

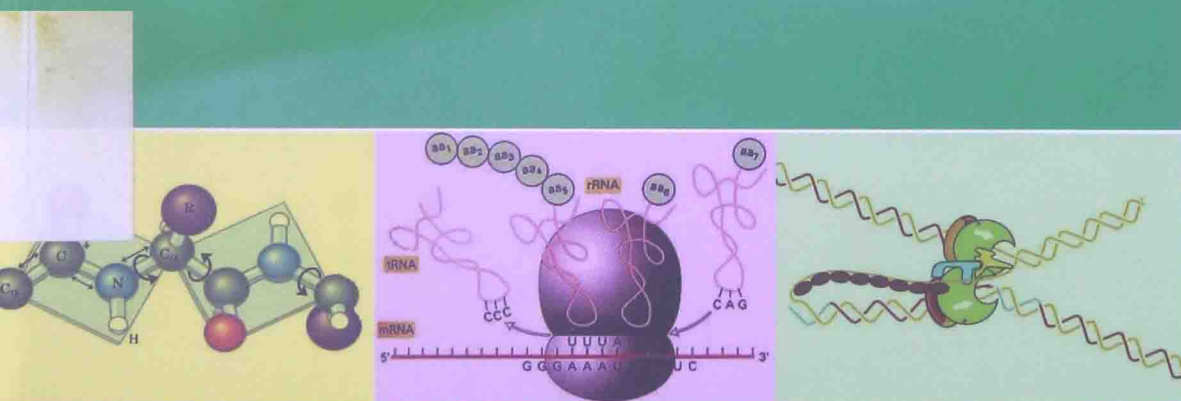


21世纪高等教育规划教材
生物学系列

简明生物化学

J I A N M I N G S H E N G W U H U A X U E

■ 主编 张军林 廖贵芹 杨 阳



教育部直属师范大学
华中师范大学出版社

S H E N G W U X U E

简明生物化学

主 编：张军林 廖贵芹 杨 阳

编 者：（按姓氏笔画排列）

方中明 阮景军 杨 阳

张军林 彭 玲 廖贵芹

魏 倩 瞿金旺

华中师范大学出版社

内 容 提 要

本书内容以生物化学基础知识为主体,紧密联系生物工程、生物技术、医学检验、食品工程和制药工程等相关专业的实际应用,并适当介绍生物化学的发展趋势和最新成就。在知识结构上注重由浅入深、循序渐进、少而精,强调知识的连贯性和整体性。全书共分十三章,包括:糖类、脂类、蛋白质、核酸、酶、维生素和辅酶、生物氧化、糖代谢、脂代谢、蛋白质和氨基酸代谢、核苷酸代谢、遗传信息的传递和代谢调控。每章还配有内容提要 and 适量的复习思考题,供学生课后练习巩固。

本书可供综合性高校、师范院校及医药卫生、农林科技院校学生使用,也可作为教师教学和学生考研的参考用书。

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

简明生物化学/张军林,廖贵芹,杨阳主编. —武汉:华中师范大学出版社,2014.6

ISBN 978-7-5622-6645-7

I. ①简… II. ①张… ②廖… ③杨… 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(2014)第 106853 号

简明生物化学

主编 张军林 廖贵芹 杨 阳◎

编辑室:第二编辑室

电 话:027—67867362

责任编辑:张 华 张晶晶

责任校对:刘 峥

封面设计:罗明波

封面制作:张 蕾

出版发行:华中师范大学出版社

社 址:湖北省武汉市珞喻路 152 号

邮 编:430079

销售电话:027—67863426/67863280(发行部) 027—67861321(邮购) 027—67863291(传真)

网 址:<http://www.ccnapress.com>

电子信箱:hscbs@public.wh.hb.cn

印 刷:华中理工大学印刷厂

督 印:章光琼

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

印 张:18.75 字 数:460 千字

版 次:2014 年 6 月第 1 版

印 次:2014 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1—2 000

定 价:32.00 元

敬告读者:欢迎举报盗版,请打举报电话 027—67861321。



前 言

生物化学是一门研究生命现象化学本质的学科,是认识生命科学问题的核心基础,其基本规律和实验方法是生物学及相关学科的共同语言。进入 21 世纪,生命科学进入一个崭新的时代,生物技术的新发展使人们对许多疾病的诊断和治疗逐步走向成熟;优良动、植物品种的培育和新药的开发正在不断地改变人类的生活,这些都迫使我们必须对以往的生物化学内容进行更新和调整。

我们根据多年的生物化学教学积累,结合目前教育部关于“应用技术大学”人才培养的要求,编写了本教材。编写内容力求基础和前沿相结合,篇幅精简,重点突出,内容新颖。对于重要的概念在文中用加黑的方式突出;以典型的化工产品和药物的应用与开发为例,注重培养学生分析问题和解决问题的能力;并根据生物化学和分子生物学学科发展迅速的特点,对一些知识点、新的研究成果用拓展知识的形式加以简明介绍。每章的最后设计的思考题,基本涵盖本章的内容,便于读者更好地归纳所学知识。

本书内容全部由从事一线教学和科研工作的教师编写。绪论、第 3 章和第 7 章由张军林博士编写;第 1 章、第 2 章和第 8 章由廖贵芹老师编写;第 4 章和第 9 章由魏倩博士编写;第 5 章由瞿金旺博士编写;第 6 章由杨阳博士编写;第 12 章由杨阳博士和方中明博士共同编写;第 11 章由彭玲老师编写;第 10 章和第 13 章由阮景军博士编写。全书统稿由张军林博士和廖贵芹老师完成。书中图片及所采用的一些生物化学反应式都引自参考文献中的书籍,在此我们对作者表示诚挚的谢意!同时我们也衷心感谢华中师范大学梅星元教授和洪华珠教授对本书的建议和帮助。

由于编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者、专家批评指正。生物化学内容广博而精深,在结束编写之际我们仍感难以停笔,薄薄一册的内容只是对生物化学窥豹一斑。我们将一如既往地关注生物化学科研和教学发展,以期更快更好地继续完善本教材。

编 者

2014 年 3 月于晨光湖畔



目 录

绪论	1
第 1 章 糖类	5
1.1 糖类概述	5
1.1.1 糖类的概念	5
1.1.2 糖的分类和命名	5
1.1.3 糖类的功能	6
1.2 单糖	6
1.2.1 单糖的结构	6
1.2.2 单糖的性质	9
1.2.3 重要的单糖及其衍生物	12
1.3 寡糖	14
1.3.1 二糖的结构	14
1.3.2 常见的二糖	14
1.3.3 糖蛋白的寡糖链	15
1.4 多糖	16
1.4.1 同多糖	16
1.4.2 杂多糖	19
1.5 壳寡糖的制备和应用	21
1.5.1 壳寡糖的制备	21
1.5.2 壳寡糖的应用	23
第 2 章 脂类	25
2.1 脂类概述	25
2.1.1 脂类的概念	25
2.1.2 脂类的分类	25
2.1.3 脂类的功能	25
2.2 脂肪和蜡	26
2.2.1 脂肪的结构	26
2.2.2 脂肪酸	27
2.2.3 脂肪的性质	28
2.2.4 蜡	29
2.3 磷脂	30
2.3.1 甘油磷脂	30
2.3.2 鞘磷脂	32



2.3.3 磷脂的性质	32
2.4 萜类和类固醇	33
2.4.1 萜类	33
2.4.2 类固醇	35
2.5 α -亚麻酸和卵磷脂的应用	36
2.5.1 α -亚麻酸	36
2.5.2 卵磷脂	37
第3章 蛋白质	39
3.1 蛋白质概述	39
3.1.1 蛋白质的生物学功能	39
3.1.2 蛋白质的分类	40
3.1.3 蛋白质的化学组成	41
3.2 蛋白质的基本组成——氨基酸	42
3.2.1 氨基酸的基本结构	42
3.2.2 氨基酸的种类	43
3.2.3 氨基酸的理化性质	47
3.2.4 氨基酸的分离与制备	51
3.3 蛋白质的一级结构	56
3.3.1 肽	56
3.3.2 蛋白质一级结构的测定	59
3.4 蛋白质的高级结构	64
3.4.1 蛋白质的二级结构	64
3.4.2 蛋白质的三级结构	68
3.4.3 蛋白质的四级结构	71
3.4.4 稳定蛋白质空间构象的作用力	72
3.4.5 蛋白质分子结构与功能的关系	73
3.5 蛋白质的性质与分离纯化	78
3.5.1 蛋白质的性质	78
3.5.2 蛋白质的分离纯化与鉴定	80
3.6 蛋白质和多肽的应用	86
3.6.1 多肽与健康	86
3.6.2 蛋白质工程	88
第4章 核酸化学	91
4.1 概述	91
4.1.1 核酸的概念	91
4.1.2 核酸的分类	91
4.1.3 核酸的功能	91
4.1.4 核酸的化学组成	92
4.2 核酸的结构	92



4.2.1	核苷酸	92
4.2.2	核酸的一级结构	94
4.2.3	DNA 的空间结构	94
4.2.4	RNA 的空间结构	97
4.3	核酸的性质与分离鉴定	99
4.3.1	核酸的理化性质	99
4.3.2	核酸的变性与复性	99
4.3.3	核酸的酸碱性质	100
4.3.4	核酸的分离鉴定	100
4.4	核酸的应用	101
4.4.1	核酸疫苗	101
4.4.2	基因治疗	102
第 5 章	酶化学	104
5.1	酶的概述	104
5.1.1	酶的概念及化学本质	104
5.1.2	酶催化反应的特点	105
5.1.3	酶催化专一性的类型	106
5.2	酶的命名和分类	107
5.2.1	酶的习惯命名法	107
5.2.2	酶的国际命名法	108
5.2.3	酶的国际分类	108
5.3	酶的结构和功能	109
5.3.1	酶的分子组成	109
5.3.2	酶的活性中心和必需基团	111
5.3.3	酶原与酶原激活	112
5.4	酶的催化机制	113
5.4.1	分子活化能与中间复合物学说	113
5.4.2	酶催化专一性的机制	114
5.4.3	酶催化高效性的机制	115
5.5	酶促反应动力学	116
5.5.1	温度对酶促反应速率的影响	116
5.5.2	pH 对酶促反应速率的影响	117
5.5.3	底物浓度对酶促反应速率的影响	117
5.5.4	酶浓度对酶促反应速率的影响	119
5.5.5	激活剂对酶促反应速率的影响	120
5.5.6	抑制剂对酶促反应速率的影响	120
5.6	酶的分离提纯和活力测定	124
5.6.1	酶的分离提纯	124
5.6.2	酶活力的测定	125



5.7 酶的应用	126
5.7.1 在医药方面的应用	126
5.7.2 在食品方面的应用	127
5.7.3 在轻工、化工方面的应用	129
5.7.4 在环保、能源方面的应用	130
5.7.5 在生物技术方面的应用	131
第6章 维生素和辅酶	133
6.1 水溶性维生素和辅酶	133
6.1.1 维生素 B ₁ 和羧化辅酶	133
6.1.2 维生素 B ₂ 和黄素辅酶	134
6.1.3 泛酸(维生素 B ₅)和辅酶 A	135
6.1.4 维生素 PP 和辅酶 I、辅酶 II	135
6.1.5 维生素 B ₆ 和磷酸吡哆醛	136
6.1.6 生物素	137
6.1.7 叶酸和叶酸辅酶	137
6.1.8 维生素 B ₁₂ 和 B ₁₂ 辅酶	137
6.1.9 硫辛酸	139
6.1.10 维生素 C(抗坏血酸)	139
6.2 脂溶性维生素	140
6.2.1 维生素 A	141
6.2.2 维生素 D	141
6.2.3 维生素 E	143
6.2.4 维生素 K	143
第7章 生物氧化	146
7.1 生物氧化概述	146
7.1.1 生物氧化的概念和特点	146
7.1.2 高能磷酸化合物	147
7.2 线粒体呼吸链	149
7.2.1 呼吸链的概念	149
7.2.2 呼吸链电子传递过程	149
7.3 氧化磷酸化	153
7.3.1 氧化磷酸化的概念	153
7.3.2 氧化磷酸化机制	154
7.3.3 氧化磷酸化调控	157
7.4 线粒体穿梭系统	158
7.4.1 甘油磷酸穿梭	158
7.4.2 苹果酸-天冬氨酸穿梭	158
第8章 糖代谢	161
8.1 多糖和寡糖的酶促降解	161



8.1.1	淀粉的酶促降解	161
8.1.2	纤维素的酶促降解	162
8.1.3	糖原的酶促降解	162
8.1.4	寡糖的酶促降解	162
8.2	糖的无氧分解	163
8.2.1	糖酵解的反应过程	164
8.2.2	丙酮酸的去路	168
8.2.3	无氧分解的生物学意义	168
8.3	糖的有氧分解	169
8.3.1	有氧氧化的反应过程	169
8.3.2	三羧酸循环的特点	173
8.3.3	有氧氧化的生物学意义	174
8.3.4	三羧酸循环的回补途径	175
8.3.5	乙醛酸循环	176
8.4	磷酸戊糖途径	177
8.4.1	磷酸戊糖途径的反应历程	177
8.4.2	磷酸戊糖途径的生物学意义	180
8.5	糖的合成代谢	181
8.5.1	糖异生作用	181
8.5.2	糖原的合成	184
8.5.3	蔗糖的合成	185
8.6	血糖及其调节	187
8.6.1	血糖	187
8.6.2	血糖的来源和去路	188
8.6.3	血糖的调节	188
第9章	脂代谢	192
9.1	脂肪的分解代谢	192
9.1.1	脂类的消化和吸收	192
9.1.2	甘油的分解代谢	192
9.1.3	脂肪酸的分解代谢	192
9.1.4	酮体代谢	195
9.2	脂肪的合成代谢	197
9.2.1	脂肪酸的合成代谢	197
9.2.2	三酰甘油的合成代谢	200
9.3	胆固醇代谢	200
9.3.1	胆固醇的合成代谢	200
9.3.2	胆固醇的分解代谢	201
9.4	脂类代谢在工业中的应用	201



第 10 章 蛋白质与氨基酸代谢	203
10.1 蛋白质的酶促降解	203
10.1.1 蛋白水解酶	203
10.1.2 氨基酸的吸收	203
10.1.3 细胞内蛋白质的降解	204
10.2 氨基酸的分解与转化	205
10.2.1 氨基酸代谢概况	205
10.2.2 氨基酸的脱氨基作用	205
10.2.3 氨基酸的脱羧基作用	207
10.2.4 氨的转运与尿素循环	208
10.2.5 氨基酸碳骨架的转化途径	211
10.2.6 氨基酸与一碳单位	212
10.3 氨基酸的生物合成	212
10.3.1 氮素循环与氮的同化	212
10.3.2 必需氨基酸	213
10.3.3 20 种氨基酸的生物合成概论	213
10.4 谷氨酸发酵	214
10.4.1 谷氨酸生产菌种的生物学特征	214
10.4.2 谷氨酸生物合成	215
第 11 章 核苷酸代谢	217
11.1 核酸的酶促降解	217
11.1.1 核酸酶	217
11.1.2 核酸的酶水解	218
11.2 核苷酸的分解代谢	218
11.2.1 核苷酸的降解	218
11.2.2 嘌呤碱的分解代谢	218
11.2.3 嘧啶碱的分解代谢	219
11.3 核苷酸的合成代谢	220
11.3.1 嘌呤核苷酸的生物合成	220
11.3.2 嘧啶核苷酸的生物合成	222
11.3.3 核苷酸的补救合成途径	224
11.3.4 脱氧核糖核苷酸的生物合成	224
第 12 章 遗传信息的传递	230
12.1 中心法则	230
12.1.1 中心法则的建立	230
12.1.2 中心法则的发展	230
12.2 DNA 的生物合成	231
12.2.1 DNA 的复制概述	231



12.2.2	原核生物 DNA 的合成	236
12.2.3	真核生物 DNA 的合成	240
12.2.4	RNA 指导下的 DNA 合成	243
12.2.5	DNA 的修复	244
12.3	RNA 的生物合成	247
12.3.1	原核生物 RNA 的合成	247
12.3.2	真核生物 RNA 的合成	253
12.3.3	RNA 的加工	255
12.4	蛋白质的生物合成	263
12.4.1	蛋白质生物合成的分子基础	263
12.4.2	氨基酸的活化	267
12.4.3	多肽链的合成	267
12.4.4	多肽链的加工与蛋白质的运输	271
第 13 章	代谢调控	275
13.1	细胞代谢的调节网络	275
13.1.1	代谢途径的相互联系	275
13.1.2	分解代谢与合成代谢的单向性	278
13.1.3	代谢的基本要略	278
13.2	代谢调节的四级水平	279
13.2.1	代谢调节的概念	279
13.2.2	神经系统对代谢的调节	279
13.2.3	激素调节	279
13.2.4	细胞水平调节	280
13.2.5	酶水平调节	281
13.3	基因表达的调节	282
13.3.1	原核生物基因表达的调节——操纵子学说	282
13.3.2	真核生物基因表达的调节	284
主要参考文献		287



绪 论

生命是什么？这不仅是生物学家要回答的基本问题，也是物理学家、化学家、哲学家、伦理学家以及其他关注生命现象与本质的学者都关心和思考的问题。生命的种类繁多、形态各异，我们可以明确判断生物体的“生”和“死”，而需要给生命下一个科学的、严格的定义，却十分困难。但是，可以通过认识生命的一些基本特征来理解生命现象。概括来说，生物是物质运动的高级形式，它建立在物理、化学规律之上，但又不完全归结于物理、化学的范畴；生命是以蛋白质和核酸为主的高度有序的多分子体系，是能进行新陈代谢和繁殖的开放系统。

一、生物化学的概念和研究内容

生物化学是一门现代交叉学科，于 19 世纪末叶兴起，到 20 世纪初屹立于科学界。生物化学在建立初期，以天然有机化合物的分离、鉴定为主要研究内容，而今已发展成为探索复杂生命过程分子基础的一门学科。生物化学是运用化学原理和方法研究生命现象的科学，它是介于化学、生物学和物理学之间的一门交叉学科。其主要任务是研究蛋白质、核酸、糖类、脂类等生物大分子的结构与功能、物质代谢与能量代谢以及遗传信息流。

生命现象离不开物质、能量和信息这三个方面。

从构成生物分子的元素成分来看，构成地球上所有生命体的各种生物高分子，如糖类、脂类、蛋白质和核酸等都是相同或者相似的，而组成生物高分子的各种单体分子种类，如各种糖类、氨基酸、核苷酸、脂肪酸以及它们的衍生物则基本上也是相同的。构成生命体的有机分子来源于无机的物质世界，但是却有自己的特点。从生物进化的角度考虑，生命物质来源于无机物质环境。正是无机物质在特殊的物理、化学因素（如高温、紫外线、闪电等）作用下，才有了最基本的有机小分子（如氨基酸）诞生。进而在原始海洋中形成生物高分子和高分子聚集体。脂类分子的双亲性结构作为最初的膜原型，为生命活动的呈现提供了一个半封闭系统，蛋白质分子和核酸分子才有了基本的分工和协助。核酸分子保留了控制生命体遗传信息的功能，蛋白质作为遗传信息的最终体现者，通过结构组分和酶催化组分发挥作用。糖分子容易穿越这个半封闭系统，它为生命活动中的物质合成和分解提供必要的碳骨架。另外糖分子形成的细胞壁结构在水生植物适应陆地环境的进化中起了非常重要的作用，同时也是当今地球上许多高大的陆生植物挺拔而立的重要原因。在后来的进化中，这些生物高分子有了更明确的分工，遗传物质被专门的膜结构隔离在细胞核当中，同时膜结构特化形成更多的亚细胞结构，酶分子有了更加强大的催化功能，有条不紊地控制着细胞中数以万计的生化代谢反应。因此，在构成生命活动最简单的细胞结构中，我们可以看出脂类、糖类、蛋白质和核酸是生命现象存在的物质基础。这些物质也是我们认识生命体的基础——静态生物化学的主要内容。在静态生物化学中，我们主要关注这些生物物质的结构、性质及功能。



构成生命体的物质——生物分子处于不断的运动之中,这种运动可以简单地归结为生物分子的合成和分解。无论是分子的合成还是分解都与化学键的形成和断裂有关系,也就是说与能量的储存和释放有关联。因此,能量的变化是生命现象的另一个重要方面。生物体从诞生到死亡的过程无不时刻依赖能量供给的维持。在细胞结构中,有专门的产能系统——电子传递链和氧化磷酸化,包括储能分子和能量携带分子,为生物分子的转化提供能量支持。这就是我们后面要学到的生物能学原理。

最新研究表明,人工设计生物的遗传信息合成 DNA 可以创造出新的生命体。构成生命体生命活动的所有信息来源于遗传信息,从核酸分子的结构、多肽链中氨基酸的排列顺序、蛋白质的空间构象、糖分子和脂类分子的组成和结构到细胞结构中对信号分子的传递、个体的形态差异和对外界环境应激都由特定的遗传信息决定。进一步说,由于特定遗传信息是以专门的物质——核酸分子为载体的,生物信息的存在不能离开生物物质。而生物信息的传递和表达都表现在生物分子的转化中,这个过程中必然包含生物能量的释放和储存。因此,我们可以这样认为:在生命活动中,生物物质是生命的载体,生物能量是生命的驱动力,生物信息是生命的本质。动态生物化学致力于研究生命活动的各种化学变化中的物质代谢、能量代谢和调控规律。而对生物信息传递和调控以及其中涉及的生物大分子的结构和功能的关系则是分子生物学的研究内容。

二、生物化学研究简史

18 世纪下半叶,化学成就大量积累。学者们开始思考一个深层次问题:有机化合物与无机化合物的根本区别是什么?当时的德国生理学家提出,二者的根本区别在于有无“生命活力”。19 世纪前半叶,许多化学家开始从事生命体的研究,有机化学很快发展成为一门研究生物体有机成分的化学。Wöhler F 于 1828 年发现无机化合物氰化铵经过加热能合成生物分子——尿素。尿素本来是一种仅存在于动物机体的有机物质,尿素的体外合成意味着有机化学与无机化学之间并没有鸿沟存在,生命的性质可以用化学来阐释。该发现对“生命活力论”是一个致命打击。Von Liebig J 认为动物体的热能是由食物燃烧产生的,于 1842 年提出“代谢”这个概念,指出代谢是生物体内物质的合成与分解过程。这些观点对用化学原理认识生命过程起了重要作用。

19 世纪 40 年代细胞学说的建立大大促进了生理学的发展,同时加速了生物化学学科的建立。再加上对细胞中有机物质分子结构知识的不断积累,细胞中化学反应的研究也随之展开。首先得到阐明的是降解代谢途径,即有机化合物分解的一系列化学反应。早在 19 世纪初人们就认识到酵母菌是酒精发酵的主要微生物,但它如何将葡萄糖分解成酒精和二氧化碳并不清楚。法国微生物学家 Pasteur L 认为发酵因子(酵素,后来称“酶”)只存在于活的酵母细胞中,这引起了不小的争议。直到 1897 年 Buchner E 用酵母细胞提取物完成了酒精发酵,才彻底否定了上述观点。至此,人们清晰地认识到,活的机体是由特定的化学物质组成的,这些物质在化学过程中是可以发生作用的。19 世纪末期,另一位著名的生物化学家——德国的 Fischer H E,用化学方法确定了许多单糖和二糖的结构和构型,证明酶有专一性,并于 1894 年提出了揭示底物与酶关系的“锁钥”假说,完成了氨基酸之间的缩合反应,提出了蛋白质肽键理论。他对生物化学作出了杰出贡献,被公认为“生物化学之父”,并于 1902 年获得诺贝尔化学奖。

进入 20 世纪后,由于德国生物化学处于领先地位,大量学生到德国留学,由此带动



了美、英、法等多个国家的生物化学发展。随着生物化学研究领域的不断拓展,涌现出了一大批优秀的生物化学家,在物质分离和研究上取得了很多成果。例如,从动物组织中分离到胰岛素、甲状腺素和肾上腺素作为药物;发现了微生物在生命活动中不可或缺的作用,提升了人们对食品营养的认识。但是,关于酶本质的讨论持续了多年,有学者认为“酶是蛋白质”,有的学者则认为“酶不是蛋白质”。Sumner J B 第一次获得了尿酶晶体,证明其化学本质是蛋白质,成为 20 世纪初期的突出成就(1946 年获诺贝尔化学奖)。随后 Northrup J H 得到胃蛋白酶和膜蛋白酶的晶体(1946 年获诺贝尔化学奖)。至此,“酶是蛋白质”的观点被普遍接受,这促进了更多酶的分离分析,酶学成为生物化学不断发展的重要研究领域。随着酶学研究的进展,更多代谢途径被解析,如糖酵解、酒精发酵、尿素循环以及 Krebs H A 发现的三羧酸循环(1953 年获得诺贝尔生理学或医学奖)等。因此,人们开始相信生物化学研究能够为揭示细胞功能提供强有力的手段。

20 世纪中叶以后,由于各领域科学家跨学科的有力合作,以及许多研究技术改进,如色谱技术、电泳技术、离心技术、荧光技术、同位素示踪技术、X 射线晶体衍射技术等,生物化学得以迅猛发展。这期间的代表性成果有:①阐明了物质合成代谢途径;②蛋白质一级结构的精确测定;③人工合成活性蛋白质;④蛋白质构象的解析。

1944 年美国微生物学家 Avery O 等通过肺炎球菌转化实验,证明了遗传物质是 DNA。Watson J D 与 Crick F 在前人研究的 DNA 的 X 射线晶体衍射图以及 DNA 碱基组成规律的基础上,于 1953 年创造性地提出了 DNA 双螺旋结构模型,引发了生命科学的革命性变化,随之诞生了分子生物学。随后 Crick 提出了遗传信息的中心法则,明确指出在生物体中遗传信息是从 DNA 传到 RNA,再从 RNA 传到蛋白质。中心法则很快得到证实,现已成为分子生物学的指导思想。

20 世纪 70 年代核酸序列的准确测定和限制性内切酶的发现,使 DNA 重组获得成功,由此开创了基因工程(genetic engineering)新时代,并促进了分子生物学、分子医学、分子农业的发展,如人们可以利用生物反应器生产干扰素,利用 DNA 重组技术获得抗虫棉。生物信息学、量子生物学、结构生物学、分子发育学、分子生理学、分子免疫学等许多边缘性学科相继诞生。

由美国、英国、日本、法国、德国和中国共同承担的人类基因组计划已于 2000 年完成。我国继 2002 年宣布独立完成水稻基因组全部测序后,近几年又有多种作物基因组测序报道。目前最大的挑战就是揭示这些序列的功能,特别是非编码 DNA 的功能,这不仅有助于深刻理解生命本质,而且对许多疾病的诊断治疗以及提高农作物的产量、品质都具有重要指导意义。目前,生命科学已经进入后基因组时代(post-genomic era),核酸序列的测定速度不断加快,可利用的数据库多达几百个,加上计算机的快速运算,方便了人们在整体水平上对基因组进行研究,继而产生了功能基因组学、比较基因组学、蛋白质组学等一系列新学科。可见,生物化学是分子生物学等许多新兴学科的基础,而新兴学科的发展又为生物化学提供了新理论知识和研究技术。生物化学是一门现代科学、动态科学和交叉科学。生物化学对生命科学、农业和医学的发展具有深远的影响。

三、生物化学的应用和发展前景

生物化学的产生和发展来源于人们的生产实践,它的迅速进步随即又推动着生产实践的发展。生物化学的理论知识、实验技术以及产品广泛应用于农业、工业、医药、食品



加工等重要经济领域,正在为社会经济的发展和人们生活水平的提高作出贡献。

在农业生产中,作物栽培、新品种鉴定、遗传育种、土壤化学、生物固氮、植物抗逆抗病虫害等领域都越来越多地以生物化学作为理论基础。例如,遗传育种就是应用生物化学的理论和技術,有效地控制作物品种的优良性状在世代间传递。

在工业生产中,如食品工业、发酵工业、制药工业、生物制品工业、皮革工业等都需要广泛地应用生物化学的理论和技術。尤其是在发酵工业中,可以根据微生物合成某种产物的代谢调节规律,通过控制反应条件,或者利用基因工程来改造微生物,构建新的工程菌株,大量生产目标代谢产物。发酵产物的分离纯化也必须依据和利用代谢产物的生物化学性质而展开工作。工业生产的酶制剂主要用于农业产品的加工、工艺流程的改造和医药行业。如淀粉酶和葡萄糖异构酶用来生产高果糖糖浆,纤维素酶用作添加剂以提高饲料的有效利用率,某些蛋白酶制剂被用作消化和溶解血栓的药物,以及用于皮革脱毛和洗涤剂的添加剂等。

在医药领域中,生物化学的应用非常广泛。对一些常见病和严重危害人类健康的疾病进行研究,有助于进行预防、诊断和治疗。如血清中肌酸激酶同工酶的电泳图谱用于冠心病诊断、转氨酶用于肝病诊断、淀粉酶用于胰腺炎诊断等。在治疗方面,磺胺药物的发现开辟了利用抗代谢物作为化疗药物的新领域,如 5-氟尿嘧啶用于治疗肿瘤。青霉素的发现开创了抗生素化疗药物的新时代,再加上各种疫苗的普遍应用,使很多严重危害人类健康的传染病得到控制或基本被消灭。包括激素、维生素、核苷酸类物质和酶等都是从生物细胞提取的有治疗作用的生化药物。

在生物化学和分子生物学的基础上又发展出现新的技术学科——生物工程,包括基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程、生化工程、蛋白质工程、海洋生物工程、生物计算机和生物传感器等九大主要工程。其中,基因工程是核心。人们试图像设计机器或建筑物一样,定向设计并构建具有特定优良性状的新物种,结合发酵和生化工程的原理和技術,生产出新的生物产品。尽管仍处于起步阶段,但目前已经用生物工程技术大规模生产出动物、植物体内含量少,而人类所必需的蛋白质等物质,如干扰素、生长素、胰岛素和肝炎疫苗等珍贵药物,这些都展示出广阔的市场应用前景,对人类的生产和生活将产生巨大而深远的影响,并成为 21 世纪新兴技术产业之一。



第1章 糖类

糖类(carbohydrate)是自然界数量最多、分布最广且具有重要生物功能的有机化合物。从细菌到高等动物的机体都含有糖类,以植物体中含量最为丰富,约占干重的85%~90%。植物依靠光合作用,利用大气中的二氧化碳合成糖,其他生物则以糖类如葡萄糖、淀粉等为营养物质,从食物中消化吸收后再转变成体内的糖,通过代谢为机体提供能量;同时糖分子中的碳架以直接或间接的方式为蛋白质、核酸、脂类等各种有机物分子的合成提供碳骨架,所以糖作为能源物质和细胞结构物质以及在参与细胞的某些特殊的生理功能方面都是不可缺少的生物组成成分。

1.1 糖类概述

1.1.1 糖类的概念

糖类主要是由碳、氢和氧三种元素组成,过去用通式 $C_n(H_2O)_m$ 表示,并称为“碳水化合物”。后来发现有些化合物如鼠李糖($C_6H_{12}O_5$)和脱氧核糖($C_5H_{10}O_4$),它们的结构和性质都属于糖,但分子中氢氧原子数之比并不是2:1;而有些化合物,如乙酸($C_2H_4O_2$)、乳酸($C_3H_6O_3$)等,它们的分子式虽符合上述通式,但却不具有糖的结构和性质。因此称糖为碳水化合物并不恰当。现将糖类化合物定义为多羟基醛、多羟基酮及其缩聚物和衍生物的总称。

1.1.2 糖的分类和命名

糖类化合物一般按其能否水解和水解产物分为三类:单糖、寡糖和多糖。

(1) 单糖(monosaccharide)

不能被水解成更小分子的糖属于单糖。根据分子中所含羰基的位置分为醛糖和酮糖,也可以按分子中所含碳原子数分类,如三碳糖可分为丙醛糖和丙酮糖,相应的醛糖和酮糖是同分异构体。自然界中的单糖以五碳糖和六碳糖最为普遍,如核糖、脱氧核糖、阿拉伯糖、葡萄糖、果糖等。

(2) 寡糖(oligosaccharide)

由2个~10个单糖分子缩合而成,水解后可得到相应数量和种类的单糖分子。常见的寡糖有二糖如麦芽糖、蔗糖和乳糖,三糖如棉籽糖。

(3) 多糖(polysaccharide)

由许多单糖分子或其衍生物缩合而成的糖,又称为高聚糖。多糖可分为同多糖和杂多糖两类。由一种单糖缩合形成的多糖称为同多糖,如淀粉、纤维素等。由两种或两种以上单糖或其衍生物缩合形成的多糖称为杂多糖,如透明质酸、硫酸软骨素等。多糖按糖分子中是否有支链,又可分为直链多糖和支链多糖;按照功能的不同,可分为结构多糖、贮存多糖。



1.1.3 糖类的功能

(1) 糖类是重要的能源物质

生物体进行生命活动所需要的能量的40%~80%来自糖代谢。植物的淀粉和动物的糖原都是能量的储存形式。糖类是人类最经济、最主要、最有效的能量来源。糖类在体内消化后主要以葡萄糖的形式吸收,人体所有组织细胞都含有能直接利用葡萄糖产能的酶类。

(2) 物质代谢的碳骨架

糖类在生物体内代谢过程中可为蛋白质、核酸、脂类的合成提供碳骨架。

(3) 结构成分

纤维素、半纤维素、木质素是植物细胞壁的主要成分,肽聚糖是原核生物细胞壁的主要成分。

(4) 特殊的生理功能

细胞膜表面糖蛋白的寡糖链参与细胞间的识别。一些细胞的细胞膜表面含有糖分子或寡糖链,构成细胞的“天线”,参与细胞通信。红细胞表面A、B、O血型决定簇就含有岩藻糖。一些寡糖如低聚木糖醇可促进机体肠道内微生物菌群的形成。近年来由于糖的特殊生理功能,随着分离分析技术和分子生物学的发展,使得人们对糖类的研究越来越重视,并出现了一门新学科——糖生物学。

拓展阅读

糖与饮食

从营养观点来看,糖是“空的卡路里”,即除了产生能量以外不含有其他任何营养元素。如果吃糖过多,必然会影响其他营养元素的吸收。但是,糖本身并没有什么坏处。相反,糖是食物中的一种天然成分,可以在食物加工过程中增加食物的风味,以及作为食物的保藏剂。因此,适量吃糖应当是人们丰富多彩的生活的一种乐趣。

从我国目前的状况看,主要的食糖方式一是主食,二是辅食。前者多是通过膳食中的主粮摄取,后者包括吃含糖的食品、制剂,或单独吃糖如冲服甘蔗糖、蜂蜜糖等。糖与人们的日常生活息息相关,我们不能忽略它在我们体内的作用,担心发胖而不吃糖更是不可取。另一方面,我们也不能忽视高糖饮食的危害而过量、无选择地摄入各种糖类。因此,合理摄入糖类才能保持我们的健康体魄。

1.2 单糖

自然界中常见的单糖有葡萄糖(glucose)、果糖(fructose)、半乳糖(galactose)等。糖的名称一般不用有机化学系统命名法命名。除少数简单的羟乙醛、二羟丙酮按基团命名外,许多单糖都有一个俗名,一般与来源有关,例如果糖、赤藓糖(erythrose)、核糖(ribose)等。

1.2.1 单糖的结构

1.2.1.1 单糖的链式结构与构型

绝大多数单糖分子是不对称分子,具有旋光性。以最简单的醛糖——甘油醛