

精氨酸在畜牧业中应用的研究进展

王喜波, 安立龙*, 许英梅

(广东海洋大学 动物科学系, 广东 湛江 524088)

摘 要: 精氨酸是一种碱性氨基酸, 是目前发现的动物细胞内功能最多的氨基酸。精氨酸是新生哺乳动物 (包括人的婴儿) 的必需氨基酸, 也是成年哺乳动物的条件性氨基酸 (病态情况下)。精氨酸在动物机体内不仅作为蛋白质合成的重要原料, 同时也是多种重要物质的合成前体, 在动物机体营养代谢与调控过程中发挥重要作用。

关键词: 精氨酸; 氨基酸; 营养免疫; 畜牧业

中图分类号: Q517; S816.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-0084 (2007) 03-0013-04

1886年, 首次从羽扇豆幼苗 (Lupin Seedling) 分离出精氨酸 (Arginine), 1932年拉开了研究精氨酸营养免疫作用的序幕。但由于研究手段落后和机体内各种酶之间复杂的关系导致精氨酸的研究进展非常缓慢。随着细胞体外培养技术和同位素示踪法等技术的应用, 精氨酸的研究得到快速发展。目前研究表明, 精氨酸是新生哺乳动物 (包括人的婴儿) 的必需氨基酸, 也是成年动物的条件性氨基酸 (病态情况下)。不仅作为机体最大的供N氨基酸, 参与机体蛋白质的合成。而且是机体肌酸、脯氨酸、谷氨酸/谷氨酰胺、多胺和NO等物质的合成前体^[1], 在动物机体营养代谢与调控过程中发挥着重要作用。

1 动物机体精氨酸的来源与代谢

精氨酸 (Arginine), 分子式为: $C_6H_{14}N_4O_2$, 分子质量为 174.2, 为白色晶体或晶体状粉末。在自然界中有两种异构体存在: D-精氨酸 (D-Arg) 和 L-精氨酸 (L-Arg), 动物体内主要以 L-精氨酸的形式存在。Wu G等^[2]认为, 人类饮食中含有足够的精氨酸, 对伤口愈合、组织再生、心血管疾病等有良好疗效。

1.1 动物机体精氨酸的来源方式

动物机体精氨酸主要有三个来源: 来源于日粮; 机体蛋白质的分解; 机体内其他氨基酸 (谷氨酸和瓜氨酸等) 的转化。

日粮中氨基酸是动物机体合成蛋白质的重要来源。日粮中 30%~50%的氨基酸在小肠内被消化吸收。日粮中大约 40%的精氨酸在小肠内直接被分解消化, 其余进入机体循环, 进入其他器官组织; 在禁食的情况下, 来源于机体蛋白质分解的精氨酸占到85%之多, 机体所需其余精氨酸由机体内源性合成; 内源性合成精氨酸的途径在维持机体精氨酸平衡中发挥重要作用。

内源性合成的精氨酸主要来源于小肠和肾脏。肠吸收性上皮细胞分泌的瓜氨酸是内源性合成精氨酸的重要来源之一。在新生哺乳动物体内, 小肠是合成精氨酸的主要场所, 而在成年哺乳动物体内, 小肠是生产瓜氨酸的主要场所, 产生的瓜氨酸释放到机体中, 被其他细胞或组织 (例如肾脏) 用于合成精氨酸。Blachier等^[3]通过体外培养2~8日龄仔猪的肠上皮细胞, 研究小肠合成精氨酸的能力, 试验结果表明, 在2~8日龄仔猪的肠上皮细胞内, 瓜氨酸、鸟氨酸转化成精氨酸的效率分别为: 30 min 每个肠上皮细胞转化 2.00×10^6 nmol 和 0.29×10^6 nmol。

肾脏合成精氨酸是内源性合成精氨酸的另一个重要来源。成年哺乳动物的肾脏近端小管内, 小肠分泌的瓜氨酸被精氨酸琥珀酸盐转移酶 (Argininosuccinatelyase) (肾脏皮质内的主要酶) 快速转化成精氨酸、天冬氨酸和谷氨酸盐, 谷氨酰胺为转化过程提供N源。在正常动物体内, 瓜氨酸的摄入量为每100g体重 $60.5 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1}$ 。对大鼠注射4倍正常量的瓜氨酸, 肾脏合成的精氨酸明显增加。说明在大鼠肾脏内精氨酸的合成受瓜氨酸浓度的调控^[1]。

收稿日期: 2006-10-26

作者简介: 王喜波 (1979-), 男, 硕士研究生, 研究方向为动物营养与饲料科学。

* 通讯作者

1.2 精氨酸在机体内的代谢

精氨酸在机体内不仅仅用于蛋白质合成，而且作为肌酸、脯氨酸、谷氨酰胺、多胺、尿素、鸟氨

酸和NO等物质的合成前体，在机体营养代谢过程中发挥至关重要的作用。精氨酸在机体内的分解代谢如图1所示。

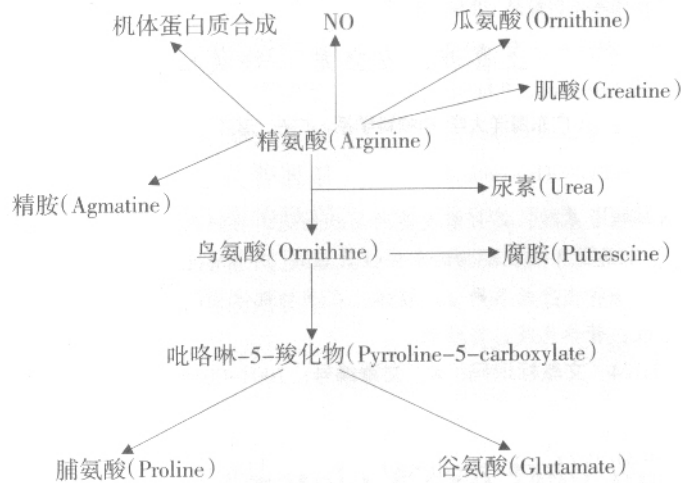


图1 精氨酸在机体内的分解代谢

精氨酸和分子氧在一氧化氮合酶 Nitric oxide synthase, NOS) 催化下，通过脱氨基反应生成瓜氨酸和一氧化氮，NO是一种细胞信息分子，可以促进肺小动脉平滑肌细胞凋亡，从而抑制肺血管重构，在抑制慢性缺氧性肺动脉高压发病过程中发挥重要的调节作用^[4]。

精氨酸在精氨酸酶 Arginase) 的催化作用下生成鸟氨酸 Ornithine) 和尿素 Urea)，通过鸟氨酸进入其他途径，如氧化脱氨基和转氨基途径，进一步分解成氨，而后这些氨在家畜体内以尿素形式排出体外，而在家禽体内则是先合成嘌呤，然后随嘌呤降解成尿酸而排出体外。尿素在预防氨中毒中起到重要作用。

精氨酸酶 Arginase) 存在两种同工酶 Isoenzymes)，精氨酸酶- 和精氨酸酶- 。精氨酸酶- 主要存在于肝脏的细胞质中，在尿素循环过程中发挥重要作用。精氨酸酶- 主要存在于巨噬细胞、乳腺、小肠、肾脏的线粒体中，而肝脏中几乎不表达。而在大鼠动脉上皮细胞和巨噬细胞内，精氨酸酶- 和精氨酸酶- 都表达。研究表明，仔猪肠上皮细胞内精氨酸转化成 L- 鸟氨酸和尿素的能力在刚出生的时候非常有限，到 2 日龄时，由于精氨酸酶活性的增高，产生的尿素是刚出生仔猪的 3 倍。精氨酸通过代谢产生尿素，在预防氨中毒和在肝脏的尿素循环中发挥重要作用。Kim 等^[5]研究表

明，在日粮中添加一定量的精氨酸可降低血浆中的尿素含量。

鸟氨酸在鸟氨酸转氨酶的作用下生成 P5C，如果机体内的 P5C 缺乏时，小鼠会发生高鸟氨酸血症。P5C 在机体内可以转化成谷氨酸和脯氨酸，参与机体其他代谢途径。

2 精氨酸在畜牧业中应用的研究进展

精氨酸在机体营养代谢与调控过程中发挥重要作用。血浆中精氨酸浓度和氨浓度是衡量机体精氨酸是否缺乏的主要标志。

动物机体精氨酸缺乏的原因主要有以下 3 个：日粮中缺乏，机体无法获得足够的精氨酸；精氨酸合成酶的先天性缺陷；精氨酸前体在机体内的合成和转化发生异常。

动物机体缺乏精氨酸导致：小肠吸收功能下降，营养不良，新生动物生长停滞；免疫力下降，心血管和肺功能异常；组织再生能力破坏，伤口愈合速度下降；机体氨解毒功能下降，导致高血氨症状发生，甚至死亡。

2.1 精氨酸在仔猪中的研究进展

在整个妊娠期，总氨基酸中的氮占总氮的 83%~88%，而精氨酸是猪胎儿体内最大的氮携带者。无论是猪的初乳还是常乳，精氨酸含量都无法满足仔猪快速生长的需要。7 日龄的仔猪体内有相当量的精氨酸是自身机体合成，以弥补猪乳中的精

氨酸不足。在新生仔猪体内缺乏精氨酸的原因在于肠鸟氨酸转氨酶的活性不高。精氨酸缺乏容易发生低鸟氨酸、低胱氨酸和低精氨酸血症^[6]。

当日粮中精氨酸的含量少于 0.48% 时, 仔猪发生轻微的乳清酸尿症。在日粮中添加一定量的精氨酸可促进仔猪生长发育, 提高生产性能。人工奶料饲养 1~21 日龄的仔猪, 日增重可比仅采用母猪乳液饲养的仔猪每天提高 400 g 或者提高 74% 之多, 说明仅饲喂乳液不能使哺乳仔猪获得最佳的生产性能。Leibholz 等^[7]以人工饲喂的方式, 饲喂断奶后 3~4 天的仔猪, 在奶粉中添加 0.2% 和 0.4% 的精氨酸 (基础日粮中的 CP 为 19.2%, 精氨酸含量 0.75%, 与猪乳中的 CP 和精氨酸含量一致), 结果表明, 仔猪体重分别提高 43% 和 93%。2004 年, Kim 等^[5]在 7~21 日龄仔猪日粮中添加 0.2% 和 0.4% 的精氨酸, 分别提高血浆中精氨酸的浓度 30% 和 61%, 减少血浆中氨水平 20%~35%, 胰岛素和生长激素含量提高 24%~27%, 体重提高 28% 和 66%, 说明在饲料中添加一定量的精氨酸可促进仔猪生长, 提高生产效益。目前认为精氨酸是通过促进生长激素释放, 促进仔猪生长, 提高生产效益。仔猪对精氨酸的需要量为 0.48%。

2.2 精氨酸在肉鸡上的研究进展

虽然精氨酸只是健康成年哺乳动物的条件性氨基酸, 但对禽类而言, 精氨酸却是必需氨基酸。主要原因在于家禽机体缺乏如氨甲酰磷酸酶等关键酶, 因而不能通过生化途径 (如鸟氨酸循环途径) 来合成精氨酸, 因此只能由日粮来满足。精氨酸主要在畜禽的小肠中段吸收, 但家禽小肠前段、后段、胃, 甚至特定条件下嗉囊也可以吸收部分精氨酸。

Cuca 等^[8]以 1~3 周龄雄性雏鸡为研究动物, 研究不同日粮蛋白质水平下精氨酸的需要量。试验结果发现, 当日粮蛋白质水平分别为 21%, 22%, 23% 时, 日粮中精氨酸的需要量分别为 1.24%, 1.26%, 1.28% 时, 可获得最大生产效益。在另一个试验中, 基础日粮 CP 为 23%, ME 为 13.40 MJ·kg⁻¹, 试验对象为 1~14 日龄的雏鸡, 试验结果表明, 要获得最大的日增重, 精氨酸的需要量为 1.17%, 而要获得最佳的饲料转化率时精氨酸的需要量为 1.23%。研究表明, 增加日粮中赖氨酸、苏氨酸和精氨酸的含量可提高机体氨基酸的沉积, 提高日粮氨基酸的代谢效率。

精氨酸不仅可以提高肉鸡的生长性能, 而且可促进家禽淋巴器官生长, 提高家禽机体免疫力。精氨酸是巨噬细胞生成 NO 的惟一原料, 当畜禽受到病毒、细菌或寄生虫感染时, 炎症细胞因子会激活巨噬细胞, 促进巨噬细胞合成 NO, 通过 NO 来保护机体, 抵抗和清除病毒、细菌或寄生虫等病原。对大鼠的研究也证明, 精氨酸有助于提高腹膜巨噬细胞的吞噬能力, 减少炎症的发生, 而且 NO 在解毒氨血症和治疗肉鸡腹水综合征中起重要作用。

肉鸡肺动脉高压综合征 (Pulmonary hypertension syndrome, PHS) 又称肉鸡腹水综合征 (Ascites syndrome, AS), 其发病的中心环节是肺动脉高压 (Pulmonary hypertension, PH)。生长过快和环境低温是导致肉鸡发生 PHS 的主要原因。

精氨酸和分子氧在一氧化氮合酶 (NOS) 及其辅助因子的催化下生成 NO。NO 有调节肺血管张力、抑制肺血管平滑肌增生和血管重构的作用, NO 在抑制慢性缺氧性肺动脉高压发病过程中发挥重要的调节作用。

2.3 精氨酸在奶牛中的研究进展

精氨酸可以提高产母犊率。王光辉等^[9]在母牛子宫颈内上 1/3 处注入 5% 精氨酸溶液 1 mL, 然后人工授精, 研究精氨酸对奶牛产母犊率的影响。试验组产母犊率比对照组提高 15.8%, 差异极显著 ($P < 0.01$)。研究认为, 精氨酸提高产母犊率的主要原因在于精氨酸改变生殖道中的酸碱性, 提高 X 型精子在生殖道中的移动速度, 提高产母犊率。

3 展 望

精氨酸作为新生哺乳动物 (包括人的婴儿) 和禽类的必需氨基酸, 也是成年哺乳动物的条件性氨基酸 (病态情况下), 在畜牧业的研究与应用正随着研究手段的提高而快速发展。随着对精氨酸在机体内营养免疫作用机理的研究进一步发展, 必定对动物营养与饲料行业的发展提供前所未有的促进作用。

[参 考 文 献]

- [1] Wu G, Morris S M Jr. Arginine metabolism: nitric oxide and beyond [J]. *Biochem J*, 1998, 336: 1-17.
- [2] Wu G, Meininger C J, Knabe D A, et al. Arginine nutrition in development, health and disease [J]. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2000, 3 (1): 59-66.

脲酶抑制剂在动物生产中的应用

杨宴霞¹, 王 米²

(1. 上海师范大学 生命与环境科学学院, 上海 200234; 2. 中国农业科学院 上海兽医研究所, 上海 200232)

摘 要: 概述了脲酶的分布与性质、结构、催化机理; 脲酶抑制剂的种类、作用机理, 及其在动物生产中的应用。

关键词: 脲酶; 脲酶抑制剂; 动物生产

中图分类号: Q55; S816.79 文献标识码: A 文章编号: 1001-0084 2007 03-0016-04

脲酶抑制剂是一类特殊的饲料添加剂, 在畜牧业发达国家应用较为广泛, 而我国在 20 世纪 90 年代开始了在畜牧方面的应用研究。在动物生产中, 它不仅可以节约成本, 提高生产性能, 而且还可以改善畜禽舍的环境。

1 脲 酶

1.1 脲酶的分布与性质、结构

脲酶又名尿素酰胺水解酶, 能催化非肽键的直链酰胺的 C-N 键水解, 广泛地存在于各种细菌、真菌、放线菌和植物中, 在大豆等豆类饲料中存在活性相当高的脲酶。分子质量约为 120 000~130 000。70 以上时可被钝化, 脲酶利用本身的两个金属镍离子活性中心, 催化尿素生成氨气, 还能与少数几种尿素的衍生物 羟基尿素和二羟基

尿素) 发生反应。在脲酶的作用下, 尿素的水解在半微秒内发生且速度比一般情况下快 10^{14} 倍, 水解产物直接导致 pH 值的上升, 会加快氨气的逸散, 这是脲酶对机体和环境最重要的副作用, 它还直接引起人体和动物尿道和胃肠道的感染, 与肾结石的形成、输尿管表皮硬化、肾盂肾炎和肝昏迷有关。

来源不同的脲酶在结构、亚基数量和类型、分子质量和氨基酸序列上都不同。目前还没有关于脲酶结构的定论, 但就当前已知的脲酶而言, 都具有高度保守的氨基酸序列, 从不同来源获得的脲酶的氨基酸序列有 50% 以上是相同的, 其活性单位都有两个镍离子和配基。

1.2 脲酶催化的机理

目前关于脲酶的催化机理还没有定论, 对于人们较广泛接受的脲酶催化机理的不同点主要集中在两个镍离子的作用上: 一个镍离子结合、激活尿素, 另一个激活、结合水分子。脲酶在催化过程中, 尿素进入脲酶中的活性通道, 并取代脲酶中的

收稿日期: 2006-10-09

基金项目: 上海市科技兴农重点攻关项目 (沪农科攻字 2005 第 10-4 号)

作者简介: 杨宴霞 (1979-), 女, 四川绵阳人, 硕士研究生, 研究方向为微生物技术。

- ***
- [3] Blachier F, M Rabet- Touil H, Poshu L. Intestinal arginine metabolism during development. Evidence for de novo synthesis of L-arginine in newborn pig enterocytes [J]. Eur J Biochem. 1993, 216 (1): 109-117.
- [4] 杨敬平, 李焕章, 戚好文. 左旋精氨酸对低氧性肺动脉高压治疗作用的实验研究 [J]. 中国应用生理学杂志, 2000, 16 (4): 350-353.
- [5] Kim S W, McPherson R L, Wu G. Dietary arginine supplementation enhances the growth of milk-fed young pigs [J]. J Nutr,

2004, 134 (3): 625-630.

- [6] 马黎, 郭荣富. 猪乳中的限制性氨基酸 [J]. 饲料博览, 2005 (1): 34-36.
- [7] Leibhdz J. Arginine requirements of pigs [J]. Aust J Agric Res, 1982, 33: 165-170.
- [8] Cuca M, Jensen L S. Arginine requirement of starting broiler chicks [J]. Poultry Sci, 1990, 69 (8): 1377-1382.
- [9] 王光辉, 刘海广. 精氨酸对奶牛性别的影响 [J]. 中国奶牛, 2000 (3): 36-37.