

家禽饲料成本优化的技术策略

孙得发 博士
科英威动物营养

前言: 随着全球人口的快速增长,人类对粮食和能源的需求日益增加。但由于全球气候变暖和异常气候的影响,以及人类对酒精等替代燃料的需求,世界粮食供应短缺日益严重。以上因素导致了世界粮食价格的大幅度上涨。其中,中国粮食价格的变化尤为突出。以玉米为例,从去年的 1980 元/吨已经上升到 2500 元/吨。玉米、大豆等粮食作物是饲料生产必需的原料,占到养殖成本的 70%以上,饲料原料价格的上涨导致了饲料成本的增加,养殖成本自然增加,但是饲料市场和畜产品市场竞争日趋激烈,其中家禽饲料的竞争尤为突出。家禽饲料生产的利润越来越少,通过技术手段来优化家禽饲料的成本是饲料企业技术革新的必然趋势。家禽饲料成本优化是一项综合性的技术措施,该技术和核心是通过原料的筛选、替代原料的科学利用和饲料消化率的提高来达到降低饲料成本的目的。本综述总结本人在饲料成本优化方面的一些体会,结合诺伟司国际公司多年来在饲料营养方面的深刻理解,探讨家禽饲料成本优化的具体实施细节,以期家禽饲料企业带来帮助。

1 原料的选择和处理

1.1 饲料原料的选择技巧 优化饲料成本的首要措施应该是正确的选择和使用饲料原料,不把饲料原料的价格作为最主要的选择目标,而是饲料原料的利用价值。以饲料中最为常见的豆粕为例,我们很多饲料企业在肉鸡配方中选择 43%蛋白的豆粕,并认为 43%蛋白的豆粕便宜。但是我们忽略了几个重要的因素:首先,43%蛋白的豆粕和 46%蛋白的豆粕主要的区别是豆皮的含量不同,而豆皮是很难被家禽消化的,同时豆粕中含有含量很高的甘露聚糖,影响肠道对葡萄糖的吸收。46%蛋白豆粕的消化率要高于 43%蛋白粕,而且在配方中会节约配方空间。但是这两种豆粕的差价只有 150 元/吨。在肉鸡饲料配方中,配方系统会自动选择 46%蛋白的豆粕,而我们只采购了 43%的豆粕。这无形中增加了饲料成本,同时降低了饲料的品质。因此在一些大型的饲料企业,在肉鸡等生长肥育期动物日粮中,只能使用高蛋白豆粕。棉粕的选择是同样的道理,建议使用高蛋白棉粕,因为低蛋白棉粕和高蛋白棉粕的区别就是多了棉绒和棉壳,棉绒和棉壳只会影响饲料蛋白质的消化率。

当然饲料原料的选择还要考虑饲料原料有效能值、饲料中抗营养因子等指标。

1.2 原料的处理 饲料原料处理的目的是消除饲料中一些不利因素对动物的影响,提高饲料品质和饲料安全。正确处理和储存饲料原料也能够为企业降低饲料成本,常用的饲料原料处理方法主要有以下几种:

玉米的过筛和清杂 玉米是饲料中最为常用的原料,玉米中的杂质、霉菌毒素的含量都会影响到饲料营养的消化率。玉米在收割和晾晒等过程中会掺入较多的灰尘、石子、玉米皮等杂质,这些杂质对饲料的营养没有任何贡献,而且霉菌毒素含量很高。通过入仓前的过筛和清杂可以除去这些杂质,同时玉米中的破碎粒和霉变粒也被清除掉,这样会有效降低玉米中霉菌毒素的含量,同时提高饲料的品质。

大豆膨化 最近油脂的价格一直处在一个很高的水平,在肉鸡饲料中添加油脂成本很高,使用低价的饲料混合油存在脂肪氧化的风险。但是使用膨化全脂大豆不仅可以提供优质的蛋白,而且可以提供很高的脂肪,代谢能高达 3700kcal/kg。膨化大豆的油脂新鲜,而且膨化大豆具有特殊的香味,能够改善动物的适口性。如果饲料企业有膨化大豆条件,从配方成本的角度能够节省成本。

2 饲料配方的优化和微调

2.1 饲料配方的优化 在本人进行技术服务的过程中注意到，现在还有一些企业没有充分利用饲料配方软件的优势来优化饲料配方，有不少同行仍然用 Excel 表格计算配方。虽然这个方法对于原料单一的配方方便，但这些方法不能做到线性计算，也许线性计算和手算的配方成本差异只有 5-10 元/吨。但是家禽饲料的利润都很少，5-10 元对与一个月产 5000 吨的饲料厂已经是一个很大的数字。我在帮助一些小型饲料企业调整配方的时候经常发现，本应该可以提高豆粕和晶体氨基酸的添加量而成本不变，但是这些企业却使用低价的杂粕，他们认为用了低价原料配方就会便宜，其实不然，反而降低了饲料的品质。因此科学的利用饲料配方软件，及时调整和管理数据库对优化家禽饲料配方极为重要。

2.2 饲料配方的微调 有不少人认为，饲料配方不变饲料就稳定，可以说这是一个错误的观点，因为饲料原料的来源和营养指标是在变化的，饲料价格也是在变动的。如不同季节采购的玉米水分不同，代谢能值不同，如果配方比例不发生变化则饲料品质发生了变化。正确的方法是：每个周（根据原料的变化周期），根据每批饲料原料的水分、蛋白、灰分、纤维等指标，调整原料数据库，在保证饲料原有营养值和饲料外观等因素的前提下进行配方的微调。这样的饲料才是品质和效果更加稳定。

3 正确使用酶制剂降低饲料成本

由于幼龄动物消化系统的发育相对滞后和消化酶分泌不足，以及动物肠道消化酶功能的局限性，动物对饲料中营养物质的消化能力有限，加之饲料中的一些抗营养因子也影响了动物对营养物质的消化吸收，如非淀粉多糖和植酸等。已有大量的研究和实践证明在饲料中添加有效酶制剂能够帮助动物提高消化率，降低非淀粉多糖等抗营养因子对动物的影响。饲料酶制剂已经广泛应用于饲料工业中。但是目前由于饲用酶制剂市场的混乱，很多饲料企业并没有正确的使用酶制剂，特别是非淀粉多糖酶。一些企业添加酶制剂的目的是提高产品品质，添加的方式往往是额外添加，添加量也只有推荐剂量的一半，甚至更少。这种使用方式只能增加饲料成本，并不能为企业带来效益。正确使用酶制剂的方法是应该根据饲料底物的含量，确定酶制剂的添加量，通过酶制剂的添加来提高饲料的消化率，进而降低饲料成本。我们可以通过以下酶制剂的科学使用来帮助企业降低成本。

3.1 科学利用非淀粉多糖酶降低饲料成本

常用的饲料原料均含有一定量的非淀粉多糖（NSP），如豆粕中含有近 29%，麸皮高达 35%，我们常用的玉米也含有近 8.0%的非淀粉多糖。饲料原料中非淀粉多糖的含量见表 1:

3.1.1 非淀粉多糖的抗营养作用

由于非淀粉多糖酶在肠道内会产生很强的粘性，这种粘性效应导致了食糜粘度的增加和消化吸收的障碍，但动物体内自身不能分泌非淀粉多糖酶，因此非淀粉多糖成为饲料中一类重要的抗营养因子。其中豆粕等原料中的甘露聚糖不仅仅增加消化道食糜的粘度，同时阻扰 IGF-1 的分泌（Nuneand malmhof,1992），影响胰岛素的分泌（Nuneand malmhof,1992），降低葡萄糖吸收率（Rainbird et al.1984），降低氮存留率（Kratzeret al. 1967），延长食糜的排空时间(Rainbird & Low, 1986)，降低氨基酸摄入量(Elsenbans et. al., 1980)，可降低水的吸收从而导致粪便含水量增高(Kratzerr 等, 1967)。Rainbird et al (1984)年的实验证明了甘露聚糖对猪小肠葡萄糖、麦芽糖和水分吸收的严重影响，该实验用了 5 头回肠造瘘的 30kg 左右的猪，分别在小肠灌注葡萄糖水溶液和麦芽糖水溶液，在末端收集溶液，测定甘露聚糖对小肠葡萄糖、麦芽糖和水分吸收的影响，结果见表 2、表 3。这些研究表明，我们在设计动物饲料配方和使用非淀粉多糖酶时，一定要考虑甘露聚糖对动物能量消化利用的影响。

表 1 常见饲料原料中的非淀粉多糖含量

原料名称	阿拉伯木聚糖	β -葡聚糖	纤维素	甘露聚糖	果胶	总 NSP
玉米	<u>5.2</u>	-	2.0	0.2	0.6	8.0
小麦	<u>8.1</u>	0.8	2.0	0.1	0.5	11.5
大麦	<u>7.9</u>	<u>4.3</u>	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

表 2 β -甘露聚糖对肠道葡萄糖和麦芽糖吸收的影响

溶液	灌注的时间			
	1-2	3-4	5-6	平均
葡萄糖	81.9a	73.0b	67.7b	74.2
葡萄糖+甘露聚糖	45.5a	42.4a	39.3a	41.4
麦芽糖	73.7a	73.0a	66.4a	71.1
麦芽糖+甘露聚糖	41.0a	36.4a	27.3b	35.0

表 3 β -甘露聚糖对肠道水分吸收的影响

溶液	灌注的时间			
	1-2	3-4	5-6	平均
葡萄糖	52.4a	42.1b	33.5c	42.7
葡萄糖+甘露聚糖	19.8a	3.1b	1.3b	8.3
麦芽糖	55.0a	51.0a	41.7b	49.2
麦芽糖+甘露聚糖	20.7a	-1.6b	-3.9b	5.1

Rainbird, et al. British Journal of Nutrition (1984), 52, 489-498

3.1.2 在家禽饲料中正确的应用非淀粉多糖酶

3.1.2.1 一个有效的非淀粉多糖酶应该释放相应的能量：

家禽肠道内容物干物质含量很高，因此非淀粉多糖的粘性效应对家禽的影响较大，特别是肉鸡和蛋鸡。在家禽饲料中添加非淀粉多糖酶不仅能够降低肠道食糜的粘度，提高动物对营养物质的消化率，同时也能够利用部分的非淀粉多糖，因此，在家禽饲料中添加非淀粉多糖酶能够释放相应的能量。本人近 2 年的实验研究也证明，一个有效的非淀粉多糖酶可以释放相应的能量。华都肉鸡公司的实验也证实了这一点（实验报告见本期刊）。以目前的饲料原料价格来计算，如果在肉鸡饲料中添加 500g/吨 非淀粉多糖酶，能够降低 50kcal/kg 代谢能，每吨饲料为公司可以节约近 30 元成本，而生产性能不变。有关非淀粉多糖酶释放能量的研究很多，绝大部分研究都证明，非淀粉多糖酶是有效的（谭权 2007；张妮娅 2003；何丽霞 2006）。

3.1.2.2 应该根据饲料中非淀粉多糖底物的含量添加相应量的非淀粉多糖酶

不同饲料配方非淀粉多糖的含量不同，非淀粉多糖酶和非淀粉多糖有一定的剂量对应关系，应该根据非淀粉多糖的含量来添加相应活性的非淀粉多糖酶，才能够解决相应的问题和释放相应的能量。诺伟司开发了针对不同动物日粮结构非淀粉多糖含量和诺伟司非淀粉多糖酶赛和素 CSM 的计算软件，这个软件可以帮助客户正确计算饲料配方中的主要非淀粉多糖，并根据非淀粉多糖的含量计算 CSM 的最适添加量（见图 1）。

图 1 诺伟司非淀粉多糖酶添加量计算软件

3.2 正确使用植酸酶降低饲料成本

植酸酶已经广泛应用于饲料中,添加植酸酶替代磷酸氢钙,可以降低饲料成本 10 元左右,但是在使用植酸酶时一定要注意一下几个方面的问题:

1) 关注植酸酶的活性:

对于一些低价粉状植酸酶,需要注意植酸酶的质量,因为植酸酶发酵需要一定的成本,加之销售等费用,价格过低往往活性不够。但是诺伟司的前期研究发现,肉鸡有效磷轻度缺乏并不会产生腿部瘫痪,但是会影响动物的生产性能,因此不要通过动物会出现缺磷症状来评判植酸酶的好坏。

2) 液体植酸酶使用中的几个问题:

有一些饲料企业选用后喷涂液体植酸酶,液体植酸酶从成本上考虑比较合算,但是在使用过程中需要注意以下几个方面:

颗粒质量: 液体植酸酶喷涂到了饲料颗粒表面,但是在打包、运输等过程中,饲料颗粒之间的相互摩擦会把表面的植酸酶脱落到粉中,而肉鸡很少采食粉料,这样导致的浪费。

热稳定性: 液体植酸酶是不耐高温的,但是生产出的饲料需要存储和运输,饲料袋是一个密封的内环境,有点像我们的汽车内,当气温达到 35℃时,汽车内温度会达到 45℃,在南方地区,高温高湿季节,液体植酸酶的耐高温性能需要引起我们的注意。诺伟司国际公司联合农业部饲料工业中心(MAFIC)在 2010 年测定了液体后喷涂植酸酶在颗粒饲料和饲料粉末中的分布,以及后喷涂植酸酶在颗粒饲料中的耐极端天气的性能。实验的颗粒饲料样品采集于后喷涂口,粉料样品采集于饲料袋分离出的饲料粉末。测定结果表明,在饲料粉末中的植酸酶活性是颗粒中的 10 倍左右(见表 4)。

表 4 后喷涂植酸酶在颗粒料和粉中的分布

Sample No. 样品编号	Sample Details 样品来源	Phytase Activity (U/g) 酶活
CN-A-2010-0007-1	鸡颗粒料中的粉	8.86
CN-A-2010-0007-2	鸡颗粒料中的粉	6.63
CN-A-2010-0007-3	鸡颗粒料中的粉	6.80
CN-A-2010-0007-4	鸡颗粒料	0.62
CN-A-2010-0007-5	鸡颗粒料	0.51
CN-A-2010-0007-6	鸡颗粒料	0.53

Micelle, 2010 MAFIC

为了检测后喷涂植酸酶是否有抵御高温高湿天气的能力,把后喷涂颗粒料放入恒温恒湿培养箱中,在相对湿度 75%,温度 45℃放置 3 天,测定前后的酶活,结果发现,在储存 3 天后,颗粒料中的酶活损失了一半多(测定结果见表 5)。本测定结果表明,后喷涂植酸酶耐高温高湿天气的能力不强,因此用户在使用这类产品时应该减少储存的时间或者增加添加量。小鸡对磷缺乏非常敏感,会影响到内脏器官的发育和后期的生长,但是小鸡使用的破碎料,采食量又很小,后喷涂的均匀度不好,可能会导致小鸡有效磷的缺乏,建议在小鸡阶段使用耐高温的粉状植酸酶。

表 5 后喷涂植酸酶在高温高湿天气下的活性测定

样品编号	样品	储存条件	储存前酶活	储存后酶活 (U/g)
CN-A-2010-0007-4	颗粒料	75% moisture 45°C	0.62	0.24
CN-A-2010-0007-5	颗粒料	75% moisture 45°C	0.51	0.24
CN-A-2010-0007-6	颗粒料	75% moisture 45°C	0.53	0.26

3.3 添加蛋白酶，提高饲料蛋白质消化率

蛋白质和可消化氨基酸浓度是家禽日粮中需要考虑的最重要养分，也是成本最高的营养素之一，设计肉鸡日粮时，为了满足蛋白质和氨基酸需要，当配方中没有空间添加其他能量饲料时，高能量的油脂常作为能量来源，从而使饲料配方成本的增加。许多研究表明，高蛋白的日粮有时并不能很好的被肉鸡所消化和吸收，少数优质的蛋白源如鱼粉等消化率较高外，肉鸡饲料中广泛使用的豆粕其总体消化率仅在80%左右，而棉粕、菜粕等杂粕的蛋白质消化率相对较低，一般在75%以下，这些不能被消化的蛋白随食糜排到消化道的后肠段，导致后肠段细菌增生，严重影响肉鸡的肠道健康，同时含有高蛋白的粪便会致养殖舍的有害气体浓度升高，侵袭肉鸡的呼吸系统，诱导呼吸道疾病的发生。饲料中不易消化的蛋白质往往都是一些以二硫键结合的复杂结构的大分子蛋白，内源性蛋白酶很难降解这些蛋白质。诺伟司研究表明，在饲料中添加广谱蛋白酶DP100能够显著提高动物对蛋白质的消化率。通过添加蛋白酶DP100可以降低饲料粗蛋白和氨基酸10-7.5%，达到节约饲料成本，提高生产性能的目的。已经有大量的研究证实的这种方法的可行性（Odetallah, et al 2003; 2005）。目前在美国、巴西和泰国的大型一条龙企业正在使用这个方案来降低肉鸡饲料成本。