



## Chapter 3

# microbial cell structure and function

## Eucaryotic microorganism

*The era in which workers tended to look at bacteria as very small bags of enzymes has long passed.*  
—Howard J.

Rogers





## 内容安排:

◆ 内容：由外到内依次介绍微生物细胞的各种细胞结构及其功能

◆ 逻辑次序：先结构，后功能。  
先细胞，后类群。

原核微生物（prokaryotic cell）：

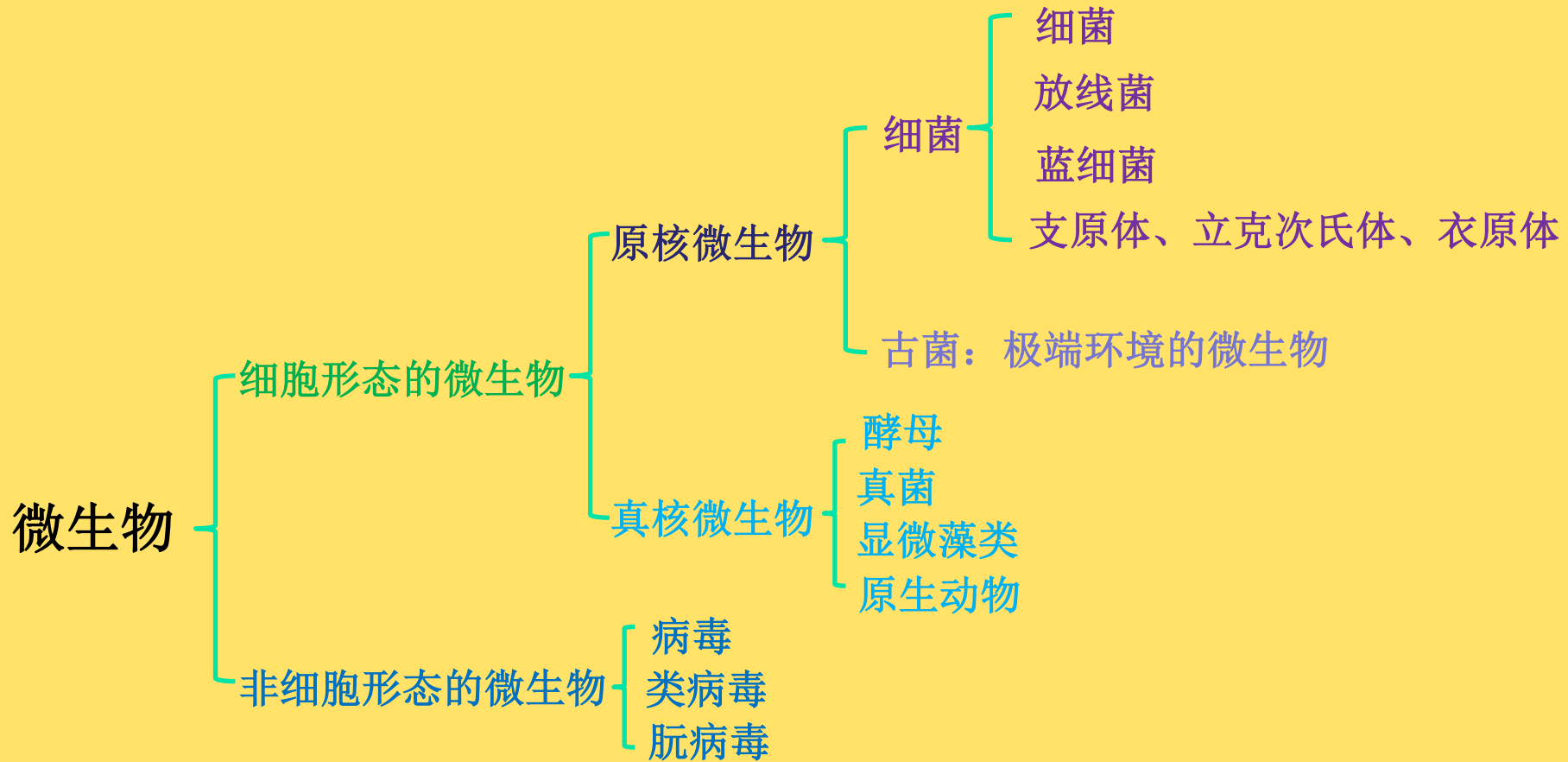
- ◆ 细菌（bacteria）
- ◆ 古生菌（archaea）
- ◆ 寄生性细菌（parasite bacteria）

真核微生物（eucaryotic cell）

- ◆ 酵母（yeast）
- ◆ 真菌（fungi）
- ◆ 藻类（alga）
- ◆ 原生动物（protisit）

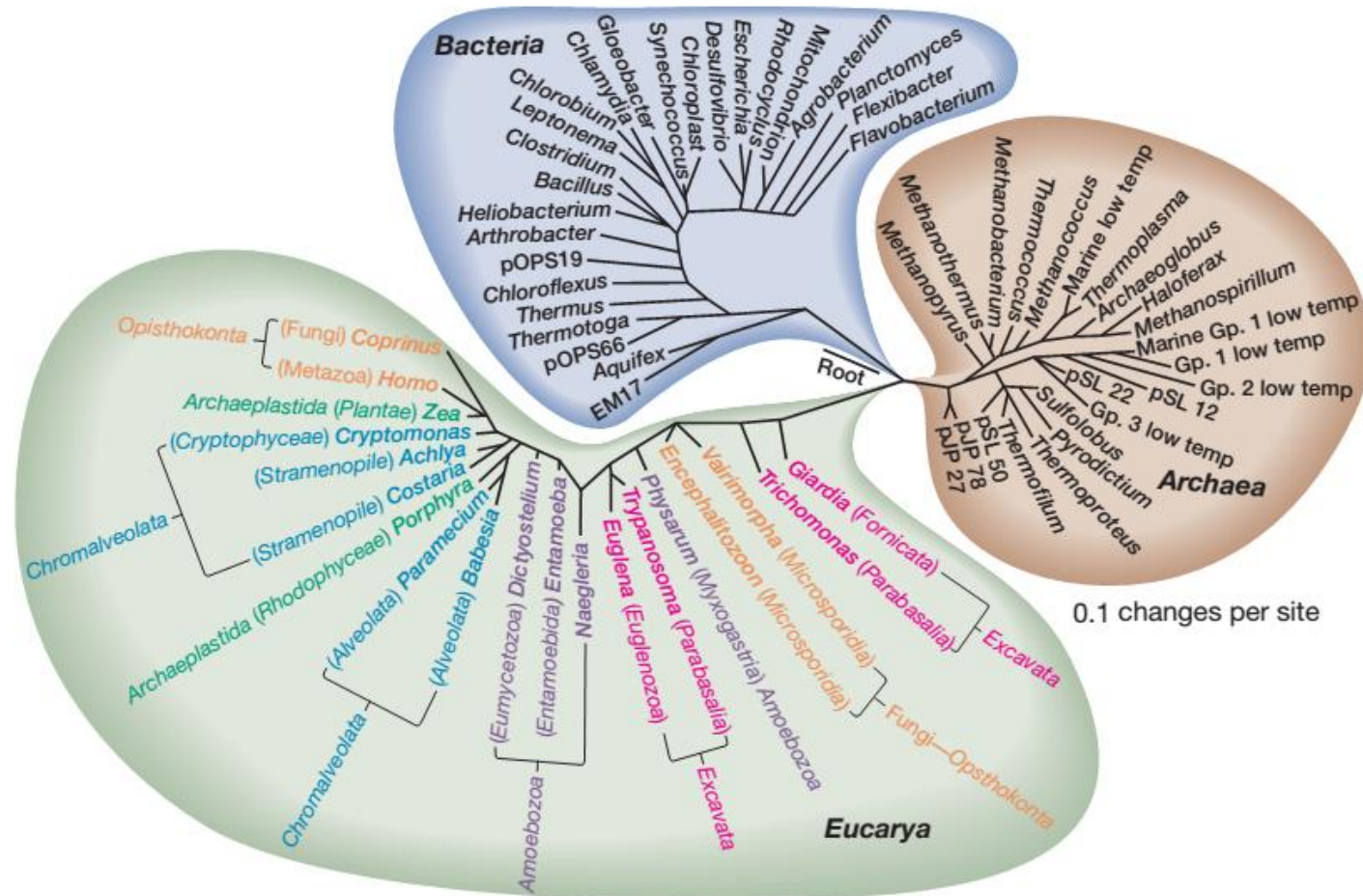


# 微生物世界



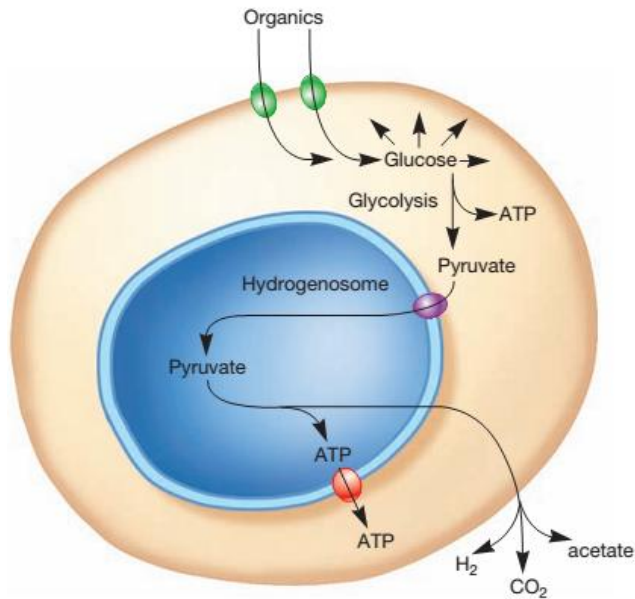


# 三域系统发育树





## 真核微生物的起源



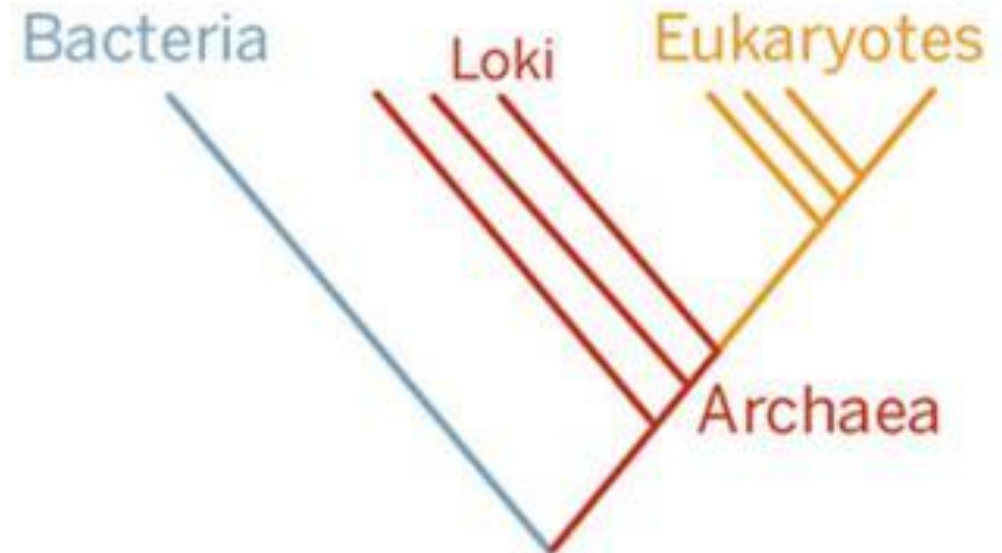
内共生起源假说

*Nature*. 2015 May 14; 521(7551): 173–179. doi:10.1038/nature14447.

### Complex archaea that bridge the gap between prokaryotes and eukaryotes

Anja Spang<sup>#1</sup>, Jimmy H. Saw<sup>#1</sup>, Steffen L. Jørgensen<sup>#2</sup>, Katarzyna Zaremba-Niedzwiedzka<sup>#1</sup>, Joran Martijn<sup>1</sup>, Anders E. Lind<sup>1</sup>, Roel van Eijk<sup>1,†</sup>, Christa Schleper<sup>2,3</sup>, Lionel Guy<sup>1,4</sup>, and Thijs J. G. Ettema<sup>1</sup>

最新发现的证据表明：真核细胞源于古生菌！





### 3. 真核微生物的结构和功能

#### 真核微生物（eukaryotic cell）

相对起源较迟，细胞结构复杂、细胞器功能特化、体积较大的单细胞或多细胞的微生物。

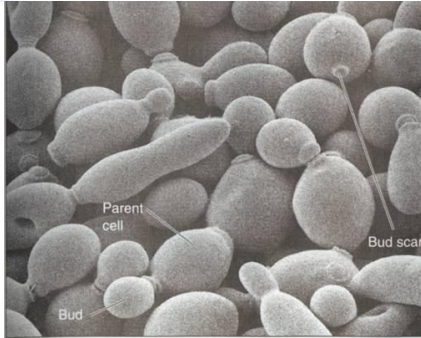
细胞结构的突出特征是 具有细胞核和膜包围的各类细胞器，80s核糖体

- ◆ 具有核膜包围的细胞核来贮存遗传物质；
- ◆ 具有一系列具有膜包围的细胞器，细胞器分化成为结构特化、功能专一的细胞结构；
- ◆ 具有完备的细胞骨架，参与细胞内的物质转运、细胞运动和细胞分裂；
- ◆ 具有有丝分裂和无丝分裂的细胞分裂方式。



### 3. 真核微生物的细胞结构

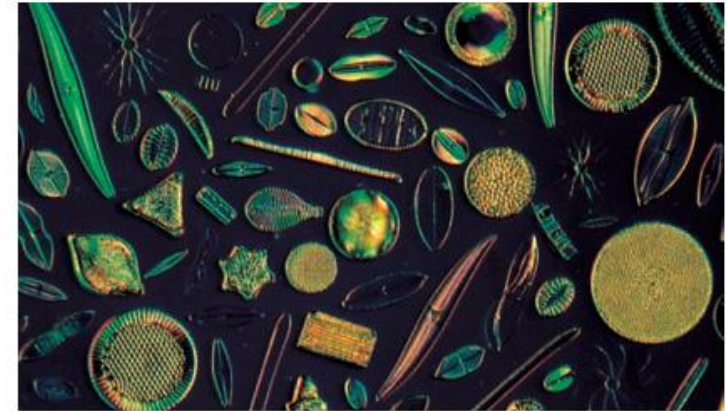
真核微生物的形态



*Saccharomyces cerevisiae*



(a) *Paramecium*



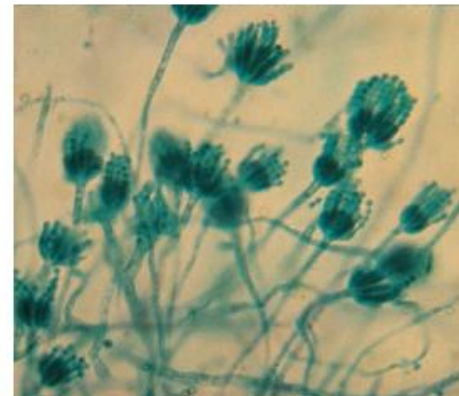
(b) Diatom frustules



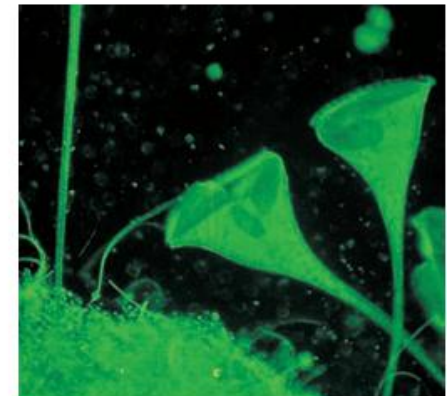
(f) *Amanita muscaria*



(c) *Penicillium*



(d) *Penicillium*



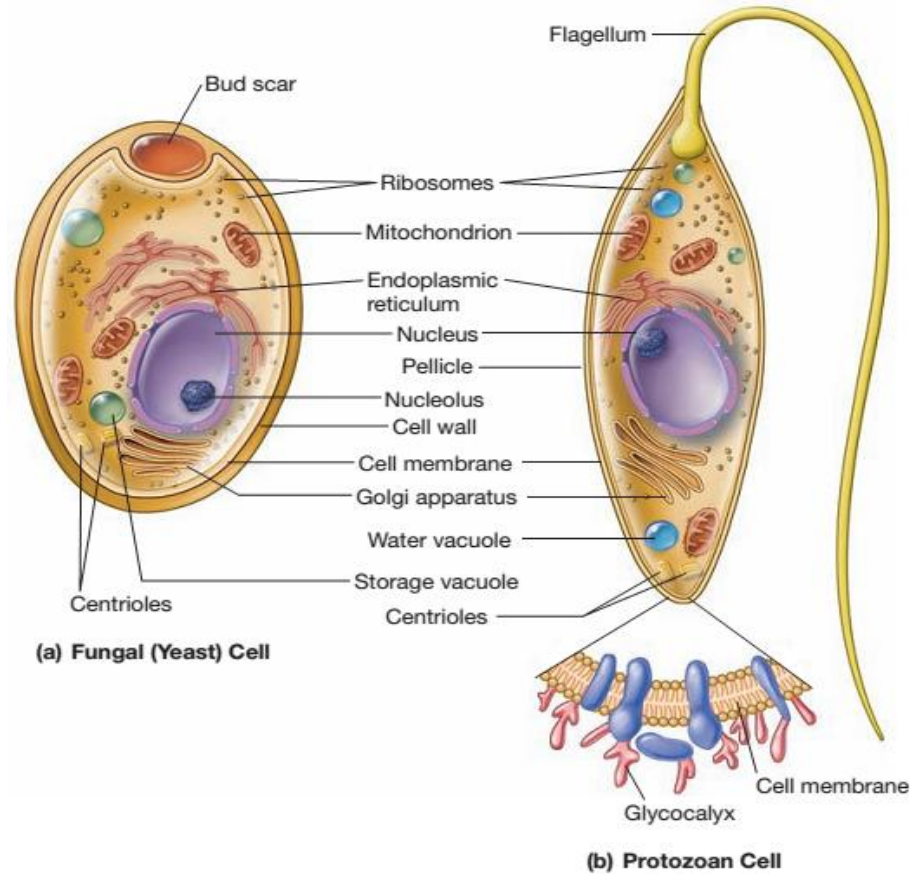
(e) *Stentor*





### 3.真核微生物的细胞结构

酵母细胞的微观结构示意图



原生动物细胞的微观结构示意图



## 3. 真核微生物的细胞结构

### 3.1 细胞壁 (wall)

- 除了原生动物没有细胞壁外，酵母、真菌和藻类都具有细胞壁；
- 不同的真核微生物的细胞壁组成、结构不同，但功能类似；
- 真菌的细胞壁主要成分是多糖和少量的蛋白质及脂质；
- 不同的真菌所含有的多糖不同；
- 多糖构成了微纤维和无定形基质，前者构成骨架，后者为填充物；
- 酵母中的多糖为葡聚糖，低等真菌为纤维素，高等真菌为几丁质。

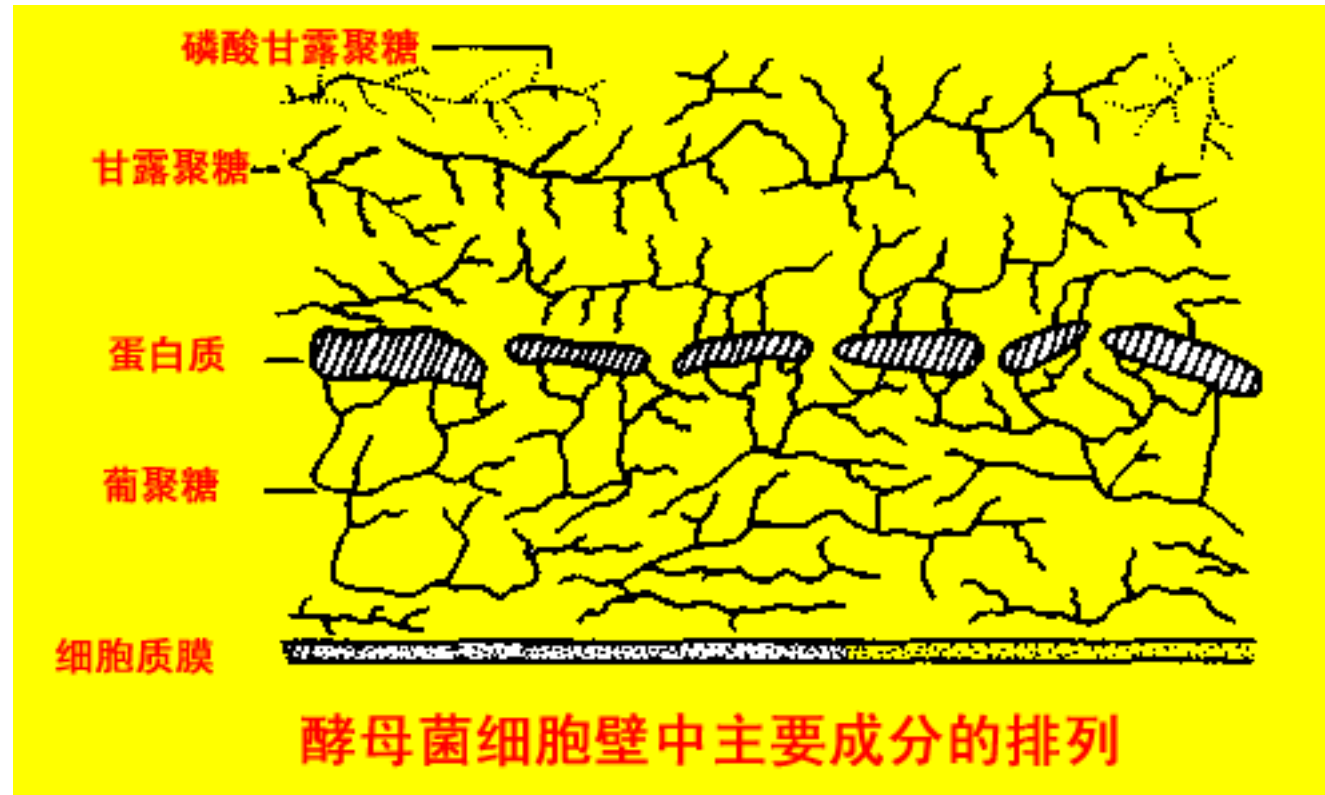


## 3. 真核微生物的细胞结构

### 3.1 酵母的细胞壁

- 酵母的细胞壁的厚度为20-70nm;
- 主要成分为葡聚糖、甘露糖蛋白质和几丁质，少量脂质，如同肉夹馍；
- 不同的酵母其细胞壁的组分有变化。

对酵母进行革兰氏染色，结果为革兰氏阳性！



### 3. 真核微生物的细胞结构

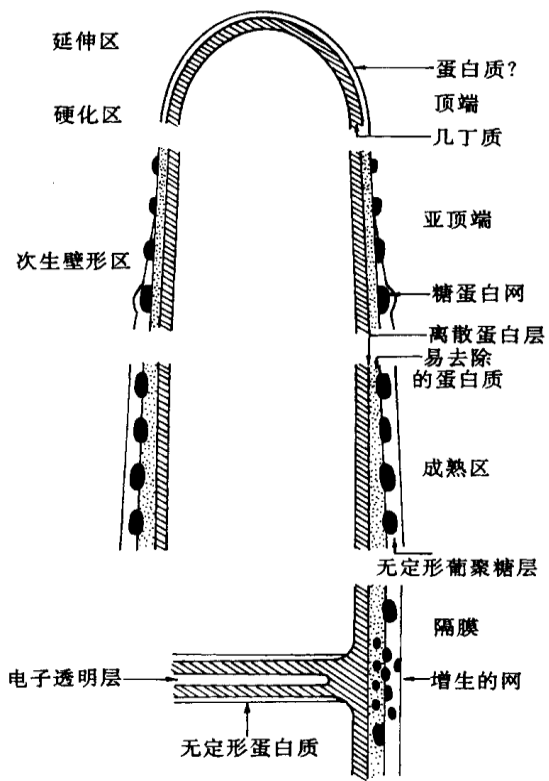
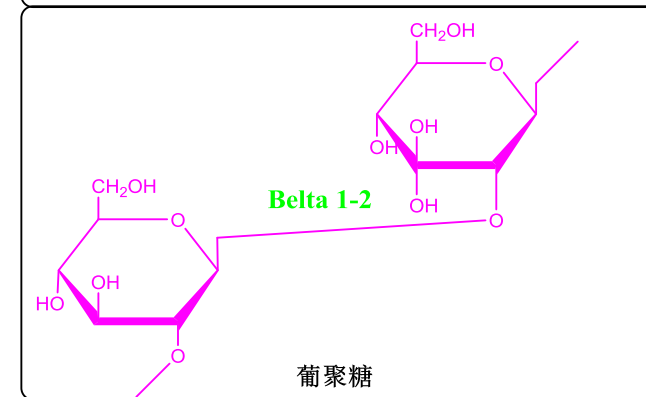
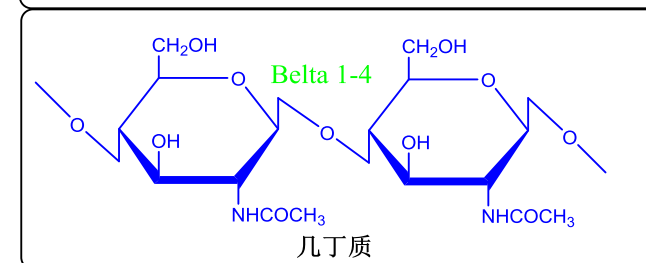
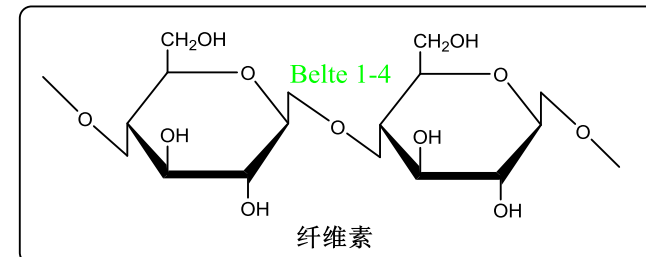
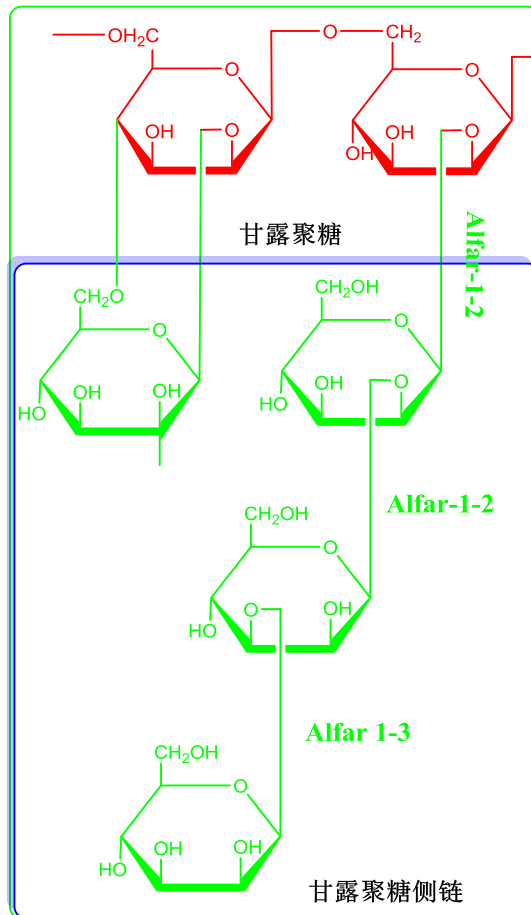


图 3-23 粗糙脉孢菌菌丝的细胞壁构造

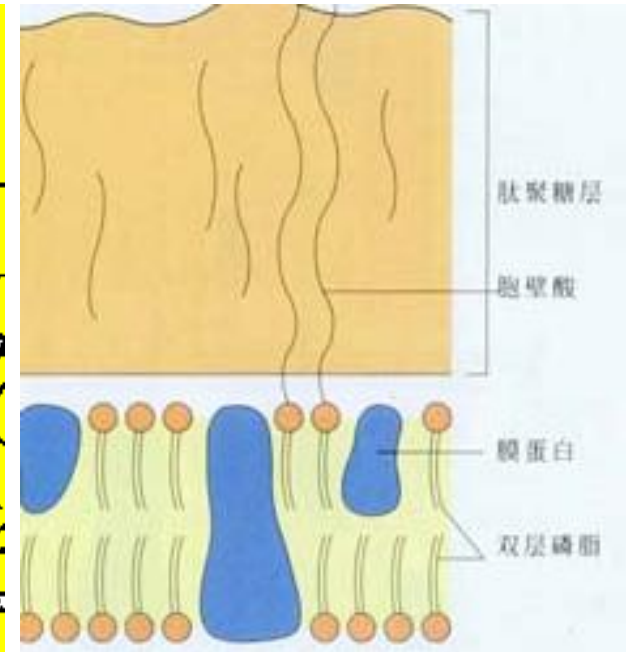




### 3. 真核微生物的细胞结构

#### 真菌细胞壁的功能:

- 固定细胞外形和提高机械强度;
- 为细胞的生长、分裂和鞭毛运动所必需;
- 渗透屏障;
- 病毒吸附的受体。

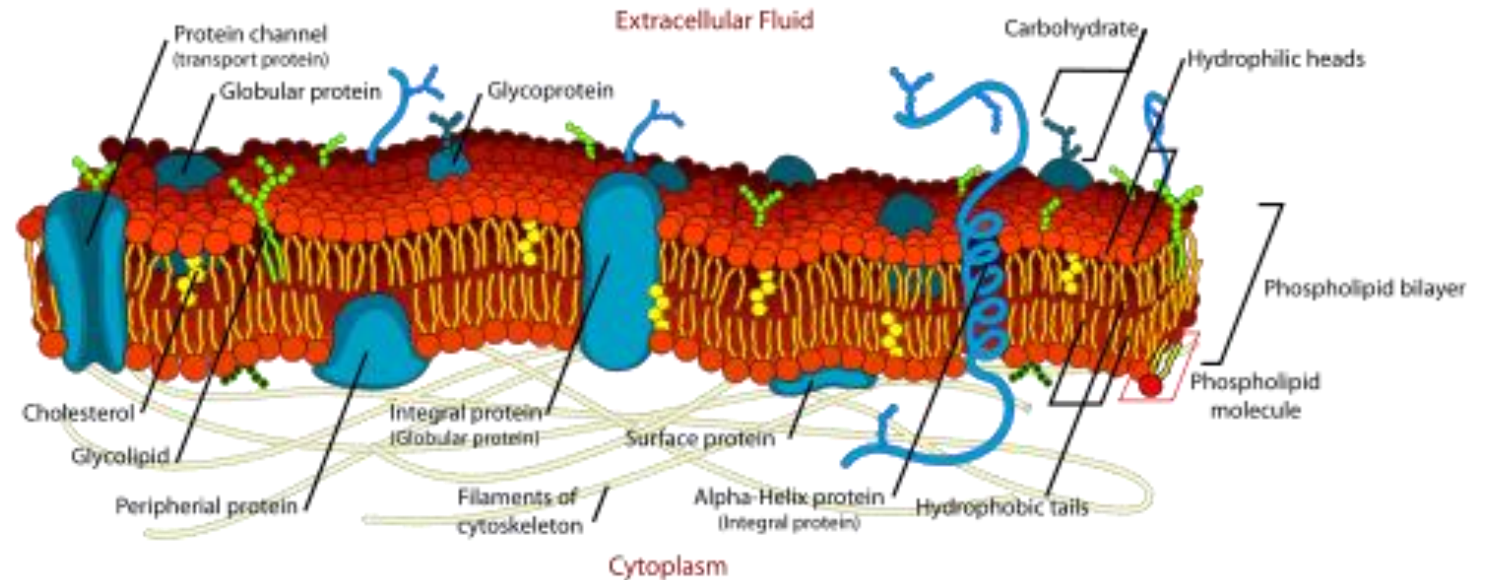




## 3. 真核微生物的细胞结构

### 3.2 真菌的细胞膜

- 液态镶嵌模型，磷脂双分子层中的脂类主要为磷酸甘油酯，鞘脂和胆固醇；
- 脂筏（lipid raft）：指细胞膜上含有大量的饱和脂肪酸和胆固醇的特定区域；
- 膜内、外层不对称，与原核细胞膜大体相似。



真菌的细胞膜与原核的细胞膜在组成、结构和功能方面基本相似。



## 3. 真核微生物的细胞结构

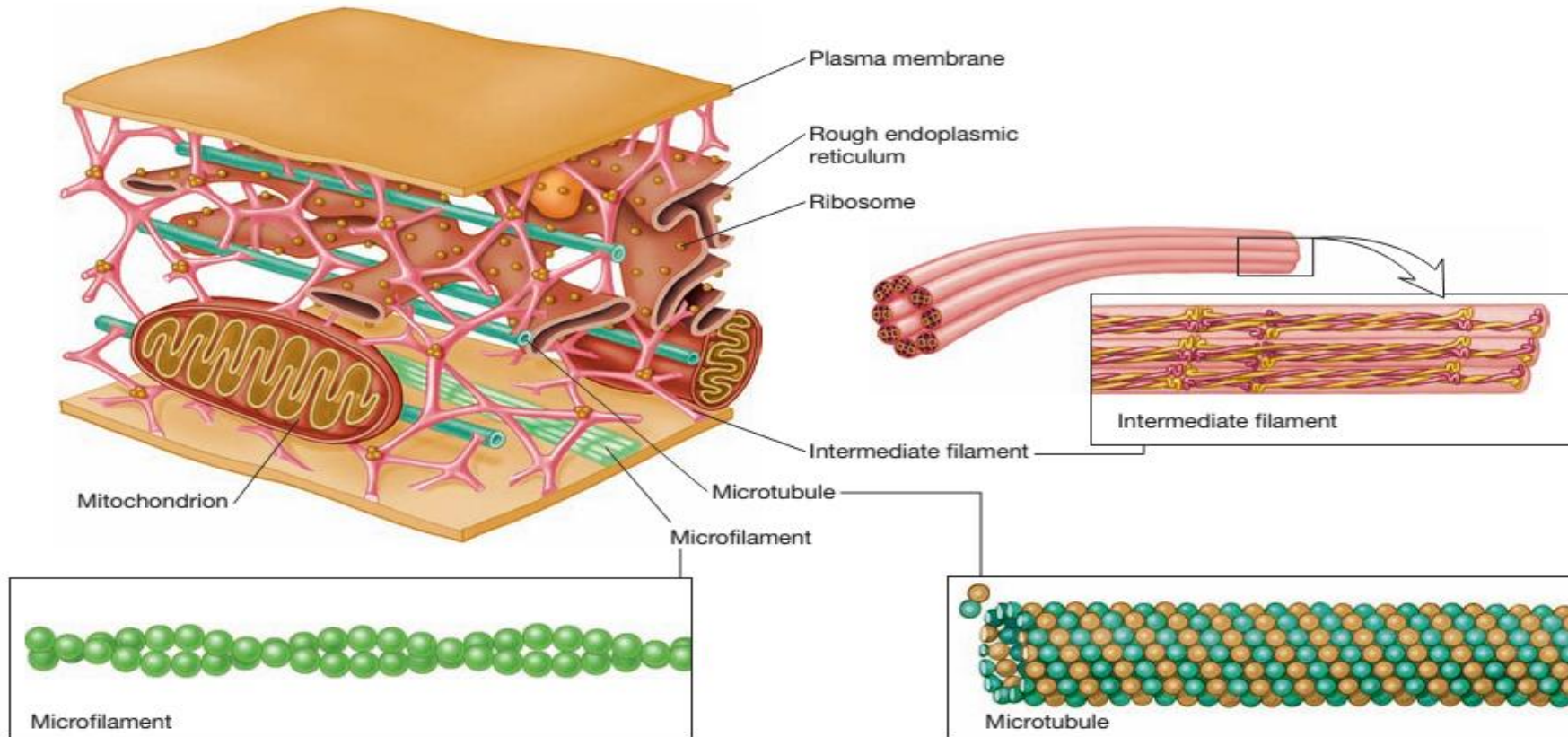
### 3.3 真核微生物细胞器及其功能

Table 4.1 Functions of Eucaryotic Organelles	
Plasma membrane	Mechanical cell boundary, selectively permeable barrier with transport systems, mediates cell-cell interactions and adhesion to surfaces, secretion
Cytoplasmic matrix	Environment for other organelles, location of many metabolic processes
Microfilaments, intermediate filaments, and microtubules	Cell structure and movements, form the cytoskeleton
Endoplasmic reticulum	Transport of materials, protein and lipid synthesis
Ribosomes	Protein synthesis
Golgi apparatus	Packaging and secretion of materials for various purposes, lysosome formation
Lysosomes	Intracellular digestion
Mitochondria	Energy production through use of the tricarboxylic acid cycle, electron transport, oxidative phosphorylation, and other pathways
Chloroplasts	Photosynthesis—trapping light energy and formation of carbohydrate from CO <sub>2</sub> and water
Nucleus	Repository for genetic information, control center for cell
Nucleolus	Ribosomal RNA synthesis, ribosome construction
Cell wall and pellicle	Strengthen and give shape to the cell
Cilia and flagella	Cell movement
Vacuole	Temporary storage and transport, digestion (food vacuoles), water balance (contractile vacuole)



### 3. 真核微生物的细胞结构（简要介绍）

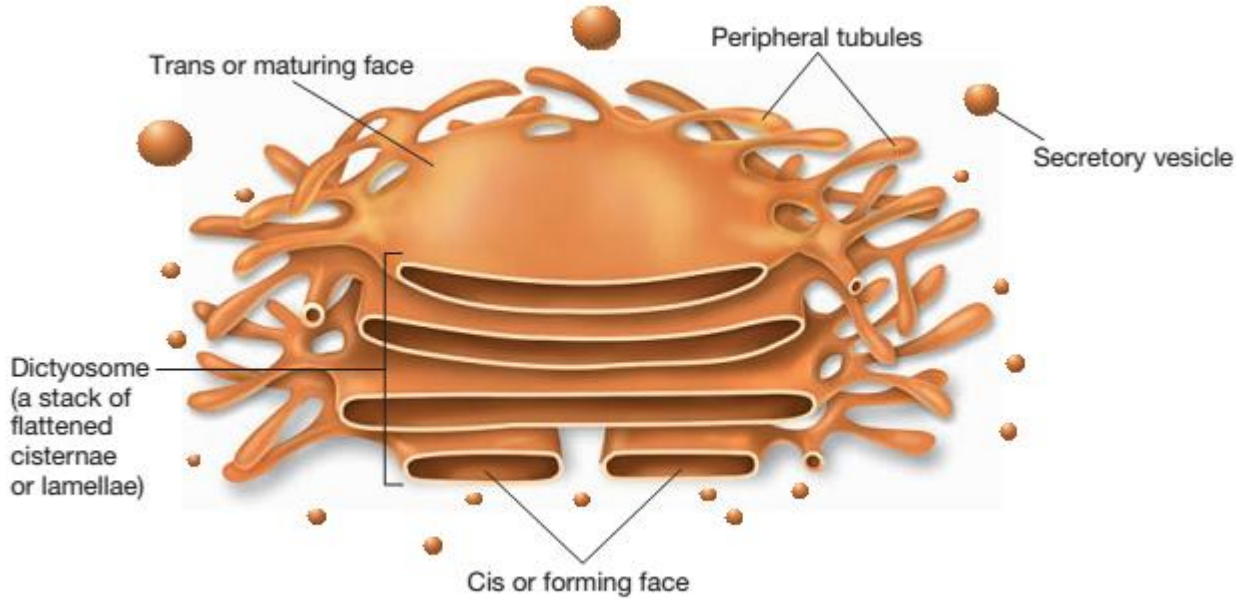
真核微生物的细胞基质及细胞骨架





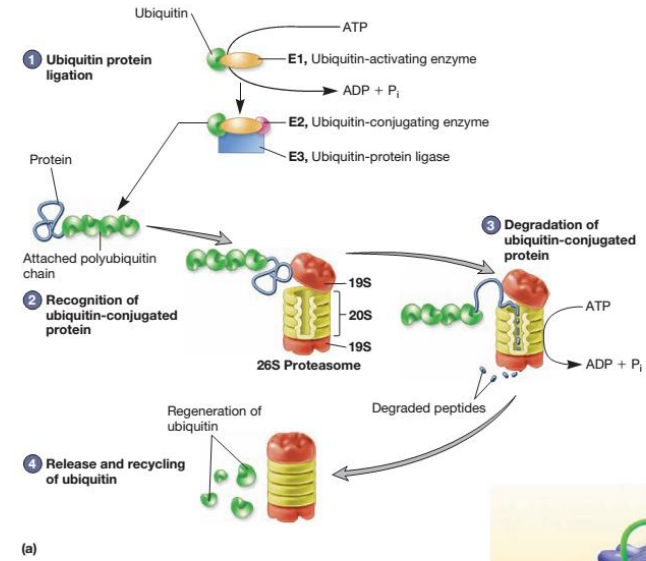


### 3.真核微生物的细胞结构



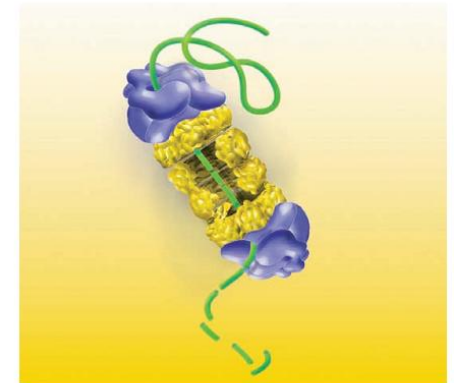
(b)

高尔基体的顺面和反面



蛋白酶体

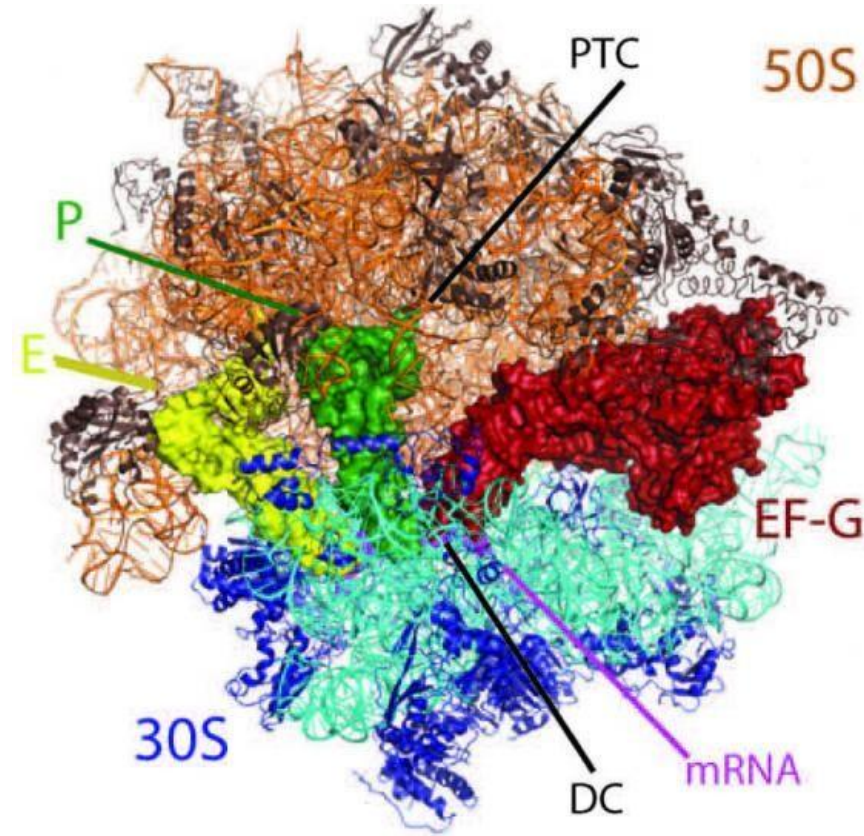
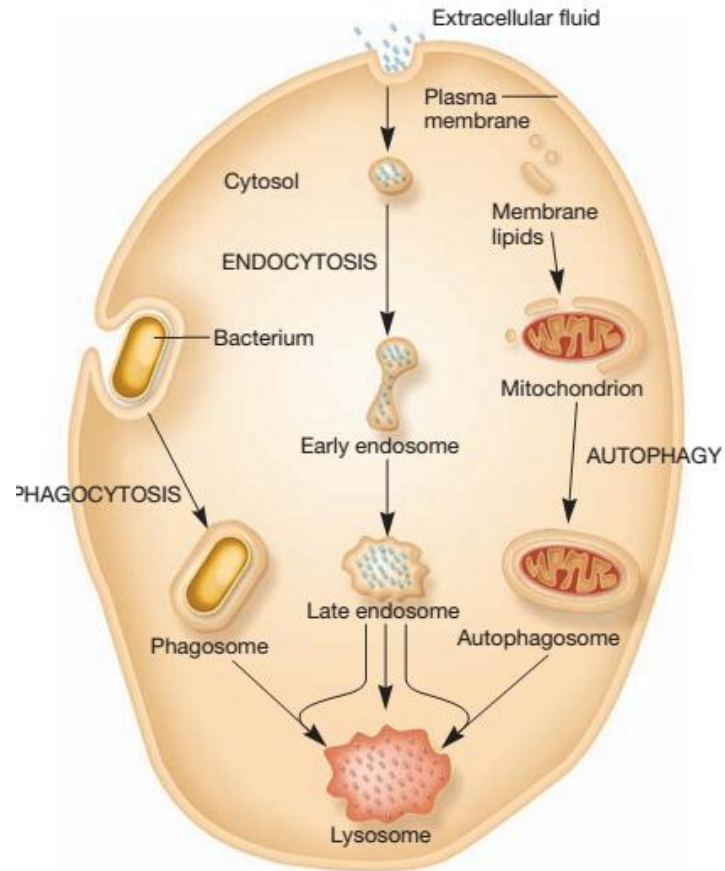
**Figure 4.9 Proteasome Degradation of Proteins.** (a) The first step in this protein degradation pathway is to tag the target protein with a small polypeptide called ubiquitin. This requires the action of two enzymes and energy is consumed. Once tagged, the protein is recognized by the 26S proteasome. It passes into the large, cylindrical proteasome and is cleaved into smaller peptides, which are released into the cytoplasm. The amino acids in the small peptides can be recycled and used in the synthesis of new proteins. The ubiquitin polypeptides are regenerated and can participate in the degradation of other proteins. (b) A model of the 26S proteasome, showing its cylindrical structure and the location of the tagged protein within the cylinder.



(b) Proteasomes

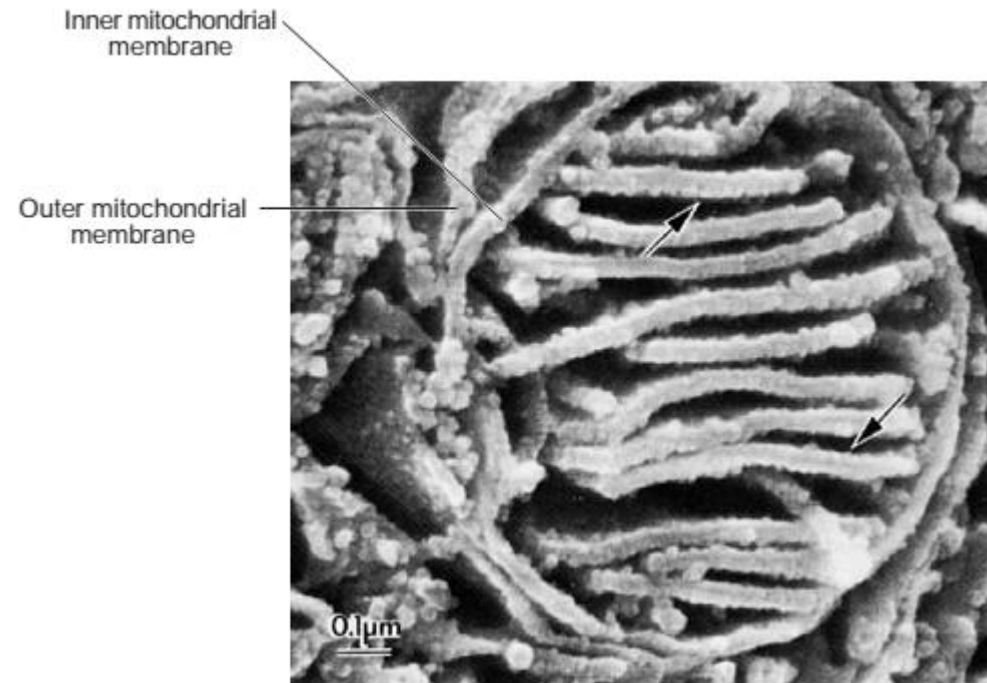
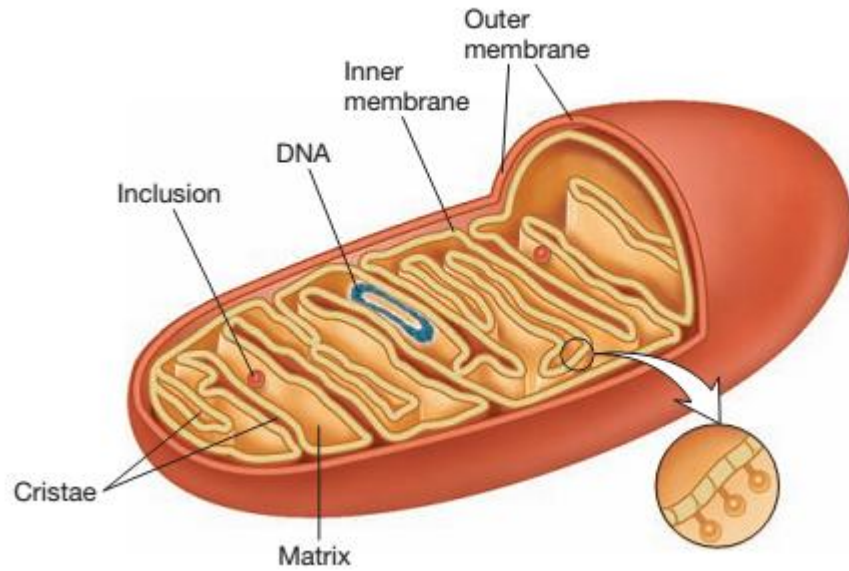


### 3. 真核微生物的细胞结构



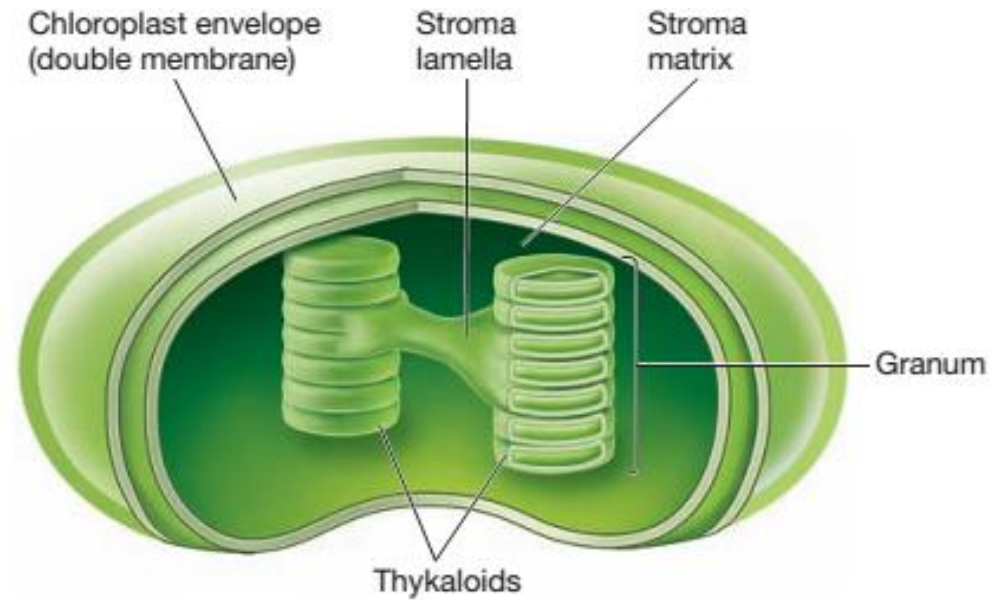


### 3. 真核微生物的细胞结构

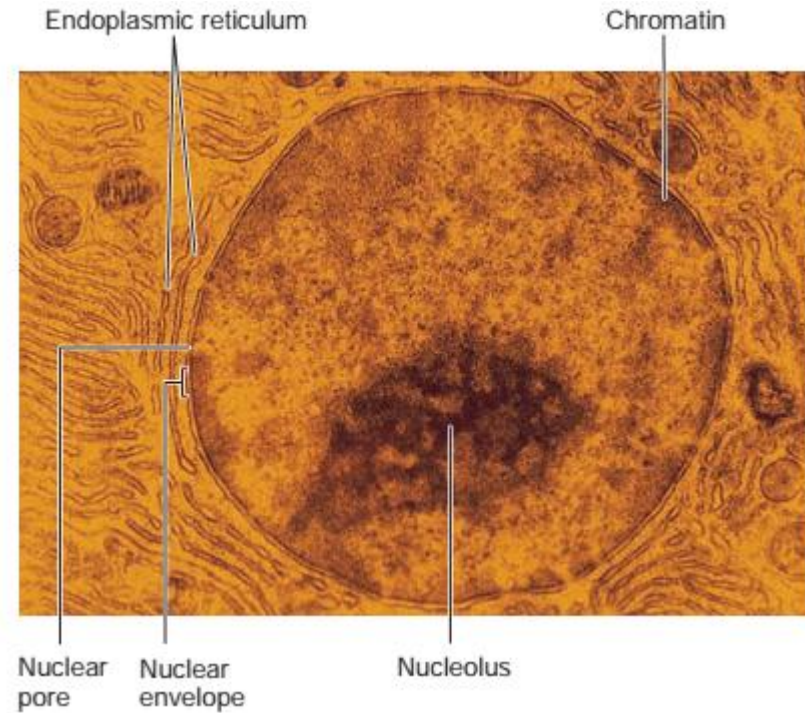




### 3. 真核微生物的细胞结构



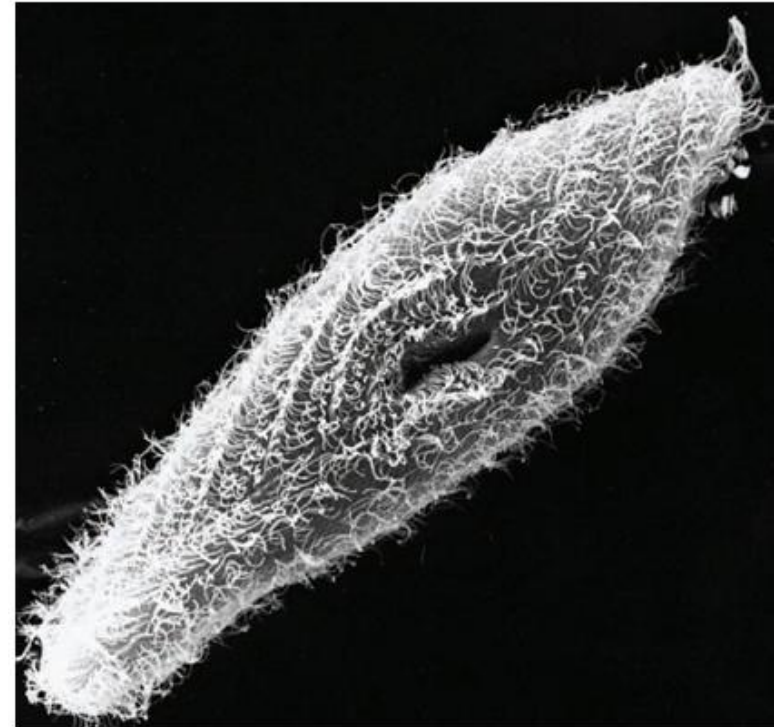
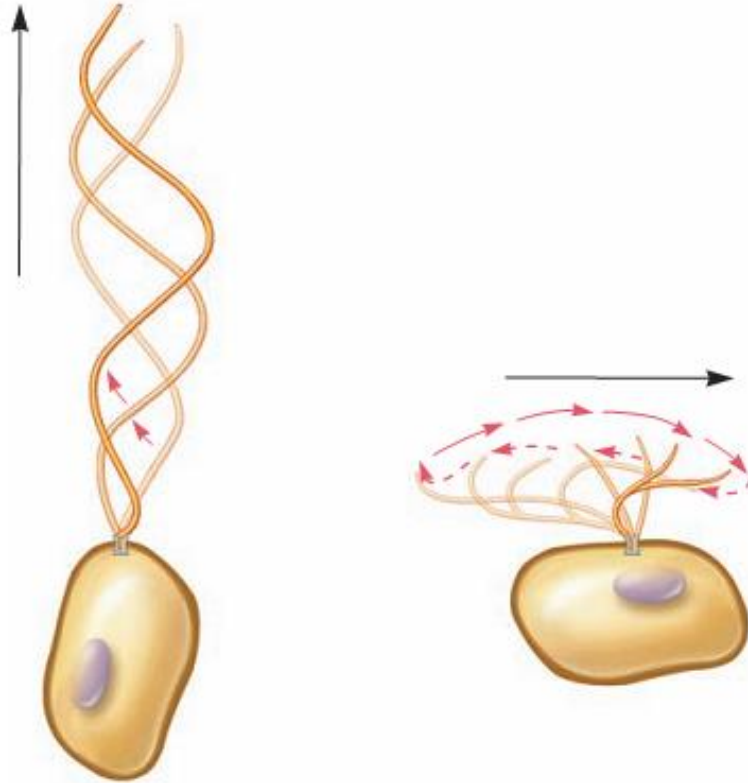
(b)





### 3. 真核微生物的细胞结构

真核鞭毛的挥鞭式运动，以ATP为能源。

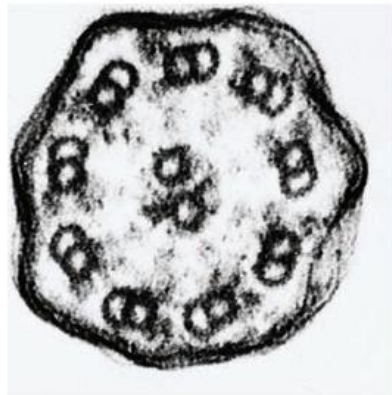


**Figure 4.22 Coordination of Ciliary Activity.** A scanning electron micrograph of *Paramecium* showing cilia ( $\times 1,500$ ). The ciliary beat is coordinated and moves in waves across the protozoan's surface, as can be seen in the photograph.

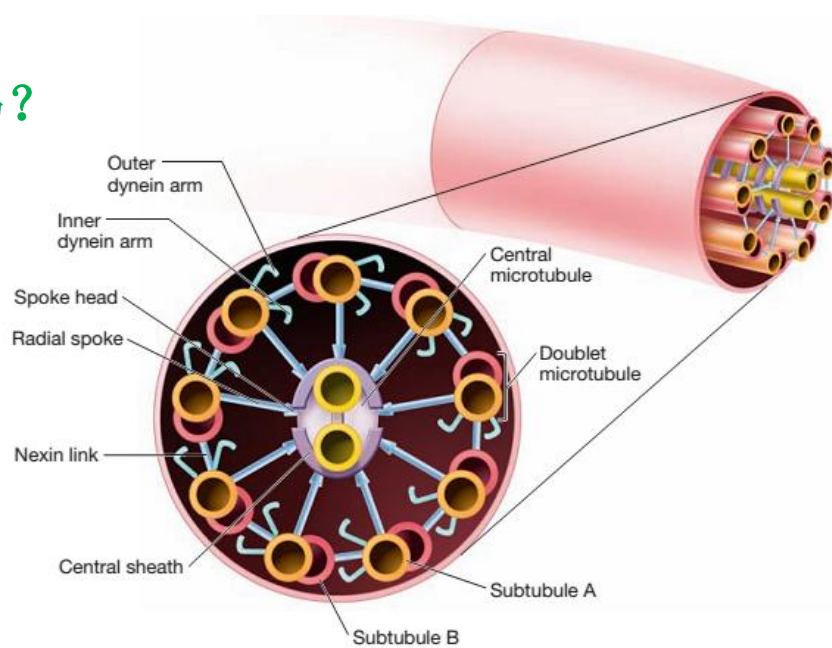


### 3.真核微生物的细胞结构

与头发结构一样吗？



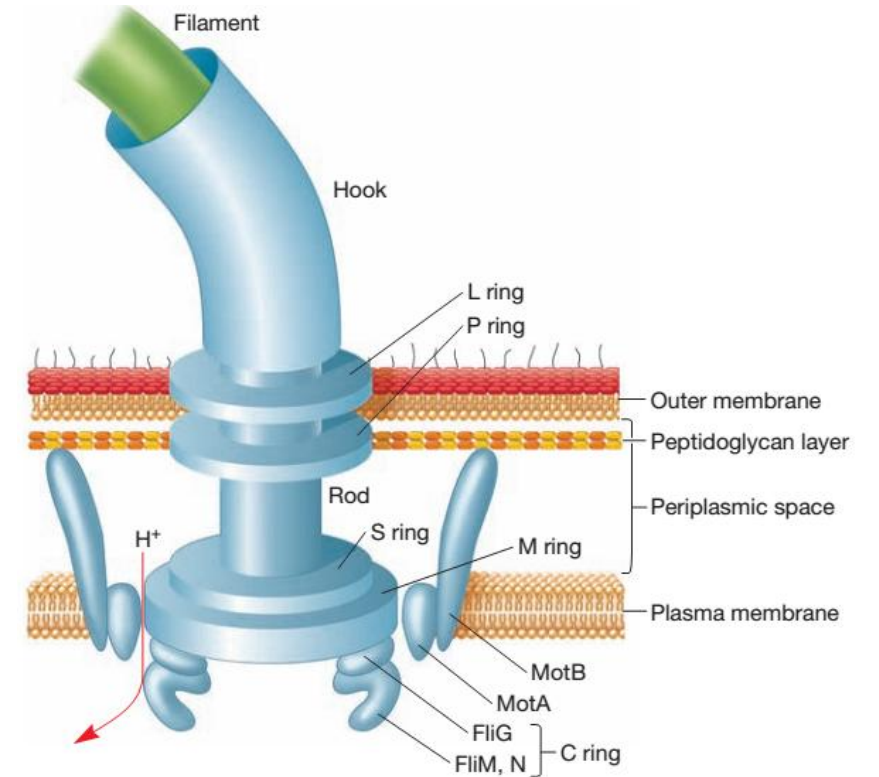
(a)



(b)

Figure 4.23 Cilia and Flagella Structure. (a) An electron micrograph of a cilium cross section. Note the two central microtubules surrounded by nine microtubule doublets ( $\times 160,000$ ). (b) A diagram of cilia and flagella structure.

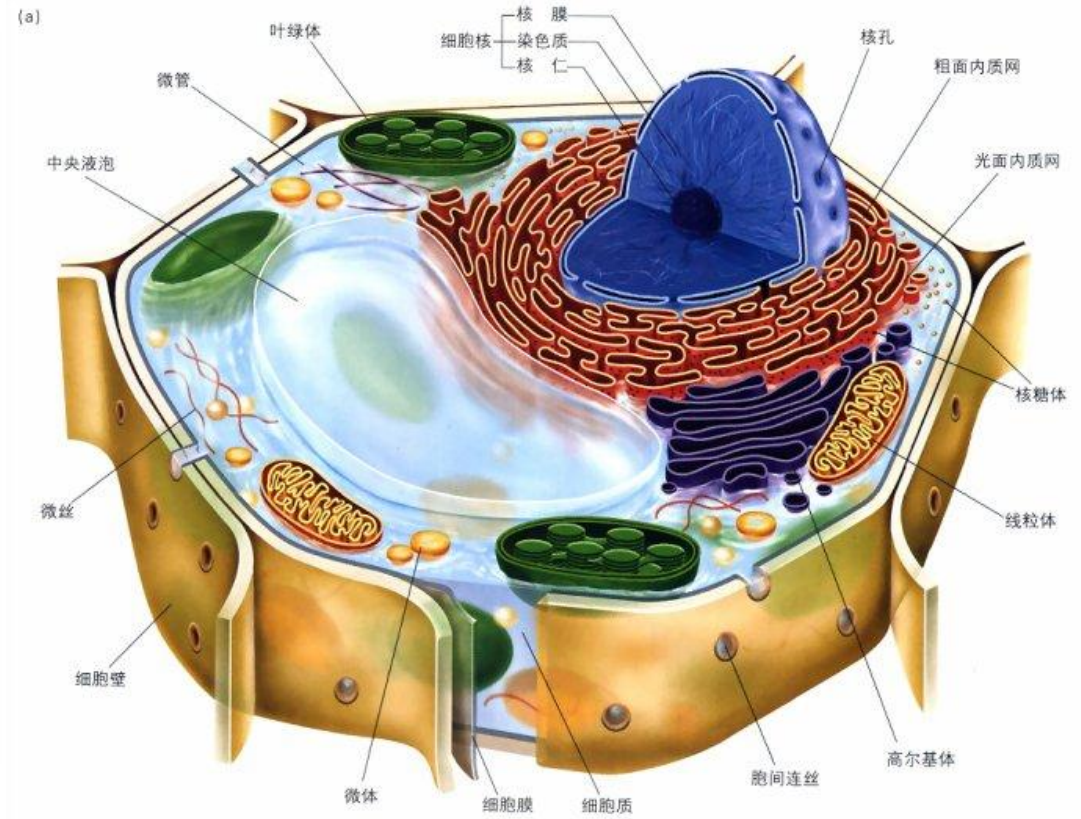
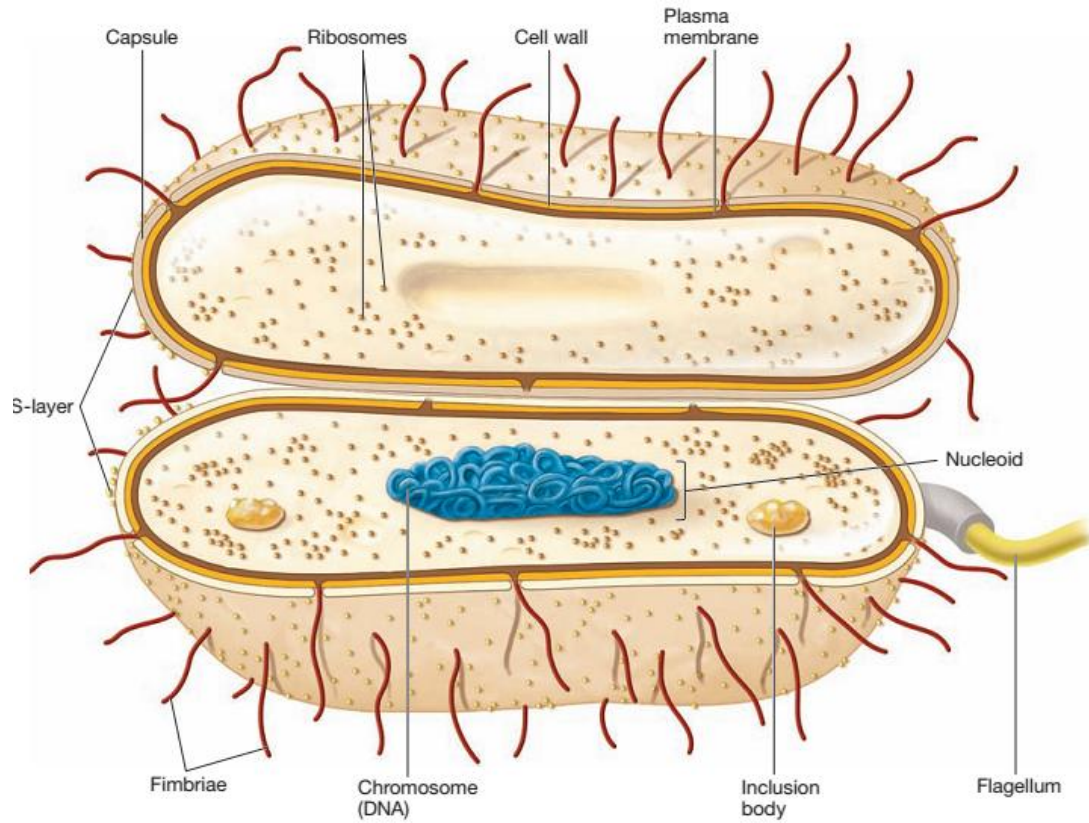
真核生物的鞭毛：9+2模式



革兰氏阴性菌的鞭毛结构



### 3. 真核微生物的细胞结构





### 3. 真核微生物的细胞结构

Table 4.2 Comparison of Prokaryotic and Eucaryotic Cells			
Property	Prokaryotes		Eucaryotes
	Bacteria	Archaea	Eukarya
<b>Organization of Genetic Material</b>			
True membrane-bound nucleus	No	No	Yes
DNA complexed with histones	No	Some	Yes
Chromosomes	Usually one circular chromosome	Usually one circular chromosome	More than one; chromosomes are linear
Plasmids	Very common	Very common	Rare
Introns in genes	No	No	Yes
Nucleolus	No	No	Yes
<b>Mitochondria</b>	No	No	Yes
<b>Chloroplasts</b>	No	No	Yes





### 3.真核微生物的细胞结构

续前表

<b>Plasma Membrane Lipids</b>	Ester-linked phospholipids and hopanoids; some have sterols	Glycerol diethers and diglycerol tetraethers; some have sterols	Ester-linked phospholipids and sterols
<b>Flagella</b>	Submicroscopic in size; composed of one protein fiber	Submicroscopic in size; composed of one protein fiber	Microscopic in size; membrane bound; usually 20 microtubules in 9 + 2 pattern
<b>Endoplasmic Reticulum</b>	No	No	Yes
<b>Golgi Apparatus</b>	No	No	Yes
<b>Peptidoglycan in Cell Walls</b>	Yes	No	No
<b>Ribosome Size</b>	70S	70S	80S
<b>Lysosomes</b>	No	No	Yes
<b>Cytoskeleton</b>	Rudimentary	Rudimentary	Yes
<b>Gas Vesicles</b>	Yes	Yes	No



## 4. 真核微生物的类群

### 概述

真核微生物是单个真核细胞或多个真核细胞构成的简单低等的微生物，包括光镜可见的单细胞的酵母到形态较大的蕈菌，再到引发海洋赤潮的大型海藻，形态多样，种类繁多。一般有以下几个特点：

- 相比原核生物，细胞形态较大；
- 单细胞或多细胞，有些有鞭毛，可运动；
- 含有各种细胞器，除藻类外一般不含叶绿体；
- 有简单的细胞形态的分化，可进行无性生殖和有性生殖。



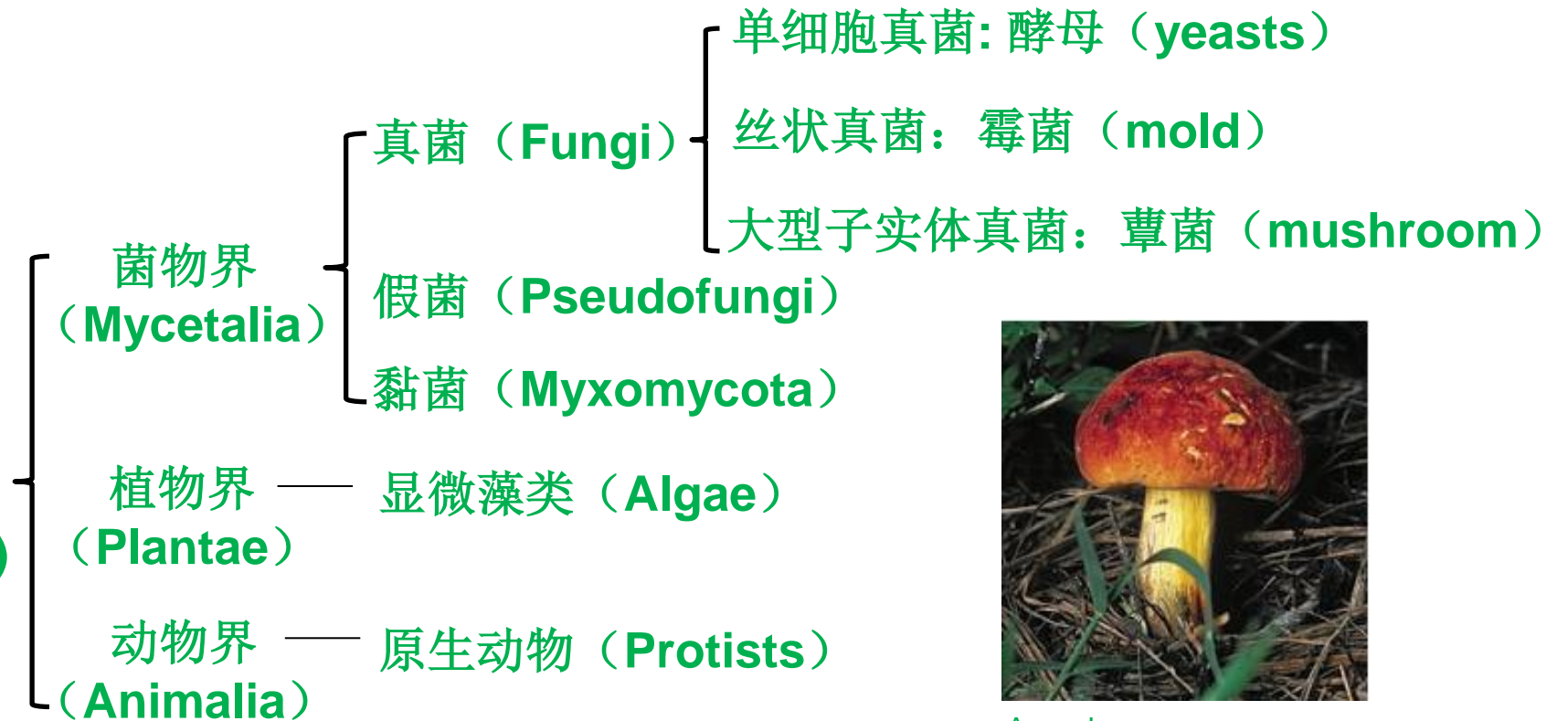


## 4. 真核微生物的类群



*Saccharomyces cerevisiae* (x21,000).

真核微生物  
(Eucaryotic microorganism)



A mushroom



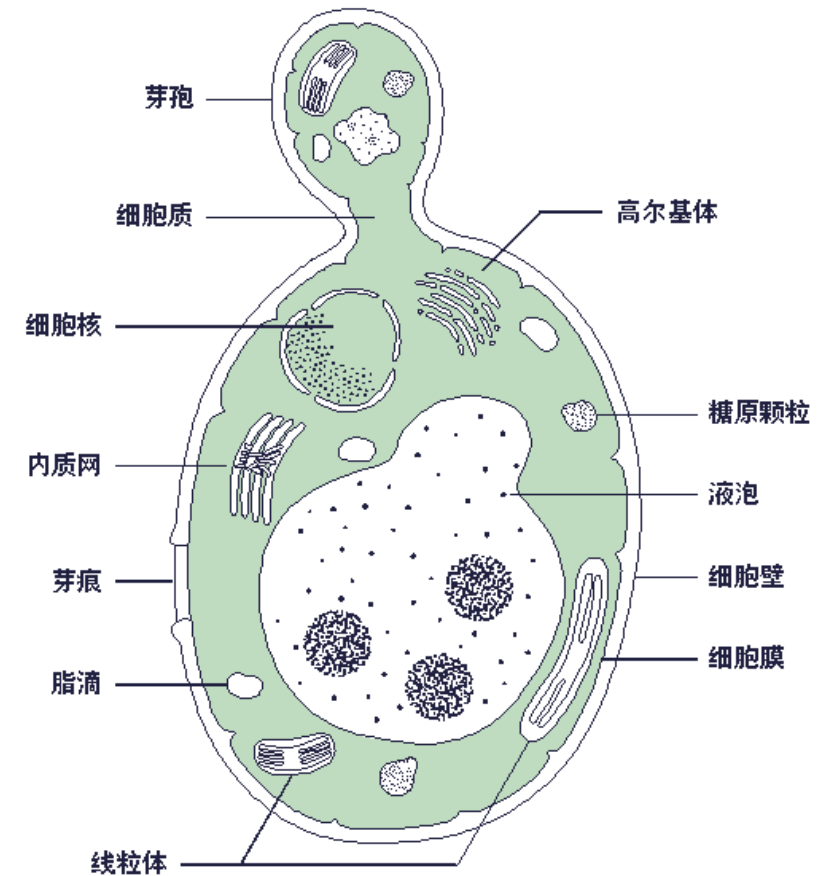
## 4. 真核微生物的类群

### 4.1 酵母菌 (yeasts) :

指一些单细胞真菌，并非系统演化分类的单元。一般泛指能发酵糖类的各种单细胞真菌。目前已知有**1000**多种酵母，酵母菌在自然界分布广泛，主要生长在偏酸性的潮湿的含糖环境中。

- 大小：**2.5-10 $\mu\text{m}$  x 4.5-21  $\mu\text{m}$** ,直径是一般细菌的是十倍；
- 形态：球形，卵圆形或椭圆形，柱状或香肠状；
- 排列：一般为单细胞形式，也可成对或成串排列；

右图是酵母细胞的模式图，顶部突出部分为即将出芽的芽体。





## 4. 真核微生物的类群

### 酵母的生殖方式

#### 无性繁殖

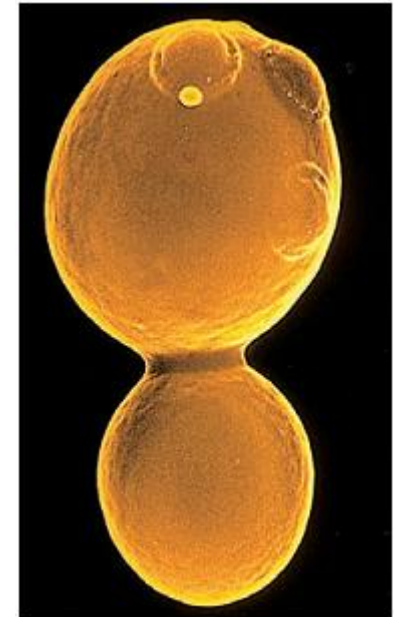
**芽殖 (budding)** : 酵母在特定部位长出芽体, 芽体脱落后成为新的细胞, 芽体可排列成串, 成为假菌丝。

**裂殖 (fission)** : 平均分成二等份进行分裂

**产孢 (spore)** : 酵母产生的无性别的繁殖细胞, 如厚垣孢子, 节孢子

#### 有性繁殖:

酵母通过减数分裂产生性别不同的子囊孢子之间彼此接触, 融合, 质配-核配和减数分裂, 开始下一轮的有性繁殖。

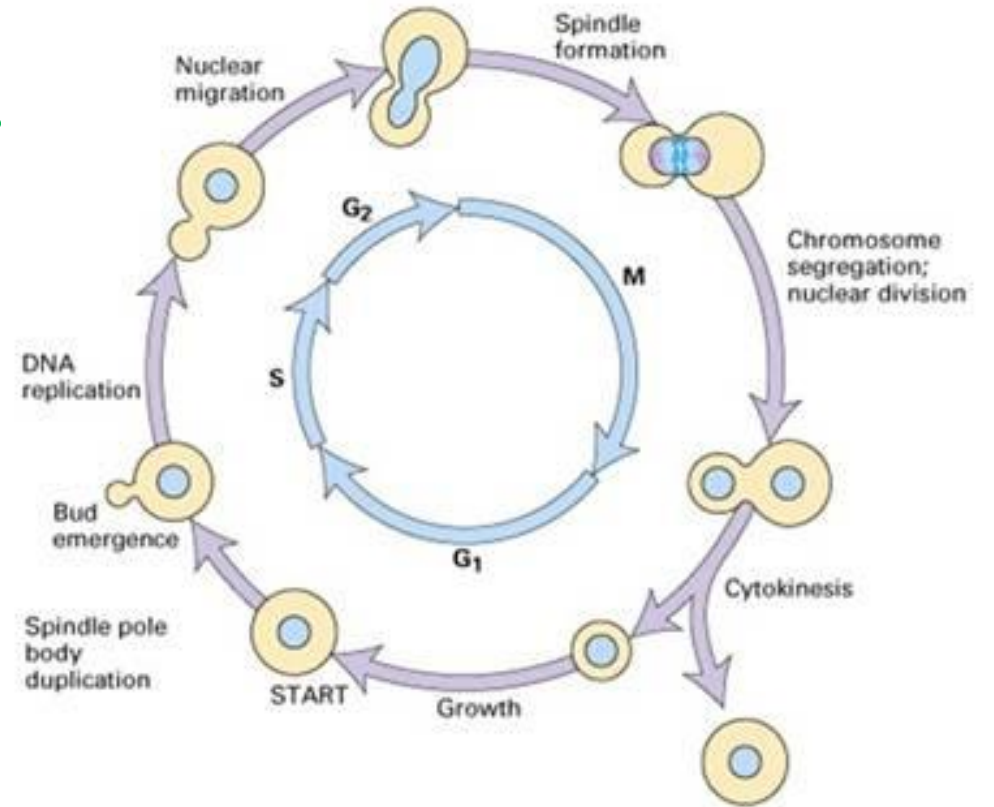
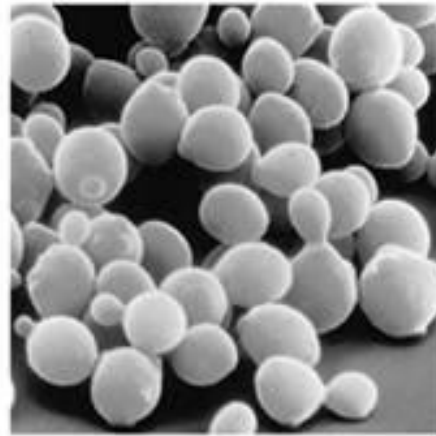
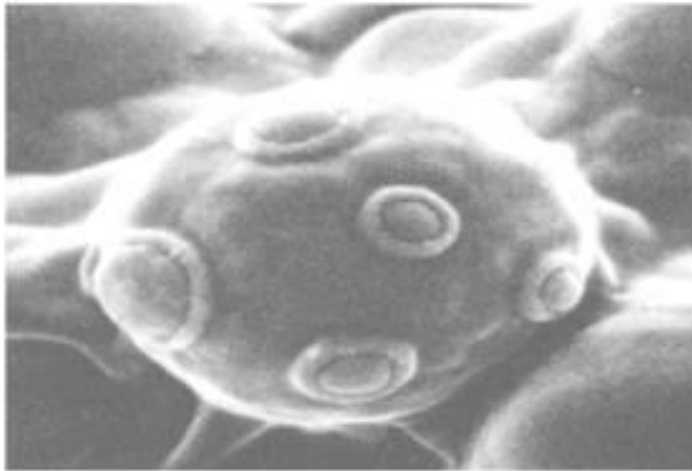


(a) *Saccharomyces cerevisiae*: budding division



## 4. 真核微生物的类群

★ 出芽生殖 (**budding**) 是酵母最常见的生殖方式，出芽生殖会在母体细胞上留下芽痕 (**bud scar**)，可判断菌龄。

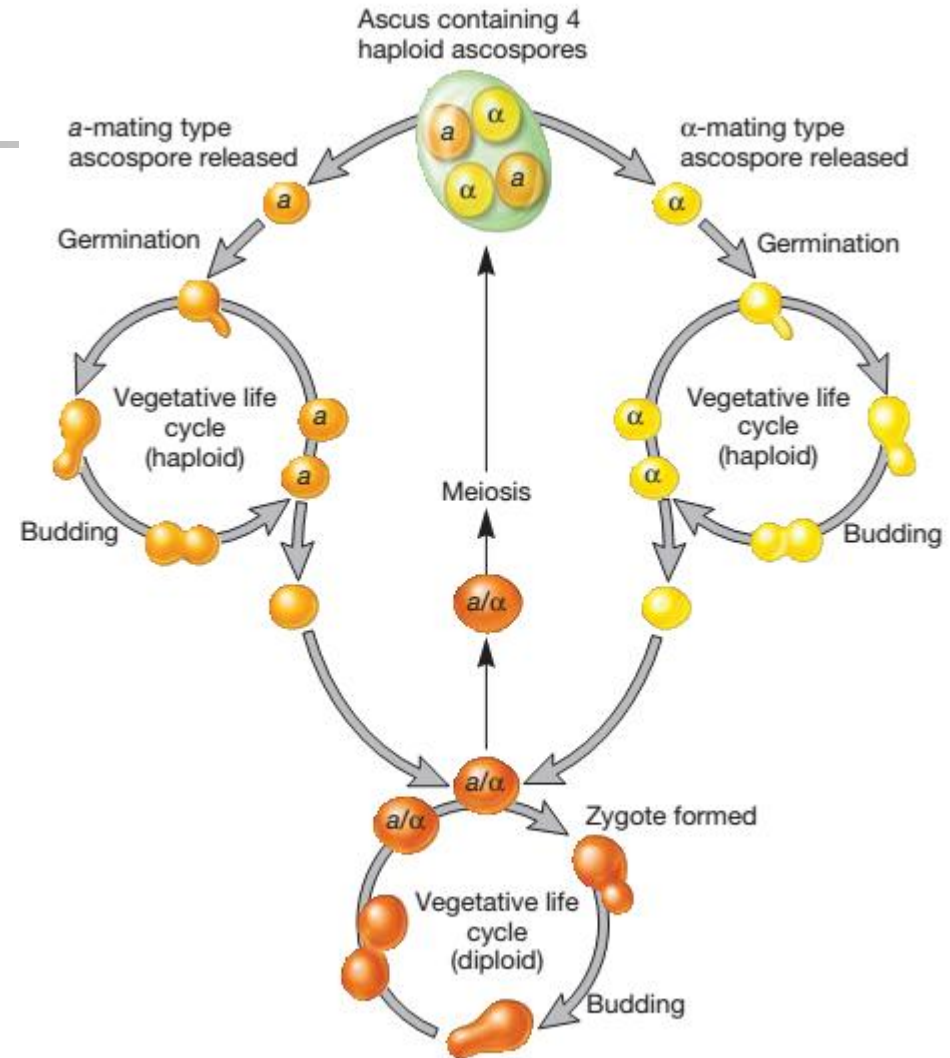




## 4. 真核微生物的类群

### 酿酒酵母的生活史

酵母的细胞有两种生活形态，单倍体和二倍体。单倍体的生活史较简单，通过有丝分裂繁殖。在环境压力较大时通常则死亡。二倍体细胞（酵母的优势形态）也通过简单的有丝分裂繁殖，但在外界条件不佳时能进入减数分裂，生成一系列单倍体的孢子。单倍体可以交配，重新形成二倍体。酵母有两种交配类型，称作a和 $\alpha$ ，是一种原始的性别分化，因此很有研究价值。



(b) *S. cerevisiae* life cycle



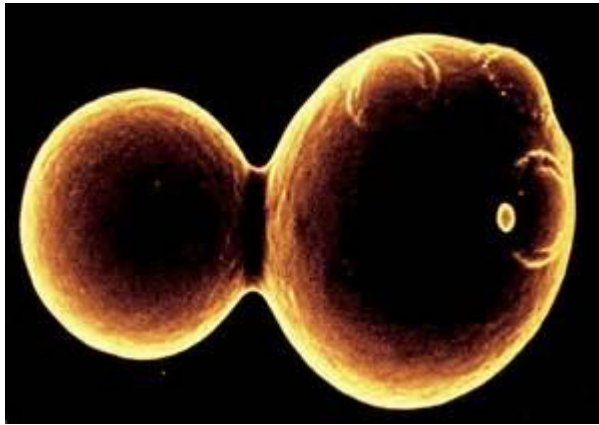
## 几种重要的酵母

重要的真核表达系统



毕赤酵母  
*Pichia pastoris*

营养体只能以二倍体存在



路德酵母  
*Saccharomyces ludwigii*

营养体只能以单倍体存在



八孢裂殖酵母  
*Schizosaccharomyces octosporus*

重要的真核模式菌



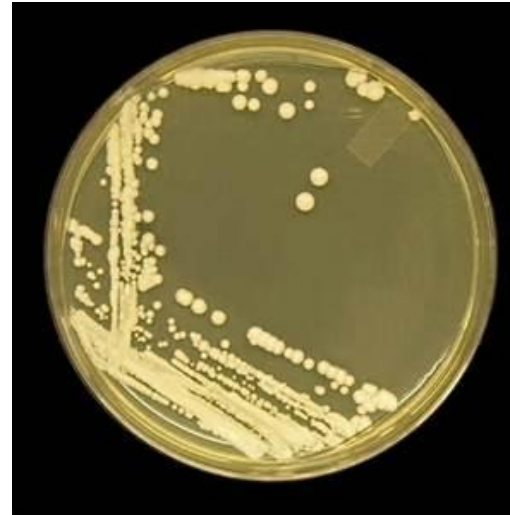
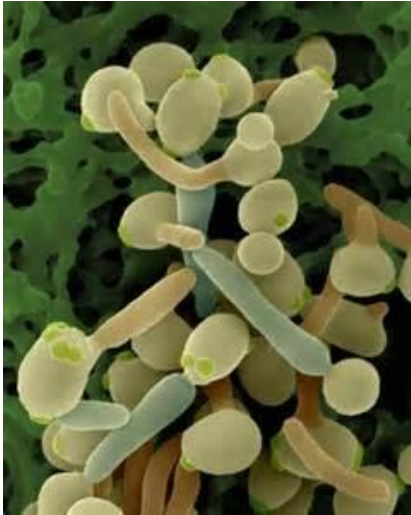
粟酒裂殖酵母  
*Schizosaccharomyces pombe*





## 几种重要的酵母

### ◆ 白假丝酵母菌 (*Candida Albicans*)



又叫白色念珠菌 (*Monilia albican*)，通常存在于正常人口腔，上呼吸道，肠道及阴道，一般在正常机体中数量少，不引起疾病，当机体免疫功能或一般防御力下降或正常菌群相互制约作用失调，则本菌大量繁殖并改变生长形式（芽生菌丝相）侵入细胞引起疾病。



# 粟 酒 裂 殖 酵 母

——一种良好的真核模式生物 (II)

岳 强<sup>1</sup>, 周 惠<sup>2</sup>

- (1. 韶关学院 英东生物工程学院, 广东 韶关 512005;
2. 中山大学 基因工程教育部重点实验室, 广东 广州 510275)

第40卷第7期

东 北 农 业 大 学 学 报

40(7): 55~59

2009年7月

Journal of Northeast Agricultural University

July 2009

## 新型毕赤酵母分泌表达载体的构建与功能验证

宋庆凤, 暴立娟, 李 杰\*

(东北农业大学生命科学学院, 哈尔滨 150030)



## 4. 真核微生物的类群

### 4.2 丝状真菌：霉菌（molds）

霉菌，是丝状真菌的俗称，意即“发霉的真菌”，它们往往能形成分枝繁茂的菌丝体，但又不象蘑菇那样产生大型的子实体。在潮湿温暖的地方，很多物品上长出一些肉眼可见的绒毛状、絮状或蛛网状的菌落，那就是霉菌；



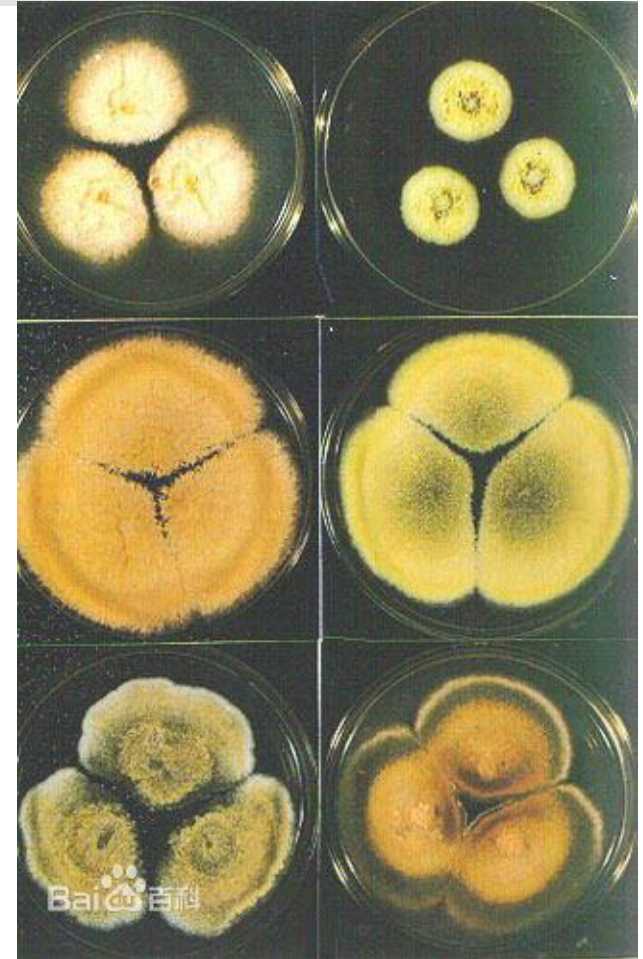
发霉的水果



霉菌的菌丝体



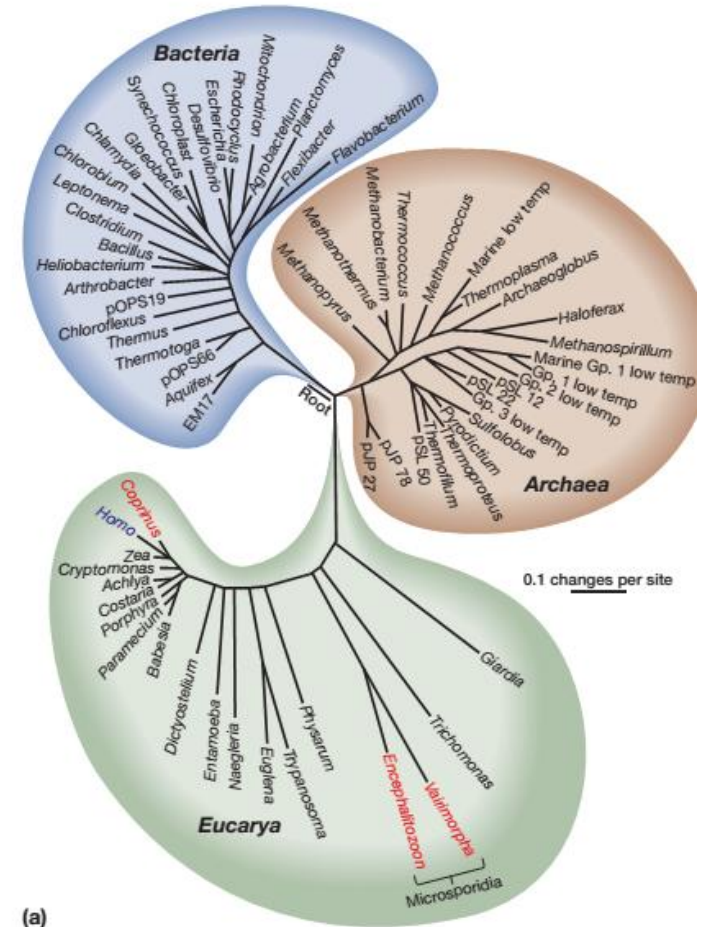
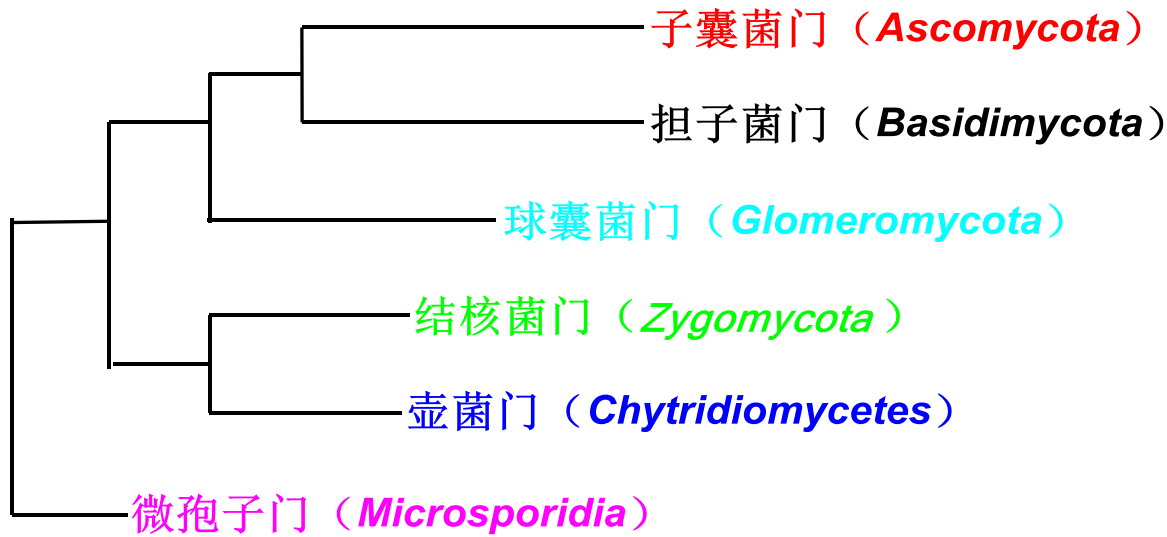
无性繁殖孢  
*Aspergillus* (x1,200)





# 4. 真核微生物的类群

主要的真菌类型

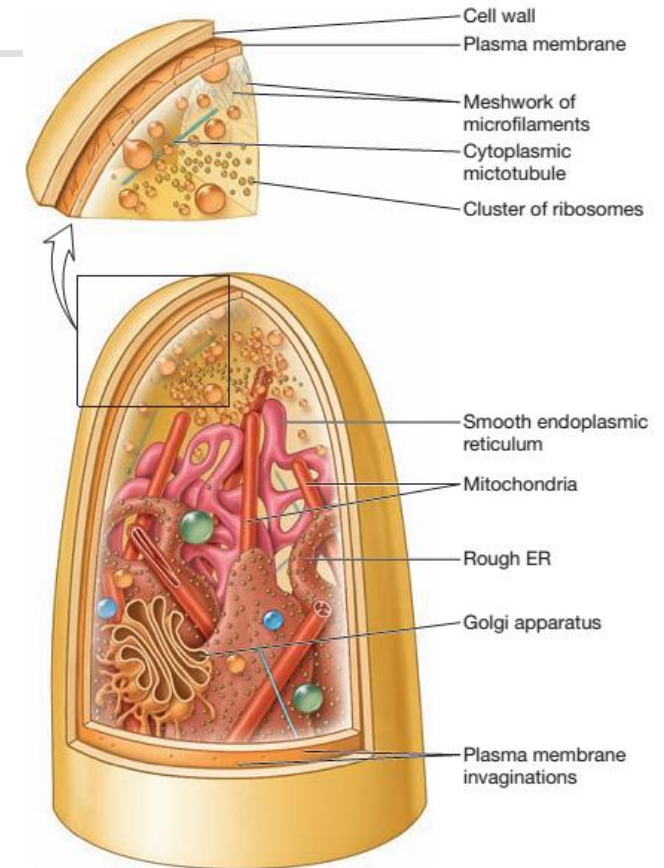
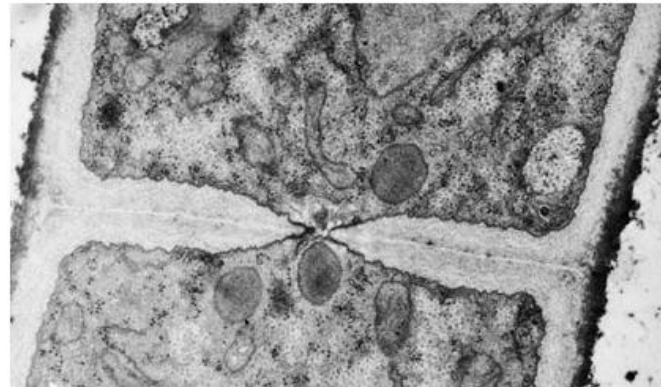
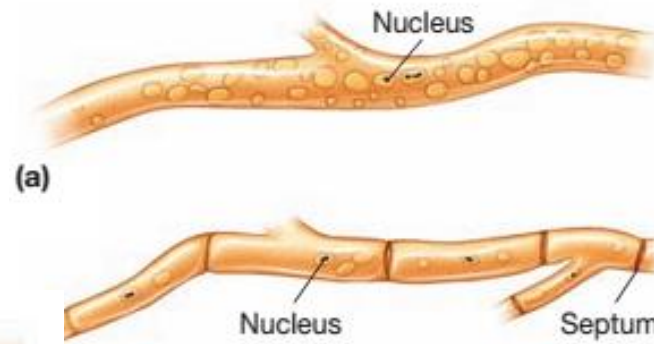
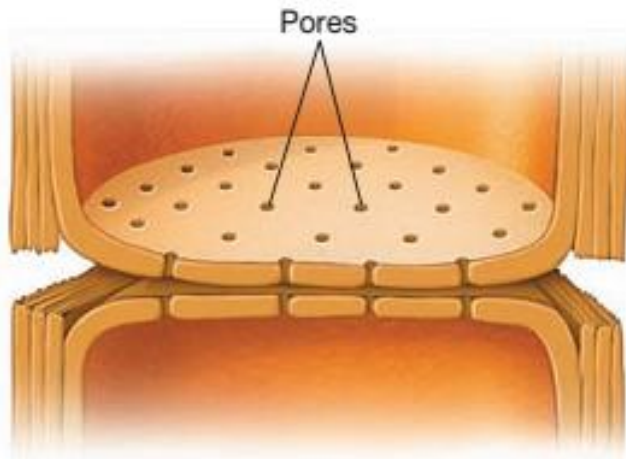


(a)

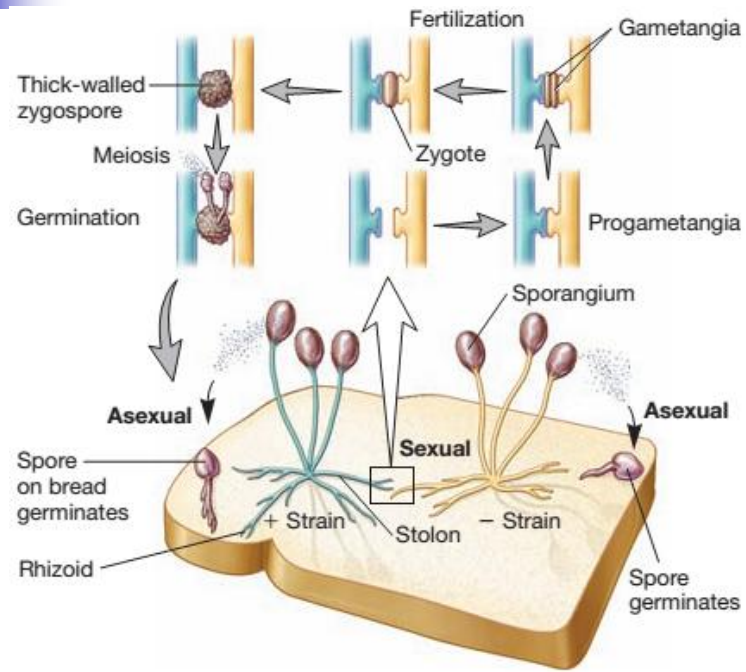


## 4. 真核微生物的类群

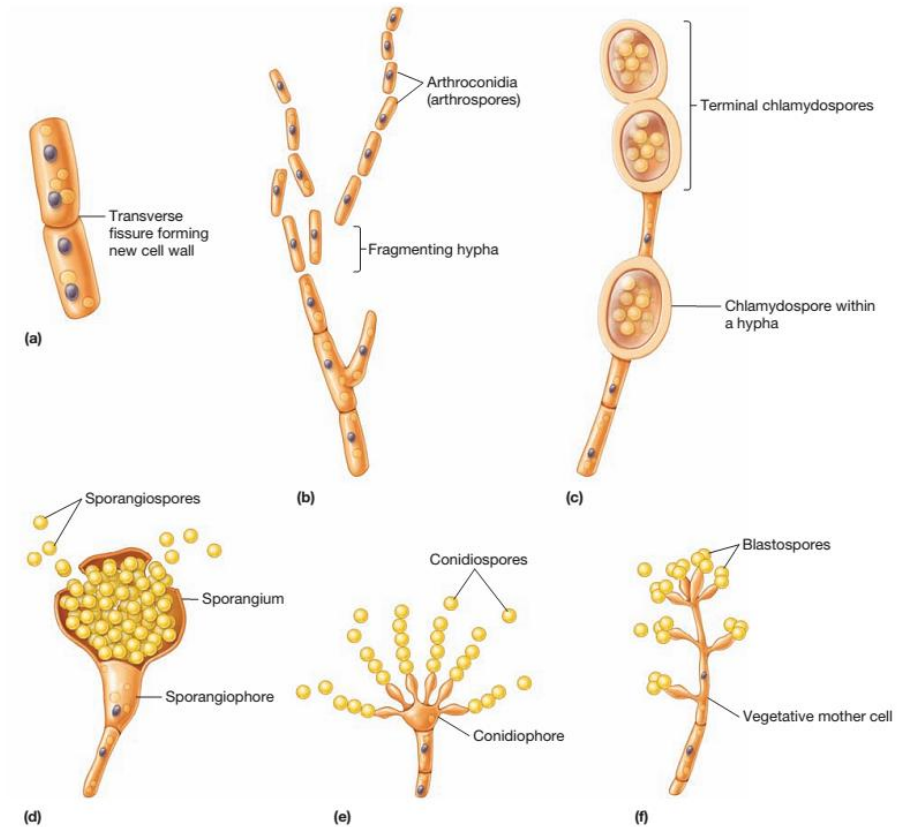
### ◆ 霉菌的菌丝、细胞间隔和菌丝顶端微观结构示意图



**Figure 26.7 Hyphal Morphology.** Diagrammatic representation of a hyphal tip showing typical organelles and other structures.



**Figure 26.10 The Zygomycota.** Diagrammatic representation of the life cycle of *Rhizopus stolonifer*. Both the sexual and asexual phases are illustrated.

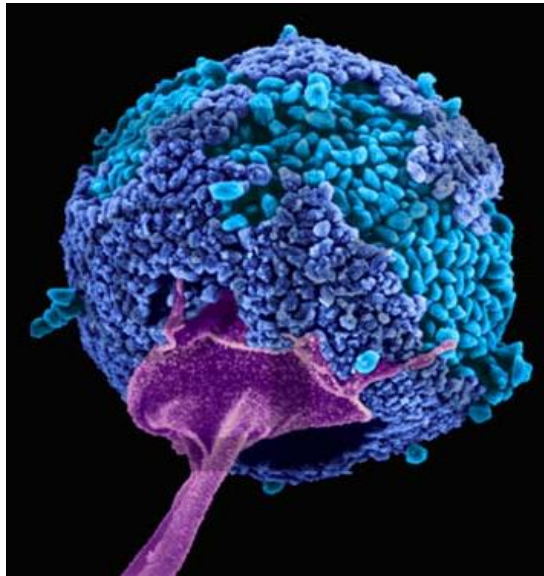


**Figure 26.8 Diagrammatic Representation of Asexual Reproduction in the Fungi and Some Representative Spores.** (a) Transverse fission. (b) Hyphal fragmentation resulting in arthroconidia (arthrospores) and (c) chlamydoconidia. (d) Sporangiospores in a sporangium. (e) Conidiospores arranged in chains at the end of a conidiophore. (f) Blastospores are formed from buds off of the parent cell.



## 4. 真核微生物的类群

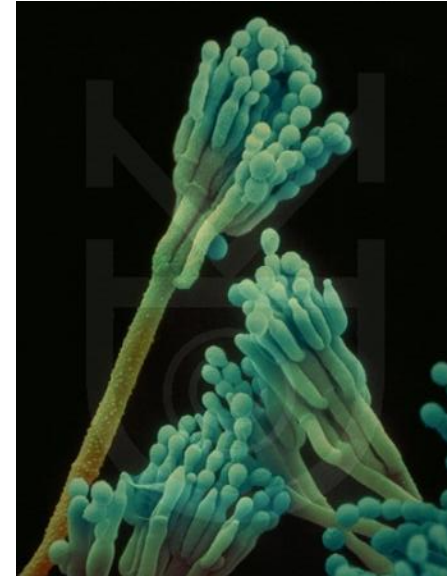
### 3类形态不同的霉菌属的孢子器官



根霉 (*Rhizopus*)



曲霉 (*Aspergillus*)

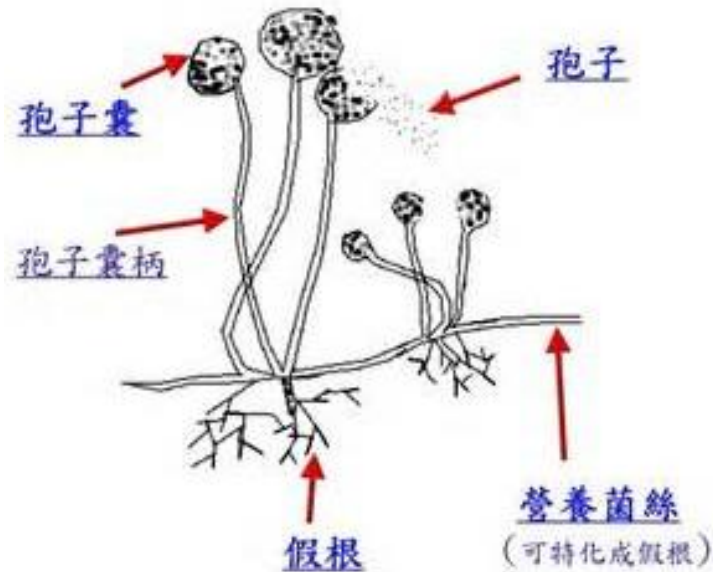


青霉 (*Penicillium*)



# 4.真核微生物的类群

在固体基质上生长时，部分菌丝深入基质吸收养料，称为基质菌丝或**营养菌丝**；向空中伸展的称**气生菌丝**，可进一步发育为繁殖菌丝，产生孢子。大量菌丝交织成绒毛状、絮状或网状等，称为**菌丝体**



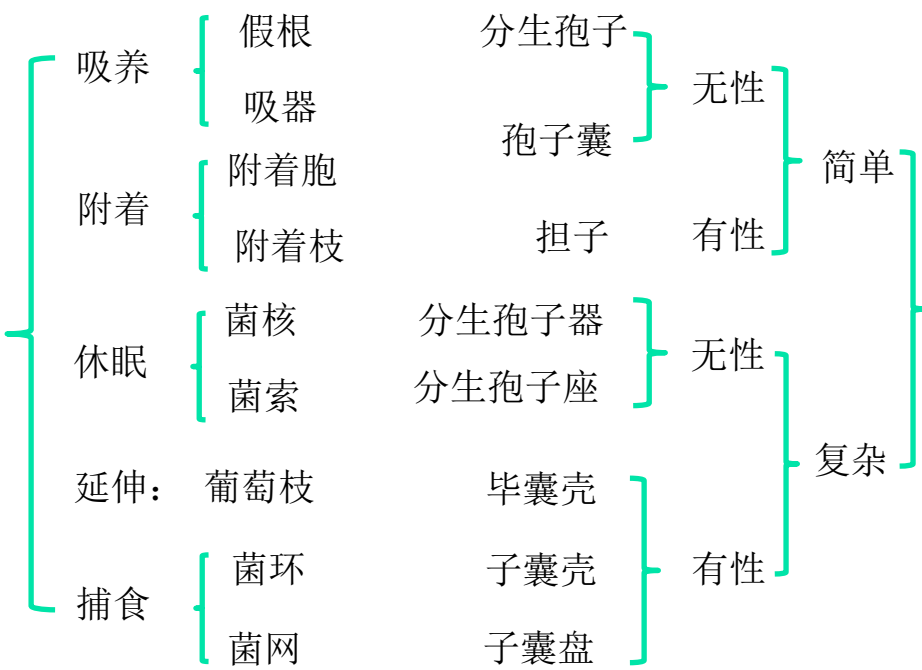
## 菌丝体

### 营养菌丝

### 气生菌丝

### 营养菌丝

### 气生菌丝







## 4. 真核微生物的类群

营养菌丝和气生菌丝对于不同的真菌来说，在它们的长期进化过程中，对于相应的环境条件已有了高度的适应性，并明显地表现在产生各种形态和功能不同的特化结构上。也称菌丝的变态。

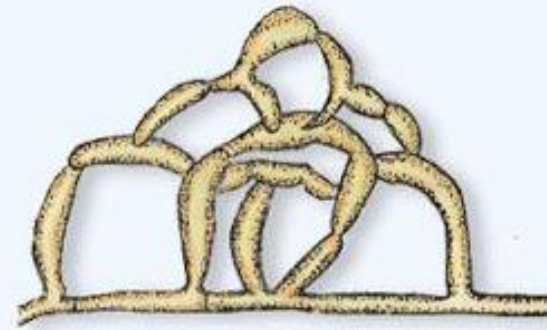
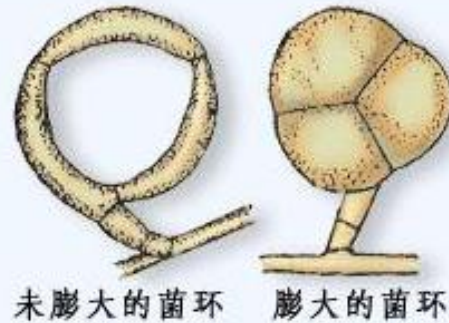
菌环、菌网、附枝、吸器、附着胞、菌核、

◆ 菌环：菌丝交织成套状

◆ 菌网：菌丝交织成网状

捕虫菌目在长期的自然进化中形成的特化结构，特化菌丝构成巧妙的网，可以捕捉小型原生动物或无脊椎动物，捕获物死后，菌丝伸入体内吸收营养。

### 菌环和菌网



菌网



捕虫真菌由菌丝分枝形成圈环结构，用于捕捉线虫。

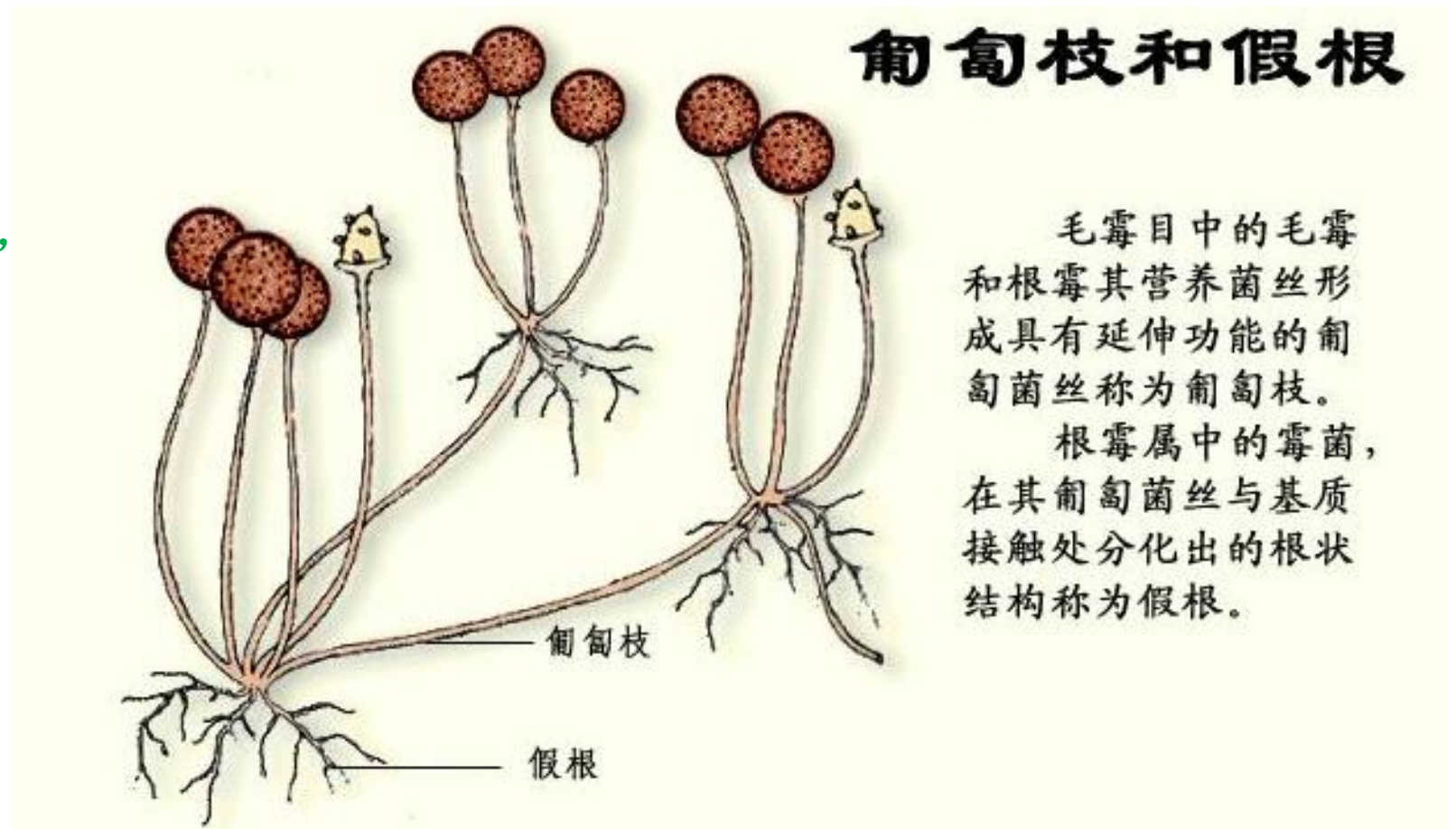
由菌环构成的网状组织叫做菌网。



## 4. 真核微生物的类群

### ◆ 附枝:

匍匐菌丝、假根（类似树根，吸收营养）功能是固着和吸收营养。





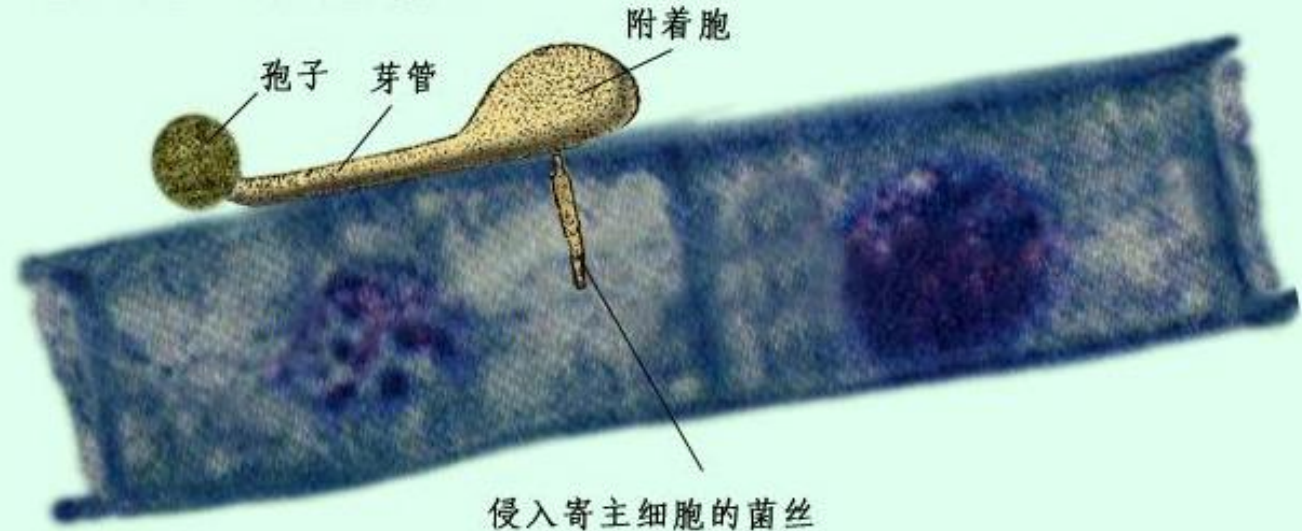
## 4. 真核微生物的类群

### ◆ 附着胞:

许多植物寄生真菌在其芽管或老菌丝顶端发生膨大，并分泌粘性物，借以牢固地粘附在宿主的表面，这一结构就是附着胞，附着胞上再形成纤细的针状感染菌丝，以侵入宿主的角质层而吸取营养。当感染植物的时候，这种附着胞牢牢地附着到宿主的叶片表面，并且通过提高附着胞内渗透压活性物质的浓度产生巨大的膨压，射出一钉状结构进入植物细胞，为真菌的感染炸开一条通道。

### 附着胞

许多植物寄生真菌的孢子萌发后，由芽管膨大而形成的附着胞，以黏状物附着在寄主的表面，附着胞上形成的针状物感染菌丝可侵入细胞的角质层。

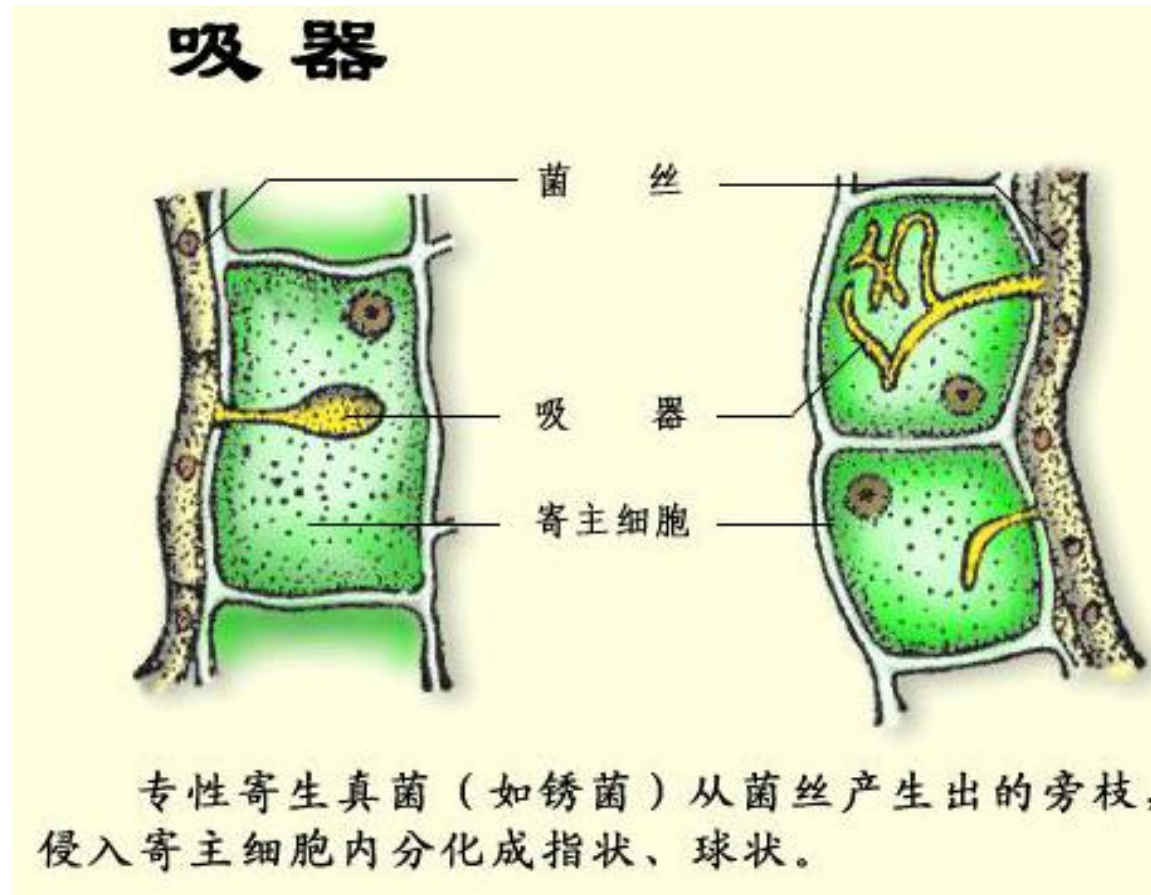




## 4. 真核微生物的类群

### ◆ 吸器:

一些专性寄生真菌从菌丝上分化出来的旁枝，侵入细胞内分化成指状、球状或丝状，用以吸收细胞内的营养。



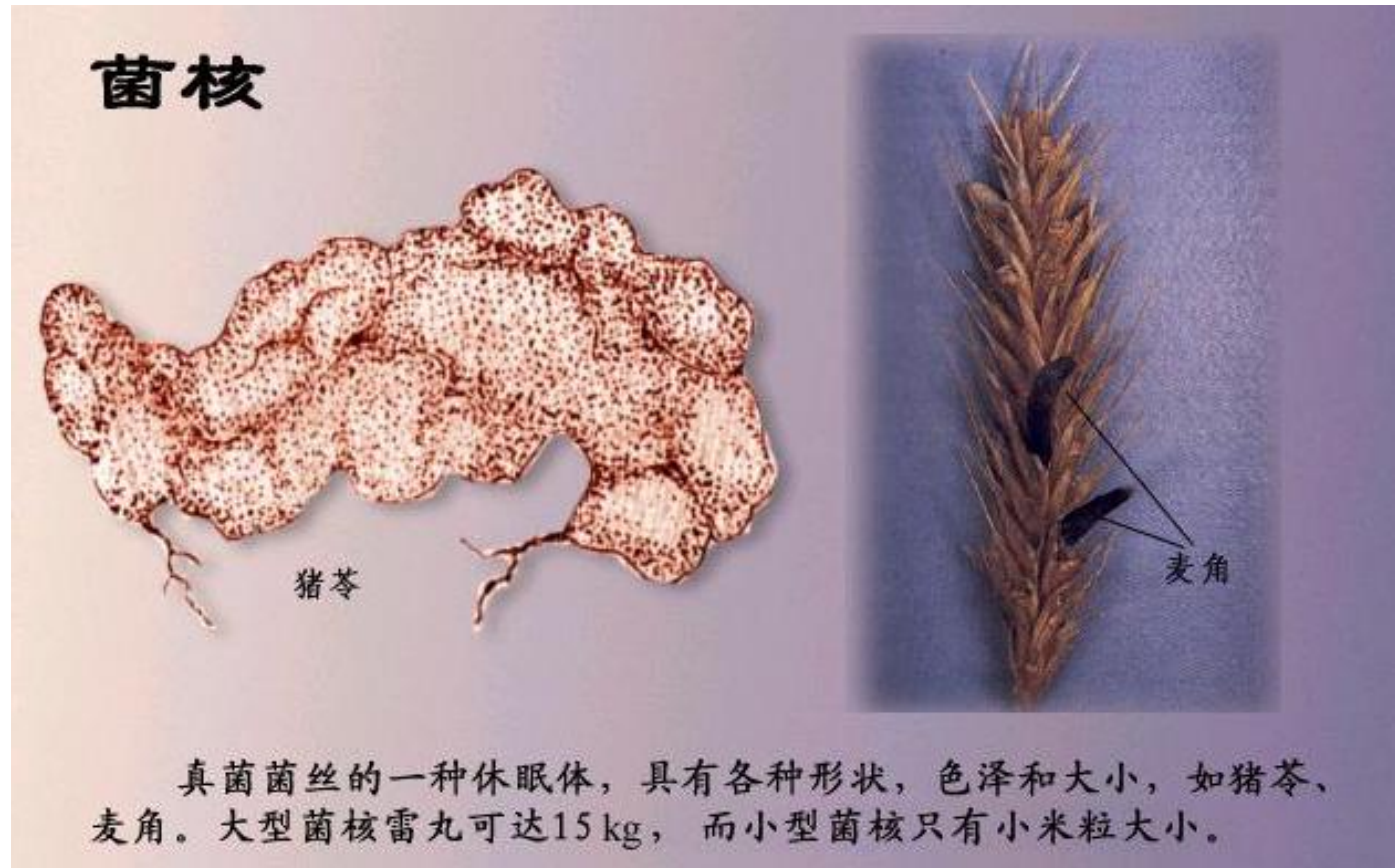


## 4. 真核微生物的类群

### ◆ 菌核：

是一种休眠的菌丝组织。由菌丝密集地交织在一起，其外层较坚硬、色深，内层疏松，大多呈白色。

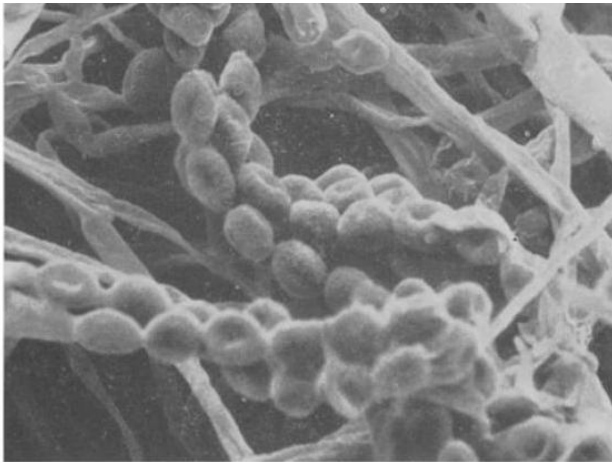
**假菌核**，是寄生性真菌与宿主共同形成，例如冬虫夏草，真菌寄生于鳞翅目昆虫，使虫体转变为假菌核，当孢子萌发，虫体死亡，菌自虫体内生长出子实体。含有虫草酸，是名贵中药。





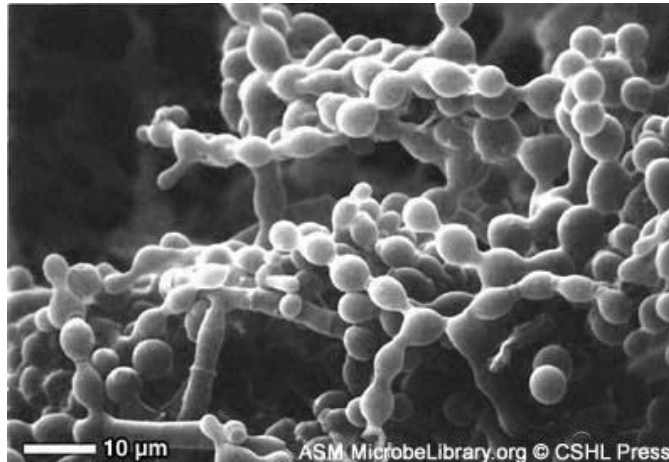
## 4. 真核微生物的类群

### 青霉素生产菌

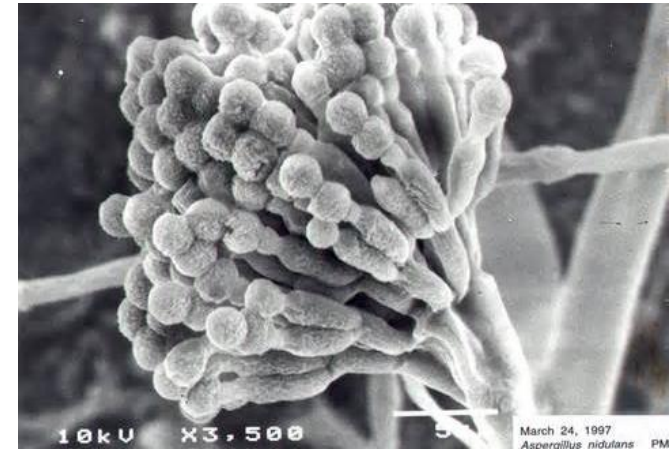


产黄青霉(*Penicillium chrysogenum*)  
旧名: 点青霉 (*Penicillium notatum*)

### 在微生物遗传操作重要的两个模式菌



粗糙脉孢霉(*Neurospora crassa*)



构巢曲霉(*Aspergillus nidulans*)



## 4. 真核微生物的类群

3232

DOI 10.1002/pmic.201100087

*Proteomics* 2011, 11, 3232–3243

REVIEW

# Proteomics of eukaryotic microorganisms: The medically and biotechnologically important fungal genus *Aspergillus*

*Olaf Kniemeyer*

Department of Molecular and Applied Microbiology, Leibniz Institute for Natural Product Research and Infection Biology – Hans-Knoell-Institute (HKI), Jena, Germany



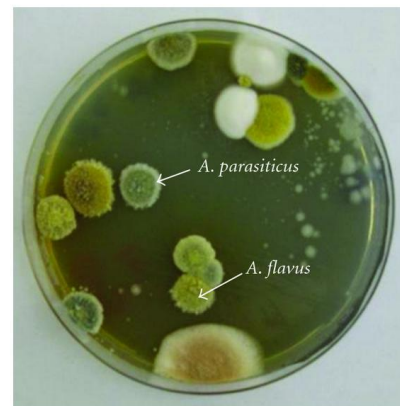
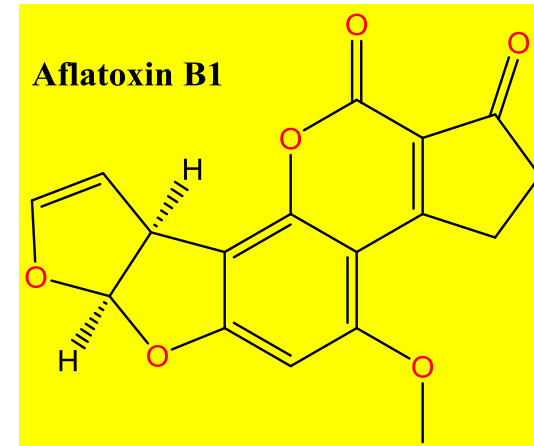
## 4. 真核微生物的类群

真菌的次级代谢产物、强烈的致癌物质、  
最毒的微生物天然产物：

黄曲霉毒素 (Aflatoxin)

黄曲霉毒素生产菌：

黄曲霉 (*Aspergillus flavus*) (上左1图)、  
寄生曲霉 (*Aspergillus parasiticus*) (下中)







## 4. 真核微生物的类群

### 4.3 蕈菌 (Mushroom)

- 大型真菌，属于丝状真菌，具有颜色各异、形态多样的子实体结构；
- 生长在有机物丰富的森林土壤或树干上。通过担孢子进行有性繁殖；
- 可将其子实体理解为真菌菌落在陆生条件下特化与高度发展的形式；
- 可食用2000多种、已利用的食用菌400多种、约50种可人工栽培。

担孢子 → 单倍菌丝 → 双核菌丝 → 菌蕾 → 子实体



香菇



草菇



羊肚菌



(a) *Morchella esculenta*



(b) *Sarcoscypha coccinea*



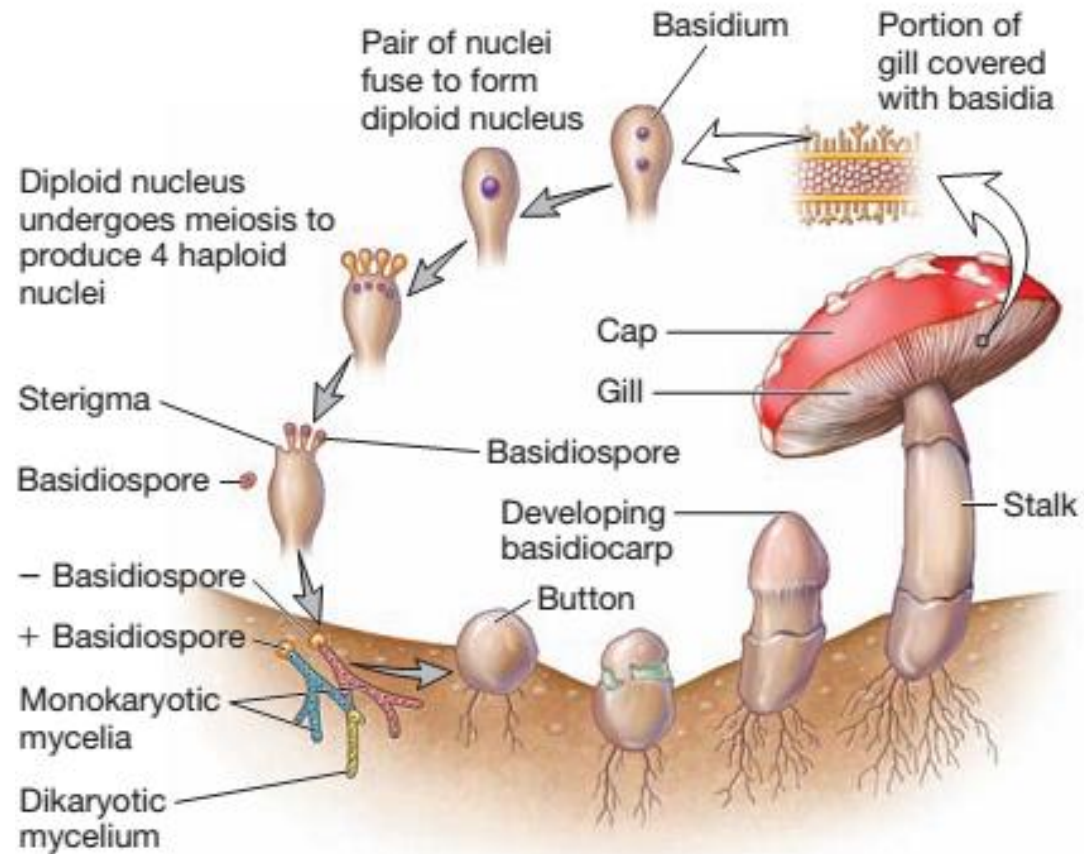
灵芝



猴头菇



## 4. 微生物的类群





## 4. 微生物的类群

### 4.4 显微藻类

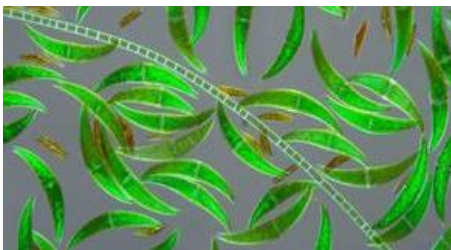
- 叶绿素、放氧的光合类型生物；（注意与蓝细菌相区分）
- 大多含叶绿素，呈绿色，少数因含类胡萝卜素，掩盖了绿色，呈褐色或红色；
- 大小形态差异很大（单细胞、多细胞）；
- 在自然界，特别是水体中广泛存在；
- 影响水质的重要原因。（水华、赤潮）



微球藻



直链藻



新月藻



石花菜



盘藻



念珠藻



鼓藻



## 4. 微生物的类群

水华  
Algae Bloom



赤潮  
red tide





## 本章小结

原核微生物、肽聚糖、脂多糖、周质空间、伴孢晶体、荚膜、核区（原核）、芽孢、鞭毛、菌毛、性毛、真核生物、半自主性细胞器、糖被、芽孢的抗热机理

革兰氏染色方法和机理、

$G^+$ 菌和 $G^-$ 菌在细胞壁上的区别

细菌与真核生物在细胞膜上有什么区别

缺壁真细菌中L型细菌、原生质体、球形体、支原体有什么区别



Thanks for your  
attention!

