

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้กลบ ถ่าน และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ เพื่อบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา โดยศึกษาจากกลุ่มอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ซึ่งมีขอบเขตของการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ดังนี้

1. กระบวนการผลิตแผ่นยางพาราสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก
2. น้ำเสียจากกระบวนการผลิตแผ่นยางพารา
3. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Treatment)
4. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS (โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ)
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการผลิตแผ่นยางพาราสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

กระบวนการผลิตยางพาราแผ่นสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก มีขั้นตอนของการดำเนินการ ดังนี้ (สถิตย์พันธ์ ธรรมสถิตย์, 2537 และอุดมผล พิษไพบูลย์, 2536)

2.1.1 การรวบรวมน้ำยางจากชาวสวนยาง

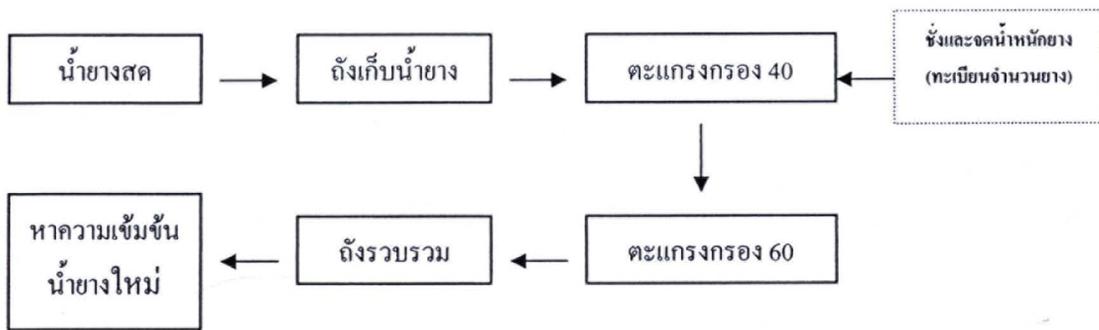
การรวมน้ำยางจากชาวสวนยาง มีขั้นตอนของการดำเนินการ แสดงดังภาพที่ 2.1

1. น้ำยางที่นำส่งต้องสด สะอาด ไม่เป็นเม็ดพริก ไม่เจือปนสิ่งอื่นใดลงในน้ำยาง น้ำยางที่เหมาะสมกับการทำยางแผ่น คือ น้ำยางที่ใช้ภาชนะบรรจุที่สะอาด และใช้เวลาในการนำส่งจากสวนยางถึงโรงงานภายในเวลา 1 ชั่วโมง

2. ไม่ควรผสมแอมโมเนียเข้มข้นลงในน้ำยาง เพราะเป็นผลให้น้ำยางบูดเสียหาย และแผ่นยางแห้งที่ได้จะมีสีคล้ำกว่าปกติ หากจำเป็นต้องใส่สารกันบูดเน่าของน้ำยาง จะใช้โซเดียมซัลไฟด์ในรูปของสารละลาย 3% ของน้ำหนักต่อปริมาตรในอัตรา 0.02-0.05%

3. เทน้ำยางจากถังเก็บน้ำยางผ่านตะแกรงกรองน้ำยางเบอร์ 40 เมช เพื่อกรองแยกสิ่งสกปรกออกจากน้ำยางสด ซึ่งในขั้นตอนนี้มีการกระเด็นและหกหล่นของน้ำยางสด ทำให้มีการสูญเสียน้ำยางและสิ้นเปลืองน้ำในการล้างพื้น แล้วชั่งและจดน้ำหนักยางสดไว้ในทะเบียนแสดงจำนวนยาง และหาเนื้อยางแห้งจากน้ำยางสดโดยการอบแห้ง เพื่อชั่งหาน้ำหนักยางที่แท้จริง

4. เมื่อชั่งน้ำยางแล้ว เทน้ำยางผ่านตะแกรงเบอร์ 60 เมช ลงในถังรวมน้ำยาง เพื่อหาความเข้มข้นใหม่



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการรวบรวมน้ำยางจากชาวสวนยาง

2.1.2 การทำยางแผ่นดิบรมควัน

ปัจจัยสำคัญของการทำยางแผ่นดิบ คือ

1. ต้องทราบความเข้มข้นของน้ำยางสดที่เทรวมกันแล้ว ว่ามีความเข้มข้นเท่าไร ซึ่งต้องทำให้เร็วที่สุด มีวิธีอยู่ 2 วิธี คือ การใช้เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะของน้ำยาง ที่เรียกว่า เมโทรแลค และการใช้สถิติเฉลี่ยความเข้มข้นของน้ำยาง

2. ต้องทราบวิธีการเจือจางน้ำยางสดให้มีความเข้มข้นถูกต้องตรงตามชนิดของแผ่นยางดิบรมควัน แต่เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำยางมีการเปลี่ยนแปลงทุกวัน จึงได้มีการกำหนดสัดส่วนของการใช้น้ำยางและน้ำสะอาดขึ้นตามความผันแปรของความเข้มข้นของน้ำยาง หรือคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณน้ำยางสด (ต่อ 1 ตะก) = } \frac{\text{ความจุกของตะก} (33 \text{ ซีดต่อตะก}) \times \text{ความเข้มข้นที่ต้องการ } 15\%}{\text{ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำยางสด}} \quad (2.1)$$

3. การคำนวณการใช้กรดฟอร์มิค สำหรับการทำยางพาราแผ่น 1 ตะก ใช้กรดฟอร์มิค 90% ปริมาตร 178 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำสะอาด 8,000 มิลลิลิตร จะได้กรดฟอร์มิค 2% ปริมาตร 8,178 มิลลิลิตร (ปรับให้เป็น 8.2 ลิตร) และให้มีการใช้สารฟอกสีพวกโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ อัตราประมาณ 1 ช้อนแกง ต่อ 1 ตะก โดยใส่ให้ละลายกับสารละลายกรดฟอร์มิค 2% เพื่อให้ยางแผ่นมีสีเหลืองสวยงาม โดยจะมีความจำเป็นมากในระยะต้นฤดูกรีดยาง ซึ่งยางแผ่นมักจะมีสีคล้ำ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยบำรุงหรือเนื่องจากพันธุ์ยางบางตระกูล

4. ปล่อยน้ำยางจากถังรวมน้ำยางผสมน้ำสะอาดตามสัดส่วน ซึ่งจะได้ความจุกตะกทั้งหมด 33 ซีดตะก (215 ลิตร) ใช้ไม้พายกวนให้น้ำยางและน้ำผสมกันอย่างทั่วถึง และรีบเติมกรดฟอร์มิค 2% ในอัตราส่วน 0.4-0.6 ของเนื้อยางแห้ง จำนวน 8.2 ลิตร ต่อหนึ่งตะก เพื่อให้ยางจับตัวกันเป็นก้อน ใช้ไม้พายกวนให้เข้ากันอีกครั้ง ฟองที่เกิดขึ้นบนผิวตะกให้กวาดออก เพราะฟองนี้จะทำให้เกิดตำหนิในแผ่นยาง ทำให้น้ำยางแผ่นที่ได้มีคุณภาพต่ำ หลังจากนั้นให้ใส่แผ่นเสียบให้ตรงกับช่องเสียบแต่ละช่อง (แผ่นเสียบ 49 แผ่น ต่อ หนึ่งตะก) เมื่อยางแข็งตัวแล้ว (หลังจากใส่น้ำกรดประมาณ 4 ชั่วโมง) ให้ฉีดน้ำสะอาดลงไปบนตะกให้น้ำท่วมยางทุกส่วน เพื่อป้องกันผิวยางเป็นสีคล้ำ อันเนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อรา หรือแบคทีเรียในอากาศ

2.1.3 การรีดยาง

หลังจากยางแข็งตัวแล้ว ให้ดึงแผ่นเสียบออกจากตะกวง แล้วนำไปล้างให้สะอาดในรางล้างยาง นำแผ่นยางที่ผ่านการล้างแล้วมารีดด้วยเครื่องรีดยาง ซึ่งประกอบด้วยลูกกลิ้งผิวเรียบ 4-5 คู่ และลูกกลิ้งลายดอกอีก 1 คู่สุดท้าย เพื่อรีดให้ยางมีความหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ในกระบวนการนี้มีการสเปรย์น้ำเพื่อหล่อลื่นในขณะรีดยาง จากนั้นล้างน้ำอีกครั้งและนำยางที่รีดแล้ว ไปวางพาดบนราวไม้ไผ่ เพื่อให้สะเด็ดน้ำประมาณ 1-2 ชั่วโมง ก่อนนำเข้าห้องอบหรือรมยาง

2.1.4 การอบหรือรมควันยาง

นำยางแผ่นที่สะเด็ดน้ำแล้วเข้าห้องรมควัน โดยควบคุมอุณหภูมิอยู่ในช่วง 50-70 องศาเซลเซียส (สูงสุดไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส) โดยความร้อนและควันที่ใช้ในการรมยางให้แห้งได้จากการเผาไหม้ฟืนในเตาเผา ซึ่งสามารถควบคุมการลุกไหม้ของไม้ฟืน เพื่อให้ได้ความร้อนตามต้องการ โดยการเปิดหรือปิดช่องให้อากาศเข้าทางประตูใส่ฟืน โดยความร้อนและควันจากเตาเผาจะถูกส่งมาตามท่อซีเมนต์ปล่อยควันสู่ห้องอบ โดยทั่วไปใช้ระยะเวลาในการรมควันประมาณ 4-12 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพและความชื้นของยางแผ่นดิบจนยางแผ่นสุก ได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า ยางแผ่นรมควัน

2.1.5 การคัดเกรดชั้นยาง

การคัดแยกเกรดยางแผ่นรมควันนั้น ไม่มีมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพยางที่แน่นอน การกำหนดชั้นยางชนิดต่างๆ กระทำโดยใช้สายตาในการพิจารณา ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์พอสมควร ทั้งนี้สามารถจำแนกยางแผ่นรมควันได้เป็น 6 ชั้นดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

1. ยางแผ่นรมควันชั้น 1 พิเศษ (RSS1X) ต้องเป็นยางที่มีคุณภาพดีและมีความสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น สะอาดและแห้งสนิท ไม่มีรอยตำหนิ จุดดำงดำหรือรอยเปื้อน ไม่มีเม็ดทรายหรือสิ่งสกปรกอื่นๆ ไม่มีราสนิมหรือราแดงบนผิวของยางแผ่น ยางแผ่นต้องไม่รมควันมากจนเกินไปจนมีสีคล้ำ และไม่เหนียวตรงจุดใดจุดหนึ่ง สำหรับแผ่นยางที่ใช้ห่อตรงผิวนอกของก้อนยางอาจมีฟองอากาศเล็กๆ ขนาดเท่าหัวเข็มหมุดกระจายอยู่เล็กน้อยได้

2. ยางแผ่นรมควันชั้น 1 (RSS1) แผ่นยางต้องแห้งและสะอาด ไม่มีเม็ดทรายหรือสิ่งสกปรกเจือปนบนแผ่นยาง ไม่มีสนิมหรือราขึ้นบนแผ่นยาง แผ่นยางอาจรมควันไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยได้ แต่ต้องไม่มีสีคล้ำจนเกินไป และไม่เหนียวตรงจุดใดจุดหนึ่ง บนผิวยางแผ่นที่ใช้ห่อก้อนยางหรือตรงผิวก้อนของยางที่อยู่ติดกับยางที่ใช้ห่ออาจมีราแห้งปะปนอยู่ปริมาณเล็กน้อย มีฟองอากาศเล็กๆ ขนาดเท่าหัวเข็มหมุดกระจายอยู่เล็กน้อยได้

3. ยางแผ่นรมควันชั้น 2 (RSS2) แผ่นยางต้องแห้งและสะอาด ไม่มีตำหนิจากรอยเปื้อนหรือฟอง ไม่มีเม็ดทรายหรือสิ่งเจือปนบนแผ่นยาง อาจมีฟองอากาศ สีของยางแผ่นรมควันอาจไม่สม่ำเสมอได้ บนผิวยางแผ่นที่ใช้ห่อก้อนยางหรือตรงผิวก้อนของยางที่อยู่ติดกับยางที่ใช้ห่ออาจมีราสนิม หรือราแห้งปะปนอยู่ปริมาณเล็กน้อย แต่ไม่เกินร้อยละ 5 ของตัวอย่างที่ตรวจ

4. ยางแผ่นรมควันชั้น 3 (RSS3) แผ่นยางต้องแห้ง สีอาจไม่ใส มีฟองอากาศเล็กๆ มีเศษผงสิ่งสกปรกหรือเศษเปลือกดินยางปะปนได้เล็กน้อย แต่ต้องไม่มีรอยฟอง ไม่มีเม็ดทรายหรือสิ่งสกปรกขณะห่อก้อนยาง บน

ยางแผ่นที่ใช้ห่อหรือภายในยางแผ่นอาจมีราสนิมหรือราแห้ง ราแดงขึ้นได้เล็กน้อย แต่ไม่เกินร้อยละ 10 ของตัวอย่างที่ตรวจ ไม่มีจุลกรรมควันที่ไม่แห้ง หรือจุดเหนียวบนยางแผ่น ยางอาจมีสีคล้ำบ้าง แต่สีต้องไม่ทึบจนดำ

5. ยางแผ่นรมควันชั้น 4 (RSS4) ยางแผ่นต้องแห้ง มีฟองอากาศ เศษผงสิ่งสกปรก หรือเศษเปลือกต้นยาง ขนาดกลางปะปนอยู่บนยางแผ่นบ้าง มีรอยเปื้อนจางๆ เหนียวเล็กน้อยบนแผ่นยางที่ใช้ห่อ หรือภายในยางแผ่นอาจมีราสนิมหรือราแห้ง ราแดงขึ้นได้เล็กน้อย แต่ไม่เกินร้อยละ 20 ของตัวอย่างที่ตรวจ ไม่มีตำหนิจากรอยฟอง ไม่มีเม็ดทรายหรือสิ่งสกปรกอื่นปน ยางแผ่นอาจมีสีคล้ำได้แต่สีต้องไม่ทึบจนดำแบบถูกไฟไหม้

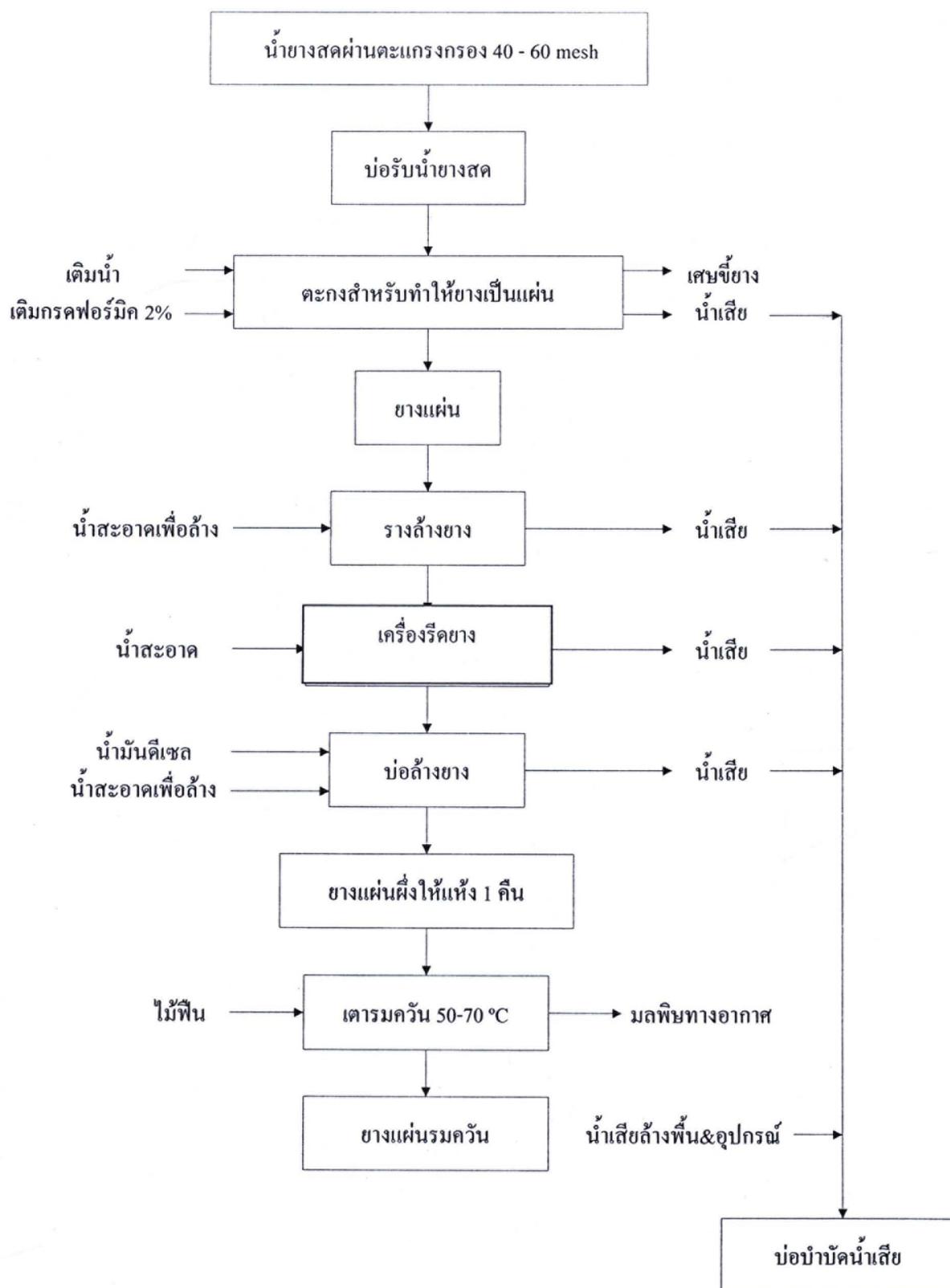
6. ยางแผ่นรมควันชั้น 5 (RSS5) ยางแผ่นต้องแห้ง มีฟองอากาศ เศษผงสิ่งสกปรกหรือเศษเปลือกต้นยาง ค่อนข้างใหญ่ มีรอยฟองเล็กๆ รอยเปื้อน สีคล้ำ บนยางแผ่นที่ใช้ห่อหรือภายในยางแผ่นอาจมีราสนิมหรือราแห้ง ราแดงขึ้นได้เล็กน้อย แต่ไม่เกินร้อยละ 30 ของตัวอย่างที่ตรวจมีราแห้ง แผ่นยางต้องไม่ฟองมากและไม่เหนียวจนเกินไป นอกจากสิ่งปะปนที่กล่าวมาแล้ว ยางแผ่นต้องไม่มีเม็ดทรายหรือสิ่งสกปรกอื่นๆ ยางแผ่นอาจมีสีคล้ำได้ แต่ต้องไม่ทึบจนไหม้ดำ

2.2 น้ำเสียจากกระบวนการผลิตแผ่นยางพารา

น้ำเสียจากกระบวนการผลิตแผ่นยางพารามาจากหลายขั้นตอน (ภาพที่ 2.2) ดังนี้

- น้ำจากการล้างถังบรรจุน้ำยางสดของสมาชิกสหกรณ์
- น้ำจากการล้างเครื่องมือและอุปกรณ์ทำยางแผ่น
- น้ำจากการผลิตแผ่นยางพารา คือ น้ำส่วนที่เหลืออยู่ในตะกอนจากการทำให้ยางจับและแข็งตัว เป็นแผ่นซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 5.2-5.6
- น้ำจากการล้างยางแผ่น คือ น้ำที่ล้างเพื่อชำระกรดออกจากตัวแผ่นยาง
- น้ำจากการรีดยาง คือ น้ำส่วนที่มาจากแผ่นยางและน้ำหล่อลื่นขณะรีดยาง
- น้ำจากการล้างพื้น

โดยลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากการผลิตยางแผ่นรมควัน แสดงดังตารางที่ 2.1



ภาพที่ 2.2 แหล่งที่มาของน้ำเสยจากแต่ละกระบวนการผลิตแผ่นยางพารา

ตารางที่ 2.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากการผลิตยางแผ่นรมควัน

ลักษณะสมบัติน้ำเสีย	แหล่งที่มาของน้ำเสีย				
	ตะกอก	ล้างยาง	รีดยาง	ล้างภาชนะและล้างพื้น	น้ำเสียรวม
pH	5.0	5.3	5.3	5.8	5.9
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	26.0	26.7	26.7	27.1	26.3
DO (mg/l)	1.13	0.45	3.92	0.58	2.08
BOD (mg/l)	9,433	3,433	7,016	1,391	4,783
COD (mg/l)	15,069	5,137	11,344	1,928	6,673
SS (mg/l)	164	93	195	525	167
TKN (mg/l)	162.06	79.53	190.87	60.17	131.99
NH ₃ -N (mg/l)	85.10	45.02	110.04	38.67	75.88
TP (mg/l)	21.56	19.99	17.79	19.41	14.90
Sulfate (mg/l)	472.62	225.84	445.21	136.06	188.06
Acidity (mg/l as CaCO ₃)	986.52	347.84	581.78	130.12	391.72
BOD Loading (kg BOD/d)	29.37	7.77	5.84	1.04	37.28

ที่มา : สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสงขลา, 2541.

จากตารางที่ 2.1 พบว่าปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตยางแผ่นรมควันมีปริมาณมาก ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ในปัจจุบัน คือ ระบบบ่อเกรอะ-บ่อซึม (Septic Tank) ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ เนื่องจากสามารถบำบัดสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีได้ 40-60% เท่านั้น ซึ่งยังสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนดไว้ จึงจำเป็นต้องผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 ก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะ อีกทั้งเมื่อผ่านการบำบัดไประยะหนึ่งต้องมีการสูบตะกอนออกเป็นประจำ เพื่อให้บ่อบำบัดสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และระบบบ่อเกรอะ-บ่อซึมไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นได้อีกด้วย (โครงการศึกษาเพื่อจัดลำดับความสำคัญการจัดการน้ำเสียชุมชน เล่ม 3, สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2538) จึงก่อให้เกิดปัญหาการร้องเรียนเกิดขึ้นบ่อยครั้ง

2.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Treatment)

2.3.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic treatment)

การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนอาศัยแบคทีเรียที่หายใจด้วยสารอื่นที่ไม่ใช้ออกซิเจนเป็นผู้ทำลายสารอินทรีย์ แบคทีเรียชนิดนี้จึงไม่เหมือนกับแบคทีเรียที่หายใจด้วยอากาศ ซึ่งการย่อยสลายสารอินทรีย์และผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.2



ภายหลังการบำบัด สารอินทรีย์จะเหลืออยู่มากแต่จะมีเซลล์ใหม่เกิดขึ้นน้อย โดยทั่วไปมักเข้าใจกันว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน หมายถึง ระบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ผลิตก๊าซมีเทนซึ่งเป็นระบบที่อาศัยแบคทีเรียที่หายใจด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การบำบัดน้ำเสียจึงเขียนแทนได้ด้วยสมการที่ 2.3

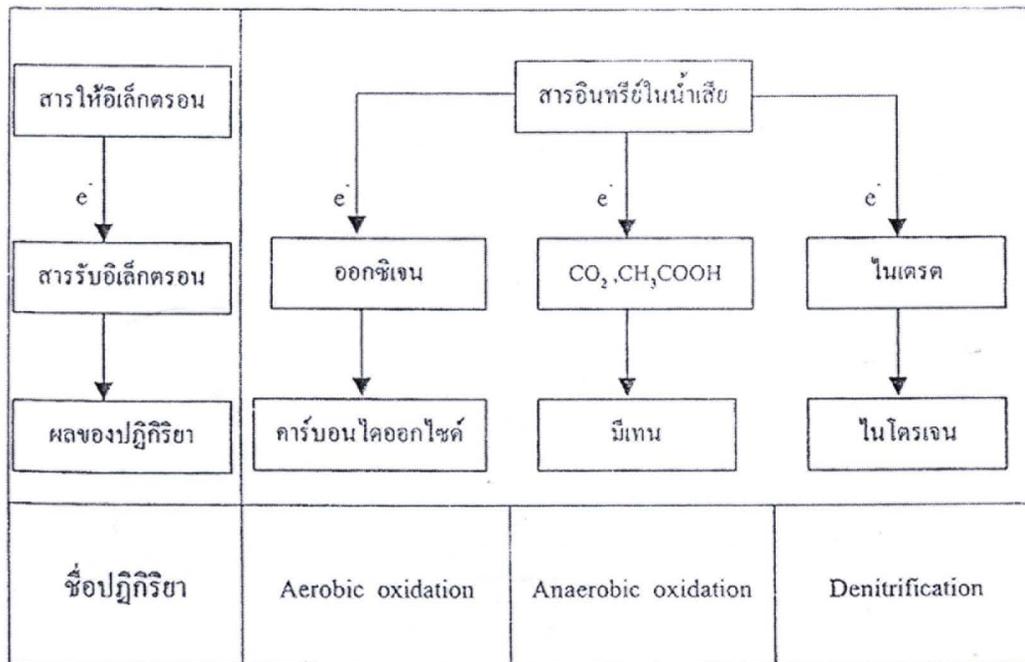


แต่แท้ที่จริงแล้ว ในกลุ่มของแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนยังมีแบคทีเรียอื่นที่ไม่ได้หายใจด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือก๊าซออกซิเจน (O_2) อีกหลายชนิด แบคทีเรียเหล่านั้นมีชีวิตรอดอยู่ได้โดยหายใจสารอื่น เช่น ไนเตรท (NO_3), ซัลเฟต (SO_4), เหล็กออกไซด์ (Red Hematite, Fe_2O_3), แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) เป็นต้น

ปฏิกิริยาการบำบัดน้ำเสียไม่ว่าจะเป็นแบบใช้ออกซิเจนหรือไร้ออกซิเจน ล้วนแต่มีกลไกพื้นฐานร่วมกัน กล่าวคือ ทั้งคู่เป็นปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิเดชัน-รีดักชันหรือปฏิกิริยารีดอกซ์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างสารเกิดขึ้น โดยมีกรให้และการรับอิเล็กตรอน สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะเป็นสารให้อิเล็กตรอน (เนื่องจากมีพลังงานอยู่ในตัวสูง) และสารอย่างอื่นที่อยู่ในน้ำเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ถ้าสารรับอิเล็กตรอนเป็นออกซิเจน ปฏิกิริยาจะเป็นแบบใช้ออกซิเจน ถ้าสารรับอิเล็กตรอนไม่ใช่ O_2 แต่เป็น CO_2 หรือ SO_4 ปฏิกิริยาจะเป็นแบบไร้ออกซิเจน ปฏิกิริยารีดอกซ์ในน้ำเสียแสดงดังภาพที่ 2.2

กระบวนการไร้ออกซิเจนมีลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งแตกต่างจากกระบวนการแบบใช้ออกซิเจนอย่างเด่นชัดหลายประการ คือ

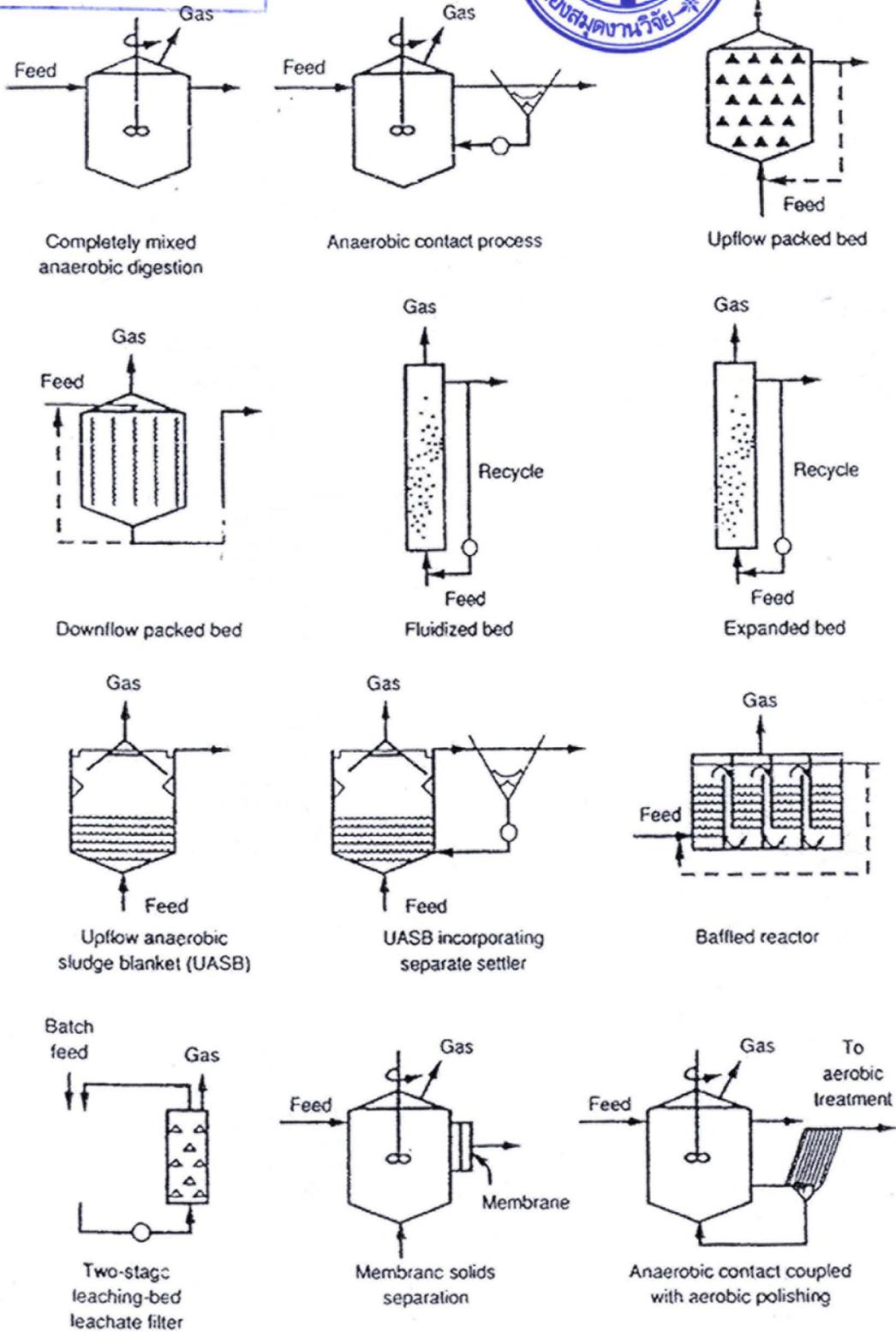
- เกิดก๊าซมีเทนเป็นผลสุดท้ายของปฏิกิริยา
- มีอัตราการสร้างตะกอนต่ำมาก
- ไม่สามารถลดความเข้มข้นของสารอินทรีย์ให้เหลือต่ำมากได้
- มีเสถียรภาพต่ำ
- ต้องการไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ในสัดส่วนของ BOD : N : P เท่ากับ 100 : 1.1 : 0.2



ภาพที่ 2.3 ปฏิกิริยารีดอกซ์ในน้ำเสีย (มันสิน ตัณฑุลเวศน์, 2542)

กระบวนการไร้ออกซิเจนสำหรับน้ำเสียมักใช้ประโยชน์ใน 2 รูปแบบ คือ การสร้างเสถียรภาพให้ตะกอนอินทรีย์โดยเป็นส่วนหนึ่งของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยการย่อยสลายตะกอนสารอินทรีย์ หรือตะกอนซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ได้จากถังตกตะกอนชั้นต้น และถังตกตะกอนชั้นสุดท้ายจากการบำบัดแบบชีวภาพชนิดต่างๆ ซึ่งกระบวนการไร้ออกซิเจนที่มักใช้ก็คือ ถังหมักแบบธรรมดา (Conventional anaerobic digestion) หรือถังหมักแบบสองเฟส (Two-phase anaerobic digestion) และใช้ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ลดความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นหลัก ซึ่งกระบวนการดังกล่าว ได้แก่ ระบบ Anaerobic Contact, Anaerobic Filter (AF), Anaerobic Fluidized Bed (AFB), Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) เป็นต้น ซึ่งแต่ละระบบมีความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันไป โดยลักษณะของระบบไร้ออกซิเจนแบบต่างๆ แสดงดังภาพที่ 2.4

ก๊าซที่ผลิตได้จากระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 60-70% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-40% และก๊าซอื่นๆ อีกเล็กน้อย คือ ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น ปริมาณของก๊าซที่ผลิตออกมาขึ้นอยู่กับปริมาณของสารอินทรีย์และชนิดของน้ำเสีย (เกรียงศักดิ์, 2543)



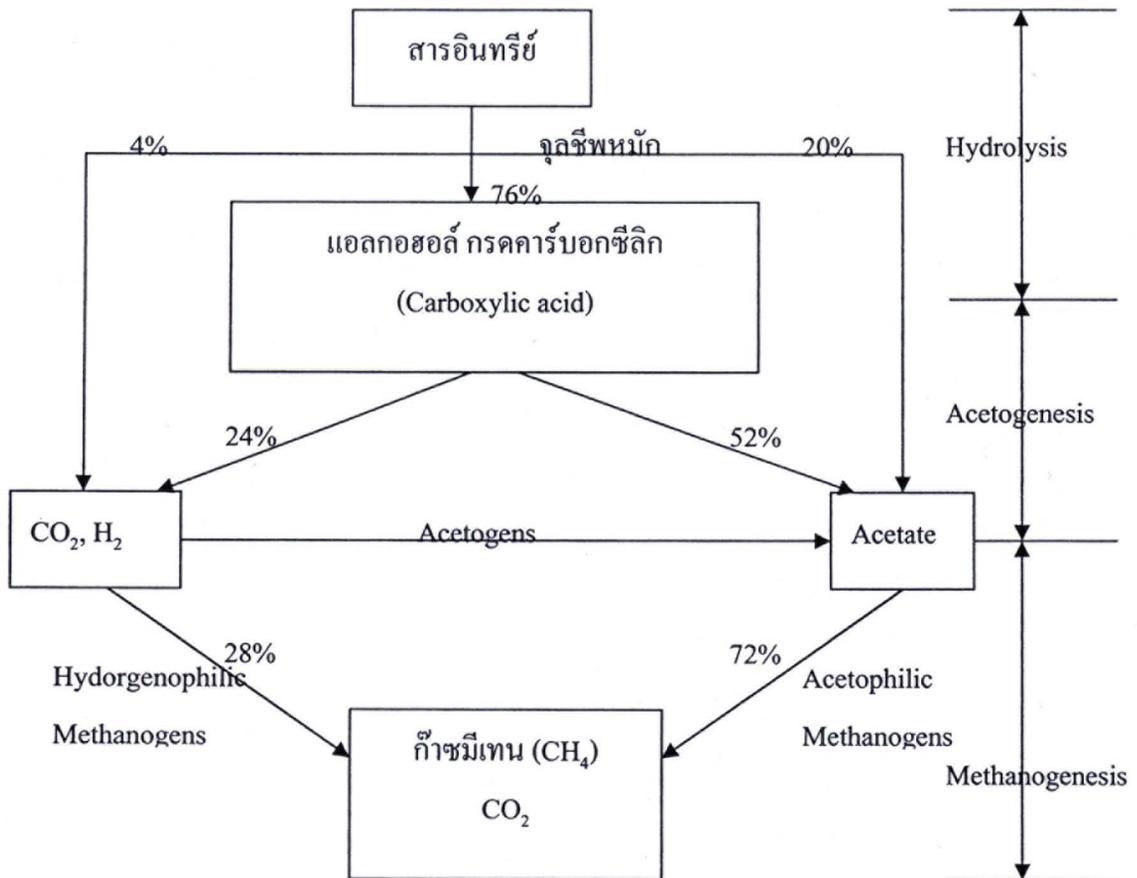
ภาพที่ 2.4 ลักษณะของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนต่างๆ (Metcalf and Eddy, 1991)

2.3.2 กระบวนการเปลี่ยนรูปในระบบไร้ออกซิเจน

การเปลี่ยนรูปสาร โมเลกุลใหญ่ที่ซับซ้อนที่ปรากฏในน้ำเสียให้เป็นก๊าซชีวภาพ ต้องการสารตัวกลางจาก จุลินทรีย์ที่ต่างกันหลายกลุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 2.5 ที่ปรับปรุงจาก Gujer and Zehnder (1983) ขั้นตอนที่แตกต่างกันในถังหมัก ไร้ออกซิเจนเกิดจากสารตั้งต้นที่ต่างกัน คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน กระบวนการแปลงรูปที่ต่างกัน 4 กระบวนการ ส่วนมีลักษณะเด่นที่ต่างกัน ดังนี้

1. ขั้นตอนที่ 1 ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

กระบวนการนี้อนุภาคสารอินทรีย์ที่ซับซ้อนจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบละลายน้ำที่มีน้ำหนัก โมเลกุลน้อยลง โดยแบคทีเรียจะปล่อยเอนไซม์ออกมาภายนอก โปรตีนจะถูกย่อยเป็นโพลีเปปไทด์และกรดอะมิโนในที่สุด คาร์โบไฮเดรตจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นน้ำตาลที่สามารถละลายได้ (โมโนและไดแซคคาไรด์) และไขมันจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมันชนิดยาว และกลีเซอริน โดยทั่วไปที่อัตราการเปลี่ยนรูปของไขมันจะช้าลงเมื่อ อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2.5 ลำดับการเกิดปฏิกิริยาสำหรับระบบ ไร้ออกซิเจนของสารประกอบอินทรีย์ซับซ้อน

2. ขั้นตอนที่ 2 การสร้างกรดไขมันระเหย (Acidogenesis)

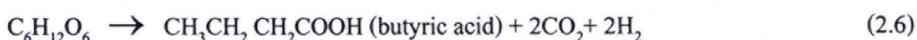
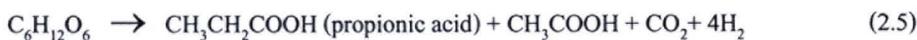
สารประกอบละลายน้ำที่ถูกสร้างขึ้นในขั้นตอนที่แล้ว จะถูกดูดซึมเข้าไปในเซลล์แบคทีเรียและเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบอินทรีย์อย่างง่าย กรดอินทรีย์ระเหย แอลกอฮอล์ กรดแลกติก และสารอื่นๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ กระบวนการสร้างกรดเกิดจากแบคทีเรียที่ต่างกันหลายกลุ่ม แต่ที่สำคัญที่สุดคือ พวกออบลิเกท แอนแอโรบ (obligate anaerobes) อย่างไรก็ตามก็ยังมีพวกแฟคคัลเตทีฟ (Facultative) ที่สามารถทำงานได้อยู่บ้าง สิ่งนี้สำคัญต่อระบบบำบัดไร้ออกซิเจน เมื่อมีออกซิเจนละลายน้ำที่เป็นพิษต่อพวกออบลิเกทเช่นเดียวกับการสร้างมีเทน

สารประกอบอินทรีย์อย่างง่ายจะเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหยชนิดใด ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์และความดันย่อยของไฮโดรเจนในขณะนั้น เช่น การย่อยสลายน้ำตาลเป็นกรดอะซิติก โดยผ่านวิถีชีวเคมีที่เรียกว่า Emden – Meyerhoff Pathway ในกรณีที่ความดันย่อยของไฮโดรเจนสูงหรือต่ำจะเป็นไปตามสมการที่ 2.4, 2.5 และ 2.6

กรณีที่ ความดันย่อยของไฮโดรเจนต่ำ



กรณีที่ความดันย่อยของไฮโดรเจนสูง



ส่วนกรดไขมันชนิดยาวจะเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติกและไฮโดรเจน ภายใต้ความดันย่อยของไฮโดรเจนต่ำ และเปลี่ยนเป็นกรดโพธิโอนิกและกรดบิวทริกภายใต้ความดันย่อยไฮโดรเจนสูง

3. ขั้นตอนที่ 3 การสร้างกรดอะซิติกจากกรดไขมันระเหยอื่นๆ (Acetogenesis)

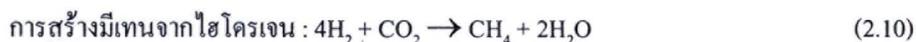
กรดไขมันระเหยที่ผลิตขึ้นในขั้นตอนการสร้างกรดจะเป็นอาหารให้แบคทีเรียกลุ่มที่ทำหน้าที่สร้างมีเทนต่อไป แต่เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างมีเทนไม่สามารถใช้กรดไขมันระเหยที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอม เช่น กรดบิวทริก กรดโพธิโอนิก เป็นสารอาหารได้ จึงต้องอาศัยแบคทีเรียสร้างอะซิเตททำการย่อยกรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอมมากกว่า 2 อะตอมให้กลายเป็นกรดอะซิติกเพื่อให้แบคทีเรียสร้างมีเทนนำไปใช้ต่อไป ดังสมการที่ 2.7 และ 2.8



โดยกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นภายใต้สภาวะความดันย่อยของไฮโดรเจนมีค่าต่ำเท่านั้น กรดไขมันระเหยไม่สามารถย่อยสลายกลายเป็นกรดอะซิติกได้ภายใต้สภาวะที่มีไฮโดรเจนมีความดันย่อยสูง และแบคทีเรียประเภทนี้จะมีส่วนช่วยไม่ให้มีการสะสมตัวของกรดบิวทริก และกรดโพธิโอนิกในถังปฏิกริยาซึ่งเป็นเหตุให้พีเอชลดต่ำลงจนยับยั้งแบคทีเรียสร้างมีเทนได้

4. ขั้นตอนที่ 4 การสร้างมีเทน (Methanogenesis)

การสร้างมีเทนมักจะเป็นขั้นจำกัดอัตรา (rate-limiting Step) ในกระบวนการหมักทั้งหมด มีเทนถูกสร้างจากอะซิเตตหรือจากการรีดิวซ์คาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีไฮโดรเจนเป็นตัวให้อิเล็กตรอนโดยแบคทีเรียอะซิโตโทรฟิก (acetotrophic) และไฮโดรจีโนโทรฟิก (hydrogenotrophic) ตามลำดับ



แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เร็วกว่าพวกใช้อะซิเตต (Henzen and Harremoes, 1983) ดังนั้น การสร้างมีเทนจากอะซิเตตจึงมักจะเป็นอัตราจำกัดการแปลงรูปของสาร โมเลกุลใหญ่ที่ซับซ้อนในน้ำเสียให้เป็นก๊าซชีวภาพ

กลุ่มแบคทีเรียที่ต่างกันที่เกี่ยวข้องในการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ทั้งหมดในกระบวนการสร้าง (anabolic) และการทำลาย (catabolic) ก่อให้เกิดการปลดปล่อยผลิตภัณฑ์จากการหมักที่ต่างกัน ชีวมวลใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นเกี่ยวข้องกับกระบวนการแปลงรูปทั้งสี่ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นเพื่อความสะดวก สามกระบวนการแรกได้แก่ Hydrolysis, Acidogenesis และ Acetogenesis บางครั้งจะถูกรวมอยู่ด้วยกัน และเรียกว่ากระบวนการสร้างกรด (acid fermentation) ในขณะที่ขั้นที่ 4 เรียกว่า กระบวนการสร้างมีเทน (methane fermentation)

สิ่งสำคัญสองอย่างที่ต้องเกี่ยวข้องกับกระบวนการที่ต่างกันว่าเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมักไร้ออกซิเจน คือ

1. การกำจัดสารอินทรีย์ (ซีโอดี) ระหว่างการสร้างกรดถูกจำกัดโดยการปล่อยไฮโดรเจน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 มีเพียง 30 เปอร์เซ็นต์ของสารอินทรีย์เท่านั้นที่ถูกเปลี่ยนเป็นมีเทนจากการใช้ไฮโดรเจน ดังนั้น เงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการกำจัดสารอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในระบบบำบัดไร้ออกซิเจน คือ การสร้างมีเทนจากอะซิเตตที่เพียงพอ

2. การสร้างกรดทำให้พีเอชลดลงเนื่องจากการสร้างกรดไขมันระเหย และสารตัวกลาง (intermediates) อื่นๆ ที่แตกตัวและให้โปรตอนในขณะที่การสร้างมีเทนจะเกิดขึ้นเมื่อพีเอชมีค่าใกล้ 7 เท่านั้น ดังนั้น ความไร้เสถียรภาพอาจจะเกิดขึ้นได้เมื่ออัตราการกำจัดกรดโดยการสร้างมีเทนลดลงหลังจากการผลิตกรดเพิ่มขึ้น การสร้างกรดสุทธิจะทำให้พีเอชลดลง และจะทำให้การสร้างมีเทนลดลง โดยทั่วไปสิ่งนี้เรียกว่า การหมิ่นเปรี้ยว (souring) ซึ่งมักจะเกิดในถังปฏิกรณ์ไร้ออกซิเจน และเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้การเดินระบบล้มเหลว อันตรายจากกลิ่นเหม็นเปรี้ยวนี้อาจหลีกเลี่ยงได้โดยการรักษาสัดส่วนของการสร้างกรด และมีเทนให้สมดุลกัน ซึ่งทำได้โดยการรักษาสภาพค่า pH และบัฟเฟอร์ไว้ในระดับสูง

แบคทีเรียสร้างมีเทนจำแนกได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. Obligate Acetoclastic Methanogen สามารถบริโภคกรดอะซิติกได้เพียงอย่างเดียว โดยใช้เป็นแหล่งพลังงาน ดังสมการที่ 2.11



2. Obligate Hydrogenotrophic Methanogen (H_2 – utilizer) เป็นแบคทีเรียที่สามารถผลิตมีเทนได้จากไฮโดรเจนเพียงอย่างเดียว ในกรณีนี้ไฮโดรเจนเป็นพลังงานและมีคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน ดังสมการที่ 2.12



3. Hydrogenotrophic / Acetoclastic Methanogen เป็นพวกที่สามารถผลิตมีเทนได้จากกรดอะซิติก หรือไฮโดรเจน แต่จะชอบไฮโดรเจนมากกว่า

แบคทีเรียพวก Methanogenic นี้สามารถเจริญเติบโตในช่วงที่มีพีเอชแคบประมาณ 6.8-7.2 และอุณหภูมิก็มีผลต่อการเจริญเติบโต รวมทั้งมักจะมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำ (Specific growth rate) ทำให้ขั้นตอนนี้เกิดขึ้นช้า และมักเป็นขั้นตอนในการจำกัดอัตราการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน

2.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของกระบวนการไร้ออกซิเจน

ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอนแอโรบิกมีความสำคัญมากต่อการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสารอินทรีย์ (BOD_5) ก่อนข้างสูง แต่จำเป็นต้องมีสภาวะแวดล้อมในระบบที่เหมาะสม จึงจะส่งผลให้ปฏิกิริยาชีวเคมีของระบบบำบัดเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอนแอโรบิกต้องการสภาวะแวดล้อมที่ถูกต้องเหมาะสมกับขั้นตอนของปฏิกิริยาชีวเคมีแต่ละขั้นตอน คือ ขั้นตอนไฮโดรไลซิส ขั้นตอนผลิตกรดและขั้นตอนผลิตมีเทน ถ้าขั้นตอนใดเกิดขัดข้องทำให้ขั้นตอนนั้นไม่เกิดการต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้การบำบัดน้ำเสียแบบแอนแอโรบิกล้มเหลว อย่างเช่น การย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากหรือน้อยของระบบบำบัดแบบแอนแอโรบิก ขึ้นอยู่กับว่าเกิดขั้นตอนครบ 3 ขั้นตอนหรือไม่ เมื่อแบคทีเรียชนิดผลิตมีเทนไม่เกิดขึ้น หรือไม่สามารรถทำตามวัตถุประสงค์ได้ ก็จะทำให้เกิดการสะสมสารประกอบที่เกิดก่อนขั้นตอนผลิตมีเทน คือเกิดการสะสมพวกกรดอินทรีย์ต่างๆ มากมาย ซึ่งส่งผลให้ระบบบำบัดมี pH ลดลงอย่างมาก การบำบัดน้ำเสียก็ไม่ได้ผลตามที่ควรจะได้

สภาวะแวดล้อมของระบบในที่นี้คือ สภาวะแวดล้อมทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช (pH) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ธาตุอาหาร (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เหล็ก ฯลฯ) ความเป็นพิษต่อระบบ การกวนและค่าศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation-Reduction Potential, ORP) ซึ่งได้มีเอกสารทางวิชาการหลายๆ แห่งได้สรุปค่าต่างๆ ที่สนับสนุนให้เกิดการหมักมีเทน ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ค่าต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางเป็นค่าที่ระบบบำบัดจำเป็นต้องควบคุมให้ได้ แต่บ่อยครั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงออกนอกช่วง ซึ่งจำเป็นต้องทำการปรับให้อยู่ในช่วงให้ได้ เพื่อรักษาประสิทธิภาพของระบบให้ได้ผลตามที่ควรจะได้

ตารางที่ 2.2 สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน

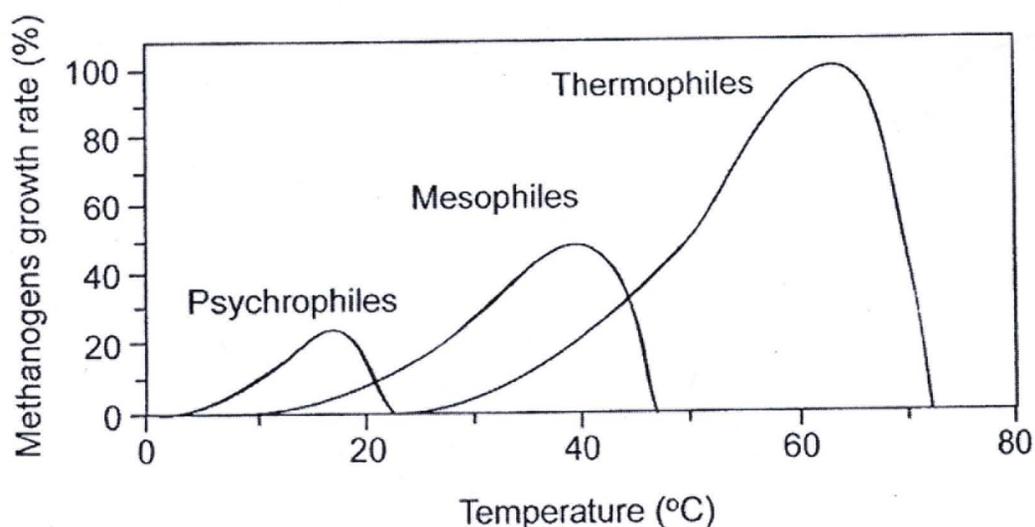
สภาวะแวดล้อม	ช่วงค่าเหมาะสม	ช่วงยอมรับได้
อุณหภูมิ, °C	30-35	25-40
pH	6.8-7.4	6.2-7.8
ORP, mV	-520 ถึง -530	-490 ถึง -550
กรดระเหยง่าย, mg acetate acid/l	50-500	2000
Alkalinity, mg CaCO ₃ /l	2000-3000	1000-5000

1. อุณหภูมิ (Temperature)

ระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน สามารถทำงานในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ 2 ช่วง แสดงดังภาพที่ 2.6 คือ

- ช่วงเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic) ช่วงนี้จะมีอุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส
- ช่วงมีโซฟิลิก (Mesophilic) ช่วงนี้จะมีอุณหภูมิประมาณ 20-45 องศาเซลเซียส

แม้ว่าในช่วงเทอร์โมฟิลิก จะมีอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้รวดเร็วกว่ามีโซฟิลิก แต่มักจะให้แบคทีเรียอยู่ในช่วงมีโซฟิลิกมากกว่าในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากพวกเทอร์โมฟิลิกจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิมากกว่า ดังนั้นการรักษาอุณหภูมิให้สม่ำเสมอ จึงมีความสำคัญมากกว่าจะให้อุณหภูมิที่มีอัตราการย่อยสลายสูงสุด การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซมีเทนอย่างมาก



ภาพที่ 2.6 ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม สำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแต่ละชนิด

2. พีเอช (pH)

แบคทีเรียที่ผลิตมีเทน (Methanogens) มีความไวต่อค่าพีเอชมากที่สุด โดยที่ขั้นตอนนี้จะเกิดได้ดีในช่วงพีเอช 6.8-7.2 ประสิทธิภาพของระบบจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อพีเอชต่ำกว่า 6.2 ในขณะที่แบคทีเรียสร้างกรด (Acidogens) ยังสามารถทำงานได้ดีที่พีเอช 6.0-6.5 นอกจากนี้ ค่าพีเอชยังส่งผลทางอ้อมต่อแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน โดยที่ค่าพีเอชดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อรูปอไอออนของสารต่างๆ เช่น กรดไขมันระเหย (VFA), ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งจะมีความเป็นพิษต่อแบคทีเรียแตกต่างกัน

3. ความเข้มข้นของไขมันระเหย

ระบบบำบัดไร้ออกซิเจนที่ทำงานได้ดี ควรจะมีความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยในรูปกรดอะซิติก ประมาณ 200-400 มก./ล. อัตราการเพิ่มของความเข้มข้นของกรดมีความสำคัญมากกว่าปริมาณของกรด โดยที่ระบบยังสามารถทำงานได้ดีที่ความเข้มข้นของไขมันระเหยสูงกว่า 1,000 มก./ล. แต่ถ้าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยมีการเพิ่มอย่างรวดเร็วจะแสดงถึงการเสถียรของระบบ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการชะลอตัวของการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน หรือการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างกรดถูกเร่งให้เร็วขึ้น นอกจากนี้ ชนิดของกรดไขมันระเหยก็ถือว่ามีความสำคัญ เช่น กรดโพรพิโอนิกสูงกว่า 1,000 มก./ล. จะทำให้เกิดปัญหาทั้งความเป็นพิษของกรดชนิดนี้และระดับพีเอชที่ต่ำลง

4. ระดับสภาพด่างในรูปไบคาร์บอเนต

สภาพด่างบอกรับถึงกำลังบัฟเฟอร์ (Buffer capacity) ในระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน ถ้ากำลังบัฟเฟอร์ต่ำ ปริมาณกรดที่เพิ่มเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้พีเอชลดลงอย่างรวดเร็วและมีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตมีเทน ระดับสภาพด่างที่จะทำให้มีกำลังบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับประเภทและความเข้มข้นของน้ำเสีย ถ้าน้ำเสียมีความเข้มข้นสูงก็จะมีโอกาสที่เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มาก ดังนั้นกำลังบัฟเฟอร์ของระบบจะต้องเพิ่มขึ้น โดยทั่วไประบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนควรมีสภาพด่าง 1,500-2,000 มก./ล. นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่สำคัญ คือ อัตราส่วนของความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยในรูปกรดอะซิติกต่อระดับของสภาพด่างไบคาร์บอเนตในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต ระบบจะมีกำลังบัฟเฟอร์สูง เมื่ออัตราส่วนนี้น้อยกว่า 0.4 ถ้าอัตราส่วนนี้สูงกว่า 0.8 แสดงว่าพีเอชของระบบกำลังจะลดลงอย่างรวดเร็ว

5. โออาร์พี (ORP)

โออาร์พี (Oxidation Reduction Potential) เป็นพารามิเตอร์ที่แสดงถึงปฏิกิริยารีด็อกซ์ (Redox) โดยแสดงปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากการถ่ายเทอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในระบบ โดยทั่วไปจะวัดค่าโออาร์พีได้ค่าบวกในน้ำที่มีออกซิเจนหรือไนเตรต และวัดค่าโออาร์พีมีค่าลบในน้ำเสียที่ไร้ออกซิเจน โออาร์พีจะแสดงถึงความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของสารละลาย ถ้าวัดค่าโออาร์พีมีค่าบวกมากแสดงว่าสารละลายนี้มีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนได้ดี สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนได้น้อยหรือมีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนได้ดี และมีค่าโออาร์พีที่เหมาะสมอยู่ในช่วง -500 ถึง -300 มิลลิโวลต์



6. ประเภทสารอาหารในน้ำเสีย (Substrate)

สารอาหารในน้ำเสียเกี่ยวข้องกับชนิดของแบคทีเรียในระบบและประสิทธิภาพในการย่อยสลาย โดยในการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสารอาหารที่ต่างชนิดกัน มีอัตราการย่อยสลายที่ช้าเร็วต่างกัน โดยสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตจะให้อัตราการย่อยสลายที่เร็วกว่าโปรตีนและไขมัน

7. สารอาหารที่จำเป็น (Nutrients)

การบำบัดด้วยกระบวนการไร้ออกซิเจนมีข้อดีประการหนึ่ง คือ มีเซลล์จุลินทรีย์ที่สร้างขึ้นน้อยกว่าแบบใช้ออกซิเจน ดังนั้นจึงต้องการสารอาหารเสริม เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ต่ำกว่าแบบใช้ออกซิเจน จุลินทรีย์ต้องการธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียอย่างน้อยควรมีอัตราส่วน BOD : N : P = 100 : 1.1 : 0.2 หรือ COD : N : P = 350 : 5 : 1 นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่าง COD ต่อ N ยังมีผลต่อลักษณะเมื่คตะกอนจุลินทรีย์มีลักษณะเป็นฟูเมื่ออัตราส่วนดังกล่าวสูงถึง 100 : 10

แบคทีเรียผลิตมีเทนยังต้องการธาตุบางอย่างในปริมาณน้อยแต่ขาดไม่ได้ (Trace element) มีฉะนั้นระบบอาจไม่ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพได้เช่น เหล็ก โคบอลต์ นิกเกิล และซัลเฟอร์ (ในรูปซัลไฟด์) แต่อย่างไรก็ดี การเติมธาตุดังกล่าวให้กับแบคทีเรียเป็นการลำบาก เนื่องจากซัลไฟด์สามารถทำงานให้โลหะต่างๆ ตกผลึกแยกออกจากรน้ำได้ ทำให้แบคทีเรียไม่สามารถนำไปใช้ได้ปัจจุบันอาจทำได้โดยการเติม Yeast extract

8. สารพิษ (Toxic)

น้ำเสียที่นำมาผ่านกระบวนการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนจะต้องไม่มีสารที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ ความรุนแรงขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารนั้น ถ้าหากสารเหล่านี้ปริมาณน้อยก็จะไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบ สารที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในระบบ ได้แก่

- กรดไขมันระเหย

กรดไขมันระเหยในปริมาณที่สูงในระบบจะส่งผลกระทบต่อค่าพีเอช ซึ่งลดลงอยู่ในช่วงที่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์

- แอมโมเนีย

แอมโมเนียที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน จะเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนรวมอยู่ คือ โปรตีนหรือยูเรีย โดยทั้งนี้ไนโตรเจนอาจอยู่ในรูปแอมโมเนียไอออน (NH_4^+) หรือก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) โดยขึ้นอยู่กับค่าพีเอช ดังสมการที่ 2.13



ถ้าพีเอชต่ำกว่า 7.2 ปฏิกิริยาจะดำเนินไปทางซ้าย แต่ถ้าพีเอชสูงกว่า 7.2 ปฏิกิริยาจะดำเนินไปทางขวา โดยที่ NH_3 จะยับยั้งการทำงานและเป็นพิษมากกว่า NH_4^+

- ชัลไฟด์

พิษของชัลไฟด์เกิดขึ้นได้เมื่อน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณชัลไฟด์ (S_2) มาก หรือเกิดการย่อยสลายซัลเฟต (SO_4^{2-}) หรือเกิดการย่อยโปรตีนชัลไฟด์ในระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน โดยทั้งนี้สารประกอบชัลไฟด์ที่เกิดขึ้นอาจอยู่ในรูปที่ละลายน้ำหรือไม่ละลายน้ำ ขึ้นกับอไอออนบวกที่รวมอยู่ โดยถ้ารวมตัวกับโลหะหนักก็จะอยู่ในรูปของตะกอน ส่วนที่ละลายน้ำจะอยู่ในรูปไฮโดรเจนชัลไฟด์ จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนสามารถทนชัลไฟด์ที่ละลายน้ำที่มีความเข้มข้นถึง 50 มก./ล. ถึง 100 มก./ล. แต่ความเข้มข้นที่มากกว่า 200 มก./ล. จะเป็นพิษ การลดพิษชัลไฟด์ทำได้โดยการตกตะกอนชัลไฟด์หรือแยกชัลไฟด์ของน้ำเสียออกก่อนเข้าระบบ

- อไอออนและโลหะหนัก

อไอออนหรือโลหะหนักที่มีความเข้มข้นสูงเกินปริมาณหนึ่งจะเกิดความเป็นพิษต่อระบบได้ อไอออนที่สำคัญได้แก่ Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} และ S^{2-} อไอออนบวกจะมีความเป็นพิษมากกว่าอไอออนลบ นอกจากนี้ อไอออนบวกที่มีวาเลนซ์เท่ากับ 1 จะมีพิษต่อจุลินทรีย์น้อยกว่าอไอออนที่มีวาเลนซ์เท่ากับ 2 ถึง 10 เท่า

ส่วนโลหะหนักที่มีพิษต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ได้แก่ แมงกานีส แคลเซียม สังกะสี นิกเกิล โคบอลต์ ทองแดง และโครเมียม โลหะหนักเหล่านี้จะอยู่ในน้ำทิ้งในรูปของอไอออน พิษของโลหะหนักจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณไฮโดรเจนชัลไฟด์ (H_2S) ที่มีอยู่ในน้ำเสีย เพราะไฮโดรเจนชัลไฟด์สามารถรวมกับโลหะหนักเกิดเป็นตะกอนเกลือของโลหะหนัก อย่างไรก็ตาม อไอออนต่างๆนี้บางชนิดจำเป็นต้องมีปริมาณที่เหมาะสมเพื่อเป็นสารอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

- สารอินทรีย์

สารอินทรีย์บางชนิดจะขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน สารพวกนี้ ได้แก่ แอลกอฮอล์ และกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว เช่น เมธานอล ซึ่งความเป็นพิษของสารอินทรีย์เหล่านี้สามารถทำลายได้โดยการนำน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบบำบัดอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้จุลินทรีย์คุ้นเคยและปรับตัวได้ แม้ว่าจะมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่เป็นพิษถึง 10,000 มก./ล. ก็ตาม

2.3.4 ระบบ Anaerobic Filter (AF) หรือ Fixed-bed reactors หรือ Packed-bed reactors

ระบบ Anaerobic Filter คือ ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบที่ไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นระบบที่มีการบรรจุตัวกลาง (Support media) ในคอลัมน์หรือถัง เพื่อให้เป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ โดยมีวัตถุประสงค์คือ

1. เพื่อรักษาปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ เนื่องจากตัวกลางทำหน้าที่ช่วยเก็บกักจุลินทรีย์ไว้ไม่ให้ถูกล้างออกจากระบบ

2. เพื่อช่วยให้จุลินทรีย์แผ่เป็นแผ่นฟิล์ม เพื่อช่วยให้อายุสัปดาห์หรือเวลาเก็บกักของน้ำสลัดจ้นานขึ้น

ระบบ Anaerobic Filter จะประกอบด้วย 2 ชนิด คือ (1) ชนิดที่มีการปล่อยน้ำเสียเข้าที่ก้นถัง จึงเรียกระบบนี้ว่า Upflow Anaerobic Filter (UAF) และ (2) ชนิดที่มีการปล่อยน้ำเสียเข้าที่ปากถัง เรียกว่า Downflow Anaerobic Filter (DAF) ในระบบนี้น้ำเสียจะไหลผ่านตัวกลางที่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่กับผิวของตัวกลางและอาศัยอยู่ในช่องว่างของตัวกลาง ทำให้ระบบนี้ไม่ต้องมีการกวนน้ำเสียในถัง จุลินทรีย์เหล่านั้นจึงทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำเสีย และปล่อยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดไหลผ่านไปยังถังตกตะกอน เพื่อตกตะกอนส่วนของของแข็งแขวนลอยและจุลินทรีย์บางส่วนออกจากรูน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วต่อไป (สุพัฒน์ นิมรัตน์, 2548)

โดยทั่วไป เวลาเก็บกักน้ำเสียในระบบ Anaerobic Filter ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ คือ ตั้งแต่ 1-10 วัน ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเสีย แต่ถ้าเป็นน้ำเสียที่มาจากแหล่งชุมชน เวลาที่เก็บกักน้ำเสียต้องใช้เวลาอย่างน้อย 4 วันขึ้นไป เพื่อให้ระบบนี้สามารถกำจัดเชื้อก่อโรคในน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบ Anaerobic Filter สามารถรับความสกปรกในรูปซีโอไซด์ตั้งแต่ 4-16 กิโลกรัมซีโอไซด์/ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยตัวกลางที่นำมาใช้ได้ควรเป็นสารที่ไม่เกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติ รวมทั้งก้อนหิน พลาสติก อิฐ ยางและดินเผา เพื่อเป็นแหล่งให้จุลินทรีย์เกาะและพัฒนาเป็นไบโอฟิล์ม (Iza et al., 1991; Van Haandel and Lettinga, 1994; Senior and Shibani, 1990) จากการศึกษาถึงการนำเอาระบบยูเอเอฟ (Upflow Anaerobic Filter, UAF) มาบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเม็ดโทงเทงหรือระงังทอง (cape gooseberry, currant) พบว่า มีปัญหาเกี่ยวกับการอุดตันของตัวกลาง ทำให้วิธีนี้ไม่ได้รับความสนใจที่จะประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแห่งนี้ (Athanasopoulos, 1990) ดังนั้นในการพัฒนาระบบนี้มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียต้องทำการศึกษาดังขนาดตัวกลางที่เหมาะสม เพราะถ้าตัวกลางมีขนาดเล็กจนเกินไปจะทำให้เกิดการอุดตันได้ง่าย แต่ถ้าใช้ตัวกลางขนาดใหญ่เกินไปก็ทำให้มีพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์เกาะน้อยจนเกินไป ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดไม่ดีพอ

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS (โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ)

การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งในการทำวิจัย เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง รวดเร็ว และแน่นอนกว่า นักวิจัยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เช่น SPSS, SAS, MINITAB, BMDP, STATA, SYSTAT เป็นต้น ช่วยวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่ง โปรแกรมเหล่านี้ถูกออกแบบเพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยตรง สามารถวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตั้งแต่ขั้นต้นจนถึงขั้นสูง และถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดจนสามารถใช้งานได้ง่าย แต่สำหรับในประเทศไทย โปรแกรม SPSS ได้รับความนิยมมากที่สุด (ชัชวาล เรื่องประพันธ์, 2544)

โปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Science) เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท SPSS Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเริ่มแรกถูกพัฒนาให้ทำงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ และพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นตลอดจนมีเมนูช่วยในการเขียนคำสั่ง จนปัจจุบันพัฒนาให้ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows จึงเรียกว่า SPSS for Windows โปรแกรม SPSS เป็น โปรแกรมที่ใช้งานได้ง่าย เพราะผู้ใช้เพียงแค่อัปโหลดโปรแกรม แล้วเลือกวิธีที่จะทำการวิเคราะห์ให้เหมาะสมกับข้อมูล และสอดคล้องกับสมมุติฐานของงานวิจัย ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for Windows มี 4 ขั้นตอน คือ

1. การนำเข้าข้อมูล สามารถนำเข้าโดยตรงทางแป้นพิมพ์ใน Data Editor หรือเรียกจากแฟ้มข้อมูลที่เตรียมไว้แล้วด้วย Data Editor ของ SPSS
2. เลือกวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติหรือสร้างกราฟ โดยการ ใช้เมนู Analyze หรือ Graphs
3. เลือกตัวแปรเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ โดยคลิกตัวแปรที่ต้องการ ในกรอบคำสั่ง
4. แปลผล เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์จะ ไปปรากฏที่ Viewer หรือ Draft Viewer และสามารถบันทึกแฟ้มผลลัพธ์ดังกล่าวได้ หรือสามารถบันทึกที่ Syntax Editor ได้

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล 2 แบบ คือ

2.4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-Way Analysis Of Variance; One-Way ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-Way Analysis Of Variance; One-Way ANOVA) เป็นการทดสอบหาค่าเฉลี่ยของหลายประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน หรือการทดสอบค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองต่างๆ ในงานวิจัยเชิงทดลองนั้น ประชากรนั้นมักไม่มีตัวตนจริง เพราะประชากรเป็นเพียงนิยาม หรือกรรมวิธีที่นักวิจัยกำหนด เช่น การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการต่างๆ จะเรียกระบบวิธีต่างๆ ว่า สิ่งทดลอง (treatment) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียวเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณหนึ่งตัวที่ได้จากหน่วยทดลอง (experimental unit) โดยแยกความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ตามแหล่งที่เกิดของความแปรปรวนส่วนนั้นๆ ในกรณีทั่วไป ถ้าความแปรปรวนระหว่างสิ่งทดลองมากกว่าความแปรปรวนภายในสิ่งทดลอง หมายความว่า มีอย่างน้อย 2 สิ่งทดลองที่ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าความแปรปรวนระหว่างสิ่งทดลองและความแปรปรวนภายในสิ่งทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน หมายความว่า สิ่งทดลองมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ในการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบเชิงซ้อนต้องกำหนดช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลอง โดยทั่วไป ถ้าต้องการให้การวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือ จะต้องกำหนดช่วงความเชื่อมั่น 95% หรือ 99% เพื่อให้เกิดความแปรปรวนเท่ากัน หรือไม่เท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือ 0.01

2.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกหลายทาง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกหลายทาง คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสังเกต ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงปริมาณหนึ่งตัว แต่ถูกจำกัดด้วยปัจจัย (factor) ต่างๆ (ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงจำแนกชนิด Numeric variable หรือ short string variable ก็ได้) ตลอดจน covariate ต่างๆ ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ โดยใช้ Univariate เป็นคำสั่งของโปรแกรมใช้งาน ทั้งแบบกรณี balanced และ unbalanced สำหรับงานวิจัยนี้จะกำหนด Specify Model ในการวิเคราะห์ โดย Full factorial เป็นกรณีตัวแบบแฟคทอเรียล ซึ่งเป็นทางเลือกโดยอัตโนมัติก่อนมีการเลือก (default) โดยจะแสดงอิทธิพลหลัก (main effect) ของปัจจัย (factor) ต่างๆ อิทธิพลหลักของ covariate ต่างๆ และอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างปัจจัยต่างๆ แต่ไม่คำนวณอิทธิพลร่วมของ covariate ในการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบเชิงซ้อนต้องกำหนดช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย โดยทั่วไป ถ้าต้องการให้การวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือ จะต้องกำหนดช่วงความเชื่อมั่น 95% หรือ 99% เพื่อให้เกิดความแปรปรวนเท่ากัน หรือไม่เท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือ 0.01

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยถังกรองไร้อากาศ

Young and Yang (1989) ศึกษาเปรียบเทียบถังกรองในการปฏิบัติการจริงและในห้องทดลอง พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อถังกรองไร้อากาศ คือ ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสีย ชนิดของตัวกลาง ทิศทางการไหล และพื้นที่ผิวของตัวกลาง ตามลำดับ แต่ประสิทธิภาพของตัวกลางจะสูงกว่าก็ต่อเมื่อพื้นที่ผิวจำเพาะสูงกว่า ความสูงตัวกลางต่ำสุดที่แนะนำ คือ 2 เมตร

สุเมธ ชวเดช (2529) ได้สรุปไว้ว่า 1 กก.ของค่าซีโอดีที่ถูกกำจัดจะให้ก๊าซมีเทน 0.31-0.44 ลบ.ม. ในก๊าซชีวภาพ ปริมาณความร้อนที่ได้จากก๊าซมีเทน 21 ลบ.ม. จะเทียบเท่ากับน้ำมันเตา 0.8 ลิตร นอกจากนั้นยังพบว่าน้ำกากส่าที่ได้จากการกลั่นแอลกอฮอล์ ซึ่งมีค่าซีโอดีสูงถึง 100,000 มก./ล. เมื่อผ่านการหมักด้วยระบบไม่ใช้ออกซิเจน จะให้ก๊าซชีวภาพสูงถึง 25 -30 ลบ.ม.ของน้ำกากส่า

จุมพล ขุนอ่อน (2540) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศสำเร็จรูปในการบำบัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสีย 38 ชั่วโมง ปรากฏว่าความสูงและพื้นที่ของถังกรอง 65 เซนติเมตร พื้นที่ผิว 38.25 ลบ.ม. มีประสิทธิภาพในการลด BOD, SS, Grease and Oil, สารละลายได้ทั้งหมด และซิลเฟอร์รียอด 76, 86, 83, 13 และ 7 ตามลำดับ ลักษณะของน้ำทิ้งจากระบบได้มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งยกเว้น Grease and Oil

2.5.2 การบำบัดน้ำเสียด้วยถังกรองไร้อากาศโดยใช้ตัวกรองพลาสติก

พิพัฒน์ ชื่นชมชาติ (2521) ทำการทดลองเปรียบเทียบถังกรองไร้อากาศกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ โดยทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าซีโอดี 300 มก./ล. เปรียบเทียบระหว่างถังกรองที่มีตัวกลางเต็มถึงกับตัวกลางสอยครึ่งถัง ระยะเวลาการกักเก็บน้ำ 3 - 12 ชั่วโมงที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 0.46 -1.85 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน ผลปรากฏว่าถังกรองทั้งสองมีประสิทธิภาพกำจัดซีโอดี ร้อยละ 50 - 92 โดยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดอยู่ที่ระยะเวลาการกักเก็บน้ำ 12 ชั่วโมง

ทวีวัฒน์ เตชะกำรกิจ (2528) ศึกษาเปรียบเทียบถังกรองไร้อากาศแบบที่มีการไหลเวียนกลับน้ำทิ้งและถังกรองไร้อากาศแบบธรรมดา ภายในบรรจุตัวกรองพลาสติกที่ประดิษฐ์ขึ้น มีลักษณะเป็นก้อนกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว กำจัดน้ำทิ้งสังเคราะห์ ปรากฏว่า ถังกรองที่มีการไหลเวียนกลับน้ำทิ้งมีประสิทธิภาพการทำงานต่ำกว่าถังกรองแบบธรรมดา

วัชร แก่นสุข (2529) ศึกษาถังกรองไร้อากาศ ทรงกระบอก 3 เครื่อง ภายในบรรจุตัวกรอง ซึ่งเป็นจุกขวดน้ำพลาสติกทรงกระบอกกลวง บรรจุภายในถึงปฏิบัติการที่มีความสูงต่างกัน ขนาด คือ 0.6 , 0.9 และ 1.2 เมตร ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าซีโอดีระหว่าง 2,250 - 4,000 มก./ล. เวลาการกักเก็บน้ำเสีย 24 -48 ชั่วโมง ผลปรากฏว่าสามารถลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 59.9 - 76.2 ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 1.89 - 2.10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน เกิดก๊าซมีเทนในอัตรา 0.421 3./กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด และถังกรองที่มีตัวกรอง 1.2 เมตร มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่สุก ร่องลงมา คือ ความสูง 0.6 และ 0.9 เมตร ตามลำดับ

วีระศักดิ์ สืบเสาะ (2537) ศึกษาประสิทธิภาพของตัวกรองต่างชนิดกัน โดยระบบถังกรองใโรอากาศ ในการบำบัดน้ำเสียจากหอพัก ตัวกรองที่ใช้ คือ Cross Flow โฟม ขวดน้ำเกลือพลาสติก และตัวกรองหินเบอร์ 2 ขนาดของถังกรองเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เมตร สูง 2 เมตร ภายในบรรจุตัวกรองสูง 1.2 เมตร ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสียเท่ากันทุกชุดการทดลอง พบว่า ตัวกรอง Cross flow โฟม ขวดน้ำเกลือพลาสติก และตัวกรองหินเบอร์ 2 มีประสิทธิภาพในการลดค่า ซีไอดี เฉลี่ยร้อยละ 28.91, 19.45, 24.54 และ 25.41 และลดสารแขวนลอยเฉลี่ยร้อยละ 60.81, 49.51, 58.34 และ 60.33 โดยพบว่าตัวกรอง Cross Flow มีประสิทธิภาพบำบัดน้ำเสียดีที่สุด

สละ พรหมเดชะบุญ (2540) ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตขนมจีนโดยถังกรองใโรอากาศ โดยใช้ระบบการกรองใโรอากาศต่อแบบอนุกรม 3 ถัง และศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ ได้แก่ อัตราการรับสารอินทรีย์ในรูปของซีไอดีของน้ำทิ้ง ภายในถังบรรจุตัวกลางพลาสติกสำเร็จรูป สูง 1.2 เมตรแบ่งการทดลองออกแบบ 2 ชุด โดยใช้อัตราการรับสารอินทรีย์แตกต่างกัน พบว่าระบบชุดที่ 1 และชุดที่ 2 มีประสิทธิภาพในการบำบัดซีไอดีร้อยละ 95.37 และ 96.04 ประสิทธิภาพในการบำบัดซีไอดีเท่ากับร้อยละ 95.89 และ 96.07 และประสิทธิภาพจากการบำบัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 73.53 และ 85.23 ตามลำดับ และทั้งสองชุดมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.5.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยถังกรองใโรอากาศโดยใช้ตัวกรองจากธรรมชาติ

บุญส่ง ไช้เกษ (2519) ศึกษาถังกรองใโรอากาศเป็นถังกลม ภายในบรรจุหินบด กำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักกาดดอง มีค่าซีไอดี 1,200 – 7,500 มก./ล. พบว่า ประสิทธิภาพในการลดซีไอดีร้อยละ 71 – 92 ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 0.46 -4.5 กก.ซีไอดี/ลบ.ม./วัน และพบว่า ถังกรองใโรอากาศสามารถทนต่อพิษของโซเดียมไอออน (Na⁺) ที่มีความเข้มข้นถึง 34,000 มก./ล. โดยแบคทีเรียในระบบไม่ตาย เพียงแต่ยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียเท่านั้น

ไกรสร อุดมรัตน์ (2521) ศึกษาถังกรองใโรอากาศเป็นถังกลม ตัวกรองใช้หินบด บำบัดน้ำเสียจากโรงงานทำเต้าหู้มีค่าซีไอดี 1,600 – 10,000 มก./ล. ปรากฏว่าถังกรองใโรอากาศ มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตเต้าหู้ สามารถลดค่าซีไอดีร้อยละ 86.5 -93.4 ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 0.61 – 4.09 กก.ซีไอดี/ลบ.ม./วัน และพบว่าถังกรองใโรอากาศสามารถหยุดการทำงานได้ 26 วัน โดยไม่ต้องเริ่มเลี้ยงแบคทีเรียใหม่

พรพจน์ วรรณสุต (2524) ทำการทดลองระบบถังกรองใโรอากาศจำนวน 2 ถัง ภายในบรรจุตัวกรองเป็นหินบด บำบัดน้ำเสียจากโรงงานสุราหรือน้ำกาบสาเจือจาง มีค่าซีไอดี 10,000 – 44,000 มก./ล. มีอัตราการรับสารอินทรีย์ 2.91 – 12.80 กก.ซีไอดี/ลบ.ม./วัน เวลาที่กักเก็บน้ำเสีย 24.6 – 47.0 ชั่วโมง ปรากฏว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีร้อยละ 30 – 71 โดยพบว่า ผลของการเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์จาก 2.91 เป็น 5.24 กก.ซีไอดี/ลบ.ม./วัน สามารถปรับตัวได้ มีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเพิ่มขึ้นร้อยละ 53 เป็นร้อยละ 71 และเมื่ออัตราการรับสารอินทรีย์เพิ่มจาก 5.24 เป็น 12.8 กก.ซีไอดี/ลบ.ม./วัน ปรากฏว่าประสิทธิภาพลดลงร้อยละ 71 เป็นร้อยละ 32 แสดงว่าถังกรองใโรอากาศสามารถรับอัตราการรับสารอินทรีย์อย่างกะทันหันได้อย่างดี เมื่อถังกรองมีอัตราการรับสารอินทรีย์ต่ำกว่าค่าจำกัด แต่ถังกรองใโรอากาศจะรับอัตราการรับสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นไม่คืนก เมื่อถังกรองใโรอากาศรับสารอินทรีย์เต็มที

สุวรรณมา จุ่งรุ่งเรือง (2532) ศึกษาการลดสี สารแขวนลอย และซีโอดีในน้ำเสียจากกองขยะอ่อนนุชที่ผ่านการตกตะกอนด้วยสารส้ม โดยกรองผ่านผ้าแกลบบ พบว่า ที่อัตราการกรอง 0.1 ลบ.ม./ตร.ม./ชม. ที่ความหนาชั้นกรอง 20 , 40 และ 60 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพลดสีได้ร้อยละ 18.67 , 36.38 และ 39.29 ตามลำดับ ลดสารแขวนลอยได้ร้อยละ 32.31, 70.75 และ 74.62 ตามลำดับ และลดซีโอดีได้ร้อยละ 14.74, 21.46 และ 21.68 ตามลำดับ สำหรับที่อัตราการกรอง 0.4 ลบ.ม./ตร.ม./ชม. มีความหนาของชั้นกรอง 20, 40 และ 60 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 17.03, 21.27 และ 27.84 ตามลำดับ สามารถลดสารแขวนลอยได้ร้อยละ 28.01, 52.51 และ 65.53 เซนติเมตร และลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 10.23, 14.84 และ 18.39 ตามลำดับ

บุญคว่น และคณะ (2535) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการการกรองไร้อากาศ ใช้ตัวกรองเป็นหินเบอร์ 2 หินเกล็ด 3/8 ทราซหยาบความหนา 1.20 เมตร ระยะเวลาพักเก็บน้ำเสีย 11 -14 วัน Hydraulic Loading 0.076 – 0.094 ลบ.ม./ตร.ม./วัน พบว่าประสิทธิภาพในการลดความสกปรกของถังกรองไร้อากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 86.10 – 90.25 และค่าความสกปรก BOD ในน้ำทิ้งเฉลี่ยเท่ากับ 31.05 – 32.82 มก./ล.

สุดา อธิวิสุธรรมรัตน์ และคณะ (2551) ศึกษาประสิทธิภาพของถังกรองไร้อากาศขนาด 5 ลิตร เพื่อเปรียบเทียบตัวกลางที่ใช้ 3 ชนิด คือ เปลือกหอยแครงแห้ง ไม้ไผ่ และลูกบอลพลาสติก โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีไขมันและน้ำตาลเป็นแหล่งอาหาร ทำการปรับเพิ่มอัตราการระบรทุกอินทรีย์ จาก 0.8-6.0 กรัมต่อลิตร-วัน ที่ระยะเวลาพักพักทางชลศาสตร์ที่ เท่ากับ 2.7 วัน และเดินระบบอย่างต่อเนื่องเป็นเวลามากกว่า 100 วัน พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีมากกว่าร้อยละ 90 ค่ายิลด์ของก๊าซชีวภาพ และมีเทนยิลด์ อยู่ในช่วง 0.38–0.57 ลิตรต่อกรัมซีโอดี และ 0.20-0.29 ลิตรมีเทนต่อกรัมซีโอดี ตามลำดับ การปรับลดค่าระยะเวลาพักพักทางชลศาสตร์ลง จาก 61.4 ชั่วโมง เป็น 15.9 ชั่วโมง พบว่า ถังที่ 1 ที่ใช้เปลือกหอยแครงเป็นตัวกลางมีประสิทธิภาพดีที่สุด สามารถรองรับค่าอัตราการระบรทุกอินทรีย์ได้สูงถึง 21.04 กรัมต่อลิตร-วัน ที่ระยะเวลาพักพักทางชลศาสตร์ 16.1 ชั่วโมง บำบัดซีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 90 โดยมีการผลิตก๊าซมีเทนเฉลี่ยร้อยละ 49.1 รองลงมา คือ ไม้ไผ่ และลูกบอลพลาสติก ตามลำดับและการทดสอบค่าคงที่ทางจลนพลศาสตร์ของ μ_{max} และ K_s พบว่า ค่า μ_{max} ในถังที่ 1 และ 2 เป็น 5 และ 50 ต่อวัน ตามลำดับ ส่วนค่า K_s ในถังที่ 1 และ 2 เป็น 20, 135 และ 182, 250 กรัมซีโอดีต่อลิตร ตามลำดับ

2.5.4 การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพารา

เน่งน้อย ศรีสุวรรณ (2538) ศึกษาเพื่อแยกอนุภาคของยางออกจากน้ำเสียจากโรงงานผลิตดุนมือยาง ซึ่งมีส่วนประกอบของอนุภาคยางแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมาก กระบวนการที่ใช้เป็นกระบวนการรวมตัวและการลอยตัวของตะกอน โดยมีการหาชนิดและปริมาณสารสร้างตะกอนที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดการรวมตัวของตะกอนดีที่สุด และทดลองกับระบบบำบัดน้ำเสียอย่างต่อเนื่องที่ได้ออกแบบขึ้น จากการทดลอง พบว่า เมื่อใช้สารส้มปริมาณ 5 มก./ล. เป็นสารสร้างตะกอนตัวแรก ตามด้วยโพลีเมอร์ชนิดประจุบวก 4 มก./ล. สามารถสร้างตะกอนได้ดี และสามารถลดค่าซีโอดีได้ถึงร้อยละ 96.4 สารแขวนลอยร้อยละ 99.4 และความขุ่นได้ร้อยละ 99.9 นอกจากนี้ยังได้เนื่อยางกลับคืนมาจากน้ำเสียประมาณ 7.8 กรัม/น้ำเสีย 1 ลิตร จะเห็นได้ว่าสามารถใช้กระบวนการรวมตัวและลอยตะกอน เพื่อบำบัดน้ำเสียที่มีอนุภาคยางแขวนลอยอยู่ค่อนข้างประสบผลสำเร็จ และสามารถนำไปใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้นได้

แกมกาญจน์ รักษาพรหมณ์ (2539) ศึกษาปัญหาไฮโดรเจนซัลไฟด์ในบ่อหมักไร้อากาศของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานยาง โดยดำเนินการภายใต้สภาวะที่ Hydraulic Retention Time (HRT) 20 วัน และค่าพีเอชที่ 6, 7 และ 8 พบว่า การควบคุมพีเอชในสภาพความเป็นด่างในขณะที่บำบัดน้ำเสียจากโรงงานยางพาราด้วยวิธีหมักไร้อากาศสามารถลดการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้

ชอบ บุญช่วย (2540) ได้ศึกษาลักษณะน้ำเสี้ยวรวมของโรงงานยางแผ่น 10 โรงงานในจังหวัดสงขลา พบว่ามีค่า pH 4.9-6.6 ค่า BOD₅ 3,250-7,600 มก./ล. ค่า COD 4,354-9,568 มก./ล. ค่า SS 60-232 มก./ล. ค่า TKN 45.99-195.15 มก./ล. ค่า NH₃-N 42.17-97.73 มก./ล. ค่า TP 12.09-20.01 มก./ล. และค่าซัลเฟต 102.26-294.82 มก./ล. โดยมีอัตราส่วนระหว่างค่า BOD₅:COD อยู่ในช่วง 0.57-0.79 และมีค่า BOD₅:N:P เท่ากับ 100:2.8:0.4 นำข้อมูลที่ได้มาออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง โดยใช้ถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศอย่างละ 1 การทดลอง โดยมีค่า Hydraulic Retention Time (HRT) เท่ากับ 20, 15, 10 และ 5 วัน จากการศึกษาค้นพบว่าระบบถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการลดค่า COD, BOD₅, SS, TKN และก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นดีกว่าระบบถังหมักไร้อากาศ

สุพัตรา เฉลียวพงศ์ (2540) ศึกษาสภาวะพีเอชที่เหมาะสมของบ่อไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้น โดยใช้สารเคมีประเภทด่าง 3 ชนิด คือ Na₂CO₃, NaOH และ Ca(OH)₂ ในการปรับพีเอชของน้ำเสีย ทำการทดลองที่ละงวดในถังหมักที่มีขนาด 25 ลิตร ปรับ pH อยู่ในช่วง 7.2-7.6 ใช้เวลาในการบำบัด 20 วัน พบว่า สารเคมีทั้ง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพในการปรับพีเอชใกล้เคียงกัน และระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อไร้อากาศสามารถใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้นได้ แต่ต้องมีการปรับพีเอชให้เป็นกลางก่อนเข้าระบบบำบัด โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดี 88.55, 87.68 และ 75.62% และมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี 92.20, 89.55 และ 77.76% ตามลำดับ

อาภรณ์ รักเกิด (2541) ศึกษาปัญหาไนโตรเจนในน้ำเสียจากโรงงานยางและการกำจัดไนโตรเจนด้วยระบบบ่อบำบัดน้ำเสียที่ใช้มวลชีวะประเภทเกาะคิดคิว โดยศึกษาจากปัจจัยที่มีความแตกต่างของระยะเวลาที่น้ำเสียอยู่ในระบบ (HRT) อัตราการป้อนสารอินทรีย์และไนโตรเจน การหมุนเวียนน้ำเสี้ยวระหว่างถังปฏิกรณ์ และความแตกต่างของชุดทดลองที่มีวัสดุตัวกลางและไม่มีวัสดุตัวกลางในถังปฏิกรณ์ พบว่า การป้อนสารอินทรีย์เฉลี่ย 41.03 gBOD₅/m².d การป้อน TKN เฉลี่ย 12.95 gTKN/m².d และมีระยะเวลาที่น้ำเสียอยู่ในระบบ 20 วัน ระบบที่มีตัวกลางมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 98 ไนโตรเจนในรูป TKN ร้อยละ 93 และแอมโมเนียไนโตรเจนร้อยละ 95 รวมทั้งระบบถังกรองไร้อากาศสามารถรองรับสภาวะที่มีการเพิ่มปริมาณน้ำเสียอย่างกะทันหัน (Shock Loading) ได้ดีกว่าระบบบำบัดที่ไม่มีวัสดุตัวกลาง

รุจิรัตน์ ภารศิลป์ (2542) ศึกษา น้ำทิ้ง 3 ประเภท ได้แก่ น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง STR5L น้ำยางชั้น และน้ำทิ้งรวมจากโรงงานผลิตยางแท่ง STR5L และน้ำยางชั้น วิธีการบำบัดน้ำทิ้ง ได้แก่ การบำบัดทางเคมีและชีวภาพ การบำบัดทางเคมีทำโดยการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งให้เป็น 10 โดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ตกตะกอนอนุภาคยางและเกลือของสารอนินทรีย์ด้วยสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ แอนไอออนิกพอลิเมอร์และแคทไอออนิกพอลิเมอร์ ผลการบำบัดทางเคมีของน้ำทิ้งทั้ง 3 ประเภท สามารถลดปริมาณคลอลอซด์และอนุภาคของยางออกไปได้อย่างมีประสิทธิภาพถึง 90% ทั้งยังสามารถลดปริมาณของฟอสเฟตและสังกะสีอย่างได้ผลถึง 97% และ 84% ตามลำดับ แต่มีข้อเสีย คือ น้ำที่ได้มีความกระด้างสูงต้องบำบัดต่อจึงจะนำไปใช้ได้ ส่วนผลการคัดแยกและจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทิ้งของโรงงานยางทั้ง 3 ประเภทในระดับจีสต์

ได้เชื้อ *Pseudomonas sp.*, *Kurthia sp.*, *Bacillus sp.* และ *Moraxella sp.* ซึ่งเจริญได้ดีที่มีอากาศ จึงได้บำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้นโดยใช้แบคทีเรียที่มีอยู่ร่วมกับการเติมอากาศ พบว่า ลดค่า BOD และ SS ได้เหลือ 70 และ 65 มก./ล. ซึ่งการบำบัดทั้งวิธีเคมีและชีวภาพยังได้ค่า BOD และ SS สูงกว่าค่ามาตรฐาน โรงงานอุตสาหกรรมคือ 60 และ 50 มก./ล. และมีปริมาณสังกะสีสูงเกิน 5 มก./ล. จึงทดลองเพาะเห็ดนางฟ้า พบว่า ปริมาณสังกะสีในดอกเห็ดมีค่าเฉลี่ย 60 มก./กก.อาหาร ซึ่งต่ำกว่ากำหนด คือ 100 มก./กก.อาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2529 จึงสรุปได้ว่าสามารถประยุกต์ใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นส่วนที่เป็นซีรัมในการเพาะเห็ดนางฟ้าได้

อลิสรา วงศ์กิตติวิมล (2543) ศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น โดยดัดปฏิกรณไฮบริดแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างระบบยูเอเอสบีและระบบฟิล์มตรึงภายในถังเดียวกัน โดยทำการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 1.5, 2.5, 4 และ 6 วัน คิดเป็นอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เท่ากับ 4.3, 2.6, 1.6 และ 1.05 กรัม/ลิตร.วัน ตามลำดับ ตัวกลางที่ใช้ทำจากเชือกไนลอนพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 0.358 ตร.ม./ล. โดยติดตั้งไว้บริเวณส่วนบนของถัง พบว่า มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีทั้งหมดที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 1.5, 2.5, 4 และ 6 วัน มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 40.9, 59.0, 80.8 และ 83.6 ตามลำดับ พีเอชของน้ำภายในถังมีค่าอยู่ระหว่าง 7.37-7.81 ร้อยละของก๊าซมีเทนเท่ากับ 85.19, 84.36, 93.74 และ 94.72 และมีการผลิตก๊าซมีเทนต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัดเท่ากับ 0.103, 0.157, 0.164 และ 0.148 ลิตร/กรัม ตามลำดับ ดังนั้นจากการทดลองพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 4 วัน มีความเหมาะสมในการบำบัด น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ที่ความเข้มข้นซีโอดี 6,000 มก./ล. pH ในการดำเนินระบบอยู่ในช่วง 7.2-7.8 และอัตราส่วนการหมุนเวียนน้ำกลับ 2 เท่า

สถาบันวิจัยยาง (2545) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานยางคันแบบน้ำยางข้นโดยวิธีการลอยตะกอน ณ ศูนย์วิจัยยางสงขลา โดยศึกษาสารสร้างตะกอน 3 ชนิด คือ Quaternary Ammonium Substrate, เฟอริกคลอไรด์ และ Polyacrylamide พบว่า การใช้ Quaternary Ammonium Substrate ที่ระดับความเข้มข้น 60 มก./ล. เฟอริกคลอไรด์ 25 มก./ล. และ Polyacrylamide 2 มก./ล. ให้ผลในการบำบัดดีกว่าที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆ คือ ประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งที่ละลายได้ลดลงร้อยละ 85.3, 84.6 และ 76.7 สภาพการนำไฟฟ้าลดลงร้อยละ 81.6, 76.9 และ 83.8 ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนลดลงร้อยละ 63.0, 70.4 และ 92.2 BOD₅ ลดลงร้อยละ 67.4, 80.8 และ 91.6 ตามลำดับ และ Polyacrylamide มีประสิทธิภาพดีกว่าตัวอื่นๆ ดังนั้นจึงเติม Polyacrylamide ในบ่อดักยางทุกๆ 10 วัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด

ปรีดีเปรม ทศนกุล และคณะ (2547) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนในโรงงานผลิตน้ำยางข้น โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นมาทดลองในระบบบำบัดต่อเนื่องด้วยถังหมัก PVC ที่มีความจุ 25 ลิตร จำนวน 3 ถัง ระยะเวลาในการกักเก็บ 60 วัน เปรียบเทียบ 2 โรงงาน พบว่า โรงงาน ก มีค่า pH, SS, TDS, TS อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง และมีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD 98.2% ขณะที่โรงงาน ข มีค่า pH ก่อนข้างเป็นกรดขากแก่การบำบัด ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD เพียง 66.4%

พรรษา อุดมธรรม และกฤษณา คงศิลป์ (2547) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานต้นแบบน้ำยางชั้นจังหวัดสงขลาโดยวิธีเติมอากาศ ระบบประกอบด้วย บ่อรวมน้ำทิ้งที่มีตะแกรงคัดเศษซาก บ่อเติมอากาศซีเมนต์ บ่อไร้อากาศซีเมนต์ บ่อไร้อากาศดิน บ่อเติมอากาศดินมีเครื่องเติมอากาศ 8 เครื่อง บ่อไร้อากาศดิน 2 บ่อ และจุดปล่อยน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ พบว่า น้ำทิ้งที่ออกมามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

กัญญารัตน์ สฤกษ์พงศ์ทิรม (2550) ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดไร้อากาศแบบแผ่นกั้น (ระบบเอเปียร์) ในการบำบัดมลสารในน้ำเสียโรงงานน้ำยางชั้นที่ผ่านการปรับพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเติมไมยงพารา ปริมาตรใช้งานรวม 23 ลิตร เริ่มต้นเดินระบบใช้หัวเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ผสมจากระบบยูเอเอสบีและเอสอาร์อาร์ในสัดส่วน 1:1 ทำการเดินระบบที่ระยะเวลาพักเก็บ 1.25-10 วัน หรือภาระบรรทุกเท่ากับ 0.61-4.43 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน พบว่า ทั้ง 2 ระบบมีประสิทธิภาพบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลาพักเก็บ 10 วัน โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีทั้งหมด ซีโอดีละลายน้ำ ของแข็งแขวนลอย และซัลเฟตเฉลี่ยร้อยละ 82.71 84.87 78.50 และ 96.61 ตามลำดับ ของระบบเอเปียร์ที่บำบัดน้ำเสียปรับพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และร้อยละ 80.77 84.85 80.61 และ 96.90 ตามลำดับ ของระบบเอเปียร์ที่บำบัดน้ำเสียปรับพีเอชด้วยเติมไมยงพารา โดยรวมการเดินระบบเอเปียร์ทั้ง 2 ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นระบบเอเปียร์มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้น และเติมไมยงพาราที่เป็นของเสียจากอุตสาหกรรมทั่วไป สามารถนำมาใช้ปรับพีเอชน้ำเสียแทนสารเคมี NaOH สามารถลดค่าสารเคมีลงได้ถึง 14.62 เท่า

อิสรา รักงาม (2551) ศึกษาประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดก๊าซชีวภาพของระบบถังย่อยไร้อากาศแบบกะต่อเนื่อง (Semi-Continuous Anaerobic Digester in Series, AD) ในการบำบัดน้ำเสียของสหกรณ์โรงอบ/รมยาง ระบบ AD ประกอบด้วยถังปฏิกริยาจำนวน 3 ใบเรียงต่อกัน มีปริมาตรใช้งานรวม 204 L เดินระบบที่ระยะเวลาพักเก็บชลศาสตร์ (HRT) 10 วัน (AD-10), 5 วัน (AD-5) และ 2.5 วัน (AD-2.5) ด้วยสัดส่วนเวลาการสูบบ้อนกลับ (Recycle period ratio; R) ที่ระดับ 100% (สูบน้ำหมุนเวียนตลอดเวลา), 50% และ 0% (ไม่มีการสูบน้ำหมุนเวียน) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าสภาวะการเดินระบบ AD-2.5 ที่ R=0% เป็นสภาวะที่เหมาะสมเนื่องจากมีประสิทธิภาพการกำจัด COD สูงกว่า 90% สม่าเสมอและให้องค์ประกอบของมีเทนในก๊าซชีวภาพสูงที่สุด และการที่ไม่มีการสูบน้ำย้อนกลับเพื่อควบคุมจะช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ

พรธิดา เสนไสย และคณะ (2552) ศึกษาบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตแผ่นยางพารา พบว่าก่อให้เกิดปัญหากลิ่นเหม็น และการปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำได้ดินในสวนยาง ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าคุณภาพน้ำเสียมีค่าพีเอช 5.79-5.90 ซีโอดี 668-1,176 มก./ล. สภาพด่าง 182- 252 มก./ล. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด 1,100-1,550 มก./ล. และกรดไขมันระเหย 212-427.5 มก./ล. ในการวิจัยครั้งนี้ใช้กระบวนการกวนแบบไร้อากาศและซีโอดีกลับในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตแผ่นยางพารา พบว่าในกระบวนการบำบัดที่ระยะเวลาการกวน 3 ชม. และปริมาณซีโอดีกลับ 1 กก. มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปของซีโอดี 67.07% ประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมด 65.45% ประสิทธิภาพในการบำบัดกรดไขมันระเหย 54.89% ทั้งนี้ควรมีการบำบัดโดยกระบวนการบำบัดอื่นต่อเพื่อให้ได้คุณภาพน้ำทิ้งที่ได้มาตรฐาน

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่ากระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศโดยเฉพาะถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพาราได้ดี โดยงานวิจัยส่วนใหญ่จะเน้นศึกษาในประเด็นเรื่อง (1) การออกแบบถังกรองไร้อากาศให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ (2) ความพรุนและปริมาตรตัวกลาง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่ได้มาจากทฤษฎีการออกแบบ แล้วเลือกใช้ตัวกลางตามคุณสมบัติที่ต้องการ โดยไม่ได้วัดค่าจริงๆ ของตัวกลางนั้น และ (3) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของถังกรองไร้อากาศกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศแบบอื่นๆ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาเกี่ยวกับถังกรองไร้อากาศไม่ได้เน้นศึกษาในประเด็นการวัดปริมาณจุลินทรีย์ที่เกาะติดตัวกลาง และไม่มีการเลี้ยงเชื้อให้ติดกับตัวกลางก่อนนำเข้าถังกรองไร้อากาศ ส่วนใหญ่จะนำตัวกลางและเชื้อใส่เข้าไปในถังกรองไร้อากาศพร้อมกันแล้วเริ่มต้นเดินระบบเลย แต่จะใช้เวลาในการเริ่มต้นเดินระบบนาน 3 เดือนขึ้นไป และไม่มีการวัดค่า MLSS และ MLVSS เริ่มต้น รวมถึงไม่มีการตรวจสอบค่าเหล่านี้ในช่วงเดินระบบ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเหล่านั้นใช้วิธีวัดปริมาณก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อเป็นการรับประกันว่าระบบที่ศึกษานั้นดำเนินการภายใต้สภาพไร้อากาศ (แกมกาญจน์ รักษาพรหมณ์, 2539; ขอบ บุญช่วย, 2540; สุพัตรา เฉลียวพงศ์, 2540; อภรณ์ รักเกิด, 2541; อิศรา รังงาม, 2551) จากข้อมูลเหล่านี้จะใช้เป็นแนวทางสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้