

发酵饲料及其在动物生产中的应用

马步仓, 苏安然, 柳玉宏

(原州区畜牧技术推广服务中心, 宁夏 固原 756000)

摘 要: 文章综述了发酵饲料的发展历程、种类及其核心微生物菌种(如乳酸菌、酵母菌、芽孢杆菌)的功能, 系统阐述了原料选择、发酵工艺控制及产品质量安全的关键要点。深入分析发酵饲料在提高营养价值、提高饲料转化率、调节动物胃肠道微生态平衡、提升免疫力等方面的生物作用, 并全面探讨其在反刍动物、单胃动物、家禽及水产动物生产中的应用现状与成效, 结合当前产业化面临的标准化不足、成本控制等挑战, 展望其在绿色养殖与可持续发展背景下的广阔应用前景。

关键词: 发酵饲料; 动物生产; 益生菌

中图分类号: S816.6 文献标志码: A 文章编号: 1001-0084(2026)04-0028-05

Fermented Feed and Its Application in Animal Production

MA Bucang, SU Anran, LIU Yuhong

(Yuanzhou District Animal Husbandry Technology Promotion Service Center, Guyuan 756000, Ningxia China)

Abstract: A comprehensive overview of evolutionary history, classification, and core microbial strains (e.g., *Lactobacillus*, *Yeasts*, *Bacillus*) in fermented feed was provided in this paper. It systematically elucidated key aspects of raw material selection, fermentation process control, and product quality and safety. An in-depth analysis of the biological effects of fermented feed in enhancing nutritional value, improving feed conversion efficiency, regulating gastrointestinal microecological balance in animals, and boosting immunity was conducted. It also comprehensively examined the current applications and achievements of fermented feed in ruminants, monogastric animals, poultry and aquaculture. The current challenges in industrialization, such as insufficient standardization and cost control were considered, and its broad application prospects in the context of green farming and sustainable development were outlined.

Key words: fermented feed; animal production; probiotics

近年来, 随着我国畜牧养殖规模持续扩大, 行业内对安全且高效的养殖需求不断增加。在这一背景下, 饲料资源开发与优化逐渐成为动物生产领域的关键课题。发酵饲料作为一种新型功能性饲料, 受到了国内外学者的广泛关注。其借助微生物发酵技术, 将传统饲料原料转化为富含益生菌、小分子肽及其他生物活性成分的优质饲料。这类饲料不仅能提升饲料本身的营养价值和适口性, 还有助于调节动物肠道菌群平衡, 增强机体免疫能力, 从而有效改善动物的生产性能^[1]。

发酵饲料的应用还可以适当减少抗生素的使用, 为推进绿色健康养殖提供切实可行的路径。

1 发酵饲料的概述

1.1 发酵饲料的定义与发展历程

发酵饲料是指利用微生物发酵技术, 将各类农副产物加工转化而成的一类生物饲料, 其富含益生菌、有机酸及其他活性成分^[2]。通过有益菌或酶制剂的作用, 把饲料中不易消化的大分子物质(如粗蛋白质、粗脂肪和粗纤维等)进行分解, 同时产生多肽、氨基酸、小分子糖, 从而改善饲料的

作者简介: 马步仓(1996—), 男, 硕士, 助理畜牧师, 研究方向为动物营养与饲料。

营养价值和风味^[3]。从发展历程看,发酵饲料最初目的主要是依靠自然界微生物进行简易发酵,以延长饲料保质期、提高其适口性。随着现代生物技术的发展,发酵饲料生产已经逐步走向工业化,可以通过筛选特定菌种、优化工艺和加强质量控制,从而实现更稳定、高效的生产与应用。

1.2 发酵饲料的种类及特点

发酵饲料的分类方式多样,主要以原料、菌种、营养特性、发酵形态以及发酵工艺为依据进行划分^[4]。按原料分类,可分为单一原料发酵饲料和混合原料发酵饲料;按微生物菌种分类,可分为单一菌种发酵饲料和复合菌种协同发酵饲料;按营养特性分类,可分为发酵蛋白饲料(如豆粕,棉籽粕,菜籽粕等)、发酵能量饲料(麦麸,米糠等)和发酵粗饲料(稻秸,麦秸,玉米秸等);按发酵形态分类,可分为固态发酵饲料与液态发酵饲料;按发酵工艺类型,分为好氧发酵、厌氧发酵以及结合两者优势的兼性发酵饲料。发酵饲料的菌种类型、发酵形态及发酵环境各有特点,在实际的生产应用中表现出明显差异。与复合发酵饲料相比,单一菌种发酵饲料成本低、工艺简单且稳定,但功能单一,无法同时实现抑制腹泻、促进消化等多重目标;复合发酵则功能较全面,适用范围广,往往在生产中发挥的作用更好。固态发酵以固体物料为基质,适合规模化生产,成品稳定性好,便于储存。而液态发酵是在液体环境中进行的,能让微生物生长更快、代谢更活跃,但对储存和运输的条件要求也更严格。好氧发酵因周期短、转化效率高而应用广泛;厌氧发酵则能减少养分损耗、形成特有风味。在目前动物生产实践中,常用的发酵饲料有青贮饲料、黄贮饲料、发酵豆粕及发酵玉米秸秆等。

1.3 发酵饲料的生产技术体系

1.3.1 核心微生物菌种及其功能

发酵饲料较未发酵饲料之所以能有较大优势,主要在于饲料发酵过程中添加的特定微生物菌种,常见的有乳酸菌、酵母菌和芽孢杆菌等,其在发酵过程中发挥不同作用。例如,乳酸菌在发酵时会产生大量乳酸,这能有效降低饲料的pH,抑制霉菌等有害微生物的繁殖,从而延长饲料的保存期并提升其营养价值^[5]。高林青等研究表明,饲喂经乳酸菌发酵的饲料,有助于维护动物肠道菌群平衡,对增强免疫力有积极效果^[6]。酵母菌是一种真核

微生物,富含蛋白质、维生素和多种消化酶,将其添加到饲料中,能促使动物更好地消化吸收养分,有效提升畜禽生长性能与抗病力^[7]。芽孢杆菌的特点是对环境抵抗力强,而且能分泌出多种酶,可以分解饲料中难以消化的大分子物质,同时产生抗菌肽等活性代谢产物,最终达到提高饲料利用率、改善动物生产性能的目的^[8]。

1.3.2 原料的选择和处理

发酵饲料通过微生物的新陈代谢过程,实现改变饲料特性、提升营养价值的目的,该过程可分解原料中的大分子物质,降低甚至消除原料中的抗营养因子,同时生成各类有益代谢产物。因此,发酵前原料的选择和预处理至关重要,直接决定最终发酵效果。在制作发酵饲料时要优先选择无霉变、无虫蛀、无异味且水分适宜、干燥均匀的饲料,避免腐败结块现象发生。饲料原料常见的预处理方法包括粉碎、蒸煮和浸泡等。这样做的目的主要是改变原料物理状态,如通过粉碎来增加表面积,从而让微生物和原料能更充分接触,促进发酵高效进行^[9]。此外,高温高压处理等方法可有效杀灭原料中原本存在的杂菌,从而为后续接种有益菌创造少菌或接近无菌的环境。

1.3.3 产品质量、安全与稳定性控制

为使发酵饲料能够安全、有效地应用,必须严格管控其营养卫生指标与贮存条件。营养卫生方面,发酵饲料的制作需要符合国家相关标准,确保蛋白质、脂肪、纤维等主要营养成分指标达标,同时要严格控制重金属、霉菌毒素等有害物质的残留量^[10]。贮存方面,温度、湿度和光照均可能影响饲料中益生菌等活性成分的稳定性,如高温易导致活菌死亡或代谢产物分解,从而减弱使用效果。因此,采用真空包装、低温储存等保存技术对延长产品保质期至关重要。除此之外,建立规范的发酵流程和完善的质量安全监控体系,也是保证产品稳定性的关键措施。

2 发酵饲料的生物作用

2.1 改善饲料营养

饲料在发酵过程中,原料中原本动物不易消化的大分子物质能够被添加的微生物分解成小分子物质。如乳酸菌、酵母菌这类益生菌,其分泌的多种酶能将复杂的多糖、蛋白质等物质降解,转化为更易被动物吸收利用的寡糖、多肽、氨基酸等小分子

物质^[11]。同时,发酵过程还会促进B族维生素等有益物质的合成,使饲料的营养组成更趋全面。别雪等研究表明,发酵后饲料中的菌体组成蛋白和小肽含量明显增加,这不仅改善了饲料的适口性,也显著提升了动物对营养物质的消化率^[12]。

2.2 提升饲料利用效率

与未发酵饲料相比,发酵饲料对动物的利用率更高,其原因在于:发酵过程中产生的有机酸(如乳酸、丁酸)可降低动物胃肠道的pH,从而激活内源性消化酶的活性,促进养分的溶解与吸收^[13]。同时,饲料中的益生菌可优化肠道菌群,抑制有害菌繁殖,促进有益菌定植,改善肠道微生态环境。而健康的肠道能更有效地吸收营养,减少养分流失,发酵产生的小肽和氨基酸均能被肠道直接、快速地吸收,减少了消化过程中的能量消耗。陈林等研究表明,以复合微生态制剂发酵饲料替代25%基础饲粮,可以显著提高白牦牛粗蛋白和中性洗涤纤维的表观消化率,同时显著提高终体重和平均日增重,并降低料重比^[14]。

2.3 调节肠道微生态

发酵饲料中的益生菌及其代谢产物均对动物肠道环境有很好的调节作用。以乳酸菌为例,其产生的乳酸能降低肠道pH,可以有效抑制大肠杆菌、沙门氏菌等有害菌的繁殖^[15]。帮助双歧杆菌等有益菌在肠道内定植和生长,优化菌群结构。张铮等研究发现,仔猪在进食发酵饲料后,其胃肠道各段的pH明显下降,同时结肠中乙酸等有益短链脂肪酸的水平有所提高,肠道环境得到有效改善^[16]。此外,发酵饲料中的寡糖等益生元可作为有益菌的代谢底物,进一步促进其增殖,增强肠道屏障功能。

2.4 增强动物免疫力

发酵饲料可有效提升动物的免疫力,该作用主要通过发酵饲料中的有益菌及其代谢产物来实现,此类有益菌及其产物可刺激动物的免疫系统,增强巨噬细胞等免疫细胞的活性,从而提高机体的抗病能力^[17]。发酵产生的小分子肽和氨基酸也被证实具有免疫调节功能,能促进淋巴细胞增殖。杨凯鑫在试验中发现,犊牛饲喂含有乳酸菌制剂的基础日粮,可提高犊牛血液中ALP、IgA、IgM、IgG含量,使其免疫力得到增强^[18]。

3 发酵饲料在畜禽、水产养殖中的应用

3.1 在反刍动物中的应用

对于牛、羊等反刍动物而言,发酵饲料在维持其瘤胃健康与促进生产性能方面具有重要作用。通过微生物发酵的生物转化过程,饲料中难以降解的纤维素、半纤维素等大分子物质被分解为可吸收的小分子糖类与挥发性脂肪酸,显著提升干物质消化率。同时,发酵过程产生的有机酸(如乳酸、丙酸)可降低瘤胃pH至5.5~6.2的适宜范围,抑制产甲烷菌等有害微生物增殖,促进乳酸菌、纤维素分解菌等优势菌群定植,维持瘤胃微生物生态系统的稳定^[9]。在肉牛饲粮中添加8%乳酸菌发酵中药进行饲喂,能够显著提高肉牛的各项生长指标和体尺指标,改善屠宰性能^[19]。胡张涛等研究发现,饲喂青贮燕麦或发酵杂交构树有助于改善肉质,使肌肉纤维更为细腻,同时亦可增强动物的抗病能力^[20]。此外,发酵豆粕等蛋白质饲料富含易于吸收的小肽等成分,有助于优化反刍动物瘤胃内的微生物环境,进而提升泌乳奶牛的生产性能,并对降低犊牛腹泻率产生积极影响^[21]。

3.2 在生猪生产中的应用

在生猪的饲养实践中,发酵饲料展现出多方面的应用优势。其核心作用机制在于,微生物代谢活动可将饲料中难以被动物直接利用的蛋白质、多糖及纤维素等大分子物质,降解为小分子肽、寡糖及挥发性脂肪酸等易于吸收的营养成分,从而提升其对日粮的消化吸收效率。同时,发酵过程中产生的乳酸、乙酸等有机酸能够调节肠道pH,抑制大肠杆菌、沙门氏菌等致病菌的定植,促进双歧杆菌、乳酸杆菌等有益菌群的增殖,增强肠道屏障功能。以在育肥猪日粮中添加葡萄皮渣发酵饲料为例,该处理不仅有助于改善猪只肠道健康状态,还能调控肌肉组织中氨基酸与脂肪酸的组成,进而改善猪肉的风味品质^[22]。此外,高林青等研究表明,乳酸菌发酵饲料可提高断奶仔猪的生长性能,并通过调节肠道菌群结构增强机体的免疫能力^[6]。

3.3 在家禽生产中的应用

在家禽养殖领域,发酵饲料的应用对促进生长性能、维护肠道健康及增强免疫功能具有积极作用。其作用机制主要在于微生物代谢活动所引发的多重生理调控:发酵过程中产生的酶类(如蛋白酶、

淀粉酶、纤维素酶等)可将饲料中的大分子营养物质降解为小分子肽、单糖及短链脂肪酸,提高营养物质的可消化性与吸收率,进而优化饲料转化效率。梁天柱等在日粮中添加10%的发酵饲料,能够显著提高三黄鸡平均日采食量,并改善饲料适口性^[23]。此外,发酵饲料中所含的益生菌有助于调节肠道菌群组成,提高盲肠微生物的多样性及群落丰度,尤其以饲喂复合乳酸菌的效果更佳^[24]。

3.4 在水产动物中的应用

在水产养殖领域,发酵饲料的应用呈稳步发展态势,其核心优势源于微生物发酵过程中形成的具有生理活性的代谢产物体系。通过乳酸菌、酵母菌及芽孢杆菌等复合菌群的协同代谢作用,植物性原料中的纤维素、半纤维素等难以降解的成分可被相关酶类分解为有机酸(如乳酸、丙酸)及活性肽等物质,从而显著提高饲料的营养利用率。对于鱼类、虾类等水生动物而言,该处理方式不仅减轻了肠道消化负荷,其产生的益生元还能够优化肠道微生态环境,减少氨氮等代谢废物的排放。尤其在高密度养殖条件下,发酵饲料可通过增强水生动物的肠道屏障功能,降低弧菌等条件致病菌的感染风险。钟小群等研究表明,以5%的发酵饲料等量替代基础日粮中的菜粕,可显著降低鲤鱼的饲料系数,并提升其肠道消化功能与免疫能力^[25]。徐奕晴等研究表明,在饲料中添加10%的发酵饲料,能够改善中华绒螯蟹幼蟹的生长性能与饲料利用效率,同时增强其肝胰腺的抗氧化能力^[26]。

4 在养殖生产中的规模化制约因素

尽管发酵饲料在养殖生产中具有明显优势,但其大规模产业化应用仍存在若干制约。当前缺乏统一的质量标准,生产工艺尚不规范,发酵所用菌种的稳定性偶有不足,且在储存过程中活性成分易发生失活,这些问题均可能影响产品的安全性与使用效果。此外,大规模生产对发酵条件的精准控制要求较高,导致生产成本上升;同时,不同动物种类及其各生长阶段对发酵饲料的营养需求存在差异,这些因素共同制约了发酵饲料的进一步推广与应用。

5 结语与展望

发酵饲料通过微生物发酵作用,能够显著提升饲料的营养价值与利用效率,改善动物肠道健康,

增强机体免疫力,已在反刍动物、单胃动物、家禽及水产动物养殖中取得良好应用效果,并获得行业从业者的广泛认可。

未来,随着我国畜牧养殖规模持续扩大,行业对绿色、高效养殖模式的需求不断提升,发酵饲料具有广阔的应用前景。为此,应进一步完善标准化生产控制体系,推动发酵工艺向智能化、精准化方向升级,同时加强工业副产品等非常规饲料原料的开发利用,拓宽饲料来源渠道。通过推动发酵饲料向高效、安全、环保方向发展,充分发挥其在提升动物健康水平与养殖效益方面的潜力,为畜禽及水产养殖业的高质量、可持续发展提供重要支撑。

[参 考 文 献]

- [1] 苏靖昕,王炜琪,王梓聿,等. 畜牧养殖中生物发酵饲料产品的研发与应用[J]. 黑龙江粮食, 2023(11): 60-62.
- [2] 马海燕,马晓红. 发酵饲料在猪生产中的应用研究[J]. 中国畜牧业, 2025(3): 66-67.
- [3] 加娜依·亚森. 发酵饲料在牛羊养殖中的应用[J]. 畜牧兽医科技信息, 2020(11): 195-196.
- [4] 成思源,马涛,杨东,等. 发酵饲料在反刍动物中的应用技术研究进展[J]. 家畜生态学报, 2023, 44(12): 1-7.
- [5] 韩雅慧. 不同乳酸菌对低温下黄贮玉米秸秆发酵品质及饲料特性的影响[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2016.
- [6] 高林青,王铁岗,赵慧敏,等. 乳酸菌发酵饲料对断奶仔猪生长性能、血清生化指标和肠道菌群的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2025, 61(12): 344-350.
- [7] 王满定,安加俊,师军锋,等. 不同水平酵母菌发酵液对仔猪生长性能、血液生化指标及免疫指标的影响[J]. 中国饲料, 2023(24): 94-97.
- [8] 穆情情,贾玲,童海兵,等. 发酵饲料对家禽生产性能的影响及作用机制研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2025(6): 38-43.
- [9] 张爱忠,许威,赵芳芳,等. 微生物发酵饲料在动物生产中应用的研究进展[J]. 动物营养学报, 2022, 34(10): 6429-6435.
- [10] 王新风. 发酵饲料的特点及应用[J]. 养殖与饲料, 2022, 21(3): 61-63.
- [11] 曾子铭,柴沙驼,王迅,等. 发酵饲料在动物养殖中的应用研究进展[J]. 饲料研究, 2023, 46(24): 154-158.
- [12] 别雪,马步仓,赵海霞,等. 酿酒酵母菌和乳酸菌处理玉米秸秆对滩羊瘤胃发酵参数及生产性能的影响[J]. 中国畜牧杂志,

- 2025, 61(3): 309–316.
- [13] 王辉, 王俊菊, 阎芳. 科学认识和使用发酵饲料[J]. 中国动物保健, 2023, 25(6): 107–108.
- [14] 陈林, 吴华, 陈自鑫, 等. 复合微生态制剂替代部分日粮对白牦牛养分消化率、生长性能及健康指标的影响[J]. 草业科学, 2026(6): 1–14.
- [15] 鲁文华. 发酵饲料对仔猪肠道健康的影响[J]. 中国畜牧业, 2025(13): 50–51.
- [16] 张铮, 石青松, 朱伟云, 等. 乳酸菌发酵饲料对断奶仔猪生长性能和肠道健康的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(19): 170–173.
- [17] 秦丹丹. 益生菌发酵饲料的优势及其在畜禽生产中的应用[J]. 畜牧兽医科技信息, 2025(10): 215–217.
- [18] 杨凯鑫. 乳酸菌制剂对犊牛生长性能和血液生化指标及免疫指标的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2020.
- [19] 郭启勇, 李云海, 樊红平, 等. 乳酸菌发酵中药饲料添加剂对牛生长性能的影响[J]. 现代畜牧科技, 2025(6): 93–96.
- [20] 胡张涛, 陈书礼, 倪洁, 等. 青贮燕麦和发酵杂交构树对肉牛生长性能、血清生化指标、肉品质以及肌肉组织学特性的影响[J]. 动物营养学报, 2022, 34(7): 4474–4486.
- [21] KIM M H, YUN C H, KIM H S, et al. Effects of fermented soybean meal on growth performance, diarrheal incidence and immune-response of neonatal calves[J]. Animal Science Journal=Nihon Chikusan Gakkaiho, 2010, 81(4): 475–481.
- [22] 张玲清, 田宗祥, 王聪, 等. 葡萄皮渣发酵饲料对生长育肥猪生长性能、胴体品质和肉品质的影响研究[J]. 饲料研究, 2022, 45(10): 26–28.
- [23] 梁天柱, 梁光哲, 梁志东, 等. 发酵饲料对广西三黄鸡生长性能、屠宰性能和肉品质的影响[J]. 饲料研究, 2021, 44(4): 26–30.
- [24] 周俊华, 方治山, 袁朝原, 等. 不同添加剂对凌云乌鸡生长性能、免疫功能及盲肠微生物多样性的影响[J]. 南方农业学报, 2023, 54(2): 629–637.
- [25] 钟小群, 李向飞, 蔡万存, 等. 发酵饲料对鲤鱼幼鱼生长性能、消化酶活性、肌肉品质和免疫机能的影响[J]. 南京农业大学学报, 2018, 41(1): 154–162.
- [26] 徐奕晴, 祝向阳, 颜培实. 生物发酵饲料对中华绒螯蟹幼蟹生长、饲料利用及抗氧化酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(7): 237–240.