



动物活性 成分化学

DONGWUHUOXING
CHENGFENHUAXUE

张豁中 温玉麟 编著

R282.74

98963

ZH2



动物活性 成分化学

DONGWUHUOXING
CHENG FEN HUAXUE

张裕中 温玉麟 编著



C0162415

内 容 提 要

本书是首部反映近代多种学科对动物活性成分研究成果的综合性专著。本书综合了3000余种动物活性成分的文献资料,系统地总结了相邻多学科近30年的研究成果。总计约280万字。本书按活性成分分为氨基酸、蛋白质、非肽含氮类、粘多糖、皂苷、脂质、萜类等15章。结合实际从理论上介绍了各类活性成分的性质、结构、分离及鉴定的原理和方法、药理以及应用等。对动物活性成分化学领域中有关的提取分离制备的常用技术,结合500余实例(如河豚毒素、蟾蜍毒素、透明质酸等)加以介绍。

本书可作为从事动物资源的开发利用及深加工,珍贵动物药类效品的寻找,动物药的品种整理、质量研究及新药开发等工作者的参考书。也可作为一部供从事中西药学的科研、教学、制药、药检、药理等工作者的临床、医疗保健、食品营养、农牧水产等工作者的参考书。

津新登字(90)003号

动物活性成分化学

张豁中 温玉麟 编著

责任编辑:张洪善 袁向远

*

天津科学技术出版社出版

天津市张自忠路189号 邮编300020

天津市武清县永兴印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本787×1092毫米 1/16 印张121.5 插页1 字数2905 000

1995年5月第1版

1995年5月第1次印刷

印数: 1—1 200

ISBN 7-5308-1559-8

R·424定价: 160.00元

序

在动物个体中及在自然界的各种生态体系中，广泛存在着大量的天然活性成分。其中有的是动物防病自愈的本能基础物质，有的是平衡开关物质，有的是精神活动的调节物质，有的是化学信息物质。祖国医学认为，含动物活性成分的药物是血肉有情之品，具有独特的疗效，在处方及中成药配伍方面占有重要的位置。现代科学研究证明，动物活性成分的活性居天然物质之冠，疗效显著，易为人体吸收和代谢，应用面广。现代科学也揭示了这些动物活性成分为人类可能利用的途径。因此人们关于动物活性成分的研究，不仅对维护和增进人类的健康有现实意义，对确保和增产粮食，保护和改善环境等世界性迫切解决的问题，也有着重要意义。

据此本书是在系统检索和总结了近3000种动物活性成分的有关成果的基础上，分蛋白质及活性肽、粘多糖、生物碱、脂质、甾类等15章加以论述，侧重结合实际，从理论上系统地阐述了各类活性成分的化学性质，分离制备，鉴定，活性及应用，资源分布及其利用途径等。同时也从化学方面阐明了若干生命现象。

本书是一部反映近代多种学科对动物活性成分研究成果的综合性论著。也是国内外第一部有关动物活性成分的综合性专著。本书的问世将有助于动物药的整理、提高、生产及开发。对于从事医学、药学、生物学、农学、水产学等学科的工作者将有一定参考价值。对于从事畜牧家禽、水产、昆虫等动物资源利用及新产品开发的工作者，也是一部有较高价值的参考书。

原中国药学会副理事长
沈阳药学院 教授

顾学裘

1988.5.10

前 言

《动物活性成分化学》是一门新兴的学科，近代生命科学许多称得上划时代成就的工作，不少都是与动物活性成分相联系。现代科学研究证明：在动物个体内及生态体系间广泛存在着大量生物活性物质，其中有的是平衡和开关物质，有的是精神和神经活动的调节物质，有的是防病自愈的基础物质。人们已从动物中发现一些活性强、疗效显著、应用面广、易为人体吸收和代谢而无害的活性物质，同时又不同程度地揭示了这些活性物质可能利用的途径。因此关于动物活性成分的探索研究，对维护和增进人类的健康，对阐明某些生命科学的基本规律，对增产粮食及对保护环境等世界性急待解决的问题均有重要意义。

近30年来新的动物成分不断被发现，分出结构新颖的天然物质数以万计，对已知的活性物质功能又有了新的认识，它为阐明生长发育、细胞分化等重要基础课题积累了宝贵的资料。与此同时发展起来的分离和鉴定的手段愈趋于快速和微量，使动物活性成分进一步研究成为可能。另一方面将有关动物活性成分研究资料，通过整理综合系统成书，使它服务于人类的条件已臻于成熟。上述因素为动物活性成分的开发利用展开了广阔的前景，为本书的形成奠定了基础。

我国海陆动物及畜禽水产副产品的资源极为丰富，它们是未来重要药物的来源和科学研究的宝贵材料。此外，我国对动物药的应用历史悠久，积累了丰富的宝贵经验，也有待发掘整理和提高，如不加强用现代手段对动物药进行研究，则起源于我国，应用于我国的传统动物药的优势则难以保持。因此人们愈来愈迫切需要了解 and 掌握这方面的系统理论知识和技能。迄今，尚缺少一部能系统反映多种学科对动物活性成分研究成果的综合性专著。据此编著者用约15年时间，在沈阳药学院本科及研究生用《动物药活性成分化学》教材基础上，结合多年教学、科研、生产经验，并系统检索和收集了近3000余种动物的活性成分有关文献，综合30年来相邻学科的有关成果，编写成本书。目的是介绍传播动物活性成分化学领域方面的知识和技能，旨在引起人们的学习兴趣，希望共同步入探索动物活性成分化学的科学前沿，能为从动物资源中开发无害而效显的药物及珍贵动物药物的类效品，能为从渔牧畜禽及野生动物资源中开发高效益的物质，能为动物药品种整理及提高质量等项工作有些裨益。

本书因涉及学科多，又限于编著者的水平及时间仓促，错误在所难免，敬请读者指正，以便进一步修订。

本书在编写过程中，得到宋修俭、田雨光、赵潇涛、沈彦秋、刘威、张生、汪兴久、孙力、傅剑琴、蔚会仙等同志的热情支持和帮助，天津科学技术出版社

对本书给予通力合作和帮助，在此一并表示衷心感谢。对本书所引文献资料的原作者也一并致以谢意。

编著者

1991年10月

目 录

第一章 绪论	(1)
1 动物活性成分化学发展概况	(1)
2 动物活性成分的特点	(2)
2.1 疗效确实	(2)
2.2 生理活性强	(3)
2.3 应用面广	(3)
2.4 潜力大	(4)
3 动物活性成分研究现状	(6)
3.1 内因性生理活性物质	(6)
3.2 外因性生理活性物质	(7)
3.2.1 信息素 (外激素, Pheromone)	(7)
3.2.1.1 昆虫信息素	(7)
3.2.1.1.1 性信息素 (Sex Pheromone)	(8)
3.2.1.1.2 结聚信息素 (Aggregation Pheromone)	(8)
3.2.1.1.3 告警信息素 (Alarm Pheromone)	(9)
3.2.1.1.4 追踪信息素 (Trail Pheromone)	(9)
3.2.1.1.5 其他昆虫信息素	(9)
3.2.1.1.6 昆虫信息素的应用	(9)
3.2.1.2 哺乳动物信息素	(10)
3.2.1.2.1 外分泌腺释放物	(11)
3.2.1.2.2 尿及粪便中的信息素	(12)
3.2.2 攻击和防御物质	(12)
3.2.3 利他激素 (Kairomone) 及异种信息素 (Allomone)	(16)
3.3 生物金属	(19)
4 动物活性成分研究的趋势	(19)
4.1 由静态进入动态的研究方法势在必行	(19)

4.2 仿生学的应用	(20)
4.3 对动物中的次生产物研究	(21)
4.4 生物手段与化学手段紧密结合	(21)

第二章 氨基酸..... (25)

[1] 氨基酸分类、结构及分布..... (26)

1.1 氨基酸的分类及结构	(26)
1.2 氨基酸的分布	(26)
1.2.1 生物体内的游离氨基酸	(29)
1.2.2 蛋白氨基酸	(32)
1.2.3 非蛋白氨基酸	(35)
1.2.4 D-氨基酸	(40)

[2] 氨基酸理化性质 (43) |

2.1 物理性质	(43)
2.1.1 晶形	(43)
2.1.2 味及嗅	(43)
2.1.3 熔点	(43)
2.1.4 溶解度	(44)
2.1.5 立体结构与旋光活性	(46)
2.2 化学性质	(48)
2.2.1 与氨基及羧基均有关的性质	(49)
2.2.1.1 两性解离和等电点	(49)
2.2.1.2 形成肽键	(50)
2.2.1.3 茚三酮反应	(50)
2.2.2 与氨基酸有关的反应	(51)
2.2.2.1 与亚硝酸反应	(51)
2.2.2.2 与甲醛反应	(52)
2.2.2.3 成盐反应	(52)
2.2.2.4 与卤化烃反应	(52)
2.2.2.5 酰基化反应	(53)
2.2.2.6 脱氨基反应	(53)
2.2.3 与羧基有关的反应	(53)
2.2.3.1 成酯和成盐	(53)
2.2.3.2 酰氯化反应	(54)
2.2.3.3 成酰胺反应	(54)
2.2.3.4 脱羧反应	(54)
2.2.3.5 迭氮反应	(54)

2.2.3.6 还原成醇的反应	(54)
3 氨基酸提取与制备	(55)
3.1 蛋白质水解	(55)
3.1.1 酸水解法	(55)
3.1.2 碱水解法	(56)
3.1.3 酶水解法	(56)
3.1.4 脱酸	(57)
3.2 提取与分离	(58)
3.2.1 溶解度法及与等电点盐析合用法	(58)
3.2.2 酯分馏法及丁醇提取法	(59)
3.2.3 沉淀剂法	(60)
3.2.3.1 磷酸盐法	(60)
3.2.3.2 铜盐法	(61)
3.2.3.3 其他沉淀剂法	(61)
3.2.4 离子交换树脂法	(61)
3.2.4.1 原理	(61)
3.2.4.2 氨基酸分组分离	(62)
3.2.4.3 强酸性树脂	(63)
3.2.4.4 羧酸型树脂	(66)
3.2.4.5 弱碱性阴离子交换树脂	(66)
3.2.4.6 强碱性阴离子交换树脂	(67)
3.2.4.7 活性炭与离子交换树脂联合柱层析	(69)
3.2.4.8 络合物交换层析	(71)
3.2.4.9 多孔型离子交换树脂	(72)
3.2.4.10 两性离子交换膜	(72)
3.2.5 游离氨基酸提取	(72)
3.3 氨基酸精制	(74)
3.4 氨基酸消旋体拆分	(76)
3.4.1 物理化学方法	(76)
3.4.2 化学方法	(77)
3.4.3 酶法	(77)
3.4.4 气相层析 (GC) 对光学异构体的分离	(79)
3.4.4.1 利用光学活性固定相的方法	(79)
3.4.4.2 使氨基酸成为非对映体的方法	(79)
4 氨基酸的鉴定	(79)
4.1 显微镜检	(79)
4.2 衍生物鉴定法	(81)

4.2.1	铜盐	(82)
4.2.2	苦味酸盐	(82)
4.2.3	苦酮酸盐	(83)
4.2.4	乙酰化或氯乙酰化物	(84)
4.2.5	苯甲酰化合物	(85)
4.2.6	酞酰化合物	(85)
4.2.7	萘磺酰化合物	(85)
4.2.8	丹磺酰化合物	(85)
4.2.9	对甲苯磺酰化物	(87)
4.2.10	乙内酰脲	(87)
4.2.11	异氰酸苯酯衍生物	(87)
4.2.12	苯乙内酰脲	(88)
4.2.13	异氰酸 α -萘酯衍生物	(88)
4.2.14	二硝基苯基化物	(88)
4.2.15	黄安酸盐	(88)
4.2.16	雷纳克酸盐 (Reineckate)	(89)
4.3	化学方法	(90)
4.3.1	一般定性反应	(90)
4.3.1.1	茚三酮法	(90)
4.3.1.2	吲哚醌法	(91)
4.3.1.3	邻苯二甲醛法	(91)
4.3.1.4	其他方法	(92)
4.3.2	一般定量法	(92)
4.3.2.1	茚三酮法	(92)
4.3.2.2	荧光胺法	(93)
4.3.2.3	邻苯二甲醛法	(93)
4.3.2.4	三硝基苯磺酸法	(93)
4.3.2.5	铜络合物紫外吸收法	(94)
4.3.2.6	甲醛滴定法	(94)
4.3.2.7	非水滴定法	(95)
4.3.2.8	量气法	(95)
4.4	氨基酸纸层析 (PC)	(96)
4.4.1	检样制备	(96)
4.4.2	被检量	(96)
4.4.3	溶媒与 R_f 值	(96)
4.4.4	展开溶媒	(96)
4.4.5	定量法	(100)
4.5	氨基酸薄层层析 (TLC)	(101)
4.6	电泳	(108)
4.7	氨基酸自动化分析	(109)

4.7.1	性能	(109)
4.7.2	操作方法	(109)
4.7.3	样品制备方法	(110)
4.7.4	其他常遇到的问题	(111)
4.8	气相色谱 (GC)	(112)
4.8.1	甲硅烷基化衍生物	(113)
4.8.2	N-三氟乙酰基正丁酯衍生物	(113)
4.8.3	其他衍生物	(113)
4.9	旋光法分析	(113)
4.10	波谱分析	(114)
4.10.1	紫外 (UV) 分光光度法	(114)
4.10.2	红外 (IR) 分光光度法	(116)
4.10.3	拉曼光谱	(121)
4.10.4	荧光法测定	(122)
4.10.5	核磁共振 (NMR)	(128)
4.10.6	氨基酸及氨基酸酯的质谱	(131)
4.11	酶法	(132)
4.12	微生物法	(133)
4.13	各种氨基酸分析	(133)
4.13.1	甘氨酸	(133)
4.13.2	亮氨酸·异亮氨酸·缬氨酸	(134)
4.13.3	丝氨酸·苏氨酸	(135)
4.13.4	含硫氨基酸	(135)
4.13.4.1	常用硫的鉴别	(135)
4.13.4.2	胱氨酸及半胱氨酸显色反应	(136)
4.13.4.3	胱氨酸定量	(136)
4.13.4.4	蛋氨酸鉴别及含量测定	(136)
4.13.5	谷氨酸鉴别及含量测定	(136)
4.13.6	谷胺酰胺测定	(137)
4.13.7	精氨酸鉴别及含量测定	(137)
4.13.8	赖氨酸鉴别及含量测定	(137)
4.13.9	苯丙氨酸鉴别及含量测定	(137)
4.13.10	酪氨酸鉴别及含量测定	(138)
4.13.11	组氨酸鉴别及含量测定	(138)
4.13.12	色氨酸鉴别及含量测定	(138)
4.13.13	脯氨酸鉴别及含量测定	(139)
4.13.14	羟脯氨酸鉴别及含量测定	(139)
4.13.15	丙氨酸鉴别及含量测定	(139)
4.13.16	天门冬氨酸鉴别及含量测定	(140)

5 氨基酸的生物活性及应用 (140)

5.1 氨基酸输液 (142)

5.1.1 营养用氨基酸输液 (142)

5.1.1.1 蛋白质水解液 (5%) (143)

5.1.1.2 必需氨基酸输液 (144)

5.1.1.3 平衡氨基酸输液 (144)

5.1.1.4 高支链氨基酸输液 (144)

5.1.2 特殊用途氨基酸输液 (145)

5.1.2.1 肝病用氨基酸输液 (145)

5.1.2.2 肾病用氨基酸输液 (147)

5.1.2.3 婴幼儿用氨基酸输液 (147)

5.1.2.4 癌病用氨基酸输液 (148)

5.2 经肠制剂 (148)

5.2.1 要素膳 (148)

5.2.2 干糖浆剂 (150)

5.2.2.1 肝病用干糖浆 (150)

5.2.2.2 肾病用干糖浆 (150)

5.3 其他治疗应用 (151)

第三章 蛋白质 (159)

1 蛋白质的分类 (159)

1.1 根据组成分类 (160)

1.1.1 简单蛋白 (160)

1.1.2 结合蛋白 (160)

1.2 根据蛋白质分子形状分类 (161)

1.3 根据生物活性分类 (161)

2 蛋白质的重要性质 (162)

2.1 蛋白质是高分子有机物 (162)

2.1.1 沉降常数 (162)

2.1.2 摩擦系数 (163)

2.1.3 扩散常数 (163)

2.1.4 微分比容 (163)

2.1.5 斯托克斯 (Stokes) 半径 (163)

2.1.6 溶液粘度 (164)

2.2 蛋白质的两性离解 (164)

2.3 蛋白质的变性与凝固 (165)

2.3.1	变性与凝固的概念	(165)
2.3.2	变性的因素及机理	(165)
2.3.3	变性蛋白质的特征	(166)
2.3.4	抗变性手段	(167)
2.3.5	变性的可逆性	(167)
2.4	蛋白质的变构作用 (Allostery)	(168)
2.5	蛋白质的沉淀作用	(169)
2.6	蛋白质的水解	(170)

3 蛋白质的制备及分离纯化

3.1	原料的选择	(171)
3.2	前处理	(171)
3.2.1	细胞的破碎	(171)
3.2.1.1	机械方法	(172)
3.2.1.2	物理方法	(172)
3.2.1.2.1	反复冻融法	(172)
3.2.1.2.2	冷热交替法	(172)
3.2.1.2.3	超声波法	(172)
3.2.1.2.4	加压破碎法	(172)
3.2.1.3	化学及生物化学方法	(172)
3.2.1.3.1	有机溶媒法	(172)
3.2.1.3.2	自溶法	(172)
3.2.1.3.3	酶法	(173)
3.2.1.3.4	表面活性剂处理	(173)
3.2.2	细胞器的分离	(173)
3.3	提取	(174)
3.3.1	概述	(174)
3.3.2	水溶液提取	(175)
3.3.2.1	盐浓度	(175)
3.3.2.2	pH值	(176)
3.3.2.3	温度	(176)
3.3.3	有机溶剂提取	(176)
3.3.4	表面活性剂的利用	(176)
3.3.5	对提取物的保护	(177)
3.4	分离纯化	(177)
3.4.1	概述	(177)
3.4.1.1	核酸沉淀法	(178)
3.4.1.2	醋酸铅沉淀法	(178)
3.4.1.3	调pH值或加热沉淀法	(178)
3.4.1.4	选择性变性法	(178)

3.4.1.5 透析法	(178)
3.4.2 利用溶解度不同的纯化方法	(178)
3.4.2.1 盐析法	(178)
3.4.2.1.1 原理	(178)
3.4.2.1.2 盐的选择	(179)
3.4.2.1.3 硫酸铵饱和度算法及加入方式	(179)
3.4.2.1.4 盐析时注意的几个问题	(180)
3.4.2.2 有机溶剂分离纯化法	(182)
3.4.3 利用分子形状和大小不同的分离方法	(183)
3.4.3.1 凝胶层析	(183)
3.4.3.1.1 原理	(184)
3.4.3.1.2 凝胶层析中常用的凝胶	(185)
3.4.3.1.3 实验技术	(189)
3.4.3.1.4 影响凝胶层析的因素	(191)
3.4.3.1.5 防止微生物污染凝胶的方法	(193)
3.4.3.1.6 凝胶的再生和干燥	(193)
3.4.3.2 超滤法	(194)
3.4.4 利用电离性质不同的分离方法	(194)
3.4.4.1 离子交换层析	(194)
3.4.4.1.1 概述	(194)
3.4.4.1.2 离子交换纤维素	(195)
3.4.4.2 电泳	(203)
3.4.4.2.1 原理	(204)
3.4.4.2.2 聚丙烯酰胺凝胶电泳	(206)
3.4.4.2.3 转移电泳	(211)
3.4.4.2.4 等电点聚焦技术	(213)
3.4.4.2.5 层析聚焦技术	(216)
3.4.4.2.6 其他电泳	(217)
3.4.4.3 等电点沉淀	(217)
3.4.5 利用生物功能专一性的纯化方法	(218)
3.4.5.1 亲和层析	(218)
3.4.5.1.1 基本原理	(219)
3.4.5.1.2 操作	(221)
3.4.6 高效液相层析	(226)
3.4.6.1 色谱填料	(226)
3.4.6.1.1 凝胶过滤色谱	(226)
3.4.6.1.2 离子交换色谱	(227)
3.4.6.1.3 反相色谱	(227)
3.4.6.1.4 其他类型填料	(227)
3.4.6.2 反相键合相 (Reverse Phase-Bonded Phase) 载体分离蛋白质、肽及氨基酸	(229)
3.4.6.2.1 移动相的选择	(229)

3.4.6.3	PTH-氨基酸的HPLC	(230)
3.4.6.4	适用于蛋白质分离的溶剂驱动泵	(231)
3.5	浓缩	(233)
3.5.1	蒸发法	(234)
3.5.1.1	薄膜蒸发浓缩	(234)
3.5.1.2	减压加温蒸发浓缩	(235)
3.5.1.3	空气流动蒸发浓缩	(235)
3.5.2	冰冻法	(235)
3.5.3	吸收法	(235)
3.6	结晶	(236)
3.6.1	晶体的一般性质	(236)
3.6.2	蛋白质和酶结晶的条件	(236)
3.6.2.1	纯度	(236)
3.6.2.2	浓度	(236)
3.6.2.3	pH值	(237)
3.6.2.4	温度	(237)
3.6.2.5	晶种	(237)
3.6.2.6	金属离子	(237)
3.6.2.7	结晶时间	(237)
3.6.3	结晶方法	(237)
3.6.3.1	盐析法	(237)
3.6.3.1.1	加固体盐法	(237)
3.6.3.1.2	加饱和盐溶液法	(238)
3.6.3.1.3	透析法	(238)
3.6.3.2	有机溶剂法	(238)
3.6.3.3	等电点法	(238)
3.6.3.4	脱盐结晶法	(238)
3.6.3.5	加金属离子结晶法	(238)
3.7	干燥	(238)
3.7.1	真空干燥	(239)
3.7.2	冷冻真空干燥	(239)
3.7.3	喷雾干燥	(239)
3.8	样品贮藏保存	(240)
3.8.1	干态贮藏	(240)
3.8.2	液态贮藏	(240)
3.9	蛋白质纯度	(240)
4	蛋白质的化学结构	(241)
4.1	概要	(241)
4.2	蛋白质的一级结构	(243)
4.2.1	氨基酸组成	(244)

4.2.2 末端分析	(244)
4.2.2.1 N-末端分析	(244)
4.2.2.1.1 DNS-Cl法	(244)
4.2.2.1.2 DABITC法	(246)
4.2.2.1.3 DNFB (2,4-二硝基氟苯) 法	(247)
4.2.2.1.4 PITC (苯基异硫氰酸酯) 法	(248)
4.2.2.1.5 氨肽酶法	(248)
4.2.2.2 C-末端分析法	(248)
4.2.2.2.1 肼解法	(248)
4.2.2.2.2 羧肽酶法	(249)
4.2.2.2.3 乙内酰硫脲法	(250)
4.2.2.2.4 C端选择性H ³ 标记法	(250)
4.2.3 蛋白质亚单位的拆离	(251)
4.2.3.1 过甲酸氧化法	(251)
4.2.3.2 还原法	(252)
4.2.4 蛋白质或肽的裂解	(252)
4.2.4.1 酶解法	(252)
4.2.4.1.1 酶解前蛋白质的处理	(252)
4.2.4.1.2 测定酶解速度的方法	(253)
4.2.4.1.3 胰蛋白酶酶解	(253)
4.2.4.1.4 “Glu”蛋白酶酶解	(255)
4.2.4.1.5 胰凝乳蛋白酶 (Chymotrypsin)	(255)
4.2.4.1.6 胃蛋白酶 (Pepsin)	(255)
4.2.4.1.7 嗜热菌蛋白酶 (Thermolysin)	(256)
4.2.4.1.8 其他蛋白酶解	(256)
4.2.4.2 化学降解法	(256)
4.2.4.2.1 溴化氰降解	(256)
4.2.4.2.2 蛋白质中色氨酸的降解	(257)
4.2.4.2.3 羟胺降解法	(258)
4.2.4.2.4 部分酸水解	(259)
4.2.5 蛋白质或多肽的微量顺序测定	(259)
4.2.5.1 手工Edman降解	(259)
4.2.5.2 DNS-Edman降解	(263)
4.2.5.3 DABITC/PITC双偶合法	(264)
4.2.5.4 固相法测定顺序	(266)
4.2.5.4.1 固定相的一般过程	(266)
4.2.5.4.2 固相法所用的树脂	(266)
4.2.5.4.3 接肽方法	(266)
4.2.6 质谱 (MS) 测定	(269)
4.2.7 一级结构与生物功能	(270)
4.2.7.1 一级结构与生物进化	(271)
4.2.7.2 一级结构与分子病	(272)

4.3 蛋白质的空间构象.....	(273)
4.3.1 二级结构	(273)
4.3.1.1 α -螺旋结构.....	(273)
4.3.1.2 β -折叠结构.....	(274)
4.3.2 三级结构	(275)
4.3.2.1 超二级结构	(275)
4.3.2.2 三级结构决定于一级结构	(277)
4.3.3 空间构象与生物功能	(277)
4.3.4 四级结构	(278)
4.3.4.1 蛋白质的缔合	(278)
4.3.4.2 蛋白质分子中的化学键	(278)
4.3.4.2.1 疏水作用	(279)
4.3.4.2.2 氢键	(280)
4.3.4.2.3 盐键	(280)
4.3.5 蛋白质的三维结构.....	(280)
4.3.5.1 结构具有明显的择优性	(281)
4.3.5.2 三维结构与蛋白质功能	(282)
4.3.5.3 X射线衍射对蛋白质三维结构的分析	(282)
4.3.5.3.1 多对同晶型置换法	(283)
4.3.5.3.2 一些其他方法	(285)
4.3.5.3.3 结构测定的一般步骤	(286)
[5] 蛋白质的合成	(288)
第四章 酶	(292)
[1] 概论	(292)
1.1 酶的概念	(292)
1.2 命名	(292)
1.3 分类	(293)
1.4 酶的化学性质和结构.....	(293)
1.4.1 酶的化学本质	(294)
1.4.2 酶蛋白的结构	(294)
1.4.3 辅酶的结构和功能	(297)
1.5 酶的特性及催化功能.....	(297)
1.5.1 酶作用的专一性(特异性)	(297)
1.5.2 酶催化作用及催化原理	(297)
1.6 酶的结构和功能	(298)
1.6.1 酶的活性位	(298)
1.6.2 酶与底物的络合及活性位的测定	(299)
1.6.3 活性中心与必需基团	(302)