สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2549

---

1. ชื่อโครงการ การศึกษาเทคโนโลยีผลิตก๊าซชีวภาพประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

(Study of Biogas Technology in Treating Palm Oil Mill Effluent)

2. หน่วยงานที่รับผิดชอบงานวิจัย สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

3. ผู้วิจัย

3.1 หัวหน้าโครงการ นางสาวจงกล พูนทวี

ตำแหน่ง นักวิจัย

สถานที่ทำงาน สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ถนนชายทะเลบางขุนเทียน ท่าข้าม บางขุนเทียน
กรุงเทพ ฯ 10150

โทรศัพท์ 02-4707523

โทรสาร 02-4523255

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โดยได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2549

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถของระบบในการรับน้ำเสีย ประสิทธิภาพการบำบัดและการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม ด้วยระบบบำบัดน้ำเสียไม่ใช้อากาศแบบลูกผสม (Anaerobic Hybrid Reactor, AHR) และถังปฏิกรณ์กวนผสมแบบสมบูรณ์แบบ (CSTR) น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าซีโอดี 72,380 มก./ล. พีเอช 4.12 และ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 660 มก./ล. ในการศึกษานี้ทำการศึกษาผลอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate, OLR) ที่มีต่อประสิทธิภาพและเสถียรภาพการทำงานของระบบ AHR ในการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนสกัดน้ำมันปาล์ม ทำการเดินระบบที่ OLR ตั้งแต่ 0.5 – 7.46 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน ผลการศึกษาพบว่า ในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบ AHR สามารถรองรับ OLR ได้สูงสุดที่ 7.46 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และมีระยะเวลากักเก็บทางชลศาสตร์ (Hydraulic Retention Time, HRT) ต่ำสุดที่ 10 วัน ที่ OLR ดังกล่าว ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี อยู่ที่ร้อยละ 90-95 ในขณะที่การบำบัดน้ำเสียผสมแบบ CSTR สามารถรองรับ ORL สูงสุดที่ 3.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน ที่ HRT 10 วัน และระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ร้อยละ 89

สำคัญ: น้ำเสียจากโรงสกัดน้ำมันปาล์ม/ระบบบำบัดน้ำเสียไม่ใช้อากาศ
/ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบลูกผสม/ระบบบำบัดแบบกวนผสมสมบูรณ์แบบ

Abstract

This research aimed to compare the efficiency of two type of anaerobic treatment systems, that were Anaerobic Hybrid Reactor (AHR) and Completely Stirred Tank Reactor (CSTR) for the treatment of palm oil wastewater. The characteristics of palm oil wastewater were as follows: COD of 72,380 mg/l, pH of 4.12, and total nitrogen of 660 mg/l. This study investigated the effects of organic loading rate (OLR) on the efficiency and stability of the treatment system. The OLR of interest were between 0.5 and 7.46 kg COD/m3/day. The result showed that the highest OLR for the AHR reactor was 7.46 kgCOD/m3/day with the best HRT of 10 days and the COD removal efficiency of 90-95%, while the highest OLR for the CSTR was 3.89 kgCOD/m3/day with the best HRT of 10 days and the COD removal efficiency of 89%.

Keyword : Palm oil wastewater , anaerobic treatment ,CSTR , AHR

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**2**
บทคัดย่อ	**3**
Abstract	**4**
สารบัญเรื่อง	**5**
สารบัญตาราง	**7**
สารบัญรูป	**8**
บทที่ 1 บทนำ	**9**
1.1 ความสำคัญและที่มาของการทำงานวิจัย	9
1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	11
1.3 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	11
1.4 ทฤษฎี	11
1.5 วัตถุประสงค์ของโครงการ	18
1.6 ขอบเขตของการวิจัย	18
1.7 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	19
บทที่ 2 วิธีดำเนินงานวิจัย	**20**
2.1 วิธีดำเนินการทดลอง	20
2.2 การทดลองเปรียบเทียบแหล่งจุลินทรีย์	21
2.3 การศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในถังปฏิกรณ์ CSTR และ AHR	21
บทที่ 3 ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์	**22**
3.1 สมบัติของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	22
3.2 คุณลักษณะของตะกอนเชื้อจุลินทรีย์	22
3.3 ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่างๆ ของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มต่อประสิทธิภาพการบำบัดด้วยระบบ AHR	24
3.4 ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่างๆ ของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มต่อประสิทธิภาพการบำบัดด้วยระบบ CSTR	28
บทที่ 4 สรุปผลการทดลอง	**31**
4.1 การคัดเลือกแหล่งจุลินทรีย์	31

4.2 การบำบัดและผลิตก๊าซชีวภาพของระบบ AHR จากน้ำเสียของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม 31

4.3 การบำบัดและผลิตก๊าซชีวภาพของระบบ CSTR จากน้ำเสียของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม 31

เอกสารอ้างอิง **32**

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1.	ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม	10
2.	ข้อดีและข้อเสียถังปฏิกรณ์ที่ไม่มีตัวกลาง	17
3.	ข้อดีและข้อเสีย ถังปฏิกรณ์ที่มีตัวกลาง	17
4.	ลักษณะน้ำเสียจากกระบวนโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	22
5.	สมบัติของจุลินทรีย์ทั้ง 4 แหล่ง	23
6.	กิจกรรมของจุลินทรีย์ (SMA) ของจุลินทรีย์ทั้ง 4 แหล่ง	23
7.	อัตราบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (OLR) และระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย (HRT) จากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยระบบ AHR	24
8.	อัตราบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (OLR) และระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย (HRT) จากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยระบบ CSTR	29

สารบัญรูป

รูป **หน้า**

1. องค์ประกอบของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบลูกผสมที่ใช้ในการทดลอง 20
2. ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ที่ภาระสารอินทรีย์ต่างๆ 27
3. สภาวะแวดล้อมของถังปฏิกรณ์แบบไม่ใช้อากาศลูกผสม 28

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่น่าจับตามอง นอกจากจะเป็นพืชน้ำมันที่มีบทบาทสำคัญในธุรกิจน้ำมันพืชเพื่อการบริโภค และเป็นวัตถุดิบอุตสาหกรรมต่อเนื่องอีกหลายอุตสาหกรรม เช่น สบู่ บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป นมข้นหวาน เนยเทียม ขนมขบเคี้ยว เป็นต้น ในอนาคตปาล์มน้ำมันยังจะมีบทบาทสำคัญในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งคาดว่าจะเป็นพลังงานทดแทนน้ำมันฟอสซิลในอนาคต กระบวนการนำน้ำมันปาล์มทำไบโอดีเซล ไม่สลับซับซ้อน เพราะใช้ได้ทั้งน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ โดยเฉพาะการใช้น้ำมันปาล์มดิบ เพียงแค่เติมสารปรุงแต่ง ตามหลักการทางเคมี ก็จะได้ไบโอดีเซลประมาณ 78-80% ซึ่งใช้เป็นน้ำมันดีเซล หรือผสมน้ำมันดีเซล ใช้กับรถยนต์หรือเครื่องจักรกลต่างๆได้ อีก 20-22% จะได้กรีเซอรัล (Glyceral) ใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่างๆได้อีก เช่น อาหารสัตว์ ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เป็นต้น ดังนั้นรัฐบาลได้มีการกำหนดแผนยุทธศาสตร์จังหวัดที่จะส่งเสริมเกษตรกรขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันพันธุ์ดีมากขึ้น เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพ และเพียงพอกับการผลิตไบโอดีเซล โดยส่งเสริมปลูกปาล์มพันธุ์ดีแทนที่สวนยางเก่า และต้นปาล์มอายุมาก รวมทั้งที่นารกร้าง ยังจะเน้นส่งเสริมใช้เทคโนโลยีผลิต และเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพผลิตปาล์มน้ำมันให้สูงขึ้น เพื่อรองรับการขยายตัวความต้องการผลผลิตปาล์มน้ำมันใช้เป็นพลังงานทดแทนอนาคต โดยรัฐบาลกำหนดยุทธศาสตร์อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันปี 2547–2572 เพื่อมุ่งสู่การเป็นผู้ผลิต และส่งออกน้ำมันปาล์มเคียงคู่ผู้นำระดับโลก อย่างมาเลเซียและอินโดนีเซีย รวมทั้งนโยบายกำหนดให้ปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานทดแทนของประเทศ ตั้งเป้าขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันให้ได้ 10 ล้านไร่ปี 2572 โดยจะปลูกเพิ่มปีละ 400,000 ไร่ แบ่งเวลาดำเนินการเป็น 5 ระยะๆ ละ 5 ปี โดยเฉพาะการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อทดแทนพลังงานราคาแพงขณะนี้ เมื่อได้ผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันเกษตรกรส่งเข้าโรงกลั่นน้ำมันปาล์มดิบ หลังจากนั้นโรงกลั่นน้ำมันปาล์มดิบส่งต่อโรงกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลากหลายผลิตภัณฑ์ ทั้งด้านบริโภคและอุปโภค อุตสาหกรรมต่อเนื่องจากปาล์มน้ำมันจำแนกได้ 8 ประเภท คือ อุตสาหกรรมเพื่อการบริโภคในรูปน้ำมันพืช 58.6% ของปริมาณน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ทั้งหมด น้ำมันปาล์ม ส่วนแบ่งตลาดน้ำมันพืชในไทย 66% รองลงมา เป็นส่วนแบ่งตลาดน้ำมันถั่วเหลือง มะพร้าว และอื่นๆในสัดส่วน 17%, 5% และ 12% ตามลำดับ อุตสาหกรรมสบู่ (10.1%) อุตสาหกรรมของว่างและขนมขบเคี้ยว (9.4%) อุตสาหกรรมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป (6.4%) อุตสาหกรรมนมข้นหวานและนมจืด (4.8%) อุตสาหกรรมครีมเทียม (1.4%) อุตสาหกรรมเนยขาวและเนยเทียม (1%) และอุตสาหกรรมอุปโภคอื่นๆ เช่น พลาสติก เครื่องสำอาง น้ำมันหล่อลื่น ยางรถยนต์ เป็นต้น

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มวัตถุดิบให้กับโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม ทำให้มีปริมาณของเสียมากขึ้นตามไปด้วย ไม่ว่าจะเป็นของแข็ง เช่น เปลือก ทะลาย เมล็ด หรือ น้ำเสีย ซึ่งน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มจะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาล มีความเป็นกรด มีอุณหภูมิสูง และมีตะกอนแขวนลอยค่อนข้างมาก น้ำเสียจากการผลิตน้ำมันปาล์มนี้มีสารประกอบอินทรีย์สูง ได้มีการประมาณการว่าน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม 1 ลูกบาศก์เมตร ทำให้เกิด บีโอดี 27 กิโลกรัม หรือ ซีโอดี 52 กิโลกรัม ตะกอนแขวนลอย 13 กิโลกรัม ไขมัน 7.5 กิโลกรัม และไนโตรเจน 0.6 กิโลกรัม ซึ่งคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด	ค่าที่วัดได้
BOD_5 (mg/l)	30,000
COD (mg/l)	90,000
Suspended solid (mg/l)	34,000
Oil and grease (mg/l)	8,000
Total kjeldahl nitrogen (mg/l)	200-1,000
pH	4-5
Temperature ($^{\circ}$C)	75-90

เมื่อวัตถุดิบผ่านขั้นตอนการแปรรูปจะมีของเสียที่เป็นอินทรียสารที่สามารถถูกย่อยสลายทางชีวภาพได้จำนวนมากออกมาจากโรงงาน ซึ่งของเสียเหล่านี้จำเป็นต้องทำการกำจัดต่อไป เพราะถ้ามีการปล่อยน้ำเสียนี้ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรง จะทำให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ อีกทั้งยังเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ พาหะของโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้นหลายฝ่ายจึงได้มีความสนใจที่จะป้องกันและแก้ไขปัญหาเหล่านี้ โดยการนำเอาของเสียที่เกิดขึ้นกลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งนอกจากจะช่วยลดปริมาณของเสียที่จะปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมเพื่อบรรเทาปัญหามลพิษที่จะเกิดขึ้นแล้วยังได้ผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ประโยชน์อีกด้วย ทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตได้

การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง นิยมใช้ระบบบำบัดทางชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศ (anaerobic digestion) เนื่องจากระบบนี้มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงได้ดี และสารอินทรีย์เหล่านี้สามารถถูกย่อยสลายไปเป็นก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นก๊าซผสมของก๊าซมีเธนและคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ อีกทั้งระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศนี้ยังเหมาะสำหรับโรงงานที่มีการดำเนินการ

เป็นฤดูกาลอีกด้วย (Olthof และ Oleszkiewicz, 1982) ดังนั้นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมในการบำบัดและใช้ประโยชน์จากน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (palm oil mill effluent; POME) ที่เป็น high strength wastewater คือ high rate anaerobic reactor (HRAR) โดยการศึกษานี้ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดและผลิตก๊าซชีวภาพจาก POME ด้วยระบบ Continuous stirring tank reactor (CSTR) และ anaerobic hybrid reactor (AHR) ตลอดจนคำนึงถึงเสถียรภาพของระบบในการทำงาน

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.2.1 ทราบข้อมูลแหล่งจุลินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับเป็นเชื้อตั้งต้นในระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

1.2.2 ทราบข้อมูลประสิทธิภาพในการบำบัดและผลิตก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียไม่ใช้อากาศ แบบลูกผสมและระบบกวนผสมสมบูรณ์แบบ ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม

1.2.3 สามารถนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มเพื่อลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

1.3 หน่วยงานที่นำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลงานวิจัยจะถูกส่งไปตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ และถ่ายทอดไปยังภาคอุตสาหกรรมเพื่อนำไปใช้งาน ต่อไป

1.4 ทฤษฎี

จากคุณสมบัติของน้ำทิ้งในตารางที่ 1 จะเห็นว่าต้องมีการบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยทิ้งออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่างๆ เพื่อป้องกันการก่อปัญหาต่อสภาวะแวดล้อม วิธีการบำบัดน้ำเสียมีหลายแบบ เช่น การบำบัดโดยใช้สารเคมี การบำบัดทางกายภาพ และการบำบัดทางชีวภาพ ซึ่งกระบวนการบำบัดทางชีวภาพนั้นจะใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เหมาะกับน้ำเสียที่มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์สูง ซึ่งน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มเป็นน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์สูง ดังนั้นในการบำบัดจึงได้เลือกวิธีการทางชีวภาพมาใช้

กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ โดยอาศัยจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กระบวนการใหญ่คือ กระบวนการแบบใช้อากาศ (Aerobic Digestion) และกระบวนการแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion)

ก. กระบวนการแบบใช้อากาศ สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ขึ้นจำนวนมาก (ประมาณร้อยละ 50 ของสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูก

เปลี่ยนเป็นเซลล์ของจุลินทรีย์) ข้อได้เปรียบของกระบวนการบำบัดแบบนี้คือ ระบบมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสีย อีกทั้งใช้ระยะเวลาในการบำบัดสั้น

ข. กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ กระบวนการนี้สารอินทรีย์ในน้ำเสียประมาณร้อยละ 80-90 ถูกย่อยสลายเป็นก๊าซมีเธน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งรวมเรียกว่า ก๊าซชีวภาพ การย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้อากาศนี้ มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในถังปฏิกรณ์ช้ามาก ทำให้การเริ่มต้นระบบเป็นไปได้ช้า ต้องใช้ระยะเวลากักเก็บนานถังปฏิกรณ์ที่ใช้จึงต้องมีขนาดใหญ่ทำให้ค่าลงทุนสูง อีกทั้งยังประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายกลุ่มและแต่ละกลุ่มมีความต้องการสภาวะที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตมีเธน ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของก๊าซชีวภาพ จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีชื่อว่ามีเธนแบคทีเรีย (Methanogenic Bacteria) ซึ่งมีการเจริญเติบโตช้าและไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงต้องอาศัยการดูแลอย่างใกล้ชิด และในระหว่างกำจัดบางครั้งอาจมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดขึ้นด้วย ทำให้มีกลิ่นเหม็น จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้กระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศไม่เป็นที่นิยมใช้กันในอดีต

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาข้อดีของระบบแบบไม่ใช้อากาศเปรียบเทียบกับระบบแบบใช้อากาศแล้วพบว่า มีข้อดีหลายประการดังนี้

ก. ในปฏิกิริยาย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ประมาณร้อยละ 80-90 จะถูกทำลายเป็นก๊าซมีเธนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซมีเธนนี้สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานใช้ในการหุงต้ม ให้แสงสว่าง เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเตาในการผลิตไอน้ำในหม้อไอน้ำ ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซลบางส่วน ตลอดจนใช้ผลิตไฟฟ้า (มรกต, 2538)

ข. กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ สารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายนำไปใช้ในการสร้างเซลล์จุลินทรีย์น้อยมาก เมื่อเทียบกับระบบแบบใช้อากาศที่สารอินทรีย์ประมาณร้อยละ 50 ถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีแบบไม่ใช้อากาศ จึงช่วยลดปัญหาในการกำจัดตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินลงไปได้

ค. การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีแบบไม่ใช้อากาศ มีความต้องการปริมาณอาหารเสริมสร้างในรูปของ BOD:N:P เป็น 100:1.1:0.2 ซึ่งน้อยกว่าในระบบแบบใช้อากาศที่มีค่า BOD:N:P เป็น 100:5:1 ทั้งนี้เนื่องจากการเติบโตของแบคทีเรียมีอัตราที่ต่ำกว่า

ง. กระบวนย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศไม่ต้องการออกซิเจน เนื่องจากระบบนี้ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวรับอิเลคตรอน ดังนั้นจึงไม่ต้องมีการเติมอากาศให้กับระบบ ทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดลงได้มาก

จ. กระบวนการนี้สามารถย่อยสลาย Xenobiotic Compounds เช่น Chlorinated Aliphatic Hydrocarbons (ได้แก่ Trichloroethylene, Trihalomethanes เป็นต้น) และ Recalcitrant Natural Compounds (ได้แก่ ลิกนิน เป็นต้น) (Bitton, 1994)

ฉ. สามารถรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงๆได้ ในขณะที่ระบบแบบใช้อากาศไม่สามารถรับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เกิน 1,000 มก./ล.ได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดในการให้ออกซิเจนอย่างเพียงพอกับระบบ

จากข้อดีในการรับน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงได้ดีกว่าระบบแบบใช้อากาศ ส่งผลให้ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศ เป็นที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานเหล่านี้มีปริมาณสารอินทรีย์สูงมาก และระบบบำบัดส่วนใหญ่เป็นแบบบ่อเปิด (Open Pond) และโรงงานทางด้านอุตสาหกรรมเกษตรส่วนใหญ่มักอยู่แถบชานเมือง เพราะใกล้แหล่งวัตถุดิบที่จะป้อนเข้าโรงงาน จึงค่อนข้างห่างไกลจากแหล่งชุมชน ดังนั้นกลิ่นที่เกิดจากระบบบำบัดชนิดนี้จึงไม่ค่อยเป็นปัญหา อีกทั้งราคาที่ดินบริเวณนั้นมีราคาค่อนข้างถูก ส่งผลให้ค่าลงทุนในการบำบัดน้ำเสียถูกกว่าระบบแบบอื่น ระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้จึงเป็นที่นิยมและแพร่หลายกันมาก แต่ระบบ Open Pond นี้ยังมีข้อจำกัดในหลายด้าน คือ ระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำ ทำให้ระบบมีขนาดใหญ่ใช้พื้นที่ในการบำบัดสูง มีปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นรบกวน ระบบนี้ทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียเพียงอย่างเดียวโดยไม่สามารถรวบรวมก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นก๊าซมีเธนที่เป็นองค์ประกอบในก๊าซชีวภาพจึงถูกปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดปัญหาโลกร้อนได้ และในปัจจุบันประชากรได้มีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น ส่งผลให้ชุมชนมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จนบางแห่งแหล่งชุมชนขยายเข้ามาใกล้กับโรงงาน ผลกระทบต่างๆระหว่างโรงงานกับชุมชนจึงเกิดขึ้นตามมา ไม่ว่าจะเป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น มีการปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำ ที่ชาวบ้านต้องใช้ในการอุปโภค บริโภค หรือปล่อยกลิ่นเหม็น รบกวน ก่อให้เกิดความรำคาญแก่ชาวบ้านในบริเวณใกล้เคียง หรือปัญหาทางด้านสังคม คือ ผลกระทบต่างๆที่เกิดขึ้น ส่งผลให้เกิดความสัมพันธ์ที่ไม่ดีระหว่างโรงงานกับชาวบ้าน ประกอบกับปัจจุบันประชาชนได้มีการตื่นตัวทางด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น และมีกฎหมายต่างๆเกิดขึ้นมา เพื่อควบคุมการทำลายสภาพแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นทางอากาศ ทางน้ำ หรือทางดิน ก็ตาม สิ่งต่างๆ เหล่านี้ทำให้ทางโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆต้องมีการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานใหม่ ส่งผลให้การแข่งขันทางด้านเทคโนโลยีในการบำบัดของเสียต่างๆในโรงงานมีการตื่นตัวตามไปด้วย ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการบำบัดน้ำเสียในถังปิดเพื่อที่จะสามารถนำก๊าซชีวภาพที่ได้มาใช้เป็นพลังงานทดแทน

การพัฒนาถังปฏิกรณ์บำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพถังปฏิกรณ์แบบไม่ใช้อากาศที่ใช้กันในช่วงแรกนั้นมีลักษณะเป็นถังกวนธรรมดา (Stirred Tank Reactor) ซึ่งมีการผสมกวนกันระหว่างสารอินทรีย์ที่อาจเป็นของแข็งหรือของเหลวกับจุลินทรีย์ในสารละลายนั้น และจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์อยู่ในสภาพแขวนลอย (Suspended Growth) ดังนั้นเมื่อมีการเพิ่มอัตราการรับภาระสารอินทรีย์สูงขึ้น ส่งผลให้จุลินทรีย์ภายในถังปฏิกรณ์ถูกพัดพา (Wash Out) ออกจากระบบได้ง่าย ทำให้ถังปฏิกรณ์ชนิดนี้ต้องมีขนาดใหญ่ เพื่อให้มีระยะเวลากักเก็บของเหลวมากเพียงพอต่อการสร้าง

สมดุลย์ของจุลินทรีย์ในถังหมัก อีกทั้งการที่จุลินทรีย์อยู่ในสภาพที่แขวนลอยทำให้มีโอกาสสัมผัสกับสารอาหารได้อย่างทั่วถึง จึงมีปัญหาในกรณีที่ระบบมีการสะสมของสารบางตัวเช่น Na, K, Mg และ Ca เป็นต้น (เสริมพล และไชยยุทธ, 2518) มากเกินไปจนกระทั่งมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ภายในระบบทำให้ระบบล้มเหลวได้ง่าย

ต่อมาได้พัฒนาถังปฏิกรณ์เป็นแบบ Anaerobic Contact ซึ่งประกอบด้วยถังปฏิกรณ์แบบกวนกับถังตกตะกอน สารละลายที่ผ่านการบำบัดที่ออกจากถังปฏิกรณ์ถูกนำไปสู่ถังตกตะกอน เพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากของเหลว และมีการนำตะกอนกลับมาใช้อีกทำให้ค่าระยะเวลากักเก็บของแข็ง (Solid Retention Time; SRT) มากกว่าระยะเวลากักเก็บของเหลวหลายเท่า จึงสามารถลดขนาดของถังปฏิกรณ์ลงได้ (เสริมพล และไชยยุทธ, 2518) แต่ในทางปฏิบัติการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในถังปฏิกรณ์บำบัดน้ำเสียโดยวิธีตกตะกอน และวนตะกอนจุลินทรีย์กลับไปในถังใหม่ค่อนข้างประสบความยุ่งยาก เนื่องจากน้ำทิ้งที่เข้าสู่ถังตกตะกอนยังมีการย่อยสลายของสารอินทรีย์ส่งผลให้มีการผลิตมีก๊าซชีวภาพออกมาเช่นกัน ซึ่งก๊าซนี้จะพาตะกอนลอยขึ้น จึงมีปัญหาทางด้านการตกตะกอนของชีวมวล

จากสาเหตุดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาถังปฏิกรณ์ขึ้นใหม่ให้มีประสิทธิภาพสูง (High Rate Anaerobic Reactor; HRAR) โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศมาพัฒนาถังปฏิกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น สิ่งที่ทราบคือประสิทธิภาพการผลิตมีเธนขึ้นกับจุลินทรีย์สองกลุ่มคือ กลุ่มที่ผลิตกรดอินทรีย์และกลุ่มที่ผลิตมีเธน ซึ่งทั้งสองกลุ่มนี้มีความต้องการสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงมีการนำเอาหลักการในการควบคุมสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่มมาใช้ นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาถังปฏิกรณ์ เพื่อให้สามารถรักษาเซลล์จุลินทรีย์ให้คงอยู่ในถังปฏิกรณ์มากที่สุด เพื่อให้การย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นไปอย่างรวดเร็วและผลิตก๊าซชีวภาพได้สูง ซึ่งการกักชีวมวลให้อยู่ภายในถังปฏิกรณ์ทำได้ โดยใช้หลักการตรึงเซลล์บนหรือรอบๆวัสดุรองรับ หรือบนพื้นผิววัสดุยึดเกาะหรือวัสดุตัวกลาง (Innert Materials) หรือให้จุลินทรีย์เกาะกันเป็นก้อนเพื่อเพิ่มความสามารถในการตกตะกอน ทำให้จุลินทรีย์อยู่ในถังปฏิกรณ์ได้นาน (Albagnac, 1990) ข้อดีของการใช้ถังปฏิกรณ์เหล่านี้คือ สามารถกักจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ไว้ได้เป็นจำนวนมากและเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้ระบบทำงานได้ที่ HRT ต่ำ สามารถรับอัตราการป้อนสารอินทรีย์ได้สูง ทนต่อสภาวะ Organic Shock Loading ได้ดี เป็นการเพิ่ม Productivity และป้องกันไม่ให้มีการสูญเสียจุลินทรีย์ในขณะที่ระบบเกิดการ Overloading ทำให้ช่วยลดขนาดของถังปฏิกรณ์และราคาลงทุน ตลอดจนได้ระบบที่มีเสถียรภาพดี ซึ่งการเก็บกักจุลินทรีย์ให้อยู่ในถังปฏิกรณ์ทำได้ 2 อย่างคือ

การตรึงจุลินทรีย์บนวัสดุของแข็ง (Supporting Material) หรือการเกิดฟิล์มชีว (Biofilm) โดยจุลินทรีย์เจริญอยู่บนตัวกลาง (Attached Growth) ถังปฏิกรณ์ชนิดนี้บางครั้งเรียก Anaerobic Fixed Film หรือ Anaerobic Filter ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการบรรจุวัสดุตัวกลาง ในถังปฏิกรณ์แบบ

Anaerobic Filter การบรรจุเป็นแบบสุ่ม จุลินทรีย์อยู่ในลักษณะที่เหมือนกับถูกกรอง โดยมีทั้งจุลินทรีย์ที่จับบนผิววัสดุ และที่ถูกกักอยู่ระหว่างช่องว่างของตัวกลาง ส่วนในถังปฏิกรณ์แบบ Anaerobic Fixed Film วัสดุตัวกลางถูกวางอย่างเป็นระเบียบ เช่น เป็นท่อ หรือเป็นแผ่นขนานกันไป จุลินทรีย์จับอยู่เฉพาะบนผิววัสดุเท่านั้น ถังปฏิกรณ์ชนิดนี้จุลินทรีย์อยู่ในสภาพเป็นฟิล์ม จึงสามารถลดระยะเวลากักเก็บชีวมวลในถังปฏิกรณ์ได้ โดยไม่ต้องกังวลกับปัญหาการ Washout ของชีวมวลออกจากระบบ ทำให้ระบบมีขนาดเล็กลง เพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ได้สูงขึ้น และใช้ระยะเวลาน้อย ระบบมีความเสถียรสามารถฟื้นตัวได้เร็วเมื่อระบบ Shockload อีกทั้งยังทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดีกว่าเชื้อที่แขวนลอย นอกจากนี้ฟิล์มชีวในระบบมีอัตราการกำจัดสารอินทรีย์สูงถึง 1 กก.ซีโอดี/กก.VSS/วัน และมีประสิทธิภาพในการเจริญเป็น 0.1 กก.VSS/กก.ซีโอดี (Sastry และ Vickineswaty, 1995)

ประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์มนี้จะดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของฟิล์มชีวและปริมาณของจุลินทรีย์บนวัสดุรองรับ ซึ่งฟิล์มชีวประกอบด้วยกลุ่มจุลินทรีย์และผลิตภัณฑ์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นและขับออกมาภายนอกเซลล์ โดยมารวมตัวกันอยู่บนผิวของแข็ง (Substratum) จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดฟิล์มชีวมีหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นสายยาว (Filamentous) จุลินทรีย์เหล่านี้สร้างสารที่เป็นโพลิเมอร์ออกมาหุ้มเซลล์ สารโพลิเมอร์เหล่านี้ทำให้จุลินทรีย์สามารถเกาะติดอยู่กับผิววัสดุและเจริญเติบโตต่อไปได้

การให้จุลินทรีย์จับกันเป็นก้อนหรือกรานูล (Granular Sludge) เพื่อเพิ่มความสามารถในการตกตะกอนของจุลินทรีย์ ป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์หลุดออกจากระบบได้ง่าย และเมื่อน้ำเสียไหลเข้าถังปฏิกรณ์ก็จะทำให้เม็ดตะกอนลอยตัวอยู่เป็นชั้น Sludge ที่ไม่จม ระบบนี้ไม่ต้องใส่วัสดุตัวกลางที่ให้จุลินทรีย์เกาะยึด (Inert Media) ทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของตัวกลางลงได้มาก ตะกอนของจุลินทรีย์ในถังชนิดนี้ประกอบไปด้วยกิจกรรมของจุลินทรีย์หลายชนิดรวมกัน คล้ายฟิล์มชีวในถังปฏิกรณ์แบบ Fixed Film (Dolfing, และคณะ, 1985) ก้อน Floc หรือ Granule มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-4 มม. มีคุณสมบัติในการตกตะกอนที่ดีมาก จึงมีส่วนช่วยให้จุลินทรีย์ถูกกักกันอยู่ในถังปฏิกรณ์ได้เป็นเวลานาน ถังปฏิกรณ์ชนิดนี้เรียกว่า Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

การออกแบบถังปฏิกรณ์แบบ UASB นั้นประกอบด้วยบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาและบริเวณที่ตกตะกอน ในบริเวณที่ตกตะกอนนั้นสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งขาเข้าจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเธนและคาร์บอนไดออกไซด์ ขณะที่ไหลผ่านชั้นของตะกอน ก๊าซที่เกิดขึ้นจะเกาะกับตะกอนและพาตะกอนลอยขึ้นสู่ด้านบนของถังปฏิกรณ์ และทางด้านบนนี้ได้ติดตั้ง Settle Unit ไว้เพื่อทำหน้าที่ดักจับกรานูลที่อาจหลุดออกไปได้ ซึ่ง Settle Unit นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นตัวแยกและปล่อยก๊าซออกจากถังปฏิกรณ์ และป้องกันการ Washout ของชีวมวลทำให้ตะกอนสามารถตกกลับเข้าไปในถัง

ปฏิกรณ์ (Lettinga, และ Pol, 1986) ระบบนี้เป็นการแยกระหว่างระยะเวลาในการกักเก็บของแข็ง (SRT) และระยะเวลาในการกักเก็บของเหลว (HRT) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Dolfing, 1986)

กรานูลที่อยู่บริเวณส่วนล่างของถังปฏิกรณ์มีขนาดใหญ่ และอยู่กันในลักษณะที่เรียกว่า Sludge Bed ซึ่งสามารถตกตะกอนได้ดีขึ้นถ้าไม่ถูกรบกวนจากการกวน อัตราของการตกตะกอนอยู่ราว 50 เมตรต่อชั่วโมง เหนือจากชั้นของ Sludge Bed ขึ้นมาเป็นชั้นของ Sludge Blanket ที่ประกอบด้วยก้อน Floc ที่มีขนาดเล็กลง และมีความแน่นน้อยกว่ากรานูลที่อยู่ในชั้น Sludge Bed Sludge Blanket ที่อยู่ในชั้นบนจึงค่อนข้างเบา โดยเฉลี่ยแล้วปริมาณของ Sludge ในถังปฏิกรณ์ UASB มีอยู่ประมาณ 20-40 กก.VSS/ลบ.ม. ปริมาณของ Sludge ที่สูงขนาดนี้ทำให้เกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์ได้ถึง 50 กก./ลบ.ม./วัน ทำให้นิยมใช้ UASB ในการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง ถังปฏิกรณ์แบบ UASB สามารถใช้บำบัดน้ำเสียได้ทั้งในช่วงอุณหภูมิปานกลาง (35° ซ) และอุณหภูมิสูง (50-55°ซ) แม้ว่าการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบค่อนข้างเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนเมื่อมีการเพิ่มภาระการเติมสารอินทรีย์ แต่ถังปฏิกรณ์ UASB ก็ยังสามารถรักษาเสถียรภาพได้ดีที่ภาระการเติมสารอินทรีย์สูง (มรกต, 2538)

ต่อมาได้มีการคิดค้นพัฒนาถังปฏิกรณ์ขึ้นมาใหม่ โดยอาศัยหลักการการกักชีวมวลของถังปฏิกรณ์ทั้งสองวิธีนี้ โดยมีการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งที่เกาะอยู่บนตัวกลางและที่แขวนลอยอยู่ภายในถังปฏิกรณ์ชนิดเดียวกัน ซึ่งถังปฏิกรณ์ชนิดนี้เรียกว่าถังปฏิกรณ์แบบลูกผสม (Hybrid Reactor) แต่ตะกอนที่แขวนลอยภายในถังปฏิกรณ์บางครั้งไม่ได้มีการรวมตัวกันเป็นกรานูล เพียงแต่อยู่ในสภาพเป็น Floc แขวนลอยอยู่ภายในถังปฏิกรณ์เท่านั้น ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าถังปฏิกรณ์แบบลูกผสมนี้เป็นการรวมกันระหว่างถังปฏิกรณ์แบบ Sludge Bed กับ Filter (Guiot และ Van den Berg, 1984, 1985; Chung และ Choi, 1993) เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างระหว่างถังปฏิกรณ์แบบที่มีตัวกลางและที่ไม่มีตัวกลางแล้ว สามารถสรุปข้อดีและข้อเสียของถังปฏิกรณ์ทั้งสองชนิดได้ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงข้อดีและข้อเสียถังปฏิกรณ์ที่ไม่มีตัวกลาง

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในส่วนของตัวกลาง 2. จุลินทรีย์มีกิจกรรมในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเธนได้ดี เนื่องจากสามารถสัมผัสอาหารได้อย่างทั่วถึง	1. ตะกอนถูกพัดพาออกจากระบบได้ง่าย 3. ถ้าน้ำเสียมีสารแขวนลอยสูงจะเป็นตัวขัดขวางการเกิดกรานูลของสลัดจ์ 4. ใช้เวลาในการเกิดกรานูลนาน(กรณีของUASB)

ตารางที่ 3 แสดงข้อดีและข้อเสีย ถังปฏิกรณ์ที่มีตัวกลาง

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นระบบ และการกักเก็บของเหลวน้อย 2. มีอัตราภาระการรับสารอินทรีย์สูง ทำให้ได้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูง 3. ระบบมีเสถียรภาพสูง 4. สามารถทนต่อการรบกวนของตัวยับยั้ง	1. ค่าใช้จ่ายในส่วนของตัวกลางค่อนข้างสูง 2. เมื่อระบบดำเนินการเป็นระยะเวลานาน ถ้าเลือกชนิดของตัวกลางไม่เหมาะสม พบว่ามักมีการอุดตัน และลัดวงจรขึ้นภายในระบบ 3. มักมีปัญหาเรื่องการถ่ายเทมวลสาร (Mass Transfer) และระบบมีการกระจายตัวของน้ำเสียขาเข้าไม่ดี ถ้าเลือกชนิดและการจัดเรียงตัวกลางในระบบไม่ดี

จากข้อดีและข้อเสียต่างๆเหล่านี้ สามารถกล่าวได้ว่าถังปฏิกรณ์แบบลูกผสมถูกพัฒนาขึ้นมาโดยนำข้อดีของถังปฏิกรณ์ที่มีตัวกลางและไม่มีตัวกลางมารวมกัน เพื่อลดข้อจำกัดต่างๆของถังปฏิกรณ์เหล่านี้ ให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์สูงขึ้น จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า ถังปฏิกรณ์แบบลูกผสมนี้สามารถแก้ไขข้อจำกัดของถังปฏิกรณ์แบบ UASB ในแง่ของการ Pre-granule ของตะกอนเชื้อเริ่มต้น และแม้ว่าจะลดปริมาณตัวกลางลงเมื่อเทียบกับระบบแบบมีตัวกลาง ก็ยังพบว่าประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ยังคงดีอยู่ อีกทั้งไม่ทำให้เกิดการอุดตันเมื่อดำเนินระบบไปนานๆ ทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของตัวกลางลงได้มาก

ถังปฏิกรณ์แต่ละชนิดที่กล่าวมานี้มีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน รวมไปถึงข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นถังปฏิกรณ์แต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมสำหรับน้ำเสียแต่ละประเภท ว่าเป็นน้ำเสียที่ย่อยสลายง่ายหรือยาก น้ำเสียมีสารแขวนลอยมากน้อยเพียงใด และองค์ประกอบอื่นๆในน้ำเสีย ซึ่งจะมีผลต่อการเริ่มต้นระบบ (Start Up) และประสิทธิภาพการทำงานของระบบในแง่การบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพ รวมทั้งเสถียรภาพการทำงานของระบบในระยะยาว จึงควรมีการศึกษาพัฒนาเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพทางด้าน Reactor Configuration เพื่อให้เหมาะสมสำหรับน้ำเสียแต่ละประเภทในอุตสาหกรรมเกษตร และเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดของระบบ (Maximum Organic Loading Rate, Shortest Hydraulic Retention Time and High Efficiency in Treatment and Energy Production) มีเสถียรภาพที่ดีในระยะยาว รวมทั้งคำนึงถึงต้นทุนการก่อสร้างระบบ (Investment Cost) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ (Operating Cost) ด้วย ดังนั้นในการศึกษานี้จะได้ทำการศึกษา Configuration ของถังปฏิกรณ์ชนิดต่างๆกับน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในระดับห้องปฏิบัติการ

เนื่องจากความแตกต่างกันทั้งทางด้านคุณสมบัติ และลักษณะทางกายภาพของถังปฏิกรณ์ชนิดต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้ว ทำให้ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหา Configuration ที่เหมาะสมระหว่างถัง

ปฏิกรณ์ชนิดต่างๆเหล่านี้กับน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม สาเหตุที่ใช้น้ำเสียจากโรงงานนี้เนื่องจากเป็นน้ำเสียที่มีปริมาณและความเข้มข้นสูง สามารถที่จะผลิตก๊าซชีวภาพได้ดี และเนื่องจากการที่รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการเพิ่มกำลังการผลิตน้ำมันปาล์มเพื่อนำไปผลิตไบโอดีเซลด้วย

ส่วนถังปฏิกรณ์ที่เลือกใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศนี้ มีทั้งหมด 2 ถัง คือ แบบ CSTR (Conventional Stirr Tank Reactor) และแบบ AHR (anaerobic hybrid reactor) ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาในเรื่องของจุลินทรีย์ตั้งต้นเพื่อที่จะหาแหล่งของจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม เนื่องจากน้ำเสียประเภทนี้จะมีน้ำมันปนอยู่ด้วย ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ค่อนข้างย่อยสลายได้ช้าในระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศเมื่อเทียบกับสารอินทรีย์ประเภทอื่น และเมื่อได้แหล่งของจุลินทรีย์ที่เหมาะสมแล้วจะดำเนินการเปรียบเทียบการทำงานของถังปฏิกรณ์ทั้ง 2 แบบ เพื่อหาถังปฏิกรณ์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

1.5 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อวิจัยและพัฒนาถังปฏิกรณ์บำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพ ให้เหมาะสมสำหรับน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม เพื่อเป็นการเพิ่มการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อที่จะนำมาเป็นพลังงานทดแทน และการบำบัดน้ำเสียเพื่อส่งส่งเสริมการรักษาสิ่งแวดล้อม

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดและผลิตก๊าซชีวภาพของถังปฏิกรณ์ CSTR และ AHR จากน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

1.6 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1 .ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มโดยกระบวนการไม่ใช้อากาศ

2. หาแหล่งของจุลินทรีย์ที่จะนำมาใช้ในการศึกษา

3. ทำการศึกษาในถังปฏิกรณ์ 2 ชนิด คือ CSTR และ AHR เพื่อหาถังปฏิกรณ์ที่เหมาะสมในการบำบัด โดยการเปรียบเทียบ อัตราการป้อนน้ำเสีย ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย และเสถียรภาพของระบบ

1.7 แผนการดำเนินงานทั้งโครงการ

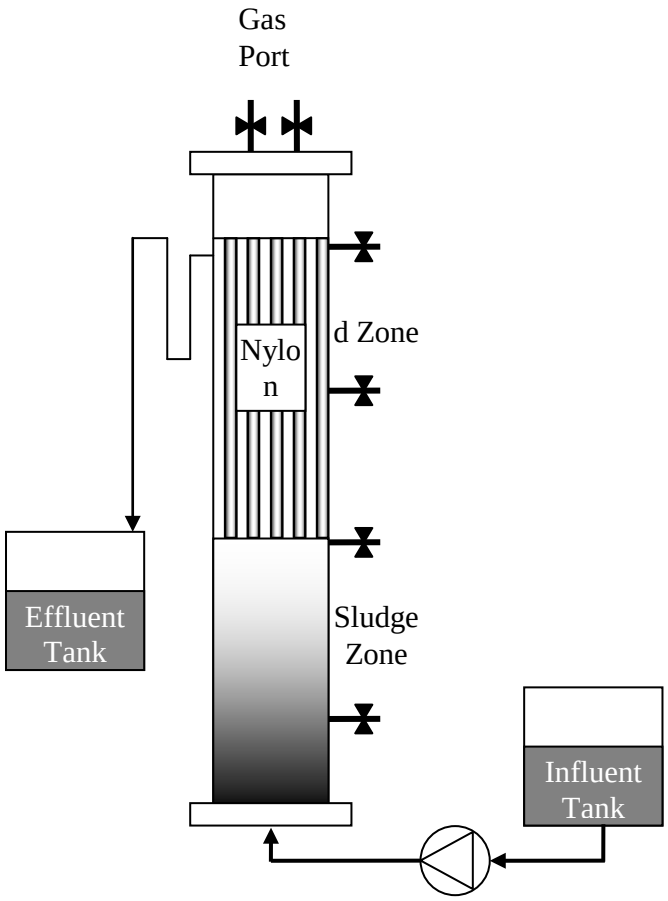
รายละเอียด	เดือนที่ 1-3	เดือนที่ 4-6	เดือนที่ 7-9	เดือนที่ 10-12
1. ออกแบบและสร้างถังปฏิกรณ์แบบ UASB และ แบบ AH	←→			
2. ศึกษาหาแหล่งจุลินทรีย์ตั้งต้นที่เหมาะสมในการบำบัดและผลิตก๊าซชีวภาพจาก POME โดยนำจุลินทรีย์ที่มาจากระบบบำบัดน้ำเสียที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบมาทดสอบในขวด anaerobic serum vial		←→		
3. ศึกษาประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ทั้ง 2 แบบในการบำบัดน้ำเสียและการผลิตก๊าซชีวภาพ			←→	←→
4. รายงานฉบับสมบูรณ์				←→

บทที่ 2
วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วิธีดำเนินการทดลอง

1. ถังปฏิกรณ์ชนิดไร้อากาศแบบลูกผสม (Anaerobic Hybrid Reactor) ทำด้วยอะคลีลิกใส มีปริมาตรรวม 6 ลิตร และมีปริมาตรใช้งาน 5.55 ลิตร มีลักษณะเป็นทรง กระบอกที่มีความสูง 86.5 ซม. และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.4 ซม. โดยมีความสูงของบริเวณใช้งานจริงอยู่ที่ 80 ซม. ถังปฏิกรณ์แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ บริเวณที่ไม่มีวัสดุตัวกลางเป็นบริเวณที่ตะกอนจะมีลักษณะแขวนลอย (Sludge Zone) ที่ส่วนล่างของถัง ในส่วนบนจะเป็นบริเวณที่มีตัวกลางอยู่ ดังรูปที่ 1 ทำการป้อนน้ำเสียเข้าด้านล้างของถังโดยปั๊มชนิดรีดสาย และไหลออกทางด้านบนของถัง สำหรับถังปฏิกรณ์แบบ CSTR ก็มีขนาดเท่ากันเพียงแต่ภายในไม่ได้ติดตั้งตัวกลางและมีการติดตั้งใบกวนเพิ่มที่ฝาถัง

รูปที่ 1 องค์ประกอบของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบลูกผสมที่ใช้ในการทดลอง



2.2 การทดลองเปรียบเทียบแหล่งจุลินทรีย์

โดยจะศึกษาหาแหล่งของจุลินทรีย์ตั้งต้นที่เหมาะสมในการเริ่มต้นระบบ โดยใช้จุลินทรีย์จาก 4 แหล่ง ได้แก่ ฟาร์มสุกร โรงงานผลิตแป้งมัน โรงงานสุรา และโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม มาทำการย่อยสลายน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม โดยทำการศึกษาในขวดซีรัมไวแอล ขาด 100 ซีซี โดยจะทำการบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 และ 55 องศาเซลเซียส และใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มที่มีค่า COD 1,000 mg/l โดยจะใส่ปริมาณเชื้อตั้งต้นที่เท่ากันของเชื้อแต่ละแหล่ง โดยจะพิจารณาเลือกจากเชื้อที่มี SMA สูงสุด

2.3 การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในถังปฏิกรณ์ CSTR และ AHR .

โดยจะดูถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย และประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพของถังปฏิกรณ์แต่ละชนิด และเสถียรภาพการทำงานของระบบ

บทที่ 3
ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

3.1 สมบัติของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

มีค่าพีเอชอยู่ที่ 4.12 และค่าซีโอดี , บีโอดีและ SS อยู่ที่ 72,380 , 40,565 , 19,640 มก./ลิตร ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ลักษณะน้ำเสียจากกระบวนโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ลำดับ	พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าที่วัดได้
1	pH	-	4.12
2	COD	mg/L	72,380
3	BOD	mg/L	40,565
4	Suspended Solid, SS	mg/L	19,640
5	TDS	mg/L	25,455
6	TKN	mg/L	660
7	TP	mg/L	98
8	FOG	mg/L	6,500

3.2 คุณลักษณะของตะกอนเชื้อจุลินทรีย์

ในการศึกษานี้ แหล่งตะกอนเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 4 แหล่ง ได้แก่ ฟาร์มหมู โรงงานแป้งมันสำปะหลัง และโรงงานน้ำมันปาล์มและโรงงานผลิตสุรา เพื่อนำมาหาแหล่งเชื้อที่เหมาะสมในการทดลอง โดยมีการตรวจวัดค่า SMA ของเชื้อแต่ละแหล่ง และเลือกเชื้อที่มีค่า BMP สูงสุดเป็นเชื้อตั้งต้นของการทดลอง

3.2.1 สมบัติของตะกอนจุลินทรีย์

ตัวอย่างจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศจากโรงงานทั้ง 4 แหล่งถูกนำมาวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นคือ TSS, VSS โดย จุลินทรีย์จาก โรงงานแป้งมันสำปะหลัง , โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม, โรงงานสุรา และฟาร์มสุกร มีค่า TSS 32.16 , 24.03 , 23.16 และ 16.25 ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมบัติของจุลินทรีย์ทั้ง 4 แหล่ง

แหล่งจุลินทรีย์	TSS (g/L)	VSS (g/L)
โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	36.08	32.16
โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	31.53	24.03
โรงงานผลิตสุรา	26.27	23.16
ฟาร์มสุกร	19.69	16.25

3.2.2 กิจกรรมของจุลินทรีย์ (SMA)

การวัดกิจกรรมของจุลินทรีย์ (SMA) นั้นเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการคัดเลือกแหล่งของจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการเริ่มต้นระบบ โดยทำการทดลองในขวด Seriam Vial ขนาด 100 ml. ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าเชื้อจากฟาร์มสุกรมีค่า SMA สูงสุดที่ 0.12 gCOD/gVSS-day ส่วนเชื้อจากจาก โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง , โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม , โรงงานผลิตสุรา มีค่า SMA = 0.09 , 0.10 , 0.09 ตามลำดับ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 กิจกรรมของจุลินทรีย์ (SMA) ของจุลินทรีย์ทั้ง 4 แหล่ง

แหล่งจุลินทรีย์	SMA (gCOD/gVSS-day)
โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง	0.09
โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	0.10
โรงงานผลิตสุรา	0.09
ฟาร์มสุกร	0.12

3.3 ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่างๆ ของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มต่อประสิทธิภาพการบำบัดด้วยระบบ AHR

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้จุลินทรย์จากฟาร์มสุกรเป็นเชื้อตั้งต้นเนื่องจากมีค่า SMA สูงสุดเมื่อเทียบกับเชื้อแห่ลงอื่นๆอีก 3 แหล่ง โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียไม่ใช้อากาศแบบลูกผสมในการบำบัดความสกปรกในน้ำเสียและประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate, OLR) ที่ระดับต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ดังแสดงในตารางที่ 7 การศึกษานี้ได้ติดตามประสิทธิภาพการทำงานของ ระบบ จากตัวชี้วัดได้แก่ค่าซีโอดี พีเอช ค่าความเป็นด่าง ปริมาณกรดระเหย ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ ผลของการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 7 อัตราบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (OLR) และระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย (HRT) จากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยระบบ AHR

OLR (kgCOD/m3-day)	HRT (day)	pH	Alk (mg/l)	TVA (mg/l)	COD inf (mg/l)	COD eff (mg/l)	COD Reduction (%)
0.50	20	7.50	398	210	10,000	300	96
1.00	20	7.20	800	500	20,000	900	96
1.77	20	7.30	1,200	550	35,560	1,300	95
1.60	20	7.20	1,650	900	31,775	1,800	94
1.49	20	7.18	2,200	980	29,825	1,750	94
3.89	10	7.10	1,800	1,500	38,920	3,000	92
3.49	5	6.44	1,400	1,400	17,475	2,500	85
7.46	10	6.90	1,700	1,500	74,590	3,000	95

3.3.1 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ OLR และ HRT ต่างๆ

ผลของการตรวจวัดสภาวะแวดล้อมภายในถังปฏิกรณ์ (รูปที่ 1) และประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย (รูปที่ 2) ในการดำเนินระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบ AHR ได้อธิบายผลการทดลองในแต่ละ OLR และ HRT ดังต่อไปนี้

ก) ที่ OLR 0.5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 20 วัน

ในการเดินระบบที่ OLR 0.5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน พบว่าระบบสามารถทำการกำจัดซีโอได้เป็นอย่างดีถึงร้อยละ 96 โดยค่าซีโอดีของน้ำเสียค่าออกมีค่าเพียง 300 มก./ล. ในขณะที่ซีโอดีที่ป้อนเข้าระบบมีค่าถึง 10,000 มก./ล. ในส่วนของการทำงานของระบบพบว่าระบบมีการทำงานที่ดีอยู่ โดยค่าพีเอชในระบบมีค่าอยู่ที่ 7.50 ค่าความเป็นด่างอยู่ที่ 398 มก./ล ค่ากรดระเหยทั้งหมดอยู่ที่ 210มก./ล

ข) ที่ OLR 1.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 20 วัน

ที่ OLR 1.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน ระบบมีการทำงานที่ดี โดยดูจากค่าพีเอช ค่าความเป็นด่างอยู่ที่ และกรดระเหยทั้งหมด ที่ระบบสามารถรักษาระดับอยู่ได้ โดยค่าที่ได้คือ 7.20 , 800 มก./ล และ 500 มก./ล ตามลำดับ ทำให้การกำจัดซีโอดีทำได้ดีถึงร้อยละ 96 จึงพบว่ามีซีโอดีในน้ำเสียขาออกจากระบบอยู่ที่ 900 มก./ล.

ค) ที่ OLR 1.77 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 20 วัน

OLR นี้ ระบบยังคงสามารถที่จะทำการกำจัดสารอินทรีย์ได้ถึงร้อยละ 95 ทำให้ค่าพีเอชของน้ำเสียขาออกมีค่ามากกว่า 7.0 ค่าความเป็นด่างมากกว่า 1,000 มก./ล ส่งผลให้ค่าซีโอดีของน้ำเสียขาออกมีค่าที่ต่ำ โดยค่าซีโอดีที่ได้ตลอดในช่วงนี้มีค่าเฉลี่ยที่ 1,300 มก./ล.

ง) ที่ OLR 1.49 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 20 วัน

ที่ OLR จาก 1.49 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน ค่าพีเอชของระบบยังคงสามารถที่จะรักษาค่าให้มากกว่า 7.00 ได้ โดยค่าซีโอดีของน้ำเสียขาออกที่ OLR 1.49 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน จะอยู่ที่ 1,750 มก./ล. โดยการกำจัดซีโอดีมีค่าร้อยละ 94

จ) ที่ OLR 3.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 10 วัน

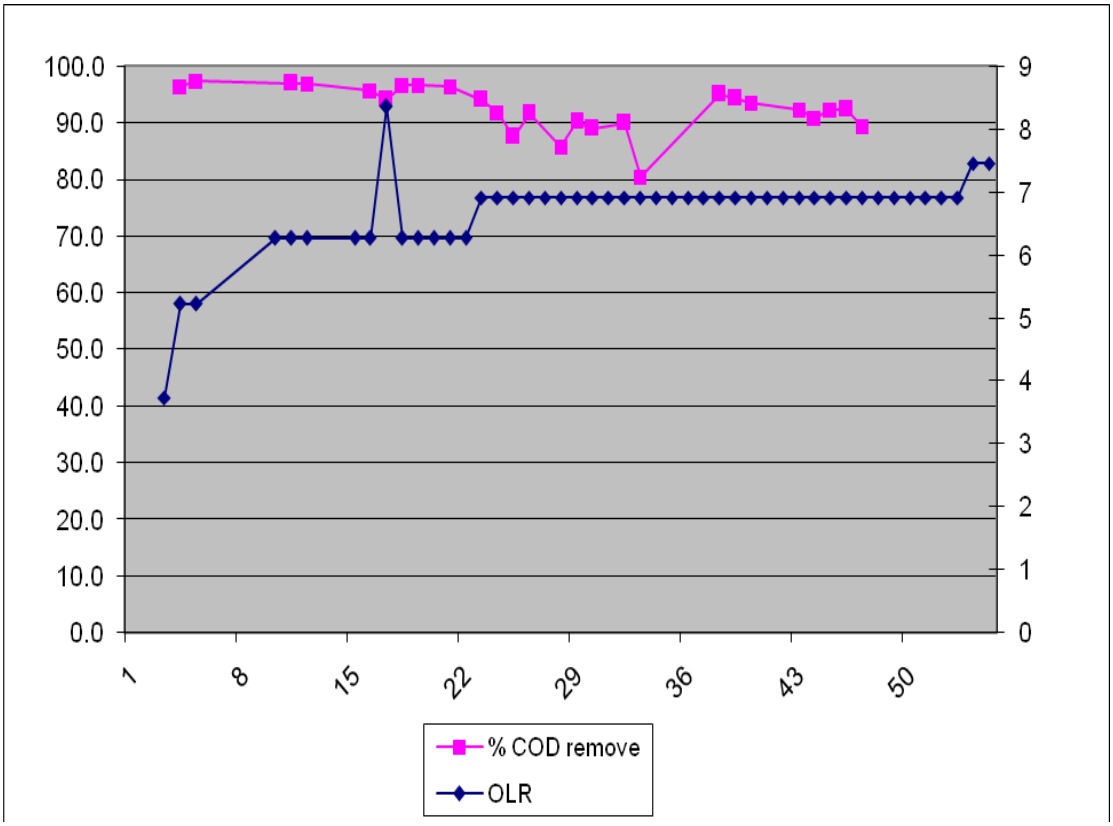
หลังจากป้อนน้ำเสียที่ OLL 1.49 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน ได้ทำการทดสอบระบบโดยเพิ่ม OLR เป็น 3.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของระบบยังคงทำงานได้ดีอยู่ มีการกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 92 ค่าซีโอดีของน้ำเสียขาออกมีค่าอยู่ที่ 3,000 มก./ล. ในขณะที่ค่าพีเอช ค่าความเป็นด่าง และปริมาณกรดระเหยทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 7.10 , 1,800 มก./ล และ 1,500 มก./ล ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าระบบยังสามารถทำงานได้ดีถึงแม้จะมีการป้อนสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นถึง 1 เท่าตัว

ฉ) ที่ OLR 3.49 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 5 วัน

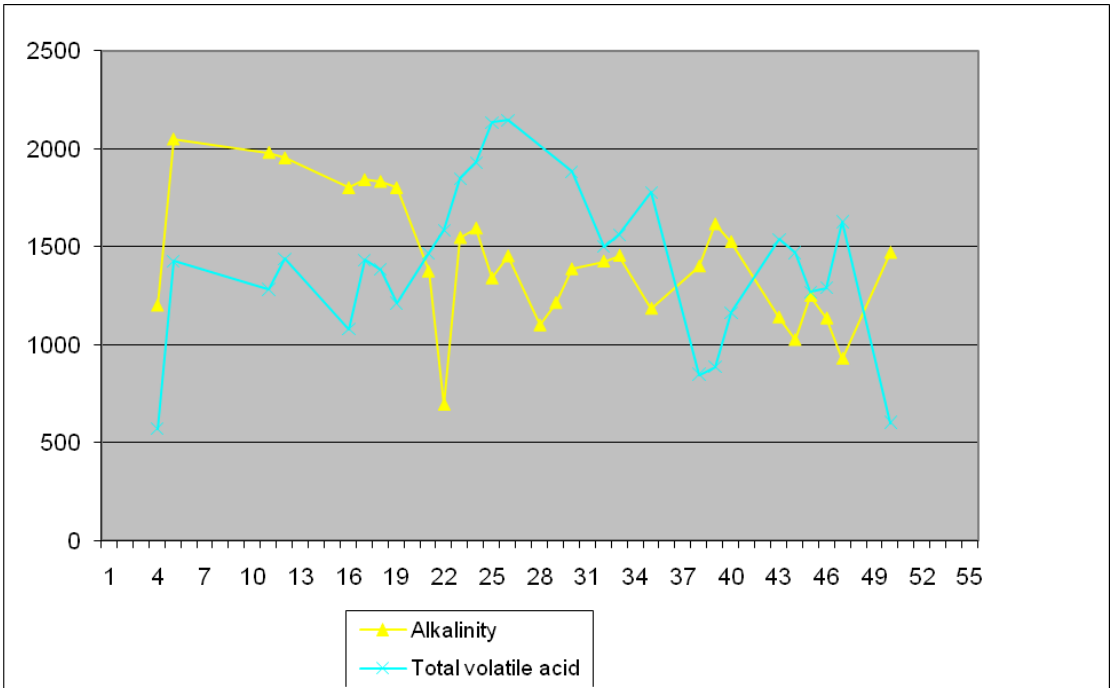
เมื่อทำการปรับ OLR เป็น 3.49 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน ที่ HRT 5 วัน พบว่า pH ของระบบลดลงเหลือต่ำกว่า 6.5 และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีก็ลดลงเช่นกันเหลือ 85 % นั่นแสดงว่าระบบบำบัดแบบ AHR ไม่สามารถทำงานได้ที่ HRT ต่ำกว่า 10 วัน

ช) ที่ OLR 7.46 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 10 วัน

เมื่อทำการทดสอบการป้อนระบบที่ OLR สูง คือ 7.46 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 10 วันพบว่าระบบ AHR ยังสามารถทำงานได้ดีโดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมากกว่า 90 % และพีเอชของระบบอยู่ที่ 6.90 แสดงว่าระบบ AHR สามารถรับภาระสารอินทรีย์ได้สูงถึง 7.46 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน



รูปที่ 2 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ที่ภาระสารอินทรีย์ต่างๆ



รูปที่ 3 สภาวะแวดล้อมของถังปฏิกรณ์แบบไม่ใช้อากาศลูกผสม

3.4 ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่างๆ ของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มต่อประสิทธิภาพการบำบัดด้วยระบบ CSTR

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้จุลินทรย์จากฟาร์มสุกรเป็นเชื้อตั้งต้นเนื่องจากมีค่า SMA สูงสุดเมื่อเทียบกับเชื้อแห่ลงอื่นๆอีก 3 แหล่ง โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียไม่ใช้อากาศแบบลูกผสมในการบำบัดความสกปรกในน้ำเสียและประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate, OLR) ที่ระดับต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ดังแสดงในตารางที่ 8 การศึกษานี้ได้ติดตามประสิทธิภาพการทำงานของ ระบบ จากตัวชี้วัดได้แก่ค่าซีโอดี พีเอช ค่าความเป็นด่าง ปริมาณกรดระเหย ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ ผลของการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 8 อัตราบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (OLR) และระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย (HRT) จากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยระบบ CSTR

OLR (kgCOD/m3-day)	HRT (day)	pH	Alk (mg/l)	TVA (mg/l)	COD inf (mg/l)	COD eff (mg/l)	COD Reduction (%)
0.50	20	7.10	450	350	10,000	1,000	85
1.00	20	7.00	900	450	20,000	1,200	94
1.77	20	7.10	1,100	600	35,560	1,400	95
1.60	20	7.00	1,900	1,000	31,775	1,400	95
1.49	20	7.00	2,000	1,100	29,825	2,300	92
3.89	10	6.80	1,500	1,200	38,920	4,000	89

3.4.1 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ OLR และ HRT ต่างๆ

ผลของการตรวจวัดสภาวะแวดล้อมภายในถังปฏิกรณ์ และประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในการดำเนินระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบ CSTR ได้อธิบายผลการทดลองในแต่ละ OLR และ HRT ดังต่อไปนี้

ก) ที่ OLR 0.5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 20 วัน

ในการเดินระบบที่ OLR 0.5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน พบว่าระบบสามารถทำการกำจัดซีโอได้ร้อยละ 85 โดยค่าซีโอดีของน้ำเสียค่าออกมีค่า 1,000 มก./ล. ในขณะที่ซีโอดีที่ป้อนเข้าระบบมีค่าถึง 10,000 มก./ล. ในส่วนของการทำงานของระบบพบว่าระบบมีการทำงานที่ดีอยู่ โดยค่าพีเอชในระบบมีค่าอยู่ที่ 7.10 ค่าความเป็นด่างอยู่ที่ 450 มก./ล ค่ากรดระเหยทั้งหมดอยู่ที่ 350 มก./ล

ข) ที่ OLR 1.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 20 วัน

ที่ OLR 1.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน ระบบมีการทำงานที่ดี โดยดูจากค่าพีเอช ค่าความเป็นด่างอยู่ที่ และกรดระเหยทั้งหมด ที่ระบบสามารถรักษาระดับอยู่ได้ โดยค่าที่ได้คือ 7.00 , 900 มก./ล และ 450 มก./ล ตามลำดับ ทำให้การกำจัดซีโอดีทำได้ดีถึงร้อยละ 94 จึงพบว่ามีซีโอดีในน้ำเสียขาออกจากระบบอยู่ที่ 1,200 มก./ล.

ค) ที่ OLR 1.77 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 20 วัน

OLR นี้ ระบบยังคงสามารถที่จะทำการกำจัดสารอินทรีย์ได้ถึงร้อยละ 95 ทำให้ค่าพีเอชของน้ำเสียขาออกมีค่า 7.10 ค่าความเป็นด่าง 1,100 มก./ล ส่งผลให้ค่าซีโอดีของน้ำเสียขาออกมีค่าที่ต่ำ โดยค่าซีโอดีที่ได้ตลอดในช่วงนี้มีค่าเฉลี่ยที่ 1,400 มก./ล.

ง) ที่ OLR 1.60 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 20 วัน

ที่ OLR จาก 1.60 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน ค่าพีเอชของระบบยังคงสามารถที่จะรักษาค่าให้อยู่ในช่วงเป็นกลางที่ 7.00 ได้ โดยค่าซีโอดีของน้ำเสียขาออกที่ OLR 1.60 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน จะอยู่ที่ 1,7400 มก./ล. โดยการกำจัดซีโอดีมีค่าร้อยละ 95

จ) ที่ OLR 1.49 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 20 วัน

หลังจากป้อนน้ำเสียที่ OLL 1.49 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของระบบยังคงทำงานได้ดีอยู่ มีการกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 92 ค่าซีโอดีของน้ำเสียขาออกมีค่าอยู่ที่ 2,300 มก./ล. ในขณะที่ค่าพีเอช ค่าความเป็นด่าง และปริมาณกรดระเหยทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 7.00 , 2,000 มก./ล และ 1,100 มก./ล ตามลำดับ
ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าระบบยังสามารถทำงานได้ดีถึงแม้จะมีการป้อนสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นถึง 1 เท่าตัว

ฉ) ที่ OLR 3.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 10 วัน

เมื่อทำการปรับ OLR เป็น 3.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน ที่ HRT 10 วัน พบว่า pH ของระบบลดลงเหลือต 6.80 และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีก็ลดลงเช่นกันเหลือ 85 %

บทที่ 4
สรุปผลการทดลอง

4.1 การคัดเลือกแหล่งจุลินทรีย์

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาคัดเลือกแหล่งเชื้อจุลินทรีย์จากระบบบำบัดแบบไร้อากาศ 4 แหล่ง ได้แก่ เชื้อจากฟาร์มหมู โรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานปาล์มน้ำมันและโรงงานผลิตสุรา ผลการทดลองพบว่าแหล่งเชื้อจากฟาร์มหมูมีกิจกรรมจุลินทรีย์สูง จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นหัวเชื้อสำหรับเริ่มต้นระบบต่อไป

4.2 การบำบัดและผลิตก๊าซชีวภาพของระบบ AHR จากน้ำเสียของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม

ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยระบบบำบัดไม่ใช้อากาศแบบลูกผสม (AHR) ที่ภาระการรับสารอินทรีย์และ HRT ต่างๆ ได้แสดงดังตารางที่ 7 จากผลการศึกษาพบว่าระบบสามารถรับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดได้ที่ 7.46 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 10 วัน โดยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 95

4.3 การบำบัดและผลิตก๊าซชีวภาพของระบบ CSTR จากน้ำเสียของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม

ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มด้วยระบบบำบัดไม่ใช้อากาศแบบกวนผสมสมบูรณ์แบบ (CSTR) ที่ภาระการรับสารอินทรีย์และ HRT ต่างๆ ได้แสดงดังตารางที่ 8 จากผลการศึกษาพบว่าระบบสามารถรับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดได้ที่ 3.89 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และ HRT 10 วัน โดยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 89

จากการศึกษาการใช้ระบบบำบัดทั้งสองแบบจะเห็นว่าระบบ AHR จะมีประสิทธิภาพ การรับภาระการเติมสารอินทรีย์ ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงงานสกัดน้ำมันปาล์มได้ดีกว่าระบบ CSTR รวมทั้งเหมือนมีการล้มเหลวเกิดขึ้นระบบ AHR ก้อสามารถที่จะฟื้นตัวได้เร็วกว่าระบบ CSTR

เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

มรกต ตันติเจริญ, 2538, “ระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศสำหรับกำจัดน้ำเสีย,” เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการเรื่อง การจัดการและใช้ประโยชน์จากของเสียในอุตสาหกรรมอาหาร, วันที่ 30 มีนาคม 2538, กรุงเทพ, หน้า 52-66.

เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2518, การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 317 หน้า.

Albagnac, G., 1990 “Biomass Retention in Advanced Anaerobic Reactors,” Water Science Technology, Vol. 22, No. 1/2, pp. 17-24.

Bitton, G., 1994, Wastewater Microbiology, New York, John Wiley and Sons, pp 229-245.

Chung, Y.C. and Choi, Y.S., 1993, “Microbial Activity and Performance of an Anaerobic Reactor Combining a Filter and a Sludge Bed,” Water Science Technology, Vol. 27, No. 1, pp. 187 - 194.

Dolfing, J., 1986 “Granule in UASB Reactors,” Water Science and Technology, Vol. 18, No. 12, pp. 15-25.

Dolfing, J., Griffioen, A., Van Neerven, R.W. and Zevenhuizen, L.P.T.M., 1985, “Chemical and Bacteriological Composition of Granule Methanogenic Sludge,” Can. J. Microbial, Vol. 31, pp. 744-750.

Guiot, S.R. and van den Berg, L., 1984, “Performance and Biomass Retention of an Upflow Anaerobic Reactor Combining a Sludge Blanket and Filter,” Biotechnology Letters, Vol. 6, No. 3, pp. 161-164.

Guiot, S.R. and van den Berg, L., 1985 “Performance of an Upflow Anaerobic Reactor Combining a Sludge Blanket and a Filter Treating Sugar Waste,” Biotechnology and bioengineering, Vol. 27, No. 6, pp. 800-806.

Lettinga, G., Pol, L.W.H., 1986, “Advanced Reactor Design, Operation and Economy,” Water Science and Technology, Vol. 18, No. 12, pp. 99-108.

Sastry, C.A. and Vickineswaty, S., 1995, “Anaerobic Waste Treatment Plants,” In Waste Treatment Plants, Edited by Sastry, C.A., Hashim, M.A. and Agamothu, P., New Delhi, Narosa Publishing House, pp. 179-204.