

文章编号: 1006-267X(1999)02-0001-05



动物营养中胆碱同其它甲基供体间的关系^{*}

王 宏 , 霍启光

(中国农科院饲料所, 北京 100081)

摘要: 本文概述了胆碱、甜菜碱和蛋氨酸三种甲基供体的特性与共性; 它们之间的代谢关系; 饲养实践中的添加效应以及相互替代值。作者认为, 日粮中必须含有一定数量的胆碱和蛋氨酸, 分别用于合成磷脂和蛋白质。甜菜碱作为一种有效的甲基供体和抗应激剂, 有明显的饲用效果。所谓甜菜碱替代蛋氨酸并非指生化途径可以替代, 而只是反应在生产指标方面的相同或相近的效应, 这种替代效应还受动物本身和日粮类型等因素的影响。

关键词: 胆碱; 甜菜碱; 蛋氨酸; 肉用仔鸡; 产蛋鸡

中图分类号: S 816.15

文献标识码: A

胆碱和蛋氨酸都是动物日粮中必需的营养物质。胆碱、甜菜碱和蛋氨酸在体内代谢方面有密切联系, 它们的共性作用是供甲基。鉴于价格因素, 人们在胆碱和甜菜碱替代蛋氨酸方面做了大量的研究工作, 但得出的结果不尽相同。芬兰糖业公司的观点认为, 甜菜碱可以替代蛋氨酸, 而罗纳普朗克公司和 Degussa 公司则持相反的意见。目前, 我国已能够人工合成甜菜碱, 随着甜菜碱和蛋氨酸比价的变化, 甜菜碱在畜禽养殖业中的应用日益扩大。但根据日粮类型、动物种类、生长阶段以及在应激情况, 如何合理使用这些甲基供体, 人们仍然不十分清楚。本文从机体代谢和实践应用效果的角度出发对这一问题作一阐述, 供同仁参考。

1 甲基供体的定义、作用及其种类

富含甲基 ($-\text{CH}_3$) 的物质称为供甲基物质, 或称甲基供体。梁冬生 (1997) 指出, 甲基转移是指甲基供体的去甲基反应及甲基受体的甲基吸附作用。只有活性甲基才能参与这种甲基化反应。

一般认为, 动物体内不能合成甲基, 需要从食物中供给。虽然至今尚未确定动物对甲基的需要量, 但由于甲基化在神经系统、免疫系统、泌尿系统和心血管系统中起着重要的作用, 它直接参与脂肪代谢、氨基酸的转移和再合成、嘌呤和嘧啶的生物合成等多种生化过程, 所以戚树勋等 (1997) 认为, 无论生长还是成年动物, 都需要稳定的甲基供应。

甲基是合成若干具有重要生理作用的物质所必需的, 比如蛋氨酸、胆碱、肉碱、肌酸、磷脂、肾上腺素、RNA 和 DNA 等的生物合成。胆碱、甜菜碱、蛋氨酸、叶酸、维生素 B_{12} 是主要的甲基源。

2 甲基供体的特性与共性

2.1 胆碱供体的特性

^{*}“九五”攻关课题

收稿日期: 1997-12-10

2.1.1 胆碱(三甲基乙醇胺)

胆碱的分子式为 $(\text{CH}_3)_3\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{OH}$, 呈碱性, 易吸湿, 且破坏维生素的稳定性。胆碱是动物机体的构成成分, 大部分动物可自体合成, 其生物学功能有: (1) 合成磷脂, 维持细胞膜的结构与功能; (2) 合成乙酰胆碱; (3) 提供甲基, The Betafin Briefing (1994) 认为, 胆碱氧化为甜菜碱才能提供甲基, 氧化过程在线粒体内进行, 并且受多种因素的影响 (应激、离子载体、维生素缺乏), 故转化效率并不高; (4) 脂肪代谢, 脂肪运输, 脂肪酸氧化、预防脂肪肝。

2.1.2 甜菜碱(三甲氨基乙内酯)

甜菜碱的分子式为 $(\text{CH}_3)_3\text{N} \text{CH}_2 \text{COO}^-$, 无强吸湿性, 无毒、稳定、耐高温 (200 $^{\circ}\text{C}$), 具有双电荷性质和活性甲基, 不破坏维生素的稳定性。甜菜碱的生物学功能有: (1) 提供活性甲基, 是直接、有效的甲基供体, 三个甲基中, 有一个直接参与甲基转移, 另外两个甲基被氧化, 进入一碳代谢池, 间接参与甲基化反应; (2) 渗透压保护物质, 减轻代谢应激, 例如鱼的海水转换应激、鸡的球虫病应激、仔猪和犊牛的断奶与腹泻应激等。防止细胞在异常情况下水分的流失和盐类的入侵; (3) 脂肪代谢, 促进脂肪动员、脂肪酸氧化, 改变体脂的含量和分布, 调节胆固醇和脂蛋白代谢; (4) 诱食作用。

2.1.3 蛋氨酸(甲硫氨酸)

蛋氨酸的分子式为 $\text{CH}_3\text{S}(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2\text{CHCOOH}$, 是动物的一种必需营养物质。大多数动物体内不能合成蛋氨酸或合成数量极微, 一般饲料也不能满足需要, 需要补加。蛋氨酸的生物学功能有: (1) 合成蛋白质; (2) 转化为胱氨酸, 提供硫元素; (3) 提供甲基, 蛋氨酸活化后 S-腺苷蛋氨酸才能提供甲基。生物体内合成 RNA、DNA、蛋白质、胆碱、磷脂、肉碱、肌酸、肾上腺素等所需要的甲基都是由 S-腺苷蛋氨酸提供的。S-腺苷蛋氨酸是大约 100 多种不同甲基受体的供者。在应激状态下, 相当一部分蛋氨酸用于产生 S-腺苷蛋氨酸。如沈同 (1980) 的报道, 蛋氨酸的甲基只能由极少数反应提供, 主要途径是 N^5 -甲基四氢叶酸的甲基转移到同型胱氨酸上; (4) 脂肪代谢。

2.1.4 叶酸

叶酸的生物学功能有: (1) 组成四氢叶酸。四氢叶酸是传递一碳单位的辅酶, 其中包括甲基的转移和脱羧; (2) 抗贫血 (参与红细胞的形成)。

2.1.5 维生素 B_{12}

维生素 B_{12} 是动物生长因子, 一般需要补加。其生物学功能有: (1) 组成维生素 B_{12} 酶 (转甲基酶的辅酶)。如 Sennett 等 (1981) 的报道, 胞浆中的维生素 B_{12} 辅酶与甲基转移酶系统有关, 线粒体中的维生素 B_{12} 辅酶与甲基丙二酰辅酶 A 变位酶有关, 该酶把丙酸转化为琥珀酸; (2) 与一碳单位形成甲基有关。这些一碳单位来自甲酸、丝氨酸或甘氨酸, 形成的甲基用于合成胆碱、蛋氨酸、DNA 等物质; (3) 抗贫血。

2.2 甲基供体的共性

胆碱、甜菜碱和蛋氨酸分子中都含有甲基。甜菜碱是直接、有效的甲基供体; 叶酸是甲基载体, 维生素 B_{12} 则与一碳单位形成甲基有关; 甲基供体都与脂肪代谢有密切联系; 在满足各自特有生理功能的基础上, 就供甲基而言, 胆碱、甜菜碱和蛋氨酸可以互相替代。但沈同 (1980) 的报道表明, 某些生化反应需要不同的甲基源。

按甲基含量计算, 1kg 97 %的甜菜碱相当于 2.3kg 50 %的氯化胆碱; 相当于 3.75kg 99 %的蛋氨酸。

Sketol(1953) 用雏鸡所做的试验结果表明, 蛋氨酸的甲基转移效价比甜菜碱高一倍, 甜菜碱的甲基转移效价比胆碱高 12~15 倍。雏鸡对甲基的需要量中, 大约有 90 %必须由蛋氨酸提供。戚树勋(1997) 报道, 应激条件下雏鸡对甲基的需要量可能会增加。

3 甲基供体间的代谢关系

胆碱可以转化为甜菜碱, 而甜菜碱则再不能还原为胆碱。在动物体内, 甜菜碱可将甲基转移给高半胱氨酸合成蛋氨酸, 高半胱氨酸由蛋氨酸代谢生成。天然饲料中没有多少高半胱氨酸。转化过程中, 甜菜碱本身并没有转变成蛋氨酸, 它只是给出甲基, 循环过程中也没有净生成新的蛋氨酸。所以, 甜菜碱只是提高蛋氨酸的利用率, 它并不能替代蛋氨酸进行蛋白质的合成。高半胱氨酸也可以接收 5-甲基四氢叶酸的甲基形成蛋氨酸。一般而言, 通过甲基转移形成的高半胱氨酸不再甲基化为蛋氨酸, 而用于合成半胱氨酸。因此, Lowry 等(1987) 认为, 总的过程不可逆。

如果胆碱和甜菜碱供应不足, 则缺乏甲基转移, 这样甲基只能从蛋氨酸来, 而蛋氨酸又不能再生成, 这样会影响蛋白质的合成。Cook(1994) 认为, 如果蛋氨酸供应过量而又缺乏胆碱和甜菜碱, 那么大量的高半胱氨酸在体内积蓄, 会产生胫骨软骨发育不良和动脉粥样硬化等症。哺乳动物和成年家畜, 甜菜碱可以部分替代胆碱和蛋氨酸。雏鸡缺乏磷脂酰乙醇胺甲基转移酶, 所以甜菜碱和蛋氨酸不宜替代胆碱。

4 胆碱、甜菜碱和蛋氨酸的添加及其替代效果

甜菜碱替代胆碱没有实际意义, 因为甜菜碱的价格较胆碱昂贵。添加胆碱和甜菜碱的对比效果取决于日粮营养成分含量和使用阶段。Snyder 等(1957) 研究结果表明, 生长鸡饲喂低蛋白高脂肪日粮, 就降低肝脂肪和脂类磷酸化的速度而言, 胆碱优于甜菜碱。郭玉琴(1996) 在肉用仔鸡日粮中用甜菜碱分别替代胆碱、维生素 B₁₂ 和部分蛋氨酸。结果表明, 试鸡 21 日龄体重三个试验组都不及对照组, 但 49 日龄体重各组之间无明显差异。蛋氨酸不足时, 胆碱的添加效果明显, 且高于甜菜碱和维生素 B₁₂。

胆碱能否全部替代蛋氨酸的添加一直是一个争论不休的问题, 关键是与日粮蛋氨酸的水平 and 试鸡的日龄有关。日粮蛋氨酸不足, 胆碱的添加效果明显, 但幼龄生长鸡日粮中必须保证足够数量的胆碱。

日粮中叶酸和维生素 B₁₂ 的含量也影响胆碱的添加效应, 各自所必需的生理需要量并不因为添加一种而完全替代另一种的添加。

甜菜碱替代蛋氨酸是目前人们十分关注的问题。Virtanner 等(1995) 在肉鸡玉米、豆粕型日粮中(仔鸡和大鸡粗蛋白、蛋氨酸、胆碱分别为 21 %、19 %; 0.37 %、0.31 %; 1420mg/kg、1440mg/kg) 分别添加 0、0.05 %、0.1 %、0.15 %的甜菜碱和蛋氨酸。结论认为, 添加甜菜碱肉鸡的增重高于蛋氨酸组。罗纳普朗克公司(1995) 重复了 Virtanner 的试验, 除了添加胆碱(仔鸡和大鸡日粮分别添加 600mg/kg 和 500mg/kg), 所用日粮类型和其它营养成分基本相近。结果添加蛋氨酸肉鸡的增重反而高于添加甜菜碱组。Schutte 等(1995) 在肉鸡玉米、豆粕型日

粮中分别添加 0、0.05%、0.1% 的蛋氨酸,在每一蛋氨酸水平下加入 0.04% 的甜菜碱,之后又加入 255mg/kg 的胆碱。结论认为:加入甜菜碱并不能改善增重,在胆碱满足的情况下,甜菜碱不能替代蛋氨酸。Schutte (1997) 在肉鸡玉米、豆粕型日粮中(仔鸡和大鸡 TSAA 分别为 0.63% 和 0.51%) 分别添加 0、0.06%、0.12%、0.18% 的蛋氨酸,在前两个水平下分别加入 0、0.05%、0.10% 的甜菜碱。结果表明,随着蛋氨酸水平的增加,日增重提高而料肉比下降;添加甜菜碱对上述指标没有明显改善,甜菜碱有提高胸肉产量的效果,但不及蛋氨酸明显。吴于明 (1997) 在肉鸡玉米、豆粕型日粮中(对照日粮前期和后期营养成分分别为代谢能 3.10、3.15Mcal/kg;粗蛋白 22%、20%;总含硫氨基酸 0.85%、0.84%) 用甜菜碱替代蛋氨酸。结论认为,在日粮蛋氨酸满足需要的 88% 或总含硫氨基酸满足需要的 90% 以上,甜菜碱可以替代蛋氨酸,替代量以蛋氨酸添加量的 1/2 或 1/3 为宜。

5 胆碱、甜菜碱和蛋氨酸在日粮中的合理使用

饲料原料中胆碱含量差异悬殊,生物利用率也各不相同。用鸡生长测定法测得豆粕中胆碱的生物学效价变异较大,Molitoris 和 Baker (1976) 的测值为 60%~70%,Fritz (1967) 测值为 85%~90%,Menten 等 (1997) 测值为 100%,王吉峰 (1997) 测值为 46%。The Betafin Briefing (1995) 等认为,玉米豆粕型日粮主要是甲基供体不足,基础日粮中胆碱含量超过 1000mg/kg,所有添加的胆碱可用甜菜碱替代。为了不使胆碱缺乏,再考虑利用率,必须保证满足胆碱总需要量的 75%,其余部分可以替代。如果考虑分子量、纯度,转换系数则为:1kg 甜菜碱相当于 2.31 kg 50% 氯化胆碱、1.93 kg 60% 氯化胆碱、1.65 kg 70% 氯化胆碱或 1.25 kg 99% 蛋氨酸。对于哺乳动物,添加蛋氨酸可减少胆碱的添加量。而在家禽(尤其是雏鸡)过量的蛋氨酸节约胆碱的能力微小。相反,Lowry (1987) 认为,过量的蛋白质可能增加对胆碱的需要量。尽管肉仔鸡基础日粮中含有丰富的胆碱,但对添加胆碱也有响应。减少腹脂和预防胫骨短粗症比最大生长率和饲料效率需要更高的胆碱。一般生长猪对添加胆碱无响应,怀孕母猪和高产奶牛需要添加胆碱。

甜菜碱的生物学利用率目前还没有确定。对于玉米豆粕型日粮,甜菜碱替代蛋氨酸应在下述前提下进行:(1) 基础日粮中蛋氨酸不应少于蛋白含量的 1.8%,总含硫氨基酸不应少于蛋白含量的 3.5%;(2) 甜菜碱只能替代蛋氨酸总需要量的 20%~25%,或总含硫氨基酸的 15%,以 2:1(蛋氨酸:甜菜碱) 比例替代为好;(3) 杂粕型日粮替代比例应降低;(4) 应激情况下添加甜菜碱有一定效果。

参考文献

- 吴于明,祁贤彬,徐仁达,颜品勋. 1997. 在肉仔鸡日粮中以甜菜碱替代部分蛋氨酸的研究. 中国饲料, (2): 19~21
郭玉琴,丁角立. 1996. 甜菜碱在肉鸡饲料中的添加效果. 中国饲料, (5): 31~32
梁冬生,苏晓鸥. 1997. 甜菜碱. 饲料工业, 18(3): 34~37
戚树勋译,吴启帆校. 1997. 甜菜碱可改善日粮中蛋氨酸和胆碱的利用. 国外畜牧学—猪与禽, (2): 15~16
沈同,王镜岩,赵邦梯主编. 1980. 生物化学(下册). 北京:人民教育出版社
Schutte 等. 1995. 第十届欧洲家禽营养研讨会论文集
王吉峰. 1997. 玉米、豆粕中胆碱生物学效价及肉仔鸡饲料中胆碱、维生素 B₁₂ 和叶酸添加效果的研究. 甘肃

农业大学硕士研究论文

- Cook M E, Bai Y, Orth M W. 1994. Factors influencing growth plate cartilage turnover. *Poult. Sci.*, 73: 899~896
- Fritz J C, Roberts T, Boehne J W. 1967. The chicks response to choline and its application to an assay for choline in feedstuffs. *Poult. Sci.*, 46: 1447
- Lowry K R O, Izquierdo, Baker D H. 1987. Effect of betaine relative to choline as a dietary methyl donor. *Poult. Sci.*, 66(suppl. 1) 120: (abstract)
- Menten J F M, G M Pest, R I Bakalli. 1997. A new method for determining the availability of choline in soybean meal. *Poult. Sci.*, 76: 1292~1297
- Molitoris B A, Baker D H. 1976. Assessment of the quantity of biologically available choline in soybean meal. *J Anim. Sci.*, 42: 481~489
- Schutte J B J, De Jong, Smink S, Pack M. 1997. Replacement value of betaine for methionine in male broiler chicks. *Poult. Sci.*, 76: 321~325
- Sennet C, Rosenberg L E, Methman I S. 1981. Transmembrane transport of cobalamin in prokaryotic and eukaryotic cell. *Ann. Rev. Biochem.*, 50: 1053~1086
- Snyder F, Cornatzer W E, Simonson G E. 1957. Comparative lipotropic and lipid phosphorylating effect of choline, betaine and inositol. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 96: 670~672
- Stekol J A, Hsu P S, Smith P. 1953. Labile methyl group and its synthesis de novo in relation to group in chicks. *J B. Chem.*, 203: 763~773
- The Betafin Briefing. 1994. *Finn. Sugar Products.*
- The Betafin Briefing. 1995. *Finn. Sugar Products.*
- Virtaner, Rosi. 1995. *Australian Poultry Science Symposium.*

THE INTERRELATIONSHIP BETWEEN CHOLINE AND OTHER METHYL DONORS IN BROILER AND LAYER DIETS

WANG Hong , HUO Qi - guang

(Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Science , Beijing 100081 , China)

ABSTRACT

The article reviewed special and common actions of choline, betaine and methionine, their metabolic relationship, application and replacement value in practice. Author suggested a certain amount of choline and methionine must be present in the ration in order to synthesize phospholipid and protein. Betaine, as a efficient methyl donor and osmoprotectant, has led to new applications in animal feeding. Sparing methionine value of betaine does not appear on biochemical reaction, but on similar production responses. Which are influenced by animals and diets.

Key words : choline ; betaine ; methionine ; methyl donor ; broiler ; layer