

党的十九大对优先发展教育事业，加快教育现代化，办好人民满意的教育作出了重要部署，对发展职业教育提出了新的要求——完善职业教育和培训体系，加快实现职业教育的现代化，深化体制机制改革，加强师德建设，深化产教融合、校企合作，提升职业教育开放水平和影响力。为我国新时代职业教育和继续教育指明了方向，明确了任务。

科学出版社深入贯彻党的十九大精神，积极落实教育部最新《中等职业学校专业教学标准（试行）》要求，并结合我国医药职业院校当前的教学需求，组织全国多家医药职业院校编写了本套“全国中等职业教育数字化课程建设规划教材”。本套教材具有以下特点。

1. 新形态教材 本套教材是以纸质教材为核心，通过互联网尤其是移动互联网，将各类教学资源与纸质教材相融合的一种新形态教材。读者可通过“爱一课”互动教学平台，用手机扫描书页，快速实现图片、音频、视频、3D模型、课件等多种形式教学资源的共享，并可在线浏览重点、考点及对应习题，促进教学活动的高效开展。

2. 对接岗位需求 本套教材中依据科目的需要，增设了大量的案例和实训、实验及护理操作视频，以期让学生尽早了解护理工作内容，培养学生学习兴趣和岗位适应能力。教材中知识链接的设置，旨在扩大学生知识面，鼓励学生探索钻研专业知识，不断进步，更好地对接岗位需求。

3. 切合护考大纲 本套教材紧扣最新《护士执业资格考试大纲（试行）》的相关标准，清晰标注考点，并针对每个考点配以试题及相应解析，便于学生巩固所学知识，及早与护考接轨，适应临床护理岗位需求。

本教材的编写特色主要体现在“新”、“实”、“全”三个方面。具体特点如下：

1. “新” 体现在教材内容的更新、教材体例的创新。作为医学基础课程，学生在学习过程中普遍感到难度较大、抽象、难理解。本书在正文中增设“案例”，通过日常生活中的“案例”引出问题，使学生对即将讲授的知识产生兴趣。

2. “实” 体现在正文中增设了“知识链接”、“考点”。“知识链接”扩充了学生的知识面；“考点”明确了学习的重点和难点，为以后的资格考试打下坚实的基础。

3. “全” 不仅体现在本书正文后增设了“自测题”，方便了学生对章节内容的掌握；更体现在本书同时配套了PPT，为师生提供丰富的教学资源。

本版教材在编写过程中得到了各位编者及其所在院校的大力支持，编者均能以严谨、勤勉的态度开展工作，确保了教材的编写速度与质量，在此一并表示衷心的感谢。

由于时间仓促，水平有限，书中难免有错误及不足之处，恳请同行、专家和广大师生予以批评、指正，提出宝贵意见，使本书日臻完善，不胜感激。

<p>第 1 章 绪论 1</p> <p> 第 1 节 生物化学的概念、研究内容与发展概况 1</p> <p> 第 2 节 生物化学在临床的应用 2</p> <p>第 2 章 蛋白质的结构与功能 5</p> <p> 第 1 节 蛋白质的分子组成 5</p> <p> 第 2 节 蛋白质的分子结构与功能 7</p> <p> 第 3 节 蛋白质的理化性质和分类 9</p> <p>第 3 章 核酸的结构与功能 14</p> <p> 第 1 节 核酸的分子组成 14</p> <p> 第 2 节 核酸的分子结构 16</p> <p>第 4 章 酶 22</p> <p> 第 1 节 概述 22</p> <p> 第 2 节 酶的结构与功能 24</p> <p> 第 3 节 影响酶促反应的因素 27</p> <p> 第 4 节 酶与医学的关系 31</p> <p>第 5 章 维生素 34</p> <p> 第 1 节 概述 34</p> <p> 第 2 节 脂溶性维生素 34</p> <p> 第 3 节 水溶性维生素 36</p> <p>第 6 章 生物氧化 40</p> <p> 第 1 节 概述 40</p> <p> 第 2 节 生成 ATP 的氧化体系 40</p> <p> 第 3 节 二氧化碳的生成 43</p> <p>第 7 章 糖代谢 44</p> <p> 第 1 节 概述 44</p> <p> 第 2 节 糖的分解代谢 45</p> <p> 第 3 节 糖原的合成与分解 49</p> <p> 第 4 节 糖异生作用 50</p> <p> 第 5 节 血糖 50</p>	<p>第 8 章 脂类代谢 53</p> <p> 第 1 节 概述 53</p> <p> 第 2 节 三酰甘油代谢 54</p> <p> 第 3 节 类脂代谢 58</p> <p> 第 4 节 血脂与血浆脂蛋白 60</p> <p>第 9 章 氨基酸代谢 65</p> <p> 第 1 节 蛋白质的营养作用 65</p> <p> 第 2 节 氨基酸的一般代谢 67</p> <p> 第 3 节 个别氨基酸的代谢 72</p> <p> 第 4 节 糖、脂类、蛋白质在代谢上的联系 76</p> <p>第 10 章 核酸代谢与蛋白质的生物合成 79</p> <p> 第 1 节 核苷酸代谢 79</p> <p> 第 2 节 核酸的生物合成 82</p> <p> 第 3 节 蛋白质的生物合成 85</p> <p>第 11 章 肝脏生物化学 92</p> <p> 第 1 节 肝脏在物质代谢中的作用 92</p> <p> 第 2 节 肝脏的生物转化作用 93</p> <p> 第 3 节 胆汁酸代谢 96</p> <p> 第 4 节 胆色素的代谢 98</p> <p> 第 5 节 常用肝功能实验及临床应用 102</p> <p>第 12 章 水和无机盐代谢 106</p> <p> 第 1 节 体液 106</p> <p> 第 2 节 水代谢 108</p> <p> 第 3 节 无机盐代谢 109</p> <p>第 13 章 酸碱平衡 116</p> <p> 第 1 节 酸碱物质的来源 116</p> <p> 第 2 节 酸碱平衡的调节 116</p> <p> 第 3 节 酸碱平衡失调 119</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

实验指导	121
实验一 影响酶促反应的因素	121
实验二 分光光度计原理及使用	122
实验三 血糖浓度的测定	123
实验四 ALT 活性测定 (赖氏法)	125

参考文献	127
------------	-----

教学基本要求	128
--------------	-----

自测题参考答案	132
---------------	-----

第 1 节 生物化学的概念、研究内容与发展概况

一、生物化学的概念

生物化学是研究生命的化学，它主要采用化学、物理学、生理学及免疫学等原理和方法，研究生物体的化学组成、结构与功能的关系及生物体内发生的化学变化。生物化学从分子水平上阐明各种生命现象的化学基础，深度揭示生命的奥秘。因此，生物化学又称为“生命的化学”。

生物化学是生命科学中的一门重要学科，是十分重要的基础医学课程。生物化学的研究对象是生物，医学生物化学是以人体为主要研究对象，其任务是为提高人类的健康水平、预防和治疗疾病提供理论基础和技术手段。

二、生物化学的研究内容

当代生物化学研究的主要内容概括如下。

1. 生物体的分子结构与功能 生物体由无机物、小分子有机物和生物大分子组成。无机物如水和无机盐；小分子有机物如多种有机酸、有机胺、维生素、单糖、氨基酸、核苷酸等；生物大分子的种类繁多，结构复杂，功能各异，主要包括蛋白质、核酸、多糖、复合糖类及复合脂类等。生物大分子是由基本结构单位按一定顺序和方式连接而形成的，并且具有特定的空间构象和特异的生物学功能。例如，蛋白质是由氨基酸通过肽键连接形成的多聚体，是生命的物质基础；核酸是由核苷酸通过磷酸二酯键连接形成的多聚体，是遗传的物质基础。

2. 物质代谢及其调节 生物体与周围环境之间进行物质交换和能量交换以实现自我更新的过程，称为新陈代谢。新陈代谢是生命的基本特征之一，包括物质代谢和能量代谢。物质代谢包括合成代谢与分解代谢，几乎都是经一系列酶催化完成的代谢途径，正常的物质代谢是正常生命活动的必要条件；能量代谢是指伴随物质代谢中的能量释放、转移和利用。机体通过物质的合成代谢维持其生长、发育、更新和修复，通过分解代谢产生能量并排除废物，机体内存在一整套精细、完善的调节机制，若物质代谢发生紊乱或调节失控可引起疾病。

3. 基因信息传递及其调控 生物体具有繁殖能力和遗传特性。核酸是遗传的物质基础，分为 DNA 和 RNA 两大类。DNA 是遗传信息的载体，基因是 DNA 分子中可表达的功能片段，RNA 参与遗传信息表达的各个过程。基因信息的传递涉及遗传、变异、生长、发育与分化等诸多生命过程，也与遗传性疾病、恶性肿瘤、心血管疾病、免疫缺陷性疾病等多种疾病的发病机制有关。基因信息的研究在生命科学中的作用越显重要。

三、生物化学的发展概况

(一) 古代生物化学在实践中的应用

在远古时代,我国劳动人民积累了不少生物化学方面的知识,并应用在生产、医疗和营养方面的实践中。如用粮食、大豆等原料酿酒,运用酶的作用制造酱、醋、饴糖等食品;在医药方面,用海藻(含碘)治疗“癭病”(甲状腺肿);用富含维生素 B_1 的草药治疗“脚气病”;用富含维生素A的猪肝治疗“夜盲症”等。

(二) 近代生物化学的发展历程

近代生物化学发展历程大致可分为3个阶段:初期阶段、蓬勃发展阶段和分子生物学时期。

1. 初期阶段 18世纪中期至20世纪初期,又称为叙述生物化学阶段。这一阶段主要研究了生物体的化学组成,对糖类、脂类、氨基酸的性质进行了较为系统的研究,奠定了酶学基础,发现了核酸并确定了相应的结构,合成了简单的多肽等。

2. 蓬勃发展阶段 20世纪初期至50年代,又称为动态生物化学阶段。这一阶段,在营养、内分泌、酶学方面,尤其是在物质代谢等方面的研究取得了巨大成就,发现了必需氨基酸、必需脂肪酸、多种维生素、微量元素等营养必需物质,基本确定了体内主要物质的代谢途径和DNA是遗传的物质基础。

3. 分子生物学时期 20世纪50年代以后,即分子生物学时期。这一阶段重点研究了蛋白质与核酸等生物大分子的结构与功能、物质代谢与调节、基因表达与调控,并取得了举世瞩目的成果。50年代提出了DNA双螺旋结构模型,为揭示遗传信息的传递规律奠定了基础;60年代初步确定了遗传信息传递的中心法则,找到了破解生命之谜的钥匙;70年代,重组DNA技术建立,促进了临床疾病的基因诊断和基因治疗;90年代开始实施人类基因组计划,这一工程的完成为人类破解生命之谜奠定了坚实的基础。

中国科学家对生物化学做出了重要的贡献。20世纪20至30年代,我国生物化学家吴宪等对营养学、临床生物化学等方面的研究做出了重大贡献。在蛋白质化学的研究方面,吴宪提出了国际公认的蛋白质变性学说;1965年我国科学家在世界上首次人工合成了具有生物活性的蛋白质——结晶牛胰岛素;1981年又成功合成了酵母丙氨酸转移核糖核酸。近年来,我国在基因工程、蛋白质工程、疾病相关基因的定位、人类基因组计划及新基因的克隆与功能研究等方面取得了重要成果。我国的生物化学研究正迅速向国际先进水平迈进。

第2节 生物化学在临床的应用

近年来生物化学发展迅猛,其理论和技术已渗透到基础医学和临床医学的各个领域,并随之产生了许多交叉学科和边缘学科,如分子生物学、分子遗传学、分子免疫学、分子病理学、分子药理学、分子微生物学、分子流行病学、神经分子生物学、发育分子生物学、细胞分子生物学、衰老分子生物学、肿瘤分子生物学、免疫化学、生物工程学、生物信息学等。生物化学已成为生命科学共同语言。

生物化学是以化学、数学等学科为基础发展起来的,是生物科学的重要分支,也是联系生物学各学科的桥梁;是临床医学、预防医学、农业科学的基础;与食品科学关系密切;同时,生物

化学原理应用于能源生产工程 and 环境保护；生物化学也加速了生物产业的崛起。

生物化学与分子生物学极大地促进了医学各学科的发展。临床生物化学就是在人体正常的生物化学代谢的基础上，探讨疾病的发病机制，研究疾病状态下，其病理过程中出现的特异性化学标志物或体内特定成分的改变，从而为疾病的临床实验诊断、治疗监测、药物疗效、预后判断和疾病预防等方面提供信息和决策依据的一门学科。

一、生物化学与生理功能

生物化学从探讨体内的物质组成、代谢规律和调节机制的层面上阐明了机体的生理功能。当机体受到创伤、感染、悲哀、恐惧、噪声等因素刺激时，体内代谢的各种化学反应表现出与体内生理活动相适应的功能反应，如物质分解代谢加快、血糖升高、能耗增加、水盐代谢紊乱等一系列异常变化。

二、生物化学与健康

生物化学为认识疾病和维持健康提供了理论基础；它从分子水平上阐述了健康理念，提出了有益于健康、预防疾病的有效措施；运用营养生物化学知识，有效指导人们通过合理营养和膳食，去抵御疾病，延缓衰老和维持健康；利用生物技术和基因工程生产出有药用价值的胰岛素、蛋白质、生长素、干扰素和乙肝疫苗等生物制品。

三、生物化学与疾病

营养素的代谢与一些疾病的发病机制密切相关，是营养学的基础；蛋白质和核酸的分子结构及其在体内的生物合成、遗传信息的表达，对于肿瘤的防治、毒物的毒理作用、免疫功能障碍及病原微生物研究都是必备的知识。通过生物化学可以在分子水平上探讨疾病的病因及发病机制，做出诊断和寻求防治的方法，如对疾病的基因诊断和基因治疗；阐明肿瘤、心血管疾病、遗传性疾病、神经系统及免疫性疾病的发生、发展及转归，并用于早期诊断和有效防治；借助临床生物化学检验，辅助疾病诊断。

学习和掌握生物化学的基础知识和基本技能，目的在于运用生物化学的基本知识去分析和解决问题，为以后学习基础医学、药学、临床医学等各专业课程奠定坚实的基础，对进一步理解人体功能，维持机体健康，认识疾病本质，探讨疾病的预防、诊断及治疗具有重要的意义。

学习生物化学首先要树立信心，掌握科学的学习方法，运用所学知识理解学习过程中遇到的问题。重点掌握物质代谢特点、反应条件、生理意义、生化机制等。在理解的基础上记忆，提高学习效率。坚持做好课前预习和课后复习，就会收到事半功倍的效果。遇到困难及时解决，不回避、不等待，以免给自己造成更大的困难。



小结

生物化学是研究生命的化学，它主要采用化学、物理学、生理学及免疫学等原理和方法，研究生物体的化学组成、结构与功能的关系及生物体内发生的化学变化。生物化学的研究对象是生物，而医学生物化学以人体为主要研究对象，其任务是为提高人类的健康水平、

预防和治疗疾病提供理论基础和技术手段。

生物化学研究的主要内容概括为生物体的分子结构与功能、物质代谢及其调节、基因信息传递及其调控。

近代生物化学发展历程大致可分为3个阶段：初期阶段、蓬勃发展阶段和分子生物学时期。生物化学的理论和技術已渗透到基础医学和临床医学的各个领域，并随之产生了许多交叉学科和边缘学科。生物化学为疾病的临床实验诊断、治疗监测、药物疗效、预后判断和疾病预防等方面提供信息和决策依据。

自测题



一、填空题

1. 医学领域中，生物化学主要是以_____为研究对象，故又称_____。
2. 生物化学发展的三个阶段是_____、_____和_____。
3. 我国生物化学家吴宪在蛋白质研究中提出了_____学说。
4. 古代医学家用猪肝治疗_____，实际上是利用猪肝含丰富的_____。

二、选择题

1. 生物化学是在什么水平上研究生命现象的科学（ ）
 - A. 整体水平
 - B. 分子水平
 - C. 细胞水平
 - D. 器官水平
2. 关于生物化学的概念正确的是（ ）
 - A. 研究生物体的化学组成、结构与功能的关系及生物体内发生的化学变化的科学
 - B. 生理学中讨论化学变化的部分
 - C. 研究生物体的化学组成和结构的科学
 - D. 研究与生命现象有关的有机化合物
3. 我国近代生物化学的奠基人是（ ）
 - A. 拉瓦锡
 - B. 吴宪
 - C. 谢利
 - D. 李比希
4. 1965年我国科学家首先合成的具有生物活性的蛋白质是（ ）
 - A. RNA聚合酶
 - B. 牛胰岛素

C. 人胰岛素基因

D. 酵母丙氨酸转运核糖核酸

5. 生物化学研究的一项重要任务是（ ）

A. 研究生物化学

B. 研究物质不灭定律

C. 阐明激素作用机制

D. 阐明生物体内新陈代谢的规律及其与生命活动的关系

6. 1981年我国人工合成的核酸是（ ）

A. 酵母丙氨酸转运核糖核酸

B. 珠蛋白 mRNA

C. 质粒 DNA

D. 酵母精氨酸 tRNA

7. 我国在古代用海带治疗的疾病是（ ）

A. 佝偻病

B. 脚气病

C. 瘰病

D. 消化不良

8. 医学生物化学中探讨人体物质组成、结构与性质的内容属于（ ）

A. 动态生化

B. 临床生化

C. 形态生化

D. 叙述生化

三、问答题

1. 说出生物化学的概念。
2. 说出生物化学的研究内容。
3. 试述生物化学与其他各学科之间的关系。
4. 怎样学好生物化学这门基础医学课程？

(高怀军)

第2章

蛋白质的结构与功能

蛋白质是生活细胞内含量最丰富、功能最复杂的生物大分子，并参与了几乎所有的生命活动和生命过程，是生命活动的主要承担者。如调节功能（激素）、催化功能（酶）、运输功能（血红蛋白）、保护和免疫功能（凝血酶原和免疫蛋白）、收缩和运动功能（肌肉蛋白）及生长、发育、繁殖和遗传等。因此，蛋白质是生命的物质基础。

第1节 蛋白质的分子组成

案例 2-1

2008年中国奶制品污染事件是一起重大的食品安全事故。事故起因是很多食用三鹿集团生产的奶粉的婴儿被发现患有肾结石，随后在其奶粉中被发现三聚氰胺，三聚氰胺事件自此曝光。

为什么三聚氰胺会出现在奶制品中？

一、蛋白质的元素组成

（一）蛋白质的元素组成

尽管蛋白质的种类繁多，结构各异，但元素组成相似，主要有碳（50%~55%）、氢（6%~8%）、氧（19%~24%）、氮（13%~19%）和硫（0~4%）。有些蛋白质还含有少量磷或金属元素铁、铜、锌、锰、钴、钼等，个别蛋白质还含有碘。

（二）蛋白质元素组成特点

各种蛋白质的含氮量很接近，平均为16%，即100g蛋白质平均含氮约16g，则1g氮相当于6.25g蛋白质。由于蛋白质是体内的主要含氮物质，因此测定生物样品的含氮量就可按下式推算出蛋白质大致含量。

每克样品含氮克数 $\times 6.25 \times 100 = 100\text{g}$ 样品中蛋白质含量（g%）

知识链接

三聚氰胺（ $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$ ）俗称密胺，分子式含氮量为66%左右，是一种化工原料。由于蛋白质的含量检测，通常采用凯氏定氮法测出食品中的含氮量，推算出其中的蛋白质含量。这种方法无法区分氮元素的来源，因而三聚氰胺常被不法商人添加到食品中，以提升食品检测中的蛋白质含量。

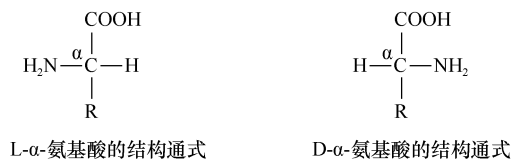
（考点：蛋白质的元素组成及计算样品中蛋白质含量）

二、蛋白质的基本组成单位——氨基酸

蛋白质在酸、碱或蛋白酶的作用下彻底水解的终产物是氨基酸，因此氨基酸是蛋白质的基本组成单位。

(一) 氨基酸的结构特点

存在于自然界中的氨基酸有 300 余种，但被生物体直接用于合成蛋白质的仅有 20 种，且均属 L- α -氨基酸（甘氨酸除外）。



结构式居中的 α -碳原子连接着四个集团，分别是氨基、羧基、氢和侧链 R，为不对称碳原子（甘氨酸除外），其侧链 R 不同表示不同的氨基酸。

（考点：氨基酸的结构通式及特点）

(二) 氨基酸的分类

20 种氨基酸根据其侧链的结构和理化性质可分成四类：非极性疏水性侧链氨基酸、极性中性侧链氨基酸，酸性侧链氨基酸和碱性侧链氨基酸（表 2-1）。

表 2-1 组成蛋白质的 20 种氨基酸及分类

中文名	英文名	三字符号	等电点 pI
1. 非极性疏水性侧链氨基酸			
甘氨酸	glycine	Gty	5.97
丙氨酸	alanine	Ala	6.00
缬氨酸	valine	Val	5.96
亮氨酸	leucine	Leu	5.98
异亮氨酸	isoleucine	Ile	6.02
苯丙氨酸	phenylalanine	Phe	5.48
脯氨酸	proline	Pro	6.30
2. 极性中性侧链氨基酸			
色氨酸	tryptophan	Trp	5.89
丝氨酸	serine	Ser	5.68
酪氨酸	tyrosine	Tyr	5.66
半胱氨酸	cysteine	Cys	5.07
甲硫氨酸	methionine	Met	5.74
天冬酰胺	asparagine	Asn	5.41
谷氨酰胺	glutamine	Gln	5.65
苏氨酸	threonine	Thr	5.60

续表

中文名	英文名	三字符号	等电点 pI
3. 酸性侧链氨基酸			
天冬氨酸	aspartic acid	Asp	2.97
谷氨酸	glutamic acid	Glu	3.22
4. 碱性侧链氨基酸			
组氨酸	histidine	His	7.59
赖氨酸	lysine	Lys	9.74
精氨酸	arginine	Arg	10.76

第2节 蛋白质的分子结构与功能

蛋白质是由许多氨基酸通过肽键连接而成的生物大分子。1952年丹麦科学家 Linderstrom-Lang 建议将蛋白质复杂的分子结构分成4个层次,即一级、二级、三级、四级结构,一级结构又称基本结构,后三者统称为空间结构或空间构象。

一、蛋白质的基本结构

(一) 肽键和肽

1. 肽键 肽键是一个氨基酸的羧基与另一个氨基酸的氨基脱水缩合所形成的化学键(图2-1)。

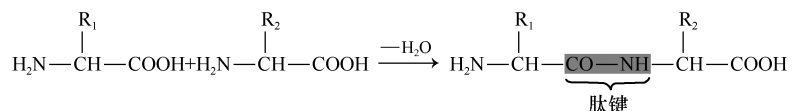


图2-1 肽键与肽

肽键是蛋白质分子中的主要共价键。

2. 肽 氨基酸通过肽键相连而成的化合物称为肽。由2个氨基酸缩合形成的肽称二肽,由3个氨基酸缩合形成的肽称三肽,以此类推。一般不足10个氨基酸缩合形成的肽称寡肽,10个以上氨基酸缩合形成的肽称多肽。肽链中的氨基酸分子因脱水缩合而基团不全,称为氨基酸残基,在多肽链中自由氨基末端称为氨基末端(N-端),自由羧基末端称为羧基末端(C-端),多肽链的命名从N-端指向C-端。书写多肽的简式时,N-端写在左侧用H-表示,C-端写在右侧用-OH表示。例如谷胱甘肽的简式H-谷-胱-甘-OH。

(二) 蛋白质的一级结构

蛋白质的一级结构是指多肽链中氨基酸的数目、种类和排列顺序。主要化学键是肽键,此外还有二硫键。一级结构又称蛋白质的基本结构。

牛胰岛素是第一个被测定一级结构的蛋白质分子,它有2条多肽链,A链有21个氨基酸残基,B链有30个氨基酸残基,两链由2个二硫键相连(图2-2)。

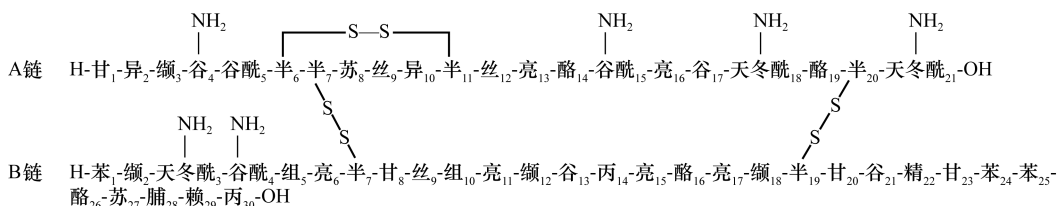


图 2-2 牛胰岛素的一级结构

(考点: 蛋白质一级结构概念及主要化学键)

知识链接

1955年英国F.Sanger小组测定了牛胰岛素的全部氨基酸序列,开辟了人类认识蛋白质分子化学结构的道路。因此他于1958年获得诺贝尔化学奖。1965年9月17日,中国科学家人工合成了具有全部生物活力的结晶牛胰岛素,它是第一个在实验室中用人工方法合成的蛋白质,中国科学家依靠集体的智慧和力量,摘取了第一项人工合成蛋白质的桂冠。

二、蛋白质的空间结构**(一) 蛋白质的二级结构**

蛋白质的二级结构是指多肽链的主链骨架在各个局部折叠、盘曲而形成的空间结构,并不涉及氨基酸残基侧链的构象。蛋白质二级结构的主要形式有 α -螺旋、 β -折叠、 β -转角和无规卷曲。维系二级结构的化学键主要是氢键。

1. α -螺旋 多肽链主链围绕中心轴沿着顺时针方向有规律的盘曲成螺旋结构称 α -螺旋。
2. β -折叠 肽键平面之间折叠成锯齿状结构称 β -折叠。
3. β -转角 指多肽链出现的 180° 回折部分称 β -转角。
4. 无规卷曲 指多肽链中没有确定规律性的松散区段的构象称为无规卷曲。

知识链接

疯牛病是由朊病毒蛋白引起的一组人和动物神经的退行性病变,这类疾病具有传染性、遗传性或散在发病的特点。病因是朊病毒蛋白分子二级结构由 α -螺旋转变为 β -折叠所致。

(考点: 维系四级结构的化学键)

(二) 蛋白质的三级结构

蛋白质的三级结构是指在二级结构基础上多肽链中所有原子包括主链和侧链进一步折叠、盘曲而成的空间结构。维系三级结构稳定的化学键主要是侧链集团相互作用生成的各种次级键。只有一条肽链的蛋白质,三级结构是其最高级的结构,单链蛋白质分子必须具备三级结构才有生物学活性。

(三) 蛋白质的四级结构

蛋白质的四级结构是指两条以上具有独立三级结构的多肽链之间借非共价键聚合而成的特

定空间结构。每条独立三级结构的多肽链称为蛋白质分子的亚基，亚基可以相同，也可以不同。维系四级结构的非共价键主要是疏水键、范德华力，还有离子键和氢键。具有四级结构的蛋白质，单独的亚基一般没有生物学功能，只有完整的四级结构才有生物学功能。

蛋白质分子一级、二级、三级、四级结构之间的关系见图 2-3。

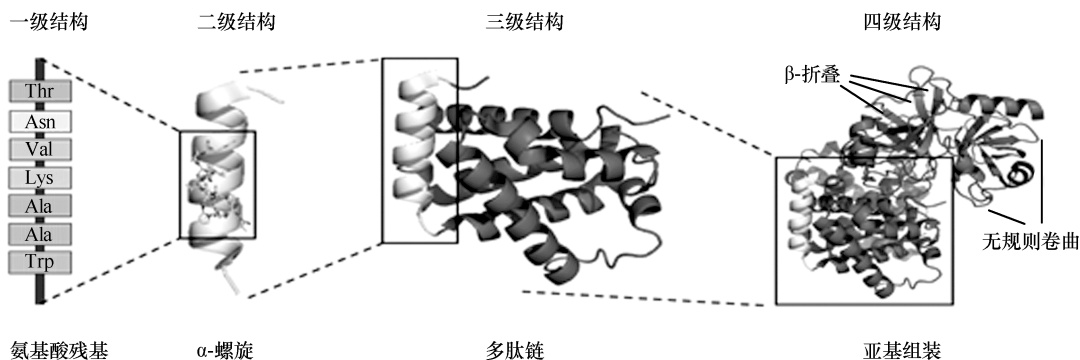


图 2-3 蛋白质一级、二级、三级、四级结构关系

三、蛋白质结构与功能的关系

蛋白质一级结构是空间结构和生物学功能的基础，一级结构决定空间结构，但并非决定空间结构的唯一因素，空间结构是生物活性的直接体现。蛋白质分子结构不同，其生物学功能也不同。

第3节 蛋白质的理化性质和分类

案例 2-2

生活中我们将食物煮熟后食用以便杀菌和容易消化吸收；临床上用碘伏、乙醇消毒患者注射区域的皮肤，用高温、高压、紫外线对医疗器械进行灭菌，抢救重金属盐中毒的患者时，先口服大量牛奶、蛋清然后再催吐或洗胃。

这些做法利用了蛋白质的什么性质特点？

一、蛋白质的两性解离与等电点

蛋白质分子既含有氨基、咪唑基、胍基等碱性基团，能发生碱性解离，成为阳离子；又含有羧基等酸性基团，能发生酸性解离，成为阴离子，所以蛋白质是两性电解质。蛋白质在溶液中以何种离子形式存在取决于溶液的 pH。

当蛋白质溶液处于某一 pH 时，蛋白质解离成正、负离子的趋势相等，即成为兼性离子，净电荷为零，此时溶液的 pH 称为该蛋白质的等电点 (pI) (图 2-4)。当溶液的 $\text{pH} > \text{pI}$ 时，该蛋白质颗粒带负电荷，反之则带正电荷。

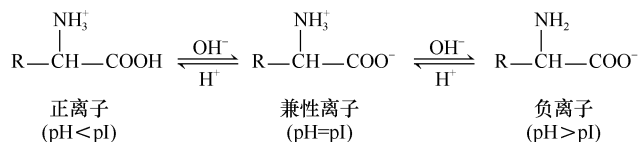


图 2-4 蛋白质的阳离子、兼性离子和阴离子

含酸性氨基酸较多的蛋白质,其等电点偏酸性;含碱性氨基酸较多的蛋白质,其等电点偏碱性。人体血浆中各种蛋白质的等电点不同,但大多数接近于5.0,所以在血浆pH为7.4的环境下,大多数蛋白质解离成阴离子。

知识链接

电泳是指溶液中带电粒子在外电场的作用下向与其电性相反的电极移动的现象。泳动速度取决于带电粒子电荷的多少、分子大小、形状及电场强度等。带电量、分子小者泳动快,反之则慢。

(考点:等电点概念)

二、蛋白质的胶体性质

蛋白质是生物大分子,分子量可自1万~100万之巨,其分子的直径可达1~100nm,为胶体颗粒范围之内,所以其溶液为胶体溶液,具有胶体溶液性质,如不能透过半透膜、扩散速度慢等。

蛋白质分子表面大多为亲水基团,所以其水溶液是稳定的亲水胶体溶液。蛋白质胶体溶液的稳定因素有两个:①蛋白质颗粒表面的水化膜。蛋白质颗粒表面有许多亲水基团,可吸引水分子,使其表面形成一层水化膜,从而阻断蛋白质颗粒的相互聚集,使蛋白质不易聚集沉淀。②蛋白质颗粒表面的同种电荷。在非等电点状态时蛋白质颗粒表面带有一定量的同种电荷,由于同种电荷互相排斥,使蛋白质颗粒不易发生碰撞而聚集沉淀。

蛋白质分子大,不能通过半透膜。将含有小分子杂质的蛋白质溶液放在半透膜制成的袋内,置于蒸馏水或适宜的缓冲液中,小分子杂质从袋内析出,使蛋白质得以纯化。这种用半透膜分离纯化蛋白质的方法称为透析。

知识链接

透析疗法就是利用半透膜原理使血液中的代谢废物和过多的电解质向透析液移动,透析液中的钙离子、碱基等向血液中移动,以减轻症状、维持生命。常用的透析方法有血液透析(人工肾)、腹膜透析、结肠透析及口服透析液。

(考点:蛋白质胶体溶液的稳定因素)

三、蛋白质的沉淀

蛋白质从溶液中析出现象称为蛋白质的沉淀。破坏蛋白质溶液稳定的因素,蛋白质就会发生沉淀。变性的蛋白质易于沉淀,沉淀的蛋白质不一定变性。常用沉淀蛋白质的方法有以下几种。

1. 盐析法 将大量中性盐加入到蛋白质溶液中,使蛋白质脱去水化膜而聚集沉淀。常用的中性盐有硫酸铵、硫酸钠和氯化钠等。盐析法一般不引起蛋白质变性,只需透析除去盐分,即得到纯化的、保留原活性的蛋白质。

2. 有机溶剂沉淀法 将一定量的有机溶剂加入到蛋白质溶液中使蛋白质表面的水化膜破坏,降低蛋白质的电离程度,使蛋白质颗粒容易聚集而沉淀。常用的有机溶剂有甲醇、乙醇和丙酮等。此法易引起蛋白质变性,若在低温下进行仍可保留原有活性。

3. 重金属盐沉淀法 蛋白质在碱性溶液中带负电荷,易与带正电荷的重金属离子(如 Hg^{2+} 、