

理想蛋白的概念及其 在肉鸡日粮配方中的应用

THE CONCEPT OF IDEAL PROTEIN AND ITS APPLICATION IN BROILER DIET FORMULATION

韩彦明 博士

普瑞纳国际公司

引言

现代肉鸡生产周期一般为 6-8 周。为应用上的方便，营养学家们人为地将肉鸡的营养需要划分为三个阶段，如美国的 NRC 家禽营养需要标准(NRC, 1994)。然而，从生物学角度上看，肉鸡生长对日粮氨基酸浓度的要求并非随鸡龄的增长呈断续的阶梯状下降，而是连续的曲线。除鸡龄外，肉鸡对日粮中氨基酸的需要量，还受很多其它因素的影响，诸如品种、性别、鸡龄、环境温度等等。加之，大部分氨基酸的需要量，尤其是 21 日龄以后的需要量，还没有确切地建立起来。欲科学地配备日粮使其满足肉鸡在不同环境条件下对营养的需要而又不至于浪费，这对从事动物营养和日粮配方的人员来说无疑是一个很大的挑战。研究确定肉鸡在各种复杂的条件下对所有必需氨基酸的需要量是不现实的。因此很有必要来分析，概括大量现有文献中的氨基酸需要量数据并建立起各种氨基酸需要量之间的理想比例，而不是去担心每一特定氨基酸的需要量。这样，假如 0-21 日龄肉鸡对可消化苏氨酸与可消化赖氨酸需要量的理想比值是 67%的话，那么无论是：a) 公鸡或母鸡；b) 日粮能量或蛋白水平的高低；c) 是否是瘦肉型；d) 各种环境温度条件下，这一比例应该是保持相对稳定。然而，肉鸡对苏氨酸的需要量却非如此。例如：公鸡对可消化苏氨酸的需要量高于母鸡对该氨基酸的需要量；饲喂高蛋白日粮的肉鸡对可消化苏氨酸的需要量高于饲喂低蛋白日粮的肉鸡对该氨基酸的需要量。

理想蛋白的定义

在理想蛋白中，针对动物的需要，所有必需氨基酸所受限制的程度相同，这样的氨基酸比例使日粮中氮的利用率达到最大程度。

可以利用木桶的比喻来帮助更好地理解这一概念，我们将木桶的每一木条假设为一种氨基酸，那么只有在每一木条具有相等的高度时，盛水量为最大。也即只有在每一种氨基酸满足动物需要的程度相等时，氨基酸的利用率最高。假若日粮中各种氨基酸的含量都能满足动物需要的 100%而唯独赖氨酸只满足动物需要的 80%，那么所有氨基酸的最大利用率也只能是 80%。多余的氨基酸将被动物体分解代谢。相应的动物生长速度也只能达到 80%。因此，日粮配方的人员目标不单单是配制日粮以满足肉鸡对营养的需要，而是要尽可能经济地满足肉鸡对营养的需要。使营养成分的浪费降低到最小程度。

为什么用赖氨酸作为参照氨基酸

在典型的玉米-豆粕日粮中，只有含硫氨基酸(蛋氨酸、胱氨酸)、赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸和精氨酸对肉鸡生产有潜在的使用性意义(Han 等, 1992)。其它氨基酸的含量相对较高。在这些氨基酸中，赖氨酸是一个最为恰当的参照氨基酸。这是因为：

- (1) 在含硫氨基酸之后，赖氨酸在家禽日粮中是第二限制性氨基酸。
- (2) 饲料或原料中赖氨酸含量的化学分析较含硫氨基酸容易并且准确。
- (3) 含硫氨基酸在动物体内具有多种生物功能而赖氨酸的唯一功能是合成蛋白质。
- (4) 对赖氨酸需要量的研究最为广泛。

伊利诺斯肉鸡理想蛋白模式

在过去的三十多年中伊利诺斯大学(University of Illinois)从事了大量的肉鸡氨基酸需要量的研究工作。这些大量的研究结果(如氨基酸需要量以及氨基酸摄入量与体增重的回归公式斜率之比)为建立必需氨基酸的理想比例提供了坚实的基础。然而，这些研究工作主要限于 0-21 日龄的小鸡。因此，某些氨基酸对赖氨酸的比例在前期(0-21 日龄)与中、后期(21-42、43-56 日龄)理想蛋白中略有不同，如胱氨酸、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸、精氨酸、异亮氨酸。这是因为在前期阶段，家禽对这些氨基酸的维持需要占总需要量(蛋白合成+维持)的比例很小，但该比例随着鸡龄及体重的增加而增大。

根据分析计算，我们分别为肉鸡前期、中期和后期设立了伊利诺斯肉鸡理想蛋白模式(表 1)。同时，我们做了大量的研究工作以准确地测定肉鸡在不同阶段对

可消化赖氨酸的需要量。准确地测定可消化赖氨酸需要量的重要性是显而易见的。因为它是利用理想蛋白模式来确定其它必须氨基酸需要量的基础。表 2 中肉鸡前期(0-21 日龄)和中期(22-42 日龄)可消化赖氨酸的需要量来自于 Han 和 Baker(1991, 1993, 1994)的研究。结果表明：达到最佳饲料效率的需要量(%日粮)高于达到最佳生长速度的需要量。公鸡对可消化赖氨酸需要量高于母鸡(表 2)。达到最佳鸡胸产肉率的赖氨酸需要量与达到最佳饲料效率的需要量相似(Han 和 Baker, 1994)。

表 1 伊利诺斯(Illinois)肉鸡理想蛋白模式¹

氨基酸	0-21 日龄	22-42 日龄	43-56 日龄
赖氨酸	100	100	100
蛋+胱	72	75	75
蛋氨酸	36	37	37
胱氨酸	36	38	38
精氨酸	105	108	108
缬氨酸	77	80	80
苏氨酸	67	70	70
色氨酸	16	17	17
异亮氨酸	67	69	69
组氨酸	35	35	35
苯丙+酪	105	105	105
亮氨酸	109	109	109

¹ Baker & Han(1994)。

表 2 肉鸡真正可消化赖氨酸需要量(%日粮)

		最佳体增重	最佳饲料效率
0-21 日龄 ¹	公鸡	1.02	1.12
	母鸡	0.92	1.02
	平均	0.97	1.07
21-42 日龄 ²	公鸡	0.85	0.89
	母鸡	0.78	0.85
	平均	0.82	0.87
42-56 日龄 ³	公鸡	0.72	0.76
	母鸡	0.69	0.73
	平均	0.71	0.75

¹ Han & Baker (1991, 1993);

² Han & Baker (1994);

³ 由 NRC (1994) 估算而来。

最近，我们将伊利诺斯肉鸡理想蛋白(前期)与 NRC-1984 和 NRC-1994 做了比较(Baker 和 Han, 1994)。结果表明伊利诺斯肉鸡理想蛋白的每单位必需氨基酸的增重优于 NRC-1984 和 NRC-1994。随着研究工作在 Baker 博士试验室的继续深入，伊利诺斯肉鸡理想蛋白将进一步得到完善。

采食量和生长速度是否影响赖氨酸需要量呢(%日粮)?未必，在 1991 年的研究中(Han 和 Baker, 1991)，我们比较了一个生长较慢的品系(New Hampshire×Columbian)与一个快速生长的商品肉鸡品系(Hubbard×Hubbard)对可消化赖氨酸的需要。在 8-22 日龄试验期间，快速生长品系的采食量是另一品系采食量的两倍。但是它的体增重也是另一品系的两倍。如将需要量表示为日粮的百分率，则两个品系对赖氨酸的需要量相同。若以绝对量计算，快速生长品系的赖氨酸需要量是另一品系的两倍。快速生长品系以多采食来满足了对此项的需要。由此可见，预测不同品系的肉鸡是否有不同的氨基酸需要量的关键还是在于这些品系的身体组成结构(瘦肉比率)。在以上试验中，尽管两个品系的体增重不同，但两个品系的蛋白

质增重占总体增重的比却是相同的，均为 16.9%。假若一个品系的瘦肉率较别的品系高，那么可以推断该品系对氨基酸的需要量会高于其它品系。如上所述，公鸡的氨基酸需要量高于母鸡，这是因为公鸡与母鸡相比，体组织中蛋白含量高，脂肪含量低(Han 和 Baker, 1991; 1993)。运用理想蛋白概念的优越则在于尽管氨基酸需要量会变化，但各氨基酸与赖氨酸的理想比例却是相对稳定的。

高温是影响肉鸡采食量的一个重要因素。我们 1993 年的工作(Han 和 Baker, 1993)表明处于热应激环境(37℃)的鸡的采食量下降达 22%。但是对赖氨酸需要量(日粮%)的影响则并不明显。

肉鸡理想蛋白模式在日粮配方中的应用

尽管在实际生产情况中配制与理想蛋白完全相符的日粮是不可能的。但理想蛋白为营养工作者调整配方以经济地满足肉鸡在不同条件下对营养的需要提供了可靠的基础。无论在何种情况下，一旦可消化赖氨酸需要量确定了，便可利用以上我们提出的理想蛋白模式来推测其它氨基酸需要量。推测出的氨基酸需要量在配方中设为最小值。

饲料原料中的可消化氨基酸含量将如何确定呢?通常在饲料厂不可能，也没有条件并且也没有必要来分析每批原料的氨基酸含量及消化率。但较为准确地推测其可消化氨基酸含量却是可能的。根据粗蛋白含量，可利用回归公式(NRC, 1994; Degussa, Inc, 1996)来推测其氨基酸含量，然后利用氨基酸的真正消化率平均值(Parsons, 1991;NRC, 1994)可估计出可消化氨基酸含量。以可消化氨基酸值平衡配比的配方远远优于用总氨基酸值的配方。

我们利用理想蛋白的概念来分析一下下列的情况：a) 由于市场上赖氨酸的价格很高，为降低配方成本，配方中赖氨酸水平被下调 10%；b) 夏季由于热应激，肉鸡采食量下降。为改进肉鸡的生长水平，有人建议将蛋氨酸添加量增加 10%。在前者情况下，由于赖氨酸水平下降而失去平衡，其它氨基酸的利用率必将随之而下降。在后者情况下，只提高一种氨基酸而没有相应地提高其它氨基酸水平，所增加的蛋氨酸实属浪费。

合成氨基酸的工业化生产使得日粮氨基酸的平衡逐步向理想蛋白比例靠近，合成氨基酸具有 100%的生物学效价(Izquierdo 等, 1988, Han 等, 1990)。蛋氨酸在体内可被转换成胱氨酸以满足对胱氨酸的需要。这里需要注意的是，在分子基础上，其转换效率为 100%，即一个分子的蛋氨酸可转化为一个分子胱氨酸，但在重量基础上，蛋氨酸的转化效率仅为 81.2%，这是因为胱氨酸的分

子量是蛋氨酸分子量的 81.2%。如果一日粮中需添加含硫氨基酸 0.15%，其中缺少蛋氨 0.08%，胱氨酸 0.07%。为满足含硫氨基酸的需要量，蛋氨酸(含量 99%)的总添加量应为 0.168%，即 $(0.08+0.07/0.812)/0.99=0.168$ 。

表 3 肉鸡真正可消化氨基酸需要量¹(%日粮)

氨基酸	0-21 日龄		22-42 日龄		43-56 日龄	
	公鸡	母鸡	公鸡	母鸡	公鸡	母鸡
赖氨酸	1.12	1.02	0.89	0.85	0.76	0.73
蛋+胱	0.81	0.73	0.67	0.64	0.57	0.55
蛋氨酸	0.40	0.37	0.32	0.31	0.28	0.27
胱氨酸	0.40	0.37	0.35	0.33	0.29	0.28
精氨酸	1.18	1.07	0.96	0.92	0.82	0.79
缬氨酸	0.86	0.79	0.71	0.68	0.61	0.58
苏氨酸	0.75	0.68	0.62	0.60	0.53	0.51
色氨酸	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
异亮氨酸	0.75	0.68	0.61	0.59	0.52	0.50
组氨酸	0.39	0.36	0.31	0.30	0.27	0.26
苯丙+酪	1.18	1.07	0.93	0.89	0.80	0.77
亮氨酸	1.22	1.11	0.97	0.93	0.83	0.80

¹根据理想蛋白(表 1)和可消化赖氨酸需要量(表 2)计算而来。

这里应指出，伊利诺斯肉鸡理想蛋白的模式是以可消化氨基酸为基础建立起来的。表 3 中氨基酸需要量也是可消化值。为什么建议用可消化值呢?很显然，绝大

部分饲料原料中的氨基酸的利用率低于 100%。动物加工副产品(如羽毛粉、肉骨粉等)和谷类加工副产品(如饼粕类)中氨基酸含量及消化率变动程度很大。某些谷物中的抗营养因子(如大豆中的抗胰蛋白酶)可降低氨基酸的利用率(Han 等, 1991)。豆粕加工不足或过度都将影响氨基酸,尤其是赖氨酸的消化率(Parsons, 1991)。只有利用可消化氨基酸值来制定需要量以及来衡量饲料原料的营养价值,才能更充分地利用饲料原料并保证动物达到预期的生产效果。

表 4 估测玉米、豆粕和鱼粉的氨基酸含量及可消化氨基酸含量¹

原料	氨基酸	回归公式 ²	总含量 (%)	消化率 (%) ³	可消化 含量%
玉米	蛋氨酸	$\%CP \times 0.0170 + 0.033$	0.1	91	0.164
	蛋+胱	$\%CP \times 0.0283 + 0.129$	0.36	88	0.317
	赖氨酸	$\%CP \times 0.0186 + 0.079$	0.23	81	0.186
	苏氨酸	$\%CP \times 0.0326 + 0.030$	0.30	84	0.252
豆粕	蛋氨酸	$\%CP \times 0.0141 + 0.017$	0.63	92	0.580
	蛋+胱	$\%CP \times 0.0263 + 0.147$	1.29	87	1.122
	赖氨酸	$\%CP \times 0.0644 - 0.081$	2.72	91	2.475
	苏氨酸	$\%CP \times 0.0381 + 0.081$	1.74	88	1.531
鱼粉	蛋氨酸	$\%CP \times 0.0391 - 0.690$	1.71	92	1.573
	蛋+胱	$\%CP \times 0.0463 - 0.571$	2.27	87	1.975
	赖氨酸	$\%CP \times 0.1081 - 1.998$	4.65	88	4.092
	苏氨酸	$\%CP \times 0.0537 - 0.742$	2.55	89	2.270

¹玉米: CP, 8.5%, DM, 87%; 豆粕: CP, 44%, DM, 87%; 鱼粉: CP, 63%, DM, 88%。

² Degussa, Inc (1996)。

³ 平均真正消化率(NRC, 1994)。

参 考 文 献

Baker, D. H. , and Y. Han, 1994. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. *Poultry Sci.* 73:1441-1447.

Fernandez, S. , S. Aoyagi, Y. Han, C. M. Parsons, and D. H. Baker, 1994. Limiting order of amino acids in corn and soybeanmeal. *Poultry Sci.* 73:1887-1896.

Han, Y. , and C. M. Parsons, 1990. Determination of available amino acids and energy in alfalfa meal, feather meal and poultry by-product meal by various methods. *Poultry Sci.* 69:1544-1552.

Han, Y. , and C. M. Parsons, 1991. Protein and amino acid quality of feather meals. *Poultry Sci.* 70:812-822.

Han, Y. , and D. H. Baker, 1991. Lysine requirement of fast and slow growing broiler chicks. *Poultry Sci.* 70:2108-2114.

Han, Y. , and D. H. Baker, 1993. Effects of sex, heat stress, body weight and genetic strain on the dietary lysine requirement of broilers. *Poultry Sci.* 72:701-708.

Han, Y. , and D. H. Baker, 1993. Effects of excess methionine or lysine for broilers fed a corn-soybean meal diet. *Poultry Sci.* 72:1070-1074.

Han, Y. , C. M. Parsons, and T. Hymowitz, 1991. Nutritional evaluation of soybeans varying in trypsin inhibitor Content. *Poultry Sci.* 70:896-906.

Han, Y. , F. Castanon, C. M. Parsons, . H. Baker 1990. Intestinal absorption and bioavailability of DL-methionine hydroxyl analog compared to DL-methionine. *Poultry Sci.* 69:281-287.

Han, Y. , H. Suzuki, and D. H. Baker, 1991. Tryptophan and histidine requirements of young chicks determined with intact protein diets *Poultry Sci.* 70:2148-2153.

Han, Y. , H. Suzuki, C. M. Parsons, and D. H. Baker, 1992. Amino acid fortification of a low protein corn-soybean meal diet for young chicks. *Poultry Sci.* 71:1168-1178.

Han, Y. , and D. H. Baker, 1994. Lysine requirement of male and female broiler chicks during the period three to six weeks posthatching Poultry Sci. 73:1739-1745.

Izquierdo, O. A. , C. M. Parsons. and D. H. Baker, 1988. Availability of Lysine in L-lysine. HCl. J. Anim. Sci. 66:2590-2597.

NRC, 1994. Nutrient requirement of poultry, 9th ed. National Academy Press, Washington, D. C.

Parsons, C. M. 1991. Amino acid digestibility in feedstuffs for poultry: Feedstuff evaluation and requirements. BioKyowa Technical Review No. 1: pp. 1-15

Parsons, C. M. , F. Castanon, and Y. Han, 1997. Protein and amino acid quality of meat and bone meal. Poultry Sci. 76:361-368

Parsons, C. M. , K. Hashimoto, K. J. Wedekink, Y. Han, and D. H. Baker, 1991. Effect of overprocessing on availability of amino acids and energy in soybean meal. Poultry Sci. 71:133-140