

บทที่ 4

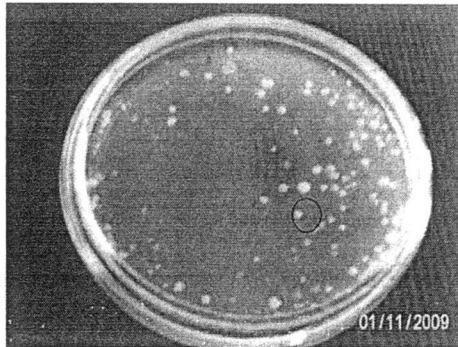
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำผิวดิน

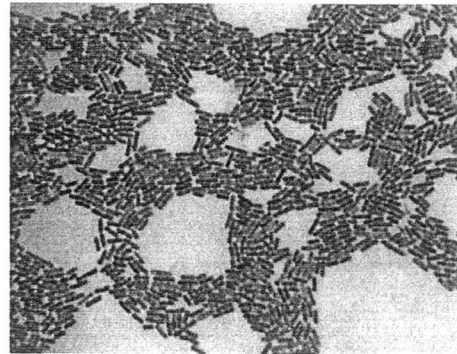
คุณภาพแหล่งน้ำผิวดินบริเวณหน้าวัดหัวนบูน ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี โดยตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2553 - มกราคม 2554 ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า น้ำมีสภาพเป็นกรด อุณหภูมิของน้ำอยู่ในเกณฑ์ปกติ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) มีแนวโน้มลดลง ส่วนความต้องการออกซิเจนของน้ำในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทั้ง BOD และ COD ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าน้ำผิวดินบริเวณดังกล่าวมีคุณภาพไม่ดี มีแนวโน้มที่จะเป็นน้ำเน่าเสีย พิจารณาจากสมบัติบางประการของน้ำที่ทำตรวจวัด เนื่องจากแหล่งน้ำอยู่ใกล้บริเวณชุมชน ซึ่งอาจมีการทิ้งของเสียในรูปของสารอินทรีย์ลงในแหล่งน้ำอยู่ตลอดเวลา อาจเป็นสาเหตุทำให้น้ำเกิดการเน่าเสียได้ ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของแหล่งน้ำผิวดิน

สมบัติของน้ำผิวดิน	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม
pH	4.4	5.1	6.0
อุณหภูมิ	30 °C	33 °C	37 °C
DO	5.25 mg/L.	5.05 mg/L.	4.95 mg/L.
BOD	15.0 mg/L.	10.2 mg/L.	11.8 mg/L.
COD	82 mg/L.	97 mg/L.	88 mg/L.

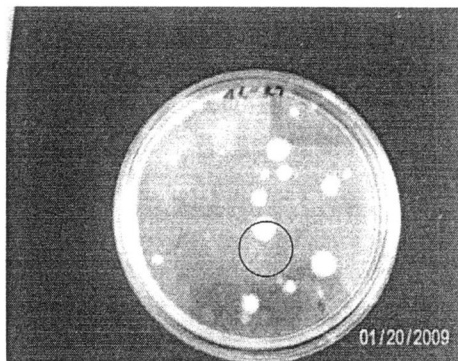
จากการนำตัวอย่างน้ำผิวดินมาทำการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์โดยวิธี Pour plate บน Nutrient Agar พบว่าปริมาณจุลินทรีย์เดือนพฤศจิกายน 2553 - มกราคม 2554 อยู่ในช่วง 2.56×10^3 - 1.45×10^4 CFU/ml. แสดงให้เห็นว่าปริมาณจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลง ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียที่พบมีลักษณะแตกต่างกัน โคโลนีที่พบส่วนใหญ่เป็นสีขาวขุ่น ขอบหยัก ผิวเรียบ และโคโลนีสีเหลือง มันวาว ขอบและผิวโคโลนีเรียบ เมื่อนำมาแต่ละโคโลนีมาขยี้มแกรม พบว่า แหล่งน้ำผิวดินดังกล่าวมีทั้งแบคทีเรียแกรมบวก รูปท่อน และแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน สั้น ดังภาพที่ 8



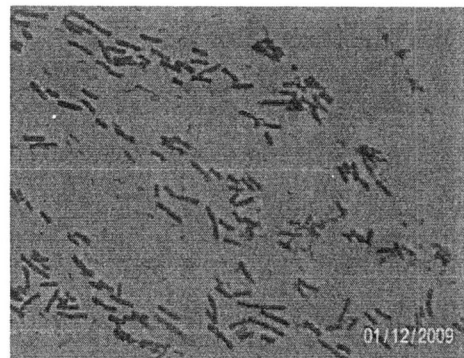
(ก)



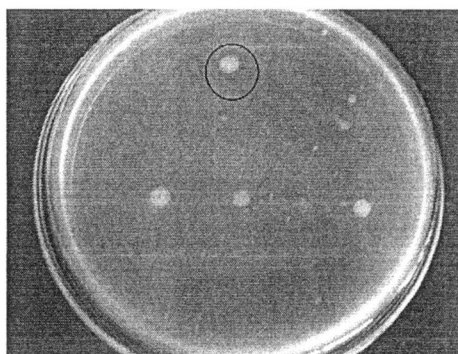
(ข)



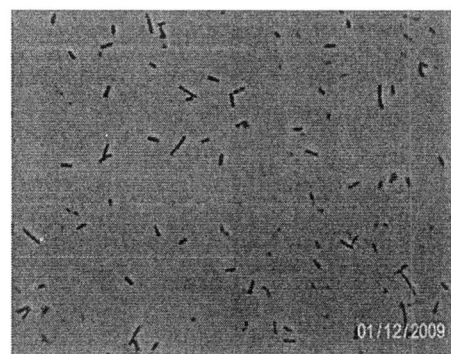
(ค)



(ง)



(จ)



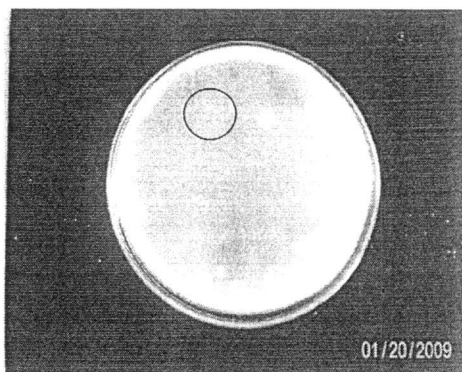
(ฉ)

ภาพที่ 7 ลักษณะและสีของโคโลนีของ แบคทีเรียที่ตรวจพบในแหล่งน้ำผิวดิน

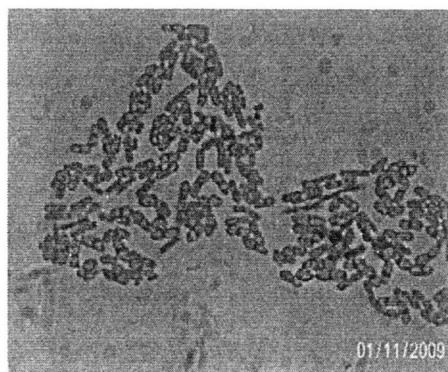
(ก) และ (ข) Unknow 1 ขอบเรียบ มันวาว โคโลนีสีเหลือง รูปท่อนแกรมบวก

(ค) และ (ง) Unknow 2 ขอบหยัก มีวงใสรอบโคโลนี โคโลนีสีขาวขุ่น รูปท่อน แกรมลบ

(จ) และ (ฉ) Unknow 3 ขอบเรียบ มันวาว โคโลนีสีครีม รูปท่อนสั้นแกรมบวก



(ข)



(ช)

ภาพที่ 7 (ต่อ) ลักษณะและสีของโคโลนีของ แบคทีเรียที่ตรวจพบในแหล่งน้ำผิวดิน

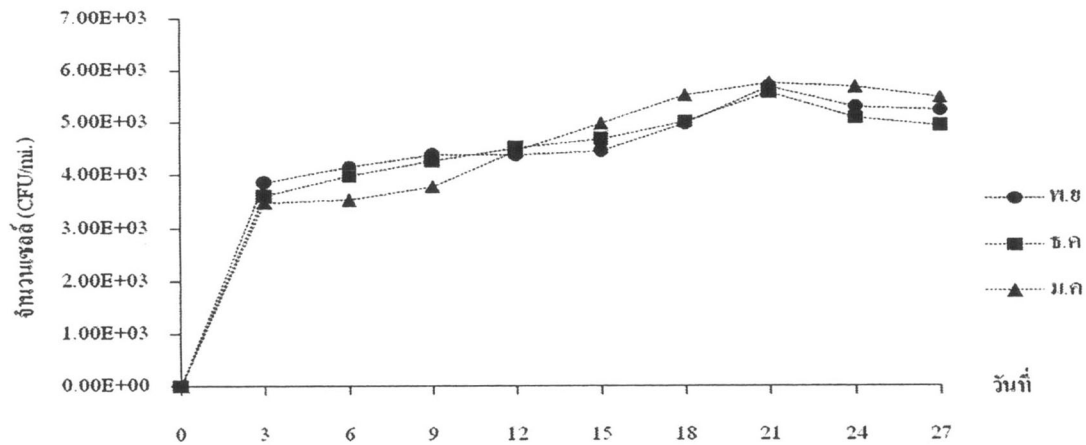
(ข) แล (ช) Unknow 4 ขอบเรียบ มีวงใสรอบโคโลนี โคโลนีสีเหลือง รูปวงรี แกรมลบ

4.2 การศึกษาการสร้างฟิล์มชีวภาพ

จากการติดตามการเจริญของแบคทีเรียบนวัสดุตัวกลาง โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุตัวกลางมาแช่ในน้ำกลั่น แล้วนำมา pour plate ในอาหาร Nutrient agar (NA) จากนั้นนับปริมาณเซลล์จุลินทรีย์ พบว่า

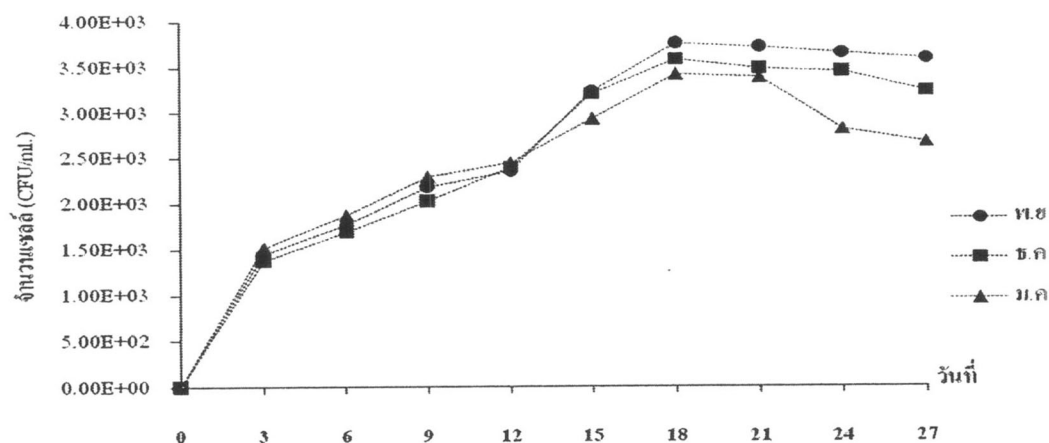
4.2.1 ปริมาณจุลินทรีย์ที่สร้างฟิล์มชีวภาพบนวัสดุตัวกลาง

ชุดการทดลองที่ 1 (Media + EM) พบว่าในวันที่เริ่มต้นระบบยังไม่เกิดการยึดเกาะของจุลินทรีย์บนวัสดุตัวกลาง จากนั้นในวันที่ 3 ตรวจพบการเจริญของจุลินทรีย์เดือนพฤศจิกายน 2553 - มกราคม 2554 อยู่ในช่วง $3.48 \times 10^3 - 3.85 \times 10^3$ CFU/ml. ระหว่างวันที่ 6 - 21 ของการทดลอง ปริมาณจุลินทรีย์มีการเปลี่ยนแปลงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตรวจวัดปริมาณได้สูงสุดในวันที่ 21 อยู่ในช่วง $5.58 \times 10^3 - 5.78 \times 10^3$ CFU/ml. จากนั้นปริมาณจุลินทรีย์มีแนวโน้มลดลง ดังภาพที่ 8 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อปล่อยตัวอย่างน้ำไหลผ่านวัสดุตัวกลางและกักเก็บน้ำบางส่วนให้อยู่ในถังเลี้ยงฟิล์มชีวภาพจนท่วมวัสดุตัวกลาง ทำให้จุลินทรีย์ในน้ำมีการยึดเกาะบนวัสดุตัวกลางได้ เมื่อเวลาในแต่ละช่วงเวลาจุลินทรีย์สามารถยึดเกาะบนวัสดุตัวกลางได้แตกต่างกัน



ภาพที่ 8 ปริมาณจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะวัสดุตัวกลางในชุดการทดลองที่ 1 (Media + EM)

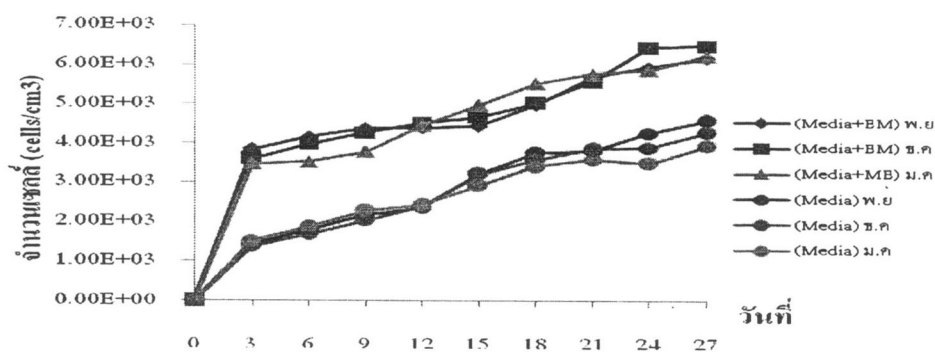
ชุดการทดลองที่ 2 (Media) พบว่าในวันเริ่มต้นระบบไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์บนวัสดุตัวกลาง จากนั้นการยึดเกาะของจุลินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ กับชุดการทดลองที่ 1 โดยในวันที่ 3 ถึงวันที่ 21 ของการทดลอง พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์บนวัสดุตัวกลางในเดือนพฤศจิกายน 2553 - มกราคม 2554 ของวันที่ 3 และวันที่ 21 ของการทดลองอยู่ในช่วง $1.38 \times 10^3 - 1.52 \times 10^3$ CFU/ml. และ $3.60 \times 10^3 - 3.87 \times 10^3$ CFU/ml. ตามลำดับ และหลังวันที่ 21 ปริมาณจุลินทรีย์มีปริมาณลดลง ดังภาพ 9



ภาพที่ 9 ปริมาณจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะบนวัสดุตัวกลาง



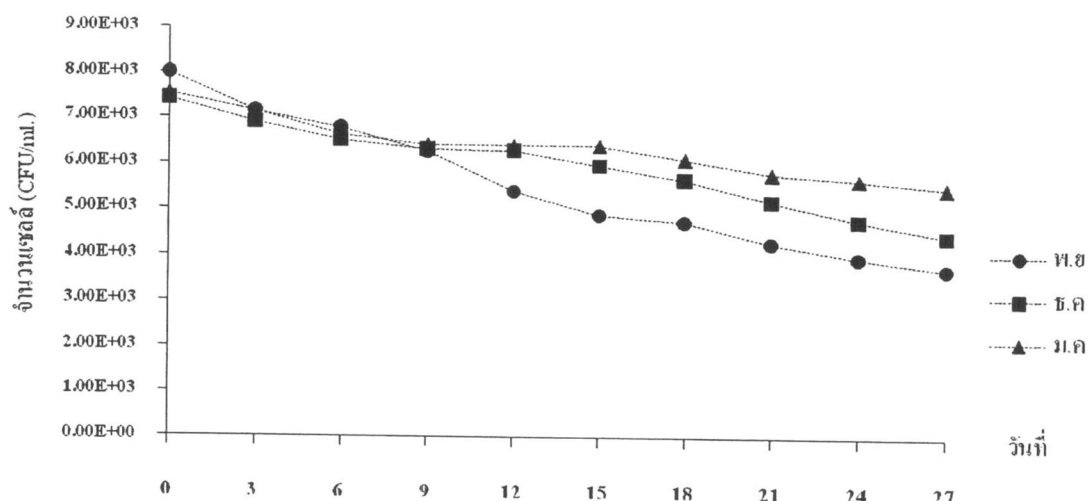
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการยืดยาวของจุลินทรีย์บนวัสดุตัวกลางของชุดการทดลองที่ 1 (Media + EM) มีปริมาณจุลินทรีย์ยืดยาวมากกว่าชุดการทดลองที่ 2 เนื่องจากมีการเติมน้ำหมักของจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ โดยในช่วงเริ่มต้นดำเนินการระบบจุลินทรีย์ยังไม่ยืดยาวกับวัสดุตัวกลาง หลังการปล่อยน้ำไหลผ่านตัวกลาง จุลินทรีย์เริ่มมีการยืดยาววัสดุตัวกลางได้และเพิ่มจำนวนแบบทวีคูณระหว่างวันที่ 6 – 21 ของการทดลอง จากนั้นปริมาณจุลินทรีย์มีปริมาณลดลงดังภาพ 10 ซึ่งสอดคล้องกับชันวานิ 2549 ที่ศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Fliter) ที่มีตัวกลาง (Media) ประเภทเชือกเส้นใยในถ่อ



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ที่พบบนวัสดุตัวกลางของชุดการทดลองที่ 1 และ 2

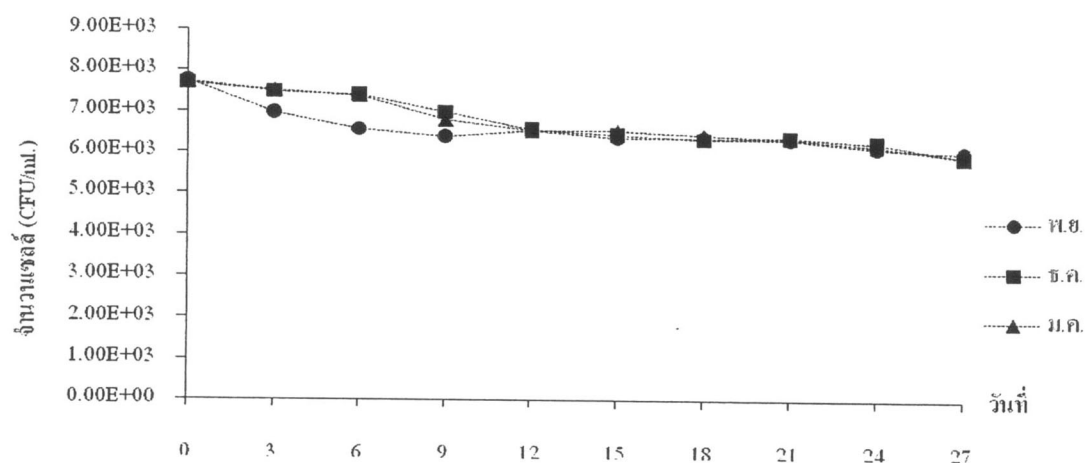
4.2.2 ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบอยู่ในน้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 (Media + EM) พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ของน้ำในระบบในวันเริ่มต้นระบบมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในเดือนพฤศจิกายน 2553 - ธันวาคม 2554 ตรวจวัดได้ช่วง $7.42 \times 10^3 - 7.99 \times 10^3$ CFU/ml. จากนั้นในวันที่ 3 ถึงวันที่ 27 ของการทดลองปริมาณจุลินทรีย์ลดลง ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ในวันที่ 27 ได้ในช่วง $3.76 \times 10^3 - 5.53 \times 10^3$ CFU/ml. เนื่องจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เกิดการยืดยาวกับผิวของวัสดุตัวกลาง (ไกรสร 2553) ดังภาพที่ 11



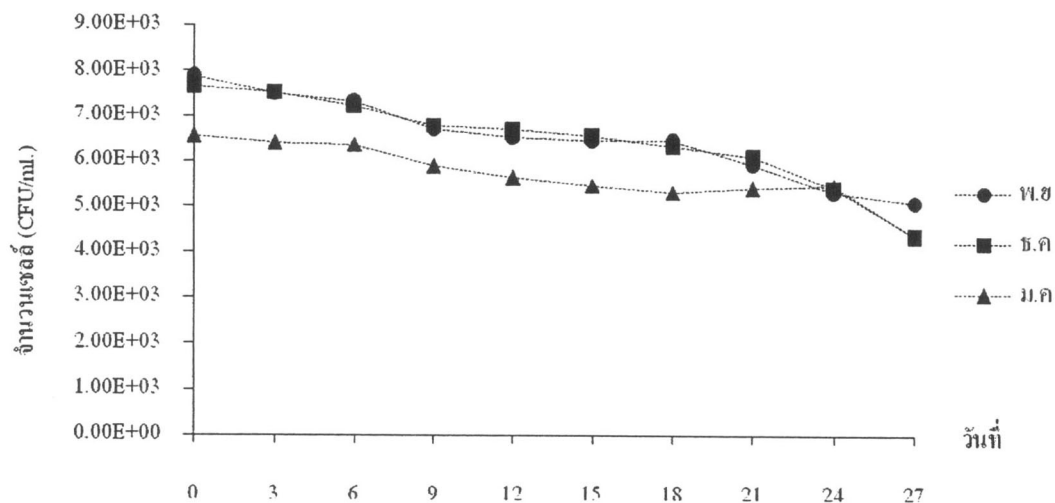
ภาพที่ 11 ปริมาณจุลินทรีย์ในชุดการทดลองที่ 1 (Media + EM)

ชุดการทดลองที่ 2 (Media) พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ของน้ำในระบบในวันเริ่มต้นระบบ มีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในเดือนพฤศจิกายน 2553 - ธันวาคม 2554 ตรวจวัดได้ในช่วง $7.69 \times 10^3 - 7.73 \times 10^3$ CFU/ml. จากนั้นในวันที่ 3 ถึงวันที่ 27 ของการทดลองปริมาณจุลินทรีย์ลดลงโดยในวันที่ 27 ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ได้ในช่วง $5.01 \times 10^3 - 6.80 \times 10^3$ CFU/ml. เนื่องจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เกิดการยึดเกาะกับผิวของวัสดุตัวกลาง และมีปริมาณสารอาหารลดลง ดังภาพที่ 12



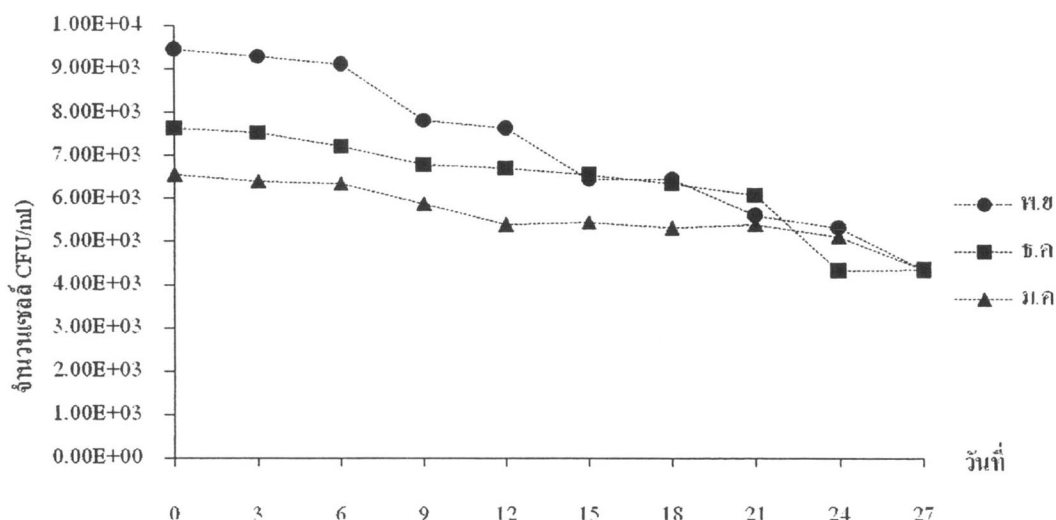
ภาพที่ 12 ปริมาณจุลินทรีย์ในชุดการทดลองที่ 2 (Media)

ชุดการทดลองที่ 3 (EM) พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ของน้ำในระบบในวันเริ่มต้นระบบมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในเดือนพฤศจิกายน 2553 - ธันวาคม 2554 ตรวจวัดปริมาณได้ในช่วง $7.69 \times 10^3 - 7.73 \times 10^3$ CFU/ml. จากนั้นในวันที่ 3 ถึงวันที่ 27 ของการทดลองมีปริมาณจุลินทรีย์ลดลง โดยในวันที่ 27 ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ได้ในช่วง $5.92 \times 10^3 - 6.81 \times 10^3$ CFU/ml. เนื่องจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เกิดการยึดเกาะกับผิวของวัสดุตัวกลาง ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ปริมาณจุลินทรีย์ในชุดการทดลองที่ 3 (EM)

ชุดการทดลองที่ 4 (Control) พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ของน้ำในระบบในวันเริ่มต้นระบบมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในเดือนพฤศจิกายน 2553 - ธันวาคม 2554 ตรวจวัดปริมาณได้ในช่วง $6.56 \times 10^3 - 9.45 \times 10^3$ CFU/ml. จากนั้นในวันที่ 3 ถึงวันที่ 27 ของการทดลองมีปริมาณจุลินทรีย์ลดลง ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ได้ในช่วง $4.35 \times 10^3 - 5.26 \times 10^3$ CFU/ml. เนื่องจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เกิดการยึดเกาะกับผิวของวัสดุตัวกลาง ดังภาพที่ 14

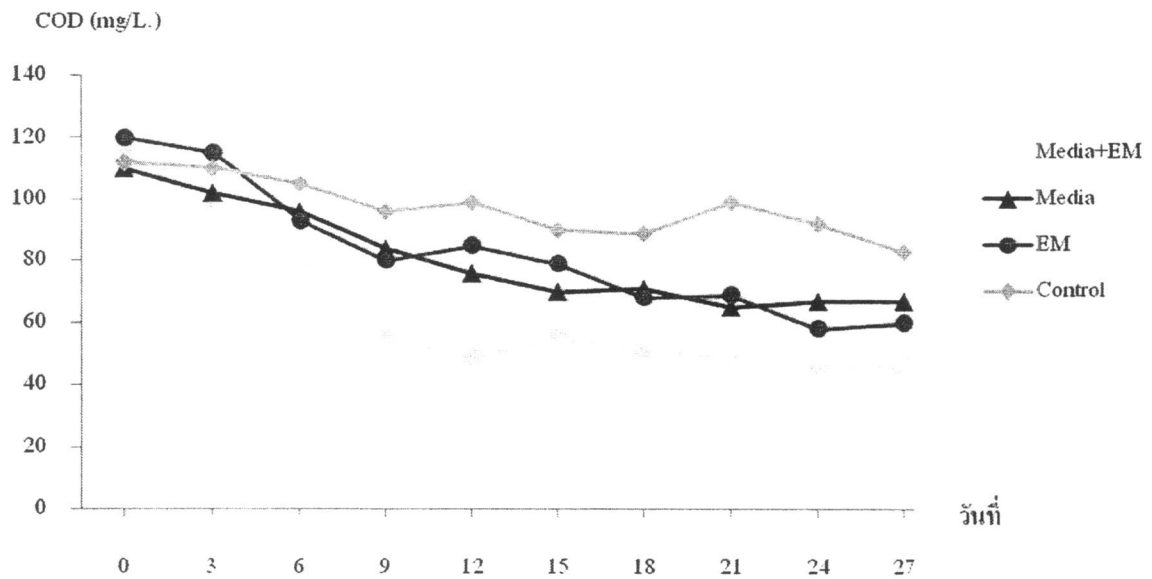


ภาพที่ 14 ปริมาณจุลินทรีย์ในชุดการทดลองที่ 4 (Control)

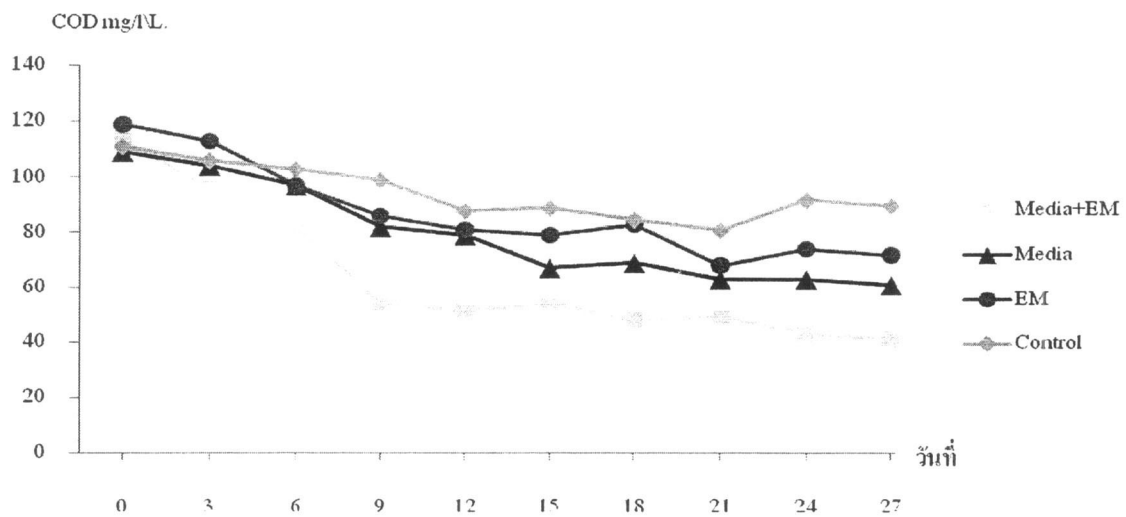
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยฟิล์มชีวภาพ

4.3.1 ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำ (COD)

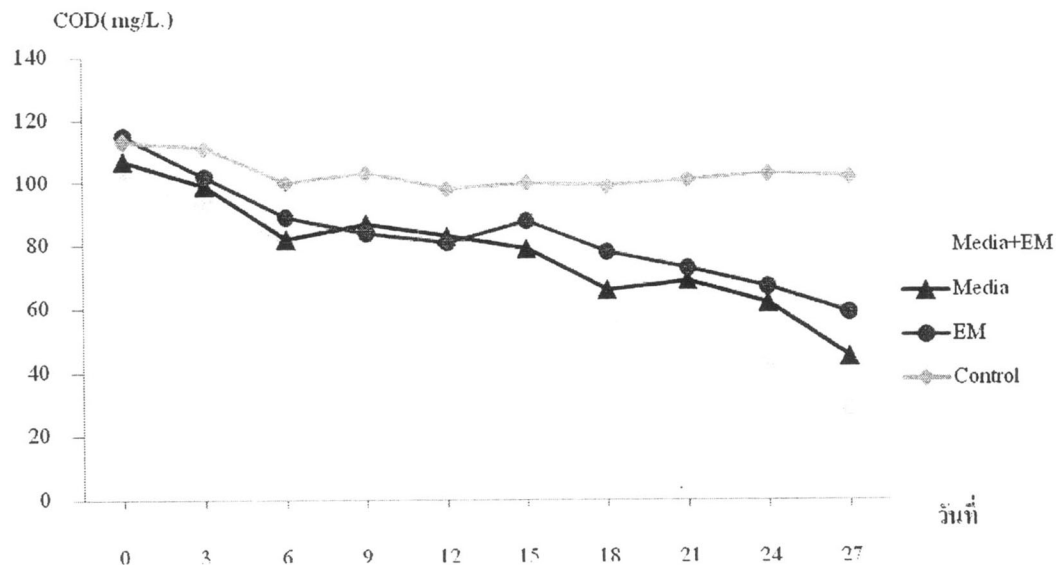
จากการทดลองพบว่า ก่อนการเริ่มต้นระบบ ในแต่ละชุดการทดลองมีค่าซีโอดีอยู่ในช่วง 60 - 120 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเริ่มต้นระบบพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 (Media+EM) มีค่าซีโอดีลดลงจากวันเริ่มต้นดำเนินระบบถึงวันที่ 27 ในเดือนพฤศจิกายน 2553 - มกราคม 2554 ตรวจวัดได้ในช่วง 111 - 113 mg/L. และ 40 - 48 mg/L. ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ 2 (Media) ค่าซีโอดีลดลงในวันที่ 3 และเพิ่มขึ้นในวันที่ 6 จนถึงวันที่ 9 หลังจากนั้นก็มีค่าลดลงจากวันเริ่มต้นดำเนินระบบถึงวันที่ 27 ในเดือนพฤศจิกายน 2553 - มกราคม 2554 ตรวจวัดได้ในช่วง 111 - 113 mg/L. และ 40 - 48 mg/L. ตามลำดับ สำหรับชุดการทดลองที่ 3 (EM) พบว่าในวันที่ 3 ค่าซีโอดีเพิ่มขึ้นและลดลงในวันที่ 6 ถึงวันที่ 27 จากวันเริ่มต้นดำเนินระบบถึงวันที่ 27 ในเดือนพฤศจิกายน 2553 - มกราคม 2554 ตรวจวัดได้ในช่วง 111 - 113 mg/L. และ 40 - 48 mg/L. ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ 4 (Control) จากวันเริ่มต้นดำเนินระบบถึงวันที่ 27 ในเดือนพฤศจิกายน 2553 - มกราคม 2554 ตรวจวัดได้ในช่วง 111 - 113 mg/L. และ 40 - 48 mg/L. ตามลำดับ แสดงดังภาพ ที่



ภาพที่ 15 เปรียบเทียบค่าซีโอดี (COD) ทั้ง 4 ชุดการทดลอง (พฤศจิกายน 2553)



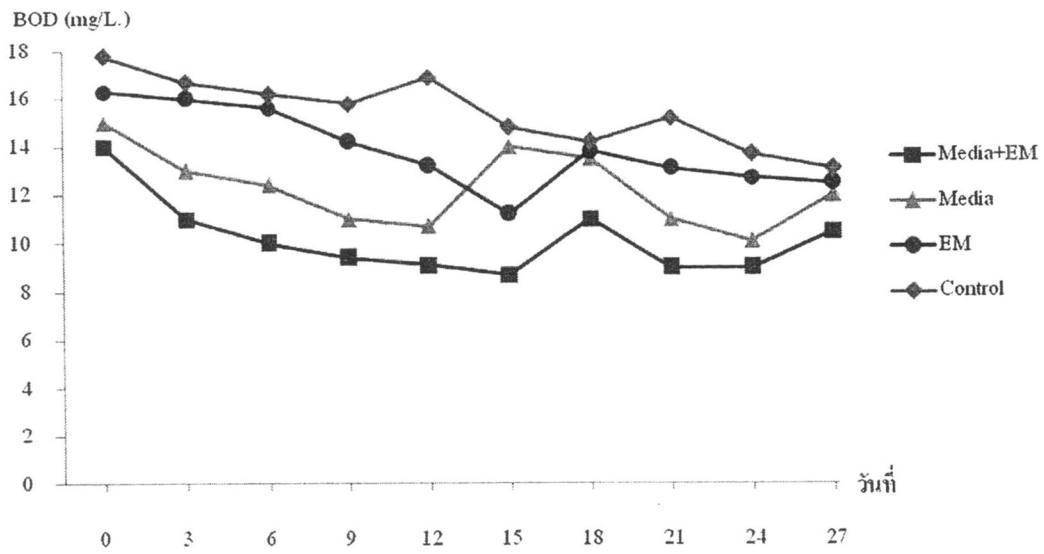
ภาพที่ 16 เปรียบเทียบชุดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง (ธันวาคม 2553)



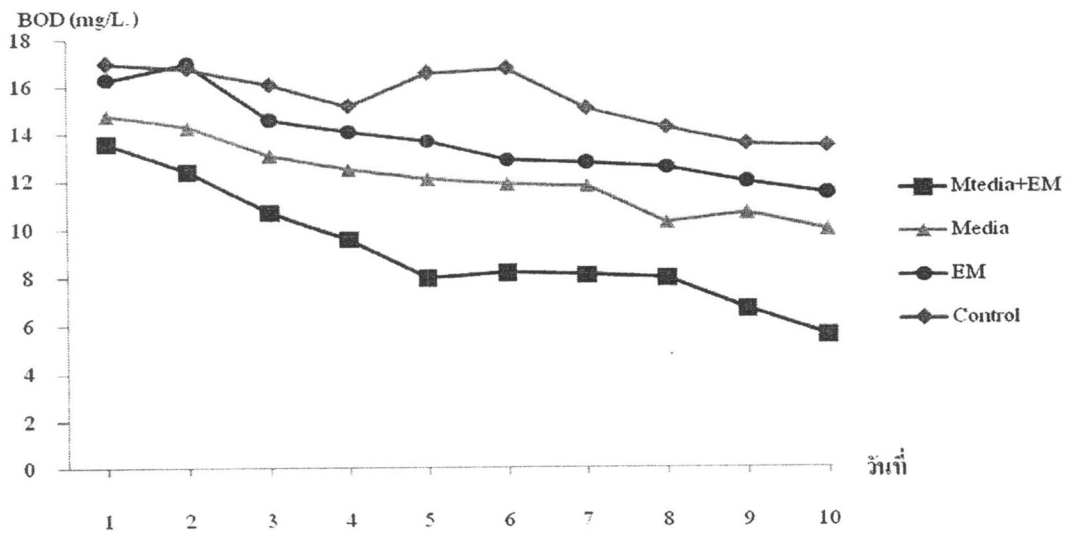
ภาพที่ 17 เปรียบเทียบชุดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง (มกราคม 2553)

4.3.2 ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (BOD)

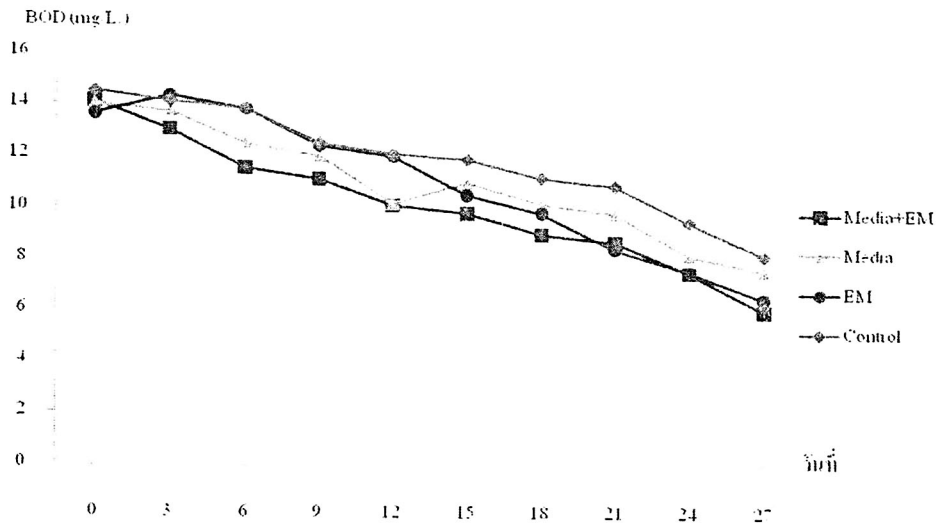
จากการทดลองพบว่า ก่อนเริ่มต้นระบบ ในแต่ละชุดการทดลองมีค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 6 - 12 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ 1 (Media+EM) เมื่อเริ่มต้นระบบพบว่า ค่าบีโอดีในช่วงวันที่ 3 ถึงวันที่ 27 ลดลงตามลำดับ ตรวจวัดค่า 5.5 - 7.5 mg/L. และ 5.7 - 10.5 mg/L. ชุดการทดลองที่ 2 (Media) พบว่าในวันที่ 3 ค่าบีโอดีเพิ่มขึ้นหลังจากนั้นวันที่ 6 ถึงวันที่ 15 มีค่าลดลง แต่วันที่ 18 มีค่าเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นวันที่ 21 เริ่มมีค่าคงที่ ตรวจวัดค่า 15.0 - 16.3 mg/L. สำหรับชุดการทดลองที่ 3 (EM) พบว่าวันที่ 3 ค่าบีโอดีเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นในวันที่ 6 ถึงวันที่ 15 มีค่าลดลง ตรวจวัดค่า 13.6 - 16.3 mg/L. และ 12.5 - 5.6 mg/L. ส่วนชุดการทดลองที่ 4 (Control) วันที่ 3 ถึงวันที่ 27 ค่าบีโอดีเพิ่มขึ้นตามลำดับเนื่องจากการละลายออกซิเจนในน้ำ ตรวจวัดค่า 14.0 - 17.8 mg/L. และ 7.6 - 13.5 mg/L. ตามลำดับ ดังภาพที่ 18 - 20



ภาพที่ 18 เปรียบเทียบค่าบีโอดี (BOD) ทั้ง 4 ชุดการทดลอง (พฤศจิกายน 2553)



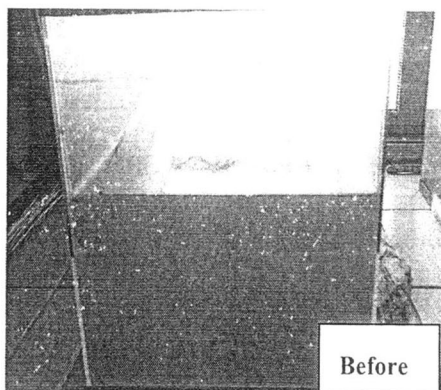
ภาพที่ 19 เปรียบเทียบค่าบีโอดี (BOD) ทั้ง 4 ชุดการทดลอง (ธันวาคม 2553)



ภาพที่ 20 เปรียบเทียบค่าบีโอดี (BOD) ทั้ง 4 ชุดการทดลอง (มกราคม 2553)

4.3.3 เปรียบเทียบลักษณะสีของน้ำก่อนและหลังการบำบัด

ก่อนการบำบัดน้ำผิวดินจะมีลักษณะขุ่นเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากมีตะกอนดินปะปนอยู่ และมีปริมาณสารอินทรีย์สูงจึงทำให้น้ำมีความโปร่งแสงน้อยและหลังการบำบัดน้ำมีลักษณะที่ใสขึ้นเพราะผ่านระบบการกรองโดยมีวัสดุตัวกลางและจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ ดังภาพ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 22 ลักษณะสีของน้ำก่อน - หลังการบำบัด

(ก) ก่อนการบำบัด

(ข) หลังการบำบัด

4.4 การทดสอบอัตราการไหล (Flow rate) ของระบบที่มีผลต่อการกำจัดค่าซีโอดี (COD)

ก่อนที่จะนำน้ำเข้าสู่ระบบนี้ได้มีการศึกษาถึงค่าของอัตราการไหล (Flow) ของน้ำโดยมีการกำหนดให้ปริมาณการไหลเข้า-ออกของน้ำมีปริมาณที่เท่ากัน ซึ่งตามทฤษฎีอัตราการไหลในปริมาณที่น้อยก็จะมีค่าซีโอดี (COD) น้อยตามลำดับ ซึ่งแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4 โดยจุดประสงค์ของการศึกษาอัตราการไหลเพื่อให้รู้ถึงประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลาง (Media) ในการกำจัดปริมาณสารอินทรีย์ในระบบ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 อัตราการไหลและประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์

อัตราการไหล (มิลลิเมตรต่อนาที)	ค่าซีโอดี (mg./L.)
50 มิลลิเมตรต่อนาที	0.54
100 มิลลิเมตรต่อนาที	0.52
150 มิลลิเมตรต่อนาที	0.66
200 มิลลิเมตรต่อนาที	0.83

4.5 MF/UFหลังการบำบัดน้ำผ่านระบบการกรองโดยมีวัสดุตัวกลางและจุลินทรีย์

การใช้การกรอง membrane MF/UF หลังการบำบัดน้ำผ่านระบบการกรองโดยมีวัสดุตัวกลางและจุลินทรีย์สามารถกำจัดจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่ในน้ำได้ 97-99% และ (ไม่ตรวจพบจากน้ำที่ได้จาก 4.4) ค่าซีโอดีลดลงประมาณ 70% นอกจากนี้ยังเป็นการยืดอายุของ membrane อีกด้วย

ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของ MF/UF

อัตราการไหล (มิลลิเมตรต่อนาที)	ค่าซีโอดี (mg./L.)	ค่าซีโอดี MF/UF(mg./L.)
50 มิลลิเมตรต่อนาที	0.54	0.24
100 มิลลิเมตรต่อนาที	0.52	0.19
150 มิลลิเมตรต่อนาที	0.66	0.22
200 มิลลิเมตรต่อนาที	0.83	0.25