



คู่มือประกอบสื่อการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

วิชาชีววิทยา

เรื่อง

อาณาจักรมอเหอรา

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รสริน พลวัฒน์

พุทธศักราช 2554



กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์นันทนา อังกินันท์
รองศาสตราจารย์สุมิตรา คงชื่นสิน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรา ลิ้มปะนะเวช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อศักดิ์ สีสานันท์
นางปริญญนุช กลิ่นรัตน์
นางจุปนา บางยี่ขัน

สถานที่ให้ความอนุเคราะห์ภาพ/ ข้อมูล

ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



คำชี้แจง

สื่อประกอบการสอนวิชาชีววิทยาเรื่อง อาณาจักรมอเนรา เป็นตอนหนึ่งของสื่อประกอบการสอนเรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งมีทั้งหมด 9 ตอน คือ

1. ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ
2. หลักการเบื้องต้นทางอนุกรมวิธาน
3. แบบทดสอบด้านการจำแนกและการระบุสิ่งมีชีวิต
4. อาณาจักรมอเนรา
5. อาณาจักรโพรทิสตา
6. อาณาจักรฟังไจ
7. อาณาจักรพืช
8. ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง
9. ความหลากหลายของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

คู่มือการใช้สื่อประกอบการสอนวิชาชีววิทยา เรื่อง อาณาจักรมอเนรา จัดทำขึ้นเพื่อช่วยให้ผู้สอนเข้าใจจุดประสงค์ของสื่อประกอบการสอนที่ผลิตขึ้น รวมทั้งทราบขอบเขตของเนื้อหาสาระที่สื่อประกอบการสอนเรื่องนี้กล่าวถึง และมีแนวทางในการใช้สื่อประกอบการสอนอย่างเหมาะสม เพื่อช่วยส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนของผู้เรียน ตลอดจนกระตุ้นความสนใจ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ที่ได้รับจากการอภิปรายได้อย่างกว้างขวาง เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รสริน พลวัฒน์

ผู้จัดทำคู่มือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อศักดิ์ สีลานันท์

ผู้ตรวจคู่มือ



สารบัญ

	หน้า
จุดประสงค์	5
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	5
เนื้อหา	6
แนวทางในการจัดการเรียนรู้	29
ภาคผนวก	31
ก. คำอธิบายศัพท์	
ข. แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม	
รายชื่อสื่อการสอนวิชาชีววิทยาจำนวน 92 ตอน	33



จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอธิบาย

1. ลักษณะเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอราได้
2. ลักษณะรูปร่างเซลล์ยูแบคทีเรียได้
3. ความแตกต่างของรูปแบบการดำรงชีวิตของแบคทีเรียได้
4. ความแตกต่างระหว่างกลุ่มแบคทีเรียที่สำคัญได้
5. การสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอราได้

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เมื่อผู้เรียนได้ดูสื่อประกอบการสอนตอนนี้แล้วสามารถ

1. อธิบายลักษณะเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอราได้
2. อธิบายลักษณะรูปร่างเซลล์ยูแบคทีเรียได้
3. อธิบายความแตกต่างของรูปแบบการดำรงชีวิตของแบคทีเรียได้
4. ยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มสำคัญในอาณาจักรมอเนอราได้
5. อธิบายรูปแบบการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอราได้



เนื้อหา

อาณาจักรมอเนอร่า (Kingdom Monera)

กำเนิดโปรแคริโอต

ถ้าเราย้อนเวลากลับไปเมื่อ 4500 ล้านปีที่แล้ว จะพบบรรยากาศของโลกในขณะนั้น ประกอบด้วยไอน้ำ ก๊าซไฮโดรเจน ฮีเลียม คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และมีเทน โดยปราศจากก๊าซออกซิเจน อีกทั้งหินที่ร้อนระอุ กำลังพุ่งออกมาจากใต้ผิวโลก ได้ก่อให้เกิดไอร้อน เมื่อโลกค่อย ๆ เย็นตัวลง ไอน้ำจึงควบแน่นกลายเป็นน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ (รูปที่ 1)



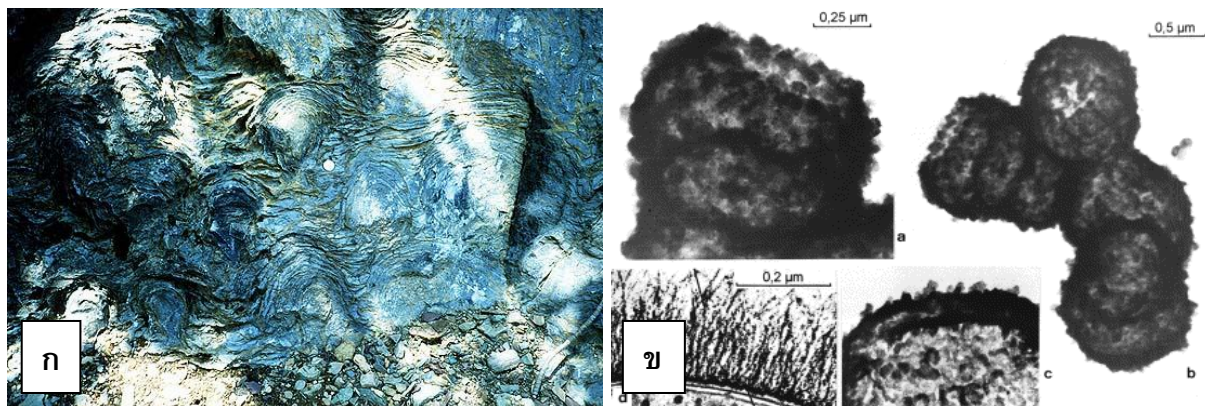
รูปที่ 1 บรรยากาศของโลกในยุคเริ่มแรก (ก) อายุ 4500-3800 ล้านปี (ข) อายุ 3800-2500 ล้านปี
(จาก <http://knowledge.allianz.com/?622>)

สำหรับการกำเนิดของสิ่งมีชีวิตในโลกนี้มีหลักฐานยืนยันจากซากดึกดำบรรพ์ (fossil) ที่เก่าแก่ที่สุดที่เรียกว่า สโตรมาทอลิท์ (stromatolite) (รูปที่ 2) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีการทับถมกันเป็นชั้น ๆ ที่เกิดขึ้นโดยการตกตะกอน การเกาะกันของตะกอน และการเชื่อมกันของตะกอนคล้ายแผ่นฟิล์มที่มาจากสิ่งมีชีวิต พบซากของไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) ที่มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวและเป็นเส้นสาย ปรากฏอยู่ในฟอสซิลดังกล่าวจำนวนมาก



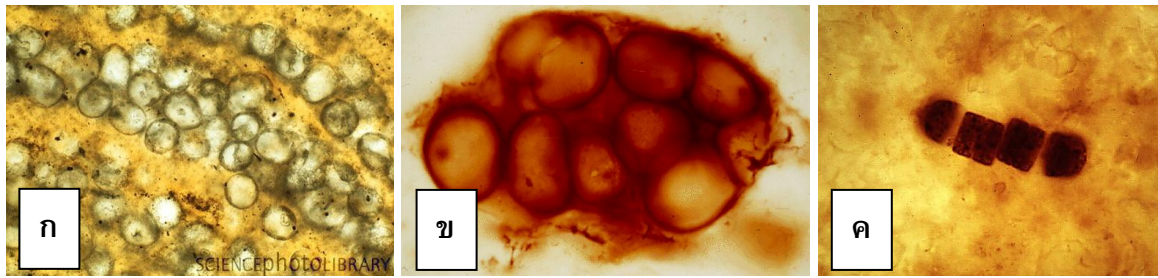
รูปที่ 2 ฟอสซิลสโตรมาโทไลต์ (stromatolite) ที่ปรากฏอยู่ในแถบริมฝั่งทะเลตะวันตกของประเทศ
ออสเตรเลีย (จาก <http://www.crikey-adventure-tours.com/stromatolites.html>)

การค้นพบฟอสซิลเพื่อยืนยันการกำเนิดสิ่งมีชีวิตในอดีตมีให้เห็นอย่างต่อเนื่อง เช่น ในปี ค.ศ.
1965 E.S. Barghoorn และ J.W. Scopf รายงานการค้นพบ microfossil ชนิด *Archaeosphaeroides
barbertonensis* จากซากฟอสซิลที่พบทางตอนเหนือของรัฐมินเนโซตา (Minnesota) ประเทศ
สหรัฐอเมริกา อายุประมาณ 3,500 ล้านปี (รูปที่ 3ก) แต่ฟอสซิลที่เก่าแก่ที่สุดคือ *Isosphaera* ที่มีการ
ค้นพบโดย ฮันส์ฟลูค (Hans Pflug) และ เจชเกอ บอยเออ (Jaeschke – Boyer) จากชั้นหินใน
กรีนแลนด์ ในปี ค.ศ.1979 มีอายุประมาณ 3,800 ล้านปี (รูปที่ 3ข)



รูปที่ 3 การค้นพบซากดึกดำบรรพ์ของโพรแคริโอต (ก) ลักษณะสโตรมาโทไลต์ที่พบ microfossil ของ
Archaeosphaeroides barbertonensis (ข) รูปร่างของ *Isosphaera* มีอายุ 3800 ล้านปี
(จาก <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Stromatolites.jpg>)

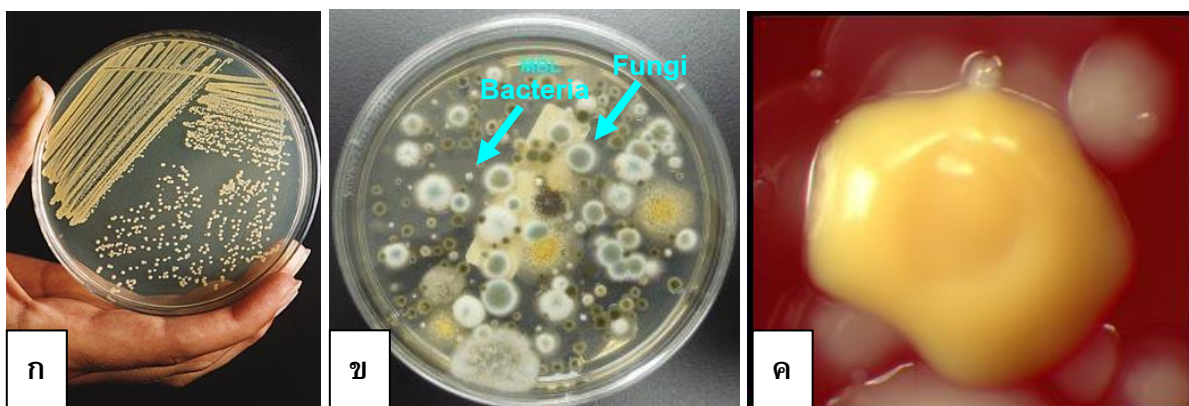
ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสิ่งมีชีวิตได้ปรากฏขึ้นบนโลกนี้มานานแล้ว โดยในยุคแรกที่พบเป็น
สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเซลล์เดี่ยวและเป็นเส้นสายแบบง่าย ๆ และเป็นเซลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส หรือ
เรียกว่า โพรแคริโอต (prokaryote) โดยนักบรรพชีวินเชื่อว่ากลุ่มสิ่งมีชีวิตที่พบเป็นกลุ่มของไซยาโน
แบคทีเรีย (cyanobacteria) ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนรา (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 ลักษณะไซยาโนแบคทีเรียที่พบในสโตรมาโทไลต์ (ก) แบบเซลล์เดี่ยว (ข) แบบเป็นกลุ่ม (ค) แบบเป็นเส้นสาย (จาก <http://www.sciencephoto.com/media/171786/enlarge>)

ลักษณะสำคัญของโพรแคริโอต

1. ลักษณะถิ่นอาศัย ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้จัดจำแนกสิ่งมีชีวิตที่มีเซลล์แบบโพรคาริโอตออกเป็นชื่อใหม่เรียกว่าอาณาจักรโพรคาริโอต (Kingdom Prokaryotae) และเรียกสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้ว่า โพรแคริโอต (prokaryote) หรือที่รู้จักกันทั่วไปคือ แบคทีเรีย ซึ่งเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตกลุ่มแรก ๆ ที่มีวิวัฒนาการจนสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสภาพสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นสภาพป่าที่อุดมสมบูรณ์ ในบริเวณที่หนาวเย็นแบบขั้วโลก ในบริเวณที่ร้อนจัด เช่น ทะเลทราย หรือแหล่งน้ำพุร้อน ตลอดจนในลำคลอง หนอง บึง และในทุก ๆ บริเวณของบ้าน หรือแม้แต่ในอากาศรอบตัวเรา ถ้าทดลองนำจานใส่อาหารสำหรับเลี้ยงแบคทีเรียมาแขวนไปมาในอากาศ แล้วนำจานอาหารดังกล่าวไปเก็บไว้ในอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การเพาะเลี้ยงเชื้อ เพียงไม่กี่วัน ก็จะพบแบคทีเรียในอากาศเจริญขึ้นมาเป็นกลุ่มแยกกันแต่ละกลุ่ม เรียกว่า คอโลนี (colony) ให้สังเกตคอโลนีของแบคทีเรียจะมีลักษณะกลมมันวาว สีขาวขุ่น จนถึงสีเหลืองนวลซึ่งแตกต่างจากคอโลนีของเชื้อราซึ่งจะมีลักษณะเป็นเส้นใยปรากฏให้เห็น และมีสีแตกต่างกันไป (รูปที่ 5)

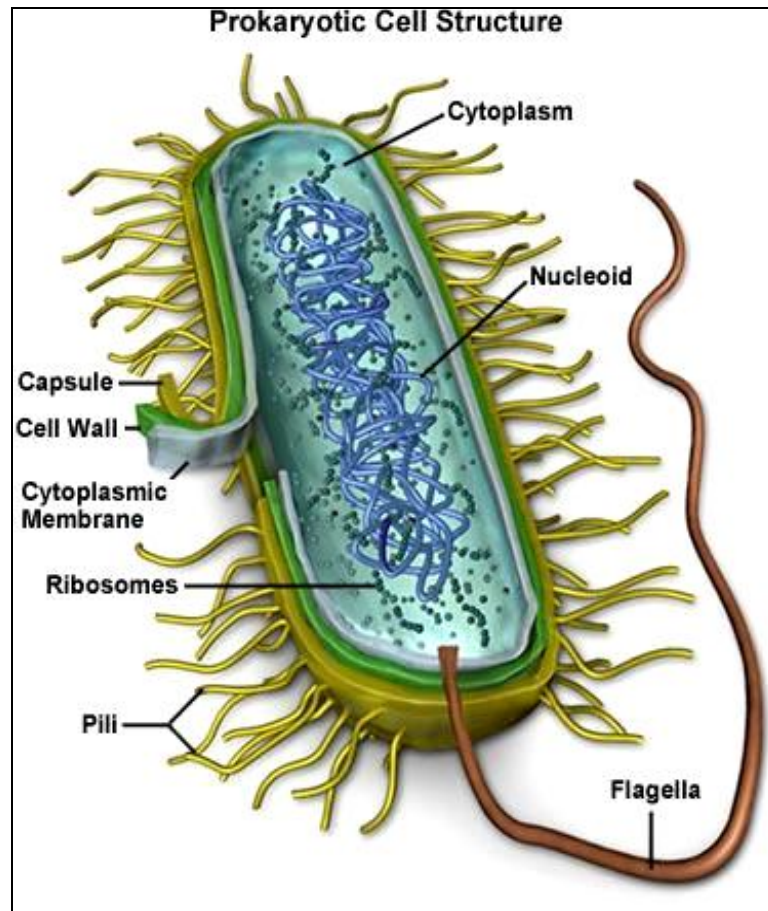


รูปที่ 5 ลักษณะของคอโลนีของแบคทีเรีย (ก) คอโลนีของแบคทีเรียในห้องทดลอง (ข) คอโลนีของแบคทีเรียและราที่พบในธรรมชาติ (ค) คอโลนีของแบคทีเรียมีความมันวาวสีขาวขุ่น



2. ลักษณะทางสัณฐานวิทยา เซลล์ของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรโพรแคริโอต (รูปที่ 6) มีลักษณะเป็นเซลล์โพรแคริโอต คือไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส โดยสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอ ซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวนอยู่รวมกันเป็นกลุ่มอยู่ภายในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) เรียก นิวคลีโอยด์ (nucleoid) ไม่มีระบบออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม แต่พบไรโบโซม (ribosome) ชนิด 70S นอกจากนั้นยังอาจพบดีเอ็นเอ ที่มีลักษณะเป็นวงแหวนขนาดเล็ก เรียก พลาสมิด (plasmid) ซึ่งสามารถจำลองตัวเองได้เช่นเดียวกับโครโมโซมปกติ และถ่ายทอดไปยังเซลล์ของแบคทีเรียอื่นได้ เซลล์โพรแคริโอตจำนวนมากยังอาจสร้างสิ่งปกคลุมเซลล์ที่เรียกว่า แคปซูล (capsule) ซึ่งเป็นสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีความเหนียว และโปรตีนหุ้มล้อมรอบผนังเซลล์อีกชั้นหนึ่งแคปซูลนี้ช่วยให้เซลล์ของแบคทีเรียทนทานต่อการทำลายของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์และสัตว์ รวมทั้งยังช่วยให้เซลล์แบคทีเรียยึดเกาะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มได้

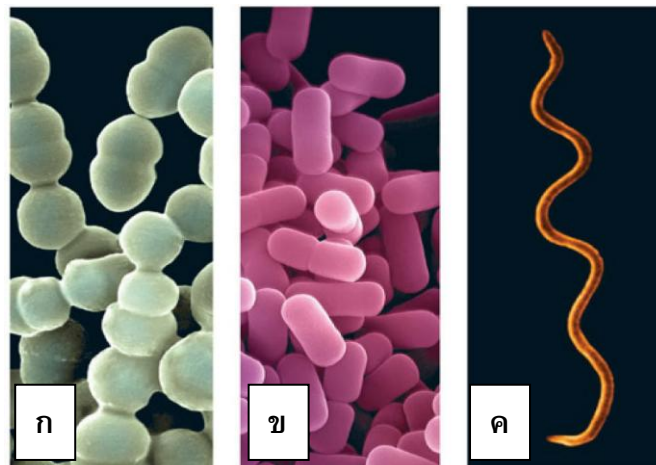
นอกจากนั้นเซลล์โพรแคริโอตบางชนิด อาจจะมีหางคี่ยื่นออกภายนอกเซลล์ โดยไม่มีเยื่อหุ้มห่อกลวงและทำหน้าที่ยึดจับตัวเองเข้ากับสิ่งต่าง ๆ หรือยึดระหว่างเซลล์ของแบคทีเรียด้วยกัน หากท่อนี้มีลักษณะเป็นท่อนสั้น ๆ จำนวนมากเกิดขึ้นรอบ ๆ เซลล์เรียก พิลไล (pili) ถ้ามีขนาดสั้นกว่าพิลไล เรียกว่า ฟิมบริ (fimbriae) นอกจากนี้ยังมีเส้นที่เกิดจากมัดของไมโครทิวบูล (microtubules) ที่ค่อนข้างยาวแต่มีจำนวนไม่มาก เรียก แฟลเจลลา (flagella) หรือหนวด ช่วยในการเคลื่อนไหวของโพรแคริโอตเซลล์เดียว (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 โครงสร้างของเซลล์โพรแคริโอต

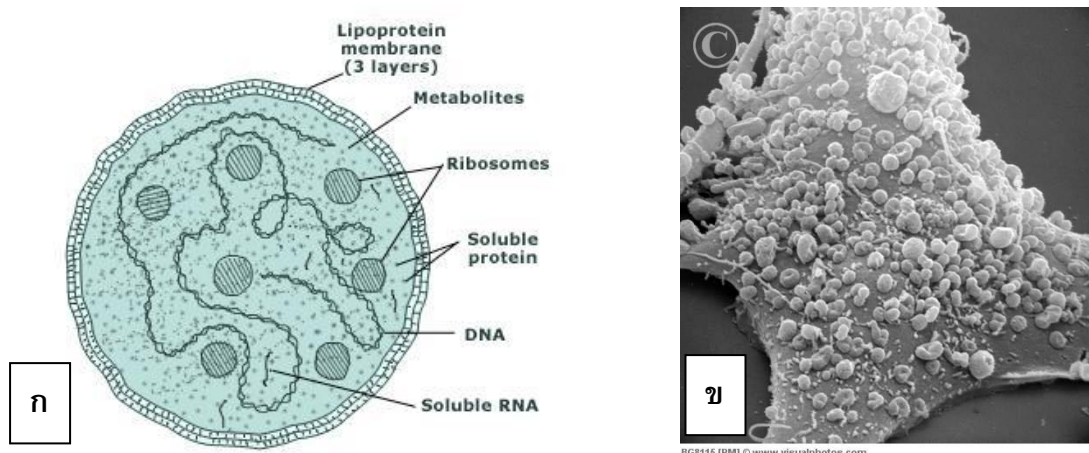
(จาก <http://student.nu.ac.th/u46410320/Procaryotic%20cell.html>)

เซลล์โพรแคริโอตที่พบโดยทั่วไปมีรูปร่าง 3 แบบ คือ รูปทรงกลมหรือคอคคัส (coccus) รูปแท่งหรือบาซิลลัส (bacillus) และรูปเกลียวหรือสไปริลลัม (spirillum) โดยเซลล์อาจพบอยู่เป็นเซลล์เดี่ยวหรือเกาะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม หรือคล้ายเป็นเส้นสาย (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 รูปร่างเซลล์โปรแคริโอต (ก) รูปทรงกลม (coccus) (ข) รูปแท่ง (bacillus) (ค) รูปเกลียว (spirillum) (จาก <http://www.desktopclass.com/education/fafsc/structure-of-bacteria-part-f-sc-biology-chapter-6.html>)

เซลล์โปรแคริโอตเป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำหน้าที่ให้เซลล์คงรูป ให้ความแข็งแรงและป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของผนังเซลล์เป็นสารกลุ่มที่เรียกว่า เพปติโดไกลแคน (peptidoglycan) อย่างไรก็ตามมีโปรแคริโอตกลุ่มหนึ่งคือ มัยโคพลาสมา (Mycoplasma) (รูปที่ 8) เป็นโปรแคริโอตที่ไม่พบโครงสร้างของผนังเซลล์เหมือนโปรแคริโอตกลุ่มอื่น ๆ

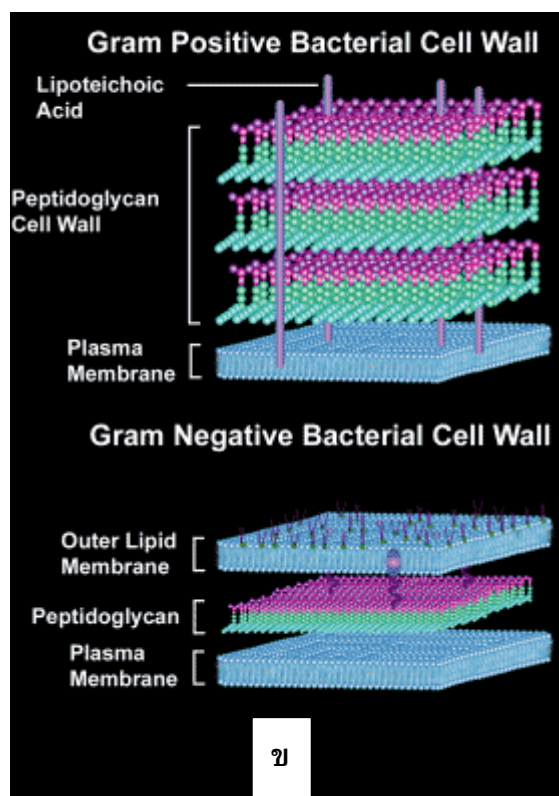
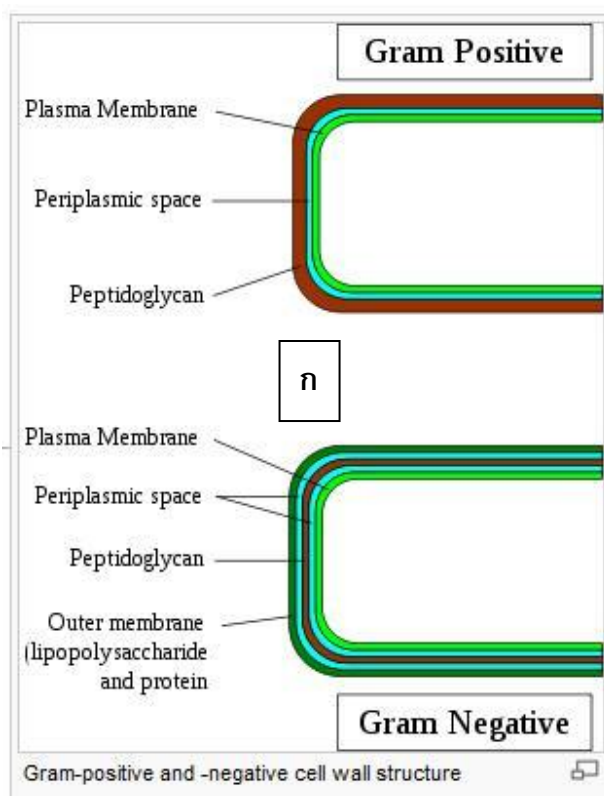


รูปที่ 8 มัยโคพลาสมา (ก) โครงสร้างของมัยโคพลาสมา (ข) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของมัยโคพลาสมาบนเซลล์สร้างเส้นใย (fibroblast) ของคน (ก) จาก <http://www.tutorvista.com/content/biology/biology-iii/kingdoms-living-world/cyanobacteria.php> (ข) จาก http://www.visualphotos.com/image/1x7467139/scanning_electron_micrograph_sem_of_mycoplasma



3. การจัดจำแนกโปรแคริโอต เซลล์โปรแคริโอตที่รู้จักกันโดยทั่วไปคือเซลล์ของแบคทีเรีย ซึ่งหากพิจารณาถึงโครงสร้างผนังเซลล์แบคทีเรีย อาจจำแนกแบคทีเรียตามลักษณะผนังเซลล์ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แบคทีเรียแกรมบวก หรือ gram positive bacteria และแบคทีเรียแกรมลบหรือ gram negative bacteria โดยอาศัยเทคนิคการย้อมสีของผนังเซลล์ของแบคทีเรียที่เรียกว่า การย้อมสีแบบแกรม (gram stain) ซึ่งคิดค้นโดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Hans Christian Gram ซึ่งเทคนิคของแกรมนี้สามารถจำแนกแบคทีเรียได้เป็นสองกลุ่มดังกล่าวตามความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของผนังเซลล์

แบคทีเรียที่พบในธรรมชาติมีโครงสร้างผนังเซลล์ที่แตกต่างกัน คือ ผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวกนั้น ประกอบขึ้นจากชั้นของเพปทิโดไกลแคนที่มีความหนามาก แต่ผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบจะมีความซับซ้อนกว่า คือ ผนังเซลล์จะแบ่งออกเป็น 2 ชั้น ชั้นแรกที่อยู่ชิดกับเยื่อหุ้มเซลล์เป็นชั้นของเพปทิโดไกลแคนที่บางมาก และผนังเซลล์ชั้นนอกถัดจากชั้นเพปทิโดไกลแคนออกมาเป็นเยื่อหุ้มชั้นนอก (outer membrane) มีลักษณะคล้ายเยื่อหุ้มเซลล์ แต่จะมีสารประกอบกลุ่มลิโปโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide) และโปรตีนแทรกอยู่ (รูปที่ 9)



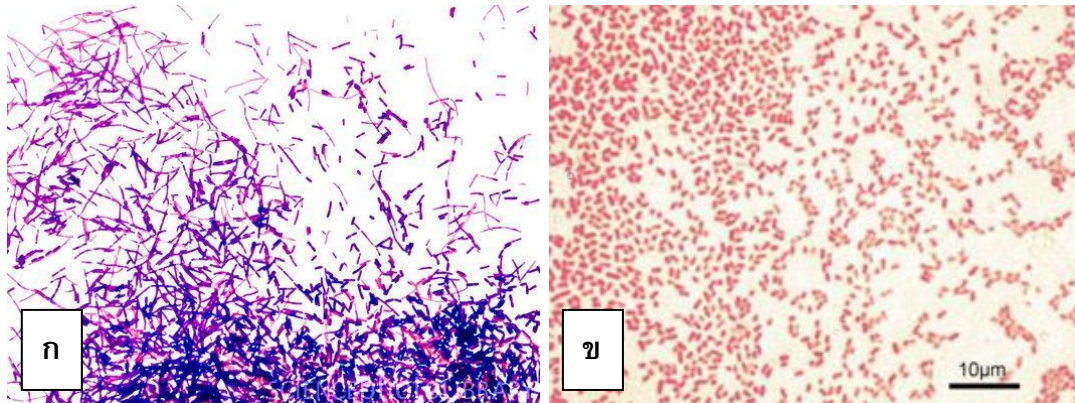
รูปที่ 9 ผนังเซลล์แบคทีเรีย (ก) ไดอะแกรมโครงสร้างผนังเซลล์ (ข) ภาพจำลองโครงสร้างผนังเซลล์

(ก) จาก [http:// www.en.wikipedia.org/wiki/File:Gram-Cell-Wall.jpg](http://www.en.wikipedia.org/wiki/File:Gram-Cell-Wall.jpg)

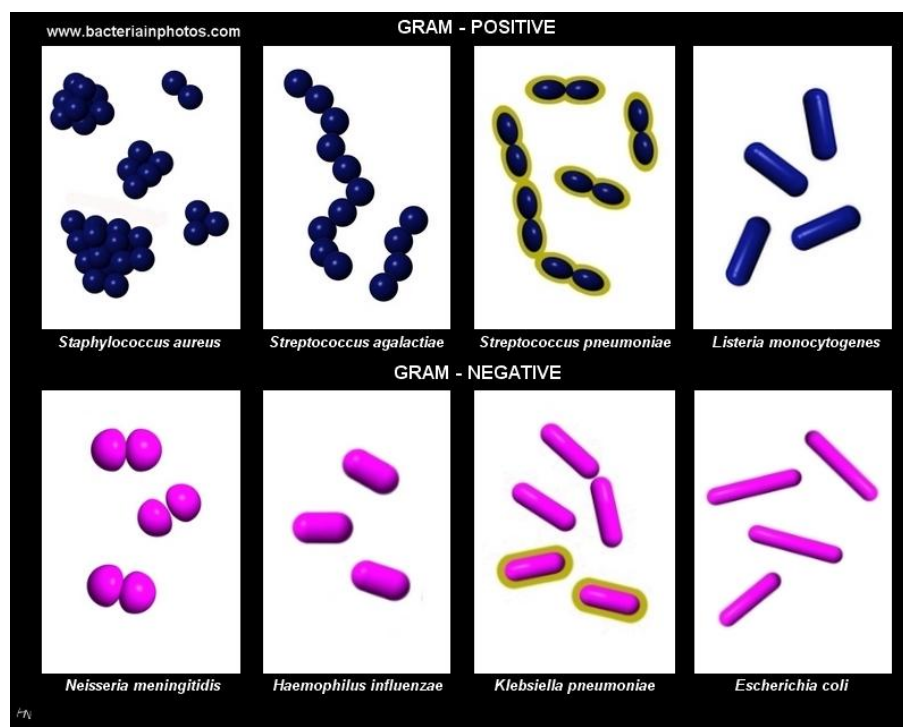
(ข) จาก <http://www.sigmaaldrich.com/life-science/metabolomics/enzyme-explorer/learning-center/lysing-enzymes.html>)



หลังการย้อมสีแบบแกรม แบคทีเรียแกรมบวกจะย้อมติดสีม่วงน้ำเงินของสีย้อมคริสตัลไวโอเลต (crystal violet) แต่แบคทีเรียแกรมลบจะติดสีแดงของสีย้อมซาฟรานิน (safranin) (รูปที่ 10) ซึ่งหลักการย้อมสีแบบแกรมนี้นี้เป็นประโยชน์อย่างมากในทางการแพทย์ เพราะเป็นวิธีที่ใช้ในการระบุกลุ่มหรือชนิดของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคได้ (รูปที่ 11)



รูปที่ 10 เซลล์แบคทีเรียที่ผ่านการย้อมสีแบบแกรม (ก) แบคทีเรียแกรมบวกย้อมติดสีม่วงน้ำเงินของคริสตัลไวโอเลต (ข) แบคทีเรียแกรมลบย้อมติดสีแดงของซาฟรานิน (ก) จาก <http://www.Science photo.com/media/78462/enlarge> (ข) จาก <http://www.search.com/reference/Gram-negative>

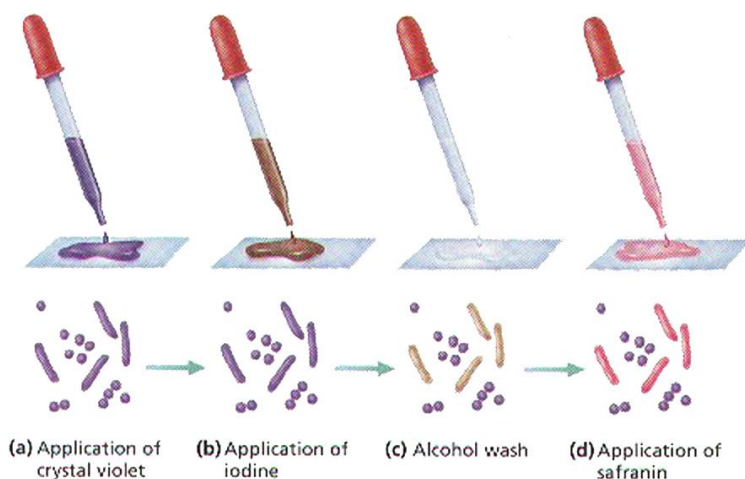


รูปที่ 11 แบบจำลองสีและรูปร่างของแบคทีเรียแกรมบวก (สีน้ำเงิน) และแกรมลบ (สีแดง)
(จาก <http://www.bacteriainphotos.com/Grampo sitiveand gram negative bacteria.html>)



อธิบายเพิ่มเติม

การย้อมแกรมแบคทีเรีย (รูปที่ 12) เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้จากการศึกษาโครงสร้างผนังเซลล์ของแบคทีเรีย และสมบัติของสารเคมีที่นำมาใช้ในขั้นตอนการย้อมสีให้เกิดประโยชน์ เพื่อนำมาใช้ในการจัดแยกแบคทีเรียเป็น 2 กลุ่ม คือ แบคทีเรียแกรมบวกกับแบคทีเรียแกรมลบ



<http://www.sirinet.net/~jgjohnso/monerans.html>

รูปที่ 12 แสดงลำดับขั้นตอนในการย้อมแกรมแบคทีเรีย

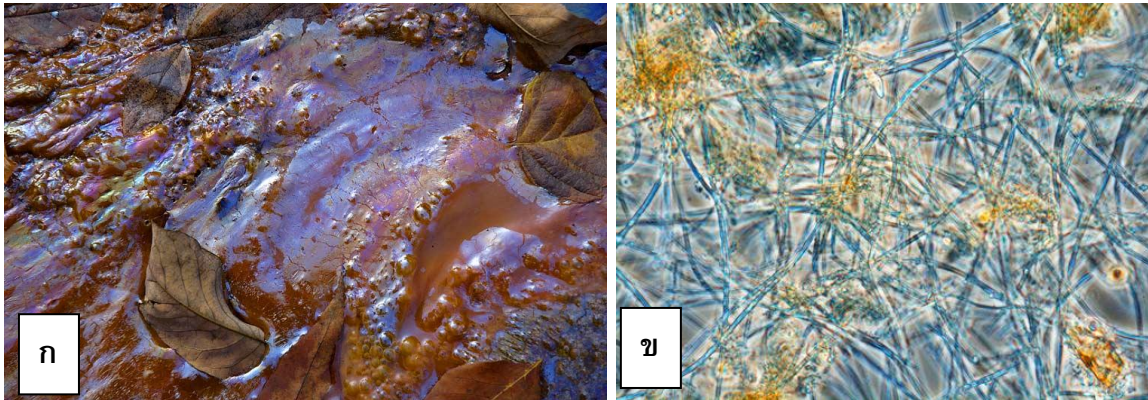
ในการย้อมสี แบบแกรมนั้น ขั้นแรก (รูปที่ 12 a) ย้อมเซลล์แบคทีเรียด้วยสี คริสตัลไวโอเลต (crystal violet) ทำให้เซลล์ทุกเซลล์บนสไลด์ติดสีม่วงหรือน้ำเงิน เนื่องจากโมเลกุลของสี คริสตัลไวโอเลต จะไปแทรกอยู่ตามโมเลกุลของ peptidoglycan ที่อยู่ในชั้นของผนังเซลล์และที่เยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย และเมื่อเติมสารละลายไอโอดีนลงไป (รูปที่ 12b) สีคริสตัลไวโอเลต จะจับกันเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ที่มีโครงสร้างซับซ้อนของ crystal violet iodine complex ทำให้โมเลกุลดังกล่าวไม่สามารถหลุดออกมาจากผนังเซลล์ได้ ต่อมาเป็นการล้างสี (decolorization) ออกจากเซลล์แบคทีเรียด้วย ethyl alcohol 95% (รูปที่ 12c) ขั้นตอนนี้เยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอกในรูปของ lipopolysaccharide ของแบคทีเรียแกรมลบ จะถูกชะล้างออกมาด้วยแอลกอฮอล์ ทำให้ผลึกของสี crystal violet iodine complex หลุดออกมาพร้อมกับเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอก ส่วนแบคทีเรียแกรมบวกซึ่ง ถูกล้างด้วยแอลกอฮอล์จะเป็นการดึงน้ำออกจากเซลล์ จึงทำให้ผลึกของสีเด่นชัดขึ้น อย่างไรก็ตามการล้างต้องรักษาเวลาอย่างเที่ยงตรง มิฉะนั้นสีของ crystal violet iodine complex จะถูกชะออกหมด ขั้นต่อมาคือย้อมทับด้วยสีซาฟรานิน (safranin) ซึ่งมีสีแดง (รูปที่ 12d) ทำให้แบคทีเรียแกรมลบมีสีแดงของ safranin ส่วนแบคทีเรียแกรมบวก ยังมีสีคริสตัลไวโอเลต โดยวิธีการย้อมสีของแกรมนี้เห็นความแตกต่างระหว่างแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบได้ชัดเจน



การดำรงชีวิตของโพรแคริโอต

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาการดำรงชีวิตของโพรแคริโอต พบว่าแบ่งได้เป็น 4 แบบ ดังนี้

1. การดำรงชีวิตแบบคีโมเฮเทอโรโทรฟ (chemoheterotroph) พบในแบคทีเรียส่วนใหญ่ซึ่งไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง ต้องอาศัยสารอินทรีย์จากสิ่งแวดล้อมภายนอกให้เป็นทั้งแหล่งพลังงานและแหล่งของคาร์บอน เพื่อที่จะใช้สร้างสารอินทรีย์อื่นๆ ในการดำรงชีวิต เช่น *Leptothrix* sp. (รูปที่ 13)



รูปที่ 13 การดำรงชีพแบบคีโมเฮเทอโรโทรฟ (ก) ลักษณะคอโลนีของแบคทีเรียที่เจริญบริเวณที่มีการสะสมธาตุเหล็กในปริมาณมาก (ข) *Leptothrix* sp. มีรูปร่างเป็นเส้นสาย

(ก) จาก <http://lindagra.shoff.com/10122004-20 VR.html>

(ข) จาก <http://www.swarthmore.edu/savageaward 11.xml>

2. การดำรงชีวิตแบบโฟโตเฮเทอโรโทรฟ (photoheterotroph) พบในแบคทีเรียที่สร้างอาหารเองไม่ได้บางกลุ่ม ต้องใช้สารอินทรีย์จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเป็น แหล่งคาร์บอน แต่สามารถใช้แสงเป็นแหล่งพลังงานได้ เช่น แบคทีเรียในกลุ่ม purple non-sulfur photosynthetic bacteria หรือ green non-sulfur bacteria (รูปที่ 14)

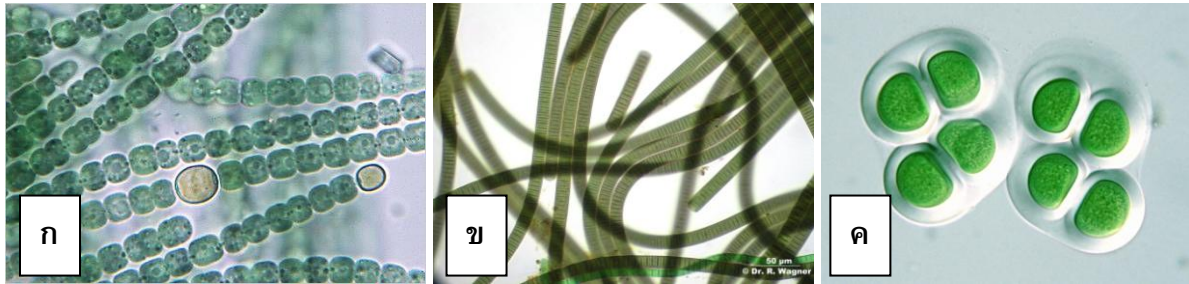


รูปที่ 14 ความหลากหลายของแบคทีเรียกลุ่ม purple non-sulfur photosynthetic bacteria

(จาก <http://data-of-microbiology.blogspot.com/2011/09/chloroflexi.html>)



3. การดำรงชีวิตแบบโฟโตออโตทรอฟ (photoautotroph) พบในแบคทีเรียกลุ่มที่เรียกว่า ไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue green algae) สามารถสร้างอาหารได้เอง ใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งของคาร์บอน และใช้แสงเป็นแหล่งพลังงาน ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น *Nostoc* sp. *Oscillatoria* sp. และ *Croococcus* sp. (ภาพที่ 15)



รูปที่ 15 แบคทีเรียที่มีการดำรงชีวิตแบบโฟโตออโตทรอฟ (ก) *Nostoc* sp. (ข) *Oscillatoria* sp. (ค) *Croococcus* sp. (จาก <http://www.sciencephoto.com/media/115255/enlarge>)

4. การดำรงชีวิตแบบคีโมออโตทรอฟ (chemoautotroph) พบในแบคทีเรียที่สร้างอาหารเองได้ สามารถใช้ แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่ง คาร์บอน และจะใช้สารประกอบอนินทรีย์ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เพอริคอิออน (Fe^{2+}) หรือ แอมโมเนีย (NH_3) เป็นแหล่งพลังงาน ตัวอย่างเช่น ซัลเฟอร์เลิฟวี่แบคทีเรีย (Sulfur Loving Bacteria) (รูปที่ 16)



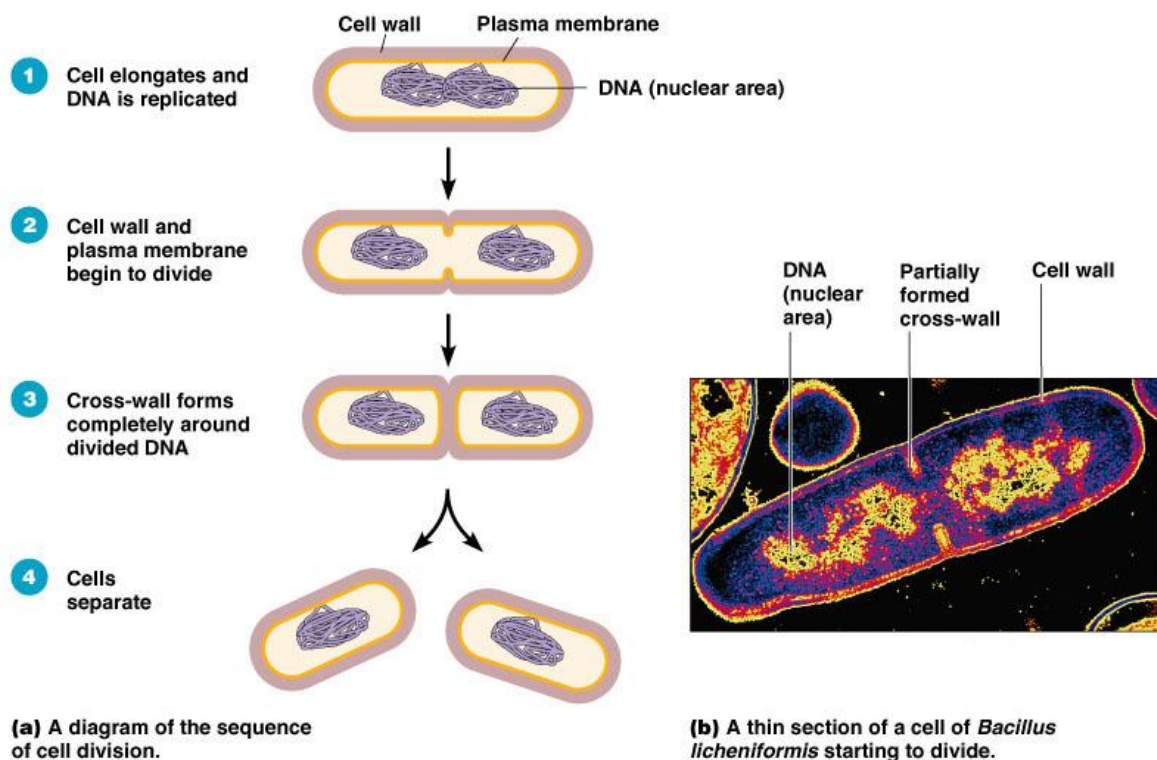
รูปที่ 16 แบคทีเรียที่มีการดำรงชีวิตแบบคีโมออโตทรอฟ (ก) บริเวณดินที่มีไฮโดรเจนซัลไฟด์ปริมาณมาก (ข) Sulfur Loving Bacteria (จาก <http://www.solstation.com/life/ear-life.htm>)



การสืบพันธุ์ของโพรแคริโอต

พบการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตพวกโพรแคริโอต มี 4 แบบ คือ

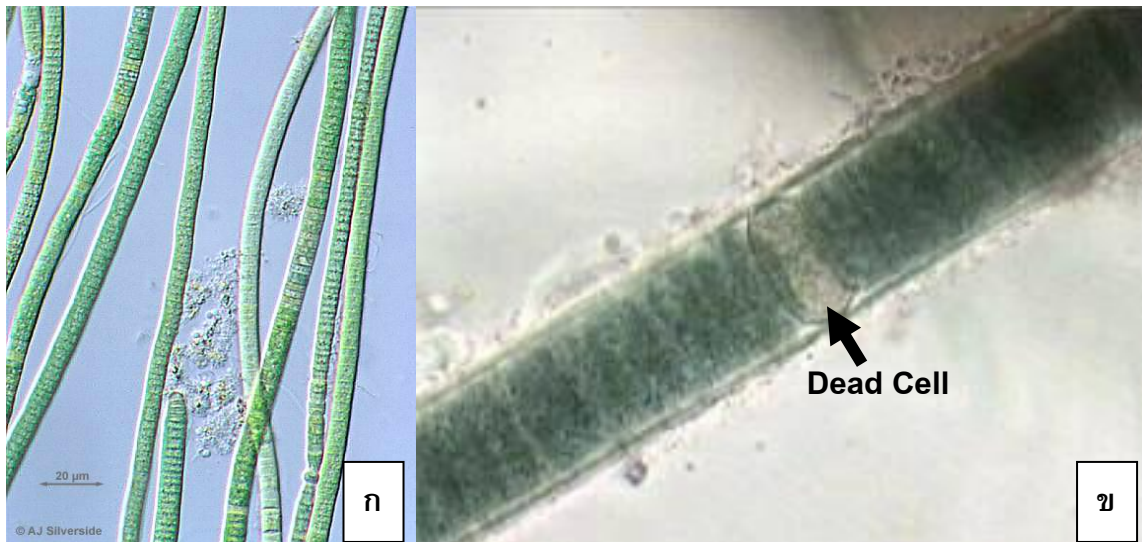
1. การแบ่งเป็นสอง (binary fission) แบคทีเรียทุกชนิดพบเฉพาะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ แบบที่เรียกว่า การแบ่งเป็นสองหรือไบนารีฟิชชัน (binary fission) (รูปที่ 17) โดยเซลล์ที่พร้อมจะสืบพันธุ์มีโมเลกุลดีเอ็นเอ ยึดติดกับเยื่อหุ้มเซลล์ที่ตำแหน่งหนึ่งก่อนแล้วจึงมีการจำลองโมเลกุลดีเอ็นเอเป็นสองโมเลกุลที่เหมือนกัน เมื่อเซลล์มีการยืดออกจะดึงโมเลกุลดีเอ็นเอแยกออกจากกัน และ เยื่อหุ้มเซลล์ที่อยู่ระหว่าง ดีเอ็นเอ ทั้ง 2 กลุ่ม ค่อย ๆ คอดเข้าหากันเพื่อแบ่งเซลล์แบคทีเรียออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน หลังจากนั้นผนังเซลล์จะเจริญมาห่อหุ้มเยื่อหุ้มเซลล์ที่สร้างใหม่ ได้เป็นเซลล์ใหม่ 2 เซลล์ที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ



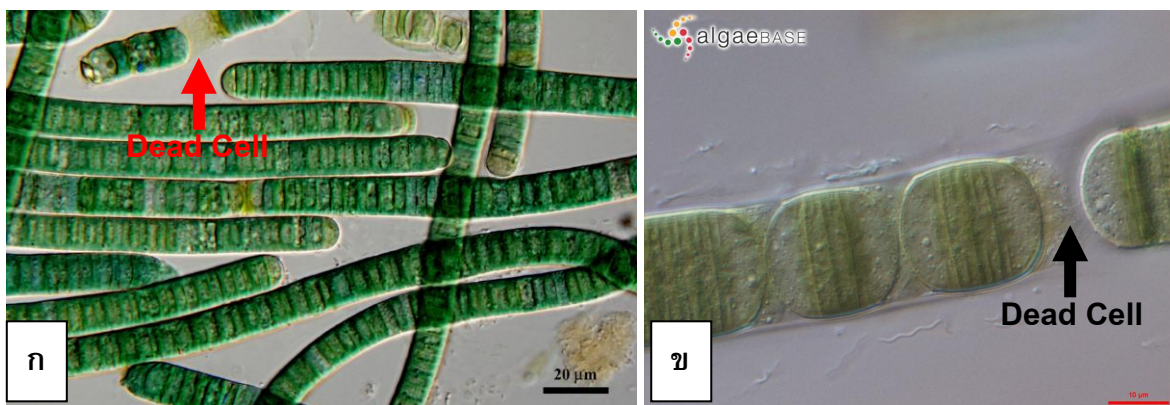
รูปที่ 17 การสืบพันธุ์ของเซลล์แบคทีเรียแบบ binary fission (จาก <http://science.nayland.school.nz/graameb/yr11%20work/microbes/bacteria.htm>)



2. การหลุดเป็นส่วน (fragmentation) ส่วนใหญ่พบในกลุ่มของไซยาโนแบคทีเรียที่มีลักษณะเป็นสายเซลล์อาจเกิดจากการหลุดเป็นส่วนหรือการหักเป็นท่อนของสายเซลล์ในตำแหน่งของเซลล์พิเศษที่เรียก dead cell เช่น พบในสกุล *Oscillatoria* (รูปที่ 18) และสกุล *Lyngbya* (รูปที่ 19) เป็นต้น



รูปที่ 18 การสืบพันธุ์แบบหลุดเป็นส่วน (fragmentation) (ก) สายเซลล์ของ *Oscillatoria* sp.
(ข) ตำแหน่ง dead cell ของ *Oscillatoria* sp.
(จาก [http:// www.environmentalleverage.com/algae species.htm](http://www.environmentalleverage.com/algae%20species.htm))

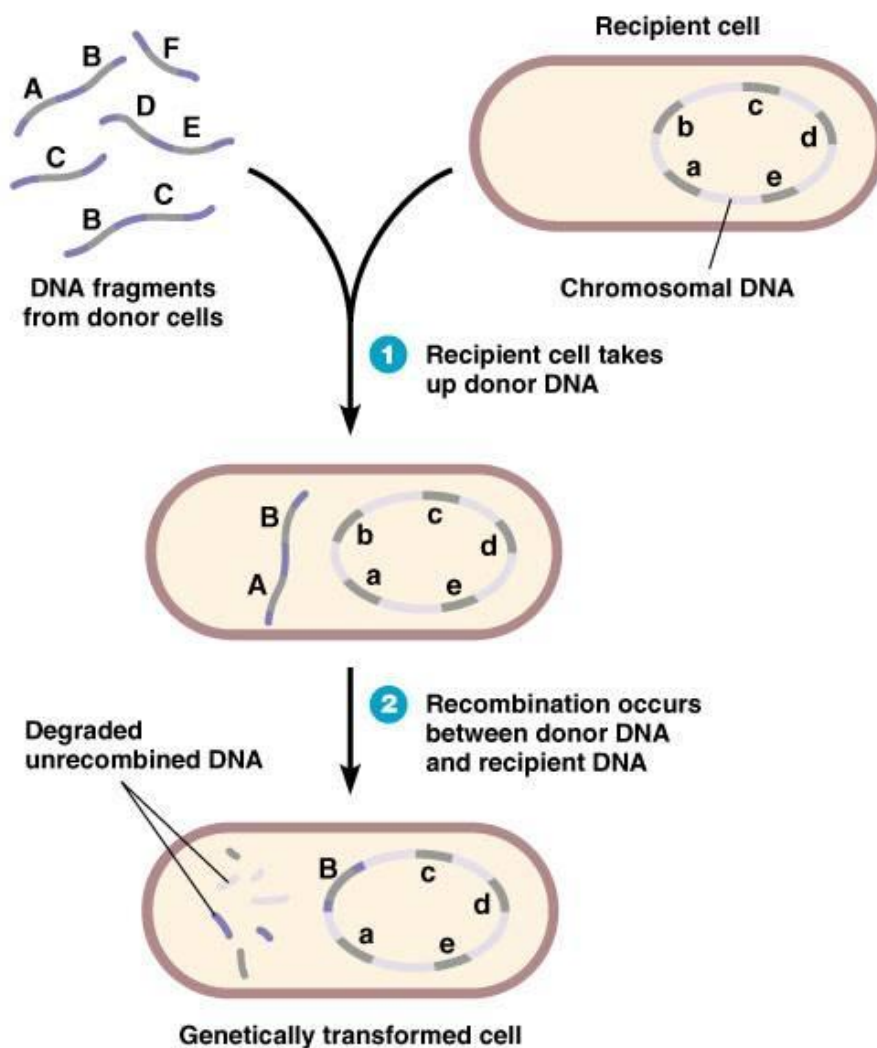


รูปที่ 19 การสืบพันธุ์แบบหลุดเป็นส่วน (fragmentation) (ก) สายเซลล์ของ *Lyngbya* sp.
(ข) ตำแหน่ง dead cell ของ *Lyngbya* sp.
(ก) จาก <http://www.butbn.cas.cz/ccala/index.php?page=sr&cb1=Oscillatoriales>
(ข) จาก http://algaebase.org/search/species/detail/?species_id=30191&sk=0&from



3. การกลาย (Mutation) แม้ว่าแบคทีเรียจะไม่พบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเหมือนที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตอื่น แต่แบคทีเรียสามารถเกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมได้จากการเกิดการกลายหรือมิวเทชัน (mutation) คืออาจจะเกิดรูปแบบทางพันธุกรรมใหม่ ๆ จากการ ได้สารพันธุกรรม จากเซลล์ของแบคทีเรียอีกเซลล์หนึ่ง ซึ่งสามารถเกิดได้ 3 แบบ คือ

3.1 การเกิดทรานส์ฟอร์เมชัน (transformation) คือ การที่เซลล์แบคทีเรียเซลล์หนึ่งได้รับดีเอ็นเออิสระ จากสภาพแวดล้อมเข้าสู่เซลล์โดยตรง (รูปที่ 20)

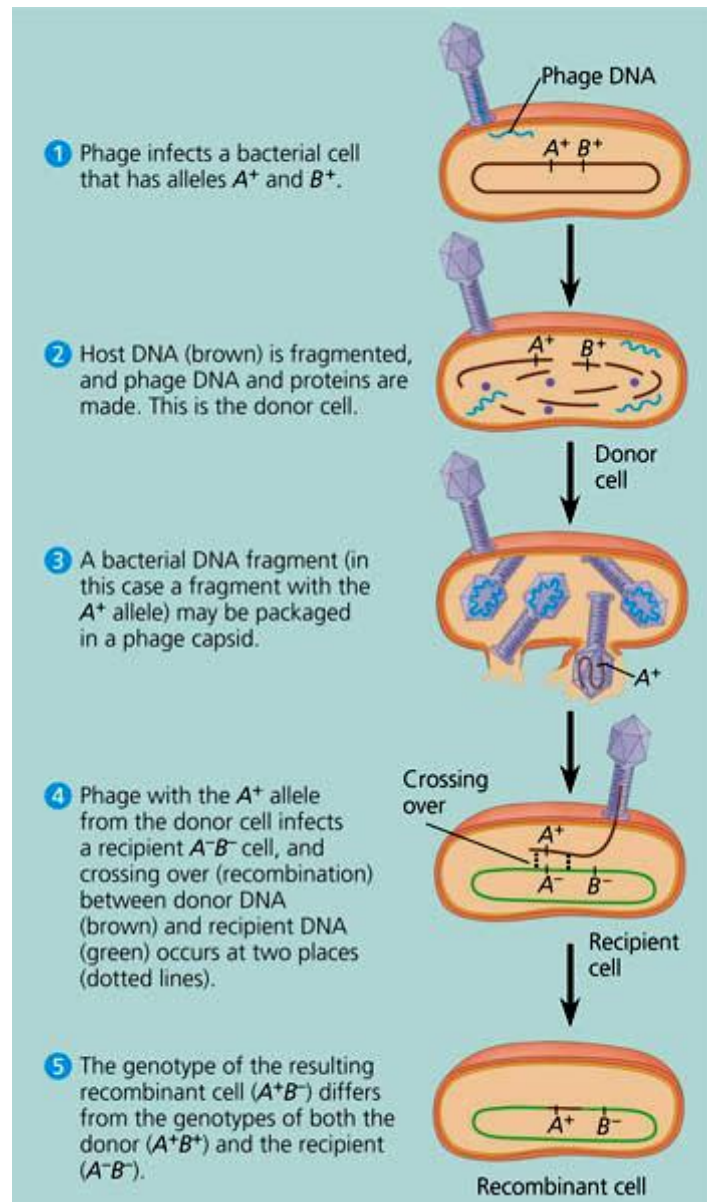


Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

รูปที่ 20 การเกิดทรานส์ฟอร์เมชัน (จาก http://mol-biol4masters.masters.grkraj.org/html/Genetic_Engineering4A-Transformation-Bacterial_Cells.htm)



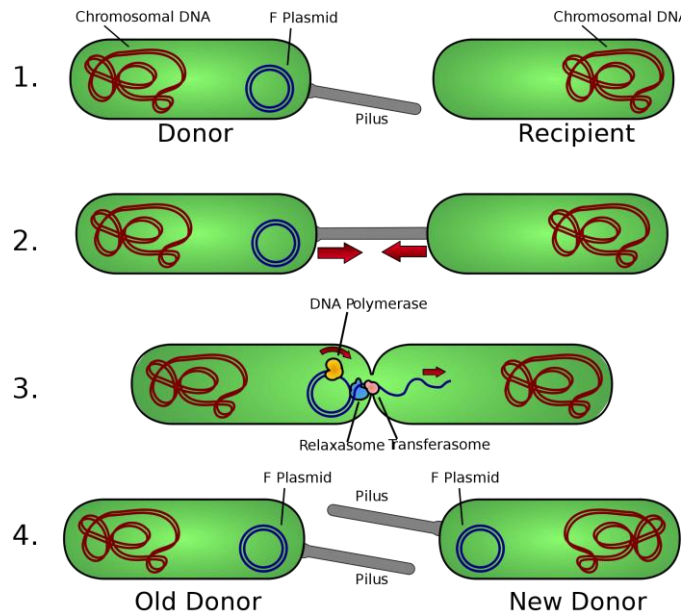
3.2 การเกิดทรานสดักชัน (transduction) คือ การที่แบคทีเรียเซลล์หนึ่งได้รับยีนจากแบคทีเรียอีกเซลล์หนึ่งโดยผ่าน bacteriophage ซึ่งเป็นไวรัสที่ใช้แบคทีเรียเป็นเซลล์เจ้าบ้าน เมื่อเซลล์เจ้าบ้านตายไป bacteriophage ซึ่งรับยีนของเซลล์แบคทีเรียเดิมไว้ในตัวจะเข้าไปอาศัยเซลล์แบคทีเรียตัวใหม่ เมื่อมีการถ่ายทอดยีนจาก bacteriophage ไปยังแบคทีเรียตัวใหม่ จะทำให้เกิดการกลายพันธุ์ของแบคทีเรียเกิดขึ้น (รูปที่ 21)



รูปที่ 21 การเกิดทรานสดักชัน (จาก <http://thegeneticsofvirusesandbacteria.weebly.com/diagrams.html>)

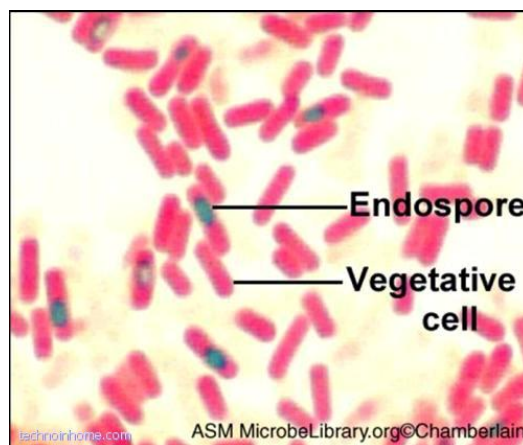


3.3 การเกิดคอนจูเกชัน (conjugation) คือการส่งยีนจากแบคทีเรียเซลล์หนึ่งไปยังแบคทีเรียอีกเซลล์หนึ่งด้วยการส่งผ่านพิลัส (pilus) ที่ต่อระหว่างแบคทีเรียทั้งสองโดยตรง (รูปที่ 22)



รูปที่ 22 การเกิดคอนจูเกชัน (จาก <http://www.infectionlandscapes.org/2011/10/escherichia-coli.html>)

นอกจากนี้แบคทีเรียยังสามารถสร้าง เอนโดสปอร์ (endospore) (รูปที่ 23) ซึ่งไม่ใช่เป็นการสืบพันธุ์ แต่เป็นการปรับตัวด้านโครงสร้างให้ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ โดยเซลล์กำหนดจะจำลองดีเอ็นเอขึ้นมา แล้วสร้างผนังเซลล์หนาห่อหุ้มไว้ ซึ่งภายในเซลล์จะไม่มีเมตาบอลิซึมใดๆ เมื่อสร้างเอนโดสปอร์เสร็จแล้วเซลล์เดิมจะตายไป เหลือเพียงเอนโดสปอร์ผนังหนามาก มีอายุได้นานเป็นศตวรรษ และจะเจริญเป็นเซลล์ใหม่ได้หากสภาพแวดล้อมเหมาะสม



รูปที่ 23 เซลล์แบคทีเรียที่มีการสร้างเอนโดสปอร์

(จาก <http://archive.microbelibrary.org/ASMOOnly/Details.asp?>)



ความหลากหลายของโพรแคริโอต

ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้จัดจำแนกสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนรา ไว้ในอาณาจักรใหม่ เรียกว่า อาณาจักรโพรแคริโอต (Kingdom Prokaryotae) ซึ่งสามารถจำแนกชนิดของโพรแคริโอตใน อาณาจักรนี้ได้มากกว่า 5,000 ชนิด และคาดว่าจะมีการค้นพบเพิ่มอีกเป็นจำนวนมาก โดยเมื่อมีการ จัดจำแนกโพรแคริโอตที่อยู่ในอาณาจักรมอเนราตามสายวิวัฒนาการ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 อาณาจักรย่อย คือ อาณาจักรย่อยอาร์คีแบคทีเรีย (Subkingdom Archaeobacteria) และอาณาจักรย่อย แบคทีเรียหรือยูแบคทีเรีย (Subkingdom Eubacteria) มีรายละเอียดดังนี้

1. อาณาจักรย่อยอาร์คีแบคทีเรีย (Subkingdom Archaeobacteria) สิ่งมีชีวิตในอาณาจักร ย่อยนี้อาจเรียกอีกชื่อว่า อาร์เคีย (Archaea) เป็นโพรแคริโอตที่มีลักษณะแตกต่างจากยูแบคทีเรียหลาย ลักษณะ เช่น ผนังเซลล์ไม่มีสารเพปทิโดไกลแคน แต่เป็นสารพวก ไกลโคโปรตีน หรือ S-layer โปรตีน โครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์เป็น นกลิเซอรอล อีเธอร์ไลปิด (glycerol-ether lipid) และกรดอะมิโนตัวแรกที่มี สังกะเรทเปปไทด์ คือ เม เทโอนีน (methionine) เป็นต้น ด้วยคุณสมบัติของสารประกอบในผนังเซลล์ และเยื่อหุ้มเซลล์แบบดังกล่าว ทำให้อาร์เคียสามารถอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่นไม่ สามารถเจริญอยู่ได้ แบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ ได้ดังนี้

1.1 กลุ่มเทอร์โมไฟล์ (thermophiles) เป็นกลุ่มอาร์เคียที่เจริญได้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิ สูงตั้งแต่ 45-122 องศาเซลเซียส ใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน แอมโมเนีย มีเทน และ สารประกอบที่มีธาตุไฮโดรเจน มาใช้ในการสร้างสารอินทรีย์ที่จำเป็น

1.2 กลุ่มฮาโลไฟล์ (halophiles) เป็นพวกอาร์เคียที่สามารถเจริญได้ในบริเวณ สภาพแวดล้อมที่มีความเค็มสูงมากกว่าน้ำทะเลทั่วไปได้ถึง 5 เท่า เช่น ในทะเลสาบ Dead Sea เป็นต้น โดยอาร์เคียกลุ่มนี้สามารถสะสมสารอินทรีย์ที่จำเป็นจากสิ่งแวดล้อมไว้ในไซโทพลาสซึมเพื่อการ เจริญเติบโต และมีการพัฒนาระบบการคัดเลือกโพแทสเซียมไอออน (K^+) เข้าสู่ไซโทพลาสซึมของเซลล์ ได้เป็นอย่างดี

1.3 กลุ่มแอซิโดไฟล์ (acidophiles) เป็นกลุ่มอาร์เคียที่สามารถเจริญ เติบโตอยู่ใน สภาพแวดล้อมที่มีความเป็นกรดสูง pH 2 หรือต่ำกว่า อาร์เคียกลุ่มนี้จะมีการพัฒนาเมทาบอไลซึมภายใน เซลล์ให้ปล่อยโปรตอน (H^+) ออกมานอกเซลล์เพื่อปรับสภาพ pH ในไซโทพลาสซึมให้มีความเป็นกลาง และให้เซลล์อยู่รอดต่อไปได้

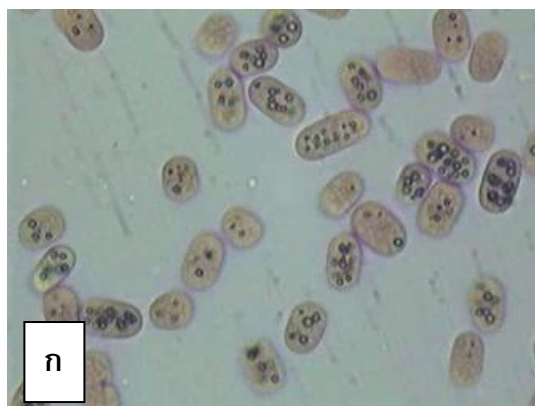
1.4 อัลคาลิไฟล์ (Alkaliphiles) เป็นกลุ่มอาร์เคียที่เจริญได้ในสภาพสิ่งแวดล้อมที่มี สารประกอบอัลคาลีนสูง มีความเป็นด่าง pH 9-11 หรือบริเวณดินที่มีคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) อยู่ในปริมาณ



มาก อาร์เคียกลุ่มนี้สามารถนำไฮโดรเจนออกไซด์ในรูปของไฮโดรเนียม (H_3O^+) ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปในไซโตพลาสซึมเพื่อปรับสมดุลให้ได้ pH 8 ทำให้เซลล์สามารถเจริญอยู่ได้ในสภาพความเป็นด่างสูงได้

2. อาณาจักรย่อยยูแบคทีเรีย (Subkingdom Eubacteria) โพรแคริโอตในอาณาจักรย่อยนี้ถือว่าเป็นแบคทีเรียที่แท้จริง มีลักษณะสำคัญคือ ผนังเซลล์ประกอบด้วยสารพวกเพปทิโดไกลแคน เยื่อหุ้มเซลล์มีไขมันที่มีพันธะเอสเทอร์ ไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์เป็นไขมันไม่แตกแขนง และการดอะมิโนตัวแรกของการสร้างเปปไทด์ คือ ฟอร์มิลเมธิโอนิน (formyl methionine) เป็นต้น แบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.1 กลุ่มโพรทีโอแบคทีเรีย (proteobacteria) เป็นยูแบคทีเรียที่จัดกลุ่มจากการวิเคราะห์ลำดับเบสของยีน 16S RNA มีลักษณะเป็นแบคทีเรียแกรมลบ บางกลุ่มสามารถมีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้คล้ายกับพืช บางกลุ่มสามารถดำรงชีวิตได้โดยใช้ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และได้ซัลเฟอร์เป็นผลพลอยได้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น เพอเฟิลซัลเฟอร์แบคทีเรีย (Purple sulfur bacteria) (รูปที่ 24ก) โพรทีโอแบคทีเรียบางกลุ่มมีบทบาทช่วยตรึงแก๊สไนโตรเจนในอากาศเพื่อนำมาสร้างเป็นสารประกอบไนโตรเจนในดิน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น แบคทีเรียสกุลไรโซเบียม (*Rhizobium*) ในปมรากถั่ว (รูปที่ 24ข) เป็นต้น



รูปที่ 24 โพรทีโอแบคทีเรียที่พบในธรรมชาติ (ก) Purple sulfur bacteria (ข) *Rhizobium* sp.

(ก) จาก <http://www.jgi.doe.gov/sequencing/why/purple-sulfur-bacteria.html>

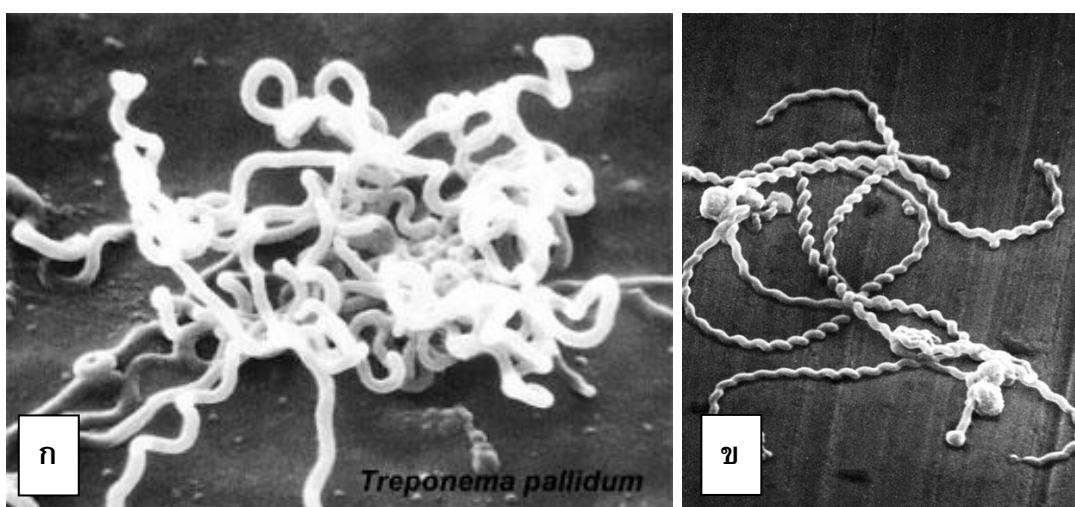
(ข) จาก <http://www.sciencephoto.com/media/13076/enlarge>

2.2 กลุ่มคลาไมเดีย (chlamydia) เป็นยูแบคทีเรียแกรมลบที่ไม่มีเพปทิโดไกลแคน และมีชีวิตอยู่ได้ในเซลล์สัตว์เท่านั้น ทำให้เกิดโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ เช่น โรคโกโนเรีย (gonorrhoea) หรือหนองใน ซึ่งเกิดจากแบคทีเรียชนิด *Neisseria gonorrhoea* (รูปที่ 25) เป็นต้น



รูปที่ 25 แบคทีเรียชนิด *Neisseria gonorrhoea* (ก) ตำแหน่งของแบคทีเรียที่อยู่ภายในเซลล์ (ลูกศรชี้)
(ข) ภาพเซลล์แบคทีเรีย (สีแดง) ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)
(ก) จาก <http://textbookofbacteriology.net/themicrobialworld/pathogenesis.html>
(ข) จาก <http://biocanvas.tumblr.com/post/3930849251/neisseria-gonorrhoeae-in-red-the-bacteria-that>

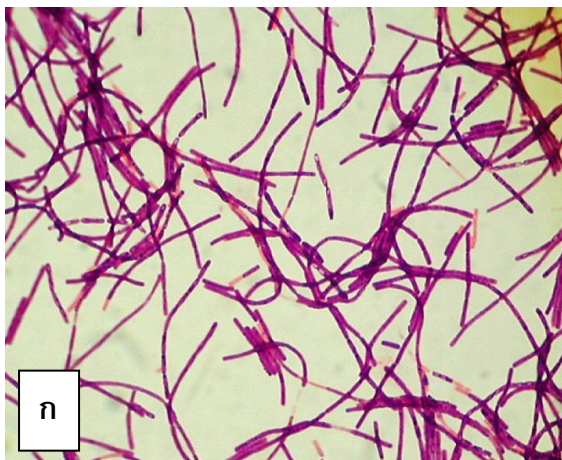
2.3 กลุ่มสไปโรคีท (spirochete) เป็นยูแบคทีเรียแกรมลบ เซลล์รูปเกลียว มีความยาวประมาณ 0.25 มิลลิเมตร ยูแบคทีเรียในกลุ่มนี้ มีการดำรงชีวิตแบบอิสระแต่บางชนิดเป็นสาเหตุของโรค เช่น โรคซิฟิลิส (syphilis) เกิดจากเชื้อ *Treponema pallidum* (รูปที่ 26 ก) และโรคฉี่หนู (leptospirosis) เกิดจากเชื้อ *Leptospira interrogans* (รูปที่ 26 ข) เป็นต้น



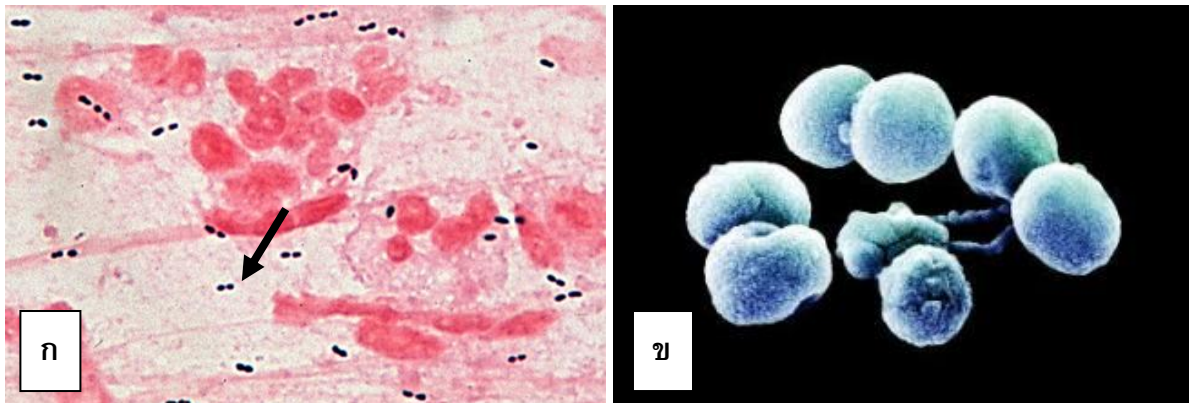
รูปที่ 26 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของแบคทีเรียกลุ่มสไปโรคีท
(ก) เชื้อ *Treponema pallidum* (ข) เชื้อ *Leptospira interrogans*
(ก) จาก <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/11/091130121443.htm>
(ข) จาก <http://microblog.me.uk/59>



2.4 กลุ่มแบคทีเรียแกรมบวก หรือ (gram-positive bacteria) เป็นยูแบคทีเรียที่มีความหลากหลายรองจากกลุ่มโพรทิสต์แบคทีเรีย พบได้ทั่วไปในดินและอากาศ แบคทีเรียแกรมบวกบางชนิดผลิตกรดแลคติกจากน้ำตาลแลคโตสได้ เช่น *Lactobacillus* นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็น การผลิตเนย ผักดอง โยเกิร์ต นมเปรี้ยว เป็นต้น แบคทีเรียบางชนิด นำมาสังเคราะห์เพื่อใช้ทำยาปฏิชีวนะที่ใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อจากแบคทีเรีย เช่น ยาสเตรปโตมัยซิน ยาเตตราซัยคลิน ยาคลอแรมเฟนิคอล ยา ทอกซีซัยคลิน และยาโมโนซัยคลิน เป็นต้น ยูแบคทีเรียบางชนิดทำให้เกิดโรคร้ายแรงต่อมนุษย์และสัตว์ เช่น โรคแอนแทรกซ์ ที่มีสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus anthracis* (รูปที่ 27) เป็นยูแบคทีเรียที่สามารถอยู่ในที่แห้งหรือในดินได้นาน 20-25 ปี มีความทนทานต่อความร้อนสูงถึง 140 องศาเซลเซียส ได้นาน 1-3 ชั่วโมง แต่ถ้ามีความชื้นรวมอยู่ด้วย เช่น นำไปต้ม ก็จะทนความร้อนได้ประมาณ 100 องศาเซลเซียส หรือเท่ากับความร้อนที่น้ำเดือด และอยู่ได้นานเพียง 5-30 นาที เท่านั้น ส่วนยูแบคทีเรียแกรมบวกอีกกลุ่ม คือ *Pneumococcus* sp. (รูปที่ 28) เป็นสาเหตุให้เกิดโรคปอดบวมในคนและวัวได้อีกเช่นกัน

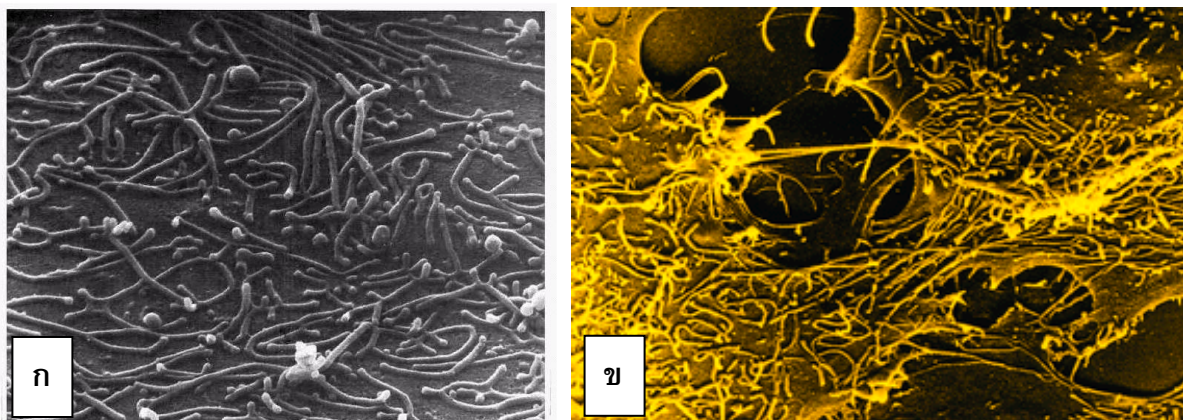


รูปที่ 27 แบคทีเรีย *Bacillus anthracis* เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคแอนแทรกซ์ (ก) ภาพถ่ายแบคทีเรียภายในเซลล์ร่างกาย (ข) อาการของผู้ติดเชื้อ
(จาก <http://www.thaihealth.in.th/2011/08/19/โรคแอนแทรกซ์/>)



รูปที่ 28 แบคทีเรียกลุ่ม *Pneumococcus* เป็นสาเหตุให้เกิดโรคปอดบวม (ก) ภาพถ่ายแบคทีเรียภายในเซลล์ปอด (ลูกศรชี้) (ข) ภาพถ่ายแบคทีเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) (จาก http://www.oerafrica.org/FTPFolder/health/cases_in_microbiology/content/pneumo.html)

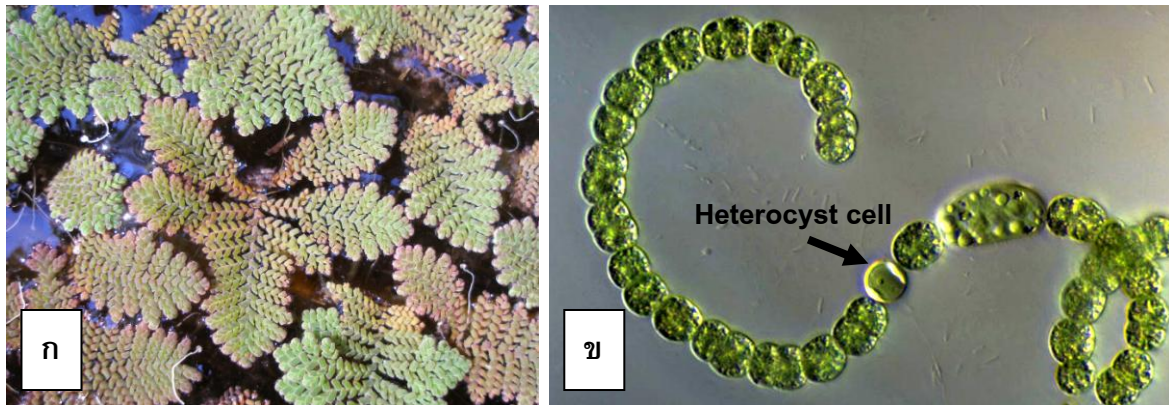
นอกจากนี้ ยังมีแบคทีเรียแกรมบวกอีกกลุ่มหนึ่ง คือ กลุ่มมัยโคพลาสมา (*mycoplasma*) เป็นยูแบคทีเรียที่มีขนาดเล็กมากประมาณ 0.1 – 1.0 ไมโครเมตรเท่านั้น มีเยื่อหุ้มเซลล์หนา ต้องใช้สเตอรอล (sterol) เพื่อศึกษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งมัยโคพลาสมาได้มาในรูปของโคเลสเตอรอลจากเซลล์เจ้าบ้านซึ่งเป็นสัตว์ มีรูปร่างไม่แน่นอน อาจจะมีลักษณะ กลม รี แท่ง เกลียวหรือเส้นยาว ก็ได้ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและแรงดันออสโมติกของอาหารเลี้ยงเชื้อและระยะเวลาการเลี้ยงเชื้อ พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะมีชีวิตแบบอิสระ แต่มีบางชนิดที่สามารถก่อโรคได้ในคน สัตว์ และพืช มัยโคพลาสมาบางชนิดทำให้เกิดโรคในคน เช่น *Mycoplasma pneumoniae* (รูปที่ 29) เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อทางเดินหายใจที่พบได้บ่อยในเด็ก ทำให้เกิดอาการไอ เป็นไข้ เจ็บคอ หลอดลมอักเสบ หรือปอดบวม เป็นต้น



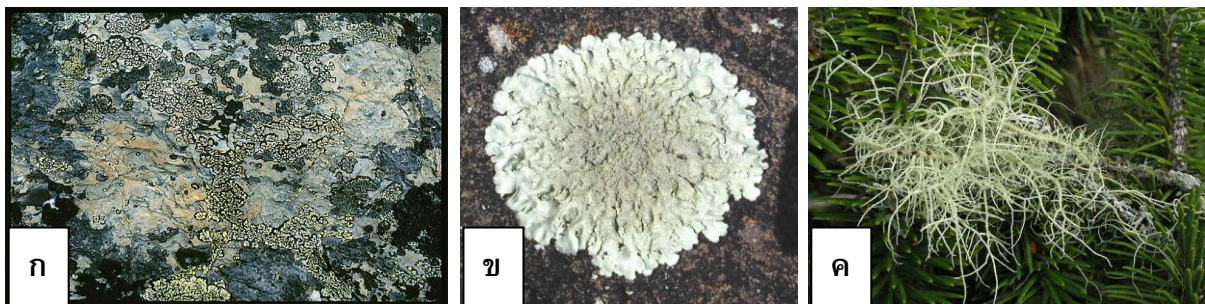
รูปที่ 29 (ก)-(ข) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของ *Mycoplasma pneumoniae* (จาก <http://www.s99.middlebury.edu/BI330A/projects/howard/mpneumoniae.html>)



2.5 กลุ่มไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) หรือเดิมรู้จักในชื่อ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue green algae) เป็นโพรแคริโอตเพียงกลุ่มเดียวที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสงที่มีโมเลกุลออกซิเจนเป็นผลพลอยได้ มีสารสีหลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์ -เอ แคโรทีนอยด์ และไฟโคบิลิน เป็นต้น เซลล์ไซยาโนแบคทีเรียมักจะสร้างเมือก หรือมิวซิลาจินัสส์ (mucilaginous sheath) ขึ้นมาเพื่อห่อหุ้มเซลล์ ทำให้สามารถทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ทั้งในบริเวณที่ร้อนจัด หรือเย็นจัด ไม่เพียงเท่านั้น เรายังอาจจะพบไซยาโนแบคทีเรีย อาศัยร่วมกันในสิ่งมีชีวิตอื่นได้ เช่น แอนนาเบนา (*Anabaena*) ในใบของแห่นางแมว (รูปที่ 30) และรากกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในไลเคน (รูปที่ 31) เป็นต้น

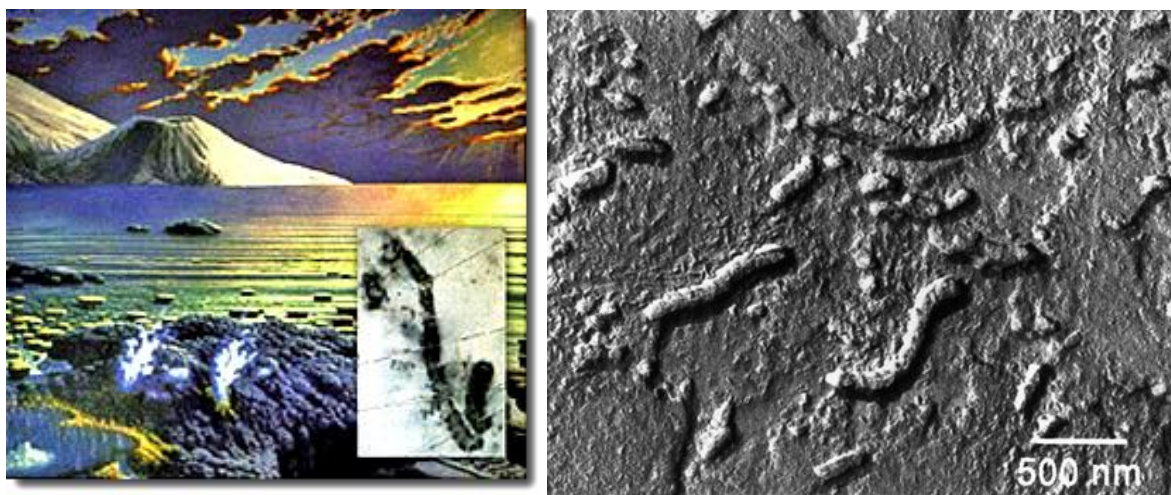


รูปที่ 30 การอยู่ร่วมกันของไซยาโนแบคทีเรียร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่น (ก) แห่นางแมว (ข) *Anabaena*
(จาก <http://cfb.unh.edu/phycokey/phycokey.htm>)



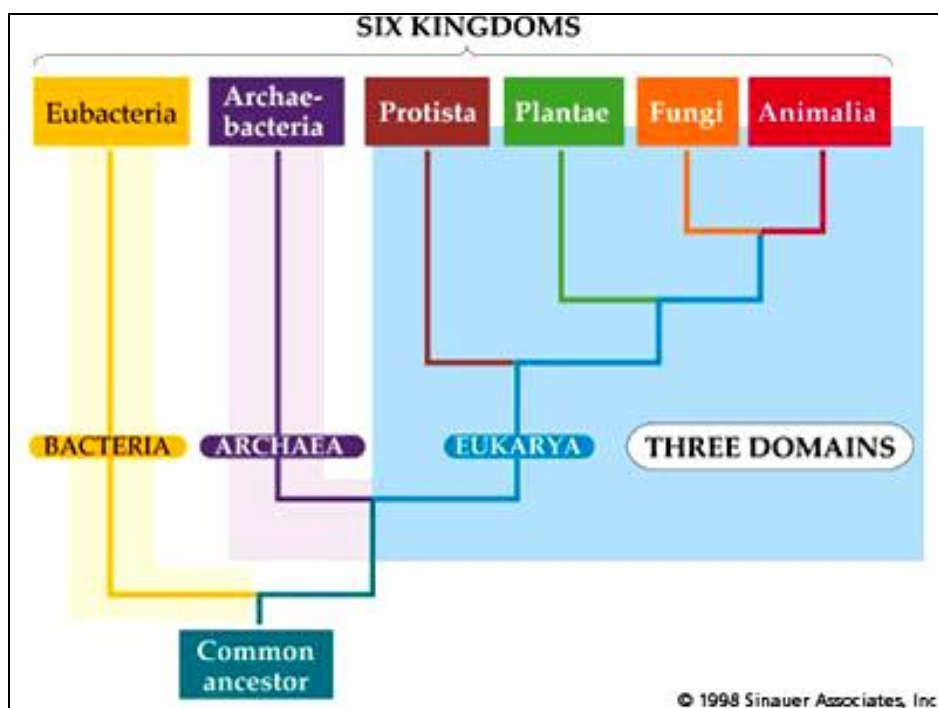
รูปที่ 31 รูปแบบของไลเคน (ก) crustose lichen (ข) foliose lichen (ค) fruticose lichen

หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ ของไซยาโนแบคทีเรีย (รูปที่ 32) ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถคาดคะเนได้ว่าไซยาโนแบคทีเรีย เป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มแรกที่ทำให้มี ออกซิเจน เกิดขึ้นในโลกยุคนั้น ซึ่งก่อให้เกิดการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่หายใจด้วยออกซิเจนและกลุ่มยูแคริโอตในเวลาต่อมา



รูปที่ 32 ฟอสซิลของแบคทีเรีย (จาก <http://www.lifeinuniverse.org/MMfossils-06-01-06-04.html>)

ในปัจจุบันมีการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตที่พบในโลกนี้เป็นระบบที่ยอมรับกันในหมู่นักวิทยาศาสตร์ คือ ระบบ 3 โดเมน แบ่งออกเป็น โดเมน Archaea โดเมน Bacteria และโดเมน Eukarya (รูปที่ 33) ซึ่งการจัดจำแนกดังกล่าวทำให้โพรแคริโอตอยู่ ต่างอาณาจักรกัน อย่างไรก็ตามถือว่าสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรแคริโอต เป็นสิ่งมีชีวิตที่เป็นบรรพบุรุษของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย และเป็นสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นในโลกนี้มานานที่สุด



รูปที่ 33 ผังแสดงการจัดจำแนกกลุ่มสิ่งมีชีวิตเป็น 3 โดเมน

(จาก <http://apbio82007.blogspot.com/2007/09/todays-lesson-focused-on-origin-of-life.html>.)



แนวทางในการจัดการเรียนรู้

เพื่อให้การเรียนรู้ในเรื่องอาณาจักรมอเนอรามีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ควรจัดกิจกรรมเสริม เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และได้เห็นของจริงด้วยการลงมือปฏิบัติ ในกิจกรรมต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. กิจกรรมดักจับสิ่งมีชีวิตที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และรู้จักลักษณะคอโลนีของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอรา

วิธีการ ก่อนที่จะถึงบทเรียนเรื่อง อาณาจักรมอเนอรา ผู้สอนเตรียมอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อที่ทำจากวุ้น และน้ำตาลใสในภาชนะสีที่มีฝาปิดมิดชิด ผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียนนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปแกว่งดักจับสิ่งมีชีวิตที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าในอากาศมาจากสถานที่ต่าง ๆ ใกล้ตัวผู้เรียน เช่น ห้องเรียน ห้องนั่งเล่น ห้องครัว ห้องนอน ห้องน้ำ โต๊ะหนังสือ ตู้วางรองเท้า เป็นต้น หลังจากนั้นปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อให้มิดชิดแล้ววางทิ้งไว้ในที่มีอากาศถ่ายเทได้ดีประมาณ 3-5 วัน แล้วให้ผู้เรียนนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อมาดูผลการศึกษาในชั่วโมงเรียนเรื่องอาณาจักรมอเนอรา โดยแลกเปลี่ยนกันสังเกตและช่วยกันบันทึกลักษณะของคอโลนีสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏในภาชนะเลี้ยงเชื้อ (คุณผู้สอนต้องระวังอย่าเตือนอย่าให้ผู้เรียนเปิดฝาภาชนะอาหารที่มีเชื้อต่าง ๆ เจริญ ภายในห้องเรียน)

การอภิปรายผล ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกตในด้านต่าง ๆ ได้แก่

- ลักษณะคอโลนีที่พบ เช่น ขนาด สี ความมันวาว
- ชนิดและความหนาแน่นของเชื้อที่พบในอากาศ
- การเจริญเติบโตของเชื้อแต่ละคอโลนี
- หาเหตุผลอธิบายว่าทำไมถึงพบเชื้อปริมาณแตกต่างกันในแต่ละสถานที่

2. กิจกรรมนักสืบสายน้ำ

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักถิ่นอาศัยของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอรา และเข้าใจลักษณะสำคัญของเซลล์โพรแคริโอต

วิธีการ หลังจากที่ผู้เรียนชมสื่อการสอนเรื่องอาณาจักร มอเนอราแล้ว คุณผู้สอนแบ่งกลุ่มผู้เรียนเพื่อศึกษาสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอราภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยคุณผู้สอนจัดเตรียมตัวอย่างมาให้ หรืออาจจะให้ผู้เรียนไปเก็บตัวอย่างที่คาดว่าเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอราที่อยู่บริเวณโรงเรียนมาศึกษาด้วยตัวเอง ตัวอย่างที่นำมาศึกษาอาจจะมาจากหลายแหล่ง เช่น ในแหล่งสระน้ำ แหล่งน้ำขัง คราบสีเขียวแกมน้ำเงินบริเวณข้างทาง ท่อนที่ลอยอยู่ผิวน้ำ และແຜ່ນແຕງ เป็นต้น หลังจากได้ตัวอย่างมาแล้วให้ผู้เรียนเตรียมตัวอย่างบนสไลด์แล้วนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้กำลังขยายตั้งแต่ 10x จนถึง 40x แล้วพิจารณาว่าเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่พบเป็นเซลล์ประเภทไหน หลังจากนั้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มออกมารายงานลักษณะสิ่งมีชีวิตที่พบหน้าชั้นเรียน



การอภิปราย ผู้เรียนแต่ละกลุ่มรายงานผลการศึกษาจากการสังเกตด้านต่าง ๆ เช่น

- การสังเกตโครงสร้างของเซลล์ เช่น นิวเคลียส คลอโรพลาสต์ แวกคิวโอล เมือกหุ้ม เป็นต้น
- รูปแบบของเซลล์ที่พบ เช่น เซลล์เดี่ยว เซลล์อยู่รวมกันเป็นคอลนี และเป็นเส้นสาย เป็นต้น
- โครงสร้างที่ช่วยในการเคลื่อนที่ เช่น หนวด ซีเรีย เป็นต้น
- ผู้เรียนยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรแคริโอตที่พบ พร้อมอธิบายเหตุผลในการเลือกตัวอย่างดังกล่าว

จากนั้นผู้สอนจัดให้มีการอภิปราย โดยใช้คำถามและมีแนวของคำตอบดังนี้

1. **คำถาม :** สังเกตได้อย่างไรว่าเซลล์ที่พบเป็นเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอรา

ตอบ : สังเกตจากลักษณะภายในเซลล์ไม่พบนิวเคลียส ถ้าเป็นเซลล์ขนาดใหญ่อาจมองเห็นออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ภายในเซลล์มีการกระจายอยู่ทั่วไปอย่างไม่เป็นระเบียบ บางกลุ่มมีสารสีปรากฏ บางกลุ่มอาจจะมีการเคลื่อนที่ได้ และบางกลุ่มอาจจะมีเมือกหุ้มเซลล์เห็นชัดเจน

2. **คำถาม :** สังเกตได้อย่างไรว่าสิ่งมีชีวิตที่เห็นเป็นไซยาโนแบคทีเรีย

ตอบ : โครงสร้างหรือคอลนีที่พบมีลักษณะ สารสีเป็นสีเขียวแกมน้ำเงิน เมื่อส่องดูใต้กล้องจุลทรรศน์จะพบว่าเซลล์หรือคอลนีมีเมือกหุ้ม ในกลุ่มที่มีรูปทรงแบบเส้นสายมักมีการสร้าง heterocyst และมี dead cell ปรากฏให้เห็น

3. **คำถาม :** หลังจากศึกษาเรื่องสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอราแล้ว ผู้เรียนมีความรู้สึกรู้สึกอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรนี้

ตอบ : คำถามในข้อนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ เพื่อเป็นการค้นหาสิ่งที่ผู้เรียนได้รับ เช่น เรื่องของการระมัดระวังเกี่ยวกับความสกปรกในชีวิตประจำวัน เรื่องประโยชน์และโทษของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรมอเนอรา รวมถึงแนวคิดใหม่ ๆ ที่ผู้เรียนอาจจะคิดขึ้นมานอกเหนือจากในบทเรียน



ภาคผนวก

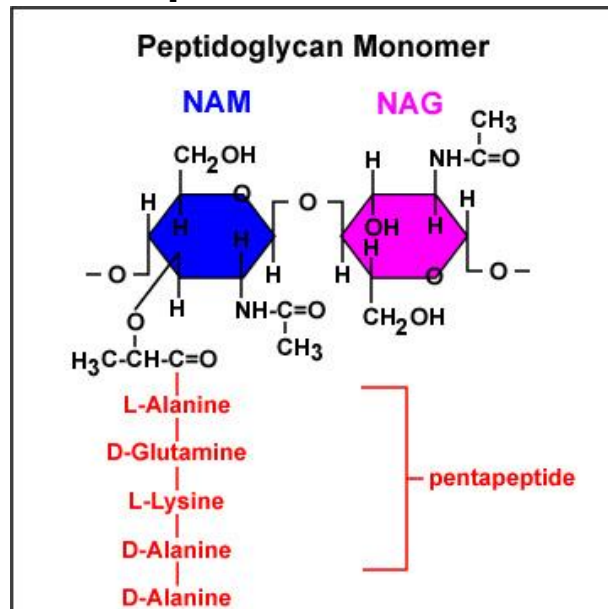
ก. คำอธิบายศัพท์

คอโลนี (colony)

กลุ่ม หรือการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ พบในแบคทีเรีย
สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน รา และสาหร่ายบางชนิด

เพปติโดไกลแคน
(peptidoglycan)

โพลีเมอร์ของน้ำตาล 2 ชนิด คือ NAG (N-acetyl-D-glucosamine)-NAM (N-
acetyl-D-muramic acid) ต่อกันด้วยพันธะ β -(1, 4)-glycosidic bond ต่อ
สลับกันไประหว่างแถวจะถูกเชื่อมด้วยกรดอะมิโน



(จาก <http://faculty.ccbcmd.edu/courses/bio141/lecguide/unit1/prostruct/u1fig8b.html>)

ฟอสซิล (Fossil)

ซากดึกดำบรรพ์ เป็นซากของสิ่งมีชีวิตหรือรอยที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตในอดีตมีมา
นานแล้ว

มิวซิลาจิ้นัส ซีท
(mucilaginous sheath)

เมือกหรือเนื้อเยื่อที่เป็นเมือก มักพบห่อหุ้มเซลล์หรือกลุ่มของสาหร่ายสีเขียว
แกมน้ำเงิน

สโตรมาโตไลต์ (Stromatolite)

โครงสร้างเกิดขึ้นจากแบคทีเรีย เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (ไซยาโน
แบคทีเรีย) หรืออาจเกิดจากแบคทีเรียและสาหร่ายเซลล์เดียวชนิดอื่นได้อีก
ด้วย พบในบริเวณน้ำตื้น



ออโตทรอฟ (autotroph)	สิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์อาหารได้โดยการเปลี่ยนอนินทรีย์สารต่าง ๆ ให้เป็นอินทรีย์สาร เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน โดยใช้แสงเป็นแหล่งพลังงาน จัดเป็นผู้ผลิตในห่วงโซ่อาหาร
เฮเทโรทรอฟ (heterotroph)	สิ่งมีชีวิตที่ต้องการอินทรีย์สารเป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงาน เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ จัดเป็นผู้บริโภคในห่วงโซ่อาหาร
เฮเทอโรซิสต์ (heterocyst)	เซลล์พิเศษที่ทำหน้าที่ในการตรึงไนโตรเจน (N_2) ในอากาศ พบในกลุ่มไซยาโนแบคทีเรียที่เป็นเส้นสาย เช่น <i>Nostoc</i> และ <i>Anabaena</i> เป็นต้น เซลล์มีผนังเซลล์หนากว่าและมีสีอ่อนกว่าสีของเซลล์ทั่วไป บริเวณหัวและท้ายของเซลล์เป็นขั้วหนาสีเหลืองอ่อนมองเห็นชัดเจน

ข. แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

1. Reece, J.B, L.A. Urry, M.J. Cain, S.A. Wasserman, P.V. Minorsky and R.B. Jackson. 2011. Campbell Biology, 9th edition (Global Edition). Pearson Education, Inc., San Francisco.
2. Barnes. 1998. The Diversity of Living Organisms. Blackwell Publishing, University of Cambridge Cambridge UK.



รายชื่อสื่อการสอนวิชาชีววิทยาจำนวน 92 ตอน

ตอนที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
1	ชีววิทยาคืออะไร	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพฤทธิกุล
2	ชีวจริยธรรม	รศ.ดร.สุจินดา มัลย์วิจิตรนนท์
3	การวางแผนการทดลอง และการตรวจสอบสมมติฐาน	ผศ.ดร.พงษ์ชัย หาญยุทธนากร
4	ตัวอย่างการทดลองทางชีววิทยา	ผศ.ดร.พงษ์ชัย หาญยุทธนากร
5	ส่วนประกอบและวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	อ.ดร.จิรารัช กิตนะ
6	การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาและประมาณขนาดด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	อ.ดร.จิรารัช กิตนะ
7	ปฏิกิริยา polymerization และ hydrolysis	อ.ดร.จุฑาพันธุ์ พิณสวัสดิ์
8	โปรตีน	ผศ.ดร.พงษ์ชัย หาญยุทธนากร
9	กรดนิวคลีอิก	ผศ.ดร.พงษ์ชัย หาญยุทธนากร
10	การดำรงชีวิตของเซลล์	ผศ.ดร.พงษ์ชัย หาญยุทธนากร
11	การสื่อสารระหว่างเซลล์; บทนำ	ผศ.ดร.อรรพรรณ สัตยาลัย
12	การสื่อสารระหว่างเซลล์; การสื่อสารระยะไกลในพืชและสัตว์	ผศ.ดร.อรรพรรณ สัตยาลัย
13	การสื่อสารระยะไกลในสัตว์	ผศ.ดร.อรรพรรณ สัตยาลัย
14	องค์ประกอบของการสื่อสารระหว่างเซลล์	ผศ.ดร.อรรพรรณ สัตยาลัย
15	ทางเดินอาหารและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง	ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา
16	การย่อยอาหารในลำไส้เล็ก	ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา
17	ภาพรวมของการสลายอาหารระดับเซลล์	อ.ดร.จุฑาพันธุ์ พิณสวัสดิ์
18	ลูกโซ่หายใจ	อ.ดร.จุฑาพันธุ์ พิณสวัสดิ์
19	oxidative phosphorylation	อ.ดร.จุฑาพันธุ์ พิณสวัสดิ์
20	การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์น้ำและสัตว์บก	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพฤทธิกุล
21	เรื่องกลไกการหายใจและศูนย์ควบคุมการหายใจในคน	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพฤทธิกุล
22	ไต: หน่วยไต และการสร้างปัสสาวะของไตคน	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพฤทธิกุล



ตอนที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
23	ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด (open circulatory system) และแบบปิด (closed circulatory system)	รศ.ดร.วิทยา ยศยิ่งยวด
24	องค์ประกอบของเลือด หมู่เลือด และการแข็งตัวของเลือด	รศ.ดร.วิทยา ยศยิ่งยวด
25	การป้องกันตนเองของร่างกาย และ ระบบภูมิคุ้มกัน	รศ.ดร.วิทยา ยศยิ่งยวด
26	การเคลื่อนที่ของปลา	รศ.วิภา เมฆวิชัย
27	กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อโครงร่าง	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพฤทธิกุล
28	การทำงานของเซลล์ประสาท	อ.ดร.นพดล กิตนะ
29	การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท	อ.ดร.นพดล กิตนะ
30	เซลล์รับความรู้สึก	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพฤทธิกุล
31	หูและการได้ยิน	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพฤทธิกุล
32	ฮอร์โมนคืออะไร	รศ.ดร.สุจินดา มัลย์วิจิตรนนท์
33	ชนิดของฮอร์โมนและชนิดของเซลล์เป้าหมาย	รศ.ดร.สุจินดา มัลย์วิจิตรนนท์
34	การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 1 วัฏจักรเซลล์ อินเทอร์เฟส และ division phase	ผศ.ดร.อรรพรรณ สัตยาลัย
35	การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 2 วัฏจักรเซลล์ division phase mitosis	ผศ.ดร.อรรพรรณ สัตยาลัย
36	การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 3 วัฏจักรเซลล์; division phase; meiosis	ผศ.ดร.อรรพรรณ สัตยาลัย
37	เซลล์พืช	ผศ.ดร.มานิต คิตอยู่
38	เนื้อเยื่อพืช	ผศ.ดร.มานิต คิตอยู่
39	ปากใบและการควบคุมการเปิด-ปิดของปากใบ	อ.ดร.อัญชลี ใจดี
40	การลำเลียงน้ำของพืช	รศ.ดร.ปรีดา บุญ-หลง
41	พลังงานชีวิต	รศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์
42	ปฏิกิริยาแสง (Light reaction)	รศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์
43	ปฏิกิริยาคาร์บอน (carbon reaction) – Calvin cycle	ผศ.ดร.บุญธิดา ไชยมิตรทรัพย์
44	กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C ₄	ผศ.ดร.บุญธิดา ไชยมิตรทรัพย์



ตอนที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
45	กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช CAM	ผศ.ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์
46	ปัจจัยจำกัดในการสังเคราะห์ด้วยแสง	รศ.ดร.ปรีดา บุญ-หลง
47	โครงสร้างของดอก (Structure of Flower)	ผศ.ดร.ต่อศักดิ์ สีลานันท์
48	การปฏิสนธิในพืชดอก	ผศ.ดร.ต่อศักดิ์ สีลานันท์
49	การเกิดและโครงสร้างผล	อ.ดร.สร้อยนภา ญาณวัฒน์
50	การงอกของเมล็ด	รศ.นันทนา อังกินันท์
51	การวัดการเจริญเติบโตของพืช	อ.ดร.อัญชลี ใจดี
52	ออกซิน	ผศ.ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ
53	การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการเกษตร	ผศ.พัชรา ลิ้มปะนะเวช
54	การเคลื่อนไหวของพืช	ผศ.ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ
55	ความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยก	ผศ. เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์
56	กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ	ผศ. เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์
57	มัลติเปิลแอลลีล (Multiple alleles)	อ.ดร.วรลักษณ์ เกษตรานันท์
58	พอลิยีน (Polygene)	อ.ดร.วรลักษณ์ เกษตรานันท์
59	โครงสร้างของดีเอ็นเอ (DNA structure)	อ.ดร.เพลินพิศ โชคชัยชำนาญกิจ
60	โครงสร้างของโครโมโซม (Chromosome structure)	อ.ดร.เพลินพิศ โชคชัยชำนาญกิจ
61	การถอดรหัสพันธุกรรม (Transcription)	อ.ดร.ธนะกาญจน์ มัญชุพานี
62	การแปลรหัสพันธุกรรม (Translation)	อ.ดร.ธนะกาญจน์ มัญชุพานี
63	แนะนำพันธุวิศวกรรม	อ.ดร.ปฐมวดี ญาณทัศน์ย์จิต
64	ขั้นตอนของพันธุวิศวกรรม	อ.ดร.ปฐมวดี ญาณทัศน์ย์จิต
65	สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically modified organisms: GMOs)	อ.ดร.รัชนิกร ธรรมโชติ
66	ชาร์ล ดาร์วิน คือใคร	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
67	หลักฐานการเกิดวิวัฒนาการ	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
68	ทฤษฎีวิวัฒนาการของดาร์วิน	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์



ตอน	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
69	วิวัฒนาการของเชื้อดื้อยา	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
70	วิวัฒนาการของมนุษย์	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
71	อาณาจักรมอเนอร่า	ผศ.ดร.รสริน พลวัฒน์
72	อาณาจักรมอเนอร่า	ผศ.ดร.รสริน พลวัฒน์
73	อาณาจักรฟังไจ	ผศ.ดร.จิตรตรา เพ็ญเขียว
74	ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
75	ความหลากหลายของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	รศ.วีณา เมฆวิชัย
76	กลไกของพฤติกรรม	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
77	พฤติกรรมการเรียนรู้แบบต่าง ๆ	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
78	การสื่อสารระหว่างสัตว์	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
79	แนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
80	ไบโอมบ่นบก	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
81	การสำรวจระบบนิเวศบ่นบก	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
82	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยทางกายภาพ	ผศ.ดร.วิเชษฐ คนชื้อ
83	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ในระบบนิเวศ	ผศ.ดร.วิเชษฐ คนชื้อ
84	โซ่อาหารและใยอาหาร	ผศ.ดร.วิเชษฐ คนชื้อ
85	วัฏจักรสาร	ผศ.ดร.วิเชษฐ คนชื้อ
86	ความหมายของคำว่าประชากร (population) และประวัติการศึกษาประชากร	รศ.ดร.กำธร ธีรคุปต์
87	วิธีการหาความหนาแน่นของประชากรโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบวางแปลง (quadrat sampling method)	รศ.ดร.กำธร ธีรคุปต์
88	การเพิ่มขนาดของประชากร (population growth)	รศ.ดร.กำธร ธีรคุปต์
89	โครงสร้างอายุ (age structure) ของประชากร	รศ.ดร.กำธร ธีรคุปต์
90	ประเภทของทรัพยากร	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา
91	ปัญหาที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา
92	หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา



--	--	--