

高等学校省级质量工程规划教材
“十三五”环境科学与工程系列规划教材

环境生物化学 基础

HUANJING SHENGWU HUAXUE JICHU

主 编 张 群
副主编 吴 彦 鲍立宁 陈 林

(第二版)



高等学校省级质量工程规划教材
“十三五”环境科学与工程系列规划教材

环境生物化学基础

(第二版)

主 编 张 群

副主编 吴 彦 鲍立宁 陈 林

合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

环境生物化学基础/张群主编. —2 版. —合肥:合肥工业大学出版社, 2017. 5
ISBN 978-7-5650-3308-7

I. ①环… II. ①张… III. ①环境化学—生物化学 IV. ①X13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 053182 号

环境生物化学基础(第二版)

张 群 主 编

责任编辑 张择瑞

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2014 年 2 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号		2017 年 5 月第 2 版
邮 编	230009	印 次	2017 年 6 月第 2 次印刷
电 话	理工教材编辑部:0551-62903204	开 本	710 毫米×1010 毫米 1/16
	市 场 营 销 部:0551-62903198	印 张	24.25 字 数 446 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	安徽昶颀包装印务有限责任公司
E-mail	hfutpress@163.com	发 行	全国新华书店

主编信箱 zhangqun@aqtc.edu.cn 责编信箱/热线 zrsg2020@163.com 13965102038

ISBN 978-7-5650-3308-7

定价: 48.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

序 言

本书是根据合肥工业大学出版社有限责任公司策划组织的“十三五”环境类系列教材及高校合作联盟建设研讨会决定编写的,并获批为2013年高等学校省级质量工程规划教材立项。本书主要针对目前市场上尚无适合环境科学、环境工程专业本科教学急需的环境生物化学基础教材这一情况。本书可供高等学校环境科学专业、环境工程专业学生作为教材使用,也可供其他院校有关专业师生和科技工作者参考。

与现有生物化学教材不同,本书在编写过程中选材新颖,力求简明扼要,注重实用性。内容上增添了与环境科学密切相关的环境生物化学问题,如废弃蛋白质、核酸等生物大分子资源的综合利用,酶工程学在环境保护中的应用,环境激素,发酵工程学在环境保护中的应用,基因工程学在环境保护中的应用,等等。体例上,将核酸分解代谢与合成代谢合并成一章,将蛋白质分解代谢与合成代谢合并成一章。

全书共分十三章,其中绪论、生物膜、激素、代谢调控由安庆师范学院资源环境学院张群编写,生物氧化、糖代谢由安庆师范学院生命科学学院吴彦编写,酶、维生素与辅酶由安徽建筑大学鲍立宁、江西理工大学陈林编写,蛋白质、蛋白质代谢由安庆师范学院生命科学学院陈红梅编写,核酸、核酸代谢、脂代谢由安庆师范学院资源环境学院吴唤玲编写。

本教材在第1版的基础上进行了内容的修订,改正了原书中的个别问题,增设了课件(见封底二维码和出版社网站配套资源下载),方便老师、学生和相关人士教学和自学。

由于编者水平所限,错误在所难免,敬请读者批评指正,期待再版时更正。

张 群

2017年5月

目 录

绪 论	(001)
一、生物化学是生命的化学	(001)
二、生物的化学特征	(001)
三、新陈代谢是生命的基本特征	(003)
四、生物化学的历史发展	(004)
五、生物化学的热点领域	(005)
六、生物化学与环境科学的关系	(005)
七、生物化学基础的教学内容与学习方法	(005)
思考题	(006)
拓展阅读	(006)
第一章 蛋白质	(007)
第一节 蛋白质的生物学功能、组成及分类	(007)
第二节 蛋白质的结构单元——氨基酸	(011)
第三节 肽	(028)
第四节 蛋白质的分子结构	(031)
第五节 蛋白质结构与功能的关系	(051)
第六节 蛋白质的理化性质	(054)
第七节 蛋白质的分离、纯化与鉴定	(059)
第八节 废弃蛋白质资源的综合利用	(068)
思考题	(070)
拓展阅读	(071)
第二章 核酸	(072)
第一节 核酸的种类、分布与功能	(073)
第二节 核酸的结构	(079)

第三节	核酸与蛋白质的复合体——核蛋白体	(089)
第四节	核酸的理化性质	(091)
第五节	核酸的分离纯化及含量测定	(094)
第六节	废弃核酸资源的综合利用	(095)
思考题		(096)
拓展阅读		(096)
第三章	生物膜	(097)
第一节	生物膜的组成	(097)
第二节	生物膜的结构	(102)
第三节	生物膜的功能	(108)
思考题		(112)
拓展阅读		(112)
第四章	酶	(113)
第一节	酶的概述	(113)
第二节	酶的命名与分类	(118)
第三节	酶的作用机理	(123)
第四节	影响酶促反应速度的因素	(133)
第五节	别构酶	(149)
第六节	酶的分离提纯与酶的活力测定	(153)
第七节	酶工程学及其在环境保护中的应用	(158)
思考题		(164)
拓展阅读		(165)
第五章	维生素与辅酶	(166)
第一节	维生素的概念与分类	(166)
第二节	水溶性维生素与辅因子	(168)
第三节	脂溶性维生素	(179)
思考题		(183)
拓展阅读		(183)
第六章	激素	(184)
第一节	激素概述	(184)

第二节 脊椎动物激素	(186)
第三节 植物激素	(193)
第四节 昆虫激素	(195)
第五节 环境激素——自然环境中的隐形杀手	(196)
思考题	(199)
拓展阅读	(200)
第七章 生物氧化	(201)
第一节 生物氧化的概述	(201)
第二节 呼吸链(电子传递链)	(205)
第三节 氧化磷酸化	(210)
第四节 有关氧化磷酸化物质——胞质中 NADH 的运输	(215)
思考题	(216)
拓展阅读	(217)
第八章 糖代谢	(218)
第一节 生物体内的糖类	(219)
第二节 双糖和多糖的酶促降解	(225)
第三节 糖酵解	(228)
第四节 三羧酸循环	(238)
第五节 磷酸戊糖途径	(248)
第六节 糖异生作用	(254)
第七节 蔗糖和多糖的生物合成	(258)
第八节 发酵工程及其在环境保护中的应用	(269)
思考题	(270)
拓展阅读	(271)
第九章 脂代谢	(272)
第一节 生物体内的脂类及其功能	(272)
第二节 脂肪的分解代谢	(276)
第三节 脂肪的合成代谢	(284)
第四节 甘油磷脂的酶促降解与生物合成	(290)
思考题	(292)
拓展阅读	(292)

第十章 核酸代谢	(293)
第一节 核酸酶促降解	(293)
第二节 核苷酸的分解代谢	(295)
第三节 核苷酸的合成代谢	(297)
第四节 DNA 的生物合成和损伤修复	(311)
第五节 RNA 的生物合成	(319)
思考题	(326)
拓展阅读	(327)
第十一章 蛋白质代谢	(328)
第一节 蛋白质的酶促降解	(329)
第二节 氨基酸的酶促降解	(330)
第三节 一碳基团	(339)
第四节 氨基酸的生物合成	(340)
第五节 蛋白质的生物合成	(346)
第六节 基因工程及其在环境保护中的应用	(354)
思考题	(359)
拓展阅读	(360)
第十二章 代谢调控	(361)
第一节 物质代谢的相互关系	(361)
第二节 代谢调节	(363)
思考题	(377)
拓展阅读	(378)
参考文献	(379)

绪 论

一、生物化学是生命的化学

生物化学(biochemistry)是关于生命现象化学本质的科学。具体言之,生物化学就是利用化学的原理、技术与方法,在分子水平研究生物体的物质组成、生命运动的规律,进而阐明生命现象因果规律的一门科学。其研究内容主要包括:一是生物体的化学组成、生物分子的结构、性质和功能;二是生物分子的分解与合成,反应过程中的能量变化,生物遗传信息的储存、传递和表达,以及新陈代谢的调节控制。第一部分内容习惯归为静态生物化学,第二部分内容则归为动态生物化学。

二、生物的化学特征

生物体是大量生命元素的集合体。生命元素借助化学键形成生物小分子,进而产生生物大分子,并且借助次级键形成特定的空间构象和超分子聚集体,最终构建生命的化学特征。

1. 生命元素

地球上存在有 92 种元素,可是出现在生物体中的并被证明是生命所必需的只有 28 种,其中 C、H、O、N、S、P、Mn、Fe、Co、Cu、Na、Mg、Cl、K、Ca、Zn 等 16 种元素在生物体中普遍存在,它们的相对原子质量均较小。生物体内的元素可以分为四类。

第一类元素:包括 C、H、O 和 N 四种元素,是组成生命体最基本的元素。这四种元素约占占了生物体总质量的 99% 以上。

第二类元素:包括 S、P、Cl、Ca、K、Na 和 Mg。这类元素也是组成生命体的基本元素。

第三类元素:包括 Fe、Cu、Co、Mn 和 Zn,是生物体内存在的主要微量元素。

第四类元素:包括 Al、As、B、Br、Cr、F、Ga、I、Mo、Se、Si 等微量元素。

2. 生命前体分子

虽然生物体是由多种分子组成,理论推测基本的分子组成是水分子和 30 种前体分子。

(1)水分子。水是生物体内含量最丰富、存在最广泛的物质。由于水分子特有的性质使得它非常适合于生物系统,所以水被称为“生命之源”。

水分子的第一个特性是其极性。由于水的分子结构,决定了它是弱极性分子。水是很好的极性溶剂,可以溶解电解质与极性物质,有利于生物反应的进行。当两性分子存在于水中时,水的溶解特性使它们自动排列为有序的结构。

水分子的第二个特性是其氢键。由于水由 H 和 O 形成,水分子间可以形成氢键。正是由于这些氢键的存在,使得水比其他液体具有高蒸发热、高热容和很宽的液相温度,从而有利于生物体内的温度恒定。

(2)前体分子。我们分析生物大分子的结构可以发现,它们主要是由 30 余种小前体分子构成的,所以这些小前体分子也称为生物分子的“构件”。前体分子可以分为四类:

① 20 种 L- α 氨基酸。这是蛋白质的基本单位。

② 5 种含氮碱基,2 种嘌呤碱基与 3 种嘧啶碱基。它们与磷酸核糖或脱氧磷酸核糖结合就形成核酸的基本单位——核苷酸。

③ 2 种糖。D-葡萄糖和 D-核糖,葡萄糖是光合作用的产物,也是生物代谢的重要中间产物,而 D-核糖则是核苷酸的基本组成成分。

④ 软脂酸、甘油和胆碱。它们可以组成磷脂分子,是生物膜的重要组成成分。

3. 生物大分子及其组成规律

生物分子中最重要的是糖、脂、蛋白质和核酸,它们是构成生物体和维持生命现象最基本的物质。许多生物其干重的 90% 以上是由生物大分子构成。由于它们的相对分子量一般都很大,所以被称为生物大分子。生物大分子具有以下特征。

(1)由结构比较简单的小分子——结构单元分子所组成。最重要的结构单元分子主要有以下几类:①构成蛋白质的结构单元分子——20 种基本氨基酸;②构成核酸的结构单元分子——核苷酸;③构成脂的结构单元分子——甘油、脂肪酸和胆碱;④构成糖的结构单元分子——单糖。

(2)生物大分子都具有非常复杂的结构,包括复杂的化学结构和复杂的空间结构。

(3)生物大分子中存在许多手性中心。

(4)生物大分子之间存在相互作用和识别作用。

4. 生物体的结构层次性

如前所述,生物元素组成生物前体分子,生物前体分子组成生物大分子。生物大分子则进一步形成复合体,生物大分子和复合体再组成亚细胞结构和细胞器,进而形成细胞。细胞则可继续形成组织、器官、系统,最后形成多细胞的生物体。在

高层次的结构中,生物大分子间的结合是非共价的。所以,这些结构可以实行自我装配。

5. 生物分子内(间)非共价相互作用

生物分子内(间)非共价相互作用主要有:

(1) 氢键

这是由电负性大的原子(O、N、F)与结合其上的氢原子通过静电引力形成的。这种键的作用很小,但是在生物大分子中存在众多的氢键,使得氢键在维持大分子的结构以及大分子与其配基的结合专一性上具有重要的意义。

(2) 正负离子之间的静电引力

这是由两个相反电荷通过静电引力形成的,如蛋白质中的羧基与氨基。离子键在维持生物大分子的结构、大分子与配基的结合等方面发挥着很重要的作用。

(3) 离域键间的 π 电子重叠作用力

核酸、蛋白质大分子中含有许多芳香基团。这些基团中的离域 π 电子在相互接近到一定距离时,将会产生一种特殊的 π 电子重叠作用力。这种作用力具有方向性,产生离域键间的 π 电子重叠作用力的条件是两组离域 π 电子以平行方式相互作用。

(4) 疏水键

这是在水环境中疏水基团为避开极性的水分子而产生的聚集力,而不是一种经典的化学键。当疏水基团存在于水溶液中时,水分子在其表面必须整齐排列,致使体系的熵值减小,分子处于比较稳定的状态。这种疏水作用力在稳定核酸、蛋白质、生物膜等大分子及其聚集体时起重要作用。

(5) 范德华力

这是化学基团之间小范围的作用力,比其他作用力都弱得多,但是由于它们广泛存在,生物大分子含的原子数巨大,所以对生物结构的稳定性有很大的贡献。

三、新陈代谢是生命的基本特征

新陈代谢是生命的特征。生命物质的新陈代谢包括合成和分解两大方面:合成——生物小分子到生物大分子;分解——生物大分子到生物小分子。按代谢主体的不同,新陈代谢可分为物质代谢、能量代谢和信息代谢三种类型:物质代谢——分解代谢与合成代谢;能量代谢——释能代谢与储能代谢;信息代谢——物质代谢信息代谢与遗传信息代谢。

就生物体而言,新陈代谢由成千上万个酶促反应构成,错综复杂。同时,生物体用最基本的化学反应、最简单的组合方式构成了这一最复杂的反应系统,表现出共同的规律性。

(1)有限的化学反应类型。新陈代谢中众多的化学反应本质上仅为几个反应类型:氧化还原反应、C—C 键的断裂和形成反应、基团转移反应、构建分子间脱水缩合反应以及分子重排反应。

(2)共同的分解末端代谢途径和转换枢纽。三羧酸循环不仅是糖类、脂质、蛋白质和核酸分解代谢的必经途径,同时也是生物体内各种生物分子相互转换的枢纽。

(3)共同的合成代谢规律。一是 ATP 为所有生物体内能量的共同载体;二是生物大分子合成时均有一定的方向性;三是前体分子构建生物大分子前均需活化。

四、生物化学的历史发展

人们从古代开始就已广泛应用生物制品,并积累了不少关于生物化学的知识。例如,我国古代劳动人民已广泛应用并发展了酿酒、制醋和生产饴糖等技术。但是,由于“活力论”的影响,使生物化学在 18 世纪以前长期处于停滞不前的状态。1775 年,Lavoisier 证实了呼吸作用是一个氧化过程;1776 年,Priestley 发现了光合作用;19 世纪初,Wohler 以人工方式用氰酸铵合成尿素,实现了在一定条件下无机物与有机物之间的转化,从而彻底否定了“活力论”。

19 世纪末 20 世纪初,生物化学发展成为一门独立的新兴学科。20 世纪 30 年代以后,生物化学有了迅速的发展,主要代谢途径相继被阐明,许多著名的生物学家如 Warburg、Keilin、Emden、Meyerhof、Krebs、Hill、Lipmann 等为此做出了重要贡献。50 年代以后,生物化学已成为生物学科的中心和前沿领域。年轻的科学家 Watson 和 Crick 于 1953 年首次提出了 DNA 双螺旋结构模型,开创了分子生物学的新纪元。

我们可以把生物化学的发展历史分为五个阶段:①生物化学发生前期(1770 年以前);②静态生物化学发展时期(1770—1903 年);③动态生物化学发展时期(1903—1950 年);④综合生物化学发展时期(1950 年以后);⑤工程生物化学发展时期(1970 年以后)。

在我国,生物化学也得到了突飞猛进的发展,取得了许多令人振奋的成果。许多生物化学工作者在血液生化、免疫化学、酶的作用机理、蛋白质变性理论、血红蛋白变异、植物肌动蛋白结构、生物膜结构与功能等方面做出了突出贡献。我国科学家 1965 年完成了牛胰岛素的全合成;1972 年用 X 射线衍射法测定了猪胰岛素的空间结构;1981 年底完成了丙氨酸 tRNA 的人工合成;特别是我国作为唯一的发展中国家参加了人类基因组计划,并出色地完成了 1% 的任务;另外,我国还完成了水稻基因组的分析、多种转基因动植物的培育;等等。所有这些为我国在生命科学的许多重要领域赢得了领先的地位。

五、生物化学的热点领域

通过人们的共同努力,生物化学取得了一系列可喜的成果。特别是人类基因组计划的实施,加速了人类认识生命的步伐,使 21 世纪成为世人公认的生物世纪。当下,生物化学热点重点内容主要聚焦在以下三个方面:①功能生物高分子研究,如活性蛋白、端粒酶、分子发动机、抗体酶、生物活性肽、蛋白质组学、多糖等;②遗传生物高分子研究,如核酸结构、遗传工程、Ribozyme、HGP(人类基因组计划)、基因组学、生物芯片等;③生物膜研究,如生物膜结构、膜受体、膜通道、膜泵、氧化磷酸化、光合磷酸化、膜与疾病关系等。

六、生物化学与环境科学的关系

生物化学是一门新兴的边缘学科,是生命科学的“世界语”。环境科学是新兴的横向学科,它集化学、物理学、生物学、地学、水体学、生态学、工程学、预测学、法学、管理学等于一体。二者之间存在十分密切的关系。

第一,生物化学是环境科学的学科基础。生态学、环境生物学、环境工程生物技术学、环境监测酶法分析等是环境科学的主干学科,显然,这些学科的发展对生物化学有着很强的依赖性。

第二,生物化学是认识环境科学问题的理论方法。如臭氧空洞危害就在于紫外线对 DNA 所造成的损伤; H_2S 、CO 的毒性在于它们对呼吸链的阻遏作用;有机磷农药的毒性是它对酶的非可逆抑制作用。

第三,生物化学是解决环境科学问题的有力手段。如酶对环境非友好催化剂的替代意义;生物催化剂对含酚废水的治理;利用生物发酵将有机垃圾转化成乙醇;PCR、酶法分析、生物芯片等技术在环境监测中的应用。

七、生物化学基础的教学内容与学习方法

生物化学基础的主要内容:蛋白质、核酸、酶化学、维生素与辅酶、激素、生物膜、生物氧化和生物能、代谢、生物化学过程的调控等。

学习方法:通过听课、阅读实现理解和记忆。

学习方法因人而异,学习生物化学也是如此。但学者在学习的过程中,一般应掌握以下内容:①生物化学的学科的含义,即何谓生物化学;②生物化学的基本概念,如蛋白质、motif、核酸、酶、激素、三羧酸循环、磷氧比、活性中心等等,这是学习掌握生物化学的前提;③生物化学的基本理论,如酶作用的中间产物学说、化学渗透学说、脂肪酸 β -氧化、半保留复制、流体镶嵌模型等等;④生物化学的基本方法,包括理论方法、实验方法和思想方法;⑤生物化学的基本对象和任务,生物化学的

研究对象就是生物体,其任务就是阐明生物体的物质组成、结构、功能、代谢及其调控;⑥发展历史现状趋势,著名化学家傅鹰教授说过“科学能给我们以知识,而科学的历史则能给我们以智慧”;⑦哲学思考;⑧对生物化学知识“弄懂”的标准——就是用自己的话把问题讲清楚。真正做到了这些,就一定能够取得较好的学习效果。

思 考 题

1. 何谓生物化学?
2. 生命必需元素有哪些?
3. 生命前体分子有哪些?
4. 生物大分子具有哪些特征?
5. 生物分子内(间)非共价相互作用主要有哪些?
6. 新陈代谢表现出共同的规律性是什么?
7. 生物化学发展历史可分为哪几个阶段?
8. 当前生物化学的热点领域有哪些?
9. 谈谈生物化学与环境科学的关系。
10. 谈谈如何学好生物化学这门课。

拓展阅读

[1] 郑昌学. 生物化学教学之我见[J]. 生命的化学, 2013, 33(1): 101-104.

[2] 丸山工作. 生物化学的黄金时代[M]. 王子彦, 译. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1991.

[3] J. D. 沃森. 双螺旋——发现 DNA 结构的故事[M]. 刘望夷, 等译. 北京: 科学出版社, 1984.

[4] 郑集. 中国早期生物化学发展史[M]. 南京: 南京大学出版社, 1989.

[5] 王悦, 彭蜀晋, 周媛, 等. 百年诺贝尔化学奖与生物化学的发展[J]. 大学化学, 1990, 26(5): 88-92.

[6] 恩斯特·迈尔. 生物学思想发展的历史[M]. 涂长晟, 译. 成都: 四川教育出版社, 2010.

第一章 蛋白质

【本章要点】

蛋白质的分子结构包括一级结构、二级结构、三级结构和四级结构,在二级结构和三级结构之间又引入超二级结构和结构域两个过渡层次。蛋白质的一级结构是指蛋白质分子中氨基酸的排列顺序和二硫键所在的位置,是蛋白质分子结构的基础,包含了决定蛋白质分子所有空间结构的全部信息。二级结构反映了主链上相邻残基的空间关系,主要类型有 α -螺旋、 β -折叠、 β -转角和无规则卷曲等。在二级结构的基础上,蛋白质多肽链进一步盘曲折叠,形成一定的空间结构,称为蛋白质的三级结构,它反映了蛋白质多肽链中所有原子的空间排布。四级结构涉及亚基在整个分子中的空间排列以及亚基之间的接触位点和作用力。并非所有的蛋白质都有四级结构。维持蛋白质一级结构的作用力是肽键,维持蛋白质构象的作用力主要是疏水作用、氢键、范德华力、离子键等非共价键,此外还有二硫键。

蛋白质的结构不同,其生物活性也就不同。蛋白质的一级结构决定其高级结构,高级结构又与它的生物学功能密不可分。同源蛋白质一级结构的差异可以反映生物进化程度,蛋白质的一级结构变化导致其功能改变。蛋白质的结构改变,其生物活性就会受到影响。

蛋白质是由氨基酸组成的生物大分子,其理化性质既表现出紫外吸收、两性解离、等电点等氨基酸的一些性质,又表现出沉降与沉淀、胶体特性、变性与复性等大分子特性,蛋白质还有一些特殊的呈色反应。

蛋白质研究技术包括了蛋白质的分离、提纯和鉴定技术,各种技术都是基于蛋白质某些性质如溶解性、电荷差异、吸附性质等的差异来设计的。

第一节 蛋白质的生物学功能、组成及分类

蛋白质是结构形式最丰富、功能繁多,也是最为活跃的一类分子,几乎在一切生命过程中都起着举足轻重的作用。生物体内的蛋白质占许多生物体干重的

45%~50%以上,种类繁多,分布极其广泛。蛋白质是细胞内含量最高的组分,酶、抗体、多肽激素、运输分子乃至细胞的自身骨架都是由蛋白质构成的,所担负的任务也是多种多样的。蛋白质在生物体的生命活动中起着重要作用。

一、蛋白质的生物学功能

生物体各种生理功能往往都是通过蛋白质来实现的,蛋白质是生命活动的体现者,它在生物体内的存在形式和作用是多样化的。不同蛋白质功能不同,其主要的生物学功能有:

(一)结构成分

蛋白质是生物体细胞和组织的主要组成成分之一,是生物体形态结构的物质基础。如弹性蛋白参与血管壁和韧带的构造,起支持和润滑作用。胶原蛋白参与结缔组织和骨骼的形成。动物的毛发和指甲都是由角蛋白构成的。体表和机体构架部分还具有保护、支持功能。结构蛋白一般是不溶性纤维状蛋白。

(二)催化功能

生物体内的各种化学反应几乎都是在相应的酶的作用下进行的,酶是有机体新陈代谢的催化剂,几乎所有的酶都是蛋白质。如淀粉酶催化淀粉的水解;蔗糖酶催化蔗糖的水解;脲酶催化尿素的分解。催化功能是蛋白质最重要的生物学功能之一。

(三)运动功能

生物体的运动也由蛋白质来完成,如动物的运动靠肌肉的收缩和舒张来实现,而肌肉收缩和舒张实际上是由肌球蛋白和肌动蛋白丝状体的滑动实现的。细菌的鞭毛及纤毛也能产生类似的运动,是由许多微管蛋白组装起来的。另外,在非肌肉的运动系统中普遍存在着运动蛋白,可驱使小泡、细胞器等沿微管移动。

(四)储存功能

有些蛋白质有储藏氨基酸的功能,以备机体及其胚胎生长发育的需要,如蛋类中的卵清蛋白、乳中的酪蛋白、植物种子中的醇溶蛋白等。肝脏中的铁蛋白可以储存血液中多余的铁,供机体缺铁时使用。

(五)转运功能

在生物体中许多物质需要运输,蛋白质能携带各种物质从一处到另一处。如血液中的血红蛋白,随着血液循环,将氧气从肺运输到其他组织,同时,将二氧化碳从其他组织运输到肺,以便排出体外。血液中的载脂蛋白可以运输脂类物质。一些膜转运蛋白还能将代谢物转运而进出细胞。另外生物氧化过程中细胞色素C等电子传递体负责电子的传递。

(六)调节功能

许多蛋白质有调节其他蛋白质执行其生理功能的能力,这些蛋白称为调节蛋

白。生物体内进行的生物化学反应能够有条不紊地进行,就是因为有调节蛋白的调节作用。调节蛋白包括激素、受体、毒蛋白等。如胰岛素参与血糖的代谢调节,能降低血液中的葡萄糖的含量。还有一些调节蛋白,如大肠杆菌的 CAP 和阻遏蛋白等参与基因表达调控。

(七)防御功能

免疫反应是机体的一种防御机能,有些蛋白质具有主动的防护功能,以抵抗外界不利因素对生物体的干扰。如脊椎动物体内的抗体,是高度专一的蛋白质,能够识别特异的抗原,如病毒、细菌和其他生物体的细胞,并与之结合,在区别自身和非自身中起着重要的作用,因此它具有防御疾病和抵抗外界病原侵袭的免疫能力。

(八)信息传递功能

生物体能够对外界刺激如光、气味、激素、神经递质和生长因子等做出反应离不开蛋白质的生物学作用,生物体内的信息传递过程离不开蛋白质,在生物体内有一类蛋白质起接受和传递信息的作用,即受体蛋白,在接受外界信号后,可以使细胞做出各种反应。因此,蛋白质在参与细胞内信号转导中有重要作用。

二、蛋白质的元素组成

根据对大量蛋白质的元素分析结果,组成蛋白质的主要元素有碳(50%~55%)、氢(6%~8%)、氧(19%~24%)、氮(13%~19%)、硫(0%~4%),有些蛋白质还含有少量的磷或金属元素如铁、铜、锰、钴、锌、钼等,个别蛋白质还含有碘元素。值得注意的是,大多数蛋白质的含氮量都比较接近,平均为16%,也即1g氮相当于6.25g蛋白质,6.25被称为蛋白质系数。生物组织中的含氮物大部分都是以蛋白质形式存在,因此,通过测定生物样品中氮的含量,就可以推算出样品中蛋白质的含量。

三、蛋白质的分类

蛋白质种类繁多,结构复杂,有多种不同的分类方法。可根据蛋白质的分子形状、化学组成、功能、溶解特性等进行分类。这里,仅简单地介绍一下蛋白质的一般类型。

(一)按分子形状分类

蛋白质可根据其形状分为球状蛋白质(globular protein)、纤维状蛋白质(fibrous protein)和膜蛋白(membrane protein)三大类。

1. 球状蛋白质

球状蛋白质的外形卷曲近似于球形或椭圆形,分子对称性好,蛋白质分子长度与直径之比一般小于10,分子外层多为亲水性氨基酸残基,多数可溶于水,大都具