

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ยางพารา (*Hevea brasiliensis* (Muell.Arg.)) เป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีความสำคัญในแง่อุตสาหกรรมและการส่งออก พบว่าความต้องการในปี พ.ศ. 2543 ทั่วโลกสามารถผลิต ยางธรรมชาติได้ 6.85 ล้านตัน ซึ่งเป็นผลผลิตของ 3 ประเทศคือไทย มาเลเซีย และอินโดนีเซียคิดเป็น 4.33 ล้านตันหรือ 70% ของผลผลิตทั้งหมด ปัจจุบันพบว่าประเทศไทยส่งออกยางแผ่นรมควัน และน้ำยางข้นสูงสุดของโลก โดยทำรายได้เข้าสู่ประเทศประมาณปีละ 100,000 ล้านบาท ทั้งนี้โดยรวมรายได้จากอุตสาหกรรมยางดิบ ผลิตภัณฑ์ยางและไม้ยางพารา (ข่าวสมาคมยางพาราไทย, 2543) โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมน้ำยางข้นตลาดมีความต้องการมาก เนื่องจากสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบได้หลายรูปแบบเช่น ใช้ผลิตถุงมือยาง ฟองน้ำ ที่นอน โฟม เป็นต้น

จากการสำรวจพื้นที่เพาะปลูกยางพาราส่วนใหญ่อยู่ใน 14 จังหวัดภาคใต้ และ 3 จังหวัด ภาคตะวันออก และในปัจจุบันได้มีการขยายพื้นที่เพาะปลูกใหม่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพบว่าสามารถปลูกได้ผลดีเหมือนภาคใต้ (ประพาส ร่วมเย็น, 2540) และด้วยประเทศไทยผลิตยางส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยมีผลผลิตประมาณ 2.3 ล้านตันต่อปีและมีพื้นที่เพาะปลูกรวมประมาณ 12 ล้านไร่ (ข่าวสมาคมยางพาราไทย, 2544) จึงถือได้ว่ายางพาราเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อการครองชีพของประชาชนในภาคใต้และภาคตะวันออก โดยปัจจุบันมีเกษตรกรชาวสวนยาง ภาครัฐและผู้ประกอบการมากถึง 5 ล้านคน (ชูลิทธิ์ โอภาสวงศ์, 2543)

เนื่องจากความต้องการใช้ยางธรรมชาติเพิ่มขึ้น โดยประมาณการส่งออกยางพาราปี พ.ศ. 2543 (2.14 ล้านตัน) เพิ่มมากกว่าปี 2542 ร้อยละ 10 และได้วางเป้าหมายการส่งออกปี 2544 ประมาณ 2.2 ล้านตัน (ข่าวสมาคมยางพาราไทย, 2543) ทำให้จำนวนโรงงานยางและกำลังการผลิตของโรงงานเพิ่มขึ้นอย่างมากเพื่อรองรับวัตถุดิบและความต้องการที่เพิ่มขึ้น ปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมยางตั้งแต่โรงงานผลิตยางแผ่นรมควัน ยางแท่งและน้ำยางข้นกว่า 200 โรง กระจายในพื้นที่ปลูกยางในภาคใต้และภาคตะวันออก ซึ่งโรงงานเหล่านี้จะมีของเสียจากกระบวนการผลิต โดยการผลิตน้ำยางข้นจะมีส่วนของหางน้ำยาง เมื่อนำไปแยกเนื้อยางที่ตกค้างโดยการดักจับด้วยกรดเข้มข้นซึ่งเรียกว่ากระบวนการ skimming ทำให้ได้น้ำชีร์มซึ่งมีความสกปรกสูงเป็นผลพลอยได้ โดยทั่วไปน้ำชีร์มจากโรงงานน้ำยางข้นมีสมบัติดังนี้ (ธีรยศ วิทิตสุวรรณกุล, 2538)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.77	Total solids	42,550 mg/l
BOD ₅	13,670 mg/l	Suspended solid	2,850 mg/l
COD	32,690 mg/l	Total nitrogen	4,620 mg/l

นอกจากนั้นในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นต้องใช้น้ำปริมาณสูงในการล้างยางและทำความสะอาดเครื่องจักร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องบำบัดด้วยวิธีการที่เหมาะสมก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งถ้าระบบไม่มีประสิทธิภาพก็จะก่อให้เกิดปัญหามลพิษที่รุนแรงรวมทั้งก่อความเดือดร้อนให้แก่ชุมชน การบำบัดน้ำเสียโรงงานยางเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมอาจบำบัดด้วยระบบต่างๆ กัน โดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ของน้ำเสียที่จะต้องได้รับการบำบัด ประสิทธิภาพการบำบัดในรูปแบบต่างๆ ของระบบ ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นมากกว่า 95 % เป็นระบบบ่อธรรมชาติเริ่มต้นระบบด้วยบ่อไร้อากาศหลายบ่อ ด้วยเหตุผลที่ว่าสามารถรับภาระความสกปรกสูงๆ ได้ ใช้พลังงานน้อย ลดค่าบีโอดีประมาณ 60-80% ซึ่งในขั้นตอนนี้จะช่วยลดภาระของระบบบ่อเติมอากาศที่เป็นบ่อหลังๆ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดลดลง (กัลยา ศรีสุวรรณ, 2540) อย่างไรก็ตามบ่อไร้อากาศมีข้อเสียคือเกิดปัญหาเรื่องกลิ่นจากแบคทีเรียประเภทไม่ใช้อากาศทำการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในสารประกอบ เช่น ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ทำให้สารอินทรีย์สลายตัวให้พลังงานและสารประกอบที่มีกลิ่นเหม็นรบกวนเช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นต้น (ชอบ บุญช่วย, 2540)

จากปัญหาเรื่องกลิ่นของระบบไร้อากาศที่ทำให้มีการร้องเรียนของชุมชนบ่อยๆ และประสิทธิภาพของระบบที่ใช้ไม่ดีพอ ทำให้คุณภาพน้ำทิ้งที่ออกจากระบบยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่กรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด จึงได้เปลี่ยนมาใช้ระบบเติมอากาศ แต่จากการสำรวจพบจุดบกพร่องในด้านต่างๆ ดังนี้ (วันชัย แก้วยอด, 2540)

-น้ำเสียในบ่อเติมอากาศบ่อหลังๆ หรือบ่อปรับสภาพ (Polishing ponds) มีสาหร่ายสีเขียวเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการปล่อยทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์

-บ่อเติมอากาศที่มีความลึกมากเกินไป ซึ่งบางโรงงานมีความลึกถึง 5 เมตร ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของบ่อลดลงเนื่องจากออกซิเจนและแสงแดดกระจายไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของบ่อที่มีสาหร่ายสีเขียวเป็นจำนวนมากจะส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Self pollution ขึ้น โดยเกิดจากการตายของสาหร่ายในปริมาณมากๆ พร้อมๆ กันเนื่องจากไม่ได้รับแสงแดดเพียงพอ

ระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพที่นิยมใช้กันมาก ซึ่งเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน มีหลักการที่สำคัญคือการใช้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนเป็นตัวออกซิโคซ์หรือย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปตะกอนแขวนลอย อนุภาคขนาดเล็ก รวมทั้งที่อยู่ในรูปสารละลายในน้ำเสียให้เป็นเซลล์จุลินทรีย์และสารอนินทรีย์ซึ่งจะถูกกำจัดออกโดยถังตกตะกอน ระบบตะกอนเร่งนิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีค่า BOD_5 ก่อนข้างสูงเนื่องจากเป็นกระบวนการบำบัดที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง รวมทั้งเป็นระบบที่สิ้นเปลืองเนื้อที่น้อย มีลำดับขั้นตอนการทำงานง่าย และใช้ต้นทุนในการก่อสร้างปานกลาง ดังนั้นระบบตะกอนเร่งจึงเป็นทางเลือกใหม่ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้น

ตรวจเอกสาร

1 กระบวนการผลิตและน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้น

1.1 สมบัติและส่วนประกอบของน้ำยาง

น้ำยางสดจากต้นยางพารามีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือสีครีมคล้ายน้ำมัน ความเป็นกรดต่างเท่ากับ 6.5-7 ประกอบด้วยอนุภาคที่เรียกว่า ซีรัม (Serum) ซึ่งมีขนาด 0.1-3 ไมครอน (ผลขีดบัวแก้ว, 2531) โดยมีลักษณะทางกายภาพดังนี้คือ (Kyle Murphy, 2000)

Density : 0.8004 g/cm³

Elasticity; Stretches : 400-1000% of resting length

Boiling point : 77.3 °C

Molecule weight : Low molecular 100-200 kDa and

Odor threshold concentration : 21.4 ppm

High molecular 1,000-2,500 kDa

(Subramaniam, 1976)

ส่วนประกอบของน้ำยางสดแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1. ส่วนที่เป็นยาง (Dry rubber content) เป็นส่วนของสารพอลิไฮโดรคาร์บอนซึ่งเป็นหน่วยของไอโซพรีนที่เชื่อมต่อกันประมาณ 2,000-5,000 หน่วยต่อโมเลกุล
2. ส่วนที่ไม่ใช่ยาง (Non rubber content) เช่น น้ำตาล โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ เอนไซม์และสารประกอบไนโตรเจน เป็นต้น

โดยส่วนประกอบต่างๆของน้ำยางสดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบต่างๆ ของน้ำยางสดโดยปริมาตร

Constituent	% Composition
Rubber particle (cis-1,4-polyisoprene)	30-40
Protein	2-3
Water	55-65
Sterol glycosides	0.1-0.5
Resins	1.5-3.5
Ash	0.5-1.0
Sugars	1.0-2.0

ที่มา : www.smlt.co.uk/MDRK/Gloves/jowepaper96/jowe-glove-paper-what-is-latex.html

1.2 น้ำยางสด (คุณภาพ การรักษาสภาพ การรวบรวมเข้าโรงงาน)

คุณภาพน้ำยางสดเป็นตัวกำหนดคุณภาพของน้ำยางชั้น มีบางค่าจำเป็นต้องใช้ในการพิจารณา ก่อนนำน้ำยางสดไปเป็นน้ำยางชั้นได้แก่

1.2.1 กรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid, VFA)

กรดไขมันระเหยได้ที่พบในน้ำยางเป็นพวกกรด formic acetic และ propionic ซึ่งกรดเหล่านี้ทำให้ น้ำยางสูญเสียความเสถียร โดยการเพิ่ม ionic strength ในส่วนของซีรัม การเติมแอมโมเนีย (Ammoniation) จะเป็นการเพิ่มกรดไขมันระเหยไม่ได้ (Non-volatile fatty acid) พวก stearic oleic amino acids polypeptides และ protein ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มความเสถียรให้น้ำยาง โดยแอมโมเนียเป็นสารที่ กีดขวางการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การใช้แอมโมเนียร่วมกับสารช่วยซึ่งได้แก่ NH_3 /Tetramethy Thiuram Disulphide/Zinc oxide (TZ) ระดับแอมโมเนียไม่ควรน้อยกว่า 0.2% โดยปริมาตรน้ำยางชั้น อย่างไรก็ตามค่าเหล่านี้ อาจมีการเปลี่ยนแปลงทั้งนี้ต้องขึ้นกับสภาพอากาศ และฤดูกาล

น้ำยางที่รักษาสภาพดีจะมีค่าจำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA.No) ซึ่งหมายถึง จำนวนกรัมของ โปคัสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดไขมันที่ระเหยได้ซึ่งอยู่ในน้ำยางที่มีปริมาณ ของแข็ง 100 กรัม โดยทั่วไปการผลิตน้ำยางชั้นต้องการน้ำยางสดที่ระดับ VFA.No 0.02-0.04 น้ำยาง สดที่มีค่า VFA.No สูง ไม่เหมาะที่จะนำไปปั่นเป็นน้ำยางชั้น

1.2.2 ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content, DRC)

ความเข้มข้นของเนื้อยางแห้งมีผลต่อความเข้มข้นและประสิทธิภาพของการปั่นน้ำยางชั้นอย่าง มาก จึงจำเป็นต้องควบคุมปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสดให้สูงสุดเท่าที่จะหาได้ เพื่อนำมา

รวบรวมและปรับให้ได้ระดับที่สม่ำเสมอตามต้องการ โดยทั่วไปไม่ควรใช้น้ำยางที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งต่ำกว่า 25% เพราะประสิทธิภาพการปั่นจะลดต่ำมาก

1.2.3 ปริมาณแมกนีเซียม (Magnesium content)

ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดเป็นสิ่งที่จะต้องพิจารณาเนื่องจากมีผลในการทำให้น้ำยางสูญเสียความเสถียรทางกล (Mechanical stability) ทั้งนี้เนื่องจากการเกิด insoluble magnesium lighter fatty acid ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดหรือลดปริมาณแมกนีเซียมก่อนนำน้ำยางไปปั่น โดยการเติม diammonium hydrogen phosphate (DAHP) ซึ่งจะทำให้เกิดสารประกอบ magnesium ammonium phosphate ตกตะกอนรวมกับสตัคซ์

1.3 การรวบรวมและรับน้ำยางเข้าโรงงาน

เนื่องจากสวนยางของประเทศโดยส่วนใหญ่เป็นสวนขนาดเล็ก การรวบรวมน้ำยางจากสวนต่างๆมักมีจุดรวบรวมก่อนขนส่งเข้าโรงงาน โดยมีการควบคุมการเติมแอมโมเนียในปริมาณที่เหมาะสม เมื่อน้ำยางสดถูกนำเข้าโรงงานจะถูกผ่านเครื่องกรองขนาด 60 เมช ลงสู่แท่งรีรับน้ำยาง ซึ่งมีการนำน้ำยางไปตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ DRC ammonia VFA และ magnesium เพื่อนำผลมาพิจารณาปรับสภาพก่อนเข้ากระบวนการปั่นต่อไป

1.4 กระบวนการผลิตและการใช้วัตถุดิบ

1.4.1 ชนิดของน้ำยางข้น

การจำแนกน้ำยางข้นยึดหลักวิธีการทำให้น้ำยางสดมีความเข้มข้นมากขึ้น และยึดหลักการรักษาสภาพน้ำยางข้น โดยทั่วไปวิธีการทำน้ำยางข้นมีหลายวิธี ได้แก่ วิธีการปั่นแยกด้วยเครื่อง (Centrifugation) วิธีทำให้เกิดคริม (Creaming) วิธีการระเหยน้ำ (Evaporation) เป็นต้น สำหรับการผลิตน้ำยางข้นในประเทศไทยนิยมใช้วิธีการปั่นแยกด้วยเครื่อง เนื่องจากน้ำยางธรรมชาติเป็นสารละลายที่มีอนุภาคยางแขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในซีรัม และเนื่องจากอนุภาคยางเบากว่าซีรัม อนุภาคยางจึงมีแนวโน้มลอยตัวสู่ผิวหน้าของน้ำยาง ดังนั้นกล่าวได้ว่าอัตราการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก หากสามารถเพิ่มแรงดึงดูดได้ก็สามารถเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางได้ ซึ่งการปั่นเพิ่มแรงดึงดูดได้ 2,000-3,000 เท่า จึงสามารถเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางได้

ชนิดของน้ำยางข้นส่วนใหญ่เป็นชนิด High Ammonia (HA) ที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.7% ส่วนอีกชนิดหนึ่งที่มีการผลิตเป็นส่วนน้อยคือชนิด Low Ammonia-Tetramethyl Thiuram Disulphide /Zinc Oxide (LATZ) โดยรักษาสภาพน้ำยางธรรมชาติด้วย NH_3 0.2% + TMTD 0.013% + ZnO 0.013% + Lauric acid 0.05%

1.4.2 วิธีการปั่นน้ำยางข้น

หลักสำคัญของการปั่นน้ำยางข้นประกอบด้วย การผ่านน้ำยางสดเข้าเครื่องปั่นที่ใช้แรงแยกเหวี่ยง โดยความเร็วสูงแยกเป็นส่วนน้ำยางข้น 60% DRC และส่วนหางน้ำยาง (Skim) การผลิตน้ำยางข้นและผลพลอยได้เป็นรูปของยางสกิม (Skim rubber) โดยปกติการผลิต DRC ของน้ำยางสดที่ป้อนเข้า และประสิทธิภาพของเครื่องปั่นมีความสัมพันธ์กันคือ DRC ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ DRC ของน้ำยางสดที่ป้อนเข้า อัตราเร็วของการป้อน ขนาดความยาวของ Skim-Screw และระยะเวลาการเดินเครื่อง โดยประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อลดอัตราการป้อนน้ำยางสด DRC จะลดเมื่อลด DRC ของน้ำยางสดและใช้ Skim-Screw ขนาดยาว

1.5 แหล่งกำเนิดน้ำเสีย

ปัญหาสำคัญที่เกิดกับโรงงานน้ำยางข้นโดยทั่วไปคือ ปัญหากลิ่นเหม็นจากบ่อหมักเศษยางที่หลงอยู่กับน้ำที่มาจากขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผลิต กลิ่นเหม็นจากบ่อน้ำเสียและกลิ่นเหม็นของแอมโมเนีย รวมทั้งสลัดจ์ที่เกิดในขั้นตอนต่างๆ

1.5.1 บ่อรวบรวมน้ำยางสด

น้ำเสียจากบ่อรวบรวมน้ำยางสดมาจากการล้างบ่อ และน้ำยางที่หกกระหว่างการเคลื่อนย้ายจากรถที่ขนจากสวน ตลอดจนน้ำที่ใช้ในการล้างรถและภาชนะที่ใช้ขนส่ง กลิ่นแอมโมเนียที่บ่อรวบรวมน้ำยางสดซึ่งใช้ในการรักษาสภาพน้ำยางสด ซึ่งกลิ่นจะฟุ้งกระหว่างการเคลื่อนย้ายและระหว่างการกรองน้ำยางลงบ่อรวบรวม หรือสามารถที่จะระเหยออกมาได้ตลอดเวลาของการบรรจุภาชนะที่จะใช้กับน้ำยางสด หรือเกิดจากการระเหยเนื่องมาจากภาชนะปิดไม่สนิทหรือมีรอยรั่ว เป็นต้น สลัดจ์ที่เกิดขึ้นมาจากการตกตะกอนแมกนีเซียมและสิ่งเจือปนต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำยางหรือที่ปนเปื้อนมากับน้ำยางระหว่างกรกรีดหรือเก็บรักษา

1.5.2 บริเวณเครื่องปั่น

บริเวณเครื่องปั่นจะมีการใช้น้ำในขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ ใช้ทำความสะอาดงานแยก (Bow) เพื่อล้างสลัดจ์ออกจากหัวปั่น น้ำล้างน้ำยางที่ไหลล้นเครื่องปั่น น้ำล้างแท็งก์เก็บน้ำยาง ตลอดจนน้ำที่ใช้ล้างอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น กลิ่นแอมโมเนียบริเวณเครื่องปั่นระเหยจากหางน้ำยางที่ปล่อยให้ไหลสู่โรงทำยางสกิมและกลิ่นแอมโมเนียจากน้ำยางสดที่กำลังป้อนเข้าเครื่องปั่น และระหว่างกรปั่นน้ำยางข้นทุกๆ 2 ชั่วโมงจะทำการหยุดเครื่องปั่นเพื่อทำความสะอาดแกนปั่น โดยการแยกสลัดจ์ออก

1.5.3 บริเวณที่ทำการผลิตยางสกิม

หางน้ำยางที่แยกออกจากเครื่องปั่นจะมีเนื้อยางอยู่ประมาณ 4-5% ดังนั้นจะถูกแยกออกในกระบวนการทำยางสกิมด้วยการเติมกรดซัลฟิวริก เนื้อยางจะจับตัวเป็นก้อนและถูกแยกออกไป ส่วน

-น้ำเสียจากการล้างเครื่องแยกเหวี่ยงและน้ำล้างอื่นๆ ในโรงงาน

กระบวนการกำจัดน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดทางชีวภาพมี 2 วิธีคือ

1. น้ำเสียจากกระบวนการสกิมยากับน้ำล้างต่างๆ แยกกันเข้าบ่อคักยาง หลังจากผ่านการคักยางที่บ่อคักยางจะทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยปูนขาวก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดชีวภาพ

ในบางโรงงานใช้สารพอลิเมอร์ในการแยกขยงจากน้ำเสียก่อนเข้าสู่บ่อคักยาง พบว่าขยงที่แยกได้มีคุณภาพดีกว่าขยงที่ได้จากการแยกขยงที่บ่อคักยาง แต่วิธีการนี้ไม่สามารถแยกขยงออกมาได้มาก แม้ว่าน้ำที่ได้จะมีลักษณะใส แต่ค่า BOD₅ และ COD ยังสูงอยู่

2. น้ำเสียจากกระบวนการทำขยงสกิมและน้ำล้างต่างๆ ไหลรวมกันก่อนเข้าบ่อคักยาง โดยจะต้องมีบ่อพักน้ำเสียทั้งสองเพื่อปล่อยให้มีการผสมในเวลาเดียวกันก่อนเข้าสู่บ่อคักยาง พบว่าประสิทธิภาพในการแยกขยงในบ่อคักยางวิธีนี้ดีกว่าวิธีที่ 1 เนื่องจากวิธีที่ 1 น้ำเสียจากกระบวนการผลิตทั้งสองออกมาไม่พร้อมกันจึงไม่มีการผสมกันในบ่อคักยาง ทำให้แยกขยงได้ไม่ดีเพราะน้ำเสียจากกระบวนการทำขยงสกิมซึ่งมีความเป็นกรดสูง มีอนุภาคขยงเล็กๆ จำนวนมากไม่ได้ผสมกับน้ำล้างต่างๆ ซึ่งมีความเป็นด่างสูง ทำให้ขยงไม่สามารถแยกตัวออกมาได้ เนื่องจากที่ความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นจะทำให้ขยงมีการจับตัวและลอยแยกตัวจากบ่อคักยาง

1.7 บ่อคักยาง (Rubber trap)

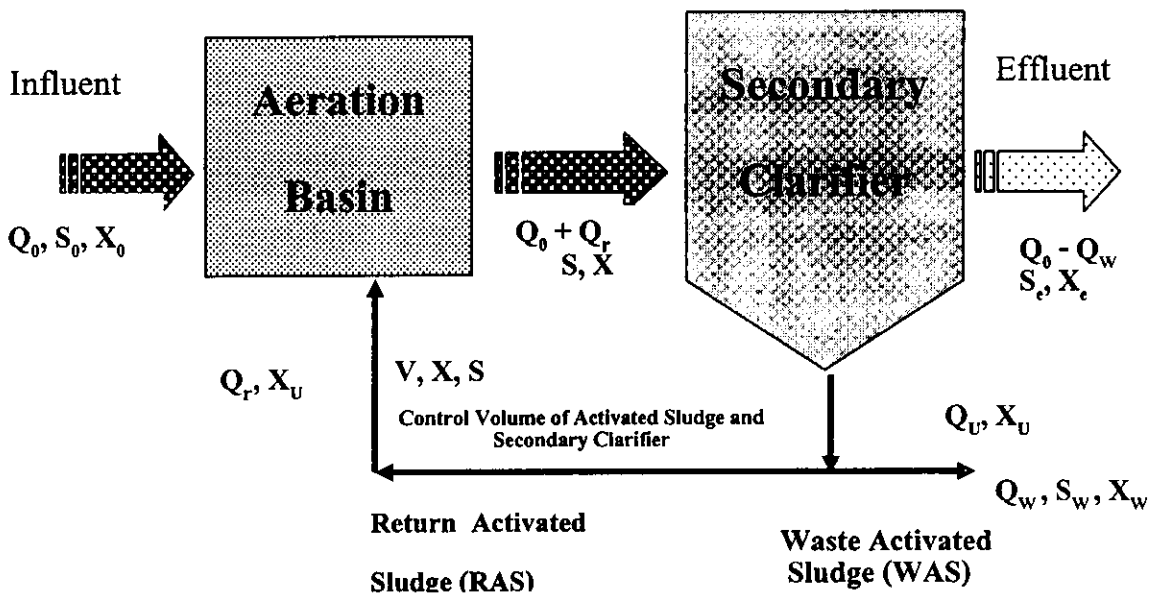
บ่อคักยางเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางขึ้นเพราะการมีบ่อคักยางที่มีขีดความสามารถในการกักเก็บน้ำเสียที่ดี โดยทั่วไปแล้วควรมีระยะพักน้ำประมาณ 16-24 ชั่วโมง พบว่าสามารถลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เข้าระบบบำบัดทางชีวภาพได้อย่างต่ำ 40 % บริเวณด้านบนของบ่อคักยางแบ่งเป็นช่องเล็กๆหลายๆช่อง ทางด้านล่างมีช่องทางให้น้ำไหลผ่านทะลุกันได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะช่วยให้การเก็บขยงที่ลอยบริเวณผิวหน้าทำได้ง่ายกว่า เพราะเป็นช่องเล็กๆ อยู่แล้วไม่ต้องตัดเป็นแผ่นเล็กๆ ซึ่งขั้นตอนการเก็บขยงในบ่อคักยางต้องใช้เวลาน้อยที่สุด เนื่องจากขั้นตอนนี้มีปัญหากลิ่นเหม็นของก๊าซต่างๆ ที่สะสมอยู่ในแผ่นขยง

2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการของระบบตะกอนเร่ง

ระบบตะกอนเร่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพที่นิยมใช้กันมากโดยอาศัยจุลชีพที่มีปริมาณมากพอสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จุลชีพเหล่านี้จะลอยอยู่ในน้ำตะกอนของถังเติมอากาศ ซึ่งจุลชีพจะเพิ่มปริมาณขึ้นในลักษณะที่เรียกว่า การเจริญเติบโตแขวนลอย (Suspended growth) โดยทั่วไปภายในถังเติมอากาศจะมีระบบกวนซึ่งทำให้จุลชีพหรือน้ำสลัดซ์

แขวนลอยอยู่ในถังเติมอากาศอยู่ตลอดเวลาเพื่อสามารถควบคุมจำนวนจุลชีพได้ตามที่ต้องการ ดังนั้นจำเป็นต้องมีระบบแยกน้ำใสออกจากน้ำสลัดจ์ ซึ่งนิยมใช้ถังตกตะกอนทำหน้าที่แยกน้ำที่ออกจากน้ำสลัดจ์ ส่วนบริเวณก้นถังตกตะกอนจะมีความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์มาก ซึ่งมักจะนำกลับสู่ถังเติมอากาศเพื่อช่วยในการควบคุมจำนวนจุลชีพในถังเติมอากาศ ถ้าพบว่าระบบมีน้ำสลัดจ์มากเกินไปก็อาจสูบถ่ายจากก้นถังตกตะกอนหรือจากถังเติมอากาศโดยตรงก็ได้ รูปแบบทั่วไปของระบบตะกอนเร่งแสดงดังภาพประกอบ 2

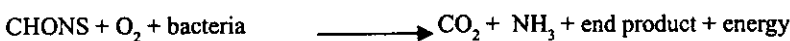


ภาพประกอบ 2 รูปแบบทั่วไปของระบบตะกอนเร่ง

ทฤษฎีของระบบตะกอนเร่งเป็นสิ่งที่ควรทราบก่อนเริ่มทำการออกแบบหรือควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย ต่อไปนี้จะเป็นทฤษฎีที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของจุลชีพ ปฏิกริยาข้างล่างเกิดขึ้นในขณะที่ตัวจุลชีพทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จนได้สารที่เล็กลงแต่จะได้จำนวนจุลชีพและพลังงานเพิ่มขึ้น

Metcalf & Eddy, (1991) แสดงกลไกปฏิกริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังนี้

Oxidation



Synthesis



Endogenous respiration



มวลสารที่มีอยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารและเจริญเติบโต พลังงานจะถูกจุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีวิต สรุปลแล้วสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนเป็นจุลินทรีย์ที่หนักรวมน้ำ สามารถแยกออกจากน้ำได้ง่าย ในการใช้สารอาหารหรือในการย่อยสลาย (Break down) จุลินทรีย์อาจมีการทำงานร่วมกันหลายชนิด โดยจุลินทรีย์บางชนิดเริ่มทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ซับซ้อน (Complex organics) ก่อน จากนั้นจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ จะย่อยสลายส่วนที่เหลือหรืออาจนำ product หรือของเสียที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดนั้นๆ มาทำการย่อยสลายต่อจนเป็นสารที่ไม่สามารถย่อยสลายได้อีก (End products)

2.2 การวิเคราะห์จุลชีพ

การศึกษาาระบบตะกอนเร่งให้ลึกซึ่งจำเป็นต้องศึกษาถึง การเจริญเติบโตของจุลชีพ อายุจุลชีพ (Mean cell residence time, MCRT) และความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุลชีพกับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียของระบบ

1) การเจริญเติบโตของจุลชีพ

การเจริญเติบโตของจุลชีพในถังเติมอากาศแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

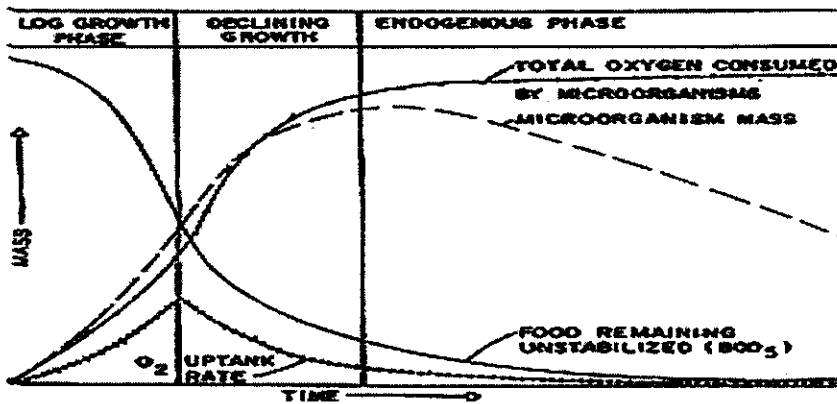
ก. ขั้นถ่ายโอน (Transfer step) สารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสียถูกดูดซับผ่านผนังเซลล์ (Cell wall) ของจุลชีพ ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้จะถูกย่อยสลาย ส่วนสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายในน้ำเสียจะถูกดูดซับอยู่บนผิวผนังเซลล์ ในการดูดซับสารอินทรีย์จะใช้เวลาประมาณ 15-30 นาที

ข. ขั้นแปรเปลี่ยน (Conversion step) กระบวนการย่อยสลายหรือแปรเปลี่ยนประกอบด้วยการสังเคราะห์ (Synthesis) และการออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งการสังเคราะห์หมายถึง การเพิ่มจำนวนของเซลล์ การออกซิเดชันหมายถึง การเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) น้ำ (H_2O) และพลังงาน เมื่อสารอินทรีย์เข้าไปภายในตัวจุลชีพ จุลชีพจะปล่อยเอนไซม์เพื่อแบ่งจุลชีพให้มีจำนวนเพิ่มขึ้น ในช่วงเริ่มต้นดำเนินการบำบัดน้ำเสียจุลชีพต้องเรียนรู้ที่จะปล่อยเอนไซม์ที่เหมาะสมกับสารอินทรีย์นั้นๆ จึงจำเป็นต้องให้โอกาสจุลชีพปรับเอนไซม์ให้เหมาะสมกับชนิดของน้ำเสียนั้นๆ

ค. ขั้นเกิดฟล็อก (Flocculation step) คือ จุลชีพที่ถูกกวนอยู่ภายในถังเติมอากาศจับตัวกันเป็นลักษณะคอลลอยด์ขนาดใหญ่ โดยมีลักษณะเป็นวุ้นที่เรียกว่าฟล็อก ซึ่งมีน้ำหนักเพียงพอที่จะตกตะกอนในถังตกตะกอน

จุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ระบบตะกอนเร่งที่ละเทแบ่งการเจริญเติบโตเป็น 4 ช่วงดังภาพประกอบ 3

IDEAL GROWTH CURVE — ACTIVATED SLUDGE BATCH OPERATION



ภาพประกอบ 3 การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Pure culture) ในถังปฏิกรณ์แบบที่ละเท
ที่มา : Metcalf & Eddy (1979)

ช่วงที่ 1 อัตราการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ต่ำ (Lag growth phase) เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องใช้เวลาในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม และเริ่มสร้างเอนไซม์ที่จำเป็นในการย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

ช่วงที่ 2 จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว (Log growth phase) เนื่องจากมีอาหารเหลือเพื่อลักษณะของจุลินทรีย์จะเติบโตกระจายเป็นเซลล์อิสระไม่รวมตัวเป็นฟล็อก ถ้าระบบบำบัดน้ำเสียทำงานช่วงนี้ น้ำออก (Effluent) มีลักษณะขุ่นเนื่องจากมีตะกอนอินทรีย์หลุดออกมามาก อีกทั้งยังมีมวลสารอินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมากทำให้น้ำออกมีคุณภาพต่ำ

ช่วงที่ 3 การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะลดลง (Declining growth phase) เนื่องจากมีอาหารอยู่จำกัด จุลินทรีย์จะเกาะรวมกันเป็นฟล็อกที่คึกคักตะกอนได้ง่าย น้ำออกมีคุณภาพดีและใส ช่วงนี้จึงเหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสีย แต่ต้องรักษาอัตราส่วนของอาหารและปริมาณจุลินทรีย์ให้มีค่าที่เหมาะสม

ช่วงที่ 4 จุลินทรีย์จะขาดอาหารและตาย (Endogenous growth phase) ในช่วงนี้อาหารเหลือน้อยหรือไม่มีอาหารอยู่เลย ดังนั้นเมื่อจุลินทรีย์ใช้อาหารจนหมดแล้วก็จะตาย เซลล์จะแตก (Lysis) กลายเป็นอาหารของจุลินทรีย์ตัวอื่นซึ่งยังมีชีวิตอยู่

ในการศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ จะใช้หลักการมวลสมดุล ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์และอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

Jorgensen และ Gromice (1985) ได้แสดงความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{dF}{dt} = \frac{kXS}{(K_s + S)} \quad (1)$$

โดย: $\frac{dF}{dt}$ คืออัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งหมดโดยจุลินทรีย์ (น้ำหนัก/ปริมาตร-เวลา)

k คืออัตราการใช้อาหารสูงสุดต่อหน่วยน้ำหนักจุลินทรีย์ (ต่อเวลา)

X คือความเข้มข้นของจุลินทรีย์ (น้ำหนัก/ปริมาตร)

S คือความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง (น้ำหนัก/ปริมาตร)

K_s คือความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งเมื่ออัตราการย่อยสลายเท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราสูงสุด (น้ำหนัก/ปริมาตร)

สำหรับจลศาสตร์ในการกำจัดสารอินทรีย์สามารถประเมินได้จากสมการของ Monod (1950) ซึ่งได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติบโตของแบคทีเรียกับความเข้มข้นของสารอาหาร ที่มีจำกัด Metcalf & Eddy (1979) ได้กล่าวถึง Monod equation ดังนี้

$$\mu = \mu_m \left[\frac{S}{(K_s + S)} \right] \quad (2)$$

โดย: μ คืออัตราการเติบโตสุทธิของจุลินทรีย์ (ต่อเวลา)

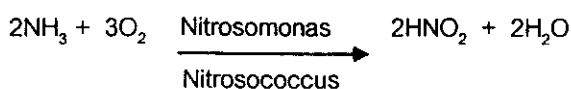
μ_m คืออัตราการเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์ (ต่อเวลา)

Sunstrom และ Klei (1979) ได้กล่าวถึงสมการของ Monod ว่าที่ความเข้มข้นสารอินทรีย์ต่ำๆ คือ $S \ll K_s$ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตกับความเข้มข้นสารอินทรีย์ สามารถประเมินได้ในรูปสมการปฏิกิริยาอันดับที่ 1 (First order reaction) และถ้าความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงๆ พบว่าอัตราการเติบโตจะมีค่าเท่ากับอัตราสูงสุดไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ แบคทีเรียในระบบตะกอนเร่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามลักษณะการย่อยสลายคือ

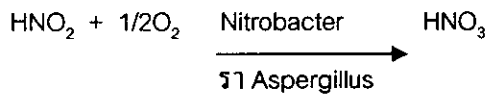
1. Heterotroph ได้พลังงานในการดำรงชีวิตและคาร์บอนจากอินทรีย์สารในน้ำเสีย ซึ่งได้แก่พวก Saprophyte ซึ่งเป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสีย

2. Autotroph ได้พลังงานจากสารอนินทรีย์และใช้ CO_2 เป็นแหล่งคาร์บอน จุลินทรีย์พวกนี้ย่อยสลายสารอนินทรีย์ตัวอย่างเช่น Nitrifying Bacteria ย่อยสลายสารประกอบแอมโมเนียเป็นสารประกอบไนเตรท โดยแบคทีเรีย 2 ชนิดร่วมกันทำงานในแต่ละช่วง

ช่วงคืน



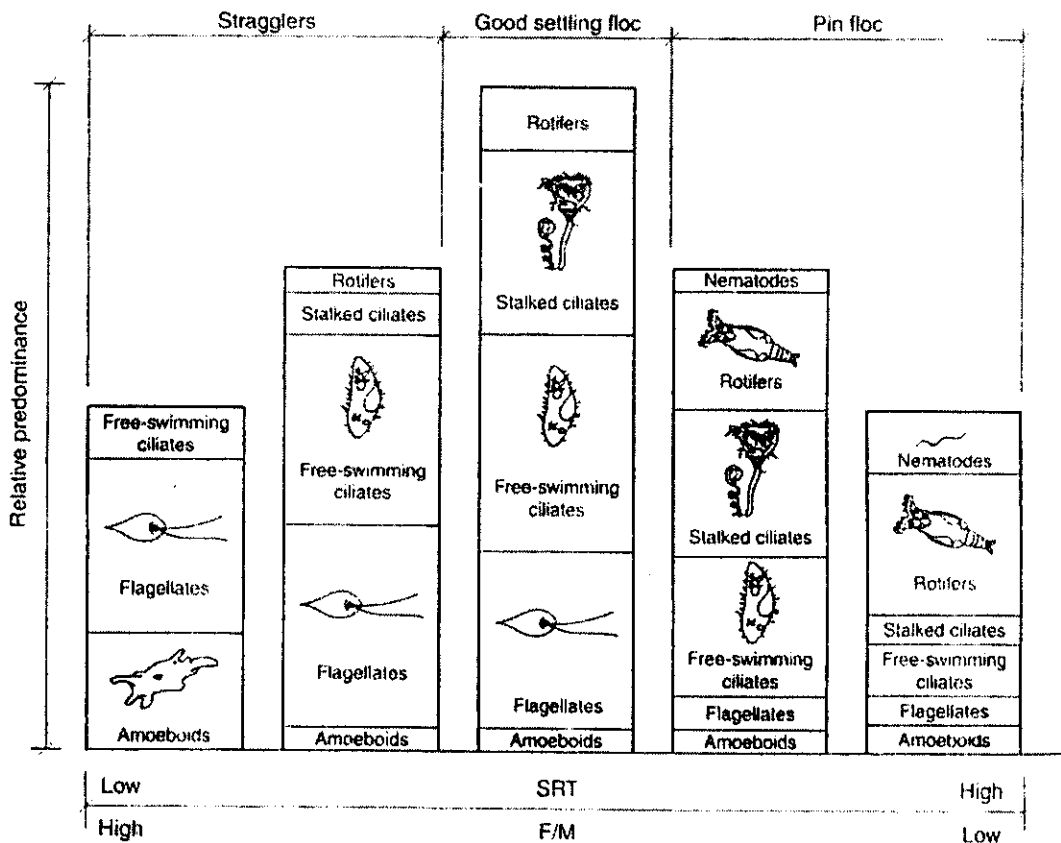
ช่วงหลัง



นอกจากนั้นยังมี Sulfur bacteria และ Iron bacteria ซึ่งย่อยสลายสารอนินทรีย์กำมะถันและเหล็ก
การทำงานของระบบตะกอนเร่งแบ่งจุลินทรีย์เป็น 4 พวกคือ

1. Floc forming microorganisms เป็นพวกที่สร้างฟล็อกได้แก่ Zooglea Ramigera, Genus Pseudomonas, Flavobacterium และ Alcaligenes
2. Saprophyte เป็นพวกหลักที่ย่อยอินทรีย์สาร บางพวกอาจจะสร้างหรือไม่ช่วยในการสร้างฟล็อกก็ได้
3. Predator เป็นพวกจุลินทรีย์ที่ทำลายจุลินทรีย์ด้วยกัน มักมีขนาดใหญ่กว่าพวกอื่นๆ เช่น โปรโตซัวกินแบคทีเรีย และสาหร่ายเซลล์เดียวอาจรวมพวกสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่สลายเซลล์ของแบคทีเรียด้วย
4. Nuisance microorganism ได้แก่แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยและราบางพวกที่ทำให้เกิดปัญหาบัลคิง (Bulking) หรือการไม่จมตัวของฟล็อก

ในการควบคุมระบบตะกอนเร่งให้มีประสิทธิภาพอาจทำได้โดยการพิจารณาชนิดของจุลชีพ คือ เมื่อทราบชนิดของจุลชีพก็จะทราบถึงระบบที่ดำเนินการเช่น ความเหมาะสมของน้ำเสียและจำนวนจุลินทรีย์ ความเหมาะสมของอายุสลัดจ์หรือมีจุลชีพที่มีปัญหาต่อระบบ



ภาพประกอบ 4 จุลชีพชนิดต่างๆในระบบตะกอนเร่ง ณ สภาวะต่างๆ

2) อายุจุลชีพ

อายุจุลชีพในระบบตะกอนเร่งคือ ระยะเวลาที่จุลชีพอยู่ในระบบบำบัด ซึ่งสามารถคำนวณได้ โดยการหารน้ำหนักรวมของของแข็งแขวนลอยในถังเติมอากาศด้วยน้ำหนักรวมของของแข็งที่ระบายออกในแต่ละวัน ค่าอายุสลัดจ์ภายในระบบเอสคือจำนวนวันที่น้ำสลัดจ์อยู่ในระบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การถ่ายสลัดจ์ออกจากระบบ โดยอาจถ่ายจากถังเติมอากาศหรือจากถังตกตะกอนแล้วแต่ความเหมาะสมของระบบ (เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์, 2543)

สมการหาค่า θ_c ทั่วไปคือ

$$\theta_c = \frac{X_1}{(X_2 - X_1)/t} \tag{3}$$

สมการหาค่า θ_c จากการถ่ายทิ้งสลัดจ์ออกจากถังตกตะกอน

$$\theta_c = \frac{X_1 V}{X_R Q_W + (Q - Q_W) X_e} \tag{4}$$

สมการหาค่า θ_c จากการถ่ายทิ้งสลัดจ์ออกจากถังเดิมอากาศ

$$\theta_c = \frac{X_1 V}{X_2 Q_w + (Q - Q_w) X_e} \quad (5)$$

เมื่อ : θ_c = อายุสลัดจ์, วัน

X_1 = ความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์ที่ต้องการควบคุมในระบบ(มักจะใช้ค่า Mixed liquor volatile suspended solid, MLVSS) ,มก. MLVSS /ลิตร

X_2 = ความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์ที่มีในระบบ, มก. MLVSS /ลิตร

t = ระยะเวลาที่สลัดจ์จูลชีพเพิ่มขึ้นจาก X_1 ไปเป็น X_2 , วัน

X_R = ความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์ในท่อไหลกลับจากกันถังตกตะกอนกลับสู่ถังเดิมอากาศ, มก. MLVSS /ลิตร

V = ปริมาตรถังเดิมอากาศ, ลบ.ม.

Q_w = ปริมาณน้ำสลัดจ์ที่ต้องการถ่ายทิ้ง, ลบ.ม./วัน

Q = อัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย ลบ.ม./วัน

X_e = ความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์ที่หลุดลอยไปกับน้ำทิ้งที่ไหลล้นออกจากถังตกตะกอนที่

สอง, มก. TSS/ลิตร

หรืออาจใช้สมการ

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{Q}{V} \left(1 + r - \frac{r X_R}{X} \right) \quad (6)$$

เมื่อ : $r = Q_R / Q$

X = ความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์ที่ควบคุมในระบบ, มก. MLVSS /ลิตร

Q_R = อัตราการไหลของตะกอนที่สูบกลับเข้าถังเดิมอากาศ, ลบ.ม./วัน

3) ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุลชีพกับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ

ปัจจัยของความสกปรกของน้ำเสียจะช่วยเสริมจำนวนจุลชีพให้มีมากหรือน้อยได้ ก็มี BOD_5 มาก จะมีจำนวนจุลชีพมากด้วยแต่ต้องพิจารณาถึงอายุสลัดจ์ด้วย สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อการคำนวณหาค่าปริมาณจุลชีพในระบบเอเอสคือ

$$X = \frac{YQ\theta_c(S_0 - S)}{V(1 + K_d\theta_c)} \quad (7)$$

หรือ

$$X = \frac{\theta_c Y (S_0 - S)}{\theta (1 + K_d \theta)}$$

เมื่อ : X = ความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์ที่ควบคุมไว้ในระบบ, มก. MLVSS /ลิตร

Y = อัตราส่วนระหว่างจำนวนจุลชีพที่เพิ่มขึ้นกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลาย,

มก. MLVSS /มก. BOD₅

S_0 = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบ , มก. BOD₅/ลิตร

S = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในระบบหรือน้ำทิ้ง , มก. BOD₅/ลิตร

K_d = ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของจุลชีพ ,มก./ (มก. วัน)

θ = เวลาเก็บกักของน้ำเสียในถังเติมอากาศ , วัน

ตารางที่ 2 สูตรคำนวณทั่วไปสำหรับการออกแบบและควบคุมดำเนินการระบบตะกอนเร่ง

สูตรคำนวณสำหรับระบบตะกอนเร่ง	สมการ	คำอธิบาย
$\theta = \frac{V}{Q}$	8	M = ความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์ที่ควบคุมในระบบ, มก. MLSS/ ล.
$\theta_c = \frac{VX}{Q_w X_R} = \frac{VM}{Q_w M_R}$	9	M_R = ความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์ในท่อไหลกลับจากถังถึงตกตะกอนสู่ถังเติมอากาศ, มก. MLSS/ล.
$\frac{1}{\theta_c} = \frac{YkS}{(K_s + S)} - K_d$	10	k = อัตราการใช้อาหารมากที่สุดต่อหนึ่งหน่วยของมวลจุลชีพ, ต่อวัน
$XV = \frac{\theta_c Q Y (S_0 - S)}{(1 + K_d \theta_c)}$	11	Y_{obs} = สัมประสิทธิ์ปริมาณผลิตเซลล์ใหม่ที่สังเกตได้
$Y_{obs} = \frac{Y}{(1 + K_d \theta_c)}$	12	(observed cell yield) ,มก. MLVSS/มก. BOD ₅ Y = สัมประสิทธิ์ปริมาณผลิตเซลล์ใหม่จริง, มก. MLVSS/มก. BOD ₅
$M = \frac{\theta_c}{\theta} \left[\frac{Y(S_0 - S)}{1 + K_d \theta_c} + Z_{io} + Z_{no} \right]$	13	Z_{io} = ของแข็งแขวนลอยไม่ระเหยของน้ำเสียเข้า, มก./ล.
$P_x = Q \left[\frac{Y(S_0 - S)}{1 + K_d \theta_c} + Z_{io} + Z_{no} \right]$	14	Z_{no} = ของแข็งระเหยได้แบบย่อยสลายทางชีวภาพไม่ได้ของน้ำเสีย , มก./ล.
$r = \frac{Q_R}{Q} = \frac{X}{(X_R - X)} = \frac{M}{(M_R - M)}$	15	P_x = ปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้นหรือปล่อยทิ้งต่อเวลา ,มวล/เวลา
$R_c = \frac{Q(S_0 - S)(1 + K_d \theta_c - BY)}{(1 + K_d \theta_c)}$	16	R_c = ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอน, มวลออกซิเจน/เวลา

จากสมการข้างต้นสามารถออกแบบระบบตะกอนเร่งได้ เมื่อทราบค่าคงที่ต่างๆ ซึ่งสามารถหาได้จากกรทดลองของน้ำเสียนั้น ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ของระบบตะกอนเร่ง

ค่าสัมประสิทธิ์	หน่วย	ข้อมูลออกแบบ (ค่าทั่วไป)
Y	มก.MLVSS/มก.BOD ₅	0.6
K _d	ต่อวัน	0.06
K _s	มก. BOD ₅ /ลิตร	60
	มก.COD/ลิตร	40
K	ต่อวัน	5

ที่มา : Metcalf & Eddy, Inc., Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse, 3rd Ed., York, Mc.Graw-Hill, 1991.

2.3 หลักการออกแบบระบบตะกอนเร่ง

การออกแบบระบบตะกอนเร่งอาจคำนวณจากจลนพลศาสตร์ ซึ่งต้องทราบค่าคงที่ต่างๆ ได้แก่ μ , K_s , Y และ K_d แต่ต้องพิจารณาค่า Design criteria ควบคู่ไปด้วยดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าการออกแบบระบบตะกอนเร่งรูปแบบต่างๆ

Process modification	θ_c, d	F/M lb BOD ₅ Applied/ lb MLVSS.d	Volumetric loading lb BOD ₅ / $10^3 \text{ ft}^3.d$	MLSS, mg/l	V/Q, h	Q/Q
Conventional	5-15	0.2-0.4	20-40	1,500-3,000	4-8	0.25-0.75
Complete-mix	5-15	0.2-0.6	50-120	2,500-4,000	3-5	0.25-1.0
Step-feed	5-15	0.2-0.4	40-60	2,000-3,500	3-5	0.25-0.75
Modification aeration	0.2-0.5	1.5-5.0	75-150	200-1,000	1.5-3	0.05-0.25
Contact stabilization	5-15	0.2-0.6	60-75	(1,000-3,000) ^a (4,000-10,000) ^b	(0.5-1.0) ^a (3-6) ^b	0.5-1.50
Extended aeration	20-30	0.05-0.15	10-25	3,000-6,000	18-36	0.5-1.50
High-rate aeration	5-10	0.4-1.5	100-1,000	4,000-10,000	2-4	1.0-5.0
Kraus process	5-15	0.3-0.8	40-100	2,000-3,000	4-8	0.5-1.0
High-purity oxygen	3-10	0.25-1.0	100-200	2,000-5,000	1-3	0.25-0.5
Oxidation ditch	10-30	0.05-0.30	5-30	3,000-6,000	8-36	0.75-1.50
Sequencing batch reactor	N/A	0.05-0.30	5-15	1,500-5,000 ^c	12-50	N/A

^aContact unit

^bSolids stabilization unit

^cMLSS varies depending on the portion of the operation cycle

Note: $\text{lb}/10^3 \text{ft}^3 \cdot \text{d} \times 0.0160 = \text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$

โดยสมการทั่วไปคือพิจารณารูปแบบต่างๆของกระบวนการตะกอนเร่งตามลักษณะการใช้งานพบว่าสามารถแบ่งได้เป็นสองลักษณะใหญ่ๆ คือ

1) แบ่งตามลักษณะการบรรทุสารอินทรีย์ของกระบวนการ (Process organic loading range)

การแบ่งกระบวนการโดยใช้การบรรทุสารอินทรีย์เป็นตัวกำหนด หมายถึงการแบ่งช่วงการทำงานตามอัตราส่วนของน้ำหนักมวลสารอินทรีย์ต่อน้ำหนักจุลชีพ (F/M ratio) หรือค่าอายุของตะกอน (Sludge age, MCRT)

การทำงานสำหรับกระบวนการบรรทุสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วง

1.1) อัตราการบำบัดสูง (High rate)

กระบวนการแบบใช้อัตราการบำบัดสูงจะมีค่าการบรรทุสารอินทรีย์สูงประมาณ 0.5-1.5 กก.BOD₅/กก.MLVSS.วัน โดยจะมีระยะเวลาบำบัดในถังเติมอากาศประมาณ 1-3 ชั่วโมง (ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียปานกลาง) ค่าอายุของตะกอนต่ำกว่า 3 วัน และควบคุมให้มีค่าความเข้มข้นของตะกอนจุลชีพในถังเติมอากาศสูงประมาณ 4,000-5,000 มก.MLVSS/ล. มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD₅ ประมาณร้อยละ 60-70 ลักษณะของตะกอนจุลชีพจมตัวและแยกชั้นได้ไม่ดี

1.2) อัตราการบำบัดธรรมดา (Conventional rate)

กระบวนการบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่มักออกแบบให้อัตราการบำบัดแบบธรรมดา โดยมีการบรรทุสารอินทรีย์ประมาณ 0.3-0.5 กก.BOD₅/กก.MLVSS.วัน มีค่าอายุตะกอน 5-15 วัน ระยะเวลาการบำบัดในถังเติมอากาศ 4-8 ชั่วโมง และมีค่าความเข้มข้นของตะกอนจุลชีพในถังเติมอากาศประมาณ 1,500-3,000 มก.MLVSS/ล. มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD₅ ประมาณร้อยละ 85-95 ในการควบคุมการทำงานควรมีค่าการบรรทุสารอินทรีย์หรือค่าอายุตะกอนกลางช่วง

1.3) อัตราการบำบัดต่ำ (Low rate)

การออกแบบโรงบำบัดน้ำเสียแบบอัตราการบำบัดต่ำ มักใช้สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กซึ่งไม่ต้องควบคุมดูแลมากนัก โดยมีค่าการบรรทุสารอินทรีย์ประมาณ 0.05-0.15 กก.BOD₅/กก.MLVSS.วัน มีค่าอายุของตะกอน 20-40 วัน ระยะเวลาในถังเติมอากาศนานกว่า 24 ชั่วโมง และมีค่าความเข้มข้นของตะกอนจุลชีพประมาณ 3,500-6,000 มก.MLVSS/ล. มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD₅ ประมาณ 85-98%

2) แบ่งตามลักษณะกายภาพของการจัดรูปถังเติมอากาศ (Physical arrangement of aeration tank)

การเปลี่ยนแปลงแบบของกระบวนการโดยใช้ลักษณะทางกายภาพของการจัดรูปถังเติมอากาศแบ่งเป็นลักษณะใหญ่ๆ 5 แบบคือ

2.1) กระบวนการตะกอนเร่งแบบกวนสมบูรณ์ (Complete mixed activated sludge process)

ลักษณะสำคัญของกระบวนการตะกอนเร่งแบบกวนผสมต้องมีถังเติมอากาศ ที่สามารถกวนให้น้ำและตะกอนที่อยู่ในถังผสมเนื้อเดียวกัน การจัดระบบท่อส่งและรับน้ำเสียให้กระจายอย่างเหมาะสม กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบนี้มีเสถียรภาพในการทำงานมาก สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Shock load) ได้ดี เนื่องจากน้ำเสียกระจายกระจายไปทั่วถึงและสภาพแวดล้อมต่างๆ ในถังเติมอากาศก็มีค่าสม่ำเสมอทำให้จุลชีพชนิดต่างๆ ที่มีลักษณะเดียวกันตลอด นอกจากนี้ยังพบว่าความต้องการออกซิเจนในถังเติมอากาศแบบกวนสมบูรณ์มีค่าสม่ำเสมอ ทำให้การให้ออกซิเจนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2) กระบวนการตะกอนเร่งแบบไหลตามแนวยาว (Plug flow activated sludge process)

กระบวนการไหลตามแนวยาวประกอบด้วยถังเติมอากาศลักษณะแคบและยาวโดยน้ำเสียและตะกอนไหลกลับจะถูกส่งเข้าที่หัวถังด้านหนึ่งและน้ำตะกอน (Mixed liquor) ไหลออกที่ปลายถังอีกด้านหนึ่ง การไหลของน้ำแบบนี้ถือว่าการไหลแบบแทนที่ตามความยาวของถัง โดยไม่มีการผสมกันในแนวยาวตามทิศทางการไหล (Longitudinal mixing) แต่เนื่องจากต้องมีการเติมอากาศจึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงการผสมในแนวยาวได้อย่างสมบูรณ์

จุดอ่อนของกระบวนการนี้อยู่ที่ไม่สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้ เนื่องจากน้ำเสียจะไหลลงเพียงจุดเดียวที่หัวถังซึ่งมีปริมาณของจุลชีพน้อย ปัญหาที่พบอีกประการคือที่หัวถังด้านน้ำเสียเข้ามีความต้องการออกซิเจนสูง หากระบบถูกออกแบบโดยมีการให้ออกซิเจนเฉลี่ยสม่ำเสมอทั้งถังทำให้ขาดออกซิเจนที่หัวถังและมีค่าออกซิเจนมากที่ปลายถัง ดังนั้นในระยะหลังๆ การออกแบบถังเติมอากาศแบบไหลตามแนวยาวจึงกำหนดให้มีเครื่องเติมอากาศที่หัวถังมากแล้วจึงค่อยๆ ลดปริมาณลงตามความยาวของถัง และเรียกกระบวนการแบบนี้ว่า แบบลดการเติมอากาศตามความยาวของถัง (Tapered aeration)

2.3) กระบวนการตะกอนเร่งแบบไหลเป็นวงจร (Circuit flow activated sludge process)

กระบวนการตะกอนเร่งแบบไหลเป็นวงจรประกอบด้วยถังเติมอากาศแบบวงกลมหรือวงรีซึ่งทำให้น้ำไหลเวียนตามแนวยาวของถัง การเติมอากาศและการกวนจะใช้เครื่องกลเติมอากาศซึ่งติดตั้งในแนวนอน (Horizontal surface aerator) การไหลของน้ำในถังแบบนี้มีลักษณะเฉพาะคือเป็นได้ทั้งแบบไหลตามแนวยาวและแบบกวนผสม ขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาที่พิจารณา

การไหลตามแนวยาวในระยะเวลานั้นทำให้ลักษณะของสภาพแวดล้อมในถังเติมอากาศแตกต่างไปจากกระบวนการแบบอื่นๆ โดยจะมีค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายน้ำเปลี่ยนแปลงตามแนวยาวของถังเติมอากาศ เช่นจะมีค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายน้ำเป็น

Central Library Prince of Songkla University

ครึ่งหนึ่งของความยาวของถัง ส่วนอีกครึ่งหนึ่งมีค่าเป็นศูนย์เรียกว่า Anoxic zone ซึ่งมีระยะเวลาในช่วงนี้ไม่เกิน 10 นาที การที่สภาวะเช่นนี้ในถังเติมอากาศทำให้เกิดไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ขึ้นดังเดียวกัน ระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง กระบวนการแบบนี้มีชื่อเฉพาะได้แก่ แบบคลองวนเวียน (Oxidation ditch) และระบบคารูเซล (Carrousel system)

2.4) กระบวนการตะกอนเร่งแบบนำตะกอนกลับมาเติมตะกอนใหม่ (Activated sludge with sludge reaeration)

กระบวนการตะกอนเร่งซึ่งมีลักษณะการจัดรูปแบบนี้อยู่สองแบบที่สำคัญคือแบบสัมผัสและย่อยสลาย (Contact stabilization) และแบบเติมน้ำเสียเป็นขั้น (Step aeration or Step feed) สำหรับกระบวนการสัมผัสและการย่อยสลาย จะแบ่งถังเติมอากาศออกเป็น 2 ถังอิสระจากกัน โดยตะกอนที่สูบมาจากถังตกตะกอน จะถูกส่งมาเติมอากาศใหม่ในถังย่อยสลาย (Stabilization tank) โดยปกติจะเป็นเวลาประมาณ 4-8 ชั่วโมง จากนั้นตะกอนที่ย่อยสารอินทรีย์หมดแล้วจะถูกส่งมาสัมผัสกับน้ำเสียในถังสัมผัส (Contact tank) เป็นเวลาประมาณ 0.5-1.0 ชั่วโมง เพื่อลดค่ามลสารอินทรีย์ในถังสัมผัสนี้ ความเข้มข้นของน้ำตะกอนจะลดลงตามปริมาณของน้ำเสียที่ผสมเข้ามาใหม่ น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วและตะกอนจะไหลไปยังถังตกตะกอนที่สอง น้ำเสียส่วนบนจะถูกปล่อยทิ้งออกจากระบบ ตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบลกลับไปยังถังย่อยสลายและส่วนหนึ่งนำไปทิ้ง

ส่วนกระบวนการแบบเติมน้ำเสียเป็นขั้นจะมีถังเติมอากาศเพียงถังเดียวตะกอนที่สูบมาจากถังตกตะกอนจะส่งเข้ามายังหัวถังเติมอากาศ ซึ่งในส่วนหัวถังจะมีค่าความเข้มข้นของน้ำตะกอนสูง ต่อเมื่อไหลไปตามแนวยาวของถังจะถูกน้ำเสียส่งเข้ามาผสมทำให้ความเข้มข้นลดลงตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลการทำงานของกระบวนการนำตะกอนกลับมาเติมอากาศใหม่กับแบบอื่นๆ พบว่ากระบวนการชนิดนี้สามารถรับน้ำหนักรรทุกได้มากกว่าเมื่อเทียบกับปริมาตรถังเติมอากาศที่เท่ากัน ตะกอนจุลชีพตกตะกอนได้ดี และสามารถรับสารเป็นพิษหรือการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักรรทุกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ดีเช่นกัน

2.5) กระบวนการตะกอนเร่งแบบเติมเข้า-ถ่ายออก (Sequence batch reactor, SBR)

ระบบ SBR นี้จะไม่มีถังตกตะกอน ทุกขั้นตอนจะเกิดในถังเติมอากาศติดตามด้วยขั้นตอนให้จุลินทรีย์จมตัวลง (Settling phase) โดยปิดเครื่องเติมอากาศ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการระบายน้ำใสออก (Decant phase) ในกรณีต้องการกำจัดไนโตรเจนจะทำการหยุดเครื่องเติมอากาศระยะสั้นๆ และเปิดเครื่องเติมอากาศ เพื่อให้เกิด Nitrification สลับกับ Denitrification ระบบ SBR สามารถออกแบบและควบคุมให้เป็น Conventional หรือเป็นแบบ Extended aeration แต่สิ่งที่แตกต่างจากระบบตะกอนเร่งต่อเนื่องอย่างชัดเจนคือ ในระบบแบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่องทุกขั้นตอนจะเกิดขึ้นพร้อมกันในถังที่

แยกจากกัน และในทุกๆ รอบการทำงานของระบบ SBR จะมีน้ำตะกอนคงเหลืออยู่ในระบบ จึงไม่จำเป็นต้องใช้ถังตกตะกอนถังที่ 2 เพื่อหมุนเวียนตะกอนส่วนเกินกลับ

ระบบ SBR โดยทั่วไปจะประกอบด้วย 5 ขั้นตอนอธิบายการทำงานได้ดังนี้คือ

- (1) ช่วงเวลาการเติมน้ำเสีย (Fill) : เป็นช่วงเวลาที่มีการเติมน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกริยาซึ่งยังคงมีน้ำตะกอนจากวัฏจักรก่อนหน้าอยู่ในถังปฏิกริยา การเติมน้ำเสียสามารถทำให้ระดับน้ำในถังสูงขึ้นจาก 25% (เมื่อสิ้นสุดการพักระบบ) ถึง 100% ของความจุได้ ช่วงเวลาของการเติมน้ำเสียจะขึ้นกับการไหลตามธรรมชาติของน้ำเสียหรือขึ้นกับความสามารถของเครื่องสูบน้ำเสีย ช่วงเวลาการเติมน้ำเสียจำแนกเป็น Static fill คือไม่มีการเติมอากาศและการกวนหรือ Mixed fill มีการกวนแต่ไม่มีการเติมอากาศ หรือ Aerated fill มีการกวนและเติมอากาศ เมื่อปรับสภาวะให้เหมาะสมเช่นการปรับเป็นสภาวะไร้อากาศ ซึ่งเป็นการเสริม Fermentation rate ให้สูงขึ้นและเพิ่มความสามารถในการเกิดฟล็อกของแบคทีเรีย เป็นการป้องกันการเกิดสลัดจ์บัค (Sludge bulking) เนื่องจากพวกจุลินทรีย์เส้นใยได้
 - (2) ช่วงทำปฏิกริยา (React) : ช่วงนี้จะเกิดการทำปฏิกริยาขึ้นในน้ำเสียอาจเกิดขึ้นในระหว่างการเติมน้ำเสียหรือหลังสิ้นสุดช่วงเติมน้ำเสีย โดยจะเกิดปฏิกริยาขึ้นอย่างสมบูรณ์ และระยะเวลาที่ใช้จะขึ้นกับคุณภาพน้ำทิ้งที่ต้องการหรือต้องมีระยะเวลาเพียงพอที่จะเกิดปฏิกริยาได้อย่างสมบูรณ์
 - (3) ช่วงตกตะกอน (Settling) : เป็นช่วงเวลาที่เกิดการแยกตัวของ Biosolid กับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว โดยไม่มีการรบกวนโดยการกวนอากาศและการกวนผสม แต่ระยะเวลาในช่วงนี้ต้องไม่นานเกินไปเพื่อป้องกันตะกอนลอย โดยทั่วไปแล้วไม่นานเกิน 1 ชั่วโมง
 - (4) ช่วงเททิ้ง (Draw/Decant) : จะเป็นการปล่อยน้ำส่วนที่ใสซึ่งผ่านการบำบัดแล้วออกจากถังปฏิกริยา ซึ่งระยะเวลาและกลไกที่ใช้ขึ้นกับการออกแบบ แต่จะต้องไม่นานเกินไปและจะต้องไม่มีตะกอนหลุดออกจากระบบ
 - (5) ช่วงพัก (Idle) : เป็นช่วงเวลาที่รอน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกริยา ในช่วงนี้อาจมีการเติมอากาศและ/หรือกวนผสมหรือไม่มีทั้งสองอย่างและยังมีน้ำตะกอนเหลือในถังปฏิกริยา แต่ในช่วงนี้อาจไม่มีก็ได้
- การกำจัดตะกอนเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างหนึ่งของระบบ SBR ซึ่งไม่ถูกรวมเข้าเป็นส่วนหนึ่งใน 5 ขั้นตอนของระบบ เพราะไม่มีการกำหนดระยะเวลาที่แน่นอนในแต่ละวัฏจักรการทำงาน ในระบบ SBR โดยทั่วไปจะมีการกำจัดตะกอนในระหว่างการตกตะกอนหรือช่วงเวลาพัก จำนวนและความถี่ในการกำจัดตะกอนขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบเหมือนกับระบบตะกอนเร่งธรรมดาแบบไหลต่อเนื่อง (Conventional continuous flow) แต่ระบบ SBR ไม่จำเป็นต้องมีการหมุนเวียนตะกอนกลับเข้าสู่ระบบเพราะการเติมอากาศและการตกตะกอนจะเกิดขึ้นในถังเดียวกันจึงไม่มีตะกอนสูญหายออกจากถังปฏิกริยา

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบตะกอนเร่ง

1) ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

สารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหารของจุลินทรีย์ ดังนั้นหากความเข้มข้นของสารอินทรีย์เปลี่ยนแปลงมากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ โดยทำให้ค่าอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์สูง (มีอาหารมาก) ทำให้จุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีลักษณะเติบโตกระจายอยู่ทั่วไป (Dispersed growth) แทนที่จะรวมตัวเกิดฟล็อก เป็นผลให้ตกตะกอนไม่ดี น้ำออกขุ่น และมีค่าสารอินทรีย์หรือ BOD_5 อยู่สูง หรืออาจเกิดขึ้นในทำนองตรงข้ามคืออัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ต่ำ (มีอาหารน้อย) จนทำให้จำนวนจุลินทรีย์เจริญเติบโตลดน้อยลง แม้จุลินทรีย์จะตกตะกอนได้เร็วแต่ไม่สามารถจับตะกอนเล็กๆลงได้หมด ทำให้น้ำที่ออกจากถังตกตะกอนขุ่น

2) ระยะเวลาในการบำบัด

ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในถังเดิมอากาศต้องมากพอที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารต่างๆ หากมีระยะเวลาดำเนินไปสารที่ย่อยยากๆ จะถูกย่อยไม่ถึงขั้นสุดท้าย ทำให้มีค่า BOD_5 ในน้ำเสียมาก

3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง

แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีที่ค่าพีเอชระหว่าง 6.5-8.5 ถ้าพีเอชมีค่าต่ำกว่า 6.5 พบว่ารา (Fungi) จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรีย ทำให้ประสิทธิภาพต่ำและตะกอนเร่งตกตะกอนได้ไม่ดี ส่วนที่ค่าพีเอชสูงจะทำให้ฟอสฟอรัสแยกตัวออกจากรน้ำ จุลชีพไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และถ้าพีเอชมีค่าต่ำหรือสูงมากจุลชีพจะตายหมด

4) อุณหภูมิ

การเพิ่มอุณหภูมิขึ้นทุก $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอีกเท่าตัวจนถึงอุณหภูมิประมาณ $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ เนื่องจากการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของน้ำในระบบทำได้ยาก ดังนั้นจึงต้องปรับค่าความเข้มข้นของตะกอนในถังเดิมอากาศให้มีค่าน้อยเมื่ออุณหภูมิสูงและเพิ่มความเข้มข้นให้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมียังมีผลต่อการทำงานของถังตกตะกอนชั้นสอง โดยพบว่าหากอุณหภูมิต่ำตะกอนจะตกได้ดีกว่าอุณหภูมิสูง และถ้าอุณหภูมิในถังตกตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะทำให้เกิดการไหลวนของน้ำเนื่องจากมีความหนาแน่นแตกต่างกันซึ่งเรียกว่า Density current

5) สารเป็นพิษ

สารเป็นพิษแบ่งได้ 2 พวกคือแบบพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity) ซึ่งจุลินทรีย์จะตายหมดในเวลาไม่กี่ชั่วโมง และแบบออกฤทธิ์ช้า (Chronic toxicity) สารพิษแบบเฉียบพลันสังเกตง่ายเนื่องจากเกิดผลรวดเร็วได้แก่ ไซยาไนด์ อาร์เซนิก เป็นต้น สำหรับสารออกฤทธิ์ช้าเช่น ทองแดง และโลหะหนัก

ต่างๆ จุลินทรีย์จะสะสมภายในเซลล์จนเกิดพิษและตายในที่สุด นอกจากนั้นอาจเกิดจากสารอินทรีย์เช่น แอมโมเนียซึ่งมีค่าความเข้มข้นสูงกว่า 500 mg/l เป็นต้น

6) อาหารเสริม

จุลินทรีย์ต้องการอาหารเสริมได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และเหล็ก นอกเหนือจากสารอินทรีย์ต่างๆ ที่นำมาใช้เป็นพลังงาน ปกติแร่ธาตุเหล่านี้มีอยู่ครบในน้ำเสียชุมชน (Municipal wastewater) แต่อาจไม่เพียงพอในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ปกติระบบตะกอนเร่งต้องควบคุมให้มีบีโอดี 100 กิโลกรัม ต้องมีไนโตรเจน 5 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 1 กิโลกรัมและเหล็ก 0.5 กิโลกรัม

2.5 การอืด (Bulking)

จุลชีพชนิดเส้นเป็นพวกที่ทำให้ระบบตะกอนเร่งมีปัญหาในการตกตะกอนในถังตกตะกอน เมื่อต้องคู่ด้วยกลิ่นจุลชีพชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นเส้นผม สำหรับสาเหตุของการเกิดสลัดจ์อืดแสดง ตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จุลชีพชนิดเส้นที่ก่อให้เกิดสลัดจ์อืด และสาเหตุของการเกิดสลัดจ์อืด (Richard et al., 1993)

Causative condition	Filament types
Low dissolved oxygen (for the applied organic loading)	S. natans, type 1701 and H. hydrossis
Low organic loading rate (low F/M)	M. parvicella, Nocardia spp., and Types 0041, 0675, 1851 and 0803
Septic wastes / Sulfides (high organic acids)	Thiothrix I and II, Beggiatoa spp., N. limicola II*, and types 021N, 0092*, 0914*, 0581*, 0961* and 0411
Nutrient deficiency -N and /or P (industrial wastes only) nitrogen- phosphorus-	Thiothrix I and II and type 021N. N. limicola III
Low pH (<pH 6.0)	Fungi
High grease/Oil	Nocardia spp., M. parvicella and type 1863

ตารางที่ 6 สาเหตุและผลของปัญหาที่เกิดขึ้นในการบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง (Jenkins *et al.*, 1993)

ปัญหา	สาเหตุ	ผล
การเติบโตแบบกระจาย (Dispersed growth)	จุลินทรีย์ไม่รวมเป็นฟล็อก แต่จะกระจายอยู่ในรูปกลุ่มเล็กๆ หรือเซลล์เดี่ยว	กระแสนอกพุ่ง ไม่มีการตกโซนของแอกทิเวตสไลด์จ์
บัลกิงแบบเมือกหนืด (Nonfilamentous bulking)	จุลินทรีย์อยู่ในเมือกภายนอกเซลล์ ปริมาณมาก ในกรณีรุนแรงทำให้แอกทิเวตสไลด์จ์เหมือนเจล	ลดอัตราการและอัตราการอัดตัว ในกรณีรุนแรงจะไม่มีการแยกของแข็ง เกิดการไหลล้นของชั้นตะกอนจากถังตกตะกอน บางทีเกิดโฟมเหนียว
ฟล็อกเข็มหมุด (Pin floc)	ฟล็อกมีขนาดเล็ก แน่น เกือบเป็นทรงกลมที่มีขนาดใหญ่ตกเร็ว ขนาดเล็กตกช้า	ดัชนีปริมาตรตะกอนต่ำ (SVI) ฟล็อกหุ้งและกระแสนอกพุ่ง
บัลกิงแบบเส้นใย (Filamentous bulking)	จุลินทรีย์แบบเส้นใยยึดจากฟล็อก รบกวนการอัดตัว การตก การทำให้ขึ้น	SVI สูง ชั้นน้ำใสมาก ความเข้มข้นของตะกอนเวียนกลับและตะกอนทิ้งต่ำ ในกรณีรุนแรงชั้นตะกอนจะไหลล้นจากถังตกตะกอน กระบวนการจัดการของแข็งรับภาระทางไฮดรอลิกเกินกำหนด
การลอยตัวของชั้นตะกอน (Blanket rising)	เกิดดีไนตริฟิเคชันในถังทำให้น้ำใสชั้นที่สองให้แก๊สไนโตรเจนซึ่งยึดกับฟล็อกแอกทิเวตสไลด์จ์ลอยขึ้นสู่ผิวหน้าถัง	สกิมของแอกทิเวตสไลด์จ์เกิดบนผิวหน้าของถังน้ำใสชั้นที่สอง
การเกิดโฟม/สกัม (Foaming/Scum formation)	เกิดโดย 1. Surfactants ที่ไม่สลายตัว 2. การมี <i>Nocardia</i> spp. และ <i>Microthrix parvicella</i>	โฟมหนแอกทิเวตสไลด์จ์จำนวนมากลอยขึ้นสู่ผิวหน้าของหน่วยบำบัด โฟมของ <i>Nocardia</i> spp. และ <i>Microthrix parvicella</i> จะคงทนยากที่จะทำให้แตก โฟมจะสะสมและเน่า ของแข็งลอยขึ้นในถังเดิมอากาศ

2.6 สถานะคงตัว (Steady state) ของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง

อุดมผล พิษณุบุลย์ (2534) อธิบายว่าการหาค่าคงที่ทางจลนศาสตร์โดยใช้กระบวนการตะกอนเร่ง สามารถหาได้โดยตรงจากหาได้จากการทดลองในขณะที่กระบวนการบำบัดอยู่ในสถานะคงตัว โดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ ในระยะเริ่มแรกปริมาณจุลินทรีย์น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณอาหารหรือ BOD_5 ในน้ำเสีย ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างปริมาณอาหารกับปริมาณจุลินทรีย์ (Food to Microorganism : F/M ratio) จะมีค่าสูงเกินกว่า 2.5 เนื่องจากมีปริมาณอาหารสูง การเจริญเติบโตจึงไม่มีขีดจำกัดและอยู่ในช่วง Log growth phase จุลินทรีย์จะทวีจำนวนอย่างรวดเร็วและอัตราการทำลาย BOD_5 จะมีค่าสูงทำให้อัตราการใช้ออกซิเจนมีค่าสูงด้วยจุลินทรีย์แต่ละตัวจะมีพลังงานมาก เมื่อสัมผัสก็จะผลัดออกจากกันซึ่งในระยะนี้จะไม่เกิดตะกอนเร่ง น้ำทิ้งจะพุ่งในสถานะนี้เรียกว่าสถานะไม่คงตัว (Unsteady state) เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณอาหารหรือ BOD_5 ในน้ำเสียมีค่าคงที่ในขณะที่จุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ทำให้ F/M ratio ลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงจุดที่การเพิ่มปริมาณถูกจำกัดด้วยปริมาณอาหาร ในระยะนี้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับปริมาณอาหารที่เหลืออยู่เรียกระยะนี้ว่า Declining growth phase จะเริ่มเกิดตะกอนเร่งในช่วงนี้ เมื่อค่า F/M ratio มีค่าคงที่จะเกิดสถานะสมดุลระหว่างปริมาณอาหารและปริมาณจุลินทรีย์เรียกสถานะนี้ว่า สถานะคงตัว

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Diez M.C. และคณะ (Diez M.C. et al., 2001) ศึกษาแฟกเตอร์ต่างๆและผลของการเติมสารอาหารที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่งโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ โดยใช้จุลินทรีย์ *Pinus radiata* ในการศึกษาผลของ Hydraulic retention time ในช่วง 48-4.5 ชั่วโมง และเติม Nitrogen และ Phosphorus เพื่อลด Biological Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, Suspended Solids (TSS และ VSS)

Thompson และคณะ (Thompson et al., 2001) ศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียโรงงานกระดาษ และเยื่อกระดาษซึ่งมีค่า COD สูงถึง 11,000 mg/l จากการสำรวจโรงงานดังกล่าวที่ตั้งในประเทศอังกฤษ พบว่ามีน้ำเสียมากถึง 60 m³/ton ของผลิตภัณฑ์กระดาษ โดยทั่วไปการบำบัดน้ำเสียของโรงงานดังกล่าวจะบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพซึ่งได้แก่ระบบเติมอากาศและโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบตะกอนเร่ง

Se-Jin Park และคณะ (Se-Jin Park et al., 2001) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโรงงาน semiconductor ซึ่งน้ำเสียประกอบด้วย dimethyl sulphoxide (DMSO) ซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ การศึกษานี้เป็นการประเมินคุณค่าที่เหมาะสมในการบำบัดทางชีวภาพของน้ำทิ้ง DMSO โดยระบบตะกอนเร่ง ที่ Hydraulic retention time เท่ากับ 24h loading rate 0.8 kg DMSO/m³-day ประสิทธิภาพ

การกำจัด TOC (total organic carbon) SCOD (Soluble Chemical Oxygen Demand) SBOD (Soluble 5 day Biochemical Oxygen Demand) เท่ากับ 90 87 และ 63% ตามลำดับ

Sin S.N. และคณะ (Sin S.N. et al., 2000) ศึกษาผลของทองแดง โครเมียมและสังกะสีที่ปริมาณความเข้มข้นต่ำมากในกระบวนการตะกอนเร่ง ซึ่งพบว่า การไอออนทั้งสามจะลดอัตราการดูดซับของสารอินทรีย์และลดค่า Chemical Oxygen Demand Adsorption Capacity (CAC) ซึ่งการทดลองดังกล่าวทดลองในระบบเอสบีอาร์ โดยไอออนทั้งสามจะมีผลต่อระบบที่แตกต่างกันขึ้นกับ Hydraulic retention time พบว่าเมื่อระบบดำเนินการที่ HRT เท่ากับ 2.5 วันหรือน้อยกว่า ไอออนทั้งสามจะมีผลต่อการลด CAC แต่ถ้า HRT มากกว่านี้จะลด CAC แต่ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด COD อย่างมีนัยสำคัญ

สันทัด ศิริอนันต์ไพบุลย์ (2542) ศึกษาการทำงานที่เหมาะสมของระบบตะกอนเร่งแบบที่ละเท ในถังปฏิกริยาจำลอง 40 ลิตร ในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของบีโอดี 100 200 300 500 และ 1,000 mg/l โดยแต่ละความเข้มข้นบีโอดีได้กำหนดค่าอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M ratio) เท่ากับ 0.05 0.1 0.3 0.5 และ 1.0 วัน⁻¹ ตามลำดับ พบว่าที่ค่า F/M ratio เท่ากับ 0.1 และ 0.3 วัน⁻¹ เป็นค่าที่เหมาะสมในการดำเนินการโดยใช้เวลาในการบำบัดสั้นที่สุด ที่ F/M ratio เท่ากับ 0.1 วัน⁻¹ BOD₅ เริ่มต้นเท่ากับ 100 200 300 และ 500 mg/l ใช้เวลาในการบำบัดเท่ากับ 2 4 6 และ 14 ชั่วโมงตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของตะกอนจุลินทรีย์เพียง 14.30 8.89 4.58 และ 11.66 % ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพสูงถึง 86.36 92.92 96.98 และ 96.98 % ตามลำดับ ส่วนน้ำเสียที่มีบีโอดีเริ่มต้น 1,000 mg/l พบว่าน้ำทิ้งมีค่าบีโอดีสูงกว่า 15 mg/l ทุกค่า F/M ratio โดยที่ F/M ratio เท่ากับ 0.3 วัน⁻¹ ประสิทธิภาพบำบัดสูงสุดเท่ากับ 98.63% ใช้เวลาในการบำบัด 24 ชั่วโมง

ชอบ บุญช่วย (2540) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานน้ำเสียของสหกรณ์โรงรมยาง ในจังหวัดสงขลา 10 โรงงาน และเมื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการทดลองระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง โดยใช้ถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศอย่างละ 1 ชุด ภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่แตกต่างกันที่ Hydraulic retention time เท่ากับ 20 15 10 และ 5 วัน พบว่าระบบถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการลดค่า COD เฉลี่ยเท่ากับ 83.2% 74.8% 70.4% และ 63.4% ประสิทธิภาพในการลดค่า BOD₅ เฉลี่ยเท่ากับ 74.8% 71.2% 63.6% และ 61.8% ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า SS เฉลี่ยเท่ากับ 75.4% 73.5% 69.8% และ 63.9% ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า TKN เฉลี่ยเท่ากับ 20.5% 13.2% 9.1% และ 8.2% ของการทดลองที่ Hydraulic retention time เท่ากับ 20 15 10 และ 5 วันตามลำดับ สำหรับในระบบถังหมักไร้อากาศพบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำกว่าระบบถังกรองไร้อากาศ

สุพัตรา เกลียวพงศ์ (2540) ศึกษาแบบบัพเฟอร์และปริมาณที่เหมาะสมของสารเคมีประเภทต่างที่ใช้ในการปรับพีเอชของน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นซึ่งมีความเป็นกรดสูง ทำการทดลองแบบ

ทีละเทเนถึงหมัก โดยใช้เวลาในการบำบัด 20 วัน ผลการวิจัยพบว่าปริมาณค่า Na_2CO_3 , NaOH , Ca(OH)_2 เฉลี่ยที่ใช้ปรับพีเอช 1 หน่วยเท่ากับ 3.9 7.5 และ 4.2 มิลลิโมลต่อลิตรน้ำเสีย และผลการศึกษาพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของบ่อไร้อากาศเมื่อใช้ Na_2CO_3 เป็นตัวปรับเท่ากับ 7.2 NaOH เท่ากับ 4.6 และ Ca(OH)_2 เท่ากับ 7.6

กัลยา ศรีสุวรรณ (2540) พบว่าไม่เฉพาะ pH ของน้ำเสียที่ป้อนเข้าบ่อบำบัดแบบไร้อากาศบ่อแรกเท่านั้นที่ต้องเหมาะสม แต่การบำบัดขั้นต้นก็มีผลต่อประสิทธิภาพรวมของทั้งระบบเช่นสภาวะการทำงานของบ่อดักยาง พบว่าการผสมน้ำเสียจากการผลิตยางสกิมค่อน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นด้วยสัดส่วนระหว่าง 1:3-1:5 เป็นสถานะที่เหมาะสมที่สุดซึ่งสามารถลดภาระความสกปรกของน้ำเสียที่จะป้อนเข้าในระบบบำบัดทางชีวภาพ

วันชัย แก้วยอด (2540) ประมวลข้อเท็จจริง สภาพปัญหาและจุดบกพร่องในการจัดการน้ำเสียของโรงงานยางจำนวน 9 โรงงานในจังหวัดสงขลาซึ่งพบว่า โรงงานยางส่วนใหญ่ที่ศึกษามีตำแหน่งที่ตั้งที่มีโอกาสและความเป็นไปได้สูงที่จะก่อมลพิษและสร้างความเดือดร้อนรำคาญ กับผู้คนที่เกี่ยวข้องและอยู่ใกล้เคียงถ้าการจัดการน้ำเสียของโรงงานไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร และจากการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียพบว่ามีประสิทธิภาพในการลด BOD_5 เฉลี่ย 94.83% ประสิทธิภาพการลด SS โดยเฉลี่ย 84.38% โดยน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดมี BOD_5 โดยเฉลี่ย 248 mg/l มี SS โดยเฉลี่ย 188 mg/l ซึ่งยังสูงกว่ามาตรฐานที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด

วินัย พรหมจรรย์ (2536) หาค่าคงที่ทางจลนศาสตร์ของกระบวนการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานยางพาราโดยกระบวนการบำบัดแบบตะกอนเร่ง จากการทดลองพบว่าค่าคงที่ของการทำลาย BOD_5 ของน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 1.76 วัน^{-1} ค่าสัดส่วนของสารอินทรีย์ที่ใช้ในการสังเคราะห์เซลล์มีค่า 0.65 ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการย่อยสลายตัวเองของเซลล์มีค่า 0.10 วัน^{-1} ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ออกซิเจนในการสร้างเซลล์มีค่า 0.56 และค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายตัวเองของเซลล์จุลินทรีย์มีค่า 0.14 วัน^{-1}

2.8 วัตถุประสงค์

2.8.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น บริษัท เฟลเท็กซ์ จำกัด และการบำบัดน้ำเสียที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของโรงงานน้ำยางชั้นในจังหวัดสงขลา

2.8.2 ศึกษาองค์ประกอบของน้ำเสียรวม น้ำชีวมและน้ำล้างเครื่องปั้นแยก บริษัท เฟลเท็กซ์ จำกัด อ.รัตภูมิ จ.สงขลา

2.8.3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้น

2.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

2.9.1 ทราบประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียโรงงาน
น้ำยางชั้น

2.9.2 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียโรงงาน
น้ำยางชั้น

2.9.3 เพื่อทางเลือกใหม่ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบอื่นๆ ที่ใช้ในปัจจุบันในการบำบัดน้ำ
เสียโรงงานน้ำยางชั้นซึ่งได้แก่ ระบบไร้อากาศและระบบเติมอากาศ เป็นต้น

2.9.4 สามารถนำปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษาประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้