

บทที่ 2

น้ำยางข้นและการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้น

1. ธรรมชาติและองค์ประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยาง ธรรมชาติเป็นของเหลวคล้ายน้ำมัน ประกอบด้วยอนุภาคที่เรียกว่าซีรัม (serum) ขนาด 0.1 - 3 ไมครอน แขนงลอยกระจัดกระจาย ความหนาแน่นของน้ำยางมีค่าประมาณ 0.97 - 0.98 กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร มีความเป็นกรดค่าเท่ากับ 6.5 - 7 ปริมาณเนื้อยางในน้ำยางมีค่าระหว่าง 25 ถึง 45 % ขึ้นกับพันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาล และกรรมวิธีการกรีดยาง (ผลชิด บัวแก้ว,2531) ได้แสดงส่วนประกอบโดยปริมาตรของน้ำยางสด ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

ส่วนประกอบ	% โดยปริมาตร
ของแข็งทั้งหมด	36
เนื้อยางแห้ง	33
โปรตีน	1-1.5
เรซิน	1-2.5
เถ้า	1
น้ำตาล	1
น้ำ	(ในปริมาณที่รวมแล้วเป็น 100%)

เพื่อความสะดวกในการขนย้ายน้ำยางและประหยัดจึงมีความจำเป็นต้องทำให้น้ำยางเข้มข้นมากขึ้น และพบว่าในเชิงอุตสาหกรรมสามารถทำได้ความเข้มข้นถึง 60% เนื้อยางแห้ง(DRC) ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสม่ำเสมอดีกว่าน้ำยางสด เพราะสารพวกที่ไม่ใช่ยางบางส่วน ถูกแยกออกจากน้ำยางในกรรมวิธีที่ทำให้น้ำยางเข้มข้นขึ้น

2.กรรมวิธีการผลิตน้ำยาง

การผลิตน้ำยางเข้มข้นมีขั้นตอนดังนี้ (วรากรณ์ ขจรชัยกุล, 2531)

2.1 การรักษาสภาพน้ำยาง

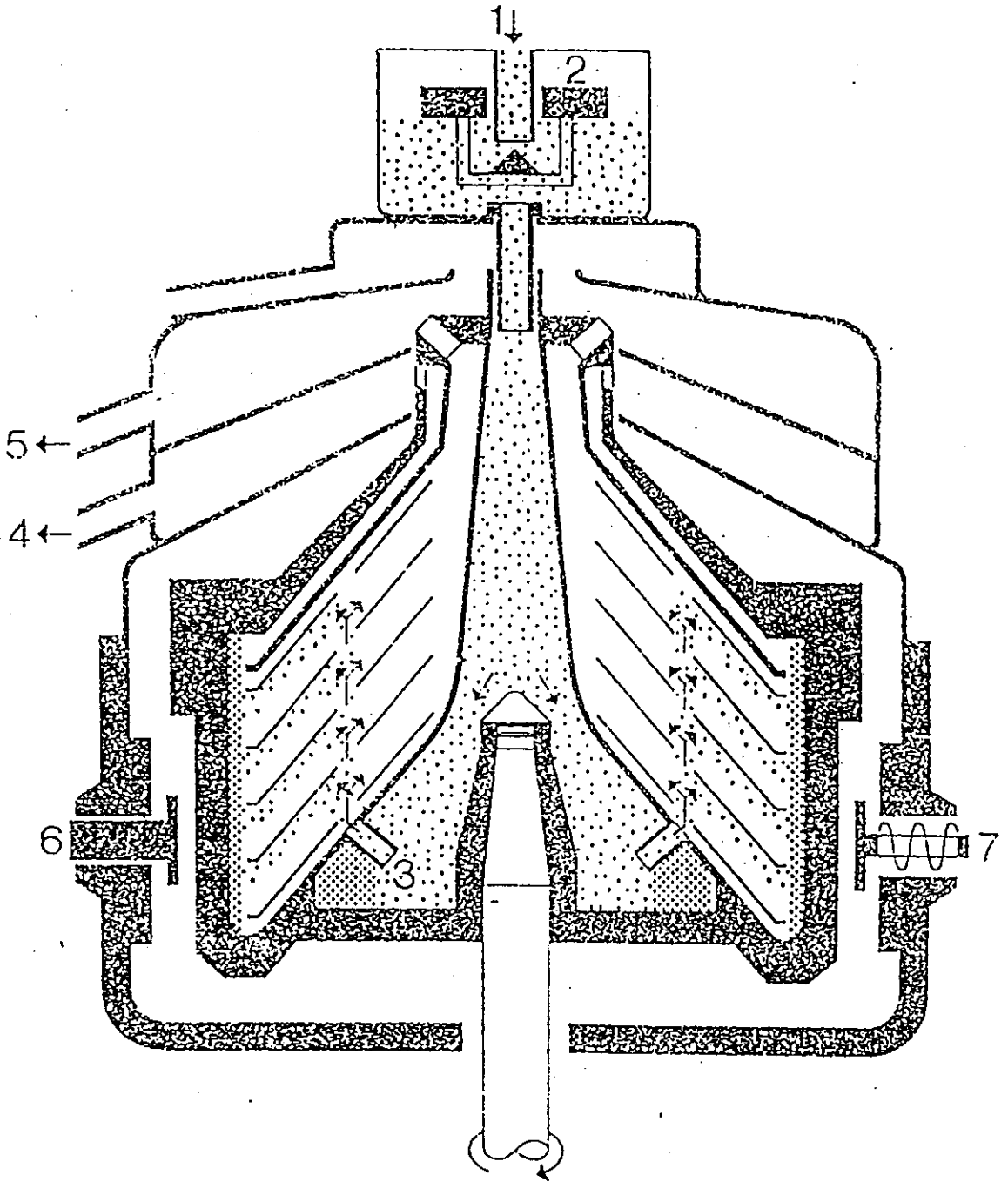
น้ำยางสดที่ได้จากสวน จะมีการเสียดสภาพได้ง่าย คือจะเกิดการจับตัวภายในเวลาเพียงไม่กี่ชั่วโมงหลังการกรีดยาง ซึ่งการเสียดสภาพดังกล่าวเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เนื่องจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียกับสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่ยางที่มีอยู่ในน้ำยาง ดังนั้นก่อนที่จะนำน้ำยางสดไปผลิตเป็นน้ำยางข้นจึงจำเป็นต้องมีการเติมสารเคมีเพื่อรักษาสภาพ สารเคมีที่ใช้โดยทั่วไปคือ แอมโมเนีย ร่วมกับสารช่วยบางชนิดเช่น Zine diethyl dithiocarbonate (ZDC), ZnO, Sodium pentachlorophenate (SPP), Tetramethyl thiram disulfide (TMTD) และกรดบอริก เป็นต้น ซึ่งนอกจากจะรักษาสภาพน้ำยางให้คงสภาพเป็นน้ำยางแล้ว ยังช่วยป้องกันการเพิ่มจำนวนกรดไขมันระเหย ทำให้ยืดระยะเวลาการเก็บได้นานขึ้น

2.2 การรวบรวมน้ำยาง

น้ำยางสดเมื่อถึงโรงงานผลิตน้ำยางข้นจะถูกกรองผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช ลงสู่ถังรวมและนำตัวอย่างน้ำยางทดสอบหาปริมาณเนื้อยางแห้ง ซึ่งโดยทั่วไปต้องมีเนื้อยางแห้งไม่น้อยกว่า ร้อยละ 25 จากนั้นนำมาผ่านก๊าซแอมโมเนีย ปริมาณเกินกว่า 0.4% ของน้ำยาง แล้วจึงปล่อยทิ้งไว้ให้น้ำยางได้ตกตะกอนสิ่งแปลกปลอมจนวันรุ่งขึ้น หากทดสอบพบว่าน้ำยางมีปริมาณแมกนีเซียมสูงก็ให้เติม DAHP (diammonium hydrogen phosphate) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเป็นแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต (magnesium ammonium phosphate) ซึ่งจะตกตะกอนลงกันถึงขณะทิ้งไว้ข้ามคืน ตะกอนเหล่านี้จะถูกแยกออกจากน้ำยาง และเพื่อให้แน่ใจว่าน้ำยางนี้ได้รับการรักษาสภาพพอเพียงที่จะนำไปผลิตน้ำยางข้น ได้จึงต้องมีการทดสอบหาจำนวนกรดไขมันระเหยได้

2.3 กรรมวิธีการผลิตน้ำยางข้น

การผลิตน้ำยางข้นมีได้หลายวิธี ได้แก่ วิธีการระเหยน้ำ (evaporation) วิธีการทำให้เกิดครีม (creaming) วิธีการปั่น (centrifuging) และวิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (electrodecantation) วิธีแรกเป็นการระเหยหรือเอาแค่ส่วนของน้ำเพียงอย่างเดียวออกจากน้ำยาง ดังนั้นปริมาณของสารที่ไม่ใช่ยาง (ที่นอกเหนือจากน้ำ) จึงยังคงอยู่ในน้ำยางข้น และอนุภาคต่างๆ ของยางที่กระจายอยู่ในน้ำยางยังคงเหมือนเดิม ส่วนอีกสามวิธีหลัง เป็นวิธีการแยกเอาส่วนอื่นๆ ที่ไม่ใช่ยางออกด้วย อนุภาคขนาดต่างๆ ได้ถูกแยกออกไประหว่างกรรมวิธีการผลิตน้ำยางข้น วิธีการผลิตทั้ง 4 วิธีการดังกล่าว วิธีการผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีการปั่นเป็นที่นิยมและทำกันโดยทาง อุตสาหกรรมมากที่สุด ประมาณการว่ากว่า 90% ของการผลิตน้ำยางข้นทั้งหมดใช้วิธีนี้ ส่วนวิธีอื่นๆ นั้น ไม่นิยมนำมาใช้ในเชิงอุตสาหกรรมเพราะเป็นวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยาก สิ้นเปลืองเวลา



ภาพประกอบ 2.1 ภาพน้ำัดคขวางของถึงป็นน้ำ่างชั้น

ที่มา : วรากรณ์ (2531)

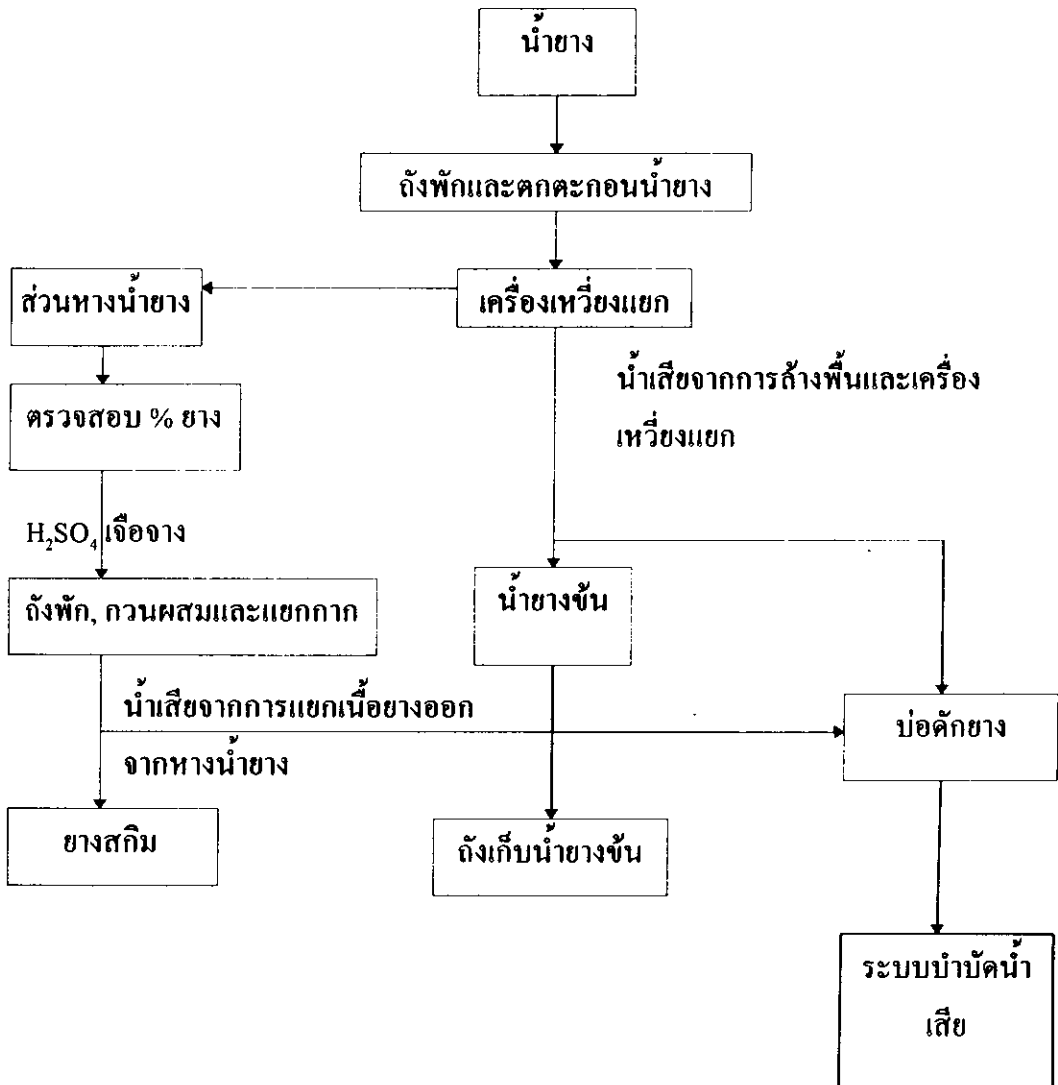
น้ำยางธรรมชาติจัดเป็นสารละลายคอลลอยด์ (colloid) ที่ประกอบด้วยอนุภาคยางแขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในซีรัม อนุภาคยางเหล่านี้มีการเคลื่อนไหวแบบไร้ทิศทาง (Brownian's movement) และเนื่องจากอนุภาคยางเบากว่าซีรัมดังนั้นจึงมีแนวโน้มที่จะลอยตัวสู่ผิวหน้าของน้ำยาง อัตราการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก ซึ่งหากสามารถเพิ่มแรงดึงดูดได้ก็จะช่วยเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางด้วย ฉะนั้นการปั่น (centrifuge) ซึ่งสามารถเพิ่มแรงดึงดูดได้เป็น 2,000 ถึง 3,000 เท่าของแรงดึงดูดโลก จึงสามารถเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางได้ จากหลักการนี้จึงได้นำมาพิจารณาสร้างเครื่องปั่นน้ำยางเพื่อการผลิตน้ำยางข้นหรือการแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกจากส่วนของซีรัมนั่นเอง

เครื่องปั่นน้ำยางข้นแสดงหน้าตัดภายในถังปั่นแบบ Alfa - Laval (รุ่น LRH 410) แสดงในภาพประกอบ 2.1 ยางจะไหลเข้าทาง (1) ซึ่งอยู่ส่วนบนสุดของเครื่อง ระดับของน้ำยางจะปรับให้คงที่โดย (2) น้ำยางไหลโดยแรงโน้มถ่วง (gravity) ไปที่จุดกลางของถังปั่นและแรงปั่นของเครื่องจะปั่นให้น้ำยางไหลไปตามรูของชุดของจานแยก (3) จากนั้นน้ำยางจะถูกแยกเป็นสองส่วน คือส่วนที่หนัก (heavy phase) คือหางยางไหลออกสู่รอบนอกของถังปั่น และไปตามทางด้านบนของถัง ผ่านสกรูปรับสู่ที่เก็บแยกหางยาง (4) ซึ่งสามารถนำไปเติมกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เพื่อจับน้ำยางที่ยังตกค้างอยู่ไปทำยางskim (skimmed rubber) ได้ผลิตภัณฑ์ต่อไป ส่วนชั้นของน้ำยาง (concentrate or cream) จะไหลเข้าสู่กลางถังปั่นไปยังด้านบนของถังเข้าสู่ที่เก็บ (5) ส่วนน้ำยางชั้นนั้นหลังจากปรับให้มีสารละลายแอมโมเนียประมาณ 0.7% ก็พร้อมจะส่งเข้ากระบวนการผลิต เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป ดังนั้นน้ำเสียจากกระบวนการผลิตนอกจากประกอบด้วยสารอินทรีย์จากยางธรรมชาติแล้วยังประกอบด้วยสารประกอบของแอมโมเนีย ฟอสเฟตและซัลไฟด์จากกระบวนการผลิตด้วย

ปกติน้ำยางข้นที่ได้จากเครื่องปั่นจะมีความเข้มข้นประมาณ 60% เนื้อยางแห้งเครื่องปั่นน้ำยางขนาดที่ใช้ในอุตสาหกรรมสามารถป้อนน้ำยางสดได้ 400 - 600 ลิตร / ชั่วโมง ปกติเครื่องปั่นแยกน้ำยางจะสามารถทำงานต่อเนื่องได้อย่างมากครั้งละไม่เกิน 3 ชั่วโมง แล้วจึงต้องหยุดเครื่องเพื่อทำความสะอาดล้างเอาซีเมนต์ที่ติดอยู่ในเครื่อง น้ำเสียโรงงานจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นประกอบด้วย น้ำเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต น้ำล้างอุปกรณ์ น้ำล้างพื้น ดังแสดงในภาพประกอบ 2.2

ปริมาณผลผลิตน้ำยางข้นที่ได้จากกระบวนการปั่นแยกจะมีปริมาณประมาณ 40% โดยน้ำหนักของปริมาณน้ำยางสดที่เป็นวัตถุดิบ การผลิตยางskim เสร็จจะได้ยางskim เสร็จประมาณ 4% โดยน้ำหนักของหางน้ำยางที่เกิดขึ้นจากการผลิตน้ำยางข้น กล่าวคือถ้าใช้น้ำยางสด 100 ตัน ในการผลิตน้ำยางข้นจะได้น้ำยางข้นที่มีเนื้อยาง 60% ประมาณ 40 ตัน และได้ยางskim เสร็จประมาณ 2.4 ตัน

ปริมาณน้ำเสียจะมีความแตกต่างกันขึ้นกับกำลังการผลิต จากการสำรวจการผลิตของกลุ่มโรงงานในเขตภาคใต้ตอนล่าง พบกำลังการผลิตน้ำยางขึ้นโดยเฉลี่ยแตกต่างกันระหว่าง 15.56 - 52.47 ตันต่อวัน ซึ่งปริมาณผลผลิตที่มากน้อยแตกต่างกันในแต่ละโรงงานนั้น ขึ้นกับขนาดกำลังการผลิตของเครื่องจักรของแต่ละโรงงาน ฤดูกาล และความสามารถในการแข่งขันเรื่องราคา



ภาพประกอบ 2.2 ตำแหน่งการเกิดน้ำเสียในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น และยางสกิมของโรงงานน้ำยางชั้น

ที่มา : สุพัตรา (2539)

เป็นปัจจัยสำคัญคงได้กล่าวแล้วในข้างต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ เป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตน้ำยางชั้นมีความแตกต่างกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบอัตราการเกิดน้ำเสียจากการผลิตน้ำยางชั้น 1 ต้นเท่ากับพบว่าปริมาณน้ำเสียจะแตกต่างกัน ระหว่าง 2.71 - 5.46 ลูกบาศก์เมตรต่อผลผลิตน้ำยางชั้น 1 ต้น และสำหรับการผลิตยางสกิม มีน้ำเสียจากการผลิต ระหว่าง 24.91-65.33 ลูกบาศก์เมตรต่อผลผลิตยางสกิม 1 ต้น

ตาราง 2.2 แสดงปริมาณผลผลิตและปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นเปรียบเทียบกันผลิตภัณฑ์ยางชนิดอื่น

ประเภทกรรมวิธีการผลิต	ปริมาณผลผลิต (ตัน/วัน)	ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น (ลบ.ม./วัน)	อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลบ.ม./ตันผลผลิต)
น้ำยางชั้น	15.56-52.74	55.76-215.30	2.71-5.46
ยางสกิมเครพ	0.78-3.56	26.63-206.18	24.91-65.33
ยางแท่งSTR5L	11.23-27.40	44.35-1,012.74	5.75-36.96
ยางแท่งSTR20	32.98	2,361.03	71.59
ยางแผ่นรมควัน	52.72	93.31	1.77

ส่วนการผลิตยางสกิมเครพ เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำยางชั้น ผลผลิตยางสกิมเครพมีปริมาณมากน้อยขึ้นกับ ปริมาณการผลิตน้ำยางชั้น จากการสำรวจกลุ่มโรงงานพบว่าปริมาณยางสกิมเครพที่โรงงานผลิตได้มีความแตกต่างกันตั้งแต่ 0.78 - 3.56 ตันต่อวัน และทำให้มีปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นระหว่าง 26.63 - 206.18 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือคิดเป็นอัตราการเกิดน้ำเสีย 24.91 - 65.33 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลผลิต น้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากน้ำเสียในบ่อจับตัว ภายหลังจากการคัดแยกเนื้อยางออกแล้ว ซึ่งประกอบด้วยน้ำขี้รีมจากน้ำยาง และน้ำกรดที่ผสมลงไปเพื่อให้เกิดการจับตัวของเนื้อยาง รวมทั้งน้ำที่ใช้ล้างบ่อจับตัวของเนื้อยางหลังจากที่มีการปล่อยน้ำขี้รีมทิ้งแล้ว ฉะนั้นน้ำทิ้งส่วนใหญ่จึงเกิดขึ้นแบบไม่ต่อเนื่องแต่จะเป็นแบบเททิ้งเป็นครั้งคราวและครั้งละมากๆ นอกจากนั้นในบางโรงงานจะมีการแช่และล้างเนื้อยางในบ่อแช่ขนาดใหญ่ก่อนจะนำไปรีดทิ้งนี้ด้วยเหตุผลเพื่อรักษาสภาพเนื้อยางไม่ให้แข็งเกินไปหรือเพื่อความสวยงามของสีของเนื้อยาง จึงทำให้มีการใช้น้ำในกระบวนการดังกล่าวเพิ่มขึ้นอีกดังเช่น ข้อมูลโรงงานยางที่มีการแช่เนื้อยางพบว่า จะมีน้ำเสียเกิดขึ้นจากการผลิตยางสกิมเครพระหว่าง 57.03 - 65.33 ลูกบาศก์เมตรต่อผลผลิตยางสกิมเครพ 1 ต้น และโรงงานที่ไม่มีการแช่เนื้อยางจะมีน้ำเสียเกิดขึ้นระหว่าง 24.91 - 28.50

ถูกบาศก์เมตรต่อผลผลิตยางสกีเมตรพ 1 ตัน หนึ่งสำหรับน้ำเสียจากการรีดเนื้อยางพบว่าปริมาณค่อนข้างน้อย

ตาราง 2.3 แสดงสมบัติของน้ำเสียและน้ำที่ตรวจสอบ

จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	บีโอดี(มก./ล.)		SS (มก./ล.)		พีเอช	
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสียจากการผลิตน้ำยางชั้น	1,825-3,766	2390	1,082-3,130	2412	8.56-9.40	8.88
น้ำเสียจากการผลิตยางสกีเมตรพ	6,533-14,566	10489	456-933	728	1.87-6.87	4.47
น้ำเสียจากการผลิตยางแท่ง STR5	3,675-4,316	3922	449-975	709	4.16-5.47	4.35
น้ำเสียจากการผลิตยางแท่ง STR2	916	916	424	424	8.26	8.26
น้ำเสียจากการผลิตยางแผ่นรมควัน	1075	1075	453	453	7.80	7.80
น้ำเสียรวมก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย	2,433-7,214	4933	757-2,759	1498	5.65-8.60	6.64
น้ำเสียภายหลังผ่านบ่อดักยาง	1,933-4,850	3171	187-635	433	4.21-8.15	6.11
น้ำเสียหลังผ่านการบำบัดน้ำเสีย	28-1,270	248	82-357	188	7.55-9.48	8.49

ที่มา: วันชัย แก้วยอด ,2540 (ศึกษาจากการผลิตใน 1 โรงงาน)

จากตาราง 2.3 สมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตต่างๆ ของกลุ่มโรงงานที่ศึกษาจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ

น้ำเสียจากการผลิตน้ำยางชั้นมี บีโอดีเฉลี่ย 2,390 มก./ล. และมี SS เฉลี่ย 2,412 มก./ล. ขณะที่น้ำเสียจากการผลิตยางสกีเมตรพมีค่า บีโอดีเฉลี่ย 10,489 มก./ล.แต่มี SS เฉลี่ยเพียง 728 มก./ล สาเหตุเกิดจากน้ำเสียจากการผลิตน้ำยางชั้นได้มีอนุภาคของเนื้อยางปนเปื้อนอยู่มาก ในขณะที่น้ำเสียจากการผลิตยางสกีเมตรพเกิดขึ้นจากการแยกเนื้อยางออกจากหางน้ำยางโดยใช้กรด จึงทำให้อนุภาคเนื้อยางปะปนเหลืออยู่ในน้ำเสียน้อย รวมถึงอนุภาคของแข็งอื่นๆ ได้ถูกทำให้ตกตะกอนในบ่อดักและบ่อบำบัด ฉะนั้นน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจึงมี SS น้อยกว่า และการที่น้ำเสียจากการผลิตยางสกีเมตรพมีค่า บีโอดี สูงเนื่องจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีส่วนของน้ำซีรัมปนเปื้อนสูงกว่า จึงทำให้ค่า บีโอดี ของน้ำเสียจากการผลิตยางสกีเมตรพ มีค่าสูงกว่าน้ำเสียจากการผลิตน้ำยางชั้น ส่วนค่า พีเอช ของน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตต่างๆ จะมีความแตกต่างกันไปตามประเภทการผลิต ทั้งนี้สืบเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในการผลิตเป็นสำคัญ เช่น น้ำเสียจากการผลิตน้ำยางชั้นมี พีเอช สูงเนื่องจากการปน

เป็นด้วยสารแอมโมเนียที่ใช้เพื่อรักษาสภาพน้ำยาง ขณะที่น้ำเสียจากการผลิตยางสกิมเครพ มีค่า พีเอช ต่ำเนื่องจากการใช้น้ำกรดเพื่อการจับตัวของเนื้อยางปะปนอยู่ด้วย

สำหรับน้ำเสีรวมก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของกลุ่มโรงงานที่ศึกษาพบว่า มีค่า บีโอดี เฉลี่ย 4,933 มก./ล. และ SS เฉลี่ย 1,498 มก./ล. ค่า บีโอดี และ SS ของน้ำเสีรวมจะมีความแตกต่างกันในแต่ละโรงงาน ขึ้นอยู่กับชนิดของกรรมวิธีการผลิตของโรงงานนั้นๆ เป็นสำคัญโรงงานที่มีการผลิตน้ำยางข้นและยางสกิมเครพจะมีค่า บีโอดี และ SS สูงกว่าโรงงานที่มีการผลิตยางแท่ง STR5L , STR20 หรือยางแผ่นรมควันรวมอยู่ด้วย (ดูข้อมูลเพิ่มเติมในภาคผนวก ข) นอกจากนี้ยังพบความแตกต่าง ของลักษณะสมบัติน้ำเสียจากกระบวนการผลิตประเภทเดียวกันแต่ต่างโรงงานกัน ทั้งนี้เกิดจากความแตกต่างในเทคนิคและรายละเอียดในขั้นตอนการผลิตของแต่ละโรงงานนั่นเอง สำหรับน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละโรงงานคือมีค่า บีโอดี ระหว่าง 28 - 1,270 มก./ล. มีค่า SS ในช่วงระหว่าง 82 - 357 มก./ล. ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการจัดการและประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในโรงงานนั้นๆ อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณของเสียสารอินทรีย์ในเทอม บีโอดี ที่เกิดขึ้นจากการผลิตประเภทต่างๆ ในกรณีที่ทำให้ผลผลิตยางพารา 1 ตันเท่ากันพบว่า การผลิตยางสกิมเครพเกิดของเสียในรูปสารอินทรีย์ที่ปะปนอยู่ในน้ำเสีสูงที่สุด คือ มีค่าประมาณ 395 กิโลกรัมสารอินทรีย์ต่อผลผลิตยางสกิมเครพที่ได้ 1 ตัน การผลิตน้ำยางข้น มีปริมาณของเสียอินทรีย์ในเทอมของ บีโอดี เกิดขึ้นจากการผลิตประมาณ 10 กิโลกรัมสารอินทรีย์ต่อผลผลิตที่ได้ 1 ตัน อย่างไรก็ตามยางสกิมเครพเป็นผลิตภัณฑ์ลอยได้จากการผลิตน้ำยางข้น ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าอุตสาหกรรมน้ำยางข้นทำให้เกิดของเสียในรูปของสารอินทรีย์ในน้ำเสีได้สูงมาก

น้ำเสีที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากการล้างเครื่องแยกและล้างพื้นบริเวณที่มีการปั่นแยก โดยลักษณะการทำงานพบว่าจะมีการหยุดเครื่องและล้างเครื่องปั่นทุกๆ 2 ชั่วโมง ในขั้นตอนของการล้างมีการใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกันไปตามวิธีการล้างและพฤติกรรมการใช้ น้ำของคณงาน ส่วนน้ำทิ้งที่เกิดจากการล้างบ่อพักน้ำยางและภาชนะบรรจุน้ำยาง จะมีปริมาณไม่มากนัก และมีการเกิดน้ำเสีในลักษณะเป็นครั้งคราว โดยเกิดจากการล้างวันละครั้งหลังการหยุดการผลิตในแต่ละวันหรือหลังจากนำน้ำยางสดมาเข้าสู่กระบวนการผลิต สำหรับน้ำทิ้งจากการล้างถังบรรจุน้ำยางข้นจะมีปริมาณค่อนข้างน้อย ทั้งนี้ในลักษณะการดำเนินการนั้นพบว่าหลายๆ วันจึงจะมีการล้างถังบรรจุน้ำยางข้นสักครั้งหนึ่ง

ธีรยศ วิทิตสุวรรณกุล (2538) พบว่าน้ำทิ้งในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะมีค่า บีโอดี และ ซีโอดี สูงมาก เนื่องจากส่วนประกอบต่างๆ ทั้งหมดของน้ำยางพาราที่เป็นซีรัมจะรวมตัวสะสมกันอยู่ในน้ำทิ้งที่ออกมาจากกระบวนการผลิต ส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำทิ้งซึ่งเป็นซีรัมที่ได้ จากการทำน้ำยางข้นจะมีคุณสมบัติดังแสดงในตาราง 2.4

ตาราง 2.4 คุณสมบัติของซีเมนต์ที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

ตัวแปร	ความเข้มข้น
พีเอช	4.77
ค่าบีไอดี (มก./ล)	13,670
ค่าซีไอดี (มก./ล)	32,690
ปริมาณของแข็งรวม (มก./ล)	42,500
ปริมาณของแข็งระเหย (มก./ล)	36,410
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มก./ล)	2,850
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มก./ล)	4,620

ที่มา : ธีรยศ วิทิตสุวรรณกุล, 2538

3. ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

น้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียมีลักษณะและปริมาณแตกต่างกันไปตามประเภทกรรมวิธีการผลิต รายละเอียดของเทคโนโลยีการผลิต พฤติกรรมการใช้น้ำของบุคลากรรวมทั้งขนาดกำลังการผลิตของแต่ละโรงงาน น้ำเสียจากการผลิตน้ำยางข้น (วันชัย แก้วชอด, 2540) มี บีไอดี ระหว่าง 1,825 - 3,766 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ระหว่าง 1,082 - 3,130 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งของแข็งแขวนลอยเหล่านี้ส่วนใหญ่จะเป็นอนุภาคของเนื้อยาง มี พีเอช ตั้งแต่ 8.56 - 9.40 ส่วนน้ำเสียจากการผลิตยางสกิมเครพมี บีไอดี ระหว่าง 6,533 - 14,566 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ระหว่าง 456 - 933 มิลลิกรัมต่อลิตร และมี พีเอช ระหว่าง 1.87 - 6.87 ยางสกิมเครพเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำยางข้น ดังนั้นการผลิตทั้ง 2 ประเภทจึงต้องควบคู่กันไปเสมอ น้ำเสียที่เกิดจากการผลิตน้ำยางข้นถูกปล่อยออกมาค่อนข้างต่อเนื่องตลอดทั้งวัน ขณะที่น้ำเสียจากการผลิตยางสกิมเครพถูกปล่อยออกมาเป็นครั้งคราวหรือเวลาสิ้นสุดการผลิตในแต่ละวัน ดังนั้นความแตกต่างของลักษณะของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ในช่วงเวลาที่ต่างกันจึงมีมาก โดยลักษณะของน้ำเสียจะเปลี่ยนแปลงจาก พีเอช สูงเป็นต่ำจาก บีไอดี ต่ำเป็นสูง และจากปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) มีความไม่สม่ำเสมอโดยสูงและต่ำอย่างทันทีทันใด จึงทำให้จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียต้องมีการปรับตัว เพื่อให้สามารถทนอยู่ในสภาพน้ำเสียที่แตกต่างกันของในรอบวันค่อนข้างมาก นอกจากนั้นความแตกต่างของพีเอช ยังส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของบ่อดักไขมันดีกว่าที่ควรจะเป็นด้วย วราภรณ์ ขจรไชยกุล (2531) กล่าวว่า อนุภาคของเนื้อยางในน้ำยางสดจะจับตัวกันและแยกตัวออกจากส่วนที่เป็น

ของเหลวเมื่อ พีเอช ถูกปรับให้มีความอยู่ระหว่าง 4.6 - 4.9 ดังนั้นจึงคาดว่า พีเอช ที่เหมาะสมต่อการจับตัวกัน และแยกตัวลอยขึ้นมาของเนื้อยางในน้ำเสีย น่าจะอยู่ในช่วงดังกล่าวด้วย ประสิทธิภาพในการทำงานของบ่อดักขางจึงดีที่สุดที่จุดเมื่อน้ำเสียมี พีเอช ประมาณ 4.6-4.9 ดังนั้นเมื่อ พีเอช ของน้ำเสียมีความแปรผัน ไปจาก 4.6 - 4.9 มากเท่าไรก็จะยิ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของบ่อดักขางจะยิ่งด้อยลงมากขึ้น ความแตกต่างของลักษณะของน้ำเสียดังกล่าวจึงมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละช่วงเวลามีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของระบบน้ำเสียในแต่ละส่วนด้วย

ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ในน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตน้ำยางชั้นมีปริมาณแตกต่างกันตั้งแต่ 1,082-3,130 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นปริมาณที่สูง ที่สำคัญคือปริมาณของแข็งแขวนลอยเหล่านี้มีส่วนประกอบของเนื้อยางเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการหาวิธีการที่จะลดปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ปะปนอยู่ในน้ำเสียออกก่อนปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย นอกจากจะเป็นการลดภาวะการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียและเป็นการป้องกันการลอยสะสมของเนื้อยางในบ่อบำบัดน้ำเสีย อันเป็นการลดปริมาตรในการกักเก็บน้ำเสียของบ่อบำบัดน้ำเสียแล้ว ยังเป็นการนำเนื้อยางที่หลุดลอยออกไปเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีกด้วย ซึ่งจากการสำรวจเกือบทุกโรงงานมีการใช้บ่อดักขาง (rubber trap)

ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางโดยเฉพาะการผลิตน้ำยางชั้น น้ำเสียที่ออกมาจากกระบวนการผลิตจะมีลักษณะสมบัติโดยเฉลี่ยดังนี้ (คมศร สิทธิพงศ์, 2538)

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) อยู่ในช่วง 4-6
- ค่าสารแขวนลอย(SS) ประมาณ 2,000-3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ค่าความสกปรกในรูปบีโอดี (บีโอดี) ประมาณ 300-3,500 มิลลิกรัมต่อลิตร

พบว่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดไว้มาก จึงต้องมีกระบวนการบำบัดน้ำเสียมารองรับน้ำนั้นๆ ก่อนระบายออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางโดยทั่วไปมีขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 การบำบัดขั้นต้น (primary treatment)

1. บ่อดักเศษขาง (rubber trap) ทำหน้าที่แยกกากขางที่ออกมาจากน้ำเสียจากกระบวนการผลิต ซึ่งจะลดค่าความสกปรกของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ หากบ่อดักเศษขางมีประสิทธิภาพต่ำจะส่งผลกระทบต่อระบบบำบัดทางชีวภาพที่ต้องรับปริมาณความสกปรกมากขึ้น และถ้ามีค่ากินความสามารถรับของระบบ ก็จะทำให้มีปัญหาเรื่องเรื่องกลิ่น

2. ระบบปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง เนื่องจากน้ำเสียที่ออกมาจากบ่อดักขางยังคงมีสภาพเป็นกรด คือมีพีเอชประมาณ 3.5-5 จึงต้องมีขั้นตอนที่ทำการปรับพีเอชของน้ำเสียให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่จุลินทรีย์จะทำงานได้ดีที่สุด ซึ่งมักจะปรับพีเอชให้อยู่ในช่วง 6.5-8.5

3.2 การบำบัดขั้นทุติยภูมิ (secondary treatment)

เป็นระบบการบำบัดทางชีวภาพที่อาศัยกระบวนการทางชีววิทยาในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่อาจอยู่ในรูปสารละลายหรือสารแขวนลอย โดยใช้จุลินทรีย์ที่พบมากในน้ำเสียย่อยสลายทั้งในสภาวะที่ใช้อากาศ และไม่ใช้อากาศ

ระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น มักใช้วิธีทางชีววิทยา ซึ่งประกอบด้วยหลายขั้นตอนที่เป็นทั้งระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ และระบบบำบัดแบบใช้อากาศ ได้แก่ บ่อหมักไร้อากาศ (anaerobic pond) ได้แก่ บ่อกึ่งไร้อากาศ (facultative pond), บ่อแอโรบิก (aerobic pond) และบ่อเติมอากาศ (aerated lagoon) เป็นต้น ซึ่งระบบบำบัดที่เป็นที่นิยมใช้มักเริ่มด้วยบ่อหมักไร้อากาศเพราะใช้พลังงานน้อย การลดค่า บีโอดีประมาณ 60-80 % ในขั้นตอนนี้จะช่วยลดภาระของระบบบ่อเติมอากาศที่เป็นบ่อหลังๆ ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการบำบัด แต่บ่อไร้อากาศมีข้อเสียคือ เกิดปัญหาเรื่องกลิ่น จากแบคทีเรียประเภทไม่ใช้อากาศจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในสารประกอบเช่น ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ทำให้สารอินทรีย์สลายตัวให้พลังงาน และสารประกอบอื่นที่มักมีกลิ่นเหม็นเช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) (ชอบ บุญช่วย, 2541)

3.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีไม่ใช้ออกซิเจน เป็นวิธีที่ไม่ต้องเติมออกซิเจนหรือเรียกว่าระบบไม่ใช้ออกซิเจนอาจจะมีลักษณะเป็นถังหมักหรือเป็นระบบบ่อ วิธีนี้เริ่มนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น เพราะสามารถประหยัดพลังงานในการเติมอากาศ และในระบบถังหมักยังได้พลังงานที่เกิดจากระบบไม่ใช้ออกซิเจน ได้แก่ ก๊าซมีเทน (methane gas) ซึ่งเป็นก๊าซที่ใช้ในการหุงต้มทำอาหาร หรือนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต ปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปแบบของถังปฏิกริยาขึ้นมาเรื่อยๆ จนสามารถบำบัดน้ำเสียที่มี บีโอดีน้อย เช่น น้ำเสียจากชุมชน (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

3.3.1 กลไกการเปลี่ยนแปลงของระบบบำบัดแบบไร้อากาศ

มันสิน ตันจุลเวศน์ (2525) กล่าวว่าสภาพแวดล้อมแบบไร้ออกซิเจน หมายถึงสภาวะแวดล้อมที่มีออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำน้อยมากจนไม่เพียงพอสำหรับการดำรงชีวิตแบบใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ ในสภาวะเช่นนี้สารตัวสุดท้ายที่รับอิเล็กตรอนจะเป็นสารชนิดอื่นที่ไม่ใช้ออกซิเจน ถ้าสารรับอิเล็กตรอนเป็นสารอินทรีย์กระบวนการนี้เรียกว่าเฟอร์เมนเตชัน (fermentation) แต่ถ้าสารรับอิเล็กตรอนเป็นสารอนินทรีย์ (ที่ไม่ใช้ออกซิเจน) กระบวนการนี้เรียกว่าการหายใจแบบไร้ออกซิเจน (anaerobic respiration)

การบำบัดแบบไร้อากาศเป็นวิธีการที่ให้ผลดีกับการบำบัดของเสียอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งถูกเปลี่ยนให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน ประมาณ 80% ของพลังงานเคมี(ในรูปของสารอินทรีย์)อยู่ในรูปของการเกิดมีเทน

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีข้อดีว่าการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน (เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2524)คือ

1. ในปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายได้ประมาณ 80 - 90% จะถูกทำลายเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่นำไปสังเคราะห์สร้างเซลล์จึงมีน้อยมาก ส่วนในปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจนนั้น สารอินทรีย์ประมาณ 50% จะถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงมีปัญหากการบำบัดตะกอนน้อยมาก เมื่อเทียบกับปัญหากการบำบัดกากตะกอน ของการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน เช่น ระบบตะกอนเร่ง

2. ให้มวลชีวภาพ(biomass) ต่อหน่วยสารที่ใช้้น้อยกว่าจุลินทรีย์ที่ใช้้อากาศ(หมายความว่าความต้องการปริมาณอาหารเสริมเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และสารอาหารตัวอื่น จะน้อยกว่าในระบบใช้ออกซิเจน เพราะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมีอัตราต่ำกว่า

3. การที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียลงได้มาก และค่าลงทุนขั้นต้นสำหรับการจัดสร้างต่ำ

4.สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์(organic loading) สูงๆได้ เนื่องจากไม่มีข้อจำกัดเรื่องอัตราการถ่ายโอนออกซิเจน

5.เกิดตะกอนขึ้นน้อยกว่าการบำบัดแบบใช้อากาศ มีเซลล์เกิดใหม่ในปริมาณต่ำไม่ต้องการทำการหมุนเวียนตะกอน

6.การทำงานในระบบปิดให้ผลผลิตสุดท้ายที่มีประโยชน์ เช่น ก๊าซมีเทน

แต่การไม่ใช้ออกซิเจนก็มีปัญหาที่สำคัญคือ แบคทีเรียที่ใช้ในการบำบัดเจริญเติบโตช้า ในการเริ่มต้นระบบบำบัด(start-up) จึงต้องใช้เวลานาน และระบบบำบัดปรับตัวได้ไม่ดี ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำเสียปริมาณ บีโอดี อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมอื่นๆ นอกจากนี้ในการบำบัดจะเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งทำให้มีกลิ่นเหม็น และน้ำเสียอาจมีสีดำ

☞ เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานอาหารจะมีปริมาณสารประกอบซัลไฟด์สูง ทำให้เกิดปัญหาในระบบบ่อไร้อากาศ เมื่อแบคทีเรียประเภทไม่ใช้อากาศเช่น Sulfate reducing bacteria ทำการย่อยสารอินทรีย์โดยใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในสารประกอบเช่น ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ทำให้สารอินทรีย์สลายตัวให้พลังงาน และสารประกอบอื่นที่มักมีกลิ่นเหม็นเช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

บ่อหมักไร้อากาศ (anaerobic pond) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบไม่ใช้อากาศรูปแบบหนึ่งซึ่งนิยมใช้กันมากเพราะสามารถประหยัดพลังงานในการเติมอากาศระบบทำงานได้โดยแบคทีเรีย 2 ประเภท คือ พวกที่ไม่สร้างมีเทน (non-methanogenic bacteria) และพวกที่สร้าง

มีเทน (methanogenic bacteria) แบคทีเรียจะย่อยสลายสารอินทรีย์และอนินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้อากาศ และอื่นๆ (Metcalf and Eddy, 1991) ลักษณะของบ่อหมักไร้อากาศแสดงดังตาราง 2.5

ตาราง 2.5 ลักษณะของบ่อหมักไร้อากาศ

ขนาดพื้นที่บ่อ	2,000-8,000 ตร.ม.
ระยะเวลาที่เก็บ	20-50วัน
ความลึกของน้ำในบ่อ	2.5-5.0 ม.
พีเอช	6.2-7.2
อุณหภูมิที่เหมาะสม	30 ^o ซ
ภาระ บีโอดี	0.22-0.56 กก./วัน(1,000 ม. ²)
ประสิทธิภาพในการกำจัด บีโอดี	50-85%

ที่มา : เกรียงไกร อุคสมสินโรจน์, 2537

ขั้นตอนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากศานั้นเริ่มจากแบคทีเรียที่สร้างกรด (acidogenic bacteria) จะย่อยสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กเช่น น้ำตาล กรดอะมิโน และกรดไขมัน ให้กลายเป็นกรดไขมันระเหยได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทิริก และตัวอื่นๆ ทำให้น้ำเสียมีกลิ่นเปรี้ยว และมีพีเอชลดลง กรดไขมันระเหยเหล่านี้จะเป็นสารกึ่งกลางที่สำคัญและสารกึ่งกลางที่พบมากที่สุดคือ กรดอะซิติก ซึ่งจะถูกย่อยสลายต่อไปโดยแบคทีเรียที่สร้างมีเทน ซึ่งได้แก่แบคทีเรียในสกุล Methanobacterium Methanosarcina และ Methanococcus โดยจะเปลี่ยนกรดอะซิติกให้เป็นมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทนนี้เจริญได้เฉพาะในสภาวะที่ไร้อากาศเท่านั้น สามารถเจริญได้ดีในช่วงพีเอช 6.8-7.2 เจริญได้ทั้งช่วงอุณหภูมิปานกลาง (15-40^oซ) และช่วงอุณหภูมิสูง (55-65^oซ) แบคทีเรียกลุ่มนี้มีการเจริญเติบโตช้า และมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมน้อยมาก (Novaes, 1986 and Ronald, 1981)

ส่วนแบคทีเรียอื่นๆจะย่อยสลายสารอินทรีย์ ให้สารที่มีกลิ่นเหม็นต่างๆ เช่นแอมโมเนีย, อินโดล(indole), skatal, mercaptan, aldehyde และไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นผลให้น้ำที่มีกลิ่นเหม็นนำและสีดำเกิดขึ้น (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534)

ถ้าการบำบัดไร้อากาศเกิดขึ้นสมบูรณ์ผลสุดท้ายเป็นพวกมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และเซลล์ใหม่ การเกิดสลายตัวไม่สมบูรณ์เกิดเนื่องจากสภาวะแวดล้อมหรือมีตัวยับยั้ง ซึ่งทำให้เกิดผลผลิตตัวกลาง (intermediate product) เช่น กรด ไขมันระเหยง่าย แอลกอฮอล์ แอมโมเนีย

กระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศพิจารณาได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ non-methanogenic phase ตามด้วย methanogenic phase หรือพิจารณาเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ hydrolysis ตามด้วย acid forming ซึ่งจัดเป็น non-methanogenic phase และ methane formation ซึ่งเป็น methanogenic phase

หลักการบำบัดของระบบนี้ คือ ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่มีโมเลกุลใหญ่ ๆ ไปเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กลงเรื่อย ๆ โดยอาศัยปฏิกิริยาชีวเคมี (ภาพประกอบ 2.3) ซึ่งแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน (เพชรพร เขวากิจเจริญ, 2538)

ขั้นที่ 1 กระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis)

ในขั้นนี้ สารประกอบอินทรีย์ประเภทซับซ้อนไม่ละลายน้ำเช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน จะถูกทำให้ละลายน้ำโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งใช้เอนไซม์ที่ขับออกมาสู่ภายนอกเซลล์ของแบคทีเรียเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลของปฏิกิริยาจะได้สารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ซับซ้อน และละลายน้ำได้เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน กรดไขมัน ในขั้นตอนกระบวนการนี้ เป็นเพียงการเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ที่ซับซ้อน ไปเป็นสารประกอบอินทรีย์อย่างง่าย ยังไม่มีการลดซีโอดีในขั้นตอนนี้

ขั้นที่ 2 กระบวนการอะซิโดเจเนซิส (acidogenesis)

สารประกอบอินทรีย์อย่างง่ายที่ละลายน้ำ ที่สร้างขึ้นโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส จะถูกแบคทีเรียประเภทที่ดำรงชีพอยู่ได้ทั้งสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจนอิสระ (facultative bacteria) ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงาน โดยกระบวนการเฟอร์เมนเตชัน (fermentation) ผลของปฏิกิริยาจะได้กรดระเหยที่มีคาร์บอนไม่เกิน 5 คาร์บอน เช่น กรดอะซิติก (acetic acid) กรดโพรไพโอนิก (propionic acid) กรดบิวไทริก (butyric) และกรดวาเลอริก (valeric acid) แบคทีเรียชนิดนี้เรียกว่า แบคทีเรียพวกสร้างกรด (acid former หรือ non-methanogenic bacteria) ซึ่งชนิด ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ และสภาพแวดล้อมของปฏิกิริยาจะเป็นปัจจัยที่กำหนดชนิดของแบคทีเรีย

ขั้นที่ 3 กระบวนการอะซิโดเจเนซิส (acetogenesis)

กรดระเหยที่เกิดขึ้นจากกระบวนการอะซิโดเจเนซิส จะถูกเปลี่ยนโดยแบคทีเรียไฮโมอะซิโดเจเนติก (homoacetogenic bacteria) ให้เป็นอะซิเตต (acetate) ฟอร์มเมต (formate) ไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญในการสร้างมีเทน ปฏิกิริยานี้ถือเป็นปฏิกิริยาที่สำคัญ ในการลดปัญหาการสะสมของกรดระเหย และไฮโดรเจนในปริมาณที่สูง ที่เป็นสาเหตุยับยั้งกระบวนการสร้างมีเทนได้ แบคทีเรียกลุ่มนี้อาจเรียกว่า แบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจน (hydrogen forming bacteria) เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจนมักสร้างกรดอินทรีย์ได้ แต่ตัวที่สร้างกรดได้อาจไม่สามารถสร้างไฮโดรเจน จึงถือว่า แบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจนเป็นชนิดของแบคทีเรียที่สร้าง

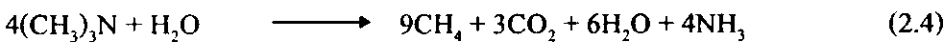
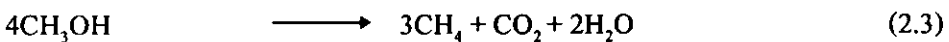
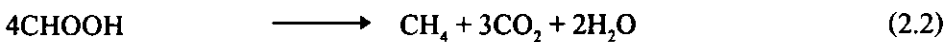
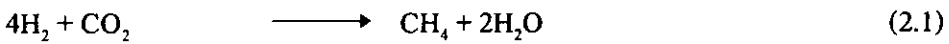
กรด แบคทีเรียทั้งสองชนิดอาจเรียกรวมได้ว่าเป็นแบคทีเรียที่ไม่สร้างมีเทน (non-methanogenic bacteria)

ขั้นที่ 4 กระบวนการสร้างมีเทน (Methanogenesis)

ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ กรดฟอร์มิก และกรดอะซิติก ซึ่งเป็นผลปฏิกิริยาของแบคทีเรียที่สร้างกรด และไฮโดรเจน จะถูกใช้โดยแบคทีเรียอีกประเภทหนึ่งเพื่อสร้างมีเทน แบคทีเรียประเภทนี้ เรียกว่า แบคทีเรียสร้างมีเทน (methanogenic bacteria)

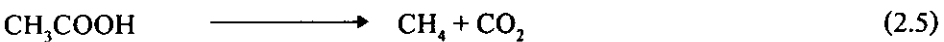
3.3.1.1 ชีวิตเคมีของกระบวนการสร้างมีเทน

methanogenic bacteria ส่วนใหญ่เป็นพวก *Methanobacterium* , *Metranosacina* , *Methanospirillum* และ *Methanococcus* ซึ่งมีความสามารถในการใช้สารอาหาร ได้จำกัด ได้แก่ $\text{CO}_2\text{-H}_2$, formate, acetate, methanol, methylamines และ CO ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงแสดงได้ดังนี้



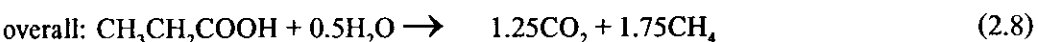
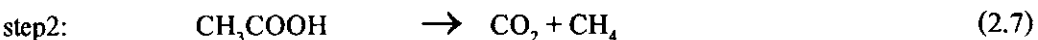
และดำรงชีวิตอยู่ได้ในที่ที่ไม่มีออกซิเจนเท่านั้น เป็นแบคทีเรียที่มีความไวต่อออกซิเจนมาก นอกจากนี้แบคทีเรียยังไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีถ้า Redox Potential ในสารละลายตัวกลางมีค่าต่ำกว่า - 500 mV แต่ยังคงต้องการสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโต คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และซัลไฟด์ แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจนที่จำเป็น แต่ไม่สามารถใช้กรดอะมิโนหรือเปปไทด์ได้ ซัลไฟด์เป็นแหล่งซัลเฟอร์ที่สามัญที่สุด บางชนิดสามารถใช้ cysteine แทนได้

การสร้าง มีเทนจาก กรดอะซิติก เป็นกระบวนการขั้นตอนเดียวเกิดจาก 1 กลุ่มของ methanogenic bacteria



methane formation จาก propionic acid เป็นกระบวนการ 2 ขั้นตอนเกิดจาก methanogenic bacteria 2 กลุ่ม และมี acetic acid เป็นสารตัวกลาง (intermediate step)

step 1:

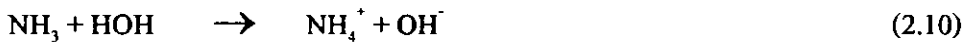


ใน overall anaerobic fermentation ของคาร์โบไฮเดรตเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทน ปริมาณก๊าซที่ได้เท่ากัน

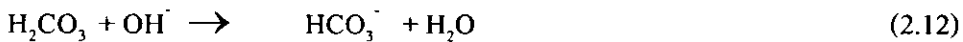


ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนละลายทำปฏิกิริยากับไฮดรอกไซด์ไอออน (OH⁻) ในระบบกลายเป็นไบคาร์บอเนตไอออน (bicarbonate ion, HCO₃⁻) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นกับพีเอช, ไบคาร์บอเนตไอออน, อุณหภูมิและองค์ประกอบของสาร

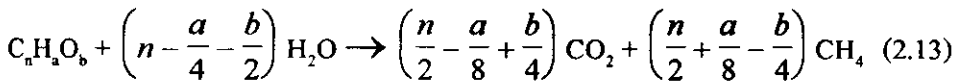
การย่อยโปรตีนได้แอมโมเนียซึ่งทำปฏิกิริยากับน้ำ



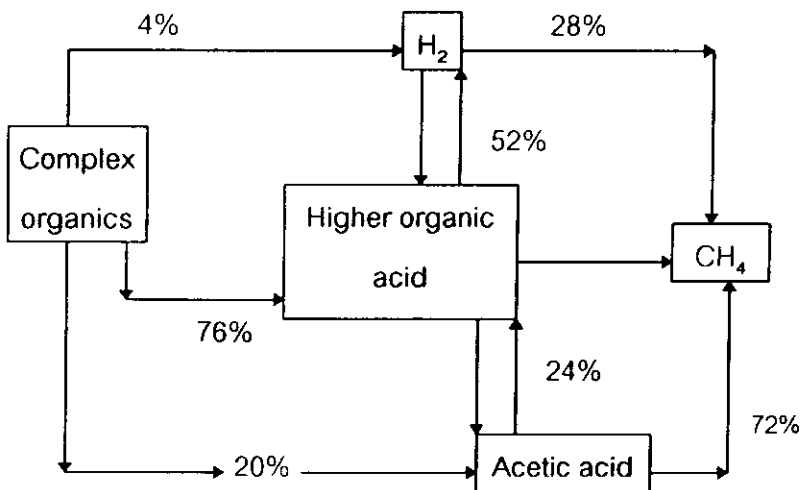
ซึ่งเป็นแหล่งของไฮดรอกไซด์ไอออนที่ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างปฏิกิริยา methanogenesis เพื่อเกิดเป็นไบคาร์บอเนตไอออน



การใช้ประโยชน์ของสารอินทรีย์ในน้ำเสียสัมพันธ์โดยตรงกับการผลิตมีเทน ซึ่งชนิดของสารเคมีที่แท้จริงในตะกอนชั้นทำให้ทราบปริมาณมีเทนที่ผลิตได้โดยสมการต่อไปนี้



การผลิตมีเทนตามทฤษฎีจากกระบวนการ stabilization ที่สมบูรณ์ 1 กิโลกรัม ซีโอดี ได้มีเทน 0.348 ลม.ขม. ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน McCarty (1981) เสนอ แผนภูมิเชิงปริมาณของกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารเป็นมีเทน ดังภาพประกอบ 2.3



ภาพประกอบ 2.3 ขั้นตอนการเกิดมีเทน

ที่มา : McCarty (1981)

3.3.1.2 ขั้นตอนควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยา(overall rate controlling step) ขั้นตอน

ดังนั้นขั้นตอนการควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเป็นขั้นตอนที่เกิดได้ยากกว่า การควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศขึ้นกับชนิดของสารประกอบ รูปแบบกระบวนการ อุณหภูมิ และอัตราการป้อนปริมาณสารอาหาร โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมที่น้ำเสียประกอบด้วยปริมาณแอมโมเนียและน้ำตาลสูงๆ ในขั้นตอนแรกสารเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนเป็นกรดระเหยอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการสะสมของกรดระเหย ส่วนขั้นตอนของการเปลี่ยนกรดระเหยเป็นมีเทนนั้นจะเกิดยากกว่า ขั้นตอนการควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงเป็นการเกิดมีเทน และอีกประการหนึ่งคือโดยทั่วไปแล้ว acid fermenting bacteria ทนต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชและอุณหภูมิ และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่า methane fermenting bacteria ทำให้ methanogenic bacteria เป็นปัจจัยหลักในการควบคุม overall rate ของระบบบำบัดไร้อากาศ ในทางตรงกันข้ามในน้ำเสียที่มีองค์ประกอบซับซ้อนที่มีช่วงของอัตราการย่อยสลายต่อเนื่องที่มีอัตราการป้อนสารอาหารต่ำๆ ขั้นตอนการควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยา คือขั้นตอนการเกิดกรด เนื่องจากมีความเข้มข้นของกรดระเหยต่ำ

3.3.1.3 การเกิดซัลไฟด์ (sulfide production)

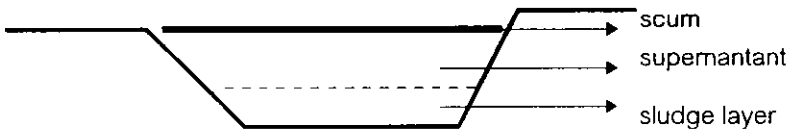
anaerobic bacteria สร้างซัลไฟด์ได้ 2 วิธี โปรตีนถูกย่อยเป็นกรดอะมิโนซึ่งประกอบด้วย

ซัลไฟด์ เช่น cysteine , cystine และ methionine ถูกย่อยต่อไปเป็นซัลไฟด์ anaerobic bacteria ส่วนใหญ่สามารถผลิตซัลไฟด์จากโปรตีนได้ เช่น Proteus, Bacteroides และ Clostridium บางชนิดในระบบบำบัดน้ำเสีย ซัลไฟด์ส่วนใหญ่ผลิตจาก sulphate reduction จาก anaerobic sulphate - splitting bacterium เช่น Desulforibrio desulfuricans แต่มีความสามารถใช้คาร์บอนได้จำกัดเช่น lactate, malate และอาศัยผลผลิตจากแบคทีเรียชนิดอื่นที่สามารถใช้ประโยชน์จากพวก more complex organic compound เมื่อมีโลหะหนักปนอยู่ด้วยจะเกิดซัลไฟด์ในรูปเกลือที่ไม่ละลายน้ำ การเปลี่ยนสีเป็นสีดำในบ่อหมักไร้อากาศ ซึ่งเกี่ยวข้องกับอย่างมากกับการก่อสารประกอบ ferrous sulfide ถ้าไม่มีโลหะอยู่ซัลไฟด์ที่หนีเข้าไปในน้ำหรือบรรยากาศเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในสภาพไร้อากาศ sulphate reduction เป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์มีความสามารถในการแย่งชิงอิเล็กตรอนมากกว่า methane production sulphate reduction มีค่า Half-saturation constant , K_s (ความเข้มข้นของสารประกอบที่จุลินทรีย์สามารถใช้ที่ครึ่งหนึ่งของอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงสุด)น้อยกว่า ดังนั้นที่ความเข้มข้นของไฮโดรเจนและอะซิเตตจำกัดปฏิกิริยาการเกิดซัลไฟด์จะเกิดขึ้นมากกว่าการเกิดมีเทน การปล่อยไฮโดรเจนซัลไฟด์ในบรรยากาศขึ้นกับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ความดัน อุณหภูมิ และพีเอช ไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้กลิ่นที่ไม่ต้องการ ซัลไฟด์เป็นสาเหตุของการกัดกร่อนของท่อคอนกรีต และมีความเป็นพิษสูงโดยเฉพาะในสภาวะปิด จะเป็นอันตรายต่อระบบและอวัยวะการหายใจของคนและสัตว์ ซัลไฟด์ถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานโดย sulfur oxidizing bacteria หรือเป็น electron doner โดยแบคทีเรียที่สังเคราะห์แสงได้บางชนิด

3.3.2 ลักษณะของบ่อไร้อากาศ

ในการบำบัดแบบบ่อไร้อากาศ การถ่ายเทออกซิเจนผ่านผิวน้ำ-อากาศในบ่อไร้อากาศ ไม่มีความสำคัญมากนัก ดังนั้นสามารถทำให้มีความลึกถึง 4.5 เมตร เพื่อลดอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรให้มีการสูญเสียความร้อนน้อยที่สุด การเกิดชั้นของตะกอนชั้นใช้เวลาหลายเดือนในการสร้างถึงจะมีปริมาณเพียงพอที่จะทำให้ระบบสามารถที่จะมีประสิทธิภาพได้ บ่อจะแบ่งเป็น 3 ชั้น

1. ชั้นผิวน้ำ(scum layer)
2. ชั้นน้ำใส(supernatant layer)
3. ชั้นตะกอน(sludge layer)



ภาพประกอบ 2.4 ภาพตัดขวางบ่อไร้อากาศ

ที่มา : Warren และ Mark (1985)

ชั้นผิวน้ำหรือชั้นฝ้าซึ่งเกิดบนผิวน้ำบ่อมีความหนา 40-60 มิลลิเมตร ทำหน้าที่เป็นฉนวนให้กับบ่อ ป้องกันการเกิดการสูญเสียความร้อน กำจัดกลิ่นและป้องกันการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างผิวน้ำอากาศกับน้ำเพื่อรักษาสภาพไร้อากาศให้กับชั้นน้ำใส ระบบจะให้ประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อทางเข้าน้ำเสีย (influent) อยู่กึ่งกลางบ่อและอยู่ใกล้กับบ่อเพื่อให้ น้ำเสียได้มีโอกาสสัมผัสกับตะกอนแบคทีเรียที่ใกล้กับบ่อ ทางน้ำออกควรป้องกันการลัดวงจรของของเหลว ทางน้ำล้นทั่วไปเป็น manhole หรือ โครงสร้างลักษณะกล่อ่ง ประกอบด้วย multiple-valued-draw-off-line เพื่อความเหมาะสมถ้าต้องการพื้นที่บ่อเกิน 6 เอเคอร์ ควรจะมีหลายๆบ่อ ซึ่งสามารถทำงานอย่างอิสระเป็นแบบอนุกรมหรือขนาน ถ้าพื้นที่บ่อเป็นดินร่วนซุย ก้นบ่อและด้านข้างควรมีการปูพื้นปิด เพื่อป้องกันการเกิดมลภาวะน้ำใต้ดิน สารที่ใช้เคลือบโดยทั่วไปใช้ดินเหนียวเบนโทไนต์ (bentonite) และพื้นที่รอบๆบ่อควรมีการปลูกหญ้าคลุม

3.3.3 สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการบำบัดแบบบ่อไร้อากาศ

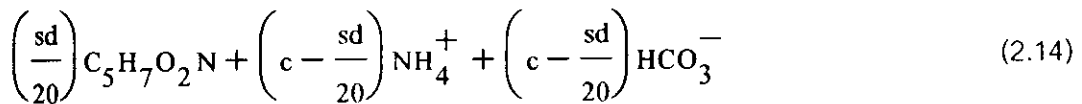
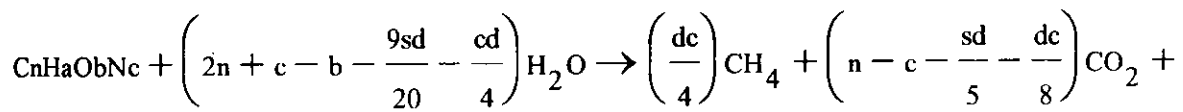
1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาชีวเคมีของระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ในการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าววิธีไม่ใช้ออกซิเจน จะต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังนี้ (เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์, 2539)

1.1 อุณหภูมิ การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนมีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ 2 ช่วง คือระหว่าง 30-38°C จุลชีพที่ทำงานในช่วงนี้เรียกว่าเมโซฟิลิก แบคทีเรีย (Mesophillic bacteria) และอุณหภูมิระหว่าง 48-57°C จุลชีพที่ทำงานในช่วงนี้เรียกว่า เทอร์โมฟิลิก แบคทีเรีย (Thermophillic bacteria) โดยที่การทำงานของจุลชีพในช่วงเทอร์โมฟิลิกดีกว่าเมโซฟิลิก

1.2 ค่าพีเอชที่เหมาะสม ในระบบนี้ ต้องควบคุมให้อยู่ประมาณ 6.6 - 7.2 เพราะ ถ้า พีเอช ต่ำกว่า 6.6 จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติ และจะเกิดกลิ่นเหม็น ร้อน ๆ กับมีฝ้าตะกอนลอยขึ้นมามากมาย (ถ้าในระบบมีตะกอนมาก) และเมื่อ พีเอช สูงกว่า 7.5-8.0 จะทำให้แบคทีเรียประเภทที่ช่วยผลิตก๊าซมีเทนมีน้อยลง และเชื้อขี้ และถ้ามี พีเอช สูงขึ้นถึง 9.0 ระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์จะไม่ทำงานนั่นคือ การบำบัด บีโอดี ของน้ำเสียน้อยลงอย่างมาก ดังนั้นค่า พีเอช ที่นิยมใช้ควบคุมระบบแบบไร้อากาศอยู่ในช่วง 6.8-7.2 ซึ่งสามารถทำได้โดย ควบคุมปริมาณกรดระเหย (volatile acid) และปริมาณค่าคง โดยให้อัตราส่วนระหว่าง volatile acid กับสภาพความเป็นเบส ไม่เกิน 0.3-0.4

1.3 สารอาหารจำเป็นสำหรับสร้างเซลล์จุลินทรีย์ ปริมาณธาตุไนโตรเจนและ ฟอสฟอรัส ที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียอุตสาหกรรมสามารถคำนวณ ได้อย่างง่าย ๆ (McCarty, 1972)



เมื่อ $d = 4n + a - 2b - 3c$

$s =$ fraction of waste synthesized

$C_nH_aO_bN_c =$ สูตร โมเลกุลของสารอินทรีย์ที่ถูกย่อย

อย่างไรก็ตาม Speece และ McCarty(1964) แสดงให้เห็นว่าอย่างน้อยที่สุดต้องมีอัตราส่วน ดังนี้ บีโอดี:N:P เท่ากับ 100:1.1:0.2 ระบบบำบัดแบบไร้อากาศให้ปริมาณจุลินทรีย์ส่วนเกินน้อย กว่าระบบที่ใช้อากาศมาก ดังนั้นจึงมีปัญหาในการกำจัดตะกอนส่วนเกินน้อยกว่า

1.4 แร่ธาตุ เนื่องจากการขาดความเข้าใจใจเรื่องของธาตุสารอาหาร (ธาตุบาง ชนิดที่สัตว์และพืชต้องการเพียงเล็กน้อย) ของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน จึงกลายเป็นอุปสรรคสำคัญ ในการนำระบบไร้อากาศมาใช้ พบว่าความล้มเหลวของระบบบำบัดไร้อากาศไม่ได้เกิดจากการเป็น พิษตามธรรมชาติเพียงอย่างเดียวแต่รวมถึงการขาด ธาตุสารอาหาร ด้วย สังเกตได้จากการเพิ่มขึ้น อย่างไม่มีสาเหตุของกรดระเหย การมีธาตุ โลหะบางตัวไม่เพียงพออาจเป็นเหตุผลว่าทำไมน้ำเสีย จากการแปรรูปอาหาร (ซึ่งประกอบด้วยสสารที่ย่อยสลายได้ง่ายและรวดเร็ว) จึงไม่สามารถทำให้ เกิดก๊าซมีเทนได้ดี Lannotti และคณะ (1978) รายงานว่า ในระบบบำบัดที่ล้มเหลวพบว่ามึระดับ

กรดที่จะเปลี่ยนกรดเป็นอะซิเตดและไฮโดรเจน ในภาวะที่ระดับของ higher volatile acid เพิ่มขึ้นนี้อาจมีผลรบกวนการขาดแคลนสารอาหารในแบคทีเรียที่สร้างมีเทน (Hydrogen-utilizing methanogen) ซึ่งต้องรักษาระดับไฮโดรเจนให้ต่ำพอที่จะยอมให้มีการเปลี่ยนกรดให้เป็นพลังงานระดับอะซิเตดที่สูงขึ้นมีผลต่อการเกิดมีเทนของจุลินทรีย์ ธาตุที่จำเป็น 4 ตัว ได้แก่ เหล็ก, โคบอล, นิกเกิลและซัลไฟด์ จำเป็นสำหรับ methanogen ที่จะเปลี่ยนอะซิเตด เป็นมีเทน

1.5 สารพิษ ในระบบบำบัดต้องไม่มีสารพิษต่อจุลินทรีย์ในระบบบ่อก๊าซ เช่น โลหะหนักต่างๆ กลีโอสีนทรีย์ เป็นต้น ความรุนแรงของพิษขึ้นกับชนิดและความเข้มข้นของสารนั้นๆ การปรับพีเอช ทำโดยการเติมปูนขาวหรือแอมโมเนีย(การเติมปูนขาวเป็นที่นิยมกว่า) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในปูนขาวอาจเป็นสาเหตุของปัญหาได้ถ้าเติมในปริมาณมากเกินไป ความเข้มข้นของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิกรัม / ลิตร) ที่มีผลต่อการยับยั้งการสร้างมีเทนคือ 2500 - 4500 มก/ล. (ยับยั้งปานกลาง) 8000 มก/ล. (ยับยั้งอย่างมาก) ส่วนแอมโมเนียมีความเป็นพิษที่ความเข้มข้นระดับ 2 กรัม / ลิตรหรือมากกว่า ดังนั้นการปรับค่าพีเอช อาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาได้ถ้าไม่มีการระมัดระวัง ถ้ามีปริมาณสารพิษมากเกินไป จะมีผลต่อระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียดังตาราง 2.6

ตาราง 2.6 ปริมาณสารพิษที่มีผลต่อระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

สารพิษ	ปริมาณที่มีผลต่อระบบบำบัด (มก./ล.)
Na ⁺	> 3500
K ⁺	> 2500
Ca ⁺	> 2500
Mg ⁺	> 1000
NH ₃ -N	> 1500

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์, 2539

1.6 ก๊าซ ก๊าซที่ผลิตได้จากกระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีหลายชนิด เช่น ก๊าซมีเทนประมาณ 70% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ 30% และก๊าซอื่น ๆ (ไนโตรเจน, ไฮโดรเจน, ไฮโดรเจนซัลไฟด์) อีกเล็กน้อย ปริมาณของก๊าซที่ผลิตออกมาได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารอินทรีย์และชนิดของน้ำเสีย และพบว่าก๊าซที่ผลิตได้นี้สามารถนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้คือ 0.5 ลูกบาศก์เมตร ของก๊าซที่ผลิตได้ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 1.0 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง เมื่อกล่าวถึงปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตออกมาได้ โดยเปรียบเทียบกับ บีโอดี จะได้ 1 กิโลกรัมของ บีโอดี สามารถผลิตก๊าซได้ประมาณ 0.35 ลูกบาศก์เมตร

1.7 สภาพความเป็นกรดเป็นเบส ค่าความเป็นกรดเป็นเบสในระบบ มีความ

สำคัญมากต่อระบบบำบัดแบบนี้ โดยค่า ความเป็นด่าง สำหรับแสดงความเป็นเบส และค่า Volatile Acids สำหรับแสดงความเป็นกรด และพบว่าค่า ความเป็นเบส ควรอยู่ระหว่าง 1000 - 5000 มก./ล. ของ CaCO_3 โดยค่าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 2000 - 3000 มก./ล. ของ CaCO_3 สำหรับค่า Volatile Acids ควรอยู่ในช่วง 50 - 500 มก./ล. ของ CH_3COOH และมีค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ในระบบเท่ากับ 2000 มก./ล. ของ CH_3COOH

2.สาเหตุที่ทำให้เกิดความคั่งยเสถียรภาพ

2.1ความจำเป็นที่ต้องมีแบคทีเรีย ชนิดที่ใช้ในการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน

โดยแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1 กลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรด (acid forming bacteria) จัดเป็น facultative anaerobic bacteria ซึ่งไม่ต้องการออกซิเจนอิสระ แต่สามารถทนได้ถ้ามีปริมาณน้อย ๆ แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ขนาดใหญ่ในน้ำเสีย ให้มีขนาดเล็กลงจนเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile acid) แบคทีเรียกลุ่มนี้มักพบในน้ำเสียทั่ว ๆ ไป เช่น Bacillus, Proteus, Clostridium และ Coliform Bacteria ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ กลุ่มแบคทีเรียพวกนี้จะทำการย่อยสลายสารเหล่านี้ให้มีโมเลกุลเล็กลง โดยการปล่อยน้ำย่อยออกมาจากเซลล์เอนไซม์นั้นมีหลายชนิดด้วยกัน ขึ้นอยู่กับประเภทของสารที่ละลาย โดยโปรตีนจะถูกย่อยสลายให้เป็นกรดอะมิโน คาร์โบไฮเดรตถูกย่อยสลายเป็นน้ำตาล กลูโคส ไขมันถูกย่อยสลายให้เป็นกรีเซอร์ออลและกรดไขมัน หลังจากนั้นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กเหล่านี้จะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรีย แล้วถูกย่อยสลายต่อไปให้เป็นกรดระเหยง่าย (Volatile Acid) แอลกอฮอล์ คาร์บอนไดออกไซด์ และแอมโมเนีย พร้อมทั้งมีการสร้างเซลล์ใหม่ขึ้นมาด้วย

กรดระเหยง่ายที่เกิดขึ้นในขั้นแรกนี้ ได้แก่ กรดฟอร์มิก กรดอะซีติก กรดโพรไพโอนิก กรดบิวไทริก กรดวาเลอริก และกรดไอโซวาเลอริก ซึ่งจะถูกย่อยสลายต่อไปเป็นกรดอะซีติกและกรดโพรไพโอนิกเป็นส่วนใหญ่ จากนั้นจะเป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ แต่บางครั้งการย่อยสลายสารเหล่านี้ไม่เป็นไปตามขั้นตอนนี้ เช่น การย่อยสลายน้ำตาลกลูโคสที่ไม่ถูกย่อยเป็นกรดไพรูวิก เนื่องจากเกิดการแตกตัวของกลูโคส ภายใตสภาวะไม่มีก๊าซออกซิเจน จะได้กรดอะซีติก 2 โมเลกุลของกลูโคสจะแตกตัวได้ 2 โมเลกุลของกรดอะซีติก การย่อยสลายของกรดอะมิโน จะมีการเปลี่ยนสารเอมีนเป็นกรดอินทรีย์ได้เลขก็มี ส่วนการย่อยสลายไขมันจะได้กรดไขมันที่มีขนาดใหญ่ เช่น กรดสเตียริก(stearic acid) กรดโอเลอิก (oleic acid) และ กรดปาล์มิติก (Palmetic Acid) กรดไขมันพวกนี้จะถูกย่อยสลายโดยกระบวนการ beta-oxidation ได้กรดอะซีติก ในบางครั้งกรดระเหยง่ายสามารถเกิดขึ้นได้จากปฏิกิริยาของคาร์บอนไดออกไซด์ กับไฮโดรเจน ซึ่งจะเกิดขึ้นได้นั้น จะต้องอาศัยแบคทีเรียพวก Clostridium aceticum ปริมาณกรดระเหยง่ายที่เกิดขึ้นจะสะสมเพิ่มมากขึ้นทำให้มีค่าพีเอช ลดต่ำลง ซึ่งถ้าต่ำกว่า 6.4 จะทำให้ระบบบำบัดแบบไม่ใช้

ออกซิเจนมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ลดลง ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมปริมาณของกรดระเหยง่ายในระบบบำบัดน้ำเสียเป็นประเด็นสำคัญด้วย

2 กลุ่มแบคทีเรียที่สร้างมีเทน (methane forming bacteria) เนื่องจากพวกนี้เป็นพวก obligate anaerobic bacteria จะดำรงชีวิตอยู่ในที่ไม่มีออกซิเจน ถ้ามีออกซิเจนเพียงเล็กน้อยก็สามารถเป็นพิษต่อจุลินทรีย์กลุ่มนี้ และทำให้การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนล้มเหลวกล่าวคือไม่มีการผลิตก๊าซมีเทนจากกรดระเหยง่าย แบคทีเรียกลุ่มนี้พบได้ในกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้องหรือที่อับอากาศเช่น ดินเลนตามก้นแม่น้ำ ทะเลสาบ ได้แก่พวก Methanobacterium, Methanosarsina, Methanococcus และ Sulfate Reducing Bacteria และ พบได้ทั่วไปในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

แบคทีเรียเหล่านี้จะทำงานในขั้นที่สองของการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยไม่ใช้ออกซิเจน โดยจะทำการย่อยสลายกรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์เพื่อเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะเป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพราะทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ แบคทีเรียที่จะทำให้เกิดก๊าซมีเทนมีหลายกลุ่มด้วยกัน การแยกว่าเป็นกลุ่มใดก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของแบคทีเรียในกลุ่มนั้น ๆ ว่าทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดใด แบคทีเรียกลุ่มที่ทำการย่อยสลายกรดฟอร์มิกและแอลกอฮอล์นั้น เจริญได้เร็วกว่ากลุ่มอื่น แต่กลุ่มที่สำคัญคือ แบคทีเรียที่ย่อยสลายกรดอะซิติกและกรดไพรูโวนิก กลุ่มนี้มีการเจริญอย่างช้า ๆ ระบบบำบัดยังไม่สมบูรณ์ จนกว่าทุกกลุ่มของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน มีพร้อมอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นผลให้เมื่อมีการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ (start-up) ต้องใช้เวลานานจากการอยู่รวมกันของแบคทีเรียสองชนิด คือ ชนิดที่ทำให้เกิดกรด และชนิดที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน ในระบบบำบัดแบบนี้แบคทีเรียทั้งสองชนิดจึงต้องมีหลายชนิด ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพื่อพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกันเมื่อแบคทีเรียชนิดที่ทำให้เกิดกรดทำการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งแล้วแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างก๊าซมีเทนก็จะทำการย่อยสลายต่อเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อันเป็นการปรับสภาวะภายในระบบบำบัด ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

2.2 ความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมทั้ง

สองประเภทอยู่ในระดับต่างกัน โดยที่แบคทีเรียที่สร้างกรดมีความสามารถสูงกว่าแบคทีเรียที่สร้างก๊าซ ด้วยเหตุนี้ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นและทำลายสภาวะสมดุลของการอยู่ร่วมกันของแบคทีเรีย การทำงานของแบคทีเรียทั้งสองประเภทก็จะไม่สอดคล้องกัน ทำให้สมรรถนะของระบบได้รับความเสียหายและมีประสิทธิภาพลดลงจนในที่สุดระบบอาจเกิดการล้มเหลวโดยสิ้นเชิง ตัวอย่างเช่น บ่อได้รับสารอินทรีย์มากขึ้นกว่าปกติทำให้แบคทีเรียที่สร้างกรดได้รับสารอาหารเพิ่มมากขึ้น การตอบสนองต่อการเพิ่มสารอาหารก็คือ การเพิ่มอัตราจำเพาะของการเจริญเติบโต

โคให้สูงขึ้นซึ่งจะสามารถสร้างกรดอินทรีย์ต่างๆ และผลปฏิกิริยาอื่นๆเพิ่มขึ้น สิ่งเหล่านี้จะเร่งให้แบคทีเรียที่สร้างมีเทนเพิ่มอัตราจำเพาะการเจริญเติบโตของตัวเอง เพื่อให้สามารถใช้สารอินทรีย์อย่างง่ายที่สร้างขึ้นมาจากแบคทีเรียที่สร้างกรดได้ทัน แต่เนื่องจากอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนต่ำกว่าของอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างกรด ดังนั้นอัตราการใช้กรดอินทรีย์ (โดยตัวสร้างมีเทน) จึงต่ำกว่าอัตราการสร้างกรดอินทรีย์ (โดยตัวที่สร้างกรด) ทำให้เกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ขึ้น ถ้าระบบไร้อากาศมีความจุฟเฟอร์ไม่พอเพียง กรดอินทรีย์จะทำให้พีเอชของระบบลดลง ซึ่งทำให้เกิดการชะลออัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน และเมื่อปล่อยให้สภาวะเช่นนี้เกิดต่อไปเรื่อยๆ พีเอชก็จะยิ่งลดลงเพราะกรดอินทรีย์สะสมตัวเพิ่มขึ้นอีก จนในที่สุดบ่อหมักก็จะไม่ให้ก๊าซมีเทนเลย Edward D.Schroeder (1977) กล่าวว่า ถ้ากรดหรือกรดอินทรีย์ ซึ่งเกิดขึ้นในตอนแรกของการบำบัดแบบไร้อากาศ ไม่ถูกออกซิไดส์เร็วเท่ากับที่มันถูกสร้าง ความเข้มข้นของมันจะเพิ่มจนเกินความจุของมัน และพีเอชของระบบก็จะตกลง อัตราการเกิดมีเทนไม่เปลี่ยนแปลงมากนักระหว่างช่วง พีเอช 6.0-8.5 แต่จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงนี้ ถ้าความเข้มข้นอินทรีย์สารเพิ่มขึ้นทันทีทันใด การเกิดขึ้นของกรดสามารถตอบสนองได้เร็วกว่าการเกิดมีเทน เนื่องจากอัตราการเจริญสูงกว่าและจำนวนพลังงานจากปฏิกิริยาการสร้างกรดมากกว่า ผลลัพธ์จะมีความเข้มข้นกรดสูง พีเอชต่ำและอัตราการเกิดมีเทนลดลง เมื่ออัตราการเกิดมีเทนลดลงความไม่สมดุลของการสร้างกรดและมีเทนก็ยิ่งมากขึ้น สถานการณ์ยิ่งเลวร้ายขึ้น

3.4 กรรมวิธีที่ใช้ในการควบคุมพีเอช

มีวิธีที่เป็นที่ยอมรับในการบำบัดของเสียที่เป็นกรดหรือด่างมากมาย การบำบัดของเสียทั้งสองชนิดนั้นขึ้นอยู่กับ การทำให้เป็นกลางทางเคมี (chemical neutralization) โดยทั่วไปมี พีเอช 6.9 วิธีการเหล่านั้นได้แก่

1. การผสมของเสียที่เป็นกรดและด่างเข้าด้วยกัน เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้สุทธรมีพีเอชเข้าใกล้ความเป็นกลาง
2. ผ่านน้ำเสียที่เป็นกรดใน limestone bed
3. ผสมน้ำเสียที่เป็นกรดกับ limeslurries หรือ dolomite slurries
4. เติมโซดาไฟ(NaOH) หรือ โซดาแอซ (NaCO₃) เข้มข้นในจำนวนพอเหมาะในน้ำเสียที่เป็นกรด
5. การทำให้เกิด bubble ของ waste boiler - flue gas ผ่านน้ำเสียที่เป็นด่าง

สารเคมีประเภทต่างที่ใช้ในการปรับน้ำเสียที่เป็นกรดให้เป็นกลางทั่วไปเลือกใช้โซดาไฟ (NaOH) , โซดาแอซ (NaCO₃) และด่างชนิดอื่น (สารประกอบแคลเซียมออกไซด์) ตัวแปรที่สำคัญในการเลือกชนิดของด่างประกอบด้วย ราคา อัตราการทำให้เป็นกลาง การเก็บรักษาและราคา

อุปกรณ์ และการเกิดผลผลิตสุดท้าย แม้ว่า NaOH จะมีราคาแพงกว่าสารตัวอื่นแต่ก็ยังคงมีการใช้ เนื่องจากองค์ประกอบที่เป็นอันหนึ่งอันเดียว (composition uniformity) ง่ายต่อการเก็บรักษา และ feeding มีอัตราการเกิดปฏิกิริยารวดเร็ว และให้ผลผลิตสุดท้ายนี้ละลายน้ำได้ ส่วน CaCO_3 ไม่เกิดปฏิกิริยาเท่ากับ NaOH และมีปัญหาเกี่ยวกับการเกิดโฟมเนื่องจากการปล่อย CO_2 แต่เป็นตัวที่มีราคาถูก ใช้กันอย่างกว้างขวาง ข้อเสียคือเกิดตะกอนชั้นปริมาณมากและเป็นตะกอนชั้นที่บดแต่ที่พีเอช สูงกว่า 6.5 จะไม่มีปัญหานี้เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ลดลงเมื่อพีเอชสูงขึ้น แต่ต้องการการสัมผัสโดยตรงกับน้ำเสียที่เป็นกรด บางครั้งใช้เป็นการบำบัดขั้นต้นก่อน มีแนวโน้มที่จะก่อสารประกอบซัลเฟตที่ไม่ละลายน้ำ และอัตราการเกิดปฏิกิริยาช้า เมื่อใช้ปูนขาวโดยทั่วไปจะป้อนในรูปของสารละลายชั้นเนื่องจากความสะดวกในการเติมและให้ปฏิกิริยาที่เร็วขึ้น การทำให้เป็นกลางที่ประสิทธิภาพที่สุดมาจากการใช้ระบบถังปฏิกรณ์หลายชั้นตอนพร้อมกับ ระบบควบคุมพีเอชของสารป้อน การบำบัดที่มีประสิทธิภาพส่วนใหญ่ดำเนินการ 2 หรือ 3 ชั้นตอนของการทำให้เป็นกลาง การบำบัด 2 ชั้นตอนด้วยหินปูนตามด้วยปูนขาวจะให้ข้อดีของทั้ง 2 ตัว James (1975) ได้ชี้ให้เห็นว่าน้ำเสียที่ประกอบด้วยเกลือของเหล็ก เช่นน้ำเสียจากอุตสาหกรรมเหล็กหรือการทาสีโลหะ อาจต้องการปริมาณค่าที่ทำให้เป็นกลางมากเป็น 3-10 เท่าจากที่ต้องการจากสารละลายกรดที่มีพีเอชเท่าๆกัน ที่ไม่ได้ประกอบด้วยเกลือของเหล็ก น้ำเสียประเภทกรดซัลฟูริก (ที่ใช้ในการเก็บฝุ่นจากกระบวนการผลิตเหล็ก) ปกติจะประกอบด้วย 2-7% กรดอิสระ (หรือ 20,000 - 70,000 mg/l) และ 15 - 22% เฟอร์รัสซัลเฟต (เกลือของกรด) เกลือของกรดอ่อนและเบสอ่อนเหล่านี้มีอิทธิพลต่อพีเอช น้ำและแหล่งรองรับน้ำและต้องการสารเคมีที่ต้องเติมในการทำให้เป็นกลางเกินพอ

4. ระบบบำบัดน้ำเสียของกระบวนการผลิตโรงงานน้ำยางชั้น

4.1 น้ำเสียของกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น

โรงงานผลิตน้ำยางชั้นส่วนใหญ่ จะมีกระบวนการทำยางสกิมควบคู่ด้วย เพื่อจะได้คิงแยกเนื้อยางที่ตกค้างอยู่ในทางน้ำยางจากกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น ดังนั้นน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้นจะมี 2 แหล่งใหญ่ด้วยกันคือ

- น้ำเสียจากการล้างเครื่องเหยียงแยก
- น้ำเสียจากกระบวนการทำยางสกิม

4.2. การกำจัดขั้นต้นก่อนป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดทางชีวภาพ

โรงงานน้ำยางชั้นมีการจัดการขั้นต้นเกี่ยวกับน้ำเสียก่อนป้อนเข้าสู่ระบบบำบัด 2 วิธีด้วยกันคือ

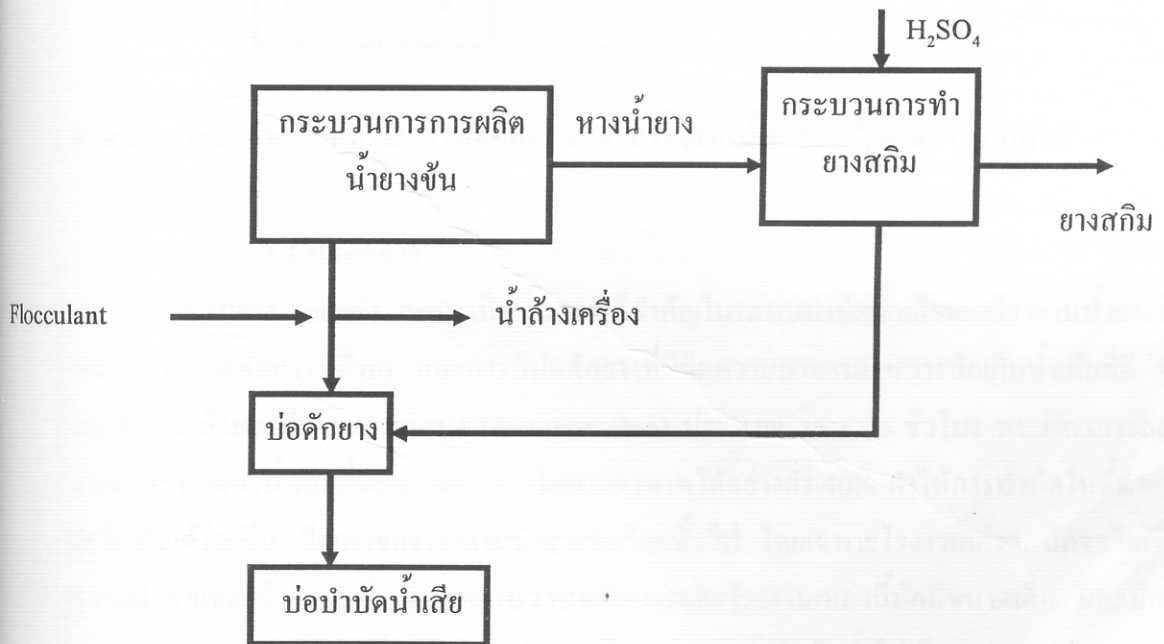
วิธีที่ 1 น้ำเสียจากการล้างเครื่องและจากการทำยางสกิม จะแยกกันเข้าระบบบ่อดักยาง (rubber trap) หลังจากได้มีการดักยางบางส่วนออกจากร้านน้ำเสียในบ่อดักยางแล้ว ก็จะทำการปรับ

ความเป็นกรด - ด่าง ของน้ำเสีย ด้วยปูนขาว หรือ โซดาไฟ ก่อนจะป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดแบบชีวภาพ ซึ่งจะเป็นระบบบ่อหมักไร้อากาศ



ภาพประกอบ 2.5 น้ำเสียจากกระบวนการปั่นแยกน้ำยางข้น และจากกระบวนการทำยางสกิม

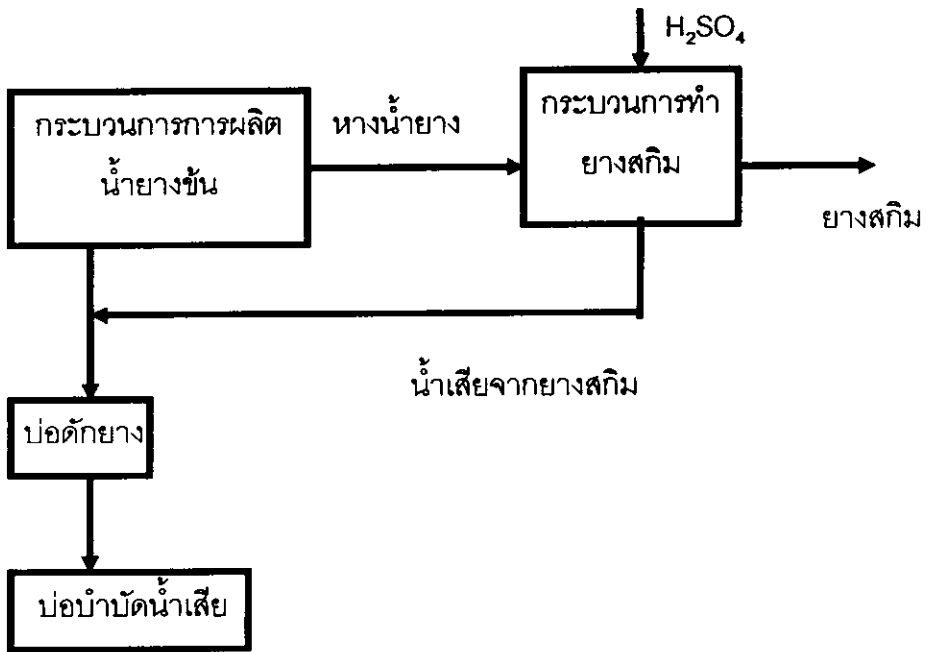
ในบางโรงงานอาจมีการดึงแยกยางจากน้ำเสียก่อนจะป้อนเข้าบ่อดักยาง โดยใช้สารโพลิเมอร์ทำให้ได้ยางที่มีคุณภาพดีกว่ายางที่เก็บได้ในบ่อดักยาง แต่วิธีการนี้ก็ไม่สามารถดึงแยกยางออกได้มาก ถึงแม้ว่าน้ำที่ได้อาจจะมีลักษณะใส แต่ค่าบีโอดี และซีโอดียังสูงอยู่ หนึ่งวิธีการจัดการน้ำเสียขั้นต้นด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ยังเป็นปัญหาสำคัญ เพราะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตทั้งสองนี้ จะออกมาไม่พร้อมกัน ทำให้ไม่มีการผสมกันในบ่อดักยาง ทำให้การแยกยางไม่ดีเท่าที่ควร เพราะน้ำเสียจากกระบวนการทำยางสกิม ซึ่งมีความเป็นกรด และมีอนุภาคยางขนาดเล็กๆ อีก



ภาพประกอบ 2.6a การแสดงทิศทางการไหลของน้ำเสียในโรงงานน้ำยางข้น โดยวิธีการแบบที่ 1

ปริมาณมากไม่ได้ผสมกับน้ำเสียจากการล้างเครื่องซึ่งมีความเป็นด่างสูง ทำให้ยางไม่สามารถแยกตัวออกมาได้ (ที่ความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นจะทำให้ยางมีการจับตัวกันและลอยแยกตัวบ่อคักยาง)

วิธีที่ 2 น้ำเสียจากการล้างเครื่องและ จากการทำยางสกิมจะไหลมารวมกันก่อนที่จะเข้าบ่อคักยาง โดยจะต้องมีบ่อพักสำหรับน้ำเสียทั้งสองแหล่งเพื่อที่จะได้ปล่อยให้มีกรไหล ในเวลาเดียวกันเพื่อให้มีการผสมกันก่อนเข้าบ่อคักยาง โดยวิธีนี้พบว่าสามารถทำให้การแยกยางในบ่อคักยางมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีแรก



ภาพประกอบ 2.6b ทิศทางการไหลของน้ำเสียในโรงงานน้ำยางชั้นโดยวิธีการแบบที่ 2

4.3 บ่อคักยาง

บ่อคักยาง (rubber trap) เป็นขั้นตอนที่สำคัญในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางชั้น เพราะถ้ามีการจัดการที่ดีพอ และการมีบ่อคักยางที่มีขีดความสามารถในการกักเก็บน้ำเสียที่ดี ซึ่งโดยทั่วไปแล้วควรมีระยะเวลาพักน้ำ (detention time) ประมาณ 16 - 24 ชั่วโมง พบว่าสามารถลดภาระบรรทุกของน้ำเสียที่จะเข้าระบบบำบัดทางชีวภาพได้อย่างต่ำ 40% ทำให้การบำบัดในขั้นตอนต่อไปทำได้ง่ายขึ้น ปัญหาของโรงงานน้ำยางชั้นโดยทั่วไป โดยเฉพาะโรงงานเก่าๆ มักจะไม่เห็นความสำคัญของขั้นตอนนี้ โดยจะพบว่าบ่อคักยางของโรงงานเหล่านี้มักมีขนาดเล็ก และมีการหมักหมมของของแข็งทางด้านล่างของบ่อทำให้ระยะเวลาการกักพักน้ำไม่เพียงพอ

บ่อคักยางจะมี 2 แบบคือเป็นบ่อใหญ่ ๆ หรือ ที่บ่อด้านบนแบ่งเป็นช่องเล็กๆหลายๆ ช่อง โดยที่ทางด้านล่างจะมีช่องทางให้น้ำไหลผ่านทะลุกันได้ ซึ่งในลักษณะที่เป็นช่องเล็กๆ หลายๆ ช่อง



ภาพประกอบ 2.7. บ่อดักยาง

จะมีความสะดวกในการใช้งานมากกว่าเพราะช่วยให้การเก็บยางที่ลอยที่ผิวหน้าทำได้ง่ายกว่า เพราะเป็นช่องเล็ก ๆ อยู่แล้วไม่ต้องมีการตัดเป็นแผ่นเล็ก ๆ ซึ่งขั้นตอนการเก็บยางในบ่อดักยางต้องพยายามใช้เวลาให้น้อยที่สุด เพราะขั้นตอนนี้จะมีปัญหากลิ่นเหม็นของก๊าซต่างๆ ที่สะสมอยู่ใต้แผ่นยาง

นอกจากนี้เพื่อให้การแยกยางเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ต้องมีการกำหนดช่องทางการไหลของน้ำจากจุดเข้า และจุดออกให้เหมาะสมโดยให้มีการไหลแบบซิกแซกขึ้นลง เพื่อไม่ให้เกิดภาวะลัดวงจรที่ทำให้การแยกยางออกจากร้าน้ำล้มเหลว

สัดส่วนโดยปริมาตรของน้ำทั้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางขึ้น ต่อกระบวนการผลิตยาง สกิม ประมาณ 1:2 ถึง 1:4 การล้างเครื่องเหวี่ยงแยกน้ำยางจะทำทุกประมาณ 2.5 - 3 ชั่วโมง ส่วนการปล่อยน้ำเสียจากกระบวนการสกิมไม่แน่นอน โดยเฉลี่ยแล้วแต่ละรอบการผลิตจะทำการแช่ทิ้งไว้ประมาณ 8-20 ชั่วโมง แล้วจึงทยอยปล่อยน้ำจากรางเพื่อทำการบำบัด

5. ระบบบำบัดฟลูออไรด์ที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดแบบไร้อากาศ

นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงพีเอชเป็นผลเนื่องจากการล้นเข้ามาของน้ำเสียที่เป็นกรดหรือต่างอย่างรุนแรง การย่อยสลายของสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดทางชีวภาพก็ทำให้ระบบพีเอชเปลี่ยนแปลงไปและยากต่อการควบคุมได้เช่นกัน ปฏิกริยาของไนโตรเจน และซัลเฟอร์ เช่น ปฏิกริยาการสังเคราะห์แสง กระบวนการหายใจและการสังเคราะห์มีเทน จะไป

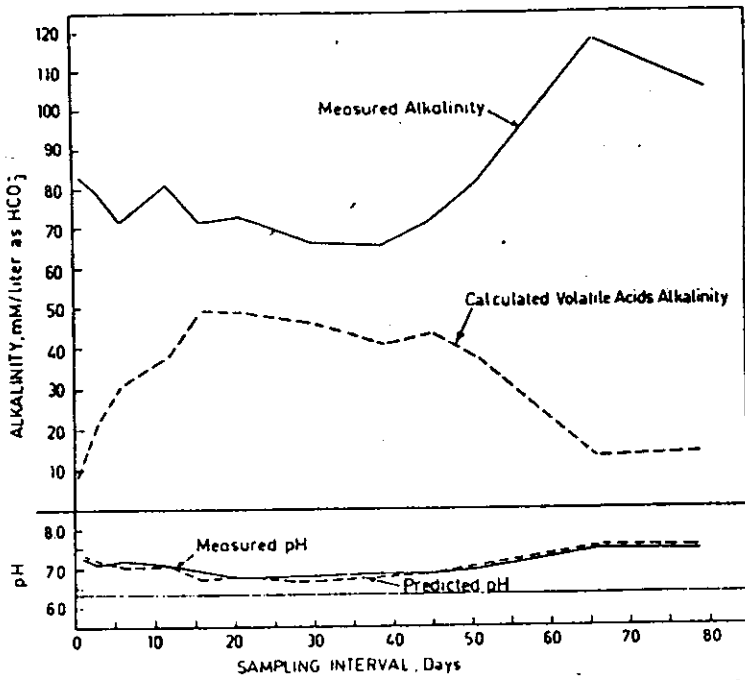
รบกวนการตอบสนองของพีเอช (pH response) เมตาโบลิซึมของจุลินทรีย์และปฏิกิริยาในสิ่งแวดล้อมนั้นๆ จะทำให้เกิดผลผลิตที่บริเวณที่เรียกว่า “บัฟเฟอร์”

สารละลายบัฟเฟอร์คือ สารละลายที่สามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลงของ พีเอช เมื่อเติมกรดหรือด่างลงไป สารละลายนี้ประกอบด้วยกรดอ่อนและเกลือของกรดอ่อน หรือด่างอ่อนและเกลือของด่างอ่อน ซึ่งความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลง พีเอช นี้เรียกว่า ความจุบัฟเฟอร์ (buffer capacity, buffer action, buffer efficiency, buffer index, buffer value) Van Slyke ได้ให้คำจำกัดความว่า เป็นอัตราส่วนของกรดแก่หรือด่างแก่ที่เติมลงไปในแต่ละครั้งต่อจำนวน พีเอช ที่เปลี่ยนไปนั่นคือ ความจุบัฟเฟอร์ของสารละลายมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อเติมกรดแก่หรือด่างแก่ 1 กรัมสมมูล ลงไปในสารละลายบัฟเฟอร์ ทำให้สารละลายเปลี่ยนแปลง พีเอช ไป 1 หน่วย จากนั้น ความจุบัฟเฟอร์สามารถเขียนสมการได้เป็น

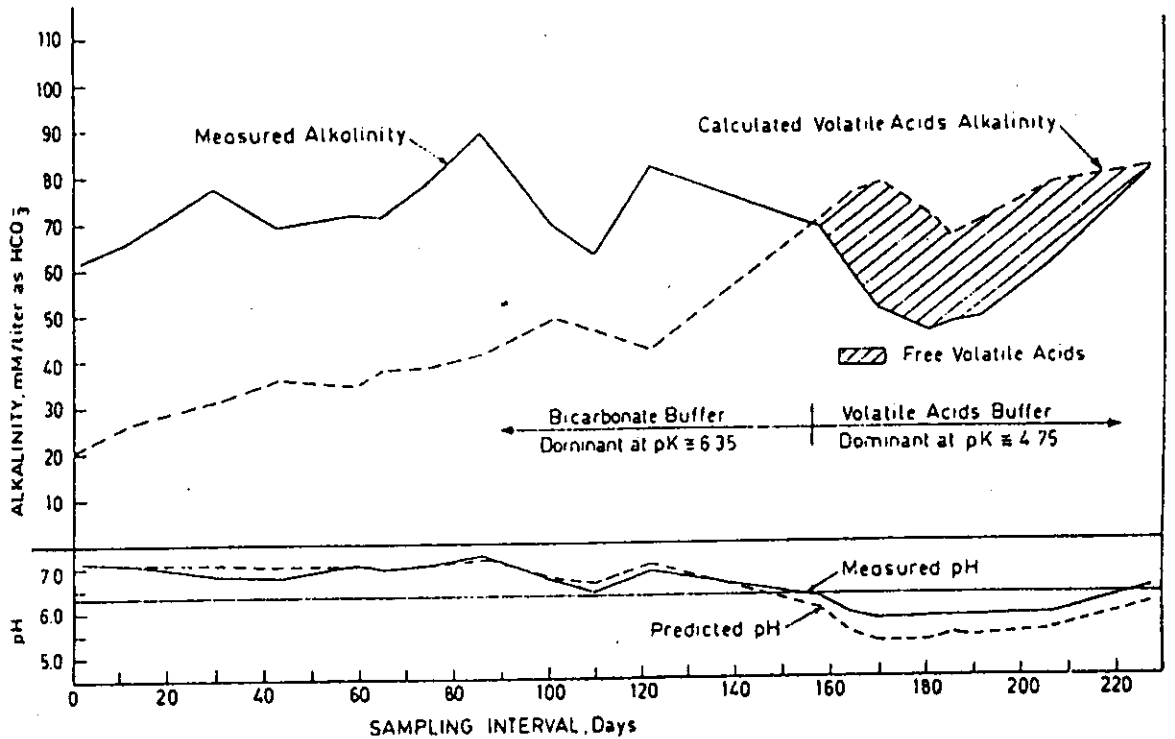
$$\beta = \frac{d[\text{Base}]}{dpH} = \frac{-d[\text{Acid}]}{dpH} = \frac{d[\text{Alk}]}{dpH} \quad (2.15)$$

ระบบบัฟเฟอร์ที่เกิดจากการบำบัดทางชีวภาพยังคงเป็นไปตามกฎการวิเคราะห์สมดุล กรด - เบส พารามิเตอร์ที่สำคัญได้แก่ ความเป็นเบส (alkalinity) ค่าการเกิดมีเทน (methane production) และอัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อมีเทนในก๊าซ ความเข้มข้นของ volatile acid และ อุณหภูมิ ความเป็นเบส ถูกวัดเป็นปริมาณกรดที่ต้องการเพื่อลดพีเอช ของระบบให้มีค่าประมาณ 4 เพื่อความสะดวกส่วนใหญ่รายงานในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3 , MW 100) ดังนั้น ความเป็นเบส จึงเป็นพารามิเตอร์ที่ไว (sensitive) กว่าพีเอช การลดค่า ความเป็นด่าง ของระบบ จะรบกวนสมดุลอยู่ก่อน พีเอชจะเริ่มลดลง

ได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นเบส (alkalinity) กับ พีเอช ในช่วงเวลานานในระบบไร้อากาศที่สภาพอุณหภูมิปานกลาง (36°C) กับอุณหภูมิสูง (50°C) ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และ 2.9 ตามลำดับ จากข้อมูลบอกรว่ามีการสร้าง volatile acid ขึ้นภายในและมีการสะสม เมื่อระบบผ่าน loading stress ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบบัฟเฟอร์ที่เป็นกลางโดยทำให้ พีเอช ต่ำลง ด้วยกระบวนการเกี่ยวกับการไคเตรท เบสภายใน การมีอยู่ของบัฟเฟอร์ในรูปของ ความเป็นเบส จะช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลง พีเอช ดังที่เกิดขึ้นที่ 36°C อย่างไรก็ตาม volatile acid ที่มากเกินไปถูกสร้างขึ้นดังแสดงที่อุณหภูมิ 50°C ซึ่งจะเกิดช่วงของการสะสม free acid จากรูปที่ 2.9 จะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลง พีเอช ที่สังเกตได้ กับพีเอช จากการคำนวณตรงกันซึ่งเป็นพีเอช ที่ต่ำกว่าค่า พีเอช (6.35) ของ bicarbonate buffer หมายความว่า การสะสมของ free acid จะนำไปสู่ การลดค่า ความเป็นด่าง เท่ากับความจุสัมพัทธ์ของ ไบคาร์บอเนตบัฟเฟอร์และทำให้พีเอช ต่ำลง



ภาพประกอบ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นด่างกับ ฟือซ ใน Anaerobic sludge stabilization ที่อุณหภูมิ 36°C (ที่มา : Pohland and Suidan,1980)



ภาพประกอบ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นด่างกับ ฟือซ ใน Anaerobic sludge stabilization ที่อุณหภูมิ 50°C (ที่มา : Pohland and Suidan,1980)

5.1 การคำนวณเพื่อหาความจุ้ฟเฟอร์

การศึกษาเรื่องความจุ้ฟเฟอร์ในสิ่งแวดล้อมในน้ำยังไม่เป็นที่เข้าใจนัก จนกระทั่งเมื่อ Van Slyke และคณะได้ทำการศึกษาแบบจำลอง (model) และถูกนำมาประยุกต์โดย Sillen, Weber และ Stumm, Kelijin, Stumm และ Morgan และ Bolton

ความจุ้ฟเฟอร์ (β) หาได้จากความชันของกราฟการไตเตรตกรด-เบส หรือจากการคำนวณถ้าทราบความเข้มข้นขององค์ประกอบสารละลาย ตัวอย่างเช่น สารละลายที่ประกอบด้วย กรดโมโนโพรติก (monoprotic acid) เข้มข้น C_B และจำนวนค่าที่เดิมในสารละลายเข้มข้น C_B แล้วสามารถเขียนดุลสมการ ได้ดังนี้

$$C_B + [H^+] = [OH^-] + [A^-] \quad (2.16)$$

และจากสมการสมดุลการแตกตัว สมการ (2.16) เขียนใหม่ได้เป็น

$$C_B = \frac{K_W}{[H^+]} - [H^+] + [A^-] \quad (2.17)$$

$$\frac{dC_B}{dpH} = \frac{dC_B}{d[H^+]} \times \frac{d[H^+]}{dpH} \quad (2.18)$$

ดังนั้น
$$pH = -\log [H^+] = -\ln [H^+] / 2.303 \quad (2.19)$$

$$d[H^+] / d pH = -2.303[H^+] \quad (2.20)$$

และ
$$\beta = \frac{dC_B}{dpH} = -2.303 \times [H^+] \times \frac{dC_B}{d[H^+]} \quad (2.21)$$

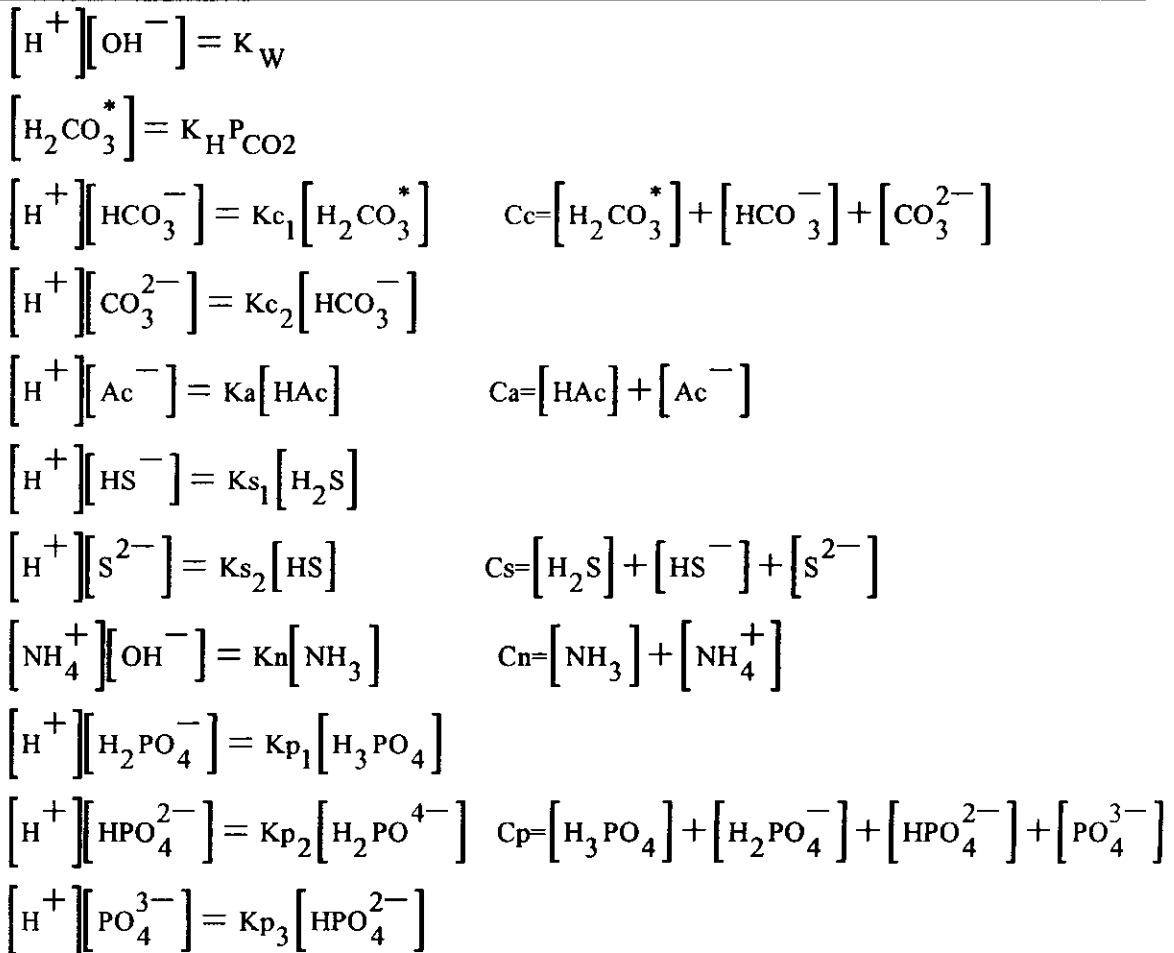
differentiate สมการ (2.17) แล้วแทนใน (2.21)

$$\beta = 2.303 \left[\frac{K_W}{[H^+]} + [H^+] + \frac{CK_A [H^+]}{(K_A + [H^+])^2} \right] \quad (2.22)$$

ดังนั้นถ้ารู้ค่า พีเอช ของสารละลายบั้ฟเฟอร์และความเข้มข้นของกรดอ่อนกับเกลือ ความจุ้ฟเฟอร์คำนวณได้จากสมการ (2.21) ในกรณีค่าอ่อน สมการ (2.21) แทน K_A ด้วย K_w / K_b ดังนั้น สามารถตัดแปลงใช้กับการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมในน้ำของการบำบัดแบบไร้อากาศ โดยระลึกว่าการเปลี่ยน

แปลง พีเอช จะเกิดขึ้นจากการสร้างขึ้นภายในหรือเติมกรด - เบส จากภายนอก ระบบบำบัด
 บัฟเฟอร์ที่สำคัญในระบบบำบัดไร้อากาศได้แก่ CO_2 , CH_3COOH (HAc), H_2S , NH_3 , H_3PO_4 ดัง
 แสดงในตาราง 2.7 เนื่องจากค่า pK ของกรดอะซิติกมีค่าใกล้เคียงกันกับ lower volatile fatty acid
 และ activity ของมันถูกพิจารณาให้มีความแตกต่างกันน้อยมาก และปฏิกิริยาเคมีไม่มีอิทธิพลกับ พี
 เอช จึงใช้เป็นตัวแทนของ lower volatile fatty acid

ตาราง 2.7 สมดุลกรด - เบส ที่เกิดขึ้นในการบำบัดแบบไร้อากาศ



ที่มา : Frederick และ Makram (1980)

ดังนั้นจากสมดุลในตาราง 2.7 แทนค่าลงไปในสมการ (2.21) จะได้

$$\beta = 2.303 \left\{ \begin{aligned} & \left[\text{H}^+ \right] + \frac{K_W}{\left[\text{H}^+ \right]} + \frac{\text{CaKa} \left[\text{H}^+ \right]}{\left(\left[\text{H}^+ \right] + K_a \right)^2} + \frac{C_p K_{p1} \left[\text{H}^+ \right]}{\left(K_{p1} + \left[\text{H}^+ \right] \right)^2} + \frac{C_p K_{p2} \left[\text{H}^+ \right]}{\left(K_{p2} + \left[\text{H}^+ \right] \right)^2} \\ & + \frac{C_p K_{p3} \left[\text{H}^+ \right]}{\left(K_{p3} + \left[\text{H}^+ \right] \right)^2} + \frac{C_s K_{s1} \left[\text{H}^+ \right]}{\left(K_{s1} + \left[\text{H}^+ \right] \right)^2} + \frac{C_s K_{s2} \left[\text{H}^+ \right]}{\left(K_{s2} + \left[\text{H}^+ \right] \right)^2} \\ & + \frac{C_n K_n K_W \left[\text{H}^+ \right]}{\left(K_n \left[\text{H}^+ \right] + K_W \right)^2} + \frac{C_c K_{c1} \left[\text{H}^+ \right]}{\left(K_{c1} + \left[\text{H}^+ \right] \right)^2} + \frac{C_c K_{c2} \left[\text{H}^+ \right]}{\left(K_{c2} + \left[\text{H}^+ \right] \right)^2} \end{aligned} \right\} \quad (2.23)$$

เนื่องจาก ความเป็นด่าง เป็นตัวแปร input นิยามในเทอมของ end point pH หรือ

$\text{pH}_r = \log [\text{H}^+]_r$ แล้ว

$$\begin{aligned} [\text{Alk}] = & \left\{ \left[\text{HCO}_3^- \right] + \left[\text{HCO}_3^- \right]_r \right\} + 2 \left\{ \left[\text{CO}_3^{2-} \right] - \left[\text{CO}_3^{2-} \right]_r \right\} + \left\{ \left[\text{Ac}^- \right] - \left[\text{Ac}^- \right]_r \right\} \\ & + \left\{ \left[\text{HS}^- \right] - \left[\text{HS}^- \right]_r \right\} + 2 \left\{ \left[\text{S}^{2-} \right] - \left[\text{S}^{2-} \right]_r \right\} + \left\{ \left[\text{H}_2\text{PO}_4^- \right] - \left[\text{H}_2\text{PO}_4^- \right]_r \right\} \\ & + 2 \left\{ \left[\text{HPO}_4^{2-} \right] - \left[\text{HPO}_4^{2-} \right]_r \right\} + 3 \left\{ \left[\text{PO}_4^{3-} \right] - \left[\text{PO}_4^{3-} \right]_r \right\} + \left\{ \left[\text{NH}_3 \right] - \left[\text{NH}_3 \right]_r \right\} \\ & + \left\{ \left[\text{OH}^- \right] - \left[\text{OH}^- \right]_r \right\} - \left\{ \left[\text{H}^+ \right] - \left[\text{H}^+ \right]_r \right\} \end{aligned} \quad (2.24)$$

ระบบบัฟเฟอร์อาจจะเป็นระบบเปิดหรือระบบปิดที่ซึ่งสารละลายอยู่ในสภาวะสมดุลกับ partial pressure CO_2 ใน gas phase ถ้า aqueous phase เป็นระบบปิดแล้วความเข้มข้นของคาร์บอนेट, C_c , เหลือเท่ากับ ความเข้มข้นที่สมดุลกับ CO_2 partial pressure ที่ พิเอช เริ่มต้น หรือที่ $\text{pH}_0 = \log [\text{H}^+]_0$

$$C_{\text{CO}} = K_H P_{\text{CO}_2} \left\{ 1 + \frac{K_{c1}}{\left[\text{H}^+ \right]} + \frac{K_{c1} K_{c2}}{\left[\text{H}^+ \right]^2} \right\} \quad (2.25)$$

ถ้าความเข้มข้นสปีชีส์คาร์บอนेटถูกสมมุติให้อยู่แบบต่อเนื่องกับ partial pressure CO_2 ระหว่างการไตเตรตแล้ว ความเข้มข้นของสปีชีส์คาร์บอนेटทั้งหมด C_c อาจจะทำโดยสมดุลเดียว

ดังนั้นเมื่อได้แทนค่าในสมการ ความเป็นด่าง ให้ผลลัพธ์เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง ความเป็นด่าง กับความเข้มข้นไฮโดรเจนไอออน

$$\begin{aligned}
 [\text{Alk}] = & \frac{K_H K_{C1} P_{\text{CO}_2}}{[\text{H}^+]} \left\{ 1 + 2 \frac{K_{C2}}{[\text{H}^+]} \right\} + \frac{C_a}{\left\{ \frac{[\text{H}^+]}{K_a} + 1 \right\}} + \frac{C_S}{\left\{ 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_{S1}} + \frac{K_{S2}}{[\text{H}^+]} \right\}} \\
 & \left\{ 1 + 2 \frac{K_{S2}}{[\text{H}^+]} \right\} + \frac{C_n}{1 + \frac{K_n [\text{H}^+]}{K_W}} + \frac{C_P}{\left\{ 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_{P2}} + \frac{K_{P3}}{[\text{H}^+]} + \frac{[\text{H}^+]^2}{K_{P1} K_{P2}} \right\}} \\
 & \left\{ \frac{[\text{H}^+]}{K_{P2}} + 2 + 3 \frac{K_{P3}}{[\text{H}^+]} \right\} + \frac{K_W}{[\text{H}^+]} - [\text{H}^+] \frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]} \tag{2.26}
 \end{aligned}$$

แบบจำลองสมดุล (Equilibrium model) สำหรับความเป็นด่างนี้ใช้สำหรับหาความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนหรือ พีเอช ส่วนตัวแปรอื่นทั้งหมดเป็นตัวแปรนำ (input) ที่ต้องการประกอบด้วยความดันย่อย (partial pressure) CO_2 ในหน่วย atm ความเข้มข้น volatile acid, sulfide, phosphate, ammonia (mol /L), ความเป็นด่าง (mol /L) , end point pH ของ alkalinity titration อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) การแก้สมการอาศัยการคำนวณจากคอมพิวเตอร์ (New - Raphson iteration) เมื่อทราบ พีเอช ก็จะทราบปริมาณกรด - เบส ที่ต้องการในการปรับ พีเอช ให้ได้ค่าในระดับที่ต้องการหาได้โดย Numerical integration ของสมการความจุไฟฟ้าโดยใช้ Rung - Katta integration