



บทที่ 2

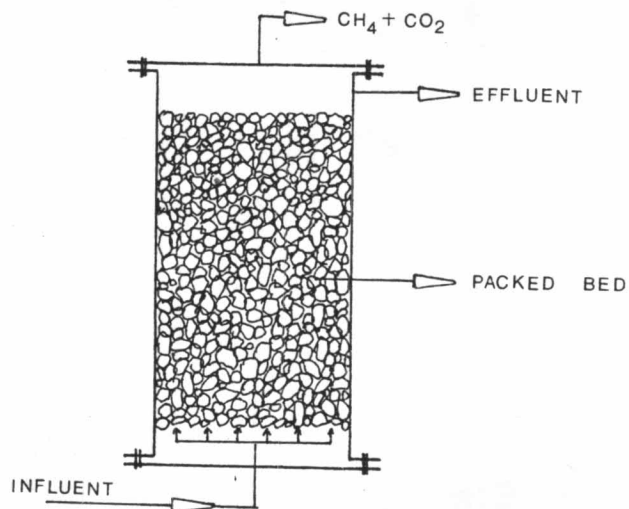
การสำรวจเอกสาร

2.1 การกำจัดน้ำเสียด้วยถังกรองไร้ออกซิเจน

ระบบการกำจัดน้ำเสียด้วยเครื่องกรองไร้ออกซิเจนเป็นอีกระบบหนึ่งของปฏิบัติการไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งได้พัฒนาใหม่ขึ้นในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาเพื่อใช้กำจัดน้ำเสียที่มีตะกอนแขวนลอยต่ำ ๆ

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของถังกรองไร้ออกซิเจน

ถังกรองไร้ออกซิเจนมีลักษณะเป็นปล่องสูง อาจจะเป็นถังกลม หรือ ถังเหลี่ยมปิดมิดชิดเพื่อให้อยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน ภายในถังกรองบรรจุตัวกลางที่คงทน ไม่ผุกร่อน ในอดีตมักใช้หินเป็นตัวกลางแต่ปัจจุบันเริ่มหันมาใช้ตัวกลางที่ทำจากวัสดุสังเคราะห์ เช่น พลาสติกซึ่งมีความพรุนสูงกว่าหินประมาณ 2 เท่า เป็นต้น น้ำเสียจะถูกบ้อนเข้าทางตอนล่างของถังกรองและไหลขึ้นผ่านตามช่องว่างของชั้นตัวกลางซึ่งเก็บกักตะกอนเซลล์แบคทีเรียไว้ทำให้แบคทีเรียมีโอกาสสัมผัสกับน้ำเสียได้อย่างทั่วถึง การไหลของน้ำเสียผ่านถังกรองเป็นแบบ Plug flow⁽¹⁾ น้ำทิ้งที่ผ่านการกำจัดและก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นผลผลิตของการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะออกจากระบบทางตอนบนของเครื่องกรองดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของถังกรองไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter)

2.1.2 สมรรถนะของถังกรองไร้ออกซิเจน

ระบบถังกรองไร้ออกซิเจนยังไม่เป็นที่แพร่หลายกันนักในประเทศที่มีอากาศหนาว ทั้งนี้ถ้าน้ำทิ้งมีค่า บีโอดี ค่ากว่า 10,000 มก./ลิตรแล้ว ก๊าซมีเทนที่เป็นผลพลอยได้จากระบบยังมีปริมาณไม่มากพอที่จะใช้ เป็นเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำเสียได้⁽¹⁸⁾ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการกำจัดน้ำเสียสูงกว่าวิธีการกำจัดแบบใช้ออกซิเจน สำหรับประเทศในเขตร้อนจะไม่มีปัญหาเรื่องการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเสียจึงน่าจะเป็นระบบที่เหมาะสมและประหยัดที่สุด

สำหรับในประเทศไทยระบบ เครื่องกรองไร้ออกซิเจนนิยมใช้แพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กที่มีพื้นที่จำกัด และยังเป็นระบบที่เสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดต่ำกว่าระบบแบบใช้ออกซิเจน เช่น Activated Sludge เป็นต้น เนื่องจากระบบถังกรองไร้ออกซิเจนมีชั้นตัวกลางช่วยดักจับตะกอนเซลล์ไว้ในระบบได้นานโดยไม่ต้องเวียนตะกอนสลัดจ์ ทำให้เวลาเก็บกักตะกอนเซลล์ (Solid Retention Time) สูงซึ่งจะมีผลต่อสมรรถนะ เครื่องกรองไร้ออกซิเจนโดยตรง

2.1.3 งานวิจัยเกี่ยวข้องกับเครื่องกรองไร้ออกซิเจนในอดีต

เครื่องกรองไร้ออกซิเจนถูกดัดแปลงขึ้นมาใช้จากระบบไม่ใช้ออกซิเจนโดย Young & McCarty ในปี ค.ศ. 1963⁽¹⁾ งานวิจัยต่อมาจากนักวิจัยหลายคนทำให้ระบบเครื่องกรองวิวัฒนาการขึ้นมาใช้กำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง สำหรับในช่วงหลัง ๆ นักวิจัยเริ่มหันเหมาดัดแปลงกลไกการใช้ถังกรองให้สามารถมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และสามารถกำจัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง ๆ ได้ทดลองใช้ตัวกลางชนิดอื่น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่ก็ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

สรุปงานวิจัยของเครื่องกรองไร้ออกซิเจนในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ. 1980-1981) มีดังนี้

Arora and Chattopadhyya, 1980⁽³⁾ ได้ใช้เครื่องกรองไร้ออกซิเจนกับน้ำเสียจากโรงงานฟอกหนัง (Vegetable tanning) โดยควบคุมให้ถังกรองมีเวลากักน้ำ 12 ชม. น้ำเสียที่ถูกบ่มเข้าเครื่องกรองมี บีโอดี เฉลี่ย 11,000 มก./ลิตร ถังกรองมี

ประสิทธิภาพในการลด บีโอดี ของน้ำเสียประมาณ 80-97 % นอกจากนี้ยังสามารถใช้ก๊าซ มีเทนเป็นผลผลิตของขบวนการเป็น เชื้อเพลิงได้ด้วย

Heertjes & Vander Meer, 1980⁽⁴⁾ ใช้เครื่องกรองไร้ออกซิเจน กับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่มีความเข้มข้นของ ซีโอดี 1000 มก./ลิตร มี เวลาพักน้ำ 3-6 ชม. เครื่องกรองมีประสิทธิภาพในการกำจัด ทีโอดี ประมาณ 90 % ที่ ออร์แกนิกโหลดคั่ง 2 กก.ทีโอดี/ม³วัน แต่เมื่อใช้ถังกรอง 2 ตัวคั่นแบบขนาน เครื่อง กรองสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ออร์แกนิกโหลดคั่งที่สูงขึ้นอีก 6 เท่า

Ragan, 1980⁽⁶⁾ ใช้เครื่องกรองกำจัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตภัณฑ์ เคมีที่มีเข้มข้นสูงด้วยการบ้อนออร์แกนิกโหลดคั่ง 16,330 กก.ซีโอดี/วัน ระบบมีประสิทธิภาพ ในการลด ซีโอดี ประมาณ 65 %

Schwartz, et al, 1981⁽⁷⁾ ใช้เครื่องกรองไร้ออกซิเจนกับน้ำเสีย พวก Sludge thermal conditioning liquor Waste ด้วยบีโอดีผ่านถังกรอง 10,000 มก./ลิตร ควบคุมให้ถังกรองมีเวลาพักน้ำ 24 ชม. เครื่องกรองสามารถลด บีโอดี ได้ถึง 80 % และ 60 % ในเทอมของ ซีโอดี ก๊าซมีเทนซึ่งเป็นผลพลอยได้จากขบวนการสามารถ นำมาใช้เป็นพลังงานลดค่าใช้จ่ายในระบบกำจัดน้ำเสีย 20-25 %

Donovan, et al, 1981⁽⁸⁾ ใช้ Sludge heat treatment liquor Waste กับเครื่องกรองไร้ออกซิเจน ด้วยการบ้อนออร์แกนิกโหลดคั่ง 6.5 กก.ซีโอดี/ ม³วัน และเวลาพักน้ำในถังกรอง 36 ชม. เครื่องกรองสามารถลด บีโอดี ของน้ำเสียได้ 75-85 % และ 55-65 % ในเทอมของ ซีโอดี

Jennett & Donnis, 1981⁽⁹⁾ ใช้เครื่องกรองไร้ออกซิเจนกำจัดน้ำ เสียจากโรงงานผลิตยา (Pharmaceutical Waste) ด้วยการบ้อนน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของ บีโอดี 2000 มก./ลิตร เวลาพักน้ำ 36 ชม. ที่อุณหภูมิ 35^o เซนติเกรด เครื่องกรอง สามารถลดความสกปรกได้ 70-80 % ในเทอมของ ซีโอดี และ 94 % ในเทอมของ บีโอดี ในขณะที่ระบบแบบใช้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพในการลดสับสเตรคได้เพียง 61 % ด้วยการบ้อน น้ำเสียลักษณะเดียวกัน

Friedman, et al, 1981⁽¹⁰⁾ ใช้เครื่องกรองไร้ออกซิเจนกำจัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกหนังด้วยการบ่อน้ำเสียที่มีความเข้มข้น ซีโอดี ประมาณ 3000 มก./ลิตร ควบคุมให้เครื่องกรองมีเวลากักน้ำ 24 ชม. จากผลการทดลองเครื่องกรองสามารถลดซีโอดีในน้ำเสียได้ 40-50 % และสามารถย่อยสารประกอบโปรตีนในน้ำเสียถึง 76 %

พรพจน์ วรรณสูตร, 1981⁽¹¹⁾ ใช้เครื่องกรองไร้ออกซิเจนกำจัดน้ำเสียจากโรงงานสุราที่มีค่า BOD₅ 30,900-40,000 มก./ลิตร และค่า ซีโอดี 77,430-110,000 มก./ลิตร จากผลการทดลอง เครื่องกรองมีประสิทธิภาพมากที่สุด 70 % ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่อพื้นที่หน้าตัด 943 กก.ซีโอดี/ม².วัน และ 14.62 กก.ซีโอดี/ม².วัน เครื่องกรองมีประสิทธิภาพต่ำสุด 30 % ที่อัตราการรับออร์แกนิกโพลดตั้งต่อพื้นที่หน้าตัด 27.96 กก.ซีโอดี/ม².วัน ตะกอนจุลชีพที่เพิ่มขึ้นต่อ ซีโอดีที่ถูกกำจัดเฉลี่ยเท่ากับ 0.054 กก./กก.ซีโอดี ที่ถูกกำจัด ก๊าซมีเทนเกิดขึ้น 0.506 ม³/กก. ซีโอดี ที่ถูกกำจัดที่ความดันบรรยากาศ

โรมรัน ศรีสัมฤทธิ์, 1981⁽¹²⁾ ได้ทดลองใช้ซังข้าวโพดซึ่งเป็นอินทรีย์วัสดุเป็นตัวกลางสำหรับเครื่องกรองไร้ออกซิเจนในการกำจัดน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้เครื่องกรองขนาด 15×15 ซม² สูง 1.30 เมตร ในอัตราการบ่อนออร์แกนิกโพลดตั้ง 0.833-30 กก.ซีโอดี/ม³.วัน ซังข้าวโพดที่ใช้เป็นตัวกลางสามารถเป็นตัวยึดเกาะของแบคทีเรียที่ดีและยังคงสภาพอยู่หลังจากใช้งาน 8 เดือน จากงานวิจัยของโรมรัน ศรีสัมฤทธิ์ พบว่า ซังข้าวโพดไม่สามารถเป็นแหล่งคาร์บอนได้เพียงพอให้กับถังกรองไร้ออกซิเจน เครื่องกรองที่ใช้ในงานวิจัยมีประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี สูงสุดที่ออร์แกนิกโพลดตั้ง 1.67 กก.ซีโอดี/ม³.วัน

Landine et al, 1981⁽¹³⁾ ใช้ Horizontal anaerobic Filter กำจัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่ง (Potato Processing Waste) เครื่องกรองสามารถลด ซีโอดี ในน้ำเสียได้ 91 % และลดตะกอนแขวนลอยได้ 85 % ที่ออร์แกนิกโพลดตั้ง 1.35 กก.ซีโอดี/ม³.วัน

2.2 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะของถังกรองไร้ออกซิเจน

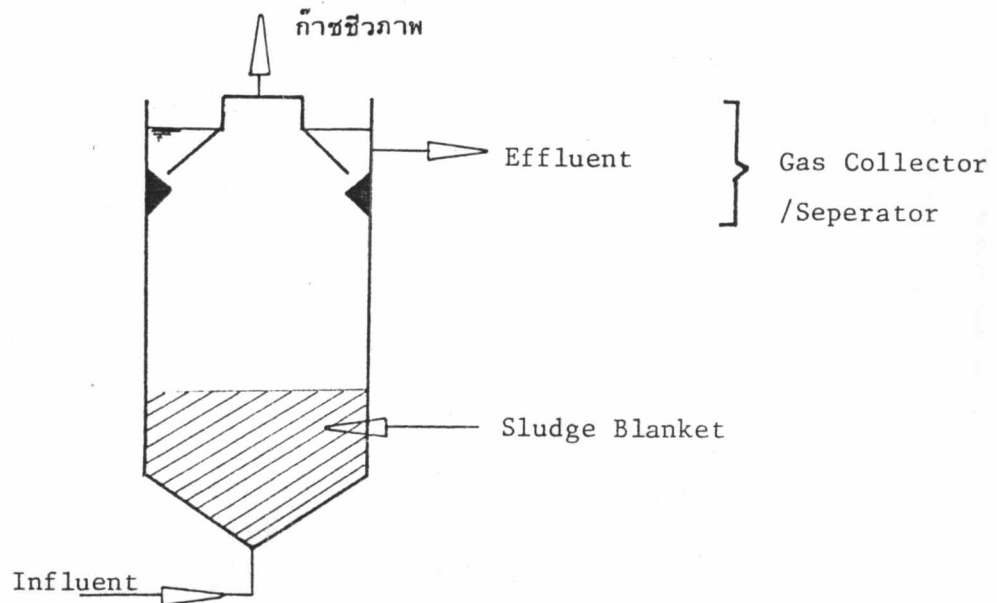
2.2.1 ชนิดของตัวกลาง

ตัวกลางที่ใช้ในถังกรอง เป็นพาราไมเตอร์ตัวหนึ่งซึ่งมีผลต่อลักษณะการสะสมตัวของตะกอนเซลล์แบคทีเรีย ลักษณะทิศทางการไหลของน้ำเสียผ่านชั้นตัวกลาง ปริมาตรของช่องว่างสัมฤทธิ์ (Effective Volume) ซึ่งเป็นพาราไมเตอร์ที่มีผลต่อเนื่องมายังเวลากักน้ำของถังกรองโดยตรง จากผลของการใช้ตัวกลางต่างชนิดกันหรืออาจจะเป็นตัวกลางที่เป็นหิน เช่นเดียวกันแต่มีขนาดต่างกันก็จะพบความแตกต่างของผลการทำงานของถังกรองอย่างมีนัยสำคัญ จากงานวิจัยของบุญส่ง ไข่มุกต์⁽¹⁴⁾ เปรียบเทียบการใช้หินขนาด 1"-1.25" กับหินขนาด 1.75"-2.25" กักน้ำเสียจากโรงงานฝักทอง ตัวกลางทั้งสองขนาดจะมีค่าความพรุน (Porosity) ประมาณ 45-46 % ปรากฏว่าตัวกลางที่มีขนาดเล็กกว่ามีประสิทธิภาพในการกักตุน ซีโอดี สูงกว่า และยังสามารถรับโหลดได้สูงกว่าอีกด้วย ถ้าใช้ตัวกลางชนิดอื่น ๆ เช่น ตัวกลางที่ทำสำเร็จรูปทำจากวัสดุสังเคราะห์ ตัวกลางซึ่งใช้ซังข้าวโพดหรืออื่น ๆ เป็นต้น นอกจากนี้ลักษณะของผิวของตัวกลางก็มีอิทธิพลต่อการเกาะติดหรือแขวนลอยในช่องว่างของชั้นตัวกลาง เช่นเดียวกัน สิ่งเหล่านี้จะมีอิทธิพลถึงเวลากักตะกอนของเซลล์ในระบบ ตัวอย่างเช่น ผิวของซังข้าวโพดให้โอกาสกับแบคทีเรียเกาะติดผิวได้ดีกว่าการใช้หินหรือตัวกลางที่ทำจากวัสดุสังเคราะห์อื่น ๆ ⁽¹²⁾

2.2.2 ความลึกและลักษณะการวางตัวของชั้นตัวกลาง

ความลึกและลักษณะการวางตัวของชั้นตัวกลางในถังกรอง เป็นพาราไมเตอร์ที่สำคัญตัวหนึ่งต่อกลไกการเก็บสะสมของตะกอน เซลล์แบคทีเรีย ถึงแม้ว่าถังกรองไร้ออกซิเจนมีตัวกลางเป็นเสมือนเครื่องมือหรืออุปกรณ์ช่วยเก็บกักตะกอนเซลล์ให้คงอยู่ในระบบ แต่จากสมมุติฐานของงานวิจัยที่ผ่านมาแล้ว ที่ตำแหน่งความสูงต่าง ๆ ในถังกรองมีหน้าที่และอิทธิพลต่อการทำงานของระบบต่างกันไป กล่าวคือ การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียส่วนใหญ่เกิดขึ้นเฉพาะที่บริเวณก้นถังกรอง ชั้นตัวกลางตอนบนมีหน้าที่ช่วยดักตะกอน เซลล์ไม่ให้หลุดหายไปกับน้ำทิ้ง

จากงานวิจัยซึ่งพัฒนาขึ้นมาใหม่ล่าสุดโดยวิศวกรชาวฮอลแลนด์ Lettinga และเพื่อน⁽¹⁵⁾ คือระบบ UASBR (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor) ระบบนี้จะมีลักษณะเหมือนเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่ไม่มีชั้นตัวกลางดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ลักษณะทั่วไปของระบบ UASBR (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor)

ลักษณะเฉพาะตัวของระบบนี้คือ การจับตัวกันของตะกอนเซลล์แบคทีเรียเป็นชั้นสลัดจ์ที่ก้นของถังกรอง ส่วนตอนบนของถังกรองจะมีอุปกรณ์เพื่อแยกก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นออกจากน้ำทิ้ง อย่างไรก็ตาม เครื่องกรองของ Lettinga และเพื่อนยังไม่เป็นที่ยอมรับในการมาใช้กำจัดน้ำเสีย ในปัจจุบันนักวิจัยหลายคนพยายามลดความสูงของชั้นตัวกลางเพื่อศึกษาอิทธิพลและเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานกับถังกรองที่มีตัวกลางเดิมดัง ทำให้ต้องศึกษาอิทธิพลของการวางตัวของชั้นตัวกลางในลักษณะต่าง ๆ

2.2.3 อุณหภูมิ (Temperature)

การย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดจากการทำงานอย่างต่อเนื่องและมีความสัมพันธ์กันของแบคทีเรีย 2 กลุ่ม คือ แบคทีเรียสร้างกรด (Acid Former Bacteria) และแบคทีเรียสร้างก๊าซมีเทน (Methane Former Bacteria) โดยทั่วไปในกรณี

ที่สับสเตรคส่วนใหญ่มีสารอินทรีย์ที่ไม่มีไขมันปนอยู่ แบคทีเรียพวกหลังจะเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Rate Limiting Step) และเนื่องจากแบคทีเรียสร้างมีเทนจะไว (Sensitive) ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมาก ดังนั้นเองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไม่กึ่งศาอาจทำให้ระบบดังกล่าวเสียหายได้ ดังนั้นการควบคุมรักษาระดับอุณหภูมิให้คงที่ในปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงถือว่าเป็นเรื่องสำคัญยิ่งกว่าการพยายามรักษาระดับอุณหภูมิที่จะทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาสูงสุดเสียอีก⁽¹⁶⁾

ปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะเกิดได้ที่อุณหภูมิสองช่วงคือ $30^{\circ}-35^{\circ}$ ซี (Mesophilic) และช่วง $48^{\circ}-57^{\circ}$ ซี (Thermophilic)⁽¹⁷⁾

2.2.4 ลักษณะของน้ำเสีย

ในการนำถังกรองไร้ออกซิเจนไปใช้กับงานกำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องคำนึงถึงส่วนประกอบของน้ำเสีย กล่าวคือ

1. ต้องคำนึงถึงปริมาณสารอาหารที่จำเป็นสำหรับแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย McCarty⁽¹⁾ กล่าวว่า ปริมาณธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่แบคทีเรียต้องการนั้นอย่างน้อยต้องเป็นไปตามอัตราส่วน $BOD_L:N:P$ เป็น $100:1.1:0.2$

2. ระวังอย่าให้มีสารพิษ (Toxic Material) ซึ่งจะยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย สารเหล่านี้ได้แก่ โลหะหนัก โลหะเบาหรือเกลืออนินทรีย์ ซัลไฟด์ กรดไวนิลิก แอมโมเนีย เป็นต้น สารทุกชนิดล้วนแต่มีพิษแต่พิษจะปรากฏที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

2.2.5 เวลาพักน้ำและออร์แกนิกโพลคิง

การเปลี่ยนแปลงอัตราการบ่อน้ำเสียจะมีผลต่อเวลากักน้ำโดยตรงและกระทบกระเทือนต่อตะกอนเซลล์แบคทีเรียซึ่งแขวนลอยหรือ เกาะติดอยู่ตามช่องว่างของชั้นตัวกลาง เช่น การลดเวลากักน้ำหรือการเพิ่มอัตราการบ่อน้ำเสียให้ถึงกรองจะทำให้ตะกอนเซลล์แบคทีเรียมีโอกาสหลุดลอยไปกับน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ระยะเวลาที่ตะกอน (SRT.)

ลดลงและอาจทำลายสภาวะสมดุลของขบวนการชีวเคมีของระบบได้ ดังนั้น การเพิ่มออร์แกนิกโพลคั้งหรือความเข้มข้นของน้ำเสียจะมีผลกระทบต่อสมรรถนะของถังกรองไร้ออกซิเจนได้ ทั้งนี้เพราะปริมาณกรดโวลไทล์ซึ่งเป็นผลผลิตของแบคทีเรียสร้างกรด (Intermediate Products) จะสะสมขึ้นในระบบอย่างรวดเร็วจนถึงขั้นยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียสร้างมีเทน ในที่สุดจะทำให้ระบบเสียสมดุล และถึงขั้นล้มเหลวได้ Omstead et al⁽¹⁹⁾ กล่าวว่าการเพิ่มออร์แกนิกโพลคั้งด้วยการเพิ่มความเข้มข้นอย่างรวดเร็วให้กับระบบจะมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มปริมาณของกรดโวลไทล์ ดังนั้นจึงควรคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ ควบคู่กันไปด้วยได้แก่ ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดโวลไทล์ การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์มีเทนในส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ เป็นต้น เพื่อให้แน่ใจว่าอัตราการเพิ่มออร์แกนิกโพลคั้งไม่มีผลทำให้ระบบเสียสมดุล

2.3 พารามิเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของถังไร้ออกซิเจน

2.3.1 ศักยภาพการให้และรับอิเล็กตรอน (Oxidation Reduction Potential)

ตามธรรมชาติของระบบถังหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นขบวนการชีวเคมีที่ต่อเนื่องและซับซ้อน ความสำเร็จของการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดจากการทำงานของแบคทีเรียอย่างน้อย 2 ชนิดที่มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ถึงแม้ในปัจจุบันยังไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์จริง ๆ ก็ตาม แต่สิ่งที่นักวิจัยเชื่อว่าเกิดขึ้นอย่างแน่นอนในขบวนการกำจัดน้ำเสียและเป็นเหตุทำให้ความเข้มข้น ซีโอดี ในน้ำเสียลดลงคือ มีการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบ Redox โดยถ่ายเทอิเล็กตรอนจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียไปยังสารรับอิเล็กตรอนอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ในขบวนการแบบไม่ใช้ออกซิเจนสารรับอิเล็กตรอนได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์และกรดอะซิติก⁽²⁰⁾ ด้วยเหตุนี้ Redox Potential จึงน่าจะเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งสำหรับใช้ควบคุมระบบการหมักไร้ออกซิเจนได้

ค.ศ. 1906 Spita & Weldert⁽²¹⁾ ใช้การวัด ORP. (Oxidation Reduction Potential) ในงานการกำจัดน้ำเสียครั้งแรกกับระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ ต่อมานักวิจัยอีกหลายคนก็พยายามค้นคว้าปรับปรุงแก้ไขวิธีการนำมาใช้กับงานกำจัดน้ำเสียทั้งระบบที่ใช้ออกซิเจนและระบบถังหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน

หลักการพื้นฐานของเครื่องวัด ORP.

ส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องมือประกอบด้วย

1. Inert metal electrode หรือ Unattackable electrode ซึ่งมักจะใช้ทองคำขาว (Platinum) หรือทอง (Gold)
2. Constant Voltage reference electrode
3. Salt bridge
4. Potentiometer

จะเห็นว่าส่วนประกอบของเครื่องวัด ORP. จะมีส่วนคล้ายกับเครื่องวัดพีเอช แต่จะต่างกันที่เครื่องวัดพีเอชจะใช้ Glass pH. electrode แทน Inert metal electrode ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ทองคำขาวเป็น electrode นักวิจัยหลายคนเห็นว่าการใช้ทองจะมีความไว (Sensitive) ต่อการวัด ORP. มากกว่าทองคำขาว อย่างไรก็ตามยังมีนักวิจัยบางกลุ่มยังไม่พบความแตกต่างระหว่างการใช้โลหะทั้งสองเป็น electrode⁽²²⁾ ค่า ORP. ที่วัดได้จะเป็นความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง Unattackable electrode และ Reference electrode

ถ้า Reference electrode เป็น Hydrogen gas electrode ค่าที่วัดได้จะเป็นความต่างศักย์มาตรฐาน (E_H) เมื่อเทียบกับขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจน แต่ถ้า reference electrode เป็น Calomel หรือ Silver-Silver Chloride จะต้องมีการแก้ไขข้อมูลก่อน เพราะค่าที่วัดได้เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้าเทียบกับขั้วไฟฟ้าที่ใช้เป็น Reference electrode เช่น ถ้าใช้ Calomel Reference electrode ค่าที่วัดได้ต้องนำมาแก้ไขให้เป็นความต่างศักย์มาตรฐานตามสมการที่ 2.1⁽³¹⁾

$$E_h = E + \text{Voltage of reference electrode} \dots\dots\dots(2.1)$$

E_h = The Potential with reference to Hydrogen electrode

E = Observed Voltage

โดยกำหนดให้ Voltage of reference electrode ที่ 25°C

สำหรับ Calomel = + 244.3 mV.

สำหรับ Silver-Silver chloride = + 45 mV.

สำหรับ Hydrogen gas electrode = 0 mV.

Smith & Hungate, 1958⁽²⁴⁾ ได้ศึกษาการดำรงชีวิตของ *Mathanobacterium ruminantium* และรายงานว่า ค่า ORP. ที่เขาวัดได้ในระบบถังหมักในเทอมของ E_h มีค่าระหว่าง -335 ถึง -346 mV.

Reed & Orr, 1934⁽²⁵⁾ รายงานว่าค่า ORP. ที่เหมาะสมสำหรับระบบการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีค่า E_h เป็น -200 mV. สำหรับแบคทีเรีย 15 ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนพวก *Chostridium*

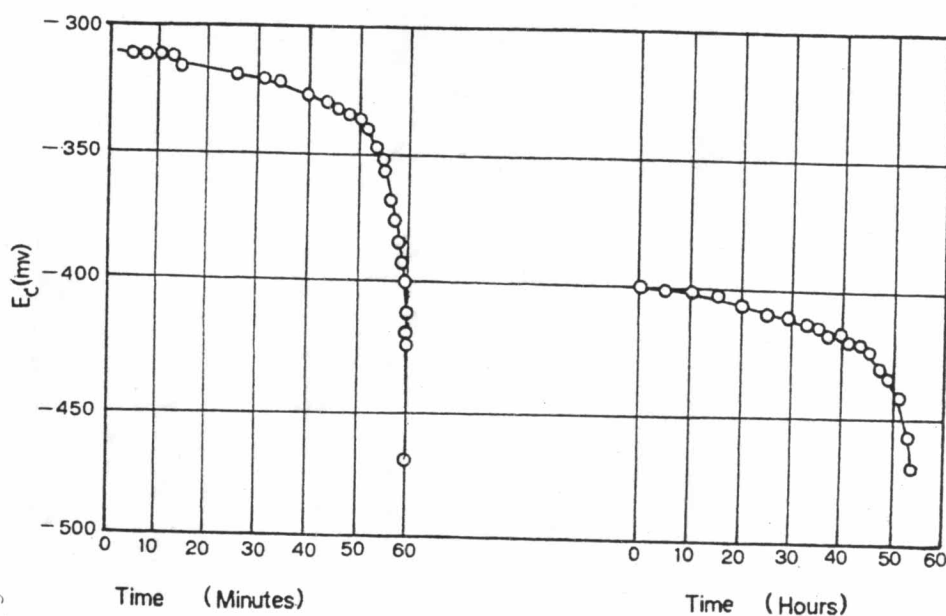
Longworth & MacInnes, 1936⁽²⁶⁾ พบว่าค่า ORP. ที่เขาวัดได้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับขบวนการสร้างกรดและขบวนการสร้างมีเทน นอกจากนี้เขายังรายงานจากผลการทดลองของเขาต่อไปอีกว่า ค่า ORP. จะลดต่ำลง (มีค่าติดลบสูงขึ้น) ก่อนที่ระบบจะสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ดี แต่จากรายงานของ Blanc, et al⁽²⁷⁾ พบว่าค่า ORP. ที่วัดได้จะเป็นพารามิเตอร์ที่จะชี้ถึงผลการทำงานของขบวนการสร้างมีเทน (Methane Fermentation Stage)

Maslova & Pantskhava, 1965⁽²⁸⁾ สนับสนุนความคิดของ Blanc กล่าวคือ ค่า ORP. ที่วัดได้จากระบบถังหมักไม่ใช้ออกซิเจนจะเป็นพารามิเตอร์ซึ่งชี้ถึงผลการ

ทำงานของแบคทีเรียสร้างมีเทน สำหรับค่า ORP. ที่วัดได้จาก Thermophilic Anaerobic Fermentation จากงานทดลองมีค่าระหว่าง -315.7 ถึง -355 mV. (E_h)

Molof, 1950⁽²⁹⁾ พบความผิดพลาดจากการใช้เวลาในการวัด ORP.

ที่ต่างกัน จากภาพที่ 2.3 แสดงให้เห็นว่า ค่า ORP. ที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับคาบของเวลา (period) ในการวัด ยิ่งระยะเวลาในการวัด ORP. ที่วัดได้ก็ยิ่งต่ำลงเรื่อย ๆ และลดลงช้าลง เมื่อระยะเวลาการวัดเป็น 10-60 ชั่วโมง Molof รายงานว่า เวลาที่เหมาะสมสำหรับ



ภาพที่ 2.3 ค่า ORP. ที่ระยะเวลาการวัดต่าง ๆ กัน (Potential Variation during the electrode adjustment Period),⁽²⁹⁾

การวัด ORP. ในระบบถังหมักเมื่อติดตั้งเครื่องมือเป็นหน่วยเดียวกับอุปกรณ์ของเครื่องวัด ควรประมาณ 10-48 ชั่วโมง ในระหว่างที่ถังหมักทำงานคงที่ ค่า ORP. ที่วัดได้ค่อนข้างจะคงที่ ประมาณ -220 ถึง -290 mV. วัดในเทอมของ E_h . แต่เมื่อมีการป้อนตะกอนสลัดจ์หรือมีออกซิเจนอิสระเข้าไปในระบบถังหมักโดยไม่ตั้งใจหรือมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของถังหมักอย่างรวดเร็วจะทำให้ค่า ORP. ที่วัดได้สูงขึ้น

Dirasian, 1962⁽²²⁾ พบว่าช่วงที่ถึงหมักทำงานได้ดี ค่า ORP. ที่วัดได้จะอยู่ระหว่าง -275.7 mV. ถึง -285.7 mV. วัดในเทอมของ E_h Dirasian ได้ลองติดตั้งเครื่องวัด ORP. เข้าไปในระบบถังหมักไม่ใช้ออกซิเจนและพยายามคุมระบบการทำงาน ของถังหมักจากค่า ORP. ที่วัดได้

Blanc & Molof,⁽²⁷⁾ ใช้การวัด ORP. ควบคุมการทำงานของถังหมัก ค่า ORP. ที่วัดได้ในเทอม E_h มีค่าระหว่าง -235.7 ถึง -285.7 mV. พบว่าเมื่อมีอากาศ เข้าไปในถังหมักและมีการเพิ่มออร์แกนิกโหลดตั้งอย่างกระทันหันทำให้ค่า ORP. ที่วัดได้จะเพิ่มขึ้น จากการลองป้อน Cation ที่เข้มข้นต่าง ๆ เข้าไปในถังหมักจะไม่พบความแตกต่างจากการวัด ORP.

จากรายงานการทดลองเมื่อกรดโวลลาไทล์มีแนวโน้มที่สูงขึ้น ค่า ORP. ที่วัดได้จะสูงตามไปด้วย ในทางตรงกันข้ามเมื่อระบบเริ่มกลับทำงานได้ดีขึ้น กรดโวลลาไทล์มีแนวโน้มที่ค่อย ๆ ลดลง ค่า ORP. ที่วัดได้จะค่อย ๆ ลดลงเช่นกัน

2.3.2 พีเอช

ค่าพีเอชเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบถังกรองไร้ออกซิเจน แต่จะไม่ใช่เป็นสัญญาณที่เร็วพอที่จะบอกความล้มเหลวในการทำงานของปฏิบัติการไม่ใช้ออกซิเจนได้ทันทีเพราะความเสียหายของระบบมักจะเกิดขึ้นก่อนที่ค่าพีเอชจะลดลง พีเอชที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนจะอยู่ในช่วงแคบ ๆ⁽³²⁾ จากรายงานของ McCarty⁽¹⁾ พบว่า มีเทนแบคทีเรียจะดำรงชีวิตอยู่ได้ดีในช่วงพีเอช 6.7 ถึง 7.3 ซึ่งสนับสนุนกับความคิดของ Barker⁽³³⁾ ซึ่งกำหนดช่วงพีเอชที่แคบกว่า จากรายงานการวิจัยส่วนใหญ่แนะนำให้ควบคุมพีเอชให้อยู่ระหว่าง 6.8 ถึง 7.2 ซึ่งจะเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของมีเทนแบคทีเรีย

ดังนั้นการควบคุมเครื่องกรองให้พีเอชเป็นกลางตลอดเวลาเป็นวิธีหนึ่งซึ่งจะปรับสภาวะให้เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจน Pohland 1964⁽³⁴⁾ ใช้การวัดพีเอชควบคุมการทำงานของระบบถังหมักโดยควบคุมค่าพีเอชให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

ปัญหาที่มักเกิดขึ้นในระบบถังหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนมักเกิดจากการสะสมตัวของกรดโวลาทิล มีผลทำให้ค่าพีเอชลดลง ถ้าระบบมีกำลังบัฟเฟอร์ (Buffer Capacity) ต่ำ การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชนอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดโวลาทิลและสภาพความเป็นค่างของระบบแล้ว ยังขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นอีกด้วย ดังสมการที่ 2.2 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีเอช ความเป็นค่างไบคาร์บอเนตและเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์

$$\text{pH} = 5.14 - \log(\% \text{CO}_2) + \log(\text{HCO}_3^-) \quad \dots\dots(2.2)$$

$$\text{โดย } \text{HCO}_3^- = \text{TA} - (0.85)(0.833) \text{ TVA}$$

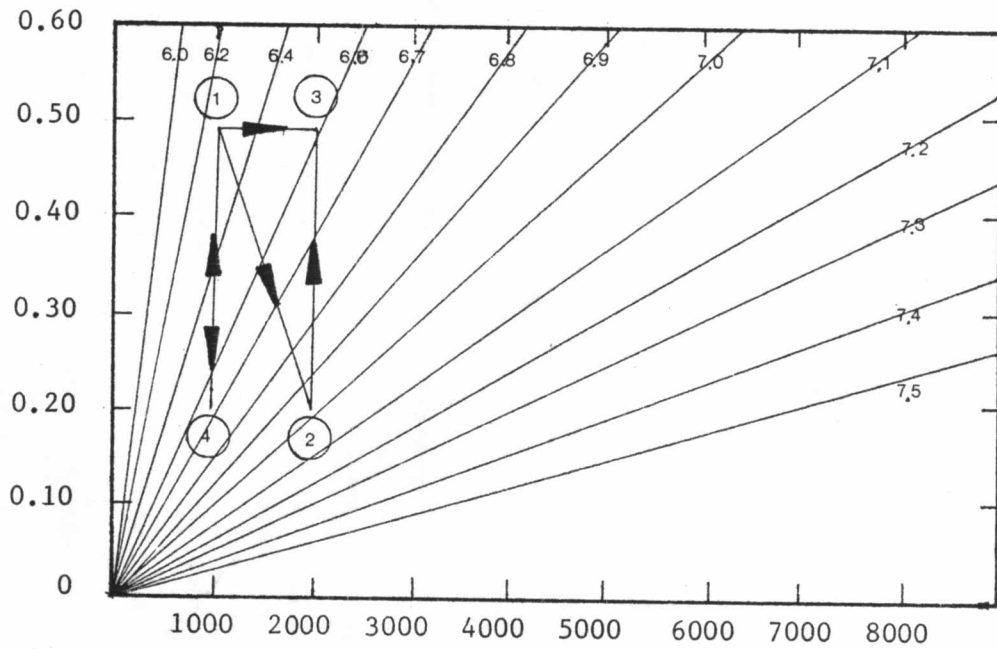
$$\text{TA} = \text{สภาพความเป็นค่างทั้งหมด (Total Alkalinity; as CaCO}_3\text{)}$$

$$\text{TVA} = \text{สภาพความเป็นค่างของกรดโวลาทิล (Total Volatile acid; as CH}_3\text{COOH)}$$

โดยปกติการปรับพีเอชของระบบให้สูงขึ้นจนเป็นกลางจะใช้สารเคมีที่เป็นค่าง เช่น ปูนขาว โซเดียมไบคาร์บอเนตหรือโซเดียมคาร์บอเนต เป็นต้น และอีกวิธีหนึ่งโดยการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนออกจากส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ แต่วิธีหลังเป็นการแก้ปัญหาเพียงชั่วคราวเท่านั้น (20)

การเพิ่มพีเอชโดยใช้สารเคมีอาจจะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท กล่าวคือ พวกแรกเป็นการเติมไบคาร์บอเนตเพื่อเพิ่มสภาพความเป็นค่างให้กับระบบและยกระดับค่าพีเอชให้สูงขึ้น โดยวิธีนี้สารเคมีที่ใช้จะไม่เปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบ ได้แก่ โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) เป็นต้น เมื่อดูจากภาพที่ 2.4 พบว่าหลังจากเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต จุดสมดุลย์เคมที่พีเอช 6.28 ณ ตำแหน่งที่ 1 จะเลื่อนมาอยู่ ณ ตำแหน่งที่ 3 พีเอช 6.59 ทั้งนี้กำลังบัฟเฟอร์ของถังหมักจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1,000 มก./ล. โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบ สารเคมีอีกพวกหนึ่งที่ใช้ปรับพีเอชให้กับระบบถังหมักได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นต้น สารเคมีพวกนี้จะเข้าไปจับ

ความดันสัมพัทธ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (atm.)



ความเข้มข้นของด่างในรูปไบคาร์บอเนต (mg/l, CaCO₃)

①→②→③ ใช้ NaOH, ①→③ ใช้ NaHCO₃, ①→④ กำจัด CO₂ โดยตรงในระบบ

ภาพที่ 2.4 ความสัมพันธ์ในทางทฤษฎีระหว่าง CO₂, pH และสภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนตของถังหมักไร้ออกซิเจน

คาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นสารประกอบไบคาร์บอเนตทำให้ระดับความเป็นด่างและพีเอชเพิ่มขึ้น ถ้าดูจากภาพที่ 2.4 หลังจากเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ตำแหน่งสมมูลจะเลื่อนจากตำแหน่งที่ 1 มายังตำแหน่งที่ 2 พีเอชที่วัดได้จะเพิ่มจาก 6.28 มาเป็น 6.8 และระบบมีกำลังบัฟเฟอร์ในรูปสภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นประมาณ 1000 มก./ล.; CaCO_3 เช่นเดียวกัน แต่จะต่างจากการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตในวิธีแรกที่สารเคมีพวกนี้จะทำให้ความดันสัมพัทธ์ของคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบลดลง จากจุดสมมูลตำแหน่งที่ 2 เนื่องจากแบคทีเรียสามารถสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ทดแทนส่วนที่ถูกใช้ไป ทำให้จุดสมมูลสุดท้ายเลื่อนมายังตำแหน่งที่ 3 โดยปริมาณไบคาร์บอเนตจะไม่เปลี่ยนแปลง

จากการเลือกใช้สารเคมี ถึงแม้จะให้จุดสมมูลสุดท้ายของผลทางปฏิกิริยาเคมีเหมือนกัน แต่ผลต่อระบบจากการใช้สารเคมีก่อนจะมาถึงจุดสมมูลสุดท้ายจะต่างกัน เช่น การใช้ NaOH หรือ Ca(OH)_2 เพื่อปรับพีเอช ถ้าใช้ในปริมาณมาก ๆ สารประกอบพวกไฮดรอกซิลกรู๊ปจะสามารถจับคาร์บอนไดออกไซด์จนทำให้พีเอชในระบบสูงเกินไป ซึ่งอาจถึงขั้นเป็นพิษต่อการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย เมื่อระบบสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาทดแทน พีเอชของระบบจะลดลงอย่างกระตันทัน ฉะนั้นเมื่อใช้สารเคมีพวกนี้ปรับพีเอชจึงควรหมั่นอย่างช้า ๆ จนกว่าจะได้ปริมาณที่ต้องการ นอกจากนี้การใส่ปูนขาวในการปรับพีเอชต้องระมัดระวังเรื่องตะกอนหินปูนที่เกิดขึ้น ดังนั้นควรเลือกใช้สารเคมีที่มีส่วนประกอบของโซเดียมซึ่งไม่สร้างตะกอน ในทางปฏิบัติถ้าจะใช้ปูนขาวซึ่งเป็นสารเคมีที่มีราคาถูกควรใช้เมื่อระบบพีเอชไม่ต่ำกว่า 6.5 และเมื่อเติมปูนขาวแต่ละครั้งอย่าให้พีเอชของระบบเพิ่มเกิน 0.3 หน่วยพีเอช⁽²⁰⁾ เมื่อพิจารณาจากข้อดีและข้อเสียของสารเคมีแต่ละชนิด Kirsch & Sykes⁽³⁵⁾, Barber & Dale⁽³⁶⁾ แนะนำให้ใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต และรายงานว่าเป็นสารเคมีที่เหมาะสมในการควบคุมพีเอชของระบบถึงหมักไม่ใช้ออกซิเจน ถึงแม้จะมีราคาแพงกว่าปูนขาวมากก็ตาม

สำหรับการเพิ่มพีเอชโดยการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนออกจากระบบจะเป็นการเพิ่มพีเอชเพียงชั่วคราว (ดูจากภาพที่ 2.4) จากตำแหน่งสมมูลที่ 1 เมื่อกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนออกจากระบบทำให้จุดสมมูลเลื่อนมายังตำแหน่งที่ 4 โดยสภาพความเป็นด่างไม่เปลี่ยนแปลง แต่สุดท้ายจุดสมมูลจะกลับไปตำแหน่งที่ 1 ตามเดิมเมื่อแบคทีเรียสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นมาทดแทน

2.3.3 กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty acid)

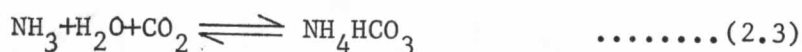
กรดไขมันระเหยง่ายเป็นผลผลิตสุดท้ายของขบวนการไฮโดรไลซิส ในการย่อยสลายสารประกอบคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของน้ำเสีย กรดไขมันระเหยง่ายที่มีคาร์บอนอะตอมต่ำ ๆ ซึ่งมักพบในระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทิริก สำหรับกรดบิวทิริกจะแตกตัวให้ 2 โมเลกุลของกรดอะซิติกก่อนที่จะใช้เป็นสับสเตรคของมีเทนแบคทีเรีย จากงานวิจัยของ Muceller et al, (43) รายงานว่า กรดไขมันระเหยง่ายทั้งสามตัวเป็นส่วนประกอบ 98 % ของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด จากการลองเพิ่ม Volatile Solid loading จาก 3.95 เป็น 10.68 กก./ม³.วัน สำหรับถังหมักไม่ใช้ออกซิเจนของเขา ทำให้ส่วนประกอบของกรดไขมันระเหยง่ายในระบบเปลี่ยนแปลง โดยกรดอะซิติกจะลดลงจาก 68.9 % เป็น 47.3 % กรดโพรพิโอนิกจะเพิ่มขึ้นจาก 23 % เป็น 32.5 % และกรดบิวทิริกจะเพิ่มขึ้นจาก 4.5 % เป็น 19.7 %

ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในระบบเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่จะบอกถึงสภาวะการทำงานของระบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายก็ยังไม่มีความสำคัญเท่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันระเหยง่าย (1, 38) เพราะในขณะที่ระบบมีค่าปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายสูงมาอย่างสม่ำเสมอโดยยังไม่มีอาการยับยั้งต่อขบวนการสร้างมีเทนก็แสดงว่าระบบยังมีกำลังบัฟเฟอร์พอเพียง แต่ถ้ามีการลดลงหรือเพิ่มขึ้นอย่างกะทันหัน ก็สามารถทำนายได้ว่ามีแบคทีเรียกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งถูกยับยั้งการทำงาน ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้จากหลาย ๆ สาเหตุ ทำให้ระบบเสถียรสมดุลจนล้มเหลวอย่างสิ้นเชิงได้ในที่สุด ฉะนั้นจึงเป็นหน้าที่ของผู้ควบคุมจะต้องหาจุดบกพร่องและรีบแก้ไขให้ทันทั่วทั้งที่ ปกติแล้วถังหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนควรมีปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายประมาณ 50-500 มก./ล. (วัดในเทอมของกรดอะซิติก) (32) หากปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายมากกว่า 2000 มก./ล. อาจจะยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง ถ้าระบบมีปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย 8000-10,000 มก./ล. (CH₃COOH) จะเป็นพิษต่อระบบถังหมักโดยตรง (39)

2.3.4 สภาพความเป็นด่างและอัตราส่วนของกรดโวลาทิลต่อสภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนต

ในระบบกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน สภาพความเป็นด่างทั้งหมด (Total Alkalinity) มีค่าเท่ากับ สภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนต (Bicarbonate Alkalinity) ซึ่งมักพบอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตและโซเดียมไบคาร์บอเนต ร่วมกับความเป็นด่างของกรดระเหย (Volatile acid Alkalinity) ที่จะมีปริมาณไม่มากนักเมื่อระบบทำงานอย่างปกติ

ในขบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน มักจะพบสภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนตในรูปของเกลือแอมโมเนีย เพราะมันสามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการย่อยสลายของโปรตีน จะให้ก๊าซแอมโมเนียออกมา ซึ่งแอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ให้แอมโมเนียมไบคาร์บอเนตดังสมการที่ 2.3

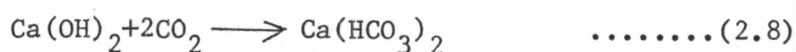
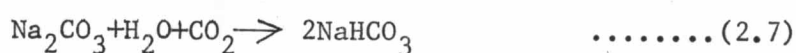
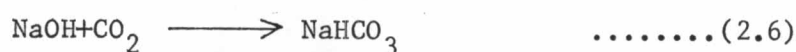


แอมโมเนียมไบคาร์บอเนตที่เกิดขึ้นจะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ช่วยควบคุมพีเอชจากการทำปฏิกิริยากับกรดระเหยที่เกิดขึ้นดังสมการที่ 2.4 และสมการที่ 2.5



จากสมการ เคมิจะเห็นได้ว่ากรดระเหยที่เกิดขึ้นมากมีผลทำให้สภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนตลดลง แต่เมื่อคิดในเทอมของสภาพความเป็นด่างทั้งหมดจะมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยซึ่ง เป็นเหตุผลชี้ให้เห็นว่า สภาพความเป็นด่างทั้งหมดเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญน้อยกว่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนต

ในระบบได้ความเป็นด่างไบคาร์บอเนตมาจากปฏิกิริยาเคมี เมื่อมีการเติมอาหารเสริมหรือการเติมสารเคมีเพื่อปรับพีเอชให้สูงขึ้น เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น ปฏิกิริยาเคมีในการสร้างสารประกอบไบคาร์บอเนตมีดังนี้



ในการควบคุมถังหมักให้มีพีเอชเป็นกลาง ระดับความเป็นด่างไบคาร์บอเนตขึ้นอยู่กับ % CO_2 ในก๊าซชีวภาพและมีค่าไม่น้อยกว่าค่าในตารางที่ 2.1 โดยทั่วไปอาจกล่าวได้ว่าระดับความเป็นด่างไบคาร์บอเนตควรมีค่าไม่น้อยกว่า 2000 มก./ล. ⁽³⁶⁾

ตารางที่ 2.1 สภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนตต่ำสุดที่จะรักษาระดับพีเอชของระบบให้เป็นกลาง

% CO_2 ในส่วนประกอบของก๊าซ	สภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนต (มก./ล.; CaCO_3)
25	1875
30	2250
35	2625
40	3000
45	3375
50	3750

สำหรับเกลือไบคาร์บอเนตของแอมโมเนียปกติแล้วจะพบในระบบถังพีเอชน้อยกว่า 7.2 เพราะแอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะไปจับคาร์บอนไดออกไซด์ดังสมการที่ 2.3 แต่ถ้าพีเอชมากกว่า 7.2 จะพบอยู่ในรูปของแอมโมเนียอิสระซึ่งจะเป็นพิษมากกว่า NH_4^+ (1)

ถ้าแอมโมเนียอิสระมีความเข้มข้นมากกว่า 150 มก./ล. จะยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย ส่วน NH_4^+ จะต้องมีความเข้มข้นสูงถึง 3000 มก./ล. จึงจะมีพิษเท่ากับแอมโมเนีย เชื่อกันว่าแอมโมเนียจะเป็นพิษโดยตรงต่อมีเทนแบคทีเรีย เพราะจากรายงานการวิจัยพบว่าพิษของแอมโมเนียจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับการสะสมตัวของกรดไวลาไทล์

สภาพความเป็นด่างอีกรูปหนึ่งซึ่งเป็นเกลือของกรดอินทรีย์ เกิดจากประจุบวกของสารประกอบไบคาร์บอเนตเข้าไปไล่ที่ไฮโดรเจนในกรดอินทรีย์ดังแสดงในสมการที่ 2.4 พบว่าสภาพความเป็นด่างของกรดระเหยที่เกิดขึ้นมีผลทำให้สภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนตลดลง ในขณะที่สภาพความเป็นด่างทั้งหมดเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ฉะนั้นการใช้สภาพความเป็นด่างทั้งหมดเป็น พารามิเตอร์ควบคุมการทำงานของระบบต้องพิจารณาควบคู่ไปกับปริมาณของกรดไวลาไทล์ดังความสัมพันธ์ที่แสดงจากสมการที่ 2.9

$$\text{HCO}_3^- \text{ (Bicarbonate Alkalinity)} = \text{Total Alkalinity} - \text{Volatile acid Alkalinity} \dots\dots\dots (2.9)$$

สำหรับอัตราส่วนของกรดไวลาไทล์ต่อสภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนต ($\text{VFA}/\text{HCO}_3^-$) จะเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญอีกตัวหนึ่งที่จะชี้ให้เห็นถึงเสถียรภาพของระบบว่า มั่งคั่งแค่ไหน ตราบใดที่อัตราส่วน $\text{VFA}/\text{HCO}_3^-$ น้อยกว่า 0.4 ระบบไร้ออกซิเจนจัดว่ามีกำลังบัฟเฟอร์สูง แต่ถ้าอัตราส่วนนี้มากกว่า 0.8 แสดงว่าระบบมีกำลังบัฟเฟอร์ต่ำ พิเศษจะสามารถลดลงได้อย่างรวดเร็ว ถ้ามีกรดไวลาไทล์เพิ่มขึ้นในระบบเพียงเล็กน้อย

2.3.5 ปริมาณก๊าซชีวภาพและปริมาณเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพ

ขบวนการสร้างมีเทนโดยใช้กรดอินทรีย์และคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารตัวสุดท้ายในการรีบิเลคตรอน จะให้ก๊าซชีวภาพซึ่งจะหนีออกมาจากระบบและยังเป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้ความเข้มข้นของ ซีไอดี ในน้ำเสียลดลง ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะประกอบด้วย

ก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ ปกติจะมีก๊าซมีเทนเป็นส่วนประกอบประมาณ 50-70 %⁽³⁶⁾

จากรายงานของ Bryant, et al.,⁽⁴⁰⁾ กล่าวว่า สำหรับขบวนการสร้างมีเทนโดย Mesophilic Bacteria 72-75 % ของมีเทนจะมาจากกรดอะซิติก 24-29 % ของก๊าซมีเทนจะมาจากคาร์บอไดออกไซด์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อีก 20 % ของมีเทนจะมาจากการย่อยสลายของกรดไพรูวอิกและกรดบิวไทริก

ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเป็นเครื่องชี้ประสิทธิผลการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย แต่ยังไม่สำคัญเท่าปริมาณเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนในส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพจะเป็นสัญญาณเตือนให้ผู้ควบคุมรู้ถึงเสถียรภาพของระบบ ดังที่กล่าวมาแล้วว่า 24-29 % ของส่วนประกอบของก๊าซมีเทนจะมาจากคาร์บอไดออกไซด์ ฉะนั้นการที่ระบบมี % CO₂ สูงกว่าปกติก็อาจจะสันนิษฐานขั้นต้นว่าการทำงานของแบคทีเรียสร้างมีเทนถูกยับยั้ง เพราะคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นมาไม่ถูกนำไปใช้ในการสร้างมีเทน ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของผู้ควบคุมระบบต้องรีบแก้ไขจุดที่ทำให้ระบบเริ่มเสถียร

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Chemical Environment) ของระบบ⁽³⁷⁾ จากสมการที่ 2.4 และสมการที่ 2.5 เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยเกลือไบคาร์บอเนตของแอมโมเนียไปจับกับอนุพลของกรดอินทรีย์เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นในส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ และยังเป็นสาเหตุที่ทำให้กำลังบัฟเฟอร์จากอนุพลของเกลือไบคาร์บอเนตลดลงอีกด้วยดังที่ได้กล่าวมาแล้ว สำหรับการลดลงของเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์อย่างกระทันหัน อาจเกิดขึ้นได้จากการบ่อนสารเคมีเพื่อปรับพีเอชพวกไฮดรอกซิลกรุป เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น และพวกสารประกอบคาร์บอเนต เช่น โซเดียมคาร์บอเนต (Na₂CO₃) เป็นต้น สารประกอบพวกนี้จะจับคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ ดังได้กล่าวมาแล้วเรื่องการปรับพีเอชของระบบให้สูงขึ้น จากการใส่สารเคมีพวกที่

ต้องจับคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบพร้อม ๆ กับการเพิ่มกำลังปั๊มเพอร์ให้กับถังหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน

2.3.6 ประสิทธิภาพในการลด ซีไอดี ของถังกรองไร้ออกซิเจน

ในปฏิบัติการชีวเคมีของระบบไม่ใช้ออกซิเจน สำหรับขั้นตอนการลดซีไอดี ในน้ำเสียเกิดขึ้นจากการทำงานของระบบในช่วงขบวนการสร้างมีเทน (Speece & McCarty, 1962),⁽⁴¹⁾ ในสภาวะที่ถังกรองไร้ออกซิเจนทำงานได้ดี ปริมาณของกรดโวลลาไทล์ในระบบจะถูกแบคทีเรียสร้างมีเทนใช้ไปในการสร้างมีเทนอย่างรวดเร็ว Ghosh et al⁽⁴²⁾ กล่าวว่า ในขั้นตอนการสร้างกรดไม่เพียงแต่จะไม่ลดสับสเตรคของน้ำเสีย แต่ยังเพิ่มปริมาณซีไอดี ในระบบอีกเล็กน้อย สำหรับในช่วงการผลิตก๊าซมีเทนพลังงานส่วนใหญ่ของสับสเตรค (Substrate) จะถูกสะสมไว้ในก๊าซชีวภาพหนี้ออกไปจากระบบ

ฉะนั้นจะเห็นว่า ประสิทธิภาพการลดความเข้มข้นของ ซีไอดี ในน้ำเสียจะเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญตัวหนึ่งที่จะประเมินให้เห็นถึงความสำเร็จในการทำงานของระบบถังกรองไร้ออกซิเจน