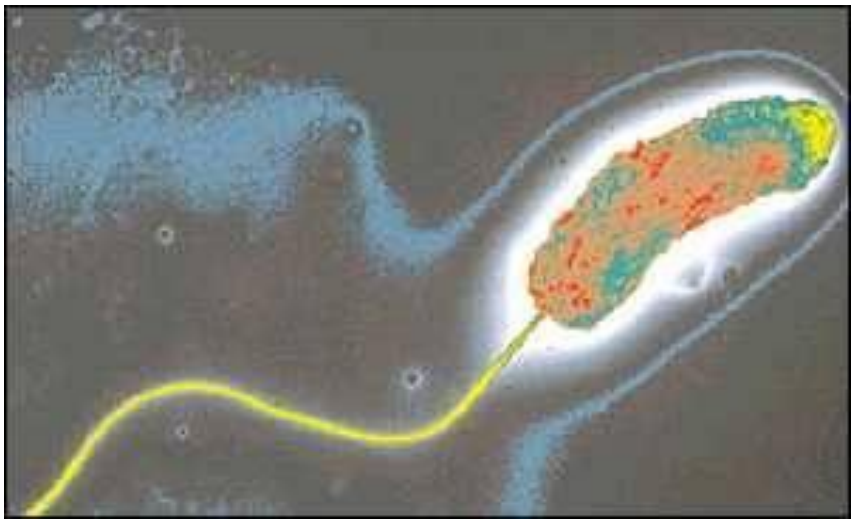
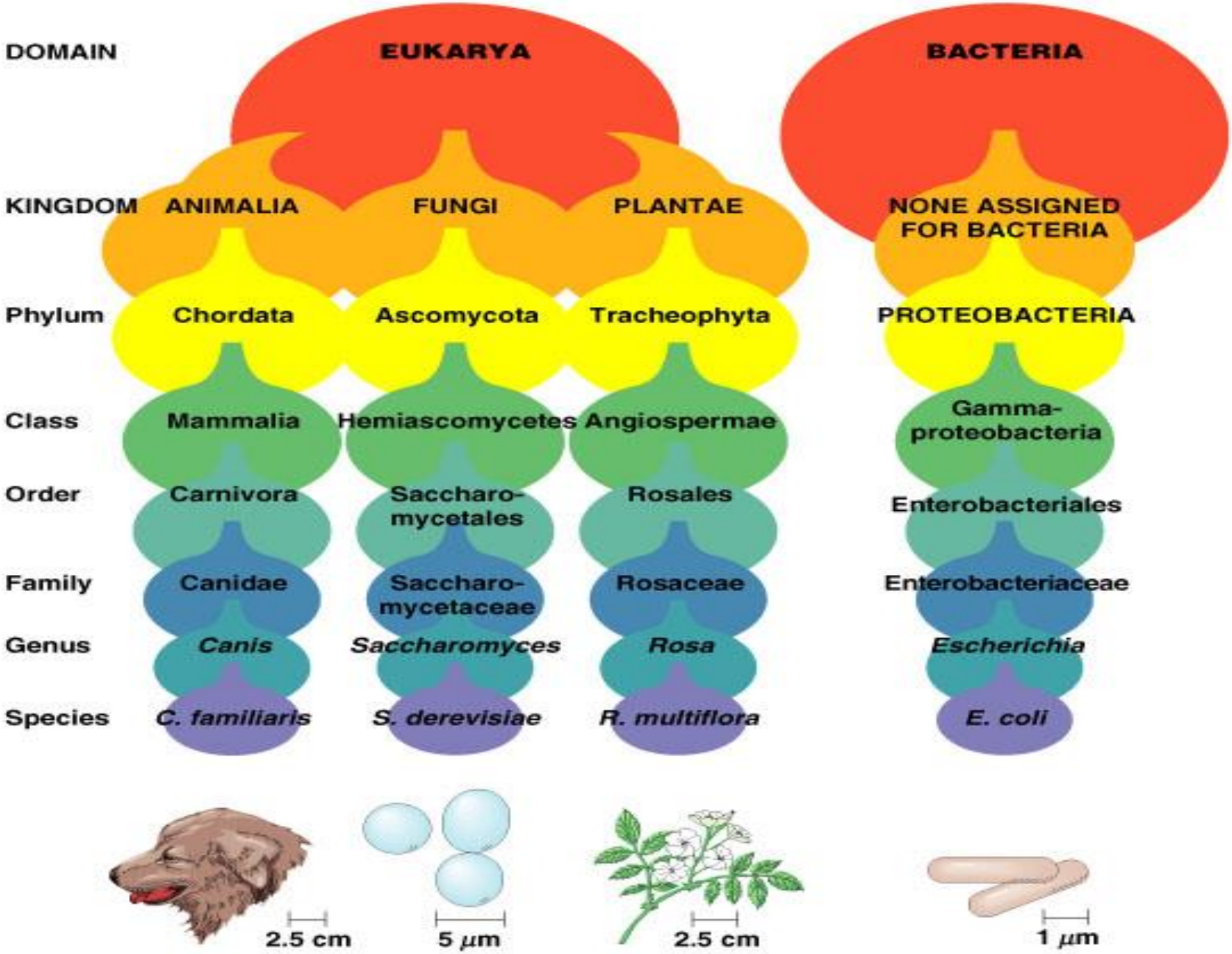
บทที่ 7

การจัดจำแนกชนิดของจุลินทรีย์

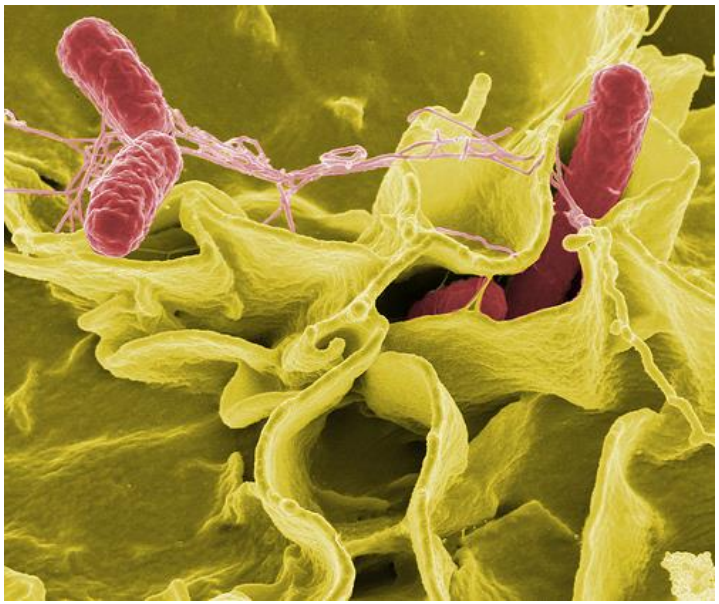




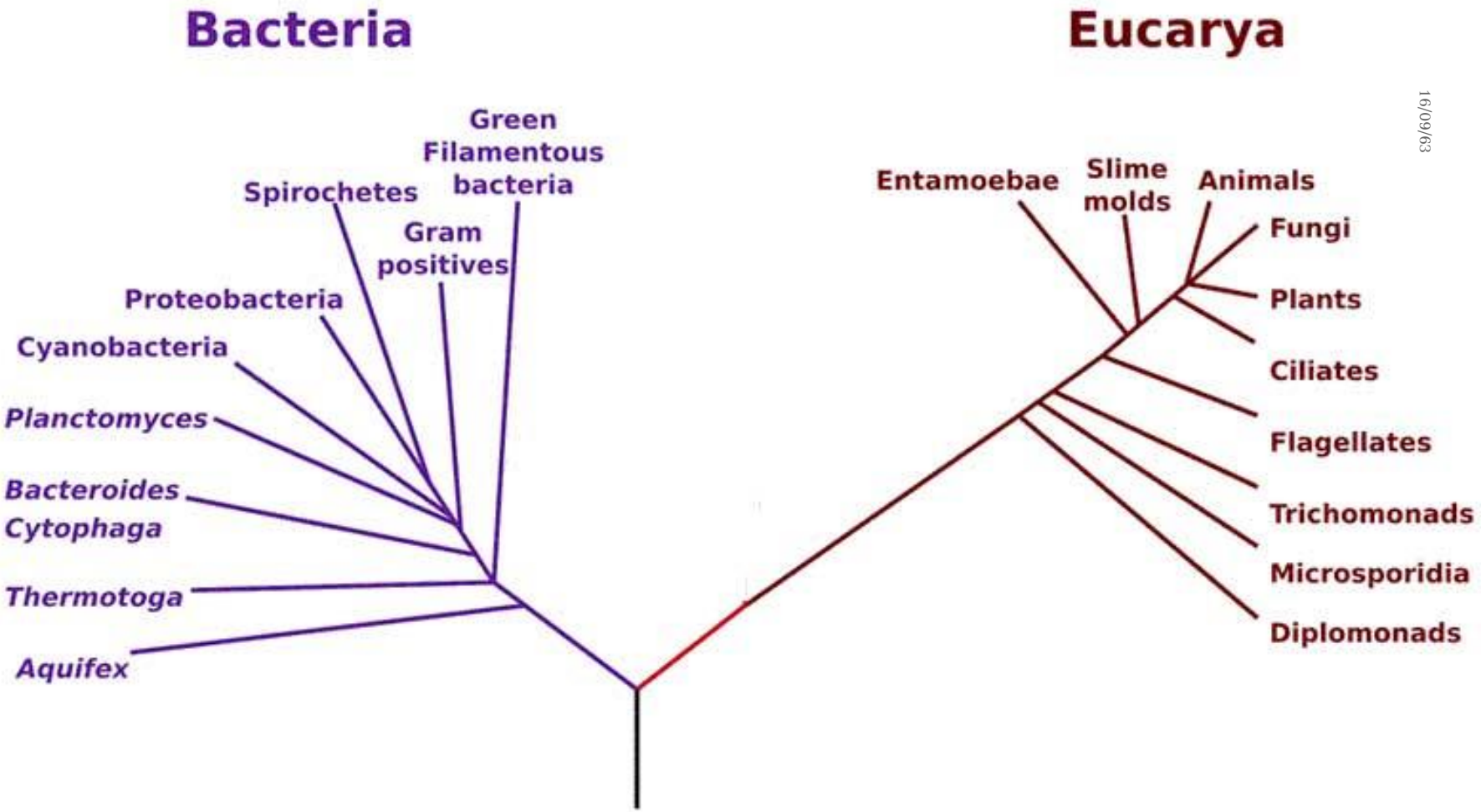
Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

การจำแนกประเภทของจุลินทรีย์(classification)

- ก่อนการจัดจำแนกต้องรู้จักลักษณะ(characteristics) ของจุลินทรีย์นั้น วิชาที่เกี่ยวข้องกับการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่เรียกว่า อนุกรมวิธาน(Taxonomy) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ จำแนกสิ่งมีชีวิตโดยบอกถึงความสัมพันธ์และความแตกต่างระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งกับสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง

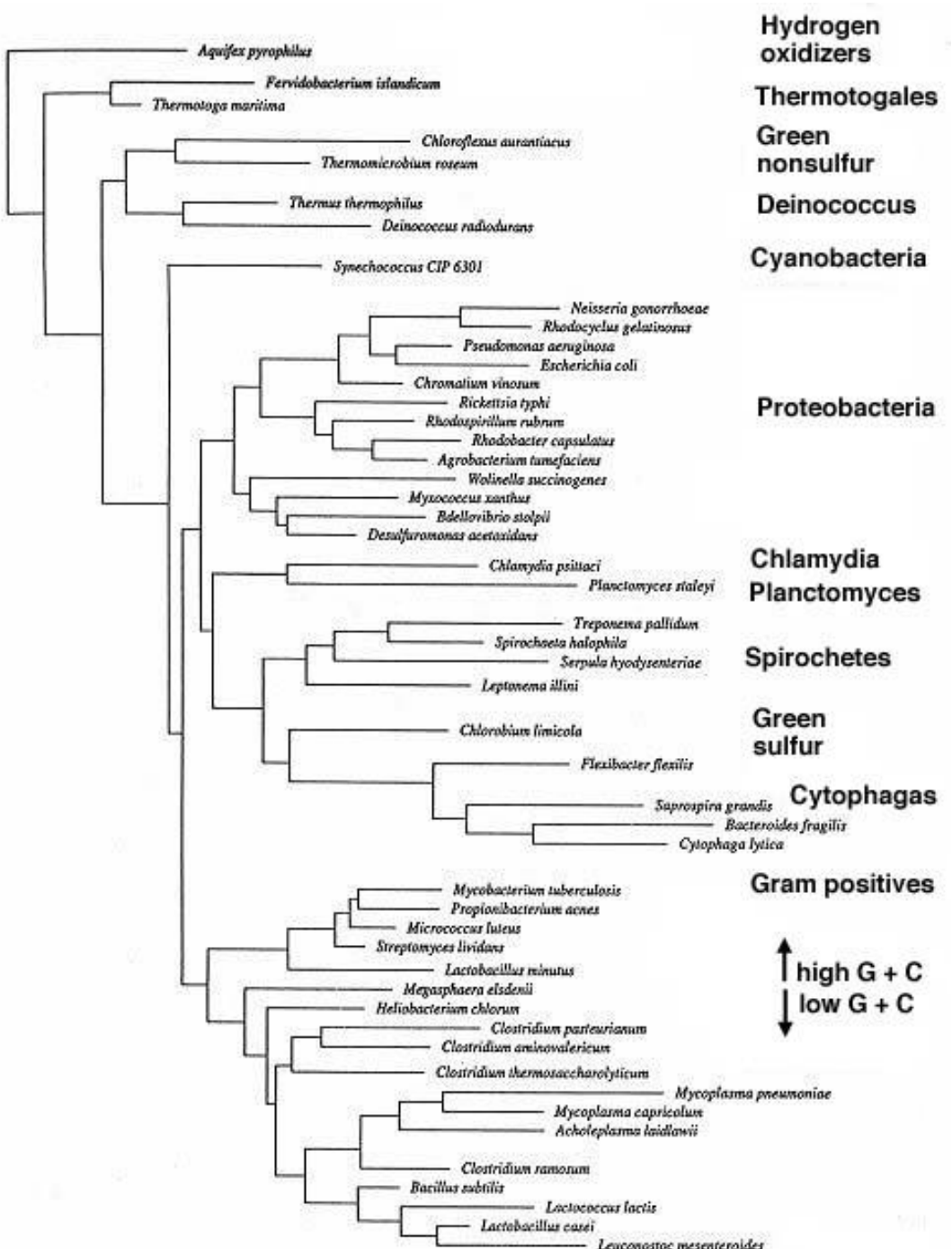


Phylogenetic Tree of Life

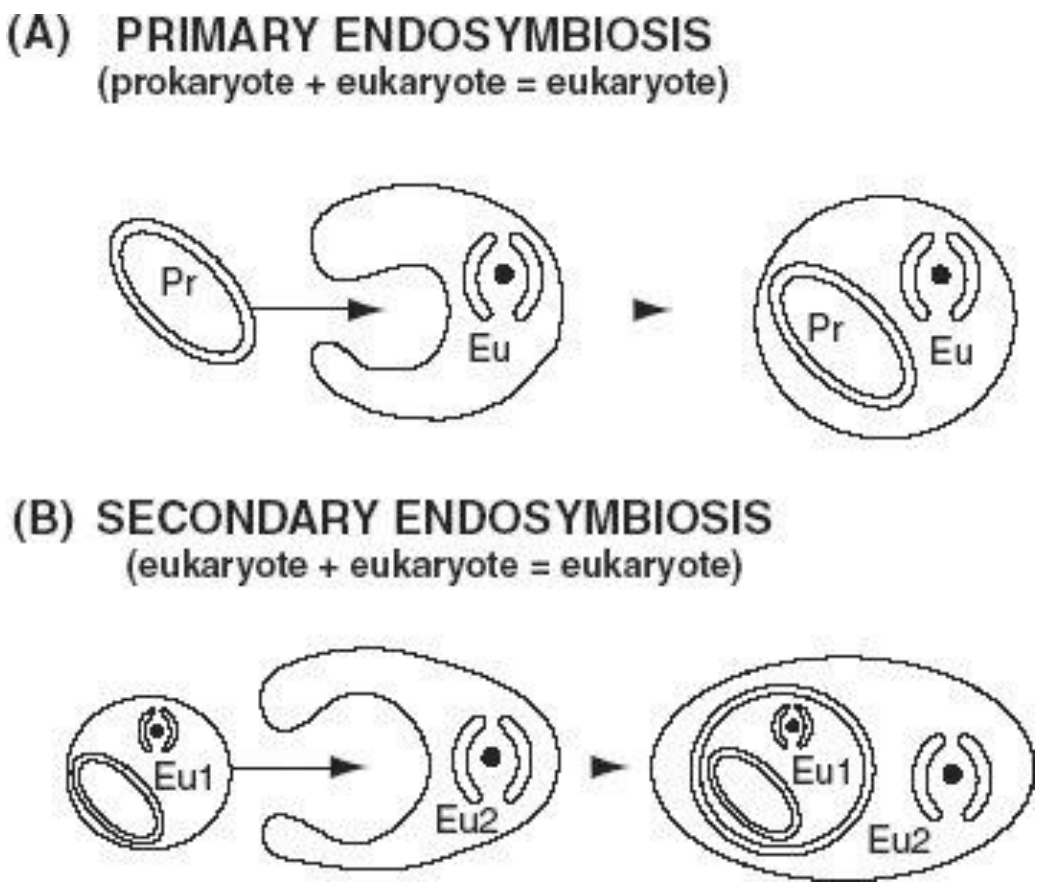


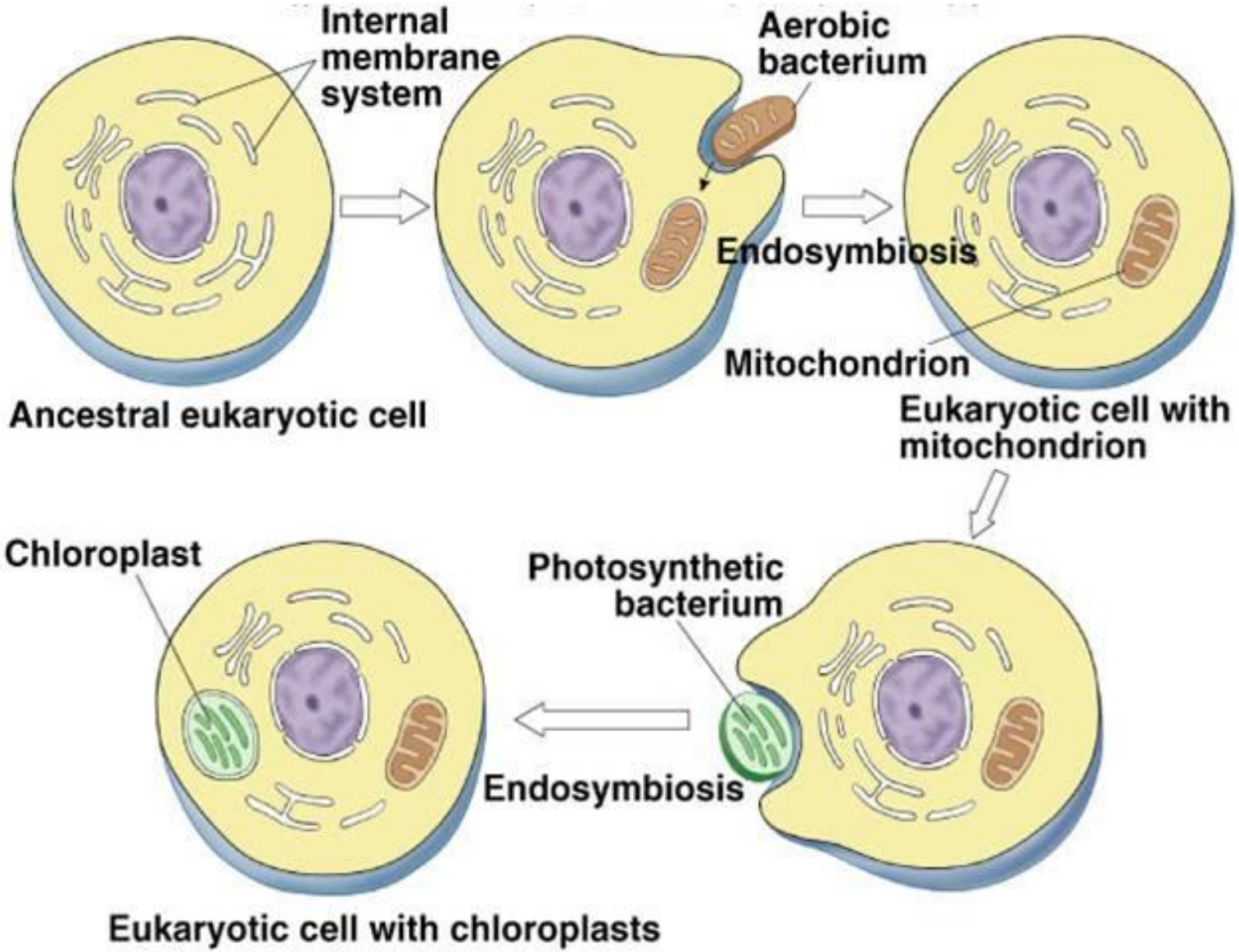
ความสัมพันธ์ทางสายวิวัฒนาการ

- จากทฤษฎีวิวัฒนาการของชาร์ลส ดาร์วิน อธิบายว่า สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะต่างๆที่คล้ายกันเป็นผลเนื่องจากการสืบทอดมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน การจัดสิ่งมีชีวิตไว้ในหมวดหมู่ที่เรียกว่า ลำดับชั้น (taxa) จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น ดังนั้นการจัดสิ่งมีชีวิตเป็นลำดับขั้น จึงแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ทางสายวิวัฒนาการ


Aquifex pyrophilus
Fervidobacterium islandicum
Thermotoga maritima
Chloroflexus aurantiacus
Thermomicrobium roseum
Thermus thermophilus
Deinococcus radiodurans
Synechococcus CIP 6301
Neisseria gonorrhoeae
Rhodocyclus gelatinosus
Pseudomonas aeruginosa
Escherichia coli
Chromatium vinosum
Rickettsia typhi
Rhodospirillum rubrum
Rhodobacter capsulatus
Agrobacterium tumefaciens
Wolinella succinogenes
Myxococcus xanthus
Bdellovibrio stolpii
Desulfuromonas acetoxidans
Chlamydia psittaci
Planctomyces staleyi
Treponema pallidum
Spirochaeta halophila
Serpula hyodysenteriae
Leptonema illini
Chlorobium limicola
Flexibacter flexilis
Saprospira grandis
Bacteroides fragilis
Cytophaga lytica
Mycobacterium tuberculosis
Propionibacterium acnes
Micrococcus luteus
Streptomyces lividans
Lactobacillus minutus
Megasphaera elsdenii
Heliobacterium chlorum
Clostridium pasteurianum
Clostridium aminovalericum
Clostridium thermosaccharolyticum
Mycoplasma pneumoniae
Mycoplasma capricolum
Acholeplasma laidlawii
Clostridium ramosum
Bacillus subtilis
Lactococcus lactis
Lactobacillus casei
Hydrogen oxidizers
Thermotogales
Green nonsulfur
Deinococcus
Cyanobacteria
Proteobacteria
Chlamydia
Planctomyces
Spirochetes
Green sulfur
Cytophagas
Gram positives
high G + C
low G + C

ในการแบ่งสิ่งมีชีวิตเป็นยูคาริโอต(eucaryote)และโปรคาริโอต(procaryote) มีผู้กล่าวว่า ยูคาริโอติกเซลล์วิวัฒนาการมาจากการที่โปรคาริโอติกเซลล์เข้าไปอาศัยอยู่ในสิ่งมีชีวิตอีกเซลล์หนึ่งในลักษณะของเอนโดซิมไบออนด์(endosymbiont)

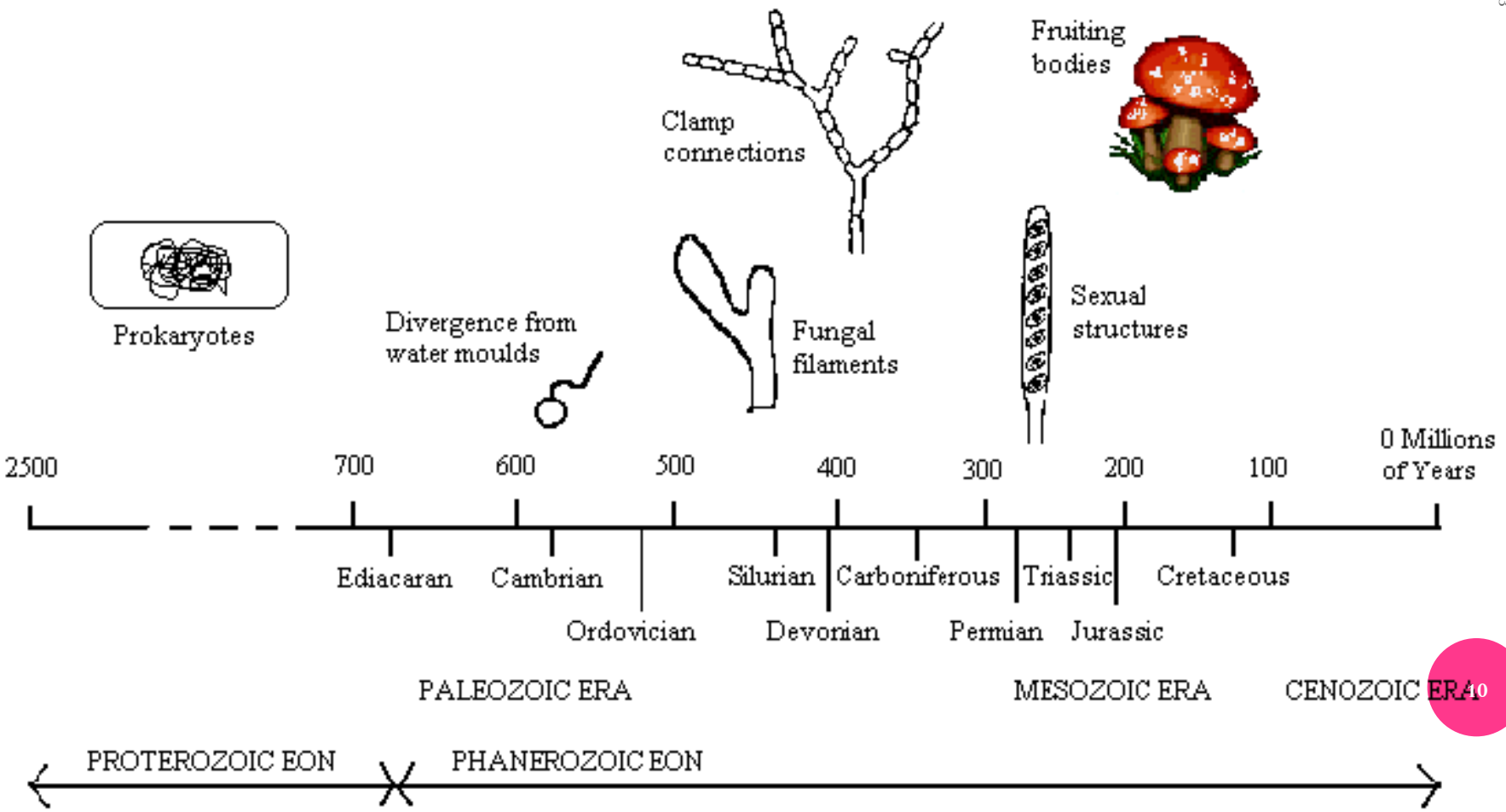



Internal membrane system
Aerobic bacterium
Endosymbiosis
Mitochondrion
Ancestral eukaryotic cell
Eukaryotic cell with mitochondrion
Chloroplast
Photosynthetic bacterium
Endosymbiosis
Eukaryotic cell with chloroplasts

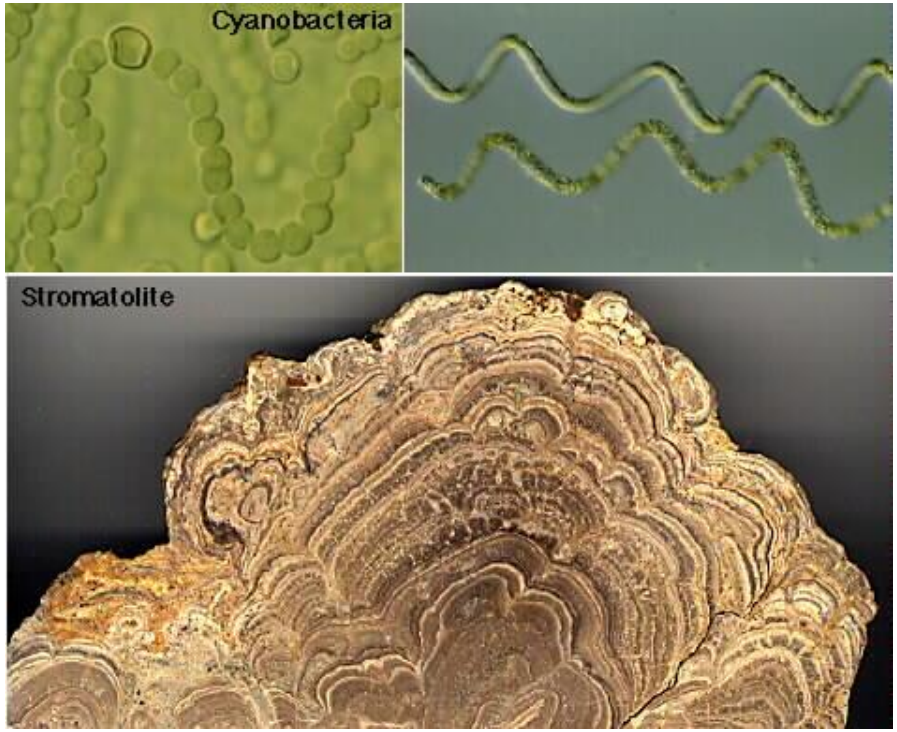
ตารางที่ 7.1 เปรียบเทียบลักษณะของโปรคาริโอติกเซลล์ ยูคาริโอติกเซลล์ และออร์แกนเนลล์ของยูคาริโอต

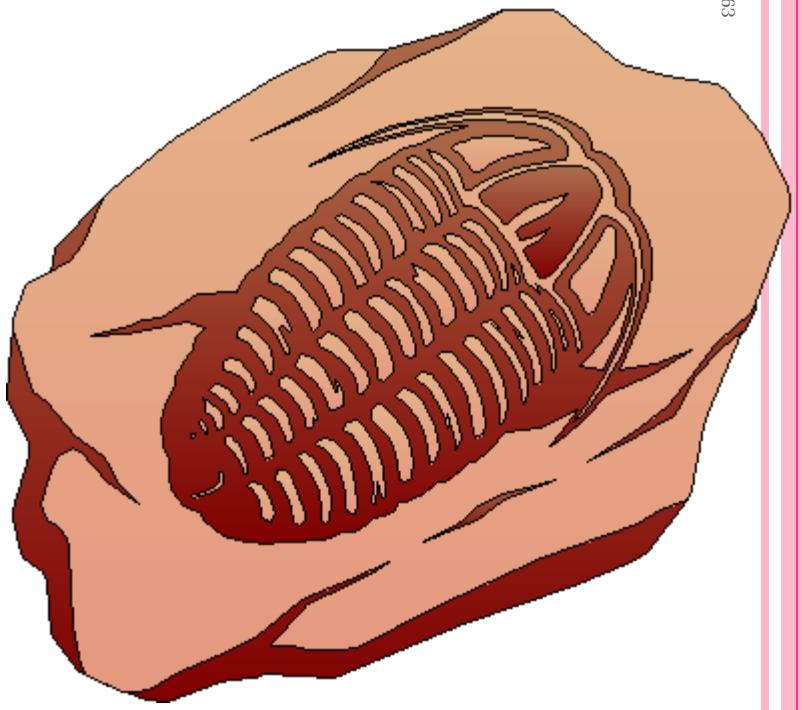
	โปรคาริโอติกเซลล์	ยูคาริโอติกเซลล์	ไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์(ออร์แกเนลล์ของยูคาริโอต)
DNA	วงกลม	เส้นตรง	วงกลม
ฮิสโทน(histone)	ไมมี	มี	ไม่มี
ไรโบโซม	70s	80s	70s
การเจริญเติบโต	แบ่งตัวจากหนึ่งเป็นสอง(binary fission)	วิธีไมโทซิส(mitosis)	แบ่งตัวจากหนึ่งเป็นสอง

โดยพบว่าซากดึกดำบรรพ์หรือฟอสซิล(fossil) ของสิ่งมีชีวิตที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดมีอายุมากกว่า 3500 ล้านปี คือ ฟอสซิลของโปรคาริโอต ในขณะที่ยูคาริโอตมีวิวัฒนาการที่หลังกว่า โดยพบฟอสซิลที่มีอายุประมาณ 1400 ล้านปี

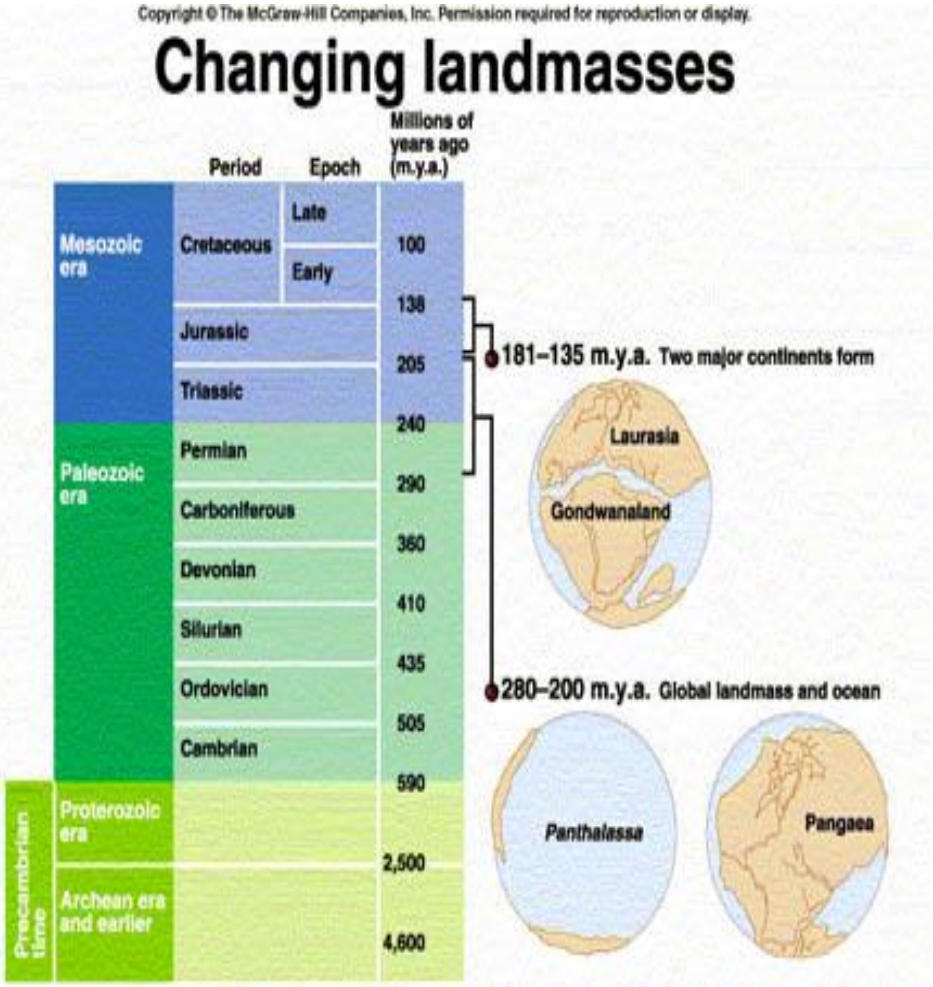


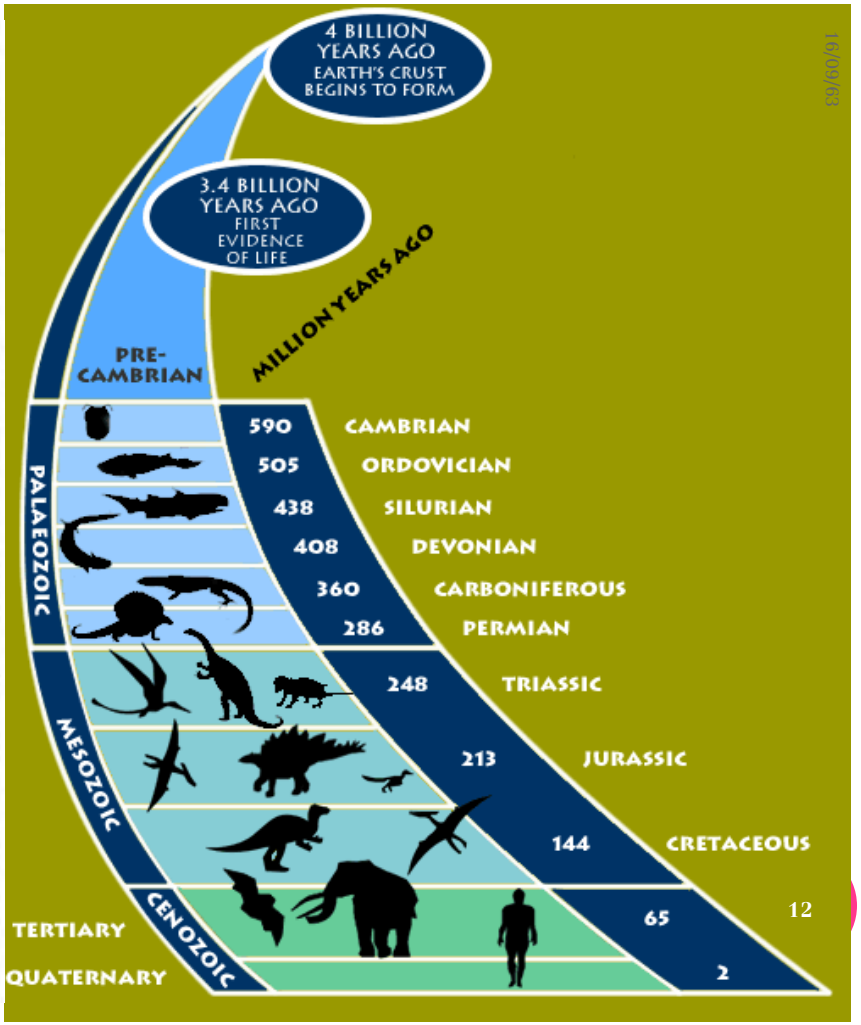
ฟอสซิลของโปรคาริโอต





อายุของโลกเมื่อเทียบกับการกำเนิดของโปรคาริโอต





ลักษณะที่สำคัญของจุลินทรีย์

- ลักษณะที่สำคัญของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาเพื่อจัดจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ ได้แก่ลักษณะต่อไปนี้

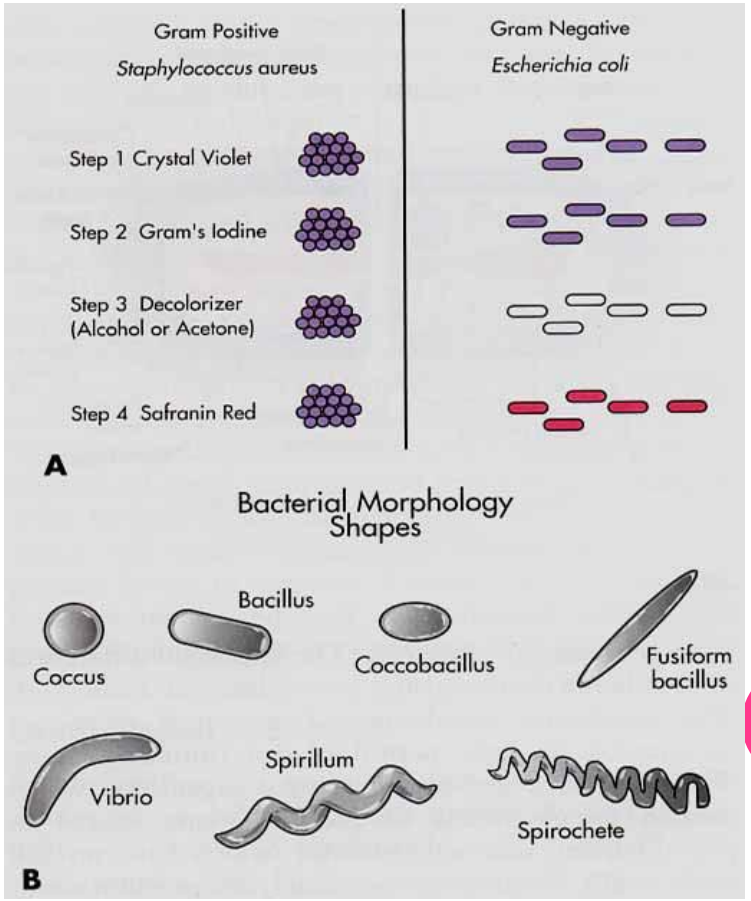
1. **ลักษณะทางสัญฐานวิทยา(Morphological characteristics)**

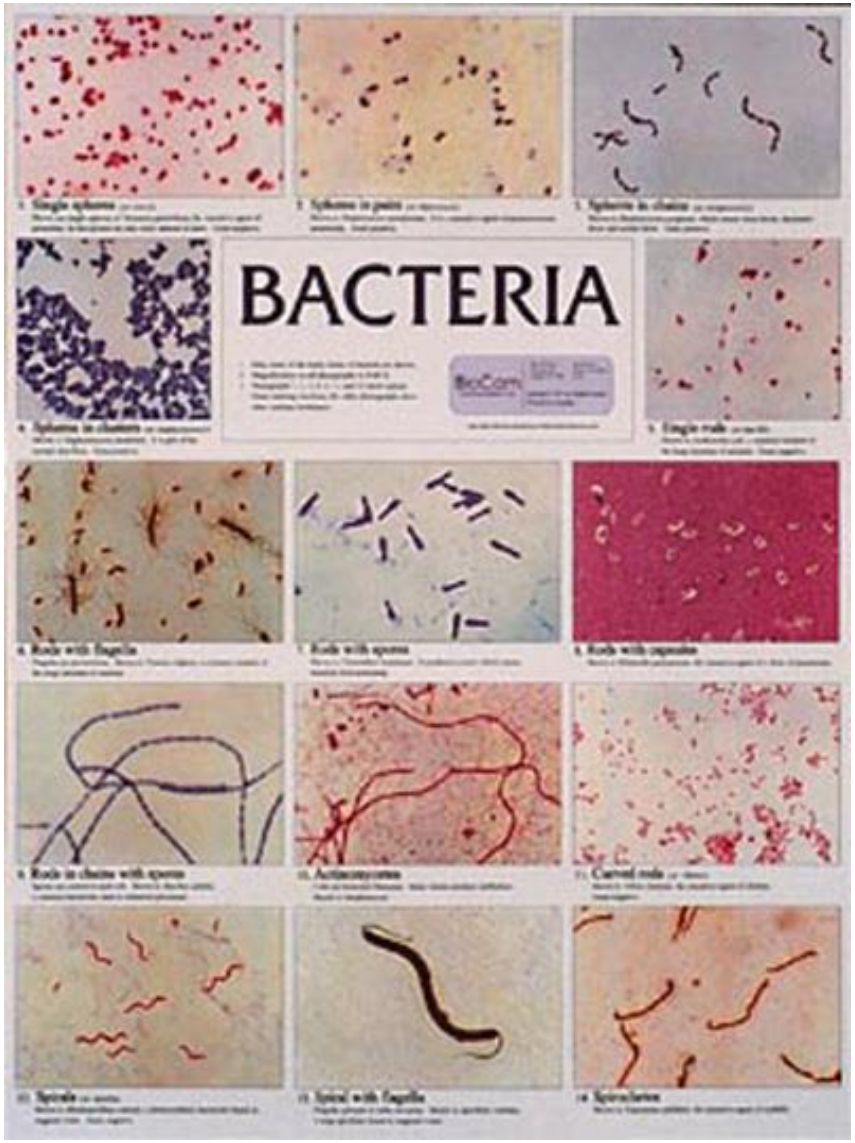
   โดยดูจากขนาด รูปร่าง โครงสร้างของเชื้อจุลินทรีย์ ทำการศึกษาจากเชื้อบริสุทธิ์ เนื่องจากเซลล์แต่ละเซลล์มีขนากเล็กมากมีหน่วยเป็นไมโครเมตร การศึกษาต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 1000 เท่า นอกจากนี้ยังใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่ให้รายละเอียดมากขึ้น แต่ยังใช้เทคนิคอื่นๆ เพื่อตรวจสอบจุลินทรีย์

ลักษณะทางสัญฐานวิทยา(MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS)

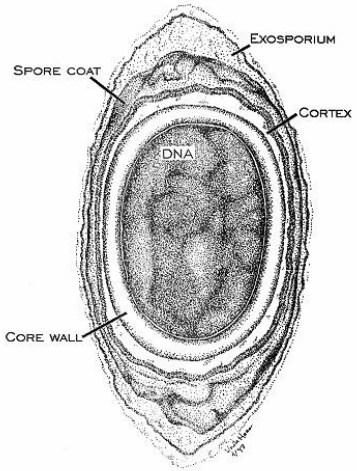
- รูปร่างลักษณะของเซลล์ไม่ได้บอกถึงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการมากนัก แต่อาจใช้ในการตรวจสอบชนิด(identify) ของแบคทีเรียได้ เช่น โครงสร้างของเอนโดสปอร์ หรือแฟลกเจลลา

16/08/63





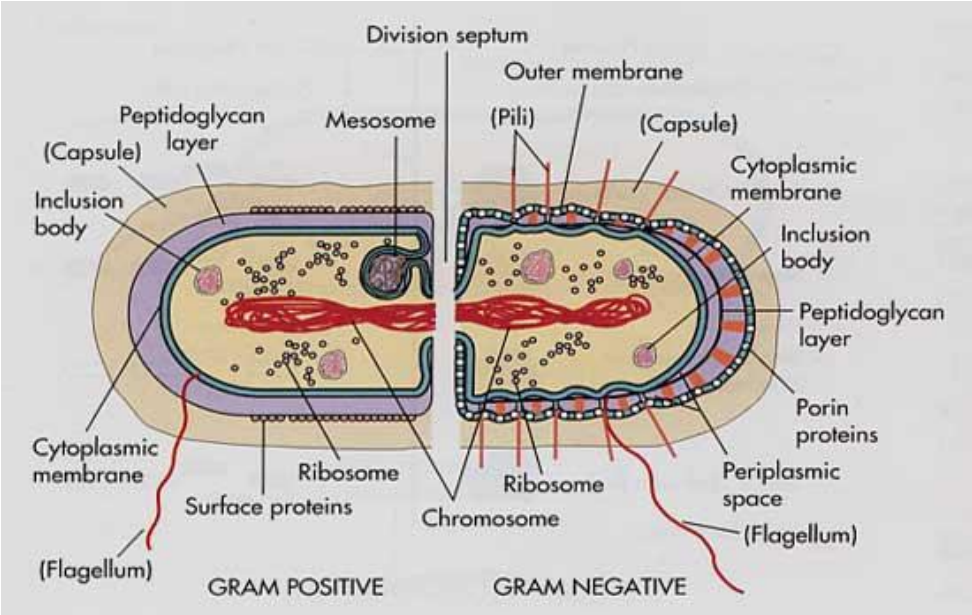
รูปร่างของแบคทีเรีย



เอนโดสปอร์ของแบคทีเรีย

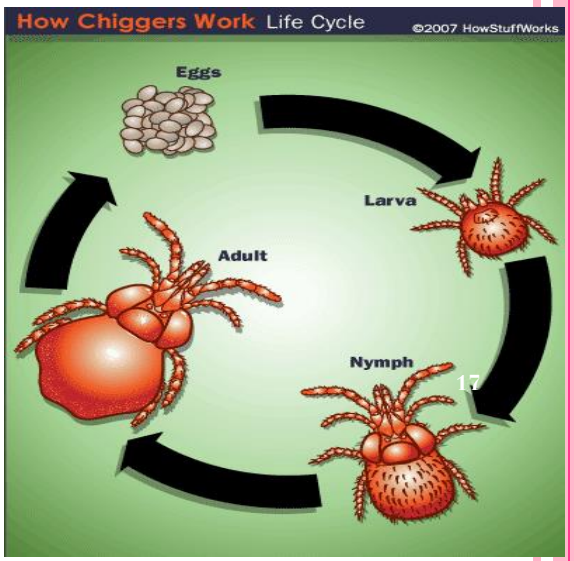
2. องค์ประกอบทางเคมีของเซลล์(chemical composition)

- เซลล์ของจุลินทรีย์จะประกอบด้วยสารอินทรีย์แตกต่างกันมากมาย เช่น ผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบมีสารลิโพพอลิแซ็กคาไรด์เป็นองค์ประกอบ ในขณะที่แกรมบวกไม่มี
- ส่วนแบคทีเรียแกรมบวกมีสารไทโคอิก(teichoic acid) ที่ผนังเซลล์ในขณะที่แกรมลบไม่มี
- ผนังเซลล์ของราและสาหร่ายมีองค์ประกอบต่างจากแบคทีเรีย
- ไวรัสแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของกรดนิวคลีอิกว่าเป็น RNA หรือ DNA



3. ลักษณะของการเลี้ยงเชื้อ(cultural characterisrics)

- จุลินทรีย์แต่ละชนิดต้องการสารอาหารแตกต่างกัน บางชนิดเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อในห้องปฏิบัติการได้ บางชนิดเลี้ยงในอาหารที่มีแต่สารอนินทรีย์ บางชนิดต้องการสารอินทรีย์หลายชนิดในการเติบโต(เช่น กรดอะมีโน น้ำตาล พิริมิดีน วิตามิน โคเอนไซม์)
- บางชนิดต้องการซีรัม เซลล์เม็ดเลือด เพปโทน สารสกัดจากยีสต์ บางชนิดไม่สามารถเลี้ยงในอาหารในห้องปฏิบัติการ ต้องเลี้ยงในโฮสต์ที่มีชีวิต หรือเซลล์ที่มีชีวิตเท่านั้น เช่น เชื้อริเกตเซียต้องเลี้ยงในไข่ไก่ฟัก เป็นต้น

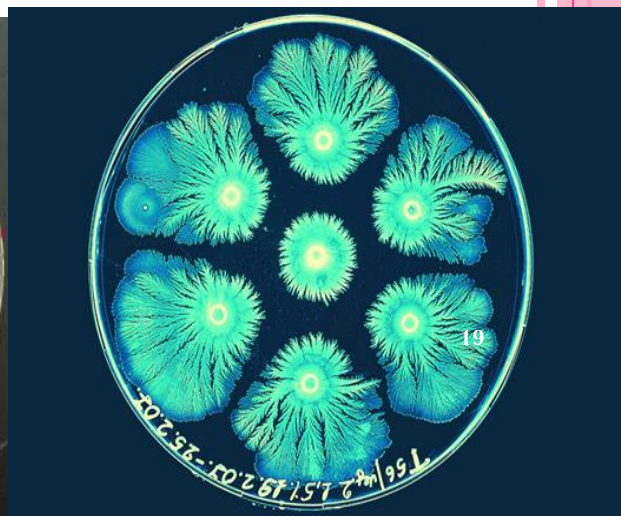


3. ลักษณะของการเลี้ยงเชื้อ(cultural characterisrics)

- นอกจากสารอาหารแล้ว จุลินทรีย์ยังต้องการสภาพแวดล้อมในการเจริญ บางชนิดชอบอุณหภูมิสูง และไม่สามารถเจริญได้ต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส บางชนิดชอบความเย็น ไม่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส
- บางชนิดที่ทำให้เกิดโรคกับคนต้องการอุณหภูมิใกล้เคียงกับคนคือ 37 องศาเซลเซียส

3. ลักษณะของการเลี้ยงเชื้อ(cultural characterisrics)

- ก๊าซมีความจำเป็นบางชนิดต้องการออกซิเจน บางชนิดจะตายถ้ามีออกซิเจน
- แสงสว่างจำเป็นกับพวกไซยาโนแบคทีเรีย เพราะอาศัยแสงเป็นแหล่งพลังงาน
- การเจริญในอาหารแข็งของจุลินทรีย์สามารถจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ได้ โดยจะเจริญเป็นโคโลนี มองด้วยตาเปล่าได้ โคโลนีมีขนาด รูปร่าง ลักษณะเนื้อ ความหนืด สี แตกต่างกัน



4. ลักษณะทางเมเทบอลิซึม(metabolic characteristics)

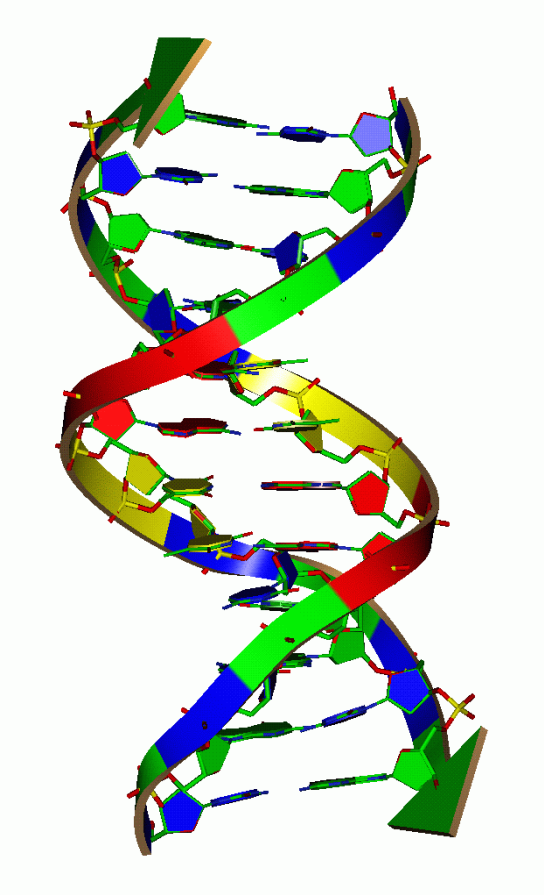
- กระบวนการดำรงชีวิตของเซลล์เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า เมแทบอลิซึม ปฏิกิริยานี้จะแตกต่างตามชนิดของจุลินทรีย์ เช่น จุลินทรีย์บางชนิดได้พลังงานจากแสง บางชนิดได้พลังงานจากการออกซิเดชันสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์สาร ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีเกิดจากการทำงานของเอนไซม์

5. ลักษณะทางแอนติเจน(antigenic characteristics)

- องค์ประกอบของเซลล์เป็นแอนติเจนซึ่งเมื่อเข้าเซลล์สัตว์อื่นจะกระตุ้นให้สร้างแอนติบอดีที่เป็นซีรัมโปรตีนไปจับกับแอนติเจนนั้น แอนติบอดีมีความจำเพาะกับแอนติเจนที่กระตุ้นมัน และแอนติเจนมีแตกต่างกันมากมาย ดังนั้นแอนติบอดีที่สร้างขึ้น จึงใช้ช่วยในการจำแนกชนิดของจุลินทรียได้

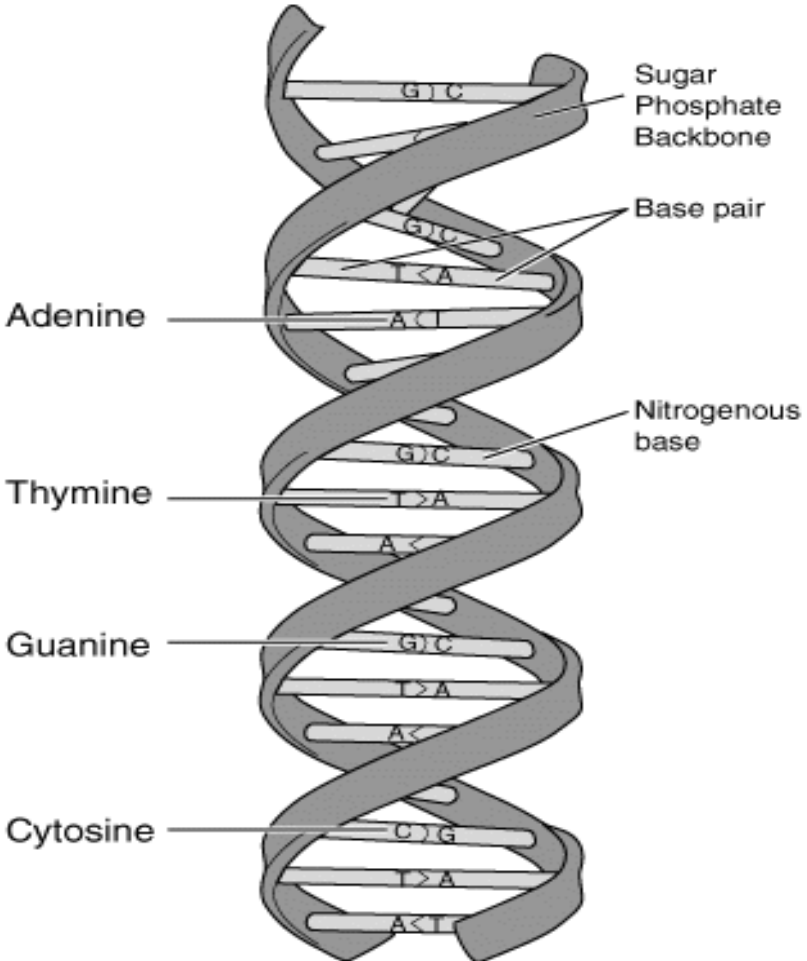
6.ลักษณะทางพันธุกรรม(genetic characteristics)

- สารพันธุกรรมเป็น DNA 2 สาย(double-strand) มีลักษณะคงที่ และช่วยในการจัดหมวดหมู่ชนิดของจุลินทรีย์โดยศึกษาจาก



7.1 องค์ประกอบของเบสของ DNA(DNA base composition)

- DNA ประกอบด้วยคู่เบส คือ กวานีน(G) คู่กับไซโทซีน(C) และอะดีนีน(A) คู่กับไทมีน(T) จำนวนนิวคลีโอไทด์เบสใน DNA คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของกวานีนกับไซโทซีนรวมกันที่เรียกว่า โมล%G+C หรือ mol %G+C



ค่านี้จะแตกต่างไปตามชนิดของจุลินทรีย์ตั้งแต่ 23-75 ดังแสดงในตารางที่ 7.2

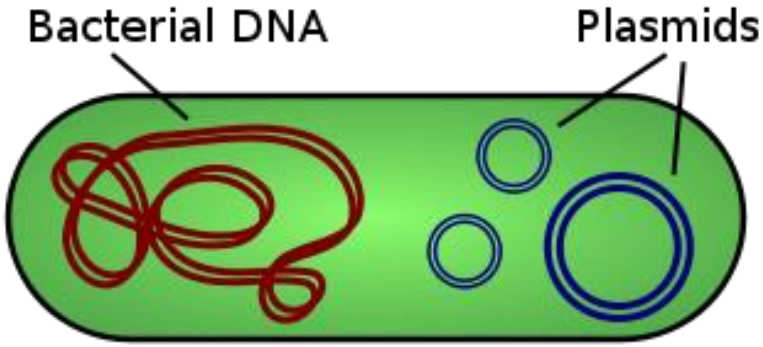
ตารางที่ 7.2 องค์ประกอบของเบสของ DNA ในแบคทีเรีย

species	Mol% G+C Content of DNA
Campylobacter fetus	32-35
Pseudomonas aeruginosa	67
Klebsiella pneumoniae	56-58

7.2 ลำดับ(sequence) ของนิวคลีโอไทด์เบสใน DNA

- ลำดับของนิวคลีโอไทด์เบสใน DNA นี้จะจำเพาะกับชนิดของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นหลักที่สุดในการจัดหมวดหมู่จุลินทรีย์

- นอกจาก DNA ในโครโมโซมแล้ว ในจุลินทรีย์อาจยังมี DNA ในพลาสมิดด้วย ซึ่งเป็น DNA ทรงกลม สามารถจำลองตัวเองได้อย่างอิสระภายในเซลล์ และทำให้มันแสดงลักษณะพิเศษบางอย่าง เช่น สร้างทอกซิน ทำให้ทนทานต่อสารปฏิชีวนะ หรือสามารถใช้สารเคมีบางอย่างเป็นอาหารได้



Splicing Genes Together

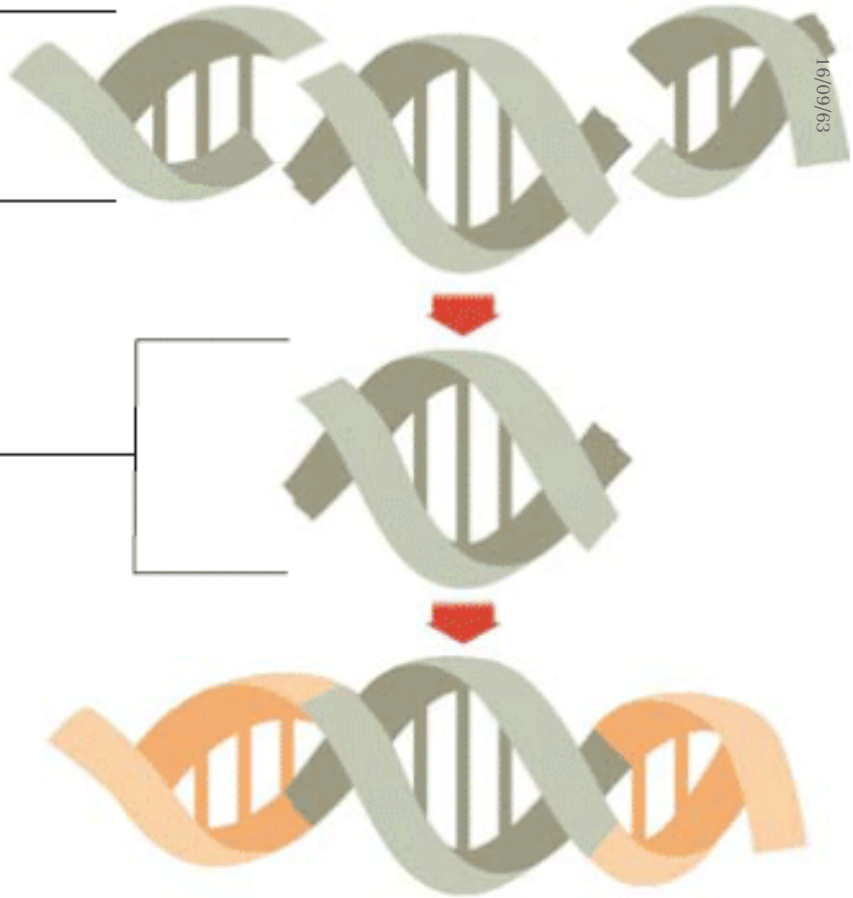
Employing genetic engineering, researchers can take certain genes from a source organism and put them into another plant or animal.

An Example of Genetic Engineering:

1 Scientists take *Bacillus thuringiensis*, a commonly occurring soil bacteria…

2 …and use enzymes to remove from it the Bt gene, which produces a protein that turns toxic in the digestive tract of caterpillars.

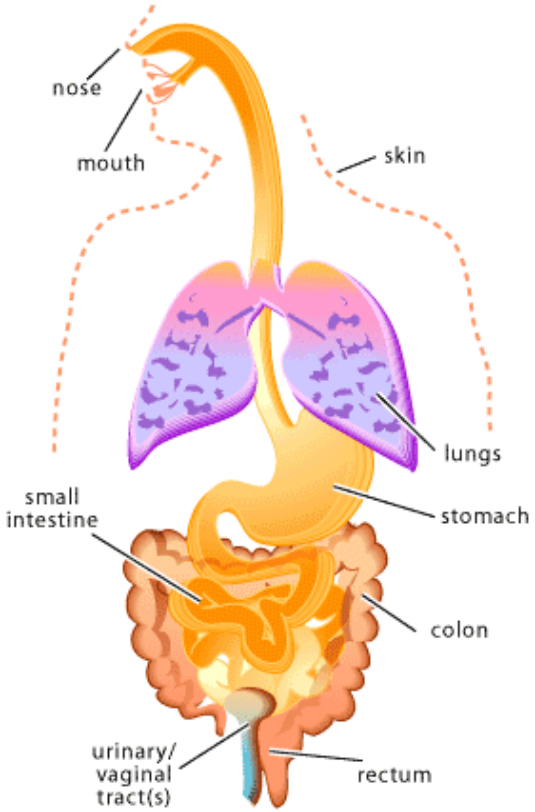
3 The Bt gene is then incorporated into the chromosomes of cotton and corn, killing caterpillars that feed upon these plants.



SOURCE: North Carolina State University, College of Agriculture and Life Sciences

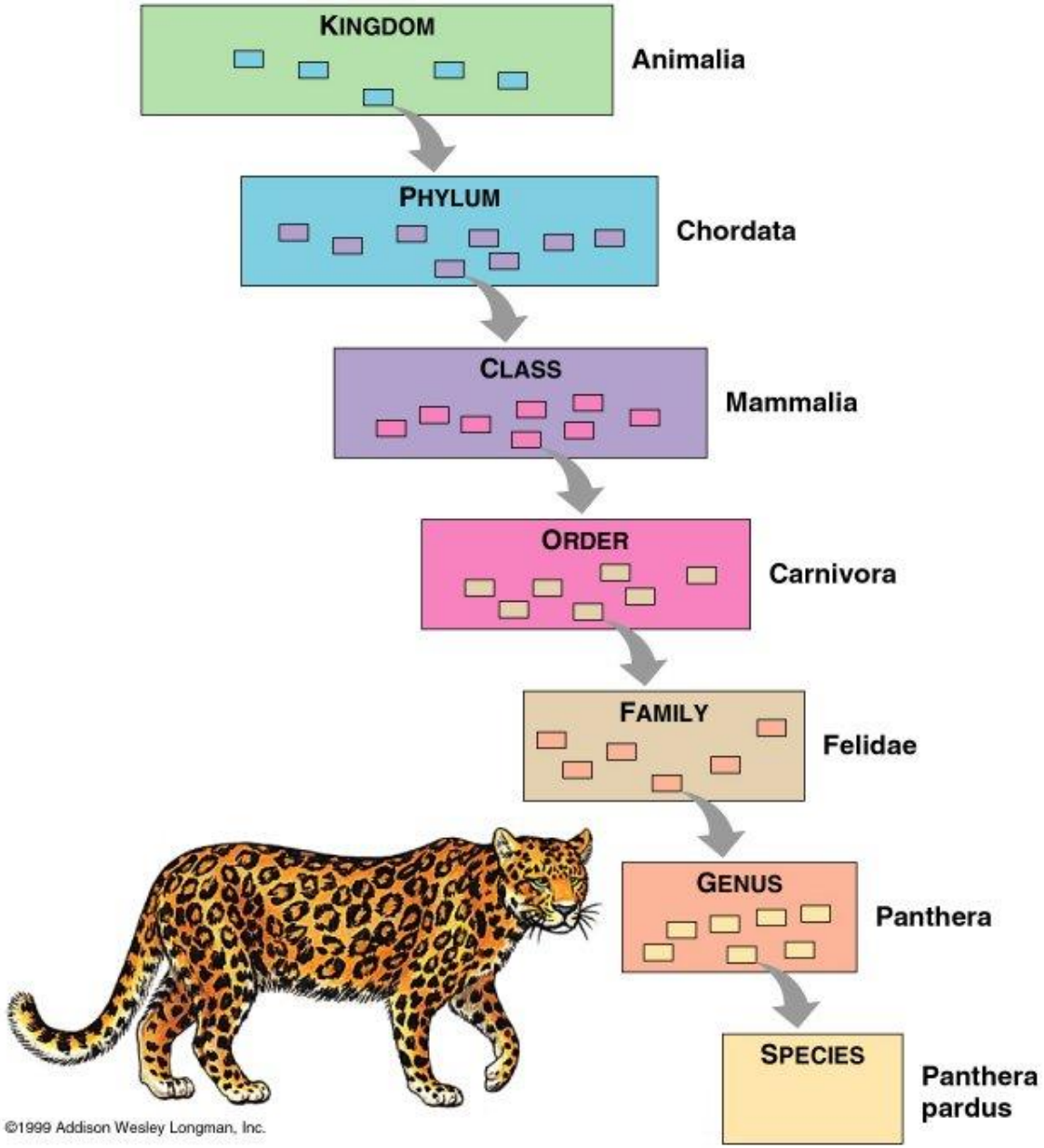
8. ลักษณะทางนิเวศวิทยา(Ecological characteristics)

- ถิ่นที่อยู่ของจุลินทรีย์ มีความสำคัญในการบอกลักษณะของจุลินทรีย์นั้นๆ เช่น จุลินทรีย์ที่อยู่ในทะเลจะแตกต่างจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำจืด หรือจุลินทรีย์ที่อยู่ในช่องปากจะแตกต่างจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ จุลินทรีย์บางชนิดอยู่อย่างกระจายทั่วไปในธรรมชาติ แต่บางชนิดจะจำกัดที่อยู่ในบางบริเวณเท่านั้น



อนุกรมวิธานของจุลินทรีย์

- เมื่อรู้จักลักษณะต่างๆของจุลินทรีย์แล้ว จึงจำแนกให้เป็นหมวดหมู่ได้ โดยเริ่มจาก
- สายพันธุ์(strain)
  - Genus
  - ตระกูล(family)
  - อันดับ(order)
  - คลาส(class)
  - division
  - อาณาจักร(kingdom)


KINGDOM
Animalia
PHYLUM
Chordata
CLASS
Mammalia
ORDER
Carnivora
FAMILY
Felidae
GENUS
Panthera
SPECIES
Panthera pardus
©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

หลักเกณฑ์ในการจัดหมวดหมู่จุลินทรีย์ มีหลายวิธีคือ

1. **วิธีนิวเมอริคัลแทกโซโนมี(numerical taxonomy)**

   โดยใช้ลักษณะต่างๆของแบคทีเรีย เช่น ความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรต การสร้างรงควัตถุ(pigment) การสร้างกรด แต่ละลักษณะมีความสำคัญเท่าเทียมกัน อาศัยหลักเกณฑ์ที่ว่า สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมือนกันมาก จะมีความใกล้ชิดกันมาก และควรจัดไว้ในพวกเดียวกัน แต่สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะต่างกันมาก ควรจัดไว้อีกพวกหนึ่ง วิธีนี้นำลักษณะต่างๆมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึง(% similarity, %S) ของแต่ละสายพันธุ์เทียบกับสายพันธุ์อื่นๆ

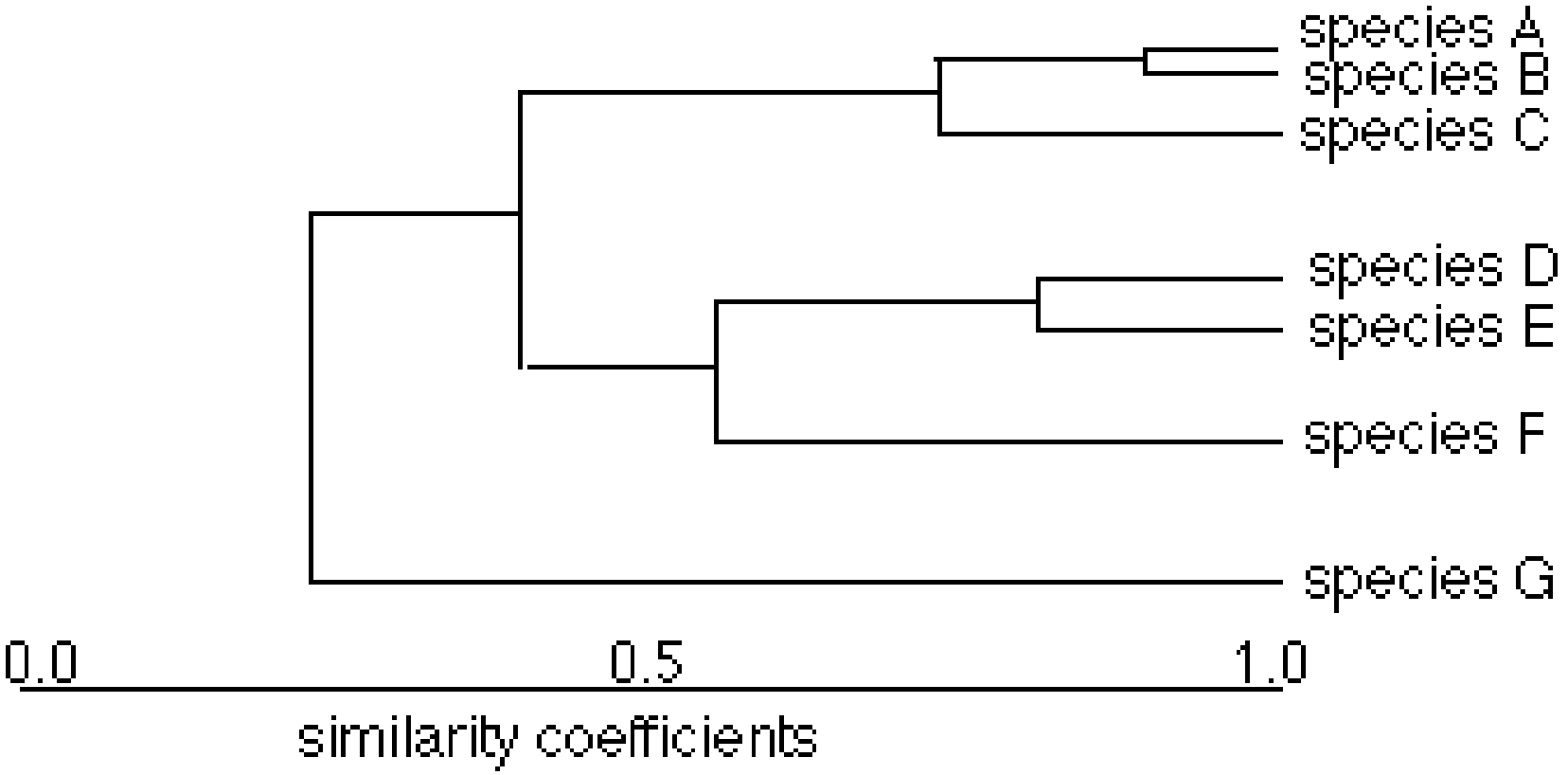
16/09/63

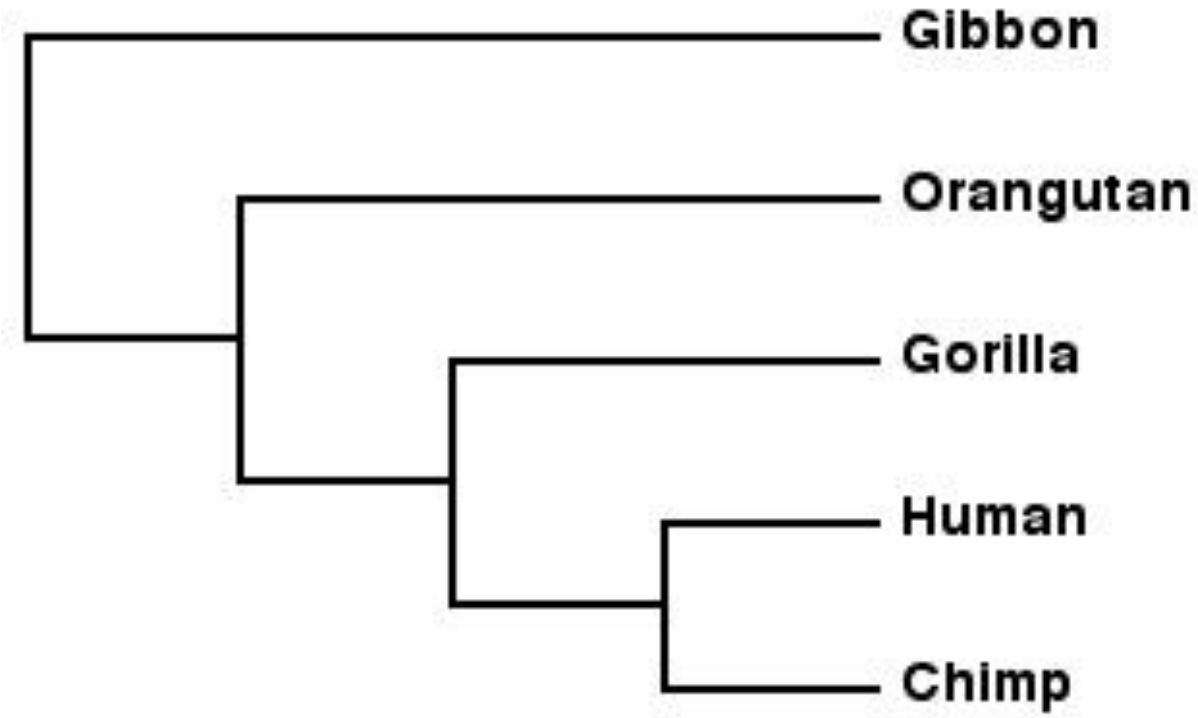
$$\% S = NS/(NS + ND)$$

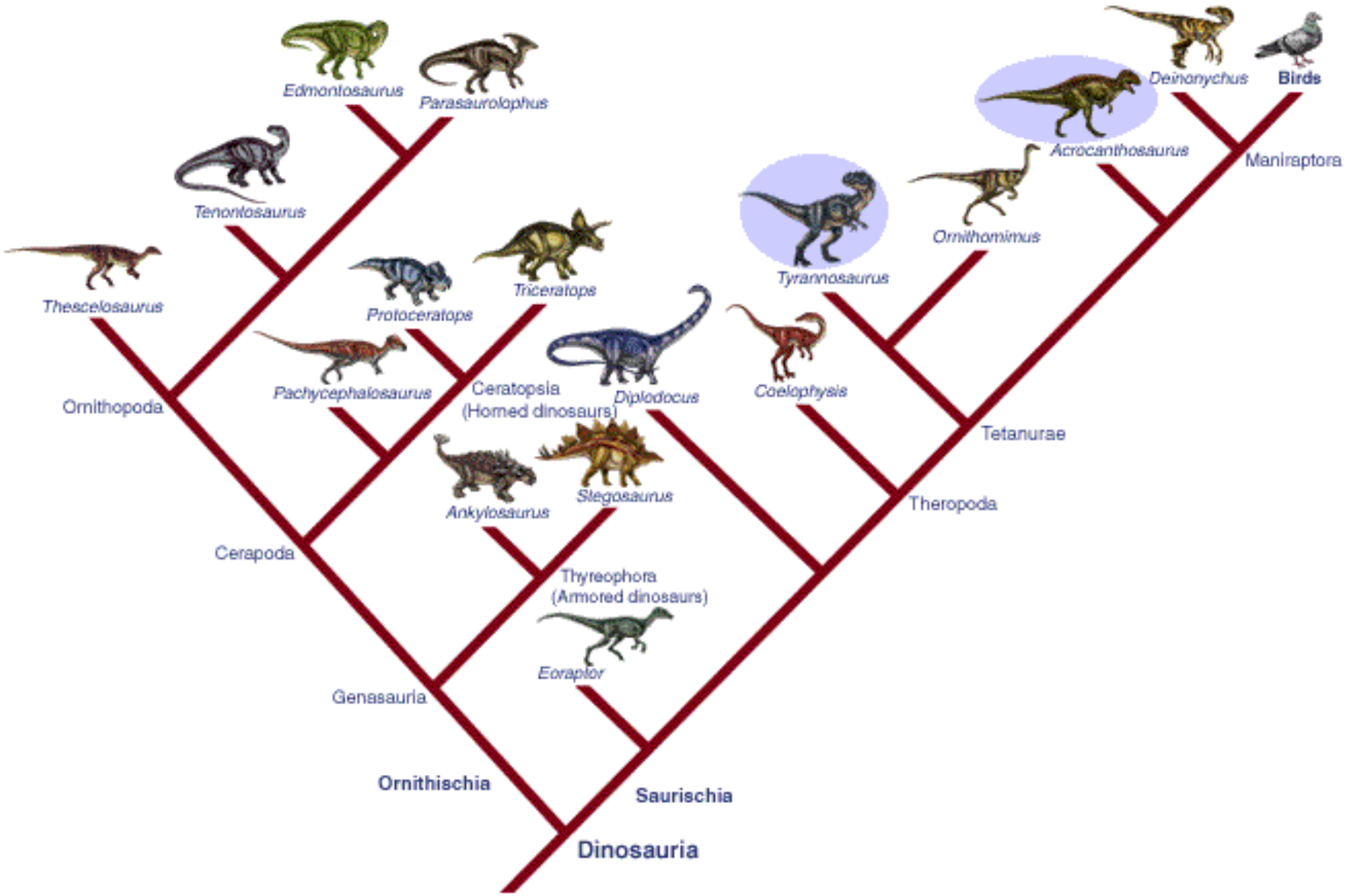
NS = จำนวนของลักษณะที่เหมือนกัน(อาจเป็นลักษณะทั้งทางบวกหรือทางลบ)

ND = จำนวนลักษณะที่ต่างกัน

แต่วิธีนี้ไม่สามารถหาระดับเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงที่เป็นมาตรฐานเพื่อจัดแบคทีเรียอยู่ในกลุ่มเดียวกัน


species A
species B
species C
species D
species E
species F
species G
0.0
0.5
1.0
similarity coefficients


Gibbon
Orangutan
Gorilla
Human
Chimp


Edmontosaurus
Parasaurolophus
Tenontosaurus
Thescelosaurus
Protoceratops
Triceratops
Pachycephalosaurus
Ornithopoda
Ceratopsia
(Horned dinosaurs)
Diplodocus
Ankylosaurus
Stegosaurus
Cerapoda
Thyreophora
(Armored dinosaurs)
Eoraptor
Genasauria
Ornithischia
Saurischia
Dinosauria
Tyrannosaurus
Coelophysis
Ornithomimus
Acrocanthosaurus
Deinonychus
Birds
Maniraptora
Tetanurae
Theropoda

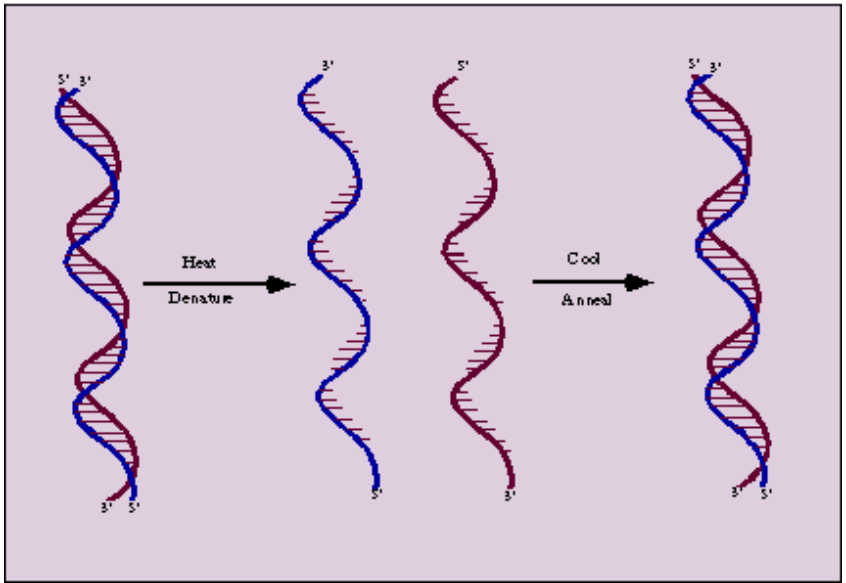
2. ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม(genetic relatedness)

- ดูความคล้ายคลึงของลักษณะทางพันธุกรรมโดยดูจาก mol% G+C โดยในสปีชีส์ที่ใกล้กันจะมี mol% G+C คล้ายกันมาก ถ้าสิ่งมีชีวิตมี mol% G+C ต่างกันมาก แสดงว่าไม่ค่อยมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกัน แต่บางครั้งไม่แน่ เพราะสิ่งมีชีวิตที่ไม่มีความสัมพันธ์กันเลยก็อาจมี mol% G+C ใกล้กันก็ได้

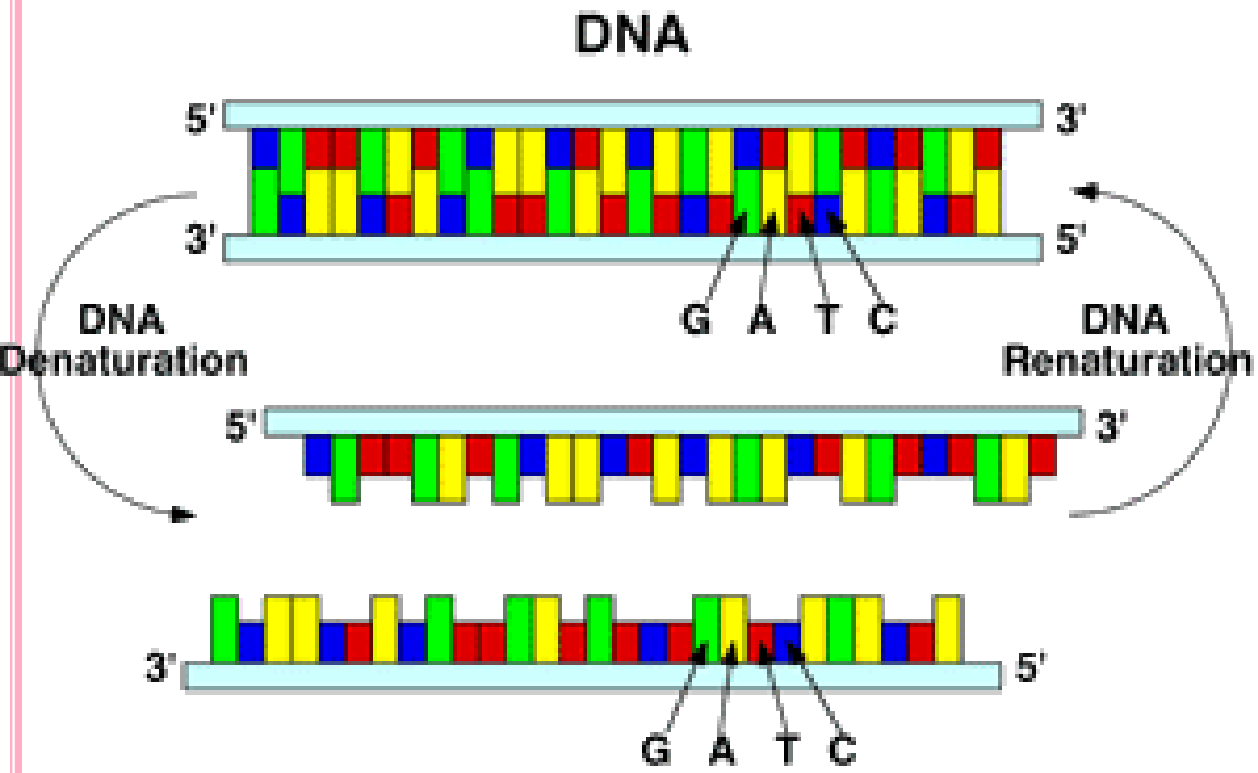
- ดังนั้นวิธีที่แม่นยำกว่า คือ การหาลำดับของนิวคลีโอไทด์ โดยมีหลักดังนี้

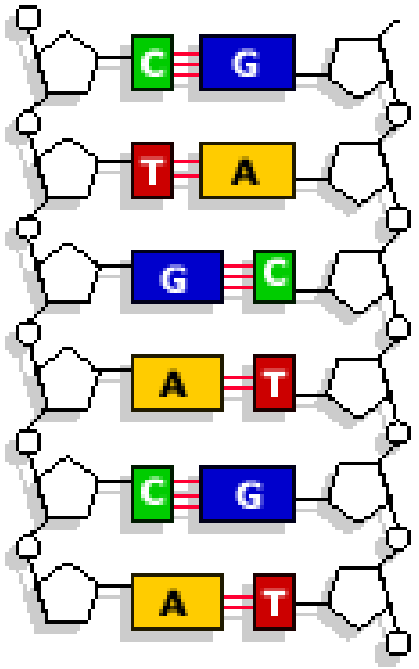
การหาลำดับของนิวคลีโอไทด์ มีหลักการคือ

- ก. ความคล้ายกันของ DNA (DNA homology)
- ถ้าให้ความร้อนแก่ DNA สายคู่(double stranded DNA) แต่ละสายของ DNA ที่เข้าคู่กันจะแยกออกเพราะพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย และเมื่อทิ้งไว้ให้เย็น สายของ DNA จะกลับมาจับคู่(base pairing) กันได้อีก โดยอาศัยหลักการจับคู่เบสของ DNA

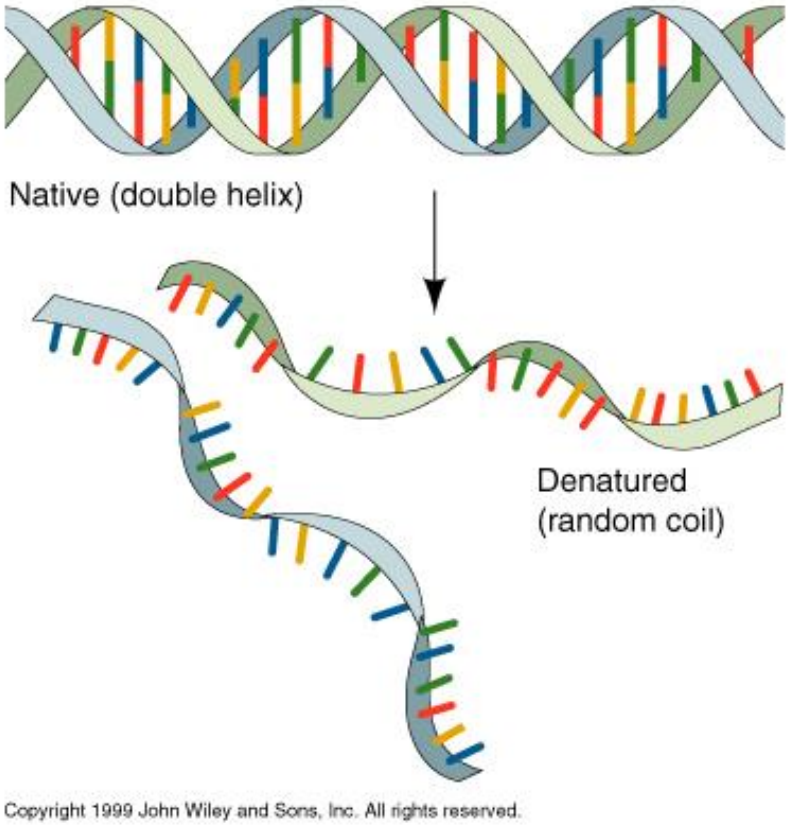


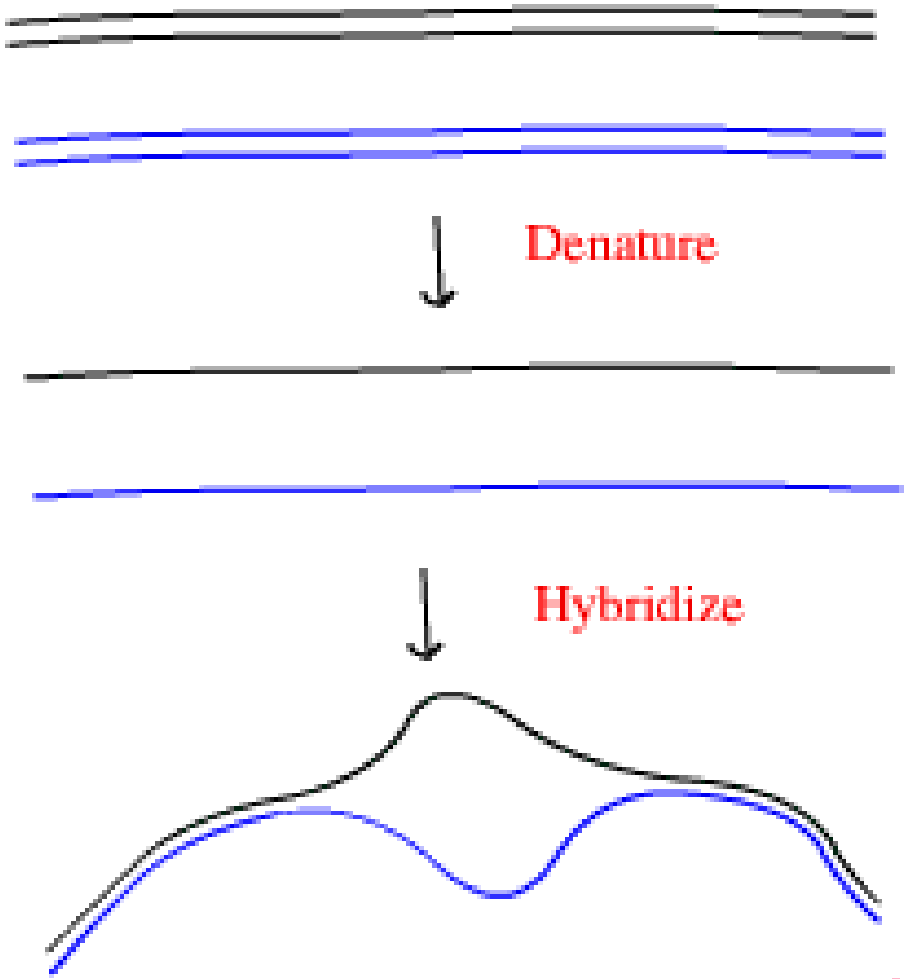
Denaturation/Renaturation

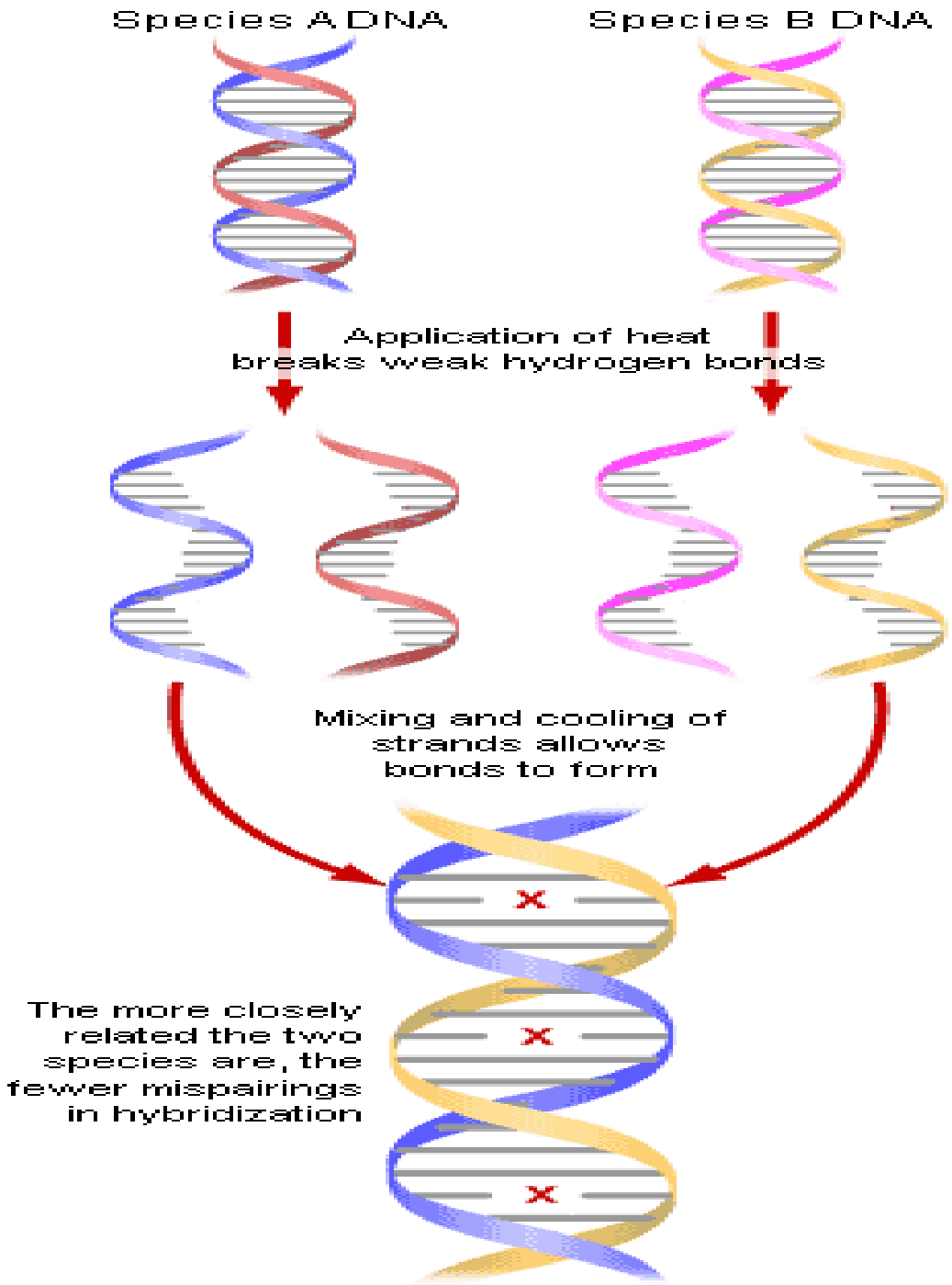




จากหลักการนี้จึงนำมาศึกษาหาความคล้ายกันของลำดับเบสของ DNA จากสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ซึ่งถ้าสิ่งมีชีวิตทั้งสองชนิดนั้นมีความคล้ายคลึงกันมากหรือใกล้ชิดกันมาก DNA จากสิ่งมีชีวิตทั้งสองจะสามารถจับคู่ (Hybridize) กันได้






Species A DNA
Species B DNA
Application of heat
breaks weak hydrogen bonds
Mixing and cooling of
strands allows
bonds to form
X
X
X
The more closely
related the two
species are, the
fewer mispairings
in hybridization

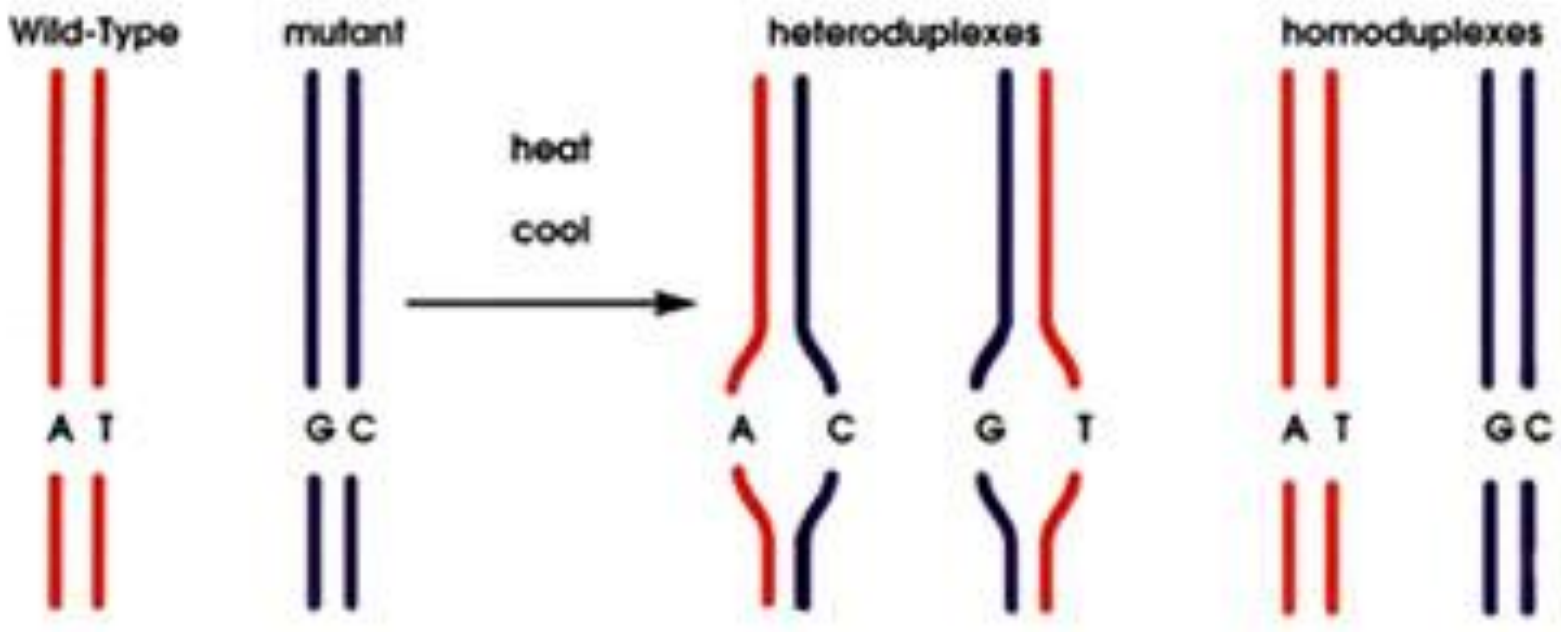
วิธีการศึกษาความคล้ายกันของ DNA

- นำ DNA ของสิ่งมีชีวิตทั้งสองชนิดมาให้ความร้อนให้แปลงสภาพ (denature) เพื่อแยกออกเป็นสายเดี่ยวๆ แล้วเอาสายเดี่ยวนั้นมาผสมกัน ทิ้งให้เย็น

- ถ้าสิ่งมีชีวิตทั้งสองชนิดมีความคล้ายคลึงกันหรือใกล้เคียงกัน จะเกิดการจับคู่ของสาย DNA(heteroduplex) คือสาย DNA ของสิ่งมีชีวิตชนิดที่ 1 จะจับคู่กับสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง

- ถ้าสิ่งมีชีวิตทั้งสองไม่ใกล้ชิดกันเลย จะไม่เกิดเฮเทอโรดูเพล็ก วิธีนี้ทดสองในระดับสปีชีส์เรียกว่า nucleic acid hybridization

DNA Homology



การตั้งชื่อสิ่งมีชีวิต(Nomenclature)

- สิ่งมีชีวิตจะมีชื่อวิทยาศาสตร์(scientific name) เพียงชื่อเดียว ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก โดยมีการตั้งตามรหัสสากลเพื่อป้องกันความสับสน ซึ่งต้องอาศัยหลักและกฎเกณฑ์อันเดียวกัน อีกชื่อหนึ่งคือชื่อสามัญ(common name) ซึ่งแตกต่างไปตามท้องถิ่น เชื้อชาติ ทำให้สับสน ในการเข้าใจว่าเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใด

BINOMIAL NOMENCLATURE OF SOME COMMON PLANTS AND ANIMALS	
COMMON NAME	BINOMIAL NOMENCLATURE
A. PLANTS	
1. Pea plant	*Pisum sativam*
2. Onion plant	*Allium cepa*
3. Mango plant	*Mangifera indica*
4. Wheat plant	*Triticum aestivum*
5. Banyan tree	*Ficus bengalensis*
6. Soya bean	*Glycine max*
B. ANIMALS	
1. Frog	*Rana hexadactyla*
2. Cat	*Felis domestica*
3. Dog	*Canis familiaris*
4. Housefly	*Musca domestica*
5. Cobra	*Naja naja*
6. Commom crap (Fish)	*Cyprinus carpio*

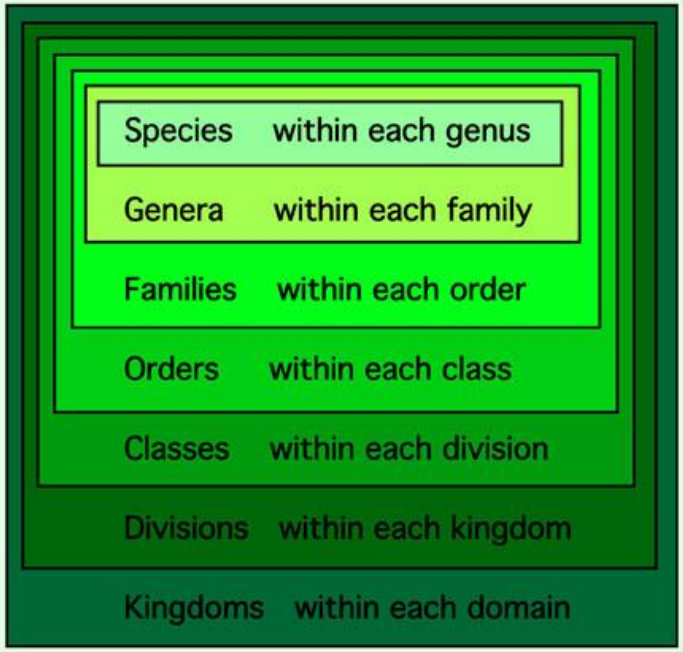
หลักการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ของแบคทีเรีย

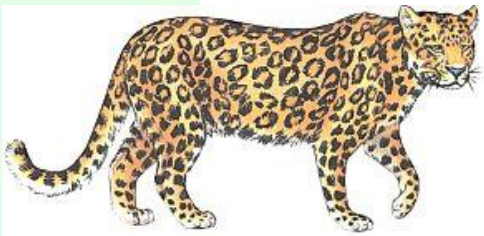
- ชื่อสปีชีส์ประกอบด้วยคำ 2 คำแรกคือ จีนัส คำหลังคือ สเปซิฟิกเอพิเธท(specific epithet) เป็นคำคุณศัพท์ใช้ขยายลักษณะของเชื้อ เช่น Escherichia coli, Micrococcus luteus ชื่อจีนัสขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ ชื่อหลังขึ้นต้นตัวพิมพ์เล็ก คำทั้งสองพิมพ์เป็นตัวเอน หรือขีดเส้นใต้ และคำที่ใช้ต้องเป็นคำภาษาละตินหรือเปลี่ยนเป็นลาติน

BINOMIAL NOMENCLATURE OF SOME COMMON PLANTS AND ANIMALS

COMMON NAME	BINOMIAL NOMENCLATURE
A. PLANTS	
1. Pea plant	*Pisum sativam*
2. Onion plant	*Allium cepa*
3. Mango plant	*Mangifera indica*
4. Wheat plant	*Triticum aestivum*
5. Banyan tree	*Ficus bengalensis*
6. Soya bean	*Glycine max*
B. ANIMALS	
1. Frog	*Rana hexadactyla*
2. Cat	*Felis domestica*
3. Dog	*Canis familiaris*
4. Housefly	*Musca domestica*
5. Cobra	*Naja naja*
6. Commom crap (Fish)	*Cyprinus carpio*

Taxonomic Ranks are Hierarchical





Leopard

Panthera pardus

Domestic cat

Felis silvestris

Felidae

Common ancestor

หลักการตั้งชื่อแบคทีเรีย

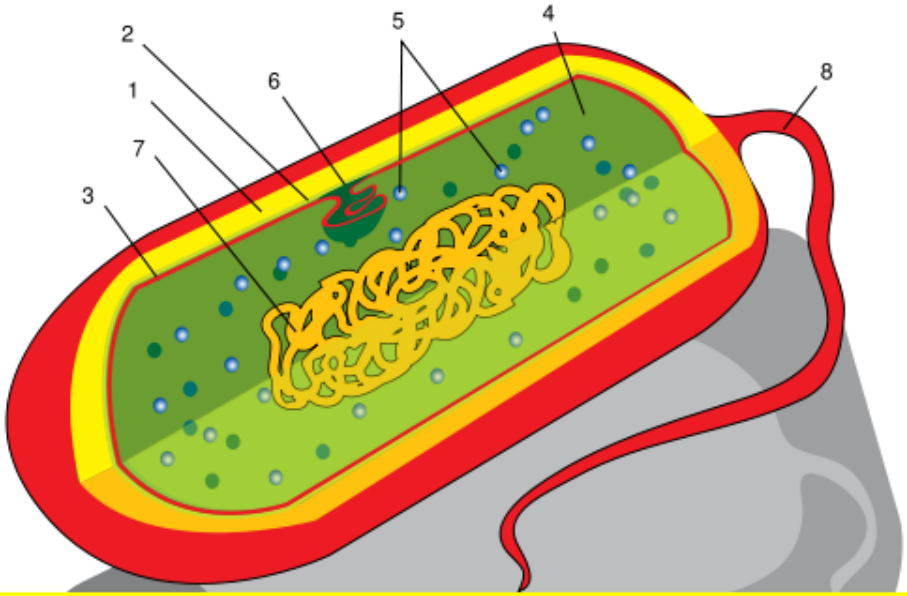
1. สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดถูกจัดไว้เป็นสปีชีส์หนึ่งๆ
2. ชื่อสปีชีส์ใช้ภาษาละติน เป็นคำ 2 คำ (binomial) เพื่อให้การเขียนชื่อมีลักษณะเป็นสากล ที่เรียกว่าระบบการตั้งชื่อแบบทวินาม(binomial system of nomenclature)
3. ต้องมีลำดับก่อนหลัง เพื่อประกันว่าชื่อที่เก่าที่สุดยังใช้ได้อยู่
4. ต้องมีกฎเกณฑ์ต่างๆในการจัดพิมพ์ชื่อสปีชีส์ใหม่ออกเผยแพร่ เพื่อเป็นแนวทางในการตั้งชื่อใหม่ต่อไป

การจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต

- ปีค.ศ. 1866 เฮกเกล (E.H.Haeckel) นักสัตววิทยาชาวเยอรมัน จัดจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นสามอาณาจักร คือ อาณาจักรพืช อาณาจักรสัตว์ และอาณาจักรโปรทิสตา ซึ่งเป็นจุลินทรีย์เซลล์เดียวที่ไม่ใช่ทั้งพืชและสัตว์ ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่าย รา และโพรโทซัว

ปี ค.ศ. 1940 ได้มีการพัฒนากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

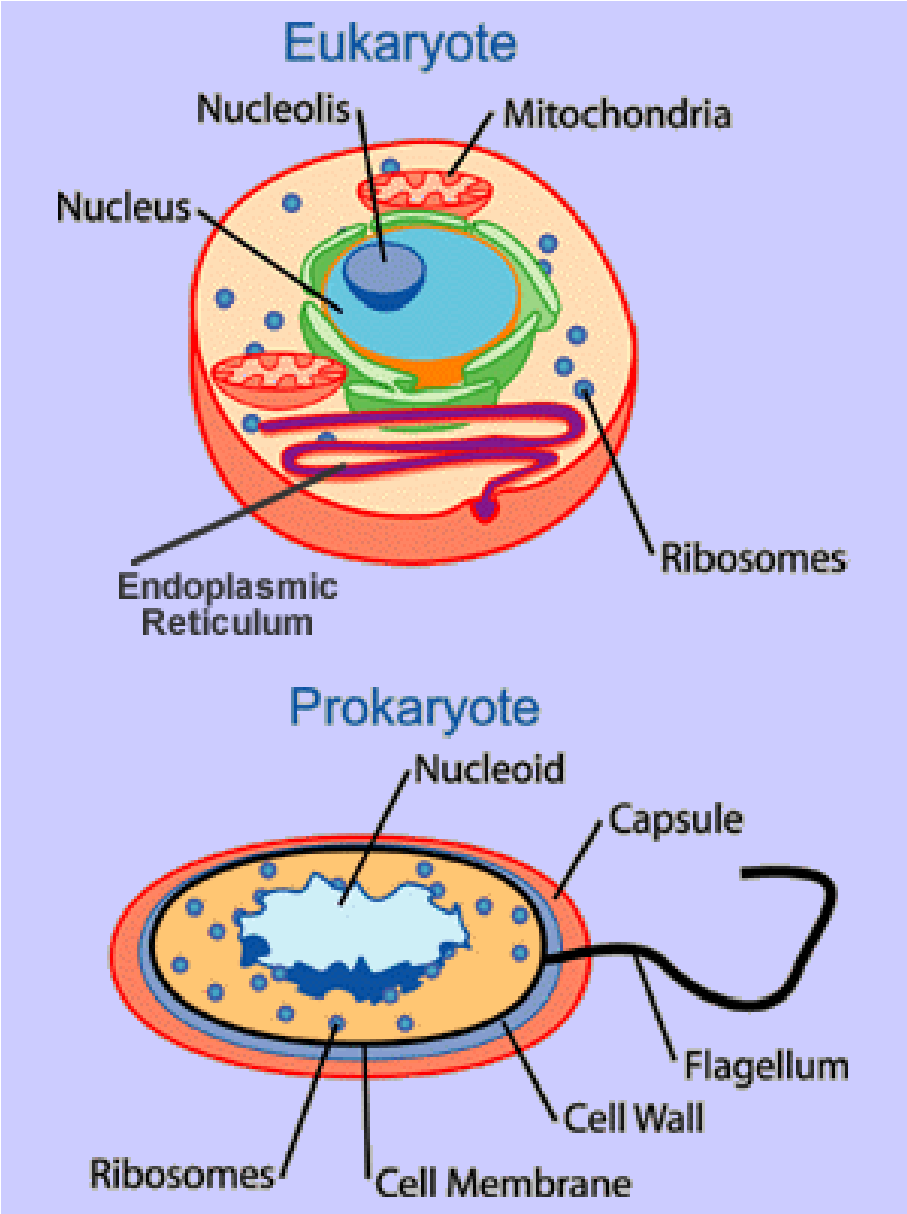
- ทำให้เห็นโครงสร้างภายในอย่างละเอียดของเซลล์ได้ จึงพบว่าเซลล์บางชนิด เช่น แบคทีรีย ส่วนประกอบที่เป็นนิวเคลียสนั้น ไม่มีเยื่อหุ้มปกคลุม



1. Capsule
2. Cell wall
3. Cytoplamic (Plasma) membrane
4. Cytoplasm
5. Ribosomes
6. Mesosome
7. Nucleoid (DNA)
8. Bacterial Flagellum)

Fig. 2 - Mariana Ruiz - Wikimedia

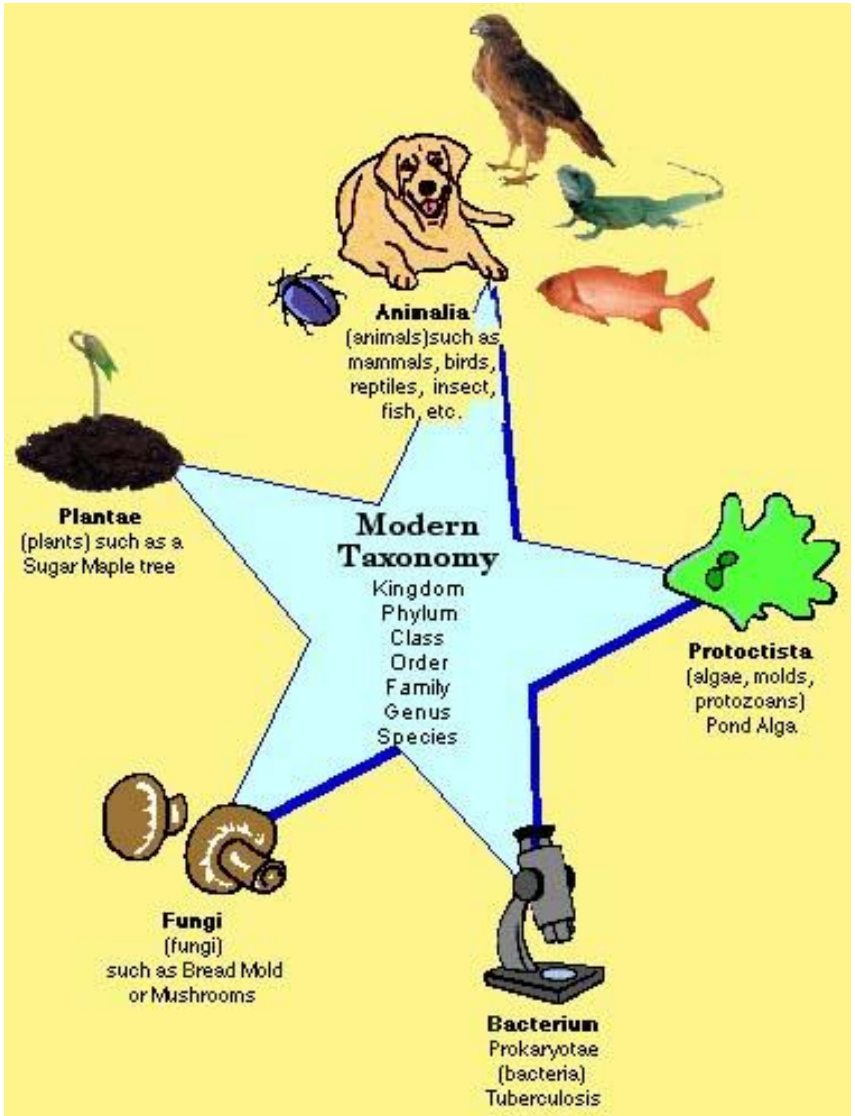
ในขณะที่เซลล์บางชนิด เช่น สาหร่าย รา มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส

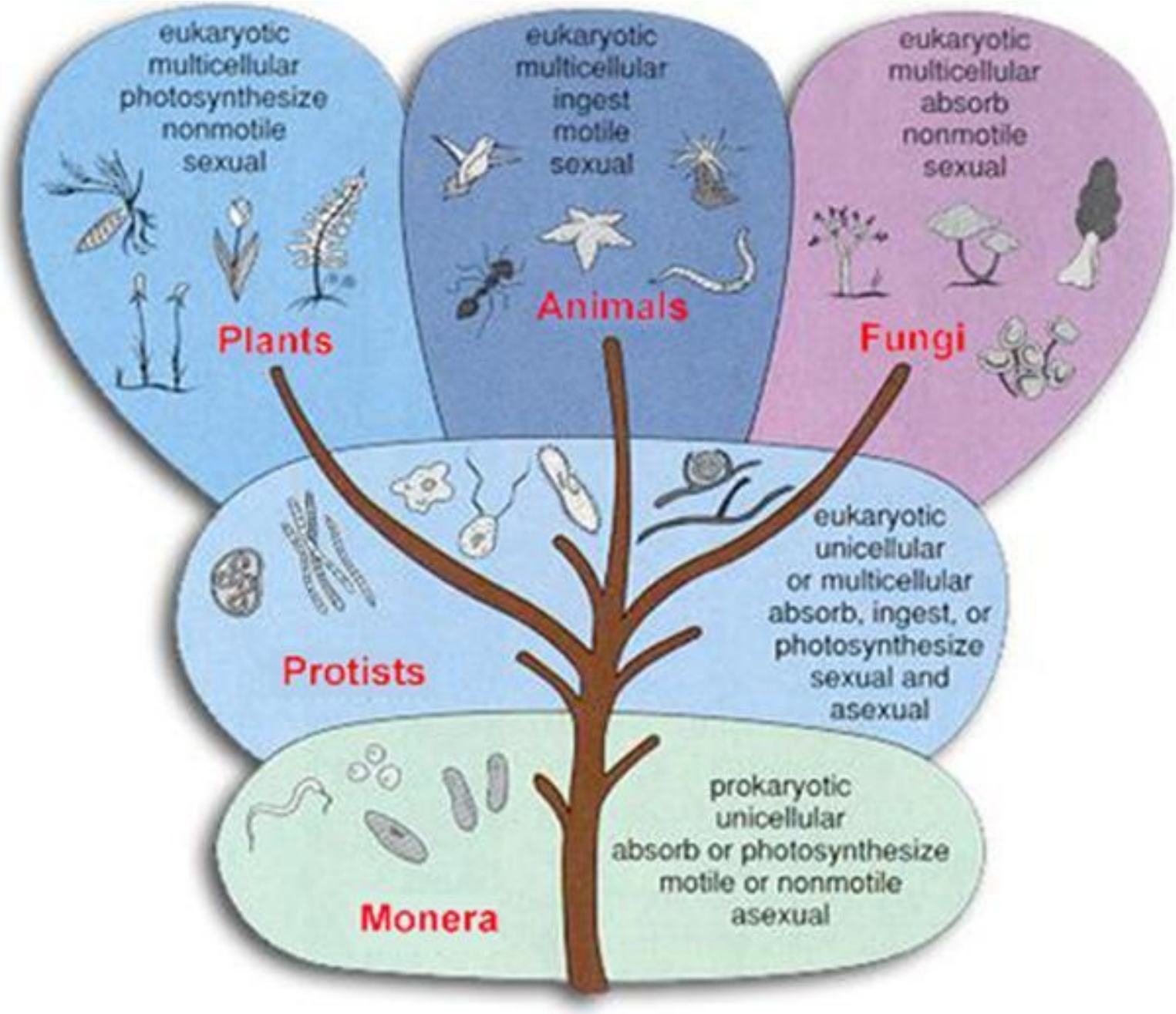


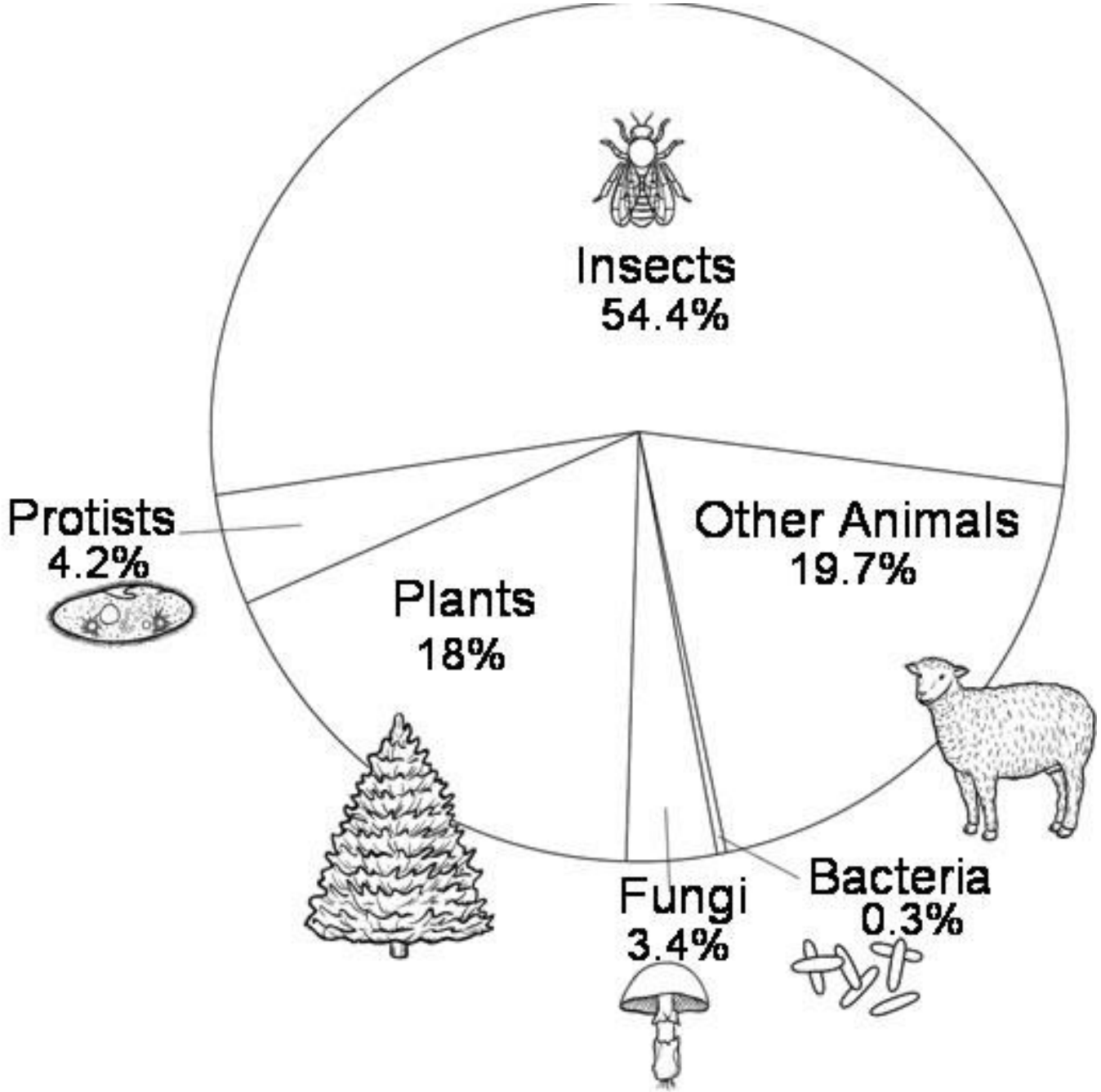
จึงจัดโพรทิสต์พวกแรกเป็นโพรคาริโอติกเซลล์(procaryotic cell)

- ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน(ไซยาโนแบคทีเรีย)
- ส่วนโพรทิสต์พวกหลังเป็นยูคาริโอติกเซลล์(eucaryotic cell)
- ได้แก่ สาหร่ายอื่นๆ รา โพรโทซัว พืชและสัตว์

ในปี ค.ศ. 1969 วิทแทกเกอร์(R.H. Whittaker) ได้จัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต ออกเป็น 5 อาณาจักร โดยแบ่งตามการได้อาหารของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ คือ




eukaryotic
multicellular
photosynthesize
nonmotile
sexual
Plants
eukaryotic
multicellular
ingest
motile
sexual
Animals
eukaryotic
multicellular
absorb
nonmotile
sexual
Fungi
Protists
eukaryotic
unicellular
or multicellular
absorb, ingest, or
photosynthesize
sexual and
asexual
Monera
prokaryotic
unicellular
absorb or photosynthesize
motile or nonmotile
asexual

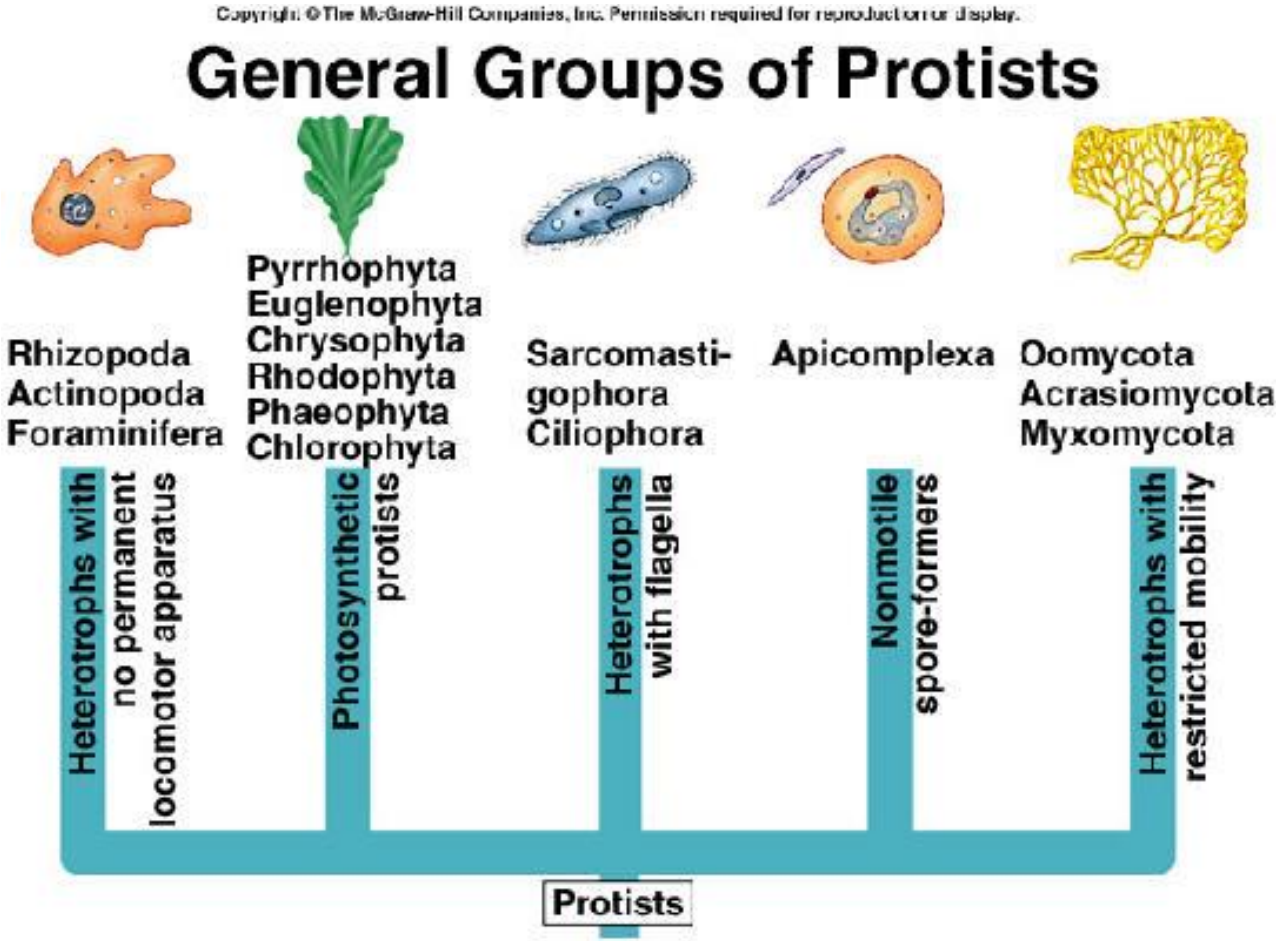

Insects
54.4%
Protists
4.2%
Plants
18%
Other Animals
19.7%
Fungi
3.4%
Bacteria
0.3%

- 1. อาณาจักรโมเนอรา(monera) หรืออาณาจักรโพรคาริโอติก เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีเซลล์แบบโพรคาริโอต ซึ่งไม่สามารถหาอาหารโดยวิธีการกิน ได้แก่ แบคทีเรีย และไซยาโนแบคทีเรีย

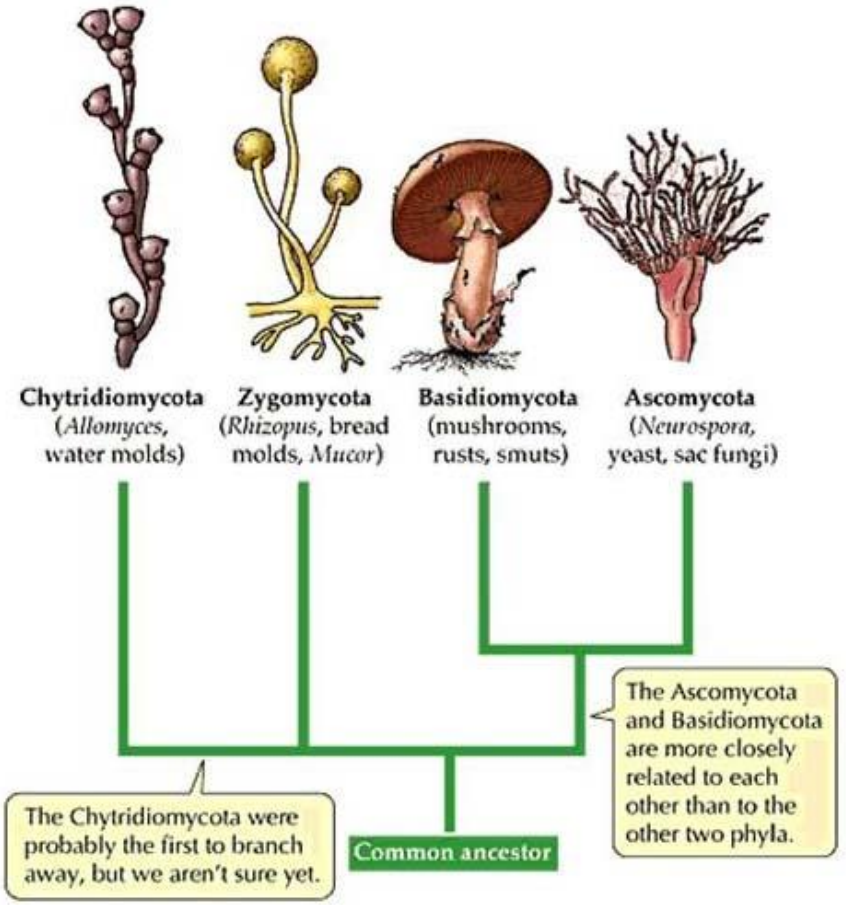
2. อาณาจักรโพรทิสตา(protista) เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวแบบยูคาริโอต ซึ่งมีวีการได้อาหารหลายแบบ เช่น สาหร่ายขนาดเล็ก(MICROALGAE) ได้อาหารโดยการสังเคราะห์แสง

- **โพรโทซัวได้อาหารโดยการกิน และโพรทิสต์อื่นๆได้อาหารโดยการดูดซึม**

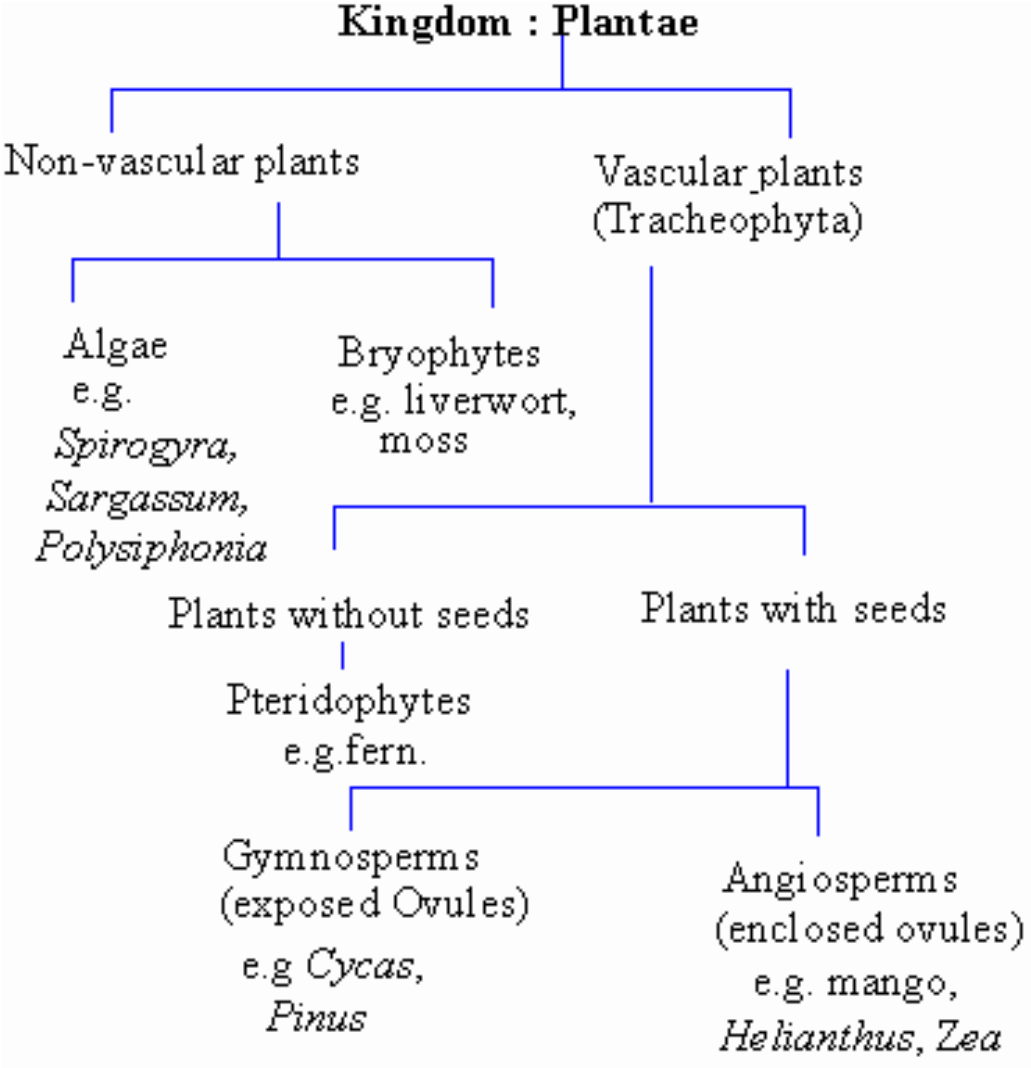
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



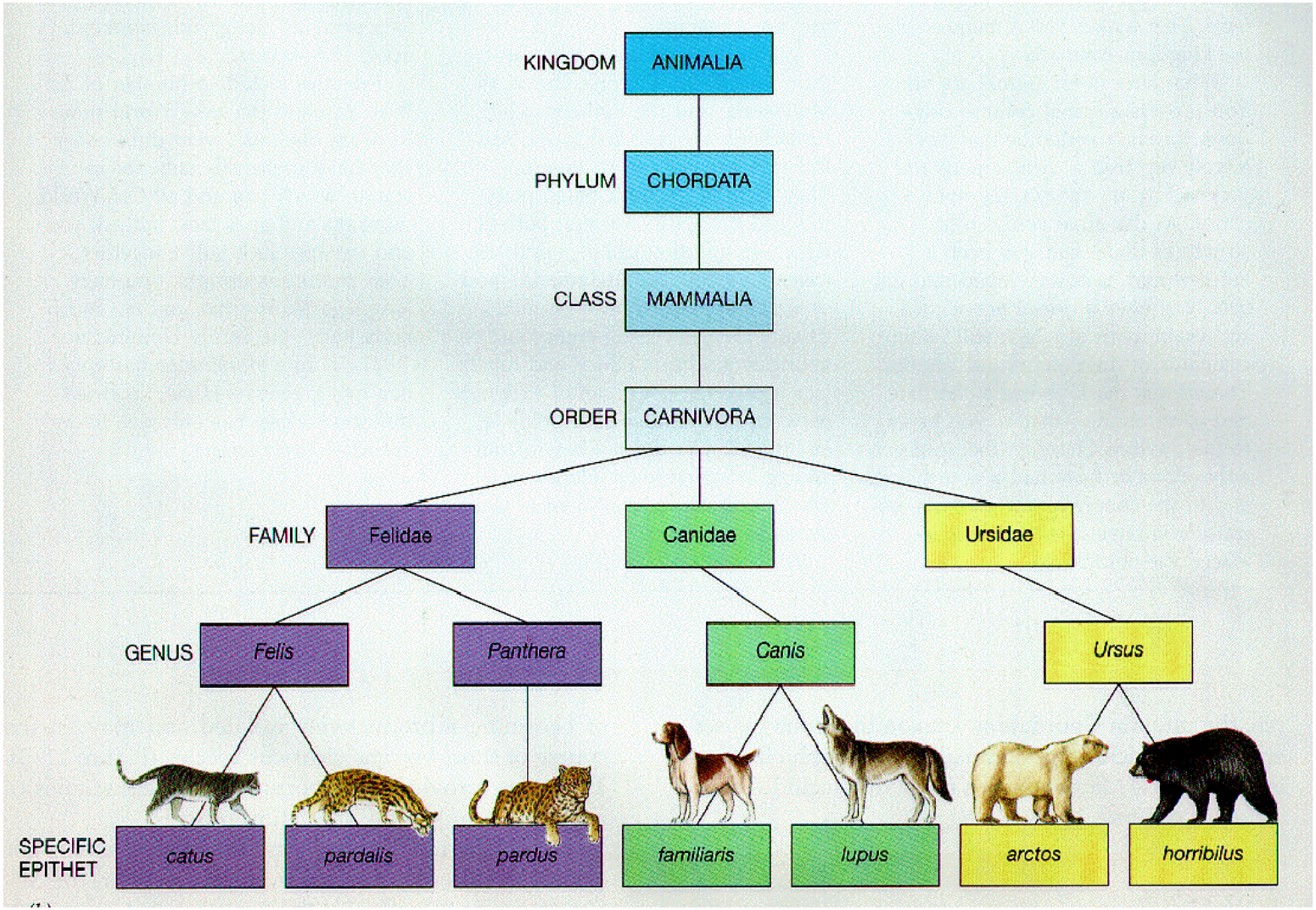
3. อาณาจักรเห็ดรา(FUNGI) ได้แก่พวกยีสต์ที่มีเซลล์เดียว ราที่มีหลายเซลล์รวมถึงพวกเห็ดที่มีขนาดใหญ่ ได้อาหารโดยการดูดซึมสารอาหาร่านเยื่อหุ้มเวลลี แต่ละเซลล์ของรามาเชื่อมต่อกันเป็นเส้นใย (HYPHAE) ราส่วนใหญ่ไม่มีแฟลกเจลลา สืบพันธุ์โดยอาศัยสปอร์



4. อาณาจักรพืช(PLANTAE) เป็นพวกสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ ที่ได้อาหารโดยการสังเคราะห์แสง เปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำให้เป็นสารอินทรีย์ที่เซลล์ต่างๆนำไปใช้ ได้แก่ พืชสีเขียวและสาหร่ายชั้นสูง

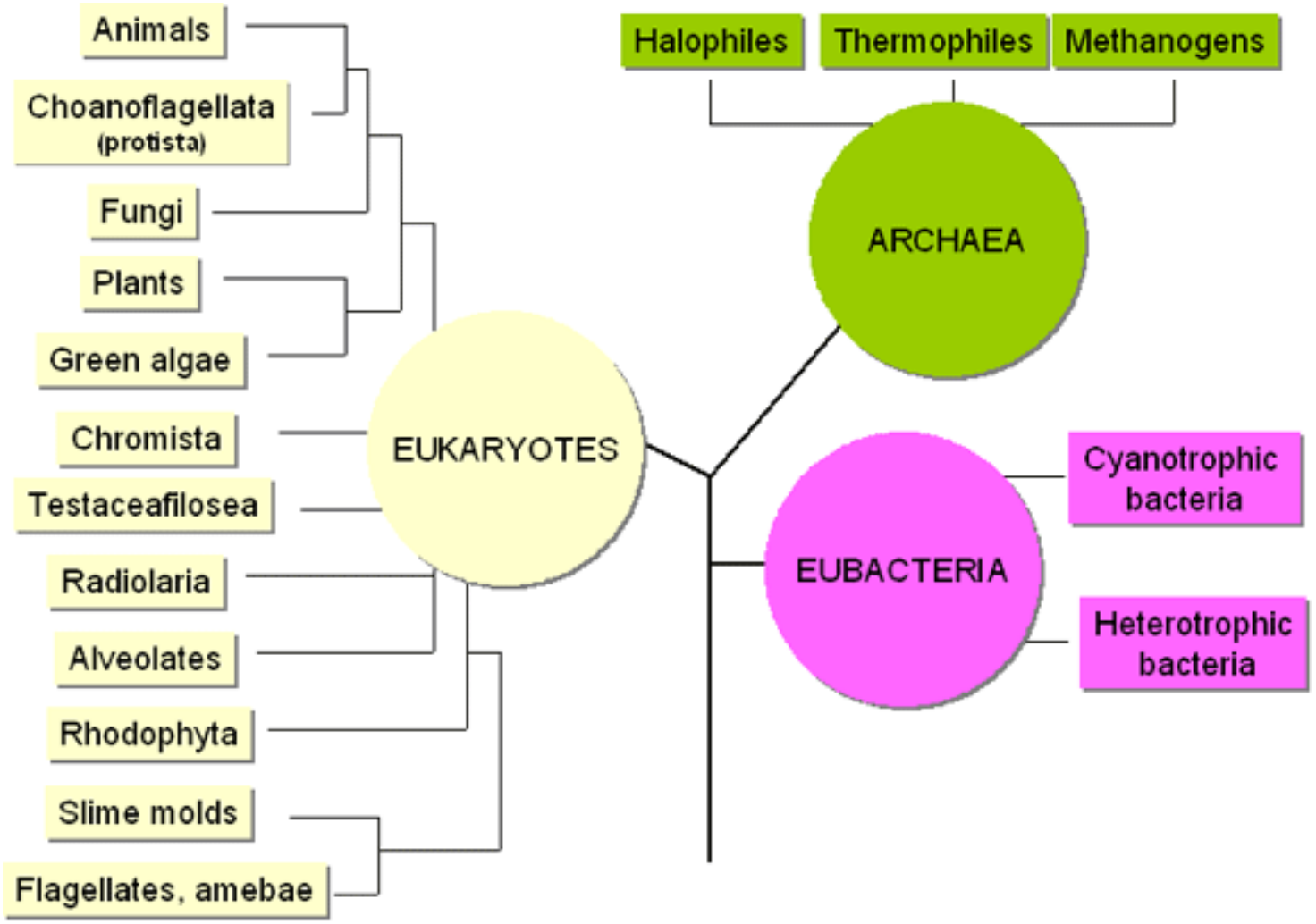


5. อาณาจักรสัตว์(ANIMALIA) เป็นสิ่งมีวิตหลายเซลล์ที่ได้อาหารโดยการกิน ได้แก่ สัตว์ต่างๆตั้งแต่พวกฟองน้ำ หนอนต่างๆ แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง

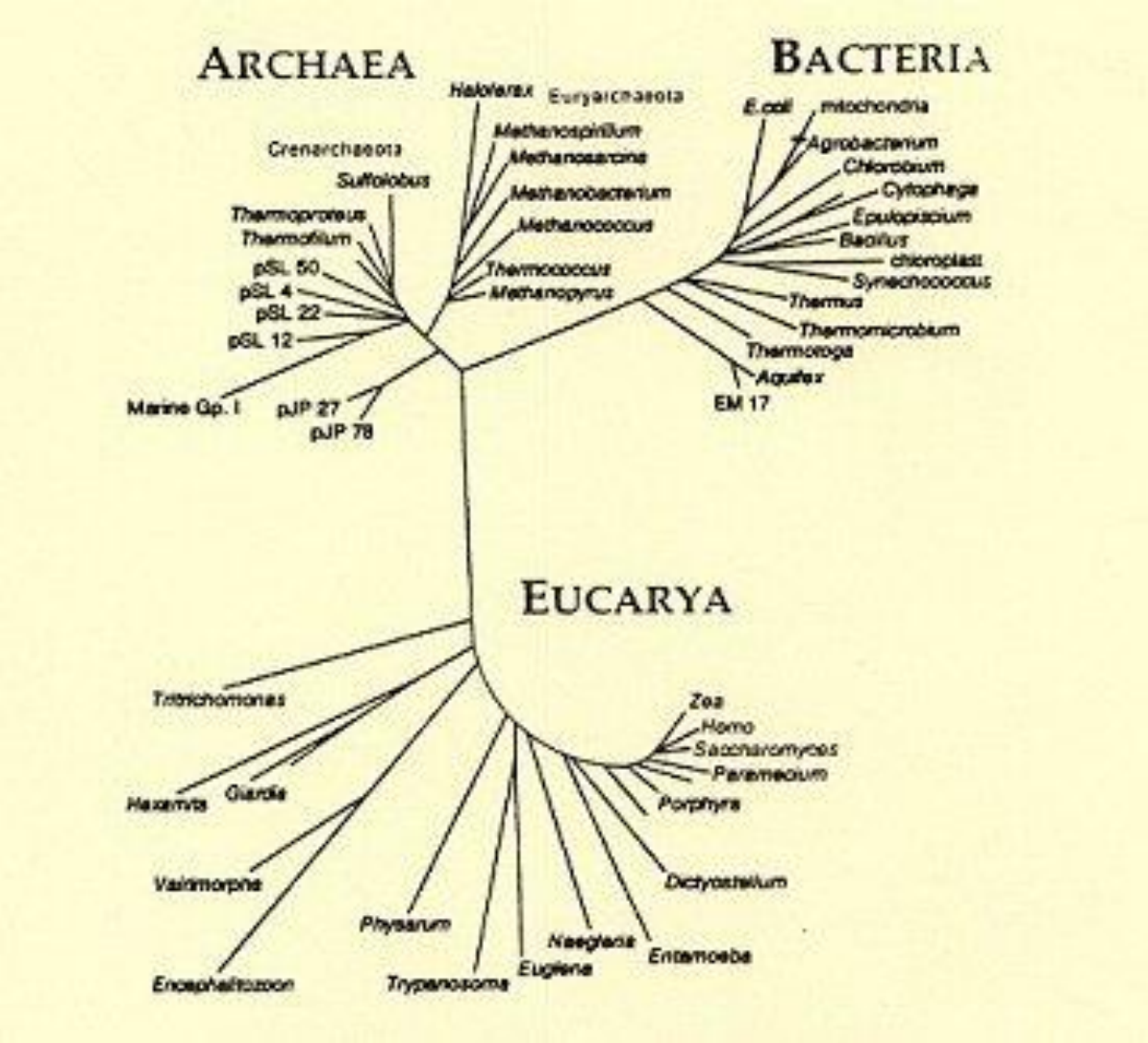


ปี ค.ศ. 1978 คาร์ล อาร์ วูส(Carl R. Woese) ได้จัดหมวดหมู่สิ่งมีชีวิตออกเป็นสามอาณาจักร โดยแบ่งตามชนิดของไรโบโซม จากการเปรียบเทียบลำดับของนิวคลีโอไทด์ในไรโบโซมัลอาร์เอ็นเอ (ribosomal RNA,rRNA)จากเซลล์ชนิดต่างๆ

พบว่าแบ่งสิ่งมีชีวิตออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มยูคาริโอต กลุ่มยูแบคทีเรีย และกลุ่มอาร์คีโอแบคทีเรีย



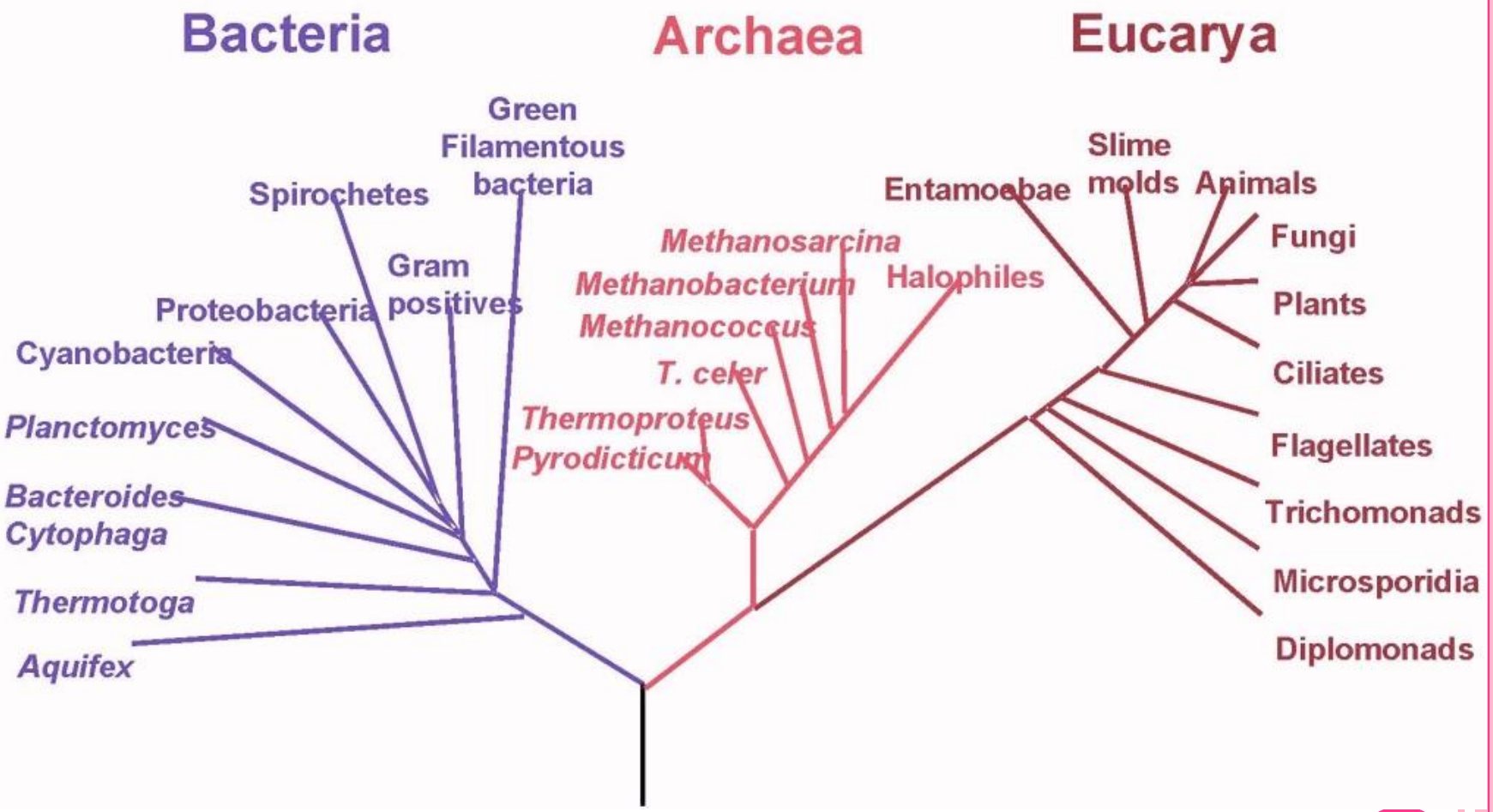
อาร์คีโอแบคทีเรียแตกต่างไปจากยูแบคทีเรีย เช่น ที่ผนังเซลล์ไม่มีเพปติโดไกลแคน(PEPTIDOGLYCAN) มักอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ทุรกันดาร มีกระบวนการเมแทบอลิซึมที่แปลกออกไป


ARCHAEA
BACTERIA
EUCARYA
Crenarchaeota
Euryarchaeota
Halobacterium
Methanospirillum
Methanosarcina
Methanobacterium
Methanococcus
Thermococcus
Methanopyrus
Sulfolobus
Thermoproteus
Thermofilum
pSL 50
pSL 4
pSL 22
pSL 12
Marine Gp. I
pJP 27
pJP 78
E.coli
mitochondria
Agrobacterium
Chlorobium
Cytophaga
Epulopiscium
Bacillus
chloroplast
Synechococcus
Thermus
Thermomicrobium
Thermotoga
Aquifex
EM 17
Trichomonas
Hexamita
Giardia
Vairimorpha
Physarum
Trypanosoma
Euglena
Naegleria
Entamoeba
Dictyostelium
Porphyra
Paramecium
Saccharomyces
Homo
Zea
Encephalitozoon

อาร์คีโอแบคทีเรียแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. มีทาโนเจน(methanogens) เป็นพวกแอนแอโรบที่แท้จริง(strictly anaerobes) สร้างมีเทน(CH_4) จากคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน
2. พวกชอบความเค็มจัด(halophiles) เจริญได้ในที่มีความเค็มสูง
3. พวกชอบอุณหภูมิสูงและกรดจัด(thermoacidophiles) เจริญได้ดีในที่อุณหภูมิสูงและสภาพกรดจัด

Phylogenetic Tree of Life



ตารางที่ 7.3 แสดงลักษณะต่างๆของอาร์คีโอแบคทีเรีย ยูแบคทีเรีย และยูคาริโอต

ลักษณะ	อาร์คีโอแบคทีเรีย	ยูแบคทีเรีย	ยูคาริโอต
ชนิดของเซลล์	โพรคาริโอต	โพรคาริโอต	ยูคาริโอต
ผนังเซลล์	องค์ประกอบแตกต่างกันไป แต่ไม่มีเพปติโดไกลแคน	ประกอบด้วยเพปติโดไกแคน	องค์ประกอบแตกต่างกันไป ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต
ไขมันที่เยื่อหุ้มเซลล์	ประกอบด้วยคาร์บอนที่แตกกิ่งก้าน ยึดติดกับกลีเซอรอลด้วยพันธะอีเธอร์	ประกอบด้วยคาร์บอนต่อกันเป็นเส้นตรง ยึดติดกันกลีเซอรอล ด้วยพันธะเอสเทอร์	ประกอบด้วยคาร์บอนต่อกันเป็นเส้นตรงยึดติดกับกลีเซอรอลด้วยพันธะเอสเทอร์

16/09/63

ตารางที่ 7.3 (ต่อ)แสดงลักษณะต่างๆของอาร์คีโอแบคทีเรีย ยูแบคทีเรีย และยูคาริโอต

ลักษณะ	อาร์คีโอแบคทีเรีย	ยูแบคทีเรีย	ยูคาริโอต
สัญญาณเริ่มต้นในการสังเคราะห์โปรตีน	เมทิโอนีน	ฟอร์มิลเมทิโอนีน	เมทิโอนีน
ไวต่อสารปฏิชีวนะ	ไม่ไว	ไว	ไม่ไว
วง rRNA *	ไม่มี	มี	ไม่มี
แขนร่วมของ tRNA**	ไม่มี	มี	ไม่มี

16/09/63

*จับกับไรโบโซมัลโปรตีน พบในแบคทีเรียทุกชนิด

* *ลำดับของเบสบน tRNA ที่พบในยูคาริโอตและยูแบคทีเรียทุกชนิด

ความสัมพันธ์ทางสายวิวัฒนาการของอาณาจักรทั้งสาม

- เดิมเคยคิดว่าอาร์คีโอแบคทีเรียเป็นกลุ่มที่เก่าแก่ที่สุด และคิดว่ายูแบคทีเรียใกล้ชิดกับยูคาริโอต แต่ปัจจุบันการศึกษาลำดับของ DNA ในยีนเพื่อศึกษา RNA polymerase พบว่าอาร์คีโอแบคทีเรียมีความคล้ายคลึงกับยูคาริโอตมากกว่าคล้ายกับยูแบคทีเรีย

- ดังนั้นจึงเชื่อกันว่ายูแบคทีเรียเก่าแก่กว่าอาร์คีโอแบคทีเรียและยูคาริโอต

การจัดหมวดหมู่แบคทีเรีย

- **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology จัดแบคทีเรียเป็นอาณาจักรโพรคาริโอติ(Procaryotae) ซึ่งแบ่งเป็น 4 ดิวิชัน โดย 3 ดิวิชันเป็นยูแบคทีเรีย และดิวิชันที่ 4 เป็นอาร์คีโอแบคทีเรีย ดิวิชันต่างๆของอาณาจักรโพรคาริโอติมีดังนี้**

- **1. ดิวิชันกราซิลิคิวเทส(Gracilicutes) เป็นพวกโพรคาริโอตที่มีโครงสร้างของผนังเซลล์ซับซ้อนและเป็นแบคทีเรียแกรมลบ**

- **2. ดิวิชันเฟิร์มมิคิวเทส(Firmicutes) เป็นพวกโพรคาริโอตที่มีผนังเซลล์หนาแข็งแงหุ้มและเป็นแบคทีเรียแกรมบวก**

อาณาจักรโพรคาริโอติ

3. ดิวิชันทีนีริคิวเทส(Tenericutes) เป็นพวกโพรคาริโอตที่เซลลีมีลักษณะอ่อนนุ่ม ไม่มีผนังเซลล์

4 ดิวิชันเมนโดซิคิวเทส(Mendosicutes) เป็นพวกโพรคาริโอตที่ค่อนข้างโบราณกว่าพวกอื่น มีผนังเซลล์ผิดปรกติ เช่น ไม่มีเพปติโดไกลแคน องค์ประกอบในผนังเซลล์มักเป็นสารโปรตีนโมเลกุลใหญ่

The end