

全国高等职业技术师范院校试用教材

简明基础生物化学

主编 王忠贤 副主编 潘慧蓉

北京农业大学出版社

全国高等职业技术师范院校试用教材

简明基础生物化学

主编 王忠贤 副主编 潘慧蓉

北京农业大学出版社

1988

责任编辑：孟 梅

封面设计：雷克敬

全国高等职业技术师范院校试用教材

简明基础生物化学

主编 王忠贤 副主编 潘慧蓉

*

北京农业大学出版社出版

(北京海淀区圆明园西路2号)

新华书店首都发行所发行 北京昌平沙河建华印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 15.125印张 377千字

1988年7月第1版 1988年7月第1次印刷

印数1—6000册

ISBN 7-81002-043-9/Q·43

定 价：4.00元

编者说明

本书的编写是根据全国高等职业技术院校1986年长春协作会议确定的,由安徽农业技术师范学院、河北农业技术师范学院、上海技术师范学院及浙江农村技术师范专科学校四院校合作编写的。参加编写的教师根据教育改革精神,在多年教学实践的基础上,力求精选内容,加强“三基”,联系实践,简明扼要,便于阅读。本书共分十一章,以基础生物化学知识为主,兼顾专业需要,为学习农业有关基础课及专业课打好基础。

本书供高等职业技术院校本科有关专业,高等农业院校有关专业作教材;也可供农林专科学校,成人教育及函授教育作教材;并可供农业科技人员,中等农林学校、职业高中有关教师作参考书。

本书按50—70学时编写,内容分大小字编排,可供各专业自行选择。

本书在编写过程中得到四院校领导的关心和支持;在统稿过程中经浙技师专金惠芬副教授审阅,提出宝贵意见,谨致谢意。

由于编者水平有限,成稿时间仓促,缺点和错误在所难免,请读者给予批评指正。

编者

一九八七年十二月

编者:	安徽农业技术师范学院	王忠贤	王家骏	王明清
	河北农业技术师范学院	潘慧蓉	宋金耀	
	浙江农村技术师范专科学校	陈卿奎		
	上海技术师范学院	季惠忠		

主编: 王忠贤

副主编: 潘慧蓉

主审: 河北农业大学 张喜南
山东农业大学 杨世钺

目 录

第一章 绪论	1
一、生物化学的概念、研究对象和内容.....	1
二、生物化学的发展.....	2
三、生物化学与其它学科的关系.....	4
第二章 蛋白质的化学	5
第一节 蛋白质的基本组成单位——氨基酸	5
一、氨基酸的结构.....	5
二、氨基酸的分类.....	6
三、氨基酸的重要理化性质.....	10
第二节 蛋白质的结构.....	14
一、肽键与肽.....	14
二、蛋白质的结构.....	16
第三节 蛋白质结构与功能的关系.....	23
一、同功能蛋白质的种属特异性与一级结构的关系.....	23
二、蛋白质构象与功能的关系.....	24
第四节 蛋白质的重要理化性质.....	25
一、蛋白质的两性性质与等电点.....	25
二、蛋白质的胶体性质.....	26
三、蛋白质的沉淀.....	27
四、蛋白质的变性.....	27
五、蛋白质的显色反应.....	29
第五节 蛋白质的分类	29
第三章 核酸的化学	33
第一节 概述.....	33
第二节 核酸的化学组成.....	34
一、元素组成.....	34
二、核酸的基本化学组成.....	34
第三节 核酸的结构	40
一、核酸的一级结构.....	40
二、DNA的空间结构.....	41
三、RNA的结构.....	43
第四节 核酸的性质.....	47
一、一般性质.....	47
二、核酸的紫外吸收性质.....	48
三、核酸的变性、复性和分子杂交.....	48
第四章 酶与辅酶	50
第一节 酶的概念与特点.....	50

一、酶的概念	50
二、酶的特点	50
第二节 酶的组成和结构	52
一、酶的组成	52
二、酶的分子结构和活性中心	53
三、酶原激活	55
第三节 辅酶与辅基	56
一、脱氢酶类(包括需氧脱氢酶和不需氧脱氢酶)的辅酶和辅基	56
二、 α -酮酸脱羧酶类的辅酶——焦磷酸硫胺素	58
三、酰基的载体——辅酶A	59
四、转氨酶类的辅酶	60
五、羧化酶类辅酶——生物素	60
六、一碳单位转移酶类辅酶——四氢叶酸	62
第四节 酶的作用机理	63
一、酶对反应活化能的影响	63
二、中间产物学说	64
第五节 酶促反应动力学	65
一、酶促反应速度与初速度	65
二、底物浓度对酶促反应速度的影响	66
三、其它因子对酶促反应速度的影响	68
第六节 变构酶、同功酶、多酶体系和多酶复合体	73
一、变构酶	73
二、同功酶	73
三、多酶体系	74
四、多酶复合体	74
第七节 酶的制备、测定和应用	75
一、酶的提取、纯化	75
二、酶活性的测定	75
三、固定化酶	76
四、酶制剂的应用	76
第八节 酶的命名与分类	77
一、酶的命名法	77
二、国际系统分类法	78
第五章 糖代谢	80
第一节 新陈代谢	80
一、新陈代谢的概念	80
二、新陈代谢的特点	80
第二节 多糖与低聚糖的降解	81
一、多糖的酶促降解	81
二、二糖的降解	83
第三节 糖的分解代谢	83

一、糖的酵解作用	83
二、糖的有氧氧化	88
三、乙醛酸循环	94
四、磷酸戊糖途径	95
第四节 糖的合成代谢	99
一、蔗糖的生物合成	99
二、淀粉的生物合成	99
三、糖原的合成	100
四、糖的异生作用	100
第六章 生物氧化	103
第一节 概述	103
一、生物氧化的特点	103
二、生物氧化中的氧化还原反应	103
三、生物氧化的类型	106
第二节 呼吸链	106
一、呼吸链的组成	107
二、呼吸链中传递体的顺序	109
三、呼吸链在细胞中的部位	110
四、呼吸链中电子传递的抑制	110
第三节 氧化磷酸化作用	111
一、氧化磷酸化的概念	111
二、呼吸链中能量的释放与转化	111
三、氧化磷酸化的机理	112
四、氧化磷酸化的解偶联作用	113
五、线粒体外NADH的氧化磷酸化	114
第四节 ATP及其生物学作用	115
一、ATP的高能键及其它高能化合物	115
二、ATP的生物学作用	116
第七章 脂类代谢	119
第一节 概述	119
一、脂类的结构与特性	119
二、脂类的生物学功能	120
第二节 生物膜	121
一、生物膜的化学组成	121
二、生物膜的结构	122
三、生物膜的功能	123
第三节 脂肪的代谢	123
一、脂肪的分解代谢	123
二、脂肪的合成代谢	130
第四节 磷脂的代谢	136
一、脑磷脂和卵磷脂的生物合成	137

二、卵磷脂的分解代谢	138
第五节 胆固醇的代谢	139
一、胆固醇的生物合成	139
二、胆固醇的转化	141
第八章 蛋白质代谢	143
第一节 概述	143
一、食物蛋白质的营养作用	143
二、必需氨基酸与非必需氨基酸	143
三、蛋白质的降解及氨基酸的代谢概况	144
第二节 氨基酸的一般分解代谢	147
一、氨基酸的脱氨基作用	147
二、氨基酸的脱羧基作用	151
三、氨基酸分解产物的代谢	152
第三节 氨基酸的合成代谢	158
一、固氮作用	158
二、硝酸盐和亚硝酸盐的还原	159
三、氨基酸的生物合成	160
第四节 个别氨基酸的代谢	164
一、一碳单位的代谢	164
二、含硫氨基酸的代谢	166
三、苯丙氨酸和酪氨酸的代谢	169
第五节 糖、脂类和蛋白质代谢的相互关系	171
一、糖与脂类代谢的相互关系	171
二、糖与蛋白质代谢的相互关系	172
三、蛋白质与脂类代谢的关系	172
第九章 核酸代谢	174
第一节 核酸的分解代谢	174
一、核酸的酶促降解	174
二、嘌呤和嘧啶的分解	174
第二节 核苷酸的生物合成	176
一、从头合成途径	176
二、嘌呤和嘧啶核苷酸合成的补救途径	181
第三节 核酸的生物合成	183
一、DNA的复制	184
二、转录	190
三、RNA的复制	194
四、反转录作用	195
五、基因突变和DNA的损伤修复	196
第四节 基因工程	198
一、目的基因的取得	199
二、基因载体	199

三、受体细胞	199
四、基因工程的应用与展望	199
第十章 蛋白质的生物合成	202
第一节 遗传密码	202
一、遗传密码的发现	202
二、遗传密码的特点	203
第二节 核糖体	204
一、核糖体的结构和组成	204
二、核糖体的功能	205
第三节 蛋白质生物合成的机制	205
一、氨基酸的活化	206
二、肽链合成的起始阶段	207
三、肽链的延长阶段	208
四、肽链合成的终止阶段	209
五、多核糖体	211
六、真核生物蛋白质生物合成的特点	211
第四节 蛋白质合成后的加工	211
一、N-端的甲酰甲硫氨酸的切除	211
二、二硫键的形成	212
三、氨基酸的修饰	212
四、特别肽链片段的切除	212
第十一章 物质代谢的调节	214
第一节 概述	214
第二节 细胞水平的调节	214
一、酶活性的调节	214
二、酶含量的调节	219
第三节 激素水平的调节	222
一、激素简介	222
二、激素通过细胞膜受体的调节	222
三、激素通过细胞内受体的调节	229
第四节 神经水平的调节	230
第五节 代谢调节在生产实践中的应用	230

第一章 绪 论

一、生物化学的概念、研究对象和内容

生物化学是运用化学的原理和方法为主要手段,从分子水平来研究生物体(动物及人体、植物、微生物)的物质组成和结构,物质代谢(机体内的化学变化)和能量代谢,以及代谢变化与生理机能的关系的科学。对生物体的研究,虽然常常也运用物理的和生物学的方法,但总是着眼于搞清生命活动(如生长、繁殖、代谢、运动等)过程中的一切化学变化。所以生物化学实际上就是研究生命现象化学本质的科学。

生物化学研究的范围很广泛。因研究的对象不同,可分为动物生物化学和植物生物化学。前者以动物及人体为研究对象,后者以植物为研究对象。如果研究的对象不局限于动物和植物,而是指一般的生物,则称为普通生物化学。从发展阶段的不同,可分为“静态生物化学”、“动态生物化学”和“机能生物化学”。静态生物化学又称叙述生物化学,是研究生物体的物质组成、结构及其理化性质;动态生物化学是研究生物体内组成物质的代谢变化,以及酶、维生素和激素等生物学活性物质在代谢变化中的作用;机能生物化学是研究器官、组织、细胞、亚细胞结构以及生物分子等结构与功能的相互关系。此外,还可根据不同的研究对象和不同的目的,生物化学还有许多分枝,如微生物生物化学、医用生物化学、农业生物化学和工业生物化学等。所谓基础生物化学,就其内容来说,主要包括“静态”和“动态”两部分。

生物化学的内容概括起来主要有以下两个方面:

(一) **研究生物体的物质组成及生物分子** 一切生物都有其内在的物质组成。要研究生物体的化学本质,首先必须了解生物体的物质组成。组成生物体的基本物质是极其复杂的,有蛋白质、核酸、糖、脂肪、维生素、激素、水和无机盐等。其中最主要的是蛋白质、核酸、多糖、脂类等物质。这些物质均是由碳、氢、氧、氮、磷、硫以及其它为数不多的元素组成的有机化合物。这些有机化合物,在生物体内不是简单的罗列,而是具有高度的有机组合的特征。在生物进化过程中,它们由各自的构件分子[注]形成了具有生命特征的生物大分子物质,常又称为生物分子。研究生物体内生物分子及各种物质的组成、含量、结构、化学性质及功能等,是生物化学的一个重要内容。

(二) **研究新陈代谢** 生命现象的基本特征之一,是能够进行新陈代谢,即生物体与外界环境进行物质交换和能量交换。它包括生物体内所发生的一切合成和分解作用。这些化学过程总称为新陈代谢。新陈代谢是在体内特有的催化剂——酶的催化下进行的,按照一定的规律,连续不断地进行着,它是一切生命活动的物质基础。新陈代谢正常时,生物体就正常地生长、发育和繁殖;当它异常时,则表现为疾病;它一旦停止,生命即告终结。因此,研究新陈代谢的变化过程,是生物化学的另一重要内容。本书第五——第十章讨论生物体内的

[注]生物大分子是由许多结构简单的基本单位组成,这些基本单位称“构件分子”,如蛋白质分子中的氨基酸,核酸分子中的核苷酸,脂类分子中的脂肪酸及糖类分子中的单糖等。

主要代谢过程，第十一章讨论生物体内代谢的调节控制，藉以全面认识生物维持其生存和发展跟内外环境的关系。

生命现象的另一基本特征是能够进行自身复制，即进行繁殖以产生与亲代相同的子代。根据这一事实，不难理解生物体必具有传递遗传信息的机制。已经证实，脱氧核糖核酸（DNA）起着携带和传递遗传信息的作用。研究生物体的遗传信息的贮存、传递和表达是生物化学的重要内容之一。本书第九、十两章着重讨论这方面的内容。

二、生物化学的发展

生物化学是一门新兴的比较年轻的科学。在欧洲约在160年前开始，逐渐发展，直到1903年才应用“生物化学”这一名称而成为一门独立的学科。它发展迅速，目前已成为自然科学中发展最快，最引人注目的学科之一。任何学科的发展都有其历史的渊源，生物化学也不例外。人类在生产、生活实践中很早就积累了很多的生物化学的经验和知识，下面从我国古代人民对生物化学的贡献和近代生物化学发展的概况作简要介绍。

（一）我国古代对生物化学的贡献 我国是世界上文明发达最早的国家之一，对人类作出过巨大的贡献。对生物化学的认识和应用也远远早于其它国家。在酶学、医药等方面有许多发明创造。例如在酶学方面，公元前二十一世纪（大禹时期），我国劳动人民已能用麴（内含有酶）造酒。相传夏人仪狄造酒，禹饮而甘之。公元前十二世纪（周朝）已能制酱、制饴、制醋。《论语》上有“不得其酱”不食的说法。《诗经》上有“苾苾如饴”的记载。《论语》上还有“或乞醢焉”的陈述，醢即醋。这些都是近代发酵工业的先驱。在医药方面，例如公元前四世纪，已知地方甲状腺肿（瘰病）是由于缺碘造成的。公元四世纪（晋朝）葛洪已知用含碘丰富的海藻灰防治瘰病。而欧洲晚至公元十世纪才有甲状腺肿的记载，公元十二世纪始知用海藻灰防治此病。公元七世纪（唐朝）孙思邈认为脚气病（维生素B₁缺乏病）是一种食米区的疾病。当时用以治疗脚气病的药物如车前子、防风、大豆等，经近代分析，知其含有较丰富的维生素B₁。孙思邈还首先用猪肝治雀目（维生素A缺乏所引起的夜盲症）。公元十六世纪（明朝）伟大的医药学家李时珍，长期亲自上山采药，编著《本草纲目》一书。此书共载药物1800余种，是药物学中一部杰出的经典著作。书中详述人体的代谢物、分泌物及排泄物等的性质，不少内容与现代生物化学资料相符合。由上述可见，我国古代人民对生物化学的发展，确实作出了一定的贡献。

（二）近代生物化学的发展 近代生物化学的发展，可以追溯到十八世纪的欧洲。1775年前后，舍勒（Scheele，德国）研究生物体（动物和植物）各种组织的化学组成，一般认为这是奠定了生物化学基础的工作。随后，1785年拉瓦锡（Lavoisier，法国）阐明了呼吸过程的本质及其与氧化作用的关系。他首先证明，在呼吸过程中吸入的氧被消耗，呼出的是二氧化碳，同时产生热能。这些工作可看作是近代生物化学中生物氧化和能量代谢的开端。接着，伯纳（Bernard，法国）在消化上，巴斯德（Pasteur，法国）在发酵上，李毕格（Liebig，德国）在生物物质的定量分析上，都作出了显著的贡献。特别值得提出的是，1828年魏乐（Wöhler，德国）在实验室里，用人工方法将氰酸铵（一种普通的无机化合物）转变成尿素（有机化合物，哺乳动物尿中的一种成分）。人工合成尿素的成功，从而彻底推翻了有机化合物只能在生物体内合成的错误认识。这不但为有机化学的发展扫清了障碍，也为生物化学的发展开辟了广阔的道路。自此以后，生物体内的糖类、脂类及氨基酸等

物质被详尽地研究，核酸的发现，多肽的合成相继成功。以上所述，均可算是现代生物化学的萌芽时期。此时期主要是对生物体的物质组成、性质和含量有所了解，这一时期可称为“静态生物化学”阶段。

由于生产的需要和科学的发展，在十九世纪末生物化学逐渐形成一门独立的学科，并在二十世纪取得了迅速的发展。1897年布克奈兄弟(H. Buchner及E. Buchner, 美国)发现磨碎的酵母细胞的提取液仍能催化糖类发酵，引进了生物催化剂的概念，打破了巴斯德等人认为只有完整的微生物细胞所含的“活体酶”才能引起发酵作用的论点，为酶学的发展奠定了基础。这一突破性的发现是研究动态生物化学的开端。由于酶学的发展，科学家们在静态生物化学的基础上，又深入研究生物体生命活动的化学变化，以及酶、维生素、激素等在代谢中的作用。从十九世纪末至二十世纪四、五十年代，这一时期的研究是以物质代谢变化及其动态平衡为主，可称为“动态生物化学”阶段。

二十世纪三十年代以后，特别是近二十多年来，由于其它生物科学的发展及新的实验手段被应用于生物化学的研究。如在分离和鉴定化合物时，有各式各样敏感而特异的电泳法和层析法，还有特别适用于分离生物大分子的超速离心法；在测定物质的化学组成时，可使用自动分析仪，如氨基酸自动分析仪等。还有不少近代的物理方法和仪器（如利用红外、紫外、X射线等各种分析仪器），可供测定生物分子的性质和结构之用。使得人们能从整体水平逐步深入到细胞、亚细胞、以至分子水平，探讨生物分子结构与功能之间的关系。于是生物化学的研究又在静态与动态生物化学的基础上，进而结合生理机能研究生物体的化学变化，这一时期称为“机能生物化学”阶段。

生物化学的发展过程，概括起来可分为静态、动态和机能三个阶段。但实际上并不是如此截然划分，它们密切联系，相互重叠，相互促进，只是在某一时期的发展上在某一方面更为突出而已。

生物化学的重大进展大都在近二、三十年内取得的。在这期间生物科学研究成果的报道数目，每八年增加一倍，足见发展之快。取得的重大成果主要有：阐明了DNA的分子结构与复制机理；蛋白质合成的机制；由DNA链中的核苷酸顺序所决定的遗传密码，以及在此基础上发展起来的生化遗传学，又称分子遗传学，进而出现遗传工程学；最近又出现了生物工程（包括遗传工程、细胞工程、发酵工程和酶工程）；测定了许多蛋白质中的氨基酸排列顺序，并且以此为基础确定了数以百计的蛋白质的空间结构；而且测定了许多核酸分子的一级结构以及人工合成了具有生物学活性的蛋白质和基因等。可见生物化学作为生命的化学已深入到一个新的发展领域——分子生物学领域。分子生物学是指在生物大分子的水平上研究生命现象，特别是深入了解蛋白质和核酸的结构和功能，生物膜的结构和功能以及基因工程，使人们有可能在分子水平上认识生命现象的本质。但必须指出，至今仍远远未能彻底了解生命的物质组成及其代谢变化过程。

近代生物化学的研究，在我国起步较晚。二十世纪二十年代后期，我国生化学家吴宪等在血液分析方面，创立了血滤液的制备及血糖的测定等方法，迄今还为人们所采用；在蛋白质的研究中，提出了为大家所公认的蛋白质变性学说；在免疫化学上，首先使用定量分析方法，研究抗原抗体反应的机制等。这些成果为当时生物化学界所赏识。解放后，科学受到重视，在党和政府的关怀下，和其它科学一样，生物化学也得到了迅速发展。进行了大量的研究工作，取得了不少辉煌成就。如1965年我国首次人工合成具有生物学活性的蛋白质——结

晶牛胰岛素；1972年用X光衍射研究猪胰岛素的 α 链结构，所得结果比国外更为精确；1981年又人工合成了酵母丙氨酸tRNA，标志着我国在这方面的研究，已居于世界先进行列；八十年代兴起的遗传工程学在我国也取得了可喜的成果，已完成了干扰素、内啡肽等基因重组。可以预料，今后我国生物化学的研究工作，将会取得越来越大的发展。

三、生物化学与其它学科的关系

（一）生物化学与有机化学及生理学的关系 在十九世纪末以前，有关生物化学的问题主要由有机化学及生理学分别研究的，也就是说，生物化学是从有机化学及生理学发展起来的。一直到现在，它与有机化学及生理学仍然关系密切。因为研究生物分子的结构及性质，乃是有机化学和生物化学的共同课题；在分子水平上弄清生物体组成物质的生理功能，又是生理学和生物化学的共同目的。因此生物化学从前也叫生物的化学或生理化学。

（二）生物化学与生物科学其它各学科的关系 近代生物化学除与生理学关系密切外，它的理论和方法已渗透到生物科学各学科中，成为学习生物科学各学科的一门重要基础课。例如遗传学的研究是离不开生物化学的理论和方法的。现在已经知道，核酸是一切生物遗传的载体，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来实现的。因此，核酸和蛋白质的结构、代谢和功能，同时是生物化学和遗传学的重要内容。又如微生物学、免疫学的研究都要应用生物化学的知识和技术，以了解病原微生物的代谢及其防治。再如细胞生物学是研究生物细胞的形态、成分、结构和功能的学科。因此细胞生物学的研究也需要生物化学的知识；近代药理学往往以酶的活性、激素的作用及代谢途径的研究成果为其发展的依据，它的研究也离不开生物化学；病理学也注重应用生物化学的原理和方法来研究生理功能的失调及代谢途径的紊乱等。此外，组织学、病理解剖学及寄生虫学等学科也开始应用生物化学的知识和方法，以探讨和解决本学科的问题。总之，生物化学的理论和方法将日益广泛地应用于生物科学各学科中，推动科学技术不断地向前发展。

（三）生物化学与农业的关系 农业科学中的栽培学、农业化学、植物病理学、昆虫学、植物化学保护等学科，都是以生物化学的知识和技术为基础的。此外，农业生产中的重要课题是光合作用和生物固氮。农作物只能利用太阳辐射能的很小部分。提高辐射能的利用，涉及光合作用中的生物化学方面的研究。大气中的氮气占78%，自然界中只有几种微生物能固定氮气，如果使几种主要农作物都能利用氮气，那么农业产量就可以大幅度地提高。至于烟草的发酵、茶叶的生产工艺、饲料的制备、农副产品的贮藏和加工、食用菌的栽培及淡水养殖的改进等，无一不是以生物化学的理论和技术的应用为基础的。

综上所述，生物化学是各门生物科学的基础，特别是生理学、遗传学、微生物学、细胞学等学科的基础。生物化学又是医学科学、农业科学（包括农、林、牧、副、渔等）、某些轻工业（如制药、酿造、皮革、食品等）和营养卫生各学科的基础。为了便于今后的学习和工作，有必要学习一些最基本的生物化学知识和技术。

复 习 题

1. 什么是生物化学？其研究内容如何？
2. 近代生物化学是怎样发展起来的？解放后我国生物化学研究工作取得了哪些辉煌成就？

（王忠贤）

第二章 蛋白质的化学

蛋白质是动物、植物和微生物细胞中最重要的有机物质之一，是细胞结构中最主要的成分，它约占细胞干重的50%或更多。例如，在细胞核中蛋白质与脱氧核糖核酸(DNA)构成染色体；在质膜、核膜、叶绿体膜、线粒体膜、内质网中与脂类构成生物膜；在核蛋白体中蛋白质与核糖核酸(RNA)结合在一起；细胞质中的各种酶类，也都是蛋白质。生物的各种生物学功能也都是靠蛋白质体现的。例如，催化体内各种代谢过程进行的酶；起代谢调节作用，以保证动物正常生理活动的某些激素；运输O₂和CO₂的血红蛋白；防御致病微生物或病毒侵害而产生的抗体；以及肌肉的收缩和舒张、生物体的生长、繁殖和遗传变异等等，都离不开蛋白质及多肽。

近代分子生物学的研究还表明，蛋白质在遗传信息的控制，细胞膜的通透性以及高等动物的记忆、识别机构等方面都起着重要作用。

总之，蛋白质是生物体的主要组成部分，是生命活动所依赖的物质基础，没有蛋白质就没有生命。蛋白质所体现的各种功能与其分子结构密切相关。本章重点讨论蛋白质的结构与功能的有关问题。

第一节 蛋白质的基本组成单位——氨基酸

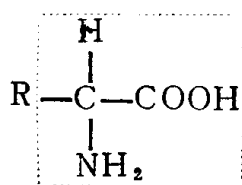
蛋白质是以氨基酸为基本单位所构成的生物大分子。从动物和植物组织细胞中提取出来的各种蛋白质，经元素分析，知道所有蛋白质都含有碳、氢、氧、氮，某些蛋白质还含有少量的硫和磷，有些特殊蛋白质还含有微量的铁、铜、锌、锰、钴等元素。

大多数蛋白质的元素组成很相似，其百分含量约为：碳占50%——55%，氢占6%——8%，氧占20%——30%，氮占15%——18%，硫占0——4%。这些数据对于蛋白质分子结构本身提供的情况并不多，可是对于测定生物体内和食物中蛋白质的含量颇为有用。因为大多数蛋白质的氮元素含量约为16%，且因该元素能方便地用凯氏(Kjeldahl)定氮法测定，测出来的氮元素含量乘以6.25(100/16)，就是生物体内或食物中蛋白质的含量。

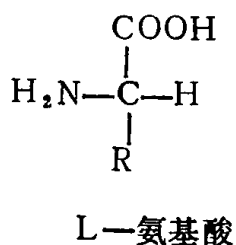
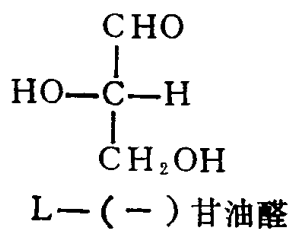
蛋白质的分子量非常大，但是用酸、碱或酶彻底水解后，所得最终产物是各种 α -氨基酸。现已证明，氨基酸是蛋白质的基本组成单位，构成蛋白质的 α -氨基酸常见的共有20种。

一、氨基酸的结构

氨基酸是指分子中含有氨基的羧酸。在氨基酸分子中，一个氨基，一个羧基，一个氢原子和各不相同的R基团连接于邻近羧基的碳原子上，这个碳原子称为 α -碳原子，故组成蛋白质的氨基酸除脯氨酸为 α -亚氨基酸外，其余都是 α -氨基酸。它们的结构可用下面的通式表示：



式中R为 α -氨基酸的侧链，方框内的基团为各种氨基酸的共同结构，因而各种氨基酸之间在结构上的差异均表现在R基团上。除R为氢原子的甘氨酸外，其它所有 α -氨基酸分子中的 α -碳原子都是不对称碳原子。在这个碳原子上所连结的四个相互不同的基团或原子的四面体排列可以有两种形式，互为镜象不能重叠，成为两个相对映的异构体。此两种镜象异构体人为规定，一种为L-型，一种为D-型。其分子式和结构式都相同，只是构型不同。书写构型式时将羧基写在 α -碳原子的上端，则氨基在左边为L-型，氨基在右边为D-型，这是与甘油醛的构型相比较后确定的。



所有 α -氨基酸(除甘氨酸外)都有不对称碳原子而具有旋光性，或称光学活性，能使平面偏振光向左或向右旋转，左旋的用(—)表示，右旋的用(+)表示。

必须指出，D、L-构型与旋光方向，二者并没有直接对应的关系。各种L-型氨基酸有左旋的也有右旋的，即使同一种L-氨基酸，在不同溶剂中测定时，旋光方向也会不同。

从蛋白质水解得到的 α -氨基酸都属于L-型的，所以习惯上书写氨基酸时都不标明构型和旋光方向。虽然蛋白质组成成分中没有D-型氨基酸，但在一些微生物和植物的某些组成中常含有D-氨基酸，如某些细菌产生的抗菌素就含有D-氨基酸。

二、氨基酸的分类

根据组成蛋白质的20种氨基酸侧链基团的极性，可将它们分为四大类：(一)非极性或疏水的；(二)极性但不带电荷的；(三)在pH 7时带负电荷；(四)在pH 7时带正电荷。这种分类法在说明不同氨基酸在蛋白质中的功能很有意义(表2-1、表2-2、表2-3、表2-4)。

表 2-2

具有极性不带电荷的R基团的氨基酸

名 称	缩写符号	R 基团	羧基及氨基
甘 氨酸 (glycine)	甘 Gly [G]		$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
丝 氨酸 (Serine)	丝 Ser [S]		$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HO}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
苏 氨酸 (threonine)	苏 Thr [T]		$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_3^+ \end{array}$
半胱氨酸 (Cysteine)	半胱 Cys [C]		$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HS}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
酪 氨酸 (tyrosine)	酪 Tyr [Y]		$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
天冬酰胺 (asparagine)	天-NH ₂ Asn [N]		$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \backslash \\ \quad \text{C}=\text{O} \\ \quad \\ \text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
谷氨酰胺 (glutamine)	谷-NH ₂ Gln [Q]		$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \backslash \\ \quad \text{C}=\text{O} \\ \quad \\ \text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$

这类氨基酸比疏水氨基酸易溶于水。它们所含的极性R基团能形成氢键。丝氨酸、苏氨酸及酪氨酸的极性是由其羟基提供的，而天冬酰胺和谷氨酰胺的极性产生于酰胺基，半胱氨酸的极性产生于巯基（—SH）。甘氨酸虽然不带有R基团，但由于其带电荷的氨基和羧基占了整个分子的大部分，具有明显的极性，所以也归入此类。