

发酵酒糟饲料的研究进展与应用前景

吴昊宸¹, 陈健¹, 吴问波¹, 许洪峰¹, 陈彦名², 陈允亮^{1*}

(1. 镇江恒欣生物科技有限公司, 江苏 镇江 212000; 2. 南京林业大学风景园林学院, 南京 210037)

摘要: 酒糟是白酒酿造过程中的副产物, 含有丰富的粗蛋白质、粗脂肪和多种营养物质, 具有较高的资源化利用价值。目前酒糟的处理方式较为粗放, 资源化利用率较低。发酵饲料技术为酒糟的高值化利用提供了一条可行途径。通过微生物发酵, 不仅可降低酒糟的抗营养因子和粗纤维含量、提升其蛋白含量和消化率, 还能改善适口性, 促进动物生长性能、增强免疫功能、调节肠道健康。文章综述了酒糟的来源与特性、发酵饲料的研究背景及其在畜禽养殖中的应用潜力, 分析了发酵微生物的作用机制及其对饲料品质的影响。同时, 探讨了发酵酒糟饲料的发展机遇与挑战, 以期为其产业化推广提供参考。

关键词: 酒糟; 发酵饲料; 微生物发酵; 资源化利用; 动物营养

中图分类号: S816.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-0084(2026)04-0033-05

Research Progress and Application Prospects of Fermented Distiller's Grains Feed

WU Haochen¹, CHEN Jian¹, WU Wenbo¹, XU Hongfeng¹, CHEN Yanming², CHEN Yunliang^{1*}

(1. Zhenjiang Hengxin Biotechnology Co., Ltd., Zhenjiang 212000, Jiangsu China;

2. School of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: Distiller's grains are a by-product of liquor brewing, rich in crude protein, crude fat, and multiple nutrients, and possess high resource utilization value. However, current treatment methods for distiller's grains are relatively extensive, resulting in low resource utilization efficiency. Fermented feed technology offers a viable pathway for the high-value utilization of distiller's grains. Through microbial fermentation, not only can anti-nutritional factors and crude fiber content in distiller's grains be reduced, but also their protein content and digestibility can be improved. Furthermore, it enhances palatability and promotes animal growth performance, immune function, and intestinal health. The source and characteristics of distiller's grains, the research background of fermented feed, and its application potential in livestock and poultry farming were reviewed. The mechanism of action of fermentation microorganisms and their impact on feed quality were analyzed. Additionally, the development opportunities and challenges of fermented distiller's grains feed were discussed, aiming to provide a reference for its industrial promotion.

Key words: distiller's grains; fermented feed; microbial fermentation; resource utilization; animal nutrition

酒糟是白酒酿造过程中产生的主要副产物, 含有丰富的粗蛋白质、粗脂肪及多种营养物质, 因而受到广泛关注^[1]。然而, 酒糟的高含水率、易腐性及较高的粗纤维含量使得其在资源化利用过程中

基金项目: 基于白酒糟高效固液分离的清洁能源及新型饲料研究开发(NY2024019)

作者简介: 吴昊宸(1997—), 男, 硕士, 研究方向为饲料研发。

***通信作者:** 陈允亮(1983—), 男, 博士, 副研究员, 研究方向为微生物学。

面临储存、运输和高效转化的困难。传统的酒糟处理方式较为粗放,大量酒糟被直接丢弃,资源化利用率较低,不仅浪费资源,而且污染环境^[2]。目前,酒糟的资源化利用途径多样,主要包括生产有机肥、栽培食用菌、提取有价值成分以及加工成饲料等^[3]。其中,饲料化利用是消纳大量酒糟、提升其附加值的重要途径。酒糟饲料化的方式主要有直接饲用和发酵后利用两种。直接使用鲜酒糟或将其简单烘干后饲喂,存在适口性差、动物消化率低及可能含有酒精残留等弊端。酒糟的后发酵利用,是以酒糟为主要基质,接种霉菌、酵母菌、乳酸菌等有益微生物进行固态发酵,制备生物蛋白饲料。该类发酵饲料不仅可显著提升蛋白质含量、降低粗纤维含量,还能产生有机酸、消化酶及多种活性物质,从而改善饲料风味,提高养分消化率,并具备促进动物生长、增强机体免疫等功能^[4-5]。

本文旨在系统综述酒糟发酵饲料的研究进展,分析其营养价值提升机理、关键技术难点以及在动物生产中的应用潜力,以期为推动酒糟资源的可持续利用与畜牧业的高质量发展提供理论参考。

1 酒糟的成分及发酵酒糟饲料的特性

1.1 酒糟的来源与特性

酒糟是以粮食(如大米、小麦、高粱等)为原料,经固态发酵酿造白酒后产生的残渣。在白酒生产过程中主要消耗的是粮食中的淀粉,未被发酵的蛋白质和脂肪以及参与发酵的菌体蛋白均留在了酒糟中,因此酒糟中的粗蛋白质和粗脂肪含量较高。我国白酒酿造工艺成熟,每年产生约3 000万t酒糟^[6]。酒糟资源丰富,含有丰富的粗蛋白质(13.00%~27.50%)、粗脂肪(3.50~11.00%)、粗纤维(16.0%~28.0%)、氨基酸、维生素和微量元素,具有较高的资源化利用价值^[4,7-8]。然而,目前大多数酿酒企业,对酒糟的处理仍面临挑战。酒糟本身水分含量高,酸度较大,易腐败霉变,不易储存和运输。若直接将酒糟丢弃,不仅造成资源浪费,而且会造成环境污染。除少量被直接用作饲料或肥料外,大部分酒糟均未能得到及时处理。从环境保护、资源节约和企业效益等多方面考虑,实现酒糟的资源化循环利用已成为亟待解决的关键问题。酒糟的主要成分包括未被充分利用的淀粉、蛋白质、纤维素(主要来源于

稻壳)等^[9]。这一特性使其具有多种利用途径,可用于生产有机肥、蛋白饲料等。在饲料领域,酒糟的应用主要集中在直接饲喂和微生物发酵处理两个方向,但受限于其高纤维、低消化率、适口性差及可能存在酒精残留等缺陷,发酵成为提升其利用价值的关键环节^[10]。

1.2 发酵饲料的应用背景及意义

随着我国畜牧业的发展,饲料原料来源紧缺,蛋白饲料资源紧缺的现状日益突出,尤其是豆粕和鱼粉等饲料原料价格不断上涨,对饲料业和畜牧业的发展带来不利影响,开发新型生物蛋白饲料已成为近年来畜牧业重点研究方向之一。在此背景下,开发非常规饲料资源对保障养殖业可持续发展具有重要意义。酒糟作为重要的酿造副产品,年产量巨大,通过适当处理可转化为优质饲料原料。直接添加适量酒糟虽能降低饲料成本,但其高纤维素含量、低消化率、适口性差等问题限制了应用效果^[10]。同时,国家对于食品安全和环保要求进一步提升,畜牧行业内对于优质饲料产品的需求与日俱增。寻找抗生素替代品并聚焦于其对饲料养分利用率提升效益的开发与应用,已成为推动畜牧业可持续发展的关键。发酵饲料资源以绿色环保、无药物残留、抗营养因子含量低,能够提高动物采食量和饲料转化率而受到关注。发酵技术的引入为酒糟的高值化利用提供了新思路。通过微生物发酵,不仅能降解纤维素、提高蛋白含量,还能产生有益代谢产物,显著改善酒糟的饲用品质^[11]。这一技术路径不仅解决了酒糟的资源浪费和环境污染问题,还为缓解饲料蛋白资源短缺提供了可行方案,具有显著的经济效益和社会生态效益。

1.3 发酵酒糟饲料的研究现状与应用前景

近年来,酒糟微生物发酵技术的研究取得一定进展。通过优化发酵菌种(如霉菌、酵母菌、乳酸菌、芽孢杆菌的组合^[12])和工艺参数,可提升酒糟粗蛋白质含量,同时降低粗纤维含量,并生成功能性代谢产物,大幅提高营养价值。从应用前景看,发酵酒糟饲料的发展面临多重机遇。政策层面,国家推进农业废弃物资源化利用和饲料“禁抗”政策,为技术推广提供了制度保障^[13];市场层面,饲料蛋白质原料价格持续走高,发酵酒糟的成本优势日益凸显;技术层面,微生物选育和工艺

优化不断突破,为产业化提供了支撑。未来,发酵酒糟饲料不仅可作为基础蛋白饲料,还可向功能性饲料方向延伸,进一步拓展应用价值^[14-15]。总体而言,发酵酒糟饲料技术既能解决酿造行业的废弃物处置难题,又能缓解畜牧业面临的蛋白质饲料资源短缺压力,是实现循环经济发展的典型范例。随着研究的深入和技术的成熟,其规模化应用将为酿造产业绿色转型和畜牧业可持续发展提供重要支撑。

2 发酵酒糟饲料的微生物学基础

2.1 常用发酵微生物

酒糟发酵的微生物学基础主要依赖于多种微生物的协同作用,按照其功能可分为4类。各类微生物通过代谢活动促进有机物降解,提升营养成分的生物利用率,并改善发酵产品的风味和稳定性。

(1)产纤维素酶的微生物:主要包括米曲霉、黑曲霉、白腐菌等霉菌。这类霉菌可产生纤维素酶及相关酶类,将酒糟中的粗纤维(纤维素、半纤维素等)微生物降解为可利用的还原糖,降低饲料粗纤维含量,提高可消化性^[16]。

(2)产蛋白酶、淀粉酶等的微生物:主要包括枯草芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌等。此类微生物可分泌蛋白酶、淀粉酶、葡聚糖酶等酶类,将酒糟中的大分子物质(如蛋白质和淀粉等)降解为小分子的氨基酸和还原糖,既满足微生物生长所需营养,也有利于动物消化吸收^[17]。

(3)产蛋白质、维生素等功能性物质的微生物:主要包括热带假丝酵母、产朊假丝酵母、酿酒酵母等酵母菌。酵母菌细胞蛋白含量高,富含必需氨基酸,能有效提高发酵产物蛋白含量。同时,酵母能产生蛋白酶、植酸酶等功能性酶,产生烟酸等功能成分,其细胞壁中的 β -葡聚糖和甘露聚糖具有提升畜禽免疫力、改善肉品质等作用^[18]。

(4)益生乳酸菌:主要包括植物乳杆菌、乳酸片球菌等。乳酸菌在发酵过程中产生乳酸等有机酸,降低体系pH,改善饲料适口性,抑制病原菌,并在动物肠道内起到调节菌群平衡、增强免疫力和维持肠道健康的作用^[19]。在实际应用中,往往采用上述微生物的复合发酵技术,利用不同微生物的协同作用,提高发酵效率和产品质量。

2.2 微生物发酵作用机制

微生物主要通过酶解作用、菌体增殖、有机酸代谢及功能产物合成四种途径,改变发酵酒糟的

理化性质与营养特性。

(1)酶解降解大分子底物:霉菌、芽孢杆菌分泌淀粉酶、蛋白酶、纤维素酶等水解酶,将酒糟内淀粉、蛋白质、粗纤维等大分子物质,分解为小分子糖、氨基酸与肽类^[1, 18]。该过程既满足微生物自身营养需求,又可以降解抗营养因子,显著提升原料消化率。

(2)富集菌体营养:酵母菌与部分细菌大量增殖,菌体富含蛋白质、核酸及多种维生素,有效提高发酵产物粗蛋白质水平,优化氨基酸组成,全面改善饲料整体营养价值^[13]。

(3)产酸抑菌并改良风味:乳酸菌、酵母菌、芽孢杆菌代谢产生乳酸、乙酸等有机酸与风味物质^[20]。有机酸可降低体系pH,抑制杂菌滋生,同时赋予产品酸香风味,改善饲喂适口性。

(4)功能性活性物质合成:发酵体系中微生物可生成抗菌肽、维生素等功能成分,起到改善动物肠道健康、增强免疫力、促生长等作用,实现发酵酒糟向功能性饲料转化^[21-22]。

2.3 发酵条件对微生物活性的影响

固态发酵生产酒糟饲料的主要工艺过程包括:菌种活化→扩大培养→原料预处理(如干燥、去壳、粉碎)→接种混合→发酵→烘干→成品^[23]。在此过程中,温度、pH、水分、氧气等条件直接影响微生物的生长代谢。

(1)原料预处理:酒糟中的稻壳是主要粗纤维来源,其处理方式会影响消化率和发酵效率。预处理通常包括烘干、筛选分离稻壳。脱壳后的酒糟更利于微生物发酵和动物消化。

(2)发酵环境参数:固态发酵具有培养基水分低、三废排放少、能源消耗少、底物来源广泛、产物浓度高等优点,但也存在发酵速度相对较慢、工艺参数控制等问题。发酵过程中,需要控制适宜的温度(根据不同菌种最适温度调节,通常为25~45℃)、水分含量(通常为50%~70%,以保证微生物活性)、pH(初期适宜微生物生长,后期乳酸积累导致pH下降利于保存)及通气条件(好氧、兼性厌氧和厌氧微生物需求不同),以优化微生物活性,促进营养成分转化,提高发酵酒糟品质。

3 发酵酒糟饲料的应用价值与应用潜力

3.1 改善饲料品质的作用

(1)优化饲料适口性:饲料原料经过有益菌

发酵后会产生乳酸、乙酸和芳香酸等有机酸，这些有机酸有特殊的香味，能够改善适口性，可显著提升畜禽采食量^[10]。

(2)对饲料原料进行预消化。发酵过程中添加的微生物菌株可以分泌多种消化酶，将酒糟中的蛋白质、淀粉、纤维素等大分子物质分解成小分子的多肽、氨基酸、单糖、寡糖等，使饲料更易被动物消化吸收^[13]。

(3)降解抗营养因子：通过微生物发酵，能够降解或转化酒糟中可能存在的不利于动物消化的成分，提高饲料安全性^[11]。

(4)提升整体营养价值：微生物发酵能显著提升酒糟的粗蛋白质含量(有研究目标提升至23%以上)，降低粗纤维含量(目标降低30%)，并产生丰富的维生素、氨基酸、有机酸等，全面提升饲料营养水平^[11]。

3.2 对动物生产与健康的作用

发酵酒糟的应用效果很大程度上依赖于其中的有益微生物和活性代谢产物，目前已在多种饲喂动物中表现出良好的应用效果。

(1)促进动物生长性能：发酵饲料能有效提高动物的生长速度和饲料转化率。例如，在生猪饲料中添加发酵豆粕，可提升仔猪日增重，降低腹泻率；在母猪日粮中添加酿酒酵母发酵的酒糟饲料，可提高母猪日增重、产奶量及仔猪生长性能^[24]。

(2)增强机体免疫力：发酵饲料可以刺激动物机体提高免疫因子水平。发酵饲料中的有益微生物(如酵母细胞壁成分)及其代谢产物，能增强动物免疫力和抵抗力^[22]。

(3)改善肠道健康：发酵饲料富含有益微生物(如乳酸菌)及有机酸，能够调节和改善胃肠道内的菌群环境，抑制有害微生物的生长繁殖，强化肠道屏障功能，从而改善肠道健康^[23-24]。

(4)提高产品品质与减少污染：有机酸能提高动物对钙、磷、微量元素及色素的吸收，改善蛋、肉品质。同时，发酵饲料提高了蛋白质的消化吸收率，减少了粪便中氮的排放，降低养殖环节对环境的污染^[25]。

4 发酵酒糟饲料综合评价及产业贡献

4.1 发酵酒糟饲料的综合评价

酒糟作为白酒酿造过程中的主要副产物，产量庞大，传统处理模式下存在资源化利用效率低下、

储运难度大、易造成环境污染等问题。从原料特性来看，酒糟富含粗蛋白质、粗脂肪、膳食纤维及多种微量营养物质，同时具备原料来源广泛、供应稳定、成本低廉等优势^[3]，以及作为新型发酵饲料的优良开发潜质。依托微生物固态发酵技术，可有效降解酒糟中的粗纤维组分，提升粗蛋白质含量与饲料消化利用率，改善原料适口性，同时富集多种生物活性功能物质，全方位提升酒糟的饲用价值与产品附加值。其中，混菌复合发酵工艺结合原料预处理技术，是制备高品质酒糟发酵饲料的高效技术手段^[26]。

现阶段，酒糟资源化饲用仍面临多项技术及产业化难题：酒糟含水量与酸度较高，纤维结构致密，不易被微生物充分降解。此外，发酵过程可控性弱、成品质量稳定性不足、规模化生产工艺不成熟等问题，严重制约了产业发展^[3]。未来，聚焦高效功能菌种筛选、复合菌剂配比优化、原料预处理工艺与发酵体系改良、标准化质量评价体系构建等核心方向将是突破技术瓶颈、推动发酵酒糟饲料产业化落地的关键。

4.2 对饲料工业和畜牧业的潜在贡献

当前我国饲料工业持续面临蛋白质原料资源紧缺、市场价格波动幅度大的行业痛点，制约饲料产业与规模化养殖业的稳定发展。酒糟酿造副产物的高值化发酵利用，可开辟新型优质蛋白质饲料来源，缓解国内蛋白质饲料供需失衡的矛盾。经微生物发酵改性的酒糟蛋白质饲料，可部分替代豆粕、鱼粉等传统高价蛋白质原料，在保障饲料饲喂效果的前提下，有效降低养殖成本，提升养殖经济效益^[27]。

与此同时，发酵酒糟饲料富含有机酸、抗菌肽、多酚等功能性活性物质，可改善畜禽肠道健康、增强机体免疫力、提升动物生产性能，同时减少养殖废弃物污染物排放，契合绿色生态养殖、健康养殖的行业发展趋势^[28]。发酵酒糟饲料的推广应用，不仅实现了酿酒工业副产物的资源化循环利用，助力饲料行业“减抗、替抗”转型升级，也是推动现代畜牧业绿色、可持续发展的重要途径^[29]。

5 结 语

随着生物技术、发酵工程与智能生产装备的不断革新，发酵酒糟饲料产业将逐步向规模化、智能化、功能化方向升级。未来，需依托政府

政策扶持、科研机构技术攻关、生产企业落地应用的产学研协同模式,加大核心技术研发投入,完善产业化示范体系与行业标准规范,推动酒糟发酵饲料产业高质量发展,为保障国家粮食安全、生态安全与畜牧产业安全提供有力支撑。

[参 考 文 献]

- [1] 张丽华,王小媛,李昌文,等.酒糟再利用的研究进展[J].食品与发酵工业,2017,43(11):250-256.
- [2] 马晓建,陈俊英,张如意,等.酒糟综合利用的发展前景[J].酿酒科技,2006(4):96-98.
- [3] 郭佳琪,张永青,张立强,等.白酒酒糟的资源化利用现状与发展[J].中国酿造,2026,45(5):16-22.
- [4] 徐建,陈代文,毛倩,等.白酒糟的营养价值评定[J].中国畜牧杂志,2012,48(7):47-50.
- [5] 唐哲仁,高勇,师雄,等.白酒酒糟资源化利用技术研究进展[J].中国酿造,2024,43(8):13-19.
- [6] 刘倩,王鹏宇,金飞龙,等.发酵菌种对生物饲料及全混合日粮霉菌生长的影响[J].饲料研究,2022,45(18):114-118.
- [7] 肖和良.对发酵饲料、中药饲料等禁抗替代产品研制的研究[J].猪业科学,2020,37(1):58-61.
- [8] 宁露佳,刘倩楠,景雯,等.白酒糟纤维素降解菌的分离筛选及发酵条件优化[J].中国酿造,2021,40(5):119-123.
- [9] 王彦勇,郭双海.白酒糟功能性成分提取与高值化应用研究进展[J].食品与机械,2026,42(5):242-248.
- [10] 郭学武,范恩帝,马冰涛,等.中国固态发酵白酒中功能细菌研究进展[J].食品与发酵工业,2020,46(1):280-286.
- [11] 彭昱雯,吴冬梅.酒糟发酵生物饲料的生产及其对动物生产性能的影响[J].饲料研究,2022,45(2):158-160.
- [12] 王欢,尹琨伊,张军,等.复合益生菌发酵饲料在动物生产中的应用进展[J].饲料工业,2024,45(6):13-20.
- [13] 于法稳,黄鑫,王广梁.畜牧业高质量发展:理论阐释与实现路径[J].中国农村经济,2021,4:85-99.
- [14] 张桂杰.基于合成生物学的生物饲料技术创新与产业应用实践[J].饲料工业,2025,46(21):1-10.
- [15] 吴信,张会会,杨旭东,等.新型单细胞蛋白饲料资源开发利用进展[J].饲料工业,2024,45(20):1-8.
- [16] 阳刚,杨第芹,曹文涛,等.白酒糟纤维素降解菌的优选及酒糟降解工艺[J].农业工程学报,2020,36(13):212-221.
- [17] 罗琳,廖菲菲,辛璇,等.黄酒糟蛋白质资源的开发利用研究进展[J].现代食品科技,2025,41(5):364-371.
- [18] 张铭,李伟,吴松遥,等.固态发酵促生物活性物质释放与生物转化的研究进展[J].中国调味品,2025,50(1):233-240.
- [19] 时伟,张熙琳,郑红梅,等.混菌固态发酵清香型白酒糟制备蛋白饲料的研究[J].饲料研究,2024,47(4):79-84.
- [20] 姚飞跃,曾柏全.现代固态发酵技术在食品加工业中的应用[J].食品与机械,2005(6):89-92.
- [21] 周袁璐,师苑,陆跃乐,等.传统发酵过程微生物互作研究进展[J].中国食品学报,2021,21(11):349-358.
- [22] 王海东,蔡庆双.微生物发酵饲料的应用现状及其对猪肠道健康的影响[J].饲料博览,2023(4):64-67.
- [23] 乔富博,陈静,刘显军,等.益生菌发酵饲料在畜禽生产中的研究进展[J].饲料工业,2025,46(3):26-32.
- [24] 王旭,颜国华,杨玉增,等.复合微生物发酵饲料在母猪饲粮中的应用[J].饲料工业,2025,46(6):88-94.
- [25] 吴银宝,吴根义,廖新伟.实施清洁生产源头控制畜禽养殖污染[J].农业环境科学学报,2021,40(11):2283-2291.
- [26] 范恩帝,蒋梦迎,冯敏雪,等.混菌发酵白酒糟生产含功能成分饲料发酵条件的优化[J].生物技术通报,2021,37(12):91-103.
- [27] 印遇龙,杨哲.非常规饲料的开发与高效利用[J].饲料工业,2025,46(1):2-10.
- [28] 王坤,张恒慧.生物饲料产业的发展前景与经济潜力分析[J].饲料工业,2026,47(4):171-176.
- [29] 王永伟,施晶晶,段涛,等.生物技术在粮油饲料资源增值转化中的应用研究进展[J].粮油食品科技,2023,31(5):152-159.