

去皮豆粕及其在饲料配方中的价值¹

DEHULLED SOYBEAN MEAL AND ITS VALUE IN FEED FORMULATION

熊易强 博士，美国大豆协会

去皮豆粕是国内市场上新近出现的一种饲料原料，估计其在饲料工业中的使用量将逐年上升。本文从大豆加工工艺开始，对去皮豆粕的生产、质量标准、营养价值及其在饲料配方中的应用加以讨论。

去皮豆粕的由来

大豆（制油）加工工艺经历了由机械压轧到浸出法制油、由带皮浸出到去皮浸出的过程。在美国，50年代开始出现浸出制油工艺，最初是带皮浸出，随后转向去皮浸出。目前，在美国加工的大豆，绝大部分采用的是先去皮、后浸出的工艺，机轧加工大豆估计不超过1%。螺旋轧油机主要用于浸出前初轧花生、棉籽等高含油种籽。我国现有两家大豆加工厂采用了先去皮、后浸出的加工方法，生产去皮豆粕。

先去皮、后浸出，既是制油工艺的需要，也是为了更好地利用豆粕。豆皮主要由种皮组成。种皮含油仅1%，含蛋白8.8%（表1）。加工中分离出的豆皮约占大豆重量的8%，占大豆体积的10%。去皮后浸出，可以使加工厂产量提高10%以上。

表1 大豆及其植物学组分的化学成分（干基）*

组分	占整粒大豆	蛋白	脂肪	灰分	碳水化合物
	%	%	%	%	%
整粒大豆	100.0	40.3	21.0	4.9	33.9
子叶	90.3	42.8	22.8	5.0	29.4
种皮	7.3	8.8	1.0	4.3	85.9
胚轴	2.4	40.8	11.4	4.4	43.4

*引自 D.R. Erickson：“Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization.” 1995. AOCS Press and USB。

¹ 首次发表于1998年6月

豆皮的主要组分是细胞壁或植物纤维，不能或很难被鸡、猪等单胃动物消化吸收；但可通过瘤胃微生物很好地为反刍动物所利用。豆皮的产奶净能介于玉米和麸皮之间，由于其能量来源是易消化纤维而不是淀粉，所以不存在玉米等谷物饲料抑制瘤胃纤维降解的负互作效应（Negative Associate Effect）。用豆皮取代奶牛日粮中的部分精饲料，可以减少因饲喂高精料日粮导致的种种代谢病，提高日粮中粗饲料的纤维降解率。在大豆加工过程中把豆皮与子叶分开，饲喂不同动物，做到了各得其所，各尽其用。

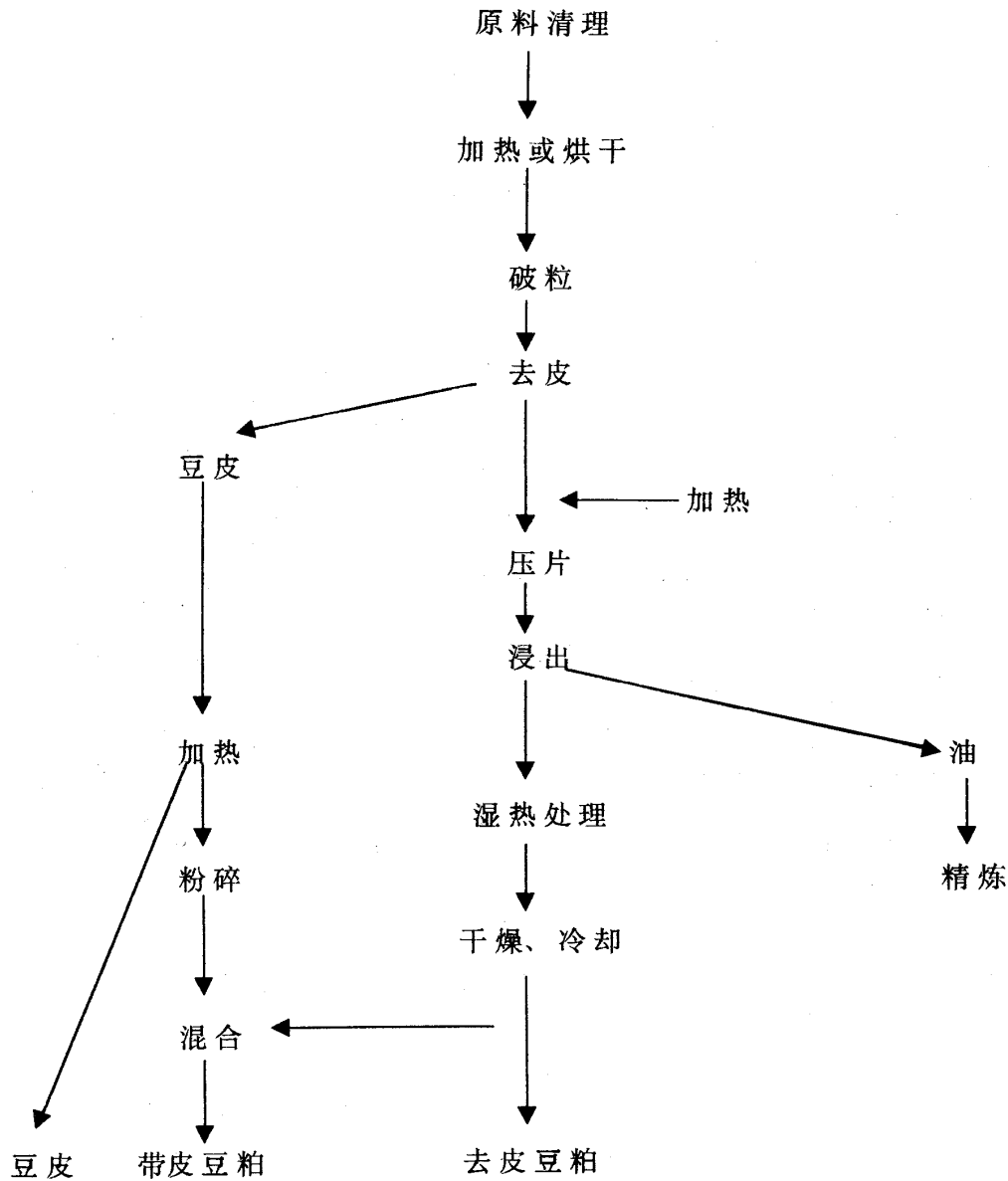


图 1 现代浸出法制油工艺及豆粕处理流程

图 1 所示为去皮浸出法加工大豆的一般工艺流程。清理过的大豆先经初步干燥（降低水分 1—2 个百分单位）或适度加热（20—30 分钟缓慢加热至 60℃，然后迅速加热至 85℃），使豆皮与子叶易于分开，再经破粒、风选，分离豆皮。去了皮的子叶经保温软化、压片后，即进入溶剂浸出过程。浸出豆油后，还需经过进一步加热，以排除残留溶剂并钝化抗胰蛋白酶等影响豆粕利用的有害因子。豆粕加热程度的掌握至关重要。加工供单胃动物用的豆粕，一般用直接蒸汽在设定的温度、水分、时间条件下常压蒸煮，再经干燥冷却。该工艺可有效地破坏抗胰蛋白酶等有害因子，同时最大限度地保持赖氨酸的有效性，比之传统的加热处理方法所生产的豆粕质量高而稳定。用上述工艺生产的去皮豆粕，其尿酶活性（评价加热不足的指标，超过 0.3 表明加热不足）可接近于零，而 KOH 溶解度（评价加热过度的指标，低于 70% 表明加热过度）可高达 85% 以上。

如用户要求含 44% 蛋白的“普通”豆粕，加工厂需将豆皮加热、粉碎后，按比例重新搭配到去皮豆粕中，并混合均匀。因此，对于现代化的去皮浸出工艺来说，带皮的“普通”豆粕并不普通，而是经过再加工的产品。为此，本文中将使用“带皮豆粕”一词来表达不去皮加工的产品或去皮制油后又重新将豆皮粉碎、混入去皮豆粕的产品。

去皮豆粕的质量标准、营养价值及价格

表 2 所列为美国“全国油料籽加工者协会”（National Oilseed Processors Association，简称 NOPA）制订的带皮豆粕与去皮豆粕的质量标准。去皮豆粕的平均蛋白含量为 48%，但由于大豆本身的蛋白含量受品种和环境，特别是气候的影响（例如美国中西部和西北部所产大豆的蛋白含量一般比南部所产大豆低），去皮豆粕的蛋白含量也相应地有所变化 NOPA 规定去皮豆粕的蛋白含量标准由买卖双方商定。这一原则也适用于粗纤维的含量标准。大豆本身的蛋白含量的差异导致的豆粕蛋白含量的差异，有时会使人难以用蛋白含量来绝对地区分去皮豆粕和带皮豆粕。例如，印度带皮豆粕蛋白含量可高达 46% 以上，而产于北方冷凉地区的去皮豆粕的蛋白含量有可能不超过 47%。二者尽管蛋白含量接近，代谢能含量却相差很大，而且由于加工工艺和质量控制水平不同，氨基酸特别是赖氨酸的有效性也会有很大不同。用粗纤维含量的差异来区分两种豆粕，似更为妥当。

表 2 去皮豆粕与带皮豆粕的质量标准 (NOPA)

	去皮豆粕	带皮豆粕
蛋白, %不低于	47.5—49.0*	44.0
脂肪, %不低于	0.5	0.5
粗纤维, %不高于	3.3—3.5*	7.0
水分, %不超过	12.0	12.0

*由买、卖双方在进行交易时决定。

从动物营养角度来看,除蛋白质以外,代谢能、必需氨基酸特别是赖氨酸和蛋氨酸(第一与第二限制氨基酸)的含量是重要的指标。表 3 是美国国家研究委员会(NRC)发表的去皮豆粕与带皮豆粕的主要营养指标以及据此计算出去皮豆粕与带皮豆粕的各项营养成分的比值。值得注意的是,对于家禽来说,去皮豆粕的代谢能比带皮豆粕高出 9.4%;而对于猪来说,则只高出 5.1%。以上资料中并未包括蛋白质、氨基酸的可消化率或可利用率。根据罗纳普朗克动物营养公司(Rhone-Poulenc Animal Nutrition)的资料,去皮豆粕的蛋白质、赖氨酸及其他几种主要氨基酸的真消化率均明显高于带皮豆粕(表 4)。

去皮豆粕与带皮豆粕的价格比,基本上反映二者的蛋白含量比,在美国大致变动在 1.065—1.085 之间。在中国,进口去皮豆粕与市场上带皮豆粕的价格比可达 1.09—1.10。如果把运费考虑在内,由美国进口去皮豆粕与由美国进口带皮豆粕的价格比,比美国国内的价格比本应还低一些。中国市场两种豆粕的比价偏高主要是由于美国进口豆粕与中国自产豆粕或印度、南美进口豆粕的差价所造成的。

按豆皮占原料大豆的 8%、毛油出率占原料大豆的 18%计,去皮豆粕产量相当于带皮豆粕产量的 90.2% ($74/82$),豆皮产量占带皮豆粕产量的 9.8% ($8/82$)。如果去皮豆粕的价格是带皮豆粕价格的 1.08 倍,从去皮豆粕可回收带皮豆粕市场售价的 97.4% ($90.2\% \times 1.08$);如果去皮豆粕的价格是带皮豆粕价格的 1.10 倍,从去皮豆粕可回收带皮豆粕市场售价的 99.2% ($90.2\% \times 1.1$)。由此推算豆皮的最低售价,在上述两个价格比的条件下,分别为带皮豆粕售价的 26.5% ($2.6\%/9.8\%$)与 8.1% ($0.8\%/9.8\%$)。美国市场一般情况下,玉米价格是豆粕价格的 40—50%,豆皮的价格是玉米价格的 65%。据此推算,豆皮的市场价格为豆粕的 26% (0.65×0.4) - 32.5% (0.65×0.5)。考虑到粉碎豆皮与重新掺混的再加工费用,对于采用去皮浸出工艺的大豆加工厂来说,分别出售去皮豆粕和豆皮也是合算的。

如果从单项营养成分蛋白、代谢能、赖氨酸、蛋氨酸来比较（表 3），去皮豆粕与带皮豆粕的价格比达到 1.10 时，购买去皮豆粕似乎未必合算。然而，去皮豆粕在配合饲料中的实际价值，只有在电脑配方中才显示出来。

表 3 去皮豆粕与带皮豆粕的主要营养指标（NRC）

	去皮豆粕	带皮豆粕	去皮 / 带皮
粗蛋白，%	48.0	44.0	1.0909
赖氨酸，%	2.96	2.69	1.1004
蛋氨酸，%	0.67	0.62	1.0806
代谢能，兆卡 / 公斤			
家禽	2.44	2.23	1.0942
猪	3.385	3.22	1.0512

表 4 去皮豆粕与带皮豆粕的蛋白质与氨基酸的真消化率*

	蛋白质	赖氨酸	蛋氨酸	胱氨酸	苏氨酸	色氨酸
	-----消化率，%-----					
去皮豆粕	92	91	92.5	86	88	91
带皮豆粕	88	87	89	76	84	87
相差	4	4	3.5	10	4	4

*资料来源：Pierre Dalibard. 目前肉鸡营养的动态。美国大豆协会 PO4-98，1998

去皮豆粕在饲料配方中的作用及其实际价值

我们先以生长肉鸡配方为例，说明去皮豆粕在饲料配方中的作用及其实际价值。假定可供肉鸡饲料配方选择的饲料原料的营养成分与价格如表 5 所示。本例中采用的是当时市场上由美国进口的去皮豆粕价格（2.80 元 / 公斤）和中国自产的带皮豆粕的价格（2.55 元 / 公斤），二者的价格比为 1.098（2.80 / 2.55）。为留有余地起见，作者将去皮豆粕的蛋白含量设定为 47.5% 而不是 48.0%。另一方面，考虑到国内大豆加工工艺与质量控制方面的差异，带皮豆粕的赖氨酸含量由 NRC 的 2.69% 下调到 2.65%。

表 5 肉鸡饲料配方参选原料的营养成分和价格

原料	ME	CP	LYS	MET	M+C	CA	有效 P	总 P	单价
	兆卡/公斤-----				-----%			-----元/公斤	
玉米	3.25	8.5	0.24	0.18	0.36	0.02	0.10	0.30	1.40
次粉	2.99	13.6	0.52	0.16	0.49	0.08	0.17	0.52	1.36
脂肪	8.00	-	-	-	-	-	-	-	8.00
带皮豆粕	2.23	44.0	2.65	0.62	1.28	0.29	0.22	0.65	2.55
去皮豆粕	2.44	47.5	2.97	0.67	1.39	0.27	0.21	0.62	2.80
蛋氨酸(MET)	3.30	99.0	-	99.0	99.0	-	-	-	32.00
赖氨酸(LYS)	2.70	78.0	78.0	-	-	-	-	-	38.00
食盐	-	-	-	-	-	-	-	-	1.20
磷酸氢钙	-	-	-	-	-	22.0	17.50	17.50	2.80
石粉	-	-	-	-	-	38.0	-	-	0.14
预混料	-	-	-	-	-	-	-	-	20.00

营养师设定的配方约束条件为：

营养约束条件：代谢能（ME）> 2.95 兆卡 / 公斤，粗蛋白（CP）> 18.20%，赖氨酸（LYS）> 0.93%，蛋氨酸（MET）> 0.36%，蛋+胱氨酸（M+C）> 0.67%，钙 > 0.83% < 0.90%，有效磷 > 0.35%。

饲料约束条件：预混料=1.0%，食盐=0.4%。

根据指定的约束条件，电脑筛选的最低成本配方选用了去皮豆粕而不含带皮豆粕，其每吨饲料原料成本为 2021.50 元。迫使电脑选用带皮豆粕，每吨饲料的原料成本上升为 2111.80 元。也就是说，采用价格高出 9.8% 的去皮豆粕不仅没有增加饲料成本，反而使每吨饲料成本降低了 90.29 元。或者说，在以上的肉鸡配方中每使用 1 吨去皮豆粕，可带来 350.64 元（90.29 / .2575）的直接效益。表 6 逐项列出了两个配方的原料费用。从中不难分析出何以在去皮豆粕与带皮豆粕的价格比已超过或接近两种豆粕的单一营养成分比的情况下（表 3 与表 5），去皮豆粕仍可带来如此大的效益。简单地说，去皮豆粕在本例中最主要的优势在于其本身含蛋白和能量均高，从而在配方中留出了更多的空间来容纳更多的玉米，减少价格昂贵的脂肪用量。也就是说，去皮豆粕在饲料配方中的实际价值会远远超过按单一营

养成分计算的价值。那么，在本例中去皮豆粕的实际价值究竟是多少呢？这里我们要引入“影子价格”这一概念。

表 6 相同营养水平下采用两种豆粕的肉鸡饲料配方及原料成本分析

饲料原料	去皮豆粕配方		带皮豆粕配方		相差
	%	元 / 吨	%	元 / 吨	元 / 吨
玉米	69.485	972.79	60.155	842.17	130.62
去皮豆粕	25.75	721.00	——	——	721.00
带皮豆粕	——	——	27.90	711.45	- 711.45
次粉	——	——	5.35	72.76	- 72.76
油脂	0.80	64.00	2.65	212.00	- 148.00
过磷酸钙	1.30	36.4	1.25	35.00	1.40
石粉	1.20	1.68	1.20	1.68	0.0
食盐	0.40	4.80	0.40	4.80	0.0
预混料	1.00	200.00	1.00	200.00	0.0
蛋氨酸	0.065	20.80	0.070	22.40	- 1.60
赖氨酸	——	——	0.025	9.50	- 9.50
合计,元/吨	2021.50		2111.80		- 90.29

所谓影子价格，是指在给定的原料价格结构条件下，在配方中被选中的某一饲料原料（如本例中的去皮豆粕）开始被其他原料所取代的价格；或者指某一未被选中的饲料原料(如本例中的带皮豆粕）开始进入配方中的价格。较为先进的配方软件，可在筛选配方的同时计算并显示出原料的影子价格。一个原料的影子价格反映了该原料在配方中的实际价值。表 7 列出了本例中两种豆粕的影子价格及它们之间的影子价格或实际价值的比例关系。该表提供的信息是：当去皮豆粕的市场价格为 2.80 元 / 公斤时，带皮豆粕在本肉鸡料配方中的实际价值只有 2.25 元 / 公斤；二者的实际价值比为 1.244。当带皮豆粕的市场价格为 2.55 元 / 公斤时，去皮豆粕的实际价值是 2.96 元 / 公斤，二者的实际价值比为 1.161。对于采购饲料原料，这无疑是十分重要的信息。

表 7 两种豆粕在肉鸡饲料配方中的实际价值（影子价格）

去皮豆粕	带皮豆粕	价格比（去皮 / 带皮）
2.80 元 / 公斤（市场价格）	2.25 元 / 公斤（影子价格）	1.2444
2.96 元 / 公斤（影子价格）	2.55 元 / 公斤（市场价格）	1.1608

既然影子价格反映的是某一饲料原料在给定的饲料配方、给定的原料价格结构条件下的实际价值，饲料原料的影子价格必然受原料的价格结构和配方的变化的影响。表 8 所示为上例中脂肪价格由 8.0 元 / 公斤降至 6.0 元 / 公斤的条件下，两种豆粕的影子价格和它们之间的比例关系。

表 8 脂肪价格由 8.0 元 / 公斤降至 6.0 元 / 公斤后两种豆粕的影子价格

去皮豆粕	带皮豆粕	价格比（去皮 / 带皮）
2.80 元 / 公斤（市场价格）	2.35 元 / 公斤（影子价格）	1.1915
3.03 元 / 公斤（影子价格）	2.55 元 / 公斤（市场价格）	1.1882

下面以猪饲料配方为例，说明饲料配方对影子价格的影响。作者引用的是美国大豆协会养猪专家为一家饲料厂提供的系列配方实例。当时的市场价格为：去皮豆粕，2.76 元 / 公斤；带皮豆粕，2.53 元 / 公斤。二者的价格比为 1.0909。

在从乳猪到生长猪的所有四个配方中，电脑都选择了去皮豆粕。在营养水平相同的情况下，去皮豆粕配方与带皮豆粕配方相比，每吨饲料降低成本 14.82—47.38 元（表 9）。二者的实际价值比为 1.117—1.158（表 10）。去皮豆粕在猪饲料配方中带来的效益比在肉鸡饲料配方中相对低一些（表 6 与表 9）。这可能是由于对猪来说，两种豆粕在代谢能上的差值较小的缘故（表 3）。

表 9 相同营养水平下采用两种豆粕的猪饲料配方的成本比较

日 粮	去皮豆粕配方	带皮豆粕配方	相差
	-----元/吨-----		
.乳猪，28 日断奶后 10 天	2987.20	3009.35	- 22.15
.10 天—20 公斤	2383.58	2398.40	- 14.82
.20—35 公斤	1977.82	1995.92	- 18.10
.35—60 公斤	1853.91	1901.29	- 47.38

表 10 两种豆粕在猪饲料配方中的实际价值（影子价格）

日粮	去皮豆粕	带皮豆粕	价格比
.	2.76 元 / 公斤（市场价）	2.44 元 / 公斤（影子价）	1.1311
.	2.86 元 / 公斤（影子价）	2.53 元 / 公斤（市场价）	1.1304
.	2.76 元 / 公斤（市场价）	2.45 元 / 公斤（影子价）	1.1265
.	2.85 元 / 公斤（影子价）	2.53 元 / 公斤（市场价）	1.1265
.	2.76 元 / 公斤（市场价）	2.47 元 / 公斤（影子价）	1.1174
.	2.83 元 / 公斤（影子价）	2.53 元 / 公斤（市场价）	1.1186
.	2.76 元 / 公斤（市场价）	2.41 元 / 公斤（影子价）	1.1452
.	2.93 元 / 公斤（影子价）	2.53 元 / 公斤（市场价）	1.1581

应当指出，以上对有关去皮豆粕的价值的分析是相当保守的。这是因为笔者并未将氨基酸的可消化性或有效性（表 4）考虑在内。其次，对用现代制油技术所生产的去皮豆粕质量的高度稳定性这一优势也未包括在内。

最后，去皮豆粕对饲料加工所能带来的效益也不应忽视。例如，前面所举的肉鸡带皮豆粕配方中的油脂添加量达到了 2.65%（表 6）。这在一般的制粒设备、工艺条件下，往往会导致颗粒饲料的质量（稳定度，durability）下降。而去皮豆粕配方中只含 0.8% 的外加油脂（表 6），在相同条件下，将会制成质量（稳定度）比带皮豆粕配方为高的颗粒饲料。此外，当要求饲料粉碎粒度很细的情况下，例如在加工挤压熟化的鱼饲料或宠物饲料时，粉碎去皮豆粕的电耗将明显低于带皮豆粕。

饲养试验结果

1997 年，美国大豆协会以肉鸡、鸭和猪为对象动物，对去皮豆粕和带皮豆粕在生产条件下进行了对比饲养试验。在这批试验中，去皮豆粕的蛋白含量定为 47%，带皮豆粕蛋白含量定为 44%。去皮豆粕与带皮豆粕的价格比按蛋白含量比设定为 1.068。带皮豆粕配方为现用配方（对照）。去皮豆粕配方与对照配方唯一不同之处为按一定的氨基酸 / 代谢能比调整玉米与豆粕在配方中的比例。由于去皮豆粕的蛋白、氨基酸和代谢能的含量比带皮豆粕高，豆粕在配方中的用量比对照配方相应减少，玉米用量相对增高，从而导致去皮豆粕配方的能量浓度比对照高出 0.1 兆卡 / 公斤左右。至于饲料成本，在试验当时所设定的价格关系下，去皮豆

粕配方反而比对照稍低。表 11 简要归纳了上述试验结果。

表 11 去皮豆粕与带皮豆粕饲养效果的比较¹

项目	去皮豆粕组	带皮豆粕组
----- (1) 肉鸡饲养试验-----		
试验动物数	6000	6000
出栏体重，公斤	2.353	2.346
饲料转化（料肉比）	2.090	2.104
单位增重饲料成本，元/公斤	4.134	4.319
----- (2) 肉鸭饲养试验-----		
试验动物数		
公	5732	5868
母	6240	6320
出栏体重，公斤		
公	4.398	4.370
母	2.596	2.464
饲料转化（料肉比）		
公	2.877	2.925
母	3.141	3.307
单位增重饲料成本，元/公斤		
公	5.669	5.843
母	6.209	6.624
----- (3) 断奶仔猪与生长猪饲养试验-----		
试验动物数	756	378
平均日增重，公斤/头日	0.646 ²	0.626
饲料转化（料肉比）	2.187 ²	2.228
单位增重饲料成本，元/公斤	3.961 ²	4.029

¹资料来源：(1)Don Bushman & Shen Huile (1998). Dehulled soybean meal, non-fish meal diets and parametric Formulation for increased profits with broilers. ASA China Publications.

(2) Don Bushman & Shen Huile (1998). Dehulled Soybean meal,parametric formulation and non -fish meal diets for increased profits with ducks. ASA China Publications.

(3) Don Bushman (1998) Dehulled soybean meal for increasing profits with weanling and growing pigs. ASA China Publications.

²原报告中为美国去皮豆粕与中国去皮豆粕两个处理。由于二者之间在统计上无差别，此处所列为二者的平均值。

参试肉鸡共 12,000 只。结果表明，去皮豆粕日粮组的出栏体重提高了 0.3% $[(2.353-2.346)/2.346]$ ，每公斤增重的饲料消耗降低了 0.7% $[(2.104-2.09)/2.104]$ ，每公斤增重的饲料费用降低了 4.3% $[4.319-4.134]/4.319]$ 。总数为 24160 只肉鸭的饲养试验结果表明，去皮豆粕组的出栏体重，公鸭提高了 6.4%，母鸭提高了 5.4%；每公斤增重的饲料消耗，公鸭降低了 1.6%，母鸭降低了 5.0%；每公斤增重的饲料费公鸭降低了 3.0%，母鸭降低了 6.3%。猪的饲养试验（总头数 1134）结果是，去皮豆粕日粮组的日增重提高了 3.2%，每公斤增重的饲料消耗降低了 1.8%，每公斤增重的饲料费用降低了 1.7%。三种动物、三批试验的结果完全一致。

上述试验的去皮豆粕的相对价格是按两种豆粕的蛋白含量关系确定的。按此价格关系计算的饲料原料成本，能量和其他营养水平高的去皮豆粕配方反而略低于带皮豆粕配方。由于目前国内市场上去皮与带皮豆粕的价格比有可能超过蛋白含量比，同样的去皮豆粕配方的饲料原料成本有可能不低于，甚至略高于相应的带皮豆粕配方。然而，只要去皮豆粕在配方中的实际价格或影子价格高于市场价格，就一定能用去皮豆粕配成营养水平比相应的带皮豆粕配方高而饲料原料成本相同的饲料。相同的饲料原料成本，更高的营养水平，这是去皮豆粕在饲料配方中可以发挥的另一优势。