



21世纪 高职高专通用教材

生物化学

● 王允祥 主编
● 郑桂富 主审

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书依据高职高专的教学特点及要求,在内容及选材上以“必需、够用”为原则,力求内容精炼,简明贴切,注重实用性和针对性。

全书共分12章,第1章对生物化学的基本含义及实际应用意义作了简要的介绍,第2章至第4章阐述了蛋白质、酶和核酸的结构与性质及主要的生物学功能,并对酶的理化特性及作用机理作了概括性的介绍,第5章至第9章对生物体内的糖、能量、脂类、蛋白质和核酸的生物降解及代谢过程进行了系统性的阐述,第10章较为详细而又精炼地叙述了蛋白质的生物合成过程,第11章讨论了生物体内各种物质代谢的相互关系及调控机理,并对分子生物学的主要研究与应用技术作了必要的介绍,第12章为生物化学基本技能训练部分,为培养面向生产第一线的技术型、技能型高级人才打下坚实的实验基础。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/王允祥主编. —上海:上海交通大学出版社,2001

21世纪高职高专通用教材

ISBN 7-313-02608-0

I. 生… II. 王… III. 生物化学 IV. Q5

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第83114号

生 物 化 学

王允祥 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路877号 邮政编码200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

上海交通大学印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:890mm×1240mm 1/32 印张:10.75 字数:307千字

2001年1月第1版 2001年1月第1次印刷

印数:1~5050

ISBN 7-313-02608-0/Q·010 定价:17.00元

版权所有 侵权必究

前 言

生物化学与许多学科交叉渗透，已成为诸多学科的基础和支柱，它与分子生物学一起被看作是生命科学跨入21世纪的带头学科，被誉为生命科学的“世界语”，成为高等学校许多相关学科学生的必修基础课程。本书以高职高专非生物专业的学生为对象，对工业、农业和环境工程等领域的工作者也有一定的参考价值。

为适应21世纪对高职高专生物化学的教材要求，按照理论应“以应用为目的，以必需够用为度，以掌握概念、强化应用为教学重点”这一新的教学模式而精心组织编写的。本书力求内容精炼、重点突出、概念清楚、系统明晰。在阐明生物化学基本知识的基础上，尽力反映生物化学的新成果和新知识。

本书由安徽省蚌埠高等专科学校王允祥副教授主编，江苏泰州畜牧兽医学校朱善元，安徽省淮南联合大学纵伟副主编，参加编写的人员还有：蚌埠高等专科学校刘培丽、许晖、王立峰，江苏泰州畜牧兽医学校陆辉，淮南联合大学余明，安徽省第一轻工业学校李青云。

蚌埠高等专科学校郑桂富副教授审阅了全稿，并提出了许多宝贵的修改意见。

在编写本书的过程中，得到了蚌埠高等专科学校、江苏泰州畜牧兽医学校、淮南联合大学领导和同仁们的大力支持，蚌埠高等专科学校教务处张敏老师为打印和整理文稿做了大量的工作，编者在此对他们一并表示衷心的感谢。

由于生物化学是当今最活跃的学科之一，加之时间紧迫，水平有限，书中不足之处在所难免，诚挚地欢迎读者提出批评和指正，以便再版时修改。

编 者

2000年11月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 生物化学的涵义	(1)
1.2 生物化学与其他学科及生产实践的关系	(1)
1.3 生物化学的学习方法	(3)
思考题	(3)
2 蛋白质化学	(4)
2.1 概述	(4)
2.2 蛋白质的分类	(6)
2.3 蛋白质化学组成	(8)
2.4 蛋白质的结构	(18)
2.5 蛋白质的重要性质	(30)
思考题	(39)
3 酶化学	(41)
3.1 概述	(41)
3.2 酶的化学本质与组成	(44)
3.3 维生素与辅酶	(45)
3.4 酶的结构和功能	(59)
3.5 酶的反应动力学	(64)
3.6 酶工程简介	(72)
思考题	(74)

4 核酸化学	(76)
4.1 概述.....	(76)
4.2 核苷酸的化学组成.....	(76)
4.3 DNA 的分子结构	(82)
4.4 RNA 的分子结构	(88)
4.5 核酸的理化性质.....	(93)
思考题	(96)
5 糖类代谢	(98)
5.1 新陈代谢.....	(98)
5.2 糖的酶水解	(100)
5.3 糖的分解代谢	(101)
5.4 糖的合成代谢	(120)
思考题.....	(125)
6 生物氧化	(126)
6.1 概述	(126)
6.2 生物氧化体系	(127)
6.3 氧化磷酸化作用	(131)
6.4 氧化磷酸化作用机制	(135)
思考题.....	(138)
7 脂类代谢	(139)
7.1 概述	(139)
7.2 脂肪分解代谢	(141)
7.3 脂肪合成代谢	(148)
思考题.....	(155)

8	蛋白质的酶促降解及氨基酸代谢	(157)
8.1	蛋白质的酶促降解	(157)
8.2	氨基酸的降解与转化	(159)
8.3	氨基酸的生物合成	(170)
	思考题	(173)
9	核酸代谢	(175)
9.1	核酸和核苷酸的降解	(175)
9.2	核苷酸的生物合成	(179)
9.3	核酸的生物合成	(188)
	思考题	(202)
10	蛋白质的生物合成	(204)
10.1	蛋白质的生物合成体系	(205)
10.2	蛋白质的生物合成过程	(212)
	思考题	(219)
11	物质代谢调控与分子生物学技术简介	(221)
11.1	物质代谢的相互联系	(221)
11.2	物质代谢的调节控制	(225)
11.3	分子生物学技术简介	(234)
	思考题	(256)
12	生物化学技能训练	(258)
	第一部分 糖化学	(258)
	实验一 糖的颜色反应	(258)
	实验二 糖的还原作用	(261)
	实验三 蒽酮比色定糖法	(263)
	第二部分 脂类化学	(265)

实验四	中性脂肪的组成·····	(265)
实验五	粗脂肪的定量测定——索氏(Soxhlet) 提取法·····	(268)
第三部分	蛋白质化学·····	(272)
实验六	蛋白质的颜色反应·····	(272)
实验七	蛋白质的沉淀反应·····	(276)
实验八	蛋白质等电点的测定·····	(279)
实验九	甲醛滴定氨基氮法·····	(281)
实验十	微量凯氏(Micro-Kjedahl)定氮法·····	(283)
实验十一	氨基酸纸层析法·····	(289)
实验十二	醋酸纤维薄膜电泳法分离血清蛋白质·····	(293)
第四部分	酶化学·····	(301)
实验十三	酶的特性·····	(301)
实验十四	小麦萌发前后淀粉酶活性的比较·····	(309)
实验十五	溶菌酶的提取和活力测定·····	(311)
实验十六	维生素 C 的定量测定(2,6-二氯酚靛酚 滴定法)·····	(314)
第五部分	核酸化学·····	(319)
实验十七	从猪脾脏中提取脱氧核糖核酸(DNA)·····	(319)
实验十八	DNA 的定量测定(二苯胺法)·····	(321)
实验十九	酵母 RNA 的提取和鉴定·····	(323)
实验二十	RNA 的定量测定(苔黑酚法)·····	(325)
实验二十一	核酸的定量测定(定磷法)·····	(327)
第六部分	组织代谢·····	(330)
实验二十二	发酵过程中无机磷的利用·····	(330)
生物化学实验室规则	·····	(334)
参考文献	·····	(335)

1 绪论

1.1 生物化学的涵义

生物化学是研究动物、植物、微生物等生物机体的化学组成和生命过程中化学变化的一门科学，也可以认为是生命的化学，是介于生物学与化学之间的一门边缘科学。它是用化学的理论和作为主要手段来研究生命现象，从而阐明生命现象的化学本质。

生物化学是生命科学的带头学科，也是生物科学的基础，其发展十分迅速，它与分子生物学一起，已成为生命科学的核心和基础。因此，生物化学涉及面十分广泛，内容非常丰富。但就其本身的发展来看，其研究范围主要包括以下两个方面：一方面研究构成生物体的基本物质(糖类、脂类、蛋白质、核酸)及对其体内的生物化学反应起催化和调节作用的酶、维生素和激素的结构、性质和功能，这部分内容通常称为静态生物化学；另一方面研究构成生物体的基本物质在生命活动过程中所进行的化学变化，也就是新陈代谢及在代谢过程中能量的转换和调节规律，这部分内容通常称为动态生物化学。

1.2 生物化学与其他学科及生产实践的关系

生物化学主要是在分子水平上研究生物体的化学本质及其在生命活动过程中的化学变化规律，如欲深入了解各种生物的生长、生殖、生理、遗传、衰老、疾病、生命起源和演化等现象，都需要用生物化学的原理和方法进行探讨，借助于它的理论和作为方法，来解决科学实验和生产实践中所遇到的许多问题。因此，生物化学是各门应用生物学特别是生理学、微生物学、遗传学、细胞学等各科的重要基础。在

分子生物学方面，它也占有特别重要的位置。

生物化学在工业上的应用十分广泛。食品工业、发酵工业、抗生素制造工业、制药工业、生物制品工业、化工工业、皮革工业以至石油开采业等都要应用生物化学的理论、技术和方法，都与生物化学有着密切的联系，生物化学的研究不但为它们的生产过程建立科学基础，并为它们的技术革命、技术改造等创造条件。

生物化学在农业上也具有很大的实用意义。如可采用以基因工程为主的现代生物技术，改良和培育出动植物新品种，以满足农牧业生产的需要。我们研究动植物的新陈代谢，了解生物体内各种物质的代谢规律，就有可能通过调控动植物的生长发育，来获得优质的动植物产品。同时，研究各种器官的新陈代谢以及外界条件对它们代谢的影响，对产品的合理加工、贮藏以至运输都有十分重要的意义。此外，植物病虫害的防治、农药的设计和植物激素的应用等都要有坚实的生物化学基础。

生物化学又是医学和营养卫生学等科目的基础，与人类健康有着密切的关系。如疾病的预防、治疗和诊断以及如何供给人体以适当的营养从而增进人体的健康等都离不开生物化学。在医学上，人们根据发病机理以及病原体与人体在代谢和调控上的差异，设计和筛选出各种高效低毒的药物。临床上的生化诊断于今天已成为一种不可缺少的诊断方法，若没有生化知识便难以确诊疾病和给予适当治疗。现今的酶疗法，特别是某些固定化酶用于治疗各种疾病已十分普遍，各种疫苗、激素、血液制品、维生素、氨基酸、核苷酸、抗菌素和抗代谢药物等都已广泛应用于医药实践。近年来新兴的基因疗法为疾病患者带来了福音。生物化学也是预防医学的重要基础，增进人体健康是预防疾病的一种积极因素，如何供给人体适当的营养，增强体质，是生物化学的一个重要内容。按照生长发育的需要配制合理的饮食，不仅可以预防疾病而且可以治疗疾病，实践中许多食品添加剂、营养补剂等已得到广泛应用。

生物化学与其他学科及人类生产、生活的关系如此密切，因此它已成为食品、医学、农学、畜牧、兽医等院校各专业必修的基础课

程。为了便于今后的继续学习和工作，有必要学习一些最基本的生物化学知识和技术。

1.3 生物化学的学习方法

由于生物化学内容较多，发展较快，在学习时应注意：生物化学虽然与化学，特别是有机化学密切相关，但性质毕竟有所不同，主要区别是生物化学反应是在生物体内进行的，反应的环境比体外复杂，一般有生物催化剂(酶)的参加。有些在体外发生的反应，在体内就不一定照样进行，因此，不能简单地根据体外的化学反应去理解体内的反应；应对教师指定的教材内容作全面了解，分析比较，明确概念；对糖、脂类、蛋白质、核酸以及其他生物分子，要从其化学本质和结构特点出发，联系它们的性质和功能，了解它们在体内代谢的过程；对一些重点内容应深入钻研、弄懂、记熟、反复复习、默念以加强记忆；在学习过程中应与先修或并修课程的内容相联系，以促进理解，强化记忆；要重视实验课，提高动手能力，提高理论联系实际的水平；认真完成思考题，培养并提高分析、解决问题的能力。

思考题

1. 什么叫生物化学？内容和任务如何？
2. 生物化学与人类生产的关系如何，举例说明？
3. 如何学好生物化学？

2 蛋白质化学

2.1 概述

蛋白质是在生物细胞中最丰富、功能最多的生物大分子。蛋白质的英文名称是Protein，字源出自希腊语，意思是“第一重要”、“最原初的”，中文译为蛋白质，有些学者曾根据Protein的原义建议设新字“朊”表示，但因蛋白质一词沿用已久，“朊”字未被广泛采用。

人类对蛋白质的认识经过了漫长的时间。从人类知道利用米、麦、大豆和肉、蛋做食物起，就与蛋白质有了接触，到利用大豆做豆腐时，认识就更进了一步。分析化学和有机化学的发展，对蛋白质的认识就从感性认识而进入了理性认识。通过生产劳动和科学实验，人们已累积了许多有关蛋白质的宝贵知识，已初步认识到它们的功能主要有以下几点：

(1) 酶的催化作用。生物体内的一切化学反应，几乎都是在酶的催化下进行的。没有酶，就没有新陈代谢，也就没有生命。

(2) 运输蛋白质类。该类蛋白质主要用于运输新陈代谢所需要的各种小分子、离子及电子。例如，红细胞中的血红蛋白能将氧气从肺部运送到组织细胞，供生物氧化使用。

(3) 运动蛋白质类。该类蛋白质能使细胞或生物体发生运动。蛋白质是肌肉的主要成分，肌肉运动是靠两种蛋白质肌球蛋白和肌动蛋白之间的滑动完成的。

(4) 结构蛋白质类。这是一类不溶性纤维蛋白质，它具有强大的抗拉作用，作为机体的结构成分，对机体起支持作用。例如，存在于皮肤、软骨、肌腱中的胶原蛋白；毛发、羽毛、甲、蹄中的 α -角蛋

白；昆虫外壳中的硬蛋白；蚕丝中的丝心蛋白；韧带中的弹性蛋白等。

(5) 毒素蛋白类。对生物体本身而言，很多异体蛋白质都具有毒性，如霍乱弧菌的霍乱毒素，毒蛇中的神经毒素和心脏毒素等，只需极少量的毒素蛋白就能使异类动物中毒，甚至于死亡。

(6) 免疫保护类。生物体内的某些蛋白质，具有抵御异物侵害的功能，保护机体免受损害。例如，抗体能识别外来物质如细菌、病毒或来自其他机体的细胞，并与其选择性地结合，使入侵物质失活，排出体外；干扰素能杀死病毒；凝血酶和血纤维蛋白原参与血液凝固，防止大量血液从伤口流出。

(7) 受体蛋白类。这类蛋白质存在于细胞的各个部分，在细胞之间的化学信息传递过程中起重要的作用。如细胞膜上的膜受体蛋白能选择性地接受相应的激素或神经递质，向靶细胞内传递信息。

(8) 激素蛋白类。这类蛋白质对人体和动物体内某些物质的代谢过程具有重要的调节作用，从而保证机体的正常生理活动。例如，胰岛素能够调节高等动物细胞内的葡萄糖代谢过程，缺乏胰岛素，就会产生糖尿病，危及生命。

(9) 生长分化的控制。机体内有些含量极微的蛋白质，它们对细胞的生长、分化和基因表达等具有极为重要的调节作用。在细菌中，阻遏蛋白是最重要的控制因素，在高等机体中，细胞的生长和分化由生长因子控制着。

(10) 营养与贮存蛋白类。贮存蛋白与某些特定的物质结合后，能和这些物质一起，在细胞内贮存起来成为营养库，在生物机体生长发育期间作为营养物质又可重新释放出来。例如，卵清中的卵清蛋白，乳汁中的酪蛋白，麦种中的醇溶蛋白等。

(11) 膜蛋白类。膜蛋白是生物膜中的主要组成成分。生物膜的各种功能，如细胞识别、物质运输、信息传递等，都与其有密切的关系。

由此可见，蛋白质是生命活动所依赖的物质基础，没有蛋白质，就没有生命。但迄今为止，人类对蛋白质的知识仍是极片段和不

彻底的，或许再经过若干年的努力，才可能对蛋白质有一个比较深刻和完整的了解。

2.2 蛋白质的分类

蛋白质的分类方法至少有四种：一是根据蛋白质分子的形状；二是根据蛋白质组成的繁简；三是根据蛋白质的溶解性；四是根据蛋白质的功能。

2.2.1 根据分子的形状

根据蛋白质分子的形状，可将其分为球状蛋白质和纤维状蛋白质两类。

球状蛋白质：分子似球形，较易溶解，如血液中的血红蛋白，血清球蛋白，豆类中的球蛋白以及大多数的酶蛋白和抗体等。

纤维状蛋白质：形状似纤维，不溶于水，如指甲、羽毛中的角蛋白和蚕丝中的丝心蛋白等。

2.2.2 根据组成

根据蛋白质的主要组成成分，蛋白质可分为单纯蛋白质(简单蛋白质)和缀合蛋白质(结合蛋白质)两类。

2.2.2.1 单纯蛋白质

在该类蛋白质的组分中，只含有 α -氨基酸，不含其他物质。自然界的许多蛋白质都属于此类。

2.2.2.2 缀合蛋白质

缀合蛋白质是由单纯蛋白质与非蛋白物质结合而成，有下列几小类：

(1) 色蛋白。色蛋白是蛋白质与色素物质辅基的结合物，如血红蛋白、叶绿蛋白和细胞色素等。有些色蛋白辅基含有金属离子，故又

属金属蛋白类；有的色蛋白含类胡萝卜素，也兼属脂蛋白类。

(2) 糖蛋白。糖蛋白由蛋白质与糖类结合而成，如唾液中的粘蛋白、硫酸软骨素蛋白和细胞膜中的糖蛋白等。

(3) 磷蛋白。磷蛋白质由蛋白质与磷酸结合而成，如酪蛋白、卵黄蛋白等。

(4) 核蛋白。核蛋白由蛋白质与核酸结合而成，存在于一切细胞中。

(5) 脂蛋白。脂蛋白由蛋白质与脂类结合而成，如血清中 α -、 β -脂蛋白和作为细胞膜和细胞主要成分的脂蛋白等。

2.2.3 根据溶解度

根据溶解度，蛋白质又可分为下列几类：

清蛋白：又称白蛋白。溶于水，如血清清蛋白、乳清蛋白等。

球蛋白：微溶于水，溶于稀中性盐溶液，如血清球蛋白、肌球蛋白和大豆球蛋白等。

谷蛋白：不溶于水、醇及中性盐溶液，但溶于稀酸、稀碱，如米、麦蛋白等。

醇溶蛋白：不溶于水，溶于70%~80%乙醇，如玉米蛋白。

精蛋白：溶于水及酸性溶液，呈碱性，含碱性氨基酸(如精氨酸、赖氨酸、组氨酸)较多。

组蛋白：溶于水及稀酸溶液，含精氨酸、赖氨酸较多，呈碱性，如珠蛋白等。

硬蛋白：不溶于水、盐、稀酸、稀碱溶液，如胶原蛋白，毛、发、蹄、角及甲壳的角蛋白、丝心蛋白以及腱和韧带中的弹性蛋白等。

2.2.4 根据功能

根据功能，蛋白质还可分为活性蛋白质与非活性蛋白质两类。

活性蛋白质：包括在生命过程中一切有活性的蛋白质及其前体，如酶、激素蛋白质、运输蛋白质、运动蛋白质、贮存蛋白质、保

护或防御蛋白质、受体蛋白质、毒素蛋白质、控制生长和分化的蛋白质以及膜蛋白质等。

非活性蛋白质：这类蛋白质对生物体起保护或支持作用。如硬蛋白，包括胶原蛋白、角蛋白、弹性蛋白和丝心蛋白等。

2.3 蛋白质化学组成

2.3.1 蛋白质的元素组成

蛋白质是由碳、氢、氧、氮及少量的硫所组成。经元素实验分析得知，蛋白质一般含碳50%~55%，氢3%~6%，氮15%~18%，硫0%~4%，此外，在某些蛋白质中还含有微量的磷、铁、锌、铜和钼等其他元素。一切蛋白质皆含氮，并且大多数蛋白质的含氮量较接近而恒定，一般为15%~17%，平均为16%。此值在蛋白质的定量分析上极为有用，这也是蛋白质元素组成的一个重要特点，因为分析一种样品的蛋白质含量时，一般都是先测出样品的总氮量百分数，再以常数6.25乘之，即为样品中蛋白质的含量。6.25即100/16，为1g氮所代表的蛋白质重量(1g氮 = 6.25g蛋白质)。

$$\text{蛋白质含量} = \text{蛋白质含氮量} \times 100/16 = \text{蛋白质含氮量} \times 6.25$$

2.3.2 蛋白质分子组成

蛋白质是一类含氮高分子有机化合物，分子量大，结构复杂，种类繁多。在早期的蛋白质化学研究中，水解作用为研究蛋白质的组成和结构提供了极有价值的资料。蛋白质可以被酸、碱或蛋白酶催化水解，在水解过程中，逐渐降解成分子量越来越小的肽段，直到最后成为氨基酸的混合物，现已证明氨基酸是蛋白质的基本组成单位。

根据蛋白质的水解程度，可分为完全水解(彻底水解)和部分水解(不完全水解)两种情况，完全水解得到的产物是各种氨基酸的混合物，部分水解得到的产物是各种大小不等的肽段和氨基酸。

下面简略地介绍一下用酸、碱或酶来水解蛋白质的方法及特点。

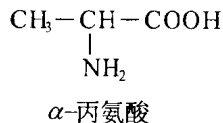
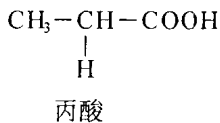
酸水解：常用硫酸或盐酸进行水解。使用盐酸，浓度为6mol/L，使用硫酸，浓度为4mol/L，回流煮沸20小时即可使蛋白质完全水解。酸水解的优点是不引起消旋作用，得到的是L-氨基酸。缺点是色氨酸完全被沸酸所破坏，羟基氨基酸(丝氨酸及苏氨酸)有一小部分被分解，同时天冬酰胺和谷氨酰胺的酰胺基被水解下来。

碱水解：一般与5mol/L氢氧化钠共煮10~20小时，即可使蛋白质完全水解。水解过程中多数氨基酸遭到不同程度的破坏，并且产生消旋现象，所得产物是D-型和L-型氨基酸的混合物，称消旋物，此外，碱水解引起精氨酸脱氨，生成鸟氨酸和尿素，但在碱性条件下色氨酸是稳定的。

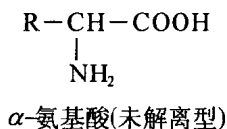
酶水解：不产生消旋作用，也不破坏氨基酸，但使用单独一种酶往往不能彻底水解蛋白质，需要几种酶协同作用才能使蛋白质完全水解，此外，酶水解所需时间较长，因此，酶法主要用于蛋白质部分水解。常用的蛋白酶有胰蛋白酶、糜蛋白酶以及胃蛋白酶等，它们主要用于蛋白质的一级结构分析。

2.3.2.1 氨基酸结构

氨基酸是指含有氨基的羧酸，它是一切蛋白质的组成单位。蛋白质是由20多种氨基酸所组成的，除脯氨酸外，均为 α -氨基酸，即是羧酸分子中 α -碳原子上的一个氢原子被氨基所取代而形成的化合物。例如丙酸分子的 α -碳原子上的一个H被氨基取代即得丙氨酸。

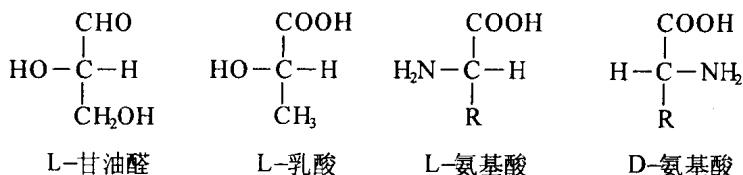


故 α -氨基酸的结构通式为



R为氨基酸的支链

从结构通式可以看出，α-氨基酸除甘氨酸无不对称碳原子外，一切α-氨基酸的α-碳原子皆为不对称，故都有D-型及L-型两种异构体。氨基酸的D-型或L-型是以L-甘油醛或L-乳酸为参考标准的，凡α-C位的构型与L-甘油醛(或L-乳酸)相同的氨基酸皆为L-型，相反者为D-型(与根据D-甘油醛决定单糖为D-型或L-型的原理相同)，书写时如将羧基写在α-碳原子的上端，则氨基在左边的为L-型，氨基在右边的为D-型。



上列通式中，只有α-位上有一个氨基。个别氨基酸，例如赖氨酸有两个氨基，一在α-位，一在ε-位，还有一个一般被列入氨基酸而实际只含亚氨基的脯氨酸。形成氨基酸的有机酸，一般为直链一羧酸，亦有二羧酸，个别氨基酸含有环状结构或其他基团，如胍基、咪唑基、吲哚基或SH(巯)基等。

氨基酸都具有旋光性，能使偏振光平面向左或向右旋转，左旋者通常用(-)表示，右旋者用(+)表示。D-型或L-型只表示氨基酸在构型上与D-型或L-型甘油醛类似，并不表示氨基酸的旋光性。

2.3.2.2 天然氨基酸的分类

从各种生物体中发现的氨基酸已有180多种，但是参与蛋白质组成的常见氨基酸或称基本氨基酸却只有20多种。此外在某些蛋白质中