บทนำเกี่ยวกับจุลชีววิทยา

จุลชีววิทยา

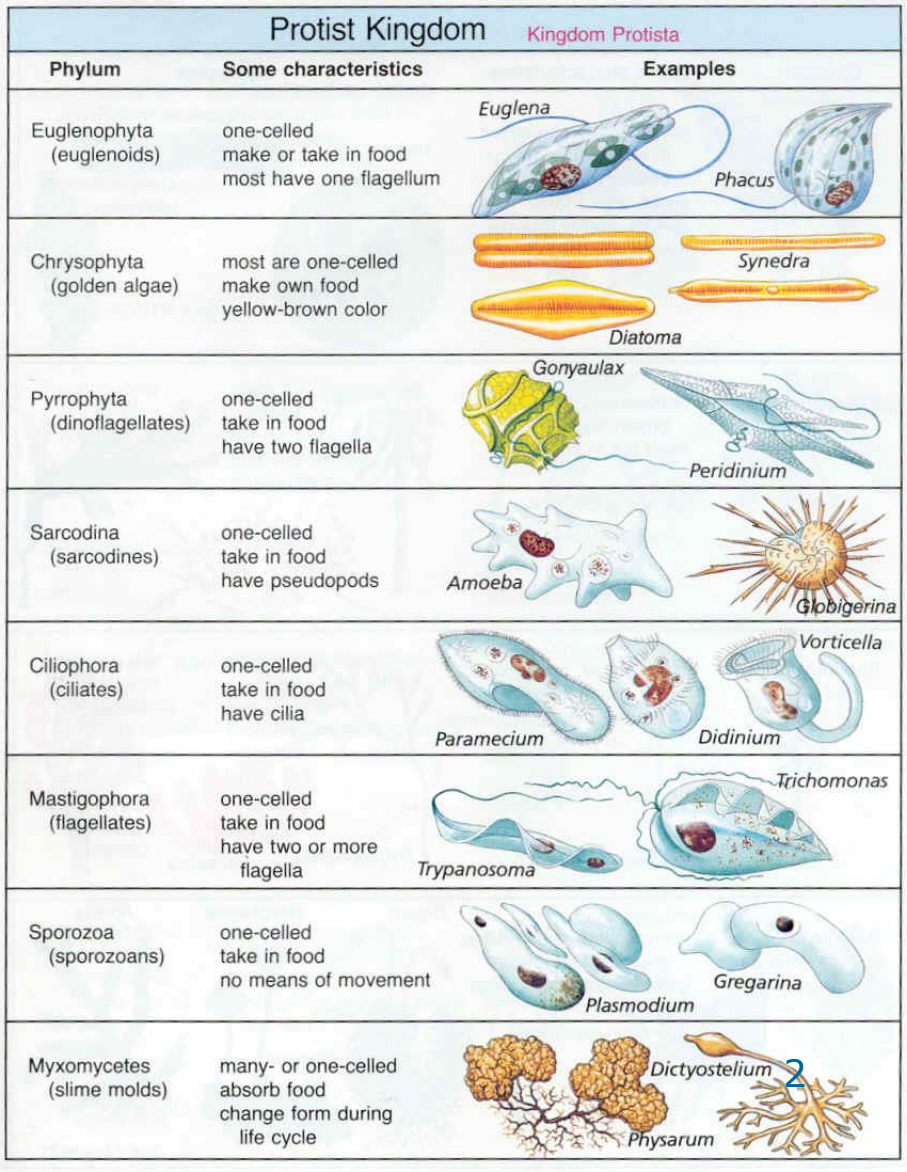
- เป็นวิชาที่ศึกษาถึงจุลินทรีย์และกิจกรรมของจุลินทรีย์ เช่น รูปร่าง หน้าที่การทำงาน กระบวนการเมแทบอลิซึม การสืบพันธุ์เป็นต้น

- โดยทั่วไป วิชาจุลชีววิทยา จะเกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต(สมช.)ขนาดเล็กเซลล์เดียว ซึ่งสามารถเกิดกระบวนการต่างๆของสมช.ภายในเซลล์เพียงเซลล์เดียว

"จุลินทรีย์นั้น มีขนาดเล็ก จึงสะดวกในการเลี้ยงและเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีกระบวนการเมแทบอลิซึมแบบเดียวกับสมช.ชั้นสูงอีกด้วย"

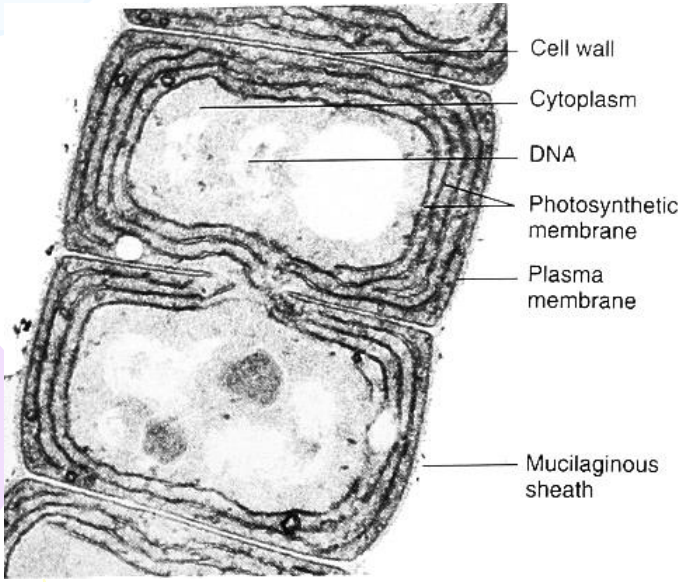
การจัดจำแนกจุลินทรีย์

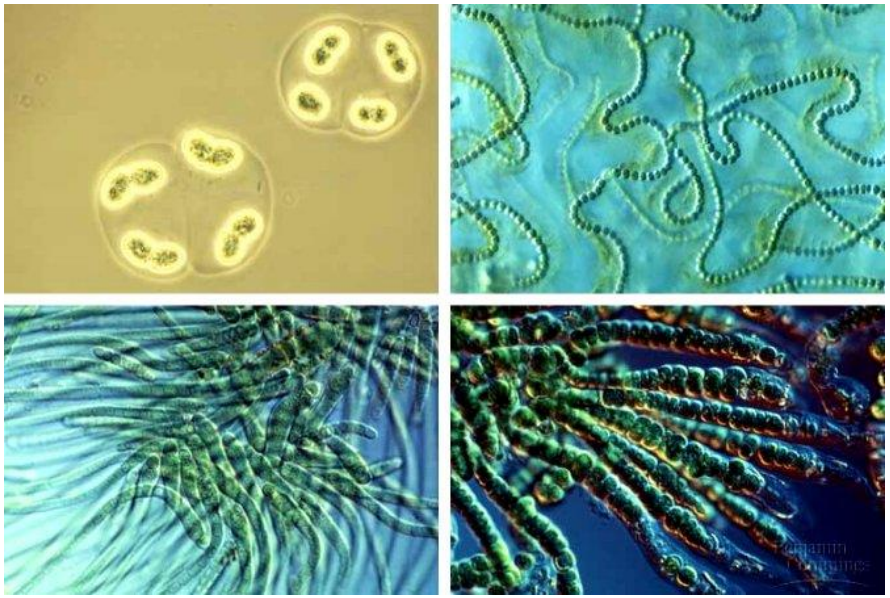
- ค.ศ.1866 เฮกเกล(E.H Haeckel) ได้จัดตั้งอาณาจักรโปรตีสตา มีลักษณะเป็นเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ที่ไม่มีการจัดเรียงตัวแน่นอน และไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่ทำหน้าที่โดยเฉพาะ สมช.นี้ได้แก่ แบคทีเรีย รา สาหร่าย โปรโตซัว



โปรติสต์นี้สามารถแบ่งเป็น 2 พวก

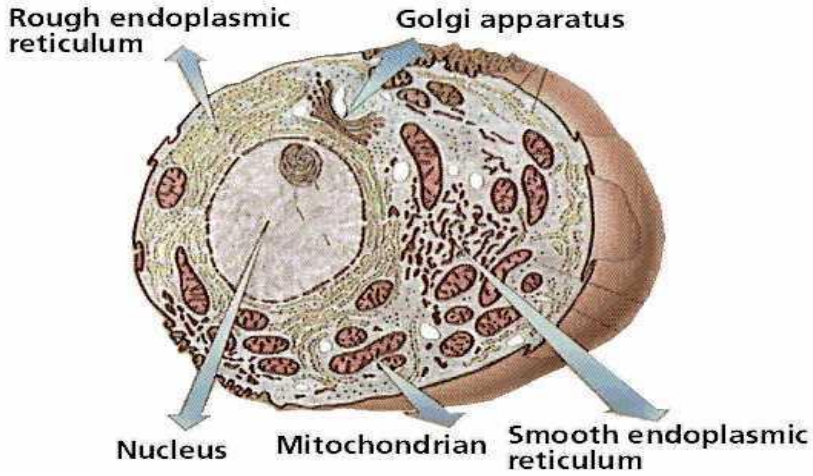
- 1. พวกโปรคาริโอต(procaryote) คือ ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (nuclear membrane)กลุ่มนี้ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งสาหร่ายชนิดนี้จัดเป็นแบคทีเรียที่เรียกว่า ไซยาโนแบคทีเรีย



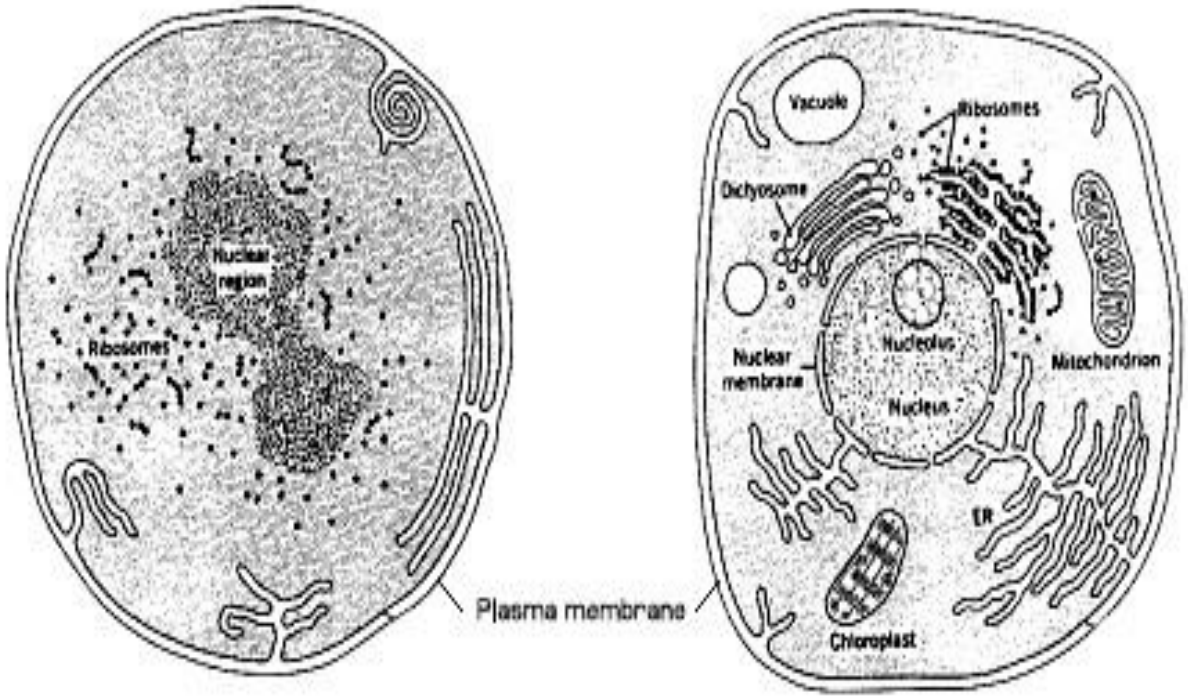


2. พวกยูคาริโอต(Eucaryote)

- ลักษณะสำคัญคือ มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส มีการแบ่งเซลล์แบบไมโตซิส ได้แก่จุลินทรีย์พวก โพรโทซัว รา สาหร่าย(ยกเว้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน)



โครงสร้างของเซลล์



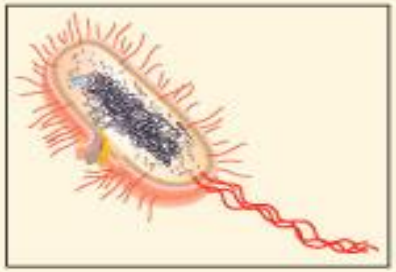
Procaryote cell

Eucaryote cell

รูปที่ 2 เซลล์และองค์ประกอบภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตประเภท procaryote และ eucaryote

ความแตกต่างระหว่างโปรคาริโอตและยูคาริโอต

TABLE 4.2 Principal Differences Between Prokaryotic and Eukaryotic Cells

Characteristic	Prokaryotic	Eukaryotic
		
Size of cell	Typically 0.2–2.0 μm in diameter	Typically 10–100 μm in diameter
Nucleus	No nuclear membrane or nucleoli	True nucleus, consisting of nuclear membrane and nucleoli
Membrane-enclosed organelles	Absent	Present; examples include lysosomes, Golgi complex, endoplasmic reticulum, mitochondria, and chloroplasts
Flagella	Consist of two protein building blocks	Complex; consist of multiple microtubules
Glycocalyx	Present as a capsule or slime layer	Present in some cells that lack a cell wall
Cell wall	Usually present; chemically complex (typical bacterial cell wall includes peptidoglycan)	When present, chemically simple
Plasma membrane	No carbohydrates and generally lacks sterols	Sterols and carbohydrates that serve as receptors present
Cytoplasm	No cytoskeleton or cytoplasmic streaming	Cytoskeleton; cytoplasmic streaming
Ribosomes	Smaller size (70S)	Larger size (80S); smaller size (70S) in organelles
Chromosome (DNA)	Single circular chromosome; lacks histones	Multiple linear chromosomes with histones arrangement
Cell division	Binary fission	Mitosis
Sexual reproduction	No meiosis; transfer of DNA fragments only	Involves meiosis

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

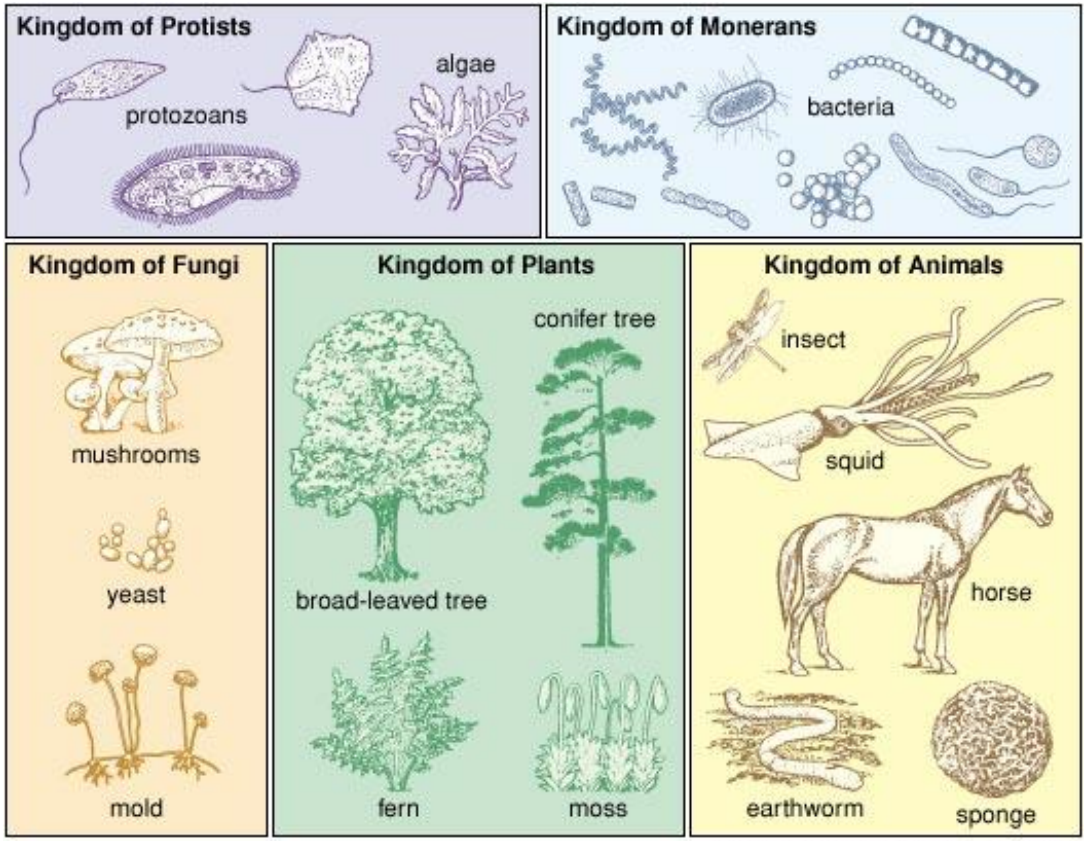
ตารางที่ 1.1 แสดงความแตกต่างระหว่างโพรคาริโอติกเซลล์กับยูคาริโอติกเซลล์

ลักษณะสำคัญ	โพรคาริโอติกเซลล์	ยูคาริโอติกเซลล์
1. กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่พบ	แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	สาหร่าย รา โพรโทซัว พืช สัตว์
2. ขนาดของสิ่งมีชีวิต	1-2 x 1-4 ไมโครเมตร หรือต่ำกว่า	มีความกว้างมากกว่า 5 ไมโครเมตร
3. โครงสร้างของนิวเคลียส		
- เยื่อหุ้มนิวเคลียส	ไม่มี	มี
- ลักษณะโครโมโซม	วงกลม	เป็นเส้น
- จำนวนโครโมโซม	1	1 หรือมากกว่า 1
- โปรตีนที่โครโมโซม	ไม่มีฮีสโทน	มีฮีสโทน
- นิวคลีโอลัส	ไม่มี	มี
4. โครงสร้างของไซโทพลาซึม		
- ก๊าซแวคิวโอล	มี	ไม่มี
- มีโซโซม	มี	ไม่มี
- ไรโบโซม	70S กระจายในไซโทพลาซึม	80 S ในไซโทพลาซึม 70 S ในไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์
- ไมโทคอนเดรีย	ไม่มี	มี
- คลอโรพลาสต์	ไม่มี	มีในเซลล์พืช
- โกลจิบอดี	ไม่มี	มี
- ร่างแหเอนโดพลาซึม	ไม่มี	มี

ลักษณะสำคัญ	โพรคาริโอติกเซลล์	ยูคาริโอติกเซลล์
5. โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์		
- ประกอบด้วยสเตอรอล	โดยมากไม่มี	มี
- มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระ-บวนการหายใจและการสังเคราะห์แสง	มี	ไม่มี
6. โครงสร้างของผนังเซลล์	เพปติโดไกลแคน	พืชและสาหร่ายเป็นเซลลูโลส ราเป็นไคทิน
7. โครงสร้างในการเคลื่อนที่	ไฟบริลอย่างง่าย ประกอบด้วยแฟลกเจลลิน	ประกอบด้วยไมโครทิวบูลแบบ “9+2”
- เท้าเทียม	ไม่มี	มีในบางพวก
8. กลไกกระบวนการเมแท-บอลิซึม	มีแตกต่างกันหลายแบบ โดยเฉพาะที่ได้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน	ใช้กระบวนการไกลโคลิซิสในการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน
9. อัตราส่วนของเบสในDNA (mol % G+C)	28-73	ประมาณ 40

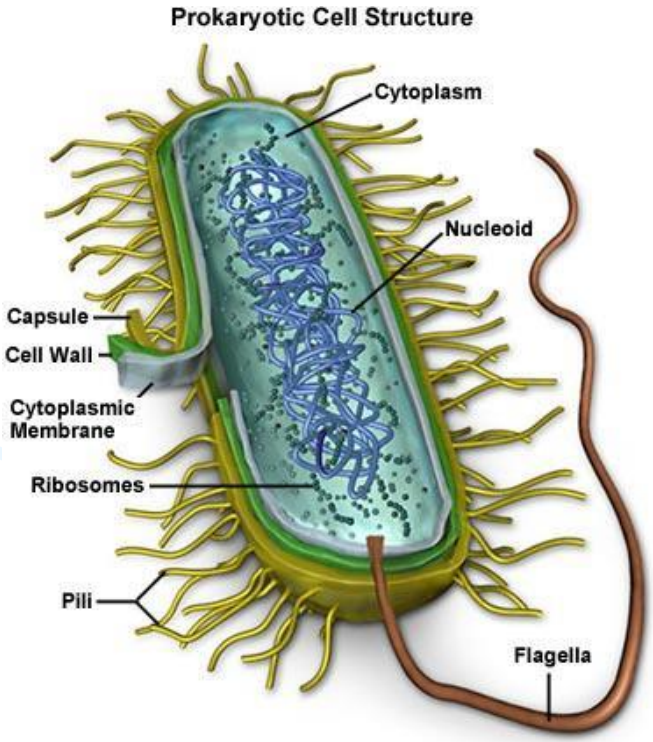
ในปีค.ศ.1969 วิทแทคเกอร์(Robert H. Whittaker) ได้จัดสมช.เป็น 5 อาณาจักรตามลักษณะ การได้สารอาหารคือ การสังเคราะห์แสง การดูดซึมอาหารและการกินอาหาร ดังนี้

- อาณาจักรโมเนรา(Monera)
- อาณาจักรโพรติสตา(Protista)
- อาณาจักรเห็ดรา(Fungi)
- อาณาจักรพืช(Plantae)
- อาณาจักรสัตว์(Animalia)



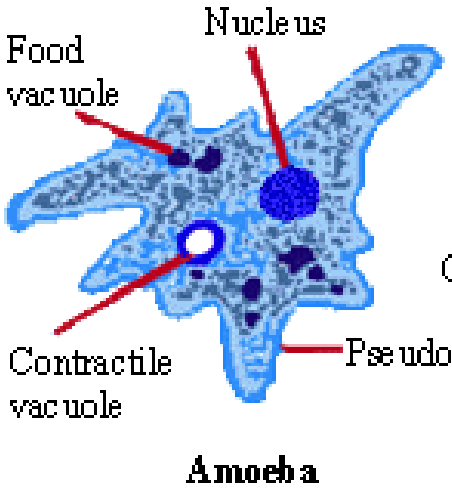
อาณาจักรโมเนรา(Monera)

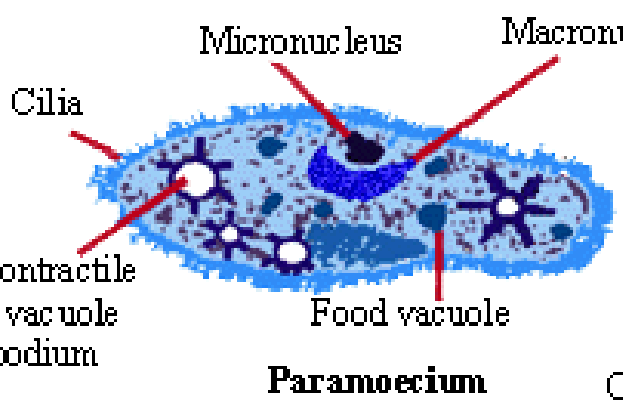
- ได้แก่จุลินทรีย์ที่เป็นพวกโปรคาริโอต ได้สารอาหารส่วนใหญ่โดยการดูดซึมอาหาร มีบ้างที่สังเคราะห์แสงได้ ส่วนใหญ่สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

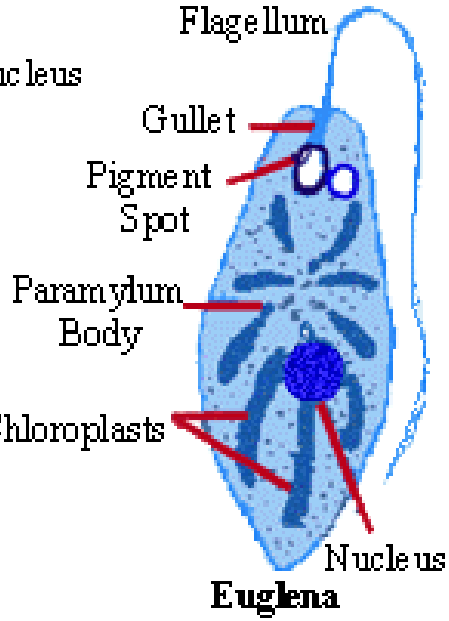


อาณาจักรโพรทิสตา

- เป็นจุลินทรีย์พวกยูคาริโอตเซลล์เดียว มีวิธีได้อาหาร 3 วิธีคือ การสังเคราะห์แสง(สาหร่ายขนาดเล็ก) การดูดซึมอาหาร(โพรทิสอื่นๆ) และการกินอาหาร(โพรโทซัว)







อาณาจักรพืช

- ได้แก่พืชสีเขียวหายเซลล์และสาหร่ายชั้นสูง พืชส่วนใหญ่สังคราะห์แสงได้และมีคลอโรฟิลล์ มีผนังเซลล์แข็งแรง มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อเป็นราก ลำต้น ใบ สืบพันธุ์ทั้งอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศ

อาณาจักรเห็ดรา

- ได้แก่ราชั้นสูงมีหลายนิวเคลียส มีผนังเซลล์ และได้อาหารโดยการดูดซึม

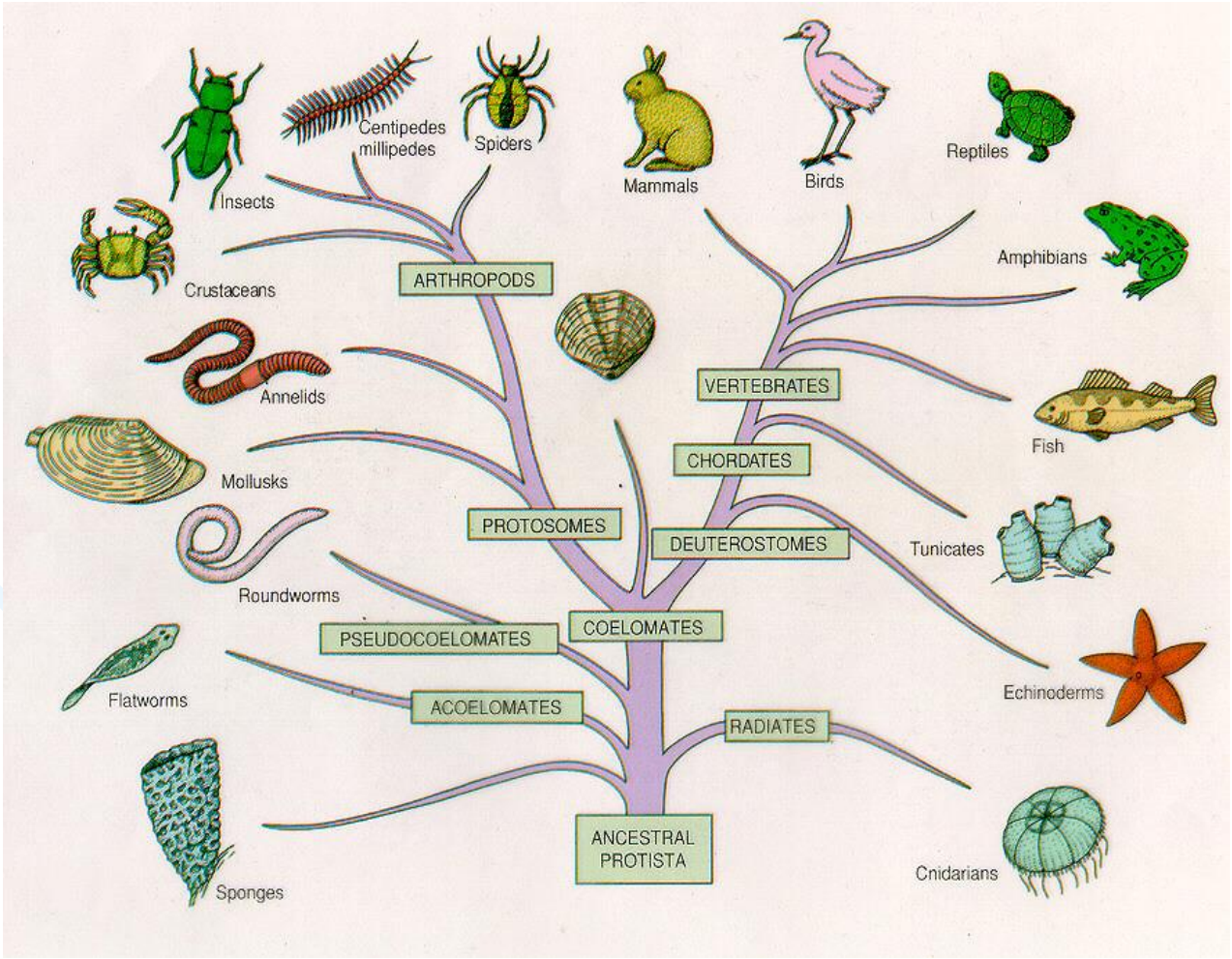
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Table 36.1 Fungi

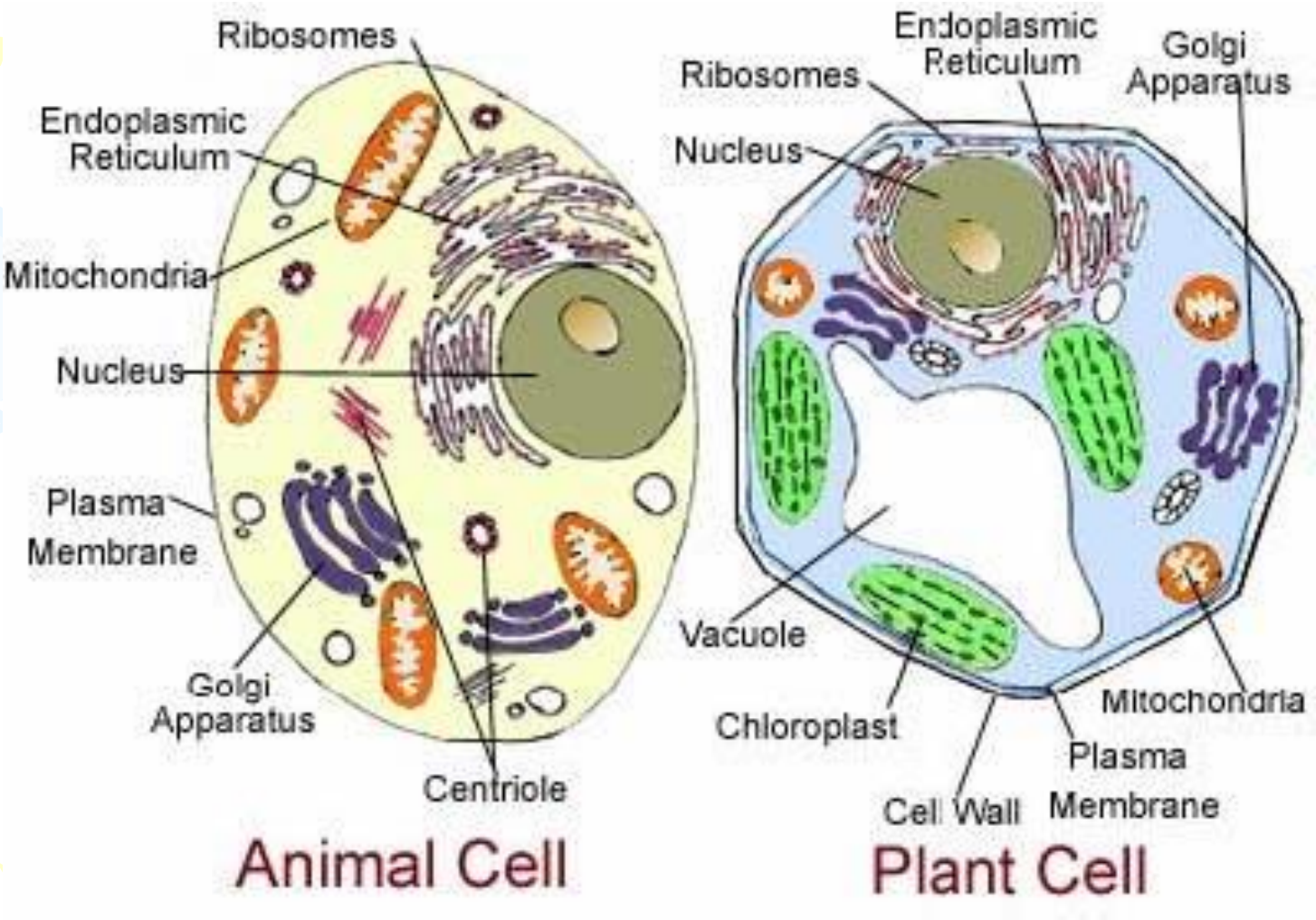
Phylum	Typical Examples		Key Characteristics	Approximate Number of Living Species
Ascomycota	Yeasts, truffles, morels		Develop by sexual means; ascospores are formed inside a sac called an ascus; asexual reproduction is also common	32,000
Imperfect fungi	*Aspergillus*, *Penicillium*		Sexual reproduction has not been observed; most are thought to be ascomycetes that have lost the ability to reproduce sexually	17,000
Basidiomycota	Mushrooms, toadstools, rusts		Develop by sexual means; basidiospores are borne on club-shaped structures called basidia; the terminal hyphal cell that produces spores is called a basidium; asexual reproduction occurs occasionally	22,000
Zygomycota	*Rhizopus* (black bread mold)		Develop sexually and asexually; multinucleate hyphae lack septa, except for reproductive structures; fusion of hyphae leads directly to formation of a zygote, in which meiosis occurs just before it germinates	1050

อาณาจักรสัตว์

- ได้แก่พวกสัตว์หลายเซลล์ ไม่มีผนังเซลล์ เคลื่อนที่ได้ ดำรงชีวิตโดยการกินอาหาร สืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ



เปรียบเทียบเซลล์สัตว์กับเซลล์พืช

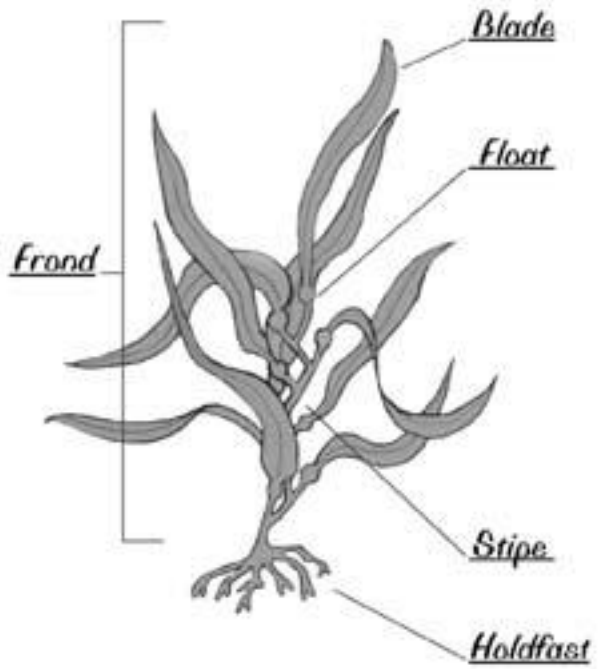


จุลินทรีย์

- พบใน 3 อาณาจักรคือ
- อาณาจักรโมเนอรา(แบคทีเรียและไซยาโนแบคทีเรีย)
- อาณาจักรโพรติสตา(สาหร่ายขนาดเล็กและโพรโทซัว)
- อาณาจักรเห็ดรา(ยีสต์และรา)

กลุ่มต่างๆของจุลินทรีย์

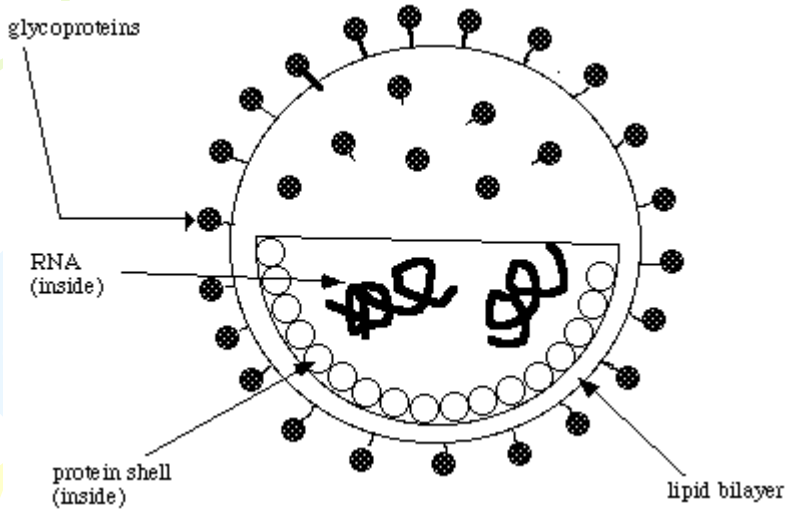
- สาหร่าย มีลักษณะค่อนข้างง่าย พวกเก่าแก่ที่สุดมีเซลล์เดียว เซลล์สาหร่ายทุกชนิดมีคลอโรฟิลล์ เพื่อทำหน้าที่สังเคราะห์แสง พบสาหร่ายตามแหล่งน้ำ ที่ชื้นแฉะ

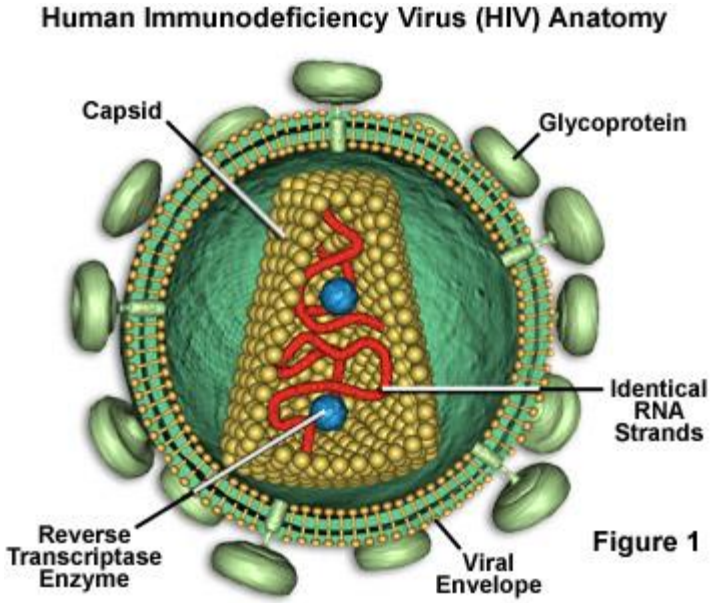


ไวรัส

- มีอนุภาคขนาดเล็กมาก มองเห็นโดยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนเท่านั้น ไม่มีองค์ประกอบของเซลล์ ไวรัสก่อให้เกิดโรคแก่พืช สัตว์และแบคทีเรีย และโพรทิสต์อื่นๆ การเพาะเลี้ยงไวรัสต้องอาศัยเซลล์ที่มีชีวิตเท่านั้น

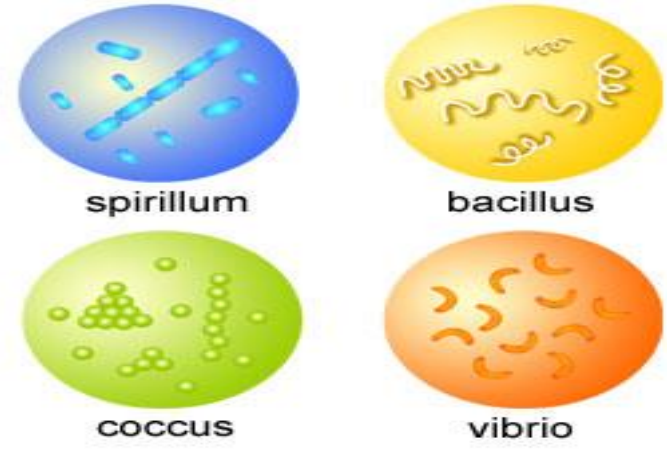
โครงสร้างของไวรัส

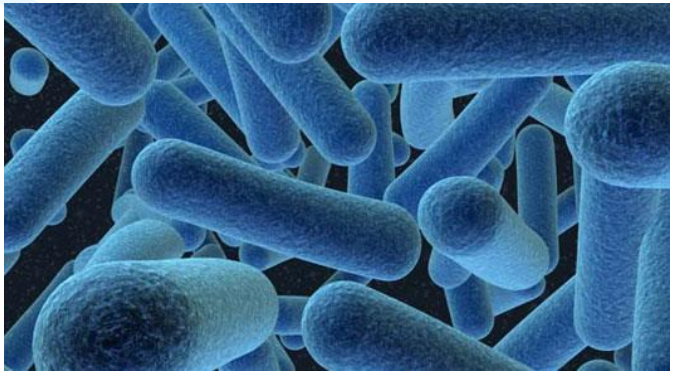


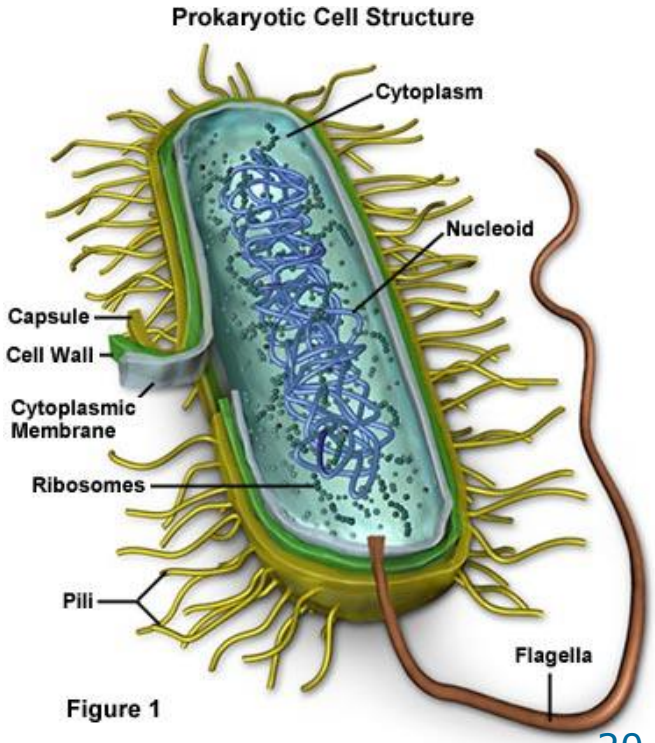


แบคทีเรีย

- เป็นโปรคาริโอตเซลล์เดียว โดยทั่วไปเพิ่มจำนวนเซลล์โดยการแบ่งตัวจาก 1 เป็น 2

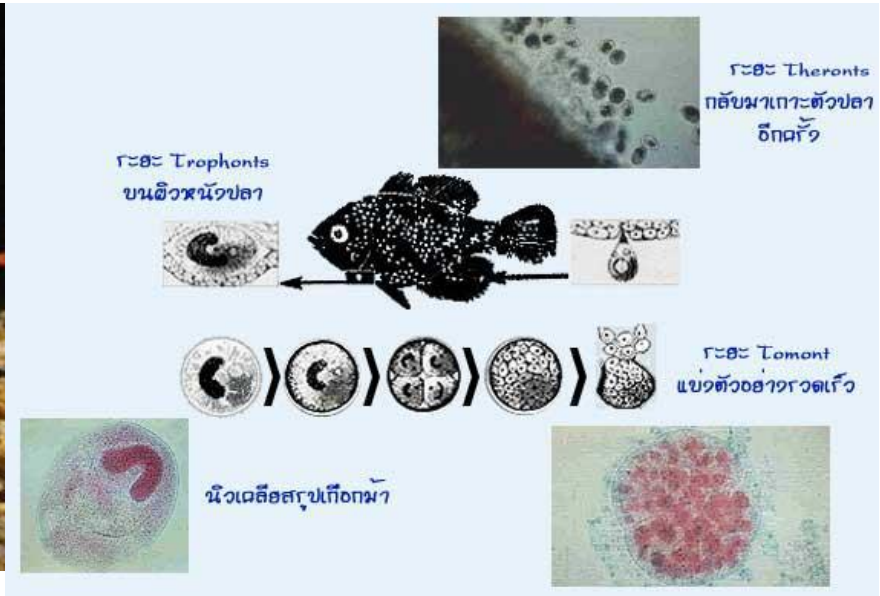






โพรโทซัว

- เป็นยูคาริโอตเซลล์เดียว มีความแตกต่างทั้งด้านรูปร่างลักษณะ โภชนาการและสรีระวิทยา มีบทบาทแตกต่างกันในธรรมชาติ ที่รู้จักกันดีคือ พวกก่อโรคในคนและสัตว์



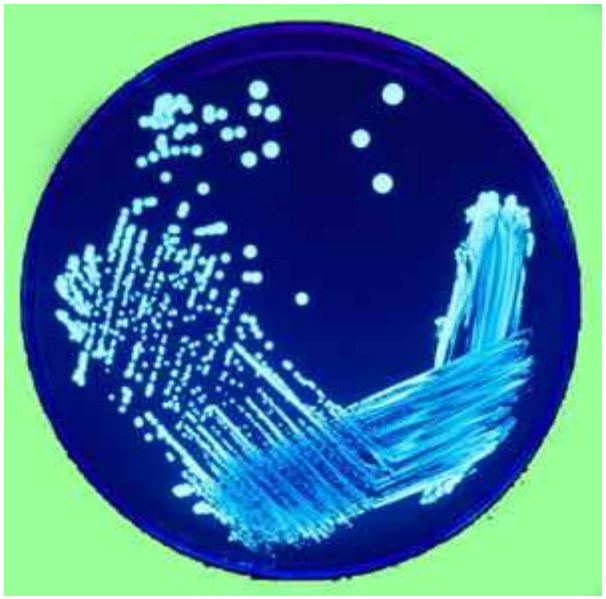
โรคจุดขาวในปลา

รา

- เป็นพวกยูคาริโอตที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ มักมีหลายเซลล์ ขนาดและรูปร่างแตกต่างกันมากตั้งแต่ยีสต์ซึ่งมีเซลล์เดียว ไปจนถึงเห็ดที่มีขนาดใหญ่ ราที่แท้จริงประกอบด้วยเส้นใยที่รวมกันเป็นไมซีเลียม (mycelium) มีการสืบพันธุ์โดยวิธีการแบ่งตัว แตกหน่อ หรือสร้างสปอร์

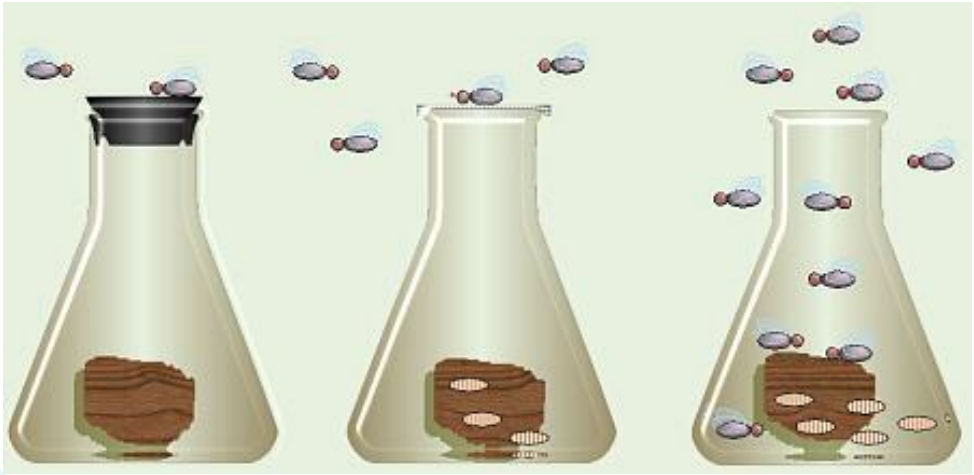
ขอบเขตของวิชาจุลชีววิทยา

- ก. การศึกษาจุลินทรีย์เฉพาะกลุ่ม เช่นวิชาไวรัส(virology) ศึกษาเกี่ยวกับไวรัส วิชาเห็ดรา(mycology)ศึกษาเกี่ยวกับเชื้อรา และยีสต์
- ข. การศึกษาจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ได้แก่ จุลชีววิทยาทางน้ำ จุลชีววิทยาทางนม จุลชีววิทยาทางอาหาร



ประวัติของวิชาจุลชีววิทยา

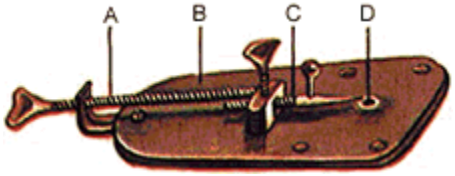
- แต่เดิมมนุษย์เชื่อว่ากำเนิดของสิ่งมีชีวิตเกิดจากสิ่งไม่มีชีวิตที่เรียกว่า อะไบโอเจเนซีส หรือ spontaneous generation ต่อมาประมาณศตวรรษที่ 17 จึงมีการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าสิ่งมีชีวิตต้องเกิดจากสิ่งมีชีวิต
- นักวิทยาศาสตร์ที่ลบล้างทฤษฎีดังกล่าว คือ ฟรานซีสโก เรดิ (1626-1697)



- สรุปว่า หนอนเกิดจากไข่แมลงวันที่บินมาวางบนเนื้อ เนื้อเป็นเพียงช่วยให้แมลงวันมาวางไข่เท่านั้น

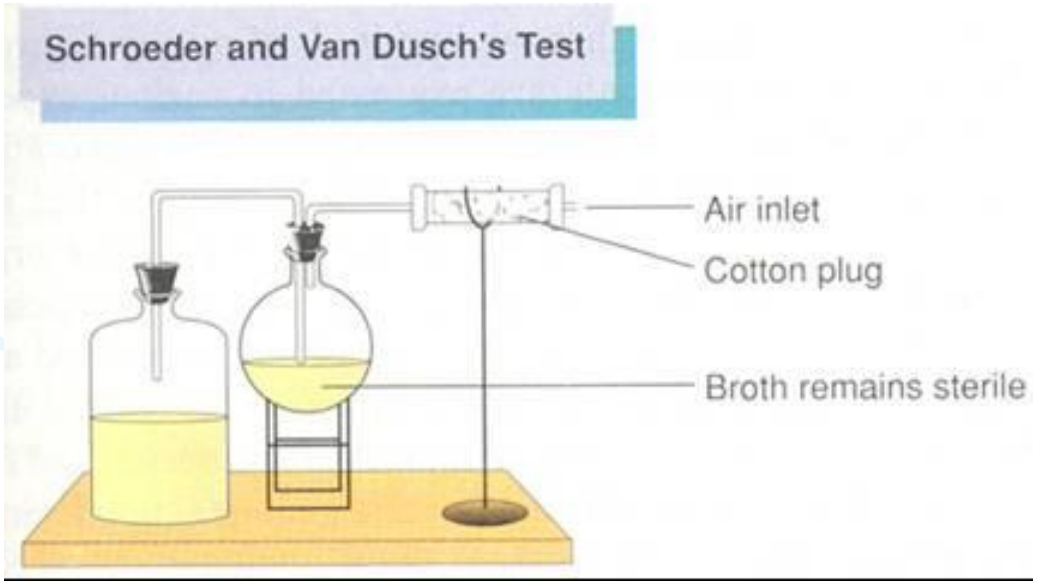
แอนโทนี แวน ลีแวนฮุก

- ใช้กล้องจุลทรรศน์ที่ประดิษฐ์ขึ้นเองส่องดูหยดน้ำ ทำให้เห็นสิ่งมีชีวิตเล็กๆเป็นจำนวนมาก



สโครเดอร์และวอนดัช(1850)

- ได้ทดลองโดยใส่อากาศผ่านจุกสำลีที่อุดไว้ในหลอดแก้วก่อนจะเข้าไปในอาหารในขวด พบว่าจุลินทรีย์จะถูกกรองไว้ที่สำลี ดังนั้นจึงไม่มีจุลินทรีย์เติบโตในอาหาร วิธีนี้เป็นจุดเริ่มต้นของเทคนิคการอุดจุกสำลีในห้องปฏิบัติการ

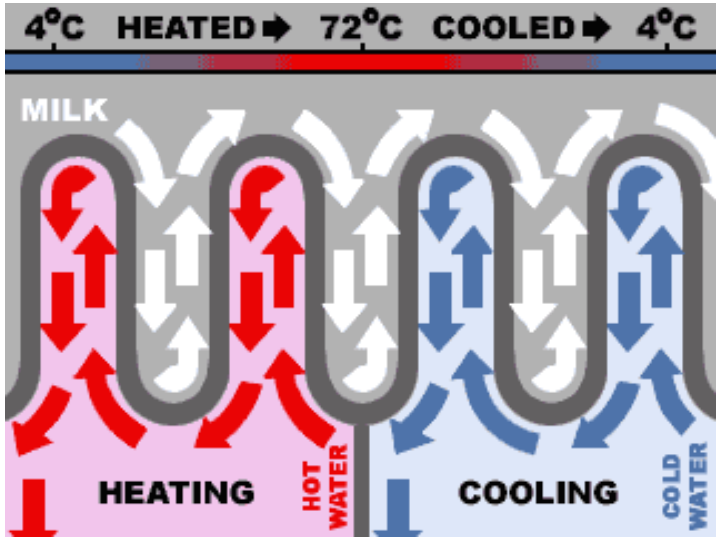


หลุยส์ ปาสเตอร์(1822-1895)

- เป็นคนแรกที่พิสูจน์ว่าสิ่งมีชีวิตต้องมาจากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น โดยใช้ขวดแก้วรูปคอห่านยืดยาวจนโค้งงอ ต้มอาหารและให้อากาศผ่านเข้าตามปกติ พบว่าไม่มีจุลินทรีย์เกิดในอาหาร
- แต่ถ้าเอียงอาหารให้สัมผัสกับส่วนที่โค้งงอ พบว่าอาหารจะขุ่น เนื่องจากจุลินทรีย์จะเจริญไปในอาหารนั้น

หลุยส์ ปาสเตอร์(1822-1895)

- ยังเป็นผู้พบกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ (fermentation)ซึ่งเกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์หลายชนิด ซึ่งเป็นพวกยีสต์ และพบว่าเหล้าองุ่นเสียเนื่องจากการกระทำของแบคทีเรียที่สร้างกรดน้ำส้ม ดังนั้นต้องกำจัดจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ โดยใช้ความร้อนต่ำ ซึ่งไม่ทำลายกลิ่นรส ของเหล้าองุ่น

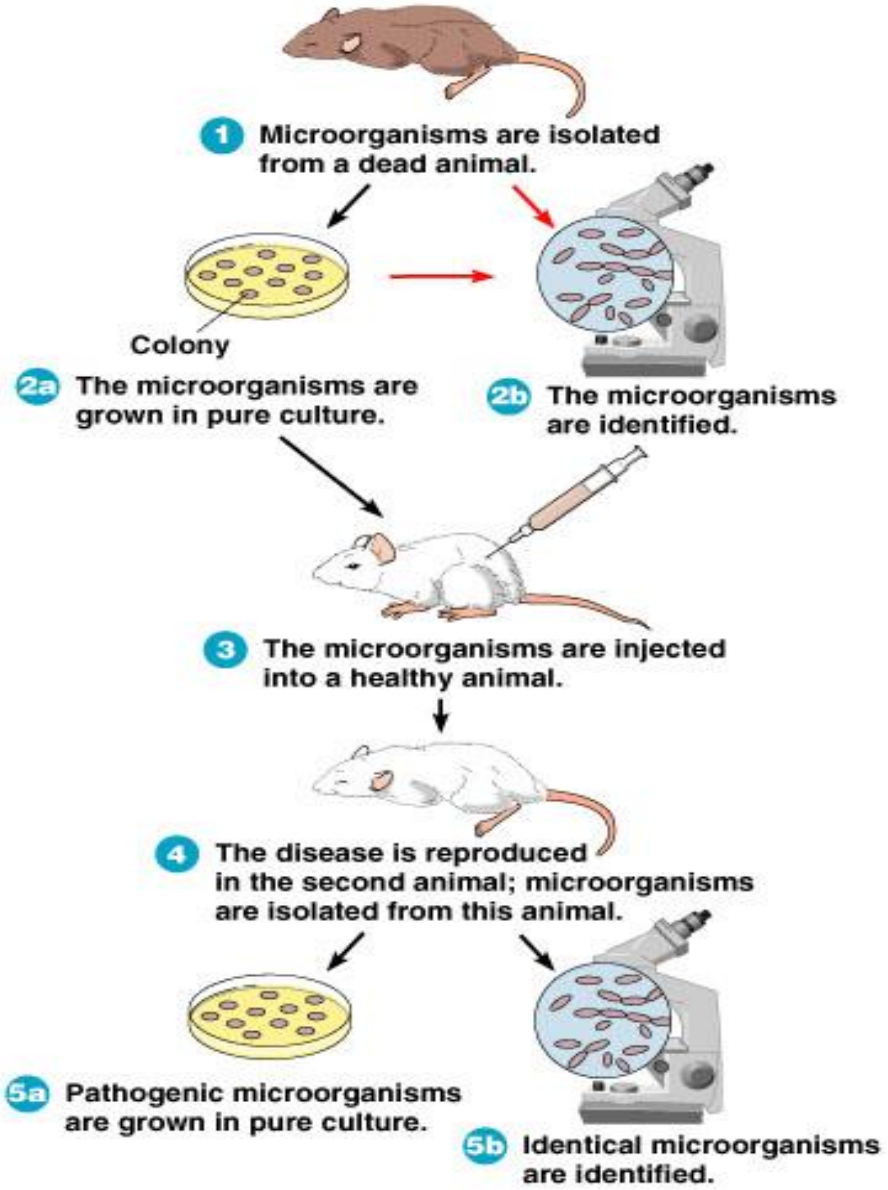


- โดยใช้ความร้อน 62.8 องศาเซลเซียส 30 นาที

สมมุติฐานของคอคซ์(Koch's postulate)มีใจความดังนี้

- ต้องพบจุลินทรีย์ในสัตว์หรือสิ่งมีชีวิตที่ป่วยเป็นโรค
- สามารถแยกจุลินทรีย์ออกมาจากสิ่งมีชีวิตนั้นและเลี้ยงให้เป็นเชื้อบริสุทธิ์ได้(pure culture)
- ใช้เชื้อบริสุทธิ์นั้นปลูก(inoculate)ลงในสัตว์ทดลองที่ไม่ป่วย ก็สามารถทำให้เกิดโรคได้
- สามารถแยกเชื้อบริสุทธิ์ออกจากสัตว์ป่วยได้ และเป็นเชื้อชนิดเดียวกันกับที่แยกได้ในครั้งแรก

Koch's postulate



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

จากสมมุติฐานของคอคซ์นี้ จึงเป็นยุคทองของวิชาจุลชีววิทยา ซึ่งเป็นยุคที่พบสาเหตุของโรคจากแบคทีเรียเป็นอันมาก ดังตาราง 1.2

ตารางที่ 1.2 การค้นพบโรคติดเชื้อจากแบคทีเรียในระหว่างปี ค.ศ. 1876-1906

โรค	เชื้อก่อโรค*	ปี ค.ศ.	ผู้ค้นพบ
Anthrax	*Bacillus anthracis*	1876	Koch
Pear fire blight	*Erwinia amylovora*	1877	Burrill
Gonorrhea	*Neisseria gonorrhoeae*	1879	Neisser
Malaria	*Plasmodium malariae*	1880	Laverans
Wound infections	*Staphylococcus aureus*	1881	Ogston
Tuberculosis	*Mycobacterium tuberculosis*	1882	Koch
Erysipelas	*Streptococcus pyogenes*	1882	Fehleisen
Diphtheria	*Corynebacterium diphtheriae*	1883	Klebs and Loeffler
Cholera	*Vibrio cholerae*	1883	Koch
Typhoid fever	*Salmonella typhi*	1884	Eberth and Gaffky
Bladder infections	*Escherichia coli*	1885	Escherich
Salmonellosis	*Salmonella enteritidis*	1888	Gaertner
Tetanus	*Clostridium tetani*	1889	Kitasato
Gas gangrene	*Clostridium perfringens*	1892	Welch and Nuttall
Plague	*Yersinia pestis*	1894	Yersin and Kitasato
Botulism	*Clostridium botulinum*	1897	Van Ermengem
Shigellosis	*Shigella dysenteriae*	1898	Shiga
Whooping cough	*Bordetella pertussis*	1906	Bordet and Gengou

*The names for the infectious agents are those in current use rather than those given at the time of their discovery. Adapted by permission from MICROBIOLOGY by Raul J.Cano and Jaime S Colome; Copyright C 1986 by West Publishing Company. All rights reserved.

ตารางที่ 1.3 เหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้นในประวัติของวิชาจุลชีววิทยา

ยุค	ผู้ค้นพบ	เหตุการณ์สำคัญ
1500-1600	Girolmo Fracastoro (1483-1553)	ตั้งทฤษฎีว่า สิ่งมีชีวิตที่มองไม่เห็นทำให้เกิดโรคได้
1600-1700	Francesco Redi (1626-1697)	ทำการทดลองเพื่อคัดค้านสปอนเตเนียสเจนเนอเรชัน
	Antony van Leeuwenhoek (1632-1723)	เป็นคนแรกที่สังเกตและจดบันทึกเกี่ยวกับจุลินทรีย์

ยุค	ผู้ค้นพบ	เหตุการณ์สำคัญ
1700-1800	John Needham (1713-1781)	ทำการทดลอง ผลการทดลองสนับสนุนแนวความคิดของสปอนเตเนียสเจนเนอเรชัน
	Lazaro Spallanzani (1729-1799)	ทำการทดลอง ผลการทดลองคัดค้านแนวความคิดของสปอนเตเนียสเจนเนอเรชัน
	Edward Jenner (1749-1823)	ค้นพบการทำวัคซีนฝีดาษโดยใช้หนองฝีจากวัว
1800-1900	Theodor Schwann (1810-1882)	ทำการทดลอง ผลการทดลองคัดค้านแนวความคิดของสปอนเตเนียสเจนเนอเรชัน
	Franz Schultze (1815-1873)	ทำการทดลอง ผลการทดลองคัดค้านแนวความคิดของสปอนเตเนียสเจนเนอเรชัน
	Justus von Liebig (1803-1873)	สนับสนุนแนวความคิดของทฤษฎีการหมัก (theory of fermentation)
1800-1900	Jacob Henle (1809-1885)	ตั้งหลักเกณฑ์ทฤษฎีเชื้อโรค (Germ theory of disease)
	Oliver Wendell Holmes (1809-1894)	เน้นว่าโรคโลหิตเป็นพิษหลังคลอดที่ติดต่อกันนั้นติดต่อไปยังมารดาคนอื่นโดยผ่านแพทย์
	Ignaz Philipp Semmelweis (1818-1865)	เริ่มนำยาฆ่าเชื้อ (antiseptics) มาใช้
	Louis Pasteur (1822-1895)	ตั้งทฤษฎีการหมักและทฤษฎีเชื้อโรค พัฒนาเทคนิคการสร้างภูมิคุ้มกัน
	Florence Nightingale (1820-1910)	การจัดการในโรงพยาบาลช่วยลดการติดเชื้อลงได้
	Joseph Lister (1827-1912)	พัฒนาเทคนิคที่ปราศจากเชื้อ แยกแบคทีเรียให้เป็นเชื้อบริสุทธิ์ได้
	Thomas J.Burrill (1839-1916)	พบโรคพืชที่เกิดจากแบคทีเรีย
	John Tyndall (1820-1893)	พัฒนากระบวนการฆ่าสปอร์แบบทินดอลไลเซชัน (Tyndallization)
	Fanny Hesse (1850-1934)	แนะนำการใช้วุ้นเป็นสารทำให้แข็งในอาหารเลี้ยงเชื้อ
	Rober Koch (1843-1910)	พัฒนาเทคนิคการทำเชื้อให้บริสุทธิ์และตั้งสมมุติฐานของคอคซ์ เป็นผู้พบเชื้อสาเหตุของโรคแอนแทรกซ์และวัณโรค

ยุค	ผู้ค้นพบ	เหตุการณ์สำคัญ
1800-1900	Paul Ehrlich (1854-1916)	พัฒนาแนวความคิดสมัยใหม่ของการรักษาโรคและยารักษาโรค
	Elie Metchnikoff (1845-1916)	ค้นพบกระบวนการฟาโกไซโทซิส
	Hans Christian Gram (1853-1933)	พัฒนาวิธีการสำคัญในการย้อมสีแบคทีเรียที่แยกความแตกต่างของแบคทีเรียได้ ที่เรียกว่า การย้อมสีแบบแกรม (Gram stain)
	Sergei N.Winogradsky (1856-1953)	พบแบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจนในดิน
	William Henry Welch (1850-1934)	พบความสัมพันธ์ของคลอสตริเดียมกับโรคก๊าซแกงกรีน
	Theobald Smith (1859-1934)	พบการถ่ายทอดโรคเท็กซัสฟีเวอร์ (Texas fever) โดยเห็บในวัวควาย
1900-1910	Walter Reed (1851-1902)	รายงานการถ่ายทอดโรคไข้เหลืองเกิดโดยยุง
	Jules Bordet (1870-1961) and Octave Gengou (1875-1957)	พบปฏิกิริยาการตรึงคอมพลีเมนต์ (complement-fixation reaction)
	August von Wassermann (1866-1925)	เริ่มนำการทดสอบการตรึงคอมพลีเมนต์เพื่อตรวจหาซิฟิลิส
	Martinus Willem Beijerinck (1851-1931)	ใช้อาหารเอนริช (enrichment cultures) เพื่อช่วยค้นหาไวรัส
	Frederick W.Twort (1877-1950)	ต่างก็พบแบคทีริโอเฟจ (bacteriophage) ซึ่งเป็นไวรัสที่ทำลายแบคทีเรีย
	Felix H.d'Herelle (1873-1949)	
	Howard T.Ricketts (1871-1910)	รายงานว่าโรครอกกีเมาเทนสปอตเตดฟีเวอร์ (Rocky Mountian spotted fever) ถ่ายทอดโดยเห็บชนิดหนึ่ง (wood tick) และเม็กซิกันไทฟัส (Mexican typhus) ถ่ายทอดโดยเหา

คำถามท้ายบท

- โปรคาริโอตแตกต่างจากยูคาริโอตอย่างไร
- ทฤษฎีของคอคซ์มีหลัก 4 ประการอย่างไร
- ใครเป็นคนตั้งทฤษฎีว่าสิ่งมีชีวิตยิ่มเกิดจากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น3636363636

The end