

化学专业选修课教材

生物化学

代立梅 编著

哈尔滨地图出版社

SHENGGWU HUAXUE

生物化学

SHENGWU HUAXUE

(化学专业选修课教材)

代立梅 编著

哈尔滨地图出版社
· 哈尔滨 ·

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/代立梅编著. —哈尔滨:哈尔滨地图出版社, 2006. 3

ISBN 7 - 80717 - 429 - 3

I. 生... II. 代... III. 生物化学 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 089696 号

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址:哈尔滨市南岗区测绘路2号 邮编:150086)

哈尔滨庆大印刷厂印刷

开本:850 mm × 1 168 mm 1/32 印张:6.0625 字数:150千字

2006年3月第1版 2006年3月第1次印刷

印数:1~500 定价:20.00元

编者说明

生物化学不仅是生物科学的一个重要分支,而且也与许多学科密切相关。生物化学知识在实际应用方面既广泛又十分重要。尤其是随着高科技的兴起和发展,生物化学这个学科越来越受到人们的重视。

对于希望学习生物化学知识的读者来说,目前出版的生物化学教材往往使他们感到难以掌握要领,如能提供一本简明又较系统地介绍基本的生物化学知识的书籍,无疑将有助于他们的学习,并会受到欢迎。

本书着重介绍最基本的生物化学基础知识和现代生物化学最新成就及一些生化原理在化工产品生产中的应用。本书在编写过程中,力求简洁明了,难度适中。

该书可作为师范院校化学系本科学生的选修课教材。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2006年3月

绪 论

生物化学是关于生命的化学。生物化学是以生物体为对象,研究生命本质的科学。生物化学是介于生物学与化学之间的边缘科学。它是用化学的理论和作为主要手段研究生命物质的化学性质和功能的科学。

生物化学的任务是用辩证唯物主义的观点研究生物体的化学组成,以蛋白质、核酸为主的生命物质的结构、功能及其在生命活动过程中的化学变化,以及分子生长、分化、繁殖、遗传等生命现象的化学本质。生命物质和无生命物质的区别在于它经常进行自我更新,生物体和外界进行物质和能量的交换是其生存的基本条件。

恩格斯早就指出:“生命是蛋白质的存在方式,这个存在方式的基本因素在于和它周围的外部自然界的不断的新陈代谢,而且这种新陈代谢一停止,生命就随之停止,结果便是蛋白质的分解。”恩格斯对生命的这一辩证唯物主义的光辉论断,揭示了生命的本质问题:即蛋白质是生命的物质基础,新陈代谢是生命的基本特征。半个多世纪以来,生物化学已经深入揭示了糖类、脂类、蛋白质、核酸等物质的新陈代谢过程。1953年,科学家发现了脱氧核糖核酸的双螺旋结构,证实了核酸是遗传物质、信息大分子,蛋白质合成是以核酸为模板,并形成了以蛋白质、核酸

为中心的生物化学基本理论,充分证实并发展了恩格斯的伟大预见,阐明了生命本质,批判了生命神秘论的唯心主义观点,以及把生命本质归结为物理化学现象的机械论观点。

生物化学是一门迅速发展的现代自然科学。近代生物化学的发展是从 1897 年布奈(Buchner)的发现开始的,他发现磨碎的酵母菌细胞的抽提液仍能使糖发酵。又经历了几次重大进展,如 1926 年,桑米尔(Sumner)首先获得了脲酶结晶,证实酶是蛋白质,大大地推动了酶学和蛋白质化学的研究,蛋白质分子结构研究在生物化学中占有重要地位。

1945~1955 年这段时间中,Sanger 完成了牛胰岛素蛋白质一级结构的分析,这是一项划时代的贡献。1965 年我国首先完成了结晶牛胰岛素的全人工合成。

1953 年沃森(Watson)和克里克(Crick)创造性地提出了关于 DNA 分子结构的理论,为以后的分子遗传学奠定了基础。1977 年 Sanger 又完成由 5 375 个核苷酸组成的噬菌体 ϕ X174DNA 的一级分析。1979 年我国合成了由 41 个核苷酸组成的转运 t-RNA 核苷酸半分子。为遗传物质的结构与功能的研究又迈出了重要的一步。

研究生物体的化学成分必须应用化学方法把它分离出来,加以纯化,确定它的性质,认识它的结构,并把它合成出来。因此,生物化学的发展与有机化学、分析化学的发展密切相关。生物化学不断从化学、物理、生物学等有关学科的新成就、新技术中吸收丰富的研究成果,互相渗透发展而成为独立学科。同位素示踪法促进了物质代谢中间过程的了解,X-光衍射推动了蛋白质空间构型的了解;各种现代化技术,如层析、电泳、超速离心、红外、紫外分光光度法、质谱、核磁共振谱等实验方法,解决

了物质的分离提纯与分析鉴定。这些都促进了生物化学的发展。

建国以来,我国的生物化学研究、生化教育和生化在工业、农业、医药、国防上的应用有了巨大的发展。在研究蛋白质、酶、核酸、激素、代谢、有机生化、植物生化、微生物生化基础理论方面,以及在临床生化、维生素与营养、食物化学、血浆及其代用品、工业发酵、抗菌素、药理等生化应用方面都取得了可喜的成绩。有些工作已进入国际先进行列。生化研究最突出的成果是1965年结晶牛胰岛素人工合成的完成。它是一项划时代的贡献,它为以后人工合成蛋白质开辟了道路。猪胰岛素X光晶体0.25 nm及0.18 nm的分析研究使我国生物高分子的X光晶体分析进入世界先进行列。1979年用人工方法合成了由41个核苷酸组成的酵母丙氨酸转运核苷酸半分子,为核糖核苷酸的人工合成打开了一条道路。它标志着我国在这方面的工作达到了国际先进水平。

近年来,我国在固氮微生物的研究、生产和应用方面也取得了不少成果。如共生根瘤菌已在江苏等地生产和应用,增产效果显著。微生物杀虫农药的研究,如青虫菌、杀螟杆菌、7216等苏云金杆菌类菌株、多角体病毒和蚜虫菌都进行了生产研究和试验。其中7216杀虫剂和多角体病毒已广泛用于防治农业和森林的害虫。

在基因工程方面,各种疫苗的生产和应用。还有干扰素、胰岛素、尿激酶的生产和应用等。

在细胞工程方面,我国已建立了几十种杂交瘤细胞株。生物细胞的组织培养研究已在水稻、麦子的改良上得到应用,达到了国际先进水平。

在微生物工程方面,我国能生产国外发酵工业的绝大多数产品。其中维生素 C 生产工艺,在国际上处于领先地位;采用固定化细胞技术替代传统的生物裂解法,生产半合成青霉素,提高了产量,降低了成本,效益明显。总之,我国生物工程虽已起步,并有一定基础,某些方面已有一定水平,但总体上看仍落后于发达国家 5~10 年。

生物化学虽然与化学,特别是有机化学密切相关,但性质毕竟有所不同,主要区别是生化反应在生物体内进行,反应的环境比体外复杂,一般都有生物催化剂(酶)参加,有些在体外发生的反应,在体内就不一定照样进行,因此,不能简单地根据体外的化学反应去理解体内的反应。

学习生物化学时,应对教材内容全面了解,分析比较,明确概念;对糖类、脂类、蛋白质、核酸以及其他有关化学物质的学习,要从化学本质和结构特点出发,联系它的性质和功能;对每章的重点内容应深入钻研、弄懂、记熟。在学习过程中应与先修和并修课程(有机化学)内容相联系,以促进理解,加强记忆。

目 录

第一章 蛋白质化学	(1)
第一节 蛋白质通论	(1)
第二节 蛋白质的基本结构单位——氨基酸	(6)
第三节 肽	(19)
第四节 蛋白质的结构	(28)
第五节 蛋白质的性质	(45)
第六节 蛋白质分离提纯	(52)
第七节 蛋白质的代谢	(53)
第二章 酶的化学	(72)
第一节 酶的概念	(72)
第二节 酶的化学本质及组成	(73)
第三节 酶的专一性	(78)
第四节 酶作用的机制	(81)
第五节 酶促反应动力学	(85)
第六节 影响酶作用的因素	(86)
第三章 核酸	(90)
第一节 核酸的组成	(90)
第二节 RNA 的结构	(92)

第三节	DNA 的结构	(94)
第四节	核酸的性质	(95)
第五节	核酸的生物学功能	(98)
第六节	核酸的代谢	(99)
第四章	糖的化学	(112)
第一节	概述	(112)
第二节	单糖的化学结构	(113)
第三节	单糖的化学性质	(115)
第四节	寡糖	(120)
第五节	多糖	(122)
第六节	糖类代谢	(127)
第五章	脂类的化学	(151)
第一节	脂类的分类及生物学功能	(151)
第二节	油脂	(152)
第三节	磷脂	(155)
第四节	脂肪分解代谢	(157)
第五节	脂肪合成代谢	(167)
第六节	磷脂代谢	(173)
第七节	脂代谢的调节	(182)

第一章 蛋白质化学

第一节 蛋白质通论

一、蛋白质的化学组成与分类

1. 蛋白质的化学组成

(1) 蛋白质的元素组成

从动植物组织细胞中提取出来的各种蛋白质经元素分析, 含的主要元素有: 碳 50% ~ 55%; 氮 15% ~ 18%; 氢 6% ~ 8%; 硫 0% ~ 4%; 氧 20% ~ 23%。

还含有微量的磷、铁、锌、铜、钼、碘等元素。其中氮含量较恒定, 平均为 16%。即 100 克蛋白质中含氮 16 克, 每克氮相当于 6.25 克蛋白质。即:

蛋白质含量(克%) = 每克样品中含氮的克数 $\times 6.25 \times 100$

(2) 蛋白质的基本组成单位——氨基酸

蛋白质是高分子物质, 分子量大, 一般在 1 万以上, 结构很复杂。但它可被酸碱、蛋白酶催化水解, 将其水解为分子量较小的肽, 最终生成氨基酸。

2. 蛋白质的分类

蛋白质可按其分子形状、分子组成及其溶解度分类。根据

生物化学

蛋白质形状分为两类:球状蛋白质和纤维状蛋白质;根据组成分为简单蛋白质和结合蛋白质两大类;根据蛋白质溶解度又分为清蛋白、谷蛋白、醇溶蛋白、精蛋白、组蛋白、硬蛋白等。

(1)简单蛋白质完全水解产物只有氨基酸,按其溶解度及其理化性质可分为7类,如表1-1所示。

简单蛋白质 = 氨基酸(20种L-型 α -氨基酸)

表1-1 简单蛋白质的分类

简单蛋白质	存 在	举 例	溶 解 度
清蛋白	一切动植物中	血清、卵清、麦清蛋白	溶于水、稀盐溶液,加热凝固,不溶于饱和硫酸铵
球蛋白		血清、大豆、免疫球蛋白	不溶于水、半饱和硫酸钠,溶于稀盐溶液
醇溶蛋白	各类植物种籽	小麦胶体和玉米蛋白	不溶于水,溶于稀酸、稀碱溶液,溶于70%~80%乙醇
谷蛋白		米麦谷蛋白	不溶于水,溶于稀酸、稀碱溶液,受热不凝固
精蛋白	与核酸结合成核蛋白,动植物体中	鱼精蛋白	溶于水和稀酸,受热不凝固,碱性蛋白
组蛋白		胸腺组蛋白	溶于水和稀酸,受热不凝固,不溶于氨水
硬蛋白	毛、发、角、爪、筋、骨等组织	角蛋白,胶元蛋白	不溶于水、盐溶液及稀酸,稀碱

(2)结合蛋白

结合蛋白质 = 蛋白质 + 辅基

结合蛋白由简单蛋白和非蛋白两部分组成,其非蛋白部分称为辅基,按辅基可分为5类:

①核蛋白

一切生物中均有,由蛋白与核酸组成,动植物细胞核中的核蛋白由脱氧核糖与组蛋白结合而成。

②粘蛋白与糖蛋白

由蛋白质与糖类物质组成。存在于粘液、血液、体液、皮肤、软骨和其他结缔组织中。

③脂蛋白

由蛋白与脂类结合而成,存在于线粒体、微粒体细胞膜和动物血浆中。血液中脂蛋白成为脂类的运输方式,血液中游离脂肪酸绝大部分与清蛋白结合,而脂肪、胆固醇、磷脂以不同比例,主要与球蛋白结合成脂蛋白,在血液中运输。

④色蛋白

由蛋白质与色素组成色蛋白种类很多,其中以含卟啉类色蛋白为最重要。血红蛋白是由球蛋白和血红素组成的。血红素也即铁卟啉,是由原卟啉与一个二价铁原子组成的化合物。过氧化氢酶、细胞色素 C 由蛋白和铁卟啉组成。血红素结构如右:

⑤磷蛋白

由蛋白质和磷酸组成。磷酸往往与丝氨酸、苏氨酸的羟基结合,如胃蛋白酶,乳中的酪蛋白为磷蛋白,含许多丝氨酸磷酸。

(3)球状蛋白:分子对称性极佳,外形接近球状或椭球状,溶解度较好,能结晶。

纤维状蛋白质:对称性差,分子类似细棒或纤维,又可分成可溶性纤维状蛋白质和不溶性纤维状蛋白。

二、蛋白质的生物功能

1. 生物体的结构物质

蛋白质是生物体的重要组成成分,存在于一切生物体中,从高等动植物到低级的微生物,从人类到简单的生物病毒,都含有蛋白质,都以蛋白质为主要组成成分。对人体来说,蛋白质含量

占人体总固体量的 45%，皮肤、肌肉、内脏、毛发、韧带、血液等都是以蛋白质为主要成分。

微生物中蛋白质含量也很高，细菌中一般含 50% ~ 80%，干酵母含 46.6%，干白地霉含 50%，病毒除一小部分核酸外，其余几乎全是蛋白质。植物细胞的原生质和种子中含蛋白质也较多，从我国的粮食和杂粮的化学成分可以看出蛋白质的普遍存在。

2. 生物体的功能物质

(1) 有机体新陈代谢的催化剂——酶

生物体一切新陈代谢、化学反应都是在生物催化剂——酶的催化下进行的。酶是蛋白质，它存在于一切生物细胞中。

(2) 激素的功能

在动物体内起某些代谢调节作用以保证动物正常生理活动的激素，有不少是属于蛋白质和多肽。如胰岛素就是存在于人和高等动物体内起调节血糖作用的一种蛋白激素。

(3) 肌肉收缩功能

动物肌肉收缩过程也是由肌肉的主要成分肌球蛋白和肌动蛋白的相对滑动来实现的。

(4) 运载功能

高等动物体内氧化作用所需的氧和所生成的二氧化碳是血液中的血红蛋白输送的，血红蛋白是球蛋白和血红素的复合物；细胞活动过程的某些物质，也往往由蛋白质作为运载体，血液中脂肪、脂肪酸、胆固醇、磷脂等物都是与某些蛋白质结合后在血液中运输的；在生物氧化过程中发生的电子得失现象，也是靠某些色素蛋白如细胞色素 C 等来运输完成。

(5) 免疫功能

机体在受外界“非己”抗原(异体蛋白)侵袭后,体内能产生一种相应的抗体,并与它进行特异性反应,以消除它的影响,这个过程称为免疫作用,它使人和动物具有防御疾病和抵抗外界病原侵袭的免疫能力。抗体就是一类称为免疫球蛋白。

(6)生物膜功能

一切生物膜如细胞膜、细胞内各种细胞器的膜以及各种高等动物各种复合膜,几乎全部是由蛋白质和脂类等物质组成的。生物膜具有保护作用、运动作用、传递细胞间的信息、选择性吸收物质、能量转换和免疫反应等功能。

(7)保护结缔功能

动物的毛发、肌腱、韧带、软骨和皮、结缔组织、昆虫的外表皮,都以蛋白质作为主要成分。

(8)接受和传递调节信息的受体——受体。蛋白如专一地接受各种激素的受体蛋白,蛋白质类的激素受体蛋白在细胞膜上。蛋白类激素的受体在细胞内。受外界刺激的感觉接受器——感觉蛋白,如视网膜上的视色素,味蕾上的味觉蛋白,还有一些药物受体蛋白。

(9)控制生长与分化的蛋白

参加细胞生长和分化调节的各种蛋白质。如组蛋白、阻截蛋白等。

(10)其他

如蛋白质在凝血作用、通透作用、营养作用以及动物的记忆活动等方面都起重要作用。

总之,蛋白质是生物主要组成成分,是生命活动所依赖的物质基础。

第二节 蛋白质的基本结构单位 ——氨基酸

一、蛋白质的水解

酸水解:酸法水解时,一般用蛋白质 10 ~ 15 倍体积的 25% 硫酸或 30% 的浓盐酸,在 100 ~ 110 °C 的条件下加热 12 ~ 48 小时,可完全水解成氨基酸。此法比较稳定,个别氨基酸(如色氨酸)可能被破坏。

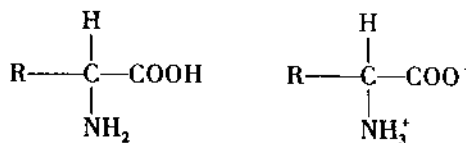
碱水解:碱法水解作用较激烈,会使含硫、含羟基氨基酸受到破坏,同时某些氨基酸会失去旋光性。

蛋白酶水解:用蛋白酶水解,其条件温和,可避免前两法的缺点,但使蛋白质完全水解,需有多种酶联合催化才能完成。

蛋白质 → 胨 → 多肽 → 二肽 → 氨基酸

分子量: $> 10^4$ 2×10^3 1 000 ~ 500 ~ 200 ~ 100

氨基酸的结构通式:



二、氨基酸的分类

1. 根据氨基酸的侧链 R 基的化学结构,20 种常见氨基酸可分为四大类:

(1) 脂肪族氨基酸

a. 含一氨基一羧的中性氨基酸:甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸;(含羟基)丝氨酸、苏氨酸;(含硫)半胱氨酸,甲

硫或蛋氨酸;(含酰胺)天冬酰胺,谷氨酰胺。

b. 含一氨基二羧的酸性氨基酸:天冬氨酸、谷氨酸。

c. 含二氨基一羧的碱性氨基酸:赖氨酸、精氨酸。

(2) 芳香族氨基酸:苯丙氨酸、酪氨酸。

(3) 杂环族氨基酸:色氨酸、组氨酸。

(4) 杂环亚氨基酸:脯氨酸。

2. 根据氨基酸的侧链 R 基团的极性不同,可分为两类:

(1) 非极性氨基酸:丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、脯氨酸、苯丙氨酸、色氨酸、甲硫氨酸、甘氨酸。

(2) 极性氨基酸:极性氨基酸根据它们在 $\text{pH} = 6 \sim 7$ 范围内是否带电分为不带电荷氨基酸、带负电荷氨基酸、带正电荷氨基酸三类。

不带电荷:丝氨酸、苏氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、酪氨酸、半胱氨酸。

带负电荷:天冬氨酸、谷氨酸。

带正电荷:组氨酸、赖氨酸、精氨酸。

3. 根据人能否自行合成,可分为:

(1) 必需氨基酸

赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸、缬氨酸(组氨酸)。

(2) 非必需氨基酸

组成蛋白质的 20 种氨基酸的名称和结构:

