

森林工业技术知识丛书

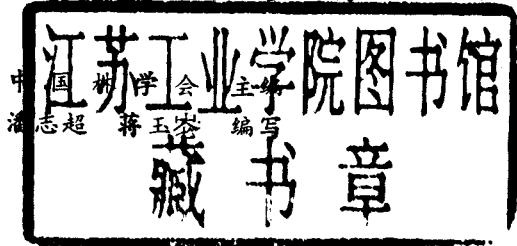
酵母及饲料 酵母生产

中国林学会 主编
潘志超 蒋玉岑 编写

中国林业出版社

森林工业技术知识丛书

酵母及饲料酵母生产



中国林业出版社

森林工业技术知识丛书
酵母及饲料酵母生产
中国林学会 主编
潘志超 蒋玉岑 编写

中国林业出版社出版（北京西城区刘海胡同七号）
新华书店北京发行所发行 固安县印刷厂印刷

787×1092毫米 32 开本 5.875印张 124千字

1987年8月第1版 1987年8月第1次印刷

印数1—2, 600册

统一书号：16046·1357 定价：1.20元

ISBN7-5038-0026-7/S·0018

目 录

开头语

- 一、什么是酵母..... 2
 - 微生物大家族的一员..... 2
 - 微生物的一般特征..... 5
- 二、酵母的用途..... 8
 - 工业生产的“能工巧匠”..... 8
 - 营养丰富的食品和饲料..... 9
 - 大有前途的酵母工业..... 11
- 三、在显微镜下观察酵母菌..... 16
 - 酵母菌的形态与构造..... 16
 - 酵母菌是怎样繁殖的..... 20
 - 工业上常用的酵母菌..... 23
 - 酵母生产中的有害微生物..... 28
- 四、酵母菌的营养..... 37
 - 酵母细胞的化学组成..... 37
 - 酵母菌的基本营养物质..... 41
 - 培养基的制备..... 46
 - 灭菌和消毒..... 52
- 五、酵母菌的代谢..... 57
 - 生物催化剂——酶..... 57
 - 酵母菌的呼吸作用..... 64

酵母菌对己糖的分解·····	67
蛋白质和核酸的合成·····	73
六、酵母菌的生长与环境·····	80
酵母菌的生长规律·····	80
环境对酵母菌的影响·····	82
酵母菌种的选育和保藏·····	87
七、酵母生产的原料及糖液制备·····	94
酵母生产的原料·····	94
不同原料糖液的制备·····	96
八、菌种的选择和扩大培养·····	117
菌种的选择·····	117
菌种的扩大培养·····	118
九、酵母的培养·····	127
营养盐的制备·····	127
培养酵母的方法·····	128
酵母生产中最佳条件的选择·····	131
十、酵母成品的生产·····	141
酵母生产的工艺流程·····	141
酵母的分离和浓缩·····	144
酵母的干燥·····	146
酵母生产的主要技术经济指标·····	149
十一、酵母生产的主要设备·····	151
发酵槽·····	151
酵母分离设备·····	164
十二、成品检验和酵母综合利用·····	168
成品的检验和包装·····	168
酵母的综合利用·····	176
十三、发展前景·····	181

开 头 语

提到酵母，人们一定会联想到那香郁醇厚、绵甜甘爽的各种名酒和清凉可口、营养丰富的液体面包——啤酒吧，酵母酿造这些美酒，为人们的物质生活增辉添色，但它对人类的贡献绝不仅仅在酿酒这一方面。由于干酵母中含有高达40—60%的蛋白质，人们就可以利用酵母来生产一些高蛋白的食品和饲料。又由于酵母中含有酶类、核酸类和大量的维生素，所以又可从酵母中提取一些名贵药品。另外，用酵母发酵的方法可以制得酒精，酒精不仅是化学工业的重要原料，而且可以部分地代替汽油作为能源。特别是进行酵母生产时，不但可以用粮食作原料，而且也可以利用农、林业废料及工业废液和废弃物等作原料。这样，既净化了环境，又可得到各种重要产品，可谓一举多得。在当前世界能源不足、食品短缺的情况下，发展酵母工业是具有重大意义的。

酵母到底是一种什么样的生物呢？它为什么能有这样大的作用呢？还是让我们从头说起吧。

一、什么是酵母

酵母是一种微小的生物，它与其它生物一样，世世代代地生活在地球上，只不过由于它个体微小、构造简单，人们难以见到它的面目而已。

微生物大家族的一员

在广阔的自然界中，生长着各种各样的，我们所熟悉的动物、植物。除此之外，还生长着一些数量极其庞大，个体又极为微小的小生物，它们就是微生物大家族。酵母是这个大家族中的一员。

微生物个体微小，构造简单，是多细胞、单细胞、有的甚至没有细胞结构的微小生物。这些微小生物的个体，绝大多数用人的肉眼是看不见的，必须用显微镜或电子显微镜把它们放大到几百倍、几千倍，甚至放大到几万倍以上才能看见。

对于“微生物”这一名词，有些人可能感到陌生，但它却与每一个人有着密切的关系。如日常生活中的酿酒、制醋、蒸馒头；美味的山珍木耳、蘑菇、猴头；名贵的中药灵芝、茯苓；重要的化工原料酒精、甘油、有机酸；常用的各种抗菌素药物；很有前途的石油发酵、细菌冶金、沼气发酵；此外，衣物、器材的发霉；食品的发酸、变馊；人类和

动物的疾病及其治疗等等，无一不与这些小生物有关。就连人类和动物的体内也常年居住着微生物大家族的成员。据测定，一克鲜粪中就含有几千万到上亿个微生物。可见人类与微生物有着不解之缘，人们的衣、食、住、行、生、老、病、死都与这些小生物息息相关。

为了更好地了解微生物大家族，还是让我们简单介绍一下大家族的“家谱”和主要成员吧。

总的说来，微生物大家族的成员包括：病毒、立克次体、衣原体、支原体、螺旋体、细菌、放线菌、酵母菌、霉菌、担子菌、单细胞动物、单细胞藻类。工业上常用的微生物主要是细菌、放线菌、酵母菌、霉菌以及病毒等。

病毒在微生物大家族中是一个比较特殊的最小的小“兄弟”。它没有细胞结构，个体极其微小。最大的如砂眼病毒，也只有几百纳米（1纳米=1/1000微米=1/1000000毫米）。最小的脑炎病毒和肝炎病毒等，就更小了，只有50纳米左右。因此可以说它是一种独特的“分子生物”。由于病毒太小，因此细菌不能通过的细菌过滤器，它可通行无阻，所以称之为过滤性病毒，简称病毒。又由于用最好的光学显微镜也看不到它们，所以又称为超显微镜微生物。那么怎样才能看一看这些神秘的小生物呢？只有用电子显微镜了。病毒的另一大特点是，它不能独立生活，必须寄生在其它生物的活细胞中才能生存。由于它的生长繁殖（称为复制）造成被它寄生的生物（寄主）细胞的死亡，所以病毒对寄主危害很大，是自然界中最小的“寄生虫”。寄生在人和高等动物细胞中的病毒称为动物病毒，寄生在高等植物细胞中的病毒称为植物病毒，寄生在昆虫细胞中的病毒称为昆虫病

毒，寄生在微生物大家族其它成员细胞中的病毒称为细菌病毒或噬菌体。它们给人类、牲畜、农业、林业生产及发酵工业都带来极大的危害。但病毒对寄主的寄生具有专一性，如噬菌体只能寄生在微生物细胞中，不能寄生在动物和植物细胞中，而且寄生于某一种细菌的噬菌体对其它种细菌不能寄生。我们就可以利用病毒的这一特性培养对人类有害的昆虫、细菌的昆虫病毒和噬菌体，制成各种杀虫剂、杀菌剂和其它药剂，用于农、林业生产和医药卫生事业。

细菌比病毒大得多，但它在微生物大家族中仍然是个小兄弟。细菌和病毒一样，曾对人类、牲畜的生命造成过一定的威胁，从而败坏了微生物大家族的声誉。但这只是部分细菌的罪过，而另外一些细菌却给人类带来很大好处，在发酵工业、食品工业、医药工业、农业及采矿工业上都有应用。如醋酸、乳酸、丙酮、丁醇的发酵生产；氨基酸、核苷酸、维生素、酶制剂的制取以及细菌肥料、石油发酵、细菌浸矿、沼气发酵等等，都表现了细菌“超群的才干”。

放线菌本来是微生物大家族中默默无闻的一个小成员，但从本世纪中叶发现放线菌能生产多种抗菌素后，它就一鸣惊人了。据不完全统计，到目前为止，放线菌可以产生1700种左右的抗菌素，占现有抗菌素的2/3，而临床上抗菌素的用量占西药总用量的50%以上，可见抗菌素在医药工业上的重要性。不仅如此，放线菌还在甾体转化、石油发酵、污水处理及酶制剂生产等方面也有应用。

霉菌在微生物大家族中，个体是比较大的，数量也是最多的，是微生物大家族中较有“作为”的一员。除了酿酒、制酱和其它发酵食品外，在发酵工业、农业、纺织、医药及皮

革等方面都起着重要作用。如生产酒精、有机酸、抗菌素、酶制剂和植物激素以及发酵饲料等都少不了它们。但霉菌也有对人类不利的一面，如各工业的原材料、产品、设备以及衣物、食品的“发霉”、“长毛”，就是霉菌在作怪。另外，有些霉菌是人类和动物的病原菌，有的则是植物的致病菌。

酵母菌（在生产中通常简称为酵母）也是这个大家族的重要成员，后面我们要着重介绍它。

微生物的一般特征

小小的微生物为什么会有这样惊人的作为？为什么能广泛地应用于人类生产和生活的各领域？让我们先了解一下它们的一般特征还是有益处的。

分布广泛、种类繁多

微生物由于个体微小、体态轻盈，可以随空气、灰尘、流水等周游世界，到处流浪，它们遍布于自然界。在常年积雪的高山和数千米深的地下；在万米高空和数千米深的海底；在炎热的赤道和严寒的两极；以至于在各种生物的体表和体内都有微生物存在。就连中东地区的一个含盐量高达30%的死海中也发现有微生物生活。当然土壤是微生物的大本营，一克肥沃的土壤中微生物的数量竟和世界的总人口差不多。

微生物的种类繁多，目前已发现的微生物就有10万种以上。而其中被人们深入研究和利用的至今还是少数，所以对微生物的研究和利用大有潜力。我国幅员广阔，微生物资源极其丰富。我们要深入地研究微生物，进一步发掘微生物资

源，让它在社会主义建设中发挥更大的作用。

繁殖速度快、代谢能力强

微生物家族中大多数成员几十分钟到几个小时就可繁殖一代。如在适宜的条件下，大肠杆菌在20分钟就可以繁殖一代。假如条件一直适宜，营养一直充足，一个大肠杆菌经2⁷²小时就可繁殖72代，总菌数达 4.7×10^{21} 个，这些大肠杆菌的子孙后代们排列起来可以盖满整个地球表面。经两天多的时间，一个大肠杆菌繁殖的子孙后代堆在一起，可以和我们生活的地球的体积一般大！当然这种情况是不会发生的，因为随着菌体数量的增加，营养物质将迅速减少，而且其他环境条件也将变坏，使菌体繁殖减慢或者停止。尽管如此，微生物的繁殖速度仍然是高等动、植物的生长速度所无法相比的。

微生物个体微小，能从外界环境中迅速地吸收营养物质和将废物排出体外。从单位重量来看，微生物的代谢强度比高等动物的代谢强度大几千倍至几万倍。象一试管的酒精酵母斜面菌种，经几天的扩大培养，就可发酵上百吨的木材水解糖液，生成几千千克的酒精。另外，不同的微生物能分解和利用不同的有机物质，或从无机物合成有机物。如国内外广泛采用的生物法处理废水，就是利用微生物将污染物作为营养物质，各取所需，协同作用，从而达到消除公害、净化环境的目的。同时，不同的微生物能积累和排出不同的代谢产物，所以在发酵工业上常利用不同的微生物生产各种发酵产品。

容易变异、易于培养

微生物个体既小，构造又简单，因此很容易产生变异。

外界环境一旦发生剧烈变化，大多数个体适应不了变化的环境很快死亡而被淘汰；个别的菌体则发生变异，适应新的环境而被保存下来。人们就利用微生物的这一特点，用物理或化学方法处理微生物，得到人们所需要的新的变异菌种，用于发酵生产。

微生物不仅容易变异，而且易于培养。首先，微生物能利用各种有机物作为营养。因此，对原料的要求不高，各种农业、林业废料及某些工业废渣、废液都可用作原料。这么一来，微生物发酵生产的原料，来源既充足，价格又便宜，并且可以变害为利。要想搞酵母生产，用农业、林业废料、亚硫酸废液和纤维板厂的废水作原料都行。其次，微生物发酵生产，在常温常压下就可进行，要求的条件缓和、设备简单，这是化学合成法所不可比拟的。再有，微生物发酵生产中不需要特殊的催化剂，一般说来产品是无毒的，所以微生物在生产中得到越来越广泛的重视和应用。

二、酵母的用途

酵母的用途并不亚于微生物大家族的其他成员，而且在某些方面表现更加突出。它不仅能“生产”一些重要产品，并且可以得到一些名贵药品，它那肥胖的身体因营养丰富，还可以加工成精美的食品或优良的饲料。

工业生产的“能工巧匠”

酵母也是微生物大家族中一员著名的“能工巧匠”。在工业生产中，它能施展各种神奇巧妙的分解、合成能力，把品种不同、形态各异的原料或废料变成多种产品。因此在微生物大家族中素负盛名，占据着重要的地位。

我国是历史悠久的文明古国，早在四千多年前，我国劳动人民就会利用微生物酿酒。新中国建成后，酿酒业迅速发展，产量和质量不断提高。其中茅台酒、五粮液、绍兴黄酒等驰名中外，畅销世界各国。素有液体面包之称的啤酒的生产，随着人民生活的不不断提高发展更快。美酒不但丰富了人民的生活，而且为国家换回大量外汇。

用酵母发酵法生产酒精在我国仍占有重要地位，因合成法制酒精成本高，设备和工艺要求高，且产品纯度尚存在问题。发酵法生产酒精的原料主要有粮食、糖蜜、亚硫酸废液、农林业废料等，后几种原料更有前途。酒精是化学合成

工业的重要原料，而且是良好的溶剂和杀菌剂，在世界能源危机中它又是个重要的能源之一。酵母还可以发酵生产甘油及高级醇、有机酸等，在工业上也是很重要的。用酵母生产的酶制剂：乳糖酶、转化酶、脂肪酶等在工业上也有广泛的应用。

酵母还可以综合利用，制取各种名贵的药品，如：辅酶A、细胞色素C、核糖核酸、三磷酸腺苷（简称ATP）、酵母海藻糖和多种氨基酸、麦角固醇（维生素D₂的原料）、卵磷脂、凝血质等。此外，酵母能以石蜡为营养进行石油发酵，不但使石油脱蜡精制出低凝固油用于国防工业，而且在发酵过程中还可提取其他产品。同时吃得又肥又胖的酵母还可作为饲料或再进行综合利用。近年来，酵母在处理工业废水中也有应用。

营养丰富的食品和饲料

酵母不仅在工业生产中是位“能工巧匠”，而且在日常生活中，还颇有“献身精神”，它无私地把自己的身体完全奉献给人类。酵母由于含有大量的蛋白质和维生素（见表1），成为精美的食品和优质的饲料。

表1 酵母中各种维生素的含量

维 生 素 名 称	含量（毫克/千克）
硫胺素 (B ₁)	15—18
核黄素 (B ₂)	54—68
泛酸 (B ₃)	130—160
胆碱 (B ₄)	2600
烟酸 (B ₅ , -PP)	500—600
吡哆醇 (B ₆)	19—30
生物素 (B ₇ , H)	1.6—3.0
环己六醇 (B ₈)	5000
叶酸 (B ₉ , B ₁₀ , B ₁₁ , B _c , M)	3.4
钴 氨素 (B ₁₂)	0.08

随着我国人民物质生活的提高，机械化饲养家畜、家禽

业必将迅速发展。那么，提供大量的饲料就成了我们目前亟待解决的问题。饲料酵母正是极好的精饲料。从表2可以看出，饲料酵母比青饲料的营养价值要高得多。用饲料酵母喂养家畜、家禽可以加速其生长，增加产肉量，且可改善肉的质量；喂养家禽可以增加产蛋量；喂貂可以改善毛皮质量；养蚕可以加大产丝量，提高丝的质量，并且可以解决常年养蚕桑叶不足的问题。

表2 酵母与各种青饲料营养成分的比较

饲料名称	水分 (%)	粗蛋白质 (%)	粗脂肪 (%)	糖和淀粉 (%)	粗灰分 (%)	粗纤维 (%)
酵 母	8.00	50.00	4.00	30.00	8.00	—
红 薯 藤	87.50	1.10	0.40	4.50	0.90	5.60
南 瓜	84.40	2.00	1.50	9.20	1.10	1.80
胡 萝 卜	81.50	3.00	0.80	12.50	1.20	1.00
洋姜茎叶	81.80	2.00	1.10	7.70	2.90	4.50
水 浮 莲	92.63	0.63	0.79	2.93	1.78	1.24
水 葫 芦	93.92	1.19	0.24	2.21	1.33	1.11
牛 皮 菜	88.19	1.55	0.09	7.05	1.73	1.99

当我们有机会参加盛大的宴会，看到满桌的各式名菜、美味佳肴时，你曾想到过吗？用酵母制成的营养丰富、多种风味的人造肉，同样可以登上盛大宴会的餐桌。酵母蛋白质中含有13种氨基酸(见表3)，人体所必需的8种氨基酸它都具备，并且含有多种维生素和水解酶类。酵母的蛋白质含量是牛、羊肉的2—3倍，猪肉的3—4倍，蛋类的5倍·鲜牛奶的十几倍。所以用酵母生产的人造肉，营养价值高，易于消化吸收，是老人和幼儿很好的营养品。在人造肉中加入不同的添

表3 酵母中各种氨基酸的含量

氨基酸名称	含量(%)
精氨酸	3.6
胱氨酸	0.7
甘氨酸	0.2
组氨酸	1.3
异亮氨酸	3.7
亮氨酸	3.6
赖氨酸	4.1
蛋氨酸	0.8
苯丙氨酸	2.4
苏氨酸	2.6
色氨酸	0.7
糠氨酸	2.9
谷氨酸	6.9

加剂，就可以制成具有猪、牛、羊、鸡、鸭、鱼等各种风味的肉制品，同样可以用各种烹调加工方式做成各样名菜。这种人造肉含有大量的蛋白质，是人们所欢迎的“瘦肉”。当然，你若爱吃肥肉也不用着急，可以用含脂肪高的酵母（如红酵母含60%的脂肪）来生产“肥肉”，供你选用。

让我们努力工作，尽快把人造肉摆在每家每户的餐桌上，供人们尽情享用吧！

大有前途的酵母工业

酵母生产远远晚于酿酒业，直到十九世纪五十年代世界上第一个酵母工厂才在维也纳建立。当时是生产面包酵母，用作面包烤制业的发酵剂。在第一次世界大战中，德国由于粮食不足，首先进行了食用酵母的生产。到第二次世界大战

期间，食用酵母的生产有了显著的发展。继德国之后，苏联、美国、英国、日本等国的食用酵母生产也相继展开了。本世纪三十年代开始利用木材水解液、亚硫酸废液及木材水解酒精厂和亚硫酸废液酒精厂的酒糟生产酵母。随着世界人口的剧增，能源不足、粮食短缺的现象加剧了，从动物和植物获得的蛋白质越来越难于满足人类的需要。在寻求新的蛋白质来源的实践中，人们发现微生物是当之无愧的最佳蛋白源。因为微生物含有非常丰富的营养：蛋白质含量丰富，而且包含人体所必需的氨基酸；脂肪适量，并含有人体所必需的亚油酸和亚麻酸；还含有多种维生素，特别是维生素B族，无机盐及各种水解酶类。同时，微生物生长速度快，与栽培作物相比，它不受自然环境的影响，不占耕地面积，并且生产周期短。如种植大豆最少要100天才能收获，而培养酵母只要8小时就可以收获了。与家畜、家禽和鱼类相比，它不仅生产周期短，花费工时少，而且消耗的营养物质也少。另外，培养微生物所需的营养物质（即原料），来源广泛，价格低廉，并且有利于改善城乡环境，农林废料、工业废渣、废液等都可以利用。这些废料经水解后制得糖液，可培养出数量极其可观的酵母（见表4）。这样又可以节省大量粮食。据国外资料报道，一吨饲料酵母，添加到饲料里可代替5—7吨粮食，增产1—1.5吨家禽肉或0.5—0.8吨猪肉，或10—15万个蛋类。在喂养小牛时，一吨酵母可代替6—9吨牛奶。所以微生物蛋白的生产和研究大有前途。近年来，世界上称为单细胞蛋白质（single cell protein），简称SCP的生产和研究正在广泛地开展。

在微生物大家族中，酵母蛋白质的生产被普遍认为是最