

บทที่ ๓

ทฤษฎี (Theories)

ขบวนการกำจัดน้ำเสียนั้น มีหลายวิธีด้วยกัน ขบวนการทางชีววิทยาเป็นขบวนการกำจัดน้ำเสียที่มีอินทรีย์สารที่สำคัญที่สุด หลักสำคัญของขบวนการนี้คือใช้แบคทีเรียไปทำลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย ซึ่งเป็นปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นอาจจะเป็นได้ทั้งแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic treatment) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic treatment) ในที่นี้จะขอล่าวถึงขบวนการไม่ใช้ออกซิเจน

Mc. Carty (1964) ได้กล่าวว่าในขบวนการกำจัดน้ำเสียที่ไม่ใช้ออกซิเจน นับว่ามีส่วนที่สำคัญ ๆ มากกว่าวิธีอื่น ๆ เป็นที่เชื่อได้ว่าในอนาคตจะมีคนนิยมใช้มากขึ้น การกำจัดน้ำเสียโดยวิธีไม่ใช้ออกซิเจน ปัจจุบันนิยมใช้กับน้ำเสียที่มีความเข้มข้น วัตถุในรูปของ ซีโอดีหรือบีโอดี สูง ๆ เป็นส่วนใหญ่

ข้อดี (Advantage) ในการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน สามารถจะเปรียบเทียบกับการกำจัดแบบใช้ออกซิเจน คือในการกำจัดแบบใช้ออกซิเจนจะเกิดตะกอนเป็นจำนวนมากซึ่งต้องนำไปกำจัดต่อไป ไม่เหมือนกับการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนกล่าวคือ การกำจัดแบบใช้ออกซิเจน เช่น ระบบการเลี้ยงตะกอน และลานกรอง น้ำเสียจะต้องใช้เชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับอากาศเป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์จะใช้พวกสารอินทรีย์เป็นอาหาร และใช้ออกซิเจนส่วนหนึ่งในการเผาผลาญอาหารแล้วจะให้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน พวกจุลินทรีย์ได้รับพลังงานเป็นจำนวนมากจากการออกซิเดชัน และจะเจริญอย่างรวดเร็ว สารอินทรีย์ส่วนมากของน้ำเสียจะเป็นปฏิกิริยากับการเกิดเซลล์ใหม่ ๆ อย่างไรก็ตามอาจจะไม่แน่นอนเสมอไป อาจจะเปลี่ยนไปเป็นรูปแบบอื่น ๆ ได้ ถึงแม้ว่าในการกำจัดน้ำเสียวิธีนี้จะตั้งน้ำถังแม่มาได้แต่ตะกอนที่เกิดขึ้นก็มีปัญหาในการกำจัด

ในขบวนการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน น้ำเสียจะถูกรวมกับจุลินทรีย์จำนวนมาก

แต่ไม่ต้องการออกซิเจน ภายใต้สภาวะนี้จุลินทรีย์จะเจริญเป็นปฏิภาคกับสารอินทรีย์ของน้ำเสีย และให้คาร์บอนไดออกไซด์กับแก๊สมีเทน ระบบการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะให้แก๊สมีเทนจำนวนที่มีความสัมพันธ์กับพลังงานเพียงเล็กน้อยและจุลินทรีย์ด้วย ดังนั้น อัตราการเจริญจึงช้า และจำนวนเล็กน้อยของน้ำเสียเป็นปฏิภาคกับเซลล์ใหม่ ๆ ส่วนใหญ่ของการสลายตัวของน้ำเสียจะเป็นปฏิภาคกับการเกิดแก๊สมีเทน ซึ่งเป็นแก๊สที่ไม่ละลายและจะระเหยออกจากน้ำเสีย เราสามารถเก็บนำมาใช้ในการเผาไหม้ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ และให้ความร้อนแก่น้ำได้มากกว่า ๘๐-๙๐ % ของการสลายตัวของสารอินทรีย์ของน้ำเสียโดยระบบการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะให้แก๊สมีเทนอย่างมาก เมื่อเราเทียบระบบการกำจัดแบบใช้ออกซิเจน ที่สามารถย่อยสลายได้เพียง ๕๐ % จากน้ำเสียจริง ๆ ส่วนที่อื่น ๆ ของการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน ได้แสดงไว้ในตารางที่ ๑๑

ดังนั้น จำนวนน้ำเสียเพียงจำนวนน้อย ที่จะกลายเป็นเซลล์ใหม่ปัญหาการกำจัดตะกอนที่เกิดขึ้นจึงมีน้อยมาก ความต้องการในเรื่องสารอาหารได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ก็ลดอัตราส่วนลงเช่นกัน เป็นผลดีที่พิเศษในการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ขาดธาตุธาตุ ตะกอนที่เกิดขึ้นจะคงที่และจะไม่เกิดปัญหาเหตุรำคาญในระบบดังกล่าวไม่ต้องการออกซิเจน ดังนั้นจึงลดพลังงานในการที่จะให้ออกซิเจนลงไปด้วยเพราะออกซิเจนเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนยังเห็นได้อย่างชัดเจนอีกว่าผลผลิตแก๊สมีเทนที่ได้จากระบบการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นแหล่งที่ให้พลังงานอย่างดี และมีบ่อยครั้งนำไปใช้สำหรับความร้อนในบ้าน เติมน้ำมันเครื่องยนต์และผลิตกระแสไฟ

ข้อดีของระบบกำจัดแบบนี้อีกอย่างหนึ่งก็คือ จะให้ผลดีคือเมื่อน้ำเสียมีความเข้มข้นสูง ๆ ดังได้กล่าวมาแล้วพบว่าค่าของ บีโอดี จะมากกว่า ๑๐,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับความเข้มข้นที่น้อยกว่านี้ ข้อเสียจะเริ่มมีมากกว่าข้อดีหรือดำเนินการไม่ได้ผลเลย อาจจะมีข้อยกเว้นสำหรับการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานบรรจุอาหารซึ่ง บีโอดี ต่ำกว่า ๑๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร ในสภาพที่มีอุณหภูมิเหมาะสม

ระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีส่วนเสียในการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม คือ

๑. ในต่างประเทศมีปัญหาเกี่ยวกับอุทกหภูมิ อุทกหภูมิที่เหมาะสมนั้นควรจะอยู่ระหว่าง ๔๕-๕๕ ฟาเรนไฮท์ น้ำเสียที่มีความเจือจางต่ำ อาจไม่ให้แก๊สมีเทนเพียงพอ
๒. ข้อเสียอื่น ๆ ของระบบนี้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับภาระงานเต็มโตของจุลินทรีย์ ที่ให้แก๊สมีเทนเป็นไปอย่างช้านั้น เนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะนี้ใช้ระยะเวลาานาน แต่เราสามารถที่จะเปลี่ยนอัตราการผลิตน้ำเสีย เพื่อให้มีการปรับตัวที่เหมาะสม รวมทั้งอุทกหภูมิหรือภาวะสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ด้วย

รัตสุข และคณะ (๒๕๑๕) ได้รวบรวมรายงานการศึกษาไว้สำหรับน้ำเสียชนิดเดียวกันและปริมาณเท่ากัน ข้อดีข้อเสียของระบบกำจัดทั้งสองแบบพอจะเปรียบเทียบกันได้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ ๑๒ ซึ่งจะเห็นได้ว่าข้อเสียที่สำคัญที่สุดของระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนคือ กลิ่นเหม็นและเหตุเดือดร้อนรำคาญอื่น ๆ ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้ในบริเวณห่างไกลชุมชน ข้อดีที่สำคัญที่สุดของระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนคือ การควบคุมบำรุงรักษาน้อยที่สุด และสามารถจะทำลายเซลล์โลสได้

ตารางที่ ๑๑ Advantage of anaerobic treatment

๑. A high degree of waste stabilization is possible
๒. Low production of waste biological sludge
๓. Low nutrient requirements
๔. No oxygen requirements
๕. Methane is a useful and product

(Mc. Carty 1964)

ตารางที่ ๑๒ ข้อดีข้อเสียของระบบการกำจัดแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

อันดับ	ข้อพิจารณา	ระบบไม่ใช้ออกซิเจน	ระบบใช้ออกซิเจน
๑	ประสิทธิภาพในการลด บีโอดี.	ต่ำ	สูง
๒	ประสิทธิภาพสูงสุดในการลด บีโอดี.	๔๔-๘๐ %	๗๕-๘๘ %
๓	เงินลงทุน	ต่ำ	สูง
๔	ค่าใช้จ่าย	ต่ำ	สูง
๕	ความจำเป็นในการกำจัดตะกอนจุลินทรีย์หรือตะกอนของน้ำเสีย	ไม่มี	มี
๖	กลิ่นและเหตุเดือดร้อนรำคาญอื่น ๆ	มี	ไม่มี
๗	คุณภาพของน้ำเสียที่ผ่านการกำจัดแล้ว	ต่ำ	สูง
๘	ความยุ่งยากในการควบคุมและบำรุงรักษา	น้อย	มาก
๙	ความสามารถในการทำลายเซลล์โตส	มี	ไม่มี
(รัตสุขและคณะ ๒๕๑๕)			

๓.๑ ขบวนการกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

รัตสุข และกลิ่นสุคนธ์ (๒๕๑๘) ได้อธิบายระบบการกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งมีหลายแบบ เริ่มตั้งแต่ระบบที่ง่ายที่สุดคือระบบบ่อหมักจนถึงระบบที่ยุ่งยากคือระบบ Anaerobic Contract

๓.๑.๑ ระบบบ่อหมัก เป็นวิธีกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ง่ายที่สุดซึ่งเทียบได้กับระบบบ่อผึ่ง (Oxidation pond) กล่าวคือ ระบบที่ไม่ใช้เครื่องจักรกลและอาศัย

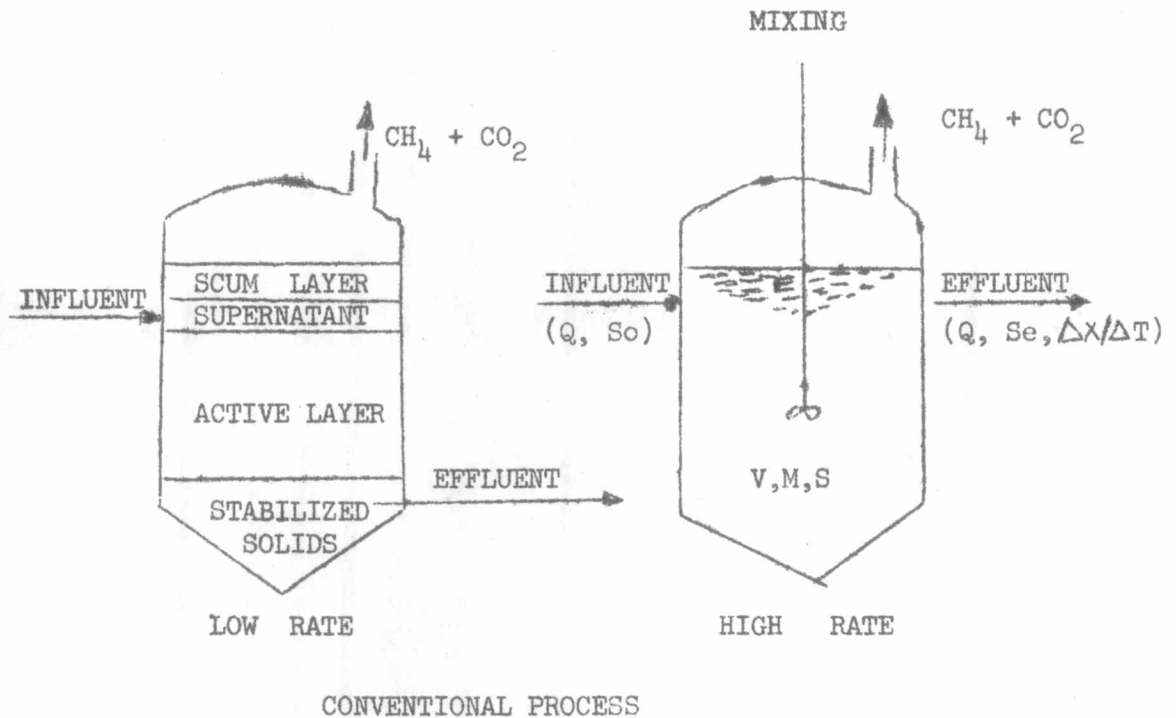
ธรรมชาติมากที่สุด หัวบ่อเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ลึก ๒ - ๓ เมตร น้ำเสียจะใช้เวลาอยู่ในบ่อหลายวันก่อนที่จะไหลกลับออกไป ในระหว่างน้ำเสียอยู่ในบ่อสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกแบคทีเรียทำลายด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้น้ำเสียเน่าเหม็นมีสีค้ำและมีค่า บีโอดี. ลดลงระบบบ่อหมักเหมาะสำหรับกำจัดน้ำเสียที่มีค่า บีโอดี. สูง มีความเหมาะสมที่สุด ในกรณีที่ที่ดินมีราคาไม่แพงนัก และใช้ที่ดินน้อยกว่าระบบบ่อฝิ่งประมาณ ๑๐ - ๓๐ เท่า ข้อเสียของระบบบ่อหมัก คือปัญหาเรื่องกลิ่นและเป็นบ่อเกิดของแมลง

การออกแบบระบบบ่อหมักยังคงต้องอาศัยการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากไม่มีสูตรในการคำนวณที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วไป ค่ากำหนดในการออกแบบที่สำคัญคือ อัตราการใส่ บีโอดี. หรืออัตราการรับปริมาณ บีโอดี. ของบ่อหมัก ซึ่งมีหน่วยเป็น ปอนด์ต่อเอเคอร์ต่อวัน หรือ กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ($\text{กก}/\text{ม}^2/\text{วัน}$) ประสิทธิภาพในการกำจัดจะขึ้นอยู่กับค่า พีเอช. ของน้ำในบ่อหมัก เวลาที่น้ำเสียอยู่ในบ่อหมัก หรือ HRT (Hydraulic Retention Time) และอัตราการรับปริมาณ บีโอดี. สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังด้วยระบบบ่อหมักและได้พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการรับปริมาณ บีโอดี. แต่ค่า พีเอช. จะลดลงตามการเพิ่มของอัตราการรับปริมาณ บีโอดี. ประสิทธิภาพในการกำจัดจะลดลงอย่างรวดเร็ว ถ้าค่า พีเอช. ต่ำกว่า ๖ นอกจากนี้ยังพบว่าค่า HRT มีความสำคัญน้อยมากต่อประสิทธิภาพในการกำจัดแต่ค่า HRT ไม่ควรมีน้อยกว่า ๒ วัน

๓.๑.๒ ระบบถังหมักแบบธรรมดา (Conventional anaerobic digestion)

ตามแผนผังดังในรูปที่ ๑๐ เป็นระบบที่มีความยุ่งยากเพราะเครื่องมือกลเพิ่มขึ้นจากระบบบ่อหมัก ระบบกำจัดประกอบด้วยถังปฏิกิริยาซึ่งเป็นถังคอนกรีตกลม มีฝาปิดเพื่อเก็บความร้อน กลิ่น แก๊ส และทำให้ภายในถังปฏิกิริยามีสภาพไร้ออกซิเจนอย่างแท้จริง บนฝาดังมีทางระบายแก๊สมีเทนออกเพื่อเผาทิ้ง หรือนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง น้ำเสียในถังปฏิกิริยาจะถูกกวนอยู่ตลอดเวลา โดยใช้เครื่องกวนแบบ Simplex Screw pump การกวนจะทำให้แบคทีเรียสัมผัสกับสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ทั่วถึงยิ่งขึ้น ดังนั้นอัตราการทำลาย บีโอดี. ในระบบนี้จึงเร็วกว่าในระบบบ่อหมักมาก

รูปที่ ๑๐ แผนผังระบบถังหมักแบบธรรมดา (Conventional anaerobic process)
(รัตสุข และกลั่นสุคนธ์ ๒๕๑๘)

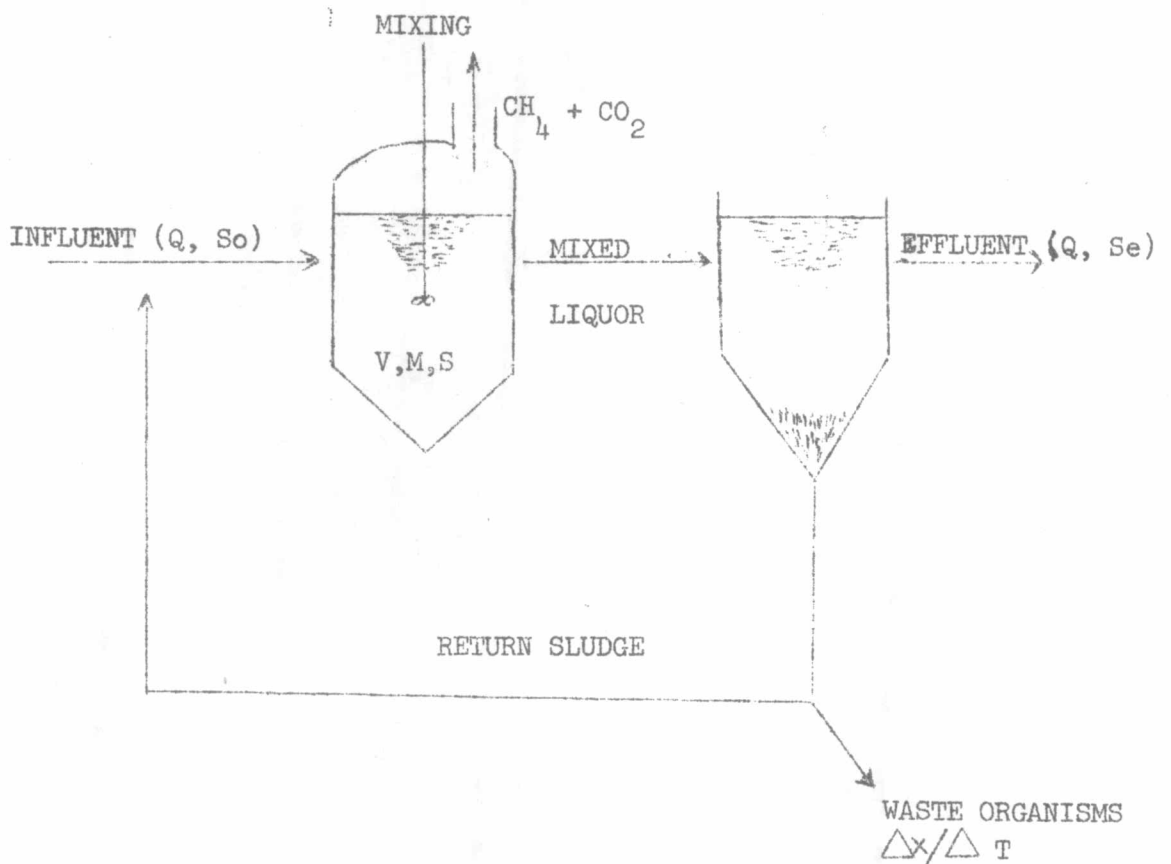


CONVENTIONAL PROCESS

จากแผนผังระบบกำจัดตามรูปที่ ๑๐ จะเห็นว่าลักษณะการกำจัดในถังปฏิกริยาจะเป็นแบบผสมแบบสมบูรณ์ที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำแบคทีเรียมาใช้อีกซึ่งเทียบได้กับลักษณะการกำจัดในระบบบ่อฝังชนิดใส่อากาศ (Aerated Lagoons) ดังนั้นสถานะสมดุลย์ปริมาณแบคทีเรียที่เกิดขึ้นจะต้องเท่ากับปริมาณแบคทีเรียที่สูญเสียไปกับน้ำทิ้งที่ออกจากถังปฏิกริยา มิฉะนั้นระบบกำจัดจะทำงานไม่ได้ผล เวลาที่จะใช้ในการกำจัดจึงต้องนานมาก

การออกแบบระบบการย่อยสลายแบบถังหมักธรรมดา จำเป็นต้องคำนวณเวลาในการกำจัดที่ต้องใช้สำหรับประสิทธิภาพในการกำจัดที่ต้องการ สำหรับระบบการย่อยสลายแบบถังหมักธรรมดา ค่า HRT จะเท่ากับค่า SRT. (Solid Retention time)

๓.๑.๓ ระบบ Anaerobic contact เนื่องจากแบคทีเรียพวก Methane formers เจริญเติบโตได้ช้า ระบบกำจัดแบบการย่อยสลายแบบธรรมดาจึงต้องใช้เวลานาน ดังนั้นจึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการกำจัดน้ำเสียที่มีค่า บีโอดี.ต่ำและมีปริมาณมาก เพราะจะต้องสร้างถังปฏิกริยาขนาดใหญ่ระบบ Anaerobic contact เป็นระบบที่จะแก้ปัญหานี้โดยอาศัยหลักการเดียวกับระบบเลี้ยงตะกอน กล่าวคือมีการแยกตะกอนแบคทีเรียออกจากน้ำทิ้งแล้วนำตะกอนกลับมาใช้ในการกำจัดอีก ซึ่งทำให้ค่า SRT เพิ่มขึ้นมากกว่า HRT หลายเท่า จึงสามารถลดขนาดของถังปฏิกริยาลงได้ ตามรูปที่ ๑๑ เป็นแผนผังแสดงระบบกำจัดแบบนี้



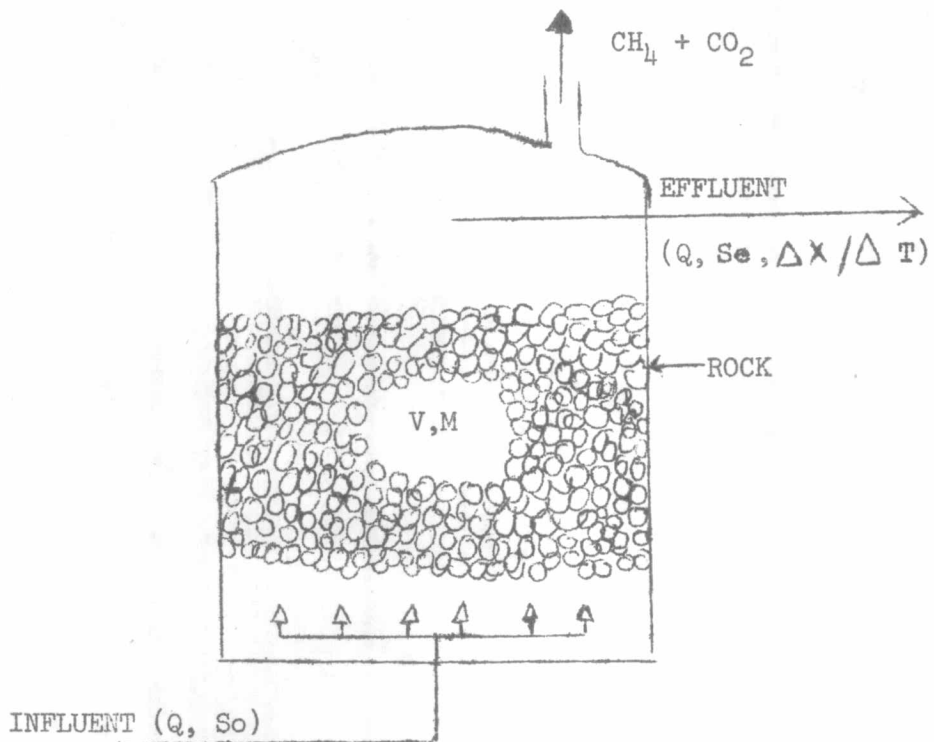
รูปที่ ๑๑ แผนผังระบบ Anaerobic contact หรือ Anaerobic activated sludge (รัตนสุข และกลิ่นสุคนธ์ (๒๕๑๘)

ข้อยุ่งยากของระบบ Anaerobic contact คือการแยกตะกอนแบคทีเรีย ออกจากน้ำทิ้งที่ระบายออกจากถังปฏิกริยา เนื่องจากน้ำเสียมีแก๊สละลายปนอยู่มากซึ่ง แก๊สนี้จะพาตะกอนลอยขึ้นแทนที่จะจมลง อาจแก้ปัญหานี้ได้โดยนำน้ำเสียมากำจัดแก๊ส เสียก่อนโดยใช้เครื่องไล้แก๊สสูญญากาศ (Vacuum degasifier) เนื่องจากตะกอน ไม่เข้มข้นนักจึงทำให้ปริมาณน้ำตะกอนที่สลับกลับไปเข้าถังปฏิกริยามากกว่าปริมาณน้ำเสีย ที่เข้าสู่ระบบประมาณ ๒ - ๔ เท่า การออกแบบใช้หลักเดียวกับของระบบการย่อย สลายแบบธรรมดา

๓.๑.๔ ระบบ Anaerobic Filter มีหลักการคล้ายคลึงกับระบบลานกรอง ดังแผนผังตามรูปที่ ๑๒ คือถังปฏิกริยาเป็นถังกลมสูงประมาณ ๒ - ๓ เมตร ภายในถัง มีตัวกลาง (Medium) เช่น ก้อนหินบรรจุอยู่เต็ม น้ำเสียจะถูกปล่อยเข้ามาทางก้นถัง แล้วไหลออกทางตอนบน (Upward flow) แบคทีเรียที่เกิดขึ้นจะยึดเกาะตัวกลางและ เกาะกันเป็นตะกอนติดอยู่ตามช่องว่างระหว่างตัวกลาง จึงทำให้ค่า SRT. สูงกว่าค่า HRT. ด้วยเหตุนี้ระบบ Anaerobic filter จึงสามารถใช้กำจัดน้ำเสียที่มีค่า บีโอดี. ไม่สูงนัก ได้เช่นเดียวกับระบบ Anaerobic contact แต่ระบบ Anaerobic filter ง่ายกว่าระบบ Anaerobic contact เพราะไม่ต้องมีการตกตะกอนและไม่ต้องมีการสูบตะกอนจากกันถังตกตะกอนกลับเข้าถังปฏิกริยาอีก

ระบบ Anaerobic filter ยังไม่เป็นที่แพร่หลายกันนักในต่างประเทศที่มี อากาศหนาว ทั้งนี้เพราะถังน้ำเสียมีค่า บีโอดี. ต่ำกว่า ๑๐,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร แล้ว แก๊สมีเทนที่ได้จะมีปริมาณไม่มากพอที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเสียได้ จึง ทำให้ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสูงกว่าวิธีการกำจัดแบบใช้ออกซิเจน เช่น ระบบเลี้ยงตะกอน แต่สำหรับในประเทศไทยจะไม่มีปัญหาเรื่องการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำทิ้งระบบกำจัดแบบ Anaerobic filter จึงน่าจะเป็นระบบที่เหมาะสมและประหยัดที่สุด

รูปที่ ๑๒ แผนผังระบบ Anaerobic Filter (รัตสุขและกัลสินสุพันธ์ ๒๕๑๘)



ANAEROBIC FILTER PROCESS

ระบบ Anaerobic filter สามารถรับปริมาณ บีโอดี.ได้พอ ๆ กับระบบ
กำจัดแบบเลี้ยงตะกอน หรือแบบลานกรอง คือ ๒๐๐ ปอนด์ บีโอดี/๑๐๐๐ ฟุต^๓/วัน
ประสิทธิภาพในการกำจัดจะอยู่ในระหว่าง ๖๐ - ๘๕ %

๓.๒ จุลชีววิทยาและชีวเคมี (Microbiology and Biochemistry) ในการกำจัด
น้ำเสียแบบขบวนการทางชีววิทยา นับว่าเป็นขบวนการที่นิยมใช้กันมากกับโรงงานอุตสาหกรรม
อินทรีย์ดังได้กล่าวมาแล้ว หลักการสำคัญก็คือ การใช้จุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย
เป็นต้น ไปทำลายสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่เจือปนอยู่ในน้ำเสียซึ่งเป็นอาหารของ แบคทีเรีย
จึงมีความสำคัญที่เกี่ยวข้องกับขบวนการทางชีววิทยาในการกำจัดน้ำเสีย ฉะนั้นจึงควร
จะทำความเข้าใจเกี่ยวกับแบคทีเรียเสียก่อนซึ่ง Mc. Kinney (1962) ได้อธิบายไว้
ดังนี้

๓.๒.๑ แบคทีเรีย เป็นพืชชั้นต่ำที่มีลักษณะง่าย ๆ คนส่วนมากมักจะไม่ค่อยเชื่อว่า
แบคทีเรียเป็นพืช ทั้งที่ตัวมันไม่มีคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้าง
ของเซลล์และการดูดซึมอาหารคล้ายกับพืชแต่ละ เซลล์เป็นอิสระ และทำหน้าที่ในตัวของมัน
เอง จะพบได้ทั่ว ๆ ไปทั้งในน้ำ ในดิน และในอากาศ ส่วนมากมักอาศัยอยู่ในน้ำ และดิน
ที่มีความชื้นสูง ปกติแบคทีเรียจะอยู่ในสภาพที่เป็นน้ำเพื่อการกินอาหาร เมื่อมีอาหารดีก็จะ
เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วโดยการแบ่งเซลล์และเพิ่มจำนวนทวีคูณในสภาพสิ่งแวดล้อม
ที่เหมาะสม แบคทีเรียประกอบด้วยน้ำ ๘๐ % ของแข็ง ๒๐ % และถ้าแบ่ง เป็นสารอินทรีย์
๘๐ % สารอนินทรีย์ ๑๐ % ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ประกอบด้วยคาร์บอน ๕๓ % ออกซิเจน
๒๔ % ไนโตรเจน ๑๒ % และไฮโดรเจน ๖ % ดังนั้นแบคทีเรียอาจจะเขียนแทนได้ด้วย
สูตรทางเคมีเป็น $C_5H_7NO_2$

ในการแบ่งเซลล์แบคทีเรียจะต้องใช้คาร์บอน, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัสและสาร
อื่น ๆ เพื่อสร้างเซลล์ใหม่ และในการนี้แบคทีเรียจะต้องใช้พลังงานด้วย ส่วนมากจะได้จาก
การเผาผลาญสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เพื่อให้ได้พลังงานสำหรับการดำรงชีวิตและสร้าง
เซลล์ใหม่ เรียกว่า Chemosynthesis ดังนั้นแบคทีเรียจึงแบ่งออกไปได้ ๒ ชนิด
ตามลักษณะสารเคมีที่มันใช้ในการเผาผลาญคือ

๑. Autotrophic bacteria แบคทีเรียชนิดนี้ใช้ออกซิเจนในรูปของสารอิสระ
มาเผาผลาญสารอินทรีย์เพื่อให้ได้พลังงานและใช้คาร์บอนที่มีอยู่ในคาร์บอนไดออกไซด์

แบคทีเรียพวกนี้มีความสามารถที่จะสังเคราะห์สารอินทรีย์ต่าง ๆ ในเซลล์ของมัน แบคทีเรียที่สำคัญที่สุดในการกำจัดน้ำเสียได้แก่ Nitrifying bacteria ซึ่งมีความสามารถในการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรท

๒. Hetero-trophic bacteria ได้แก่แบคทีเรียที่ต้องใช้สารอินทรีย์เป็นพลังงาน และจะใช้คาร์บอนจากสารอินทรีย์นั้นด้วย แบคทีเรียที่มีความสำคัญที่สุดในการกำจัดน้ำโสโครก แบ่งออกเป็น ๓ ชนิด คือ

ก. แบคทีเรียชนิดใช้ออกซิเจน คือแบคทีเรียที่ต้องใช้ออกซิเจนในรูปของสารอิสระในการเผาผลาญอาหาร

ข. แบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจน คือแบคทีเรียที่สามารถเผาผลาญอาหารได้โดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจนในรูปของสารอิสระ แต่จะใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เช่น NO_3^- , SO_4^{2-} เป็นต้น

ค. แบคทีเรียชนิดแฝดคัลเทคิฟ คือแบคทีเรียพวกที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ทั้งแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนในสภาวะแวดล้อมที่มีอยู่

การเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะต้องอาศัยปัจจัยสำคัญ ๆ ดังนี้

๑. สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม การเจริญเติบโตของแบคทีเรียขึ้นอยู่กับ พีเอช. และอุณหภูมิ อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิจนถึงจุดหนึ่งก็จะลดลงและในที่สุดจะตาย แบคทีเรียจึงแบ่งออกได้เป็น ๒ ชนิด คือ
 Mesophilic bacteria ต้องการอุณหภูมิประมาณ ๘๕° - ๑๐๐° ฟ
 Thermophilic bacteria ต้องการอุณหภูมิประมาณ ๑๒๐° - ๑๓๕° ฟ

พีเอช.ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต ขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียโดยปกติ พีเอช. ระหว่าง ๕ - ๘ ค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ ๗ นอกจากนี้จะต้องมีสารที่ไม่เป็นพิษต่อแบคทีเรียซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

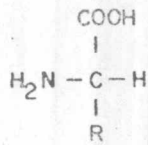
๒. อาหาร อาหารแบคทีเรียอาจแบ่งได้เป็น ๒ ชนิด คืออาหารที่ใช้เป็นพลังงานในการสร้างเซลล์ ซึ่งได้แก่สารอินทรีย์ที่ประกอบไปด้วยคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ อีกชนิดหนึ่งคือ

อาหารเสริมสร้าง ซึ่งจำเป็นในการดำรงชีวิต ได้แก่ แร่ธาตุต่าง ๆ เช่น โปแตสเซียม แคลเซียม และที่สำคัญที่สุดคือ ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส

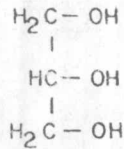
จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ช่วยในการกำจัดน้ำเสียนั้น มักจะมีโครงสร้างเป็น เซลล์เดี่ยวง่าย ๆ ในแต่ละเซลล์ก็มีขบวนการต่าง ๆ ของชีวิต เช่น การกินอาหาร ถ่ายของเสีย สร้างเซลล์ใหม่ และส่วนประกอบของเซลล์ในทางเคมีพบว่า มีแร่ธาตุต่าง ๆ หลายชนิดเป็นจำนวนไม่เท่ากันและจะมีกรด อะมิโน (Amino acid) เป็นสารประกอบ ประเภทคาร์บอนที่มีหมู่คาร์บอกซิลิก (Carboxylic group, COOH^-) และ หมู่อะมิโน (Amino group, NH_2^-) รวมอยู่ด้วย โปรตีน (Protein) คือโพลีเมอร์ (Polymer) ของกรดอะมิโนต่าง ๆ รวมกัน ส่วนไขมันก็ประกอบไปด้วยกรดไขมัน (Fatty acid) กลีเซอรอล (Glycerol) และโคลีน (Choline) เป็นต้น คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ก็ได้แก่สารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจนเป็น อัตราส่วนประมาณ ๑:๑:๒ ตัวอย่างของคาร์โบไฮเดรตคือ กลูโคส (Glucose) กาแล็กโตส (Galactose) และฟรุคโตส (Fructose) เป็นต้น โมเลกุลเหล่านี้ อาจจะอยู่แยกกันเป็นอิสระ หรือรวมกันเป็นโพลีเมอร์ ก็ได้ส่วนนิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) ประกอบไปด้วยเพียวรีน (Purine) หรือ ไพริมิดีน (Pyrimidine) รวมกับไรโบส หรือดีออกซีไรโบส (Deoxyribose) และฟอสเฟต (Phosphate) กรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) ก็คือโพลีเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ และสามารถแบ่ง ออกได้เป็น ๒ ชนิดใหญ่ ๆ คือ

ก. กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (Deoxyribonucleic acid, DNA) ซึ่งเป็น โพลีเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ ที่ประกอบด้วย เพียวรีน, ไพริมิดีน ดีออกซีไรโบส และ ฟอสเฟต

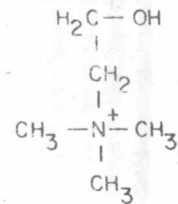
ข. กรดไรโบนิวคลีอิก (Ribonucleic acid, RNA) ซึ่งมีลักษณะคล้าย DNA ยกเว้นแต่ว่า ดีออกซีไรโบส จะถูกแทนที่โดย ไรโบส นอกจากสารอินทรีย์เหล่านี้ แล้ว ยังประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ อีกมากมายเป็นต้นว่า วิตามิน (vitamin)



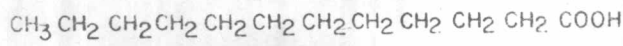
Amino acid



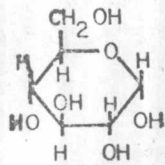
Glycerol



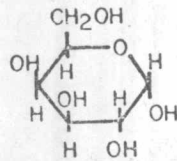
Choline



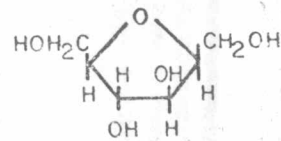
Fatty acid



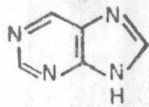
Glucose



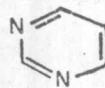
Galactose



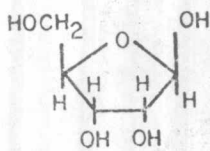
Fructose



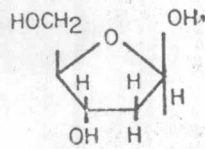
Purine



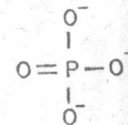
Pyrimidine



Ribose



Deoxyribose



Phosphate

รูปที่ ๑๓ สูตรโครงสร้างของสารประกอบประเภทต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ทั่วไป

(จุฬารัตนทลและคณะ ๒๕๑๖)

ต่าง ๆ ตามรูปที่ ๑๓ แสดงสูตรโครงสร้างอาหารประกอบประเภทต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์

องค์ประกอบของเซลล์ (Cellular composition) จุฬารัตนทล และคณะ (๒๕๑๖) ได้กล่าวว่า สารประกอบจะจับตัวกันภายในเซลล์ สิ่งที่จะกล่าวต่อไปคือส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติกับหน้าที่ขององค์ประกอบต่าง ๆ ของเซลล์

๑. ผนังเซลล์ (Cell wall) เป็นโครงสร้างที่ห่อหุ้มเซลล์ ประกอบไปด้วยสารประเภทคาร์โบไฮเดรต มีหน้าที่ป้องกันเซลล์ให้พ้นจากสิ่งอันตรายจากสิ่งแวดล้อม

๒. เยื่อเซลล์ (Cell membrane) เป็นเยื่อบาง ๆ ที่ห่อหุ้มทุกสิ่งทุกอย่างภายในเซลล์ ประกอบไปด้วยโปรตีนและไขมัน ทำหน้าที่ป้องกันการรั่วไหลของสารประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ออกสู่สิ่งแวดล้อม และช่วยนำอาหารและสารอื่น ๆ จากภายนอกเข้าสู่เซลล์

๓. ไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) เป็นสารละลายต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเยื่อเซลล์ ส่วนใหญ่อาจจะเป็นโปรตีน กรดนิวคลีอิก สารอินทรีย์และสารอินทรีย์เล็ก ๆ ซึ่งทำหน้าที่หลายชนิด เช่น ทำการสังเคราะห์ หรือสลายตัวของสารประกอบที่ได้จากอาหาร ไซโตพลาสซึมเป็นแหล่งที่ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นอยู่เป็นจำนวนมาก

๔. นิวเคลียส (Nucleus) เป็นส่วนที่ประกอบด้วย DNA และ โปรตีนบางชนิด DNA เป็นสารที่เก็บข้อความทางพันธุกรรม (Genetic information)

๕. ไรโบโซม (Ribosome) เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วย โปรตีนกับ RNA และเป็นแหล่งที่จะสร้างโปรตีน

๖. คลอโรพลาสต์ (Chloroplast) เป็นองค์ประกอบของ เซลล์พืช มีลักษณะคล้ายไมโทคอนเดรีย ประกอบด้วยโปรตีนและไขมัน เป็นส่วนใหญ่ทำหน้าที่เป็นแหล่งสังเคราะห์แสง (Photosynthesis)

๗. แคปซูล (Capsule) เป็นเกราะหุ้มประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ห่อหุ้มเซลล์

แบคทีเรียอีกชั้นหนึ่ง ทำให้แบคทีเรียทนต่อสภาพแวดล้อม

๘. แฟลเจลลัม (Flagellum) ทำหน้าที่ช่วยในการเคลื่อนไหว ประกอบไปด้วยโปรตีน

ฟูวาวิคณตล และคณะ (๒๕๑๖) ได้กล่าวว่า โดยปกติแล้วแบคทีเรียไม่สามารถที่จะกินอาหารที่มีโมเลกุลใหญ่ ๆ ได้ ฉะนั้นจึงมีคุณสมบัติที่จะสามารถย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เป็นสารโมเลกุลเล็ก ๆ โดยมีสารประกอบโปรตีนซึ่งเรียกว่า "เอนไซม์" (Enzyme) เป็นตัวเร่ง (Catalyst) สารซึ่งทำปฏิกิริยาโดยมีเอนไซม์ เป็นตัวเร่ง เรียกว่า "ซับสเตรท" (Substrate) เอนไซม์คือโปรตีนลักษณะกลม (Globular protein) ซึ่งมีการขดตัวหรือโครงรูป (Conformation) ที่จำเพาะและถูกกำหนดมาโดยลำดับการเรียงตัวของกรดอะมิโน โครงรูปของเอนไซม์อาจเปลี่ยนแปลงรูปได้ เช่นเดียวกับโปรตีนทั้งหลายและขึ้นอยู่กับตัวทำลาย พีเอช. และอุณหภูมิ

เอนไซม์บางตัวมีส่วนประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนอยู่ด้วยเราเรียกว่า "โคแฟกเตอร์" (Cofactor) จึงจะสามารถทำงานได้ โคแฟกเตอร์อาจจะเป็นประจุโลหะ เช่น Zn^{+2} ใน Carboxypeptidase หรือ Fe^{+2} ใน Cytochrome C. หรืออาจจะเป็นสารอินทรีย์อื่น ๆ ซึ่งในกรณีนี้เรียกว่า "โคเอนไซม์" (Coenzyme) เป็นเอนไซม์ที่มีโคแฟกเตอร์อยู่ด้วย เรียกรวมกันว่า "โฮโลเอนไซม์ (Holoenzyme) เฉพาะส่วนที่เป็นโปรตีน เรียกว่า อะโปเอนไซม์ (Apoenzyme)

๓.๒.๒ จุลินทรีย์ในระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Microbiology in the anaerobic system) ไซเกช (๒๕๑๔) กล่าวว่า จุลินทรีย์ในระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนใหญ่จะเป็นพวกแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ นอกจากนั้นจะพบพวกโปรโตซัว (Protozoa) และเชื้อราในรูปของ spores (Fungi) บ้างและได้อ้างถึง Mc.Kinney (1962) ว่าแบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจนมีอยู่ ๒ พวกด้วยกันคือ พวก Facultative anaerobic bacteria แบคทีเรียพวกนี้จะไม่ต้องการออกซิเจนอิสระ แต่ก็สามารถทนต่อแก๊ซออกซิเจนได้อีกพวกหนึ่งคือ Obligate anaerobic bacteria เป็นแบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจนอิสระ และไม่สามารถ

และไม่สามารถดำรงชีพอยู่ได้ในสภาวะที่มีแก๊สออกซิเจน

ถ้าจะแบ่งชนิดของแบคทีเรียพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจน ตามปฏิกิริยาของแบคทีเรีย สามารถจะแบ่งได้ ๓ ชนิด คือ

๑. แบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรด (Acid former bacteria) เป็นแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียไปเป็นกรดอินทรีย์ได้ แบคทีเรียเหล่านี้จะเป็นพวก Facultative anaerobic bacteria และ Obligate anaerobic bacteria

๒. แบคทีเรียที่ทำให้เกิดแก๊สมีเทน (Methane former bacteria) เป็นแบคทีเรียที่ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจาก Acid former bacteria ให้เปลี่ยนไปเป็นแก๊สมีเทน (CH_4) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แบคทีเรียพวกนี้ได้แก่ Obligate anaerobic bacteria ซึ่งไม่สามารถทนต่อแก๊สออกซิเจนได้ ถึงแม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อย แบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้จะพึ่งพาอาศัยกัน (Symbiosis) โดยแบคทีเรียที่ทำให้เกิดแก๊สมีเทนจะต้องอาศัยแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรด

๓. แบคทีเรียพวกรีดักชันซัลเฟต (Reduction sulfate) ได้แก่ Desulfovibrio bacteria แบคทีเรียชนิดนี้จะอยู่ในระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของซัลเฟต ($\text{SO}_4^{=}$) ในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบกำจัด โดยวิธีรีดักชันซัลเฟตให้เป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

แบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรดชื่อ Clostridium aceticum (Thimann 1963) สำหรับแบคทีเรียที่ทำให้เกิดแก๊สมีเทนมีหลายชนิดด้วยกันรูปร่างลักษณะของมันสามารถจะแยกได้เป็น ๓ ชนิดคือ ชนิดแรกมีรูปร่างเป็นท่อนกลม (Rod - Shape) เรียกว่า Methanobacterium sp ชนิดที่สองมีรูปร่างกลม (Cocci) อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวเรียกว่า Methanococcus sp ชนิดที่สามมีรูปร่างกลมแต่จะเกาะกันอยู่เป็นกลุ่ม เรียกว่า Methanosarcina sp แบคทีเรียที่เรียกรวมกันทำให้เกิดแก๊สมีเทนทั้ง ๓ ชนิดนี้ที่พบบ่อยในระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน ได้แก่ Methanobacterium omelianski -

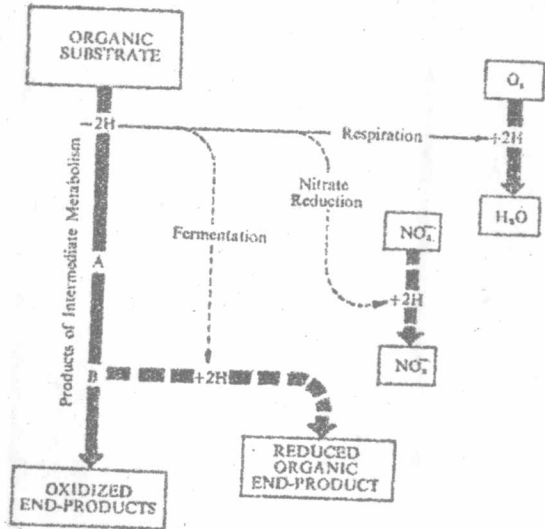
(Barker, 1941) Methanobacterium thermoautotrophicus (Zeikus และ Wolfe, 1972) และ Methanobacterium sohngeni (Barker, 1956)

๓.๒.๓ ปฏิกิริยาทางชีวเคมีในระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Biochemical reaction in the anaerobic process) Peter, (1969) น้ำเสียซึ่งประกอบไปด้วยอาหารของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถที่จะย่อยสลาย เช่น คาร์โบไฮเดรต, โปรตีน และไขมัน ออกมาในรูปแบบเป็นสารง่าย ๆ (Simple material) และสารที่คงสภาพ (Stable substance) พวกแก๊สออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเสียจะถูกนำไปใช้อย่างรวดเร็ว เพื่อให้เกิดสภาวะการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน และในที่สุดออกซิเจนที่มีอยู่ในสารอินทรีย์ เช่น พวก ไนไตรท์ (Nitrite) ไนเตรท และซัลเฟตจะถูกใช้ เป็น Hydrogen acceptor และผลิตผลสุดท้าย ตามรูปที่ ๑๔

ในการย่อยสลายจะได้มีเทน (CH_4) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) แอมโมเนีย (NH_3) และน้ำ (H_2O) ตามรูปที่ ๑๔

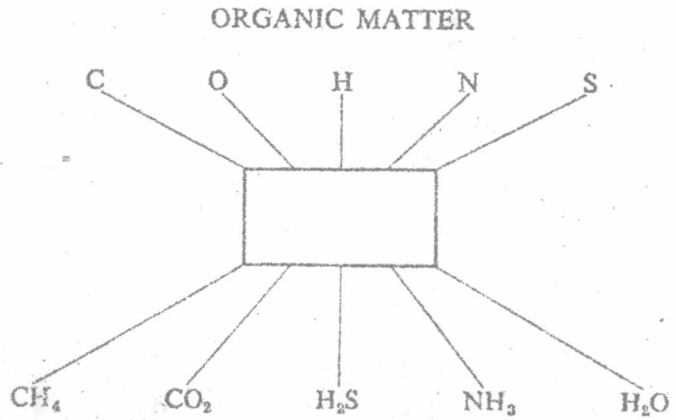
ดังได้กล่าวมาแล้วแบคทีเรียที่สลายสารอินทรีย์ไปเป็นมีเทนได้มี ๒ ชนิดด้วยกัน ชนิดแรกได้แก่พวกให้กรด จะสลายอินทรีย์ไปเป็นสารประกอบกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ (Alcohol) อัลดีไฮด์ (Aldehydes) ชนิดที่สองได้แก่พวกให้มีเทน ซึ่งจะใช้ผลิตผลสุดท้ายของชนิดแรก ทำให้ได้มีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ตามรูปที่ ๑๖

๓.๒.๓.๑ Liquefaction and gasification ก่อนที่สารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของของแข็งจะถูกพวกจุลินทรีย์ย่อยสลาย จะต้องเปลี่ยนเป็นสารละลายเสียก่อน จึงจะสามารถซึมผ่านเข้าไปในผนังเซลล์ได้ แล้วจึงเกิดขบวนการทางชีวเคมีของ เมตาบอลิซึม ขบวนการ Liquefaction ของสารอินทรีย์เกิดขึ้นได้โดยน้ำย่อยซึ่งถูกส่งออกมานอกเซลล์ (Extracellular enzyme) จะทำการไฮโดรไลซ์ (Hydrolyse) พวกสารเชิงซ้อนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล โปรตีนเปลี่ยนไปเป็นเปปไทด์ และกรดอะมิโน ไขมัน เปลี่ยนไปเป็น กลีเซอรอล และกรดไขมัน พวกจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายของแข็งให้อยู่ในรูปของของเหลว เรียกว่า ทำให้เกิด Liquefaction ซึ่งเมื่อเปลี่ยนเป็นของเหลว

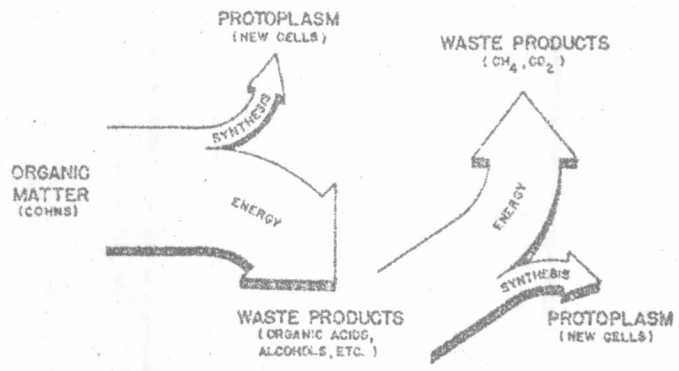


รูปที่ ๑๔ Hydrogen-acceptors in biological systems.

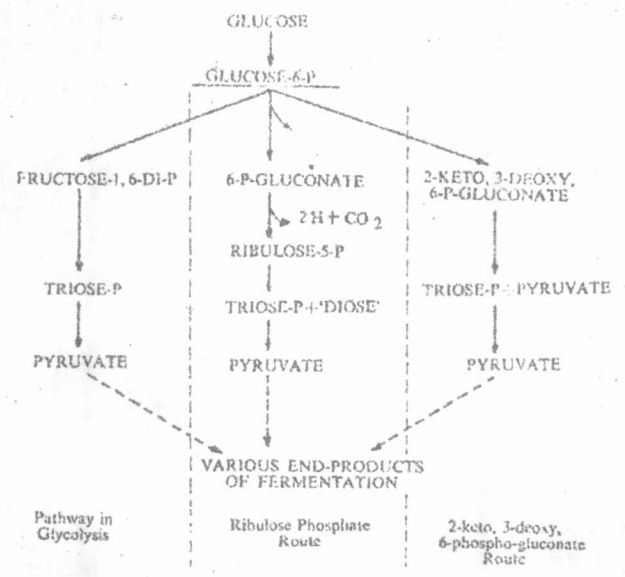
(Peter 1969)



รูปที่ ๑๕ End products of digestion. (Peter 1969)



3171 9/1 Anaerobic metabolism of organic matter. (Peter 1969)



3171 9/1 Anaerobic pathways to pyruvic acid.

(Peter 1969)

แล้วจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแก๊สต่อไป การที่จะสลายได้ให้สมบูรณ์นั้น Liquefaction และ Gasification จะต้องสมดุลกันและมีความสัมพันธ์กัน ถ้าเกิด Liquefaction (Acid Production) มากเกินไปจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ทำให้เกิดแก๊ส ทำให้เกิดสถานะการถกที่เรียกว่า "Stuck digestion"

๓.๒.๓.๒ การย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต (Decomposition of carbohydrate) คาร์โบไฮเดรตจะต้องอยู่ในรูป Monosaccharide หรือ Disaccharide ก่อนจึงจะสามารถซึมผ่านเซลล์ของจุลินทรีย์โดยการ ไฮโดรไลซิส การย่อยสลายพวกคาร์โบไฮเดรตขั้นสุดท้ายจะได้น้ำตาล (Simple sugar) เช่น กลูโคส หรือสารประกอบง่าย ๆ และ Pathway ของแอนแอโรบิก จะมี ๓ ทางใหญ่ ๆ คือ

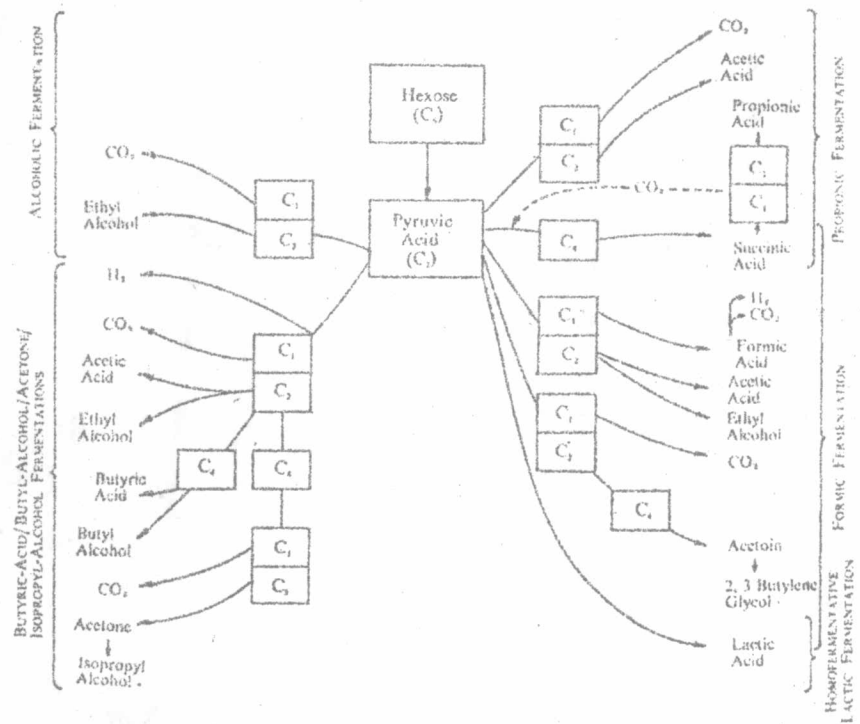
๑. Glycolysis Pathway

๒. Ribulose-Phosphate Pathway ซึ่ง Glucose-6-phosphate จะถูกออกซิไดซ์ ให้ 6-phospho gluconic acid เมื่อถูกออกซิไดซ์ และ Decarboxylated ต่อไป จะได้ Ribulose-5-Phosphate และจะสลายตัวให้ 2-Carbon Compound และ 3 Carbon Compound เรียกว่า Glyceraldehyde-3-Phosphate ซึ่งจะเข้าไปใน Glycolysis pathway เพื่อทำให้เกิดกรด ไพรูวิก

๓. 2-Keto, 3 Deoxy, 6 Phosphogluconic acid Pathway

เหมือนกับ Ribulose phosphate pathway ที่ทำให้เกิด Triosphosphate

กรดไพรูวิกเป็นจุดศูนย์กลางของ เมตาโบลิซึม ของคาร์โบไฮเดรตและเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่าง เมตาโบลิซึม ของคาร์โบไฮเดรตกับโปรตีนในระบบไมโซอ็อกซิเจน กรดไพรูวิกสามารถแตกตัว (Break - Down) ไปเป็นกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ตามรูปที่ ๑๗ และ ๑๘ ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามจะมีอยู่ ๔ Pathways ในการสลายกรดไพรูวิก



507 Breakdown of pyruvic acid in anaerobic systems. (Peter 1969)

๑. Reduction to lactic acid

๒. Decarboxylation ให้ Two-carbon intermediate และสามารถทำให้เกิด Acetic, Acetyl-acetic, Butyric acid, Ethyl, Butyl, และ Propyl alcohol หรือ Acetone

๓. Decarboxylation to acetaldehyde ซึ่งมักจะไปเป็น Ethyl alcohol

๔. Reaction ที่ทำให้เกิด กรดอะซิติก และกรดฟอร์มิก Pathway ของ กรดไพรูวิก ไปเป็น Oxaloacetic acid มีในระบบกำจัดแบบไมโซอ็อกซิเจน แต่ เมตาโบลิซึม ของ Oxaloacetic acid ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ เนื่องจาก Tricarboxylic acid terminal oxidation cycle ถูกทำให้เกิดการยับยั้ง (Inhibited) โดยปฏิกิริยาแบบไมโซอ็อกซิเจน ตามรูปที่ ๑๔

๓.๒.๓.๓ การย่อยสลายของไขมัน (Decomposition of lipids) เมื่อไขมันถูก ไฮโดรไลซิส จะได้กลีเซอรอลและกรดไขมัน เมตาโบลิซึมชนิดไมโซอ็อกซิเจน กลีเซอรอลจะถูกเปลี่ยนไปเป็น กลีเซอรัลดีไฮด์ฟอสเฟต (Glyceraldehyde phosphate) และในที่สุดจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดไพรูวิก เมื่ออ็อกซิเจนเค้นหรือรีดักชันต่อไป

ในการสลายตัวของกรดไขมันจะถูกแตกตัวเป็น ๑, ๒, ๓ Carbon fatty acid แต่มักจะเป็น Acetic acid ในขณะที่เกิด เบตา-อ็อกซิเคชัน (β - Oxidation) ตามรูปที่ ๒๐ นั้น Reduced coenzyme เช่น $DPNH_2$ จะถูกอ็อกซิไดซ์ โดย Reducing organic matter อื่น ๆ เช่น กรดไพรูวิกไปเป็นกรดแลคติก และผลิตภัณฑ์ของเบตา-อ็อกซิเคชัน ในจุลินทรีย์บางชนิดจะได้ คาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทน

๓.๒.๓.๔ การย่อยสลายสารอินทรีย์ในโตรเจน (Decomposition of organic nitrogen) ส่วนใหญ่ในสารประกอบอินทรีย์ ในโตรเจนในน้ำเสียจะเป็น โปรตีน หรือผลิตภัณฑ์ย่อยสลายของโปรตีนจะเกิดขึ้นก่อนที่สารประกอบในโตรเจนจะสามารถ

ผ่านเข้าไปในเซลล์ อย่างไรก็ตามการสลายตัวของโปรตีนโดย ไฮโดรไลซิส อาจจะเกิดขึ้นได้หลายทางตามชนิดของจุลินทรีย์และสภาพแวดล้อม

ภายใต้ภาวะที่ไม่มีออกซิเจน อาจจะเกิดสารมีกลิ่นขึ้น เช่น เมอร์แคปเทน (Mercaptanes) อะมีน (Amines) ฟีนอล (Phenol) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ แอมโมเนีย ส่วนผลิตภัณฑ์สุดท้ายอื่น ๆ เช่น สารประกอบกรดอะมิโน ได้แก่ กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์และผลิตภัณฑ์สุดท้ายจริง ๆ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน

กรดอะมิโน มากกว่า ๒๐ ชนิด จะมีการสลายตัวแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน เช่น ไกลซีน สามารถ Deaminated เกิดเป็น กรดอะเซติก ตามสมการ



Glycine

Acetic acid

ในการออกซิเดชัน และ Deaminated ของอลานีน ทำให้เกิดกรดอะเซติกตามสมการ



Alanine

Acetic acid

เซอรีนสามารถจะสลายดังต่อไปนี้

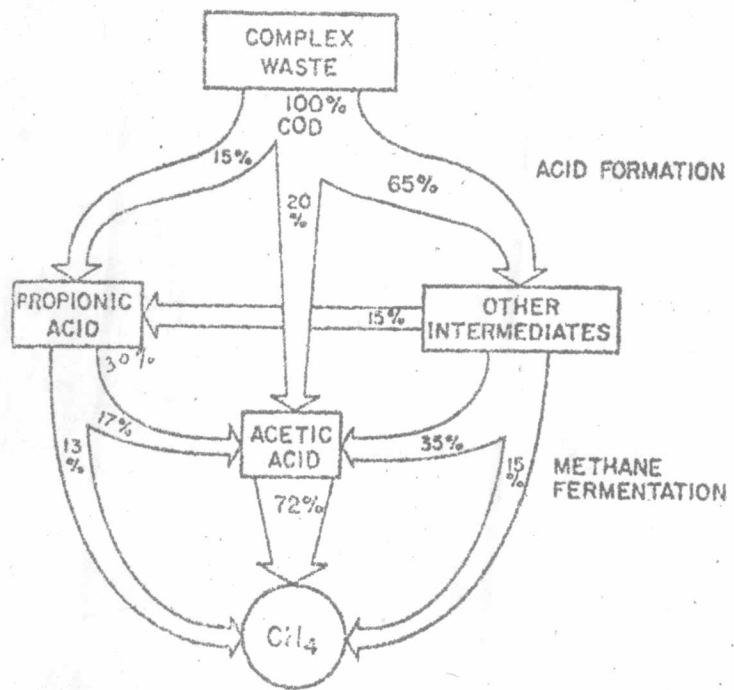


Serine

Pyruvic acid

กรดอะมิโน จะมีผลิตภัณฑ์ คล้ายกับการไฮโดรเทอร์มอลและไขมัน จึงสรุปได้ว่า Liquefaction ที่เกิดจาก ไฮโดรไลซิส และการย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรต, ไขมัน และ โปรตีน จะได้ผลิตภัณฑ์คือ กรดอินทรีย์, แอลกอฮอล์ และคีโตน ซึ่งจะเกิด เมตาโบลิซึม ต่อไปทำให้เกิดแก๊ส

๓.๒.๓.๕ การย่อยสลายมีเทน (Methane fermentation) แบคทีเรียชนิดให้ผลิตภัณฑ์มีเทน (Methane Producing bacteria) จะเป็นแบบปฏิกิริยาที่



รูปที่ ๒๑ การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Mc. Cartney 1969)

เชิงซ้อน ๓๐ % นี้ก็จะไม่ให้แก๊สมีเทน ถึงแม้ว่ากรดโปรปิโอนิก ซึ่งแบคทีเรียจะ ทำให้เกิดแก๊สมีเทนเพียง ๑๓ % โดยตรง ส่วนเหลือ ๑๗ % จะให้กรดแอซิด

การย่อยสลายของกรดแอซิด โดยพวกมีเทนแบคทีเรีย มีความสำคัญมากเช่นเดียวกัน เพราะเหตุว่าถ้าเกิดความล้มเหลวน้ำเสีย ๗๒ % จะไม่สามารถให้แก๊สมีเทนได้ เป็นที่น่าสังเกตอย่างยิ่งคือ พวกกรดแอซิด ที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียต่าง ๆ น้ำเสีย ๒๐ % ที่จะถูกปฏิกิริยาผกผันโดยตรงให้เป็นกรดแอซิด ในระหว่างขั้นตอนของการเกิดกรดที่เหลือส่วนใหญ่ประมาณ ๕๒ % จะเกิดจากปฏิกิริยาของมีเทนแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ซึ่งจะย่อยสลายกรดโปรปิโอนิก และกรดอื่น ๆ ให้เป็นกรดแอซิด และแก๊สมีเทน

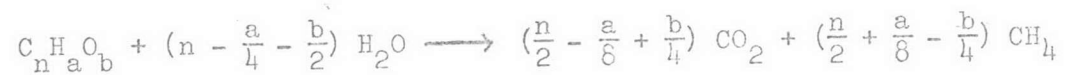
สำหรับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีความแตกต่างกับจำนวนเปอร์เซ็นต์ดังแสดงไว้ในรูปที่ ๒๑ อาจจะให้ผลแตกต่างกันบ้าง แต่อย่างไรก็ดีจำนวนเปอร์เซ็นต์ของมีเทนส่วนใหญ่ก็ยังเป็นผลที่เกิดจากการย่อยสลายตัวของกรดแอซิด พวกกรดโวลเลทิล ที่เกิดขึ้นโดยการย่อยสลายของพวกคาร์โบไฮเดรท โปรตีน และไขมันพวกกรดโปรปิโอนิกจะเกิดขึ้นระหว่างการย่อยสลายของพวกคาร์โบไฮเดรท และโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ พวกกรดโวลเลทิลอื่น ๆ ถึงแม้จะมีความสำคัญอยู่บ้าง แต่ก็มีควมสำคัญน้อยกว่า

ดังนั้นแม้ว่าจะใช้จุลินทรีย์ต่าง ๆ กันหลายชนิด ในการกำจัดด้วยระบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่ก็ยังมีมีเทนแบคทีเรียเพียง ๒ กลุ่มเท่านั้น ที่จะให้กรดแอซิดและกรดโปรปิโอนิก ซึ่งนับว่ามีความสำคัญที่สุดในขบวนการย่อยสลาย ซึ่งเป็นที่น่าเสียดายว่าพวกนี้มีการเจริญเติบโตช้า และมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมด้วย

๓.๒.๓.๗ การย่อยสลายของน้ำเสีย (Waste stabilization)

Mc. Carty (1964) ได้กล่าวว่า การกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีความสัมพันธ์กับการเกิดของแก๊สมีเทน ตามที่ Buswell และผู้ร่วมงานให้สูตรที่แสดงไว้ในตารางที่ ๑๓ เพื่อทำนายถึงแก๊สมีเทน ที่จะเกิดขึ้นจากความรู้ในเรื่องส่วนประกอบทางเคมีของน้ำเสีย จากสูตรดังกล่าวนี้ สามารถจะแสดงให้เห็นถึงความต้องการใช้ออกซิเจนของน้ำเสีย

1. Prediction from Waste Chemical Composition



2. Prediction from Waste Stabilization

One pound BOD_L or COD stabilized = 5.62 cubic feet CH₄ (STP)

(Mc. Carty 1964)

ระหว่างการสลายตัวจะเท่ากับความต้องการใช้ออกซิเจนในการเกิดแก๊สมีเทน ความจริงข้อนี้สามารถจะนำมาใช้ในการทำนายการเกิดแก๊สมีเทนในรูปอื่น ๆ ได้ จากการศึกษาของ ซีโอดี. หรือ ซีไอดี. ขั้นสุดท้าย ของความต้องการออกซิเจนของแก๊สมีเทน ดังสมการดังต่อไปนี้



สูตรนี้แสดงให้เห็นว่า มีเทนหนึ่งโมเลกุลจะสมดุลกับออกซิเจน สองโมเลกุล อาจจะคิดเทียบในรูปของมีเทน ๑ คิวบิกฟุตต่อออกซิเจน ๑ ปอนด์ตามตารางที่ ๑๓ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการย่อยสลายของน้ำเสีย และแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้น การวัดค่ามีเทนที่ได้ต่อปอนด์ของ ซีโอดี. หรือ ซีไอดี. ขั้นสุดท้ายที่มีสภาพคงที่โดยได้ทำการทดลองกับน้ำเสียอื่น ๆ ตั้งแต่ใช้สารเคมีบริสุทธิ์จนถึงสัจจต่าง ๆ ปรากฏว่ามีความเกี่ยวข้องที่และใกล้เคียงกันกับการทำนายการเกิดแก๊สมีเทน

ความสัมพันธ์ระหว่างมีเทนที่ได้กับการย่อยสลายของน้ำเสียสามารถใช้กับน้ำเสียในรูปอื่น ๆ ได้ในการดำเนินงานกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน และการวัดมีเทนที่เกิดขึ้นนั้นสามารถบอกถึงประสิทธิภาพในการย่อยสลายของน้ำเสียนั้น ๆ ได้ เช่น ถ้าเติมน้ำเสียมีค่า ซีโอดี. ๑๕๐๐ ปอนด์ต่อวัน เข้าไปในระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะให้มีเทนออกมา ๙๖๐ คิวบิกฟุต ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (Standard : - conditions of Temperature and Pressure) ปริมาณ ซีโอดี. ๑๐๐๐ ปอนด์ จะถูกย่อยสลายไปเป็นแก๊สมีเทน ดังนั้นประสิทธิภาพของการย่อยสลายที่คงสภาพจะเท่ากับ ๖๗ %

๓.๒.๓.๔ การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน

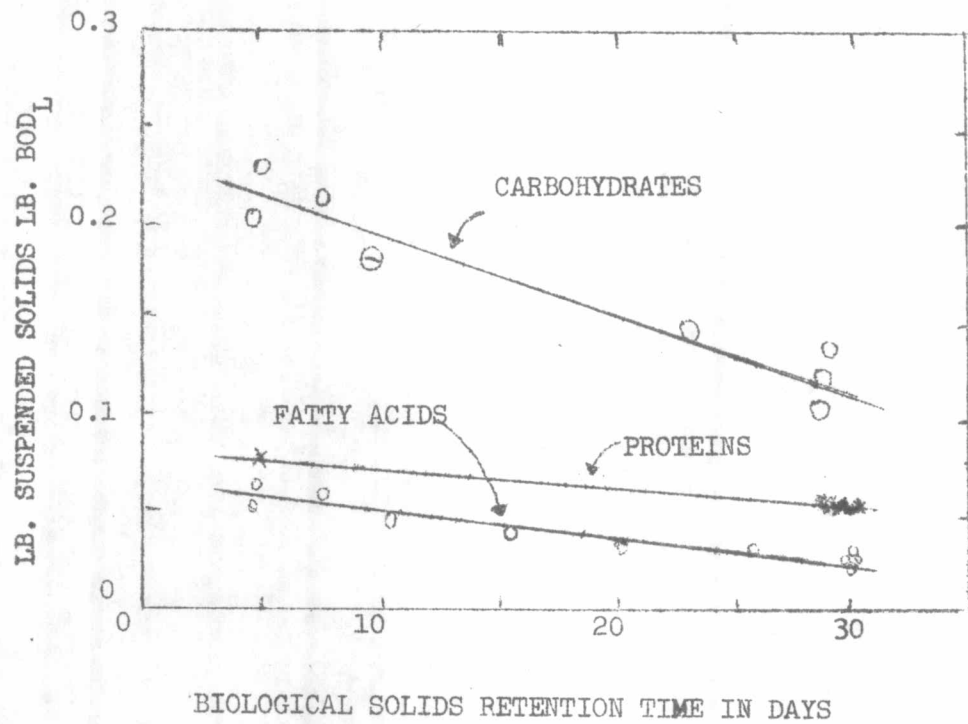
(Anaerobic biological growth) ประโยชน์ที่ได้ที่สำคัญที่สุดของการกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน คือ จะมีการย่อยสลายคิดเป็นร้อยละจำนวนสูง เมื่อเทียบอัตราการเกิดของเซลล์ใหม่ ปริมาณของตะกอนที่เพิ่มขึ้น รวมถึงปัญหาการกำจัดก็น้อยลงไปด้วย

จากการเจริญเติบโตทางชีววิทยา ที่เป็นผลต่อเนื่องจากการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนของน้ำเสียต่างชนิด ตามรูปที่ ๒๒ ผลของ Biological suspended solids ภายใต้ภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจนมักจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของน้ำเสีย ดังนั้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จึงไม่สามารถจะคาดการณ์ได้ ต้องขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของน้ำเสียด้วย และได้ทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จากส่วนประกอบของน้ำเสีย ๒ ชนิด คือ กรดไขมันจะเจริญเติบโตได้ช้าที่สุด แต่คาร์โบไฮเดรตจะมีการเจริญเติบโตสูงสุด สำหรับน้ำเสียอื่น ๆ ก็พอจะสามารถคาดการณ์ได้จากชนิดของน้ำเสียที่มีส่วนประกอบที่อยู่ในระหว่างน้ำเสียทั้ง ๒ ชนิดนี้

ตามรูปที่ ๒๒ แสดงปริมาณของน้ำเสียจะแปรสภาพไปเป็น Biological suspended solid ถ้า Biological suspended solid ลดลงจะทำให้ระยะเวลาในการเก็บกักตะกอนเพิ่มขึ้น เมื่อเซลล์อยู่ในสภาพที่มีอายุมาก จะมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นด้วยตัวของมันเอง ด้วยเหตุผลที่ว่า การเจริญเติบโตจริง ๆ มีน้อย ดังนั้นถ้ามีการย่อยสลายน้ำเสียมากเท่าไรจะทำให้เกิดเซลล์ใหม่น้อยลง ซึ่งจะมีผลต่างให้การเก็บกักตะกอนนานยิ่งขึ้น และถ้าการเก็บกักตะกอนนานขึ้นเท่าไร ประสิทธิภาพในการกำจัดก็จะสูงด้วย

๓.๓ สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมและการควบคุม (Environmental requirement and control) Mc. Carty (1964) ได้กล่าวว่า แบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจน การเจริญเติบโตจะช้ามากนั้นก็เพื่อที่จะปรับตัวให้เกิดความเคยชินกับปริมาณน้ำเสีย, อุณหภูมิ และสภาวะแวดล้อมอื่น ๆ จากเหตุผลนี้เพื่อจะนำไปใช้พิจารณาในการออกแบบ ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงและได้ผลรวดเร็ว ข้อสรุปสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน ดังแสดงไว้ในตารางที่ ๑๔

๓.๓.๑ อุณหภูมิที่เหมาะสม (Optimum temperature) ณ จุดที่อุณหภูมิสูง ๆ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดได้รวดเร็วและ ประสิทธิภาพในการดำเนินงานจะปรากฏผลดี ในสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสม ๒ ระดับ ตามตารางที่ ๑๔



รูปที่ ๒๒ การเพิ่มปริมาณของตะกอนจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดย
แบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Mc Carty, 1964)

ตารางที่ ๑๔ Optimum Conditions for Anaerobic Treatment

Optimum Temperatures

Mesophilic Range	85° To 100°F
Thermophilic Range	120° To 135°F

Anaerobic Conditions Sufficient Biological Nutrients

Nitrogen

Phosphorus

Others

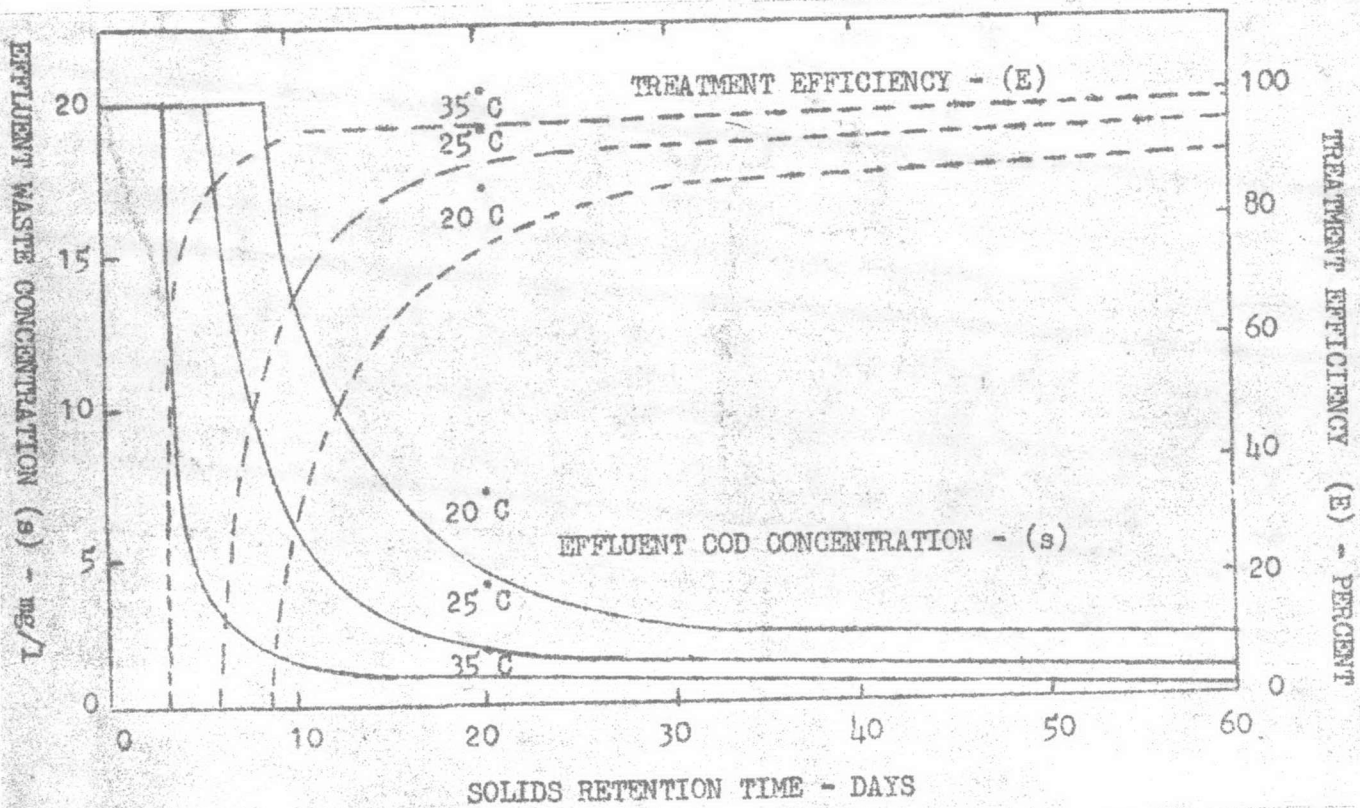
Optimum pH

6.6 To 7.6

Absence of Toxic Materials

(Mc. Carty 1964)

ไช่เกช (๒๕๑๔) ได้อ้างถึง Lawrence et.al (1969) ซึ่งแสดงถึงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการกักตะกอน (SRT) ต่อประสิทธิภาพของการกำจัดน้ำเสีย ดังแสดงตามรูปที่ ๒๓ ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ระยะเวลาการกักตะกอนจะน้อยลงโดยที่ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี.ยังคงเดิมหรือถ้าอุณหภูมิลดระยะเวลาในการกักตะกอนก็จะต้องเพิ่มขึ้นโดยให้มีประสิทธิภาพของระบบกำจัดคงเดิม



รูปที่ ๒๓ แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และประสิทธิภาพการกำจัดน้ำเสียโครกด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน (ใช้เลข ๒๔๑๔)

๓.๓.๒ สารอาหารที่จำเป็นสำหรับแบคทีเรียในระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน
 Mc. Carty, (1964) ได้กล่าวว่า ได้แก่ ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และแร่ธาตุอื่น ๆ
 จำนวนที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต น้ำเสียจากชุมชนมักจะประกอบไปด้วยแร่ธาตุ
 เหล่านี้ และโดยปกติธรรมดาแล้ว สิ่งแวดล้อมมักจะเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของ
 จุลินทรีย์ด้วย อย่างไรก็ตาม น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมก็มีจำนวนมากที่มีส่วน
 ประกอบเหล่านี้ และบางแห่งก็ต้องเติมสารอาหารที่เหมาะสมลงไป สำหรับน้ำเสียที่
 ต้องเติมสารอาหารแร่ธาตุต่าง ๆ ที่พบบ่อยที่สุดคือ ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส ใน
 บางกรณีพบว่าต้องเติมสารอาหารพวกอินทรีย์และอนินทรีย์อื่นๆ ลงไป เพื่อเป็นการเร่ง
 การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดดีขึ้นและมีผลรวดเร็ว
 อัตราส่วนสารอาหารที่จำเป็นจะต้องใช้คือ $C : N : P = 100 : 1.1 : 0.2$

๓.๓.๓ พีเอช.ที่เหมาะสม (pH optimum) Mc.Carty (1964) ได้กล่าว
 ว่า พีเอช. เป็นสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะดำเนินไปได้ดี
 พีเอช. จะอยู่ระหว่าง ๖.๖-๗.๖ ช่วงที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง ๗.๐-๗.๒ ในการย่อย
 สลายจะดำเนินการไปได้แต่ประสิทธิภาพลดน้อยลง ที่ พีเอช. ต่ำกว่า ๖.๒ ประสิทธิภาพ
 ของมันจะลดลงอย่างรวดเร็วและอาจจะเกิดภาวะการเป็นกรด ซึ่งจะเป็นพิษต่อ
 มีเซนแบคทีเรีย เหตุผลที่สำคัญอันหนึ่งก็คือ ถ้าค่า พีเอช. ไม่ลดต่ำลงอาจจะเกี่ยวกับ
 ระยะเวลา จะเป็นเครื่องบ่งชี้บ่งบอกที่สำคัญในการใช้ พีเอช. ควบคุม ซึ่งจะกล่าววราย
 ละเอียดต่อไป

๓.๓.๔ สารเป็นพิษ (Toxic material) Mc. Carty (1964) ได้
 กล่าวว่าในระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะประสบผลสำเร็จได้ น้ำเสียจะต้อง
 ปราศจากแร่ธาตุที่เป็นพิษ โดยปกติความเข้มข้นของน้ำเสียมีผลต่อการกำจัดแบบไม่
 ใช้ออกซิเจนอย่างมาก อย่างไรก็ตามน้ำเสียชนิดนี้จะมีสารที่เป็นพิษอันเนื่องจากเกลือ
 ของสารอินทรีย์อยู่สูง เช่น น้ำเสียจากชุมชนที่มีปัญหาส่วนมากเกิดจากโลหะหนัก
 (Heavy metals) สำหรับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจจะมีสารเป็นพิษ

ได้แก่ พวกเกลือแร่ธรรมดาต่าง ๆ (Common salts) คือ โซเดียม, โพแทสเซียม, แมกนีเซียม, แคลเซียม, แอมโมเนีย หรือซัลไฟด์ ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไป

๓.๓.๕ ตัวชี้บอกของการกำจัดที่ไม่สมดุลย์ (Indicators of treatment unbalance) ภายใต้ภาวะปกติของขบวนการกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน เกี่ยวกับการควบคุมขั้นต่ำตามภาวะแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีแร่ธาตุที่เป็นพิษลงไปในระบบกำจัด อันอาจจะทำให้เกิดการไม่สมดุลย์ คือ หมายถึงประสิทธิภาพการดำเนินงานลดลงไปกว่าเดิม อาจจะลดลงถึงศูนย์ก็ได้ถ้าเกิดใน ถังย่อยสลาย เรียกว่า Stuck digestion นอกจากนี้ยังมีเครื่องชี้บอกอันใดอันหนึ่งที่จะชี้บอกถึงการเริ่มภาวะที่ไม่สมดุลย์ ซึ่งจะต้องคอยสังเกตคุณลักษณะต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ ๑๔

คุณลักษณะที่จะเป็นตัวชี้ที่ดีตัวหนึ่ง คือ การตรวจหาปริมาณกรดไวแลไทล์ ซึ่งเป็นรูปแบบของสารประกอบตัวกลางในการย่อยสารอินทรีย์เชิงซ้อนที่สมบูรณ์ และกรดไวแลไทด์ จะเป็นตัวทำลายมีเซนแบคทีเรีย เมื่อมันเกิดภาวะเช่นนี้อัตราการย่อยสลายก็จะช้าลงในขั้นที่สอง ในขณะที่เดียวกันกรดไวแลไทด์ ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย เป็นภาวะที่พบย่อยเรื่องหนึ่งของการชี้บอกการย่อยสลายที่ไม่ สมดุลย์ สำหรับตัวชี้บอกในเรื่องอื่น ๆ ก็คือการลดลงของค่า พีเอช.ปกติจะเกิดขึ้นเนื่องจากความเข้มข้นของกรดไวแลไทล์สูงขึ้น

๓.๓.๖ สาเหตุและการควบคุมการกำจัดที่ไม่สมดุลย์ (Cause and control of treatment unbalance) เพื่อป้องกันการเกิดสภาวะวิกฤต อันเป็นผลเนื่องมาจากเกิด Stuck digestion การเริ่มต้นของการไม่สมดุลย์จะต้องมีการป้องกันทันที ซึ่งมีขั้นตอนดังแสดงไว้ในตารางที่ ๑๖

สิ่งแรกที่ต้องทำก็คือควบคุม พีเอช.ให้อยู่ใกล้กับความเป็นกลางถ้าปล่อยให้เกิดขึ้นโดยไม่มีการตรวจอาจจะทำให้ พีเอช.ลดลงต่ำกว่า ๖ ถ้า พีเอช.ต่ำกว่าจุดควบคุมจำเป็นจะต้องตรวจหาสาเหตุแห่งการไม่สมดุลย์นั้นทันที การไม่สมดุลย์นี้อาจจะ เกิดขึ้นเป็นการชั่วคราวในธรรมชาติ หรืออาจจะยาวนานออกไป ความไม่สมดุลย์ที่เกิดขึ้นชั่วคราว สามารถเกิดขึ้นได้จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ปริมาณน้ำเสียหรือธรรมชาติของ

ตารางที่ ๑๕ Indicators of Unbalances Treatment

Parameters Increasing

Volatile Acids Concentration

CO₂ Percentage in GAS

Parameters Decreasing

pH

Total GAS Production

Waste stabilization

(Mc. Carty 1964)

ตารางที่ ๑๖ Steps to Follow in Controlling Unbalance

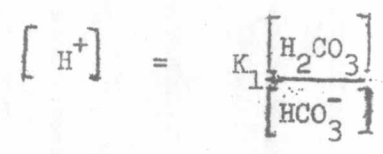
1. Maintain pH near neutrality
2. Determine cause of unbalance
3. Correct cause of unbalance
4. Provide pH control until treatment return to normal

(Mc. Carty 1964)

น้ำเสียในทันทีทันใด การไม่สมดุลย์เช่นนี้เกิดขึ้นในขณะที่จุลินทรีย์กำลังปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม

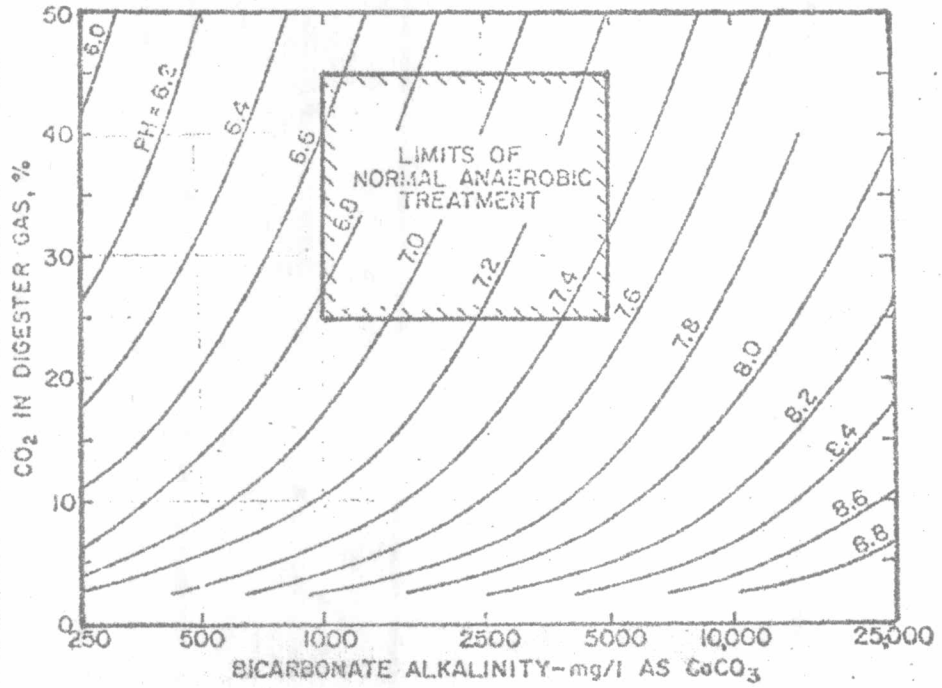
การเกิดความไม่สมดุลย์ในระยะยาวนาน อาจเกิดจากสาเหตุที่มีสารพิษในระบบการควบคุม พีเอช.แต่อย่างเดียวยังไม่เป็นสภาพที่ถูกต้องนัก จะต้องมีการกำจัดสารพิษออก หรือมีการควบคุมอื่น ๆ ที่ดีด้วย

๓.๓.๗ การควบคุม พีเอช. (pH Control) พีเอช.ภายใต้ระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกี่ยวข้องกับความแตกต่างของ Acid-Base chemical equilibria ใดๆก็ตามสารเคมีที่น่าสนใจ ในระบบการควบคุมค่า พีเอช.ที่ใกล้ความเป็นกลาง (ระหว่าง ๖-๘) คือ Carbondioxidebicarbonate ที่มีความสัมพันธ์กับ พีเอช. หรือ Hydrogen ion ตามสมการ



ความเข้มข้นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ ในระบบกำจัด K_1 คือค่าคงที่ของการแตกตัว (Ionization) ของกรดคาร์บอนิก และความเข้มข้นไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ในรูปของส่วนหนึ่งของความเป็นด่าง ทั้งหมดในระบบ ตามรูปที่ ๒๔ แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบสำหรับใช้ในการออกแบบในระบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ใกล้กับอุณหภูมิ ๔๕ °F

ความเข้มข้นของคาร์บอเนตไอออน หรือความเป็นด่าง ไบคาร์บอเนต ที่สมมุติว่าสมดุลย์กับความเป็นด่างทั้งหมด สำหรับน้ำเสียส่วนใหญ่ เมื่อความเข้มข้นของกรดไวแลไทล์อยู่ต่ำมาก และเมื่อกรดไวแลไทล์เริ่มมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะถูกทำให้เป็นกลางโดยความเป็นด่างไบคาร์บอเนต และจะแทนที่ในรูป Volatile acid alkalinity ภายใต้สภาวะนี้ความเป็นด่างทั้งหมดประกอบด้วยความเป็นด่างไบคาร์บอเนต และ Volatile acid alkalinity ซึ่งความเป็นด่าง



Relationship between pH and bicarbonate concentration near 95°F.

(Mc. Carty 1969)

ไบคาร์บอเนต สามารถจะประมาณได้ตามสูตรต่อไปนี้

$$BA = TA - (0.85)(0.833) TVA$$

เมื่อ BA = Bicarbonate alkalinity mg/l as $CaCO_3$

TA = Total alkalinity mg/l as $CaCO_3$

TVA = Total volatile acids concentration mg/l as Acetic acid

ตามรูปที่ ๒๔ ชี้ให้เห็นว่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตอยู่ประมาณ ๑๐๐๐

มิลลิกรัมต่อลิตรและเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ระหว่าง ๓๐ และ ๔๐ พีเอช. จะประมาณ ๗.๖ ถ้าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตลดลงต่ำกว่า พีเอช. จะลดลงถึงระดับที่ไม่ควรลด ดังนั้นค่าความเป็นด่างต่ำ ๆ จะไม่ให้ความปลอดภัยอย่างมากในระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน สำหรับการเพิ่มกรดไวแลไทล์เพียงเล็กน้อยจะมีความสำคัญ ทำให้เกิดความเป็นด่างไบคาร์บอเนตลดลง รวมถึงพีเอช. ด้วย

ในการดำเนินการ ความเป็นด่างไบคาร์บอเนต ควรจะมีอยู่มากพอในอัตรา ระหว่าง ๒๕๐๐ - ๓๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะเป็นตัวควบคุม (Buffer capacity) อย่างดี ดังนั้นการเพิ่มกรดไวแลไทล์ มากขึ้นก็จะทำให้พีเอช. ลดลงจำนวนน้อย ซึ่งเป็นตัวช่วยทำให้ปลอดภัยและให้เวลาสำหรับการแก้ไขและควบคุมผลเสียหายที่จะเกิดขึ้น

การเติมปูนขาว (Liming) ปูนขาวเป็นตัวที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง สำหรับการควบคุม พีเอช. ในระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพราะมีจุดสำคัญที่เตรียมใช้ง่ายและราคาย่อมเยา แต่ก็มีโอกาสทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการไม่ละลายของเกลือแคลเซียมบางชนิด การควบคุม พีเอช. โดยปกติพิจารณาเมื่อปรากฏว่า พีเอช. ลดลงถึง ๖.๕-๖.๖ ถ้าใช้ปูนขาวจะเพิ่มความเป็นด่าง ไบคาร์บอเนต โดยรวมตัวกับคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการต่อไปนี้



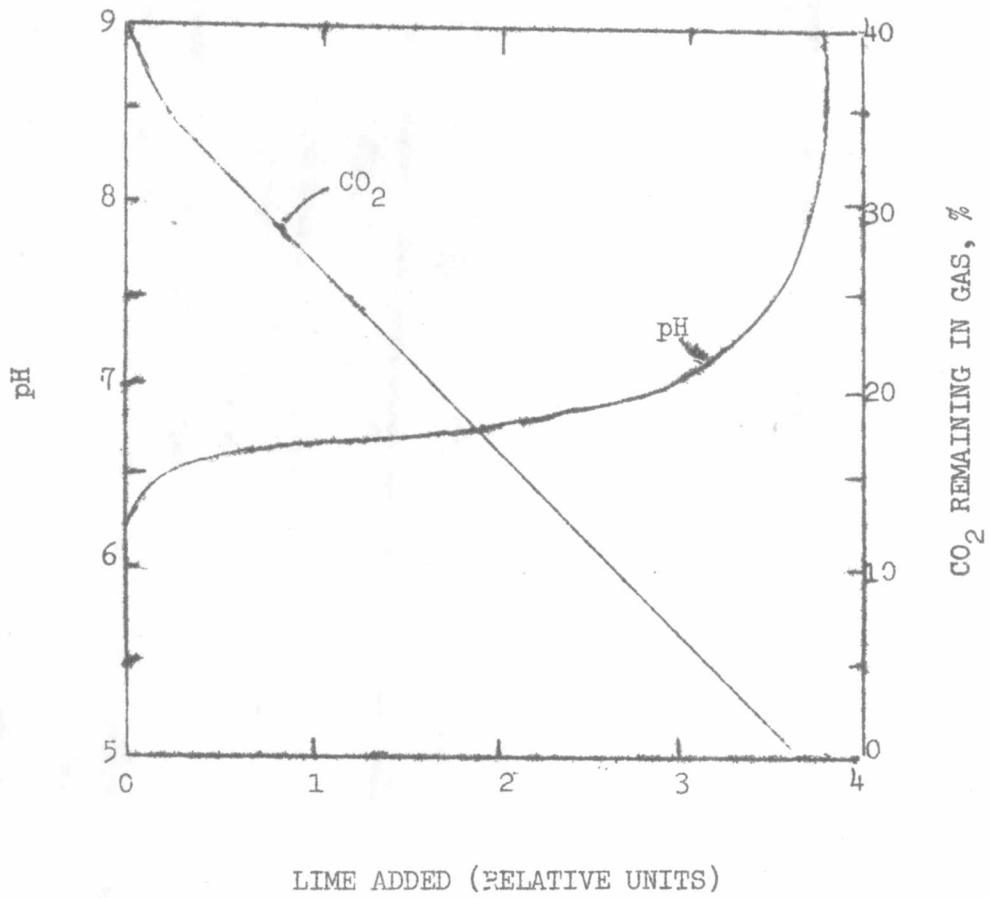
การเกิดแคลเซียมไบคาร์บอเนต จะไม่คงที่และความเป็นด่างไบคาร์บอเนต จะเพิ่มถึงจุดหนึ่งระหว่าง ๕๐๐ - ๑๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร การเติมปูนขาวจะทำให้เกิด แคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งไม่สามารถละลายได้ ดังสมการ



การเติมปูนขาวเหนือจุดนี้จะไม่เพิ่มความเป็นด่างไบคาร์บอเนต และจะให้ ผลโดยตรงเพียงเล็กน้อยในระบบกำจัดตามรูปที่ ๒๕ อะไรจะเกิดขึ้นระหว่าง พีเอช. และคาร์บอนไดออกไซด์ ในรูปของเปอร์เซ็นต์ในเมื่อได้เติมปูนขาวลงไปภายหลังที่ ได้ถึงจุดนี้ พีเอช.ที่ยังคงอยู่ระหว่าง ๖.๕ - ๗.๐ จนกระทั่งคาร์บอนไดออกไซด์ ลดลงต่ำกว่า ๑๐ % โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับปูนขาวดังแสดงไว้ในสมการ และ พีเอช. จะเพิ่มขึ้นทันทีทันใด เหนือ ๗ จนกระทั่งถึง ๘ ส่วนใหญ่จะทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์ของ คาร์บอนไดออกไซด์ ลดลงดังแสดงในรูปที่ ๒๕ ภายหลังจากช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ปฏิกิริยาทางชีววิทยาจะเกิดขึ้น จำนวนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ ในแก๊สจะ เพิ่มขึ้นด้วย เหตุการณ์เช่นนี้จะเกิดขึ้นถึงแม้ว่าจะไม่เกิดกรดไวแลไทล์ ถ้าเติมปูนขาว ลงไปอีกครั้ง วงจรอันนี้จะเกิดขึ้นซ้ำอีกด้วยตัวมันเอง

ฉะนั้นจะไม่มีประโยชน์เลยสำหรับการเติมปูนขาวให้ พีเอช.สูงขึ้นเหนือ ระดับ ๖.๗-๖.๘ เพราะเหนือจากจุดนี้ปูนขาวจะเกิดการรวมตัวอย่างง่าย ๆ กับ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เกิดแคลเซียมคาร์บอเนตที่ไม่ละลายเกิดขึ้นซึ่งจะตก ตะกอนในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งจะไม่มีประสิทธิภาพในการที่จะทำให้เกิดความ เป็นกลางของกรดไวแลไทล์ ที่มากเกินไป ฉะนั้นในการเติมปูนขาวไม่ควรจะเติมที่ พีเอช.ต่ำกว่า ๖.๕ ปริมาณที่ควรเติมควรเติมให้มีความเพียงพอที่จะทำให้เกิด พีเอช.เพิ่มขึ้นระหว่าง ๖.๗-๖.๘ เท่านั้น

การควบคุม พีเอช.โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium - bicarbonate for pH control) เกือบจะไม่มีการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตในการปรับ พีเอช.แต่ก็เป็นสารที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดตัวหนึ่ง



ပုံ ၁၆ The effect of lime additions on pH and carbon dioxide percentage. (Mc.Carty 1964)

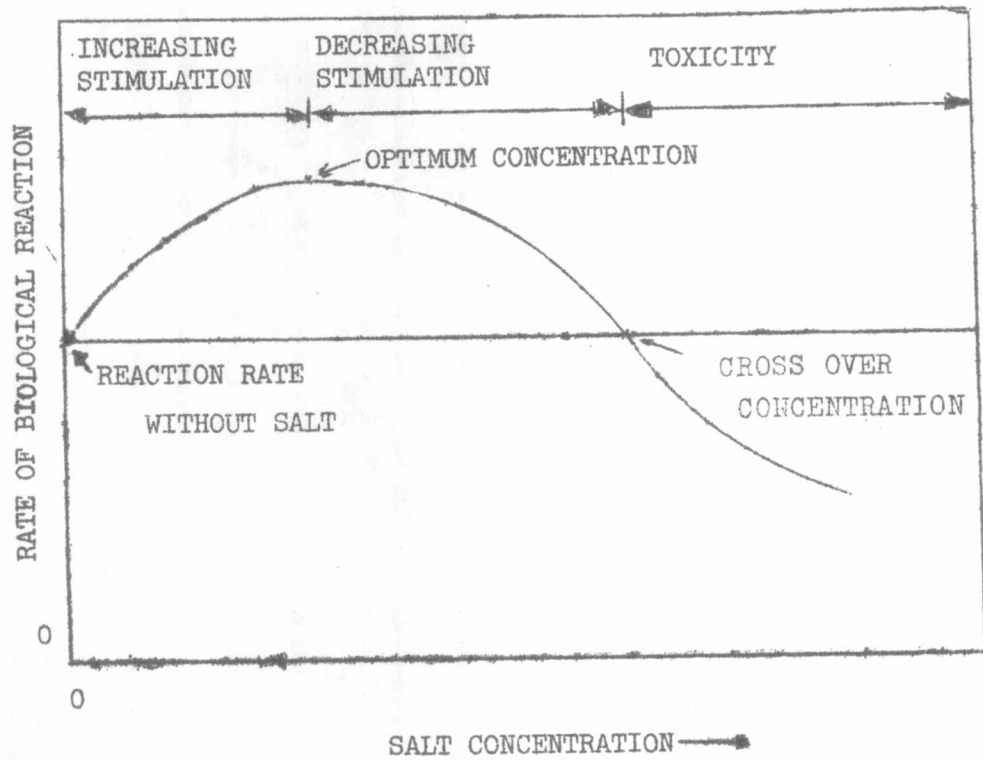
สารนี้มีประโยชน์กว่าสารอื่น ๆ เพราะว่ามีราคาถูกและมีจำหน่ายอย่างแพร่หลายทั่วไป ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ และเป็นอันตรายเพียงเล็กน้อยและจะเพิ่มพีเอช. ให้สูงขึ้นกว่าระดับที่เราต้องการ ทั้งเป็นตัวละลายได้ง่ายทำให้เกิดประสิทธิภาพในการผสม สารนี้สามารถที่จะเติมลงไปเพื่อทำให้เกิดความเป็นด่างในระบบได้ประมาณ ๕๐๐๐-๖๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปราศจากการทำให้เกิดการเป็นพิษและปฏิกิริยาอื่น ๆ แม้ว่า จะมีความแพงกว่าปูนขาวก็ตาม เวลาเติมก็ใช้ปริมาณแต่น้อยเพราะไม่เกิดตะกอน จึงคาด หวังว่าสารนี้จะ เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายในอนาคต

๓.๓.๘ การควบคุมสารเป็นพิษ (Toxic material and their control)

ไช่เกช (๒๕๑๔) ได้กล่าวว่าในระบบกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีสารหลายชนิด ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งบางชนิดจะเป็นพิษโดยตรงและบางชนิดจะยับยั้งการ ทำงานของแบคทีเรียโดยความรุนแรงของพิษและการยับยั้งจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความ เข้มข้นของสาร (Mc.Carty, 1964.) แต่อย่างไรก็ตามสารที่เป็นพิษหรือยับยั้งต่อ การทำงานของแบคทีเรียยังสามารถช่วยกระตุ้นให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยิ่งขึ้นได้ หากสารเหล่านั้นมีปริมาณพอเหมาะ ตามรูปที่ ๒๖ แสดงอิทธิพลของเกลือต่อ ปฏิกิริยาการทำงานของแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน

Mc.Carty, (1964) ได้กล่าวว่า โดยปกติแล้วแบคทีเรียจะมีความสามารถในการปรับตัวเองในความเข้มข้น ซึ่งเกิดจากสารที่เป็นพิษหรือไปยับยั้ง การปรับตัวซึ่งมี ขอบเขตขยายออกไปมีส่วนสัมพันธ์กัน และในบางกรณีปฏิกิริยาภายหลังที่แบคทีเรียเคยชิน อาจจะมีความเข้มข้นกว่าที่กำหนดก็ได้ ความจำเป็นที่จะต้องควบคุมสารยับยั้ง หรือสารพิษ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น หรือเกิดการประหัยมากขึ้นของระบบกำจัดน้ำเสีย ตาม ตารางที่ ๑๗ ได้แสดงรายการ บางวิธีอาจจะนำไปใช้ในการควบคุมสารพิษหรือยับยั้งได้

ชนิดของสารมีพิษหรือสารยับยั้งต่อการทำงานของแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน แบ่งได้ ๔ ชนิดด้วยกันคือ



รูปที่ ๒๖ อิทธิพลของเกลือต่อปฏิกิริยาการทำงานของแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Mc.Carty, 1964)

๑. กรดโวลเลทิล
๒. เกลือของสารอินทรีย์
๓. โลหะหนัก
๔. แก๊สบางชนิด
๕. สารอินทรีย์

๓.๓.๘.๑ พิษของกรดโวลเลทิล ความจริงแล้วกรดโวลเลทิลไม่เป็นพิษ โดยตรงต่อแบคทีเรีย ถึงแม้จะมีความเข้มข้นสูงถึง ๑๐๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของ กรดออกซิดิก (Mc.Carty และ Mc.Kinney, 1961) แต่ถ้ามีปริมาณของสารที่จะปรับสภาพไม่พอก็จะทำให้ พีเอช.ต่ำลง จนแบคทีเรียที่ทำให้เกิดแก๊สมีเทนไม่สามารถจะทนอยู่ได้ การแก้พิษของกรดโวลเลทิล จะทำได้โดยลดปริมาณของน้ำเสีย การเติมสารปรับสภาพ เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนตและใช้ระยะเวลาการเก็บน้ำเสียให้อยู่ในระบบ กำจัดนาน ๆ

๓.๓.๘.๒ พิษของเกลืออนินทรีย์ (Inorganic salts toxicity) ไซ้เกช (๒๕๑๔) ได้กล่าวว่า เกลือของพวกสารอนินทรีย์ เช่น พวกอัลคาไล (Alkali) และอัลคาไลเอิร์ท (Alkali earth) ได้แก่ โซเดียม, โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งเกลือของสารอนินทรีย์เหล่านี้จะแตกตัวให้แคทไอออนที่เป็นพิษมากกว่า แอนไอออน โดยขึ้นอยู่กับปริมาณแคทไอออน ด้วยว่ามีปริมาณอยู่ในน้ำเสียน้อยเพียงใด และ Rundolph (1928) กล่าวว่าโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น ๒ กรัม-ต่อลิตร ช่วยกระตุ้นการทำงานของถังหมัก และถ้าโซเดียมคลอไรด์มีประมาณ ๑๐ กรัม-ต่อลิตร จะทำให้ถังหมักหยุดการทำงาน นอกจากนี้ยังพบว่าแบคทีเรียที่ทำให้เกิดแก๊สมีเทนจะทนต่อพิษของโซเดียมคลอไรด์ได้น้อยกว่าแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรด

ความเป็นพิษของแคทไอออนแต่ละชนิดจะรุนแรงไม่เท่ากันดังตารางที่ ๑๔ โดย Mc.Carty, และ Mc.Kinney, (1961) กล่าวว่าแคทไอออนที่มีวาเลนซีเท่ากับ ๑ จะมีพิษต่อแบคทีเรียน้อยกว่าแคทไอออนที่มีวาเลนซีเท่ากับ ๒ ซึ่งพิษของ Ca^{++} และ Mg^{++} จะมากกว่าพิษของ Na^+ และ K^+ ถึง ๑๐ เท่า ดังนั้นพิษของแคทไอออนจะเพิ่มขึ้นเมื่อแคทไอออนมีวาเลนซีสูงขึ้นและน้ำหมักจะตอมมากขึ้น แคทไอออนสามารถ

กระตุ้นการทำงานของแบคทีเรียได้ เนื่องจากแคทไอออนเหล่านั้นจะเป็นตัว Metallic activators สำหรับน้ำย่อย ซึ่งเปรียบเสมือนแพคเตอร์ร่วมเพื่อช่วยให้น้ำย่อย ทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น เช่น น้ำย่อย Plasma membrane ATP.ase จะต้องการ Na^+ เพื่อเป็นตัวแพคเตอร์ร่วม น้ำย่อย Pyruvate ATP.ase ต้องการ K^+ เพื่อเป็นตัวแพคเตอร์ร่วม (จุฬาลงกรณ์ และคณะ ๒๕๑๖) แต่ถ้าปริมาณของแคทไอออนมากเกินไป หรือไปร่วมกับน้ำย่อยที่ไม่เหมาะสมจะเกิดพิษต่อแบคทีเรียได้

ตารางที่ ๑๗ Possible Methods to Control Toxic Materials

1. Remove toxic material from waste
2. Dilute below toxic threshold
3. Form insoluble complex or precipitate
4. Antagonize toxicity with another material.

(Mc. Carty 1964)

ตารางที่ ๑๘ Stimulatory and Inhibitory Concentrations of Alkali and Alkali-Earth Cations.

(Concentrations in mg/l) (Mc. Carty 1964)

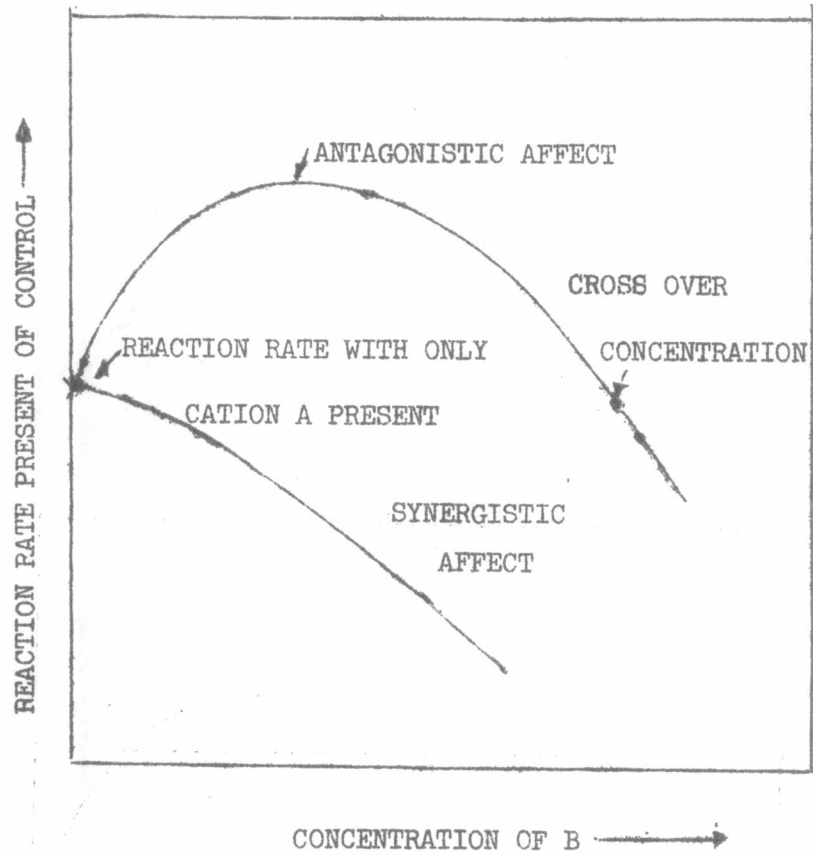
Cation	Stimulatory	Moderately Inhibitory	Strongly Inhibitory
Sodium	100 - 200	3,500-5,500	8,000
Potassium	200 - 400	2,500-4,500	12,000
Calcium	100 - 200	2,500-4,500	8,000
Magnesium	75 - 150	1,000-1,500	3,000

เราสามารถลดความเป็นพิษ แคทไอออน ได้โดยการทำ Antagonism (Mc. Carty, 1964) กล่าวคือเมื่อมีแคทไอออน ซึ่งเป็นพิษต่อแบคทีเรียอยู่ชนิดหนึ่ง ถ้ามีแคทไอออน อีกชนิดหนึ่งรวมอยู่ด้วย จะทำให้ความเป็นพิษของแคทไอออน ชนิดแรก ลดลงได้ ตัวอย่างเช่น พิษของ Na^+ เข้มข้น ๓,๕๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถจะทำให้หมดไปได้ถ้ามี Ca^{++} และ Mg^{++} ที่มีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง ๕๐ - ๑๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในทางตรงกันข้ามแคทไอออนบางชนิดจะไปเพิ่มพิษของแคทไอออน อีกชนิดหนึ่งเมื่ออยู่รวมกัน ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า Synergism ตามรูปที่ ๒๗

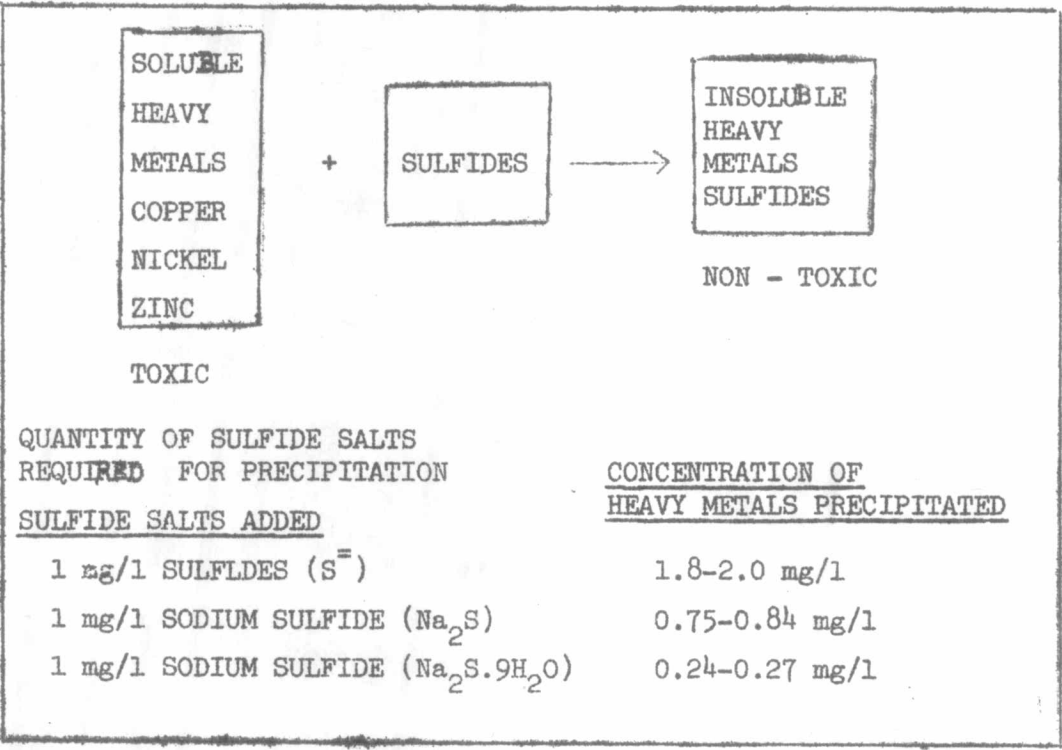
๓.๓.๘.๓ พิษของโลหะหนัก (Heavy metals toxicity) ไซเกซ(๒๕๐๔)

ได้กล่าวว่า Abelson และ Aldous (1950) พบว่าโลหะหนักได้แก่ แมงกานีส สังกะสี แคดเมียม นิเกิล และโคบอลต์จะเป็นพิษต่อแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน โดยโลหะหนัก เหล่านี้จะอยู่ในน้ำเสีย การเป็นพิษเนื่องจากโลหะหนักเป็นเรื่องสำคัญมาก เพราะโลหะหนักมีความเข้มข้นเพียงเล็กน้อย แบคทีเรียจะตายทันที ส่วนเกลือของเหล็กและอลูมิเนียม จะไม่เป็นพิษ เนื่องจากเกลือของโลหะพวกนี้จะละลายน้ำได้มาก อนึ่งพิษของโลหะหนักจะ มากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่มีอยู่ในน้ำเสีย เพราะไฮโดรเจนซัลไฟด์สามารถจะรวมกับโลหะหนักเกิดเป็น เกลือของโลหะหนักซึ่งไม่ ละลายน้ำ (Mc. Carty, 1964) ตามรูปที่ ๒๘

โดยที่ ๑ มิลลิกรัมต่อลิตรของซัลไฟด์ (S^{--}) จะรวมตัวกลับ ๑.๘-๒.๐ มิลลิกรัมต่อลิตรของโลหะหนัก กลายเป็นเกลือและตกตะกอน ถ้าน้ำเสียมีปริมาณของ ซัลไฟด์ ไม่พอเพียงที่จะทำให้เกิดการตกตะกอนได้ก็จะต้องมีการเติมเกลือซัลไฟด์ลงไป เช่น เติมโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) หรือเติมเกลือซัลเฟตลงไปเกลือทั้งสองชนิดจะถูก ลดออกซิเจนไปเป็นซัลไฟด์ ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนทำให้สามารถลดพิษของโลหะ หนักได้



รูปที่ ๒๗ แสดงความสัมพันธ์ของ Cations ๒ ชนิดคือ A และ B
 ซึ่งเมื่ออยู่ด้วยกันแล้วอาจจะเกิด ANTAGONISM หรือ
 SYNERGISM ได้ (ไข่มุข ๒๕๓๔)



รูปที่ ๒๔ ปฏิกิริยาการทำลายพิษของโลหะหนัก (Heavy Metals) โดย
ซัลไฟด์ (S²⁻) ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Mc.Carty, 1964)

๓.๓.๘.๔ พิษของแก๊สบางชนิด

๑. พิษของแอมโมเนีย (Ammonia toxicity) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นในระบบกำจัดจะมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนรวมอยู่คือพวกโปรตีน หรือปุ๋ยยูเรีย ซึ่งไนโตรเจนอาจจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียไอออน (NH_4^+) หรือแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) โดยสาร ๒ ตัวนี้จะเปลี่ยนไปเปลี่ยนมาขึ้นอยู่กับ พีเอช. ดังสมการ



ถ้า พีเอช.ต่ำกว่า ๗.๒ จะมี NH_4^+ มาก ถ้า พีเอช.สูงกว่า ๗.๒ จะมี NH_3 มาก ซึ่ง NH_3 จะยับยั้งการทำงานและเป็นพิษต่อแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนมากกว่า NH_4^+ (Mc.Carty, 1964) สำหรับภาวะที่ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ในห้องปฏิบัติการจะได้ทั้ง NH_4^+ และ NH_3 รวมกัน ขนาดความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนที่มีผลต่อแบคทีเรียตามตารางที่ ๑๔

การที่จะลดพิษของแอมโมเนียไนโตรเจน ทำได้โดยให้น้ำเสียที่จะเข้าสู่ระบบกำจัดเจือจางลง ปริมาณของแอมโมเนียไนโตรเจนก็จะน้อยลงด้วยหรือโดยวิธีการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนออกจากน้ำเสียก่อนที่จะเข้าสู่ระบบกำจัด

๒. พิษของซัลไฟด์ (Sulfide toxicity) ในระบบกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะเกิดการเป็นพิษของซัลไฟด์ต่อแบคทีเรีย เนื่องจากน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบกำจัดมีปริมาณของซัลไฟด์มาก หรือเกิดจากการย่อยสลายซัลเฟตในน้ำเสียหรือจากการย่อยสลายสารโปรตีน ซัลไฟด์ในระบบกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีทั้งอยู่ในรูปของสารที่ละลายน้ำได้ และละลายน้ำไม่ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแคทไอออนที่รวมอยู่ ถ้ารวมกันพวกโลหะหนักก็จะตกตะกอนลงมา ส่วนที่เหลือก็จะละลายน้ำอยู่ในรูปของไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเป็นแก๊สและสามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดซัลฟูริกได้ (H_2SO_4) แบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนสามารถจะทนต่อปริมาณของซัลไฟด์ที่ละลายน้ำได้ (Soluble sulfide) มีความเข้มข้น ๕๐-๑๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตรแต่ความเข้มข้นของซัลไฟด์มากกว่า ๒๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตรจะเป็นพิษต่อแบคทีเรียชนิดนี้ (Mc. Carty, 1964)

ตารางที่ ๕๕ ผลของ Ammonia - Nitrogen ต่อระบบการกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Mc. Carty 1964)

NH_3 - N mg/l	Effect on Anaerobic Treatment
50-200	Beneficial
200-1,000	No adverse effect
1,500-3,000	Inhibition at higher pH value
Above 3,000	Toxic

การลดพิษของซัลไฟด์ทำได้โดยการทำให้เกิดการตกตะกอนของซัลไฟด์ การทำให้น้ำเสียเจือจาง หรือโดยการแยกซัลไฟด์ออกจากริ่บน้ำเสียก่อนเข้าระบบกำจัด

๓.๓.๘.๕ พิษของสารอินทรีย์ (Toxic organic materials) สารอินทรีย์บางชนิดจะยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย สารพวกนี้ได้แก่ แอลกอฮอล์, เมทานอล ซึ่งพิษของสารอินทรีย์เหล่านี้สามารถทำลายได้โดยนำน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เหล่านี้เข้าสู่ระบบกำจัดอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้แบคทีเรียคุ้นเคยและปรับตัวได้ ถึงแม้จะมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่มีพิษถึง ๑๐,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตรก็ตาม (Mc.Carty, 1964) หรือจะแก้ไขเดิมสารเคมีลงไปเพื่อทำให้เกิดการตกตะกอนของสารอินทรีย์ที่เป็นพิษก็ได้

สำหรับในการศึกษาเบื้องต้นของการกำจัดน้ำเสียโดยใช้ฝักตบขวาทฤษฎีการกำจัดก็ใช้หลักของการกำจัด แบบไม่ใช้ออกซิเจน ในรูปของขนาดต้นแบบ เป็นแบบบ่อหมักที่กำหนดไว้ เช่น ความสามารถในการลดสารอินทรีย์โดยการตรวจหา ซีไอดี, บีไอดี, ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และสิ่งแวล้อมอื่น ๆ เช่น พีเอช.ความเป็นต่าง เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงอัตราการระเหยของน้ำที่มีฝักตบขวาปกคลุม และน้ำที่ไม่มีฝักตบขวาปกคลุม เพื่อที่จะหาข้อมูลที่แท้จริง เพื่อนำมาประกอบข้อพิจารณาในการออกแบบ การกำจัดน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในการทดลองต่อไป