



生物发酵饲料
技术研究与应用

李旺 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

河南省科技攻关项目 (162102110064): 羊源降胆固醇益生乳酸杆菌的分离筛选及其微生态制剂的开发

河南自然科学基金 (162300410080): 纤维小体乳酸杆菌表面展示系统的构建

生物发酵饲料 技术研究与生产应用

李 旺 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

生物发酵饲料是利用微生物的新陈代谢和繁殖,生产或调制出具有绿色、安全以及高效等诸多优点的饲料。

本书对生物发酵饲料技术与应用进行了研究,主要包括:生物发酵饲料原料、生物发酵饲料工艺、生物发酵饲料产品、生物发酵饲料应用、生物发酵饲料存在问题、生物发酵饲料前景等。

本书结构合理,条理清晰,内容丰富新颖,可供相关技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

生物发酵饲料技术与生产应用 / 李旺著. -- 北京:中国水利水电出版社, 2018. 6
ISBN 978-7-5170-6567-8

I. ①生… II. ①李… III. ①发酵饲料—研究 IV. ①S816.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第140558号

书 名	生物发酵饲料技术与生产应用 SHENGWU FAJIAO SILIAO JISHU YANJIU YU SHENGCHAN YINGYONG
作 者	李 旺 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sales@waterpub.com.cn 电话:(010)68367658(营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京亚吉飞数码科技有限公司
印 刷	三河市元兴印务有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 13.25印张 237千字
版 次	2019年1月第1版 2019年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	62.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

饲料成本占养殖业总成本三分之二,饲料工业核心技术是饲料配制技术。先进的饲料配制技术为我国畜牧业发展和人民生活水平的改善做出了突出贡献。然而,随着畜产品产量的增加,也出现了一系列令人担忧的问题,如畜产品品质下降问题、药物残留问题、养殖行业的污染问题,这些问题都是需要着手去解决的。因此,从饲料和养殖环节考虑,研制能提高动物生产性能、安全无害的新添加剂一直是畜牧业和饲料业的优先课题。微生物发酵饲料是利用微生物的新陈代谢和繁殖,生产或调制出具有绿色、安全以及高效等诸多优点的饲料,其在促进动物生长、替代抗生素、农副产品再生资源化和减少人畜争粮等方面具有良好的发展前景。

作者

2018年3月

目 录

前言

第一章 生物发酵饲料相关概念	1
第一节 饲料相关概念	1
第二节 生物发酵技术	4
第三节 生物发酵产品	9
第四节 生物发酵饲料	11
第五节 展望	14
第二章 生物发酵饲料原料	15
第一节 固体原料	15
第二节 液体原料	22
第三节 菌种原料	29
第三章 生物发酵饲料工艺	55
第一节 原料处理工艺	55
第二节 液体发酵工艺	62
第三节 固体发酵工艺	81
第四节 烘干粉碎工艺	91
第五节 包装储存工艺	93
第四章 生物发酵饲料产品	96
第一节 生物发酵饲料产品概述	96
第二节 发酵饼粕	97
第三节 发酵棉籽蛋白	107
第四节 酿酒酵母培养物	112
第五节 发酵果渣	116
第六节 酿酒酵母发酵白酒糟	125

第五章 生物发酵饲料应用	131
第一节 生物发酵饲料在配合饲料中的应用	131
第二节 生物发酵饲料在养猪中的应用	133
第三节 在反刍动物中的应用	140
第四节 在家禽中的应用	150
第六章 生物发酵饲料存在问题	159
第一节 技术储备问题	159
第二节 产品稳定性	160
第三节 产品安全性	161
第七章 生物发酵饲料前景	164
第一节 缓解饲料原料匮乏问题	164
第二节 解决抗生素带来的危害	165
第三节 缓解畜牧行业的环境污染	166
第四节 国家政策的支持和引领	166
第五节 上下游协同发展的物质基础	167
第六节 传统饲料升级和养殖模式转变的根本	168
附录	169
附录 1 产纤维素酶枯草芽孢杆菌的优化培养	169
附录 2 响应面法优化产脲假丝酵母培养及干燥工艺	176
附录 3 丁酸梭菌、凝结芽孢杆菌复合微生态制剂开发	190
附录 4 米曲霉生产复合酶项目试验报告	197

第一章 生物发酵饲料相关概念

第一节 饲料相关概念

饲料,即提供给动物的一切可食物质,是动物体在整个生命活动过程中,为满足自身生长及生产的需要,必须不断从外界摄取的营养物质。动物需要的是饲料中的某些营养物质,这些营养物质经过动物的新陈代谢,最后形成动物本身的结构物质或者动物产品^[1],从来源分,包括植物性饲料,动物性饲料,矿物性饲料和微生物饲料。饲料原料种类繁多,且根据饲料资源开发情况不断出现新的饲料原料种类。我国相关管理部门定期进行饲料原料的标准化管理和数据更新。我国最新的饲料原料目录更新至2013年12月,并就新增补的原料种类进行了必要的说明。

饲料的分类也是饲料相关概念的一部分,而目前世界各国饲料分类方法尚未完全统一。美国学者 L. E. Harris(1956)的饲料分类原则和编码体系,迄今已为多数学者所认同,并逐步发展成为当今饲料分类编码体系的基本模式,被称为国际饲料分类法。国际饲料分类是以各种饲料干物质(dry matter)中的主要营养特性为基础,将饲料分为8大类。20世纪80年代,在张子仪院士主持下,根据上述原则结合我国实际情况建立了中国饲料分类编码。总共分为8大类(图1-1)和17个亚类。另外,饲料还有其他很多分类方法,按饲料来源分类,主要有植物性饲料、动物性饲料、微生物饲料、矿物质饲料、人工合成饲料。按营养价值可分为全价配合饲料、浓缩饲料、添加剂预混料、精料混合料。按形状可分为粉状饲料、颗粒饲料、膨化饲料、碎粒料、块状饲料^[2]。

按饲料物理性状分类,有以下几类:粉状饲料,是目前国内普遍采用的料型,是把按一定比例混合好的饲料粉碎成颗粒大小,细度大约在2.5mm。这种饲料的生产设备及工艺均较简单,耗电少,加工成本低。养分含量和动物的采食较均匀。品质稳定,饲喂方便、安全、可靠。但容易引起动物的挑

食,造成浪费。颗粒料,是以粉料为基础,经过蒸气加压处理而制成的块状饲料,其形状有圆筒状和角状。这种饲料密度大,体积小,改善可适口性,并保证了全价性饲料报酬高,特别是肉用型动物及禽、鱼等应用效果最好,一般可增重5%~15%。因此,颗粒料在国外配合饲料生产量中占46%以上。颗粒饲料在经过制粒过程中的加热加压处理,破坏了部分有毒成分,起到杀虫灭菌作用。但是这种饲料的制作成本较高。在加热加压时使一部分维生素和酶等活性物质失去活性。颗粒料的直径根据动物的种类、年龄不同而有具体的要求。我国一般采用的直径范围是肉鸡1.0~2.5mm,成年鸡4.5mm。颗粒料的长度为其直径1.0~1.5倍。颗粒料的硬度宜5~10kg/cm²。碎粒料是用机械方法将颗粒料再经破碎加工成细度为2~4mm的碎粒。其特点与颗粒料相同,就是由于破碎而使动物的采食速度稍慢。压扁饲料,是将籽实饲料(如玉米、高粱等)去皮,加16%的水,通蒸气加热到120℃左右,然后压成片状、冷却,再配制各种添加剂即成。据日本学者研究,这种饲料可提高饲料的消化和可利用效率,适口性好,并且饲料由于被压成扁状,表面积增大,消化液可以充分浸透,利于发挥消化酶的作用。另外,还有其他块状饲料及液体饲料等。

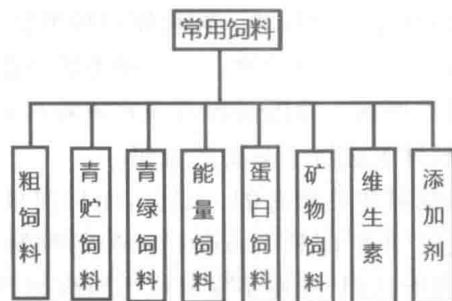


图 1-1 饲料国际分类

按原材料分类饲料可分为粗饲料、青绿饲料、青贮饲料、能量饲料、蛋白质补充料、矿物质饲料、维生素饲料及添加剂。粗饲料指干物质中粗纤维的含量在18%以上的一类饲料,主要包括干草类、秸秆类、农副产品类以及干物质中粗纤维含量为18%以上的糟渣类、树叶类等。青绿饲料指自然水分含量在60%以上的一类饲料,包括牧草类、叶菜类、非淀粉质的根茎瓜果类、水草类等。青贮饲料用新鲜的天然植物性饲料制成的青贮及加有适量糠麸类或其他添加物的青贮饲料,包括水分含量在45%~55%的半干青贮。能量饲料指干物质中粗纤维的含量在18%以下,粗蛋白质的含量在20%以下的一类饲料,主要包括谷实类、糠麸类、淀粉质的根茎瓜果类、油脂、草籽树实类等。蛋白质补充料指干物质中粗纤维含量在18%以下,粗

蛋白质含量在 20% 以上的一类饲料,主要包括植物性蛋白质饲料、动物性蛋白质饲料、单细胞蛋白质饲料等。矿物质饲料包括工业合成的或天然的单一矿物质饲料,多种矿物质混合的矿物质饲料,以及加有载体或稀释剂的矿物质添加剂预混料。维生素饲料指人工合成或提纯的单一维生素或复合维生素,但不包括某项维生素含量较多的天然饲料。添加剂指各种用于强化饲养效果,有利于配合饲料生产和贮存的非营养性添加剂原料及其配制产品,如各种抗生素、抗氧化剂、防腐剂、粘结剂、着色剂、增味剂以及保健与代谢调节药物等。

按营养成分分类分为全价配合饲料、配(混)合饲料、蛋白质补充饲料、添加剂预混料。全价配合饲料又叫全日粮配合饲料,是由能量饲料、蛋白质饲料、矿物质饲料,以及各种添加剂饲料所组成,该饲料所含的各种营养成分和能量均衡全面,能够完全满足动物的各种营养需要,不需加任何成分就可以直接饲喂,并能获得最大的经济效益,是理想的配合饲料;配(混)合饲料又叫基础日粮,是由能量饲料、蛋白质饲料、矿物质饲料按一定比例组成的,基本上能满足动物营养需要,但营养不够全面,只适合农村散养搭配一定量的青饲料进行饲喂;蛋白质补充饲料又叫蛋白质浓缩饲料,是指以蛋白质饲料为主,加上矿物质饲料和添加剂预混合饲料配制而成的混合饲料,动物的蛋白质浓缩饲料一般含蛋白质 30% 以上,矿物质和维生素也高于饲料标准规定的要求,因此,不能直接饲喂,但按一定比例添加能量饲料就可以配制成营养全面的全价配合饲料。一般情况下蛋白质补充料占全价配合饲料的 20%~30%。由于使用浓缩饲料既方便又能保证配合成的饲料质量,是饲料发展的重点产品;添加剂预混料是由营养物质添加剂和非营养物质添加剂等组成,以玉米粉、豆饼粉及面粉等饲料作为载体,根据动物的不同品种和生产方式而均匀配制成的饲料半成品。

饲料的加工调制技术有很多种,配合饲料的除杂、粉碎、混合、质粒等是目前规模化饲料加工最常见的加工方式。除此之外,在饲料原料目录中列出了共 66 种饲料加工方式。常见的有:

氨化(Ammoniation):将粗饲料用氨或铵盐进行处理,改善其品质,提高其利用率。

爆裂(Popping):在不加水的条件下,通过加热或烘炒,使谷物熟化、体积膨大、表面出现裂缝。

剥皮/去皮/脱皮(Peeling):完全或部分去除谷物、豆类、种子、果实或蔬菜的种皮、果皮或内壳。

发酵(Fermentation):应用酵母、霉菌或细菌在受控制的有氧或厌氧条件下,增殖菌体、分解底物或形成特定代谢产物的过程。

分选(Fractionation):通过筛或气流处理将物料中不同容重、不同粒径的组分分离。

烘干(Drying):去除物料中的水分或者其它挥发成分。

烘烤(Roasting/ Toasting):物料置于火、热气、电或微波等加热环境中,进行烘焙、干燥,以提高消化率、加深颜色或减少天然抗营养因子。

挤压膨化(Extrusion/ Extruding):物料经螺杆推进、增压、增温处理后挤出模孔,使其骤然降压膨化,制成特定形状的产品。

加热(Heating):通过提高温度,加压或不加压,对物料进行处理的方法。

碱化(Basification):向物料中添加碱性物质使物料由酸性变为碱性(提高 pH 值)的过程。

瘤胃保护/过瘤胃(Rumen protection/ By-pass rumen):通过加热、加压、汽蒸等物理方法,或者通过使用加工助剂,防止或减缓营养物质在瘤胃内降解的过程。

浓缩(Concentration):通过去除水分或其它液体成分以提高主体组分浓度的过程。

喷雾干燥(Spray drying):将液体物料雾化,并以热气体干燥的过程。

青贮(Ensilage):将青绿植物切碎,经过压实、排气、密封,在厌氧条件下进行乳酸发酵,以延长储存时间。

第二节 生物发酵技术

一、定义

发酵技术是指人们利用微生物的发酵作用,运用一些技术手段控制发酵过程,大规模生产发酵产品的技术,称为发酵技术。发酵的概念来源于酿酒的过程。“发酵”最初来源于拉丁语“发泡”^[4]。而工业上的发酵是指利用微生物制造工业原料或工业产品的过程,包括厌氧培养和通气培养。厌氧培养的生产过程,如酒精,乳酸的生产等;通气培养的生产过程,如抗生素、氨基酸、酶制剂的生产等。发酵工程主要指在最适发酵条件下,发酵罐中大量培养细胞和生产代谢产物的工艺技术,根据各种微生物的特性,在有氧或无氧条件下利用生物催化(酶)的作用,将多种低值原料转化成不同的产品的过程。而广义上的发酵工程由三部分组成:分别是上游工程,发酵工程和

下游工程。其中上游工程包括优良菌株的选育,最适发酵条件(营养组成、pH 值、温度等)的确定,营养物的准备等;下游工程指从发酵液中分离和纯化产品的技术。

在饲料领域,发酵已经变成了一个非常重要的加工处理方式,包括液体发酵和固体发酵两大类。

液体发酵是现代生物技术之一,它是指在发酵容器中,模仿自然界中菌种生长过程所必需的糖类、有机和无机含有氮素的化合物、无机盐等一些微量元素以及其它营养物质溶解在水中作为培养基,灭菌后接入菌种,通入无菌空气并加以搅拌,提供适于菌体呼吸代谢所需要的氧气,并控制适宜的外界条件,进行菌大量培养繁殖的过程。工业化大规模的发酵培养即为发酵生产,亦称深层培养或沉没培养。

饲料领域涉及到的液体发酵包括酶制剂的液体发酵生产法,抗生素的液体发酵,赖氨酸、色氨酸、苏氨酸等氨基酸的液体发酵生产法,抗生素、抗菌肽等抗菌消炎物质的液体发酵生产法,部分维生素的液体发酵生产法。

固体发酵是微生物生长在潮湿不溶于水的基质进行发酵,在固体发酵过程中不含任何自由水,随着自由水的增加,固体发酵范围延伸至黏稠发酵(slurry fermentation)以及固体颗粒悬浮发酵。饲料领域涉及到的固体发酵方法包括使用历史较久远的青贮饲料。也包括目前部分固体发酵法生产的酶制剂,固体发酵方法生产的饲料原料(发酵豆粕、酿酒酵母培养物、酿酒酵母发酵白酒糟、发酵果渣等)。以目前的产业规模和科学研究来看,固体发酵饲料原料是生物发酵饲料领域里的热点内容。

二、发酵工业必须具备的条件

发酵工业必须具备的条件有以下几个方面。

(1)某种适宜的微生物 就饲料领域来说也就是 2013 版《饲料添加剂目录》中允许在动物养殖和饲料中使用的微生物菌种。包括:地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、两歧双歧杆菌、粪肠球菌、屎肠球菌、乳酸肠球菌、嗜酸乳杆菌、干酪乳杆菌、德式乳杆菌乳酸亚种(原名:乳酸乳杆菌)、植物乳杆菌、乳酸片球菌、戊糖片球菌、产朊假丝酵母、酿酒酵母、沼泽红假单胞菌、婴儿双歧杆菌、长双歧杆菌、短双歧杆菌、青春双歧杆菌、嗜热链球菌、罗伊氏乳杆菌、动物双歧杆菌、黑曲霉、米曲霉、迟缓芽孢杆菌、短小芽孢杆菌、纤维二糖乳杆菌、发酵乳杆菌、德氏乳杆菌、保加利亚亚种(原名:保加利亚乳杆菌)、产丙酸丙酸杆菌、布氏乳杆菌、副干酪乳杆菌、凝结芽孢杆菌、侧孢短芽孢杆菌(原名:侧孢芽孢杆菌)共 35 种微生物菌种。

(2)要保证或控制微生物进行代谢的各种条件 即培养基的组成、温度、溶氧浓度、pH 值等;按照发酵方式同样需要具备液体发酵工艺参数和固体发酵工艺参数之分。

(3)微生物发酵需要的设备 相对来讲,液体发酵设备更容易控制,标准化程度更高,以不同结构的各级发酵罐为主。固体发酵无标准化设备,受规模、菌种等条件不同的限制,发酵设备可以说千差万别。但有一个前提是,发酵设备一定要与所用菌种相适应,与所设计的工艺相适应。

(4)收集菌体或代谢产物或发酵产品的方法和设备 对液体发酵而言,产物和产品主要有菌种、代谢物、特定产物;如饲料领域的微生态制剂为活菌(常见的芽孢杆菌、酵母),酶制剂为代谢产物,抗菌肽、抗生素等为定向发酵产物。收集的设备也大不相同,菌种收集主要依靠离心浓缩、过滤等设备获得菌体;代谢产物往往根据产物特征进行分离纯化;定向发酵产物需要更复杂的交换、过滤和纯化等设备。此部分设备和工艺涉及到生物化工领域的诸多内容。

三、发酵工程的特点

微生物发酵生产的研究大体上有两种方式:一种是小规模发酵的研究形式,如在实验室里进行大量摇瓶培养,观察限制反应速率的各种因素,确定最适的培养方法;另一种是大规模的研究形式,利用小型和中型反应器(以发酵罐为主)进行培养试验,并进一步在工业规模上研究发酵生产产物的分离和精制方法,以确定在细胞水平上的综合的最适培养条件。

由于微生物种类繁多,繁殖速度快,代谢能力强,催化的反应类型多,容易通过人工诱变获得有益的突变菌株,同时由于微生物能够利用有机物、无机物等各种营养源,不受气候、季节等自然条件的限制,可以用简易的设备来生产多种多样的产品。所以,在酒、酱、醋等酿造技术基础上发展起来的发酵技术非常迅速,具有下述特点:

①发酵过程在微生物菌种自动调节下进行,每一个微生物个体为一个生物反应器,数以亿计的微生物共同在一个空间内完成相同反应,产生群体效应。

②反应通常在较温和的温度范围内进行,条件温和,能耗少,液体发酵设备要求精密度较高,固体发酵设备要求较简单。

③原料通常以玉米浆、糖蜜、淀粉等有机碳水化合物为主,可以是农副产品、工业废水或可再生资源,微生物本身能有选择地摄取所需物质并代谢出相应的产物。

④容易生产复杂的高分子化合物,能高度选择地在复杂化合物的特定部位进行氧化、还原或者官能团引入等反应。

⑤发酵过程中需要防止杂菌污染,设备需要进行严格的清洗、灭菌;空气需要过滤等。

四、发酵工程的内容

发酵工程主要包括菌种的培养和选育,发酵条件的优化,发酵反应器的设计和自动控制,产品的分离纯化和精制等。目前较成熟的发酵行业包括:食品工业、化工、医药、冶金、能源开发、污水处理、防腐、防霉等。生物发酵饲料行业属于后来跟进行业,但是规模大、增量迅速,能够改善环境、提高畜产品价值,给发酵工程带来新的发展前景。目前已知具有生产价值的发酵类型有以下五种:

1. 微生物菌体发酵

微生物菌体发酵是以获得菌体为目的的发酵方式。传统的菌体发酵工业有面包制作的酵母发酵及食品的微生物菌体蛋白发酵两种类型;在饲料行业各种各样的微生态制剂均属于微生物菌体发酵的类型,其目的是通过改良培养基,改善培养条件达到菌种密度的最大化,获得单位质量或体积内最多的菌体数。如活性干酵母、芽孢杆菌、乳酸菌、丁酸梭菌等。除此之外,现代的菌体发酵工业常用来生产一些药用真菌:如香菇类、天麻共生的密环菌以及获得名贵中药——获苓的获苓菌和获得灵芝多糖的灵芝等药用真菌。通过发酵生产的手段可以生产出与天然药用真菌具有同等疗效的药用产物。

2. 微生物酶发酵

酶普遍存在于动物、植物和微生物中。最初,人们都是从动、植物组织中提取酶,但目前工业应用的酶大多来自微生物发酵,因为微生物具有种类多、产酶面广、生产容易和成本低等特点。微生物酶制剂有广泛的用途,多用于食品和轻工业中,如微生物生产的淀粉酶和糖化酶用于生产葡萄糖,氨基酰化酶用于拆分 DL-氨基酸等。酶也用于医药生产和医疗检测中,如青霉素酰化酶用来生产半合成青霉素所用的中间体 6-氨基青霉烷酸,胆固醇氧化酶用于检查血清中胆固醇的含量,葡萄糖氧化酶用于检查血中葡萄糖的含量等。

目前在饲料里面使用的酶达到几十种,包括:淀粉酶(产自黑曲霉、解淀

粉芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、长柄木霉 3、米曲霉、大麦芽、酸解支链淀粉芽孢杆菌)、 α -半乳糖苷酶(产自黑曲霉)、纤维素酶(产自长柄木霉 3、黑曲霉、孤独腐质霉、绳状青霉)、 β -葡聚糖酶(产自黑曲霉、枯草芽孢杆菌、长柄木霉 3、绳状青霉、解淀粉芽孢杆菌、棘孢曲霉)、葡萄糖氧化酶(产自特异青霉、黑曲霉)、脂肪酶(产自黑曲霉、米曲霉)、麦芽糖酶(产自枯草芽孢杆菌)、 β -甘露聚糖酶(产自迟缓芽孢杆菌、黑曲霉、长柄木霉 3)、果胶酶(产自黑曲霉、棘孢曲霉)、植酸酶(产自黑曲霉、米曲霉、长柄木霉 3、毕赤酵母)、蛋白酶(产自黑曲霉、米曲霉、枯草芽孢杆菌、长柄木霉 3)、角蛋白酶(产自地衣芽孢杆菌)、木聚糖酶(产自米曲霉、孤独腐质霉、长柄木霉 3、枯草芽孢杆菌、绳状青霉、黑曲霉、毕赤酵母)等。通过近 30 年对饲料酶制剂的研究和应用,饲料酶制剂在节约饲料粮、提高料肉比方面做出了巨大的贡献。新酶和改进酶不断推出,继续丰富和完善饲料酶制剂的研究和应用推广技术。

3. 微生物代谢产物发酵

微生物代谢产物的种类很多,已知的有 37 个大类,其中 16 类属于药物。在菌体对数生长期所产生的产物,如氨基酸、核苷酸、蛋白质、核酸、糖类等,是菌体生长繁殖所必需的。这些产物叫做初级代谢产物,许多初级代谢产物在经济上具有相当的重要性,分别形成了各种不同的发酵工业。

在菌体生长静止期,某些菌体能合成一些具有特定功能的产物,如抗生素、生物碱、细菌毒素、植物生长因子等。这些产物与菌体生长繁殖无明显关系,叫做次级代谢产物。次级代谢产物多为低分子量化合物,但其化学结构类型多种多样,据不完全统计多达 47 类。由于抗生素不仅具有广泛的抗菌作用,而且还有抗病毒、抗癌和其他生理活性,因而得到了大力发展,已成为发酵工业的重要支柱。

随着这些行业的发展和变革,在这些行业内部逐渐衍生出了饲料板块。如氨基酸行业又细分为药用氨基酸、食品用氨基酸、饲料用氨基酸等。抗生素更是专门开发出了用于促进动物生长的促生长型饲料添加剂,大量用于饲料和养殖行业。但目前已显现出了很多的弊端(后文续述)。相关行业的企业也积极与饲料行业进行深度融合,开辟饲料专用微生物代谢产物的开发与应用。饲料领域的企业也在不断学习和完善相关微生物领域产品的生产、品控、应用效果评价方面的知识和内容。

4. 微生物的转化发酵

微生物转化是利用微生物细胞的一种或多种酶,把一种化合物转变成

结构相关的更有经济价值的产物。可进行的转化反应包括：脱氢反应、氧化反应、脱水反应、缩合反应、脱羧反应、氨化反应、脱氨反应和异构化反应等。

如最古老的生物转化——利用菌体将乙醇转化成乙酸的醋酸发酵。生物转化还可用于把异丙醇转化成丙醇甘油继而转化成二羟基丙酮；将葡萄糖转化成葡萄糖酸，进而转化成 2-酮基葡萄糖酸或 5-酮基葡萄糖酸；以及将山梨醇转变成 L-山梨糖等。此外，微生物转化发酵还包括甙类转化和抗生素的生物转化等。

目前此种类型的发酵主要集中在饲料行业的上游，如各种饲料添加剂原料的发酵（酶制剂、有机酸、抗生素等）。在生物发酵饲料领域也倡导着发酵过程的生物转化，但是存在检测困难和稳定性差的突出问题。尤其是在固体发酵过程中，很难保证每批的转化反应是一致的，而且所用的检测指标相对来说比较粗放。

5. 生物工程细胞的发酵

这是指利用生物工程技术所获得的细胞，如 DNA 重组的“工程菌”，细胞融合所得的“杂交”细胞等进行培养的新型发酵，其产物多种多样。如用基因工程菌生产胰岛素、干扰素、青霉素、酚化酶等，用杂交瘤细胞生产用于治疗和各种单克隆抗体等。随着基因工程技术的普及和应用推广，生物工程菌已经越来越多的成为饲料和其他领域发酵的出发菌种。通过构建生物工程菌，可获得纯度更高、产量更大的发酵代谢产物。但是需要注意的是，目前我国还不允许在饲料和养殖动物中直接使用生物工程菌，故需对生物工程菌相关产品进行菌种过滤或灭活的工作。

第三节 生物发酵产品

利用微生物发酵生产的产品包括：

酒类：主要利用以酿酒酵母为主的酵母类菌种，在厌氧条件下，分解糖类转化为醇和其它芳香类物质。如果酒（葡萄酒等）、米酒、白酒等。

有机溶剂：如乙醇、丙酮、丁醇、甘油。

有机酸：如醋酸、乳酸、葡萄糖酸、柠檬酸、酒石酸、衣康酸、长链二元酸（以十三到十八碳的直链烷烃为原料的发酵产品）。

氨基酸：现已发现的大部分氨基酸均可通过微生物发酵方法进行生产。如谷氨酸、赖氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、精氨酸、丝氨酸、丙氨酸、酪氨

酸、苏氨酸、色氨酸、苯丙氨酸、脯氨酸等。

核苷酸及其类似物:如鸟嘌呤核苷酸(5'-GMP)、肌苷酸(5'-IMP)、腺嘌呤核苷酸(5'-AMP)、黄嘌呤核苷酸(5'-XMP)等;目前,酵母是核苷酸的主要生产菌株。所成产的核苷酸又叫酵母核苷酸。

抗生素:包括疾病治疗的药用抗生素,农业和畜牧业用于防病抗病的抗生素,如青霉素、头孢霉素、链霉素、四环素、土霉素、红霉素、稻瘟素、井冈霉素、春日霉素等。

酶:如碱性蛋白酶(洗涤剂)、中性蛋白酶(洗涤剂等)、脂肪酶(洗涤剂)、 α -淀粉酶(淀粉水解)、葡萄糖淀粉酶(葡萄糖生产)、葡萄糖异构酶(高果糖糖浆生产)、纤维素酶(纤维素水解、纺织品加工)、果胶酶(食品、水果加工等)、凝乳酶(奶酪制造)、青霉素酰化酶(青霉素母核生产)、天冬氨酸酶(L-天冬氨酸制造)、延胡索酸酶(L-苹果酸制造)、葡萄糖氧化酶(检验葡萄糖)、乳酸脱氢酶(临床检验)、链激酶(治疗血栓)等。目前世界上有100多种酶采用微生物发酵的方法进行生产,应用于不同领域,如纺织、皮革、食品、酿造、果汁、淀粉、饲料等。

而在农业领域内,微生物发酵产品主要包括生物化肥、工程杀虫菌生物农药及微生物饲料。

生物化肥是由一种或数种有益微生物活细胞制备而成的肥料。主要有根瘤菌剂、固氮菌剂、磷细菌剂、抗菌剂、复合菌剂等。微生物肥料具有增产、改善品质的功能,还有显著减少植物体内硝酸盐、亚硝酸盐和重金属含量,提高化肥利用率以及培肥土壤等作用。要使微生物肥料在无公害蔬菜生产中真正发挥增产增效环保的作用微生物肥料是一种纯天然、无毒、无害、无残留、无污染的高科技生命体,生命力极强,适应各类地质、各类土壤;使用范围极广,可广泛用于水稻、小麦、玉米等植物。

生物农药(Biological pesticide)是指利用生物活体(真菌、细菌、昆虫病毒、转基因生物、天敌等)或其代谢产物(信息素、生长素、萘乙酸、2,4-D等)针对农业有害生物进行杀灭或抑制的制剂。生物农药的三大类型有植物源杀虫剂、植物源杀菌剂、植物源除草剂及植物光活化毒害;动物源农药主要包括动物毒素,如蜘蛛毒素、黄蜂毒素、沙蚕毒素等。昆虫病毒杀虫剂在美国、英国、法国、俄罗斯、日本及印度等国已大量施用,目前,国际上已有40多种昆虫病毒杀虫剂注册、生产和应用。

微生物饲料是以微生物、复合酶为生物饲料发酵剂菌种,将饲料原料转化为微生物菌体蛋白、生物活性小肽类氨基酸、微生物活性益生菌、复合酶制剂为一体生物发酵饲料。该产品不但可以弥补常规饲料中容易缺乏的氨基酸,而且能使其它粗饲料原料营养成分迅速转化,达到增强消化吸收利用效果。

微生物类饲料根据是否有活菌大致分为活菌制剂类、代谢产物类和培养物类。活菌制剂包括单菌制剂,如乳酸菌、枯草芽孢杆菌、活性干酵母等。也有复合微生态制剂,是多种活菌制剂的复合,种类和数量很难说清。活菌制剂的评价一般依靠活菌数来评价品质的好坏。在奶牛饲养上除了活性干酵母外,很少涉及到活菌制剂的使用。因为,反刍动物瘤胃微生物区系稳定,不需要外加微生物干扰。活性干酵母的作用也仅仅局限在维持瘤胃无氧环境上,另外发挥较小的营养作用。

微生物代谢产物类添加剂种类繁多,如酶制剂、抗菌肽、生物有机酸、维生素、氨基酸、抗生素等。这类产物的评价主要检测主要代谢产物的含量和活性,评价越高,说明产物纯度高、活性强。反刍动物上用到的不太多。但是营养性的氨基酸和脂溶性维生素对高产奶牛还是必须的。

培养微生物类生物饲料产品,从2013年开始不再属于饲料添加剂的范畴,定义成了饲料原料。这类原料主要是利用天然有机质通过调配碳源、氮源、无机盐等组分培养动物益生菌,利用动物益生菌的增殖和代谢改善原有基质的营养价值(提高消化率、消除抗营养因子等);同时,微生物的生长代谢还会增加新的营养物质,如有机酸、小肽、维生素、消化酶等。此类物质的评价,考虑两方面指标,一是发酵基质营养改良情况,如纤维降低多少,蛋白质改善多少,以及小肽增加多少;另一个是新增有益物质的多少,如乳酸菌类的乳酸、酵母类的甘露聚糖、芽孢杆菌类的小肽、蛋白酶。此类物质是反刍动物日粮合理的添加物。因其基质中的大分子物质得到初步分解,微生物代谢出多种组分,可以给反刍动物瘤胃微生物提供直接的营养物质,有利于瘤胃微生物区系的建立和稳定,保证反刍动物的瘤胃健康和稳定的消化率。

第四节 生物发酵饲料

生物发酵饲料是在人为的、可控制的条件下,以植物性农副产品为主要原料,通过微生物的代谢作用,降解部分多糖、蛋白质和脂肪等大分子物质,生成有机酸、可溶性多肽等小分子物质,形成营养丰富、适口性好、有益活菌含量高的生物饲料或饲料原料,从而使饲料变得营养丰富、易于吸收(李德发,2013)。通过微生物发酵可以消除饲料原料中的抗营养因子,将饲料大分子蛋白质降解为小分子多肽类,同时在发酵过程中会产生大量的益生菌和乳酸,降低饲料的pH值,提高饲料的适口性,发酵饲料将在健康养殖中