



国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会规划教材
全国高等学校医药学成人学历教育（专科）规划教材

供临床、预防、口腔、护理、检验、影像等专业用

生物化学

第**3**版

主 编 徐跃飞

副主编 何旭辉 仲其军



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

- ▶ 国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材
- ▶ 全国高等医药教材建设研究会规划教材
- ▶ 全国高等学校医药学成人学历教育（专科）规划教材
- ▶ 供临床、预防、口腔、护理、检验、影像等专业用

生物化学

第3版

主 编 徐跃飞
副主编 何旭辉 仲其军
编 者（以姓氏笔画为序）

于晓光（哈尔滨医科大学）
王丽影（复旦大学上海医学院）
文朝阳（首都医科大学）
田余祥（大连医科大学）
仲其军（广州医学院）
李 燕（宁夏医科大学）
何旭辉（大庆医学高等专科学校）
钟连进（温州医学院）
徐跃飞（大连医科大学）
揭克敏（南昌大学医学院）



人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学/徐跃飞主编. —3 版. —北京: 人民
卫生出版社, 2013

ISBN 978-7-117-17298-1

I. ①生… II. ①徐… III. ①生物化学-成人高
等教育-教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 102408 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数 据库服务, 医学教育资 源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

生 物 化 学
第 3 版

主 编: 徐跃飞

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京市卫顺印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17

字 数: 424 千字

版 次: 2000 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 3 版

2014 年 5 月第 3 版第 3 次印刷 (总第 27 次印刷)

标准书号: ISBN 978-7-117-17298-1/R · 17299

定 价: 32.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

目 录

第一章 绪论	1
一、生物化学发展简史	1
二、生物化学的主要研究内容	1
三、生物化学与医学	2
第二章 蛋白质的结构与功能	3
第一节 蛋白质的分子组成	3
一、氨基酸	3
二、肽	6
第二节 蛋白质的分子结构	7
一、蛋白质的一级结构	7
二、蛋白质的二级结构	8
三、蛋白质的三级结构	10
四、蛋白质的四级结构	11
第三节 蛋白质的结构与功能的关系	12
一、蛋白质一级结构与功能的关系	12
二、蛋白质空间结构与功能的关系	13
三、蛋白质空间结构的改变与疾病	15
第四节 蛋白质的理化性质	15
一、蛋白质的两性解离和等电点	15
二、蛋白质的高分子性质	16
三、蛋白质的变性与凝固	16
四、蛋白质的沉淀	17
五、蛋白质的呈色反应	17
六、蛋白质的紫外吸收	18
第五节 蛋白质的分类	18
一、按组成分类	18
二、按分子形状分类	18
小结	18

第三章 核酸的结构与功能	20
第一节 核酸的化学组成	20
一、戊糖	20
二、碱基	21
三、核苷	21
四、核苷酸	22
第二节 DNA 的结构与功能	24
一、DNA 的一级结构	24
二、DNA 的空间结构	24
三、真核生物染色体的组装	26
四、DNA 的功能	27
第三节 RNA 的结构与功能	27
一、信使 RNA 的结构与功能	28
二、转运 RNA 的结构与功能	29
三、核糖体 RNA 的结构与功能	30
第四节 核酸的理化性质	31
一、核酸的一般理化性质	31
二、DNA 的变性、复性与分子杂交	31
小结	33
第四章 酶	35
第一节 酶的结构与功能	35
一、酶的分子组成	35
二、酶的活性中心	36
三、同工酶	37
第二节 酶促反应的特点与机制	38
一、酶促反应的特点	38
二、酶的作用机制	39
第三节 酶促反应动力学	41
一、底物浓度对酶促反应速度的影响	41
二、酶浓度对酶促反应速度的影响	42
三、温度对酶促反应速度的影响	42
四、pH 对酶促反应速度的影响	43
五、激活剂对酶促反应速度的影响	43
六、抑制剂对酶促反应速度的影响	44
第四节 酶的调节	46
一、酶活性的调节	46
二、酶含量的调节	48
第五节 酶的命名与分类	49

一、酶的命名	49
二、酶的分类	49
第六节 酶与医学的关系	50
一、酶与疾病的关系	50
二、酶在医学其他领域的应用	51
小结	52
第五章 糖代谢	54
第一节 概述	54
一、糖的消化吸收	54
二、糖代谢的概况	55
第二节 糖的分解代谢	55
一、糖的无氧氧化	55
二、糖的有氧氧化	58
三、磷酸戊糖途径	62
第三节 糖原的合成与分解	64
一、糖原合成	64
二、糖原分解	65
三、糖原合成与分解的调节	66
第四节 糖异生	67
一、糖异生途径	67
二、糖异生的调节	69
三、糖异生的生理意义	70
四、乳酸循环	70
第五节 血糖及其调节	71
一、血糖的来源与去路	71
二、血糖水平的调节	71
三、血糖水平的异常	72
小结	72
第六章 脂类代谢	74
第一节 脂类的消化吸收	74
一、脂类的消化	74
二、脂类的吸收	75
第二节 甘油三酯的代谢	75
一、甘油三酯的分解代谢	75
二、甘油三酯的合成代谢	79
第三节 类脂的代谢	82
一、磷脂代谢	82

二、胆固醇代谢	84
第四节 血脂与血浆脂蛋白	87
一、血脂的种类与含量	87
二、血浆脂蛋白的分类、组成与结构	87
三、血浆脂蛋白的代谢	89
四、血浆脂蛋白代谢异常	91
小结	92
第七章 生物氧化	94
第一节 概述	94
一、生物氧化的方式和特点	94
二、生物氧化的酶类	95
三、生物氧化中 CO_2 的生成	96
第二节 线粒体氧化体系	96
一、呼吸链	96
二、氧化磷酸化	100
三、影响氧化磷酸化的因素	101
四、ATP	103
第三节 非线粒体氧化体系	105
一、微粒体氧化体系	105
二、过氧化物酶体氧化体系	105
三、超氧化物歧化酶	106
小结	106
第八章 氨基酸代谢	108
第一节 蛋白质的营养作用	108
一、蛋白质的需要量	108
二、蛋白质的营养价值	109
第二节 蛋白质的消化吸收与腐败	109
一、蛋白质的消化	109
二、氨基酸的吸收	110
三、蛋白质的腐败作用	111
第三节 氨基酸的一般代谢	111
一、氨基酸代谢库	111
二、氨基酸的脱氨基作用	112
三、 α -酮酸的代谢	115
第四节 氨的代谢	116
一、体内氨的来源与去路	116
二、氨在血中的转运	116

三、尿素的生成	117
第五节 个别氨基酸的代谢	120
一、氨基酸的脱羧基作用	120
二、一碳单位的代谢	121
三、含硫氨基酸的代谢	123
四、芳香族氨基酸的代谢	124
小结	126
第九章 核苷酸代谢	128
第一节 嘌呤核苷酸的代谢	129
一、嘌呤核苷酸的合成代谢	129
二、嘌呤核苷酸的分解代谢	132
第二节 嘧啶核苷酸的代谢	134
一、嘧啶核苷酸的合成代谢	134
二、嘧啶核苷酸的分解代谢	136
第三节 核苷酸抗代谢物	136
小结	138
第十章 物质代谢的联系与调节	140
第一节 物质代谢的相互联系	140
一、物质代谢的特点	140
二、物质代谢的相互联系	141
第二节 物质代谢的调节	143
一、细胞水平的调节	143
二、激素水平的调节	146
三、整体水平的调节	147
小结	148
第十一章 基因信息的传递及其调控	150
第一节 DNA 的生物合成	151
一、DNA 复制的基本特征	151
二、DNA 复制的酶学	153
三、DNA 的复制过程	155
四、反转录	157
五、DNA 的损伤与修复	158
第二节 RNA 的生物合成	162
一、转录的模板	162
二、RNA 聚合酶	163
三、转录过程	163

四、真核生物的转录后加工	166
五、RNA 复制	167
第三节 蛋白质的生物合成	168
一、蛋白质生物合成体系	168
二、蛋白质的生物合成过程	171
三、蛋白质合成后的加工修饰与靶向转运	176
第四节 基因表达调控	178
一、基因表达的基本特性	179
二、原核生物基因表达的调控	179
三、真核生物基因表达的调控	181
小结	183
第十二章 基因工程与分子生物学常用技术	185
第一节 基因工程	185
一、基因工程的基本概念	185
二、基因工程常用的工具酶和载体	185
三、基因工程的基本过程	188
四、基因工程与医学的关系	190
第二节 分子生物学常用技术原理及应用	190
一、核酸分子杂交	190
二、聚合酶链反应	191
三、核酸序列分析	192
四、基因文库	193
五、基因芯片	194
六、基因诊断与基因治疗	194
小结	195
第十三章 细胞信号转导	197
第一节 信息物质	197
一、细胞间的信息分子	197
二、细胞内的信息分子	198
第二节 受体	201
一、受体的结构及功能	201
二、信息分子与受体的结合特点	204
第三节 主要的信号转导途径	205
一、cAMP-蛋白激酶途径	205
二、Ca ²⁺ -依赖性蛋白激酶途径	205
三、蛋白酪氨酸激酶途径	207
四、核因子 κ B 途径	208

第四节 信号转导异常与疾病	209
一、信号转导与疾病的发生	209
二、信号转导与疾病的治疗	210
小结	210
第十四章 肝的生物化学	212
第一节 肝在物质代谢中的作用	212
一、肝在糖代谢中的作用	212
二、肝在脂类代谢中的作用	213
三、肝在蛋白质代谢中的作用	213
四、肝在维生素代谢中的作用	213
五、肝在激素代谢中的作用	214
第二节 肝的生物转化作用	214
一、生物转化的概念	214
二、生物转化反应类型	215
三、影响生物转化的因素	217
第三节 胆汁与胆汁酸的代谢	218
一、胆汁酸的种类	218
二、胆汁酸的代谢	218
三、胆汁酸的生理功能	219
第四节 胆色素的代谢与黄疸	220
一、胆红素的生成	220
二、胆红素在血液中的运输	220
三、胆红素在肝中的转变	221
四、胆红素在肠中的转变与胆素原的肠肝循环	222
五、血清胆红素与黄疸	223
小结	224
第十五章 血液的生物化学	226
第一节 血浆蛋白质	226
一、血浆蛋白质的分类与性质	226
二、血浆蛋白质的功能	228
第二节 红细胞代谢	228
一、红细胞的代谢特点	228
二、血红素的合成与调节	230
小结	232
第十六章 维生素与微量元素	234
第一节 脂溶性维生素	234

一、维生素 A	234
二、维生素 D	236
三、维生素 E	237
四、维生素 K	237
第二节 水溶性维生素	238
一、维生素 B ₁	238
二、维生素 B ₂	239
三、维生素 PP	239
四、维生素 B ₆	241
五、泛酸	241
六、生物素	242
七、叶酸	243
八、维生素 B ₁₂	243
九、维生素 C	244
第三节 微量元素	245
一、锌	245
二、铜	245
三、硒	246
四、锰	246
五、碘	247
小结	247
中英文对照索引	249
参考文献	255

第一章

绪 论

生物化学(biochemistry)是运用化学的原理和方法,研究生物体的化学组成和生命活动过程中的化学变化及其规律的学科。它的主要任务是从分子水平上阐述生物体的基本物质如糖、脂、蛋白质、核酸、酶等的结构、性质和功能,及其在生物体的代谢规律与复杂的生命现象如生长、生殖、衰老、运动、免疫等之间的关系。由于生物化学与分子生物学的迅速发展,目前已成为新世纪生命科学领域的前沿学科。

一、生物化学发展简史

生物化学是较为年轻的学科,它的研究始于18世纪,但作为一门独立的学科是在20世纪初期。18世纪至20世纪初是生物化学发展的初级阶段,主要研究生物体的化学组成。期间的主要贡献有:对糖类、脂类及氨基酸进行了系统的研究;发现了核酸;证实了氨基酸之间肽键的形成,用化学方法合成了寡肽;从酵母发酵过程中发现了可溶性催化剂,奠定了酶学的基础,并证明酶的化学本质是蛋白质。20世纪30年代,重要的物质代谢途径相继被阐明:如脂肪酸 β 氧化,尿素的合成及三羧酸循环,营养必需氨基酸、营养必需脂肪酸和维生素的发现等。20世纪50年代,发现了蛋白质的二级结构形式—— α -螺旋,用化学方法完成了胰岛素序列分析。更为重要的是1953年J. D. Watson和F. H. Crick提出了DNA双螺旋模型,标志着生物化学的发展迈入了分子生物学时期。20世纪60年代提出了遗传信息传递的中心法则,破译了遗传密码。70年代重组DNA技术的建立促进了对基因表达调控的研究。80年代发现了核酶,发明了聚合酶链反应(PCR)技术。90年代启动了人类基因组计划(HGP)等。目前,生物化学已成为一门重要的基础医学主干学科,并对临床医学产生越来越重要的影响。

二、生物化学的主要研究内容

(一)生物体的化学组成、结构与功能

生物体由各种组织、器官和系统构成,细胞是组成各种组织和器官的基本单位。每个细胞又由成千上万种化学物质组成,其中包括无机物、有机小分子和生物大分子等。有机小分子主要包括氨基酸、核苷酸、单糖及维生素等,与体内物质代谢、能量代谢等密切相关。生物大分子主要指蛋白质(酶)、核酸、糖复合物和复合脂类等,分子量一般超过 10^4 ,都是由特殊的亚单位按一定的顺序首尾连接形成的多聚物。例如,蛋白质是由相邻氨基酸通过肽键连接形成的多

肽链;核酸是由核苷酸之间通过磷酸二酯键连接形成的多核苷酸链;聚糖也是由单糖与单糖连接形成的多聚糖链。对这些生物大分子的研究,不仅要研究其一级结构和空间结构,还要研究结构与功能的关系。结构是功能的基础,而功能则是结构的体现。生物大分子的功能还通过分子间的相互识别和相互作用而实现。

(二) 物质代谢及其调控

物质代谢是生命的基本特征之一。有机体不断地从环境摄取营养物质,同时也不断将代谢终产物排出体外。物质代谢包括合成代谢和分解代谢。合成代谢是从小分子合成机体的构件分子、能量物质及生物活性物质的过程,并伴有能量的消耗。分解代谢是机体的构件分子分解成小分子物质的过程,并伴有能量的释放。物质代谢能有条不紊地进行与体内各种代谢途径之间相互协调有关,同时也受到内外环境多种因素的影响。物质代谢的调节主要是通过酶的活性和含量的调节实现的,并在神经体液的调节下有条不紊地进行。若物质代谢发生紊乱则可引起疾病。

(三) 遗传信息的贮存与表达

自我复制是生命的又一基本特征。DNA 是遗传的物质基础,基因是 DNA 分子中可表达的功能片段。DNA 通过转录将其携带的遗传信息传递给 RNA, RNA 再将这些遗传信息通过翻译合成能执行各种生理功能的蛋白质。DNA 还通过自我复制,将其遗传信息传给子代。上述过程与遗传、变异、生长、发育、分化等诸多生命过程相关,也与遗传病、恶性肿瘤、心血管病、免疫系统疾病等的发病机制有关。研究 DNA 复制、RNA 转录及蛋白质生物合成中遗传信息传递的机制及基因表达调控的规律等是生物化学极为重要的课题。DNA 重组、转基因、基因诊断、基因治疗及人类基因组计划等的大力开展,将极大地推动这一领域的研究。

三、生物化学与医学

生物化学是医学的重要基础学科,与医学的发展关系密切,其理论和技术已渗透到基础医学和临床医学的各个领域。例如,生理学、药理学、遗传学、免疫学及病理学等基础医学的研究均深入到分子水平,并应用生物化学的理论与技术解决各学科的许多问题,由此产生了“分子生理学”、“分子药理学”、“分子遗传学”、“分子免疫学”及“分子病理学”等新的学科。临床医学的发展也经常运用生物化学的理论和技术,用于疾病的诊断、治疗和预防,而且许多疾病的发病机制需要从分子水平进行探讨,这又促进了人们对遗传性疾病、恶性肿瘤、心血管疾病、免疫性疾病等的病因、诊断、治疗的研究。因此,掌握生物化学的基本知识,对今后深入学习其他基础医学、临床医学、预防医学、口腔医学和药学等各专业课程以及毕业后的继续教育,具有重要的意义。

(徐跃飞)

第二章

蛋白质的结构与功能

学习目标

1. 掌握 L - α -氨基酸的特点;蛋白质的一、二、三、四级结构的概念及特点。
2. 熟悉氨基酸的分类;蛋白质结构与功能的关系;蛋白质的理化性质。
3. 了解蛋白质的分类。

蛋白质(protein)是由氨基酸构成的具有特定空间结构的高分子有机物。分布广泛,几乎存在于所有的器官和组织中,约占人体干重的45%,是构成组织细胞的最基本物质。人体的蛋白质种类繁多,具有各自特殊的结构和功能,几乎所有的生命现象均有蛋白质参与。例如物质代谢、血液凝固、免疫防御、肌肉收缩、物质运输、细胞信号转导、组织修复以及生长、繁殖等重要生命过程都是通过蛋白质来实现的。蛋白质是生命的物质基础。

第一节 蛋白质的分子组成

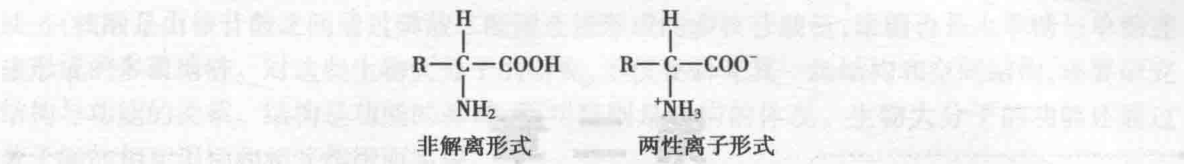
组成蛋白质的元素主要有碳(50%~55%)、氢(6%~7%)、氧(19%~24%)、氮(13%~19%)和硫(0%~4%)。有些蛋白质含有少量磷或金属元素铁、铜、锌、锰、钴、钼,个别蛋白质还含有碘。各种蛋白质的含氮量很接近,平均为16%,即1克氮相当于6.25克蛋白质。由于在生物体内,氮元素主要存在于蛋白质中,所以分析生物样品中蛋白质的含量,只要测得其中的含氮量就可以按下式计算。

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

一、氨基酸

(一) 氨基酸的结构特点

天然氨基酸有300多种,但组成人体蛋白质的氨基酸仅有20种。除甘氨酸之外,均属于 L - α -氨基酸。其结构通式如下(R代表氨基酸侧链)。

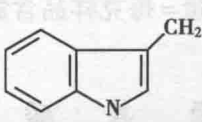


各种氨基酸的结构各不相同,但都具有以下共同特点:①除脯氨酸为 α-亚氨基酸外,均属 α-氨基酸。②除甘氨酸外,其余氨基酸的 α-碳原子是不对称碳原子,有两种不同的构型,即 *L* 型和 *D* 型。组成人体蛋白质的氨基酸都是 *L* 型。③各种氨基酸侧链 R 基团的结构和性质不同,它们在决定蛋白质性质、结构和功能上起着重要作用。

(二) 氨基酸的分类

根据氨基酸侧链的结构和理化性质,将 20 种氨基酸分为四类:①非极性疏水性氨基酸;②极性中性氨基酸;③酸性氨基酸;④碱性氨基酸(表 2-1)。

表 2-1 氨基酸分类

中文名	英文名	结构式	三字符号	一字符号	等电点(pI)
1. 非极性氨基酸					
甘氨酸	glycine	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Gly	G	5.97
丙氨酸	alanine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Ala	A	6.00
缬氨酸	valine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CHCOO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Val	V	5.96
亮氨酸	leucine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Leu	L	5.98
异亮氨酸	isoleucine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CHCOO}^- \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Ile	I	6.02
苯丙氨酸	phenylalanine	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Phe	F	5.48
脯氨酸	proline	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_2^+ \end{array}$	Pro	P	6.30
2. 极性中性氨基酸					
色氨酸	tryptophan	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$ 	Trp	W	5.89
丝氨酸	serine	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Ser	S	5.68
酪氨酸	tyrosine	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Tyr	Y	5.66

续表

中文名	英文名	结构式	三字符号	一字符号	等电点(pI)
半胱氨酸	cysteine	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Cys	C	5.07
甲硫氨酸	methionine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Met	M	5.74
天冬酰胺	asparagine	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Asn	N	5.41
谷氨酰胺	glutamine	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Gln	Q	5.65
苏氨酸	threonine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{HO}-\text{CH}-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Thr	T	5.60
3. 酸性氨基酸					
天冬氨酸	aspartic-acid	$\begin{array}{c} \text{HOOCCH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Asp	D	2.97
谷氨酸	glutamic-acid	$\begin{array}{c} \text{HOOCCH}_2\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Glu	E	3.22
4. 碱性氨基酸					
赖氨酸	lysine	$\begin{array}{c} \text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Lys	K	9.74
精氨酸	arginine	$\begin{array}{c} \text{NH} \\ \\ \text{NH}_2\text{CNHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Arg	R	10.76
组氨酸	histidine	$\begin{array}{c} \text{HC}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \quad \\ \text{N} \quad \text{NH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	His	H	7.59

(三) 氨基酸的理化性质

1. 两性解离及等电点 由于氨基酸都含有碱性的 α -氨基和酸性的 α -羧基,可在酸性溶液中与质子(H^+)结合成带正电荷的阳离子($-\text{NH}_3^+$),也可在碱性溶液中与 OH^- 结合,失去质子变成带负电荷的阴离子($-\text{COO}^-$),因此氨基酸是一种两性电解质,具有两性解离的特性。氨基酸的解离方式取决于其所处溶液的酸碱度。在某一 pH 的溶液中,氨基酸解离成阳离子和阴离子的趋势及程度相等,成为兼性离子,呈电中性,此时溶液的 pH 称为该氨基酸的等电点(isoelectric point, pI)。

氨基酸的 pI 是由 α -羧基和 α -氨基的解离常数的负对数 pK_1 和 pK_2 决定的。pI 计算公式为: $\text{pI} = 1/2(\text{pK}_1 + \text{pK}_2)$ 。如丙氨酸 $\text{pK}_{-\text{COOH}} = 2.34$, $\text{pK}_{-\text{NH}_2} = 9.69$, 所以 $\text{pI} = 1/2(2.34 + 9.69) =$

6.02。若一个氨基酸有三个可解离基团,写出它们电离式后取兼性离子两边的 pK 值的平均值,即为此氨基酸的 pI 值。

2. 紫外吸收性质 色氨酸、酪氨酸分子中含有共轭双键,在紫外光 280nm 波长附近有最大吸收峰(图 2-1)。由于大多数蛋白质含有酪氨酸和色氨酸残基,所以测定蛋白质溶液 280nm 的光吸收值,是分析溶液中蛋白质含量的快速简便的方法。

3. 呈色反应 氨基酸与茚三酮水合物共加热,茚三酮水合物被还原,其还原物可与氨基酸加热分解产生的氨结合,再与另一分子茚三酮缩合成为蓝紫色的化合物。此化合物在 570nm 波长处有最大吸收峰。其吸收峰值的大小与氨基酸释放出的氨量成正比,因此可作为氨基酸的定量分析方法。

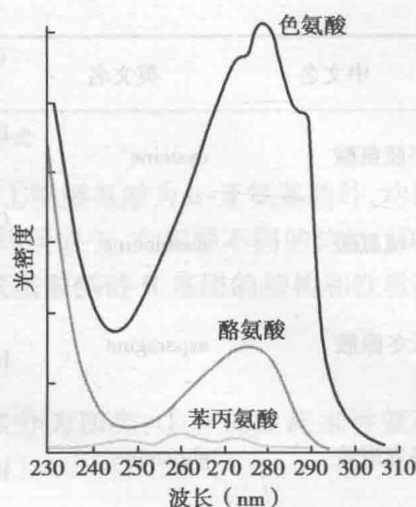
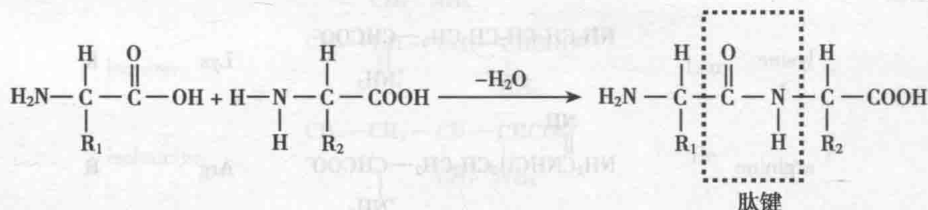


图 2-1 芳香族氨基酸的紫外吸收

二、肽

(一) 肽

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称为肽键(peptide bond)。蛋白质分子中的氨基酸通过肽键连接。



氨基酸通过肽键连接起来的化合物称为肽(peptide)。由两个氨基酸形成的肽称为二肽,三个氨基酸形成的肽称为三肽,以此类推。通常将十肽以下者称为寡肽,十肽以上者称为多肽。多肽是链状化合物,也可以称为多肽链。肽链中的氨基酸分子因脱水缩合而基团不全,被称为氨基酸残基。多肽链有两端:有自由 α -氨基的一端称为氨基末端(N-端),通常写在多肽链的左侧;有自由 α -羧基的一端称为羧基末端(C-端),通常写在多肽链的右侧。

(二) 生物活性肽

生物体内存在许多具有生物活性的低分子量的肽,在神经传导、代谢调节等方面起着重要的作用。如谷胱甘肽(glutathione, GSH),即 γ -谷氨酰半胱氨酰甘氨酸,这也是多肽的正式命名法。它的结构特点是第一个肽键与一般的肽键不同,由谷氨酸的 γ -羧基与半胱氨酸的氨基组成: