

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
高等职业教育食品科学与工程专业教学用书



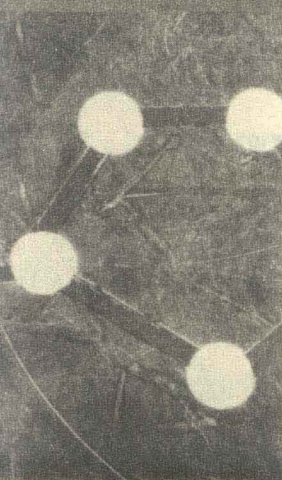
生物化学与 微生物学

张文华 王淑艳/主编
张邦建/主审



海洋出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
高等职业教育食品科学与工程专业教学用书



生物化学与 微生物学

张文华 王淑艳 / 主编
张邦建 / 主审

海洋出版社

2012年·北京

内 容 简 介

生物化学和微生物学是高职高专生物技术类、轻化工检验类、乳品加工类和农林专业类等的专业基础课,本书按照两者之间的关系以及与其他专业课之间的联系,将两门独立的课程重新整合,力求做到体现专业特点,突出高职特色,注重实用性和实践性,使理论与实践相结合。

全书共分为2部分12章,第1部分为生物化学,主要介绍了蛋白质化学、酶化学、核酸化学、维生素化学、糖类化学、脂类化学以及物质代谢等知识。第2部分为微生物学,主要介绍了显微镜的使用与维护、微生物形态观察、染色与制片技术、微生物培养以及微生物检测技术等知识。本书既注重基础理论知识的讲解,同时也加大了对学生实践技能的培养,全书共设计了28个实训项目,帮助学生迅速掌握生物化学和微生物学知识的应用。

适用范围:职业院校轻工分析类、乳品加工类、生物技术类专业及相关学科专业课教材,也可供微生物技术培训班教材,以及其他生物科技人员使用、查阅和参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学与微生物学/张文华,王淑艳主编. —北京:海洋出版社,2012.6

ISBN 978-7-5027-8260-3

I. ①生… II. ①张…②王… III. ①生物化学②微生物学 IV. ①Q5②Q93

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第091237号

总策划:刘斌

责任编辑:刘斌

责任校对:肖新民

责任印制:赵麟苏

排 版:海洋计算机图书输出中心 晓阳

出版发行:海洋出版社

地 址:北京市海淀区大慧寺路8号(716房间)

100081

经 销:新华书店

技术支持:(010) 62100055

发 行 部:(010) 62174379(传真)(010) 62132549

(010) 68038093(邮购)(010) 62100077

网 址:www.oceanpress.com.cn

承 印:北京旺都印务有限公司印刷

版 次:2012年6月第1版

2012年6月第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:17.75

字 数:426千字

印 数:1~4000册

定 价:39.00元

本书如有印、装质量问题可与发行部调换

编 委 会

主 编 张文华 王淑艳

副主编 赵珺 袁静宇 杨广华 崔雨荣 李国芝

纪铁鹏

主 审 张邦建

参 编 (排名不分先后)

张记霞 云雅光 边瑞玲 翟晓蒙

前 言

随着社会的不断发展,旧的高职教育模式已经不能适应就业市场的要求,积极探索与高等职业教育相适应的人才培养模式势在必行。教育部2006年颁发的《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中明确提出要大力推行工学结合,突出实践能力培养,改革人才培养模式;把工学结合作为高等职业教育人才培养模式改革的重要切入点,带动专业调整与建设,引导课程设置、教学内容和教学方法改革。这就要求,高职教育应将教学重点从以前的“以理论为中心”逐渐转向“突出实践能力培养”。

本教材将生物化学和微生物学这两门高职高专生物技术类、轻化工检验类、乳品加工类和农林专业类的专业基础课,按照两者之间的关系及与其他专业课之间的联系重新整合,力求做到体现专业特点,突出高职特色,着力体现实用性和实践性,使理论与实践相结合,着重培养学生的应用能力,引导学生重点掌握课程的基础理论知识,又注重实践技能的培养,加大了实验实训、生产实习的比例;适当降低理论知识的深度和广度,以满足岗位应职能力需要为度,以掌握概念、强化应用为重点;同时还考虑到与其他课程之间的联系和分工,尽量做到在内容上不重复,在知识上不脱节,“突出实践,工学结合”。

本教材在构思上注重结构明晰、完整。每章设有知识目标、本章小结、复习思考、实验实训等内容,书后还有附录,便于教师组织教学和学生自学。教材中广泛使用图、表,使教材内容详略得当,图文并茂,直观易懂,增加了教材的可读性。在编写过程中,以“必需、够用、实用”为原则,以“加强基础、强化能力”为主旨,力求创新,努力反映新知识、新技术和新的科研成果,尽量与生产应用保持同步,尽可能拓展学生的视野。因而本书具有基础理论知识适度、技术应用突出、技术面较宽、体现教工结合与校企结合等特点。

本教材由张文华、王淑艳主编,由李国芝、杨广华、赵珺、纪铁鹏、崔雨荣、袁静宇担任副主编,由张邦建担任主审,参编人员还有边瑞玲、张记霞、云雅光、翟晓蒙等。具体编写任务分工如下:第3章核酸化学、第7章物质代谢、第8章显微镜的使用与维护、第10章染色与制片技术由张文华编写;前言、第4章维生素化学、第9章微生物形态观察由王淑艳编写;第1章蛋白质化学由张记霞编写;第2章酶化学由云雅光编写;第5章糖类化学由边瑞玲编写;第6章脂类化学由李国芝、翟晓蒙编写;第11章微生物培养由袁静宇编写;第12章微生物检测技术由赵珺、杨广华编写。附录以及全书统稿由张文华、王淑艳共同完成。

本教材可供高等职业技术学院轻工分析类、乳品加工类、生物技术类专业及相关学科学生学习使用,也可供微生物技术培训班和其他生物科技人员使用、查阅和参考。

本教材在编写过程中,得到了各编委所在学校的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢;同时,书中引用了国内外大量文献资料,在此向本书引用为参考资料的各位作者和专家表示衷心的感谢。限于编写水平有限和编写时间的仓促,书中疏漏和不妥之处在所难免,诚请专家、学者及广大读者批评指正。

作者

2012年3月

目 录

第一部分 生物化学

第 1 章 蛋白质化学	2
1.1 蛋白质的组成	3
1.1.1 蛋白质的元素组成	3
1.1.2 蛋白质的基本组成单位	3
1.2 氨基酸的结构特点	3
1.2.1 氨基酸的结构	3
1.2.2 氨基酸的分类	3
1.3 氨基酸的性质	5
1.4 蛋白质的结构	6
1.4.1 蛋白质的一级结构	7
1.4.2 蛋白质的高级结构	7
1.5 蛋白质的理化性质	9
1.5.1 蛋白质的两性解离和等电点	9
1.5.2 蛋白质的胶体性质	10
1.5.3 蛋白质的沉淀反应	10
1.5.4 蛋白质的变性与复性	11
1.5.5 蛋白质的紫外吸收	12
1.5.6 蛋白质的呈色反应	12
1.6 蛋白质分离、提纯的一般程序	12
1.7 实训项目	14
1.7.1 食品中蛋白质的测定	14
1.7.2 蛋白质两性性质及等电点测定	18
1.8 本章小结	20
1.9 思考题	20
第 2 章 酶化学	22
2.1 酶的概述	23
2.1.1 酶的概念和化学本质	23
2.1.2 酶催化反应的特点	23
2.1.3 酶作用的特异性	24

2.1.4 酶的分类和命名	25
2.1.5 酶的化学组成	26
2.1.6 酶的活性中心	27
2.2 酶促反应作用机理	27
2.2.1 酶作用专一性的机制	27
2.2.2 酶作用高效率的机制	28
2.3 酶促反应动力学	30
2.3.1 温度的影响	30
2.3.2 pH 值的影响	30
2.3.3 酶浓度的影响	32
2.3.4 底物浓度的影响	32
2.3.5 抑制剂	33
2.3.6 激活剂	36
2.4 酶活力	36
2.4.1 酶促反应速度的测定方法	36
2.4.2 酶活力单位	36
2.4.3 比活力	37
2.4.4 酶活力测定中应注意的问题	37
2.5 实训项目	37
2.5.1 酶性质的测定	37
2.5.2 淀粉酶活力的测定	39
2.6 本章小结	42
2.7 思考题	42
第 3 章 核酸化学	44
3.1 核酸的概述及分类	45
3.1.1 核酸的组成	45
3.1.2 核酸的结构	47
3.1.3 核酸的性质	50
3.2 核酸的分离和测定	51
3.2.1 DNA 的分离纯化	51
3.2.2 RNA 的分离纯化	51
3.2.3 核酸含量的测定	52



3.3 实训项目	52	5.3.1 木糖醇	89
3.3.1 核酸含量的测定	52	5.3.2 山梨糖醇	89
3.3.2 酵母蛋白质和 RNA 的制备 (稀碱法)	53	5.3.3 低聚果糖	89
3.4 本章小结	55	5.3.4 微晶纤维素	89
3.5 思考题	56	5.4 实训项目	90
第 4 章 维生素化学	57	5.4.1 总糖和还原糖含量的测定	90
4.1 维生素的概念及特点	58	5.4.2 面粉中淀粉含量的测定	92
4.2 维生素的命名与分类	58	5.5 本章小结	94
4.3 水溶性维生素和辅酶	59	5.6 思考题	94
4.3.1 维生素 B ₁ 和焦磷酸硫胺素	59	第 6 章 脂类化学	95
4.3.2 维生素 B ₂ 和黄素辅酶	60	6.1 脂类的概念、分类及功能	96
4.3.3 泛酸和辅酶 A	62	6.2 脂肪	96
4.3.4 维生素 PP 和辅酶 I、辅酶 II	63	6.2.1 脂肪的组成	96
4.3.5 维生素 B ₆ 和磷酸吡哆醛	65	6.2.2 脂肪酸	97
4.3.6 生物素与羧化酶辅酶	67	6.2.3 脂肪的理化性质	97
4.3.7 叶酸和叶酸辅酶	67	6.3 食品中常见的类脂	98
4.3.8 维生素 B ₁₂ 和维生素 B ₁₂ 辅酶	68	6.3.1 甘油磷脂	98
4.3.9 维生素 C (抗坏血酸)	70	6.3.2 固醇类	99
4.3.10 硫辛酸	71	6.3.3 蜡	100
4.4 脂溶性维生素和辅酶	72	6.4 实训项目——油脂酸价的测定	100
4.4.1 维生素 A	72	6.5 本章小结	102
4.4.2 维生素 D	73	6.6 思考题	102
4.4.3 维生素 E	73	第 7 章 物质代谢	103
4.4.4 维生素 K	74	7.1 生物氧化	104
4.5 维生素的历史	75	7.1.1 生物氧化概述	104
4.6 实训项目	76	7.1.2 生物氧化体系	104
4.6.1 维生素 C 的定量测定	76	7.1.3 生物氧化中能量的转化	105
4.6.2 维生素 A 的测定方法	78	7.2 物质代谢	106
4.7 本章小结	80	7.2.1 糖的分解代谢	106
4.8 思考题	81	7.2.2 脂代谢	109
第 5 章 糖类化学	82	7.2.3 氨基酸代谢	111
5.1 概述	83	7.3 糖代谢、脂类代谢和蛋白质代谢的 相互关系	114
5.2 糖类的结构及性质	83	7.4 实训项目	115
5.2.1 单糖	83	7.4.1 糖代谢实训 (乳酸发酵)	115
5.2.2 寡糖	85	7.4.2 发酵过程中中间产物的鉴 定	117
5.2.3 多糖	86	7.5 本章小结	119
5.3 食品中其他常见的糖类	89	7.6 思考题	120

第二部分 微生物学

第 8 章 显微镜的使用与维护	122
8.1 微生物概述	123
8.2 普通光学显微镜的结构	126
8.3 显微镜的维护和保养要点	127
8.4 电子显微镜	128
8.5 实训项目——普通光学显微镜的使用与维护	129
8.6 本章小结	131
8.7 思考题	131
第 9 章 微生物形态观察	132
9.1 细菌	133
9.1.1 个体形态	133
9.1.2 群体形态	136
9.1.3 细菌细胞的特殊结构	137
9.1.4 细菌的繁殖方式	140
9.2 放线菌	140
9.2.1 放线菌的个体形态	141
9.2.2 放线菌的群体特征	142
9.2.3 放线菌的繁殖方式	143
9.3 酵母菌	143
9.3.1 酵母菌的个体形态	143
9.3.2 酵母菌的群体特征	144
9.3.3 酵母菌繁殖方式	144
9.4 霉菌	145
9.4.1 霉菌的形态和构造	146
9.4.2 霉菌的繁殖方式	147
9.4.3 霉菌的菌落特征	151
9.5 噬菌体	151
9.5.1 形态、结构	151
9.5.2 繁殖方式	152
9.6 实训项目	154
9.6.1 常见细菌形态观察	154
9.6.2 常见放线菌形态观察	155
9.6.3 常见酵母菌形态观察	157
9.6.4 常见霉菌形态观察	158
9.6.5 微生物大小测定	159
9.7 本章小结	162
9.8 思考题	162
第 10 章 染色与制片技术	163
10.1 细菌的细胞结构	164
10.2 染色技术	167
10.3 制片技术	169
10.4 细菌的鞭毛染色技术	170
10.5 实训项目	172
10.5.1 细菌的革兰氏染色技术	172
10.5.2 水浸片法制片技术	174
10.5.3 悬滴法制片技术	176
10.6 本章小结	178
10.7 思考题	178
第 11 章 微生物培养	179
11.1 微生物的营养	180
11.1.1 微生物的营养	180
11.1.2 微生物的营养类型	183
11.1.3 营养物质的吸收方式	183
11.2 无菌操作技术	186
11.3 有害微生物的控制	187
11.3.1 几个基本概念	188
11.3.2 常用的灭菌方法	188
11.3.3 常用的消毒方法	192
11.4 培养基	194
11.4.1 培养基的制备	194
11.4.2 培养基的类型	200
11.5 微生物的生长	202
11.5.1 微生物群体生长规律及在生产中的指导意义	203
11.5.2 微生物生长规律对工业生产的指导意义	204
11.6 微生物的接种、培养及分离	205
11.6.1 微生物的接种	205
11.6.2 微生物的培养	207
11.6.3 微生物培养技术	208
11.7 微生物的分离	212
11.8 理化因素对微生物生长的影响	216
11.8.1 物理因素对微生物生长的影响	216

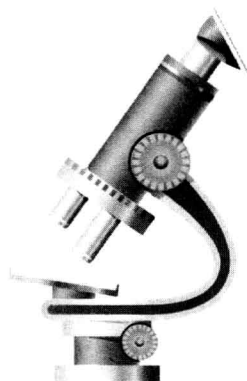
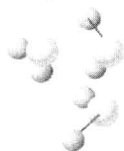
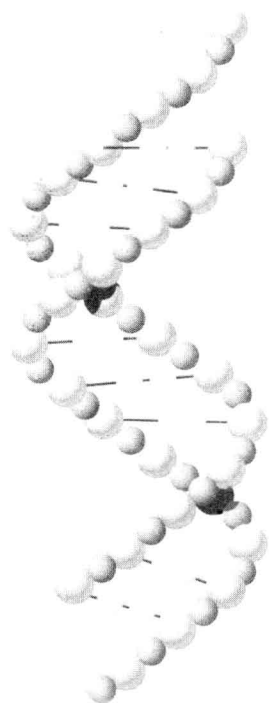


11.8.2 化学因素的影响.....	219	12.3.2 分离.....	239
11.9 实训项目.....	221	12.3.3 筛选.....	241
11.9.1 玻璃器皿的清洗、包扎 及灭菌.....	221	12.4 大肠杆菌最可能数 (MPN) 液体 试管稀释法.....	241
11.9.2 培养基的制备.....	226	12.5 实训项目.....	241
11.9.3 微生物的接种、培养及 分离技术.....	228	12.5.1 酵母菌细胞计数、出芽率 及死亡率的测定.....	241
11.10 本章小结.....	232	12.5.2 奶粉中细菌总数的测定.....	244
11.11 思考题.....	233	12.5.3 奶粉中大肠菌群计数.....	246
第 12 章 微生物检测技术	234	12.6 本章小结.....	249
12.1 食品中微生物污染来源及途径.....	235	12.7 思考题.....	249
12.2 微生物生长的测定方法.....	236	附录一 实验常用培养基及制备	250
12.3 微生物检测时的采样、分离及筛 选.....	239	附录二 常用染液配制	259
12.3.1 采样.....	239	参考答案	261
		参考文献	274

第一部分

生物化学

- 第 1 章 蛋白质化学
- 第 2 章 酶化学
- 第 3 章 核酸化学
- 第 4 章 维生素化学
- 第 5 章 糖类化学
- 第 6 章 脂类化学
- 第 7 章 物质代谢



生物体最主要的特征是生命活动，蛋白质是生命活动的物质基础，几乎在一切生命活动过程中都起着非常重要的作用。蛋白质的种类繁多，每一种蛋白质都有着特殊的结构和功能，它们在生命活动中发挥着催化、代谢调节、免疫保护、物质运输和储存、运动与支持、参与细胞间信息传递等重要的生物学功能，因此，了解蛋白质的组成、结构、功能以及其在加工过程中所发生的变化具有非常重要的意义。

本章主要介绍蛋白质组成，氨基酸的结构、性质及蛋白质的结构和性质，通过学习使学生能将相应的理论知识应用到生产实践当中。

【教学目标】

- ☑ 了解蛋白质对生物体的重要意义及蛋白质的化学组成
- ☑ 明确蛋白质结构的概念和稳定因素
- ☑ 掌握蛋白质的基本结构单位、氨基酸的结构特点和理化性质
- ☑ 掌握蛋白质的重要理化性质，并能够在生产中得到应用

基础知识

- 1.1 蛋白质的组成
- 1.2 氨基酸的结构特点
- 1.3 氨基酸的性质
- 1.4 蛋白质的结构
- 1.5 蛋白质的理化性质

拓展知识

- 1.6 蛋白质分离、提纯的一般程序

课堂实训

- 实训项目 1 食品中蛋白质的测定
- 实训项目 2 蛋白质两性性质及等电点测定

1.1 蛋白质的组成

蛋白质是细胞组分中含量丰富、功能强大的生物大分子，它广泛存在于所有的生物细胞中，并在生命活动过程中承担着各种重要的生理功能，是生命活动的物质基础。

1.1.1 蛋白质的元素组成

蛋白质的元素分析结果表明，组成蛋白质的主要元素为 C、H、O、N 四大元素，此外，有的蛋白质中还含有一定量的 S、P 及微量铁、铜、锌、钼、碘、硒等。各种蛋白质的氮元素含量很接近，平均为 16%，这是蛋白质元素组成的特点，也是凯氏定氮法测定蛋白质含量的依据。凯氏定氮法是以含氮量推算蛋白质的含量的，计算公式为：

$$\text{蛋白质含量} = \text{蛋白氮的含量} \times 6.25$$

1.1.2 蛋白质的基本组成单位

蛋白质是生物大分子有机物，它的结构复杂，在酸、碱和酶的催化作用下，可以进行逐级水解，并形成蛋白胨、多肽等中间产物，最终可以得到不能再水解的产物——氨基酸。因此，氨基酸是蛋白质最基本的组成单位，蛋白质的水解过程如下：



1.2 氨基酸的结构特点

尽管在各种生物体内已发现了 180 多种氨基酸 (AA)，但参与组成蛋白质的天然氨基酸只有 20 种，它们称为蛋白质氨基酸。某些蛋白质中的稀有氨基酸组分都是基本氨基酸参入多肽链后经酶促修饰形成的，不直接参与蛋白质组成的氨基酸称为非蛋白质氨基酸。

1.2.1 氨基酸的结构

组成蛋白质的氨基酸大多数具有共同的结构，如图 1-1 所示。

从氨基酸结构通式中可以看出：①构成蛋白质的氨基酸除了脯氨酸是一种 α -亚氨基酸外，其余的都是 α -氨基酸；②除没有手性碳原子的甘氨酸外，其他氨基酸均为 L-型氨基酸；③除甘氨酸外，其他氨基酸都具有旋光性。

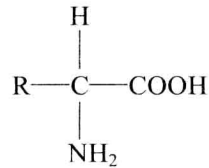


图 1-1 氨基酸结构通式

1.2.2 氨基酸的分类

按 R 基团的化学结构的不同来分类，组成蛋白质的天然氨基酸可以分为脂肪族氨基酸、芳香族氨基酸和杂环族氨基酸；根据氨基酸侧链 R 基团的不同，还可以将它们分为极性氨基酸和非极性氨基酸两大类。组成蛋白质的 20 种氨基酸见表 1-1。

表 1-1 蛋白质中氨基酸的名称、缩写、结构

名称	缩写符号	结构	pI	名称	缩写符号	结构	pI
丙氨酸 Alanine	Ala (A)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	6.02	* 苯丙氨酸 Phenylalanine	Phe (F)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	5.48
半胱氨酸 Cysteine	Cys (C)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$	5.02	甘氨酸 Glycine	Gly (G)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	5.97
天冬氨酸 Aspartic acid	Asp (D)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	2.97	* 组氨酸 Histidine	His (H)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_5\text{H}_4\text{N} \end{array}$	7.59
谷氨酸 Glutamic acid	Glu (E)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{C} \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	3.22	* 异亮氨酸 Isoleucine	Ile (I)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	6.02
* 赖氨酸 Lysine	Lys (K)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ (\text{CH}_2)_4 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	9.74	* 精氨酸 Arginine	Arg (R)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ (\text{CH}_2)_3 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	10.76
* 亮氨酸 Leucine	Leu (L)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	5.98	丝氨酸 Serine	Ser (S)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array}$	5.68
* 蛋氨酸 Methionine	Met (M)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ (\text{CH}_2)_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	5.75	* 苏氨酸 Threonine	Thr (T)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	6.53
* 缬氨酸 Valine	Val (V)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	5.97	脯氨酸 Proline	Pro (P)	$\begin{array}{c} \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{C}_5\text{H}_7\text{N} \end{array}$	6.30
天冬酰胺 Asparagine	Asn (N)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.41	谷氨酰胺 Glutamine	Gln (Q)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.65

续表

名称	缩写符号	结构	pI	名称	缩写符号	结构	pI
* 色氨酸 Tryptophan	Trp (W)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{C} \\ \\ \text{Indole ring} \end{array}$	5.89	酪氨酸 Tyrosine	Tyr (Y)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{C} \\ \\ \text{Benzene ring with OH} \end{array}$	5.66

* 为必需氨基酸。

1.3 氨基酸的性质

氨基酸的性质是由它的组成和结构决定的，不同氨基酸之间的差异只是在侧链上，因此氨基酸具有许多共同的性质。

1. 物理性质

α -氨基酸都是白色晶体，每种氨基酸都有其特殊的结晶形状，利用结晶形状可以鉴别各种氨基酸。氨基酸晶体的熔点通常都较高，一般在 200℃ 以上，其原因是氨基酸晶体是以离子晶格组成的，维持晶格中质点的作用力是强大的异性电荷之间的静电引力，而不是分子间作用力。

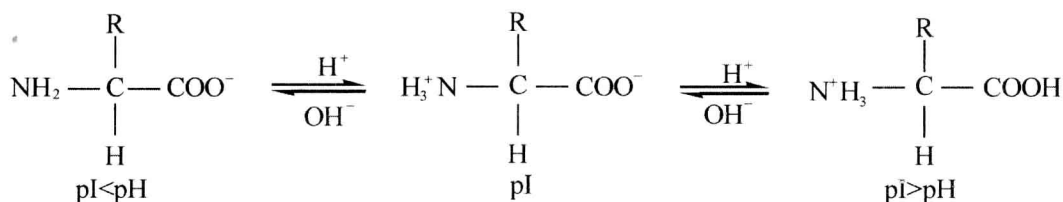
芳香族氨基酸（色氨酸、酪氨酸）有紫外吸收的特性，它们在波长 280 nm 附近有最大吸收峰。不同蛋白质含有一定量的酪氨酸和色氨酸残基，在一定条件下，280 nm 处的紫外吸光度值 (A_{280}) 与蛋白质溶液浓度成正比，利用该性质可以测定样品中蛋白质的含量。

除胱氨酸（2 分子半胱氨酸可形成 1 分子胱氨酸）和酪氨酸外，其他氨基酸都能溶于水，脯氨酸和羟脯氨酸还能溶于乙醇或乙醚中。

2. 化学性质

(1) 氨基酸的两性性质

氨基酸的分子中既有碱性的氨基，又有酸性的羧基，它们可以分别解离形成带正电荷的阳离子 ($-\text{NH}_3^+$) 及带负电荷的阴离子 ($-\text{COO}^-$)，因此氨基酸是两性电解质，其解离方程如下：



氨基酸在溶液中的解离方式及带电状态取决于其所处溶液的酸碱度。在某一 pH 条件下，使氨基酸解离成阳离子和阴离子的数目相等，分子呈电中性，在电场中，分子既不向正极移动也不向负极移动，此时溶液的 pH 称为氨基酸的等电点 (pI)。氨基酸在等电点时以两性离子（或兼性离子）形式存在，此时氨基酸在其溶液中溶解度最小。利用这一性质，可以在工业上提取氨基酸产品。例如，谷氨酸的生产就是将发酵液的 pH 调节到 3.22（谷氨酸的等电点），从而使大量谷氨酸沉淀析出。

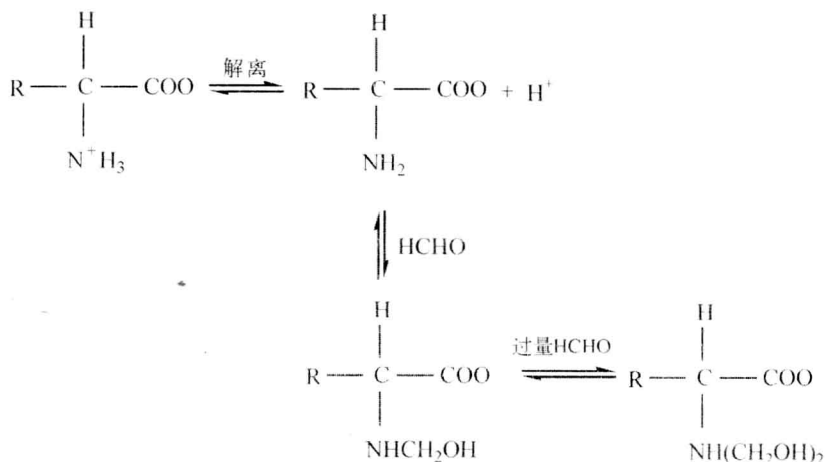
每一种氨基酸都有各自不同的等电点，如表 1-1 所示。氨基酸的等电点由氨基酸分子中氨

基和羧基的解离程度所决定，其大小可以用兼性离子两端的解离常数的负对数的算术平均值表示，即：

$$pI = \frac{pK_1 + pK_2}{2}$$

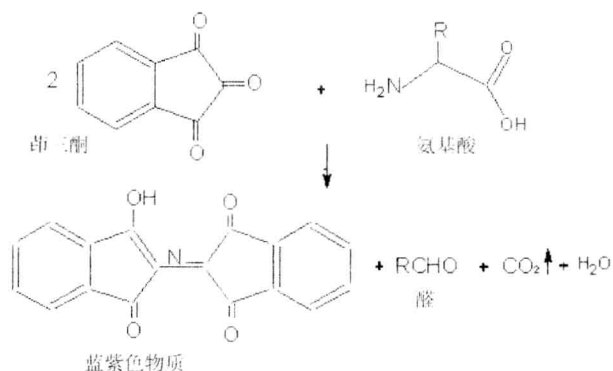
(2) 氨基酸与甲醛的反应

氨基酸分子中既有酸性基团又有碱性基团，但不能直接用酸、碱进行中和滴定，其主要原因是因为滴定终点的 pH 值过高（12~13）或过低（1~2），不能找到适合的指示剂。可以加入过量的甲醛，形成羟甲基氨基酸，促进氨基酸的解离，使滴定终点 pH 值下降 2~3 个单位，然后用碱直接进行酸碱中和滴定，其反应方程式如下：



(3) 与茚三酮反应

α -氨基酸与水合茚三酮溶液共热，生成蓝紫色化合物。其反应式如下：



脯氨酸和羟脯氨酸与水合茚三酮反应产生黄色化合物，其他所有 α -氨基酸与水合茚三酮反应均产生蓝紫色化合物。此反应非常敏感，可以用于氨基酸的定性和定量测定。

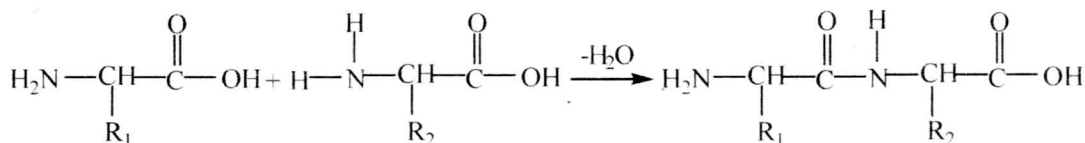
1.4 蛋白质的结构

虽然组成蛋白质的基本氨基酸为 20 种，但各种不同的蛋白质中氨基酸残基数目变化很大，少则几十个，多则成千上万，加之氨基酸排列顺序的差异及组合肽链数的不同，就形成

了结构和功能都十分复杂、多样的蛋白质。目前已确认的蛋白质结构层次可分为一级结构和高级结构。

1.4.1 蛋白质的一级结构

蛋白质是由许多氨基酸通过肽键连接而成的多肽链。不同的蛋白质的氨基酸组成、排列顺序都不同。蛋白质的一级结构是指蛋白质分子中氨基酸的排列顺序和连接方式，它是蛋白质最基本的结构。蛋白质分子中的氨基酸之间都以肽键相连，所谓肽键是指一个氨基酸的 α -氨基与另一氨基酸的 α -羧基通过脱水缩合而形成的酰胺键，由此而形成的化合物称为“肽”，其反应式如下：



其中的肽键是指 C 与 N 之间的连接键，它是维持蛋白质一级结构的主要作用力，虽然表面上看是一个单键，但它不能自由旋转，具有双键的性质，同时 C、N、O、H、 $\text{C}\alpha_1$ 、 $\text{C}\alpha_2$ 同处于一个平面内，故又将此平面称为“酰胺面”，如图 1-2 所示。

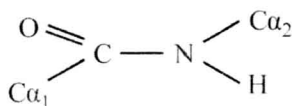


图 1-2 酰胺平面

蛋白质的一级结构是蛋白质分子的基本结构，它是决定蛋白质空间结构的基础。蛋白质的一级结构对蛋白质的生理功能起着决定性的作用，变动蛋白质的一级结构中的任何一个氨基酸，都可能导致整个蛋白质分子的空间结构和生理功能发生极大的变化，使生物体出现病态甚至死亡。

1.4.2 蛋白质的高级结构

蛋白质的高级结构也称为空间结构。通常情况下蛋白质多肽链并不是以完全延伸的形式存在，而是在蛋白质一级结构的基础上通过分子中若干单键的旋转而盘曲、折叠形成特定的空间三维结构。这种空间结构称为蛋白质的空间构象。蛋白质分子的空间结构是它表现生物功能的重要基础，决定着蛋白质的理化性质和生物活性。

1. 蛋白质的二级结构

蛋白质的二级结构是肽链主链不同肽段通过自身的相互作用形成氢键，沿某一主轴盘旋折叠而形成的局部空间结构，主要有 α -螺旋、 β -折叠、 β -转角和无规则卷曲等。

(1) α -螺旋

α -螺旋是 Pauling 和 Coroy 等人在研究羊毛、马鬃、猪毛等 α -角蛋白后，于 1951 年提出来的。 α -螺旋的结构要点如下：

① 肽链围绕假设的中心轴盘绕成螺旋状，每一圈含有 3.6 个氨基酸残基，沿螺旋轴方向上升 0.54 nm，即每个氨基酸残基沿螺旋中心轴垂直上升的距离为 0.15 nm，如图 1-3 所示。

② 相邻的螺旋之间形成链内氢键，氢键的取向几乎与中心轴平行。氢键由两个氨基酸残基