

大豆去皮浸出有利于油厂、有利于饲料厂、 有利于饲养户—三赢格局¹

SOYBEAN DEHULLING BENEFITS CRUSHERS , MILLERS AND PRODUCERS – A TRIPLE WIN SITUATION

熊易强 博士
美国大豆协会 饲料技术主任

大豆制油工艺的沿革

中国是大豆的原产国。最初的制油工艺是将大豆破粒压片(制坯)常压蒸汽处理后经人力压榨出油,随后改用水压机为压榨动力。该法出油率低而饼残油高(8-10%),且往往因加热不足而不能将抗营养因子(如抗胰蛋白酶)充分破坏。机械螺旋榨先将生豆坯用加压的间接蒸汽加热(120 - 130°C, 蒸炒)再经螺旋压榨,所得“豆饼”呈瓦片状。螺旋机榨使制油加工连续化,且因加热和压榨强度高,饼残油可降至4 - 5%,出油率相应提高;另一方面,因片面追求出油率也会出现过度加热导致美拉德反应,使氨基酸失效,蛋白质营养价值降低。溶剂浸出制油工艺使豆粕残油进一步降至0.5-1%。由于浸出制油工艺过程中的热处理较易控制,豆粕质量也较易达到稳定。去皮浸出则是浸出制油工艺的进一步发展。

在美国,五十年代开始出现浸出制油工艺,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,机榨加工大豆估计不超过1%。螺旋榨油机主要用于浸出前初榨花生、油菜籽、棉籽等高含油种籽。

中国于八十年代中实现由压榨法向浸出法的转变。九十年代后期开始引入去皮浸出工艺,2001年去皮浸出的日加工能力估计已达1.5万吨以上。

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个百分点)或适度加热(20 - 30分钟缓慢加热至60°C,然后迅速加热至85°C),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

¹单行本编号为FE2 - 2001及其扩充的第二稿FE3 - 02

除残留溶剂(脱溶)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。脱溶工艺的一个关键环节是用常压直接蒸汽在依逆流原理(含溶剂的“湿粕”自上而下,直接蒸汽自下而上),在设定的温度(一般为72 - 80℃)、水分(一

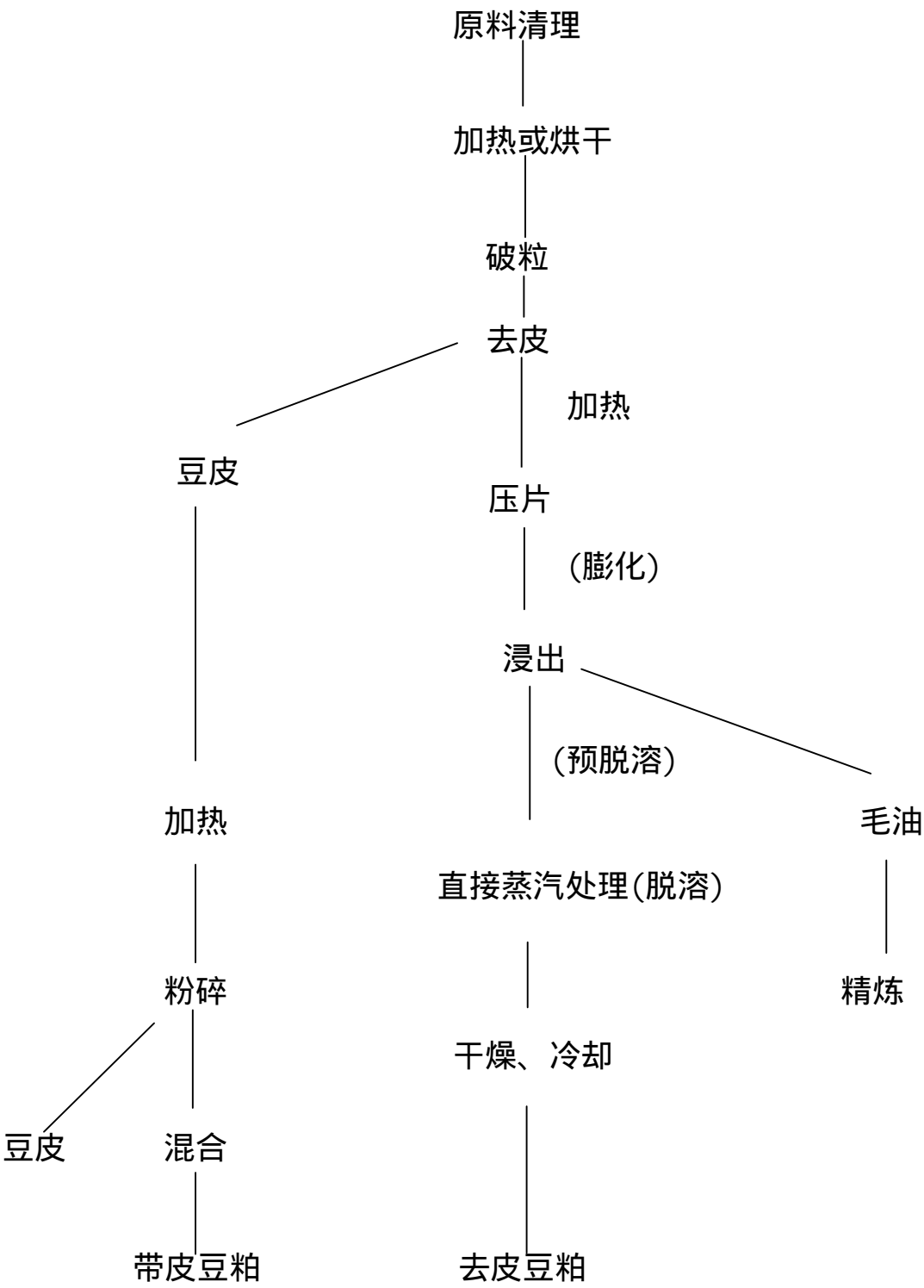


图1 大豆去皮浸出制油工艺及豆粕处理流程

一般为18 - 23%)、时间(一般为15 - 30分钟)条件下排除溶剂，钝化抗胰蛋白酶，再经干燥(温度一般不超过105℃)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。其尿酶活性(相对反映抗胰蛋白酶活性，是评价加热不足的指标，超过0.4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。为了节省能耗和溶剂，新近的工艺在直接蒸汽处理前先用温和的间接蒸汽进行‘预脱溶’，或在溶剂浸出前增加一道挤压膨化工序(图1)。

用上述工艺生产的产品是去皮豆粕。如用户要求含44%蛋白的“普通”豆粕，制油厂需将豆皮加热、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”一词来表示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。

先去皮、后浸出，首先是制油工艺的需要。豆皮主要由种皮组成。种皮含粗脂肪仅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%。与此同时，溶剂的消耗也相应减少。目前加工一吨大豆的溶剂消耗为0.5-3kg，一个日处理1000吨的大豆油厂可因采用去皮工艺，每天相对节省溶剂消耗50 - 300kg。不仅降低加工费用，也有利于减少环境污染。

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	43.3

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

去皮浸出，对动物饲养来说，可以更有效地利用饲料资源。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，但可很好地为反刍动物及其他草食动物所利用。在大豆加工过程中把种皮与子叶分开，形成去皮豆粕和豆皮两个产品，饲喂不同动物，做到了各得其所，物尽其用。下面就这一问题作进一步讨论。

去皮豆粕的质量标准及营养成分

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。中国正在修定豆粕的质量标准，预计将增加去皮豆粕一项，并采用KOH蛋白溶解度作为评价豆粕加热过度的指标。

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。

根据表2，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。在2000年春以前的很长一段时间内，美国饲料周报杂志(Feedstuffs)将去皮豆粕按蛋白含量分为a(48%)，b(47.5%)，c(46.5%)三个等级。除大豆本身的蛋白含量以外，豆粕蛋白含量还与去皮程度、豆皮蛋白含量、出油率、大豆及豆粕水分含量有关。笔者提出，上述关系可用以下公式表达：

$$SBMcp = (Bcp - DHd \times Hcp\%) 100 / [(100 - Oextr - DHd) - (Bm - Mm(100 - Oextr - DHd))]$$

式中：SBMcp = 豆粕蛋白含量

Bcp = 除杂后的大豆蛋白含量

DHd = 去皮程度(占大豆百分数)

Hcp = 豆皮蛋白含量

Oextr = 出油率

Bm = 大豆含水量

Mm = 豆粕含水量

以上公式可用于大豆去皮浸出加工的相关产品指标的控制。由于各有关因素尤其是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，可惜的是粗纤维分析不仅手续繁杂，分析本身的相对误差也较大。

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单个营养指标的比例关系。以上资料中并未包括蛋白质、氨基酸的消化率或可利用率。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)。

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 CP, %	48.0	44.0	1.0909
赖氨酸 Lys, %	2.96	2.69	1.1004
蛋氨酸 Met, %	0.67	0.62	1.0806
代谢能 ME, Mcal/kg			
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
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P04-98)。

去皮豆粕在饲料配方中的作用及其实际价值

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)，去皮豆粕的价值最高不超过带皮豆粕的110%。然而，大量、反复的饲料配方模拟和饲养实践结果表明，去皮豆粕的实际价值远远超过用单一营养成分所计算的差价。

我们先从电脑配方的角度来加以说明：

表5, 表6所示均为笔者及其同事(邝玄斌，刘焕龙，1999)根据excel的规划求解(solver)软件所设计的一个制定最低成本配方在电脑屏幕上显示的矩阵。参选饲料原料及需要约束的主要营养成分和价格均列明在相关的位置(格)上。为简明起见，凡数值为零者均不显示。B16 - I16诸格为主要营养成分约束的下限，B17 - I17为主要营养成分约束的上限。K3 - K15为原料在配方中约束的下限，L3 - L15为原料在配方中约束的上限。凡上限定为99者，仅仅是为了满足‘规划求解’软件的要求，实际是没有上限。这里所举的是一个生长肉鸡的配方。对营养条件的约束大约为国内中等水平。除预混料固定(1%)外，未对饲料原料设下限。对次粉、鱼粉的使用量的上限分别设定为5%与3%。用传统数学表达，该配方的约束条件为： $ME \geq 2.95 \text{Mcal/kg}$, $CP \geq 18.5\%$, $Lys \geq 0.93\%$, $Met \geq 0.36\%$, $M+C \geq 0.67\%$, $1\% \geq Ca \geq 0.83\%$, 有效 $P \geq 0.35\%$, 预混料 = 1%，次粉 $\leq 5\%$, 鱼粉 $\leq 3\%$ 。J15是优化配方的每吨饲料的原料成本。电脑根据线性规划原理，通过变动饲料原料的配比(M3 - M14)满足全部约束条件(营养成分： $\geq B16 - I16$; $\leq B17 - I17$; 原料： $\geq K3 - K14$; $\leq L3 - L14$)，优化配方，

表5 去皮豆粕有货情况下生长肉鸡料的优化配方

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2	原料	ME	CP	Lys	Met	M+C	Ca	有效P	NaCl	单价	下限	上限	配比
3	玉米	3.25	8.5	0.24	0.18	0.36	0.02	0.10		1250		99.0	64.68
4	次粉	2.99	13.6	0.52	0.16	0.49	0.08	0.17		1100		5.0	5.00
5	油脂	8.00								4600		99.0	1.01
6	鱼粉	2.80	63.0	4.90	1.84	2.42	3.87	2.75	2.40	4800		3.0	
7	普通豆粕	2.23	44.0	2.65	0.62	1.28	0.29	0.22		1850		99.0	
8	去皮豆粕	2.44	47.5	2.97	0.67	1.39	0.27	0.21		1998		99.0	25.23
9	赖氨酸盐	2.70	94.4	78.00						22000		99.0	
10	蛋氨酸	3.30	58.0		99.00	99.00				26000		99.0	0.07
11	磷酸氢钙						22.00	16.50		1350		99.0	1.36
12	石粉						36.00			150		99.0	1.24
13	盐								95.00	780		99.0	0.42
14	预混料									8000	1.00	1.00	1.00
15	营养成分	2.95	18.20	0.93	0.36	0.67	0.83	0.35	0.40	1535	100.0	100.0	100.00
16	营养下限	2.95	18.2	0.93	0.36	0.67	0.83	0.35	0.40				
17	营养上限	99.00	99.0	99.00	99.00	99.00	1.00	99.00	99.00				

表6 去皮豆粕无货情况下生长肉鸡料的优化配方

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2	原料	ME	CP	Lys	Met	M+C	Ca	有效P	NaCl	单价	下限	上限	配比
3	玉米	3.25	8.5	0.24	0.18	0.36	0.02	0.10		1250		99.0	60.18
4	次粉	2.99	13.6	0.52	0.16	0.49	0.08	0.17		1100		5.0	5.00
5	油脂	8.00								4600		99.0	2.70
6	鱼粉	2.80	63.0	4.90	1.84	2.42	3.87	2.75	2.40	4800		3.0	
7	普通豆粕	2.23	44.0	2.65	0.62	1.28	0.29	0.22		1850		99.0	28.06
8	去皮豆粕	2.44	47.5	2.97	0.67	1.39	0.27	0.21		1998			
9	赖氨酸盐	2.70	94.4	78.00						22000		99.0	0.02
10	蛋氨酸	3.30	58.0		99.00	99.00				26000		99.0	0.07
11	磷酸氢钙						22.00	16.50		1350		99.0	1.33
12	石粉						36.00			150		99.0	1.22
13	盐								95.00	780		99.0	0.42
14	预混料									8000	1.00	1.00	1.00
15	营养成分	2.95	18.20	0.93	0.36	0.67	0.83	0.35	0.40	1577	100.0	100.0	100.00
16	营养下限	2.95	18.2	0.93	0.36	0.67	0.83	0.35	0.40				
17	营养上限	99.00	99.0	99.00	99.00	99.00	1.00	99.00	99.00				

实现目标函数即每吨饲料原料成本最低(J15)。本例中去皮豆粕的价格按市场传统即蛋白比例($47.5/44=1.08$)设定：带皮豆粕为1850元/T(J7)；去皮豆粕为1998元/T(J8)。在两种豆粕都有货的情况下，电脑选用的是价格比带皮豆粕高8%的去皮豆粕(表5，M8)。该配方(表5，M3-M14)每吨原料成本为1535元(表5，J15)。在去皮豆粕无货(设去皮豆粕上限为零)的情况下(表6，L8)，电脑不得不选用带皮豆粕(M7)。该配方(表6，M3-M14)每吨原料成本为1577元(表6，J15)。营养成分浓度相同，去皮豆粕配方的每吨饲料原料成本比带皮豆粕降低了42元。

为什么在去皮豆粕的价格比带皮豆粕的价格高8%情况下，去皮豆粕配方的每吨饲料原料成本比相应的带皮豆粕配方还要低42元？在本例中，去皮豆粕在带皮豆粕的市场价格为1850元/T(J7)的条件下的实际价值是多少？在去皮豆粕的市场价格为1998元/T(J8)的条件下带皮豆粕的实际价值又是多少？对以上问题，我们可以从表7的分析计算中找出答案。表7的D4 - D15是根据去皮豆粕配方(C4-C15)与原料价格(B4 - B15)计算得出的每吨饲料中相应的原料费。F4 - F15是根据带皮豆粕配方(E4-E15)与原料价格(B4 - B15)计算得出的每吨饲料中相应的原料费。两个配方各项原料费用差价列于G4 - G15，其总和(G16)也就是去皮豆粕配方的每吨饲料原料成本(D16)与带皮豆粕配方的每吨饲料原料成本(F16)的差价。从中我们可以分析出去皮豆粕在配方中的一个最重要的优势在于其所含能量、蛋白质、氨基酸高(相对于带皮豆粕)，从而给配方留出了空间，使更多的价格相对低廉的玉米取代价格昂贵的油脂。G17是计算出的使用每吨去皮豆粕所节省的原料费用或带来的效益($G16 \times 100/C9$)，即165元。

在讨论去皮豆粕和带皮豆粕的实际价值时，需要引入影子价格这一概念。所谓影子价格，是指在给定的原料价格结构和配方约束条件下，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。一个原料的影子价格反映了该原料在配方中的实际价值。推算一个已被选中的原料的影子价格可以在固定其他原料价格的条件下，逐步提升该原料的价格，当该原料开始被其他原料所取代时，即是该原料的影子价格。同样，可以在固定其他原料价格的条件下，用逐步降低一个未被选中的原料的价格的办法来推算其影子价格。笔者在表7中采用的影子价格推算方法有所不同：去皮豆粕影子价格是将去皮豆粕市场价格(B9)与每吨去皮豆粕所节省的饲料原料费用(G17)绝对值相加而得到的。而带皮豆粕影子价格是将带皮豆粕市场子价格(B8)与被迫使用每吨带皮豆粕所增加饲料原料费用(表7中未列入，其计算式应为： $G16 \times 100/E8$)相减而得到的。在本例中去皮豆粕影子价格(在带皮

表7 去皮豆粕与带皮豆粕配方原料成本分析及影子价格

	A	B	C	D	E	F	G
		单价	"去皮"配方	吨成本	"带皮"配方	吨成本	相差
3	原料	元/MT	%	元/MT	%	元/MT	元/MT
4	玉米	1250	64.68	808	60.18	752	56
5	次粉	1100	5.00	55	5.00	55	
6	油脂	4600	1.01	46	2.70	124	-78
7	鱼粉	4800					
8	普通豆粕	1850			28.06	519	-519
9	去皮豆粕	1998	25.23	504			504
10	赖氨酸盐	22000			0.02	5	-5
11	蛋氨酸	26000	0.07	17	0.07	18	-1
12	磷酸氢钙	1350	1.36	18	1.33	18	0
13	石粉	150	1.24	2	1.22	2	0
14	盐	780	0.42	3	0.42	3	
15	预混料	8000	1.00	80	1.00	80	
16	合计		100.00	1535	100.00	1577	-42
17	每吨去皮豆粕效益						-165
18	去皮豆粕影子价格			2163	去皮对带皮价值比%		117
19	带皮豆粕影子价格			1702	去皮对带皮价值比%		117

豆粕市场价格和其他原料价格不变情况下)是2163元(D18) ,带皮豆粕影子价格(在去皮豆粕市场价格和其他原料价格不变的情况下)是1702元(D19)。去皮豆粕与带皮豆粕实际价值的比是117%(G18, G19)。根据定义,任何原料的影子价格反应的都是给定饲料原料价格关系和给定饲料配方约束条件下的该原料的实际价值。也就是说,一旦价格结构改变了或饲料配方的约束条件改变了,一个饲料原料的影子结构也会相应改变。然而,在过去的几年中,我们对猪鸡的全价料和浓缩料在不同的原料价格关系下,进行的大量的配方实践结果表明,去皮豆粕与带皮豆粕实际价值的比例关系总是变动在112 - 127%的范围。也就是说,去皮豆粕在饲料配方中相对于带皮豆粕的实际价值总是高于其按单一营养成分所计算的价值。

根据饲养试验结果推算两种豆粕的影子价格

以上去皮豆粕与带皮豆粕两个配方中没有考虑蛋白质、氨基酸的有效性。如果两个配方中所含有效氨基酸相对于代谢能是充分的,可以认为二者具有相同的营养水平。用于肉鸡饲养,生产表现也应是相同的。这也是现代化饲料企业选择和采购原料的一个基本出发点:根据营养师确定的营养水平和饲料原料的约束条件,通过配方优化来选择原料,以饲料的影子价格指导采购原料。在以往的去皮豆粕与带皮豆粕对比饲养试验中,除采用相同营养水平外,也有人采用不同的营养水平的日粮来评价这两种豆粕。如何在以上两种不同的试验设计条件下,根据试验结果推算两种豆粕的影子价格或实际价值?

笔者提出可按以下步骤进行:

计算去皮豆粕影子价格

(1)单位增重的饲料费之差 = 去皮豆粕日粮吨增重饲料费 - 带皮豆粕日粮吨增重饲料费

(2)每吨去皮豆粕的效益 = (1)/去皮豆粕日粮饲料转化/去皮豆粕占配方百分比

(3)去皮豆粕影子价格 = 去皮豆粕市场价格 + (2)

计算带皮豆粕影子价格

(4) 每吨带皮豆粕的负效益 = (1)/带皮豆粕日粮饲料转化/带皮豆粕配方百分比

(5)带皮豆粕影子价格=带皮豆粕市场价格 - (4)

以上计算方法也适用于计算其它饲料原料的影子价格。

表8、表9分别归纳了三个肉鸡的饲养试验结果和三个断奶-生长猪的饲养试验结果，并根据上述方法计算了两种豆粕的影子价格及它们之间的相对价值的比例关系。需要特别指出的是这些结果既包括中国的试验也包括欧洲的试验，不同年份间豆粕的价格变动幅度接近一倍，然而根据试验结果所计算的去皮豆粕对带皮豆粕的价值优势都在112-127%之间，这与前面所述大量电脑模拟的结果完全一致。

表8 肉鸡饲养试验结果及根据试验结果计算的两种豆粕的影子价格

日粮	饲料转化	饲料费/kg增重	豆粕添加量	豆粕市场价*	豆粕影子价*	相对价值比
D. Bushman 沈慧乐 1998						
去皮豆粕	2.090	4.13	26.0%	3055	3405	1.19
带皮豆粕	2.104	4.32	29.0%	2860	2549	1.20
沈慧乐 1999						
去皮豆粕	1.919	3.54	22.0%	1660	1941	1.25
带皮豆粕	1.952	3.66	24.9%	1550	1305	1.27
K. Dubl ecz 1999						
去皮豆粕	1.750	75.5	30.0%	62000	72476	1.21
带皮豆粕	1.820	81.0	31.5%	60000	50406	1.23

*价格单位：第一和第二个试验为¥ / MT，第三个试验为匈牙利HUF / MT

表9 断奶－生长猪饲养试验结果及根据试验结果计算的两种豆粕的影子价格

日粮	饲料转化	饲料费/kg增重	豆粕添加量	豆粕市场价	豆粕影子价	相对价值比
D. Bushman 1998 [*]						
去皮豆粕	2.180	3.96	20.20%	3055	3214	1.12
带皮豆粕	2.230	4.03	22.50%	2860	2720	1.12
施学士 P. Mckinnon 1999 [*]						
去皮豆粕	2.350	4.66	26.10%	2760	3162	1.25
带皮豆粕	2.413	4.91	28.50%	2530	2171	1.27
P. Mckinnon 施学士 1999 [*]						
去皮豆粕	2.070	3.25	24.60%	2760	2976	1.18
带皮豆粕	2.180	3.36	25.65%	2530	2333	1.18

*三个试验中猪的日龄，自上而下分别为33.5-135天, 28-120天, 28-98天。

豆皮的营养成分和饲养价值

根据NRC，豆皮的主要成分(按干物质%计)为：粗蛋白12.1%，粗纤维40.1%，中性洗涤剂不溶纤维(NDF)67%，产奶净能(NE_L) 1.77Mcal/kg。尽管豆皮的粗纤维含量远远超过小麦麸皮(11.3%)，其产奶净能却介于玉米(1.96 Mcal/kg)和麸皮(1.60 Mcal/kg)之间。这是由于豆皮的细胞壁组分(NDF，主要包括纤维素、半纤维素和木质素)中的木质素含量很低(2%)，很易被瘤胃微生物消化。此外，由于豆皮的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，促进日粮中粗饲料的纤维降解，提高乳脂率。表10是中国农业大学的用豆皮取代奶牛精饲料中的玉米和小麦麸皮的饲养试验结果。用豆皮取代25%，50%的精饲料（玉米和麸皮），4%乳脂率校正的产奶量略有提高，乳脂率明显提高，吨奶饲料成本分别降低了45与57元。

表10 豆皮替代奶牛精料的试验结果

项 目	豆皮替代玉米与麦麸的水平, %		
	0	25	50
DM进食量, kg/d	18. 4	18. 6	18. 5
4%FCM, kg/d	26. 2	27. 6	27. 3
脂率, %	3. 63	3. 85	3. 90
乳蛋白含量, %	3. 12	3. 17	3. 18
饲料成本, ￥/t4%FCM	782	737	725
与对照对比	— —	-45	-57

资料来源：孟庆翔等, 1999

对于肉用反刍动物来说，在放牧或高粗料舍饲条件下，豆皮作为易消化纤维，可以促进瘤胃中纤维降解菌的活动(正互作效应)，提高粗饲料的消化利用率，其价值可相当于玉米。随着精料水平的提高，豆皮对纤维降解的正互作效应消失，其饲养价值就低于玉米(表11)。

兔和马属动物有发达的盲肠，可通过其中的微生物消化纤维，是草食性动物。表12是一个豆皮饲养家兔试验结果。用豆皮取代全日粮的25%和50%都取得了良好效果。25%取代率的效益最高。

表11 用大豆皮取代生长阉牛高粗料日粮中的玉米试验结果

日 粮	日增重 (kg)	增重/100饲料
对照 , 100%粗料	0.48	7.7
12.5%精料 (玉米)	0.66	10.9
12.5%精料 (大豆皮)	0.68	10.0
25.0%精料 (玉米)	0.76	11.5
25.0%精料 (大豆皮)	0.78	11.2
50.0%精料 (玉米)	0.98	13.1
50.0%精料 (大豆皮)	0.90	12.0

资料来源 : Preston, 1999

表12 豆皮饲养家兔试验结果

项 目	豆皮在日粮中添加水平, %			
	0	25	50	75
DM进食量 , g/d	132.6	136.1	132.2	119.6
日增重 , g	36.7	42.6	37.5	30.9
饲料转化 , F/G	3.61	3.21	3.55	3.86
饲料费 / kg增重 , ¥	4.94	4.20	4.45	4.58

资料来源: 孟庆祥等, 2001

猪，尤其是成年猪也可通过大肠微生物发酵利用纤维。为防止妊娠母猪因能量进食过度而带来的繁殖和泌乳问题，往往需要降低日粮的能量浓度。豆皮是限制母猪日粮能量浓度的良好饲料原料。此外豆皮在鹅、产蛋鸭及草鱼、鲤鱼中都会有一定价值。

根据以上分析，我们可以得出这样的结论：大豆皮对反刍动物和有关草食动物的营养价值可相当于玉米的70-100%。

去皮豆粕、豆皮与带皮豆粕的价格关系

前面已经提到，传统上去皮豆粕与带皮豆粕的价格是按二者的蛋白比例关系确定的，在1996年 - 1999年美国市场上比例关系基本上变动在1.065 - 1.085: 1之间。可是，这两种豆粕的差价近来似有进一步缩小的趋势。2000年11月与2001年5月美国饲料周刊(Feedstuffs)公布的美国各地去皮豆粕与带皮豆粕的价格比例的平均数均为1.05: 1(表13)。

笔者估计，这可能是由市场供求关系所决定的。由于认识到去皮豆粕的优越性，不仅在美国，而且在从美国进口豆粕的国家，购买带皮豆粕的客户也愈来愈少了。如前所述，带皮豆粕在美国是将豆皮粉碎后重新混合的‘再加工’产物，直接出售去皮豆粕节省了再加工费用，而单独销售豆皮的效益又高，从而导致去皮豆粕与带皮豆粕的价格比例缩小。

表13 美国去皮豆粕、带皮豆粕与豆皮价格及相对比例关系

日期	去皮豆粕\$/t	带皮豆粕\$/t	豆皮\$/t	去皮/带皮	豆皮/带皮豆粕
00/11/3	234.7	223.3	96.1	1.05	0.43
01/5/21	223.5	212.4	86.9	1.05	0.41
01/10/15	205.5	195.1	91.7	1.05	0.47

中国去皮豆粕与豆皮的市场正处于初始阶段。去皮豆粕、带皮豆粕与豆皮价格及相对比例关系将很大程度上取决于用户对去皮豆粕及豆皮的饲养价值的认识和市

场供求关系。笔者在此仅提出一个可为油厂、饲料厂、饲养户三方接受的，或者说对油厂、饲料厂、饲养户三方均有利的价格关系，供有关方面参考。对油厂来说，如果将豆皮与去皮豆粕分别出售的总额可以和出售带皮豆粕的销售总额持平，就可以从提高设备利用率，减少溶剂消耗等方面得到效益。以下公式表达了这一持平条件下有关参数之间的关系：

$$\text{带皮豆粕价格}(100 - \text{出油}\%) = \text{去皮豆粕价格}(100 - \text{出油}\% - \text{去皮}\%) + \text{豆皮价格}(\text{去皮}\%)$$

持平条件下两种豆粕的价格比例则可用以下公式计算：

$$\text{去皮豆粕价} / \text{带皮豆粕价} = (100 - \text{出油}\%) / (100 - \text{出油}\% - \text{去皮}\%) - (\text{去皮}\%) (\text{豆皮价} / \text{带皮豆粕价}) / 100$$

表14所列为在假定出油率是18%，豆皮的销售价格是带皮豆粕的25%前提下，根据以上公式计算的去皮率为0%、5%和8%时，去皮豆粕与带皮豆粕价格的比例关系。表14中还列出了推算的不同去皮率的豆粕蛋白含量及相应的去皮豆粕蛋白与带皮豆粕蛋白的比例关系。

表14 去皮豆粕、豆皮与带皮豆粕的持平销售价格关系

去皮程度(占大豆) %	豆粕蛋白含量 %	去皮/带皮蛋白比	去皮豆粕/带皮豆粕 价格比
0	44.0	100.0	100.0
5	46.5	105.7	105.2
8	48.0	109.1	108.8

需要特别指出的是，去皮率，蛋白比和‘持平’条件下的去皮豆粕/带皮豆粕价格比的数值关系几乎是完全一致的。也就是说，只要豆皮可以按带皮豆粕价格的25%出售，去皮豆粕与带皮豆粕的差价按蛋白比例来定，油厂就可以‘持平’。事实上，目前豆皮的售价总是超过带皮豆粕的25%，去皮浸出，将豆皮、去皮豆粕做为两种产品分别出售，对油厂带来的效益显而易见。另一方面，前述饲料配方和饲养试验结果已充分证明，按蛋白比例的价格差价购买去皮豆粕，对饲料厂、饲养户也是十分有利的。根据前面的讨论，对于反刍动物和其它草食动物，豆皮的饲养价

值相当于玉米的70 - 100%。豆皮的这一实际价值与25%带皮豆粕的豆皮‘持平’价格之间仍然有很大空间。因此我们可以有充分的把握得出结论：大豆去皮浸出，将豆皮与去皮豆粕做为不同的产品，分别饲喂不同动物，必然形成有利于油厂，有利于饲料厂，有利于饲养户的三赢格局。