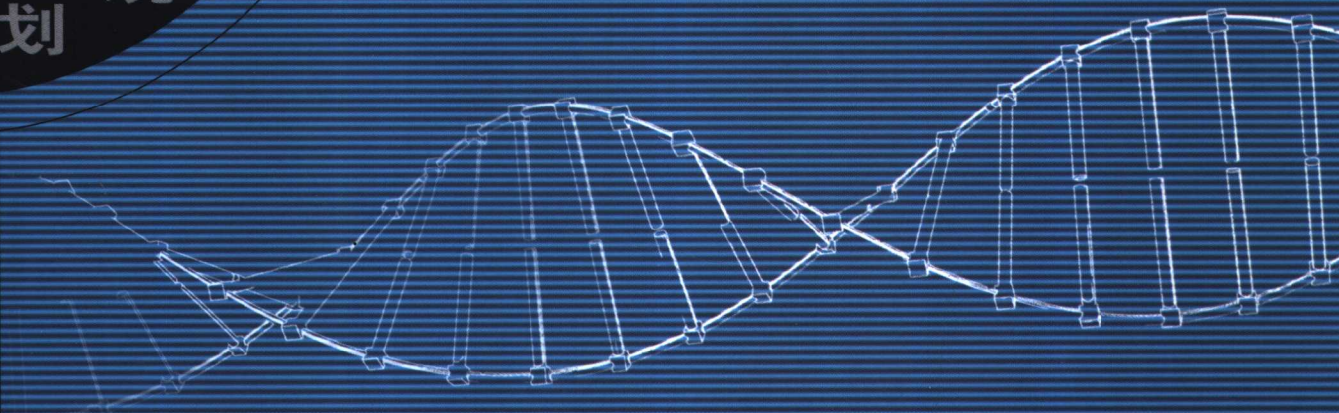




国防科工委「十五」
规划
教材

军用生物技术

●李加荣 庄力霞 编著



北京理工大学出版社

北京航空航天大学出版社

哈尔滨工业大学出版社

西北工业大学出版社

哈尔滨工程大学出版社



国防科工委“十五”规划教材

军用生物技术

李加荣 庄力霞 编著

北京理工大学出版社

北京航空航天大学出版社 西北工业大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

生物技术已经成为国民经济的支柱产业,成为国防建设的重要组成部分。本书系统地阐述了军用生物技术的学科基础和现代生物技术的军事体现。

全书共分 12 章。第一部分是现代生物学基础,简要介绍了生命的物质基础——多糖、蛋白质、核酸和酶等;生命的基本单位——细胞;生物多样性;生命的延续——遗传和变异等。第二部分比较详细地介绍了生物工程技术的定义、发展及其应用;描述了现代典型的军用生物技术,内容包括生物材料、生物传感、生物仿生、纳米生物、生物能源、生物战剂和生物战防护等。

本教材可供从事军事、生命科学和生物工程等研究的科技人员、大专院校师生及相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

军用生物技术/李加荣,庄力霞编著.——北京:北京理工大学出版社,2005.6

国防科工委“十五”规划教材

ISBN 7-5640-0464-9

I. 军… II. ①李…②庄… III. 军事生物学-高等学校-教材

IV. E916

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 029209 号

军 用 生 物 技 术

李加荣 庄力霞 编著

责任编辑 李 俨

责任校对 郑兴玉

北京理工大学出版社出版发行

北京市海淀区中关村南大街 5 号(100081)

电话:010-68914775(办公室) 68944990(发行部)

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

E-mail:chiefedit@bitpress.com.cn

北京圣瑞伦印刷厂印制 各地新华书店经销

开本:787×960 1/16

印张:14.5 字数:285 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

印数:3000 册.

ISBN 7-5640-0464-9 定价:28.00 元

国防科工委“十五”规划教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任：张华祝

副主任：王泽山 陈懋章 屠森林

编 委：王 祁	王文生	王泽山	田 蔚	史仪凯
乔少杰	仲顺安	张华祝	张近乐	张耀春
杨志宏	肖锦清	苏秀华	辛玖林	陈光祜
陈国平	陈懋章	庞思勤	武博祯	金鸿章
贺安之	夏人伟	徐德民	聂 宏	贾宝山
郭黎利	屠森林	崔锐捷	黄文良	葛小春

总 序

国防科技工业是国家战略性产业,是国防现代化的重要工业和技术基础,也是国民经济发展和科学技术现代化的重要推动力量。半个多世纪以来,在党中央、国务院的正确领导和亲切关怀下,国防科技工业广大干部职工在知识的传承、科技的攀登与时代的洗礼中,取得了举世瞩目的辉煌成就。研制、生产了大量武器装备,满足了我军由单一陆军,发展成为包括空军、海军、第二炮兵和其他技术兵种在内的合成军队的需要,特别是在尖端技术方面,成功地掌握了原子弹、氢弹、洲际导弹、人造卫星和核潜艇技术,使我军拥有了一批克敌制胜的高技术武器装备,使我国成为世界上少数几个独立掌握核技术和外层空间技术的国家之一。国防科技工业沿着独立自主、自力更生的发展道路,建立了专业门类基本齐全,科研、试验、生产手段基本配套的国防科技工业体系,奠定了进行国防现代化建设最重要的物质基础;掌握了大量新技术、新工艺,研制了许多新设备、新材料,以“两弹一星”、“神舟”号载人航天为代表的国防尖端技术,大大提高了国家的科技水平和竞争力,使中国在世界高科技领域占有了一席之地。十一届三中全会以来,伴随着改革开放的伟大实践,国防科技工业适时地实行战略转移,大量军工技术转向民用,为发展国民经济做出了重要贡献。

国防科技工业是知识密集型产业,国防科技工业发展中的一切问题归根到底都是人才问题。50多年来,国防科技工业培养和造就了一支以“两弹一星”元勋为代表的优秀的科技人才队伍,他们具有强烈的爱国主义思想和艰苦奋斗、无私奉献的精神,勇挑重担,敢于攻关,为攀登国防科技高峰进行了创造性劳动,成为推动我国科技进步的重要力量。面向新世纪的机遇与挑战,高等院校在培养国防科技人才,生产和传播国防科技新知识、新思想,攻克国防基础科研和高技术研究难题当中,具有不可替代的作用。国防科工委高度重视,积极探索,锐意改革,大力推进国防科技教育特别是高等教育事业的发展。

高等院校国防特色专业教材及专著是国防科技人才培养当中重要的知识载体和教学工具,但受种种客观因素的影响,现有的教材与专著整体上已落后于当



今国防科技的发展水平,不适应国防现代化的形势要求,对国防科技高层次人才的培养造成了相当不利的影响。为尽快改变这种状况,建立起质量上乘、品种齐全、特点突出、适应当代国防科技发展的国防特色专业教材体系,国防科工委全额资助编写、出版 200 种国防特色专业重点教材和专著。为保证教材及专著的质量,在广泛动员全国相关专业领域的专家学者竞投编著工作的基础上,以陈懋章、王泽山、陈一坚院士为代表的 100 多位专家、学者,对经各单位精选的近 550 种教材和专著进行了严格的评审,评选出近 200 种教材和学术专著,覆盖航空宇航科学与技术、控制科学与工程、仪器科学与工程、信息与通信技术、电子科学与技术、力学、材料科学与工程、机械工程、电气工程、兵器科学与技术、船舶与海洋工程、动力机械及工程热物理、光学工程、化学工程与技术、核科学与技术等学科领域。一批长期从事国防特色学科教学和科研工作的两院院士、资深专家和一线教师成为编著者,他们分别来自清华大学、北京航空航天大学、北京理工大学、华北工学院、沈阳航空工业学院、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、上海交通大学、南京航空航天大学、南京理工大学、苏州大学、华东船舶工业学院、东华理工学院、电子科技大学、西南交通大学、西北工业大学、西安交通大学等,具有较为广泛的代表性。在全面振兴国防科技工业的伟大事业中,国防特色专业重点教材和专著的出版,将为国防科技创新人才的培养起到积极的促进作用。

党的十六大提出,进入 21 世纪,我国进入了全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化新的发展阶段。全面建设小康社会的宏伟目标,对国防科技工业发展提出了新的更高的要求。推动经济与社会发展,提升国防实力,需要造就宏大的人才队伍,而教育是奠基的柱石。全面振兴国防科技工业必须始终把发展作为第一要务,落实科教兴国和人才强国战略,推动国防科技工业走新型工业化道路,加快国防科技工业科技创新步伐。国防科技工业为有志青年展示才华,实现志向,提供了缤纷的舞台,希望广大青年学子刻苦学习科学文化知识,树立正确的世界观、人生观、价值观,努力担当起振兴国防科技工业、振兴中华的历史重任,创造出无愧于祖国和人民的业绩。祖国的未来无限美好,国防科技工业的明天将再创辉煌。

张华祝



前 言

生物技术是以生命科学为基础,利用生物体(或生物组织)、细胞及其组分的特性和功能,设计、构造具有预期形状的新物种或品系,并与工程相结合,利用这样的物种(或品系)进行加工、生产,为社会提供商品或服务的一个综合性技术体系。它包含许多先进的生物技术手段,如基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程和蛋白质工程等。

生物技术是当今社会需要优先发展的高新技术领域,涉及人类社会生活的诸多方面,是解决人类所面临的食物短缺、健康、环境、资源等的关键技术;与理、工、医、农等科技的发展,与伦理、道德、法律、国家安全等社会问题都有密切的关系,对国计民生将产生重大的影响。

目前,生物技术已经在军事领域得到广泛的应用。这些领域包括军用生物材料,军用生物传感器,军用仿生技术,军用生物分子电子设备,军用生物医药,生物武器,军用生物能源,军用生物装备等。可以预期,生物技术在军事领域中的应用,必将成为未来军事高技术的一个新的制高点。

本教材的编写过程中查阅和借鉴了大量的参考文献,力求内容新颖全面,概念准确。但由于国内外未见类似的专著,加上著者的能力和水平有限,错误和不妥之处在所难免,敬请批评指正。

在编写过程中承蒙周馨我教授提供了大量宝贵意见,中国防化研究院陈冀胜院士和清华大学王钊教授审阅书稿,张奇博士、张广硕士为本书的出版做了大量工作,特表示衷心的感谢!

作者

2004年9月

目 录

第 1 章 生命的物质基础	1
1.1 生命小分子物质	1
1.2 糖	1
1.3 蛋白质	4
1.4 酶	10
1.5 核酸	13
思考题	19
第 2 章 生命的基本单位——细胞	20
2.1 细胞的形态、结构和功能	20
2.2 细胞代谢	25
2.3 细胞的分裂、分化、衰老和死亡	28
思考题	31
第 3 章 生物的多样性	32
3.1 生物的分类	32
3.2 微生物	34
3.3 动、植物	36
3.4 生物多样性	43
3.5 生物多样性的价值和保护	46
思考题	50
第 4 章 生物的遗传和变异	51
4.1 遗传规律	51
4.2 遗传因子——基因	53
4.3 生物的变异	58
思考题	60
第 5 章 生物工程技术基础	61
5.1 基因工程	61
5.2 细胞工程、酶工程和发酵工程	66
5.3 现代生物技术的特点	79
5.4 生物技术的一般应用	80



5.5 现代生物技术的军事应用	85
思考题	91
第6章 生物材料	93
6.1 生物医学材料	93
6.2 生物医用高分子材料	97
6.3 生物陶瓷和生物磁性材料	100
6.4 其他生物材料	102
6.5 生物材料的军事应用	104
思考题	105
第7章 生物传感	106
7.1 生物传感器概述	106
7.2 生物传感器原理	108
7.3 几种重要的生物传感器及其应用	110
7.4 仿生传感技术	115
7.5 生物传感技术的军事应用	117
思考题	119
第8章 生物仿生	120
8.1 生物仿生技术基础	120
8.2 生物仿生的军事应用	123
思考题	131
第9章 纳米生物技术	132
9.1 生物芯片	132
9.2 生物计算机	136
9.3 分子马达	141
9.4 纳米生物机器人	145
思考题	148
第10章 生物能源	149
10.1 生物质能	149
10.2 几种常见的生物质能	153
思考题	163
第11章 生物战剂	164
11.1 生物战剂的发展历史	164
11.2 生物战剂概述	166
11.3 生物战剂分述	171



11.4 基因武器.....	189
11.5 特殊生物弹.....	198
思考题.....	199
第 12 章 生物战防护	200
12.1 生物战的判断、场地处理和侦检	200
12.2 生物战的防护.....	205
12.3 消毒灭菌措施.....	209
12.4 急救治疗.....	213
12.5 常备不懈.....	215
思考题.....	217
附录 名词缩写.....	218
参考文献.....	220

第 1 章 生命的物质基础

一切生命体都由物质组成。自然界存在的 100 多种元素中约有数十种参与生命体的组成。在参与生命体组成的元素中, C、H、O、N 四种元素约占 96%, 加上 Ca、P、K、Na、Cl、Mg 等必需元素, 其质量约占细胞总量的 99%。此外, 还有一些痕量元素, 如 Fe、Mn、Cu、I 等对生命活动也必不可少。

在组成生物体的元素中, 碳元素具有重要的作用。碳碳相连形成长度不同的有机化合物, 其链状和环状结构——碳骨架决定着有机物的基本结构和性质。生命体中的大多数化合物至少含有 3~4 种元素, 且主要是 C、H、N、O, 如蛋白质即是由这四种元素组成。这些元素以各种形式的化合物存在于生命体中。

组成生命的物质包括生命小分子和生命大分子两部分: 生命小分子物质有水、氨基酸、维生素、激素、无机盐和矿物质等; 生命大分子物质则包括糖、蛋白质(酶)、核酸等。

1.1 生命小分子物质

生命小分子物质主要是水和无机盐。

任何生命都离不开水, 水几乎是所有活细胞中含量最丰富的化合物。在各种生物体中, 水的含量约占体重的 70%。但水在不同细胞中有着很大的差异, 干燥的种子含水量只有 10%~14%, 而水生生物海蜇的体内水的含量却高达 98%。

水在生物体中承担着许多重要作用: 如水可作为其他生物分子的溶剂参与细胞的新陈代谢; 水的比热较大, 有利于细胞的温度保持恒定等。

无机盐一般以离子状态存在于细胞中, 如 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HPO_4^{2-} 、 HCO_3^- 等, K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 对于生物体内水盐平衡的维持至关重要, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 等离子还可作为一些蛋白质及酶的必要成分, 参与发挥作用。

1.2 糖

糖类化合物是自然界存在最多、分布最广的一类重要的有机化合物, 也是一切生物体维持生命活动所需能量的主要来源。它不仅是营养物质, 而且有些还具有特殊的生理活性。如肝脏中的肝素有抗凝血作用, 血液中的糖与免疫活性有关等。此外, 核酸的组成成分中也含有糖类化合物——核糖和脱氧核糖。

糖类化合物均由 C、H、O 三种元素组成, 分子中 H 和 O 的比例通常为 2:1, 与水分子中



二者的比例一样,可用通式 $C_m(H_2O)_n$ 来表示,因此过去曾把这类化合物称为碳水化合物。后来发现有些化合物的构造和性质虽应属于糖类化合物,可是它们的组成并不符合上面的通式,如脱氧核糖($C_5H_{10}O_4$);而有些化合物如乙酸($C_2H_4O_2$)、乳酸($C_3H_6O_3$)等其组成虽符合上面的通式,但结构与性质却与糖类化合物完全不同,所以,碳水化合物这个名称并不确切。但因使用已久,故沿用至今。

糖类化合物可分为三类:

- 单糖 不能水解的多羟基醛或多羟基酮,如葡萄糖、果糖等。
- 二糖 水解后生成两分子单糖的糖,如蔗糖、麦芽糖等。
- 多糖 能水解生成许多分子单糖的糖,如淀粉、糖原、纤维素等。

一、单糖

单糖一般是含有 3~6 个碳原子的多羟基醛或多羟基酮。最简单的单糖是甘油醛和二羟基丙酮。

按照碳原子的数目多少可将单糖分为丙糖、丁糖、戊糖、己糖等。自然界已发现的单糖主要是戊糖和己糖。根据构造,单糖又可分为醛糖和酮糖。多羟基醛称为醛糖,多羟基酮称为酮糖。例如,葡萄糖为己醛糖,果糖为己酮糖等。

单糖都是无色晶体,味甜,有吸湿性,极易溶于水。

常见的戊糖有 D-(-)-核糖、D-(-)-2-脱氧核糖、D-(+)-木糖和 L-(+)-阿拉伯糖。它们都是醛糖,以多糖或苷的形式存在于动植物中。常见的己糖有 D-(+)-葡萄糖、D-(+)-甘露糖、D-(+)-半乳糖和 D-(-)-果糖,后者为酮糖。己糖多以游离或结合的形式存在于动植物中。

核糖是核酸以及某些酶和维生素的组成成分。

D-(+)-葡萄糖在自然界中分布极广,尤以葡萄中含量较多,因此叫葡萄糖。葡萄糖也存在于人的血液中($389\sim 555\text{ }\mu\text{mol/L}$),叫做血糖。葡萄糖是许多糖如蔗糖、麦芽糖、乳糖、淀粉、糖原、纤维素等的组成单元。

在肝脏内,葡萄糖在酶作用下氧化成葡萄糖醛酸。葡萄糖醛酸在肝中可与有毒物质如醇、酚等结合变成无毒化合物经尿排出体外。

半乳糖是己醛糖,为无色晶体,是葡萄糖的非对映体。人体内的半乳糖是摄入食物中乳糖的水解产物。在酶的催化下半乳糖能转变为葡萄糖。

D-果糖以游离状态存在于水果和蜂蜜中,是蔗糖的一个组成单元。果糖为无色晶体,易溶于水。

二、二糖

二糖是由两分子单糖脱水而成的化合物。常见的二糖有蔗糖、麦芽糖、纤维二糖和乳糖,



它们的分子式都是 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 。

二糖的物理性质类似于单糖,易溶于水,多数具有甜味。

蔗糖广泛分布在各种植物中,甘蔗中约含 26%,甜菜中含 20%,故又称甜菜糖。蔗糖为无色晶体,易溶于水。蔗糖水解后得到等摩尔的 D-葡萄糖和 D-果糖的混合物。

麦芽糖因存在于麦芽中而得此俗名。人体摄入食物中的淀粉被淀粉酶水解成麦芽糖,后者再经麦芽糖酶水解为 D-葡萄糖。所以,麦芽糖是淀粉水解的中间产物。

乳糖是含一分子结晶水的白色结晶性粉末,易溶于水。乳糖被人体小肠中乳糖酶水解生成半乳糖和葡萄糖。

三、多糖

多糖是由很多单糖分子以糖苷键结合而成的高分子碳水化合物,用通式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 表示。组成多糖的单糖可以相同也可以不同。由相同的单糖组成的多糖称为均多糖,如淀粉、纤维素和糖原(图 1-1);以不同的单糖组成的多糖称为杂多糖,如阿拉伯胶由戊糖和半乳糖等组成。

多糖在自然界分布极广,亦很重要。有的是构成动植物骨架结构的组成成分,如纤维素;有的是作为动植物储藏的养分,如糖原和淀粉;有的具有特殊的生物活性,如肺炎球菌细胞壁中的多糖有抗原作用。

大部分多糖为无定形粉末,没有甜味,无明显的熔点,大多数不溶于水,个别能与水形成胶体溶液。多糖也是糖苷,水解能得到单糖。

淀粉广泛存在于许多植物的种子、块茎和根中,如大米中约含 70%~80%,小麦中约含 60%~65%,马铃薯中约含 20%。

淀粉是白色无定形粉末,没有还原性,不溶于一般有机溶剂。淀粉在水解过程中可生成各种糊精和麦芽糖等一系列中间产物,最终产物是 D-葡萄糖。

糖原是动物体内储存的一种多糖,又称为动物淀粉。主要存在于肝脏和肌肉中,因此有肝糖原和肌糖原之分。正常情况下,糖原在肝脏中的含量达 10%~20%,在肌肉中的含量达 4%。在体内糖原的储存有重要的生理意义,它是机体活动所需能量的重要来源。当血液中葡萄糖含量增高时,多余的葡萄糖就转变成糖原储存于肝脏中,当血液中葡萄糖含量降低时,肝糖原就分解为葡萄糖进入血液以保持血液中葡萄糖含量的相对稳定。

纤维素是植物细胞壁的主要成分,是构成植物支撑组织的基础。棉花几乎全部是由纤维素所组成(占 98%),亚麻中纤维素约含 80%,木材中纤维素平均含量约为 50%。

纤维素是白色物质,不溶于水,无还原性。纤维素比淀粉难水解,一般需要在浓酸中或用稀酸在加压下进行。纤维素不能作为人的营养物质,但食物中的纤维素能促使肠蠕动,具有通便作用。

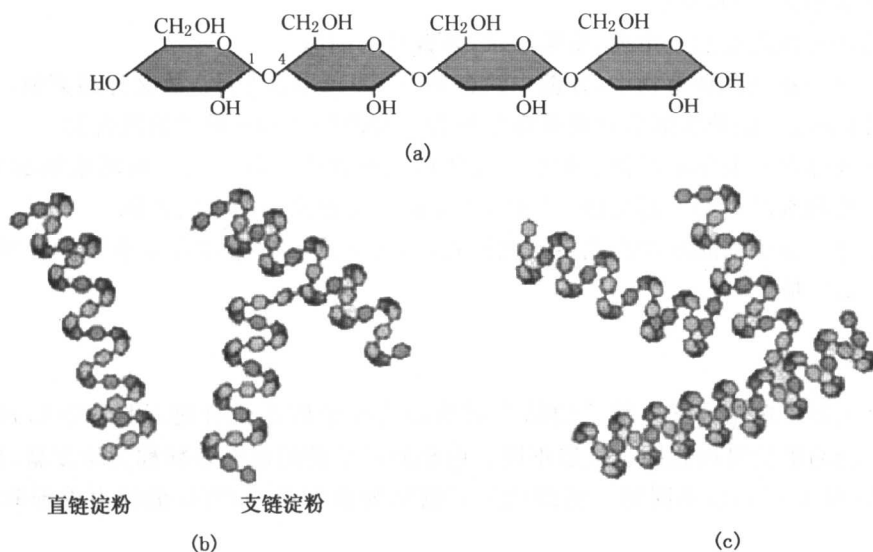


图 1-1 纤维类、淀粉和糖原的结构

(a) 纤维素; (b) 淀粉; (c) 糖原

1.3 蛋白质

自然界,无论是简单的低等生物还是复杂的高等生物都毫不例外地含有蛋白质。蛋白质是由许多氨基酸聚合而成的生物大分子化合物,是生命的最基本物质之一。蛋白质广泛存在于各种生物组织和细胞中,是生物细胞最重要的组成物质。人体内蛋白质的含量很多,约占人体固体成分的 45%。它的分布很广,几乎所有的器官组织都含蛋白质。蛋白质与所有的生命活动联系密切:例如,机体新陈代谢过程中的一系列化学反应几乎都依赖于生物催化剂——酶的作用,而酶的本质就是蛋白质;调节物质代谢的激素有许多也是蛋白质或它的衍生物;其他诸如肌肉的收缩、血液的凝固、免疫功能、组织修复以及生长、繁殖等主要功能无一不与蛋白质相关。

蛋白质在生命活动中的重要功能取决于它的化学组成、结构与性质。

一、蛋白质的基本情况

蛋白质在元素组成上除含碳、氢、氧外,一切蛋白质皆含氮,有的亦含硫、磷、铁、镁、碘和锌等,其基本结构单位为氨基酸。组成蛋白质的氨基酸有 20 多种,其结构可用 $R-CH(NH_2)-COOH$ 来表示。R 不同,氨基酸的组成则不同,但组成蛋白质的氨基酸均为 α -氨基酸。组成



蛋白质的氨基酸按其 α -碳原子上侧链R的结构分为20多种,20多种氨基酸按R的结构和极性的不同也可以有不同的分类。

在蛋白质中氨基酸通过肽键相连,肽键是蛋白质分子中基本的化学键。氨基酸相互以肽键结合形成二肽(两个氨基酸)和多肽(多个氨基酸)。任何特定的多肽或蛋白质,必有特异的氨基酸排列顺序。

二、蛋白质的结构及其功能

蛋白质分子的结构一般分为一级结构与空间结构两大类。

1. 蛋白质的一级结构

尽管组成蛋白质的氨基酸只有20多种,但由于氨基酸的数量和排列顺序的不同,由此可构成千万种不同的蛋白质。蛋白质的一级结构就是蛋白质多肽链中氨基酸残基的排列顺序,是蛋白质的最基本结构,是由基因所控制的遗传密码的排列顺序所决定的。各种氨基酸按遗传密码的顺序通过肽键连接起来,成为多肽链。迄今已有许多蛋白质的一级结构得到确定,如胰岛素,胰核糖核酸酶、胰蛋白酶等。

蛋白质的一级结构决定了蛋白质的二级、三级等高级结构。成千上万的天然蛋白质各有其特殊的生物学活性,决定各种蛋白质的生物学活性的结构特点首先在于其肽链的氨基酸序列。

2. 蛋白质的空间结构

蛋白质分子的多肽链并非呈线形伸展,而是折叠和盘曲构成特有的比较稳定的空间结构。蛋白质的生物学活性和理化性质主要决定于完整的空间结构,因此仅仅测定蛋白质分子的氨基酸组成和它们的排列顺序并不能完全了解蛋白质分子的生物学活性和理化性质。如球状蛋白质和纤维状蛋白质,前者溶于水,后者不溶于水,显然这不能仅用蛋白质的一级结构的氨基酸排列顺序来解释。

蛋白质的空间结构是指蛋白质的二级、三级和四级结构,如图1-2所示。

蛋白质的二级结构涉及多肽链中主链原子的局部空间排布(即构象),不涉及侧链部分的构象。二级结构主要涉及肽键平面(或称酰胺平面)。

肽键的特点有:①肽键中C—N键的性质介于单、双键之间,具有部分双键的性质,固定在一个平面内,不能旋转;②肽键的6个原子基本上处于同一个平面,即肽键平面;③肽链中能够旋转的只有 α -碳原子所形成的单键,此单键的旋转决定两个肽键平面的位置关系,于是肽键平面成为肽链盘曲折叠的基本单位;④肽键中的C—N键具有双键性质,因此就有顺反不同的立体异构。

蛋白质主链构象主要有 α -螺旋(α -helix)、 β -片层(β -pleated sheet)、超二级结构和结构域等。

蛋白质的多肽链在各种二级结构的基础上再进一步盘曲或折叠形成具有一定规律的三维

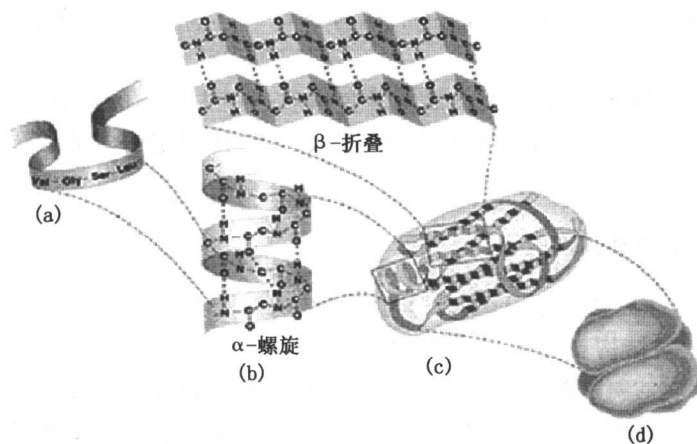


图 1-2 蛋白质的结构

(a) 一级结构(氨基酸序列); (b) 二级结构; (c) 三级结构; (d) 四级结构

空间结构,称为蛋白质的三级结构。稳定蛋白质三级结构主要靠次级键,包括氢键、疏水键、盐键以及范德华力等维持。

具有二条或二条以上独立三级结构的多肽链组成的蛋白质,其多肽链间通过次级键相互组合而形成的空间结构称为蛋白质的四级结构。其中,每个具有独立三级结构的多肽链单位称为亚基。四级结构实际上是指亚基的立体排布、相互作用及接触部位的布局。亚基之间不含共价键,亚基间次级键的结合比二、三级结构疏松,因此在一定的条件下,四级结构的蛋白质可分离为其组成的亚基,而亚基本身构象仍可不变。

3. 蛋白质的结构与功能的关系

(1) 蛋白质的一级结构与功能的关系

蛋白质一级结构是空间结构的基础,特定的空间构象主要是由蛋白质分子中肽链和侧链 R 基团形成的次级键来维持,在生物体内,蛋白质的多肽链一旦被合成后即可根据一级结构的特点自然折叠和盘曲,形成一定的空间构象。蛋白质的一级结构决定它的高级结构。一级结构相似的蛋白质,其基本构象及功能也相似。例如,不同种属的生物体分离出来的同一功能的蛋白质,其一级结构只有极少的差别,而且在系统发生上进化位置相距愈近的差异愈小,如表 1-1。

在蛋白质的一级结构中,参与功能活性部位的残基或处于特定构象关键部位的残基,即使在整个分子中发生一个残基的异常,则该蛋白质的功能也会受到明显的影响。被称之为“分子病”的镰刀状红细胞性贫血仅仅是 574 个氨基酸残基中,一个氨基酸残基即 β 亚基 N 端的第 6 号氨基酸残基发生了变异所造成,这种变异来源于基因上遗传信息的突变。



表 1-1 胰岛素分子中氨基酸残基的差异部分

胰岛素来源	氨基酸残基的差异部分(A5 A6 A10 A30)
人	Thr Ser Ile Thr
猪	Thr Ser Ile Ala
狗	Thr Ser Ile Ala
兔	Thr Ser Ile Ser
牛	Ala Ser Val Ala
羊	Ala Gly Val Ala
马	Thr Gly Ile Ala
抹香鲸	Thr Ser Ile Ala
鲸	Ala Ser Thr Ala

(2) 蛋白质空间构象与功能活性的关系

蛋白质多种多样的功能与各种蛋白质特定的空间构象密切相关,蛋白质的空间构象是其功能活性的基础,构象发生变化,其功能活性也随之改变。蛋白质变性时,由于其空间构象被破坏,故引起功能活性丧失。变性蛋白质复性后,构象复原,活性即能恢复。

在生物体内,当某种物质特异地与蛋白质分子的某个部位结合,触发该蛋白质的构象发生一定变化,从而导致其功能活性的变化,这种现象称为蛋白质的别构效应。蛋白质(或酶)的别构效应在生物体内普遍存在,这对物质代谢的调节和某些生理功能的变化都是十分重要的。

三、蛋白质的理化性质

蛋白质是由氨基酸组成的大分子化合物,其理化性质一部分与氨基酸相似,如两性电离、等电点、呈色反应、成盐反应等,也有一部分又不同于氨基酸,如高分子量、胶体性、变性等。

1. 蛋白质的胶体性质

蛋白质分子量颇大,介于一万到百万之间,故其分子的大小已达到胶粒 1~100 nm 范围之内。球状蛋白质的表面分布较多的亲水基团,具有强烈的吸引水分子的作用,使蛋白质分子表面常为多层水分子所包围,称水化膜,从而阻止蛋白质颗粒的相互聚集。

与低分子物质相比,蛋白质分子扩散速度慢,不易透过半透膜,黏度大。在分离提纯蛋白质的过程中,可利用蛋白质的这一性质,将混有小分子杂质的蛋白质溶液放于半透膜制成的囊内,置于流动水或适宜的缓冲液中,小分子杂质皆易从囊中透出,从而得到比较纯化的囊内蛋白质,这种方法称为透析。

2. 蛋白质的两性电离和等电点

蛋白质是由氨基酸组成的,其分子中除两端的游离氨基和羧基外,侧链中尚有一些可解离的基团,如谷氨酸、天门冬氨酸残基中的 γ - 和 β - 羧基,赖氨酸残基中的 ϵ - 氨基,精氨酸残基