

飼料添加剂的生产与应用

SILIAO TIANJIAJI DE
SHENGCHAN YU YINGYONG

肖振铎 代惠敏 韩德奎 编译



吉林省高等院校科技开发研究中心

饲料添加剂的生产与应用

肖振铎 代惠敏 韩德奎 编译

吉林省高等院校科技开发研究中心

编 译 者 序

饲料添加剂是指向配合饲料中添加的微量成分。作为饲料添加剂多为人工合成的特殊物质，而添加的量又多以PPm计。配合饲料中微量添加成分没有强力的机械搅拌手段则不可能均匀。因此说添加剂是配合饲料工业不可缺少的重要物质。有人誉之为畜禽营养科学发展的第七个里程碑，审其对商品畜牧业的独特作用和其带来的经济效益，均谓言之不过。

本世纪40年代开始人工合成了维生素，继之生产酶类、饲用抗生素等，短短的几十年取得了突飞猛进的发展。目前全世界各国饲料添加剂种类多达千种，据统计1980年饲料添加剂销售额高达50多亿美元，为发展配合饲料，提高配合饲料的质量，起到了十分重要的作用。

卡鲁南茨（苏）等编著的“微生物合成制剂在畜牧业中应用”一书，集中阐述了各种添加剂的生产方法及应用效果，内容简捷，重点突出，资料相当丰富。严格说来，酵母并不属饲料添加剂类，因为饲料酵母可作为蛋白质源占日粮中的一部分。如仅用为维生素B族来源或做为添加剂载体也无不可。译者除将原文内容译出外，尚补充了国内外应用添加剂的一些资料，以充实原书中面窄欠丰的不足。

本书的最大特点是酶制剂的生产与应用内容丰富。这还是我国饲料添加剂生产和应用中的薄弱环节。因此这方面内容可供读者参考和借鉴。为了适应当前饲料工业发展的特点，便于读者理解和应用，我们将书名改为“饲料添加剂的生产与应用”。

我国当前饲料工业刚刚兴起，在畜牧业发展迅速的今天，各类饲料添加剂的研制、生产必然会有一个较大的发展，译出本书的目的就在于促进适合我国特点的各种饲料添加剂的研制和广泛应用，为发展商品畜牧业，改善人们善食结构做出应有贡献。

由于译者水平所限，译文在信、达、雅方面均有欠缺，祈望读者指正。

编译者1985年于长春

目 录

序 言	(1)
第一章 饲料酵母	(2)
一、饲料酵母是全价蛋白质的来源	(2)
二、酵母的化学成分与特性	(3)
(一) 以碳水化合物为原料生产酵母	
(二) 烃类酵母	
三、用食品和非食品原料生产饲料酵母	(5)
(一) 利用谷物、马铃薯及糟类为原料生产酵母	
(二) 利用水解亚硫酸盐酒精厂半成品和废品作原料生产酵母	
(三) 利用糖厂的糖渣为原料生产酵母	
(四) 利用石油H—石腊作为原料生产酵母	
四、饲料酵母质量的监测方法	(12)
五、饲料酵母在畜禽饲养中的应用	(15)
(一) 猪日粮中酵母的利用	
(二) 犊牛和肥育幼牛日粮中酵母的应用。	
(三) 乳牛日粮中酵母的应用	
(四) 家禽日粮中酵母的利用	
(五) 养兽业和养鱼业中酵母的利用	
第二章 氨基酸	(21)
一、氨基酸的分类及营养功能	(21)
(一) 氨基酸的种类	
(二) 必需氨基酸和非必需氨基酸	
(三) 必需氨基酸的营养功能	
二、氨基酸在畜禽饲养上的应用	(29)
(一) 赖氨酸的微生物合成法	
(二) 谷氨酸的微生物合成法	
(三) 色氨酸的微生物合成法	
(四) 氨基酸的其它生产方法	
(五) 氨基酸质量的检查方法	
(六) 主要氨基酸工业产品简介	
三、氨基酸的生产	(37)

(一) 合成氨基酸在养猪生产上的应用	
(二) 合成氨基酸在养禽业中的应用	
(三) 合成氨基酸在反刍动物日粮中的应用	
第三章 抗生素	(46)
一、枯草杆菌肽	(48)
(一) 枯草杆菌肽的生产	
(二) 枯草杆菌肽在畜禽饲养中的应用	
二、灰霉素	(52)
(一) 灰霉素的作用及其在动物体内的残留	
(二) 灰霉素的生产	
(三) 饲料灰霉素在动物饲养上的应用	
(四) 饲料枯草杆菌肽和灰霉素的饲喂标准	
三、黄霉素	(64)
(一) 黄霉素的生产	
(二) 黄霉素在家畜饲养中的应用	
(三) 黄霉素的饲喂标准	
四、瘤胃素	(71)
(一) 肥育牛时瘤胃素的应用	
(二) 瘤胃素的喂饲标准	
五、泰氏菌素	(74)
(一) 泰氏菌素在动物饲养中的应用	
(二) 应用抗生素的经济效益	
六、饲用抗生素品质的检测方法	(77)
(一) 崔茜菌素	
(二) 灰霉素	
七、抗生素添加剂简介	(79)
(一) 抗生素添加剂	
(二) 国内现在主要饲用抗生素性能简介	
(三) 猪用抗生素添加剂	
(四) 鸡用抗生素添加剂	
(五) 牛羊用抗生素添加剂及牛用埋植剂	
第四章 维生素	(116)
一、胡萝卜素	(116)
(一) 胡萝卜素的生产	
(二) 在畜禽饲养中胡萝卜素的应用	
(三) 胡萝卜素和维生素A的饲养标准	
二、维生素B ₂ (核黄素)	(123)
(一) 维生素B ₂ 的生产	

(二) 核黄素B在动物饲养中的应用	
(三) 维生素B ₂ 的饲喂标准	
三、维生素B ₁₂ (氰钴胺素)	(126)
(一) 维生素B ₁₂ 的生产	
(二) 维生素B ₁₂ 在畜禽饲养中的应用	
四、维生素D (沉钙固醇)	(129)
(一) 维生素D的功能	
(二) 维生素D在动物饲养中的应用	
五、饲用维生素制剂的品质评定方法	(132)
(一) 胡萝卜素	
(二) 维生素B ₂	
(三) 维生素B ₁₂	
五、各类畜禽对维生素的需要量	(134)
(一) 猪对维生素的需要	
(二) 鸡对维生素的需要	
六、各类维生素添加剂简介	(145)
(一) 常用维生素饲料添加剂	
(二) 维生素添加剂的用量	
七、维生素添加剂的种类、作用和乏缺症概述	(148)
(一) 鸡用维生素添加剂的种类、作用和缺乏症	
(二) 猪用维生素添加剂的种类、作用和缺乏症	
(三) 鸡处于逆境时需要补充的维生素	
八、维生素添加剂的使用和复方维生素添加剂	(154)
(一) 维生素添加剂的载体	
(二) 维生素添加剂的质量标准	
第五章 酶制剂	(158)
一、酶制剂的名称及说明	(158)
(一) 淀粉分解酶	
(二) 纤维素分解酶	
(三) 半纤维素分解酶	
(四) 凝乳酶	
(五) 微生物溶解酶	
(六) 蛋白分解酶	
(七) 脂肪分解酶	
二、酶制剂生物学活性的检测方法	(172)
(一) α -淀粉酶活性测定法	
(二) 真菌和细菌性酶制剂的总糖活力 (OC) 测定法	
(三) 真菌性酶制剂果胶脂酶活力的测定	

(四)	多乳糖醛酶活力的测定	
(五)	凝乳酶活力的测定	
(131) (六)	纤维素酶活力的测定	
(七)	解脂酶活力的测定	
(八)	半纤维素酶 (木聚糖酶) 活力的测定	
(132) (九)	酵母活力的测定	
(十)	蛋白分解酶活力的测定	
(十一)	总葡聚糖酶活力的测定	
(133) (十二)	β -1, 3-葡聚糖酶活力的测定	
(十三)	β -1, 6-葡聚糖酶活力的测定	
(十四)	α -1, 3-葡聚糖酶活力的测定	
(十五)	PR因子的测定	
(134) (十六)	α -甘露聚糖酶活力的测定	
(十七)	磷酸甘露聚糖酶活力的测定	
(十八)	β -1, 4-甘露聚糖酶活力的测定	
(135) (十九)	甲壳质酶活力的测定	
(二十)	磷脂酶活力的测定	
三、	酶制剂在畜牧业中的应用	(182)
(181) (一)	酶制剂应用于畜牧业的前提	
(二)	猪日粮中的酶制剂	
(三)	反刍动物日粮中的酶制剂	
(四)	家禽日粮中的酶制剂	
(182) (五)	酶制剂在饲料生产中的应用	
(六)	畜牧业中采用酶制剂的前景	

序 言

对家畜采用全价饲养的方式是集约化畜牧业的必需条件。在畜禽的日粮中加入精制的蛋白——维生素添加剂、酶制剂、氨基酸、维生素、抗生素和其他活性物质，不仅可以加速畜禽生长，还可以提高畜产品的数量和质量。

目前，全世界面临饲料蛋白质的匮乏，因此，发展单细胞蛋白，生产饲料酵母，对平衡家畜日粮的粗蛋白和其他营养物质方面是有着重要意义的。

采用微生物工艺生产的饲料酵母，在蛋白质的质量和维生素的含量方面都比植物饲料丰富得多。饲料酵母的成分中，包含不可代替的氨基酸，维生素和最重要的微量元素等，是畜禽良好的蛋白质补充饲料。

许多研究者和实践者已经证明了饲料酵母在畜牧业效益方面已经超过骨肉粉，而仅次于鱼粉。

因为植物性饲料蛋白中，不可代替的氨基酸、如赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸的含量很贫乏，因此，这类氨基酸的生产就十分重要。

为了解决蛋白质的缺乏，目前广泛地开展了生物蛋白的生产。植物蛋白是最有前途的来源之一，因为植物资源区别于烃类化合物源培养的动物蛋白，植物可通过光合作用的途径来生产蛋白质。与此同时也探讨了农副产品的加工及其利用问题。例如对蒿杆、棉花的外皮、稻草和向日葵皮壳的加工都产生了很大的兴趣。禾本科作物的蒿杆，按其粗能来说接近谷物，但由于利用率低，粗蛋白含量少，粗纤维含量高，因而次于谷物。

为提高蒿杆的营养价值及改善适口性，对蒿杆预先用碱和其他的物质进行处理。

酶的水解物连同培养的水解酵母是加工蒿杆的有前途的方法。经酶作用18—20小时后，可得到10—20%的蛋白和9—10%的易被吸收的碳水化合物饲料。此外，粪便加工成颗粒饲料是合理利用粪便的方法之一。但是粪中的果胶质、纤维素和其他的多糖类不易消化，需经发酵后方可被利用。粪中对机体有害的胺类和酚类也要经过微生物发酵才可消除毒性，变为畜禽的饲料。

随着饲料酵母、氨基酸、维生素和酶类饲料生产量的增加，就出现了给幼畜制造代替乳的可能性，这类代替乳按其本身的成分来看与天然乳没有区别。

采用酶制剂的形式，使复杂物质转变成易被机体吸收的简单物质是不难实现的。例如：用蛋白酶可将植物蛋白或菌体蛋白分解为肽和氨基酸；淀粉酶能将糖分解为糊精和葡萄糖，而脂肪酶将脂肪变成脂肪酸和甘油。目前已研究应用饲料酵母、玉米粉以及各种乳化脂肪水解物制成人工乳的配方和工艺。

第一章 饲料酵母

一、饲料酵母是全价蛋白质的来源

酵母很早就被人们所认识。古时人曾用酵母制酒、啤酒、马乳酒、蜜制品和面包等。早在上一个世纪就开始了饲料酵母的生产。N. C波波夫认为干饲料酵母是蛋白质、维生素、酶（蛋白酶和核酸酶）的良好来源。酵母的特性是生长快，按其氨基酸的含量来看接近动物性蛋白，如添加少量的蛋氨酸和维生素B₁₂时，其生物学价值则不次于动物蛋白。在饲料酵母中含50—60%干酪和40—50%可消化粗蛋白质。1吨饲料酵母的粗蛋白价值相当半吨全乳。

饲料酵母中的蛋白质含有不可代替的氨基酸。1公斤饲料酵母含35—42克赖氨酸，几乎是大麦和燕麦的10倍，蛋氨酸是大麦和燕麦的1.5—2倍，而色氨酸超过粮食作物的2—3倍。酵母维生素的含量大大超过所有植物性和动物性饲料的含量表(1-1)。

酵母中的维生素和氨基酸，比合成维生素和氨基酸容易被机体吸收。酵母还含有较多的麦角固醇，当受到紫外线照射时，即可转变为维生素D₂。

全苏畜牧科学研究院的研究证明了饲料酵母成分中的酶类可以促进饲料的消化和吸收。从淀粉分解的活性看，干燥饲料酵母大大超过植物性饲料。

酵母中的酶类可促进畜体对植物性粗蛋白的利用。干燥的饲料酵母含有大量的酸性和碱性蛋白质。酵母酶在胃蛋白酶活性方面高于骨肉粉2倍、高于鱼粉2.8倍、高于向日葵饼、大麦饼、豆饼5—10倍。胰蛋白酶活性也高于其他动物和植物饲料。此外，酵母还能激活动物胃肠道中的胰蛋白酶。因为酵母具有上述的生物学特性，所以对家畜的生长、发育和生产力均有良好的影响。

在糖蜜酵母细胞里含20—35%碳水化合物，极易被动物吸收，其消化率为85—95%。而有些试验资料认为可达100%。酵母还含有易被吸收的无机物质。1公斤的酵母含12—15克磷、3—8克钙、8—17毫克铁、16—30毫克铜、20—40克锰、20—70毫克锌、1.4—2.2毫克钴。当微生物活跃时，上述这些成分的含量还可以增高。

酵母是脂类最丰富的来源，其含量可达干物质的50—60%。酵母的脂类包括甘油三脂、磷脂、固醇、腊质和游离脂肪酸，其脂肪酸中、饱和与不饱和脂肪酸的比例适当。酵母脂类中含单数碳原子的脂肪酸0.5—1%即为劣质酵母。目前生产含有剩余碳水化合物不超过干物质0.1—0.2%的酵母工艺已经成熟。为降低剩余碳水化合物的含量，建议采用乙烷净化酵母的方法。

表1-1

维生素B族含量 (在最重要的蛋白质饲料中mg/kg)

饲料种类	维生素B ₁	维生素B ₂	泛酸	胆碱	尼克酸	吡醇素	促生素	次黄嘌呤核苷酸	叶酸
饲料酵母	5—20	40—150	50—100	2500—6000	350—800	8.0—18.0	0.6—2.3	1200—4800	10—35
鱼粉	0.9	5—12	8	3290	79	0.9	—	170	—
干燥脱脂乳	0.4	1.5	3.5	200	2	0.4	0.4	—	0.4
肉骨粉	0.3	5.5—8.6	6.1	2000	56—67	1.5	0.2	—	1.1
向日葵饼	6.2	0.5—3.0	13	2300	170	11.0	—	—	—
豌豆	6.8	0.9—1.7	19	1600	24	4.0	0.05	1600	3.0
大麦	3.5	0.5—1.5	10	1100—1390	65	4.3	0.07	—	1.0

但是在净化碳水化合物的同时,会造成脂类、蛋白质和维生素的损失,从而显著地降低了酵母质量。

随着饲料生产的发展,尤其是对饲料蛋白质的迫切需要,畜牧工作者应该采用多种途径来开辟蛋白饲料来源。例如广泛应用沙丁鱼、大豆产品、向日葵和其他作物,以及大力生产单细胞蛋白。

应当指出,各种饲料蛋白源中最有意义的是单细胞微生物。比较不同机体形成蛋白质的速度可见,单细胞微生物具有高速的繁殖力。

机体类别	蛋白质群的形成时间
牛	5年
猪	4个月
雏鸡	1个月
高等植物	1—4周
细菌、酵母	1—6小时

在地球上,微生物蛋白的生产速度,显著地超过所有已知的生物。也应当看到,各种主要微生物虽然均可合成蛋白质,但按干重计算时,蛋白质的含量却在30—38%之间。此外,微生物对培养原料具有不同的适应能力,有的还需要供给少量的必需氨基酸。从生产成本上看,还要注意到微生物蛋白的生产能力相对地低于农业蛋白质的生产。

二、酵母的化学成分和特性

饲料和食品酵母的生产均以碳水化合物或烃类为原料。

(一) 以碳水化合物为原料生产的酵母

根据波尔柯夫的资料 (1959年) 表明: 在应用水解和亚硫酸盐法生产酒精时, 饲料酵母的化学成分 (%干物质基础): 蛋白45—56; 糖元 (动物淀粉) 27—32; 脂肪 0.5—2.5; 纤维素和树脂 5—7.5; 灰分 6—9。饲料酵母蛋白中含有白蛋白、球蛋白、磷蛋白、核蛋白、卵磷蛋白、糖蛋白和可溶性蛋白衍生物——蛋白胨、多肽和氨基酸等。蛋白质水解后形成 8% 氨, 12% 嘌呤和嘧啶碱、20% 二氨基酸和 60% 单氨基酸。

酵母灰分由五氧化二磷 (P_2O_5) 54.6%、氧化钾 (K_2O) 39.5%、氧化镁 (MgO) 5.2%、氧化钙 (CaO) 1.4%、二氧化矽 (SiO_2) 1.2%、氧化氮 (N) O_2 0.7%、三氧化硫 (SO_3) 0.5% 组成。此外尚含有微量的氯、铁、钴、锰和铜等元素。酵母蛋白中包括十种必需氨基酸, 其数量如下 (以干物质的 % 数计算): 缬氨酸 3.1、亮氨酸 3.7、异亮氨酸 3.5、精氨酸 3.2、赖氨酸 4.4、酥氨酸 2.5、蛋氨酸 3.0、色氨酸 0.3、酪氨酸 4.2、组氨酸 1.4。

酵母中维生素含量 (mg/Kg): 维生素 (B_1) 15—18、维生素 (B_2) 54—68、维生素 (B_3) 130—160、维生素 (B_5) 500—600、维生素 (B_6) 79—30、维生素 (B_7) 1.6—3.0、维生素 (B_c) 3.4、维生素 (B_{12}) 0.08。此外, 在饲料酵母中还含有麦角固醇——维生素 D_2 的前体 (0.25—0.7%)。

利用食品生产的副产品所获得饲料酵母要符合如下标准: 外观鳞片状、颗粒状或玫瑰色粉末; 具有酵母的特殊气味 (不容许有其他杂味); 干酵母湿度不超过 10%; 酸度以醋酸滴定 100 克产品时消耗量不超过 900 毫克; 总蛋白含量不少于 45%; 灰分约 10%。其化学成分见表 1—2。

表1-2 酵母的化学成分 %

成 分	酵 母 种 类			
	大 麦	蜜 糖	水 解	亚硫酸碱
水	9.0	7.3	7.0	9.5
氮	8.0	7.1	8.2—9.0	7.4
蛋白	50.0	44.5	51.0—56.0	46.2
脂肪	3.2	5.2	1.7—2.7	2.2
无氮浸出物	25.0	25.4	22.0—31.0	39.8
灰分	7.8	11.2	8.0—11.0	7.2—8.0
磷 (P_2O_5)	1.6—1.9	3.8	4.8	—
硫	0.2	0.17	0.2—0.25	2.1

糖蜜酵母中含 (占干物质的 %) 精氨酸 4.3、组氨酸 2.8、赖氨酸 7.5、酪氨酸 4.2、色氨酸 4.1、胱氨酸 1.1、蛋氨酸 2.0、酥氨酸 5.5、亮氨酸 7.3、异亮氨酸 6.0、缬氨酸 5.3。其中蛋氨酸含量比较少。糖蜜酵母维生素含量 (mg/Kg): B_1 —240、 B_2 —30、泛酸

—108、B₆—25、B₁₂—41、B₇—1.21、B₁₂—8、麦角固醇—6，其中维生素E含量较少。

美国畜禽营养专家认为：酵母完全可以满足家畜对维生素 B₁ 和 PP 的需要。生物素可满足75%，B₂和泛酸可满足50%，B₆不致不足，但胆碱含量却很少。糖蜜酵母生物学价值见表1-3。

表1-3 酵母的生物学价值（鼠试验结果）

酵 母	消 化 率 %	生 物 价 % (B·V)
面包酵母	81	59
啤酒酵母	80—90	58—59
饲料酵母	85—88	32—48
饲料酵母加0.5%		
蛋 氨 酸	90	88

饲料酵母中蛋白质利用率不高的原因可能是高温干燥的结果。业已证明，在日粮中通过添加蛋氨酸，酵母的利用率会显著增高。当日粮中赖氨酸不足时，应用酵母会收到较大的经济效益。

（二）烃类酵母

由于原料廉价而被广泛采用。一般多用原油烃和天然气。酵母菌将碳水化合物的甲基群变为烷烃碳酸，最后氧化石蜡中的甲基。蛋白质的生物合成是在长碳链分解为短链时开始的，由酮酸形成单个氨基酸，最后合成酵母蛋白。多数研究表明，烃类酵母氨基酸的成分和碳水化合物酵母很少有差别。

三、用食品和非食品原料生产饲料酵母

生产饲料酵母的原料有：食品工业的废料（酒糟、乳清、淀粉、汁液）、石灰分离糖蜜时剩余的碱、亚硫酸盐处理纸浆所得到的亚硫酸碱、水解物的半产品（化学法水解非食品植物原料所得到的水解物：木材、玉米穗轴、向日葵皮壳、棉花荚）以及石粉H—石蜡。

生产饲料酵母的工艺如下：盐溶液的制备；培养基的准备；菌种的培养；酵母的培养；从培养液中分离生物物质并用水冲洗；浓缩酵母浆；干燥；分装；成品包装。

（一）利用谷物、马铃薯及糟类为原料生产酵母

谷物和马铃薯滤液是饲料酵母的良好培养基。滤液中含有各种还原物质的碳源如：

5 碳糖、酒精和有机酸等。各种谷物和马铃薯加工后剩余的糟粕成分见表1-4。

表1-4

酒 糟 的 化 学 成 分

酒 糟 的 成 分	马 铃 薯	玉 米	黑 麦	燕 麦	大 麦
水 分	95.64	93.15	92.65	91.86	93.10
干 物 质	4.36	6.85	7.35	8.14	6.90
可溶性干物质	2.10	2.49	2.89	1.97	2.7
碳					
麦 芽 糖	0.31	0.53	0.42	0.26	0.44
葡 萄 糖	0.22	0.55	0.74	0.61	0.40
淀 粉	0.37	0.47	0.28	—	—
五碳糖 (在滤液中)	0.45	0.41	0.46	0.23	0.41
半 纤 维 素	2.28	1.78	1.73	1.35	1.68
纤 维 素	0.31	0.32	0.48	0.85	0.65
氮	0.171	0.400	0.267	0.190	0.240
滤液中氮	0.056	0.040	0.089	0.129	0.067
灰 分	0.51	0.40	0.45	0.57	0.57
液滤中的灰分	0.42	0.29	0.20	0.30	0.32
脂 肪	—	0.67	—	0.94	0.46

酒糟干物质的大部分是蛋白质。谷物酒糟可溶性氮占15—20%，不溶性氮占80—85%。酒糟中非溶性氮的总数占酵母蛋白的12—25%。酒糟的饲料价值为原料的1/4—1/3。10公升马铃薯酒糟等于0.4饲料单位；10公升黑麦酒糟等于0.8饲料单位；10公升玉米酒糟等于0.9饲料单位。为保证发酵中的氮源供给，常向培养基中加入亚硫酸铵或碳酸铵，其数量应占酒糟重量的0.2%。应用糖蜜培养基，在温度为34—36℃、pH值5—5.5条件下进行连续培养。在培养过程中采取强烈通气和上下混合的方式进行。

酒糟酵母工艺过程特点如下：

用0.75mm 孔径筛将糟粕和液体分开，分离后的糟粕可直接销售。滤液经过有磁性沉淀剂的换热器后，进入发酵器，冷却至35—37℃。在植物酵母器中除酒糟的滤液外，还需加入氨溶液和硫酸。在发酵器中，6小时以后完全更换内容物。

根据弗列莫里雅等人资料，从1立方米天然酒糟中可得到18—22公斤无水浓缩酵母（由10公斤饲料酵母重新培养而成）。酒精发酵过程中可形成9—10公斤酵母和2—3公斤初期原料的悬浮颗粒。由植物酵母糟，经过发泡在气体分离机选择制备培养液。培养液从气体分离机进入沙滤，然后经过特殊的收集器——振荡器，通过振荡器和裂殖菌分开。筛孔的直径为0.22毫米。分离的裂殖菌进入酵母收集器中浓缩。而酵母的发酵在分离机里经过专门的收集器里进行浓缩，使干物质达9—10%。由分离机送出的一部分酵母，即可直接喂饲家畜。由分离器中获得的浓缩酵母同裂殖菌一起经喷雾干燥，使水

分含量达到 8—10% 时, 再行分装和包装。

(二) 利用水解亚硫酸盐酒精工厂

半成品和废品做原料生产酵母

为获得饲料酵母, 也可以利用亚硫酸盐酒精工厂水解的酒糟, 木材加工和农作物的废弃物及亚硫酸碱等为培养基, 其水解物一般含 3—4 % 糖。此类培养物和木质素水解产物比较, 含有较多的盐和生长素。培养物的主要成分为半纤维素, 因此, 应该预先处理, 使其软化、水解后方可应用。

在水解和亚硫酸酒精厂的酒糟中含不发酵糖(木糖、阿拉伯糖、鼠李糖)、挥发酸、各种盐和生长素, 这些物质都有利于酵母的生长。

表5-5

水解厂酒糟的特性%

pH.....	4.2—4.4
PB.....	0.62—0.78
除去非碳物质外的溶解物.....	0.58—0.68
各种单糖	
乳糖.....	0.02—0.03
鼠李糖.....	0.01—0.02
阿拉伯糖.....	0.08—0.13
木 糖.....	0.32—0.38
挥发酸.....	0.24—0.35

亚硫酸盐酒精厂酒糟特性%

PH.....	4.4—4.6
溶解物.....	0.65—1.35
除去非碳物质外的溶解物.....	0.58—1.10
SO ₂ (总的)	0.017—0.024
SO ₂ (易挥发的)	0.240—0.31
干物质.....	7.50—1.30
阿拉伯糖.....	残迹
木 糖.....	0.42—1.00
挥发酸.....	0.28—0.42

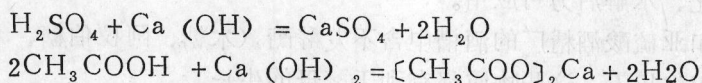
有些纤维素工厂, 利用亚硫酸盐生产饲料酵母, 但酒精厂的亚硫酸盐等中间产品和废品不是培养酵母的理想原料。应用时, 可适当添加含氮、磷、钾的补充物质。如含 19—21% 氨态氮的铵盐、尿素、磷二胺盐及氯化钙等。

为了获得培养酵母的硫酸铵和过磷酸钙溶液, 一般方法是将原料盐类加入预先充满冷水的特殊反应器中, 通过搅拌后, 用抽水机引入酵母发酵器内。应当指出的是过磷酸

钙溶液制备要经 6—8 小时方可形成。

培养酵母用的酒糟必须加入补充的盐类，加盐后由于凝胶的变化形成残渣，应当除去。然后按每立方米酒糟消毫 7—10 立方米空气的量，通风处理 3 小时。如果加入氧化剂时，通气量要加大 3—4 倍。处理后的酒糟在热交换器中冷却至 30℃。将酒糟和亚硫酸氨过磷酸盐溶液在沉淀器中充分混合，酒糟沉淀后，上清液析出。如使用酒精糟作原料，可不必通气，待冷却后即直接使用。

水解上清液的 pH 值为 1.5—2.2。用于培养酵母的应在 5 以上。因此，水解物应中和后方可使用。一般用熟石灰混悬液中和，此时水解物温度可升到 105—107℃，待冷却至 30℃ 即可应用。中和反应式如下：



由于中和反应的结果，形成难溶水的硫酸钙盐和易溶水的有机酸盐。在专门沉淀器中清除中和反应的石膏、木质素和有机胶体，清除后在热交换器中冷却至所需的温度。

酵母的培养是在有足够数量的接种培养物（继代原料）的基础上进行的。继代原料的数量应占干酵母绝对重的 12—15%，或占加工糖湿度 73—75% 的 48—60%。酵母继代原料用于精选商品酵母，因为它们相当活跃，并在营养液中易繁殖。然而，为了检疫，10% 的生产酵母应进行纯培养。所得的继代原料在特殊分离中来完成。继代原料的纯培养要依靠酵母纯培养，这种重复继代，每月必需进行 1—2 次。

中和水解物或亚硫酸做成继代原料的培养基。作继代材料用培养基的制备是先将其加热到 80—85℃，用石灰乳，调 pH 至 5.5—5.8，注入亚硫酸氨，过磷酸盐，氯化钾并通气 1.5—2.5 小时。向制备的培养基中添加酵母自溶物，然后经 5—8 小时沉淀。

继代材料的培养分三个阶段进行。第一阶段是在实验室里，将酵母菌接种在培养基中，接种量按 1 升培养液（含水 75%）0.6—1 克计算，在适宜温度，pH 4.0—4.5 条件下，在强烈通气和振荡的条件下培养 12—14 小时。所得的继代材料同培养基一起，供第二次发酵时重复接种使用；第二阶段培养过程长达 9—10 小时。第三阶段培养的继代原料应不间断地反复进行，这个过程长达 25 昼夜。用于食品酵母的工艺发酵过程是：在容积 250m³ 的发酵罐中，不断地进行培养的工艺过程。在发酵器中放入 18—20m³ 用热水冲淡的培养基。培养基冷却至 30℃ 以后，再加入 4m³ 继代原料（其中含有 60—80 公斤酵母，湿度 70—75%），在适宜的通气条件下进行 4—5 小时发酵，然后培养基沿专门的流程流动 12 小时为止，再将培养液转入到另外两个发酵器中。在第一个发酵器中每小时放入 15m³ 培养液，经过 4 小时后，两个发酵器相连接，开始培养酵母的不间断过程。第一个发酵器，开始过程放入 20—30m³ 制备的培养基，而后从一个发酵器中取出的酵母补加培养在第二个发酵器中充分培养。静止期要求达到池中酵母的必须浓度。

水解酒糟酵母的浓度应是正常的，一般 1 升（湿度 75% 换算）含 14—16 克，对亚硫酸酒精糟应含 22—24 克。当达到上述浓度时，培养液的流速规定在 45—50m³/小时。

在连续培养过程中，要保持必要的培养液的容积和一定的湿度，根据酵母种类不

同，湿度在32—38℃间。

培养过程中的通气量：第一个发酵器里应用1800—2500m³空气/小时，而第二个发酵器里为900—1300m³空气/小时。业已证明：当连续培养酵母时pH值可能降至3.8—4.0，此时可进行酵母的分离和初次浓缩。将筛选器中获得的浓缩酵母混悬液放入第一组分离器，这时酵母菌体则与培养液分离。当浓缩至每升内含500—600克酵母（干物质为12.5—15%）时，再将浓缩混合液加水混合后，移至第二组分离器中。在这组分离器中再次将其分离，除去水洗用水后放入真空蒸发器里，浓缩酵母静止后含干物质达20—22%。此时为半成品即可散开干燥到酵母含水量为8—10%时，放入自动分装器，再行包装，运输到成品库。

（三）利用糖厂的糖渣为原料生产酵母

利用糖渣作为培养基来生产酵母并不多见。糖渣是浓黑褐色液体，含73—80%干物质，干物质中含有46—52%糖（占糖渣重）和27—28%非糖物。质量优良的糖渣酵母含量可达100%，平均变动在70—85%之间。糖渣培养液的主要营养物辅料是：硫酸、氨、尿素、二氢磷酸，过磷酸、硫酸镁、氯化钾、碳酸钙、正磷酸、玉米浸出物等。消泡剂为甘油三油脂酸，脂肪生产的废弃物——皂化物、鱼肝油等。消毒物质为硫酸、福尔马林、苛性苏达、石灰等。

利用糖渣培养酵母要将其澄清，去掉粗糙胶样混悬颗粒和其他混杂物。应用硫酸和过磷酸盐等化学方法或热酸法使糖渣澄清，或者用机械法加以净化。营养盐溶液的制备与水解工厂生产酵母时一样，使用的纯培养酵母原种具有极强的繁殖能力，这是因为酵母原种富含营养物质，特别是有机氮的培养基中培养出来的。

培养种株酵母分三个阶段：糖定量器中酵母种株培养（温度29—30℃，6—7小时干物质浓缩最后过程3.5—4.0℃）、中间培养（6—8小时，温度29—30℃，干物质浓缩初期在糖定量器中7℃，结束时3.5—4.0℃）、酵母植物器培养（气流法7—11小时）。除酵母种株外（纯培养）在工厂生产条件下制备3饲料酵母（自然纯培养），用自然纯培养酵母接种在种株器上。所得的硬酵母在两个阶段完成（接种和酵母植物器）。开始在酵母植物器中经过1小时后，倒入有光照的糖渣和专门营养盐的溶液中。经过6—7小时，培养液由基础植物酵母器移到筛选器中，成熟1—2小时，以后，分离酵母的混悬液浓缩和干燥。所有这些程序的完成和利用水解物生产酵母的程序是一样的。

（四）利用石油H—石蜡作为原料生产酵母

根据石油种类和成分的不同，可以选择不同的原料，但必备的条件是，应含有酵母生产所必需的蛋白质和维生素源。目前，培养酵母蛋白生物体的仅限于正常结构石蜡。研究表明培养酵母的烃类，以低分子的烷烃（C₁₁—C₁₄）较好。所有高分子的烷烃都不好。沸点200—300℃的石蜡（C₁₁—C₁₈）对饲料酵母的形成最为适宜。利用石油加工厂的石蜡作原料生产的蛋白纤维素浓缩物（饲料酵母）质量很好，其剩余碳不超过

0.1%。

从微生物角度，利用酵母和细菌生产蛋白的过程是相当类似的，但目前工业生产中多应用酵母。根据格拉道维等人资料，酵母的培养工艺如下：

碳氢合成培养基的菌种培养

2—3次继代

↓
分离纯培养

↓
连续法，纯培养或混合培养，在高速流培养环境中进行。

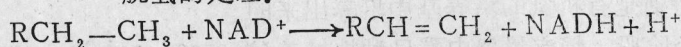
↓
分离纯培养

↓
在碳氢培养基上，用烧瓶振荡培养法进行生长活性试验

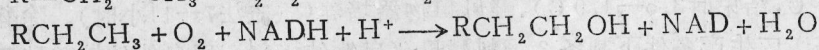
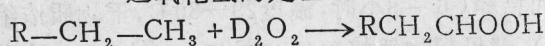
↓
进行连续培养的条件试验

酵母对基质的选择比细菌严格。酵母菌能很好地利用5—9碳原子的烷属烃。已知的大多数酵母菌，能在含13—20碳链的烷属烃类上生长。目前对培养酵母的培养基没有统一的规定。一般多采用某些不饱和的直链碳原子的烃类化合物作为基质。但是，异苯并二氮嘧啶，某些环烷和芳香烃类基质，酵母菌生长缓慢或基本上不生长。烃类培养酵母的反应式如下：

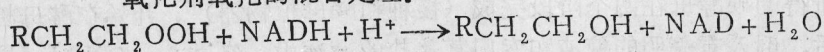
脱氢酶处理：



过氧化氢酶处理



氧化剂氧化酶混合处理：



很多研究者指出：烷属烃主要是在 C_1 位置上氧化，也就是末端甲基的氧化。由于烷属烃氧化的结果形成乙醇、醛、甲基酮类、醚、脂肪酸等。脂肪酸在2碳位置上结合有辅酶A，随着分子的短缩进一步发生氧化。脂肪酸分子在乙酰激活酶作用下发酵，在这个反应中ATP和辅酶A参加。

由于脂肪酸2碳分离的结果，随着乙酰辅酶A的形成发生了 β 氧化。

用碳氢化合物培养酵母时，通常要加入氮源（氨盐、尿素、氨、氨水）并添加磷、钾、锰、钙、钠等无物质来丰富培养基。一些日本学者建议向培养基中加入硫酸亚铁，其浓度为0.01—0.05%，添加酵母浸出物时，可刺激酵母生长。这种刺激表现在缩短缓解期（细菌发育的第一阶段）并对产品没有影响。培养基中加入马铃薯浸出物和麦芽浸出物也起到相似的作用。