

内容回顾

几种典型微生物形态结构、繁殖特

假根、吸器、菌环/菌网、附着胞、附着枝、菌核、分生孢子器（座、盘）、子囊果

项目	病毒	细菌	放线菌	菌	酵母菌
形态	球状、杆状、复杂形状颗粒	球状、杆状、螺旋状	丝状	丝状	(椭)圆形、柱形
结构	衣壳、核心、包膜、刺突	细胞壁(革兰氏染色)、细胞膜、细胞质、核区、芽孢、鞭毛、荚膜等	细胞壁、细胞膜、细胞质、细胞核、细胞器	细胞壁、细胞膜、细胞质、细胞核、细胞器	细胞壁、细胞膜、细胞质、细胞核、细胞器
繁殖	复制	无性，二分裂为主	无性孢子(分生、孢囊)	无性孢子(孢囊、节、厚垣、分生、游动)、有性孢子(卵、接合、子囊)	芽殖、裂殖、无性孢子(掷、节、厚垣)、有性孢子(子囊)
菌落特征	噬菌斑(一步生长曲线)	圆形或不规则；边缘光滑或不整齐；大小不一，表面光滑或皱褶；颜色多样；湿润粘稠	与细菌比较，主要区别为表面干燥，呈细致的粉末状或草毛状	与细菌比较，差异显著。与放线菌比较，表面呈绒毛状或棉絮状；不如放线菌致密	颇似细菌，一般圆形，表面光滑，但不及细菌湿润粘稠；多显乳白色

第五章 微生物营养与代谢

➤ 微生物营养

微生物生理学的重要研究领域，其主要研究内容是阐明**营养物质**在微生物生命活动过程中的**生理功能**，以及微生物细胞从外界环境**摄取**营养物质的具体**机制**。

➤ 营养物质

能够满足微生物机体生长、繁殖和完成各种生理活动所需的物质。

➤ 营养

微生物获得和利用营养物质的过程。

➤ 微生物代谢

微生物体内，营养物质发生生化反应的集合。

- 有了营养，微生物才能生长、繁殖，进而为人类提供有益代谢产物—**起点**；
- 了解微生物营养理论，是研究和利用微生物的必要基础—**培养基**。

第五章 微生物营养与代谢

微生物营养

- 营养物质和营养类型
- 营养物质的吸收机制
- 培养基

微生物代谢

- 微生物代谢

第一节 微生物营养物质和营养类型

微生物细胞的主要成分

细胞成分		含量	主要元素
水分		70~90%	H、O
干物质	有机物	占干物质中的90~97%	C、N、H、O等
	无机物	占干物质中的3~10%	P、S、Ca、Mg、K、Na、Fe等

几种典型微生物细胞中主要元素含量(干重 %)

	C	N	H	O	P	S
细菌	50	15	8	20	3	1
酵母菌	50	12	7	31	-	-
霉菌	48	5	7	40	-	-

微生物细胞的化学组成

第一节 微生物营养物质和营养类型

微生物与动植物的营养要素

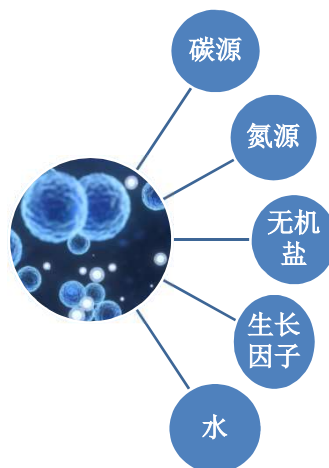
	动物(异养)	微生物		绿色植物(自养)
		异养	自养	
水分	水	水	水	水
碳源	糖类, 脂肪	糖, 醇, 脂肪, 有机酸等	二氧化碳, 碳酸盐	二氧化碳, 碳酸盐
能源	与碳源同	与碳源同	氧化无机物、光能	光能
氮源	蛋白质及其降解物	蛋白质及其降解产物, 有机氮化物, 无机氮化物, 氮气	无机氮化物 氮气	无机化物
生长因子	维生素	部分微生物需维生素等生长因子	不需要	不需要
无机元素	无机盐	无机盐	无机盐	无机盐

微生物与高等生物存在“营养统一性”（对营养元素的需求），差别主要表现在**营养物质的来源和吸收方式**。

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养物质

根据营养物质在机体中的生理作用



第一节 微生物营养物质和营养类型

营养物质-碳源

- **碳源**：在微生物生长过程中为微生物提供碳素来源的物质。
- **微生物细胞含碳量**：细胞干重的50%。
- **微生物细胞中碳素的功能**：
 - 构成微生物体有机分子的骨架
 - 大多数微生物的能源物质

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养物质-碳源

微生物可以利用的碳源物质

种类	碳源物质
糖	葡萄糖、果糖、麦芽糖、蔗糖、淀粉、半乳糖、乳糖、甘露糖、纤维二糖、纤维素、半纤维素、甲壳素和木质素等
有机酸	糖酸、乳酸、柠檬酸、延胡索酸、低级脂肪酸、高级脂肪酸和氨基酸等
醇	乙醇
脂	脂肪、磷脂
烃	天然气、石油、石油馏分、液体石蜡等
CO ₂	CO ₂
碳酸盐	NaHCO ₃ 、CaCO ₃ 、白垩等
其他	芳香族化合物、氰化物、蛋白质、肽和核酸等

微生物良好的碳源和能源物质

单糖>多糖
己糖>戊糖
淀粉>纤维素

第一节 微生物营养物质和营养类型

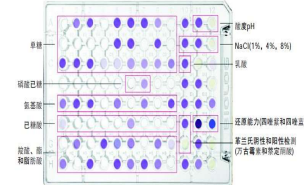
营养物质-碳源

不同的微生物利用碳素的情况

洋葱假单胞菌：九十多种碳素化合物

纤维素分解菌（部分）：只利用纤维素

甲烷氧化菌：甲烷、甲醇



根据不同微生物对碳素利用的情况，可以做什么工作？

- 1、微生物鉴定（能够鉴定2000多种微生物）
- 2、微生物群落与功能分析（Biolog，测定群落的代谢特征指纹）

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养物质-氮源

➤ 氮源：在微生物生长过程中为微生物提供氮素来源的物质。

➤ 微生物细胞中氮素的功能：

- I. 构成细胞物质
- II. 少数微生物的能源物质

➤ 微生物可利用的氮素化合物：

- | | | |
|---|-----|--|
| { | 分子氮 | N_2 （固氮菌、根瘤菌、少数放线菌和光合细菌、蓝细菌） |
| | 无机氮 | NH_4^+ 、 NO_3^- 、 NO_2^- （多数微生物） |
| | 有机氮 | 蛋白胨、牛肉膏、酵母膏（多数微生物）、多肽、氨基酸
尿素、玉米浆、饼粕（生产实践） |

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养物质-无机盐

- **无机盐**：微生物生长必不可少的营养物质，为微生物提供必须的金属元素。
- **在微生物细胞中的生理作用**：
 - 构成微生物细胞成分
 - 作为酶活性中心的组成部分
 - 维持生物大分子和细胞结构的稳定性
 - 部分元素可作为少数类型微生物的能源
- **无机盐分类**：
 - 大量元素 ($10^{-3}\sim 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$, P、S、Ca、Mg、K、Na、Fe)
 - 微量元素 ($10^{-6}\sim 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$, Mn、Cu、Zn、Mo)

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养物质-无机盐

大量元素无机盐及其生理功能

元素	化合物形式(常用)	生理功能
磷	KH_2PO_4 , K_2HPO_4	核酸、核蛋白、磷脂、辅酶及ATP等高能分子的成分，作为缓冲系统调节培养基pH
硫	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, MgSO_4	含硫氨基酸（半胱氨酸、甲硫氨酸等）、维生素的成分，谷胱甘肽可调节胞内氧化还原电位
镁	MgSO_4	己糖磷酸化酶、异柠檬酸脱氢酶、核酸聚合酶等活性中心组分，叶绿素和细菌叶绿素成分
钙	CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	某些酶的辅因子，维持酶（如蛋白酶）的稳定性，芽孢和某些孢子形成所需，建立细菌感受态所需
钠	NaCl	细胞运输系统组分，维持细胞渗透压，维持某些酶的稳定性
钾	KH_2PO_4 , K_2HPO_4	某些酶的辅因子，维持细胞渗透压，某些嗜盐菌核糖体的稳定因子
铁	FeSO_4	细胞色素及某些酶的组分，某些铁细菌的能源物质，合成叶绿素、白喉毒素所需

主要参与细胞结构组成，调节酸碱度、氧化还原电位、渗透压等，作为能源物质。

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养物质-无机盐

微量元素无机盐的生理功能

元素	功能
锌	存在于乙醇脱氢酶、乳酸脱氢酶、磷酸酶、醛缩酶、核酸聚合酶中
锰	存在于过氧化物歧化酶、磷酸烯醇式脱羧酶、柠檬酸合成酶中
铜	存在于硝酸盐还原酶、固氮酶、甲酸脱氢酶中
硒	存在于甘氨酸还原酶、甲酸脱氢酶中
钴	存在于谷氨酸变位酶中
铜	存在于细胞色素氧化酶中
钨	存在于甲酸脱氢酶中
镍	存在于脲酶中，氢细菌生长必需

主要是酶活中心组分或酶的激活剂。

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养物质-生长因子

- **生长因子**：微生物生长所必需且需要量很少，但微生物自身不能合成或合成量不能满足机体生长需要的有机化合物。
- **生长因子的生理功能**：构成酶的辅基或辅酶
调节代谢和促进生长
- **生长因子分类（化学结构、生理作用）**：维生素、氨基酸、嘌呤和嘧啶。

多数真菌、放线菌和一些细菌可以自行合成生长因子，不需在培养时额外添加

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养物质-生长因子

➤ 生长因子的特点：

1. 不同的微生物，它们生长所需要的生长因子各不相同
克氏杆菌 生物素、对氨基苯甲酸
肠膜明串珠菌 十七种氨基酸
2. 微生物生长需要的生长因子会随着外界条件的变化而变化
鲁毛霉： 厌氧条件下：需维生素B与生物素
 好氧条件下：无需生长因子
3. 生长因子未知微生物的培养
加入天然成分，如酵母膏、牛肉膏或动物、植物的组织液

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养物质-水分

生长、代谢必不可少的物质。

微生物水分含量（湿重）：细菌 80%、酵母菌 75%、
霉菌 85%、芽孢 <30%

水分在微生物生长代谢中的功能：

- a. 机体内生理生化反应的基础
- b. 溶剂与运输介质
- c. 细胞体内温度的缓冲剂作用
- d. 维持细胞正常形态

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养物质-水分

水活度 (A_w) :

一定温度和压力条件下, 溶液的蒸汽压力与同样条件下纯水蒸汽压力之比。

定义公式: $A_w = P_s / P_w$

P_s : 溶液中水的蒸汽压; P_w : 纯水的蒸汽压

用于反映环境中微生物可实际利用的自由水或游离水的含量。

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养物质-水分

微生物一般在 A_w 为 0.66~0.99 的条件下生长

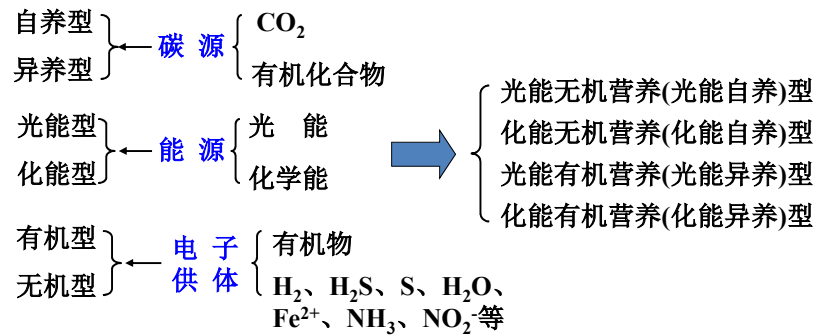
各种微生物最低水活度值

最低 A_w 值	细菌	酵母菌	霉菌
0.96	假单胞杆菌、沙门氏菌		
0.95	大肠埃希氏杆菌、芽孢杆菌、梭状芽孢杆菌		
0.94	乳杆菌、足球菌、分枝杆菌		
0.93			根霉菌、毛霉菌
0.92		红酵母、毕赤氏酵母	
0.90	小球菌	酵母、汉逊氏酵母	芽枝霉菌
0.88		假丝酵母、圆酵母	
0.87		德巴利氏酵母	
0.86	金黄色葡萄球菌		
0.85			青霉菌
0.75	盐生盐杆菌		
0.65			曲霉菌

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养类型

营养类型：根据微生物生长所需的主要营养要素即**能源**、**碳源**的不同，而划分的微生物类型。



第一节 微生物营养物质和营养类型

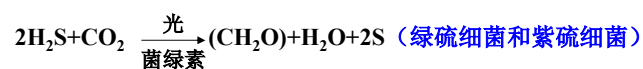
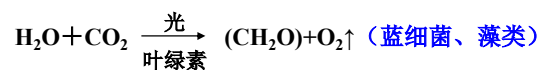
营养类型-光能无机营养型

能够利用光能并以CO₂作为唯一或主要碳源进行生长的微生物

基本特点：

A、光合色素（叶绿素、菌绿素、类胡萝卜素和藻胆素）

B、供氢体：还原性无机物（如H₂O、H₂S）

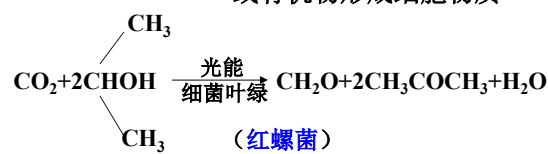


第一节 微生物营养物质和营养类型

营养类型-光能有机营养型

不能以 CO_2 作为唯一或主要碳源，需要简单的有机物作为供氢体，利用光能将 CO_2 还原成有机物一类微生物。

- 基本特点：**
- a. 光合色素，光合作用
 - b. 供氢体：有机物（如异丙醇）
或有机物形成细胞物质



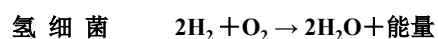
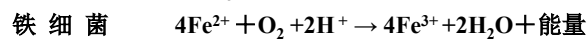
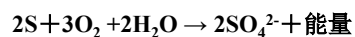
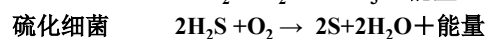
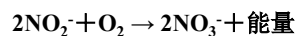
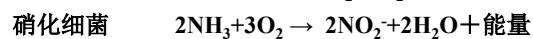
利用这类细菌能利用低分子量有机物迅速增殖的特点，可净化高浓度有机废水。

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养类型-化能无机营养型

利用无机化合物氧化时释放的能量作为能源，利用 CO_2 或碳酸盐作为唯一或主要碳源进行生长的一类微生物。

- 基本特点：**
- a. 能源：无机物氧化
 - b. 供氢体：无机物（如 H_2 、 H_2S 、 Fe^{2+} 、 NH_3 、 CO_2 、 NO_2^- 等）



在自然界物质转换过程中起重要作用。

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养类型-化能有机营养型

绝大多数非光合微生物

以有机化合物为碳源，利用有机化合物氧化过程中产生的能量作为能源而生长的一类微生物。

- 基本特点：**
- a. 能源：有机物氧化
 - b. 碳源：有机物

化能异养型微生物的分类（生活场所、获取养料方式）：

- ①腐生菌：利用**无生命**的有机物作为营养物质（大多数）。
- ②寄生菌：只能在**活寄主体**吸收营养物生活的。
- ③兼性寄生菌：既营寄生又营腐生生活的（结核杆菌）。

第一节 微生物营养物质和营养类型

营养类型

微生物营养划分的相对性

同一微生物在不同培养条件下生长时，它们的营养型可能发生变化。

微生物	环境条件	能源利用情况	营养型
紫色非硫细菌（红螺菌）	光照、无氧	利用光能作能源	光能异养
	黑暗、有氧	利用有机物氧化产能	化能异养
氢细菌	单纯的无机物环境	利用氢的氧化获得能量	化能自养
	提供有机物	利用有机物获得能量	光能异养

营养型的可变性有利于提高微生物对环境条件的适应能力！

第二节 微生物营养物质的吸收机制

影响微生物对营养物质吸收的因素

1、微生物细胞的透过屏障

细胞壁——内外物质交换屏障之一（阻止高分子化合物流通）

细胞膜——选择性透膜，主要屏障（防止外流）

2、微生物细胞生活的环境

pH值、温度(影响溶解度、细胞膜的流动性和运输系统的活性)

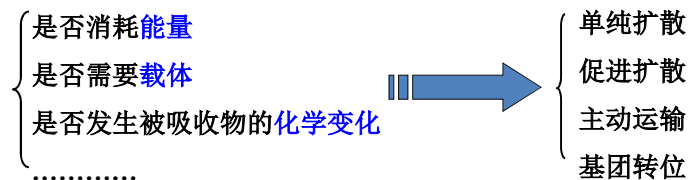
3、被吸收物质的特性

分子量、溶解度、极性、电负性

第二节 微生物营养物质的吸收机制

微生物营养物质吸收机制

根据微生物对物质的吸收过程的特点：

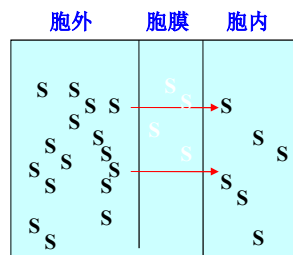


第二节 微生物营养物质的吸收机制

微生物营养物质吸收机制

单纯扩散（被动扩散）

被吸收物质依靠其在细胞内外的**浓度梯度**为动力，从浓度高的地区向浓度低的胞内扩散的过程。



最简单、纯物理

单纯扩散的特点：

- a. 非特异性的
- b. 吸收过程不发生化学变化
- c. 不需要能量

第二节 微生物营养物质的吸收机制

微生物营养物质吸收机制

单纯扩散不是主要的吸收方式

营养物质单纯扩散能力的影响因素

- a. 吸收营养物质的分子大小
- b. 溶解性(脂溶性或水溶性)
- c. 极性大小(膜内外极性表面)
- d. 膜外pH
- e. 温度

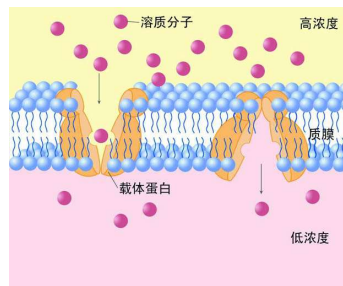
能单纯扩散的物质： O_2 、 CO_2 、 N_2 、类固醇激素、乙醇、尿素、甘油、水等

第二节 微生物营养物质的吸收机制

微生物营养物质吸收机制

促进扩散（协助扩散）

以细胞内外的**浓度梯度**为动力，在**载体蛋白**或**通道蛋白**协助下，物质从浓度高的胞外向浓度低的胞内扩散。



促进扩散示意图

载体蛋白运输溶质的机制：构象变化。

与单纯扩散不同的特点

- a. 载体的专一性
- b. 运输速率提高

单糖、氨基酸、维生素及无机盐、水等

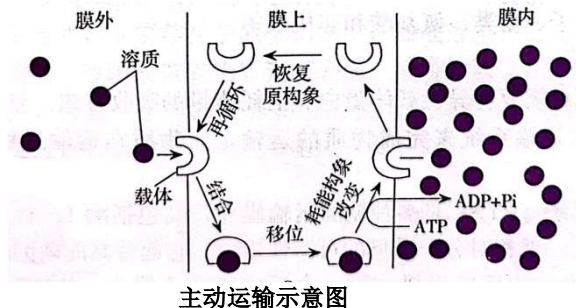
第二节 微生物营养物质的吸收机制

微生物营养物质吸收机制

主要的吸收方式

主动运输

以代谢能为动力，在载体蛋白的参与下，将物质从胞外向胞内转运。



主动运输示意图

特点

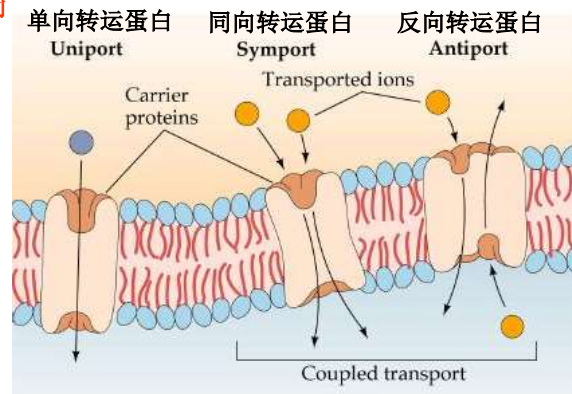
- a. 需要载体
- b. 载体构型的变化
- c. 需要动力——代谢能
- d. 逆浓度梯度运输

糖、氨基酸、有机酸、 Na^+ 、 K^+ 、硫酸盐、磷酸盐等

第二节 微生物营养物质的吸收机制

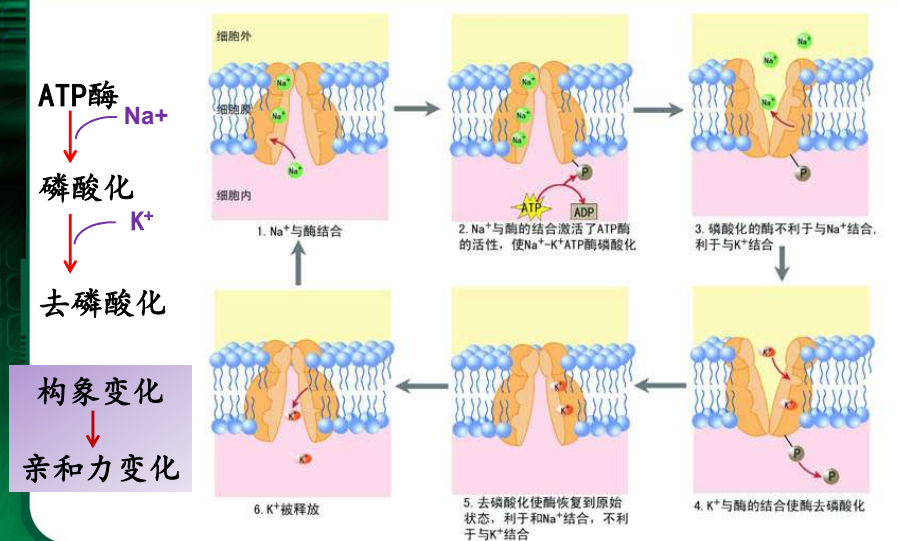
微生物营养物质吸收机制

主动运输



主动运输的三种载体蛋白

钠钾泵



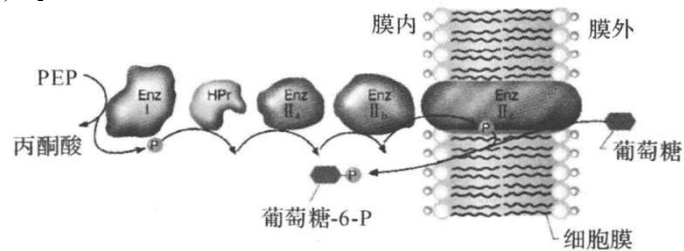
第二节 微生物营养物质的吸收机制

微生物营养物质吸收机制

基团转位

由磷酸转移酶系统进行，
与烯醇式磷酸丙酮酸偶联。

被吸收物质以微生物的代谢能为动力，通过一个复杂的运输系统从胞外转运到胞内，并发生化学变化（磷酸化）（厌氧细菌和兼性厌氧细菌）。



基团转位示意图

第二节 微生物营养物质的吸收机制

微生物营养物质吸收机制

基团转位

基团转位的特点：

- a. 消耗代谢能，养分被逆浓度运输
- b. 有载体参与，有特异性和饱和性
- c. 养分发生化学变化

糖（葡萄糖、甘露糖、果糖及糖的衍生物N—乙酰葡萄糖胺）、嘌呤、嘧啶、脂肪酸等

第二节 微生物营养物质的吸收机制

微生物营养物质吸收机制

4种营养物质吸收方式的比较

指标	单纯扩散	促进扩散	主动运输	基团转位
载体蛋白	无	有	有	有
运输速度	慢	快	快	快
运输方向	高到低	高到低	低到高	低到高
胞内外浓度	相等	相等	胞内高	胞内高
运输分子	无特异性	特异性	特异性	特异性
能量消耗	不需要	不需要	需要	需要
运输后物质结构	不变	不变	不变	改变

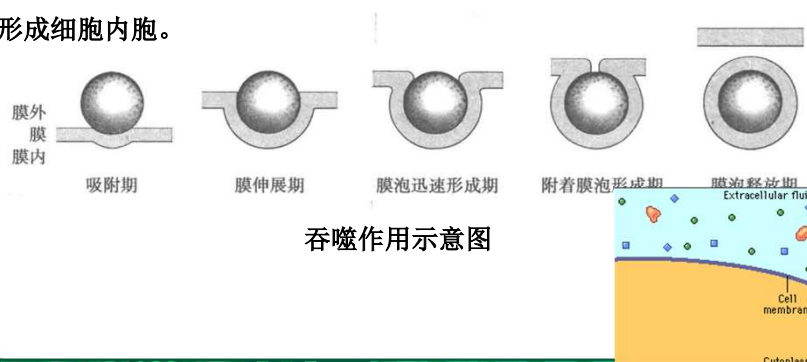
第二节 微生物营养物质的吸收机制

微生物营养物质吸收机制

原生动物

吞噬（胞饮）作用

当营养物质(大分子、颗粒物质)与细胞膜接触，接触部位的细胞膜先内凹，逐步向膜内深入，形成深深的洞穴，最后将凹入的洞穴封闭形成细胞内胞。



第二节 微生物营养物质的吸收机制

微生物营养物质吸收机制

几种主要营养物质的吸收

1、糖

促进扩散（真核）、基团转位（厌氧）、主动运输（多数）

2、肽与氨基酸

主动运输（主要方式）、促进扩散（次要方式）

3、离子

主动运输

第三节 培养基

培养基：人工配制的适合微生物生长繁殖或积累代谢产物的营养基质。

培养基的作用：

为微生物提供理想的人工培养环境，以进行微生物**生命活动规律**的研究和微生物**生物制品**的生产。

任何培养基都应该具备微生物生长所需要的五大营养要素（**碳源、氮源、无机盐、生长因子、水**）。

一旦配成，及时灭菌处理



常规高压蒸汽灭菌：**121℃ 15-30分钟**
某些成分进行分别灭菌
过滤除菌

第三节 培养基

配制培养基的基本原则

1、适合不同微生物的营养特点

(1)从营养型的角度看

自养微生物 合成能力强 简单的无机物

异养微生物 合成能力弱 至少提供一种有机物

(2)从类群的角度看

细菌 放线菌 霉菌	} 生理特点不同 → 营养要求不同	} 牛肉膏蛋白胨培养基 高氏一号培养基 马丁氏培养基

第三节 培养基

配制培养基的基本原则

2、调配好培养基中各种营养成分的比例和浓度

(1) 浓度适中

$H_2O(10^{-1}) > C + \text{能源}(10^{-2}) > N\text{源}(10^{-3}) > P、S(10^{-4}) > K、Mg(10^{-5}) > \text{生长因子}(10^{-6})$

过高，抑制微生物的生长；过低，不能满足微生物生长所需。

(2) 比例适宜

a. C/N 细菌、酵母菌：5:1，霉菌：10:1

同一种微生物在不同C/N培养时，表现不同。

短棒杆菌的谷氨酸发酵

C/N=4:1，菌体繁殖； C/N=3:1，谷氨酸形成

b. 其它营养的比例（矿质元素、氨基酸）

第三节 培养基

配制培养基的基本原则

3、控制物理化学条件

(1) pH值

a.根据各类微生物的特点来调节培养基的基础pH。

霉菌、酵母菌：pH4.0-6.0 细菌、放线菌：pH7.0-7.5

b.使用pH值缓冲剂 磷酸盐、碳酸钙

(2) 氧化还原电位

好氧微生物：+0.3~+0.4V

厌氧微生物：< +0.1V

兼性厌氧微生物：> +0.1V 进行好氧呼吸、< +0.1V 进行发酵

振荡培养、搅拌等方式增加通气量，可增加氧化还原电位

在培养基中加入还原性物质（半胱氨酸、铁粉、 Na_2S 和抗坏血酸等），可降低氧化还原电位

第三节 培养基

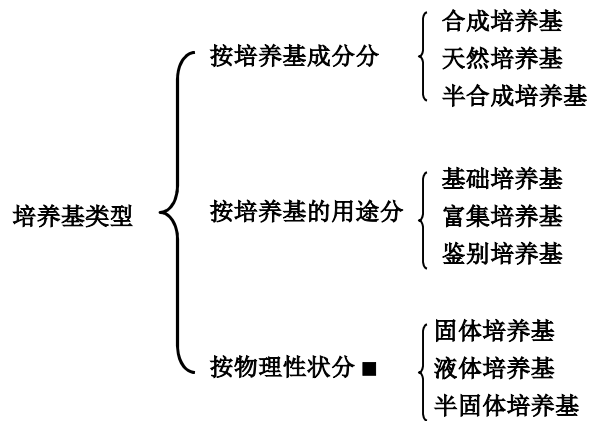
配制培养基的基本原则

4、经济节约

- 种子培养基应营养丰富，选择氮源含量高、碳氮比低的培养基；
- 大量生产代谢产物的培养基其氮源比种子培养基稍低（当发酵产物含氮化合物时，还应该提高培养基的氮源含量）；代谢产物为次级代谢产物时，应考虑加入特定的元素或特定代谢物；
- 大规模发酵用的培养基，应重视培养基各成分的来源和价格，“以粗代精”、“以废代好”、“以纤代糖”等。
 - 以粗代精：糖蜜取代蔗糖、红薯粉取代淀粉等
 - 以废代好：生产中的废弃物作为培养基的原料
 - 以纤代糖：纤维素代替淀粉或者糖类原料。

第三节 培养基

培养基的类型



第三节 培养基

培养基的类型

1、按照培养基成分分：

a. 合成培养基 化学成分和浓度完全清楚的物质配制的培养基。

可溶性淀粉	20.0克
KNO ₃	1.0克
K ₂ HPO ₄	0.5克
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.5克
NaCl	0.5克
FeSO ₄ ·7H ₂ O	溶液2滴（10%）
蒸馏水	1000毫升

高氏一号合成培养基

b. 天然培养基 以动植物组织或微生物浸出液为原料配制的培养基。

麦芽汁 }
豆芽汁 } → 霉菌、酵母菌

优点：配制方便、营养丰富

缺点：化学成分不稳定，也无法确定

第三节 培养基

培养基的类型

1、按照培养基成分分：

c. 半合成培养基（综合培养基）

在天然有机物的基础上加入已知成分的无机盐或在合成培养基的基础上添加某些天然成分。

牛肉膏	3.0克
蛋白胨	10.0克
NaCl	5.0克
蒸馏水（自来水）	1000毫升

牛肉膏蛋白胨培养基

KH_2PO_4	1克
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5克
蛋白胨	5克
葡萄糖	10克
琼脂	18克
蒸馏水（自来水）	1000ml

马丁氏培养基

第三节 培养基

培养基的类型

2、按照培养用途分：

a. 基础培养基

按多种微生物都需要的营养物质配制而成的培养基。

b. 富集培养基(增殖培养基)

为分离某种微生物配制出的适合它生长而有利于其他微生物生长的培养基。

有两种制备思路：

比谁长得快（“投其所好”）

比谁死得慢（“投毒法”）

第三节 培养基

培养基的类型

- 好→→→营养、环境因子
- 待选细菌专一性营养源培养法
筛选纤维素分解菌选用纤维素作为培养基中的唯一碳源
- 毒——选择性的抑制剂
- 待选细菌有抗性
常用物质：染料、胆汁酸盐、金属盐类、酸、碱和抗生素。
胆汁酸盐——抑制G⁺菌、孟加拉红、链霉素——抑制细菌

第三节 培养基

培养基的类型

c. 鉴别培养基

根据微生物的代谢特点，通过指示剂的呈色反应，用以鉴别不同微生物的培养基。

（伊红美蓝乳糖培养基鉴别大肠杆菌和产气肠杆菌：大肠杆菌—绿色光泽；产气肠杆菌—灰棕色）

- ❖ 鉴别——明查分别（细菌种类）
- ❖ 提供培养环境外还同时具有类似于“验钞机”的作用

第三节 培养基

培养基的类型

3、按照培养基的物理性状分

a. 固体培养基

在液体培养基中加入**凝固剂**使呈固体状态，称为固体培养基。（**1.5%-2.0%琼脂**）

b. 液体培养基

未加凝固剂呈液态的培养基称为液体培养基。

c. 半固体培养基

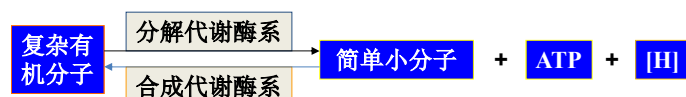
在液体培养基中加入少量琼脂（**~0.5%**）

第四节 微生物的代谢

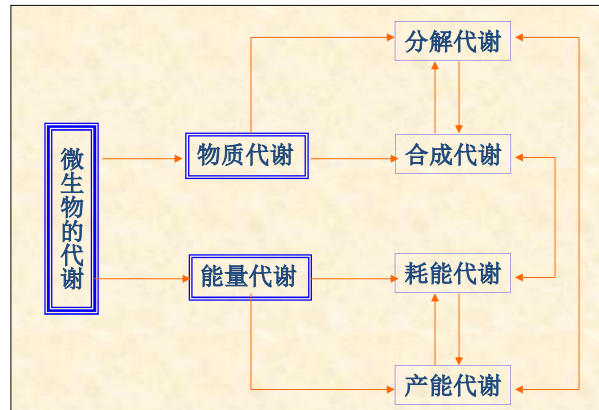
微生物代谢：微生物体内，营养物质发生生化**反应的集合**；是生命活动**最基本特征**，是推动生物一切生命活动的**动力源**。

分解代谢：复杂的有机分子通过分解代谢酶系的催化产生的简单分子、能量（一般ATP，腺苷三磷酸形式存在）和还原力（一般以[H]表示）。

合成代谢：在合成酶系的催化下，有简单分子、ATP形式的能量和[H]形式的还原力一起，共同合成复杂的生物大分子的过程。



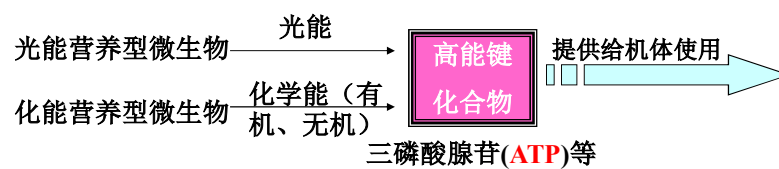
第四节 微生物的代谢



第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

能量代谢是生物新陈代谢的核心问题，其中心任务是吧外界环境中多种形式的原始能源物质转化成对一切生物都适用的通用能源。



高能键化合物的共性：

高能键的形成和断开可逆，沟通了微生物两个代谢类型——

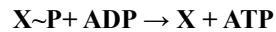
合成代谢 和 分解代谢

第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢 ATP的合成方式

1. 底物水平磷酸化

底物氧化生成含高能磷酸键化合物，并在酶的作用下将其转移至腺苷二磷酸（ADP），生成ATP的过程。



2. 氧化磷酸化

物质氧化脱氢产生电子，经电子传递体传给电子受体，在这个过程中偶联ATP的合成。电子传递体：泛醌 细胞色素系统

3. 光合磷酸化

由光照引起的电子传递作用与磷酸化作用相偶联而生成ATP的过程。光合色素（叶绿素、菌绿素、类胡萝卜素或藻胆素）是光合磷酸化的关键物质
藻类、蓝细菌、光合细菌

第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

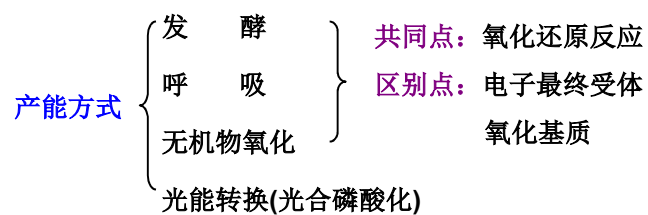
产能代谢：物质在生物体内经过一系列连续的氧化还原反应，逐步分解并释放能量的过程，也称为生物氧化。

比较项目	生物氧化	燃烧
步骤	多步式梯级反应	一步式快速反应
条件	温和（常温下）	激烈（高温下）
催化剂	酶系	无
产能形式	以ATP形式	热、光
能量利用率	高	低

第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

微生物的主要产能方式



第四节 微生物的代谢

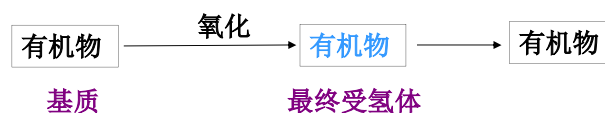
微生物的能量代谢

发酵（代谢发酵）

微生物在不需要氧的条件下将有机物氧化释放的氢直接交给底物本身未完全氧化的某种中间产物，同时释放能量并产生各种代谢产物的过程。

工业发酵：利用微生物进行大规模生产的过程，均称发酵。

(1)发酵的特点：



说明基质在发酵过程中氧化不彻底，发酵的结果必然仍积累某些有机物。

第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

发酵（代谢发酵）

发酵的种类有很多，可发酵的底物有碳水化合物、有机酸、氨基酸等，其中以**微生物发酵葡萄糖最为重要**。

糖酵解：生物体内葡萄糖被降解成丙酮酸的过程，是发酵的基础。

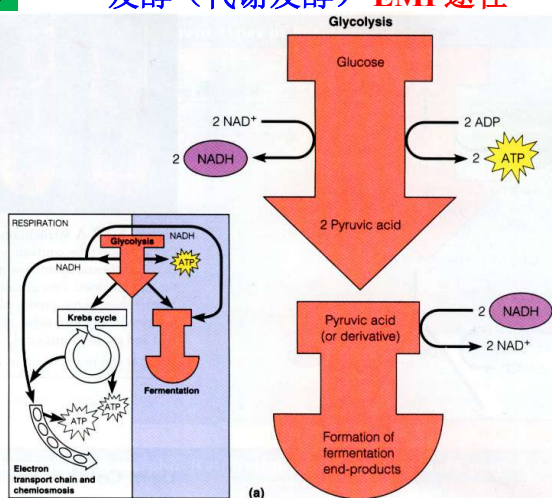
主要有四种途径：**EMP途径**、**HMP途径**、**ED途径**、**磷酸解酮酶途径**。

第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

发酵（代谢发酵） EMP途径

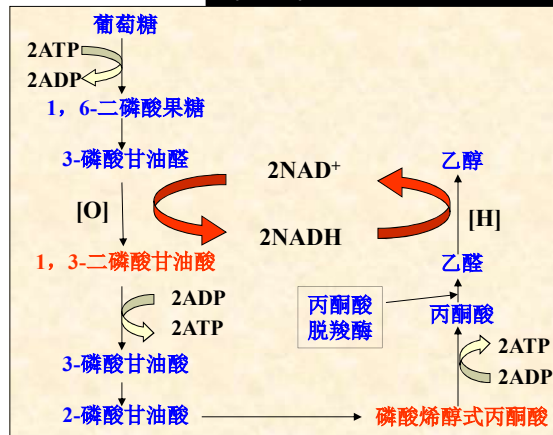
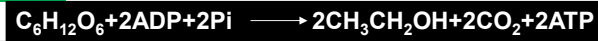
Figure 5.17 Fermentation.
The inset indicates the relationship of fermentation to the overall energy-producing processes. (a) An overview of fermentation. The first step is glycolysis, the conversion of glucose to pyruvic acid. In the second step, the reduced coenzymes from glycolysis or its alternatives (NADH, NADPH) donate their electrons and hydrogen ions to pyruvic acid or a derivative to form a fermentation end-product. (b) End-products of various microbial fermentations. In fermentation, ATP is generated only during glycolysis.



第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

酵母菌乙醇发酵



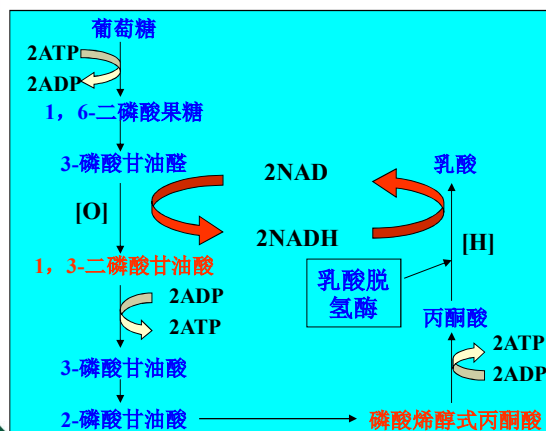
发酵特点

- (1) 氧化基质：葡萄糖
- (2) 最终的受氢体：乙醛
- (3) 丙酮酸脱羧酶

第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

同型乳酸发酵



发酵特点

- (1) 氧化基质：葡萄糖
- (2) 最终的受氢体：丙酮酸
- (3) 乳糖脱氢酶

第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

发酵类型的比较

两个发酵类型的共同点：

- 葡萄糖降解为丙酮酸的过程。→ 糖酵解：最基本、最重要
- 糖酵解过程是两个发酵类型ATP产生的唯一来源。

基质（底物）水平的磷酸化：底物在其氧化过程中形成某些具有高能磷酸键的中间产物，这类中间产物，可将其高能键通过酶的作用转给ADP而形成ATP的过程。

在糖酵解过程中，哪些是具有高能磷酸键的中间产物？

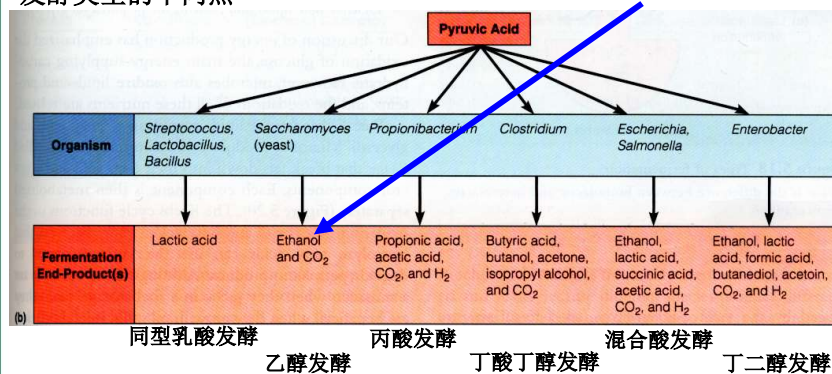
第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

发酵（代谢发酵）EMP途径

发酵类型的不同点

肠内酵母感染导致醉酒



第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

呼吸

微生物在降解底物的过程中，将释放出的电子交给电子载体，再经电子传递系统传给外源电子受体，从而生成水或者其他还原型产物并释放能量的过程。

特点

- a. 电子载体传递电子。
- b. 电子载体传递电子伴随ATP大量形成。（氧化磷酸化）

第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

呼吸

类型（据电子最终受体分）

a. 有氧呼吸（高效产能过程）

最终电子受体：分子氧

底物：有机物

b. 厌氧呼吸：

最终电子受体：无机物

底物：有机物

NO_3^- SO_4^{2-} CO_3^{2-}
硝酸还原、硫酸盐还原、碳酸盐还原

第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

有氧呼吸

葡萄糖有氧条件下的分解：

糖酵解 → 乙酰辅酶A → TCA → 呼吸链产能

巴斯德效应：一些兼性厌氧菌在无氧条件下进行发酵作用，而有氧条件下进行呼吸作用的现象。



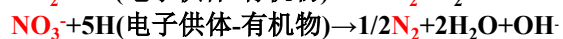
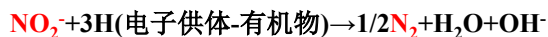
第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

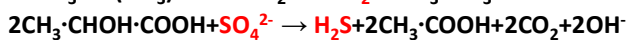
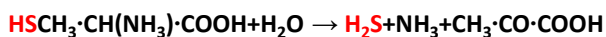
厌氧呼吸

- 某些厌氧和兼性厌氧微生物在无氧条件下进行无氧呼吸。
- 无氧呼吸也需要细胞色素等电子传递体，并在能量分级释放过程中伴随有磷酸化作用，也能产生较多的能量用于生命活动。
- 由于部分能量随电子转移传给最终电子受体，所以生成的能量不如有氧呼吸产生的多。

如反硝化作用：



如硫酸盐还原作用/反硫化作用：



第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

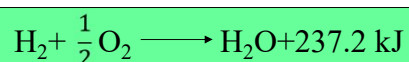
无机物氧化

底物：无机物

最终电子受体：氧气

电子传递水平磷酸化或底物水平磷酸化

H_2 、 NH_3 、 HNO_2 、 H_2S （氢细菌、硝化细菌和硫细菌）



第四节 微生物的代谢

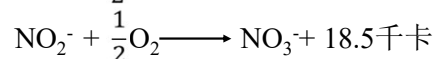
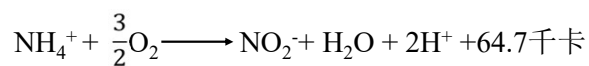
微生物的能量代谢

无机物氧化——氨氧化

NH_3 、 NO_2^- 等无机氮化物可以被某些化能自养细菌用作能源

亚硝化细菌：将氨氧化为亚硝酸并获得能量

硝化细菌：将亚硝酸氧化为硝酸并获得能量



这两类细菌常伴生在一起，共同将铵盐氧化成硝酸盐，避免亚硝酸积累所产生的毒害作用。在自然界的氮素循环中有重要作用，在自然界中分布非常广泛。

第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

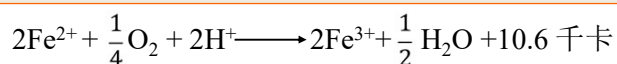
无机物氧化——硫氧化

硫细菌能够利用一种或多种还原态或部分还原态的硫化物（包括硫化物、元素硫、硫代硫酸盐、多硫酸盐和亚硫酸盐）作能源。



无机物氧化——铁氧化

少数细菌可将亚铁氧化到高铁状态的铁，产生少量的能量可以被利用。该菌的生长会导致形成大量的 Fe^{3+} 。



第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

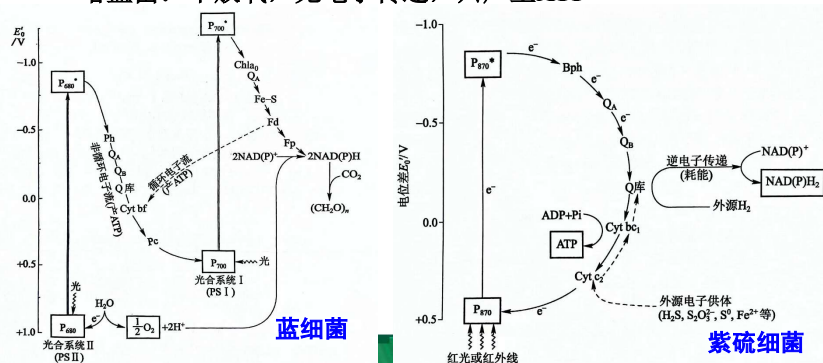
4、光能转换（光合磷酸化）

特点：光合生物、光合色素

蓝细菌：叶绿素，放氧光合作用，非环式光合磷酸化

光合细菌：菌绿素，不放氧光合作用，环式光合磷酸化

嗜盐菌：不放氧，无电子传递，只产生ATP



第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

蓝细菌与紫硫细菌光合作用机制的比较

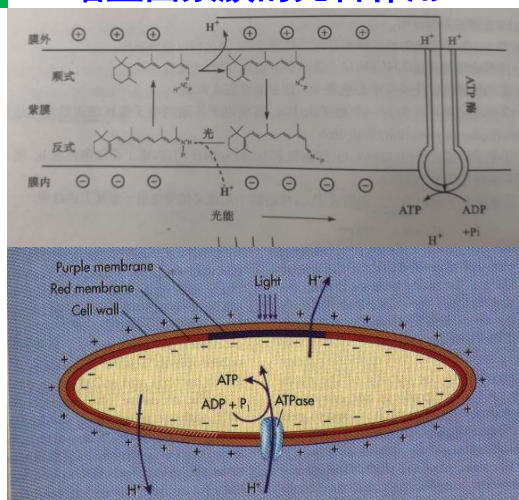
	电子传递途径	光合系统	氧的需求及产生	还原力来源\氢供体	ATP及还原力的产生
蓝细菌	非环式	两个 (PS II 利用远红光, PS I 利用红光)	在有氧环境下进行产氧 (PS II)	H ₂ O	同时进行
紫硫细菌	环式	一个	在无氧环境下进行不产氧	H ₂ S等无机氢供体	分别进行

第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

嗜盐菌紫膜的光合作用

紫膜中的细菌视紫红质经光照引起构象变化，将膜内质子泵至胞外，引起膜内外势能差。胞外质子经ATP酶进入细胞导致ATP的合成。



第四节 微生物的代谢

微生物的能量代谢

不同产能方式特征的比较

产能方式	底物	电子受体	ATP产生方式	微生物营养型
发 酵	有机物	中间产物	底物水平磷酸化	化能异养型
呼 吸	有机物	O ₂ 或无机物	氧化磷酸化或底物水平	化能异养型
无机物氧化	无机物	O ₂	氧化磷酸化或底物水平	化能自养型
光能转换			光合磷酸化	光能自养/异养

第四节 微生物的代谢

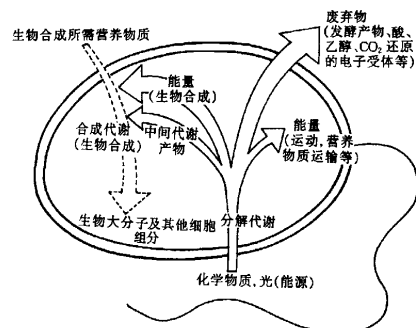
微生物的能量代谢

能量的消耗

微生物进行的一切生命活动都需要消耗能量。

耗能途径

1. 生物合成
2. 运动
3. 营养运输
4. 生物发光
5. 生物热



能量与代谢关系示意图

第四节 微生物的代谢

微生物的合成代谢

(二) 合成代谢产物类型 ■

- 1、细胞结构物质（蛋白质、碳水化合物、脂肪、核酸）
- 2、次生代谢产物

初级代谢（初级代谢产物）

微生物在正常生长或培养过程中，通过新陈代谢产生的自身生长和繁殖所必须的物质（基本的、关键的中间代谢或最终代谢产物）。

丙酮酸、乳酸、乙醇、谷氨酸、丙氨酸等（主要是氨基酸和有机酸）

第四节 微生物的代谢

微生物的合成代谢

(二) 合成代谢产物类型 ■

次级代谢（次生代谢产物）：

微生物生长到一定阶段才产生的化学结构复杂，对该微生物无明显生理功能，或并非微生物生长和繁殖所必须的物质。

- a. 维生素
- b. 抗生素（青霉素、先锋霉素、链霉素、四环素、利福平等）
- c. 激素
- d. 毒素
- e. 色素

第四节 微生物的代谢

微生物的合成代谢

(三) 微生物合成代谢的生化过程

异养菌合成代谢分三层次进行

第一层次：降解反应（碳的骨架、能量）

多糖→单糖→小分子碳的化合物（C1-C7）（酶促）

第二层次：小分子合成反应（大分子合成的前提）

碳化合物 → 小分子（氨基酸、氨基己糖、核苷酸）（酶促）

第三层次：小分子合成大分子

（蛋白质、核酸、多糖）