

第3节

细胞呼吸的原理和应用

问题探讨

酵母菌细胞富含蛋白质，可以用作饲料添加剂。在培养酵母菌用作饲料添加剂时，要给培养装置通气或进行振荡，以利于酵母菌大量繁殖。在利用酵母菌生产葡萄酒时，却需要密封发酵。

讨论

1. 都是培养酵母菌，为什么有的需要通气，有的却需要密封？
2. 为什么通气有利于酵母菌大量繁殖？
3. 在密封发酵时，酵母菌将有机物转化为酒精对它自身有什么意义？



发酵生产葡萄酒的车间

本节聚焦

- 细胞呼吸过程中能量是怎样转化的？
- 有氧呼吸与无氧呼吸各有什么特点？
- 细胞呼吸原理在生产和生活中有哪些应用？

酵母菌是一类单细胞真菌，它与人类的生活息息相关。

做馒头、面包，酿酒等，都是利用酵母菌的呼吸作用。

呼吸作用的实质是细胞内的有机物氧化分解，并释放能量，因此也叫细胞呼吸（cellular respiration）。

细胞呼吸的方式

细胞呼吸是否都需要氧？生物在有氧和无氧条件下是否都能进行细胞呼吸呢？

探究·实践

探究酵母菌细胞呼吸的方式

酵母菌在有氧和无氧的条件下都能生存，属于兼性厌氧菌，因此便于用来研究细胞呼吸的不同方式。

在本探究活动中，你需要设计和进行对比实验，分析有氧和无氧条件下酵母菌细胞呼吸的情况。

提出问题

1. 说一说你了解哪些有关酵母菌的知识。



酵母菌的电镜照片（放大4750倍）

2. 想一想关于酵母菌细胞呼吸的方式，自己有哪些不清楚的地方，提出要探究的问题。

参考案例

有一位同学知道酵母菌能使葡萄糖发酵产生酒精，但是不清楚这一过程是在有氧还是在无氧条件下进行的；另一位同学知道酵母菌的细胞呼吸会产生 CO_2 ，但是不知道不同条件下产生的 CO_2 是否一样多。

作出假设

根据自己已有的知识和生活经验，针对所提出的问题作出假设。

设计实验

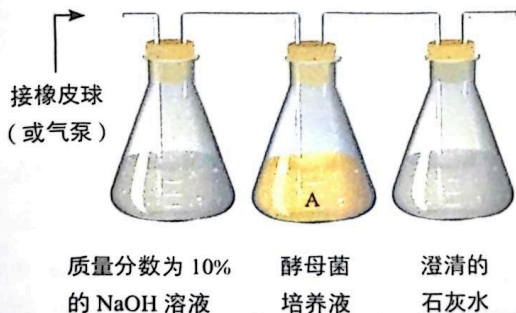
先确定实验的总体思路，再逐步细化，写出包括材料用具和方法步骤在内的实验方案。请特别关注以下问题。

1. 怎样控制有氧和无氧的条件？
2. 怎样鉴定有无酒精产生？怎样鉴定有无 CO_2 产生？如何比较 CO_2 产生的多少？
3. 怎样保证酵母菌在整个实验过程中能正常生活？

参考资料

1. 酵母菌培养液的配制 取20 g新鲜的食用酵母菌，分成两等份，分别放入锥形瓶A(500 mL)和锥形瓶B(500 mL)中。分别向瓶中注入240 mL质量分数为5%的葡萄糖溶液。

2. 检测 CO_2 的产生 用锥形瓶和其他材料用具组装好实验装置(如下图)，并连通橡皮球(或气泵)，让空气间歇性地依次通过3个锥形瓶(约50 min)。然后将实验装置放到25~35℃的环境中培养8~10 h。有条件的学校可以用 CO_2 传感器。



CO_2 可使澄清的石灰水变浑浊，也可使溴麝香草酚蓝溶液由蓝变绿再变黄。根据石灰水浑浊程度或溴麝香草酚蓝溶液变成黄色的时间长短，可以检测酵母菌培养液中 CO_2 的产生情况。想一想，除了这两种检测方法，还有没有其他方法？

3. 检测酒精的产生 橙色的重铬酸钾溶液在酸性条件下与乙醇(俗称酒精)发生化学反应，变成灰绿色。具体做法是：各取2 mL酵母菌培养液的滤液，分别注入2支干净的试管中。向试管中分别滴加0.5 mL溶有0.1 g重铬酸钾的浓硫酸溶液(质量分数为95%~97%)并轻轻振荡，使它们混合均匀。观察试管中溶液的颜色变化。由于葡萄糖也能与酸性重铬酸钾反应发生颜色变化，因此，应将酵母菌的培养时间适当延长以耗尽溶液中的葡萄糖。

进行实验

请老师对实验方案提出意见，待老师认可后开始做实验。由于实验需要时间较长，观察的项目和次数要事先计划好，并做好记录。

! 警示：浓硫酸有腐蚀性，向试管中滴加浓硫酸时要缓慢、小心。

得出结论、交流讨论

根据实验结果得出本小组的结论。然后，用简明而科学的语言，说出酵母菌的细胞呼吸有几种方式，每种方式的条件和产物有什么区别。



B瓶应封口放置一段时间后，再连通盛有澄清石灰水的锥形瓶。想一想，这是为什么？

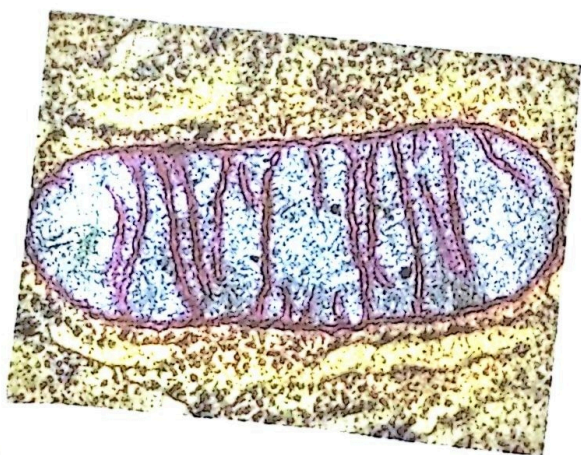
对比实验

设置两个或两个以上的实验组，通过对结果的比较分析，来探究某种因素对实验对象的影响，这样的实验叫作对比实验，也叫相互对照实验。在本节课的探究活动中，需要设置有氧和无氧两种条件，探究酵母菌在

不同氧气条件下细胞呼吸的方式，这两个实验组的结果都是事先未知的，通过对比可以看出氧气条件对细胞呼吸的影响。对比实验也是科学探究中常用的方法之一。

酵母菌在有氧和无氧条件下都能进行细胞呼吸。在有氧条件下，酵母菌通过细胞呼吸产生大量的二氧化碳和水；在无氧条件下，酵母菌通过细胞呼吸产生酒精，还产生少量的二氧化碳。

科学家根据大量的实验结果得出结论：细胞呼吸可分为有氧呼吸（aerobic respiration）和无氧呼吸（anaerobic respiration）两种类型。



▲ 图 5-8 线粒体的电镜照片
(放大 45 000 倍)

有氧呼吸

对于绝大多数生物来说，有氧呼吸是细胞呼吸的主要形式，这一过程必须有氧的参与。有氧呼吸的主要场所是线粒体。线粒体具有内、外两层膜，内膜的某些部位向线粒体的内腔折叠形成嵴，嵴使内膜的表面积大大增加（图 5-8）。嵴的周围充满了液态的基质。线粒体的内膜上和基质中含有许多种与有氧呼吸有关的酶。

有氧呼吸最常利用的物质是葡萄糖，其化学反应式可以简写成：



有氧呼吸的全过程十分复杂，可以概括地分为三个阶段，每个阶段的化学反应都有相应的酶催化（图 5-9）。

第一个阶段是，1 分子的葡萄糖分解成 2 分子的丙酮酸，产生少量的 [H]，并且释放出少量的能量。这一阶段

不需要氧的参与，是在细胞质基质中进行的。

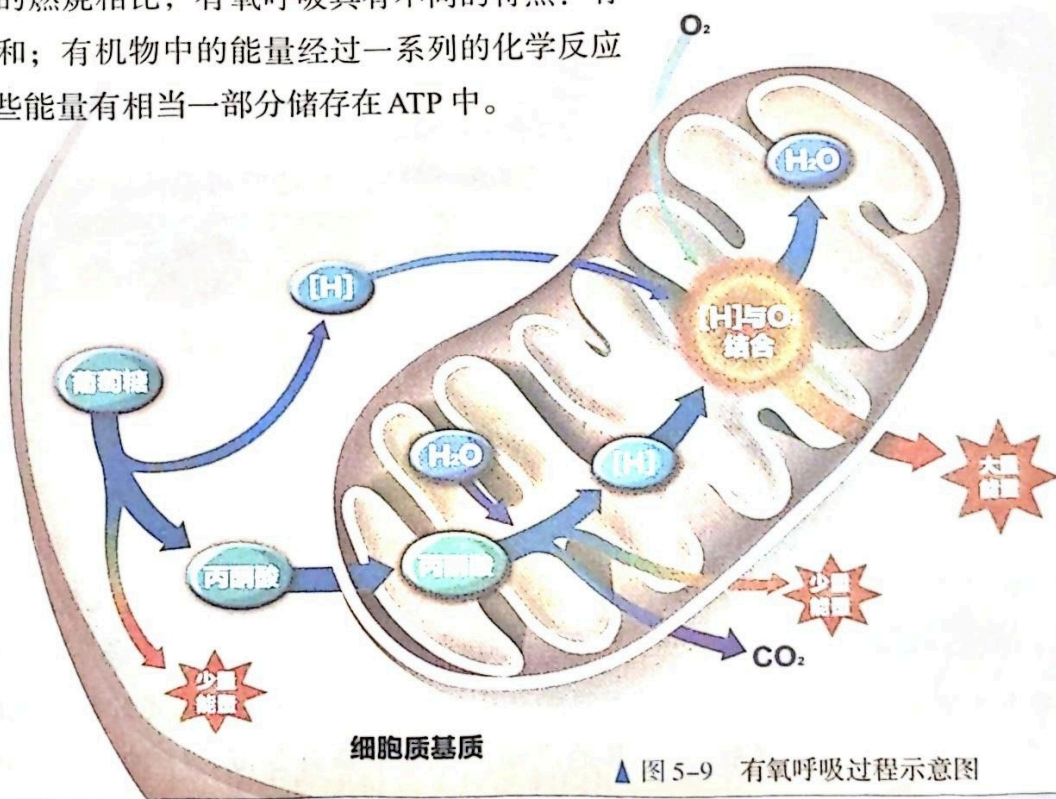
第二个阶段是，丙酮酸和水彻底分解成二氧化碳和[H]，并释放出少量的能量。这一阶段不需要氧直接参与，是在线粒体基质中进行的。

第三个阶段是，上述两个阶段产生的[H]，经过一系列的化学反应，与氧结合形成水，同时释放出大量的能量。这一阶段需要氧的参与，是线粒体内膜上进行的。

概括地说，有氧呼吸是指细胞在氧的参与下，通过多种酶的催化作用，把葡萄糖等有机物彻底氧化分解，产生二氧化碳和水，释放能量，生成大量ATP的过程。同有机物在生物体外的燃烧相比，有氧呼吸具有不同的特点：有氧呼吸过程温和；有机物中的能量经过一系列的化学反应逐步释放；这些能量有相当一部分储存在ATP中。

相关信息

这里的[H]是一种十分简化的表示方式。这一产生[H]的过程主要是指氧化型辅酶I (NAD^+) 转化成还原型辅酶I (NADH)。



▲ 图 5-9 有氧呼吸过程示意图



思考·讨论

有氧呼吸的能量利用特点

1. 在细胞内，1 mol 葡萄糖彻底氧化分解可以释放出 2 870 kJ 的能量，可使 977.28 kJ 左右的能量储存在 ATP 中，其余的能量则以热能的形式散失掉了。请你计算一下，有氧呼吸的能量转化效

率大约是多少，这些能量大约能使多少 ADP 转化为 ATP？

2. 与燃烧迅速释放能量相比，有氧呼吸是逐级释放能量的，这对于生物体来说有什么意义？

1 mol 葡萄糖在分解成乳酸以后, 只释放出 196.65 kJ 的能量, 其中只有 61.08 kJ 的能量储存在 ATP 中, 近 69% 的能量都以热能的形式散失了。人体肌细胞无氧呼吸产生的乳酸, 能在肝脏中再次转化为葡萄糖。

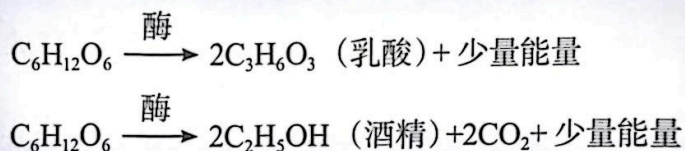
无氧呼吸

除酵母菌以外, 还有许多种细菌(如乳酸菌)能够进行无氧呼吸。此外, 马铃薯块茎、水稻根、苹果果实等植物器官的细胞以及动物骨骼肌的肌细胞等, 除了能够进行有氧呼吸, 在缺氧条件下也能进行无氧呼吸。一般地说, 无氧呼吸最常利用的物质也是葡萄糖。

无氧呼吸的全过程, 可以概括地分为两个阶段, 这两个阶段需要不同酶的催化, 但都是在细胞质基质中进行的。

第一个阶段与有氧呼吸的第一个阶段完全相同。第二个阶段是, 丙酮酸在酶(与催化有氧呼吸的酶不同)的催化作用下, 分解成酒精和二氧化碳, 或者转化成乳酸。无论是分解成酒精和二氧化碳或者是转化成乳酸, 无氧呼吸都只在第一阶段释放出少量的能量, 生成少量 ATP。葡萄糖分子中的大部分能量则存留在酒精或乳酸中。

无氧呼吸的化学反应式可以概括为以下两种:



酵母菌、乳酸菌等微生物的无氧呼吸也叫作发酵。产生酒精的叫作酒精发酵, 产生乳酸的叫作乳酸发酵。像这样, 在没有氧气参与的情况下, 葡萄糖等有机物经过不完全分解, 释放少量能量的过程, 就是无氧呼吸。

有氧呼吸和无氧呼吸都属于细胞呼吸。细胞呼吸是指有机物在细胞内经过一系列的氧化分解, 生成二氧化碳或其他产物, 释放能量并生成 ATP 的过程。所有生物的生存, 都离不开细胞呼吸释放的能量。

细胞呼吸除了能为生物体提供能量, 还是生物体代谢的枢纽。例如, 在细胞呼吸过程中产生的中间产物, 可转化为甘油、氨基酸等非糖物质; 非糖物质代谢形成的某些产物与细胞呼吸中间产物相同, 这些物质可以进一步形成葡萄糖。蛋白质、糖类和脂质的代谢, 都可以通过细胞呼吸过程联系起来。

细胞呼吸原理的应用

请你分析下面的资料, 了解细胞呼吸的原理在生活和生产中的应用。



有氧呼吸和无氧呼吸有哪些异同点? 请尝试设计简明的表格来比较。