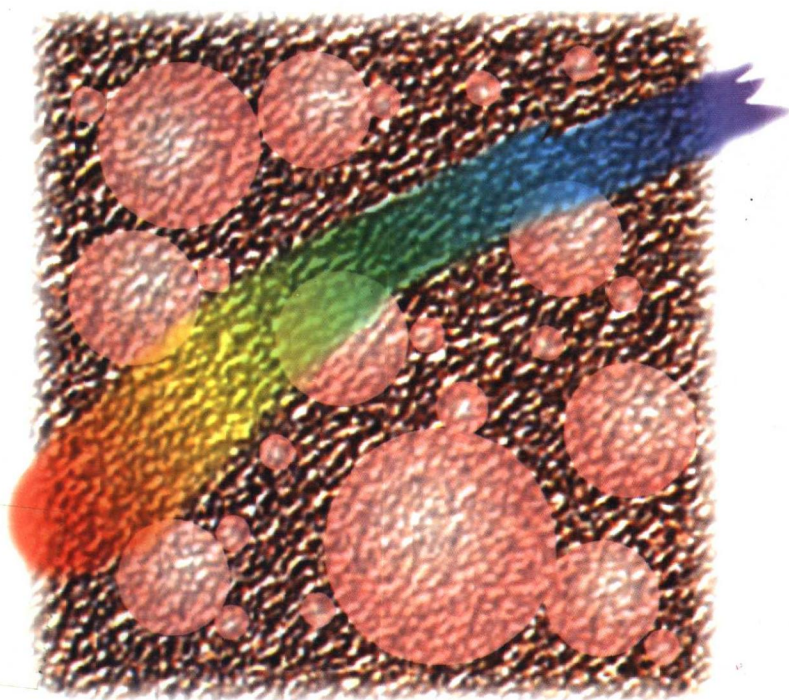


发酵饲料

生产与应用新技术

余伯良 编著



中国农业出版社

发酵饲料生产与应用新技术

余伯良 编著

中国农业出版社

S816.6/YB11

图书在版编目(CIP) 数据

发酵饲料生产与应用新技术/余伯良编著. — 北京: 中国
农业出版社, 1999.12
ISBN 7-109-06010-1

I. 发… II. 余… III. 发酵饲料 IV. S816.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 33495 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 刘启兰

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1999 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 9.375

字数: 216 千字 印数: 1~5000 册

定价: 14.80 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

序

改革开放二十年，我国的畜牧业得到长足发展，现已成为世界养殖大国。但我国有 12 亿人口，肉禽蛋奶人均占有量与发达国家相比还有较大差距。为了进一步改善国民的膳食结构，不断提高人民的生活水平，并为食品工业、轻工业提供充足原料，扩大外贸出口，我国的畜牧业还需要加快发展。

要加快发展畜牧业，饲料是首要条件。要解决饲料缺乏特别是蛋白质饲料匮乏的难题，必须依靠科学技术，尤其是生物工程高新技术。培育优质高产的农作物需要生物技术，生产加工、调制饲料也离不开生物技术。作为生物工程重要组成部分和基础的发酵工程，在调制和生产饲料中具有物理、化学方法不可替代的优越性。来源丰富的、大量的农副产品、纤维蒿秆、秕壳残渣和食品工业废弃物等，都可以通过微生物发酵转化为很有价值的饲料。别的不说，仅酒精废液全国每年就达 2500 万吨，成了污染环境的一大公害，若利用微生物发酵生产单细胞蛋白可年产 20 万吨以上，相当于 6.7 亿平方米耕地栽培大豆所含的全部蛋白质。

饲料微生物的个体是微小的，而作用却是巨大的。多年来，国内外利用微生物调制生产饲料的研究和应用十分活跃，积累了丰富的经验，取得了丰硕的成果。把这些经验和成果整理编写出来，推而广之，让微生物发酵饲料在我国神州大地广泛兴起，为发展节粮型畜牧业作出贡献，是生物工程专业教授余伯良编著这本书的目的。

我希望一本本《发酵饲料生产与应用新技术》像一个个传播

科技知识的信使，飞向祖国大江南北、长城内外的农牧场、养殖场、饲料厂，飞进广大农村牧区的一座座房舍，一顶顶毡房。

四川轻化工学院院长、教授 梁智权

1999年4月

内 容 简 介

利用微生物生产和调制饲料，具有物理和化学方法不可替代的优越性。本书对微生物发酵饲料如青贮、微贮、粗饲料及担子菌发酵、畜禽粪及屠宰残渣发酵，以及饼粕类发酵脱毒、固态发酵菌体蛋白饲料的生产加工原理、方法和饲用进行了详细介绍；还讲述了单细胞蛋白、食用菌菌丝体、微型藻和光合细菌的开发利用；详细介绍了发酵法或合成、半合成生产的饲料添加剂如抗生素、酶制剂及活菌制剂的应用，以及饲料的微生物污染和预防。

本书材料新颖，内容丰富，通俗易懂，便于操作，具有较强的针对性和实用性，适合农牧场、养殖场、饲料厂的技术人员和广大农牧民、饲养专业户阅读，也可以作为饲料生产者的培训教材，并可供饲料科技、教育人员参考。

目 录

绪言	1
一、微生物发酵饲料的优势	1
二、微生物发酵饲料前景广阔	5
第一章 青贮饲料	7
第一节 青贮的原理与好处	7
一、青贮的原理	7
二、青贮的好处	10
第二节 青贮的原料	12
一、农作物副产品	12
二、野生及栽培植物饲料	13
三、工业加工的副产物	14
第三节 与青贮有关的微生物	15
一、乳酸细菌	15
二、醋酸菌	16
三、肠道杆菌	16
四、丁酸菌	16
五、腐败菌	17
第四节 青贮的设备	17
一、地下式青贮设备	18
二、半地下式青贮设备	18
三、地上式青贮设备	19
第五节 青贮的方法	21
一、一般青贮方法	21
二、特殊青贮方法	24

三、青贮饲料添加剂	25
第六节 青贮饲料的品质鉴定	29
一、采样	29
二、鉴定	30
第七节 青贮料的饲用	34
一、青贮料饲用的注意事项	34
二、青贮料的饲喂量	35
第八节 青贮实例	35
一、塑料袋青贮	35
二、塑料薄膜覆盖青贮	36
三、玉米秆整株青贮	37
四、玉米秸配混青贮	38
五、甘蔗梢加尿素青贮	38
六、葵花盘打浆青贮	39
七、马铃薯茎叶青贮	39
八、薯糠青贮饲料	40
第二章 秸秆微贮饲料	41
第一节 秸秆微贮的原理与特点	41
一、秸秆微贮技术的原理	41
二、秸秆微贮饲料的特点	42
第二节 纤维素分解菌与酵母菌	43
一、能够分解纤维素的细菌、放线菌	43
二、能够分解纤维素的霉菌	44
三、酵母菌	47
第三节 秸秆微贮的方法	50
一、秸秆微贮制作前的准备	50
二、秸秆微贮的入窖操作	51
三、秸秆微贮加水量的计算方法	52
四、微贮饲料的开窖及质量检查	55

第四节 微贮料的饲喂及应用效果	55
一、微贮饲料的饲喂方法	55
二、微贮饲料的应用效果	56
附：秸秆氨化技术	59
第三章 粗饲料发酵	63
第一节 粗饲料发酵的原理与优点	63
一、粗饲料发酵的原理	63
二、粗饲料发酵的目的	64
三、粗饲料发酵的优点	65
第二节 粗饲料发酵方法	66
一、粗饲料发酵的原料与设备	66
二、粗饲料发酵的一般方法	67
三、常见的粗饲料发酵类型	71
第三节 加曲发酵饲料	72
一、制曲原理	73
二、菌种培养	73
三、中曲制作	74
第四节 人工瘤胃发酵饲料	76
一、制作方法	76
二、营养质地和饲养效果	80
三、提高营养价值的措施	81
四、质量鉴定	82
第五节 EM 发酵饲料	83
一、EM 发酵秸秆的机理	83
二、EM 发酵饲料的制作方法	84
三、EM 发酵饲料的优点	85
第六节 粗饲料发酵实施举例	86
一、人工瘤胃发酵养鱼青饲料	86
二、塑料袋蒿秆发酵饲料	87

三、马铃薯渣发酵	88
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	92
十、玉米秸酒糟发酵饲料	93
第七节 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 担子菌发酵饲料	95
第一节 担子菌及其在饲料中的应用	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	98
第二节 担子菌发酵饲料	100
一、榆黄蘑菌种培养	101
二、榆黄蘑的栽培方法	103
三、榆黄蘑草砖发酵法	106
第三节 菌糠饲料	106
一、菌糠作为饲料的根据	106
二、饲养效果	107
三、调制与饲用	109
第五章 畜禽粪发酵饲料	111
第一节 畜禽粪的加工利用方式	111
一、干燥法	111
二、发酵法	113
三、化学处理方法	113
四、以畜禽粪为原料生产蛋白饲料	114

第二节 鸡粪发酵饲料	115
一、鸡粪的营养价值与开发利用	115
二、鸡粪的发酵方法	117
三、发酵鸡粪的饲用	122
第三节 其他畜禽粪发酵饲料	123
一、牛粪发酵饲料	123
二、猪粪发酵饲料	124
三、兔粪发酵饲料	125
第六章 动物及其下脚料发酵饲料	127
第一节 动物及其下脚料的利用	127
一、动物及其下脚料的分类及资源分布	127
二、动物及其下脚料资源的利用方式	129
三、开发利用的途径和措施	130
第二节 动物血发酵蛋白饲料	130
一、血粉的营养价值及其开发利用	130
二、发酵血粉的生产方法	132
三、发酵血粉的质量鉴定	137
四、发酵血粉的饲喂效果	137
第三节 畜禽屠宰残渣发酵饲料	141
一、原料的配合	141
二、生产工艺	142
三、经济效益	143
第四节 液体鱼蛋白饲料	143
一、生产原料	144
二、液体鱼蛋白的乳酸菌发酵方法	144
三、液体鱼蛋白的营养价值及饲用效果	146
第七章 饼粕类发酵脱毒饲料	147
第一节 棉籽饼粕发酵脱毒饲料	147
一、棉籽饼粕的营养价值及毒性	147

二、棉籽饼粕的微生物脱毒	148
三、棉籽饼粕的理化脱毒方法	154
四、脱毒棉籽饼粕的饲用	156
第二节 菜籽饼粕发酵脱毒饲料	157
一、菜籽饼粕的营养价值及毒性	157
二、菜籽饼粕的微生物脱毒	158
三、菜籽饼粕薄膜青贮窖脱毒举例	165
第三节 畜禽屠宰废弃物和菜籽饼粕复合蛋白饲料	166
一、初级复合蛋白饲料的生产	167
二、发酵复合蛋白饲料的生产	169
三、蛋白饲料的营养成分、安全性及饲喂效果	173
第八章 单细胞蛋白和菌体蛋白饲料	177
第一节 单细胞蛋白的开发和利用	177
一、单细胞蛋白的营养价值和饲用效果	177
二、单细胞蛋白原料来源	179
三、单细胞蛋白生产的技术现状	182
第二节 单细胞蛋白液态法生产工艺	185
一、单细胞蛋白的一般生产方法	185
二、利用味精废液生产饲料酵母	188
三、利用薯干酒精蒸馏废液生产饲料酵母	190
四、利用亚硫酸盐纸浆废液生产饲料酵母	193
五、利用植物纤维原料水解液生产酵母	193
第三节 白地霉饲料	194
一、菌种	195
二、工艺过程	195
三、培养基	196
四、操作方法	196
第四节 食用菌的深层培养	197
一、深层培养食用菌的用途	197

二、深层培养的食用菌种类	199
三、食用菌深层培养的条件	199
四、食用菌深层培养的生产工艺	204
第九章 固态发酵菌体蛋白饲料	207
第一节 4320 菌体蛋白饲料	207
一、4320 菌体蛋白饲料的特点	207
二、4320 菌体蛋白饲料的营养价值	208
三、发酵机(池)法 4320 固体生产工艺	209
第二节 甜菜废粕固态法蛋白饲料	217
一、主体设备与流程	217
二、单元操作	217
三、试验结果	218
四、产品质量	218
第三节 淀粉厂废渣固态发酵蛋白饲料	219
一、材料与方法	219
二、结果	220
第四节 啤酒糟发酵蛋白饲料	221
一、配料及工艺流程	222
二、啤酒糟发酵饲料营养成分及饲用效果	222
第十章 微型藻与光合细菌饲料	224
第一节 螺旋藻与小球藻	224
一、螺旋藻的营养特点及其功能	224
二、螺旋藻在海珍品养殖中的应用及其效果	226
三、螺旋藻等藻类的培养技术	227
四、小球藻的生产与饲用	231
第二节 光合细菌饲料	232
一、光合细菌在养殖中的应用	232
二、光合细菌的培养方法	234
第十一章 饲料添加剂的应用	237

第一节 抗生素类饲料添加剂	237
一、抗生素饲料添加剂的主要作用	237
二、抗生素饲料添加剂的种类	239
三、抗生素饲料添加剂的应用效果比较	240
四、几种常见的新型抗生素饲料添加剂	243
五、使用抗生素饲料添加剂应注意的问题	246
六、减少使用抗生素饲料添加剂的途径	247
第二节 酶类饲料添加剂	247
一、酶制剂在饲料加工及养殖中的作用	248
二、酶的分类及其特异性	249
三、几种主要的饲料用酶	251
四、酶制剂的应用效果	254
五、饲用酶的选择原则	256
第三节 饲用微生物添加剂	257
一、直接饲用微生物及其菌种	257
二、饲用微生物添加剂的作用机理	258
三、EM 饲料添加剂的使用方法	260
四、EM 饲料添加剂的应用效果	263
五、其他活菌制剂的应用概况	265
六、使用活菌制剂应注意的问题	267
第十二章 饲料的微生物污染与预防	269
第一节 霉菌与霉菌毒素对饲料的污染及其预防	269
一、饲料中霉菌与霉菌毒素的来源及危害	269
二、饲料的防霉与脱毒	273
第二节 饲料沙门氏菌污染的危害及对策	276
一、沙门氏菌的生物学特性及传播途径	276
二、饲料沙门氏菌污染的危害	276
三、预防饲料沙门氏菌污染的对策	277
主要参考文献	281

绪 言

所谓发酵饲料，就是利用微生物在饲料原料中的生长繁殖和新陈代谢，积累有用的菌体、酶和中间代谢产物来生产加工和调制的饲料，因此也称为微生物饲料。发酵饲料大体可以归纳为四类：第一类是固态发酵饲料，就是利用微生物的发酵作用来改变饲料原料的理化性状，或提高消化吸收率、延长贮存期，或变废为宝，将秕壳残渣变为饲料，或解毒脱毒，将有毒的饼粕转变为无毒、低毒的饲料，这一类发酵饲料包括青贮、微贮、粗饲料与担子菌发酵、畜禽粪与动物性下脚料发酵、饼粕类发酵脱毒饲料以及固态发酵菌体蛋白饲料；第二类是利用微生物在液态基质中大量生长繁殖的菌体以生产单细胞蛋白（SCP）如酵母饲料、细菌饲料，以及菌体蛋白（MBP），如丝状真菌菌体、食用菌菌丝体及光合细菌、微型藻饲料等；第三类是利用现代化的微生物工程，发酵积累微生物有用的中间代谢产物或特殊代谢产物，以此生产饲用氨基酸、酶制剂以及抗生素、维生素等；第四类是培养繁殖可以直接饲用的微生物，制备活菌制剂（又称微生态制剂、益生素等）。

一、微生物发酵饲料的优势

利用微生物加工和调制饲料具有物理的和化学的方法不可替代的优越性，这是由微生物本身的特点所决定的。归纳起来，微生物发酵饲料具有下述五大优势。

1. 原料来源广泛

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、酶制剂以及有机酸、氨基酸等。还能利用微生物发酵生产各种各样的饲料，如青贮饲料、微贮秸秆饲料、加曲糖化饲料、畜禽粪发酵饲料、饼粕类发酵脱毒饲料、动物屠宰残渣发酵饲料、酵母饲料、石油蛋白、微型藻和光合细菌饲料等。

2. 酶类催化，投资较少

微生物一般都能在常温、常压下利用简单的营养物质生长繁殖，并在生长中增殖营养丰富的菌体蛋白和积累有用的中间代谢产物。因此利用微生物生产、调制饲料一般具有设备投资较少、酶类催化效能较高的特点。

(1) 不需要高温、高压设备：如青贮饲料和粗饲料发酵，一般就是缸、窖、池、塔等设备，即使是液态发酵菌体蛋白和氨基酸生产，也不过是普通的发酵设备，与化工合成相比，设备投资较少。

利用微生物发酵生产单细胞蛋白的生产投资如按日产1吨100%的蛋白质计算，分别为近海渔业、蛋鸡和养猪投资的36%、30%和8%。由于投资少，也相应地降低了生产成本。

(2) 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。

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。

国外的研究资料表明，通过基因工程可将草食动物瘤胃内消化非纤维素的细菌转变为可消化纤维素的细菌，从而提高反刍动物消化纤维素的能力。同样的道理，利用这种“基因工程菌”作为粗饲料的发酵菌，则可调制出高营养、高消化吸收率的优良饲料。

3. 代谢旺盛，产出率高

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1000~10000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。又如液态发酵生产饲料酵母，其繁殖速度在微生物界不算太高（2小时分裂1次），但在单罐发酵时，几乎每12小时即可收获1次，每年可收获数百次，这是其他任何农作物所不可能达到的“复种指数”。又如500千克重的食用公牛，每昼夜只能从食物中“浓缩”0.5千克重的蛋白质，而同样重的酵母菌，只要以质量较次的糖液（如