



全国酶制剂行业重点生产企业  
生物科技 呵护自然  
湖南尤特尔生化有限公司  
电话: 0730-8418609  
Hunan Youtell Biochemical Co., Ltd.

## 枯草芽孢杆菌在动物饲料中的应用

郭照宙, 崔红霞, 武洪志, 许灵敏, 许 丽\*

(东北农业大学 动物科学技术学院, 哈尔滨 150030)

**摘要:** 枯草芽孢杆菌属于芽孢杆菌属, 其能够改善动物的肠道环境, 从而使得营养物质得到充分吸收, 还能提高动物机体抵抗力。同时, 还可以产生一些酶类, 给动物带来了不少益处。因此, 对枯草芽孢杆菌进行研究十分必要, 通过对其营养特性、菌体特点以及在动物饲料中的应用作以综述, 为实验室和实际生产中使用枯草芽孢杆菌提供一定的科学理论依据。

**关键词:** 益生菌; 枯草芽孢杆菌; 饲料; 应用

中图分类号: S816.8; S852.61\*6 文献标志码: A 文章编号: 1001-0084(2017)06-0026-03

## Application of *Bacillus subtilis* in Animal Feed

GUO Zhaozhou, CUI Hongxia, WU Hongzhi, XU Lingmin, XU Li\*

(College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** *Bacillus subtilis* is a species of *Bacillus*, can improve the intestinal environment of the animal and absorb nutrients fully, enhancing the body's resistance to animals. Meanwhile, it can also produce enzymes that bring benefits to the animals. Therefore, it is necessary to study on *Bacillus subtilis*, the nutrition characteristic, bacteria characteristics and applications in animal production, so as to provide a scientific theory basis for the use of *Bacillus subtilis* in laboratory and in actual production.

**Key words:** probiotics; *Bacillus subtilis*; animal feed; practical application

### 1 枯草芽孢杆菌

芽孢杆菌是人们最早开始接触并研究的细菌之一, 而其菌属的枯草芽孢杆菌更是人们比较热衷并关注的细菌。早在1835年Ehrenberg就发现了枯草芽孢杆菌, 并命名为“*Vibrio subtilis*”。随着Cohn建立的细菌分类系统, 又将其命名成“*Bacillus subtilis*”<sup>[1-2]</sup>。这类革兰氏阳性好氧型细菌的生长范围比较广泛, 本身并不携带致病性, 能够分泌一定的蛋白。在不同的生活条件下, 菌体的生长状态不同, 环境变恶劣的时候, 菌体会停止生长, 条件极端时, 还会产出具有很强抗逆性的孢子来应对极端环境<sup>[3]</sup>。杨锋等试验研究结果表明, 在培养了34 h的时候, 枯草芽孢杆菌的菌体质量达到了最大值, 即

使在pH=2的强酸液体环境下, 6 h后的存活率仍可以达到76%; 在高温环境下, 例如在90℃条件下, 10 min后测定其存活率仍可以达到80%<sup>[4]</sup>。

枯草芽孢杆菌是芽孢杆菌中的一种, 具有典型的特征。枯草芽孢杆菌的细胞形态正如其名, 呈现直杆状, 单个大小在(0.8~1.2) μm×(1.5~4.0) μm之间, 能够产生荚膜, 体附有鞭毛用于运动; 芽孢中间部位接近于细胞宽, 呈现椭圆状; 菌落不透明, 周生, 粗糙并略带白色或黄色<sup>[5]</sup>。

### 2 枯草芽孢杆菌的生理作用

枯草芽孢杆菌具有很多对人和动物有益的特性, 能够改善动物肠道微生物的生存环境, 促进营养物质的充分吸收, 同时可以提高动物机体抵抗

收稿日期: 2017-04-21

作者简介: 郭照宙(1992-), 男, 山东吕梁人, 硕士研究生, 研究方向为动物营养与饲料科学。

\*通讯作者: 教授, 博士, 博士生导师, E-mail: xuli\_19621991@163.com。

力等。

### 2.1 改善肠道菌群

枯草芽孢杆菌在益生菌制剂中，常常是以孢子的状态存在，制剂进入动物肠道后，可以在较短的时间内复苏过来，消耗肠道中的氧气，创造一个低氧或者无氧的环境，可以使得其他有益菌如肠道球菌、乳酸菌等菌种更好地生长和繁殖，从而改善肠道菌群，利于营养物质的吸收，提高饲料的利用率。

### 2.2 增强机体免疫力

在枯草芽孢杆菌形成芽孢的过程中，可以分泌出多粘菌素、短杆菌肽等多种抗生素，可以有效的抑制致病菌如产气荚膜梭菌、沙门氏菌等的生长，这样可以给肠道提供一个更加有利于有益菌生长繁殖的条件，间接提高了动物机体的抵抗力<sup>[6]</sup>。同时，其对肠致病性大肠杆菌、肠产毒性大肠杆菌也有很强的抑制性<sup>[7]</sup>。

### 2.3 提供多种酶类

枯草芽孢杆菌在生长繁殖过程中，会产生多种酶类，例如纤维素酶、蛋白酶、淀粉酶以及脂肪酶等，而且菌体产酶的多少以及种类都会随着生长环境的不同而不同<sup>[8-9]</sup>。在适宜的生长条件下，枯草芽孢杆菌产生的这些酶类对降解非淀粉多糖以及其他化合物都有显著效果，从而提高饲料利用率，降低成本<sup>[10]</sup>。

## 3 在动物饲料中的应用

枯草芽孢杆菌属于芽孢杆菌菌属，对其营养特性的探究，使得人们对枯草芽孢杆菌利用程度越来越广，其优良的特性在动物饲养和实际生产中都得到了很大的应用。

### 3.1 鱼饲料

枯草芽孢杆菌的营养特性，已引起对其添加到各种动物饲料中的探究，在鱼类饲料中，程远等研究表明，当饲料中枯草芽孢杆菌的添加量在0.12%~0.18%时，可显著提高吉富罗非鱼幼鱼机体的抗氧化功能以及其自身的免疫力<sup>[11]</sup>。管越强等和李盈锋等试验研究表明，当饲料中枯草芽孢杆菌的添加量在2 g·kg<sup>-1</sup>时，能够有效的提高中华鳖幼鳖和黑鲷幼鱼的增重率，同时降低饲料系数，提高其抗氧化能力和消化酶的活性<sup>[12-13]</sup>。在饲料中添加枯草芽孢杆菌，斑点叉尾鲷鱼肉中的脂肪含量下降明显，蛋白质含量有所提高，同时还改善了其机体的

组成成分，改善肉品质<sup>[14]</sup>。孙盛明等研究表明，在团头鲂幼鱼的饲料中以2×10<sup>7</sup> cfu·g<sup>-1</sup>的添加量添加枯草芽孢杆菌，可以提高其生长性能和抗氧化功能，同时还可以改变肠道菌群结构<sup>[15]</sup>。

### 3.2 禽类饲料

随着对枯草芽孢杆菌的进一步研究，人们发现枯草芽孢杆菌对禽类的生产性能、屠宰性能、免疫功能以及肠道菌群等方面影响显著。丁文骏等试验结果表明，在饲料中添加巨大芽孢杆菌后，能够提高总产蛋重以及平均蛋重，其效果与添加枯草芽孢杆菌制剂的效果类似<sup>[16]</sup>。齐博等研究表明，枯草芽孢杆菌能够使肉仔鸡的十二指肠和空肠的绒毛高度得到提高，从而促进小肠的消化吸收，同时还可以增加盲肠中的乳酸杆菌的数量，促进肉仔鸡的生长发育<sup>[17]</sup>。随着绒毛高度的增加，小肠消化吸收能力的加强，使得肉鸡对钙、磷等其他营养物质的吸收代谢率也得到了提高<sup>[18]</sup>。瞿玲等研究表明，当饲料中枯草芽孢杆菌的添加量在0.75 g·kg<sup>-1</sup>，活菌数在10<sup>8</sup> cfu·g<sup>-1</sup>时，可以显著提高肉鸡的抗氧化功能，减少氧化应激反应<sup>[19]</sup>。

### 3.3 猪饲料

枯草芽孢杆菌对于猪的生长发育有很大的帮助。邓军等研究表明，当猪源乳酸杆菌与枯草芽孢杆菌共同作用于仔猪时，可以促进仔猪肠道绒毛的发育，进而可以增强抗感染的能力<sup>[20]</sup>。边连全等试验也一定程度上验证了枯草芽孢杆菌可以提高仔猪生长性能等功效<sup>[21]</sup>。其他研究人员的试验均证实枯草芽孢杆菌对断奶仔猪的肠道黏膜结构具有改善作用，可以调节其肠道菌群，促进断奶仔猪的生长发育<sup>[22-23]</sup>。同时，枯草芽孢杆菌还有增强仔猪免疫功能的作用。李云锋等研究表明，添加枯草芽孢杆菌促进了仔猪十二指肠中细胞因子IL-6的表达，提高了仔猪血清中IgA的表达，大大加强了对仔猪抵抗疾病的能力<sup>[24]</sup>。

## 4 小结

枯草芽孢杆菌由于其安全性、可开发性以及特有的营养特性，在养殖业中得到了很大的重视和利用<sup>[25-29]</sup>。其常作为饲料添加剂应用于动物饲料中，大部分研究都是在枯草芽孢杆菌自身特性上的研究，但对于其具体的作用机制以及信号通路的研究不是太多，如果能够更加深入的了解和研究枯草芽孢杆

菌等有益菌，可以促进枯草芽孢杆菌应用于畜牧养殖业，为养殖业提供更好的发展前景。

[ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] Satomi M, La Duc M T, Venkateswaran K. *Bacillus safensis* sp.nov. isolated from spacecraft and assembly-facility surfaces[J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2006, 56(8): 1 735-1 740.
- [ 2 ] Jeon C, Lim J M, Lee L H, et al. Reclassification of *Bacillus haloalkaliphilus* Fritze 1996 as *Alkalibacillus haloalkaliphilus* gen. nov. comb. nov. and the description of *Alkalibacillus salilacus* sp. nov. a novel halophilic bacterium isolated from a salt lake in China [J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2005, 55(5): 1 891-1 896.
- [ 3 ] 李明, 双宝, 李海涛, 等. 枯草芽孢杆菌的研究与应用[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(9): 111-114.
- [ 4 ] 杨锋, 章亭洲. 枯草芽孢杆菌生物学特性的研究[J]. 饲料研究, 2011(3): 34-36.
- [ 5 ] 蔡妙英, 东秀珠. 常见细菌系统鉴定手册[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [ 6 ] 李春风, 林显华, 谷巍. 枯草芽孢杆菌在饲料生产及环境防治中的应用[J]. 中国饲料, 2013(1): 10-12, 17.
- [ 7 ] 陈天游, 董思国, 田万红, 等. 枯草芽孢杆菌活菌体外拮抗6种肠道致病菌的研究[J]. 微生物学杂志, 2004, 24(5): 74-76.
- [ 8 ] 江国忠. 高产纤维素酶枯草芽孢杆菌的筛选, 应用及其产酶条件研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2010.
- [ 9 ] 孙焕林, 李洪, 许宇静, 等. 枯草芽孢杆菌的特性及其在养鸡业中的应用研究进展[J]. 饲料博览, 2014(5): 20-24.
- [ 10 ] 王利宾, 孙利娜. 枯草芽孢杆菌作用机制及其在养殖业中的应用研究进展[J]. 饲料博览, 2015(1): 35-38.
- [ 11 ] 程远, 黄凯, 黄秀芸, 等. 饲料中添加枯草芽孢杆菌对吉富罗非鱼幼鱼生长性能、免疫力和抗氧化功能的影响[J]. 动物营养学报, 2014, 26(6): 1 503-1 512.
- [ 12 ] 管越强, 周环, 张磊, 等. 枯草芽孢杆菌对中华鳖生长性能、消化酶活性和血液生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2010, 22(1): 235-240.
- [ 13 ] 李盈锋, 齐鑫, 华颖, 等. 枯草芽孢杆菌对黑鲟幼鱼生长、消化酶活性及抗氧化功能的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2014, 35(1): 37-42.
- [ 14 ] 仇明, 王爱民, 封功能, 等. 枯草芽孢杆菌对斑点叉尾鲟生长性能及肌肉营养成分影响[J]. 粮食与饲料工业, 2010(7): 46-49.
- [ 15 ] 孙盛明, 苏艳莉, 张武肖, 等. 饲料中添加枯草芽孢杆菌对团头鲂幼鱼生长性能、肝脏抗氧化指标、肠道菌群结构和抗病力的影响[J]. 动物营养学报, 2016(2): 507-514.
- [ 16 ] 丁文骏, 王强, 戴美梅, 等. 巨大芽孢杆菌 1259 制剂对比丝兰素、枯草芽孢杆菌对产蛋鸡生产性能及排泄物中氨氮含量的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(5): 1 566-1 572.
- [ 17 ] 齐博, 武书庚, 王晶, 等. 枯草芽孢杆菌对肉仔鸡生长性能、肠道形态和菌群数量的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(6): 1 748-1 756.
- [ 18 ] 周立强, 兰丽燕, 徐春生, 等. 枯草芽孢杆菌对黄羽肉鸡生长性能及营养物质代谢率的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2012, 39(2): 71-74.
- [ 19 ] 翟玲, 李卫芬, 余东游. 枯草芽孢杆菌对肉鸡生长性能和抗氧化力的影响[J]. 中国兽医学报, 2010, 30(6): 753-755, 761.
- [ 20 ] 邓军, 李云锋, 杨倩. 枯草芽孢杆菌和猪源乳酸杆菌混合饲喂对仔猪肠绒毛发育的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2013, 44(2): 295-301.
- [ 21 ] 边连全, 杜欣, 刘显军, 等. 枯草芽孢杆菌-菊糖益生元对断奶仔猪生长性能及体液免疫功能的影响[J]. 动物营养学报, 2012, 24(2): 280-284.
- [ 22 ] Lee S H, Ingale S L, Kim J S, et al. Effects of dietary supplementation with *Bacillus subtilis*, LS 1-2 fermentation biomass on growth performance, nutrient digestibility, cecal microbiota and intestinal morphology of weanling pig[J]. Animal Feed Science and Technology, 2014, 188: 102-110.
- [ 23 ] Tsukahara T, Tsuruta T, Nakanishi N, et al. The preventive effect of *Bacillus subtilis* strain DB9011 against experimental infection with enterotoxemic *Escherichia coli* in weaning piglets[J]. Animal Science Journal, 2013, 84(4): 316-321.
- [ 24 ] 李云锋, 邓军, 张锦华, 等. 枯草芽孢杆菌对仔猪小肠局部天然免疫及TLR表达的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2011, 42(4): 562-566.
- [ 25 ] 邵丽玮, 龚建刚, 赵国先, 等. 枯草芽孢杆菌合生元在动物生产中的应用[J]. 饲料研究, 2015(2): 13-17.
- [ 26 ] 张爱武, 薛军. 枯草芽孢杆菌在动物生产中的应用效果[J]. 中国畜牧兽医, 2011, 38(4): 234-238.
- [ 27 ] 廉新慧, 张高娜, 刘凤芝, 等. 枯草芽孢杆菌在动物生产中的应用[J]. 畜牧与饲料科学, 2012, 33(10): 23-24.
- [ 28 ] 杨彪, 周刚, 王倩倩, 等. 枯草芽孢杆菌在家禽生产中的应用[J]. 饲料博览, 2014(4): 31-34.
- [ 29 ] 李春风, 林显华, 谷巍. 枯草芽孢杆菌在饲料生产及环境防治中的应用[J]. 中国饲料, 2013(1): 10-12, 17.