

植酸酶在肉鸡日粮中的应用研究进展

■ 北京挑战集团 / 王晓睿 高秀华 刘建平

摘 要：植酸酶是一种能降解饲料中的抗营养因子

植酸并释放出无机磷及与植酸结合的蛋白质、微量元素等的水解酶。在肉鸡饲料中应用植酸酶不仅可以消除植酸的抗营养作用,改善肉鸡的生产性能、提高钙、磷及蛋白质与氨基酸、矿物盐等的消化利用率,还可以减少氮、磷的排放量,保护环境。本文综述了植酸酶在肉鸡饲料应用的作用机理应用和效果,指出了植酸酶在肉鸡饲料中应用需要注意的问题。

关键词：植酸酶;肉鸡

自 Suzuki 等 1907 年在谷粮中发现了具有植酸酶活性的磷酸酶到在目前分子水平上改造植酸酶基因,经过近一个世纪,植酸酶生产研究与应用研究都得到了很大的发展,成为众多饲料酶制剂中研究最透彻的酶,被广大的饲养与饲料生产商所接受,产生了良好的经济效益与社会效益。

1 植酸的抗营养性与植酸酶的酶学特性

1.1 植酸的抗营养性

磷是动物生长发育过程重要的营养素,也是饲料中较昂贵的组分,但在植物性饲料原料中有 50%~80% 的磷是以植酸磷(亦称六磷酸肌醇)形式存在的,单胃动物(猪、鸡、鱼等)因缺乏内源性植酸酶,饲料中的植酸基本不能被单胃动物直接利用而随粪便排出体外,造成磷的大量浪费和对环境的严重污染。

在中性 pH 条件下,植酸的磷酸基团上至少有一个或两个负氧离子,它可以通过阳离子将两个磷酸基

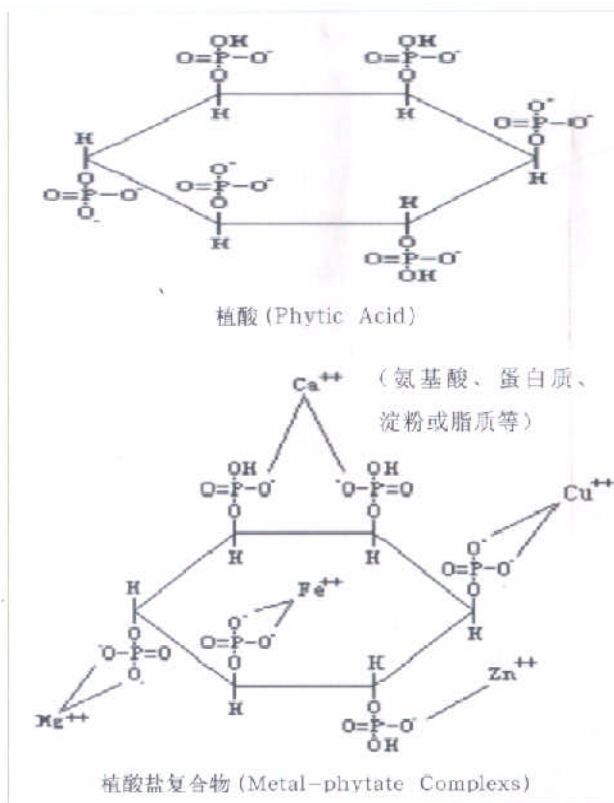


图1 植酸和植酸盐复合物的化学结构

团络合起来。图1是植酸和植酸盐的复合物的化学结构:

另外,植酸常和二价或三价阳离子、蛋白质、胃蛋白酶、胰蛋白酶和淀粉酶等络合,形成不溶性的盐,降低它们的生物利用率,所以植酸是一种抗营养因子(蔡辉益,1995;Yi等,1996)。

1.2 植酸酶的酶学性质

植酸酶(phytase)属于磷酸单酯水解酶,是一类特殊的酸性磷酸酶,能催化植酸及植酸盐水解成肌醇与磷酸(磷酸盐)。

植酸酶种类很多,多数为真菌植酸酶,瘤胃微生物和大肠杆菌植酸酶属于组氨酸家族磷酸酶。此类植酸酶根据对植酸的作用方式又分为两种类型: 3-植酸酶(3-phytases, EC3.1.3.8),它作用于植酸时,首先从第3 碳位点开始水解酯键而释放出无机磷,然后再依次释放出其它碳位点的无机磷,最终酯解整个植酸分子; 6-植酸酶(6-phytases, EC3.1.3.26),它首先从植酸的6 碳位点催化水解而释放出无机磷。对于肉鸡,植酸水解主要发生在嗦囊(pH5~6)、肌胃和腺胃(pH2~4),在小肠中也发现植酸酶有活性,甚至在大肠中也有发现。

2 植酸酶在肉鸡生产中的应用

2.1 植酸酶对肉鸡生产性能的影响

很多的植酸酶在肉鸡饲料中的应用主要集中在对生产性能及钙磷利用率的研究上,得出结论几乎一致:日粮中植酸酶的添加提高了日增重,在相同磷的条件下,日增重随着植酸酶添加量的增加而增加,但在低磷条件下增加的强度高于高水平磷条件下增加的强度;采食量的表现与体增重的表现基本相同。楼兴会(1999)添加400~500PU/kg 植酸酶于无磷酸氢钙的玉米-豆粕型日粮及杂粕麦麸型日粮中,试验组肉鸡生产性能与日增重略低于对照组,但差异不显著。苏基双等(1997)在肉用仔鸡试验中,分两个阶段在饲料中添加400FTU 植酸酶分别替代5.0kg/t 和6.0kg/t 的磷酸氢钙,并且制粒,对肉鸡的生产性能无影响,胫骨和血清中的钙磷含量与对照组无差异,植酸酶替代磷酸氢钙并没有增加腿病的发生率,试验期肉仔鸡死亡率随日粮中磷和植酸酶含量的增加而下降。Guenter(1996)研究表明,使用植酸酶后,粪尿中排磷量减少17%~42%。张世敏等(1998)通过降低饲料中有效磷的水平,添加不同比例植酸酶的方法进行饲喂试验。研究结果表明,植酸酶对肉鸡的生长性能和饲料中磷利用率有明显的促进作用,肉鸡日增重增加2.01%~5.67%,料肉比减少1.38%~2.31%,血清磷含量提高了1.60~2.46 倍,植酸磷的利用率提高11.45%~31.36%,均优于对照组。楼洪兴等(1995)在红宝肉鸡饲料中添加200U/kg 植酸酶,使日增重提高了9.8%,饲料增重比降低了5.2%。

植酸酶对肉鸡生长性能的改善机理为:植酸盐的水解释放了与植酸结合的矿物元素和微量元素及与其结合的脂质、蛋白质、消化酶等,提高了这些营养素的利用率,同时释放出肌醇和无机磷被动物所利用。Dilget(2004)研究则表明,肉鸡饲料中添加植酸酶,降低了肉鸡十二指肠的粘性,因而提高了饲料的利用效率。

2.2 植酸酶对肉鸡日粮中钙磷利用率的影响

许多试验证明,添加植酸酶可使钙和磷的利用率提高20%~40%(Kornegag 等,1996;Yi 等,1996)。楼洪兴等(1999)在肉鸡杂粕日粮中使用植酸酶,低钙水平时,肉鸡表现出较高的增重速度和饲料利用效率。随着日粮钙磷比的加大,饲喂添加植酸酶日粮的肉鸡对日粮中钙、总磷、植酸磷、蛋白质的表观消化率呈下降趋势。这是因为额外钙与植酸酶结合形成不溶性复合物使植酸酶难以与外界接触,并在竞争酶活性中心直接抑制植酸酶活性。从这个意义上讲,在配方设计时,不仅要考虑饲料中钙与能量浓度、钙与磷的比例关系等,还要考虑日粮中植酸的含量,添加植酸酶,降低磷源添加的同时,钙含量的补充应适当降低。

2.3 植酸酶对肉鸡蛋白质和氨基酸表观消化率的影响

植酸上的磷酸基团可以与蛋白质上阳离子基团结合,使蛋白质溶解性降低,从而影响蛋白质消化。这种结合与pH 值密切相关,在低pH 值时,植酸与蛋白质中的精氨酸、赖氨酸及组氨酸产生静电连接,形成不溶性复合物;当pH 趋于等电点时,蛋白质呈电中性,植酸不能直接与之相吸附,但蛋白质上的羧基可通过二价正离子(如钙、镁、锌等)与植酸连接起来,形成植酸盐-蛋白质复合物。植酸与蛋白质的结合作用不仅存在于饲料中,还可与动物体内的蛋白质如淀粉酶、胃蛋白酶、胰蛋白酶和酸性磷酸酶等结合,从而降低了这些酶的活性。有人认为植酸盐——蛋白质复合物对蛋白质的水解消化过程具有更强的反抗作用。同时,当植酸酶分解了日粮中植酸时,也就减轻了植酸对胃、胰蛋白酶的抑制作用,进而促进蛋白质和氨基酸的消化吸收。Nottingham 大学的研究结果表明,植酸酶使回肠的氮消化率从55% 提高到68%($P=0.077$),整个消化道的氮消化率从0.81% 提高到0.86%($P=0.076$)。Sazzad 等(1995)添加植酸酶

500U/kg 到肉仔鸡饲料中,当蛋白质水平由 20% 提高到 23% 时,日增重和饲料转化率都显著上升,排泄物中粗蛋白含量明显下降,证明了植酸酶对蛋白质和氨基酸利用率的促进作用具有很重要的实际意义。

2.4 植酸酶对肉鸡日粮铜、锌、铁和锰利用率的影响

植酸上的磷酸基团呈负电性,有很强的络合力,它与一些阳离子如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 和 K^{+} 等金属离子及蛋白质螯合成稳定的复合物,形成不溶性盐,从而降低这些营养成分的利用。肠道中的 pH 值适于形成 Zn-Ca-Cu-植酸盐螯合物。许多研究也表明,添加植酸酶,提高了这些矿物质的利用率,但基于不同的饲料,也有对这些矿物质利用率没有影响的报道。楼洪兴(1999)在对商品黄鸡进行生长性能和磷利用效果的研究结果表明:日粮中添加植酸酶,能提高体增重及饲料利用率。而在低磷日粮加植酸酶有较大的应答,饲喂添加植酸酶日粮的肉鸡血清磷、胫骨灰分、磷、钙、锌含量提高,植酸磷、总磷、钙的表现利用率得到改善。这与植酸酶水解植酸,破坏其对矿物元素和蛋白质的络合能力,使被络合的矿物元素大量地被释放出来有关。

但 Thompson et al (2004) 在肉鸡饲料中使用 600FTU/kg 植酸酶,随着饲料中铜添加量的提高,其生产性能呈下降趋势,说明饲料中添加过量的矿物盐可能会影响到植酸酶的使用效果。

2.5 植酸酶对肉鸡日粮其它养分利用率的影响

- 淀粉酶广泛存在于植物、动物和微生物,它的稳定性和作用的发挥都需要钙离子。植酸通过络合 - 淀粉酶需要的钙离子降低了日粮中 - 淀粉酶的活性,植酸酶通过破坏植酸的这种络合结构,提高了淀粉的消化率。还有学者报道,植酸酶可以提高脂类的消化率。这与植酸酶提高了饲料中能量的表现代谢率的结论一致。通常日粮中添加植酸酶,配方设计时能量减少 250.8J,生产使用过程中没有品质变化的报道。

3 影响植酸酶添加效果的因素

3.1 植酸酶来源不同对植酸酶效果的影响

目前市场植酸酶品种较多,表现出的酶学特性也不一样,应用于实际生产中的效果也不尽一致,而且

在夏天或是特殊环境条件下会有较大差异。低磷日粮是目前动物营养研究的一个热点,饲养标准中磷的需要量与肉鸡的实际需要量之间可能存在较大的出入。FG Silversides(2004)等报道 选来源于 *Saccharomyces cerevisiae*、*Pichia pastoris* 和 *Pseudomonas fluorescens* 的植酸酶添加在肉鸡的小麦-豆粕型日粮中,并在 80 下制粒,试验设计对照组日粮中提供足够的有效磷水平,而负对照组日粮中有效磷水平不足,分别添加这 3 种来源的植酸酶,并添加不同水平(150, 450 和 1250U/kg)试验从 4 日龄到 21 日龄。试验结果表明,80 制粒后,对酶活性有影响,来源于 *Saccharomyces cerevisiae* 和 *Pseudomonas fluorescens* 的植酸酶在 80 制粒后,完全失活,而来源于毕赤酵母的植酸酶则对肉鸡的生产性能、钙磷的消化吸收有积极作用,并且随着酶添加量的增加效果更明显,而且表观消化能和蛋白消化率均提高。这一结果表明,来源于毕赤酵母的植酸酶在 80 温度下制粒后,仍保持相当的酶活,而其它两种酶则无法耐受高温制粒。

3.2 植酸酶添加量对肉鸡植酸酶效果的影响

目前大量的实践证明在肉鸡非制粒料中添加 400~500U/kg 的植酸酶是可行的。但在制粒饲料中,考虑制粒过程中的湿热、机械剪切、挤压与摩擦等作用的影响,通常会在饲料中超量添加 30% 的安全量,不同生产厂家的植酸酶会有不同的表现。Khan et al (1995) 研究表明,植酸酶的添加量(x)与磷的表观消化率(Y)之间的二次曲线关系,即 $Y = 0.5832 + 0.000162x - 0.84e^{-7}x^2$ 。一些植酸酶生产商给出的植酸酶潜在营养价值表,从另外一个角度,肯定了植酸酶对各种营养素消化利用的积极作用,也给使用配方软件来优化饲料配方,提供有力参考。

3.3 日粮组成的影响

不同肉鸡的日粮组成其植酸的含量不一,通常玉米-豆粕型日粮较杂粕型日粮有较低的植酸含量,也就是说添加植酸酶后,其作用的底物浓度不一,产生的效果也有差异(Hoyagi et al 1995),一般来讲植酸酶在杂粕型日粮中会有较好的表现,楼洪兴(1997)的研究也得出了同样的结果。

3.4 钙磷比对肉鸡植酸酶效果的影响

肉仔鸡饲料中过量的钙对磷,对镁、锰和锌等的

生物学利用率均有不利影响(赵守斌等,1992;Edward等,1992,NRC,1994)。饲料中钙水平、钙与植酸比成为影响植酸水解的重要因素,高钙显著降低植酸磷的可利用性,而低钙则起促进作用。Qian等(1996a)在粗蛋白23%的玉米-豆粕型饲料中,非植酸磷的水平为0.27%,总磷为0.51%。试验结果表明:体增重、采食量、趾骨灰分含量、钙和磷的沉积量随植酸酶添加量的增加而呈线性增加。当饲料中钙磷比大于1.4,线性值出现负效应,但维生素D₃的添加则呈正效应。楼洪兴等研究表明,日粮在低钙水平,即钙磷比为(1.0~1.3):1时添加植酸酶,肉仔鸡具有较高的增重速度和饲料利用率,并且钙、总磷、植酸磷和蛋白质表观消化率也较高。低钙水平(0.6%~0.54%)日粮全期增重较高钙水平(在1~21日龄,0.92%~1.08%;22~50日龄,0.84%~0.98%)日粮提高5.95%~10.06%。

日粮中磷利用率下降的原因可能是因为钙磷比加大,使额外的钙与植酸酶结合形成不溶性复合物时使植酸酶难以与外界接触,更重要的是,额外竞争酶活性中心,抑制植酸酶的活性。

3.5 维生素D₃对肉鸡植酸酶效果的影响

维生素D₃不仅对日粮钙的吸收是必要的,同时还参与动物对磷的吸收。维生素D₃在肝肾中经胆钙化醇-25-羟化酶的作用,生成25-(OH)D₃,通过血液系统运输到肾在肾中转变成1,25-(OH)₂D₃和其它代谢产物。如果在每千克日粮中添加5μg1,25-(OH)₂D₃或600U植酸酶,可减少日粮中0.1%总磷含量,而同时添加上述两种物质,可减少总磷需要量0.2%(Mitchell等,1996a,b)。现已证明:日粮中添加维生素D₃或其代谢产物,均能提高植酸酶的效果,尤以1,25-(OH)₂D₃的效果最佳(周毓平,1989)。Hilkat(2004)在不同钙水平下添加植酸酶与1,25-二羟基钙化醇对肉鸡胫骨与粪中矿物质水平的影响研究中也得出了相同的结论。

3.6 酸化剂对植酸酶效果的影响

陈冬梅应用植酸酶与柠檬酸于肉鸡日粮中,研究结果表明:分别添加植酸酶、柠檬酸均可提高肉鸡对饲料中钙磷的利用率和肉鸡的生产性能,而柠檬酸和植酸酶合用,能进一步提高饲料中钙、磷的利用率。这可能是因为柠檬酸是钙的强螯合剂,能使钙从植酸

盐分子中释放出来或降低对钙的结合力,使植酸盐的结构不稳定,易被植酸酶水解。另外,柠檬酸酸化日粮,降低胃环境的pH值,提高了磷的溶解性和通过肠道的时间,从而提高了对总磷的吸收,而且低pH值环境为植酸酶发挥作用提供了良好的环境。Viveros(2003)与goffet(2004)等的研究也证实了在日粮中添加柠檬酸与植酸酶提高了肉鸡对矿物质的利用率。

3.7 肉鸡的性别与日龄对肉鸡植酸酶效果的影响

鸡的性别不同,添加植酸酶的效果会有差异,植酸酶显著地提高了雌性肉鸡的蛋白质与氨基酸的表观消化率,对雄性影响不大,但提高了生产性能(Sebastian,1996,1997)。肉鸡随着日龄的增加,添加植酸酶生产性能也明显提高(Sebastian等,1996)。

3.8 其他因素对肉鸡植酸酶效果的影响

植酸还可抑制消化酶,如蛋白酶、淀粉酶和胰蛋白酶的作用效果。这种抑制作用可能是由于络合作用减少了钙离子的数量,因为钙对胰蛋白质和蛋白酶的作用极为重要,也可能是因为植酸与这些酶的作用底物相互作用的结果。这些负面作用也解释了植酸对蛋白质利用率的影响。

Simbaya el(1996)研究显示:添加蛋白酶和碳水化合物酶可以加强植酸酶的效果。近年国内外许多对复合酶的研究,各种饲料酶在肉鸡中有协同作用,植酸酶也不例外,这也是许多饲料酶制造商在酶复配时为什么将酶系考虑的尽可能全的原因。

4 结束语

植酸酶可以解除植酸的抗营养作用,改善肉鸡生产性能,提高饲料中矿物元素,如钙、锌、铜、镁和铁等生物学利用率;增加饲料中蛋白质、氨基酸、淀粉和脂质等营养物质的利用率;提高肉鸡采食量和日增重,显著降低肉鸡粪便排泄物中磷的含量,减少了对环境的污染;植酸酶替代磷酸氢钙而增加的饲料空间可以给饲料加工业和养殖业带来意想不到的好处。

随着植酸酶研究更深入的展开,生产成本的下降,以及人们环保意识的进一步加强,国家法规执行力度的加强,植酸酶产品在畜禽养殖业中的应用必将越来越广泛。

(参考文献略)