

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 จุลชีววิทยาของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

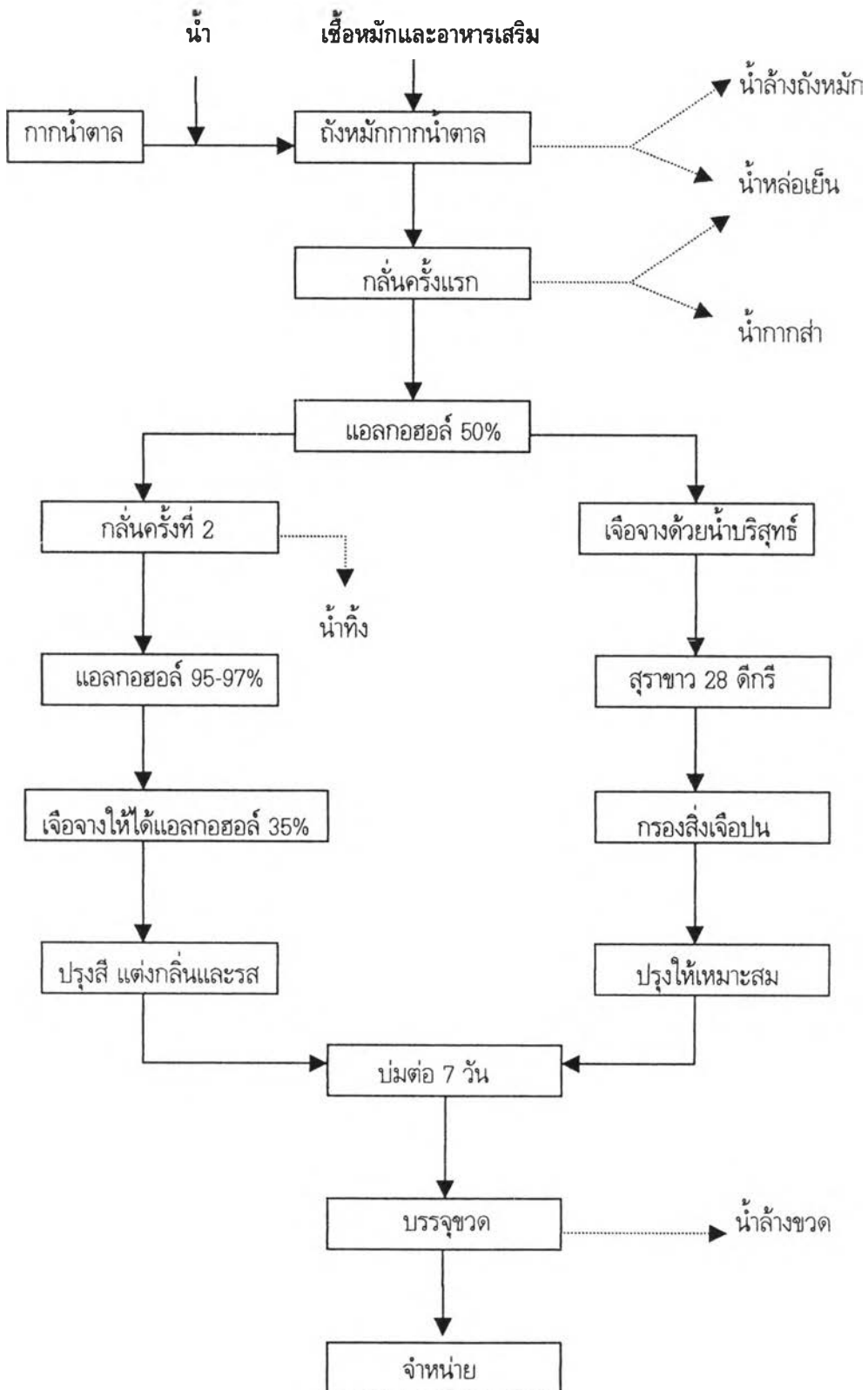
การบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา (Biological Treatment) เป็นวิธีการที่ใช้กันมากที่สุดในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง โดยใช้จุลินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรีย 95% รองลงมาคือ รา สาหร่าย และโปรโตซัวให้ย่อยสลายสารอินทรีย์และอนินทรีย์สารในน้ำเสียนั้นๆ ผลที่ได้จากการย่อยสลายจะเป็นตะกอนเลน (Sludge) ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบต่างๆ หลายชนิดรวมทั้งเซลล์ของแบคทีเรียที่ตายแล้วด้วยและบางส่วนเป็นก๊าซชนิดต่างๆเมื่อแยกเอาตะกอนและเลนออกไปแล้วน้ำส่วนที่เหลือจะค่อนข้างใสเรียก effluent ซึ่งจะมีสารอินทรีย์ลดลงมากแล้ว

กระบวนการไร้ออกซิเจนมีหน้าที่ 2 ประการคือ การบำบัดสลัดจ์หรือสร้างเสถียรภาพให้ตะกอนอินทรีย์ และการบำบัดน้ำเสีย เมื่อพิจารณาในเรื่องของการบำบัดสลัดจ์ กระบวนการไร้ออกซิเจนมักเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ทำลายสารอินทรีย์ในตะกอนสลัดจ์ ซึ่งเป็นผลมาจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเมื่อพิจารณาในด้านการบำบัดน้ำเสีย กระบวนการไร้ออกซิเจนมักเป็นกระบวนการขั้นต้นที่ใช้เพื่อลดความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เหลือน้อยลง ก่อนส่งต่อไปให้กระบวนการที่ใช้ออกซิเจนเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ส่วนที่เหลือ วิธีการเช่นนี้ช่วยประหยัดพลังงานและสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้มากและเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป

2.2 มลพิษของน้ำที่เกิดจากน้ำทิ้งของโรงงานสุรา

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เป็นแหล่งใหญ่ที่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำและทำให้เกิดปัญหาของมลพิษขึ้นหลายแห่ง น้ำทิ้งจากโรงงานสุรามีส่วนใหญ่มาจากกระบวนการผลิตสุราในแต่ละขั้นตอน ดังรูปที่ 2.1 สำหรับ คุณลักษณะของน้ำทิ้งประเภทต่างๆจากโรงงานสุรา มีลักษณะแตกต่างกันไปดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 และลักษณะของน้ำกากสาที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 2.2

น้ำกากสาเป็นน้ำทิ้งซึ่งออกมาจากหมักครั้งแรก (Mash Distilling Column) ซึ่งโดยทั่วไปนั้นน้ำกากสาแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ กากสาขาว ได้จากการใช้ข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบในการผลิต และกากสาแดง ซึ่งได้จากกระบวนการผลิตที่ใช้กากส่าน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ โดยที่น้ำกากสาจากโรงงานสุราเกือบทุกแห่งในประเทศไทยเป็นชนิดกากสาแดง มีสีน้ำตาลเข้มหรือดำ มีฤทธิ์เป็นกรด และมีความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์สูง



รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงกรรมวิธีการผลิตสุรา และจุดปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานสุรา
 ที่มา: กองวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2524

ตารางที่ 2.1 คุณภาพของน้ำเสียประเภทต่างๆของโรงงานของโรงงานต้มกลั่นสุรา 32 แห่ง ทั่วราชอาณาจักร (กรมสรรพสามิต, 2526)

| ประเภทน้ำเสีย | ค่า | ปริมาณน้ำ ทิ้ง (ลบ.ม. ต่อวัน) | pH | อุณหภูมิ (C) | BOD ₅ (กรัมต่อ ลบ.ม.) | COD (กรัมต่อ ลบ.ม.) | COD/ BOD | SS (กรัม ต่อลบ.ม.) | TS (กรัม ต่อ ลบ.ม.) | TVS (กรัมต่อ ลบ.ม.) | ของแข็ง แขวนลอย (กรัมต่อลบ.ม.) | Total N (กรัม ต่อลบ. ม.) | P (กรัม ต่อ ลบ.ม.) | K (กรัม ต่อ ลบ.ม.) | SO ₄ (กรัมต่อ ลบ.ม.) | ความ เป็นต่าง (กรัมต่อ ลบ.ม.) | ความ กระด้าง (กรัมต่อ ลบ.ม.) |
|---------------|--------|-------------------------------------|--------------|------------------|--|---------------------------|---------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------------|
| น้ำกากส่า | เฉลี่ย | 90 | 3.7 | 88.6 | 27,475 | 118,100 | 4.3 | 11,319 | 75,830 | 58,520 | 27 | 940 | 115 | 4,760 | 3,720 | - | - |
| | พิสัย | 23-400 | 2.3- 5.5 | 53-100 | 17,500- 45,000 | 56,970- 193,600 | 1.90- 7.67 | 5,240- 23,830 | 36,280- 123,640 | 30,280- 59,220 | Trace-260 | 40- 2,160 | 24-380 | 2,300- 8,900 | 1,820- 5,160 | - | - |
| น้ำล้างขวด | เฉลี่ย | 90 | 7.2 | 29.5 | 100 | 220 | 2.2 | 107.3 | 308.5 | 143.8 | - | 3.2 | 0.16 | - | - | - | - |
| | พิสัย | 4.0-720 | 4.5- 12.2 | 24-38.5 | 10-450 | 36-96 | - | 7-658 | 96-1,414 | 36-394 | - | 0.7- 10.5 | 0.08- 0.25 | - | - | - | - |
| น้ำหล่อเย็น | เฉลี่ย | 812 | 6.8 | 42.8 | 27 | 54.2 | 2.0 | 72.4 | 277.8 | 96.4 | - | 347 | 7 | - | - | 77 | 57 |
| | พิสัย | 16-4,560 | 4.3- 8.5 | 29-59 | 11-42 | 8-159 | 1-4 | 0.5-815 | 34-982 | 22-718 | - | 0.33- 3,000 | - | - | - | 5.6-130 | 606- 134 |

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (สวท.)

2.2.1 กรรมวิธีการผลิตสุรา

ในการผลิตสุรานั้น จะต้องใช้วัตถุดิบกากน้ำตาล (Molasses) และข้าวเหนียว โดยนำมาหมักในถังหมักในอัตราความเข้มข้นที่เหมาะสม พร้อมกับใส่เชื้อยีสต์ หรือเชื้อหมักและสารเคมีที่จำเป็น เช่นแอมโมเนียฟอสเฟต จากนั้นเมื่อหมักได้นาน 48 ชั่วโมงแล้ว เชื้อยีสต์ก็จะเปลี่ยนกากน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ (เอทิลแอลกอฮอล์) ส่วนผสมในถังหมักเมื่อได้แอลกอฮอล์แล้วรวมเรียกว่า เบียร์หรือ แมช (Beer or Mash) การแยกเอาแอลกอฮอล์ออกจากของเหลวรวม ทำได้โดยวิธีการกลั่น เพราะจุดเดือดของแอลกอฮอล์อยู่ที่อุณหภูมิราว 78.5 องศาเซลเซียส แต่ของเหลวอื่นหรือน้ำจะมีจุดเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส โดยใช้ไอน้ำให้ความร้อนแก่เบียร์แยกเอาแอลกอฮอล์ออกมา ในการกลั่นครั้งแรก จะได้น้ำผสมแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ร้อยละ 50 จากนั้นก็นำแอลกอฮอล์ส่วนนี้มาเจือจางราวร้อยละ 28 จะได้สุราขาว จากนั้นก็จะบรรจุขวดเพื่อจำหน่ายต่อไป

ในการทำสุราสีหรือสุราผสม ทำได้โดยใช้น้ำแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 50 นี้ นำไปกลั่นต่อในขั้นที่สอง เพื่อให้ได้แอลกอฮอล์เข้มข้นและบริสุทธิ์ร้อยละ 95 จากนั้นก็นำไปเก็บไว้เพื่อรอเจือจางด้วยน้ำโดยให้มีแอลกอฮอล์เข้มข้นราวร้อยละ 35 หรือ 35 องศาแล้วเติมสี ยาสมุนไพรหรือส่วนประกอบอื่นๆ ที่ทำให้เกิดกลิ่นหอม และรสชาติดี แล้วนำไปบรรจุเพื่อจำหน่ายต่อไป

2.2.2 ลักษณะน้ำทิ้งจากโรงงานสุรา

น้ำเสียจากโรงงานสุรา แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. น้ำเสียประเภทเจือจาง ได้แก่ น้ำล้างขวด น้ำที่มีอุณหภูมิสูง น้ำล้างพื้น
2. น้ำเสียประเภทเข้มข้น ได้แก่ น้ำกากสำ น้ำเสียที่มีอุณหภูมิสูง ได้แก่ น้ำจากการพ่นเข้า (Blow Down) เครื่องกำเนิดไอน้ำ และน้ำที่ใช้สำหรับหล่อเย็นในหม้อสำหรับทำให้น้ำกลายเป็นไอ (Condenser) ของเครื่องกลั่นสุรา

น้ำกากสำเป็นน้ำเสียส่วนใหญ่ของโรงงาน ซึ่งได้มาจากเครื่องกลั่นสุรา ลักษณะของน้ำกากสำจะอยู่ในรูปของเหลวสีน้ำตาล โดยมีสารอาหารสำหรับพืชในปริมาณพอสมควรที่จะนำไปเป็นปุ๋ยหรืออาหารได้ น้ำกากสำที่ใช้ในการทดลองได้ใช้น้ำเสียจากโรงงานสุราแสงโสม

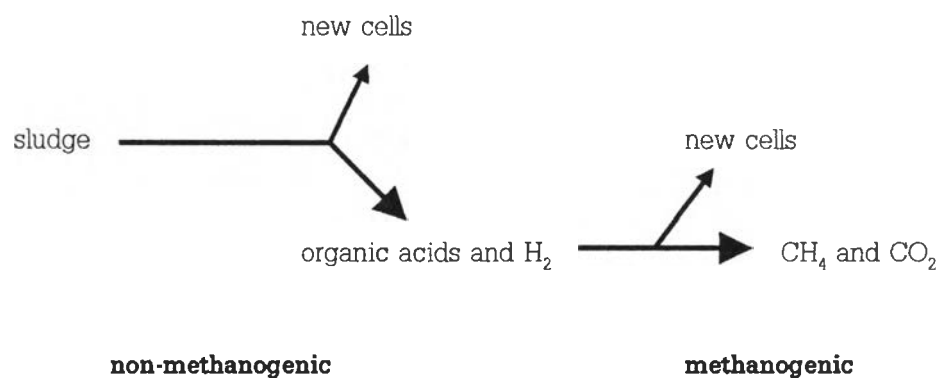
สีน้ำตาลเข้มในน้ำกากสำนั้น เกิดจากสองสาเหตุด้วยกัน คือ เกิดจากสีของคาราเมลจากน้ำตาลชนิดต่างๆ ที่มีเหลือในกากน้ำตาลที่ยีสต์ไม่ใช้ในการหมักแอลกอฮอล์ เป็นสารที่ไม่มีธาตุไนโตรเจน และเกิดจากสารเมลานอยดิน ซึ่งเป็นสารที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เกิดจากการรวมตัวระหว่างน้ำตาลชนิดต่างๆ กับกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ภายใต้อุณหภูมิสูง โดยผ่านกระบวนการปฏิกิริยา บราวน์นิ่ง (Browning Reaction) ซึ่งมีสีเหลืองถึงน้ำตาลเข้ม และมีผลทำให้น้ำกากน้ำตาลและน้ำกากสำมีสีน้ำตาลเข้มด้วย สารนี้เป็นสารที่ถูกย่อยสลายได้ยาก จึงเป็นปัญหาในการกำจัดก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ

ตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะของน้ำกากส่าที่ใช้ในการทดลอง

| Parameter | ปริมาณ | หน่วย |
|---------------------------------|--------|--------|
| พีเอช | 8.35 | - |
| COD | 36,247 | mg/l |
| BOD ₅ | 8,000 | mg/l |
| Alkalinity as CaCO ₃ | 10,600 | mg/l |
| Total Solids | 44,840 | mg/l |
| Suspended Solids | 3,725 | mg/l |
| Settleable Solids | ไม่พบ | mg/l/h |
| VFA as acetic acid | 535 | mg/l |
| Phosphate | 0.0144 | mg/l |
| Sulfate | 341 | mg/l |
| Total Nitrogen | 1,795 | mg/l |
| Potassium | 9,000 | mg/l |
| Calcium | 3,125 | mg/l |
| Sodium | 41 | mg/l |
| Total Volatile Solids | 24,690 | mg/l |

2.3 ปฏิกริยาชีวเคมีของกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยกิจกรรมของกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระยะ คือ ระยะ Non-methanogenic phase และ ระยะ methanogenic phase ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ใน sludge โดยแบคทีเรียในระยะ non-methanogenic และระยะ methannogenic

ระยะ Non-methanogenic phase เป็นระยะที่ค่อนข้างซับซ้อน เกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรียหลายพวกร่วมกันโดยต่อเนื่องในระยาะนี้แบ่งได้เป็น 3 ชั้น คือ

2.3.1 ระยะ Non-methanogenic

ชั้นที่ 1 กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

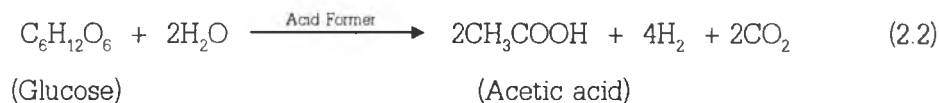
กระบวนการนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า กระบวนการแตกสลายโพลิเมอร์ (Polymer break-down) ในชั้นนี้สารประกอบอินทรีย์ประเภทซับซ้อนทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน จะถูกทำให้ละลายน้ำ โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งใช้เอนไซม์ของแบคทีเรียที่ปล่อยออกมาภายนอกเซลล์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้สารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ซับซ้อนและละลายน้ำได้ เช่นกลูโคส กรดอะมิโน กรดไขมัน ซึ่งแบคทีเรียสามารถดูดซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ การย่อยสลายในชั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับเอนไซม์ที่แบคทีเรียปล่อยออกมา การทำงานของเอนไซม์ที่จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ความเข้มข้นของเอนไซม์ อุณหภูมิ และการสัมผัสระหว่างสารอินทรีย์ เป็นต้น ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์แต่ละชนิด จะใช้เวลาต่างกัน ซึ่งในกระบวนการนี้เป็นเพียงการเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ที่ซับซ้อนให้เป็นสารประกอบอินทรีย์อย่างง่ายเท่านั้นจึงไม่มีการลดลงของปริมาณของซีโอดี ตัวอย่างของปฏิกิริยาในชั้นนี้แสดงได้ดังสมการที่ 2.1



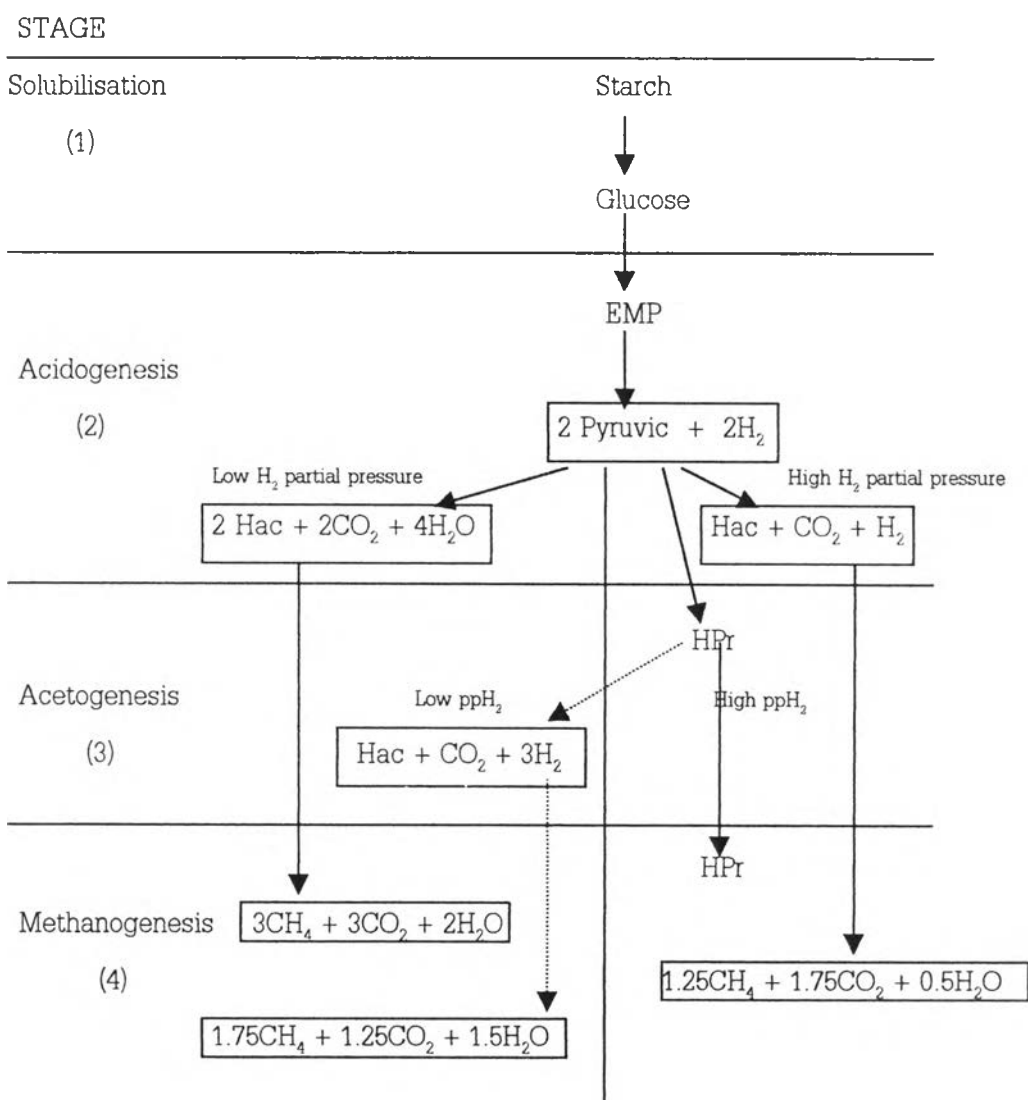
ชั้นที่ 2 กระบวนการสร้างกรด (Acidogenesis)

ในชั้นตอนนี้สารประกอบอินทรีย์อย่างง่ายที่ละลายน้ำ ที่สร้างขึ้นโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส จะถูกแบคทีเรียประเภทที่ดำรงชีพอยู่ได้ทั้งสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจนอิสระ (facultative bacteria) ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงาน โดยกระบวนการหมัก (fermentation) โดยผลของปฏิกิริยาจะทำให้ได้กรดระเหยง่าย (Volatile Acid) ที่มีคาร์บอนไม่เกิน 5 ตัว เช่น กรดอะซีติก(Acetic acid) กรดโพรไพโอนิก (Propionic acid) กรดบิวไทรค (Butyric acid) กรดวาเลอริก (Valeric acid) รวมทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน โดยจะได้สารชนิดใดขึ้นอยู่กับชนิดของสารจากขั้นตอนไฮโดรไลซิส และค่าความดันย่อยของไฮโดรเจน (hydrogen partial pressure , ppH_2) ผลของปฏิกิริยาที่ได้จะแตกต่างกันด้วย ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.3

ซึ่งแบคทีเรียพวกนี้เรียกว่าแบคทีเรียที่สร้างกรด (Acid Former) ซึ่งชนิดของแบคทีเรียจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและสภาพแวดล้อมของปฏิกิริยาด้วย ตัวอย่างของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้สามารถแสดงดังสมการที่ 2.2



Hindin และ Dunstan (1960) พบว่ากรดระเหยที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) และมีกรดบิวไทริก (butyric acid) เพียงเล็กน้อย



รูปที่ 2.3 การย่อยสลายของแป้งภายใต้สภาวะความดันพาร์เชียลของไฮโดรเจนมีค่าต่ำและสูง

ที่มา: Sam-soon et al., 1987

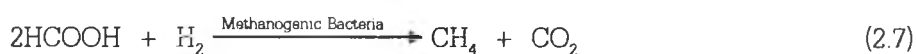
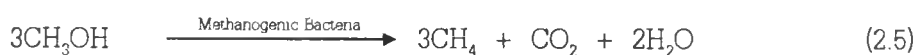
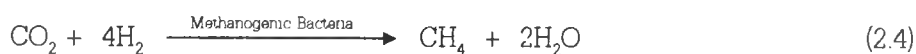
ขั้นที่ 3 กระบวนการอะซิเตท (Acetogenesis)

แบคทีเรียสร้างมีเทน ผลิตมีเทนได้โดยใช้กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก ไฮโดรเจน เมทานอล และเมทิลลามีน แต่ไม่สามารถใช้กรดไขมันระเหยที่มีคาร์บอนอะตอมมากกว่า 2 อะตอมได้ ดังนั้นแบคทีเรียพวก acetogenic จึงมีบทบาทสำคัญในการเชื่อมระหว่างขั้นตอนการสร้างกรดและขั้นตอนการสร้างมีเทนในกระบวนการนี้ กรดโวลาทิล (Volatile acid) ที่เกิดจากกระบวนการอะซิโตเจเนซิส (Acetogenesis) จะถูกเปลี่ยนโดย แบคทีเรียโฮโมอะซิโตเจนิค (Homoacetogenic Bacteria) ให้เป็น อะซิเตท (Acetate) ฟอร์มเมท (Formate) ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญในการสร้างมีเทน (Methane) ปฏิกิริยานี้ถือเป็นปฏิกิริยาสำคัญในการหลีกเลี่ยงการสะสมกรดโวลาทิล (Volatile acid) และไฮโดรเจนไม่ให้มีปริมาณที่สูงมากพอที่จะไปยับยั้งกระบวนการสร้างมีเทน (methane) ตัวอย่างของปฏิกิริยาขั้นนี้แสดงได้ดัง สมการที่ 2.3



2.3.2 ระยะ Methanogenic

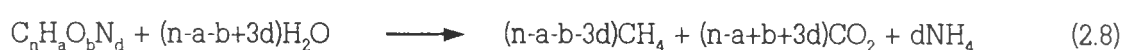
ในขั้นตอนนี้จะมีกระบวนการสร้างมีเทน (methane) โดยเกิดจาก substrate ในปลายระยะของ non-methanogenic phase ได้แก่ ไฮโดรเจน กรดฟอร์มิก คาร์บอนไดออกไซด์ และกรดอะซิติก ถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียที่สร้างมีเทน เรียกว่า Methanogenic Bacteria ดังสมการ โดยที่กลุ่มแบคทีเรียพวกนี้ จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมมาก การเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถถูกยับยั้งได้แม้จะมีปริมาณออกซิเจนเพียงเล็กน้อยก็ตาม



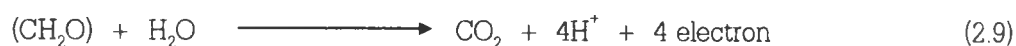
แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจัดอยู่ในกลุ่ม Archae bacteria โดยที่ Albagnac และคณะ (1987) รายงานว่าแบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจนและแบคทีเรียที่สร้างมีเทน เป็นแบคทีเรียที่ดำรงชีวิตอยู่ในสภาพไม่มีออกซิเจนเท่านั้น (strictly anaerobic bacteria) และเป็นแบคทีเรียที่มีความไวต่อออกซิเจนมาก นอกจากนี้แบคทีเรียจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีถ้า potential redox ในสารละลายตัวกลางมีค่าต่ำกว่า -500 mV

2.4 ชีวเคมีของกระบวนการสร้างมีเทน

การเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถเขียนสมการสตรอยชิโอเมตริก ของ Buswell ได้ดังสมการที่ 2.8 และดังรูปที่ 2.4



Anaerobic Bacteria จัดเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอน (ดังรูปที่ 2.5) ซึ่งสารอินทรีย์จะถูกออกซิไดส์ ตามสมการดังนี้



2.4.1 รูปแบบของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน แบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

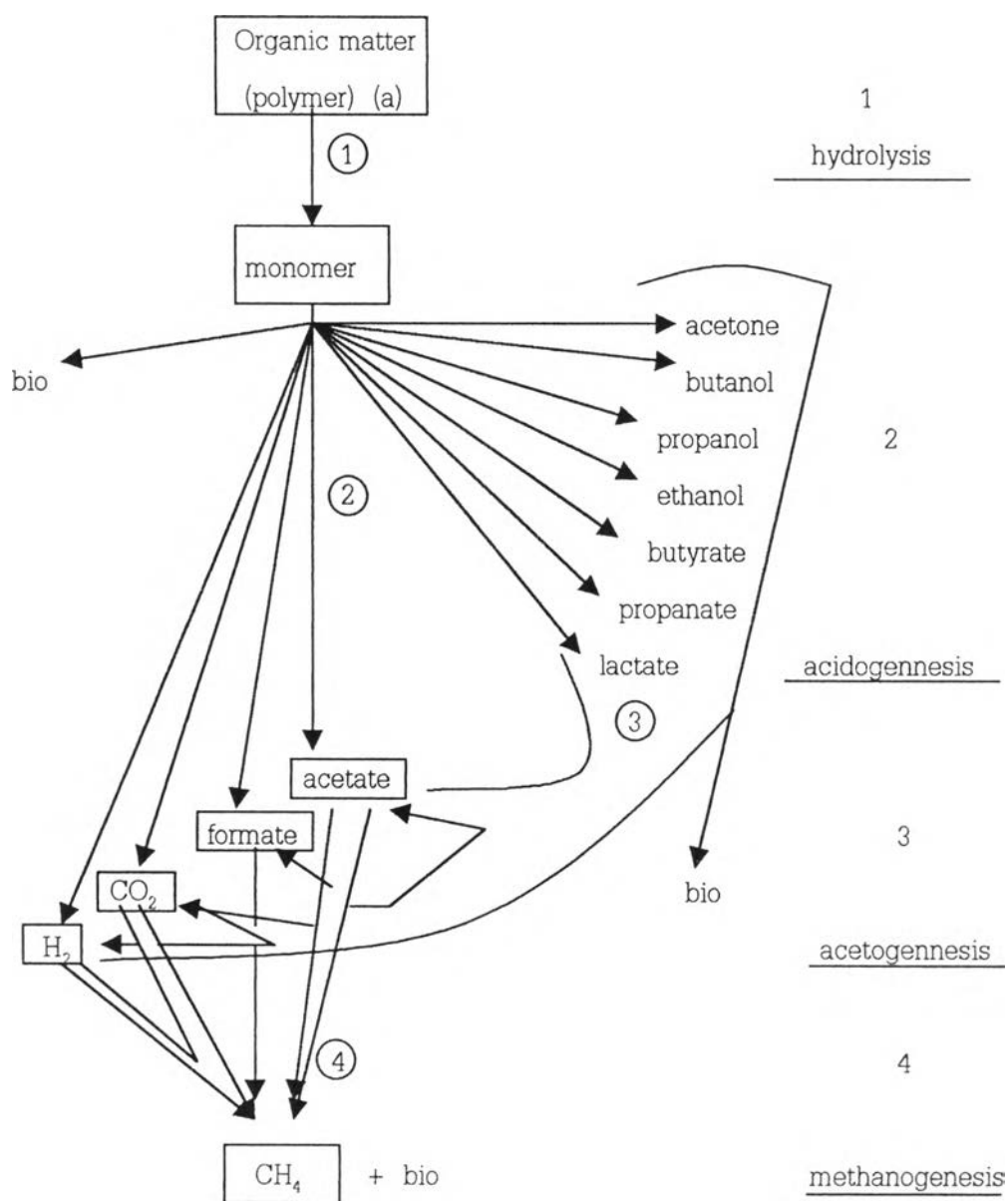
2.4.1.1 แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์

แบคทีเรียชนิดนี้จะได้คาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์ และได้พลังงานจำนวนมากจากไฮโดรเจน ปฏิกิริยาการย่อยสลายแสดงดังสมการที่ 2.10



สำหรับสารอื่นๆ แบคทีเรียชนิดนี้สามารถย่อยสลายกรดฟอร์มิก ได้เพียงสารเดียว ทั้งนี้เนื่องมาจากกรดฟอร์มิก (Formic acid) สามารถเปลี่ยนเป็นไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ง่าย ดังสมการที่ 2.11

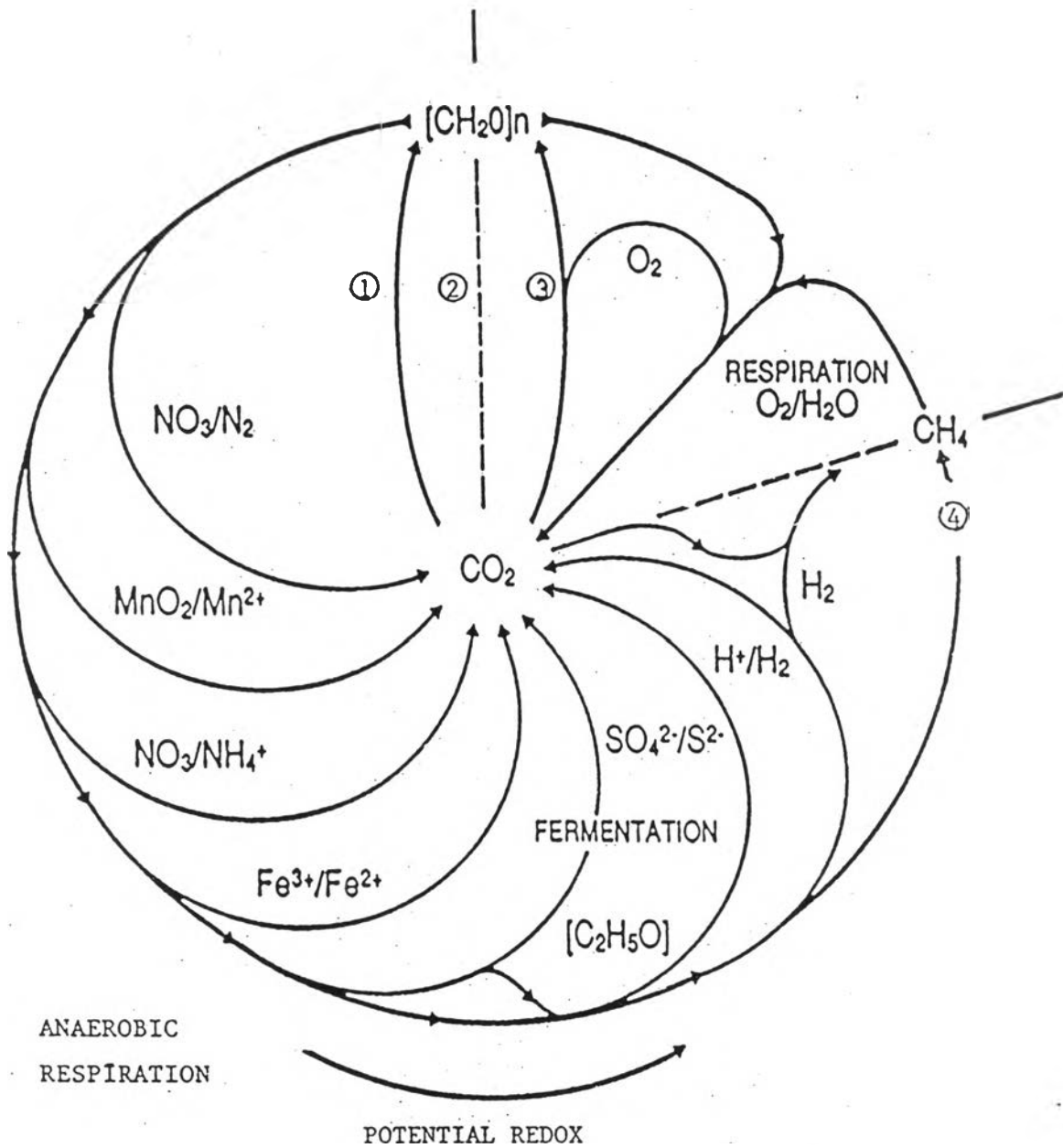




- BIO : Biomass
(a) : Protein , lipid , carbohydrate
(b) : Sugar , amino acid , volatile acid

รูปที่ 2.4 แสดงขั้นตอนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาแบบไร้ออกซิเจน

ที่มา: Perrier,1990

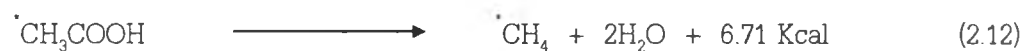


- (1) Bacteria
- (2) Photosynthesis
- (3) Algae , Plants
- (4) Synthesis of methane

รูปที่ 2.5 ปฏิกิริยาออกซิเดชันต่างๆที่ก่อให้เกิดการสังเคราะห์คาร์บอนไดออกไซด์
ที่มา: Caninez,1990

2.4.1.2 แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากกรดอะซิติก

จากการทดลองที่ใช้กัมมันตรังสีเป็นตัววัดร่องรอย ได้พบว่า มีเทนส่วนใหญ่ได้จากการแตกตัวของกรดอะซิติก ดังนี้



แต่อย่างไรก็ดียังมีข้อสงสัยว่าปฏิกิริยา (2.12) จะสามารถให้พลังงานเพียงพอแก่การดำรงชีวิตของเซลล์หรือไม่ (ทั้งนี้เพราะตามทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์อาจพิสูจน์ได้ว่า สมการ (2.12) ได้พลังงานไม่เพียงพอในการดำรงชีวิตของเซลล์) การเปลี่ยนกรดอะซิติกให้เป็นมีเทน อาจเกิดขึ้นได้ด้วย ปฏิกิริยาที่มีไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงานดังนี้



ในปฏิกิริยานี้ กรดอะซิติกเป็นสารตัวสุดท้ายในการรับอิเล็กตรอนจากไฮโดรเจน พลังงานที่ได้สูงกว่าที่ได้จาก สมการ (2.12) มาก และเชื่อว่าเพียงพอต่อการดำรงชีวิตของเซลล์

2.5 ระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ

กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ เป็นกระบวนการที่มีศักยภาพสูงสำหรับการบำบัดน้ำเสียหลายชนิด เป็นที่ยอมรับและมีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีมากในประเทศต่างๆ แต่ก็ยังไม่เป็นที่นิยมมากนักในอีกหลายๆประเทศเช่นกัน ซึ่งอาจจะมีเหตุผลเนื่องมาจาก

- ขาดแคลนข้อมูลที่เพียงพอเกี่ยวกับการติดตั้งระบบ
- ขาดหลักความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมสุขาภิบาล
- เนื่องจากเหตุผลทางด้านการค้า
- ขาดการให้การศึกษาทางด้านวิศวกรรม
- ขาดโครงสร้างสาธารณูปโภคพื้นฐาน
- กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ มีลักษณะทางเทคโนโลยีชีวภาพมากกว่าทางด้านวิศวกรรมโยธา/สุขาภิบาล
- เทคโนโลยีด้านนี้ยังไม่เป็นที่ยอมรับมากนัก จากสถาบันค้นคว้าและบริษัทเอกชน

ระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1968 (Young และ McCarty, 1969) ซึ่งเป็นการนำเอาข้อดีของระบบยูเอเอสบีและระบบกรองไร้อากาศเข้าด้วยกันทำให้ระบบดังกล่าวสามารถบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำไปจนถึงสูงได้ (Gorur และคณะ, 1986; Guiot และคณะ, 1984) นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงให้ระบบสามารถลดความสกปรกจากน้ำเสียชนิดต่างๆได้ อันเนื่องมาจากการที่มีจุลชีพหลากหลายชนิดแตกต่างกันมาเจริญเติบโตร่วมกันในตุ๊กกลางพลาสติก ถึงแม้ว่าอัตราการเจริญของจุลชีพดังกล่าวจะช้าก็ตาม (Guang Hao Chen และคณะ, 1997)

ระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศเริ่มเป็นที่นิยมในระยะ 10 ปีให้หลังมานี้ ไม่ได้เป็นที่นิยมเพียงแต่ในประเทศในแถบยุโรปเท่านั้น แต่ความนิยมยังมาถึงประเทศในกลุ่มเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ด้วย ซึ่งใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่อย่างไรก็ตามระบบก็ยังคงไม่เหมาะกับการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารแขวนลอยสูง เพราะอาจเกิดการยับยั้งการเกิดเม็ดของสลัดจ์ ทำให้กิจกรรมการผลิตก๊าซมีเทนอ่อนแอลง (Sayed, 1987)

ระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศจะประกอบไปด้วยชั้นนอนของสลัดจ์อยู่บริเวณชั้นล่างของถังปฏิกรณ์ คล้ายกับระบบยูเอเอสบี และนอกจากนั้นยังมีชั้นของตุ๊กกลาง (อาจใช้เป็นตัวกลางพลาสติก) ที่ทำงานคล้ายกับระบบกรองไร้อากาศจัดวางอยู่ด้านบนของถังปฏิกรณ์ (Young และ McCarty, 1969) ซึ่งโดยทั่วไปนั้น ภายในระบบในส่วนของยูเอเอสบีจะประกอบไปด้วยมวลชีวะที่จับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนที่มีความสามารถในการตกตะกอนสูงตลอดจนมีกิจกรรมทางชีวะ (bioactivity) สูง ในขณะที่ชั้นที่มีตุ๊กกลางพลาสติกนั้นจะเป็นที่เจริญเติบโตของจุลชีพชนิดเกาะติด ซึ่งตุ๊กกลางจะช่วยเก็บกักมวลชีวะให้คงอยู่ในระบบ โดยที่ประสิทธิภาพของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของน้ำเสียกับทั้งจุลชีพที่แขวนลอยที่อยู่ในส่วนล่างและจุลชีพที่เกาะติดซึ่งอยู่ในส่วนบนของถังปฏิกรณ์ (Tilche และ Vieira, 1991)

น้ำเสียจะเข้าสู่ระบบที่กั้นถังและไหลผ่านเข้าไปยังถังปฏิกรณ์ ซึ่งภายในถังจะเป็นมวลชีวะเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะเป็นจุลชีพพวก Hydrolytic bacteria และ Fermentative bacteria ซึ่งเจริญเติบโตอยู่บริเวณชั้นล่างของถังปฏิกรณ์ โดยที่การเติบโตของสลัดจ์เป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในระบบนี้ ดังนั้นระบบจึงควรมีการสะสมของมวลชีวะให้มากที่สุด (Punal และคณะ, 1999)

2.6 สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ

เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนประกอบด้วยจุลชีพ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรียที่ไม่สร้างมีเทน และกลุ่มแบคทีเรียที่สร้างมีเทน จุลชีพทั้ง 2 กลุ่มนี้มีการทำงานอย่างต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงจำ

เป็นต้องรักษาสภาพแวดล้อมให้มีสภาพที่เหมาะสมที่จะทำให้จุลชีพเหล่านี้อยู่ด้วยกันได้อย่างดี ซึ่งนอกจากจะรักษาสภาพระบบให้อยู่ในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน ยังต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ ได้แก่

2.6.1 อุณหภูมิ

การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน มีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ 2 ช่วง คือ ระหว่าง 30-38 องศาเซลเซียส ช่วงหนึ่ง จุลชีพที่ทำงานช่วงนี้เรียกว่า “เมโสฟิลิก แบคทีเรีย” (mesophilic bacteria) อุณหภูมิระหว่าง 48-57 องศาเซลเซียส อีกช่วงหนึ่ง จุลชีพที่ทำงานในช่วงนี้เรียกว่า “เทอร์โมฟิลิก แบคทีเรีย” (Thermophilic bacteria) โดยที่การทำงานของจุลชีพในช่วงเทอร์โมฟิลิก จะดีกว่า ช่วงเมโสฟิลิก

โดยปกติอุณหภูมิภายนอกและภายในถังหมักแบบไร้ออกซิเจนจะแตกต่างกัน 1 ถึง 2 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่า ความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนมีไม่มาก

Kotze และคณะ (1969) กล่าวว่า การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอย่างกะทันหันแม้เพียง 2 ถึง 3 องศาเซลเซียส สามารถทำให้การเกิดก๊าซมีเทนเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นเพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพที่ดี ควรควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงแคบๆของอุณหภูมิที่ปฏิบัติงาน ค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ยอมรับให้สำหรับระบบในช่วงเมโสฟิลิก คือ ± 2.8 องศาเซลเซียส สำหรับสภาวะเทอร์โมฟิลิก ที่อุณหภูมิ 49 องศาเซลเซียส คือ ± 0.8 องศาเซลเซียส และ ± 0.3 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 49 องศาเซลเซียส

2.6.2 สารอาหารจำเป็นสำหรับการสร้างเซลล์จุลินทรีย์

ปริมาณธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียอย่างน้อยที่สุด ต้องมีอัตราส่วนประมาณดังนี้ COD : N : P เท่ากับ 100 : 1.1 : 0.2 (McCarty, 1964) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะมีปริมาณจุลินทรีย์ส่วนเกินน้อยกว่าระบบที่ใช้ออกซิเจนมาก ดังนั้นจึงมีปัญหาในการจัดการตะกอนส่วนเกินน้อยกว่า

2.6.3 สภาพความเป็นกรดและด่าง

พีเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.6 - 7.6 ถ้าค่าสูงหรือต่ำกว่านี้ ประสิทธิภาพของระบบจะลดลง และถ้าพีเอชต่ำกว่า 6.2 ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นค่า พีเอชที่นิยมใช้ในการควบคุมระบบแบบไม่ใช้ออกซิเจนอยู่ในช่วง 6.8 - 7.2 ซึ่งสามารถทำได้โดยการควบคุมปริมาณกรดโวลลาไทล์และปริมาณด่าง โดยให้อัตราส่วนระหว่างกรดโวลลาไทด์และสภาพความเป็นด่างต้องไม่เกิน 0.3 - 0.4

Dague และคณะ (1970) พบว่าค่าพีเอชต่ำกว่า 6.5 ความเข้มข้นของกรดระเหย 5,400 กรัมต่อลบ.ม. สามารถยับยั้งการผลิตก๊าซของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนได้และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอช 7.0 ความเข้มข้นของกรดระเหยเท่าเดิม ปรากฏว่า การผลิตก๊าซยังคงดำเนินต่อไป แม้ว่าความเข้มข้นของกรดระเหยจะ

เพิ่มสูงถึง 7,200 กรัมต่อลบ.ม. แต่ถ้าควบคุมพีเอชไว้ได้ การผลิตก๊าซของแบคทีเรียกลุ่มนี้จะเกิดมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าค่าพีเอชมีความสำคัญต่อการควบคุมการทำงานของระบบการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน

Kirsch และ Sykes (1971) รายงานว่า โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) เป็นสารเคมีที่ดีที่สุด ในการควบคุมพีเอชของระบบการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน เนื่องจากสารเคมีตัวนี้สามารถละลายน้ำได้ดี และให้ความเป็นด่างในรูปไบคาร์บอเนตแก่ระบบโดยตรง

2.6.4 สภาพไม่ใช้ออกซิเจน

ถ้ามีออกซิเจนจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียพวกมีเทนฟอร์มเมอร์ (methane former)

2.6.5 สารพิษ

ในระบบบำบัดต้องไม่มีสารพิษต่อจุลินทรีย์ในระบบ อาทิเช่น ซัลไฟด์ โลหะหนักต่างๆ เกลิออนินทรีย์ และแอมโมเนีย เป็นต้น ความรุนแรงของพิษขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารนั้นๆ โดยถ้ามีความเข้มข้นมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่ใช้ในระบบ อย่างไรก็ตามสารพิษบางชนิดอาจทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของแบคทีเรียได้เมื่อมีความเข้มข้นที่เหมาะสม

2.6.5.1 พิษของซัลไฟด์ ในระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน ซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นอาจอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ หรือไม่ละลายน้ำขึ้นอยู่กับอิออนบวกที่รวมตัวอยู่ ซัลไฟด์ที่รวมตัวกับโลหะหนักจะไม่ละลายน้ำและตกตะกอนลงได้ จึงไม่เป็นอันตรายต่อจุลชีพ ส่วนซัลไฟด์ที่ละลายน้ำได้จะอยู่ในรูปของกรดอ่อน ซึ่งสามารถแตกตัวได้

McCarty (1964) พบว่าจุลชีพในระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนสามารถทนต่อซัลไฟด์ที่ละลายน้ำในปริมาณ 50-100 กรัมต่อลบ.ม. และสามารถทนได้ถึง 200 กรัมต่อลบ.ม. ถ้ามีการทำให้เคยชินเสียก่อน แต่ถ้าความเข้มข้นสูงมากกว่า 200 กรัมต่อลบ.ม. จะเป็นพิษต่อจุลชีพทันที

Eis และคณะ (1983) ได้ศึกษาผลของสารประกอบกำมะถัน พบว่าผลกระทบส่วนใหญ่ของกำมะถันต่อการทำงานของระบบคือ ทำให้เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งจะลดประสิทธิภาพในการกำจัด COD ของระบบ ส่วนผลกระทบของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) จะทำให้พีเอชลดลง และเพิ่มความต้องการในการเติมพวกต่างให้แก่ระบบ เพื่อรักษาพีเอชของระบบให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับจุลชีพที่สร้างก๊าซมีเทน

2.6.5.2 พิษของโลหะหนัก เช่น Cu , Ni , Cr , Pb , Zn , Hg เป็นต้น อิออนของโลหะหนักเหล่านี้ แสดงความเป็นพิษเมื่ออยู่ในรูปของสารละลาย แต่ถ้ารวมตัวกับซัลไฟด์ จะได้เกลิอซัลไฟด์ของโลหะหนักซึ่งอยู่ในรูปของตะกอนที่ไม่ละลายน้ำและไม่เป็นพิษต่อจุลชีพในระบบ

Lawrence และ McCarthy (1965) กล่าวว่า เมื่อซัลเฟตของทองแดง (CuSO_4) สังกะสี (ZnSO_4) นิกเกิล (NiSO_4) และเหล็ก (FeSO_4) ถูกป้อนเข้าสู่ระบบจะมีผลต่อการผลิตก๊าซเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพราะซัลเฟตจะถูกรีดิวส์ไปเป็นซัลไฟด์ ซึ่งสามารถรวมกับโลหะหนักกลายเป็นโลหะหนักซัลไฟด์ที่ไม่ละลายน้ำ

2.6.5.3 พืชของแอมโมเนีย โดยทั่วไปปริมาณแอมโมเนียในระบบบำบัดไร้ออกซิเจน เกิดจากการย่อยสลายสารพวกที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น โปรตีน และ ยูเรีย เป็นต้น ซึ่งแอมโมเนียที่เกิดขึ้นนี้อาจอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) หรือในรูปของก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) และจะอยู่ในรูปไหนมากกว่ากันนั้นขึ้นอยู่กับพีเอชหรือความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน

McCarty (1964) รายงานว่า ที่พีเอชสูงกว่า 7.4 ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน 1,500 ถึง 3,000 กรัมต่อลบ.ม. จะมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของจุลชีพ และถ้าความเข้มข้นมากกว่า 3,000 กรัมต่อลบ.ม. จะเป็นพิษต่อจุลชีพที่ทุกๆค่าพีเอช

Hobson และ Shaw (1976) ได้ศึกษาอิทธิพลของแอมโมเนียไนโตรเจนกับจุลชีพ *ethanobacterium formicum* พบว่าขีดจำกัดของแอมโมเนียไนโตรเจนต่อจุลชีพเป็นไปตามที่ McCarthy ได้รายงานไว้

2.6.5.4 พืชของสารอินทรีย์ สารอินทรีย์บางชนิดมีผลยับยั้งหรือเป็นพิษต่อระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนได้ เช่น พวกแอลกอฮอล์ สารประกอบประเภทอะโรมาติก และกรดไขมันที่มีโซ่ยาว เป็นต้น

Noack (1980) ได้รายงานว่าปริมาณฟีนอล (Phenol) ร้อยละ 0.1-0.4 ของปริมาณของแข็งทั้งหมดในระบบ มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของระบบ และจะเป็นพิษทันทีเมื่อมีปริมาณมากกว่าร้อยละ 0.4 ของปริมาณของแข็งทั้งหมดในระบบ

Johnson และ Young (1976) กล่าวว่า ผลการยับยั้งของสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นพิษ มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติต่างๆของสารประกอบอินทรีย์นั้นๆ เช่น คุณสมบัติการละลายน้ำ การย่อยสลายทางชีวภาพ และคุณสมบัติการดูดซับ เป็นต้น

2.7 สาเหตุของการเสียน้ำของปฏิบัติการในระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ

สาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่งของการเสียน้ำของระบบบำบัด คือการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเสีย หรือปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนให้กับระบบ ผลที่เกิดขึ้นทำให้มีความเข้มข้นของกรดอินทรีย์สูงขึ้น และติดตามด้วยการเปลี่ยนแปลงของอัตราการสร้างมีเทน ถ้าอัตราการสร้างมีเทนไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าการเจริญเติบโตของ

แบบที่เรียกสร้างมีเทนมิได้ถูกยับยั้ง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและระยะเวลาที่เก็บก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสียดุลของระบบบำบัดได้ อุณหภูมิที่ลดลงหรือระยะเวลาที่เก็บน้ำที่ลดลง ทำให้อัตราการสร้างมีเทนลดลงได้อย่างเด่นชัด การมีสารพิษอยู่ในน้ำเสียหรือตะกอนสลัดจ์ ก็เป็นสาเหตุที่สำคัญมากที่ทำให้ระบบต้องเสียดุล การลดลงของอัตราการสร้างมีเทนโดยไม่มี的增加ขึ้นของกรดอินทรีย์ หรือไม่มีเปลี่ยนแปลงของพีเอช เป็นเครื่องแสดงว่ามีสารพิษยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทั้งสองประเภท สารพิษเหล่านี้อาจได้แก่ โลหะหนัก หรือซัลไฟด์ ในกรณีนี้เราต้องพยายามหาแหล่งกำเนิดของสารพิษและหยุดยั้งมันให้ได้ แต่ก่อนอื่นจะต้องแก้ปัญหาเฉพาะหน้าด้วยการเติมสารเคมีเพื่อทำลายสารพิษที่มีอยู่ก่อน ถ้าอัตราการสร้างมีเทนลดลงพร้อมๆ กับการเพิ่มขึ้นของระดับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ แสดงว่าการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนถูกยับยั้งด้วยสารพิษบางอย่าง ซึ่งอาจเป็นแอมโมเนียก็ได้ การแก้ที่กระทำได้ก็คือ การลดปริมาณน้ำเสียหรือตะกอนที่ป้อนเข้าสู่ระบบให้เหลือน้อยลง เพื่อป้องกันไม่ให้เป็นเหตุให้เกิดความเสียหายและล้มเหลว ในขณะที่เดียวกันก็พยายามค้นหาสาเหตุที่แท้จริงและทำการแก้ไขให้เรียบร้อย

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการแก้ไขปัญหาต่างๆ คือ ในระหว่างการค้นหาและการแก้ไขสาเหตุ จะต้องควบคุมพีเอชให้มีระดับเป็นกลางอยู่ตลอดเวลาการกระทำเช่นนี้จะช่วยบรรเทาความเสียหายและช่วยทำให้ระบบฟื้นตัวได้เร็วการควบคุมพีเอช

โดยทั่วไปแล้วระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำและระดับของคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซจะเป็นตัวกำหนดระดับพีเอชของปฏิกรณ์ไร้ออกซิเจน ตัวอย่างเช่น ถ้าก๊าซชีวภาพมีคาร์บอนไดออกไซด์ 30% และระดับความเป็นด่างในถังหมักเท่ากับ 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร ระบบจะมีระดับพีเอชที่อุณหภูมิ 20°C เท่ากับ 6.8 ถ้าสมมุติว่าระบบล้มเหลว ทำให้ในก๊าซชีวภาพมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 50% สิ่งที่เกิดขึ้นคือ พีเอชของระบบจะลดลงเหลือประมาณ 6.55

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า ความล้มเหลวของระบบยูเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศมักติดตามมาด้วยการลดลงของพีเอชเสมอ ทำให้ต้องมีการเติมสารเคมีเพื่อยกระดับพีเอชให้สูงขึ้นจนเป็นกลาง สารเคมีที่ใช้มีหลายอย่าง เช่น ปูนขาว โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น ถ้าไม่ใช้สารเคมีอาจมีการเพิ่มพีเอชโดยการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกเสียบ้าง ผลที่เกิดจากการเติมสารเคมีต่างชนิดกันจะไม่เหมือนกัน เนื่องจากสารเคมีบางอย่าง เช่น ปูนขาว หรือโซดาไฟ สามารถดึงคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากบรรยากาศเหนือน้ำมาทำปฏิกิริยาด้วย แต่สารเคมีบางอย่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ จะสามารถเพิ่มความเป็นบัฟเฟอร์ให้แก่ได้ โดยที่ไม่ทำให้ระดับคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลง เพื่อให้สามารถเข้าใจถึงความแตกต่างที่ได้รับจากการใช้สารเคมีต่างชนิดกัน

2.7.1 ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์

โดยปกติความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ประมาณ 200-400 มิลลิกรัม/ลิตร (ในเทอมของกรดอะซิติก) อาจถือเป็นสัญญาณที่แสดงว่าปฏิบัติการของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศทำงานได้ดี อย่างไรก็ตามปริมาณของกรดยังไม่สำคัญเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรด ถึงแม้ว่าอาจทำงานได้ดี แม้จะมีความเข้มข้นของกรดอินทรีย์สูงกว่า 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจะเป็นสัญญาณให้เห็นของการเสียดุลที่เกิดขึ้นกับระบบ การเพิ่มแบบรวดเร็วและทันทีของความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ แสดงว่ามีบางอย่างเกิดขึ้นทำให้เกิดการชะลอการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน หรือทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างกรดถูกเร่งให้เร็วขึ้น

นอกจากนี้ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของกรดอินทรีย์ก็มีความสำคัญ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าความเข้มข้นของกรดโพไฟโฟนิกสูงกว่า 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ก็จะมีปัญหาเรื่องพิษเพิ่มขึ้นมาอีกอย่างหนึ่งนอกจากปัญหาเรื่องพีเอชต่ำ เป็นต้น อย่างไรก็ตามค่าที่พีเอชมีค่าเป็นกลาง ปัญหาต่างๆ จะเกิดขึ้นน้อย แม้ว่าระดับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์อย่างอื่นจะสูงก็ตาม และโดยทั่วไปแล้ว ควรตระหนักว่า การที่กรดอินทรีย์มีความเข้มข้นสูงมักเป็นผลมาจากการขาดสมดุลระหว่างแบคทีเรียทั้งสองชนิด และไม่ใช้เป็นตัวเหตุของการขาดสมดุล

Buswell (1952) ได้กล่าวไว้ว่าในถังหมักแบบไร้ออกซิเจนความเข้มข้นของกรดระเหยคิดในรูป CH_3COOH ต้องไม่เกิน 2,000-3,000 กรัมต่อลบ.ม. มิฉะนั้นจะเป็นผลทำให้ปริมาณก๊าซลดลง และอาจหยุดยั้งขั้นตอนการเกิดก๊าซมีเทนได้

Krocker (1979) ได้กล่าวว่า ความเข้มข้นของกรดระเหยที่ไม่แตกตัว 30-60 กรัมต่อลบ.ม. จะเป็นพิษต่อระบบ แต่ถ้าพีเอชสูงขึ้นการแตกตัวของกรดระเหยจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งช่วยลดความเข้มข้นของกรดระเหยที่ไม่แตกตัวและลดความเป็นพิษ

Lettinga (1980) ได้รายงานว่า กรดระเหยในรูปที่ไม่แตกตัว มีฤทธิ์ยับยั้งต่อจุลชีพ เนื่องจากผนังเซลล์ของจุลชีพจะยอมให้โมเลกุลที่ไม่แตกตัวซึมผ่านได้ดีกว่าโมเลกุลที่แตกตัวเป็นไอออน ดังนั้นค่าพีเอชต่ำ กรดระเหยจะถูกจุลชีพใช้มากขึ้น เมื่อกรดระเหยซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลชีพจะแตกตัวทันทีทำให้ค่าพีเอชลดลง ซึ่งเป็นผลให้เอนไซม์มีฤทธิ์เปลี่ยนไปในทางตรงกันข้าม สมมุติฐานนี้อาจจะใช้อธิบายในกรณีที่กรดระเหยมีฤทธิ์ยับยั้งอย่างรุนแรงที่ค่าพีเอชต่ำได้ (พีเอชต่ำกว่า 5.8)

2.7.2 ระดับความเป็นด่างในรูปไบคาร์บอเนต

ข้อมูลในเรื่องสภาพความเป็นด่าง บอกให้เราทราบถึงว่ามีกำลังบัฟเฟอร์ (Buffer Capacity) เหลืออยู่เท่าไรในระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศนี้ถือว่าสำคัญเพราะถ้ากำลังบัฟเฟอร์ต่ำ ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้พีเอชลดลงได้มากและรวดเร็ว ซึ่งเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างมีเทน ระดับสภาพความเป็นด่างควรจะสูงเท่าใดจึงจะทำให้ระบบมีกำลังบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมนั้น กำหนดให้แน่นอนได้ยากเพราะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและความเข้มข้นของน้ำทิ้ง ถ้าน้ำทิ้งมีความเข้มข้นสูงก็มีโอกาสที่จะผลิต ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ได้มาก อาจเป็นผลให้ Buffer Capacity ของระบบเพิ่มขึ้นได้ โดยทั่วไประบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศควรมีสภาพความเป็นด่างประมาณ 1,500-2,000 มิลลิกรัม/ลิตร ปัจจัยที่สำคัญกว่าระดับความเป็นด่างคือ อัตราส่วนของความเข้มข้นของกรดโวลไทล์ (มก. ของกรดอะซิติก) ต่อระดับของความเป็นด่างในรูปของไบคาร์บอเนต (มก. ของ CaCO₃) トラบได้ที่อัตราส่วนนี้น้อยกว่า 0.4 ระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศจัดว่ามีกำลังบัฟเฟอร์สูง การเพิ่มของอัตราส่วนนี้เป็นสัญญาณของการเสียสมดุลของระบบ และแสดงว่ากำลังบัฟเฟอร์ที่มีอยู่เดิมลดน้อยลง และไม่เพียงพอ ถ้าอัตราส่วนนี้สูงกว่า 0.8 แสดงว่าระบบไร้อากาศกำลังอยู่ในขั้นที่พีเอชลดลงอย่างรวดเร็วถ้ามีการเพิ่มเพียงเล็กน้อยของกรดโวลไทล์ (Volatile acid)

Graef และ Andrew (1974) พบว่า การเพิ่มความเป็นด่างในรูปไบคาร์บอเนตให้แก่ระบบ ทำให้เพิ่มเสถียรภาพของระบบเพิ่มขึ้นได้ ตัวอย่างเช่นที่ SRT 15 วัน เมื่อเพิ่มความเป็นด่างในรูปไบคาร์บอเนตจาก 3,000 กรัมต่อลบ.ม. เป็น 4,000 กรัมต่อลบ.ม. เสถียรภาพของระบบจะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 10

2.7.3 ระดับพีเอช

พีเอชไม่ใช่สัญญาณที่เร็วพอจะบอกถึงการทำงานผิดพลาดของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศได้ทันทั่วทั้งนี้เพราะความเสียหายเกิดขึ้นเสียก่อนที่พีเอชจะลดลง อย่างไรก็ตามข้อมูลของพีเอชก็ยังมีค่าสำคัญ เพราะแบคทีเรียทั้งสองชนิดโดยเฉพาะชนิดที่สร้างมีเทนสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงแคบๆ เท่านั้น ถ้าไม่มีการควบคุมให้พีเอชมีค่าเป็นกลาง การเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนก็จะถูกยับยั้งทำให้ระบบล้มเหลวได้ นอกจากนี้การรักษาให้ระดับพีเอชเป็นกลางยังเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่งถ้าเรากำลังจะแก้ไขให้ระบบฟื้นตัวจากการเสียสมดุล

2.7.4 อัตราการผลิตมีเทน

อัตราการสร้างมีเทนเป็นเครื่องวัดโดยตรงของ Metabolic Activity ของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน และถือเป็นเครื่องวินิจฉัยสมรรถนะของระบบไร้ออกซิเจนที่มีความสำคัญมาก การเปลี่ยนแปลงของอัตราการ

ผลิตมีเทนมีความสำคัญกว่าค่าปริมาณการผลิต เพราะเป็นสัญญาณที่บอกว่าจะมีความผิดปกติเกิดขึ้นกับ
แบคทีเรียที่สร้างมีเทน

2.7.5 ค่าโออาร์พี (ORP)

ปฏิกิริยาแต่ละประเภทจะมีค่าโออาร์พีประจำแต่ละปฏิกิริยาดังแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าโออาร์พีของปฏิกิริยาประเภทต่างๆ

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

* Ag/Ag₂Cl₂ Reference Electrode

ที่มา : มั่นสิน , 2536

ถังย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนที่ทำงานได้ดีต้องมีค่าโออาร์พีอยู่ในช่วง -300 ถึง -500 มิลลิโวลท์ ถ้า
ค่าโออาร์พีเป็นลบน้อยๆ หรือมีค่าเป็นบวก ย่อมแสดงว่าปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดขึ้นน้อยหรือไม่เกิด

2.7.6 สัญญาณอื่น

สัญญาณที่อาจบอกถึงการเสียดุลของระบบระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศมี
อีก 2 ชนิดได้แก่ ส่วนประกอบของก๊าซรวม และอัตราการผลิตก๊าซ เนื่องจากสัญญาณทั้งสองชนิดนี้เกิดขึ้น
จากปฏิกิริยาร่วมกันอย่างซับซ้อนของแบคทีเรียทั้งสองประเภท การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเล็กน้อยมักไม่เป็น
เครื่องชี้สมรรถนะของระบบ การเสียดุลของแบคทีเรียประเภทสำคัญทั้งสองอย่าง มักให้อัตราการสร้าง
มีเทนที่ลดลง และอัตราการสร้างคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากส่วนประกอบของก๊าซที่เปลี่ยน
แปลงไป การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของก๊าซนี้มักเกิดขึ้นก่อนมีการเปลี่ยนปริมาณก๊าซทั้งหมดที่ผลิตได้

2.8 ข้อดี-ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ

ข้อดี

1. เหมาะกับการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง
2. การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนของตะกอนชั้นแรกของน้ำเสียขุมชนลดความเข้มข้นของจุลชีพทำให้เกิดโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. เหมาะสำหรับย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น ไม่มีกลิ่นที่น่ารังเกียจและใช้ประโยชน์เป็นตัวปรับสภาพดิน หรือเป็นปุ๋ย
4. ปฏิกริยาขั้นสุดท้ายได้ก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นผลผลิตหลักที่มีค่า
5. ตะกอนสลัดจ์ มีเสถียรภาพสูง มีเซลล์เกิดใหม่ในปริมาณต่ำ ไม่ต้องทำการหมุนเวียนตะกอน
6. มีปัญหาในการกำจัดกากตะกอน
7. ต้องการอาหารเสริมน้อยกว่า เพราะแบคทีเรียมีอัตราการเจริญต่ำ
8. ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้อยกว่า เพราะไม่ต้องใช้ออกซิเจน
9. ตะกอนหลุดออกไปกับน้ำทิ้งน้อย เนื่องจากมีตัวกรองกั้นขวาง

ข้อเสีย

1. ระบบต้องการการดูแลควบคุมอย่างใกล้ชิดเพราะความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มจุลชีพหลักไม่คงที่
2. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดของจุลชีพค่อนข้างต่ำ ทำให้การตอบรับการเปลี่ยนแปลงของระบบอีตาด
3. สารอินทรีย์สังเคราะห์บางอย่างต้านการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน จึงจำกัดการใช้ระบบและโดยทั่วไปน้ำที่ออกจากระบบจะมีสารอินทรีย์ละลายที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้มากพอ ทำให้ไม่สามารถทิ้งโดยตรงได้
4. ในบางสภาพต้องการการแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้เงินลงทุนของระบบไร้ออกซิเจนจะสูง
5. ระบบปรับตัวได้ไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทิ้ง ปริมาณบีโอดี และสภาพแวดล้อมอื่นๆ
6. ในระบบมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดขึ้น ทำให้มีกลิ่นเหม็น และน้ำทิ้งอาจมีสีดำได้ เนื่องจากไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำปฏิกิริยากับไอออนของโลหะต่างๆในน้ำทิ้ง ได้เป็นสารประกอบซัลไฟด์ซึ่งมีสีดำ
7. ในการใช้งานจริงนั้น ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการกระจายน้ำซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการไหลลัดทางได้
8. กำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้น้อย
9. ระยะเวลาในการเริ่มต้นการทำงานของระบบ ใช้เวลานานกว่าระบบใช้อากาศ
10. เส้นทางการไหลของน้ำเสียผ่านภายในระบบมักจะไปได้ไม่ทั่วถึง ทำให้มีส่วนของการตายของจุลชีพ (Dead Zone) ที่ไม่ได้รับน้ำเสีย
11. ระบบอาจเกิดการอุดตันภายในตัวกลางได้เมื่อใช้งานเป็นระยะเวลานาน

2.9 การบำบัดน้ำกากส่า

เนื่องจากน้ำกากส่าในโรงงานผลิตแอลกอฮอล์และสุราทำให้เกิดปัญหามลภาวะของแม่น้ำลำคลองที่ถูกละทิ้ง จำเป็นจะต้องผ่านขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของน้ำกากส่าที่เป็นน้ำทิ้งเสียก่อน โดยการแยกสิ่งสกปรกต่างๆ ตลอดจนสีน้ำตาลเข้มของน้ำกากส่านั้น ให้มีปริมาณลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะในแหล่งน้ำระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชนต่างๆ จะเป็นแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของโรงงานอุตสาหกรรม หรือแหล่งชุมชน โดยปัจจัยที่ควรพิจารณา คือ ชนิดและปริมาณของน้ำเสียที่ต้องการบำบัด ตลอดจนสภาพที่จะใช้ในการสร้างระบบ โดยระบบที่นิยมใช้ได้แก่ กระบวนการบำบัดทางเคมี เคมีไฟฟ้า และ ทางชีวภาพ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.9.1 กระบวนการบำบัดทางเคมี

การตกตะกอนสีน้ำกากส่าด้วยสารเคมี (chemical coagulation) โดยใช้สารเคมีชนิดต่างๆ เช่น สารส้ม ปูนขาวและเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) จากการศึกษาพบว่าสารเคมีที่เหมาะสมที่สุด คือ สารส้ม รองลงมาคือ เฟอร์ริกคลอไรด์ และปูนขาว โดยปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในการตกตะกอนสีน้ำกากส่า คือ สารส้ม 5 กิโลกรัมต่อน้ำกากส่าที่ผ่านขั้นตอนที่ 2 แล้ว 1 ลูกบาศก์เมตร หรือ 35 กิโลกรัมต่อน้ำกากส่าสด 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเสียค่าใช้จ่าย 197 บาทต่อน้ำกากส่าสด 1 ลูกบาศก์เมตร (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2525)

นอกจากนี้ยังมีผู้ศึกษาการกำจัดสีเมลานอยดินด้วยเคมี คือ (Hayase และคณะ, 1984) ได้ทำการศึกษาพบว่าเมื่อใช้เอนไซม์กลูโคสออกซิเดสกำจัดสีเมลานอยดิน ในสภาวะที่เหมาะสมจะกำจัดสีเมลานอยดินได้ถึง 65% ซึ่งปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์กับสารตั้งต้นทำให้เกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และย่อยสลายเมลานอยดินจากเหตุผลนี้เขาจึงใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มาทำการทดลองแทนเอนไซม์ดังกล่าว โดยการใส่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณความเข้มข้นเหมาะสมที่สุด คือ 6.72% ที่พีเอช 2 ระดับคือเป็นกลาง 7.0 และเป็นด่าง 10.0 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 ชั่วโมง เมลานอยดินจะถูกย่อยสลายลง 64 และ 97% ตามลำดับ เมลานอยดินที่ถูกย่อยสลายลงนี้เป็นเมลานอยดินที่มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 5,300 - 3,500

การกำจัดสีของเมลานอยดินด้วยวิธีการทางเคมียังมีอีกหลายรูปแบบซึ่งใช้ค่าใช้จ่ายสูง เช่น การดูดซับด้วย แอคติเวตเตด คาร์บอน หรือ การตกตะกอน ด้วยสารเคมีบางอย่าง เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต เฟอร์ริกซัลเฟต สารส้ม ปูนขาว และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แต่เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง เช่น การตกตะกอนด้วยสารส้ม ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงถึง 197 บาท ต่อน้ำกากส่า 1 ลูกบาศก์เมตร หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ก็เป็นสารเคมีที่มีราคาแพงมาก (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2525)

Hayase และคณะ (1984) แยกเมลานอยดินในน้ำกากสำโดยใช้สารรวมตะกอนอนินทรีย์ชนิดการค้า (commercial inorganic flocculant) ที่มีสูตรทางเคมี $[Fe_2(OH)_n(SO_4)_{3-n/2}]_m$ ประสิทธิภาพในการกำจัดสี 32 87 และ 94% เมื่อใช้กำจัดสีน้ำกากสำสด น้ำทิ้งที่ผ่านทั้งระบบย่อยสลายแบบชีวภาพกับระบบบ่อบำบัดตามลำดับ ที่ไอซี ลดลง 21% สำหรับน้ำกากสำสด และประมาณ 73% สำหรับระบบย่อยสลายทางชีวภาพและระบบที่ผ่านทั้งระบบย่อยสลายทางชีวภาพและระบบบ่อ ในน้ำกากสำสดมีปริมาณฟลูออไรด์ไอออนอยู่มากพอสมควรทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลง การเติมแคลเซียมออกไซด์ 30 กรัมต่อลิตรน้ำกากสำจะช่วยให้การเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสีเป็น 93%

2.9.2 กระบวนการบำบัดแบบเคมีไฟฟ้า

Uhrich (1989) สร้างระบบทดลองกำจัดสีน้ำเสียที่มีสีย้อม และโลหะหนักเป็นสารเจือปน การทำงานของระบบเริ่มจากน้ำเสียถูกสูบผ่านเซลล์อิเล็กโทรไลต์ (electrolytic cell) ที่มีขั้วไฟฟ้าบวกเป็นโลหะเหล็กหรือโลหะผสมเหล็ก (iron alloy) ขั้วไฟฟ้าบวกจะให้เหล็กเฟอร์รัส (ferrous iron) ซึ่งทำปฏิกิริยากับไฮดรอกไซด์ไอออน ที่มีมาจากขั้วไฟฟ้าลบสารนี้จะทำให้เกิดการตกตะกอนร่วม (coprecipitation) กับสีย้อมและโลหะหนักในรูปของเฟอร์รัสไฮดรอกไซด์ (ferrous hydroxide) ที่ไม่ละลายน้ำ ผลการทดลองโดยใช้สี Indigo dye ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ปรับพีเอชเป็น 8.38 ใช้อัตราการไหลตั้งแต่ 0.4-2 แกลลอนต่อนาที น้ำทิ้งที่ออกจากระบบจะใส และไม่มสี (clear colorless solution) แต่ถ้าใช้ Atlntic Paper Red Liquid ความเข้มข้น 9.1 พีพีเอ็ม พีเอชเริ่มต้น 7.4 และปรับเป็น 8.48 ก่อนเข้าระบบ ค่าที่ดีคือที่ 0.3 แกลลอนต่อนาที 12.5 โวลต์ แต่ต้องนำกลับมาบำบัดใหม่หลายครั้ง

Thomas และคณะ (1989) ได้สร้างระบบ water clarification apparatus และวิธีการกำจัดสีและสารอินทรีย์ใน บ่อสี (dye lagoon) ในบ่อสีประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าลบตั้งอยู่ที่ทางออก และขั้วไฟฟ้าบวกเป็นแผ่นตะแกรงเหล็กติดตั้งอยู่ในกรอบ มีหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 480 โวลต์ ต่อกับเครื่องแปลงไฟฟ้าสลับให้เป็นกระแสตรงขนาด 100 กิโลวัตต์ สามารถใช้งานในช่วง 100 โวลต์ ถึง 400 โวลต์ หรือกระแสไฟฟ้า 80-640 แอมแปร์ ความหนาแน่นกระแสเฉลี่ย 0.00016 และ 0.00128 แอมแปร์ต่อตารางฟุต

2.9.3 กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการบำบัดน้ำกากสำโดยวิธีทางชีวภาพโดยรวมกับกระบวนการบำบัดไร้ออกซิเจน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Ohmomo และคณะ (1988) พบว่าแบคทีเรียไม่ต้องใช้อากาศ (anaerobic bacteria) ในกลุ่มของแลคติกแอซิดแบคทีเรีย สามารถลดความเข้มข้นน้ำกากสำได้ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าความ

สามารถในการลดความเข้มข้นของเชื้อราในกลุ่ม Basidiomycetes และ Ascomycetes การเจริญและความสามารถในการลดความเข้มข้นน้ำกากสำนั้นไม่ต้องการออกซิเจน ซึ่งเหมาะสมต่อการบำบัดน้ำกากสำในอุตสาหกรรม และพบว่าเมื่อนำแบคทีเรียไม่ต้องการอากาศนี้ไปตรึงด้วยเจลแคลเซียมอัลจิเนต จะสามารถลดความเข้มข้นน้ำกากสำได้เพิ่มขึ้น 1.6 เท่า ของการใช้เซลล์อิสระ ทั้งนี้เนื่องจากว่าการที่นำเซลล์ของแบคทีเรียไปใส่ในเจลนั้น เป็นการปรับสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมแก่เชื้อมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ เซลล์ที่ถูกตรึงนั้นยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกหลายครั้ง ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำกากสำลงไปได้อีก ซึ่งนับว่าเป็นเรื่องที่น่าสนใจและควรจะได้มีการค้นคว้าวิจัยต่อไป

สันทัด (2527) พบว่าเชื้อราสายพันธุ์ D 90 ที่อยู่ในกลุ่ม Deuteromycetes สามารถลดความเข้มข้นน้ำกากสำได้ 90 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 10 วัน โดยมีการเติมน้ำตาลกลูโคส 2.5 เปอร์เซ็นต์ และ ยีสต์สกัด 0.2 เปอร์เซ็นต์ พีเอช เท่ากับ 6.0 และมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นไม่ต่ำกว่า 0.15 เปอร์เซ็นต์ นำเชื้อรา D 90 ไปทำการลดความเข้มข้นน้ำกากสำสด น้ำกากสำหลังผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ และน้ำกากสำหลังผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ พบว่า น้ำกากสำสดเหมาะสมที่สุดสำหรับเชื้อรา D 90 ซึ่งสามารถลดความเข้มข้นน้ำกากสำได้ 91.0 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 10 วัน และยังคงระดับ บีโอดี ได้ 81.0 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 12 วัน ในขณะที่น้ำกากสำหลังผ่านระบบน้ำเสียแบบไร้อากาศ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบให้อากาศ ลดความเข้มข้นน้ำกากสำได้เพียง 65 และ 60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และลดระดับ บี.โอดี. ได้ 95.5 และ 93.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Sirianuntapiboon และคณะ (1988) ได้นำราสายพันธุ์ D - 90 ที่ได้จากการคัดพันธุ์ในประเทศไทยมาทำการศึกษาการกำจัดน้ำกากสำต่อ โดยใช้กากสำจากโรงงานผลิตเอทานอลที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบการไร้อากาศ และให้อากาศตามลำดับ แล้วนำมาวิเคราะห์ทางเคมี โดยนำ BOD และ COD จากการทดลองพบว่ารา D - 90 สามารถกำจัดน้ำกากสำได้ประมาณ 90% ในเวลา 10 วัน และลดค่า BOD ได้ 80% เมื่อเลี้ยงรา D - 90 ในสารละลายน้ำกากสำ หรือ เมลานอยดินที่ได้จากโรงงานผลิตเอทานอลที่ผสมด้วยกลูโคส 2.5% โซเดียมไนเตรท 0.2% โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.1% แมกนีเซียมซัลเฟต 0.05% และนำไปผ่านการตกตะกอน นำไประเหย และไดอะไลซ์นำมาปรับความเข้มข้นของสื่ด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 475 นาโนเมตร วัดได้ค่าเท่ากับ 3.5 ปรับความเข้มข้นกรดต่างเท่ากับ 6.0 เลี้ยงที่ อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 10 วัน เมื่อการทดลองใช้น้ำกากสำที่ไม่ได้ใส่สารอาหารลงไปพบว่ารา D - 90 สามารถกำจัดน้ำกากสำได้เพียง 17.5% และในสภาวะที่ไม่ได้ฆ่าเชื้อจะสามารถกำจัดได้ 70% ในเวลา 11 วันและลดค่า BOD ได้ 90% ในเวลา 15 วัน เมื่อทำการกำจัดสีเมลานอยดินในระบบกึ่งต่อเนื่อง (fedbatch) พบว่าสามารถกำจัดน้ำกากสำได้ประมาณ 80% ในเวลา 10 วันและลดค่า BOD ได้ 70%

Ohmomo และคณะ (1988) ได้คัดเลือกจุลินทรีย์พวกกึ่งไม่ใช้ออกซิเจน (facultative anaerobe) ที่มีความสามารถกำจัดสีน้ำกากสา (melanoidin - decolorizing activity) หรือ MDA โดยคัดเลือกมาจากบ่อเก็บน้ำกากสาในโรงงานผลิตเอทานอลพบว่าแบคทีเรียบางสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการกำจัดสีน้ำกากสาได้โดยเฉพาะ *Lactobacillus hilgardii* สายพันธุ์ W - NS สามารถกำจัดสีน้ำกากสาได้ 28 % เมื่อเลี้ยงเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วย กลูโคส 1.0% ยีสต์ 0.2% เปปโตน 0.3% โปแตสเซียม ไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.1% แมกนีเซียมซัลเฟต 0.05 % ในสารละลายสีน้ำกากสาเมลานอยดินที่ได้ จากโรงงานผลิตเอทานอล เติริมสารละลายสีน้ำกากสาด้วยวิธีการเดียวกันกับวิธีการข้างต้น ปรับความเป็นกรดต่างเท่ากับ 7.3 ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต เลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 5 วัน เมื่อทำการปรับปรุงการกำจัดสีน้ำกากสาด้วยวิธีการตรึงเซลล์ด้วยแคลเซียมอัลจิเนตแล้ว พบว่าสามารถกำจัดสีน้ำกากสาได้เพิ่มมากขึ้นเป็น 40%

Ohmomo และคณะ (1988) ได้ศึกษาการกำจัดสีน้ำกากสาแบบระบบต่อเนื่องด้วยแบคทีเรีย *Lactobacillus hilgardii* สายพันธุ์ W-NS ที่ตรึงเซลล์ด้วยแคลเซียมอัลจิเนตแล้ว ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีกลูโคส 1% ปรับความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.0 เลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถกำจัดสีน้ำกากสาได้ 90% ในเวลา 1 เดือน ในระหว่างนี้ต้องเติม เปปโตน 0.05% ลงในน้ำกากสานั้นด้วย และเมื่อทำการทดลองในถังหมักแบบคอลัมน์ (column-type reactor) จะไม่สามารถบำรุงรักษาเชื้อได้และการกำจัดสีน้ำกากสาจะลดลงครึ่งหนึ่งในเวลา 5 วัน ถ้าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 7.3 การกำจัดสีก็จะลดลงอีก

ประเทศไทยมีวิธีการบำบัดน้ำกากสาหลายระบบด้วยกันในอดีต ตามความเหมาะสม ดังนี้

1. การระเหยและการเผา ซึ่งระบบนี้ได้เคยใช้กับโรงงานสุราบางยี่ขัน 1 และโรงงานสุราบางยี่ขัน 2 จังหวัดปทุมธานี โดยจะเคี่ยวน้ำกากสาให้มีความเข้มข้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีลักษณะคล้ายน้ำมันเตาชั้น หรือน้ำตาลชั้น จากนั้นก็นำไปฉีดเข้าเตาเผาภายใต้ความดันสูงที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส วิธีการนี้ค่อนข้างยุ่งยาก ราคาแพง และยังทำให้เกิดมลภาวะของอากาศ คือมีแก๊สพิษออกมาหลายชนิด และมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมาสู่อากาศเป็นจำนวนมาก มีกลิ่นเหม็นรุนแรง และเห็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตแต่ผลพลอยได้คือ ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นสามารถนำมาใช้แทนน้ำมันเตาในระบบหมักได้

2. การระเหย วิธีนี้มักใช้ทดลองกับน้ำกากสาปริมาณน้อย ๆ โดยการเคี่ยวในกระหะขนาดใหญ่ที่มีปล่องระบายควันออก วิธีนี้ก็ต้องใช้พลังงานมากเช่นกันโดยน้ำกากสา 1 ลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้น้ำมันเตาถึง 28 ลิตร หรือคิดเป็นเงิน 126 บาทต่อน้ำกากสา 1 ลูกบาศก์เมตร จะทำให้มีความเข้มข้นขึ้น 20 เท่าจากเดิม และน้ำกากสาเข้มข้นที่ได้นี้จะนำไปใช้ในการเกษตรได้ดี

3. การหมักในถังหมักไร้อากาศ และกระบวนการเติมอากาศเลี้ยงตะกอน วิธีนี้เคยมีการสร้างที่โรงงานสุรา จังหวัดภูเก็ต และโรงงานสุรไทยท่า จังหวัดนนทบุรี โดยการหมักน้ำกากสำในถังหมัก เพื่อให้ได้แก๊สมีเทนมาใช้แทนน้ำมันเตา แก๊สมีเทนที่ได้ประมาณ 15 - 20 ลูกบาศก์เมตร ต่อน้ำกากสำ 1 ลูกบาศก์เมตร น้ำกากสำที่ผ่านการหมักนี้แล้ว จะมีค่า บีโอดี ลดลงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะต้องนำไปบำบัดโดยกระบวนการเติมอากาศเลี้ยงตะกอน ซึ่งจะต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงมาก คือ ประมาณ 100 - 200 บาท ต่อน้ำกากสำ 1 ลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตามน้ำกากสำที่ผ่านการบำบัดโดยกระบวนการเติมอากาศเลี้ยงตะกอนยังมีสีเข้มอยู่และมีค่า บีโอดี สูงเกินกว่าข้อกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม และกระบวนการบำบัดนี้ค่อนข้างซับซ้อน ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญควบคุมการทำงานจากระบบ แต่ใช้พื้นที่น้อย

4. การทำปุ๋ยหมัก วิธีการโดยการขนเอาวัตถุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ชานอ้อย ชี๊เจ้า แกลบ ขุยมะพร้าว เป็นต้น โดยนำมากองแล้วฉีดพ่นชานอ้อยด้วยน้ำกากสำ แล้วทำการบดกองชานอ้อยเพื่อให้เกิดสภาพอากาศถ่ายเทได้โดยสะดวก นอกจากนี้ยังต้องเร่งการหมักด้วยการใส่เชื้อหมักเพื่อให้เกิดการสลายตัวได้เร็วขึ้น เมื่อกระบวนการหมักสมบูรณ์แล้วจะได้ปุ๋ยหมักสีดำเข้มและมีประโยชน์ในการเกษตร วิธีนี้ลงทุนครั้งแรกต่ำแต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูงมาก คือ ประมาณ 100 บาท ต่อลูกบาศก์เมตร และจะทำได้ดีในฤดูแล้งเท่านั้น เพราะฤดูฝนจะมีปัญหาเกี่ยวกับการกลับกองปุ๋ย

5. การทำบ่อเก็บกักและลานตาก วิธีนี้ได้แก่ การขุดบ่อเก็บกักน้ำกากสำตลอดฤดูฝน 6 เดือน ซึ่งระยะนี้จะเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ค่า บีโอดี อาจลดลงตั้งแต่ 80 - 90 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็ยังมีค่าสูงอยู่คือ ประมาณ 3,000 - 6,000 มิลลิกรัม / ลิตร ไม่สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ จึงต้องนำไปบำบัดต่อด้วยการระบายน้ำกากสำนี้ มาตากแห้งบนลานตากในฤดูแล้งอีก 6 เดือน โดยที่ลานตากนี้จะทำหน้าที่คล้ายนาเกลือ และอัตราการระเหยประมาณ 4 มิลลิเมตร / วัน กากสำแห้งที่ได้สามารถใช้เป็นปุ๋ยในการเกษตรได้ดีมาก

6. ใช้ราดถนน เนื่องจากน้ำกากสำมีสารอินทรีย์อยู่ทำให้มีความเหนียวแน่นมากกว่าน้ำและสามารถยึดฝุ่นให้อยู่แน่นคล้ายยางมะตอย และจะไม่ฝุ่นไปนานกว่า 2 สัปดาห์ ดังนั้นจึงนำมาราดถนนลูกรังได้ดี วิธีนี้ใช้ได้เฉพาะฤดูแล้งเท่านั้น

7. เป็นอาหารปลา เป็นการใช้น้ำกากสำเป็นอาหารทางอ้อมแก่ปลา เพราะน้ำกากสำจะใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ขนาดเล็ก เช่น แพลงค์ตอน ซึ่งเป็นอาหารแก่ปลาอีกต่อหนึ่งจากผลการทดลองพบว่า ถ้าใช้น้ำกากสำสดในอัตรา 0.6 ส่วนในพันส่วนต่อ 2 สัปดาห์ จะทำให้ปลาผลิตเติบโตได้สูงสุด วิธีนี้มีข้อจำกัดตรงที่ใช้น้ำกากสำได้น้อยมาก กล่าวคือ บ่อขนาด 1 ไร่ ลึก 1 เมตร จะใช้น้ำกากสำเพียง 7 ลูกบาศก์เมตรต่อ 2 สัปดาห์ ซึ่งถ้าใช้น้ำกากสำมากเกินไปจะทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง น้ำเกิดเน่าเหม็น และปลาอาจตายได้

8. ใช้ในการเกษตรโดยตรง โดยการปล่อยน้ำกากสำเนาข้าว ไร่อ้อยโดยตรง โดยใส่ในฤดูแล้งหรือ ขณะที่น่ายังว่างอยู่หลังการเก็บเกี่ยว

นอกจากนี้ กองวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2524) ทำการทดลองหาแนวทางการบำบัดน้ำกากสำเนาจากโรงงานสุราที่เหมาะสมในประเทศไทย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการทดลองบำบัดน้ำกากสำเนาโดยใช้ระบบไร้อากาศ โดยเลี้ยงตะกอนในระบบไร้อากาศ (anaerobic activated sludge) จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการลดระดับ ซีโอดี และ บีโอดี เฉลี่ย 80 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และยังมีแก๊สมีเทนเกิดขึ้นอีกด้วย

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการทดลองบำบัดน้ำกากสำเนาต่อจากกระบวนการบำบัดขั้นที่ 1 โดยระบบใช้อากาศ เพื่อลดค่า ซีโอดี และ บีโอดี ให้ต่ำลงอีก ผลการทดลอง พบว่า ระบบนี้จะมีประสิทธิภาพต่อเมื่อน้ำกากสำเนา มีค่า ซีโอดี. อยู่ในช่วง 6 - 8 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวันโดยลดระดับของ ซีโอดี ได้ 40 - 50 เปอร์เซ็นต์ และระดับของ บีโอดี 85 - 90 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงต้องเจือจางน้ำกากสำเนาที่ออกจากระบบบำบัดขั้นที่ 1 อย่างน้อย 2 เท่า

ขั้นตอนที่ 3 เป็นวิธีทางเคมี ในการตกตะกอนสีในน้ำกากสำเนาด้วยสารเคมี โดยทดลองใช้สารเคมี ชนิดต่าง ๆ เช่น สารส้ม ปูนขาว และเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) พบว่าสารเคมีที่เหมาะสมที่สุด คือ สารส้ม รองลงมาคือ เฟอร์ริกคลอไรด์ และปูนขาว ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในการตกตะกอนสีน้ำกากสำเนา คือ 5 กิโลกรัมต่อน้ำกากสำเนาที่ผ่านระบบบำบัดขั้นที่ 2 ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร หรือ 35 กิโลกรัมต่อน้ำกากสำเนา 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดค่าใช้จ่ายแล้วตกประมาณ 197 บาทต่อน้ำกากสำเนา 1 ลูกบาศก์เมตร

ระบบการบำบัดน้ำกากสำเนา ส่วนใหญ่อาศัยวิธีทางชีววิทยาในการปรับปรุงคุณภาพน้ำซึ่งอาจจะใช้ระบบการบำบัดด้วยวิธีไร้อากาศ และใช้อากาศ โดยระบบการบำบัดดังกล่าวเป็นเพียงการลดระดับของซีโอดี และ บีโอดี ให้ต่ำลงอยู่ในระดับที่ไม่เป็นปัญหาเกี่ยวกับมลภาวะเมื่อทิ้งลงในแหล่งน้ำ แต่ไม่สามารถลดความเข้มข้นของน้ำกากสำเนาได้ (Tozawa และคณะ, 1979) ดังนั้นน้ำกากสำเนาดังกล่าวจึงต้องผ่านการบำบัดอีกขั้นตอนหนึ่ง ก่อนจะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งปัจจุบันได้อาศัยวิธีทางเคมีตกตะกอนสีน้ำกากสำเนา แต่ผลที่ได้ยังไม่เป็นที่พอใจตลอดจนต้องใช้จ่ายสูงมาก ดังนั้นจึงมีผู้สนใจที่จะหาวิธีการทางชีววิทยาในการลดความเข้มข้นน้ำกากสำเนาโดยเชื้อจุลินทรีย์

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เจษฎา ศรีศึก (2527) ได้ทำทดลองเกี่ยวกับผลของความลึกและตำแหน่งของชั้นตัวกลางต่อสมรรถนะของเครื่องกรองไร้อากาศ โดยวางชั้นตัวกลาง 4 ลักษณะ คือ ตัวกลางเต็มถัง ตัวกลาง 25% ของความสูงถังกรอง ตัวกลางลอยครึ่งถังบน และตัวกลางจมครึ่งถังกรอง ในการกำจัดน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยการเพิ่มออร์แกนิกโหลดติด ปรากฏว่าถังกรองที่มีตัวกลางลอยอีก 2 ลักษณะก็มีแนวโน้มที่จะทำงานได้ดีขึ้นสำหรับถังกรองที่มีตัวกลางจมครึ่งถังกรอง ปรากฏว่ามีสมรรถนะไม่ดิ่ง เนื่องจากมีตะกอนแบคทีเรียหลุดไปจากถังกรองมาก

ธเรศ พงษ์สารนนท์กุล (2541) ได้ทำการศึกษาความสามารถของการบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยระบบถังกรองไร้อากาศโดยตัวกลางที่ใช้จะเป็นเม็ดพลาสติกที่ลอยน้ำโดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะใช้กระบอกรับน้ำที่ใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความสูงของกระบอกรับน้ำประมาณ 2.5 เมตร ภายในบรรจุตัวกลางลอยอยู่ครึ่งบนโดยมีความสูงของตัวกลาง 1.25 เมตร และป้อนน้ำเสียแบบไหลขึ้น ทำการทดลองกำจัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงคิดเป็นค่าซีโอดี 825 1,650 3,300 3,850 และ 5,500 มก./ล. โดยกำหนดเวลากักเก็บน้ำเท่ากับ 9 ชั่วโมง คิดเป็นค่าภาระบรรทุกอินทรีย์ 2.2 4.4 8.8 10.26 และ 14.67 กก.ซีโอดี/ม³/วัน ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีคิดเป็นร้อยละ 89 77 71 47 และ 33% ตามลำดับ โดยมีเปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทน 82 59 50 48 และ 44% ตามลำดับ ผลการทดลองสรุปได้ว่าการใช้ระบบถังกรองไร้อากาศจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อมีค่าภาระอินทรีย์ต่ำ เมื่อมีค่าภาระบรรทุกอินทรีย์สูงขึ้นจะมีประสิทธิภาพต่ำลง โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นสูงจะมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้พบว่าข้อดีของตัวกลางกรองเม็ดพลาสติกซึ่งช่วยป้องกันตะกอนจุลินทรีย์หลุดออกมาจากระบบด้วย แต่ข้อเสียของตัวกลางดังกล่าวคือ อาจทำให้ระบบอุดตันได้ง่าย

มาลี วิศวจารย์ (2530) ได้ทำการศึกษาการใช้ประโยชน์จากน้ำกากส่าโรงงานสุราในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยแปรอัตราการรับสารอินทรีย์ในช่วง 2.31 ถึง 7.41 กก.ซีโอดี/ม³/วัน และระยะเวลาเก็บน้ำทิ้งในช่วง 6.67 ถึง 11.11 วัน อัตราการรับสารอินทรีย์ที่ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุด คือ 5.52 กก.ซีโอดี/ม³/วัน ที่ระยะเวลาเก็บน้ำทิ้ง 11.11 วัน โดยได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 0.31×10^3 ลบ.ม./กก.ซีโอดีที่ป้อนเข้าสู่ระบบ หรือ 0.58×10^2 ลบ.ม./กก.ซีโอดี ที่ถูกกำจัด ทำให้ได้ก๊าซมีเทนร้อยละ 65.5 และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 54 ปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดเท่ากับ 2.98 กก./ลบ.ม. วัน และเมื่อแปรระยะเวลาเก็บน้ำทิ้งในช่วง 6.57 ถึง 13.33 วัน ที่อัตราการรับสารอินทรีย์คงที่ 5.43 กก.ซีโอดี/ม³/วัน พบว่าการผลิตก๊าซชีวภาพและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บน้ำทิ้งที่เพิ่มขึ้น ระยะเวลาเก็บน้ำทิ้งที่ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุดได้แก่ 13.33 วัน ซึ่งให้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 0.37×10^2 ลบ.ม./กก.ซีโอดีที่ป้อนเข้าสู่ระบบ หรือ 0.55×10^2 ลบ.ม./ กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีก๊าซมีเทนร้อยละ 67.5 และมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 68

เรื่องชัย เจียภภาพร (2528) ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบสรรถนะของถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเติมถังและตัวกลางครึ่งถัง เพื่อหาแนวโน้มความเป็นไปได้ในการลดขนาดความสูงของถังกรองไร้อากาศ เพื่อลดต้นทุนของตัวกลางที่ใช้เนื่องจากพบว่าการทำจัดสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ชั้นความสูง 30 ซม.จากกันถังกรอง จึงทำการทดลองโดยเปลี่ยนค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 1 3 และ 5 กก.ซีโอไซด์/ม³/วัน จากค่าความเข้มข้นสารอินทรีย์วัดในรูปซีโอไซด์ระหว่าง 2,000 6,000 และ 10,000 มล./ล. เปรียบเทียบการทำงานของถังกรองไร้อากาศทั้งสองแบบ พบว่าถังกรองไร้อากาศที่บรรจุตัวกลางเติมถัง และตัวกลางครึ่งถังลอยสามารถใช้กำจัดน้ำเสียสังเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ที่ระดับค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1 กก./ม³/วัน โดยสามารถกำจัดซีโอไซด์ได้ 90 และ 93% ตามลำดับ นอกจากนี้สมรรถนะในการทำงานของถังกรองไร้อากาศทั้งสองจะมีพฤติกรรมที่คล้ายคลึงกันที่ระดับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1 กก./ม³/วัน แต่จะมีความแตกต่างที่ระดับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก./ม³/วัน ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียของถังกรองที่มีตัวกลางครึ่งถังลอย จะสูงกว่าถังลอยที่มีตัวกลางเติมถังส่วนประสิทธิภาพการกำจัดซีโอไซด์ส่วนใหญ่ของถังทั้งสองถังจะเกิดขึ้นที่ระดับ 0.3 เมตรจากกันถัง

โรมรัน ว่องไวรัตน์ (2543) ได้ทำการศึกษาความสามารถของการบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยระบบถังกรองไร้อากาศบรรจุตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน โดยใช้ถังกรองไร้อากาศที่มีความสูง 2.8 เมตรภายในบรรจุตัวกลางพลาสติกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มม. มีพื้นที่ผิว 109 ม²/ม³ ของตัวกลาง ซึ่งลอยอยู่ครึ่งถังตอนบน และทำการป้อนน้ำเสียที่มีความเข้มข้น 5,500 แบบไหลขึ้น โดยกำหนดตัวแปรอิสระคือ อัตราป้อนน้ำเสียเท่ากับ 7.5 10 15 และ 30 ลิตรต่อวัน คิดเป็นอัตราภาระบรรทุกอินทรีย์เท่ากับ 3.67 4.89 7.33 และ 14.67 กก.ซีโอไซด์/ลบ.ม. วัน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอไซด์คิดเป็นร้อยละ 96 72 64 และ 44 ตามลำดับ ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้เท่ากับ 9.2 24.7 29 38.9 ลิตรต่อวัน ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทนเท่ากับ 57.6 52.9 50.2 และ 50.3% ตามลำดับ และผลการทดลองยังสรุปได้อีกว่าการใช้ระบบถังกรองไร้อากาศจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อมีค่าอัตราภาระอินทรีย์ต่ำ เมื่ออัตราภาระอินทรีย์สูงขึ้นประสิทธิภาพจะลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีนช่วยป้องกันตะกอนจุลินทรีย์ไม่ให้หลุดออกมาจากระบบ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอไซด์สูงขึ้น เมื่อทำการทดลองที่อัตราภาระอินทรีย์ต่ำกว่า 14.67 กก.ซีโอไซด์/ม³/วัน และผลการทดลองที่ระยะความสูงต่างๆของถังกรอง พบว่าการกำจัดซีโอไซด์ส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณด้านล่างของถัง และที่ระยะความสูงตั้งแต่ 0.45 ม. ขึ้นไปแล้วพบว่ามี การเปลี่ยนแปลงของค่าซีโอไซด์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Timur และ Ozturk (1997) ได้ทำการทดลองใช้ระบบแบบผสมระหว่างระบบยูเอเอสบีกับระบบกรองไร้อากาศ บำบัดน้ำเสียจากกองขยะชุมชนที่มีอายุประมาณ 3.5 ปี ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ในปริมาณที่สูง โดยทำการทดลองที่สภาวะ mesophilic ตลอดระยะเวลา 20 เดือนของการทดลอง พบว่าได้ทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำเสีย ตั้งแต่ 1.25-4.49 กรัมที่ไอซีต่อลิตร , ระยะเวลาที่เก็บทางศาสตร์ตั้ง

แต่ 5.1-0.9 วัน พบว่าระบบมีความสามารถในการกำจัดที่โอซีถึง 81.4 % ที่ภาระ 1.2 กิโลกรัมที่โอซีต่อลบ.ม. ต่อวัน และที่ระยะเวลาพักเก็บทางชีวศาสตร์ 2.4 วัน โดยที่อัตราการผลิตก๊าซมีเทนเกิดขึ้นเฉลี่ย 0.742 ลบ.ม. ของมีเทนต่อกิโลกรัมของที่โอซีที่ถูกกำจัด

Tilche และคณะ (1994) ได้ทำการศึกษาผลของระบบแบบผสมระหว่างระบบยูเอเอสบีกับระบบกรองไร้อากาศต่อการกำจัดสารอาหาร (nutrient removal) โดยใช้ถังปฏิกรณ์ขนาดนำร่องในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงหมู ซึ่งระบบโดยรวมนั้นจะติดตั้งด้วยระบบย่อยสลายและระบบดีไนตริฟิเคชันลงไปด้วย น้ำเสียจะถูกกรองก่อนที่จะส่งเข้าไปยังระบบที่อุณหภูมิ mesophilic ซึ่งประสิทธิภาพโดยรวมของระบบสามารถกำจัดได้ร้อยละ 96 สำหรับซีโอดี 92 สำหรับไนโตรเจนและ 92 สำหรับฟอสฟอรัส ส่วนระบบย่อยสลายแบบไร้อากาศสามารถลดปริมาตรได้ 80% ของปริมาตรที่มาจากระบบดีไนตริฟิเคชันทั้งหมด

Iza และคณะ (1992) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศจากกองขยะชุมชนในส่วนของ การปฏิบัติการจากระบบแบบผสมระหว่างระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศขนาดนำร่อง พบว่าในการบำบัดน้ำเสียจากกองขยะที่ใช้ระบบไร้อากาศนั้น ถ้าเราสามารถทราบถึงองค์ประกอบของสัดส่วนสารอินทรีย์ จะสามารถทำให้เกิดประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้นที่ระยะเวลาพักเก็บทาง ชลศาสตร์ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าในการเดินระบบในระยะเวลานานก็ควรมีระบบบำบัดเบื้องต้นเพื่อกำจัดโลหะหนัก และลด ปริมาณการเปลี่ยนไปเป็นแร่ธาตุของสลัดจ์ (sludge mineralization) โดยกิจกรรมจำเพาะของการผลิตมีเทน (specific methanogenic activity) ของสลัดจ์จะไม่ถูกรบกวน