

# 配合家禽无鱼粉日粮时的实际考虑

## PRACTICAL CONSIDERATIONS WHEN FORMULATING POULTRY DIETS WITHOUT FISHMEAL

Matthew Clark

大地农业有限公司

### 引言

近 18 个月来，饲料原料价格戏剧性上涨，已导致饲料和畜产品成本增加。特别是鱼粉价格大幅度上扬，使人们对鱼粉在家禽饲料中的作用加以分析。毫无疑问，鱼粉是一种优质原料，在水产饲料中占有重要地位，但鱼粉是家禽日粮的必需原料这一传统观点已经受到疑问。

本文试图分析鱼粉的作用及用其它原料时的可替代程度。这里使用的两种替代原料是豆粕和肉骨粉。文中将说明原料营养素利用率的重要性并对依可消化氨基酸建立日粮规格的方法给予示范。

加工适度的鱼粉氨基酸易于消化吸收，但这不是日粮添加鱼粉的唯一因素。在早期的肉鸡饲养业中，鱼粉确实是不可缺少的。那时，添加少量或不含鱼粉的日粮饲养效果相当差，人们对分离与提高生产性能有关的“鱼粉因子”或“未知因子”很有兴趣。现已了解，鱼粉含有一些重要的微量营养成分，而且，目前已有纯合形式可以利用；本文将予验证。

就消化率而言，将考虑一些能增进消化率的微量营养成分，其中有两类物质，即酶和发酵产品。酶被直接用以促进饲料中某些特殊成分的分解，而发酵产品则作用于细菌微生物群以取得相似的效果。作为过去感兴趣的热点，微生物菌群的活性与替代鱼粉之间具有联系，因为一些细菌能合成大量的维生素 B12，据发现这就是所谓鱼粉因子的主要成分。

在家禽疾病控制领域，将肠道视作一种生态系统而不是化学通道的复合组合体已经取得一些令人振奋的新发现，所以，这项技术在肉鸡生产中已经再次获得重要

地位。本文在竞争排斥一节将介绍平衡细菌群体的重要性。

### 原料比较

鱼粉、豆粕、肉骨粉的常规营养成分值见表 1。

表 1 豆粕、鱼粉、肉骨粉的常规养分、能量和常量元素含量的比较

营养成分	单位	豆粕 <sup>1</sup>	鱼粉 <sup>1</sup>	肉骨粉 <sup>2</sup>
粗蛋白	%	43.00	63.00	52.50
鸡代谢能	千卡/千克	2275.00	2880.00	2500.00
猪代谢能	千卡/千克	3025.00	2500.00	2434.00
猪消化能	千卡/千克	3410.00	2631.00	2560.00
脂肪	%	1.00	8.80	11.32
纤维	%	7.00	1.00	1.20
灰分	%	6.35	19.25	25.00
钙	%	0.38	5.38	8.13
磷	%	0.58	3.00	4.15
有效磷	%	0.20	3.00	4.15
钠	%	0.03	0.43	0.77
氯	%	0.03	0.60	0.80
食盐	%	0.06	1.10	1.57
非植酸磷	%	35.00	100.00	100.00
亚油酸	%	0.55	2.60	2.20

<sup>1</sup> Good Earth 农业原料数据库；

<sup>2</sup> Darling 国际公司。

上述数据来自于中国(豆粕、鱼粉)以及泰国和马来西亚使用的美国肉骨粉的分析值。从中可见,最常用的豆粕蛋白含量较低,浸提豆粕的纤维含量相对较高。虽然中国的一些压榨设备具有脱壳能力,但高蛋白豆粕仍没有广泛利用,其重要性将在酶的使用一节予以讨论。

三种原料中，鱼粉的蛋白和能量含量最高。这对高浓度日粮(如鲑鱼日粮)是重要的，但中国的肉仔鸡饲料通常是能量中等至偏低、蛋白质适中。如果每一种原料都是从同一产地重复购买，那么这三种原料的蛋白值是可以合理预测的。蛋白品质的不同不仅在绝对含量方面，也在质量方面。影响质量的主要因素之一是加工条件。详细论述这些因素不是本文之范畴，但应牢记以下参数(见表 2)。

表 2 影响鱼粉、豆粕和肉骨粉蛋白品质的加工参数

原料	加工参数
鱼粉	热加工处理—低温或高温类型具有不同氨基酸利用率。 掺有其它蛋白源。 非蛋白氮。
豆粕	加工不足，抗胰蛋白酶不能充分破坏。 加工过度，导致氨基酸利用率降低。 过度贮藏导致发热，致使氨基酸利用率降低。
肉骨粉	热加工—低温或高温。 投入原料的一致性。

要注意能值对于鸡与猪是不同的。豆粕的代谢能值相对较低，部分原因是由于一些豆粕淀粉的化学组成所致。这些淀粉不能被禽类酶所消化，因此造成能值实际上的不足。下文将对这潜在的代谢能进行更详细的讨论。

只要原料在产地经有效的抗氧化剂处理，则鱼粉和肉骨粉都是优质脂肪的理想来源。鱼油较肉骨粉(主要来自肉牛生产)的脂肪含有更多的不饱和脂肪酸。但在中国绝大多数日粮的主要成分是含有 4%左右高度不饱和脂肪的玉米，通常有充足的不饱和脂肪与肉骨粉的牛(羊)脂保持一良好的配合消化率(饱和与不饱和脂肪的理想比例大约为 1.5 : 1)。鱼粉确实具有优点，含有丰富的 $\omega$ -3 脂肪酸，在水产动物日粮中有时它们是必需的，但在家禽中这些不是限制性脂肪酸。

三种原料中，仅豆粕含有较多的纤维，不过这通常并不是中国肉鸡日粮的限制因素。而其它一些植物原料(如葵花粕和菜籽粕)含有大量的纤维，才考虑限量使用。

肉骨粉和鱼粉都是常量元素的理想来源，其中磷是最有价值的并认为能全部被鸡利用。肉骨粉中钙与磷的比例通常为 2-2.2：1，很适于肉用仔鸡。豆粕的钙磷比正好相反，但通过添加磷酸氢钙或骨粉则很容易予以修正，这在中国很容易办到。动物蛋白中盐分含量较高，虽然这不是一种昂贵的替代营养成分，但考虑盐分因素是重要的，当盐不足时影响肉仔鸡生长。

以近似养分分析和脂肪构成为基础，鱼粉中每种物质都能被替代。但更仔细地查看原料，则可知鱼粉是氨基酸的良好来源，正如表 3 所示。

表 3 豆粕、鱼粉、肉骨粉总氨基酸含量分析的比较

营养成分	单位	豆粕 <sup>1</sup>	鱼粉 <sup>1</sup>	肉骨粉 <sup>2</sup>
饲喂基础				
赖氨酸	%	2.60	4.70	2.64
蛋氨酸	%	0.62	1.81	1.97
蛋+胱	%	1.29	2.44	2.60
苏氨酸	%	1.76	2.75	1.81
色氨酸	%	0.60	0.70	0.33
占粗蛋白百分比				
赖氨酸	%	6.05	7.46	5.03
蛋氨酸	%	1.45	2.97	3.75
蛋+胱	%	3.00	3.87	4.95
苏氨酸	%	4.09	4.37	3.45
色氨酸	%	4.37	1.11	0.63

<sup>1</sup> Good Earth 农业原料数据库；

<sup>2</sup> Darling 国际公司。

豆粕除蛋氨酸相对不足外，是一种平衡性很好的禽用原料，不过利用合成氨基酸，这一问题就极易解决。从成分分析值看，肉骨粉的赖氨酸含量低，但含硫氨基酸丰富。

表4 肉用雏鸡饲料配方规格—中国

原料号	名称	最低	最高
1102	中国玉米		
2241	小麦次粉		10.0000
3113	浸提豆粕 43%		
4111	秘鲁鱼粉 63%	4.0000	5.0000
4214	肉骨粉 52%		5.0000
4911	DL-蛋氨酸		
4912	L-赖氨酸 99%		
5111	饲料级脂肪		
6111	食盐		
6121	贝壳粉		
6147	磷酸氢钙 22/18		
9501	预混料及药物	1.0000	1.0000
营养序号	名称	最低值	最高值
2	粗蛋白 %	21.0000	
6	鸡代谢能 千卡/千克	2920.0000	
7	脂肪 %	4.0000	
18	粗纤维 %		5.000
22	钙 %	0.9500	1.000
23	总磷 %		
24	有效磷 %	0.4500	
25	钠 %	0.1800	0.1900
27	食盐 %	0.3000	0.4500
31	赖氨酸 %	1.1500	
37	蛋氨酸 %	0.4700	
43	蛋+胱 %	0.8500	
49	苏氨酸 %	0.7000	
55	色氨酸 %	0.2040	

## 配方比较

利用表 4 给出的肉用雏鸡日粮原料和营养成分的限制值，从经济和技术角度对各种原料进行了比较。利用以下对限制值的调整，还计算了另外三种不同的配方：固定最低用量为 5%；可使用鱼粉但没有最低限量值；鱼粉无最低限量值而肉骨粉最多加 5%。

最低成本的计算结果见表 5。

表 5 以总氨基酸含量为基础的饲料配方比较

原料	成本	鱼粉	豆粕	肉骨粉
中国玉米	1.55	58.87	55.85	57.74
小麦次粉	1.53	0.89		
浸提豆粕 44%	2.13	31.27	37.57	33.59
秘鲁鱼粉 63%	5.30	4.00		
肉骨粉 52%	3.63			5.00
DL-蛋氨酸	32.00	0.13	0.17	0.08
L-赖氨酸 99%	26.00			0.01
牛油	7.00	0.98	2.02	0.82
食盐	0.60	0.32	0.38	0.34
贝壳粉	0.17	1.23	1.03	0.67
磷酸氢钙 22/18	2.25	1.27	1.92	0.75
肉鸡预混料	10.00	1.00	1.00	1.00
<b>成本</b>		2049.82	2021.09	2004.08
差异			28.73	37.74
营养成分	单位	鱼粉	豆粕	肉骨粉

续表 5

原料	成本	鱼粉	豆粕	肉骨粉
粗蛋白	%	21.12	21.00	21.95
鸡代谢能	千卡/千克	2920.00	2920.00	2920.00
水分	%	12.33	12.34	12.30
脂肪	%	4.00	4.60	4.00
粗纤维	%	4.20	4.38	4.31
灰分	%	5.07	5.18	5.20
钙	%	1.00	0.95	0.95
总磷	%	0.71	0.72	0.70
有效磷	%	0.45	0.45	0.45
钠	%	0.19	0.18	0.18
氯化物	%	0.24	0.26	0.26
食盐	%	0.43	0.44	0.43
亚油酸	%	1.62	1.63	1.62

根据上表营养成分间的比较,三种配合饲料的化学成分上几乎没有差异,但价格却显著不同。其中价格最便宜的是肉骨粉日粮,每吨较鱼粉日粮便宜 37.74 元人民币;其次是豆粕日粮,每吨便宜 28.73 元人民币。因此鱼粉显著提高了日粮价格。三种日粮以总氨基酸为基础进行比较时,其差别较小(见表 6)。

表 6 以总氨基酸为基础的饲配方比较

营养成分	单位	鱼粉	豆粕	肉骨粉
赖氨酸	%	1.15	1.15	1.15
蛋氨酸	%	0.50	0.50	0.49 <sup>*</sup>
蛋+胱	%	0.85	0.85	0.85
苏氨酸	%	0.85	0.84	0.87
色氨酸	%	0.26	0.27	0.27

从表 6 中可见：肉骨粉日粮与鱼粉日粮比较似乎蛋氨酸水平略有改变，但这仍高于蛋氨酸 0.47% 的最低需要量。然而，这三种日粮有可能表现出饲喂性能的差异。

近 5 年来，不断强调根据有效氨基酸进行配方以提供更加恒定有效的蛋白质供应。以下计算所用的原料消化率列于表 7。

表 7 选用原料的氨基酸真消化率系数

	赖氨酸	蛋氨酸	蛋+胱	苏氨酸
中国玉米	61	88	82	75
小麦次粉	81	88	85	82
浸提豆粕 44%	85	92	87	88
秘鲁鱼粉 63%	88	92	84	90
肉骨粉 52%DD-LA	79	85	72	79

摘自 Parsons, 1990。

由表 7 可见：鱼粉除胱氨酸消化率相对偏低(影响表中蛋+胱的消化率)之外，其它氨基酸消化氨酸和胱氨酸值应该分别列出，但通常都作为总含硫氨基酸对待，所以这里列出的是两者的平均值，这种合并的差错是很小的。这些系数是以  $100 \times \text{可消化氨基酸量} / \text{总氨基酸量}$  计算的。这些系数已输入原料数据库中，并计算了表 5 中配方的可消化氨基酸值，比较结果列于表 8。

如果日粮以可消化氨基酸为基础进行检测时，则表现出一些真正的差异，这在以总氨基酸为基础进行配方时不能反映出来。如果日粮构成相对简单，并没有采用新的原料，那么以总氨基酸为基础的配合效果也很好。表 8 中表现出的不同是豆粕和肉骨粉日粮的赖氨酸含量较低，豆粕日粮的可消化蛋氨酸有少量下降，而肉骨粉日粮则表现出较大的降低。

当使用新原料重新配制日粮时，为了获得更一致的结果，理想上我们应该以可消化氨基酸为基础进行配制。但这存在一个问题，即公开发表的肉仔鸡可消化氨基酸水平的文献选择面窄，一些商业公司虽然给出了一些标准，但采用他们所推荐的数值可能改变现行的饲料。应用这种新方法的更可行的途径是根据目前使用的成功

的配方或配方系列的可消化氨基酸限量进行配制，这样，营养学家将更加确保下一次配方尽可能接近于目前的指标。

表 8 以总氨基酸为基础的饲料配方的氨基酸真消化率水平的比较

营养成分	单位	鱼粉	豆粕	肉骨粉
赖氨酸	%	1.15	1.15	1.15
可消化赖氨酸%	%	0.94	0.91 <sup>**</sup>	0.93 <sup>**</sup>
蛋氨酸	%	0.50	0.50	0.49 <sup>*</sup>
可消化蛋氨酸%	%	0.47	0.46 <sup>*</sup>	0.44 <sup>**</sup>
蛋+胱	%	0.85	0.85	0.85
可消化蛋+胱%	%	0.75	0.76	0.73
苏氨酸	%	0.85	0.84	0.87
可消化苏氨酸%	%	0.73	0.72 <sup>*</sup>	0.73
色氨酸	%	0.26	0.27	0.27

这种转换的步骤并不复杂，现用一些有效例子详细说明如下：

(1) 选择一个以前根据总氨基酸最低限量配制的并经过试验检测的成分正常的配方；

(2) 将消化率系数和可消化氨基酸水平输入原料数据库中；

(3) 计算该配方中可消化氨基酸的水平；

(4) 将目前的可消化氨基酸水平加入配方标准中作为新的最低限制值。

(5) 重新计算该配方最低成本的结果，以确保原料结构保持不变。这一步是重要的。重新配制的结果应与原配方非常接近。

(6) 引进新的原料并根据可消化氨基酸重新配制。

(7) 经过一定时间，一旦新配日粮在实践中得以验证，则可删除对应的总氨基酸限量。

其中氨基酸是限制指标，这一指标的转换可直接进行。对上面的鱼粉配方，我们可以这样建立新的限量(见表 9)。

表 9 氨基酸最低限量的转换

营养	氨基酸最低%	实际氨基酸含量%	实际可消化氨基酸%	可消化氨基酸最低%
赖氨酸	1.15	1.15	0.94	0.94
蛋+胱	0.85	0.85	0.75	0.75

表 9 中的实际总氨基酸量高于最低值, 利用下面公式估计最低可消化氨基酸是可行的:

$$\text{最低可消化氨基酸量 (\%)} = \frac{\text{实际可消化氨基酸含量 (\%)} \times \text{最低氨基酸含量 (\%)}}{\text{实际总氨基酸含量 (\%)}}$$

这样能够计算出可消化蛋氨酸和可消化苏氨酸的新限定值, 如表 10 所示。一旦将这些数值输入配料标准, 便可产生新的最低成本配方。从这一过程可得到一个重要的结果, 即鱼粉配方价格实际上没有改变(只要数据输入准确)。这证明新的数据和方法没有改变原配方, 而使用其它来源的可消化氨基酸最低限量值, 不管其怎样有效, 几乎都会改变原配方。

鱼粉、豆粕、肉骨粉配方采用此项技术重新配制的结果列于表 11。

现在可消化氨基酸的差异非常小。为便于比较, 原肉骨粉配方列在表 11 中, 以表明所做的相应的调整。氨基酸水平已经做了一些精细的调节。新肉骨粉配方与鱼粉配方比较, 添加了稍多的蛋氨酸和赖氨酸以补偿肉骨粉较低的氨基酸消化率。用替代原料所得配合日粮的价格仍较便宜, 与鱼粉日粮相比, 豆粕日粮和肉骨粉日粮分别节约 20.61 和 30.72 元人民币。

表 10 氨基酸最低限量的转换

营养	氨基酸最低%	实际氨基酸含量%	实际可消化氨基酸%	可消化氨基酸最低%
蛋氨酸	0.49	0.51	0.47	0.45
苏氨酸	0.73	0.86	0.73	0.62

表 11 以可消化氨基酸为基础的饲料配方比较

原料	成本	鱼粉	豆粕	肉骨粉	肉骨粉(原配方)
中国玉米	1.55	58.87	54.35	57.27	57.74
小麦次粉	1.53	0.89			
浸提豆粕 44%	2.13	31.27	38.89	33.97	33.59
肉骨粉 52%	3.63			5.00	5.00
秘鲁鱼粉 63%	5.30	4.00			
DL-蛋氨酸	32.00	0.13	0.16	0.10	0.08
L-赖氨酸 99%	26.00				0.01
牛油	7.00	0.98	2.27	0.91	0.82
食盐	0.60	0.32	0.38	0.34	0.34
贝壳粉	0.17	1.23	1.03	0.66	0.67
磷酸氢钙 22/18	2.25	1.2	1.91	0.74	0.75
肉鸡预混料	10.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>成本</b>			2049.82	2029.21	2019.10
<b>差异</b>				20.61	30.72
<b>(原成本)</b>				(2021.09)	(2004.08)
<b>营养成分</b>		<b>单位</b>	<b>鱼粉</b>	<b>豆粕</b>	<b>肉骨粉</b>
赖氨酸		%	1.15	1.15	1.16
可消化赖氨酸%		%	0.94	0.94	0.94
蛋氨酸		%	0.50	0.49	0.50
可消化蛋氨酸%		%	0.47	0.46	0.46
蛋+胱		%	0.85	0.85	0.87
可消化蛋+胱%		%	0.75	0.76	0.75
苏氨酸		%	0.85	0.84	0.88
可消化苏氨酸%		%	0.73	0.73	0.74
色氨酸		%	0.26	0.27	0.27

在我们确信能够执行这种日粮之前，应该对微量营养成分进行最后的核查，以总氨基酸为基础的饲料配方中某些维生素和矿物质的含量列于表 12，标有\*号的表明从日粮中撤除鱼粉时，其营养水平显著降低，主要是硒和维生素 B12。

表 12 以总氨基酸为基础的配合饲料的微量营养素比较

营养物质	单位	2031	2032	2033
镁	ppm	5.6629	4.0113	4.8328
锌	ppm	9.2478	7.9399	9.8016
铁	ppm	64.4395	61.8357	82.1423
铜	ppm	9.7566	10.4987	12.8416
硒	ppm	0.1399	0.0822*	0.0923
维生素 E	mg/kg	15.8629	14.7150	15.1579
硫胺素	mg/kg	3.4854	3.6454	3.5730
核黄素	mg/kg	1.7994	1.6480	1.7718
吡哆醇	mg/kg	6.2384	6.1638*	6.6980
钴胺素	mg/kg	0.0140		0.0035
泛酸	mg/kg	8.0752	8.2448	7.8906
烟酸	mg/kg	28.0777	24.2993	25.9023
叶酸	mg/kg	0.6572	0.7118	0.6828
生物素	mg/kg	0.1479	0.1537	0.1492
胆碱	mg/kg	1428.0382	1395.8958	1396.5769

维生素 B12 是参与蛋氨酸、丝氨酸、胆碱以及胸腺嘧啶脱氧核苷化学作用(甲基供体)酶的辅酶，维生素 B12 几乎仅存在于动物饲料中，植物饲料不是维生素 B12 的良好来源。在自然环境中，鸡能够从昆虫及细菌中(如粪便)获得足够的 B12，但在密闭饲养条件下这就不可能了。B12 缺乏症状为：羽毛无光、生长缓慢、肌胃糜烂、种蛋的孵化率降低。

硒和维生素 E 有协同作用，参与谷胱甘肽过氧化物酶的代谢并对调节体内过氧化物水平起着重要的作用。缺乏症状包括：渗出性素质、生长缓慢、肌肉营养不良，脂酶，胰蛋白酶和糜蛋白酶总量减少。通常必需在预混料中加硒。应切记中国的谷物籽实中硒是相对缺乏的元素，因此应评估当地对硒的反应。饲料中硒的实际添加量应依法控制，因为它是有毒物质，所以应检查是否符合当地的规定。

在平衡鱼粉、豆粕和肉骨粉日粮时，最后要考虑的问题是饲料中氨基酸的利用率。本文讨论了测定氨基酸消化率的两种方法：真可消化氨基酸，或者是表观可消化氨基酸，两者在试验方法上稍有不同，从食物残渣中测定的可消化氨基酸含量与在回肠末端测定的氨基酸含量即是两者的差异。在回肠末端进行检测比对家禽整个肠道的检测更为有利，因为盲肠中细菌的作用会使氨基酸组成发生一些变化。由于氨基酸能很快被吸收，所以通常假定消化的氨基酸与吸收的氨基酸是一致的。

有一个复杂的问题就是从不同原料吸收的氨基酸不一定具有相同的利用效率。这一点适用于某些热加工的原料，特别是棉籽粕和过度加工的肉骨粉。这种效应可从下列猪对数种原料赖氨酸回归(斜率)分析获得的数据可以看出(见表13)，豆粕的值较高，平均利用率88%，变化范围是80%-96%，该值与鱼粉89%的测定值几乎相同，而棉籽粕与葵花粕值一样都较低。与回肠可消化率为74%相比，白羽扇豆粕的利用率变化范围大，在37%-74%之间。肉骨粉的数值存在一个实际问题，这里所得数值的范围在40%-96%之间，其变化依赖于加热程度而定。适度加热和存储的肉骨粉应该有理想的利用率，但要小心，应从加工良好的产地购进该原料，如果对肉骨粉质量有任何怀疑的话，就应该对消化率系数进行调整。

表 13 猪对赖氨酸的利用率

蛋白质	平均值	范围
血粉	1.08	1.03-1.13
棉籽粕	0.41	0.39-0.43
鱼粉	0.89	
白羽扇豆粕	0.54	0.37-0.74
(回肠可消化 0.74)		
肉骨粉	0.70	0.40-0.96
豆粕	0.88	0.80-0.98
菜籽粕	0.87	0.77-0.97
葵花粕	0.60	0.54-0.66

摘自澳大利亚农业标准委员会(1987)。

如果这些数据能够逐项地在配方系统中管理起来,则是最方便的。可能的话,应该用方程组将这些营养物质和消化率相互联系起来,这可减少维护数据库所花费的时间,通常还会减少配方者对此疏忽的风险。

### 提高消化率

以上介绍的步骤正在成为养禽工业广泛接受的方法,并将用于设计相当的饲料。

即便如此,原料的消化率可能仍是关心的问题,使用或不使用鱼粉都是这样。通过深入地研究各种原料的营养贡献得知,即使是鱼粉日粮,对鱼粉中的常量营养物质含量也不敏感,这通过表 14 中的中国肉鸡日粮的各种原料的粗蛋白水平及其典型配比便可说明。

表 14 肉用雏鸡日粮营养来源——粗蛋白

饲料成分	粗蛋白		用量		日粮贡献	百分比
中国玉米	8.00	×	58.75	=	4.70	22.90
豆粕, 48%	48.00	×	28.06	=	13.47	65.63
小麦次粉	15.30	×	5.74	=	0.87	4.28
秘鲁鱼粉, 63%	63.00	×	2.00	=	1.26	6.14
磷酸氢钙, 22/18	0.00	×	1.52	=	0.00	0.00
贝壳	0.00	×	1.37	=	0.00	0.00
牛油	0.00	×	1.00	=	0.00	0.00
肉鸡预混料	6.53	×	1.00	=	0.06	0.32
食盐	0.00	×	0.33	=	0.00	0.00
DL 蛋氨酸	93.00	×	0.16	=	0.14	0.73
合计					20.52	100.00

表 14 中最后一栏是每种原料对粗蛋白的相对贡献。正如所料，豆粕是饲料中粗蛋白的主要来源，占粗蛋白总量的 65.63%；其次是玉米，占 22.90%，这也许有些出乎意料；添加 2% 的鱼粉对粗蛋白的贡献率仅占 6.14%，约为豆粕贡献率的十分之一。因此，有效地利用豆粕蛋白质是很重要的，但要受到几方面因素的影响，如鸡的健康状况、通过小肠的时间、鸡的年龄、胰蛋白酶抑制因子含量以及 KOH 溶液的蛋白溶解度等，这些因素是日粮以外可以控制的。不过，从前面的蛋白消化率和利用率数据看，豆粕在技术上是可以和鱼粉相媲美的，但更详细地查看表 15 中的豆粕能量部分时却不一定如此。

表 15 肉用雏鸡日粮营养来源——家禽代谢能

饲料成分	代谢能	用量	日粮贡献	百分比
中国玉米	3370.00	× 58.75	= 1980.04	67.81
豆粕，48%	2525.00	× 28.06	= 708.592	4.27
小麦次粉	1300.00	× 5.74	= 74.65	2.56
秘鲁鱼粉，63%	2880.00	× 2.00	= 57.59	1.97
磷酸氢钙，22/18	0.00	× 1.52	= 0.00	0.00
贝壳	0.00	× 1.38	= 0.00	0.00
牛油	8200.00	× 1.00	= 82.05	2.81
肉鸡预混料	1705.00	× 1.00	= 17.05	0.58
食盐	0.00	× 0.33	= 0.00	0.00
DL 蛋氨酸	0.00	× 0.16	= 0.00	0.00
碳酸氢钠	0.00	× 0.05	= 0.00	0.00
合计			2920.00	100.00

根据贡献率大小可知，玉米是这种日粮的主要能量来源，其次是豆粕。通常认为豆粕不是能量原料，但它对能量的贡献和利用效率却是不容忽视的。

从豆粕的代谢能值看出，它较鱼粉和肉骨粉的代谢能低，其部分原因是豆粕中

含有一些不可消化物质，如纤维和非淀粉多聚糖(NSP)，这些物质通常是生物学不可利用的，并且还能干扰其它营养物质的利用率。为此，在使用某些含有较高 $\beta$ -葡聚糖和阿拉伯木聚糖的大麦品种时要特别注意这个问题，这些物质增加了食糜的粘滞性并包裹营养物质，阻碍其吸收利用。

表 16 是原料中某些非淀粉多聚糖类(NSP)的含量。大豆中 NSP 总含量约为 16.8 克/每百克干物质。如果这部分物质完全不能被消化，则 NSP 约影响 560 千卡/千克饲料的能量。很明显，如何全部或部分释放这些能量是引人注目的。

表 16 几种作物的 NSP 含量(单位：克/每百克干物质)

原料	$\beta$ -葡聚糖	阿拉伯 木聚糖	棉籽糖	水苏糖	果胶
小麦	0.7	6.6	0.0	0.0	0.0
大麦	4.4	5.7	0.0	0.0	0.0
高粱	0.4	2.6	0.0	0.0	0.2
大豆	0.0	3.6	0.3	3.6	9.3
油菜籽	0.0	2.8	0.1	2.3	11.2
豌豆	0.0	2.7	0.2	1.9	4.9

源自 Novo-Nordisk 公司。

### 酶的使用

饲料中的营养物质首先必须被分解成象单糖、 $\beta$ -单酸甘油酯或氨基酸这样的成分，才能被家禽吸收进入血液或淋巴管进行利用。营养物质的分解主要有三个过程：通过咀嚼或肌肉活动对食物机械磨碎；利用酶对食入饲料的化学分解以及利用微生物作用对饲料进行分解，大部分还是通过细菌产生的酶实现的。

这一节主要讨论酶的作用。禽类酶能消化蛋白质、淀粉、糖和脂肪，但对非淀粉多聚糖类或纤维素不起作用。NSP 部分含有一些重要化合物，如 $\beta$ -葡聚糖能增加食糜的粘滞性，结果会降低葡萄糖的吸收，并包被一些氨基酸；另一种甘露聚糖也有相似的作用。另外，这些物质还能增加氮进入空肠的分泌并减少肠道食糜通过时间。由下文可知，这是评价消化率的重要指标。

应用于饲料酶的主要有效类型及其来源是：

β-葡聚糖酶	黑曲霉菌 ( <i>Aspergillus niger</i> )
果胶酶	黑曲霉菌 ( <i>Aspergillus niger</i> )
半纤维素酶	黑曲霉菌 ( <i>Aspergillus niger</i> )
蛋白酶	地衣形芽孢杆菌 ( <i>Bacillus licheniformis</i> )
甘露聚糖酶	缓慢芽孢杆菌 ( <i>Bacillus lentus</i> )

一项使用黑曲霉菌发酵混合酶 (Energex<sup>®</sup>, 一种 Novo-Nordisk A/S 公司制备的商业用酶) 的试验对肉鸡的高脂肪玉米—大豆日粮产生了有利的结果, 表 17 列出了试验结果的概要。

这些结果是在美国的生产条件下应用这种酶的典型结果, 一般饲料报酬可望改进 4-6 个百分点。如果日粮的脂肪含量较低, 肠道的通过率可望提高, 这样可能会获得更好的结果。中国一些未发表的试验结果已表明使饲料报酬改进了 15 个百分点左右。

表 17 肉鸡饲养试验

指标	对照组	处理组	差异
饲料报酬	2.24	2.19	0.05
体重(千克)	3.16	3.17	0.01

摘自 Ferket and Zatar, 美国北卡州大学, 1989。

### 细菌的作用

单胃动物肠道内约有 60 种非病原菌, 这些菌类是共生的或共生寄生菌群, 其中一些位于消化道内, 也有一些在粘膜层内, 因而难以计数。粘膜层的细胞起到防御机制作用, 这样在“竞争排斥”一节中予以详细说明。

细菌的数量及其活性依不同部位而异。沙囊(肌胃)内由于酸性环境几乎不含细菌 ( $<10^3$ /每立方厘米=, 许多摄入的细菌受到酸的作用而被破坏。十二指肠中的细菌数量也相对较低 ( $<10^5$ /每立方厘米=。回肠中细菌较多, 需氧菌和厌氧菌合计约为  $10^6$ - $10^8$ /每立方厘米。盲肠中具有丰富的菌群 ( $>10^9$ /每立方厘米), 主要是革兰氏阴性厌氧菌。

在家禽中, 盲肠是重要的储菌部位, 也是复发病或慢性病菌的隐秘驻留场所,

使用饲料投药、水溶性抗生素或酸化剂很难到达此部位，因为大部分药物经过小肠都会损失。

正常的菌群能以数种方式改变营养物质在小肠的吸收。

首先，细菌群体的变化能同时导致 pH 值发生变化，从而影响食物的分子离子化和分解。

其次，菌群能影响肠绒毛结构，这点尤其从相同品种和年龄的无菌动物与正常动物之间的差异可以看出，前者也许由于细胞更新较少而使粘膜表面积显著减小。

第三，肠道细菌的代谢产物能够被吸收利用或催化宿主的酶系统，如结合胆汁酸的水解作用和维生素 B12、维生素 K 及叶酸的合成属这类情况。

### 曲霉菌粉的作用

曲霉菌粉用于动物饲料起源于发酵工艺学。据发现曲霉菌粉能提高体外发酵产品的生产率，这对工业化规模生产提高生产效率是很重要的。

曲霉菌(米曲霉和黑曲霉)最初应用于反刍动物，反刍动物本身要依赖细菌发酵提供其所需要的能量和蛋白质。反刍动物 60%的能量来自日粮纤维(纤维素)分解成的乙酸、丙酸、丁酸等挥发性脂肪酸(VFA)。瘤胃细菌与哺乳动物相比能够合成更多种类的氨基酸，例如，当提供尿素、淀粉和硫等基础物质时，细菌能合成蛋氨酸。这些物质最初是细菌本身结构的一部分，但当细菌通过小肠时，这些氨基酸可以被消化和吸收。

观察细菌群体的增殖现象是较困难的，因为大多数的计数技术都依赖于体外培养，不一定反映出全部存在的细菌类型的混合数量。一种改进的估计方法是分析瘤胃液中的 DNA 含量，DNA 浓度与各种细菌的总数量成正比。为了检测曲霉菌的效果，使用了含有瘤胃液、人工唾液、微量营养素、纤维素和水的人工瘤胃，其中一个人工瘤胃不经处理作为对照，另一个人工瘤胃中添加占干物质 0.3%的曲霉菌。表 18 为观察的 DNA 浓度结果。

表 18 添加 0.3%曲霉菌对人工瘤胃中 DNA 浓度(毫摩尔/毫升)的影响

对照组	曲霉菌组	增加(%)
124.8	153.8	23.2

Borden 实验室。

表 18 中的数据表明了人工瘤胃中 DNA 浓度(也即细菌密度)的增加情况。早在 50 年代, 这种细菌密度的增加现象就被应用于家禽日粮, 那时鱼粉营养因子的作用还不清楚, 只是发现增加的细菌群体在体内合成维生素 B12 是有利的。

不管怎样, 用曲霉菌处理使细菌数增加的同时, 亦使人工瘤胃中的挥发性脂肪酸浓度增大(见表 19), 这表明在人工瘤胃中日粮纤维素的分解增加, 导致饲料消化率提高。表 20 的数据说明了这一点。

**表 19 添加 0.3%曲霉菌对人工瘤胃中挥发性脂肪酸总含量(毫克/毫升)的影响**

对照组	曲霉菌组	增加(%)
32.4	36	11.11

Borden 实验室。

**表 20 添加曲霉菌(0.3%)对不同饲料可消化干物质(%)的影响**

饲料	对照组	曲霉菌组	增加(%)
干草	50	58	16
精饲料	70	83	17

Borden 实验室。

所有这些试验结果可总结如下:

曲霉菌粉能增加瘤胃液中的 DNA 浓度, 这可作为细菌数量增加的衡量指标。细菌数量增加能分泌更多的酶, 这可从体外挥发性脂肪酸产量的增加得到证明。

挥发性脂肪酸量增加意味着饲料消化率的提高导致能量释放增加。

几个实际生产试验已经表明曲霉菌(Fermacto<sup>®</sup>, 一种 Pet-Ag 公司生产的商业用浓缩曲霉菌)的这些效应也能增加单胃动物的生产性能。新近(1995)在 Clemson 大学的一项试验, 用控制复因子试验设计(家禽年龄×豆壳掺加量×曲霉菌粉), 通过对产蛋鸡饲喂高、低两种豆壳含量的玉米—大豆日粮确切证明了曲霉菌对家禽生产性能的影响效果, 并剖析了曲霉菌对蛋白质、脂肪和代谢能消化率的效应。

表 21 列出的结果表明饲料效率显著提高了约 5.5%。

表 21 Clemson 大学曲霉菌对蛋鸡效果的试验结果分析

反应变量	曲霉菌-	曲霉菌+	差异	差异比率(%)
产蛋率, %	82.5	81.9	-0.6	-0.7
蛋重, 克	63.2	63.5	0.4	0.6
SSD <sup>1</sup> , 毫克/平方厘米	74.4	73.5	-1.0	-1.3
产蛋量, 克/只/天	52.0	51.9	-0.1	-0.2
采食量, 克/只/天	111.3	104.9	-6.4	-5.7
饲料/每打蛋重, 千克 <sup>**</sup>	1.64	1.56	-0.08	-5.0
饲料报酬	2.16	2.04	-0.12	-5.5
蛋白消化率, %	81.6	82.5	1.0	1.2
脂类消化率, %	82.6	83.2	0.7	0.8
代谢能, 千卡/千克	2750	2835	85	3.1
肠道通过时间, 分钟	196.5	212.0	15.5	7.9

\* \*差异显著 ( $P < 0.02$ );

摘自 Maurice, 1995。

消化率是利用氧化铁和氧化铬标记技术测定的, 结果表明曲霉菌主要是提高饲料代谢能 (3.1%或 85 千卡/千克); 对蛋白质和脂类消化率虽也有影响, 但程度较低; 对肠道通过时间影响效果最显著, 比对照组延长了 7.9%。

这些数据与玉米大豆日粮的能量水平是最适宜优化的营养成分这一假说相一致。曲霉菌对饲料报酬的影响效果已经在中国山东省三个不同地区 (牟平、威海、诸城) 的实际肉鸡饲养试验中得到证实。用 13440 只爱拔益加 (Arbor Acre) 肉仔鸡进行 56 日龄的生长试验比较对照组饲料与添加 0.15% 曲霉菌粉饲料间的效果 (见表 22)。

表 22 山东肉鸡 8 周龄饲养试验结果(曲霉菌组与对照组)

参数	对照组	曲霉菌组 (Fermacto)	差异	差异(%)
成活率	91.07	92.33	1.27	1.39
体重(千克)	2.274	2.392	0.145	6.45
平均日增重(克)	56.51	60.63	4.13	7.30
饲料报酬	2.32	2.26	6.6	2.86

到 8 周龄时,添加曲霉菌使成活率提高,这反映了肉鸡健康和营养状况的改善,其主要效应是使饲料报酬降低 6.6 个百分点;每只肉仔鸡体重平均增加 145 克,这将使饲养周期缩短 2-3 天,并使相同体重时的饲料报酬进一步提高。

### 竞争排斥

一个时期来,宿主与肠道菌群间的共生关系(包括消化和疾病控制)已经得到确认。经抗生素治疗后的病人对沙门氏菌感染的敏感性是众所周知的临床副作用,其转变机制,即竞争排斥(CE),最初由 Nurmi 教授在 70 年代初予以证实,他用成年鸡的混合培养菌接种到 1 日龄雏鸡中,发现雏鸡对沙门氏菌感染的抵抗力增强。该实验应用“非限定”的细菌培养法,即必须用未经任何选择或分离的体内固有细菌品种(系)培养。

虽然这种方法作为可重复的实验生物学方法已经被广泛接受,但直到最近才对竞争排斥的机制有了充分的理解。在美国以及其它一些国家,公众对加工食品安全性关注的增加,已导致实施一项深入细致的研究计划以更准确地阐明食物致病的生物学原理及其生态学控制方法。CE 法作为一种有效的预防方法(特别是预防沙门氏菌)出现,并相应地得到了得克萨斯州大学实验站食品动物保护实验室 DeLoach 博士领导的美国农业部研究小组较详细的研究。

CE 从使用角度被定义为“在宿主胃肠道中建立正常菌群,以帮助减少或排斥像副伤寒沙门氏菌等肠道病原体的繁殖”。从这个定义可引伸出几个问题:CE 是怎样保护家禽免遭副伤寒沙门氏菌感染的?有几种机制?这种培养包含多少种细菌?应该怎样选择这些细菌?

这些问题听起来似乎与直接饲喂微生物或益生素的开发者们提出的问题相似,

但应该强调的是，尽管两种方法都使用细菌，但两者是根本不同的。因为我们将看到，CE 培养菌是作为一种各菌系间存在生化相互依赖关系的功能性生态系统而被处理和选择的。这种在自然环境下预先适应的菌群功能性对其在宿主中繁殖是重要的，其结果是在近乎无菌的鸡中只需服用一次添加剂量的 CE 培养菌就足够了。与之相反，直接饲喂的微生物经常被分离成单一菌系，有时是来自其它品种，并且该法需要用单一菌系或重组的混合菌系连续不断的饲喂。

直接饲喂微生物法存在一些缺点，因为细菌具有改变其特性以摆脱宿主动物的倾向，这曾经是 CE 研究者所面临的困境之一。一方面原菌培养物不能大规模利用，因可能含有一些病原菌。另一方面，用培养加选择的方法来筛选和保留肠道菌群的主要菌系并不一定有效。而大学试验站研究小组的研究方向之一是探讨碳水化合物的代谢及其与沙门氏菌繁殖的关系。

盲肠中主要有两类细菌群体，第一类是兼性厌氧菌，利用单糖为碳源，产生乳酸。第二类是专性厌氧菌，利用乳酸为碳源，产生挥发性脂肪酸，主要是丙酸。对盲肠中这种碳链、氧浓度和 pH 值的详细观察，揭示了细菌相互依赖的关系。

简单地说，兼性厌氧菌通过减少氧浓度、稳定 pH 值和提供需要的乳酸创造一个使专性厌氧菌大量繁殖的微环境。这些菌系在数量或活性上的任何不平衡将导致效率的损失，因为功能菌种将缺乏这种控制复合培养所强调的存活条件或物质。令人兴奋的现象是细菌能在盲肠中释放丙酸，这是不能通过口服饲喂丙酸获得的。口服挥发性脂肪酸不能到达盲肠的性质可利用放射性标记酸予以证明。

最初确定的培养物包含 6 种微生物，并需乳糖作为初始的碳源。有趣的是脱脂奶粉过去常常是肉鸡日粮的正常成分，并且可能无意识地已经作为初生雏鸡的保护措施。对乳糖的依赖性是一个必须克服的实际缺陷。在认识到 pH 值、氧化和代谢物水平的一致性为盲肠中细菌选择的主要前提后，人们使用叫做“恒化器”的设备来模拟盲肠中的生化环境。恒化器是一个能保持其中底物和其它条件处于恒定状态的容器装置，这与平板培养或单一肉汤培养等静态培养法不同。经过一个稳定期，细菌群体在体外培养变得相当恒定。不过，菌种培养和恒化器培养还是需要乳糖，这一缺点仍然存在。

下一个步骤是将体外培养菌复归到家禽盲肠，并利用前面模拟自然盲肠所建立的参数开始新的恒化器培养。据发现该培养物包含 29 种细菌，即为众所周知的 CF3 制剂。它不仅不需要持续提供乳糖，而且对减少沙门氏菌繁殖是有效的（见表 23）。

表 23 使用 GF3 预防鸡沙门氏菌繁殖的两年试验结果总结

组别	沙门氏菌数/每克盲肠内容物
对照组	468000 菌/克
试验组	9 菌/克

表中数据为 17 次试验的平均值。

再来说这种培养物的恒定特征的重要性，一个持续的质量控制检查证实该培养物仍具有像初始培养时一样的活性，这与丙酸的产生有关。

图 1 不仅证实原来的选择标准仍然有效，而且具有实用性，即盲肠中的丙酸浓度是抵抗沙门氏菌能力的有效预测指标 (相关系数=0.85)。

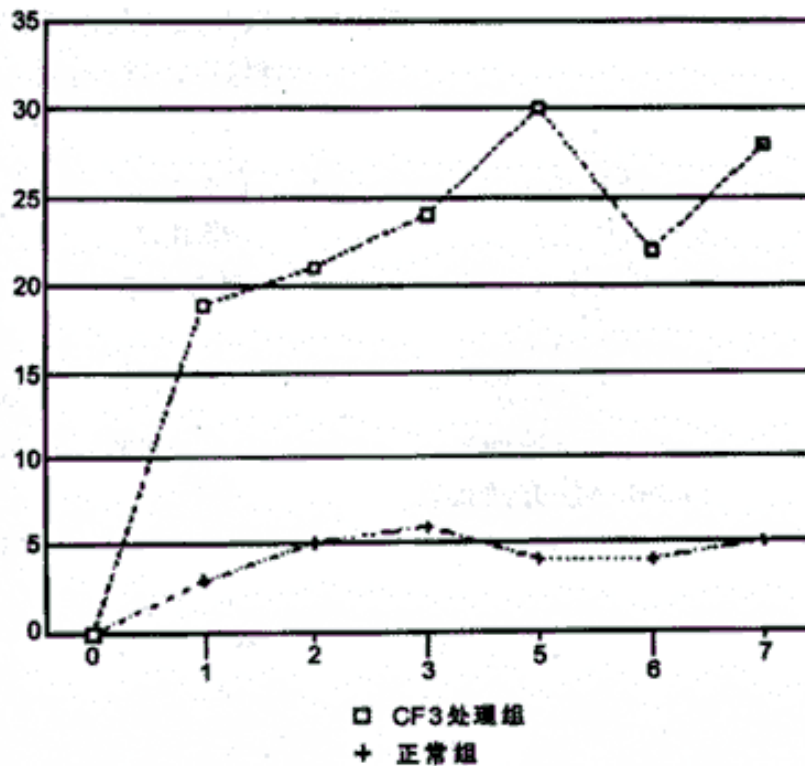


图 1 正常鸡和 CF3 处理鸡的丙酸含量(微摩尔/每克盲肠内容物)随时间的变化曲线

CF3 的作用方式仍在继续观测中，有现象表明，CF3 在盲肠中繁殖具有多方面的作用：首先，用电子显微镜观察已经证实 CE 培养菌能对鸡形成一个保护屏障，而未经处理的鸡是不明显的。第二，盲肠中细菌数量相当高(约是正常情况的 100 倍之多)，并且伴随有丙酸含量增加，这可在盲肠中起到抑制病原菌繁殖或杀菌作用。第三，这些竞争性强的菌群在基本繁殖期间与其杂菌竞争营养物质，而在此阶段有可能使沙门氏菌持久地寄留于盲肠上皮。

进一步正在研究的工作是探讨商业保护中 CF3 的应用时间、使用方法以及所需剂量等，这是一项令人振奋的技术。就目前看，减少使用抗菌素(消费地这方面的要求越来越强烈)而不降低生产性能的前景是现实可行的。不过，我们应该认识到，治疗疾病不是唯一的办法，特别是寄生虫病，而对食物链中其它环节如原料加工、饲料加工、农牧场的生物学控制及加工厂卫生等的安全防范必须加以强调。

## 结论

本文探讨了从原料研究至饲料配合、消化效率以及保持肠道正常菌群等几个方面的问题。所有这些内容实际上都是集中于提高饲料效率与可预测的生产性能这一共同主题上。

概括地说，鱼粉的营养作用是可以确定的，但它不一定是家禽日粮的必需成分。在当今饲料中，鱼粉的作用可以根据氨基酸消化率和微量营养素含量来确定。这些新的参数一旦确定，利用本文介绍的可消化氨基酸配料技术，就可用于饲料配合，这可望使每吨饲料成本节约 15-30 元人民币。

作为相关的内容，使用酶(特别是消化非淀粉多聚糖)和发酵制品(如用曲霉菌增加细菌活性)也能经济有效地提高饲料消化率。新近的研究已经显示了细菌的重要性，正常菌群对健康和抗病方面具有重要作用。

(杨秀文 翻译)

## 美国大豆协会

美国大豆协会，总部设在美国的密苏里州圣路易斯市，于 1920 年在印第安纳州召开的第一届“农业州大豆会议”上成立。作为一个非盈利性组织，大豆协会代表其主要会员：农业公司及个体农民，进行广泛的促销、研究和教育活动，以求达到其宗旨：推动美国大豆业的发展。它的主要活动包括：

--在全球范围内推广使用大豆及大豆制品；

--代表国内外大豆种植业主的利益，积极同美国政府和其他国家就大豆业的发展进行沟通；

--赞助科研活动，开发大豆和大豆制品的新用途，培育新品种。

迄今为止，美国大豆协会已有 32,000 名会员，遍及美国的 29 个州，并在海外设有 14 个办事处，其中包括在中国北京和上海的两个办事处。

自 1982 年在北京成立办事处以来，美国大豆协会一直同中国农业界密切合作，致力于提高家畜饲养的效率和生产能力。在过去的 15 年中，美国大豆协会驻中国办事处举办了数以百计的技术研讨会和饲养试验，出版了数百种技术资料，并为中国数万农民提供了直接帮助。

美国大豆协会举办的专题研讨会包括饲养猪、家禽、鱼以及饲料的生产和科学使用等问题，还专门为中国饲料加工厂举办了关于质量控制、工厂管理和营养学的研讨会。它还与遍布全国的农场及饲料公司合作，进行饲养试验，帮助解决牲畜营养学、生产手段和动物健康等方面的问题。

在技术交流方面，美国大豆协会也作出了突出的贡献。它平均每年赞助 4 个访问团赴美参观访问。这些访问使中国农业界人士与美国同行有机会就各方面信息及技术知识进行交流、探讨，使他们在活动中受益非浅。

大豆协会平均每年编纂或翻译 21 份技术刊物，并免费发放；制作大量针对中国畜牧业的录像带，以帮助那些需要技术支持的公司与个体农民。

为提高生产能力和效率，美国大豆协会对 3,000 个农场和饲料加工厂以及 1,000 多个水产养殖场提供免费咨询服务，由美国大豆协会的技术主管及卓越的外国科学家、研究员负责实施。除指导饲养试验外，该服务还包括对畜棚设计、畜牧生产手段、饲料厂经营、营养学和牲畜健康提出建议。

美国大豆协会用以推广美国大豆及其制品所举办的各种活动，其资金来自于美国大豆基金会和各州大豆委员会会员的部分收入，以及美国政府农业处提供的资金支持。