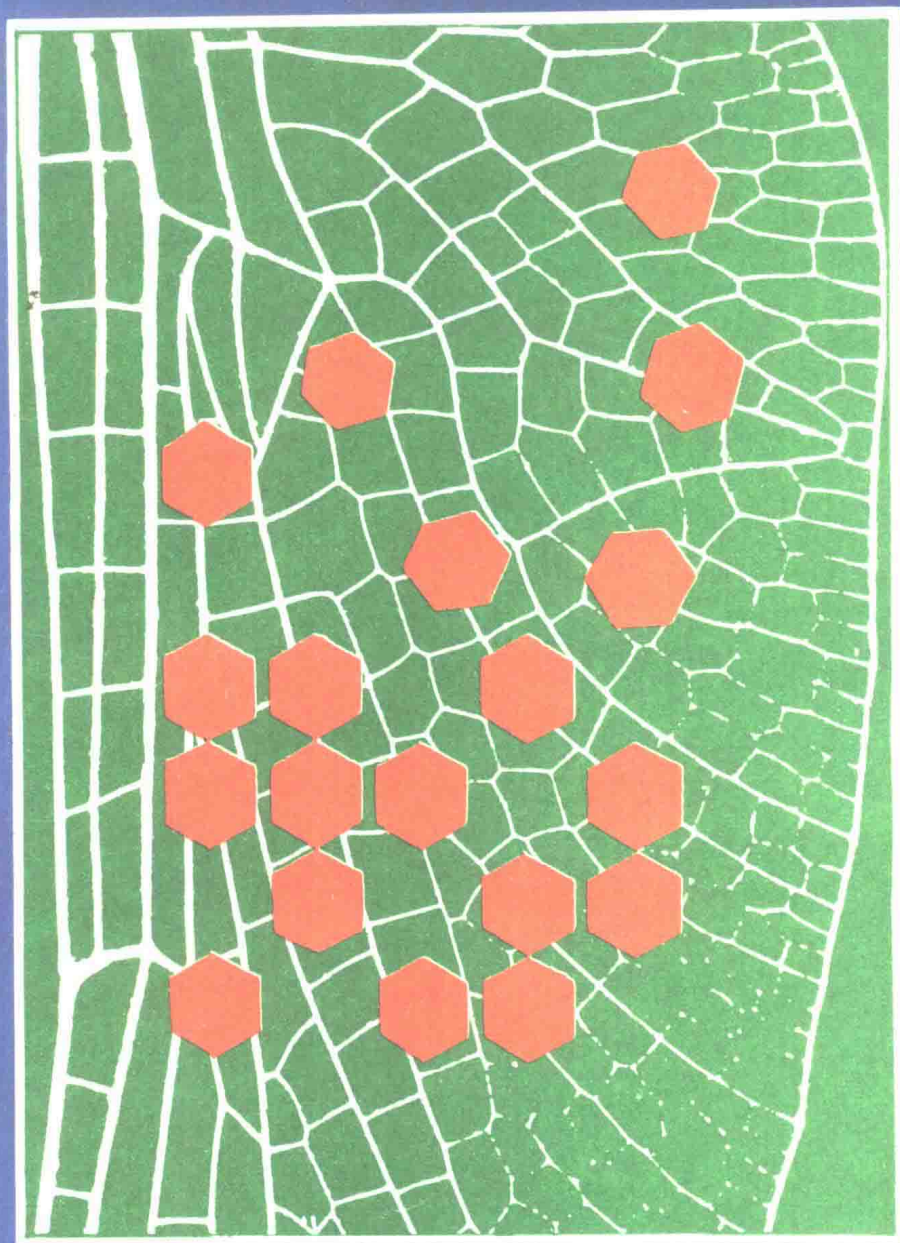




简明 基础 生物 化学

李忠义 编

JIANMING JICHU
SHENG WU HUA XUE

大连理工大学出版社

简明基础生物化学

李忠义 编

大连理工大学出版社

(辽)新登字 16 号

内 容 简 介

本书主要介绍生物化学基础知识和当代生物化学最新进展及某些生物化学原理在化工产品生产中的应用。

全书共八章,内容包括:蛋白质化学、酶化学、核酸化学、糖代谢、脂类代谢、核酸代谢、蛋白质代谢、物质代谢互相联系和调节控制。对于维生素、辅酶和激素分述于有关章节。

本书可作为高等院校化学、化工等专业的本科生、研究生的教材和参考书,也可作有关科技工作者的入门向导。

简明基础生物化学

Jianming Jichu Shengwu Huaxue

李忠义 编

大连理工大学出版社出版发行 (邮政编码:116024)

大连文悦计算机排版公司排版

大连理工大学印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:15 字数:355 千字

1993 年 8 月第 1 版 1993 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—1000

责任编辑:杨 泳

封面设计:羊戈

责任校对:宋玉珠

ISBN 7-5611-0800-5/Q·16 定价:10.00 元

前 言

生物化学不仅是生物科学的一个重要分支，而且也与许多学科密切相关。生物化学知识在实际应用方面既广泛又十分重要。尤其随着高科技兴起和发展。生物化学这个学科越来越受到人们的重视。十多年来，大连理工大学化工学院对化学、化工各系各专业开设了生物化学课。本书是编者结合化学、化工类的特点，在生物化学讲稿的基础上加以整理编写而成的。

对于迫切希望学习生物化学知识的读者来说，目前出版的厚厚的生物化学教材往往使他们感到难以掌握要领。如能提供一本简明又较为系统地介绍基本的生物化学知识的书籍，无疑将有助于他们的学习，并会受到欢迎。

本书着重介绍最基本的生物化学基础知识和现代生物化学最新成就及一些生化原理在化工产品生产中的应用。全书共八章，内容包括蛋白质化学、酶化学、核酸化学、糖代谢、脂类代谢、核酸代谢、物质代谢的互相联系和调节控制。

在编写中，努力遵循辩证唯物主义认识规律，兼顾广度和深度的同时，力求取材精炼，突出重点。阐述简明，安排由易到难，重视了科学性、系统性和相关性。对于维生素、辅酶和激素及有关代谢过程的基本概念等分别于有关章节讨论，免于重复。在阐述各类生命物质的结构、功能及代谢的基础上，尽可能将当代生物化学的最新进展和生化原理在化工方面应用写入了有关章节。为便于读者思考问题、分析问题，对书中重点难点加深理解，在各章、节后编写了思考题，每章后边又列入复习题。

本书可作为高等院校化学、化工等系、专业的本科生、研究生的教材和参考书，也可作为有关科技工作者的入门向导。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

1992. 12. 15

目 录

前 言	1
绪 论	1
一、生物化学的研究对象和目的	1
二、生物化学的发展	1
三、生物化学与有关学科的关系	2
四、我国生物化学现状与将来	3
五、生物化学的学习方法	4
第一章 蛋白质化学	5
§ 1-1 蛋白质生物学意义及其组成	5
一、蛋白质生物学意义	5
二、蛋白质的元素组成	7
三、蛋白质的基本组成单位——氨基酸	7
§ 1-2 氨基酸化学	8
一、氨基酸通式及共同结构特点	8
二、氨基酸的分类	8
三、氨基酸的理化性质	10
四、肽	15
五、氨基酸的制备和应用状况	16
§ 1-3 蛋白质的结构	18
一、蛋白质的化学结构	18
二、蛋白质的空间结构	20
三、蛋白质分子中重要化学键	24
§ 1-4 蛋白质结构与功能关系	25
一、蛋白质一级结构与功能关系	25
二、蛋白质构象与功能关系	26
§ 1-5 蛋白质的性质	27
一、蛋白质的分子量	27
二、蛋白质的两性电离和等电点	27
三、蛋白质的胶体性质	28
四、蛋白质的沉淀反应	28
五、蛋白质的变性	29
六、蛋白质的颜色反应	29
§ 1-6 蛋白质的分类	30
一、简单蛋白质	30
二、结合蛋白	30
§ 1-7 蛋白质分离提纯	31
一、抽 提	31
二、分 离	31

三、纯化	32
§ 1-8 多肽和蛋白质的人工合成	32
一、多肽的人工合成	32
二、固相法合成多肽	33
第二章 酶	36
§ 2-1 酶是生物催化剂	36
一、酶有一般催化剂特征	36
二、酶与一般催化剂的不同点	37
§ 2-2 酶的化学本质与化学结构	38
一、酶的化学本质是蛋白质	38
二、酶的组成	39
三、单体酶、寡聚酶和多酶体系	39
四、重要的辅酶结构与功能	40
§ 2-3 酶的分类和命名	44
一、酶的分类	44
二、酶的命名	46
§ 2-4 酶结构与功能关系	46
一、酶的活性中心	46
二、酶促反应机制的学说	48
三、酶原与酶原激活	49
四、多功酶、同功酶和固定化酶	50
§ 2-5 酶反应基本动力学	52
一、酶的活力	52
二、反应初速度概念	53
三、底物浓度对酶反应速度的影响	53
四、酶促反应速度的基本方程式——米氏方程	54
五、米氏常数的意义及测定	55
§ 2-6 影响酶促反应因素	57
一、酶浓度对反应速度的影响	57
二、温度对酶促反应速度的影响	57
三、pH 值对酶促反应速度的影响	58
四、激活剂对酶促反应的影响	59
五、抑制剂对酶促反应的影响	59
§ 2-7 酶的实际应用	61
一、酶的提取与纯化	61
二、酶的实际应用	62
第三章 核酸化学	64
§ 3-1 核酸概念和核酸生物学功能	64
一、核酸的概念	64
二、核酸的生物功能	65
§ 3-2 核酸的化学组成及其化学结构	66
一、核酸水解产物	67
二、碱基	67

三、戊糖	69
四、磷酸	69
五、核苷	69
六、核苷酸	70
七、细胞内游离核苷酸及其衍生物	71
§ 3-3 核酸的结构	72
一、核酸的连接方式	72
二、核酸的一级结构	73
三、DNA 的双螺旋二级结构	74
四、DNA 的三级结构	76
五、RNA 的结构	77
§ 3-4 核酸的理化性质	79
一、核酸一般性质	79
二、核酸紫外吸收性质	80
三、核酸的变性与复性	80
§ 3-5 核酸的分离提取和核苷酸类物质的制取	81
一、核酸分离提取的主要步骤	82
二、DNA 的提取	82
三、RNA 的分离提取	82
四、核苷酸类物质的制取	83
第四章 糖代谢	87
§ 4-1 新陈代谢概念	87
一、同化作用和异化作用	87
二、中间代谢	88
三、自由能和高能键	88
§ 4-2 糖类结构与功能	90
一、糖的概念和糖的分类	90
二、单糖结构、构型和构象	91
三、寡聚糖	94
四、多糖	96
§ 4-3 糖的分解	98
一、糖类为生物基本营养物质	98
二、多糖的分解	99
三、二糖的分解	101
§ 4-4 单糖进入细胞的分解	101
一、糖的无氧氧化	102
二、糖的有氧氧化	105
三、丙酮酸的其它途径	110
四、乙醛酸循环	111
五、磷酸己糖代谢支路 (HMS) (磷酸戊糖途径)	112
§ 4-5 生物氧化	114
一、生物氧化一般原理	114
二、生物氧化体系的类型	114

三、ATP 的生物合成	116
四、氧化磷酸化作用机制的解释	117
五、生物体内能量的贮存和利用	118
§ 4-6 糖的合成代谢	118
一、光合作用概念	118
二、糖的生物合成	124
§ 4-7 糖代谢调节	126
一、调节血糖水平的化学和物理机制	126
二、神经系统对血糖浓度的直接控制	126
三、激素对血糖调节机理的间接控制	127
四、糖代谢的紊乱	127
第五章 脂类代谢	129
§ 5-1 脂 类	129
一、脂类的组成及其类别	129
二、脂类的吸收、转化和储存	129
三、脂类的生理功能	130
§ 5-2 脂肪分解代谢	131
一、脂肪的组成与脂肪的乳化作用	131
二、脂肪酶	131
三、脂肪的水解	132
四、甘油的降解	132
五、脂肪酸的降解—— β -氧化作用	132
六、脂肪酸的其它氧化途径	135
七、不饱和脂肪酸的氧化	135
八、酮体的生成与分解	136
§ 5-3 脂肪的合成代谢	137
一、甘油的生物合成	137
二、脂肪酸的生物合成	137
三、甘油与脂肪酸合成甘油三酯	140
§ 5-4 磷脂代谢	142
一、磷脂结构	142
二、磷脂的消化与吸收	143
三、磷脂的生物合成	144
§ 5-5 胆固醇的代谢	150
一、胆固醇的消化和吸收	150
二、胆固醇的分解	150
三、胆固醇的生物合成	151
§ 5-6 脂代谢的调节	153
第六章 核酸代谢	155
§ 6-1 核酸和核苷酸的分解代谢	155
一、核酸的解聚作用	155
二、核苷酸的降解	156
三、嘌呤的分解	157

四、嘧啶的分解	158
§ 6-2 核酸的生物合成	159
一、嘌呤核糖核苷酸的合成	159
二、嘧啶核糖核苷酸的合成	162
三、脱氧核糖核苷酸的合成	164
四、核苷(或脱氧核苷)一磷酸的磷酸化	165
§ 6-3 DNA 的复制	165
一、DNA 的半保留复制	165
二、以 DNA 为模板的 DNA 酶促合成	167
三、DNA 聚合酶	167
四、DNA 的复制过程	168
五、DNA 的损伤及修复	170
§ 6-4 RNA 指导下的 DNA 的合成	173
一、逆转录酶	173
二、逆转录酶的作用机制	174
三、逆转录的生物学意义	174
§ 6-5 DNA 指导下 RNA 的合成	175
一、核糖核酸的酶促合成	175
二、RNA 聚合酶	177
三、RNA 转录过程	177
四、转录后的核糖核酸链的加工过程	178
五、转录过程的调节和控制	180
§ 6-6 核酸生物合成的抑制物	181
一、嘌呤和嘧啶类似物	181
二、DNA 模板功能的抑制物	182
三、核酸聚合酶的抑制物	184
第七章 蛋白质代谢	185
§ 7-1 蛋白质的水解和蛋白质水解酶类	185
一、蛋白质的水解	185
二、蛋白质水解酶类	186
§ 7-2 氨基酸分解代谢途径	187
一、脱氨基作用	187
二、氨基酸的转氨基作用	189
三、联合脱氨作用	190
四、氨基酸的脱羧作用	190
§ 7-3 氨基酸分解产物的代谢途径	190
一、 α -酮基酸的代谢	191
二、氨的代谢	192
三、 CO_2 的去向	193
四、胺的代谢	194
§ 7-4 氨基酸的生物合成	194
一、还原性氨基化反应	194

二、 α -酮酸经氨基转移生成氨基酸	195
三、氨基酸的互相转化	195
四、氨基酸合成的其它途径	196
§ 7-5 蛋白质的生物合成与核酸	199
一、遗传信息及其传递	199
二、信使 RNA 与遗传密码	200
三、与蛋白质生物合成有关的 RNA	202
§ 7-6 蛋白质的生物合成机制	204
一、氨基酸活化生成氨基酰-t-RNA	204
二、肽链合成的起始	205
三、肽链的延伸	206
四、肽链合成的终止和释放	208
五、肽链合成后的加工处理	209
六、蛋白质合成所需的能量	210
七、蛋白质生物合成的抑制剂	210
八、线粒体中蛋白质的合成	211
§ 7-7 突变的分子基础	211
一、转 换	212
二、颠 换	213
三、插 入	213
四、缺 失	213
第八章 物质代谢的相互联系和调节控制	215
§ 8-1 代谢调节的重要性	215
§ 8-2 物质代谢相互联系	215
一、糖代谢与脂肪代谢的互相关系	215
二、糖代谢与蛋白质代谢的相互关系	216
三、脂肪代谢与蛋白质代谢相互关系	216
四、核酸与其它物质代谢相互关系	216
§ 8-3 代谢的调节	217
一、酶水平的调节	218
二、酶在细胞内的集中存在与隔离分布	221
三、激素对代谢的调节	222
四、神经系统对代谢的调节	227

绪 论

一、生物化学的研究对象和目的

生物化学是关于生命的化学。生物化学是以生物体为对象,研究生命本质的科学。生物化学是介于生物学与化学之间的边缘科学。它是用化学的理论和方法作为主要手段研究生物体的边缘科学,其任务是用辩证唯物主义的观点研究生物体的化学组成,阐述构成生物体基本物质:糖类、脂类、蛋白质和核酸以及各类对生物体内化学反应起着催化调节作用的物质——酶、维生素和激素的组成、结构、性质和功能,这构成了生物化学主要内容的一个方面。生物和无生命物质的区别在于它经常进行自我更新,生物体和外界进行物质和能量交换是它生存的基本条件。因此生物化学另一方面是研究上述种种物质在生物体内,怎样分解、怎样合成、怎样互相转化又互相制约以及物质互相转化过程中的能量转化等问题。人们常把前一方面内容称为静态生物化学,后一方面内容称为动态生物化学。在这两方面研究的基础上,从分子水平阐明生物生长、分化、繁殖、遗传等生命现象的化学本质。

恩格斯早就指出:“生命是蛋白体的存在方式,这个存在方式的基本因素在于和它周围外部自然界不断的新陈代谢。而且这种新陈代谢一停止,生命随之停止,结果使蛋白质分解”。恩格斯对生命的这一辩证唯物主义的光辉论断,揭示了生命的本质问题:即蛋白体是生命的物质基础,新陈代谢是生命的基本特征。半个多世纪以来,生物化学已深入揭示了糖类、脂类、蛋白质、核酸等物质的新陈代谢过程。1953年以来又搞清了脱氧核糖核酸双螺旋结构,证实了核酸是遗传物质、信息大分子,蛋白质合成是以核酸为模板。并形成了以蛋白质、核酸为中心的生物化学基本理论,充分证实并发展了恩格斯的伟大预见,阐明了生命本质,批判了生命的神秘论的唯心主义观点,以及把生命本质归结为物理化学现象的机械论观点。今后生物化学将进一步揭示生命活动的机制和规律,阐明生命物质的结构与功能,并为其它各学科和工农业生产服务。

二、生物化学的发展

生物化学虽然是一门年轻的科学,但前人因生活的需要,我国劳动人民,远在上古时代就已开始在生产、饮食和医药等方面的实践中积累了许多与生化有关的经验,有许多发明创造,对生物化学发展做出了贡献。如酿酒、制饴、做酱、用海藻治地方性甲状腺肿,用猪肝治夜盲等等。到19世纪,由于有机化学和生物学的发展以及社会生产与科学实验的需要,生物化学才成为一门独立科学。

近代生物化学的发展是从1897年布奈(Buchner)的发现开始的,他发现磨碎的酵母菌细胞的抽提液仍能使糖发酵。又经历了几次重大进展,如1926年,桑米尔(Sumner)首先获得了脲酶结晶,证实酶是蛋白质,大大地推动了酶学和蛋白质化学的研究,蛋白质分子结构研究在生物化学中占有重要地位。

1945~1955年这段时间中,Sanger完成了牛胰岛素蛋白质一级结构的分析,这是一

项划时代的贡献。1965 年我国首先完成了结晶牛胰岛素的全人工合成。

1953 年沃森 (Watson) 和克里克 (Crick) 创造性地提出了关于 DNA 分子结构的理论, 为以后的分子遗传学奠定了基础。1977 年 Sanger 又完成由 5375 个核苷酸组成的噬菌体 ϕ X174 DNA 的一级分析。1979 年我国合成了由 41 个核苷酸组成的转运 t-RNA 核苷酸半分子。为遗传物质的结构与功能的研究又迈出了重要的一步。

在生物化学的基础上发展起来的分子生物学是近 20 年来生物化学中进展极快的一门新兴学科。分子生物学是一门边缘科学, 用物理、化学和生物学的方法研究生物大分子的结构和功能, 阐明生物学上的许多重大问题, 如细胞分化、胚胎发育、遗传变异、生物进化、生物膜、肿瘤、免疫等等。有人把有关遗传信息的复制、传递、表达以及调节控制等方面的研究称为分子遗传学。近几年来, 这方面发展特快, 在初步阐明突变机制、遗传密码、基因分离以及原核细胞的调节控制等一系列理论课题之后, 又成功地将亲缘较远不能杂交的物种通过 DNA 体外重组制成新品种。为定向改造生物提出方向。有关重组 DNA 的研究被称为遗传工程。目前这一课题正在被国内外的生物化学工作者和遗传学工作者所关注。

三、生物化学与有关学科的关系

研究生物体的化学成分必须应用化学方法把它分离出来, 加以纯化, 确定它的性质, 认识它的结构, 并把它合成出来。因此生物化学的发展与有机化学、分析化学的发展密切相关。生物化学不断从化学、物理、生物学等有关学科的新成就、新技术中吸收丰富的研究成果, 互相渗透发展而成为独立学科。同位素示踪法促进了物质代谢中间过程的了解, X-光衍射推动了蛋白质空间构型的了解; 各种现代化技术, 如层析、电泳、超速离心、红外、紫外分光光度法、质谱、核磁共振谱等实验方法, 解决了物质的分离提纯与分析检定。这些都促进了生物化学的发展。

生物化学研究离不开生理学, 生理学的研究也离不开生物化学, 微生物学的研究更需要广泛应用生物化学原理和技术, 如微生物的生理活动、病毒的本质、免疫的化学程序、抗体的生成机制等均与生物化学有密切关系。此外胚胎学、组织学、细胞生物学、遗传学、进化论甚至分类学的研究都离不开生物化学。

生物化学与有机化学、生理学、物理化学、分析化学等虽然有密切的联系, 但是作为一门独立的科学, 生物化学本身具有独特的研究对象和方法。人们根据一定的研究对象和目的以及人类生活的需要, 把生物化学分为植物生物化学、动物生物化学、人体生物化学、微生物生物化学、病理生物化学、临床生物化学、工业生物化学、农业生物化学、生物物理化学等, 因此生物化学的研究和发展是多方面的。

生物化学在工业上的应用很广, 如化工、食品、发酵、生物制品、皮革及抗菌素、制药工业等都与生物化学关系极为密切。生物化学研究不但为这些生产过程建立科学基础, 并为其技术改造创造了条件。生物化学在化工中的应用越来越多, 如有机化工的一些基本原料乙醇、丁醇、异丙醇、2, 3-丁二醇、丙三醇、丙酮、丁酮、醋酸、乳酸、L-苹果酸、丁二酸、乙二酸、丙内酯、氨基酸和四氢呋喃等已大规模用生化方法生产。现已研究出用酶法进行的有机反应有 20 多种类型, 如用乙烯、丙烯以酶法生产环氧乙烷、环氧丙烷等。用微生物生产香料的研究日渐增多。如用微生物生产 4-甲基吡嗪、单萜类芳香

醇、芳樟醇、香叶醇、*L*-薄荷醇、2-丁基- γ 环己内酯等，其中有一些已工业化生产。用沼气发酵法、活性污泥法处理化工含有机物废水已被广泛使用。

农业生产的发展与生物化学密切相关。农业生产中的两个重要课题是光合作用和氮素固定。大田作物一般只能利用太阳全辐射能的 0.1~1.0%。怎样提高辐射能的利用和提高 CO_2 的固定，这就涉及到光合作用中的生物化学方面的研究。大气中氮气占 78%，自然界只有几种微生物能够固定氮气，如果几种主要作物能利用氮气，那么农业产量就可大幅度地提高，这方面已有许多研究，生物固氮有：共生、自生和联合三种类型。共生固氮以豆科为主。目前的努力方向是对特定作物选择特定根瘤菌；二是寻找最适宜的环境条件；三是用遗传工程的方法改良根瘤菌株；四是将根瘤菌固氮基因转移到水稻及小麦等农业作物中。蓝海藻是自生固氮微生物，它生存范围广，现在正在研究大量培养，然后施入土壤中为农作物固氮。联合固氮是将某些固氮微生物接种到玉米、高粱、谷子、小麦等农作物上，使其在农作物的根表或根深层中生长及固氮，国内外已有许多研究成果表明可增产 10~35%。

动植物新品种的培育，也是以生物化学为基础。生物化学研究对家畜禽的营养问题和畜牧业生产率提高关系极为密切。生物农药，如农用抗菌素、细菌农药，真菌农药和病毒农药等具有选择性高、安全性好、易于降解、不易积累、用量少、污染小等优点。目前商品化已有 40 个品种，预计到 2000 年全世界生物农药的销售额在农药总销售额中所占的比重将会由目前的 9% 增至 20%。生物化学是预防医学和治疗医学的基础，不掌握生化知识，难以确定病因或给病人适当治疗，临床生化诊断已成为不可缺少的诊断方法；生物制药，各种抗菌素多是生物学方法制取，合成药物也是以生物化学为指导。研究适当供给人体营养、增进人体健康、预防疾病，也是生物化学的一个重要问题。

四、我国生物化学现状与将来

我国劳动人民对生物化学的认识和应用也远远早于其他国家，对人类做出过贡献。但在新中国成立以前我国生物化学基础是很薄弱的，虽然在 20~30 年代在蛋白质变性、免疫化学、血液分析和营养方面做了一些很出色的工作，但是，总的来说当时生化队伍很小，加上国民党统治下科研工作根本不受重视，所以，生物化学和其他自然科学领域一样是非常落后的。建国 40 年来，我国的生物化学研究、生化教育和生化在工业、农业、医药、国防上的应用有了巨大的发展。在研究蛋白质、酶、核酸、代谢、激素、有机生化、植物生化、微生物生化基础理论方面，以及在临床生化、维生素与营养、食物化学、血浆及其代用品，工业发酵、抗菌素、药理等生化应用方面都取得了可喜的成绩。有些工作已进入国际先进行列。生化研究最突出成果是 1965 年结晶牛胰岛素人工合成的完成。这是世界上公认的第一个具有全部生物活性的蛋白质的人工合成。它是一项划时代的贡献，它为以后人工合成蛋白质开辟了道路。猪胰岛素 X 光晶体 0.25 nm ($2.5 \text{ \AA}$) 及 0.18 nm ($1.8 \text{ \AA}$) 的分析研究使我国生物高分子的 X 光晶体分析进入世界先进行列。1979 年用人工方法合成了有 41 个核苷酸组成的酵母丙氨酸转运核苷酸半分子，为核糖核苷酸的人工合成打开了一条道路。它标志我国在这方面的的工作达到了国际先进水平。

改革开放的十几年来，我国在固氮微生物的研究、生产和应用方面也已取得了不少成果。如共生根瘤菌已在江苏等地生产和应用。增产效果显著。微生物杀虫农药的研究，

如青虫菌、杀螟杆菌、7216 等苏云金杆菌类菌株、多角体病毒和蚜虫菌都进行了生产研究和试验。其中 7216 杀虫剂和多角体病毒已广泛用于防治农业和森林的害虫。

在基因工程方面，应用于乙型肝炎疫苗生产已取得了突破性进展，开始了小批量的生产。还有干扰素、胰岛素、胰激酶等新品种也将投入批量生产。

在细胞工程方面，我国已建立了几十种杂交瘤细胞株。生物细胞的组织培养研究已在水稻、麦子的改良上得到应用，达到了国际先进水平。

酶工程方面，用于合成氨基酸、合成青霉素的酰化酶等工业取得了较大进展，我国相继生产的酶制剂达 20 多种，在纺织、制糖、洗涤剂、皮革等行业得到了广泛应用。

在微生物工程方面，我国能生产国外发酵工业的绝大多数产品。其中维生素 C 生产工艺，在国际上处于领先地位；采用固定化细胞技术替代传统的生物裂解法，生产半合成青霉素，提高了产量，降低了成本，效益明显。我国发酵工业产值占国民总产值的 1%，约 70~100 亿元。总之，我国生物工程虽已起步，并有一定基础，某些方面已有一定水平，但总体上看仍落后于发达国家 5~10 年。

我国发展生物工程目标是以基因工程为主攻方向。同时要大力加强细胞融合、组织培养、固定化酶、近代微生物发酵生化工程的开发和研究。“七五”期间，国家科委用于该项投资费用，主要用于发展生物工程新产品，使主要产品产值比 1980 年增加 1.4 倍。同时还要在石油化工生物催化、环境保护方面的研究上有所突破。在“八五”、“九五”期间，要提高关键技术和先进装备的研究开发，使生物工程的重要领域进入世界先进行列。扩大传统行业的技术改造，特别在农业、石油、化工方面要有重大突破，使产值再翻一番以上。

由于生物工程的迅速发展与它所展示的巨大潜力，据统计，到本世纪末，全世界生物化学产品总产值可达 1000 亿美元左右。可以预见，今后几年内，约有 20% 的现行化工工艺将被生物工艺（生物反应）所取代。下一世纪将是生物工程世纪。那时，将有四分之一的化工工程师要投身到生物部门工作，其前景十分灿烂。

五、生物化学的学习方法

生物化学虽然与化学，特别是有机化学密切相关，但性质必竟有所不同，主要区别是生化反应在生物体内进行，反应的环境比体外复杂，一般都有生物催化剂（酶）参加，有些在体外发生的反应，在体内就不一定照样进行，因此，不能简单地根据体外的化学反应去理解体内的反应。

学习生物化学时，应对教材内容全面了解，分析比较，明确概念；对糖类、脂类、蛋白质、核酸以及其他有关化学物质的学习，要从化学本质和结构特点出发，联系它的性质和功能；对每章的重点内容应深入钻研、弄懂、记熟。在学习过程中应与先修和并修课程（如有机化学）内容相联系，以促进理解，加强记忆。

复习题：1. 什么叫生物化学？其重要性和任务如何？

2. 我国建国 40 年来，在生物化学方面取得哪些成绩？有何感受？

3. 应如何学习生物化学？

第一章 蛋白质化学

§ 1-1 蛋白质生物学意义及其组成

一、蛋白质生物学意义

生命是物质运动的高级形式，这种运动形式是通过蛋白质来实现的。因此蛋白质有着极其重要的生物学意义。

首先，蛋白质是生物体的重要组成成分，存在于一切生物体中，从高等动植物到低级的微生物，从人类到简单的生物病毒，都含有蛋白质，都以蛋白质为主要组成成分。以人体来说蛋白质含量占人体总固体量的 45%，皮肤、肌肉、内脏、毛发、韧带、血液等都是蛋白质为主要成分。如表 1-1 所示。

表 1-1 人体各器官组织中蛋白质含量
(每 100 克干组织中所含蛋白质克数)

器官与组织	蛋白质含量(%)	器官与组织	蛋白质含量(%)
皮 肤	63	肺 脏	82
横 纹 肌	80	脾 脏	84
骨 骼	28	肾 脏	72
脑及神经组织	45	胰 脏	47
肝 脏	57	消 化 道	63
心 脏	60	体 液 组 织	85

微生物中蛋白质含量也很高，细菌中一般含 50~80%，干酵母含 46.6%，干白地霉含 50%，病毒除一小部分核酸外，其余几乎全是蛋白质。植物细胞的原生质和种子中含蛋白质也较多，从我国的粮食和杂粮的化学成分(如表 1-2)可以看出蛋白质的普遍存在。

蛋白质不仅是生物体的主要组成成分，更为重要的是它与生命活动有着十分密切的关系，生命现象和生理活动往往都是通过蛋白质来实现的，简述如下：

1. 催化作用

生物体一切新陈代谢、化学反应都是在生物催化剂——酶的催化下进行的。酶是蛋白质，它存在于一切生物细胞中。

2. 激素作用

在动物体内起某些代谢调节作用以保证动物正常生理活动的激素，有不少是属于蛋白质和多肽。如胰岛素就是存在于人和高等动物体内起调节血糖作用的一种蛋白激素。

3. 肌肉收缩作用

动物肌肉收缩过程也是由肌肉的主要成分肌球蛋白和肌动蛋白的相对滑动来实现

的。

表 1-2 我国一些粮食主要成分含量 (%)
(水分和纤维等没统计在内)

粮食种类	蛋白质	脂 肪	碳水化合物	粮食种类	蛋白质	脂 肪	碳水化合物
梗 米	6.42	1.01	77.64	大 豆	36.3	17.5	26.0
粳 米	6.47	1.76	77.50	蚕豆(干)	24.51	1.55	56.67
糯 米	6.69	1.44	76.25	豌豆	22.78	1.35	54.7
小 麦	9.42	1.47	68.74	绿 豆	22.25	1.08	56.02
精 白 粉	9.12	0.9	75.65	赤 豆	21.44	0.58	55.85
标 准 粉	10.37	1.7	72.57	花 生 仁	26.20	39.2	22.0
麦 麸	13.90	4.2	56.0	油 菜 籽	26.34	26.34	17.56
大 麦	9.87	1.68	68.04	芝 麻	20.30	53.60	12.40
玉 米	5.22	6.13	72.40	棉 籽	39.00	33.20	14.80
高 粱	10.20	3.0	70.8	薯 干	2.90	1.34	77.50

4. 运载工具

高等动物体内氧化作用所需的氧和所生成的二氧化碳是血液中的血红蛋白输送的,血红蛋白是球蛋白和血红素的复合物;细胞活动过程的某些物质,也往往由蛋白质作为运载体,血液中脂肪、脂肪酸、胆固醇、磷脂等物都是与某些蛋白质结合后在血液中运输的;在生物氧化过程中发生的电子得失现象,也是靠某些色素蛋白如细胞色素 C 等来运输完成。

5. 免疫作用

机体在受外界“非己”抗原(异体蛋白)侵袭后,体内能产生一种相应的抗体,并与它进行特异性反应,以消除它的影响,这个过程称为免疫作用,它使人和动物具有防御疾病和抵抗外界病原侵袭的免疫能力。抗体就是一类称为免疫球蛋白。

6. 生物膜功能

一切生物膜如细胞膜、细胞内各种细胞器的膜以及各种高等动物各种复合膜,几乎全部是蛋白质和脂类等物质组成的。生物膜具有保护作用、运动作用、传递细胞间的信息、选择性吸收物质、能量转换和免疫反应等功能。

7. 保护结缔功能

动物的毛发、肌腱、韧带、软骨和皮、结缔组织、昆虫的外表皮,都以蛋白质作为主要成分。

8. 接受和传递调节信息的受体——受体蛋白如专一地接受各种激素的受体蛋白,蛋白质类的激素受体蛋白在细胞膜上。甾体类激素的受体在细胞内。受外界刺激的感觉接受器——感觉蛋白,如视网膜上的视色素,味蕾上的味觉蛋白,还有一些药物受体蛋白。

9. 控制生长与分化的蛋白

参加细胞生长和分化调节的各种蛋白质。如组蛋白、阻遏蛋白等。

10. 其它

如蛋白质在凝血作用、通透作用、营养作用以及动物的记忆活动等方面都起重要作用。

总之蛋白质是生物主要组成成分，是生命活动所依赖物质基础。

二、蛋白质的元素组成

从动植物组织细胞中提取出来的各种蛋白质经元素分析，含的主要元素有：

碳 50~55%	氮 15~18%
氢 6~8%	硫 0~4%
氧 20~23%	

还含有微量的磷、铁、锌、铜、钼、碘等元素。其中氮含量较恒定，平均为 16%。即 100 克蛋白质中含氮 16 克，每克氮相当于 6.25 克蛋白质 ($\frac{100}{16}=6.25$)。

三、蛋白质的基本组成单位——氨基酸

蛋白质是高分子物质，分子量大，一般在 1 万以上，结构很复杂。但它可被酸碱、蛋白酶催化水解，将其大分子逐次水解为分子量较小的肽、肽、肽，最终生成 α -氨基酸。

蛋白质 $\rightarrow$ 肽 $\rightarrow$ 肽 $\rightarrow$ 肽 $\rightarrow$ α -氨基酸。

根据蛋白质水解程度，可分为完全水解和不完全水解。完全水解一般用酸（酸法）或用碱（碱法）在高温（100~110℃）下进行，水解迅速彻底，最终产物为 α -氨基酸。不完全水解用稀酸、稀碱或酶法，在较温和条件下进行，水解产物除 α -氨基酸外，还有一定量的肽、肽和肽等中间产物。

碱法水解作用较激烈，会使含硫、含羟基氨基酸受到破坏，同时某些氨基酸会失去旋光性。酸法水解时，一般用蛋白质 10~15 倍体积的 25% 硫酸或 30% 的浓盐酸，在 100~110℃ 的条件下加热 12~48 小时，可完全水解成 α -氨基酸。此法比较稳定，个别氨基酸（如色氨酸）可能被破坏。用蛋白酶水解，其条件温和，可避免前两法的缺点，但使蛋白质完全水解，需有多种酶联合催化才能完成。

各种蛋白质含有的氨基酸种类和数量都各不相同。如表 1-3 所示。

表 1-3 各种蛋白质的氨基酸组成

氨基酸	清蛋白 (人)	酪蛋白	肌红蛋白 (牛)	胶原蛋白 (牛)	细胞色素 C	胰岛素	核糖核酸酶 (牛)	麦醇溶蛋白	鱼精蛋白	胃蛋白酶
甘氨酸	1.6	2.7	8.7	26.2	12.2	4.3	4.0	0.5	4.1	8.1
丙氨酸	—	3.0	10.1	10.3	7.9	4.5	6.1	2.1	3.6	4.5
缬氨酸	7.7	7.2	4.6	2.5	3.6	7.8	6.7	2.7	5.0	7.1
亮氨酸	11.9	9.2	11.4	3.7	6.2	13.2	1.9	6.5	0	10.4
异亮氨酸	1.7	6.1	5.2	1.9	4.8	2.8	3.2	5.4	0.9	10.0
丝氨酸	3.7	7.7	3.9	4.3	3.0	3.2	12.3	4.9	10.8	13.2
苏氨酸	5.0	4.9	3.4	2.3	7.2	2.1	6.9	2.1	1.4	9.5
半胱氨酸	5.6	0.4	0	—	2.0	12.5	6.4	2.6	0	1.5
甲硫氨酸	1.3	3.4	1.5	1.0	1.7	0.3	3.5	1.7	0	2.1