

บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

สภาพทั่วไปอำเภอท่าวังผา

อำเภอท่าวังผา เป็นอำเภอหนึ่งของจังหวัดน่านเดิมอยู่ในเขตปกครองของอำเภอบัว จังหวัดน่าน ได้รับการยกฐานะเป็นกิ่งอำเภอท่าวังผาเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2505 ตั้งอยู่ ณ บ้านสบยาว หมู่ 4 ตำบลท่าวังผา จังหวัดน่าน ในพื้นที่ของอำเภอท่าวังผาพบชุมชนโบราณต้นกำเนิดเมืองน่านซึ่งมีอายุกว่า 800 ปี สร้างในสมัยพญาภูคา ปฐมกษัตริย์น่านแห่งราชวงศ์ภูคา อยู่ในท้องที่ตำบลยม และตำบลจอม ซึ่งในปัจจุบันยังคงสภาพสมบูรณ์อยู่ในท้องที่บ้านเดี่ยว บ้านลอมกลาง บ้านทุ่งซ้อง บ้านนาคม บ้านถ่อน จากสภาพชุมชนนั้นเป็นชุมชนเมืองขนาดใหญ่ เพราะมีการค้นพบกำแพงเมืองวัดร้าง และพระพุทธรูปเป็นจำนวนมากในบริเวณลุ่มแม่น้ำอย่าง อำเภอท่าวังผาในอดีตเป็นส่วนหนึ่งของเมืองบัว จึงเป็นเมืองเก่าแก่ยุคเดียวกับสุโขทัย ความเป็นมาของชื่ออำเภอท่าวังผามาจากลักษณะของเกาะแก่งในแม่น้ำน่านซึ่งมีแต่หินผาและเป็นวังน้ำอยู่มากมาย อันเป็นเส้นทางคมนาคมทางน้ำในอดีตระหว่างเมืองบัวกับเมืองน่านจึงได้ชื่อว่า ท่าวังผา ในปัจจุบันอำเภอท่าวังผาแบ่งเขตการปกครองออกเป็น 10 ตำบล 91 หมู่บ้าน มีพื้นที่ประมาณ 702 ตารางกิโลเมตร มีประชากร 51,609 คน (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2552)

สภาพภูมิอากาศ

ข้อมูลภูมิอากาศของอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน เฉลี่ย 30 ปี ระหว่าง พ.ศ.2518-2547 ซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุมเมืองร้อน ได้รับอิทธิพลของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดเอาความหนาวเย็นจากไซบีเรีย พัดผ่านประเทศจีนเข้าสู่ภาคเหนือของไทย และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดเอาความชื้นจากมหาสมุทรอินเดีย จึงทำให้อากาศหนาวเย็นมากในช่วงเดือนมกราคมและฝนตกหนักในช่วงเดือนสิงหาคม เนื่องจากมีภูมิประเทศเป็นภูเขาและป่าไม้จึงทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันมาก โดยฤดูต่างๆ แบ่งออกตามเวลา คือ

ฤดูร้อน เริ่มจากกลางเดือนกุมภาพันธ์จนถึงกลางเดือนพฤษภาคมมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 40 องศาเซลเซียส

ฤดูฝน เริ่มจากกลางเดือนพฤษภาคม จนถึงกลางเดือนตุลาคม มีอุณหภูมิเฉลี่ย ประมาณ 27 องศาเซลเซียส

ฤดูหนาว เริ่มจากกลางเดือนตุลาคมจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ มีอุณหภูมิต่ำสุด ประมาณ 20 องศาเซลเซียส

ปริมาณการกระจายของฝนมีปริมาณเฉลี่ย 1,405.4 มิลลิเมตรต่อปี เดือนที่มีฝนตกเฉลี่ยสูงสุดคือ เดือนสิงหาคม มีปริมาณน้ำฝน 288.9 มิลลิเมตร เดือนที่มีฝนตกเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ เดือนกุมภาพันธ์ มีปริมาณน้ำฝน 9.9 มิลลิเมตร สำหรับการกระจายของฝน พบว่า ฝนเริ่มตกประมาณในเดือนเมษายน มีฝนตก เฉลี่ย 9 วันต่อเดือน และฝนตกชุกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน เฉลี่ยมีฝนตก 17-24 วันต่อเดือน เดือนที่มีวันฝนตกมากที่สุดคือเดือนสิงหาคม เฉลี่ย 24 วันต่อเดือน เดือนที่มีฝนตกน้อยที่สุดคือเดือนกุมภาพันธ์ มีฝนตกเฉลี่ย 1 วันต่อเดือน รวมทั้งปีมีฝนตกเฉลี่ย 130 วัน

แม่น้ำน่าน

ภูมิประเทศพื้นฐานของจังหวัดน่านส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยภูเขาและแนวเขาน้อยใหญ่สลับซับซ้อน ดังนั้นจึงทำให้เกิดลุ่มน้ำย่อยมากมาย ซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำน่านเพียงลุ่มน้ำเดียว พื้นที่ต้นน้ำกำเนิดในดอยภูแว เขตอำเภอปัว จังหวัดน่านไหลอ้อมดอยภูแวไปทางเหนือแล้วไหลออกไปทางทิศตะวันตกผ่านอำเภอทุ่งช้างลงใต้ผ่าน อำเภอเชียงกลาง อำเภอปัว อำเภอท่าวังผา อำเภอเมือง และอำเภอสา ไหลผ่านเข้าไปในจังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งมีเขื่อนสิริกิติ์

แบคทีเรียในแหล่งน้ำ

แบคทีเรียที่พบอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีรูปร่างแตกต่างกันไป Campbell (1977) ได้จัดแบคทีเรียเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญเติบโตและอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ เรียกว่า autochthonous bacteria ทั้งนี้อาจจะมาจากดิน ซากพืชและซากสัตว์ของเสียจากกิจกรรมของมนุษย์และสัตว์ ฯลฯ รวมทั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในมนุษย์ เช่น แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคไทฟอยด์ บิด และโคลิฟอร์มแบคทีเรียด้วย (Walter and McBee, 1962 และ Taiaro, 1993 อ้างถึง ใน สุขยา ยอดเพชร, 2540) สอดคล้องกับ Clark and Viessman (1969) ที่ได้กล่าวว่าแบคทีเรียในแหล่งน้ำส่วนใหญ่มาจากอากาศ ดิน พืช และซากสัตว์ รวมทั้งของเสียที่ถูกขับถ่ายจากสิ่งมีชีวิต โดยชนิดและปริมาณของแบคทีเรียในแหล่งน้ำจะ

เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมที่แบคทีเรียอาศัยอยู่ เช่น ชนิดของแหล่งน้ำ ฤดูกาล การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณสารอินทรีย์ อุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด-เบส ความขุ่น และความเค็มของพื้นที่นั้นๆ ด้วย (จุฑาธิป อยู่เย็น, 2523 และอินทรีรา เฝ้าจินดา, 2530)

ความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียและแหล่งน้ำ

ทรงศักดิ์ วิฑูมา (2543) กล่าวถึงแบคทีเรียไว้ว่า แบคทีเรียเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของแหล่งน้ำ โดยมีบทบาทต่อแหล่งน้ำในการใช้สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เพื่อสร้างพลังงานและการดำรงชีพ แบคทีเรียพวก Heterotroph จะย่อยสลายอินทรีย์สารได้เป็นพลังงานและแหล่งคาร์บอนเพื่อใช้สร้างเซลล์ใหม่ในขณะที่ พวก autotroph และ nitrifying bacteria, sulfur bacteria และ iron bacteria จะออกซิไดซ์ อนินทรีย์สารให้เป็นพลังงาน จากการย่อยอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารก็ได้สารอื่นๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอินทรีย์ต่างๆ และกรดอนินทรีย์สารด้วย ซึ่งพวกอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร ที่มีโมเลกุลเล็กลงนี้ พืชจะนำไปใช้เป็นอาหารได้ หรือสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้มากขึ้น ดังนั้นจึงเปรียบเสมือนตัวควบคุมธาตุอาหารต่างๆ ในน้ำให้มีการหมุนเวียนตลอดเวลา นอกจากนี้แบคทีเรียเองยังใช้เป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในน้ำอีกด้วย บทบาทที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ แบคทีเรียจะมีส่วนทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง โดยแบคทีเรียบางพวกจะใช้ ออกซิเจนในแหล่งน้ำในการย่อยสลายอินทรีย์สาร ซึ่งหากมีอินทรีย์สารมาก ออกซิเจนในแหล่งน้ำก็จะถูกใช้ไปมาก จึงมีปริมาณออกซิเจนที่เหลืออยู่ในระดับต่ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำไม่ควรน้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้ามีปริมาณต่ำกว่านี้ อาจมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำได้ แบคทีเรียยังมีบทบาทในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง สี กลิ่น และรสของน้ำตามธรรมชาติ เช่น พวก *Leptothrix* และ *Crenothrix* จะออกซิไดซ์ฟอสฟอรัสไอออน (Fe^{2+}) ให้เป็นเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) ซึ่งสะสมในรูป $Fe(OH)_3$ ใน sheath ของแบคทีเรีย ทำให้กลายเป็นสีเหลืองหรือแดงเรื่อๆ เมื่อแบคทีเรียตายลง จะทำให้น้ำมีกลิ่นเหม็นและรสขมของน้ำเปลี่ยนไป นอกจากนี้แบคทีเรียในแหล่งน้ำยังมีบทบาทสำคัญต่อสุขอนามัยของประชาชนในการก่อให้เกิดโรคที่มีน้ำเป็นสื่อ โดยเฉพาะพวก Enteric bacteria ซึ่งปะปนกับอุจจาระ ลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหาร

บทบาทของแบคทีเรียในแหล่งน้ำ

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำต่างๆ

การย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ในแหล่งน้ำที่มีองค์ประกอบและโครงสร้างที่ซับซ้อนให้มีโมเลกุลที่เล็กลง หรือให้อยู่ในรูปที่เป็นพืชและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในแหล่งน้ำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ (Wood, 1967) โดยสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายให้อยู่ในรูปของพลังงานและแหล่งอาหารเพื่อใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ นอกจากนี้ยังจะได้สารอื่นเป็นผลพลอยได้ออกมา เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอินทรีย์ต่างๆ เป็นต้น (Vilee, 1972)

การทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ

แบคทีเรียสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพของแหล่งน้ำ เช่น ในกรณีที่แหล่งน้ำมีสารอินทรีย์อยู่จำนวนมาก จุลินทรีย์จะนำออกซิเจนละลายน้ำมาใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถ้าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดน้อยลงมาก ๆ หรือปริมาณออกซิเจนที่เหลืออยู่ในน้ำมีระดับต่ำมาก ๆ จะเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำต่างๆ ปกติไม่ควรต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2549)

การทำให้เกิดโรค

แบคทีเรียในน้ำมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในการก่อให้เกิดโรคที่มีน้ำเป็นพาหะ เนื่องจากน้ำเป็นพาหะสำคัญต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในการก่อให้เกิดโรคต่างๆ หลายชนิดที่เกิดขึ้นกับมนุษย์สัตว์และพืช น้ำยังทำให้เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อโรคต่างๆ เป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหารซึ่งจะปะปนมากับอุจจาระลงสู่แหล่งน้ำ ก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหาร เช่น โรคอหิวาตกโรค โรคไทฟอยด์ โรคบิด ฯลฯ ซึ่ง *E. coli* บางสายพันธุ์ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารอักเสบได้ (Freeman, 1979)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อชนิดและปริมาณของแบคทีเรียในแหล่งน้ำ

ชนิดและปริมาณแบคทีเรียในแหล่งน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมที่แบคทีเรียอาศัยอยู่ ซึ่งการดำรงชีวิตของแบคทีเรียในแหล่งน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง เช่น อุณหภูมิ ธาตุอาหาร ออกซิเจนละลายน้ำ และความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีเป็นต้น (Hoadley and Dulka, 1977)

อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเพิ่มจำนวนและการมีชีวิตอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่แบคทีเรียสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงที่ต่างกัน ดังนั้นแบคทีเรียแต่ละชนิดจึงมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญต่างกัน ซึ่ง Stainer and Adelbery (1976) ได้อธิบายเกี่ยวกับการแบ่งกลุ่มของแบคทีเรีย ตามความต้องการช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เจริญเติบโตได้ดีเฉพาะเมื่ออยู่ในอุณหภูมิต่ำ (psychrophile) เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญอยู่ได้ที่มีอุณหภูมิประมาณ 15 – 20 องศาเซลเซียส กลุ่มที่เจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิปานกลาง (mesophile) เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิประมาณ 25 – 40 องศาเซลเซียส กลุ่มที่เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิสูง (thermophile) เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิประมาณ 45 – 85 องศาเซลเซียส

แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคกับมนุษย์ หรือพวกที่มีถิ่นอาศัยในร่างกายมนุษย์ เช่น *E. coli* ส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียพวกที่มีอุณหภูมิการเจริญเติบโตปานกลาง ประมาณ 25 - 40 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถพบได้ในแหล่งน้ำทั่วไป และจะเพิ่มจำนวนสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เพราะว่กระบวนการเผาผลาญพลังงานของสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มขึ้นและจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่าที่จะทนได้

ความเป็นกรด-เบส (pH)

ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยกระบวนการสร้างและสลายพลังงานของสิ่งมีชีวิตซึ่งมีเอนไซม์เป็นตัวการสำคัญจะถูกควบคุมโดยค่าความเป็น กรด-เบส แบคทีเรียส่วนใหญ่จะมีค่าความเป็น กรด-เบส ที่เหมาะสมในการเติบโตอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 มีแบคทีเรียเป็นจำนวนน้อยที่สามารถเติบโตในระหว่างค่าความเป็น กรด-เบส ที่ต่างจากนี้ ซึ่งแบคทีเรียต่างชนิดกันย่อมมีความต้องการค่าความเป็น กรด-เบส ที่

แตกต่างกัน เช่น *E. coli* เจริญเติบโตได้ดีในสภาพค่าความเป็นกรด-เบส ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6.0-7.0 *Pseudomonas aeruginosa* (วิลลาวัฒน์ เจริญจิระ, 2539) แต่ก็มีแบคทีเรียบางชนิดที่สามารถเจริญได้ที่ค่าความเป็น กรด-เบส ต่ำกว่า 4.0 ดังนั้น ในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย จึงจำเป็นต้องทราบว่า ค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ในระดับใด มีความเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดนั้นๆ แบคทีเรียส่วนมากจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-เบส และสิ่งแวดล้อมมากกว่าเชื้อรา ซึ่งจะสังเกตเห็นได้จากการเก็บรักษาคุณภาพอาหารบางชนิด เช่น อาหารประเภทผลไม้ มักจะเน่าเสีย ถูกทำลายได้ง่ายโดยเชื้อราหรือยีสต์ การเสี้ง่ายของผลไม้ดังกล่าว เนื่องจากความสามารถของราและยีสต์ที่เจริญได้ดี และทนต่อสภาพความเป็นกรดของผลไม้ซึ่งมักมี กรด-เบส ต่ำกว่า 3.5 อันเป็นระดับที่แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดอาหารเป็นพิษส่วนมากไม่สามารถเจริญได้

ทรงศักดิ์ วิชума (2543) กล่าวว่าค่าความเป็นกรด-เบส จะควบคุมเมแทบอลิซึมของแบคทีเรีย ระดับความเป็น กรด-เบส ที่เหมาะสมต่อการเจริญขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย โดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 5.0-9.0 และค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ 7.0 โดยปกติทั่วไปค่าความเป็นกรด-เบส ของแหล่งน้ำธรรมชาติจะค่ามีความเป็นกรดเล็กน้อย แต่อาจเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากสภาวะบางประการ เช่น

1. การสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืชน้ำ ทำให้ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลง มีผลให้ค่าความเป็นกรด-เบส ของน้ำสูงในเวลากลางวัน และลดลงในเวลากลางคืน โดยทั่วไปแหล่งน้ำธรรมชาติจะค่ามีความเป็น กรด-เบส ระหว่าง 5.0-9.0

2. ระดับค่าความเป็นกรด-เบส ของน้ำฝน ที่ตกผ่านคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก ส่งผลให้น้ำในแหล่งน้ำมีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำลง

3. สภาพของดินและหินที่น้ำไหลซึมผ่าน น้ำที่ไหลผ่านหินแกรนิต และหินควอร์ตไซต์ จะมีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำลง

4. ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระดับค่าความเป็นกรด-เบส ของแหล่งน้ำธรรมชาติ จะแตกต่างกันออกไป ตามลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณแหล่งน้ำ หรือลุ่มน้ำนั้น

ระดับค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำในลำธารบริเวณพื้นที่ป่าธรรมชาติ จะมีสภาพใกล้เคียงเป็นกลาง แต่ระดับค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำจะแตกต่างไปจากเดิม เนื่องจากถูกปะปนด้วยน้ำทิ้งจากชุมชนหรือโรงงานอุตสาหกรรม

ธาตุอาหารในแหล่งน้ำ

แบคทีเรียเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของแหล่งน้ำ โดยมีบทบาทในการใช้สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เพื่อสร้างพลังงานและเพื่อการดำรงชีวิต จากการย่อยสลายสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ด้วย (Vilee, 1972) ซึ่งพวกสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็กลงนี้พืชจะสามารถนำไปใช้เป็นอาหารได้ หรือสามารถดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้มากขึ้น ดังนั้นจึงเป็นเสมือนตัวควบคุมธาตุอาหารต่างๆ ในน้ำให้มีการหมุนเวียนตลอดเวลา (Ferguson, 1967)

ออกซิเจนละลายน้ำ

ออกซิเจนเป็นก๊าซที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ แบคทีเรียต่างชนิดกันจะมีความต้องการออกซิเจนต่างกันออกไป โดยโคลิฟอร์มแบคทีเรียจัดเป็นแบคทีเรียพวก facultative anaerobic bacteria คือ เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ดีทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนได้ (Gleeson and Gray, 1997) โดยปกติในแหล่งน้ำมีค่าออกซิเจนละลายอยู่ประมาณ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร (สุรินทร์ มัจฉาชีพ และสมสุข มัจฉาชีพ, 2524)

ไนโตรเจน – ไนโตรเจน

ไนโตรเจนในน้ำส่วนใหญ่ได้มาจากบรรยากาศและเข้าไปในแหล่งน้ำเพียงเล็กน้อย (ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์, 2531) ไนโตรเจนในแหล่งน้ำส่วนใหญ่เกิดขึ้นมาจากจุลินทรีย์ ทั้งพวกที่อาศัยได้ในสภาพที่มีออกซิเจนและในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนหรือถูกพามาโดยน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน น้ำจากบ้านเรือน ความสามารถในการละลายของก๊าซไนโตรเจนจะนั้นมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความดัน กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซไนโตรเจนจะละลายน้ำได้น้อย สำหรับความดันถ้ามากขึ้น ก๊าซไนโตรเจนจะละลายน้ำได้มากขึ้น ไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นสารประกอบหลายรูป เนื่องจากกระบวนการเมตาบอลิซึมและการย่อยสลายของซากพืชซากสัตว์ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2543) ภัทรวดี สุดชา(2551) อ้างจาก Omernik (1977) ว่าการศึกษาธาตุอาหารในแหล่งน้ำจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่พบไนโตรเจนที่ระบายนอกจากการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเกษตรกรรม ซึ่งอาจจะมาจากการใช้ปุ๋ย

ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส เป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโตของพืชน้ำในแหล่งน้ำ แพลงก์ตอนพืชสามารถใช้ได้ในรูปฟอสเฟต (ภัทรวดี สุดชา, 2551 อ้างถึง Horne, 1994) ฟอสเฟตจะรวมอยู่กับธาตุที่มีประจุบวกชนิดต่างๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม และโซเดียม

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต (2543) กล่าวว่าความเข้มข้นหรือปริมาณของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม 3 ประการ คือ

1. รูปร่างของแหล่งน้ำ ถ้าแหล่งน้ำมีขนาดใหญ่มีปริมาตรมากก็จะมีโอกาสที่จะเจือจางได้มากฉะนั้นก็จะมีฟอสฟอรัสละลายอยู่ได้น้อย
2. ลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งน้ำถ้าแหล่งน้ำตั้งอยู่ในเขตที่มีหินฟอสเฟตก็จะทำให้มีความเข้มข้นของฟอสเฟตสูง
3. ความสามารถของการย่อยสลายของฟอสเฟตอินทรีย์ในน้ำ

ในปัจจุบันแหล่งฟอสเฟตส่วนใหญ่จะมาจากบริเวณชุมชนที่อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำ (เบญจพล อินทศรี, 2548) ซึ่งถ้ามีปริมาณฟอสเฟตในแหล่งน้ำมากจะทำให้แพลงก์ตอนเพิ่มจำนวนมากขึ้น และเกิดยูโทรฟิเคชัน

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน

แอมโมเนียเป็นผลผลิตที่ได้มาจากโปรตีนของพืชและสัตว์ซึ่งเน่าสลายโดยจุลินทรีย์ พืชจะนำแอมโมเนียไปใช้ได้ ตามปกติไม่ควรจะมีแอมโมเนียในแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีแอมโมเนียในน้ำน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (นันทนา คชเสนี, 2539 และเปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2543) จัดว่าเป็นสภาพที่ไม่มีพิษหากเกิดขึ้นในสภาพที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงจะเกิดพิษต่อสิ่งมีชีวิตโดยจะไปเพิ่มค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำให้สูงขึ้น ผลกระทบจากแอมโมเนีย-ไนโตรเจน นั้นสามารถใช้เป็นตัวชี้ในการตรวจคุณภาพน้ำได้เพราะแอมโมเนียในน้ำที่ทำให้ไม่เกิดมลภาวะต้องมีความเข้มข้นน้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำใต้ดินจะมีแอมโมเนียปรากฏอยู่เสมอทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการลดออกซิเจนของจุลินทรีย์ในธรรมชาติจำกัด (ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์, 2531)

ฤดูกาล

กุนตี เทศประสิทธิ์ (2530) อินทิดา เผ่าจินดา (2530) และไกรฤกษ์ ขุนรักษ์พะเนา (2538) พบว่า ฤดูกาลมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝนและความแห้งแล้ง ตลอดจนพืชพรรณต่างๆ ซึ่งเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อแบคทีเรียทั้งสิ้นในช่วงฤดูแล้งจะมีสารอินทรีย์ต่างๆ และซากสิ่งมีชีวิตเน่าเปื่อยสะสมบนผิวดิน ในช่วงฝนตกหลังฤดูแล้งจึงมีการชะล้างแบคทีเรียและสารอินทรีย์ลงในแหล่งน้ำได้เป็นปริมาณมาก แต่ในช่วงปลายฤดูฝนปริมาณแบคทีเรียในแหล่งน้ำจะลดต่ำลง เนื่องจากสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกพัดพาไปสู่แหล่งน้ำไปแล้วในช่วงต้นฤดูฝน และปริมาณของน้ำฝนที่ตกมาจะเจือจางปริมาณแบคทีเรียในแหล่งน้ำ อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนของแบคทีเรียในแหล่งน้ำช่วงต้นฤดูฝนจะสูงกว่าฤดูอื่นๆ

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการศึกษาของ จุฑาธิป อยู่เย็น (2523) พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อแบคทีเรียในแหล่งน้ำ โดยศึกษาการใช้พื้นที่หมู่บ้านชาวเขาเผ่าแม้ว พบว่ามีผลทำให้โคลิฟอร์มแบคทีเรียเพิ่มขึ้นมากซึ่งสอดคล้อง ปริญา แนนหนา (2525) ได้สรุปไว้ว่า ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่จากป่าดิบเขาสรรพชาติให้เป็นพื้นที่ตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าปลูกผสมธรรมชาติแล้ว คุณภาพน้ำทางแบคทีเรียวิทยาจากพื้นที่ตั้งถิ่นฐานของมนุษย์จะมีการเปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติมากที่สุด โดยมีค่าระหว่าง $2.2 \times 10^4 - 2.9 \times 10^6$ เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร และพื้นที่ป่าปลูกผสมธรรมชาติจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด โดยมีค่าระหว่าง $6.95 \times 10^2 - 6.40 \times 10^3$ เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร และจากงานวิจัยในสหรัฐอเมริกาในมลรัฐเท็กซัส 4 แห่งในปี ค.ศ. 1968-1969 Debney (1971) ได้ศึกษาถึงผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อคุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย พบว่าในกลุ่มน้ำที่เกิดจากป่าธรรมชาติที่ไม่มีมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องจะทำให้มีคุณภาพทางแบคทีเรียค่อนข้างคงที่ ค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ระหว่าง $9.3 \times 10 - 9.5 \times 10$ เอ็ม.พี.เอ็น. ต่อ 100 มิลลิลิตร ตลอดช่วงการศึกษา ส่วนคุณภาพน้ำจากแหล่งเกษตรกรรม สถานที่พักผ่อนหย่อนใจและเขตชุมชน ค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ระหว่าง $1.1 \times 10^2 - 3.4 \times 10^3$ เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งค่านี้จะพบได้สูงสุดจากลำน้ำที่รองรับน้ำทิ้งและขยะมูลฝอยจากชุมชนและพบว่าแหล่งน้ำที่ได้รับการปนเปื้อนจากของเสียของมนุษย์และสัตว์จะปรากฏเชื้อ *E. coli* และแบคทีเรียอื่นที่มีกำเนิดอยู่ในทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่นทั้งหลาย

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย

การตรวจคุณภาพน้ำทางแบคทีเรียวิทยานับว่ามีความสำคัญมาก เนื่องจากแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคติดต่อหลายชนิด เช่น อหิวาตกโรค โรคไทฟอยด์ และโรคบิด สามารถแพร่กระจายไปในแหล่งน้ำได้โดยปะปนมากับอุจจาระของมนุษย์ที่เป็นโรค นอกจากนี้ยังสามารถใช้แบคทีเรียเป็นตัวบ่งชี้สภาวะการปนเปื้อนของแหล่งต่างๆ ได้ (Bott, 1973) ซึ่งการตรวจสอบผลภาวะของแหล่งน้ำทางแบคทีเรียวิทยา สามารถทำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยการตรวจสอบทางตรงจะเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาแบคทีเรียชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งอาจใช้เวลานานและมีวิธีทดสอบที่ยุ่งยาก ส่วนการตรวจวิเคราะห์ทางอ้อมจะเป็นการตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียที่เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ (indicator bacteria) ซึ่งได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรียเหล่านี้ มีถิ่นอาศัยในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์และสัตว์ และจะมีการปนเปื้อนออกมากับอุจจาระเสมอ เช่น โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดจะปนเปื้อนออกมาจากอุจจาระโดยเฉลี่ย 2×10^{11} เซลล์ต่อคนต่อวัน หรือ *E. coli* ที่พบในอุจจาระประมาณ 10^8 เซลล์ต่อกรัม ซึ่งถ้าตรวจพบแบคทีเรียนี้แสดงว่าอาจมีแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหารอยู่ด้วย แต่ Gleeson and Gray (1997) ได้เตือนไว้ว่าการที่เราพบแบคทีเรียในกลุ่มของโคลิฟอร์มในแหล่งน้ำนั้น มิได้หมายความว่าแหล่งน้ำนั้นจะมีเชื้อโรค ที่ปนเปื้อนมากับอุจจาระอยู่เสมอไป เพียงแต่จะยืนยันได้ว่า แหล่งน้ำนั้นมีการปนเปื้อนของอุจจาระซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้เกิดโรคที่อาจปะปนมากับสิ่งขับถ่ายได้ และการที่โคลิฟอร์มแบคทีเรียสามารถพบได้ทั้งในดิน พืช แมลงและทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่น จึงถูกนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้สภาวะการปนเปื้อนของเชื้อโรคในแหล่งน้ำ (นภพรธ นันทพงษ์, 2537)

แบคทีเรียที่ใช้เป็นดัชนีคุณภาพน้ำ

การเลือกใช้ดัชนีในการศึกษาคุณภาพน้ำจะขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ของน้ำนั้น โดยทั่วไปนิยมตรวจหาแบคทีเรียหลายๆ ชนิดพร้อมกัน เช่น โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลสเตร็ปโตคอคคัสแบคทีเรีย เพื่อยืนยันความถูกต้อง วีระชัย โชควิณูญ (2530) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติที่สำคัญของแบคทีเรียที่เหมาะสมในการใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ ดังนี้

1. สามารถตรวจวัดแบคทีเรียที่เป็นดัชนีได้ทุกครั้งที่ตรวจพบแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรค โดยเฉพาะโรคติดต่อระบบทางเดินอาหาร
2. แบคทีเรียที่เป็นดัชนีจะต้องตรวจพบว่ามีปริมาณมากกว่า และมีความทนทานในสิ่งแวดล้อมมากกว่าแบคทีเรียที่เป็นเชื้อโรค

3. แบคทีเรียที่เป็นดัชนีจะต้องขึ้นในอาหารที่เตรียมได้ง่าย ให้ผลการทดสอบที่ชัดเจน สามารถตรวจสอบได้ง่าย และการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในตัวอย่างที่นำมาทดสอบ
4. แบคทีเรียที่เป็นดัชนีควรจะเจริญได้ดีโดยไม่ขึ้นอยู่กับการมีอยู่ของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ
5. แบคทีเรียที่เป็นดัชนีควรจะตรวจพบได้ก่อนที่จะก่อให้เกิดอันตราย

โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

โคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นแบคทีเรียพวกที่สามารถเจริญได้ดีในสภาวะที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจนได้ ซึ่งยอมติดสีแกรมลบ มีรูปร่างเป็นท่อนสั้น ไม่สร้างสปอร์ สามารถย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสให้ก๊าซภายใน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จัดอยู่ในวงศ์เอนเทอโรแบคทีเรียซีอีค (Family Enterobacteriaceae) สามารถพบได้ในดิน พืช แมลง และทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่น โดยปกติอยู่ในลำไส้ของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่นประมาณร้อยละ 95 อีกร้อยละ 5 พบในดินหรือก๊าซ Gleason and Gray (1997) กล่าวว่า แบคทีเรียในกลุ่ม โคลิฟอร์มแบคทีเรียประกอบด้วย

- The *Escherichia* group (genus) type species ได้แก่ *E. coli*
- The *Citrobacter* group (genus) type species ได้แก่ *Citrobacter freundii*
- The *Klebsiella* group (genus) type species ได้แก่ *Klebsiella pneumoniae*
- The *Enterobacter* group (genus) type species ได้แก่ *E. aerogenes*

นอกจากนี้ วีระชัย โชคดีบุญ (2530) ยังได้กล่าวถึงการจำแนกชนิดของโคลิฟอร์มแบคทีเรียออกเป็น 2 ใหญ่ๆ ตามแหล่งที่มาดังนี้

Fecal Coliform Bacteria พวกนี้จะอาศัยอยู่ในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่นถูกขับถ่ายออกมากับอุจจาระ เช่น *E. coli*

Non Fecal Coliform Bacteria พวกนี้อาศัยอยู่ในดิน และพืช เช่น *E. aerogenes* กองสุขาภิบาล (2521) ได้ให้เหตุผลที่ใช้โคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นดัชนีบอกคุณภาพน้ำไว้ว่า การที่โคลิฟอร์มแบคทีเรียมีถิ่นอาศัยอยู่ประจำในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่นและจะปะปนออกมากับอุจจาระเป็นจำนวนมาก และมากกว่าแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรค ประกอบกับโคลิฟอร์มแบคทีเรียจะสามารถบ่งชี้ถึงระดับการปนเปื้อนไว้ว่าอย่างน้อยเพียงใด

ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่แยกได้จากลำไส้ของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่นโดยทั่วไป มีคุณสมบัติ เช่นเดียวกับโคลิฟอร์มแบคทีเรีย แตกต่างที่ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียสามารถใช้น้ำตาลแลคโตสให้ก๊าซภายในเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 44.5 องศาเซลเซียส ในขณะที่โคลิฟอร์มแบคทีเรียจะไม่เจริญที่อุณหภูมินี้

ซึ่งในอุจจาระโดยปกติจะมีจำนวน *E. coli* มากกว่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียอื่นๆ ประมาณว่าแต่ละคนจะขับถ่ายอุจจาระในแต่ละครั้ง 100 กรัม แต่ละกรัมในคนสุขภาพดีจะมี *E. coli* ประมาณ 10^9 เซลล์ ในกรณีที่เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคจะปะปนออกมากับอุจจาระ (Sykes and Skinner, 1971) ดังนั้นถ้าพบ *E. coli* ในแหล่งน้ำแสดงว่ามีการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น และอาจมีโอกาสได้รับอันตรายจากแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรค นอกจากนี้การที่ *E. coli* ยังแสดงให้เห็นว่ามีการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายใหม่ๆ เนื่องจากการเพิ่มจำนวนของ *E. coli* เกิดขึ้นได้ยากและสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้นานประมาณ 8 สัปดาห์เท่านั้น (Michell, 1972)

ฟีคัลสเตร็ปโตคอคคัสแบคทีเรีย

เป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างกลมต่อกันเป็นโซ่ ติดสีแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ สามารถย่อยสลายน้ำตาลให้กรดแลคติกเป็นส่วนใหญ่ แต่ไม่ให้ก๊าซ เป็นแบคทีเรียที่มีแหล่งกำเนิดมาจากอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่นเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงตรวจพบแบคทีเรียพวกนี้แสดงว่ามีการปนเปื้อนของอุจจาระ (American Public Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, 1992) ซึ่งสาเหตุที่ใช้ฟีคัลสเตร็ปโตคอคคัสแบคทีเรียเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ เนื่องจากฟีคัลสเตร็ปโตคอคคัสแบคทีเรียจะไม่เพิ่มจำนวน เมื่ออยู่ในน้ำและปริมาณที่พบจะมีความสัมพันธ์กับ *E. coli* แต่สามารถมีชีวิตอยู่ได้นานกว่า สอดคล้องกับ Galvani (1974) ซึ่งได้รายงานไว้ว่า เชื้อแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิสูงกว่า และ Cohen and Shuval (1973) ได้ศึกษาการมีชีวิตอยู่ของฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลสเตร็ปโตคอคคัสแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียแม่น้ำที่เกิดมลพิษ ทะเลสาบ และแหล่งน้ำดื่มในกรุงเยรูซาเลม ประเทศอิสราเอล พบว่า ฟีคัลสเตร็ปโตคอคคัสแบคทีเรียจะมีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมของน้ำตามธรรมชาติมากกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น ทำให้มีชีวิตรอดในแหล่งน้ำธรรมชาติได้นานกว่า

การตรวจหาปริมาณของฟีคัลสเตร็ปโตคอคคัสแบคทีเรียนอกจากจะแสดงการถูกปนเปื้อนและแหล่งกำเนิดของการปนเปื้อนจากอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่นแล้วยังช่วยสนับสนุนการตรวจหาปริมาณของโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียด้วย ซึ่ง Scarpino (1971) ได้ให้ความเห็นว่า ถ้าตรวจพบฟีคัลสเตร็ปโตคอคคัสแบคทีเรีย แสดงว่าแหล่งน้ำดังกล่าวได้รับการปนเปื้อนด้วยอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่นเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย

นอกจากนี้อัตราส่วนของฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย Fecal Coliform Bacteria (FC) ต่อฟีคัลสเตร็ปโตคอคคัสแบคทีเรีย Fecal Streptococcus Bacteria (FS) สามารถบอกแหล่งที่มาของการปนเปื้อนได้ว่ามาจากมนุษย์หรือสัตว์เลือดอุ่นได้ เพราะสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ จะมีฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากกว่าสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ แต่ในทางตรงข้าม สิ่งขับถ่ายจากสัตว์จะมีปริมาณ ฟีคัลสเตร็ปโตคอคคัสแบคทีเรียมากกว่า (Kjellander, 1960) ซึ่งวีระชัย โชควิณญญ (2530) ได้กล่าวถึงอัตราส่วนระหว่าง Fecal Coliform Bacteria : Fecal Streptococcus Bacteria (FC : FS) ในการบอกแหล่งที่มาของการปนเปื้อน โดยสามารถบอกได้ว่า ต้นกำเนิดของการปนเปื้อนเกิดจากสิ่งมีชีวิตประเภทใดๆ ถ้าหากอัตราส่วนระหว่าง Fecal Coliform Bacteria : Fecal Streptococcus Bacteria (FC : FS) มากกว่า 4.4 แสดงว่าเกิดการปนเปื้อนของสิ่งขับถ่ายจากมนุษย์ ถ้าหากอัตราส่วน Fecal Coliform Bacteria ต่อ Fecal Streptococcus Bacteria (FC : FS) น้อยกว่า 0.7 แสดงว่าต้นกำเนิดการปนเปื้อนไม่ได้เกิดจากมนุษย์แต่มาจากสัตว์เลือดอุ่นอื่นๆ และถ้ามีค่าระหว่าง 0.7 - 4.4 แสดงว่าต้นกำเนิดการปนเปื้อนเกิดจากมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่นอื่นๆ ร่วมกัน (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1

อัตราส่วนระหว่าง Fecal Coliform Bacteria :
Fecal Streptococcus Bacteria (FC : FS)

FC ต่อ FS	ต้นกำเนิดการปนเปื้อน
4.4	มนุษย์
0.6	เปิด
0.4	แกะ, ไก่, หมู
0.2	วัว
0.1	ไก่อ่าง

ที่มา : วีระชัย โชคดีบุญ (2530)

หมายเหตุ FC = Fecal Coliform Bacteria

FS = Fecal Streptococcus Bacteria

การปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในแหล่งน้ำ

แหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียอาจมีเชื้อที่ทำให้เกิดโรคต่อระบบทางเดินอาหาร (intestinal pathogens) อยู่ซึ่งเชื้อโรคพวกนี้เป็นแบคทีเรีย ไวรัส หรือ พาราสิตในบรรดาเชื้อโรคกลุ่มต่างๆ ที่พบในน้ำนั้น แบคทีเรียเป็นกลุ่มที่พบกระจายแพร่หลาย แบคทีเรียพวกนี้ได้แก่ *Salmonella typhi* (โรคไทฟอยด์) *S. dysenteria* (โรคบิด) *Vibrio cholera* (อหิวาตกโรค) และ *E. coli* เป็นต้น (Michell, 1972)

การแพร่ของเชื้อโรคเหล่านี้จะเริ่มจากเชื้อที่มีอยู่ในตัวของผู้ป่วยที่เป็นโรค หรือเป็นพาหะของโรค (Carriers) ถูกขับออกมาพร้อมอุจจาระ แล้วปนเปื้อนไปกับน้ำ เมื่อมีการนำน้ำนั้นไปบริโภคก็จะทำให้เกิดโรคขึ้นได้ ซึ่งอุจจาระและสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ที่พบตามดิน ถ้ามีแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร แบคทีเรียเหล่านี้จะไม่เพิ่มจำนวนในดินแต่จะมีอายุอยู่ได้นาน 2-3 เดือน ดังนั้นจึงสามารถพบแบคทีเรียที่มีแหล่งจากดินและอากาศปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำภายหลังฝนตกหนัก แบคทีเรียอาจซึมมาตามน้ำใต้ดิน เช่น จากส้วมซึม หรือส้วมหลุม ซึ่งการปนเปื้อนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน ลักษณะภูมิประเทศและชนิดของดิน (Gleeson and Gray, 1997)

แบคทีเรียที่มาจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ที่ปะปนลงสู่แหล่งน้ำนอกจากจะผ่านทางผิวน้ำดินแล้วยังอาจปนเปื้อนได้โดยตรง เช่น การระบายน้ำเสียจากชุมชนลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้นแบคทีเรียที่มีอยู่ในแหล่งน้ำจึงมีพวกที่มีอยู่ในน้ำตามธรรมชาติ จากดิน และจากลำไส้ของมนุษย์ ซึ่งในสิ่งขับถ่ายของสัตว์เลือดอุ่นจะมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียปะปนมาเสมอด้วย (Gleeson and Gray, 1997) การตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำจึงไม่อาจบ่งชี้แน่นอนลงไปได้ว่ามีแหล่งปนเปื้อนมาจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์เลือดอุ่นหรือจากแหล่งอื่น จึงต้องใช้แบคทีเรียที่เป็นดัชนีอื่นๆ เช่น ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลสเตรปโตคอคคัสแบคทีเรีย ร่วมในการพิจารณาด้วย โดยทั่วไปโคลิฟอร์มแบคทีเรียจะปะปนออกมากับสิ่งขับถ่าย ประมาณ 5×10^7 เซลล์ต่อสิ่งขับถ่าย 1 กรัม (Harm, Middaugh, Dornbush and Anderson, 1975) และการตรวจพบฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียซึ่งเป็นแบคทีเรียกลุ่มหนึ่งของโคลิฟอร์มแบคทีเรียในแหล่งน้ำ แสดงให้เห็นว่ามีการปนเปื้อนของสิ่งขับถ่ายใหม่ๆ ทั้งนี้เพราะ *E. coli* จะมีชีวิตรอดได้เพียง 2 อาทิตย์เท่านั้น (Michell, 1972) สอดคล้องกับ Geldreich (1967) พบว่าแหล่งน้ำที่ได้รับการปนเปื้อนจากของเสียของมนุษย์และสัตว์จะปรากฏเชื้อ *E. coli* และแบคทีเรียอื่นที่มีกำเนิดอยู่ในทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่นทั้งหลาย รวมทั้งฟีคัลสเตรปโตคอคคัส และ *Clostridium spp.*

มาตรฐานคุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) ได้กำหนดไว้ดังนี้ ประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ ประเภทที่ 2 กำหนดให้ Total Coliform Bacteria ไม่เกิน 5,000 เอ็ม.พี.เอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ประเภทที่ 3 กำหนดไว้ไม่เกิน 20,000 เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ประเภทที่ 4 และ 5 ไม่ได้มีการกำหนดไว้ ส่วน Fecal Coliform Bacteria ประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ ประเภทที่ 2 กำหนดไว้ไม่เกิน 2,000 เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ประเภทที่ 3 กำหนดไว้ไม่เกิน 4,000 เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ประเภทที่ 4 และ 5 ไม่ได้มีการกำหนดไว้