



เทคโนโลยีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

อรรณพ นพรัตน์

ศูนย์ความเป็นเลิศเฉพาะทางด้านการจัดการและใช้ประโยชน์
จากของเสียอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



หัวข้อในการนำเสนอ

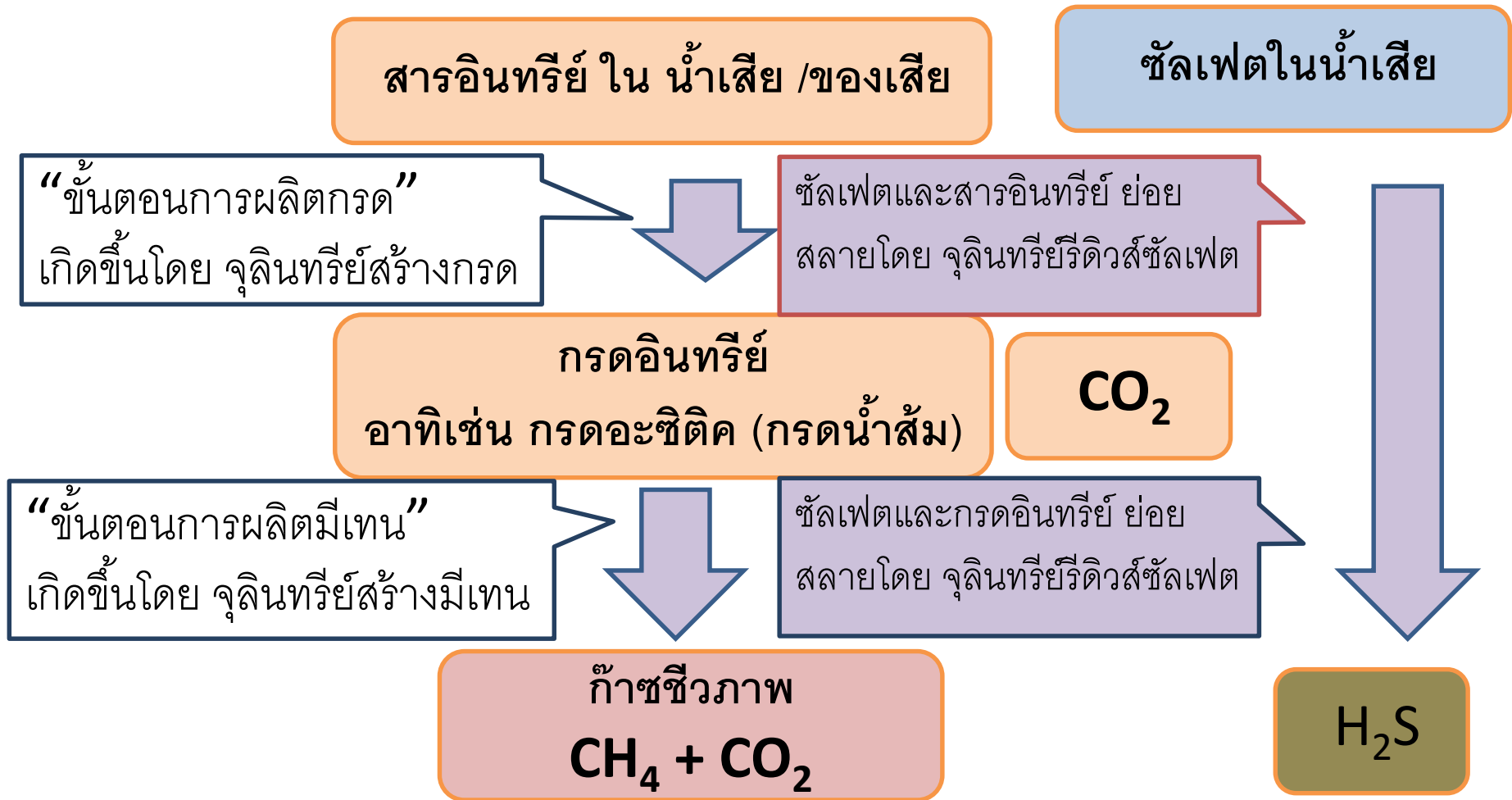
- องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ
- การเกิดก๊าซชีวภาพ
 - ขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพ
 - จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง
- สภาวะแวดล้อมและปัจจัยที่มีผลต่อการทำงาน
- การจำแนกเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ

องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ (**Biogas**) หมายถึง ก๊าซเกิดขึ้นจากระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยกลุ่มจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ ก๊าซชีวภาพจะประกอบด้วยก๊าซหลักๆ คือ มีเทน (CH_4) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นต้น

CH_4	50 - 70 %(v/v)
CO_2	20 - 50 %(v/v)
H_2O (vapor)	0 -10 %(v/v)
N_2	0 - 5 %(v/v)
O_2	0 - 2 %(v/v)
NH_3	0 - 1 %(v/v)
H_2S	50 - 5,000 ppm

กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ



ค่าทฤษฎี ของ METHAN YIELD

1 kg COD = 0.35 litres of CH_4 @ STP

กลุ่มจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง

จุลินทรีย์ ไฮโดรไลติก/เฟอร์เมนเททีฟ

- หลังเอนไซม์ออกมาย่อยสลาย สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ ให้เป็นสารประกอบอินทรีย์อย่างง่าย
- ถ้ามีโปรตีน ถูกย่อย เป็นกรดอะมิโน
- ถ้ามีไขมัน ถูกย่อยเป็น กรดไขมันและ กลีเซอรอล
- เจริญเติบโตเร็ว
- ทนทาน สามารถเจริญเติบโตได้แม้ pH ต่ำ

จุลินทรีย์ สร้างกรดอินทรีย์

- ทำหน้าที่ย่อยสลาย สารประกอบอินทรีย์อย่างง่ายให้เป็นกรดอินทรีย์
- เจริญเติบโตเร็ว
- ทนทาน สามารถเจริญเติบโตได้แม้ pH ต่ำ (ประมาณ 4 – 6.5)
- ขั้นตอนนี้ได้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย ทำให้ ค่าสภาพความเป็นด่าง อาจเปลี่ยนแปลง (ลดลง)
- ถ้าน้ำมีกรดอะมิโน ก็จะทำให้เกิด แอมโมเนีย

จุลินทรีย์ สร้างกรดอะซิติก

- ทำหน้าที่ย่อยสลาย กรดอินทรีย์ระเหยง่าย เอทานอล ให้เป็นกรดอะซิติก
- เจริญเติบโตเร็ว
- ทนทาน สามารถเจริญเติบโตได้แม้ pH ต่ำ
- ขั้นตอนนี้ได้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย ทำให้ ค่าสภาพความเป็นด่าง อาจเปลี่ยนแปลง (ลดลง)
- ถ้าน้ำมีกรดอะมิโน ก็จะเกิด แอมโมเนีย

จุลินทรีย์ สร้างมีเทน

- ต้องไม่สัมผัสกับอากาศ(ออกซิเจน)
- เจริญเติบโตช้า (การเพิ่มประชากรเป็น 2 เท่าในประมาณ 4-30 วัน)
- เจริญเติบโต ได้ในช่วงpH แคบๆ
 - สภาพความเป็นต่างของน้ำในบ่อมีความสำคัญ
- อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิ

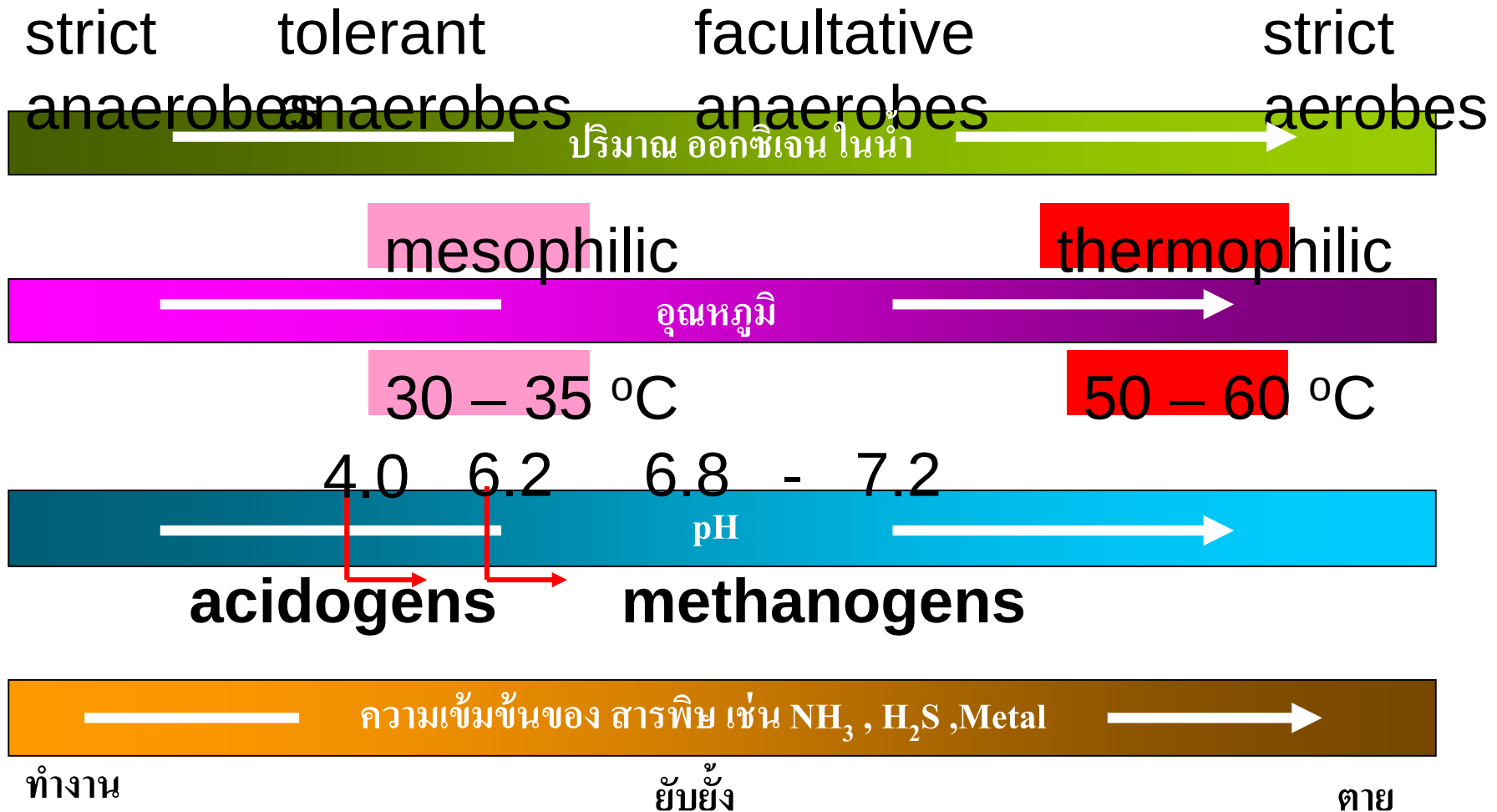
จุลินทรีย์ รีดิวส์ซัลเฟต (SRB)

- เปลี่ยนซัลเฟตในน้ำให้เป็น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ก๊าซไข่เน่า)
- เจริญเติบโตเร็วพอสมควร (เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มผลิตมีเทน)
- ถ้าในน้ำมีซัลเฟต มากจะแย่งอาหารกับแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตมีเทน
 - ได้ก๊าซไข่เน่ามาก(ความเข้มข้นสูง) และจะเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทุกกลุ่ม
- ถ้าในน้ำมีซัลเฟตต่ำ COD/SO₄ สูง
 - ก็จะผลิตกรดมากขึ้น และ
 - ได้ก๊าซไข่เน่ามาก(ความเข้มข้นสูง) และจะเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทุกกลุ่ม

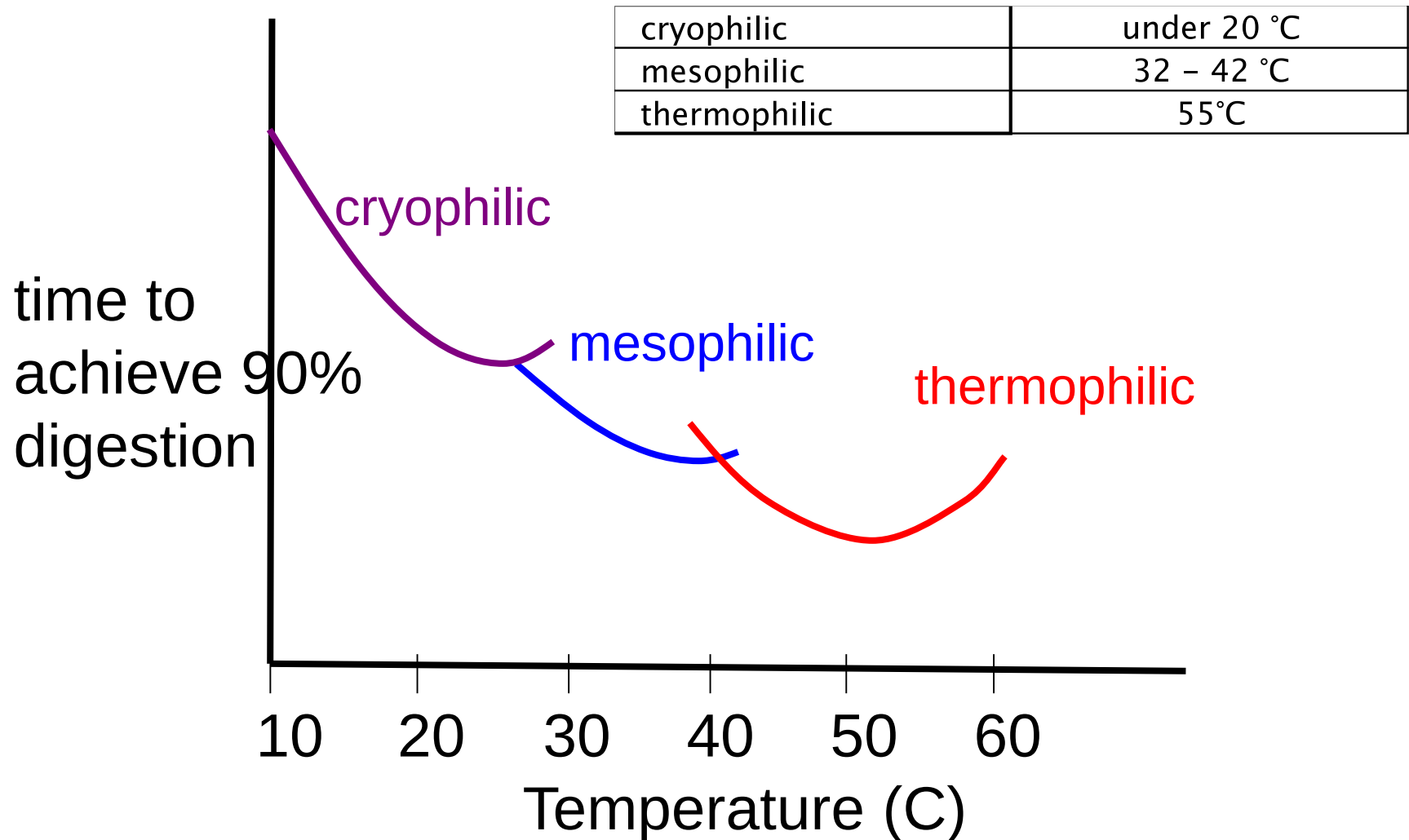
สภาวะแวดล้อมและปัจจัย
ที่มีผลต่อการทำงาน

- Temp
- pH
- Alkalinity
- TVA
- Nutrient
- OLR / Shock load
- Toxic substance

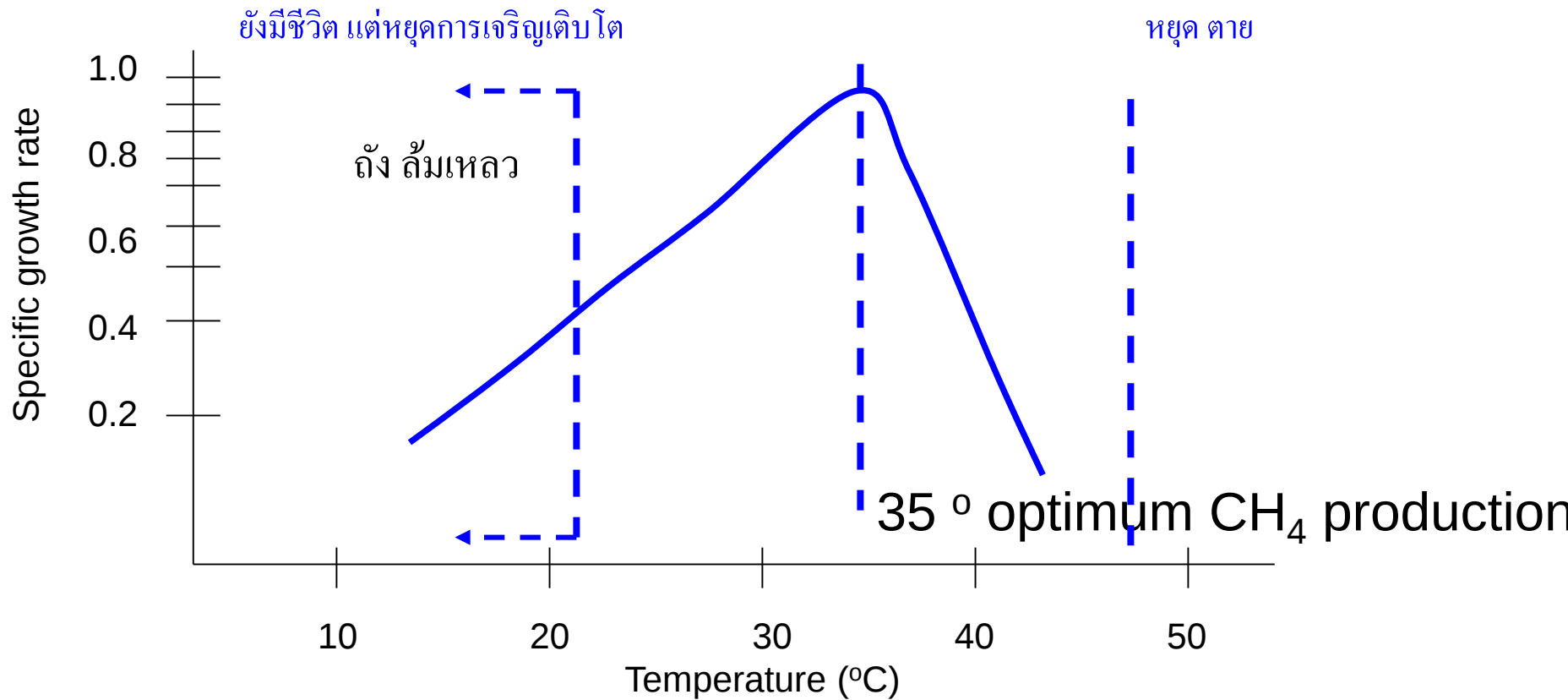
สภาวะการทำงานของแบคทีเรีย



สภาวะอุณหภูมิสำหรับจุลินทรีย์



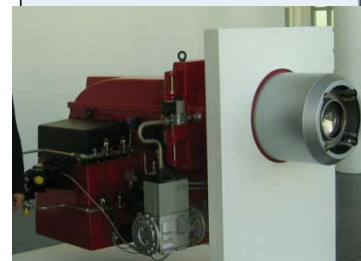
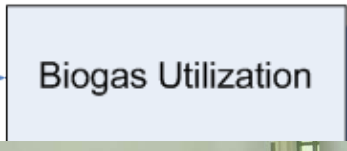
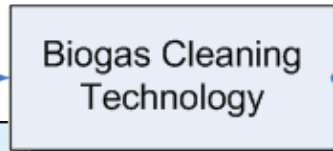
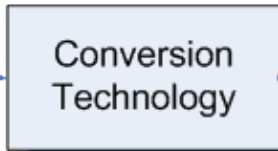
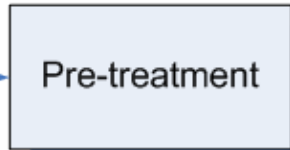
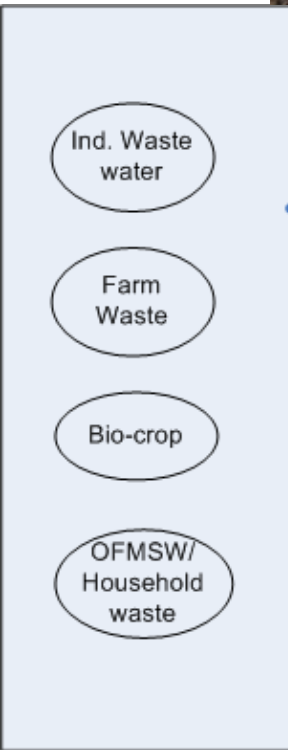
ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตจุลินทรีย์



ตาราง การเปรียบเทียบถึงปฏิกรณ์ ทั้งสองช่วงอุณหภูมิ

	Mesophilic Digester	Thermophilic Digester
Loading rates	Lower	Higher
การฆ่าเชื้อ pathogens	Lower	Higher
Sensitivity to toxicants	Lower	Higher
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	Lower	Higher
การควบคุมอุณหภูมิ	ง่ายกว่า	ยุ่งยาก

การจำแนกเทคโนโลยี

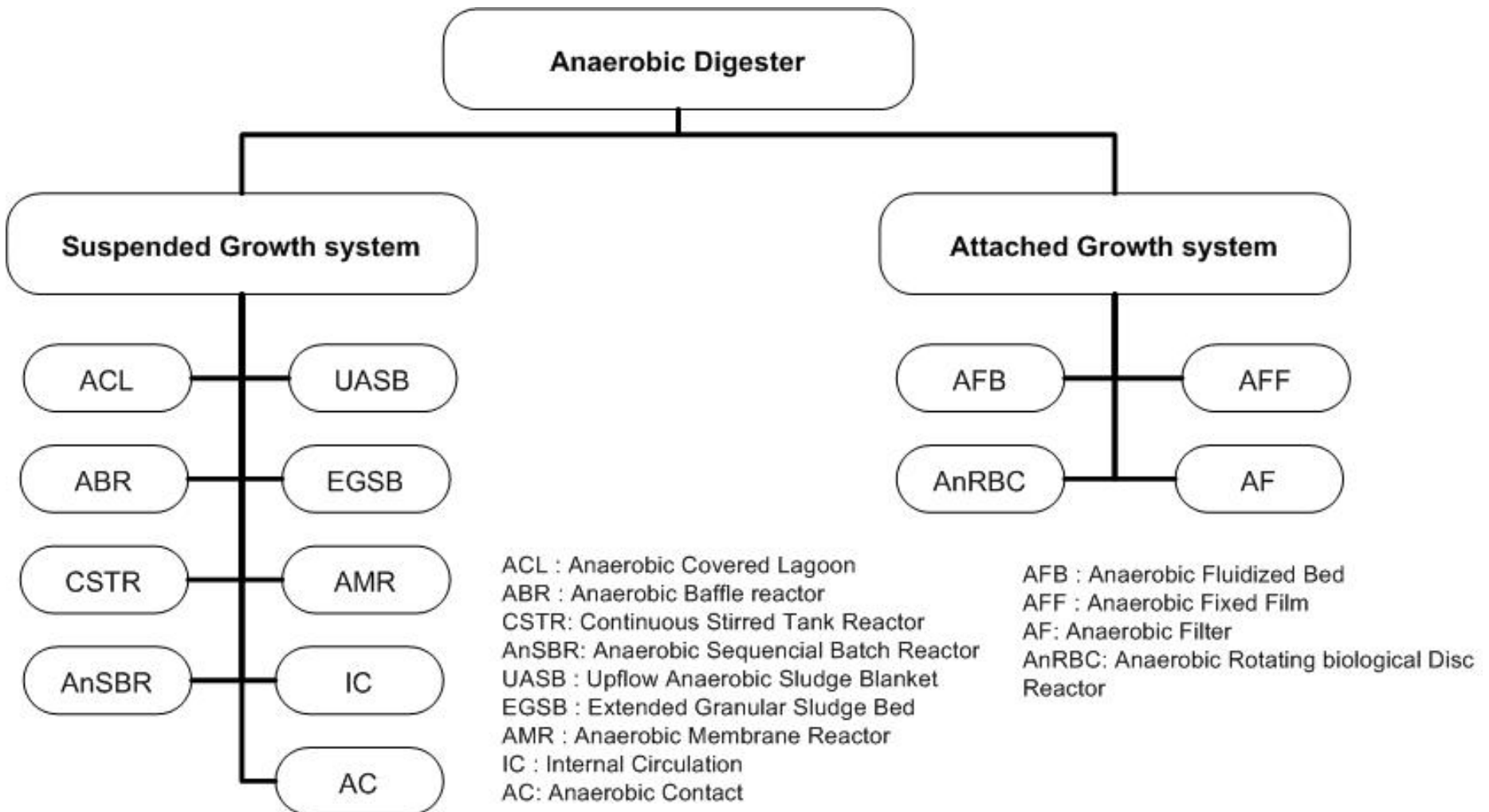


กระบวนการ การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย/ของเสีย

แนวทางที่ใช้ในการจำแนกชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

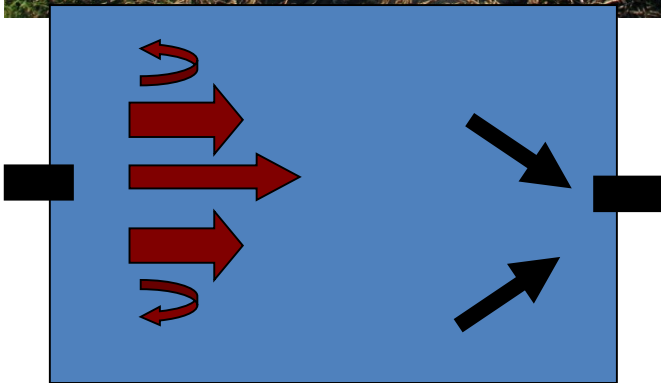
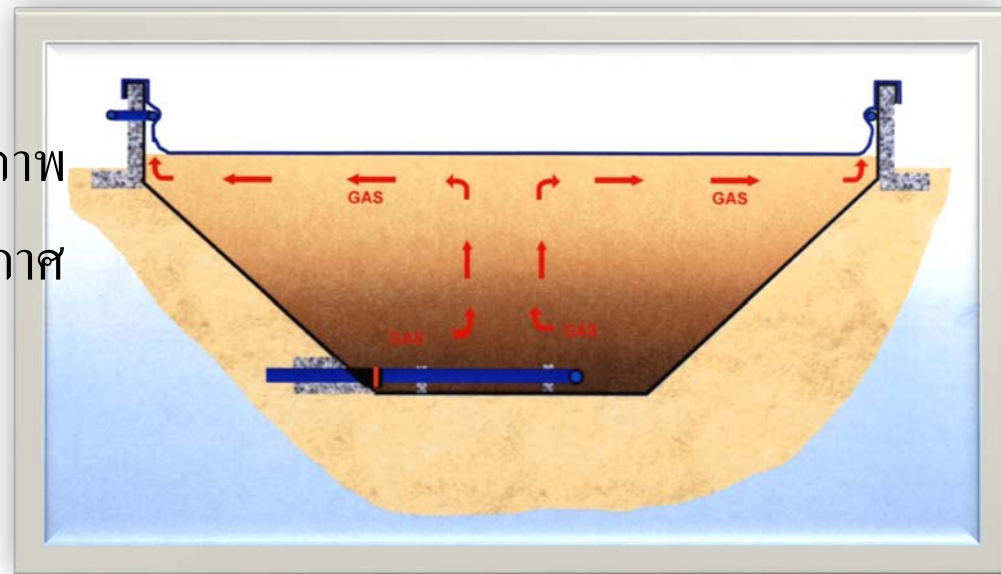
แนวทางที่ใช้จำแนก	ชนิดของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	
สภาพของจุลินทรีย์อยู่ในถัง	Suspended growth	Attached growth
ความเข้มข้นของของแข็ง ในถัง (กรณีอินทรีย์สารมีความชื้นต่ำ เช่น Solid waste เป็นต้น)	Wet system	Dry system
อุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์	Mesophilic (20 – 45°C)	Thermophilic (45 - 60°C)
ลักษณะการป้อนอินทรีย์สาร(น้ำเสีย)	Batch	Continuous
ตามขั้นตอนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ	Single-stage reactor	Two-stage reactor
จำนวนประเภทน้ำเสีย/ของเสียที่ป้อน	Single substrate	Co-substrate

เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย

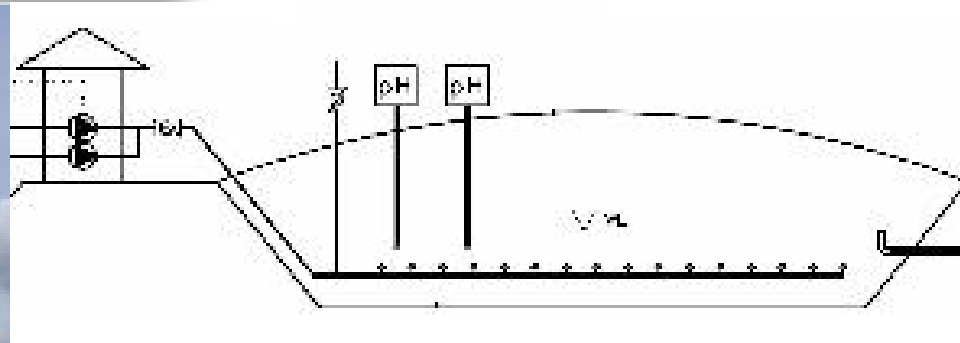


Covered lagoon

- ทั่วไปเป็นบ่อดิน ขนาดใหญ่
- ใช้แผ่นยาง/พลาสติก คลุมเพื่อเก็บก๊าซชีวภาพ
- เก็บก๊าซภายใต้ความดัน / ความดันบรรยากาศ
- มี / ไม่มี ระบบ กระจายน้ำ



เทคโนโลยีแบบ Modified Covered lagoon



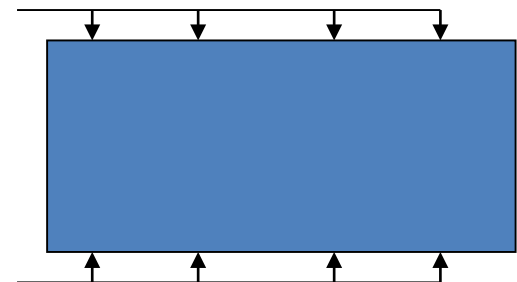
มีการปรับปรุงจาก covered lagoon เพื่อลดข้อจำกัด

การแบ่งแยกบ่อ เป็น 2-3 stages

การเพิ่มการกวนผสม

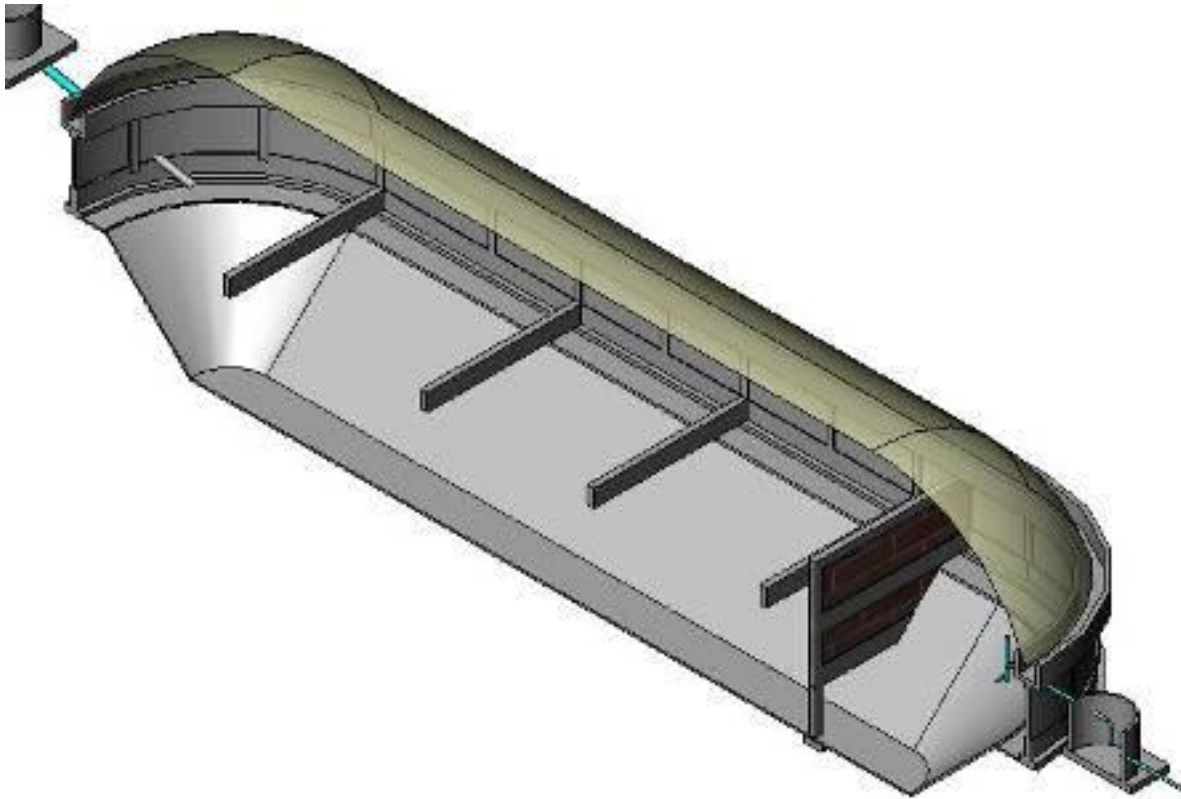
การเพิ่มท่อกระจายน้ำ

การเพิ่มการวนน้ำ



เทคโนโลยีแบบ Modified Covered lagoon

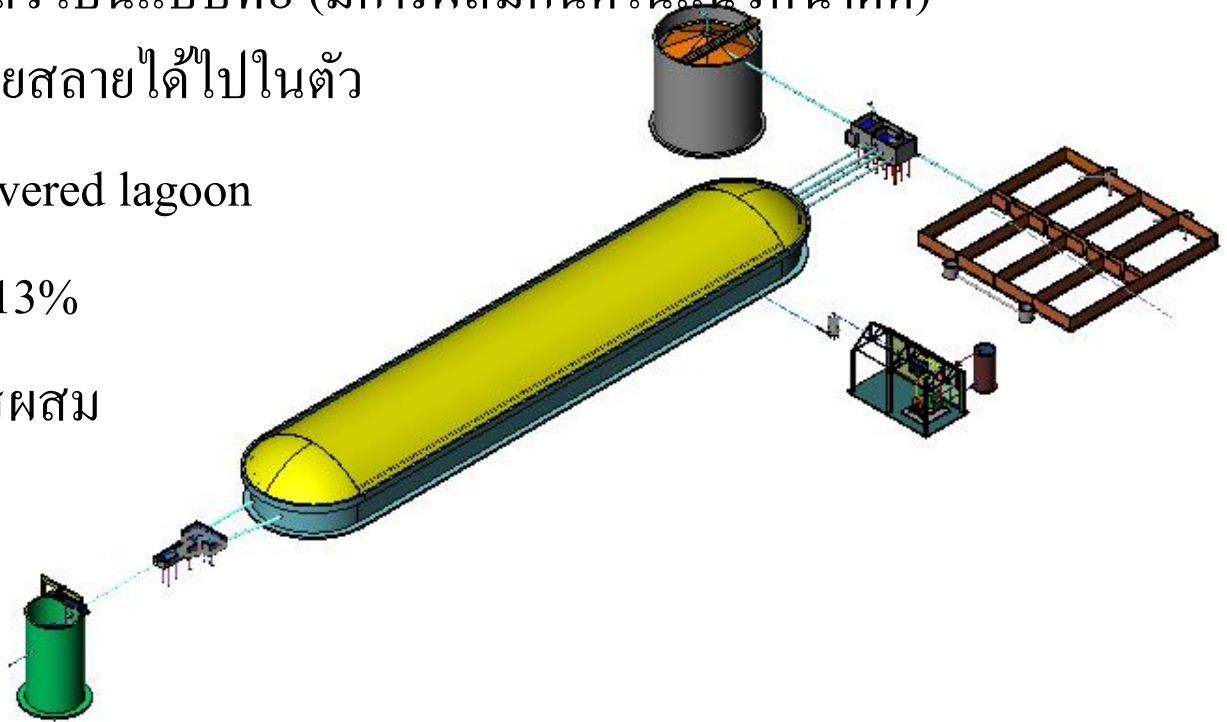
การเพิ่มในส่วนการตกและดูดตะกอน



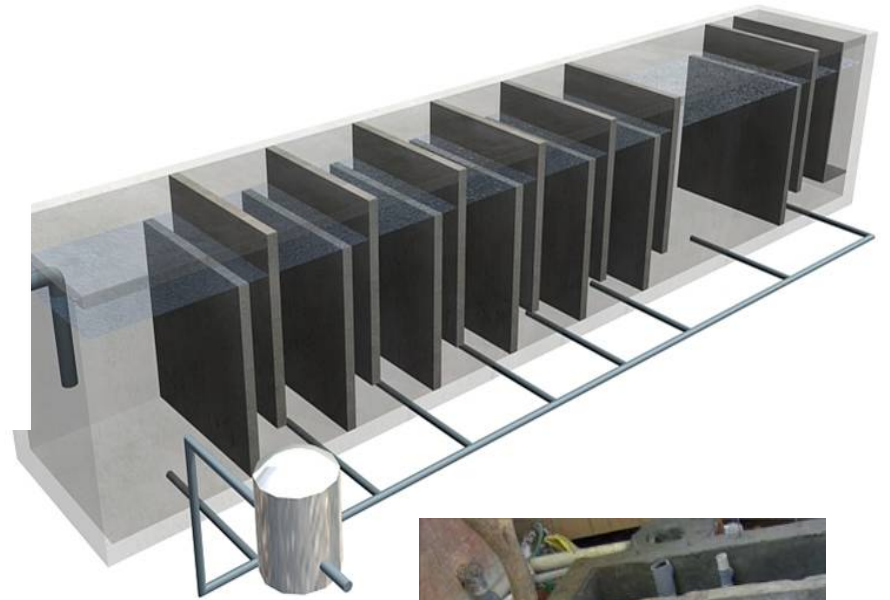
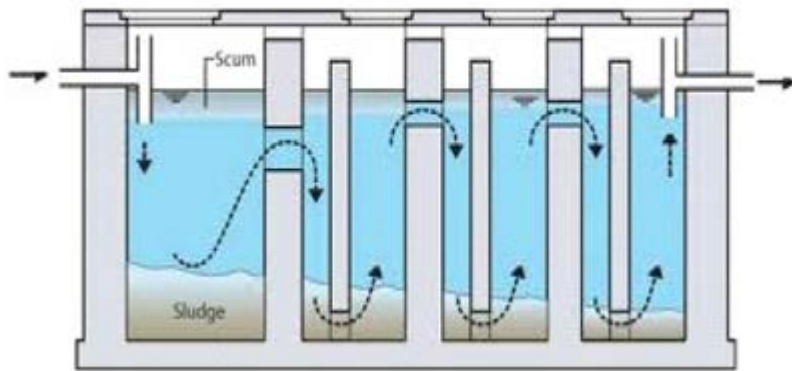
เทคโนโลยีแบบ Plug flow reactor or Channel Digester

- โดยทั่วไป เป็นบ่อสี่เหลี่ยมผืนผ้า หน้าแคบ/ยาว
- รูปแบบการไหลของของเหลว เป็นแบบท่อ (มีการผสมกันดีในแนวหน้าตัด) สามารถแยก ขั้นตอนการย่อยสลายได้ไปในตัว
- การคลุมเป็นเช่นเดียวกับ covered lagoon
- TS content ป้อนเข้า ได้ 11-13%
- มีการตีคอปกรณ์ ช่วยในการผสม

/ไม่มี ก็ได้



เทคโนโลยีแบบ Anaerobic Baffled Reactor





เทคโนโลยีแบบ Plug flow reactor or Channel Digester

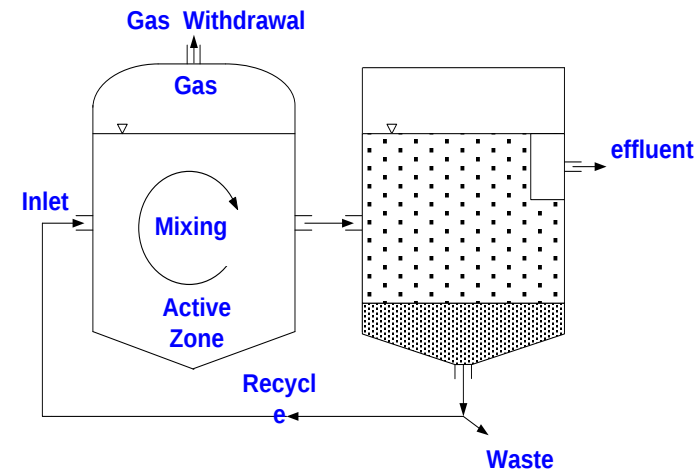
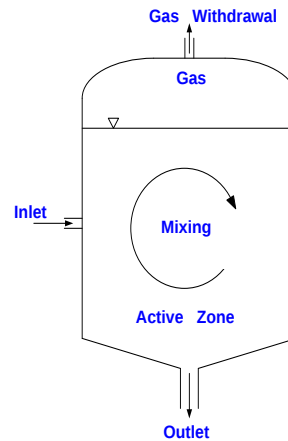


เทคโนโลยีแบบ Plug flow reactor or Channel Digester

มีการติด
อุปกรณ์ ช่วย
ในการผสม



ถังกวนสมบูรณ์ (Continuously Stirred Tank Reactor; CSTR) และถังแบบ Anaerobic Contact (AC)



การกวนผสม

ใช้ใบกวน

ใช้ก๊าซกวน

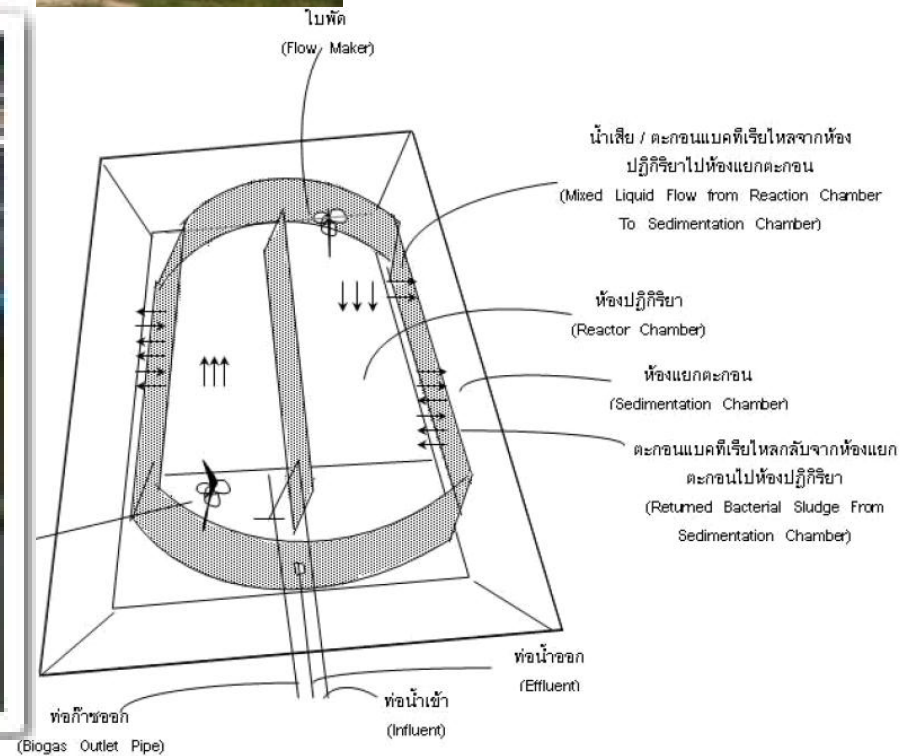
ใช้น้ำวน





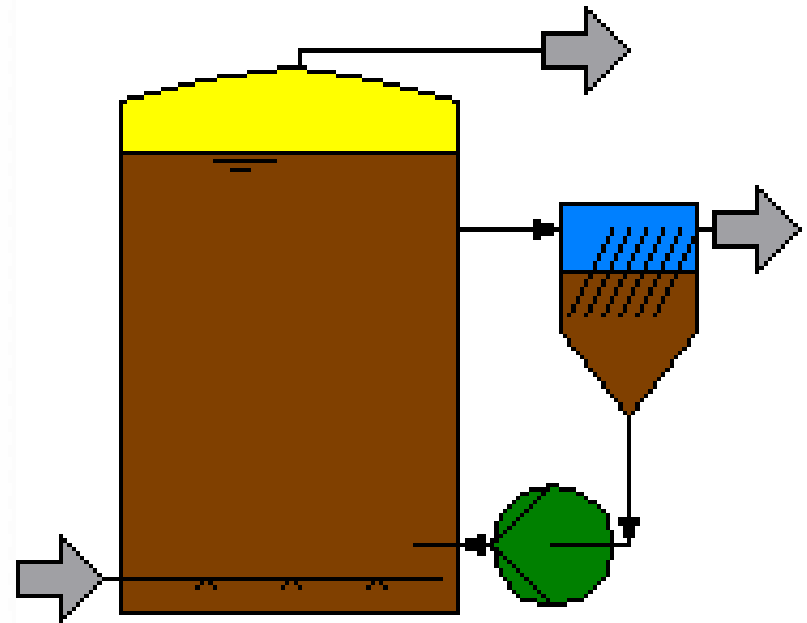
CSTR in Palm Oil Industry

ถังกวนผสมปฏิกิริยา (Continuously Stirred Tank Reactor; CSTR)



Anaerobic Contact

- มีอุปกรณ์เพิ่มเติมจาก Completely mixed คือถังตกตะกอน เชื้อจุลินทรีย์ เพื่อนำจุลินทรีย์กลับเข้าระบบ
- ต้องมีส่วนของถัง De-gas



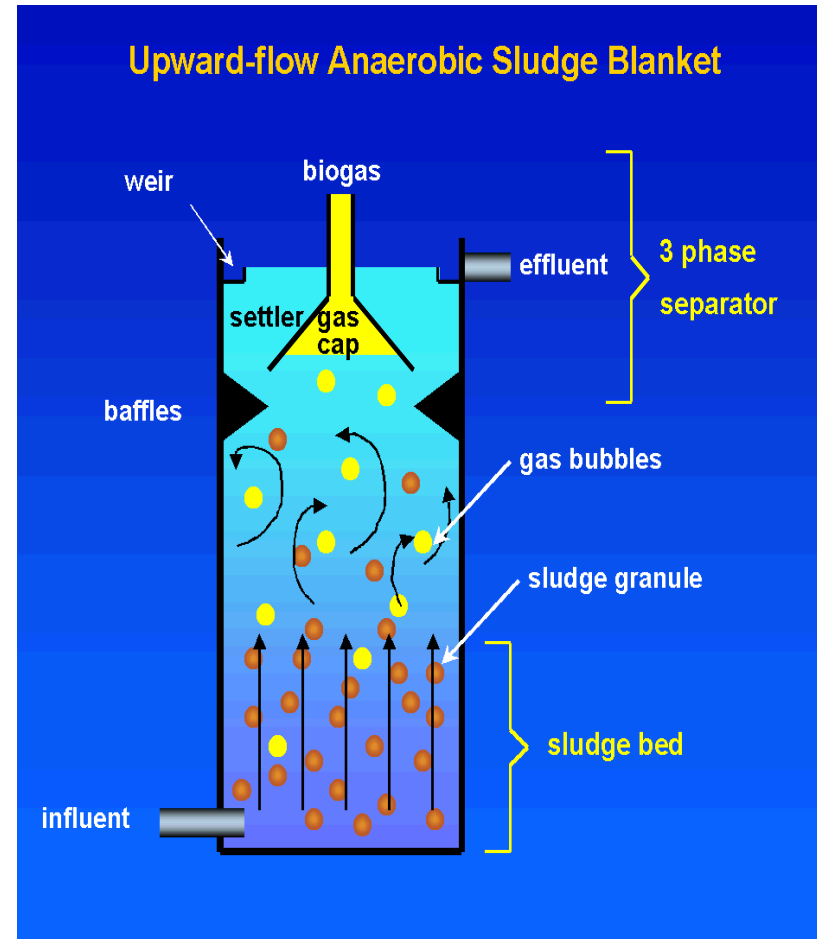
ถังแบบ Anaerobic Contact (AC)



เทคโนโลยี ยูเอเอสบี

(Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB)

- เป็นถังที่ถูกรออกแบบ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ชุดแยกของแข็ง/ของเหลว/ก๊าซ บริเวณด้านบนถัง
- น้ำเสียถูกป้อนเข้าด้านล่าง
- น้ำเสียที่มี TSS ต่ำ ($< 1000 \text{ mg/l}$) และไม่เป็นพิษ/ยับยั้งการเกาะตัวกันของจุลินทรีย์



เทคโนโลยี ยูเอเอสบี

(Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB)

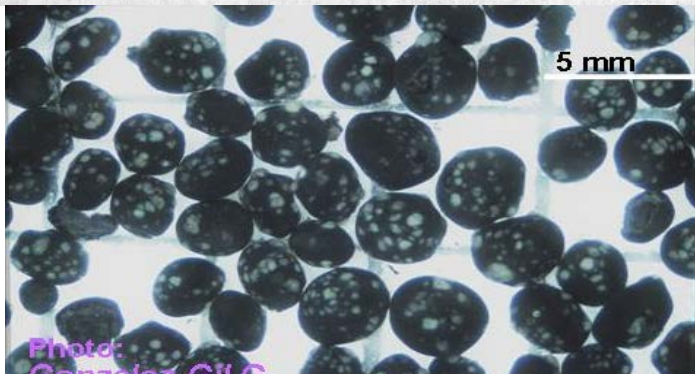
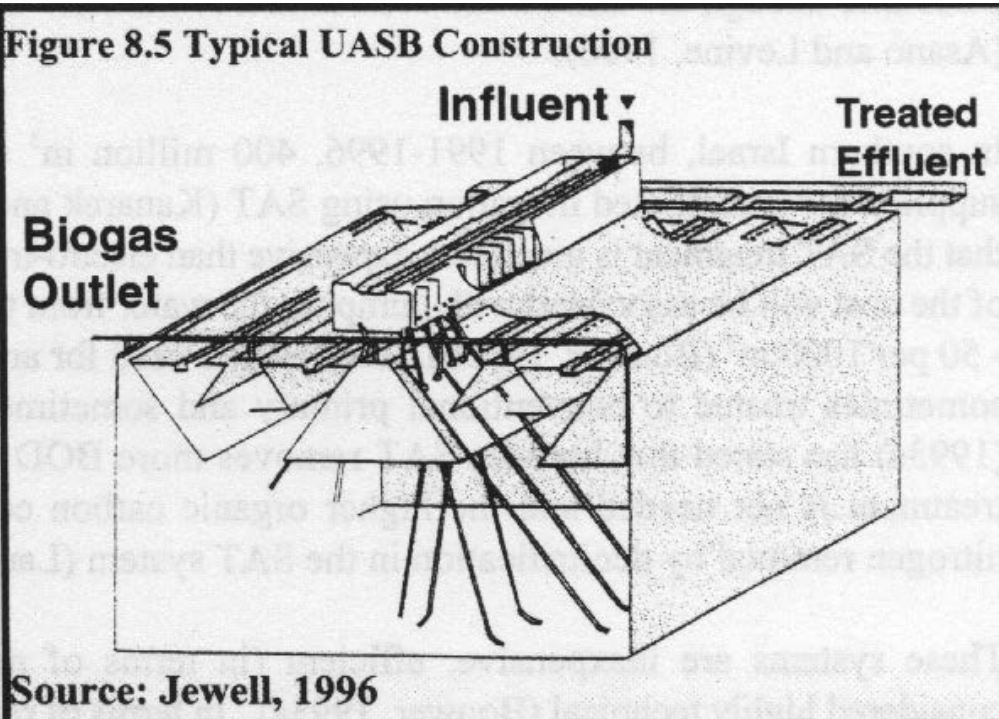


Photo:
Ganesh, C/C

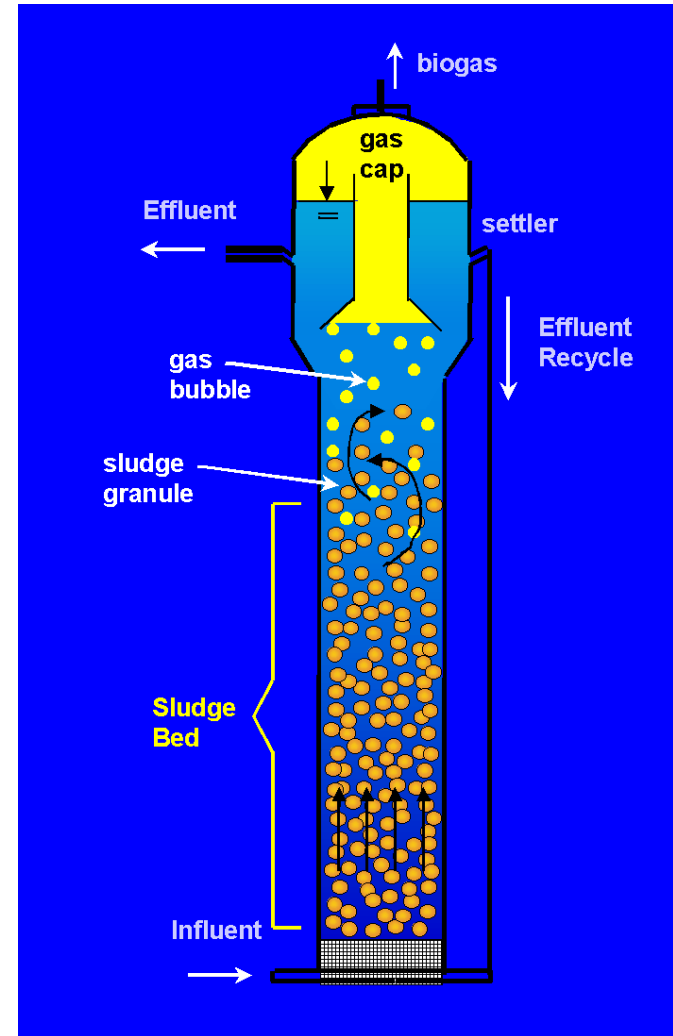
H_{ss} UASB

2 Stages Channel reactor+UASB



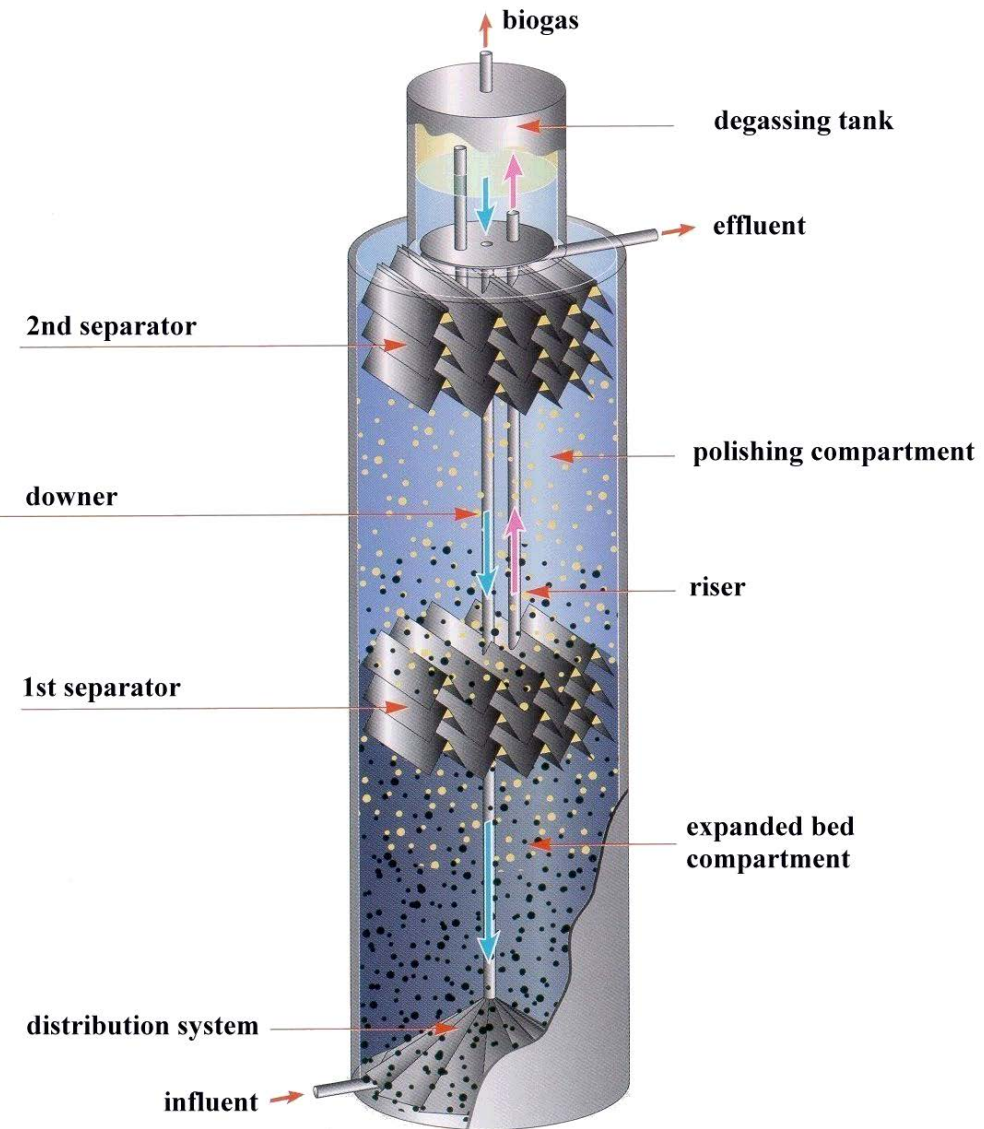
เทคโนโลยี Extended Granular Sludge Bed (EGSB)

- พัฒนาจาก UASB แต่ความเร็วไหลขึ้นของน้ำสูงกว่า ทำให้ ชั้นตะกอนขยายตัว(5-10 m/hr) เป็นการเพิ่ม reaction zone
- ถึงจะมีความสูงกว่าUASB
- เพิ่มการสัมผัส และลดข้อจำกัดเรื่องการถ่ายเทมวลสาร
- สามารถใช้กับ dilute wastewater



เทคโนโลยี ไอซี

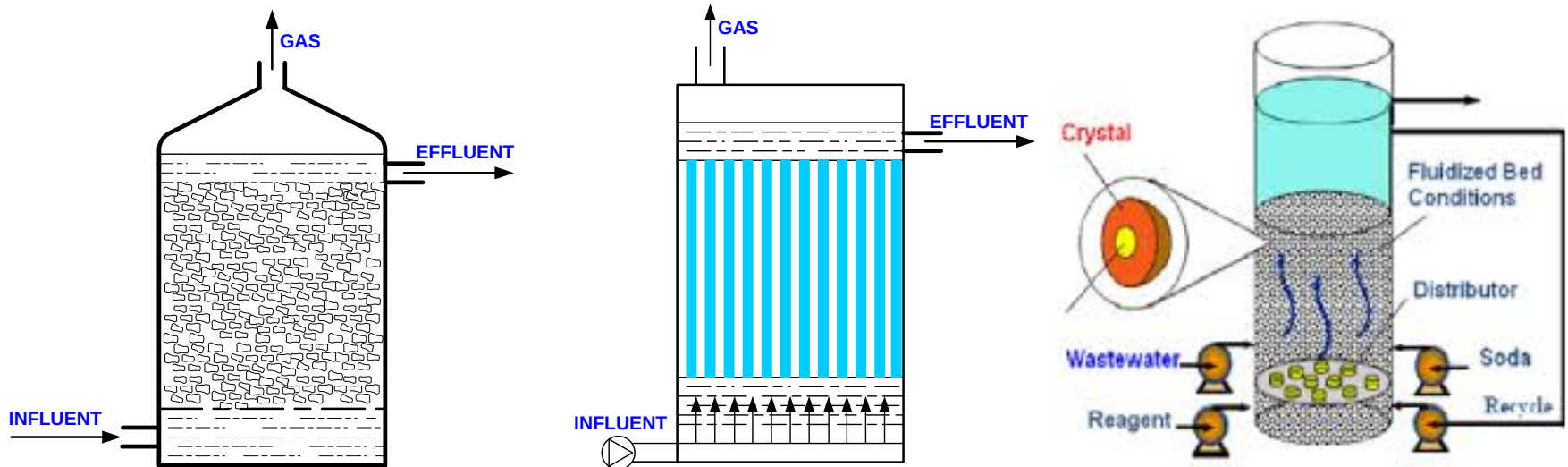
Internal Circulation Reactor



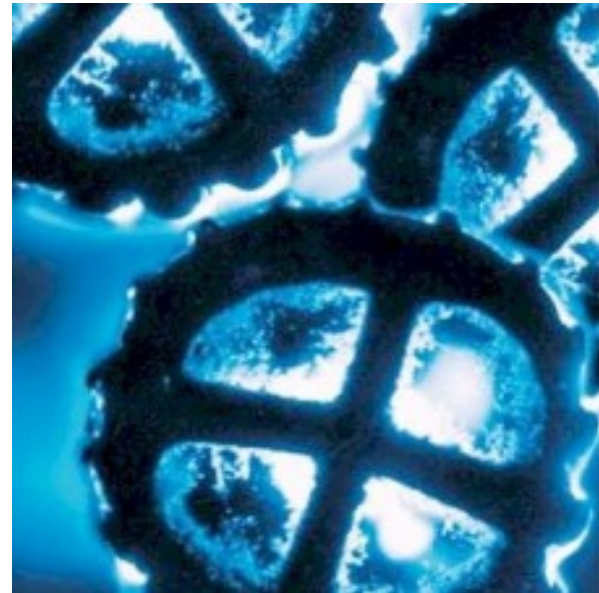
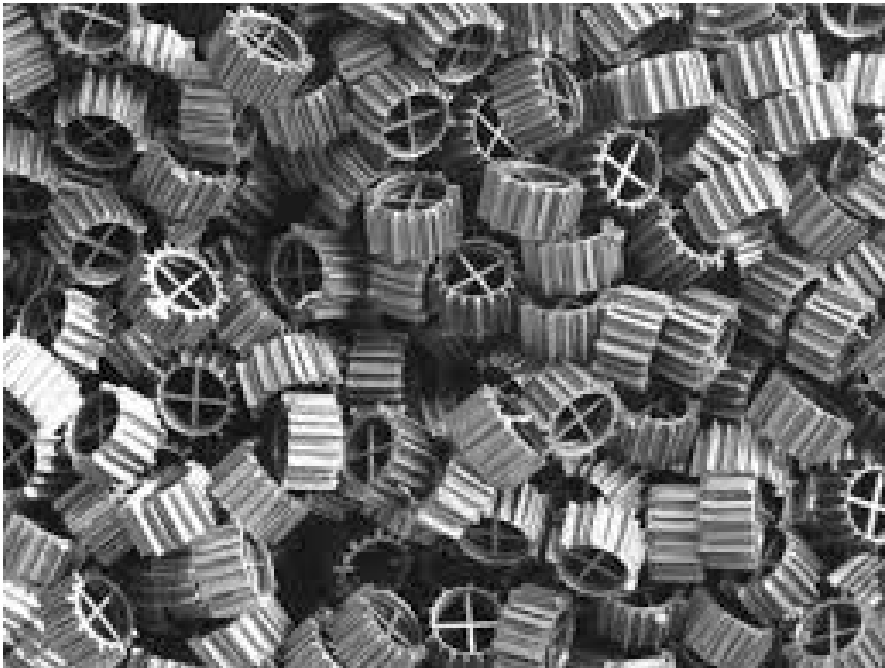
ที่มา: M. Tielbaard et.al, TAPPI 2002 Environmental Conf.

เทคโนโลยีแบบ Attached growth

- **Packed Bed** : จุลินทรีย์ ถูกดักในช่องว่างของตัวกลาง
- **Fixed Film**: จุลินทรีย์ เกิดเป็นฟิล์มบนตัวกลาง
 - ตัวกลางถูกยึดอยู่กับที่
 - ตัวกลาง เคลื่อนที่ได้



รูปแบบ ของตัวกลาง

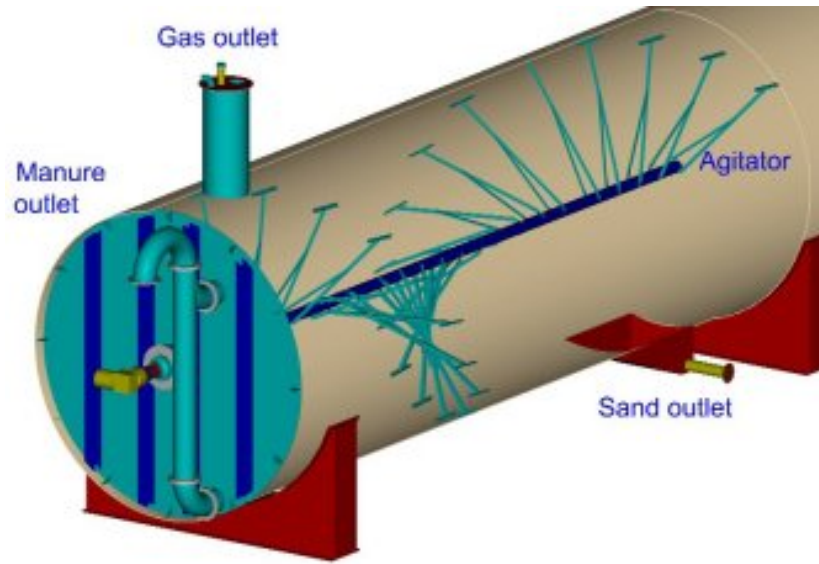


รูปแบบ ของตัวกลาง



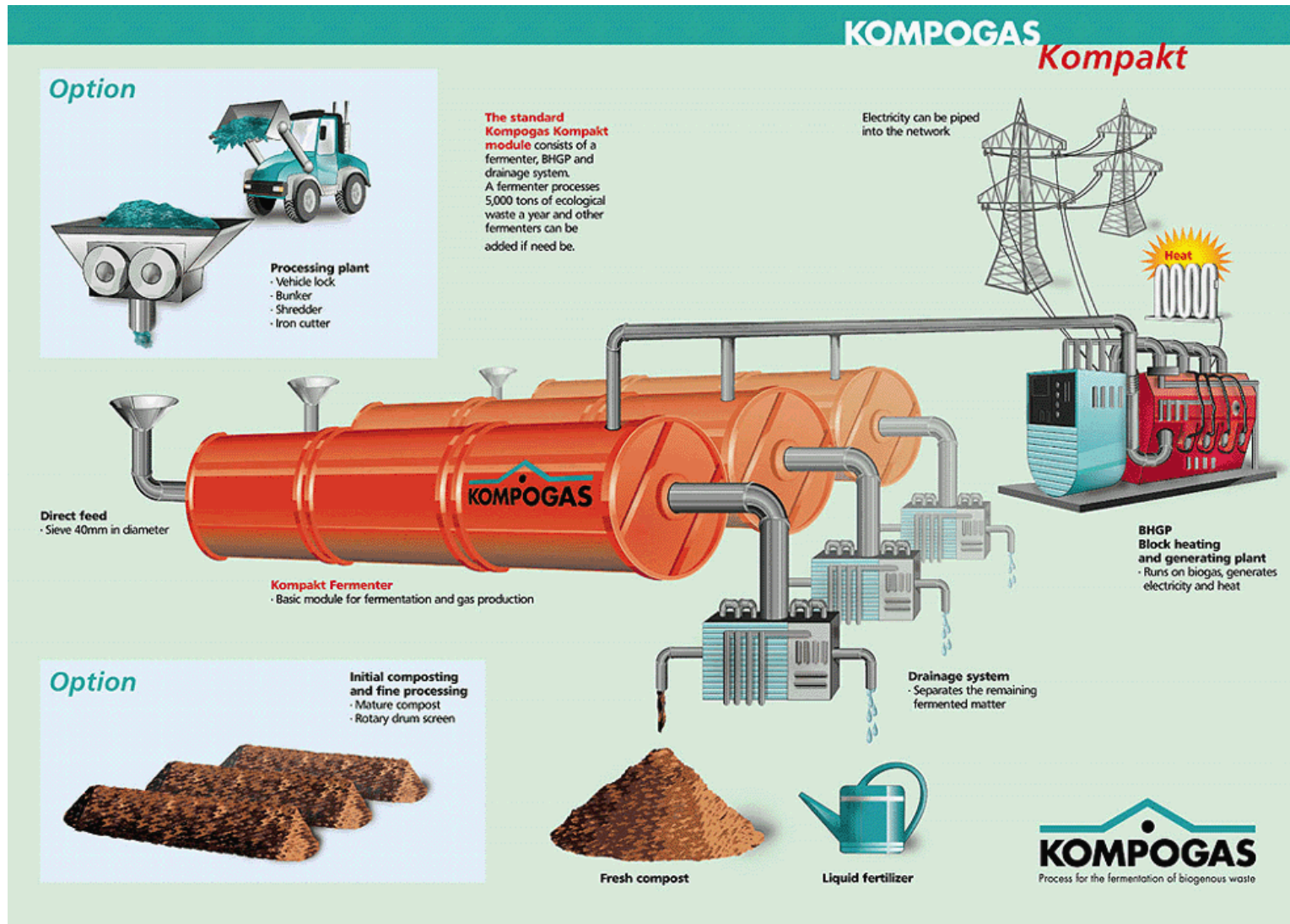
เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากสารอินทรีย์
ที่อยู่ในรูปของแข็ง

Single stage Dry process “KOMPOGAS”



เป็นเทคโนโลยีที่ถึงปฏิกรณ์ถูกจัดวางอยู่ในแนวนอนและใช้ใบกวนข้างในกวนและผลักวัสดุให้เคลื่อนไปอย่างช้าๆ ซึ่งทำให้เกิดการกวนผสมในแนว axial และการไหลของวัสดุเป็นแบบท่อ (plug flow) ในกรณีนี้ต้องควบคุมความเข้มข้นของของแข็งในถังปฏิกรณ์ให้อยู่ประมาณ 23% TS เพื่อให้การไหลของวัสดุและเกิดกวนผสมเป็นอย่างดี

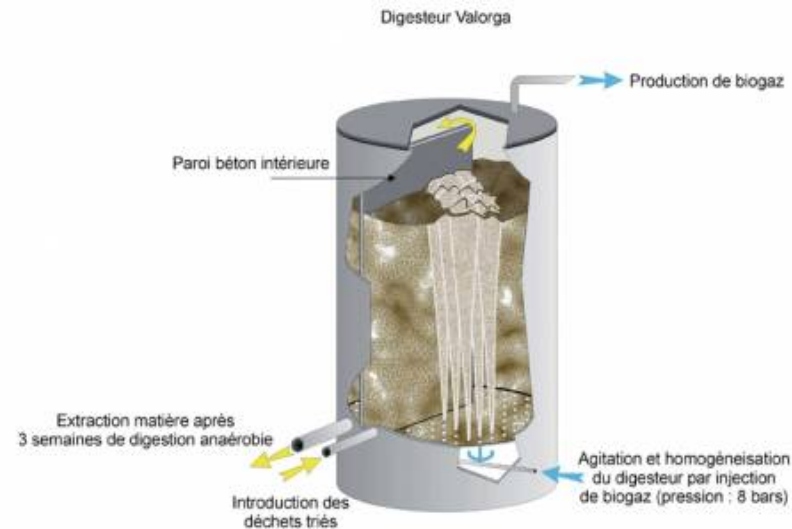
Kompogas – conceptual layout



Single stage Dry process “VALORGA”



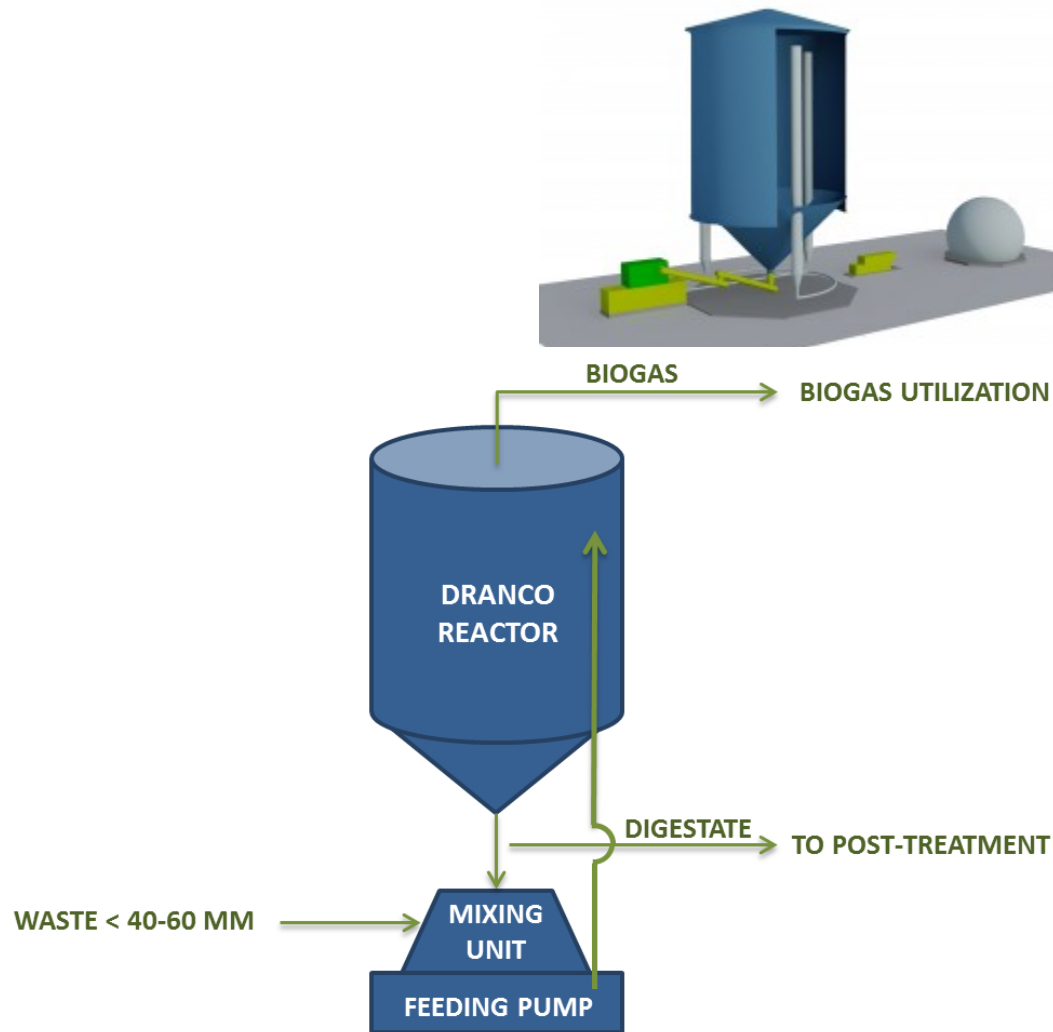
PHOTO: STEINMULLER



ใช้การรบกวนก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเข้าไป ด้านใต้ถังปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดการขยับตัวของวัสดุภายในถังปฏิกิริยา เกิดการกวนผสมขึ้น ทุกๆ 15 นาที ในกรณีของการกวนด้วยก๊าซนี้ อาจจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องการอุดตันที่กระจายลมได้ และจะเหมาะสมกับวัตถุดิบที่มีความเข้มข้นของของแข็งที่สูงๆ

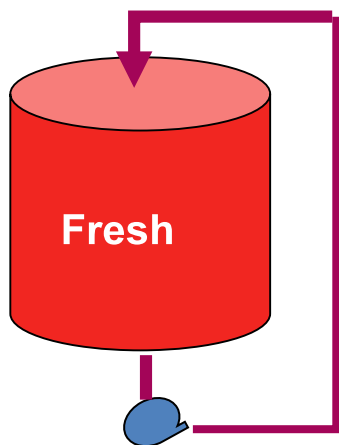
Single stage Dry process “DRANCO process”

”



ใช้การกวนผสมด้วยการ
ปั๊ม วนของแข็งที่ผ่าน
การย่อยสลายไปผสมกับ
วัสดุที่ป้อนเข้าไปใหม่
สามารถจัดการ ปัมป์
ของแข็งที่มีความชื้น
ตั้งแต่ 50-80% MC

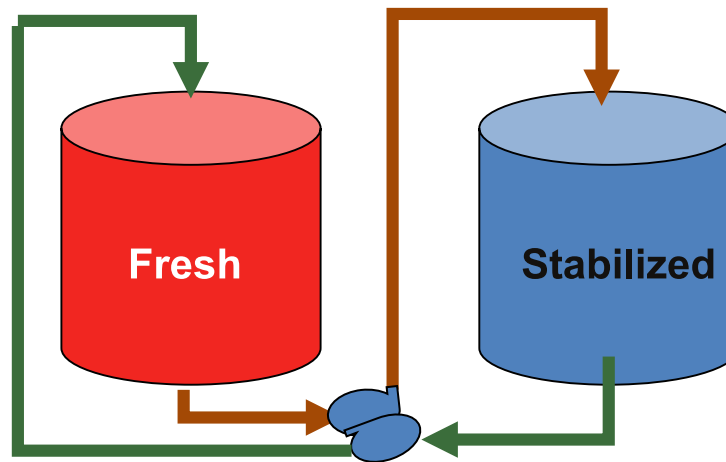
Single stage Batch Leach Bed Process



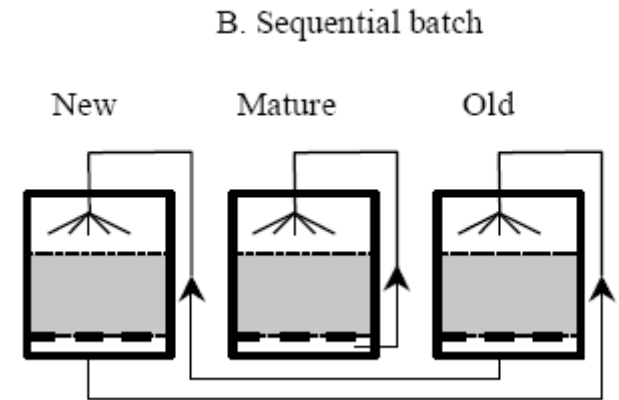
ใช้การวนน้ำ leachate ที่ได้จากกองวัสดุใน
ถังปฏิกรณ์นั้นๆ กลับไปที่กองวัสดุเดิม
เพื่อเป็นการกระจายความชื้น และการ
กระจายจุลินทรีย์ให้พบกับสารอินทรีย์ใน
กองวัสดุ ในแต่ละถังปฏิกรณ์ปฏิกิริยาการ
ย่อยสลายจะเกิดขึ้นตั้งแต่การย่อยสลาย
สารอินทรีย์ของแข็งจนถึงการผลิตเป็นก๊าซ
ชีวภาพ

Sequential Batch Leach Bed

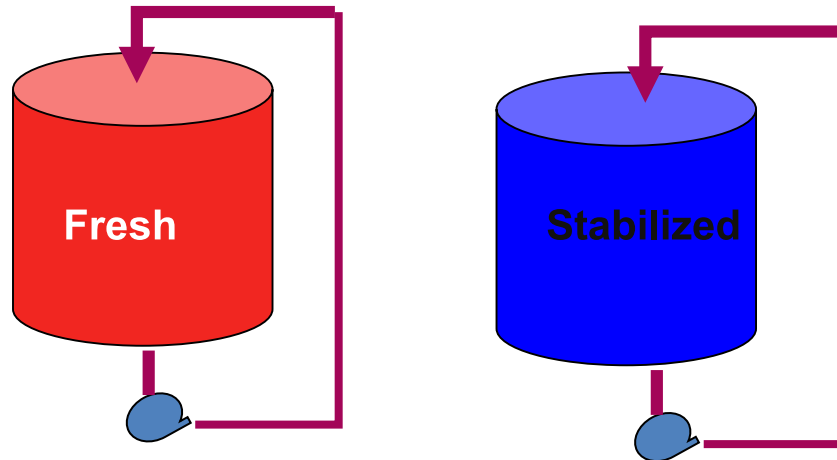
Couple stage



$\text{CH}_4 > 30\%$ and $\text{pH} > 6.5$



Uncouple stage



Leach Bed process or Percolation process

