

成人药学高等学历教育(专科)系列教材

生物化学

沈阳药科大学组织编写

主编 张景海

中国医药科技出版社

成人药学高等学历教育（专科）系列教材

生物化学

（供药学类专业用）

主 编 张景海
编 者 （以姓氏笔画为序）
宋永波
张 嵘
张景海
宾 文
康 宁

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书是针对高等医药院校药学、中药学类专业成人教育(脱产、函授专科生)生物化学教学要求而编写的教材,包括静态生物化学、动态生物化学和生物药物三个方面。静态生化部分主要介绍蛋白质、核酸、酶、激素等重要生物分子的组成、结构、功能、理化性质、生物学性质等。动态生化部分主要涉及生物氧化、糖代谢、脂代谢、核酸代谢、蛋白质代谢和代谢调控。生物药物部分主要介绍生物药物的界定、类别、来源、制备技术概况、质量控制。

本书可作高等医药院校药学和中药学类成人教育各专业学生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/张景海主编. —北京:中国医药科技出版社, 2006.2

(成人药学高等学历教育(专科)系列教材)

ISBN 7-5067-2463-4

I. 生... II. 张... III. 生物化学—成人教育: 高等教育—教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 010573 号

美术编辑 陈君杞

责任校对 张学军

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100088

电话 010-62244206

网址 www.mpsky.com.cn

规格 787×1092mm $\frac{1}{16}$

印张 13 $\frac{1}{2}$

字数 291 千字

印数 1—3000

版次 2006 年 4 月第 1 版

印次 2006 年 4 月第 1 次印刷

印刷 北京昌平百善印刷厂

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 7-5067-2463-4/G·0489

定价 22.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

前 言

生命科学在 20 世纪有着惊人的发展,生物化学是其中最为活跃的学科之一。作为生命科学的核心,其理论、方法、技术得以广泛的应用,尤其是在医药领域更为显著。因此,生物化学也早已成为许多相关学科各层次学生的必修课程。对于药学和中药学院校各专业学生而言,生物化学是一门非常重要的专业基础课。

本书是医药院校成人教育用生物化学教材,供药学和中药学类各专业专科(脱产,函授等)使用,各校可根据课程大纲的要求,自行取舍章节和内容,以满足需求。

根据教学大纲和有关课程内容的衔接与分工,结合十几年来为药学和中药学类各专业本科生和成人教育各层次学生开设生物化学的教学实践经验和体会,在原有的并已使用多年的生物化学教材的基础上,对其内容进行了适度的修改、调整和补充,以适应成人高等专科教育的特点。

本教材的内容包括静态生物化学、动态生物化学和生物药物三个方面,共计十二章。编写力求达到概念清晰、内容丰富、由浅入深、重点突出,具有较强的系统性、针对性、逻辑性和实用性。为了便于自学,针对本教材的内容配套编写了“生物化学自学指导与习题”,将由中国医药科技出版社出版。

本教材的第二章、第五章、第七章由宾文编写,第三章、第九章、第十一章由康宁编写,第四章、第八章由张嵘编写,第六章、第十章由宋永波编写,第一章、第十二章由张景海编写。在教材编写和统稿过程中,张嵘做了大量工作和协调事务,谨此表示谢意。

本教材或多或少存有一些不足、遗漏和错误,恳请使用本教材的广大师生谅解,并衷心希望能给我们提出宝贵意见和建议。

2006 年 1 月于北国药苑

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生物化学的概念及其内容	(1)
第二节 生物化学与药学的关系	(2)
第二章 蛋白质化学	(4)
第一节 蛋白质的化学组成	(4)
一、蛋白质的元素组成	(4)
二、蛋白质的基本结构单位——氨基酸	(4)
第二节 蛋白质的分子结构	(6)
一、蛋白质的一级结构	(7)
二、蛋白质的高级结构	(8)
三、蛋白质结构与功能的关系	(12)
第三节 蛋白质的理化性质	(13)
一、蛋白质的物理性质	(13)
二、蛋白质的两性解离和等电点	(14)
三、蛋白质的变性	(15)
四、蛋白质的沉淀	(16)
第三章 核酸的化学	(18)
第一节 核酸的化学组成	(18)
一、核苷酸中的碱基成分	(18)
二、戊糖与核苷	(19)
三、核苷酸的结构与命名	(20)
第二节 核酸的一级结构	(21)
第三节 DNA 的空间结构与功能	(22)
一、DNA 的二级结构——双螺旋结构	(22)
二、DNA 的三级结构	(24)
三、DNA 的功能	(25)
第四节 RNA 的空间结构与功能	(25)
一、信使 RNA 的结构与功能	(25)
二、转运 RNA 的结构与功能	(26)
三、核蛋白体 RNA 的结构与功能	(28)
四、其他小分子 RNA	(28)

第五节 核酸的理化性质	(29)
一、核酸的一般性质	(29)
二、核酸的紫外吸收	(29)
三、核酸的变性、复性和杂交	(29)
第四章 酶	(31)
第一节 概述	(31)
一、酶的催化作用特点	(31)
二、酶的命名和分类	(32)
第二节 酶的催化作用机制及活力测定	(33)
一、酶的作用机制	(33)
二、酶的活力测定	(34)
第三节 酶的化学组成与结构	(34)
一、酶的化学组成	(34)
二、酶的结构特点	(36)
第四节 影响酶促反应速率的因素	(37)
一、底物浓度对酶促反应速率的影响	(37)
二、酶浓度对酶促反应速率的影响	(38)
三、pH 对酶促反应速率的影响	(38)
四、温度对酶促反应速率的影响	(39)
五、激活剂对酶促反应速率的影响	(40)
六、抑制剂对酶促反应速度的影响	(40)
第五节 酶的几种常见形式	(43)
一、寡聚酶	(43)
二、同工酶	(44)
三、变构酶与共价修饰酶	(45)
四、结构酶与诱导酶	(47)
第五章 激素及其作用机制	(48)
第一节 人体主要激素的化学结构与生理功能	(48)
一、氨基酸衍生物类激素	(48)
二、肽与蛋白质类激素	(49)
三、类固醇类激素	(54)
四、脂肪酸衍生物类激素——前列腺素	(56)
第二节 激素的作用机制	(57)
一、膜受体 - 环腺苷酸作用模式	(57)
二、细胞内受体作用模式	(59)
第六章 生物氧化	(60)

第一节 生物氧化的概念	(60)
一、生物氧化的意义	(60)
二、生物氧化的特点	(60)
第二节 生物氧化中二氧化碳的生成	(60)
一、直接脱羧基作用	(61)
二、氧化脱羧基作用	(61)
第三节 线粒体氧化体系	(61)
一、呼吸链的概念	(61)
二、呼吸链的组成成分和作用	(61)
三、呼吸链的类型	(64)
第四节 生物氧化和能量代谢	(66)
一、高能化合物和高能磷酸化合物	(66)
二、ATP 的生成	(66)
三、呼吸链中 ATP 形成的部位	(67)
四、氧化磷酸化作用影响因素	(68)
第七章 糖代谢	(69)
第一节 糖的概念、分布及主要生化功能	(69)
第二节 自然界存在的重要多糖的化学结构及生理功能	(69)
一、糖的分类	(69)
二、重要多糖的化学结构及生理功能	(71)
第三节 糖的分解代谢	(76)
一、糖的无氧分解	(77)
二、糖的有氧分解	(81)
三、磷酸戊糖途径	(87)
四、糖分解代谢的调节	(89)
第四节 糖原合成和分解及其调节	(90)
一、血糖的来源及去路	(90)
二、糖原合成和分解及其调节	(91)
三、糖异生作用及其调节	(94)
第八章 脂类代谢	(97)
第一节 脂类的分布形式及生理功能	(97)
一、脂类的分布形式	(97)
二、主要脂类的组成及结构特点	(97)
三、脂类的生理功能	(100)
第二节 三酰甘油代谢	(101)
一、三酰甘油的分解代谢	(101)
二、三酰甘油的合成代谢	(106)

三、三酰甘油代谢的调节·····	(110)
第三节 磷脂代谢·····	(110)
一、甘油磷脂的分解代谢·····	(111)
二、甘油磷脂的合成代谢·····	(111)
三、甘油磷脂代谢紊乱与脂肪肝·····	(112)
第四节 胆固醇代谢·····	(112)
一、胆固醇的合成代谢·····	(113)
二、胆固醇的转化与排泄·····	(115)
三、胆固醇代谢紊乱与高胆固醇血症·····	(115)
第五节 血脂及脂类的转运·····	(116)
一、血脂·····	(116)
二、脂类的转运形式——血浆脂蛋白·····	(116)
 第九章 核酸的代谢·····	(121)
第一节 核苷酸的代谢·····	(121)
一、嘌呤核苷酸的合成代谢·····	(122)
二、嘌呤核苷酸的分解代谢·····	(125)
三、嘧啶核苷酸的合成代谢·····	(126)
四、嘧啶核苷酸的分解代谢·····	(127)
第二节 DNA 的生物合成(复制)·····	(128)
一、DNA 的复制方式——半保留复制·····	(128)
二、参加 DNA 复制过程的有关酶类·····	(129)
三、DNA 生物合成过程·····	(131)
第三节 RNA 的生物合成(转录)·····	(133)
一、DNA 指导的 RNA 聚合酶·····	(133)
二、DNA 经转录生成 RNA 的过程·····	(134)
三、转录后核糖核酸的加工·····	(137)
 第十章 蛋白质的代谢·····	(140)
第一节 蛋白质的营养·····	(140)
一、氮平衡·····	(140)
二、必需氨基酸·····	(140)
三、蛋白质营养价值·····	(141)
第二节 蛋白质的消化和吸收·····	(141)
一、蛋白质的消化·····	(141)
二、氨基酸的吸收·····	(141)
第三节 氨基酸的分解代谢·····	(142)
一、氨基酸代谢概况·····	(142)
二、氨基酸脱氨基作用·····	(142)

三、氨的代谢·····	(145)
四、 α -酮酸的代谢·····	(147)
五、氨基酸脱羧基作用·····	(148)
第四节 个别氨基酸的代谢·····	(150)
一、氨基酸与“一碳基团”的代谢·····	(150)
二、芳香氨基酸的代谢·····	(154)
三、含硫氨基酸的代谢·····	(155)
第五节 蛋白质的生物合成·····	(155)
一、蛋白质生物合成与遗传信息传递·····	(155)
二、RNA 在蛋白质生物合成中的作用·····	(156)
三、蛋白质生物合成过程·····	(158)
 第十一章 代谢和代谢调控总论·····	(164)
第一节 新陈代谢概述·····	(164)
一、物质代谢·····	(164)
二、能量代谢·····	(165)
第二节 物质代谢的相互联系·····	(165)
一、蛋白质与糖代谢的相互联系·····	(165)
二、糖类与脂类代谢的相互联系·····	(166)
三、蛋白质与脂类代谢的相互联系·····	(166)
四、核酸与糖、脂类和蛋白质代谢的相互联系·····	(167)
第三节 代谢调控总论·····	(167)
一、细胞或酶水平的调节·····	(167)
二、激素和神经系统的调节·····	(170)
第四节 代谢抑制剂和抗代谢物·····	(171)
一、代谢抑制剂·····	(171)
二、抗代谢物·····	(172)
 第十二章 生物药物·····	(173)
第一节 生物药物概述·····	(173)
一、生化药品概述·····	(173)
二、生物制品概述·····	(174)
第二节 生物药物类别·····	(174)
一、生化药物类别·····	(174)
二、生物制品类别·····	(177)
第三节 生物药物来源·····	(184)
一、动物来源·····	(184)
二、植物来源·····	(185)
三、微生物来源·····	(186)

四、海洋生物来源·····	(186)
五、化学合成来源·····	(187)
六、生物转化来源·····	(187)
七、基因工程来源·····	(187)
第四节 生物药物制备技术·····	(187)
一、生物药物经典的提取、分离技术·····	(189)
二、基因工程技术·····	(200)
第五节 生物药物质量控制·····	(201)
一、纯度质量控制·····	(201)
二、含量质量控制·····	(203)
三、活性质量控制·····	(204)
参考文献·····	(206)



绪 论

第一节 生物化学的概念及其内容

生物化学顾名思义就是生命的化学，研究生命现象本质的一门科学。生物化学是当代生命科学领域中发展最为迅速的学科之一，其高速发展，促进了多种新型交叉学科的产生，其中包括当今最为人们关注的热点学科之一——分子生物学。生物化学具体来说研究的是微生物、植物、动物、人体等一切生命有机体组成成分及其生理功能，以及生命活动过程中这些成分的化学变化及其规律。

生命体的组成成分千差万别，但基本组成物质按照其组成和结构特点可人为分成蛋白质、核酸、糖类、脂类四大类。此外，生命体还含有维生素、无机盐、水、微量元素等物质，也包括目前人们无法分类或归类的化合物。依据生命体本身的组成和功能的复杂程度，它的组成成分可多可少，如人体的功能是最为复杂的，因而其组成也最为复杂；又如病毒、类病毒等简单的生命体，有的只由蛋白质、核酸这两类化合物组成，有的只由核酸或蛋白质一类化合物组成，因而其功能较为简单，但它们均表现出生命的特征。生物化学的研究内容之一就是揭示构成生命体的物质的组成、结构、物理和化学性质、生物学功能及结构与功能之间的关系，这些内容一般称之为静态生物化学。

生命体内的各种物质在生命活动过程中，不断地进行着化学反应，这种化学反应体现着它们之间的相互联系、相互制约，同时这种多种多样的复杂化学反应又有着必然的规律。在这些化学反应过程中，总是伴随旧物质不断被分解掉和新物质不断被合成，同时生物体与外界（环境）之间总是进行着物质的交换，这些化学反应及其规律称之为物质代谢。此外，生命体进行的物质代谢的过程，也伴随着能量的产生与消耗。具体说，生命体将物质分解过程中产生的能量，一方面满足生命体进行生命活动过程中所需的推动力，另一方面，作为生命体合成新物质的动力源泉。这些能量产生与消耗的变化过程及规律，称之为能量代谢。物质代谢和能量代谢的研究内容也称之为动态生物化学。

由于构成生命体的物质种类很多，在体内的重要程度也有差异，同时在表现较复杂的生物学功能时，往往由多种类物质组合成一个复合体，或复杂的集合体，当人们的注意力集中于生命体重要物质的结构、多物质的复合体，甚至集合体的各种结构时，一般此研究内容称之为结构生物化学。尽管人类不断地探索生命的本质，并取得了巨大进展，但构成生命体的许多化合物的功能还不清楚，因而当人们的注意力集中于生命体、重要物质（化合物）的生物功能、多物质的复合体甚至于集合体的生物学功能时，一般称之为功能生物

化学。如蛋白质、核酸类生物分子，因为知道了它们的功能而需要了解它们的结构，当结构了解到一定程度后，归纳总结发现具有类似结构的生物分子，尤其是三维结构类似的这些生物分子的功能也类似。再如，肌肉收缩、视觉、听觉、感觉等，这些生理功能均是以物质和能量代谢为基础，而且是多种化合物间相互作用、相互制约的结果。

第二节 生物化学与药学的关系

生物化学是 20 世纪初才脱离有机化学和生理学而发展成为一门独立的新型边缘交叉学科。在生物化学形成、发展过程中，始终伴随人类的社会活动，并在人类生存环境的改善和提高过程中发挥重要作用，同时人类社会经验积累又促进了生物化学的发展。

人类活动总是与各种疾病抗争，而许多药物就是从生物体中被发现并加以应用和发展。生物药物本身是运用生物化学、分子生物学等生命科学研究成果，从生命体或利用生命体制备的一大类化合物，临床上用于各种疾病的预防、治疗、诊断，这类化合物包括氨基酸、多肽、蛋白质、核酸及其降解物和衍生物、酶与辅酶、维生素、神经递质、糖类、脂类等生物分子。早在春秋战国时期，人们就已知用曲（现在称之为酵母，广泛用于酿酒，制酱等发酵酿造业）治疗消化道疾病。在晋朝时期，已知用海藻（含有碘，在人体内用于合成甲状腺素）治疗瘰病（甲状腺肿，又俗称粗脖子）。唐朝初年，人们已知用含维生素 B₁ 丰富的中草药如车前、防风、大豆、米皮、麦麸等对食米区的一种流行病——脚气病进行治疗。用富含维生素 A 的动物肝脏治疗雀目（夜盲症）。临床用于 I 型糖尿病治疗的胰岛素，最初人们发现动物的胰脏水提物能够降低糖尿病患者的血糖，基于药物的安全、有效、可控原则，科研工作者运用生物化学的理论和技術，从胰脏水提物中分离纯化出能降低机体血糖的化合物——胰岛素，而胰岛素的化学本质是蛋白质。目前人们利用生物化学、分子生物学、蛋白质工程等研究成果，针对胰岛素本身的特性进行广泛而细致的研究，其中最主要的是利用基因工程技术，在各种生物体（微生物、植物、动物）或培养的组织或细胞中进行人胰岛素的生物合成，以满足市场对胰岛素药品的各种需求。再如，早期限于远洋航海的水平，在较长时间的航海过程多发生坏血病，临床表现为毛细血管脆弱，皮肤上出现小血斑，牙龈发炎出血，牙齿松动等，造成极高的死亡率，人们在实践中发现食用蔬菜、水果等可预防和治疗坏血病，最终发现这种预防和治疗坏血病的化合物为维生素 C。人们起初通过从植物提取来获取维生素 C，尔后进行了人工化学合成，以满足市场需求，目前许多生产厂家通过微生物转化中间体，再人工合成生产维生素 C。

任何药物的临床应用，均需将其加工成可应用的剂型，以适应和满足市场的需求。药物制剂的许多方面工作需要应用生物化学的理论和技術，如许多药物在体内半衰期较短，或者毒副作用较大，而影响药物本身的治疗指数，解决的途径之一是依据细胞膜的结构特点，人工制备类细胞——脂质体，将药物包裹起来，利用这种屏障避免或降低机体内相关酶对药物的降解，同时脂质体本身的特性又赋予药物在体内的靶向性、缓释性等特点。再如注射剂中的微囊等剂型，其骨架结构为药物提供了一个缓释环境，避免了机体内的酶对药物的降解，依据体内酶的种类及其活性强度，可选择适宜体内降解的化合物，针对其降解速度而加工制备适合于药物本身特性及临床应用要求的特定注射剂型。

药品的生产、流通至患者使用这一过程，是通过药品的质量监测来保障药品安全性的。药品的监测是针对药物及产品的特性进行的规定范围内的量化，其中的指标之一是有有效成分含量在药品生产、库存、流通、贮存等各环节，在规定的有效期内是否仍符合法定标准。在临床使用的药品中，生物制品、生化药品占据相当的份额，而生物制品、生化药品有效成分定性的定量分析，是依据生物分子的共性和个性而建立起来的。如蛋白质、多肽类药物的定量分析是依据它能特异催化一个化学反应而进行的，具体而言，胰岛素是降血糖药物，它的定量是采用在规定条件下，能使实验动物血糖降低一定量为一个活力单位来评价的，而胰岛素原料药的纯度（含量）则规定单位质量的原料药中应达到法定标准规定的胰岛素活力单位数。

中药按其来源分为草药、动物药、矿物药，草药为现代中药的研究核心。中药实质是取材于天然产物，尤其是中草药和动物药，由于其有效成分是生物体的组成部分或是代谢物，因此许多中药有效成分的提取、分离、纯化及其作用原理，也常常应用生物化学的原理与技术。如从中草药中提取生物碱，一般用一定浓度的乙醇进行分级浸提，此浸提过程使用的乙醇，一方面可使细胞中的生物碱处于可溶而被提取出来，另一方面使植物细胞中的生物大分子不溶解而被去除。再如，动物药中的有效成分往往是蛋白质、多肽、酶等生物大分子，因而利用生物化学有关这类生物大分子的物理、化学、生物学性质及其分离纯化技术制备有效成分。《中国药典》记载的乌梢蛇，具有祛风、通络、止痉功能，用于风湿顽痹、麻木拘挛，中风造成的口眼歪斜、半身不遂等。对于临床治疗半身不遂的血栓病，目前国内外已研发出相应药物——蛇毒抗栓酶，就是按上述原则从蛇毒中分离纯化有效成分——酶。《中国药典》记载的鹿茸，具有壮肾阳，益精血，强筋骨，调冲任，抗疮毒的功能。目前人们已经从鹿茸中提取分离纯化到相关活性成分——鹿茸活性多肽。

生物药剂学是研究药物制剂与药物在体内的吸收、分布、代谢、转化、排泄等过程及关系，从而阐明药物剂型因素、生物因素与疗效之间的关系，而上述的理论与技术手段在许多方面需要生物化学的理论与技术的参与和指导，尤其是体内物质代谢与代谢调控理论的应用，就更显其重要性。

总之，在药物的研究、开发、生产、质量控制、流通监测等各环节，总是有生物化学相关的理论与技术紧密相伴并给予实践指导，因而熟悉掌握了生物化学体系的各方面的理论、知识、原理、技能等，将为药学专业人员在专业培训及生产实践中奠定坚实而完整的基础。

（张景海）

蛋白质化学

蛋白质是构成生物体最主要的物质之一。从简单的病毒到高等动物乃至人类，都含有蛋白质。人体蛋白质的数量在 10 万种以上，约占人体干重的 45%，在生长、发育、繁殖、遗传等生命活动中起着极其重要的作用，几乎所有的生命现象和生理功能都是通过蛋白质来实现的。整个生物界可能存在着 100 亿种不同的蛋白质，表现出千差万别的生命现象。

随着医药工业的发展，已可以生产许多蛋白质、多肽类药物，如胰岛素、干扰素、生长素、白细胞介素、细胞色素 C 和胸腺素等，它们在疾病的预防和治疗中起到了非常重要的作用。因此对于蛋白质的研究，具有非常重要的意义。

第一节 蛋白质的化学组成

一、蛋白质的元素组成

元素分析结果表明，蛋白质主要含有碳（50% ~ 60%）、氢（6% ~ 8%）、氧（19% ~ 24%）、氮（13% ~ 19%）四种元素，此外有些还含有硫（0 ~ 4%）。有些蛋白质还含有磷，少量蛋白质还可能含有铁、铜、锰、钴和钼等金属元素。

在各种蛋白质的元素组成中，氮的含量都十分接近并且恒定，平均为 16%，即 100g 蛋白质中基本含有 16g 氮，所以每克氮相当于 100/16 即 6.25g 的蛋白质。由于测定生物样品中氮的含量比直接测定其中蛋白质的量要容易得多，因此，只要测出样品中的氮含量，按下式就可以计算出样品中蛋白质的大致含量。

$$\text{每克样品中蛋白质的含量} = \text{每克样品中含氮量} \times 6.25$$

测定蛋白质分子中的含氮量一般采用微量凯氏定氮法，该方法的理论基础就是上述公式。

二、蛋白质的基本结构单位——氨基酸

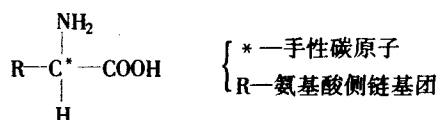
（一）氨基酸的概念及结构特点

天然蛋白质经彻底水解后的最终小分子化合物为氨基酸，所以氨基酸是蛋白质的基本结构单位。组成蛋白质的天然氨基酸主要有 20 种，将其称为基本氨基酸。各种基本氨基酸的化学结构各不相同，但是具有一些共同特点：都是羧酸分子中 α -碳原子上的一个氢原子被氨基取代而生成的含有 α -氨基的化合物，故又称为 α -氨基酸。

（1）既具有酸性的羧基（ α -COOH），也具有碱性的氨基（ α -NH₂），所以是两性电

解质，决定了由这些氨基酸组成的蛋白质也是两性化合物。

(2) 除甘氨酸外，其他氨基酸的 α -碳原子都是手性碳原子，因此都具有旋光异构现象，用 (-) 号表示左旋体，用 (+) 号表示右旋体。如果以甘油醛的构型为参考分子，这些氨基酸又存在 *D* 型和 *L* 型两种异构体。凡是氨基在 α -碳原子右侧者即为 *D* 型，在左侧者则为 *L* 型。组成天然蛋白质的氨基酸大多数是 *L*- α -氨基酸，在某些抗生素及个别植物的生物碱中还发现含有 *D*- α -氨基酸。基本氨基酸的化学结构通式如下：



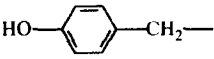
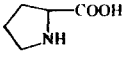
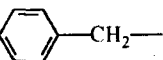
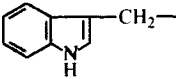
(3) 不同氨基酸的侧链 R 基团的结构和性质各异，它们是氨基酸分类的基础，它们在蛋白质结构、性质和功能中起着决定性的作用。

20 种基本氨基酸中只有脯氨酸因含有亚氨基 (—NH—)，所以它是惟一的亚氨基酸，具有特殊的生理意义。

(二) 氨基酸的分类

通常根据侧链 R 基团的结构和性质不同，将 20 种基本氨基酸分为四大类，见表 2-1。

表 2-1 基本氨基酸的分类、结构、分子量及等电点

分类	名称	侧链 R 基团化学结构	分子量	等电点
极性 不解离 氨基酸	甘氨酸 (甘) Gly, G	H—	75.05	5.97
	丝氨酸 (丝) Ser, S	HOCH ₂ —	105.6	5.68
	苏氨酸 (苏) Thr, T	CH ₃ CH(OH)—	119.08	6.1
	半胱氨酸 (半) Cys, C	HSCH ₂ —	121.12	5.07
	酪氨酸 (酪) Tyr, Y		181.09	5.66
	天冬酰胺 (天胺) Asn, N	H ₂ NCOCH ₂ —	32.12	5.41
	谷氨酰胺 (谷胺) Gln, Q	H ₂ NCOCH ₂ CH ₂ —	146.15	5.65
非极性 疏水 氨基酸	丙氨酸 (丙) Ala, A	CH ₃ —	89.06	6.0
	缬氨酸 (缬) Val, V	CH ₃ CH(CH ₃)—	117.09	5.96
	亮氨酸 (亮) Leu, L	CH ₃ CH(CH ₃)CH ₂ —	131.11	5.98
	异亮氨酸 (异) Ile, I	CH ₃ CH ₂ CH(CH ₃)—	131.11	6.02
	脯氨酸 (脯) Pro, P		15.13	6.30
	苯丙氨酸 (苯丙) Phe, F		165.09	5.48
	色氨酸 (色) Trp, W		204.22	5.89
	甲硫氨酸 (甲硫) Met, M	CH ₃ SCH ₂ CH ₂ —	149.15	5.74

续表

分类	名称	侧链 R 基团化学结构	分子量	等电点
酸性氨基酸	天冬氨酸 (天) Asp, D	HOOCCH_2-	133.60	2.77
	谷氨酸 (谷) Glu, E	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2-$	147.08	3.22
碱性氨基酸	赖氨酸 (赖) Lys, K	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	146.63	9.74
	精氨酸 (精) Arg, R	$\begin{array}{c} \text{NH} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2- \\ \parallel \\ \text{NH}_2 \end{array}$	174.14	10.76
	组氨酸 (组) His, H	$\begin{array}{c} \text{CH}_2- \\ \\ \text{HN} \quad \text{N} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} \end{array}$	155.16	7.59

1. 酸性氨基酸

R 基团含羧基, 在中性溶液中, 羧基可以完全解离而带负电荷。如谷氨酸和天冬氨酸。

2. 碱性氨基酸

R 基团含有碱性基团, 在中性溶液中, 这些基团可以质子化而带正电荷。如赖氨酸 (R 为氨基)、精氨酸 (R 为胍基)、组氨酸 (R 为咪唑基)。

3. 极性不解离氨基酸

R 基团具有极性, 但在中性溶液中不解离。包括七种氨基酸, 即含羟基的氨基酸三种: 丝氨酸、苏氨酸、酪氨酸; 含巯基氨基酸: 半胱氨酸; 酰胺类氨基酸两种: 天冬酰胺和谷氨酰胺; 以及甘氨酸。

4. 非极性疏水氨基酸

R 基团具有疏水性。脂肪族氨基酸五种: 丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、甲硫氨酸 (蛋氨酸); 芳香族氨基酸: 苯丙氨酸; 杂环氨基酸两种: 色氨酸及脯氨酸; 共八种氨基酸。

另外, 在人体内除了上述 20 种基本氨基酸外, 在少数蛋白质中还存在一些特有的氨基酸, 例如 L-羟脯氨酸、L-羟赖氨酸以及四碘甲状腺原氨酸 (甲状腺素), 这些氨基酸在蛋白质生物合成中是没有翻译密码的, 是相应的氨基酸在体内经过加工修饰而形成的。两个半胱氨酸在体内经过脱氢酶的作用, 脱去两个巯基上的氢结合成二硫键, 形成胱氨酸, 在维持蛋白质构象中起着重要作用。

还有一些氨基酸游离在体内, 是生物体新陈代谢重要的前体或中间产物。如瓜氨酸和鸟氨酸是尿素合成的中间产物; γ -氨基丁酸 (GABA) 是谷氨酸脱羧的产物, 在大脑中 对中枢神经系统产生抑制作用。 β -丙氨酸参与维生素泛酸的构成; D 型苯丙氨酸参与组成抗生素短杆菌肽 S。它们都不参与天然蛋白质的合成。

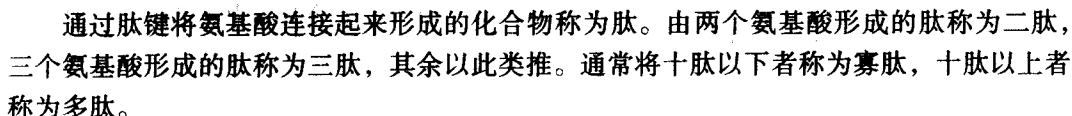
第二节 蛋白质的分子结构

蛋白质是生物大分子, 种类繁多, 结构复杂, 具有多样性的功能, 其结构与功能密切

蛋白质的分子结构分为一级结构、二级结构、三级结构、四级结构。二级以上的结构也称为空间结构或构象，即是三维结构。

构成蛋白质的各种氨基酸在多肽链中的排列顺序，称为蛋白质的一级结构。多肽链中氨基酸排列的顺序由染色体上基因的遗传信息即 DNA 分子中具有遗传密码功能的核苷酸排列顺序所决定。一级结构是蛋白质的基本结构，在一级结构中的主要化学键是肽键，在某些蛋白质分子的一级结构中还含有少量的二硫键。由于共价键的总键能较大，所以蛋白质一级结构具有较强的稳定性。

一个氨基酸的 α -羧基与另一个氨基酸的 α -氨基脱水缩合形成的酰胺键 ($-\text{CO}-\text{NH}-$) 称为肽键。如甘氨酸与丙氨酸脱水缩合生成甘氨酰丙氨酸。甘氨酰丙氨酸分子中的 $-\text{CO}-\text{NH}-$ 即为肽键。在蛋白质分子中, 由于氨基酸在形成肽键时发生脱水, 而使结构不完整, 所以蛋白质分子中的每个氨基酸称为氨基酸残基。


$$\begin{array}{ccccccc} & \text{COOH} & & & \text{CH}_2\text{SH} & & \\ & | & & & | & & \\ \text{NH}_2 - & \text{CH} & - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - & \text{CO} - & \text{NH} - & \text{CH} & - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ & \underbrace{\hspace{1.5cm}} & & & \underbrace{\hspace{1.5cm}} & & \\ & \gamma\text{-谷氨酸} & & & \text{半胱氨酸} & & \text{甘氨酸} \end{array}$$

3. 多肽链