บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

ลักษณะโดยทั่วไปของพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกสามารถสรุปได้ดังนี้ (สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, 2537)

1. ลักษณะภูมิประเทศ

บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกมีพื้นที่ประมาณ 22,423 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 14,014,375 ไร่ประกอบด้วยจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราดลักษณะภูมิประเทศของภาคตะวันออก ตอนบนเป็นที่ราบระหว่างเทือกเขามีลักษณะเป็นเนินเขาทางทิศตะวันออกและลาดลงไปในทางทิศตะวันตก ทางตอนกลางเป็นพื้นที่ราบมีเนินเขาสูงสลับกัน พื้นที่ทางตอนใต้เป็นลักษณะลูกคลื่นลอดลาดสลับกับพื้นที่ราบ บริเวณชายฝั่งทะเลเป็นที่ราบระหว่างเชิงเขากับชาวทะเลยาวตลอดแนวชายฝั่งทะเลมี พื้นที่ยาวประมาณ 156 กิโลเมตร ลักษณะพื้นที่ชายหาดจะมีลักษณะเป็นหาดโคลนและป่าชายเลนเพราะได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำที่ไหลลงสู่อ่าวไทย ในบางบริเวณเป็นหาดทรายแคบ ๆ สลับกับการตั้งถิ่นฐานของชุมชนบริเวณชายฝั่งทะเล สามารถพบพื้นที่ชายเลนได้ทั่วไปในบริเวณพื้นที่ราบลุ่มปากแม่น้ำ ตัวอย่างเช่น ปากแม่น้ำบางปะกง แม่น้ำประแสร์ แม่น้ำจันทบุรี และแม่น้ำตราด นอกจากนี้ยังประกอบด้วยหมู่เกาะต่าง ตามชายฝั่งทะเล ได้แก่ เกาะสีชัง เกาะล้าน เกาะไผ่ เกาะแสมสาร และเกาะช้าง เป็นต้น

2. ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

2.1 แบบสะวันนา ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดผ่านทะเลไปยังบริเวณทางตะวันตกของจังหวัดชลบุรี และระยอง ทำให้มีอากาศร้อน มีฤดูแล้งสลับกับฤดูฝน ทำให้ฝนตกชุก

ฤดูกาล แบ่งออกเป็น 3 ฤดู ดังนี้

2.1.1 ฤดูร้อน ตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน

2.1.2 ฤดูฝน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน

2.1.3 ฤดูหนาวตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2 แบบมรสุมเขตร้อน ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดผ่านเขตจังหวังจันทบุรี และตราด ทำให้มีอากาศร้อนเกือบเท่าแบบสะวันนาแต่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า

ลักษณะลมมรสุม บริเวณอ่างไทยมีลมมรสุมพัดผ่าน 2 แบบ คือ

2.2.1 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พบในช่วงฤดูหนาวระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมกราคม โดยจะพัดจากทางด้นตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ฝั่งทะเลตอนเหนือและตะวันออกเกิดลมพัดไปทางใต้ ยกเว้นบริเวณสัตหีบที่จะมีลมพัดจากเหนือไปทางใต้ และในช่วงก่อนเดือนกุมภาพันธ์ ลมจะเปลี่ยนทิศทางเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากเหนือลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

2.2.2 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พบในช่วงฤดูร้อนระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคมโดยเริ่มก่อตัวตั้งแต่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ มีทิศทางการพัดผ่านจากบริเวณตอนเหนือของอ่างไทย หัวหิน สัตหีบ และเกาะสีชัง ในช่วงเดือนพฤษภาคม จะพบลมพัดจากตอนใต้ถึงตะวันตก จนถึงตลอดเดือนกันยายน

ในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงลมมรสุมราวเดือนตุลาคม อ่าวไยทางตอนเหนือจะมีลมมากทางเหนือพัดผ่าน ขณะที่ทางตอนใต้จะมีลักษณะลมที่ไม่แน่นอน

3. แหล่งน้ำธรรมชาติ

แหล่งน้ำธรรมชาติในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก ประกอบด้วยแม่น้ำสายสำคัญ ดังนี้

3.1 แม่น้ำบางปะกง เป็นแม่น้ำสายสำคัญที่สุดมีความยาวประมาณ 122 กิโลเมตร เกิดจากการรวมตัวของมีน้ำนครนายกที่มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาใหญ่และที่ราบเชิงเขารวมเป็นลำน้ำหลายสายไหลรวมกัน กับแม่น้ำปราจีนบุรีที่มีต้นกำเนิดจากบริเวณเทือกเขาสันกำแพงที่อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี แล้วไหลลงสู่ทะเลที่อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา

3.2 แม่น้ำระยอง (คลองใหญ่ เป็นลำน้ำที่มีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาในเขตจังหวัดชลบุรี และอำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง และไหลลงสู่คลองต่าง ๆ เช่น คลองดอกกรวย คลองระเวิง คลองใหญ่ แล้วไหลมารวมกันที่อำเภอบ้านค่าย และไหลลงสู่ทะเลที่อำเภอเมือง จังหวัดระยอง

3.3 แม่น้ำประแสร์ มีต้นกำเนิดจากภูเขาต่าง ๆ และที่ราบสูงในเขตอำเภอแกลงและอำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง และเขากระเด็นในเขตจังหวัดชลบุรี และไหลลงสู่คลองประแสร์และคลองโพล่รวมเป็นแม่น้ำประแสร์ไหลลงสู่ทะเลที่บ้านปากแม่น้ำประแสร์ อำเภอแกลง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.4 แม่น้ำจันทบุรี ต้นกำเนิดจากเขาอ่างราม เขาตะเคียน เขาสอยดาว แล้วไหลรวมกันเป็นคลองจันทบุรี ไหลผ่านบริเวณตัวจังหวัด จึงเปลี่ยนเป็นแม่น้ำจันทบุรี แล้วไหลลงสู่ทะเลที่อำเภอแหลมสิงห์

3.5 แม่น้ำเวฬุ มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาทุ่งสะพานหินด้านทิศตะวันตก แล้วไหลสู่คลองเวฬุ และเทือกเขาสระบาป ด้านทิศตะวันออกไหลลงสู่คลองตรอกนอกและคลองท่าประดู่ แล้วไหลรวมกับคลองเวฬุที่อำเภอขลุง ไหลลงสู่ทะเลที่บ้านคลองบางกระดาน อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด

3.6 แม่น้ำตราด (แม่น้ำเขาสมิง) มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาทุ่งสะพานหินไหลลงมาตามคลองห้วยสะพานหิน ห้วยสะตอ คลองแอ่ง และจากเทือกเขาบรรทัดไหลลงมาตามคลองห้วยแร้งและคลองพืด มารวมกันเป็นแม่น้ำเขาสมิง ไหลมาทางใต้ผ่านเมืองตราด จึงเปลี่ยนชื่อเป็นแม่น้ำตราด ไหลลงสู่ทะเลที่อำเภอเมืองตราด

4. ทรัพยากรชายฝั่งทะเล

บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก ประกอบด้วยแล่งทรัพยากรประเภทต่าง ๆ ดังนี้คือ

4.1 ป่าชายเลน เป็นทรัพยากรชายฝั่งที่มีคุณค่าต่อสัตว์น้ำและมีอิทธิพลอย่างมากต่อการประมงและระบบนิเวศบริเวณชายฝั่งทะเล เมื่อมีประชากรและการพัฒนามากขึ้น ป่าชายเลน จึงลดลงและมีแนวโน้มว่าจะลดลงเรื่อย ๆ จากสาเหตุการบุกรุกป่าชายเลนเพื่อทำการเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำชายฝั่ง

4.2 แนวปะการัง เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำหลายชนิดมีอิทธิพลต่อระบบนิเวศของ สิ่งมีชีวิตในทะเล บริเวณอ่าวไทยมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะพบแนวปะการังอยู่ทั่วไปตามบริเวณชายฝั่งและรอบ ๆ เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี จนถึงเกาะกูด จังหวัดตราด กลุ่มแหล่งปะการัง ที่สำคัญพบได้ที่เกาะล้าน เกาะสาก เกาะครก เกาะริ้น เกาะแสมสาร เกาะมันใน และเกาะช้าง เป็นต้น

4.3 แหล่งประมงและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก นับเป็นแหล่งประมงและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่มีความสำคัญของประเทศ ทั้งในบริเวณปากแม่น้ำและป่าชายเลน ซึ่งมีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสูงมาก โดยเฉพาะเป็นแหล่งเลี้ยงหอยนางรม ปลาเก๋า และยังเป็นแหล่งการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่สำคัญ

4.4 แหล่งท่องเที่ยวชาวฝั่ง ตลอดแนวชายฝั่งทะเลตะวันออกมีแหล่งท่องเที่ยวทางทะเลที่สำคัญหลายแห่ง ได้แก่ หาดบางแสน หาดพัทยา หาดนาจอมเทียน หาดแม่รำพึง รวมถึงเกาะแก่งต่าง ๆ ในจังหวัดตราด เป็นต้น การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวจำเป็นต้องอาศัยการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปด้วย มิฉะนั้นจะเกิดการเสื่อมโทรมของแหล่งท่อง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เที่ยว อย่างไรก็ตามบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกนี้ยังมีบริเวณพื้นที่ชายหาดที่มีศักยภาพในการพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวได้อีกมาก

5. ลักษณะของชายฝั่งทะเลและปากแม่น้ำ

5.1 ชายฝั่งทะเล

ทะเลครอบคลุมพื้นผิวโลกอยู่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่หนึ่งในสามของ พื้นที่โลกโดยมีพื้นที่ความลึกตั้งแต่น้อยกว่า 1 เมตรจนถึง 10,000 เมตร พื้นที่ใต้น้ำทะเลรอบ ๆ แผ่นดินที่มีความลาดเอียงค่อย ๆ ลดลง 1 องศาจากชายฝั่งจนมีความลึกประมาณ 200 เมตร เรียกว่าบริเวณไหล่ทวีป (Continental Shelf) มีความกว้างเฉลี่ย 50-200 กิโลเมตรและครอบคลุมพื้นที่ 8 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทะเล ทะเลด้านอ่าวไทยทั้งหมดรวมถึงทะเลจีนใต้พื้นที่เกือบทั้งหมดเป็น ไหล่ทวีป พื้นที่ชายฝั่งบริเวณไหล่ทวีปเป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับแผ่นดิน จึงเป็นบริเวณที่มีประโยชน์ ต่อมนุษย์ ลักษณะของผืนน้ำตั้งแต่บริเวณชายฝั่งออกไปจนถึงนอกฝั่งในมหาสมุทรและทะเลสามารถแบ่งได้ดังนี้ (จิตติมา อายุตตะกะ, 2544)

5.1.1 บริเวณใกล้ฝั่ง (Neurotic Province) เป็นเขตตั้งแต่ที่ตื้นเขตน้ำขึ้นน้ำลงออกไปถึงบริเวณด้านนอกของเขตซับไทดัล โดยมีความลึกของน้ำทะเลที่ริมนอกประมาณ 200 เมตร นั่นคือระดับความลึกสุดของเขตไหล่ทวีปนั่นเอง

5.1.2 บริเวณไกลฝั่ง (Oceanic Province)เป็นบริเวณที่อยู่ห่างออกจากฝั่งมาทางด้านมหาสมุทรและทะเล โดยครอบคลุมบริเวณพื้นท้องทะเลลึก เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีน้ำลึกจึงต้องแบ่งออกเป็นเขตย่อยตามระดับความลึก คือ

5.1.2.1 เขตเอพิเพลาจิก (Epipelagic Zone) อยู่บริเวณผิวหน้าน้ำจนถึงความลึก 100 เมตร ได้รับอิทธิพลจากแสงและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

5.1.2.2 เขตเมโซเพลาจิก (Mesopelagic Zone) เป็นเขตจากความลึก 100 เมตร จนถึงระดับ 1,000 เมตร บริเวณนี้เริ่มมืดมัวและอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง

5.1.2.3 เขตบาธีเพลาจิก (Bathypelagic Zone) ตั้งแต่ระดับความลึก 1,000 เมตร จนถึง 4,000 เมตร

5.1.2.4 เขตอะบีสโซเพลาจิก (Abyssopelagic Zone) เป็นเขตน้ำลึกตั้งแต่ 4,000 เมตร จนถึง 6,000 เมตร

5.1.2.5 เขตฮาโดเพลาจิก (Hadopelagic Zone) เป็นเขตพื้นน้ำในเหวลึกใต้สมุทรที่มีความลึกตั้งแต่ 6,000 เมตร จนถึงระดับความลึกมากกว่า 10,000 เมตร

น้ำทะเลประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ อย่างน้อย 80 ชนิด มีพีเอช (pH) 7.5--8.5 องค์ประกอบส่วนใหญ่คืออิออนของโซเดียมและคลอไรด์ (Sodium Chloride) นอกจากนี้ยัง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประกอบด้วยแคลเซียม (Calcium) ไนโตรเจน (Nitrogen) แมกนีเซียม (Magnesium) ซิลิคอน (Silicon) สตรอนเทรียม (Strontium) โบรอน (Boron) โบรไมด์ (Boomide) ฟลูออไรด์ (Fluoride) และ ซัลเฟต (Sulfate) เป็นต้น ความเค็มของน้ำทะเลอยู่ในช่วง 32-38 เปอร์เซ็นต์ สำหรับบริเวณชายฝั่งทะเลจะมีผลกระทบจากการเจือจางของน้ำจืดจากแม่น้ำลำคลองทำให้มีค่าความเค็มลดลงอยู่ในช่วง 10 - 32 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้แล้วออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ยังเป็นก๊าซที่สำคัญที่หมุนเวียนอยู่ในน้ำทะเล รวมถึงสารอาหารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวภาพ เช่น ไนไตรท์ (Nitri) ไนเตรต (Nitrate) และฟอสเฟต (Phosphate) และสารประกอบอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในทะเลไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์หรือจุลินทรีย์เช่น คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) กรดไขมัน (Lipid Acid) โพลิแซคคาไรด์ (Polysaccarid) และกรดอะมิโน (Amino Acid) ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในทะเลที่สำคัญคือการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติได้แก่ น้ำขึ้นน้ำลง สภาพพื้นที่ คลื่น ความดันอุทกสถิต แสง อุณหภูมิ และความเค็ม

5.2 ปากแม่น้ำ

ปากแม่น้ำ หรอ เอสทูรี (Estuary) หมายถึง บริเวณรอยต่อระหว่างแม่น้ำกับทะเล มีการผสมผสานระหว่าง น้ำจืดจากพื้นแผ่นดินกับน้ำเค็มจากทะเล

ปากแม่น้ำ แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท (จิตติมา อายุตตะกะ, 2544) ได้แก่

5.2.1 Salt Wedge Estuary เป็นเอสทูรีที่มีการแล่งชั้นของน้ำตามแนวดิ่งอย่างชัดเจน โดยน้ำจืดจากแผ่นดินจะแยกชั้นอยู่บนชั้นของน้ำทะเลที่ไหลเข้ามาเป็นรูปลิ่ม โดยความเค็มจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระดับความลึก

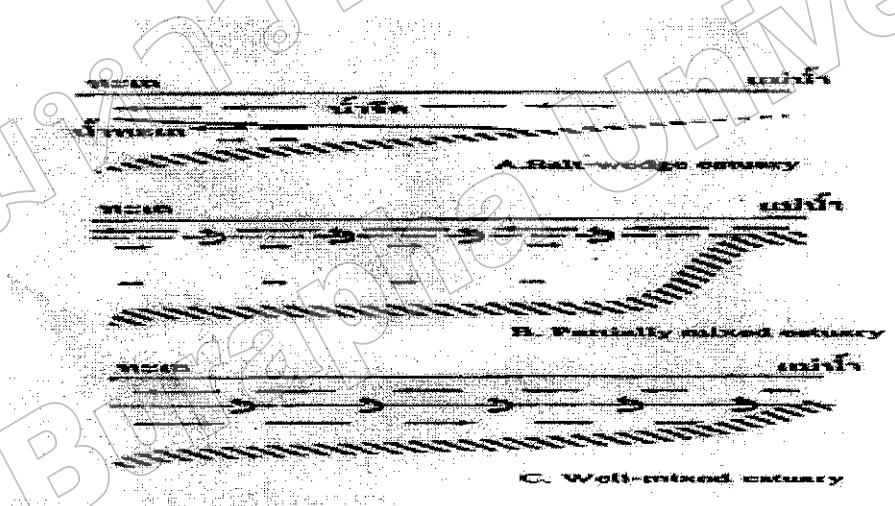
5.2.2 Partially Mixed Estuary เป็นเอสทูรีที่มีการผสมของน้ำระหว่างชั้นเพียงบางส่วน มีการดึงน้ำที่มีความเค็มสูงจากชั้นล่างขึ้นไปผสมกับชั้นบน เมื่อกระแสน้ำขึ้นลงและน้ำจืดไหลลงอย่างรุนแรง ความเค็มของน้ำชั้นบนจึงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะทางที่ออกสู่ทะเล เนื่องจากมีน้ำทะเลขึ้นมาผสม ความเค็มของน้ำชั้นล่างเกือบไม่เปลี่ยนแปลง แต่มีการเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ ของน้ำขึ้นไปทางเหนือน้ำ

5.2.3 Well Mixed Esutary เป็นเอสทูรีที่มีการผสมของน้ำจืดและน้ำทะเลอย่างดี ในปากแม่น้ำตื้นที่กระแสน้ำขึ้นน้ำลงมีความแรงจะมีการผสมผสานกันตามแนวดิ่ง การไหลของน้ำยังเป็นแบบ 2 ชั้น คือน้ำจืดไหลออกทะเลในระดับบน ขณะที่น้ำทะเลไหลเข้าแม่น้ำในระดับล่าง ดังนั้นความเค็มจะเพิ่มขึ้นทีละน้อยตามความลึก อิทธิพลของน้ำทะเลจะมากกว่าน้ำจืดที่ไหลลงสู่บริเวณนั้น ทำให้น้ำมีการแบ่งส่วนของความเค็มตามแนวราบ

น้ำในบริเวณปากแม่น้ำมีปริมาณเกลือละลายอยู่เฉลี่ย 120 มิลลิกรัมต่อลิตร จนถึงน้ำที่มีความเค็ม 35 ส่วนในพันส่วนซึ่งเป็นความเค็มตามปกติของน้ำทะเล (จิตติมา อายุตตะกะ, 2544)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

น้ำจากแม่น้ำจะมีไบคาร์บอเนต และแคลเซียม ขณะที่น้ำทะเลจะมีโซเดียม แมกนีเซียมคลอไรด์ และซัลเฟตเป็นองค์ประกอบหลัก การกระจายขององค์ประกอบทางเคมีภายในปากแม่น้ำมีอิทธิพลมาจากธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ ซึ่งสารเหล่านี้จะอยู่ในรูปของไอออนอิสระ สารประกอบเชิงซ้อน คอลลอยด์ และสารแขวนลอย ซึ่งจะมาจากทางแม่น้ำ อากาศ แหล่งชายฝั่งใกล้เคียงและจากทะเล สารต่าง ๆ เมื่อยู่ในปากแม่น้ำบางส่วนจะสะสมอยู่ในปากแม่น้ำ อีกส่วนจะถูกพัดพาออกสู่ทะเล การกระจายของสารบริเวณปากแม่น้ำจะอยู่ภายใต้การผสมผสานกันของน้ำจืดจากแม่น้ำและน้ำทะเล จากกระบวนการน้ำขึ้นน้ำลงทำให้เกิดการถ่ายเทของธาตุอาหารและโลหะ และมักพบว่าบริเวณปากแม่น้ำจะมีปริมาณธาตุอาหารและโลหะสูงกว่าในทะเล การหมุนเวียนของน้ำที่ทำให้เกิดการแบ่งขั้นของน้ำทำให้เกิดความแตกต่างของสารในระดับแนวนอนและแนวดิ่ง การทับถมของตะกอนบริเวณชายฝั่งและการลอยกลับขึ้นของตะกอนจากอิทธิพลของกระแสน้ำ ปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำทะเลและน้ำจากแม่น้ำที่ผสมผสานกันรวมถึงการเปลี่ยนแปลงความเค็มและอุณหภูมิ นอกจากนี้กระบวนการผลิตทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและการกระจายของธาตุอาหารในบริเวณปากแม่น้ำ



ภาพที่ 1 ลักษณะของเอสทูรีประเภทต่าง ๆ ตามลักษณะการหมุนเวียนน้ำในเอสทูรี (จิตติมา อายุตตะกะ, 2544)

แบคทีเรีย

แบคทีเรีย (Bacteria) เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเซลล์เดียวมีขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ 0.01 ไมโครเมตร ถึง 10-25 ไมโครเมตร แบคทีเรียจัดอยู่ในอาณาจักรโปรติสตา (Protista) ในกลุ่มของเซลล์ชั้นต่ำพวกโปรคาริโอท (Prokaryote) แบคทีเรียมีโครงสร้างแบบง่าย คือเป็นเซลล์ที่มีนิวเคลียสที่ประกอบด้วยกรดดีออกซีไรโบรนิวคลีอิก (DNA) แต่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ไซโทพลาสซึมถูกล้อมรอบด้วยผนังเซลล์มักเคลื่อนที่ด้วยรยางค์ การสืบพันธ์เป็นแบบไมโตซิส (Mitosis) หรือการผสมพันธุ์แบบการส่งผ่านกรดนิวคลิอิกระหว่างเซลล์ (Conjugation) สามารถแบ่งแบคทีเรียออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ แบคทีเรียที่สามารถสร้างอาหารเองได้ (Autotrophic Bacteria) โดยวิธีการสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Bacteria) หรือการสังเคราะห์ทางเคมี (Chemo-Autotrophic Bacteria) และแบคทีเรียที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ (Heterotrophic Bacteria) จัดเป็นพวกย่อยสลายอินทรีย์สารได้เป็นสารอนินทรีย์และก๊าซละลายน้ำทำให้เกิดการหมุนเวียนของสารอาหาร (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534; The Concise Columbia Electronic Encyclopedia, 1994)

แบคทีเรียมีรูปร่างต่าง ๆ กันจำพวก 3 พวก ได้แก่ (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534)

1. ทรงกลม (Coccus) เป็นแบคทีเรียที่มีรูปกลมหรือรูปไข่ อาจอยู่ในเซลล์เดี่ยว ๆ เช่น *MicroCoccus* หรือต่อกันเป็นสายโซ่ เช่น *StreptoCoccus* หรืออยู่กันเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น เช่น *StaphyloCoccus*

2. ทรงกระบอก (Bacillus) เป็นแบคทีเรียที่มีรูปท่อน บางชนิดเป็นท่อนสั้น ๆ เช่น *E.coli* บางชนิดเป็นท่อนยาว เช่น *Bacillus*

3. แบบเกลียว (Spirillum) เป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างท่อนยาวหรือท่อนสั้นแต่ละโค้งงอ เช่น Vibrio *Cholerae*

ขณะที่แบคทีเรียบางชนิดมีรูปร่างไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงได้หลายแบบเนื่องจากมีไม่มีผนังเซลล์ที่จะทำให้เซลล์คงรูปร่างอยู่ได้เช่น Mycoplasma

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้แก่ (สุวณี สุภเวชย์ และ มาลัย วรวิจิตร, 2540)

1. อุณหภูมิ (TempErature) เป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญมากในการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิต อุณหภูมิสูงสุดที่แบคทีเรียเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น (Maximum Temperature) ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์ในเซลล์จะเกิดในอัตราที่เร็วขึ้น แต่ส่วนประกอบของเซลล์ที่ไวต่ออุณหภูมิสูง เช่น โปรตีน หรือ กรดนิวคลิอิก อาจถูกทำลาย ขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดที่แบคทีเรียเจริญเติบโต (Minimum Temperature) ปฏิกิริยาและเอนไซม์หลายชนิดในเซลล์ลดกิจกรรมลง การ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ลำเลียงสารช้าลงทำให้ไม่มีการเจริญเติบโตแต่ไม่ตาย ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต (Optimum Temperature) จะทำให้การเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเป็นไปอย่างรวดเร็ว

2. พีเอช (pH) มีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์ แบคทีเรียแต่ละชนิดจะมีช่วงพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันไป ส่วนใหญ่จะเจริญได้ดีที่พีเอชเป็นกลางหรือค่อนข้างเป็นด่างอ่อน ๆ ได้แก่ พีเอช 5 - 9

3. ออกซิเจน (Oxygen) สามารถแบ่งความต้องการออกซิเจนเป็น 2 ประเภท ได้แก่ กลุ่มที่ไม่มีระบบการหายใจที่ใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็คตรอนตัวสุดท้าย คือพวก Facultative Anaerobe เป็นพวกที่สามารถทนต่อออกซิเจนได้ กับ Obligate Anaerobe เป็นพวกที่ถูกทำลายโดยออกซิเจนกับกลุ่มแอโรบส์ เป็นแบคทีเรียที่ได้รับพลังงานจากการหายใจโดยใช้ออกซิเจนในการรับอิเล็คตรอน คือพวก Obligate Aerobes เป็นกลุ่มที่เจริญเติบโตและดำรงชีวิตได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนเท่านั้น Facultative Aerobes เป็นกลุ่มที่เจริญได้ดีในภาวะมีออกซิเจนแต่สามารถอยู่ได้ในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน และ Microaeropile เป็นกลุ่มที่ต้องการออกซิเจนในระดับที่ต่ำกว่าบรรยากาศ

4. ค่าของน้ำที่สิ่งมีชีวิตสามารถใช้ได้ (Water Availability) โดยปกตินำ้มักจะแพร่จากปริมาณของน้ำสูงไปยังที่มีน้อยกว่าเสมอ หากเซลล์แบคทีเรียมีความเข้มข้นของสารละลายสูงกว่าสิ่งแวดล้อม น้ำจะแพร่เข้าสู่เซลล์ แต่หากเซลล์มีความเข้มข้นของสารละลายเจือจางกว่าสิ่งแวดล้อม น้ำจะแพร่จากเซลล์สู่สิ่งแวดล้อม

โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียและการตรวจวัดโดยวิธี Multiple-Tube Fermentation Technique สำหรับหาค่า Most Probable Number (MPN)

การตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางด้านจุลชีวิทยาโดยใช้แบคทีเรียดัชนีมีความสำคัญในการบ่งบอกถึงการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogenic Bacteria) ที่อยู่ในแหล่งน้ำ การปล่อยของเสียจากแหล่งชุมชนที่ขาดการบำบัดหรือการบำบัดที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอสู่แหล่งนี้ทำให้มีโอกาสที่จะมีแบคทีเรียปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำได้สูงขึ้น (Sindermann, 1996) แบคทีเรียที่มีการปนเปื้อนอยู่ในน้ำอาจแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (Enteric Pathogens) กับแบคทีเรียที่ไม่ก่อให้เกิดโรค (Non-Pathogenic Bacteia) แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเป็นอันตรายและก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ แบคทีเรียกลุ่มนี้ส่วนใหญ่สามารถเจริญได้ดีที่ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งเท่ากับอุณหภูมิร่างกายของมนุษย์ เช่น *Vibrio cholerae* ที่ทำให้เกิดโรคอหิวาตกโรค *Salmonella typhi* ที่ทำให้เกิดโรคไทฟอยด์และกลุ่ม *Shigella* ที่ทำให้เกิดโรคบิด (ประวิทย์ สุนทรสัมมะ, 2525) แต่การวิเคราะห์ตรวจสอบแบคทีเรียกลุ่มนี้ มีวิธีการที่ยุ่งยากทำให้ไม่นิยมตรวจหาเชื้อในกลุ่มนี้โดยตรง จึงมีการใช้คุณสมบัติของแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ส่วนใหญ่

เป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่น (Brock & Madigan, 1988) มาเป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนของเสียจากลำไส้ของมนุษย์ และสัตว์ในแหล่งน้ำเนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการเป็นดัชนีชี้วัดคือ ไม่พบในแหล่งนี้สะอาดแต่สามารถตรวจพบ เมื่อมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ก่อโรค สามารถพบได้ปริมาณมากในอุจจาระและถูกปล่อยมาจากแหล่งเดียวกับจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค สามารถดำรงชีพและปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมที่จุลินทรีย์ก่อโรคเจริญอยู่ได้ มีเอกลักษณ์ที่แตกต่างจากจุลินทรีย์ชนิดอื่นนับจำนวนได้ง่ายและมีปริมาณมากกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น (Frederick, 1993)

ตารางที่ 1 แสดงโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ (Waterborne Disease) โดยแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (Ronaldand, 1977; Sindermann, 1996)

จุลินทรีย์	โรค	แหล่งกำเนิด
Compylobacter jejuni.	Gastroenteritis	Animals
Escherichia coli	Diarrhea	Humans
Legionella pneumophia.	Pneumonia, Pontiac Fever	Aquatic Habitats
Leptospira spp.	Leptospirosis	Humans and Animals
Mycobacterium tuberculosis.	Tuberculosis	Humans and Cattle
Pasturella tularenis	Tularemia	Humans and Animals
Salmonella paratyphi	Paratyphoid Fever	Humans
Salmonella typhi	Typhoid Fever	Humans
Shigella spp.	Shigellosis, Bacillary Dysentery	Humans
Vibrio cholerae	Cholerla	Hummans
Vibrio parahaemolyticus.	Explosive, Diarrhea	Humans and Animals
Vibrio vulnificus.	Septicemias	Humans and Animals
Yesinia enterocolittic.	Gastroenteritis	Humans

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม

โคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็น แบคทีเรียในวงศ์ Entero Bacteriaceae แบ่งเป็น 4 สกุล คือ *Escherichia, Citrobacter, Klebsiella* และ *Enterobacter* มีลักษณะเป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็นท่อนสั้น ติดสีแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ เป็นทั้ง Aerobic และ Facultative Anaerobics มีความสามารถในการหมักย่อยน้ำตาลแลคโตส (Lactose)ได้และสร้างกรดและก๊าซภายใน 24-48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และสามารถรีดิวซ์ (Reduce) ไนเตรท ให้เป็นไนไตรท์ (Nitrite) ไม่สามารถสร้างเอนไซม์ Cytochrome Oxidase และแบคทีเรียกลุ่มนี้โดยส่วนใหญ่จะสามารถเคลื่อนที่ได้ ยกเว้น *Klebsesiella, Shigella* และ *Yersinia spp.* (Holt, Krieg, Sneath, Staley, James & Williams, 1993) แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ โคลิฟอร์มแบคทีเรียที่มีแหล่งกำเนิดจากอุจจาระ (Fecal Coliform Bacteria) เช่น *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ไม่มีแหล่งกำเนิดจากอุจจาระ (Non-Fecal Coliform Bacteria) สามารถตรวจพบได้ตามผิวดิน ตะกอน และซากสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เช่น Enterobacter Aerogenes (Frobisher & Fuerst, 1983) พบว่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่นมักปะปนออกมากับอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่นเสมอ (Brock & Madigan, 1988) ดังนั้นเมื่อมีการตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในแหล่งน้ำจึงเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงคุณภาพของแหล่งน้ำนั้น แหล่งนั้นที่มีความสกปรกและเกิดปัญหามลพิษจะมีโอกาสตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียปริมาณมาก โคลิฟอร์มแบคทีเรียสามารถแพร่พันธุ์และมีความคงทนในน้ำดีกว่าพวกแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคทำให้สามารถตรวจพบได้ง่ายในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอาจจะมีอยู่เป็นจำนวนน้อยและไม่สามารถมีชีวิตอยู่ในน้ำได้นาน ทำให้ไม่สามารถตรวจพบจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ทำให้เกิดการผิดพลาดในการตรวจสอบได้ (Brock & Madigna., 1988) ถึงแม้ว่าแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคหลายชนิดจะไม่สามารถเพิ่มจำนวนหรือมีชีวิตอยู่รอดในแหล่งน้ำได้นานโดยเฉพาะในน้ำทะเล แต่แบคทีเรียเหล่านี้ไม่ได้ถูกทำลายในทันที จึงทำมีโอกาสเป็นสาเหตุให้เกิดโรคในมนุษย์ได้ ดังนี้เมื่อมีการตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียจึงมีโอกาสที่พบแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคปนเปื้อนในแหล่งน้ำนั้นด้วย ดังนั้นกาตรวจหาปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียในแหล่งน้ำจึงเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้เป็นดัชนีในการตรวจคุณภาพของน้ำทางจุลชีววิทยา (Simdermann, 1996)

2. ฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็นแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่น โดยที่มีการปนเปื้อนออกมากับอุจจาระโดยเฉลี่ยประมาณ 2×10^{11} ต่อคนต่อต่อวันพบว่าแบคทีเรียที่มีความสำคัญและมีปริมาณถึงร้อยละ 90 ที่พบคือ *E.coli* (Brock & Madigan, 1988) *E.coli* มีรูปร่างท่อน กว้าง 1.1-1.5 ไมโครเมตร ยาว 2.0-6.0 ไมโครเมตร เส้นผ่า

ศูนย์กลาง 0.4-0.7 ไมโครเมตร ติดสีแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ บางสายพันธุ์มีแคปซูลบาง ๆ ห่อหุ้ม สายพันธุ์ส่วนใหญ่เคลื่อนที่โดยใช้ Peritrichous (Brock & Madigan, 1988) เจริญได้ในช่วง pH 4.3-9.5 และเจริญได้ดีในช่วง pH 6.0-8.0 เจริญได้ดีที่ 20-40 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเหมาะสมที่สุดในการเจริญคือ 37 องศาเซลเซียส ในภาวะ Facultative Anaerobe สามารถเฟอร์เมนต์ (Ferment) น้ำตาลได้หลายชนิดเช่น กลูโคส (Glucose) แลคโตส (Lactose) ทรีฮาโลส (Trehalose) และ ไซแลส (Sylase) เป็นต้น ทำให้เกิดกรดและส่วนมากเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจน (Doelle, 1976) การทดสอบออกซิเดส (Oxidase) และแคตตาเลส (Catalase) จะให้ผลลบ สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี Bile Salts สามารถเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ EMB Agar โคโลนีมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.3 มิลลิเมตร มีสีเข้มตรงกลางและเป็นมันเงาแบบโลหะ (Brock & Madigan, 1988) *E. coli* สามารถทนต่อ สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี สามารถมีชีวิตอยู่ตามเสื้อผ้าแห้งและฝุ่นละอองได้หลายวันและอาศัยอยู่ในน้ำได้นาน (Stanier et al., 1979) โรคอุจจาระร่วงเนื่องจาก *E. coli* เป็นสาเหตุของโรคพบเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1885 สาเหตุที่ *E. coli* ก่อให้เกิดโรคอุจจาระร่วงเนื่องมาจากการมีองค์ประกอบพื้นฐานในการก่อโรคคือการมีพลาสมิด (Plasmid) ในการควบคุมความรุนแรงของโรคซึ่งมีความสามารถในการผลิต Enterotoxin และ Cytotoxin ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์ หากจำแนกตามกลไกการเกิดโรคและลักษณะอาการสามารถแบ่งได้ 4 ประเภท (Gyles, 1994) ดังนี้

ETEC (Enterotoxigenic *E. coli*) พบได้บ่อยในช่วงปี ค.ศ. 1960-1970 เป็นสาเหตุใหญ่ที่ก่อโรคอุจจาระร่วงในเด็กทารกและนักท่องเที่ยวของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา จึงเรียกโรคนี้ว่า Traveler's Diarrhea การแพร่กระจายของโรคมาจากการปนเปื้อนของเชื้อในน้ำในอาหารและน้ำ โดยปกติปริมาณเชื้อที่สามารถทำให้เกิดโรคได้จะอยู่ในช่วง 10^6 ถึง 10^9 เซลล์ เมื่อเชื้อผ่านเข้าไปในระบบการป้องกันของร่างกายจนไปถึงลำไส้เล็ก เชื้อจะจับกับส่วนของไมโครวิลไล (Mirovillile) จากนั้นจะเพิ่มจำนวนและสร้างสารพิษออกมาเกิดการกระตุ้นการหลั่งน้ำและโซเดียมออกจากลำไส้ สารพิษที่ได้จัดเป็นประเภทเอนเทอร์โรทอกซิน (Enterotoxin) ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ เอนเทอร์โรทอกซินที่ทนร้อน หรือ Heat Stable Toxin (ST) เป็นโปรตีนโมเลกุลเล็กมีผลทำให้ร่างกายเสียน้ำไม่มาก แต่ไม่กระตุ้นการสร้างแอนติทอกซิน (Antitoxin) ในร่างกาย ขณะที่เอนเทอร์โรทอกซินที่ไม่ทนร้อน หรือ Heat Labile Toxin (LT) เป็นโปรตีนโมเลกุลใหญ่ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับสารพิษของเชื้ออหิวาตกโรค กระตุ้นให้ร่างกายสร้างแอนติทอกซิน และอาการของผู้ป่วยจะถ่ายอุจจาระเป็นน้ำ คลื่นไส้ ปวดท้องเกร็งและมีไข้

EPEC (Enteropathogenic *E. coli*) พบในปี ค.ศ. 1950 เป็นสาเหตุของโรคอุจจาระร่วงในเด็กแรกเกิดถึงอายุต่ำกว่า 18 เดือน การก่อโรคถูกควบคุมโดยพลาสมิด EAF ซึ่งเป็นสาเหตุ

สำคัญที่ทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วง โดยมีการจัด EPEC เป็น 2 กลุ่มโดยเรียกกลุ่มที่มีพลาสมิดว่า Classical EPEC Class I และกลุ่มที่ไม่มีพลาสมิดว่า Classical EPEC Class II โดยเชื้อมีการทำลายไมโครวิลไลของลำไส้เล็กหลังจากที่เชื้อแบคทีเรียเข้าเกาะติดกับเซลล์เยื่อบุลำไส้ โดยที่มีการยื่นส่วนของเซลล์ออกมาล้อมรอบแบคทีเรีย แต่ไม่พบร่องรอยการแทรกผ่านเข้าไปในเซลล์ ลำไส้ อาการของโรคคือ มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน อุจจาระเป็นมูก แต่ไม่พบเม็ดเลือกขาว พบว่า EPEC เป็นสาเหตุของการเกิดอาการอุจจาระร่วงถึงร้อยละ 30 ของการเกิดโรค (สมพนธ์ บุณยคุปต์ และสมศักดิ์ โลห์เลขา, 2532)

EHEC (Enterohemorrhagenic *E. coli)* มีการรู้จักเชื้อในกลุ่มนี้ในปี ค.ศ. 1982 โดยมีความสามารถในการสร้างสารพิษประเภทไซโตทอกซิน (Cytotoxin) อาการของโรคที่เกิด คือ มีเลือกออกในลำไส้ อุจจาระร่วง อาการ Hemolytic Uremic Syndrom (HUS) ซึ่งมีลักษณะของโลหิตจาง มีเพลตเลต (Platlet) ในกระแสเลือดต่ำ และอาการไตวาย นอกจากนี้จะมีอาการไข้เล็กน้อยหรือไม่มีเลยแต่อุจจาระจะไม่มีเม็ดเลือดแดงหรือเม็ดเลือดขาวปนออกมา

EIEC (Enteroinvasivegenic *E. coli*) พบในประเทศอิตาลีเป็นครั้งแรก ระหว่างปี ค.ศ. 1944-1945 เป็นสายพันธุ์ที่มีความแตกต่างกับสายพันธุ์ EPEC และ ETEC โดยเชื้อในกลุ่มนี้เป็นสาเหตุของโรคอุจจาระร่วงที่มีอาการคล้ายกับอาการของโรคบิดจาก *Shigella spp.* ซึ่งมีการก่อโรคอุจจาระร่วงที่คล้ายกันและติดเชื้อที่ส่วนปลายลำไส้ใหญ่ โดยเชื้อจะแทรกเข้าไปอยู่ในเซลล์เยื่อ บุผิว (Epithelial Cell) และทำให้เกิดบาดแผลจากการเกิดการอักเสบ (Inflammatory Reaction) ซึ่งส่งผลให้มีเมือกและมีเลือดปนในอุจจาระจำนวนมาก รวมทั้งเม็ดเลือดขาวปนออกมาด้วย สาเหตุของการติดโรคมาจากการปนเปื้อนมากับอาหาร

การตรวจวัดโดยวิธี Multiple-Tube Fermentation Technique สำหรับหาค่า Most Probale Number (MPN)

วิธี Multiple-Tube Fermentation Technique เป็นเทคนิคการนับจำนวนแบคทีเรียแบบทางอ้อมเพื่อใช้หาค่า MPN (Most Probable Number) เพื่อสันนิษฐานค่าการแพร่กระจายของจำนวนแบคทีเรียเริ่มต้น โดยการใช้การเจือกจางตัวอย่างน้ำและอาศัยการคำนวนค่าทางสถิติซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าประมาณโดยเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตรที่ใกล้กับค่าที่เป็นจริงมากที่สุด (Anderson & Sobieski, 1980) โดยการทำทดสอบตัวอย่างน้ำซ้ำ ๆ กันหลายหลอดและหลายความเข้มข้น ถ้าพบแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำจะพบการเจริญของเชื้อในหลอดอาหารซึ่งจะแสดงค่าเป็นบวกและหากไม่พบการเจริญของเชื้อในหลอดอาหารจะแสดงผลเป็นลบ ผลที่ได้นำมา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

คำนวณโดยการเปรียบเทียบกับตาราง เอ็มพีเอ็น (ดังภาคผนวก) หรือคำนวณจากสูตรของโธมัส (Tomas's Simple Formular) ดังนี้ (APHA., AWWA., & WEF., 1922)

$$\text{เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร} = \frac{\text{จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก} \times 100}{\text{ปริมาณน้ำตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร ในหลอดที่ให้ผลบวก} \times \text{ปริมาณน้ำตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร ในทุกหลอด}}$$

วิธีการวิเคราะห์โดยทั่วไปมี 2 ระบบคือ ระบบ 3 หลอดใช้อาหารในการทดสอบน้อย ประหยัดเวลา แต่โอกาสผิดพลาดมาก และระบบ 5 หลอด ใช้อาหารในการทดสอบมาก เปลืองเวลา แต่โอกาส ผิดพลาดน้อยกว่าทั้ง 2 ระบบเป็นการบอกให้ทราบถึงจำนวนหลอดอาหารที่ใช้ต่อปริมาณน้ำตัวอย่างที่ใช้ซึ่งอาจเลือกปริมาณน้ำที่ต่างกันทั้งนี้ขึ้นกับความสกปรกของน้ำตัวอย่าง คือ 10, 1, 0.1 มิลลิลิตร หรือ 1, 0.1, 0.01 มิลลิลิตร หรือ 0.1, 0.01, 0.001 มิลลิลิตร เมื่อนำมาคำนวณต้องคูณกลับค่าความเข้มข้นให้เป็น 1 มิลลิลิตรทุกครั้ง

การตรวจหาแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มโดยวิธี Multiple-Tube Fermentation Technique อาศัยคุณสมบัติทางสรีรวิทยาของเชื้อที่มีความสามารถในการหมักย่อยน้ำตาล (Fermentation) เช่น แลคโรสที่อยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ทำการทดสอบเกิดกรดและก๊าซ ซึ่งจะแสดงถึงการเจริญของเชื้อกลุ่มโคลิฟอร์ม โดยมีขั้นตอนการทดสอบ 3 ขั้นตอน ดังนี้ (APHA., AWWA., & WEF., 1922)

1. การทดสอบขั้นตอน (Presumtive Test) เป็นการตรวจหาแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและ *E.coli* โดยใช้ชุดอาหาร Lauryl Typtose Broth (LTB) ในการทดสอบ อาหารชนิดนี้มีส่วนผสมของ Lauryl Sulfate ที่มีคุณสมบัติเป็น Surface-Active Detergent สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและส่งเสริมการเจริญของโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E.coli.* ได้เมื่อเชื้อเจริญและใช้ออกซิเจนในหลอดอาหารจนหมดจะเกิดกรดและก๊าซที่ได้จากการหมักย่อยน้ำตาลแลคโตส ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนภายใน 24 ถึง 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส แต่พบว่าก๊าซที่เกิดขึ้นในการทดสอบขั้นนี้อาจเกิดจากเชื้อชนิดอื่น เช่น *Clostridium Perfringerns.* ที่มีความสามารถในการสร้างก๊าซได้เช่นกัน

2. การทดสอบขั้นยืนยัน (Confirm Test) เป็นการทดสอบเพื่อยืนยันผลจากการทดสอบในขั้นต้นโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ BGLB (Briliant Green Lactose Bile Broth) ในการทดสอบหาแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม โดยการทำการถ่ายเชื้อจากการทดสอบขั้นแรกลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ BGLB ซึ่งมีส่วนประกอบของ Brilliant Green และ Oxbile ที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวกสำหรับโคลิฟอร์มแบคทีเรียจะสามารถเจริญทำการหมัดย่อยน้ำตาลแลคโตส สร้างกรด

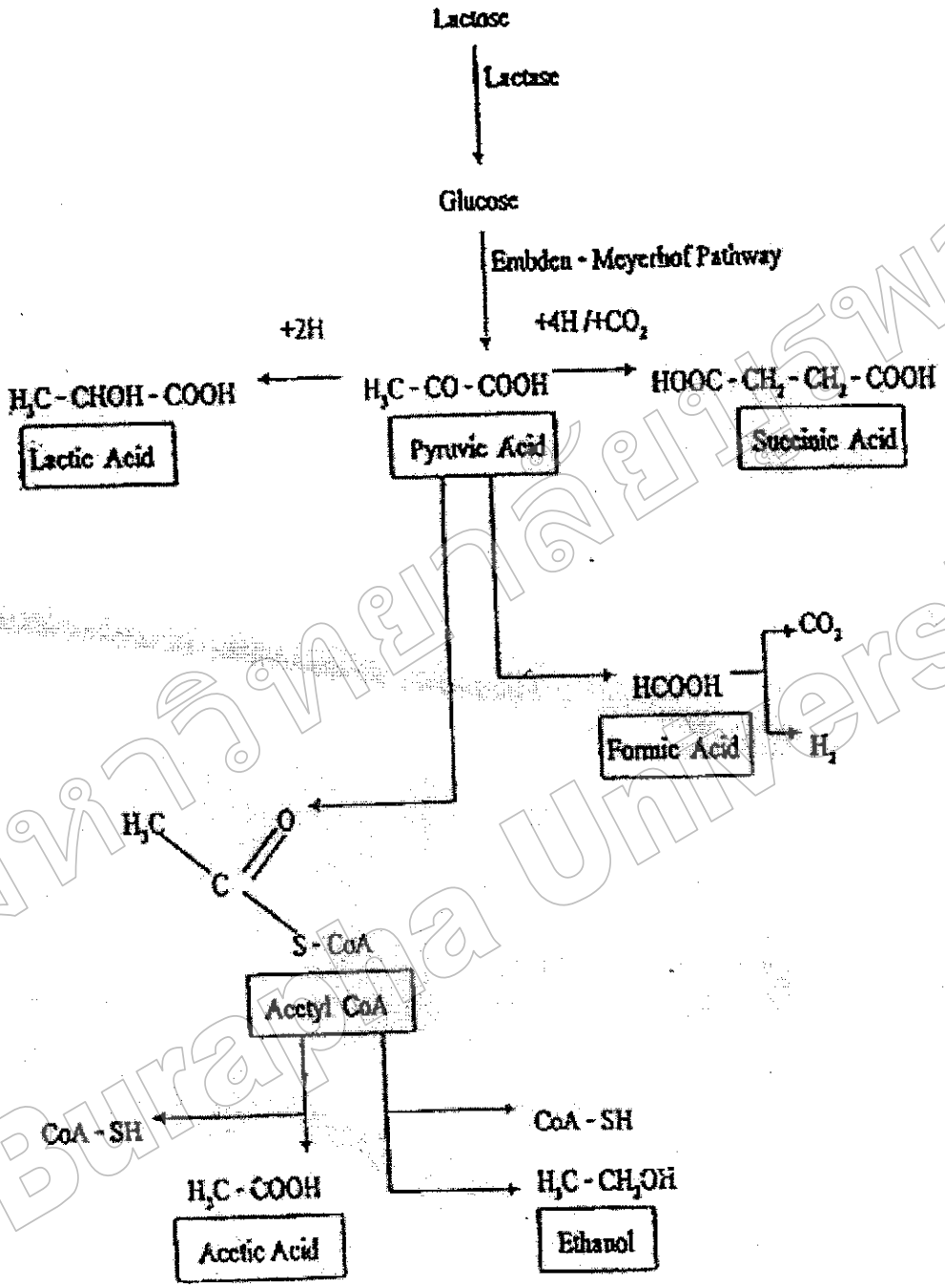
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

และก๊าซ ภายใน 24-48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นำผลที่ได้ไปหาค่าปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียจากตาราง เอ็มพีเอ็น ขณะที่การตรวจหาแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มทำการถ่ายเชื้อที่ให้ผลบวกจากอาหารเลี้ยงเชื้อ BGLB ลงในอาหาร *E .coli* medium (EC Medium) บ่มในอุณหภูมิที่ 44.5 องศาเซลเซียส น่าน 24±2 ชั่วโมง หากพบ *E. coli* จะเกิดก๊าซขึ้นในหลอดดักก๊าซนำผลที่ได้ไปหาค่าปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์มจากตาราง เอ็มพีเอ็น

3. การทดสอบขั้นสมบูรณ์ (Complete Test) เป็นขั้นตอนการทดสอบต่อจากขั้นยืนยันผล โดยนำหลอดอาหารที่ให้ผลบวกจากการทดสอบขั้นยืนยันมาเขี่ยลงบนอาหาร EMB Agar (Levine's Eosin Methylene Blue Agar) ซึ่งมีองค์ประกอบของสี 2 ชนิด คือ Eosin และ Methylene ที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก ขณะที่โคลิฟอร์มแบคทีเรียจะให้ โคโลนีที่มีสีดำตรงกลาง (Nucleate Colonies) ขณะที่ *E.coli* จะสร้างโคโลนีที่เล็กกว่าและสร้าง Metallic Sheen ได้สม่ำเสมอกว่า ในการทดสอบขั้นนี้อาจทดสอบต่อโดยการนำโคโลนีที่แยกมาได้ลงในอาหาร สังเกตการเกิดก๊าซภายใน 24-48 ชั่วโมงและทำการย้อมสีแกรมเพื่อสังเกตลักษณะของเซลล์ที่เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ และอาจทำการทดสอบชีวเคมีต่อไป

นอกจากวิธีการการตรวจวัดโดยวิธี Multiple-Tube Fermentation Technique แล้วยังมีวิธีการตรวจวัดโดยวิธีอื่นในการตรวจวิเคราะห์ แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคอลโคลิฟอร์ม ได้แก่วิธี Total Coliform Membrane Filter Technique Presence-Absence (P-A) Coliform Test, ONPG-MUG Test และ Colisure Test เป็นต้น ซึ่งการเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการวิเคราะห์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2 แสดงกลไกการสร้างกรดและก๊าซจากแลคโตสโดยโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (กรมอนามัย, 2539)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 3 แสดงการเกิด Metallic Sheen ของเชื้อ *E. coli.* ในอาหาร EMB Agar (The Ohio State University, 2001)

รายละเอียดเกี่ยวกับแบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่ม Vibrio และแบคทีเรียบางชนิดที่พบในทะเล

โดยทั่วไปจะพบปริมาณแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำทะเลอยู่ในช่วง 10^3 ถึง 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ขณะที่ในตะกอนดินจะพบได้ถึง 10^9 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (Austin, 1988) แบคทีเรียส่วนใหญ่จัดเป็นพวก Heterotroph จึงเป็นผู้บริโภคและผู้ย่อยสลายที่สำคัญมีความสำคัญต่อระบบการหมุนเวียนสารอาหารในระบบนิเวศทางทะเล นอกจากนี้ชนิดแบคทีเรียที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมยังชี้ให้เห็นถึงลักษณะของระบบนิเวศและโอกาสการแพร่กระจายของโรคที่มีแบคทีเรียเป็นสาเหตุ เนื่องจากแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในทะเลมีอยู่เป็นจำนวนมากหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะสิ่งแวดล้อม แต่แบคทีเรียที่สามารถพบได้บ่อย ได้แก่

1. แบคทีเรียในสกุล *Vibrio*

แบคทีเรียในสกุล *Vibrio* เป็นแบคทีเรียในวงศ์ *Vibrionaceae* มีอยู่กว่า 30 สายพันธุ์ เป็นแบคทีเรียแกรมลบในกลุ่มของ Faccultative Anarobe มีรูปร่างท่อนโค้งเล็กน้อย (Curved rod) มีขนาด 0.5x1.0-1.5 ไมโครเมตร ไม่สร้างสปอร์และแคปซูล เคลื่อนที่ได้ด้วยแฟลกเจลลาที่มีอยู่หนึ่งเส้นที่ปลายเซลล์ด้านหนึ่ง (Holt et al., 1993) Vibrio เจริญได้ดีบนอาหารเลี้ยงเชื้อธรรมดาที่มีโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นองค์ประกอบและอาหารมีสภาพเป็นด่าง พีเอช 8.5-9.5 ในภาวะที่ไร้ออกซิเจนที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส สามารถแยก Vibrio จากการเพาะเลี้ยงบนอาหาร Thio Sulfate Citrate Bile Salt Sucrose Agar (TCBS) อาศัยคุณสมบัติที่สำคัญในการแยก *Vibrio sp.* ได้แก่ ความสามารถในการสร้างเอนไซม์ออกซิเดสให้ผลบวกและสามารถเฟอร์เมนต์น้ำตาลกลูโคสได้ แบคทีเรียสกุล Vibrio ที่สามารถหมักย่อยน้ำตาลซูโครสได้จะให้โคโลนีขนาดปานกลาง ขอบเรียบ

โคโลนีมีสีเหลืองทึบแสงบนผิวหน้าอาหาร ส่วนแบคทีเรียที่ไม่สามารถหมักย่อยน้ำตาลซูโครสได้จะให้โคโลนีสีเขียวมะกอก (Olive-Green) ถ้าตัวอย่างที่ศึกษามีปริมาณเชื้อ *Vibrio* อยู่น้อยควรนำตัวอย่างมาเลี้ยงใน Alkaline Peptone Water (pH 8.4-8.6) ก่อนประมาณ 6 ชั่ว-โมงแล้วจึงนำมาเพาะเลี้ยงบน TCBS Agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง จะมีโอกาสตรวจพบมากขึ้น (Mahon & George, 1995) นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกสายพันธุ์ต่าง ๆ โดยดูการเจริญใน Alkaline Peptone Water ที่มีโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นต้น แบคทีเรียในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่สามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำทะเลสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในแหล่งน้ำที่มีสภาพเป็นด่างเป็นเวลานาน 1-2 สัปดาห์ เชื้อสามารถทำลายได้ที่อุณหภูมิ 56 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีและตายได้ง่ายเมื่ออยู่ในน้ำโสโครก นอกจากนี้ยังพบว่ามีชีวิตอยู่ได้ตามพืชผัก ผลไม้ และในอาหารต่าง ๆ ได้นานหลายวัน พบการติดเชื้อในตับของกุ้งทำให้กุ้งมีอาการ หัวเหลือง ตับบวมและฝ่อโดยเชื้อที่เป็นสาเหตุในการติดเชื้อที่พบได้เสมอคือ *V. parahaemolyticus, V. alginolyticus, V. fluvialis,* และ *V. anguillarum* แบคทีเรีย Vibrio ในหลายสกุลยกเว้น *V.cholerae* และ *V.minicus* ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารที่ขาด โซเดียมคลอไรด์ จึงจัดเป็นพวก Halophilic แบคทีเรียในสกุล Vibrio ให้ผลการวิเคราะห์ทางชีวเคมีคล้ายกับแบคทีเรียในวงศ์ EnteroBacteriaceae โดยเมื่อทดสอบบนอาหาร TSI Slant ให้ลักษณะเป็นแบบ A / A เพราะสามารถที่จะผลิตกรดจากการใช้น้ำตาลซูโครสได้ขณะที่บนอาหาร KIA slat เป็นแบบ K / A สายพันธุ์ที่พบได้บ่อยและมีความสำคัญทางการแพทย์ได้แก่

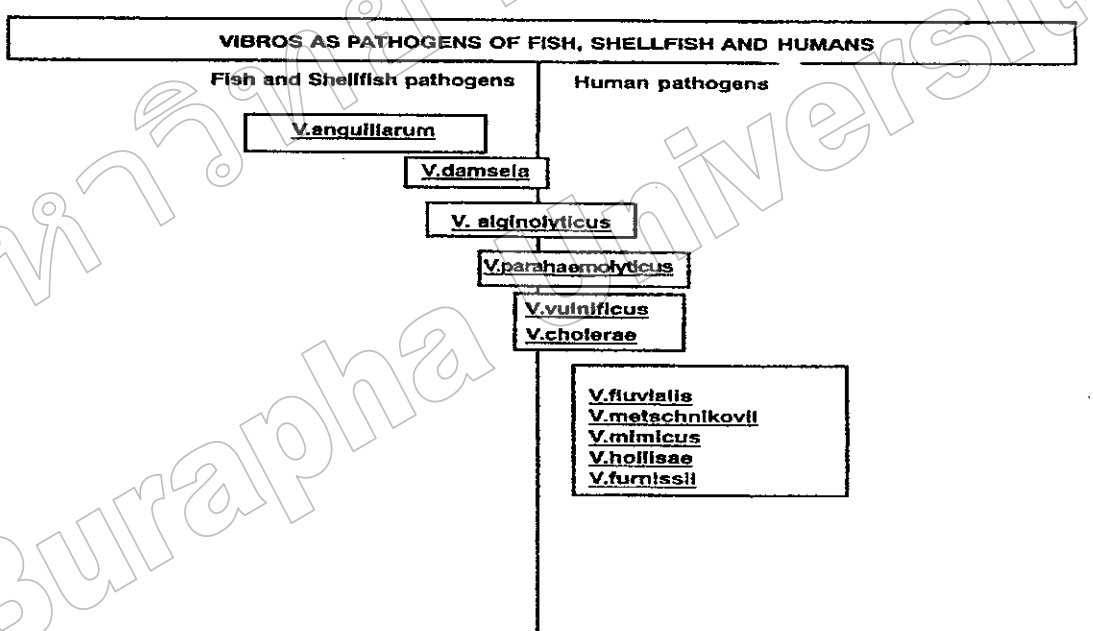
V. cholera มีความสามารถในการหมักย่อยน้ำตาลซูโครส ได้เป็นกรดทำให้ได้โคโลนีสีเหลืองเมื่อเลี้ยงบนอาหาร TCBS Agar และเจริญได้ใน Macconkey Agar *V.Cholera* เป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคอหิวาตกโรค (Cholera) ทุกสายพันธุ์มี H-Antigen ร่วมกันแต่มีโอแอนติเจน (O-Antigent) ที่สามารถแบ่งได้เป็น 6 Serogroup สายพันธุ์ที่เกิดตกตะกอนกับ 01 แอนติซีรัมเรียกว่า *V.cholera* 01 ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคอหิวาตกโรคชนิดค่อนข้างเฉียบพลัน แพร่กระจายโดยการปนเปื้อนในน้ำ ส่วนสายพันธุ์ที่ไม่ตกตะกอนเรียกว่า Non – 01 *V. cholera* เป็นสาเหตุให้เกิดโรคกระเพาะอาหารและลำไส้อักเสบ (Gastroenteritis) ซึ่งมีลักษณะอาการเหมือนกับอหิวาตกโรค

V. parahaemolyticus พบครั้งแรกในญี่ปุ่น สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ต้องการโซเดียมคลอไรด์ในการเจริญเติบโต และไม่สามารถเจริญได้ในน้ำกลั่น ธรรมดาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญคือ 37.5 องศาเซลเซียส เจริญได้ดีบนอาหาร TCBS Agar โคโลนีมีขนาดใหญ่สีเขียว ผิวเรียบ นูน ทึบแสง แต่ไม่เจริญบน Macconkey Agar เนื่องจากไม่สามารถหมักย่อยน้ำตาลแลคโตสได้ เป็นสาเหตุในการเกิดโรคท้องเสียในหน้าร้อน เป็นอันดับหนึ่งและทำให้เกิดโรคกระเพาะและลำไส้อักเสบ สามารถพบเชื้อในกลุ่มนี้บริเวณชายฝั่งหรือในเขต

น้ำกร่อย สามารถสร้างสารพิษฮีโมไลซิน (Hermolysin) ที่ทนต่อความร้อนและย่อยสลายเม็ดเลือดแดงของมนุษย์

V. vulinficus มีความรุนแรงเป็นอันดับสองรองจาก *V. cholera* เมื่อมีการติดเชื้อทำให้มีการตายถึง 61 เปอร์เซ็นต์ การติดเชื้อสามารถติดต่อได้ทางน้ำทะเล โดยผ่านกระแสโลหิต และบาดแผลโดยการสัมผัสสัตว์น้ำหรือน้ำที่มีการปนเปื้อน นอกจากนี้สามารถพบการติดเชื้อผ่านทางเดินอาหารได้ในผู้ป่วยที่รับประทานหอยนางรมดิบ หรือ หอยกราบ (Sindermann, 1996)

V. alginolyticus จัดเป็นแบคทีเรียในกลุ่ม Stricly Halophile เนื่องจากเจริญได้ในที่ที่มีเกลือและต้องการเกลือโซเดียมคลอไรด์ในระดับ 3-5 เปอร์เซ็นต์ในการเจริญ สามารถพบได้มากในน้ำทะเล ผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อถือชาวประมงและทหารเรือ ก่อให้เกิดโรคในตา หู และบาดแผล



ภาพที่ 4 แสดงความสามารถในก่อการเกิดโรคใน ปลา หอยฝาเดียว และมนุษย์ของแบคทีเรียในสกุล *Vibrio*

2. แบคทีเรียในสกุล *Pseudomonas*

Pseudomonas เป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็นท่อนสั้นหรือยาว ลักษณะตรงหรือโค้งเล็กน้อย แต่ไม่บิดเกลียวขนาด 0.5 – 1.0 x 1.5 - 4.0 ไมโครเมตร ติดสีแกรมลบ เคลื่อนที่ได้ด้วยแฟลกเจลลาหนึ่งเส้นที่อยู่ปลายเซลล์ด้านหนึ่ง ไม่สร้างสปอร์ (Holt et al., 1993) สามารถสร้าง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เอนไซม์สลายเม็ดเลือดแดง โคโลนีมีลักษณะกลมหรือรีคล้ายกับโคโลนีของ *Salmonella* หรือ *Shigella* บางสายพันธุ์มีโคโลนีเป็นเมือกและมีกลิ่นเฉพาะสามารถเจริญได้ดีบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ ตั้งแต่ 5 – 42 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญ คือ 37 องศาเซลเซียสในภาวะที่มีออกซิเจนเท่านั้น (Holt et al., 1993) มีเอนไซม์ออกซิเดส ไม่สามารถเฟอร์เมนต์ น้ำตาลต่าง ๆ ได้ใช้น้ำตาลแบบออกซิเดชั่น สามารถออกซิไดส์น้ำตาลกลูโคสไปเป็นกรดกลูโคนิค (Gluconic Acid) กรดคีโตกลูโคลิค (Ketogluconic Acid) หรือสารอื่น ๆ ได้ และสามารถออกซิไดส์สารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ มาเป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนได้ (Doelle, 1976) นอกจากนี้ยังสามารถรีดิวซ์ไนเตรต ทำให้เกิดไนไตรท์ แอมโมเนีย และ free nitrogen (Ketchum, 1988)

3. แบคทีเรียในสกุล *Flavobacterium*

Flavobacterium เป็นแบคทีเรียแกรมลบรูปท่อนที่ขนาด 0.5 x 1.0 – 0.3 ไมโครเมตร ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างสปอร์และอยู่ได้ในภาวะที่มีออกซิเจน (Holt et al., 1993) ส่วนใหญ่พบในดินและน้ำทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลาย พบกระจายในแหล่งธรรมชาติมากโดยเฉพาะแหล่งน้ำ ลักษณะโคโลนีสามารถสร้างรงควัตถุได้ จึงมีสีเหลืองถึงสีส้ม (Brock & Madigan, 1988) สามารถสร้างเอนไซม์ออกซิเดส คาตาเลส ไม่หมักย่อยน้ำตาล ไม่สามารถออกซิไดส์น้ำตาลกลูโคส (Doelle, 1976)

4. แบคทีเรียในสกุล *MicroCoccus*

MicroCoccus เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างกลม ขนาด 0.5 - 2.0 ไมโครเมตร เรียงตัวเป็นคู่ 2 หรือ คู่ 4 เคลื่อนที่ได้ สร้างรงควัตถุสีเหลือง สีแดง เจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลบวกกบการทดสอบเอนไซม์คาตาเลส (Holt et al., 1993) การทดสอบเอนไซม์คาตาเลส *MicroCoccus* และ *StaphyloCoccus* มีความคล้ายคลึงกันมากแต่จำแนกออกจากกันได้โดยดูจากการย่อยสลายน้ำตาลแบบออกซิไดส์หรือเฟอร์เมนต์ MicroCoccus เป็นเชื้อที่สามารถเจริญได้ในที่ที่มีอากาศเท่านั้น จึงไม่สามารถสร้างกรดจากน้ำตาลกลูโคสภายใต้สภาวะไร้อากาศ สามารถทนต่อความแห้งแล้ว และความเค็ม (Brock & Madigan, 1988) สามารถพบได้ในธรรมชาติ เช่น ดิน น้ำ และพบได้ทั่วไปตามผิวหนังมนุษย์และสัตว์ (Pelczar et al., 1986)

5. แบคทีเรียในสกุล *Bacillus*

Bacillus เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างท่อน สร้างสปอร์ต้องการออกซิเจนในการเจริญการเรียงตัวอาจพบเป็นสายเดี่ยวหรือเป็นสาย ในการสร้างเอนโดสปอร์จะเกิดในภาวะที่มีออกซิเจน ขณะที่ภายใต้ภาวะขาดออกซิเจนในบางสายพันธุ์จะสร้างแคปซูล (Holt et al., 1993)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เกือบทุกสายพันธุ์พบในธรรมชาติ ในดิน น้ำ และอากาศ บางชนิดก่อโรคในแมลง ทุกชนิดสามารถสร้างเอนไซม์คาตาเลส สามารถสร้างสารพิษในอาหารทำให้เกิดภาวะอาหารเป็นพิษ ชนิดที่มีความสำคัญทางการแพทย์ ได้แก่ *B. anthracis* ซึ่งทำให้เกิดโรคแอนแทรกซ์ (Anthrax) ในสัตว์กับ เช่น วัว ควาย และสามารถติดต่อมายังมนุษย์ได้ (Pelczar et al., 1986)

6. แบคทีเรียในสกุล *Acinetobacter*

Acinetobacter มีรูปร่างแบบ Diplococci ที่มีขนาด 0.9 – 1.6 ไมโครเมตรขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 – 2.5 ไมโครเมตร สามารถเจริญได้ในภาวะที่มีออกซิเจนในช่วงอุณหภูมิ 20 – 30 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 33 – 35 องศาเซลเซียส ไม่สร้างเอนไซม์ออกซิเดส แต่สามารถสร้างเอนไซม์คาตาเลส ทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลายในดิน สามารถพบได้ทั่วไปในน้ำจืดและน้ำเค็ม และพบว่าสามารถก่อโรคได้หลายชนิด (Holt et al., 1993)

7. แบคทีเรียในสกุล *Alcaligenes*

Alcaligenes เป็นแบคทีเรียแกรมลบในกลุ่ม Obligatealy Aerobic รูปร่างเป็นท่อนท่อนสั้น หรือกลมมีขนาด 0.5 – 1.0 x 0.5 – 2.6 ไมโครเมตร สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยแฟลกเจลลารอบเซลล์สามารถออกซิไดส์และเฟอร์เมนต์น้ำตาลกลูโคส เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ในที่ที่มีอากาศเท่านั้น พบได้ทั่วไปในดิน น้ำจืด และน้ำทะเล สามารถใช้กรดอินทรีย์และกรดอะมิโนหลายชนิดเป็นแหล่งคาร์บอน *Alcaligenes* เป็นแบคทีเรียประจำถิ่นในมนุษย์ สามารถแยกได้จากทางเดินหายใจ ระบบไต ปัสสาวะ และเลือด อาศัยอยู่ตามผิวหนังและระบบทางเดินหายใจ แต่อาจจะพบได้นำน้ำและดิน (Holt et al., 1993)

8. แบคทีเรียในสกุล *StaphyloCoccus*

StaphyloCoccus เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างกลม แต่ถ้าเลี้ยงไว้นานอาจติดสีแกรมลบได้ ลักษณะการเรียงตัวอาจอยู่เดี่ยว ๆ หรือเป็นคู่ ๆ แต่ส่วนมากอยู่เป็นกลุ่ม ๆ มักอยู่เป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น รูปร่างลักษณะ *StaphyloCoccus* มีรูปร่างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ไมโครเมตรไม่สร้างสปอร์ไม่เคลื่อนที่ และสร้างรงควัตถุต่าง ๆ กัน เช่น สีขาว และสีเหลือง เป็นต้น สามารถเจริญได้ดีที่ pH ระหว่าง 4.8 – 7.4 สามารถเจริญได้ทั้งในภาวะที่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อย เชื้อเจริญได้ที่ 25–45 องศาเซลเซียส และเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นสูงถึง 6.5 เปอร์เซ็นต์ (Holt et al., 1993) สามารถเฟอร์เมนต์น้ำตาลต่าง ๆ ได้หลายชนิดแต่ไม่เกิดก๊าซ ส่วนใหญ่สามารถทำลายเม็ดเลือดแดงและสามารถทำให้พลาสมาแข็งตัว (Coagulation) โดยปกติจะพบได้ตามผิวหนังและเยื่อบุเมือกต่าง ๆ ของร่างกาย บางชนิดทำให้เกิดโรคฝีหนองต่าง ๆ และโรคโลหิตเป็นพิษ บางชนิดสร้างสารพิษพวกเอนเทอร์โรทอกซิน ซึ่งทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษได้ โดยทั่วไป *StaphyloCoccus* ทนทาน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

วิทยทรัพยากร มหาวิทยาลัยบูรพา
แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

ต่อสิ่งแวดล้อมได้ดี เช่น สามารถทนต่อความร้อนสูงถึง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และมีชีวิตอยู่ที่เย็น (4 องศาเซลเซียส) ได้เป็นเวลาหลายเดือน

9. แบคทีเรียในสกุล *Aeromonas*

Aeromonas เป็นแบคทีเรียแกรมลบกลุ่ม Facultatively Anaerobe ที่มีเซลล์เป็นรูปท่อนปลายมนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3-1.0 ไมโครเมตรมีความกว้าง 1.0-3.5 ไมโครเมตร มีการเคลื่อนที่โดยใช้แฟลกเจลลาชนิด Polar Flagella สามารถเฟอร์เมนต์น้ำตาลได้หลายชนิด เจริญได้ที่อุณหภูมิ 22-28 องศาเซลเซียส แต่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส สามารถผลิตกรดจาก Dihydrolase, Gelatinase และ Dnase สามารถรีดิวซ์ไนเตรทได้ พบได้ทั่วไปในน้ำจืดและน้ำทะเล บางสายพันธุ์ให้เกิดโรคในกบ ปลา และมนุษย์ (Holt et al., 1993)

10. แบคทีเรียในสกุล *Photobacterium*

*Photobacterium*เป็นแบคทีเรียกลุ่ม Facultatively Anaerobe ที่มีเซลล์เป็นรูปท่อน สามารถเคลื่อนที่ได้ สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 18-25 องศาเซลเซียส (Holt et al., 1993) มีความต้องการ Na+ ในการเจริญ สามารถผลิตจากกลูโคสและน้ำตาลชนิดอื่น ๆ ได้แก่ แมนโนสบางสายพันธุ์มีการผลิตเอนไซม์ ออกซิเดส แต่ทุกสายพันธุ์มีการผลิตไลซินดีคาร์บอนซิเลส (Lysine Decarboxylase) อาร์จินีน ไดโฮโดรเลส (Arginine Dihydrolase) แต่ไม่มีการผลิตเอนไซม์ออร์นิทีน ดีคาร์บอกซิเลส (Omithine Decarboxylase) สายพันธุ์ส่วนมากต้องการเจริญในอาหารที่มีองค์ประกอบของน้ำทะเล, กลูโคส และแอมโมเนียคลอไรด์ สามารถพบได้ในน้ำทะเล บริเวณผิวหน้าและส่วนที่เรืองแสงของปลาบางชนิด (Bruchman & Gibbons, 1974)

11. แบคทีเรียในสกุล *Cytophaga*

Cytophaga เป็นแบคทีเรียแกรมลบในกลุ่ม Strictly Aerobe หรือ Facultatively Anaerobic มีรูปร่างเป็นท่อนหรือท่อนสั้น ขนาด 0.2-0.6 x 10-15 ไมโครเมตร มีการเคลื่อนที่แบบ Gliding เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 20-35 องศาเซลเซียส pH 7.0 ส่วนใหญ่โคโลนีมีสี ได้แก่ สีเหลือง แดง ส้ม หรือน้ำตาล) โดยใช้ไนเตรทเป็นตัวรับอิเลคตรอนตัวสุดท้าย สามารถใช้ Cellulase, Agar. Chitin, Pectin และแป้งเป็นแหล่งคาร์บอนได้ สามารถพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำจืดและน้ำทะเล (Holt et al., 1993)

12. แบคทีเรียในสกุล *Flexibacter*

Flexibacter เป็นแบคทีเรียในกลุ่ม Strictly Aerobic หรือ Facultatively Anaerobic มีเซลล์เป็นรูปท่อน ขนาด 0.2-0.6 x 10-50 ไมโครเมตร มีการเคลื่อนที่แบบ Gliding โคโลนีมีสีเหลืองหรือส้ม เนื่องจากเซลล์มีการผลิต Carotenoids หรือ Flexirubin ซึ่งโคโลนีอาจมีการเปลี่ยน

184256 363.7294 ก 139 ก

แปลงสีเป็นสีแดง น้ำตาล หรือสีม่วง มีความสามารถในการย่อยสลายไคตินได้ เมื่อปิดทับด้วยสารละลาย Alkaline Solution สามารถพบได้ในดิน น้ำจืด และน้ำทะเล (Holt et al., 1993)

การนับจำนวนเซลล์บนอาหารวุ้นแข็ง (Total Plate Count) และการนับจำนวนเซลล์แบคทีเรียโดยตรง (Direct Count) จากกล้องจุลทรรศน์ Epifluorescence ในตัวอย่างน้ำ

1. รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีนับจำนวนเซลล์แบคทีเรียโดยตรงจากกล้องจุลทรรศน์ Epifluorescence ในตัวอย่างน้ำ

วิธีการนับจำนวนเซลล์แบคทีเรียโดยตรงจากกล้องจุลทรรศน์ Epifluorescence เป็นวิธีการนับจำนวนแบคทีเรียโดยตรงที่ดีที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้เวลาน้อย (20-30 นาที) ต่อตัวอย่างหนึ่งตัวอย่าง และเป็นวิธีที่ตรวจสอบได้ง่าย (Robert, 1988) วิธีนี้เป็นการนับจำนวนเซลล์ที่ไม่คำนึงถึงความแตกต่างของแบคทีเรียด้านอนุกรมวิธาน (Taxonomy) กระบวนการเมตาบอลิซึมและการมีชีวิตหรือไม่มีชีวิตของเซลล์ ทำให้สามารถป้องกันการผิดพลาดที่มีสาเหตุมาจากการเลือกเจริญบนอาหารและเซลล์ที่เจริญช้าบนอาหารเลี้ยงเชื้อ จำนวนเซลล์ที่ได้รับจากการนับจำนวนเซลล์โดยต่างจากกล้องจุลทรรศน์ Epifluorescence จะมากกว่าวิธีนับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตบนอาหารวุ้นแข็ง (Total Plate Count) หรือ Heterotrophic Plate Count และวิธี Most Probable Number (MPN) เนื่องจากวิธีการนับจำนวนเซลล์แบคทีเรียโดยตรงจากกล้องจุลทรรศน์ Epifluorescence เป็นการนับจำนวนเซลล์แบคทีเรียทั้งหมดทั้งในกลุ่ม Heterotroph และกลุ่มอื่น ๆ ทุกชนิด (Austin, 1988) การนับเซลล์วิธีนี้ต้องอาศัยความชำนาญอย่างสูงในการแยกเซลล์ของจุลินทรีย์ออกจากตะกอนโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา การนับจำนวนเซลล์ด้วย แต่การนับจำนวนเซลล์โดยวิธีนี้อาจมีความผิดพลาดในการนับเฉพาะแบคทีเรียที่สังเกตง่ายหรือมีขนาดใหญ่แต่ไม่ได้นับแบคทีเรียที่มีขนาดเล็กจึงมีการพัฒนาเทคนิคการนับจำนวนแบคทีเรียโดยการใส่ Nalidixic Acid เพื่อหน่วงเหนี่ยวการแบ่งเซลล์เพื่อสะดวกในการนับจำนวนเนื่องจากสารดังกล่าวทำให้เซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น

วิธีนี้ต้องย้อมเซลล์ของแบคทีเรียด้วยสีย้อมที่เรืองแสงฟลูออกเรสเซนต์ (Fluorescence) จำพวกฟลูโอโรโครม (Fluorochrome) สีย้อมจะติดสีที่ส่วนของกรดนิวคลิอิกในเซลล์ (Paul, 1993) สีที่นิยมใช้ได้แก่ 4'6-diamino-2-phenylindole (DAPI) และ Acridine Orange (A.O.) เพราะสามารถใช้กับตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแบคทีเรียค่อนข้างกว้าง สีที่เตรียมได้สามารถเก็บไว้ได้หลายเดือนโดยนิยมเก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส Acridine Orange เป็นสีที่ได้รับความนิยมใช้มากที่สุดเพราะให้สีที่มีความแตกต่างได้อย่างชัดเจนคือ เศษเซลล์ย้อมติดสีแดงอมส้มหรือเหลือง และแบคทีเรียย้อมติดสีเขียวเรืองแสง (Paul, 1993)

เยื่อกรองที่ใช้นิยมเยื่อกรองชนิด Polycarbonate ขนาดรูกรอง 0.2 ไมโครเมตร เป็นเยื่อกรองที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสีย้อมที่เรืองแสง Fluorochrome และเป็นเยื่อกรองที่สามารถใช้ในการกรองแบคทีเรียเพราะมีผิวเรียบ ทำให้สามารถเห็นและนับแบคทีเรียที่ถูกกรองได้ดี เยื่อกรอง Polycarbonate ที่ใช้ต้องย้อมด้วยสี Lrgalan Black เพื่อตัดการเรืองแสงของตัวเยื่อกรองให้พื้นในการนับเป็นสีดำทำให้การเซลล์ภายใต้กล้อมีประสิทธิภาพดี แต่ข้อจำกัดของกระดาษกรองในกลุ่ม Polycarbonate มีข้อจำกัดเพราะมีบริเวณที่ไม่พบเซลล์แบคทีเรียบนกระดาษกรอง ซึ่งแก้ไขโดยการหยดสารลดแรงตรึงผิว (Surfactant) ลงในตัวอย่างก่อนทำการกรอง

กล้องจุลทรรศน์ Epifluorescence ที่ใช้เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่มีระบบกรองแสงโดยชุดกรองแสง (Filter) และกระจกรวมแสง Dichroic Mirror ที่ทำงานร่วมกับ Epifluorescence Illuminators ตัวกรองแสงมีหน้าที่ให้กรองแสงที่จะผ่านเข้าสู่เลนส์ใกล้วัตถุ ให้เหมาะกับสีย้อมแต่ละชนิด เพราะมีคุณสมบัติกรองแสงที่มีความยาวคลื่นอื่น ๆ ไว้ทั้งหมด ยกเว้นแสงอุลตราไวโอเลตหรือแสงที่มีความยาวคลื่นใกล้เคียง เช่นตัวอย่างที่ย้อมด้วย Acridine Orange ใช้แสงสีน้ำเงิน (Blue Light) ซึ่งจะกระตุ้นให้สีย้อมชนิดนี้ ปล่อยแสงฟลูออกเรสเซนต์ออกมาที่ยาวคลื่นประมาณ 470 นาโนเมตร ขณะที่สีย้อม DAPI ต้องการแสงอุลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร

การนับจำนวนแบคทีเรียโดยตรงด้วยวิธีนี้ตัวอย่างน้ำหรือตะกอนต้องทำการตรึง (Fix) แบคทีเรียทันทีเมื่อเก็บตัวอย่างเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของแบคทีเรียในระหว่างการทำการเก็บหรือขนถ่ายตัวอย่าง สารที่นิยมใช้ในการตรึงแบคทีเรียคือฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) ที่ความเข้มข้น 0.2-2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการตรึงตัวอย่างป้องกันการเปลี่ยนแปลงใจตัวอย่างน้ำจืดได้นาน 3 วัน และตัวอย่างน้ำทะเลได้นาน 10 วัน และพบว่าในตัวอย่างที่เก็บนานเป็นเวลา 10 สัปดาห์ก็ให้ผลพอที่จะยอมรับได้ เซลล์ที่นับได้จะถูกนำมาคำนวณหาจำนวนเซลล์เฉลี่ยต่อพื้นที่แผ่นกรอง ซึ่งค่าที่ได้สามารถนำมาคำนวณหาจำนวนเซลล์ต่อมิลลิลิตรของตัวอย่างได้ดังนี้ (APHA., AWWA., & WEF., 1922)

$$\text{จำนวนเซลล์ทั้งหมดต่อมิลลิลิตร} = \frac{(\text{จำนวนเซลล์เฉลี่ยต่อช่อง} \times \text{จำนวนช่องบนแผ่นกรอง}) \times \text{ค่า dilution}}{\text{ปริมาณตัวอย่างที่ทำการศึกษา}}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. วิธีการนับจำนวนเซลล์บนอาหารวุ้นแข็ง (Total Plate Count) และวิธีเยื่อกรอง (Membrane Filter Technique)

วิธีการนับจำนวนจุลินทรีย์ที่ใช้เทคนิคการเกลี่ยกระจาย (Spread Plate) บนอาหารแข็ง โดยใช้ความเข้มข้นของตัวอย่างที่เหมาะสม เมื่อทำการบ่มเชื้อไว้ระยะหนึ่ง การนับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยสันนิษฐานว่า 1 โคโลนีเป็นตัวแทนของเซลล์แบคทีเรีย 1 เซลล์ (Robert, 1988) ในการศึกษาหาจำนวนแบคทีเรียพวก Heterotroph ที่มีชีวิตพบว่าวิธีเกลี่ยกระจายบนจานอาหาร (Spread Plate) เป็นวิธีที่ดีกว่า Pour Plate เนื่องมาจากวิธี Pour Plate เซลล์ของแบคทีเรียบางชนิดไม่สามารถเจริญและสร้างโคโลนีข้างในและบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้เพราะว่าอุณหภูมิที่ทำให้วุ้นของอาหารเลี้ยงเชื้อหลอมเหลวอาจทำลายเซลล์แบคทีเรีย ข้อดีของวิธีนับจำนวนเซลล์บนอาหารวุ้นแข็ง (Total Plate Count) เป็นการนับจำนวนเซลล์ที่ถูกต้องและเป็นการนับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิต ที่ทำได้ง่ายและรวดเร็ว ส่วนข้อเสีย คือ โคโลนีของแบคทีเรียที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อบางครั้งไม่ได้เกิดจากเซลล์เดียว แต่เกิดจากเซลล์หลาย ๆ เซลล์ที่อยู่ใกล้กัน นอกจากนี้แบคทีเรียบางชนิด อาจไม่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534) จำนวนจุลินทรีย์ในจานอาหารควรมีจำนวนโคโลนี 30-300 โคโลนี ผลที่ได้จากวิธีนี้เป็นการประมาณจำนวนประชากรของจุลินทรีย์เริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อที่สามารถเจริญเพิ่มจำนวนเป็น 1 โคโลนี ซึ่งพบว่าประชากรของแบคทีเรียที่ได้มีประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ (หรือน้อยกว่า) จากประชากรทั้งหมดในระบบนิเวศทางน้ำ (Austin, 1988) แต่ประชากรกลุ่มนี้สามารถใช้ศึกษาถึง บทบาทของแบคทีเรียของสังคมแบคทีเรียในระบบนิเวศทางน้ำได้ นอกจากวิธีดังกล่าวการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียใน ตัวอย่างน้ำโดยใช้แผ่นเยื่อกรองก็เป็นวิธีการตรวจวิเคราะห์อีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ เนื่องจากวิเคราะห์ตรวจสอบได้รวดเร็ว สามารถลดความผิดพลาดจากการสุ่มตัวอย่างน้ำมาทดสอบเพราะสามารถใช้ตัวอยางน้ำในปริมาตรสูง เยื่อกรองที่ใช้มีองค์ประกอบของ Cellulose Acetate หรือ Polycarbonate ขนาดรูกรอง 0.45 ไมโครเมตร เมื่อทำการกรองเซลล์แบคทีเรียจะติดอยู่บนเยื่อกรอง นำเยื่อกรองที่ได้วางบน ผิวหน้าอาหารหรือวางลงแผ่นซับอาหาร นับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นบนผิวหน้าอาหารมาคำนวณต่อปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ใช้กรอง แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดในกรณีของตัวอย่างที่มีความขุ่นสูง เนื่องจากอาจทำให้เยื่อกรองอุดตันและแบคทีเรียอาจเกาะกับสารแขวนลอยไม่สามารถเจริญได้ (Harley & Prescott, 1996)

รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

กรมควบคุมมลพิษ (2538) ตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลบริเวณหาดแม่รำพึง-แหลมแม่พิมพ์ จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเล ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ดีค่าแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่า 1,000 หน่วย คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวชลบุรีในเขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง อยู่ในเกณฑ์พอใช้ พบปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าเฉลี่ย 11,800 หน่วย ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในขณะที่ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเฉลี่ย 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณสารอาหารตรวจพบมีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งอยู่ในระดับมาตรฐาน ปริมาณไขมันและน้ำมันพบมากบริเวณชายฝั่ง ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเล พบว่าส่วนใหญ่แล้วมีค่าเฉลี่ยไม่เกินกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งตะวันออกเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ บริเวณอ่างศิลา บางพระ และศรีราชา จังหวัดชลบุรี พบว่าคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี ออกซิเจนละลายน้ำโดยเฉลี่ยมีค่า 5.2-6.6 มิลลิกรัม ต่อลิตร ความสกปรกในรูปบีโอดีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.5-1.6 มิลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ส่วนใหญ่มีค่าต่ำ 700 หน่วย ยกเว้นบริเวณเกาะลอย อำเภอศรีราชา มีค่าแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ย 3,000 หน่วย ทั้งนี้เนื่องจากเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากชุมชนเขตอำเภอศรีราชา ซึ่งอยู่ในระดับค่ามารตฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ บริเวณอ่างศิลาพบปรอททั้งหมดมีค่าเกินค่ามาตรฐานที่ 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตรเล็กน้อย คุณภาพน้ำทะเลบริเวณหาดบางแสนและหาดพัทยาตรวจวัดพบว่าส่วนใหญ่อยู่ระดับพอใช้ พบค่าแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน 2.5 เท่า (มาตรฐาน คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการว่ายน้ำทะเลชายฝั่ง กำหนดให้มีค่าไม่เกิด 1,000หน่วย)ในบริเวณหาดบางแสนและหาดพัทยาค่าแบคทีเรียกลุ่ม โคลิฟอร์มทั้งหมดส่วนใหญ่เกิดกว่า 1,000หน่วย

กรมควบคุมมลพิษ (2544) ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งทะเลในปี 2543 พบว่าคุณภาพน้ำทะเลโดยทั่วไปมีแนวโน้มดีขึ้นจากปี 2542 เห็นได้จากปริมาณออกซิเจนละลายมีสูงขึ้นและมีค่าไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง (4.0 มิลลิกรัม / ลิตร) ในทุกพื้นที่ทั้งบริเวณปากแม่น้ำ ปากคลองและบริเวณแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง แต่ยังพบการปนเปื้อนของแบคทีเรีย จากค่าการตรวจวัดค่าแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มเกินมาตรฐานคือมากกว่า 1,000 M.P.N. / 100 มิลลิลิตร เช่นเดียวกับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และโลหะหนักประเภทแมงกานีส สังกะสี และเหล็ก ขณะที่คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออกพบว่าในหลายพื้นที่คุณภาพมีแนววโน้มดีขึ้น และส่วนใหญ่คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน พบว่าจำนวนสถานีที่พบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ทั้งหมดเกินมาตรฐานมีจำนวนลดลงเหลือ 10 สถานี จากที่พบ 30 สถานทีในปี พ.ศ. 2542 เช่นเดียวกับค่าปริมาณแอมโมเนีย โลหะหนัก ประเภทแมงกานีสและเหล็กก็มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน อย่างไรก็ตามในช่วงฤดูแล้งยังคงพบค่าแบคทีเรียทั้งหมดเกินมาตรฐานในสถานีอ่าวอุดม

ปากคลองพัทยา ปากแม่น้ำระยอง และแหลมงอบ นอกจากปัญหาคุณภาพน้ำแล้วยังพบขยะลอยน้ำทั่วไปในน้ำทะเลและที่พื้นผิวดิน

กรมอนามัย (2535) ได้ทำการสำรวจและเฝ้าระวังคุณภาพแม่น้ำบางปะกงโดยมีจุดเฝ้า ระวังตลอดสายตั้งแต่ปากแม่น้ำที่อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ถึงอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 13 แห่ง โดยการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาเมื่อนำผลการตรวจวัดมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดินที่มิใช่ทะเลและมาตรฐานคุณภาพแม่น้ำบางปะกงพบว่า บริเวณหน้าอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา คุณภาพน้ำจัดว่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีคุณภาพน้ำประเภทที่ 3 ไม่สามารถนำมาอุปโภคบริโภคได้ดัชนีบ่งชี้สำคัญคือ ปริมาณออกซิเจนละลายมีค่าเฉลี่ย 1.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่พบปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์ม แบคทีเรียมีค่าเฉลี่ย 6,083 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตรในบริเวณอำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา คุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทที่ 4 ทำให้ไม่สามารถใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคได้ จากการสำรวจคุณภาพน้ำทั้ง 13 สถานี พบคุณภาพน้ำเป็นประเภทที่ 4 จำนวน 5 แห่งและประเภทที่ 5 จำนวน 8 แห่งและคุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกงมีคุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทุกแห่ง โดยมลพิษหลักคือ ตะกั่ว โครเมียม และไนเตรท

เกรียงศักดิ์ สายธนู เกรียงศักดิ์ พูนสุข และสงคราม เหลืองทองคำ (2524) ทำการวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในบริเวณน่านน้ำของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2521 ทำการสำรวจการแพร่กระจายของเชื้อ *V. parahaemolyticus* บริเวณทะเลอันดามันจำนวน 25 สถานี จากตัวอย่างดินและสัตว์ทะเล พบการแพร่กระจายของเชื้อที่ 8, 44 และ 18 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และบริเวณอ่าวไทยตอนบนจากตัวน้ำ, ดิน และสัตว์ทะเล พบเชื้อ 54, 72 และ 32 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และจากตัวอย่างน้ำและดินบริเวณชายฝั่งตะวันออกจากอู่ตะเภาถึงปากน้ำ สมุทรปราการ จำนวน 42 สถานี พบการแพร่กระจายของเชื้อในตัวอย่างน้ำ 81 เปอร์เซ็นต์ และในตัวอย่างดิน 94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2522 – 2523 ทำการสำรวจอ่าวไทยตอนบน จำนวน 19 สถานที่ พบการแพร่กระจายของเชื้อจากตัวอย่าง น้ำ, ดิน และสัตว์ทะเล 79 และ 84 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และได้เพิ่มการสำรวจชายฝั่งตะวันตก บริเวณหัวหินถึงคลองมอญ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ครั้งแรกเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ ที่ชายฝั่งตะวันออกจำนวน 40 สถานี พบการแพร่กระจายของเชื้อจากตัวอย่างน้ำและดิน 76 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนชายฝั่งตะวันตกสำรวจ 28 สถานี จากหัวหินถึงคลองมอญ พบการแพร่กระจายของเชื้อจากตัวอย่างน้ำและดิน 86 และ 71 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนเมษายนที่ชายฝั่งตะวันออก 32 สถานี พบการแพร่กระจายของเชื้อในตัวอย่างน้ำ 42 เปอร์เซ็นต์และในดิน 23 เปอร์เซ็นต์ พบว่าจำนวนเชื้อในดินจะมีมากกว่าในน้ำ และในปี พ.ศ. 2523-2524 สำรวจอ่าวไทยตอนบนจำนวน 16 สถานี พบการแพร่กระจายของเชื้อใน

ตัวอย่างน้ำ, ดิน และสัตว์ทะเล 27, 81 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ *V. cholera* มีปริมาณมากกว่า *E. coli* ในน้ำปากแม่น้ำ ซึ่งปริมาณของ *V. cholera* ไม่ได้มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ยิ่งกว่านั้นผลการทดสอบได้สนับสนุนทฤษฎีที่ว่า *V. cholera* เป็นแบคทีเรียท้องถิ่นในบริเวณปากแม่น้ำ

จิระ เครือทราย, สุบัณฑิต เมฆขยาย และบัญญัติ สุขศรีงาม (2543) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านแบคทีเรียของแม่น้ำบางปะกงโดยการสุ่มตัวอย่างจากแม่น้ำบางปะกงช่วงที่ไหลผ่านสะพานรถไฟถึงวัดบางกรูด อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2535 จำนวน 40 ตัวอย่างนำมาวิเคราะห์หาจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดโดยวิธี Spread Plate Count โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ฟีคอลโคลิฟอร์ม *และ E. coil.* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น และทำการตรวจแบคทีเรียก่อโรคบางชนิด เช่น *Salmonella spp., Shigella spp., Vibrio cholerae., StapyloCoccus aureus* และ *Streptococcous fecalis.* โดยวิธี Spread Plate เปรียบเทียบกับวิธี Membrande Filter พบว่าค่าคุณภาพน้ำด้านแบคทีเรียของแม่น้ำบางปะกงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 3 จำนวนโคลฟอร์มแบคทีเรียไม่เกิน 500 เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร จำนวนฟีคอลโคลิฟอร์มไม่เกิน 2400 เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร จำนวนแบคทีเรียรวมทั้งหมดอยู่ระหว่าง 3900-11330 เซลล์ / มิลลิลิตร พบ *E. coli.* จำนวน 80 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมดและพบ *V.parahaemolyticus* โดยวิธี Spread Plate 7.5 เปอร์เซ็นต์ และโดยวิธี Membrane Filter 14.5 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด

ธีชัช บุญญะการกุล (2530) ได้ทำการสำรวจคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำจำนวน 19 สาย และคลอง 1 สาย ที่ไหลลงสู่อ่าวไทยระหว่างปี 2527-2529 ทำการประเมินค่าเฉลี่ยของโคลิฟอร์มในปี 2527-2529 เปรียบเทียบกับปี 2524-2526 พบว่ามีแนวโน้มการปนเปื้อนโคลิฟอร์มสูงขึ้นเกือบทุกสาย ยกเว้นแม่น้ำปัตตานี, แม่น้ำตาปี, แม่น้ำตากใบ และแม่น้ำเพชรบุรี มีค่าเฉลี่ย โคลิฟอร์มในปี 2527-2529 เพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ยในปี 2524-2526 มีค่าเป็น 10.5 เท่า, 2.7 เท่า, 1.7 เท่า และ 1.6 เท่า ตามลำดับ แม่น้ำแม่กลองและแม่น้ำปราณบุรีพบการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มอยู่ในระดับเดิม แต่แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำเพชรบุรี พบว่าเป็นแม่น้ำที่มีการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มสูงมากเกิน 50,000 เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร ค่าที่พบคือ 104,950 เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร, 1,002,826 เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร, 62,500 เอ็มพีเอ็น / มิลลิลิตร ตามลำดับ แม่น้ำที่มีการปนเปื้อนรองลงมา คือ แม่น้ำปราณบุรี, แม่น้ำประแส และแม่น้ำระยอง มีค่าโคลิ ฟอร์มอยู่ในช่วง 20,000-50,000 เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร ส่วนแม่น้ำสายบุรี, บางพระ, ท่าจีน, แม่กลอง และแม่น้ำปากพนังมีค่าโคลิฟอร์มอยู่ในช่วง 5,000-20,000 เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร และแม่น้ำที่มีการปนเปื้อนของ โคลิฟอร์มต่ำกว่า 5,000 เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร ได้แก่ แม่น้ำโกลก, แม่น้ำปัตตานี, แม่น้ำตาปี และแม่น้ำตากใบ พบว่าแม่น้ำที่มีการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มสูงเกินมาตรฐานแหล่ง

น้ำของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติประเภทที่ 3 มีจำนวน 6 สาย (มากกว่า 1,000 เอ็มพีเอ็น / มิลลิลิตร) ที่สูงเกินมาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 2 จำนวน 5 สาย มีเพียง 4 สายที่ต่ำกว่ามาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 2 และการสำรวจแบคทีเรียทีทำให้เกิดอุจจาระร่วง ได้แก่ *Salmonella, Shigella, E. coli, V. cholera, V. parahaemolyticus* และ Non-Agglutinable Vibrio จำนวน 336 ตัวอย่าง ไม่พบแบคทีเรียทั้ง 5 ชนิดแรก แต่พบ Non-Agglutinable Vibrio ใน Group 1, Group 2, Group 3 ในอัตราร้อยละ 23.3, 23.5, 3.9 ตามลำดับ

นัฐวุฒิ กอเซ็ม (2541) ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทราถึงเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2539 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2540 พบว่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด มีค่า $\geq$ 1,600 เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มมีค่า $\geq$ 10 เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิเมตร และแบคทีเรียในสกุล Vibrio มีค่า 9.4×10^3 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูฝนในช่วงระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน แต่จะมีค่าลดต่ำลงในช่วงฤดูหนาวระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม คือ <2, <2 เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิเมตรและ 0 โคโลนี นอกจากนี้สถานีเก็บตัวอย่างที่อยู่บริเวณปากแม่น้ำบางปะกองพบว่ามีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มและแบคทีเรียในกลุ่ม Vibrio มีค่าสูงกว่าค่าของสถานีเก็บตัวอย่างที่อยู่บริเวณเกาะสีชัง โดยเฉพาะสถานีเก็บตัวอย่างที่ 1 และ ที่ 2 อยู่ในเขตปากแม่น้ำบางประกงด้านใจ นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอยางน้ำที่เก็บจากผิวน้ำที่ระดับความลึก 0.5 เมตร มีประมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มสูงกว่าตัวอย่างน้ำที่เก็บมาจากระดับความลึกกลางน้ำในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างชัดเจน

นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์, สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล, นุดล โมพี และเปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต (2539) ทำการศึกษาและปริมาณการแพร่กระจายของสิ่งปฏิกูลในรอบปีบริเวณชายฝั่งทะเลเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ในช่วงเดือน เมษายน 2537 ถึง เดือนมีนาคม 2538 เป็นประจำทุกเดือน ๆ ละ 2 ครั้ง โดยทำการสุ่มตัวอย่างในพื้นที่ 100 ตารางเมตร โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น 3 เขต คือ เขตท่องเที่ยว ได้แก่แหลมท่าวังอ่าวถ้ำพัง หาดทรายแก้วและเกาะค้างคาว เขตชุมชนได้แก่ ชุมชนท่าบน ชุมชนท่าล่างและชุมชนเกาะขามใหญ่ และเขตพื้นที่ก่อสร้างท่าเรือน้ำลึกได้แก่อ่าวไผ่และแหลมงู การศึกษาได้ทำการแยกชนิดและปริมาณการแพร่กระจายของสิ่งปฏิกูลในรอบปีของแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่าองค์ประกอบชนิดของสิ่งปฏิกูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเดือนในการทำการศึกษา แต่ปริมาณสิ่งปฏิกูลมีความผันแปรตามฤดูกาลเนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุม ขณะที่พบคราบน้ำมันในปริมาณน้อยทั้งผิวน้ำและหาดทราย ปริมาณการแพร่กระจายในรอบปีของสิ่งปฏิกูลบริเวณชายฝั่งทะเลคาดว่าได้รับผลกระทบจากปัจจัยสำคัญ 5 ประการ คือ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ลมมรสุมที่พัดผ่าน อิทธิพลของแผ่นดินใหญ่ ชุมชนบนเกาะสีชัง นักท่องเที่ยว และเรือขนถ่ายสินค้ากลางทะเล

แววตา ทองระอาและพัฒนา ภูลเปียม (2535) และแววตา ทองระอา, พัฒนา ภูลเปียม และ ไพศาล วิยทัศน์(2535) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำทะเลในเขตว่ายน้ำชายหาดบางแสน หาดพัทยา และหาดจอมเทียน ในระหว่างปี พ.ศ. 2532-2533 ได้เก็บตัวอย่างน้ำทุกเดือน พบว่าในปี 2532 หาดบางแสนมีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวม 2-2,400 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ส่วนในปี พ.ศ. 2533 พบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวม 2-3,500 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม และปริมาณฟีคอล โคลิฟอร์มแบคทีเรีย 2-1,800 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม เมื่อเทียบมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการว่ายน้ำ พบว่าคุณภาพน้ำทะเลในเขตว่ายน้ำชายหาดบางแสน อยู่ในสภาพเสื่อมโทรม ไม่เหมาะแก่การว่ายน้ำเป็นบางฤดูกาล และบางพื้นที่ คุณภาพน้ำหาดพัทยาปี 2532 พบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวม 2-16,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม และปริมาณฟีโคลิฟอร์มแบคทีเรีย 2-16,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัมส่วนในปี พ.ศ. 2533 พบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวม 20-92,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม และปริมาณฟีคอล โคลิฟอร์มแบคทีเรีย 2-24,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม คุณภาพน้ำทะเลบริเวณหาดพัทยามี แนวโน้มที่จะเสื่อมโทรมลงมากขึ้น บริเวณพัทยาใต้ ได้ตรวจพบค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวมสูงเกิดกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการว่ายน้ำหลายเท่า สำหรับบริเวณหาดจอมเทียนนั้นพบว่า คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเพื่อการว่ายน้ำ โดยในปี 25232 พบว่าปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวม 2-920 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิตร ส่วนและปริมาณ ๆ คอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย 2-350 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ส่วนในปี 2533 ปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรียรวม 2-240 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 ลิตรและปริมาณ ๆ คอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย 2-130 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร

สมบัติ อินทร์คง และคณะ (2540) ทำการศึกษาคุณภาพน้ำและดินตะกอนเพื่อประเมินสภาวะการเกิดมลพิษทางน้ำบริเวณชายฝั่งและเลตะวันออกของอ่าวไทยตอนบน โดยทำการเก็บตัวอย่างในบริเวณที่มีความหลากหลายของสภาพแวดล้อม จำนวน 10 สถานี ตั้งแต่อำเภอเมืองชลบุรีถึงบ้านเพจังหวัดระยอง โดยทำการศึกษาข้อมูลเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าบีโอดี ปริมาณซัลไฟด์ และข้อมูลคุณภาพตะกอนดิน ได้แก่ อัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ปริมาณแบคทีเรีย ขนาดตะกอน จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า คุณภาพน้ำและดินตะกอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างพบว่าเมื่อเรียงตามสภาพความเสื่อมโทรมจากมาไปน้อยได้ตามลำดับดังนี้ สถานีศรีราชา ชลบุรี ระยอง เกาะสีชัง บ้านเพ พัทยา แหลมฉบัง บางเสร่ บางแสน

และมาบตาพุต แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ในแต่ละสถานีจากการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาในรอบปี

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2533) ได้สำรวจคุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก พ.ศ. 2530-2533 พบว่าคุณภาพน้ำทะเลแหล่งท่องเที่ยวเพื่อใช้ประโยชน์นการว่ายน้ำ ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดีตามมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการว่ายน้ำคือ ตรวจพบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวมส่วนใหญ่ไม่เกินกว่า 1,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ได้แก่ บริเวณหาดวงศ์อำมาตย์ หาดจอมเทียน หาดสวนสน และแหลมแม่พิมพ์ ส่วนบริเวณที่คุณภาพน้ำมีแนวโน้มเสื่อมโทรมลง โดยมีคุณภาพน้ำต่ำกว่ามาตรฐานได้แก่ หาดบางแสน และหาดพัทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณชุมชนพัทยาใต้เนื่องจากการระบายน้ำทิ้งจากชุมชน

สถานบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล (2537) ทำการสำรวจคุณภาพน้ำทะเลในช่วงเดือนตุลาคม 2535 ถึงเดือนมีนาคม 2536 พบว่าในการตรวจหาค่าปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด บริเวณที่มีการตรวจพบค่าโคิฟอร์มแบคทีเรียรวมสูงเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลได้แก่ บริเวณอ่าวชลบุรี อ่างศิลา บางพระ เกาะลอย (ศรีราชา) อ่าวอุดม หาดพัทยา บ้านหนองแฟบ ท่าเรือสัตหีบ ช่องแสมสารและบริเวณปากแม่น้ำที่ไหลผ่านชุมชน ได้แก่ ปากแม่น้ำระยอง ปากแม่น้ำจันทบุรี ปากแม่น้ำประแสร์ ปากแม่น้ำตราดบริเวณหาดแม่รำพึง ปากแม่น้ำพังราด และปากแม่น้ำเวฬุ เนื่องจากในบริเวณนเหล่านี้มีการระบายน้ำทิ้งจากชุมชนใกล้เคียงลงสู่แหล่งน้ำขณะที่บางพื้นที่เช่น หาดแม่รำพึงจะพบค่าปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวมสูงกว่าค่ามาตรฐานเฉพาะในฤดูกาลท่องเที่ยว และบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรีมีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวมเกินมาตรฐานในเดือนมีนาคม 2536

Dupray and Cormier (1983) ทำการศึกษาการเจริญของ *V. parahaemolyticus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว จากสายพันธุ์ที่แยกได้จากอุจจาระของผู้ป่วย และสายพันธุ์ที่แยกจากน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำ พบว่าไม่มีความแตกต่างใน การเจริญของเชื้อที่อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส แต่จุลินทรีย์ในทะเลชนิดอื่นจะถูกยับยั้งเมื่อบ่อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสและพบหลังการบ่มเป็นเวลา 8 ชั่วโมงจะให้ปริมาณของ *V. paraheamolyticus* จำนวนมาก แม้ว่าในการเริ่มต้นจะใช้เชื้อในปริมาณน้อยก็ตาม ขณะที่การเจริญเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ชนิดอื่นทั้งในตัวอย่างอุจจาระและในตัวอย่างน้ำทะเลจะถูกยับยั้ง ดังนั้นการเพิ่มจำนวนเชื้อ *V. paraheanolyticus* ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จึงเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการแยก *V. paraheamolyticus* ในการวิเคราะห์หา *V.paraheamolyticus* จากอาหารทะเลวิธีนี้จึงเป็นวิธีที่ยอมรับว่า เป็นวิธีที่ได้ผลรวดเร็ว

Garcia et al. (1995) ศึกษาทำการเปรียบเทียบวิธี Plate Count และ Most Probable Number (MPN) สำหรับนับจำนวนแบคทีเรียกลุ่มโคลลิฟอร์มและ *E. coli* จาก หอยในกลุ่มพวกหอยกาบ โดยวิธี Plate Count ใช้อาหาร Fecal Coliform Agar ที่เติม Rosonic Acid นำมาเปรียบเทียบกับวิธี Most Probable Number (MPN) ชนิด 5 หลอด และ 3 หลอด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม และ *E. coli.* ทั้ง 2 วิธีให้ผลการทดสอบเหมือนกันแต่วิธีการนับเซลล์บนอาหาร Fecal Coliform Agar ที่เติม Rosonic Acid เป็นกระบวนการที่รวดเร็วกว่าวิธี Most Probable Number (MPN) ที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ 0.5 เมตร แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มมีปริมาณมากกว่าที่ระดับความลึกกลางน้ำเล็กน้อย และปริมาณแบคทีเรียที่สามารถเจริญบนอาหาร TCBS Agar ทั้งหมด พบน้อยที่ระดับผิวน้ำ แล้วเพิ่มขึ้นที่ระดับกลางน้ำและตะกอนดินตามลำดับ

Hobbie, Daley and Jasper (1997) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการประสิทธิภาพของเยื่อกรอง Nucleopore สำหรับนับจำนวนแบคทีเรียโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ Epifluorescence กับเยื่อกรองเซลลูโลส พบว่าแผ่นกรอง Nucleopore ชนิด Polycarbonater มีประสิทธิภาพในการนับจำนวนแบคทีเรียโดยตรงดีกว่าเยื่อกรองเซลลูโลส เนื่องจากลักษณะของรูกรองและพื้นผิวของเยื่อกรองจำนวนมากเกินไปจะทำให้นับจำนวนเซลล์ไม่ได้และการใช้เยื่อกรอง Nucleopore ต้องย้อมด้วยสีย้อม Lrgalan Black ก่อนการใช้งานเพื่อป้องกันการเรืองแสง Fluorescence ของตัวเยื่อกรอง และในการศึกษาการนับจำนวนจำนวนแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำจากทะเลสาบและมหาสมุทร พบว่าเยื่อกรอง Nucleopore สามารถนับจำนวนเซลล์ได้สูงเหมือนการใช้เยื่อกรองเซลลูโลส

Hazen, Jimenea, Victoria, Lopez and Filermens (1991) ได้ทำการเปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรียที่นับได้จากวิธีนับจำนวนเซลล์โดยตรงด้วยการย้อมสี Acridine Orange และนับจำนวนแบคทีเรียที่ได้จากวิธีการเลี้ยงให้เจริญบน 1 เปอร์เซ็นต์ใน PTYG Medium ตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บจากความลึก 550 เมตร จากแม่น้ำ Savannah เมือง South Caroline พบความหนาแน่นของแบคทีเรียมีสูงมากกว่าตัวอย่างจากผิวน้ำทั้งจำนวนเซลล์ทั้งหมดและจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตปริมาณของแบคทีเรียในตัวอย่างตะกอนจากวิธีนับเซลล์โดยตรงอยู่ในช่วง 1.00×10^6 ถึง5.01×10^8 เซลล์ต่อกรัม ขณะที่จำนวนเซลล์ที่มีชีวิตมีจำนวนน้อยกว่าอยู่ในช่วง 5.00×10^3 ถึง 4.07×10^7 CFU ต่อกรัม ส่วนความหนาแน่นของแบคทีเรียในน้ำจากวิธีจากนับเซลล์โดยตรงอยู่ในช่วง 1.00×10^3 ถึง 6.13×10^4 เซลล์ต่อกรัม และจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตอยู่ในช่วง 4.75×10^2 ถึง 5.75×10^2 CFU ต่อกรัม แบคทีเรียจากตะกอนพบการย่อยสลายสารประกอบคาร์บอนได้ หลากหลายกว่าแบคทีเรียจากผิวน้ำ

Joseph,Colwell, and Kaper (1982) ศึกษาพบว่า *V. paraheamolyticus* ในสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับสิ่งมีชีวิตอื่นในทะเล โดยเฉพาะ Copepods ซึ่งทำให้ *Vibrio spp.* สามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ในฤดูหนาว และเจริญเพิ่มจำนวนในฤดูร้อน ซึ่งได้มีการจำแนก *V. paraheamolyticus* ระหว่างสายพันธุ์ที่แยกจากมนุษย์ซึ่งมักจะให้ผลการทดสอบ Kanagana Phenomenon (KP) เป็นบวก และสายพันธุ์ที่แยกจากสิ่งแวดล้อมมักให้ผลลบต่อการทดสอบนี้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการก่อโรค โดยทดสอบความสามารถในการย่อยสลายเม็ดเลือด (Hemolytic Activity)

Kelly and Stroch (1988) ศึกษาการพบ *V. paraheamolyticus* จากผู้ป่วยและสิ่งแวดล้อมบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก โดยทำการเก็บตัวอย่างอุจจาระของผู้ป่วย และตัวอย่างน้ำบริเวณปากแม่น้ำเป็นจำนวน 10 สถานีในตัวอย่างอุจจาระผู้ป่วย 13 ราย ที่ติดเชื้อจาก *V. paraheamolyticus* พบว่าผู้ป่วย 10 ราย อาศัยในท้องถิ่นและอีก 3 รายเป็นผู้เดินทางผ่านมา ขณะที่ในตัวอย่างน้ำพบ *V. Paraheamolyticus* 11-13 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างน้ำที่นำมาศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของ *V. paraheamolyticus* มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล คือสามารถตรวจพบเฉพาะเดือนในฤดูร้อน ที่มีอุณหภูมิน้ำทะเลสูงกว่าหรือเท่ากับ 17 องศาเซลเซียส และที่ความเค็มน้อยกว่า หรือเท่ากับ 13 เปอร์เซ็นต์ บริเวณที่มีการระบาดของโรค จะตรวจพบได้ในช่วงที่เชื้อนี้แพร่กระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก นั่นคือ *V. paraheamolyticus* เป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรคและสามารถตรวจพบได้ในสิ่งแวดล้อม บริเวณชายฝั่งทะเลเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะช่วงฤดูร้อน ซึ่งมีอุณหภูมิของน้ำทะเลพอเหมาะ และสภาวะที่ความเค็มไม่สูงมาก

Kichman, Sigda, Kapuycinski and Mithell (1982) ได้ทำการวิเคราะห์เชิงสถิติของวิธีนับเซลล์โดยตรง สำหรับนับจำนวนแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมธรรมชาติ พบว่าในการวิเคราะห์เชิงสถิติ แหล่งความแปรปรวนเกิดจากวิธีที่ใช้ในการทำการทดลอง, การเก็บตัวอย่างน้ำ , ขั้นตอนการกรอง และพื้นที่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และพบว่าสาเหตุของความแปรปรวนส่วนใหญ่ (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์) มีสาเหตุมาจากกระจายของแบคทีเรียบนพื้นที่ของแผนกรอง

Kumazawa and Kato (1985) ได้ศึกษา *V. paraheamolyticus* ที่บริเวณน้ำเสียบริเวณ Hashizu Creek ของประเทศญี่ปุ่น ในปลายฤดูหนาวสามารถพบเชื้อในตะกอนและในช่วงฤดูร้อนสามารถพบเชื้อในหอยทะเล (*Clithon retropictus*) ปริมาณสูงสุดที่พบเชื้อในตะกอน คือ 9.3×10^5 โคโลนีต่อ 100 กรัม และในหอยทะเลพบเชื้อ 2.3×10^7 โคโลนีต่อ 100 กรัม ในการทดสอบ Kanakawa Hemolysis พบว่าเชื้อประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ของสายพันธุ์ที่แยกจากตะกอนและ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่แยกจาก หอยทะเลให้ผลบวกต่อการทดสอบนี้ นั่นแสดงว่าสายพันธุ์ที่ให้ผลบวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต่อการทดสอบ Kanakawa นั้นสามารถตรวจพบได้ในตะกอน และหอยทะเลในบริเวณที่มีการปล่อยน้ำเสีย

Larsen, Farid and Dalsgard. (1991) ทำการศึกษาหาแบคทีเรีย *V. paraheamolyticus* และ *V. alginolyticus* ในสถานที่เล่นน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลและปากแม่น้ำของเมือง Danish ประเทศอิตาลี จำนวน 17 สถานี และปากแม่น้ำ 2 สถานี ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน ปี 1979 พบจากน้ำทะเล *V. paraheamolyticus* 5 สายพันธุ์ และน้ำบริเวณปากแม่น้ำ 3 สายพันธุ์ พบว่า *V. alginolyticus* มีปริมาณคิดเป็น 8.33 และ 15.63 เปอร์เซ็นต์จากแบคทีเรียในสกุล Vibrio ทั้งหมดที่พบบนอาหาร TCBS Agar

Musa, Shears, Kafi and Elsabag (1999) ทำการศึกษาคุณภาพน้ำอุปโภคบริโภคที่ใช้ในบริเวณตอนเหนือของประเทศซูดาน โดยการตรวจสอบฟีคอลโคลิฟอร์มด้วยวิธีกรองด้วยเยื่อกรอง ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าที่ได้ระหว่างฤดูกาลกับพื้นที่ในชุมชนต่าง ๆ กันพบว่าในสช่วงปลายของฤดูฝนในบริเวณที่เป็นที่ตั้งของแหล่งชุมชนริมน้ำพบค่าปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์มเกินมาตรฐานแหล่งนั้นเพื่อการอุปโภคบริโภคของ WHO ขณะที่ชุมชนที่อยู่รอบนอกเมืองพบว่าน้ำในช่วงจ่ายน้ำช่วงแรกจะมีค่าปริมาณแบคทีเรียต่ำ (<10 dl^{-1}) แต่เมื่อทำการตรวจสอบน้ำที่ได้ทำการกักเก็บไว้พบว่าคุณภาพน้ำต่ำลง คือมีค่าสูงถึง 1,000 และพบว่าในช่วงฤดูฝนพบจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคทางเดินอาหารเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแสดงว่าคุณภาพน้ำเป็นปัจจัยในการเจ็บป่วยด้วยโรคทางเดินอาหารของชุมชน

Pace andChai (1989) ทำการศึกษาการเพิ่มจำนวนของ *V. paraheamolyticus* ในตัวอย่างน้ำบริเวณปากแม่น้ำ เปรียบเทียบกับการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีธาตุอาหารสมบูรณ์พบว่า *V. paraheamolyticus* สายพันธุ์ที่ให้ผลลบต่อการทดสอบ Kanakawa จะมีการเจริญในน้ำบริเวณปากแม่น้ำ โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ในเซลล์สูงกว่าที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีธาตุอาหารสมบูรณ์ และพบว่าสายพันธุ์ที่ให้ผลบวกต่อการทดสอบ Kanakawa และให้สายพันธุ์ที่ให้ผลลบต่อการทดสอบ Kanakawa นั้นมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากเชื้ออาจจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเพื่อความอยู่รอดในสภาวะการเจริญในตัวอย่างน้ำจากบริเวณปากแม่น้ำ

Shiaris et al. (1987) ศึกษาปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์ม และ Enterococci ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงการปนเปื้อนจากสิ่งปฏิกูลและ *V. paraheamolyticus* จากตะกอนดินที่มีการ ปนเปื้อนสิ่งโสโครก โดยตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดด้วยวิธี Epifluorescent Microseope และนับจำนวน Heterotrophic Abcteria โดยวิธี Plate Count บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีธาตุอาหารสมบูรณ์ และอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนประกอบของสารอาหารไม่สมบูรณ์ ทำการตรวจนับฟีคอล โคลิฟอร์ม และ Enterococci โดยวิธี Most Probable-Number และตรวจหา *V. paraheamolyticus* โดยวิธี Membrane Filtration ผลการทดลองพบว่าปริมาณของ ฟีคอล

โคลิฟอร์ม, Enterococci และ *V.paraheamolyticus* ในตะกอนที่ระยะ 460 เมตรจากจุดที่มีการปนเปื้อนของสิ่งปฏิกูลมีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับจุดที่มีการปนเปื้อน แต่ปริมาณของ *V. paraheamolyticus* ไม่ได้มีความ สัมพันธุ์กับแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ แต่สัมพันธ์กับปัจจัย ต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อมบริเวณที่ตรวจสอบ

Shehata (1982) ทำการศึกษาการปนเปื้อนของ *V. paraheamolyticus* ในน้ำทะเล ตะกอนและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิดบริเวณทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ใกล้กับเมือง อะเลกซานเดรีย (Alexdria) ประเทศอียิปต์ จากตัวอย่างทั้งหมด 165 ตัวอย่าง ซึ่งเก็บระหว่าง เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกรกฎาคม ค.ศ.1980 ผลการทดลองพบว่า ปริมาณเฉลี่ยของ *V. paraheamolyticus* มีดังนี้คือ ในน้ำทะเลพบประมาณ 36 โคโลนีต่อ 100 มิลลิลิตร ในเม่นทะเล พบประมาณ 349 โคโลนีต่อ 100 กรัม ในตะกอนพบประมาณ 436 โคโลนีต่อ 100 กรัม ในหอย Wedge พบประมาณ 534 โคโลนีต่อ 100 กรัม และในหอยกาบพบประมาณ 1872 โคโลนีต่อ 100 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอย่างที่นำมาศึกษาในช่วงฤดูร้อนจะพบการปนเปื้อนของ *V.paraheamolyticus* สูงกว่าตัวอย่างที่ศึกษาในฤดูหนาว

Watkins and Cabelli (1985) ศึกษาความสัมพันธุ์ของการปนเปื้อนของสิ่งปฏิกูลในน้ำ บริเวณปากแม่น้ำต่อปริมาณ *V. paraheamolyticus* ซึ่งพบว่า จำนวน *V. paraheamolyticus* บริเวณ ปากแม่น้ำของ Warrangensett Bey นั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณของการปนเปื้อนสิ่งปฏิกูลในน้ำ ผลของการทดลองยังแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ *V. paraheamolyticus* กับ แบคทีเรียอื่น ๆ เช่น *E.coli, Clostriduim* Perfringens และ Enterococci สามารถพบปริมาณของ *V. paraheamolyticus* มากที่สุดที่ใกล้ผิวหน้าน้ำบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสิ่งปฏิกูล และมีจำนวน ลดลงเมื่อระยะทางจากบริเวณปนเปื้อนของสิ่งปฏิกูลเพิ่มขึ้นและมีจำนวนลดลงเมื่อความลึกของน้ำ เพิ่มขึ้นด้วย พบว่าการเจริญตามธรรมชาติของ *V. paraheamolyticus* ในน้ำโสโครกไม่เกี่ยวข้องกับ ธาตุอาหารในน้ำโสโครกนั้น แต่ขึ้นอยู่กับปริมาณ Chitin และแพลงตอนสัตว์ (ทั้งมีชีวิตและไม่มี ชีวิต) ดังนั้นมีทางเป็นไปได้ว่าน้ำเสียมีผลกระทบทางอ้อมต่อการเจริญของ *V. paraheamolyticus* บริเวณปากแม่น้ำเนื่องจากน้ำเสียมีผลต่อมวลสารชีวภาพของห่วงโซ่อาหาร ซึ่งส่งผลกระทบต่อ จำนวนจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ