



猪氨基酸 营养与代谢

印遇龙 等 编著



科学出版社

www.sciencep.com

猪氨基酸营养与代谢

印遇龙 等 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是作者根据多年来在国内外从事猪氨基酸营养研究所得到的成果、经验和体会编著而成。内容包括猪氨基酸营养作用、猪氨基酸消化代谢和猪氨基酸营养研究的分析测试技术,同时对国内有关的最新研究成果做综述性介绍,即在猪氨基酸营养生理作用方面,系统介绍了氨基酸的功能与代谢途径、氨基酸的营养价值、氨基酸与基因表达、氨基酸与免疫、氨基酸与肽转运系统和氨基酸平衡与猪肉品质等;在猪氨基酸消化代谢方面,系统地介绍了蛋白质合成和降解速度的测定方法、氨基酸分解代谢、猪氨基酸代谢模型、氨基酸代谢的营养调控和猪氨基酸营养需要等;在猪氨基酸营养研究方法和实用技术方面,系统地介绍了含氮化合物合成与周转的测定方法、氨基酸分析测定技术、猪氨基酸营养学研究外科手术技术、内源性氨基酸和肠道氨基酸测定技术、门静脉回流组织氨基酸流量测定技术以及猪氨基酸的饲料配方技术等。

本书适合农业大专院校和研究所从事研究、教学和生产人员以及广大从事饲料生产和畜禽养殖业的人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

猪氨基酸营养与代谢/印遇龙等编著. —北京:科学出版社, 2008
ISBN 978-7-03-020039-6

I. 猪… II. 印… III. ①猪-氨基酸-营养学②猪-氨基酸-代谢
IV. Q959.842.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 187679 号

责任编辑:李秀伟 王海光 王 静 马学海/责任校对:包志虹
责任印制:钱玉芬/封面设计:福瑞来书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 1 月第一次印刷 印张:21 3/4

印数:1—1 500 字数:499 000

定价:70.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《猪氨基酸营养与代谢》

编 委 会

主 编：印遇龙

副主编：李铁军 黄瑞林 阳成波 戴求仲 张 平

编 者：（按姓氏笔画为序）

王 彬	文利新	文贵辉	方热军	尹富贵
邓泽元	冯 杰	印遇龙	刘玉兰	刘兆金
刘建高	刘满秋	阮 征	阳成波	杨晓建
李丽立	李铁军	李爱科	何 河	何兴国
邱桂雄	吴 信	汪以真	张 平	张 军
张 彬	张建社	范明哲	周孟虹	钟华宜
侯永清	侯振平	姚 康	高 碧	唐志如
黄瑞林	康 萍	舒绪刚	谢明勇	褚武英
谭 新	谭良溪	谭碧娥	潘亚非	戴求仲

校 审：邢廷铨

前 言

氨基酸(蛋白质)营养是当代动物营养学研究的前沿和热门话题,也是动物养殖业科学饲养的理论和技術基础,因此备受国内外研究工作者的关注。

众所周知,氨基酸是构成蛋白质的基本组成单位,是细胞的重要组成成分。在生产实践中,采用多种多样方式或方法调控动物机体的氨基酸代谢,不断提高动物对氨基酸的利用率,以充分发挥动物生产性能,并尽可能地减少其对环境的污染,生产出安全的畜禽产品,以确保人类健康。作者近20年来一直从事有关猪氮磷营养代谢调控、环境安全技术和生产应用方面的研究工作。在此期间,前后承担了国家973课题“主要营养素在机体器官组织间分配规律及其调控机理”、国家自然科学基金项目“猪日粮中碳水化合物营养代谢与调控机理研究”、中国科学院知识创新工程重要方向项目“碳水化合物营养代谢机理及其调控研究”、中国科学院百人计划项目“猪内源性氨基酸排泄规律与基础代谢的关系研究”、中国科学院海外杰出学者基金项目“肠道氨基酸分解代谢的生化基础”、中国科学院知识创新工程领域前沿项目“调控猪体对磷的利用,减少养猪业对水资源和生态环境的破坏”、南昌大学赣江学者项目“功能性碳水化合物的研发与应用”、广东省科技厅和广州市农业局项目“生猪集约化健康养殖及产业化技术与示范”、中国科学院王宽诚科研奖金项目“天然产物代替抗生素添加剂的选择及机理研究”、香港李嘉诚—长江生命科学有限公司科研项目“Evaluation of Agr ProA 100 as Feed Additive for Pig”和荷兰DSM Food Specialties有限公司科研项目“Effect of Natuphos on Nutrient Metabolism and Performance in/of Pigs”等十多项研究。在所有上述研究工作中,笔者试图以生态营养学理论为指导,以“方法学研究—代谢规律研究—调控机理与技术研究”三层次为线索,系统而全面地研究了猪氨基酸营养代谢的现代方法学;测定了猪内源性氨基酸排泄量和肠道微生物蛋白生成量;研究了猪对氮、磷消化吸收规律及其需要量;建立了真可消化氮、氨基酸和磷的数据库;评价了主要猪饲料养分利用率;探讨了不同营养模式对氮、磷代谢的调控机理和碳水化合物能量代谢动力学及其对氮、磷代谢的调控机理;研制出了多种环保型饲料配方及其添加剂;建立了一套较为完整的猪低氮低磷日粮配方及营养调控技术体系。同时,将上述研究成果在畜牧业生产中开展了广泛而有效的推广应用,并取得了巨大的经济、社会和生态效益。为此,作者在总结了上述研究工作的基础上,结合目前国内外猪氨基酸代谢最新研究进展,编著成本书奉献给广大农业科技工作者,以期对我国猪氨基酸营养与代谢的深入研究和畜牧业的持续稳定发展起到一定的推动作用。

本书的论题涉及猪氨基酸营养生理作用、猪氨基酸消化代谢规律和猪氨基酸营养研究方法及实用技术三部分。在猪氨基酸营养生理作用部分,系统介绍了氨基酸的功能与代谢途径、氨基酸的营养价值、氨基酸与基因表达、氨基酸与免疫、氨基酸与肽转运系统和氨基酸平衡与猪肉品质等;在猪氨基酸消化代谢部分中,系统地介绍了蛋白质合成和降解速度的测定方法、氨基酸分解代谢、猪氨基酸代谢模型、氨基酸代谢的营养调控

和猪氨基酸营养需要等；在猪氨基酸营养研究方法和实用技术部分，系统地介绍了含氮化合物合成与周转的测定方法、氨基酸分析测定技术、猪氨基酸营养学研究外科手术技术、内源性氨基酸和肠道氨基酸测定技术、门静脉回流组织氨基酸流量测定技术及猪氨基酸的饲料配方技术等。因此，本书对广大农业院校和研究所的师生和科研工作者以及从事动物营养学研究的研究生、各饲料厂家和广大专业养殖户都有一定的参考价值。

在所有上述研究工作和本书出版过程中，得到了国家自然科学基金委、中国科学院、广东省科委、广州市农业局、南昌大学、武汉工业学院、王宽诚教育基金会、香港李嘉诚—长江生命科学有限公司、荷兰 DSM Food Specialties 有限公司、湖南广安生物科技股份有限公司、广州天科科技有限公司、长沙绿叶生物科技公司 and 科学出版社的资助，在此一并致以诚挚谢意。

由于笔者水平有限，经验不足，且编写时间仓促，书中难免有错漏之处，敬请广大读者批评指正。我们热切地期望，本书的出版能为我国进一步深入地开展猪氨基酸营养代谢和应用的研究起到抛砖引玉的作用。

编著者

二〇〇七年三月于长沙

目 录

前言

第一篇 猪氨基酸营养生理作用

第一章 氨基酸的功能及代谢途径	3
第一节 氨基酸的分类	3
第二节 氨基酸的功能	6
第三节 氨基酸的代谢途径	9
参考文献	19
第二章 氨基酸前体的营养价值	21
第一节 氨基酸前体营养价值概述	21
第二节 各种氨基酸前体的营养价值	22
第三节 氨基酸的拮抗、不平衡和毒性	28
参考文献	30
第三章 氨基酸与免疫及其代谢的激素调控	37
第一节 猪免疫系统组成	37
第二节 蛋白质及氨基酸的免疫调节作用	40
第三节 蛋白质氨基酸代谢的激素调控	53
参考文献	57
第四章 氨基酸与基因表达	66
第一节 氨基酸调节基因表达的机制	66
第二节 氨基酸调节的靶基因	68
第三节 氨基酸调节基因研究展望	70
参考文献	71
第五章 氨基酸与肽转运系统	72
第一节 氨基酸和肽转运载体的分类	73
第二节 氨基酸和肽转运载体的结构	74
第三节 研究肠道氨基酸和肽转运的方法	76
第四节 氨基酸和肠道肽转运载体的研究进展	76
结论	79
参考文献	80
第六章 氨基酸平衡与猪肉品质	81
第一节 猪肉品质	81
第二节 影响肉质的营养因素	88
第三节 氨基酸对肉质的调控机理	90

第四节 氨基酸平衡对肉质的影响	92
参考文献	95

第二篇 氨基酸的消化代谢

第七章 蛋白质合成和降解速率及其度量	99
第一节 蛋白质周转及其意义	99
第二节 蛋白质合成和降解率及其体外度量	99
第三节 蛋白质合成和降解率及其体内度量法	101
第四节 蛋白质周转的模型模拟	113
参考文献	113
第八章 猪氨基酸的分解代谢	121
第一节 小肠氨基酸分解代谢概况	121
第二节 小肠黏膜中氨基酸的分解代谢	122
第三节 小肠黏膜氨基酸代谢的重要性	126
第四节 影响氨基酸生物利用率的主要生理过程	128
参考文献	132
第九章 氨基酸代谢的数学模型	134
第一节 数学模型与蛋白质消化动力学	134
第二节 胃排空率模型	135
第三节 小肠转运模型	136
第四节 内源性蛋白质分泌模型	137
第五节 蛋白质消化模型	138
第六节 蛋白质消化模型评估	140
第七节 蛋白质动态代谢三库模型的建立	141
参考文献	144
第十章 氨基酸代谢的营养调控	147
第一节 影响猪氨基酸营养代谢的因素	147
第二节 生长猪氨基酸代谢调控的营养学手段	151
参考文献	156
第十一章 猪的氨基酸需要	159
第一节 理想蛋白质概念的起源与发展	159
第二节 依据理想蛋白质模式配制日粮	161
第三节 猪氨基酸的需要量	162
参考文献	167

第三篇 猪氨基酸营养研究方法学和实用技术

第十二章 含氮大分子化合物合成与周转的测定方法	173
第一节 猪日粮氮素利用率及其动物模型	173
第二节 影响含氮化合物消化利用的因素	174

第三节	影响含氮化合物吸收后利用的因素·····	177
第四节	测定蛋白质、DNA 与 RNA 合成与周转的方法·····	180
参考文献	·····	184
第十三章	氨基酸分析测定技术·····	187
第一节	氨基酸分析测定技术在饲料工业中的作用·····	187
第二节	氨基酸测定分析方法·····	187
第三节	本实验室所采取的氨基酸测定分析方法·····	202
参考文献	·····	208
第十四章	猪氨基酸营养学研究的外科手术技术·····	212
第一节	试验动物手术的基础知识·····	212
第二节	试验动物手术各论·····	228
参考文献	·····	235
第十五章	氨基酸分析测试中指示剂的应用·····	236
第一节	指示剂的分类·····	236
第二节	几种常用指示剂的测定方法·····	241
参考文献	·····	247
第十六章	肠道内源性氨基酸测定技术·····	249
第一节	内源性氨基酸的概念及其作用·····	249
第二节	无氮日粮测定技术·····	250
第三节	酶解酪蛋白测定技术·····	254
第四节	高精氨酸测定技术·····	259
第五节	其他测定方法概述·····	264
参考文献	·····	268
第十七章	肠道氨基酸消化率测定技术·····	274
第一节	氨基酸消化率测定方法的演变·····	274
第二节	氨基酸回肠末端表观消化率测定技术·····	275
第三节	氨基酸真消化率测定技术·····	283
参考文献	·····	286
第十八章	门静脉回流组织氨基酸测定技术·····	291
第一节	门静脉回流组织氨基酸流量测定技术·····	291
第二节	碳水化合物对门静脉氨基酸含量的影响·····	296
参考文献	·····	303
第十九章	氨基酸体外消化率的测定技术·····	305
第一节	几种主要猪体外氨基酸分析测定方法·····	305
第二节	氨基酸体外消化率测定新技术简介·····	312
参考文献	·····	313
第二十章	氨基酸的配方技术·····	316
第一节	配方设计的原理与数学模型·····	316
第二节	配方设计方法·····	317

第三节	饲料原料成分及营养标准·····	318
第四节	按可消化氨基酸配制日粮·····	319
第五节	按有效氨基酸配制日粮·····	320
第六节	补充人工合成氨基酸·····	322
第七节	氨基酸配方设计中应注意的问题·····	327
参考文献	·····	327
附录	·····	329
附表一	饲料原料的主要化学营养成分·····	329
附表二	蛋白质和氨基酸的表现及真消化率·····	331

第一篇

猪氨基酸营养生理作用

第一章 氨基酸的功能及代谢途径

传统动物营养学一般是按照常规来介绍氨基酸在蛋白质合成过程中的作用及其对产肉、产奶、产毛和产蛋的影响。由于动物对特异性氨基酸的需要，对氨基酸进行营养分类是传统营养学的一个特点。然而，特定氨基酸的特殊生理和生物化学功能也同样非常重要，尤其是特定氨基酸代谢的特点更是非常重要。为此，本章重点介绍氨基酸作为多功能生物活性分子的营养特性，并列出动物氨基酸代谢的某些关键反应，阐述特定氨基酸代谢的主要特点。为了避免不必要的重复，在一般科技资料中常介绍的氨基酸在蛋白质合成中的作用就不再讨论了。

第一节 氨基酸的分类

一般说来，氨基酸可以按照其运输亲和性、在动物营养中的必需性及氨基酸碳骨架（碳键）的代谢来分类。根据运输系统的亲和性，氨基酸可以分为带负电荷的氨基酸、带正电荷的氨基酸和不带电荷的氨基酸；根据在动物营养中的必需性，氨基酸可以分为必需氨基酸和非必需氨基酸；根据氨基酸碳骨架的代谢特点，氨基酸可以分为生糖氨基酸与生酮氨基酸。此外，也可以根据氨基酸的结构特点来分类，亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸被认为是支链氨基酸，而苯丙氨酸和酪氨酸被认为是芳香族氨基酸。同时氨基酸结构类似物和异构体同样在动物营养中起着重要作用。

一、必需氨基酸与非必需氨基酸

组成蛋白质的基本氨基酸有 20 多种，有些氨基酸可以在动物机体中由碳链和氨基合成，这种在体内合成且可以满足机体需要的氨基酸叫非必需氨基酸；而体内不能合成或合成速度不能满足最佳生长和繁殖需要的氨基酸称为必需氨基酸。高等动物需要九种主要氨基酸，用来满足其维持和生产肉、蛋、奶等畜产品的营养需要（表 1.1）。对于这些氨基酸，动物自身不能合成或合成的量不能满足动物的需要，必须由饲料提供，故被称为不可缺少或必需氨基酸。非反刍动物可以从日粮中获得这些必需氨基酸，但反刍动物还可以通过瘤胃微生物来获得大量氨基酸，故对反刍动物而言，有些氨基酸又被称为非必需氨基酸。在早期快速生长期，日粮中的精氨酸和脯氨酸可能也是必需氨基酸，比如谷氨酸盐/谷氨酰胺内源合成的精氨酸和内源合成的脯氨酸为新生仔猪和断奶仔猪提供精氨酸起到非常重要的作用（Wu et al. 1997, Kim et al. 2007），然而，据估计，快速生长的猪的精氨酸需要量的大约 40% 需要从饲料中提供。这种需要的部分原因可能是尿素循环中合成的大部分精氨酸被肝中活性较强的精氨酸酶分解了，从而造成除肝外的其他组织的精氨酸缺乏。例如，有学者报道，母猪初乳和牛奶中精氨酸明显缺乏（Wu and Knabe 1994）。

表 1.1 氨基酸的分类

必需氨基酸			非必需氨基酸
共同的必需氨基酸	特异性必需氨基酸	条件性必需氨基酸	
赖氨酸	精氨酸(猫、家禽、鱼)	半胱氨酸	谷氨酸
组氨酸	牛磺酸(猫)	酪氨酸	谷氨酰胺
亮氨酸		精氨酸	甘氨酸
异亮氨酸		脯氨酸	丝氨酸
缬氨酸			丙氨酸
蛋氨酸			天冬氨酸盐
苏氨酸			天冬酰胺
色氨酸			
苯丙氨酸			

在蛋白质合成以及其他功能所需要的两种芳香族氨基酸中,只有苯丙氨酸被认为是必需氨基酸。酪氨酸可由苯丙氨酸转化而来,其需要可完全由苯丙氨酸来满足,被认为不是必需氨基酸。尽管这种转变是不可逆的,但酪氨酸在一定条件下能代替或节省部分苯丙氨酸。然而这种作用是有限的,动物对苯丙氨酸的特定需要不能由酪氨酸满足,日粮中必须保证最低苯丙氨酸需要量。一般认为,日粮中的氮全部以必需氨基酸形式提供,高产动物不能达到潜在的生产能力。其他形式的氮也是需要的,非特异性氮高效来源包括谷氨酸盐、丙氨酸、磷酸氢二铵和柠檬酸盐。然而,最有效的来源是各种非必需氨基酸混合物。因此,尽管动物日粮中必须添加必需氨基酸,但为了获得最大生产性能,日粮中也必须添加一定量的非必需氨基酸。

表 1.2 生糖氨基酸和生酮氨基酸

生糖氨基酸	生酮氨基酸	既生糖又生酮氨基酸
苏氨酸	亮氨酸	异亮氨酸
精氨酸	赖氨酸	苯丙氨酸
蛋氨酸		酪氨酸
缬氨酸		色氨酸
组氨酸		
半胱氨酸		
谷氨酸盐		
谷氨酰胺		
天冬氨酸盐		
天冬酰胺		
甘氨酸		
丝氨酸		
脯氨酸		
丙氨酸		

二、生糖氨基酸与生酮氨基酸

在氨基酸降解过程中,碳骨架按照一定的代谢途径进行代谢。一些氨基酸降解成为丙酮酸或三羧酸循环中的关键中间产物,继而通过磷酸烯醇丙酮酸盐生成葡萄糖。这些氨基酸被认为是生糖氨基酸。一些氨基酸降解生成乙酰辅酶 A 或乙酰乙酰辅酶 A,被认为是生酮氨基酸,因为乙酰辅酶 A 或乙酰乙酰辅酶 A 是酮的前体。还有一些氨基酸既可以生酮又可以生糖(表 1.2)。只有亮氨酸和赖氨酸只能生成酮,在试验前或试验中,把葡萄糖与氨基酸混合饲喂狗,狗肝中葡萄糖生成减少。

三、氨基酸的结构类似物

许多非蛋白质氨基酸广泛存在于植物机体中,特别是豆科类植物种子和叶子,这些非蛋白质氨基酸也包括几种必需氨基酸类似物。芳香族氨基酸类似物如含羞草素广泛存在于热带豆科植物中,这些植物可以为反刍动物提供美味的草料且分布非常广泛。精氨酸的结构类似物——刀豆氨酸广泛存在于各种热带豆科,包括洋刀豆(*Canavalia ensi-*

formis)。在气候温和的地区,饲喂含有芸薹的草料,可以引起牛和羊溶血性贫血,引起溶血的物质被鉴定为 S-甲基半胱氨酸亚砷,是一种蛋氨酸类似物,广泛存在于植物体内。硒半胱氨酸过去一般被认为是一种非蛋白氨基酸,但最近被公认为是合成蛋白质的第 21 种氨基酸,因为硒半胱氨酸可以参加特定的蛋白质的合成。另外一类非蛋白质氨基酸是能产生山黧豆中毒症状的氨基酸,具有神经毒性。虽然山黧豆中毒因子与必需氨基酸或非必需氨基酸结构不相似,但至少有两种山黧豆中毒因子可以显著影响大脑组织的谷氨酰胺的代谢。因此,一些氨基酸类神经递质包括谷氨酸盐和 γ -氨基丁酸也应该被认为是非蛋白质氨基酸。所以,一些非蛋白质氨基酸具有神经毒性,一些氨基酸是通过减少特异的必需氨基酸的利用来实现它们的负面作用。

四、氨基酸的异构体

所有参加蛋白质合成的氨基酸必须是 L-构型,然而动物也可以利用一些 D-氨基酸。事实上,商业饲料中添加的蛋氨酸一般是外消旋混合物。D-氨基酸利用过程分两步:首先, D-氨基酸必须经过氧化成相应的 α -酮酸类似物;然后,这些 α -酮酸类似物必须通过适宜的转氨基反应进行再胺化成 L-氨基酸。动物组织中没有赖氨酸和苏氨酸氨酶,所以 D-赖氨酸和苏氨酸没有营养价值(表 1.3)。在所有能被动物转化利用的 D-氨基酸中, D-蛋氨酸替代 L-蛋氨酸的效果是最好的。然而,当饲喂的氨基酸低于需要量时, L-蛋氨酸比 D-蛋氨酸或 DL-蛋氨酸效果要稍微好一点 (D'Mello and Lewis 1978)。另外,当其他氨基酸使用外消旋混合物时, D-蛋氨酸饲养效果要比 L-蛋氨酸要差。不同动物对 D-氨基酸利用效率不一样,老鼠利用 D-或 DL-蛋氨酸的能力要比其他动物要差,但老鼠和猪的 D-色氨酸利用效率要比鸡高。很显然,老鼠不适合作为模型来研究其他动物对 D-氨基酸的利用情况(表 1.3)。

表 1.3 氨基酸异构体和类似物的功效

氨基酸	鸡	大白鼠	小白鼠	狗	猪
D-赖氨酸	0	0	0	0	—
D-苏氨酸	0	0	0	0	—
D-色氨酸	20	100	30	35	80
D-蛋氨酸	90	90	75	100	100
DL-蛋氨酸	95	95	88	100	100
DL-羟基-蛋氨酸	80	—	70	—	100
酮-蛋氨酸	90	—	—	—	—
N-乙酰-L-蛋氨酸	100	100	90	100	—
D-精氨酸	0	0	—	—	—
D-组氨酸	10	0	10	—	—
D-亮氨酸	100	50	15	—	—
D-缬氨酸	70	15	5	—	—
D-异亮氨酸	0	—	—	—	—
D-苯丙氨酸	75	70	—	—	—
L-羟基-苯丙氨酸	70	50	—	—	—
酮-苯丙氨酸	85	65	—	—	—
D-酪氨酸	100	100	—	—	—

注:数值表示相当于 L-氨基酸生长效果的百分数(Baker 1994)。

第二节 氨基酸的功能

动物营养学通常介绍氨基酸在蛋白质中的合成过程,以及它们对产肉、产奶、产毛和产蛋的影响。由于动物对特异的氨基酸的需要,对氨基酸进行营养分类是传统营养的另外一个特点。然而,特定的氨基酸的特殊生理和生物化学功能也同样非常重要(表 1.4)。这里重点介绍氨基酸作为多功能生物活性分子的一面,在蛋白质中的合成作用另做讨论。

表 1.4 氨基酸的多种功能

氨基酸	产物	功能
21 种氨基酸	多肽和蛋白	激素、酶和其他生物活性蛋白
蛋氨酸	甲酰甲硫氨酸	启动蛋白质合成
	S-腺苷甲硫氨酸	甲基供体
	高半胱氨酸	提供硫;指示维生素 B ₁₂ 状况
色氨酸	含于血液中的复合胺	神经递质
	烟碱	B 族维生素
	多巴胺	神经递质
酪氨酸	去甲肾上腺素	神经递质
	肾上腺素	激素
	甲状腺素	激素,基因表达,组织分化,细胞代谢
精氨酸	一氧化氮	与血管舒张有关;神经传递;雄性动物繁殖性能;肠的蠕动
	多胺	调节 RNA 合成;维持生物膜的稳定性
组氨酸	组胺	有效的血管扩张剂
谷氨酸盐	谷氨酰胺	嘌呤和嘧啶合成;家禽类动物排泄氮
	谷胱甘肽	清除自由基;抗氧化;信号传导
	γ-氨基丁酸	神经递质
	能量	一些组织(如黏膜)的能量来源
甘氨酸	卟啉	血红蛋白的组成成分之一
	嘌呤	核酸的组成成分之一
丝氨酸	神经鞘氨醇	生物膜的结构之一
	半胱氨酸	蛋白质活力因素
天冬氨酸盐	尿素;嘌呤;嘧啶	氮的来源
3-甲基组氨酸	肌动蛋白和肌球蛋白组成成分	肌肉蛋白质降解指数
亮氨酸	直接作用	激活 mTOR 信号传导途径,促进蛋白质合成
苏氨酸	黏液素	维持肠道的完整性
赖氨酸	直接作用	调节 NO 的合成,抗病毒

一、氨基酸的分子信号传导作用

氨基酸的生化和分子作用的研究逐渐引起人们的重视。很明显,氨基酸在被吸收后可以促进肌肉蛋白质合成。这种合成代谢增加部分原因是蛋白质合成的底物浓度增加。然而,有人提出个别氨基酸可以充当信号分子调节 mRNA 翻译。甲硫氨酰-tRNA 与 40S 核糖体亚基结合,这是非常重要的一步,在体内被其他因子调节(表 1.4)。Anthony 等(2000a)、刘兆金(2007)、刘兆金等(2007)提出亮氨酸可以作为信号分

子通过提高真核起始因子的可用性促进肌肉蛋白质的合成。进一步研究表明,亮氨酸是唯一可以促进蛋白质合成的支链氨基酸 (Anthony et al. 2000b),而且这些作用不受胰岛素的调节。显然,亮氨酸的作用和其他氨基酸作为信号分子的机制还需进一步研究。

二、氨基酸-生物活性分子的前体

不管氨基酸属于哪类氨基酸,氨基酸涉及很多代谢途径,生成许多重要生物活性分子(表 1.4)。事实上,谷氨酸被认为是非常“独特”的氨基酸,硒半胱氨酸也被认为是参与蛋白质合成的第 21 种氨基酸。一些氨基酸是神经递质和激素的前体,而其他氨基酸可能与氮转移和维持细胞膜有关。

(一) 神经递质

从氨基酸合成的神经递质主要有 γ -氨基丁酸、5-羟色胺、多巴胺、去甲肾上腺素和一氧化氮(表 1.7)。三种生物胺的产生和代谢途径现已被确定 (Bradford 1986),一氧化氮的生成将在本章第三节中讨论。一般认为大脑神经递质的浓度可能受到日粮相应的前体(氨基酸)的调节,其中一种日粮调节方法是通过强制性办法使氨基酸不平衡。

(二) 精氨酸

哺乳动物精氨酸代谢的主要途径是通过尿素循环,处理氨基酸中多余的氮。然而,精氨酸在外周的代谢量也是较多的。精氨酸脱羧酶使许多生物体能合成腐胺和其他多胺。动物只有通过鸟氨酸脱羧酶产生腐胺。尽管多胺的特殊功能还需进一步研究,但最近的研究表明,多胺是所有生物正常生长发育所必需的,它可以调节核糖核酸的合成和稳定细胞膜的结构。多胺还是组织积极参加蛋白质合成所必需的。动物乳腺从血液中摄取的精氨酸要比从奶中分泌的精氨酸要多得多,一般认为这是由于乳腺摄取的精氨酸要合成其他非必需氨基酸,特别是脯氨酸。然而,摄取的精氨酸比奶中分泌的精氨酸要多也反映了乳腺大量的蛋白质合成需要精氨酸合成多胺。多胺的合成也是抗营养因子研究的重要焦点之一。因此,植物凝血素诱导的小肠增生会显著提高腐胺、精脒、精胺和尸胺水平。

精氨酸另外一个显著特点就是与一氧化氮合成有关。利用烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸和氧气通过一氧化氮合成酶氧化精氨酸来合成一氧化氮。现在已证明,一氧化氮在血管舒张、神经传递、免疫活性、雄性动物的繁殖性能和肠道的蠕动中起着重要作用。有研究表明,刀豆氨酸可以与精氨酸拮抗,可以抑制一氧化氮的合成,从而可以抑制猪的采食。

(三) 同型半胱氨酸

同型半胱氨酸是含硫氨基酸代谢的重要中间产物,重甲基化可以生成蛋氨酸,脱出硫原子可以生成胱硫醚,胱硫醚可以转变成为半胱氨酸和牛磺酸。同型半胱氨酸在人类健康中起到重要作用,研究证明,患有冠状动脉、脑血管或外周血管等疾病的病人血浆中同型半胱氨酸的含量要比正常人要高。有学者研究表明,高半胱氨酸与神经管损伤有关。并且,血液循环中高半胱氨酸浓度对评价人体中维生素 B_{12} 的状况是有价值的。猪长期缺乏维生素 B_{12} 会出现高半胱氨酸血症,而牛长期缺乏钴也会出现高半胱氨酸血症,