

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 กรรมวิธีการผลิตขนมจีน

การผลิตขนมจีนในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีขั้นตอนการผลิตดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหมักข้าว จะต้องนำข้าวมาล้างให้สะอาด ใสลงในภาชนะที่น้ำไหลผ่านได้สะดวก เช่น เข่ง กระบุง ตะกร้า หรือถังไม้ ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ผลิต รดน้ำทุกวัน วันละ 2 ครั้ง คือเช้าและเย็น พร้อมทั้งกลับข้าวจากข้างล่างขึ้นมาอยู่ข้างบนหมุนเวียนกันไป หมักไว้ 2-3 วันข้าวจะเปื่อยและมีสีคล้ำเล็กน้อย สามารถบี้ได้ด้วยมือ ข้าวที่ผ่านการหมักมาแล้วจะมีกลิ่นแรงและมีสีคล้ำ

ขั้นตอนที่ 2 การบดข้าว นำข้าวที่ผ่านการหมักแล้ว มาบดให้ละเอียดด้วยมือหรือไม้ให้ละเอียดจนน้ำแป้งที่ได้ไปกรองผ่านผ้ากรอง

ขั้นตอนที่ 3 การร่อนน้ำแป้ง จะปล่อยให้แป้งตกตะกอนไว้ 1 คืน

ขั้นตอนที่ 4 การทับน้ำ เป็นการกำจัดน้ำส่วนเกินออกไป โดยนำน้ำแป้งใส่ถุงผูกปากถุงให้แน่นทับด้วยของหนัก 1 คืนน้ำที่เหลืออยู่น้ำแป้งจะมีประมาณ 42-44% ขึ้นอยู่กับน้ำหนักและเวลาที่ใช้ทับ

ขั้นตอนที่ 5 การต้มหรือนึ่งแป้ง เป็นการทำให้แป้งสุกเป็นบางส่วนและให้แป้งเหนียวการต้มแป้ง เริ่มด้วยน้ำแป้งที่ทับไว้มาปั้นเป็นก้อนมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20-25 ซม. หรือประมาณ 27-34 เปอร์เซ็นต์ของแป้งทั้งหมด

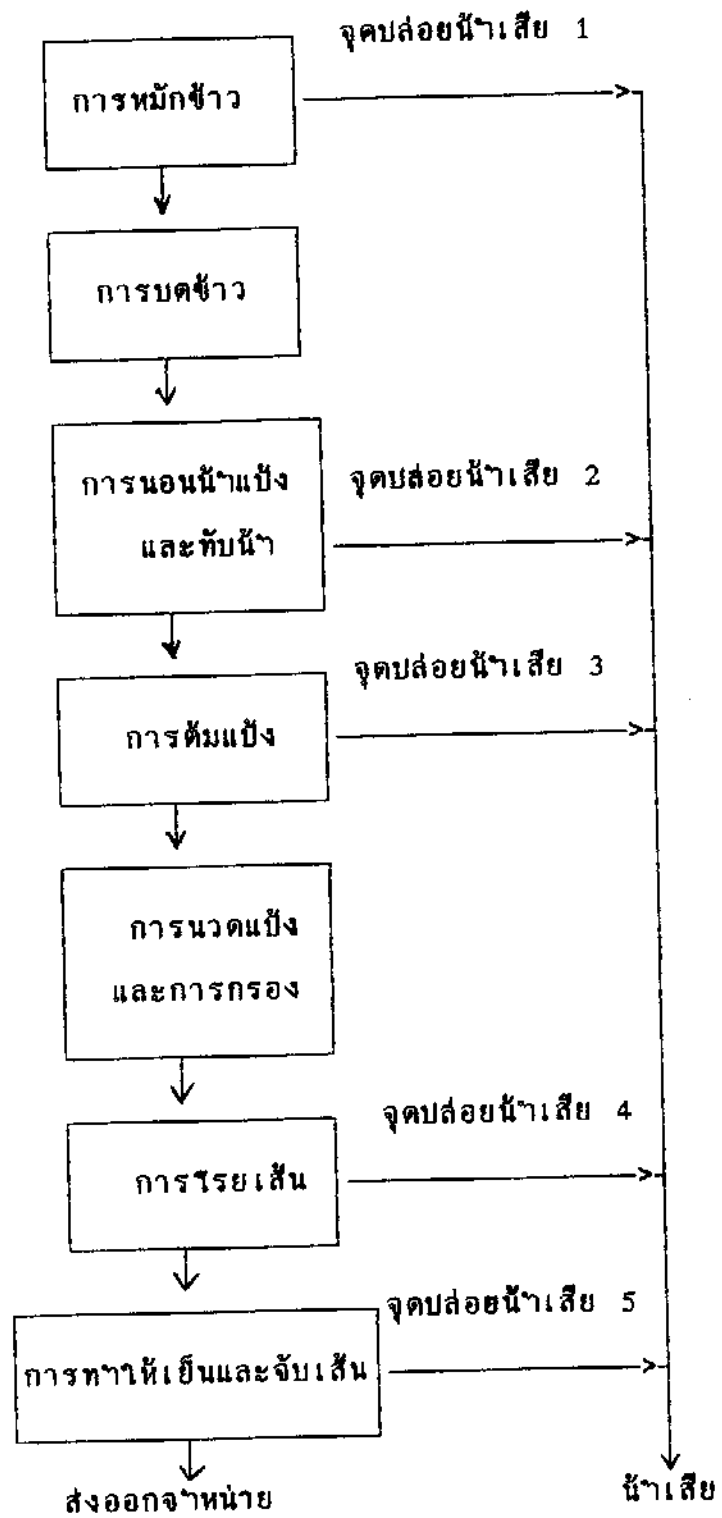
ขั้นตอนที่ 6 การนวดแป้ง เป็นการผสมแป้งดิบและแป้งสุกเข้าด้วยกัน อาจนวดด้วยเครื่องจักรหรือมือขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิต

ขั้นตอนที่ 7 การกรองโดยนำแป้งที่นวดแล้วใส่ลงในผ้าขาวบาง รวบชายผ้าเข้ากันบีบแป้งให้ผ่านผ้าออกมา

ขั้นตอนที่ 8 การรยเส้น อาจทำได้หลายวิธี โดยใส่แป้งลงในแวนหรือฝ้อน ใช้มือบีบแป้งให้ผ่านรูแวนออกไปและลงน้ำร้อนเคลื่อนมือไปรอบ ๆ

กะทะเป็นวงกลมพยายามอย่าให้เส้นขาด สำหรับการร้อยเส้นในโรงงานใช้เครื่องมือที่มีลักษณะเหมือนแวน ทำด้วยโลหะต่อตรงกับท่อ เครื่องปั๊มและถังเก็บน้ำที่นวดแล้ว เมื่อเดินเครื่องปั๊มน้ำแวนจะถูกอัดผ่านแวนลงในน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 90°-95° ซ.

ขั้นตอนที่ 9 การทำให้เย็นและจับเส้น เมื่อเส้นสุกแล้วให้ตัดขึ้นด้วยกระชอน ใส่ลงในน้ำเย็น ควรเปลี่ยนน้ำบ่อย ๆ เพื่อรักษาอุณหภูมิของน้ำไว้อย่าให้สูงเกินไปเมื่อเส้นเย็นตัวลงจับเส้นได้และวางลงในภาชนะที่น้ำผ่านออกได้สะดวกซึ่งในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานเรื่องขนมจีนของ ณรงค์ (2528)



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงกรรมวิธีการผลิตขนมจีนและจุดที่ปล่อยน้ำเสียของโรงงาน

2.2 ลักษณะของน้ำเสียจากการผลิตขนมจีน

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเสียจากการผลิตขนมจีนในจังหวัดฉะเชิงเทรา ปรากฏผล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพตัวอย่างน้ำเสียจากการผลิตขนมจีน

ตัวอย่างน้ำ	พีเอช	บีโอดี (มก/ล)
1	4.0	6,870
2	4.9	6,420
3	4.4	6,170
4	4.3	6,175
5	4.8	7,370
6	3.8	5,090
7	4.2	4,403
8	4.4	4,563
9	6.2	4,085
10	3.7	5,300
ค่าเฉลี่ย	4.5	5,644.3

ที่มา : สัมพร และคณะ (2530)

จากการวิเคราะห์ลักษณะของน้ำเสียที่เข้าถังบำบัดจากชาวานการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร น้ำเสียซึ่งเกิดจากกระบวนการแช่ข้าว การบุงและการล้าง เมื่อนำมาวิเคราะห์ปรากฏผลดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ลักษณะทั่วไปของน้ำเสียจากผลิตภัณฑ์จากข้าว (rice wastes)

ลักษณะ	ปริมาณ
พีเอช	4.2-7.0
ตะกอนของแข็ง (มก./ล.)	1460
เถ้าของแข็ง (%)	20.5
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	610
เถ้าของแข็งแขวนลอย (%)	10.8
ไนโตรเจน (มก./ล.)	30
ฟอสเฟต (มก./ล.)	30
บีโอดี (มก./ล.)	1065
แป้ง (มก./ล.)	1200

ที่มา : Nemerow (1971)

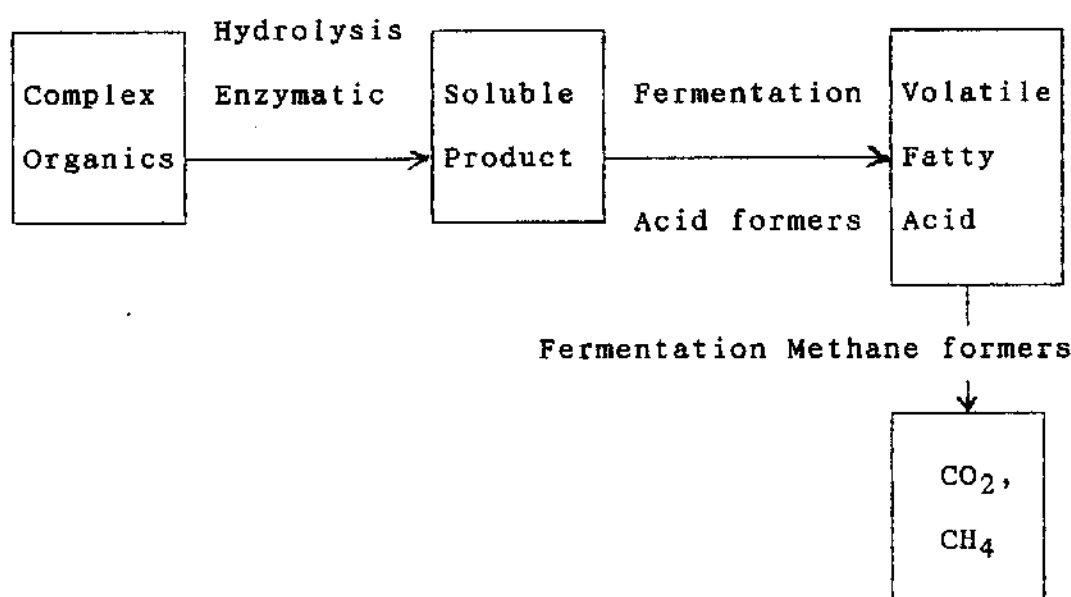
ตารางที่ 3 ลักษณะของน้ำเสียจากรองงานที่ผลิตแป้งจากข้าว (McCarty, 1964)

ลักษณะ	ปริมาณ
พีเอช	3.5-5.0
ตะกอนแขวนลอย (มก./ล)	100-500
ของแข็งตกตะกอน (มก./ล)	50-300
บีโอดี (มก./ล)	1500-4000
ไนโตรเจน (มก./ล)	150-350
แป้ง (มก./ล)	50-200

ที่มา : Jorgensen (1979)

2.3 หลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน

การทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการทางชีววิทยาที่จุลินทรีย์จะเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ไปเป็น มีเทน คาร์บอน-ไดออกไซด์ เซลล์ใหม่และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ซึ่งสามารถแบ่งตามปฏิกิริยาเคมี เป็น 3 ขั้นตอนคือ กระบวนการไฮโดรไลซิส(hydrolysis)กระบวนการสร้างกรด (acid formation) และกระบวนการสร้างก๊าซมีเทน (Methane fermentation)ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจน

ที่มา : Corbitt (1990)

2.3.1 กระบวนการไฮโดรไลซิสเป็นการย่อยสลายสารประกอบเชิงซ้อน (complex organic compound) พวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ซึ่งมีโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงโดยแบคทีเรียพวกแซพโรไฟติก (saprophytic bacteria) จะปล่อยน้ำย่อยจากเซลล์ (extra-cellular enzyme) เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็กลง โดยโปรตีนถูกย่อยสลายเป็นกรดอะมิโน (amino acid) คาร์โบไฮเดรต ถูกย่อยเป็นกลูโคส (glucose) และไขมันถูกย่อยสลายเป็นกลีเซอรอล (glycerol) และกรดไขมัน (fatty acid)

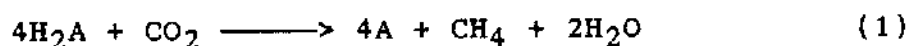
กระบวนการนี้ไม่ได้เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนทุกระบบ แต่ในน้ำเสียพวกน้ำเสียจากอาหาร น้ำเสียจากชุมชน และน้ำเสียจากการผลิตยา กระบวนการไฮโดรไลซิสจะเป็นปฏิกิริยาที่สำคัญบางกรณีขั้นไฮโดรไลซิสจะเป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด (rate-limiting reaction) (Corbitt, 1990)

2.3.2 กระบวนการสร้างกรด (acid fermentation) สารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายจนมีโมเลกุลเล็กลงจากขบวนการไฮโดรไลซิส จะถูกแบคทีเรียที่ทำาให้เกิดกรด (acid former bacteria) ย่อยสลายไปเป็นกรดอินทรีย์ซึ่งระเหยได้ง่ายเรียกกรดวอลาไทล์ (volatile acid) แอลกอฮอล์ คาร์บอนไดออกไซด์ และแอมโมเนีย พร้อมกันนี้มีการสร้างเซลล์ใหม่เกิดขึ้นด้วย การจะเกิดผลิตผลสุดท้ายชนิดใดขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียที่ทำาให้เกิดกรดและสภาวะแวดล้อมเช่น พีเอช และอุณหภูมิ (Jorgensen, 1985)

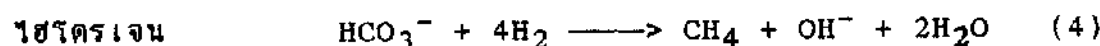
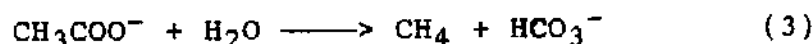
กรดวอลาไทล์ที่เกิดขึ้นที่สำคัญได้แก่ กรดอะซิติกและกรดปรอปิโอนิก ปริมาณสารอินทรีย์วัดเป็นค่าซีโอดีจะกลายเป็นกรดอะซิติกถึงร้อยละ 72 ในขั้นนี้ สารอินทรีย์เพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ จึงลดซีโอดีได้น้อย สามารถลดได้ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ (Eckenfelder, 1989) ปริมาณซีโอดีจึงยังไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเพราะกรดอินทรีย์ต่าง ๆ นั้น เป็นสารอินทรีย์ซึ่งแบคทีเรียย่อยสลายต่อได้และวัดเป็นซีโอดีได้เช่นกัน การบำบัดในขั้นตอนนี้จึงเป็นการเตรียมการเพื่อการบำบัดในขั้นต่อไป

2.3.3 กระบวนการสร้างก๊าซมีเทน (methane fermentation) กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะถูกแบคทีเรียอีกพวกหนึ่ง เรียกว่า methanogenic bacteria เปลี่ยนกรดวอลาไทล์ไปเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ พร้อมกับสร้างเซลล์ใหม่เกิดขึ้นด้วย หลังจากการย่อยสลายในกระบวนการนี้แล้ว ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียจึงลดลง ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น จะแสดงถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัด

โดยแบคทีเรียที่สร้างมีเทน จะทำาให้เกิด Oxidation-Reduction proces โดยมีคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวรับไฮโดรเจน (hydrogen acceptor) และย่อยทำาให้เกิดมีเทน ดังสมการ



โดย H_2A เกิดจากการรีดักชันของคาร์บอนไดออกไซด์โดยแบคทีเรียสร้างมีเทน
ไฮโดรเจนและกรดอะซิติกที่ถูกสร้างขึ้นในขั้นตอนการเกิดกรด จะถูกย่อย
สลายเป็นมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนี้



Jeris และ McCarty (1962) ได้ใช้ธาตุกับมันตรังสี ^{14}C แสดงให้เห็นว่าประมาณร้อยละ 70 ของมีเทนที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ส่วนใหญ่หรือของสารผสมได้มาจากอะซิเตต (acetate) ซึ่งเกิดขึ้นเป็นขั้นตอนกลาง (intermediate) ของปฏิกิริยา จะเห็นว่าสองในสามของก๊าซมีเทนเกิดจาก acetate decarboxylation และ หนึ่งในสามเกิดจาก carbondioxide reduction

2.4 ชนิดของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน

จุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่จะเป็นพวกแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ (anaerobic bacteria) ซึ่งมีอยู่ 2 พวกด้วยกันคือพวก facultative anaerobic bacteria และ obligate anaerobic bacteria ถ้าจะแบ่งชนิดของแบคทีเรียพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจนตามปฏิกิริยาของแบคทีเรีย สามารถจะแบ่งออกได้ 4 ชนิด คือ

2.4.1 Hydrolytic bacteria จะ hydrolyzed สารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อนให้เป็นสารประกอบโดยเป็นไขมันที่ผลิตโดย fermentative bacteria แบคทีเรียที่พบในกระบวนการไฮโดรไลซิส ส่วนมากเป็นสปีชีส์ (Species) ของ Butyrivibrio, Propionibacterium, Clostridium, Bacteroides, Ruminococcus, Peptococcus, Selenomonas, Lactobacillus, Streptococcus และสมาชิกของ Enterobacteriaceae ในน้ำเสียที่อยู่ในสภาวะ mesophilic มักจะมี hydrolysis bacteria อยู่ถึง $10^8 - 10^9$ ต่อ มล. (Archer และ Kirsop, 1990)

2.4.2 แบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรด (acid former bacteria)

แบคทีเรียชนิดนี้จะสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นกรดอินทรีย์ได้ แบคทีเรียเหล่านี้จะเป็นทั้งพวก *Facultative anaerobic bacteria* และ *obligate anaerobic bacteria* แบคทีเรียในกลุ่มนี้ที่สำคัญคือ *Bacillus* sp., *Micrococcus* sp. และ *Pseudomonas* sp. (Gray, 1989)

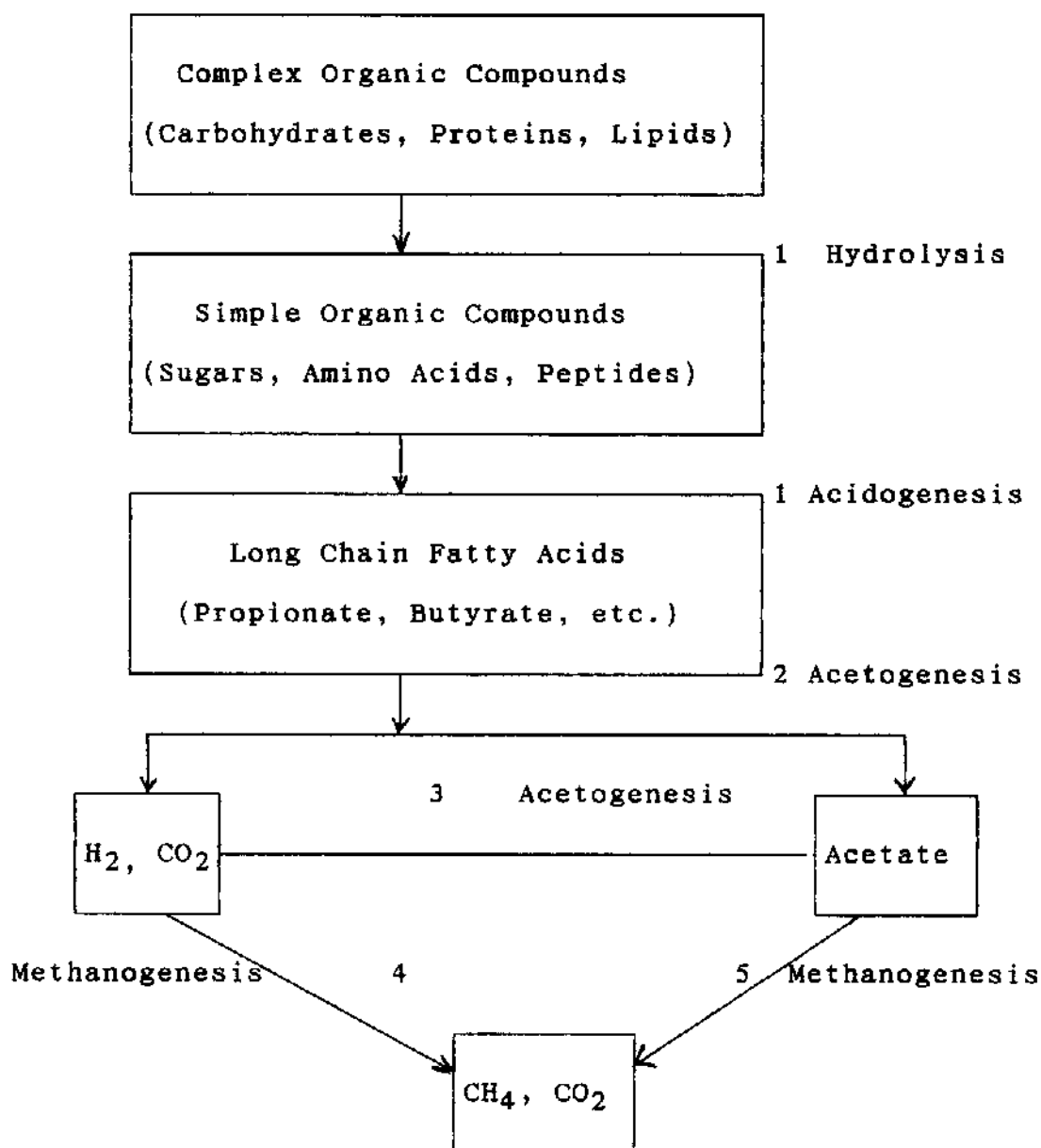
2.4.3 แบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน (methane former bacteria)

แบคทีเรียชนิดนี้มีหน้าที่หลัก 2 ประการ คือ ผลิตก๊าซมีเทนที่ไม่ละลายน้ำ โดยการคั่งสารคาร์บอนอินทรีย์ในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีออกซิเจนอย่างสมบูรณ์และ ใช้อิทธิพลที่เกิดขึ้นโดยแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรด และมีหน้าที่สร้างกรดอะซิติก ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นมีเทน (Gaudy, 1981) ดังนั้นแบคทีเรียทั้ง 2 พวกนี้จึงอยู่ในภาวะที่เกื้อกูลกัน (mutualism) โดยแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนจะต้องอาศัยแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรดแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนเจริญเติบโตช้ากว่า ทนทานน้อยกว่าแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรด นอกจากนี้ยังต้องการสารอาหารเฉพาะ สำหรับการยังชีพอีกด้วย (Hammer, 1986) แบคทีเรียที่สร้างมีเทนเกือบทั้งหมด อยู่ในกลุ่ม *Methanobacterium*, *Methanosarcina*, *Methanospirillum* และ *Methanococcus* ทั้ง 4 ชนิดอยู่ในตระกูล *Methanobacteriaceae* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดกรัมลบไม่ใช้ออกซิเจนอย่างแท้จริง (Strict anaerobe) จะถูกยับยั้งการแพร่พันธุ์หรือการเจริญเติบโตโดยออกซิเจนที่ละลายน้ำที่มีความเข้มข้นต่ำเพียง 0.01 มก./ล. จะเจริญเติบโตได้ดีที่ redox potential อยู่ใน ช่วง -200 mV ถึง -420 mV (Gray, 1989) และจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ redox potential ประมาณ -300 mV (Novae, 1986)

สารอาหาร (substrate) ที่แบคทีเรียใช้ทำให้เกิดมีเทนที่สำคัญคือ อะซิเตท ไซเตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนมากใช้ไซเตรเจนและคาร์บอน ไดออกไซด์มีเพียง 2 ตระกูลเท่านั้นที่สามารถทำให้เกิดมีเทนจากกรดอะซิติกคือ *Methanosarcina* และ *Methanothrix* (Archer และ Kirsop, 1990)

แบคทีเรียเหล่านี้บางกลุ่ม ต้องการเกลือสำหรับการเจริญเติบโต แต่ บางกลุ่มไม่ต้องการ Mindez และคณะ (1992) ได้ศึกษาการใช้เครื่องกรอง

ไม่ใช้ออกซิเจนสำหรับบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลากระป๋อง พบว่าระบบสามารถ
มีประสิทธิภาพดีได้ เมื่อมีความเข้มข้นของคลอไรด์สูงถึง 15,000 มก/ล และ
ไม่ต้องเติมอาหารเสริมสร้าง (nutrient) ลงไป



- Note: 1) Fermentative bacteria
 2) H₂ - producing acetogenic bacteria
 3) H₂ - consuming acetogenic
 4) CO₂ - reducing methanogenic bacteria
 5) Acetoclastic methanogenic bacteria

ภาพที่ 3 ขั้นตอนในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน
 ที่มา : Novae (1986)

2.4.4 แบคทีเรียพวกรีดักชันซัลเฟต (Desulfovibrio bacteria)

แบคทีเรียชนิดนี้จะมีอาศัยอยู่มากหรือน้อยในระบบขึ้นอยู่กับปริมาณของซัลเฟต (SO_4^{2-}) ในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด โดยจะเปลี่ยนซัลเฟตให้เป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่ง H_2S นี้จะเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่ทำการเกิดมีเทน แบคทีเรียในกลุ่มนี้สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำเสียและอุณหภูมิได้ดีภายใต้สภาพเป็นกรดจะเกิดกลิ่นเหม็นรุนแรงขึ้น ดังนั้นในการควบคุมปัญหากลิ่นเหม็นรบกวนในระบบจึงต้องปรับค่าพีเอชให้สูงกว่า 7 ขึ้นไป (สุเมธ, 2529)

2.5 ความเป็นมาของระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจน

ระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจน เป็นเครื่องมือบำบัดน้ำเสียที่พัฒนามาจากการใช้ถังหมักแบบธรรมดา (conventional digester) และถังหมักแบบพิเศษ (anaerobic contact digester) เมื่อพิจารณาถึงความยุ่งยากในการใช้งานและในเรื่องราคาของถังหมักทั้ง 2 แบบ จากที่มีประสิทธิภาพการบำบัดใกล้เคียงกันแล้วน่าจะลองหาวิธีที่ได้ผลดี รวมทั้งใช้งานได้ง่ายกว่า และมีราคาถูกกว่านี้การนำระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจนเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่เป็นสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ ภาพที่ 4 เป็นแผนผังของถังกรองน้ำใช้ออกซิเจน เมื่อน้ำเสียถูกกักเก็บอยู่จนถึงตกตะกอนเป็นเวลาอย่างน้อย 1 วัน (ปรีดา, 2533) น้ำเสียจะไหลล้นออกไปสู่ถังกรองน้ำใช้ออกซิเจนเพื่อทำการบำบัดต่อไป น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบจะมีเซลล์ปนอยู่น้อยมาก เซลล์แบคทีเรียทั้งหมดจะค้างอยู่ในเครื่องกรองระบบนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดปฏิกิริยาตั้งแต่ 73-95% ขึ้นอยู่กับระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม, 2533) จากภาพที่ 4 นี้จะเห็นว่าน้ำจะเข้าเครื่องกรองทางก้นถังซึ่งออกแบบมาให้สามารถกระจายน้ำสารตกได้ทั้งภายในจะมีก้อนกรวดขนาด $1-1\frac{1}{4}$ นิ้ว ใสอยู่จนเต็ม ทำให้มีช่องว่างประมาณ 45% แบคทีเรียที่เกิดขึ้นมักจับกันอยู่เป็นกลุ่ม (floc) บางส่วนอยู่บนช่องว่างระหว่างหินและบางส่วนเกาะอยู่บนผิวหินอย่างหลวมๆ ก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักจะทำให้เซลล์ลอยขึ้นข้างบน แต่หินที่วางอยู่ด้านล่างถังกรองน้ำใช้ออกซิเจนจะช่วยมิให้

เซลล์ติดกับน้ำออกจากถังกรองใบ

2.6 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อเครื่องกรองน้ำชีวออกซิเจน

2.6.1 ระยะเวลาที่กักเก็บตะกอน เวลาที่กักเก็บน้ำเสีย และอัตรารับสารอินทรีย์ต่อวันประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องกรองน้ำชีวออกซิเจน ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่น้ำเสียได้มีโอกาสสัมผัสกับแบคทีเรียพวก anaerobic ซึ่งเรียกว่าเวลากักตะกอน (Solid Retention time, SRT.) ซึ่ง SRT คือ อัตราส่วนระหว่างของแข็งแขวนลอยในระบบต่อของแข็งแขวนลอยที่ระบายออกจากระบบต่อวัน โดยทั่วไปค่า SRT ที่มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของการบำบัดดีขึ้น แต่ก็ทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นด้วยในเครื่องกรองน้ำชีวออกซิเจน แบคทีเรียจะเกาะและเจริญอยู่ที่ตัวกรองน้ำได้ถูกชะล้างออกไปกับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ค่า SRT จึงสูงแม้ว่าจะมีค่า HRT สั้น ๆ ค่า SRT อยู่ได้ถึง 100 วัน (Metcalf และ Eddy, 1979)

ระยะเวลาที่กักเก็บน้ำเสีย (Hydraulic Retention Time) หรือ เรียกย่อว่า HRT มีอิทธิพลต่อการทำงานของเครื่องกรองน้ำชีวออกซิเจน ใน การบำบัดน้ำเสียถ้าเวลากักเก็บน้ำเสียลดน้อยลงจะทำให้ความเร็วของน้ำเสียในระบบเพิ่มขึ้น เป็นผลให้เกิดการพัดพาตะกอนแบคทีเรียให้หลุดออกไปมากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงด้วย Young และ McCarty (1969) ได้เสนอสมการที่จะทำนายประสิทธิภาพในการลดชีวโคตของเครื่องกรองน้ำชีวออกซิเจนดังนี้

$$E = 100 (1 - 1.8/T) \quad (5)$$

เมื่อ T = ระยะเวลาที่กักเก็บน้ำเสียหรือ HRT (ชั่วโมง) คิดจากปริมาตร
ช่องว่างในเครื่องกรอง

$$E = \text{ประสิทธิภาพในการกำจัด ชีวโคต (\%)}$$

เครื่องกรองน้ำชีวออกซิเจนมีประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์มากกว่า 85% ที่ปริมาณรับสารอินทรีย์ (BOD Loading) $1.5 \text{ กก./ม}^3 \cdot \text{วัน}$ แต่ประสิทธิภาพ

จะลดลงครึ่งหนึ่ง ถ้าปริมาณรับสารอินทรีย์สูงถึง 5 กก./ม³.วัน ระยะเวลาที่เก็บน้ำเสียของเครื่องกรองน้ำช็อคซิเจน คำนวณได้จากสมการ

$$Q = \frac{(S_i - S_e)}{0.45 S_e} \quad (6)$$

เมื่อ Q = ระยะเวลาที่เก็บน้ำเสีย (ชั่วโมง)

S_i = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด (มก/ล)

S_e = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัด (มก/ล)

อัตรารับสารอินทรีย์ต่อวัน ระยะเวลาที่ตกตะกอนและระยะเวลาที่เก็บน้ำเสียมีความสัมพันธ์กัน โดยจะต้องมีอัตราส่วนที่พอเหมาะ (Mahajan, 1985) ถ้าอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบมากเกินไปทำให้เวลาในการกักเก็บน้ำเสียสั้นประสิทธิภาพการทำงานของระบบจะลดลง และถ้าเวลากักเก็บน้ำเสียและเวลากักตะกอนนานเกินไป ก็หมักจะต้องมีขนาดใหญ่ ทำให้สิ้นเปลืองเงินค่าก่อสร้างโดยไม่จำเป็นจากการศึกษาของสุดาจและจงรักษ์ (2530) แสดงให้เห็นว่าถังกรองน้ำช็อคซิเจน จะมีประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อมีอัตรารับสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น จึงทำให้น้ำที่ออกจากระบบมีลักษณะค่อนข้างคงที่

Compos, Foresti และ Camacho (1986) ใช้เครื่องกรองน้ำช็อคซิเจนบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ผลการทดลองพบว่าระบบดังกล่าว สามารถลดค่าซีโอดีได้มากกว่า 80% จากการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าควรควบคุมให้ค่า HRT ในระบบมีค่ามากกว่า 13 ชั่วโมงและ Loehr (1974) ได้แนะนำว่าเมื่อใช้ระบบนี้บำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นซีโอดีมากกว่า 2,000 มก/ล จะสามารถลดค่าซีโอดีได้มากกว่า 90% ถ้า HRT ในระบบมีมากกว่า 18 ชั่วโมง อ้างตาม Vigneswaran, Balasuriya และ Viraraghavan (1986) จากการทดลองในห้องปฏิบัติการและสภาพจริงในการใช้ระบบกรองน้ำช็อคซิเจนบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมเมื่อมีอัตรารับสารอินทรีย์ 0.4-27 kg COD/m³.d. สามารถเดินระบบได้ เมื่อมี HRT 3-100 ชั่วโมง

2.6.2 ลักษณะของน้ำเสียน้ำเสียที่จะเข้าสู่เครื่องกรองน้ำช้อออกซิเจนนี้ควรจะต้องย่อยสลายได้ มีปริมาณสารแขวนลอยต่ำ ไม่มีสารพิษมากเกินไปเกินกำหนด และมีอุณหภูมิระหว่าง 25 - 40 องศาเซลเซียส มีความต้องการสารอาหารไม่มากนัก อัตราส่วนบีโอดี:ไนโตรเจน:ฟอสฟอรัส ที่ต้องการต่ำสุดเท่ากับ 100:1.1:0.2 หรือบีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัสเท่ากับ 100 : 2.2 : 0.4 (สุเมธ, 2529) ดังนั้นถ้าในน้ำเสียมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่ำกว่าอัตราส่วนที่ต้องการ จำเป็นต้องเติมให้ครบ สารที่นิยมใช้เติมคือยูเรียและกรดฟอสฟอริก ถ้ามีไนโตรเจนมากเกินไปจะเป็นพืชต่อแบคทีเรีย หรือเปลี่ยนแปลงสภาพแบคทีเรียได้จากการศึกษาของ Kobayashi และคณะ (1983) ได้รายงานไว้ว่า เครื่องกรองน้ำช้อออกซิเจนนี้ไม่สามารถจัด ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสได้ ทั้งแอมโมเนีย - ไนโตรเจนและฟอสเฟตมีระดับสูงจึ้นในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และฟอสเฟต ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด โดยเครื่องกรองน้ำช้อออกซิเจน

พารามิเตอร์	น้ำที่เข้าเครื่องกรอง น้ำช้อออกซิเจน (มก/ล)	น้ำที่ออกจากเครื่อง กรองน้ำช้อออกซิเจน (มก/ล)	อัตราเพิ่ม (%)
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	33	44	33
ฟอสเฟต	3	5	67

ที่มา : Kobayashi และคณะ (1983)

2.6.3 ชนิดของคุณสมบัติของตัวกรอง ตัวกรองที่ใช้ในเครื่องกรองน้ำช้อออกซิเจน เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการสะสมตัวของตะกอนแบคทีเรีย ลักษณะการไหลของน้ำเสียและปริมาตรช่องว่าง ซึ่งจะสัมพันธ์กับเวลาพักเก็บน้ำเสียโดยตรง นอกจากนั้นตัวกรองยังทำหน้าที่กระจายการไหลของน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียสัมผัสกับ

ตะกอนแบคทีเรียอย่างทั่วถึงโดยไม่เกิดการไหลลัดวงจรแม้จะไม่มีการกวนก็ตาม

ตัวกรองที่ใช้โดยทั่วไปอาจเป็นอิฐ หิน เซรามิก โฟม หรือพลาสติก เป็นต้น การเลือกใช้ตัวกรองต่างชนิดกันจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่างกันไปด้วยและการใช้ตัวกรองชนิดเดียวกันแต่ต่างขนาดกัน พบว่ามีความแตกต่างของการทำงานของเครื่องกรองจากการทดลองของบุญส่ง (2519) ตัวกรองหินบดที่มีขนาด 1-1.25 นิ้ว มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่าขนาด 1.75-2.5 นิ้ว และตัวกรองหินบดขนาด 1 นิ้ว มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด (Loehr, 1974) ตัวกรองที่เป็นหินย่อยและอิฐมอญมีประสิทธิภาพในการบำบัดใกล้เคียงกัน (สมชาย, 2529) นอกจากนี้ลักษณะของผิวตัวกรองก็มีอิทธิพลต่อการเกาะติดหรือแขวนลอยในช่องว่างของชั้นตัวกรอง เช่น แบคทีเรียจะเกาะติดแข็งช้ากว่าพบได้ดีกว่าหินและตัวกรองที่ทำจากวัสดุสังเคราะห์ (โรมรัน, 2524) หรือตัวกรองดินเหนียวจะเริ่มต้นระบบ (Start-up) ได้ดีกว่า ตัวกรองที่เป็นวงแหวนพลาสติกเล็ก ๆ (Young and Yang; 1989)

ประสิทธิภาพในการบำบัดยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกรองอีกด้วย ตัวกรองที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะมาก จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดมากและเมื่อมีพื้นที่ผิวเท่ากัน ตัวกรองพลาสติกแบบ cross flow media จะมีประสิทธิภาพมากกว่า tubular media (Song and Young, 1986) และตัวกรองชนิด Corrugated modular blocks มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีกว่าตัวกรองชนิดอื่น ๆ (ภาพที่ 5) (Young and Dehab, 1982)

2.6.4 ลักษณะการวางชั้นตัวกรองและความสูงของตัวกรอง ตัวกรองทำหน้าที่ให้แบคทีเรียเกาะติดและกักตะกอนแบคทีเรียให้คงอยู่ในระบบ ข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงว่าตำแหน่งความสูงต่าง ๆ ของเครื่องกรองจะมีหน้าที่การทำงานต่างกัน เช่น ทางตอนล่างของเครื่องกรองจะมีหน้าที่ในการเก็บตะกอนแบคทีเรียให้อยู่ในระบบ เพราะฉะนั้นชั้นตะกอนในตอนล่างของเครื่องกรองและตอนบนของเครื่องกรองจึงไม่ควรมิตัวกรองบรรจุอยู่

วพพรรณและมันสิน (2519) ทดลองในห้องปฏิบัติการ รายงานว่าสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกกำจัดที่ระดับความสูงของเครื่องกรองเพียง 30 ซม. แรกทางตอนล่างซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของพรพจน์ (2525) และเฉษญา

(2529) สำหรับในการใช้งานจริง ความสูงของตัวกรองที่เหมาะสมนั้นยังขึ้นอยู่กับชนิดและราคาของตัวกรองด้วย เช่น ตัวกรองเป็นหิน ความสูงที่เหมาะสมประมาณ 1.5-2 ม. (สุรพล, 2518) และ Kriengsak (1989) แนะนำให้ใช้ความสูง 1.5 ม. เช่นกัน ถ้าใช้จุลขวดน้ำปลาเป็นตัวกรองความสูงที่เหมาะสมคือ 1.2 ม. (วัชร, 2529) หากใช้ความสูงของตัวกรองไม่เหมาะสมจะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงดังเช่น การวิจัยของวิระชัยและปรียะดา (2534) ใช้จุลขวดน้ำปลาเป็นตัวกรองสูง 0.6 ม. มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโรตี ได้ 50.04% Vigneswaran, Balasuriya และ Viraraghavan (1986) อ้างถึงการทดลองในห้องปฏิบัติการของ Askinin (1983) ซึ่งรายงานว่าเครื่องกรองน้ำใช้ออกซิเจน ที่มีความสูง 1.20 เมตร ก็บำบัดน้ำเสียได้เพียงพอแล้วนอกจากนั้น Khan and Siddiqui (1976) ใช้ถังกรองน้ำใช้ออกซิเจนบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงพบว่าความสูงที่เหมาะสมของตัวกรองคือ 1.2 เมตร Young และ Yang (1989) อธิบายว่า ถ้าเครื่องกรองน้ำใช้ออกซิเจน มีตัวกรองน้อยกว่า 50% จะทำให้ตะกอนของแข็งไหลล้นออกไปมากขึ้น และประสิทธิภาพของระบบจะลดลง จึงแนะนำว่าควรมีตัวกลาง 2 ใน 3 ส่วนของความสูงของเครื่องกรองน้ำใช้ออกซิเจน ซึ่งจะอย่างไรก็ตามการเพิ่มความสูงของเครื่องกรองน้ำใช้ออกซิเจนจะต้องสัมพันธ์กับพื้นที่หน้าตัดและระยะเวลาที่เก็บน้ำเสีย เพื่อให้แบคทีเรียอยู่ในเครื่องกรองได้นาน

2.7 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องกรองน้ำใช้ออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบน้ำใช้ออกซิเจนโดยเครื่องกรองน้ำใช้ออกซิเจนต้องอาศัยจุลินทรีย์สองพวกซึ่งทำหน้าที่ทำให้เกิดกรดและการเกิดก๊าซมีเทน ทำงานอย่างต่อเนื่องกัน และต้องอยู่ในสภาวะสมดุล พารามิเตอร์ที่มีผลต่อกระบวนการคือพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับ สภาพแวดล้อม และความต้องการของจุลินทรีย์ ดังนี้

2.7.1 พีเอช พีเอชที่เป็นกลางจะเหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียในเครื่องกรองน้ำใช้ออกซิเจน ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบนี้คือ การสะสมตัวของกรดวอลาไทล์ (Volatile acid) ซึ่งมีผลทำให้ค่าพีเอชลดลง ถ้าระบบมีกำลัง

บัฟเฟอร์ (Buffer capacity) ไม่พอ และถ้าพีเอชมีค่าต่ำกว่า 6.0 แล้วประสิทธิภาพของเครื่องกรองน้ำที่ออกซิเจนจะลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งสภาวะเป็นกรดจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดมีเทน ซึ่งแบคทีเรียนี้จะทำงานในช่วงพีเอช 6.6-7.6 และพีเอชที่เหมาะสมที่สุดคือใกล้ๆ 7.0 (Eckenfelder, 1989) เมื่อมีอัตราการเกิดกรดมากกว่าอัตราที่ถูกสลายเป็นมีเทน กระบวนการจะไม่สมดุลทำให้พีเอชลดลง การผลิตก๊าซจะลดลงดังภาพที่ 6 ที่แสดงถึงอิทธิพลของพีเอชที่มีต่อการเกิดก๊าซมีเทน ก๊าซมีเทนจะเกิดมากที่สุดที่พีเอชในช่วง 6-8 และจะเกิดก๊าซน้อยลงที่พีเอช ต่ำกว่า 6 และสูงกว่า 8 (Speece, 1986)

ดังนั้นในการควบคุมระบบบำบัดแบบนี้จึงต้องตรวจสอบค่าพีเอชเป็นประจำทุกวันค่าพีเอชมักจะต่ำลงได้ เนื่องจากมีการดอินทรีย์ต่าง ๆ เกิดขึ้น ดังได้กล่าวมาแล้ว ถ้าค่าพีเอชลดต่ำลงมากอย่างกระทันหัน ก็จะสามารถทำให้ระบบล้มเหลวได้ทันที

2.7.2 สภาพความเป็นต่าง และอัตราส่วนของความเข้มข้นของกรดรวลาไทล์ต่อสภาพต่างไบคาร์บอเนต

สภาพความเป็นต่างบอกให้ทราบว่ามีการกักบัฟเฟอร์ (buffer capacity) เหลืออยู่เท่าใดในระบบ ถ้ากักบัฟเฟอร์ต่ำปริมาณกรดอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจะทำให้พีเอชลดลงได้อย่างมากและเร็ว ซึ่งเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดมีเทนถ้าระบบมีสภาพความเป็นต่างพอ ระบบก็จะสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดรวลาไทล์ได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อพีเอชมากนักระบบของสภาพต่างควรสูงเท่าใดที่จะทำให้ระบบมีกักบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมนั้น กำหนดตายตัวได้ยากเพราะขึ้นกับลักษณะสมบัติและความเข้มข้นของน้ำเสียถ้าน้ำเสียมีความเข้มข้นสูงจะมีโอกาสผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากอาจเป็นผลทำให้มีกักบัฟเฟอร์ของระบบเพิ่มขึ้นด้วย โดยทั่วไประบบควรมีสภาพต่างประมาณ 1,500-2,000 มก/ล ปัจจัยที่สำคัญกว่าสภาพความเป็นต่างคืออัตราส่วนของความเข้มข้นของกรดรวลาไทล์ต่อสภาพต่างไบคาร์บอเนต ถ้ามีอัตราส่วนน้อยกว่า 0.4 จัดว่าระบบมีกักบัฟเฟอร์สูง การเพิ่มค่าอัตราส่วนนี้เป็นสัญญาณของการเสียสมดุลของระบบและแสดงว่ากักบัฟเฟอร์ที่มีอยู่เริ่มลดลงและไม่พอเพียง ถ้าอัตราส่วนนี้สูงกว่า 0.8 แสดงว่าระบบกักอยู่ ณ ขั้นที่พีเอชจะลดลงอย่าง

รวดเร็วถึงแม้จะมีการเพิ่มกรดวอลาไทล์เพียงเล็กน้อย ด้วยเหตุนี้ในระหว่าง การควบคุมระบบบำบัดน้ำออกซิเจนนี้จำเป็นต้องดูอัตราส่วนนี้และการเปลี่ยนแปลง ของมัน

2.7.3 กรดวอลาไทล์ (Volatile acid) ปริมาณกรดวอลาไทล์เป็นตัวควบคุมระบบบำบัดที่สำคัญ ขณะที่ระบบอยู่ในสภาวะสมดุลอัตราการสร้างทำให้เกิดกรดของแบคทีเรียและอัตราการบริโภค เพื่อทำให้เกิดมีเมเทนของแบคทีเรียที่สร้างมีเมเทนจะเท่ากัน เมื่อระบบเสียสมดุลจะเป็นเนื่องจากสาเหตุใดก็ตามที่เป็นสาเหตุแรกเช่นอุณหภูมิ พีเอช ไรหะเป็นพิษ หรือ อัตราการเติมสารอินทรีย์ ต่อวัน เป็นต้น ปริมาณกรดวอลาไทล์จะเป็นตัวช่วยเสริมให้ระบบล้มเหลวเร็วขึ้น โดยจะทำให้แบคทีเรียที่ทำให้เกิดมีเมเทนที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมมากกว่าประเภททำให้เกิดกรดหยุดชะงักและไม่ทำงาน ทำให้ระบบเกิดความไม่สมดุล โดยที่มีกรดวอลาไทล์มากขึ้น เป็นเหตุให้ค่าพีเอชลดต่ำลงทันทีหรือยับยั้ง การทำงานของแบคทีเรียโดยตรง ระบบจะล้มเหลวไวยิ่งขึ้น ระบบที่ทำงานเป็นปกติ จะมีค่าความเข้มข้นของกรดวอลาไทล์ไม่เกิน 2,000 มก./ล. แต่ถ้าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นประมาณ 8,000-10,000 มก./ล. จะเกิดเป็นพิษต่อระบบ ขึ้นได้โดยตรง จากการทดลองในห้องปฏิบัติการแสดงว่ากรดวอลาไทล์เข้มข้น 20,000 มก./ล. ไม่เป็นพิษต่อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดมีเมเทน ยังทำให้เกิดก๊าซ ได้ถ้ารักษาพีเอชไว้ที่ 6.5 (McKinney ; 1962) การแก้พิษของกรดวอลาไทล์ทำได้โดยลดปริมาณของอัตราสารอินทรีย์ การเติมสารปรับสภาพ (buffer) เช่น NaHCO_3^- และการใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย (HRT) ที่อยู่ในระบบนาน ๆ

2.7.4 อุณหภูมิ การย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบน้ำออกซิเจนถ้าอุณหภูมิสูงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะสูง อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์คืออุณหภูมิ $29^\circ\text{--}30^\circ\text{C}$. ($85\text{--}100^\circ\text{F}$) ซึ่งเรียกแบคทีเรียที่ทำงานในช่วงนี้ว่า "mesophilic bacteria" ส่วนแบคทีเรียพวก "thermophilic bacteria" จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เร็วยิ่งขึ้นที่อุณหภูมิ $49\text{--}57^\circ\text{C}$ ($120\text{--}135^\circ\text{F}$) (Eckenfelder และคณะ, 1989) ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าช่วงดังกล่าวแบคทีเรียทำงานได้ไม่ดี

ประสิทธิภาพของระบบจะลดต่ำลง ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจะลดลง โดยทั่วไปอุณหภูมิที่สูงทำให้อัตราการกำจัดสารอาหาร (Substrate) เร็ว มีประสิทธิภาพดี และมีอัตราการทำลายเซลล์เร็วด้วย ดังนั้น thermophilic จะต้องการถึงปฏิกิริยาขนาดเล็กลงกว่า mesophilic (Corbitt, 1990) การย่อยในช่วง Mesophilic จะย่อยไขมันได้มาก และในช่วง thermophilic จะย่อยสลายโปรตีนได้มากเกิดสารอินทรีย์ในโตรเจนขึ้น (Maly และ Hubert 1971)

2.7.5. สารพิษ (toxic materials) ในระบบกำจัดน้ำเสียแบบ ำมาชี้ออกซิเจน มีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ซึ่งบางชนิดจะเป็นพิษโดยตรง (toxic) และบางชนิดจะยับยั้ง (inhibited) การทำงานของแบคทีเรียซึ่ง ได้แก่เกลืออนินทรีย์ (inorganic salt) สารอินทรีย์ที่มีพิษ ส่วนพวกธาตุ อัลคาไล (alkali) และอัลคาไลเอิร์ท (alkali earth) ได้แก่ โซเดียมโบรเมตสเฟี่ยม คลอโรเฟี่ยม และแมกนีเฟี่ยม ซึ่งเกลือของสารอินทรีย์เหล่านี้ จะแตกตัวให้แคตไอออน (cations) ที่เป็นพิษมากกว่าแอนไอออน (anion) โดยขึ้นอยู่กับปริมาณของแคตไอออนด้วยว่ามีปริมาณอยู่ในน้ำทิ้งมากน้อยเพียงใด (Kugelman และ McCarty ; 1965) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นของแคตไอออนที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของแบคทีเรีย ชนิดำมาชี้ออกซิเจน

แคตไอออน	ความเข้มข้น (มก/ล)		
	ค่าที่เหมาะสม	เริ่มยับยั้งการทำงาน	หยุดการทำงาน
โซเดียม	100-200	3500-5500	8,000
โบรเมตสเฟี่ยม	200-400	2500-4500	12,000
คลอโรเฟี่ยม	100-200	2500-4500	8,000



ห้ามยืมออก

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นของแคทไอออนที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของแบคทีเรียชนิดมาซ้อออกซิเจน (ต่อ)

๒พ
TD

๗412

ความเข้มข้น (มก/ล)

แคทไอออน

ค่าที่เหมาะสม เริ่มยับยั้งการทำงาน หยุดการทำงาน

แมกนีเซียม	75-150	1000-1500	3,000
แอมโมเนียม	-	1500-3000	3,000
ไฮดรเจนซัลไฟด์	-	-	300

ที่มา : Eckenfelder (1989)

McCarty และ McKinney (1961) ได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นพิษที่ต่างกันของแคทไอออน (Cation) ที่มีวาเลนซี (Valency) เท่ากับ 1 จะมีพิษต่อแบคทีเรียน้อยกว่า Cation ที่มีวาเลนซีเท่ากับ 2 ซึ่งพิษของ Ca^{2+} และ Mg^{2+} จะมากกว่าพิษของ Na^+ และ K^+ ถึง 10 เท่า

ความเข้มข้นที่แน่นอนในการยับยั้งและเป็นพิษจะแปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับว่า Cation นั้นจะมีปฏิกิริยาโดยตัวมันเองหรือปฏิกิริยาร่วมกันเช่นแอมโมเนีย เมื่ออยู่ในรูปของ NH_3 จะยับยั้งเมื่อมีความเข้มข้นสูงซึ่งอยู่ระหว่าง 1,500-3,000 มก/ล และที่พีเอชสูงกว่า 7.4 แต่ที่ความเข้มข้นสูงกว่า 3,000 มก/ล แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) เพียงอย่างเดียวก็จะเกิดพิษขึ้นโดยไม่ต้องคำนึงถึงพีเอชเลย ถ้ามี NH_3 เกิน 10,000 มก/ล การผลิตก๊าซจะลดลงถึงศูนย์มวลจุลินทรีย์จะตาย (Speece, Farin และ Bhattacharya, 1986) เราสามารถลดความเป็นพิษของ cation ได้โดยการทำ "antagonism" (Kulgelman และ McCarty, 1965) กล่าวคือเมื่อมี Cation ซึ่งเป็นพิษต่อแบคทีเรียมาซ้อออกซิเจนอยู่ชนิดหนึ่ง ถ้ามี Cation อีกชนิดหนึ่งรวมอยู่ด้วยจะทำให้ความเป็นพิษของ cation ชนิดแรกลดลงได้ แต่ในทางตรงข้าม cation

บางชนิดจะไปเพิ่มพิษของ Cation อีกชนิดหนึ่งเมื่ออยู่รวมกันเรียกว่า "Synergism"

ส่วนสารพิษอื่น ๆ คือโลหะหนัก (Heavy metal) ซัลไฟด์ (sulfide) และพวกสารอินทรีย์ที่เป็นพิษ (Toxic organic material) ความเข้มข้นของสารละลายซัลไฟด์จะแปรเปลี่ยนไประหว่าง 50 ถึง 100 มก./ล. ซึ่งสามารถจะยึดหยุ่นได้เล็กน้อย หรือมีฉะนั้นจะต้องทำให้คุ้นเคย (Acclimatized) ดังนั้นอาจให้แบคทีเรียมีความสามารถที่จะทนทานต่อสารพวกที่ยับยั้งเหล่านี้ได้ก็ไม่ได้จำเป็นต้องทำให้ระบบคุ้นเคยกับสารเหล่านี้เสียก่อน วิธีการป้องกันมิให้เกิดเป็นพิษและยังยั้งการทำงานของระบบสามารถทำได้โดย กำจัดสารเหล่านี้ออกหรือทำให้สารนั้นหมดสภาพความเป็นพิษด้วยการตกตะกอนก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดหรือโดยการเจือจางน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบ

2.8 ข้อดีและข้อเสียของระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจน

2.8.1 ข้อดีของระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจน

- 1) การก่อสร้าง การควบคุมการทำงาน และการบำรุงรักษาไม่ยุ่งยาก
- 2) ปริมาณของกากตะกอนแบคทีเรียเกิดขึ้นน้อย เนื่องจากสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- 3) เกิดแรงดันสูญญากาศต่ำ (น้อยกว่า 15 ซม. ในภาวะการทำงานปกติ)
- 4) มีความต้องการสารอาหาร (N, P) น้อย
- 5) การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจนแทบจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ
- 6) กากตะกอนหลุดออกไปกับน้ำเสียน้อย เนื่องจากมีตัวกรองคอยกั้นจึงทำให้น้ำทิ้งที่ออกจากถังกรองน้ำใช้ออกซิเจนมีปริมาณสารแขวนลอยต่ำ
- 7) มีประสิทธิภาพในการกำจัดชีโรดีสูงกว่าระบบบ่อเกรอะ
- 8) ไม่ต้องใช้พลังงานในการเดินระบบ
- 9) สามารถทำงานได้ดี แม้ว่าจะระบบจะหยุดทำงานไปชั่วเวลาหนึ่ง

โดยไม่ต้องการเริ่มเลี้ยงแบคทีเรียใหม่

2.8.2 ข้อเสียของระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจน

- 1) น้ำเสียที่ออกจากระบบมีกลิ่นบ้างเล็กน้อย
- 2) มักเกิดการไหลลัดวงจรของน้ำเสีย (short circuiting) จากฟองอากาศซึ่งลดประสิทธิภาพของระบบนี้
- 3) เกิดการอุดตันเมื่อน้ำเสียที่เข้าสู่ถังกรองมีปริมาณสารแขวนลอยสูงและมีขนาดใหญ่
- 4) ระยะเวลาการเริ่มต้นการทำงานของระบบช้าเวลานานกว่าระบบใช้ออกซิเจน