

大学教材

生物化学

崔晓芳◎主编



云南出版集团公司
云南科技出版社

生 物 化 学

主 编 崔晓芳

云南出版集团公司
云南科技出版社
· 昆明 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学 / 崔晓芳主编. -- 昆明: 云南科技出版社, 2013. 5

ISBN 978 - 7 - 5416 - 7156 - 2

I. ①生… II. ①崔… III. ①生物化学 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 121157 号

责任编辑: 王 韬 王建明 叶佳林

责任校对: 叶水金

责任印制: 翟 苑

封面设计: 魔弹文化

云南出版集团公司

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码: 650034)

北京全海印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 20 字数: 512 千字

2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

定价: 48.00 元



前言

生物化学的根本目标是揭示生命的奥秘。经典生物化学的研究一般是从分离纯化一种生物物质开始的,进而研究这种物质的结构和功能,它很难准确了解这些物质在整个机体中的作用。现代生物化学则借助分子生物学的理论和手段,从分子水平全面了解核酸、蛋白质的结构,确定它们在生物体的生长、发育、生殖、衰老等过程中的作用,使生物化学研究变得更加彻底,更加多元化,更加丰富多彩。

随着人类基因组计划(human genome project, HGP)的完成,生命科学已进入后基因组时代,即功能基因组时代或蛋白质组(proteome)时代,一个生命过程的网络结构正逐渐清晰地呈现在人们面前。我们希望为广大读者提供一本内容全面而系统的生物化学教材,以适应21世纪医学、生命科学及其相关学科发展的需要。

本书力求做到基本理论、基本概念和基本技能的论述准确、深度适中,能够反映生物化学研究的新成果、新进展、新的研究手段和方法,及其科学性、基础性、先进性、启发性和实践性的特征;注重教材内容内在联系的逻辑性,努力做到深入浅出,重点突出,条理清楚,使集研究能力和创新能力为一体的培养意识能通过本教材的使用贯穿于教学全过程,以达到拓宽基础、开拓视野,加强对学生科学素养和能力培养之目的。

承担本教材各章节编写任务的作者都是具有丰富教学经验的高校教师和专业人士。他们付出的辛勤劳动,使本教材达到了相当的学科水准。但由于21世纪是科学技术飞速发展的世纪,作为高科技基础和前沿的生物化学学科也在迅猛发展,每年会有大量新的研究成果涌现。

编者



目录

第一章 生物化学与细胞	(1)
第一节 生物分子及生物化学反应	(1)
第二节 细 胞	(4)
第二章 蛋白质化学	(9)
第一节 蛋白质的分子组成	(9)
第二节 蛋白质的分子结构	(16)
第三节 蛋白质的理化性质	(25)
第四节 蛋白质的分离纯化及其结构的测定	(28)
第三章 酶	(34)
第一节 酶的概述	(34)
第二节 酶催化机制	(39)
第三节 米 氏 方 程	(43)
第四节 可逆和不可逆抑制作用	(47)
第五节 酶原的激活和酶活性的调节	(52)
第六节 同工酶和抗体酶	(56)
第四章 维 生素	(59)
第一节 概 述	(59)
第二节 脂溶性维生素	(60)
第三节 水溶性维生素	(65)
第五章 糖	(77)
第一节 单糖概述	(77)
第二节 单糖的环式结构和衍生物	(80)
第三节 几 种 二 糖	(86)
第四节 多 糖	(88)
第五节 复 合 糖	(92)

第六章 脂类代谢	(96)
第一节 外源脂类的消化、吸收和转运	(96)
第二节 磷脂的代谢	(98)
第三节 甘油三酯代谢	(103)
第四节 血浆脂蛋白代谢	(117)
第五节 胆固醇代谢	(123)
第六节 与脂类代谢相关的疾病	(126)
第七章 核 酸	(131)
第一节 核苷酸和核酸一级结构	(131)
第二节 DNA 的遗传信息载体和碱基组成	(137)
第三节 DNA 二级结构——双螺旋	(140)
第四节 DNA 三级结构——超螺旋	(143)
第五节 染色质和几种类型 RNA	(146)
第六节 核酸变性、复性和杂交	(149)
第七节 核酸酶和限制酶	(152)
第八节 DNA 核苷酸序列测定和重组技术	(155)
第八章 DNA 的生物合成	(161)
第一节 DNA 的复制	(161)
第二节 逆转录及逆转录病毒	(172)
第三节 DNA 损伤和修复	(175)
第九章 RNA 的生物合成	(180)
第一节 原核生物的转录	(180)
第二节 真核生物的转录	(189)
第三节 RNA 初级转录物的加工	(196)
第四节 转录抑制剂	(204)
第十章 蛋白质的生物合成	(207)
第一节 参与蛋白质生物合成的物质	(207)
第二节 蛋白质生物合成的过程	(212)
第三节 蛋白质合成后的加工和靶向转运	(220)
第四节 蛋白质生物合成与医学的关系	(222)
第十一章 糖 酵 解	(228)
第一节 糖酵解概述	(228)
第二节 丙酮酸的代谢	(237)
第三节 糖酵解的调控	(239)
第四节 三种单糖代谢	(241)

第十二章 糖 代 谢	(244)
第一节 糖无氧酵解	(244)
第二节 糖的有氧氧化	(252)
第三节 磷酸戊糖途径	(257)
第四节 糖原的合成与分解	(260)
第五节 糖异生作用	(266)
第六节 血糖、糖蛋白与蛋白聚糖	(269)
第十三章 光 合 作 用	(274)
第一节 叶绿体和光合色素	(274)
第二节 光系统和光反应	(276)
第三节 暗反应和光呼吸	(281)
第四节 C_4 途 径	(285)
第十四章 氨基酸代谢	(287)
第一节 氨基酸脱氨	(287)
第二节 氨的转运和尿素循环	(289)
第三节 氨基酸碳骨架的降解	(293)
第四节 氨基酸的生物合成	(294)
第五节 生理活性胺和氧化氮 (NO)	(298)
第十五章 核苷酸代谢	(301)
第一节 嘌呤核苷酸的合成代谢	(301)
第二节 脱氧核苷酸的合成代谢	(305)
第三节 嘧啶核苷酸的合成代谢	(306)

第一章 生物化学与细胞



本章概述

生物化学是研究生命中的分子和化学反应的学科,也可以说是主要用化学的原理和语言在分子水平解释生命现象的一门学科。一般来说,同样的化合物和同样的中心代谢途径既出现在人体内,也会出现在原核生物大肠杆菌中,换言之生物化学的基本原理对所有生物体都是通用的。

细胞含有遗传物质 DNA, DNA 含有制造完全生物体的遗传信息。单细胞原核生物,例如细菌,核物质没有膜包裹,而真核生物的细胞(如植物和动物细胞)具有更高的组织性,它们含有被膜包裹的核(细胞核)。真核生物的最大特征是特定的生物功能由细胞中特定细胞器执行。如光合作用是在植物细胞的叶绿体中进行,而在真核细胞的线粒体内,糖类和脂肪中储存的能量可通过呼吸作用释放出来。

第一节 生物分子及生物化学反应

一、生物分子

从某种意义上说,生物化学是生物聚合物的化学,这些聚合物都是由许多小分子彼此连接形成的。具有化学知识的读者可能对这些小分子比较熟悉,但要深入到生物化学中,就要非常熟悉相对分子质量从几千到上百万的常见生物大分子,要了解它们的结构和功能。

图 1-1 给出了生物化学中常见生物分子的一些官能团。这些化合物和相应的官能团将反复出现在本书中,熟悉它们的结构和反应特性对于理解和掌握生物大分子,例如蛋白质、核酸等的结构、特有功能以及进行的特征反应大有益处。

图 1-2 给出了具体的三种生物分子所含有的官能团,从图中可以看到一个分子有时含有多个官能团,这些官能团都具有自己的化学性质,并能进行特定的反应。

生物大分子都是由构件分子聚合构成的,例如,蛋白质的构件分子是氨基酸,多糖的构件分子大多为葡萄糖,核酸的构件分子是核苷酸,这些构件分子又称为单体。由单体形成聚合物需要进行连续多步的缩合反应,整合到聚合物的单体常被称为残基。有的聚合物是由一种单体聚合形成的,像一些多糖就是由单一葡萄糖残基聚合的产物,而像蛋白质和核酸那样的生物大分子则是由不同种类残基按照特定顺序聚合的产物,残基的序列决定着它的功能。

1. 蛋白质

所有细胞蛋白质基本上都是由 20 种标准氨基酸组成的。氨基酸可以由简单的前体分

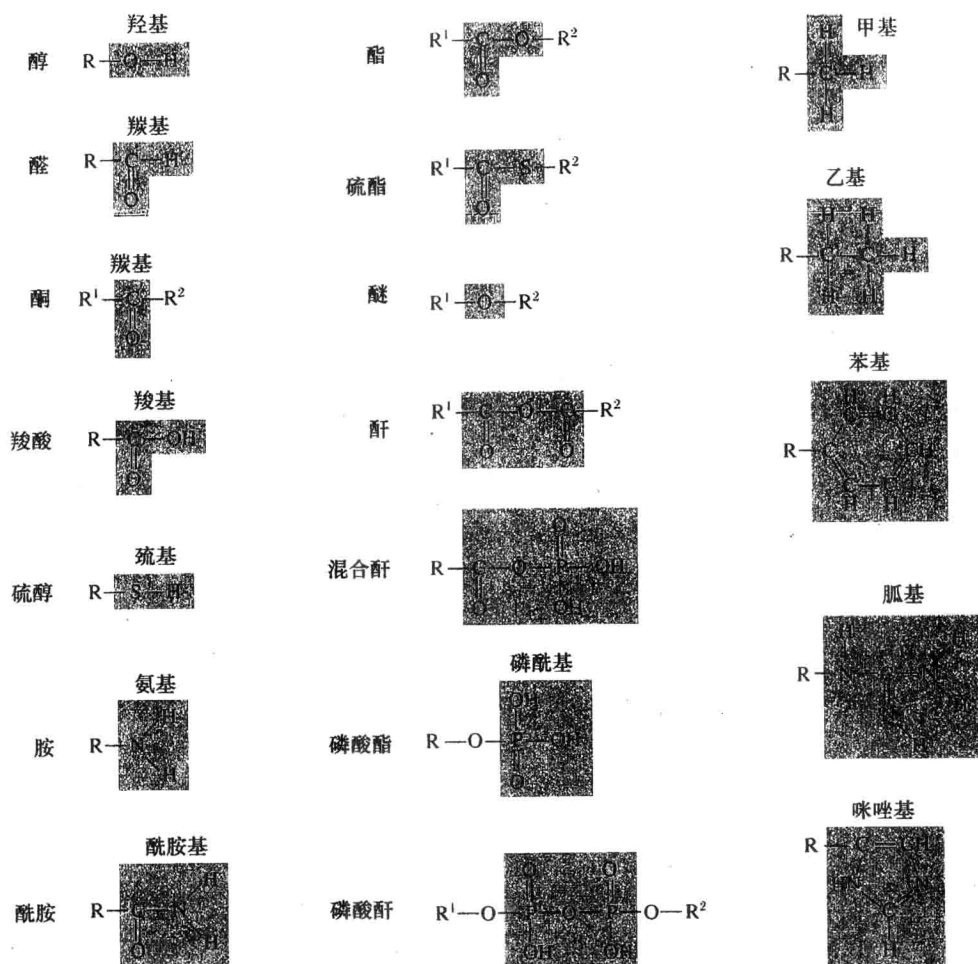


图 1-1 生物化学中常见的一些生物分子的官能团

阴影部分为官能团,所有官能团都以非离子(不带电荷)形式给出。其中 R^1 和 R^2 代表取代基。

子合成,或通过有机体摄入的营养物质获得。所有氨基酸都至少含有两个功能基团——出现在 α 碳上的一个氨基和一个羧基,氨基酸之间的差别主要表现在侧链上。一个氨基酸的羧基可以与另一个氨基酸的氨基形成酰胺键(肽键),而蛋白质就是氨基酸通过肽键共价连接的聚合物。自然界中发现的各种各样的蛋白质,它们的氨基酸组成和氨基酸的排列顺序都是不同的。蛋白质的功能取决于它的三维结构,而三维结构则是由它的氨基酸序列确定的,当然氨基酸的序列最终是由基因编码的。蛋白质分为纤维蛋白,如构成毛发的角蛋白,以及具有催化功能和其他功能的球蛋白。

2. 多糖

糖主要是由碳、氢和氧组成的,包括简单的单糖、多糖和其他的糖衍生物。所有单糖和多糖的残基一般都含有几个羟基,因此也被称为多元醇。大多数常见的单糖含有 5 个或 6 个碳原子,最常见的五碳糖是核糖,核糖是核糖核酸(RNA)的糖成分,而出现在脱氧核糖核酸(DNA)中的是 2'-脱氧核糖。葡萄糖是常见的六碳糖。

葡萄糖是储存多糖糖原和淀粉以及结构多糖纤维素的构件分子。在这些多糖中,每一

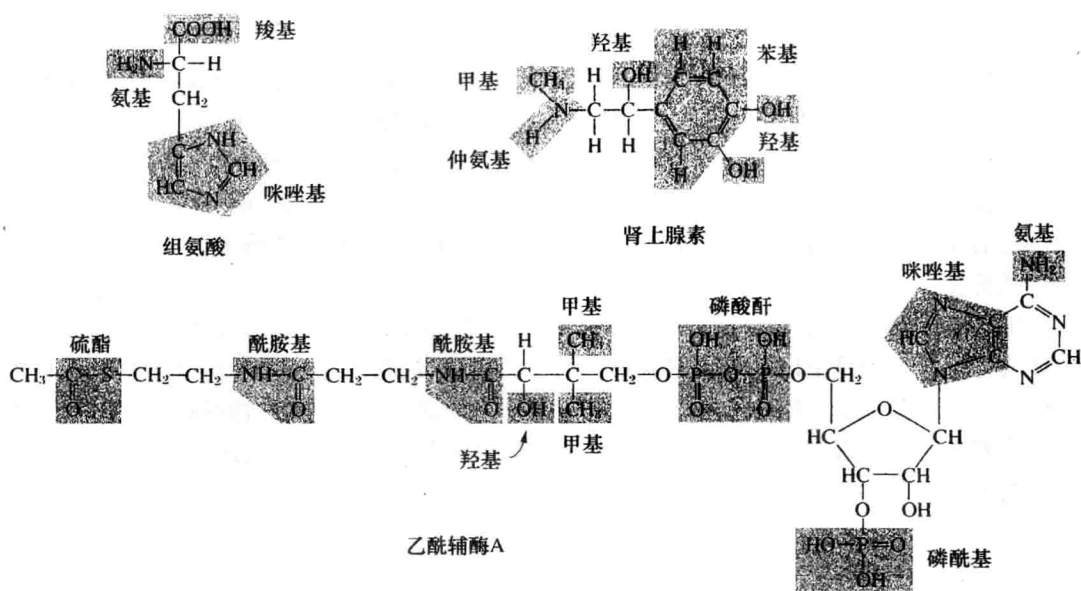


图 1-2 组氨酸、肾上腺素和乙酰辅酶 A 中的官能团

个葡萄糖残基的 C-1 都是与下一个葡萄糖残基的 C-4 羟基形成共价糖苷键,但淀粉和糖原与纤维素之间的糖苷键不同,前者形成的是可被淀粉酶降解的 $\alpha(1\rightarrow4)$ 糖苷键,而纤维素形成的是可被纤维素酶降解的 $\beta(1\rightarrow4)$ 糖苷键。纤维素是地球上最丰富的生物聚合物。结构多糖除了纤维素外还有几丁质和糖胺聚糖,这些内容将在第 6 章中详述。

多糖还包括称为复合糖的蛋白聚糖、肽聚糖和糖蛋白,其中的糖成分大多为杂多糖。很多复合糖在细胞之间的相互识别、黏附、发育过程中的细胞迁移、血液凝固、免疫反应和愈合过程中发挥着重要的作用。

3. 核酸

在核酸一章将会看到核苷酸含有一个核糖或脱氧核糖、一个含氮的杂环碱基和至少一个磷酸基团。核苷酸中的碱基是嘌呤和嘧啶碱基。出现在 DNA 中的碱基有腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)、胞嘧啶(C)和胸腺嘧啶(T);出现在 RNA 中的碱基有腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)、胞嘧啶(C)和尿嘧啶(U)。

在核酸分子中,核苷酸之间通过磷酸二酯键共价连接,共价连接的核苷酸称为核苷酸残基。在 DNA 分子中两条核苷酸链的碱基以互补配对的方式相互作用,A 与 T 配对,而 G 与 C 配对,整个 DNA 分子形成一个螺旋结构,特定的碱基序列负载着遗传信息。

有些核酸分子很大,例如人的一些染色体含有一亿以上核苷酸残基的 DNA 分子。但细菌含有的基因比哺乳动物少,通常含有小的、环状的 DNA 分子。

RNA 是从 DNA 中一条模板链转录而来的单链聚核苷酸。主要存在着三种类型 RNA,包括直接将来自 DNA 的信息转移给蛋白质的信使核糖核酸(mRNA);专门负载用于蛋白质合成的特定氨基酸的转移核糖核酸(tRNA)和组成蛋白质合成机器的核糖体核糖核酸(rRNA)。DNA 中的基因信息经转录形成成熟的 mRNA,然后进入 rRNA 和蛋白质复合物核糖体,通过 tRNA 上的反密码子识别 mRNA 上的三联体密码子,并将 tRNA 负载的特定氨基酸转移到延伸的肽链上,可以说蛋白质是通过依次解读 mRNA 上的密码子合成的。

4. 脂

脂是一类定义为不溶于水的有机分子化合物。某些脂是储能分子,某些脂是膜的结构成分,还有些脂参与细胞内和细胞之间的通信。最简单的脂是脂肪酸,它是带有羧基的长的碳氢链。生物体内游离的脂肪酸含量很少,大都以三酰甘油(或称为脂肪)和甘油磷脂的化合物形式出现在生物体内。三酰甘油是哺乳动物中最丰富的一类脂,由一分子甘油与三分子脂肪酸通过酯键构成的。而甘油磷脂是甘油-3-磷酸与两个脂肪酸形成的磷酸酯,通常磷酸还共价连接着一个极性头(如乙醇胺)。

由于磷脂既连有疏水的脂肪酸链,又连有极性头,所以磷脂是个两亲性脂,是生物膜的主要成分。生物膜是由以磷脂为主的膜脂构成的脂双层,脂双层构成了所有生物膜结构的基础。生物膜将细胞或细胞内的区室与周围的环境隔离开,大多数生物膜都含有镶嵌在膜内或附着在膜上的蛋白质。某些膜蛋白可以形成营养物质进入或废物排出的通道,而有些膜蛋白可以催化发生在膜表面的特异反应。

二、生物化学反应

要想了解整个生物体的组成以及生命是如何维持的,只是学习和掌握生物分子的化学组成和结构是不够的,还必须了解这些生物分子是如何构建成细胞物质直至整个生物体的,以及新陈代谢过程。

代谢包括分解代谢和合成代谢,一系列有序的相关联的酶反应通常称为一个代谢途径,就像在代谢部分所描述的那样,可能代表一个生物分子的合成或降解过程。代谢途径中的反应物、中间物以及产物称为代谢物,一个途径中上一步反应的产物往往是下一步反应的反应物(酶作用底物)。催化这些反应的酶几乎都是具有催化功能的蛋白质,只有很少的反应是由核酶(具有催化功能的核酸)催化的。而且催化反应的酶通常都是可调控的。

分解代谢的显著特点是大量的燃料(如糖、脂肪和蛋白质)的代谢途径会集中在几个相同的中间物上。然后这样的中间物通过一个中心代谢途径被进一步代谢,同时产生大量能量。例如糖、蛋白质和脂肪在降解为各自单体后,最后产物都是乙酰辅酶A,然后乙酰基经柠檬酸(枸橼酸)循环被彻底氧化,并释放出大量能量,其中很多释放的能量常以称为能量“货币”的腺苷三磷酸(ATP)和还原型辅酶形式储存,还原型辅酶还可再经氧化磷酸化过程将储存的能量转化为ATP。储存的能量可以用于驱动合成代谢反应、物质运输以及生物体的其他活动。

生物合成途径进行的过程刚好与分解代谢途径相反,但并不是分解代谢的逆过程。合成代谢是由相对比较少的代谢物合成大量各种各样生物分子的过程。

第二节 细 胞

维持生命活动的绝大多数反应都发生在细胞内。细胞是生命组织的最小单位,所以讲到生物分子的功能以及这些分子代谢的反应都离不开细胞,因此有关细胞结构和功能的基本知识对于学好生物化学也是非常重要的。

一、细胞的分子组织层次

图 1-3 给出了细胞的分子组织层次,可以看出活细胞是由无生命的分子组成的。首先,一些元素如 C、H、O、N、P 和 S 等形成前体分子 H_2O 、 CO_2 和 NH_3 等,然后,再由这些前体分子组成生物分子的代谢中间物,如丙酮酸、柠檬酸、苹果酸和草酰乙酸等。中间物进一步形成构件分子,如氨基酸、核苷酸、脂肪酸和单糖等,再由这些构件分子构成生物大分子。生物大分子组装成超大分子集合体,如核糖体、生物膜和染色质等,再由这些大分子集合体构成细胞器,如真核生物中的细胞核、线粒体、叶绿体等,这些细胞器进一步组装成活细胞。

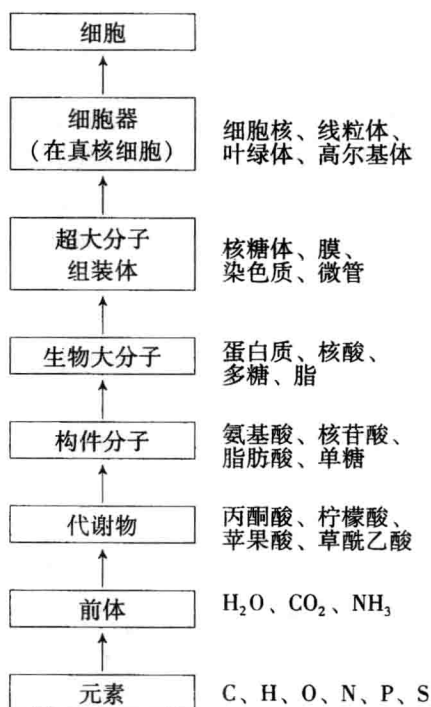


图 1-3 细胞的分子组织层次

生物分为原核生物和真核生物两大类,原核生物包括各种各样的细菌。真核生物包括原核生物、真菌、植物和动物。绝大多数真核生物为多细胞生物,但也包括单细胞生物,如酵母菌和草履虫。

二、原核细胞

单细胞原核生物细菌的染色体是一个环状 DNA 分子,没有膜包被的细胞核,但有一个拟核区,没有其他细胞器,通常将这类细胞称为原核细胞 (prokaryocyte) (图 1-4)。

从图 1-4 中可看到,虽然原核细胞中没有膜包被的细胞核,但有一个 DNA 集中的一个拟核区,一个原核细胞至少含有一个拟核区。拟核区中封闭的环状 DNA 分子就是原核细胞的基因组,黏附在细胞膜上。原核细胞分裂前, DNA 复制自己,两个环状 DNA 分子都与质膜相连接。细胞分裂时两个子细胞分别得到 DNA 的一份拷贝。

在一个原核细胞中,拟核区外的细胞质中含有许多呈小粒状的核糖体。这些核糖体中

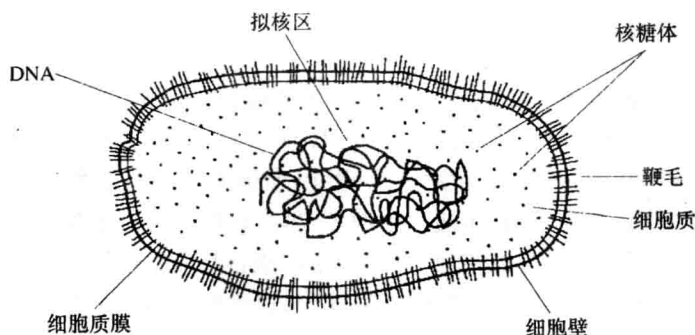


图 1-4 原核细胞

含有 RNA 和蛋白质,因此又被称为核蛋白颗粒,它们是蛋白质合成的场所。

每一个原核细胞外都有一层与外面环境相隔绝的细胞膜,又叫做质膜系统;它是由脂分子和蛋白质分子组成的集合体。除了细胞膜外,在细胞膜外面原核细菌还有一层细胞壁,主要是由多糖组成的,对细胞起保护作用,这个特点有点像植物细胞。

三、真核细胞

真核生物的细胞与原核细胞相比,在结构层次上要复杂得多,细胞内有膜包被的细胞核以及许多具膜的细胞器,例如线粒体、高尔基体,以及由 DNA 分子、组蛋白和其他蛋白质等组成的染色体,人们将具备这样特征的细胞称为真核细胞(eukaryocyte)。图 1-5 给出了典型的动物细胞与植物细胞的细胞结构。

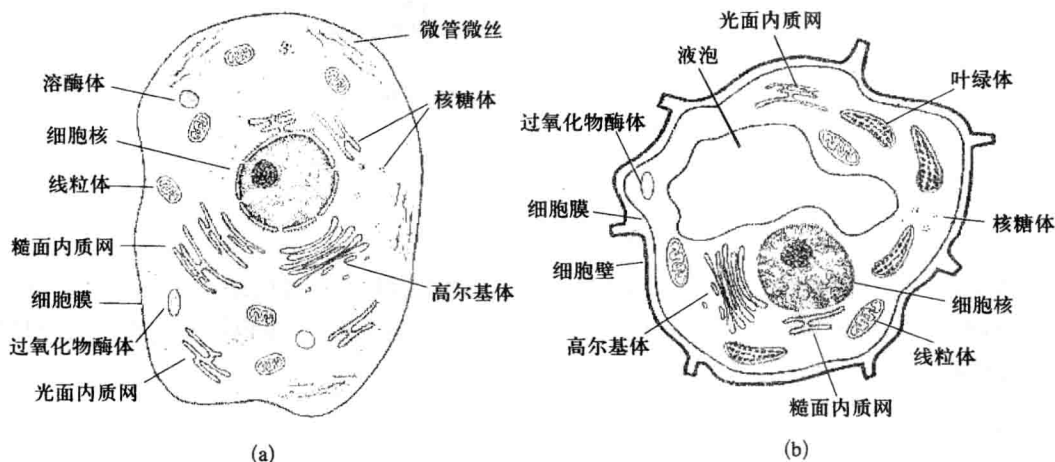


图 1-5 细胞结构示意图

(a) 动物细胞; (b) 植物细胞。

植物细胞像细菌一样有细胞壁,细胞壁主要由纤维素多糖组成,其作用是维持细胞的形状和机械的稳定性。另外植物细胞还含有特殊的细胞器——叶绿体(一种可进行光合作用的器官),它存在于绿色植物与藻类中,而动物细胞既没有细胞壁,也没有叶绿体。

真核细胞中三种最重要的细胞器是细胞核、线粒体和叶绿体。细胞核中含有细胞中绝大部分的 DNA,并且是 RNA 的合成场所。线粒体中含有催化重要放能反应的酶。存在于

绿色植物与藻类细胞中的叶绿体是光合作用场所。线粒体和叶绿体中都含有 DNA, 它们分别指导线粒体和叶绿体内的转录以及蛋白质合成的过程。

1. 细胞核

除了哺乳动物血液中的红细胞和维管植物的筛管细胞没有细胞核之外, 其他所有真核细胞都含有一个由核被膜界定的细胞核。核被膜由两层膜组成, 外层膜延伸与细胞质中糙面内质网相连, 外膜上分布着许多核糖体颗粒。细胞核中有一个富含 RNA 的核仁。除了线粒体和叶绿体中的一小部分 RNA 之外, 细胞中的 RNA 都是在核仁中合成, 然后通过核被膜上的核孔运输到细胞质的核糖体。核仁中存在着由 DNA 和 RNA 组成的染色质。跟原核细胞一样, 真核细胞中主要的基因组(它的核 DNA)在细胞分裂前被复制, 两份 DNA 拷贝被平均分配到两个子代细胞中。当一个细胞即将分裂时, 原来松散的染色质紧密缠绕形成染色体, 染色体可以通过电子显微镜或光学显微镜观察到。负责传递遗传信息的基因只是每个染色体中 DNA 的一部分。

2. 线粒体

第二个非常重要的真核细胞器是线粒体, 像细胞核一样也是双层膜包被的细胞器。外层膜的表面相当光滑, 但是内膜向内折叠形成许多凸出的称为嵴的褶皱, 嵴使内膜表面积增加, 有利于氧化磷酸化反应进行。许多负责催化这些重要反应的酶分布在线粒体内膜上。线粒体被称为有机体的“发电厂”, 在线粒体中发生的氧化反应可为细胞提供大量能量。

线粒体基质中还含有 DNA 分子和核糖体, 有一套自己的遗传体系。线粒体与细菌大小相近, DNA 分子也是环状的, 人们推测它们有可能来自于被真核细胞吞噬的好氧细菌。

3. 叶绿体

叶绿体是只有绿色植物中才有的重要细胞器。叶绿体的外被是双层膜, 内部有一个悬浮在基质中的复杂的膜系统。膜系统由一摞一摞的称为类囊体的扁平囊组成, 一摞扁平囊(10~50)组成一个基粒, 各基粒之间有埋在基质中的基质类囊体相连。光合作用色素和电子传递体都位于类囊体膜中。叶绿体和线粒体一样, 拥有与核内 DNA 不同的环状 DNA 和核糖体, 可以合成叶绿体中的部分蛋白质。

4. 内质网

内质网是由一个连续的单位膜形成的小管、小囊或扁囊(也称为膜层或潴泡)构成的内腔连通的连续网状膜。内质网分为糙面内质网与光面内质网两种类型。糙面内质网上镶嵌了许多核糖体, 核糖体(也有一部分分布在细胞质中)是蛋白质合成、修饰加工、转运或输出的场所。另外糙面内质网也是制造许多细胞器, 如高尔基体、溶酶体以及内质网和质膜的膜蛋白和磷脂的工厂。但光面内质网上没有核糖体, 广泛存在于可以合成类固醇的细胞, 例如精巢的间质细胞、肾上腺皮质以及其他分泌激素的细胞。

5. 其他细胞器和细胞组成

高尔基体由一些(4~8个)具有光滑膜的堆积排列的扁平囊和一些小泡组成。高尔基体被看作是细胞中蛋白质, 特别是糖蛋白合成、加工、储存和转运中心, 对分泌的糖蛋白具有修饰以及转运用。

溶酶体是一类由单层光滑膜包被的小泡, 泡内含有多达 60 种的酸性水解酶, 其中包括

蛋白酶、核酸酶、糖苷酶、脂酶、磷酸酶、硫酸酯酶和磷脂酶等。这些酶在酸性条件(最适 pH 为 5.0)下能够将溶酶体吞入的蛋白质、核酸、多糖和脂类等生物大分子以及细胞中失去功能的细胞结构碎片降解。

过氧化物酶体是一个由单位膜包裹的卵圆形或圆形小体。过氧化物酶体含有多种氧化酶,例如 *L*-氨基酸氧化酶、尿酸氧化酶(人类、鸟类等过氧化物酶体不含)以及催化 H_2O_2 分解为 H_2O 和 O_2 的过氧化氢酶等。各种氧化酶有一个共同特征:在氧化底物过程中,氧化酶使氧还原为过氧化氢,然后过氧化氢酶再将过氧化氢还原为水和氧。

乙醛酸循环体是存在于植物细胞的一种细胞器,含有催化乙醛酸循环的酶,乙醛酸循环可将某些脂类转化为糖类。乙醛酸是乙醛酸循环的中间体。

细胞膜是由脂双层以及镶嵌在上面的多种蛋白质构成的,主要功能是将其与外界环境相隔绝。质膜和所有生物膜都有选择透性,一些物质可以很容易通过膜,而大部分物质不能通过。但膜上的一些膜转运蛋白质可将特定的物质转运过细胞膜,进入细胞内。

植物细胞(以及藻类)的细胞膜外还含有细胞壁。植物细胞细胞壁中的纤维素是植物的主要组成成分;木头、棉花、亚麻还有大多数品种的纸张中主要含有纤维素。

植物细胞中还含有位于细胞中央的巨大的液泡,液泡是一种位于细胞质中由单层膜包裹的充满稀溶液的囊泡,其中溶有无机盐、氨基酸、糖类和包括花色素苷在内的各种色素。液泡的一个重要功能就是将那些大量产生不能及时排出的毒性代谢物质与细胞中其他物质相隔绝。这些代谢产生的废物可能有足够异味甚至有足够的毒性,可降低食草动物对它们的食欲,这样便为这些植物提供了某种保护。



本章思考

1. 核酸是 4 种核苷酸构件分子的线性多聚体,一个由 40 个单体组成的多聚体有多少可能的序列?
2. 为什么细胞膜不是一个绝对的隔绝细胞质与细胞外界环境的屏障?
3. 通过与原核细胞比较说明真核细胞的优势。
4. 如果一位科学家声称在细菌中发现了线粒体,这是否合理?
5. 科学家发现四膜虫 RNA 是第一个具有催化活性的分子, RNA 的哪两种特性或者活性对生命的进化具有重要的意义?(提示:蛋白质与 DNA 都没有同时具有这两种特性)

第二章 蛋白质化学



本章概述

蛋白质(protein)是生物体内一类极为重要的高分子有机化合物,是生物体的基本组成成分之一。人体内蛋白质含量丰富,约占人体干重的45%,且种类繁多,分布广泛,几乎所有的器官组织都含有蛋白质,并且它又与所有的生命活动密切相关,例如,机体新陈代谢过程中的一系列化学反应几乎都依赖于生物催化剂酶蛋白的催化;调节物质代谢的激素有许多也是蛋白质或它的衍生物;其他诸如肌肉的收缩,血液的凝固,免疫功能,组织修复以及生长、繁殖等功能无一不与蛋白质息息相关。此外,蛋白质在遗传信息的控制、细胞膜的通透性、神经冲动的发生和传导以及高等动物的记忆等方面都起着重要的作用。蛋白质是生命的物质基础,一切生命活动都通过蛋白质来体现。每种蛋白质都有其特定的结构和功能。本章首先介绍蛋白质的分子组成和结构,进而讨论蛋白质结构与功能及理化性质的关系等基本知识。

第一节 蛋白质的分子组成

尽管蛋白质的种类繁多,结构各不相同,但元素组成相似。蛋白质分子都含有碳(50%~55%)、氢(6%~7%)、氧(19%~24%)、氮(13%~19%)、硫(0~4%)等元素,有的蛋白质还含有少量磷、碘、铜、硒、铁、锌、锰、钴、钼等元素。但它们都有一共同特点,就是各种蛋白质的含氮量很接近,平均为16%。由于体内组织的主要含氮物是蛋白质,因此,只要测定生物样品中氮的含量,就可以按下式推算出蛋白质的大致含量。

$$\text{每克样品中含氮克数} \times 6.25 = \text{每克样品中蛋白质含量(g)}$$

一、蛋白质的基本组成单位——氨基酸

蛋白质可以受酸、碱或蛋白水解酶的作用而水解。利用层析等手段分析水解液,可证明组成蛋白质分子的基本单位是氨基酸(amino acid)。

1. 氨基酸的结构通式

构成天然蛋白质的氨基酸共20种。除甘氨酸不含不对称碳原子故无L-或D-系之分,脯氨酸为环状亚氨基酸外,其余的均为L- α -氨基酸。 α -氨基酸结构上的共同特点是都具有 α -羧基和 α -氨基,只是与 α -碳原子连接的另一基团(侧链基团,用R表示)各不相同。其结构通式如下(图2-1):

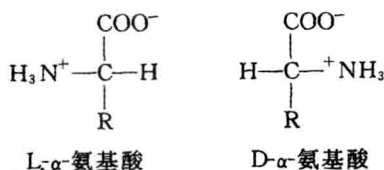


图 2-1 氨基酸结构通式

生物界中也发现了一些 D-系氨基酸,它们主要存在于某些抗菌素以及个别植物的生物碱中。

2. 氨基酸的分类

氨基酸的侧链 R 基团的结构不同,使各种氨基酸具有不同的性质。蛋白质的许多性质、结构和功能等在很大程度上与氨基酸的 R 基团密切相关。根据 20 种氨基酸 R 基团的两性和解离性质,可将它们分为 4 类:非极性中性氨基酸、极性中性氨基酸、酸性氨基酸和碱性氨基酸(表 2-1)。

表 2-1 氨基酸分类

1. 非极性中性氨基酸	中文名	英文名	三字符号	一字符号	等电点(pI)
$ \begin{array}{c} \text{H} - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array} $	甘氨酸	glycine	Gly	G	5.97
$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array} $	丙氨酸	alanine	Ala	A	6.00
$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \\ \text{CH} - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{NH}_3^+ \end{array} $	缬氨酸	valine	Val	V	5.96
$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \\ \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \quad \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \quad \text{NH}_3^+ \end{array} $	亮氨酸	leucine	Leu	L	5.98
$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_3^+ \end{array} $	异亮氨酸	isoleucine	Ile	I	6.02
$ \begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array} $	苯丙氨酸	phenylalanine	Phe	F	5.48