

饲料酶制剂在猪生产中的研究进展

王晓亮 周 樱 张庆丽

武汉新华扬生物股份有限公司, 武汉 430074

摘要 我国作为世界第一生猪养殖和猪肉消费大国, 生猪生产在整个畜牧业中占据着重要的地位。而酶作为一种高效的生物催化剂, 参与了动物体内绝大多数生物化学反应的进行, 与淀粉、蛋白质等营养物质的消化吸收密切相关。近年来, 酶制剂在食品、医药和皮革行业的应用技术已经非常成熟, 并逐步拓展到饲料工业中。饲用酶制剂作为一种新型高效的饲料添加剂, 在饲料工业中的应用越来越广泛, 也为生猪养殖业带来了巨大的经济效益和社会效益。

关键词 酶制剂; 猪; 生产应用

自从 Fry(1958 年) 最早开始研究饲用酶制剂以来, 酶制剂在饲料工业中的应用已经有五十多年的历史^[1]。从最初的淀粉酶和蛋白酶, 到现在的植酸酶和非淀粉多糖复合酶等, 饲用酶制剂的种类越来越多, 其应用范围也越来越广, 从补充内源酶分泌的不足, 到消除饲料中各种抗营养因子和毒素等^[2]。2011 年, 我国商品饲料总产量达到 1.61 亿 t, 其中猪料为 6 210 万 t, 占据 38.6% 的市场份额, 同比增长 4%。猪料巨大的市场容量和我国生猪养殖的广阔前景, 为饲料酶制剂在猪料中的应用提供了良好的机遇。

1 饲用酶制剂概述

酶, 是动物机体活细胞产生的一种具有高效生物催化活性的蛋白质, 在机体内发挥着重要作用, 将各种大分子营养物质分解成可供机体吸收利用的小分子营养物质。研究表明, 饲料中外源酶制剂的添加, 不仅不会影响内源酶活性, 还能加快营养物质的吸收利用并进一步降低饲料成本^[3]。酶制剂作为一种新型高效的饲料添加剂, 在提高畜禽生长性能和减少环境污染方面已经得到了饲料工业界的一致认可, 同时也为各种新原料在饲料工业中的应用提供了可能。目前在动物饲料中添加的酶制剂主要分为两大类, 一类是动物消化道可以分泌的内源性消化酶(淀粉酶、蛋白酶、脂肪酶等), 另一类为

动物体本身不能产生的外源性消化酶(植酸酶、非淀粉多糖酶等)。以植酸酶和非淀粉多糖酶等外源性消化酶应用较为广泛。虽然部分研究学者认为酶制剂在家禽上的使用效果更加明显^[4], 但是更多的研究表明, 在猪饲料中添加酶制剂, 对配方成本的控制及饲料品质的提升同样可以带来巨大的价值^[5]。

2 酶制剂在猪生产中的应用

1) 植酸酶在猪生产中的应用。植酸广泛存在于各种植物性饲料原料中, 易与磷结合成植酸磷(表 1)。植酸磷不可被动物体吸收利用, 不仅降低了饲料中磷的利用率, 还可以络合钙、铁、锰、锌等金属离子, 形成不溶物, 是一种典型的抗营养因子^[6]。植酸酶是一种可以水解饲料原料中植酸及植酸盐的一种酯酶。动物体本身并不能产生植酸酶, 在饲料

表 1 猪料常用植物性饲料原料中植酸磷含量

植物原料名	总磷 /%	植酸磷 /%	植酸磷 / 总磷 /%
玉米	0.26	0.17	65.4
小麦	0.31	0.15	48.4
大豆粕	1.40	0.57	40.7
小麦麸	0.92	0.68	73.9
细米糠	1.77	1.33	75.1
大麦	0.31	0.19	61.3
稻谷	0.25	0.14	56.0
棉籽粕	0.97	0.63	64.9
菜籽粕	1.01	0.63	62.4

收稿日期: 2018-02-25

王晓亮, 男, 1982 年生, 硕士, 中级畜牧师。

中添加外源植酸酶,可有效分解各种饲料原料中的植酸及植酸盐,释放出其中的无机磷供动物体利用,减少动物粪便中磷的含量,同时可消除植酸的抗营养作用,增加饲料养分消化率。

张永刚等^[7]研究发现,在生长猪日粮中只降低磷含量添加植酸酶不能使动物的生产性能达到正常水平;同时随着磷水平的降低,应同时降低钙水平,从动物采食量和生长速度及血液生化指标综合考虑比较适宜的钙和磷比例为 1.4 : 1。边连全等^[8]研究发现,日粮中在添加 500 FTU/kg 微生物植酸酶的条件下,生长猪对小麦、稻谷和高粱中磷的表观消化率分别为 77.64%、74.26%和 64.38%,分别提高 27.64%、41.84%和 47.87%。朱仁俊等^[9]在仔猪饲料中分别用植酸酶替代 50%和 40%的磷酸氢钙后发现,替代 50%磷酸氢钙比替代 40%的磷酸氢钙可以获得更佳的料肉比及日增重。

2)非淀粉多糖酶在猪生产中的应用。非淀粉多糖酶为各种半纤维素酶(木聚糖酶、β-葡聚糖酶、甘露聚糖酶)、纤维素酶及果胶酶的统称。一般非常规饲料原料养分不平衡,其中含有大量非淀粉多糖等抗营养因子或毒物,降低了其营养价值,限制了这些非常规原料在猪料中的使用(表 2)。而非淀粉多糖酶制剂可以使这些非常规饲料原料在饲料工业中的大量应用成为可能,很大程度上降低了饲料生产成本。胡忠泽等^[10]研究发现,在生长猪日粮中添加非淀粉多糖复合酶后,可以有效提高日增重($P < 0.05$)和饲料转化率($P < 0.05$)。辛总秀等^[11]在肥育猪

的日粮中添加非淀粉多糖酶后发现,平均日增重都有所提高,且总耗料量有不同程度的降低,降低了料肉比。姚海儒等^[12]在仔猪小麦型日粮中添加非淀粉多糖复合酶后发现,日增重显著提高($P < 0.05$),料重比显著降低($P < 0.05$)。试验结果表明,添加非淀粉多糖复合酶能有效提高仔猪对小麦型日粮的消化率,促进仔猪的生长速度和提高饲料利用率。

非淀粉多糖酶在猪料中的应用,一方面扩大了猪料中非常规饲料原料的选择和使用,有效缓解了饲料工业日益生长的原料成本压力;另一方面,提高了养分的消化率,改善畜禽健康状况,为人类建设“节粮社会”提供了良好的典范,一定程度上缓解了“人畜争粮”和“人车争粮”的矛盾。

3)消化酶在猪生产中的应用。早期的饲用酶制剂,都是为了弥补幼龄、断奶或处于应激状态的动物体内消化酶分泌不足而添加的,通常为动物体内所能分泌产生的 α-淀粉酶、蛋白酶和脂肪酶^[13]。一般认为,在饲料中只需要添加动物体所不能产生的外源性消化酶即可,不需要额外添加动物体内可产生的内源性消化酶。但近年来内源性消化酶在饲料工业中的应用,尤其是在幼龄动物饲料中的应用,已经越来越受到广泛的关注。幼龄动物在初生阶段,机体不能分泌内源性消化酶或分泌的消化酶活性很低,不足以维持正常生理需要,就必须额外补充内源性消化酶。目前市场上的幼龄动物专用复合酶的设计及应用都是基于这个原理。

乳仔猪阶段,小猪主要靠母乳来提供养分。母乳中主要营养成分是乳糖,蛋白质的含量显著低于后期槽料中粗蛋白含量,且不含淀粉。由于前期蛋白质和淀粉对乳仔猪消化道的刺激不足,从而导致乳仔猪消化道内淀粉酶和蛋白酶分泌量严重不足,对后期主要以采食饲料来提供养分的乳仔猪是个巨大的挑战。因此,需要在乳仔猪的初生期为其补充外源的蛋白酶和淀粉酶,可以改善消化,降低腹泻率^[14]。高玉红等^[15]通过在仔猪饲料中添加淀粉酶、糖化酶及蛋白酶等复合酶后发现这种复合酶制剂可以提高断奶仔猪的生产性能及营养物质的消化率,其中干物质、粗蛋白和脂肪的消化率提升均达到显著水平($P < 0.05$)。郭建来等^[16]在仔猪饲料中添加酸性蛋白酶后发现,仔猪日粮中干物质、粗蛋白、钙、磷的表观消化率均有不同程度的提升。

表 2 猪料常用植物性饲料原料中非淀粉多糖含量

植物原料名	木聚糖 / %	葡聚糖 / %	纤维素 / %	甘露聚糖 / %	果胶 / %	总 NSP / %
玉米	5.2	-	2.0	0.2	0.6	8.0
小麦	8.1	0.8	2.0	0.1	0.5	11.5
大麦	7.9	4.3	3.9	0.2	0.5	16.8
裸麦(黑麦)	8.9	2.0	1.5	0.3	0.5	13.2
黑小麦	10.8	1.7	2.5	0.6	0.7	16.3
高粱	2.1	0.2	2.2	0.1	0.2	4.8
大米	0.2	0.1	0.3	-	0.2	0.8
麦麸	21.9	0.4	10.7	0.6	1.9	35.5
次粉	14.0	1.9	8.0	0.3	2.0	26.2
米糠	8.5	-	11.2	0.4	1.6	21.7
豆粕	4.0	6.7	6.0	1.6	11.0	29.3
棉粕	9.0	5.0	6.0	0.4	4.0	24.4
菜粕	4.0	5.8	8.0	0.5	11.0	29.3
葵花仁粕	11.0	8.9	18.0	0.6	2.0	40.5

3 影响饲用酶制剂作用的因素

1) 猪胃肠道温度及 pH 值对酶制剂活性的影响。酶制剂作为蛋白质生物大分子, 其活性受到温度、pH 等诸多因素的影响。动物胃肠道的 pH 区间是恒定的, 饲用酶的作用条件必须与动物消化道的生理条件相适应, 与消化道的 pH 范围相吻合。猪消化道的正常温度为 40 ℃ 左右, 胃部 pH 2.5 ~ 3.5, 小肠 pH 5 ~ 7, 大肠 pH 呈中性。

不同的酶制剂, 其发挥最佳效应的 pH 区间也不同。如植酸酶的最适 pH 为 2.5 ~ 5.5, 主要在猪胃部发生作用; 非淀粉多糖酶最适 pH 为 5 ~ 7, 主要在猪小肠中发挥作用。因此, 只有真正选用切合猪消化道 pH 环境的酶制剂, 才能最大程度地发挥酶制剂的效果, 取得相应经济效益。

2) 猪饲料组分对酶制剂活性的影响。酶制剂作为一种蛋白质类生物大分子, 其活性受到诸多因素的影响。饲料成分复杂, 其中很多物质会影响酶制剂的活性, 如 NSP 或植物凝集素等大分子有机物或 Zn^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Ag^{+} 、 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 等无机金属离子。有些物质对酶活会有负效应, 如植物凝集素和 Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Ag^{+} 、 Fe^{2+} 等金属离子; 有些物质反而对酶制剂有激活作用, 如 Zn^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 等金属离子。因此, 在饲料酶制剂的保存及分级预混合过程中, 尽量避免一些对酶制剂有不利影响的因素。

3) 饲料加工工艺对酶制剂活性的影响。颗粒饲料制粒前, 必须经过调质, 原料要经过高温、高湿和挤压的综合作用。调质的过程可能使酶活性受到影响。高温一方面可加快反应酶制剂同底物的反应速度, 另一方面亦可引起酶蛋白分子中一些疏水键断裂, 改变分子构象, 使酶丧失活性。对此, 可以采用一些辅助手段来消除饲料加工工艺对酶制剂活性的影响。一是可以采用包被的方法, 通过减少酶制剂同外界高温高湿环境的接触机会来减少酶制剂的失活; 二是可以在高温制粒或膨化的生产工艺情况下安装液体酶后喷涂设备, 通过制粒或膨化后的液体酶后喷来减少酶制剂的失活; 三是可以通过筛选耐高温菌种发酵生产耐高温的酶制剂, 从源头上解决酶制剂的耐热问题。

4) 猪的品种和日龄对酶使用效果的影响。猪品种及其日龄的不同也会影响酶制剂的具体使用效果。如土杂猪和三元杂交猪营养需求不同, 酶制剂

的使用方案也不一样。另外, 乳仔猪、保育猪及中大猪日龄不同, 其体内消化酶分泌的种类和数量各异, 在酶制剂的使用方案上也要关注这种差异。在乳仔猪阶段, 由于消化液中内源性消化酶的含量低, 因此需额外补充一些内源性的消化酶来促进乳仔猪对饲料养分的消化; 而到了中大猪阶段, 体内的内源酶分泌量已经可以满足自身所需, 此时只需添加猪体内不能分泌的植酸酶或非淀粉多糖酶即可。

4 小 结

我国虽是饲料生产大国, 但饲料资源还是相对匮乏, 一些在猪料中使用的大宗饲料原料还依赖进口, 如大豆、鱼粉等。因此, 最大限度地发挥酶制剂的生物催化效用, 提高现有饲料资源的利用率, 积极拓展各种非常规饲料原料在猪料中的应用, 已成为当务之急。另外, 日益上涨的成本压力也严重制约着饲料工业和生猪养殖业的健康发展。对此, 可通过使用酶制剂来适当降低养殖成本, 保证生猪养殖业的健康可持续发展。此外, 随着人们对环境保护和食品安全的日益关注, 酶制剂作为一种无残留、无抗药性、新型高效的绿色饲料添加剂在环境保护和食品安全中发挥着越来越重要的作用^[7]。

参 考 文 献

- [1] REXEN B. Use of enzymes for improvement of feed[J]. *Animal Feed Science & Technology*, 1981, 6(2): 105-114.
- [2] 王前光, 刘秋, 高惠林, 等. 不同酶制剂在生长猪小麦型日粮中应用效果的研究[J]. *粮食与饲料工业*, 2009, 36(10): 16-21.
- [3] 张国立. 饲用酶制剂的应用及发展趋势[J]. *中国饲料*, 1996(19): 6-8.
- [4] NRC (National Research Council). *Nutrient requirements of Fish* [M]. Washington D C: National Academy Press, 1993.
- [5] 汪前红, 徐运杰, 贺建华. 酶制剂在家禽生产中的应用[J]. *粮食与饲料工业*, 2009(12): 23-25.
- [6] 朱长清, 王丽辉, 胡志松. 酶制剂在养猪生产中的应用[J]. *饲料博览*, 2011(9): 36-37.
- [7] 张永刚, 刘建高, 黄瑞林, 等. 植酸酶对生长肥育猪生长性能的影响[J]. *养猪*, 2006(3): 19-20.
- [8] 边连全, 刘显军, 陈静, 等. 猪用植物性饲料中可消化磷的评定及植酸酶的作用[J]. *辽宁畜牧兽医*, 2004(1): 12-16.
- [9] 朱仁俊, 高士争, 葛长荣, 等. 植酸酶对仔猪饲料消化率的影响[J]. *饲料工业*, 2001, 22(9): 26-27.
- [10] 胡志泽, 葛勤宝, 于怀明, 等. 复合酶制剂对生长猪生产性能和养

丁酸梭菌在饲料中的应用研究

邱 权 詹志春 周 樱 凌华云
武汉新华扬生物股份有限公司, 武汉 430000

摘要 丁酸梭菌作为一类厌氧异养生存的杆状芽孢杆菌科细菌,同时也作为一种肠道的益生菌,可以有效提高畜禽对营养物质的消化吸收能力和畜禽自身的抵抗力,抑制有害微生物的生长繁殖,提高畜禽养殖的经济效益,是一种具有很大开发潜力的微生态制剂。本文就丁酸梭菌的培养和发酵工艺,应用和发展趋势几个方面的问题进行了阐述。

关键词 丁酸梭菌;饲料添加剂;发酵工艺;应用前景

丁酸梭菌是一类厌氧异养生存的杆状芽孢杆菌科细菌,在自然界中分布广泛。因其主要在奶酪、天然酸奶、动物粪便及土壤中被发现,故又名酪酸菌。作为一种饲料添加剂及其具有的重要的生物学功能,最早被日本的宫入近治博士报道,故又名宫入菌。在饲料中添加丁酸梭菌能够有效提高畜禽对营养物质的消化吸收能力和畜禽自身的抵抗力,抑制有害微生物的生长繁殖,提高畜禽养殖的经济效益。因此其被认为是一种环保、无残留、无污染的绿色饲料添加剂,具有巨大经济开发潜力。

1 丁酸梭菌的培养

丁酸梭菌分布广泛,具有很强的环境适应能力,在温度 25~37℃和 pH 4.0~9.8 范围内均能生长。在固体培养基进行培养时,其菌落表面光滑湿润、正面为圆形。颜色为不透明的乳黄色,并略带酸臭味。在液体培养时,培养基会逐渐变浑浊并伴随着大量的气体产生,后期亦会产生大量沉淀。然而,在

显微镜下,细胞形态展现为(0.6~1.2)×(3~7) μm 大小的中间凸起的煎蛋状的灰白色菌体,多以单个或成对形成短链的形式存在。因其具有周生的鞭毛,故体现出很强的运动性。革兰氏染色特性会随着培养周期的长短而发生变化,初期为革兰氏阳性,后期为革兰氏阴性。

2 丁酸梭菌的发酵工艺

液体发酵是整个丁酸梭菌生产工艺的关键步骤,为接下来的纯化、产品的制备提供大量的物质基础。发酵培养基的性质、发酵条件(温度、pH、接种量等)都会直接影响到丁酸梭菌液体发酵的水平。

1) 发酵条件的影响。丁酸梭菌具有很强的环境适应能力,可以在较大范围的温度和 pH 条件下表现出生命活性。过去针对丁酸梭菌发酵条件的研究发现,丁酸梭菌在较高的起始发酵温度、中性偏碱性的 pH 条件、较大的初始接种量并在整个发酵过

收稿日期:2018-02-25

邱 权,男,1986 年生,硕士,发酵工程师。

分消化性的影响[J].中国畜牧杂志,1999,35(6):36-37.

[11] 辛总秀,陈苗苗,何长芳.复合酶对育肥猪生产性能的影响研究[J].黑龙江畜牧兽医,2005(3):32-33.

[12] 姚海儒,王春景.复合酶在仔猪小麦型日粮中的应用[J].黑龙江畜牧兽医,2008(7):41.

[13] 刘强,冯学琴.非淀粉多糖酶制剂的研究与应用进展[J].动物营养学报,1999,11(2):6-11.

[14] RONALDO M, STEVENON H, DAE R, et al. Multi-enzymes can maximize swine diet nutrients [J]. Feed International, 2008(1): 24-26.

[15] 高玉红,臧素敏,刘艳琴,等.复合酶对断奶仔猪生产性能和消化吸收能力的影响研究[J].饲料研究,2000(3):8-10.

[16] 郭建来,魏红芳.酸性蛋白酶对仔猪生产性能及养分表观消化率的影响[J].饲料博览,2007(5):10-12.

[17] 王晓亮,周樱,张庆丽.酶制剂在猪生产中的应用[J].饲料工业,2013(6):23-25.