

 全国中等卫生职业教育教改规划教材

生物化学

史亚敏 张冬菊 主 编

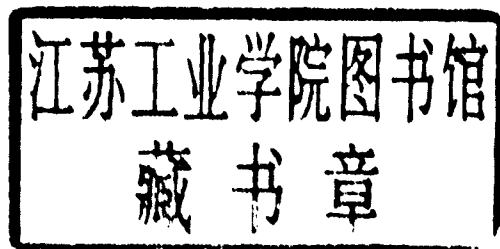


中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

全国中等卫生职业教育教改规划教材

生 物 化 学

史亚敏 张冬菊 主编



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

· 北 京 ·
BEIJING

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/史亚敏,张冬菊主编. —北京:中国科学技术出版社,2008.2

全国中等卫生职业教育教改规划教材

ISBN 978 - 7 - 5046 - 5095 - 5

I. 生… II. ①史…②张… III. 生物化学 - 专业学校 - 教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 004722 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

内 容 提 要

本教材紧扣生物化学的内容,以适应科学技术的发展和 21 世纪医药学、生物技术教育的需要,全方位达到中职中专的培养目标要求为宗旨编写而成。

本书力求反映生物化学领域的新进展,深度适中,其最大的特点是在突出基本理论、基本知识、基本技能的基础上加强了生物化学的实际应用性,便于教与学;同时也注重生化领域的新知识和新成果,有利于培养学生的创新思维和实践能力。是目前为中职中专学生提供的一本内容新而简,有广博生物化学基本知识的教科书。

本书适合中等医学院校及中等理科生物技术专业学生使用。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

策划编辑	林 培 孙卫华	责任校对	林 华
责任编辑	林 培 符晓静	责任印制	安利平

发行部电话:010-62103210 编辑部电话:010-62103181

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京蓝空印刷厂印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:7 字数:136 千字
2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷 定价:12.80 元
ISBN 978 - 7 - 5046 - 5095 - 5/Q · 135

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

序

茫茫宇宙，奥妙无穷。最大的奥妙莫过于生命之谜，随着生命科学的发展，这个谜正被解开。吸引了当代一大批人的弗·尼采和昂利·柏格森的哲学表述被誉为“生命哲学”，因为它源于充溢的生命，高扬生命的精神，灌注于生命一种永不枯竭的生气勃勃的飞翔力量。当然这是形而上的。而我们所探讨的，恰恰是它的另一面：形而下的、自然界中一切有生命的物体。没有“这个”最根本的生命要素，又何来“那个”生命精神？

随着呱呱的哭声，一个新生命来到世间，这是文学上对生命开始界定，但用生物化学的观点来看，当精细胞和卵细胞结合的一刹那，生命就在这一刻诞生了。紧密融合的细胞开始分裂，它们一个分成两个，两个分成四个，四个分成八个……一直分裂到3万亿个细胞的时候，新生命才会脱离母体，平安的来到世间。

当新生命来到世上之后，众多的细胞又要继续分裂，支持细胞分裂的基础营养物质就是蛋白质，它是由C、H、O、N、S化学元素组成。而且还要有很复杂的化学结构，并且要不断地发生各种化学反应。反应的结果使大量的新细胞不断生成，衰老的细胞不断消亡，这个过程被称为新陈代谢，这就是生命的成长过程，最后一直分裂到大约60万亿个细胞的时候，人体就发育成熟了……

与非生物不同，生物能利用外界的物质形成自己的形体和繁衍后代。在这个生命的成长过程中，要与外界进行物质交换，水需要60000kg、糖需要10000kg、蛋白质需要1600kg、脂类需要1000kg，还有维生素、盐类及微量元素。为了加快速度这个生命还需要生物催化剂——酶的援助。

这个生命成长过程中，因为各种原因可能发生一些大大小小的麻烦，例：营养缺乏、代谢紊乱、中毒、过敏等。不过别紧张，只要我们掌握了生命成长过程中的规律和调节这些规律的方法，就可以大病化小，小病变好。这就是我们学习生物化学的目的。

前 言

本教材的编写宗旨是：适应科学技术的发展和 21 世纪医药学、生物技术教育的需要，全方位达到中职中专的培养目标要求。教材的编写思路是：突出基本理论、基本知识、基本技能，便于教与学；同时也注重生化领域的新知识、新成果，培养学生的创新思维和实践能力。

本教材主要内容包括蛋白质核酸的化学、生物催化剂 - 酶及维生素与辅酶、糖代谢、生物氧化，脂类代谢，氨基酸代谢，核酸代谢及蛋白质的生物合成，水、盐代谢及酸碱平衡，肝脏的化学，并在每一章后增加了贴切本章内容的病例、习题及讨论。本教材紧扣生物化学的内容，力求反映生物化学领域的新进展，深度适中，是为目前的中职中专学生提供的一本内容新而简并有广博生物化学基本知识的教材。

生物化学是研究生命化学的一门科学，是研究生物体的分子组成、分子结构与功能、及其在生命活动中的作用。是医学护理学；药学；检验学；影像学；生物技术专业及其他生命科学专业的重要基础课（专业必修课）。现代生物化学理论和技术有着广泛的实用价值。当今生物化学越来越多的成为生命科学共同语言，成为生命科学领域的前沿学科。

参与编写本教材的共有全国 8 所中职中专院校的 8 名教师。他们长期工作中职中专教学的第一线，有着丰富的教学经验。本书主编为史亚敏（陕西省西安市卫生学校）、张冬菊（鞍山师范学院附属卫生学校），副主编为吴宏（陕西省榆林市卫生学校）、高怀军（首都铁路卫校），编委有王淑香（陕西省延安市卫生学校）、高延萍（陕西咸阳卫生学校）、位奎忠（山东青岛市卫生学校）、钟楠楠（陕西省西安市卫生学校）。全书由林敏主审。

祝每一位读者学业有成。

编 者
2007 年 12 月

目 录

第一章 蛋白质的化学	1
第一节 概述	1
第二节 蛋白质的分子组成——氨基酸	2
第三节 蛋白质的分子结构	4
第四节 蛋白质结构与功能的关系	5
第五节 蛋白质的理化性质	6
小 结	10
习题一	11
第二章 核酸的化学	12
第一节 核酸的分子组成	12
第二节 核酸的分子结构	14
第三节 核酸的变性、复性与杂交	15
小 结	16
习题二	17
第三章 酶	18
第一节 概述	18
第二节 酶的分子组成与结构	19
第三节 影响酶促反应的因素	23
第四节 酶与医学的关系	25
小 结	26
习题三	27
第四章 糖代谢	28
第一节 血糖的来源与去路	28
第二节 葡萄糖的分解代谢	29
第三节 糖原的合成与分解	32
第四节 糖异生作用	33
第五节 血糖浓度调节	33
小 结	35
习题四	36
第五章 生物氧化	38
第一节 生物氧化的特点和方式	38
第二节 呼吸链	39
第三节 ATP 的利用和储存	41
小 结	41
习题五	42

第六章 脂类代谢	43
第一节 脂类的含量、分布和生理功能	43
第二节 血脂与血浆脂蛋白.....	44
第三节 甘油三酯代谢.....	46
第四节 磷脂代谢.....	49
第五节 胆固醇代谢.....	50
第六节 临床常见脂类代谢紊乱.....	51
小 结.....	52
习题六.....	53
第七章 氨基酸代谢	54
第一节 蛋白质的营养价值.....	54
第二节 氨基酸的一般代谢.....	55
第三节 氨基酸的特殊代谢.....	57
第四节 三大代谢之间的关系.....	59
小 结.....	60
习题七.....	61
第八章 核酸代谢与蛋白质生物合成	62
第一节 核酸的代谢.....	62
第二节 蛋白质的生物合成.....	64
小 结.....	66
习题八.....	66
第九章 水、无机盐代谢及酸碱平衡	68
第一节 体液.....	68
第二节 水和无机盐的生理功能.....	69
第三节 水和钠、钾、氯的代谢.....	70
第四节 钙 磷代谢	71
第五节 酸碱平衡.....	73
小 结.....	74
习题九.....	75
第十章 肝胆生物化学	77
第一节 肝脏在物质代谢中的作用.....	77
第二节 肝的生物转化作用.....	80
第三节 胆汁与胆汁酸的代谢.....	82
第四节 胆色素代谢与黄疸.....	83
小 结.....	87
习题十.....	88
实验操作.....	90
习题答案.....	94
参考文献	106

第一章 蛋白质的化学

【引言】人们常说，水是生命的源泉，可是你知道吗？没有蛋白质就没有生命！蛋白质是一切生物细胞的重要组成成分。蛋白质的理化性质和变性作用对临床某些疾病的诊断和生物技术中的实际应用有很大的帮助。

【关键词】蛋白质 氨基酸 蛋白质变性

第一节 概述

一、蛋白质的生物学功能

1. 蛋白质是生命的物质基础

生物体内除水以外是蛋白质，它是生物组织中含量最多的组分，约占细胞干重的70%以上。人体内蛋白质种类多达10万余种。

2. 蛋白质的功能

(1) 作为生物催化剂：在体内催化各种物质代谢反应。

(2) 调节代谢反应：如蛋白质类的激素（胰岛素、生长素）。

(3) 运输载体：如红细胞中运输 O_2 、 CO_2 要靠H血红蛋白、运输脂类物质的是载脂蛋白。

(4) 参与机体的运动：如肌肉的收缩、舒张、胃肠蠕动等，依靠肌球蛋白、肌动蛋白。

(5) 参与机体的防御：机体抵抗外来侵害的防御机能靠抗体，抗体也称为免疫球蛋白。

(6) 接受传递信息：如口腔中的味觉蛋白、视网膜中的视觉蛋白。

(7) 调节或控制细胞的生长、分化、遗传信息的表达。

总之：没有蛋白质就没有生命！

链接

生命是蛋白质的广阔天地！

在人体的血液、皮肤、肌肉、毛发还有韧带和指甲等组织中，蛋白质无处不在。你可知道：健美的肌肉，身材的增高，人类一代代的遗传，神秘的生儿育女，还有那奇特的代谢调控，对事物的识别和记忆等都是蛋白质的功能。

二、蛋白质的分类

1. 根据分子形状

- (1) 球状蛋白质。
- (2) 纤维状蛋白质。

2. 根据组成成分

(1) 单纯蛋白质：此类蛋白质分子组成中全部为氨基酸，如清蛋白、球蛋白、谷蛋白、组蛋白。

(2) 结合蛋白质：此类蛋白质分子由蛋白质和非蛋白质组成，如色素蛋白、核蛋白、脂蛋白。

三、蛋白质的水解

1. 蛋白质水解的成分

蛋白质的肽键被水解，使蛋白质分解成最基本的组成单位氨基酸。

蛋白质→蛋白胍→多肽→二肽→氨基酸

2. 蛋白质水解的方法

(1) 化学法：在酸或碱中加热进行分解。（如 6N 盐酸，110℃，24 小时）

(2) 蛋白酶法：用适当的蛋白酶进行限量分解，这也是确定蛋白质氨基酸排列顺序的必要的办法。

第二节 蛋白质的分子组成——氨基酸

一、蛋白质的元素组成

蛋白质的元素分析结果表明，组成蛋白质的元素主要有 C、H、O、N、S，此外，有的蛋白质含有少量的磷或金属元素等。

N 元素是蛋白质中的特征元素，且含量恒定，为 16% 左右，由于蛋白质是人体中主要的含氮物，可以用定氮法测定蛋白质含量，然后计算出蛋白质的大致含量。

链接

算一算！

测出某生物样品 1 克中含有 0.003 克 N，那么 150 克该生物样品中含有多少蛋白质？

蛋白质平均含 N16%，即每克 N 相当于 6.25 克蛋白质，得到：

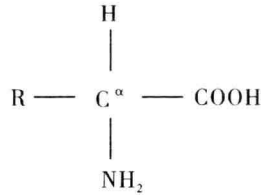
$$0.003 \times 6.25 \times 150 = 2.8$$

所以 150 克该生物样品含有 2.8 克蛋白质。

二、蛋白质分子的基本组成单位——氨基酸

1. 氨基酸的结构通式及结构特点

存在于自然界的氨基酸有 300 余种，但组成人体蛋白质的氨基酸仅有 20 种，其结构特点是：蛋白质水解后得到的氨基酸都是 α -氨基酸，碱性氨基 (NH_2) 连接在 α -碳原子上，另外还连接有酸性的羧基 (COOH) 和变化的 R 基，如图 1-1 所示。



R: 代表氨基酸的侧链基团

图 1-1 氨基酸的化学式

2. 氨基酸的分类

根据氨基酸 R-基团的结构和极性的不同可分为四类：非极性氨基酸、极性氨基酸、酸性氨基酸、碱性氨基酸，如表 1-1 所示。

表 1-1 组成蛋白质的 20 种氨基酸

中文名称	三字符号	一字符号	等电点
非极性氨基酸			
甘氨酸	Gly	G	5.97
丙氨酸	Ala	A	6.00
缬氨酸	Val	V	5.96
亮氨酸	Leu	L	5.98
异亮氨酸	Ile	I	6.02
苯丙氨酸	Phe	F	5.48
脯氨酸	Pro	P	6.30
极性氨基酸			
色氨酸	Trp	W	5.89
丝氨酸	Ser	S	5.68
酪氨酸	Tyr	Y	5.66
半胱氨酸	Cys	C	5.07
蛋氨酸	Met	M	5.74
天冬酰胺	Asn	N	5.41
谷氨酰胺	Gln	Q	5.65
苏氨酸	Thr	T	5.60
酸性氨基酸			
天冬氨酸	Asp	D	2.97
谷氨酸	Glu	E	3.22
碱性氨基酸			
赖氨酸	Lys	K	9.74
精氨酸	Arg	R	10.76
组氨酸	His	H	7.59

的排列方式，通常用二级结构、三级结构和四级结构三个层次加以描述。

(1) 蛋白质分子的二级结构。主要类型有 α -螺旋结构和 β -折叠结构。

α -螺旋结构：多肽链卷曲成紧密的右手螺旋状结构。

β -折叠结构：肽键按层排列，肽键间的 N-H 与 C=O 形成氢键维持结构的稳定性。

(2) 蛋白质分子的三、四级结构。蛋白质分子的三级结构是指在二级结构的基础上进一步盘曲或折叠的空间排布。三级结构靠氢键、离子键、疏水键和范德华力等维系固定。具备三级结构的多肽链才称得上是蛋白质。

由两条或多条具有三级结构的多肽链相互作用，通过非共价键互相聚合所形成的蛋白质构象形成蛋白质的四级结构。如：血红蛋白。

蛋白质分子各级结构间的关系如图 1-4 所示。

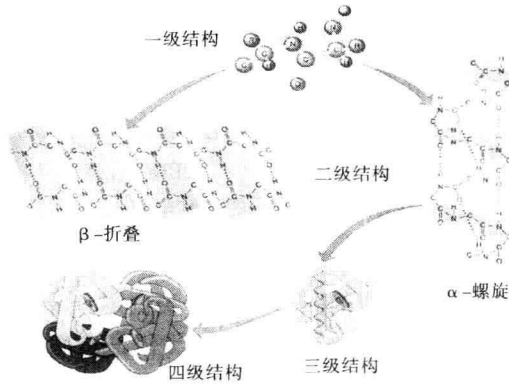


图 1-4 蛋白质分子各级结构间的关系

第四节 蛋白质结构与功能的关系

一、一级结构的改变与“分子病”

蛋白质分子的一级结构的改变，可以使蛋白质分子的功能发生改变，严重时会导致疾病的发生，这种疾病称为分子病。例如：镰刀状红细胞贫血。正常人的血红蛋白由四条肽链组成，共 574 个氨基酸。镰刀状红细胞贫血患者的血红蛋白其中一条链的第六个谷氨酸出现错误，被缬氨酸替代。仅一个氨基酸错误，使水溶性的血红蛋白聚集成丝，相互黏着，导致红细胞成为镰刀状而易破碎引起贫血。

二、空间结构的改变与功能的关系

在生物体内，某些蛋白质可在一些因素的作用下，发生微妙的空间结构改变，从而影响蛋白质的功能。如血红蛋白。血红蛋白的四级结构

由 4 个亚基组成，当 1 个亚基与氧结合后，会触发另外 1 个亚基更容易地与氧结合，直到 4 个亚基与氧完全结合。这样有利于血红蛋白饱和地运输氧。

第五节 蛋白质的理化性质

一、蛋白质的两性电离及等电点

1. 蛋白质的两性电离

蛋白质是两性电解质。在一定的 pH 值条件下能解离为带电基团，从而使蛋白质带电。蛋白质分子在酸性条件下解离成为带正电荷的基团，蛋白质分子在碱性条件下解离成为带负电荷的基团，如图 1-5 所示。

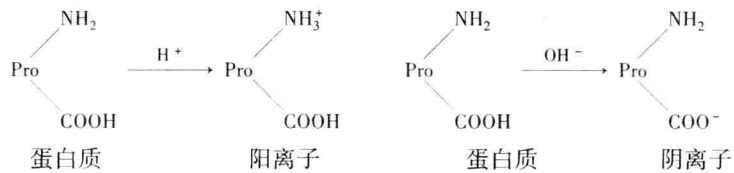
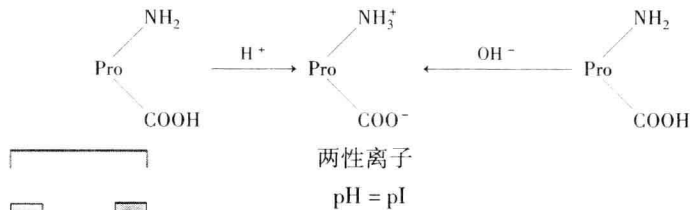


图 1-5 蛋白质的两性电离

2. 蛋白质的等电点

当溶液在某一特定 pH 值的条件下，使蛋白质所带正电荷与负电荷恰好相等，即净电荷为零时溶液的 pH 值称为该蛋白质的等电点 (pI)。



各种蛋白质因氨基酸组成不同，等电点也不一样。电泳法就是根据蛋白质所带电荷的差异来分离蛋白质的一种方法。这种方法的依据是：在电场的作用下，带电颗粒将向着与其电性相反的电极移动，此现象称为电泳。蛋白质在等电点 pH 条件下，不发生电泳现象。利用蛋白质的电泳现象，可以将不同带电性质和不同大小、形状的蛋白质分子进行分离纯化。图 1-6 所示的蛋白质电泳图谱表明了利用电泳法对不同大小的蛋白质分子进行分离的结果。

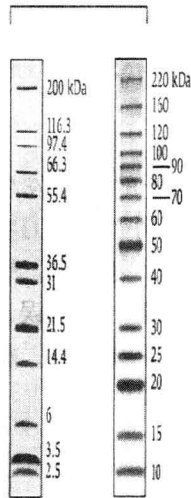


图 1-6 蛋白质电泳图谱

二、蛋白质的胶体性质

1. 蛋白质溶液为亲水胶体溶液

胶体溶液是这样定义的：1 ~ 100 nm 的粒子在溶液中分散形成的均匀体系称为胶体溶液，如图 1-7 所示。胶体溶液的稳定应具备两个条件：第一，分散的粒子带有同种电荷，互相排斥，不易聚集成大颗粒沉淀；第二，分散的粒子与水形成水化层，有了水化层，相互间不易靠拢聚集。蛋白质溶液由于具有同种电荷及水化层两方面的稳定因素，作为胶体溶液是相对稳定的。

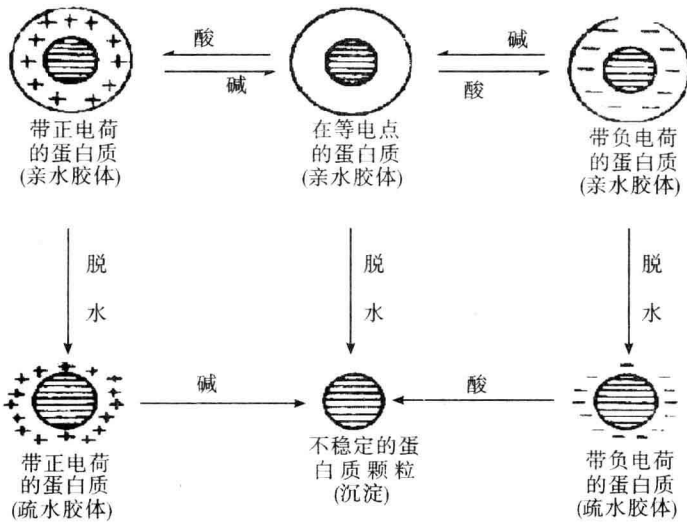


图 1-7 蛋白质胶体溶液

小贴士

细胞膜与凝胶

蛋白质亲水胶体的性质具有重要的生理意义。在人体中，蛋白质和水生成的胶体在某些条件下能成为不流动的弹性半固体——凝胶。凝胶在机体的组成上占有重要地位。如肌肉、软骨、脑髓、指甲、细胞膜等都是凝胶。人体中约有占三分之二的水也是以凝胶的形式存在的。

2. 蛋白质不能透过半透膜

当蛋白质溶液中混有一些小分子物质时，可将此蛋白质溶液放入半透膜做成的袋子里，将袋子置于蒸馏水中，小分子物质可从袋子透出，使蛋白质得到纯化，此方法即为透析，如图 1-8 所示。

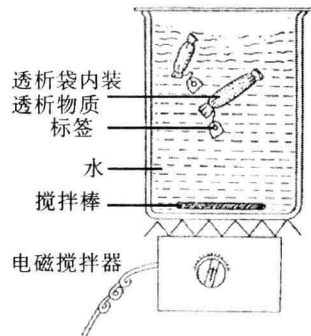


图 1-8 透析方法示意图

三、蛋白质的变性

在某些物理（如：高温、高压、紫外线、X射线、超声波、强烈振荡）或化学（如：强酸、强碱、重金属盐、尿素、酒精）因素作用下，使蛋白质分子的空间结构受到破坏，从而导致理化性质的改变和生物学功能的丧失，这种现象称为蛋白质的变性。

1. 蛋白质变性的特征

(1) 生物活性丧失，这是蛋白质变性的最重要的明显标志之一。例如酶变性失去催化作用，血红蛋白失去运输氧的功能，胰岛素失去调节血糖的功能，抗原失去免疫功能等。

(2) 理化性质改变。溶解度降低，黏度增加；渗透压降低，易发生凝集沉淀。易被蛋白酶水解。因此，蛋白质煮熟食用比生食更好消化吸收。

2. 蛋白质变性的意义

蛋白质变性的原理已广泛应用到医学实践中。例如：临床上用煮沸、高压蒸汽、紫外线、75%酒精等方法使细菌的蛋白质变性，达到杀灭细菌的目的。临床检验用加热、加酸使蛋白质变性凝固以检查尿中是否有蛋白质。高温可破坏蛋白质，使其变性；而低温不破坏蛋白质，低温可保护蛋白质或延缓有生物活性蛋白质的变性。如：生物制品、血清、酶制剂、疫苗等需要在低温下生产、储存和运输。

四、蛋白质的沉淀

维持蛋白质溶液的胶体性质是有条件的。如果破坏了它的水化膜或中和它的电荷，蛋白质就会从溶液中沉淀出来。常用的蛋白质沉淀剂有中性盐、有机溶剂、重金属和某些酸类物质。

1. 盐析

向蛋白质溶液中加入大量的中性盐（硫酸铵、硫酸钠或氯化钠等），使蛋白质脱去水化层而聚集沉淀。如图1-9所示。盐析沉淀一般不引起蛋白质变性。

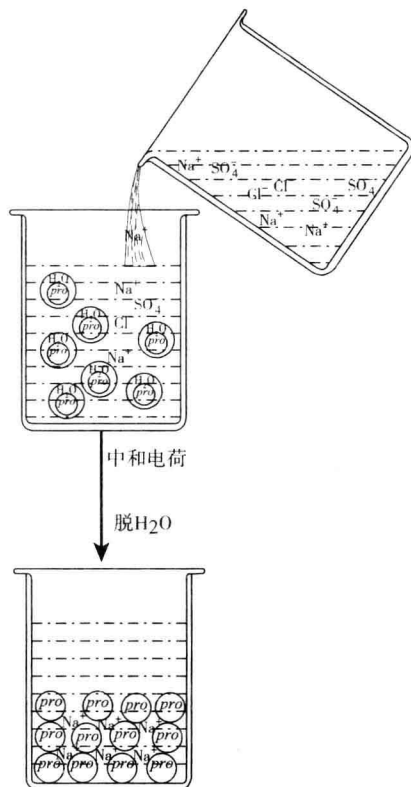


图1-9 蛋白质的盐析

2. 有机溶剂

向蛋白质溶液中加入一定量的有机溶剂（甲醇、乙醇或丙酮等），引起蛋白质脱去水化层以及降低介电常数使蛋白质颗粒容易凝集而沉淀，如图 1-10 所示。常温下，有机溶剂沉淀蛋白质会引起蛋白质变性。

3. 重金属盐

当溶液 pH 值大于等电点时，蛋白质颗粒带负电荷，这样就容易与重金属离子（ Mg^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ag^+ 等）结合形成不溶性盐而沉淀，如图 1-11 所示。

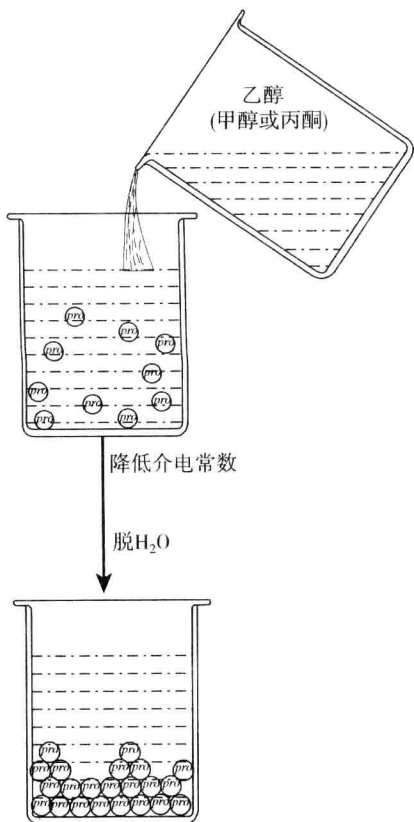


图 1-10 有机溶剂沉淀蛋白质

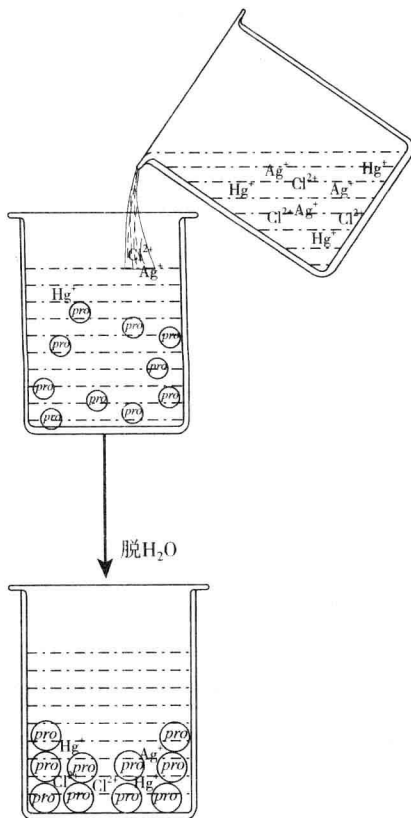


图 1-11 重金属盐沉淀蛋白质

4. 某些酸类

当蛋白质溶液的 pH 值小于蛋白质的等电点时，蛋白质颗粒带正电荷，这时加入苦味酸、三氯乙酸等能和蛋白质生成不可溶的蛋白质盐而发生沉淀，如图 1-12 所示。

五、蛋白质的其他性质

1. 蛋白质的紫外线吸收

组成蛋白质分子的 20 种氨基酸，由于酪氨酸、色氨酸、苯丙氨酸

具有苯环的共轭双键结构，因而在紫外光区具有吸收特性。蛋白质一般都含有酪氨酸或色氨酸残基，利用这两种氨基酸的紫外吸收特性测定蛋白质的含量是很方便的。大多数蛋白质在波长280nm附近有一个吸收峰，故测定蛋白质含量时，选用的波长为280nm。

2. 蛋白质的显色反应

蛋白质分子中的某些氨基酸或某些结构可与某些试剂产生颜色反应，可以此作为测定蛋白质的根据。重要的颜色反应有以下两种。

(1) 双缩脲反应：蛋白质分子中含有许多肽键，因此能和双缩脲试剂反应，形成紫色络合物。通常可用此反应来定性鉴定蛋白质。

(2) 蛋白黄色反应：含有酪氨酸和色氨酸的蛋白质溶液遇硝酸后，先产生白色沉淀，加热后白色沉淀变成黄色，再加碱颜色加深呈橙黄色。此反应也是定性鉴定蛋白质的方法之一。

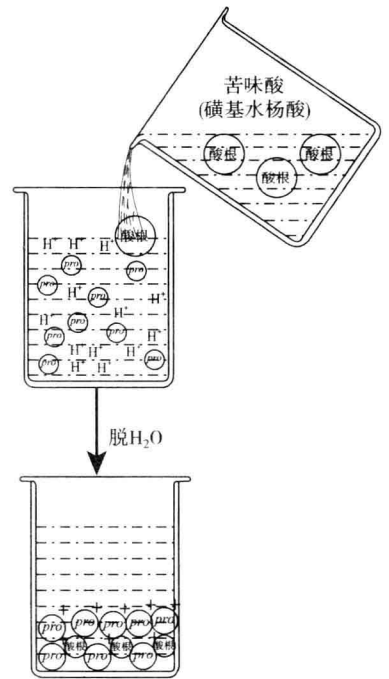


图 1-12 酸沉淀蛋白质

小 结

蛋白质是生命的物质基础，是人体健康生长、发育、繁殖不可缺少的营养物质。蛋白质是机体中主要的含氮物，其氮元素的含量约为16%。蛋白质的组成单位是氨基酸。它的分子结构分为一、二、三、四级结构。其中一级结构称为基本结构，二、三、四级结构称为空间结构。

蛋白质分子的理化性质有：两性电离、胶体性质、变性、沉淀、紫外吸收和呈色反应等。其中的两性电离、胶体性质、变性和沉淀是临床检测蛋白质及生物技术中分离蛋白质的方法。尤其是蛋白质的变性作用在临床上可以达到杀灭细菌和病毒的目的。

病例讨论

一天清晨，急诊室外突然传来一阵急促的脚步声并夹杂着女人的呼救声。一位母亲抱着一岁左右的孩子冲进了急诊室，对值班的医生说：“我的孩子把体温计咬破吃进水银了，快救救他吧！”医生安慰她不要着急，只见他迅速打开皮包，拿出了一包纯牛奶，然后不慌不忙地喂孩子