บทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม

Jirapat Chanthamalee, Ph.D.

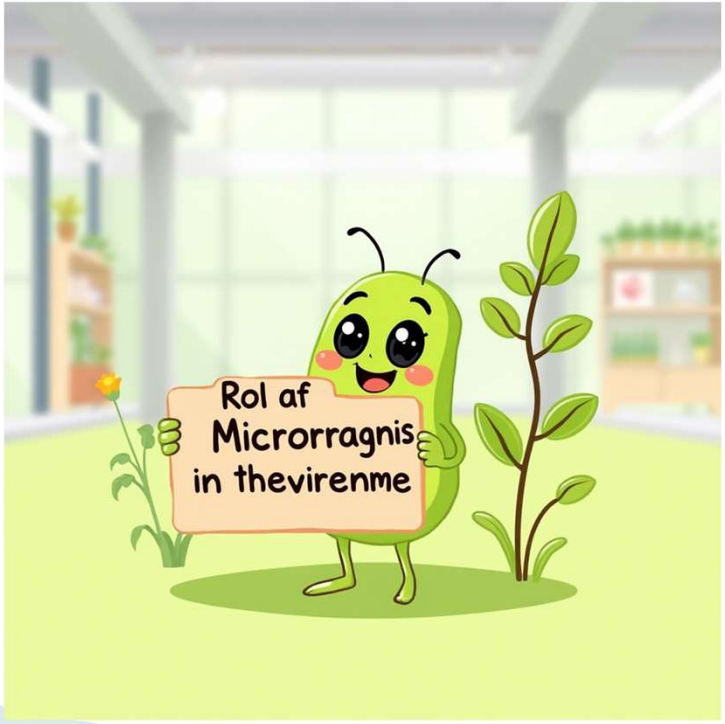
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

หัวข้อที่น่าสนใจ

- Microbiome
  - สารลดแรงตึงผิวชีวภาพ (Biosurfactant)
  - เทคโนโลยีชีวภาพในการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม (Bioremediation)
- การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมร่วมสมัยโดยใช้จุลินทรีย์
  - Biofilm
  - จุลินทรีย์ดัชนีการบำบัดน้ำเสีย

จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม

- ศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของจุลินทรีย์ในด้านต่าง ๆ
  - เกี่ยวข้องกับมนุษย์
  - ระบบนิเวศ
- การบำบัด/ย่อยสลายสารพิษในสิ่งแวดล้อมด้วยจุลินทรีย์



ตัวอย่างบทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ

- เชื้อราเป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของอาคารบ้านเรือน ดังนั้นจึงมีการผสมสารป้องกันราในสีทาอาคาร
- บทบาทในวัฏจักรของธาตุที่สำคัญในระบบนิเวศ เช่น ไนโตรเจน คาร์บอน ฟอสฟอรัส กำมะถัน ฯลฯ
- แบคทีเรีย เชื้อรา และจุลินทรีย์อื่นๆ มีบทบาทในการย่อยสลายสารพิษในสิ่งแวดล้อม

ปัจจัยที่ทำให้ “จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม” มีความสำคัญเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน

- การเกิดขึ้นของโรคอุบัติใหม่ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อก่อโรคที่อยู่ในน้ำและอาหาร
- การทิ้งของเสียต่าง ๆ รวมถึงสารเคมีอินทรีย์ สารเคมีอนินทรีย์ และของเสียอันตรายในสิ่งแวดล้อม
- มีการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ในการศึกษาจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม : ชีวนิเวศจุลชีพ (Microbiome)

กรณีตัวอย่าง: ปัญหาที่เกิดขึ้นในภาคการเกษตรในสถานการณ์ปัจจุบัน

ปัญหาจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร

- **การใส่ปุ๋ยปริมาณมาก**ในพื้นที่เกษตรกรรม เช่น การใส่ปุ๋ยยูเรีย ทำให้เกิด (N_2O)
- **การใช้ยาปฏิชีวนะ**ที่มากเกินไปในฟาร์มปศุสัตว์และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทำให้เกิดปัญหาเชื้อดื้อยาและเกิดสารตกค้างที่ส่งผลต่อผู้บริโภค
- โลหะหนักตกค้างในพื้นที่เกษตร

ปัญหาจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร (ต่อ)

- การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช วัชพืช และอื่น ๆ ที่มากเกินไป ทำให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในผลผลิต ผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม

52 JOURNAL OF HEALTH SCIENCE RESEARCH Volume 13 No. 2 : July – December 2019

ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในซีรัมต่อผลกระทบสุขภาพของผู้บริโภคผักผลไม้สด

นิรมล ธรรมวิริยสติ* วิจิตตรา มาลัยเขต** กัลย์รวี กนกเลิศวงศ์**
รินรดา วิสุทธิ** สานิตา สิงห์สนั่น***

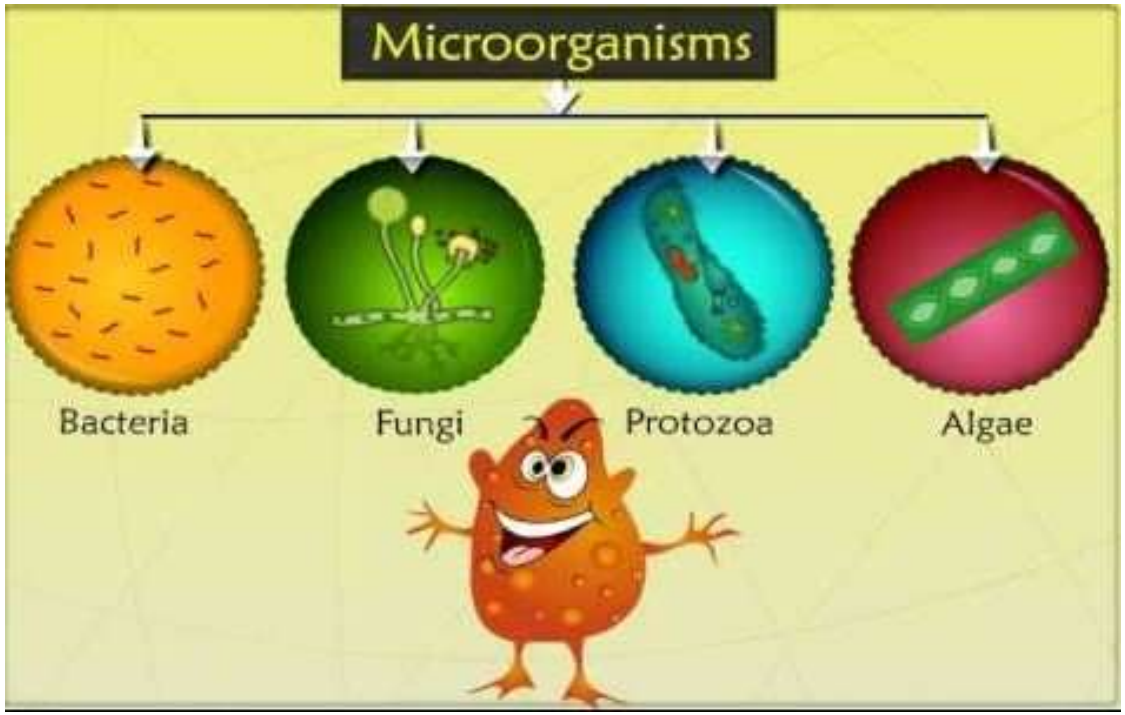
- เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสมีหน้าที่ในการทำลายสารอะซิทิลโคลีน ซึ่งสารตัวนี้เป็นตัวกลางในการส่งกระแสประสาท เมื่อร่างกายได้รับพิษจากยาฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมทที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์นี้ จึงทำให้มีระดับของเอนไซม์ลดลงจากเดิม การตรวจวัดเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจึงถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้ (biomarker) ของการได้รับพิษจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

สภาวะโลกร้อนกับเศรษฐกิจเกษตร

- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้เพิ่มข้อจำกัดในการผลิตภาคเกษตรมากขึ้น ทั้งในเรื่องของ ความแห้งแล้ง น้ำท่วม โรคและแมลง ปัญหาเรื่องดินและวัชพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแปรปรวนของน้ำฝนและการกระจายของฝนที่ไม่สม่ำเสมอและสร้างความเสียหายต่อภาคเกษตร
- ผลกระทบของสภาวะโลกร้อนที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชเห็นได้ชัดเจนมากขึ้น แม้ว่าความเสียหายอาจจะเกิดจากหลายองค์ประกอบ แต่ความแปรปรวนของอุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศนั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิต และท้ายที่สุดเกิดลบต่อรายได้เกษตรกร
- **ที่มา:** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

Microbes in our lives

- **Microbes (microorganisms)** – Living things that individually are too small to be seen with the unaided eye.
- They include:
  - Bacteria
  - Archaea
  - Fungi (yeasts & molds)
  - Protozoa
  - Algae
  - Viruses



Extreme environment and extremophiles

Black smoker

Permafrost regions

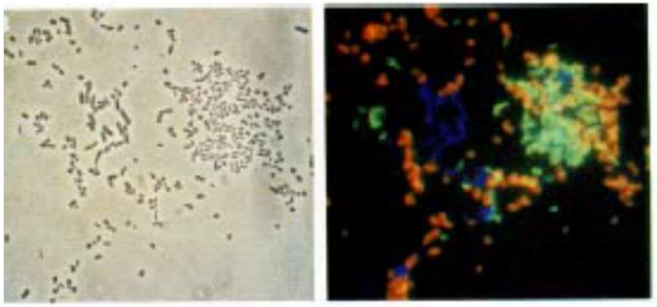
Solar salterns

Hot springs

Recodes for Extremophiles

- Hottest: 121 ℃!
- Deepest: 2 miles underground in caves
- Most salty: 5.2 M NaCl (saturation)
- Most acidic: pH 0.8
- Most radiation: 1.5 million rads

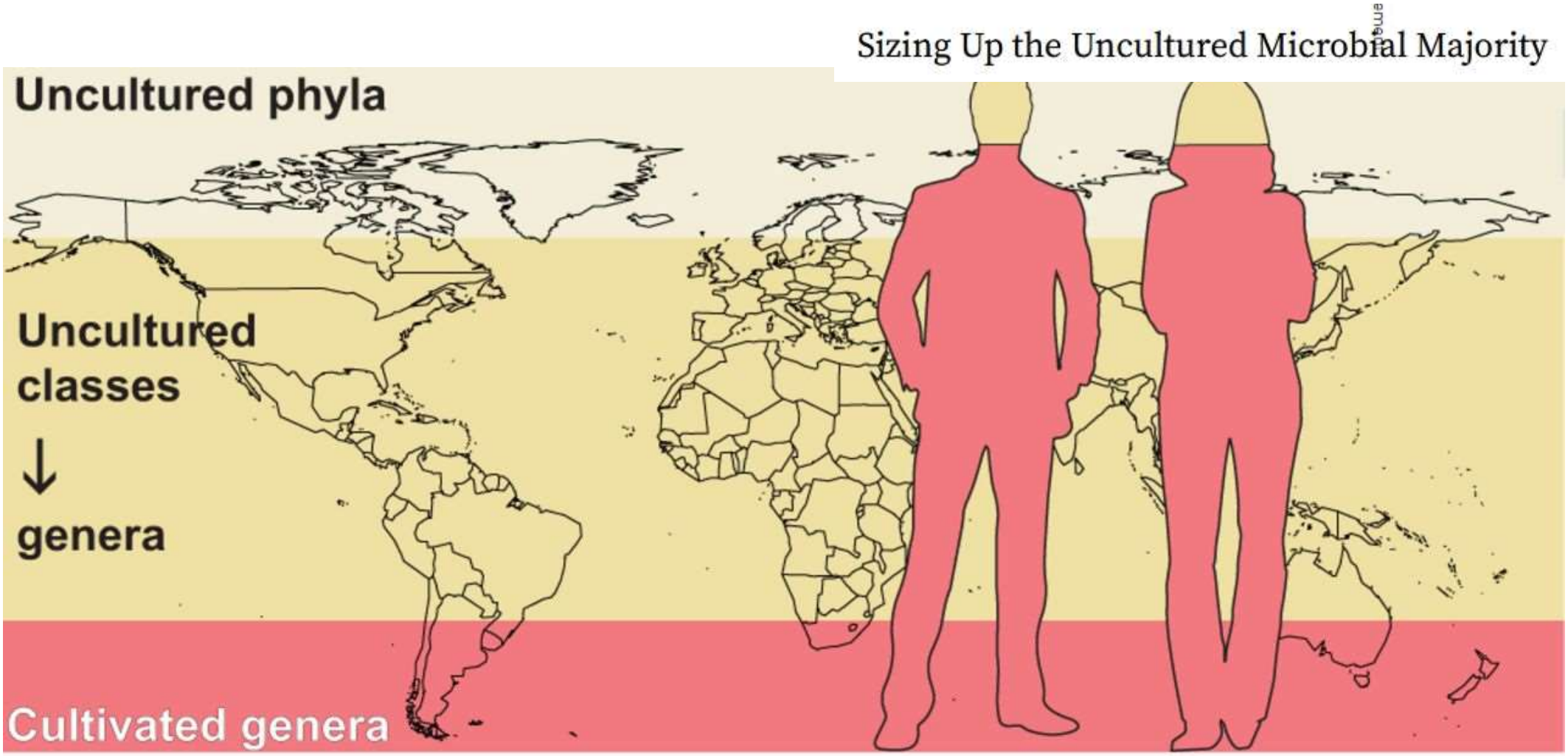
~99% of Microbes on Earth are uncultured



Habitat	Culturability (%)
Seawater	0.001–0.1
Freshwater	0.25
Mesotrophic lake	0.1–1
Unpolluted estuarine waters	0.1–3
Activated sludge	1–15
Sediments	0.25
Soil	0.3

Amann, Ludwig and Schleifer, Microbiol. Rev. 59, 1995

อัตราส่วนของ uncultured cells เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมโลก



- จุลินทรีย์ที่เพาะเลี้ยงได้ส่วนใหญ่อยู่ใน/บนร่างกายมนุษย์ และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์

ไมโครไบโอม (Microbiome)

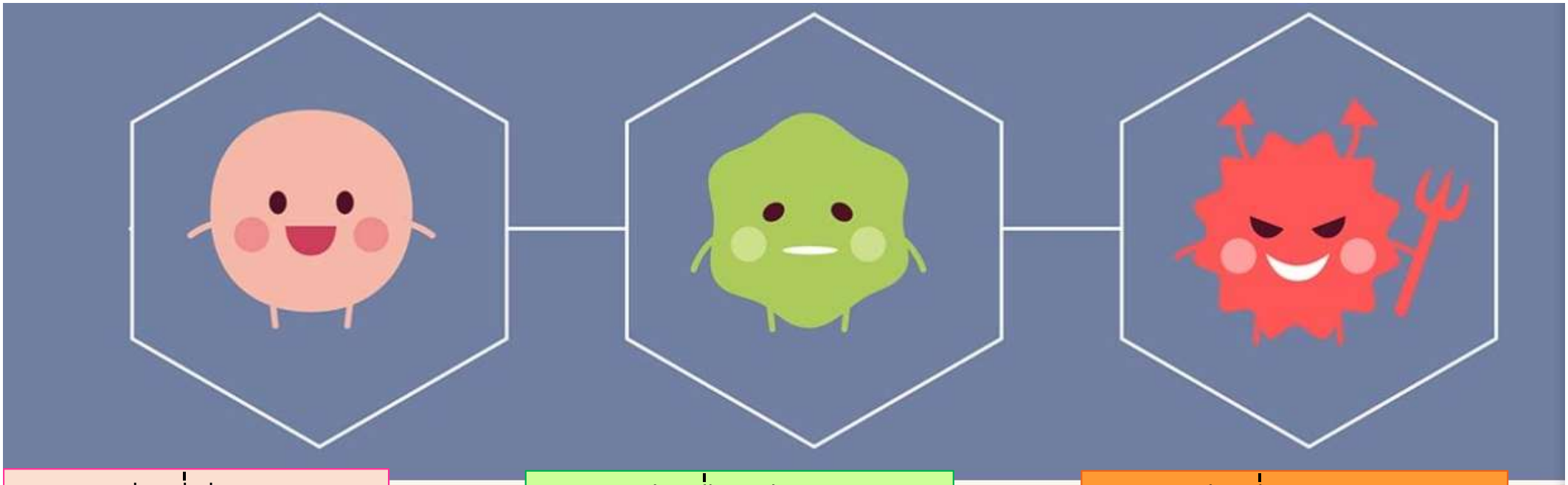
ที่มา: http://www.aveeno.co.th/our-ingredients/skin-microbiome

Skin Microbiome คืออะไร ?

สกิน ไมโครไบโอม (Skin Microbiome) ชุมชนของจุลินทรีย์หลากหลายชนิด ที่อยู่บนผิวหนัง

ที่มา: https://www.aveeno.co.th/our-ingredients/skin-microbiome

ชนิดของ Skin Microbiome



จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (Probiotics)

จุลินทรีย์ที่ไม่มีประโยชน์แต่ไม่มีโทษกับตัว

จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโทษต่อร่างกาย

ที่มา: https://www.[illegible]eno.co.th/our-ingredients/skin-microbiome

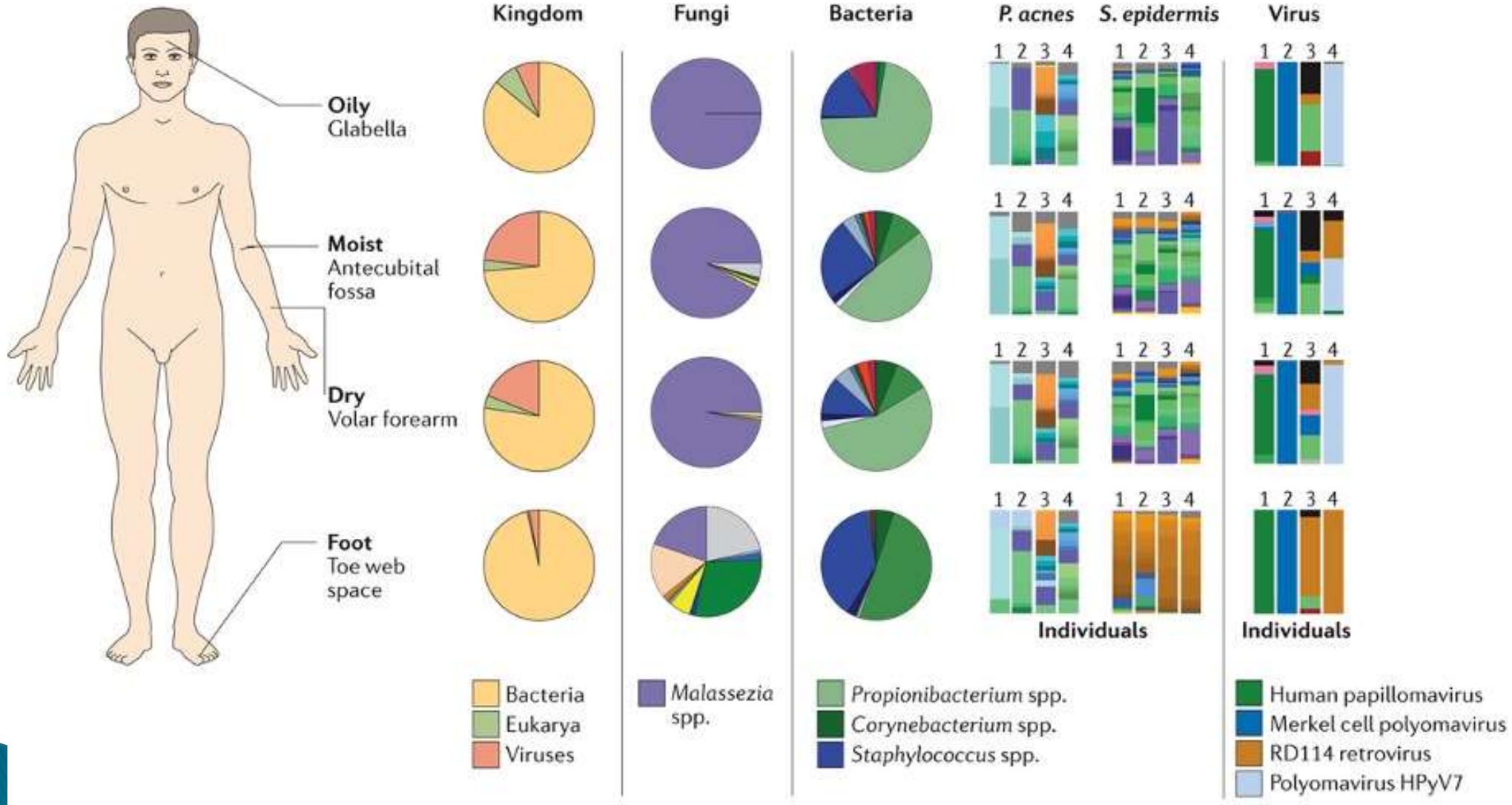
องค์ประกอบสำคัญของไมโครไบโอมผิวหนัง

- **องค์ประกอบของจุลินทรีย์**
- แบคทีเรียหลักที่พบ: *Staphylococcus, Corynebacterium, Cutibacterium* (เดิมชื่อ *Propionibacterium*)
- เชื้อรา: ส่วนใหญ่เป็น *Malassezia*
- ไวรัส: รวมถึงแบคเทอริโอฟาจ (ไวรัสที่ติดเชื้อแบคทีเรีย)
- ไร: เช่น Demodex ที่อาศัยอยู่ในรูขุมขน

- **หน้าที่ของไมโครไบโอมบนผิวหนัง**
- ปกป้องผิว: แข่งขันกับเชื้อโรคที่ก่อให้เกิดโรคโดยแย่งพื้นที่และสารอาหาร
- ควบคุมภูมิคุ้มกัน: ช่วยฝึกระบบภูมิคุ้มกันและป้องกันการตอบสนองที่รุนแรงเกินไป
- กระบวนการเมตาบอลิซึม: ผลิตสารต้านจุลชีพ รักษาสมดุลค่า pH และช่วยให้ผิวชุ่มชื้น

กลุ่มของจุลินทรีย์บนผิวหนัง (Skin Microbiome)

(Microbiome: ชีวนิเวศจุลชีพ)



Nature Reviews | Microbiology

ปัจจัยที่มีผลต่อไมโครไบโอมบนผิวหนัง

- **ปัจจัยที่มีผลต่อไมโครไบโอมผิวหนัง**
- ตำแหน่งบนร่างกาย: บริเวณที่มีน้ำมัน ความชื้น หรือแห้ง มีจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน
- อายุ: เปลี่ยนแปลงตามวัย เช่น ช่วงวัยรุ่นหรือผู้สูงอายุ
- สุขอนามัย: การล้างหน้าบ่อยเกินไป การใช้ยาปฏิชีวนะ หรือผลิตภัณฑ์บำรุงผิวอาจรบกวนสมดุลของจุลินทรีย์
- สิ่งแวดล้อม: สภาพอากาศ มลพิษ และพฤติกรรมการใช้ชีวิตมีผลต่อความหลากหลายของจุลินทรีย์
- **ภาวะเสียสมดุลของไมโครไบโอม (Dysbiosis)**
- เชื่อมโยงกับโรคผิวหนัง เช่น สิว (Acne), โรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนัง (Eczema), สะเก็ดเงิน (Psoriasis) และการติดเชื้อที่ผิวหนัง

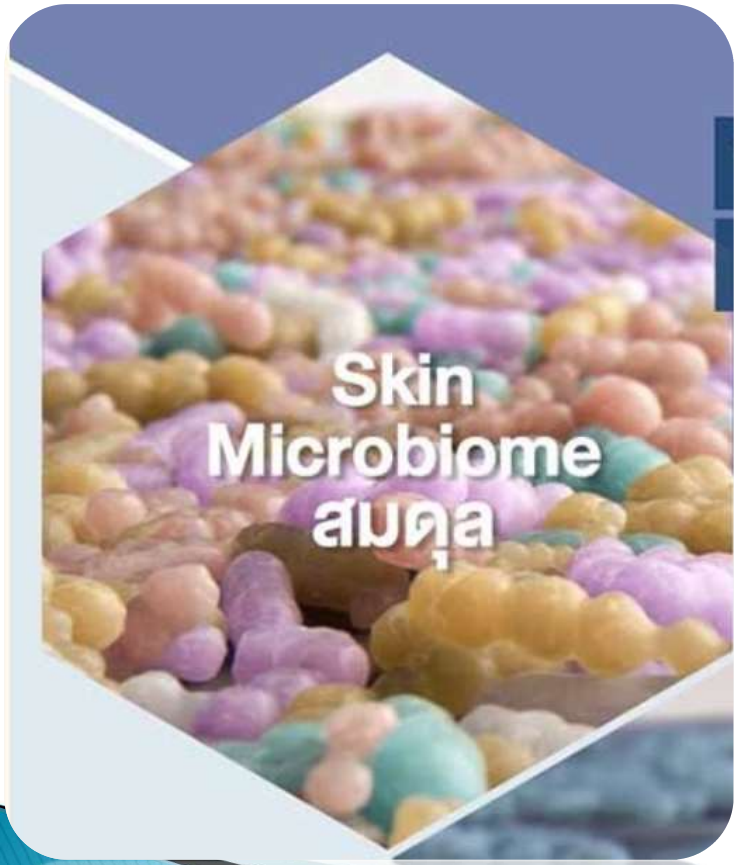
ปัจจัยที่มีผลต่อไมโครไบโอมบนผิวหนัง (ต่อ)

- ภาวะเสียสมดุลของไมโครไบโอม (Dysbiosis)
- การสูญเสียจุลินทรีย์ที่ดี อาจทำให้เชื้อก่อโรค เช่น *Staphylococcus aureus* เพิ่มจำนวนมากขึ้นในโรคผิวหนังอักเสบ

- **การนำไปใช้ในเครื่องสำอางและการแพทย์**
- โปรไบโอติกและพรีไบโอติก: ใช้ในผลิตภัณฑ์บำรุงผิวเพื่อฟื้นฟูสมดุลจุลินทรีย์
- การรักษาโดยใช้ไมโครไบโอม: แนวทางใหม่ในการรักษาโรคผิวหนังโดยปรับเปลี่ยนจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บนผิว

ผลจากการใช้สารเคมีชำระล้างผิวหนังต่อ skin microbiome

- การใช้สารเคมีชำระล้างร่างกาย เช่น สบู่ ครีม ยาสระผม ฯลฯ ของมนุษย์ในปัจจุบัน ทำให้สมดุลของ skin microbiome เสียไป



การทำให้ Skin Microbiome สมดุล

1. เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมสูตรอ่อนโยน ควรใช้ผลิตภัณฑ์ล้างหน้าที่อ่อนโยนต่อผิว

2. ควรใช้สกินแคร์รูทีนแบบน้อยชิ้น เน้นใช้สกินแคร์ที่จำเป็นจริงๆ เช่น เคลนเซอร์ เซรั่ม และมอยส์เจอร์ไรเซอร์

3. ใช้สกินแคร์ที่มีส่วนผสมของ Probiotic และ Prebiotic

ที่มา: https://www.premacare.co. th

การทำให้ Skin Microbiome สมดุล (ต่อ)

4. ควรรับประทานอาหารให้ครบ 5 หมู่ หมั่นทานผัก โปรตีน และไฟเบอร์ที่จะช่วยดูแลเรื่องระบบย่อยอาหารและระบบขับถ่าย รวมถึงควรดื่มน้ำสะอาดให้ได้อย่างน้อย 8 แก้วต่อวัน

5. ควรออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ และหากิจกรรมผ่อนคลายเพื่อลดความเครียด

6. ต้องทำให้ Skin Microbiome มีความสมดุล พร้อมทั้งหลีกเลี่ยงปัจจัยที่ทำให้ microbiome ลดน้อยลง

ที่มา: https://www.premacare.co. th

เครื่องสำอางที่ช่วยรักษาสมดุลของ Skin Microbiome

Prebiotics: Probiotics : Postbiotics : 3 for All Health benefits

"โปรไบโอติกส์ (Probiotics) หมายถึง "จุลินทรีย์ที่มีชีวิต เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะทำให้สุขภาพดี โดยเป็นจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติทนต่อกรดและด่าง สามารถจับที่บริเวณผิวของเยื่อบุลำไส้แล้ว ผลิตสารต่อต้านหรือกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ รวมถึงก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพได้"

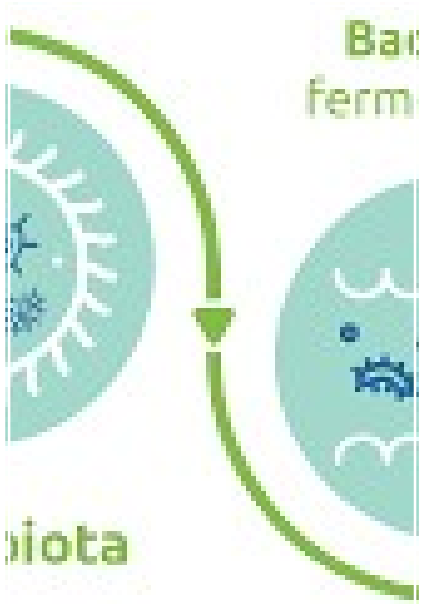
- https://www.facebook.com/photo.php?fbid=2646515895649478&id=1399461643688249&set=a.140137153016392 7

Prebiotics: Probiotics : Postbiotics : 3 for All Health benefits

พรีไบโอติกส์ (Prebiotics) หมายถึง อาหารบางประเภทที่ร่างกายไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้ที่ลำไส้เล็ก เมื่อรับประทานเข้ามาจะเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ได้ในรูปไม่เปลี่ยนแปลง และจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียในลำไส้ในกลุ่ม **Microbiota** (+โปรไบโอติกส์)

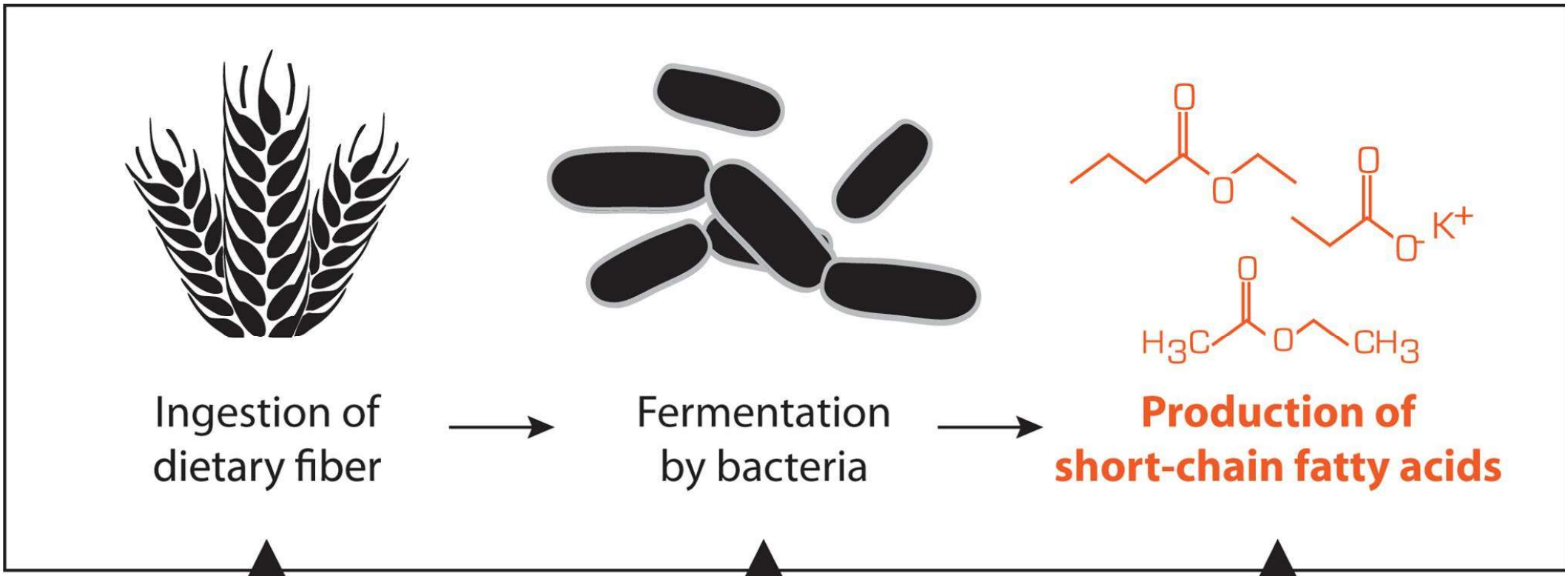
https://www.facebook.com/photo.php?fbid=2646515895649478&id=1399461[illegible]2688249&set=a.140137153016392 7

Prebiotics: Probiotics : Postbiotics : 3 for All Health benefits



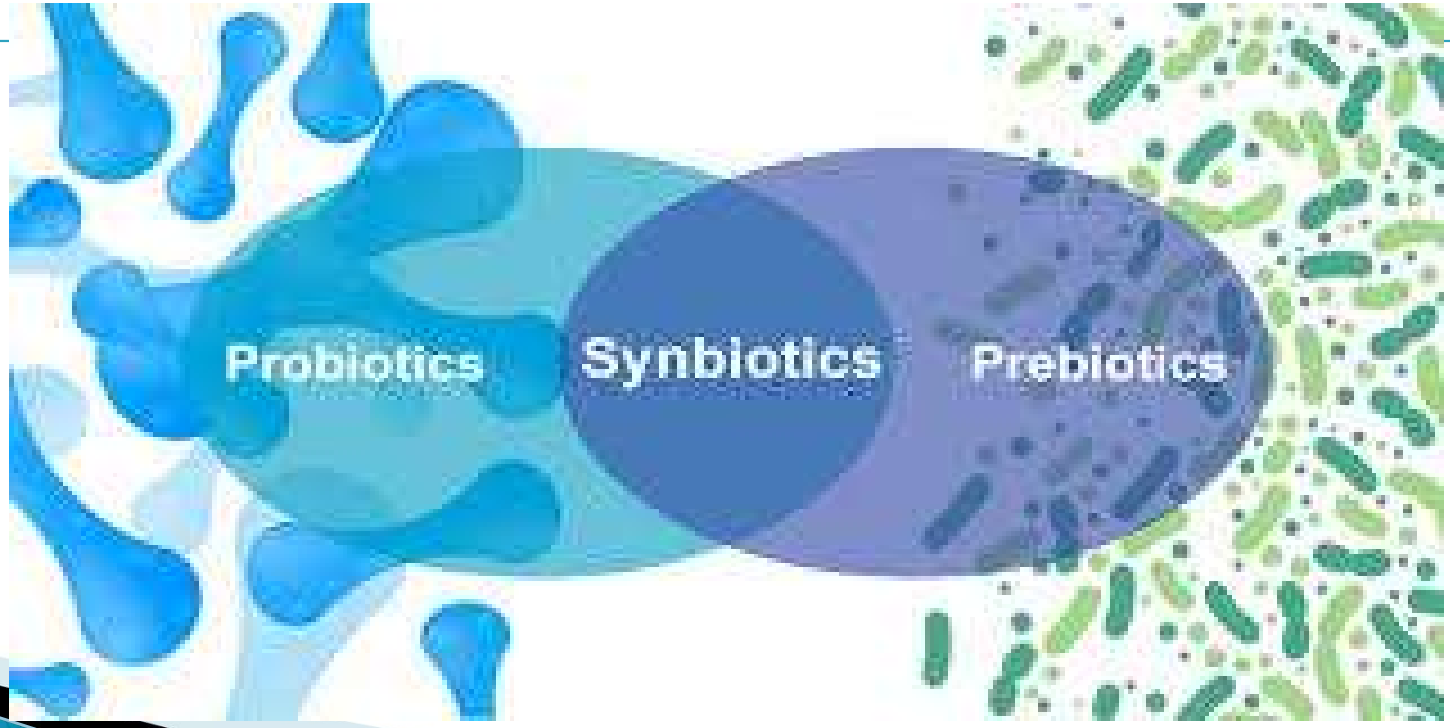
Postbiotics หมายถึง สารชีวเคมีที่ได้จากโปรไบโอติกส์ที่เกิดจากการย่อยพรีไบโอติกส์ เป็นสารที่ดีต่อร่างกายหลายด้าน เช่น กระตุ้นภูมิคุ้มกันร่างกาย ลดการอักเสบในร่างกาย เป็นต้น สารเหล่านี้ เช่น **Short chain fatty acids (SCFA) – butyrate** เป็นต้น

Prebiotics: Probiotics : Postbiotics : 3 for All Health benefits



Synbiotics

Synbiotics เป็นคำที่ใช้เรียกผลิตภัณฑ์ที่นำ Prebiotics และ **Probiotics** มาไว้ร่วมกัน



Highlights

THANARA นวัตกรรมความงามผสานไมโครไบโอมฟื้นฟูสุขภาพผิว ด้วย 4P-Biotics สูตรเฉพาะจากออล-ดีเอ็นเอ

14 กุมภาพันธ์ 2568

ผู้เขียน

ที่มา:
https://www.chula.ac.th/highlight/215307/?fbclid

"Gut Microbiome" ตอนที่ 1

คลอดธรรมชาติ VS คลอดแบบผ่า

เปรียบเทียบกลุ่มจุลินทรีย์

ทารกคลอดธรรมชาติ VS คลอดแบบผ่า

- **ทารกที่คลอดธรรมชาติ**มีจุลินทรีย์ กลุ่ม Bacteroides strains เช่น *Lactobacillus* sp., *Bifidobacterium* sp. และอื่นๆ ที่ช่วยให้ระบบทางเดินอาหารอยู่ในภาวะสมดุล
- **ทารกที่คดลอดโดยการผ่า** มีประชากรจุลินทรีย์ที่พบได้บนผิวหนัง หรือ จุลินทรีย์ฉวยโอกาสก่อโรคที่พบในโรงพยาบาล (opportunistic pathogens) เช่น แบคทีเรียในกลุ่ม *Enterococcus*, *Enterobacter* และ *Klebsiella* species ซึ่งแบคทีเรียพวกนี้สามารถทำให้เกิดการอักเสบในลำไส้ได้ โดยเด็กในกลุ่มนี้มักมีอาการไม่สบายท้องร้องไห้มาก (colic baby)

Gut Microbiome: จุลินทรีย์ในลำไส้

- พบจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียและรา จำนวนมากที่สุดในร่างกายบริเวณลำไส้ใหญ่ รองลงมาได้แก่ลำไส้เล็ก
- โดยมีจำนวนจุลินทรีย์: แสนล้านเซลล์
- จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่และลำไส้เล็กส่งผลต่อร่างกาย
  - ช่วยย่อยอาหาร
  - สร้างวิตามิน ฮอร์โมนต่างๆ
  - เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน และการทำงานของระบบประสาท

ภาวะจุลินทรีย์ไม่สมดุลในลำไส้

- ภาวะ dysbiosis หรือภาวะจุลินทรีย์ไม่สมดุล
- ในระบบทางเดินอาหารมีเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ดีมากกว่าจุลินทรีย์ที่ดี (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium* etc.)
- การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของจุลินทรีย์ที่ส่งผลให้เกิดการอักเสบ
- ท้องเสีย ท้องผูก ท้องอืด เป็นสิว มีอาการของโรคภูมิแพ้ เป็นโรคซึมเศร้า

- อาหารที่ช่วยรักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ เช่น ของหมักดองธรรมชาติ

ปกติร่างกายของเรามีจุลินทรีย์ชนิดดีที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพอยู่แล้ว แต่ด้วยรูปแบบการดำเนินชีวิตทำให้มีปริมาณที่ไม่สมดุลหรือมีปริมาณลดลง ซึ่งปัจจัยที่ทำให้จุลินทรีย์หรือแบคทีเรียสุขภาพมีปริมาณลดลง ได้แก่

1.การใช้ยาปฏิชีวนะ ยาประเภทปวดต่างๆ ซึ่งมีฤทธิ์ในการกำจัดแบคทีเรียทั้งชนิดดีและไม่ดีในระบบทางเดินอาหาร

2.ความเครียด ความวิตกกังวล ปัญหาสุขภาพ และอายุมากขึ้น

3.รูปแบบการดำเนินชีวิต เช่น การรับประทานอาหารประเภทที่มีเส้นใยต่ำ รับประทานอาหารที่มีไขมัน น้ำตาลและโซเดียมสูง ฯลฯ

ที่มา: ดัชมิลล์

บทบาทของจุลินทรีย์

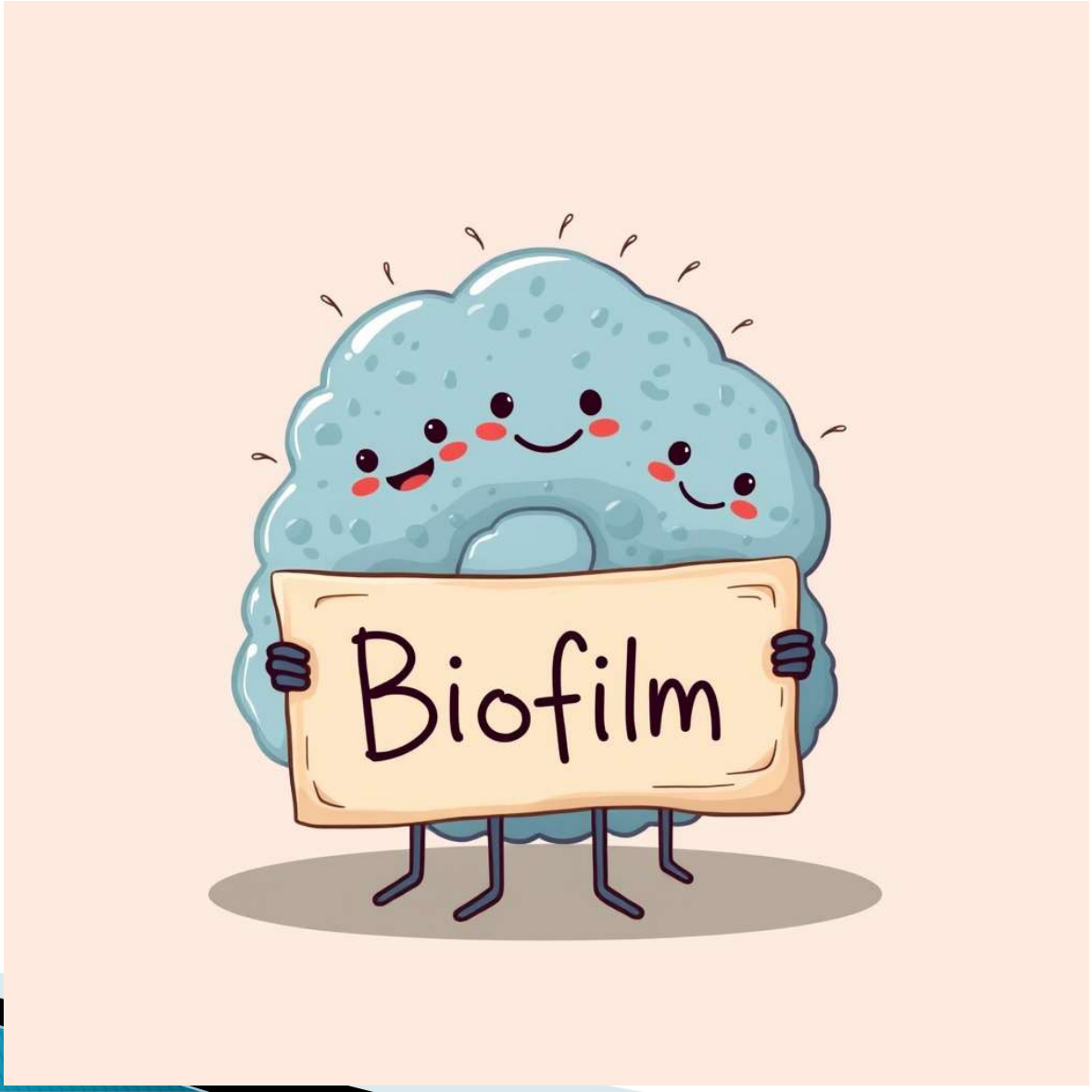
โพรไบโอติกที่ส่งผลต่อเจ้าบ้าน

ที่มา: ดัชมิลล์

บทบาทของโปรไบโอติกต่อเซลล์เจ้าบ้าน (ต่อ)

ที่มา: ดัชมิลล์

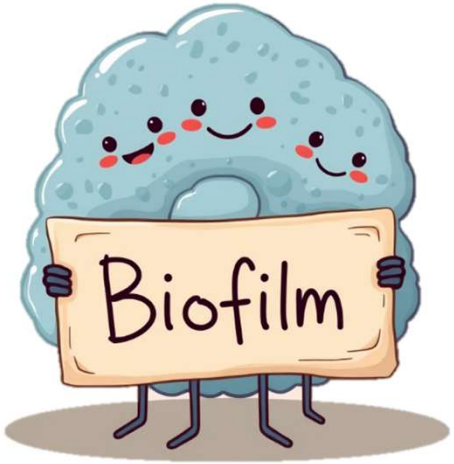
ไบโอฟิล์ม (Biofilm)

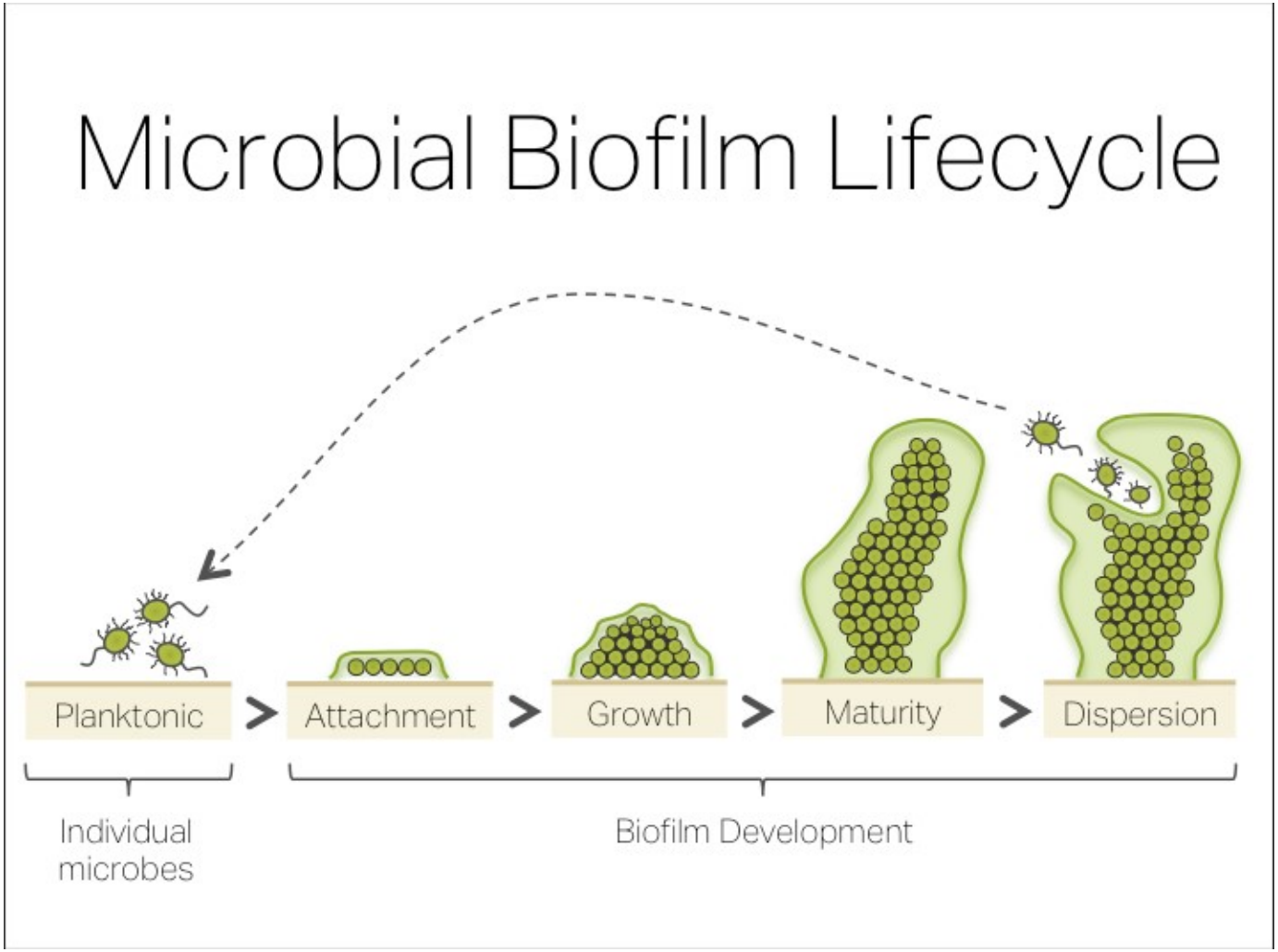


ไบโอฟิล์ม (Biofilm)

- Biofilm คือ กลุ่มของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่รวมกัน มีโครงสร้างจาก สารพอลิเมอร์ ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น และปล่อยออกมานอกเซลล์ ยึดเกาะที่ผิวเพื่อทำหน้าที่เป็นชั้นปกป้อง รวมทั้งสร้างสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียที่อยู่ภายใน

- ไบโอฟิล์มเป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่เกาะติดกับพื้นผิวที่เปียกชื้น โดยสร้างฟิลม์บางๆ ที่ลื่นๆ เพื่อเป็นที่อยู่อาศัยของเชื้อแบคทีเรียและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

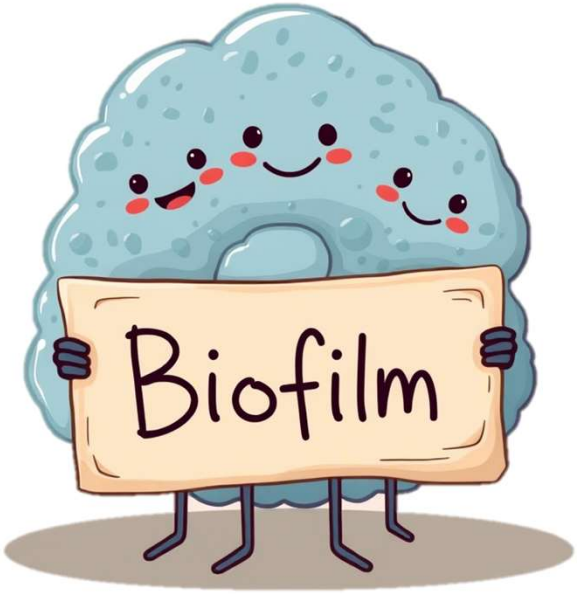




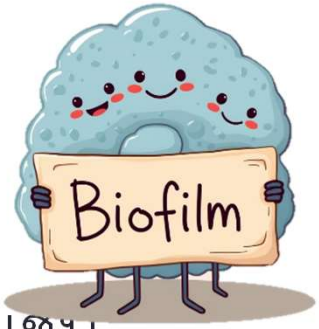
- การก่อตัวของ **Biofilm** จึงเกิดขึ้นจาก 3 องค์ประกอบ
- 1. แบคทีเรียเริ่มเกาะที่ผิววัสดุ ยึดเหนี่ยวด้วยพันธะทางเคมี
- 2. แบคทีเรียเริ่มเกาะเกี่ยวกันมากขึ้นด้วยโครงสร้างเหมือนเส้นขน (Pili, Fimbriae, Cilia)
- 3. กลุ่มแบคทีเรียสร้างสารเมือกเพื่อปกป้องตัวเอง เรียกว่า Extracellular Polymeric Substance (EPS)

บทบาทของไบโอฟิล์มที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์

- **ตัวอย่างของไบโอฟิล์มในชีวิตประจำวันที่พบ**
- คราบเหลืองที่ฟัน และ คราบ plaque
- ก้อนหินที่มีตะไคร่น้ำตามน้ำตก
- ในสระว่ายน้ำตามขอบบ่อ และกระเบื้องที่ลื่นๆ
- ตามท่อน้ำ ท่อประปา หรือ ท่อที่ใช้ส่งของเหลว



ไบโอฟิล์มมีบทบาทสำคัญในด้านสุขภาพและความปลอดภัย ดังนี้:

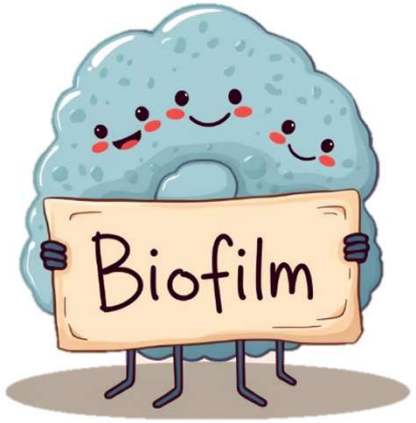


- บทบาทในด้านสุขภาพ
- 1. การติดเชื้อ ไบโอฟิล์มสามารถเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค เช่น แบคทีเรีย และไวรัส ซึ่งอาจทำให้เกิดการติดเชื้อเรื้อรัง โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่ใช้อุปกรณ์ทางการแพทย์ เช่น สายสวนปัสสาวะหรืออวัยวะเทียม
- 2. การยับยั้งการรักษา ไบโอฟิล์มมีความสามารถในการต้านทานสารฆ่าเชื้อและยาปฏิชีวนะ ทำให้การรักษาโรคที่เกี่ยวข้องเป็นเรื่องที่ซับซ้อน
- ไบโอฟิล์มมีความสามารถในการต้านทานการล้างทำความสะอาด และสารฆ่าเชื้อโรค(Disinfectant) ได้ดี

ไบโอฟิล์มมีบทบาทสำคัญในด้านสุขภาพและความปลอดภัย ดังนี้: (ต่อ)

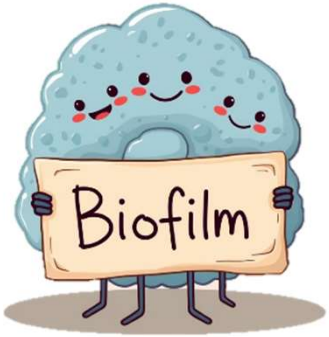
- บทบาทในด้านความปลอดภัย

- 1. **ความเสี่ยงต่อผู้ป่วย** การเกิดไบโอฟิล์มบนอุปกรณ์ทางการแพทย์อาจนำไปสู่การติดเชื้อที่รุนแรง และเพิ่มความเสี่ยงต่อผู้ป่วย โดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง
- 2. **มาตรการป้องกัน** การใช้สารทำความสะอาดและสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสม รวมถึงการออกแบบวัสดุที่ไม่เอื้อต่อการเกิดไบโอฟิล์ม เป็นมาตรการที่สำคัญในการลดความเสี่ยงจากไบโอฟิล์ม

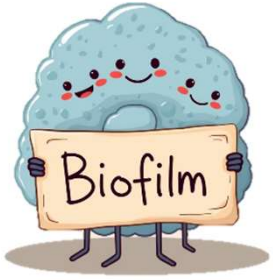


มีผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดที่มีประสิทธิภาพในการกำจัด biofilm ในบ้านหรือไม่

- มีผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดหลายชนิดที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดไบโอฟิล์มในบ้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารเคมีฆ่าเชื้อ เช่น:
- 1. **คลอรีนและคลอรีนไดออกไซด์** ใช้ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและป้องกันการเกิดไบโอฟิล์มในท่อและถังเก็บน้ำ
- 2. **โอโซน** สามารถกำจัดไบโอฟิล์มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เครื่องผลิตโอโซนเพื่อแช่ในถังเก็บน้ำ
- 3. **สารทำความสะอาดและสารฆ่าเชื้อโรค** : ใช้ร่วมกันเพื่อกำจัดไบโอฟิล์มโดยการชำระล้างสิ่งสกปรกและรบกวนการทำงานของไบโอฟิล์ม3.



- ที่มา: https://kolbadent.com



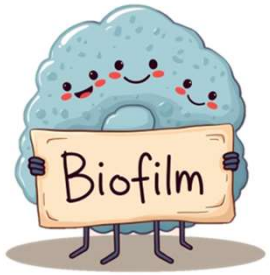
บทความโดย
พท.ว. ทยิดา ไทยถาวร
ผู้อำนวยการคลินิกการแพทย์แผนไทยวัดทินกรนิมิต

สรุปวิธีการป้องกันฟันผุโดยการกำจัดไบโอฟิล์ม

- 1. แปรงฟันอย่างถูกวิธี: ใช้เทคนิคการแปรงฟันที่ทันตแพทย์แนะนำ และแปรงฟันอย่างสม่ำเสมอ
- 2. ใช้ไหมขัดฟัน : ใช้ไหมขัดฟันเป็นประจำเพื่อทำความสะอาดซอกฟันที่การแปรงฟันเข้าไม่ถึง
- 3. ลดอาหารที่มีน้ำตาลสูง : หลีกเลี่ยงอาหารและเครื่องดื่มที่มีน้ำตาลสูง โดยเฉพาะน้ำอัดลม
- 4.ใช้น้ำยาบ้วนปาก : ใช้น้ำยาบ้วนปากเพื่อช่วยลดการสะสมของคราบสกปรก (แต่ไม่ใช่วิธีหลักในการกำจัดเศษอาหาร)
- 5. ใช้สมุนไพร : ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งและทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดไบโอฟิล์ม เช่น ข่อย, ชุมเห็ดเทศ, ฟ้าทะลายโจร, เสลดพังพอนตัวผู้ หรือใบบัวบก

สรุปวิธีการป้องกันฟันผุโดยการกำจัดไบโอฟิล์ม (ต่อ)

- 6. รักษาสมดุลของ pH ในช่องปาก : รักษาสภาพความเป็นกรด-ด่างในช่องปากให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม (PH 6.3 - 7.0) โดยการแปรงฟันและลดการบริโภคอาหารที่มีน้ำตาลสูง



❖ ข้อควรจำ

การกำจัดไบโอฟิล์มอย่างถาวรเป็นไปไม่ได้ เนื่องจากจุลินทรีย์เป็นส่วนหนึ่งของช่องปากตามธรรมชาติ

- การป้องกันฟันผุควรเน้นการรักษาสมดุลในช่องปากควบคู่ไปกับการกำจัดไบโอฟิล์ม

ไบโอฟิล์ม: ลักษณะการเกาะติดของเซลล์จุลินทรีย์บนผิวรากพืช

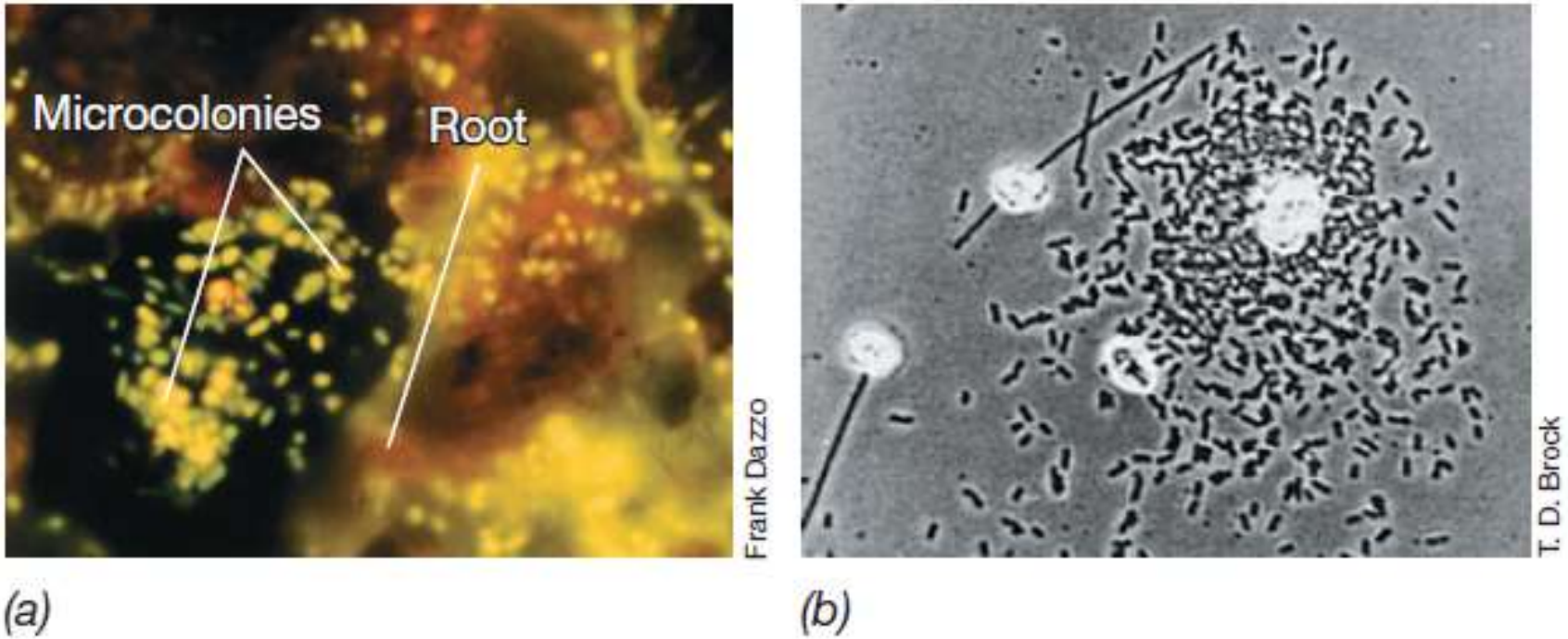


Figure 23.4 **Microorganisms on surfaces.** *(a)* Fluorescence photomicrograph of a natural microbial community living on plant roots in soil. Note microcolony development. The preparation has been stained with acridine orange. *(b)* Bacterial microcolonies developing on a microscope slide that was immersed in a river. The bright particles are mineral matter. The short, rod-shaped cells are about 3 μm long.

Madigan et al., 2011

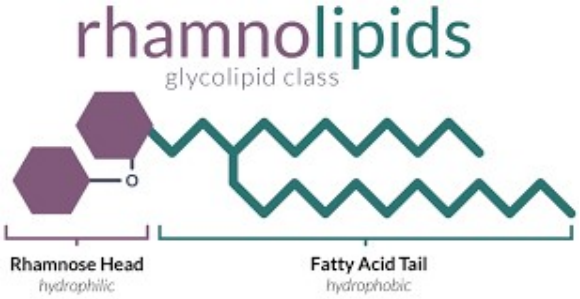
Biosurfactant: สารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

Biosurfactant: สารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

- ชนิดของ Biosurfactant ที่สำคัญและการใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน:

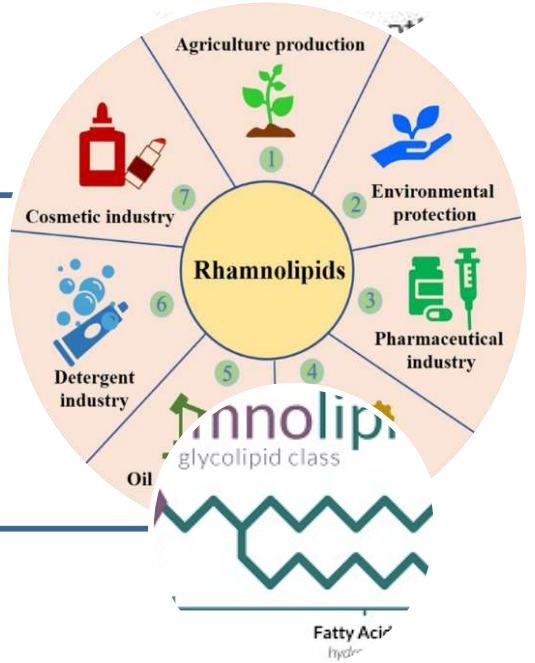
1. Rhamnolipids (ผลิตจาก *Pseudomonas aeruginosa*)

- ใช้ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เช่น น้ำยาล้างจาน สบู่ แชมพู
- ส่วนผสมในเครื่องสำอาง เช่น โลชั่น ครีมบำรุงผิว
- ใช้ในผลิตภัณฑ์ซักผ้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม



ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของแรมโนไลปิด

- Sodium lauryl eth
- Sodium lauryl sulfate
- Cocamidopropyl betai
- Rhamnolipids 1.5%



Biosurfactant: สารลดแรงตึงผิวชีวภาพ (ต่อ)

2. Surfactin (ผลิตจาก *Bacillus subtilis*)

- ใช้ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดที่ต้องการประสิทธิภาพสูง
- เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กำจัดคราบน้ำมัน
- ใช้ในการทำความสะอาดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3. Sophorolipids (ผลิตจาก *Candida bombicola*)

- ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเพื่อการบำรุงผิว
- ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้า
- ใช้ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดที่อ่อนโยนต่อผิว

การใช้สารลดแรงตึงผิวชีวภาพในเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์เช็ดทำความสะอาดใบหน้า

https://biotech.dpu.edu.in/blogs/biosurfactants-in-cosmetics-cleaning

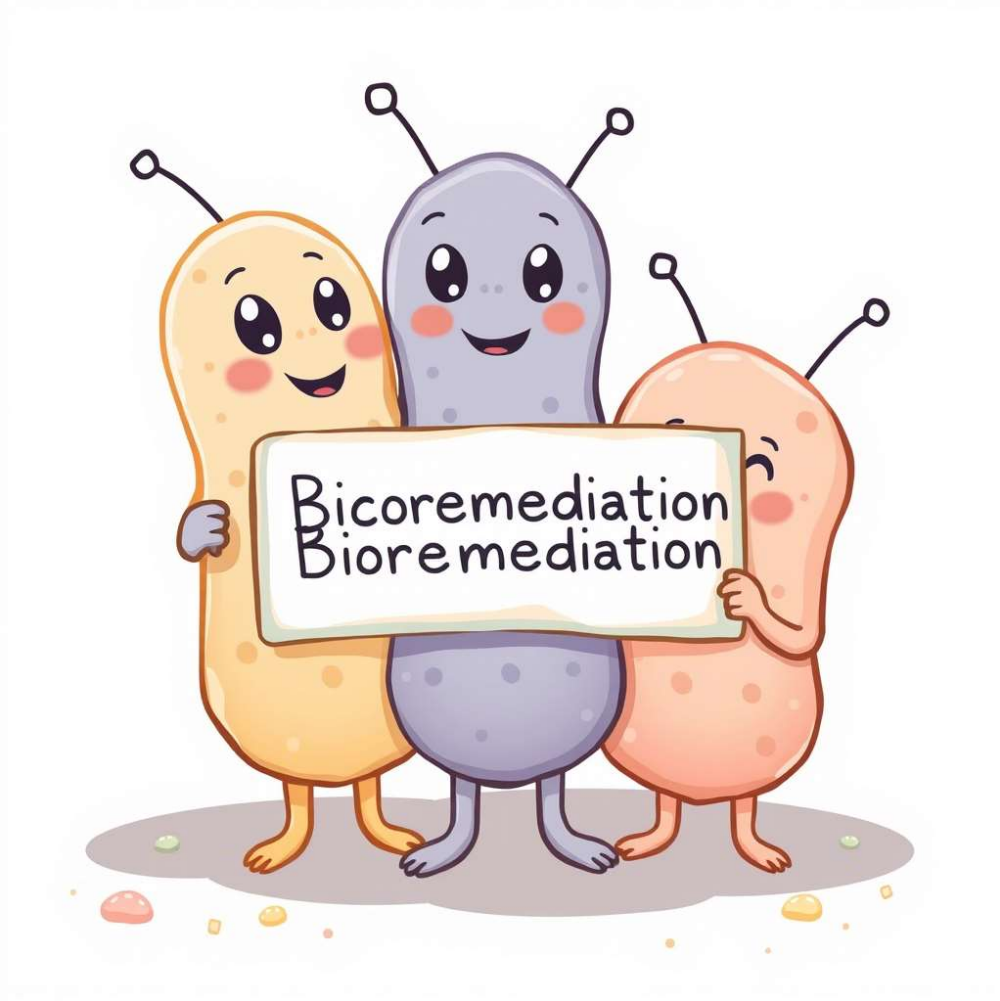
ข้อดีของ Biosurfactant เมื่อเทียบกับ

สารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์

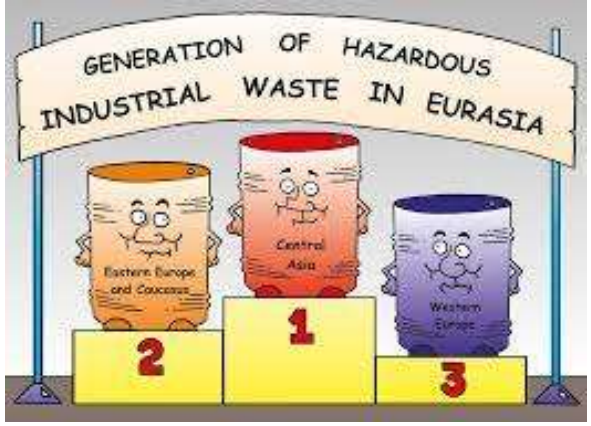
- ย่อยสลายได้ง่ายในธรรมชาติ
- มีความเป็นพิษต่ำ มีประสิทธิภาพดี
- ผลิตจากวัตถุดิบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยีชีวภาพในการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม

Bioremediation



คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง



- **Contaminant:** สารปนเปื้อน
- **Hazardous waste:** สารอันตราย
- **Bioremediation:** เทคนิคทางชีวภาพในการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม
- **Consortium:** กลุ่มจุลินทรีย์
- **Xenobiotics:** สารแปลกปลอมที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น และผลจากการใช้งานทำให้เกิดการปนเปื้อนในธรรมชาติ เช่น สารเคมีฆ่าแมลง กำจัดวัชพืช พลาสติก
- **Mineralization:** การย่อยสลายอย่างสมบูรณ์
- **Indigenous microbes:** จุลินทรีย์ประจำถิ่น

คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

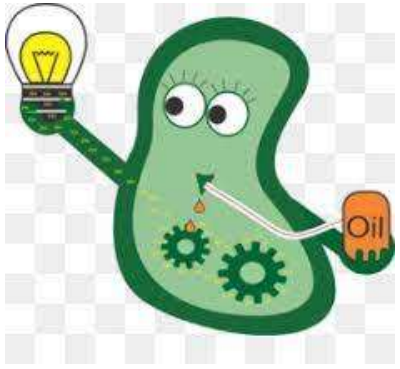
- **Biosurfactant:** สารลดแรงตึงผิวชีวภาพ
- **Biostimulation:** การเติมสารอาหารเพื่อกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ประจำถิ่นเพื่อการย่อยสลายสารพิษ
- **Bioaugmentation:** การเติมจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายสารพิษลงไปในพื้นที่ปนเปื้อน
- **Natural attenuation:** การบำบัดสารพิษโดยใช้ธรรมชาติ

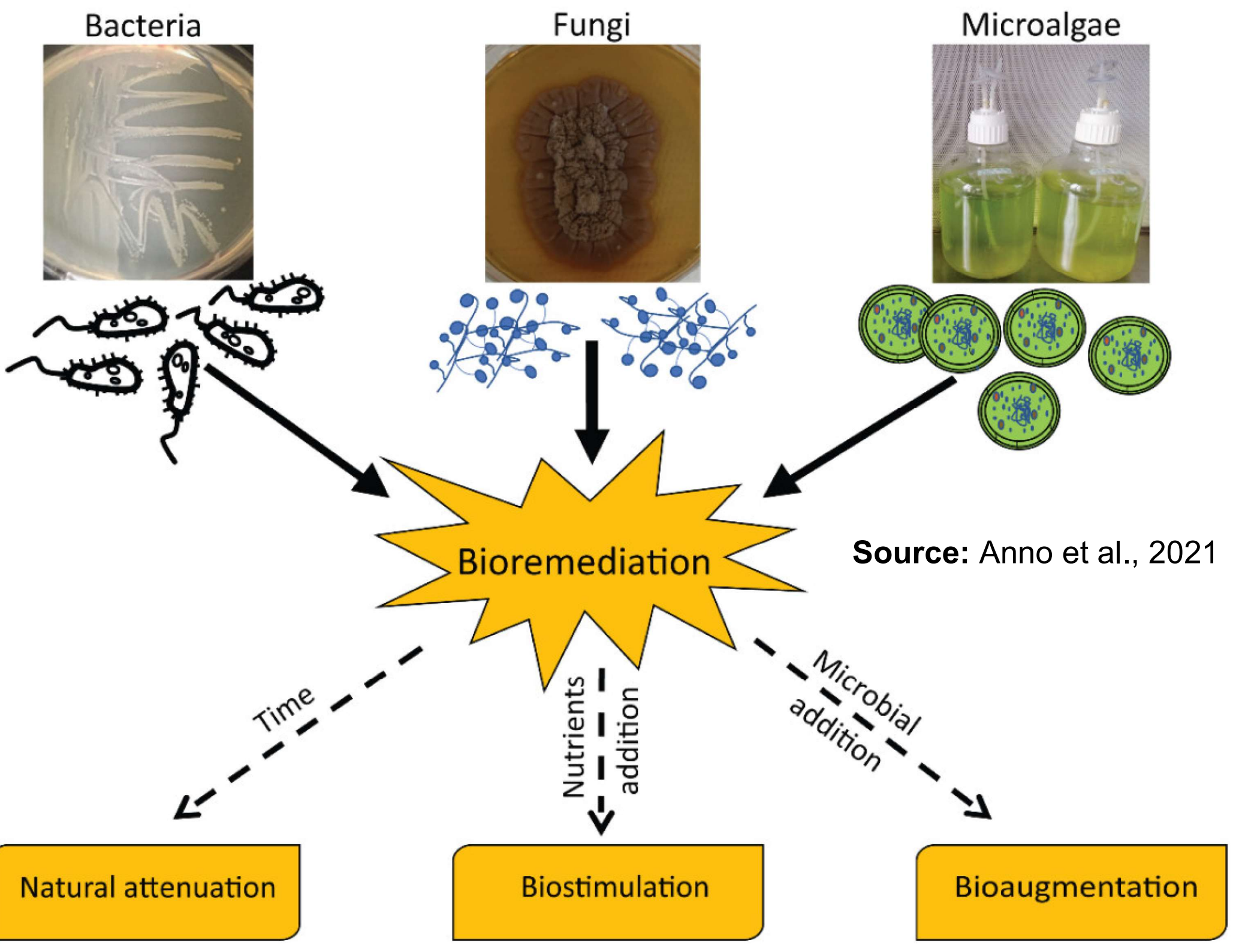
Bioremediation of Hazardous waste

- Petroleum Hydrocarbon
- Plastics
- Heavy metal
- Wastewater
- Etc.

ทำไมจุลินทรีย์จึงย่อยสารพิษ ???

- Microbes utilize toxic hazardous waste as a source of carbon and energy to destroy them into non-toxic or less toxic by-products.
- จุลินทรีย์ใช้ toxic hazardous waste เป็นแหล่งของคาร์บอนและพลังงาน โดยการทำลาย/เปลี่ยนโครงสร้างของสารดังกล่าวไปเป็นสารที่ไม่มีพิษหรือมีความเป็นพิษน้อยลง





Source: Anno et al., 2021

ประเภทของ Bioremediation

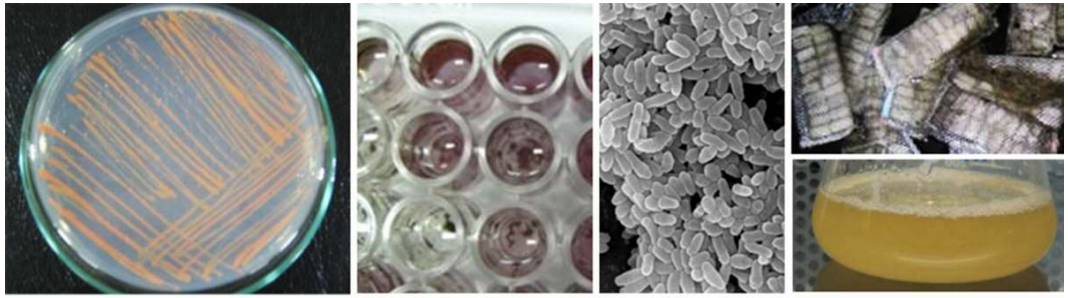
***In situ* bioremediation** (บำบัดในพื้นที่ปนเปื้อน)

- Contaminants are broken down at the site of the originated in *in-situ* bioremediation.

***Ex-situ* bioremediation** (นำสารพิษออกมาบำบัดนอกพื้นที่ปนเปื้อน)

- Some contaminants are treated out of the contamination site.

ตัวอย่างงานวิจัยการใช้จุลินทรีย์ย่อยสารพิษในสิ่งแวดล้อม



การบำบัดเชิงชีวภาพของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนในน้ำทะเลโดยแบคทีเรียตรึง

น.ส. จิรภัทร จันทมาลี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกวัล ลือพร้อมชัย

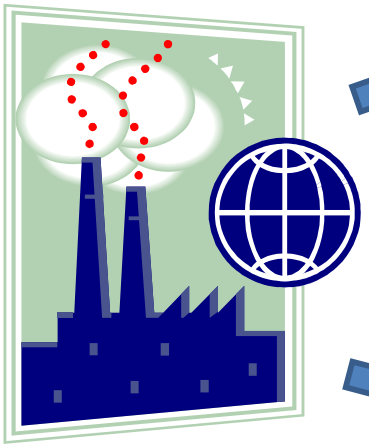
Bio-decolourization of reactive textile dyes from reed mat production by microbial consortium

Presented by Ms. Jirapat Chanthamalee

Department of Biology, Faculty of Science and Technology,

Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi 22000, Thailand

Wastewater Treatment
การบำบัดน้ำเสีย



Products

Waste

Solid waste

Liquid waste (Wastewater)

(High organics compounds)

การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมร่วมสมัยโดยใช้จุลินทรีย์

การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมร่วมสมัยโดยใช้จุลินทรีย์

- การจัดการขยะพลาสติก
- การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร
- การบำบัดมลพิษทางน้ำ
- การฟื้นฟูดินปนเปื้อน
- การจัดการขยะอินทรีย์
- การควบคุมมลพิษทางอากาศ

การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมร่วมสมัยโดยใช้จุลินทรีย์

1. การจัดการขยะพลาสติก (Plastic Waste Management)

- การใช้แบคทีเรีย *Ideonella sakaiensis* ในการย่อยสลาย PET (Polyethylene terephthalate)
- การพัฒนาเอนไซม์ PETase จากจุลินทรีย์เพื่อเร่งการย่อยสลายพลาสติก
- การใช้ราสายพันธุ์ *Aspergillus tubingensis* ในการย่อยสลายโพลียูรีเทน
- การพัฒนาคอนซอร์เทียมจุลินทรีย์ (microbial consortium) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายพลาสติกหลายชนิด

การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมร่วมสมัยโดยใช้จุลินทรีย์ (ต่อ)

2. การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร

- การใช้จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี
- การพัฒนาโปรไบโอติกสำหรับปศุสัตว์เพื่อลดการผลิตก๊าซมีเทน
- การใช้จุลินทรีย์ในการหมักวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแทนการเผา
- การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์

การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมร่วมสมัยโดยใช้จุลินทรีย์ (ต่อ)

3. การบำบัดมลพิษทางน้ำ

- การใช้สาหร่ายขนาดเล็กในการบำบัดน้ำเสียและดูดซับโลหะหนัก
- การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) ที่ใช้จุลินทรีย์
- การใช้เชื้อรา white-rot fungi ในการย่อยสลายสารมลพิษอินทรีย์
- การพัฒนาระบบกรองชีวภาพ (Biofiltration) สำหรับน้ำเสียอุตสาหกรรม

การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมร่วมสมัยโดยใช้จุลินทรีย์ (ต่อ)

4. การฟื้นฟูดินปนเปื้อน

- การใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดดินปนเปื้อนน้ำมัน (Oil-contaminated soil)
- การพัฒนาเทคนิค Phytoremediation ร่วมกับจุลินทรีย์
- การใช้จุลินทรีย์ในการลดความเป็นพิษของโลหะหนักในดิน
- การพัฒนาจุลินทรีย์ทนเค็มเพื่อฟื้นฟูดินเค็ม

การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมร่วมสมัยโดยใช้จุลินทรีย์ (ต่อ)

5. การจัดการขยะอินทรีย์

- การพัฒนาระบบหมักปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสูง
- การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์
- การแปรรูปขยะอินทรีย์เป็นอาหารสัตว์โดยใช้จุลินทรีย์
- การผลิตสารมูลค่าสูงจากขยะอินทรีย์ผ่านกระบวนการหมัก

การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมร่วมสมัยโดยใช้จุลินทรีย์ (ต่อ)

6. การควบคุมมลพิษทางอากาศ

- การใช้ไบโอฟิลเตอร์ที่มีจุลินทรีย์ในการกำจัดกลิ่น
- การพัฒนาระบบบำบัดอากาศเสียด้วยจุลินทรีย์
- การใช้สาหร่ายในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- การพัฒนาวัสดุชีวภาพที่ดูดซับมลพิษทางอากาศ

การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมร่วมสมัยโดยใช้จุลินทรีย์ (ต่อ)

- การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมด้วยจุลินทรีย์เหล่านี้สอดคล้องกับแนวคิด BCG Economy และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) โดยเฉพาะในด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน

ตัวอย่างบทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

จุลินทรีย์ในการกำจัดขยะอินทรีย์ในครัวเรือน

การใช้จุลินทรีย์ในการเกษตรอินทรีย์

การตรวจสอบคุณภาพน้ำในชุมชน

ตัวอย่างบทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

- **1. จุลินทรีย์ในการกำจัดขยะอินทรีย์ในครัวเรือน**
- บทบาท:
- การใช้จุลินทรีย์ เช่น *Lactobacillus* sp. และ *Bacillus* sp. ในถังหมักขยะอินทรีย์ ช่วยเร่งกระบวนการย่อยสลายเศษอาหาร
- จุลินทรีย์ทำให้เกิดการหมักที่มีประสิทธิภาพ สร้างปุ๋ยหมักที่อุดมไปด้วยสารอาหารซึ่งสามารถใช้ในการปลูกพืชได้
- กระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยจุลินทรีย์บางชนิดยังช่วยลดกลิ่นไม่พึงประสงค์และก๊าซมีเทน

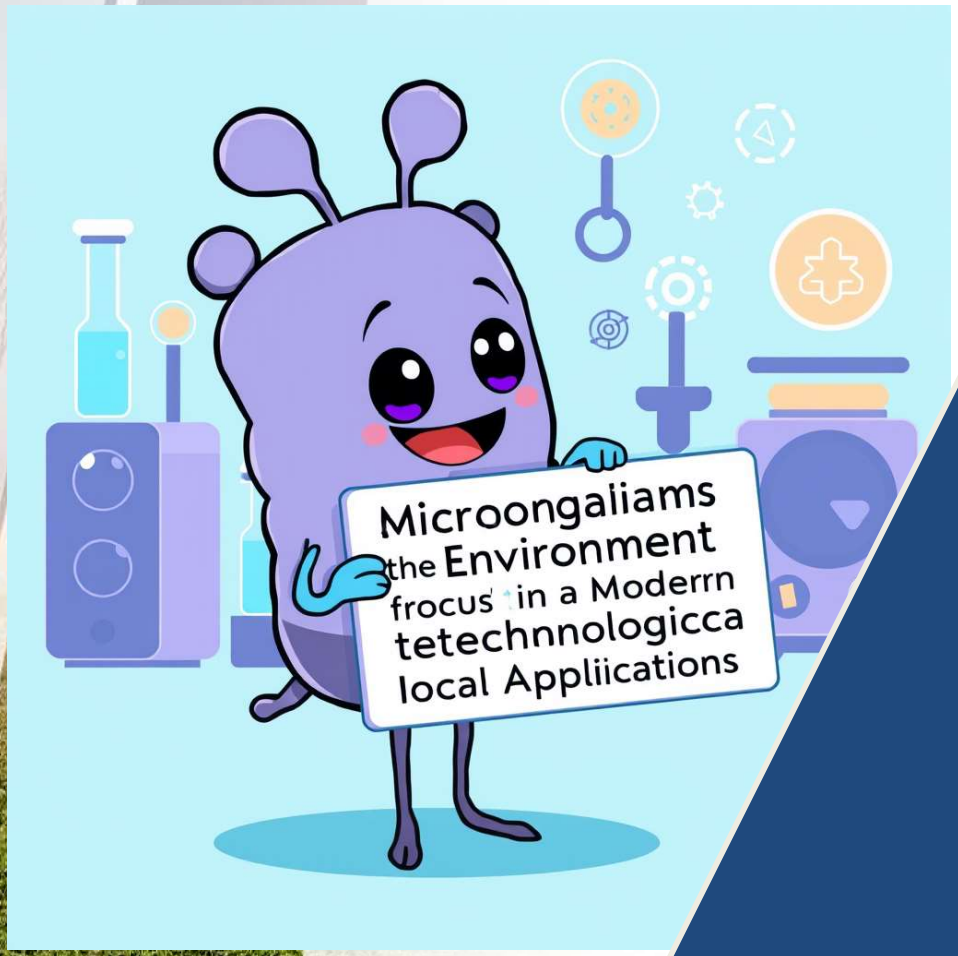
ตัวอย่างบทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน (ต่อ)

- **2. การใช้จุลินทรีย์ในการเกษตรอินทรีย์**
- **บทบาท:**
- จุลินทรีย์กลุ่ม ***Rhizobium*** ช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศเพื่อเปลี่ยนเป็นสารอาหารให้พืช
- *Trichoderma* sp. เป็นเชื้อราที่สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืชได้ เช่น *Fusarium*
- ***Bacillus subtilis*** ใช้เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของรากพืชและป้องกันการติดเชื้อ
- การใช้จุลินทรีย์ในเกษตรอินทรีย์ช่วยลดการใช้สารเคมีและเพิ่มผลผลิตที่ปลอดภัยต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างบทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน (ต่อ)

- **3. การตรวจสอบคุณภาพน้ำในชุมชน**
- **บทบาท:**
- การใช้จุลินทรีย์ดัชนี (Indicator Microorganisms) เช่น *Escherichia coli* เพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนของน้ำที่ใช้บริโภค
- หากพบเชื้อกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำ หมายถึงน้ำมีโอกาสปนเปื้อนสิ่งสกปรก เช่น อุจจาระของมนุษย์หรือสัตว์
- การตรวจสอบด้วยเทคนิค Most Probable Number (MPN) ช่วยวัดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำและประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะ

ตัวอย่างบทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมโดยเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่



1. การใช้ **Bioinformatics** ในการศึกษาจุลินทรีย์

2. นวัตกรรมการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยจุลินทรีย์

3. เทคโนโลยีการหมักและการย่อยสลายแบบใหม่

ตัวอย่างบทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมโดยเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่

- 1. การใช้ **Bioinformatics** ในการศึกษาจุลินทรีย์
- **การประยุกต์ใช้**:
  การใช้ Bioinformatics ในการศึกษาจุลินทรีย์ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลจากการถอดรหัสพันธุกรรม (*genome sequencing*) และการวิเคราะห์ข้อมูลโอมิกส์ (omics) เช่น
  - **Metagenomics:** วิเคราะห์กลุ่มจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำหรือดินที่มีความหลากหลายโดยไม่ต้องแยกเพาะเลี้ยง
  - **Transcriptomics:** ศึกษาการแสดงออกของยีนในจุลินทรีย์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ต่างกัน
  - **Microbial Community Interaction:** ช่วยทำความเข้าใจการทำงานร่วมกันของชุมชนจุลินทรีย์
- **ตัวอย่างเทคโนโลยี**:
  - การใช้โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างพันธุกรรม เช่น *QIIME2* หรือ *MEGA*
  - การใช้ *machine learning* เพื่อคาดการณ์บทบาทและหน้าที่ของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม
- **ประโยชน์**:
  ช่วยค้นหาจุลินทรีย์ที่สามารถนำไปใช้ในการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม หรือย่อยสลายสารพิษชนิดใหม่ ๆ ที่ไม่เคยถูกค้นพบ

ตัวอย่างบทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมโดยเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ (ต่อ)

- **2. นวัตกรรมการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยจุลินทรีย์**
- **การประยุกต์ใช้:**
  - **Biosensors:** การใช้จุลินทรีย์ที่ได้รับการดัดแปลงพันธุกรรม ๖ (*genetically engineered microbes*) เพื่อตรวจวัดสารพิษโลหะหนัก หรือสารปนเปื้อนในน้ำและดิน
  - **ตัวอย่าง:**
    - จุลินทรีย์ที่มีโปรตีนเรืองแสง (*Green Fluorescent Protein - GFP*) ที่สามารถเปล่งแสงเมื่อสัมผัสกับสารปนเปื้อน เช่น ตะกั่วหรือแคดเมียม
    - การใช้จุลินทรีย์ตรวจวัดไนเตรตหรือตรวจหาการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มในน้ำ

ตัวอย่างบทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมโดยเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ (ต่อ)

- **2. นวัตกรรมการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยจุลินทรีย์**
- **เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง:**
  - การใช้ Microfluidics หรือ Lab-on-a-Chip สำหรับตรวจจับจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำแบบเรียลไทม์
  - การเชื่อมต่อ Biosensors กับระบบ IoT เพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่อง
- **ประโยชน์:**

  ช่วยให้ชุมชนหรือโรงงานอุตสาหกรรมสามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำและดินได้อย่างรวดเร็ว และลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อน

ตัวอย่างบทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมโดยเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ (ต่อ)

- **3. เทคโนโลยีการหมักและการย่อยสลายแบบใหม่**
- **การประยุกต์ใช้:**
  เทคโนโลยีการหมักและการย่อยสลายแบบใหม่เน้นการใช้จุลินทรีย์ที่ถูกคัดเลือกหรือดัดแปลงพันธุกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหมักหรือย่อยสลายวัสดุทางชีวภาพ
  - **การหมักด้วยจุลินทรีย์ขั้นสูง (Advanced Fermentation):**
    - ใช้จุลินทรีย์ที่ปรับปรุงพันธุกรรมเพื่อหมักขยะชีวมวลให้เป็นผลิตภัณฑ์พลังงานสะอาด เช่น *ไบโอเอทานอล* (Bioethanol) *หรือ ไบโอแก๊ส*
    - การผลิตโปรตีนจากจุลินทรีย์ (Single-Cell Protein) สำหรับเป็นอาหารสัตว์หรือมนุษย์

ตัวอย่างบทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมโดยเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ (ต่อ)

- 3. เทคโนโลยีการหมักและการย่อยสลายแบบใหม่
  - **การย่อยสลายพลาสติกชีวภาพ:**
    - จุลินทรีย์บางชนิด เช่น *Ideonella sakaiensis* สามารถย่อยสลายพลาสติกประเภท PET (polyethylene terephthalate) ได้
    - การพัฒนาเทคโนโลยี Bioaugmentation โดยเติมจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายพลาสติกในพื้นที่ฝังกลบขยะ
- **ประโยชน์:**

  ช่วยลดปริมาณขยะในสิ่งแวดล้อม และเปลี่ยนของเสียให้เป็นพลังงานหรือวัสดุชีวภาพที่มีมูลค่าเพิ่ม

ตัวอย่างบทบาทของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมโดยเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ (ต่อ)

- **สรุป:**
  เทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น Bioinformatics, Biosensors และ IoT ช่วยเพิ่มศักยภาพของจุลินทรีย์ในการจัดการสิ่งแวดล้อมได้อย่างแม่นยำและยั่งยืน
- ทำให้กระบวนการบำบัดและฟื้นฟูธรรมชาติมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- ตอบสนองต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปในปัจจุบัน

การใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดดินที่ปนเปื้อนแคดเมียม

- การปนเปื้อนของแคดเมียมในดินเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตทุเรียน เนื่องจากแคดเมียมเป็นโลหะหนักที่เป็นพิษ การสะสมของแคดเมียมในผลทุเรียนอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค การใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดดินที่ปนเปื้อนแคดเมียม (ต่อ)

- **บทบาทของจุลินทรีย์ในการจัดการแคดเมียมในดิน:**

1. **การสะสมและกักเก็บแคดเมียม**: จุลินทรีย์บางชนิดมีความสามารถในการสะสมและกักเก็บแคดเมียมไว้ภายในเซลล์ ซึ่งช่วยลดความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน ทำให้พืชดูดซึมแคดเมียมได้น้อยลง
2. **การเปลี่ยนรูปแคดเมียม**: จุลินทรีย์สามารถผลิตสารประกอบอินทรีย์ เช่น กรดอินทรีย์ ที่ช่วยเปลี่ยนรูปแคดเมียมให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้น้อยลง ทำให้แคดเมียมเคลื่อนย้ายได้น้อยลงและลดการดูดซึมโดยพืช
3. **การส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช**: จุลินทรีย์บางชนิดผลิตฮอร์โมนพืช เช่น อินโดล-3-อะซิติกแอซิด (IAA) ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก ทำให้พืชมีความต้านทานต่อความเครียดจากแคดเมียมมากขึ้น

อ้างอิง

- เอกสารนี้มีการใช้ AI ช่วยเหลือในการเขียนสไลด์ ในการสืบค้นและเรียบเรียงข้อมูล