



高职高专教育“十二五”规划建设教材



# 动物

DONG WU SHENG WU HUA XUE

# 生物化学

李京杰 主编



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

高职高专教育“十二五”规划建设教材

# 动物生物化学

李京杰 主编

中国农业大学出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

全书共分8章,第一、二章主要介绍蛋白质、核酸、酶与辅酶的组成、结构、性质和主要生物学功能;第三、四、五、六、七章介绍动物体内糖、脂肪、蛋白质、核酸代谢的基本过程和规律;第八章介绍了物质代谢的相互关系和调控理论。教材还根据高职教育的特点安排了生物化学实验基本技术和十项具体技能训练,供使用者选用。

本教材主要供高职高专动物类各专业使用,也可供其他生物类专业和相关人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

动物生物化学/李京杰主编. —北京:中国农业大学出版社,2011.3  
ISBN 978-7-5655-0244-6

I. ①动… II. ①李… III. ①动物学:生物化学 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 038004 号

书 名 动物生物化学

作 者 李京杰 主编

策划编辑 董 田 伍 斌

责任编辑 李 楠 田树君

封面设计 郑 川

责任校对 陈 莹 王晓凤

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

E-mail [cbsszs @ cau. edu. cn](mailto:cbsszs@cau.edu.cn)

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷

规 格 787×980 16开本 16.25印张 294千字

定 价 23.00元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

## 编 审 人 员

主 编	李京杰	山东畜牧兽医职业学院
副主编	陆 辉	江苏畜牧兽医职业技术学院
	曹凤云	黑龙江农业工程职业学院
参 编	葛 鑫	黑龙江农业经济职业学院
	杨艳玲	商丘职业技术学院
	郭 嫔	山东畜牧兽医职业学院
	李雪莲	新疆农业职业技术学院
	赵 丽	郑州牧业工程高等专科学校
主 审	张曼夫	中国农业大学

# 前 言

随着科学技术的发展,生物化学已成为现代生命科学的基础和前沿。说它是基础,是由于生命科学发展到分子水平,必须借助生物化学的理论和方法来探讨各种生命现象,包括生长、繁殖、遗传、变异、生殖、病理、生命起源和进化等,因此它是生命科学各学科的共同语言;说它是前沿,是因为生命科学的进一步发展要取得更大的进展或突破,在很大程度上有赖于生物化学及分子生物学研究的进展及所取得的成就。本书主要针对畜牧、兽医等专业较系统地阐述了动物的基本代谢规律。在编写中注重理论与实践相结合,多样性与普遍性相结合,科学性与灵活性相结合。着重介绍生物化学的基本知识和某些新进展,力求做到简明扼要、由浅入深、循序渐进、学以致用。

本教材共分8章,以生物物质的代谢为中心内容。每章前有知识目标,每章后有思考与练习,便于学生学习与教师教学。教材最后附有实验技能训练。为体现高职教育特色,教材在编写中尽可能突出基础性、实用性和应用性的特点。

本书主要供畜牧、兽医类专业使用和其他生物技术类专业选用。

本书各章节编写分工:第一章、技能训练一由曹风云编写;第二章由郭嫔编写;第三章和技能训练四、技能训练五由葛鑫编写;陆辉编写第四章和生化实验基本技术;杨艳玲编写第五章和技能训练九;赵丽编写第六章和技能训练六;李京杰编写绪论、第七章和技能训练二、技能训练三;李雪莲编写第八章和技能训练七、技能训练八、技能训练十;全书由李京杰统稿。

本书在编写过程中中国农业大学张曼夫教授给予了关心和指导,并担任主审,同时各编写学校及有关专家也给予大力支持,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者和同行专家多提宝贵意见。

# 目 录

绪论	1
第一章 蛋白质与核酸的化学	5
第一节 蛋白质的分子组成	5
第二节 蛋白质的分子结构	11
第三节 蛋白质的理化性质	23
第四节 核酸的化学组成	25
第五节 核酸的分子结构	31
第六节 核酸的性质	41
拓展与应用	43
思考与练习	45
第二章 酶与维生素	46
第一节 酶的一般概念	47
第二节 酶的结构与功能的关系	50
第三节 酶的催化作用机理	55
第四节 影响酶促反应速度的因素	57
第五节 核酶与抗体酶	65
第六节 维生素与辅酶	69
拓展与应用	84
思考与练习	85
第三章 生物氧化	86
第一节 生物氧化概述	86
第二节 生物氧化中二氧化碳的生成	87
第三节 生物氧化中水的生成	88
第四节 生物氧化中能量的生成与利用	91
拓展与应用	96

思考与练习 .....	97
<b>第四章 糖代谢 .....</b>	<b>98</b>
第一节 糖代谢概述 .....	98
第二节 糖的分解代谢 .....	101
第三节 糖异生作用 .....	118
拓展与应用 .....	120
思考与练习 .....	122
<b>第五章 脂类代谢 .....</b>	<b>124</b>
第一节 脂类概述 .....	124
第二节 脂肪的分解代谢 .....	127
第三节 脂肪的合成代谢 .....	134
第四节 类脂的代谢 .....	138
拓展与应用 .....	142
思考与练习 .....	143
<b>第六章 氨基酸代谢 .....</b>	<b>144</b>
第一节 蛋白质的营养作用 .....	144
第二节 氨基酸的一般分解代谢 .....	147
第三节 个别氨基酸的代谢 .....	157
拓展与应用 .....	162
思考与练习 .....	163
<b>第七章 核酸和蛋白质的生物合成 .....</b>	<b>164</b>
第一节 DNA 的生物合成 .....	164
第二节 RNA 的生物合成 .....	172
第三节 蛋白质的生物合成 .....	176
第四节 现代生物技术简介 .....	187
拓展与应用 .....	190
思考与练习 .....	191
<b>第八章 物质代谢的相互关系与代谢的调节 .....</b>	<b>193</b>
第一节 糖、脂、蛋白质和核酸代谢的相互关系 .....	193
第二节 物质代谢的调节 .....	197
思考与练习 .....	200
<b>生物化学实验技能 .....</b>	<b>201</b>
第一部分 生物化学实验基本技术 .....	201

第二部分 生物化学实验技能训练·····	224
技能训练一 血清蛋白醋酸纤维薄膜电泳·····	224
技能训练二 动物组织中核酸的提取与鉴定·····	226
技能训练三 唾液淀粉酶的特性试验·····	229
技能训练四 琥珀酸脱氢酶的作用及其竞争性抑制·····	231
技能训练五 血液生化样品的制备·····	233
技能训练六 福—吴法测定血糖含量·····	235
技能训练七 酮体的测定·····	237
技能训练八 层析法分离测定氨基酸·····	240
技能训练九 血清总脂的测定·····	242
技能训练十 维生素 C 含量的测定·····	244
参考文献·····	248



# 绪 论

## 一、生物化学的概念及研究内容

### (一) 生物化学的概念

生物化学(biochemistry)也叫生命的化学。是以生物体为研究对象,在分子水平上研究生命现象的化学本质的一门科学。我们知道,生物体是由各种不同的化学物质组成的。组成生物体的这些化学物质在体内又是不断变化的。正是存在于生物体内的这些化学物质的不断变化和相互作用导致了生物体的生、长、病、老、死、传代等生命现象。生物化学的研究目的就是探讨构成生物的各种物质(特别是生物大分子)是怎样表现出生命活动现象的。并且与细胞生物学、分子遗传学等密切联系,研究和阐明生长、分化、遗传、变异、衰老和死亡等基本生命活动的规律。是生命科学的重要基础学科之一。其中以动物体为研究对象的又叫动物生物化学。

### (二) 生物化学研究的主要内容

1. 生物体的物质组成 高等生物体主要由蛋白质、核酸、糖类、脂类以及水、无机盐等组成,此外还含有一些低分子物质,如维生素、激素、氨基酸、多肽、核苷酸及一些分解产物。

2. 物质代谢 生物体与其外环境之间的物质交换过程就称为物质代谢或新陈代谢。物质代谢的基本过程主要包括三大步骤:消化、吸收→中间代谢→排泄。其中,中间代谢过程是在细胞内进行的,最为复杂的化学变化过程,它包括合成代谢、分解代谢、物质代谢调控、能量代谢几方面的内容。

3. 生物分子的结构与功能 根据现代生物化学及分子生物学研究还原论的观点,要想了解细胞及亚细胞的结构和功能,必先了解构成细胞及亚细胞的生物分子的结构和功能。因此,研究生物分子的结构和功能之间的关系,代表了现代生物化学与分子生物学发展的方向。

## 二、生物化学的发展

生物化学发展到现在只有 100 多年的历史。在许多前人工作的基础上,德国

化学家李比希初创了生理化学,在他的著作中首次提出了“新陈代谢”一词。后来德国的 E. F. Hoppe-seyler 将生理化学建成一门独立科学,并于 1877 年命名为“Biochemistry”即生物化学。生物化学的发展大致经过了三个阶段。

### (一)静态生物化学阶段

从 19 世纪中叶到 20 世纪初,这一阶段主要完成了各种生物体化学组成的分析研究,发现了生物体主要由糖、脂、蛋白质和核酸四大类有机物质组成。

### (二)动态生物化学阶段

从 20 世纪初到 20 世纪 50 年代。此阶段对各种化学物质的代谢途径有了一定的了解。

其中主要的有:1932 年,英国科学家 Krebs 建立了尿素合成的鸟氨酸循环;1937 年,Krebs 又提出了各种化学物质的中心环节——三羧酸循环的基本代谢途径;1940 年,德国科学家 Embden 和 Meyerhof 提出了糖酵解代谢途径。当然,这些问题的解决依赖于 20 世纪初人们在生物体内发现了两种重要的生物物质——酶和维生素。

### (三)现代生物化学阶段

1953 年,Watson 和 Crick 提出了 DNA 的双螺旋结构模型,这是一个划时代的贡献,从此生物化学的发展进入了分子生物学阶段。20 世纪 50 年代后期人们揭示了蛋白质生物合成途径,确定了由合成代谢与分解代谢网络组成的“中间代谢”概念。此后,对 DNA 的复制机制、RNA 的转录过程以及各种 RNA 在蛋白质合成中的作用进行了深入的研究;提出了遗传信息传递的中心法则,破译了 RNA 分子中的遗传密码等。1965 年我国采用人工方法合成了具有生物活性的胰岛素;20 世纪 70 年代重组 DNA 技术的建立(基因工程);80 年代(1981 年)我国又成功地合成了酵母丙氨酸 tRNA;核酶的发现补充了人们对生物催化剂本质的认识;聚合酶链反应(PCR)技术的发明,使人们在体外能够高效率地扩增 DNA;1990 年开始实施人类基因组计划,并在此基础上,进入后基因组计划,进一步深入研究各种基因的功能与调节。

近 20 年来,几乎每年的诺贝尔医学和生理学奖以及一些诺贝尔化学奖都授予从事生物化学和分子生物学的科学家。这个事实本身充分说明生物化学和分子生物学在生命科学中的重要地位和作用。

需要说明的是,以上生物化学发展的三个阶段并不是截然分开的,但它反映了人们对生命活动认识的深化过程。

### 三、生物化学与其他学科的关系

生物化学是介于生物学与化学的一门边缘科学,它与生物科学的许多分支学科均有密切关系。

首先,它与生理学是特别密切的姊妹学科。例如动物生理学,它是研究动物生命活动原理的一门科学。动物的生命活动包括许多方面,其中有机物代谢是重要的方面,这本身也属于生物化学的内容。因此,在动物生理学的教科书中也包括部分生物化学内容。

生物化学与遗传学也有密切关系,现已知核酸是一切生物遗传信息载体,而遗传信息的表达,则是通过核酸所携带的遗传信息翻译为蛋白质得以实现的。因此,核酸和蛋白质的结构、代谢与功能,同时是生物化学与遗传学的内容。

生物化学也与微生物学有关,目前所积累的生物化学知识,有相当部分是用微生物为研究材料获得的,如大肠杆菌是被生物化学广泛应用的材料。

生物化学与分类学也有关系,由于蛋白质在进化上是较少变化的,因此,近代利用某些蛋白质结构的研究作为分类的依据。此外,农业科学、生物技术、食品科学、医药卫生及生态环境等科学,都需要生物化学的基础。

### 四、生物化学的主要应用

21世纪是以信息科学和生命科学为前沿科学的时代。生物化学在生命科学中居于基础地位,也是畜牧、兽医、农学、林学和食品科学等专业必修的基础课。生物化学在生产生活中的应用主要体现在医疗、农业和食品行业等方面。在医学上,人们根据疾病的发病机理以及病原体与人体在代谢和调控上的差异,设计或筛选出各种高效低毒的药物。比如最早的抗生素——磺胺类药物就是竞争性抑制使细菌不能合成叶酸而死亡。依据免疫学知识人们设计研制出各种疫苗,使人类从传染病中得以幸免。艾滋病疫苗的研制工作也在不断取得进步。通过生物技术改良农作物以提高产量和质量的技术已得到广泛的应用。利用生物技术可以获得高产优质的畜禽产品和提高畜禽的抗病能力。生物技术不仅能加快畜禽的繁殖和生长速度,而且能改良畜禽的品质。生物技术可以培育抗病的畜禽品种,减少饲养业的风险。

现代生命科学技术还可以大大加快人类的进化历程并改变某些物种,从而影响到整个自然界的发展历程。科技的每一小步前进都会带来社会的深刻变化。正如网络的出现促成了虚拟社区的形成,而这虚拟的世界却又实实在在地影响着人们的现实生活。总的来说,科技的进步给人类带来更多的是利益,生命科学领域的

工作者们正在努力实现使生命更完美的目标。没有疾病的困扰,胎儿在发育之前已对其缺陷基因进行了彻底的修复;不必杀生,人工合成的蛋白质取代了动物肉类;200岁被定为青年,衰老的器官被人工合成的新器官所移植……这就是生命科学的未来,她将营造出一个健康、繁荣和幸福的生命世界!

## 五、生物化学的学习方法

生物化学与数学、物理、化学不同,它还没有进入定量科学的阶段,还处在定性科学阶段,不可能像物理、数学那样通过公式、定理推出一个准确的结论。所以生物化学的学习还是以概念为主,当然也有规律和规则,学习时,应该以记忆为主,在记忆的基础上可以在一定限度内进行推理。

生物化学的另一个特点是没有绝对,到目前为止,所有的结论都在被一些例外打破,这或许也是生物多样性的一个方面。但也有一些一般规则。所以学习时既要记住一般规则,也要注意个别例外。

像其他学科一样,学习时,应该前后左右联系,前后联系就是在学了后面的内容后要返回到前面进行比较、分析,才能将整个内容贯穿一体。左右联系就是要把生物化学与其他学科,如动物学、植物学、生理学、细胞学、遗传学、微生物学,以及化学、物理学等进行联系,使生物化学与整个生物学融为一体。

# 第一章 蛋白质与核酸的化学

## 知识目标:

- 了解氨基酸、多肽及核苷酸的基本结构和性质。
- 掌握蛋白质和核酸生物分子的空间结构、理化性质。
- 掌握蛋白质的分离、提纯和核酸的变性、复性及杂交技术。

蛋白质(protein)是生物体中广泛存在的生物大分子,约占人体干重的45%,在肝、脾、心、肺、肾、肌肉等器官可达60%~80%,机体中的每一个细胞和所有重要组成部分都有蛋白质参与。核酸(nucleic acid)存在于所有动物、植物细胞、微生物体内,生物体内的核酸常与蛋白质结合形成核蛋白。蛋白质与核酸的分子结构复杂,性质和功能各异。

## 第一节 蛋白质的分子组成

蛋白质参与体内各种物质代谢,包括物质的消化吸收、分解与合成、物质转运与利用以及各种化学变化,肌肉收缩、神经兴奋传导、遗传信息传递以及对机体自身防御作用(如免疫反应)等重要的生命过程也都离不开蛋白质,它承担着强大的功能。

蛋白质的种类繁多,组成及结构复杂,在分类上呈现多样性,通常分类方法有2种。

1. 按蛋白质的分子组成分类 根据蛋白质的分子组成特点,可将蛋白质分为单纯蛋白质和结合蛋白质两大类。分子中除氨基酸构成的多肽蛋白成分外,没有任何非蛋白成分,称为单纯蛋白质,包括清蛋白、球蛋白、精蛋白、组蛋白、硬蛋白、谷蛋白、醇溶蛋白。结合蛋白质的分子组成中,除蛋白质部分外,还包含非蛋白部分(称为辅基);根据辅基的不同,结合蛋白又可分为核蛋白(含核酸)、糖蛋白(含多糖)、脂蛋白(含脂类)、色蛋白(含色素,如血红蛋白含血红素)和磷蛋白(含磷酸)。

2. 按蛋白质的分子形状分类 根据蛋白质分子形状的不同,可将蛋白质分为

球状蛋白质和纤维状蛋白质两大类。球状蛋白质分子外形似球状,较易溶解,酶及免疫球蛋白等功能蛋白质均属此类。纤维蛋白质形状似纤维,不溶于水,结缔组织中的胶原蛋白、毛发中的角蛋白等结构蛋白均属此类。

## 一、蛋白质的元素组成

尽管蛋白质的种类繁多,结构各异,但元素组成相似,主要有碳、氢、氧、氮、硫。不同蛋白质各元素的含量也略有不同(表 1-1)。

表 1-1 蛋白质中元素含量

元素种类	C	H	O	N	S
元素含量	50%~55%	6%~8%	20%~23%	15%~18%	0~4%

有些蛋白质中还含有少量的磷元素或金属元素铁、铜、锌、锰、钴、钼等,个别蛋白质还含有碘。各种蛋白质的含氮量十分接近且恒定,一般在 16% 左右。

生物样品含氮量测定比蛋白质含量测定容易得多。用微量凯氏定氮法测定生物样品中氮的含量,再按每克蛋白氮相当于 6.25 g 的蛋白质,即可推算出蛋白质的含量。

## 二、蛋白质的基本结构单位

蛋白质的相对分子质量都很大,但其基本结构是由  $\alpha$ -氨基酸按照一定的序列通过酰胺键(或肽键)缩合而成的,是具有较稳定构象和一定生物功能的生物大分子。

### (一)氨基酸的结构与构型

自然界存在的氨基酸有 300 多种,但构成天然蛋白质的氨基酸仅有 20 种(又称标准氨基酸)<sup>[1]</sup>,其他氨基酸多以游离形态或多肽形式出现,它们虽然不构成蛋白质,但其生物功能往往也是非常重要的。

标准氨基酸中除脯氨酸外,均为  $\alpha$ -氨基酸(图 1-1),即羧酸分子  $\alpha$ -碳原子上的氢原子被氨基( $-\text{NH}_2$ )取代生成的化合物。

共同结构部分:含一个碱性的  $\alpha$ - $\text{NH}_2$  和一个酸性的  $\alpha$ - $\text{COOH}$  的结构,所以, $\alpha$ -氨基酸是两性电解质,能够进行两性电离。

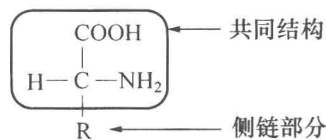
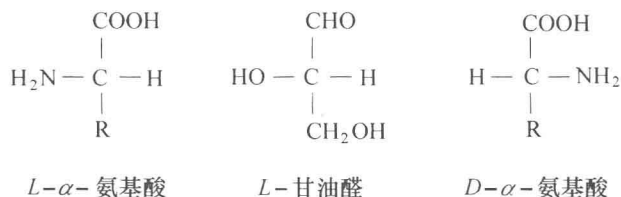


图 1-1  $\alpha$ -氨基酸的结构

[1] 少数蛋白质中还发现一种硒代半胱氨酸,又称第 21 种氨基酸。

不同的侧链 R 部分:19 种  $\alpha$ -氨基酸的区别就在侧链上,侧链结构不同会使氨基酸产生不同的性质,使其所构成的蛋白质具有了更多的性质。

除甘氨酸外,其他氨基酸的  $\alpha$ -碳原子所连接的 4 个原子或基团互不相同,为手性碳原子(不对称碳原子),因此,它们具有旋光异构现象,左旋体用“-”表示,右旋体用“+”表示。若以甘油醛的构型为参照,这两种异构体还可用 D-型和 L-型来表示,将羧基写在  $\alpha$ -碳原子上端,氨基在左侧为 L-型,在右侧为 D-型,组成天然蛋白质的氨基酸是 L-型。



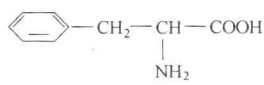
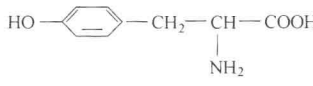
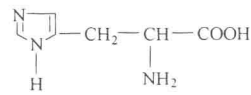
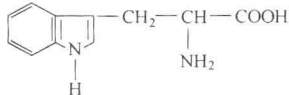
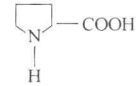
## (二)氨基酸的分类

1. 根据侧链 R 结构分类 侧链 R 为链状的称为脂肪族氨基酸,侧链 R 含有苯环的称为芳香族氨基酸,侧链 R 含有杂环化合物的称为杂环氨基酸,侧链 R 基团极性强弱分为极性氨基酸和非极性氨基酸(表 1-2)。

表 1-2 组成蛋白质的 20 种氨基酸

分类	氨基酸名称	三字母符号	单字母符号	中文简称	结构式
脂肪族氨基酸	甘氨酸	Gly	G	甘	$  \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}  $
	丙氨酸	Ala	A	丙	$  \begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}  $
	缬氨酸*	Val	V	缬	$  \begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}  $
	亮氨酸*	Leu	L	亮	$  \begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}  $
	异亮氨酸*	Ile	I	异亮	$  \begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}  $
	丝氨酸	Ser	S	丝	$  \begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}  $

续表 1-2

分类	氨基酸名称	三字母符号	单字母符号	中文简称	结构式
脂 肪 族 氨 基 酸	苏氨酸 <sup>*</sup>	Thr	T	苏	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
	天冬氨酸	Asp	D	天冬	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	谷氨酸	Glu	E	谷	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	精氨酸	Arg	R	精	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\    \quad   \\ \text{NH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
	赖氨酸 <sup>*</sup>	Lys	K	赖	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	蛋氨酸 <sup>*</sup>	Met	M	蛋	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	半胱氨酸	Cys	C	半胱	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	天冬酰胺	Asn	N	天冬酰	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\    \quad   \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
谷胺酰胺	Gln	Q	谷胺酰	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\    \quad   \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	
芳 香 族 氨 基 酸	苯丙氨酸 <sup>*</sup>	Phe	F	苯丙	
	酪氨酸	Tyr	Y	酪	
杂 环 氨 基 酸	组氨酸 <sup>**</sup>	His	H	组	
	色氨酸 <sup>*</sup>	Trp	W	色	
	脯氨酸	Pro	P	脯	



2. 营养学分类 将氨基酸分为必需氨基酸和非必需氨基酸。不能在体内合成,必须由食物提供的氨基酸,称为必需氨基酸。标准氨基酸中,只有赖氨酸、色氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸(甲硫氨酸)、苏氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸是体内不能合成的,因此,称为必需氨基酸。对成人来说,必需氨基酸有8种(表1-2,标记“\*”的氨基酸);对婴儿来说,组氨酸也是必需氨基酸(表1-2,标记“\*\*”),因此,组氨酸被称为半必需氨基酸。非必需氨基酸并不是说人体不需要这些氨基酸,而是人体可以自身合成或由其他氨基酸转化得到,不需要从食物直接摄取。有些非必需氨基酸如胱氨酸和酪氨酸如果供给充足,还可以节省必需氨基酸中甲硫氨酸和苯丙氨酸的需要量。

3. 根据氨基和羧基的个数分类 中性氨基酸(1个氨基1个羧基氨基酸,如丙氨酸),碱性氨基酸(2个氨基1个羧基氨基酸,如赖氨酸),酸性氨基酸(2个羧基1个氨基氨基酸,如天冬氨酸)。

### (三)氨基酸的理化性质

1. 物理性质 标准氨基酸为无色晶体,熔点高,一般在200℃以上;其味因种类不同而异,如甘氨酸有甜味、谷氨酸单钠盐(味精的主要成分)有鲜味。

标准氨基酸侧链R结构有较大区别,因此,氨基酸在水中的溶解度差别也很大;氨基酸能溶于稀酸或稀碱中,但不能溶于有机溶剂,通常用酒精从溶液中沉淀氨基酸。

2. 两性解离和等电点 氨基酸分子中羧基(—COOH)能发生酸式电离(电离出 $H^+$ ),生成阴离子,氨基(—NH<sub>2</sub>)、胍基、咪唑基等碱性基团,能发生碱式电离(结合 $H^+$ ),成为阳离子,因此,氨基酸是两性电解质,它电离的过程称为两性解离。氨基酸在溶液中以哪种离子形式存在,取决于分子中酸性基团与碱性基团的数量、比例及溶液的pH。氨基酸两性解离过程:

