บทบาทของจุลินทรีย์ในประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ระบบบำบัดน้ำเสีย

JIRAPAT CHANTHAMALEE

หัวข้อ

LOREM IPSUM DOLOR SIT AMET, CONSECTETUER ADIPISCING ELIT.

NUNC VIVERRA IMPERDIET ENIM. FUSCE EST. VIVAMUS A TELLUS.

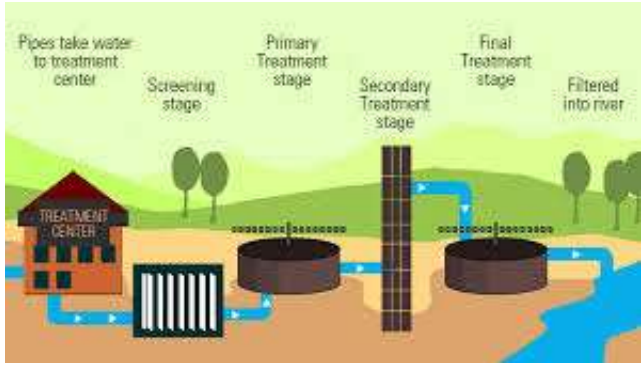
PELLENTESQUE HABITANT MORBI TRISTIQUE SENECTUS ET NETUS.

สิ่งที่ต้องบำบัดในน้ำเสีย

ประเภทของการบำบัดน้ำเสีย

1. การบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment) :

- เป็นวิธีการแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสีย เช่น ของแข็งขนาดใหญ่ กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กรวด ทราย ไขมันและน้ำมัน
- โดยใช้อุปกรณ์ในการบำบัดทางกายภาพ คือ ตะแกรงดักขยะ ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมันและน้ำมัน และถังตกตะกอน ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำเสียเป็นหลัก



ประเภทของการบำบัดน้ำเสีย (ต่อ)

2. การบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment) :

- เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมี เพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย วิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ
  - ค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไป
  - มีสารพิษ มีโลหะหนัก มีของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก
  - มีไขมันและน้ำมันที่ละลายน้ำ
  - มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่สูงเกินไป
  - มีเชื้อโรค

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค

ประเภทของการบำบัดน้ำเสีย (ต่อ)

3. การบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) :

- เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพหรือใช้จุลินทรีย์ ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสีย
- โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Organisms) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Organisms)

เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย

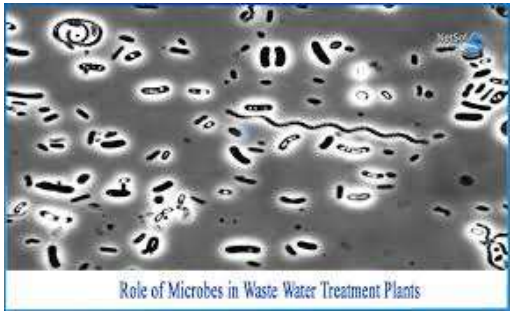
- เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา
- โดยแบ่งออกเป็นการบำบัดทางชีวภาพ เคมี และทางกายภาพ
- เทคโนโลยีเหล่านี้ยังสามารถแบ่งออกเป็น
  - การบำบัดในสถานที่ (*in-situ*)
  - การบำบัดนอกสถานที่ (*ex-situ*)

ความสำคัญของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย

- การผลิตน้ำเสียเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่การปล่อยน้ำเสียสู่สิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องที่ต้องคำนึงถึงอย่างมาก
- น้ำเสียส่วนใหญ่ประกอบด้วยของเสียที่ไม่ต้องการซึ่งอาจทำให้แหล่งน้ำปนเปื้อน
  - เช่น กากตะกอนน้ำเสีย น้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรม โรงงานผลิตนม อาหารทะเลและอุตสาหกรรมน้ำมันและแก๊ส
- กระบวนการบำบัดทางจุลินทรีย์ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงและสามารถเทียบกับเทคนิคดั้งเดิมได้

ดังนั้นการศึกษากลไกสำคัญที่เกี่ยวข้องในกระบวนการบำบัดทางจุลินทรีย์ จะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียได้

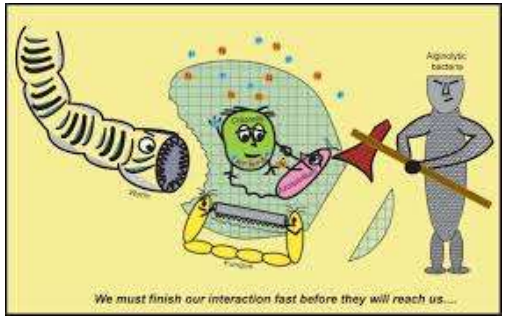
จุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย



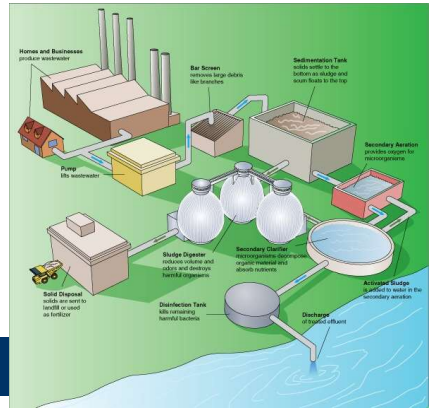
- กระบวนการบำบัดทางชีวภาพเกี่ยวข้องกับการใช้จุลินทรีย์หลากหลายชนิด ซึ่งมีอยู่ตลอดกระบวนการบำบัด
- ประกอบด้วย : bacteria, viruses, protozoa
- จุลินทรีย์เหล่านี้อยู่ใน treatment vats, grows และเคลื่อนที่ไปพร้อมกับ sewage water
- จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ (biodegradable organics) ได้เป็น CO_2, น้ำและพลังงานสำหรับการเจริญและสืบพันธุ์
- ในระบบบำบัดจะต้องมีสภาวะเหมาะสมสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ (ออกซิเจน, อุณหภูมิ, สารอาหาร etc.)

Biological wastewater treatment technology = Biodegradation

- การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ หรือ มีเธน
- จุลินทรีย์มีความสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสีย
  - ย่อยสลายสารอินทรีย์
  - รักษาเสถียรภาพของระบบบำบัด



ข้อดีของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ



- **ข้อดีของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ**
- การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพมีข้อดีหลายประการเมื่อเทียบกับวิธีการบำบัดแบบอื่นๆ ดังนี้
- **ค่าใช้จ่ายต่ำ** : โดยทั่วไปแล้ว การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและบำรุงรักษาต่ำกว่าวิธีการบำบัดแบบอื่นๆ
- **สารปนเปื้อนน้อย** : กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพไม่ก่อให้เกิดสารปนเปื้อนทุติยภูมิ หรืออาจไม่มีเลย
- **ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย** : การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าวิธีการบำบัดแบบอื่นๆ

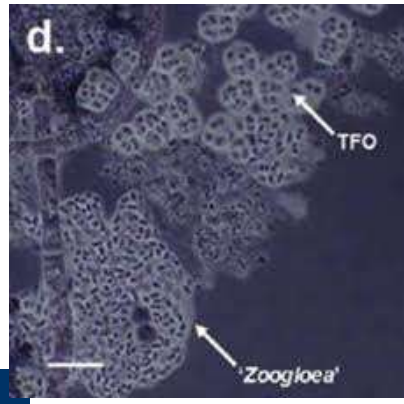
ข้อดีของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ (ต่อ)

- **ข้อได้เปรียบทางเศรษฐกิจ**
- การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพยังมีข้อได้เปรียบทางเศรษฐกิจเหนือวิธีการบำบัดแบบเคมีและแบบฟิสิกส์ ดังนี้
- **ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ** : ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพต้องการการบำรุงรักษาที่น้อยกว่าระบบบำบัดแบบอื่นๆ
- **การลงทุนเริ่มต้นต่ำ** : ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพโดยทั่วไปมีราคาถูกกว่าระบบบำบัดแบบอื่นๆ ในการติดตั้ง

บทบาทของจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย

- จุลินทรีย์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม
- จุลินทรีย์ มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในระดับอุตสาหกรรมในการช่วยย่อยสลายของเสียอันตราย
- จุลินทรีย์ และ เอนไซม์ของจุลินทรีย์มีส่วนสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในน้ำเสีย
- น้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ จะมีการใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของอุตสาหกรรมนั้นๆ

Microbial Diversity in Wastewater Treatment: BACTERIA



- แบคทีเรีย มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย และเป็นตัวหลักในการ กำจัด และ เปลี่ยนแปลง สารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด
- Typical concentration of bacteria in wastewater treatment plant is 10^8-10^9 cells/ml.
- There are some identified bacterial species in wastewater treatment plant those are:

- *Zoogloea resiniphila*, *Comebacker sakazakii*, *Enterobacter asburiae*, *Leclercia adecarboxylata*, *Klebsiella oxytoca*,
- *K. pneumoniae*, *Bacillus* sp., *Enterococcus thailandicus*, *Chromobacterium vaccinii*, *Serratia* sp., *Kosakonia oryzae*, and *Escherichia coli*.

Library | MicrobialAs | Microbial A | Gemini | Microbiolog | microbes in | microbes in | How Micro | bacteria | Removal of

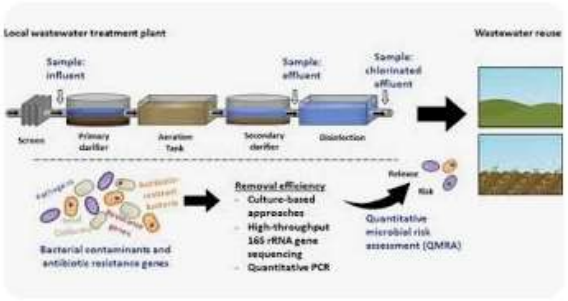
https://www.google.com/search?q=bacteria+in+wastewater+treatment&client=firefox-b-d&sca_esv=

Google

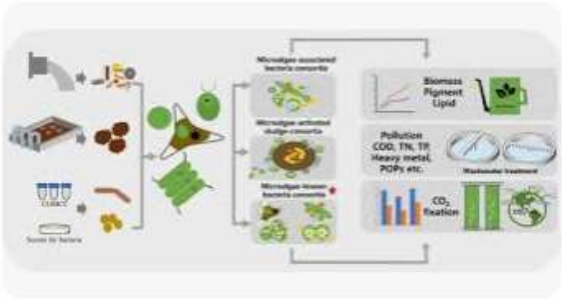
bacteria in wastewater treatment

ทั้งหมด | รูปภาพ | วิดีโอ | ช้อปปิ้ง | ข่าวสาร | หนังสือ | Maps | เพิ่มเติม | เครื่องมือ | บันทึกไว้

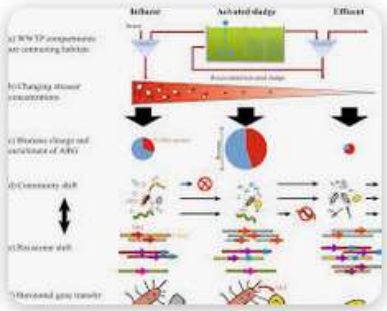
Microalgae | Algae | Algal | Escherichia coli | Microbes | Nitrogen | Aerobic | Microbial consortia | Antibi



ScienceDirect.com
Removal of bacterial contaminants and antibiotic ...

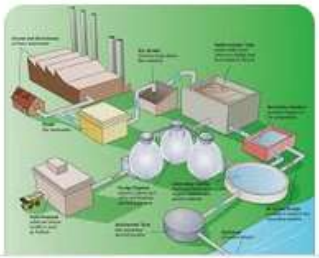


ScienceDirect.com
The roles of bacteria in resource recovery, waste...



Nature
Wastewater treatment plant res...

AOS Treatment Solutions
Role of Microorganisms & Microbes Used in Wast...



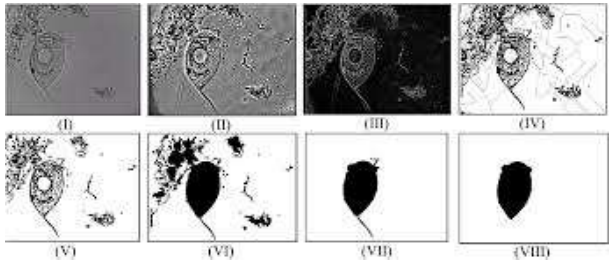
https://www.google.com/imgres?q=bacteria in wastewater treatment&imgurl=https://media.springernature.co...NjcCHAxWhRmwGHVf3CHkQM3oECBgQAA..i&w=1200&h=1026&hcb=2&ved=2ahUKEwjhieKNjcCHAxWhRmwGHVf3CHkQM3oECBgQAA

Type here to search

28°C มีเมฆส่วนใหญ่ | ENG | 23:31 | 7/24/2024

Microbial Diversity in Wastewater Treatment:Protozoa

- **โปรโตซัว กินแบคทีเรียรวมทั้งแบคทีเรียก่อโรค และมีบทบาทสำคัญในกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยการดูดซับสารอินทรีย์บางชนิด**
- **ชนิดของโปรโตซัวตามความต้องการออกซิเจน** เช่นเดียวกับแบคทีเรีย -
  - โปรโตซัวบางชนิดต้องการ**ออกซิเจน**สำหรับการดำรงชีวิต
  - โปรโตซัวบางชนิดต้องการออกซิเจนเพียงเล็กน้อย
  - โปรโตซัวบางชนิดสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่ **ไร้อากาศ** (anaerobic conditions)



Microbial Diversity in Wastewater Treatment:Protozoa (ต่อ)

- The different types of protozoa present in wastewater treatment system plays different roles:

- -**Flagellates** (nourish chiefly on dissolved organic matter present in wastewater)

-**Ciliates** (it removes floating bacteria and help to clear effluent),

- -**Crawling Ciliates** like *Aspidisca* sp. and Euplotes sp. (dominate activated sludge and indicates good treatment),
- - **Sessile Ciliates** *Carchesium* sp. and *Vorticella* sp. (dominates at process end).

What do Flagellate Protozoa Mean in my Wastewater Treatment Plant?

3/9/2014

Flagellate at 1000x magnifcation.

The typical flagellate found in wastwater treatment plants appear as small ovoid shapes that move in the liquid phase surrounded by much smaller free bacteria. Using a single or multiple flagella, long whip-like structures, for motion; these single celled protozoa are one of the first indicator microbes seen in a wastewater treatment system. In the system they consume the free floating bacteria cells and adsorb some soluble organics for their nutritional requirements. (Note: there are some photosynthetic flagellates found usually in ponds, lakes and streams but not as common in wastewater.)

You see flagellates at the early stages of wastewater treatment or when there is log phase growth of bacteria. In lagoon systems, you will often find flagellates predominating near the inlet where dissolved oxygen is low & soluble BOD high. If seen near the effluent, this indicates some type of upset condition. Common triggers include - (1) high hydraulic loads, (2) increased organic loadings, (3) pond turnover, and (4) problems with dissolved oxygen concentrations.

In activated sludge or fixed film systems, the sudden appearance of flagellates can indicate an increase in organic

Search

Author

Erik Rumbaugh has been involved in biological waste treatment for over 20 years. He has worked with industrial and municipal wastewater facilities to ensure optimal performance of their treatment systems. He is a founder of Aster Bio (www.asterbio.com) specializing in biological waste treatment.

View my profile on LinkedIn

Microbial Diversity in Wastewater Treatment:Filamentous bacteria

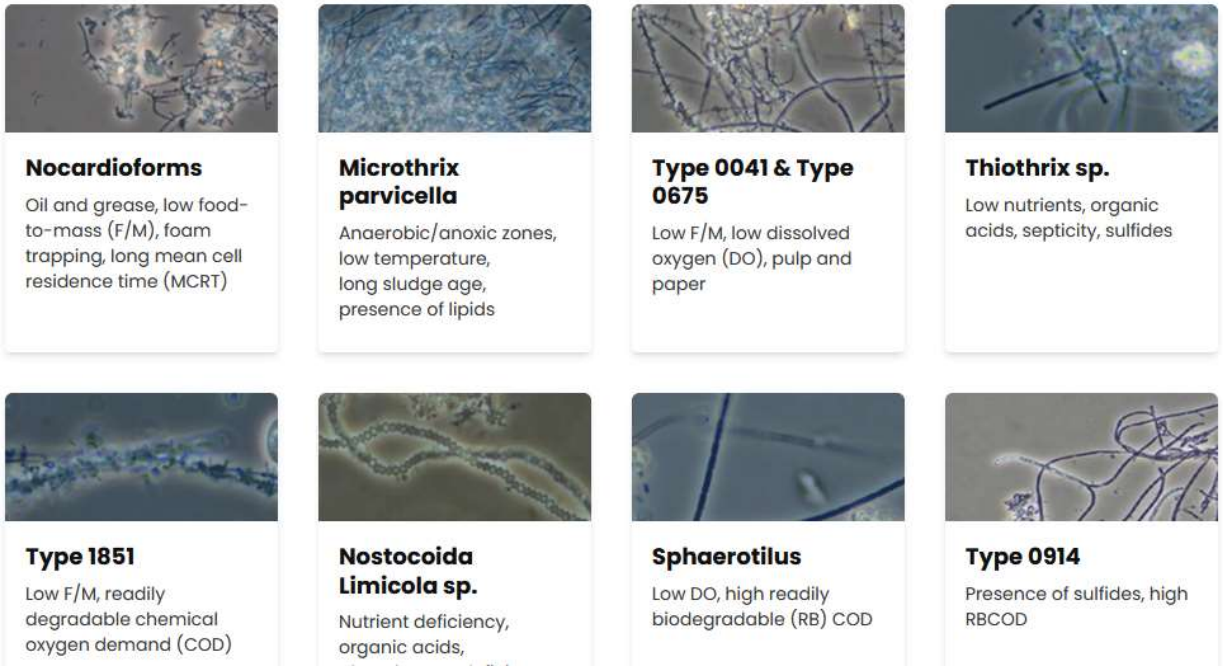
- บทบาทของแบคทีเรียเส้นใย (filamentous bacteria) ในการบำบัดน้ำเสีย

- แบคทีเรียเส้นใย (filamentous bacteria) ในปริมาณน้อย มีประโยชน์ต่อการก่อตัวของตะกอน (floc formation) โดยเส้นใยเหล่านี้จะเชื่อมโยงกันเป็นโครงข่าย คอยพยุงแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ให้เกาะติด เพื่อช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย
- หากมีแบคทีเรียเส้นใยมากเกินไป อาจส่งผลเสียต่อการตกตะกอนของก้อนตะกอน (sludge settling) ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียลดลง เนื่องจากก้อนตะกอนไม่สามารถอัดตัวแน่น ส่งผลให้การแยกก้อนตะกอนออกจากน้ำเสียลำบาก

- การมีแบคทีเรียเส้นใยมากเกินไป ทำให้เกิดตะกอนพองฟู (bulking) ซึ่งส่งผลต่อการอัดตัวของก้อนตะกอน ทำให้การแยกก้อนตะกอนออกจากน้ำเสีย (wasting) มีประสิทธิภาพน้อยลง

ชนิดของ filamentous bacteria ที่พบในน้ำเสีย

- ตัวอย่างแบคทีเรียเส้นใยที่พบในน้ำเสีย *Microthrix, Parvicella, Thiothrix* sp., *Alcanivorax borkumensis, Sphaerotilus natans, Beggiatoa* sp.



Microbial Diversity in Wastewater Treatment:Algae

- Algae are a group of photosynthetic organisms, perform a number of functions in the environment as they can accumulate heavy metals, pesticides, organic and inorganic toxic substances inside cell as well as extracellular

- Algae that can be found commonly in industrial wastewater treatment process include species of *Euglena, Oscillatoria, Chlamydomonas, Phormidium autumnale, Limnothrix*, *Synechocystis, Microcystis, Lyngbya.*

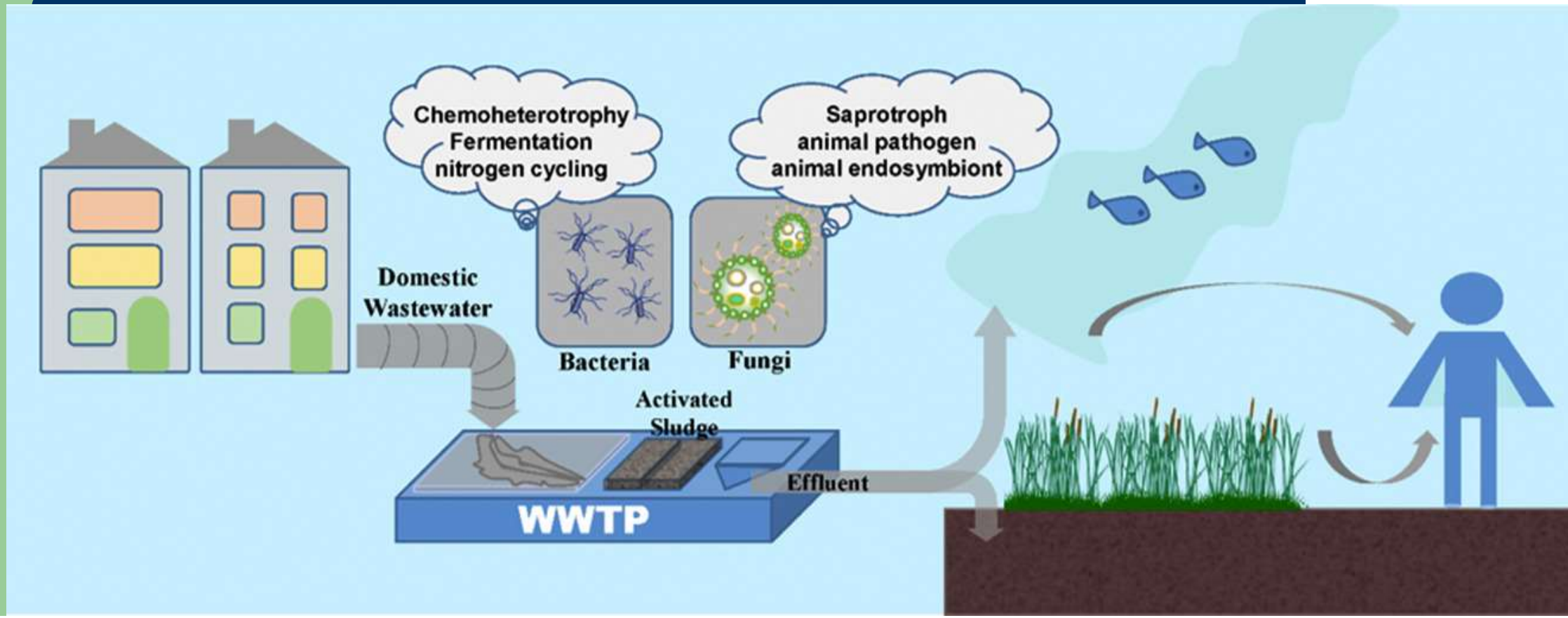
Microbial Diversity in Wastewater Treatment: Fungi

- Fungi are a multicellular organism that hydrolyzes complex organic compounds and compete with other microbes in a mix culture.

- Fungi use their fungal hyphae for trapping and adsorbing suspended solids to accomplish their energy and nutrient requirements and have been reported to secrete some enzymes, which help in the degradation of substrates during wastewater treatment.

- The most common fungus organisms associated with waste degradation are
  - *Sphaerotilus natans, Aspergillus, Penicillium, Fusarium, Absidia*, etc.

Bacteria vs Fungi in Wastewater Treatment



Biological Treatment Technologies : aerobic treatment

- วิธีการบำบัดน้ำเสียแบบแอโรบิก (aerobic treatment) เป็นวิธีที่ใช้บ่อบำบัดที่มีสาหร่าย (algae) และ แบคทีเรีย (bacteria) ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีออกซิเจน (aerobic condition)
- งานวิจัยโดย Cao and Li เสนอแนะการใช้กระบวนการ อิเลคโทรไลซิส (electrolysis) ร่วมกับกระบวนการ ออกซิเดชันสัมผัสทางชีวภาพ (biological contact oxidation process) เพื่อบำบัดน้ำเสียที่มี อัลคิลเบนซีน ซัลโฟเนต (alkylbenzene sulfonate)
- งานวิจัยโดย Souza et al. ใช้ คาร์บอนกัมมันต์ชีวภาพ (biological activated carbon) ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมันเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ หลังจากการทดลอง 84 วัน พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดเพิ่มขึ้นถึง 65% เมื่อใช้คาร์บอนกัมมันต์ชีวภาพ

การใช้สารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียแบบ aerobic

- สารชีวภาพ (biosurfactant) เป็นสารที่สกัดจากเซลล์แบคทีเรียหรือยีสต์ มีคุณสมบัติลดแรงตึงผิวระหว่างชั้น (interfacial tension) และแรงตึงผิวของน้ำ (surface tension) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัด
- คุณสมบัติของ biosurfactant ที่เหมาะต่อการนำมาใช้บำบัดน้ำเสีย
  - สารชีวภาพมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม (low toxicity)
  - สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegraded)
  - ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย (wide range of temperature and pH)

การใช้สารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียแบบ aerobic (ต่อ)

- ข้อดีของสารชีวภาพเมื่อเทียบกับสารเคมีสังเคราะห์
  - มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและงานด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีส่วนประกอบจากโมเลกุลขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ไกลโคลิพิด กรดไขมัน และไลโปโปรตีน

- ตัวอย่างการใช้ *Bacillus salmalaya* 139SI ในการเพิ่มประสิทธิภาพการชำระล้างน้ำมันดิบและการดูดซับโครเมียม 6 (Cr(VI)) จากส่วนที่เป็นน้ำ

Biological Treatment Technologies : Anaerobic treatment

- วิธีการบำบัดน้ำเสียแบ anaerobic เป็นกระบวนการหมัก (fermentation process) ที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD และ COD ที่มีความเข้มข้นสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพออกจากน้ำเสีย
- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ anaerobic ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมบำบัดน้ำเสียมานานหลายปี
- ในกระบวนการย่อยสลายแบบ anaerobic จะมีการผลิตก๊าซชีวภาพ (biogas) ที่ประกอบด้วยมีเทน (methane) และ carbon dioxide)
- กระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในสภาวะที่มีค่า redox potential ต่ำและมีสารอินทรีย์
- สามารถใช้ระบบบำบัดแบบ anaerobic และ aerobic ร่วมกันได้ในการบำบัดน้ำเสีย

เปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Anaerobic vs Aerobic

Table 1. Comparison of anaerobic and aerobic systems [14-17]

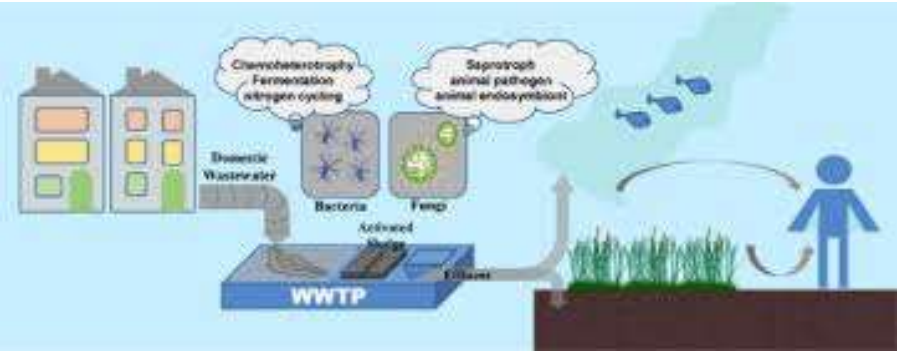
Parameters	*Anaerobic*	*Aerobic*
Nutrient requirement	Low	High
Effluent quality	Medium	High
Temperature sensitivity	High	Low
Energy requirement	Moderate	High
Efficiency in removal of organic	High	High
Odor	High potential to produce	Low potential to produce

นิเวศวิทยาของการบำบัดน้ำเสีย
Ecology of Biological Waste Water

- จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่เหมาะสมกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ต่างกัน
- รา (fungus) สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่มีสภาพเป็นกรด (reduced pH) และมีไนโตรเจนน้อย
- แม้ว่าราจะมีศักยภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ แต่โครงสร้างเส้นใยของรากกลับส่งผลต่อการตกตะกอนของตะกอน ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยรวม
- การพบ ไรน้ำ (rotifer) ในช่วงเริ่มต้นของการบำบัดน้ำเสียเป็นสัญญาณที่ดี เนื่องจากไรน้ำสามารถกินแบคทีเรียที่กระจายตัวอยู่และสารอินทรีย์ได้

Bacteria and Structural unit in wastewater treatment (บทบาทของแบคทีเรียและโครงสร้างกลุ่มในระบบบำบัดน้ำเสีย

- แบคทีเรียย่อยสลายอินทรีย์ (Heterotrophic bacteria) มีบทบาทสำคัญในการกำจัดสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย
- แบคทีเรียเหล่านี้จะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน (clusters) ในรูปแบบต่างๆ ขณะทำหน้าที่ย่อยสลาย เช่น
- กลุ่มตะกอน (floc)
- ฟิล์มชีวภาพ (biofilm)
- เม็ดแกรนูล (granule)



Bacteria and Structural unit in wastewater treatment (cont.) : EPS

- สารพอลิเมอร์นอกเซลล์ (Extracellular Polymeric Substances - EPS) เป็นสารที่กลุ่มของแบคทีเรียผลิตขึ้น
- EPS เกิดจากการสลายตัวของเซลล์ การหลั่งสารจากเซลล์ และการดูดซึมสารต่างๆ จากน้ำเสีย
- คอลลอยด์ของ EPS ประกอบด้วยโปรตีนและพอลิแซคคาไรด์ มีบทบาทสำคัญในการกำหนดโครงสร้างและคุณสมบัติของกลุ่มจุลชีพ (biomass)
- ปัจจัยบางประการในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย สามารถกระตุ้นการผลิต EPS เพื่อช่วยคงสภาพและปกป้องกลุ่มจุลชีพจากสารพิษ
- EPS ยังทำหน้าที่เป็นเกราะกรอง (diffusion barrier) ช่วยลดความเป็นพิษของสารประกอบต่างๆ รอบเซลล์

Access through Rambhai Barni Rajabhat Un... | Purchase PDF | Access throug

ELSEVIER

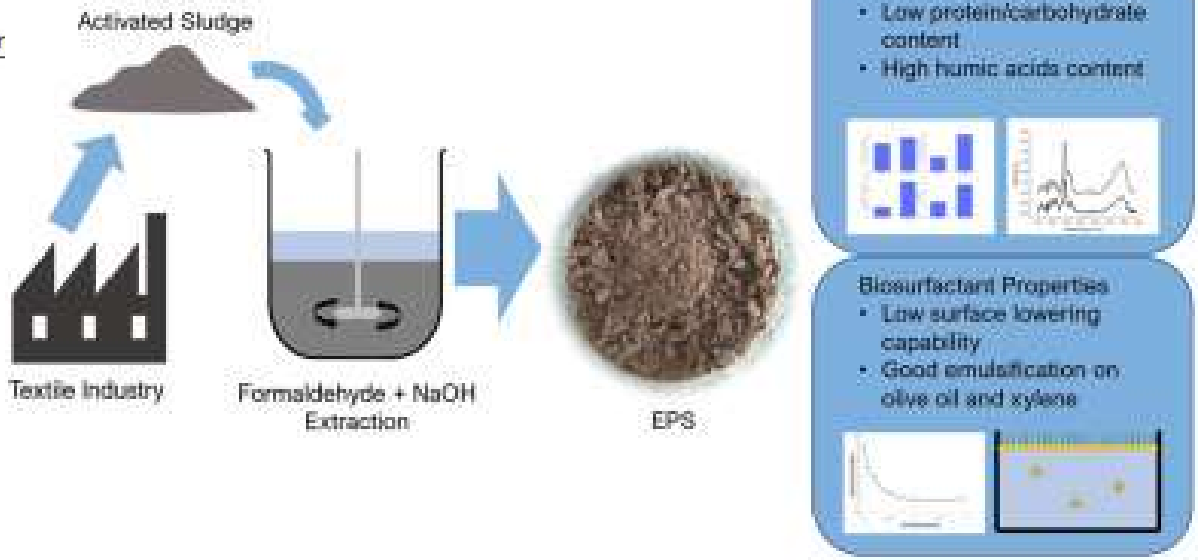
Journal of Bioscience and Bioengineering

Volume 134, Issue 6, December 2022, Pages 508-512

Extraction, characterization, and biosurfactant properties of extracellular polymeric substance from textile wastewater activated sludge

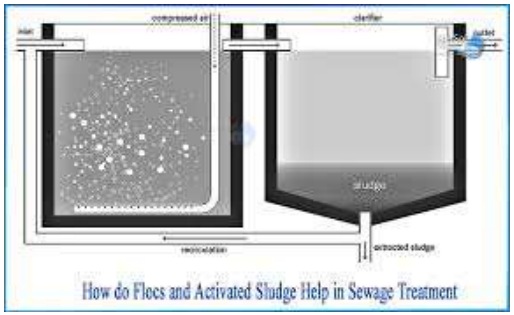
Aulia Maulana [1], Resa Setia Adiandri [1 2], Ramaraj Boopathy [3], Tjar

Show more



Bacteria and Structural unit in wastewater treatment (cont.) : Flocs

- ตะกอน (Floc) คือ ตะกอนแขวนลอย (activated sludge) ที่เกิดจากการรวมตัวกันของแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียจะยึดเกาะกับมลพิษในน้ำเสีย ผ่านกระบวนการทางฟิสิกส์และเคมี
- Flocs ประกอบด้วยแบคทีเรียและสาร EPS
- ความคงตัวของตะกอน (Flocs stability) ขึ้นอยู่กับ
  - ชนิดของจุลินทรีย์ภายในตะกอน
  - ปัจจัยแวดล้อมต่างๆ
  - ความเครียดจากสภาพแวดล้อม (environmental stress)
- อาจส่งผลให้ตะกอนแตกตัว (fragmented)

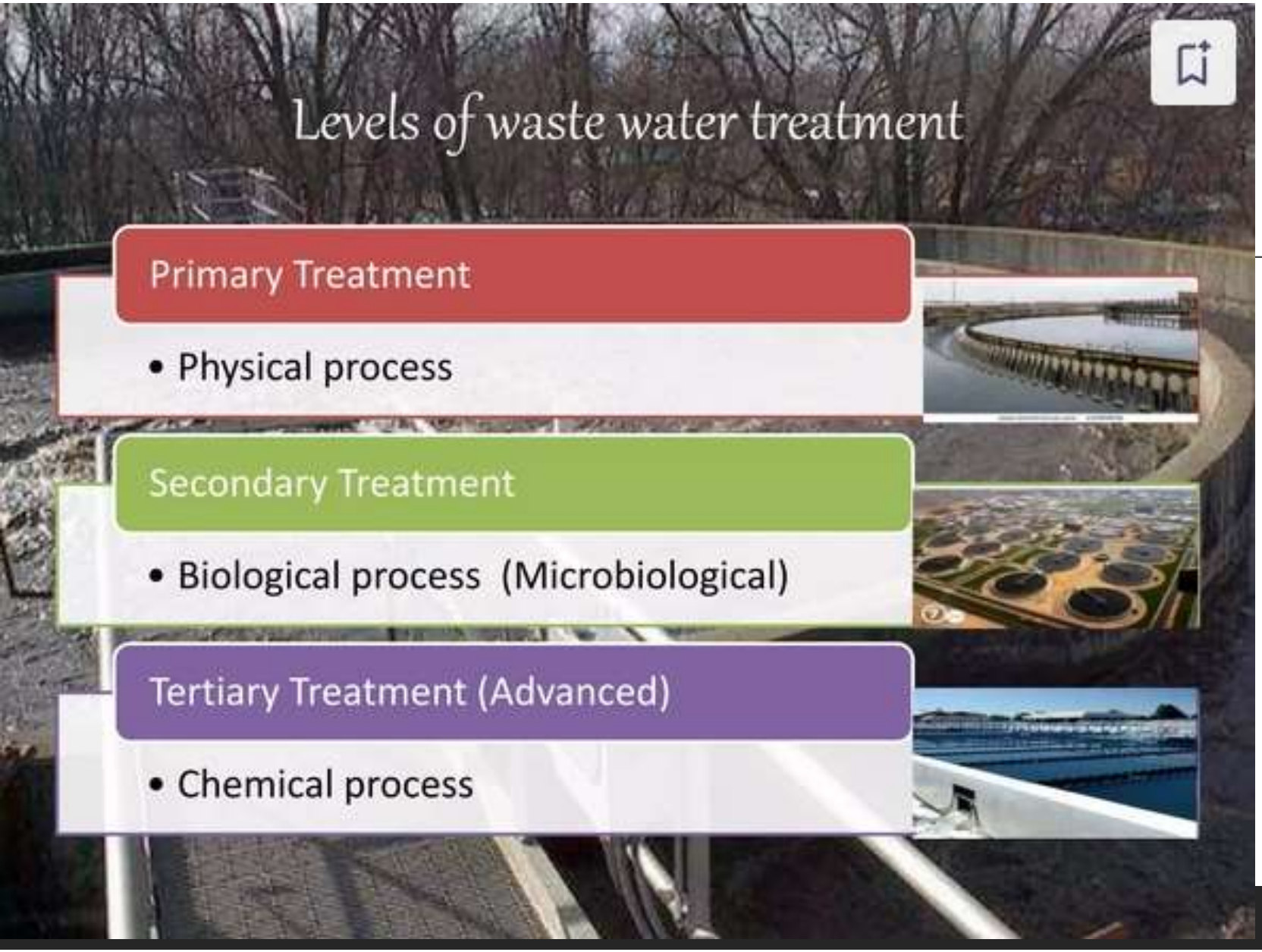


Bacteria and Structural unit in wastewater treatment (cont.): การก่อตัวของฟิล์มชีวภาพ (Biofilm formation)

- Biofilm เกิดขึ้นเมื่อโครงสร้างของจุลินทรีย์ (microorganism structure) เกาะติดอยู่บนพื้นผิวที่เป็นของแข็ง (solid platform)
- แรงยึดเกาะระหว่างจุลินทรีย์กับพื้นผิวเกิดจากหลายปัจจัย เช่น แรงดึงดูดระหว่างประจุ (electrostatic interaction) แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่มีขั้ว (hydrophobic interaction) และพันธะโควาเลนท์
- การก่อตัวของฟิล์มชีวภาพเกิดขึ้นจากตัวเซลล์จุลินทรีย์ โดยอาศัยส่วนประกอบต่างๆ เช่น ขน (cilia) ขนสั้น (fimbriae) ผนังเซลล์ (cell wall) และสารพอลิเมอร์นอกเซลล์ (EPS)
- การขนส่งมวลสาร (mass transport) ภายในฟิล์มชีวภาพ อาศัยกระบวนการแพร่ (diffusion) ขณะที่ความหนาของฟิล์มชีวภาพขึ้นอยู่กับความสามารถในการซึมผ่านของสารต่างๆ และออกซิเจน
- การถ่ายทอดพันธุกรรม (genetic transfer) สามารถเกิดขึ้นได้ภายในฟิล์มชีวภาพ เมื่อสารพันธุกรรมเคลื่อนที่ผ่านช่องว่าง (channel) และรูพรุน (pores)

Bacteria and Structural unit in wastewater treatment (cont.): Aerobic Granules

- เม็ดแกรนูลแบบใช้อากาศ (Aerobic Granules) : การรวมตัวของจุลชีพแบบไม่ต้องอาศัยแรงภายนอก
- Aerobic Granules เป็นตัวอย่างของการรวมตัวของจุลชีพแบบไม่ต้องอาศัยแรงภายนอก (microbial self-immobilization)
- เทคโนโลยีการใช้เม็ดแกรนูลแบบใช้อากาศ มีข้อดี คือ เม็ดแกรนูลมี "ความสามารถในการตกตะกอนได้ดี" (good setting ability) และ "มีปริมาณความเข้มข้นของจุลชีพสูง" (high concentration of microorganism) ภายในโครงสร้าง
- การมีอยู่ของแบคทีเรียที่เจริญเติบโตช้า (slow growing bacteria) และกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (denitrification) ส่งเสริมการรวมตัว (aggregation) และการก่อตัวของเม็ดแกรนูล



ขั้นตอนการ
บำบัดน้ำเสีย

ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

- **1. การบำบัดขั้นต้น (Preliminary Treatment) และการบำบัดเบื้องต้น (Primary Treatment) :** เป็นการบำบัดเพื่อแยกทราย กรวด และของแข็งขนาดใหญ่ออกจากของเหลวหรือน้ำเสีย โดยเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย
  - ตะแกรงหยาบ (Coarse Screen)
  - ตะแกรงละเอียด (Fine Screen)
  - ถังดักกรวดทราย (Grit Chamber)
  - ถังตกตะกอนเบื้องต้น (Primary Sedimentation Tank)
  - เครื่องกำจัดไขฝ้า (Skimming Devices)
- การบำบัด น้ำเสียขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 50 - 70 และกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของบีโอดีได้ ร้อยละ 25 - 40

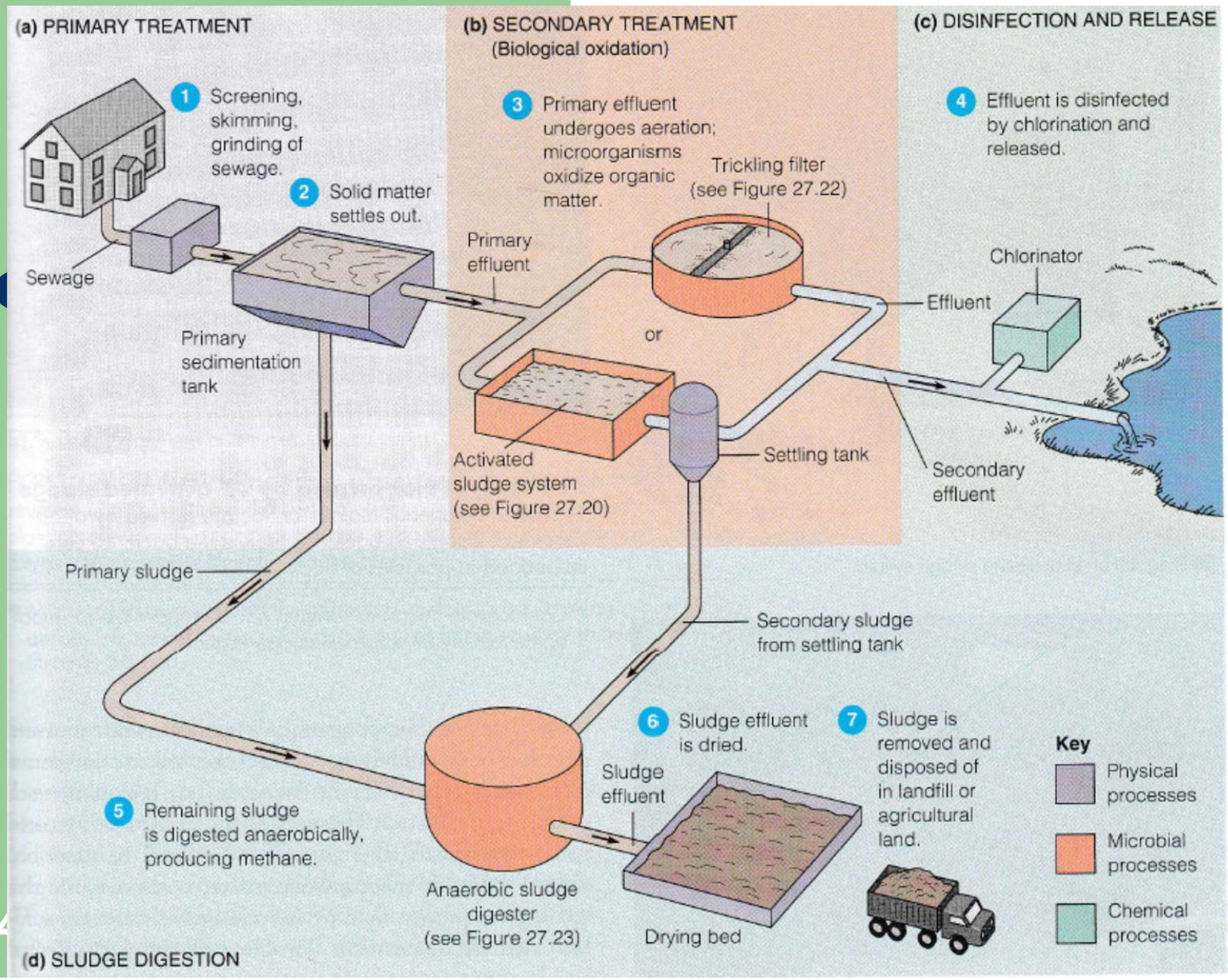
ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย (ต่อ)

- **2. การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment)**
  - เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นและการบำบัดเบื้องต้นมาแล้ว แต่ยังคงมีของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กและสารอินทรีย์ทั้งที่ละลายและไม่ละลายในน้ำเสียเหลือค้างอยู่
  - โดยทั่วไปการบำบัดขั้นที่สองหรือเรียกอีกอย่างว่าการบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) จะอาศัยหลักการเลี้ยงจุลินทรีย์ในระบบภายใต้สภาวะที่สามารถควบคุมได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสารอินทรีย์ได้รวดเร็วกว่าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย (ต่อ)

2. การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) (ต่อ)

- แยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำทิ้งโดยใช้ถังตกตะกอน (Secondary Sedimentation Tank) ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น
- จากนั้นจึงผ่านเข้าระบบฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคปนเปื้อน
- ก่อนจะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือนำกลับไป ใช้ประโยชน์ (Reuse)
- การบำบัดน้ำเสียในขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยและสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของบีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 80



- The stages in typical sewage treatment.
- Microbial activity occurs aerobically in trickling filter or activated sludge aeration tanks and anaerobically in the anaerobic sludge digester.

Tortora et al., 2004

ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย (อธิบายภาพใน slide)

- The stages in typical sewage treatment. Microbial activity occurs aerobically in trickling filter or activated sludge aeration tanks and anaerobically in the anaerobic sludge digester.
- A particular system would use either activated sludge aeration tanks or trickling filters, not both, as shown in this figure.
- Methane produced by sludge digestion is burned off or used to power heaters or pump motors

Secondary Sewage Treatment

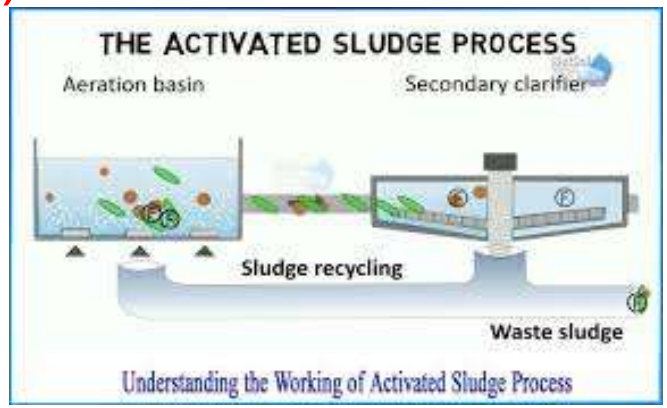
- ในขั้นตอนนี้ถูกออกแบบเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ และลดค่า BOD
- มีการให้อากาศอย่างมาก (strong aeration) เพื่อกระตุ้นการเจริญของ aerobic bacteria และจุลชีพชนิดอื่น ๆ ที่ออกซิไดส์สารอินทรีย์ไปเป็น CO_2 และน้ำ
- วิธีที่มักใช้กันทั่วไปในขั้น secondary treatment : activated sludge และ trickling filter

บทบาทของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย: พบจุลินทรีย์ที่ใดบ้างในระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ

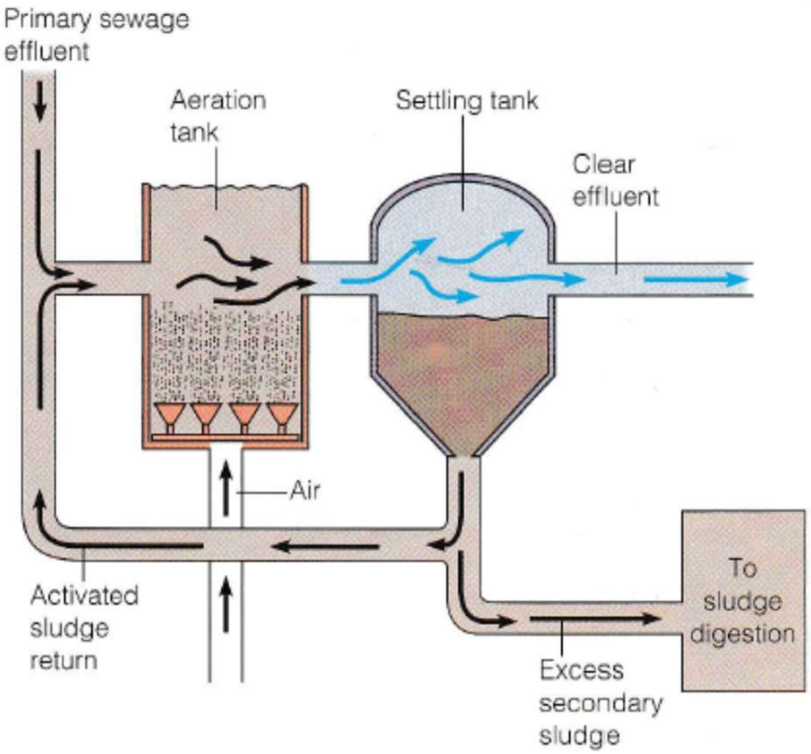
- **บทบาทของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Fixed film**
- **ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Fixed film เช่น Trickling filter, Rotating Biological Contactors (RBC)**
- ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Fixed film จุลินทรีย์จะมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์และสารปนเปื้อนในน้ำเสีย โดยจุลินทรีย์เหล่านี้จะเกาะอยู่บนวัสดุรองรับ (Fixed media) เช่น หิน ทราย เม็ดพลาสติก ภายในถังบำบัด ซึ่งวัสดุรองรับเหล่านี้มีหน้าที่เพิ่มพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์เกาะยึดและเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทบาทของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge

- ระบบ Activated Sludge เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่นิยมใช้กันมากที่สุด ระบบนี้ใช้จุลินทรีย์เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์และสารปนเปื้อนในน้ำเสีย จุลินทรีย์เหล่านี้จะรวมตัวกันเป็นก้อนตะกอนขนาดเล็กเรียกว่า "ตะกอนแขวนลอย" (Activated Sludge)



ระบบแอคติเวตเตดสลัดจ์



(a) Diagram of an activated sludge system

(b) An aeration tank. Note surface is frothing from aeration.

FIGURE 27.20 **An activated sludge system of secondary sewage treatment.**

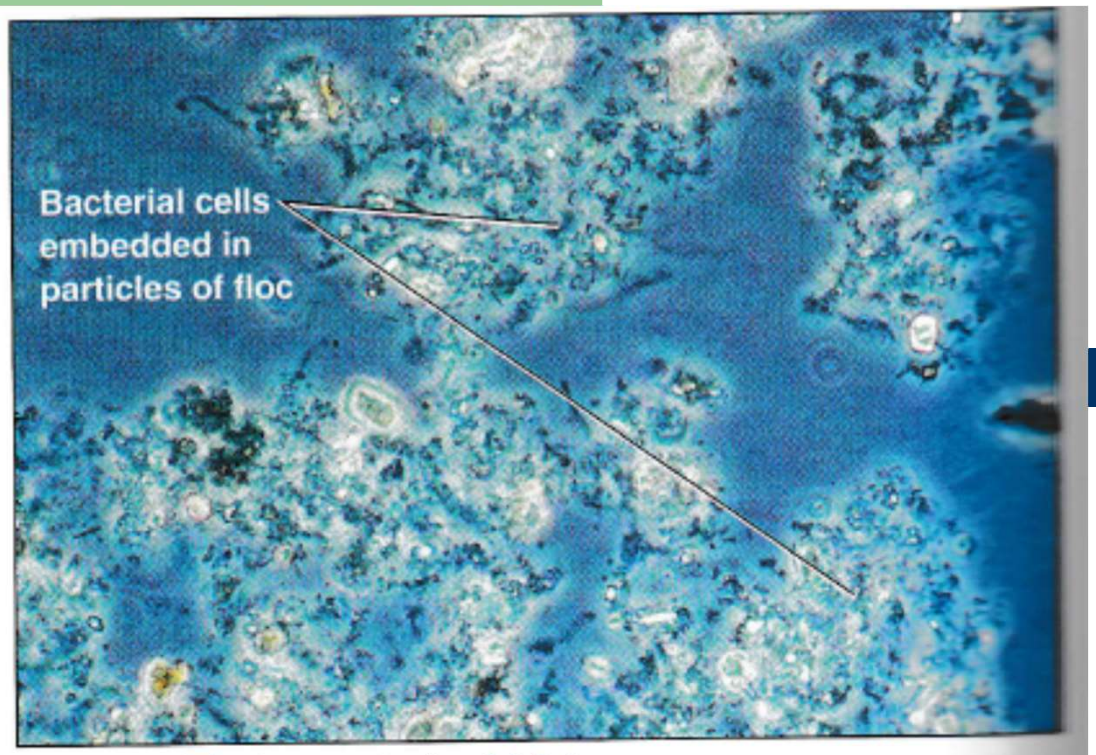
Tortora et al., 2004

ระบบแอคติเวตเตดสลัดจ์ (Activated Sludge Process)

- มีการผ่านอากาศหรือออกซิเจนไปยัง effluent จาก primary treatment
- ชื่อ activated sludge ได้มาจากการเติมตะกอนเร่ง (activated sludge) จากการบำบัดครั้งก่อน (previous batch) ให้กับน้ำเสียที่กำลังไหลเข้าระบบ
- หัวเชื้อ (inoculum; starter) นี้เรียกว่า “activated sludge” เนื่องจากประกอบด้วย sewage-metabolizing microbes ปริมาณมาก

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ ระบบแอคติเวตเตดสลัดจ์ (ต่อ)

- หัวเชื้อ (activated sludges) จะย่อยสารอินทรีย์ปริมาณมากในน้ำเสียไปเป็น คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ
- จุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อหลักใน activated sludge ได้แก่ *Zoogloea* *ซึ่งอยู่ใน* *floc* *หรือ* *sludge granule (Figure 27.21)*



Tortora et al., 2004

FIGURE 27.21 **Floc formed by an activated sludge system.** Gelatinous masses of floc are formed by a species of *Zoogloea* bacteria. Notice the bacterial cells embedded in particles of floc.

- Contact with microbes forming floc is responsible for much of the activity of activated sludge systems.

Two strains of Zoogloea resiniphila. The tube on the left shows typical floc formations in an otherwise clear culture of a bacterium, Zoogloea resiniphila, isolated from an activated sludge wastewater treatment reactor. In the tube on the right, planktonic growth by a floc-impaired mutant results in a turbid appearance.

ระบบแอคติเวตเตดสลัดจ์

ระบบแอคติเวตเตดสลัดจ์ ACTIVATED SLUDGE PROCESS

ลักษณะสำคัญของระบบแอตติเวตเตดสลัดจ์

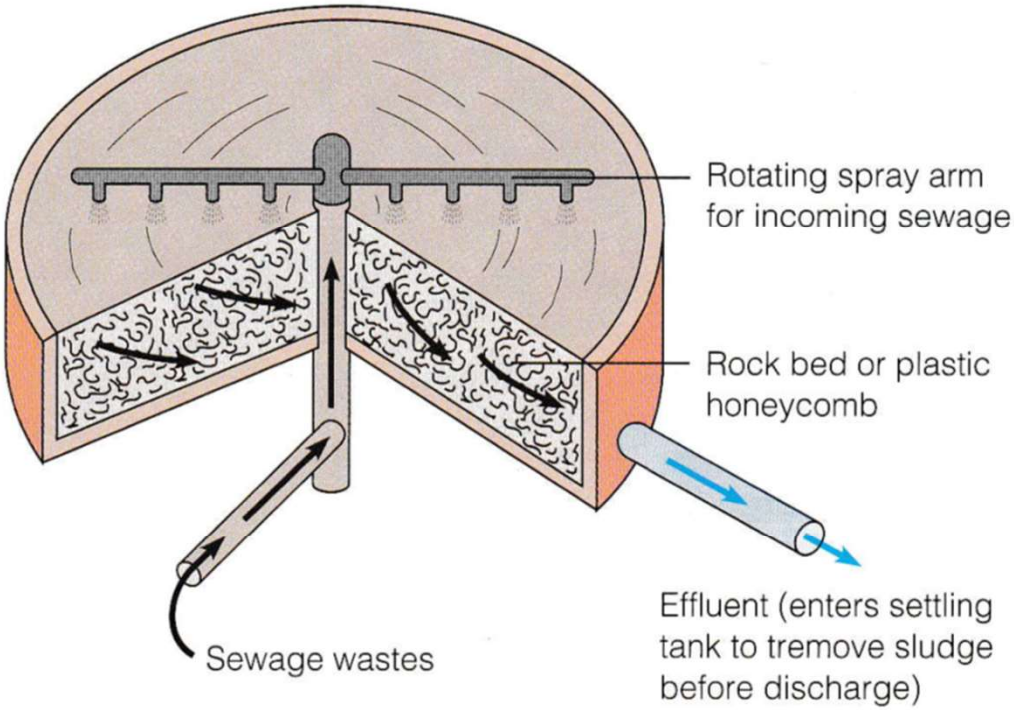
ระบบแอตติเวตเตดสลัดจ์เป็นขบวนการบำบัดน้ำเสีย ทางชีววิทยาที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง ระบบหนึ่ง คือ ประมาณ85-95%จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันโดยเฉพาะ อย่างยิ่งในการบำบัดน้ำเสียจากอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม การผลิตอาหาร โดยปกตินำ้เสียจะต้องผ่านตะแกรงดักขยะ บ่อดัก ไขมัน บ่อดักกรวดทราย เพื่อแยกเอาเศษวัสดุ และตะกอน ที่มีขนาดใหญ่ออกในขั้นหนึ่งก่อน

จากนั้นน้ำเสียจะถูกนำเข้าสู่ระบบแอตติเวตเตดสลัดจ์ซึ่งประกอบด้วยถังเติมอากาศถังตกตะกอนและระบบสูบตะกอนย้อนกลับเครื่องเติมอากาศที่ติดตั้งอยู่ในถังเติมอากาศจะเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำเสียเพื่อทำให้จุลินทรีย์นำออกซิเจนไปใช้ในการย่อยสลายสิ่งสกปรกในน้ำเสียและการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต่อไปน้ำตะกอนจากถังเติมอากาศจะนำเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำที่บำบัดแล้ว น้ำส่วนใสที่ไหลล้นออกจากถังตกตะกอนจะนำไปฆ่าเชื้อโรคก่อนระบายลงคูคลอง สำหรับตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปยังถังเติมอากาศเพื่อรักษาปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ให้เหมาะสม ส่วนอีกส่วนหนึ่งซึ่งเป็นตะกอนส่วนเกินจะต้องนำไปกำจัดทิ้งด้วยระบบกำจัดตะกอนต่อไป

https://www.nectec.or.th/schoolnet/library/snet6/envi3/water/clerwa.html

Trickling filter

(a) Rotating spray arm of a trickling filter system

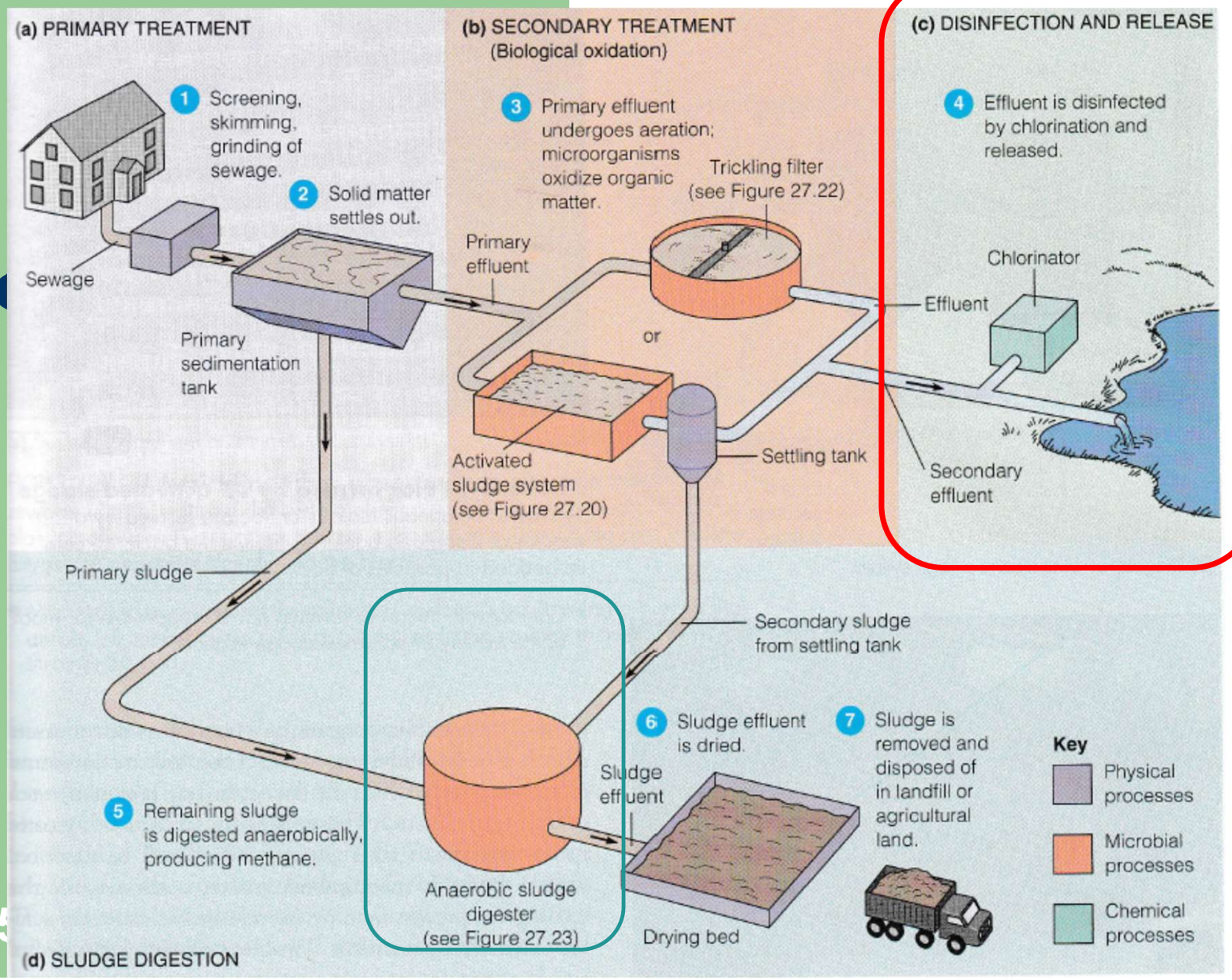


(b) A cutaway view of a trickling filter system

FIGURE 27.22 **A trickling filter of secondary sewage treatment.** The sewage is sprayed from the system of rotating pipes onto a bed of rocks or plastic honeycomb designed to have a maximum surface area and to allow oxygen to penetrate deeply into the bed.

- Microorganisms grow on the enormous surface area, forming a biofilm that aerobically metabolizes the organic matter in the sewage trickling down through the bed.

Tortora et al., 2004

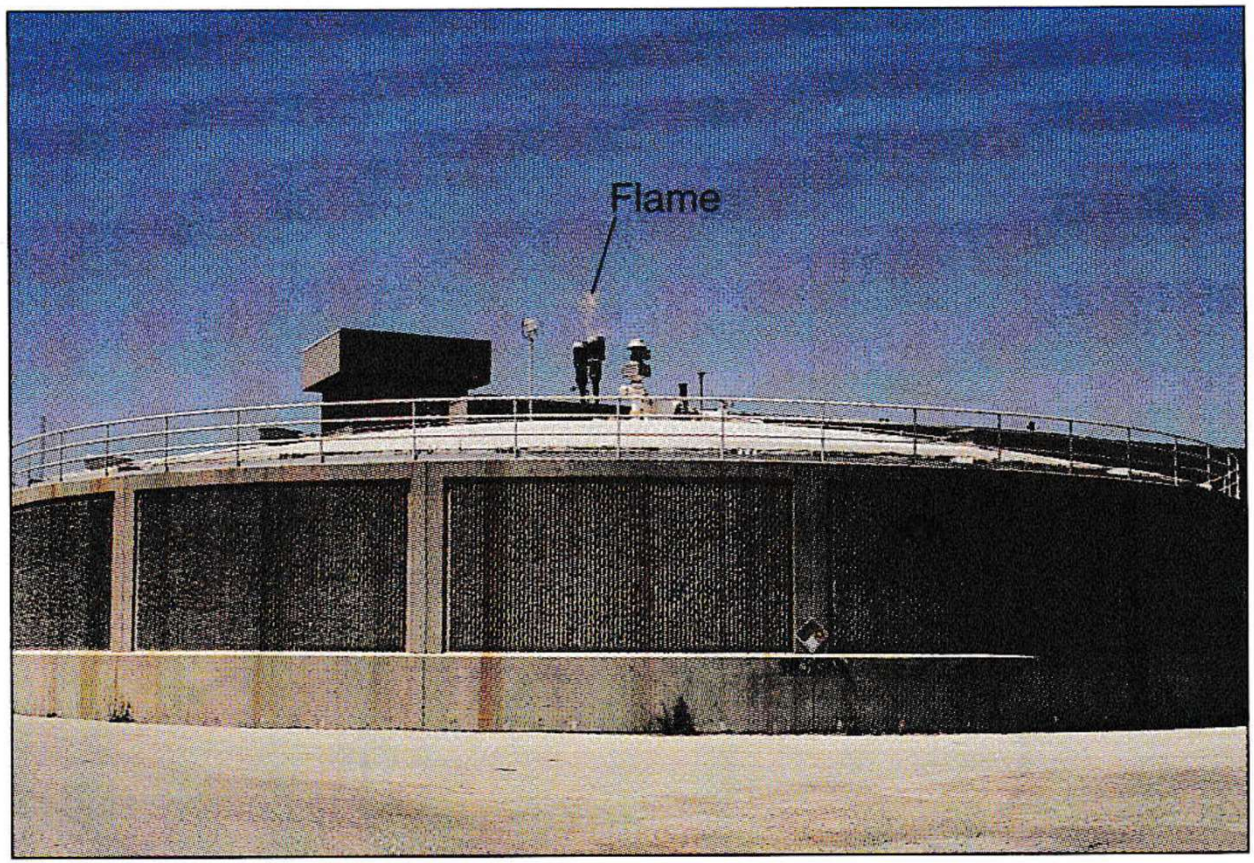


The stages in typical sewage treatment.

Microbial activity occurs aerobically in trickling filter or activated sludge aeration tanks and anaerobically in the anaerobic sludge digester.

Sludge Digestion

- Primary sludge ที่สะสมจากถังตกตะกอนครั้งแรก (primary sedimentation tank) และ Sedimentation tank จะถูกบำบัดต่อโดยการสูบไปยัง anaerobic sludge digesters
- เป็นระบบที่ไม่ใช้อากาศ



An anaerobic sludge digester at a California sewage-treatment plant. Much or all of a typical digester is below ground level, especially in cold climates. Methane from such a digester is often used to run pumps or heaters in the treatment plant. Excess methane is being burned off in the flame shown at the top of the digester.

Tortora et al., 2004

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในถังย่อยสลัดจ์ (Sludge digestion tank)

- 1. การผลิตคาร์บอนไดออกไซด์และกรดอินทรีย์จากกระบวนการ anaerobic fermentation โดยจุลชีพกลุ่ม anaerobic และ facultative หลากหลายชนิด
- 2. กรดอินทรีย์ถูกย่อยสลายไปเป็นไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์และกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก
- 3. การผลิตมีเธนจากคาร์บอนไดออกไซด์หรือกรดอะซิติกโดย methane producing bacteria

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในถังย่อยสลัดจ์ (Sludge digestion tank)

- ส่วนใหญ่มีเธนถูกผลิตขึ้นจากกระบวนการนี้

$$CO_2 + 4\,H_2 \longrightarrow CH_4 + 2\,H_2O$$

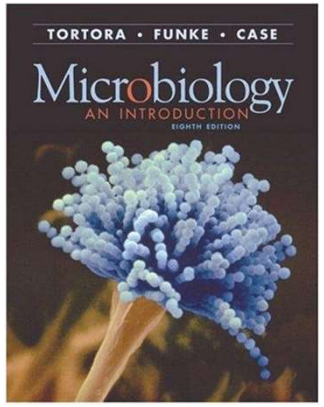
Other methane-producing microbes split acetic acid (CH_3COOH) to yield methane and carbon dioxide:

$$CH_3COOH \longrightarrow CH_4 + CO_2$$

อ้างอิง

Dadasnia, A. et al., (2017). Microbial aspect in wastewater treatment: a technical review. Environmental Pollution and Protection, Vol. 2, No. 2, 74-84.

Tortora, G.J., Funke, B.R. and Case, C.L. 2004. Microbiology : an introduction. San Francisco, CA : Benjamin Cummings.



การบ้าน

.ให้นักศึกษาค้นคว้าบทบาทของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียจากงานวิจัยภาษาอังกฤษ (ตั้งแต่ปี 2020 ขึ้นไป)

สรุปส่งใน Google classroom จำนวน 1 หน้ากระดาษ