

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

世界科技全景百卷书 (66)

认识微生物

 **eBOOK**  
网络资料 免费下载

## 认识微生物

## 微生物家族

### 微小世界的主角

提起细菌人们首先想到的是导致疾病、残害人命的病原菌，事实上病原菌只是细菌的一部分，大多数细菌能给我们带来很大的好处，生产味精、积累氮肥、净化环境都离不开细菌。

细菌是一类构造简单的单细胞生物，个体极小，必须用显微镜才能观察得到。它没有成型的细胞核，只有一些核质分散在原生质中，或以颗粒状态存在。所以，科学家们称它们是原核生物。

细菌的种类繁多，而且分布极广，地球上从 1.7 万米的高空，到深度达 1.07 万米的海洋中到处都有细菌的踪影。

凡是与空气接触的物品就会带菌，而细菌遇到有充足养料之处就能很快地生长繁殖。通常动物在出生或孵化前，体内是无菌状态的，然而在出生过程或孵化时很快地污染了母体或卵壳上的细菌，因而在极短的时间内，细菌就会布满其全身。这些细菌绝大多数是有益的，比如人和动物肠道中的细菌能协助分解某些食物。动物体内的组织通常是无菌的，除非病时被病原菌侵入。

细菌不仅种类繁多，它们的长相也各有不同，通常我们把细菌依它们的外形区分为 4 个类群：球状的细菌称为球菌，长圆柱形的称为杆菌，细胞略呈弯曲或弓形的称为弧菌，呈螺旋状的称为螺旋菌。

在球菌中，有的独身只影，称为单球菌，如尿素小球菌；有的成双成对，称为双球菌，如肺炎双球菌；有的四个菌体连在一起，称为四联球菌，如四联小球菌；有的八个菌体连在一起，似“叠罗汉”，称为八叠球菌，如藤黄八叠球菌；有的像一串串链珠，称为链球菌，如乳酸链球菌；也有的菌体不规则的聚集在一起，像一串串葡萄，称为葡萄球菌，如金黄色葡萄球菌等。

杆菌，又分为长杆菌，如乳酸杆菌；短杆菌，如谷氨酸生产菌 A.S1299；中型杆菌——介于长杆菌和短杆菌之间，如大肠杆菌等。有的杆状菌体能连在一起，称为链杆菌，如炭疽杆菌；还有的杆菌体能长出侧枝，称为分枝杆菌，如结核杆菌。

在弧菌中，最有代表性的就是霍乱弧菌。在螺旋菌中，常见的是口腔齿垢中的口腔螺旋体。除了这 4 类菌外，还有一类丝状细菌，其杆状菌体连成长链，外面围有共同的粘质衣鞘，形成丝状或毛发状，叫鞘衣细菌，这类菌常见于下水道或其他有机质丰富的水中。

如果我们把细菌切开来观察，细菌的最外层是结实的保护层，称为细胞壁，它包裹着整个菌体使细胞有固定的形状。其主要成分是肽聚糖。细胞壁的里面是一层薄而柔软的富有弹性的半透膜——细胞膜，它是细胞内外的交换站，控制着细胞内外的物质交换。细胞膜是由脂类、蛋白质和糖类组成的。细胞膜包裹着细菌的所有生命物质——细胞质，这是由一团粘稠的胶状物质组成，内含各种酶系统，是生化反应的场所，也是贮藏代谢产物的“仓库”。其化学组成主要是水、蛋白质、核酸和脂类等。在细胞质内，细菌具有一个核区，不过，这种“核”和高等生物不同，它没有核膜围绕，只是由遗传物质卷曲缠绕而成，其化学组成主要是核酸。

有些细菌除具有一般结构外，还具有特殊的结构：荚膜、芽孢、鞭毛。

某些细菌的细胞壁外，有一层粘液状、像果冻般的荚膜，具有保护细菌的功能，以阻抗细菌周围的化学物质的侵害。因此有荚膜的细菌不易用药物杀死。荚膜的成份因细菌而异，大多数是多糖或多肽。

某些细菌在其生长的一定阶段，于营养细胞内形成一个圆形或卵圆形的内生孢子，称为芽孢。芽孢是细菌的休眠体。其含水量低，壁厚而致密，对热、干燥、化学药剂的抵抗能力很强。因此，在食品、医药、卫生、工业部门都以杀死芽孢为标准来衡量灭菌是否彻底。芽孢能脱离细胞独立存在，在干燥情况下能活 10 年之久，当条件适宜时，芽孢就发芽长成新的菌体。但是，芽孢并不是细菌繁殖后代的方式，因为一个菌体只能产生一个芽孢。细菌繁殖后代并不像动物那样是由老子生儿子。它们极为简单，是由一个菌体直接平分就变成两个，两个继续平分就变成四个。因此，很难分清楚它们谁是老子，谁是儿子。在应用中，把它们的菌体细胞分裂一次叫做繁殖一代。

细菌的繁殖速度一般来说相当快，据科学家计算，按每 20 分钟细菌分裂一次，1 小时后一个细菌可变成 8 个，2 小时就可以变成 64 个，24 小时内可以繁殖 72 代，即 40 多万亿亿个细菌。如果按一个细菌重  $1 \times 10^{-13}$  克计算，那么，24 小时内一个细菌所形成的菌体重量将是 4000 多吨。当然，这种繁殖速度是我们人为计算出来的。实际上，微生物即便在人工提供的最理想的条件下，也很难维持很长时间。因为随着微生物数量的急聚增加，营养物质很快就会被消耗掉，出现“饥饿”现象。同时，在微生物新陈代谢的过程中，也产生了大量的代谢产物和废物。这些代谢产物和废物达到一定浓度后，就会抑制微生物的生长和繁殖。限于当前的技术条件，我们还不能完全做到及时地供给微生物所需要的营养，也不能及时地把微生物的代谢产物取出来。

在大自然里，微生物生长繁殖的速度就更慢了。因为外界环境条件复杂，因素多变，微生物往往由于营养缺乏，温度不适，氧气不足，过酸过碱等，使生长繁殖停止，甚至死亡。即使这样，微生物生长繁殖的速度在生物界里还是绝对冠军。我们把微生物繁殖速度快的这一特性用于生产中，为人类创造了不少的财富。

例如，在酒精生产中，人们利用黑曲霉把淀粉糖化，再利用酵母菌把糖变成酒精。一支小小的试管斜面上的黑曲霉，经过 4 天扩大培养后，可得到液体曲 30 吨。利用这 30 吨液体曲能糖化 500 吨淀粉，再利用酵母菌经过不到 3 天（67 小时）的发酵，就可得到 200 吨酒精。

有些杆菌和弧菌，在菌体上还能长出很细很长的丝状物，它能帮助菌体运动，我们称它为鞭毛。如果你用牙签挑一点自己的牙垢，在载玻片的一滴水中，涂抹一下，放在显微镜下观察，你可以看到许多运动着的细菌，它们不停地向各个方向挤、推、碰，在整个视野中乱串，很是热闹。只有长鞭毛的细菌才能运动，鞭毛菌运动的速度相当快，每秒钟可达 200 米，相当于菌体长度的 50 ~ 100 倍。

鞭毛是深植于细胞质中的运动器官，由于鞭毛的旋转，可使细菌迅速运动。一般的鞭毛菌，主要在幼龄时可以活跃运动，衰老的细菌，鞭毛易脱落，因而失去运动能力。鞭毛的长度可超过菌体若干倍，而其直径却只有细胞直径的 1/20，因此，不经特殊染色，在普通光学显微镜下难以看到。

通常球菌没有鞭毛，杆菌中有的有鞭毛，有的没有鞭毛，有的生长的某一阶段有鞭毛。弧菌和螺菌都有鞭毛。有的细菌不借助于鞭毛运动，如螺旋

菌就是借助于细胞中有弹性的轴丝体伸缩而使菌体运动的。

### 地位难定的病毒

生物界是包罗万象、类型多样的有生命的世界。从千姿百态的虫、鱼、鸟、兽，到五彩缤纷的菌、藻、草、木，它们以地球为家，水生土养陆栖空游，生生不息，洋洋大观。这个有生命的世界是如何演变的？有多少物种？各种物种之间存在着何种联系？这个问题历来受到人们的普遍关注。

关于生物界的系统联系与分界有多种提法。古希腊的亚里士多德，将生物界化为动物和植物两大类。以后德国学者海克尔从进化的观点出发，在动物、植物之外推演出原生生物界，以包括低等的单细胞生物，这是三界分法。本世纪以来，随着微生物学研究的逐渐开展，按照生物发生史和生物学原理，细菌与植物合为一界已很不合理。1969年魏泰克首先提出了五界系统。

“五界分类系统”同沿用近两个世纪的“两界分类系统”相比，无疑是一项巨大的、革命的进展。但由于仍未摆脱以有细胞形态的生物为分类对象的传统观念，致使一些非细胞形态的生物在该系统中没有得到应有的地位和反映。因此，在1969年以后曾有人提出应成立“病毒界”的建议，以便能更好地反映出生物界的全貌。

1979年，我国陈世骧提出了他拟定的“六界分类系统”。他的“六界分类系统”是在界的前面设立总界，即：真核总界、原核总界和非细胞总界，而把“病毒界”置于非细胞总界中。但这一合理建议似未受到人们的重视。

病毒这一类非细胞形态的生命物质与我们的生命活动及工农业生产密切相关，对于病毒的研究已成为一门独立的学科。

病毒是一类个体极其微小的个体，通常用纳米作为测量其大小的单位。某些最小的病毒，其直径只有20纳米左右，比最小的细菌还要小100多倍，不用说我们用肉眼看不到它们，就是放在普通光学显微镜下也很难看到，只有在放大到几万倍到几十万倍的电子显微镜下，人们才能看清它们的真面目。

然而，在用电子显微镜最后看到病毒以前的几十年前，人们就已猜测有病毒的存在了。巴斯德在研究狂犬病的时候，在人体内没有发现可能引起这种病的生物。但是，巴斯德并不认为他关于疾病由病菌引起的学说不正确，而认为一定是这种病的病菌太小，所以没法看到。他的推测是正确的。

1892年，俄国的细菌学家伊凡诺夫斯基曾研究过一种使烟叶生斑点的“烟草花叶病”。他发现，把感染了的叶子的液汁滴在健康的烟叶上，就能使后者传染上这种病。为了抓到这种病的病菌，他用孔隙细小到连最小的细菌也通不过的陶过滤器来过滤液汁。可是过滤后的液汁仍然具感染力，伊凡诺夫斯基当时认为，他的过滤器一定出了毛病，使得病菌通过了。

1897年，荷兰的细菌学家贝杰林克，重复了这个实验，得到了同样的结果。于是，他断定病原菌很小，小到能通过过滤器。他把病原菌称为“滤过性病毒”。直到1935年，美国的生物化学家斯坦利从烟草的提取液汁中获得了病毒的结晶，证实了病毒的存在。

本世纪30年代末，电子显微镜的发明，使人们看清了病毒的模样。

原来，病毒的结构非常简单，它们无细胞结构，主要是由核酸和蛋白质组成的。核酸只有一种类型（DNA或RNA），这是它与其他微生物的区别。

核酸位于病毒颗粒中心，构成核酸蕊子，外面则由蛋白质构成衣壳。有些病毒的衣壳外，还有一层包膜包裹，称为被膜，被膜上有刺突。核酸是病毒遗传变异和具有感染性的物质基础。

由于病毒的构造过于简单，甚至连生活中需要的最起码的酶系统都不完备，又不含水分，所以病毒缺少独立生活的本领，只有钻到别的生物的活细胞内，依赖于宿主细胞进行复制、繁殖。脱离宿主细胞便不能进行任何形式的代谢，在体外不具备任何生命特征。

病毒的种类很多，一定种类的病毒只能寄生在某种特定的细胞中才能生活。在生物界中，不论是动物、植物、还是细菌、放线菌，都可作为病毒的寄主。根据寄主的不同，可过把病毒分成 3 种：

寄生在动物细胞里的病毒，称为动物病毒。如人的天花、麻疹、流行性感冒病毒，以及马的传染性贫血病，鸡的瘟疫等等。

寄生在植物细胞里的病毒，称为植物病毒。如大豆花叶病、烟草花叶病、水稻矮缩病等。

寄生在细菌和放线菌细胞内的病毒，称为噬菌体。

噬菌体是在 1915 年被发现的，它们像其他病毒一样能够通过细菌过滤器。许多噬菌体都具有像蝌蚪一样的形状，有一个圆形或多角形的头部以及管状的尾部，末梢还有 6 枚尾丝。

噬菌体在侵染细菌细胞时，尾丝先吸附在细菌的细胞壁上，分泌一种酶把细菌的细胞壁溶解成一个洞，然后尾鞘芽到细胞中，像注射器一样的动作将头部的核酸注入到菌体中。这些噬菌体的核酸进入细菌的细胞后，便“夺了权”，由它们发号施令，指挥细菌细胞停止原来物质的合成，而制造噬菌体后代所需要的蛋白质和核酸，然后噬菌体的蛋白质和核酸装配成新的噬菌体，当噬菌体的数量增殖到一定程度后，细菌就会发生膨胀、破裂，进而死亡。这时大量的噬菌体“破壳”而出，蜂拥着四处游离，另寻其他细菌寄主。这个过程，包括从吸附到释放，一般只需要 20 分钟的时间，在一个菌体的细胞内就能复制出约 150 个噬菌体。

噬菌体虽然是吞食细菌的能手，但它们的吞噬技艺并非样样精通。一种噬菌体只能吞噬相应的一种细菌，例如，伤寒杆菌的噬菌体只能侵袭伤寒杆菌，对其他的细菌则无能为力。利用噬菌体溶菌力强、专性寄生的特性，可以对病人进行细菌学诊断。在临床医学上，口服或外敷噬菌体制剂，可治疗或预防细菌感染。如用绿脓杆菌的噬菌体来预防某些疾病。例如，在医治烧伤病人时，最耽心的是绿脓杆菌感染烧伤面，就可以防患于未然。

除了噬菌体的应用给人类带来益处外，利用一些动物病毒（如脊髓灰质炎病毒、麻疹病毒等），经过人工处理后制成的疫苗，用于预防接种，为人类带来了巨大的好处。另外，在农业上，利用病毒制剂防治农业和林业的病虫害，不仅安全有效，而且减少了污染，有利于环境的保护。有些病毒还可用来提高植物的经济价值。例如，菊花中的“绿菊”、牡丹中的“绿牡丹”、黄杨中的“金心黄杨”，它们都是遭受病毒侵害的花和树，通过无性繁殖可以保持它们各自的颜色特点，增加它们的观赏价值，因为这些遭受病毒侵染的植物，它们的生长发育并不受到严重的影响。由此可见，在花卉园艺中，利用某种植物病毒去创造新的、美丽的、有观赏价值的植物“变种”，还是一个有希望的发展途径。

然而，多数病毒是重要的致病因子，人和动物的传染病约有 60% 是由病

毒侵染而引起的。例如，人的天花、麻疹、流感、脊髓灰质炎、乙型脑炎以及各种各样的癌和绝症（如艾滋病等）。它们通过水、空气、飞沫、微尘，直接或间接地进行传染。

被病毒侵染的植物不能正常地生长发育。当它发生在农作物和其他经济作物上时，轻则降低质量和减少产量，重则可以使一种作物绝产。例如，我国长江两岸主要的油料作物油菜上的花叶病，除造成油菜的大量死亡外，一般病株种子的干粒重仅及健株的  $\frac{1}{3}$ （即 0.9 克与 2.81 克之比），脂肪减少 10%；闽粤两省的柑桔黄龙病，使百万株柑桔减产或造成停止生产，从而影响了柑桔的出口和内销；分布在我国苹果产区的苹果锈果病及花脸，不仅使产量和品质大降，而且不适于销售及出口；大田作物上的小麦红矮病、小米红叶病及南疆的玉米“条纹”病等，每年都在经济上给农业造成重大的损失。

病毒只能在活的宿主细胞内繁殖，而不能在培养基上繁殖，这是病毒与细菌的不同之处。我们可以用化学方法得到病毒的结晶体，它像一般的化学药品一样，可以放置任何长短时间，丝毫不表现生命。但是，一旦进入到活细胞里，它们马上就显示出生命的特征，它可以极高的速度繁殖，造成对宿主细胞的危害。无怪乎有一时期，人们把病毒视为奇物，它们也许是处在生物界和非生物界之间的边缘。对病毒的研究不仅在我们的生产、生活中有重大的意义，在遗传学的研究中，也是遗传学家们手中非常宝贵的工具。

病毒是最小的生物吗？最好是先不要急于下结论。本世纪 70 年代，发现了一种比病毒更小、结构更简单的生物，叫类病毒。类病毒比已知的最小病毒还小 80 倍，它的身体中连最重要的蛋白质也没有，只是由一个非常短的任何类型或性质的保护壳的 RNA 线组成。类病毒中 RNA 由不超过 150 个核苷酸组成，整个身体的分子量已经相当于没有生命的、大的有机分子。已知类病毒同几种植物病害有联系，包括马铃薯细长块茎病及菊花的一种矮化病。最近，有一种致病物甚至比已经发现的类病毒更小，暂时把它叫做 Prion。这种“生物”似乎只是含有一种蛋白质。它被认为可以导致羊的一种神经病——擦伤病，人的阿尔齐梅氏失调病也可能是由它引起的。新近的证据表明，Prion 可携带遗传信息，还可能激发不正常的细胞反应。

如果说类病毒是 20 世纪 70 年代在生物学领域中的一个新的重要发现，那么，Prion 应该算是 20 世纪 80 年代更近更新的重要发现。

## 说说真菌

在微生物家族中，真菌是最为庞杂的一支。它们种类多、数量大、繁殖快、分布广，与人类的关系极为密切。小型的真菌，只有在显微镜下才能一睹它们的芳容；较大型的真菌，如灵芝、香菇、木耳之类，已经大到人人可见。不过即使是真菌家族中最小的成员——酵母菌和霉菌，它们与细菌、放线菌相比，也要大几倍至几十倍。

真菌的细胞核不像细菌和放线菌那样没有核膜，而是具有典型的核膜，也就是说真菌已经是真核生物了。

目前，在自然界中已经发现的真菌不下六七万种，因此，真菌在经济上所蕴藏的潜在价值是巨大而多样的。作为食品，蘑菇、木耳、银耳、酵母等真菌营养丰富，益于健康，被喻为“上帝的食品”；作为药物，灵芝、猴头、多孔菌、虫草等真菌是名贵的中药和重要的抗癌药物资源。在工业生产上，

真菌的代谢产物如酒精、有机酸、核苷酸、酶、脂肪和维生素等广泛地应用于食品加工、制药行业等部门。有的真菌甚至能制造橡胶，合成高能量的发光化合物。在作物保护方面，真菌也有广阔的前景。当然，真菌也有其有害的一面，许多真菌能使大量的有机物、农副产品、甚至光学仪器和电器设备腐败、发霉，使人畜得病、作物减产。因此，深入地对真菌进行研究，用其利、避其害，这是微生物学的重要任务之一。

在日常生活中和工农业生产中与我们人类接触最多的真菌主要有酵母菌、霉菌和担子菌。

酵母菌是我国古代劳动人民应用较早的一类微生物。在大自然中几乎到处都有酵母菌，已发现的酵母菌达数百种之多。

酵母细胞的样子很不规则，有的圆形、有的椭圆形、有的圆柱形。它们的整个菌体也是只有一个细胞，通常要比细菌的细胞大 5 到 30 倍。有的种类单个细胞能互相连接在一起形成假菌丝体，也有极个别的种类能形成真菌丝体。酵母菌的菌落颜色比较单调，常为乳白色，外观与细菌的菌落相似但要大得多。

绝大多数酵母菌都是人类的好朋友，特别是在酒类酿造方面，已经有 4000 多年的光荣历史。直到今天，我国传统酿造的名白酒仍以“酒质优美，浓郁芳香，人口甘冽，回味悠长”而扬名天下。制酱油、做醋、发面包和做馒头等也都离不开酵母菌。酵母菌中含有丰富的蛋白质、维生素等营养物质，因此可利用酵母菌的菌体提取辅酶 A、细胞色素 C、凝血质、卵磷脂和多种核苷酸等贵重药物。近几年，酵母菌在石油脱蜡、酶制剂和发酵饲料等方面的应用也有了新的进展。

霉菌也是真菌中一类重要的微生物。它们喜欢潮湿（最适湿度为 85% ~ 95%）和较高的温度（最适温度为 25 ~ 30℃）。所以，夏天霉菌很容易在一些有机物质上生长繁殖，形成五颜六色的“绒毛”，这就是俗称的发霉现象。

我国古代劳动人民早在几千年前，就利用发霉现象酿酒、制酱、做豆腐乳等。目前，霉菌被广泛地应用在食品酿造、酶制剂，纺织印染、抗生素和有机酸等工业生产上。有的霉菌还被用在冶炼重金属和稀有金属上。

在工农业生产中，常用的霉菌有以下几种：

**根霉：**根霉主要形成糖化酶，是酿酒的糖化菌种。

**毛霉：**毛霉有分解蛋白质的能力，所以常用在豆腐乳、豆豉等食品的生产上。

**曲霉：**曲霉是工业生产中应用很广泛的一类真菌。目前，已经被利用的就有 50 ~ 60 种之多。除了利用曲霉酿酒、做酱油、制醋外，当前又广泛应用于酒精、柠檬酸、酶制剂和五倍子酸等的生产上。此外，曲霉也是丝、麻、棉秆脱胶和糖化饲料的菌种。

**青霉：**青霉是产生著名的青霉素的重要菌种，目前已知的就有数百种，除用于青霉素的生产外，还用于制造有机酸、葡萄糖氧化酶和淀粉酶等。

**木霉：**木霉是产生纤维素酶的主要菌种。它能把木材、木屑、麦秸等纤维素原料分解转化葡萄糖。这样可为国家节约大量的粮食。但目前纤维素酶的活力还不够理想，有待于进一步研究提高。

**白僵菌：**白僵菌是寄生的某些昆虫体内的真菌。它可用来防治农业和森林害虫，是已推广应用的微生物农药之一。

白僵菌的菌落呈白色，菌丝无色透明，有横隔并分枝，分枝顶端产生分



生孢子，分生孢子柄的小枝成多次直角形分叉。

白僵菌是家蚕的大敌，蚕得病死后成为白僵蚕。白僵蚕是一种贵重中药，临床上用作息风、镇惊，对腮腺炎、扁桃腺炎、癫痫、原发性高血压等也有一定的疗效。

此外，霉菌中的赤霉菌、链孢霉菌等，是农作物的有害菌，但是，这些有害菌又有有利的一面，例如赤霉菌是水稻的致病菌，但是其代谢产物赤霉素却又是作物生长的刺激素。

担子菌是高等的真菌，它的成员都是微生物世界中的“巨人”。担子菌形成的菌体大得和微生物的名称很不相称，所以在许多微生物书中并不介绍它们。像好吃的蘑菇就很大。在内蒙古草原上有一种灰色的很像圆石头的大马勃真菌直径就有约 17 厘米长。常横生在树干上的层孔菌就有扇子那么大。捷克曾发现一种真菌直径有 4 米多长，重达近 100 千克。

### 酵母菌的年龄与死活

酵母菌是一种单细胞的微生物，其细胞是由细胞壁、细胞膜、细胞质、细胞核、线粒体、核糖体等细胞器组成。当酵母年轻时，原生质充满整个细胞，长得健康、丰满，没有“空胞”，代谢能力旺盛；老年酵母，其原生质内就出现“空胞”，而且代谢也减弱；死的酵母，其代谢也就完全停止了。

若要判断酵母的年龄及死活可以制片在显微镜下检查。

取干净的载玻片，在载片中央滴 1 滴经稀释的酵母培养液，在培养液中滴加 1 滴 1% 次甲基蓝溶液，再加盖片，把多余的液体吸干，即可在显微镜下观察。这时，会看到一个“奇异的世界”。那一个个卵圆形的小生命，有的在欢快跳跃，有的则懒洋洋地躺在那里。有的呈深蓝色，有的呈浅蓝色，有的却无色透明。真奇怪！同一染液为什么会出现这种结果呢？其实，那些无色透明的小“东西”就是年幼的酵母，它新陈代谢旺盛，还原能力强，因此对滴在它身上的次甲基蓝具有很强的还原能力，所以细胞不被染色；浅蓝色的就是年老衰弱的酵母，它们年老体弱，还原能力也弱，因此细胞部分被次甲基蓝染上了浅蓝色；深蓝色的就是死了的酵母，由于死细胞已全部失去对次甲基蓝的还原能力，因此全部着色，而呈现深蓝色。

此外，还可以做这样一个对比实验，把经过培养的酵母菌液，按照上述方法另外制成一个载片，在加入次甲基蓝之前，先把载片在酒精灯上用微火加热（不能烤干），然后加入 1 滴次甲基蓝，盖盖片，用显微镜检查，染上深蓝色的死酵母是否明显增多，而活酵母是否显著减少。

总之，我们通过染色制片，从酵母的染色程度来判断酵母的年龄以及是死是活，这是一种简便易行的方法。

## 微生物生活趣闻

### 酵母菌的怪脾气

酵母菌的“怪脾气”就是它在有氧气和无氧气的环境条件下均能生长，而且在不同环境条件下，它“吃糖”之后能生成不同的产物。在无氧气的情况下，它将98%~99%的糖发酵生成乙醇和二氧化碳，剩余1%~2%的糖被自身细胞所利用。在有氧的情况下则进行有氧呼吸，将糖彻底氧化成二氧化碳和水。而且在此过程，比发酵产的能量多。因此，利用等量能源物质，酵母菌在有氧环境中得到的细胞产量，比缺氧时高得多，也就是说，在向发酵的酵母菌悬液通气的情况下，酵母繁殖迅速；而发酵减慢，乙醇的生产停止，这就是氧对发酵的抑制作用。这种现象首先是由巴斯德观察到的，所以也称为巴斯德效应。

我们了解酵母菌的“脾气”之后，应当在满足我们需要的同时，也要使它们“满意”。也就是说，当人们要想得到大量的酵母菌菌体，就应当进行通气培养，若利用它们产生酒精、啤酒时，就要采取隔绝或排除氧气的措施。

### 奇妙的噬菌体

世间万物都是相生相克的，即所谓一物降一物。大象这个庞然大物，偏偏最怕小老鼠；人，也被微乎其微的细菌折磨得痛苦不堪。但你是否知道，细菌也害怕比它还小得多的另一种微生物，这是什么呢？它就是噬菌体。

顾名思义，噬菌体专门对付细菌。噬菌体是病毒的一种，它个子很小，只有用电子显微镜才能观察到。

噬菌体有许多特性。它营寄生生活。噬菌体寄生在细菌体内，噬菌体对细菌的“兴趣”具有特异性。也就是说一种噬菌体只对一种特定的细菌感“兴趣”。例如大肠杆菌噬菌体，只寄生并“吞食”大肠杆菌，对别的细菌则不闻不问。

那么，噬菌体是如何噬菌的呢？这首先要从噬菌体的结构说起。噬菌体是由它的蛋白质外壳和被外壳包着的核酸（遗传物质）组成。它的尾部有几根尾丝，可以牢牢地吸附在细菌身上。当它吸附在细菌身上之后，就会分泌出一种溶菌酶，在细菌的细胞壁上溶解出小孔，把自身的遗传物质（核酸）注入到细菌体内，而它的蛋白质外壳却始终留在细菌体外。噬菌体的遗传物质（核酸）利用细菌的原料，以自己为样板，开始了复制工作。等到复制工作完成之后，噬菌体重新给自己和同伴们穿上蛋白质外衣。这时细菌已面貌全非，于是噬菌体就冲破了名存实亡的细菌细胞壁，成为一个个独立的新生噬菌体。噬菌体繁殖复制速度惊人，在15分钟至几小时之内就可完成，它们也正是利用如此迅速和大量的繁殖才能够得以生存。

噬菌体能吃细菌，是不是就有益无害了呢？其实不然。在我们利用一些有益菌类生产抗生素、酒精、醋酸、味精等产品时如果不幸感染了噬菌体，它们就会不问青红皂白一通胡砍乱杀，有益菌体也被消灭干净，这样，就会给我们带来巨大的损失。

由此我们可以看到，噬菌体的这一特性，对我们有利也有弊，我们只有透彻研究，才能做到心中有数，从而兴利除弊。

## 细菌的生活

细菌处处为家，无所不在。那么，是不是所有的细菌在任何地方都能安家落户，繁衍后代呢？并非如此。不同的细菌在对环境条件的要求上是有很大差别的。例如，对温度的要求，有的细菌在较低的温度下（15~18℃）能生长，甚至在-70℃下也能生存。有的细菌则适于在45~50℃的温度中生活，某种温泉细菌在90℃的高温下也能够生长。但是，绝大多数细菌的生长适宜温度是20~40℃，也就是适合在室温或人的体温环境下生活。

如同动物和植物一样，水分也是细菌细胞的主要成分。在一般情况下，细菌中水分的含量为75%~85%。如果缺少水分，细菌就不能正常生长和繁殖，因此，干燥的环境是不利于细菌生存的。

细菌的身体中除了水分，还含有蛋白质、糖类、脂类和无机盐等多种成分。细菌也必须从外界环境中吸取营养物质，来满足它们生长和繁殖的需要。

有少数细菌像绿色植物一样，不直接从外界获取有机物质，而从外界吸收二氧化碳等无机物作为原料，自己制造有机物。这类细菌叫做自养细菌。

大多数细菌以类似于动物获取营养物质的方式，直接从外界吸收有机物，供应身体的需要。这类细菌叫做异养细菌。因此，有机物丰富的地方，如肥沃的土壤，人们的各种食物，人和动植物体内外，都是这些细菌生活的好地方。

有些细菌在动物的尸体、粪便和植物的枯枝落叶体上生活，从那里吸取有机物，同时使这些动植物遗体腐败。这样的生活方式叫腐生。

有些细菌在活的动植物上生活，从它们身上吸取有机物。有的能使动植物生病。这样的生活方式叫寄生。

动物和人离开了氧气就要死亡，细菌可不都是这样。有的细菌只能在没有氧气的情况下生活，叫做专性厌氧菌。平时，在家庭中制作泡菜所利用的是一种乳酸杆菌，它就是专性厌氧菌。制做泡菜时，必须避免空气进入，这是为了防止氧气阻碍乳酸菌的活动。

还有一些细菌，在没有氧气的情况下能活动，在有氧气的情况下也能活动，这样的细菌叫兼性厌氧菌。生活在人和动物肠道中的大肠杆菌，就是这样的细菌。

许多细菌的生活是离不开氧气的，没有了氧气，它们就会死亡，这样的细菌叫需氧菌。土壤中的许多细菌就是需氧菌，它们能把土壤中的动物尸体、植物的残根落叶转变成肥料。对农田、菜地和花园的土壤，要经常松土，使它通气良好，有利于需氧菌的活动，才能提高土壤肥力，供给植物更多的营养。

## 细菌也能传宗接代

把一块馒头泡在水里，放在温暖的地方。过了1~2天，馒头有了馊味，有一小部分变粘了，这说明上面有了细菌；再过2~3天，变粘的部分扩大了，也许整块馒头都粘了，这说明细菌增多了。细菌是如何增多的？原来，细菌和动植物一样，也能繁殖后代。但是，它们繁殖的方式非常简单：一个细菌长大成熟了，就从中间裂开，变成两个。以后，以同样的方式，两个可以变

成4个。这种生殖方式叫做分裂生殖。大多数细菌20分钟就可以分裂一次，照这样的速度推算，一小时后，就变成8个，两小时后，变成64个，24小时内可以繁殖72代，也就是变成了4722000000万亿个细菌。如果按10亿个细菌重1毫克计算，多么，24小时内形成的细菌重量可达到4722吨！这是多么惊人的繁殖速度啊！若真是如此，地球将被细菌吞没。但是人们不必为此担忧，因为上面推算的结果，只是在完全满足细菌生长繁殖的所有条件时，才会出现。实际上这是不可能的，即使在人工提供的最好条件下，也难维持几小时。因为随着细菌的迅速活动，养分也会迅速地被消耗掉。在自然情况下，更不可能满足细菌群体无休止的繁殖的需要，会出现许多抑制它们生长繁殖的因素。

俗话说：“种瓜得瓜，种豆得豆”。动植物的亲代能够把它们的性状传给后代，这就叫遗传。细菌也是如此：球菌分裂生殖后，产生的后代还是球菌；杆菌的后代仍是杆菌；专性厌氧菌分裂生殖产生的后代，在有氧的条件，仍不能生存；而需氧菌的后代，必须有氧才能生活。

动植物下一代的性状与它们的亲代不完全相同，它们相互之间也有差别，这就叫变异。细菌的后代也同样会发生变异。人们在医疗中，如果长期使用某种药物，就会使致病的细菌产生抗药性。在现代生物技术中，人们可以用人工的方法改变细菌的性状。这些都是细菌变异的例子。

## 小小生命大胃口

在庞大的生物界里，要数微生物的个体最小，测量它们，必须用测微尺，以微米或纳米作单位。就细菌来说，细菌中最普遍的是杆菌，它们的平均长度为2微米，宽度只有0.5微米，所以有人推算1500个杆菌头尾衔接起来，仅有一粒芝麻长；60~80个杆菌肩并肩地排列成横队，只相当一根头发丝的宽度。别看微生物形体微不足道，但它们吃的东西却千差万别，有的微生物依赖于植物，先把各种简单的无机物转变成有机碳源之后才吸收利用，它们当中口味各异，例如放线菌对淀粉、纤维素、麦芽糖、葡萄糖、有机酸以及蛋白质“感兴趣”。酵母菌最喜欢吃的则是葡萄糖和麦芽糖，而对淀粉从来就不屑一顾，也有一些酵母菌对石油吃的津津有味。

很多微生物从来不吃现成的有机物，而是靠吃些二氧化碳气体，再经过一番自食其力的劳动、加工，变成它们的可口食物。这一切都说明微生物有着千差万别的习性。

微生物不仅口味各异，食谱广泛，而且“胃口”也最大。生物界里有个普遍的规律，即某一生物的个体越小，其单位体重所消耗的食物越多。这在恒温动物中表现最为突出，例如，有一种体重仅3克的地鼠，每天要吃掉与其体重相等重量的粮食；一种体重还不满1克的蜂鸟，每天要消耗比其体重大两倍的食物。一个微生物细胞，比起地鼠和蜂鸟来，不知要小多少。你可不要小看这些形体很小的“小个子”，我们知道，任何物体当它被分割得越小，其单位体积所占的表面积就越大。微生物就具有小体积大面积的特点，整个体表都具有吸收营养物质的功能，因而它们的“胃口”变得分外庞大。有人计算，在合适的环境下，大肠杆菌每小时可消耗相当其自身重量2000倍的糖。如果换算成人，以每年平均消耗相当于200千克糖的粮食计，则一个细菌在1小时内消耗的糖约相当于一个人在500年时间内所消耗的粮食。

微生物这么大的“胃口”！真可谓生物界之最。

### 细菌无口却能“吃”

细菌不仅无口，而且也不具备任何消化食物的器官，但它却具有生物体都有的新陈代谢作用。它和其他生物一样，不停地从外界吸取所需要的营养物质，用来组成自己的身体，同时，将自身的一部分物质加以分解，并将产生的最终产物排出体外。

那么，微生物都是如何摄取营养物质的呢？可以说，绝大多数微生物是以其整个身体或细胞直接接触营养物质，对营养物质的吸收主要是细胞壁和细胞质膜在起作用。细胞壁的结构有孔隙，在其孔隙大小允许的范围内一切物质可以自由出入，如水和无机盐等，说明细胞壁对物质没有选择性。真正控制物质进出的“关卡”是它的细胞质膜。细胞质膜只允许自己所需要的物质进入细胞，拒绝不利于自身生长的物质进入细胞。同时它对不同的营养物质采取不同的吸收方式，如对水、二氧化碳和氧气等小分子物质是靠扩散，这种扩散的动力是细胞内外物质的浓度差异，经细胞质膜而进入细胞。另外一些物质是靠酶起作用的，这种酶叫透性酶。它在膜的外表面时可以与环境中的物质结合，当把物质转运到膜内时，又将这些物质解离下来，这个过程并不消耗生物能，称为辅助性扩散。如细菌吸收甘油等都是靠这种方式。另外，微生物还可以积极主动的吸收营养，也就是说，当它身体需要某些营养物质时，虽然这种物质在细胞内的浓度已经远远高于环境中的浓度，但细胞仍然能够从环境中吸取，以满足自身的需要。微生物的这种“本领”不仅要靠酶的帮助，而且还要消耗能量。例如大肠杆菌在以乳糖作碳源时，细胞内比环境的乳糖高 500 倍，仍有乳糖进入细胞。乳糖在体内高度累积，是依赖于 一半乳糖苷渗透酶，同时消耗代谢能量完成的。能量主要用来降低乳糖在细胞膜内与渗透酶的亲合力，使乳糖在细胞内释放，供微生物利用。

此外，还有很多微生物利用吞噬作用来摄取营养物质。

可见，微生物所以能够摄取营养物质，以及各种微生物为什么“口味”不同，产物不同，其奥妙就在于不同微生物细胞内含有不同酶系，因而具有不同吸收食物的方式和新陈代谢的类型。

### 细菌喜欢“浓妆艳抹”

大家知道，化妆品是人们用来滋润皮肤和保护机体的日用品。化妆品更为女性所喜爱，然而，当你以幽雅芬芳的化妆品进行浓妆艳抹时，怎会想到这些膏霜实际上也是许多微生物的良好培养基呢？

根据化妆品的性质和用途，可分为膏霜类、头发用品类和修饰用品类等。属于膏霜类的如雪花膏、奶液等；属于头发用品类的如发乳、洗头膏、染发剂等；修饰用品类的如唇膏、胭脂等。作为这些化妆品的原料，有动物、植物性的有机物，也有各种无机物。这些原料中含有很多微生物生长所需要的碳源、氮源、水分和微量元素。难怪微生物藏身于化妆品之中，进行“浓妆艳抹”呢！

另外，如果制造工艺不卫生，机械设备和包装容器被污染以及生产环境不清洁，或者原料本身就带菌，这种情况，只要温度适宜，污染的细菌就会

迅速生长繁殖，致使膏霜变质，乳化性被破坏，透明液状制品变浑浊，同时产生异味，发生变色。

近年来，许多高级营养性护肤膏等化妆品纷纷出现，如人们在化妆品的膏霜中添加了珍珠粉、人参汁、蜂皇浆等物质，无疑，它对滋润皮肤和增生细胞起到了良好的作用。也正因为它们的营养丰富，微生物就更加“喜爱”了，污染它的细菌种类和数量就更多了，因此，人们使用时更应特别注意才是。

## 无氧也能生存的微生物

人和高等动物、植物一样，不论处于何种生活状态，只要还活着，就在不停地呼吸。人能屏住呼吸最多不过几分钟，时间稍长，就会窒息而死亡。在呼吸过程中，又不能离开氧气。这同微生物相比，逊色太多了。

微生物具有高等动植物不具备的独特的呼吸作用。按照呼吸作用方式不同，微生物可以分为3大类：好氧型、厌氧型和兼性厌氧型。好氧型就同高等动植物一样，只能在氧气环境中生存，缺氧时则会导致死亡。而厌氧型就恰恰相反，它们只能在缺乏氧气或无氧环境中生存，氧气浓度稍高就无法生活。为什么同属微生物，却具有截然相反的呼吸作用呢？这要从呼吸作用的本质说起。

呼吸作用实质上就是生物氧化作用。生物体通过呼吸作用而获得能量。人体的各项生理活动都离不开能量，因此人和一切生物一样，生命不息，呼吸不止。好氧型生物的氧化过程必须有氧气参与，而厌氧型生物遇到氧气就会在细胞内产生过氧化氢，破坏生物体内的蛋白质和酶。厌氧型生物不是靠氧化有机物来获得能量，而是依靠有机物分解过程中不断脱氧来完成呼吸作用，通过生物氧化获得能量。

更为神奇的要算兼性厌氧型微生物了。它们在有氧无氧环境中都能生存，但是它们在不同的环境中以不同的氧化方式获得能量。例如酵母菌。在有氧环境中，酵母菌进行有氧呼吸；在缺氧环境中就进行著名的发酵。发酵实质上就是无氧呼吸，分解有机物生成乙醇和二氧化碳。这就是我们用酵母菌酿酒的原理。另外还有一种硝酸盐还原细菌，在有氧时可进行有氧呼吸，在缺氧可利用 $\text{NO}_3^-$ 进行无氧呼吸。

此外还有一个小分支，叫做微量好氧型微生物。例如拟杆菌属中个别种。它们适于在低氧浓度的环境中生存。可以把它划在厌氧和好氧之间，是一种过渡类型。

微生物具有十分独特的呼吸作用，这是高等动植物望尘莫及的。这些独特的呼吸作用，拓宽了微生物生存的空间环境，为微生物在生存竞争中得以生存立下了“汗马功劳”。

## 菌根

所谓菌根就是真菌与植物根系形成的特殊共生体。根据形态和解剖学的特征，又把菌根分为外生菌根和内生菌根两大类。

外生菌根的特征是真菌菌丝体紧密地包围植物幼嫩的根，形成菌套，有的向周围土壤伸出菌丝，代替根毛的作用。外生菌根的菌丝蔓延于根的外皮

层细胞间，大部分生长于根外部。外生菌根常可以在许多森林的树木根部发现，如松柏类、栎树等。这些外生菌根可以在土壤中吸收水分和养分供给植物利用，同时又能从植物根的分泌物中得到营养，这种共生关系使得植物更加茂盛，有些树种在没有菌根共生的情况下表现出生长不良。

内生菌根是真菌的菌丝体，主要存在于根的皮层薄壁细胞之间，并且进入细胞内部，不形成菌套。因此，具有内生菌根的植物，一般都保留着根毛。内生菌根较普遍存在于各种栽培作物中，如玉米、棉花、大豆、马铃薯等。这类真菌多属于藻状菌。它们侵入植物根后向细胞中伸出球形或分枝状的吸器，从根外表看不出有菌丝存在。具有内生菌根对植物体有什么好处呢？实验已经证明，含有内生菌根的植物生长良好，而且菌根还可以促进植物对磷的吸收。

### 菌捕虫和虫捕菌

土壤中微生物之间或微生物与其他生物之间有一种特殊关系，常常表现为颉颃，这种颉颃关系人们认为可能是由相克、竞争或捕食造成的。相克是指一个种被另一个种微生物的产物所抑制，这种产物有抗生素、毒素、有机酸、硫化氢等。竞争是指在某一环境中两个种为某一有限的因素而争夺。被竞争的环境因素包括营养、氧气和空间。捕食现象，在原生动物、细菌、真菌中都有发现，如粘菌捕食细菌，原生动物捕食酵母，真菌捕食线虫等等。

捕食现象中了解得比较详细的是半知菌中某些真菌捕食线虫。有人发现梗虫霉属的菌种可以分泌一种粘液，当任何接近它的线虫经过时，就被粘附于菌丝体上，于是菌丝就伸入线虫的皮层内组织，菌丝在线虫体内膨大吸取营养，直至线虫死亡。

另外，原生动物捕食酵母菌常常通过草履虫可以观察到。将酵母菌染上红色后和草履虫放在一起，在显微镜下可以清楚地看到草履虫食物泡中的红色酵母细胞。这便是虫捕食菌的现象。

### 微生物的斗争

大家知道，在泡制酸菜时，不论蔬菜上或水中都含有许多种微生物。最初它们都是自由自在地生长繁殖，这是因为不仅具有微生物生长所需要的营养、水分和温度，同时还有适合它们生长的一定的酸碱度环境。随着乳酸的增多，乳酸杆菌却把其他细菌统统杀死，而自己独霸一方。

在栖所内，微生物所需要的共同营养越缺乏，竞争就越激烈。例如，两种硅藻混合培养，它们的混合培养率与分别单独培养相同。但每种藻所达到的最高密度都会因为另一种藻的存在而降低，这是因为它们对共需的、有限营养进行竞争吸收的结果。两种微生物相互竞争中，若一个种的生长速率较快，则经若干世代后它将取代另一个种而取得优势。例如在啤酒的酿造中，野生酵母的生长速率就比培养酵母的快，所以酵母的回用代数是很有限制的，否则野生酵母数就会大大超过培养酵母，使啤酒酿造无法正常运行。

我们可以看出，当两种微生物对某种环境因子有相同的要求时，就难免不发生竞争，这是为什么呢？其主要原因是由于生物的群体密度大，生活世代短，代谢强度大，所以竞争激烈。另外，微生物学家还发现一个规律，即

在一个小环境内，不同时间将会出现不同的优势种，这种优势微生物在某种环境下，能最有效地适应当时的环境，而当环境一旦变化，就可能被另一个种代替并发育成新的优势种，这就是微生物间相互竞争，也就是“你死我活”的“斗争”结果。

### 微生物之间谁也离不开谁

微生物与动物以及微生物与植物之间的互惠互利现象在自然界中广泛存在。例如在白蚁、蟑螂的肠道里生活着微生物，它们能分解昆虫吃进肚子里的木材，把木材变成糖类供给昆虫利用。昆虫不仅为肠道微生物提供了生活的场所，而且在昆虫脱皮时能产生一种脱皮激素，这种激素可以促使微生物产生配子，进行有性繁殖。微生物与植物的互惠互利也很多，例如豆类和根瘤菌的共生，可以提高土壤肥力。

发酵工业的核心就是培养微生物，使之产生人们所需要的产物，并且要高产、优质。为此，了解微生物之间的相互关系就显得十分必要。在微生物这个大家族的成员中，它们之间不仅有颀顽、竞争，同时还存在着互惠互利，相依为命的关系。例如，阿拉伯糖乳杆菌不能自身合成苯丙氨酸，因此，不能在缺少这种氨基酸的培养基中生产；粪链球菌自身不能合成叶酸，因而在缺少这种维生素的培养基中生长。但把这两种菌混合培养在既无苯丙氨酸又无叶酸的培养液中，它们都能生长，因为它们能相互提供各自生长所必需的营养物质，一种菌将产生的物质扩散到培养液中，供另一种菌利用。

在土壤中，单一的纤维素分解细菌的分解能力不及混合多种菌有效。这些不同种之间的相互关系还不仅是营养上的互惠关系，还是由于混合菌的共同生活创造了一个有利于纤维素分解的物理或化学条件。例如，用三种分解纤维素的高湿厌氧菌，其中仅有一种可以单独分解纤维素，而另两种只能明显地改变纤维素的分解速度。由于这三种菌都是厌氧菌，其中两种不分解纤维素的菌种，可以利用分解纤维素的过程中所产生的毒素物质，如乙醇或乳酸等，这样就有利于纤维素分解细菌的继续生长和对纤维素的分解。

从以上可以看出，这些微生物之间之所以谁也离不开谁，是因为它们能够互惠互利，谁都“不忘恩负义”。了解它们的相互关系，使我们知道，在发酵工业中不仅可以采用单一菌种的纯培养，而且还能利用两种或更多菌种的混合培养来创高产、优质的代谢产物。

### 昏睡 2000 年的微生物

微生物在不良条件下很容易进入休眠状态，产生特殊的休眠结构。尤其在人们给予干燥、低温、缺氧、避光、缺乏营养并加入适当的保护剂等条件时都有利于微生物的休眠。微生物休眠对菌种的保藏是十分有利的。

在自然条件下，炭疽杆菌的芽孢可存活 10~24 年。在实验室条件下，有人用土壤保存了 1234 株杆菌，经 15 年后仍有 95.5% 存活。有些细菌的芽孢在实验室条件下，可存活 40 年或更长。有人把米曲霉的分生孢子风干，存放 30 年后尚能存活。利用冷冻干燥法，一般细菌可藏 5~15 年。

据报道，有的芽孢经 500~1000 年仍有活力。1981 年有人报道，前苏联乌拉尔山西麓彼尔姆州“五一”农庄的奶牛，在接触过一个考古遗址后都患



了奇怪的炭疽病。经证实，这些奶牛是感染了该地 1000 年前曾流行的炭疽病菌的芽孢之故。

1983 年，埃及考古部门在开罗南部的一个墓穴里，发现了一些干酪片，经研究，这种距今 2200 年前的食物中竟含有活的发酵菌。在埃及甚至还报道过在三四千年前金字塔中的木乃伊上至今仍有活的病菌。

### 微生物的生存绝招

微生物是地球上最古老的生命。它们的个体非常微小，生存的环境经常变化，这将导致微生物个体的大量死亡。但是，亿万年来，微生物世界逐步发展壮大，丝毫见不到衰败的迹象。微生物是如何在残酷的生存竞争中立于不败之地的呢？

微生物有其生存的特殊本领。首先，它们的繁殖能力实在惊人。许多微生物只需 15~20 分钟即可繁殖出下一代，按照这样的速度繁殖，难怪微生物具有种类多、数量大、分布广的特点。虽然由于环境影响和自身的作用，大批新生菌都死亡了，但还是有大量微生物能生存下来，使它们能“香火”不断。

其次，微生物适应环境的能力也很强。人类能够生存的温度范围就在  $\pm 40$  之内，而有些耐寒病毒可以在  $-190$  依旧生活自如，而耐热微生物可以在  $60\sim 70$  温度范围内生存。微生物对空气的要求有需氧型，也有厌氧型，因此即使在缺氧的恶劣环境中也有大量厌氧微生物生存，做为整个微生物世界来说，又增加了生存的机会。微生物能在 8 万米的高空中，4000 米的深海中出没，这更令人赞叹不已。

微生物还有独特的有利于生存的休眠本领，即有些微生物在一定阶段，它们的原生质会浓缩，外面生成厚厚的外壁，叫做芽孢。芽孢可以抗干燥、抗高温、抗化学药剂。一个芽孢甚至可以独立生存十年至几十年，一旦环境条件适合，它又会重新恢复原来的“面貌”，这种“本领”在生物界是独一无二的。

微生物的食性非常繁杂，它们有的吃动植物的尸体，有的吃人类的残渣剩饭，有的吃纸，有的吃塑料，甚至有些微生物只吃点空气中的二氧化碳也就够了。这样广泛的食谱，在自然界实属罕见。微生物寻找食物可谓易如反掌，难怪它们能在各种环境中生存。

## 微生物与食品

### 酒的酿造

酒，是人们喜爱的一种饮料，因为它具有特殊的提神、兴奋的作用，少量喝酒还可以舒筋活络、解除疲劳。如果在白酒中加入虎骨、人参、蛤蚧等，还可以治疗一些疾病。所以酒实际上已经成为我们生活中不可缺少的东西。

在我国酿酒的历史悠久，据推算至少已有四五千年的历史了。酒的种类也非常多，按其原料和酿造工艺的不同，可分为白酒、黄酒、葡萄酒、果露和啤酒。不管什么酒，都是通过微生物酵母菌的发酵作用而得来的。能造酒的微生物主要是酵母菌，它们在无氧条件下，先将原料中的糖类经过叫做双磷酸已糖的途径(简称为E—M途径)分解变成丙酮酸。这条代谢途径很重要，包括人在内的绝大多数生物的碳源利用，都是沿着这条途径进行的。酵母菌将丙酮酸进一步发酵就成了酒。

自然界中含有现成糖类的原料很少，大都是含有糖类的淀粉。可是，酵母菌因为不会产生消化淀粉的淀粉酶，所以它不能直接利用含淀粉的原料。我国古代劳动人民在长期劳动实践中，创造出独特的酿酒工艺。拿白酒为例：首先进行制曲，即用部分淀粉原料与一些霉菌——曲霉(主要是一些黑曲霉、黄曲霉和红曲霉)和根霉混合制成。再利用曲中的微生物淀粉酶将淀粉水解成糖(称糖化)，然后再利用酵母菌在厌氧条件下把糖转变成酒精(称酒精发酵)。像这样利用几种、甚至几十种微生物同时进行发酵是我国特有的发酵方法。从现代微生物学的观点来看，利用曲进行酿酒，实际上是一个先后利用两类微生物的生理活动进行酒精发酵的酿酒工艺，它不但在世界酿酒史上是最早把霉菌应用到酿酒业中，而且对现代工业微生物学的发展也有一定的意义。

我国的各类名酒其芳香味道不同，其主要原因就是应用的霉菌、酵母菌的种类不同。这些微生物都有自己特定的酶系统，使酿造的工艺和成品质量各有千秋。汾酒是以清香风格闻名，泸州特曲又以芳香浓郁、爽口甘冽著称，这都是由于微生物发酵时产生的类物质的差异造成的。

在我国根据微生物发酵时产生的酯类差异把白酒分为四种比较典型的香型，清香型、浓香型、酱香型和米香型，前边提到的山西汾酒是以乙酸乙酯为主体的清香型，泸州特曲属浓香型，而驰名中外的茅台酒则属酱香型。

酒的种类很多，酒的名字也五花八门，有的酒是按原料取的，如葡萄酒、高粱酒；有的按产地取名，如汾酒、孔府家酒；有的按酒色取名，如白酒、黄酒；但不论什么名称的酒，又大致可分为“高度酒”和“低度酒”两大类。所谓高度酒，是指乙醇含量较高的饮料酒，一般称为白酒，如北京的二锅头酒，酒精含量可达到65%。

其实在酿酒中，由于酒对微生物有杀菌作用，所以酿造时酒精的含量较低，一般不到15%，酒的浓度如果再提高，酵母菌就会难以生存。人喝的高浓度的酒是用加热的办法获得的，所以又有烧酒之称。酒在78℃时就能变成汽体跑出来，而水要在100℃时才能变成汽体。利用酒的这个特性，将低浓度的酒加热，控制一定的温度，只让酒跑出来而留下水，然后把蒸发出来的酒冷却，就得到了高浓度的酒。在古希腊时也有用这种原理制酒的。“威士忌”就是一种谷物的烧酒，“白兰地”是由葡萄酒加热制成的。工业上用的

酒精也是这样制造的，它含水量极少，纯度很高。不过工业用的酒精常用甲醇、吡啶、苯或乙醚使之变性，又叫变性酒精。

### 色美味佳的葡萄酒

当你走进生产葡萄酒车间的大门，就会高兴地看到那一串串的葡萄“坐在”传送带上，通过一排排“喷泉”，把它们身上洗得干干净净，然后送上葡萄破碎机，很快就变成了葡萄浆，不久，葡萄浆就变成了酵母菌的“美味佳肴”。酵母菌吃了葡萄浆里的糖之后，排出乙醇和二氧化碳。这时，池里的气泡不断往上冒，逸出的二氧化碳将葡萄皮及籽冲到表面，生成很厚的浮渣，这就是发酵现象。浮渣与空气接触面积大，而且含有很多酵母，所以发酵非常快，加上热量不易散发，温度很快上升，不利于酵母繁殖，而且浮渣隔绝了发酵液中二氧化碳的排出和氧气的输入，会影响发酵的正常进行，所以每天必须将浮渣与发酵液充分混合几次，这样还可以促进果皮和种子中所含的色素、单宁以及芳香成分的抽出。发酵过程中维持温度在 25—30℃，经过几天的旺盛发酵，因糖分的减少而使发酵作用逐渐缓慢下来。以上过程为前发酵。

前发酵结束后，除去残渣并压榨过滤，将过滤出的未成熟的新酒再进行后发酵。

后发酵一般是在贮酒桶中完成。贮酒桶放在发酵室内，温度一般控制在 10~15℃。这时酵母菌的活动慢慢变得微弱。经过以上过程得到的酒汁经一定时间的贮存陈酿，然后配制、澄清、过滤、装瓶，便可得到成品——红葡萄酒了。

白葡萄酒的酿制方法与红葡萄酒的酿制不完全相同。首先是原料不同，红葡萄酒的原料是红葡萄，而白葡萄酒一般是用糖分很高的白葡萄制成的。如我国的张裕 60 号葡萄就是白葡萄酒的优质原料。另外，酿制方法也不尽相同，红葡萄酒是带葡萄皮一起发酵，让色素单宁尽量浸出；而白葡萄酒则是仅取葡萄汁进行发酵。除此之外，白葡萄酒的酿制要求比红葡萄酒更严格。但它们的发酵过程基本相同，而且都需加入一定化学药物，只有这样才能抑制由果皮带入的杂菌，才能酿制出色、香、味均佳的葡萄酒。

### 用纤维素来制造酒精

酒精除一小部分用作饮料外，大部分用于其他工业。酒精的主要用途是作溶剂和原料。作为溶剂，用以制造染料、药物、塑料及油漆等；作为合成其他化合物的原料，它可以制备乙醚、乙酸、合成橡胶以及各种酯类。

用来制造酒精的原料，主要是淀粉和糖蜜等。用淀粉作为原料制造酒精，先要请曲霉、根霉或毛霉来帮忙，它们能把淀粉变成糖，然后再由酵母菌发酵把糖转化成酒精。但糖和淀粉都是我们生活所必需的物质，为了节约粮食，人们开始探索生产酒精的新途径。

纤维素虽然也是由许多葡萄糖分子连接起来构成的，但是它同淀粉在结构上大不一样，而且分子量要比淀粉大得多，通常它的分子长链中大约含有 1 万个以上的葡萄糖分子，这就是说，它很难被微生物所分解利用。

用纤维素作原料来生产酒精，须先用纤维素酶作用这些原料，把它们分

解成糖类，然后再用酵母菌发酵使它们变成酒精。目前，在生产中利用绿色木霉、黑根霉菌分泌的纤维素酶，成功地用纤维素生产出了酒精。

## 啤酒的由来

啤酒，是人们喜爱的饮料，粤语将其读作“卑酒”，这是百分之百的译音。因我国无此酒，便突出它们的主要原料是“麦”，称之为“麦酒”（当年的驻外使节、游历官员所说的“麦酒”均指此物），上海方言中，它的读音是“皮（啤）酒。”

无论是“啤”、“卑”、“皮”都是 Beer 的音译，其实 Beer 也不是英语，乃是德语 Bier 的转化。虽然德国的慕尼黑有“啤酒”之乡的美称，然而啤酒也并不起源于德国，古埃及和巴比伦的居民早在几千年前便已开始用大麦酿酒，后来经由希腊人和罗马人传入欧洲，大概在公元纪元前不久，在今天属于法国的地方，出现了一种“塞尔瓦兹酒”，它是用大麦、燕麦或裸麦酿造而成，酒精的度数比现代啤酒高得多，但它是可以稽考的今天啤酒的远祖。

无论啤酒起源于哪里，它已成为我们今天生活中不可缺少的饮料。那么啤酒究竟是一种什么酒呢？实际上啤酒是以麦芽为原料、啤酒花为香料，经过糖化发酵而制成的。它含有丰富的营养和二氧化碳及少量乙醇，属低酒精度饮料。

以我国著名的青岛啤酒为例。青岛啤酒是选用浙江、河南优质的两棱大麦、大米和著名的青岛啤酒花和崂山矿泉水精心酿制的。酒液呈浅黄色，清澈透明，味道纯正爽口，苦中带甜，具有明显的酒花和麦芽香味。它除了含有原料中的营养成分之外，原料经过糖化、发酵后，大大提高了营养价值，其中含人体必需的 8 种氨基酸。另外，据推算，1 升啤酒所产生的热能相当于 250 克面包或 800 毫升牛奶所产生的热量，所以啤酒有“液体面包”的美称。

此外，啤酒中的酒花浸出物和鲜啤酒中的酵母等都有健胃、助消化和利尿作用，酒液中的二氧化碳和酒花所产生的爽口的苦味相互配合，还有增进食欲的功效。

有一点需要说明，啤酒有 11 度、12 度、14 度之别，一般人都以为这是说它所含酒精的度数，其实不然，这里的“度”是指麦芽汁的浓度，“12 度”是指每公斤麦芽汁含有糖类 120 克，这样啤酒所含的酒精，多半是 4.4 度（一公斤啤酒含 44 毫升）。麦芽浓度在“18”、“20”之间的，即“黑啤”它所含酒精常在 4~5 度之间。麦芽汁浓度在 7~9 度的通常称之为“淡啤”。

何为“淡啤酒”呢？原来，美国人把啤酒称为“Ale”。这个本为萨克逊语的字，原指未经加入“忽布”（hop 即酒花）的麦酒。现在则指比较淡的啤酒。Ale 是比较文雅的说法，大多数人均称为“淡啤酒”为 Small Beer。

“忽布”是 Hop 的译音，现在把它叫做“酒花”、“香蛇麻”，是一种多年生、缠绕的草本植物，有雌雄之别，酿造啤酒时只用它的雌花，不用雄花，在花的基部附着有称为酒花香脂的黄白粉状脂质体，它是由树脂、芽香油及苦味物质所组成。啤酒所特有的苦味，来自酒花中的“苦酸乙”，醇厚的香味，来自它的芳香质树脂。

啤酒的生产，自从有了啤酒花并把啤酒花应用到啤酒生产之后，有了很

大的进展。啤酒花的优点很多，可以抑制乳酸菌等微生物的生长、延长啤酒的存放时间，增加啤酒中的苦味和香味，产生雪白的泡沫，喝起来清凉爽口。此外，啤酒花还有强心、镇静和抗结核的功能。因而对高血压、肾脏病引起浮肿的病人，以及心脏病和结核病患者，如适当饮用一些啤酒，可起到辅助治疗的作用。

啤酒的种类很多，其生产工艺也不尽相同。从大麦制成啤酒是一个比较复杂的过程。这主要是发酵世界里的各种“魔术师”分工合作的结果。一般是先把大麦制成麦芽。把大麦浸于水中2~3天，让它们慢慢地“胖”起来，再把它转移到有一定温度和湿度的“房子”里，几天之后，它就慢慢地吐出绿色的麦芽。这时，麦芽上形成了大量的淀粉酶。这些淀粉酶悄悄地“爬进”麦粒里，把贮存在麦粒里的淀粉溶解（即液化）并糖化，从而形成了大量的麦芽糖。此外，还有一些蔗糖。接着，麦芽就被运去加温烘干。根据啤酒种类的不同要求，麦芽烘干有低温干燥（做浅色啤酒用），也有高温干燥（做黑啤酒用）。说明麦芽的干燥对啤酒的风味、色泽均有很大影响。

其次，要选择啤酒用水。水是啤酒的主要成分之一，优良的水不应当合影响糖化发酵的杂质，优良的水能提高酒的质量并赋予酒独特的风味，例如我国的青岛啤酒，捷克斯洛伐克的比尔森啤酒之所以品质优良，是和该地区的水质分不开的。除此之外，酿造啤酒还与啤酒花和对酵母的培养管理等因素有关。

那么，怎样将这些原料酿制出啤酒呢？具体做法是先将麦芽制成麦芽汁。把麦芽与水混合，磨成砂粒大小的麦芽粒，在温水中浸泡，并长时间搅拌，使含有麦芽粒的麦芽糖、蔗糖等溶解于水中，这时麦芽中的淀粉由于淀粉酶的活动进一步产生更多的麦芽糖，但淀粉还有一部分作为糊精留在麦芽汁中，因为啤酒是低度酒精，所以在啤酒的制造中，只需糖化60%左右的可发酵的碳水化合物就够了，其余的碳水化合物则作为糊精留下，使它赋予啤酒更大的营养价值。麦芽汁煮好后，即进行澄清、过滤。在澄清的麦芽汁中加入啤酒花煮好后，按发酵类型的要求迅速冷却到适当的温度，再根据对麦芽的浓度要求进行稀释，接入啤酒酵母进行发酵。

啤酒酵母来到麦芽汁之后，由于酵母本身就含有丰富的麦芽酶，先把麦芽糖分解成葡萄糖，接着又“大口吞吃”葡萄糖，排出乙醇和二氧化碳。这个过程叫做啤酒的前发酵。这时仍有残余的糖，因此还要进行后发酵，使酒中的二氧化碳增多，啤酒清澈及纯化。啤酒的后发酵是在密闭罐中进行的，时间长达1~4个月之久，温度在0~2℃。后发酵结束，即可过滤、装瓶、杀菌（生啤酒不杀菌），这就是市场上出售的啤酒。

## 酱、酱油和豆豉

酱、酱油和豆豉等是我国人民首创的调味品。在世界酿造史上独具一格。早在周朝时期（约2900年前）它的制作就已经很发达了，后来相继传到了越南、日本和其他国家。目前，已成为许多国家不可缺少的调味品。

做酱所用的原料很多，酱的种类也很多。用豆类可做成豆酱，小麦粉制成面酱，大米制成米酱，肉类制成肉酱，还有鱼酱、虾酱、花生酱、西瓜酱等名目繁多、不胜枚举。做酱和做酒有点相似，也是先要做曲，不同的是制曲时控制的培养条件不同，生长的微生物种类也不一样，常见的是霉菌、酵

母菌、乳酸杆菌。随着酱的种类不同，在制作方法上也各有千秋。拿米曲酱来说，它是先将米洗净、浸泡、蒸熟，再接种霉菌。这时米要含一定的水分以使霉菌生长得好，但不能过湿，否则细菌就会繁殖起来。经过一段时间的培养就成了曲。然后将曲和豆混合，混合前豆要经过磨碎、浸泡、蒸熟灭菌。在 28℃ 下培养，接着升温到 35℃，再过一段时间就能造成一种厌氧的环境，这时曲中霉菌的菌丝死亡，而耐高温的酵母菌生长起来进行发酵，发酵结束后就成了食用的米曲酱。

从汉代开始，我国劳动人民就懂得了用豆、麦混合制成豆酱，可使得酱的味道更加鲜美的道理。从今天微生物学的观点来看，用豆、麦混合作原料，更加丰富了曲霉菌、酵母菌和细菌所需要的营养物质，更适合发酵微生物的生长繁殖，从而生成营养丰富的豆酱。

古代劳动人民在利用微生物制酱的同时往往以从酱的上都取出一部分酱汁作为调味品，这种香味独特、红褐色、有光泽、味道鲜美的液体，就称为酱油，现在酱油的生产工艺，就是由此演化，发展而来的。

首先将大豆或豆饼蒸熟，加面粉或炒过的小麦，使黄曲霉、米曲霉等生长繁殖制成曲。加食盐和水，经过酿造后，压榨成汁再经调制就成为酱油。

在酱油的酿造过程中，小麦中的淀粉首先被曲霉分解成糖分，再被酵母、曲霉、细菌等发酵成酒精、有机酸和氨基酸等。所生成的酒精再与有机酸结合变成酯类，这就是酱油的香味的由来。原料中的蛋白质被微生物的蛋白酶分解后，可以生成多种氨基酸，它可与碱结合而形成盐类，这些也是酱油中香味成分的来源之一。原料中的多糖被酵母菌、细菌发酵后，其产物与氨基酸结合则形成了酱油的颜色。

用豆类发酵时如果豆煮的程度比制酱时轻得多，不像制酱那样成泥状而是颗粒状，这时豆中蛋白质的变性和淀粉糊化的程度较轻。在发酵时曲的用量也不像制酱那样多、发酵时间也不像制酱时那样长，使豆的水解程度远比酱低得多，这时就能制成和酱绝然不同风味的另一种好吃的食品，叫豆鼓。豆鼓既可单独作汤，又是烹调鱼、肉时的调味品。

豆鼓不仅味道鲜美，而且营养丰富，这主要和豆鼓中的豆鼓菌有关。豆鼓菌是一种有芽孢的细菌，它进入肠道里，与乳酸菌一样，能驱除肠里有毒的腐败菌，并能促进新陈代谢与净化血液。如果胃肠功能衰弱或是腹泻时，只要吃豆鼓或者给豆鼓浇上热水，饮其汁就有很好的疗效。

食用豆鼓对人体有益无害，过年时，人们都喜爱吃抹豆鼓的粘糕，奇怪的是，吃的过量也不会积食。这是因为豆鼓菌已经把大豆蛋白分解为氨基酸，不用消化器官再去消化。再有，豆鼓菌里含有的胰蛋白酶的蛋白质分解酶也会减轻胃的负担。

豆鼓的另一大优点是维生素 B<sub>2</sub>、维生素 B<sub>12</sub> 的含量比生大豆多，尤其是维生素 B<sub>2</sub> 的含量是生大豆的二倍，100 克豆鼓里竟含有 0.8~1.0 毫克的维生素 B<sub>2</sub>。这可以充分满足一个成人每天维生素 B<sub>2</sub> 的必需数量。

豆鼓是很好的健身食品，它没有因过量食用带来的副作用与障碍。因此，它是一种能放心食用的东西。可是，豆鼓毕竟是一种处于活动状态的食物，所以趁新鲜时候吃最好。但是不会因豆鼓菌的作用使豆鼓腐败，如果储存在冰箱里，长时间也不会变味。若是放置在恒温里，在豆鼓菌的作用下，蛋白质分解过程中，一种叫做酪氨酸的氨基酸结晶变成斑点而出现。但这种物质

是无害的，因而吃了也没有关系。不过因为豆豉独特的味道发生了改变，豆豉本身失去了平常的粘性，并且拔不出丝。所以，豆豉还是新鲜时吃最好。

## 豆腐乳和甜酒酿

利用霉菌还可以生产出豆腐乳、甜酒酿等一些我国人民喜爱的传统食品。

豆腐乳又名腐乳、酱豆腐。是餐桌上常见的佐餐食品，在我国具有悠久的历史。而且在长期的发展中，各地结合本身的特点，发展出了风味各异的许多品种。如南方的绍兴豆腐乳，北京的王致和豆腐乳等，都是家喻户晓、有口皆碑的佳品。

那么豆腐乳是怎样制作的呢？原来它是以大豆为原料，先制成豆腐胚（与做豆腐类似），再利用毛霉接种在豆腐胚上经发酵制成的。当毛霉在豆腐胚上发酵时，它可以把豆腐中所含的蛋白质分解成既易消化吸收又具有鲜味的氨基酸，同时还可以产生一些有香味的酯类。

接种上毛霉的豆腐胚，可以放在 15~20 的温室中，3 天后，豆腐胚上就会长满白色的毛霉菌丝。将互相连结的豆腐胚分开并抹倒菌丝，放入缸中，层层撒盐，腌制 13~16 天。加盐的目的，不仅可以起到防止腐败的作用，食盐还可以与豆腐中已分解的氨基酸结合成氨基酸钠，而使豆腐乳的味道变得更加鲜美。

豆腐乳制作的前期是保持适合微生物繁殖条件，使我们所需要的毛霉菌丝充分繁殖、生长。制作后期，还需添加各种不同的辅料，如红曲、黄酒、白酒、香菇、桂花及辣椒、大蒜等，装坛、封口，进行后期发酵，30 条件下，3 个月后可以制成品种多样美味可口的豆腐乳来。如金钩腐乳、桂花腐乳、香菇腐乳等。

我国生产的腐乳有白腐乳、青腐乳和红腐乳之分。当你看到红豆腐乳时，可不要以为杂了化学颜料，其实它是由红曲霉菌分泌的红曲加工而成，由于人们选用了不同的霉菌，采用不同工艺，因而使腐乳各具特色。

甜酒酿又称江米酒、甜米酒、醪糟等，它是用米饭和甜酒药（或称酒曲）混合，保温一定时间而制成的。其中起主要作用的菌是根霉，根霉是藻菌纲，毛霉目，毛霉科一属，由于其形态特征有假根，所以称为根霉。

根霉有  $\alpha$ -淀粉酶能使淀粉糊精化，又含有强的糖苷酶，而且不含糖苷转移酶，所以能将淀粉完全水解为葡萄糖。根霉能利用各种谷物原料生长，使淀粉糖化，所以不管是江米或大米煮成饭都是做甜米酒的好原料。再给予适合的保温条件，25~40 根霉就能繁殖糖化，但以 30 左右最好，温度低成熟时间长，温度高时间短，一般为 30，48 小时左右，菌生长旺盛，布满米饭，酶已起作用，米饭变软变甜，即成甜米酒。

总的来说，制备甜米酒的原理就是甜酒药中的微生物根霉，它有很强的糖化能力使淀粉转化成葡萄糖，根霉也有产生少量酒精和有机酸的能力，甜酒曲中的根霉产生有机酸为乳酸。所以甜米酒既甜又有酸和酒味，味道很好，营养也丰富。部分市售酒曲中也含有少量酵母菌，酵母菌和利用根霉糖化淀粉所产生的糖发酵产生酒精，所以酒味较浓。

## 醋

人们所谓开门七件事，即：柴、米、油、盐、酱、醋、茶。可见醋和盐、酱油一样是人们生活中不可缺少的主要调味品。在我国用谷物酿造食醋，历史悠久，据记载起源于商、周，距今已有 3000 多年的历史了。后魏科学家贾思勰所著的《齐民要术》中就记载了 30 多种不同的做醋方法。

我国的食醋，风味独特，甘而不烈，酸而不呛，口感醇厚，比欧洲人发明用啤酒、葡萄酒制醋的方法先进的多。我国食醋酿造的方法有两种，即固体发酵法和液体发酵法。所用的原料主要是淀粉如高粱、薯干、大米及小米等。所用菌种为糖化力强的黑曲霉或根霉；酒精发酵力强的酿酒酵母以及氧化酒精为醋酸的醋酸菌。

固体发酵法生产食醋，根据原料、曲子、操作方法及产品风味的不同，大致可分为大曲醋、小曲醋及麸曲醋三大类型。

大曲醋是以高粱为原料、大曲为糖化发酵剂的，山西醋是该类型的代表。

小曲醋是以大米、糯米为原料，小曲为糖化发酵剂的，镇江醋是该类型的代表。

麸曲醋是以麸曲为糖化剂，配以纯酵母及醋酸菌为发酵剂的，它是当前国内最普遍的生产方法，四川麸曲醋是该类型的代表。

然而，无论上述哪种醋，都是先把米蒸熟，然后加水与曲子及酵母，保持适宜的温度，使之成为甜酒，在甜酒中拌入醋酸菌种，经过醋酸发酵，酒就被进一步氧化变成醋酸。醋酸的酸味很强烈，家庭用的食醋中只含有 3~6 的醋酸。在发酵过程中，醋酸杆菌还能产生一种副产物如乙酸乙酯，它是一种香料，醋因而有了香气。

生产醋的酿造过程和造酒基本相似，造酒时如果掌握不好，做的酒会带酸味，就是因为有部分酒被醋酸杆菌转变成醋酸的缘故。醋酸杆菌使酒发酸变质，当然不好，但是当人们利用它酿造醋酸时，真是坏事变成了好事。如用啤酒作原料酿造的啤酒醋，在啤酒的主要生产国——德国，常被用来做调味汁、蛋黄酱等。与米醋、酒糟醋等相比啤酒醋的香味更加浓厚而独特。虽然没有放入啤酒花和碳酸，但作为原料的大麦含有许多蛋白质，在发酵过程中可以产生大量氨基酸，使之营养更加丰富。

苹果醋，是把苹果里挤出来的果汁加入酵母，进行酒精发酵，然后加入酒精和各种醋，再一次醋酸发酵而成。许多国家酿造苹果醋，但尤以美国的产品既佳又香。苹果醋的味道近似苹果的香味，但因为氨基酸的含量少，不像其他酿醋那样有浓厚的味道，它具有苹果所特有的淡淡的酸味。因此，它除了可用作调味汁外，还可与蜂蜜一起制成饮料饮用。

醋具有很强的杀菌作用，几乎所有的有毒细菌，在醋里都存活不了 30 分钟。醋还具有促进食欲的作用，像梅干和柠檬一样会促进唾液与胃液的分泌，帮助消化吸收，使食欲旺盛。

## 味精

味精是一种具有强烈肉类鲜味的谷氨酸的钠盐。内含一分子结晶水，分子式为  $C_5H_8O_4Na \cdot H_2O$ 。我们每天吃的食盐用水冲淡 400 倍已感觉不出咸味，普通蔗糖用水冲淡 200 倍也感觉不出甜味了，但味精用水稀释 300 倍仍能感觉到鲜味。因此，人们称之为“味精”。



味精已成为我们生活中不可缺少的调味品，可你知道吗？味精不仅能为菜肴增添鲜味，它还具有丰富的营养呢。谷氨酸钠被我们食用后，能够通过胃酸的作用离解为谷氨酸，能很快被消化吸收，变成人体组织中必不可少的蛋白质。而谷氨酸是一种高级营养辅助药，在医疗上有护肝、解毒、改善神经系统的功能，对于少年儿童还有促进神经系统发育的作用。所以，在日常生活中经常适量地食用味精，能促进发育，增强体质。

谷氨酸，最早是在 1866 年，由德国人立豪森用硫酸煮面筋时首次获得的。但是，在世界上正式生产味精是 1908 年。我国味精的生产最早是上海天厨味精厂于 1923 年用水解法生产的。

水解法是用 34% 盐酸加压水解面筋，得到水解产物，经脱色、浓缩之后得出谷氨酸，再回溶于水用氢氧化钠中和，浓缩至谷氨酸的盐结晶析出。生产味精用面筋作原料很不经济，需要很多小麦磨成面粉，据计算，生产 1 吨味精需要 10 多吨的水面筋，相当于 40 吨小麦，还必须在高温高压的条件下利用盐酸水解。这种方法耗粮多，用酸量大，对设备的腐蚀严重，而且也不利于工人的身体健康。

后来微生物学家发现，在发酵世界里，还居住着一些“能工巧匠”，可使淀粉变成谷氨酸，它们就是细菌类的谷氨酸棒状杆菌，从此味精的生产便由化学法转向了发酵法。

从 60 年代开始，我国的味精生产也逐渐改成了细菌发酵法。利用细菌发酵法，生产一吨味精仅用 3 吨淀粉和少量的硫酸铵、尿素、氨水等。

60 年代以后，国际上又出现了特鲜味精，也称强力味精。所谓特鲜味精，就是在味精中掺入 5~10% 的 5-肌苷酸和 5-鸟苷酸，这样可把味精的鲜度提高几十倍。

肌苷酸和鸟苷酸是属于核苷酸类的有机化合物。核苷酸是生命组成形式的精华，在生物的遗传变异、生长发育和蛋白质的合成中起着重要作用。核苷酸在医疗上也有很大的作用。肌苷酸可以治疗急性和慢性肝炎、中毒性肝炎、肝硬化、血小板减少症、冠状和动脉功能梗塞、风湿性心脏病等。鸟苷酸可用于治疗放射病，改善骨髓造血系统，使白血球回升，还能治疗中心性视网膜炎、视神经萎缩症等病。所以说，特鲜味精既是助鲜剂和理想的调味品，又是高效的营养辅助药和化学治疗剂。

肌苷酸和鸟苷酸过去一直靠进口，其价格高达每千克 200 元。从 70 年代开始，我国成功地利用细菌（如谷氨酸棒状杆菌 265 和产氨短杆菌 926）发酵法生产肌苷酸和鸟苷酸，成本仅为每千克 2~3 元。

目前，市场出售的第三代味精——鸡精，鲜度比 99% 的结晶味精提高了 1.58 倍，不仅鲜美可口，且富有浓烈鸡肉的鲜味，受到人们的欢迎。

## 山珍猴头

猴头是著名的食用菌，但它的模样不像一把小伞似的蘑菇，而是毛茸茸的圆球状，颇像一只猴子的脑袋，故此得名。猴头子实体近球形或呈椭圆形，茎基狭窄，肉质鲜嫩呈白色，干后乳黄或淡褐色，直径 5~10 厘米，遍体密布着肉质针状的刺，向下直伸重披，刺长 1~3 厘米，直径 1~2 毫米，视如毛状。猴头因品系不同或受外界条件影响（如温度、湿度、空气、光照等），毛刺有长有短，有粗有细，子实体幼小时的色泽也各异，但成熟后特征完全

相同。

野生的猴头长在深山中，多见于老而未死的栎、柞、胡桃等阔叶树木上，或腐朽的树洞中。古时到深山密森中去采猴头，要冒着被虎狼袭击的危险，于是人们给猴头披上了一层神秘的色彩。传说中，猴头有雌雄之分，在东边采到一个，在西边也会采到一个，所以有“阴阳蘑”，“对儿蘑”之称；又说百兽之王——虎是山神，它守护着这种“山珍”，故猴头又名“虎守蘑”。这些无非是古时的采蘑人留下的种种不科学的传说。

猴头美味可口，营养丰富，而且还具有许多独特的药用价值。可治疗消化不良、胃溃疡及神经衰弱等疾病，对食道癌、贲门癌、胃癌等也有较好的疗效。市售成药有“猴菇菌片”及猴菇型“太阳神”口服液。

我国野生猴头主要产于东北地区，其他地区也有少量分布。人工栽培始于 50 年代末，目前已完全掌握其生物学特性和多种栽培方法。

## 茯苓

茯苓饼是北京有名的特产，吃起来美味爽口，来京作客的人常要买几盒茯苓饼带回去馈赠亲友。说起茯苓饼，还有一段佚事呢。

茯苓是一味中药，早在《神农本草经》一书中，已将它列为“上品”。因茯苓有健脾补中的药理作用，清代慈禧时期茯苓为经常享用的补品之一。以后为了增添这一补药的美味，御膳房在太医的指导下精制成茯苓饼，慈禧并以此赏赐大臣，渐渐茯苓饼成为清王朝末年的名点。

茯苓的菌核是药用部分，也是茯苓的贮藏器官和休眠器官，菌核外皮薄而粗糙色深。菌核的形状不一，有球形、椭圆形、卵形、扁圆形和长圆形等等。菌核的重量悬殊很大，大核有数千克重，小核只 0.5 千克左右。菌核的表面有皱纹，呈黄褐色、棕褐色或黑褐色。菌核的内部呈白色或粉红色。含有多种糖和酸，贮藏着丰富的营养物质。整个菌核由无色菌丝、少量棕色菌丝、分生孢子、聚糖粘胶物质所组成。菌核长在地下的松根上，其中抱松根生长的茯苓中药称为茯神，其镇静安神的药效大于茯苓。我国古代劳动人民早就对茯苓的生活习性了如指掌，唐代大诗人李商隐有诗云：“草堂归来背烟萝，黄绶垂腰可奈何，因汝华阳求药物，碧松之下茯苓多。”这是对艰辛劳作的采药人的写实，同时也正确记录了茯苓的生长情况。正是根据茯苓的这种生活习性，采药人在采野生茯苓时，用一根有沟槽的铁探条插入松下的土壤，如拔上来时，见沟槽中有白色粉末，就可从地下挖出新鲜的茯苓。

在适宜条件下，菌核表面长出菌丝和子实体。子实体生于菌核的表面，平伏，是茯苓的繁殖器官。茯苓的子实体大小不一，无柄，厚度为 3~20 毫米，初为白色，成熟或干后变成浅淡黄色，海绵状，多孔。担孢子近圆柱形或长方体形，表面平滑，透明无色。

我国古代医学文献对茯苓记载云：味甘淡、性平无毒，能入心、脾、肺、肾四经。具有利尿、健脾、安神之功能。主治体虚浮肿、小便不利、脾胃虚弱、心神不安、健忘、心悸失眠、梦遗白浊等症，称茯苓为名贵中药。

现代药学家对茯苓的药物分析和药理试验，已证实茯苓除治疗以上诸病症外，还有较高的抗癌活性。茯苓中的原茯苓多糖，它的一级结构 B(1—3) 葡萄糖为主链，B(1—6) 为支链，分子量为 34 万，水溶性低，无抗癌活性；需经化学处理后为茯苓聚糖。或羧甲基茯苓多糖，它的高级结构发生了变化，

水中溶解度增加，并具有较高的抗癌活性。给小鼠服用羧基甲茯苓多糖，促进了抗癌淋巴因子——白细胞调节素的增加。

除了茯苓夹饼，我国古今民间和宫廷还常制作多种名点茯苓糕供食用。

## 人间仙草灵芝

灵芝是我们比较熟悉的补药，俗称灵芝草，其实它不是草而是属于一种真菌。

全世界已知灵芝种类百余种，在我国已记载的有 57 种，占总数的二分之一。通常所说的灵芝，是指灵芝属中的代表种红灵芝（赤芝）。

灵芝是由菌丝体和子实体组成。菌丝为白色，透明，具有分隔和分枝，表面常分泌有白色草酸钙结晶。子实体有菌柄、菌盖和子实层（菌褶下边）三部分组成。成熟的子实体木质化，皮壳组织革质化，有赤褐色漆状光泽和云状环纹；菌盖多为肾形或半圆形，近圆形的少见。菌盖下有侧生的圆柱状菌柄，偶尔也有中生的。菌盖背面为淡黄色，有无数小孔，呈管状，孢子就是从管内产生的，孢子褐色卵形。由于灵芝的种类不同，它的形态和颜色也不相同。

灵芝为热带、亚热带地区生长发育的中、高温型菌类。属于木腐生真菌。主要以分别木材中的木质素做为生长发育的营养物质基础。野生灵芝常长在山地腐朽的树桩上，人工培养时，可以把灵芝培养在装有锯末、麸皮为培养基的玻璃瓶中，保持一定的温度和湿度，生长 50~60 天即可采收。

灵芝是我国医药学宝库中的一味珍贵药物，明朝名医李时珍在他写的《本草纲目》中对灵芝的药效做过较详细的记载。

灵芝性温、味淡。能保肝、解毒、强心、镇静、抗惊、滋补、健脑、消炎、利尿、益胃，对支气管哮喘、克山病、冠心病萎缩性肌强直、多发性硬化症等均有一定的疗效。近年来，中国和日本有关科研工作者试验证明，灵芝还具有治癌和防癌作用。国内外以红芝为原料制成了多种药用剂型，属于高效保健药品，被誉为“生命之泉”。

## 冬虫夏草

冬虫夏草是我国独有的珍贵真菌药材，与人参、鹿茸齐名，并列为三大补品。

冬虫夏草，又名虫草，属于囊菌亚门、肉座菌目、麦角菌科、虫草属。所谓的冬虫夏草，既不是“冬为虫、夏变草”，也不是“既为虫，又是草”，而是虫草菌寄生在蝙蝠蛾类幼虫体内而形成的虫和菌的结合体。全草分幼虫寄主和子实体两大部分。幼虫形如僵蚕，子实体单生于幼虫的头部，形状像一个细长的棒槌，幼时内部充实，成熟后中空。上部膨大物为圆柱状的子座，下部为子座柄连接虫体头部。子座内有许多囊壳，子囊壳内有子囊，每个子囊含有 2~8 个子囊孢子，出土的子座为子囊孢子传播侵染昆虫，创造了自然繁殖虫草的有利条件。

春末夏初，子囊中孢子成熟，孢子落在适宜的幼虫体上，便侵入、萌发和蔓延，冬季被感染的幼虫钻入土中，菌丝在虫体内继续生长，分解虫体内各种组织和器官，从中吸取营养，逐渐形成菌核，并使幼虫日趋衰弱，到了

将要移向地面羽化时，变僵而死。翌年春温暖潮湿适于菌体生长时，菌丝冲破死虫的头部伸出地表，接近盛夏，从虫体头部生出一根有柄呈棕色的棒状子实体，长4—11厘米，粗约3毫米，形似一株野草，故名“冬虫夏草”。

虫草属是子囊菌中的一大属，国际公认虫草的源流在中国。1935年出版的中国医学大辞典中就开始揭示了冬虫夏草的秘密。日本学者小林义雄等对虫草菌种类于1983年统计有260种，较清楚的资源有139种。据报道和最新记录资料，在我国已知有58种，其中主要是寄生在不同昆虫的幼虫、蛹或成虫体上，也有极少数寄生在蜘蛛动物体上，冬虫夏草的寄主昆虫主要是鳞翅目蝙蝠蛾科，如虫草蝙蝠蛾、白马蝙蝠蛾等。

野生冬草夏草生长在海拔3500~5000米高原上，我国虫草主要产于四川、西藏、青海、云南、甘肃的高山、亚高山的草甸之中。四川甘孜、阿坝、凉山三州虫草产量占全国的60%，被称为“虫草之乡”。

冬虫夏草为中外驰名的珍贵中药，药用部分是干燥的子座和死虫中的菌核。据分析，它含有多种成分，其中粗蛋白25.32%脂肪8.4%，18.53%，碳水化合物28.9%，灰分4.16%，虫草酸7%，粗纤维 $B_{12}$ 0.29微克/100克，以及色氨酸、吲哚乙酸等。应用于医疗，早在我国古医书《本草纲目》、《本草纲目拾遗》、《药性考》中均有记载。性温味甘，具有保肺、益肾、补精髓等功能，常服用，能止咳化痰，适治肺结核、年老体衰、贫血虚弱、神经性胃病、咯血、自汗盗汗、阳痿遗精、腰膝酸痛、病后久虚不复等症。近代医学家发现，它还的抗癌功能，对抑制鼻炎癌细胞有明显效果。

冬虫夏草还含有人体所需的多种氨基酸和制造血球的物质，可提取维生素 $B_{12}$ 等营养药品，还是美味可口的上等佳肴。

## 蜜环菌

蜜环菌又名榛蘑。属于担子菌亚门，伞菌目、口蘑科、蜜环菌属。

蜜环菌的子实体——榛蘑，是一种味道极为鲜美的食用菌，为东北三省的传统食品。野生蜜环菌在夏秋季多丛生或群生在针阔叶林中的潮湿枯木上；人工栽培利用段木、木屑、农作物秸秆等原料也能培育成功。

蜜环菌根据其不同的生长发育阶段，可分为子实体和菌丝体两大部分。

子实体，即发育成熟的蜜环菌蘑菇，是它的繁殖器官。蜜环菌的子实体高约5~15厘米。菌盖肉质，扁半球形，逐渐平展，后下凹，直径约7~9厘米，表面蜜黄色与栗褐色，多布以毛状小鳞片，菌肉白色。菌柄细长圆柱形，浅褐色，稍部近白色，直径约0.5~2.2厘米，纤维质松软，后中空，基部常膨大。菌柄上部接近菌褶处有一较厚的菌环，膜质，松软，有时为双环，白色有暗色斑点。由于菌盖表面呈蜜黄色，菌柄上部有环，所以叫“蜜环菌”。菌褶与菌柄相连，呈贴生至延生，由近白色逐渐变为污白褐色，老时有锈色斑。孢子印无色或微具黄色，光滑，椭圆形或近卵圆形。

菌丝体是蜜环菌的营养器官，为极纤细的丝状体，肉眼难辨其形状。在着生蜜环菌菌索的树皮上，能见由大量菌丝组成的菌丝块或菌丝束，呈粉白色或乳白色。

菌索是菌丝在不良的环境条件下或生长后期发生的适应性变态，即菌丝体交织肉结组成绳索状的组织。菌索外层由菌丝分化形成较为紧密的外表皮组织，有一个尖端，色深，角质化，是一种休眠体。菌索在生长时可以发生

波长约 530 微米的蓝绿荧光。菌索主要起运输营养、水分和氧气的作用，同时不断进行增殖、延伸和寻找新的营养源。

蜜环菌是一种有名的发光真菌，它的菌丝块和菌索的幼嫩部分或试管菌种，在黑暗处可发出星状或成片的绿白色荧光，在 20~25 的条件下发光最强。

蜜环菌不仅味道鲜美，经常食用，还能治疗夜盲症，促进眼明，医治人体皮肤干燥等症。而且蜜环菌还是另外的两种名贵中药天麻和猪苓生长发育中必不可的“伴侣”。

## 猪苓

猪苓亦称“野猪粪”。属担子菌亚门，多孔菌目，多孔菌科。

子实体又名“猪苓花”。生长于菌核之上，伞状，子实体主柄短，常有大量分枝，分枝上又生长出 10~100 余个扁圆形的小子实体。菌盖菌肉柔软，直径约 1~4 厘米，中央凹下呈脐状，长有淡黄或褐色的纤维状鳞片，菌盖表面呈茶褐色，内侧为白色。孢子呈卵圆形，无色，直径 1~2 微米。子实体成熟后可产生担孢子，用作有性繁殖的材料。

猪苓的菌核是由大量的菌丝体组成，即是菌丝体的特化组织——休眠体。菌核是药用部分和进行无性繁殖的材料，其形状和大小都与生姜的根茎相似，呈长形块状或球形，稍扁，有的长出姜状分枝，表面呈棕黑色至灰黑色，并长有许多凹凸不平的瘤状突起或皱纹。苓肉呈白色，菌核上有“芽眼”，呈白色或绿色。干燥后的菌核坚硬而略有弹性。

野生猪苓多分布于海拔 1200~3000 米的次生林中，其中以桦木、枫树、柞木、柳木、山毛榉等衰弱的老树或半腐朽的根株周围为多。猪苓生长多的地带，通常在坡度 35~60 度之间，气候凉爽、土壤较干燥、排水良好、早晚都能照射阳光的地方。在生长猪苓的地表和腐殖质层中，很容易发现蜜环菌和蜜环菌侵染过的树桩或腐木，晚上剖开可以看见蓝色的荧光。同时，在猪苓窝和猪苓菌核块上，也常看到缠绕的蜜环菌菌索。

猪苓的菌核有连年生长或隔年生长的特性，采挖野生猪苓，必须了解和掌握猪苓生长的生态环境，具体说来具有以下特点：

夏秋季雨后进山，发现树林地面上长有猪苓花（子实体），由此向地下挖去，一定能挖出猪苓；在桦、枫、柞树的根际地面鼓起，踩感松软，鼓起地面上的小草发黄或干枯，而周围小草却茂盛，向干枯小草的地下挖去可以挖出猪苓；在杂木树林中，有树木生长不良，叶变黄，枝干焦，这种现象表明树附近可能有猪苓；早晨露水未干或雨后寻找树林中地面比较干的地方，从干处向地下挖去可能有猪苓；有时地面龟裂常露出猪苓。

挖苓方法可采用“苓找苓”法，在挖到第一窝猪苓后，注意其主根所走的方向，再挖主根的附近就会找到新的猪苓窝，这些苓窝的分布一般呈三角形、直线形或梯形。山林中土壤是上肥下瘦，上部多是黑色腐殖土，下部多是黄砂土，因此，上部土壤中生长的菌核数量多于下部，再则，猪苓窝有鸡窝苓和母猪窝苓之分。鸡窝苓产量少，每窝能挖猪苓 2~3 千克。母猪窝苓的生长规律为 3 窝、5 窝、9 窝三种，产量较高，每窝能挖猪苓 30~40 千克。

猪苓既是食用菌也是药用菌。子实体可食，菌核即中药猪苓，是一种名贵的药材，猪苓味甘、淡，性平，有利水、渗湿、解热之效，可用以治疗小

更不利、水肿脚气、肝硬化腹水、中暑水泻及糖尿病等疾病。近年来，经药理药化和临床试验，证实猪苓多糖是一种非特异性细胞免疫刺激剂，能显著地加强网状内皮系统吞噬细胞的功能，从而抑制癌细胞的生长，因此，引起了国内外的医学专家对猪苓研究的重视。

## 益智食品金针菇

金针菇又名构菌、冬菇、毛柄金钱菇等。属于担子菌亚门、伞菌目、口蘑科、金钱菌属。

金针菇是秋末至早春发生的菌类，具有菌柄脆嫩、菌盖粘滑、味道鲜美等特点。在形态上，由于金针菇柄长，盖小，色泽黄褐与乳白相间，婀娜多姿，如鲜花怒放，是一种新颖的观赏真菌，不是黄花，胜似黄花，故以黄花——金针而得名。

野生金针菇子实体丛生，菌盖直径为 2~10 厘米（人工栽培的为 1~3 厘米）。菌盖初期中央凸起，后逐渐展开。菌盖表面有粘性，水分越多粘性越大。中央淡黄褐色或暗褐色，边缘淡褐色，菌肉近白色。菌柄稍硬，长 2~20 厘米，黄色品种的菌柄，初生白色，不久转为淡黄，柄下部变为黑褐色并具绒毛。幼嫩时柄中充满木质髓，成熟时柄中空，管状，食之有清脆感。

金针菇不仅味道鲜美，而且营养极为丰富，据分析，每 100 克鲜金针菇中，维生素 B<sub>2</sub> 含量为 53.2 毫克，维生素 C 含量为 10.93 毫克，除含有蛋白质、脂肪外，还含有胡萝卜素及铁、钙、钠、镁、钾等多种矿物质。此外，还含有 18 种氨基酸，其中人体必需的 8 种氨基酸含量高于一般菇类，且赖氨酸、精氨酸的含量特别丰富，学龄儿童经常食用可以有效地促进智力发育，故又有“益智菇”的美称。

此外，金针菇的子实体中含有酸体和中性的植物纤维，能吸附胆汁酸盐，调节胆固醇代谢，降低人体内胆固醇含量。金针菇的纤维可以促进胃肠的蠕动，防止消化系统疾病，并有治疗肝病和肠胃溃疡病的效果，是一种很好的保健食品。最近的研究表明，金针菇的子实体中还含有一种金针菇素，是一种碱性蛋白质，具有显著的抗癌作用。

我国金针菇栽培的历史悠久，是世界上最早栽培金针菇的国家。1928 年日本人森本彦三郎发明了木屑和米糠为原料的栽培法。目前，栽培方式已从瓶栽转为塑料袋栽培，北方地区床栽和木箱栽也取得了一定的进展。金针菇是最容易工厂化生产的食用菌之一。

## 香菇

香菇俗称冬菇，属担子菌亚门，伞菌目、口蘑科、香菇属。

野生香菇常腐生于林地枯木上，子实体可食，且味美而鲜，烤干后有一种独特的香味，沁入肺腑，为其他食用菌所不及，成为世界上最著名的食用菌之一。在我国已广泛地进行段木或木屑人工栽培，我国香菇产量居世界第二位。

香菇的子实体主要由菌盖和菌柄构成。

幼嫩的香菇盖扁半球形，后渐平展，表面砖红或棕褐色，少数品种为淡黄褐色或淡灰褐色，粗糙，有小鳞片，幼嫩时鳞片白色，老龄时淡黄色。这

是普通的香菇。目前收购价格最高的花菇表面需开裂，露出白色的菌肉组织，其裂口呈花纹状排布，故得其美名。表皮以下是菌肉，质量高的香菇菌肉肥厚，香气宜人。菌盖的下侧是菌褶，菌褶直生，辐射状排列，单片菌褶宽约3~12毫米，厚约0.2~0.8毫米，其中层疏松，两面被以子实层，子实层密布担子，每个担子上着生4个担孢子，担孢子卵圆形，无色，光滑，香菇的菌柄多扁生，偶有中生，坚韧内实，圆柱形或扁圆柱形，长2.5~5厘米，粗0.4~1厘米，着生于基质上方的子实体，柄常直立。着生于侧面和底面的子实体，柄则弯曲。柄上部白色，基部略呈红褐色。表面被纤毛，成熟时纤毛变成鳞片状，菌柄的中上部有菌膜，幼嫩的菌褶包在菌膜内，随着菌膜破裂，留下菌环，近成熟时菌环消失。

香菇中含有18种氨基酸，其中有7种人体必需的氨基酸，并含有大量的谷氨酸、赖氨酸和精氨酸，以及30多种酶， $V_D$ 含量高达128个国际单位，因此常吃香菇，对儿童佝偻病、成人心脏病、神经炎、恶性贫血、肠炎、肝硬化和坏血病等均有一定的疗效。此外，香菇还有降低胆固醇的作用，香菇中的香菇多糖，在某种程度上，能阻止癌细胞的生长，对已诱发的癌细胞，亦有抑制作用。

## 制做面包

我们知道，面包和馒头都是用小麦磨成的面粉制成的。面粉的主要成份是一种叫作淀粉的多糖，这种多糖是由葡萄糖构成的。两个葡萄糖分子脱去一个分子水、结合在一起时，就叫做麦芽糖，这种连在一起的葡萄糖一旦多起来，就是淀粉了。光有面粉还制不成面包，还需要酵母菌帮忙，当然了，还需要用水把面粉、酵母菌混合在一起。现在，我们有了一个面团，下面让我们看看面团在发生着什么样的变化。

要想做出来面包，就得先照顾好这个面团。得使它通气，不能放在一点儿不透气的容器里，还要给它保温。

让我们看看有什么变化。这时你会发现，面团长大了，变松软了，撕一块面团闻一闻，会有一股酸味儿，把手伸进面团中心会觉得它在发热。仔细看看会发现面团中有许多小空泡。这是怎么回事呢？原来，面团在“睡觉”的过程中，它的淀粉被谷物中的酶分解成麦芽糖，然后再进一步分解为葡萄糖。这时酵母菌中的葡萄糖酶使淀粉中的一部分葡萄糖氧化，产生二氧化碳和水，并产生热量，二氧化碳气体充填在面团里，质地松软，二氧化碳与水结合形成碳酸，使它的体积变大，结果使面团发酸，产生的热使面团发热。这时为了使面团不发酸，往往加入一些小苏打进行中和。把如此这般处理过的面团放在烤箱里去烤，其产品就是面包，若在烤之前，加入各种你喜欢的佐料，那出来的便是你所要的具有独特风味的面包了；如果此时把面团放在蒸笼里去蒸，其产品便是我们所熟悉的馒头了。

## 充当人类的好帮手

### 细菌农药——苏云金杆菌

目前已经发现昆虫的病源微生物有 2000 多种。这些微生物活跃在自然界就成了害虫的天敌，也成了人们和害虫斗争中天然的“同盟军”。人们精心地培养这些微生物，把巨大数量的活菌体撒布到田间，让它们去发挥威力。与化学农药相比它们对人和动物以及益虫是没有毒性的，使用后一旦害虫被微生物感染能逐步形成害虫的疫病流行，随着害虫的死亡微生物又大量增殖，再去传染别的害虫，很快就会使害虫密度下降，迅速扑灭虫灾，而且还可以收到一年防治，多年有效的益处。

在微生物中用来作为杀虫剂的主要是细菌、病毒和真菌。

最早被用来杀灭农林害虫的微生物，是 1911 年由德国人贝尔林耐从面粉中取出的淀粉蛾的身体里分离出来的。因为这种面粉是德国苏云金城的一个面粉厂生产的，所以贝尔林耐给它取名为“苏云金杆菌”。

苏云金杆菌是一种有芽孢的杆状细胞。菌体呈粗杆状，周身生有鞭毛，菌体长到一定阶段后就能把形成的伴孢晶体和芽孢释放出来。苏云金杆菌主要靠内毒素和外毒素杀死害虫，内毒素产生于伴孢晶体，外毒素产生于菌体。毒素随害虫取食进入消化道后使害虫中毒死亡。目前利用苏云金杆菌防治森林松毛虫、玉米螟、菜青虫、棉铃虫、柳毒蛾等取得了较好的效果。

苏云金杆菌是目前研究得最多、应用的最广泛的细菌农药。目前，全世界已有这种微生物的 20 多个变种。我国常用的有苏云金杆菌、青虫菌、松毛虫杆菌和蜡螟杆菌等。现在，人们已经用发酵罐大规模地生产苏云金杆菌了，经过过滤、干燥等过程制成的细菌杀虫剂粉剂，可以像一般农药那样喷雾、喷粉、点兜、泼浇、灌心，非常方便。另外，用日本金龟子杆菌，防治日本金龟子和其他金龟子也取得了显著的成效。

### 真菌农药——白僵菌

松毛虫是危害森林的大敌。

喷洒化学药剂，尽管暂时能起到一些作用，但化学药剂也能杀死害虫的天敌，到头来可能反而会使害虫更加猖獗！

科学家们于是又想到了微生物。他们从僵死的蚕体中找到了一种叫做白僵菌的真菌，把它们制成菌剂喷洒到松树上，白僵菌不仅不会杀死害虫的天敌，相反，它们会携手并肩一起向松毛虫发动进攻。白僵菌杀死松毛虫的手段主要是通过菌丝穿过害虫的皮肤进入虫体，另外也可能以孢子的形式通过害虫的嘴巴钻进虫肚子里。有时候，你到田间或者林地去，不是可以看到一些表面密密麻麻地生长着白色、黄色、绿色、黑色或灰色的茸毛，全身僵硬而且很轻的虫尸吗？那就是真菌、特别是白僵菌玩的把戏。原来白僵菌的分生孢子成熟后，能在空气中自由漂浮，当空气中湿度较大时，极易粘附在昆虫的体壁上。在适宜的温度和湿度条件下，孢子吸水膨胀萌发出菌丝，白僵菌能分泌几丁质酶和蛋白质毒素，以溶解寄主体表的几丁质为突破口，很快将昆虫毒死。侵入虫体内的菌丝，直接用昆虫体液和脂肪组织作为营养而生长繁殖，有的菌丝钻入各种组织或细胞内，特别是脂肪组织内，细胞内的原



生质被消耗，细胞萎缩，虫体各种组织被破坏。最后，因为菌丝在生长过程中要大量地吸取虫体内的水份，因而虫尸干硬僵化。当菌丝吸尽虫体内的养分以后，便沿着虫体的气门间隙和各环节的间隙伸出体外，生成气生菌丝。在气生菌丝顶端又可产生分生孢子。这时，虫尸上覆盖着白色茸毛和粉状微粒，即是白僵菌的气生菌丝和分生孢子。分生孢子又可随风飘扬，到处传播，可以使一批又一批的松毛虫感染白僵菌而死亡。

不光是白僵菌，大约有 530 多种真菌能够使昆虫得病。在昆虫的各种疾病里，大约有 60% 是由这些真菌引起的。白僵菌是其中最重要的一种，它们的分布广，寄主多，使害虫生病的能力强。包括松毛虫、大豆食心虫、玉米螟、茶毒蛾、甘蔗象鼻虫等等在内，有 200 多种昆虫会遭到白僵菌的袭击，得病后二三天就死亡。

如同苏云金杆菌一样，白僵菌已被我们培养并做成农药，通过喷雾、喷粉等方法，撒布到地里，成为我们对害虫进行“细菌战”的主要武器之一。白僵菌对人畜无害，而对多种害虫却有传染致病作用，因此它是当前一种较好的生物防治菌剂。

值得一提的是白僵菌也能感染家蚕，对养蚕业是一个极大的危害。家蚕被白僵菌寄生后，体表长满白色的菌丝，虫体变得僵硬，这样死的蚕由此而得名叫做僵蚕。僵蚕是一种常用的中药，它对腮腺炎、扁桃腺炎、高胆固醇、脂肪肝都有一定的疗效。

## 病毒杀虫剂

在防治害虫的微生物队伍里，最小的病毒是一员勇猛的战将。昆虫得病毒病是很普遍的，估计至少有 300 多种昆虫会感染病毒病。病毒的种类也不少，用来防治害虫的病毒，主要集中在 3 个类群：细胞核多角体病毒、细胞质多角体病毒和颗粒病毒。

细胞核多角体病毒专门寄生在虫体细胞的细胞核里，身子像根短棍，好几十个一起被包在由蛋白质构成的包涵体里，包涵体通常是多角形的。这种病毒能够袭击 200 多种昆虫，主要是幼虫。一旦它们闯进虫体，先是蛋白质的包涵体被溶解，接着放出许多杆状的病毒粒子。病毒粒子不断繁殖，不断侵入虫体细胞，使细胞崩裂。病毒靠吸收害虫体内的养分生活，加上破坏虫体的各部分组织，害虫被小小的病毒彻底制服了。

害虫感染上细胞核多角体病毒以后，开始“不动声色”，几天以后，它们才出现有病的症状。一般表现是不安定，到处乱爬，有些老是向上爬，爬到树顶，倒挂而死。虫体的皮肤脆薄，很易破裂，流出乳白色的“脓液”。

细胞质多角体病毒的体形像个小球，一个由蛋白质构成的多角体包藏着几百个病毒粒子。虫体细胞的细胞质是它们寄生的地方。这类病毒一般也是通过害虫吞食的机会，随同食物一起进到害虫肚子里并在肠道里增殖的。得病虫害的症状，往往表现为躯体变小，食欲不振。有些病虫会向畸形方向发展：头显得特别大，毛显得特别长。害虫受到细胞质多角体病毒感染后，患病一二十天之后就会死亡。

再来说说颗粒病毒。其病毒粒子也是杆状的，但是被包藏在叫做被囊的包涵体里，一个被囊只包藏一个病毒粒子，所以比多角体小得多。大约有 30 多种颗粒病毒能使昆虫生病。害虫生起病来，同细胞核多角体病毒差不多，

从食欲减退，直到停止取食，血液变为乳白色而死亡。害虫从发病到死亡，一般只要四五天时间。这是由于这种病毒主要侵染害虫的脂肪组织细胞和血细胞所致。

各种病毒对于水稻夜蛾、棉铃虫、地老虎、菜粉蝶等都有很强的杀伤作用。

由于侵染昆虫的病毒感染力强，对人畜无害，不污染环境，杀虫效果好，一些国家已经开始把它们做成杀虫剂出售。比如，加拿大的云杉叶蜂曾经是森林里的大害虫，自从欧洲引进了云杉叶蜂的细胞核多角体病毒以后，病毒在森林里自行繁殖，使这种害虫得以控制。

不过，病毒杀虫剂制备比较特别，因为病毒只有在活性细胞中才能繁殖，为了得到大量的病毒，先要收集大量的昆虫，然后让它们感染上病毒，再把得病的虫磨碎，才能获得病毒杀虫剂的产品。到目前为止，大规模生产病毒杀虫剂还是有困难的。

## 细菌肥料

说到肥料，人们很自然会想起工厂里生产的各种化学肥料，以及人畜粪尿等一些有机肥料。

其实，辽阔广袤的地球表面三四十厘米厚的土壤就是一个天然的肥料厂，这里生活着无数个微生物，它们在生活的同时产生各种代谢产物，供给植物生长所需要的养料。

有经验的农民都知道，在贫瘠的土地上种植一般的庄稼是长不好的，但是种豆科作物却往往生长旺盛，这是为什么呢？

拔起一棵大豆，洗掉根上的泥土就会看到，大豆根部除了长有像胡子一样的根毛外还长有许许多多的小圆疙瘩，形状像“肿瘤”，所以叫根瘤。把它挤破，除了一些带有腥臭味的“红水”外，似乎看不到它们有什么特别之处。但是，当我们把这种汁液放到显微镜下去观察就会发现，原来这些“红水”里，竟有那么多球状、杆状的微小生命在活动呢！这些小生命就是大名鼎鼎的根瘤菌。

根瘤菌和豆科植物，可谓一对亲密无间的好朋友。根瘤菌在侵入植物根部后会分泌一些物质能刺激根毛的薄壁细胞很快增殖形成“肿瘤”。在瘤中，瘤菌是依赖于植物提供营养来生长、繁殖，同时，它们也有一种特殊的本领，它们随身带有一种奇妙的物质——固氮酶，可以把空气中游离的氮固定下来，供给植物利用，这叫固氮作用。一个小小的根瘤就像一个微型化肥厂一样源源不断地把氮变成氨送给植物吸收。

1886年俄国的学者奥拉尼首先从豆科植物（羽扁豆）的根瘤中发现根瘤菌。1888年荷兰学者贝耶林克又分离到纯的根瘤菌种。十年后俄国学者着手研究制做根瘤菌肥。1935年前苏联建立了世界上第一座根瘤菌肥工厂。我国正式生产应用根瘤菌肥是在1950年，到50年代末期，全国各地已普遍生产和使用。

有固氮作用的微生物很多。目前，在农业生产上应用的固氮微生物肥料主要有共生根瘤菌肥、自生固氮菌肥和固氮蓝藻肥三类。

共生根瘤与植物之间有着共生的关系。一亩土地中所含的根瘤菌在一年的时间内可以固定10~15千克的氮，这相当于向土壤中施加50~75千克的

硫酸铵。自生固氮菌能独立生活并进行固氮作用，其种类较多，有的是好氧菌，有的则是厌氧菌。在一亩土地中的自生固氮菌一年内固定的氮气约有 2.5 千克，相当于 12.5 千克硫酸铵。

自生固氮菌肥料的研制开始于 1911 年，直到 1937 年才在前苏联大量地生产和施用。我国正式生产施用自生固氮菌肥料是在 1955 年以后。我国的微生物工作者在东北地区找到一种自生固氮菌，制成菌肥以后用在谷子、高粱和玉米等一些农作物上，都取得了明显的增产效果。

固氮蓝藻有在水中固氮的本领，是提高水田肥效很有前途的一类微生物。每年若向每亩水田中施放 2.5 千克蓝藻，它们的固氮效果就相当于施加 45 千克的硫酸铵。

固氮蓝藻制剂在水稻上应用，我国是从 1956 年开始进行这方面研究的。我国虽然起步较晚，但是对基础理论的研究比较深入，应用效果比较明显，已达到了世界先进水平。

我国人民很早就知道利用微生物的固氮作用来提高土壤肥效。远在几千年前，就已经把瓜类和豆类轮作种植以提高产量，而在西方采取轮作种植技术是在 18 世纪 30 年代以后的事。

把固氮的微生物进行人工培养获得大量的活菌体，然后用它们拌种或施播，这就是最近迅速发展的细菌肥料。细菌肥料不仅能提高农作物产量，而且因为活的菌体能在土壤中继续生长繁殖，有一年施加多年有效的好处。

1953 年，我国的农业科技工作者，研制成功了一种新型微生物肥料——5406 抗生素肥。这种菌肥是黄放线菌的制剂，菌种经人工培养接种在豆饼和肥沃土壤的混合物中，堆积发酵 5~7 天而成。5406 抗生素，具有成本低、肥效高、抗病害、促生长、水田和旱田都能使用的优点，50 千克可相当于 8.5 千克硫酸铵的肥效，对粮棉油麻等作物均有良好的增产效果。

能够制成菌肥的还有磷细菌和钾细菌等微生物，以及氮、磷、钾三种细菌的混合肥料。这种混合肥料既有固氮作用，又能分解土壤和肥料中难溶于水的含磷和钾的物质供农作物吸收利用。同时，在这些细菌的新陈代谢过程中还能分泌一些对农作物生长有利的刺激素。据试验，在晚稻中使用混合菌肥可使产量提高 10%，在地瓜种植时使用可增产 20% 以上。

动植物的残体经微生物作用以后可以生成一种黑色或棕色的复杂的高分子有机化合物叫做腐殖酸。腐殖酸不溶解于水。与碱类作用后可生成溶解于水的腐殖酸盐，如腐殖酸钾、腐殖酸钠、腐殖酸铵、腐殖酸钙，这些化合物既有农家肥料的多种功能，又含有速效养分，与化肥相似，所以把它们叫做有机化肥或腐肥。腐肥本身是一种好肥料，而且它还能活化土壤中的微量元素供给植物利用，特别是磷的活化，可以使土壤中的有效磷提高 20% 左右。土壤施加腐肥后能增加土壤的团粒结构、改善土壤的酸碱性，有利于植物生长，同时促进了土壤中有益微生物的活动。分解纤维素的微生物约增加一倍，氨化细菌增加一倍多，自生固氮菌能增加两倍以上。此外腐肥能刺激植物的多种酶的活性加强，这样就使植物的“胃口改善、食欲加强”长得快、果实大，使用后产量一般可提高 10%~30%。

## 细菌饲料

当前，发展畜牧业的矛盾主要是饲料问题，解决好饲料问题的关键，在

于搞好粗、细饲料的搭配，以及提高粗饲料的营养价值。利用微生物改造饲料不仅能够延长存放时间，以旺补淡，使牲畜一年四季都能吃到青饲料，而且饲料经微生物作用之后变得又好吃、又有营养。

我国北方利用微生物技术制作青贮饲料非常普遍，具体做法是：夏秋时节青饲料大量收获时，把青饲料堆放起来，利用自然生存的和人工接种的乳酸杆菌的作用，让它们大量繁殖，从而抑制了引起青饲料腐烂的微生物的生长繁殖。如果在青饲料中加入一定比例的乳酸杆菌的营养物质，例如米糖等，乳酸杆菌就会生长得更好，然后用塑料薄膜或砂土将青饲料密封起来，可以贮存一年以上，因而它又有长贮饲料之称。

稻草、麦秸的资源十分丰富，但由于它们的主要成分是由纤维素组成的，牲畜吃了很难消化，且由于其可口性差，许多牲畜（如猪）并不爱吃。利用微生物对秸秆类物质的分解作用，可提高这种粗饲料的营养成分及可口性。通常作法是：把秸秆类物质粉碎后，加入一定量的水分，接入菌种（多为霉菌和酵母菌）进行堆积保温发酵，也可以加菌种进行自然发酵。由于微生物生长繁殖的结果，发生了一系列的生化反应，因此伴有酸、甜、香等气味发生。习惯上把用这种方法制做的饲料，叫做发酵饲料。又因为搞这类饲料的目的之一是期望把秸秆中的纤维素转变为糖，所以又称为“糖化饲料”。

微生物制造菌饲料的原理是利用各种微生物的代谢本领。利用有的微生物善于分解纤维素的能力，改善饲料的营养价值。利用有的微生物产生具有杀菌能力的物质像乳酸，可以延长贮存期。同时饲料经微生物发酵以后，还能减少饲料中致病菌的数量，对减少牲畜的病害也有一定好处，有的微生物菌体本身就是一种极好的饲料。

特别值得一提的是，菌体蛋白饲料（即纤维蛋白饲料和胨蛋白饲料的统称）的研制成功，将为饲料的工业化生产开辟出一条新的道路。利用锯末、废木材等纤维素和石油的馏分产物为原料，接种上理想的微生物，经过生长繁殖，便可获得大量的微生物菌体。据测定，菌体中所含的营养物质，其营养价值可与鱼粉、大豆等相媲美。豆饼中蛋白质的含量为45%，菌体中蛋白质的含量竟高达50%以上，并且还含有一定量的B族维生素和维生素D等。1吨菌体蛋白饲料所含的营养物质相当于80吨的青饲料。用菌体蛋白喂养奶牛，每天能多产牛奶六七公升，而且奶中的脂肪含量也有提高。用来喂猪，体重经对照也明显增加。养鱼长得快，体肥个大。养蜂能使蜂加快繁殖。特别值得一提的是，蚕对菌体的蛋白也有“兴趣”，如果大力推广，也许我们靠桑叶养蚕的状况会有一场革命呢！

## 赤霉菌与洋白菜

5米高的洋白菜并非天方夜谭，早在本世纪50年代，人们已经培育出这么高大的洋白菜了。洋白菜能长得那么高，这全是赤霉素的作用。

赤霉菌属包括许多寄生于植物的病菌，如小麦赤霉病菌，水稻恶苗病菌等，其中水稻恶苗病赤霉菌就是赤霉素的产生菌。

赤霉素俗称“920”，是一种生长刺激素，利用赤霉素可以促进植物细胞的伸长和分裂，使细胞分裂速度提高5~6倍。然而万物都是有有利有弊的。水稻田中的赤霉素正是导致水稻疯长的“罪魁祸首”。赤霉菌产生的赤霉素导致水稻幼苗迅速生长，是由于土地肥力跟不上，就会引起水稻幼苗疯长，结

果植物株高大，但不结稻米，使水稻成了茁壮的“观赏植物”了。因此，在利用赤霉素加速植物生长时，必须加足够的肥料同时配合使用短壮素才能收到好效果。

赤霉素做为一种高效植物激素可以促进许多植物生长。它可以提高水稻的产量，同时稻米中的蛋白质含量也大大增加。用赤霉素培育棉花植株，也可以大幅度改善棉花的质量。有趣的是，赤霉素虽是一种植物激素，但是对于动物体也有明显的刺激作用，用它做外伤药可以促进组织生长，加速伤口痊愈。

利用赤霉素发酵法可以获得更多的赤霉素。赤霉素的作用效力强，即使很稀的水溶液施于农作物上，也可以获得满意的效果。因此使用赤霉素高效而又经济，很有发展前途。

### 松毛虫的克星

松毛虫是危害森林的大敌，它们能把松树的针叶吃个精光，导致生长茂盛的松树大片大片地死亡，但是松毛虫一遇到白僵菌后，就会浑身长满白茸，最后僵硬而死。白僵菌是人们从僵死的蚕体中发现的一种真菌。那么，白僵菌是怎样杀死松毛虫的呢？原来白僵菌的分生孢子成熟后，能在空气中自由漂浮，当空气中湿度较大时，极易粘附在昆虫的体壁上。在适宜的温度和湿度条件下，孢子吸水膨胀萌发出菌丝，白僵菌能分泌几丁质酶和蛋白质毒素，以溶解寄主体表的几丁质为突破口，很快将昆虫毒死。侵入虫体内的菌丝，直接用昆虫体液和脂肪组织作为营养而生长繁殖，有的菌丝钻入各种组织或细胞内，特别是脂肪组织内，细胞内的原生质被消耗，细胞萎缩，虫体各种组织被破坏。最后，因为菌丝在生长过程中要大量地吸取虫体内的水分，因而虫尸干硬僵化。当菌丝吸尽虫体内的养分以后，便沿着虫体的气门间隙和各环节的间隙伸出体外，生成气生菌丝。在气生菌丝顶端又可产生分生孢子。这时，虫尸上覆盖的白色茸毛和粉状微粒，即是白僵菌的气生菌丝和分生孢子。分生孢子又可随风飘扬，到处传播，可以使一批又一批的松毛虫感染白僵菌而死亡。白僵菌不仅能防治松毛虫而且还能防治多种害虫，目前已经知道，至少有 200 种以上的昆虫可受到白僵菌的侵袭，其中不少是对人有害的，如玉米螟、大豆食心虫、蝗虫、苹果食心虫等等重要害虫。此外，白僵菌对人畜无害，而对多种害虫却有传染致病作用，因此它是当前一种较好的生物防治用菌剂。

### 沼气与沼气发酵

沼气是有机物经厌氧微生物发酵作用产生的可燃性气体，由于最初发现于沼泽中，故名沼气。实际上，在腐烂有机质含量丰富的池塘和粪坑中，也经常产生沼气。

沼气中含有甲烷、氢气、硫化氢和一氧化碳等多种气体。其中，甲烷的含量为 60% ~ 75%。甲烷是一种可燃性的气体，燃烧的最高温度可达 1400 左右。因此沼气是一种理想的优质燃料，沼气发酵后的泥渣，除含有氮磷钾以外，还含有许多腐殖质，是一种很好的肥料。

有机物经发酵作用产生沼气的过程，是在无氧条件下经多种微生物综合

作用的结果。参与发酵作用的微生物，按其作用不同可分为 2 大类：不产甲烷菌和产甲烷菌，其发酵过程也分为产酸和产甲烷阶段。

发酵过程的第一阶段是产酸阶段，复杂有机物纤维素、果胶质等，被各种不产甲烷菌如纤维分解菌，果胶分解菌等分解，产生丁酸、乙酸、乙醇、甲醇等简单有机物以及  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$  等气体。含氮有机物分解后除产生有机酸和醇外还生成  $\text{NH}_3$  和  $\text{H}_2\text{S}$ 。

第二阶段为产甲烷阶段，产甲烷菌利用第一阶段的分解产物乙酸、甲酸、乙醇等做为碳源， $\text{NH}_3$  做为氮源进行生长繁殖，甲烷则是产甲烷的一种代谢产物。以上过程，也就是沼气池中发生生化反应的过程。

产甲烷菌都是专性厌氧细菌，只在完全无氧的环境中生活，繁殖速度较慢，产甲烷菌几天才分裂一次，而大多数细菌在适宜条件下，20 分钟左右即可分裂。

已知的产甲烷菌只有十几种，主要有产甲烷杆菌，甲烷八叠球菌，产甲烷螺菌和瘤胃甲烷杆菌等。

产甲烷菌在自然界中常见于沼泽，池塘中的污泥中，食草动物的盲肠、瘤胃中也有大量的产甲烷菌，常随粪便排出，因此在制沼气时，可用塘泥及牲畜粪便接种。也可不专门接种沼气细菌（不过，为了提高产沼气量，新池投产前还是人工接种沼气细菌的好）。沼气细菌产气的速度一般随温度的升高而增大。根据沼气细菌最适产气温度的不同，可分为中温发酵（最适产气温度为  $30 \sim 35$ ）和高温发酵（最适产气温度为  $50 \sim 57$ ）两大类。高温发酵时，能杀死虫卵，但高温发酵要消耗较多的热能。所以，在卫生条件要求不高时，多采用中温发酵。当温度在  $8$  以下或  $60$  以上时，沼气细菌的生长繁殖受到抑制，产气很少，甚至不产气。这就是为什么冬天沼气池要保温的原因。

为了保持沼气发酵的最高产气量，还必须不断地供给沼气细菌所需要的营养物质，并定期进行搅拌。不过，在沼气发酵的过程中，投料量不宜过多。过多的有机物质，会造成有机酸的累积，使得池中的酸度增加，不利于沼气细菌的生长繁殖。

在反刍动物瘤胃中，有大量纤维分解菌、产甲烷菌和其他厌氧微生物存在。这些微生物利用动物吃进的草料做为营养物质，其中的纤维分解菌可将纤维素分解，并经发酵作用生成各种有机酸和醇类。这些简单有机物可供产甲烷菌做为碳源，因此，在牛和其他反刍动物的瘤胃中，也进行着类似沼气池中的发酵过程。其中的微生物代谢产物，可以直接被反刍动物吸收利用，而大量繁殖的细菌本身则可被胃液中的蛋白酶分解，生成氨基酸、维生素，成为有价值的营养物质。发酵过程产生的气体  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$  等，则在逆呕过程从口腔中排出。据实验，一头大肥牛瘤胃可容纳 100 升发酵产物，每天排出的气体中，有 200 升甲烷。

微生物能源并非只有沼气一种形式。人们利用厌气、兼性细菌和部分光合作用的细菌，对草、作物秸秆等进行发酵，能够产生氢气。氢气是一种极为理想的清洁燃料，它在燃烧过程中除释放出能量外，废物只有水，绝对不会造成环境污染。

## 净化废水

人们生活离不开水，水源又多取自江河湖海。长期以来它们为人类提供了生活用水和水产资源，人们也将一定限度的生活污水和工业废水排入江河，靠水体自然净化。这种相互共存的和谐关系一直维持了千百年。

随着工业的发展以及人口的增加，化工厂、染料厂、石油冶炼厂的废水大量排入江河，昔日清洁的河水变脏变臭，水中鱼虾被毒死甚至灭绝，清澈的湖泊变成死水一潭。

为什么过去的年代里人类能和江河和睦相处，相互依赖，而现在却一反常态了呢？

原来水中含有许多微生物，主要有原生动物、细菌、真菌、藻类。其中细菌的数量最多，其次是原生动物，如鞭毛虫、变形虫、纤毛虫等。纤毛虫常见的有：草履虫、枝虫、钟虫。这些微生物能把水中的有机物变成简单的无机物，通过它们的生长繁殖活动使污水得以净化。

在自然状态下，细菌分解有机物的能力最强，将有机物转化为细菌的细胞和无机物质。无机物质又被藻类转化为藻类的细胞，这些细菌和藻类又成为原生动物的食物，水中的鱼常以原生动物等微小生物为食，鱼类又是人类的食物。当人类再一次将废物排入海中时，水中的细菌又将其分解，如此循环下去，从而保持了生态平衡。

在水体正常的生物循环中，水的净化是有一定限度的。能够净化的有机废物的最大数量称为水的自净容量。当污水量超过其自净容量时，则水中的生态平衡遭到破坏，当污染严重时鱼类则死亡，水质变黑、发臭。

1953年日本的水俣市发生了“狂猫跳海奇闻”，与此同时在市郊工业区排水口的海湾里大量鱼类死亡。医院里也发现有奇怪病症的患者，因为这种病最早出现在日本的水俣，所以把它叫做“水俣病”。

为什么猫会发疯？鱼类会死亡？人得怪病呢？后来，经过许多科学家的研究才搞清楚，原来是工业废水未经处理排入水中造成的。我们知道，汞及其化合物都是有毒物质，在含汞量为0.01~0.02毫克/升的水中，鱼就会中毒，而人不小心吃了含汞量高的鱼类，就会患水俣病。甲基汞中毒患者常常出现精神混乱，进而疯狂痉挛致死。

一些化工厂、染料厂、炼油厂的工业废水中常常含有汞、铅、镉、丙烯腈等。如果水中的烯腈含量超过25毫克/升，鱼类就会死亡，人畜饮用就会中毒。含酚量超过0.1毫克/升时，鱼肉则有异味不能食用。含酚量超过5毫克/升时，鱼就会死亡。有毒工业废水和大量生活污水未经处理直接排入江河湖海，不仅破坏了自然的生态平衡，还会直接危害人们的健康，这个问题已引起世界各国的高度重视。许多国家都制订了环境保护法规，采取了废水治理措施。

处理废水的方法有：物理方法、化学方法、生物处理方法。生物处理废水效果好，成本低，被人们广泛使用。

微生物中有少数细菌在没有空气的地方不但不会死亡，反而会生活的更好，这类细菌叫做厌氧细菌。如甲烷细菌的杆菌和球菌、非甲烷菌的杆菌、放线菌、大肠杆菌。还有一部分细菌在无氧时能生活，在有氧时也能生活，这些细菌叫兼性厌氧细菌。如兼性变形杆菌。绝大多数细菌必须在有氧时才能生活，这类细菌叫做好氧细菌，如球衣细菌、丝硫菌、丝状菌等。

生物处理方法，根据好氧细菌和厌氧细菌为两大类，通常所见为：氧化

塘、曝气池、生物转盘、生物滤池等氧化塘就是在天然或人工整修的池塘里，利用水中生长的微生物处理有机废水的设施。池塘中的氧气可通过水面自然补气和藻类的生化作用来补气。其中主要植物性浮游生物是绿藻类的小球藻。原生动物是鞭毛虫类的滴虫、眼虫等。

活性污泥法就是利用废水中有机污染物为培养基，在有溶解氧的条件下，连续地培养活性污泥，利用活性污泥中的活性微生物净化废水。其主要构筑物是曝气池和二次沉淀池。采用好氧处理方法，因为好氧细菌在分解有机物时需要充足的氧气，所以曝气池中必须打入空气或机械搅拌使空气中的氧溶入水中。

生物膜法和活性污泥一样，同属好氧处理方法。活性污泥法是依靠曝气池中的活性污泥来净化有机物，而生物膜法是依靠附着其表面的微生物来净化有机物，故称为生物膜法。通常有生物转盘和生物滤池。

生物转盘是一个个装在槽里的圆盘，圆盘上生长着微生物菌膜。圆盘慢慢地转动，菌膜忽而浸在水里，忽而露于空气中；在水里的时候吸收营养净化污水，与空气接触的时候就夺取氧气，加快繁殖。

生物滤池是一种简便有效的办法，它是在滤池上面铺一层碎石、卵石、煤渣、焦炭等组成的滤料，把培养好的微生物放在里面让它们定居下来，不断繁殖发展形成一层菌膜。菌膜由细菌的菌胶团和真菌的菌丝组成，有很大的表面积，当废水从上向下流过菌膜的时候。废水里的许多有机物就被菌膜留住，并氧化分解成无毒物质。上面流来的是废水，下面流出的就是净水了。这种方法能处理很多的不同性质的废水，而且花钱少，管理方便，但处理的效率赶不上活性污泥法，而且有池塘的臭气，有碍环境卫生。

## 大自然的清洁工

现在，越来越多的人认识到，人类要想长久地生活下去，就必须考虑环境问题，必须为我们地球“母亲”的现状着想。不能只想到从她身上吸取财富，还要保护她，在与她保持和谐的前提下，求得人类自身的发展，否则人类的灭亡只是时间问题。西方出现了旨在保护环境的政党——绿党；各国先后制订了环境保护法，以强制社会注意环境保护问题。在人类历史上，还从来没有过像今天这么强烈的环境意识和地球意识。有了意识只是第一步，紧接着还要用技术手段来实现环境保护的愿望。在这场大战役中，微生物又找到了它大显身手的战场。

废水是污染环境的重要材料之一，它主要含大量有机物质，其中主要成份之一是纤维素，如果将含有纤维素酶的细菌，例如假单孢菌、梭菌、类菌体等大量繁殖后，放入废水中，它们将靠自身释放的纤维素酶将水中的纤维素降解为一系列简单的小分子有机物，例如乳酸、醋酸、甲酸、乙醇以及短链化合物等，然后被继续降解或者靠甲烷菌作用，还原为  $H_2$ 、 $CO_2$  和  $CH_4$ 。还有许多微生物含有硫酸盐酶，能将废水中的另一主要成份——有机硫酸盐降解为无机硫酸盐和相应的醇。

大海总给人带来希望和遐想。蔚蓝的海水拍击着海岸会使人联想到生命的搏动。但是这一美好的领域也常常成为污染的对象。最常发生的事情便是港区的海面被石油污染，怎么办？这件事可以由能够分解石油的海洋微生物去办。例如海洋酵母菌等，它含有许多可以裂解石油的酶，把石油一步一步



地降解为小分子，这时海面上的油迹也就无影无踪了。

微生物是出色的大自然清洁工，它的武器就是体内含有的形形色色的酶，只要遇到“可口”的垃圾，它便不要命地大口大口地吃，直到吃光为止。如果力量不够，它会自我繁殖，很快壮大自己的队伍。所以在与自然求和谐的时代，微生物是名符其实的“风云人物”。

## 在工厂里种粮食

农业生产历来都是靠天吃饭，农民一年的辛勤耕作常因一场自然灾害而毁于一旦。尽管农业生产在不断发展，但还是追赶不上人口增长的速度，世界上还有不少地区粮食严重短缺。同时，土地已超负荷运转，土壤肥力又逐年降低。如何解决这一系列的问题呢？

人们想到了微生物。有些微生物所含蛋白达 40% ~ 80%，是营养丰富的理想替代食品。还有些微生物体内含有大量的人体必需的氨基酸和维生素，这些物质在普通食品中含量很少。

那么，如何培养这些“高蛋白”的菌体呢？通过长期探索，人们发现了微生物能利用石油的奥秘，为人工大量培育可食菌体开辟了光明的道路。利用石油发酵法，原料成本低，但生产效率高，生产蛋白质的速度是粮食生产的几百倍。可以想见，如果石油发酵法得以推广，人类的食物结构就可能有了飞跃性的改变。这种利用石油发酵法生产的菌体蛋白叫做石油蛋白。石油蛋白目前还有一个严重的问题有待解决。石油中的稠环芳香烃被认为是致癌物质，石油蛋白生产过程中，不可能不混入这些烃类物质，在谈癌色变的今天，它就成了一个阻碍石油蛋白推广使用的最大绊脚石。目前，石油蛋白仍处在研究阶段。

据报道，利用酵母菌生产蛋白质比种植大豆要经济得多。酵母菌含蛋白质 55%，大豆含蛋白质 34%，若每年世界人口增长 7000 万，所需蛋白质，若培养酵母菌只用 200 吨罐 2500 个即可满足。而种植大豆，将要种植 3600 万公顷。另外酵母菌比动植物繁殖快 8000 倍，而且含有人体所必需的氨基酸。

微生物不仅可以生产大量的蛋白质，有些微生物还可以生产另一种高能营养物质——脂肪。利用菌体生产脂肪已有七八十年的历史了，人造脂肪中含有大量的不饱和酸，食用之后不仅可以预防心血管疾病，而且可以医治动脉硬化等。

随着地球上人口的迅速增长，改变人类的食物结构似乎势在必行。也许就在不久的将来，味鲜的人造菌体食品将会走入千家万户。

## 微生物发电

利用微生物可以产生氢气，有了这种氢作燃料，就可以制造出氢氧型的微生物电池来。微生物电池是一种燃料电池，燃料产电的作用原理是这样的：让燃料在负极的一边发生化学反应，失去电子；让氧化剂在正极的一边发生反应，得到从负极经过导线跑过来的电子，这时候导线里就有电流通过。

微生物电池的电池燃料主要是氢、氨、甲烷等等。如美国宇航局曾设计了一种方案，用一种芽孢杆菌处理尿，生产出氨气，以氨作为电池燃料，获

得微生物电池，从而得到了电能。当然，还可以让微生物从废水的有机物当中获得营养物质和能源，生产出电池所需要的燃料。

目前，微生物电池的研究还处于试验阶段，它所提供的能量很少，但是，随着科学的进一步发展，也越来越引起人们的重视，相信在不远的将来，微生物电池能为人类提供更多的能源。

### 微生物产生氢气

氢能燃烧，是一种发热本领最高的化学燃料，燃烧 1 公斤氢放出的热量，相当于燃烧 3 公斤汽油或者 4.5 公斤焦炭。

氢本身无色无味无毒，它燃烧后只产生水汽，不会造成环境污染，可以说是一种很干净的燃料。

现在，煤炭、石油和天然气作为人类生活中的主要能源被利用着。它们储存的化学能是由生物在几千年中才积累起来的。随着各国工农业的发展和人民生活水平的提高，能源的消耗与日俱增，据估计，这些化石资源在今后一两百年内就会涸竭，人类即将面临能源的危机。但是，氢的来源却无限丰富，地球上有的水，水就是氢和氧的化合物。人们发现了不少能够产氢的细菌。一类叫化能异养菌，它们能够发酵糖类、醇类、有机酸等有机物，吸收其中一部分的能量来满足自身生命活动的需要，同时把另一部分能量以氢气的形式释放出来。另一类能够产氢的细菌是光合的养菌，它们能够像绿色植物那样，吸收太阳光的能量，把简单的无机物合成复杂的有机物以满足自身的需要。同时产生氢气。

利用微生物生产氢气，目前还处于探索阶段，科学家们正不断寻找和培育产氢能力更强的微生物，希望在不远的将来，我们能以水作原料，靠太阳提供能量，利用微生物生产出更多的氢气来。

### 用微生物提取黄金

提到黄金大家都很熟悉，因为黄金自古以来常被人们用做装饰品，皇家贵族还用它做生活器皿。如今，黄金的用途远不止这些，它已走进了电子和宇航工业；成为做金币材料和牙科材料。据报道，盛产黄金的国家主要是南非、俄罗斯、加拿大及中国等地。

一个世纪以来，90%以上的金厂都是用有毒的氰化物从脉金矿中出金。由于氰化物提金存在着溶剂剧毒的弊端，人们一直在寻找无毒的浸金溶剂。其中利用微生物的某些代谢产物提取金，就成为人们研究的重要课题。

有些微生物或其代谢产物，对金、银或包裹金银的硫化矿物，具有溶解、吸附、氧化等作用，人们利用这些作用，开展了提取矿石中金、银的研究。近年来，这方面的研究进展很快，有的已进入工业生产。

据报道，俄罗斯在寻求无毒生物提金剂方面作了大量的研究，他们曾做了不同细菌溶解能力的比较试验，并且发现某些巨大芽孢杆菌等溶金效果很好。

### 为找石油立大功

石油被人们誉为“液体黄金”，是当前能源的骄子。现在的工农业生产以及化学工业都需要大量石油。因此，如何勘探石油就成为一个极有价值的研究问题了。

石油勘探的方法很多，其中微生物探测是其中的方法之一。石油是一种混合物，其中含有大量烃类物质。虽然石油埋藏在地层深处，但这些烃类物质，还是可以通过扩散作用渗透到地壳表面来。有些微生物专吃这些烃类物质，如果微量的烃类物质有了较多积累，这些微生物就可以大量繁殖，我们依靠对微生物的观察就可以断定地下是否贮藏有石油。这种方法简单易行，可以辅助其他勘测方法，综合使用能提高勘探准确度。由于这些细菌具有指示油田位置的功能，因此人们称之为“指示菌”。

工业废气二氧化硫是一种毒性很强的气体，它能引起人类多种疾病，甚至致死。大气中二氧化硫含量是环境保护的一个重要参数。真菌和藻类的共生体地衣，就对二氧化硫特别敏感，即使大气中含有极微量的二氧化硫，也会影响地衣的生长，因此用地衣可以灵敏地获得大气污染的信息。另外，例如噬油菌、蛭弧菌和乳节水霉等都对污水有特殊的敏感性，可以检测污水污染情况。

有些指示菌并非依靠自身进行指导。现代技术使得我们可以用放射性同位素喂养细菌，将能够不断辐射的放射性同位素结合在菌体上，制成示踪菌体。利用仪器可以接收到示踪菌体上同位素放射的射线，从而确定菌体的位置和密度等重要数据，这些数据对于研究传染病流行的渠道等都具有很大价值。

## 微生物与人类健康

### 乳酸菌与人类健康

乳酸菌是指一群可以利用发酵性糖类如（葡萄糖、乳糖等），并使之转变成乳酸的细菌。乳酸菌的种类繁多，到目前为止，这类细菌共发现了 59 种，分别归属于乳链球菌及乳杆菌两大家族。

从食品制造的观点而言，乳酸菌可以说是众多有益的微生物中最有价值的一群。它们在食品及饮料方面的应用相当广泛，例如，泡菜的制造，酱、酱油与葡萄酒的成熟过程，以及牛奶发酵制成的奶酪、酸奶等，都有乳酸菌的参与。

可供乳酸菌发酵的物质很多，但发酵后产品不一定都适于食用，其色、香、味及营养成分必须达到一定的价值水准，才值得开发推广成为乳酸菌发酵食品。牛奶，就是一种非常适于乳酸菌发酵的天然培养基，其糖分含量充足，蛋白质的质与量俱佳。因此，自古以来，在世界各地的许多国家都不约而同地出现了由牛奶、羊奶、马奶，甚至骆驼奶制成的乳酸菌发酵食品，其名称各异，但形态及制造原理大致相同。

乳酸菌具有把奶类中的乳糖，分解成乳酸的功能，称为乳酸发酵。在形成乳酸的同时也产生其他一些酸类物质，从而导致了 PH 值的下降，当达到乳类蛋白质的等电点时（如牛奶蛋白质的等电点约在 PH4.5 左右），引起蛋白质的沉淀，使原来流动性较大的乳类，因凝固作用而变成类似果冻的胶状物，称之为“凝乳”。凝乳可直接食用，如北京人喜爱喝的酸奶。也可以进一步加工形成其他形态的产品，如西方人及游牧民族喜爱吃的奶油、奶酪等。

如今，随着现代微生物学的发展，利用乳酸发酵乳制品的产品的种类很多，产品的质量也得到了很大的提高，已经成为现代生活中不可缺少的食品。如现在市场上常见的“喜乐”“乐百氏”“双歧王”等均属乳酸饮料。

乳酸菌发酵食品除了具有一般发酵食品的优点如改善风味，促进消化，增加营养价值之外，还具有特殊的医疗效果，乳酸菌对保持健康具有重要作用。摄取它与长寿有关系。最早发现这种作用的是俄国的生物学家梅奇尼科夫。它调查研究了保加利亚一些地区人们长寿的秘密，发表了长寿的原因是当地独特的饮料“保加利亚乳酸酪”，并且推论由于乳酸菌在肠道内生长，导致 PH 值下降，从而抑制了其他会产生不良物质的肠道细菌，因此具有整肠作用。

原来，人的肠内，特别是结肠里生存在各种细菌。这些菌具有帮助肠道进行消化吸收、防止杂菌侵入和繁殖等机能。对保持身体健康大有裨益。有时让刚刚出生的早产儿处于完全无菌的状态。但是，在这样的环境下，肠内的有益细菌也不能繁殖。因此，即使他们养育于保育器里，对杂菌的抵抗力也非常弱。

如果这种无菌状态长期继续下去，会有一辈子也走不出无菌室的危险。所以，肠内细菌具有不容忽视的作用。

肠内细菌类里有优势菌群（双歧乳酸杆菌等）和劣势菌群二种，为了保证人的健康，两个菌群保持一定的平衡，但是，每当患了病或是因年岁大而体力一时衰弱时，就会失去这种平衡，使劣势菌得以抬头，引起肠内腐败，出现有毒物质。长此下去，就会加重肝脏、心脏、肾脏等器官的负担，加速

老化。肠内细菌里优势菌群所占的比例，是衡量健康和老化程度的尺度。从体外不断地摄取乳酸菌，可以使肠内经常保持健康状态。

乳糖缺乏症的患者因为体内缺乏乳糖分解酶，无法消化乳糖，故食用含有乳糖的食物（如牛奶）后常造成腹泻，这种病例常见于美国黑人及东方民族。

乳酸菌饮料含有大量的有益于身体的乳酸菌，因此会使经过发酵的牛奶里的蛋白质变得易于消化吸收。因此，喝牛奶腹泻的人，可以放心地使用这种健身食品。

除此之外，科学家还发现发酵乳中含有抑制胆固醇合成的物质，食用后可以减少血液中胆固醇的含量。

由于乳酸菌在人体内具有如此多的好处，医学应用乳酸菌制剂（乳酶生）来治疗消化不良、肠道内菌群紊乱症。

乳酶生系乳酸菌的活菌制剂，其中含有一定量的活菌，如若是合格的乳酸菌制剂每克内含活乳酸菌为2亿个以上。这些乳酸菌对人体的作用机制，主要是利用乳酸菌在肠道内生长发育，产生大量乳酸，抑制肠道内细菌丛的均衡繁殖。

目前生产的乳酶生，常含有二种或二种以上的不同的乳酸菌。最常用的有嗜酸乳杆菌、保加利乳杆菌、乳链球菌等。乳酶生就是将乳酸菌培养在合适的条件下，待生长繁殖后，抽滤、取菌体加淀粉，经压片，低温储藏等过程而制成的菌体制剂。

## 神奇的红茶菌

看到这个题目，你也许有点“丈二和尚——摸不着头脑”，因为作为一种养生健身饮料，红茶菌对你来说并不十分陌生，可是它却有着不同寻常的身世。

19世纪前后，中国渤海湾周围地区曾是一派阡陌交通，鸡犬相闻，男耕女织，安乐祥和的景象。自古就崇尚养生之道的当地居民在饮茶的基础上发明了一种被称为“海宝”的饮料，它对人们的健康长寿大有益处。后来，帝国主义列强一次次地将战火引向这一地区，历经战乱的当地人民经常处于流离失所、饥寒交迫的境地，哪还顾得上养生之道呢？“海宝”在当地失传了，但是像许许多多中国的奇珍异品一样，它却成为帝国主义列强的“战利品”，被八国联军掠往国外渐渐地流传到俄国的高加索地区，成为那里家家户户常备的饮料，被称为“茶格瓦斯”。我们知道高加索地区是世界闻名的长寿地区，许多百岁老人不仅身体健壮，还能从事劳动。究其原因，除了其他因素外，朝夕饮用“茶格瓦斯”这一生活习惯越来越引起世人的注目。1971年，一位日本女教师从那里将这种神奇的饮料带回国，日本人把它命名为“红茶菌”，并使其不仅风靡日本，而且迅速传到台湾、香港等地，随后又传到了新加坡、美国、加拿大等几十个国家和地区。70年代初期，红茶菌的菌种又从日本重新传回中国，并很快风行一时。你看，红茶菌的这段身世和麋鹿是多么地相象！

那么红茶菌到底是一种什么东西，它对人体究竟有哪些好处呢？微生物学的研究揭开了这些秘密。

红茶菌培养物中，含有大量醋酸菌、酵母菌和乳酸菌。其中又以醋酸菌

和酵母菌为主。

红茶菌中的酵母菌，主要是啤酒酵母，醋酸菌则主要是胶膜醋酸杆菌，乳酸菌主要是乳酸杆菌。以下简单介绍一下这三种微生物的形态、生理特征。

1. 啤酒酵母：啤酒酵母大量存在于红茶菌培养液中，有人报道，每毫升培养液含酵母菌 992 万个。啤酒酵母在分类上属于真菌子囊菌纲酵母属，是酿酒、发面中主要的菌种。其细胞圆形、椭圆形或腊肠形，大小不一，宽度 1~5 微米，长约 5~20 微米，芽殖后的细胞可连接成树枝状的假菌丝。

啤酒酵母与其他酵母一样，喜好酸性环境，最适生长温度 28~30℃，但啤酒酵母具有发酵快、产气多，营养成分多的特点。

啤酒酵母在糖茶水中繁殖后，产生大量代谢产物，包括各种维生素、氨基酸以及蛋白酶、肝糖酶、辅酶 B<sub>1</sub>、辅酶 B<sub>2</sub>、辅酶 A 等多种消化酶类。

2. 胶膜醋酸杆菌：又名膜醋酸菌，木醋酸菌，是红茶菌中厚膜的主要成份。

膜醋酸菌是革兰氏阳性杆菌，菌体大小约 0.6×2~3 微米，能形成链并互相连结成膜，其细胞壁的主要成份是纤维素，故形成的膜具有一定的韧性。我国民间酿醋用的“醋蛾子”，主要是这种醋酸菌。

膜醋酸菌是需氧菌，在有氧条件下，将葡萄糖氧化成葡萄糖酸，再进一步氧化成酮葡萄糖酸，酮葡萄糖酸是维生素 C 的前体，因此，红茶菌液中含有大量的维生素 C，据分析，每 100 毫升红茶菌液虽，可含维生素 C 10~30 毫克。此外，膜醋酸菌还可将乙醇转化成醋酸、乳酸，增加培养液的酸度。

膜醋酸菌也适宜在酸性环境生长，最适生长温度 25~30℃，生长温度范围 7~40℃，在 55℃ 温度下，10 分钟就能致死，故培养红茶菌时，必须待茶水凉后才能倒入培养缸中。

膜醋酸菌单独培养时，虽也形成菌膜，但只在与酵母菌共同培养时，才能形成红茶菌中的肥厚菌膜。因此说，红茶菌主要是膜醋酸菌与酵母菌的共生体。膜醋酸菌生长，使环境变酸，有利于酵母菌的生长，同时，酵母菌的代谢产物维生素、氨基酸等，又能为醋酸细菌提供生长素；酵母菌的菌体自溶后，可为醋酸菌提供蛋白质，酵母菌产生的乙醇，也可供醋酸菌利用。总之，酵母菌的生长，为醋酸菌提供了丰富的营养物质。

3. 乳酸杆菌：乳酸杆菌有多种，常见于酸牛奶，青贮饲料中，它们都是革兰氏阳性、无芽孢的杆菌，菌体细长，单个或成链排列，有时可形成长丝状。乳酸杆菌是微需氧菌，适宜在酸性环境中生长，最适生长温度一般为 28~30℃，发酵糖时可产生乳酸、醋酸、乙醇等。

以上三种微生物的生命活动，使培养液中含有大量葡萄糖酸、乳酸、乙酸、乙醇等有机酸和醇类，并含有多种维生素、氨基酸和消化酶类，这些物质大多具有促进新陈代谢，调整胃肠功能，帮助消化的作用。此外，乳酸菌、醋酸菌在发酵中还可产生乙酸乙酯，使培养液具醇香味；酵母菌发酵中产生大量 CO<sub>2</sub>，使培养液具有气感。因此，除了富有营养价值外，红茶菌培养液还兼有酸梅汤、桔汁和汽水的特点，酸甜适度，清凉爽口，红茶菌培养液中含有大量有机酸，又含有茶水中的单宁物质，使一般腐败细菌不能在其中生长，而“红茶菌”中的三种微生物，却能在这种条件下生长自如。因此，培养正常的“红茶菌”中，一般不生长其他杂菌。

被称作小型制药厂的大肠杆菌

一谈到大肠杆菌，总令人有“不干净”的感觉。这或许是因为大肠杆菌一向混杂在动物或人类的大便中的缘故。

如果从饮水或游泳池检查出大肠杆菌的话，则表示水质曾受到粪便的污染，而且大肠杆菌的数量越多，表示受污染的程度越严重。

不过，大肠杆菌绝非肮脏的细菌，虽然它们中有些特殊的种类会引起痢疾，但大多数都没有毒性，不会引起疾病，而且还可以帮助人体合成多种维生素和氨基酸呢！

尤其是某些大肠杆菌，已证实具有极高的安全性，是生化技术中不可缺少的细菌，可用于遗传工程中“遗传因子”的重组技术，使大肠杆菌制造出人体生长的激素、胰岛素、干扰素、以及流感病毒疫苗和乙型肝炎疫苗等多种药物。大肠杆菌，使药物合成的生产进入了一个崭新的时代。

那么，什么叫遗传工程呢？首先我们要谈谈细菌的质粒。

我们知道在生物的染色体中贮存着它们生命活动所必须的遗传信息，脱氧核糖核酸（DNA）是遗传的物质基础。但在某些细菌中，如大肠杆菌，除了呈裸露状态的染色体（DNA）外，还存在着一种染色体外的遗传因子，称为质粒。它是一种共价闭环结构的双螺旋 DNA 分子，每个细菌体内有一个或几个存在。在质粒 DNA 分子中除了带有它本身复制、转移所必须的基因外，不同的细菌质粒还分别带有使宿主细胞获得某些特殊遗传性状的基因，例如致育性、抗药性、产生抗生素等。这些功能对于细菌的生命活动不一定是必须的，因而当质粒从细胞中消失后，并不影响细菌在正常条件下的生命活动。

人们最早发现的细菌质粒是大肠杆菌的性因子（也叫致育因子），以后陆续发现了产生大肠杆菌素因子及抗药因子等。

遗传工程又叫基因工程或称重组 DNA 技术，它是从分子生物学，特别是细菌质粒，限制性内切酶等方面的研究成就中发展起来的一个十分重要的新领域。所谓基因工程，就是应用酶学方法，把一个外源的目的基因（我们希望得到的性状的基因）与细菌质粒（做为目的基因的运载体）连接起来，成为一个重组的 DNA 分子，再把它引入细菌细胞中使之增殖并进入子代细胞，而子代细胞则成为能表达目的基因所决定的性状的新菌种。换句话说，通过体外的基因重组，可以人工创造出新的生物物种，为人类服务。

遗传工程的主要步骤

（1）用限制性内切酶把作为载体的质粒切开（一个切点或几个切点，有些酶能把质粒切成具有粘性末端的直链分子）。

（2）用内切酶或其他方法分离目的基因。

（3）让具有相同粘性末端的运载体质粒和目的基因混合，使它们以氢键共价配对。

（4）用连接酶使目的基因和运载体质粒连接成为新的重组 DNA 分子。

（5）把重组的质粒转化到受体菌中。

（6）筛选和鉴定出带有重组 DNA 的转化子。

利用遗传工程技术把高等动物的基因引入细菌细胞，根据细菌繁殖速度快、周期短等特点，由细菌来生产高等动物的产物。换句话说，即可以利用 DNA 重组技术来培育“工程菌”，建立“细菌工厂”，通过发酵途径，大量而廉价地生产人类所必需的有价值的动物来源的产品。下面举几个以大肠杆菌制成的药剂：

(1) 哺乳动物脑下垂体分泌的生长激素释放因子, 是一个由 1 千个氨基酸组成的多肽, 具有广泛的生理作用, 能调节机体的生长, 对肾炎、糖尿病和急性胰腺炎等都有治疗作用, 是一种非常贵重的药剂。本来要取得 5mg 的这种激素, 需要从 50 万头羊脑组织中提取, 价格十分昂贵, 1977 年有人成功地把人脑激素(生长激素释放抑制因子)的基因转移到细菌体内, 用遗传工程创造出“工程菌”, 就等于建成了一座“细菌工厂”, 可以从细菌发酵液中得到这种激素, 估计只要 9 升大肠杆菌的培养液就可以得到 5mg, 价格便宜了很多, 这是第一个用 DNA 重组技术进行商品化生产的例子。

(2) 胰岛素是一个由 50 个氨基酸组成的多肽, 为治疗糖尿病的药物, 通常胰岛素是从猪、牛等动物胰脏中提取的, 大约 8000 吨的胰脏才能够获得 1 公斤的胰岛素。靠动物胰脏提取来生产胰岛素药品不仅成本高, 而且也满足不了全世界大约六千万糖尿病人的急需。此外, 动物胰岛素与人胰岛素的分子结构不完全相同, 病人长期使用还会引起抗原性反应。1978 年有人首先将人的胰岛素基因转移到大肠杆菌中并成功地表达, 用“细菌工厂”生产人的胰岛素, 不仅降低了成本, 产量也得到了迅速的增长, 而且长期使用无副作用。利用“细菌工厂”生产胰岛素开创了药物生产的新局面。

### (3) 乙型肝炎疫苗

乙型肝炎病毒能侵染人和猿类, 其广泛传播会严重地影响人类的健康, 抗生素等抗传染药物对其都无疗效。因此, 人们渴望获得乙型肝炎病毒疫苗。但是, 由于引起这种疾病的乙肝病只能在人体肝脏中增殖, 人们不能够获得大量病毒来制造疫苗。1980 年法国科学家以从乙型肝炎病毒中分离出它的表面抗原基因, 并使其和真菌的质粒 DNA 重组后转入大肠杆菌体内, 结果获得了功能性表达。这种表面抗原是一种蛋白质, 可以用来制造乙型肝炎疫苗用于预防乙型肝炎病。目前已经有许多药物都能够用工程菌进行制造了。

总之, 遗传工程的发展使药物的生产找到了新的途径。可以预料, 凡是人体内的各种激素以及防御系流产生的各种免疫物质等都可通过遗传工程的途径来获得, 这也给肿瘤等疾病的防治带来了希望。此外, 还可通过遗传工程方法使抗生素、维生素等药物的生物合成能力成倍甚至成百倍地增长, 给人类带来巨大的经济效益。

在古代的神话中, 人们常常把超越现有生物能力的人称为神仙。在那些虚构的神仙身上都寄托了人们发挥超越自己能力的愿望。“细菌工厂”可以说是一种实实在在的神仙。它们的出现必将给人类的生活生产以及各种社会活动带来巨大的改变。

## 抗生素的生产

自从 1928 年弗莱明发现青霉菌的杀菌现象以后, 至今已有 70 年了, 而弗洛里和蔡恩首次成功地提纯青霉素也已经整整 50 年了。这半个世纪的历史充分证明这一发现为人类带来的利益是无与伦比的, 堪称文明史上最伟大的发现之一。

青霉素刚刚被临床使用时, 人们便清楚地看到了它的巨大价值, 许多化学家和生物学家投身这项工作, 一方面完善和改进青霉素的生产技术, 另一方面积极寻找新的抗生素。到目前为止, 几乎找到了 2000 多种不同的抗生素, 而且每年都有新品种发现和出产。产量也完全能够满足各种需要。这种



当年贵似黄金的“神药”何以能变为一般的普通药物呢？这得归功于现代医药生产技术的进步。

那么现在是怎么样生产各种抗生素的呢？基本上有两类方法：一类是发酵法。就是用微生物在发酵罐中生长、产生抗生素，然后再分离纯化这些抗生素的方法；另一类是化学合成法。首先将需要合成的抗生素的化学结构分析清楚，然后按照这个结构去进行化学合成，实践表明，这种化学合成的抗生素也是具有良好抗菌作用的物质。

作为基本的抗生素生产技术，微生物发酵法依然发挥着巨大作用，而日常使用的抗生素大部分还是利用微生物发酵法进行生产的。只是某些利用发酵法无法制得、或者希望在天然抗生素基础上再加强某些作用时，方才使用化学合成法制造抗生素，这种方法产量低而且成本高。

现在，青霉菌和链霉菌是生产抗生素的主要菌株。尤其是链霉菌，它可以生产数百种抗生素，简直是一架天然的抗生素机器，受到医药界的青睐。

青霉菌，就是 70 年前，弗莱明首次观察到有杀伤细菌作用的那种微生物。它是一种霉菌，在自然界分布很广，无孔不入，而且生命力极强，在环境很恶劣的情况下也能生存下来，它常常给科学家们捣蛋，造成实验室的污染，有时钻进温箱，建立自己的根据地，有时钻进细胞培养瓶，把科学家辛辛苦苦培养起来的细胞弄得一塌糊涂，使他们不得不从头做起。不过这种破坏活动偶而也会给科学家带来幸运，例如，弗莱明就是从青霉菌的破坏活动中做出了划时代的发现，使它由破坏分子变为造福人类的功臣。现在，制药厂仍然使用青霉菌来制造青霉素，以满足医疗实践中大量的需要。

链霉菌是放线菌中的一员，多分布在土壤里。它生长旺盛时形成放射状排列的细丝，没有霉菌那样的细胞核，尽管长得像霉菌，但本质上却还是属于“原核生物”，与细菌的特性更加接近。

1940 年以前就有人曾注意到链霉菌能产生抗菌物质，但没有引起重视。直到发现了青霉素、并开始使用青霉素后，人们才重新注意起链霉菌产生抗菌物质的特性来。首先美国的 S.A. 瓦克斯曼从灰色链霉菌中分离出具有抗结核杆菌作用的链霉素，改变了结核病无药可治的局面，给无数结核病患者带来了福音。直到今天链霉素仍然是治疗结核病的首选药物之一。后来陆续从链霉菌中分离出了 400 余种抗生素，其中 20 种左右投入市场，其中的佼佼者有：链霉素、土霉素、氯霉素、红霉素、新霉素等。

抗生素的生产仍然是当前医药界的重要任务之一。由于许多种微生物对已有的老药可以产生不同程度的抗药性，就是说久而久之对这些药产生了“免疫力”，一些过去很有效的抗生素如今效力下降，有的甚至完全失效。这就需要不断有新的抗生素出场，取代已经失效的老抗生素，去完成杀灭有害微生物、保护人类健康的神圣使命。

### 遗传工程的明星：噬菌体与大肠杆菌

世纪之交总是多事之秋。19 世纪末、20 世纪初出现了经典物理学理论的危机，和以普朗克的量子论和爱因斯坦的相对论为代表的物理学革命。这次科学风暴扫除了旧时代思想的阴云，迎来了新世纪文明的曙光，深刻地影响了本世纪学术界和社会公众的思维方法和行为规范。时值 20 世纪 90 年代的今天，一场新技术革命的浪潮正波澜壮阔地在全球范围内展开，校园里

在谈新浪潮，街道边有人在说高技术。究竟是什么样的高技术如此让人着迷呢？关于高技术的说法有好多种，包括的门类也有差异，但有两项则是公认的，势必领导下一代产业的技术：微电子技术和生物工程技术。

生物工程技术是指那些运用生物学原理和方法结合现代工艺进行产品开发与生产的技术。它包括4个主要领域：遗传工程，细胞工程，酶工程和发酵工程。而其中的核心则是遗传工程。什么是遗传工程呢？就是将其他生物的遗传物质引入某种生物细胞，不同程度地与细胞中原有遗传物质整合在一起，它们共同作用，从而使细胞产生出新的性状的技术，它也被称为基因重组技术。

为什么说在这项技术中，噬菌体和大肠杆菌是明星呢？请看看遗传工程的历史，便不难理解这一点了。

1977年，美国科学家将动物的一种激素——生长素释放抑制因子的基因转入了一种从动物肠道里分离出的杆菌——大肠杆菌的细胞里，并使大肠杆菌生产出了这种激素。这种激素可用来治疗肢端肥大症和高血糖症。这种激素在正常情况下分布在动物的下丘脑，以往要生产5毫克这种激素，需用50万只绵羊的脑子，可见这种药是价值连城的，人们几乎用不起它。而用遗传工程方法生产同样的激素，只要用9升细菌培养液就可生产出5毫克产品。同年5月，美国加州大学把老鼠的胰岛素基因转入大肠杆菌中，结果使大肠杆菌产生了老鼠的胰岛素。这就是遗传工程，用细菌生产动物的激素，这样做既简便，又经济，而完成这一重大使命的细菌就是我们的明星之一——大肠杆菌。

大肠杆菌一般生活在人和哺乳动物的肠道里，一般不致病，是身体正常菌群的成员之一。在体外也很容易存活，在一般的培养基上就能很好地生长。遗传工程学家之所以选中了它，除了其生物学特性外，容易获得、容易培养也是重要的原因。

我们要谈的另一个明星——噬菌体在遗传工程中扮演什么角色呢？噬菌体是专门在细菌中生活的一种病毒，有一类噬菌体侵入细菌体后，快速增殖，并裂解细菌，这种噬菌体叫做烈性噬菌体；另一类噬菌体感染细菌后，不但不使细菌破坏，而且能随着细菌细胞一块继续分裂，这种噬菌体叫做温和噬菌体。噬菌体还有一个特点就是具有专一性，一种噬菌体只在一种细菌中生活，而不能在另一种细菌中生活，人噬菌体是一种大肠杆菌的温和噬菌体，它是遗传工程中极好的载体分子，就是担当把动物的基因搬运进大肠杆菌细胞的搬运工角色。如果没有它，遗传工程就无法正常运转了。

可见遗传工程是前景光明、用途非常广泛的新技术，而这项技术主要是依靠微生物的作用而发展起来的。微生物在生命科学中的重要地位在此又得到一次证明。

除了大肠杆菌和噬菌体，已有不少其他微生物随后进入了遗传工程领域，例如，枯草杆菌、酵母菌、玉米黑粉菌等。微生物还将在遗传工程中发挥更大的作用。

### 相依为命，情深意长

这个题目听起来颇有感情色彩，似乎是用来描写人间情义的。可为何在描写微生物的书里面会用上这样的词汇呢？当你读完这一段故事也许就会同

意这个题目了。

在整个生物世界，各种生物类群彼此之间都存在着千丝万缕的微妙关系，它们都不是孤零零地生活在地球上的。微生物也是一样，它们常常与动物、植物或者其他微生物共同生活，形成密切的关系。

前面，我们已经知道许多人和动植物的疾病是由微生物引起的，但这些致病的微生物在所有的微生物中只是一小部分，而绝大部分微生物还是无害的。我们的科学尽管已经很发达，但要满足我们彻底认识大自然、认识生命、认识微生物还远远不够。许多已经存在的微生物，我们还不认识，已经发现的许多微生物与我们人类的关系也还不清楚。认识是无止境的。有一类现象给我们以深刻的启示，它提醒我们要学会全面、辩证地看待微生物与人类及动、植物的关系。

科学家们发现，在我们每一个健康人的皮肤上、口腔里、胃肠道、呼吸道等器官里都生活着成千上万，甚至数也数不清的微生物，而胃肠道里面的微生物数量和种类最多，如果把胃肠道里的微生物全部集中起来称一下，它们足有 1 公斤重呢！谁会想到呢？自然界真是太奇妙了！但这些微生物与我们友好相处，不引起疾病。它们靠我们体内的营养而生活，同时也给我们帮些忙，有些细菌帮助人体消化那些靠胃和肠不能完全消化的东西；有些细菌帮助分解某些有毒的物质，以防人体中毒；有些微生物还能产生某些维生素供给人体、以保证健康；还有些微生物等等，它们的功绩还有许多。如果什么时候，体内的这些微生物的某些成员减少了，我们反倒会生病呢！你看，我们已经离不开它们了。

在其他动物的体表和体内，也与我们人类一样，存在着许多的微生物，它们共同生活，互相帮助，非常愉快。

在植物里面，这种情况也很普遍。在豆科植物的根部生长着一种细菌，叫根瘤菌。它一方面靠这些豆科植物提供养料，另一方面能够把空气中的氮气直接转化为植物能够利用的合成蛋白质的原料，使这些植物得以茁壮成长。而一般植物是无法直接利用空气中的氮气的，它们只能利用土壤里面的氮来合成自己所需要的蛋白质，而土壤里的氮远远没有空气中的氮丰富，尤其是那些不太肥沃的土地含氮量就更少。这种根瘤菌也被叫做固氮菌，现在这种菌深受农业科学家的青睐，他们希望把这些奇特的宝贝细菌结合到豆科以外的其他作物上去，这样，产量就会大幅度提高，但要实现这一点，还有困难。但总有一天，人类会把细菌的这种优点进一步扩大，为我们的生活带来更多的财富，那时，我们将和微生物的感情更加深厚。

## 抗生素的其他用途

抗生素作为化学治疗剂在医学临床上，挽救了许多人的生命，取得了辉煌的成就。据报道，40 年代以前，金黄色葡萄球菌败血症的病死率约为 75%。现在，抗生素可以控制 95% 以上的细菌感染病。除此之外，抗生素在工业、农业、畜牧业等方面，都有着广泛的用途。

### 1. 抗生素在兽医临床上的应用

早在 50 年代，抗生素已广泛用于兽医临床，防治畜、禽的感染，同时也可以防治牲畜疾病对人的感染，并取得了良好的效果。例如青霉素用于治疗猪丹毒。肢原体引起的猪哮喘，是兽医临床上的常见病、多发病，过去应用

四环素类抗生素进行治疗，但较难根治。后来用林可霉素与壮观霉素合并治疗，获得了较好的效果。鸡球虫病是危害雏鸡较为严重的病患之一，近年来用盐霉素和莫能霉素进行治疗，效果良好。盐霉素和莫能霉素是专供畜、禽使用的抗生素，不能供医学临床使用。此外，治疗后的畜、禽体内残留有抗生素，须停药一段时间后才能宰杀，以防残留的抗生素危害人体。

#### 2. 抗生素在畜牧业上的应用

抗生素在畜牧业上的应用，不仅用于防治畜禽疾病，还能作为畜、禽饲料的添加剂，它可以提高畜、禽产量并节约饲料。各种抗生素产生菌的废菌丝中，残留有少量抗生素，将其加工成为饲料添加剂，兼有刺激幼小畜禽生长和控制畜禽传染病的作用。据报道，用抗生素喂猪仔（生后2周到8周断奶止，每头每日喂20毫克），仔猪增重比对照组高10%。鸡饲料中加入一定量的金霉素、土霉素或青霉素（每公斤饲料中加入5~50毫克），一般增重速度比对照组高5%~10%，可节省饲料5%。

#### 3. 抗生素在食品工业中的应用

鱼类、肉类、牛奶、水果等食品常因微生物污染而导致变质、败坏。常用冷冻、干燥、腌渍、消毒灭菌等方法保藏食品，这些方法易降低营养价值，并影响色、香、味，有些方法成本较高或处理不便，不能及时快速简便将食品保存起来，利用抗生素可方便，快速达到保藏食品的目的。例如，制霉菌素可用于柑桔、草莓的保藏，四环素类抗生素可用于肉类、鱼类的保藏。另外，抗生素还用于罐头食品的防腐剂，已应用的有乳酸链球菌素，泰乐素等。

#### 4. 抗生素在作物保护上的应用

作物病害，如小麦锈病、稻瘟病、甘薯黑疤病、柑桔溃疡病等均可用抗生素防治，应用有内吸作用的抗生素效果最佳，内疗素就是一种防治作物病害的内吸性抗生素。此外，真菌病害常见于多种作物，例如橡胶树切割口极易感染真菌病害，使用制霉菌素，灰黄霉素等在防治真菌病害上取得了良好效果。

### 抗生素的危机

自1928年亚历山大·佛来明发现青霉素以来，人类与微生物一直在竞赛。在这场竞赛中，领先者不断改变着。1946年，即抗生素在二战中广泛应用仅5年后，医生们发现，青霉素对葡萄球菌不起什么作用。这没有难倒药物学家，他们发明或发现新的抗生素，这使得当一种抗生素无效时，另一种抗生素仍能攻击抗药的菌株。新的抗生素以及合成的经过改进的老抗生素，在和突变型菌株战斗时仍能守得住阵地。最理想的是能找到一种连突变型也怕的抗菌。这样就不会有一种病菌能活下来来进行繁殖了。过去已经制出一些可能有这种效果的药。例如，1960年曾制出一种变异的青霉素，称为“新青霉素”它是半合成的，因为病菌对它的结构很生疏，细菌中像“青霉素酶”这样的酶不能分解它的分子，不能破坏它的活性。青霉素酶是钱恩最先发现的，抗药菌株靠它来对抗普通青霉素。因此，新青霉素就能消灭那些抗药的菌株。可是没过多久，抗合成青霉素的葡萄球菌菌株又出现了。

令人头疼的是，只要有新药出现，就会产生新的细菌变种。竞赛就这样进行着。在整个竞赛中，总的说来，药物略略领先，如结核、细菌性肺炎、败血症、梅毒、淋病和其他细菌性传染病已逐步被征服。不可否认，有些人

死于这些疾病，而且至今仍有人因这些疾病而死亡，但人数毕竟不多，而且死亡的原因，多半是在使用抗生素前，细菌已破坏了他的致命系统。

细菌的确很精明，特别是它们的进化方式。细菌对抗生素产生抗药性的原因与达尔文的自然选择学说正相吻合，譬如说，对一个细菌菌落使用青霉素后，大多数细菌被杀灭，但偶尔也有极少数细菌具有使它们自己不受药物影响的突变基因。这样，它们幸运地活了下来。接着，细菌变种把自己的抗药基因遗传给后代，每个细菌在 24 小时内能留下 16777220 个子孙。更为险恶的是，变种还能轻而易举地将自己的抗药基因传给无关的微生物，传递时，一个微生物散发能吸引另一个细菌的一种招惹剂，两个细菌接触时，它们打开孔，交换称之为胞质基因的 DNA 环，这个过程叫做不安全的细菌性行为。通过这种交配方式，霍乱菌从人肠内的古老的普通大肠杆菌那里获得了对四环素的抗药性。

斯坦福大学的生物学家斯特利·法尔科说，有迹象表明，细菌是“聪明的小魔鬼”，其活动之诡秘连科学家们也从未想到过。例如，在妇女服用四环素治疗尿道感染的时候，大肠杆菌不仅会产生对四环素的抗药性，而且会产生对其他抗生素的抗药性。利维说：“几乎是，好像细菌在抵抗一种抗生素的时候，就能很策略地预料到会遭到其他类似药的攻击。”

