vibrio* spp. มีความสัมพันธ์กัน 2 เดือน คือในเดือนกันยายน และธันวาคม มีค่า r เท่ากับ 0.762 และ 0.753 ตามลำดับ ส่วนแบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ Fecal streptococci มีความสัมพันธ์กันในเดือนกันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน มีค่า 0.807, 0.744 และ 0.941 ตามลำดับ

E. coli กับ *Vibrio* spp. ไม่มีความสัมพันธ์กันในเดือนใดเลย *E. coli* กับ Fecal streptococci มีความสัมพันธ์กันในเดือนตุลาคม และพฤศจิกายน โดยมีค่า r เป็น 0.738 และ 0.627 ส่วน *Vibrio* spp. กับ Fecal streptococci ไม่มีความสัมพันธ์กันในเดือนใดเลย

เมื่อพิจารณาจากจำนวนคู่ของแบคทีเรียที่มีความสัมพันธ์กันพบว่าช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายนเป็นช่วงที่มีค่าความสัมพันธ์กันมากที่สุด พบว่าในช่วงนี้เป็นช่วงที่น้ำหนุนขึ้นสูง ทำให้น้ำไม่เกิดการเคลื่อนที่มากนัก ประกอบกับการที่มีค่าพีเอชลดลง ทำให้ในช่วงนี้แบคทีเรียชนิดต่างๆมีค่าความสัมพันธ์กันมากขึ้น

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเปรียบเทียบตามเดือนที่ทำการเก็บตัวอย่างแบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ *E. coli* มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดคือมีความสัมพันธ์กันใน 4 เดือน รองลงมาคือแบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ Fecal streptococci ส่วน แบคทีเรียโคลิฟอร์ม กับ *Vibrio* spp. มีความสัมพันธ์กันน้อยที่สุดโดยมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพียง 2 เดือนเท่านั้น

4.12 การประเมินความเหมาะสมของแบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระ

จากการทำการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ของแบคทีเรียที่คาดว่าจะใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระด้วยวิธีการต่างๆข้างต้น พบว่าแบคทีเรียที่น่าจะเป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระแทน *E. coli* คือ Fecal streptococci จึงนำข้อมูลต่างๆมาเปรียบเทียบกันดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆระหว่าง *E. coli* กับ Fecal streptococci

คุณสมบัติ	**ชนิดของแบคทีเรีย**	
	E. coli	Fecal streptococci
ความสัมพันธ์กับโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	มีความสัมพันธ์กันน้อย	มีความสัมพันธ์กันมาก
ความทนต่อสภาพแวดล้อม	น้อย	มาก
การทนเค็ม	น้อย	มากกว่า *E. coli*
ลักษณะของน้ำตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์	ชนิดใดก็ได้	น้ำตัวอย่างต้องไม่ขุ่น
ปริมาณน้ำตัวอย่างที่ใช้	น้อย (34 ml/1ตัวอย่าง)	มาก (300 ml/1ตัวอย่าง)
วิธีวิเคราะห์	หาค่า MPN	เยื่อกรอง
จำนวนวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	มาก	น้อย
ขั้นตอนที่ใช้ในการวิเคราะห์	หลายขั้นตอน	ขั้นตอนเดียว
ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์	5 – 7 วัน	2 - 3 วัน
ความชัดเจนของผลการวิเคราะห์ที่ได้	ต่ำ	สูง
การนำผลการวิเคราะห์ไปใช้	ไม่สามารถใช้ได้ทันที	นำไปใช้ได้ทันที
ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์	ต่ำ	สูง

จากตารางที่ 4.8 เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของ *E. coli* กับ Fecal streptococci แล้ว สามารถสรุปได้ว่า Fecal streptococci มีข้อดีคือมีความสัมพันธ์กับโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากกว่า *E. coli* มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและความเค็มได้ดีกว่า ใช้จำนวนวัสดุอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ ขั้นตอนในการวิเคราะห์ และระยะเวลาในการวิเคราะห์น้อยกว่า *E. coli* นอกจากนี้ผลที่ได้ยังมีความชัดเจนและสามารถนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ได้ทันที ส่วนข้อเสียของ Fecal streptococci เมื่อเปรียบเทียบกับ *E. coli* คือต้องใช้น้ำตัวอย่างในปริมาณมากและน้ำตัวอย่างนั้นต้องไม่ขุ่นมากมิฉะนั้นอาจจะไม่ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องเท่าที่ควร นอกจากนี้ยังต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์สูงกว่าการหาปริมาณ *E. coli* เนื่องจากอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้มีราคาค่อนข้างสูงและต้องใช้เยื่อกรองในการวิเคราะห์อีกด้วย ส่วนวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์การวิเคราะห์ปริมาณ *E. coli* คือวิธี MPN และวิธีการที่ใช้วิเคราะห์ Fecal streptococci คือวิธีเยื่อกรอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้แบคทีเรียทั้งหมด 5 กลุ่มในการทดลอง ได้แก่ Total bacteria, Coliform bacteria, *E. coli*, *Vibrio* spp. และ Fecal streptococci ซึ่งแบคทีเรียที่ผู้วิจัยคาดว่าจะสามารถใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระได้คือ Fecal streptococci ซึ่งมีคุณสมบัติพื้นฐาน คือ ติดสีแกรมบวก เซลล์มีลักษณะกลมอยู่เป็นคู่ๆหรือเรียงตัวกันเป็นสายสั้นๆ ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างเอนโดสปอร์ สามารถหมักน้ำตาลกลูโคสได้ และยังสามารถเจริญได้ใน Bile esculin และ โซเดียมคลอไรด์

จากผลการทดลองพบว่าทั้ง 4 สถานีเก็บตัวอย่างมีปริมาณเชื้อชนิดต่างๆ ที่แตกต่างกันออกไปเนื่องมาจากทั้ง 4 สถานีมีลักษณะที่แตกต่างกันในด้านต่างๆ ทั้งในแง่ของปัจจัยทางกายภาพและสภาพแวดล้อม และในด้านการใช้ประโยชน์ ที่สถานีเก็บตัวอย่างวงเวียนบางแสน และโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันคือ เป็นบริเวณที่มีการประกอบกิจกรรมต่างๆ และมีร้านขายอาหารตั้งอยู่เป็นจำนวนมาก สถานีเก็บตัวอย่างแหลมแท่น มีลักษณะเด่น คือ เป็นบริเวณที่มีการทำกิจกรรมต่างๆน้อย แต่ในสถานีนี้จะมีลักษณะที่แตกต่างจากสถานีเก็บตัวอย่างอื่น คือ เป็นบริเวณที่มีการสร้างเขื่อนหินไว้กั้นน้ำ บริเวณบนเขื่อนจะมีร้านขายอาหารตั้งอยู่เป็นจำนวนมาก และนอกจากนี้ยังมีห้องน้ำในบริเวณใกล้เคียงด้วย ส่วนสถานีเก็บตัวอย่างชมรมวินด์เซิร์ฟนั้น เป็นบริเวณที่ไม่มีร้านค้าตั้งขายอาหารอย่างถาวร แต่มีการประกอบกิจกรรมทางน้ำและยังมีห้องน้ำใกล้กับบริเวณชายหาดด้วย

จากผลการทดลองพบว่าในเดือนที่มีฝนตกใกล้กับช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่าง (เดือนสิงหาคม และธันวาคม) จะมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียรวมและแบคทีเรียชนิดอื่นๆสูงมากและมีปริมาณ Coliform bacteria, *E. coli* และ Fecal streptococci เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในทุกสถานีเก็บตัวอย่าง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก เกิดการชะล้างแบคทีเรียและสารต่างๆลงสู่ทะเล โดยเฉพาะที่สถานีเก็บตัวอย่างชมรมวินด์เซิร์ฟที่มีห้องน้ำอยู่บริเวณใกล้เคียงกับสถานีเก็บตัวอย่าง จะมีปริมาณแบคทีเรียมากกว่าสถานีเก็บตัวอย่างอื่นๆ จึงสามารถสรุปได้ว่าในช่วงที่ฝนตกบริเวณนี้จะมีการปนเปื้อนลงสู่ทะเลมากกว่าในบริเวณอื่นๆ

ในสถานีเก็บตัวอย่างแหลมแท่นนั้นจะสังเกตได้ว่าจะมีปริมาณเชื้อทุกชนิดเพิ่มขึ้นตั้งแต่ในช่วงเดือนสิงหาคม เนื่องจากในช่วงเดือนท้ายๆที่ทำการทดลองมีน้ำหนุนทำให้ระดับน้ำเพิ่ม

สูงขึ้นจนน้ำท่วมมาถึงบริเวณเขื่อน ทำให้คลื่นที่ซัดเข้าหาฝั่งพัดพาเอาสิ่งต่างๆมาที่บริเวณริมเขื่อน และถูกกักไว้ทำให้น้ำเกิดการหมุนเวียนได้น้อย และเนื่องจากการที่บริเวณนี้มีก้อนหินขนาดใหญ่อยู่เป็นจำนวนมาก ประกอบกับการที่บริเวณนี้มีร้านขายอาหารเป็นจำนวนมากจึงมีการทิ้งเศษอาหารและเศษขยะต่างๆลงไปในทะเล ทำให้น้ำในบริเวณนี้เกิดการเน่าเสีย ออกซิเจนในน้ำลดลงทำให้แบคทีเรียในกลุ่ม Coliform ซึ่งเป็น Facultative anaerobe สามารถเจริญได้ดี จึงพบแบคทีเรียกลุ่มนี้ในปริมาณมาก

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาภาพรวมของแบคทีเรียที่ชายหาดบางแสนเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำชายฝั่งทะเลของกรมควบคุมมลพิษ ประเทศไทย ที่กำหนดไว้ว่าให้มีแบคทีเรียกลุ่ม Coliform ทั้งหมด ไม่เกิน 1,000 MPN ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ U.S. EPA ที่กำหนดให้มีแบคทีเรีย Enterococci ไม่เกิน 35 CFU ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร พบว่ามีค่าเกินมาตรฐานในเดือนมิถุนายน สิงหาคม กันยายน พฤศจิกายน และธันวาคม การที่มีค่าปริมาณเชื้อทั้ง 2 ชนิดเกินค่ามาตรฐาน อาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่นเกิดจากการที่มีฝนตกช่วงก่อนที่จะทำการเก็บตัวอย่างทำให้มีการชะเอาแบคทีเรียที่อยู่ที่บริเวณชายฝั่งลงไปในทะเล และสถานีเก็บตัวอย่างอาจจะอยู่ใกล้กับ point source ที่เป็นสาเหตุของการปนเปื้อน เช่น ห้องน้ำ ห้องส้วมและท่อระบายน้ำ เป็นต้น และอาจเกิดจากความเค็มมีค่าต่ำ จึงทำให้ *E. coli* และแบคทีเรียในกลุ่ม Coliform สามารถมีชีวิตอยู่ และกลับมาเจริญใหม่ได้เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังอาจเกิดได้จากการที่น้ำมีออกซิเจนในน้ำน้อยทำให้แบคทีเรียในกลุ่ม Coliform ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนเพียงเล็กน้อยสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เป็นเวลานาน

จากความสัมพันธ์รวมพบว่า Coliform bacteria มีความสัมพันธ์กับ *E. coli* โดยมีค่า Coefficient of Correlation (r) เท่ากับ 0.432 และ Coliform bacteria มีความสัมพันธ์กับ Fecal streptococci เท่ากับ 0.596 และเมื่อพิจารณาจากสถานีเก็บตัวอย่างแล้วพบว่า Coliform bacteria มีความสัมพันธ์กับ *E. coli* ณ สถานีเก็บตัวอย่างโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท และสถานีเก็บตัวอย่างชมรมวินด์เซิร์ฟ มีค่า r เท่ากับ 0.758 และ0.844 ตามลำดับ มีความสัมพันธ์กับ Fecal streptococci ณ สถานีเก็บตัวอย่างวงเวียนบางแสน สถานีเก็บตัวอย่างแหลมแท่น และสถานีเก็บตัวอย่างชมรมวินด์เซิร์ฟ มีค่า r เท่ากับ 0.833 0.785 และ 0.507 ตามลำดับ จากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบจากความสัมพันธ์รวม และเปรียบเทียบตามสถานีเก็บตัวอย่าง สามารถสรุปได้ว่าสามารถใช้ Fecal streptococci เป็นดัชนีได้ และค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Coliform กับ Fecal streptococci มีค่ามากกว่าความสัมพันธ์ระหว่าง Coliform กับ *E. coli*

เมื่อพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของแบคทีเรียพบว่า *Vibrio* spp. มีความสัมพันธ์กับแบคทีเรียอื่นอย่างไม่แน่นอน และมีความสัมพันธ์กับแบคทีเรียชนิดอื่นน้อยมาก

สาเหตุที่ *Vibrio* spp. มีความสัมพันธ์กับแบคทีเรียอื่นน้อย เนื่องจาก *Vibrio* spp. เป็นเชื้อที่ทนต่อเกลือในปริมาณความเข้มข้นสูง เป็นเชื้อแบคทีเรียที่มาจากทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์ และเป็นเชื้อแบคทีเรียที่สามารถพบได้ในน้ำทะเลทั่วไป นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มจำนวนได้ในน้ำทะเลด้วย (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2541) จากเหตุผลที่ได้กล่าวมาในข้างต้นจึงไม่ควรใช้ *Vibrio* spp. เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนในบริเวณนี้

จากการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ แววตา ทองระอา (2535) ได้ทำการทดลองไว้เมื่อปี พ.ศ. 2532 ในการทดลองตรวจสอบหาแบคทีเรียในกลุ่ม Coliform โดยได้ทำการเปรียบเทียบกันที่ 2 สถานีเก็บตัวอย่าง คือสถานีเก็บตัวอย่างวงเวียนบางแสน และสถานีเก็บตัวอย่างโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท พบว่า ค่าส่วนใหญ่ที่ได้มีค่าต่ำกว่าค่าที่ผู้วิจัยทำการทดลองได้ ยกเว้นที่สถานีเก็บตัวอย่างโรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ทในเดือนตุลาคม และสถานีเก็บตัวอย่างวงเวียนบางแสนในเดือนตุลาคม ถึงเดือนธันวาคม จากการวิเคราะห์ สามารถตั้งข้อสังเกตได้ว่าในปัจจุบันมีจำนวนแบคทีเรียเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อ 13 ปีที่แล้วในช่วงเวลาเดียวกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าปัจจุบันมีการปนเปื้อนของอุจจาระลงสู่ชายฝั่งทะเลบริเวณหาดบางแสนมากกว่าในอดีต

จากผลการทดลองทั้งหมด พบว่า Fecal streptococci มีความสัมพันธ์กับแบคทีเรียในกลุ่ม Coliform มากกว่า *E. coli* และเมื่อทำการประเมินความเหมาะสมจากการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการใช้ Fecal streptococci กับการใช้ *E. coli* เป็นดัชนีแล้วพบว่าการใช้ Fecal streptococci เป็นดัชนี มีข้อดีหลายข้อ ได้แก่มีความสัมพันธ์กับโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากกว่า *E. coli* มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและความเค็มได้ดีกว่า ใช้จำนวนวัสดุอุปกรณ์ ขั้นตอนและระยะเวลาในการวิเคราะห์น้อยกว่า *E. coli* นอกจากนี้ผลที่ได้ยังมีความชัดเจนและสามารถนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ได้ทันที ส่วนข้อเสีย คือต้องใช้น้ำตัวอย่างในปริมาณมากและน้ำตัวอย่างนั้นต้องไม่ขุ่นมาก และใช้ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์สูงกว่า จากผลการวิจัยทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า Fecal streptococci น่าจะเป็นดัชนีที่เหมาะสมในการแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระบริเวณชายหาดบางแสน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.จากข้อมูลที่ได้ควรมีการศึกษาถึงแหล่งกำเนิดของการปนเปื้อนว่ามาจากแหล่งใดเพื่อจะได้ควบคุมแหล่งกำเนิดนั้นๆ

2.ควรมีการทดสอบว่าการใช้ Fecal streptococci เป็นดัชนีมีความเหมาะสมที่จะใช้ในบริเวณอื่นๆได้หรือไม่

3.ในการเก็บตัวอย่างควรเลือกสถานที่ในการเก็บตัวอย่างที่มีลักษณะและสภาพแวดล้อมคล้ายคลึงกัน เช่นเป็นหาดที่มีสภาพแวดล้อมและลักษณะการใช้ประโยชน์ที่คล้ายคลึงกัน

4. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงปัจจัยทางกายภาพต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรีย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2541. คู่มือการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเล. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2545. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ซี เค แอนด์ เอส โฟโต้สตูดิโอ.

คณะกรรมการจัดทำคู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (สวสท.) 2540. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์.

ดวงพร คันธโชติ. 2537. อนุกรมวิธานของแบคทีเรียและปฏิบัติการ. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ทวี ไมตรีจิต. 2529. แบคทีเรียวิทยาทั่วไปและปฏิบัติการสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เอส. ดี. เพรส.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. 2541. แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับโรค. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. กรุงเทพมหานคร.

ปฐมาภรณ์ พลีพลากร. 2544. แบคทีเรียที่อาจใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำชายฝั่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฝ่ายวิเคราะห์ตัวอย่าง กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2541. คู่มือการเก็บตัวอย่างน้ำในภาคสนาม. กรุงเทพมหานคร.

วีระชัย โชควิญญู. 2530. เทคนิคการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านแบคทีเรีย. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

แววตา ทองระอา, ไพศาล วิยะทัศน์, และ พัฒนา พูลเปี่ยม. 2535. การศึกษาคุณภาพน้ำทะเลในเขตว่ายน้ำชายหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี ปี 2532-2533. เอกสารงานวิจัยเลขที่ 47/2535 ประจำปี พ.ศ. 2535 สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.

ภาษาอังกฤษ

American Publish Health Association, American Water Work Association, Water Pollution Control Federation. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed. Washington D.C.: American Publish Health Association.

Audicana, A., Perales, I., and Borrego, J. G. 1995. Modification of kanamycin-esculin-azide agar to improve selectivity in the enumeration of fecal streptococci from water samples. Appl. Envir. Microbiol. vol. 61, no. 12: 4178-4183.

Bernhard, A. E., and Field, K. G. 2000. Identification of nonpoint sources of fecal pollution in coastal water by using host-specific 16S ribosomal DNA genetic markers from fecal anaerobes. Appl. Envir. Microbiol. vol 66, no. 4: 1587-1594.

Bogosian, G., Morris, P. J. L., and O' Neil, J. P. 1998. A mixed culture recovery method indicates that enteric bacteria do not enter the viable but nonculturable state. Appl. Envir. Microbiol. vol. 64, no. 5: 1736-1742.

Boyd, R. F. 1984. General Microbiology. Missouri: Times Mirror/ Mosby College.

Budnick, G. E., Howard, R. T., and Mayo, D. R. 1996. Evaluation of enterolert for enumeration of enterococci in recreational waters. Appl. Envir. Microbiol. vol. 62, no. 10: 3881-3884.

Byamukama, D., Kansiime, F., Mach, R. L., and Farnleitner, A. H. 2000. Determination of *Escherichia coli* Contamination with chromocult coliform agar showed a high level of discrimination efficiency for differing fecal pollution levels in tropical waters of Kampala, Uganda. Appl. Envir. Microbiol. vol. 66, no. 2: 864-868.

Carson, C. A., Shear, B. L., Ellersieck, M. R., and Asfaw, A. 2001. Identification of fecal *Ezcherichia coli* from humans and animal by ribotyping. Appl. Envir. Microbiol. vol. 67, no. 4: 1503-1507.

Csuros, M., and Csuros C. 1999. Microbiological Examination of Water and Wastewater. USA. Lewis Publishers is an imprint of CRC Press LLC.

Delost, M. D. 1997. Introductory to Diagnostic Microbiology/ A Text and Workbook. Missouri: Mosby, Inc.

Dupray, E. and Derrien, A. 1995. Influence of the previous stay of *Escherichia coli* and *Salmonella spp.* in waste waters on their survival in seawater. Water. Res. vol. 29, no. 4: 1005-1011.

Eckner, K. F. 1998. Comparison of Membrane Filtration and Multiple-Tube Fermentation by the Colilert and Enterolert Methods for detection of Waterborne Coliform bacteria, *Escherichia coli*, and Enterococci used in drinking and bathing water quality monitoring in Southern Sweden.

Efstratiou, M. A., Mavridou, A., Richardson, S. C., and Papadakis J. A. 1998. Correlation of bacterial indicator organisms with *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans* in sea water. Lett. Appl. Microbiol. no. 26: 342-346. Appl. Envir. Microbiol. vol. 64, no. 8: 3079 -3083.

Figueras, M. J., Inza, I., Polo, F. L., Feliu, M. T., and Guarro J. 1996. A fast method for the confirmation of Fecal streptococci from M-Enterococcus medium. Appl. Envir. Microbiol.: 2177-2178.

Fiksdal, L., Pommepuy, M., Caprais, M., and Midttun, I. 1994. Monitoring of fecal pollution in coastal waters by use of rapid enzymatic techniques. Appl. Envir. Microbiol. vol. 60, no. 5: 1581-1584.

Gerba, C. P. 2000. Indicator Microorganism. In Maier R. M., Pepper I. L., (eds). Environmental Microbiology. pp. 491-502.

Hurst, C. J., Knudsen, G. R., Mclnerney, M. J., Stetzenbach, L. D., and Walter, M. V. (ed), Manual of Environmental microbiology. American society for microbiology.

Joklik, W. K., Willett, H. P., Amos, D. B. 1980. Zinsser Microbiology. 17th ed. New York.: Appleton-century-crofts.

Kibbey, H. J., Hagedorn, C., and McCoy, E. L. 1978. Use of fecal streptococci as indicators of pollution in soil. Appl. Envir. Microbiol. vol. 35, no. 4: 711-717.

Landre, J. P. B., Gavriel, A. A., and Lamb, A. J. 1998. False-positive coliform reaction mediated by *Aeromonas* in the colilert defined substrate technology system. Lett. Appl. Microbiol. no. 26: 352-354.

Nagata, S. 2001. Growth of *Escherichia coli* ATCC 9637 through the uptake of compatible solute at high osmolarity. J. Biosci. Bioeng. vol 92, no. 4: 324-329.

Palmer, C. J., Tsai, Y. L., Lang, A. L., and Sangermano, L. R. 1993. Evaluation of Colilert-marine water for detection of total coliforms and *Escherichia coli* in the marine environment. Appl. Envir. Microbiol. vol. 59, no. 3: 786-790.

Pepper, I. L., Gerba, C. P., and Brendecke, J. W. 1995. Environmental Microbiology A Laboratory Manual. California: Academic Press, Inc.

Polo, F., Figueras, M. J., Inza, I., Sala, J., Fleisher, J. M., and Guarro, J. 1998. Relationship between presence of Salmonella and indicators of fecal pollution in aquatic habitats. FEMS. Microbiol. Lett. Vol. 160, no. 2:253-256.

Vasconcelos, G. J., and Swartz, R. G. 1976. Survival of bacteria in seawater using a diffusion chamber apparatus in situ. Appl. Envir. Microbiol. vol. 31, no. 6: 913-920.

Vilanova, X., Manero, A., Cerda-Cuellar, M., and Blanch, A. R. 2002. The effect of a sewage treatment plant effluent on the fecal coliforms and enterococci populations of the reception river waters. J. Appl. Microbiol. vol. 92, no. 2: 210-214.

Zmirou, D., Ferley, J. P., Collin, J. F., Charrel M., and Berlin J. 1987. A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. American Journal of public Health. vol. 77, no. 5:582-584.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ ก 1 ปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างที่ 1 (วงเวียนบางแสน) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545

เดือน	Total Count (CFU/100 ml)	Coliform(MPN/100 ml)	*E. coli* (MPN/100 ml)	Streptococci (CFU/100 ml)	*Vibrio* spp. (CFU/100 ml)
มิถุนายน	99333	2476	185	46	12800
กรกฎาคม	111000	530	125	34	6933
สิงหาคม	1539667	6000	240	79	10500
กันยายน	15000	240	29	2	100
ตุลาคม	55666	36	29	3	2066
พฤศจิกายน	35333	264	93	23	2666
ธันวาคม	166333	886	313	43	4733

ตารางที่ ก 2 ปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างที่ 2 (โรงแรมบางแสนบีชรีสอร์ท) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545

เดือน	Total Count (CFU/100 ml)	Coliform(MPN/100 ml)	*E. coli* (MPN/100 ml)	Streptococci (CFU/100 ml)	*Vibrio* spp. (CFU/100 ml)
มิถุนายน	65666	3376	174	35	12000
กรกฎาคม	139333	763	43	19	7433
สิงหาคม	463333	2700	240	23	13666
กันยายน	28333	600	53	18	166
ตุลาคม	55666	144	46	5	3600
พฤศจิกายน	19666	142	46	7	2133
ธันวาคม	79333	1246	191	109	4333

ตารางที่ ก 3 ปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างที่ 3 (แหลมแท่น) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545

เดือน	Total Count (CFU/100 ml)	Coliform(MPN /100 ml)	*E. coli* (MPN/100 ml)	Streptococci (CFU/100 ml)	*Vibrio* spp. (CFU/100 ml)
มิถุนายน	33333	536	142	29	5166
กรกฎาคม	104666	1810	198	34	6500
สิงหาคม	212333	673	283	97	300
กันยายน	121000	5700	63	360	266
ตุลาคม	110333	886	191	71	5066
พฤศจิกายน	65333	6000	142	223	2766
ธันวาคม	64000	886	264	81	2233

ตารางที่ ก 4 ปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างที่ 4 (ชมรมวินด์เซิร์ฟ) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545

เดือน	Total Count (CFU/100 ml)	Coliform(MPN /100 ml)	*E. coli* (MPN/100 ml)	Streptococci (CFU/100 ml)	*Vibrio* spp. (CFU/100 ml)
มิถุนายน	86333	1253	240	47	6000
กรกฎาคม	131333	430	59	15	9333
สิงหาคม	1180667	6733	313	96	4400
กันยายน	21333	386	29	2	166
ตุลาคม	71666	240	36	4	7633
พฤศจิกายน	380333	3133	142	51	4833
ธันวาคม	102000	6000	313	161	8600

ภาคผนวก ข

มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล

ตารางที่ ข 1 การกำหนดประเภทคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง

ประเภทคุณภาพน้ำ	การใช้ประโยชน์
1	คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการสงวนรักษาธรรมชาติ ได้แก่ น้ำทะเลซึ่งมีสภาพธรรมชาติและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ 1. การศึกษาวิจัยหรือการสาธิตทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสภาพแวดล้อม 2. การใช้ประโยชน์จากทัศนียภาพและธรรมชาติหรือ 3. การจัดการและการอนุรักษ์ที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแก่สภาพแวดล้อม
2	คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์แหล่งปะการัง
3	คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติอื่นๆ นอกจากแหล่งปะการัง
4	คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง
5	คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการว่ายน้ำ
6	คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการกีฬาทางน้ำอย่างอื่นนอกจากการว่ายน้ำ
7	คุณภาพน้ำทะเลบริเวณแหล่งอุตสาหกรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 2 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง

คุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด							วิธีตรวจสอบ
		ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 4	ประเภทที่ 5	ประเภทที่ 6	ประเภทที่ 7	
1.วัตถุที่ลอยน้ำ* (Floatable Solids)	-	ธ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	Visual Testing
2.น้ำมันหรือไข มันบนผิวน้ำ (Floatable Oil & Grease)	-	ธ	มองไม่เห็น	มองไม่เห็น	มองไม่เห็น	มองไม่เห็น	มองไม่เห็น	มองไม่เห็น	Visual Testing
3.สีและกลิ่น (Color & Odor)	-	ธ	-	-	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	Color-Visual Testing Odor-Organolaptic
4.อุณหภูมิ (Temperatue)	°ซ	ธ	33	33	33	-	-	$\Delta 3$	Thermometer
5.ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	ธ	7.5-8.9	7.0-8.5	7.0-8.5	-	-	**	Electrometric pH meter
6.ความเค็ม (Salinity)	ส่วนในพันส่วน(ppt)	ธ	29-35	$\Delta 10\%$	$\Delta 10\%$	-	-	**	Refractometer
7.ความโปร่งใส(Transparency)	เมตร (m)	ธ	$\Delta 10\%$	$\Delta 10\%$	$\Delta 10\%$	$\Delta 10\%$	-	**	White Secchi Disc, Diameter 30 cm.
8.ออกซิเจนละลาย (DO)[1/]	มก./ล. (mg/l)	ธ	4	4	4	-	-	**	Azide Modification
9.แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Total Coliform Bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็น. /100 มล.	ธ	-	-	1000	1000	-	-	Multiple Tube Fermentation Technique
10. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็น.	ธ	-	-	ธ	-	-	-	Multiple Tube Fermentation Technique

คุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด							วิธีตรวจสอบ
		ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 4	ประเภทที่ 5	ประเภทที่ 6	ประเภทที่ 7	
11.ไนเตรต-ไนโตรเจน (NO_3-N)	มก./ล.	ธ	ธ	ธ	ธ	-	-	**	Cadmium Reduction
12.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (PO_4-P)	-	ธ	ธ	ธ	ธ	-	-	**	Ascorbic Acid
13.ปรอททั้งหมด (Total Hg)	*	ธ	0.0001	0.0001	0.0001	-	-	0.0001	Atomic Absorption Cold Vapour Technique
14.แคดเมียม (Cd)	*	ธ	0.005	0.005	0.005	-	-	0.005	Atomic Absorption Spectrophotrometry (Flameless Technique)
15.โครเมียม (Cr)	*	ธ	0.1	0.1	0.1	-	-	**	Atomic Absorption Spectrophotrometry (Flameless Technique)
16.โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ (Cr Hexavalent)	มล./ล.	ธ	0.05	0.05	0.05	-	-	0.1	Atomic Absorption Spectrophotrometry (Flameless Technique)
17.ตะกั่ว (Pb)	*	ธ	0.05	0.05	0.05	-	-	**	Atomic Absorption Spectrophotrometry (Flameless Technique)
18.ทองแดง(Cu)	*	ธ	0.05	0.05	0.05	-	-	**	Atomic Absorption Spectrophotrometry (Flameless Technique)
19.แมงกานีส (Mn)	*	ธ	0.1	0.1	0.1	-	-	**	Atomic Absorption Spectrophotrometry (Flameless Technique)
20.สังกะสี (Zn)	*	ธ	0.1	0.1	0.1	-	-	**	Atomic Absorption Spectrophotrometry (Flameless Technique)
21.เหล็ก (Fe)	*	ธ	0.3	0.3	0.3	-	-	**	Atomic Absorption Spectrophotrometry (Flameless Technique)
22.ฟลูออไรด์ (F)	*	ธ	1.5	1.5	1.5	-	-	**	Colorimetric SPANDS with Distillation

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด							วิธีตรวจสอบ
		ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 4	ประเภทที่ 5	ประเภทที่ 6	ประเภทที่ 7	
23.คลอรีนคงเหลือ (Residual Chlorine)	*	ธ	0.01	0.01	0.01	-	-	**	Iodometric Method
24.ฟีนอล (Phenols)	*	ธ	0.03	0.03	0.03	-	-	**	Distillation, 4-Amino antipyrene
25.แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)	*	ธ	0.4	0.4	0.4	-	-	**	Distillation Nesslerization
26.ซัลไฟด์ (Sulfide)	*	ธ	0.01	0.01	0.01	-	-	**	Colorimetric, Methylene Blue
27.ไซยาไนด์ (Cyanide)	*	ธ	0.01	0.01	0.01	-	-	**	Pyridine-Babituric Acid
28. พี ซี บี (PCB)	*	ธ	ธ	ธ	ธ	-	-	**	Gas-Chromatography
29.สารฆ่าศัตรูพืชชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)	*	ธ	0.05	0.05	0.05	-	-	**	Gas-Chromatography
30.กัมมันตภาพรังสี(Radioactivity)	เบคเคอเรล/ล.								Low Background Proportional Counter
- ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)		ธ	0.1	0.1	0.1	-	-	**	
- ค่ารังสีเบตา (Beta)***		ธ	1.0	1.0	1.0	-	-	**	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ 1/ = ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

* = ไม่รวมวัตถุลอยน้ำที่เกิดตามธรรมชาติ

** = จะกำหนดตามความจำเป็น

*** = ไม่รวมรังสีจากโปตัสเซียม 40 (Potussium-40) ตามธรรมชาติ

ธ = ธรรมชาติไม่ได้รับผลจากการกระทำของมนุษย์

Δ = เปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติ

มล./ล. = มิลลิกรัมต่อลิตร

\- = ไม่ได้กำหนดค่า

แหล่งที่มาของข้อมูล: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 11 ตอนที่ 16 ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 (ภาคผนวก ฒ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงค่าเอ็มพีเอ็นที่ขีดจำกัดความเชื่อมั่นร้อยละ 95

NUMBER OF TUBES GIVING POSITIVE REACTION OUT OF			MPN INDEX PER 100 ml.	95 PERCENT CONFIDENCE LIMITS	
3 of 10 ml. each	3 of 1 ml. each	3 of 1 ml. each		LOWER	UPPER
0	0	0	<3	-	-
0	0	1	3	<0.5	9
0	1	0	3	<0.5	13
1	0	0	4	<0.5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	150
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	380
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NUMBER OF TUBES GIVING POSITIVE REACTION OUT OF			MPN INDEX PER 100 ml.	95 PERCENT CONFIDENCE LIMITS	
3 of 10 ml. each	3 of 1 ml. each	3 of 1 ml. each		LOWER	UPPER
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800
3	3	3	>2400	-	-

From Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Twelfth edition. (New York: The American Public Health Association, Inc., p.608.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

สูตรและวิธีเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Fluorocult LMX broth (MERCK)

ส่วนประกอบของอาหารเป็นกรัมต่อลิตร ประกอบด้วย

Tryptose	5.0
Sodium Chloride	5.0
Sorbitol	1.0
Tryptophane	1.0
Di-Potassium hydrogen phosphate	2.7
Potassium dihydrogen phosphate	2.0
Lauryl sulfate sodium salt	0.1
5-Bromo-4-chloro-3-indolyl-β-D-galactopyranoside (X-GAL)	0.08
4-Methylumbelliferyl-β-D-glucoronide (MUG)	0.05
1-Isopropyl-1-β-D-thiogalactopyranoside	0.1

ละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ 17 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร แบ่งใส่หลอดทดลอง นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.8 ± 0.2 ที่ 25 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. THIOSULFATE CITRATE BILE SALT (TCBS) Agar (DIFCO)

ส่วนประกอบของอาหารเป็นกรัมต่อลิตร ประกอบด้วย

Bacto Yeast Extract	5.0
Bacto Proteose Peptone No.3	10.0
Sodium Citrate	10.0
Sodium Thiosulfate	10.0
Bacto Oxgall	8.0
Bacto Saccharose	20.0
Sodium Chloride	10.0
Ferric Chloride	1.0
Bacto Brom Thymol Blue	0.04
Thymol Blue	0.04
Bacto Agar	15.0

ละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ 89 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร และต้มเพื่อให้ละลายจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายเท่ากับ 8.6 ± 0.2 ที่ 25 องศาเซลเซียส

3. Nutrient Agar (MERCK)

ส่วนประกอบของอาหารเป็นกรัมต่อลิตรประกอบด้วย

Peptone from meat	5.0
Meat Extract	3.0
Agar-agar	12.0

ละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ 20 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ให้ความร้อนโดยแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ และนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7.0 ± 0.2 ที่ 25 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. KF streptococcus agar base (MERCK)

ส่วนประกอบของอาหารเป็นกรัมต่อลิตรประกอบด้วย

Proteose peptone	10.0
Yeast extract	10.0
Sodium chloride	5.0
Sodium glycerophosphate	10.0
Maltose	20.0
Lactose	1.0
Sodium azide	0.4
Bromocresol purple	0.015
Agar-agar	15.0

ละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ 71.5 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ให้ความร้อนโดยแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ และนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.2 ± 0.2 ที่ 25 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ จ 1 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria, *E. coli*, *Vibrio spp.,* และ Fecal Streptococci

Correlations

Correlations

		TC	MP	EC	VB	FS
TC	Pearson Correlation	1.000	.508**	.366**	.114	.126
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.001	.301	.253
	N	84	84	84	84	84
MP	Pearson Correlation	.508**	1.000	.432**	.180	.596**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.101	.000
	N	84	84	84	84	84
EC	Pearson Correlation	.366**	.432**	1.000	.215*	.201
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.	.049	.067
	N	84	84	84	84	84
VB	Pearson Correlation	.114	.180	.215*	1.000	-.110
	Sig. (2-tailed)	.301	.101	.049	.	.320
	N	84	84	84	84	84
FS	Pearson Correlation	.126	.596**	.201	-.110	1.000
	Sig. (2-tailed)	.253	.000	.067	.320	.
	N	84	84	84	84	84

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 2 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ Coliform bacteria

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.180[a]	.033	.021	4778.7813

a. Predictors: (Constant), MP

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	62957896.258	1	62957896.258	2.757	.101[a]
	Residual	1872613532.313	82	22836750.394		
	Total	1935571428.571	83			

a. Predictors: (Constant), MP

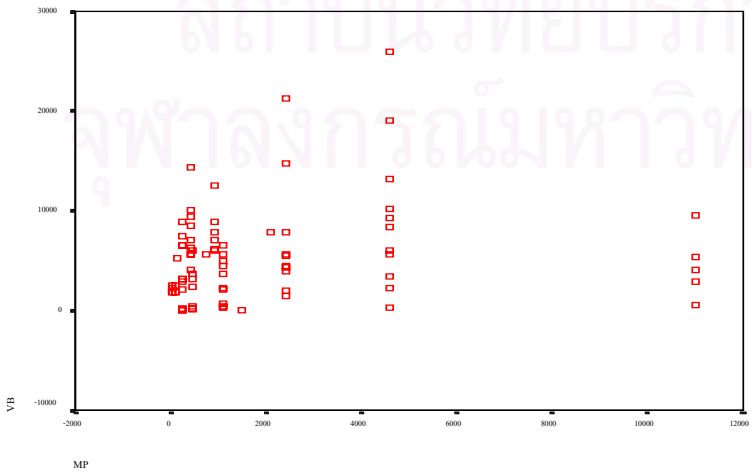
b. Dependent Variable: VB

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4608.577	641.325		7.186	.000
	MP	.321	.193	.180	1.660	.101

a. Dependent Variable: VB

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 3 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ *E. coli*

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.215[a]	.046	.035	4744.5048

a. Predictors: (Constant), EC

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	89724695.637	1	89724695.637	3.986	.049[a]
	Residual	1845846732.934	82	22510326.011		
	Total	1935571428.571	83			

a. Predictors: (Constant), EC

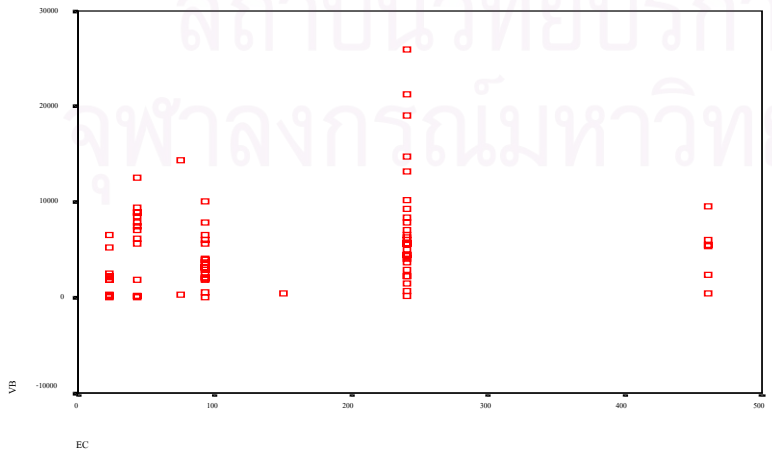
b. Dependent Variable: VB

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3951.074	823.055		4.800	.000
	EC	8.458	4.236	.215	1.996	.049

a. Dependent Variable: VB

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 4 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Fecal Streptococci กับ Coliform bacteria

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.596[a]	.355	.347	68.8525

a. Predictors: (Constant), MP

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	213999.969	1	213999.969	45.141	.000[a]
	Residual	388734.698	82	4740.667		
	Total	602734.667	83			

a. Predictors: (Constant), MP

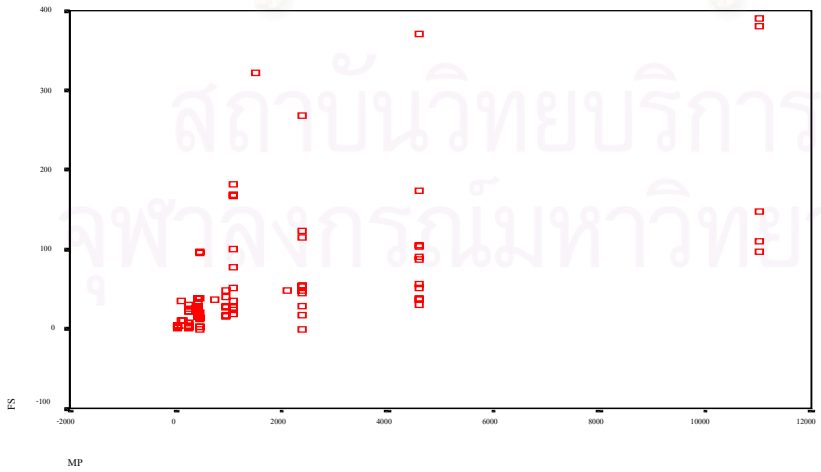
b. Dependent Variable: FS

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	25.520	9.240		2.762	.007
	MP	1.872E-02	.003	.596	6.719	.000

a. Dependent Variable: FS

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 5 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Fecal Streptococci กับ *E. coli*

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.201[a]	.040	.029	83.9867

a. Predictors: (Constant), EC

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	24326.164	1	24326.164	3.449	.067[a]
	Residual	578408.502	82	7053.762		
	Total	602734.667	83			

a. Predictors: (Constant), EC

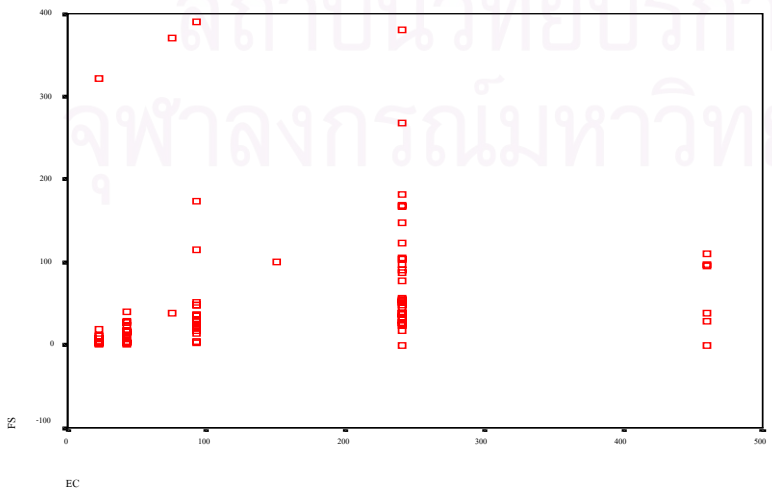
b. Dependent Variable: FS

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	40.632	14.570		2.789	.007
	EC	.139	.075	.201	1.857	.067

a. Dependent Variable: FS

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 6 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *E. coli* กับ Coliform bacteria

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.432[a]	.186	.176	111.5603

a. Predictors: (Constant), MP

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	233803.842	1	233803.842	18.786	.000[a]
	Residual	1020547.968	82	12445.707		
	Total	1254351.810	83			

a. Predictors: (Constant), MP

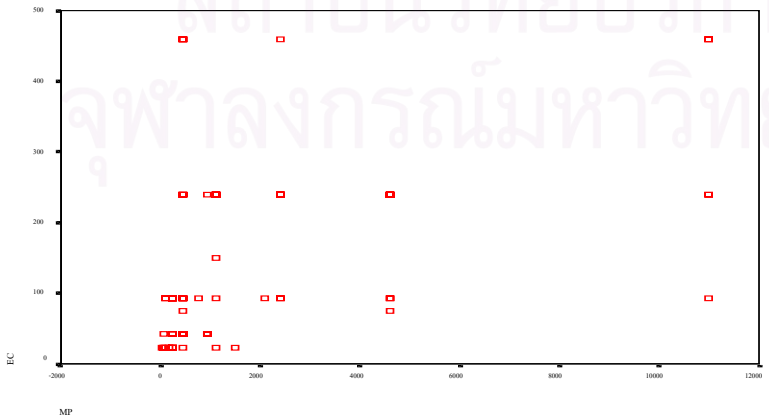
b. Dependent Variable: EC

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	113.265	14.972		7.565	.000
	MP	1.956E-02	.005	.432	4.334	.000

a. Dependent Variable: EC

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 7 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ Fecal Streptococci

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.110[a]	.012	.000	4829.0978

a. Predictors: (Constant), FS

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	23316232.195	1	23316232.195	1.000	.320[a]
	Residual	1912255196.376	82	23320185.322		
	Total	1935571428.571	83			

a. Predictors: (Constant), FS

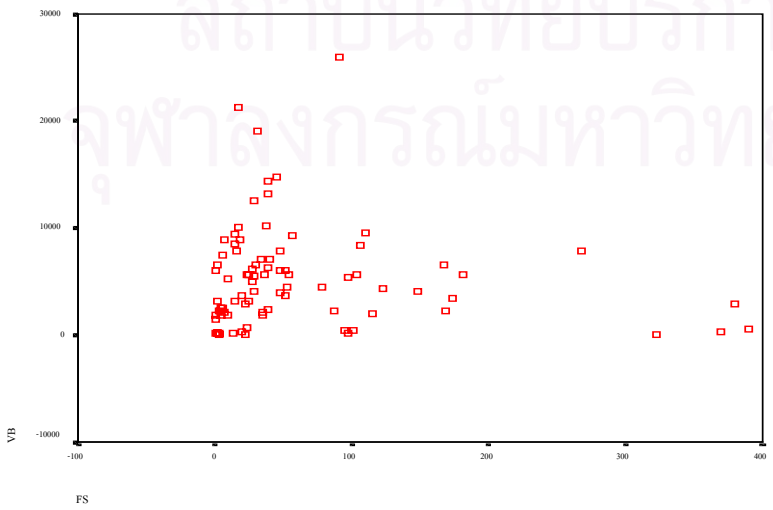
b. Dependent Variable: VB

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5612.117	651.731		8.611	.000
	FS	-6.220	6.220	-.110	-1.000	.320

a. Dependent Variable: VB

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 8 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria, *E. coli*, *Vibrio spp.,* และ Fecal Streptococci ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1

Correlations

Correlations

		TC1	MP1	EC1	VB1	FS1
TC1	Pearson Correlation	1.000	.856**	.424	.027	.712**
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.056	.909	.000
	N	21	21	21	21	21
MP1	Pearson Correlation	.856**	1.000	.411	.312	.833**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.065	.169	.000
	N	21	21	21	21	21
EC1	Pearson Correlation	.424	.411	1.000	.366	.385
	Sig. (2-tailed)	.056	.065	.	.103	.085
	N	21	21	21	21	21
VB1	Pearson Correlation	.027	.312	.366	1.000	.473*
	Sig. (2-tailed)	.909	.169	.103	.	.031
	N	21	21	21	21	21
FS1	Pearson Correlation	.712**	.833**	.385	.473*	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.085	.031	.
	N	21	21	21	21	21

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 9 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.856[a]	.733	.719	98206.5104

a. Predictors: (Constant), MP1

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	503731897451.5	1	503731897451.5	52.230	.000[a]
	Residual	183245854929.5	19	9644518680.500		
	Total	686977752381.0	20			

a. Predictors: (Constant), MP1

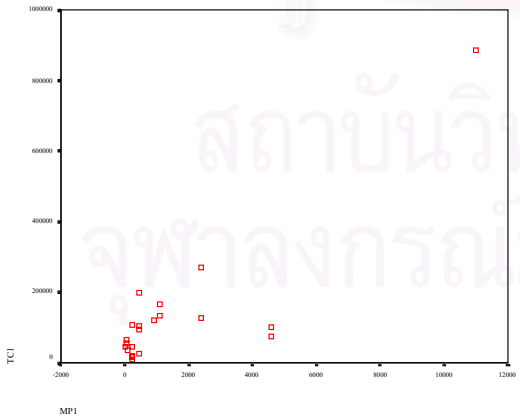
b. Dependent Variable: TC1

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	37032.384	24918.199		1.486	.154
	MP1	61.645	8.530	.856	7.227	.000

a. Dependent Variable: TC1

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 10 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ *E. coli* ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.424[a]	.179	.136	172249.9191

a. Predictors: (Constant), EC1

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	123247094591.6	1	123247094591.6	4.154	.056[a]
	Residual	563730657789.4	19	29670034620.492		
	Total	686977752381.0	20			

a. Predictors: (Constant), EC1

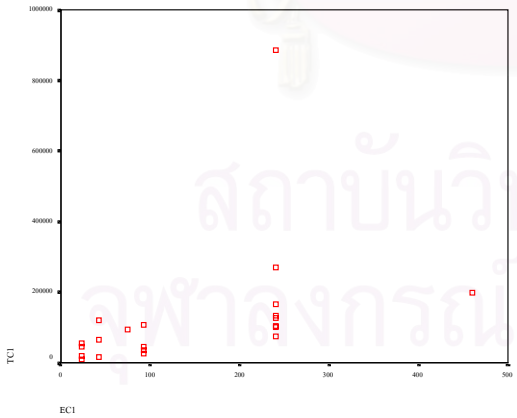
b. Dependent Variable: TC1

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	32258.629	60515.402		.533	.600
	EC1	665.967	326.756	.424	2.038	.056

a. Dependent Variable: TC1

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 11 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Fecal Streptococci ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.712[a]	.507	.481	133538.3733

a. Predictors: (Constant), FS1

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	348160306588.1	1	348160306588.1	19.524	.000[a]
	Residual	338817445792.9	19	17832497146.994		
	Total	686977752381.0	20			

a. Predictors: (Constant), FS1

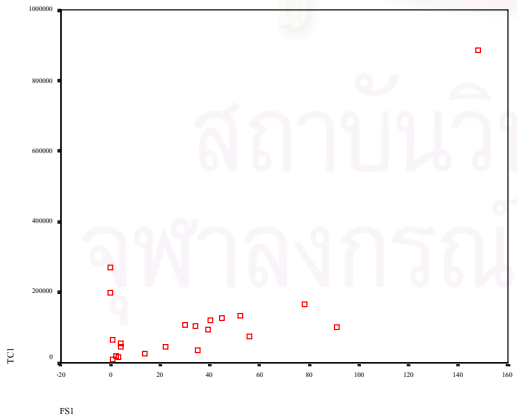
b. Dependent Variable: TC1

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	11538.184	39431.948		.293	.773
	FS1	3526.464	798.097	.712	4.419	.000

a. Dependent Variable: TC1

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 12 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ *Vibrio spp.* ณ.สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.027[a]	.001	-.052	190082.3736

a. Predictors: (Constant), VB1

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	482885855.444	1	482885855.444	.013	.909[a]
	Residual	686494866525.5	19	36131308764.500		
	Total	686977752381.0	20			

a. Predictors: (Constant), VB1

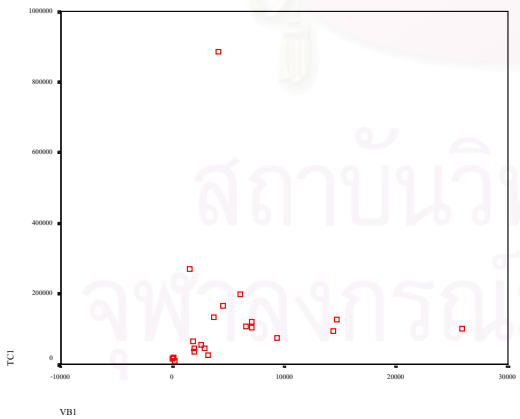
b. Dependent Variable: TC1

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	124418.408	56887.164		2.187	.041
	VB1	.792	6.847	.027	.116	.909

a. Dependent Variable: TC1

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 13 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.312[a]	.097	.050	6050.8907

a. Predictors: (Constant), MP1

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	75013418.071	1	75013418.071	2.049	.169[a]
	Residual	695652296.215	19	36613278.748		
	Total	770665714.286	20			

a. Predictors: (Constant), MP1

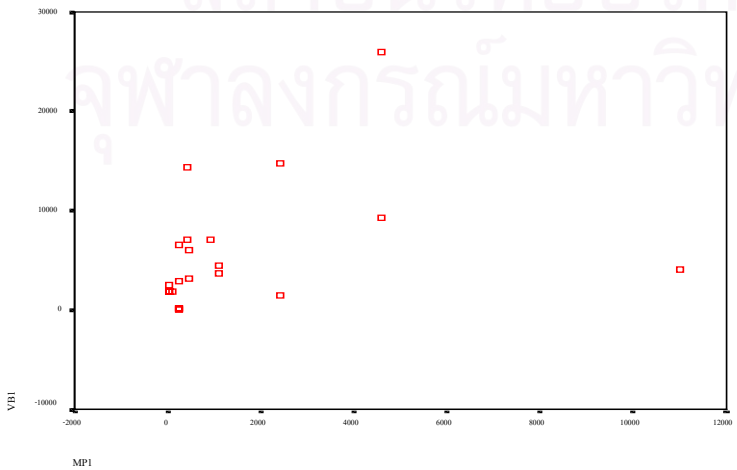
b. Dependent Variable: VB1

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4564.413	1535.309		2.973	.008
	MP1	.752	.526	.312	1.431	.169

a. Dependent Variable: VB1

Graph



ตารางที่ จ 14 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ *E. coli* ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.366[a]	.134	.088	5927.8331

a. Predictors: (Constant), EC1

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	103020821.328	1	103020821.328	2.932	.103[a]
	Residual	667644892.958	19	35139204.893		
	Total	770665714.286	20			

a. Predictors: (Constant), EC1

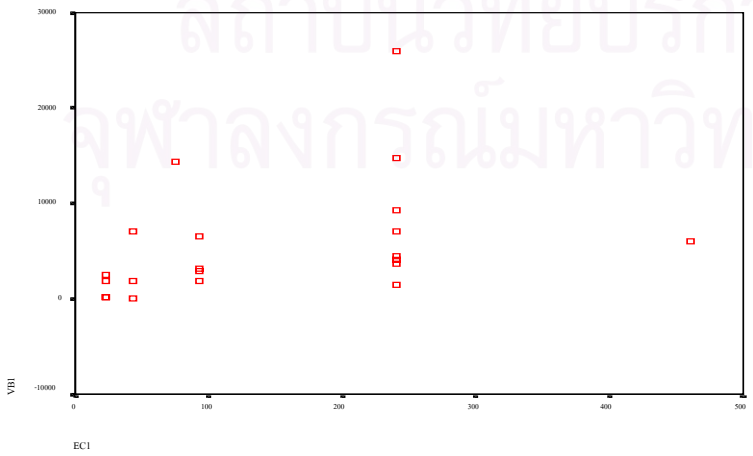
b. Dependent Variable: VB1

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2891.094	2082.586		1.388	.181
	EC1	19.254	11.245	.366	1.712	.103

a. Dependent Variable: VB1

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 15 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Fecal Streptococci กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.318[a]	.101	.054	36.3922

a. Predictors: (Constant), MP2

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2832.803	1	2832.803	2.139	.160[a]
	Residual	25163.482	19	1324.394		
	Total	27996.286	20			

a. Predictors: (Constant), MP2

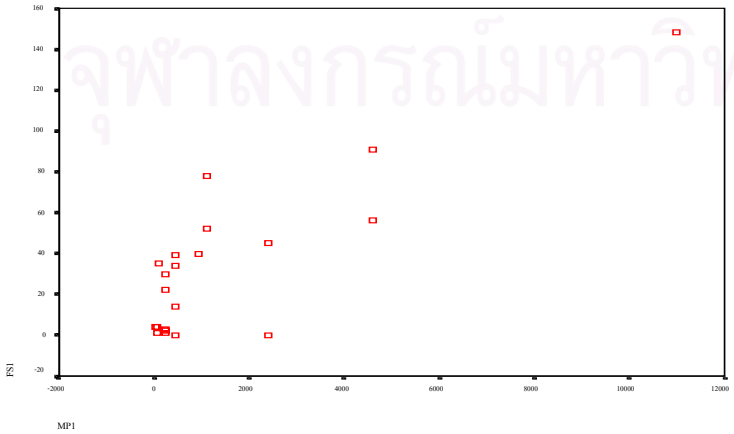
b. Dependent Variable: FS1

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	23.375	10.440		2.239	.037
	MP2	7.732E-03	.005	.318	1.463	.160

a. Dependent Variable: FS1

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 16 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Fecal Streptococci กับ *E. coli* ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.385[a]	.148	.103	35.4253

a. Predictors: (Constant), EC1

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4152.149	1	4152.149	3.309	.085[a]
	Residual	23844.137	19	1254.955		
	Total	27996.286	20			

a. Predictors: (Constant), EC1

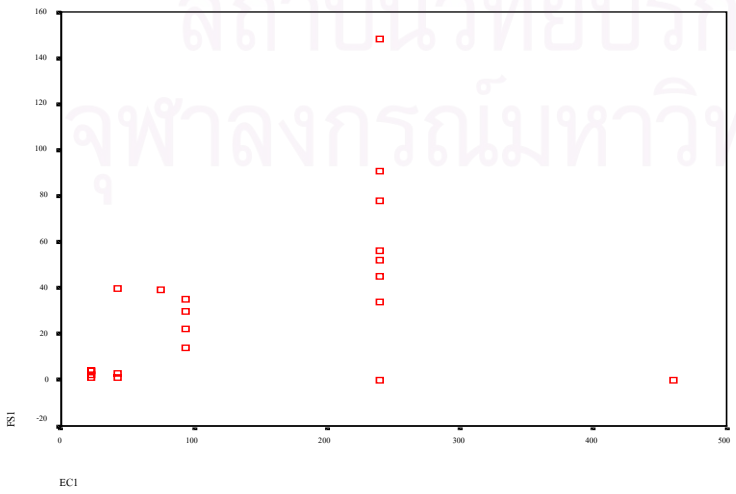
b. Dependent Variable: FS1

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	15.544	12.446		1.249	.227
	EC1	.122	.067	.385	1.819	.085

a. Dependent Variable: FS1

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 17 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *E. coli* กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.411[a]	.169	.125	110.2756

a. Predictors: (Constant), MP1

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	46835.160	1	46835.160	3.851	.065[a]
	Residual	231053.412	19	12160.706		
	Total	277888.571	20			

a. Predictors: (Constant), MP1

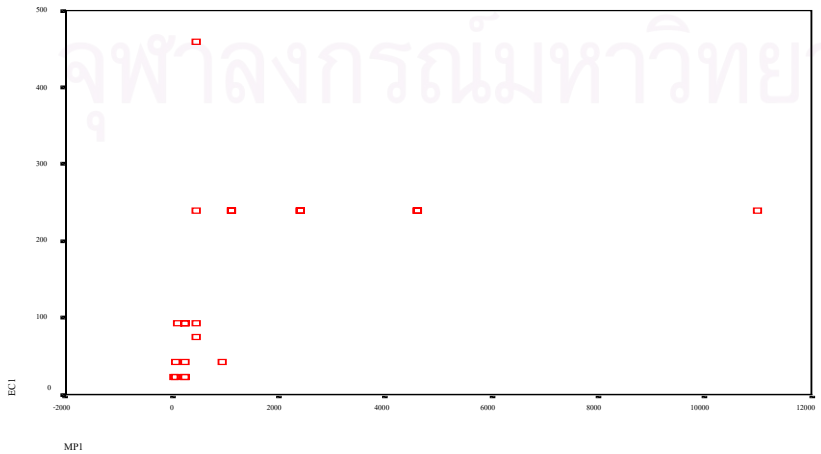
b. Dependent Variable: EC1

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	117.125	27.981		4.186	.001
	MP1	1.880E-02	.010	.411	1.962	.065

a. Dependent Variable: EC1

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 18 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ Fecal Streptococci ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.473[a]	.223	.182	5612.8274

a. Predictors: (Constant), FS1

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	172092910.291	1	172092910.291	5.463	.031[a]
	Residual	598572803.994	19	31503831.789		
	Total	770665714.286	20			

a. Predictors: (Constant), FS1

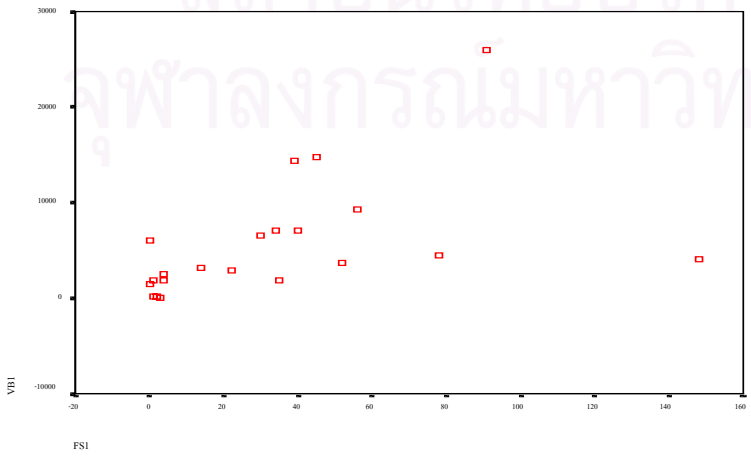
b. Dependent Variable: VB1

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3076.023	1657.387		1.856	.079
	FS1	78.403	33.545	.473	2.337	.031

a. Dependent Variable: VB1

Graph



ตารางที่ จ 19 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria, *E. coli*, *Vibrio spp.*, และ Fecal Streptococci ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2

Correlations

Correlations

		TC2	MP2	EC2	VB2	FS2
TC2	Pearson Correlation	1.000	.465*	.565**	.677**	-.007
	Sig. (2-tailed)	.	.034	.008	.001	.975
	N	21	21	21	21	21
MP2	Pearson Correlation	.465*	1.000	.758**	.697**	.250
	Sig. (2-tailed)	.034	.	.000	.000	.274
	N	21	21	21	21	21
EC2	Pearson Correlation	.565**	.758**	1.000	.495*	.554**
	Sig. (2-tailed)	.008	.000	.	.023	.009
	N	21	21	21	21	21
VB2	Pearson Correlation	.677**	.697**	.495*	1.000	.065
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.023	.	.779
	N	21	21	21	21	21
FS2	Pearson Correlation	-.007	.250	.554**	.065	1.000
	Sig. (2-tailed)	.975	.274	.009	.779	.
	N	21	21	21	21	21

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 20 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.465[a]	.216	.175	136528.8943

a. Predictors: (Constant), MP2

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	97794311601.289	1	97794311601.289	5.246	.034[a]
	Residual	354162640779.7	19	18640138988.403		
	Total	451956952381.0	20			

a. Predictors: (Constant), MP2

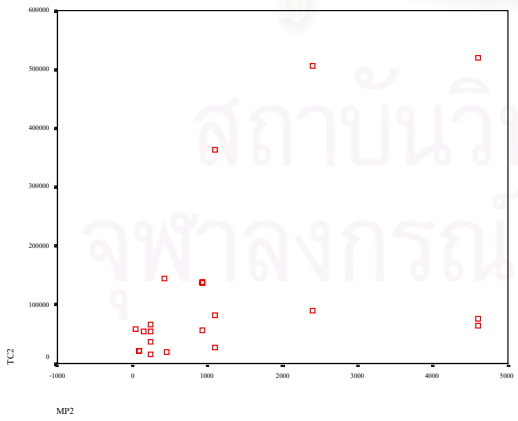
b. Dependent Variable: TC2

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	63386.322	39166.040		1.618	.122
	MP2	45.428	19.833	.465	2.291	.034

a. Dependent Variable: TC2

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 21 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ *E. coli* ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.565[a]	.320	.284	127225.0483

a. Predictors: (Constant), EC2

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	144418907125.1	1	144418907125.1	8.922	.008[a]
	Residual	307538045255.8	19	16186212908.201		
	Total	451956952381.0	20			

a. Predictors: (Constant), EC2

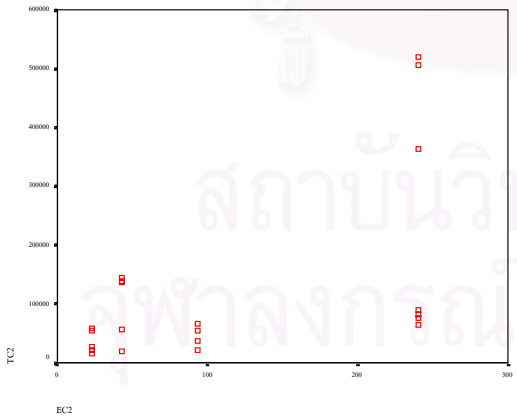
b. Dependent Variable: TC2

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	19876.338	43942.673		.452	.656
	EC2	896.976	300.290	.565	2.987	.008

a. Dependent Variable: TC2

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 22 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Fecal Streptococci ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.007[a]	.000	-.053	154226.9085

a. Predictors: (Constant), FS2

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	24105672.127	1	24105672.127	.001	.975[a]
	Residual	451932846708.8	19	23785939300.464		
	Total	451956952381.0	20			

a. Predictors: (Constant), FS2

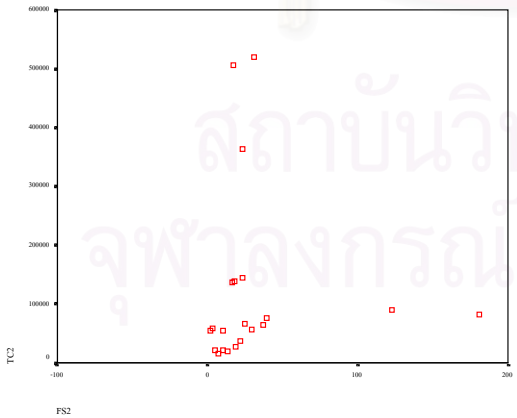
b. Dependent Variable: TC2

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	122422.242	42062.195		2.911	.009
	FS2	-25.830	811.386	-.007	-.032	.975

a. Dependent Variable: TC2

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 23 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ *Vibrio spp.* ณ.สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.677[a]	.459	.430	113461.6771

a. Predictors: (Constant), VB2

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	207359461123.4	1	207359461123.4	16.107	.001[a]
	Residual	244597491257.5	19	12873552171.448		
	Total	451956952381.0	20			

a. Predictors: (Constant), VB2

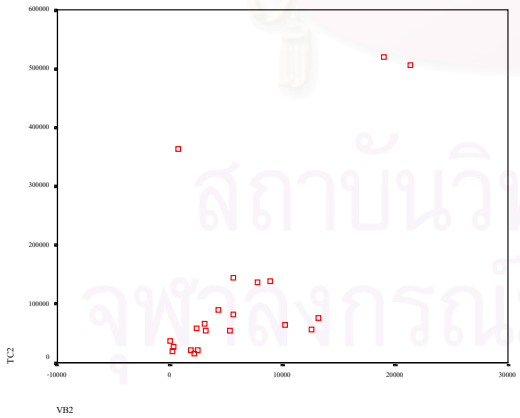
b. Dependent Variable: TC2

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	17709.958	35823.811		.494	.627
	VB2	16.785	4.182	.677	4.013	.001

a. Dependent Variable: TC2

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 24 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.697[a]	.486	.459	4463.1575

a. Predictors: (Constant), MP2

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	357502368.330	1	357502368.330	17.947	.000[a]
	Residual	378475726.908	19	19919775.100		
	Total	735978095.238	20			

a. Predictors: (Constant), MP2

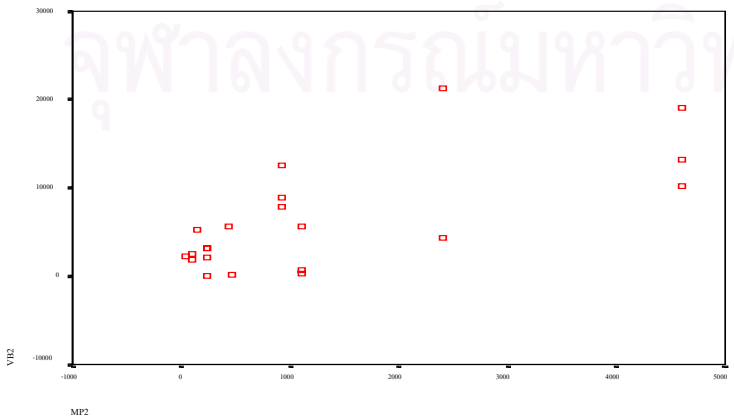
b. Dependent Variable: VB2

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2669.608	1280.346		2.085	.051
	MP2	2.747	.648	.697	4.236	.000

a. Dependent Variable: VB2

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 25 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ *E. coli* ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.495[a]	.245	.205	5409.0636

a. Predictors: (Constant), EC2

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	180076685.636	1	180076685.636	6.155	.023[a]
	Residual	555901409.602	19	29257968.926		
	Total	735978095.238	20			

a. Predictors: (Constant), EC2

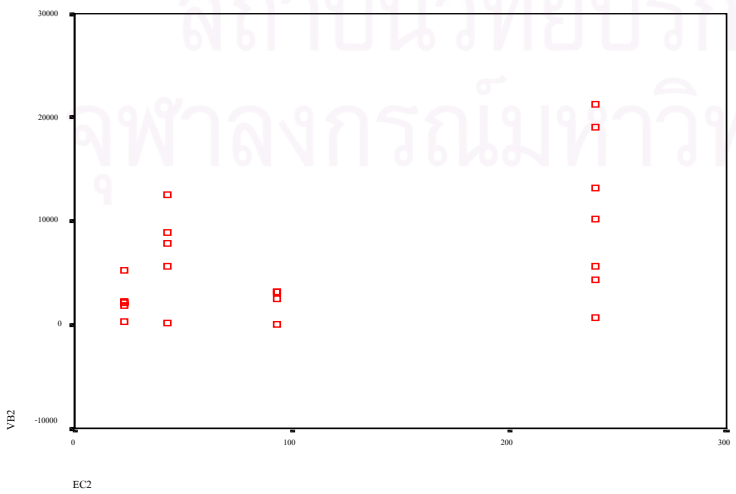
b. Dependent Variable: VB2

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2597.784	1868.254		1.390	.180
	EC2	31.674	12.767	.495	2.481	.023

a. Dependent Variable: VB2

Graph



ตารางที่ จ 26 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Fecal Streptococci กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.250[a]	.063	.013	42.2201

a. Predictors: (Constant), MP2

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2261.635	1	2261.635	1.269	.274[a]
	Residual	33868.174	19	1782.535		
	Total	36129.810	20			

a. Predictors: (Constant), MP2

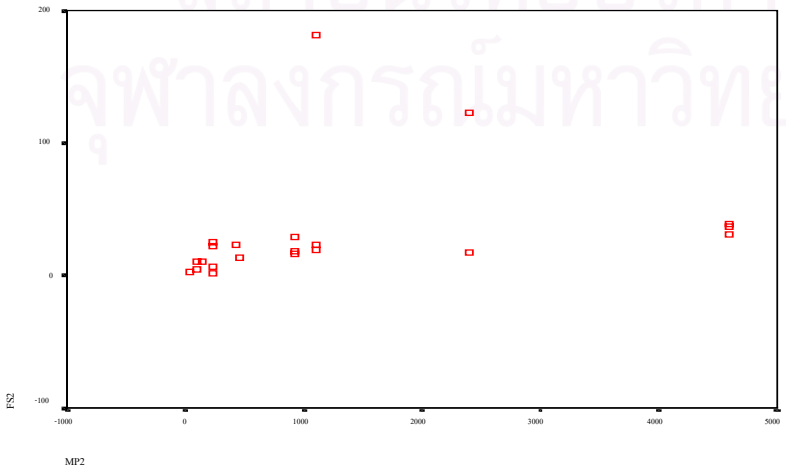
b. Dependent Variable: FS2

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	22.240	12.112		1.836	.082
	MP2	6.908E-03	.006	.250	1.126	.274

a. Dependent Variable: FS2

Graph



ตารางที่ จ 27 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Fecal Streptococci กับ *E. coli* ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.554[a]	.306	.270	36.3169

a. Predictors: (Constant), EC2

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	11070.369	1	11070.369	8.394	.009[a]
	Residual	25059.441	19	1318.918		
	Total	36129.810	20			

a. Predictors: (Constant), EC2

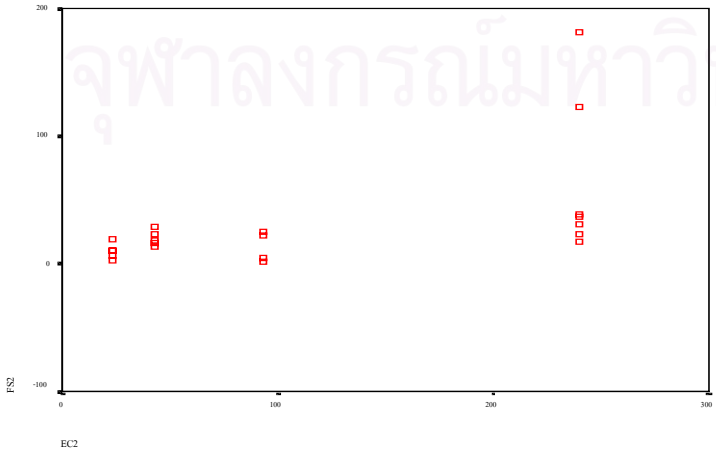
b. Dependent Variable: FS2

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.926	12.544		.233	.818
	EC2	.248	.086	.554	2.897	.009

a. Dependent Variable: FS2

Graph



ตารางที่ จ 28 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *E. coli* กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.758[a]	.574	.552	63.4298

a. Predictors: (Constant), MP2

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	103055.743	1	103055.743	25.614	.000[a]
	Residual	76443.400	19	4023.337		
	Total	179499.143	20			

a. Predictors: (Constant), MP2

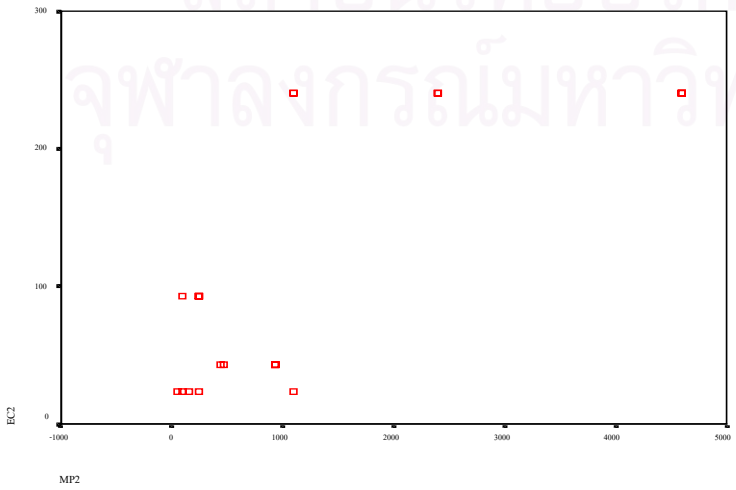
b. Dependent Variable: EC2

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	53.650	18.196		2.948	.008
	MP2	4.663E-02	.009	.758	5.061	.000

a. Dependent Variable: EC2

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 29 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ Fecal Streptococci ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.065[a]	.004	-.048	6210.5725

a. Predictors: (Constant), FS2

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3125087.064	1	3125087.064	.081	.779[a]
	Residual	732853008.174	19	38571210.957		
	Total	735978095.238	20			

a. Predictors: (Constant), FS2

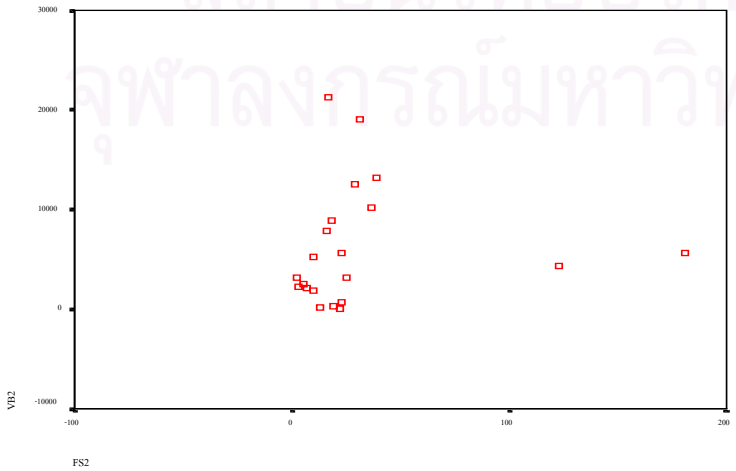
b. Dependent Variable: VB2

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5901.280	1693.805		3.484	.002
	FS2	9.300	32.674	.065	.285	.779

a. Dependent Variable: VB2

Graph



ตารางที่ จ 30 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria, *E. coli*, *Vibrio spp.,* และ Fecal Streptococci ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3

Correlations

Correlations

		TC3	MP3	EC3	VB3	FS3
TC3	Pearson Correlation	1.000	-.017	.037	-.391	.127
	Sig. (2-tailed)	.	.941	.874	.079	.584
	N	21	21	21	21	21
MP3	Pearson Correlation	-.017	1.000	-.141	-.222	.785**
	Sig. (2-tailed)	.941	.	.542	.334	.000
	N	21	21	21	21	21
EC3	Pearson Correlation	.037	-.141	1.000	-.002	-.233
	Sig. (2-tailed)	.874	.542	.	.993	.309
	N	21	21	21	21	21
VB3	Pearson Correlation	-.391	-.222	-.002	1.000	-.521*
	Sig. (2-tailed)	.079	.334	.993	.	.015
	N	21	21	21	21	21
FS3	Pearson Correlation	.127	.785**	-.233	-.521*	1.000
	Sig. (2-tailed)	.584	.000	.309	.015	.
	N	21	21	21	21	21

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 31 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.017[a]	.000	-.052	66652.3573

a. Predictors: (Constant), MP3

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	24944882.945	1	24944882.945	.006	.941[a]
	Residual	84408197974.197	19	4442536735.484		
	Total	84433142857.143	20			

a. Predictors: (Constant), MP3

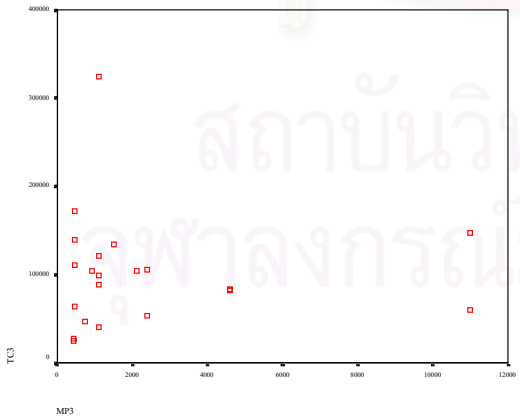
b. Dependent Variable: TC3

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	102414.995	18392.442		5.568	.000
	MP3	-.358	4.778	-.017	-.075	.941

a. Dependent Variable: TC3

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 32 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ *E. coli* ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.037[a]	.001	-.051	66616.7679

a. Predictors: (Constant), EC3

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	115061394.230	1	115061394.230	.026	.874[a]
	Residual	84318081462.913	19	4437793761.206		
	Total	84433142857.143	20			

a. Predictors: (Constant), EC3

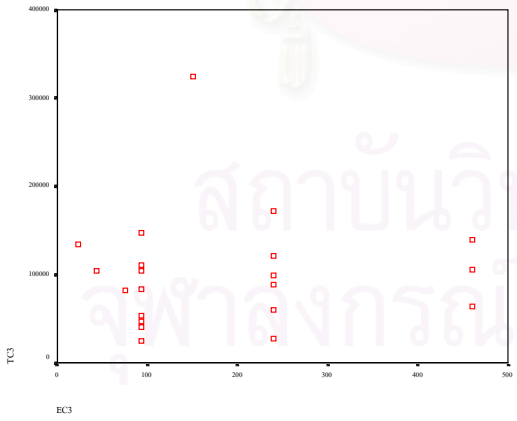
b. Dependent Variable: TC3

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	98344.798	24756.214		3.973	.001
	EC3	17.577	109.160	.037	.161	.874

a. Dependent Variable: TC3

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 33 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Fecal Streptococci ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.127[a]	.016	-.036	66125.0397

a. Predictors: (Constant), FS3

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1355246236.383	1	1355246236.383	.310	.584[a]
	Residual	83077896620.760	19	4372520874.777		
	Total	84433142857.143	20			

a. Predictors: (Constant), FS3

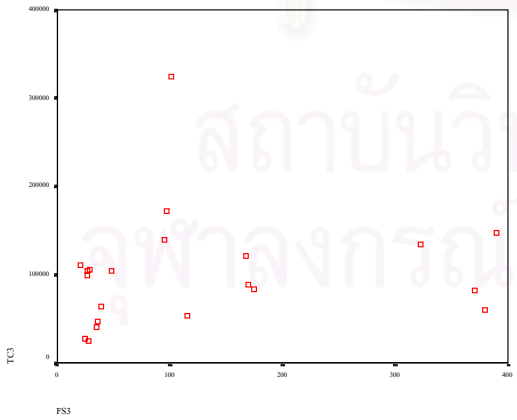
b. Dependent Variable: TC3

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	93356.817	20638.071		4.524	.000
	FS3	64.034	115.018	.127	.557	.584

a. Dependent Variable: TC3

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 34 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ *Vibrio spp.* ณ.สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.391[a]	.153	.109	61346.6965

a. Predictors: (Constant), VB3

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	12928216675.543	1	12928216675.543	3.435	.079[a]
	Residual	71504926181.600	19	3763417167.453		
	Total	84433142857.143	20			

a. Predictors: (Constant), VB3

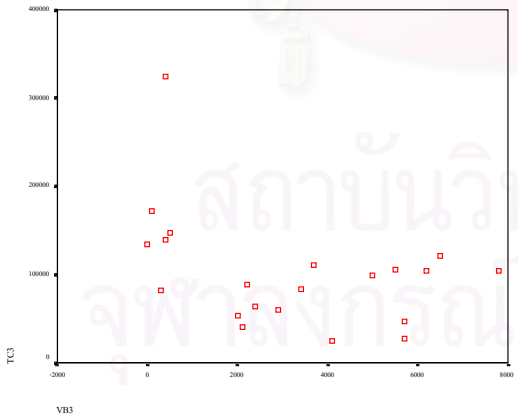
b. Dependent Variable: TC3

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	134806.302	22377.398		6.024	.000
	VB3	-10.432	5.629	-.391	-1.853	.079

a. Dependent Variable: TC3

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 35 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.222[a]	.049	-.001	2438.1149

a. Predictors: (Constant), MP3

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5842029.058	1	5842029.058	.983	.334[a]
	Residual	112943685.228	19	5944404.486		
	Total	118785714.286	20			

a. Predictors: (Constant), MP3

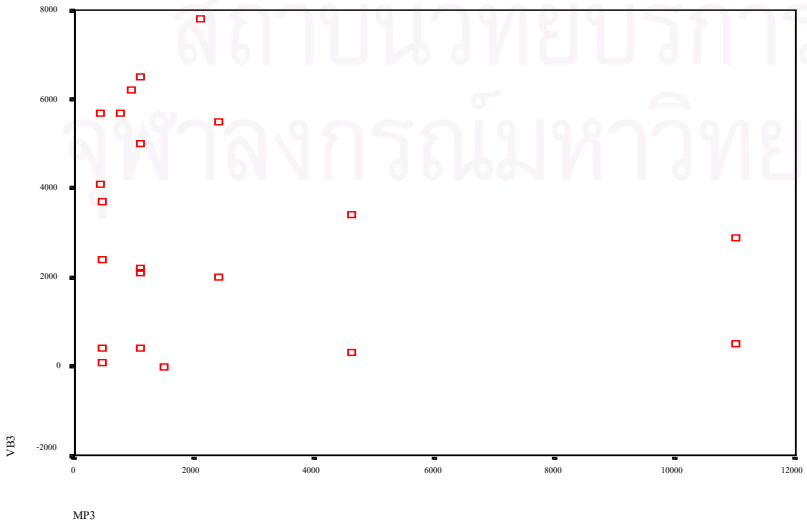
b. Dependent Variable: VB3

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3593.949	672.788		5.342	.000
	MP3	-.173	.175	-.222	-.991	.334

a. Dependent Variable: VB3

Graph



ตารางที่ จ 36 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ *E. coli* ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.002[a]	.000	-.053	2500.3712

a. Predictors: (Constant), EC3

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	448.807	1	448.807	.000	.993[a]
	Residual	118785265.479	19	6251856.078		
	Total	118785714.286	20			

a. Predictors: (Constant), EC3

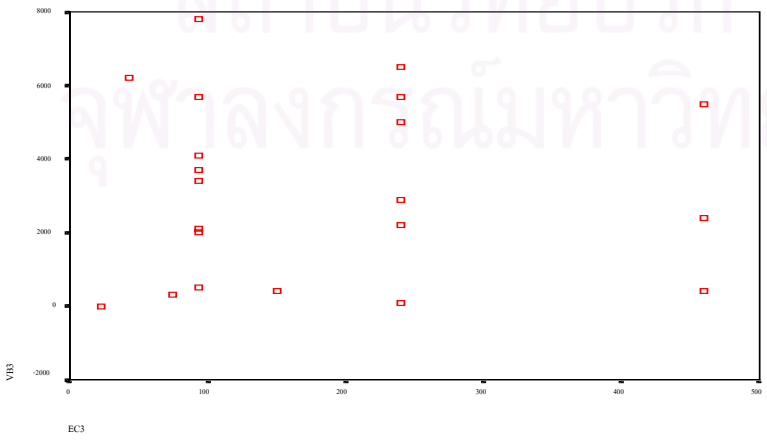
b. Dependent Variable: VB3

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3192.087	929.191		3.435	.003
	EC3	-3.471E-02	4.097	-.002	-.008	.993

a. Dependent Variable: VB3

Graph



ตารางที่ จ 37 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Fecal Streptococci กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.785[a]	.616	.596	81.7560

a. Predictors: (Constant), MP3

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	203525.358	1	203525.358	30.449	.000[a]
	Residual	126996.928	19	6684.049		
	Total	330522.286	20			

a. Predictors: (Constant), MP3

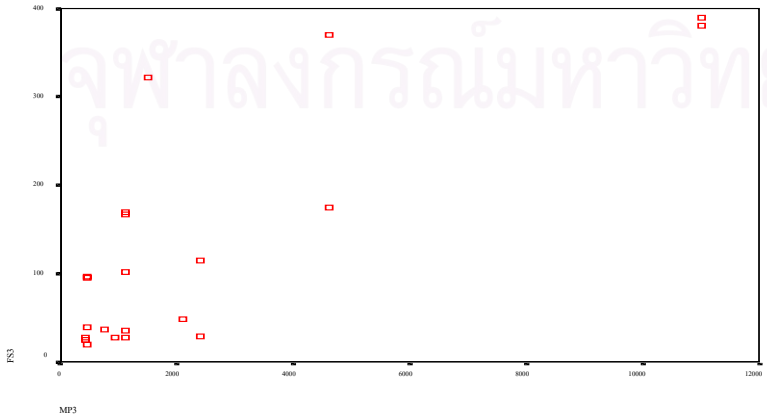
b. Dependent Variable: FS3

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	52.089	22.560		2.309	.032
	MP3	3.234E-02	.006	.785	5.518	.000

a. Dependent Variable: FS3

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 38 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Fecal Streptococci กับ *E. coli* ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.233[a]	.054	.005	128.2572

a. Predictors: (Constant), EC3

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	17973.792	1	17973.792	1.093	.309[a]
	Residual	312548.494	19	16449.921		
	Total	330522.286	20			

a. Predictors: (Constant), EC3

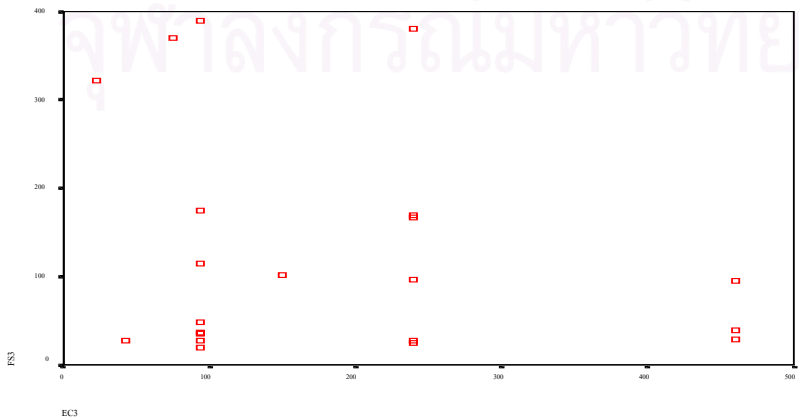
b. Dependent Variable: FS3

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	168.613	47.663		3.538	.002
	EC3	-.220	.210	-.233	-1.045	.309

a. Dependent Variable: FS3

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 39 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *E. coli* กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.141[a]	.020	-.032	138.6033

a. Predictors: (Constant), MP3

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7420.474	1	7420.474	.386	.542[a]
	Residual	365006.669	19	19210.877		
	Total	372427.143	20			

a. Predictors: (Constant), MP3

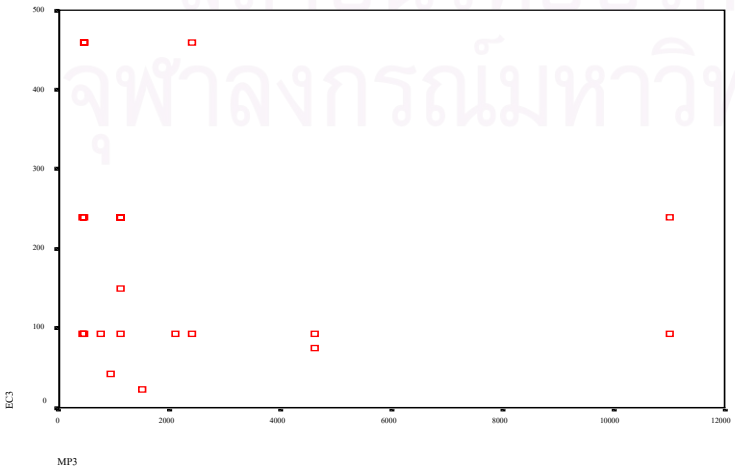
b. Dependent Variable: EC3

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	198.121	38.247		5.180	.000
	MP3	-6.175E-03	.010	-.141	-.622	.542

a. Dependent Variable: EC3

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 40 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ Fecal Streptococci ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.521[a]	.272	.234	2133.5088

a. Predictors: (Constant), FS3

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	32300382.080	1	32300382.080	7.096	.015[a]
	Residual	86485332.206	19	4551859.590		
	Total	118785714.286	20			

a. Predictors: (Constant), FS3

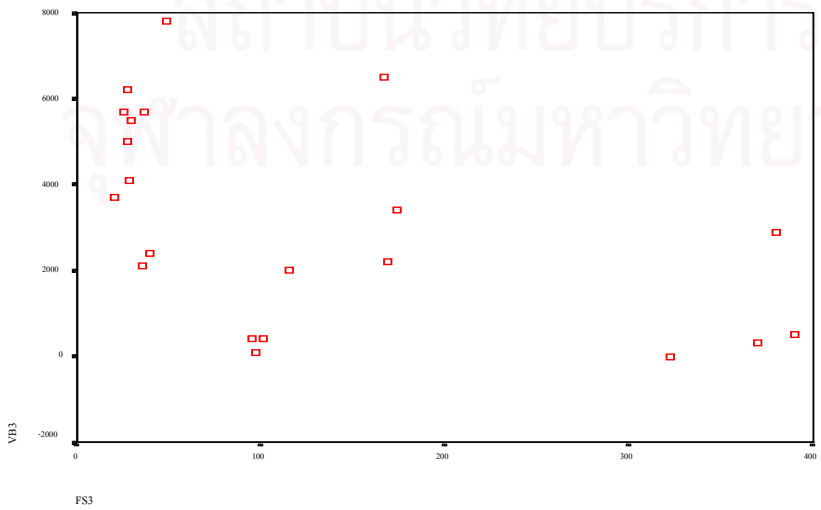
b. Dependent Variable: VB3

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4453.897	665.882		6.689	.000
	FS3	-9.886	3.711	-.521	-2.664	.015

a. Dependent Variable: VB3

Graph



ตารางที่ จ 41 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria, *E. coli*, *Vibrio spp.,* และ Fecal Streptococci ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4

Correlations

Correlations

		TC4	MP4	EC4	VB4	FS4
TC4	Pearson Correlation	1.000	.593**	.484*	-.157	.313
	Sig. (2-tailed)	.	.005	.026	.498	.167
	N	21	21	21	21	21
MP4	Pearson Correlation	.593**	1.000	.844**	.134	.507*
	Sig. (2-tailed)	.005	.	.000	.563	.019
	N	21	21	21	21	21
EC4	Pearson Correlation	.484*	.844**	1.000	.197	.631**
	Sig. (2-tailed)	.026	.000	.	.392	.002
	N	21	21	21	21	21
VB4	Pearson Correlation	-.157	.134	.197	1.000	.218
	Sig. (2-tailed)	.498	.563	.392	.	.342
	N	21	21	21	21	21
FS4	Pearson Correlation	.313	.507*	.631**	.218	1.000
	Sig. (2-tailed)	.167	.019	.002	.342	.
	N	21	21	21	21	21

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 42 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.593[a]	.351	.317	325282.5560

a. Predictors: (Constant), MP4

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1088870868291	1	1088870868291	10.291	.005[a]
	Residual	2010366084090	19	105808741267.9		
	Total	3099236952381	20			

a. Predictors: (Constant), MP4

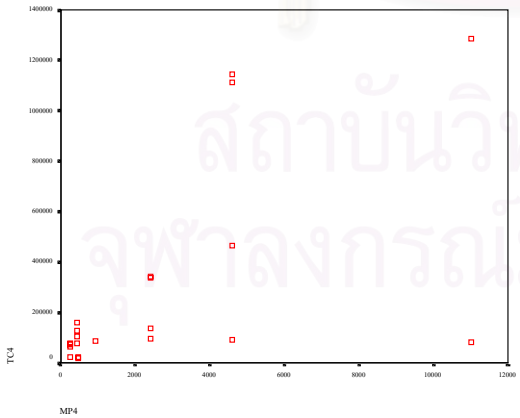
b. Dependent Variable: TC4

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	95124.568	91816.642		1.036	.313
	MP4	71.949	22.428	.593	3.208	.005

a. Dependent Variable: TC4

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 43 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ *E. coli* ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.484[a]	.234	.194	353366.1184

a. Predictors: (Constant), EC4

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	726752293129.2	1	726752293129.2	5.820	.026[a]
	Residual	2372484659252	19	124867613644.8		
	Total	3099236952381	20			

a. Predictors: (Constant), EC4

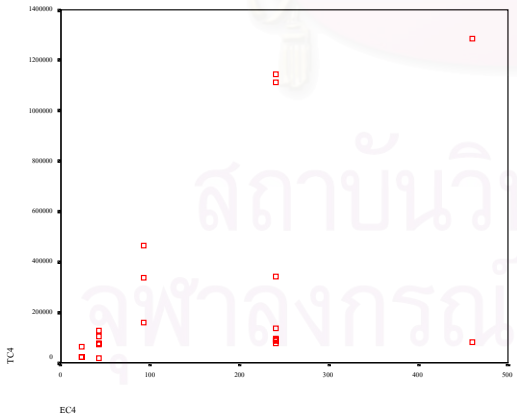
b. Dependent Variable: TC4

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	54637.427	121754.524		.449	.659
	EC4	1402.766	581.456	.484	2.413	.026

a. Dependent Variable: TC4

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 44 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Fecal Streptococci ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.313[a]	.098	.050	383614.2863

a. Predictors: (Constant), FS4

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	303198459551.3	1	303198459551.3	2.060	.167[a]
	Residual	2796038492830	19	147159920675.2		
	Total	3099236952381	20			

a. Predictors: (Constant), FS4

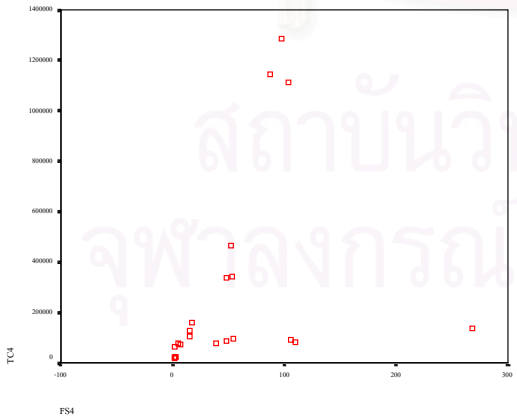
b. Dependent Variable: TC4

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	174873.973	112127.742		1.560	.135
	FS4	1982.933	1381.464	.313	1.435	.167

a. Dependent Variable: TC4

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 45 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ *Vibrio spp.* ณ.สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.157[a]	.024	-.027	398901.3676

a. Predictors: (Constant), VB4

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	75913232100.306	1	75913232100.306	.477	.498[a]
	Residual	3023323720281	19	159122301067.4		
	Total	3099236952381	20			

a. Predictors: (Constant), VB4

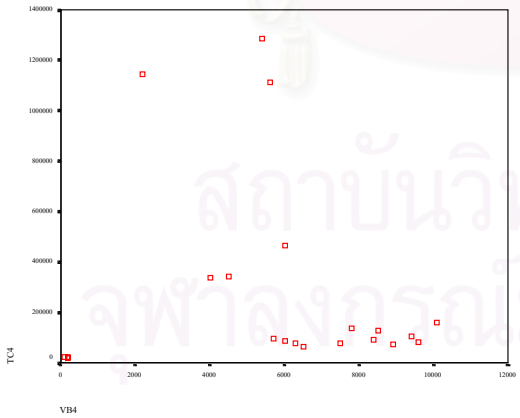
b. Dependent Variable: TC4

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	398775.750	190221.710		2.096	.050
	VB4	-19.962	28.900	-.157	-.691	.498

a. Dependent Variable: TC4

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 46 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.134[a]	.018	-.034	3137.9844

a. Predictors: (Constant), MP4

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3420410.109	1	3420410.109	.347	.563[a]
	Residual	187091970.843	19	9846945.834		
	Total	190512380.952	20			

a. Predictors: (Constant), MP4

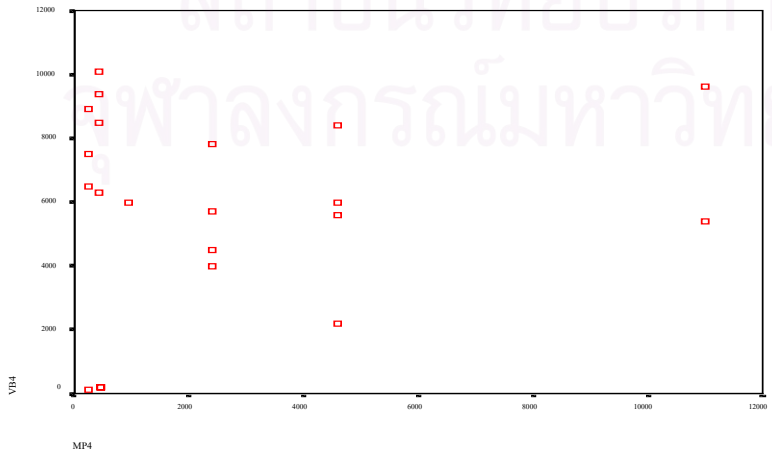
b. Dependent Variable: VB4

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5521.256	885.751		6.233	.000
	MP4	.128	.216	.134	.589	.563

a. Dependent Variable: VB4

Graph



ตารางที่ จ 47 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ *E. coli* ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.197[a]	.039	-.012	3104.4044

a. Predictors: (Constant), EC4

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7403169.734	1	7403169.734	.768	.392[a]
	Residual	183109211.218	19	9637326.906		
	Total	190512380.952	20			

a. Predictors: (Constant), EC4

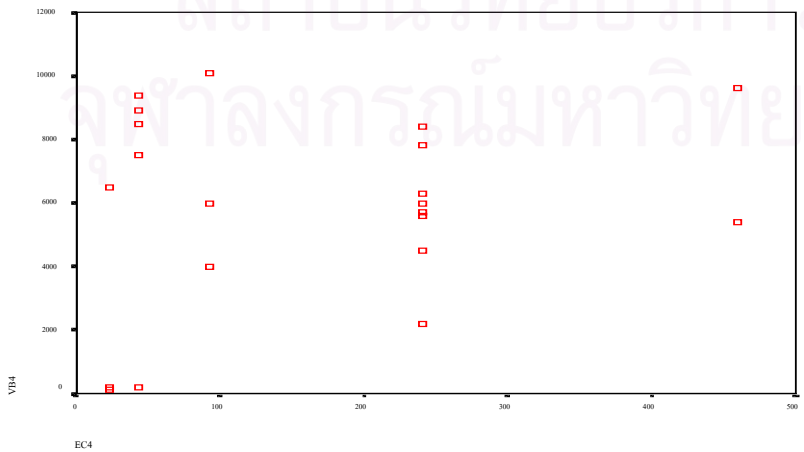
b. Dependent Variable: VB4

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5126.871	1069.642		4.793	.000
	EC4	4.477	5.108	.197	.876	.392

a. Dependent Variable: VB4

Graph



ตารางที่ จ 48 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Fecal Streptococci กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.507[a]	.257	.218	54.9213

a. Predictors: (Constant), MP4

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	19799.291	1	19799.291	6.564	.019[a]
	Residual	57310.709	19	3016.353		
	Total	77110.000	20			

a. Predictors: (Constant), MP4

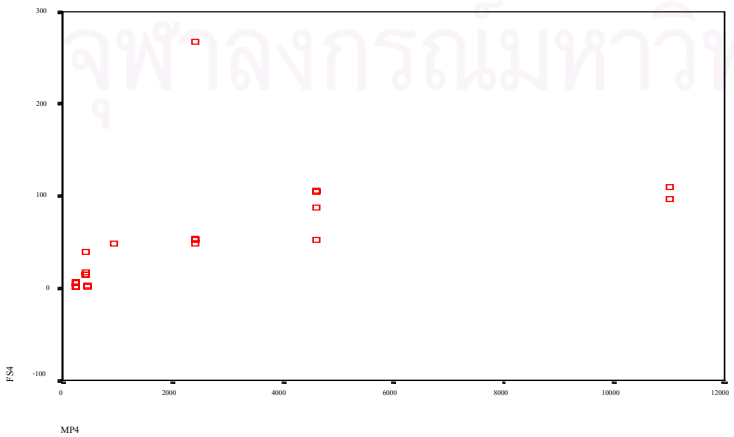
b. Dependent Variable: FS4

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	28.807	15.502		1.858	.079
	MP4	9.702E-03	.004	.507	2.562	.019

a. Dependent Variable: FS4

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 49 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Fecal Streptococci กับ *E. coli* ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.631[a]	.399	.367	49.4015

a. Predictors: (Constant), EC4

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	30740.258	1	30740.258	12.596	.002[a]
	Residual	46369.742	19	2440.513		
	Total	77110.000	20			

a. Predictors: (Constant), EC4

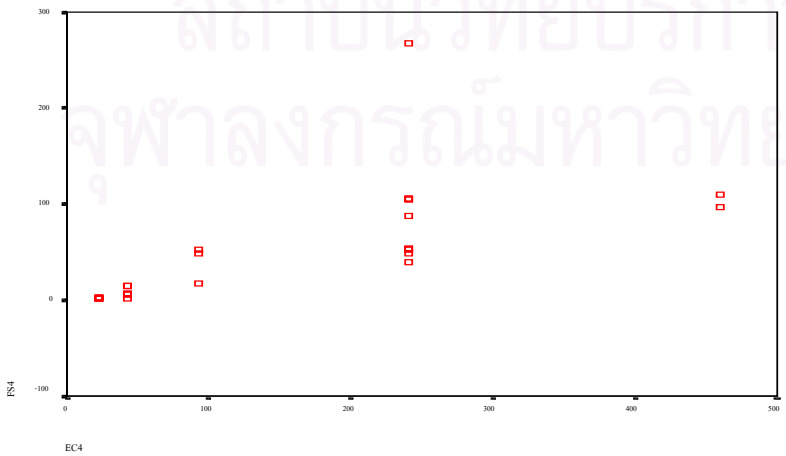
b. Dependent Variable: FS4

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.249	17.022		.426	.675
	EC4	.289	.081	.631	3.549	.002

a. Dependent Variable: FS4

Graph



ตารางที่ จ 50 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *E. coli* กับ Coliform bacteria ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.844[a]	.713	.697	74.7537

a. Predictors: (Constant), MP4

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	263156.862	1	263156.862	47.092	.000[a]
	Residual	106174.090	19	5588.110		
	Total	369330.952	20			

a. Predictors: (Constant), MP4

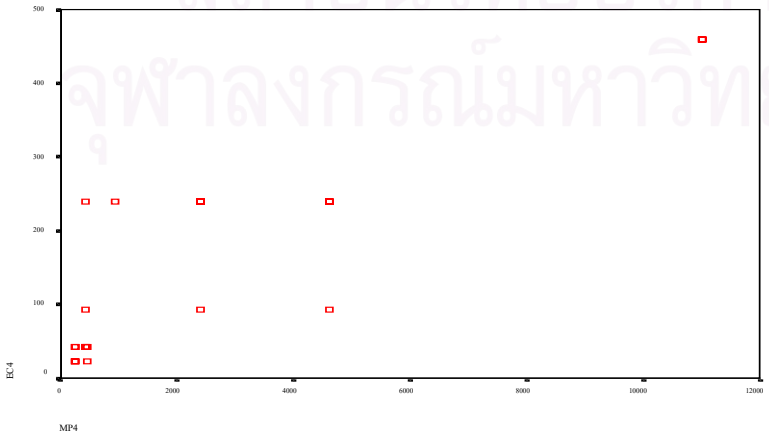
b. Dependent Variable: EC4

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	70.202	21.101		3.327	.004
	MP4	3.537E-02	.005	.844	6.862	.000

a. Dependent Variable: EC4

Graph



ตารางที่ จ 51 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ *Vibrio spp.* กับ Fecal Streptococci ณ. สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.218[a]	.048	-.003	3090.2968

a. Predictors: (Constant), FS4

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	9063623.395	1	9063623.395	.949	.342[a]
	Residual	181448757.557	19	9549934.608		
	Total	190512380.952	20			

a. Predictors: (Constant), FS4

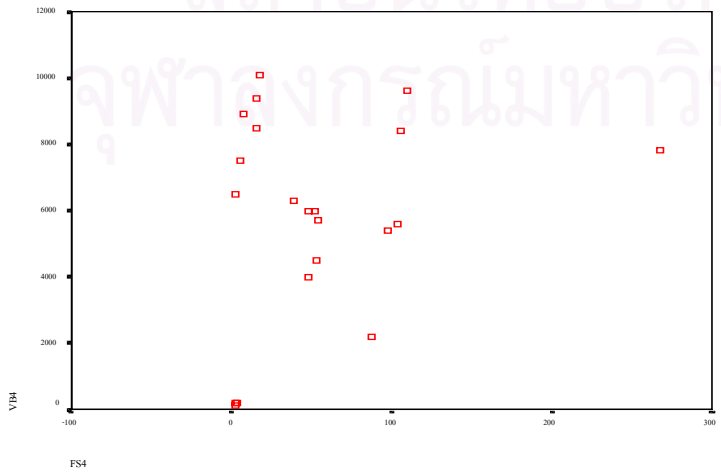
b. Dependent Variable: VB4

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5266.932	903.272		5.831	.000
	FS4	10.842	11.129	.218	.974	.342

a. Dependent Variable: VB4

Graph



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 52 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria, *E. coli*, *Vibrio spp.,* และ Fecal Streptococci เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2545

Correlations

Correlations

		TC06	MP06	EC06	VB06	FS06
TC06	Pearson Correlation	1.000	.294	.350	.567	.724**
	Sig. (2-tailed)	.	.354	.264	.055	.008
	N	12	12	12	12	12
MP06	Pearson Correlation	.294	1.000	.521	.369	.484
	Sig. (2-tailed)	.354	.	.082	.238	.111
	N	12	12	12	12	12
EC06	Pearson Correlation	.350	.521	1.000	-.114	.501
	Sig. (2-tailed)	.264	.082	.	.723	.097
	N	12	12	12	12	12
VB06	Pearson Correlation	.567	.369	-.114	1.000	.082
	Sig. (2-tailed)	.055	.238	.723	.	.800
	N	12	12	12	12	12
FS06	Pearson Correlation	.724**	.484	.501	.082	1.000
	Sig. (2-tailed)	.008	.111	.097	.800	.
	N	12	12	12	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 53 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria, *E. coli*, *Vibrio spp.*, และ Fecal Streptococci เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2545

Correlations

Correlations

		TC07	MP07	EC07	VB07	FS07
TC07	Pearson Correlation	1.000	-.358	-.363	.419	-.558
	Sig. (2-tailed)	.	.254	.246	.175	.059
	N	12	12	12	12	12
MP07	Pearson Correlation	-.358	1.000	.578*	-.315	.495
	Sig. (2-tailed)	.254	.	.049	.318	.102
	N	12	12	12	12	12
EC07	Pearson Correlation	-.363	.578*	1.000	-.420	.250
	Sig. (2-tailed)	.246	.049	.	.174	.434
	N	12	12	12	12	12
VB07	Pearson Correlation	.419	-.315	-.420	1.000	-.442
	Sig. (2-tailed)	.175	.318	.174	.	.150
	N	12	12	12	12	12
FS07	Pearson Correlation	-.558	.495	.250	-.442	1.000
	Sig. (2-tailed)	.059	.102	.434	.150	.
	N	12	12	12	12	12

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 54 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria, *E. coli*, *Vibrio spp.,* และ Fecal Streptococci เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2545

Correlations

Correlations

		TC08	MP08	EC08	VB08	FS08
TC08	Pearson Correlation	1.000	.725**	.196	-.133	.329
	Sig. (2-tailed)	.	.008	.541	.680	.297
	N	12	12	12	12	12
MP08	Pearson Correlation	.725**	1.000	.272	.146	.450
	Sig. (2-tailed)	.008	.	.392	.650	.142
	N	12	12	12	12	12
EC08	Pearson Correlation	.196	.272	1.000	-.136	.156
	Sig. (2-tailed)	.541	.392	.	.674	.628
	N	12	12	12	12	12
VB08	Pearson Correlation	-.133	.146	-.136	1.000	-.243
	Sig. (2-tailed)	.680	.650	.674	.	.447
	N	12	12	12	12	12
FS08	Pearson Correlation	.329	.450	.156	-.243	1.000
	Sig. (2-tailed)	.297	.142	.628	.447	.
	N	12	12	12	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 55 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria, *E. coli*, *Vibrio spp.*, และ Fecal Streptococci เดือนกันยายน พ.ศ. 2545

Correlations

Correlations

		TC09	MP09	EC09	VB09	FS09
TC09	Pearson Correlation	1.000	.790**	.452	.353	.941**
	Sig. (2-tailed)	.	.002	.140	.260	.000
	N	12	12	12	12	12
MP09	Pearson Correlation	.790**	1.000	.635*	.762**	.807**
	Sig. (2-tailed)	.002	.	.026	.004	.001
	N	12	12	12	12	12
EC09	Pearson Correlation	.452	.635*	1.000	.321	.498
	Sig. (2-tailed)	.140	.026	.	.309	.100
	N	12	12	12	12	12
VB09	Pearson Correlation	.353	.762**	.321	1.000	.438
	Sig. (2-tailed)	.260	.004	.309	.	.155
	N	12	12	12	12	12
FS09	Pearson Correlation	.941**	.807**	.498	.438	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.001	.100	.155	.
	N	12	12	12	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 56 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria, *E. coli*, *Vibrio spp.,* และ Fecal Streptococci เดือนตุลาคม พ.ศ. 2545

Correlations

Correlations

		TC10	MP10	EC10	VB10	FS10
TC10	Pearson Correlation	1.000	.850**	.792**	.380	.717**
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.002	.223	.009
	N	12	12	12	12	12
MP10	Pearson Correlation	.850**	1.000	.971**	.372	.744**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.233	.006
	N	12	12	12	12	12
EC10	Pearson Correlation	.792**	.971**	1.000	.204	.738**
	Sig. (2-tailed)	.002	.000	.	.525	.006
	N	12	12	12	12	12
VB10	Pearson Correlation	.380	.372	.204	1.000	.275
	Sig. (2-tailed)	.223	.233	.525	.	.387
	N	12	12	12	12	12
FS10	Pearson Correlation	.717**	.744**	.738**	.275	1.000
	Sig. (2-tailed)	.009	.006	.006	.387	.
	N	12	12	12	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 57 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria, *E. coli*, *Vibrio spp.*, และ Fecal Streptococci เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2545

Correlations

Correlations

		TC11	MP11	EC11	VB11	FS11
TC11	Pearson Correlation	1.000	.248	.313	.911**	-.053
	Sig. (2-tailed)	.	.438	.322	.000	.871
	N	12	12	12	12	12
MP11	Pearson Correlation	.248	1.000	.658*	.339	.941**
	Sig. (2-tailed)	.438	.	.020	.281	.000
	N	12	12	12	12	12
EC11	Pearson Correlation	.313	.658*	1.000	.362	.627*
	Sig. (2-tailed)	.322	.020	.	.248	.029
	N	12	12	12	12	12
VB11	Pearson Correlation	.911**	.339	.362	1.000	.034
	Sig. (2-tailed)	.000	.281	.248	.	.917
	N	12	12	12	12	12
FS11	Pearson Correlation	-.053	.941**	.627*	.034	1.000
	Sig. (2-tailed)	.871	.000	.029	.917	.
	N	12	12	12	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ 58 ความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของ Total Count กับ Coliform bacteria, *E. coli*, *Vibrio spp.*, และ Fecal Streptococci เดือนธันวาคม พ.ศ. 2545

Correlations

Correlations

		TC12	MP12	EC12	VB12	FS12
TC12	Pearson Correlation	1.000	-.154	.348	.280	-.029
	Sig. (2-tailed)	.	.632	.267	.379	.930
	N	12	12	12	12	12
MP12	Pearson Correlation	-.154	1.000	.382	.753**	.215
	Sig. (2-tailed)	.632	.	.221	.005	.502
	N	12	12	12	12	12
EC12	Pearson Correlation	.348	.382	1.000	.388	-.112
	Sig. (2-tailed)	.267	.221	.	.213	.728
	N	12	12	12	12	12
VB12	Pearson Correlation	.280	.753**	.388	1.000	.386
	Sig. (2-tailed)	.379	.005	.213	.	.215
	N	12	12	12	12	12
FS12	Pearson Correlation	-.029	.215	-.112	.386	1.000
	Sig. (2-tailed)	.930	.502	.728	.215	.
	N	12	12	12	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพิธา รัตนศิลปิน เกิดเมื่อวันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย