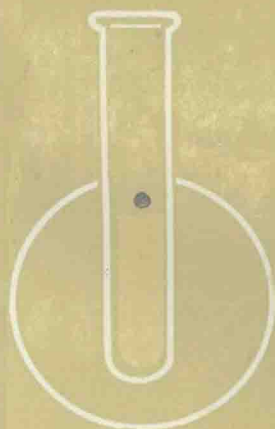


中学化学教学参考丛书

有机化学

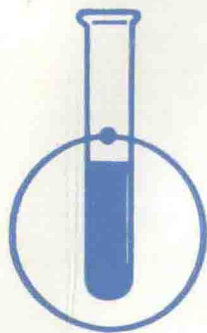
生 物 化 学



四川教育出版社

有机化学

生物化学



四川教育出版社

一九八八年·成都

责任编辑：胡宇红

封面设计：田 丰

版面设计：王 凌

有机化学

生物化学

四川教育出版社出版
四川省新华书店发行

(成都盐道街三号)
内江新华印刷厂印刷

开本850×1168毫米 1/32 印张16.375 数字362千
1988年2月第一版 1988年2月第一次印刷
印数： 1—860 册

JS BN7—5408—0336—3/G·291

定价：4.00元

前 言

生物化学是用化学和一些物理学的原理和方法研究生命物质，从分子水平去认识生命的科学。这一学科已经充分显示了对认识、控制生命的重要意义，成了现代生命科学的表述语言和研究工具，并在得到多种有价值的生物产品中发挥了重要作用。因此，现代生命科学的各个分支及其相关学科，如植物、动物、微生物、遗传、生理学以及农、林、药、医学各专业和轻工发酵、食品、油粮加工等专业，均把生物化学列为重要基础课程，甚至一些院校的化学专业也将它作为一门主要课程讲授。不少的中学和专科学校的化学和生物学教师，则希望得到一本生物科学范围共同适用的参考书，本书就是为满足这一需要，在四川省教育学院组织下编写的。我们在编写时力求阐明生物化学的一些基本原理、基础知识。本书虽然是为中等学校的化学和生物学老师编写的，但也可供与生命科学有关的大专院校师生和实际工作者参考之用。

本书第一章由四川大学生物系生化教研室梁明山同志编写；第三章由四川师范大学化学系戴兆仙同志编写；四川省教育学院生化系李文芳同志编写第二章及第四至第七章；第八至第十章由四川大学生物系何荻平同志编写，何荻平同志还担任了全书的统稿和审订工作，并为个别章节提供了他的研究成果。因水平所

限，谬误难免，望读者指正。

本书编写工作得到四川省教育学院领导和省教育出版社负责同志的支持和关注；四川大学生物系王译富同志协助拍摄了部分图稿。在此一并致谢。

作者

一九八六年于成都

目 录

前言

第一章 蛋白质化学	1
一、蛋白质的分类	2
二、蛋白质的分离纯化	2
三、蛋白质的组成元素和蛋白质的水解	10
四、蛋白质的组成单位——氨基酸	12
五、蛋白质的初级（一级）结构	50
六、蛋白质的空间结构	73
七、蛋白质的结构和功能	85
八、蛋白质在水溶液中的性质	89
第二章 核酸	100
一、核酸的组分及性质	101
二、核酸的结构	122
三、核酸的理化性质	143
第三章 酶	152
一、酶学的发展简史	152

二、酶的化学本质与组成	154
三、酶的命名及分类	164
四、酶的作用特点	170
五、酶的催化作用机理和酶原的激活	174
六、酶的反应动力学	182
七、同功酶和诱导酶	201
八、固相酶(又称水不溶酶或固定化酶)	203
九、酶的提取和纯化	206
 第四章 糖和脂肪的分解代谢	210
一、糖的无氧分解途径	211
二、糖的有氧分解途径	223
三、磷酸戊糖途径	239
四、脂肪和脂肪酸的分解代谢	246
 第五章 能量转换	263
一、高能化合物	264
二、氧化磷酸化	269
三、光合磷酸化	291
 第六章 糖和脂肪的合成代谢	308
一、光合作用的碳素同化	308
二、淀粉的合成	324
三、糖原的合成	328
四、糖的异生	329
五、脂肪的生物合成	333

六、磷酸甘油酯的合成	352
第七章 氨基酸的代谢	360
一、蛋白质的酶促降解	361
二、氨基酸的分解代谢	362
三、氨基酸的合成	382
四、生物固氮	392
第八章 核苷酸的代谢	396
一、嘌呤核苷酸的合成	397
二、嘌呤核苷酸的分解代谢	408
三、嘧啶核苷酸的合成	410
四、嘧啶核苷酸的分解代谢	416
五、脱氧核糖核苷酸的合成	418
六、辅酶核苷酸的合成	422
第九章 核酸的生物合成	427
一、DNA的生物合成	428
二、RNA指导下的DNA的合成(逆向转录)	455
三、核糖核酸(RNA)的合成	456
四、多核苷酸的非转录合成	471
第十章 蛋白质的生物合成	473
一、遗传信息的表达方式	474
二、遗传密码	476
三、蛋白质的生物合成过程	488

附录(一)	常用生化名词缩写	508
附录(二)	希腊字母读音表	514
附录(三)	本书常用度量衡	515

第一章 蛋白质化学

人们对蛋白质的认识是从生活实践中开始的。最初认识的蛋白质是鸡蛋清中加热凝固后不溶性的物质，到本世纪初才统一用“protein”蛋白质一词。蛋白质是生物体主要的基本组成物质，是生命现象的体现者。新陈代谢过程中的所有化学反应，几乎都是由酶催化完成的。现在已知的两千余种酶，都是蛋白质。

生物的运动，如细菌中鞭毛的运动，高等动物肌肉的收缩，也是由运动蛋白质来完成的。

生物体内的免疫防御系统，在受到细菌或病毒侵害后产生的高度专一的抗体和干扰素等，其本质也是蛋白质。

现代分子生物学的研究还发现，蛋白质在高等动物的记忆、识别等生命活动中都起着重要的作用。

总之，蛋白质是生物体主要的组成部份，是生物体的形态结构和生命活动所依据的物质基础。没有蛋白质就没有生命。

蛋白质化学是研究蛋白质的物理化学性质、结构和功能关系的科学。人们要认识生命，必须认识蛋白质，所以蛋白质化学已成为分子生物学中一个重要的分支。

一、蛋白质的分类

生物体系中存在着各种各样的蛋白质，为了研究的方便，可将蛋白质按分子的形状或组成和溶解度分类。

按蛋白质分子的形状可分为：

球状蛋白质：分子形状近于球或椭球的一类蛋白质。一般溶于水或溶于含盐、酸、碱或乙醇的溶液中。

纤维状蛋白质：分子不对称，形似细棒或纤维的一类蛋白质。又可分为可溶性纤维状蛋白质（包括许多肌肉的结构蛋白和血纤蛋白原等）和不溶性纤维状蛋白质（包括胶原、弹性蛋白、角蛋白及丝心蛋白等）。

根据分子的组成和溶解度来分类，可分为简单蛋白质和结合蛋白质两大类。前者并不意味着这类蛋白质的化学组成简单，而是指组成它们的基本单位除了氨基酸外，没有其它成分；后者则除了氨基酸外还有其它非蛋白质物质（通常称为辅基）的成分。简单蛋白质和结合蛋白质又可以进一步分类（表1—1，1—2）。

二、蛋白质的分离纯化

蛋白质化学的基本任务是研究蛋白质的组成，氨基酸排列顺序、空间结构和物理化学性质，以及结构与功能的关系等。但无论从上述哪一个方面去研究，首先都需要得到它的纯品，因此，

表1-1 简单蛋白质的分类

简单蛋白质	存在	溶解度及主要特征	实例
清蛋白 (Albumins)	一切动植物中	溶于水和稀盐、稀酸、稀碱溶液，被饱和硫酸铵沉淀	卵清蛋白、血清清蛋白、乳清蛋白、麦清蛋白
球蛋白 (Globulins)	一切动植物中	溶于稀盐溶液。等电点时不溶于水，能被半饱和硫酸铵沉淀。其中盐析性质相同，但又溶于水者称为拟球蛋白	植物种子球蛋白、血清球蛋白、免疫球蛋白
醇溶蛋白 (Prolamines)	各类植物种子中	不溶于水，可溶于稀酸、稀碱溶液，可溶于70~80%的乙醇 分子中含脯氨酸及酰胺较多	玉米醇溶蛋白、麸蛋白、大麦醇溶蛋白
谷蛋白 (Glutelins)	各类植物种子中	不溶于水，可溶于稀盐，易溶于稀酸稀碱，受热不凝固	米谷蛋白、麦谷蛋白
精蛋白 (Protamines)	在动物细胞中与核酸结合成核蛋白	溶于水和稀酸，为稀氨溶液沉淀。分子量小，呈碱性	鱼精蛋白
组蛋白 (Histones)	与核酸结合成核蛋白	溶于水和稀酸，为稀氨溶液沉淀，分子呈弱碱性	胸腺组蛋白、血珠蛋白
硬蛋白 (Scleroproteins) 角蛋白 (Keratins)	毛、发、角、爪、骨等组织中	不溶于水、盐、稀酸和稀碱溶液	毛、发、角蛋白
胶原蛋白 (Collagens)	筋、骨等组织中	除具有角蛋白的性质外，易被胶原酶水解，不易被胃或胰蛋白酶作用。稀碱中膨胀，但不溶。含脯氨酸和羟脯氨酸较多	明胶蛋白
弹性蛋白 (Elastins)		与胶原蛋白相似，但易被弹性蛋白酶水解，对其它蛋白酶的水解稳定	弹性蛋白

表1-2 结合蛋白质的分类

分 类	主 要 特 性	实 例
脂 蛋 白 (Lipoproteins)	蛋白质与脂结合的复合物, 脂被包于蛋白之内, 溶于水。脂包绕于蛋白之外, 溶于有机溶剂, 称蛋白脂	卵黄球蛋白、凝血激活酶、血 α 和 β -脂蛋白
黄 素 蛋 白 (Plavoproteins)	蛋白质与异咯嗪的结合物	L- 氨基酸氧化酶
金 属 蛋 白 (Metalloproteins)	蛋白质与金属结合	铁蛋白、羧肽酶(含锌)
血红素蛋白 (Hemoproteins)	蛋白质部分与卟啉结合 (铁卟啉, 镁卟啉等)	血红蛋白、叶绿蛋白
核 蛋 白 (Necleoproteins)	核酸与蛋白质结合	小牛胸腺蛋白、染色质蛋白
糖 蛋 白 (Glycoproteins)	蛋白质与糖结合(含糖量一般在4%以下)	卵白蛋白
磷 蛋 白 (Phosphoproteins)	蛋白质丝氨酸或苏氨酸残基上结合磷酸	酪蛋白
粘 蛋 白 (Mucoproteins)	蛋白质的非蛋白部分是含有4%以上的氨基糖的粘多糖, 与蛋白质共价相连。	唾液粘蛋白、卵粘蛋白

分离纯化是研究蛋白质的首要的关键步骤。蛋白质是一类生物大分子物质，它们的生物学特性和其特有的三维空间结构有关，在分离、纯化蛋白质时，往往难免可能破坏它们空间结构的一些物理化学的影响因素，如过高的温度，过高或过低的pH值，有机溶剂和去垢剂等等。另外，生物体系中的蛋白质在一般情况下，都与多种蛋白质或与其它细胞成分呈混合或结合状态，尤其是同一种材料中，存在着性质十分接近的蛋白质。这些都给分离、纯化某一特定的蛋白质带来了困难。现在还不能设计出一种通用的方法，以分离、纯化任何一种蛋白质，但对某一种特定的蛋白质，人们总能巧妙地选择一套适合的方法来获得它的纯品。

（一）材料的选择

由于研究目的各异，材料的选择也就不相同。但一般说来，选择的材料应含有丰富的蛋白质量。动物的组织或器官、体液（如血液、消化液），植物的叶、果实以及乳汁和微生物等，都可作为研究蛋白质的材料。

（二）蛋白质的提取

动物的体液、植物的浆液、乳汁以及微生物的培养液等，可直接用于分离提取。若使用动、植物的组织以及微生物细胞，则必须将它破碎后才能将蛋白质提取出来。这就涉及细胞、组织如何破碎，破碎时用什么介质，控制什么条件，细胞器如何分离，怎样将所需的特定蛋白质分离提取出来，以及怎样尽可能地保持它的天然结构状态等问题。

破碎细胞的方法有多种，最常用的有冰冻复熔法，组织细胞捣碎法，研磨或匀浆法等。破碎细胞时都应加入适当的介质溶

液，常用的介质有水、稀盐溶液（NaCl或KCl）、各种缓冲溶液、0.2或0.25克分子的蔗糖溶液及有机溶剂等。待细胞被破碎后，根据提取的目的，再加入适当的提取溶液，将一定的蛋白质提取出来（参考表1—1，1—2）。

当细胞的结构被破坏时，蛋白水解酶释放入介质中会破坏蛋白质。因此在介质中应加入一些蛋白水解酶的抑制剂，或选择不利蛋白水解酶发挥作用的pH值、温度或有机溶剂等，以保持蛋白质的天然结构状态。

（三）蛋白质的分离

组织细胞被破碎后，介质溶液中所含蛋白质是十分复杂的，可用不同的方法将不同的蛋白质进行分离、纯化。

1. 盐析法

利用各种蛋白质在不同浓度的盐溶液中溶解度的差别，向含蛋白质的粗提取液中加入不同浓度的盐，可使蛋白质分别从溶液中沉淀出来。这种在溶液中（一般是高分子溶液）加入大量的盐使溶解的物质析出的过程，称为盐析。

通常高浓度的盐才能降低蛋白质的溶解度，使之沉淀析出。加入低浓度的盐会增加水溶液的极性，减弱蛋白质分子之间的作用力，促使蛋白质溶解（称为盐溶作用）。当加入的盐浓度加大到一定程度后，再继续增加盐的浓度，蛋白质又会因高浓度盐离子的水化，而使其溶解度降低，沉淀析出。加入不同浓度的盐，使不同的蛋白质从溶液中选择性沉淀出来，是分离、纯化水溶性蛋白质的典型方法。

溶液的pH对盐析作用有很大影响。在接近蛋白质的等电点时，用盐析法沉淀蛋白质最有效。从图1—1可以看到，溶液的

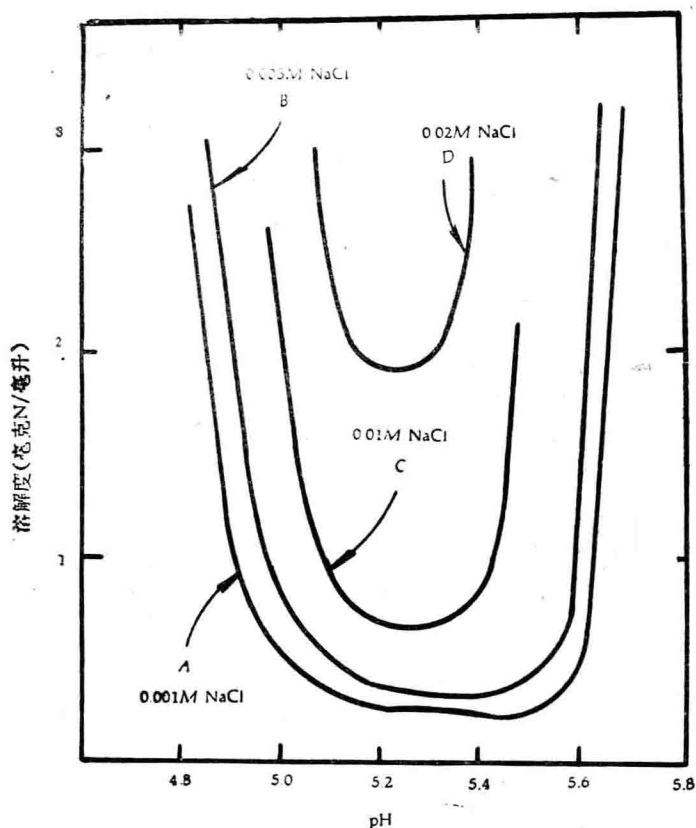


图 1—1 β -乳球蛋白（存在于四种不同浓度的氯化钠溶液中）的溶解度是pH的函数

pH距蛋白质的等电点（见本章第七节）越近，沉淀蛋白质所用的盐浓度越小。

2. 凝胶过滤法

凝胶过滤法又叫分子筛层析法。这种方法以具有多孔网状结构的颗粒状葡聚糖或琼脂糖作为层析柱的介质，这类介质具有各种不同的交联度产品。交联度是表示凝胶交联的尺度，它是由制

胶时加入的交联剂与凝胶的比例来确定的；交联度越大凝胶颗粒内的网孔越小；交联度越小，其网孔越大。每一种交联度的凝胶只容许分子大小在某一界限之下的蛋白质进入胶的网孔中，而将分子大于这一界限的蛋白质分子排阻在凝胶颗粒之外。所以，蛋白质混合溶液在凝胶柱上，各种蛋白质是按照分子量由大到小的顺序被洗脱的（图1—2）。蛋白质的分子量从几千到几百万，变化幅度很大，所以凝胶过滤法是分离纯化蛋白质的一种重要手段。

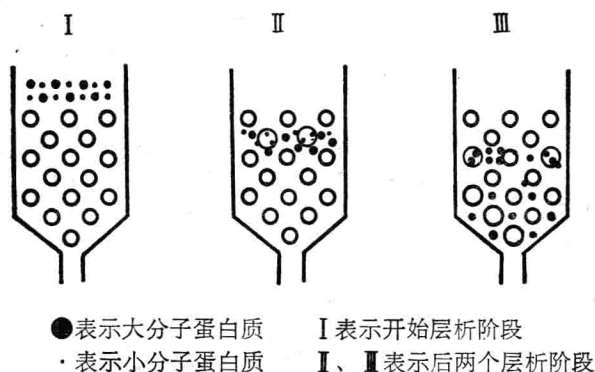


图1—2 凝胶过滤法原理示意图

3. 亲和层析法

蛋白质是具有专一生物功能的高分子物质，具有能和某些相对应的专一分子可逆地结合的特性。例如酶蛋白的活性中心或变构中心能和专一的底物，抑制剂，辅助因子等小分子物质通过某些次级键相互结合，并在一定条件下又可以解离。其它，如抗原和抗体，激素和受体，核糖核酸与其互补的脱氧核糖核酸等都具有类似的特性。高分子蛋白质和小分子（这种小分子又称配基）之间形成专一的可解离的络合物的能力称为亲和力，由此发展起来的分离纯化蛋白质或其它生物高分子的层析技术，就称为亲和