



教育部高职高专教育人才培养模式和
教学内容体系改革与建设项目立项教材

五年制高职高专教材

生物化学

黄富生 主 编
夏晓凯 副主编

北京大学医学出版社

教育部高职高专教育人才培养模式和
教学内容体系改革与建设项目立项教材

五年制高职高专教材

生 物 化 学

主 编 黄富生

副主编 夏晓凯

编 委 (以姓氏笔画为序)

马 俊 李跃进 何国产

夏晓凯 黄富生 舒景丽

北京大学医学出版社

SHENGWU HUAXUE

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学/黄富生主编. —北京: 北京大学医学出版社, 2004. 1

教育部高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目立项教材. 五年制高职高专教材

ISBN 7-81071-517-8

I. 生… II. 黄… III. 生物化学—高等学校: 技术学校—教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 117067 号

北京大学医学出版社出版发行

(100083 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内 电话: 010-82802230)

责任编辑: 张彩虹

责任校对: 齐 欣

责任印制: 郭桂兰

莱芜市圣龙印务书刊有限责任公司印刷 新华书店经销

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 17.5 字数: 442 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷 印数: 1-8000 册

定价: 23.00 元

版权所有 不得翻印

前 言

本书是五年制高职高专教材，是教育部《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目》批准的“高职高专教育化学课程教学内容体系改革、建设的研究与实践”的内容之一（项目编号为 III29-2）。教育部在文件中指出“本次批准立项的项目，是教育部组织的重大教学研究项目，对推动我国高职高专教育改革与建设有着十分重要的意义”。

我们的研究目标是：以培养目标为依据，以实用和够用为基本原则，注意反映相关学科发展的前沿，编写出一部新的高职高专《生物化学》教材。

本书简化了部分结构理论，删掉生物膜结构，增加了细胞凋亡与衰老的内容。

本书由湖南省永州职业技术学院医学院黄富生担任主编，湖南省中医药学校夏晓凯担任副主编。参加编写工作的有：黄富生（编写第一、七、八、十三、十四、十五章），浙江金华职业技术学院医学院何国产（编写第十一、十二章），江苏省南京卫生学校李跃进（编写第五、十章），夏晓凯（编写第四、九章），湖南省邵阳卫生学校舒景丽（编写第二、三、六章），湘南医学高等专科学校马俊（编写生物化学实验）。

我们的设想是编出一本新型的实用教材，但由于五年制高职高专教育是新生事物，编写难度大、时间仓促，加之编者水平有限，不足之处难免，望同行指正，以利再版时改进。

编 者

二〇〇三年十月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生物化学的任务及内容	(1)
一、生物化学的任务	(1)
二、生物化学的主要内容	(1)
第二节 生物化学与医学的关系	(2)
一、生物化学在医学中的重要性	(2)
二、生物化学与健康的关系	(2)
第三节 生物化学发展史	(3)
第二章 蛋白质化学	(5)
第一节 蛋白质的分子组成	(5)
一、蛋白质的元素组成及特点	(5)
二、蛋白质的基本组成单位	(5)
第二节 蛋白质的分子结构	(7)
一、蛋白质的一级结构	(8)
二、蛋白质的空间结构	(9)
第三节 蛋白质结构与功能的关系	(10)
一、蛋白质的一级结构与功能的关系	(10)
二、蛋白质的空间结构与功能的关系	(11)
第四节 蛋白质的理化性质	(12)
一、蛋白质的紫外吸收特征及呈色反应	(12)
二、蛋白质的两性电离	(12)
三、蛋白质的高分子性质	(13)
四、蛋白质的沉淀	(13)
五、蛋白质的变性作用	(14)
第五节 蛋白质的分类	(15)
一、按蛋白质分子形状分类	(15)
二、按蛋白质组成分类	(15)
三、按蛋白质功能分类	(16)
习题	(16)
第三章 核酸的化学	(17)
第一节 核酸的分子组成	(17)
一、元素组成	(17)
二、核酸的基本结构单位——核苷酸	(17)
第二节 核酸的分子结构	(20)

一、核酸的一级结构	(20)
二、核酸的空间结构	(22)
第三节 核酸的理化性质	(24)
一、核酸的一般性质	(24)
二、核酸的紫外线吸收	(24)
三、核酸的变性、复性与分子杂交	(24)
习题	(26)
第四章 酶与维生素	(27)
第一节 酶的概念及作用特点	(27)
一、酶的概念	(27)
二、酶作用的特点	(27)
第二节 酶的命名与分类	(28)
一、酶的命名	(28)
二、酶的分类	(29)
第三节 酶的结构与催化活性	(30)
一、酶的分子组成	(30)
二、B 族维生素与辅酶	(31)
三、酶的活性中心	(31)
四、酶原及其激活	(32)
五、同工酶	(32)
第四节 酶促反应动力学	(33)
一、温度对酶促反应速度的影响	(33)
二、pH 对酶促反应速度的影响	(34)
三、底物浓度对酶促反应速度的影响	(34)
四、酶浓度对酶促反应速度的影响	(35)
五、酶的抑制对酶促反应速度的影响	(35)
六、酶的激活对酶促反应速度的影响	(38)
第五节 酶在医学上的应用	(39)
一、酶与疾病的发生	(39)
二、酶与疾病的诊断	(39)
三、酶与疾病的治疗	(40)
第六节 维生素	(40)
一、概述	(40)
二、脂溶性维生素	(41)
三、水溶性维生素	(44)
习题	(48)
第五章 生物氧化	(49)
第一节 生物氧化的方式	(49)
一、生物氧化中二氧化碳生成的方式	(49)
二、生物氧化的方式	(50)

三、生物氧化的特点	(50)
四、参与生物氧化的酶类	(50)
五、其他氧化还原酶类	(51)
第二节 呼吸链	(51)
一、呼吸链的组成	(51)
二、NADH 氧化呼吸链和琥珀酸氧化呼吸链	(54)
第三节 氧化磷酸化的结构	(55)
一、线粒体与氧化磷酸化	(55)
二、ATP 生成的偶联部位	(55)
三、氧化磷酸化偶联部位的确认	(56)
四、氧化磷酸化的调节	(57)
五、氧化磷酸化的抑制剂	(58)
六、ATP 的贮存与利用	(59)
第四节 线粒体外 NADH 的氧化	(61)
一、 α -磷酸甘油穿梭系统	(61)
二、苹果酸穿梭系统	(61)
第五节 微粒体氧化体系	(62)
一、混合功能氧化酶的作用	(62)
二、自由基等活性氧的产生和清除	(63)
习题	(65)
第六章 糖代谢	(66)
第一节 概述	(66)
第二节 糖的分解代谢	(67)
一、糖的无氧分解	(67)
二、糖的有氧氧化	(70)
三、磷酸戊糖途径	(74)
第三节 糖原的合成与分解	(75)
一、糖原的合成	(75)
二、糖原的分解	(76)
三、糖原合成和分解的生理意义	(77)
四、糖原合成与分解的调节	(77)
五、糖原累积病	(77)
第四节 糖异生作用	(77)
一、糖异生的途径	(77)
二、糖异生的生理意义	(78)
三、糖异生的调节	(79)
第五节 血糖	(80)
一、血糖的来源与去路	(80)
二、血糖浓度的调节	(81)
三、糖代谢异常	(81)

四、糖耐量与糖耐量曲线	(82)
习题	(83)
第七章 脂类代谢	(84)
第一节 脂肪的代谢	(84)
一、脂肪的化学和分布及其生理功能	(84)
二、脂肪在体内的消化和吸收	(85)
三、脂肪的分解代谢	(86)
四、脂肪酸的合成	(90)
五、脂肪的合成代谢	(93)
第二节 类脂代谢	(94)
一、类脂在体内的分布及其生理功能	(94)
二、类脂在体内的消化和吸收	(95)
三、磷脂代谢	(95)
四、胆固醇代谢	(97)
第三节 脂类的运输和血浆脂蛋白	(102)
一、血脂与血浆脂蛋白	(102)
二、血浆脂蛋白的分类	(102)
习题	(103)
第八章 蛋白质的分解代谢	(105)
第一节 蛋白质的营养作用	(105)
一、食物蛋白质的生理功能	(105)
二、蛋白质的需要量	(105)
第二节 蛋白质的消化、吸收和腐败	(107)
一、蛋白质的消化	(107)
二、氨基酸的吸收	(108)
三、蛋白质及其消化产物在肠中的腐败作用	(109)
第三节 氨基酸的一般代谢	(110)
一、氨基酸在体内代谢状况	(110)
二、氨基酸的脱氨基作用	(111)
三、氨的代谢	(114)
四、 α -酮酸的代谢	(118)
五、氨基酸的脱羧基作用	(118)
第四节 个别氨基酸的代谢	(120)
一、一碳单位代谢	(120)
二、半胱氨酸的代谢	(124)
三、苯丙氨酸及酪氨酸的代谢	(125)
四、色氨酸的代谢	(126)
五、肌酸代谢	(127)
习题	(128)
第九章 核酸代谢及蛋白质生物合成	(129)

第一节 核苷酸的代谢·····	(129)
一、嘌呤核苷酸的代谢·····	(129)
二、嘧啶核苷酸的代谢·····	(134)
三、核苷酸的抗代谢物及临床应用·····	(137)
第二节 核酸代谢·····	(139)
一、DNA 的生物合成——复制·····	(140)
二、RNA 的生物合成——转录·····	(149)
第三节 蛋白质的生物合成——翻译·····	(157)
一、蛋白质生物合成体系·····	(157)
二、蛋白质的生物合成过程·····	(161)
三、翻译后的加工·····	(165)
四、基因表达在翻译水平的调控·····	(167)
五、蛋白质生物合成与医学应用·····	(167)
习题·····	(169)
第十章 物质代谢调节及细胞间信息传递·····	(170)
第一节 物质代谢调节的类型·····	(170)
一、细胞水平的调节作用·····	(170)
二、激素水平的代谢调节·····	(173)
三、神经系统对代谢的调节作用·····	(175)
第二节 细胞间信息传递方式·····	(176)
一、以化学物质为中介的信号传递·····	(176)
二、相邻细胞之间的直接电传递·····	(177)
习题·····	(178)
第十一章 血液的生物化学·····	(179)
第一节 血浆中的固体成分·····	(179)
一、血浆蛋白质·····	(179)
二、非蛋白含氮化合物·····	(183)
三、不含氮的有机物·····	(183)
四、无机盐·····	(184)
第二节 红细胞的代谢·····	(185)
一、糖代谢·····	(185)
二、血红蛋白·····	(187)
三、血红蛋白的生物合成·····	(188)
四、血红蛋白的分解代谢·····	(192)
习题·····	(197)
第十二章 肝胆生物化学·····	(198)
第一节 肝在物质代谢中的作用·····	(198)
一、肝在糖代谢中的作用·····	(198)
二、肝在脂类代谢中的作用·····	(199)
三、肝在蛋白质代谢中的作用·····	(199)

四、肝在维生素代谢中的作用	(200)
五、肝在激素代谢中的作用	(200)
第二节 肝的生物转化作用	(200)
一、生物转化的概念	(200)
二、生物转化反应类型	(200)
三、生物转化的特点	(204)
第三节 胆汁与胆汁酸代谢	(206)
一、胆汁	(206)
二、胆汁酸的代谢	(206)
第四节 常用的肝功能试验	(210)
一、检测蛋白质代谢变化的试验	(210)
二、检测血清酶活性变化的试验	(210)
三、检测胆色素、胆汁酸代谢变化的试验	(211)
四、其他测定项目	(212)
习题	(212)
第十三章 水和无机盐代谢	(213)
第一节 正常人体体液	(213)
一、体液的含量与分布	(213)
二、体液电解质组成	(214)
三、各部分体液间的交换	(215)
第二节 水和无机盐的生理功能	(216)
一、水的功能	(216)
二、无机盐的生理功能	(217)
第三节 水和无机盐的代谢	(218)
一、水平衡	(218)
二、无机盐的平衡	(220)
第四节 水与电解质平衡调节	(222)
一、神经系统的调节	(222)
二、肾调节	(222)
三、激素调节	(222)
第五节 钙磷代谢	(225)
一、钙磷的生理功能	(225)
二、钙磷的吸收与排泄	(225)
三、血浆中的钙和磷	(226)
四、骨的代谢	(227)
五、钙磷代谢的调节	(228)
习题	(230)
第十四章 酸碱平衡	(231)
第一节 机体内酸性物质和碱性物质的来源	(231)
一、酸性物质的来源	(231)

二、碱性物质的来源·····	(232)
第二节 酸碱平衡的调节·····	(232)
一、血液中的缓冲体系及其作用·····	(232)
二、肺的呼吸在维持酸碱平衡中的作用·····	(234)
三、肾对酸碱的调节·····	(235)
第三节 酸碱平衡失调·····	(237)
一、代谢性酸中毒·····	(238)
二、呼吸性酸中毒·····	(238)
三、代谢性碱中毒·····	(239)
四、呼吸性碱中毒·····	(239)
五、酸碱平衡失调的生化指标·····	(240)
习题·····	(241)
第十五章 细胞凋亡与衰老·····	(243)
第一节 细胞凋亡·····	(243)
一、基本概念·····	(243)
二、凋亡的生理和病理意义·····	(245)
第二节 细胞衰老·····	(246)
一、差错理论·····	(246)
二、程序理论·····	(246)
习题·····	(248)
生物化学实验·····	(249)
生物化学实验基本知识·····	(249)
实验一 生物化学实验的基本操作·····	(249)
实验二 血清蛋白醋酸纤维素薄膜电泳·····	(252)
实验三 血糖测定·····	(254)
实验四 琥珀酸脱氢酶的作用及其抑制·····	(256)
实验五 血清尿素氮的测定·····	(257)
实验六 尿酮体的定性检测·····	(258)
实验七 血清谷丙转氨酶活性测定·····	(259)
实验八 血浆二氧化碳结合力的测定·····	(261)
实验九 淀粉酶测定·····	(263)
实验十 运动对尿中乳酸含量的影响·····	(264)

第一章

绪论

生物化学是研究活细胞和生物体中存在的各式各样化学分子及它们所参与的一系列化学反应的科学。生物化学就是研究生命科学的科学，它在分子水平探讨生命的本质，即研究生物体的分子结构与功能、物质代谢与调控及其在生命活动中的作用。由于生命现象的本质需通过生物化学知识来阐明，因此生物化学的研究必须采用化学原理和方法，当然也与生理学、遗传学和细胞学等有着广泛的联系与渗透。当今生物化学已成为生命科学领域的前沿学科。

所有的生命形式运用生物化学的理论研究。生物化学研究的对象当然是生物体，从医学角度看，研究对象应该为人体。生物化学的研究对促进医学的发展起着相当重要的作用。

第一节 生物化学的任务及内容

一、生物化学的任务

构成生物体最基本的结构单位是细胞。因此，生物化学的任务应该是从分子水平来阐述和解释活细胞内和细胞之间的一系列化学反应及其与生命活动的关系，同时将生物化学的理论和规律应用于为人类的身体健康服务，这是每位生物化学工作者肩负的义不容辞的职责。

在生物化学研究过程中，首先从活细胞中分离、纯化出成千上万种化学分子，从而确定它们的结构、性质，了解它们在体内所进行的化学反应以及如何发挥作用等内容，因此是非常艰巨的任务。其次是揭示自然界生命起源的奥秘，此方面的研究更复杂、艰巨，目前仍然未取得什么进展。

二、生物化学的主要内容

生物化学内容相当广泛。当代生物化学内容归纳为下面三个方面。

1. 生物大分子的结构与功能

所谓生物大分子指分子量大而结构复杂的分子，是由某些结构单位按一定顺序和方式连接而成的多聚体，分子量一般大于 10^4 。例如，由氨基酸作为基本组成单位，通过肽键而形成的多肽链，即为蛋白质；由核苷酸作为基本组成单位，通过磷酸二酯键形成多核苷酸链，即为核酸；淀粉也由一定基本单位聚合而成。一般说来，生物大分子的重要特征是具有信息功能，故也称之为生物信息分子。

在研究生物大分子过程中，首先确定其基本结构也就是一级结构，其次更重要的是研究其空间结构及其与功能的关系。例如蛋白质，结构是功能的基础，而功能是结构的表现。同时生物分子的功能还通过分子间的相互识别及相互作用而完成。例如，蛋白质与蛋白质、蛋白质与核酸、核酸与核酸相互联系，在基因表达的调节中起着决定性作用。综上所述，分子

结构、分子识别和分子的相互联系是执行生物信息分子功能的基本条件。

2. 物质代谢及调控

物质代谢是指体内物质按一定规律进行的化学反应。正常的物质代谢是生命过程的必备条件，如果物质代谢发生紊乱则可引起疾病的发生，甚至危及生命。物质代谢中绝大部分化学反应是由酶催化而完成的，酶结构及量的变化对物质代谢的调节起着十分重要的作用。此外，细胞信息传递参与多种物质代谢及其相关的生长、增殖、分化等生命过程各环节的调节。

3. 生命信息传递

生命信息传递涉及遗传、变异、生长、分化等多方面生命过程，也与遗传疾病、心血管病、恶性肿瘤等多种疾病发病机制有关。故生命信息传递的研究在生命科学中的地位显得越来越重要。现已确定，DNA 是遗传信息的载体，也是遗传的主要物质基础，信息单位就是 DNA 分子的功能片段。目前，信息分子生物学除进一步研究 DNA 的结构与功能外，还要研究 DNA 的复制、RNA 的转录及蛋白质的生物合成等生命信息传递过程的机制及信息表达的调控规律。

第二节 生物化学与医学的关系

生物化学与医学关系相当密切，一则生物化学是医学的必备基础知识，再则医学又为生物化学研究提供了广阔的前景。

一、生物化学在医学中的重要性

生物化学是一门重要的医学专业基础课。生物化学在医学教育中起到承前启后的重要作用。另外，生物化学的研究和学习必须建立在对人体形态、结构和功能全面理解的基础上，因此，与之相关的学科如解剖学、组织学、生物学、细胞学等医学课程都是学习生物化学的重要基础。

生物化学与医学各学科都有程度不同的联系。生物学、免疫学、病理学、药理学等学科的研究深入到分子水平，生物化学知识就显得相当重要。

从分子水平阐明疾病发生的机制、药物作用的原理及其在体内的代谢过程等，都应该以生物化学的知识为基础。生物化学的实验技术，例如蛋白质和核酸的分离、纯化、分析及鉴定的技术也已广泛地应用于免疫学、组织学、药理学乃至临床医学各种学科研究之中。生物化学研究已逐渐渗透到医学领域各有关学科中。

二、生物化学与健康的关系

生物化学为人体提供认识健康及维持健康的基本知识，提供了解疾病及有效治疗疾病的理论基础知识，即医务工作者接触生物化学知识的两个重要的方面。例如，生物化学阐明各种维生素在物质代谢及生命活动中的作用，这就为预防维生素缺乏症，维持人体健康或治疗有关疾病提供了重要的基本知识。生物化学的研究成果从分子水平阐明了健康与疾病规律诸多方面的基本问题；同时，健康与疾病各方面的研究又为生物化学提供广阔的前景。例如，异常血红蛋白的研究为血红蛋白结构与功能关系的研究开辟了广阔的前景，而且数百种异常血红蛋白研究所积累的资料又成为从各方面说明血红蛋白结构与功能关系的理论知识。因此生物化学与医学之间是相互促进、共同发展的。

健康是指机体细胞内、外存在的成千上万个化学反应全部以最佳生理功能状态相适应的速率进行着的状态。据目前所知,所有的疾病都是体内化学分子、化学反应出现异常的表现。换句话说,所有的病原因子都能影响体内某步或多步关键化学反应或化学分子的功能。故人体内正常的生物化学过程就是健康的基础。

维持人体健康的必备条件是从适宜膳食中摄取适宜的营养物质。其中最主要的营养物质为糖类、脂类、蛋白质、维生素、无机盐和水。由于生物化学和营养学的很多内容都与这些营养物质的代谢相关联,要掌握营养学在很大程度上需要生物化学知识,故这两门学科之间的关系相当密切。预防医学则是从营养学角度及其他多方面来防止疾病发生的学科,因此,预防医学和生物化学的关系与营养学和生物化学之间的关系一样密切。例如,采用调理营养手段抗衰老延长寿命、预防动脉粥样硬化和癌症等疾病的发生,现越来越引起人们的重视。

生物化学的研究还为很多疾病的早期诊断、鉴别诊断和预后的估计等从理论和方法技术提供可靠依据;为阐明多种疾病的发病机制提供可靠的理论依据;同时为疾病的预防、治疗提供可靠的思路和原则基础。故这些都是生物化学与医学密切关系中的重要内容。

第三节 生物化学发展史

生物化学在 20 世纪初才成为一门独立学科,目前已成为自然科学中发展最快、最引起人们重视的学科之一。

我国劳动人民远在古代,就已在生产或医疗和营养等方面的实践中积累了许多有关生物化学的丰富经验,且有许多发明创造,对生物化学的发展做出了许多贡献。在 4000 多年前即夏禹时代就已发明用粮食酿酒,酿酒用的酒母称为曲,即含有大量现在所称的酶。商周时期即公元前 12 世纪已知制造酱、醋和饴技术。酒、酱、醋、饴都是属于发酵酿造业,是利用生物体内的酶所催化的化学反应产物。

20 世纪 50 年代以来,生物化学有了突飞猛进的发展。生物科学的研究已从过去的整体、组织器官和细胞等宏观水平进入现在的亚细胞和分子等微观水平,即所谓分子生物学。许多生命现象的本质可以在分子水平得到阐明,成为人类改造自然和征服自然的有利武器之一。分子生物学主要通过对蛋白质、酶和核酸等生物大分子的结构和运动规律的研究来探讨生命现象的本质。同时,物质代谢途径的研究继续发展,且重点进入代谢调节与合成代谢的研究。例如,50 年代后期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。此阶段中,细胞中两类重要的生物大分子即蛋白质与核酸,成为研究的焦点。例如,50 年代初期发现了蛋白质 α 螺旋的二级结构形式;完成了胰岛素的氨基酸全序列分析等。J. D. Watson 和 F. H. Crick 于 1953 年提出的 DNA 双螺旋结构模型,为揭示遗传信息传递规律奠定了基础,是生物化学发展进入分子生物学时期的重要标志。此后,对 DNA 的复制机制、RNA 的转录过程以及各种 RNA 在蛋白质合成过程中的作用进行了深入研究,提出了遗传信息传递中心法则,破译了 mRNA 分子中的遗传密码等。这些成果深化了人们对核酸与蛋白质的关系及其在生命活动中作用的认识。20 世纪 70 年代,重组 DNA 技术的建立不仅促进了对基因表达调控机制的研究,而且使人们主动改造生物体成为可能。由此,相继获得多种基因工程的产品,因而大大推动了医药工业和农业的发展。转基因动植物和基因剔除的成功是重组 DNA 技术发展的结果。基因诊断与基因治疗也是重组 DNA 技术在医学领域中应用的重要方面。20 世纪 80 年代,核酶的发现补充了人们对生物

催化剂本质的重新认识。聚合酶链反应技术的发明，使人们有可能在体外高效率扩增 DNA。这些成果都是生物化学中分子生物学发展的重大事件。

我国对生物化学的发展做出了重大贡献。1965 年，我国首先利用人工方法合成了具有生物活性的胰岛素。1981 年，又成功地合成了酵母丙氨酰-tRNA。近年来，我国的基因工程、蛋白质工程、人类基因组计划及新基因的克隆与功能研究等方面获得重大成果，正朝着国际先进水平迈进。

第二章

蛋白质化学

蛋白质是生物细胞含量最丰富,功能最多的生物大分子,也是生物体的基本组成成分之一。体内约有 10 万多种蛋白质,如酶、抗体、多肽激素、凝血因子、转运蛋白等都是蛋白质。各种蛋白质均有其特定的结构和功能。在物质代谢、肌肉收缩、机体防御、血液凝固、细胞信息传递、个体生长发育、组织修复等方面,蛋白质发挥着其他任何物质均不可替代的作用,因此蛋白质是生命活动的物质基础。

第一节 蛋白质的分子组成

一、蛋白质的元素组成及特点

组成蛋白质的元素主要有碳、氢、氧、氮四种,大多数蛋白质还含有少量硫,有的还含有微量的磷、碘、硒、铁、铜、锰、锌、钴等元素。

蛋白质元素组成的一个重要特点是各种蛋白质中氮元素的含量很接近,平均为 16% (即 1g 氮相当于 6.25g 蛋白质),并且生物体内的氮主要存在于蛋白质分子中,因此,通常在测定生物样品中的蛋白质含量时只要测定出它的含氮量,就能换算出蛋白质的含量,换算公式如下:

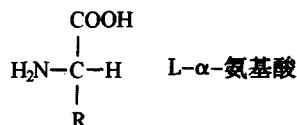
$$\text{每克样品中含氮克数} \times 6.25 \times 100 = 100 \text{ 克样品中蛋白质含量}$$

二、蛋白质的基本组成单位

自然界不同种类的蛋白质经酸、碱或酶作用后,可水解产生氨基酸,故蛋白质的基本组成单位是氨基酸。

(一) 氨基酸的结构特点

自然界中的氨基酸有 300 余种,但组成人体蛋白质的氨基酸只有 20 种。其结构上有一个共同特点,即 α -碳原子上都结合有氨基 ($-\text{NH}_2$) 或亚氨基 ($=\text{NH}$),故称 α -氨基酸。除甘氨酸外,其余氨基酸的 α -碳原子都是不对称碳原子,因而都有 D-型和 L-型两种异构体。构成人体蛋白质的氨基酸均为 L- α -氨基酸。脯氨酸是一种 α -亚氨基酸。 α -氨基酸的通式为:



R 为氨基酸的侧链基团,不同氨基酸的 R 侧链基团不同,故各氨基酸的分子量、解离程度及化学性质均不相同。现将 20 种氨基酸列于表 2-1。

表 2-1 组成蛋白质的 20 种氨基酸

分类	名 称	缩写符号			构 造 式	等电点
		中文	英文	字母代号		
极性氨基酸	甘氨酸 glycine (氨基乙酸)	甘	Gly	G	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.97
	天冬酰胺 asparagine (α -氨基丁酰氨酸)	天酰 或天 -NH ₂	Asn	N	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \qquad \qquad \\ \text{O} \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$	5.41
	谷氨酰胺 glutamine (α -氨基戊酰氨酸)	谷酰 或谷 -NH ₂	Gln	Q	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{O} \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$	5.63
	丝氨酸 serine (α -氨基- β -羟基丙酸)	丝	Ser	S	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{CHCOOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.68
	苏氨酸* threonine (α -氨基- β -羟基丁酸)	苏	Thr	T	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}-\text{CHCOOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.60
	半胱氨酸 cysteine (α -氨基- β -巯基丙酸)	半胱	Cys	C	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{CHCOOH} \\ \quad \\ \text{SH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.05
	酪氨酸 tyrosine (α -氨基- β -对羟基苯基丙酸)	酪	Tyr	Y	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2$	5.68
非极性疏水性氨基酸	丙氨酸 alanine (α -氨基丙酸)	丙	Ala	A	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCOOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6.02
	缬氨酸* valine (α -氨基异戊酸)	缬	Val	V	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}-\text{CHCOOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.96
	亮氨酸* leucine (α -氨基异己酸)	亮	Leu	L	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CHCOOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5.98
	异亮氨酸* isoleucine (α -氨基- β -甲基戊酸)	异亮	Ile	I	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}-\text{CHCOOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	6.02
	蛋氨酸* methionine (α -氨基- γ -甲硫基丁酸)	蛋	Met	M	$\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2$	5.74
	苯丙氨酸* phenylalanine (α -氨基- β -苯基丙酸)	苯	Phe	F	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2$	5.46
	脯氨酸 proline (α -羧基四氢吡咯)	脯	Pro	P	$\begin{array}{c} \text{N} \\ \\ \text{H} \end{array} \text{COOH}$	6.30
	色氨酸* tryptophan [α -氨基- β -(3-吲哚基)-丙酸]	色	Try (Trp)	W	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2$	5.89