



高等学校教材

# 生物化学

(工科类专业适用)

张洪渊 万海清 主编

张庭芳 李青山 审定



化学工业出版社  
教材出版中心

高等学校教材

# 生物化学

(工科类专业适用)

张洪渊 万海清 主编  
张庭芳 李青山 审定

化学工业出版社  
教材出版中心  
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学/张洪渊 万海清主编. —北京: 化学工业出版社, 2001.1  
高等学校教材  
ISBN 7-5025-3010-X

I. 生… II. ①张… ②万… III. 生物化学-高等学校-教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 51811 号

高等学校教材

生物化学

(工科类专业适用)

张洪渊、万海清主编

张庭芳、李青山 审定

责任编辑: 赵建清

责任校对: 蒋宇

封面设计: 蒋艳君

化学工业出版社 出版发行  
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982511

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787 × 1092 毫米 1/16 印张 19 字数 470 千字

2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—3000

ISBN 7-5025-3010-X/G·759

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 前 言

有人说 21 世纪是生物学世纪，从事生命科学研究的人越来越多。据 20 世纪末的不完全统计，现在直接或间接从事生命科学研究的人员，在美国占全部科技人员的 35%，德国占 28%，英国占 25%，法国占 21%，日本占 18%。美国现有 48 万博士学位获得者中，学习生命科学的占 51%。可见，生命科学具有越来越大的吸引力。

我国在近 20 年来生命科学研究也有很大的发展，取得了不少惊人的成就。但从整体来看，与发达国家相比，还有一定的差距。我国从事生命科学研究的人员仅占全部科技人员的 5%，甚至不如印度（占 8%），这说明随着我国科学技术的发展，需要更多的人投身到生命科学的研究中来，需要更多的人懂一点生命科学的知识，尤其是应当学点作为现代生命科学基础的生物化学知识。工科院校相关专业学生能够选修生物化学这门课程，无论对本专业的学习，还是对现代知识经济的认识，都是有益的。本书即是为适应这种形势而为工科学生编写的教材。

本书在内容的编写上既强调适合生物工程、制药工程、生物医学工程、食品工程、精细化工、以及一些相关轻工专业使用，也注意适合于一些“不相关”专业学生选修或自学参考；以现代生物化学和分子生物学的基础知识为主体，以在工业上的应用为实例，并适当介绍发展趋势和最新成就，以开拓学生的视野；知识结构上由浅入深，循序渐进；语言上力求简明通顺。但这只是我们的主观愿望，是否真正符合实际，还望读者学习后指出，若有不当之处，望广大院校的师生及其他读者斧正，我们表示由衷的感谢！

本书由张洪渊编写第 1、12、13 三章并负责全书的统稿工作；万海清编写第 4、10、11 三章；刘克武编写第 7、8、9 三章；李晖编写第 5 章；魏炜编第 2、3、6 三章。

张庭芳、李青山两位教授对本书进行了认真审阅，并提出许多宝贵意见；在编写过程中，本书还得到四川大学教务处、化工学院、生命科学学院有关领导及一些同志的支持，朱家骅院长具体指导、北京化工大学谭天伟教授也对本书的内容编写给予指导和帮助；此外，对化学工业出版社同志的辛勤劳动，我们一并表示深深的谢意！

张洪渊

2000 年 6 月于四川大学

## 内 容 提 要

本书以现代生物化学和分子生物学的基础知识为主体，以在工业上的实际应用为实例，并适当介绍了发展趋势及最新成就；知识结构由浅入深，循序渐进，讲叙简明流畅。全书内容共分 13 章：绪论；糖类的化学；脂类和生物膜化学；蛋白质化学；酶化学；维生素、水与矿质平衡；能量代谢与生物能的利用；糖代谢；核酸生物化学；蛋白质代谢；代谢的调节控制；基因工程与蛋白质工程。各章后附有习题，以巩固所学知识。

本书内容编写适合作高等学校工科生物工程、制药工程、食品工程等生物类专业基础课教材，也可供非生物专业的读者自学参考。

# 目 录

第一章 绪论	1
一、生物化学的涵义和研究内容	1
二、生物化学与其他生命科学的关系	1
三、生物化学与现代工业	2
四、21世纪生物化学发展趋势	3
第二章 糖类的化学	5
第一节 概述	5
一、糖的定义与组成	5
二、糖的分类与命名	5
三、糖类的生物学功能	6
第二节 单糖的结构和性质	6
一、单糖的旋光性与开链结构	6
二、单糖的环状结构	9
三、单糖衍生物	11
四、单糖的性质	13
第三节 寡糖的结构和性质	15
一、寡糖的结构	15
二、寡糖的性质	16
三、环糊精	16
第四节 多糖的结构和性质	17
一、同聚多糖	17
二、杂聚多糖	21
三、复合糖类	24
习题	26
第三章 脂类和生物膜化学	27
第一节 概述	27
一、脂质的概念	27
二、脂质的分类	27
三、脂类的生理功能	27
第二节 油脂的结构和性质	28
一、油脂的结构	28
二、油脂的性质	29
第三节 磷脂和固醇类	30
一、磷脂	30
二、固醇类	33

第四节 生物膜 .....	35
一、生物膜的组成及结构模型 .....	35
二、生物膜的功能 .....	36
三、膜生物工程 .....	37
习题 .....	38
<b>第四章 蛋白质化学</b> .....	<b>39</b>
第一节 概述 .....	39
一、蛋白质的概念 .....	39
二、蛋白质的分类 .....	39
三、蛋白质的生物学功能 .....	40
第二节 蛋白质的基本单位——氨基酸 .....	41
一、氨基酸的结构特征 .....	41
二、氨基酸的分类 .....	44
三、氨基酸的性质 .....	45
第三节 肽 .....	52
一、肽的概念 .....	52
二、生物活性肽 .....	53
第四节 蛋白质的分子结构 .....	54
一、蛋白质的共价结构 .....	55
二、蛋白质的空间结构 .....	59
三、蛋白质结构与功能的统一性 .....	63
第五节 蛋白质的性质 .....	66
一、蛋白质分子的大小 .....	66
二、两性解离和等电点 .....	67
三、胶体性质 .....	68
四、沉淀作用 .....	69
五、变性作用 .....	69
六、颜色反应 .....	70
第六节 蛋白质及氨基酸的分离纯化与测定 .....	70
一、分离纯化的一般原则及基本步骤 .....	71
二、分离纯化的基本方法 .....	71
三、氨基酸的分离 .....	73
四、蛋白质及氨基酸的分析测定 .....	76
习题 .....	79
<b>第五章 酶化学</b> .....	<b>80</b>
第一节 概述 .....	80
一、酶的概念 .....	80
二、酶的催化特性 .....	82
三、酶的组成及分类 .....	82
第二节 酶的结构与功能的关系 .....	84

一、酶的一级结构与催化功能的关系 .....	84
二、酶的活性与其高级结构的关系 .....	86
第三节 酶催化反应的机制 .....	89
一、酶促反应的本质 .....	89
二、酶反应机制 .....	90
第四节 酶促反应动力学 .....	93
一、酶促反应的基本动力学 .....	93
二、酶浓度对酶反应速率的影响 .....	99
三、温度对酶反应速率的影响 .....	99
四、pH 值对酶反应速率的影响 .....	100
五、激活剂对酶反应速率的影响 .....	100
六、抑制剂对酶反应速率的影响 .....	100
第五节 酶的制备 .....	104
一、酶的制备及纯化 .....	104
二、酶的活性测定 .....	108
第六节 酶在工业上的应用及酶工程 .....	110
一、酶在食品工业中的应用 .....	110
二、酶在化工、轻工方面的应用 .....	112
三、酶在医药工业中的应用 .....	113
四、固定化酶 .....	115
五、酶工程 .....	117
习题 .....	117
第六章 维生素、水和矿质平衡 .....	119
第一节 概述 .....	119
一、基本营养要素 .....	119
二、维生素的含义及其生理功能 .....	119
三、维生素的命名及分类 .....	120
第二节 水溶性维生素与辅酶 .....	120
一、维生素 B <sub>1</sub> 与 TPP .....	120
二、维生素 B <sub>2</sub> 和黄素辅酶 .....	121
三、维生素 PP 和辅酶 I、辅酶 II .....	122
四、泛酸和辅酶 A .....	122
五、维生素 B <sub>6</sub> 与磷酸吡哆素 .....	123
六、生物素 .....	124
七、叶酸和叶酸辅酶 .....	124
八、维生素 B <sub>12</sub> 和辅酶 B <sub>12</sub> .....	125
九、维生素 C .....	126
第三节 脂溶性维生素 .....	127
一、维生素 A .....	127
二、维生素 D .....	128



三、维生素 E	129
四、维生素 K	130
五、硫辛酸	130
第四节 体液平衡	131
一、水平衡	131
二、矿质平衡	132
习题	132
<b>第七章 能量代谢与生物能的利用</b>	<b>134</b>
第一节 概述	134
一、生物氧化的方式和特点	134
二、参与生物氧化的酶类	135
三、同化作用与异化作用	137
第二节 线粒体氧化体系	137
一、线粒体的膜相结构	137
二、呼吸链	138
第三节 能量代谢中生物能的产生、转移和储存	141
一、氧化还原与自由能变化	141
二、高能磷酸键的生成机制	142
三、线粒体外的氧化磷酸化	145
四、氧化磷酸化的解耦联作用和抑制作用	147
第四节 生物能的利用	148
一、ATP 是生物体系中自由能的通用货币	148
二、体内能量代谢的调节	149
习题	150
<b>第八章 糖代谢</b>	<b>151</b>
第一节 概述	151
一、多糖及寡糖的降解	151
二、糖的吸收与转运	152
三、糖的中间代谢概念	153
第二节 糖的分解代谢	154
一、酵解途径(EMP 途径)——糖的无氧分解	154
二、三羧酸循环(TCA)——糖的需氧分解	159
三、磷酸己糖途径(HMS)——糖需氧分解的代谢旁路	164
第三节 糖的合成代谢	167
一、光合作用	167
二、糖原合成	168
第四节 糖代谢在工业上的应用	171
一、酒精发酵	171
二、甘油发酵	172
三、丙酮、丁醇发酵	172

四、有机酸发酵	173
习题	173
<b>第九章 脂代谢</b>	175
第一节 概述	175
一、脂肪的降解	175
二、脂肪的吸收与转运	176
三、油脂中间代谢概况	177
第二节 脂肪的代谢	177
一、甘油代谢	177
二、脂肪酸的分解代谢	178
三、脂肪酸的合成代谢	182
四、三酰甘油的合成	184
第三节 磷脂代谢和固醇代谢	184
一、磷脂代谢	185
二、固醇代谢	186
第四节 脂质代谢在工业上的应用	188
一、在食品工业中的应用	188
二、脂肪酸发酵	189
三、石油开采和处理石油污染	189
习题	189
<b>第十章 核酸生物化学</b>	191
第一节 概述	191
一、染色体、基因、DNA	191
二、核酸的化学组成	191
第二节 核酸的结构	194
一、核酸的一级结构	194
二、核酸的高级结构	194
第三节 核酸的性质及研究技术	199
一、核酸的溶解性	199
二、核酸的解离	200
三、紫外吸收	200
四、变性与复性	201
五、核酸的含量与纯度测定	202
六、核酸的分子杂交技术	203
第四节 核酸的降解和核苷酸代谢	204
一、核酸的酶促降解	204
二、核苷酸的分解代谢	205
三、核苷酸的合成代谢	208
第五节 DNA 复制	212
一、有关 DNA 复制的酶	213

二、DNA 的复制方式	215
三、DNA 复制过程	216
四、DNA 畸变与遗传病	218
第六节 RNA 的生物合成	218
一、RNA 聚合酶	218
二、基因转录的过程	219
三、基因转录的方式	222
四、转录产物的加工修饰	222
习题	223
第十一章 蛋白质代谢	225
第一节 概述	225
一、蛋白质的消化与吸收	225
二、蛋白质的营养价值	226
第二节 氨基酸的分解代谢	227
一、氨基酸的脱氨基作用	227
二、氨基酸的脱羧基作用	230
三、氨和 $\alpha$ -酮酸的转化	230
第三节 蛋白质的生物合成	234
一、遗传密码	234
二、核糖体	235
三、蛋白质合成的分子机制	236
四、抗生素与核酸合成及蛋白质合成	241
习题	242
第十二章 代谢的调节控制	243
第一节 生物体内的代谢调控模式	243
一、细胞内的调控	243
二、体液激素的调控	245
三、神经系统的调控	248
第二节 反馈调节	249
一、前馈与反馈	249
二、反馈抑制的方式	250
三、反馈调节的机制	252
第三节 诱导与阻遏	253
一、酶的诱导合成	254
二、酶合成的阻遏作用	255
三、诱导与阻遏的机制	256
第四节 代谢调控在工业上的实践意义	260
一、酶活性调节在工业上的应用	260
二、酶合成在工业上的应用	264
习题	265

<b>第十三章 基因工程与蛋白质工程</b> .....	266
<b>第一节 生物工程概述</b> .....	266
一、生物工程的概念及研究技术 .....	266
二、生物工程在现代工、农、医领域中的应用 .....	267
<b>第二节 基因工程</b> .....	270
一、目的基因的获得 .....	270
二、基因载体 .....	273
三、重组 DNA 的筛选及表达 .....	275
<b>第三节 蛋白质工程</b> .....	278
一、蛋白质工程的概念 .....	278
二、蛋白质工程的一般技术 .....	280
三、蛋白质工程的应用 .....	281
习题 .....	283
<b>附录 常用生化名词缩写</b> .....	284
<b>主要参考书目</b> .....	293

# 第一章 绪 论

## 一、生物化学的涵义和研究内容

按惯例，现在通常将数（数学）、理（物理学）、化（化学）、天（天文学）、地（地理学）、生（生物学）等学科称为自然科学的基础学科（或称一级学科）。随着科学的发展，一些基础学科间常常发生交叉，而产生一些新的学科，称为边缘学科（二级学科），如生物学与物理学交叉而产生的生物物理学，生物学与数学交叉产生生物数学（或称理论生物学）。生物化学则是生物学与化学交叉而产生的一个边缘学科，它是利用化学的理论和方法作为主要手段来研究生物的边缘学科，因此它又称为生命的化学。

### 1. 生物化学的涵义——生物化学是研究生物体的化学及其化学变化规律的科学

生物化学是一门以生物体为对象、研究生命化学本质的科学。它应用物理、化学、生物学的理论和方法去研究生物体内各种物质的化学及其化学变化规律，通过对这些规律的了解，以期认识和阐明生命现象的本质，并将这些知识应用于工、农、医等实践领域，为人类的物质文明和精神文明建设服务。

生物化学从不同角度进行研究，又产生出许多分支。因研究对象的不同，可分为动物生化、植物生化和微生物生化，如研究对象涉及整个生物界（包括动植物、微生物和人体），则称为普通生物化学；按生物化学应用领域的不同，分为工业生化、农业生化、医学生化、食品生化等；还有按照生命科学研究领域的不同，在分子水平上研究的拓展，又出现了一些新的分支，如从分子水平探讨机体与免疫的关系，称为免疫生物化学；以生物不同进化阶段的化学特征为研究对象，称为进化生物化学或比较生物化学；以细胞和组织器官分化的分子基础为研究内容，称为分化生物化学等。

### 2. 生物化学的研究内容——静态生化、动态生化与功能生化

首先，生物化学要研究构成生物机体各种物质（称为生命物质）的组成、结构、性质及生物学功能，这些物质包括糖、脂、蛋白质、核酸、酶、维生素、激素、抗生素等。这部分内容称为静态生物化学（或有机生物化学）。

其次，研究生物体内各种物质的化学变化及与外界进行物质和能量交换的规律，即物质代谢与能量代谢，称为动态生物化学。

再其次，研究重要生命物质的结构与功能的关系，以及环境对机体代谢的影响，从分子水平来阐明生命现象的机制和规律。这部分称为功能生物化学（或机能生物化学）。

## 二、生物化学与其他生命科学的关系

### 1. 生物化学是分子水平的生物学

从生物学的发展历史看，人们对生物体（生命现象）的认识，是从宏观到微观，从形态结构到生理功能。首先是观察生物体的形态，继而用解剖的方法观察其组织结构，从器官、组织到细胞，从这些不同层次的观察和研究，曾产生了一系列生物学的分支，如分类学、解剖学、组织学、细胞学等。20世纪40年代开始，从对细胞的研究，深入到对组成细胞物质的分子结构进行研究。虽然生物化学的起源可以追溯到一个多世纪以前，但生物化学的真正蓬勃发展，却始于40年代末、50年代初，由于当时对构成生物体的基础物质——蛋白质和

核酸的分子结构得到初步探明，而促进了生物化学的迅猛发展。生物化学的成就，又带动和促进了生命科学向分子水平发展，生物学的各分支学科，又衍化出若干分子水平的新学科，像分子分类学、分子遗传学、分子免疫学、分子生理学、分子病理学、分子细胞生物学，终于又独立产生一门崭新的生命学科——分子生物学，从而使人们对生命的本质和生物进化的认识向前大大迈进了一步。以遗传学为例，如果把分子遗传学从 Oswald Avery 对肺炎球菌的转化实验算起到 90 年代的 50 多年的成就，与经典遗传学从 1865 年 Gregor Mendel 发表“植物杂交实验”，从而建立了遗传学上几个基本定律以来的 100 多年所取得的成就相比，不知大了多少倍。一个新品种的产生，用经典遗传学的方法选育，需要几年、几十年，而应用现代分子遗传学方法可以在几天内、几小时产生一个新品种。可见，生命科学深入到分子水平，使人们无论对生命的认识，还是在实践上的应用，其深度和广度都是前所未有的。

## 2. 生物化学是现代生物学科的基础和前沿

生物化学既是现代各门生物学科的基础，又是其发展的前沿。说它是基础，是由于生物科学发展到分子水平，必须借助于生物化学的理论和方法来探讨各种生命现象，包括生长、繁殖、遗传、变异、生理、病理、生命起源和进化等，因此它是各学科的共同语言；说它是前沿，是因为各生物学科的进一步发展要取得更大的进展或突破，在很大的程度上有赖于生物化学研究的进展和所取得的成就。事实上，没有生物化学上对生物大分子（核酸和蛋白质）结构与功能的阐明，没有遗传密码以及信息传递途径的发现，就没有今天的分子生物学和分子遗传学。没有生物化学对限制性核酸内切酶的发现及纯化，也就没有今天的生物工程。由此可见，生物化学与各门生物学科的关系是非常密切的，在生物学科中占有重要的地位。

主要以生物化学、生物物理学、微生物学和遗传学为基础发展起来的分子生物学，其主要任务是从分子水平来阐明生命现象和生物学规律。因此广义而言，生物化学主要研究内容的蛋白质和核酸等生物大分子的结构与功能，也纳入了分子生物学的研究范畴，有时就很难将生物化学与分子生物学分开，二者的关系非常密切。正因为如此，国际生物化学协会（The International Union of Biochemistry）现已改名为国际生物化学与分子生物学协会（The International Union of Biochemistry and Molecular Biology），中国生物化学学会也已更名为中国生物化学与分子生物学学会。

不过，目前人们还是习惯于采用狭义的概念，将分子生物学的范畴偏重于核酸（或基因）的分子生物学，主要研究基因或核酸的复制、转录、表达和调节控制等过程。可见生物化学与分子生物学有着各自的侧重点。

## 三、生物化学与现代工业

### 1. 生物化学对现代化工、轻工、食品、医药工业的渗透

生物化学的发展，不仅在生命现象及生物进化等理论上成就卓著，而且随着生物化学技术和设备的进步，不断地应用于工、农、医等领域实践，在现代工业、现代农业和现代医学中起着越来越重要的作用。

由于许多酶的分离纯化，它们正逐步应用于皮革、纺织、日化、酿造等轻化工工业。蛋白质（酶）、糖、脂肪、核酸等生命物质的研究成就及应用，已使传统食品、医药工业发生了根本性的变化。例如，基因工程和蛋白质工程可以利用细菌来生产胰岛素、生长素、干扰素等重要药物，利用生物化学的手段可以不断研制具有高效性、长效性的新药，或者改造现有药物的疗效，减少毒副作用；食品生物化学作为开发食品资源、研究食品工艺、质量管理

和贮藏技术的理论基础，必将促进新型食品生产的大发展，以满足人们对营养的需要，适应人们的生理特点和感官要求。

## 2. 酶工程与自动化

早在 4000 多年前，劳动人民就已发明酿酒、制酱、制饴，所用的曲（酵母）又称“媒”，这就是最早将“酶”用于实践来生产食品。所谓酶工程就是起源于酶的生产与应用。酶作为一种生物催化剂，由于具有专一性强、催化效率高、作用条件温和等特点，已在食品、轻工、化工、医药、环保、能源等领域广泛应用。

在酶的应用过程中，充分发挥了酶催化反应的优点，但也逐渐发现它的不足，如酶对热、酸、碱等因素的稳定性差；酶反应通常在水溶液中进行，酶只能使用一次；酶同产品混杂在一起，使产品的分离纯化复杂化。为了克服酶的这些缺点，人们发明了固定化技术，即将纯化的酶固定在一定大分子载体上，这样酶就可以反复使用，这种酶称为固定化酶。1969 年，日本的千佃一郎首次在工业上应用固定化氨基酰化酶从 DL-氨基酸生产 L-氨基酸。为了省去酶的分离纯化过程，后又发明了固定化细胞技术，先是将死细胞（菌体）固定在载体上，后又将活细胞固定于载体上，利用细胞内的某些酶来生产某种产品。1973 年，日本在工业上成功地实现固定化大肠杆菌，利用菌体中的天门冬氨酸酶，由延胡索酸连续生产 L-天门冬氨酸。由于固定化细胞只能用于生产胞外酶及容易分泌到细胞外的产物，20 世纪 80 年代中期又发展起来固定化原生质体技术。1986 年以来，华南理工大学生物工程研究所利用固定化原生质体发酵生产碱性磷酸酶、葡萄糖氧化酶、谷氨酸脱氢酶等的研究相继成功，使固定化酶这一酶工程技术，提高到一个新的台阶。

酶工程除了主要包括酶及细胞的固定化技术外，还包括酶的化学合成、酶的分子修饰、人工模拟以及各种酶的应用技术等，自 20 世纪 80 年代以来，这些方面已取得很大的发展。

酶在工业上的应用将会导致工业上某些领域的革命。根据酶作用条件温和的特点，酶反应所要求的设备就不需要一般化工设备所要求的耐温、耐压、耐酸碱，加上酶反应的专一性和高效性，所设计的酶反应器就较易做到生产的程序化、自动化，得到高产量、高纯度的产品。

## 四、21 世纪的生物化学发展趋势

20 世纪的后半叶，在整个自然科学中，生物学的发展是最为迅速的。尤其是生物化学与分子生物学，其发展更是突飞猛进，使整个生命科学进入分子时代，开创了从分子水平阐明生命活动本质的新纪元。如果说，19 世纪中期细胞学说的建立从细胞水平证明了生物界的统一性，那么，在 20 世纪中期后，生物化学与分子生物学则在分子水平上揭示了生命世界的基本结构和基础生命活动方面的高度一致性。21 世纪上半叶，下列几方面仍将是生物化学研究最活跃、最重要的领域。

### 1. 大分子结构与功能的关系

生命的基础物质（蛋白质和核酸，现在也认为还包括糖）基本上是大分子，研究这些大分子结构与功能的关系，仍然是生物化学的首要任务。蛋白质是生命活动的主要承担者，几乎一切生命活动都要依靠蛋白质来进行。蛋白质分子结构与功能的研究除了要继续阐明由氨基酸形成的一定顺序的肽链结构（称为一级结构）外，21 世纪的前 30 年将特别重视肽链折叠成的三维空间结构（高级结构），因为蛋白质的生物功能与它空间结构的关系更为密切。

核酸是遗传信息的携带者和传递者，研究核酸的结构与功能，特别是 DNA 及基因的结构，包括人体全套基因的结构，将会给整个生命科学、医学、农学带来崭新的面貌。糖类不仅作为能源，而且与细胞识别、免疫、信息接收与传递方面具有重要作用。因此，糖的结构

与功能的研究，也将受到重视。

## 2. 生物膜的结构与功能

生物膜包括细胞的外周质膜和细胞内的具有各种特定功能的细胞器膜。构成生命活动本质的许多基本问题如物质转运、能量转换、细胞识别、神经传导、免疫、激素和药物的作用等都离不开生物膜的作用，此外，新陈代谢的调节控制，甚至遗传变异、生长发育、细胞癌变等也与膜息息相关。因此，深入了解生物膜的结构和功能，不仅对认识生命活动的本质是有重要的理论意义，而且对于工业、农业、医学和国防工业也有重大的应用价值。21世纪对生物膜的结构、功能、人工模拟与人工合成的研究将是重大的生物化学课题之一。

## 3. 机体自身调控的分子机理

生物体内的新陈代谢是按高度协调、统一、自动化的方式进行的，一个正常机体，其体内各种生命物质既不会缺乏，又不会过多积累，它们间互相制约、彼此协调，这是由机体内高度发达、精密的调节控制机制来实现的，这一调节控制系统是任何非生物系统或现代机器所不能比拟的。现在世界上最先进的计算机与人相比，在计算速度上人脑可能不如电脑，但在信息处理、加工变换上电脑远远不如人脑。阐明生物体内新陈代谢调节的分子基础，揭示其自我调节的规律，不仅有助于揭开生命之谜，而且可以借鉴用于工业体系，使其高效率、自动化生产某些产品。目前，生物的反馈调节原理初步用于发酵工业生产抗生素、氨基酸和核苷酸等产品就是一例。随着生物化学在这一领域的深入研究，其在工业上的应用将更大范围、更大规模展现出更美好的前景。

## 4. 生化技术的创新与发明

随着生命科学在分子水平研究的深入，不仅要求生物化学在理论上有所突破，而且要求生物化学技术要不断创新，并有新的技术发明，才能真正使生物化学发挥基础和前沿的作用。现在生命科学的某些重要领域的发展受到技术的限制，例如基因工程受到产品分离纯化技术的限制。有的基因工程技术实现了基因筛选、分离、转移，并得以表达，但其产品得不到分离纯化，因此并未达到目的。可见，在这些领域，21世纪初的首要任务，就要求生物化学在产品的分离纯化技术上有新的突破。在21世纪上半叶的一段时间，生物化学应在蛋白质等物质的分离纯化、微量及超微量生命物质的检测与分析、酶功能基团的修饰、酶的新型抑制剂的筛选、酶的分子改造与模拟酶、生物膜的分离与人工膜制造等技术要有较大的发展，才能适应科学发展的需要，也才能促进生物化学理论和技术在工农业上的应用有进一步的拓宽。



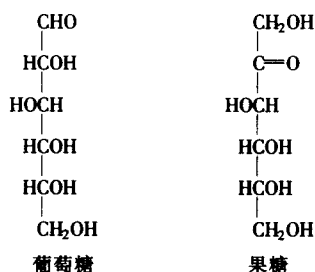
## 第二章 糖类的化学

### 第一节 概 述

#### 一、糖的定义与组成

##### 1. 定义——糖是多羟基醛或多羟基酮

糖是广泛分布于自然界的一大类有机化合物，几乎所有的动物、植物、微生物体内都含有糖类物质。糖类与蛋白质、脂类共同构成生命活动必需的能源物质。从化学结构上看，糖类物质是一类多元醇的醛衍生物或酮衍生物，包括了多羟基醛、多羟基酮和它们的缩聚物及其衍生物。如常见的葡萄糖和果糖分别是多羟基醛和多羟基酮：



##### 2. 元素组成——糖含有碳、氢、氧三种元素

糖类物质由碳、氢、氧三种元素组成，多数糖类所含碳及氢氧元素的通式为  $C_n(H_2O)_m$ ，从式中可以看出，其中氢氧之比为 2:1，与水的组成比例相同，故过去常将糖类物质称为“碳水化合物” (carbohydrate)，这种叫法并不准确，有些物质中的碳、氢、氧之比符合上述通式，然而从其理化性质看，却并不属于糖类，例如甲醛 ( $H \cdot CHO$ )、醋酸 ( $CH_3 \cdot COOH$ )、乳酸 ( $CH_3 \cdot CHOH \cdot COOH$ ) 等；而有些糖类物质的碳、氢、氧之比却不符合上述通式，如鼠李糖 ( $C_6H_{12}O_5$ )、脱氧核糖 ( $C_5H_{10}O_4$ ) 等。因此将糖定义为多羟基醛或多羟基酮更准确。

#### 二、糖的分类与命名

##### 1. 分类——糖分为单糖、寡糖、多糖三类

根据糖类物质能否水解和水解后的产物，将糖分为单糖、寡糖和多糖三类。

单糖 (monosaccharides)，是指简单的多羟基醛或酮的化合物，它是构成寡糖和多糖的基本单位，自身不能被水解成更简单的糖类物质。重要的单糖有核糖 (ribose)、脱氧核糖 (deoxyribose)、葡萄糖 (glucose)、果糖 (fructose) 和半乳糖 (galactose) 等。

寡糖 (oligosaccharides) 是由 2~10 个单糖分子缩合而成，因而寡糖水解后可以得到几分子单糖。最常见的寡糖为二糖，它可以看做两个单糖分子缩合失水而成的糖，蔗糖 (sucrose)、麦芽糖 (maltose) 和乳糖 (lactose) 等均为二糖。此外，还有三糖、四糖等，如棉籽糖 (raffinose) 和龙胆三糖 (gentianose) 均是由三个单糖分子缩合失水而成的三糖。

多糖 (polysaccharides) 是由许多单糖分子缩合而成的，其水解后又可生成许多分子单糖。若构成多糖的单糖分子都相同就称为同聚多糖或均一多糖 (homopolysaccharide)，如淀粉