

# 对蛋白溶解度作为鉴定豆粕 过度加工指标的研究<sup>1</sup>

## EVALUATION OF PROTEIN SOLUBILITY AS AN INDICATOR OF OVERPROCESSING SOYBEAN MEAL

M. Araba, N. M. Dale , 佐治亚大学家禽科学系

**摘要** 本项研究针对以豆粕的脲酶活性 (UA)、橙黄 G 结合力 (OGBC) 以及蛋白质在氢氧化钾溶液中溶解度 (PS) 作为鉴定豆粕是否过度加工的指标这一问题, 做了三个试验来加以比较研究。另外两个试验, 试图通过补充氨基酸以克服豆粕过度加热所导致的生长抑制。从市售批量去皮豆粕中取得试验材料, 在高压蒸煮器中以 120 加热不同时间。在试验 1、2、3 中, 豆粕经大约 10min 蒸煮后 UA 下降为零 (pH 变化值), 说明 UA 测定不能鉴别加热时间较长的豆粕。豆粕的 OGBC 在高压蒸煮后下降, 但下降幅度比加热程度的变化幅度小, 说明 OGBC 用来鉴定豆粕是否加工过度的价值也不大。相反, PS 值随加热时间的每段延长而下降, 即使加热 80min 也不降至 0。单独补充 0.2% 赖氨酸、或补充 0.2% 赖氨酸与 0.2% 精氨酸、或补充 0.2% 赖氨酸加 0.1% 蛋氨酸、或三种氨基酸一起补充, 可以完全克服豆粕过度加工所导致的生长抑制现象, 肉用雏鸡的增重和饲料报酬与 10 分钟以上的高压蒸煮时间呈负相关。所有试验的 PS 值都比 UA 或 OGBC 更为密切地反映豆粕过度加工对雏鸡的有害影响。PS 值低于 70% 表示豆粕加工过度。

### 前 言

早已周知, 豆粕的营养价值可能会下降 (Evans and McGinnis, 1946; Block 等, 1946; Clandinin 等, 1947; Fritz 等, 1947; Balloun 等, 1953; Moran 等, 1963; Hill and Olsen, 1967; Warnick and Anderson, 1968)。豆粕过度加工会损害必需氨基酸, 如赖氨酸 (Warnick and Anderson, 1968) 和精氨酸 (Renner 等, 1953), 使其蛋白质对家禽的可利用率明显下降。

<sup>1</sup>原发表于《Poultry Science》69: 76-83, 1990

最常用来鉴定豆粕是否加工过度的指标是脲酶活性。脲酶水平本身对家禽营养没有什么意义，但被用来做为鉴定是否含有抗胰蛋白酶之类有毒因子的指标。然而，Abraham 等人（1971）提到，脲酶完全失活后，脲酶活性测定不能反映热处理对豆粕品质的影响程度。而且，彻底破坏豆粕的脲酶也不一定妨碍雏鸡生长（McNaughton and Reece，1980；Dale 等人，1986）。脲酶活性低至 0.01（pH 变化值）的豆粕与脲酶活性较高的豆粕相比，饲喂雏鸡的效果没有差别（De Schrijver，1977）。再者，加热不足的豆粕经过长时间贮存后，其脲酶活性也会降低（DeSchrijver，1977）。

从这些报道来看，以脲酶活性作为豆粕过度加工的测试指标显然存在两个基本问题。第一，低的脲酶活性不一定导致雏鸡生长受阻，第二，脲酶活性为 0 时并不表明豆粕的营养价值受到损害，而脲酶试验又没有负值，因此用这项试验来鉴定过度加工的相对严重程度是没有价值的。

此外，有人还提出其他一些体外试验作为蛋白质品质的测定指标，诸如：甲酚红试验（Olomucki and Bornstein，1960），橙黄 G 结合力（Udy，1956；Moran 等人，1963）。这些试剂与蛋白质结合的能力随产品的热处理加剧而分别增强或减弱。

Smith 和 Circle（1938）证实，用一种碱溶液可以将脱脂豆粕的含氮物提取 95%。Olcott and Fontaine（1941）研究表明，棉籽蛋白在氯化钠稀溶液中的溶解度因加热而下降。Lyman 等人（1953）观察到棉籽粕加热也有类似情况，用蒸煮过的棉籽粕喂鸡，其蛋白溶解度关系到鸡生长受阻的程度。

蛋白溶解度试验过去曾用于养禽业中的豆粕质量检验。六十年代后期，在圣路易斯普瑞纳公司工作的 Rinehart 首先将蛋白质在氢氧化钾溶液中的溶解度作为评价豆粕加工程度的一种方法。这项测试在巴西（可能还包括其它一些国家）广受欢迎，可惜由于采用这项试验的都是一些公司，在科学文献中没有出现对其应用价值的评价。

本项研究的目的是评价以豆粕蛋白质在 0.2% 氢氧化钾溶液中的溶解度作为鉴定豆粕是否加热过度而营养下降这一方法的价值。此外，本项目对含不同蛋白溶解度的豆粕日粮补充氨基酸，进行动物试验以评价补充氨基酸的效果。

## 材料和方法

### 总体设计

试验 1、2、3 的目的是比较各种化学分析方法及其与雏鸡生产性能的关联程度。试验 4 和 5 的目的是考察补充氨基酸以克服低蛋白溶解度豆粕抑制肉鸡生长的效果。从一家当地饲料厂选定 5 批浸提法生产的去皮豆粕。为模拟过度加热，从每批豆粕中采集少量实验材料，摊在浅铝盘（高 2.54cm）中，放进高压蒸煮器内以 121 蒸煮不同时间。风干之后，将试验材料移出浅盘。

#### 体外分析

脲酶分析按 Caskey 和 Knapp (1944) 的方法。测定赖氨酸可利用率的染料结合法按 Moran 等人 (1963) 的操作。氢氧化钾中的蛋白溶解度测定方法如下：将 1.5g ( $\pm 0.001$ g) 豆粕样品用 Udy 磨 (Udy 公司, Boulder, CO) 磨碎至通过 0.5mm 筛，与 75ml 0.2% (0.636N, pH = 12.5) 氢氧化钾混合，在磁力搅拌器上搅拌 20min。以 2700rpm 离心 15min，倾出上清液（注意勿带离心沉淀物），用玻璃棉过滤，大约得到 40ml 滤液，置入一个 50ml 烧杯中，每份滤液取出双份各 15ml，相当于 0.3g 样品 ( $1.5\text{g} \times 15\text{ml}/75\text{ml}$ )，移入消化管。向每个消化管内加入 12.5ml 浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，2 粒催化剂（凯氏复合催化剂，Kjeltab），2ml 30% 的  $\text{H}_2\text{O}_2$ 。按凯氏法测定总氮，计算蛋白质含量。原样的粗蛋白含量也需测定。蛋白溶解度以溶于 0.2% 氢氧化钾溶液中的蛋白质占豆粕总蛋白含量的百分数表示。

#### 动物试验

所有动物试验都用来自同一个孵化场的 1 日龄公雏进行。每个试验有 5 栏雏鸡，每栏 8 只，分栏时注意让每栏的平均体重大致相等。每个试验处理的重复鸡栏随机排列。将雏鸡放在控温的 Petersime 育雏器 (Petersime 公司, Gettysburg, OH) 中饲养三周 (试验 1 仅持续 18 天)，自由采食和饮水。试验 1 在 15 日龄和 18 日龄记录体重和饲料消耗，以后的记录在 2 周龄和 3 周龄进行。计算增重和饲料报酬。每天记录死亡率。

将每种不同处理的豆粕分别加入到一种基础日粮当中，所有试验都采用同一种饲料配方 (表 1)。日粮按蛋白质含量 (17.5%)，特别是赖氨酸含量 (0.81%) 进行设计，以令幼雏易于感受过度加热对这些营养成分可能产生的破坏作用。

每个试验均以栏为观察单位，用 SAS 软件系统 (SAS Institute, 1985) 对数据做单因子方差分析。用 Duncan 法进行多重比较，以分析处理间的差异。

表 1 基础日粮构成和化学成分 ( 试验 1 至 5 )

原 料	%	原 料	%
黄玉米粉	72.48	计算的营养成分:	
去皮豆粕 <sup>1</sup>	20.00	代谢能 ( kcal / kg)	3190
玉米蛋白粉	3.00	粗蛋白 ( % )	17.5
脱氟磷酸盐	1.96	赖氨酸 ( % )	0.81
家禽脂肪	1.00	蛋氨酸 ( % )	0.40
石粉	0.72	蛋氨酸十胱氨酸 ( % )	0.69
氯化钠	0.30		
维生素预混料 <sup>2</sup>	0.25		
矿物质预混料 <sup>3</sup>	0.05		
DL—蛋氨酸	0.09		
合计	99.85		

<sup>1</sup>在 121 高压蒸煮不同的时间。

<sup>2</sup>维生素预混料提供 ( 每公斤日粮 ): 维生素 A 5500IU , 维生素 D<sub>3</sub>1100ICU , 维生素 E 11IU , 核黄素 4.4mg , 泛酸钙 12mg , 烟酸 44mg , 氯化胆碱 220mg , 维生素 B<sub>12</sub> 6.6 μg , 维生素 K 1.1mg ( MSBC ) , 叶酸 0.55mg , d—生物素 0.11mg , 维生素 B<sub>1</sub> 2.2mg ( 硝酸硫胺素 ) , 维生素 B<sub>6</sub> 2.2mg ( 盐酸吡哆醇 ) , 乙氧基喹啉 125mg。

<sup>3</sup>微量矿物质预混料提供 ( 每公斤日粮 ): 锰 60mg、 锌 50mg、 铁 30mg、 铜 5mg、 碘 1.5mg。

试验 1 , 豆粕样品 ( 蛋白含量测定为 49.3% ) 分别高压蒸煮 0、 5、 10、 20、 40、 80min , 所有样品都测定脲酶活性、 染料结合力、 蛋白溶解度。 雏鸡日粮按上述设计分别含 20% 不同加热时间的豆粕。

试验 2 与试验 1 类同 , 不同的是豆粕蒸煮时间分别为 0、 4、 8、 12、 16、 20min , 为的是更接近地模拟中等过度加热的影响。 鉴于试验 2 的豆粕没有明显地抑制雏鸡生长 , 在试验 3 中加长了豆粕蒸煮时间 ( 0、 5、 10、 20、 40min )。

试验 4 是研究补充氨基酸对低蛋白溶解度豆粕养鸡效果的影响。 豆粕蒸煮时间分加为 0、 20、 40min。 每个蒸煮时间的豆粕配制两种日粮 , 一个作为对照 , 另一个补充 0.2% 赖氨酸 , 0.2% L—精氨酸 , 0.1% DL—蛋氨酸。 这样就有了 6 种日粮处理。 氨基酸预混料取代基础日粮中相应数量的玉米。 实验 4 表明 , 补充赖氨酸、

精氨酸和蛋氨酸促进了雏鸡生长。

试验 5 是试图确定在本研究条件下哪一种氨基酸最具有限制性。除了含有蒸煮 0min 和 40min 豆粕的两种对照日粮之外，配制了 7 种含蒸煮 40min 豆粕的日粮，即：单独补充 0.2%L—赖氨酸、单独补充 0.2%L—精氨酸、单独补充 0.1%DL—蛋氨酸、补充其中两种、补充全部三种。

## 结 果

延长加热时间对豆粕营养价值的损害在本项研究中反复表现出来。豆粕热损害的程度分别用豆粕的脲酶活性、染料结合力、蛋白溶解度三项方法进行测试。

### 试验 1

本试验所用豆粕的脲酶活性在各种蒸煮加工之前是 0.03pH 变化值（表 2）。蒸煮 5min，脲酶活性降为 0.02，蒸煮 10min 或超过 10min，脲酶活性均为 0。豆粕的橙黄 G 结合力随热处理而下降，蒸煮 80min 的豆粕与未蒸煮的相比，仅下降 4.4（mg/g 豆粕）。蒸煮前豆粕在 0.2% 氢氧化钾溶液中的蛋白溶解度是 86%，蒸煮后溶解度急剧下降，蒸煮 80min 降至 40.8%。

表 2 豆粕高压蒸煮对雏鸡生长(1—18 日龄) 和豆粕溶解度、  
脲酶活性和橙黄 G 结合力的影响 ( 试验 1 )

处理 (min)	增重 (g/只)	料肉比	蛋白溶解度 (%)	脲酶活性 (pH 变化值)	橙黄 G 结合力 (mg/g 豆粕)
0	450 <sup>a</sup>	1.79 <sup>c</sup>	86.0	0.03	79.6
5	445 <sup>a</sup>	1.87 <sup>bc</sup>	76.3	0.02	78.8
10	424 <sup>a</sup>	1.83 <sup>bc</sup>	74.0	0.00	78.2
20	393 <sup>b</sup>	1.89 <sup>b</sup>	65.4	0.00	76.6
40	316 <sup>c</sup>	2.04 <sup>b</sup>	48.1	0.00	76.6
80	219 <sup>d</sup>	2.55 <sup>a</sup>	40.8	0.00	75.2

<sup>a-d</sup>角注字母不同的同列平均值之间差异显著 (  $P < 0.05$  )。

18 日龄雏鸡生长速度随蒸煮时间延长而下降 ( 表 2 )。蒸煮 10min 时生长性能出现显著差异 (  $P < 0.05$  )。蒸煮 10min 与 20min 相比，20min 与 40min 相比，40min

与 80min 相比，雏鸡生长都明显减缓。

### 试验 2

本试验所用豆粕的初始脲酶活性为 0.02pH 变化值(表 3), 蒸煮 4min 降至 0.01, 继续加热降为 0。豆粕的染料结合力经蒸煮 16min 从 77.1mg/g 降为 71.3mg/g。蒸煮 16min 与 20min 相比, 橙黄 G 结合力都一样。与此形成鲜明对比的是蛋白质溶解度, 在蒸煮时间从 0 至 16min 之间, 每段加长蒸煮时间都使溶解度下降。

本试验所试各种日粮之间, 在雏鸡增重和饲料报酬方面均未看到显著差异 ( $P > 0.05$ )(表 3), 料肉比亦未见差别。

表 3 豆粕高压蒸煮对雏鸡生长(1—21 日) 和豆粕蛋白溶解度、  
脲酶活性和橙黄 G 结合力的影响 (试验 2)

处理 (min)	增重 <sup>1</sup> (g/只)	料肉比 <sup>1</sup>	蛋白溶解度 (%)	脲酶活性 (pH 变化值)	橙黄 G 结合力 (mg/g 豆粕)
0	449	2.20	78.3	0.02	77.1
4	469	2.01	77.2	0.01	75.8
8	457	2.30	71.7	0.00	73.9
12	454	2.11	68.8	0.00	73.3
16	443	2.16	61.8	0.00	71.3
20	435	2.13	61.5	0.00	71.3

<sup>1</sup>该项指标在 0.05 概率水平未呈显著差异。

### 试验 3

这项试验中为满足三周所需的豆粕, 在进一步蒸煮前的脲酶活性是 0pH 变化值(表 4)。由于脲酶试验没有负值, 进一步加热均不可能引起脲酶活性的任何变化。豆粕高压蒸煮从 0min 延长至 5、10、20、40min 后, 其橙黄 G 结合力分别从 76.4mg / g 降至 74.8、71.7、70.9、70.0mg / g。与此同时, 豆粕蛋白溶解度随热处理时间加长而明显下降, 从 82.3% 分别降至 72.6、66.9、46.11%。高压蒸煮时间从 10min 延长到 20min, 以及从 20min 延长到 40min 时, 均导致雏鸡增重和饲料报酬下降, 蒸煮 40min 下降显著 ( $P < 0.05 =$ 。

表 4 豆粕高压蒸煮对雏鸡生长(1—21 日龄)和蛋白溶解度、  
脲酶活性和橙黄 G 结合力的影响(试验 3)

处理 (min)	增重 (g/只)	料肉比	蛋白溶解度 (%)	脲酶活性 (pH 变化值)	橙黄 G 结合力 (mg/g 豆粕)
0	423 <sup>ab</sup>	2.26 <sup>b</sup>	82.3	0.00	76.4
5	452 <sup>a</sup>	2.12 <sup>b</sup>	72.6	0.00	74.8
10	444 <sup>a</sup>	2.24 <sup>b</sup>	66.9	0.00	71.7
20	405 <sup>b</sup>	2.36 <sup>b</sup>	60.5	0.00	70.9
40	254 <sup>c</sup>	2.60 <sup>a</sup>	46.1	0.00	70.0

<sup>a-c</sup>角注字母不同的同列平均值之间差异显著 (P < 0.05)

#### 试验 4

此项试验高压蒸煮前的豆粕脲酶活性是 0.02pH 变化值(表 5), 豆粕蒸煮 20min 后, 该指标降至 0.01, 蒸煮 40min 脲酶活性不再进一步下降。豆粕蒸煮 0、20、40min, 其橙黄 G 结合力分别是 74.8、71.4、71.8mg/g。高压蒸煮使蛋白溶解度下降。

表 5 给过度加工的豆粕补充赖氨酸、蛋氨酸和精氨酸对  
雏鸡生长(1—21 日龄)的影响(试验 4)

处理 (min)	增重 (g/只)	改善 (%)	料肉比	蛋白溶解度 (%)	脲酶活性 (pH 变化值)	橙黄 G 结合力 (mg/g 豆粕)
0	453 <sup>c</sup>	—	2.00 <sup>ab</sup>	76.6	0.02	74.8
0 <sup>3</sup>	548 <sup>a</sup>	21.0	1.77 <sup>bc</sup>	—	—	—
20	410 <sup>d</sup>	—	2.08 <sup>a</sup>	59.6	0.01	71.4
20 <sup>3</sup>	531 <sup>a</sup>	29.5	1.68 <sup>c</sup>	—	—	—
40	324 <sup>e</sup>	—	2.10 <sup>a</sup>	46.2	0.01	71.8
40 <sup>3</sup>	493 <sup>b</sup>	52.2	1.85 <sup>abc</sup>	—	—	—

<sup>a-e</sup>角注字母不同的同列平均值之间差异显著 (P < 0.05)

<sup>1</sup> 氢氧化钾稀溶液中的蛋白溶解度。

<sup>2</sup> 豆粕的橙黄 G 结合力。

<sup>3</sup> 在基础日粮的添加量之外, 日粮再补充 0.2%L—赖氨酸(98.5%盐酸赖氨酸), 0.2%精氨酸(98%盐酸精氨酸), 0.1%DL—蛋氨酸。

用高压蒸煮 20min 或 40min 的豆粕养鸡，雏鸡增重显著减缓 ( $P < 0.05$ )，但料肉比差别不显著 (表 5)。在含有蒸煮 0、20、40min 豆粕的日粮中补充 0.2% 赖氨酸、0.2% 精氨酸和 0.1% 蛋氨酸，雏鸡增重显著改善 ( $P < 0.05$ )。蒸煮 40min 的豆粕补充氨基酸后雏鸡增重改善最为明显。蒸煮 20min 的豆粕补充氨基酸改善增重的程度介于蒸煮 0 与 40min 之间。饲料报酬也随氨基酸的补充得到类似的改进。

表 6 赖氨酸、精氨酸或蛋氨酸三者单独补充  
或一同补充对雏鸡生长的影响 (试验 5)

处理 <sup>1</sup>	补充氨基酸 <sup>2</sup>			21 日龄结果	
	赖氨酸	精氨酸	蛋氨酸	增重	料肉比
(min)		(%)		(g/只)	
0	—	—	—	470 <sup>b</sup>	2.07 <sup>cd</sup>
40	—	—	—	349 <sup>c</sup>	2.49 <sup>a</sup>
40	—	—	0.1	350 <sup>c</sup>	2.25 <sup>bc</sup>
40	—	0.2	—	369 <sup>c</sup>	2.33 <sup>ab</sup>
40	—	0.2	0.1	354 <sup>c</sup>	2.36 <sup>ab</sup>
40	0.2	—	—	526 <sup>a</sup>	2.00 <sup>d</sup>
40	0.2	—	0.1	520 <sup>a</sup>	2.07 <sup>cd</sup>
40	0.2	0.2	—	529 <sup>a</sup>	1.95 <sup>d</sup>
40	0.2	0.2	0.1	531 <sup>a</sup>	1.87 <sup>d</sup>

<sup>a-d</sup> 没有同样角注字母的同列平均数之间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

<sup>1</sup> 高压蒸煮 0 和 40min 的豆粕，其蛋白溶解度 (%)、脲酶活性 (pH 变化值)、橙黄 G 结合力 (mg/g 豆粕) 分别为 80.3 和 48.2，0 和 0，78.6 和 75.1。

<sup>2</sup> 以赖氨酸 (98.5%L—盐酸赖氨酸)、精氨酸 (98%盐酸精氨酸) 和 DL—蛋氨酸取代基础日粮中相应数量的玉米。蛋氨酸是在基础日粮的蛋氨酸添加量之外的补加量。

### 试验 5

这项试验所用豆粕蒸煮前的脲酶活性是 0 (表 6)。加热 40min，豆粕的橙黄 G 结合力从 78.6 降至 75.1mg/g，蛋白溶解度从 80.3% 降至 48.2%。用蒸煮 40min 的豆粕喂鸡，鸡的增重和料肉比都显著下降。补充 0.2% 精氨酸或 0.1% 蛋氨酸，无论单独补充或一同补充，与饲喂加工过度而未补充氨基酸的豆粕相比，鸡的增重均

没有差别。但是，给过度加工的豆粕补充 0.2% 赖氨酸，无论单独补充，或同时补充 0.2% 精氨酸，或同时补充 0.1% 蛋氨酸，或三者一同补充，与未补充氨基酸的过度加工豆粕相比，或与未补充而又未经蒸煮的豆粕相比，鸡的增重都显著改善。因此，补充赖氨酸的各种处理均显著改善鸡的增重 ( $P < 0.05$ )；而另外再补充蛋氨酸或精氨酸均见不到进一步的改善效果。

## 讨 论

作者的实验室以往进行的研究表明，脲酶活性为 0pH 变化值的豆粕对肉鸡的营养价值不一定有影响 (Dale 等人, 1986)。试验 2 的结果与此相符。用含有脲酶活性为 0.02 和 0.01pH 变化值的豆粕日粮喂鸡，鸡的增重与脲酶活性为 0 的豆粕没有差别。正如 McNaughton 和 Reece (1980) 证明的，热处理过程中脲酶的破坏先于赖氨酸的破坏。

在试验 1 和 2 中，脲酶活性很快因高压蒸煮而减弱并降为 0。因此，脲酶测定值不能鉴别进一步加热对豆粕营养价值的影响，该影响明显地反映在雏鸡生长方面。脲酶试验是鉴定豆粕过度加工的传统指标，但是试验研究已经反复证明，这项测定方法用来鉴别过度加工的豆粕是不合适的 (Caskey and Knapp, 1944； Bird 等人, 1947； Balloun 等人, 1953)。McNaughton 等人 (1981) 也证明脲酶活性不能恰当地反映过度加工。本项研究又进一步证明脲酶活性既不是豆粕过度加工的可靠指标，更不能表示过度加工的程度。

在所有 5 个试验中，蛋白质在氢氧化钾溶液中的溶解度都随加工时间延长而明显地逐步下降。与脲酶活性不同，在本研究中所有的加热时间范围内，溶解度测定均能反映不同加热程度的影响。即使是剧烈的过度加热 (试验 1 中的 80min)，蛋白溶解度也未降到 0。因此，蛋白溶解度测定克服了脲酶活性的一个根本缺点，它能鉴别过度加工的不同程度。在碱液中蛋白溶解度的明显下降与 del Cueto 等人 (1960) 的发现相符，他们报道，鹰嘴豆粉经高压蒸煮后，其蛋白质在氢氧化钠溶液中的溶解度下降；另外也与 Lyman 等人 (1953) 的结果相符，他们报道，棉籽粕蛋白在 0.02N 氢氧化钠中的溶解度与用棉籽粕喂鸡的生长情况所反映的营养价值相关。

本研究的试验 1 和 3 表明，鸡的增重显著下降与饲喂蛋白溶解度低的豆粕相关联。但是，这两个试验都未能表明过度加热的豆粕的脲酶活性可以用来做为衡量豆粕营养价值受损程度的实用指标。试验 3 的结果最为突出，对照饲料的脲酶活

性为 0。在试验 2 中，蛋白溶解度随加热时间的每段延长而下降，但未观察到鸡的增重有显著差异 ( $P > 0.05$ )。

橙黄 G 结合力随高压蒸煮时间延长而下降。这一结果与 Moran 等人 (1963) 的研究结果一致。在酸性环境中，橙黄 G 可特异性地与游离氨基、或咪唑基、或胍基结合 (Fraenkel—Conrat and Cooper, 1944)。试验 5 表明赖氨酸受热损害最重，这一结果与 Moran 等人 (1963) 一致。由于赖氨酸的氨基与还原糖的结合随热处理加剧而增强 (Moran, 1981)，那么，蒸煮后豆粕的橙黄 G 结合力很低，即表明赖氨酸已经不可利用了。

从本研究结果来看，结合力这一指标反映热处理程度比脲酶活性更为有用。不过，加热时间差别很大的豆粕其染料结合力测定值差异幅度却相当小。例如试验 1，加热 20min 和 40min 的豆粕，其染料结合力相等；而蛋白溶解度却从 65.4% 降至 48.1%。可见，橙黄 G 结合力测定值随热处理加剧而变化的幅度很窄。这表明该项分析指标可能不适用于鉴别过度加工的豆粕。在本研究的试验条件下，蛋白溶解度比脲酶活性或橙黄 G 结合力都更为确切地反映豆粕过度加工及其对雏鸡生长的不利影响。

由于本研究中所设计的日粮内含蛋白质不足，特别是含赖氨酸不足，所以雏鸡对未经蒸煮的豆粕补充蛋氨酸、精氨酸和赖氨酸表现良好是在意料之中的。对过度加工的豆粕补充这三种氨基酸后，雏鸡生长更加改善，这说明至少其中一种氨基酸被热处理局部破坏或效价降低 (试验 4)。这一想法在试验 5 中得到了证实。单独补充赖氨酸、或与蛋氨酸和精氨酸二者之一或二者一同补充，都可完全克服豆粕过度加热的影响。类似的结果也见于他人的研究：Block 等人 (1946)，Fritz 等人 (1947)，Balloun 等人 (1953)，Moran 等人 (1963)，Hill 和 Olsen (1967)，Warnick 和 Anderson (1968) 等等都得到了相似的结果。给过度加工的豆粕补充精氨酸或蛋氨酸，或二者都同时补充，与没有补充氨基酸的豆粕相比，养鸡的效果没有差别，这说明，在本研究条件下，精氨酸和蛋氨酸不是限制性的。

研究表明，蛋白溶解度测定对于鉴定豆粕过度加工是一项优于脲酶活性和橙黄 G 结合力的指标。溶解度能密切反映过度加工豆粕的加热程度和对鸡生长的不利影响。Ford 和 Shorrocks (1971) 提到，游离氨基 (主要是赖氨酸的  $\alpha$ -氨基) 与其他基团反应形成抗酶解的分子间或分子内化学键，从而降低蛋白质溶解度和消化率。这些变化能够解释氢氧化钾溶液中的蛋白溶解度之所以随高压蒸煮时间延长而下降，而且也能解释溶解度下降与豆粕营养价值的关联。这些试验结果表

明，0.2%氢氧化钾溶液中的蛋白溶解度能够很好地鉴定豆粕的过度加工，并有效地区分过度加工的不同程度。蛋白溶解度低于70%的豆粕，对鸡的营养价值很可能受到影响；低于65%，则几乎肯定表明豆粕加工过度。

致谢 对 Egerton Whittle 的鼓励和大力协助致以衷心的感谢。

(刘瑞征 翻译)

## 参考文献

- Abraham, J., J. Adrian, C. Calet, G. Charlet- Lery, J. Delort Laval, J. Guillaume, M. Gutton, J. Loughon, A. Rerat and S.
- Z. Zelter, 1971. Heat treatment and quality of soybean protein, VIII. Sensitivity of three animal species (rat, pig and chicken) and of various biochemical tests to the intensity of the heat treatment of the oil meal. *Ann. Zootech. (Paris)* 20:75-86.
- Balloun, S. L., E. L. Johnson. And L.K.Amoid, 1953. Laboratory estimation of the nutritive value of soybean oil meals. *Poultry Sci.*32:517-527
- Bird, H. R., R. F. Boucher, C. D. Caskey, J. W. Hayward. and J. F. Hunter, 1947. Urease activity and other chemical criteria as indicators of inadequate heating of soybean oil meal. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.* 30:354-364
- Block, R. J., P. R. Cannon, R. W. Wissler, C. H. Steffee, Jr., R. R. Straube. and R. L. Woodridge, 1946. The effect of baking and toasting on the nutritional value of proteins, *Arch Biochem*, 10:295-301
- Caskey, C. D., Jr., and F. Knapp, 1944. Method for determining inadequately heated soybean meal. *Ind. Eng. Chem. (Anal. Ed.)*16:640-641.
- Clandinin, D. R., W. W. Cravens, C. A. Elvehjem, and J.G. Halpin, 1947. Deficiencies in overheated soybean oil meal. *Poultry Sci.* 26:150-156
- Dale, N. M., O. W. Charles, and S. Duke, 1986. Reliability of urease activity as indicator of overprocessing of soybean meal. *Poultry Sci.*65(Suppl 1):164.(Abstr. )
- Del Cueto, A. Gonzalez W. H. Martinez. and V. L. Frampton,1960. Effect of autoclaving on the basic amino acids and proteins of the chick pea. *J. Agric, Food Chem.* 8:331-332
- De Schrijver, R.,1977. An evaluation of the urease activity test for determining the quality of soybean oil meal. *Vlaams Diergeneekd. Tijd-schr.* 46:333-339.
- Duncan, D. B.,1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1-42.

- Evans, R. J., and J. McGinnis, 1946. The influence of autoclaving soybean oil meal on the availability of cystine and methionine for the chick. *J. Nutr.* 31:449-461.
- Ford, J. E., and C. Shorrock, 1941. Metabolism of heat - damaged proteins in the rat, Influence of heat damage on the excretion of aminoacids and peptides in the urine, *J. Nutr.* 26:311-322.
- Fraenkel - Conrat, H. and M. Cooper, 1944. Use of dyes for the determination of acid and basic groups in protein *J. Biol. Chem.* 154:239-246.
- Fritz, J. C., E. H. Kramke, and C. A. Reed, 1947, Effect of heat treatment on the biological value of soybeans, *Poultry Sci.* 26:657-661.
- Hill, D. C. and E. M. Olsen, 1967. Free amino acid interrelationships in the blood plasma of chicks fed soybean protein. *Poultry Sci.* 46:93-100.
- Lyman, C. M., W. Y. Chang, and J. R. Couch, 1953. Evaluation of cottonseed meals by chick growth and by a chemical index method. *J. Nutr.* 49:679-690.
- Mauron, J., 1981. the Maillard reaction in food: a critical review from the nutritional standpoint. *Prog. Food & Nutr. Sci.* 5:5-35.
- McNaughton, J. L., and F. N. Reece, 1980, Effect of moisture content and cooking time on soybean meal urease index, trypsin inhibitor content, and broiler growth. *Poultry Sci.* 59:2300-2306.
- McNaughton, J. L., F. N. Reece, and J. W. Deaton, 1981. Relationships between color, trypsin inhibitor contents, and urease index of soybean meal and effects on broiler performance. *Poultry Sci.* 60:393-400.
- Moran, E. T., Jr., L. S. Jensen, and J. McGinnis, 1963, Dyebinding by soybean and fish meal as an index of quality, *J. Nutr.* 79:239-244.
- Olcott, H. S., and T. D. Fontaine, 1941. The effect of autoclaving on the nutritive value of proteins in cottonseed meal. *J. Nutr.* 22:431-437.
- Olornucki, E. and S. Bornstein, 1960. The dye absorption test for the evaluation of soybean meal quality. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.* 43:440-442.
- Renner, R., D. R. Clandinin, and A. R. Robblee, 1953, Action of moisture on damage done during overheating of soybean oil meal. *Poultry Sci.* 32:582-585.
- SAS Institute, 1985. *SAS User's Guide: Statistics. Version 5 ed.* SAS Inst Inc. , Cary, NC 27511.
- Smith, A. K. and S. J. Circle, 1938. Peptization of soybean protein. *Ind. Eng. Chem.* 30:1414-1418.
- Udy, D. C. 1956. Estimation of protein in wheat and flour by ion-binding. *Cereal Chem.* 33:190-197.
- Warnick, R. E., and J. O. Anderson, 1968. Limiting essential amino acids in soybean meal for growing chickens and the effects of heat upon availability of the essential amino acids, *Poultry Sci.* 47:281-287.