บทที่ 3

ทฤษฎีและแนวคิดที่สำคัญ

3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับกระบวนการหมักระบบไร้ออกซิเจน

3.1.1 แบคทีเรียที่สำคัญในกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน มี 2 ชนิด คือ

3.1.1.1 แบคทีเรียที่ไม่สร้างมีเทน แบคทีเรียประเภทนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 พวก คือ แบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจนเลย (Obligate anaerobes) กับพวกที่ใช้ออกซิเจนได้บ้าง (Facultative anaerobes) ความสำคัญของแบคทีเรียกลุ่มนี้คือสามารถสร้างไฮโดรเจนได้จากกรดอินทรีย์ขนาดใหญ่ และเป็นตัวเชื่อมระหว่างแบคทีเรียที่สร้างกรดแบบธรรมดาและแบคทีเรียสร้างมีเทน

3.1.1.2 แบคทีเรียที่สร้างมีเทน เป็นแบคทีเรียที่มีการเติบโตช้า และมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมาก ซึ่งเราจะจำแนกชนิดต่างๆของแบคทีเรียชนิดนี้ดังตารางที่ 3.1 แบคทีเรียที่สร้างมีเทนยังแบ่งออกเป็นอีก 2 ชนิด คือ

ก. ชนิดแรกสร้างมีเทนจากคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน โดยนำคาร์บอนมาจากคาร์บอนไดออกไซด์ และพลังงานจากไฮโดรเจน หลายชนิดใช้กรดฟอร์มิกเป็นสารอาหารอย่างเดียวเพราะว่าแตกตัวเป็นไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ง่าย ดังสมการ

$$HCOOH \rightarrow CO_2 + H_2$$

แบคทีเรียชนิดนี้จะไวต่อการเปลี่ยนแปลง pH มาก ช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ 6.7-7.4 (McCarty,1964) ซึ่งแบคทีเรียจะสร้างมีเทนดังสมการต่อไปนี้

$$4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O + 32.4 \text{ kcal}$$

เราจะเรียกแบคทีเรียชนิดนี้ว่า Hydrogenotrophic methanogen

ข. ชนิดที่สองสร้างมีเทนจากกรดอะซิติก โดยใช้อาซีเตทเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย และใช้ไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งจะให้พลังงานพอเพียงสำหรับการดำรงชีพ โดยการสร้างมีเทนจะเป็นดังสมการต่อไปนี้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 สรุปคุณสมบัติของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนชนิดต่าง ๆ

Summary of characteristics of methanogenic archaebacteria, order *Methanobacteriales*[a]

Archaebacteria	Morphology	Substrates	G+C (mol%)	Temp optimum (°C)	pH optimum	Cell envelope composition	Major membrane isoprenoid	References[a]
Family Methanobacteriaceae								
Methanobacterium formicicum	Rod	H_2, formate	40.7	37	7.0	Pseudomurein	$C_{20} + C_{40}$	12
M. bryantii	Rod	H_2	32.7	36	7.0	Pseudomurein	$C_{20} + C_{40}$	12
M. thermoautotrophicum	Rod	H_2	49.7	65–70	7.2–7.6	Pseudomurein	$C_{20} + C_{40}$	546
M. wolfei	Rod	H_2	61	55–65	7.0–7.5	Pseudomurein	ND[a]	547
M. thermoaggregans	Rod	H_2	42	65	7.0–7.5	ND	ND	32
M. thermocaliphilum	Rod	H_2	36.8	60	7.5–8.5	ND	ND	33
Methanobrevibacter ruminantium	Rod	H_2, formate	30.6	38	7.2	Pseudomurein	$C_{20} + C_{40}$	431
M. smithii	Rod	H_2, formate	31	38	6.9–7.4	Pseudomurein	$C_{20} + C_{40}$	325
M. arboriphilus	Rod	H_2	29	30–37	7.5–8.0	Pseudomurein	$C_{20} + C_{40}$	544
Methanosphaera stadtmanae	Coccus	H_2 + methanol	25.8	36–40	6.5–6.9	Pseudomurein	ND	323, 324
Family Methanothermaceae								
Methanothermus fervidus	Rod	H_2	33	83	6.5	Pseudomurein + protein	C_{20}	446

Summary of characteristics of methanogenic archaebacteria, order *Methanococcales*, family *Methanococcaceae*[a]

Archaebacteria	Morphology	Substrates	G+C (mol%)	Temp optimum (°C)	pH optimum	Cell envelope composition	Major membrane isoprenoid	References[a]
Methanococcus vannielii	Coccus	H_2, formate	32.5	36–40	7.0–9.0	Protein	C_{20}, if C_{40}	12
M. voltae	Coccus	H_2, formate	29.6	32–40	6.7–7.4	Protein	C_{20}	505
M. maripaludis	Coccus	H_2, formate	33.4	38	6.8–7.2	Protein	ND[a]	206
M. deltae	Coccus	H_2, formate	33.6	37	ND	ND	ND	56
M. thermolithotrophicus	Coccus	H_2, formate	33.6	65	6.5–7.5	Protein	C_{20}	379
M. jannaschii	Coccus	H_2	31	85	6.0	Protein	Cyclic diether, $C_{20} + C_{40}$	55, 207

Summary of characteristics of methanogenic archaebacteria, order *Methanomicrobiales*[a]

Archaebacteria	Morphology	Substrates	G+C (mol%)	Temp optimum (°C)	pH optimum	Cell envelope composition	Major membrane isoprenoid	References[a]
Family Methanomicrobiaceae								
Methanomicrobium mobile	Rod	H_2, formate	48.8	40	6.1–6.9	Protein	$C_{20} + C_{40}$	337
M. paynteri	Rod	H_2	44.9	40	6.5–7.0	ND	ND	375
Methanogenium cariaci	Coccus	H_2, formate	51.6	20–25	6.8–7.3	Protein	$C_{20} + C_{40}$	382
M. marisnigri	Coccus	H_2, formate	61.2	20–25	6.2–6.6	Glycoprotein	$C_{20} + C_{40}$	382
M. olentangyi	Coccus	H_2	54.4	37	ND	ND	ND	56
M. tatii	Coccus	H_2, formate	54	40	7.0	Glycoprotein	ND	339
M. limicola	Plates	H_2, formate	47.5	40	7.0	Glycoprotein	$C_{20} + C_{40}$	513
M. thermophilicum	Coccus	H_2, formate	39	55	7.0	ND	$C_{20} + C_{40}$	336
M. frisianii	Coccus	H_2, formate	49.2	37	7.0–7.5	Protein	ND	337
Methanospirillum hungatei	Curved rod	H_2, formate	43	30–37	6.6–7.4	Protein, sheath	$C_{20} + C_{40}$	122
Family Methanosarcinaceae								
Methanosarcina barkeri	Coccus, packets	H_2, Me, $MeNH_2$, Ac	39	35	7.0	HPS + protein	$C_{20} + C_{25}$	32, 164
M. mazei	Coccus	H_2, Me, $MeNH_2$, Ac	42	40	6.8–7.0	HPS	$C_{20} + C_{25}$	301
M. thermophila	Coccus	H_2, Me, $MeNH_2$, Ac	42	50	6.8–7.0	HPS	ND	339, 560
M. acetivorans	Coccus	Me, $MeNH_2$, Ac	42	40	6.5–7.0	Protein	ND	433
Methanococcoides methylutens	Coccus	Me, $MeNH_2$	42	35	7.0–7.2	Protein	C_{20}	434
Methanolobus tindarius	Coccus	Me, $MeNH_2$	40	35	8.5	Glycoprotein	$C_{20} + C_{25}$	339
Methanococcus halophilus	Coccus	Me, $MeNH_2$	ND	26–36	6.5–7.4	ND	ND	548
Halomethanococcus mahii	Coccus	Me, $MeNH_2$	48.5	35	7.5	ND	ND	334
Methanothrix soehngenii	Rod	Ac	51.9	37	7.4–7.8	Protein; sheath	C_{20}	183
Methanothrix sp.	Rod	H_2, Ac	ND	60	ND	ND	ND	557

[a] Also refer to references 12, 436, 504, and 514 and context text. Abbreviations: ND, Not determined; Me, methanol; $MeNH_2$, methylamines; Ac, acetate; HPS, heteropolysaccharides.

ที่มา : William และ คณะ,1987

$$CH_3COOH+4H_2 \rightarrow 2CH_4+2H_2O+39.01\ kcal$$

นอกจากการสร้างมีเทนจากการออกซิเดชันไฮโดรเจน มีเทนส่วนใหญ่สร้างจากการแตกตัวของอาซีเตท ดังสมการ

$$CH_3COOH \rightarrow CH_4+CO_2+6.71\ kcal$$

จะเห็นได้ว่าแบบนี้จะให้พลังงานน้อยกว่าแบบที่ออกซิเดชันไฮโดรเจน ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีการชี้ชัดว่าส่วนไหนสำคัญกว่ากัน แต่สรุปได้ว่ากลไกในการสร้างมีเทนจะมีอาซีเตทเป็นตัวที่สำคัญที่สุด แบคทีเรียที่สร้างมีเทนเราเรียกว่า Acetoclastic methanogen

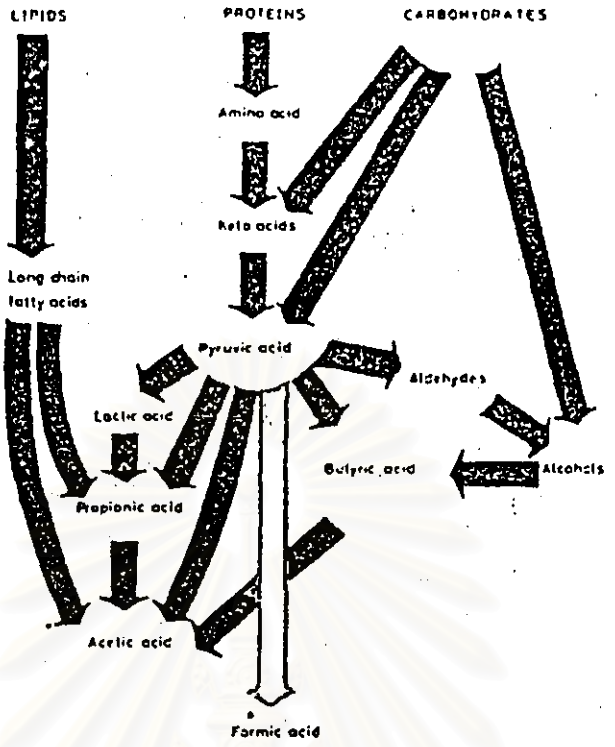
3.1.2 ปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไร้ออกซิเจน แบ่งออกเป็น 4 ลำดับขั้นตอน คือ

3.1.2.1 กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เป็นการย่อยสลายโมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรท โปรตีน และไขมัน ให้กลายเป็นโมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน กรดไขมัน โดยการปล่อยเอนไซม์ของแบคทีเรียในการย่อยสาร ในขั้นตอนนี้ยังไม่มีการลดค่าซีโอดี แค่เป็นการย่อยสารโมเลกุลใหญ่ให้เล็กลง

3.1.2.2 กระบวนการสร้างกรด (Acidogenesis) ดังรูปที่ 3.1 ผลจากปฏิกิริยาแรกจะถูกแบคทีเรียพวกสร้างกรดนำไปใช้เพื่อผลิตกรดไขมันระเหย (Volentile fatty acid) เช่น กรดอะซิติก กรดโพไพโอนิก กรดบิวไทริก เป็นต้น ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและมีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 5 ตัว

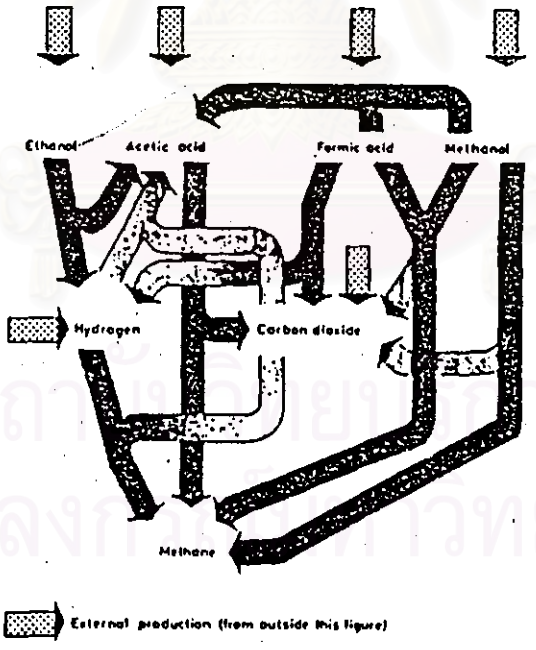
3.1.2.3 กระบวนการสร้างกรดอะซิติกจากกรดไขมันระเหย (Acetogenesis) กรดไขมันระเหยที่ได้จากขบวนการ Acidogenesis จะถูกแบคทีเรียอะซิโตจีนิค (acetogenic) เปลี่ยนให้เป็นกรดอะซิติก คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน ขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นได้เฉพาะสภาวะที่ไฮโดรเจนมีความดันพาร์เชียลต่ำเท่านั้น

3.1.2.4 กระบวนการสร้างมีเทน (Methanogenesis) กรดอะซิติก ไฮโดรเจน กรดฟอร์มิก และคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียที่สร้างกรด จะถูกใช้โดยแบคทีเรียอีกประเภทหนึ่งเพื่อสร้างมีเทน แบคทีเรียประเภทนี้เรียกว่า แบคทีเรียสร้างมีเทน กระบวนการสร้างมีเทน กรดอะซิติก และไฮโดรเจน จะถูกแบคทีเรียใช้สร้างก๊าซมีเทนภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน นอกจากกรดอะซิติกและไฮโดรเจนแล้ว แบคทีเรียอาจใช้สับสเตรทอื่นผลิตมีเทนได้ เช่น เมทานอล กรดฟอร์มิก โดยกระบวนการเกิดดังรูปที่ 3.2



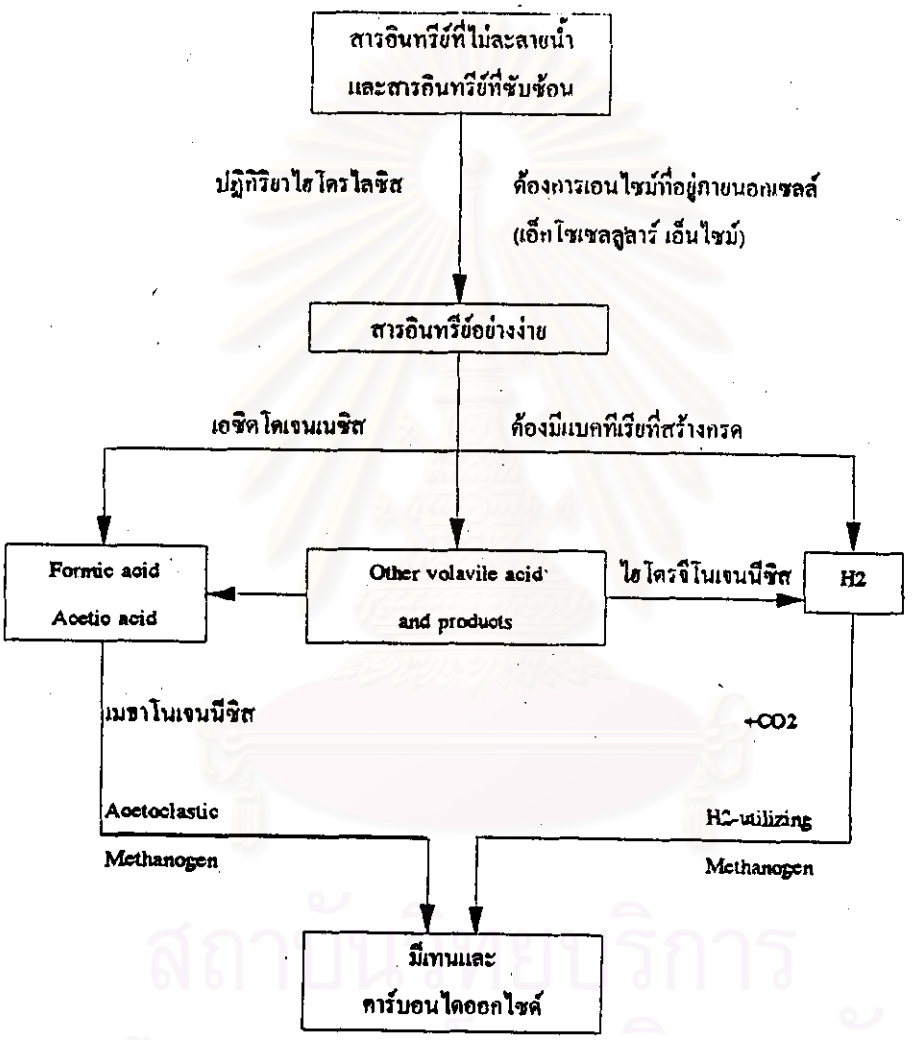
รูปที่ 3.1 ปฏิกิริยาของแบคทีเรียพวกสร้างกรด

ที่มา : Henze,M. และ Harremoes,P.,1983



รูปที่ 3.2 ปฏิกิริยาของแบคทีเรียพวกสร้างมีเทน

ที่มา : Henze,M. และ Harremoes,P.,1983



รูปที่ 3.3 ลักษณะที่เป็นขั้นตอนของระบบปฏิบัติการเคมีที่ไม่ใช้ออกซิเจน
ที่มา : มั่นสิน,2536

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน

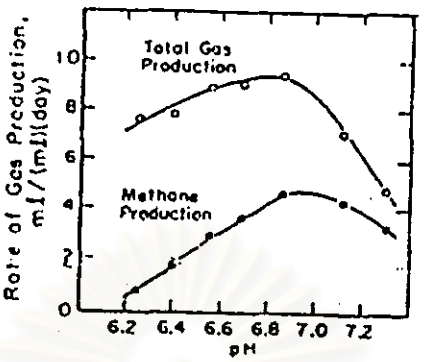
3.2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วงหนึ่ง จะมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของจุลชีพเพิ่มมากขึ้น แบคทีเรียต่างชนิดกันจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแตกต่างกัน เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย จะมีผลทำให้มีการปรับระบบให้คงตัว ซึ่งจะใช้เวลานาน ปฏิกิริยาแบบไร้ออกซิเจนจะเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิ 2 ช่วง คือ 30-35°C (mesophillic range) และช่วง 47-55°C (thermophillic) เมื่ออุณหภูมิต่ำหรือสูงกว่าช่วงนี้แบคทีเรียจะทำงานได้ไม่ดี ประสิทธิภาพของระบบจะลดต่ำลง (มั่นสิน,2536)

Jukka Rintala และ Gatze Lettinga (1992) ได้ศึกษาถึงการเพิ่มอุณหภูมิจาก 37 ถึง 55 องศาเซลเซียส ต่อการบำบัดแบบแอนแอโรบิคของของเสียกรดที่มีซัลเฟตสูง โดยกล่าวว่าประสิทธิภาพในการกำจัดอาซีเตทและโพไพโอเนท มีค่าเกินกว่า 80-90% ในระบบ UASB โดยบำบัดที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของ UASB ถึง 55 องศาเซลเซียส โดยเพิ่ม 1-3 องศาเซลเซียส/วัน แสดงผลว่าเกิดการหยุดอย่างสมบูรณ์ของการเปลี่ยนแปลงของโพไพโอเนทและซัลเฟตที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส และการเปลี่ยนแปลงของอาซีเตทที่อุณหภูมิ 51-53 องศาเซลเซียส การเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว(2-4 ชั่วโมง) จะหยุดประสิทธิภาพการบำบัดทั้งหมดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

3.2.2 pH

ค่าที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนมีค่าพีเอชระหว่าง 6.7-7.4 (McCarty, 1964) โดยทั่วไป pH ที่เหมาะสมอยู่ประมาณความเป็นกลาง ดังแสดงดังภาพที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ผลของ pH ที่มีต่ออัตราผลิตมีเทนและก๊าซทั้งหมดจากกรดฟอร์มิก
ที่มา : van den Berg et al.,1974

3.2.3 SRT และ HRT

Mueller และ Manoini (1977) สรุปว่า SRT ที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องกรองไร้ออกซิเจนไม่ควรต่ำกว่า 100 วัน ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างมีเทนมีอัตราการเจริญเติบโตช้า HRT ก็จะเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อการทำงานของระบบ ถ้า HRT มีค่ามาก จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูง

การลดค่า HRT ของเครื่องกรองจะทำให้แบคทีเรียมีเวลาสัมผัสน้ำเสียได้น้อยลง ซึ่งอาจมีผลดี คือ ทำให้ลดขนาดของเครื่องกรองลงได้ แต่ถ้าหากเครื่องกรองทำงานในสภาวะที่มีค่า HRT ต่ำเกินไป ก็จะมีผลทำให้ตะกอนแบคทีเรียหลุดจากระบบได้มาก ซึ่งมีผลให้ค่า SRT ลดลง และทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีลดลงด้วย

3.2.4 สภาพความเป็นด่าง

สภาพความเป็นด่างทั้งหมดจะมีความสำคัญน้อยกว่าสภาพด่างไบคาร์บอเนต เพราะในระบบไร้ออกซิเจน สภาพด่างทั้งหมดจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ส่วนสภาพด่างไบคาร์บอเนตจะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เมื่อมีกรดอินทรีย์ระเหยเกิดขึ้นในระบบ

ปัจจัยที่สำคัญกว่าสภาพความเป็นด่าง คือ อัตราส่วนความเข้มข้นของกรดโวลาไทล์ต่อระดับสภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนต ($VFA:HCO_3$) ตราบใดที่อัตราส่วนความเข้มข้นของ

กรดโวลาไทล์น้อยกว่า 0.4 ระบบจะมีบัฟเฟอร์สูง แต่ถ้าอัตราส่วนนี้มีค่าสูงกว่า 0.8 แสดงว่าระบบกำลังอยู่ในขั้นที่ pH จะลดลงอย่างรวดเร็วถ้ากรดโวลาไทล์มีการเพิ่มเพียงเล็กน้อย ด้วยเหตุนี้ระหว่างการควบคุมจึงจำเป็นต้องตรวจค่าอัตราส่วนนี้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของมัน

3.2.5 ความเป็นพิษ

3.2.5.1 กรดโวลาไทล์

โดยจะมีผลต่อแบคทีเรียในระบบไร้ออกซิเจน เพราะจะทำให้ pH ลดลง ดังนั้นระบบจะประสบความสำเร็จ ต้องมีการควบคุมการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นกรดโวลาไทล์ กับการเปลี่ยนกรดโวลาไทล์เป็นก๊าซมีเทนให้สมดุลกัน โดยทั่วไประบบไร้ออกซิเจนควรจะมีปริมาณกรดโวลาไทล์ประมาณ 50-500 มก./ลิตร (วัดในเทอมกรดอะซิติก) (มั่นสิน,2536)

3.2.5.2 แอมโมเนีย

เป็นอีกสารหนึ่งที่เกิดจากการย่อยตะกอนจากน้ำเสียชุมชน ซึ่งเป็นพิษต่อแบคทีเรียเกิดจากการที่โปรตีนสลายตัว ไนโตรเจนจะถูกปล่อยในรูปของแอมโมเนีย โดยแอมโมเนียจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) หรือแอมโมเนียอิสระ (NH_3) ขึ้นกับ pH ของระบบ ถ้า pH เท่ากับ 7.2 หรือต่ำกว่า แอมโมเนียเกือบทั้งหมดจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียไอออนซึ่งมีพิษน้อย

Dennis M. Heinrichs และคณะ (1990) ศึกษาถึงผลของแอมโมเนียต่อการย่อยแบบแอนแอโรบิคของอินทรีย์สาร โดยศึกษาการย่อยแบบเมโซฟิลิก(ย่อยทางชีวะที่อุณหภูมิน้อยกว่า 45 องศาเซลเซียส)ของอาซีเตท โพไพโอเนท และของผสมระหว่างโพไพโอนิกกับอาซีเตท โดยศึกษาในขวดเขย่ารุ่มแบบแบทช์ ผลที่ได้คือแอมโมเนียจะส่งผลกระทบต่อจุลินทรีย์ที่ใช้อาซีเตทมากกว่าพวกจุลินทรีย์ที่ใช้โพไพโอเนทหรือจุลชีพโทรฟิกอื่นๆ ผลการยับยั้งจะรุนแรงน้อยลงถ้าในถังปฏิกรณ์มีซัลเฟต เพราะจะทำให้อินทรียสารจับตัวจมลงโดย Sulfate-Reducing Bacteria

3.2.5.3 แคทไอออนของโลหะเบา

เกิดจากการที่ต้องควบคุมระบบโดยต้องรักษา pH ให้เป็นกลาง จึงมีการเติมเบส ต้องระมัดระวังแคทไอออนของโลหะเบาที่เกี่ยวข้องกับเบสเกือบทั้งหมด สามารถให้ผลที่เป็นพิษ ซึ่งแคทไอออนของโลหะเบาเหล่านี้ได้แก่ โซเดียม โปตัสเซียม แคลเซียม และแมงกานีส

3.2.5.4 ซัลไฟด์

เกิดในระบบไร้ออกซิเจนจากการรีดักชันของซัลเฟต ที่มีอยู่ในกระแสเข้า และในการสลายตัวของโปรตีน ถ้าความเข้มข้นของซัลไฟด์ละลายมากกว่า 200 ก./ลบ.ม. ปฏิกิริยาของแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทนจะถูกยับยั้ง การเติมโลหะหนักจะเข้าไปจับกับซัลไฟด์สร้างผลึกที่ไม่ละลาย (Lawrence และคณะ, 1964)

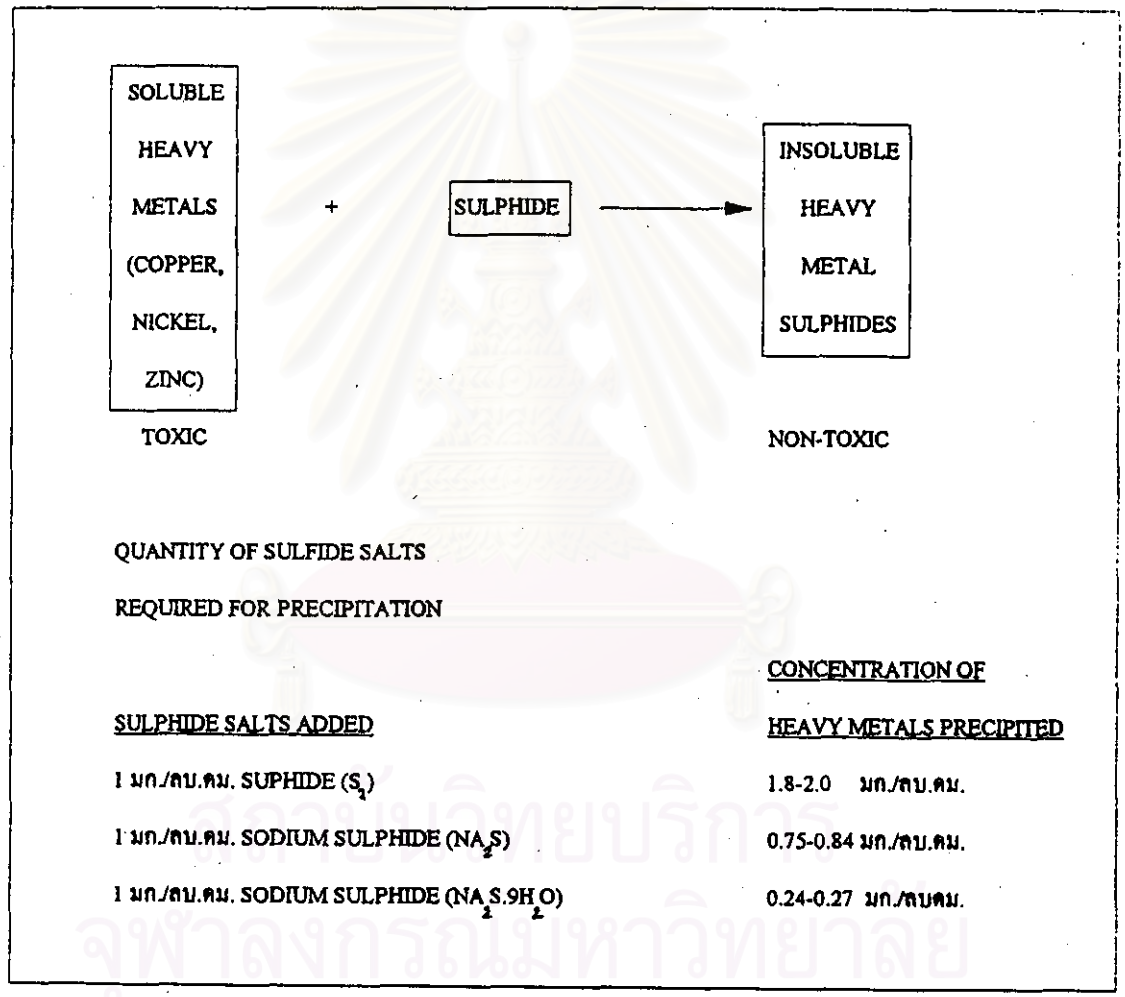
3.2.5.5 โลหะหนัก

ส่วนที่จะเป็นพิษคือส่วนที่ละลายน้ำเท่านั้น ความเข้มข้นละลายของมันสามารถลดลงจนไม่เป็นพิษโดยการตกผลึกด้วยซัลไฟด์ (Lawrence และคณะ, 1964) ดังแสดงในภาพที่ 3.5

3.2.6 ศักยภาพการให้และรับอิเล็กตรอน (Oxidation-Reduction Potential)

ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปสู่อีกสารหนึ่ง เรียกว่าปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation-Reduction Reaction) หรือปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox Reaction) ซึ่งเกิดจากผลรวมของปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชัน

ความแตกต่างด้านความสามารถให้หรือรับอิเล็กตรอนระหว่างปฏิกิริยาทั้งสอง อาจวัดได้ด้วยค่าออกซิเดชัน-รีดักชันโพเทนเชียล หรือเรียกสั้นๆว่าโออาร์พี (ORP) ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นในน้ำส่วนใหญ่มักเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยที่สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียมักเป็นตัวที่ให้อิเล็กตรอนและเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ ซึ่งในระบบแบบไร้ออกซิเจนจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์หรือกรดอะเซติกเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ถ้าค่าโออาร์พีเป็นบวกแสดงว่ามีความสามารถในการรับอิเล็กตรอน แต่ถ้าค่าโออาร์พีเป็นลบแสดงว่าเป็นตัวให้อิเล็กตรอน



รูปที่ 3.5 ปฏิกิริยาการทำลายพิษของโลหะโดยซัลไฟด์ในสภาวะไร้ออกซิเจน

ที่มา : McCarty,1964

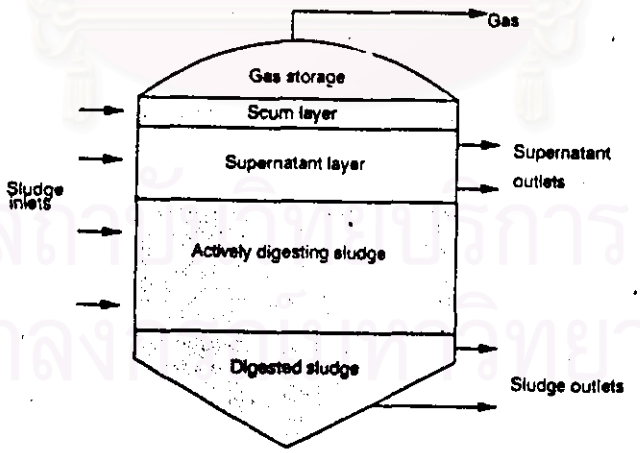
ประโยชน์ของโออาร์พีในการบำบัดน้ำเสีย

1) ใช้เพื่อควบคุมปัญหาด้านกลิ่นจากโรงบำบัดน้ำเสีย
2) ควบคุมการเติมอากาศในขบวนการย่อยตะกอน
3) ควบคุมระบบหมักแบบไร้ออกซิเจน
4) ควบคุมปัญหาที่เกิดจากออกซิแดนท์ หรือรีดักแทนท์ในโรงงานอุตสาหกรรม

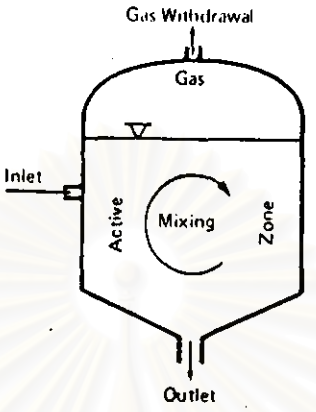
3.3 ประเภทของกระบวนการไร้ออกซิเจน

3.3.1 ถังย่อยสลัดจ์ (บำบัดสลัดจ์)

ระบบนี้ใช้บำบัดสลัดจ์ซึ่งเป็นตะกอนอินทรีย์ ส่วนประกอบหลักของระบบนี้แสดงในภาพที่ 3.6 และภาพที่ 3.7 ภาพที่ 3.6 เป็นถังย่อยที่ไม่มีการกวนตะกอนและไม่ปรับอุณหภูมิให้กับสลัดจ์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในถังจึงช้าและไม่ทั่วถึง ถังแบบนี้จึงเรียกว่าถังย่อยแบบอัตราต่ำ (low rate digester) ภาพที่ 3.7 เป็นถังย่อยแบบที่มีการกวนและมีการปรับอุณหภูมิด้วยปฏิกิริยาการกำจัด

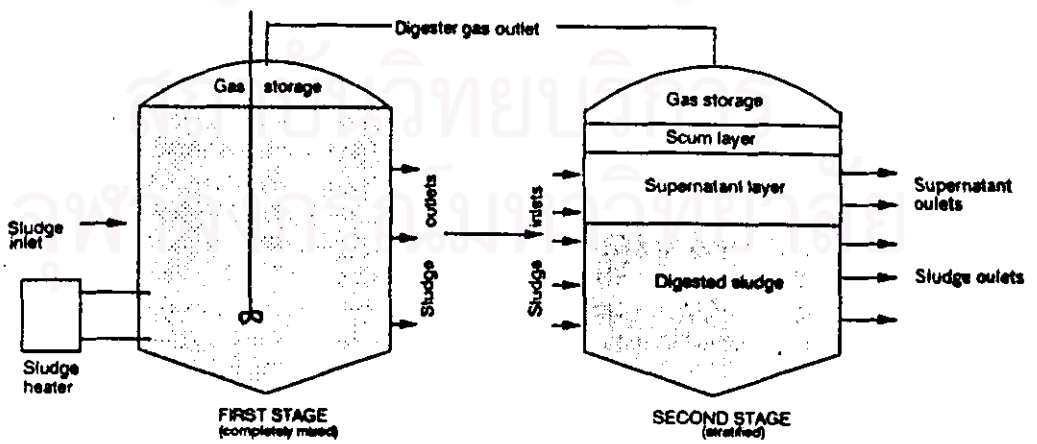


รูปที่ 3.6 ถังย่อยชนิดอัตราต่ำ
ที่มา:Gabriel , 1994



รูปที่ 3.7 ถังย่อยแบบอัตราสูง
ที่มา: Committee of the WPCF, 1977

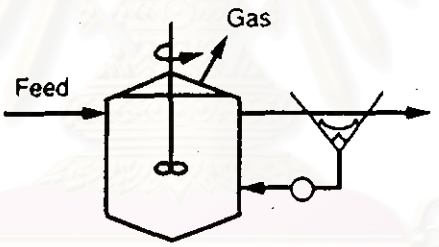
สารอินทรีย์จะเกิดขึ้นได้ดีกว่าแบบแรก ถังย่อยแบบนี้จึงเรียกว่าถังย่อยแบบอัตราสูง (high rate digester) ส่วนภาพที่ 3.8 เป็นแบบที่มีการแยกตะกอนออกจากน้ำ ถ้าต้องการกำจัดสารอินทรีย์จำนวนเดียวกัน ถังย่อยแบบอัตราสูงจะมีขนาดเล็กกว่าแบบอัตราต่ำ



รูปที่ 3.8 ถังย่อยแบบอัตราสูงที่มีการแยกตะกอน
ที่มา: Gabriel, 1994

3.3.2 ถังย่อยแบบสัมผัส (Anaerobic Contact)

ถังย่อยแบบนี้ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย สารอินทรีย์ที่ต้องการกำจัดอาจเป็นของแข็งหรือสารละลาย ถังย่อยแบบสัมผัสนี้อาจเป็นถังปฏิกิริยาแบบมีการหมุนเวียนตะกอนหรือไม่มีก็ได้ (ดูภาพที่ 3.9) ดังนั้นถังย่อยแบบสัมผัสจึงมีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกับระบบเอเอส จนกระทั่งในบางครั้งอาจเรียกถังย่อยตะกอนแบบนี้ว่าเป็นระบบเอเอสแบบไร้ออกซิเจน (anaerobic activated sludge) อย่างไรก็ตาม ระบบนี้ไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีเหมือนกับระบบเอเอส การสะสมแบคทีเรียให้คงอยู่ในระบบไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากสลัดจ์ที่เกิดขึ้นไม่สามารถตกตะกอนได้ดีเหมือนสลัดจ์ของระบบเอเอส จึงมีการหลุดหนีของสลัดจ์เกิดขึ้นตลอดเวลาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ในปัจจุบันระบบถังย่อยแบบสัมผัสจึงแทบเหลือแต่ชื่อเนื่องจากมิได้มีผู้นำไปใช้ประโยชน์อีกเลย

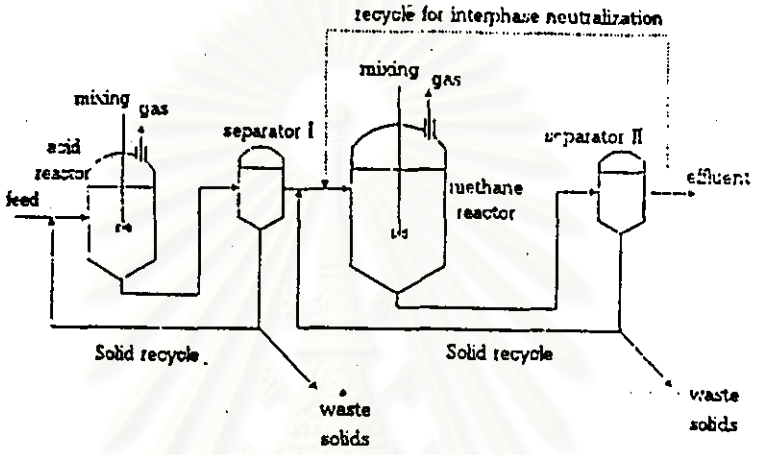


รูปที่ 3.9 ระบบถังย่อยแบบสัมผัส
ที่มา: Metcalf & Eddy, 1991

3.3.3 ถังย่อยแบบแยกเชื้อ

ได้มีความพยายามในการออกแบบถังย่อยแบบแยกประเภท เพื่อให้แบคทีเรียสร้างกรดและสร้างมีเทนเติบโตอยู่ในถังย่อยคนละใบ ลักษณะเช่นนี้เชื่อว่าแบคทีเรียแต่ละชนิดจะทำงานได้เต็มกำลัง และเป็นการใช้ประโยชน์จากถังปฏิกิริยาให้ได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังเชื่อว่าทำให้การควบคุมการทำงานของถังย่อยมีความสะดวกยิ่งขึ้น ภาพที่ 3.10 แสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบของถังย่อยแบบแยกเชื้อที่ใช้พีเอชเป็นตัวกำหนดและควบคุมแบคทีเรียในถังย่อย ถังใบแรกซึ่งมีพีเอชประมาณ 6 จะมีแต่แบคทีเรียประเภทสร้างกรด ส่วนถังที่สองซึ่งมีพีเอช

ประมาณ 7 จะมีแบคทีเรียสร้างมีเทน การควบคุมพีเอชแบบอัตโนมัติเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับถังใบแรกเท่านั้น ก๊าซไฮโดรเจนที่สร้างขึ้นในถังใบแรกจะถูกปล่อยทิ้งออกไปจากถังเพื่อมิให้เกิดการสะสมตัวจนเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่สร้างกรด

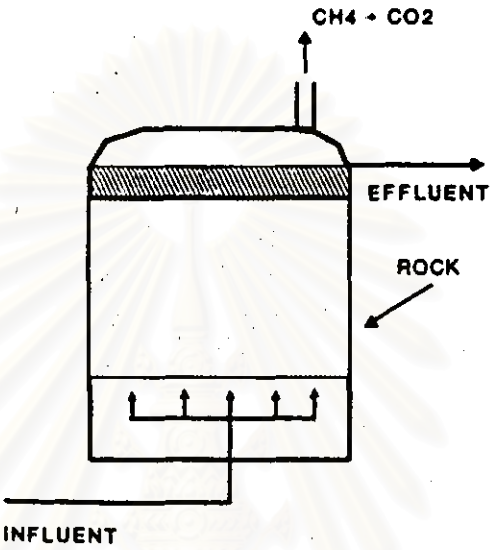


รูปที่ 3.10 ระบบถังย่อยแบบสองเฟส
ที่มา:มั่นสิน,2536

3.3.4 เครื่องกรองแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter)

ภาพที่ 3.11 แสดงให้เห็นถึงลักษณะทั่วไปของเครื่องกรองแบบไร้ออกซิเจน ส่วนประกอบที่สำคัญคือถังสูงที่มีลักษณะคล้ายถังกรอง แต่บรรจุภายในด้วยหินขนาด 1.5-2 นิ้ว หรืออาจใช้ตัวกลางพลาสติกแทนก็ได้ น้ำเสียจะไหลเข้าจากข้างล่างขึ้นข้างบน ลักษณะเช่นนี้จะทำให้น้ำท่วมตัวกลางอยู่ตลอดเวลา ถ้าทำให้แบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกจับอยู่ภายในถังกรอง น้ำที่ไหลออกมาจะมีความใสโดยไม่ต้องใช้ถังตกตะกอนต่างหาก โดยปกติถังย่อยแบบเครื่องกรองมีขนาดเล็กกว่าถังย่อยแบบธรรมดาเพราะใช้เวลากักน้ำต่ำกว่า อย่างไรก็ตามเครื่องกรองแบบไร้ออกซิเจนมีจุดอ่อนบางอย่างที่ต้องแก้ไข ปัญหาที่สำคัญก็คือ ต้องหาวิธีการกระจายน้ำเสียให้ไหลเข้าถังกรองให้ได้อย่างสม่ำเสมอ เรื่องการอุดตันก็เป็นปัญหาเหมือนกัน แต่สามารถแก้ไขหรือบรรเทาลงได้โดยให้มีการตกตะกอนน้ำเสียก่อนส่งเข้าถังกรองไร้ออกซิเจน

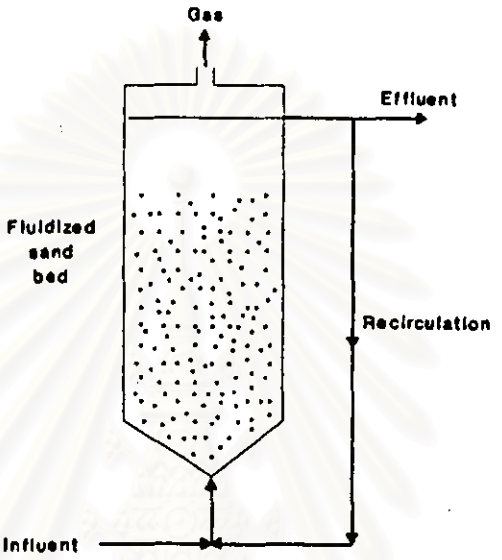
ถังกรองไร้ออกซิเจนแบบนี้มีข้อดีมากกว่าแบบอื่นๆ ที่กล่าวไปแล้ว เนื่องจากมีความสามารถในการเก็บกักเซลล์แบคทีเรียได้ดีกว่า ทำให้มีความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีบีโอดีไม่สูงมากก็ได้



รูปที่ 3.11 ระบบเครื่องกรองไร้ออกซิเจน
ที่มา: Gabriel, 1994

3.3.5 ระบบชั้นลอยตัวแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Fluidized Bed หรือ AFB)

ระบบนี้คล้ายคลึงกับระบบเครื่องกรองไร้ออกซิเจนตรงที่มีน้ำไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบน จัดเป็นระบบ Fixed Film แบบไร้ออกซิเจนที่มีสารตัวกลางขนาดเล็กเท่าเม็ดทรายเป็นที่จับเกาะของแบคทีเรีย (ดูภาพที่ 3.12) อัตราการไหลของน้ำเสียจะต้องสูงมากจนกระทั่งทำให้มีการลอยตัวของสารตัวกลาง ตัวอย่างสารตัวกลางที่มีการทดลองใช้ในระดับห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ทราย แอนทราไซต์ ถ่านกัมมันต์ เป็นต้น การใช้สารตัวกลางขนาดเล็ก (เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเครื่องกรองไร้ออกซิเจน) ทำให้ระบบนี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ (คิดต่อหน่วยปริมาตร) สูงมาก ซึ่งเท่ากับการมีแบคทีเรียจำนวนมหาศาลอยู่ในระบบ อัตราเร็วในการบำบัดน้ำเสียของระบบนี้จึงสูงมาก ถังปฏิกิริยาที่ใช้ในระบบจึงอาจมีขนาดเล็กกว่าระบบอื่นๆ อย่างไรก็ตามลักษณะการทำงานซึ่งต้องทำให้สารตัวกลางลอยตัวตลอดเวลาก่อให้เกิดปัญหาในการออกแบบและควบคุมระบบหลายอย่าง และต้องสิ้นเปลืองพลังงานในการทำให้สารตัวกลางลอยตัวสูงกว่าระบบอื่น ระบบเช่นนี้จึงยังไม่ได้รับความนิยม

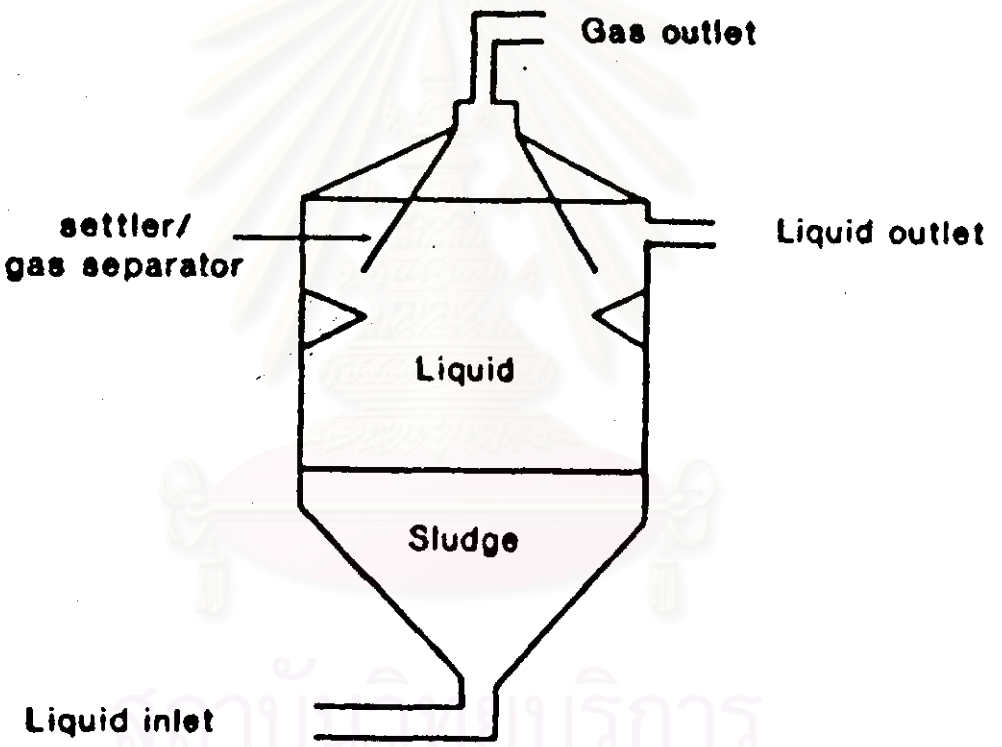


รูปที่ 3.12 ระบบชั้นลอยตัวแบบไร้ออกซิเจน
ที่มา: Gabriel, 1994

3.3.6 ระบบยูเอเอสบี (UASB หรือ Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

การที่ต้องมีสารตัวกลางอยู่ในระบบเครื่องกรองไร้ออกซิเจน และระบบ AFB ทำให้ถังปฏิกิริยาต้องเสียปริมาตรใช้งานและเสียเงินซื้อสารตัวกลางเป็นจำนวนมาก วิศวกรจึงคิดค้นระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้สารตัวกลาง ระบบใหม่นี้มีทิศทางการไหลของน้ำเสียจากด้านล่างขึ้นด้านบนโดยไม่ใช้ตัวกลาง แต่แบคทีเรียจะถูกเลี้ยงให้จับตัวกันเป็นเม็ดขนาดใหญ่ จนกระทั่งมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้ดี น้ำเสียที่ไหลเข้าถังปฏิกิริยาจะทำให้เม็ดแบคทีเรียลอยตัวอยู่เป็นชั้นสลัดจ์ไม่จมลงก้นถัง อนึ่ง การเลี้ยงแบคทีเรียไร้ออกซิเจนให้สามารถจับตัวกันเป็นเม็ดใหญ่นั้นเป็นเรื่องยาก ผู้ใช้ระบบนี้จึงมีเทคนิคต่าง ๆในการทำให้เกิดชั้นสลัดจ์ภายในถังปฏิกิริยาและถือเป็นความรู้เฉพาะด้วย ระบบนี้มีรายงานว่าใช้กันมากในประเทศแถบอเมริกาใต้ และมีใช้ในยุโรปบางประเทศ

จุดอ่อนของระบบคือ การสร้างชั้นสลัดจ์เป็นเรื่องยาก และอาจถือว่าเป็นเรื่องไม่ธรรมชาติของแบคทีเรียไร้ออกซิเจนไม่มีนิสัยเกาะจับกันเป็นกลุ่มฟล้อค วิศวกรที่นำระบบนี้ไปใช้และประสบความสำเร็จอ้างว่าระบบนี้สามารถรับออร์แกนิคโหลดได้สูงกว่าระบบไร้ออกซิเจนแบบอื่น และสามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีคุณภาพสูงได้ เนื่องจากสามารถป้องกันมิให้แบคทีเรียหลุดออกจากระบบได้ดีกว่าแบบอื่น ระบบ UASB นี้มักออกแบบให้มีอุปกรณ์แยกตะกอนแบคทีเรียให้หลุดออกไปกับน้ำทิ้งด้วยเสมอ (ดูภาพที่ 3.13)

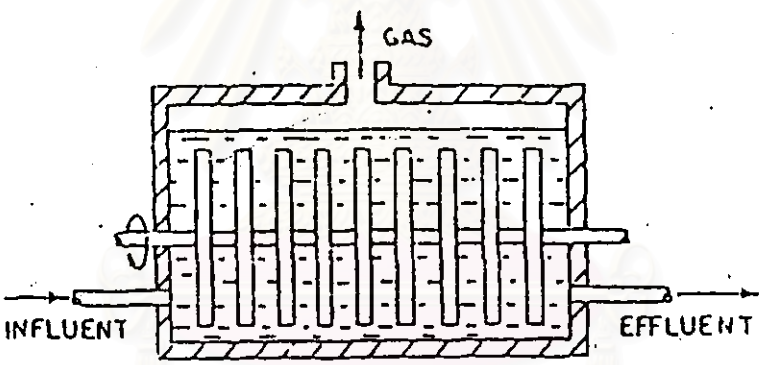


รูปที่ 3.13 ระบบยูเอเอสบี
ที่มา: Gabriel, 1994

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.7 ระบบจานหมุนชีวภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic Rotating Biological Contactor หรือ AnRBC)

ได้เริ่มมีการทดลองโดย Tait และ Friedman,1980 โดยใช้บำบัดน้ำเสียที่มีคาร์โบไฮเดรทเป็นองค์ประกอบหลัก เนื่องจากต้องการลดการใช้พลังงานในการสูบน้ำเสียให้หมุนเวียนในระบบ AFB และนำข้อดีของระบบฟิล์มตรึง (Fixed Film) และจานหมุนชีวภาพแบบธรรมดา (RBC) มาใช้ในระบบไร้ออกซิเจน ลักษณะของระบบก็คล้ายคลึงกับระบบจานหมุนชีวภาพธรรมดา เพียงแต่มีฝาปิดเพื่อมิให้สัมผัสอากาศจากภายนอก และมีช่องระบายก๊าซออกทางตอนบน (ดังภาพที่ 3.14) ผลปรากฏว่าแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนสามารถยึดเกาะและเจริญเติบโตได้ดีบนผิวแผ่นจาน มีคำอ้างว่าระบบนี้สามารถรับออร์แกนิคและไฮโดรลิคโหลดที่สูงขึ้นอย่างกระทันหันได้ดี

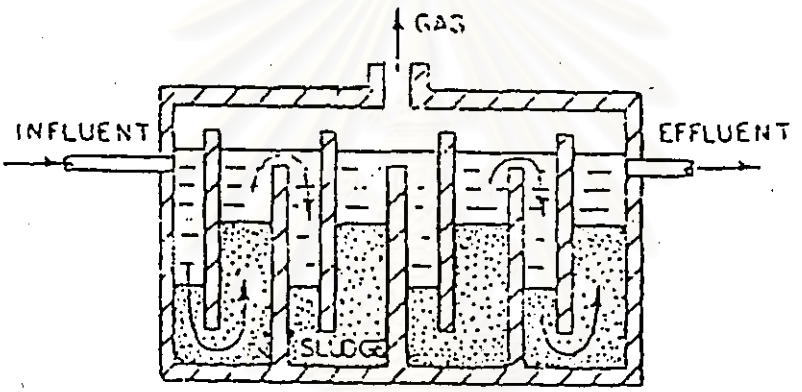


รูปที่ 3.14 ระบบ Anaerobic rotating biological reactor
ที่มา:มั่นสิน,2536

3.3.8 ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน (Anaerobic Baffled Reactor หรือ ABR)

ลักษณะของระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน คือมีแผ่นกั้นเพื่อบังคับให้น้ำเสียไหลมุดขึ้นมุดลงอยู่ในแนวนอน (ดูภาพที่ 3.15) ถังปฏิกิริยาจึงไม่จำเป็นต้องมีความสูงมากเหมือนของระบบไร้ออกซิเจนแบบอื่นๆ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำ Bachmann และคณะ,1982 ได้ทดลองใช้ระบบนี้ที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด สหรัฐอเมริกาและได้กล่าวถึงข้อดีของระบบนี้ว่า

เป็นระบบที่มีพื้นที่ผิวน้ำมากทำให้แบคทีเรียมีพื้นที่ตกตะกอนสูงกว่าระบบอื่นๆ การแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำได้ดีและง่ายเช่นกัน ลักษณะดังกล่าวทำให้การเก็บกักเซลล์สามารถกระทำอย่างได้ผลดี จึงมีมวลแบคทีเรียสะสมอยู่ในระบบเป็นจำนวนมาก การบำบัดน้ำเสียจึงสามารถเกิดขึ้นได้ด้วยอัตราสูง



รูปที่ 3.15 ระบบ Anaerobic baffled reactor
ที่มา:มั่นสิน,2536

3.3.9 บ่อบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน

กระบวนการไร้ออกซิเจนแบบนี้เป็นแบบง่ายที่สุด โดยมักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ที่มีความลึก 3-4 เมตร และไม่มีฝาปิด มีเวลากักน้ำนานหลายๆวัน ภายในระยะเวลาดังกล่าวน้ำเสียจะถูกย่อยด้วยปฏิกิริยาแบบไร้อากาศ บ่อย่อยมีขนาดใหญ่ จึงต้องใช้ที่ดินจำนวนมากในการสร้าง นอกจากนั้นยังอาจจะมีกลิ่นไม่ดี ระบบบ่อไร้ออกซิเจนจึงเหมาะสำหรับใช้ในชนบทหรือชานเมืองซึ่งราคาที่ดินไม่สูงนัก และมีผู้คนอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น

3.4 เครื่องกรองไร้ออกซิเจน

3.4.1 ลักษณะทั่วไป

3.4.1.1 ความสูงของถังกรอง จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดของถังกรองไร้ออกซิเจน ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นไปถึงระดับหนึ่ง จากนั้นความสูงจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพ

บุญส่ง ไข่เกษ (2519) ใช้เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคทำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋องโดยมีหินเป็นตัวกลาง กล่าวว่าที่ระดับความสูง 15 เซ็นติเมตรจากตอนล่างของเครื่องกรองมีประสิทธิภาพในการทำจัดซีโอดีได้สูงสุด และความสูงของเครื่องกรองที่เหมาะคือ 1.20-1.50 เมตร

บุญสิน สุภัควงศ์ (2521) ใช้ถังกรองไร้ออกซิเจนทำความสะอาดน้ำโสโครกจากบ้านพักอาศัย สรุปว่าการทำงานของถังกรองไร้ออกซิเจนลึก 0.50 เมตร และ ลึก 1.00 เมตรให้ประสิทธิภาพในการทำงานใกล้เคียงกันมาก

โรมรัน ศรีสัมฤทธิ์ (2525) ศึกษาถึงการผลิตก๊าซชีวภาพจากเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่ใช้อินทรีย์วัสดุเป็นตัวกลาง กล่าวว่าการทำลายซีโอดีส่วนใหญ่ของเครื่องกรองไร้ออกซิเจนเกิดอยู่ในช่วงภายใน 0.30 เมตร วัดจากก้นถังกรอง การใช้เครื่องกรองขนาดที่มีความสูงไม่มากนักต่อกันอย่างอนุกรม อาจจะทำให้ผลดีกว่าเครื่องกรองตัวเดียวที่มีความสูงมากๆ อย่างไรก็ตามในการออกแบบเครื่องกรองไร้ออกซิเจนเพื่อการใช้งานจริงๆ ซึ่งอาจจะมีการเปลี่ยนระดับออร์แกนิคโหลดดิงอย่างกระทันหัน ความสูงของเครื่องกรองจึงไม่ควรน้อยกว่า 1.20 เมตร ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้การทำงานของเครื่องกรองล้มเหลว

ดังนั้นโดยทั่วไปความสูงของถังกรองจะอยู่ในช่วง 1-1.8 เมตร ความสูงของถังกรองที่น้อยกว่านี้อาจมีโอกาสทำให้น้ำทิ้งมีการไหลลัดวงจรได้ง่าย (Short Circuit) ส่วนความสูงที่มากกว่า 1.80 เมตร ดูเหมือนจะเป็นการสิ้นเปลืองมากกว่าเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพที่ได้เพิ่มขึ้นจากเดิม เพราะจากงานวิจัยจะเห็นว่า กิจกรรมของแบคทีเรียส่วนใหญ่จะเกิดตอนล่างที่บริเวณ 0.30 เมตรจากก้นถังกรอง แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มความสูงของถังกรองจะต้องสัมพันธ์กับพื้นที่หน้าตัดและการกักน้ำ(HRT) ทั้งนี้เพื่อให้แบคทีเรียมีเวลาอยู่ในถังกรองได้นาน

3.4.1.2 ชนิดและคุณสมบัติของตัวกลางในเครื่องกรองไร้ออกซิเจน ตัวกลางที่บรรจุภายในเครื่องกรองไร้ออกซิเจน มีหน้าที่กันไม่ให้เซลล์แบคทีเรีย หลุดออกไปจากระบบ อีกทั้งยังเป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรีย ซึ่งจะมีผลทำให้เซลล์หลุดออกจากระบบน้อย เซลล์จึงอยู่ในระบบนานมีค่า SRT สูง ซึ่งจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียสูงด้วย

ตัวกลางที่ใช้ในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ

-ตัวกลางจากธรรมชาติ เช่น หิน กรวด ซังข้าวโพด เป็นต้น

-ตัวกลางจากวัสดุสังเคราะห์ เช่น พลาสติก เป็นต้น

ตัวกลางต่างชนิดกันก็จะมีคุณสมบัติต่างกัน การเลือกชนิดตัวกลางต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ราคาของชนิดตัวกลาง ตัวกลางที่มีประสิทธิภาพดีต้องมีพื้นที่ผิวมาก และมีค่าความพรุนสูง เพื่อลดปัญหาการอุดตัน ปัญหาการเกิดการไหลลัดวงจร และปัญหาด้านไฮโดรลิก การใช้ตัวกลางที่เป็นหินกรวดจะมีผลต่อการออกแบบฐานรากในการที่จะรับน้ำหนักของโครงสร้างถัง การใช้ตัวกลางพลาสติกจะขจัดปัญหาด้านฐานรากเพราะมีน้ำหนักเบา แต่ตัวกลางพวกนี้จะมีราคาสูงมาก เมื่อเทียบกับราคาของพวกหินกรวด

Allaoui,K. และ Forster,C.F. (1994) ได้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวกลางที่รองรับชนิดต่างๆต่อการเริ่มระบบ Anaerobic Expended Bed Reactor โดยงานวิจัยนี้อธิบายถึงผลของการศึกษาเปรียบเทียบตัวกลางรองรับชนิดต่างๆ คือ ทราย หินภูเขาไฟ แก้วเผาไฟ โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ 2 แหล่ง คือ จากโรงงานผลิตไอศกรีม และโรงงานที่ผลิตน้ำส้มสายชู ผลแสดงให้เห็นว่าตัวกลางที่มีความพรุนจะเกิดแบคทีเรียได้ดีกว่าตัวกลางที่มีความพรุนน้อย นอกจากนี้ในน้ำเสียจากโรงงานไอศกรีมจะแสดงผลการยับยั้งน้อยลงเมื่อตัวกลางมีความพรุนมากกว่า

3.4.1.3 ลักษณะการวางชั้นตัวกลาง ตัวกลางในระบบถังกรองไร้ออกซิเจนมีความสำคัญต่อระบบเพราะจะทำให้ระบบกักตะกอนได้นานขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดเพิ่มขึ้น แต่ลักษณะการวางชั้นตัวกลางก็มีส่วนเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบได้เช่นเดียวกัน โดยทั่วไปของระบบถังกรองไร้ออกซิเจนเราพบว่า กิจกรรมของแบคทีเรียส่วนใหญ่จะอยู่ทางตอนล่าง ส่วนตอนบนจะมีหน้าที่กักเซลล์ให้อยู่ในระบบ

เจษฎา ศรศึก (2527) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของความลึกและตำแหน่งของชั้นตัวกลางต่อสมรรถนะของเครื่องกรองไร้ออกซิเจน โดยวางชั้นตัวกลาง 4 ลักษณะ คือ ตัวกลางเต็มถัง ตัวกลางลอย 25% ของความสูงถังกรอง ตัวกลางลอยครึ่งถังกรอง และตัวกลางจมครึ่งถังกรอง ในการกำจัดน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยการเพิ่มออร์แกนิคโหลดดิง ปรากฏว่าถังกรองที่มีตัว

กลางลอยอีก 2 ลักษณะก็มีแนวโน้มที่จะทำงานได้ดีขึ้น สำหรับถังกรองที่มีตัวกลางจมครึ่งถังกรอง ปรากฏว่ามีสมรรถนะไม่ดีนัก เนื่องจากมีตะกอนแบคทีเรียหลุดไปจากถังกรองมาก

จิตรเทพ ประสิทธิ์อยู่ศีล (2535) ศึกษาถึงประสิทธิภาพการกำจัดโคไลฟอร์มแบคทีเรียในน้ำเสียจากถังเกรอะ โดยใช้ถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางครึ่งถังจม การทดลองได้ใช้กระบอกพีวีซีใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว มีความสูง 2.50 เมตร บรรจุโรลม้วนผมพลาสติกทำหน้าที่เป็นตัวกลางกรอง มีความสูงชั้นตัวกลาง 1.26 เมตร ทดลองกำจัดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำมีค่าซีโอดีเฉลี่ย 147 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณโคไลฟอร์มแบคทีเรียในน้ำเสียเฉลี่ย $1.54X10^{7}$ MPN/100ml ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 12,24,48 และ72ชั่วโมง คิดเป็นค่าไฮโดรลิคโหลดดิง 0.27,0.18,0.07และ0.06 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร-วัน ตามลำดับ พบว่าประสิทธิภาพในการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรีย ร้อยละ 88,96,98และ99 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีร้อยละ 61,71,72และ74 ตามลำดับ

3.4.1.4 คุณลักษณะของน้ำเสีย น้ำเสียที่นำมาใช้กับถังกรองไร้ออกซิเจนควรมีคุณสมบัติดังนี้ คือ

- มีอาหารเสริมเพียงพอต่อจุลชีพที่ไม่ใช้ออกซิเจน
- ปราศจากสารพิษที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย
- มีปริมาณสารแขวนลอยต่ำเพื่อขจัดปัญหาการอุดตันของระบบ

3.4.2 ข้อดีข้อเสียของเครื่องกรองไร้ออกซิเจน

3.4.2.1 ข้อดี

1.การทำงานของระบบเครื่องกรองไร้ออกซิเจนแบคทีเรียจะเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งส่วนใหญ่ให้กลายเป็นมีเทน สารอินทรีย์ส่วนน้อยเท่านั้นที่จะเปลี่ยนเป็นเซลล์ ซึ่งมีผลให้ลดปัญหาในการกำจัดตะกอนส่วนเกินที่จะเกิดขึ้น

2.ให้ผลผลิตสุดท้ายเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

3.เครื่องกรองไร้ออกซิเจนไม่ต้องมีการแยกตะกอน แบคทีเรียออกจากน้ำทิ้งที่ไหลออกจากเครื่องกรองกลับมาใช้อีก เพราะตัวกลางจะทำหน้าที่กรองแบคทีเรียเอาไว้แล้ว

4.เซลล์ของแบคทีเรียจะถูกสะสมอยู่ในเครื่องกรองมากขึ้นตลอดเวลา ทำให้เครื่องกรองมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้สูง

5.ต้องการอาหารเสริมสร้าง (nutrient) น้อยกว่าระบบชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน

6.การฟื้นตัวของระบบเกิดขึ้นได้เร็ว

7.เนื่องจากไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการทำงานของจุลชีพ ทำให้ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน

8.ตะกอนหลุดออกไปกับน้ำทิ้งน้อย เนื่องจากมีตัวกรองคอยกั้น

3.4.2.2 ข้อเสีย

1.มีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และบางครั้งมีปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น

2.ไม่เหมาะสมกับน้ำที่มีตะกอนแขวนลอยสูง เพราะอาจจะทำให้มีปัญหาอุดตันได้

3.ในกรณีตัวกลางเป็นหิน จะทำให้จำเป็นต้องมีฐานรากของโครงสร้างที่แข็งแรงใหญ่โต ทำให้สิ้นเปลืองค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น แต่กรณีตัวกลางเป็นพวกวัสดุสังเคราะห์ น้ำหนักจะเบา แต่มีข้อเสียที่ราคาแพง

4.การทำงานภาคปฏิบัติจริงๆ ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการกระจายน้ำซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการไหลลัดทาง (short circuit) ได้

5.กำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้น้อย

6.ระยะเวลาในการเริ่มต้นการทำงานของระบบ (start up) ใช้เวลานานกว่าระบบใช้อากาศ

3.5 ความด้อยเสถียรภาพของปฏิบัติการไร้ออกซิเจน

3.5.1 สาเหตุที่ทำให้มีความด้อยเสถียรภาพเนื่องจาก

1.ความจำเป็นที่ต้องมีแบคทีเรีย 2 ประเภทอาศัยอยู่ร่วมกัน และต้องอาศัยซึ่งกันและกันอย่างมาก

2.ความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันของแบคทีเรีย การทำงานของแบคทีเรียทั้งสองประเภทก็จะไม่สอดคล้องกัน โดยที่แบคทีเรียที่สร้างกรดมีความสามารถสูงกว่าแบคทีเรียที่สร้างก๊าซ

ถ้าการทำงานของแบคทีเรียทั้งสองไม่สอดคล้องกัน จะทำให้ระบบได้รับความเสียหาย และระบบจะค่อยๆ มีประสิทธิภาพลดลง จนในที่สุดจะเกิดความล้มเหลวโดยสิ้นเชิง

3.5.2 สัญญาณเตือนของการเสียสมดุลของระบบ

1.ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ โดยปกติความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในระบบประมาณ 200-400 มิลลิกรัม/ลิตร(เทอมของกรดอะซิติก) แต่ถ้าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จะเป็นสัญญาณให้เห็นถึงการเสียสมดุลเกิดขึ้นกับระบบ คือ เกิดการชลอการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน หรือทำให้การเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างกรดถูกเร่งให้เร็วขึ้น (มั่นสิน,2536)

2.ระดับความเป็นด่างในรูปไบคาร์บอเนต สภาพความเป็นด่างจะบ่งบอกให้ทราบถึงกำลังบัฟเฟอร์(Buffer Capacity) ว่ามีเหลืออยู่เท่าไรในระบบ ถ้ามีกำลังบัฟเฟอร์ต่ำปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้พีเอชลดลงได้อย่างมากและเร็ว ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียสร้างมีเทน แต่ถ้าสภาพความเป็นด่างสูงพอ ก็จะสามารถทนกับสภาพการเปลี่ยนแปลงของกรดโวเลนไทล์ได้โดยไม่ส่งผลกระทบกับพีเอชมากนัก ระดับสภาพความเป็นด่างที่เหมาะสมขึ้นกับคุณสมบัติและความเข้มข้นของน้ำทิ้ง โดยทั่วไประบบไร้ออกซิเจนควรมีสภาพความเป็นด่างประมาณ 1500-2000 มิลลิกรัม/ลิตร (มั่นสิน,2536)

3.ค่าโออาร์พี(ORP) ปฏิกิริยาแต่ละประเภทจะมีค่าโออาร์พีประจำแต่ละปฏิกิริยา ดังแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าโออาร์พีของปฏิกิริยาประเภทต่างๆ

ประเภทของปฏิกิริยา	โออาร์พี(มิลลิโวลท์)*
แอโรบิคออกซิเดชัน	+300
ไนตริฟิเคชัน	+100
ดีไนตริฟิเคชัน	0
การย่อยไร้ออกซิเจน	
-สร้างกรดอินทรีย์	-300
-สร้างมีเทน	-500

* Ag/Ag_2Cl_2 Reference Electrode

ที่มา : มั่นสิน ,2536

ถังย่อยไร้ออกซิเจนที่ทำงานได้ดีต้องมีค่าโออาร์พีอยู่ในช่วง-300ถึง-500 มิลลิโวลท์ ถ้าค่าโออาร์พีเป็นลบน้อยๆ หรือมีค่าเป็นบวก ย่อมแสดงว่าปฏิกิริยาการย่อยไร้ออกซิเจนเกิดขึ้นน้อยหรือไม่เกิดขึ้น

4.ระดับพีเอช ไม่ใช่เป็นสัญญาณที่เร็วพอที่จะบอกถึงการทำงานผิดพลาดของระบบได้ทันท่วงที เพราะความเสียหายของระบบจะเกิดขึ้นก่อนที่พีเอชจะลดลง แต่อย่างไรก็ดี ข้อมูลของพีเอชก็ยังมีความสำคัญเพราะว่าแบคทีเรียทั้งสองชนิด โดยเฉพาะชนิดที่สร้างมีเทนสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงแคบๆของพีเอชเท่านั้น ถ้าไม่มีการควบคุมพีเอชให้เป็นกลาง การเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนก็จะถูกยับยั้ง ทำให้ระบบล้มเหลวได้ และการรักษาระดับพีเอชให้เป็นกลางต้องทำเป็นเรื่องแรกเพื่อให้ระบบฟื้นตัวเมื่อระบบเสียสมดุล

5.อัตราการผลิตมีเทน เป็นเครื่องวัดโดยตรงของ Metabolic Activity ของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน การเปลี่ยนแปลงของอัตราการผลิตมีเทนมีความสำคัญกว่าค่าปริมาณการผลิต เพราะเป็นสัญญาณที่บอกว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นกับแบคทีเรียที่สร้างมีเทน

6.สัญญาณอื่นๆ สัญญาณที่อาจบอกถึงการเสียสมดุลของระบบไร้ออกซิเจนอีกสองชนิด ได้แก่ ส่วนประกอบของก๊าซรวมและอัตราการผลิตก๊าซ การเสียสมดุลย์ของแบคทีเรียประเภทสำคัญทั้งสองอย่างจะทำให้ปริมาณมีเทนลดต่ำ แต่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นซึ่งจะเห็นได้จากส่วนประกอบของก๊าซที่เปลี่ยนแปลงไป

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมศักดิ์ ตั้งตระกูล (2522) ศึกษาการกำจัดน้ำเสียจากส้วมโดยวิธีการแอนแอโรบิคคอนแทคท์ ระบบกำจัดน้ำทิ้งแบบห้องปฏิบัติการที่ใช้ทำการทดลองแบ่งเป็นสองระยะ คือ ระบบเก็บกักตะกอนโดยใช้ผ้ากรอง และระบบเวียนกลับตะกอน การทำการศึกษาทดลองกับน้ำเสียจากส้วมที่มีค่าซีโอดีเท่ากับ 1400 ก/ม^3 มีตัวแปรที่ศึกษา คือ MCRT และอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ในการทดลองมีการควบคุมปริมาณกรดวาเลนไทล์ พีเอช และความเป็นด่าง ให้อยู่ในระดับเหมาะสม และอุณหภูมิขณะทำการทดลองเป็นอุณหภูมิห้อง

จากการทดลองพบว่าค่าคงที่ของน้ำเสีย μ_m= 0.5 วัน$^{-1}$, K_s = 87 ก.ซีโอดี/ม^3 , v_g = 0.05 , b = 0.025 วัน$^{-1}$ และ K_L = 0.093 ม^3/(ก.วัน) ระบบกรองตะกอนมีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่าระบบเวียนตะกอน แต่ระบบมีข้อเสียที่เมื่อถูกใช้งานมากจะอุดตัน เมื่อควบคุมให้ MCRT = 12 วัน และอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.833 กก.บีโอดี/(ม^3.วัน) น้ำทิ้งที่ผ่านการ

กำจัดโดยระบบกรองมีซีโอดีที่สามารถถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เหลืออยู่ 15 ก./ม^3 และระบบเวียนตะกอนกลับมีซีโอดีที่สามารถถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เหลืออยู่ 140 ก./ม^3 ประสิทธิภาพของระบบคิดเป็นเปอร์เซนต์ซีโอดีที่ถูกกำจัดออกไปโดยระบบกรองมีค่า 95% และระบบเวียนตะกอนกลับมีค่าเท่ากับ 85% ตามลำดับ ปริมาตรก๊าซมีเทนที่ผลิตออกมามีค่าเท่ากับ 0.0177 ม^3/(คน.วัน) เทียบเป็นพลังงานความร้อนเท่ากับ 600 Btu/(คน.วัน)

ศักดิ์ชัย โอภาสวัตชัย (2526) ศึกษาการย่อยสลายและการผลิตก๊าซชีวภาพของขยะแบบไร้ออกซิเจนโดยแบคทีเรียชนิดชอบความร้อน โดยขยะที่ใช้เป็นพวกเศษอาหารและเศษพืชผักที่ได้จากตลาด โดยพิจารณาถึงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการย่อยสลาย โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 35, 38,43,45 และ50 องศาเซลเซียสตามลำดับ ผลปรากฏว่าที่อุณหภูมิ 35 และ 38 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณก๊าซทั้งหมดต่อวันสูงกว่าที่อุณหภูมิปกติ(โดยเฉลี่ย 27.6 องศาเซลเซียส) ประมาณ 6 และ10% ตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบของมีเทนในปริมาณ 63% แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมาที่ 43 และ 45 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นต่อวันกลับลดลงต่ำกว่าที่อุณหภูมิปรกติประมาณ 11 และ 28.5% โดยมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนอยู่ประมาณ 50 และ 54% ตามลำดับ ต่อมาเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงของ Thermophilic ปริมาณก๊าซทั้งหมดต่อวันกลับเพิ่มมากขึ้น คือ สูงกว่าที่อุณหภูมิปกติประมาณ 13.7% โดยมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนอยู่ประมาณ 61% ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณก๊าซมีเทนต่อวันที่อุณหภูมิ 38 และ 50 องศาเซลเซียส ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่า ในการทดลองนี้ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในช่วง Mesophilic และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในช่วง Thermophilic

เรืองชัย เจียกภาพร (2528) ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบสมรรถนะของถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถัง และตัวกลางครึ่งถัง เพื่อหาแนวโน้มความเป็นไปได้ ที่จะลดขนาดความสูงของถังกรองไร้ออกซิเจนลง เพื่อลดต้นทุนของตัวกลางที่ใช้เนื่องจากพบว่าการกำจัดสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ชั้นความสูง 30 เซ็นติเมตรจากก้นถังกรอง จึงทำการทดลองโดยเปลี่ยนค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 1,3 และ 5 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน จากค่าความเข้มข้นสารอินทรีย์วัดในรูปซีโอดีระหว่าง 2000,6000และ 10,000 มล./ล. เปรียบเทียบการทำงานของถังกรองไร้ออกซิเจนทั้งสองแบบ พบว่าถังกรองไร้ออกซิเจนที่บรรจุตัวกลางเต็มถัง และตัวกลางครึ่งถังลอยสามารถใช้กำจัดน้ำเสียสังเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ที่ระดับค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1 กก./ม^3/วัน โดยสามารถกำจัดซีโอดีได้ 90 และ 93 % ตามลำดับ นอกจากนี้สมรรถนะในการทำงานของถังกรองทั้งสองจะมีพฤติกรรมที่คล้ายคลึงกันที่ระดับภาระบรรทุก

สารอินทรีย์ 1 กก./ม^3/วัน แต่จะมีความแตกต่างที่ระดับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก./ม^3/วัน ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียของถังกรองที่มีตัวกลางครึ่งถังลอย จะสูงกว่าถังลอยที่มีตัวกลางเต็มถังส่วนประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีส่วนใหญ่ของถังกรองทั้งสองถัง เกิดที่ระดับ 0.30 เมตรจากก้นถัง

ประสงค์สุข ตรีพรชัยศักดิ์ (2530) ศึกษาถึงกระบวนการคอนแทคท์สเตบิไลเซชันแบบแอนแอโรบิค โดยนำมาบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ละลายน้ำ ทำการศึกษาเป็น 2 ชุด คือ ชุดแรกเป็นการศึกษากระบวนการชนิดที่มีตัวกลางอยู่กับที่ และการไหลภายในถังปฏิกิริยาเป็นแบบกวนสมบูรณ์มี 4 การทดลอง และชุดที่สองเป็นการศึกษากระบวนการชนิดที่ไม่มีตัวกลาง (ตะกอนลอย) การไหลภายในถังปฏิกิริยาเป็นแบบไหลขึ้นมี 1 การทดลอง

ในการทดลองชุดที่หนึ่ง ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 2200-8300 มก.ซีโอดี/ลิตร คิดเป็นภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบ 2.6-10.4 กก.ซีโอดี/ม^3-วัน มีระยะเวลาเก็บกักน้ำ 18.8 ชั่วโมง กระบวนการมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 71.5-83.2 ที่อัตราการสูบตะกอนกลับ 200% และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 54.0 ที่อัตราการสูบกลับตะกอน 400% สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 42-212 ลิตร/วัน โดยมีก๊าซมีเทนผสมอยู่ ร้อยละ 45-80 และมีค่าเฉลี่ยการผลิตก๊าซมีเทน 0.299 ลิตร/กรัมซีโอดี สำหรับการทดลองชุดที่สองมีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.6 กก.ซีโอดี/ม^3-วัน มีระยะเวลาเก็บกักน้ำ 20.32 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 93.7 ที่อัตราการสูบตะกอนกลับ 200% มีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้น 41.9 ลิตร/วัน โดยมีก๊าซมีเทนผสมอยู่ร้อยละ 70 และมีค่าเฉลี่ยการผลิตก๊าซมีเทน 0.232 ลิตร/กรัมซีโอดี

แสดงว่ากระบวนการนี้สามารถนำมาใช้บำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ละลายน้ำได้ดีและพบว่าเกิดการดูดซึมเข้าเซลล์และดูดติดเซลล์ของสารอินทรีย์โดยจุลชีพในถังคอนแทคท์และนำมาย่อยสลายต่อในถังสเตบิไลเซชัน

กิตติพงษ์ ธนศานติ (2530) ศึกษากระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิคคอนแทคท์สเตบิไลเซชัน โดยศึกษาถึงความเป็นไปได้เมื่อใช้ระบบนี้บำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นสารอินทรีย์ละลายน้ำ โดยให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตลอยอยู่ในน้ำ การศึกษาได้แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ให้น้ำไหลภายในถังปฏิกิริยาเป็นแบบไหลขึ้น ควบคุมค่าภาระบรรทุกการไหลของน้ำในระบบให้คงที่ โดยใช้อัตราการป้อนน้ำเสีย 60 ลิตร/วัน และใช้อัตราการสูบตะกอนกลับ 100% เปลี่ยนแปลงค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบโดยการใช้ค่าความเข้มข้นของน้ำเสียเป็น 500,2000,8000 และ 16000 มก.ซีโอดี/ลิตร ตามลำดับ และน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์

ผลการทดลองพบว่าในการทดลองชุดที่ 1 , 2 และ 3 ซึ่งมีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 0.59 , 2.34 และ 9.45 กก.ซีโอดี/ม^3-วัน ระบบสามารถกำจัดซีโอดีได้ประมาณร้อยละ 84.5,87.3 และ 77.05 ตามลำดับ ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 6.92, 30.92 และ 157.97 ลิตร/วัน มีก๊าซมีเทนผสมอยู่ร้อยละ 42,46 และ 56 ตามลำดับ โดยการทดลองชุดที่ 4 มีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 16.79 กก.ซีโอดี/ม^3-วัน พบว่าระบบล้มเหลว

จากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่ากระบวนการนี้สามารถนำมาใช้บำบัดน้ำเสียที่มีมลสารอินทรีย์ละลายน้ำได้เป็นอย่างดี และพบว่ามีการเกิด adsorption ของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในถังคอนแทคท์ แล้วจึงมาย่อยสลายต่อไปในถังสเตบิไลเซชัน

จินต์ อโณทัย (2531) ศึกษาถึงคุณภาพของน้ำทิ้งจากถังเกรอะและกรองไร้อากาศสำเร็จรูปชนิดประกอบในที่จำนวน 4 ถังเป็นระยะเวลา 12 เดือน โดยน้ำเสียที่เข้าระบบเป็นน้ำเสียจากส้วมในสภาพการใช้งานจริงไม่มีการควบคุมใดๆทั้งสิ้น และยังได้ศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่เข้าส่วนกรองไร้อากาศของถังตัวอย่าง 1 ถัง จากจำนวน 4 ถังข้างต้น จากการทดลองพบว่าน้ำทิ้งจากถังเกรอะและกรองไร้อากาศสำเร็จรูปชนิดประกอบในที่มีค่าพีเอช เอสเอส บีโอดี และ ออร์แกนิค-ไนโตรเจน ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนที่กำหนดโดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 , 33 , 57 และ 5 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ซัลไฟด์ และ ไขมันและน้ำมัน มีค่าเกินกว่ามาตรฐานคือมีค่าเฉลี่ย 65 , 70 , 49 และ 416 มก./ล. ตามลำดับ สำหรับสมบัติอื่นๆที่ไม่ได้กำหนดในมาตรฐาน คือ อุณหภูมิ ซีโอดี และฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.1 องศาเซลเซียส , 130 และ 14 มก./ล. ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดเอสเอส ซีโอดี บีโอดี ไขมันและน้ำมันของส่วนกรองไร้ออกซิเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 18.48 , 39.90 , 59.82 และ 8.71 ตามลำดับ ที่ภาระบรรทุกซีโอดีจริงเท่ากับ 0.4 กก.บีโอดี/ม^3-วัน ส่วนปริมาณของฟอสเฟตและไนโตรเจนรวมของน้ำเสียที่เข้าและออกจากส่วนกรองไร้อากาศมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่สำหรับไนโตรเจนมีการเปลี่ยนรูปจากออร์แกนิคไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน จากลักษณะต่างๆของน้ำทิ้งแสดงให้เห็นว่า ถังเกรอะและกรองไร้อากาศสำเร็จรูปชนิดประกอบในที่สามารถบำบัดน้ำเสียจากส้วมได้อย่างมีประสิทธิภาพพอสมควร

ลัดดา สาครมณีรัตน์ (2532) ศึกษาถึงการกำจัดน้ำเสียที่มีพีเอชต่ำด้วยบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน โดยเปรียบเทียบการทำงานของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนกับแบบธรรมดาในการกำจัดน้ำเสียที่มีพีเอชต่ำ ระดับออร์แกนิคโหลดดิงที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ระดับ คือ 0.3 , 0.6 และ 0.9 กก.ซีโอดี/ม^3-วัน เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งเตรียมจากน้ำสับปะรดผสมกับน้ำตาลแล้วทำการเจือจางเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของซีโอดี 3000 และ 6000

มก./ล. และน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ม^3-วัน เป็นน้ำเสียจริงจากโรงงานผลิตผลไม้อบแห้ง ซึ่งมีความเข้มข้นของซีโอดีประมาณ 25000 มก./ล. ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ม^3-วัน นี้ได้ทำการเปรียบเทียบการทำงานของบ่อหมักไร้ออกซิเจนที่เติมสารอาหารเสริม N และ P กับบ่อหมักไร้ออกซิเจนที่ไม่เติมสารอาหารเสริม N และ P ด้วย

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่า บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนมีเสถียรภาพในการทำงานสูงกว่าบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา กล่าวคือ บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนสามารถรับออร์แกนิคโหลดดิงได้ถึง 0.9 กก.ซีโอดี/ม^3-วัน และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 96% ในขณะที่บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดาสามารถรับออร์แกนิคโหลดดิงได้เพียง 0.6 กก. ซีโอดี/ม^3-วัน และจากการเปรียบเทียบการทำงานของบ่อหมักไร้ออกซิเจนที่เติมสารอาหาร N และ P กับบ่อหมักไร้ออกซิเจนที่ไม่เติมสารอาหาร N และ P พบว่าสมรรถนะการทำงานของบ่อหมักไร้ออกซิเจนที่เติมสารอาหารเสริม N และ P ดีกว่าบ่อหมักไร้ออกซิเจนที่ไม่เติมสารอาหารเสริม N และ P กล่าวคือที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงตัวเดียวกัน คือ 0.9 กก.ซีโอดี/ม^3-วัน บ่อหมักไร้ออกซิเจนที่เติมสารอาหารเสริม N และ P สามารถทำงานได้และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 98% ในขณะที่บ่อหมักไร้ออกซิเจนที่ไม่เติมสารอาหารเสริม N และ P มีการทำงานล้มเหลว

นราธิป กิจจาธิป (2535) ศึกษาถึงการจำลองกระบวนการคอนแทคท์สเตบิไลเซชันแบบไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นสารอินทรีย์ละลายน้ำที่มีความเข้มข้นต่ำ นอกจากนี้ยังศึกษาอัตราการผลิตก๊าซมีเทน ก๊าซชีวภาพของกระบวนการ การทดลองครั้งนี้ใช้น้ำตาลเป็นสารอินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยที่กำหนดค่าความเข้มข้นซีโอดีประมาณ 500 มก./ล. อัตราการไหลของน้ำเสียเท่ากับ 60 ลิตร/วัน คิดเป็นระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียในถังคอนแทคท์เท่ากับ 2 ชั่วโมง และในถังสเตบิไลเซชัน 20 ชั่วโมง อัตราการสูบตะกอนเวียนกลับเมื่อเทียบกับอัตราการป้อนน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 100% การทดลองครั้งนี้แบ่งเป็น 4 การทดลองด้วยกัน โดยที่จะเปลี่ยนแปลงค่าอายุตะกอนให้เท่ากับ 150 , 100 , 75 และ 50 วัน ตามลำดับ รวมระยะเวลาทำการทดลองทั้งสิ้น 180 วัน

จากการทดลองพบว่าตลอดทั้ง 4 การทดลองนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบมีค่าประมาณร้อยละ 80 โดยมีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นในถังคอนแทคท์โดยเฉลี่ย 1.42-1.62 ลิตร/วัน และในถังสเตบิไลเซชัน 2.56-3.24 ลิตร/วัน โดยมีก๊าซมีเทนเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 60 โดยคิดเป็นปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในถังคอนแทคท์เท่ากับ 0.072-0.081 ลิตร/กรัมซีโอดี และในถังสเตบิไลเซชันเท่ากับ 0.88-0.98 ลิตร/กรัมซีโอดี ถูกกำจัด

Pedro R. Cordiba และ Faudtibi Sineriz (1990) ศึกษาถึงลักษณะของตัวกลางที่ใช้ในระบบตัวกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น โดยมีการใช้วัสดุที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ ใช้โฟร์มชนิดโพลียูรีเทรน กับตัวกลางแบบเซรามิก พบว่าตัวกลางแบบโฟร์มมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้ต่ำ ผลิตก๊าซชีวภาพได้น้อยและมีคุณภาพต่ำ ซึ่งตัวกลางแบบเซรามิกจะมีประสิทธิภาพดีกว่า ซึ่งเป็นเพราะว่าเป็นตัวกลางที่มีพื้นที่ผิวมาก ซึ่งผลการทดลองเป็นดังนี้

ประสิทธิภาพที่สภาวะคงตัว

พารามิเตอร์	เซรามิก	พลาสติก
ภาระบรรทุกอินทรีย์(ก.ซีโอดี $ล^{-1}$ $วัน^{-1}$)	4	4
ปริมาณก๊าซ(มล.$วัน^{-1}$)	360	320
มีเทน(%)	73.1	70.3
การกำจัดซีโอดี(%)	97.3	95.0

RaCault,Y. (1990) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากการกลั่นต้มสุราด้วยระบบตัวกลางยึดเกาะแบบไร้อากาศ โดยดำเนินการทดลองทั้งหมด 4 ปี ซึ่งบำบัดน้ำเสียที่มีค่าซีโอดี 30 กรัม/ลิตร(95% อยู่ในรูปสารละลาย) ตัวถังบรรจุตัวกลางมีปริมาตร 4300 ลูกบาศก์เมตร และดำเนินการ 6 เดือนใน 1 ปี ซึ่งพบว่าเกิดปัญหาการเกาะติดของจุลชีพบนตัวกลางช่วงเริ่มต้นระบบ (Start-up) ในช่วง 2 ปีแรกรับค่าออร์แกนนิคโหลดดิงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6 กก.ซีโอดี/$ม^3$.วัน และสูงถึง 10-12 กก.ซีโอดี/$ม^3$.วัน เมื่อครบเวลา 4 ปี มีค่าซีโอดีลดลงถึง 90-95% ปริมาณตะกอนจุลชีพในน้ำหลังการบำบัดมีค่าเท่ากับ 0.15 กก.ของแข็งแขวนลอย/กก.ซีโอดี

Kuroda,M.และ Sakakibara,Y. (1991) ทำการประเมินประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ขึ้นกับการย่อยสลายกรดอินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางอยู่กับที่ จากการศึกษาพบว่าการกำจัดค่าซีโอดีในถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางอยู่กับที่ ซึ่งบำบัดสารอินทรีย์ละลายน้ำ โดยการทดลองได้ใช้แบบจำลองฟิล์มชีวะแบบง่าย อัตราการกำจัดซีโอดีถูกตั้งสมมติฐานว่าถูกควบคุมจากอัตราการย่อยสลายของกรดอินทรีย์ เช่น อาซีเตท โพไพโอเนท และ บิวทาเรท จากแบบจำลองชีวฟิล์มอย่างง่ายจะนำไปสู่การพิจารณาผลของอัตราการดูดซึมสารอาหารภายในฟิล์มจุลชีวะ และระหว่างชั้นฟิล์มจุลชีวะในการย่อยสลายสารอาหาร การประเมินอัตราการกำจัดซีโอดีจะใช้พารามิเตอร์จลน์ที่รู้ค่า ผลจากการคำนวณแสดงให้เห็นว่าอัตราการกำจัดซีโอดีไม่มีผลจากการยึดเกาะของฟิล์มจุลชีพที่เกิดขึ้น พบปริมาณจุลชีพมีมากกว่า 4 $mg\text{-}C/cm^2$ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความเข้มข้นอาหารแขวนลอย และอัตราการไหลของตะกอนของเหลวที่อยู่ในช่วง 0.01-1 เมตร/ชั่วโมง ในสภาวะนี้อัตราการกำจัดซีโอดีของกรดไขมันระเหยในระบบมีค่าใกล้เคียงกับอาซีเตท โพไพโอเนท และ บิวทาเรท

Rintala,J. (1991) ศึกษาถึงการบำบัดน้ำเสียอัตราสูงจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยย่อยน้ำเสียสังเคราะห์แบบเมโซฟิลิก(ย่อยโดยชีวะที่อุณหภูมิน้อยกว่า 45 องศาเซลเซียส) โดยน้ำเสียสังเคราะห์เป็นของผสมระหว่างอะเซเตทกับเมทานอล โดยน้ำเสียจะถูกศึกษาในแบบจำลองระบบยูเอเอสบี(UASB) และถังกรองไร้อากาศโดยเน้นการศึกษาที่การเริ่มต้นของระบบ(start-up) กระบวนการเริ่มต้นของระบบจะเกิดขึ้นได้เร็วในถังกรองมากกว่าถังยูเอเอสบี อัตราบรรทุกที่เกิน 15 กก.ซีโอดี $ม^{-3}วัน^{-1}$ กับประสิทธิภาพการกำจัดมีถึง 50-60% ซีโอดี จะสำเร็จใน 10 วัน ถ้าเป็นปฏิกิริยาแบบเมโซฟิลิก และใน 50 วันถ้าเป็นปฏิกิริยาแบบเทอร์โมฟิลิกของกระบวนการยูเอเอสบี ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการบำบัดแอนแอโรบิคอัตราสูงสามารถประยุกต์ไปใช้ในการกำจัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมหลายๆ ประเภทภายใต้สภาวะต่างๆได้

Hector M. Poggi และ คณะ (1992) ศึกษาถึงการทำปุ๋ยโดยขบวนการแอนแอโรบิกจากขยะชุมชนและสลัดจ์ที่มีของแข็งปริมาณสูงโดยศึกษาเป็น 4 การทดลองโดยแปรตามค่าปริมาณของของแข็งดังนี้ คือ 25, 30, 35 และ 40% โดยมีเวลากัก 15 และ 21 วัน ที่ 2 อุณหภูมิ คือ mesophilic 39°C และ thermophilic 54°C โดยพบว่าระบบที่มีปริมาณของแข็ง 35% และเวลากัก 21 วัน จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์สูงที่สุดที่ mesophilic มากกว่า 44% และที่ thermophilic มากกว่า 55% มีการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดถึง 6 ล./กก./วัน โดยมีเปอร์เซนต์มีเทนมีค่า 55-60% โดยที่แบบ thermophilic จะให้ก๊าซชีวภาพมากกว่า แบบ mesophlic 15-30%

Ming Ouyang (1993) ศึกษากระบวนการแอนแอโรบิคกับการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวะและความคงตัวของตะกอน กล่าวว่า สารละลายซีโอดีในกระบวนการไร้ออกซิเจนมีความสำคัญต่อแบคทีเรีย ถ้ามีสารละลายจากเขตไร้ออกซิเจนไปสู่เขตมีออกซิเจนจะทำให้แบคทีเรียตายได้ การบำบัดประมาณ 90% เกิดในขั้นแอนแอโรบิค นอกจากนี้การใช้นมหรือผงชูรสเป็นสารอาหารหลักอาจทำให้แบคทีเรียตายได้ง่าย และเวลาเก็บกักจะมีผลต่อการกำจัดซีโอดี ระยะเวลาเก็บกักนานเช่น 3 หรือ 5 ชั่วโมงจะมีผลต่อการกำจัดฟอสฟอรัสได้ดีขึ้น

G.K. Anderson และ คณะ (1994) ศึกษาถึงการเปรียบเทียบระหว่างตัวกลางที่มีความพรุนกับตัวกลางที่ไม่มีความพรุนในระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น โดยทำการทดลองในช่วงอุณหภูมิ mesophilic และใช้น้ำเสียจากโรงงานนม เมื่อทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของตัวกลางทั้งสองชนิดพบว่า ในตัวกลางที่มีความพรุนมากกว่าจะสามารถรับค่าภาระบรรทุกอินทรีย์ได้มากกว่า โดยถังที่มีตัวกลางแบบไม่มีความพรุนจะไม่คงตัวที่ภาระบรรทุกอินทรีย์มาก

กว่า 4 กก.ซีโอดี/ม^3-วัน และถังที่มีตัวกลางแบบมีความพรุนจะไม่คงตัวที่ภาระบรรทุกอินทรีย์มากกว่า 21 กก.ซีโอดี/ม^3-วัน และพบว่าจะมีแบคทีเรียจำนวนมากอยู่ในตัวกลางที่มีความพรุนและแบคทีเรียส่วนใหญ่อยู่ในช่องว่างระหว่างตัวกลาง

William A. Pretorius (1994) กล่าวว่าคาร์บอเนตและกรดไขมันโมเลกุลสั้น(SCFA) ต้านการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดและด่าง เนื่องจากความต้องการสภาพความเป็นด่างในระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนที่น้ำเสียไหลเข้าระบบสูงทำได้โดยการควบคุมความเข้มข้นกรดไขมันโมเลกุลสั้น(SCFA) ดังนั้นการควบคุมค่าความเป็นกรดและด่างจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ ค่าความเป็นด่างที่ต้องการเป็นเพียงความจำเป็นหนึ่งของค่าความดันพาเชียลของคาร์บอนไดออกไซด์ (P_{CO2}) และสำหรับสารต่างๆ ที่เป็นสารอินทรีย์อิสระที่เข้าในระบบ การควบคุมค่าความเป็นกรดและด่างด้วยวิธีการปรับสภาพน้ำเสียก่อนเข้าระบบเป็นวิธีการที่ง่าย และให้ผลดีซึ่งจะทำให้ช่วงเริ่มต้นของระบบ(strat-up)สั้นลง นอกจากนี้ยังทำให้ระบบได้รับความมั่นใจเมื่อรับน้ำเสียเข้าระบบในอัตราสูง สำหรับการควบคุมค่าความเป็นกรดและด่างที่ใกล้กับจุดสมดุลย์ของไบคาร์บอเนตได้เสนอว่าให้วัดความเป็นกรดและด่างในก๊าซชีวะภาพ

Miyahara,T. และ Noike,T. (1994) ผลของตัวกลางอัดบรรจุต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์และพฤติกรรมของแบคทีเรียนั้นถูกศึกษาในระบบ upflow anaerobic fixed bed reactor ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ใช้น้ำสังเคราะห์ที่มีค่าความสกปรกต่ำที่ประกอบด้วยของแข็งแขวนลอยที่ถูกใช้เป็นอาหารในน้ำเสีย คือ ใช้เซลลูโลสเพราะมีลักษณะตรงกับของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียชุมชน คุณภาพน้ำจะถูกปรับปรุงด้วยตัวกลางอัดบรรจุ ตัวกลางอัดบรรจุจะใช้ได้ดีกับการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ไม่ละลายน้ำได้ดีพอๆกับสารอินทรีย์ชนิดที่ละลายน้ำ สารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ(เซลลูโลส)ในน้ำเสีย เมื่อเข้าระบบจะไม่มีการสะสมระหว่างช่องว่างของตัวกลาง และบนผิวของตัวกลาง แต่จะมีความคุ้นเคยกับส่วนล่างของถังปฏิกิริยาในตัวกลางอัดบรรจุจะมีการสะสมมากของแบคทีเรียชนิด lipolytic bacteria , acetate consuming methanogenic bacteria และ hydrogen consuming methanogenic bacteria ภายในช่องว่างขณะที่ตัวกลางรวมตัวกันเป็นชุด ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเซลลูโลสเกิดขึ้นได้โดยตัวกลางอัดบรรจุ

Viraraghavan,T. และ Varadarajan,R. (1995) ทำการศึกษาโดยใช้ถังกรองไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสีย 5 ชนิด ซึ่งได้แก่น้ำเสียจากถังเกรอะ น้ำเสียจากโรงนม น้ำเสียจากโรงงานแปรรูปมะเขือเทศ น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ และน้ำเสียจากหางนม โดยดำเนินงานที่อุณหภูมิ และ HRT ต่างๆกันเพื่อหาค่าตัวแปรทางจลศาสตร์ พบว่า ถังกรองไร้อากาศจะทำงานที่อุณหภูมิสูง

117950302

ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ถังกรองไร้อากาศที่ทำงานที่อุณหภูมิต่ำมักจะได้รับผลกระทบได้ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลง HRT

Borja,R. และ Banks,CJ. (1995) ทำการศึกษาสมรรถนะในการบำบัดน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมันปาล์มระหว่างถังกรองไร้อากาศ (AF) กับ Fluidize bed reactor (FBR) ที่อุณหภูมิ Mesophilic (35 องศาเซลเซียส) โดยประเมินในรูปของซีโอดี กรดไขมันระเหย ชนิดและปริมาณของก๊าซที่เกิดขึ้น ตัวกลางยึดเกาะที่ใช้ในระบบ AF และ FBR จะใช้ตัวกลางเป็นเม็ดดินเหนียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-5 มม. และเป็นเม็ดทรายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3-0.5 มม. ตามลำดับ AF ใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นระบบ 1.5-4.5 วัน ส่วน FBR ใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นระบบ 6 ชั่วโมง หลังจากที่มีการปรับชินสภาพแล้วระบบทั้งสองสามารถกำจัดซีโอดีได้ถึง 90% หรือมากกว่า ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง โดยมีอัตราการป้อนเข้าซีโอดี 20 ก./ล./วัน ที่อัตราการป้อนเข้าสูงๆ FBR จะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่า ดังจะเห็นได้ว่าที่ 40 ก.ซีโอดี/ล./วัน ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมงระบบสามารถลดซีโอดีได้ถึง 78% ในขณะที่ระบบ AF จะมีปัญหาเรื่องการอุดตัน ถ้าอัตราการป้อนเข้าซีโอดีสูงกว่า 20 ก./ล./วัน ทั้งสองระบบจะมีการทำงานใกล้เคียงกันเมื่อซีโอดีไม่เกิน 1 ก./ล. ในขณะที่ซีโอดีมากกว่า 2.2 ก./ล. AF สามารถรับซีโอดีได้ 17 ล./วัน ในขณะที่ FBR รับได้ 31.2 ล./วัน ความแตกต่างดังกล่าวเนื่องมาจากข้อจำกัดในด้านการแพร่ และความสามารถที่ต่ำในการกำจัดมลสารของเซลล์ใน AF

ในทั้งสองระบบอัตราการเกิดก๊าซและระดับของกรดอินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้นตามอัตราการป้อนเข้าที่สูงขึ้น อัตราการป้อนเข้าที่สูงขึ้นอีกเท่าตัวจะเป็นผลให้กรดอินทรีย์ที่สูงมากขึ้นด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอะซิติก และกรดโพไพโอนิค นอกจากนี้คาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นยังมีปริมาณมากขึ้นในมวลรวมของก๊าซอีกด้วย

Mendez,R. และ คณะ (1995) น้ำเสียจากโรงงานปลากระป๋องมีค่าซีโอดีสูง(10-20 ก./ล.) และบางครั้งก็จะมีเกลืออยู่ในปริมาณสูง(Cl^- 8-19 ก./ล. , Na^+ 5-12 ก./ล. , SO_4^{2-} 0.6-2.7 ก./ล.) Na^+และซีโอดีที่สูงๆ จะเป็นปัจจัยทางลบต่อการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ Na^+ และ SO_4^{2-} จะเปลี่ยนรูปไปเป็น H_2S ในระหว่างขบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ ซึ่งก่อให้เกิดพิษและยับยั้งการก่อให้เกิดขึ้นของขบวนการ Methanogenic

การศึกษาครั้งนี้จะใช้ถังกรองไร้อากาศแบบMesophilic(MAF) และ ถังกรองไร้อากาศแบบThermophilic(TAF) บำบัดน้ำเสียที่มีเกลือในปริมาณสูง โดยใช้ระยะเวลาในการเริ่มเดินระบบ 9 เดือน จากนั้นก็เริ่มดำเนินการทดลองเมื่ออัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9 กก.ซีโอดี/ม^3-วัน (TAF) หรือ 24 กก.ซีโอดี/ม^3-วัน (MAF) โดยมีความเข้มข้นของคลอไรด์ 13 ก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของ TAF และ MAF จะเป็น 73% และ 64% ตามลำดับ และเป็นซี

โอดี Methanized 69% และ 66% ตามลำดับ ส่วนซัลเฟตถูกกำจัดไปได้เกือบหมด เป็นผลให้มี H_2S ในก๊าซชีวภาพเพียง 2-4% เท่านั้น

ทั้งๆที่ MAF มีค่า specific activity of sludge (0.21 ก.ซีโอดี/ก.vss/วัน) ต่ำกว่า TAF (0.66 ก.ซีโอดี/ก.vss/วัน) แต่ MAF มีค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงกว่า TAF สามารถอธิบายได้ว่าเป็นเพราะ MAF มีค่าการเก็บกักสลัดจ์ (72 ก.vss/ล.) สูงกว่า TAF (10 ก.vss/ล.) จากที่กล่าวมาจึงอาจสรุปได้ว่าการทำงานภายใต้สภาวะ Thermophilic ต้องใช้ตัวกลางยึดเกาะแบบอัดบรรจุ เพื่อให้มีพื้นที่สำหรับมวลชีวภาพยึดเกาะได้สูง ส่วนการทำงานในสภาวะ Mesophilic ต้องการการสัมผัสของมวลชีวภาพที่เกาะติดกับตัวกลางบ่อยๆเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการอุดตัน

Hawkes,FR. และ คณะ (1995) การบำบัดแบบไร้อากาศชนิดต่างๆได้นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงนมมาตลอดระยะเวลา 3 ปี ถังปฏิกิริยาที่ถูกออกแบบมาเพื่อศึกษาเปรียบเทียบในเรื่องนี้ ได้แก่ ถังกรองไร้อากาศ กระบวนการสัมผัส ยูเอเอสบีที่มี fluidised bed ความจุ 5 $ม^3$ และยูเอเอสบีที่มี fluidised bed ความจุ 0.5 $ม^3$ ถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเป็นPall ring 3.3 $ม^3$ จะทำงานที่ค่าภาระอินทรีย์ประมาณ 6 กก.ซีโอดี/$ม^3$-วัน โดยสามารถกำจัดซีโอดีได้ประมาณ 67% ส่วนกระบวนการสัมผัสจะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงกว่าคือประมาณ 80% แต่ความสามารถในการกำจัดซีโอดีจะถูกจำกัดด้วยส่วนตกตะกอนที่มีการทำงานในระดับต่ำ MLSSในระบบมีค่าต่ำกว่า 3 กก./$ม^3$ และระบบนี้จะทำงานที่ค่าภาระอินทรีย์ประมาณ 1 กก.ซีโอดี/$ม^3$-วัน ถังปฏิกรณ์ fluidised bed ที่ใช้ตัวกลางยึดเกาะเป็น sand activated carbon และ granular activated carbon และทำงานที่ค่าภาระบรรทุกอินทรีย์ 4 และ 2 กก./$ม^3$-วัน ตามลำดับ ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีประมาณ 60% ระบบยูเอเอสบีมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีต่ำที่สุดโดยกำจัดซีโอดีได้ประมาณ 50% ที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2 กก.ซีโอดี/$ม^3$-วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย