



全国普通高等院校工科化学

规划精品教材

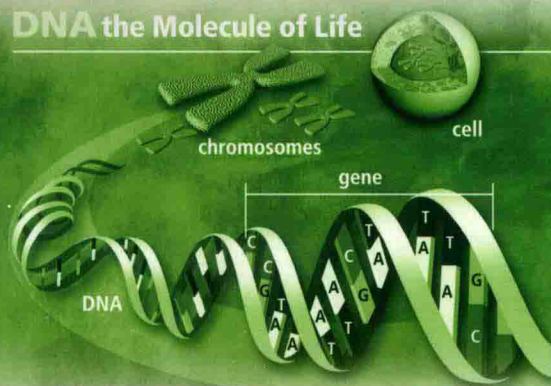
生物化学

(第二版)

Biological Chemistry

梁成伟 主编
王金华

DNA the Molecule of Life



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

生物化学

(第二版)

主 编：梁成伟 王金华
副主编：车振明 李红心 叶淑红 薛 刚
 李 华 杨雪鹏
参 编：宋宏新 陈 雄 吴正奇 陈晓艺
 李玉锋 李凤梅 康瑞琴 刘存芳
 李红丽 郭 蓓 李 飞
主 审：李宪臻



华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书分为16章,包括生命现象的化学基础、糖化学、脂质化学、蛋白质化学、酶化学、核酸化学、维生素化学、激素化学、生物氧化、糖代谢、脂质降解和脂肪酸代谢、蛋白质降解和氨基酸代谢、核酸降解和核苷酸代谢、遗传信息传递、蛋白质合成、代谢调节控制等。第1章主要介绍细胞组成和细胞膜结构,为学习本课程打下基础;第2~8章是静态生物化学部分,主要介绍生物有机体的化学组成和性质;第9~16章为动态生物化学部分,主要介绍生物有机体的物质变化、能量变化和调控过程,包括合成代谢、分解代谢以及遗传信息的传递和表达。

本书可供生物化工、生物工程、生物技术、制药工程、食品工程、精细化工、环境工程、化学工程以及相关专业的大专院校师生、科研院所科研人员和企事业工程技术人员等使用。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/梁成伟,王金华主编.—2版.—武汉:华中科技大学出版社,2017.12

全国普通高等院校工科化学规划精品教材

ISBN 978-7-5680-3476-0

I. ①生… II. ①梁… ②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(2017)第 287534 号

生物化学(第二版)

Shengwu Huaxue

梁成伟 王金华 主编

策划编辑:王新华

责任编辑:王新华

封面设计:原色设计

责任校对:李 琴

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉华工鑫宏印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:27

字 数:670千字

版 次:2017年12月第2版第1次印刷

定 价:59.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

第二版前言

生物化学就是生命的化学,它是用化学方法和化学理论研究生命过程的化学变化和能量代谢的一门科学。在美国生物化学与分子生物学会会刊(《Journal of Biological Chemistry》)的创刊词中有这样一句话:“生物学的未来取决于那些用化学观点来解决生物学问题的人。”现代生物化学起源于1897年Büchner E.的偶然发现,即不存在完整细胞时,无酵母抽提液能够发酵葡萄糖,产生乙醇和二氧化碳。他将这种可溶性物质命名为酶,从而终止了人们长期奉守的“活力论”观念(即发酵需要完整的细胞作用)。经过一个多世纪的扩张和延伸,目前已形成了一系列研究领域,包括酶化学、分子生物学、结构生物学、基因组学、蛋白质组学、生物信息学、代谢物组学和糖组学等。

生物化学旨在研究构成生命的化学物质,以及这些物质变化的过程。生物化学是生物科学中最活跃的核心学科之一,是现代生物学和生物工程技术的重要基础。工业、农业、医药、食品、能源、环境科学等越来越多的研究领域都以生物化学理论为依据,并以其实验技术为手段。

生物化学内容十分广泛,新的理论和研究成果与日俱增,因此,不可能在有限的篇幅里予以全面介绍。为此,我们组织在教学第一线从事多年生物化学理论与实验教学、具有丰富工作经验的教师编写了此书。在编写过程中,我们尽量保证教材内容的科学性、准确性、系统性和实用性,并力求做到概念清晰、文字简练、图文并茂。本书共分16章,主要内容包括糖类、脂类、蛋白质、酶、核酸、维生素与激素等生物大分子的结构、性质、功能及在生物技术中的应用,物质代谢和能量代谢的一般规律和代谢过程的调控机制,以及生物信息的传递和蛋白质的合成。

本书由梁成伟、王金华担任主编。编写人员包括:青岛科技大学梁成伟、李凤梅,湖北工业大学王金华、陈雄、吴正奇,西华大学车振明、李玉锋,陕西科技大学李红心、宋宏新,大连工业大学叶淑红、陈晓艺,南阳理工学院薛刚,郑州大学李华、李红丽、郭夏丽,郑州轻工业学院杨雪鹏、张飞,安阳工学院康瑞琴,陕西理工学院刘存芳。本书由大连工业大学李宪臻主审。

在本书编写过程中,借鉴和参考了国内外大量的相关教材和论文,第一版作者付出了大量的劳动,打下了良好的基础,在此一并表示衷心的感谢!

本书可供生物化工、生物工程、生物技术、制药工程、食品工程、精细化工、环境工程、化学工程以及相关专业的职业院校师生、科研院所科研人员和企事业工程技术人员等使用。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	(1)
第 1 章 生命现象的化学基础	(5)
1.1 细胞的分子构成	(5)
1.1.1 细胞的化学基础	(5)
1.1.2 细胞类型与结构	(8)
1.2 生物膜的结构与功能	(9)
1.2.1 生物膜结构	(10)
1.2.2 生物膜的功能	(14)
1.2.3 生物膜与膜工程	(16)
思考题	(17)
第 2 章 糖化学	(18)
2.1 概述	(18)
2.1.1 糖的结构和分类	(18)
2.1.2 糖的命名方法	(19)
2.1.3 糖类的生物学功能	(19)
2.2 单糖	(20)
2.2.1 单糖的结构	(20)
2.2.2 单糖的理化性质	(25)
2.2.3 单糖的衍生物	(29)
2.3 寡糖	(32)
2.3.1 寡糖的结构	(32)
2.3.2 寡糖的性质	(32)
2.3.3 常见的寡糖	(32)
2.4 多糖	(35)
2.4.1 同多糖	(35)
2.4.2 杂多糖	(40)
2.5 复合糖	(43)
思考题	(45)
第 3 章 脂质化学	(46)
3.1 概述	(46)
3.1.1 脂质的概念	(46)
3.1.2 脂质的分类	(46)
3.1.3 脂质的生理功能	(46)
3.2 脂肪	(47)
3.2.1 脂肪与脂肪酸	(47)

3.2.2 脂肪的结构	(47)
3.2.3 脂肪的理化性质	(48)
3.2.4 脂肪酸	(49)
3.3 复合脂质	(52)
3.3.1 磷脂	(52)
3.3.2 糖脂	(56)
3.4 衍生脂类	(58)
3.4.1 固醇类	(58)
3.4.2 其他衍生脂类	(60)
思考题	(61)
第4章 蛋白质化学	(62)
4.1 概述	(62)
4.1.1 蛋白质的概念	(62)
4.1.2 蛋白质的分类	(62)
4.1.3 蛋白质的生物学功能	(63)
4.1.4 蛋白质的组成	(65)
4.2 氨基酸	(65)
4.2.1 氨基酸的结构与分类	(65)
4.2.2 氨基酸的重要理化性质	(69)
4.3 肽	(76)
4.3.1 肽键及肽链	(76)
4.3.2 肽的命名及结构	(76)
4.3.3 天然存在的活性肽	(77)
4.4 蛋白质的分子结构	(79)
4.4.1 蛋白质的一级结构	(79)
4.4.2 蛋白质的二级结构	(84)
4.4.3 超二级结构和结构域	(88)
4.4.4 蛋白质的三级与四级结构	(89)
4.4.5 维持蛋白质构象的作用力	(91)
4.4.6 蛋白质结构与功能的关系	(93)
4.5 蛋白质的性质	(96)
4.5.1 两性解离和等电点	(96)
4.5.2 大分子及胶体性质	(97)
4.5.3 沉淀作用	(98)
4.5.4 变性与复性	(99)
4.5.5 颜色反应	(100)
4.6 蛋白质技术	(100)
4.6.1 蛋白质分离技术	(100)
4.6.2 多肽的人工合成	(103)

思考题	(105)
第 5 章 酶化学	(107)
5.1 概述	(107)
5.1.1 酶的概念和作用	(107)
5.1.2 酶催化作用的特点	(108)
5.1.3 酶的命名与分类	(111)
5.1.4 酶的化学本质	(114)
5.2 酶的结构	(115)
5.2.1 酶的结构特点	(115)
5.2.2 与酶催化作用相关的结构特点	(118)
5.3 酶的催化作用机制	(120)
5.3.1 酶促反应的本质	(120)
5.3.2 酶的催化机制——中间产物学说	(121)
5.3.3 酶与底物的结合	(122)
5.3.4 酶反应的高效性机制	(123)
5.4 酶促反应动力学	(124)
5.4.1 底物浓度对酶促反应速率的影响	(125)
5.4.2 酶浓度对酶促反应速率的影响	(130)
5.4.3 pH 值对酶促反应速率的影响	(130)
5.4.4 温度对酶促反应速率的影响	(131)
5.4.5 激活剂对酶促反应速率的影响	(132)
5.4.6 抑制剂对酶促反应速率的影响	(133)
5.4.7 双底物反应	(140)
5.5 酶活性的调节控制	(142)
5.5.1 别构调节	(142)
5.5.2 可逆的共价修饰调节	(145)
5.5.3 同工酶	(145)
5.5.4 酶原激活	(146)
5.6 酶的制备与活力测定	(147)
5.6.1 酶的分离纯化	(147)
5.6.2 酶活力的测定	(148)
思考题	(149)
第 6 章 核酸化学	(151)
6.1 概述	(151)
6.1.1 染色体、基因和 DNA	(151)
6.1.2 核酸的分类与功能	(152)
6.1.3 核酸的化学组成	(153)
6.2 核苷酸	(153)
6.2.1 碱基	(153)

6.2.2 核糖	(154)
6.2.3 核苷	(154)
6.2.4 核苷酸	(155)
6.2.5 核苷酸的性质	(156)
6.2.6 核苷酸衍生物	(158)
6.3 DNA 的结构与功能	(160)
6.3.1 DNA 的一级结构	(160)
6.3.2 DNA 的二级结构	(160)
6.3.3 DNA 的三级结构	(165)
6.4 RNA 的结构与功能	(167)
6.4.1 RNA 的一级结构	(167)
6.4.2 RNA 的空间结构	(168)
6.4.3 RNA 的种类	(170)
6.5 核酸的性质	(176)
6.5.1 核酸的黏度和沉降特性	(176)
6.5.2 溶解性	(176)
6.5.3 核酸的显色反应	(177)
6.5.4 核酸的化学反应	(177)
6.5.5 变性、复性及杂交	(178)
思考题	(180)
第7章 维生素化学	(181)
7.1 概述	(181)
7.2 脂溶性维生素	(182)
7.3 水溶性维生素	(185)
思考题	(190)
第8章 激素化学	(191)
8.1 激素的作用机制	(192)
8.2 主要激素的化学与生理功能	(195)
思考题	(201)
第9章 生物氧化	(202)
9.1 概述	(202)
9.1.1 生物氧化的特点和方式	(202)
9.1.2 参与生物氧化的酶类	(204)
9.1.3 生物系统的高能化合物	(206)
9.2 生物氧化系统	(208)
9.2.1 呼吸链	(208)
9.2.2 呼吸链的电子传递	(213)
9.3 氧化磷酸化	(217)
9.3.1 ATP 酶复合体	(217)

9.3.2	ATP 合成反应	(219)
9.3.3	电子传递反应和 ATP 合成耦联机制	(220)
9.3.4	氧化磷酸化的解耦联和抑制作用	(222)
思考题		(223)
第 10 章 糖代谢		(224)
10.1	概述	(224)
10.1.1	多糖及寡糖的降解	(224)
10.1.2	糖的消化和吸收	(230)
10.1.3	糖的中间代谢	(230)
10.2	糖的无氧分解	(233)
10.2.1	糖酵解的反应历程	(233)
10.2.2	其他单糖进入糖酵解的途径	(237)
10.2.3	糖酵解的调节	(239)
10.2.4	糖酵解与发酵	(240)
10.2.5	乙醇发酵	(241)
10.2.6	甘油发酵	(242)
10.2.7	同型乳酸发酵	(243)
10.3	糖的有氧分解	(244)
10.3.1	乙酰 CoA 的形成	(244)
10.3.2	三羧酸循环	(246)
10.3.3	TCA 循环的生物学意义	(250)
10.3.4	TCA 循环的补偿途径	(251)
10.3.5	柠檬酸发酵	(253)
10.4	糖有氧分解的代谢支路	(254)
10.4.1	单磷酸己糖途径(HMP 途径)	(254)
10.4.2	HMP 途径的生物学意义	(257)
10.4.3	异型乳酸发酵	(258)
10.4.4	细菌乙醇发酵	(259)
10.5	糖的合成代谢	(261)
10.5.1	糖原的生物合成	(261)
10.5.2	糖异生作用	(262)
思考题		(264)
第 11 章 脂质降解与脂肪酸代谢		(265)
11.1	概述	(265)
11.1.1	脂质的消化、吸收和运输	(265)
11.1.2	脂肪的分解与合成	(267)
11.2	脂肪酸氧化	(269)
11.2.1	脂肪酸的 β 氧化	(269)
11.2.2	脂肪酸的其他氧化途径	(272)

11.2.3 酮体的代谢	(273)
11.2.4 脂肪酸合成	(276)
11.3 磷脂和固醇代谢	(282)
11.3.1 磷脂代谢	(282)
11.3.2 固醇代谢	(287)
思考题	(292)
第12章 蛋白质降解与氨基酸代谢	(293)
12.1 蛋白质降解与蛋白质营养	(293)
12.1.1 氮源与氨基酸库	(293)
12.1.2 蛋白质的酶促水解	(295)
12.2 氨基酸分解代谢的共同途径	(297)
12.2.1 氨基酸的脱氨基作用	(297)
12.2.2 氨基酸的脱羧基及氨基和羧基的共同脱除	(303)
12.2.3 氨基酸降解产物的代谢	(305)
12.3 氨基酸合成代谢	(309)
12.3.1 概述	(309)
12.3.2 氨基酸合成的公共途径	(309)
12.3.3 氨基酸的生物合成途径	(310)
12.4 谷氨酸发酵及生物体物质代谢的相互关系	(315)
12.4.1 谷氨酸发酵	(315)
12.4.2 糖、脂肪、蛋白质代谢的相互关系	(317)
思考题	(318)
第13章 核酸降解与核苷酸代谢	(319)
13.1 核酸的降解	(319)
13.1.1 核酸的消化与吸收	(319)
13.1.2 核酸降解中的酶类	(319)
13.2 核苷酸的分解代谢	(321)
13.2.1 核苷酸的降解	(321)
13.2.2 嘌呤碱的分解	(321)
13.2.3 嘧啶碱的分解	(323)
13.3 核苷酸的合成代谢	(326)
13.3.1 嘌呤核苷酸的生物合成	(326)
13.3.2 嘧啶核苷酸的生物合成	(331)
13.3.3 脱氧核糖核苷酸的合成	(334)
第14章 遗传信息传递	(338)
14.1 DNA复制	(338)
14.1.1 分子遗传学的中心法则	(338)
14.1.2 DNA复制过程相关的酶和蛋白质	(339)
14.1.3 DNA复制方式	(341)

14.1.4	DNA 复制过程	(343)
14.1.5	DNA 损伤与修复	(345)
14.1.6	RNA 指导下的 DNA 合成	(349)
14.2	RNA 的生物合成	(349)
14.2.1	RNA 聚合酶与转录因子	(350)
14.2.2	基因转录的过程	(353)
14.2.3	基因转录的方式	(355)
14.2.4	转录后核糖核酸链的加工	(357)
14.2.5	RNA 的复制合成	(361)
14.3	核酸技术	(363)
14.3.1	聚合酶链式反应技术	(363)
14.3.2	重组 DNA 技术	(366)
14.3.3	核酸分子杂交	(367)
14.3.4	基因定点突变技术	(367)
14.3.5	核酸探针	(369)
思考题		(370)
第 15 章 蛋白质合成		(371)
15.1	蛋白质合成的物质条件	(371)
15.1.1	遗传密码	(371)
15.1.2	核糖体	(374)
15.1.3	tRNA	(376)
15.1.4	mRNA	(377)
15.1.5	蛋白质因子	(377)
15.2	合成过程	(379)
15.2.1	氨基酸的活化	(379)
15.2.2	肽链合成的起始与延伸	(380)
15.2.3	肽链合成的终止	(383)
15.2.4	真核细胞蛋白质合成的特点	(384)
15.3	合成后的加工修饰	(386)
15.3.1	一级结构的加工修饰	(386)
15.3.2	高级结构的形成	(387)
15.3.3	靶向输送	(388)
15.4	利用基因工程技术表达蛋白质	(390)
15.4.1	工具酶	(390)
15.4.2	基因载体	(392)
15.4.3	目的基因的获得	(394)
15.4.4	重组 DNA 的筛选与表达	(395)
思考题		(398)

第 16 章 代谢调节控制	(399)
16.1 概述	(399)
16.1.1 代谢网络	(399)
16.1.2 代谢的单向性	(399)
16.2 代谢水平调节	(400)
16.2.1 代谢调节的作用点	(400)
16.2.2 反馈调节	(401)
16.3 酶合成水平调节	(404)
16.3.1 酶的诱导合成	(405)
16.3.2 酶合成的阻遏作用	(406)
16.3.3 诱导与阻遏机制	(407)
16.3.4 乳糖操纵子结构及活性调节	(410)
16.4 代谢调控在工业生产中的指导意义	(413)
16.4.1 酶活性调节在工业生产中的应用	(413)
16.4.2 酶合成调节在工业生产中的应用	(415)
思考题	(415)
参考文献	(417)

绪 论

生物化学起源于 19 世纪的欧洲,当时,由于有机化学和实验生理学的兴起和迅速发展,很多科学家开始研究生命有机体的化学组成和与生理功能有关的化学变化。1828 年 Wöhler F. 首次在实验室中用氰酸铵合成了一种有机物——尿素,打破了有机物只能靠生物产生的观点。1860 年 Pasteur L. 证明发酵是由微生物引起的,但他认为必须有活的酵母才能引起发酵。1897 年 Büchner 兄弟发现酵母的无细胞抽提液可进行发酵,从而证明没有活细胞也可进行如发酵这样复杂的生命活动。后来,很多在欧洲实验室接受训练的美国科学家将这些工作引入美国,开始了动物化学、农业化学、医学化学和生理化学方面的研究,并将与生命体化学研究有关的各个领域组合在一起,称为生物化学或生物的化学。第一本用于报道相关成果的杂志《Journal of Biological Chemistry》也于 1905 年在美国出版。这个时期的研究工作,主要是对生物体的静态描述,包括对生物体的各种成分进行分离、纯化、结构测定、合成及理化性质的研究等。1926 年 Sumner J. B. 制得了脲酶结晶,并证明它是蛋白质。随后,伴随着化学及物理学科的发展,有关生物化学方面的研究开始有了长足的进展。生物学家和有机化学家们开始将研究的重点转向生物体中各种物质的转化及其发生转化的机理,使得人们对各种生物分子的代谢机理和途径有了更深入的理解,因此将这段发展时期称为动态生化阶段。此期间最突出的成就是确定了糖酵解、三羧酸循环以及脂肪分解等重要的分解代谢途径。20 世纪 50 年代以后,科学家们更加专注于研究生物大分子的结构与功能。通过生物化学的发展,以及与物理学、微生物学、遗传学、细胞学等其他学科的渗透,产生了分子生物学,并成为生物化学研究的主体。1901—1950 年,仅有 3 位诺贝尔奖获得者是从事生物化学研究工作的,而在随后的半个世纪中却有大约 40 位诺贝尔奖获得者是生物化学家。

1. 生物化学的含义

生物化学就是生命的化学,它是用化学的基本理论和基本方法研究生命现象、探索生命奥秘的一门基础理论学科。生物化学主要研究生命物质的化学组成结构、生物大分子的结构与功能、生命活动过程中所进行的化学变化以及与生理机能相关的物质代谢规律和基因信息的传递与调控。生物化学并不是简单地研究生命的化学过程,而是研究生命过程中伴随化学变化引起的能量变化和生物体内分子的生理功能等。因此,尽管生物化学与化学、生理学和医学等有着密切的联系,但作为一门独立的学科,生物化学又有着自己独特的研究对象和研究内容。

20 世纪 60 年代以来,生物化学与其他学科融合产生了一些交叉学科,如生化药理学、古生物化学、化学生态学等,而按应用领域不同,又有医学生化、农业生化、工业生化、营养生化等。

2. 生物化学的发展

作为一门新兴的学科,生物化学仅有 100 多年的历史。人类在长期的生产和社会实践活动中,积累了不少有关农业生产、食品加工和医学方面的知识。中国人在很久以前就开始

用谷物中的糖类物质酿酒,只是还不知道糖为什么会转化为酒精。随着近代化学和生理学的发展,生物化学开始逐步形成。例如,英国人于 18 世纪发现了氧气,并指出动物消耗氧而植物产生氧;荷兰人证明在光照条件下绿色植物吸收 CO_2 并放出 O_2 。生物化学的发展大约可分为以下三个阶段。①生物化学形成的初级阶段,这个时期主要是处于一种静态的描述性阶段,主要研究生物体的化学组成,对生物体的各种成分进行分离、纯化、结构测定、合成及理化性质的研究。标志性成果包括糖的结构的确立,蛋白质的肽键连接、酵母发酵过程中“可溶性催化剂”的发现等。②生物化学的发展阶段,也称动态生物化学阶段,其主要特点是研究生物体内物质的变化,即生物体内的物质代谢途径。标志性成果包括糖酵解、三羧酸循环、脂肪分解等重要的分解代谢途径的确定。③生物学发展的分子生物学阶段,此期间以蛋白质与核酸为研究的焦点,主要特点是研究生物大分子的结构与功能。标志性成果包括蛋白质 α -螺旋二级结构形式的发现、DNA 双螺旋结构模型的提出、重组 DNA 技术的建立等。

生物化学发展过程中的重大发现主要有:

- | | |
|--------|---|
| 1897 年 | 发现酵母细胞质能使糖发酵 |
| 1902 年 | 创立了肽键理论 |
| 1926 年 | 获得了脲酶结晶,并证明酶就是蛋白质 |
| 1944 年 | 证明遗传信息在核酸上 |
| 1953 年 | 完成胰岛素的氨基酸(amino acid, AA)序列测定
提出 DNA 双螺旋结构模型 |
| 1958 年 | 确定了肌红蛋白的立体结构 |
| 1970 年 | 发现了 DNA 限制性内切酶 |
| 1972 年 | DNA 重组技术的建立 |
| 1990 年 | 实施人类基因组计划 |
| 1997 年 | 首次不经过受精,直接使用成年母羊体细胞的遗传物质获得克隆羊 |
| 2000 年 | 完成人类基因组草图绘制,进入后基因组时代 |

3. 生物化学的研究内容和研究方向

生物化学主要研究生物分子的结构和物理性质、酶反应机理、代谢的化学调控、遗传的分子基础和细胞中的能量利用等。

虽然生物体成分的分析与鉴定是生物化学发展初期的研究特点,但很多新物质仍在不断被发现,如干扰素、环核苷酸、钙调蛋白、粘连蛋白、外源凝集素等。某些已发现的物质也会被发现具有新的功能,例如,一直以来被认为是分解产物的腐胺、尸胺及精胺等就具有多种生理功能,如参与核酸和蛋白质合成的调节,对 DNA 超螺旋起稳定作用,以及调节细胞分化等。因此,有关生物有机体中结构组成的研究仍然是生物化学的重要研究内容。

生物体的生命活动需要物质与能量,新陈代谢是有机体内完成物质转化和能量代谢的根本途径。通过分解代谢和合成代谢,有机体将环境中取得的物质转化为体内自身组成的新物质,并为生命活动提供能量。生物化学与化学变化紧密相关,生物化学一直致力于研究生命系统中各种物质的代谢途径及其调控机制。

通过改变蛋白质的结构基因,在指定部位获得经过改造的蛋白质分子,是 20 世纪末兴起的生物化学研究新领域,也是蛋白质工程的主要研究内容。这一技术不仅为研究蛋白质的结构与功能关系提供了新的途径,而且为制备具有特定功能的新蛋白质提供了广阔前景。

核酸是生物信息的携带者,通过对核酸结构与功能的研究,阐明了基因的本质及生物体的遗传信息流。基因表达的调节控制是分子生物学的中心问题,也是核酸结构与功能研究的重要内容。有关基因调控方面的知识多来自原核生物研究,真核生物基因的调控尚待深入探讨。

糖类物质是生物体能量的主要来源,糖链结构的复杂性使其具有很大的信息容量。特别是寡糖类物质,对于细胞专一性识别某些物质并进行相互作用,进而影响细胞代谢具有重要作用。糖是生物信息流的关键节点,与核酸一样也是生物信息大分子,由于寡糖结构与功能研究日渐重要,从而产生了糖组学这一专门研究领域。

生物大分子的功能多样性与其特定结构密切相关,结构分析技术的进展使人们能在分子水平上深入研究它们的结构与功能关系。生物体内几乎所有的化学反应都是酶催化进行的,酶具有催化效率高、专一性强等特点,而这些特点取决于酶的结构。生物化学与结构化学紧密相关,为了理解结构与功能之间的相互关系,生物化学试图测定生命系统中的分子结构。

生物化学既是各门生物学科发展的基础,其本身又是现代生物学中发展最快的一门前沿学科。它的迅猛发展为各门生物学科的研究提供了新的理论和方法,深刻影响了细胞学、微生物学、遗传学、生理学等领域的研究,同时也为应用生物学(如发酵工业、生物制品、纺织印染、皮革加工、生物制药、临床医学、食品和生物工程等)奠定了重要的理论基础。生物化学作为生物学和物理学之间的桥梁,将生命世界中所提出的重大而复杂的问题展示在物理学面前,产生了生物物理学、量子生物化学等交叉学科,从而丰富了物理学的研究内容,促进了物理学和生物学的发展。

4. 大分子结构与功能的关系

随着结构化学、结构分析技术的迅速发展,以及向生物学科的交叉渗透,生物化学中的一个重要研究领域——结构分子生物学正在加速发展。它是在分子水平上从化学结构和空间结构角度研究和阐明生物学中的重要科学问题,生物大分子结构和功能的研究是生物化学研究中的重要课题。事实上,生物大分子的功能不仅与其一级结构有关,而且与其三维结构有关。酶的催化机理、基因表达调控中的分子相互作用、膜的运输及免疫机制等,都要从生物大分子空间结构的角度去了解。完整、精确、实时(动态)测定生物大分子的三维结构是结构生物学研究的基本要求,目前主要采用的研究方法有 X 射线单晶衍射分析、核磁共振技术、扫描隧道显微技术和原子力显微技术,以及计算机和资料分析技术等。生物大分子结构与功能研究包括蛋白质、核酸、寡糖、脂和酶等生物大分子及其复合物的结构、结构与功能的关系,以及生物大分子之间的相互识别和相互作用。

通常认为蛋白质的空间结构是由蛋白质的氨基酸序列决定的,但 Anfinsen C. B. 对核酸酶变性与复性的研究揭示了氨基酸序列和生物学活性构象间的关系,并进一步把有关研究成果总结为“热力学假定”:在正常的生理环境(溶液、pH 值、离子强度、其他成分如金属离子和与蛋白质紧密结合的非氨基酸基团的存在、温度等)中,天然蛋白质的三维结构是使整个系统的 Gibbs 自由能最低的结构,也就是说,在给定的环境中,天然构象是由氨基酸序列决定的。与简单的“序列决定结构”相比,这个假定特别强调了环境条件,不同条件下可能有不同的构象。由于相互作用也可能引发构象的改变,而生物学活性总是在不同程度上与构象变化相联系,因此,生物大分子结构与功能的研究,不仅仅需考虑分子结构与功能间的相互

关系,更应研究生物大分子构象与生物活性间的相互联系。

5. 生物化学与现代生物技术

生物化学的发展加快了现代生物技术的开发和应用。现代生物技术是以生命科学为基础,利用生物的特性和功能,设计、构建具有预期性能的新物质或新品系,以及与工程原理相结合加工生产产品的综合性技术。它包括对生物的遗传基因进行改造或重组,并使重组基因在细胞内表达,产生人类需要的新物质的基因工程技术;从简单、普通的原料出发,设计最佳路线,合成所需功能产品的发酵工程技术;利用生物细胞大量加工、制造产品的细胞工程技术;分离纯化工业用酶,并进行分子生物学改造和修饰,以获得理想的生产用酶制剂,从而进行酶催化工业生产的酶工程技术;研究蛋白质结构及结构与功能关系的蛋白质工程。基因工程技术与生物信息密切相关,生物遗传信息理论的深入研究促进了基因工程技术的发展,很多基因工程技术都是建立在核酸及其分子生物学理论的基础上的。代谢理论的发展和代谢途径不断被揭示,促进了发酵技术的发展,很多生物产品的开发研究都是以代谢途径及代谢调控为指导的,没有代谢理论的发展,也就没有发酵行业的技术进步和新产品的出现。

6. 生物化学在工农业生产中的应用

生物化学与工业、农业生产密切相关,生产过程中发生的许多问题不断地向生物化学提出各种要求和课题,从而推动了生物化学的不断发展,而生物化学的发展与延伸又为工农业生产提供理论基础和技术支持。

生物化学是发酵工业的重要理论基础,发酵工业中所涉及的各种产品生产都与动物、植物和微生物等的生物代谢有关。在发酵工业中,微生物细胞内的酶系种类和性质的差别导致微生物代谢类型的多样性和复杂性,从而使发酵产品多种多样,对原料也有不同的选择和要求,生产工艺也各具特色。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产率的重要理论基础,它是阐明发酵机理、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。

化工行业中的大多数生产都是在高温高压条件下进行的,这与生物反应恰好相反,因此很多化工产品的开发研究都试图采用生物催化方法进行。能源短缺或枯竭在中国尤为严重,国内的石油开采技术已由二次采油开始向三次采油发展,三次采油的实质就是根据微生物生物代谢原理进行的。石油运输的管道化也要求通过生化技术降黏脱蜡,以降低运输成本。生物反应器的开发研究也与生物化学密切相关,反应器设计中的很多参数都需要生物化学理论的支持。

第 1 章 生命现象的化学基础

细胞是生命体活动的基本组成单位,主要由细胞壁、细胞膜、细胞质、核质体和各种细胞器组成。生命体内所有的生理功能和化学反应都是在细胞及其合成排泄基质的基础上进行的。生物依组成个体的细胞数可分为单细胞生物与多细胞生物,后者由许多细胞共同组成个体,这些细胞分司不同功能以维持个体生存。细胞内各种生物分子的化学与空间结构、生物分子间的化学反应、生物分子的合成与降解、物质代谢与能量代谢的调控以及遗传信息的传递与表达等是生物化学研究的主要内容。

1.1 细胞的分子构成

细胞是生命活动的基本结构和功能单位,它是由膜包被的一种原生质(protoplasm)团,通过质膜与周围环境进行物质和信息交流。细胞具有自我复制能力,是有机体生长发育的基础。细胞是代谢与功能表达的基本单位,具有一套完整的代谢和调节系统。细胞是遗传的基本单位,具有发育的全能性。

1.1.1 细胞的化学基础

组成细胞的基本元素包括氧、碳、氢、氮、硅、钾、钙、磷、镁等,其中氧、碳、氢、氮四种元素占 90%以上。所有细胞都是由水、蛋白质、糖、脂、核酸、盐和各种微量有机化合物组成的(见表 1-1)。

表 1-1 细胞化学组成(以某种细菌为例)

化 学 成 分	细胞中的质量分数/(%)	分子的种类
水	70	1
无机离子	1	20
简单糖及其前体	1	250
氨基酸及其前体	0.4	100
核苷及其前体	0.4	100
脂肪酸及其前体	1	50
大分子(蛋白质、核酸和多糖)	26	3 000
其他小分子	0.2	300

1. 水

水是生物化学的核心,不仅因为它是细胞中含量最高的分子,还因为几乎所有生物分子的结构和功能都与其周围水的理化性质相关;水是生化反应的最主要介质,也是代谢物、营养物和排泄物在细胞内和细胞间运输的介质;水还是代谢过程中很多化学反应的直接参与