

# 发酵饲料对生长育肥猪肠道菌群及免疫功能的影响机制

侯 芳

贵州省铜仁市农业农村局 贵州 铜仁 554300

**摘要：**本文旨在探讨发酵饲料对生长育肥猪肠道菌群及免疫功能的影响机制。首先介绍了发酵饲料的特点与优势，然后从肠道菌群结构与多样性、肠道菌群代谢产物、肠道屏障功能、免疫细胞与免疫分子等方面详细阐述了发酵饲料对生长育肥猪肠道菌群和免疫功能的影响机制，最后对发酵饲料在养猪生产中的应用前景进行了展望。研究表明，发酵饲料通过调节肠道菌群平衡、改善肠道菌群代谢、增强肠道屏障功能和调节免疫反应等多种途径，对生长育肥猪的肠道健康和免疫功能产生积极影响，有助于提高猪的生长性能和养殖效益。

**关键词：**发酵饲料；生长育肥猪；肠道菌群；免疫功能；影响机制

## 1 引言

在养猪生产中，生长育肥猪的健康状况和生长性能直接影响着养殖效益。肠道作为猪体内最大的免疫器官和消化吸收器官，其菌群平衡和免疫功能的正常发挥对于猪的生长发育至关重要。传统的饲料在加工和储存过程中可能会损失部分营养成分，且可能含有一些抗营养因子，影响猪的消化吸收和健康。发酵饲料作为一种新型饲料，通过微生物的发酵作用，能够改善饲料的营养价值、消化率和适口性，同时还具有调节肠道菌群、增强免疫功能等优点，逐渐受到养猪业的关注。深入研究发酵饲料对生长育肥猪肠道菌群及免疫功能的影响机制，对于科学合理地应用发酵饲料、提高养猪生产水平具有重要的理论和实践意义。

## 2 发酵饲料的特点与优势

### 2.1 改善营养价值

发酵过程中，微生物能够分泌多种酶，如淀粉酶、蛋白酶、纤维素酶等，将饲料中的大分子营养物质分解为小分子易消化吸收的物质，如将淀粉分解为葡萄糖，将蛋白质分解为氨基酸和小肽，提高了饲料的消化率和利用率。同时，微生物在发酵过程中还能合成一些维生素、氨基酸和未知生长因子等，进一步丰富了饲料的营养成分。

### 2.2 消除抗营养因子

许多饲料原料中含有抗营养因子，如植酸、单宁、胰蛋白酶抑制剂等，这些抗营养因子会影响猪对营养物质的消化吸收，甚至对猪的健康造成危害。发酵饲料中的微生物能够产生一些酶类，将抗营养因子分解或转化，降低其活性，从而消除抗营养因子对猪的不利影响。

### 2.3 产生有益代谢产物

微生物在发酵过程中会产生多种有益代谢产物，如

有机酸、细菌素、维生素等。有机酸能够降低饲料的pH值，抑制有害菌的生长繁殖，同时还能促进猪的消化液分泌，提高消化功能。细菌素具有抗菌作用，能够抑制肠道内病原菌的生长，维护肠道菌群平衡。

### 2.4 增强适口性

发酵饲料具有独特的酸香味，能够刺激猪的食欲，提高采食量。同时，发酵过程中饲料的结构变得松软，口感更好，也有利于猪的采食和消化。

## 3 发酵饲料对生长育肥猪肠道菌群的影响机制

### 3.1 调节肠道菌群结构与多样性

肠道菌群是一个复杂的微生物生态系统，其结构和多样性对于猪的肠道健康至关重要。发酵饲料中的有益微生物进入猪肠道后，能够在肠道内定植并繁殖，与肠道内的其他微生物形成竞争关系，抑制有害菌的生长繁殖，促进有益菌的生长，从而调节肠道菌群的结构，增加肠道菌群的多样性<sup>[1]</sup>。研究表明，饲喂发酵饲料的生长育肥猪肠道内乳酸菌、双歧杆菌等有益菌的数量显著增加，而大肠杆菌、沙门氏菌等有害菌的数量明显减少。

### 3.2 影响肠道菌群代谢产物

发酵饲料不仅会影响肠道菌群的结构，还会影响肠道菌群的代谢产物。有益菌在肠道内发酵碳水化合物会产生短链脂肪酸（SCFAs），如乙酸、丙酸、丁酸等。SCFAs是肠道上皮细胞的主要能量来源，能够促进肠道上皮细胞的生长和增殖，维持肠道黏膜的完整性。同时，SCFAs还具有调节肠道pH值、抑制有害菌生长、增强免疫功能等作用。发酵饲料中的有益微生物还能够促进肠道内氨基酸、维生素等营养物质的合成，为猪的生长提供更多的营养支持。

### 3.3 增强肠道菌群与宿主的互作

肠道菌群与宿主之间存在着密切的互作关系，发酵

饲料能够调节这种互作关系，促进肠道菌群与宿主的共生。有益菌能够通过其细胞壁成分、代谢产物等刺激宿主的免疫系统，激活免疫细胞，调节免疫反应，增强宿主的免疫力。同时，宿主肠道内的环境也会影响肠道菌群的生长和代谢，发酵饲料能够改善肠道环境，为有益菌的生长提供适宜的条件，从而促进肠道菌群与宿主的良性互作。

#### 4 发酵饲料对生长育肥猪免疫功能的影响机制

##### 4.1 对肠道屏障功能的影响

肠道屏障是阻止肠道内病原菌和有害物质进入机体的重要防线，包括机械屏障、化学屏障、免疫屏障和生物屏障。发酵饲料能够通过多种途径增强肠道屏障功能。

###### 4.1.1 增强机械屏障

机械屏障主要由肠道上皮细胞和细胞间紧密连接构成。发酵饲料中的有益微生物产生的SCFAs能够促进肠道上皮细胞的生长和增殖，增加肠道黏膜的厚度，同时还能够上调紧密连接蛋白的表达，增强细胞间的紧密连接，减少肠道黏膜的通透性，防止病原菌和有害物质的侵入。

###### 4.1.2 改善化学屏障

化学屏障主要由肠道内的消化液、黏液等组成。发酵饲料能够促进猪消化液的分泌，增加消化液的量，提高消化酶的活性，从而增强对食物的消化能力<sup>[2]</sup>。同时，有益菌还能够刺激肠道黏液细胞的分泌，增加肠道黏液的含量，黏液中含有抗菌肽、免疫球蛋白等物质，具有抗菌和免疫调节作用。

###### 4.1.3 调节免疫屏障

免疫屏障主要由肠道相关淋巴组织（GALT）构成，包括派尔集合淋巴结、孤立淋巴小结等。发酵饲料中的有益微生物及其代谢产物能够激活肠道内的免疫细胞，如巨噬细胞、树突状细胞等，促进免疫细胞的增殖和分化，增强免疫细胞的吞噬功能和抗原呈递能力，从而调节肠道的免疫反应，增强肠道的免疫屏障功能。

###### 4.1.4 维持生物屏障

生物屏障是指肠道内正常菌群之间的相互制约、相互依存的关系。发酵饲料能够调节肠道菌群的平衡，增加有益菌的数量，抑制有害菌的生长，维持肠道菌群的稳定性，从而维持肠道的生物屏障功能。

##### 4.2 对免疫细胞的影响

免疫细胞是机体免疫系统的重要组成部分，包括T淋巴细胞、B淋巴细胞、巨噬细胞等。发酵饲料能够调节免疫细胞的数量和活性，增强机体的免疫功能。

###### 4.2.1 调节T淋巴细胞

T淋巴细胞在细胞免疫中起着重要作用。发酵饲料中

的有益微生物及其代谢产物能够促进T淋巴细胞的增殖和分化，调节Th1/Th2细胞的平衡。Th1细胞主要分泌干扰素-γ（IFN-γ）、肿瘤坏死因子-α（TNF-α）等细胞因子，参与细胞免疫应答；Th2细胞主要分泌白细胞介素-4（IL-4）、白细胞介素-10（IL-10）等细胞因子，参与体液免疫应答。发酵饲料能够使Th1/Th2细胞的比例趋于平衡，增强机体的免疫调节能力。

###### 4.2.2 调节B淋巴细胞

B淋巴细胞是体液免疫的主要细胞，能够分化为浆细胞并分泌抗体。发酵饲料能够促进B淋巴细胞的增殖和分化，提高抗体的产生水平，增强机体的体液免疫功能。

###### 4.2.3 激活巨噬细胞

巨噬细胞是机体重要的免疫防御细胞，具有吞噬、杀菌、抗原呈递等功能。发酵饲料中的有益微生物及其代谢产物能够激活巨噬细胞，增强巨噬细胞的吞噬活性和杀菌能力，同时还能促进巨噬细胞分泌细胞因子，调节免疫反应。

##### 4.3 对免疫分子的影响

免疫分子是免疫系统中的重要物质，包括细胞因子、免疫球蛋白、补体等。发酵饲料能够调节免疫分子的表达和分泌，增强机体的免疫功能。

###### 4.3.1 调节细胞因子

细胞因子是免疫细胞分泌的一类小分子蛋白质，具有调节免疫反应、促进炎症反应或抗炎等作用。发酵饲料能够调节多种细胞因子的表达和分泌，如增加IFN-γ、TNF-α、IL-2等促炎细胞因子的分泌，增强机体的免疫防御能力；同时还能增加IL-10、转化生长因子-β（TGF-β）等抗炎细胞因子的分泌，抑制过度的炎症反应，维持免疫平衡。

###### 4.3.2 提高免疫球蛋白水平

免疫球蛋白是B淋巴细胞分泌的抗体，能够特异性地识别和结合抗原，发挥免疫防御作用。发酵饲料能够提高猪血清中免疫球蛋白G（IgG）、免疫球蛋白M（IgM）、免疫球蛋白A（IgA）的水平，增强机体的体液免疫功能。

###### 4.3.3 调节补体系统

补体系统是机体免疫系统的重要组成部分，具有溶菌、杀菌、调理吞噬等作用。发酵饲料能够调节补体系统的活性，增强补体的溶菌和杀菌能力，促进免疫复合物的清除，维护机体的免疫平衡。

#### 5 发酵饲料在养猪生产中的应用前景

##### 5.1 提高生长性能

发酵饲料堪称猪生长的“助力剂”。通过先进的发

酵工艺，饲料中的营养成分得到优化，大分子物质被分解为更易消化吸收的小分子，极大改善了饲料的营养价值和消化率。这使得猪对饲料的利用率大幅提升，采食量也显著增加。众多研究数据表明，饲喂发酵饲料的生长育肥猪，平均日增重有了明显提高，同时料重比大幅降低<sup>[3]</sup>。这意味着在相同饲料投入下，猪能获得更快的生长速度，养殖效益得到质的飞跃，为养猪户带来更可观的经济回报。

### 5.2 增强疾病抵抗力

健康的肠道是猪抵御疾病的第一道防线，发酵饲料在这方面发挥着关键作用。它能够精准调节肠道菌群平衡，让有益菌占据主导地位，同时增强肠道屏障功能，有效阻挡病原体的入侵。此外，发酵饲料还能调节猪的免疫反应，激活免疫系统，提高整体免疫力。在养猪生产实践中，使用发酵饲料的猪群发病率和死亡率明显降低，抗生素的使用量也随之大幅减少。这不仅保障了猪的健康生长，还提升了猪肉的品质和安全性，满足了消费者对绿色、健康肉类的需求。

### 5.3 改善养殖环境

发酵饲料中的有益微生物如同养殖环境的“净化器”。它们能够抑制肠道内有害菌的生长繁殖，从源头上减少有害气体的产生，如刺鼻的氨气、有毒的硫化氢等，显著改善了养殖舍内的空气质量，为猪提供了更舒适的生活环境。而且，发酵饲料的使用还能降低粪便中氮、磷等营养物质的排放，减少对水体和土壤的污染，有利于生态环境的保护，实现养猪业与环境的和谐共生。

### 5.4 促进可持续发展

发酵饲料的原料来源极为广泛，农作物秸秆、酒糟、醋糟等农业废弃物和副产品都能成为发酵的优质原料，实现了资源的循环利用，大大降低了养殖成本。同时，这一特性也减少了对传统饲料资源的依赖，有效缓解了饲料资源短缺的难题，为养猪业的长期稳定发展奠定了坚实基础，推动养猪业朝着可持续发展的方向大步迈进。

## 6 应用展望

尽管发酵饲料优势明显，但目前仍面临一些亟待解决的问题。发酵饲料的生产工艺和质量标准尚不完善，

不同批次的产品质量稳定性欠佳，这给大规模应用带来了一定困难。而且，发酵饲料中微生物的种类和数量对猪肠道菌群和免疫功能的影响机制还不明确，需要深入研究。另外，发酵饲料与其他饲料添加剂的配伍使用效果也有待进一步探索<sup>[4]</sup>。未来，研究应聚焦于优化发酵饲料的生产工艺，建立完善的质量控制体系，确保产品质量的稳定和可靠。同时，要深入研究发酵饲料与猪肠道菌群、免疫功能的相互作用机制，为科学应用提供坚实的理论基础。此外，还应加强发酵饲料在实际生产中的应用推广，通过技术培训、示范养殖等方式，让更多的养猪户了解并接受这一新型饲料，共同推动养猪业的可持续发展。

### 结语

发酵饲料作为一种新型饲料，具有改善营养价值、消除抗营养因子、产生有益代谢产物和增强适口性等优点。发酵饲料通过调节肠道菌群结构与多样性、影响肠道菌群代谢产物、增强肠道菌群与宿主的互作等途径，对生长育肥猪的肠道菌群产生积极影响；同时，发酵饲料还能够通过增强肠道屏障功能、调节免疫细胞和免疫分子的表达和分泌等机制，调节生长育肥猪的免疫功能。在养猪生产中，发酵饲料具有提高生长性能、增强疾病抵抗力、改善养殖环境和促进可持续发展等应用前景。然而，目前关于发酵饲料的研究还存在一些不足之处，如发酵饲料的生产工艺还不够完善，不同发酵饲料对猪的影响还存在差异等。未来的研究应进一步优化发酵饲料的生产工艺，深入研究发酵饲料的作用机制，为发酵饲料在养猪生产中的广泛应用提供更加科学的依据。

### 参考文献

- [1] 杨晓伟.发酵饲料对猪肠道菌群的影响[J].兽医导刊,2020,(03):65.
- [2] 马建涛.微生物发酵饲料对猪肠道健康的影响[J].猪业科学,2023,40(12):38-40.
- [3] 王松,简晓平,潘婉舒,等.玉米小曲酒糟发酵饲料对育肥猪肠道菌群的影响[J].生物技术通报,2022,38(09):248-257.
- [4] 朱原,石博文.发酵饲料对猪肠道微生物菌群的影响[J].北方牧业,2019,(15):28-29.