

GAODENG YIXUE YUANXIAO XILIE JIAOCAI

高等医学院校系列教材

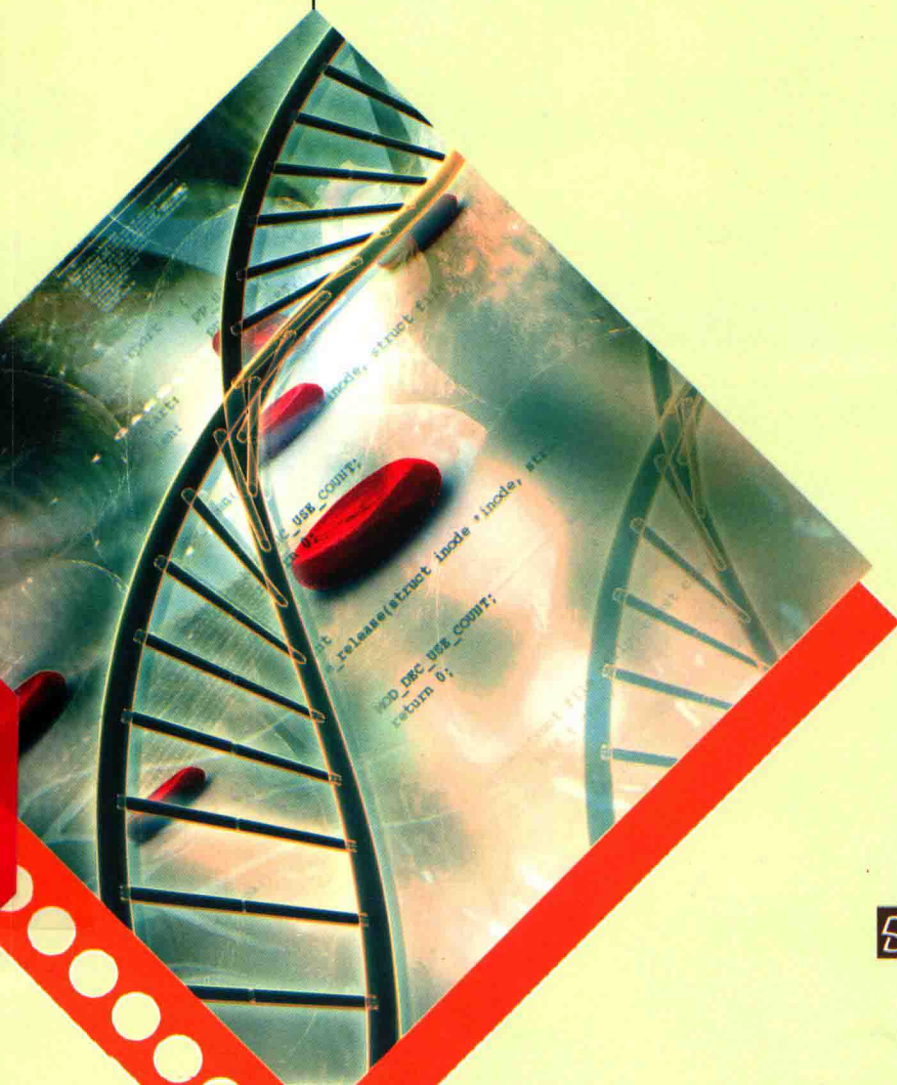
Shengwu Huaxue yu Fenzi Shengwuxue

生物化学与分子生物学

(可供临床医学、护理、口腔医学、影像、检验、全科医学等医学相关专业使用)

(第二版)

张一鸣 / 主编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

高等医学院校系列教材

生物化学与分子生物学

(可供临床医学、护理、口腔医学、影像、检验、全科医学等医学相关专业使用)

(第二版)

主 编 张一鸣

副主编 陈园园 陆任云 徐文平

编委会成员

陈园园(南京医科大学)

崔小进(南通卫生学校)

刘向华(南京医科大学)

陆任云(江苏大学京江学院)

时费翔(南通卫生学校)

王 倩(南京医科大学)

王 宁(南京医科大学)

徐文平(南通卫生学校)

张 锐(江苏大学京江学院)

张 伟(南京医科大学)

张一鸣(南京医科大学)

张义全(江苏大学京江学院)

张 盈(江苏大学京江学院)

主 审 德 伟



SE 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

内容提要

本书主要介绍蛋白质的结构和功能,核酸的结构和功能,酶和糖代谢,脂类代谢,生物氧化,氨基酸代谢,核苷酸代谢,代谢调节网络及细胞信号转导、复制、转录,蛋白质的生物合成、基因表达的调控,分子生物学常用技术及应用,维生素,糖复合物的结构和功能,血液生物化学,肝的生物化学等。本书内容简练、结构合理、图文并茂、实用性强。

本书可供临床医学、护理、口腔医学、影像、检验、全科医学等医学相关专业使用,同时可作为高职教育、成人教育和自学考试的教材。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学与分子生物学 / 张一鸣主编. — 2 版. —

南京:东南大学出版社,2018.8

ISBN 978-7-5641-7909-0

I. ①生… II. ①张… III. ①生物化学②分子生物学
IV. ①Q5②Q7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 178238 号

生物化学与分子生物学(第二版)

出版发行 东南大学出版社

出 版 人 江建中

责任编辑 常凤阁

社 址 南京市四牌楼 2 号

邮 编 210096

网 址 <http://www.seupress.com>

经 销 各地新华书店

印 刷 丹阳市兴华印刷厂

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 17.5

字 数 440 千字

版 次 2018 年 8 月第 2 版

印 次 2018 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5641-7909-0

定 价 44.00 元

* 本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系,电话:025-83791830。

修订前言

进入 21 世纪以来,生物化学在广度和深度上发生着巨大的变化,对生命科学领域的核心学科展示着愈加重要的影响力。现代医学已经进入分子医学时代,生物化学是在分子水平研究生命现象,阐明生物分子结构、功能、调控以及各种生理和病理状态的分子机制,在医学相关院校的专业基础课程中占有绝对重要的地位。

近年来,许多新的教学模式:PBL、CBL、CPC 等被引进医学基础教学中,其核心问题是在基础课程中如何与临床实践对接,基础知识如何在医学问题中应用,这也是现今医学专业基础教材编写面临的挑战。本书编写的基本指导思想是:一方面,面对不同本、专科生的教学背景,教科书力求基本概念、基本问题,深入浅出、循序渐进,读了能懂,适当联系新进展,进行知识更新;另一方面,在理论知识上与临床问题相结合,在知识运用上向临床应用倾斜,努力避免繁琐的理论推导与验证,加强对临床工作的指导和对实际工作能力的培养。

本教材共分 17 章,内容涉及生物大分子的结构与功能、物质代谢、遗传信息的传递与表达、临床生化以及分子生物学研究技术等多方面内容。各章开篇都是一个与本章知识相关的临床案例,希望不管是教学还是自主学习,都能带着问题去引导学习,指引学习的方向。

参与本次编写工作的都是在生物化学与分子生物学教学和科研第一线工作多年的人员,感谢他们的辛勤付出,也感谢因故不能参加本版编写的第一版的同仁。编写过程得到了东南大学出版社负责老师、各学校相关部门的大力支持,在此一并感谢。因时间仓促,书中出现的各种错误和问题,恳请广大读者见谅并予以指正,以便加以修改。

编者
2018.4

目 录

第一章 蛋白质的结构和功能	(1)
第一节 蛋白质的分子组成	(1)
一、蛋白质的元素组成	(1)
二、蛋白质的基本组成单位——氨基酸	(1)
三、氨基酸的连接方式	(6)
第二节 蛋白质的分子结构	(7)
一、蛋白质的一级结构	(7)
二、蛋白质的空间结构	(8)
第三节 蛋白质的结构和功能的关系	(13)
一、蛋白质一级结构与功能的关系	(13)
二、蛋白质空间结构与功能的关系	(14)
第四节 蛋白质的理化性质	(16)
一、蛋白质的两性解离	(16)
二、蛋白质的高分子性质	(16)
三、蛋白质的变性	(17)
四、蛋白质的沉淀	(17)
五、蛋白质的呈色反应及紫外吸收性质	(18)
第五节 蛋白质的分类	(19)
一、按组成分类	(19)
二、按分子形状分类	(19)
三、按功能分类	(20)
第二章 核酸的结构与功能	(21)
第一节 核酸的化学组成	(21)
一、核酸的基本组成单位	(21)
二、体内几种重要的核苷酸衍生物	(25)
第二节 核酸的分子结构	(26)
一、DNA 的分子结构	(26)
二、RNA 的分子结构	(28)
第三节 核酸的理化性质	(30)
一、核酸的一般性质和紫外吸收	(30)

二、核酸的变性、复性和分子杂交	(30)
第三章 酶	(32)
第一节 酶促反应的特点	(32)
第二节 酶的结构与功能	(33)
一、酶的分子组成	(33)
二、酶的活性中心	(34)
三、酶原及酶原激活	(35)
四、同工酶及其临床意义	(36)
五、细胞内酶活性的调节	(37)
第三节 影响酶促反应的因素	(37)
一、酶浓度对酶促反应速度的影响	(37)
二、底物浓度对酶促反应速度的影响	(38)
三、温度对酶促反应速度的影响	(39)
四、pH 对酶促反应速度的影响	(39)
五、激活剂对酶促反应速度的影响	(39)
六、抑制剂对酶促反应速度的影响	(40)
第四节 酶的命名与分类	(42)
一、酶的命名	(42)
二、酶的分类	(42)
第五节 酶与医学的关系	(43)
一、酶与疾病的关系	(43)
二、酶在医学研究领域中的应用	(44)
第四章 糖代谢	(45)
第一节 概述	(45)
一、糖的生理功能	(45)
二、糖的消化	(46)
三、糖的吸收	(46)
第二节 糖的分解代谢	(46)
一、糖酵解	(47)
二、糖的有氧氧化	(51)
三、磷酸戊糖途径	(53)
第三节 糖原的合成与分解	(55)
一、糖原的合成代谢	(55)
二、糖原的分解代谢	(56)
第四节 糖异生	(57)
一、糖异生反应途径	(57)

二、糖异生的生理意义	(58)
第五节 血糖及血糖的调节	(58)
一、血糖的来源和去路	(58)
二、血糖浓度的调节	(59)
三、高血糖与低血糖	(60)
四、糖原累积症	(61)
第五章 脂类代谢	(63)
第一节 概述	(63)
一、脂类的分类及其功能	(63)
二、脂类的消化和吸收	(63)
第二节 三脂酰甘油代谢	(65)
一、脂肪的分解代谢	(65)
二、脂肪的合成代谢	(72)
三、多不饱和脂肪酸的重要衍生物——前列腺素、血栓素及白三烯	(77)
第三节 磷脂代谢	(78)
一、甘油磷脂的结构与生理功能	(78)
二、甘油磷脂的合成	(79)
三、甘油磷脂的分解	(79)
第四节 胆固醇代谢	(80)
一、胆固醇化学	(80)
二、胆固醇的生物合成	(80)
三、胆固醇的酯化	(82)
四、胆固醇在体内的转化与排泄	(82)
第五节 血浆脂蛋白代谢	(83)
一、血脂	(83)
二、血浆脂蛋白	(83)
三、血浆脂蛋白代谢	(85)
四、脂蛋白代谢异常	(88)
第六章 生物氧化	(96)
第一节 线粒体内的氧化体系与氧化磷酸化	(96)
一、氧化呼吸链	(96)
二、氧化磷酸化与 ATP 的生成方式	(99)
三、ATP 与能量转移、储存和利用	(102)
四、胞液中 NADH 的氧化磷酸化	(104)
第二节 线粒体外的氧化体系	(105)
一、抗氧化的氧化体系	(105)

二、微粒体中的细胞色素 P_{450} 单加氧酶	(106)
第七章 氨基酸代谢	(108)
第一节 蛋白质的营养作用	(108)
一、人体对蛋白质的需要量	(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)
第三节 氨基酸的一般代谢	(111)
一、氨基酸的脱氨基作用	(112)
二、 α -酮酸的代谢	(114)
第四节 氨的代谢	(115)
一、氨的来源与去路	(115)
二、氨的转运	(115)
三、尿素的生成	(117)
第五节 个别氨基酸的代谢	(118)
一、氨基酸的脱羧基作用	(118)
二、一碳单位的代谢	(120)
三、含硫氨基酸的代谢	(120)
四、芳香族氨基酸的代谢	(122)
五、支链氨基酸的分解代谢	(123)
第八章 核苷酸代谢	(127)
第一节 核苷酸的合成代谢	(128)
一、嘌呤核苷酸的合成	(128)
二、嘧啶核苷酸的合成	(131)
三、脱氧核糖核苷酸的生成	(133)
四、核苷酸的抗代谢物	(134)
第二节 核苷酸的分解代谢	(136)
一、嘌呤核苷酸的分解代谢	(136)
二、嘧啶核苷酸的分解代谢	(137)
第九章 代谢调节网络及细胞信号转导	(140)
第一节 代谢途径的相互联系	(140)
第二节 物质代谢的调节	(142)
一、细胞水平的代谢调节	(142)
二、激素水平的代谢调节	(144)

三、整体水平的代谢调节	(144)
第三节 信号分子与受体	(145)
一、信号分子的含义、化学本质、分类与作用方式	(145)
二、受体的分类与作用特点	(147)
三、膜受体的结构与功能	(148)
第四节 主要信号转导通路	(150)
一、G 蛋白偶联受体介导的信号通路	(150)
二、离子通道型受体介导的信号转导通路	(153)
三、催化型受体和酶偶联型受体介导的信号转导通路	(153)
四、胞内受体介导的信号转导通路	(154)
第五节 信号转导异常与疾病	(155)
第十章 DNA 的生物合成	(156)
第一节 DNA 复制的基本机制	(156)
一、半保留复制	(156)
二、半不连续复制	(157)
第二节 参与 DNA 复制的有关物质	(157)
一、解螺旋酶	(157)
二、单链 DNA 结合蛋白	(158)
三、DNA 拓扑异构酶	(158)
四、引物酶	(158)
五、DNA 聚合酶	(158)
六、DNA 连接酶	(160)
第三节 DNA 复制的过程	(160)
一、DNA 复制的起始	(160)
二、DNA 链的延伸	(161)
三、DNA 复制的终止	(162)
四、真核生物 DNA 的复制终止	(162)
五、逆转录和其他复制方式	(162)
第四节 DNA 损伤与修复	(163)
一、DNA 损伤的类型	(163)
二、DNA 损伤的原因	(163)
三、DNA 修复	(165)
第十一章 RNA 的生物合成	(169)
第一节 DNA 指导下 RNA 的合成	(169)
一、依赖 DNA 的 RNA 聚合酶	(170)
二、转录模板	(172)

三、转录过程	(175)
第二节 RNA 的转录后加工	(180)
一、mRNA 的加工修饰	(180)
二、tRNA 转录后的加工修饰	(183)
三、rRNA 转录后加工	(184)
第十二章 蛋白质的生物合成	(186)
第一节 蛋白质生物合成体系	(186)
一、合成原料	(186)
二、mRNA 是蛋白质生物合成的直接模板	(186)
三、tRNA 是氨基酸的运载工具	(188)
四、核糖体是肽链合成的工厂	(189)
五、其他酶类和蛋白质因子	(190)
第二节 蛋白质生物合成过程	(191)
一、氨基酸的活化与转运	(191)
二、肽链合成的起始	(191)
三、肽链延长	(193)
四、肽链合成的终止	(196)
第三节 蛋白质的翻译后加工	(197)
一、翻译后的加工修饰	(197)
二、亚基聚合成功能性蛋白质复合物	(198)
第四节 蛋白质合成与医学	(198)
一、分子病	(198)
二、蛋白质生物合成的阻断剂	(198)
第十三章 基因表达的调控	(201)
第一节 基因表达调控的现象和概念	(201)
一、基因表达调控是生命的必需	(201)
二、基因表达适应环境的变化	(202)
第二节 原核基因的表达调控	(203)
一、操纵子	(203)
二、操纵子的基本组成	(204)
三、乳糖操纵子的表达调控	(207)
四、色氨酸操纵子的表达调控	(208)
五、严谨反应	(208)
第三节 真核基因表达调控	(209)
一、真核基因组的复杂性	(209)
二、真核基因表达调控的特点	(209)

三、真核基因转录水平的调控	(211)
第十四章 分子生物学常用技术及其应用	(215)
第一节 重组 DNA 和基因工程	(215)
一、工具酶	(216)
二、目的基因	(217)
三、基因工程载体	(218)
四、外源基因与载体的连接	(219)
五、重组 DNA 导入受体菌	(219)
六、重组体的筛选	(219)
第二节 基因功能的研究技术	(223)
一、转基因技术	(223)
二、基因敲除技术	(224)
三、基因沉默技术	(224)
第十五章 维生素	(227)
第一节 脂溶性维生素	(227)
一、维生素 A	(227)
二、维生素 D	(228)
三、维生素 E	(229)
四、维生素 K	(230)
第二节 水溶性维生素	(231)
一、维生素 B ₁	(231)
二、维生素 B ₂	(232)
三、维生素 PP	(232)
四、维生素 B ₆	(234)
五、泛酸	(234)
六、生物素	(235)
七、叶酸	(236)
八、维生素 B ₁₂	(237)
九、硫辛酸	(238)
十、维生素 C	(238)
第十六章 血液的生物化学	(241)
第一节 血浆蛋白质	(242)
一、血浆蛋白质的分类	(242)
二、血浆蛋白质的功能	(242)
第二节 红细胞代谢	(243)

一、血红蛋白的合成及调节	(243)
二、成熟红细胞的代谢特点	(245)
第十七章 肝的生物化学	(249)
第一节 肝脏在物质代谢中的作用	(250)
一、肝脏在糖代谢中的作用	(250)
二、肝脏在脂代谢中的作用	(250)
三、肝脏在蛋白质代谢中的作用	(251)
四、肝脏在维生素代谢中的作用	(251)
五、肝脏在激素代谢中的作用	(252)
第二节 肝的生物转化作用	(252)
一、生物转化的概念	(252)
二、生物转化反应的主要类型	(253)
三、生物转化的特点	(255)
四、影响生物转化作用的因素	(256)
第三节 胆汁与胆汁酸代谢	(257)
一、胆汁	(257)
二、胆汁酸的代谢	(257)
三、胆汁酸的生理功能	(259)
第四节 胆色素的代谢与黄疸	(260)
一、胆红素的生成与转运	(260)
二、胆红素在肝细胞内的转化	(261)
三、胆红素在肠腔中的转化及胆素原的肠肝循环	(262)
四、血清胆红素与黄疸	(262)
主要参考文献	(268)

第一章 蛋白质的结构和功能

【案例】

如何伪装成蛋白质？

2008 年中国奶粉污染事件是一起严重的食品污染事件，在该事件中不法企业或某些不法分子在奶制品中添加三聚氰胺，用以达到提高奶制品中蛋白质检测含量，提高奶制品售价的目的。为什么三聚氰胺可以伪装成蛋白质？如何避免这种结果呢？

提示：食品中蛋白质含量的现行国家标准和国际通行测定方法是经典凯氏定氮法。

蛋白质(protein)是组成人体一切细胞、组织的重要有机大分子，是生命的物质基础。自然界的蛋白质分布广泛，种类繁多，整个生物界的天然蛋白质约有百亿种之多。蛋白质在生物体中含量很高，约占人体重量的 18%，占细胞干重的 45%。蛋白质是生命活动的主要承担者，没有蛋白质就没有生命。

第一节 蛋白质的分子组成

一、蛋白质的元素组成

蛋白质由碳、氢、氧、氮、硫五种基本元素组成，此外，一些蛋白质还含有磷、铁、铜、锌、锰、钴、钼等元素，个别蛋白质含有碘、硒。其中氮元素是蛋白质的特征性组成元素，因其在各种蛋白质中含量相近，平均约为 16%，实验室可以用定氮法来推算样品中蛋白质的大致含量，被称为凯氏微量定氮法。

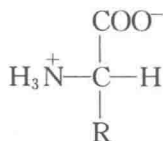
$$100 \text{ g 样品中蛋白质的含量(g)} = \text{每克样品中含氮克数(g)} \times 6.25 \times 100$$

二、蛋白质的基本组成单位——氨基酸

蛋白质经酸、碱或蛋白酶作用可水解为各种氨基酸的混合物，这表明蛋白质的基本组成单位是氨基酸(amino acid)。

(一) 氨基酸的结构特点

组成蛋白质的氨基酸，其结构都为 L- α -氨基酸(脯氨酸、甘氨酸除外)，结构式如下：



(二) 氨基酸的分类

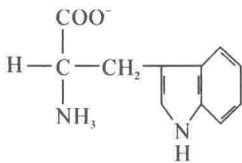
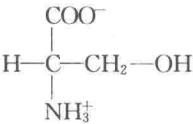
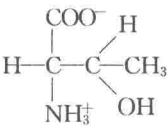
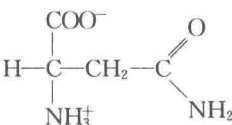
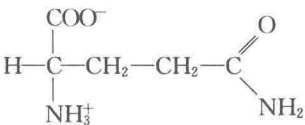
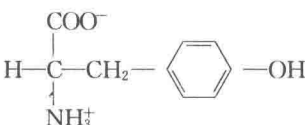
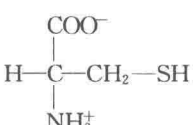
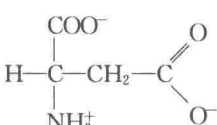
存在于自然界的氨基酸有 300 多种,其中合成蛋白质的氨基酸仅有 20 种,这 20 种氨基酸都有其相应的遗传密码,称为编码氨基酸(coding amino acid)。

蛋白质的许多性质、结构和功能等都与氨基酸侧链 R 基团紧密相关,根据编码氨基酸侧链 R 基团的结构和极性不同,按它们在中性溶液中侧链的解离状态可分为三类(表 1-1)。

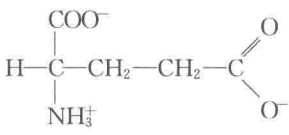
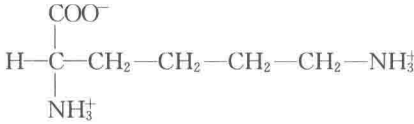
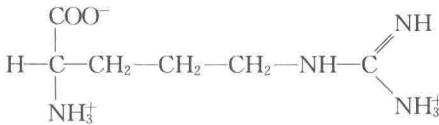
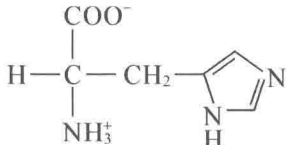
表 1-1 蛋白质分子中的编码氨基酸

名称 (缩写代号)	分子结构	残基相对 分子质量	pK ₁ α-COOH	pK ₂ α-NH ₃ ⁺	pK _R 侧链	pI
非极性侧链氨基酸(Amino acid with nonpolar side chains)						
1. 甘氨酸 Glycine (Gly,G)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	57.0	2.35	9.78		6.07
2. 丙氨酸 Alanine (Ala,A)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	71.0	2.35	9.87		6.11
3. 缬氨酸 Valine (Val,V)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH} \\ \quad \diagup \quad \diagdown \\ \text{NH}_3^+ \quad \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	99.1	2.29	9.74		6.02
4. 亮氨酸 Leucine (Leu,L)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH} \\ \quad \quad \quad \\ \text{NH}_3^+ \quad \quad \quad \text{CH}_3 \end{array}$	113.1	2.33	9.74		6.04
5. 异亮氨酸 Isoleucine (Ile,I)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH} \\ \quad \diagup \quad \diagdown \\ \text{NH}_3^+ \quad \text{CH}_2-\text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	113.1	2.32	9.76		6.04
6. 蛋氨酸 Methionine (Met,M)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	131.1	2.13	9.28		5.71
7. 脯氨酸 Proline (Pro,P)	$\begin{array}{c} \text{H}_2 \\ \\ \text{OOC}-\text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{N}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \end{array}$	97.1	2.95	10.65		6.80
8. 苯丙氨酸 Phenylalanine (Phe,F)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	147.1	2.16	9.18		5.67

续表 1-1

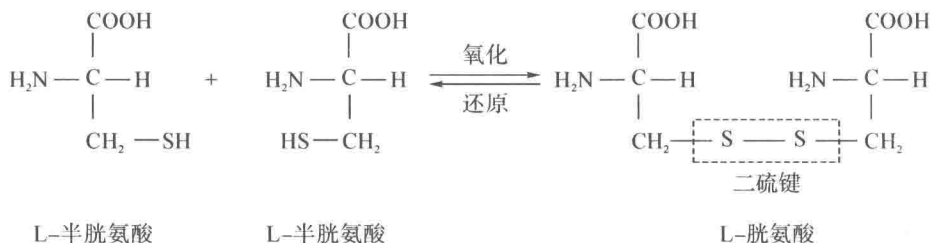
名称 (缩写代号)	分子结构	残基相对 分子质量	pK_1 $\alpha\text{-COOH}$	pK_2 $\alpha\text{-NH}_3^+$	pK_R 侧链	pI
9. 色氨酸 Tryptophan (Trp, W)		186.2	2.43	9.44		5.94
极性中性侧链氨基酸(Amino acid with uncharged polar side chains)						
10. 丝氨酸 Serine (Ser, S)		87.0	2.19	9.21		5.70
11. 苏氨酸 Threonine (Thr, T)		101.1	2.09	9.10		5.60
12. 天冬酰胺(胺 谷-NH2) Asparagine (Asn, N)		114.1	2.1	8.84		5.47
13. 谷氨酰胺(胺 谷-NH2) Glutamine (Gln, Q)		128.1	2.17	9.13		5.65
14. 酪氨酸 Tyrosine (Tyr, Y)		163.1	2.20	9.11	10.13 (酚-OH)	5.66
15. 半胱氨酸 Cysteine (Cys, C)		103.1	1.92	10.78	8.33 -SH	5.07
极性侧链氨基酸(Amino acid with charged polar side chains)						
16. 天冬氨酸 Aspartic acid (Asp, D)		114.0	1.99	9.90	3.90 $\beta\text{-COOH}$	2.95

续表 1-1

名称 (缩写代号)	分子结构	残基相对 分子质量	pK ₁ α-COOH	pK ₂ α-NH ₃ ⁺	pK _R 侧链	pI
17. 谷氨酸 Glutamic acid (Glu, E)		128.1	2.10	9.47	4.07 γ-COOH	3.09
18. 赖氨酸 Lysine (Lys, K)		129.1	2.16	9.18	10.79 ε-NH ₃	9.99
19. 精氨酸 Arginine (Arg, R)		157.2	1.82	8.99	12.48 胍基-NH ₃ ⁺	10.74
20. 组氨酸 Histidine (His, H)		137.1	1.80	9.33	6.04 咪唑	7.69

20 种氨基酸除上述按侧链极性分类之外也有其他一些分类方式,如天冬氨酸、谷氨酸被称为酸性氨基酸,赖氨酸、精氨酸、组氨酸被称作碱性氨基酸,酪氨酸、苯丙氨酸、色氨酸被称作芳香族氨基酸。

在蛋白质结构中半胱氨酸具有特殊意义,两个半胱氨酸侧链脱氢后以二硫键相结合,形成胱氨酸(如下图所示),蛋白质分子中有不少的半胱氨酸是以胱氨酸的形式存在。

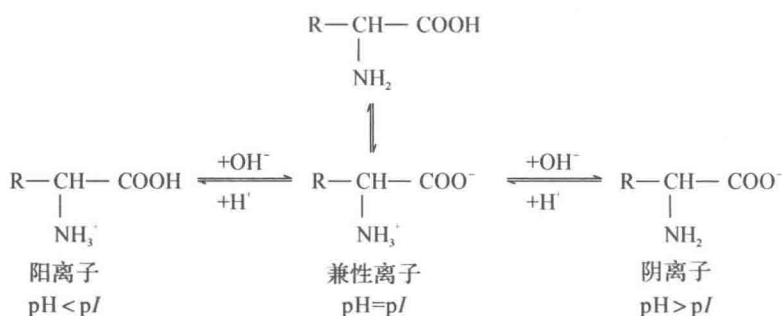


除上述 20 种氨基酸外,蛋白质分子中还有一些修饰(modified)氨基酸,它们是在蛋白质合成过程中或合成后由相应的编码氨基酸经酶催化修饰形成的,也被称为稀有氨基酸。如凝血酶原中的羧基谷氨酸,胶原蛋白中的羟脯氨酸、羟赖氨酸等(如下图所示)。



(三) 氨基酸的主要理化性质

1. 两性解离及等电点 氨基酸是两性电解质,在碱性溶液中表现出带负电荷,在酸性溶液中表现出带正电荷,其在溶液中的荷电状态受溶液 pH 的影响。氨基酸的解离可用下式表示:



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,此时的溶液 pH 称该氨基酸的等电点(isoelectric point, pI)。处于等电点的氨基酸在电场中,既不向正极也不向负极移动,反之,荷电氨基酸向与其所带电荷相反的电极移动。

2. 紫外吸收作用 芳香族氨基酸色氨酸、酪氨酸和苯丙氨酸侧链存在共轭双键,在紫外区具有光吸收,其中色氨酸、酪氨酸的吸收峰在 280 nm 附近,而苯丙氨酸在 265 nm 有光吸收,且强度小(图 1-1)。

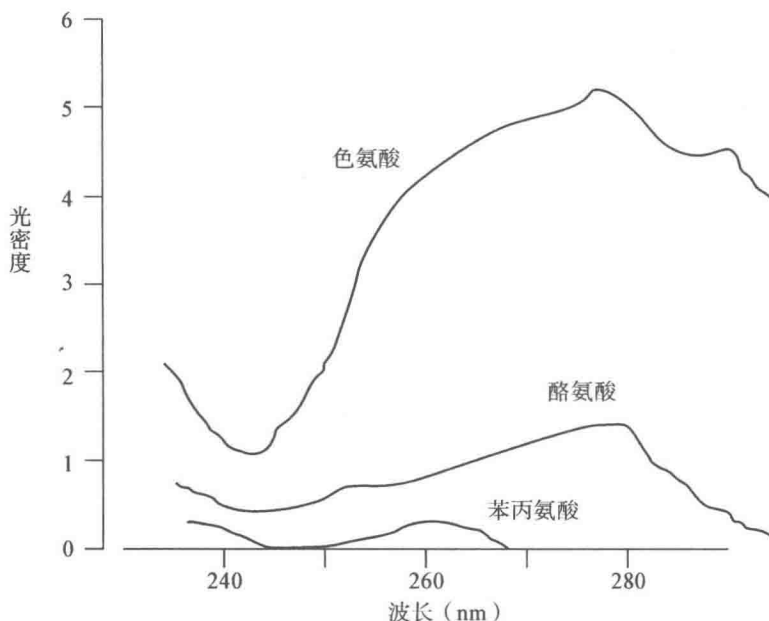


图 1-1 芳香族氨基酸的紫外吸收

3. 茚三酮反应 氨基酸在微酸性溶液中与茚三酮一起加热,生成紫色化合物,该化合物的最高吸收峰在 570 nm 波长处。茚三酮反应可以作为氨基酸比色定量测定的方法。通常用纸层析或柱层析把各种氨基酸分离开以后,用茚三酮反应显色,定性或定量地测定各种氨