

大豆粕和整粒大豆在反刍动物饲养中的应用

R. L. Preston

前言

大豆作为人膳食中的蛋白质来源已有 5 000 多年的历史 (Central Soya Co., Inc., 1990)。公元前 2 800 年左右, 神农氏首先提倡种植大豆, 本世纪初传入美国。起初, 美国主要关心大豆的含油量, 提出油以后的大豆粕和大豆皮仅仅是副产品。不久, 大豆粕中蛋白质的优异品质被人们所认识, 从此, 大豆粕成了猪、鸡日粮中补充蛋白质的主要来源。全世界来说, 动物饲料中所用的所有植物性饼粕中 62% 为大豆粕 (其次为油菜籽粕, 占 12%) ; 在美国, 大豆粕总量中用于猪、鸡日粮的份额分别占 52% 和 29% (Chandler, 1999)。

大豆加工后 74% 成为大豆粕 (SBM)。大豆粕中蛋白质的质量优异, 其氨基酸组成与动物的需要相接近, 可弥补谷物中氨基酸的不足, 特别是赖氨酸。

1 大豆粕用作饲料

大豆粕中含有抗营养因子, 如胰蛋白酶抑制因子和尿酶, 他们在加热时失活, 而且尿酶的失活是检验热处理是否已足以使胰蛋白酶抑制因子失活的依据。但是, 尿酶试验不能测定大豆粕是否加热过度。另一种检验大豆粕加热是否合适的方法是测定大豆粕蛋白质在 0.2%KOH(0.0356N) 中的溶解度 (Araba and Dale, 1990b), 因为大豆粕中粗蛋白质在 0.2%KOH 的溶解度低于 59% 时鸡的生长效率就会下降 (表 1) (Araba and Dale, 1990a; Parson et al, 1991)。

表 1 加热 (高温高压) 大豆粕对其蛋白质在 0.2%KOH 中的溶解度及鸡生长效率的影响

加热时间/min	蛋白质溶解度/%	效率/ (对照组的%)
对照组	84	100
5	72	102
10	64	98
15	57	94
20	50	90
40	36	64

2 反刍动物对蛋白质的利用

关于当前对反刍动物利用氮方面的概念已有综述 (NRC, 1985)。反刍动物进食的粗蛋白首先满足瘤胃微生物用来合成微生物蛋白质 (MCP), 过剩的粗蛋白质再过瘤胃。有些蛋白质由于其化学组成或在瘤胃中停留时间短暂而不能被瘤胃微生物充分降解, 因而被称为过瘤胃未降解蛋白质 (UIP); 被消化的蛋白质

称为可降解摄入蛋白质（DIP）。UIP 通过瘤胃进入真胃和小肠。

瘤胃厌氧发酵的结果是瘤胃微生物产生了能量（挥发性脂肪酸，主要是乙酸、丙酸和丁酸）和 MCP，但是并不能满足反刍动物对蛋白质的需求，特别是青年奶牛和高产奶牛（Orskov et al, 1980）。在采食维持能量的情况下，反刍动物需要的可消化蛋白质（DP）对可消化能量（DE）之比为 12（g DP/Mcal DE）；快速生长的反刍动物需要 22~24（g DP/Mcal DE）；高产奶牛需要 31~32（g DP/Mcal DE）（Preston, 1972），而瘤胃发酵产生的 DP/DE 只有 18（Purser, 1970）。这些关系说明，DIP 可以供应维持生长和生产所需要的蛋白质。但是，对于快速生长，至少应有 25% 是 UIP；对于高产奶牛，至少有 44% 是 UIP。NRC（1996）规定，采食高粗饲料日粮的低速生长肉牛 UIP 的需要量是进食蛋白质需要量的 12%；而对于采食高精饲料日粮快速生长围栏肥育肉牛，UIP 应占 56%。NRC（1989）规定，泌乳牛的 UIP 需要量应占进食蛋白质的 37%~44%。

3 反刍动物对大豆粕的利用

瘤胃微生物对大豆粕蛋白质的降解力相当高（DIP 64%~68%；Hillman, 1998；Preston, 1999），可以满足维持生长或生产的全部需要。最新的研究表明，在高精料、高增重的围栏肥育型日粮中 DIP 也可能是重要的，特别是如果日粮中的谷物是经过热加工的。在 CP 含量适当的高谷物日粮中加入大豆粕以提供释放率比尿素缓慢的 DIP 后，围栏肥育牛的生长率和饲料转化率可以得到提高（表 2）（Trenkle, 1994）。高谷物的围栏肥育牛日粮应含有 7% DIP 和最多达 6% 的 UIP。

表 2 大豆粕在 CP 适当的生长牛围栏肥育日粮中的应用

项目	日粮 CP/（DM 的%）			
	9.5	11*	12.5*	14
蛋白质来源	尿素	尿素	大豆粕+尿素	大豆粕+尿素
日增重/kg	1.56	1.68	1.79	1.93
增重/（100DM）	19.2	19.9	20.3	21.4

* 11%~12.5%CP 是适宜水平。

提高大豆粕中 UIP 含量使其更适用于高产反刍动物日益引人注意，目标是既要提高大豆粕的 UIP 值，又不降低蛋白质在真胃和肠道中的消化率（Soest, 1994）。

用螺旋压榨法生产大豆粕的 UIP 值（38%~70%）高于溶剂提取法生产大豆粕的 UIP 值（34%），这可能与螺旋压榨法产热有关。但在不同加工厂之间由于螺旋压榨过程中条件不一，UIP 值可能有很大差异（Brederick, 1987）。螺旋压榨大豆粕饲喂生长牛的效果优于溶剂提取大豆粕，特别是在试验的头 57d

（Coenen and Trenkle, 1989），每采食 1kg 螺旋压榨大豆粕的蛋白质使增重提高 1.41kg，而每采食 1kg 溶剂提取大豆粕的蛋白质则增重提高 0.80kg（前者为后者的 1.75 倍）；瘤胃尼龙袋试验结果表明，螺旋压榨大豆粕的蛋白质在瘤胃中降解较慢。用螺旋压榨大豆粕（50%UIP）代替血粉（高 UIP 值）或溶剂提取大豆粕后，产奶量、乳脂率和乳脂校正奶产量都得到提高（表 3），乳蛋白质含量有下降趋势，说明蛋氨酸可能不足（Shirley et al, 1997）。

表 3 蛋白质来源对奶牛产奶性能的影响

项目	日粮 CP/（DM 的%）		
	16	16	16
蛋白质来源	溶剂提取大豆粕	挤压大豆粕	血粉+肉骨粉
DM/（kg/d）	26.3	26.9	26.3
奶/（kg/d）	41.1	42.9	42.7
乳脂/%	3.45	3.65	3.30
乳蛋白/%	3.09	2.98	3.16
乳脂校正奶/（kg/d）	40.5	44.0	41.5

提高大豆粕 UIP 值最通常的加工方法是挤压、加热或焙烤、木质磺酸盐处理和甲醛处理等（Waltz and Stern, 1989; Broderick et al, 1991）。热处理的加工方法是使饲料中的碳水化合物和氨基酸（特别是赖氨酸）组分之间发生美拉德反应（褐化）（Soest, 1994）。

表 4 大豆粕焙烤温度对蛋白质可利用性的影响

焙烤温度/℃	ADFCP/（CP 的%）	CP 在尼龙袋中的残留/%*	绵羊对蛋白质的消化率/%	鸡的生长率/（对照的%）
对照组	6	5	72	100
102	6	12	68	95
128	8	30	68	97
144	10	49	68	94
159	18	53	68	77

185	60	82	50	34
-----	----	----	----	----

*24h 以后

将溶剂提取大豆粕在转筒中于 102、128、144、159 和 185℃焙烤 2min，随后立即冷却，通过饲养试验观察鸡生长效率和羔羊对蛋白质的消化率（表 4），结果表明，当焙烤温度超过 144℃后蛋白质的可利用率就会下降，在 128~144℃对溶剂提取大豆粕进行焙烤可以增加 UIP 数量；尼龙袋瘤胃蛋白质降解试验结果表明最适的焙烤温度是 144~159℃，在 159~185℃进行焙烤会使酸性洗涤剂不溶性氮(acid detergent insoluble nitrogen, ADIN)增加(Plegge et al, 1982)。ADFCP（酸性洗涤纤维和蛋白相结合的部分）和鸡生产性能间存在高度负相关($r = -0.99$)。随后的研究表明(Plegge et al, 1985)，在 130℃或 145℃焙烤大豆粕可以使其 UIP 值提高 100%（即从 CP 的 34% 提高到 68%）。

木质磺酸盐是酸性亚硫酸盐木材加工业的一种副产品，含有各种木材糖类，尤其是木糖。处理方法是往大豆粕中加入 5%木质磺酸钙，95~100℃加热 3min 后在 90~95℃保持 45min，然后烘干（表 5）。用尼龙袋方法测定 UIP，未处理大豆粕和木质磺酸盐处理大豆粕 UIP 值分别为 29%~42%和 59%~65%

(Windschitl and Stern, 1988; Stanford et al, 1995)。Calsamiglia et al (1995)，大豆粕的 UIP 从 22%提高到 77%，而 UIP 的肠道消化率并未降低(93%)。木糖似乎是木质磺酸盐中对加强美拉德反应起作用的一种重要成分

(Windschitl and Stern, 1988; Cleale et al, 1987)。用木糖处理大豆粕可以使生长羔羊对蛋白质的利用效率改进 100% (Cleale et al, 1987c)。用木质磺酸盐处理大豆粕按未处理大豆粕喂量的一半饲喂，母牛产奶量没有改变

(Nakamura et al, 1992)。这些结果说明了处理蛋白质饲料的评定工作中的复杂因素之一。常常遇到的一个情况是当用一种蛋白质饲料取代另一种蛋白质饲料时生产性能并无变化，这可能是因为对照日粮含有足够的蛋白质（不论是 DIP 或 UIP），本来就可以用较少的处理蛋白质来维持生产。

表 5 奶牛对木质磺酸盐处理大豆粕的反应

项目	未处理大豆粕	处理大豆粕
CP/(DM 的%)	16	13
DM/(kg/d)	23.9	23.6
奶/(kg/d)	37.5	36.6
乳脂/%	3.71	3.78

乳蛋白/%	2.88	2.89
乳脂校正奶/(kg/d)	38.3	38.3

甲醛 (HCHO) 处理也可提高大豆粕的 UIP 值 (提高 80%, Hillman, 1998)。Preston and Smith (1974) 饲喂生长牛甲醛处理的溶剂提取大豆粕, 用量为大豆粕的 0.6% 或 CP 的 1.4%, 增重和饲料效率相当于溶剂提取大豆粕的 1 倍, 特别是在试验的最初 26d。Ferguson (1975) 曾对用甲醛处理来保护某些饲料蛋白质写过综述。甲醛用量在 CP 的 1.5% 以内不会显著降低总的肠道蛋白质消化率, 但是如果甲醛用量达到 CP 的 2% 或更多就会降低消化率。

能够提高大豆蛋白质 UIP 值的其他方法包括用以下物质进行处理: 单宁、油、钙皂、钠膨润土和锌盐 (Broderick et al, 1991)。用乙酸、丙酸或氢氧化钠进行处理也表现出一定的希望 (Waltz and Loerch, 1986)。

4 饲喂整粒大豆

近来, 饲喂整粒大豆受到越来越多的注意, 尤其是在泌乳母牛日粮中使用整粒大豆。这是因为大豆所含有的高质量蛋白质可以通过处理来提高其 UIP 值, 同时由于大豆含油 18%, 有较高的能值, 这对泌乳初期的母牛尤为重要。上面关于 UIP 的作用和通过加工来提高大豆粕 UIP 的所有论述同样适用于整粒大豆。上面提到的有些综述同样也包括整粒大豆的内容 (Waltz and Stern, 1989; Satter et al, 1991; Broderick et al, 1991; Lin and Kung, 1997; Stallings, 1999)。

表 6 大豆粕焙烤温度和时间对 UIP 和有效赖氨酸的影响

温度/°C	时间/min	UIP/(CP 的%)	有效赖氨酸/(DM 的%)
对照组		30	2.4
140	10	34	2.4
	30	44	2.2
	60	49	2.2
150	90	55	2.0
	10	37	2.4
	30	42	2.2
	60	58	2.0
160	90	64	1.6
	10	37	2.3
	30	53	2.1

	60	72	1.4
	90	71	1.1

焙烤和挤压是加工整粒大豆最常用的两种方法。焙烤时，旋转的带鳍片烘筒把大豆提升通过火焰喷嘴。焙烤大豆的典型 UIP 值为 CP 的 40%~45%，但是商业生产的焙烤大豆的 UIP 值范围为 CP 的 36%~58%，平均为 48% (Faldet and Satter, 1991)。如表 6 所示，在 140℃焙烤 90min 或在 150℃焙烤 60min 或在 160℃焙烤 30min 可以使大豆具有几乎是最优的 UIP 值和有效赖氨酸值 (Faldet et al, 1992)。把焙烤过的大豆保温一段时间，使热量透入豆中，可以改进 UIP 值并使赖氨酸在通过瘤胃后有较好的效率 (Faldet et al, 1992)。作者们的结论是，焙烤适当的大豆在离开烘筒时的温度约为 146℃并在焙烤后保温大约 30min。焙烤大豆在饲喂前一般要膨化、破碎，挤压过程中摩擦产生的热量足以破坏胰蛋白酶抑制因子，但是在挤压过程中还经常注入蒸汽。挤压大豆的 UIP 值为 CP 的 35%，此值的高低取决于挤压时产生的热量。

我们用消化的 DM 和残余氮来改进产生气体的方法，用以评判蛋白质的降解率 (Bartle et al, 1986)。抑制蛋白质合成和氨基酸脱氨基作用的方法已成为一个标准的体外方法 (Broderick, 1987)。在各种溶剂中测定蛋白质溶解度也经常作为实用而快速的方法而广泛使用，但是这些方法评估 UIP 值的可预报性并不稳定，还经常测定蛋白质在水中的溶解度 (蛋白质弥散指数, protein dispersibility index, PDI)。对于热处理大豆，PDI 值 9%~11% 被认为表示加热适当，而超过这个范围则表示加热不足 (Satter et al, 1994)。

Tremblay 等 (1996) 用近红外光谱分析 (NIR)、Broderick (1987) 用体外抑制法评估焙烤大豆的 UIP 值进行的多元回归分析中显示了高的置信系数 ($V=0.90$)，在 DM、CP 和 PDI 方面的置信系数也很高，分别为 0.97、0.99 和 0.71。因此，NIR 法可以作为快速而简便的方法来测定饲喂反刍动物的大豆的最佳焙烤条件。

结 论

正确热处理的大豆粕和整粒大豆是反刍动物的优良饲料。对于反刍动物，大豆粕和整粒大豆中的蛋白质很容易为瘤胃微生物所降解 (DIP 较高)，在某些饲养条件下，他们能很好地满足瘤胃微生物对氮的需要。但是，对于高产奶牛和年青的生长牛，则需要较低的降解率 (高的 UIP) 以满足动物对 CP (UIP) 的需要。可以用多种方法来提高大豆粕和整粒大豆的 UIP 值，包括加热、焙烤、挤压、木质磺酸盐处理和甲醛处理。本文叙述、讨论了这些方法的使用结果。评估 UIP

的快速实验室方法对于质量控制是有用的,但是可能还不能可靠地用于比较不同类型的饲料。