

微生物饲料 生产技术

● 余伯良 编著

微生物饲料生产技术

余伯良 编著

中国轻工业出版社

(京)新登字034号

内 容 简 介

利用微生物生产和调制饲料，具有物理的和化学的方法不可替代的优越性，它是应用生物工程技术开发利用新的饲料资源，解决饲料特别是蛋白质饲料缺乏，大力发展畜牧业和水产养殖业的重要途径。本书在简述饲料微生物基本知识的基础上，对发酵饲料诸如青贮饲料、粗饲料发酵、菌糠与担子菌发酵、畜禽粪及屠宰废弃物发酵、饼粕类发酵脱毒饲料的调制原理、方法和饲用进行了详细的介绍；还讲述了微生物菌体蛋白如饲料酵母、白地霉、食用菌菌丝体、微型藻及光合细菌饲料的研究、生产与应用；并扼要介绍了微生物发酵生产的各种饲料添加剂，以及饲料微生物的污染和预防。

本书不仅取材新颖，知行一体，切合实际，适应国情，而且有较强的针对性和实用性。它是广大农牧场、养殖场、饲料厂、饲养专业户和一般农民的良友，而且可作为各地饲料生产者的培训教材之一，作为职业中学、农中和中专养殖专业学生的必备参考书，对有关科教人员亦有益处。

微生物饲料生产技术

余伯良 编著

袁洪业 责任编辑

*

中国轻工业出版社出版

(北京市东长安街6号)

三河市宏达印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092毫米 1/32 印张： 8.25 字数： 176 千字

1993年11月 第1版第1次印刷

印数：1—5000 定价： 7.90 元

ISBN 7-5019-1372-2/TS·0918

序

当今世界人口剧增，知识爆炸，进入了生物工程兴盛时期。人民生活水平的提高取决于养殖业产值的上升和食品结构的改变。广辟饲料来源，是发展节粮型畜牧业的重要措施。

无远不屈、无遇不适、个体微小、繁殖迅速、代谢旺盛的微生物，在生产饲料和调制饲料中作用非凡。大量的农副产品、纤维蒿秆、秕壳残渣和食品工业废弃物等，均可通过微生物的作用，转化为很有价值的饲料和食品。努力开发微生物饲料，是具有长远战略意义的产业。

作者多年从事教学、科研并具有较长实际工作经历，造诣较深，经验尤富，希望为科技兴农办件实事——通过教育之渠，引科技之水入农业之田。有鉴于这方面科技资料的欠缺和生产的急需，立志辛勤耕耘，默默奉献，编写出版了《微生物饲料生产技术》一书，是为庆幸。值此即将付梓之际，愿为作序。

本书的出版，得到下列单位负责同志的大力支持，在此，谨代表作者致以谢忱：

四川省教育科学研究所

四川省富顺县饲料公司 王述清

四川省自贡市饲料公司 陈斌

四川自贡市沿滩饲料厂 刘征练

四川省荣县饲料公司 何绍荣

成都市龙泉昱合饲料添加剂厂

四川畜牧兽医学院 余广海

一九九一年九月二十七日

1991.9.27

目 录

绪言	1
一、微生物与微生物饲料	1
二、微生物的特点	2
三、微生物饲料发展前景广阔	5
第一章 饲料微生物	8
第一节 细菌	8
一、乳酸菌	9
二、醋酸菌	10
三、肠道杆菌	11
四、丁酸菌	11
五、腐败菌	12
六、纤维素分解菌	12
第二节 酵母菌	13
一、啤酒酵母	14
二、产朊假丝酵母	15
三、热带假丝酵母	15
四、解脂假丝酵母解脂变种	16
五、白地霉	16
第三节 霉菌	17
一、根霉	18
二、曲霉	18
三、青霉	19

四、木霉·····	20
第四节 担子菌·····	21
一、小齿薄耙齿菌·····	22
二、柳小皮伞·····	22
第五节 真菌的培养·····	23
一、真菌生长繁殖的条件·····	23
二、真菌的分离·····	25
三、真菌的培养·····	27
第二章 青贮饲料·····	29
第一节 青贮的原理与好处·····	29
一、青贮的原理·····	29
二、青贮的好处·····	33
第二节 青贮的原料·····	35
一、农作物副产品·····	35
二、野生及栽培植物饲料·····	36
三、工业加工的副产物·····	37
第三节 青贮的设备·····	38
一、地下式青贮设备·····	38
二、半地下式青贮设备·····	39
三、地上式青贮设备·····	40
第四节 青贮的方法·····	42
一、一般青贮方法·····	42
二、特殊青贮方法·····	45
第五节 青贮饲料的品质鉴定·····	49
一、采样·····	49
二、鉴定·····	50
第六节 青贮料的饲用·····	54

一、青贮料饲用的注意事项	54
二、青贮料的饲喂量	55
第七节 青贮实例	56
一、塑料袋青贮	56
二、塑料薄膜覆盖青贮	57
三、玉米秆整株青贮	58
四、玉米秸配混青贮	59
五、甘蔗梢加尿素青贮	59
六、葵花盘打浆青贮	60
七、马铃薯茎叶青贮	61
七、薯藤青贮饲料	61
第三章 粗饲料发酵	63
第一节 粗饲料发酵的原理与优点	64
一、粗饲料发酵的原理	64
二、粗饲料发酵的目的	65
三、粗饲料发酵的优点	66
第二节 粗饲料发酵方法	68
一、粗饲料发酵的原料与设备	68
二、粗饲料发酵的一般方法	68
三、常见的发酵饲料	73
第三节 制曲	75
一、制曲原理	75
二、菌种培养	75
三、中曲制作	76
第四节 人工瘤胃发酵饲料	78
一、制作方法	79
二、营养质地和饲养效果	82

三、提高营养价值的措施	83
四、质量鉴定	84
第五节 粗饲料发酵实施举例	85
一、人工瘤胃发酵养鱼青饲料	85
二、塑料袋蒿秆发酵饲料	86
三、马铃薯渣发酵	87
四、甜菜渣发酵	89
五、甘蔗渣发酵	90
六、树叶发酵饲料	91
七、链孢霉发酵饲料	92
八、玉米芯酶解饲料	92
九、瘤胃内容物发酵	93
第六节 品质鉴定与饲用要点	93
一、品质鉴定	93
二、饲用要点	94
第四章 菌糠与担子菌发酵饲料	95
第一节 担子菌及其在饲料上的应用	95
一、担子菌的形态构造与繁殖	95
二、担子菌对木质素、纤维素的分解	97
第二节 菌糠饲料	99
一、菌糠作为饲料的根据	99
二、饲养效果	100
三、调制与饲用	102
第三节 担子菌发酵饲料	103
一、榆黄蘑菌种培养	103
二、榆黄蘑的栽培方法	106
三、榆黄蘑草砖发酵法	109

第五章 畜禽粪发酵饲料	110
第一节 畜禽粪的加工利用方式	110
一、干燥法	110
二、发酵法	111
三、化学处理方法	112
四、以畜禽粪为原料生产蛋白饲料	113
第二节 鸡粪发酵饲料	114
一、鸡粪的营养价值与开发利用	114
二、鸡粪的发酵方法	116
三、发酵鸡粪的饲用	120
第三节 其他畜禽粪发酵饲料	122
一、牛粪发酵饲料	122
二、猪粪发酵饲料	123
三、兔粪发酵饲料	125
第六章 畜禽屠宰废弃物发酵饲料	126
第一节 畜血发酵蛋白饲料	126
一、血粉的营养价值及其开发利用	126
二、发酵血粉的生产方法	129
三、发酵血粉的质量鉴定	133
四、营养价值与饲喂效果	133
第二节 畜禽屠宰残渣发酵饲料	136
一、原料的配合	136
二、生产工艺	137
三、经济效益	138
第三节 液体鱼蛋白饲料	139
一、生产原料	139
二、液体鱼蛋白的加工方法	140

三、液体鱼蛋白的营养价值及饲用效果	142
第七章 饼粕类发酵脱毒饲料	143
第一节 棉籽饼发酵脱毒饲料	143
一、棉籽饼的营养价值及特性	144
二、棉籽饼脱毒方法的研究与应用	145
三、脱毒棉籽饼在饲料中的应用	149
第二节 菜籽饼粕固体发酵脱毒饲料	149
一、菜籽饼固体乳酸发酵	151
二、发酵中和法	153
三、菜籽饼薄膜青贮窖脱毒	154
第三节 畜禽屠宰废弃物和菜籽饼粕复合蛋白饲料	156
一、初级复合蛋白饲料的生产	156
二、发酵复合蛋白饲料的研究	159
三、蛋白饲料的营养成分、安全性及饲喂效果	163
第八章 单细胞蛋白	167
第一节 SCP的开发和利用	167
一、SCP的营养价值和饲用效果	167
二、SCP的开发优势与技术现状	170
第二节 SCP液态法生产工艺	174
一、单细胞蛋白的一般生产方法	175
二、利用味精废液生产饲料酵母	178
三、利用薯干酒精蒸馏废液生产饲料酵母	180
四、利用亚硫酸盐纸浆废液生产饲料酵母	184
五、利用植物纤维原料水解液生产酵母	184
第三节 白地霉饲料	185
一、菌种	186
二、工艺过程	187

三、培养基	187
四、操作方法	188
第四节 食用菌的深层培养	189
一、深层培养食用菌的用途	190
二、深层培养的食用菌种类	192
三、食用菌深层培养的条件	192
四、食用菌深层培养的生产工艺	197
第九章 固态发酵菌体蛋白饲料	200
第一节 4320菌体蛋白饲料	200
一、4320菌体蛋白的特点	200
二、4320菌体蛋白饲料的营养价值	201
第二节 甜菜废粕固态法蛋白饲料	203
一、主体设备与流程	203
二、单元操作	204
三、试验结果	204
四、产品质量	205
第三节 淀粉厂废渣固态发酵蛋白饲料	205
一、材料与方法	205
二、结果	207
第十章 微型藻与光合细菌饲料	209
第一节 藻体饲料	209
一、螺旋藻的营养价值	209
二、螺旋藻等藻类的培养技术	211
三、小球藻的生产与饲用	215
第二节 光合细菌饲料	217
一、光合细菌在水产养殖中的应用	217
二、光合细菌的性质和培养方法	218

第十一章	微生物发酵生产饲料添加剂	221
第一节	抗生素饲料添加剂	221
第二节	维生素饲料添加剂	228
第三节	酶制剂饲料添加剂	232
第四节	赖氨酸饲料添加剂	235
第十二章	饲料的微生物污染与预防	240
第一节	霉菌与霉菌毒素对饲料的污染及其预防	240
一、	饲料中霉菌毒素的来源与危害	240
二、	饲料的防霉与去毒	244
第二节	沙门氏菌对饲料的污染及其预防	247
一、	饲料中沙门氏菌的污染来源与危害	247
二、	饲料沙门氏菌污染的预防	249

绪 言

一、微生物与微生物饲料

在自然界，除了各种各样的动物、植物之外，还有一大群体形微小，构造简单，一般需借助显微镜才能看清其外形的微小生物，称为微生物。微生物包括病毒、立克次氏体、细菌、放线菌、酵母菌、霉菌、单细胞藻类、原生动物和枝原体等。酵母、霉菌、担子菌统称为真菌：霉菌是丝状真菌，蘑菇、木耳等蕈类是大型真菌，归担子菌纲，也属于微生物的范畴。

微生物对于人类，既有害，也有益。说有害，是因为它们可能引起人、动物和植物的病害，引起食品、饲料的霉变和腐败：说有益，是它们在自然界物质循环中起着巨大的作用，而且人们可以利用它们来生产多种多样的发酵食品、药品、化工原料、饲料和肥料，甚至可以利用它们来生产人类和动物不可须臾离开的蛋白质。

所谓微生物饲料，就是利用微生物的新陈代谢和繁殖的菌体来生产和调制的饲料。大体上可以归纳为两大类：一类主要是利用微生物的发酵作用改变饲料原料的理化性状，或增加适口性、提高消化吸收率及营养价值，或解毒、脱毒，或积累有用的中间代谢产物。这一类微生物饲料包括乳酸发

酵饲料（青贮饲料）、粗饲料发酵、担子菌发酵、畜禽粪及屠宰残渣发酵、饼粕类发酵脱毒饲料及微生物发酵生产的各种饲料添加剂。另一类微生物饲料，就是利用来源广泛的废弃物、矿物、纤维素及糖类资源培养的微生物菌体蛋白，具体有：饲料酵母、石油蛋白、固态法菌体蛋白饲料、食用菌菌丝体、白地霉，以及微型藻、光合细菌饲料等。微生物发酵饲料和菌体蛋白饲料这两类不可截然分开，发酵饲料中也包含着营养丰富的菌体蛋白，而菌体蛋白的粗制品尤其是固态法生产的菌体蛋白饲料，亦包含有菌体之外的其他成分。

二、微生物的特点

微生物与其他生物一样，具有一切生命活动所共有的性质，诸如生长繁殖、新陈代谢、遗传变异等等。但是微生物除了形体微小、构造简单之外，还有一些与其他生物不同的特点。微生物的这些特点，决定了利用微生物生产、调制饲料具有理化方法不可替代的优越性。

1. 分布广，种类多

在自然界中，上至天空下至深海，到处都有微生物的存在。特别是土壤，是各种微生物的大本营。这就为微生物饲料的菌种分离和筛选，提供了广阔的天地。

据统计，目前已发现的微生物至少有 10 万种以上，而且不同种的微生物具有不同的代谢方式，能够分解各种各样的有机物质。因此利用微生物生产饲料，具有原料来源广泛的特点。能够用来生产微生物饲料的废弃物资源包括工、农、林、水等产业的各种有机废水、废渣，甚至城市垃圾和粪便；矿物资源包括石油、天然气以及由石油天然气加工而来的甲

醇、乙醇、醋酸等：纤维素资源包括各种植物的秸秆以及糠稗、木屑、蔗渣、薯渣等，这是自然界最丰富的有机物质；糖类资源有甘薯、马铃薯、木薯等淀粉类物质和废糖蜜。此外，蕴藏丰富的泥炭也可以作为生产微生物饲料的原料。不同的微生物不但代谢方式不同，而且代谢产物也不相同。因此能利用不同的微生物发酵生产各种饲料添加剂，如各种菌体蛋白、饲用抗生素、维生素、酶制剂以及赖氨酸、蛋氨酸等氨基酸。

2. 生长繁殖快

微生物的生长繁殖速度快，增殖率高。一般来说，细菌仅 0.5~1 小时繁殖一代，酵母菌需要 2~4 小时，单细胞藻类也只需 3~6 小时，比起高等动植物来要快千万倍。例如用液体发酵法培养饲料酵母菌体蛋白，每 8 小时就可收获一次，而种大豆生产蛋白，最短也要 100 天。在良好培养条件下，接种 500 公斤酵母菌种，一天之内可得 2500 公斤酵母，而一头体重 500 公斤左右的高产奶牛日产鲜奶仅 25 公斤，按干物质计不超过 3.5 公斤。而且，微生物的菌体营养丰富，其蛋白质成分包含了动物所必需的各种氨基酸，生物学价值高，质量大大优于植物性饲料。

3. 容易培养

微生物一般都能在常温常压下，利用简单的营养物质生长，并在生长过程中增殖营养丰富的菌体和积累有用的代谢产物。因此利用微生物生产、调制饲料具有三大优点：

(1) 不需要高温高压设备。例如青贮饲料和粗饲料发酵，一般就是缸、窖、池、塔等土设备，即使是液体发酵菌体蛋白和氨基酸生产，也不过是一般的发酵设备。

(2) 原料粗放，来源广泛。发酵饲料多数是利用植物

秸秆以及糠稗、木屑、蔗渣、薯渣之类，菌体蛋白生产和氨基酸发酵可利用味精废液、酒精废液、亚硫酸纸浆废液、废糖蜜和一般的淀粉质原料。

(3) 不用特殊催化剂。微生物具有强大的生物催化酶系统，在发酵过程中能将动物难于消化吸收的粗纤维、粗蛋白、淀粉等大分子物质，加工分解成易消化吸收的葡萄糖和氨基酸等小分子物质，起到饲料机械起不到的深度生化加工作用。

4. 代谢能力强

由于微生物个体微小，具有极大的表面积和容积的比值。因此，它们能够在有机体与外界环境之间迅速交换营养物质与废物。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。例如利用乳酸菌进行乳酸发酵，每个细胞产生的乳酸为其体重的 1000~10,000 倍，所以在调制青贮饲料时，原料本身自然附着的乳酸菌作为发酵菌种一般就足够了。从饲料发酵的角度看，微生物代谢能力强，在短时间内能把大量基质转化为有用产品，这是大有好处的；从废水处理制造饲料的角度看，能在短时间内化害为利，变废为宝，这也是极其有利的。当然，微生物的代谢能力强，破坏的物质也愈多，因此要注意霉腐微生物引起饲料的霉变与腐败。

5. 容易变异

因微生物个体微小，构造简单，世代时间短，对外界条件敏感，所以容易变异。这有利于有目的地进行诱变育种，改变菌种的生产特性和提高菌种的生产能力。我们利用物理的或化学的诱变剂对微生物进行处理，使它们的遗传性质发生变异，从而可以改变微生物的代谢途径。例如，生产味精的谷氨酸棒杆菌经过变异处理后，它的高丝氨酸营养缺陷型

就可以发酵生产赖氨酸，而抗乙硫氨酸变异株则可发酵生产蛋氨酸。又如，人们为了寻找能强力分解纤维素的微生物菌株，对木霉进行了无数次的诱变试验，从中筛选出较以前性能更好的变异菌株，应用于植物秸秆等纤维素质原料的发酵，取得了比较好的效果。当然，微生物容易变异的特性，在生产过程中如果控制得不好，也容易引起菌种退化。

三、微生物饲料发展前景广阔

现代世界面临着三大问题：食物问题、环境问题和能源问题。可以说，这三大问题的解决，都与微生物有关。就拿饲料来说吧。随着畜牧业生产的发展，保证家畜必须的蛋白质饲料越来越感缺乏。1980年全世界的畜牧业所需蛋白质为4.3亿吨，而到1990年这个数字要超过5.24亿吨。因此，世界上许多国家都已建立起单细胞蛋白的新产业。所谓单细胞蛋白，就是培养酵母、细菌、真菌和藻类所增长的蛋白质。微生物的培养一般是在立体的培养罐中进行，可以节约占地面积，在小面积的土地上生产出大量的菌体。例如35个容量250立方米的培养罐，每日可生产300~400吨干酵母，一年可生产45,000~60,000吨的优质蛋白质。作为饲料，相当于280~400万平方米土地栽培大豆的生产力。世界上经济和科技发达的国家，利用再生资源 and 石油资源，以先进的工艺和设备进行单细胞蛋白的工业化生产，对发展各国的饲养业起了重大作用。前苏联和东欧等国以生产饲料酵母为主，通过微生物的培养，把非蛋白质的资源转化为蛋白质资源。1982年苏联单细胞蛋白的年产量已达110万吨，居世界之首。我国能够用于生产菌体蛋白的原料十分丰富，据轻工部