

测定豆粕的价值

作者：Robert A. Swick 博士 美国大豆协会新加坡办事处

前言

豆粕的粗蛋白含量在很大程度上决定了其用于动物饲料时的价值。所有的购买合同中都会标明蛋白质含量(通常在 40%和 50%之间)。很重要但却较少得到考虑的是水分、粗纤维、灰分、硅化物、粗脂肪、胰蛋白酶抑制因子等的含量以及氨基酸消化率和霉菌毒素污染程度。对于一批豆粕，通常在装运港口和到货时都进行取样分析。装运地和到达地的取样方法常常不同。不同实验室对豆粕的分析结果可能也常常不同，即使用相同的公开的方法。到达地测得的豆粕质量低于装运时报告的质量，就会出现争执。尽管对动物生长率和饲料利用率的测定可充分显示豆粕的质量，但这样的测定费钱费时。快速生物测定法也许有利于预测豆粕的总体质量。生长试验可直接测定可消化养分的水平、胰蛋白酶抑制因子的残留水平以及霉菌毒素等抗营养因子的水平。本文的目的是对用以测定豆粕质量的一些实验室方法进行讨论，还对 8 年期间豆粕饲喂研究的结果进行讨论。同时还对一种测定豆粕质量的快速生物技术进行讨论。

常规分析

常规分析是历史悠久的标准分析法，它采用简单的化学技术来区分养分和非养分。常规分析的成分为干物质、粗蛋白、乙醚提取物、灰分、粗纤维以及无氮浸出物。

干物质的准确测定，是极为重要的。不同豆粕样品的水分含量会随时间的推移而变化，无论这些样品是否储存在塑料袋中。从购买的观点来看，购买者应该关注所购养分(比如蛋白质)的总量，而将水分排除在外。饲料厂在称量原料之前也应该测定干物质含量。对养分含量应该作出相应调整。

粗蛋白的定义是：饲料样品中的氮含量乘以系数 6.25。大多数蛋白质一般都含 16%的氮，该系数即由此推导而来。因此，将饲料中氮的百分含量乘以 100/16，或者说乘以 6.25，就可算出粗蛋白含量。尽管已经证明，对某些饲料来说，这一转换系数不同于 6.25，但实际上这些饲料最终都混合在一起因而可以适用 6.25 的蛋白质系数，所以这一系数能够适用于动物饲料的所有原料。粗蛋白测定的难点在于，原料中并非所有的氮都来自蛋白质或氨基酸。有时候，有大量天然的非蛋白氮化合物，比如核酸，最终被计算成为粗蛋白。少量掺杂物，比如尿素，也会增加一批原料的氮含量，从而增加其“粗蛋白”的含量。因而，“粗蛋白”分析并不能反映氨基酸的含量或者真蛋白质的质或量。因此，“粗蛋白”一词绝对是适当的，我们应该牢记其来源和含义。如前所述，将氮含量转换为蛋白质含量的系数 6.25 已被国际饲料业接受，这一系数也适用于豆粕。

Swick (2002) 研究了不同实验室之间在测定豆粕蛋白质含量上的差异。从亚洲某地方饲料厂取得了一批豆粕，将其磨成细小颗粒，充分混合后置于样品容器内，并在一段时间内送往各个饲料分析实验室。图 1 中 X 轴表明了每个实验室的地点。每次分析的结果以数据点标明在每个实验室的上方。从这些结果明显可见，在参与这些测试的实验室中，有一半以上需要加以改进；还可见到，粗蛋白的测定值有很大的变异。

粗纤维也是所有的豆粕商业购销合同中需要标明的。粗纤维是否低于 3.5%，决定了该豆粕是否去皮豆粕。经有效去皮的豆粕，粗纤维含量可抵达 2%，而非去皮豆粕的粗纤维含量可高达 7%。

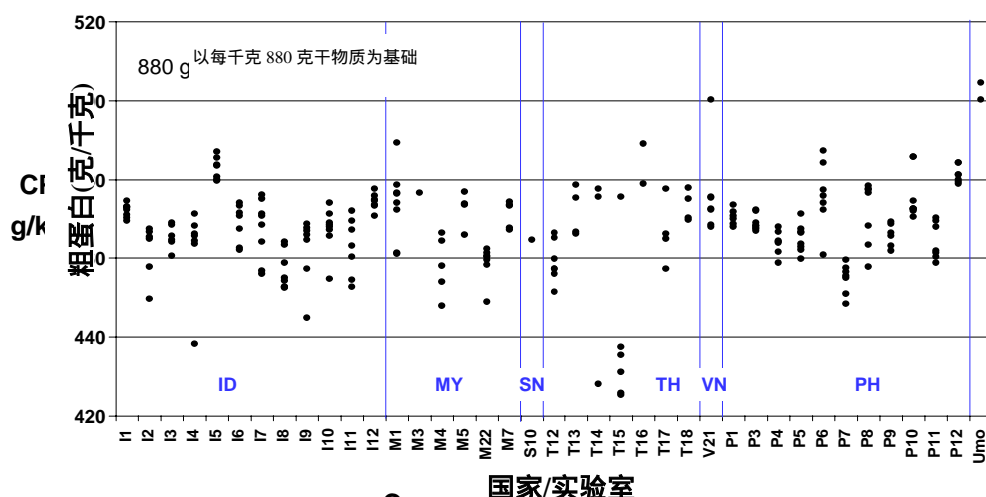


图 1 同一批豆粕样品在多个不同实验室进行多次粗蛋白测定的结果

粗脂肪(或称为“乙醚提取物”)含量是用石油醚对样品进行提取而测得的。豆粕的粗脂肪含量一般为 0.5%至 1.5%之间。豆粕购销合同中应分别列出粗脂肪和粗蛋白的含量。尽管脂肪和蛋白质在饲料配方中都有价值,但两者是不可互换的。如果根据“蛋白-脂肪”含量进行豆粕交易,那么供应商会有较大的回旋余地而对购买者极为不利。除非明确了解蛋白质含量和脂肪含量,否则营养师就无法对饲料配方进行平衡。

灰分,或者说总矿物质,是用马弗炉以 600 的温度将样品中的有机物烧尽而测得的。硅化合物(酸不溶灰分)并非非常规分析的成分,但通常会列入豆粕购销合同中。硅石是将灰分样品置于盐酸之中以去除可溶性矿物质(比如钙盐、钾盐和钠盐)而测得。灰分经酸溶解后的残渣主要由硅化物构成。通常来说,豆粕含 5.5%~7%的总灰分,含 1%~2%硅化物。具体含量取决于豆皮的含量和土壤污染的程度。

从 100 中减去所有的其它常规分析成分后,余下的就是无氮浸出物(NFE)。因此,无氮浸出物是 $100 - \% \text{水分} - \% \text{粗蛋白} - \% \text{乙醚提取物} - \% \text{灰分}$ 。无氮浸出物的含量主要代表了淀粉、糖类和容易消化的碳水化合物。在公式中可利用无氮浸出物的值和粗纤维的值来预测豆粕的能量含量。

氨基酸

了解豆粕的氨基酸含量是非常有用的,因为这可使营养师能够按照氨基酸需要量来配合日粮。这比按设定的蛋白质需要量进行饲喂更为有利,因为设定的蛋白质中氨基酸可能过量也可能不足。只有最大型的饲料公司才在自己的化验室中购置得起一台氨基酸分析仪。有幸的是,各个氨基酸添加剂供应商和各所大学都已测定了大量饲料原料的氨基酸含量,并且已将测定结果予以公布。表 1 显示了对不同来源豆粕的测定结果。

优质豆粕和玉米中的氨基酸相对于菜籽粕、米糠、羽毛粉和肉粉中的氨基酸来说,具有很高的消化率。以可消化氨基酸为基础来进行饲料配合,就允许最低成本计算机程序给出每种原料真实的含量。日粮若按可消化氨基酸数据进行配合,就具有良好的性能,并且养分浪费极少。遗憾的是,可消化氨基酸的测定要用活鸡,并且既费钱又费时。

能 量

猪、禽日粮中大约 25%的代谢能来自豆粕。对代谢能进行直接测定,既费钱又费时,

而且还需要使用活的动物。必须测定豆粕的总能以及一定量豆粕通过动物后排泄物中的总能。由于财力和时间的关系，大多数饲料公司都不进行这一测定。

表 1 各地豆粕的养分含量分析值(1997 ~ 2003)

	美国 (去皮)	阿根廷 (去皮)	巴西 (去皮)	阿根廷	巴西	印度	中国
样品数量	1247	3	17	72	459	80	29
水分	12	12	12	12	12	12	12
粗蛋白	47.8	47.2	48.8	44.7	46.7	46.6	44.2
粗纤维	3.1	3.1	3.3	6.1	5.9	6.2	ND
粗脂肪	1.5	2.3	1.8	1.7	1.6	1.1	ND
灰分	6.4	6.6	6.2	ND	ND	7.7	ND
蛋白质氢氧化钾溶解度	86	75	80	78	81	80	ND
尿素酶	0.02	0.00	0.03	0.02	ND	0.03	ND
赖氨酸	2.99	2.86	2.91	2.73	2.83	2.80	2.68
蛋氨酸	0.68	0.64	0.63	0.59	0.60	0.61	0.59
胱氨酸	0.73	0.73	0.67	0.63	0.70	0.64	0.65
蛋氨酸+胱氨酸	1.41	1.38	1.30	1.22	1.30	1.25	1.24
苏氨酸	1.85	1.79	1.86	1.76	1.79	1.80	1.71
色氨酸	0.65	0.63	0.68	0.61	0.61	0.62	0.57
精氨酸	3.43	3.44	3.47	3.28	3.47	3.36	3.38
异亮氨酸	2.10	2.11	2.08	2.00	2.14	2.07	1.99
亮氨酸	3.57	3.64	3.64	3.44	3.57	3.54	3.35
缬氨酸	2.26	2.30	2.21	2.12	2.22	2.18	2.09
组氨酸	1.22	1.25	1.30	1.23	1.24	1.26	1.17
苯丙氨酸	2.33	2.41	2.41	2.28	2.42	2.35	2.21
酪氨酸	0.40	1.62	1.57	1.47	1.72	0.65	ND
甘氨酸	1.99	1.92	1.97	1.91	2.00	1.95	1.89
丝氨酸	2.32	2.13	2.33	2.25	2.36	2.33	2.20
脯氨酸	2.34	2.30	2.36	2.26	2.34	2.30	2.21
丙氨酸	2.02	2.01	2.05	1.94	2.03	1.99	1.87
天冬氨酸	5.42	5.20	5.46	5.14	5.36	5.35	5.09
谷氨酸	8.58	8.52	8.67	8.01	8.20	8.29	7.81

- 养分的百分含量(克/100 克)以 88%干物质为基础进行了校正;

- 表内的数值为平均值(按测定次数进行加权), 根据 Degussa AG 公司(1997 ~ 2001)、美国大豆基金会(1998 ~ 2000)、Novus 国际公司(1998 ~ 2003)、美国大豆协会(1999 ~ 2003 在密苏里大学进行的测试)。

Janssen(1989)推导出了利用近似分析值的预测公式, 可以合理地估测出豆粕对于家禽的代谢能值。该公式是:

$$\text{氮校正代谢能} = 38.79 \times \text{粗蛋白} + 87.24 \times \text{乙醚提取物} + 18.22 \times \text{无氮浸出物}$$

根据该公式的计算, 含 48%粗蛋白、0.5%脂肪、3.5%粗纤维、5%灰分以及 12%水分的去皮豆粕, 具有代谢能 2490 千卡/千克; 含 44%粗蛋白、0.5% 脂肪、7.0%粗纤维以及

12% 水分的非去皮豆粕，具有代谢能 2340 千卡/千克。这些数值和变化范围与文献发表的结果是一致的。因此，这一公式也被推荐给饲料厂作常规应用，以代替书本上的数值。

Dale(2003)最近推导了另一个公式：

$$\text{氮校正真代谢能} = 3247 - (90 \times \text{纤维}) \times [(100 - \text{水分})/100]$$

最近，Jiang 收集了来自美国、阿根廷、巴西、印度和泰国的一系列 28 个豆粕样品，测定了其表观代谢能。这些豆粕样品的表观代谢能值有很大差别(表 2，图 2)。未发现代谢能和粗蛋白或乙醚提取物之间有什么明显的关系，但发现具有粗纤维较高则代谢能就较低的趋势(表 2，图 3)。

表 2 收集自泰国的豆粕值样品中的氮校正表观代谢能值

	全部样品, n = 28			
	最低	最高	平均	变异系数(%)
表观代谢能(千卡/千克)	2299	3177	2627	8.69
氮校正表观代谢能(千卡/千克)	2006	2879	2343	9.53
低粗纤维(粗纤维 ≤ 4.0%), n = 15				
表观代谢能(千卡/千克)	2299	3177	2645	8.71
氮校正表观代谢能(千卡/千克)	2006	2879	2362	9.39
高粗纤维(粗纤维 > 4.0%), n = 13				
表观代谢能(千卡/千克)	2348	2696	2518	4.81
氮校正表观代谢能(千卡/千克)	2041	2459	2229	6.06

摘自: Ji ang(2003)

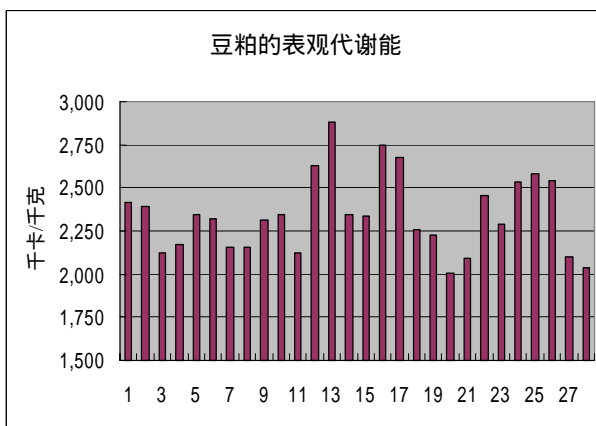


图 2. 豆粕的表观代谢能(n=28)

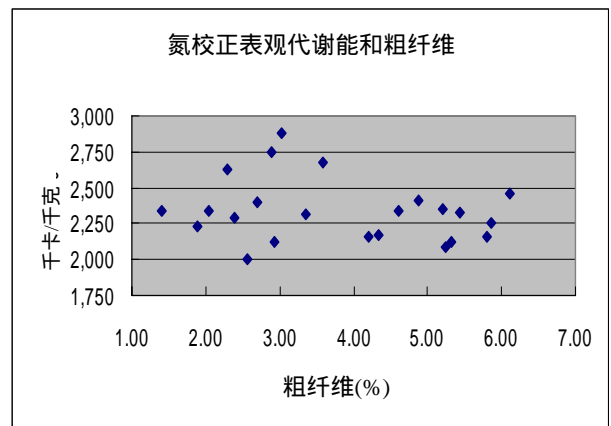


图 3. 豆粕中代谢能和粗纤维含量的关系

系

加工程度的测定

经过以溶剂提取豆油后，豆粕必须接受精确的焙烤加工。加热的程度必须导致其中热敏感的抗营养因子被破坏同时又要防止加热过度而损失掉可消化蛋白质。加热不足的豆粕含有较高水平的胰蛋白酶抑制因子，这一因子可与胰腺分泌的消化酶相结合而使其灭活，从而降低猪、禽的消化能力。

可以采用若干种实验室方法来测定豆粕的加工程度。据认为，用具有活性的胰蛋白酶

来直接测定胰蛋白酶抑制因子是最好的方法之一，尽管其比较费时。图 4 显示了美国或巴西的大豆在英国或巴西的榨油厂中加工后其中的胰蛋白酶抑制因子水平和氨基酸消化率 (Clarke 和 Wiseman,2001)。这些数据表明，使胰蛋白酶抑制因子的活性保持在每克 2.0 毫克至每克 2.8 毫克之间的范围内，可获得最高的氨基酸消化率。

胰蛋白酶抑制因子 全部低于可接受的最高水平：4.0毫克/克

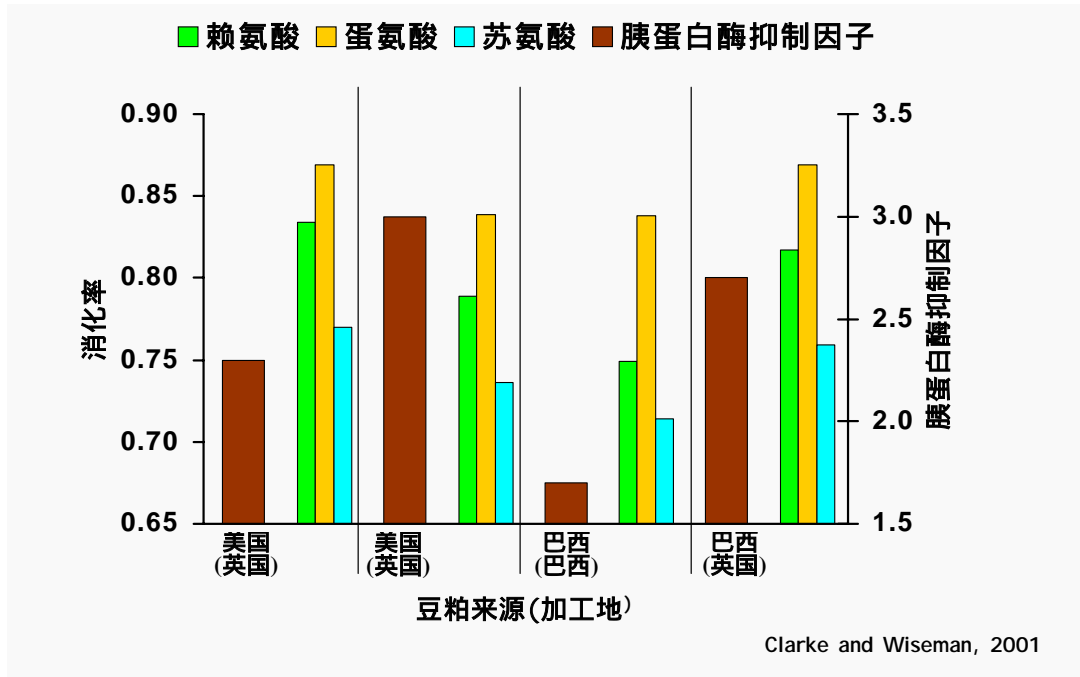


图 4 商业加工豆粕中胰蛋白酶抑制因子的水平和氨基酸的消化率

豆粕略微加热过渡或中等程度加热过度，看来也可因 Amadori 和/或美拉德 (Maillard) 反应而导致所含赖氨酸的生物利用率降低。这在实验室中常常检测不到。加热过度时与赖氨酸起反应并与赖氨酸结合的糖类和醛类，会在氨基酸测定时酸水解阶段被除去。

还可利用尿素酶试验间接测定胰蛋白酶抑制因子，因为胰蛋白酶抑制因子和尿素酶都可因受热而变性和灭活。尿素酶对尿素发生作用时可释放出碱性的氨。按美国油脂化学家协会(AOCS)的方法，是测定样品反应终点时 pH 值升高的程度；按欧盟的方法，终点反映了为保持恒定静止 pH 值所需的酸量。

尽管尿素酶试验是常规试验，并且包括在购销合同的条款之中，但其结果并不完全与动物的性能相关。尿素酶试验只是能够充分反映出加热严重不足的豆粕。具有尿素酶活性的豆粕仍然可能具有相当可接受的营养价值。澳大利亚一家饲料公司的化验室最近用 AOCS 的方法测定了 72 份优质豆粕样品的平均尿素酶活性值。测得的 pH 单位平均升高值为 0.24，变异范围为 0.05 ~ 0.37。所有样品都表现了尿素酶活性，一半以上的测试中 pH 单位升高值略大于 0.30。

通过测定蛋白质在 0.2% 氢氧化钾溶液中的溶解度可测出豆粕是否加热过度。人们对于这一方法有着巨大的兴趣，因为其结果与猪、鸡的生长率相关(Parsons 等,1991;Lee 和 Garlich,1992)。结果表明，蛋白质氢氧化钾溶解度低于 72%时动物的性能就有下降。Lee 和 Garlich(1992)检查了在商业加工厂中经过不同时间加热的豆粕，这些豆粕在脱溶剂焙烤机中的滞留时间延长最多者延长了 50%。样品中的蛋白质氢氧化钾溶解度和尿素酶活性范

围分别为 81% ~ 92%和 0 ~ 0.05 的 pH 单位升高。受测定的 6 个样品之间 ,体增重相差 10%。在这项研究中,以蛋白质氢氧化钾溶解度最高和尿素酶活性最高的豆粕组中动物性能和赖氨酸消化率最好。性能最低者见于蛋白质氢氧化钾溶解度最低和尿素酶活性为零的豆粕组。

还可用蛋白质分散指数(PDI)来预测动物的性能。PDI 试验多年来就已应用于食品工业。最近的研究表明,雏鸡饲喂蛋白质氢氧化钾溶解度高于 90%的豆粕样品,生长性能表现不一。用 PDI 法来预测豆粕质量时,动物的生长性能表现无论与尿素酶试验法相比还是与蛋白质氢氧化钾溶解度方法相比,都更为稳定一致(Batal 等,2000;Engram 等,1999)。

利用动物试验测定豆粕质量

Swick(2003)最近总结了亚洲、南美和欧洲在八年期间进行的一系列 27 个动物试验,这些试验总共使用了 234,000 只肉鸡、蛋鸡和猪。该总结评述了并比较了不同来源豆粕的经济价值。试验研究了来自美国、阿根廷、巴西、印度、中国、泰国和马来西亚的不同批次的豆粕的饲喂效果。所有的豆粕样品都来自商业贸易,试验所用的动物都来自当地并饲养在当地的条件之下。所有试验中在采用相同的典型常用饲料原料价格的条件下,美国去皮豆粕的价值比印度、巴西、阿根廷和中国非去皮豆粕每吨高 33.60 美元。美国去皮豆粕的价值比产自阿根廷、巴西、巴拉圭和中国的类似的去皮豆粕每吨高 8.74 美元。产自美国和马来西亚特殊豆粕加工厂的高效豆粕,每吨价值比购买的美国去皮豆粕高 6.76 美元。

研究结果的详情 :图 5 显示了 27 个饲喂试验的结果。图中的柱形代表了所有试验中按每吨的美元价值将美国去皮豆粕同其它来源的豆粕相比(按上述原料价格)的平均优势或劣势。

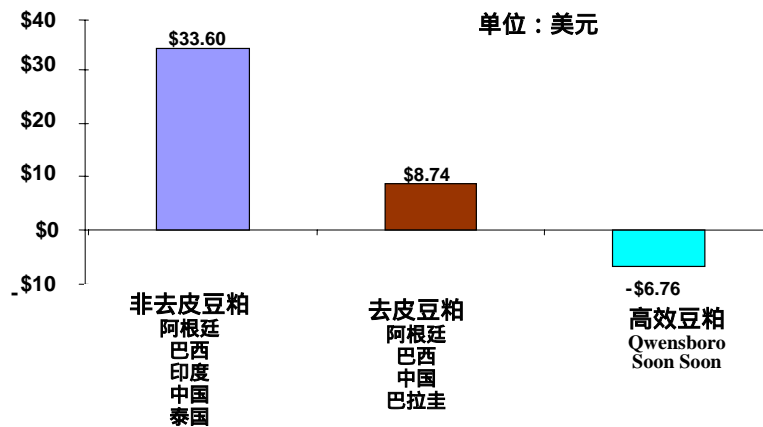


图 5 美国去皮豆粕在 27 个试验中的平均优势

该图显示,非去皮豆粕的质量与美国去皮豆粕相比有很大差异。一般来说,这些结果表明了美国去皮豆粕,相对于非去皮豆粕以及获自巴西、阿根廷、巴拉圭、印度和中国的去皮豆粕,具有一定的经济优势。美国和马来西亚质量优化加工厂中生产的新一代“高效”豆粕相对于美国的“商品级”去皮豆粕又具有一定的优势。

所有的豆粕样品(除了高效豆粕以外)都获自商业贸易或者商业饲料公司使用中的存货。日粮配合符合当地制定的营养标准。有些试验中的日粮含有少量其它蛋白源,比如鱼粉、玉米蛋白粉、菜籽粕、Canola 菜籽粕(一种低毒菜籽粕)、D,L-蛋氨酸、Alimet(蛋氨酸羟基类似物)、盐酸 L-赖氨酸以及/或者 L-苏氨酸,以便符合当地的做法。在有些试验中,受检测的豆粕被认为是完全相同的,并且每一饲喂阶段的日粮配方也是完全相同的。在另

一些试验中，采用自己实验室分析所得的数据作为所用豆粕的养分含量值，并且就按这些数值进行日粮配合。在这些研究中，非去皮豆粕的能量含量通常被认为比去皮豆粕低 100 ~ 200 千卡/千克。因而，在非去皮豆粕日粮中增加了豆粕比例并添加了氨基酸和油脂。

表3 豆粕饲喂试验中所用的饲料原料

原料名	价格(美元/吨)	原料名	价格(美元/吨)
豆粕	240	盐酸L-赖氨酸	2857
膨化全脂大豆	260	苏氨酸	4500
玉米	140	石灰石	75
小麦	145	磷酸氢钙	260
木薯	80	MDCP	300
菜籽粕	156	食盐	75
玉米蛋白饲料	146	维生素预混料	1500
面包房下脚	158	矿物质预混料	300
鱼粉	550	胆碱	844
肉粉	300	药物	1500
玉米蛋白粉	350	碳酸氢钠	200
油脂	400	防霉剂	2000
米糠	136	蛋氨酸羟基类似物	3080
小麦细麸	136	乳清粉	800
DL-蛋氨酸	3500	糖蜜	125
		酶	2500

在所有的研究中，都按原料价格和每种原料的配比计算每种饲料配方的总成本(开食料，生长料，肥育料等)。所耗饲料的成本则通过将饲料价格与每种日粮(开食料，生长料，肥育料等)的采食量相乘而算得。然后将所得结果除以平均体重或者体增重，从而算得每千克体重的饲料成本。然后，将其它豆粕的价格进行向上或向下的校正，直到每千克体重的价格与饲喂美国去皮豆粕的动物完全一致时为止。在美国去皮豆粕的价格设定为每吨 240 美元的情况下，计算出需要得到相同动物性能的其他豆粕的价格(按每千克体重的美元数表示)，并按此绘制出相关的图。

对这些研究所作的分析清楚地表明了优质去皮豆粕相对于其它来源的豆粕(既包括非去皮豆粕，也包括去皮豆粕)所具有的经济优势。正如所料，商业购买的豆粕样品之间也存在差异。结果表明，持续应用美国去皮豆粕，即使其价格高于其它来源的其他种类的豆粕，也具有经济优势。

用生物试验测定豆粕的质量

最近的一项研究中，用雄性肉雏鸡进行短周期饲喂试验对不同豆粕的质量进行了比较，采用半纯合日粮(Mateo 和 Swick,2003)。对 1 日龄的羽毛性别鉴定雄性雏鸡在其 1 周龄以内喂以一种普通的开食日粮。然后，将一种含蛋白质 14%和代谢能 3200 千卡/千克的半纯合

日粮对其饲喂 10 天。日粮中含葡萄糖、玉米淀粉、豆油、矿物质、维生素，以每种试验各自所用的豆粕作为唯一的蛋白质源。每一种豆粕处理组的日粮都添加或不添加 0.2% 的 D,L-蛋氨酸。初步的试验比较了美国去皮豆粕、阿根廷去皮豆粕以及产于马来西亚的高效豆粕。

表 4 所示的结果表明，可以通过为期 17 天的生物试验方法来区别各种不同豆粕样品的质量。在所有接受检测的豆粕中，马来西亚(Soon Soon 集团)生产的特殊加工的优质豆粕（用美国 1 号大豆生产）产生了最好的体增重、饲料转化率和蛋白质效率比。美国商品豆粕在添加了蛋氨酸的情况下具有优于阿根廷去皮豆粕的趋势，而无论是否添加蛋氨酸都显著优于巴西去皮豆粕。数据表明，美国豆粕中可消化蛋氨酸和胱氨酸的含量低于阿根廷豆粕，而可消化赖氨酸含高于阿根廷豆粕。还不知道这由于加工的原因还是大豆的遗传原因。由于日粮的能量很高(3200 千卡/千克)，所以所得的结果也许只能用以辨别不同豆粕之间氨基酸的区别而非能量含量的区别。

表 4 以化学方法和生物试验方法对豆粕的分析结果

	美国豆粕	阿根廷豆粕	巴西豆粕	马来西亚豆粕
粗蛋白	48.6	47.8	50.9	49.5
粗纤维	3.01	3.69	2.59	3.54
粗脂肪	0.77	0.77	1.30	1.15
实验室 1. 蛋白质氢氧化钾溶解度(%)	79	78	67	83
实验室 1. 尿素酶(pH 变化)	0.02	0.02	0.03	0.03
实验室 2. 蛋白质氢氧化钾溶解度(%)	92	84	87	93
实验室 2. 尿素酶(pH 变化)	0.09	0.09	0.09	0.09
不添加 D, L-蛋氨酸				
7~17 日龄体增重(克)	95	98	80	107
7~17 日龄饲料转化率	3.939	3.754	4.631	3.331
7~17 日龄蛋白质效率比*	1.779	1.842	1.591	2.491
添加 0.2%D, L-蛋氨酸				
7~17 日龄体增重(克)	159	151	146	171
7~17 日龄饲料转化率	2.678	2.872	3.040	2.492
7~17 日龄蛋白质效率比*	2.894	2.875	2.077	2.794
平均				
7~17 日龄体增重(克)	127 ^{ab}	125 ^{ab}	113 ^b	139 ^a
7~17 日龄饲料转化率	3.308 ^{cb}	3.313 ^b	3.836 ^a	2.912 ^c
7~17 日龄蛋白质效率比*	2.337 ^b	2.359 ^b	1.834 ^c	2.642 ^a

* 蛋白质摄入量除以体增重(克/克)

摘自：Mateo 和 Swick(2003)

尿素酶和蛋白质氢氧化钾溶解度的分析结果有所不同，原因是这些测定是由不同的实验室完成的。这些实验室差异清楚地表明了这些方法的灵敏度不够，不足以用来可靠地预测豆粕的饲喂价值。应该进行进一步的工作，研究出一种精确而快速的生物试验方法

来预测豆粕的质量。试验应力求区分出豆粕质量的差异来自于能量还是氨基酸。

结 语

豆粕是按其重量以及其中的水分、蛋白质和脂肪的含量进行贸易的。然而，动物的生长性能与豆粕中的可利用能量和氨基酸的联系更为密切。饲料厂的采购人员常常只是计算一种豆粕中单位百分含量蛋白质的价格来确定该豆粕的价值。许多饲料厂的化验室不能准确地分析豆粕的蛋白质含量。尽管依赖粗蛋白含量的做法有一定的用处，但在比较不同纤维含量和灰分含量的豆粕时或比较来自不同产地或不同加工厂的豆粕时，不是完全有效。饲料厂增加豆粕在家禽饲料中百分比的一个主要机会，在于其必须明确豆粕中可利用养分的含量，尤其要明确其中赖氨酸和代谢能的含量。采用以近似分析值为基础的公式来预测豆粕的代谢能含量可导致性能和利润的增加。一种利用1周龄的雏鸡来比较不同豆粕样品的方法，对于确定豆粕的饲喂质量来说也许是非常有用的。广泛采用这些简单的分析方法，就能增加豆粕在饲料中的用量和效力，因而会给饲料公司和养鸡场带来更大的利润。

参考文献

- Association of Official Analytical Chemists. 1990.** Official Methods of Analysis. 15th Edition AOAC, Inc., Arlington, Virginia, U.S.A.
- Batal, A.B., M.W. Douglas, A.E. Engram and C.M. Parsons. 2000.** Protein dispersibility index as an indicator of adequately processed soybean meal. *Poultry Science*, 79:1592-1596.
- Dale, N. and H. L. Fuller. 1987.** Energy values of alternative feed ingredients (Project 139). Special report to Southeastern Poultry and Egg Association. Athens Georgia, U.S.A.
- Dale, 2003.** Metabolizable energy of soybean meal. *Poultry Sci. Abstr.* 82:Suppl 1. pp 38.
- Engram, Douglas, Shirley and C. M. Parsons. 1999.** Unpublished. In Methods for determining quality of soybean meal important. Ed: W. A. Dudley-Cash in: *Feedstuffs*, Jan 4, 1999 pp 10-11.
- Jiang, Z. 2003.** Know ME, it pays. Proceedings of the 11th annual ASA Southeast Asian Feed Technology and Nutrition Workshop. Hanoi, Vietnam.
- Janssen, W.M.M.A. 1989.** European Table of Energy Values for Poultry Feedstuffs. 3rd ed. Beekbergen, Netherlands: Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services.
- Lee, H. and J. D. Garlich. 1992.** Effect of overcooked soybean meal on chicken performance and amino acid availability. *Poultry Sci.* 71:499-508.
- Mateo, C. D. and R.A. Swick, 2003.** Evaluation of Soybean Meal Sources Using a 10-Day Bioassay. Unpublished.
- Clark E. and J. Wiseman. 2001.** Protein quality following processing of fullfat soybean meal for pigs and poultry. Unpublished.
- Parsons, C. M., K. Hashimoto, K. J. Wedekind and D. H. Baker. 1991.** Soybean protein solubility in potassium hydroxide: An invitro test of in vivo protein quality. *J. Anim. Sci.* 69:2918-2924.
- Swick, R.A., 2003.** Soybean Meal Source Comparisons: A compilation. Proceedings of the 11th annual ASA Southeast Asian Feed Technology and Nutrition Workshop. Hanoi, Vietnam.