บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

6.1 บทสรุป

จากผลการทดลองใช้กระบอก P.V.C. ใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความสูง 2.50 เมตร บรรจุโรลม้วนผมพลาสติกทำหน้าที่เป็นตัวกลางโดยมีความสูง 1.26 เมตร จากด้านล่างถังกรองเป็นถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางกรองครึ่งถังจมสรุปผลได้ ดังนี้

1. ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำต่าง ๆ ปรากฏว่ามีประสิทธิภาพในการลดซีโอดี และโคไลฟอร์มแบคทีเรีย ดังแสดงในตารางที่ 6.1 ซึ่งเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 12 ชั่วโมง สามารถลดซีโอดีได้ 61% มีค่าเฉลี่ยซีโอดีในน้ำทิ้งจากระบบฯ 52 มก./ล. และลดโคไลฟอร์มแบคทีเรียได้ 88% มีโคไลฟอร์มแบคทีเรียในน้ำทิ้งจากระบบฯ อยู่ในช่วง 6×10^4 ถึง 5.5×10^7 MPN ต่อ 100 ml. ซึ่งถ้าหากดูถึงค่าเฉลี่ยของซีโอดีในน้ำทิ้งจากระบบฯ จากระยะเวลาเก็บกักน้ำ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 50, 38 และ 44 มก./ล. ตามลำดับแล้วที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง จะเหมาะสมในการลดซีโอดีในน้ำเสีย แต่เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรียร่วมด้วยปริมาณของตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ที่ออกมากับน้ำทิ้งจากระบบฯ แล้วพบว่า ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 12 ชั่วโมง ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรียและปริมาณตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ ดังนั้นอย่างน้อยควรใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 48 ชั่วโมง ในการเลือกใช้ถังกรองฯนี้เพื่อลดซีโอดีในน้ำเสียและตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ ซึ่งประสิทธิภาพในการลดซีโอดีประมาณ 72% มีตะกอนโวลาไทล์ 16 มก.ต่อลิตร และมีโคไลฟอร์มแบคทีเรียในน้ำทิ้งจากระบบอยู่ในช่วง 3.6×10^4 ถึง 4.8×10^6 MPN ต่อ 100 ml.

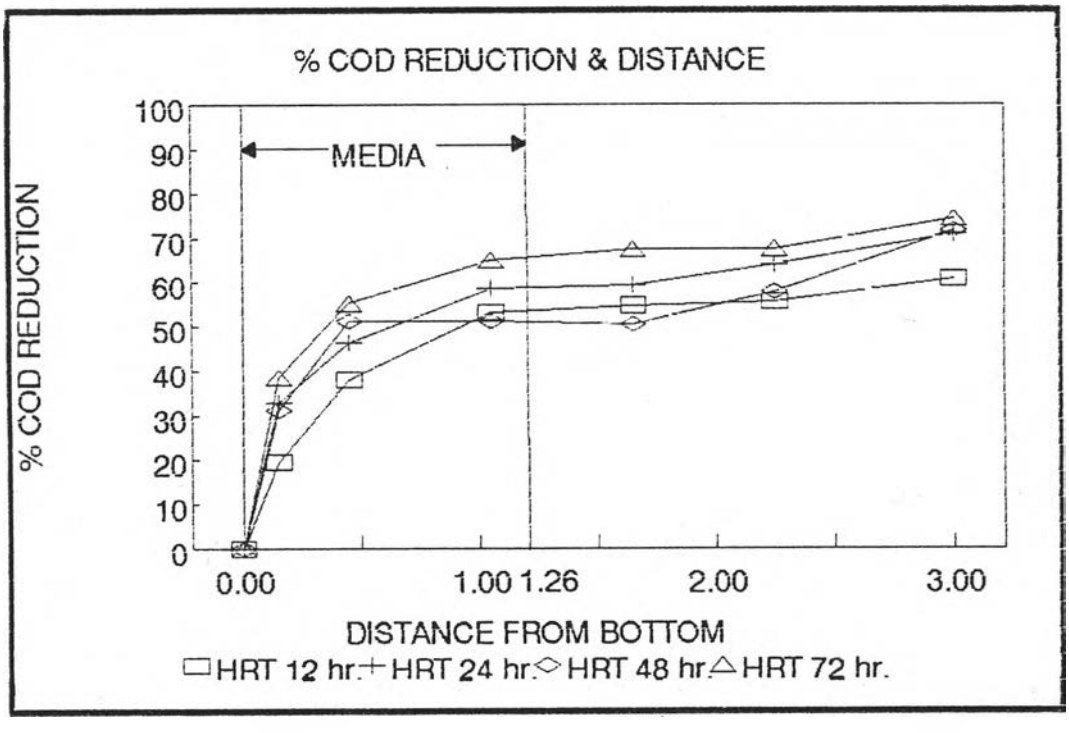
2. ที่ระยะความสูงของตัวกลางกรอง 1 เมตร เหมาะสมที่จะลดปริมาณซีโอดีลงได้ จากรูปที่ 6.1 แสดงให้เห็นว่า ช่วงที่มีตัวกลางกรองนั้นมีประสิทธิภาพในการลดซีโอดีมากกว่า

ตารางที่ 6.1 ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีและโคไลฟอร์มแบคทีเรียที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำต่าง ๆ

ระยะเวลาเก็บกักน้ำ(hr.)	ประสิทธิภาพ (%)		ปริมาณในน้ำทิ้งจากระบบ		
	ในการลดซีโอดี	ในการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรีย	COD (mg/l)	SS (mg/l)	VSS (mg/l)
12	60.83	88.13	52	57	50
24	70.74	95.84	50	46	42
48	71.55	98.15	38	19	16
72	74.28	99.49	44	18	15

ช่วงที่ไม่มีตัวกลาง ทั้งนี้ดูจากความชันของเส้นกราฟในช่วงที่มีตัวกลางจะชันมากกว่าช่วงที่ไม่มีตัวกลางทุก ๆ ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย และช่วงของตัวกลางที่ระยะทาง 0.15 เมตร จากด้านล่างถังกรองขึ้นมา มีการลดซีโอดีมากที่สุด ส่วนช่วงระยะทางจากด้านล่างถังกรองที่ 0.65 เมตร ถึง 2.25 เมตร พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 12, 24 และ 48 ชั่วโมง มีการลดซีโอดีเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณของแบคทีเรียที่แขวนลอยอยู่ในน้ำที่วัดได้ในรูปของตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ มีการลดลงจากช่วง 1.65 - 2.25 เมตร ดูได้จากตารางที่ 5.6 ในหัวข้อ 5.24 ประกอบพบว่าการลดลงของตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 24 ชั่วโมง มีมากที่สุดคือ 89% ส่วนที่ระยะเวลาเก็บกัก 48 ชั่วโมง, 12 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการลดตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ตามลำดับ คือ 61%, 52% และ 44% ทำให้กราฟในช่วง 1.65 ถึง 2.25 เมตรนี้ พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 24 ชั่วโมงมีความชันมากกว่าเนื่องมาจากมีการลดตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์มากกว่านั่นเอง ส่วนที่จุดน้ำทิ้งจากระบบฯ พบว่ามีการลดซีโอดีเพิ่มขึ้นก็ด้วยเหตุผลเดียวกันกับข้างต้น คือมีการลดตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์เพิ่มขึ้น โดยที่ถูกกักเก็บไว้ในท่อตัวยูก่อนที่จะปล่อยน้ำทิ้งจากระบบฯ ซึ่งในการวัดซีโอดีในน้ำทิ้งสุดท้ายนี้ ถ้าหากซีโอดีในรูปละลายน้ำถูกกำจัดหมดไปตั้งแต่อยู่ในถังกรองฯ แล้วประสิทธิภาพในการลดซีโอดีก็จะเป็นไปในรูปแบบเดียวกันกับประสิทธิภาพในการลดตะกอนโวลาไทล์ แต่เมื่อพิจารณาตารางที่ 5.6 ใน

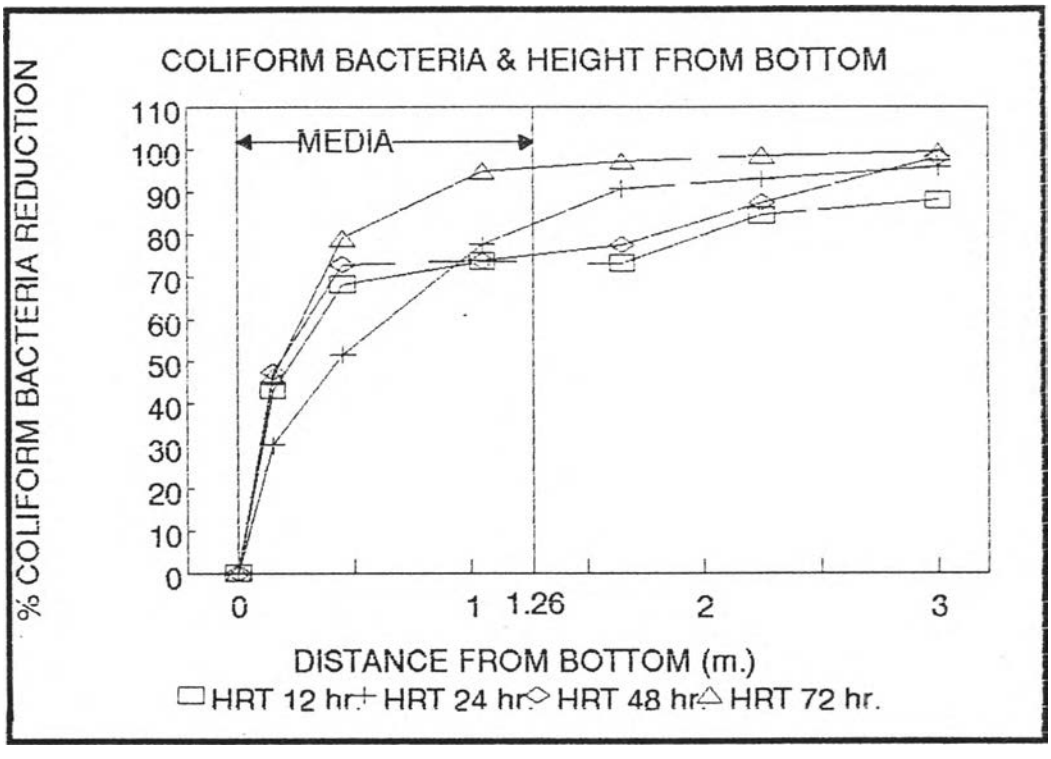
หัวข้อ 5.2.4 ประกอบแล้วปรากฏว่าที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 12 ชั่วโมง ไม่เป็นไปในรูปแบบประสิทธิภาพในการลดตะกอนแขวนลอย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีซีโอดีในรูปละลายน้ำถูกกำจัดไปไม่หมด ทำให้การหาซีโอดีในน้ำทิ้งที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงนี้มากกว่าที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำอื่น ๆ จึงทำให้ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีไม่เพิ่มขึ้นตามประสิทธิภาพในการลดตะกอนโวลาไทล์ ส่วนที่ระยะความสูงของตัวกลางกรองนี้ที่ 1 เมตร จัดว่ามีประสิทธิภาพพอในการลดปริมาณโคไลฟอร์มแบคทีเรีย เนื่องจากการกรองและการดูดซับของเซลล์แบคทีเรีย คือให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณโคไลฟอร์มแบคทีเรียมากกว่า 73% ขึ้นไป



รูปที่ 6.1 ประสิทธิภาพการลดซีโอดีที่ความสูงต่าง ๆ จากด้านล่างถังกรองฯ ขึ้นมา ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำต่าง ๆ (12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง)

3. ประสิทธิภาพในการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรีย จากรูปที่ 6.2 พบว่ามีการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรียมากที่ช่วง 0.15 เมตรแรกของถังกรองฯ และเมื่อพ้นชั้นตัวกลางกรองแล้วปรากฏว่าประสิทธิภาพในการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรียค่อนข้างคงที่ โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 72 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรียมากที่สุด และการเพิ่มตัวกลางกรองให้

มากขึ้นมีผลให้เกิดการสะสมของตะกอนแบคทีเรียมากขึ้น ช่วยให้เกิดกลไกในการกรองและการดูดซับเพื่อลดปริมาณของโคไลฟอร์มแบคทีเรียลงได้มาก ทำให้ลดความสูงถังกรองฯ ลงได้เมื่อใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียมากกว่า 72 ชั่วโมง



รูปที่ 6.2 ประสิทธิภาพในการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรียที่ความสูงต่าง ๆ จากด้านล่างถังกรองฯ ขึ้นมา ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำต่าง ๆ (12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง)

4. ตัวกลางกรองที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นโรลม้วนผมพลาสติกที่ให้ช่องว่างระหว่างตัวกลางกรองมาก ทำให้เกิดการสะสมตัวของตะกอนแบคทีเรียมากมีประโยชน์ในการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรียลง และสามารถทำให้ลดความสูงด้านบนของถังที่ไม่มีตัวกลางกรองลงได้ ถ้าให้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียอย่างน้อย 24 ชั่วโมงขึ้นไป ในการลดปริมาณโคไลฟอร์มแบคทีเรียมากกว่า 95%

5. กลไกการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรียขึ้นกับประสิทธิภาพการกรองเนื่องมาจากตะกอนแบคทีเรียของระบบฯ ร่วมกับอัตราการตายโดยธรรมชาติของโคไลฟอร์มแบคทีเรีย

6. จากตารางที่ 6.2 สรุปปริมาณโคไลฟอร์มแบคทีเรียที่ออกจากระบบฯ ในงานทดลองครั้งนี้เทียบกับตารางที่ 6.3 ปรากฏว่าเมื่อให้ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 1 วัน จะมีโคไลฟอร์มแบคทีเรียในน้ำออกจากระบบฯ อยู่ในช่วง 2.3×10^3 ถึง 2.4×10^6 MPN/100 ml. และที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 3 วัน จะมีโคไลฟอร์มแบคทีเรียออกจากระบบฯ อยู่ในช่วง 1.5×10^3 ถึง 2.7×10^4 MPN/100ml. ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานของปริมาณโคไลฟอร์มแบคทีเรียทั้งในน้ำทิ้งและในลำน้ำดังนั้น หากพิจารณาถึงประสิทธิภาพของระบบฯ ในการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรีย รวมถึงค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีระยะเวลาเก็บกักนานพอที่จะลดปริมาณโคไลฟอร์มแบคทีเรียให้น้อยลงหรือกำจัดให้หมดไปนั้น จึงยังคงต้องทำการวิจัยเพื่อหาข้อมูลต่อไปในการลดปริมาณโคไลฟอร์มแบคทีเรียเพื่อให้ได้ระบบฯ ที่ประหยัดและเหมาะสม เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลด้านนี้แพร่หลายเพียงพอ จึงขออ้างถึงมาตรฐานที่ประเทศญี่ปุ่นใช้เพื่อเป็นแนวทางในงานวิจัยต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.2 สรุปผลการทดลองในการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรีย โดยถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางครึ่งถังจม

แหล่งน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย	โคไลฟอร์มแบคทีเรียของน้ำที่ออกจากระบบ (MPN/100 ml)	HRT (d)
ส่วนใสของบ่อเกรอะ	6.0×10^4 ถึง 5.5×10^7	0.5
โรงอาหาร รัฐศาสตร์	9.3×10^3 ถึง 2.3×10^5	1
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1.5×10^5 ถึง 2.3×10^7	2
	2.2×10^3 ถึง 2.7×10^4	3

หมายเหตุ Influent อยู่ในช่วง $1.15 \times 10^5 - 1.92 \times 10^8$
สำหรับ HRT 0.5 และ 2 day
อยู่ในช่วง $1.80 \times 10^5 - 1.20 \times 10^6$
สำหรับ HRT 1 และ 3 day

ตารางที่ 6.3 สรุปงานวิจัยที่ผ่านมาในด้านปริมาณโคไลฟอร์มแบคทีเรียในน้ำเสียที่ออกจากระบบถังกรองไร้ออกซิเจน

แหล่งน้ำเสียที่บำบัดโดยถังกรองไร้ออกซิเจน	โคไลฟอร์มแบคทีเรียของน้ำที่ออกจากระบบ (MPN/100 ml.)	HRT (d)	Referecne
บ้านพักอาศัย	3.6×10^4 ถึง 2.4×10^5	1	บุญส่ง ไข่เกษ,1991
หอพัก	1.1×10^5 ถึง 2.4×10^5	1	บุญส่ง ไข่เกษ,1991
สำนักงาน	1.1×10^5 ถึง 1.5×10^6	1	บุญส่ง ไข่เกษ,1991
โรงพยาบาล	4.3×10^5 ถึง 2.4×10^6	1	บุญส่ง ไข่เกษ,1991
โรงเรียน	3.6×10^4 ถึง 2.4×10^6	1	บุญส่ง ไข่เกษ,1991
ภัตตาคาร	1.1×10^5 ถึง 1.5×10^6	1	บุญส่ง ไข่เกษ,1991
ตลาดสด	1.1×10^5 ถึง 2.4×10^6	1	บุญส่ง ไข่เกษ,1991
บ้านเรือน	1.5×10^4 ถึง 9.2×10^6	14.5	บุญส่ง ไข่เกษ,1983
บ้านเรือน	9.0×10^3 ถึง 3.5×10^6	11.6	บุญส่ง ไข่เกษ,1983
บ้านเรือน	4.0×10^3 ถึง 5.4×10^6	9.7	บุญส่ง ไข่เกษ,1983
บ้านเรือน	-	11-14	บุญต่วน แก้วปิ่นตา,1989
โรงเรียน	2.3×10^3 ถึง 2.4×10^4	1	Le Huy Hoang,1981
โรงเรียน	4.3×10^3 ถึง 1.1×10^4	1	Le Huy Hoang,1981
โรงเรียน	3.3×10^3 ถึง 3.5×10^4	2	Le Huy Hoang,1981
โรงเรียน	4.0×10^2 ถึง 4.3×10^3	3	Le Huy Hoang,1981
โรงเรียน	0 ถึง 2.0×10^2	4	Le Huy Hoang,1981
โรงเรียน	1.2×10^3 ถึง 5.5×10^4	2	Ajay kumar, 1983
โรงเรียน	1.5×10^3 ถึง 1.2×10^4	3	Ajay kumar, 1983
โรงเรียน	0 ถึง 2.0×10^4	4	Ajay kumar, 1983
โรงเรียน	0	8	Ajay kumar, 1983

ตารางที่ 6.4 ข้อแนะนำลักษณะน้ำทิ้งจากระบบกำจัดน้ำเสียต่าง ๆ ของประเทศญี่ปุ่น (OHGAKI,1991)

Classification	pH	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	coliform groups (No./ml)
Activated sludge process	5.8-8.6	20 or less	70 or less	3000 or less
Low-rate trickling filter process	5.8-8.6	60 or less	120 or less	3000 or less
High-rate trickling filter process	5.8-8.6	120 or less	150 or less	3000 or less
Modified aeration				
Sedimentation				

7. เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนแบคทีเรียที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 และ 24 ชั่วโมง ไฮโดรลิคโหลดดิง 0.27 และ 0.18 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ส่วนที่ระยะเวลาเก็บกัก 48 และ 72 ชั่วโมง ไฮโดรลิคโหลดดิง 0.07 และ 0.06 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ไม่เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนแบคทีเรีย อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้นของซีโอดีในน้ำเสียเข้าระบบฯ ค่อนข้างต่ำ ทำให้ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีและโคไลฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในเกณฑ์ดี

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

1. ทดลองที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำเท่ากัน โดยแบ่งเป็นเป็นถังเดี่ยว และถังอนุกรม เช่นที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน แบ่งชุดการทดลองเป็นถังเดี่ยวที่มีระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน เปรียบเทียบกับถังอนุกรม 2 วัน ที่มีระยะเวลาเก็บกักน้ำถังละ 1.5 วัน และ ถังอนุกรม 3 ถัง ที่มีระยะเวลาเก็บกักน้ำถังละ 1 วัน เป็นต้น

2. ทดลองระบบถังกรองไร้ออกซิเจน ที่ค่าไฮโดรคลอลิคโหลดดิงสูง แต่เพิ่มความสูงของตัวกลางกรองมากกว่านี้ (มากกว่า 1.26 เมตร) หรือใช้ตัวกลางกรองเต็มถัง เพื่อเปรียบเทียบผลของไฮโดรลิคโหลดดิง และกลไกการกรองโดยตะกอนแบคทีเรียในการลดโคไลฟอร์ม-แบคทีเรีย

3. เปรียบเทียบการทำงานของถังกรองไร้ออกซิเจน ที่มีไฮโดรลิคโหลดดิงเท่ากับระบบกำจัดน้ำเสียที่ใช้ออกซิเจน เป็นการลดกลไกการกรองเนื่องจากตะกอนแบคทีเรีย เพื่อดูผลการทำงานของ อัตราการตายโดยธรรมชาติของโคไลฟอร์มแบคทีเรีย กับ ค่าไฮโดรลิคโหลดดิง

4. ใช้รูปแบบอื่นของระบบกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน เช่น An.RBC, An. Trickling Filter หรือ UASB เป็นต้น ในด้านประสิทธิภาพการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรีย หรือศึกษาระบบกำจัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนในการกำจัดโคไลฟอร์มแบคทีเรีย เช่นระบบแอ็คติเว็ดเต็ดสลัดจ์ เป็นต้น