



普通高等教育“十三五”规划教材

生物 化学

BIOCHEMISTRY



王永敏 姜 华 主编



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位



普通高等教育“十三五”规划教材

生物化学

王永敏 姜 华 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学/王永敏, 姜华主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2017. 2
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978 - 7 - 5184 - 0975 - 4

I. ①生… II. ①王… ②姜 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 (2016) 第 174004 号

责任编辑: 马 妍 赵梦瑶

策划编辑: 马 妍 责任终审: 劳国强 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 锋尚设计 责任校对: 李 靖 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京君升印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2017 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 29.5

字 数: 680 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5184 - 0975 - 4 定价: 52.00 元

邮购电话: 010 - 65241695 传真: 65128352

发行电话: 010 - 85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

150222J1X101ZBW

前言 | Preface

在近二十多年的时间里，生物科学的研究突飞猛进，它不仅吸引了学术界的关注，而且也在很大程度上影响着我们人类的日常生活。这其中基础领域生物化学的惊人进展更是为生物学、生物技术的进步和发展提供了助力。因此，学好生物化学这门基础课，对于生物技术、生物工程、食品科学与工程、食品质量与安全、制药工程及其他生命科学专业的学生及从业人员就显得尤为重要。

今日的生物化学在广度和深度上都发生了巨大的变化，特别是核酸及蛋白质两类分子的研究成果层出不穷，并由此发展出分子生物学这门独立学科就是一例证。面对如此浩瀚的内容更新，生物化学教材囊括的内容越来越多，程度越来越深。要学好生物化学，必须付出时间的成本。但是，在注重学生能力培养，不断压缩课堂教学学时的背景下，如何在有限的学时内完成高质量的教与学就成了我们必须思考的问题。显然，解决这个问题的关键在于与生物化学进展相适应的教学安排、课堂讲授及适合的教科书的使用。

本教材编写以基础生物化学内容为主，兼顾生物化学原理在生物工程、食品工程、生物技术及医学等领域的应用。在章节安排上，仍采用读者广泛认同的先“静态”后“动态”再“基因信息”的编排次序。书中基本概念力求阐述准确，内容深度适中，紧紧扣住生物化学的基本内容，又力求反映生物化学研究的新成果、新进展、新的研究手段和方法，以达到巩固基础、开阔视野、加强对学生的科学素养和能力培养的目的。为此，在教材的延伸阅读内容中引入了部分最新研究动态、有趣的科学故事以及与生化理论相关的生活常识等，学生通过自学有关内容，可激发学习兴趣，培养科研思维。

本教材适合 70 学时左右的教学选用。可作为生物技术、生物工程、食品科学与工程、食品质量与安全、制药工程及其他生命科学的生物化学基础课教材。

本教材主要由齐鲁工业大学生物化学课程组的教师联合编写，临沂大学和德州学院的有关老师参与了部分内容的编写。他们都是长期从事生物化学教学和科研工作、富有经验的教师。具体编写分工如下：本书的绪论、第八章（新陈代谢总论与生物氧化）、第十一章（蛋白质的降解和氨基酸代谢）、第十二章（核酸的降解和核苷酸代谢）由齐鲁工业大学王永敏编写；第一章（糖类化学）、第十五章（蛋白质的生物合成）由齐鲁工业大学姜华编写；第七章（激素化学）、第九章（糖代谢）、第十章（脂质代谢）由齐鲁工业大学张兴丽编写；第二章（脂质化学）由齐鲁工业大学孙锐编写；第三章（蛋白质化学）由齐鲁工业大学丁烽编写；第四章（核酸化学）由临沂大学李文丽编写；第五章（酶化学）由齐鲁工业大学檀琮萍编写；第六章（维生素和辅酶）由齐鲁工业大学檀琮萍和丁烽共同编写；第十三章（DNA 的生物合成）、第十四章（RNA 的生物合成）由齐鲁工业大学韩宁编写；第十六章（物质代谢的调节与控制）

由齐鲁工业大学王永敏和德州学院曹际云共同编写。全书由王永敏、姜华统稿。

在教材编写过程中得到了齐鲁工业大学轻工学部邵秀芝主任、食品学院崔波院长的鼓励和支持；山东师范大学孙忠军为书中图片的修改做了大量工作。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，加上时间仓促，书中难免有不当甚至差错之处，敬请读者提出宝贵意见并给予批评指正，以便再版加以完善。

王永敏
2016年3月

绪论	1
第一章 糖类化学	7
第一节 概述	7
第二节 单糖	9
第三节 寡糖	19
第四节 多糖	22
【延伸阅读】	32
第二章 脂质化学	34
第一节 概述	34
第二节 甘油三酯和蜡	36
第三节 磷脂和鞘脂	43
第四节 衍生脂质	46
【延伸阅读】	49
第三章 蛋白质化学	51
第一节 概述	51
第二节 氨基酸	54
第三节 肽	73
第四节 蛋白质分子的结构与功能	76
第五节 蛋白质的重要理化性质	89
第六节 蛋白质的分离纯化与鉴定	94
【延伸阅读】	103
第四章 核酸化学	106
第一节 概述	106
第二节 核酸的化学组成	107
第三节 核酸的分子结构	111

第四节	核酸及核苷酸的性质	120
第五节	核酸的分离提取和纯化	127
【延伸阅读】	.....	129
第五章	酶化学	131
第一节	概述	131
第二节	酶催化作用的机制	141
第三节	酶促反应动力学	148
第四节	酶的活力测定和分离纯化	163
第五节	酶的应用	167
【延伸阅读】	.....	170
第六章	维生素和辅酶	172
第一节	概述	172
第二节	水溶性维生素及有关辅酶	173
第三节	脂溶性维生素	183
【延伸阅读】	.....	186
第七章	激素化学	188
第一节	概述	188
第二节	重要的动物激素	190
第三节	激素的受体与作用机制	196
【延伸阅读】	.....	202
第八章	新陈代谢总论与生物氧化	203
第一节	新陈代谢总论	203
第二节	生物氧化	210
第三节	电子传递体系及氧化磷酸化	226
【延伸阅读】	.....	243
第九章	糖代谢	245
第一节	多糖的酶促降解	245
第二节	葡萄糖的酵解	249
第三节	糖的有氧氧化	258
第四节	磷酸戊糖途径	269
第五节	糖原的分解与合成代谢	275
第六节	糖异生	282
【延伸阅读】	.....	286

第十章	脂质代谢	288
	第一节 脂肪的分解代谢	288
	第二节 脂肪的合成代谢	298
	第三节 磷脂和鞘脂的代谢	305
	第四节 胆固醇的代谢	310
	【延伸阅读】	317
第十一章	蛋白质的降解及氨基酸代谢	318
	第一节 概述	318
	第二节 氨基酸的分解代谢	322
	第三节 氨基酸的合成代谢	335
	第四节 个别氨基酸的代谢与健康	348
	第五节 谷氨酸发酵	350
	【延伸阅读】	353
第十二章	核酸的降解及核苷酸代谢	355
	第一节 核酸的降解	355
	第二节 核苷酸的分解代谢	359
	第三节 核苷酸的合成代谢	365
	【延伸阅读】	375
第十三章	DNA 的生物合成	377
	第一节 DNA 复制	377
	第二节 反转录作用	389
	第三节 DNA 的损伤（突变）与修复	391
	【延伸阅读】	397
第十四章	RNA 的生物合成	399
	第一节 RNA 转录	400
	第二节 RNA 转录后的加工	407
	【延伸阅读】	411
第十五章	蛋白质的生物合成	413
	第一节 遗传密码	413
	第二节 核糖体与 RNA 在蛋白质合成中的作用	418
	第三节 蛋白质的生物合成	421
	第四节 蛋白质的转运	430
	【延伸阅读】	432

第十六章	物质代谢的调节与控制	434
	第一节 物质代谢的相互联系	434
	第二节 物质代谢的调节和控制	436
	第三节 能荷对糖代谢的调节	455
	第四节 代谢调控与发酵工业生产	456
	【延伸阅读】	460
参考文献	.....	462

绪论

一、生物化学的涵义

生物化学 (biochemistry) 是介于生物与化学之间的一门边缘交叉学科, 是应用化学的理论和方法, 从分子水平上研究生物体的化学组成和生命活动中所进行的化学变化及其调控规律, 从而阐明生命现象本质的一门学科。

在生物化学基础上发展起来的一门新兴学科——分子生物学 (molecular biology), 主要研究内容为核酸、蛋白质生物大分子的结构与功能, 探讨生物体所含基因的结构、基因的功能和基因的表达与调控, 以及基因产物——蛋白质或 RNA 的结构和生理功能。从广义上讲, 分子生物学是生物化学的重要组成部分, 其更深入地从分子水平上揭示生命现象, 为生物化学的发展注入了新的生机与活力, 使生物化学与分子生物学成为生命科学领域中发展最快的前沿学科之一。由此可见, 当今生物化学与分子生物学不能截然分割, 二者代表着当前生命科学的主流和发展的趋势。

生物化学是一门实验科学, 其理论的发展与各种实验技术的发明密切相关。生物化学的研究除采用化学的原理和方法外, 还运用了物理学、生理学、遗传学、免疫学等原理和技术。同时, 生物化学的理论和方法也广泛被其他学科应用。因此, 生物化学与其他学科的交叉与融合, 既促进了本身的发展, 也使其成为生命科学相关学科间相互沟通的共同语言。

二、生物化学研究的主要内容

生物化学研究的内容十分广泛, 概括起来主要集中在以下几个方面。

(一) 生物体的物质组成及生物分子的结构与功能

生物体是由许多复杂的化学成分按照严格的规律构建起来的。这些化学成分包括无机物、有机小分子和生物大分子。蛋白质、核酸、多糖、蛋白聚糖和复合脂质是体内重要的生物大分子, 它们都是由各自基本组成单位按一定顺序和方式构成的多聚体, 相对分子质量一般大于 10^4 。例如, 氨基酸是蛋白质的基本组成单位, 核苷酸是核酸的基本组成单位, 单糖是多糖的基本组成单位等, 它们按照各自的方式聚合而成相应的大分子。

对生物大分子的研究, 除了确定其一级结构 (基本组成单位的种类、排列顺序和方式) 外, 更重要的是研究其空间结构及其与功能的关系。分子结构是功能的基础, 功能是结构的体现。生物大分子的功能主要是通过分子之间的相互识别和相互作用来实现的。例如, 蛋白质与蛋白质的相互作用在细胞信号转导中起重要作用; 蛋白质与蛋白质、蛋白质与核酸、核酸与核

酸的相互作用在基因表达调控中起决定性作用。因此,分子结构、分子识别和分子的相互作用是执行生物信息分子功能的基本要素,这一领域的研究是当今生物化学的热点之一。生物大分子进一步组装成更大的复合体,然后再装配成亚细胞结构、细胞、组织、器官和系统,最后成为能进行生命活动的生物体。

本书第一章至第七章主要介绍生物分子的结构与功能,属于静态生物化学内容。

(二) 物质代谢及其调节

生命体不同于无生命体的基本特征是新陈代谢。生物体内各种物质都按一定规律进行代谢,物质代谢是机体与环境不断地进行物质交换,并通过物质代谢为生命活动提供能量。体内代谢途径既要适应外环境的变化,又要维持内环境的相对恒定,这需要各条代谢途径之间的互相协调。这样复杂的体系是在多种调节机制控制下完成的。正常的物质代谢是正常生命过程的必要条件,若物质代谢发生紊乱,即可引起疾病。

目前对生物体内的主要物质代谢途径已基本清楚,但仍有众多的问题有待探讨。例如,物质代谢有序性调节的分子机制,细胞信息传递参与多种物质代谢及与其相关的生长、繁殖、分化等生命进程的调节,以及糖、脂代谢紊乱引发的代谢综合征的发病机制等,都是近代生物化学尚需进一步阐明的重要问题。

生物工程是以获得产品为主要目的的一门应用学科。它的研究内容是如何利用各种生物体最大限度地进行人类所需产品的生产。生物代谢的调节和控制是提高产品的质量和得率的重要理论基础,它是阐明发酵机制、选择工艺途径、提高产品质量、探索新工艺和研制新产品等的基本保证。

本书第八章至第十二章和第十六章主要介绍物质代谢、能量代谢及其调节控制,属于动态生物化学内容。

(三) 基因信息传递、表达及其调控

从DNA转录生成RNA,再翻译生成蛋白质,即遗传信息的表达,是生物体内最为复杂的生物化学过程。不过,如此复杂的过程,在生物界却是非常巧妙地用简单的碱基配对和64个遗传密码实现的。

DNA分子的碱基顺序携带着生物的遗传信息,DNA双螺旋结构中碱基配对是传递和表达遗传信息的基础,世界上绝大多数生物遵循着遗传信息传递的中心法则。蛋白质分子也可以看作是遗传信息的携带者,因为根据已知的蛋白质的结构,合成mRNA,mRNA可反转录成cDNA,再经DNA重组,可以实现遗传信息传递的逆向传递。

遗传信息传递的过程,需要遗传密码作为媒介。遗传密码是翻译的关键,遗传物质的核苷酸序列通过遗传密码转换为蛋白质的氨基酸序列,才能使遗传信息得以表达,表现出与基因相对应的生物学性状。整个生物界,由微生物到人类基本通用一套由64个遗传密码构成的密码字典。遗传密码在分子水平上把生物界的遗传特性统一起来。正因为如此,将人类的某些基因转移到大肠杆菌中,可以合成人类的蛋白质,成为基因工程技术的理论基础。

尽管DNA分子的复制是非常完美精确的,但复制过程中极少数未经修复的错误会使DNA的核苷酸序列产生变化,从而改变遗传信息,产生变异。DNA在世代交替过程中的重组、个体偶然发生的遗传变异与自然选择相结合,产生了绚丽多彩的生物多样性。

DNA的半保留复制、RNA的转录及反转录、蛋白质的生物合成过程均涉及大量酶的参与。以遗传信息流的传递和表达为脉络,了解记忆各种酶的功能和基因表达调控的机制,将有利于

对遗传信息传递机制的理解。

当今基因分子生物学除了进一步研究 DNA 的结构与功能外,更重要的是研究 DNA 复制、基因转录、蛋白质生物合成等基因信息传递过程的机制及基因表达的时空规律。而目前基因表达调控主要集中在信号转导研究、转录因子研究和 RNA 剪辑研究三个方面。DNA 重组、转基因、基因剔除、新基因克隆、人类基因组及功能基因组研究等的发展,将大大推动这一领域的研究进程。

本书第十三章至第十五章分别介绍 DNA 的合成、基因的表达及其调控。

另外,生物化学是一门实验学科,绝大部分知识和理论都是通过实验发现的。新技术的应用往往成为理论发展的关键。例如,1940 年瑞典 Svedberg 发明超速离心技术,使生化分离制备技术达到了新水平,特别是成功地分离纯化了细胞亚显微结构,推动了生化反应定位研究的进程。1937 年 Tiselius 发明了电泳技术,20 世纪 40 年代英国化学家 Martin 等发明了纸上层析技术,都为生化研究做出了重大贡献。Sanger 对胰岛素的氨基酸顺序分析主要是依靠纸上层析技术完成的。如今,色层分析技术已经发展成多种形式、高灵敏度的分析技术门类,在科研、生产等各种实践领域发挥着重要作用,它不仅用于分析测定,还可用于生化分离制备,现在普遍应用的氨基酸自动分析仪、核苷酸自动分析仪等各种自动化色谱分析仪器都是传统色层分析技术的改进和发展。还有,如果没有同位素标记追踪技术,代谢途径的探索会更加困难;没有 20 世纪 60 年代发现的限制性内切酶和连接酶,也就没有 DNA 重组技术。仅从这几个简单的例证就可以领略到生化实验技术在生化研究工作中的重要地位。

生物化学实验及有关生化技术,是生物化学学习的重要内容。

三、生物化学的发展简史

生物化学起源于 18 世纪晚期,发展于 19 世纪,在 20 世纪初随着有机化学以及生理学的发展,逐渐成为一门独立的学科。

18 世纪中叶至 20 世纪初可看成是生物化学的初级阶段。主要研究生物体的化学组成。期间对糖类、脂类及氨基酸的性质进行了较为系统的研究;发现了核酸;化学合成了简单的多肽;酵母发酵过程中“可溶性催化剂”的发现,奠定了酶学的基础。

进入 20 世纪后,生物化学的发展极为迅速。20 世纪前 30 年,生物化学的研究继续侧重在生理学和化学两个方面,这时期主要分离和研究了激素、维生素,另外,还发现了人类的必需脂肪酸、必需氨基酸,大大增加了对营养的了解,这段时期是营养学的真正的黄金时代。

20 世纪 30 年代前后最突出的成果之一,是酶的结晶。1926 年美国 J. B. Sumner 从刀豆中首次获得了脲酶的结晶,并证实酶是蛋白质。1930~1936 年 J. H. Northrop 等得到了胃蛋白酶、胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶的结晶,并进一步证实了酶的化学本质是蛋白质,大大推动了酶学的发展。

20 世纪 30 年代另一个重要研究成果是利用化学分析和同位素示踪技术对一些中间代谢途径的阐明。H. A. Krebs 提出了著名的三羧酸循环和尿素循环。20 世纪 40 年代前后,许多生物化学家研究能量代谢,也就是研究代谢过程中能量的产生和利用,指出 ATP 是关键化合物,并提出了氧化磷酸化的理论,为生物能学的研究奠定了基础。

20 世纪 50 年代开始,生物化学的发展更是突飞猛进,进入了飞速发展的时期。一些新技术、新方法的采用大大推动了生物化学的发展。首先是 1950 年,美国 L. Pauling 等人利用 X 射

线衍射技术研究蛋白质的二级结构，提出了著名的蛋白质二级结构构象—— α -螺旋。其次是1955年英国 F. Sanger 等人完成了牛胰岛素一级结构的测定。在这以后，1965年我国科学家首次用人工方法合成了具有生物活性的胰岛素。在蛋白质研究方面打开了新的局面。

在蛋白质二级结构的启示下，DNA 的研究取得了重要成果。1953年美国 J. D. Watson 和英国 F. H. C. Crick 提出了著名的 DNA 双螺旋结构模型，成为生物化学发展史中具有里程碑意义的重大事件，标志着生物化学发展到一个新的阶段——分子生物学阶段。

20世纪60年代代谢调控的研究取得了重大进展。1961年法国 F. Jacob 和 J. Monod 等人提出了著名的操纵子模型，阐明了原核细胞基因表达调控的机制。

20世纪70年代随着 DNA 重组技术的建立，生物化学的研究进入了生物工程领域。生物工程包括基因工程、蛋白质工程、酶工程、细胞工程和发酵工程等，其中基因工程是生物工程的核心理，标志性成果是首例基因工程产品——人胰岛素的合成。

1990年启动了人类基因组计划，这是人类科学史上最伟大的生命科学工程。这项工程首先在美国启动，很快英国、日本、法国、德国和中国科学家先后加入。中国在1993年加入，承担了1%的测序任务。

20世纪末和21世纪初，随着人类基因组全序列测定的完成，生命科学进入了后基因组时代，产生了功能基因组学、蛋白质组学和结构基因组学等。以基因工程技术为核心的现代生物技术正在改变着世界，改变着我们的生活。

至今，生物化学对生命现象本质的揭示取得了一系列重要的突破，这一领域获得的诺贝尔奖多达几十项，表1中简要列举部分获得诺贝尔奖的研究成果，希望以此为线索，继续探索生命领域的奥秘。

表1 生物化学领域获得的部分诺贝尔奖

获奖时间/年	获奖人	国家	研究内容
1902	E. Fischer	德国	合成糖和嘌呤衍生物
1907	E. Buchner	德国	发现无细胞酵母液发酵现象（是由酶催化）
1926	T. Svedberg	瑞典	发明超速离心机，用于研究分散体系
1937	W. Haworth	英国	用透视式（Haworth式）表示单糖的环状结构
1937	R. Kuhn/P. Karrer	瑞士	测定了维生素 B ₂ 的结构，阐明了维生素 B ₂ 与辅酶的关系
1939	G. Domagk	德国	发现磺胺类药物的抗菌作用
1943	G. Hevesy	匈牙利	利用同位素示踪法研究化学反应过程
1945	A. Fleming 等	英国	发现青霉素及其在治疗传染病中的效果
1946	J. B. Sumner	美国	分离和提纯了结晶蛋白酶
1948	A. W. K. Tiselius	瑞典	发明了电泳技术并发现血清蛋白的组成
1952	A. Martin	英国	发明了分配色谱技术
1953	H. A. Krebs	英国	发现克雷布斯循环（三羧酸循环）
1954	Linus Pauling	美国	发现蛋白质 α -螺旋
1958	F. Sanger	英国	阐明了胰岛素的一级结构

续表

获奖时间/年	获奖人	国家	研究内容
1959	A. Kornberg 等	美国	在大肠杆菌中发现了 DNA 聚合酶
1962	J. D. Watson 等	美国	提出 DNA 双螺旋模型
1965	M. F. Jacob/J. Monod	法国	提出了细菌的操纵子学说
1969	A. D. Hershey 等	美国	证实噬菌体遗传物质是 DNA
1971	E. W. Sutherland	美国	发现了 cAMP 及作为第二信使的作用*
1978	P. D. Mitchell	英国	提出化学渗透学说以解释氧化磷酸化的作用机制
1980	W. Gilbert	美国	建立 DNA 化学法测序
1989	T. R. Cech \ S. Altman	美国	发现了核酶, 即核糖核酸具有酶的催化功能
1992	E. H. Fischer	美国	发现酶磷酸化和去磷酸化的调控作用
1993	K. B. Mullis	美国	发明了多聚酶链式反应 (PCR) 技术
2002	J. B. Fenn 等	美国	用核磁共振 (NMR) 检测生物大分子的结构
2006	Andrew Fire 等	美国	发现了 RNA 干扰机制

四、如何学好生物化学

生物化学是生物及医、农等各学科必不可少的基础学科, 学好生物化学就显得尤为重要。

要想学好生物化学这门课, 首先要对这门课感兴趣, 从而主动学习。让自己喜欢上生物化学是有理由的: ①生物化学在生活中很有用。从“生物化学”课中, 你可以得到很多与医药、营养、保健、疾病的预防和治疗等有关的知识。这些知识可以让你受用无穷, 而且你也可以将这些知识传播给你的家人和朋友。各种媒体每天都可能出现夸大甚至虚假的医药、保健品的广告, 这些广告利用的就是大众缺乏生物化学知识这一点。②学好生物化学是你学好生命科学其他课程的基础, 比如细胞生物学、遗传学、分子生物学、植物生理学、微生物学及营养学等。③是考研和工作的需要。如果你将来要考与生命科学有关的研究生, 生物化学几乎是必考的科目。

要学好生物化学, 平时应该多花点时间去阅读教材。根据教师讲授的内容有重点地阅读。在阅读的时候, 要善于提出问题、解决问题, 对不明白的问题要及时通过查资料或与老师、同学探讨, 及时解决, 不要问题集成堆。本教材中延伸阅读中的科学故事及生活常识部分, 建议利用课余时间认真阅读并思考, 以享受学习生物化学给你带来的乐趣, 并思考故事给你带来的启示。

生物化学学习过程中, 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、结构特点、性质及功能角度, 深入钻研, 弄懂, 记熟, 反复复习, 默念以加强记忆。各物质在细胞中的代谢变化, 都有其特定的生物功能。学习研究反应过程和代谢变化规律, 既要理解正常代谢与生命现象的关系, 还要弄清异常代谢给生物体造成的危害。同时注重生物化学理论在生物工程、食品科学与工程以及医药领域等的实际应用。

生物化学的学习应与先修课程 (如有机化学) 内容相联系, 以促进理解, 加强记忆; 同时, 应注意教材内容的前后联系, 前述内容常常需要学到后面才能深入理解, 学习后面的内容

又离不开前面的知识做铺垫。因此,要注意知识的连贯性,及时复习,总结归纳。

生物化学是一门实验学科,在学好书本知识的同时,要重视实验工作,提高动手能力。

五、推荐网站

1. <http://www.bioon.com/> (生物谷,一个生物医学门户网站)
2. <http://www.wiley.com/legacy/college/boyer/0470003790/animations/animations.htm> (一个学习生物化学的动画互动网站)
3. <http://en.wikipedia.org/> (维基百科)
4. <http://www.sciencedaily.com/> (每日提供最新的科技新闻,许多与生命科学相关)
5. <http://www.cell.com/> (细胞杂志)
6. <http://www.ncbi.nih.gov/> [美国生物技术信息中心 (NCBI)]
7. <http://www.bio21st.com> (21世纪生物论坛)
8. <http://cmbi.bjmu.edu.cn/> (中国医学生物信息网)
9. <http://genomesonline.org/> (各种生物的基因组数据)

糖类化学

第一节 概述

糖类化合物是人类的主要能量来源，广泛存在于自然界，尤其在植物种子、果实、根和茎等部位更为丰富。

大多数的糖类物质是由碳、氢、氧三种元素组成，化学通式一般为 $(\text{CH}_2\text{O})_n$ 或者 $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$ ，一般情况下氢与氧的原子数比例为 2:1，因此在过去的研究中曾误认为这类物质是碳 (carbon) 的水合物 (hydrate)，这也是碳水化合物 (carbohydrate) 得名的原因。后来发现有些糖类物质如鼠李糖 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5$) 和脱氧核糖 ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$) 等，它们的分子中 H 和 O 的比例并非 2:1，但都属于糖类物质。而一些非糖类物质，如甲醛 (CH_2O)、乙酸 ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$)、乳酸 ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) 等，它们分子中 H 和 O 的比例符合 2:1，但都不属于糖类，所以“碳水化合物”这一名称并不恰当。为此，国际化学名词重审委员会在 1927 年曾建议用“糖族”一词代替碳水化合物，但是因为该名称沿用已久，在很多地区仍然广泛使用。

糖类化合物在化学本质上的定义是：它们是多羟基醛、多羟基酮或其衍生物，或水解时能够产生这些化合物的物质。

多羟基醛或多羟基酮：如 D-葡萄糖，D-果糖，D-核糖等；

糖类衍生物：如糖醇、糖酸、糖胺、糖苷等；

单糖的聚合物：如蔗糖、麦芽糖、乳糖、淀粉、糖原、透明质酸等。

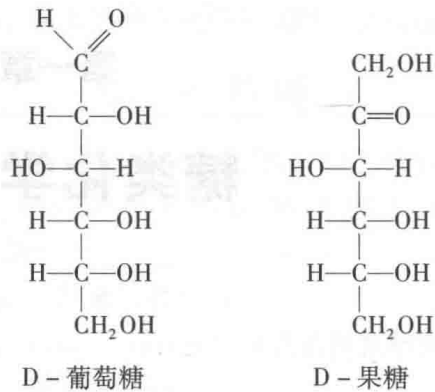
糖的主要生物功能：

- ①通过氧化反应提供能量；
- ②作为能量的储存者；
- ③为生物大分子的合成提供碳源；
- ④作为生物体的结构物质；
- ⑤用于细胞间相互识别。

根据单糖聚合度的不同，可以将糖类物质分为单糖、寡糖和多糖。

单糖 (monosaccharide)：不能再被水解成更小分子的糖类，又称简单糖。单糖从化学角度看是多羟基醛或者多羟基酮，如葡萄糖、果糖、半乳糖、核糖等。

D-葡萄糖和D-果糖的结构如下:



寡糖 (oligosaccharide) 通常指单糖聚合度在 2~20 个之间的糖聚合物。其中最常见的主要有双糖或称二糖 (disaccharide), 水解时形成 2 分子单糖, 如麦芽糖、蔗糖; 三糖 (trisaccharide), 水解时产生 3 分子单糖, 如棉子糖。

多聚糖是由超过 20 个以上的单糖链接而成的多聚物, 现在对多糖的分类可分为同多糖 (homopolysaccharide) 和杂多糖 (heteropolysaccharide) 两种。同多糖水解时只产生一种单糖或者单糖衍生物, 如糖原、淀粉和壳聚糖; 杂多糖水解时产生一种以上的单糖或单糖衍生物, 如透明质酸 (表 1-1)。

表 1-1

常见多糖的组成

类别	名称	组成及主要来源
同多糖	淀粉	α -D-葡萄糖; 来源于植物
	糖原	α -D-葡萄糖; 来源于动物
	纤维素	β -D-葡萄糖; 来源于植物
	几丁质	N-乙酰-D-葡萄糖胺; 贝壳类
	菊糖	β -D-果糖; 多存在于菊科植物根部
	木聚糖	D-木糖; 植物多糖
杂多糖	琼脂糖	β -D-半乳糖, β -3, 6-脱水-L半乳糖; 植物多糖
	透明质酸	β -D-葡萄糖、N-乙酰氨基葡萄糖; 来源于微生物、动物
	果胶	D-半乳糖醛酸及甲酯、L-鼠李糖、L-阿拉伯糖; 植物多糖
	脂多糖	多种己糖、硫辛酸衍生物、糖脂等; 动物多糖
	肽聚糖	肽、N-乙酰氨基葡萄糖、N-乙酰氨基半乳糖; 构成细菌细胞壁
	黄原胶	D-葡萄糖、D-甘露糖、D-葡萄糖醛酸、丙酮等; 微生物多糖
	阿拉伯胶	半乳糖、L-阿拉伯糖、L-鼠李糖、葡萄糖醛酸; 植物多糖

糖类与蛋白质、脂质等生物分子形成的共价结合物如糖蛋白、蛋白聚糖和糖脂等, 总称为复合糖或糖复合物 (glycoconjugate)。

糖蛋白 (glycoprotein) 是一类复合糖或一类缀合蛋白质, 糖链作为缀合蛋白质的辅基。一般情况下, 糖蛋白中的糖链很少含多于 15 个单糖单位, 因此糖链也称寡糖链或聚糖链。

蛋白聚糖 (proteoglycan, PG) 是一类特殊的糖蛋白, 由一条或者多条糖胺聚糖和一个核心蛋白共价连接而成。蛋白聚糖除含糖胺聚糖链外, 还有一些 N-或 (和) O-连接的寡糖链。与糖蛋白比较, 蛋白聚糖按质量计算糖的比例高于蛋白质, 糖含量可达 95% 甚至更高, 糖