


•BIOCHEMISTRY SIMPLE TUTORIAL



王翔◎主编


生物化学 简明教程

 中国纺织出版社

生物化学简明教程

主 编 王 翔

副主编 郭文娟 于 洛

 中国纺织出版社

内 容 提 要

本书共分七章,包括:蛋白质化学、酶、核酸、维生素与辅酶、激素化学、糖及其代谢和遗传信息的传递与表达。同时书中附有七个章节的习题和六个实验。

本书叙述简明扼要、概念准确,内容新颖。适合作为工科类生物工程、制药工程、生物化工及环境工程的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学简明教程/王翔主编. —北京:中国纺织出版社, 2011.7

ISBN 978-7-5064-7431-3

I. ①生… II. ①王… III. ①生物化学—高等学校—教材

IV. ①Q5

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第065918号

策划编辑:卢志林 责任编辑:范雨昕 责任校对:寇晨晨
责任设计:李 歆 责任印制:何 艳

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街6号 邮政编码:100027

邮购电话:010-64168110 传真:010-64168231

<http://www.c-textilep.com>

E-mail: faxing@c-textilep.com

三河市华丰印刷厂印刷 三河市永成装订厂装订

各地新华书店经销

2011年7月第1版第1次印刷

开本:710×1000 1/16 印张:19.75

字数:297千字 定价:36.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

前 言

生物化学可以说是生命的化学,是从分子水平上研究蛋白质、核酸、糖、脂类等生物分子的结构、功能及其在生命过程中的相互关系的学科。它既是各生物学科的基础,也是生命学科中发展的前沿。它不但为细胞生物学、遗传学、微生物学、病毒学等学科提供了研究的手段和方法,也是临床医学、药学、制药工程、食品与营养等学科的基础。

早期的生物化学研究是按生物大分子的分离、结构、功能、构效关系的顺序进行的。但随着对核酸认识的不断加深,使人们可以从基因、蛋白质的分子水平上了解生物大分子在生长、发育、生殖、衰老、死亡的作用及相互关系。这使得生物化学的内容更加丰富,更加全面。

本书从工科生物化学的教学实际出发,将蛋白质,酶化学,维生素,激素,糖及其代谢,核酸,DNA的复制、转录、翻译等最核心的部分囊括在内,并与相应的习题和实验编排在一起。本书概念准确,难度适中,言简意赅,力求从基础层面向学生展示生物化学。

本书可作为制药工程、营养与食品科学、环境科学等工科类的生物化学教材或参考书。由于编者的水平和经验有限,书中难免有不当之处,敬请读者指正。

编 者
2011年

目 录

第一部分 基础知识	1
第一章 蛋白质	1
第一节 蛋白质的化学组成、作用及分类	1
一、蛋白质的化学组成	1
二、蛋白质的作用	1
三、蛋白质的分类	2
第二节 蛋白质的基本结构单元——氨基酸	3
一、蛋白质的水解	3
二、氨基酸的分类	4
三、氨基酸的酸碱性质	6
四、氨基酸的化学反应	10
五、氨基酸的光谱性质及分离分析	13
第三节 蛋白质的共价结构	15
一、肽及肽键的结构	15
二、肽段等电点的确定	16
三、蛋白质一级结构的测定	17
四、蛋白质的氨基酸序列与生物功能	27
第四节 蛋白质的三维结构	28
一、蛋白质的构象	28
二、蛋白质的二级结构	28
三、纤维状蛋白质	31
四、球状蛋白质的结构及功能	33
五、维持蛋白质三级结构的作用力	35
六、蛋白质的变性作用	37
七、球状蛋白质的结构域和三级结构	38

八、亚基缔合和四级结构	41
第五节 蛋白质的性质	47
一、蛋白质的胶体性质	47
二、蛋白质的两性性质和等电点	47
三、蛋白质的沉淀作用	47
四、蛋白质的制备	48
五、蛋白质的分离纯化	48
第二章 酶	52
第一节 酶催化作用的特点	52
一、酶和一般催化剂的比较	52
二、酶的化学本质及分类	53
第二节 酶的命名及分类	54
一、习惯命名法	55
二、国际系统命名法	55
三、国际系统分类法及编号	55
第三节 酶的分离、提纯及活力测定	56
一、酶的分离和纯化	56
二、酶活力的测定	57
第四节 酶促反应动力学	58
一、酶浓度的影响	59
二、多底物反应的动力学机制	63
三、影响酶促反应的因素	64
四、可逆抑制作用动力学	69
第五节 酶的专一性及活性中心	73
一、酶的底物专一性	73
二、酶的活性中心	74
第六节 影响酶催化效率的相关因素	77
一、底物与酶的邻近效应与定向效应	77
二、底物的形变与诱导契合	78
三、酸碱催化	78
四、共价催化	78

五、金属离子催化	78
六、多元催化和协同效应	79
七、活性部位微环境的影响	79
第七节 酶活性的调节控制	79
一、酶原的激活	79
二、别构酶	80
三、酶的共价修饰调节	82
四、同工酶	83
五、一些重要概念	83
第三章 核酸	85
第一节 核酸的化学组成	85
一、核酸的组成	85
二、核苷酸的组成	85
三、核苷酸的连接方式	88
第二节 DNA 的结构	89
一、DNA 的分子结构	89
二、基因与基因组	92
第三节 RNA 的种类与结构	93
一、tRNA 的结构	93
二、mRNA	95
三、rRNA 的结构	95
四、其他 RNA 分子	96
五、RNA 组	96
第四节 核酸的性质	97
一、核酸的化学性质	97
二、核酸的物理性质	97
三、核酸的变性、复性和杂交	98
第四章 维生素与辅酶	100
第一节 维生素的概念与分类	100
一、概念	100
二、命名与分类	100

第二节 重要的脂溶性维生素	101
一、维生素 A 及维生素 A 原	101
二、维生素 D 及维生素 D 原	102
三、维生素 K	103
四、维生素 E	104
第三节 重要的水溶性维生素	105
一、维生素 C	105
二、维生素 B ₁ 和焦磷酸硫胺素	106
三、维生素 B ₂ 和黄素单核苷酸、黄素腺嘌呤二核苷酸	107
四、泛酸与辅酶 A	108
五、烟酸、烟酰胺和烟酰胺腺嘌呤二核苷酸、烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸	109
六、维生素 B ₆ 及其辅酶	110
七、生物素	111
八、叶酸及四氢叶酸	112
九、维生素 B ₁₂	113
十、硫辛酸	115
第五章 激素	116
第一节 激素的概念与分类	116
第二节 重要的动物激素	117
一、下丘脑激素	117
二、垂体激素	118
三、甲状腺激素	120
四、胰腺激素	123
五、肾上腺激素	123
六、性激素	125
七、脂肪酸衍生物类激素	126
第三节 激素的调控体系	127
一、下丘脑承上启下的调节	128
二、反馈调节	128
三、多元调控	129

第四节 激素的作用原理	129
一、受体及其特征	129
二、质膜激素受体的信息传递	130
三、甾体激素的作用机制	140
第五节 昆虫激素	141
第六章 糖及其代谢	142
第一节 糖化学	142
一、糖的分类	142
二、单糖的命名	142
三、单糖的立体结构	143
四、重要的单糖衍生物	145
五、单糖的主要化学性质	145
六、寡糖化学	146
七、多糖化学	149
第二节 糖酵解	151
一、糖酵解的细节	151
二、糖酵解调控	154
第二节 柠檬酸循环	158
一、丙酮酸脱氢酶	159
二、柠檬酸合酶	160
三、异柠檬酸脱氢酶	161
四、柠檬酸循环的细节	161
第三节 电子传递系统和氧化磷酸化作用	164
第四节 糖原代谢	168
一、糖原的合成	168
二、糖原合成的控制	169
三、糖原的降解	170
四、糖原降解的控制	170
第五节 戊糖磷酸支路	173
第六节 其他己糖的代谢	175
一、半乳糖代谢	175

二、果糖	177
第七节 糖异生作用	178
一、糖异生的代谢途径	178
二、糖异生作用的生理意义	179
三、糖异生作用的调节	180
第七章 遗传信息的传递与表达	181
第一节 DNA 的生物合成	181
一、DNA 的复制合成	182
二、逆转录合成 DNA	186
三、DNA 的修复合成	188
第二节 RNA 的生物合成	190
一、转录	190
二、转录后加工和修饰	193
三、RNA 的复制	195
第三节 蛋白质的生物合成	195
一、参与翻译的物质	195
二、蛋白质生物合成的过程	199
三、翻译后的加工与修饰	203
四、蛋白质生物合成的调控	203
第二部分 习题	207
第一章 蛋白质	207
第二章 酶	213
第三章 核酸	220
第四章 维生素与辅酶	226
第五章 激素	233
第六章 糖代谢	241
第七章 遗传信息的传递与表达	252
第三部分 实验	269
实验一 纸层析法鉴定氨基酸	269

实验二	牛奶中酪蛋白的分离和测定	272
实验三	酸性磷酸酯酶的提取	273
实验四	酶促反应进程曲线的测定	276
实验五	SDS—PAGE 法测定酸性磷酸酯酶的相对分子质量	281
实验六	柱色谱法分离辣椒红色素	289
参考文献	302

第一部分 基础知识

第一章 蛋白质

18 世纪中叶,Beccari 首次报道了从面粉中能分离到一种黏性很高的物质,现知为谷蛋白。19 世纪中期,荷兰化学家莫特(G. J. Mulder)从动植物组织中也得到了这种物质,并命名为“protein”,译为蛋白质。

蛋白质是一类重要的生物大分子,其英文词根中有“最初的”、“第一重要的”意思。蛋白质在生物体内占有特殊的地位。蛋白质和核酸是构成细胞内原生质的主要成分,占人体质量的 16.3%。具有构造人的身体、修补组织、维持肌体正常的新陈代谢和各类物质在体内的输送,维持体液的酸碱平衡等功能。

第一节 蛋白质的化学组成、作用及分类

一、蛋白质的化学组成

根据元素分析,发现蛋白质含有 C、H、O、N 及少量的 S,有些蛋白质还含有 P、Fe、Cu、Zn、I、Mo 等元素。

蛋白质的平均含氮量为 16%,蛋白质元素组成的一个特点,也是凯氏定氮法测定蛋白质含量的计算基础可以用下式表达:

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

式中:常数 6.25,即 16%的倒数,为 1g 氮所代表的蛋白质量(g)。

二、蛋白质的作用

蛋白质是生物功能的载体。蛋白质的生物学功能包括以下几方面:

(1)催化。蛋白质的一个最重要的生物功能作为生物体新陈代谢的催化剂——酶。

(2)调节。许多蛋白质能调节其他蛋白质执行其生理功能的能力,这些蛋白质

称为调节蛋白。

(3)转运。转运蛋白的功能是从一地到另一地转运特定的物质。

(4)储存。有一类蛋白是氨基酸的聚合物。如许多高等植物的种子含高达60%的储存蛋白,为种子的发芽准备足够的氮素。

(5)运动。某些蛋白质赋予细胞运动能力,肌肉收缩和细胞游动是细胞具有这种能力的代表。

(6)结构成分。蛋白质另一重要的功能是建造和维持生物体的结构。这类蛋白质称为结构蛋白,它们给细胞和组织提供强度和保护。如毛发、角、骨、腱等。

(7)支架作用。新近发现某些蛋白质在细胞应答激素和生长因子的复杂途径中起作用,这类蛋白称为支架蛋白或接头蛋白。

(8)防御和进攻。与一些结构蛋白的被动性防护不同,这类蛋白质更确切地应称为保护或开发蛋白的蛋白质在细胞防御、保护和开发方面的作用是主动的。

三、蛋白质的分类

随着生物化学研究的进展,许多蛋白质的结构已清楚。目前常用的分类方法有以下几种:

(1)根据分子形状分类。蛋白质按其分子外形的对称程度可分为球状蛋白和纤维状蛋白。

(2)根据功能分类。蛋白质按其功能可分为活性蛋白和非活性蛋白。

(3)根据组成分类。蛋白质按其组成可分为简单蛋白(分子中只含蛋白质)和结合蛋白。结合蛋白的分类见表1-1。

表 1-1 结合蛋白的分类

色蛋白	蛋白+色素(多为血红蛋白)。血红蛋白 Fe^{2+} 、血蓝蛋白 Cu^{2+} 、叶绿蛋白 Mg^{2+}
金属蛋白	直接与金属结合。乙醇脱氢酶(Zn)、黄嘌呤氧化酶(Mo, Fe)
磷蛋白	含磷酸基与丝氨酸(Ser)、苏氨酸(Thr)相连
核蛋白	非蛋白部分为核酸
脂蛋白	细胞蛋白,主要存在于细胞膜、磷脂、血浆蛋白中
糖蛋白	糖蛋白的相对分子质量悬殊,血浆中的各种球蛋白均属此类

(4)根据营养价值分类。蛋白质按其营养价值可分为完全蛋白(含人体所需的各种氨基酸)和不完全蛋白(缺乏人体某些必需氨基酸)。

第二节 蛋白质的基本结构单元——氨基酸

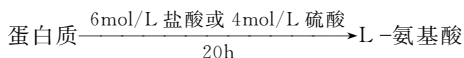
在四大类生物分子中(糖、脂、蛋白质、核酸),蛋白质是生物功能的主要载体。而氨基酸(amino acid)是蛋白质的构件分子(1819年布拉孔诺实验得出)。自然界中存在的成千上万种蛋白质,在结构和功能上的惊人的多样性是由20种常见氨基酸的内在性质决定的。这些性质包括:聚合能力、特有的酸碱性质、侧链的结构及其化学功能的多样性和手性。它们是讨论蛋白质和酶的结构、功能以及其他有关问题的基础。

一、蛋白质的水解

人们在100多年前就开始了蛋白质的化学研究,水解作用提供了蛋白质关于组成和结构的极有价值的资料。在水解过程中,蛋白质逐渐降解成相对分子质量越来越小的肽段(peptide fragment),直到最后成为氨基酸的混合物。

根据蛋白质的水解程度,可分为完全水解和部分水解两种情况:完全水解或称彻底水解,其产物是各种氨基酸的混合物;部分水解,即不完全水解产物是各种大小不等的肽段混合物和氨基酸。蛋白质主要有酸、碱和酶三种水解方法。

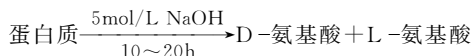
1. 酸水解



其优点是不引起消旋,缺点是色氨酸破坏完全、含羟基氨基酸(丝氨酸、苏氨酸)有一小部分被分解。同时天冬酰胺、谷氨酰胺的酰氨基被水解下来。

2. 碱水解

其特点是产生消旋,但色氨酸稳定。缺点是精氨酸脱氨产生鸟氨酸和尿素。



3. 酶水解

其特点是不消旋,不破坏氨基酸。但一种酶水解不彻底,需几种酶长时间共同作用,主要用于部分水解。

二、氨基酸的分类

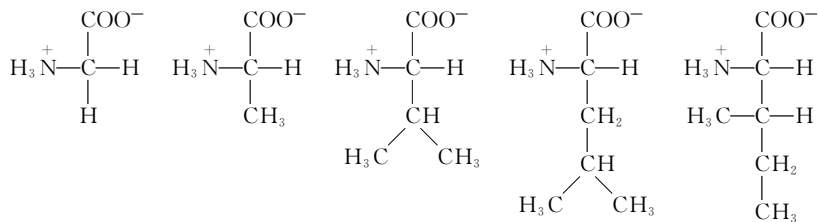
从各种生物体中发现的氨基酸已有 180 多种,但是参与蛋白质组成的常见氨基酸或称基本氨基酸只有 20 种(表 1-2),称为蛋白质氨基酸。

表 1-2 20 种蛋白质氨基酸的缩写

氨基酸	三字母缩写	单字母缩写	氨基酸	三字母缩写	单字母缩写
丙氨酸(Alanine)	Ala	A	亮氨酸(Leucine)	Leu	L
精氨酸(Arginine)	Arg	R	赖氨酸(Lysine)	Lys	K
天冬酰胺(Asparagine)	Asn	N	甲硫氨酸(Methionine)	Met	M
天冬氨酸(Aspartic Acid)	Asp	D	苯丙氨酸(Phenylalanine)	Phe	F
半胱氨酸(Cysteine)	Cys	C	脯氨酸(Proline)	Pro	P
谷氨酰胺(Glutamine)	Gln	Q	丝氨酸(Serine)	Ser	S
谷氨酸(Glutamic Acid)	Glu	E	苏氨酸(Threonine)	Thr	T
甘氨酸(Glycine)	Gly	G	色氨酸(Tryptophan)	Trp	W
组氨酸(Histidine)	His	H	酪氨酸(Tyrosine)	Tyr	Y
异亮氨酸(Isoleucine)	Ile	I	缬氨酸(Valine)	Val	V

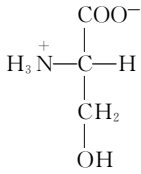
1. 脂肪族氨基酸

(1) 中性氨基酸。

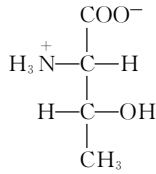


甘氨酸(Gly, G) 丙氨酸(Ala, A) 缬氨酸(Val, V) 亮氨酸(Leu, L) 异亮氨酸(Ile, I)

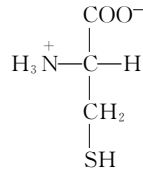
(2) 含羟基或硫氨基酸。



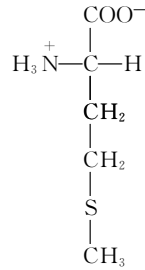
丝氨酸(Ser, S)



苏氨酸(Thr, T)

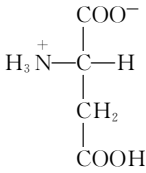


半胱氨酸(Cys, C)

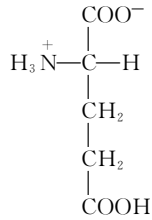


甲硫氨酸(Met, M)

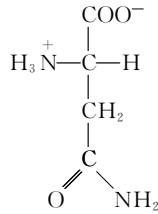
(3) 酸性氨基酸及其酰胺。



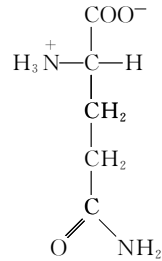
天冬氨酸(Asp, D)



谷氨酸(Glu, E)

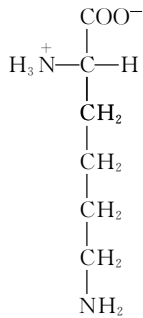


天冬酰胺(Asn, N)

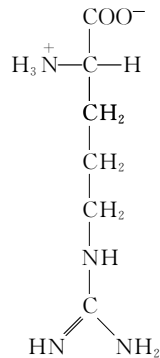


谷氨酰胺(Gln, Q)

(4) 碱性氨基酸。

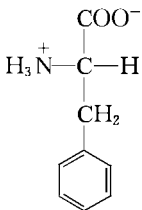


赖氨酸(Lys, K)

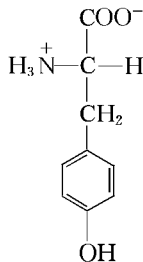


精氨酸(Arg, R)

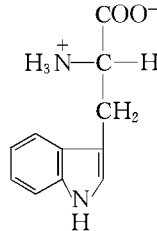
2. 芳香族氨基酸



苯丙氨酸(Phe, F)

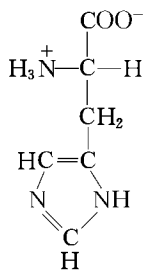


酪氨酸(Tyr, Y)

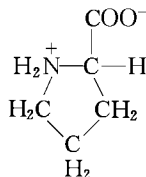


色氨酸(Trp, W)

3. 杂环氨基酸



组氨酸(His, H)



脯氨酸(Pro, P)

4. 非蛋白质氨基酸

除了蛋白质氨基酸以外,还在各种组织细胞中找到 150 多种其他氨基酸。这些氨基酸大多是蛋白质中存在的 L 型 α -氨基酸的衍生物。但是有一些是 β -氨基酸, γ -氨基酸或 δ -氨基酸,并且有些是 D 型氨基酸。

5. 必需氨基酸和非必需氨基酸

食物中的蛋白质必须经过肠胃道消化,分解成氨基酸才能被人体吸收利用。因此,人体对蛋白质的需要实际就是对氨基酸的需要。营养学上将氨基酸分为必需氨基酸和非必需氨基酸两类。

必需氨基酸指的是人体自身不能合成或合成速度不能满足人体需要,必须从食物中摄取的氨基酸。对成人来说,这类氨基酸有 8 种,包括 Lys、Met、Leu、Ile、Thr、Val、Trp 和 Phe。对婴儿来说,His 也是必需氨基酸。

非必需氨基酸并不是说人体不需要这些氨基酸,而是说人体可以自身合成或由其他氨基酸转化而得到,不一定非从食物中直接摄取不可。这类氨基酸包括 Glu、Ala、Arg、Gly、Asp、Cys、Pro、Ser 和 Tyr 等。有些非必需氨基酸,如胱氨酸和酪氨酸如果供给充裕还可以节省必需氨基酸中蛋氨酸和苯丙氨酸的需要量。

三、氨基酸的酸碱性质

掌握氨基酸的酸碱性质是极其重要的,是了解蛋白质的许多性质的基础。

