

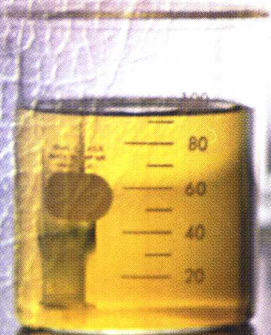


中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

Leather 皮革应用化学

(皮革工艺及制品专业)

主编 张春伍



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

皮革应用化学

(皮革工艺及制品专业)

主 编 张春伍
责任主审 廖隆理
审 稿 张 扬 单志华

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育皮革工艺及制品专业国家规划教材。本书依据 2001 年教育部颁布的“中等职业教育皮革工艺及制品专业课程设置”及“皮革应用化学教学基本要求”编写。

全书分为基础篇和实践篇。基础篇为皮革应用化学基本知识：蛋白质、微生物与酶、表面活性剂、配合物、染料、加油材料、高聚物、有机鞣剂、有机硅化合物、容量分析、称量分析、仪器分析。实践篇为皮革应用化学基本实验：蛋白质性质实验、测定胶原的耐热性实验、角蛋白质实验、表面活性剂性质实验、配合物的生成和性质实验、染料配色实验及分析化学的有关实验等。

本书突出了理论与实践的结合，以制革工艺过程所必须的化学理论知识和分析检测技能为主线，对培养和提高有实践能力的中等职业技术人才有较强的实用性。

本书可供中等职业学校相关专业使用，也可作为岗位培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

皮革应用化学/张春伍主编. —北京：高等教育出版社，2002.12

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-04-011733-9

I. 皮… II. 张… III. 制革-化学-专业学校-教材 IV. TS513

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 099773 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 人民教育出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 25
字 数 610 000

版 次 2002 年 12 月第 1 版
印 次 2002 年 12 月第 1 次印刷
定 价 30.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

为了贯彻第三次全教会精神,落实《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》,提高职业教育教学质量和办学效益,根据国家教委《面向 21 世纪深化职业教育教学改革的原则意见》和教育部关于全面推进素质教育深化中等职业教育教学改革的意见精神,配合教育部《面向 21 世纪职业教育课程改革和教材建设规划》的实施,我们组织编写了《皮革应用化学》教材。

本教材是以教育部新颁《皮革应用化学教学基本要求》为依据编写的,并在内容上作了适当的增补与删除。供中等职业学校(三年制)皮革工艺及制品专业的毛皮及制革工艺专门化的一门主干专业课。通过本课程的学习,使学生具备胜任专门化生产第一线工作的高素质劳动者所必需的皮革应用化学的基本知识和基本技能,为学生学习专业知识和职业技能,提高全面素质,增强适应职业变化能力和继续学习的能力打下良好的基础。

本教材编写的主要特点是:

1. 以制革工艺过程所必需的化学理论知识和分析检测技能为主线,理论联系实际。
2. 适度降低理论知识点难度,如对于生皮蛋白质的胶原、角蛋白等的结构,理论性过强,学生理解较困难,采取删繁就简,降低难度的处理原则,但对于在工艺过程中的性质变化则作较为深入的介绍。
3. 根据教学基本要求,调整教材内容结构布局,分为基础模块、选用模块和实践教学模块。对于选用模块,不同地区学校可根据需求作弹性选择。而实践性教学模块对印证理论和增强学生的分析检测技能有重要的作用。书中带*者为选用内容。
4. 教材内容上注重实用性、通用性,并注意吸收行业发展所采用的新技术、新工艺、新材料,突出先进性,以适应企业经济、技术发展的需要。
5. 为帮助学生巩固理论知识和实验技能,教材每章后都附有思考题和习题,便于学生选练。

本教材内容分为基础篇和实践篇。基础篇第 1、2、3、4、5、6、7、8、9 章分别为蛋白质、微生物与酶、表面活性剂、配合物、染料、加油材料、高聚物、有机鞣剂、有机硅化合物。第 10、11、12 章以分析化学知识为主。实践篇收录基本实验和选作实验共 25 个。

全书总学时数依据教学基本要求,三年制为 230 学时。

本书由北京皮革工业学校张春伍担任主编,具体编写分工为:北京皮革工业学校张春伍编写第 1、2、3、8 章(部分)、9 章、北京皮革工业学校陈婷编写第 4、5、6、7 章,河南工业设计学校周永卿编写第 10、11、12 章及相应实验,湖南第二轻工业学校张锋编写第 1~第 4 个实验。

本书是教学改革的产物,也是制革教材编写的一种新的探索和尝试,其中不足之处甚至错误在所难免,希望同行们指正,以便修订、完善。

本教材在编审中,得到四川大学廖隆理先生、张扬教授、单志华教授宝贵的指导和建议,在此表示衷心的感谢。

编者

2002 年 11 月

目 录

基 础 篇

第1章 蛋白质	3	思考题与习题	185
第1节 蛋白质的基本概念	3	第7章 高聚物	186
第2节 生皮蛋白质	17	第1节 高聚物的概念	186
思考题与习题	24	第2节 丙烯酸树脂涂饰剂	191
第2章 微生物与酶	26	第3节 聚氨酯涂饰剂	202
第1节 微生物	26	第4节 硝化纤维涂饰剂	206
第2节 酶	33	思考题与习题	210
思考题与习题	44	第8章 有机鞣剂	211
第3章 表面活性剂	45	第1节 植物鞣剂	211
第1节 表面活性剂的基本概念	45	第2节 醛鞣剂	218
第2节 表面活性剂的作用	54	第3节 油鞣剂	220
第3节 各类表面活性剂简介	59	第4节 合成鞣剂	221
第4节 表面活性剂在制革中的 应用	65	思考题与习题	232
思考题与习题	71	第9章 有机硅化合物	233
第4章 配合物	72	第1节 几类常见的有机硅化合物	233
第1节 配合物的基本概念	72	第2节 有机硅化合物在制革中的 应用	243
第2节 铬配合物及其在制革中的 应用	79	思考题与习题	246
第3节 其他金属配合物及其在制革 中的应用	99	第10章 容量分析	247
思考题与习题	110	第1节 容量分析法	247
第5章 染料	111	思考题与习题	254
第1节 染料概述	111	第2节 分析天平及误差	254
第2节 制革常用的染料	122	思考题与习题	261
思考题与习题	145	第3节 酸碱滴定法	261
第6章 加油材料	146	思考题与习题	272
第1节 加油材料的分类	146	第4节 配位滴定法	273
第2节 天然油脂及其加工产品	147	思考题与习题	281
第3节 矿物油和合成油脂	164	第5节 氧化还原滴定法	281
第4节 合成加脂剂	168	思考题与习题	295
		第6节 沉淀滴定法	296
		思考题与习题	300

第 11 章 称量分析法	301
第 1 节 称量分析法概述	301
第 2 节 影响沉淀完全的因素	302
* 第 3 节 沉淀的条件	304
第 4 节 沉淀剂	306
第 5 节 称量分析结果的计算	308
第 6 节 称量分析应用实例	309
思考题与习题	310

第 12 章 仪器分析	312
第 1 节 吸光光度法	312
思考题与习题	322
第 2 节 原子吸收分光光度法	322
思考题与习题	330
第 3 节 电位分析法	330
思考题与习题	339

实 践 篇

基本实验	343
实验 1 蛋白质性质实验	343
实验 2 胶原的耐湿热稳定性	345
实验 3 角蛋白性质实验	346
实验 4 表面活性剂性质实验	348
实验 5 配合物的生成和性质	353
实验 6 色三角形染色实验	355
实验 7 分析天平称量练习	356
实验 8 滴定分析基本操作练习	357
实验 9 酸碱标准滴定溶液的制备	359
实验 10 食醋中总酸度的测定	362
实验 11 混合碱的分析(双指示剂法)	363
实验 12 EDTA 标准滴定溶液的制备	364
实验 13 水的硬度的测定	365
实验 14 高锰酸钾标准滴定溶液的制备	366
实验 15 硫酸亚铁含量的测定	368
实验 16 硫代硫酸钠标准滴定溶液的制备	368
实验 17 胆矾中 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 含量的测定	370

实验 18 硝酸银标准滴定溶液的制备	371
实验 19 水中氯含量的测定	372
实验 20 烧碱中氯化钠含量的测定	373
实验 21 氯化钡中结晶水的测定	374
实验 22 氯化钡含量的测定	375
实验 23 电位法测量水溶液的 pH	377
* 实验 24 邻二氮菲吸光光度法测定微量铁	378
* 实验 25 高锰酸钾电位滴定硫酸亚铁铵溶液	381
附录	382
附录 1 常见金属化合物在水中的溶解性	382
附录 2 常见无机化合物在水中的溶解度	382
附录 3 常用指示剂	384
附录 4 常用缓冲溶液的配制	386
附录 5 pH 标准缓冲溶液	387
主要参考书目	388

基 础 篇

第1章 蛋 白 质

19世纪中叶,荷兰生理学家莫尔德(G. J. Mulder)根据从动、植物组织中提取出的一种相同物质,以及生命的存在很可能与这种物质有关的观点,最先采用了“蛋白质”(Protein)这一术语来描述这一类物质。Protein源自希腊语,意指“最原始的”、“最重要的”、“第一的”。

第1节 蛋白质的基本概念

蛋白质是细胞的主要成分,是生命的基本物质,存在于各种生物组织中。它在生命现象和生命过程中都起着决定性的作用。如在生物体内的化学反应都是在酶的催化作用下进行的,所谓酶就是一种特殊蛋白质。又如,能调节生理功能的激素,具有传递氧和二氧化碳功能的载体血红蛋白等,其本质也皆为蛋白质。可见,蛋白质是生命的物质基础。

蛋白质是一类含氮的天然高分子化合物,相对分子质量小者数千,大者数千万,而且结构复杂,种类繁多,每种都有它的特定功能。对于蛋白质的研究工作,最早可以追溯到19世纪初,但是对于蛋白质本质的科学认识,则是随着科学技术的不断发展,人们才逐渐认识到其真实面目。鉴于蛋白质在人类生活中的重要性日益显著,人们利用近代科学技术对蛋白质的研究工作正在深入开展。

一、蛋白质的元素组成

蛋白质是含氮的高分子有机物。各种蛋白质的元素组成都很近似,一般均含有碳、氢、氧、氮、硫五种元素,有的还含有微量的磷、铁、铜、锌、碘等元素。这些元素组成随着材料的来源不同而有差异。表1-1为一些蛋白质的元素组成。

表 1-1 一些蛋白质的元素组成

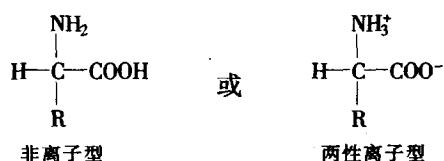
蛋白质	材料来源	元 素 组 成(质量分数/%)					
		C	H	O	N	S	其他
酪蛋白	牛乳	53.50	7.13	22.05	15.6	0.72	P 1.00
血红蛋白	马	54.64	7.09	20.16	17.38	0.39	Fe 0.34
白蛋白	牛 皮	51.95	6.84	22.99	15.5	1.9	
球蛋白	牛 皮	53.22	7.48	23.32	14.6	1.11	
类粘蛋白胶原	腱	47.47	6.68	31.07	12.58	2.2	
	牛、猪、马皮	50.2	6.4		17.8		O + S 25.6
	山羊皮	50.3	6.4		17.4		O + S 25.9
	绵羊皮	50.2	6.5		17.0		O + S 26.3
	绵羊毛	50.65	7.03	20.0	17.7	4.61	
弹性蛋白		54.2	7.26	16.8	16.6		
网硬蛋白	脾 脏	46.65	6.7		14.8	1.41	

蛋白质组分中均含有一定数量的氮，人们可以通过测定物质中的含氮量来推算出蛋白质的含量，如皮质测定（皮革化学分析中一项重要指标）。皮质是指皮革及毛皮中的皮蛋白质，它是原料皮经过加工处理后保留下来的蛋白质（胶原），通过测定皮质就可初步了解加工工艺方案是否正确。皮质测定的传统方法是采用凯氏定氮法测出革的含氮量，然后乘以胶原的换算系数，即得出皮蛋白质的总量。从表 1-1 中得知牛皮、猪皮的胶原中氮含量为 17.8%，它们的皮质的换算系数为 5.62 即 $100/17.8$ ，而绵羊皮皮质换算系数为 5.88 ($100/17.0$)，山羊皮皮质的换算系数为 5.75 ($100/17.4$)。

二、蛋白质的基本组成单位——氨基酸

用酸、碱或酶完全水解任何一种单纯蛋白质时，其最终产物都是氨基酸。其水解过程为：蛋白质→肽→多肽→二肽→氨基酸。因此，氨基酸是蛋白质的基本组成单位。

氨基酸的结构是在 α -碳原子上分别结合着一个氨基、一个羧基、一个氢原子和一个侧链基团 (R)。R 基不同就构成不同的氨基酸。氨基酸的结构通式如下：



在纯水溶液中的 ($\text{pH}=7$) 及晶态的氨基酸皆以两性离子状态存在。

上述式子具有两个特点：其一，具有酸性的羧基及碱性的氨基，是两性物质，从而使不同的氨基酸具有某些共同的化学性质；其二，侧链基团 R 具有不对称碳，是光活性物质，具有旋光性，从而使各种氨基酸具有共同的物理性质。

蛋白质水解的最终产物为 α -氨基酸。各种蛋白质一般都含有 20 种氨基酸，根据 R 基的化学结构，这些氨基酸可以分为三大类，即脂肪族氨基酸、芳香族氨基酸和杂环氨基酸。在脂肪族氨基酸中，根据所含氨基、羧基的多少及是否含硫或含羟基，又可分为中性、酸性、碱性、含硫及羟基氨基酸等小类。表 1-2 列出了天然氨基酸的分类及存在情况。

表 1-2 天然氨基酸的分类及存在

类别	名称	符号	结构式	存在
脂肪族氨基酸	甘氨酸	Gly	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} $	胶原中含有 25% ~ 30%
	丙氨酸	Ala	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} $	丝纤维蛋白中含 25%
	缬氨酸	Val	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} $	卵及乳蛋白中含量占 10%
	亮氨酸	Leu	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} $	谷物、玉米蛋白中含 22% ~ 24%

续表

类 别	名 称	符 号	结 构 式	存 在
脂 肪 族 氨 基 酸	中性氨基酸 异亮氨酸	Ile	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2 \\ \text{CH}_3 \end{array} \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{NH}_2$	糖蜜、肉蛋白中含 5% ~ 6.5%
	酸性氨基酸 天冬氨酸	Asp	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{NH}_2$	多种蛋白中均有, 植物蛋白中尤多
	谷氨酸	Glu	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{NH}_2$	谷物蛋白中含 20% ~ 45%
	碱性氨基酸 精氨酸	Arg	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{NH} \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \\ \text{C}=\text{NH} \\ \text{NH}_2 \end{array}$	鱼精蛋白的主要成分
	赖氨酸	Lys	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$	肉、乳、卵的蛋白中含 7% ~ 9%, 血红蛋白中含量也较多
	羟氨基酸 丝氨酸	Ser	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	丝蛋白中含量丰富, 精蛋白中占 7.8%
	苏氨酸	Thr	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	酪蛋白中较多, 肉、乳、卵蛋白中占 4.5% ~ 5%
	含硫氨基酸 胱氨酸	Cys	$\begin{array}{c} \text{S}-\text{CH}_2\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{NH}_2 \\ \text{S}-\text{CH}_2\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{NH}_2 \end{array}$	在毛发、蹄、角等蛋白质中含量丰富
	半胱氨酸	CysH	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{SH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	在毛发、蹄、角等角蛋白中含量较多
	甲硫氨酸	Met	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{SCH}_3 \qquad \text{NH}_2 \end{array}$	肉、卵蛋白中占 3% ~ 4%
芳香族氨基酸	苯丙氨酸	Phe	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{NH}_2$	一般蛋白含 4% ~ 5%
	酪氨酸	Tyr	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{NH}_2$	好酪中含量多, 明胶中最少
杂环氨基酸	组氨酸	His	$\begin{array}{c} \text{CH}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{N} \quad \text{NH} \qquad \qquad \text{NH}_2 \\ \text{H} \end{array}$	一般蛋白含 1% ~ 3%, 明胶、玉米中最少
	色氨酸	Try	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \text{NH} \qquad \qquad \text{NH}_2$	各种蛋白中均有少量

续表

类 别	名 称	符 号	结 构 式	存 在
杂 环 氨 基 酸	脯氨酸	Pro	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \end{array} $	结缔组织与谷蛋白中最多,明胶中含 20%
	羟脯氨酸	Hyp	$ \begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \end{array} $	一般蛋白质中含量较少,明胶中含量较多,占 14%

表中所列氨基酸有几个显然可以归入这一类或那一类。例如脯氨酸也可以归入中性氨基酸,羟脯氨酸也可以归入羟氨基酸。除上述 20 种常见的氨基酸外,有些蛋白质还有一些特有的氨基酸,如存在于胶原中的羟基赖氨酸和焦谷氨酸。

除上述分类方法外,根据氨基酸侧链的性质, R 基团的极性,可将氨基酸分为极性氨基酸和非极性氨基酸两大类。

极性氨基酸: 此类氨基酸的侧链上含有羧基、氨基、羟基、巯基等极性基团,如天冬氨酸、谷氨酸、赖氨酸、精氨酸、组氨酸、丝氨酸、苏氨酸、酪氨酸、半胱氨酸、天冬酰胺(天—NH₂)、谷氨酰胺(谷—NH₂)等。此类氨基酸的侧链能与适当的配偶基团形成氢键或离子键。极性残基也称亲水基,具有与水分子相互作用的能力。

非极性氨基酸: 此类氨基酸侧链上含有烃基、芳香环等非极性基团,如丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、色氨酸及含硫的甲硫氨酸、亚氨基酸、脯氨酸。甘氨酸的 R 基为氢,对强极性的羧基、氨基影响很小,也可归于非极性氨基酸类。此类氨基酸的与烃类类似的侧链在含水介质中倾向于自身结合或成疏水键结合,所以非极性残基也称疏水基。

了解氨基酸的极性与非极性问题,将有助于理解侧链基团在蛋白质结构中的作用和认识蛋白质的性质。

构成蛋白质的 α -氨基酸为无色晶体;熔点较高(可达 250℃左右);易溶于水(除脯氨酸、酪氨酸外);难溶于无水乙醇、乙醚等有机溶剂;强酸和强碱可溶解所有的氨基酸。除甘氨酸外都具有旋光性。

氨基酸的化学结构决定了它的化学性质。由于氨基酸分子中含有羧基和氨基,所以它们具有羧基和氨基的典型性质。此外,由于官能团的相互影响,氨基酸还具有一些特殊的性质。

三、蛋白质的分类

蛋白质种类多,功能复杂,限于目前对大多数蛋白质的结构尚在研究之中,因此通常根据蛋白质化学组成的特点及某些理化性质来进行分类。

按组成上的特点,可将蛋白质分为单纯蛋白质与结合蛋白质两大类。

(一) 单纯蛋白质

此类蛋白质水解时,其水解产物仅为 α -氨基酸。单纯蛋白质又可按其理化性质,如在水

中或其它溶剂中的溶解度、沉淀所需盐类的浓度、分子大小及其来源等的不同而分为以下几类：

1. 白蛋白

此类蛋白质可溶于水及稀盐、稀酸、稀碱溶液，加热即凝固，加入硫酸铵饱和溶液时则沉淀析出。白蛋白普遍存在于生物体系，如血浆清蛋白中。

2. 球蛋白

此类蛋白质不溶于水，但溶于中性盐溶液，加热凝固，加入硫酸铵半饱和溶液时即有沉淀析出。球蛋白广泛存在于动植物组织，如血清球蛋白中等。

3. 硬蛋白

此类蛋白质不溶于水、稀酸、稀碱和盐溶液。硬蛋白广泛存在于骨、肌腱、韧带、毛发及皮肤等组织中。

4. 谷蛋白

不溶于水、盐溶液及乙醇中，可溶于稀酸、稀碱液中。谷蛋白存在于谷类、豆类、种子中，是重要的植物蛋白。

5. 醇溶谷蛋白

不溶于水、盐溶液中，可溶于酸及碱液中，并溶于 70% ~ 80% 的乙醇液中。醇溶谷蛋白亦为重要的植物蛋白。

6. 精蛋白

溶于水与稀酸，能为稀氨水所沉淀。其分子中精氨酸、赖氨酸、组氨酸特别多，属碱性蛋白。此类蛋白质在组织中与酸性物质结合成盐类形式存在，例如与核酸结合成核蛋白，是动物细胞核中的主要成分。

7. 组蛋白

溶于水与稀酸，能为氨水所沉淀。分子中精氨酸、赖氨酸特别多，属碱性蛋白。此类蛋白质在组织中与酸性物质结合成盐类形式存在，例如与血红素结合成血红蛋白。

(二) 结合蛋白质

此类蛋白质除含有氨基酸外，还含有糖、脂肪、核酸、磷酸以及色素等非蛋白质成分，故结合蛋白质由两部分组成：一部分含有各种氨基酸，为蛋白质部分；另一部分为非蛋白质部分，称为辅基。结合蛋白质按其辅基的不同可以分为以下几类：

1. 色蛋白

由单纯蛋白质与含金属的色素物质结合而成。属于此类的蛋白质如含铁的血红蛋白、肌红蛋白，含镁的叶绿蛋白，含铜的血蓝蛋白等。此类蛋白质中以铁卟啉为辅基者为最重要，像生物体中的氧化还原酶便属于此类。

2. 脂蛋白

脂蛋白是由蛋白质与酯类结合而成的化合物。蛋黄中的卵磷脂蛋白就是由卵磷脂和卵黄磷蛋白组成。脂蛋白主要存在于动物的血液、生物膜及细胞核中。

3. 磷蛋白

磷蛋白是以磷酸为辅基的结合蛋白质。存在于乳类、卵黄及脑组织中，如酪蛋白、胃蛋白酶等。

4. 糖蛋白

糖蛋白是由蛋白质与糖类物质结合而成。如广泛存在于粘液、皮肤、软骨、腱等结缔组织中的粘蛋白，是由粘多糖与蛋白质结合而成。糖蛋白几乎存在于所有组织中，如在血液、骨骼、角膜、粘膜等组织中都含大量的各类糖蛋白。

5. 核蛋白

核蛋白是蛋白质与核酸组成的。在生命活动过程中极为重要，存在于一切细胞中。

除上述分类法外，我们还可以根据蛋白质分子的形状将其分为球状蛋白质和纤维状蛋白质两大类。

纤维状蛋白质：分子细长状似纤维，分子量很大，不溶于水及一般溶剂中。它包括胶原、角蛋白、肌肉蛋白、丝心蛋白、血纤维蛋白等。

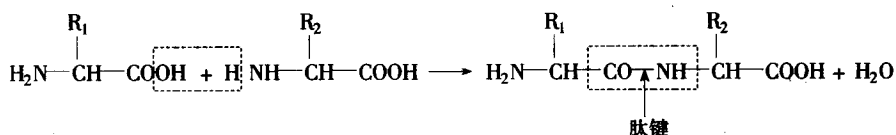
球状蛋白质：分子为球形或椭圆形，一般溶于水、酸、碱、盐及乙醇溶液中。它包括了纤维状蛋白质以外的一切蛋白质。

四、蛋白质的结构

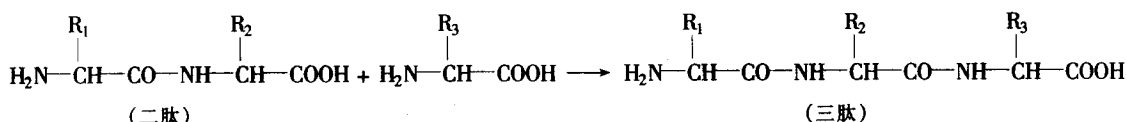
蛋白质的分子量大，组成氨基酸的数量很多，其结构十分复杂。为了研究的方便，早在 20 世纪 50 年代，科学家就曾建议将蛋白质的结构分为不同的结构层次。根据科学工作者长期研究蛋白质结构的结果，已确认蛋白质一般具有四级结构。一级结构是指蛋白质的共价结构，也称为初级结构；二、三、四级结构是指蛋白质链的空间排布（即链的构象），称为高级结构。

(一) 一级结构

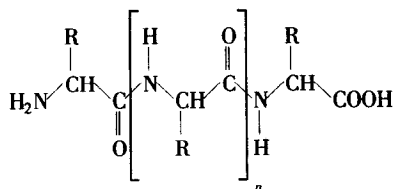
氨基酸是蛋白质的基本组成单位，不同的蛋白质中所含有的氨基酸种类和数量不同，氨基酸的数量可以是几十、几百、几千、甚至更多。构成蛋白质分子的氨基酸主要是通过肽键而互相连接。肽键是一个 α -氨基酸的 α -氨基与另一个 α -氨基酸的 α -羧基间脱去一分子水而形成的化学键，肽键是蛋白质分子中的主键。如下式：



两个氨基酸通过一个肽键相连而形成的化合物称为二肽。上式中仍有自由氨基和羧基，可以再与一个氨基酸缩合成三肽，如下式：



氨基酸这样一个个连接下去而生成四肽、五肽……，形成一条多肽链。多肽链可用如下通式表示：



$$\begin{array}{ccccccc}
 & & & \text{H} & & & \\
 & & & | & & & \\
 & & & \text{C} & & & \\
 & & & / \quad \backslash & & & \\
 & & \text{O} & \text{H}_2\text{C} & \text{CH}_2 & \text{O} & \text{H} & \text{CH}_2\text{OH} \\
 & & || & & & || & & \\
 \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\
 & & & & & & & \\
 \text{甘氨酸}-\text{脯氨酸}-\text{丝氨酸} \quad (\text{三肽})
 \end{array}$$

每一种蛋白质都有它特有的一级结构，例如胰岛素有两条肽链，A链有21个氨基酸，B链有30个氨基酸，每个氨基酸在肽链中都有一定的位置，按一定的顺序排列。通过双硫键将A、B两条肽链连接起来。见下式：

[illegible]

(二) 二级结构

1. α -螺旋结构

在 α -螺旋中，相邻螺圈之间要形成链内氢键，即每一个氨基酸残基的亚氨基氢原子

(—N—H—)都要与往上数第三个氨基酸残基上的羰基氧原子(—C(=O)—)形成氢键,氢键的取向几

乎与中心轴平行。R 侧链在螺旋的外侧。天然蛋白质中的 α -螺旋大多数是右手螺旋。

2. β -折叠结构

在这种构象中，由许多几乎是完全伸展的肽链彼此紧密接触，肽链呈锯齿状，按层平行排列，称为折叠片。见 1-2 所示。并借助相邻两条肽链间主链上的羰基和亚氨基间的氢键来维持结构的稳定。为使肽链间能有最多的氢键数，多肽链主干皱缩呈褶皱状，侧链基团交替地排布于褶皱平面的上方或下方。

β -折叠结构依肽链的方向分为平行链型和反平行链型。平行链型就是全部肽链从氨基末端残基走向羧基末端残基的方向都一样。反平行链型就是一条肽链与相邻的另一条肽链的方向不相同。如图 1-3 所示。

在两种 β -折叠中，反平行链型结构更稳定。 β -折叠存在于纤维蛋白和球状蛋白中。

应提及的是，上述两种类型可以转变，即在某些蛋白质分子结构中， α -螺旋可与 β -折叠互相转变。例如，在受热情况下， α -螺旋可以转变为 β -折叠，原因是 α -螺旋结构中氢键受到破坏，肽链伸长。毛发（角蛋白）在热水中可以拉长，就是由于角蛋白的 α -螺旋伸展变成为 β -折叠。

二级结构的类型，除上述 α -螺旋、 β -折叠外，尚有 β -转角和无规卷曲等。

3. β -转角

β -转角是球状蛋白质中广泛存在的一种结构类型。 β -转角是多肽主链回转 180° 所形成的部分，它使肽链的走向发生改变。 β -转角由 4 个连续的氨基酸残基组成，并由第 n 个氨基酸残基的羰基与第 $n+3$ 个氨基酸残基的亚氨基形成氢键，以维持 β -转角的稳定。如图 1-4 所示。

4. 无规卷曲

无规卷曲又称作自由回转，系上述几种结构单元以外的其他松散肽链结构形式。

以上所述的二级结构是多数蛋白质中最常见的结构单元，仅涉及多肽链主链本身的盘绕、折叠，不涉及氨基酸残基的侧链构象，如果涉及到侧链 R 的情况，蛋白质的空间结构（构象）将更复杂。

（三）三级结构

蛋白质的三级结构是指多肽链在二级结构的基础上，怎样进一步卷曲折叠，构成一个特定构象，又通过哪些键连接起来，以保持这种结构的稳定。

球状蛋白质的空间结构要比纤维状蛋白质复杂的多。一般纤维状蛋白质由几条肽链进一步

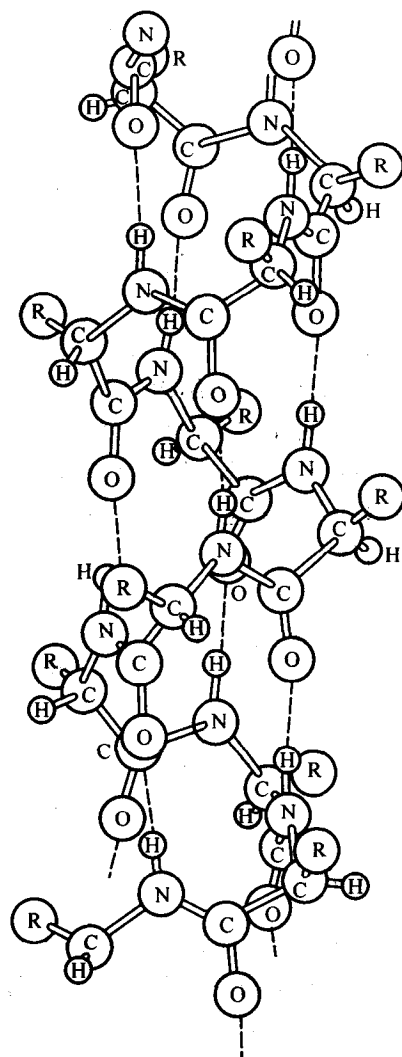


图 1-1 右手 α -螺旋示意图