

บทที่ 2 : Life's Fundamentals (5 hrs)

2.1 Chemical basis of life

2.2 Cellular structure and functions

2.3 Cell membrane

2.4 The energy of life

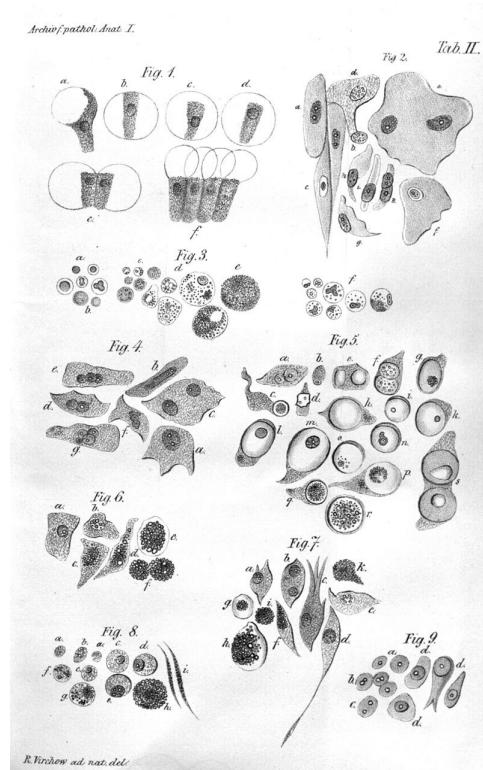
2.5 Photosynthesis

Cells

“the smallest living unit”

Rudolf Virchow showed evidence of basic concept about cells

“Living cells can *only* be produced by other living cells.”



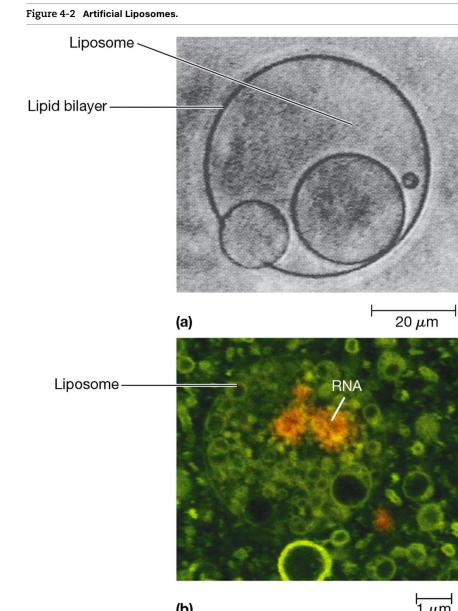
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Virchow-cell.jpg>

Walter E, Scott M. The life and work of Rudolf Virchow 1821-1902: "Cell theory, thrombosis and the sausage duel". J Intensive Care Soc. 2017 Aug;18(3):234-235. doi: 10.1177/1751143716663967

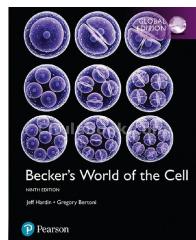
- ❖ All cells arise from preexisting cells.

Q: Where did the first cells come from?

- (1) Abiotic synthesis of simple organic compounds (e.g., amino acids & nitrogenous bases)
- (2) Abiotic polymerization of these monomers into macromolecules (e.g., proteins & nucleic acid)
- (3) Emergence of a macromolecule capable of both storing genetic information and replication (e.g., RNA & DNA)
- (4) Encapsulation of this first living molecule within a simple membrane to form the first primitive cell (e.g., liposome)



(a) Light micrograph of liposomes formed when membrane lipids are added to water. (b) Encapsulation of RNA inside a liposome could have formed precursors to the first primitive cells.



It takes a long time, and finally a prokaryote exists.

Cells

- Most cells are microscopic.

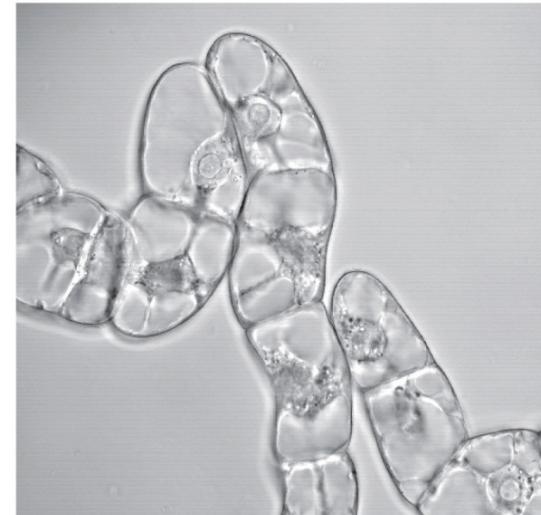
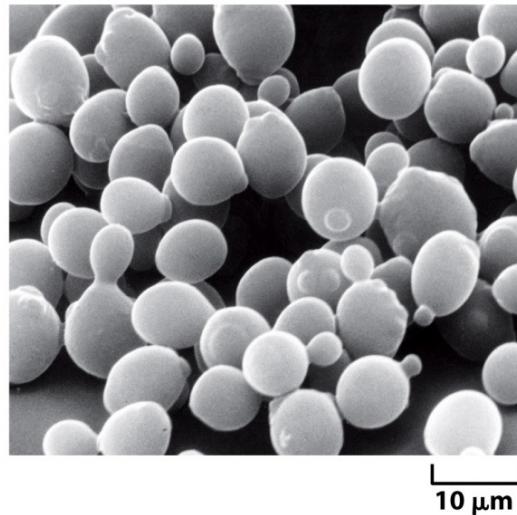
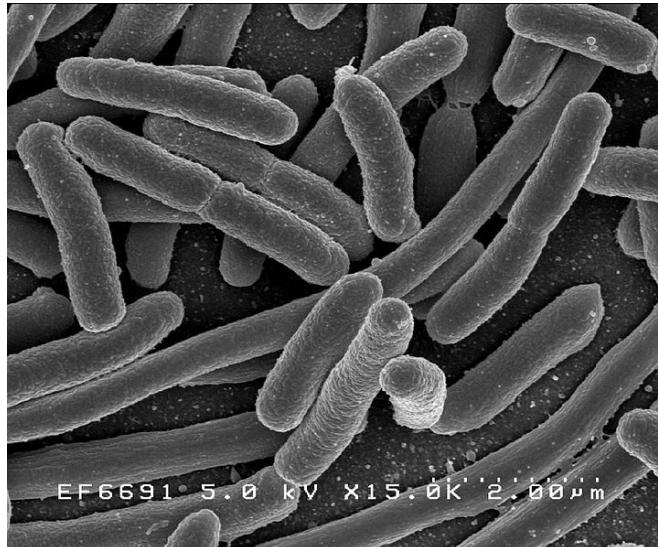


Figure 1-42a Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

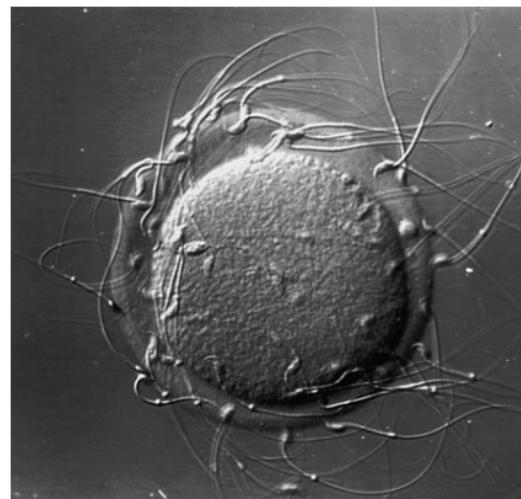


Figure 1. Light Photomicrograph (Nomarski DIC) of Mouse Sperm Bound to the ZP of an Unfertilized Mouse Egg In Vitro

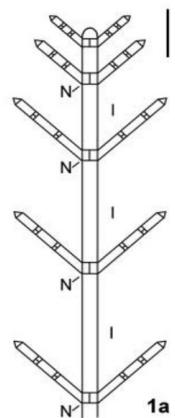
<https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S0092-8674%2800%2980558-9>



Figure 8-4a Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Cells

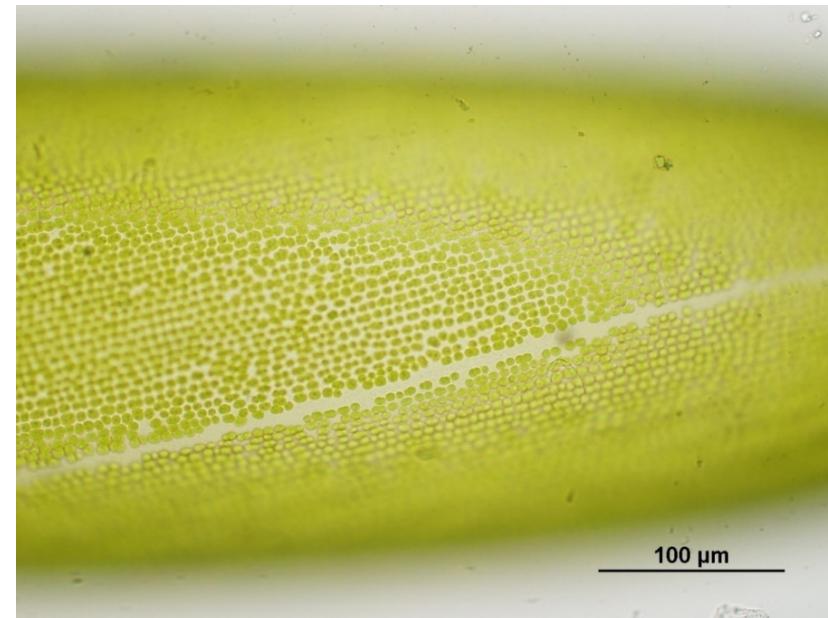
- Some cells are large.



Foissner et al. (2002)

Chara virgata (Syn.: *Chara delicatula*;
Characeae).

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CharaV3.jpg#/media/File:CharaV1.jpg>



Living organisms are made up of cells

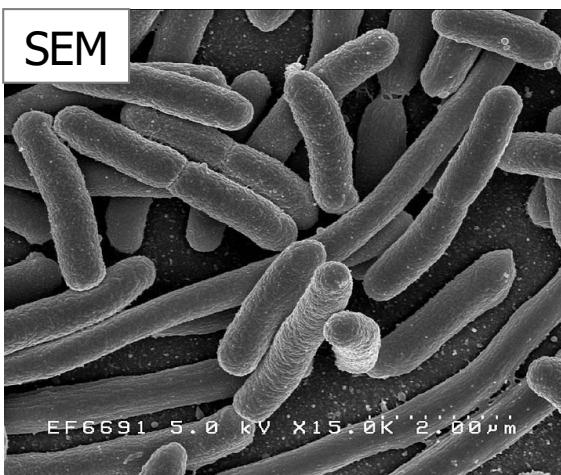
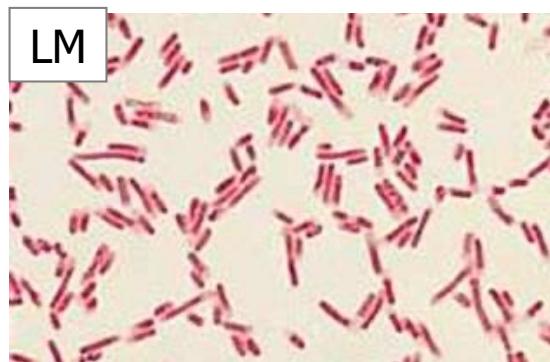
- สิ่งมีชีวิตมีทั้งที่เป็นแบบเซลล์เดียว (unicellular organism) และสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ (multicellular organism)
- ในปัจจุบันมีการจัดกลุ่มของสิ่งมีชีวิตเป็น 3 โดเมน ได้แก่ **Bacteria Archaea** และ **Eukarya**
- เมื่อตูจากการมีหรือไม่มี membrane-bounded nucleus จะจำแนกเซลล์ได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ **eukaryotic** และ **prokaryotic**

Prokaryotic cell	Eukaryotic cell
bacteria and archaea	animals, plants, fungi, protozoa, and algae
มีนิวคลีออยด์	มีนิวเคลียสและออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้มล้อมรอบ

Prokaryotic cells

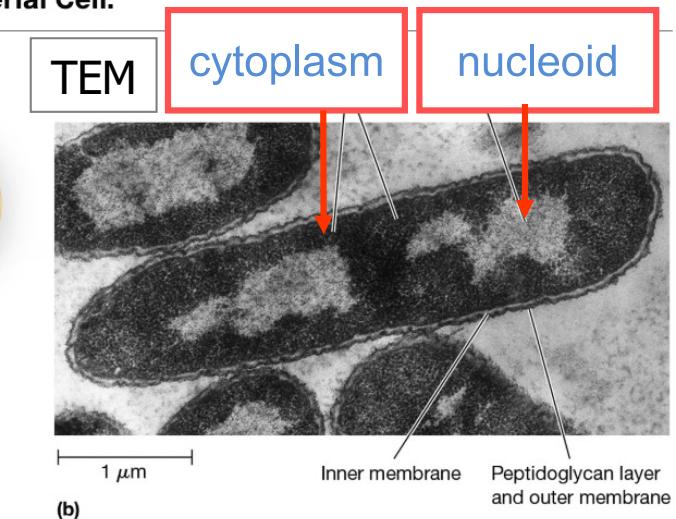
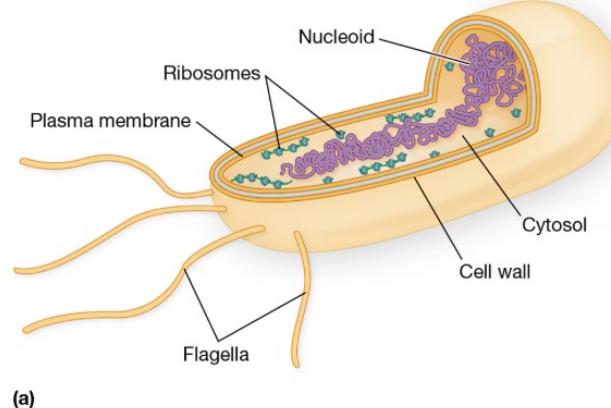
- have no membrane-bounded nucleus, but a **nucleoid**.

Escherichia coli (Gram -)



- Small size** [Width: 1.0 μm]

Figure 4-6 Structure of a Rod-Shaped Bacterial Cell.



(a) An illustration of the major structural components of a bacterium. (b) An electron micrograph of a bacterial cell with several of the same components labeled (TEM).

สัดส่วนของน้ำและชีวโมเลกุลของเซลล์แบคทีเรีย

- ชีวโมเลกุลมี 4 กลุ่ม: (1) protein (2) nucleic acid (3) carbohydrate (3) และ (4) lipid
- น้ำเป็นองค์ประกอบในสัดส่วนที่มากที่สุด

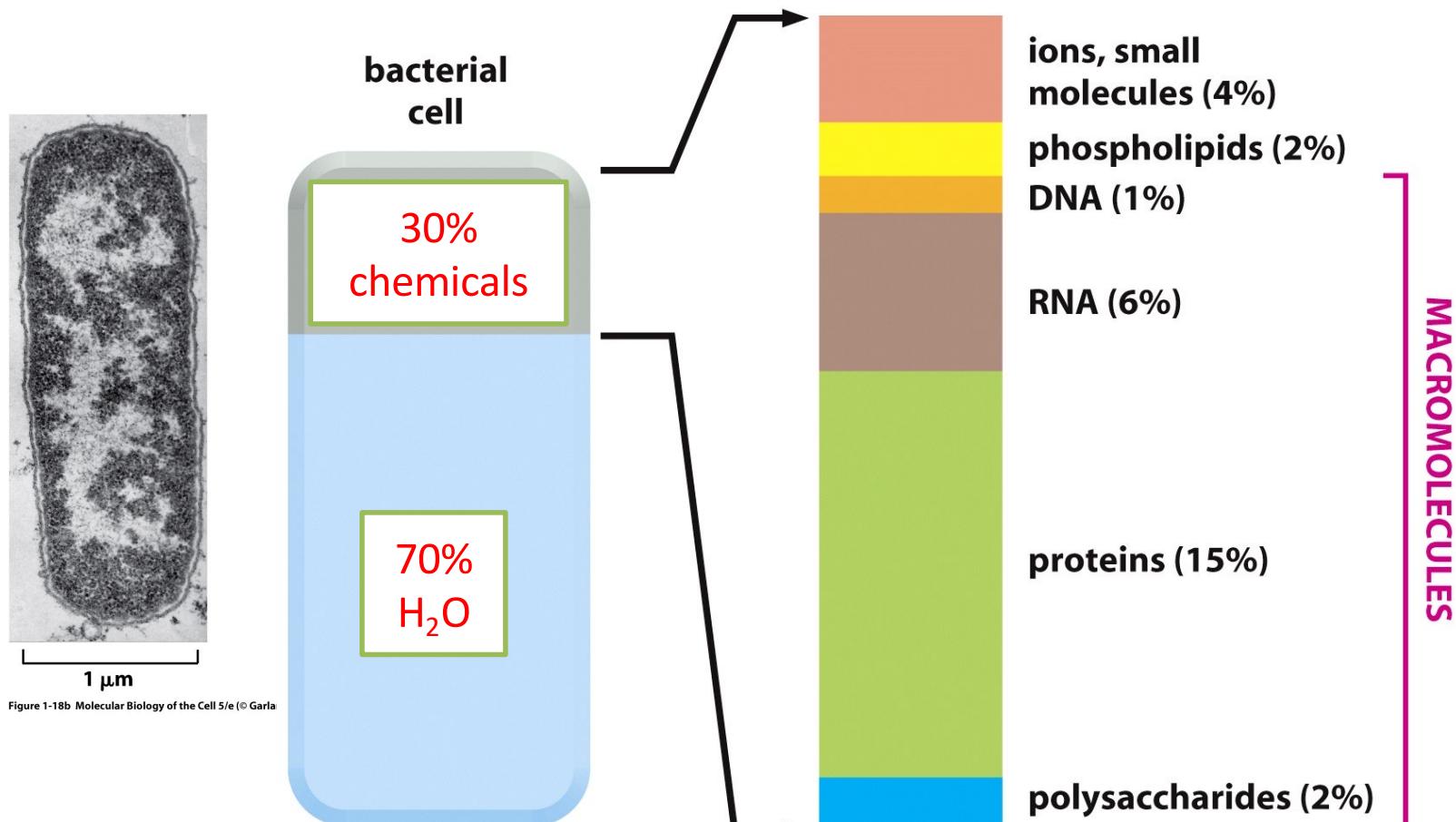
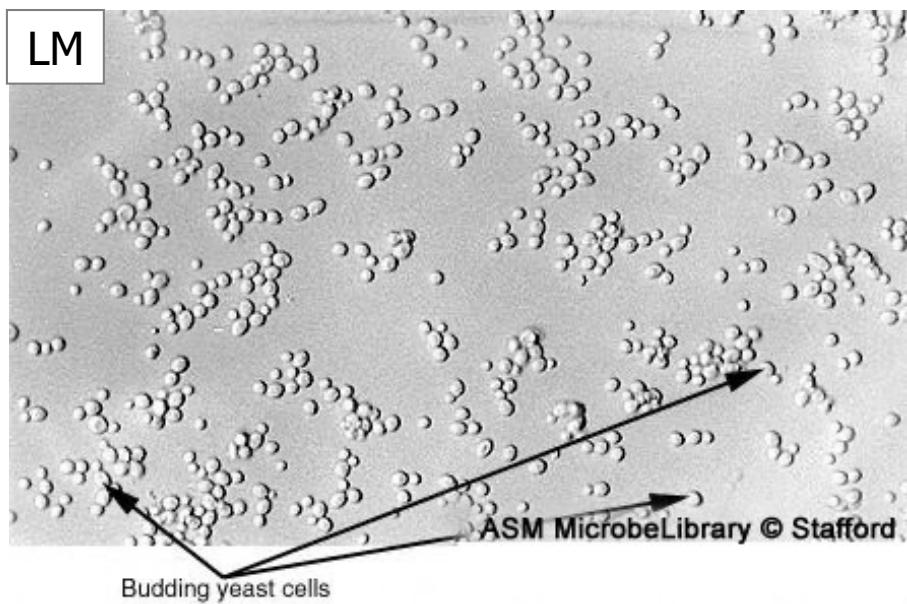


Figure 2-29 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)



Saccharomyces cerevisiae, yeast

eukaryotic cells

- have nucleus & membrane-bounded organelles.

- Larger size [Diameter: 7.6 μm]

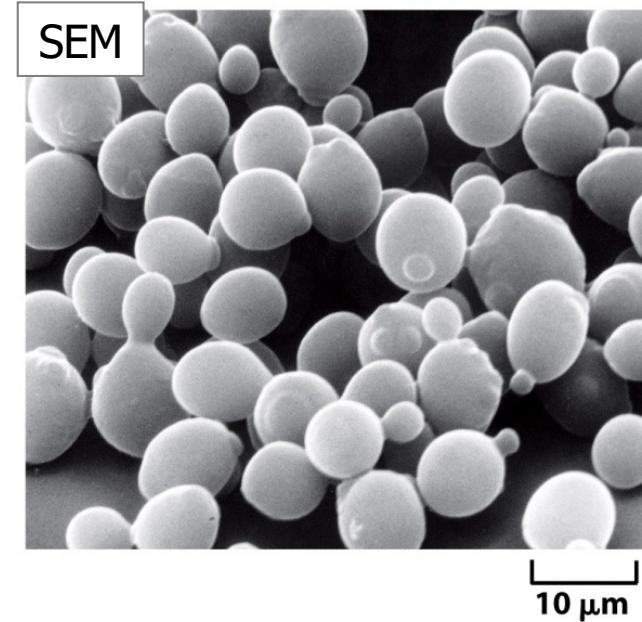


Figure 1-42a Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

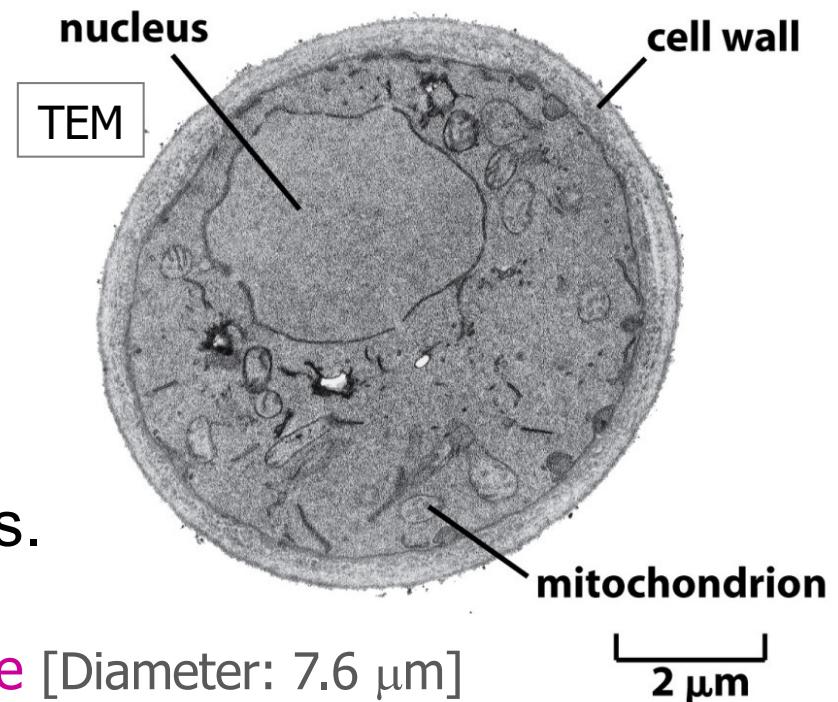


Figure 1-42b Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

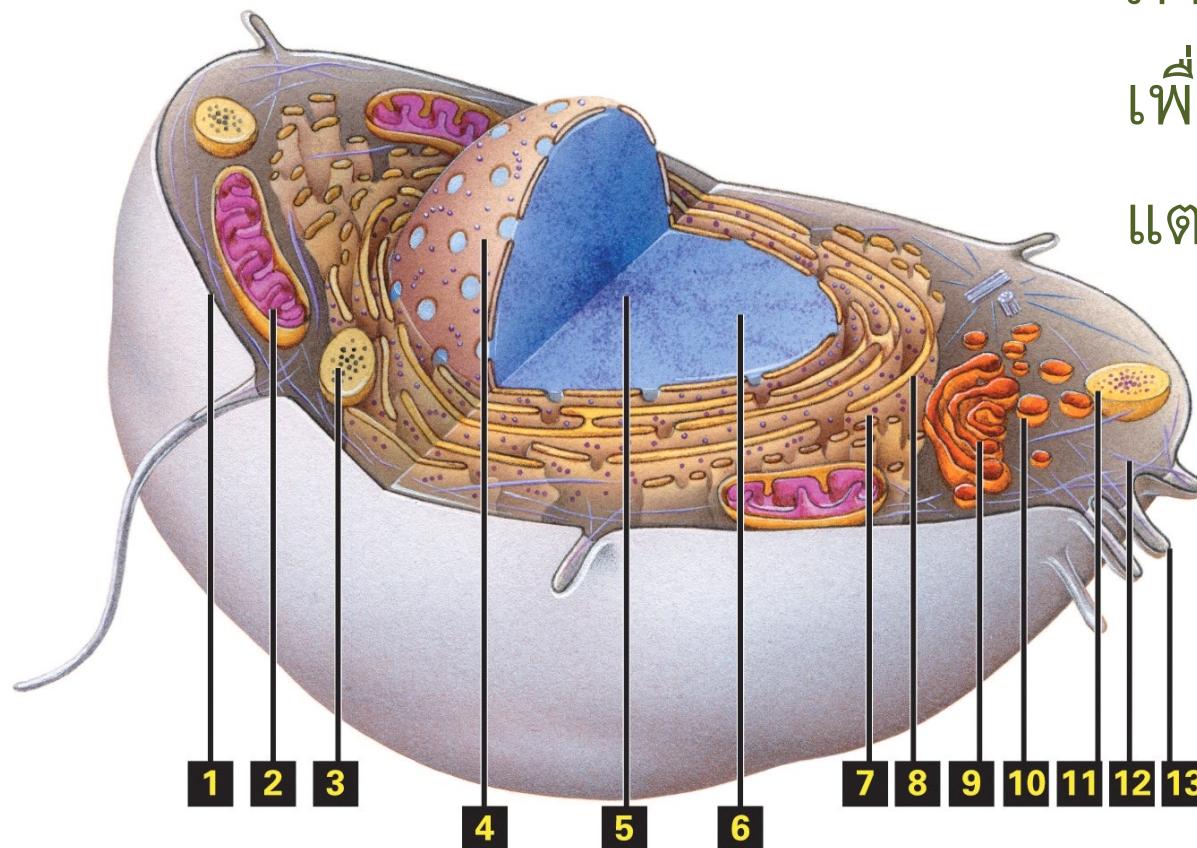
- เชลล์มี **plasma membrane** เหมือนกัน แต่ **organelles** พぶเฉพาะใน eukaryote
- การมีออร์แกเนลล์เป็นห้องย่อยที่เหมาะสมสำหรับทำแต่ละกิจกรรมของ เชลล์ ชดเชยข้อจำกัดที่มี **surface area/volume ratio** ต่ำ

	Prokaryote	Eukaryote
Plasma membrane	Yes	Yes
Membrane-bound organelle	No	Yes
Size	Smaller [$1.0_w \times 4.6_l$]	Larger [7.6_d]
Surface area/ volume ratio	Higher	Lower

Cellular structure

Membrane-bounded organelles form functional compartments within the cytoplasm

ภายในเซลล์มีห้องย่อยต่างๆ เพื่อให้สามารถทำกิจกรรมที่แตกต่างกันได้



The evolution of nucleus

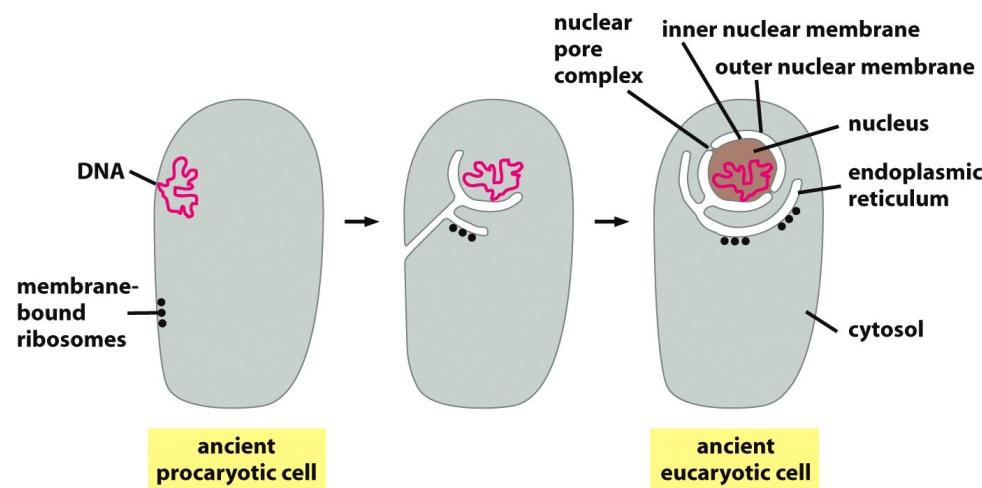


Figure 12-4a Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

The evolution of mitochondria

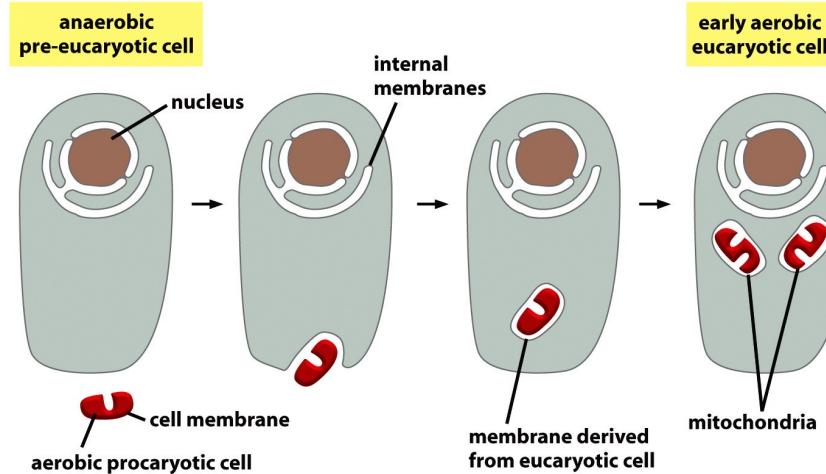


Figure 12-4b Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

- ไม่โพกอนเดรียเกิดโดย symbiosis

- เชลล์ชนิดดูแคริโอดิกวัฒนาการมาจากการเชลล์鄱รแคริโอดิก

➤ โดย plasma membrane ยื่นเข้ามาล้อมรอบ DNA เกิดเป็น nucleus และ endoplasmic reticulum

The evolution of chloroplasts

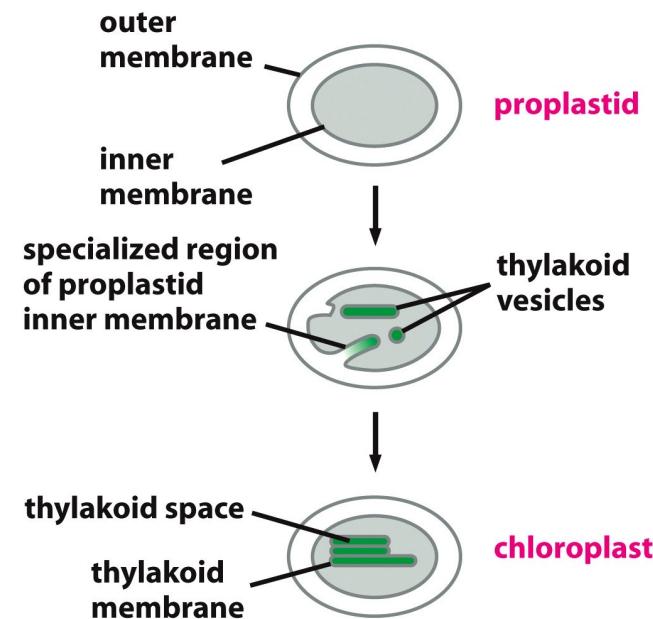


Figure 12-3b Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

- ไอลากอยด์เกิดขึ้นมาจากการยื่นเข้าด้านในของ inner membrane

Q1. เชลล์ในภาพ คือ



- A. prokaryotic cells
- B. eukaryotic cells
- C. bacterial cells
- D. ข้อมูลไม่เพียงพอ

Q2. โครงสร้างภายในเซลล์ที่เห็นได้ชัดเจนในภาพถ่ายนี้ ได้แก่อะไรบ้าง



Inner Life of the Cell

<https://youtu.be/wJyUtn0O5Y?si=5gwd6ytmQDqoRktd>

<https://vimeo.com/152402052> (narrative)

The Inner Life of the Cell was produced by XVIVO for Harvard University



The Inner Life of the Cell - Protein Packing

https://youtu.be/Jr5KEpBj_KQ?si=mZ0I0T-FYQeqCI2L

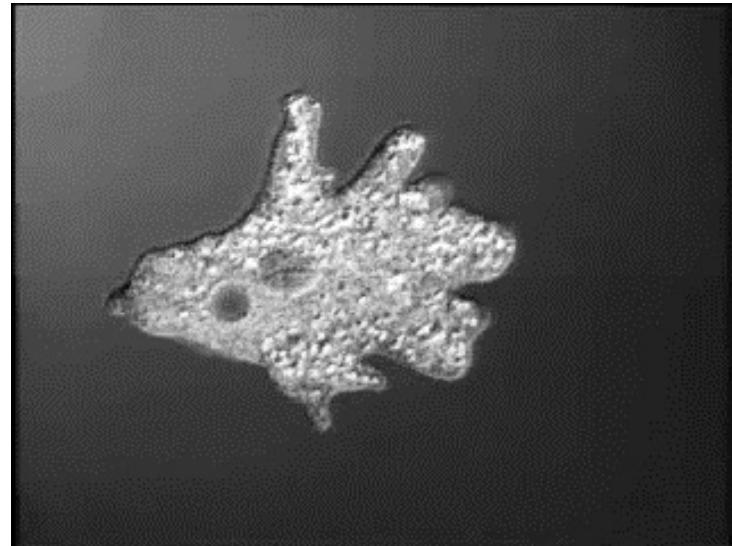
Protein Packing strives to more accurately depict the molecular chaos in each and every cell, with proteins jittering around in what may seem like random motion. Proteins occupy roughly 40% of the cytoplasm, creating an environment that risks **unintentional interaction and aggregation**. Via diffusion and motor protein transport, these molecules are directed to sites where they are needed.

วิดีโอแสดงความยืดหยุ่นของ cell membrane (เยื่อหุ้มเซลล์)

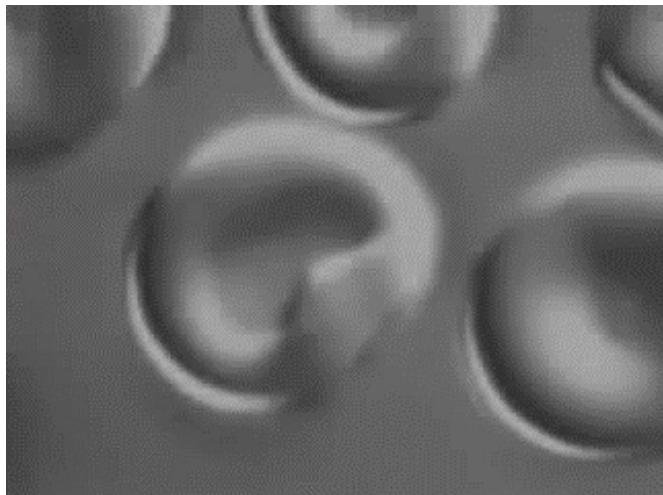
Neutrophil chases bacteria.



Crawling amoeba



Red blood cells



Membrane plasticity



The plasma membrane encloses the cells.

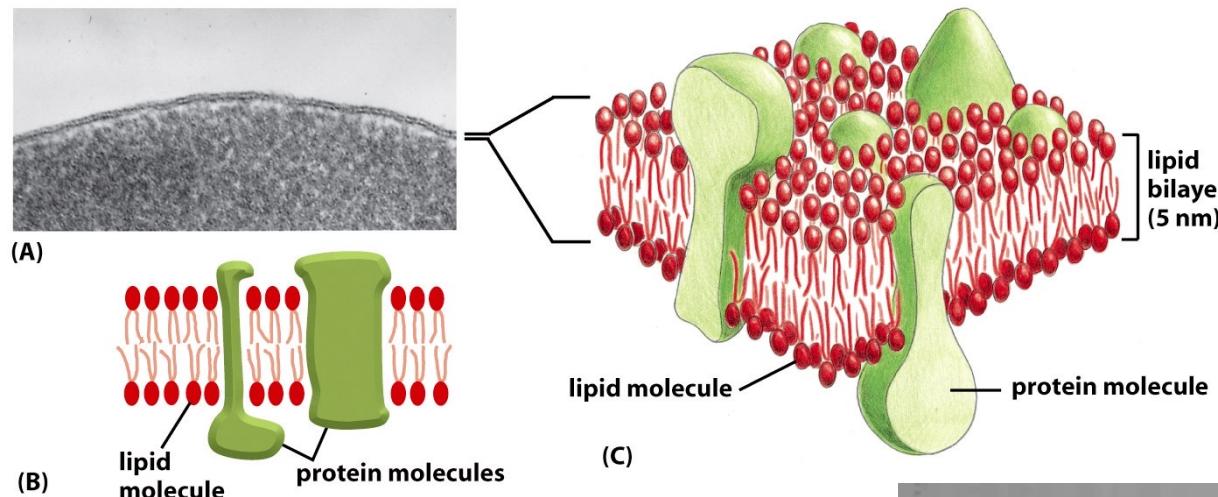
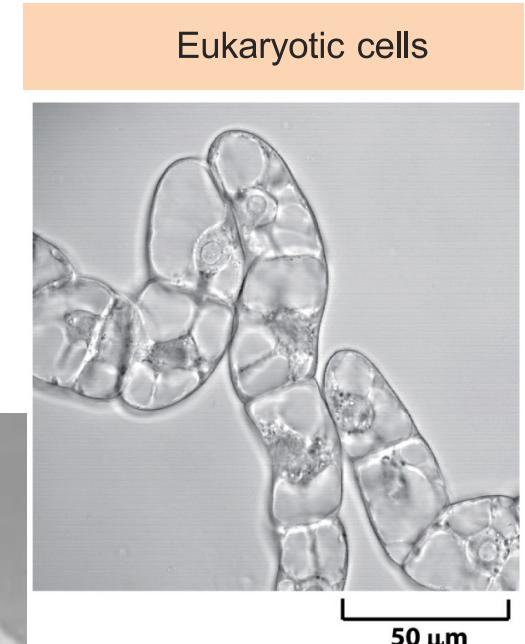


Figure 10-1 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

- Membrane structure is a **lipid bilayer** attached with proteins and carbohydrates.



Prokaryotic cells

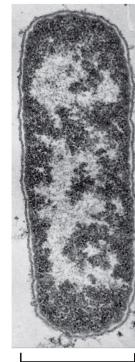


Figure 1-18b Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

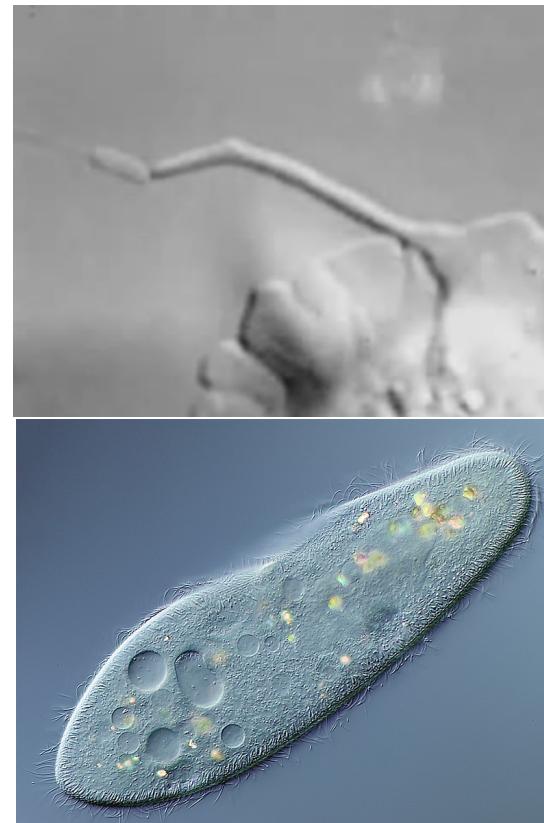
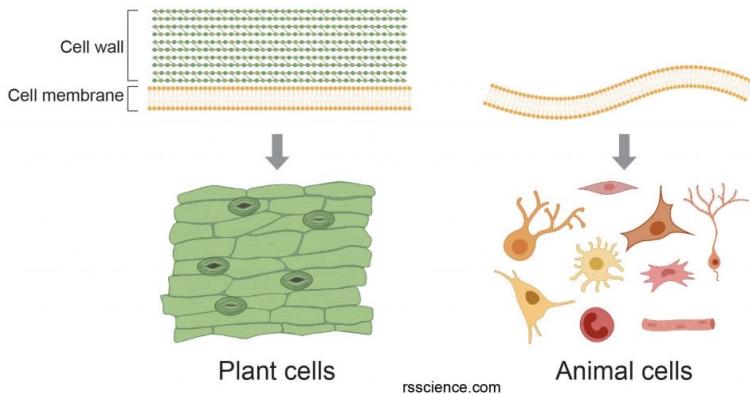


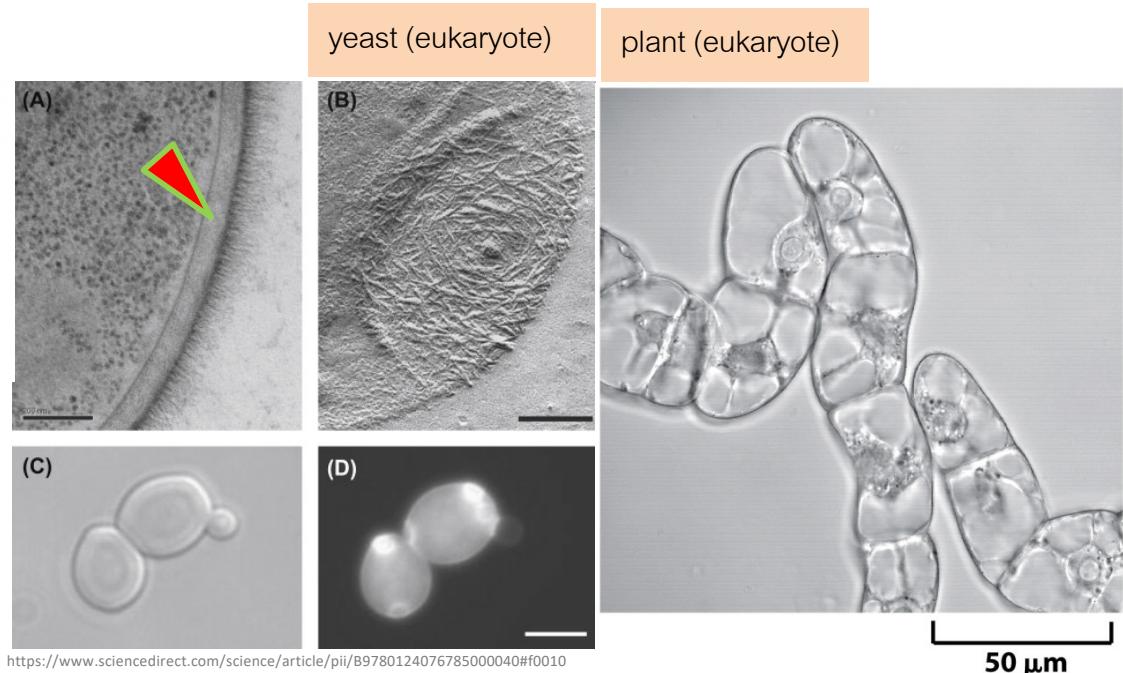
Figure 8-4a Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Cell walls provide rigid exteriors for plants, fungi, and protists.

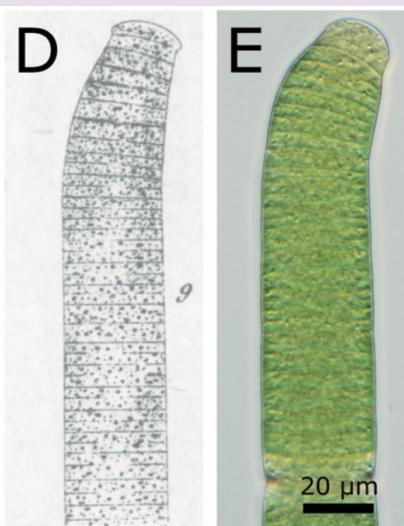
Cellular structure



- ผนังเซลล์เป็นโครงสร้างแข็ง ที่ทำให้เซลล์มีรูปร่างแน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงไปมาได้แบบที่พบในเซลล์สัตว์



cyanobacteria (prokaryote)

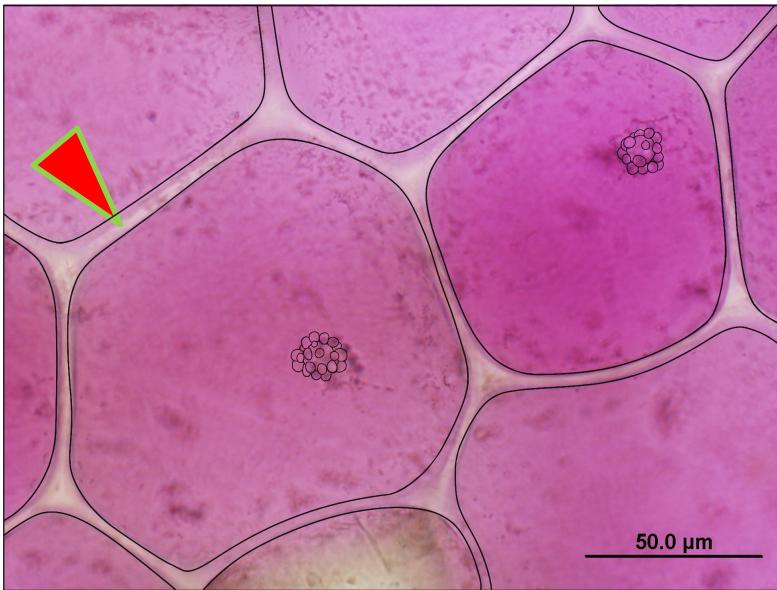


- นอกจากการปกป่องเซลล์แล้ว ยังเกี่ยวข้องกับการสร้างแรงดันเต่งของเซลล์

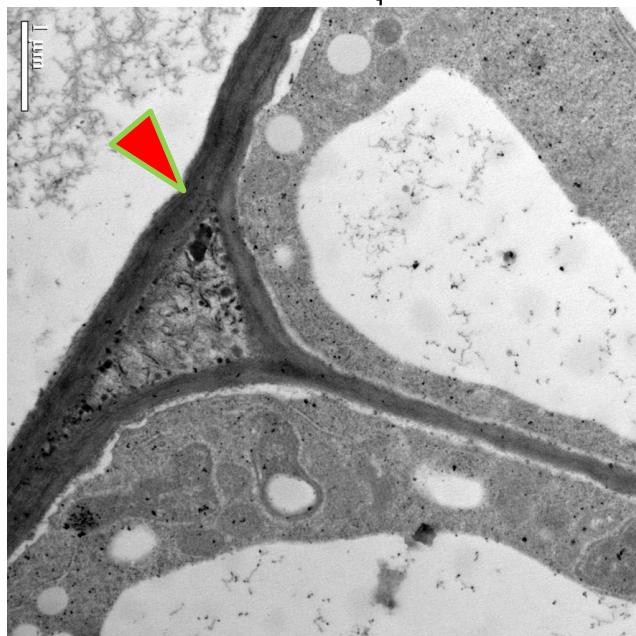
- Animal cells: the **extracellular matrix (ECM)**, consisting primarily of **collagen fibrils** and **proteoglycans**.

Plant cell wall when observed by microscopy

Cellular structure



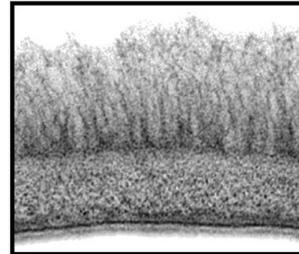
ผิวใบว่ากับหอย (กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง)



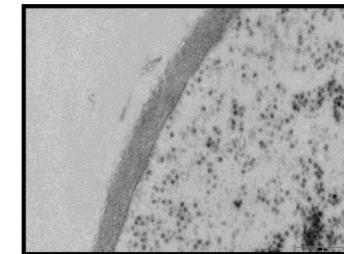
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

ตัวอย่างแสดงความหลากหลายขององค์ประกอบที่構成ผนังเซลล์ของ
เห็ดราชนิดต่าง ๆ

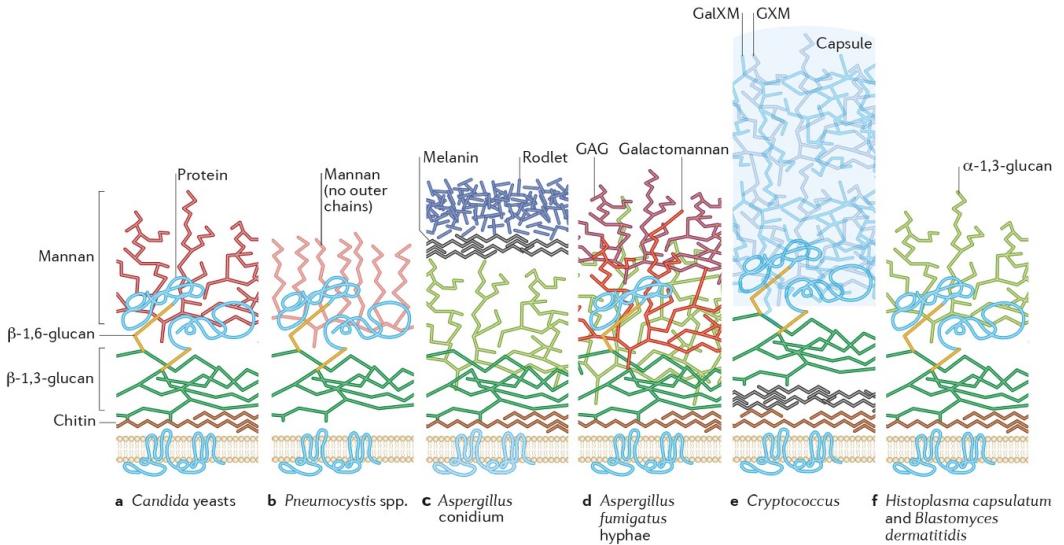
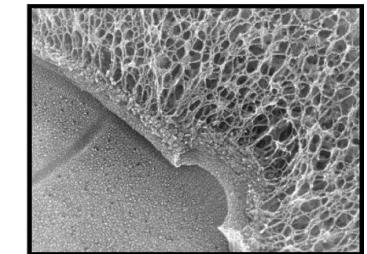
Candida albicans



Aspergillus fumigatus



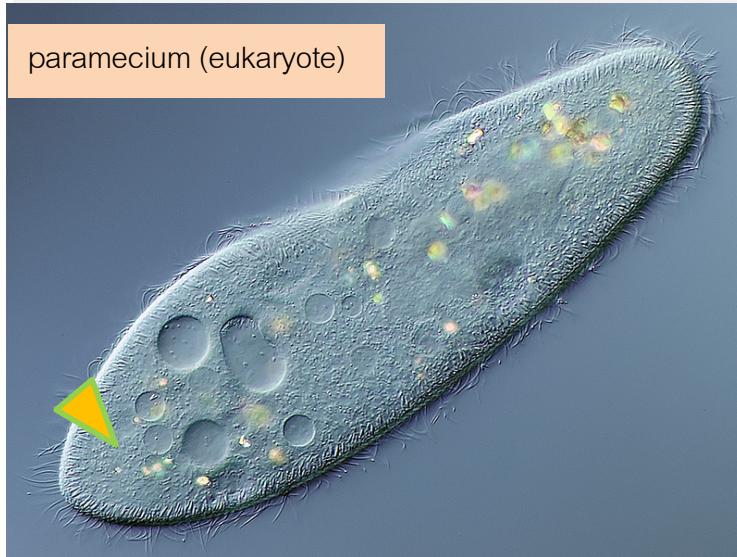
Cryptococcus neoformans



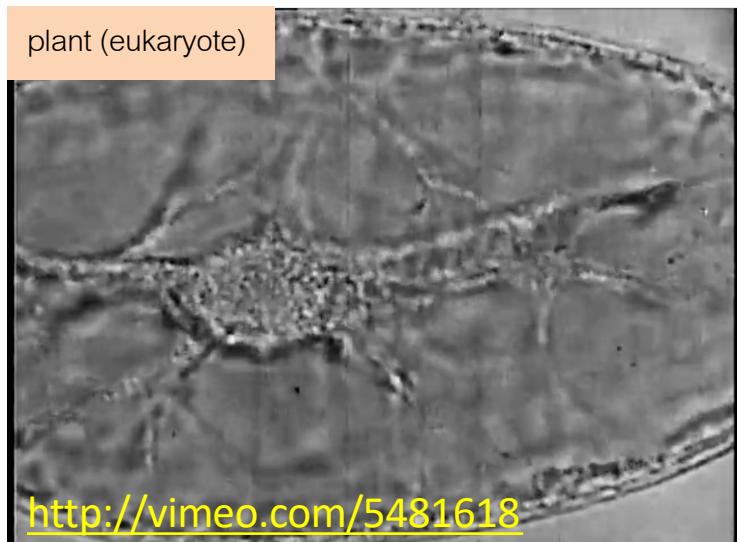
Nature Reviews | Microbiology

Gow, N. et al. "The Fungal Cell Wall: Structure, Biosynthesis, and Function." Microbiology spectrum 5 3 (2017): n. pag.

The cytoplasm is the viscous fluid containing all organelles except the nucleus.



<http://www.mikroskopie-forum.de/index.php?topic=518.0>



<http://vimeo.com/5481618>

2:00

Q. จากภาพถ่าย TEM นี่ cytoplasm คือ...

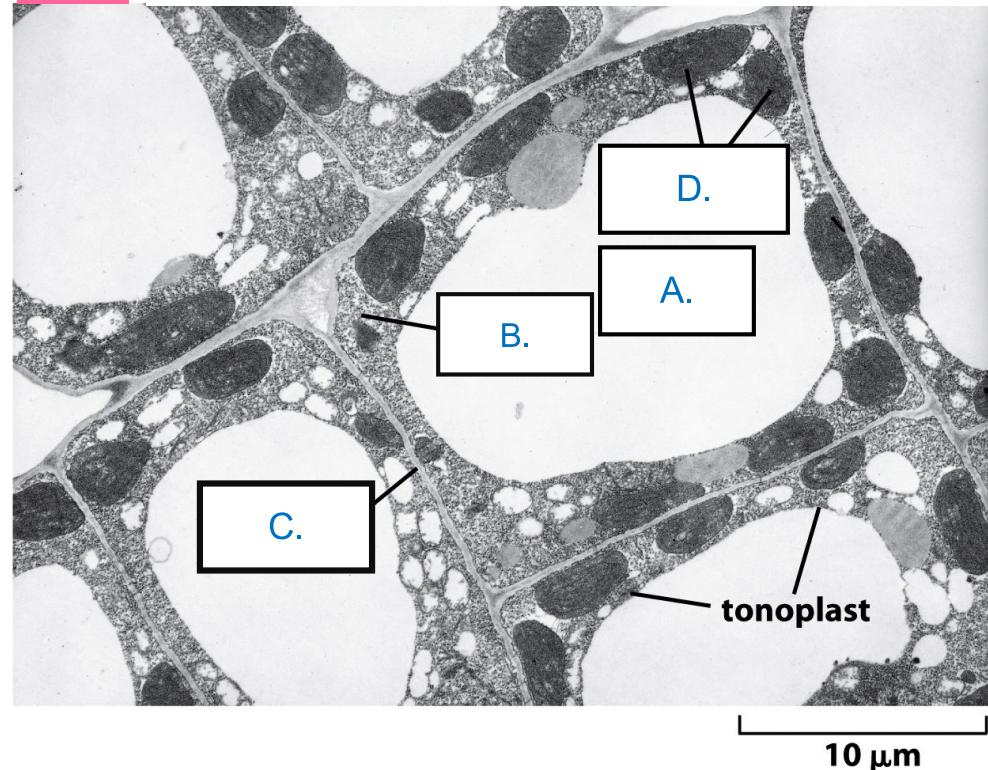


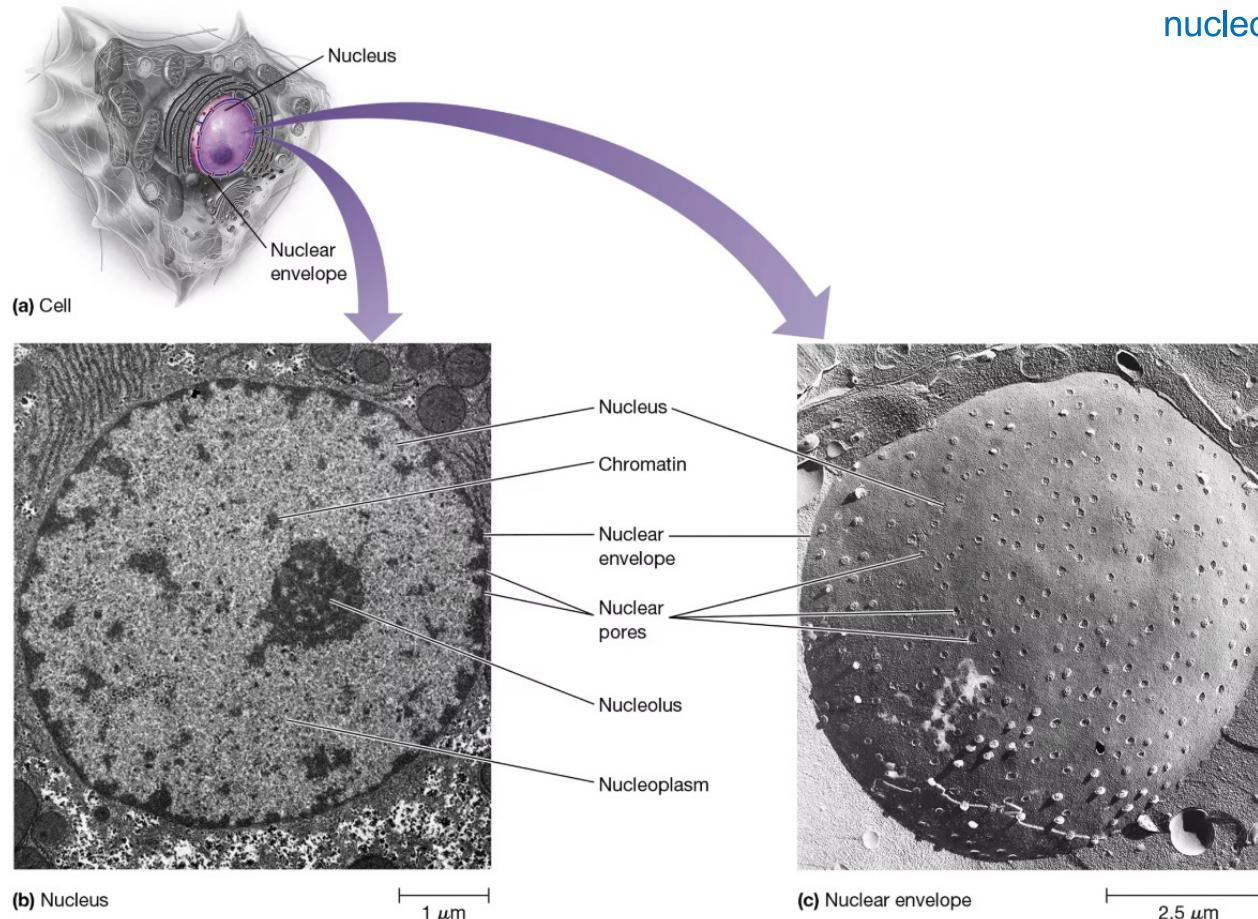
Figure 13-39 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

- ส่วนที่เป็นของเหลว เรียกว่า cytosol
- มีลักษณะหนืด (viscous; semi-fluid) (~ น้ำผึ้ง)
- มีออร์แกเนลล์ โปรตีน ไอออน แร่ธาตุ แขวนลอย/ละลายอยู่

Nucleus contains the hereditary material and control cell activities.

Cellular structure

Figure 4-12 The Nucleus.



(a) A cutaway view of an animal cell, highlighting the nucleus. (b) This electron micrograph shows the nucleus of a rat liver cell in interphase, with the chromosomes dispersed as chromatin (TEM). (c) This freeze-fracture electron micrograph of a cell from a *Drosophila* (fruit fly) embryo provides a surface view of the nuclear envelope with its prominent pores.

- ภายในนิวเคลียสมีสารพันธุกรรม และมี nucleolus ที่ทำหน้าที่สร้าง ribosome

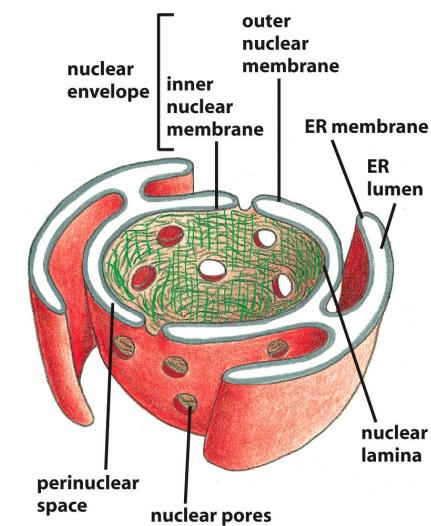
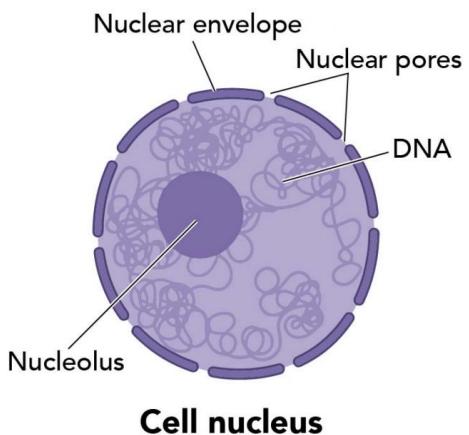
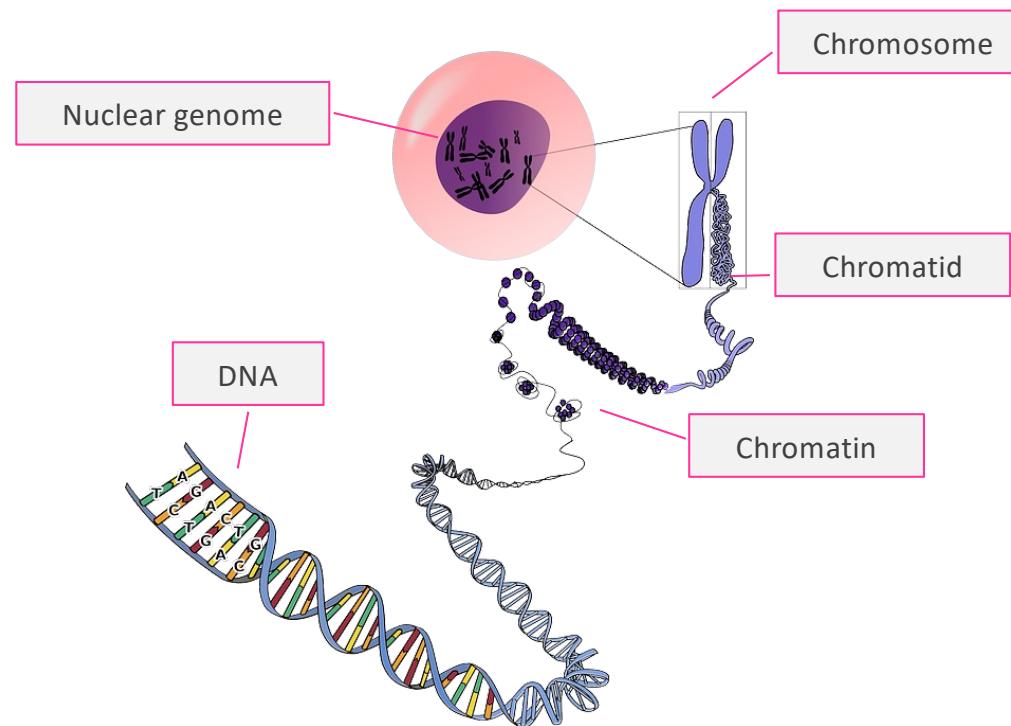


Figure 12-8 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Nuclear genomes

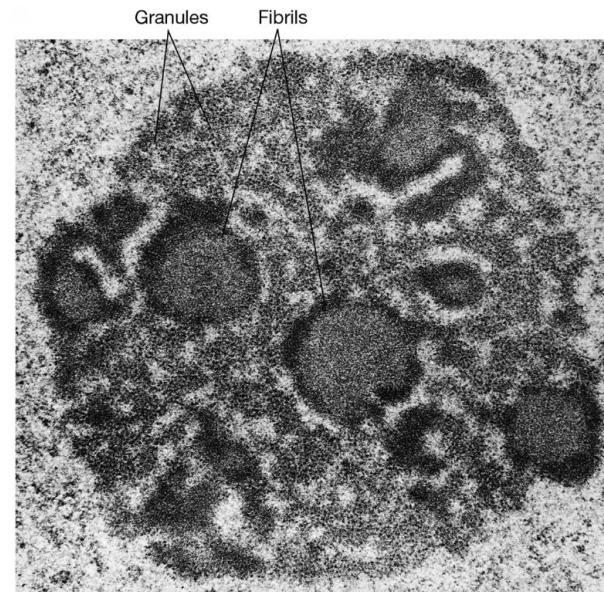


- ในนิวเคลียส DNA เกิดกระบวนการ transcription ใน nucleus ได้เป็น mRNA

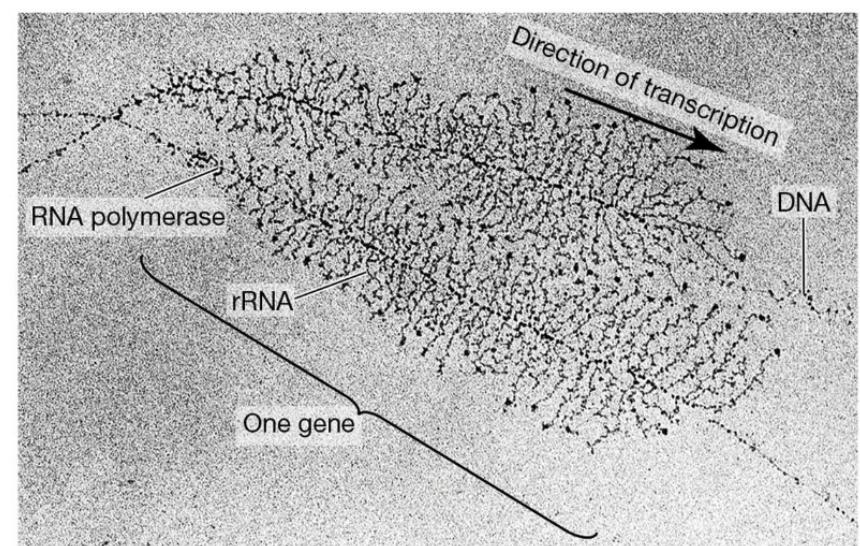
(a) The nucleolus is a prominent intranuclear structure composed of a mass of fibrils and granules. The fibrils are DNA and rRNA; the granules are newly forming ribosomal subunits. Shown here is a nucleolus of a spermatogonium, a cell that gives rise to sperm cells (TEM). (b) rRNA genes and associated transcriptional complexes can be visualized. Two rRNA transcription units are shown from active nucleolar chromatin isolated from primary nuclei of the green alga *Acetabularia mediterranea*. Multiple transcripts are being produced from each gene, as more than one RNA polymerase is transcribing RNA simultaneously. RNA can be seen elongating away from the DNA; the shorter RNAs represent RNA earlier in the transcription process (TEM).

Nucleolus

Figure 18-12 The Nucleolus and rRNA Synthesis.



(a) A nucleolus



(b) rRNA being transcribed from an rRNA gene

The cytoskeleton helps support and shape the cells.

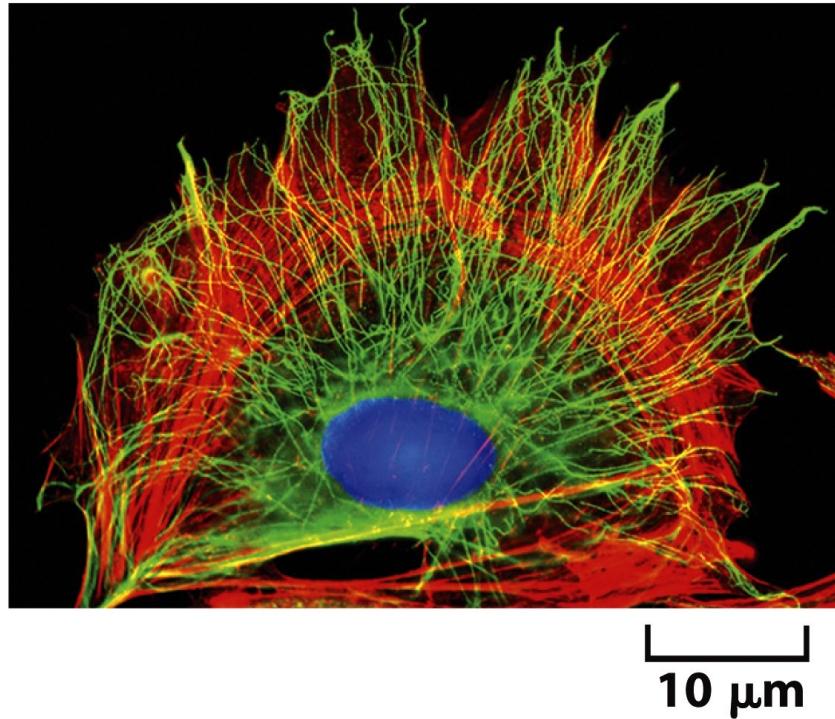


Figure 16-1 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

- Microtubule role in cell division

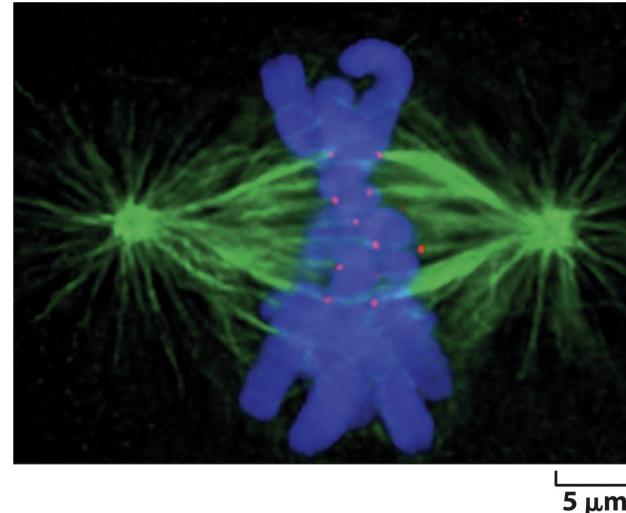


Figure 16-85c Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

- Three kinds of cytoskeleton proteins that help stabilizing the cell.

1. actin microfilament

2. intermediate filament

3. microtubule

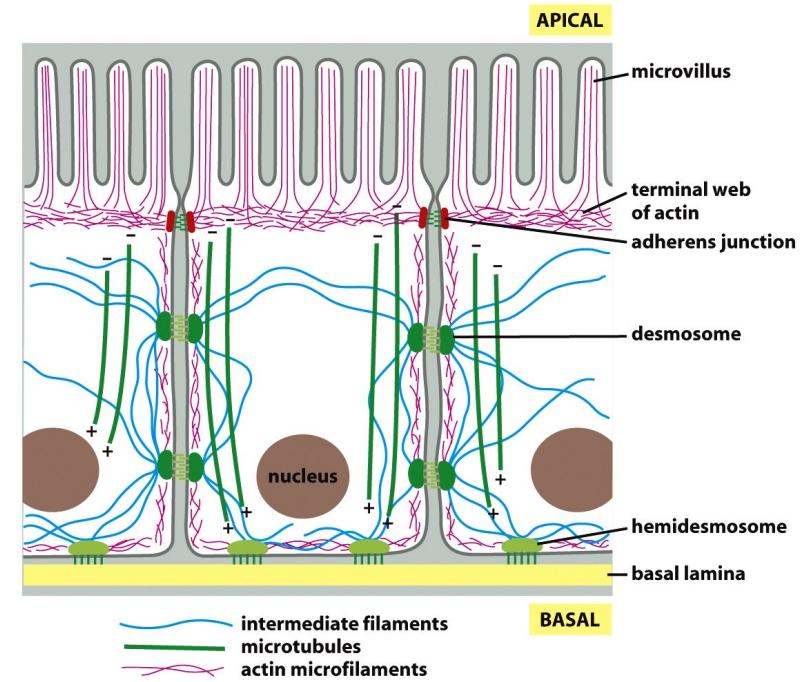
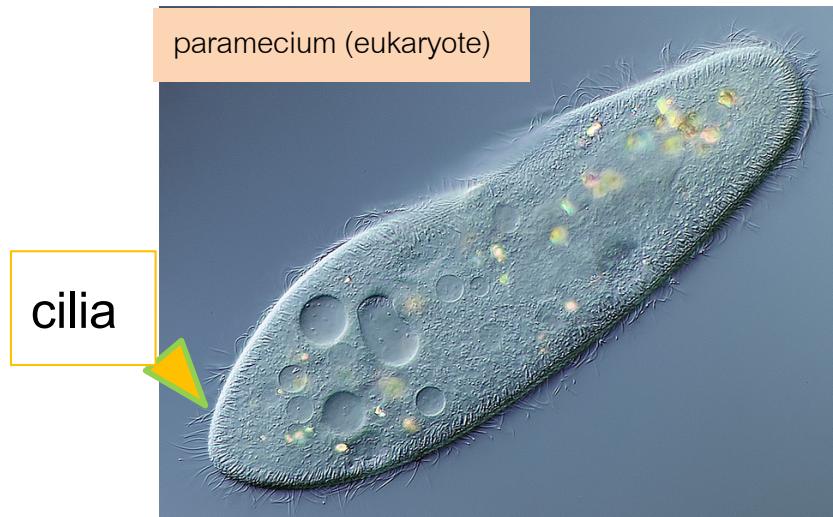
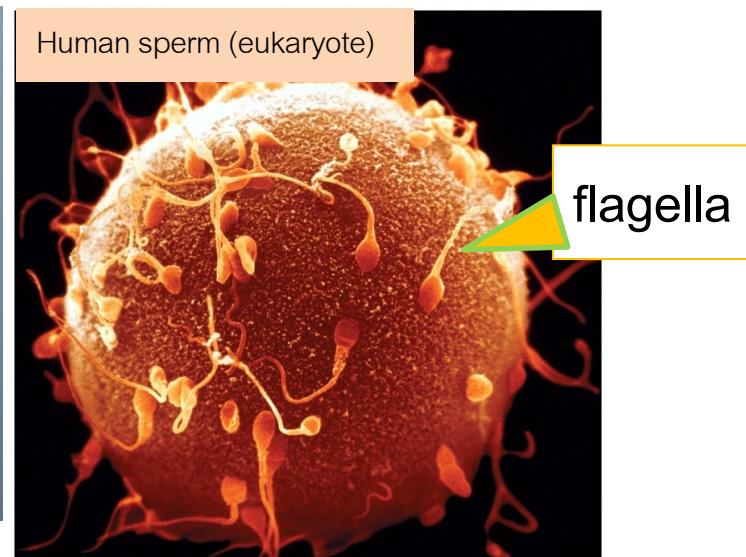


Figure 16-5 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Cilia and flagella provide motility.



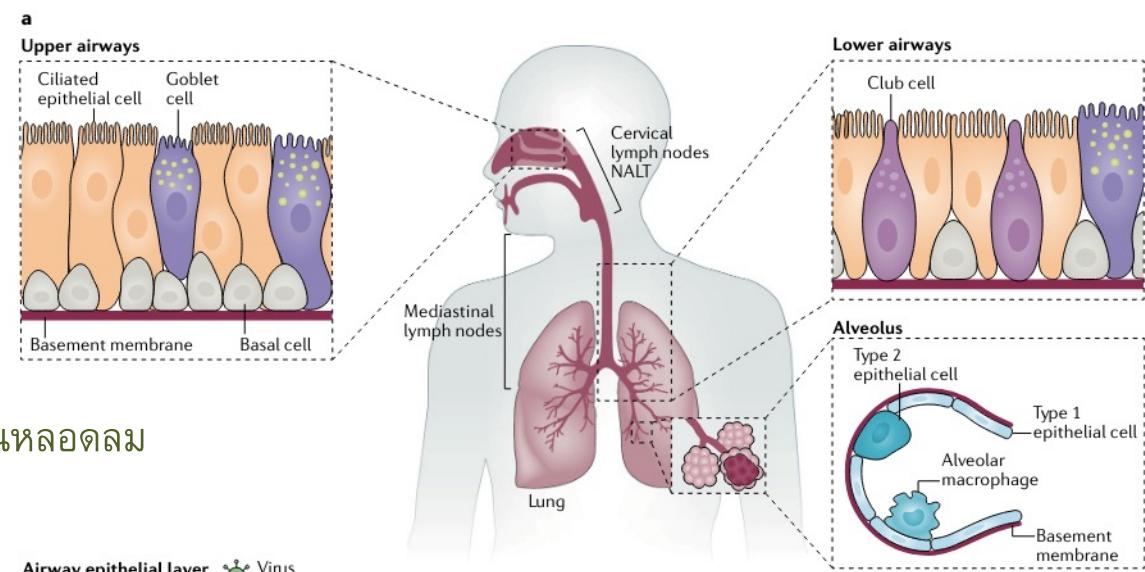
<http://www.mikroskopie-forum.de/index.php?topic=518.0>



- โครงสร้างของ cilia และ flagella

มี microtubule ออยู่ภายใน

- ตัวอย่างเซลล์ที่มี cilia เช่น epithelial cell ในหลอดลม
มี cilia ทำหน้าที่กันสิ่งแผลกปลอม



<https://doi.org/10.1038/s41577-020-00470-2>

Nucleus & vesicular transport

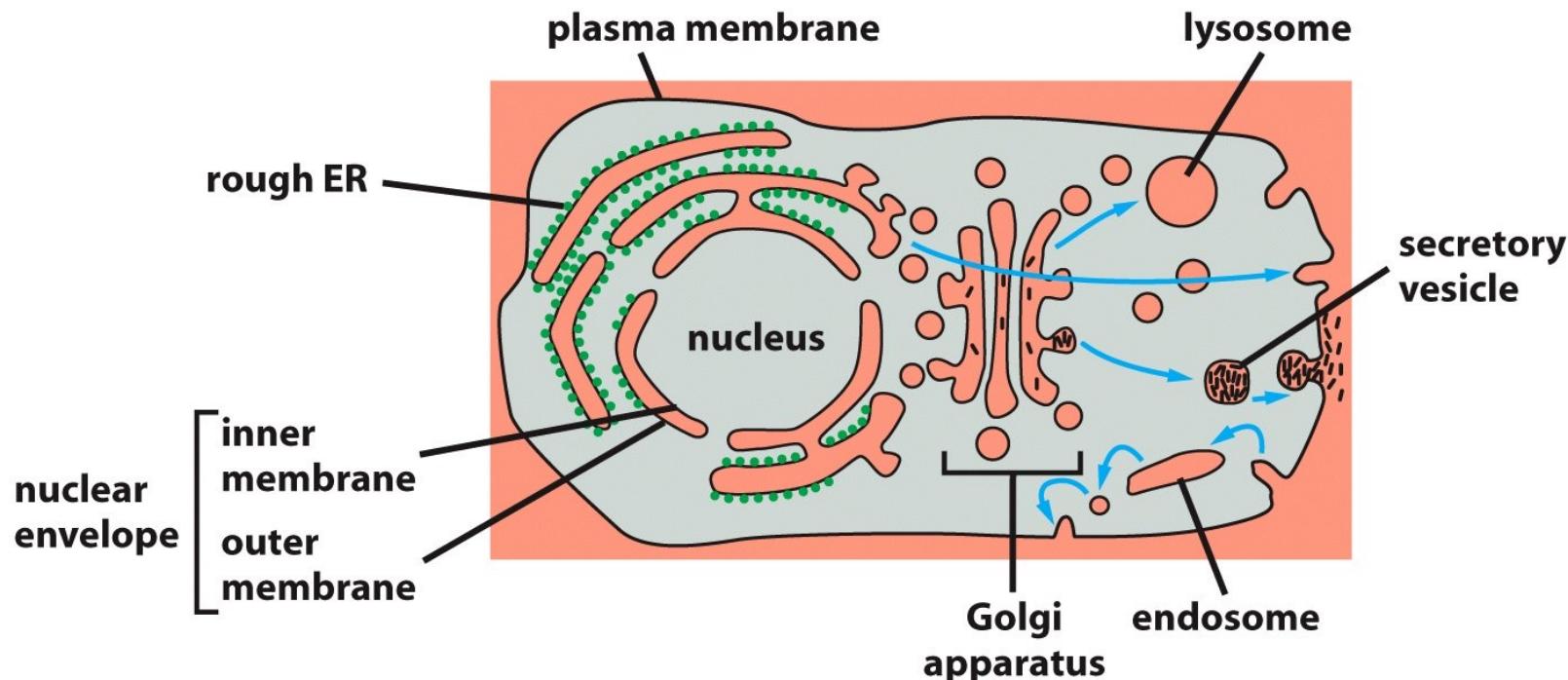
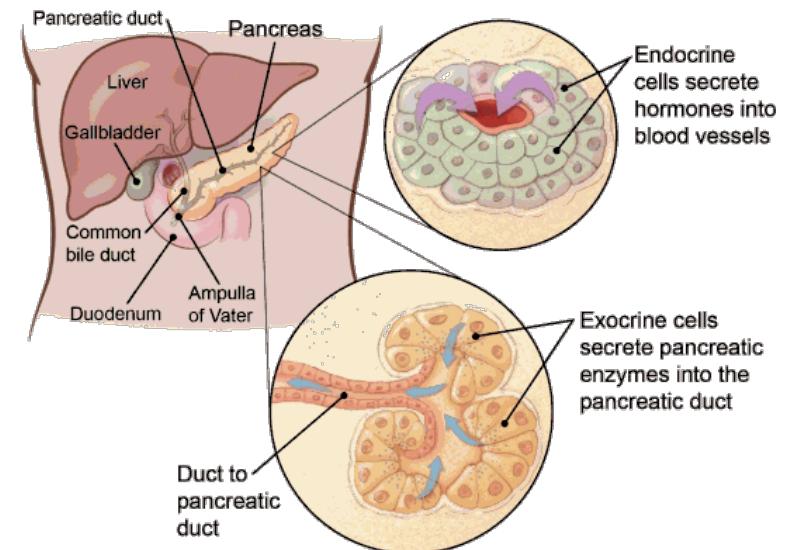
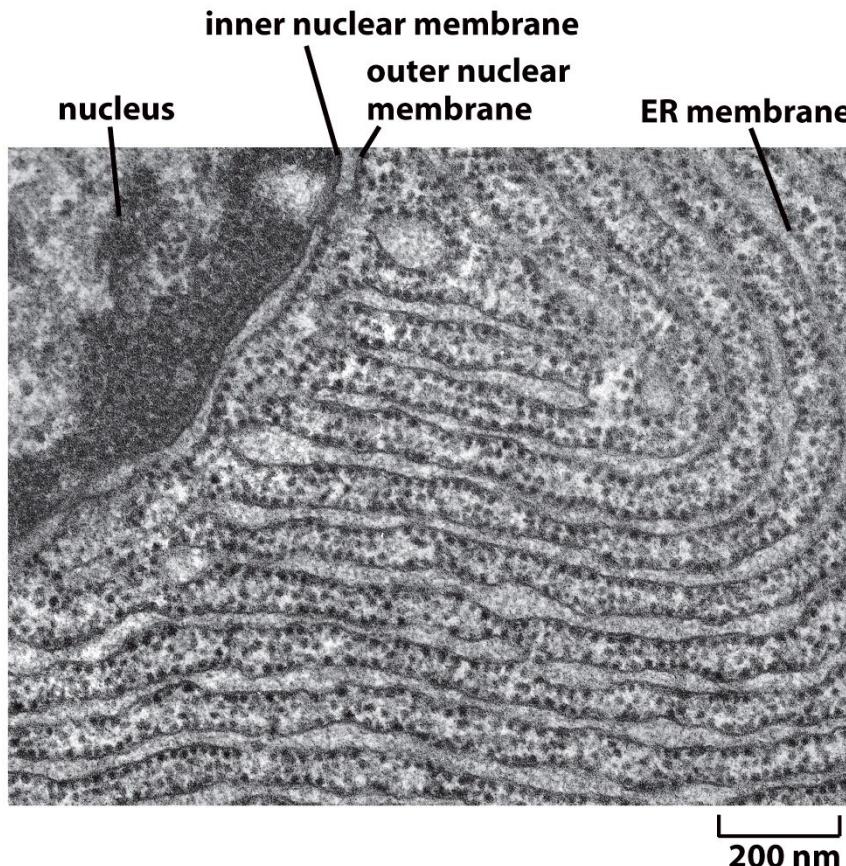


Figure 12-5 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

- mRNA ส่งออกทาง nuclear pore ไปยัง cytoplasm และ rough endoplasmic reticulum เพื่อเกิดกระบวนการ translation
- การขนส่งชีวโมเลกุลระหว่าง organelles ต่างๆ ผ่านกระบวนการลำเลียงด้วยเวชีเคลล (budding และ fusion ของ membrane)

Rough ER modifies proteins and helps move substances within the cell.

- Rough endoplasmic reticulum ทำหน้าที่สร้างและปรับแต่งโปรตีน
- ribosome บนผิวด้านนอก แสดงถึงหน้าที่ในการสังเคราะห์โปรตีนของ rough ER



- เซลล์ที่ทำหน้าที่หลัก digestive enzyme ปริมาณมาก เช่น **pancreatic exocrine cell** ในตับอ่อน มี **rough ER** หนาแน่น ในไซโทพลาซึม

Note that the outer nuclear membrane, which is continuous with the ER, is also studded with ribosomes.

Smooth ER is the site for lipid and hormone synthesis,
toxin detoxification and calcium sequestration.

ER membrane

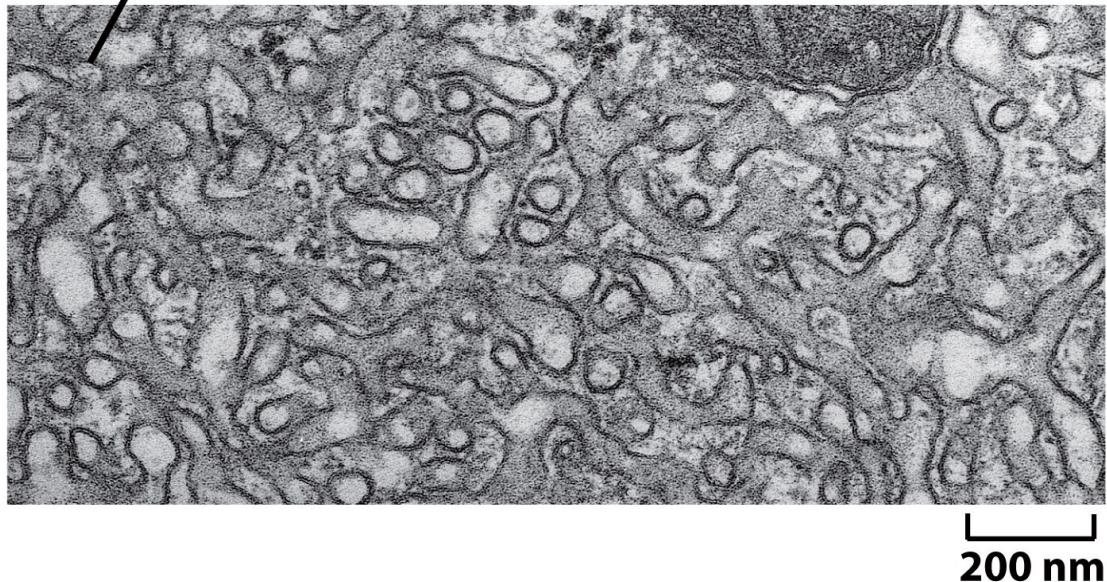


Figure 12-36b Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Leydig cell in the human testis ➤ เป็นเซลล์ใน testis ที่ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนเพศชาย

Wax บนใบบัว

Golgi apparatus modifies molecules and readies them for transport.

- มีโครงสร้างเป็นชุดของโครงข่ายเยื่อหุ้มที่มีสองด้านต่างกัน (**polar organelle**)
- Golgi** ทำหน้าที่สร้าง **การไปไอล์ดีเรต** และ ปรับแต่ง **โปรตีนและไขมัน** ด้วยการเติม **การไปไอล์ดีเรต**

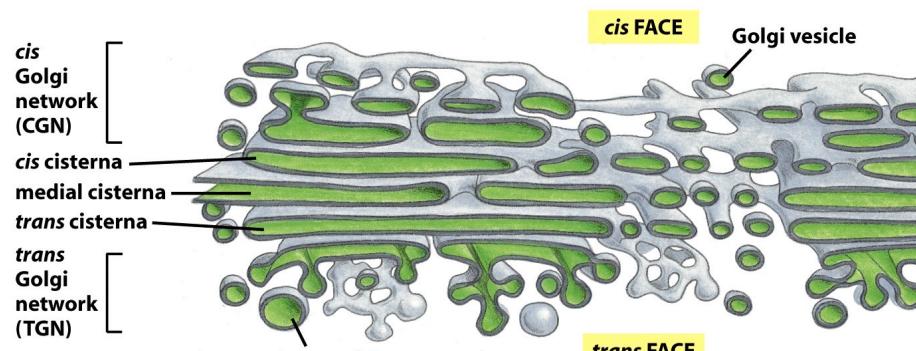


Figure 13-25a Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

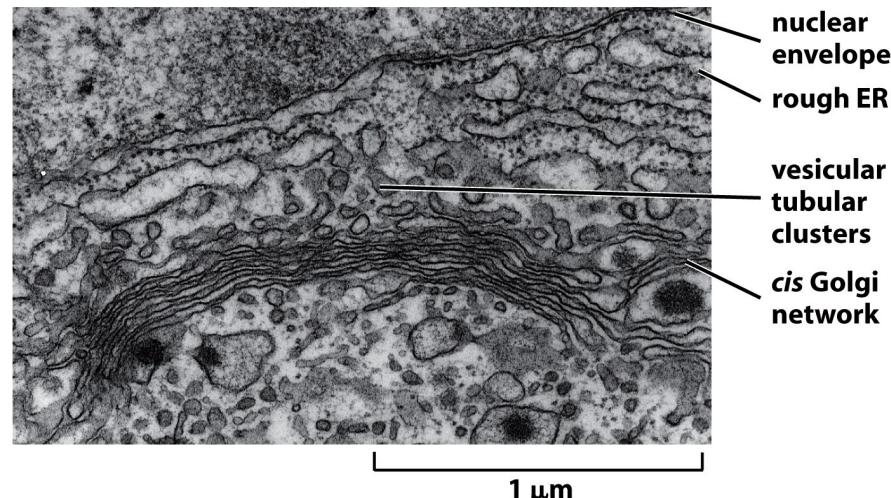
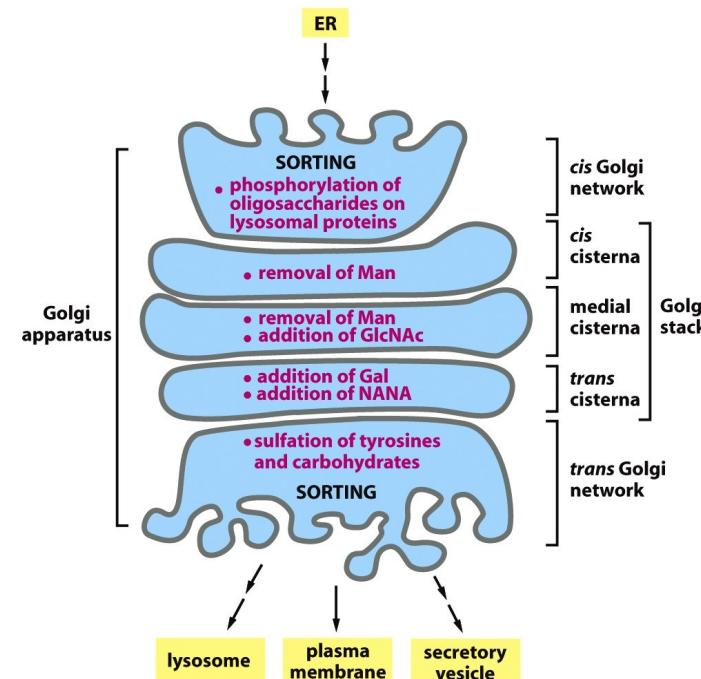


Figure 13-25b Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

กลไกการทำงาน

- vesicle จาก ER เชื่อมเข้ากับ cis-Golgi
- ปรับแต่งโปรตีนและไขมันในชั้นต่าง ๆ
- trans-Golgi บรรจุสารใส่ vesicle และลำเลียงไปยัง lysosome และ plasma membrane



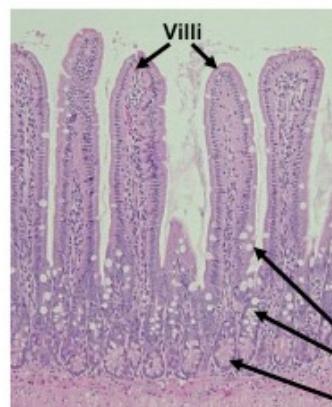
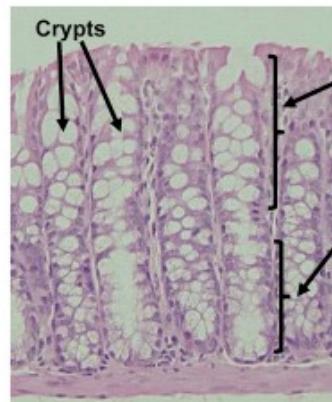
<https://youtu.be/QplXd76IAYQ>

Golgi: 5:50

ตัวอย่างเซลล์ที่จะพบ Golgi ปริมาณมาก

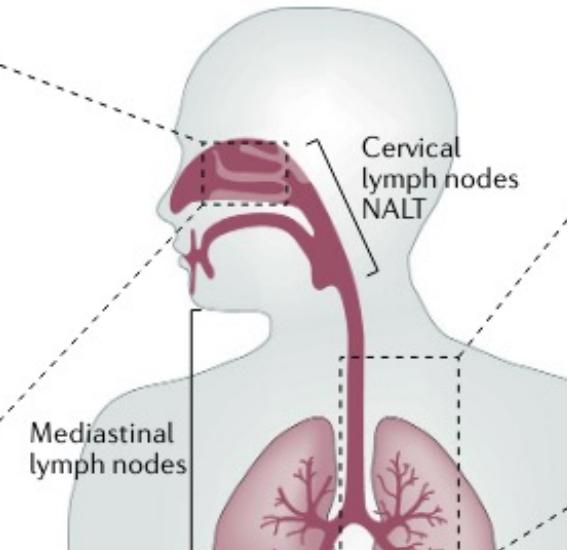
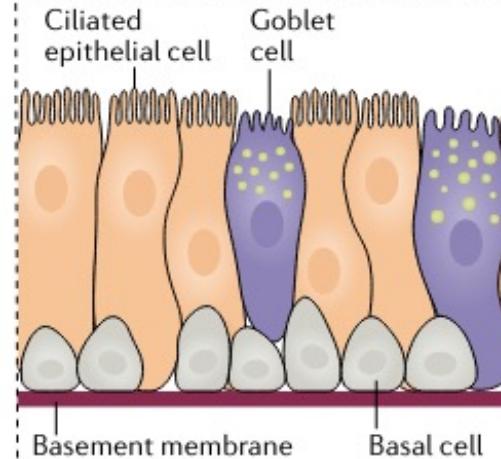
Goblet Cells ที่เยื่อบุผิว

➤ ทำหน้าที่สร้างสารเมือก (mucus)



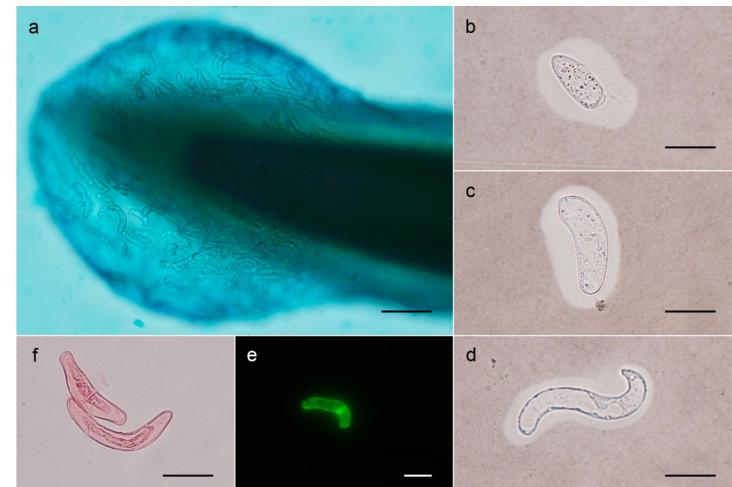
Goblet Cells ที่ลำไส้เล็ก

a Upper airways



Goblet Cells ที่ระบบทางเดินหายใจ

Root border cell
ที่หลัง mucilage
ห้มปล่ายรากฟัน



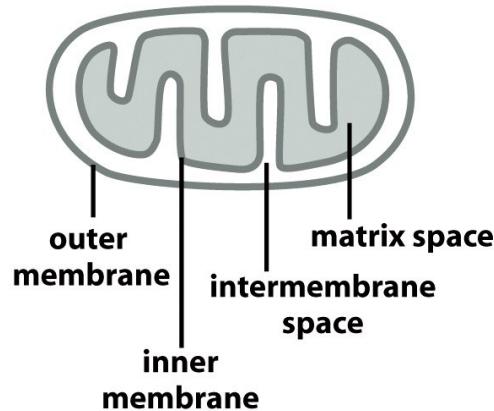
<https://doi.org/10.1007/s42729-023-01360-x>

Figure 3. Goblet cells in the intestinal epithelium.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124158474000148#f0020>

Mitochondria & chloroplasts transform energy for cellular use

(A) MITOCHONDRION



(B) CHLOROPLAST

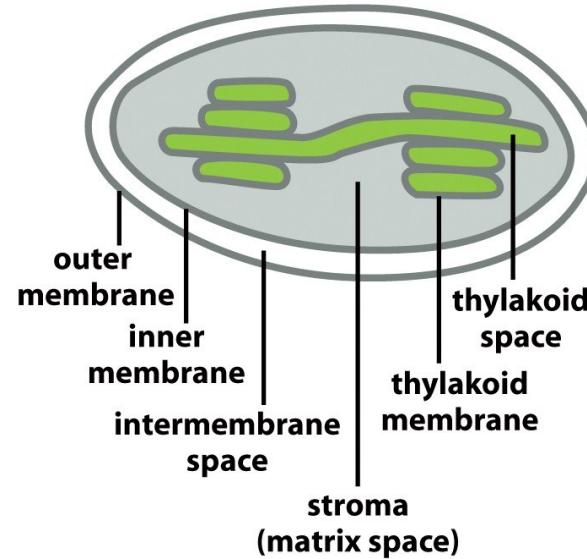


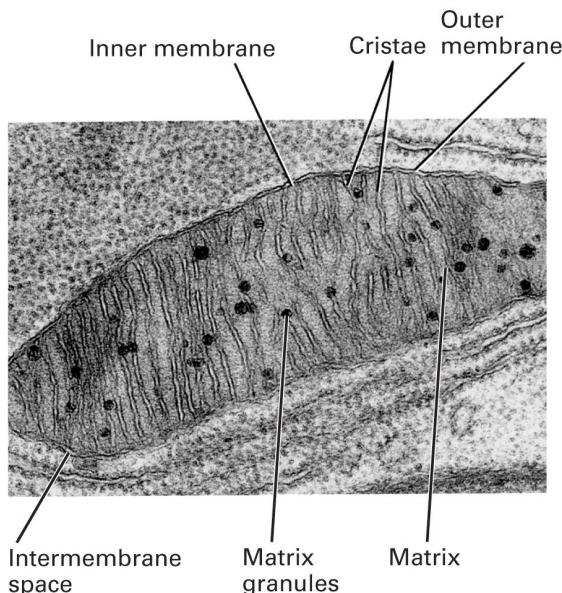
Figure 12-21 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Cellular respiration

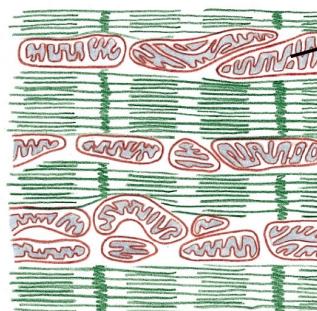
Photosynthesis

Mitochondria break down fuel molecules to release energy.

Chloroplast use sunlight to produce sugars.

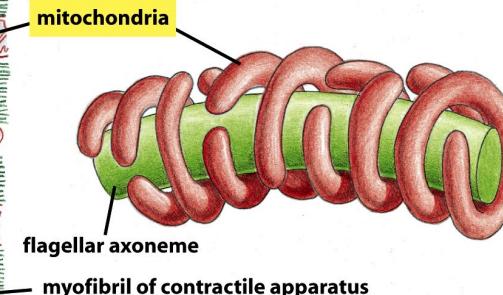


- ไม่โตกอนเดรียมีกล้วยกับแบคทีเรีย (~ 1 ไมโครเมตร)
- รูปร่างมีทั้งทรงกระบอกแบบแบคทีเรีย หรือ มีการเชื่อมกันเป็นโครงข่าย

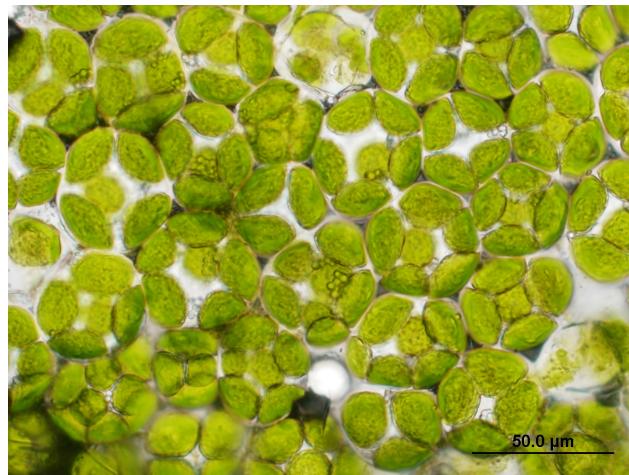


(A) CARDIAC MUSCLE

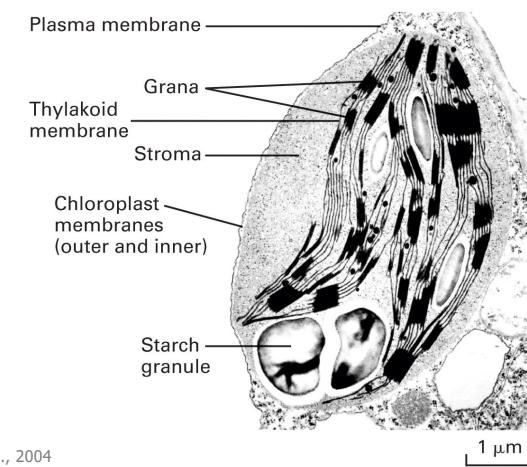
Figure 14-6 Molecular Biology of the Cell 5/e © Garland Science 2008



(B) SPERM TAIL



- คลอโรพลาสต์ มีขนาดใหญ่กว่าไม่โตกอนเดรีย มีสีเขียว
เห็นได้ภายในตัวกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง
- มีร่องควัตถุสะสมอยู่ในเยื่อหุ้มชุดที่ 3



Lodish et al., 2004



Spirogyra sp., 50X/1.00 oil, DIC

<http://www.photomacrography.net/forum/viewtopic.php?t=36096>



Spongy cell of *Tradescantia* sp.



Euglena sp., PlanApo100x / Brightfield

<http://www.photomacrography.net/forum/viewtopic.php?p=105734&sid=083cb7c98b7c4a1a4fbb69e98cab7d3d>

- chloroplasts มีรูปร่างหลากรูป เช่น ที่พับในสาหร่ายสีใบเขียว หรือมีรูปร่างเป็นแผ่นแตกต่างกับรูปร่างรีหรือกลม ในยุกเลี่น่าและใบพีช

- เป็นออร์แกเนล์ทรงกลมที่มีเยื่อหุ้ม 1 ชั้น ไม่มี ribosome และ DNA แต่มีเอนไซม์ oxidases และ catalases อุปการายใน

Diameter: 0.2-2.0 μm

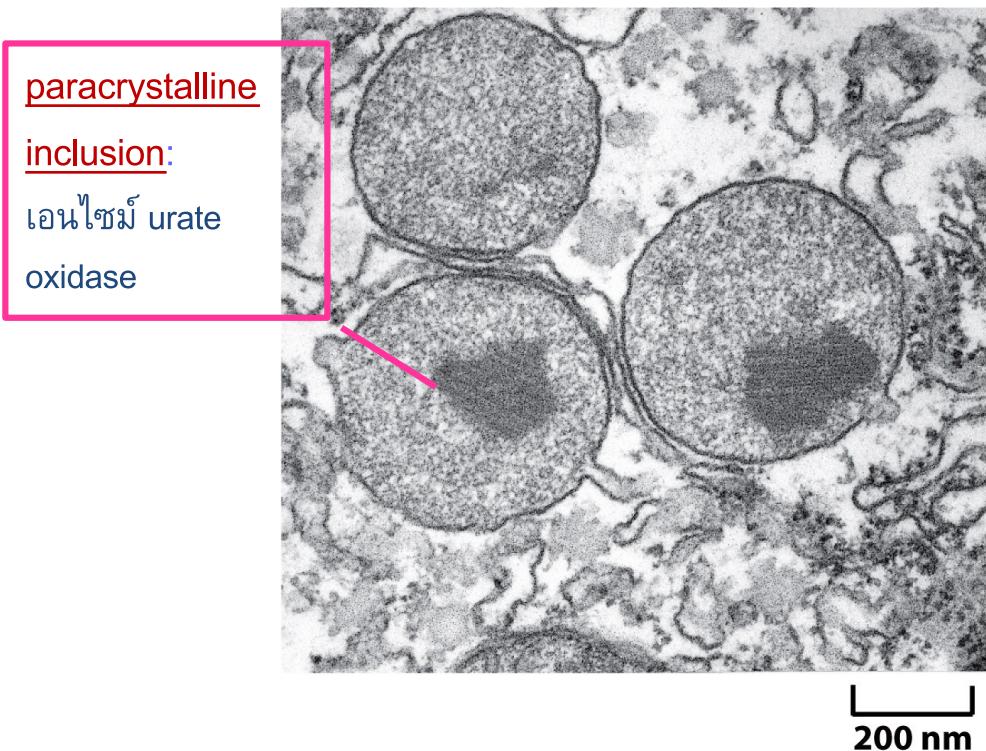


Figure 12-30 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

- ในใบพืชพบอยู่ใกล้กับใบโตกอนเดรียและคลอโรพลาสต์ เพราะทำหน้าที่กำจัดสารพิษ

เซลล์ที่มีเพอร์อกซิโซมมาก

- เซลล์ในอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสลายสารพิษ เช่น ตับ ไต
- เซลล์ที่มีการสลายไขมัน (β -oxidation)

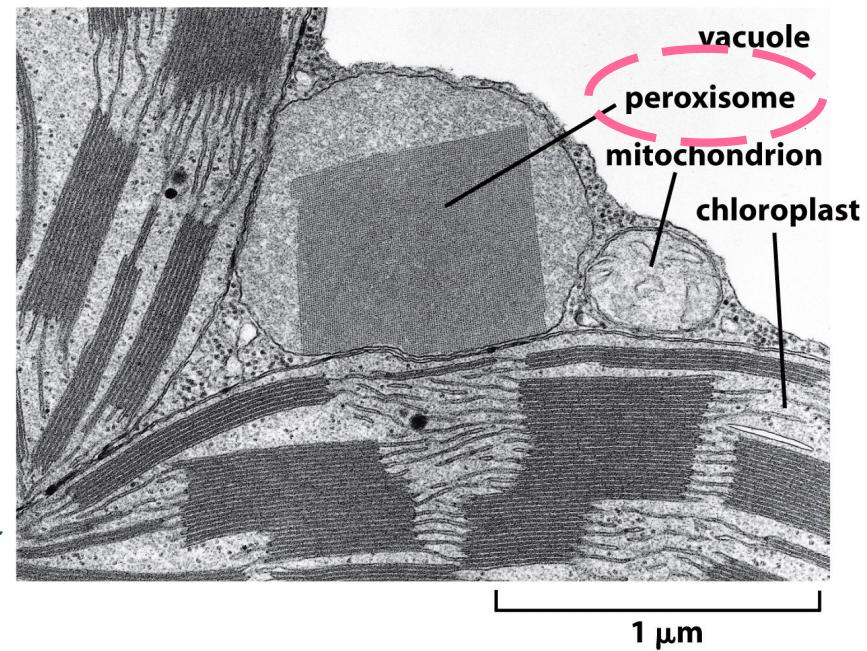
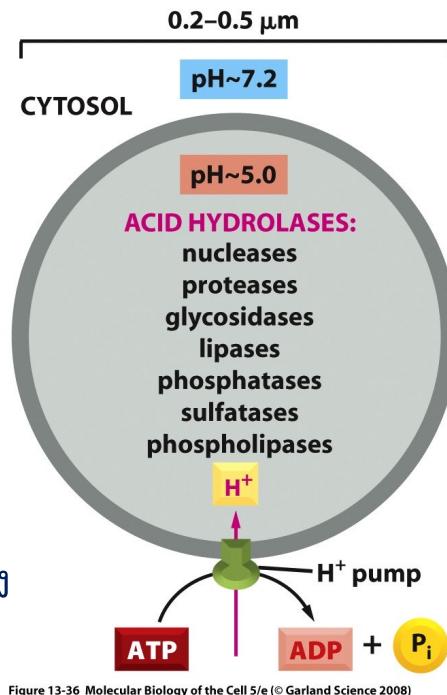
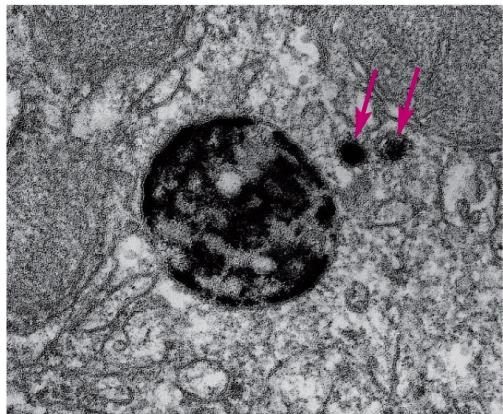


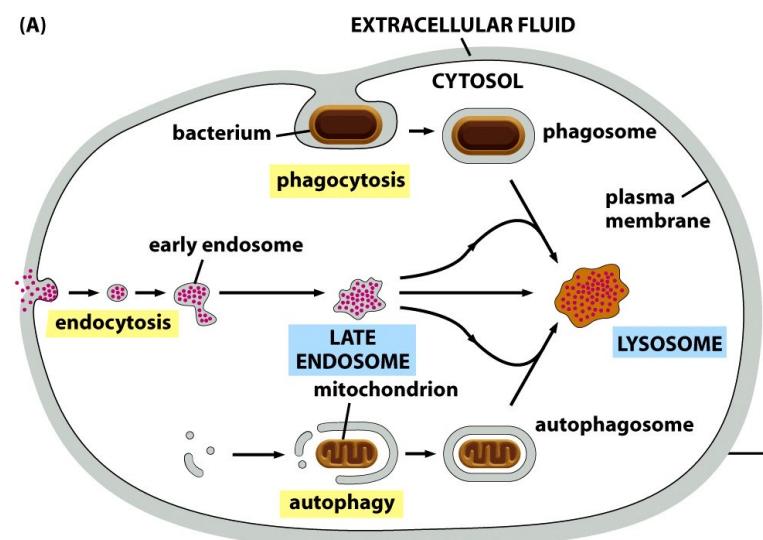
Figure 12-32a Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Lysosomes: the principal sites of intracellular digestion

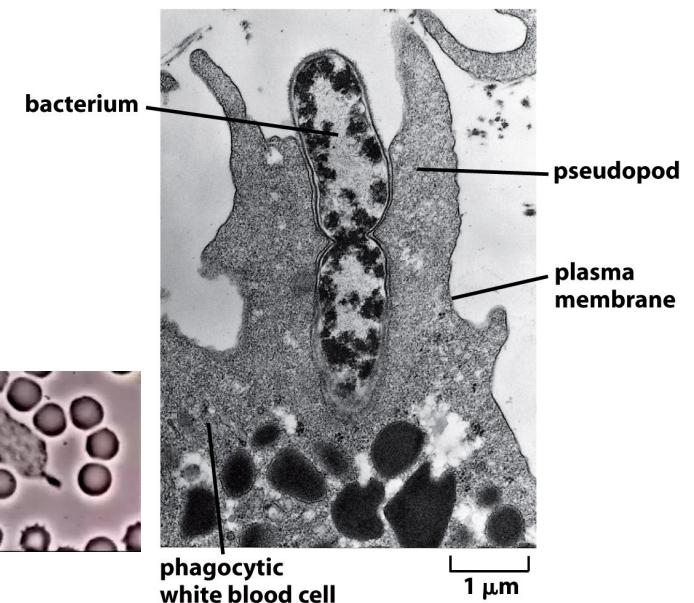
Cellular structure



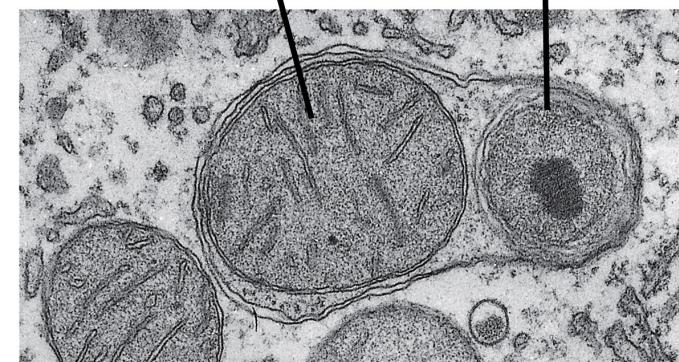
➤ ໄລໂໂໂໜມມີເອນໄຊມີທີ່ຍ່ອຍສລາຍ
ອອຽແກນເລື່ອງທີ່ເສື່ອມສກາພແລະສິ່ງ
ແປລກປລອມ



ເໜັດລົດເລືອດຂວາກຳລັງເນີນບັບແບບທີ່ເຮີຍ



mitochondrion peroxisome



ອອຽແກນເລື່ອງເກົ່າທີ່ອຸ່ງກາຍໃນໄລໂໂໂໜມ
ເພື່ອຍ່ອຍສລາຍ

Figure 13-42b Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Vacuoles store substances & are filled with water to enlarge the cells..

Cellular structure

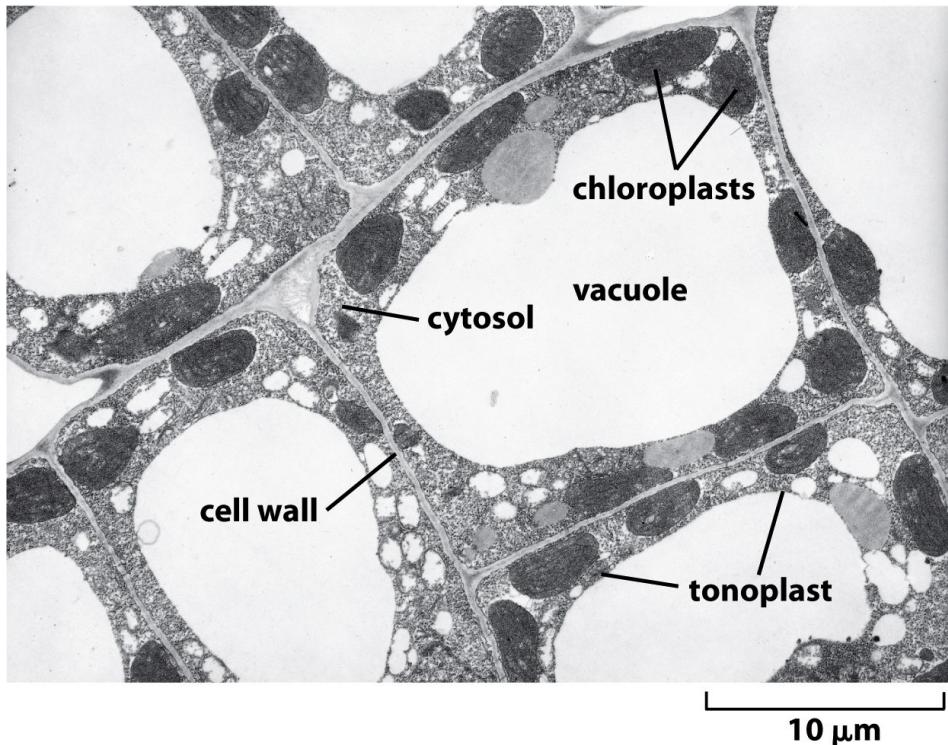


Figure 13-39 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

- แวด้วอลนีขนาดใหญ่ ทำหน้าที่เก็บน้ำสารอาหาร ของเสีย สารพิษ และเอนไซม์
- ควบคุมความเต่งและรูปทรงของเซลล์

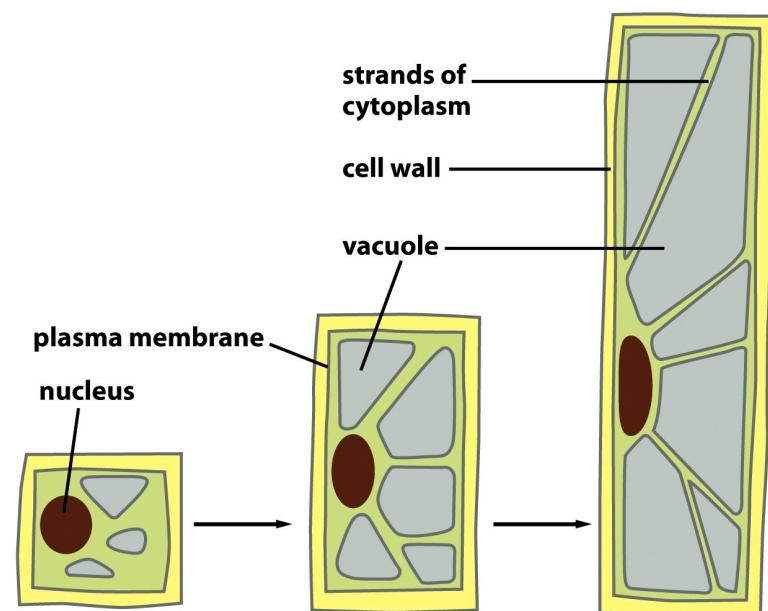
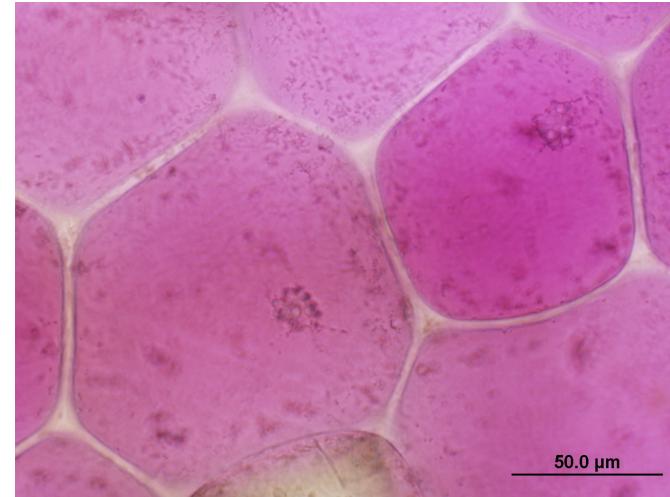


Figure 13-40 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

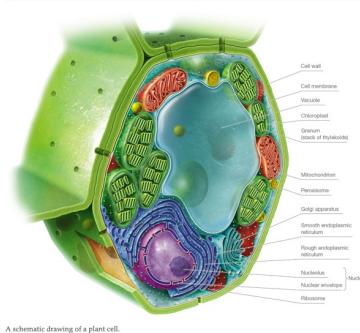
To answer

- What are the common characters in all living organisms?

2.2 Cellular structure and functions

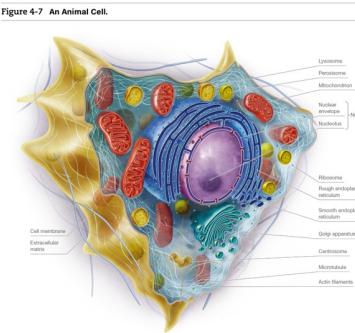
- The smallest living unit of organism is a cell.
- There are two types of cells: prokaryotic and eukaryotic cells, being different in their cellular structure.
- Eukaryotes have membrane-bounded nucleus and organelles that enable them to be more advanced than prokaryotes.
- Membrane-bounded organelles: endoplasmic reticulum, Golgi apparatus, lysosomes, vacuoles, mitochondria, chloroplasts, and peroxisomes have unique structures that fit functions.

Figure 4-8 A Plant Cell.



A schematic drawing of a plant cell.

Figure 4-7 An Animal Cell.



A schematic drawing of an animal cell.

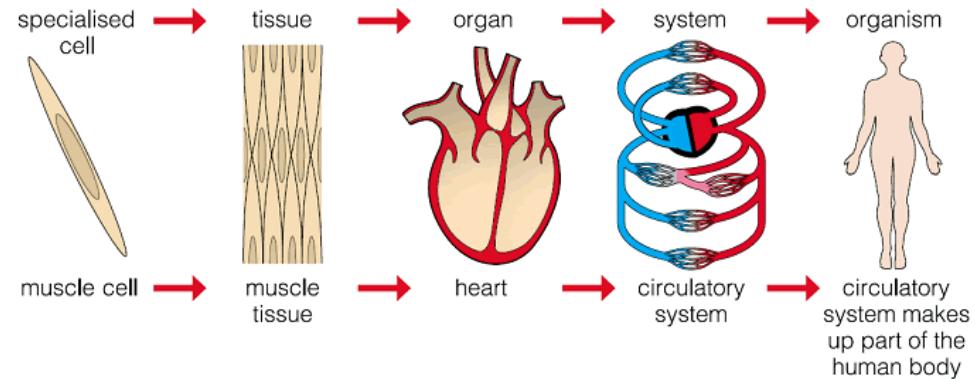
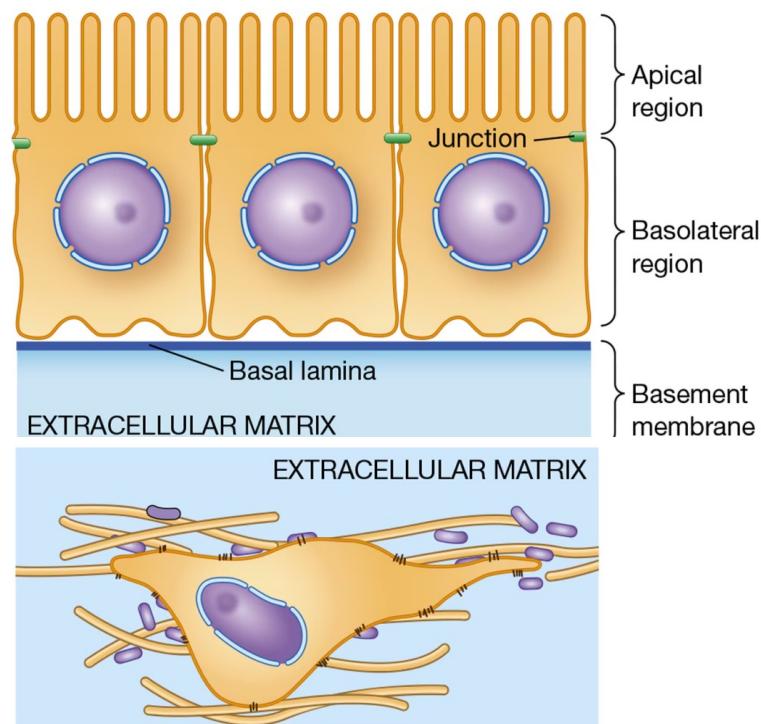


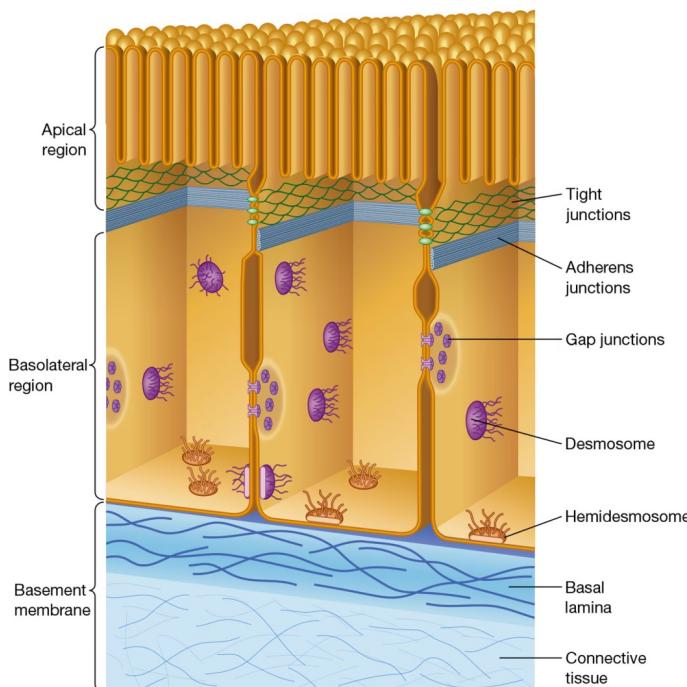
Figure 15-1 Different Types of Tissues in Animals.



(b) Cell embedded in connective tissue

Tissues are multicellular structures that include cells and extracellular material. (a) In a polarized epithelium, such as the cells lining the small intestine, cells are connected together by cell-cell adhesions. The apical surfaces of these cells are very different from the basal surfaces, which lie on top of an extracellular matrix known as the basal lamina. (b) In a connective tissue, such as the dermis of the skin, loosely organized cells are embedded in extracellular matrix fibers.

Figure 15-2 Major Types of Cell Attachments in Epithelial Cells.



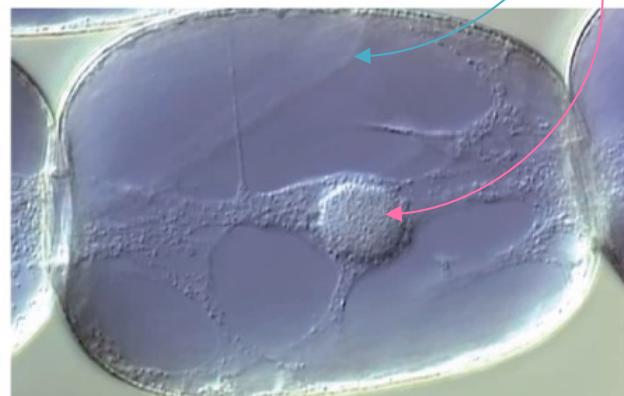
A multicellular organism forms when cells are organized into a hierarchy.

Q4.

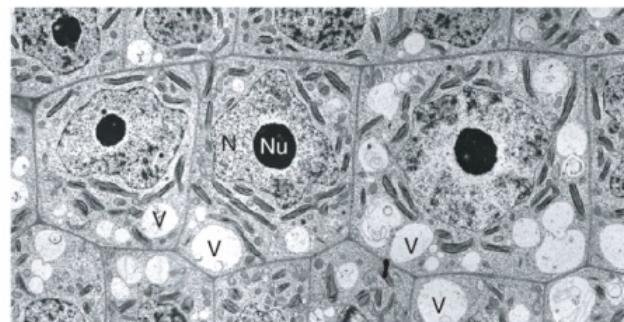
จากภาพ เชลล์ที่พบในก้านชู stamen ของ
ดอก *Tradescantia*



A

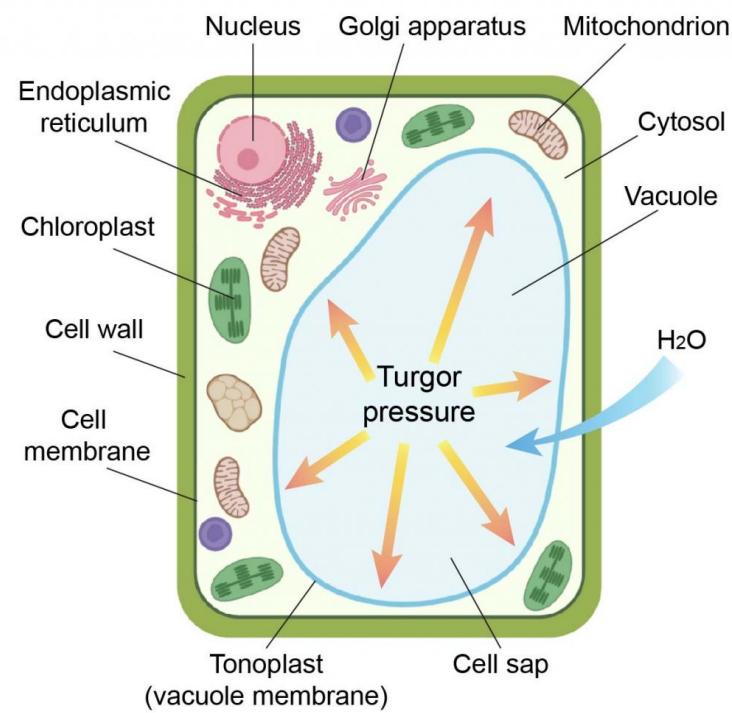


B



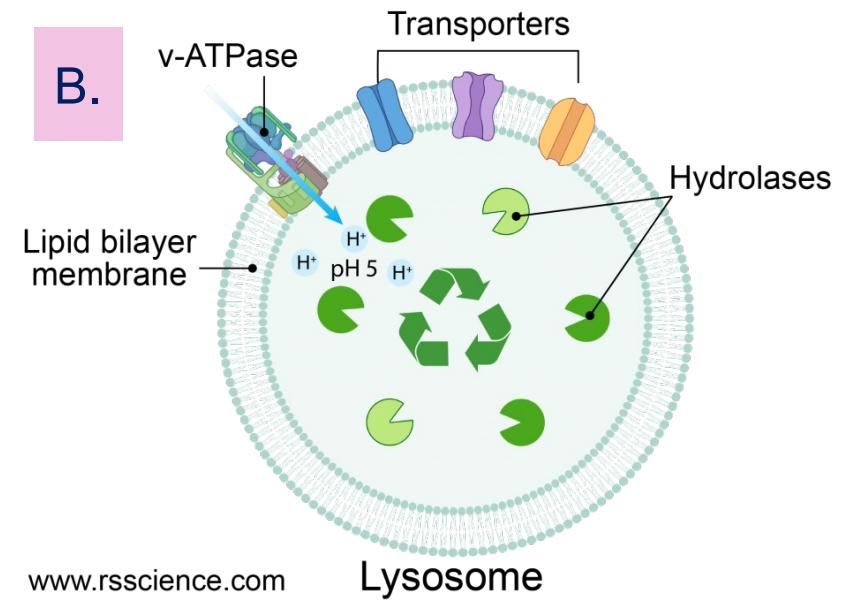
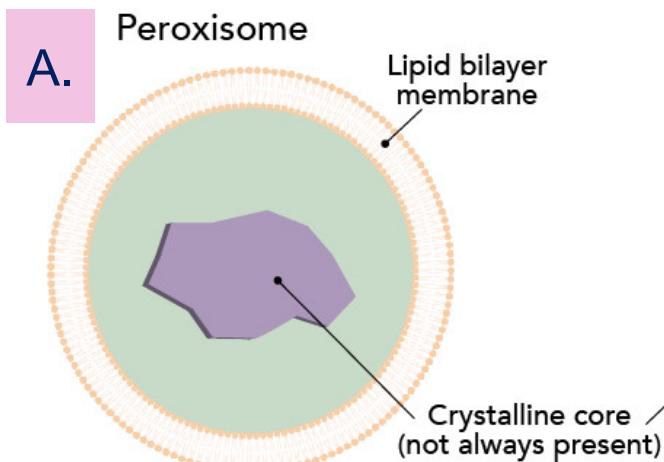
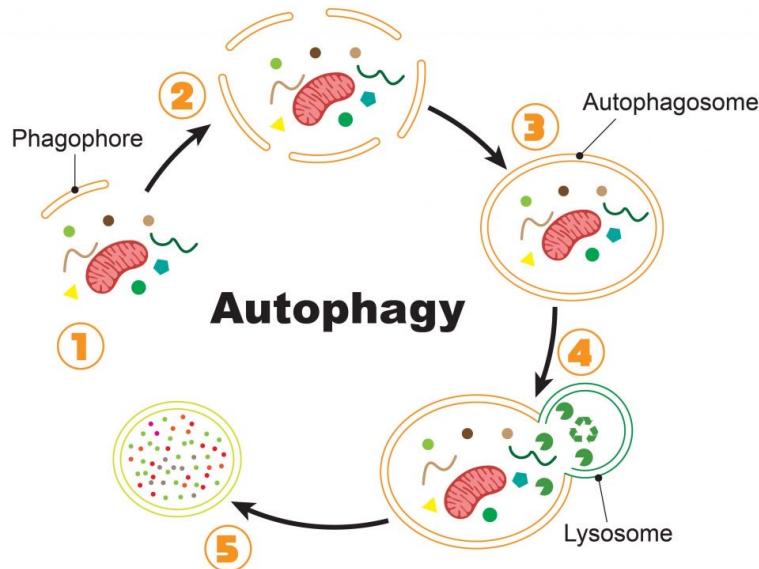
C

- 1) มีอร์แกเนลล์ขนาดใหญ่ที่ทำหน้าที่สะสมน้ำสร้างแรงดันต่อให้เซลล์ คือ
- 2) มีอร์แกเนลล์ที่ทำหน้าที่เป็นเซ็นเตอร์ข้อมูล ได้แก่



Q5.

กระบวนการในภาพนี้ เกิดได้โดยบทบาทของออร์แกเนลล์ใด



Q6.

เซลล์ชนิดนี้ทำหน้าที่หลักในการหลังสารเมือกซึ่งเป็นบทบาทของออร์แกเนลล์อะไร

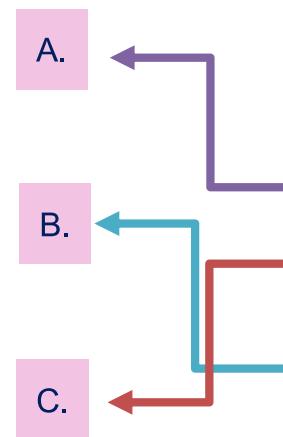
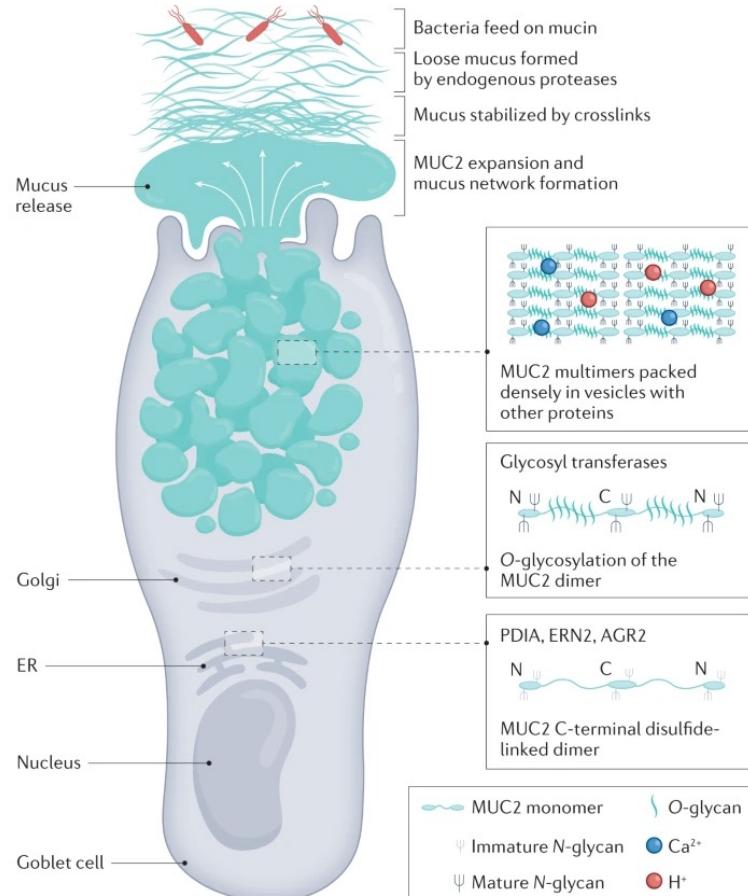


Fig. 1: Mucin biosynthesis and mucus formation.

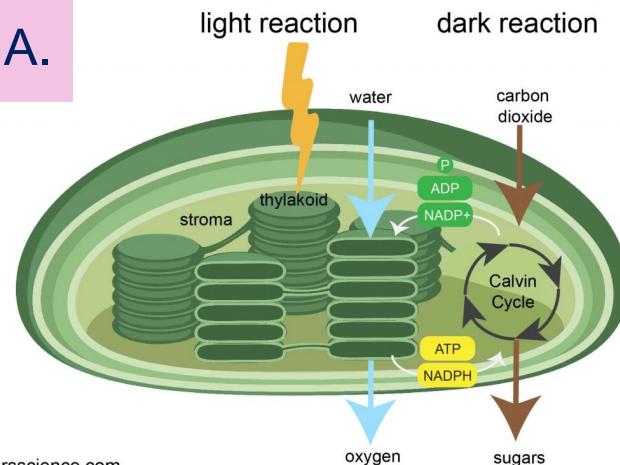


<https://www.nature.com/articles/s41575-022-00675-x>

Q7.

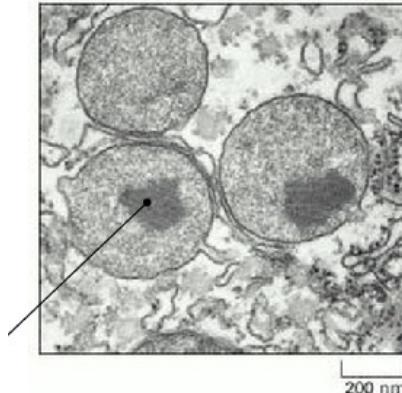
ออร์แกเนลล์ชนิดใดต่อไปนี้ มี DNA ของตัวเอง

A.

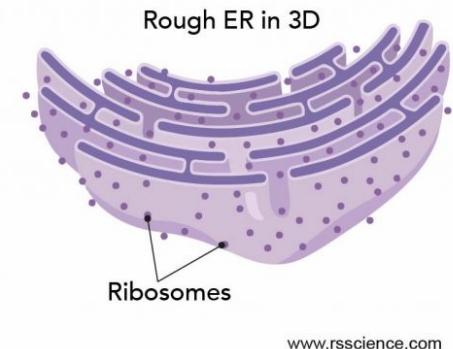


rsscience.com

B.



C.

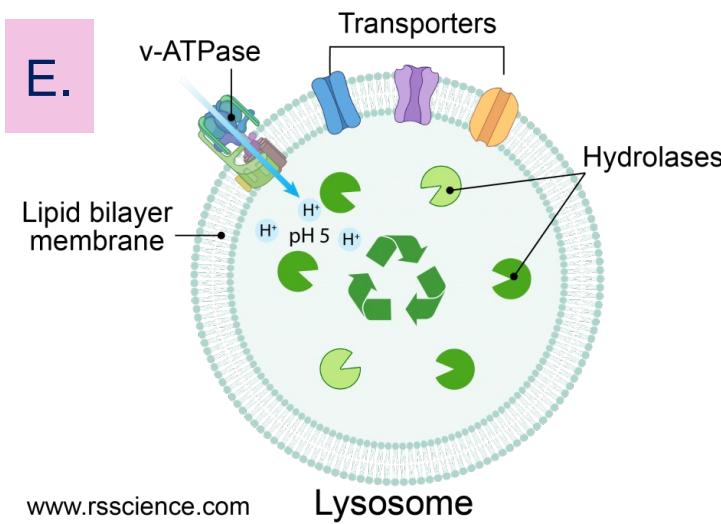


D.



Mitochondria under TEM

E.



www.rsscience.com

F.

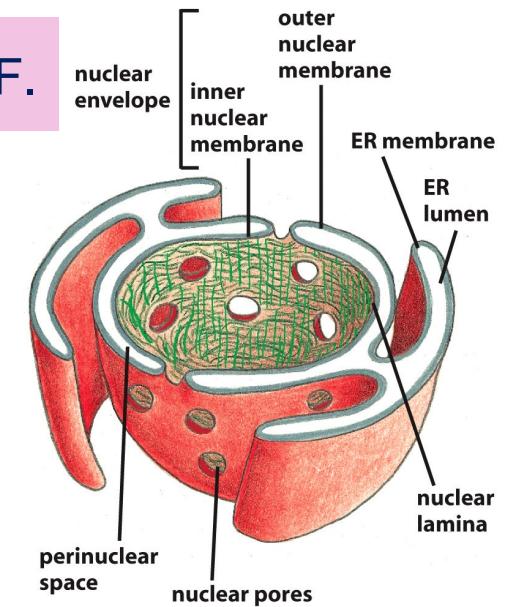


Figure 12-8 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Q8.

โครงสร้างใดที่คาดว่าเกิดจากการเว้าของ plasma membrane เข้ามาล้อมรอบสารพันธุกรรมภายในเซลล์

- A. chloroplast
- B. nucleus
- C. mitochondria
- D. ถูกทุกข้อ

Q10.

หากนิสิตดีเมแอลกอชอล์ ออร์แกเนลล์ ใดที่จะต้องทำงานหนัก

- A. mitochondria
- B. lysosome
- C. peroxisome
- D. ตับ

Q9.

ออร์แกเนลล์ใดที่ผลิตคาร์บอนไดออกไซเดต

- A. endoplasmic reticulum
- B. lysosome
- C. mitochondria
- D. Golgi apparatus