

全国高等水产院校试用教材

生物化学

湛江水产学院主编

淡水渔业、海水养殖专业用

农业出版社

全国高等水产院校试用教材

生 物 化 学

湛江水产学院主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

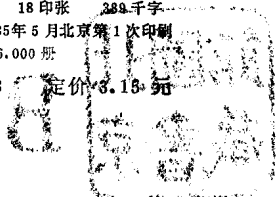
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 18印张 289千字

1985年5月第1版 1985年5月北京第1次印刷

印数 1—6,000册

统一书号 13144·268 定价 3.15元



编写说明

本教材由湛江水产学院、大连水产学院、上海水产学院和厦门水产学院等四院校，根据高等水产院校教材编写专业会议精神，共同制订编写大纲，联合编写。由湛江水产学院主编，并经有关专家教授及兄弟院校同行审定。

编写分工：绪言、1—4章、6—7章及第10章由湛江水产学院徐力群编写；第8—9章和11章由大连水产学院张兰音编写；第5章由张兰音、徐力群合编；第12章由厦门水产学院郑木思编写；第13章由上海水产学院刘玉芳编写。

参加审稿的有王岳、沈仁权、顾其敏、李泳棠、顾思旭、刘曾泽、曾心孔、骆肇堯、马凌云、黄金陵、季家驹、王左、姜淑梅、崔绍棠等同志。在编写、修改及试用过程中，我们不断听取各兄弟院校同行的宝贵意见，并得到各院校领导及有关同志的大力支持，在此一并表示感谢。

由于我们水平有限，本教材难免有错误和缺点，请各兄弟院校同行及广大读者批评指正。

编者

1982年3月

引 言

生物化学是研究生命现象化学本质的一门科学。

生物化学的任务是以辩证唯物主义的观点，主要应用化学的原理和方法去研究生物体的化学组成、物质在生物体内的变化以及同外界环境的交换，并在此基础上，从分子水平阐明生长、发育、繁殖、遗传等生命现象的化学本质，进而应用这些规律为工农业生产服务，为我国社会主义四化建设服务。

近二十多年来，由于生产实践的需要、各门科学的相互推动以及现代科学技术的进步，有力地推动着生物化学的发展。当前，以生物高分子的结构与功能，特别是以蛋白质和核酸的结构与功能为基础去认识生命现象，已经成为现代生物科学的主要发展方向，对整个生物学各领域的发展都产生了深刻的影响。因此，不少人认为，目前生物学已进入分子生物学时代。

分子生物学是以生物化学为基础发展起来的一门新兴科学，也是生物科学的带头学科。要学习分子生物学就必须先学习生物化学。欲攀登“生物学高峰”也必须有坚实的生物化学基础。养殖专业的主要学习内容是生物科学，因此很有必要掌握一些现代生物化学的基础知识。联系专业来看，我们的任务是要迅速发展养殖事业，为人民提供质优、价廉的各种水产品。改良品种，合理的饲养管理、人工繁殖方法的研究及改进、鱼病的防治等等，这些都是应该去研究解决的课题。要研究并解决这些问题，都需要生物化学的原理和技术。例如要深入了解遗传变异的本质，就要研究核酸的组成、性质、结构与功能。要做到合理饲养管理，就必须研究养殖对象的营养需要、饵料各养分在水产动物体的变化和作用，以及如何根据生物化学原理去调配饵料，以满足养殖对象的营养。总之，生物化学和水产养殖的关系是十分密切的。

本课程是养殖专业的重要基础课，因此，其内容主要是阐明生物化学的基本原理。当然亦尽量穿插一些与养殖关系密切的章节，例如鱼类的主要激素和鱼类的营养需要等。

目 录

引言

第一章 蛋白质	1
第一节 蛋白质是生命的物质基础	1
第二节 蛋白质的化学组成	2
一、蛋白质的元素组成	2
二、蛋白质的分子组成	2
第三节 氨基酸	3
一、氨基酸结构上的共同特点	3
二、氨基酸的分类	3
三、氨基酸的性质	5
四、氨基酸的分离及鉴定	12
五、鱼类的必需氨基酸	12
第四节 蛋白质的一级结构	14
一、蛋白质结构的概念	14
二、肽键和肽	15
三、多肽人工合成	17
四、蛋白质的氨基酸组成	19
五、氨基酸序列的测定	20
第五节 蛋白质的构象	22
一、蛋白质的构象与肽键平面结构	22
二、蛋白质的二级结构	23
三、蛋白质的三、四级结构	25
四、氨基酸序列与三维构象的关系	26
五、蛋白质结构和功能的关系	26
第六节 蛋白质的性质	29
一、两性解离与等电点、电泳	30
二、蛋白质的胶体性质	31
三、蛋白质的沉淀作用和分离制备方法	32
四、蛋白质分子量的测定	33
五、蛋白质的免疫性	34
第七节 蛋白质的分类	35
一、单纯蛋白质	35
二、结合蛋白质	36
第二章 核酸	37

第一节 概述	37
第二节 核酸的化学组成	37
一、核酸的基本化学组成	37
二、核酸水解产物的分子结构	38
三、细胞内的游离核苷酸	43
第三节 核酸的结构	45
一、核酸中核苷酸的连接方式	45
二、核酸水解的方法	47
三、核酸一级结构测定简介	50
四、DNA的结构	51
五、RNA的结构	54
第四节 核酸的理化性质及其应用	57
一、溶解性和分离提取	57
二、核苷酸的解离性质	57
三、光学特性及其应用	59
四、核酸的颜色反应和测定	59
五、核酸的变性、复性和杂交	60
第三章 酶	62
第一节 酶是生物催化剂	62
一、酶的概念	62
二、酶和一般催化剂的区别	62
三、酶的化学本质及其组成	63
第二节 酶的催化机制	63
一、酶作用与分子活化能的关系	64
二、酶的中间产物学说	64
三、酶的活性中心	65
四、酶作用的专一性	66
五、诱导契合假说	67
六、酶原的激活	69
第三节 酶促反应的动力学	70
一、底物浓度对酶反应速度的影响和米氏方程	70
二、影响酶作用的因素	74
第四节 酶的分离提取与鉴定	77
一、酶的分离提取	77
二、酶的测定	78
第五节 酶的命名与分类	79
一、酶的命名	79
二、酶的分类	79
三、酶的编号原则	80
第六节 同工酶、别构酶和固相酶	82
一、同工酶	82

二、别构酶	83
三、固相酶	84
第四章 维生素	86
第一节 什么是维生素	86
第二节 脂溶性维生素	87
一、维生素A	87
二、维生素D	88
三、维生素K	89
四、维生素E	90
五、硫辛酸	91
第三节 水溶性维生素及辅酶	92
一、维生素B ₁ 和TPP	92
二、维生素B ₂ 和 FMN、FAD	94
三、维生素B ₆ 和NAD ⁺ 、NADP ⁺	95
四、维生素B ₉ 和磷酸吡哆醛、磷酸吡哆胺	97
五、生物素	99
六、泛酸和辅酶A	100
七、叶酸和辅酶F	101
八、维生素B ₁₂ 和B ₁₂ 辅酶	103
九、维生素C	104
十、其他“维生素”	106
十一、维生素和酶的关系	106
十二、抗维生素	109
第四节 鱼类和维生素的关系	110
一、鱼类必需的维生素	110
二、鱼类维生素需要量	111
三、H因子	112
第五章 激素	113
第一节 概述	113
一、激素的作用原理	113
二、鱼类内分泌腺及激素	113
第二节 鱼类的重要激素	115
一、脑下垂体激素	115
二、下丘脑激素	119
三、甲状腺素	120
四、降钙素	121
五、斯坦尼斯小体激素	122
六、尾部下垂体激素	123
七、脑上腺激素	123
八、胰岛素	123
九、胰高糖素	124

十、肾上腺激素	126
十一、性激素	128
十二、前列腺素	130
第三节 植物激素	133
一、生长素	133
二、赤霉素	134
三、细胞分裂素	135
四、脱落酸	135
五、乙烯	136
第六章 新陈代谢	137
第一节 新陈代谢的概念	137
一、同化作用与异化作用	137
二、中间代谢	137
三、能量代谢	138
第二节 生化反应中的能量变化	138
一、自由能的概念	138
二、 ΔG 的测定	139
第三节 水生动物代谢的特点	141
第七章 糖代谢	143
第一节 糖的消化吸收	143
一、糖的消化吸收	143
二、糖吸收后在体内的动态	145
第二节 糖原的合成与分解	145
一、糖原的合成	146
二、糖原的分解	148
三、糖的异生作用	149
四、其他己糖的代谢	150
第三节 糖的分解代谢	151
一、糖酵解 (EMP途径)	152
二、糖的有氧分解	157
三、磷酸戊糖途径 (简称HMP途径)	162
第四节 氢的去路与ATP的生成	165
一、氧化还原反应的类型	165
二、氢的去路	167
三、ATP的生成	172
四、能的转移、贮存和利用	176
第八章 脂类代谢	179
第一节 脂肪代谢	179
一、脂肪的消化和吸收	179
二、甘油代谢	180
三、脂肪酸的氧化	181

四、脂肪酸的合成	185
第二节 磷脂代谢	187
一、磷脂的消化和吸收	187
二、磷脂的分解	187
三、磷脂的生物合成	189
第三节 胆固醇代谢	191
一、胆固醇的分解	192
二、胆固醇的生物合成	193
第九章 蛋白质和氨基酸代谢	196
第一节 蛋白质的消化和吸收	196
一、胃中蛋白质消化	196
二、胰液的消化作用	196
三、蛋白质的吸收	197
第二节 氨基酸的一般代谢	197
一、氨基酸的脱氨基作用	197
二、氨基酸脱羧基作用	201
第三节 氨的去路	202
一、储存——形成酰胺	202
二、排泄——尿素的生成	203
第十章 鱼的营养需要	206
第一节 能量的需要	206
一、营养物质的利用能	206
二、呼吸商	208
三、能需要量的测定	209
四、基础代谢和活动代谢	211
五、食物的特别动力作用	212
六、鱼体增重所需的能量	213
七、能的总需要量	214
第二节 蛋白质的需要	214
一、蛋白质在体内的代谢概况	214
二、蛋白质最低需要量	215
三、蛋白质的营养价值	216
四、饵料蛋白质的最适含量	218
五、热量蛋白比	219
第十一章 核苷酸代谢	221
第一节 核苷酸的分解代谢	222
一、嘌呤核苷酸的分解代谢	222
二、嘧啶核苷酸的分解代谢	223
第二节 核苷酸的合成代谢	224
一、嘌呤核苷酸的合成代谢	224
二、嘧啶核苷酸的合成代谢	227

三、脱氧核苷酸的合成	230
第十二章 核酸和蛋白质的生物合成	231
第一节 中心法则	231
第二节 DNA的生物合成	232
一、DNA的复制	232
二、反向转录	235
三、射线对DNA的损伤和修复	235
第三节 RNA的生物合成	236
一、转录	236
二、RNA的复制	240
三、多核苷酸磷酸化酶	241
第四节 蛋白质的生物合成	241
一、遗传密码	241
二、信使RNA (mRNA)	244
三、核糖体和多聚核糖体	244
四、转移RNA (tRNA)	245
五、氨酰基tRNA合成酶	247
六、转译过程	248
第十三章 物质代谢的联系和调节控制	253
第一节 物质代谢的联系	253
一、糖类与脂类的代谢联系	253
二、蛋白质与糖类和脂肪代谢的联系	254
三、核酸代谢与其它代谢的联系	254
四、能量代谢的联系	255
第二节 酶活性的调节控制	255
一、反馈调节	256
二、反馈调节的机制	259
第三节 酶的诱导合成及酶合成的阻遏	261
一、酶的诱导合成	261
二、酶形成的阻遏	262
三、诱导与阻遏的机制	262
第四节 激素的调节控制	264
一、激素作用与细胞膜	264
二、激素通过细胞膜受体起调节作用	266
三、类固醇激素通过细胞内受体起调节作用	268
第五节 激素在家鱼人工繁殖中的调节控制	270
一、激素在家鱼人工繁殖中的调节机制	270
二、激素产生的控制	272
附录 常用生化名词缩写	273
主要参考书	277

第一章 蛋 白 质

第一节 蛋白质是生命的物质基础

蛋白质是生命的物质基础，这可从两方面去理解。首先，蛋白质是生物的重要组成成分，存在于一切生物体之中。对于人和动物，其新鲜组织中蛋白质的含量约为20%。植物体含量较低，约占0.5—3%，但豆类种子含量较高，例如黄豆中蛋白质高达40%。鱼、贝类蛋白质含量也很丰富，如表1—1所示。

表 1—1 鱼、贝类的一般成分
(新鲜物中%)

鱼、贝名称	水分	蛋白质	脂类	糖	灰分
鳊 鱼	75.0	20.0	3.5	0.3	1.2
鳊 鳊	60.7	20.0	18.0	0.3	1.0
竹 刀 鱼	70.0	20.0	8.4	0.3	1.3
鳊 鱼	81.0	16.6	0.6	0.1	1.7
鳊 鱼	74.0	22.5	2.0	0.3	1.2
蛤 仔	85.4	10.6	1.3	1.5	1.2
乌 贼	80.3	17.0	1.0	0.5	1.2
对 虾	80.0	16.0	1.1	1.5	1.4

从蛋白质的数量来看，大肠杆菌是简单的单细胞生物，每个菌体估计有三千种不同结构的蛋白质分子，复杂的人体则有十万种以上。有人估计，整个生物界可能存在一百亿种不同结构的蛋白质分子。正因为蛋白质分子是如此多种多样，生物体才能精确地完成各种各样极其复杂的生理功能。

更重要的一点，是蛋白质在生命活动中起着极其重要的作用。据目前的科学资料来看，催化生物体内一切化学过程的酶，调节新陈代谢的某些激素，运载O₂和CO₂的血红蛋白以及某些虾、蟹、贝类的血蓝蛋白，在生物氧化过程中传递电子的细胞色素，运输脂类的血浆脂蛋白，协调机体运动的肌动蛋白和肌球蛋白，参与免疫作用的抗体，决定生物生长、繁殖和遗传变异的核蛋白，控制或调节核酸遗传信息表达的组蛋白等，都是蛋白质。可见蛋白质和生命活动息息相关。因此，可以说，没有蛋白质就没有生命。

对水产养殖专业来说，蛋白质除了和养殖对象的生命活动密切相关外，它既是饵料的重要组份，又是鉴别养殖成品质量的首要标准，所以，也很重要。

第二节 蛋白质的化学组成

一、蛋白质的元素组成

从生物组织中提取的各种蛋白质,经元素分析,知其组成和含量大致相似。它们除含氮外,尚含有碳、氢、氧以及少量硫。有些蛋白质还含有磷、铁、铜、锰、锌、碘等元素。一般干燥蛋白质的主要元素分析平均值为:

碳: 50—55%	氢: 6.0—7.0%
氧: 20—23%	氮: 14.7—19.5%
硫: 0.3—2.5%	

糖和脂肪一般不含氮,因此氮是蛋白质的特征性元素,而且多数蛋白质含氮量相当接近,一般恒定在14.7—19.5%,平均16%左右。也就是说,每100克蛋白质平均含氮约为16克。在定量分析蛋白质时,只要测得样品中的含氮量(一般用凯氏定氮法),就可以算出蛋白质的近似含量(粗蛋白质含量)。

$$\frac{\text{蛋白质含氮量}}{\text{蛋白质含量}} = \frac{16}{100}$$

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

由于不同样品中的蛋白质含氮量差异较大,凡蛋白质含氮量尚未确定的样品,可用平均系数6.25乘以含氮量,算出粗蛋白质的量。但蛋白质含氮量已经确定的样品,则按它们的实际系数换算。例如荞麦、玉米用系数6.00,大豆、蚕豆、小麦用系数5.70,牛奶用系数6.38。

二、蛋白质的分子组成

蛋白质是一种结构极其复杂的高分子化合物,人们对它的认识是逐渐深化的,在早期研究时,常用水解的办法去认识蛋白质的分子组成。蛋白质可用酸、碱或酶水解。其水解程度因反应条件不同而异,可分为不完全水解和完全水解两种。不完全水解的产物是分子量大小不等的肽段和氨基酸。肽段是蛋白质分子的碎片,它由二个乃至几十个氨基酸所组成。完全水解的产物是氨基酸的混合物。肽段可以进一步水解,分子碎片越来越小,最后成为各种氨基酸。但氨基酸不能再水解,所以氨基酸是蛋白质的最终水解产物,是组成蛋白质的基本单位。

酸法水解是最常用的方法。一般用 6NHCl , 在无氧条件下,维持 110°C 水解20多个小时,即可完全水解成氨基酸。该法较稳定,不会引起消旋作用,但色氨酸常被破坏。

碱法水解一般用 4Na(OH)_2 , 水解10小时,蛋白质可以完全水解。但该法缺点多,

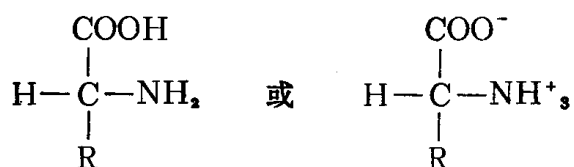
可以使含硫、含羟基或胍基的氨基酸破坏，同时会使氨基酸产生消旋作用，故不宜用来制备L-型氨基酸。

酶法水解因其作用条件温和，故可避免上两法的缺点。如要用酶法使蛋白质完全水解成氨基酸，单用某一种蛋白酶是无法实现的，在体内要靠多种酶的协同作用才能将蛋白质水解成氨基酸。因为目前还无法提供全部所需的稳定的商品酶，所以该法尚未普及。

第三节 氨基酸

一、氨基酸结构上的共同特点

氨基酸是构成蛋白质的基本单位，它们是含氨基的羧酸。按照氨基在碳链上的位置不同，可分为 α 、 β 、 γ 等多种氨基酸。从蛋白质中分离出来的氨基酸主要有20种，它们都是 α -氨基酸，因为它们的氨基都连接在与羧基相邻的碳原子（即 α -碳原子）上。除脯氨酸为 α -亚氨基酸外，其余19种氨基酸在结构上都有共同的特点，不同的侧链部分用“R”表示，其通式为：



从上式可以看出，氨基酸具有两个特点：①都有酸性的 α -COOH和碱性的 α -NH₂，为两性电解质；②除R=H的甘氨酸外，它们的 α -碳原子都是不对称碳原子，所以是光学活性物质。

除了构成蛋白质的 α -氨基酸外，在生物体内尚含有游离的 β -丙氨酸（是遍多酸的前体）和 γ -氨基丁酸（一种传递神经冲动的化学介质）等。

二、氨基酸的分类

按照氨基酸侧链的性质，可将它们分成四大类：

（一）酸性侧链氨基酸 侧链中含有可解离的羧基，在pH6时带负电荷，如谷氨酸和天冬氨酸。

（二）碱性侧链氨基酸 侧链中含可解离的氨基（赖氨酸），胍基（精氨酸）或咪唑基（组氨酸）。在pH7时带正电荷。

（三）极化中性侧链氨基酸 侧链呈中性，具有亲水性，如丝氨酸、苏氨酸、酪氨酸、色氨酸、半胱氨酸、天冬酰胺和谷氨酰胺。

（四）非极化中性侧链氨基酸 侧链呈中性，具有疏水性，如甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、蛋氨酸（甲硫氨酸）、苯丙氨酸、脯氨酸。

表 1-2 氨基酸的分类及其结构

分 类	名 称	缩写符号		结 构 式
		三字母 符号	单字母 符号	
酸性侧链氨基酸	谷氨酸 (α -氨基戊二酸)	Glu	E	$\text{HOOC CH}_2 \text{CH}_2 \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$
	天冬氨酸 (α -氨基丁二酸)	Asp	D	$\text{HOOC CH}_2 \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$
碱性侧链氨基酸	*赖氨酸 (α, ϵ -二氨基己酸)	Lys	K	$\text{CH}_2 \text{CH}_2 \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}_2} \text{CH}_2 \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$
	*精氨酸 (α -氨基- δ -胍基戊酸)	Arg	R	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{NH}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{NH}-\text{CH}_2 \text{CH}_2 \text{CH}_2 \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$
	*组氨酸 (α -氨基- β -咪唑丙酸)	His	H	$\text{HC}=\underset{\text{N}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\underset{\text{NH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2 \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$
极化中性侧链氨基酸	丝氨酸 (α -氨基- β -羟基丙酸)	Ser	S	$\text{CH}_2 \underset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}} \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$
	*苏氨酸 (α -氨基- β -羟基丁酸)	Thr	T	$\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$
	半胱氨酸 (α -氨基- β -巯基丙酸)	Cys	C	$\text{CH}_2 \underset{\text{SH}}{\underset{ }{\text{CH}}} \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$
	天冬酰胺	Asn	N	$\text{H}_2\text{NOC CH}_2 \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$
	谷氨酰胺	Gln	Q	$\text{H}_2\text{NOC CH}_2 \text{CH}_2 \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$
	酪氨酸 (α -氨基- β -对羟苯丙酸)	Tyr	Y	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2 \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$
	*色氨酸 (α -氨基- β -吲哚丙酸)	Trp	W	$\text{C}_8\text{H}_7\text{N}-\text{CH}_2 \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$
	甘氨酸 (氨基乙酸)	Gly	G	$\text{H}_2\text{N CH}_2 \text{COOH}$
	丙氨酸 (α -氨基丙酸)	Ala	A	$\text{CH}_3 \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$
	缬氨酸 (α -氨基异戊酸)	Val	V	$\text{CH}_3 \text{CH}(\text{CH}_3) \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH}$

(续)

分 类	名 称	缩写符号		结 构 式
		三字母 符号	单字母 符号	
	*亮氨酸 (α -氨基异己酸)	Leu	L	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH} \text{---} \text{COOH} \\ \diagdown \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
	*异亮氨酸 (α -氨基- β -甲基戊酸)	Ile	I	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH} \text{---} \text{CH} \text{---} \text{COOH} \\ \diagdown \quad \\ \text{C}_2\text{H}_5 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
	*蛋氨酸 (α -氨基- γ -甲硫基丁酸)	Met	M	$\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{CH} \text{---} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2$
	*苯丙氨酸 (α -氨基- β -苯丙酸)	Phe	F	$\text{C}_6\text{H}_5\text{---CH}_2\text{CH} \text{---} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2$
	脯氨酸 (四氢吡咯-2-羧酸)	Pro	P	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \text{---} \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{H}_2\text{C} \quad \quad \text{CH} \text{---} \text{COOH} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \end{array}$

注：有“*”号者是鱼类必需氨基酸

以上20种氨基酸是指在蛋白质生物合成时，能参入蛋白质分子中的氨基酸。但蛋白质合成后，分子中某些氨基酸侧链可以发生一定程度的变化，而形成另一种氨基酸。如赖氨酸和脯氨酸，在胶原中常羟化成羟赖氨酸和羟脯氨酸；二分子半胱氨酸借二硫键结合成一分子胱氨酸；酪氨酸经碘化生成二碘酪氨酸及甲状腺素等。此外，生物体内还有一些不参与构成蛋白质的游离氨基酸，如鸟氨酸、胍氨酸等，它们是氨基酸代谢的中间产物。

三、氨基酸的性质

(一) 一般物理性质 α -氨基酸都是白色结晶，各有特殊晶形。熔点很高，一般在200—300℃左右。由于各种氨基酸都有特定的晶形和熔点，故可借此作定性鉴定。

所有氨基酸都溶于稀酸、稀碱，但一般不溶于乙醚，而微溶于乙醇。各种氨基酸都能溶于水，但溶解度不同，如胱氨酸和酪氨酸在水中很难溶解，而脯氨酸则极易溶解。在分离制取氨基酸时，常应用溶解度这一特性，它们的熔点及其他性质见表1—3。

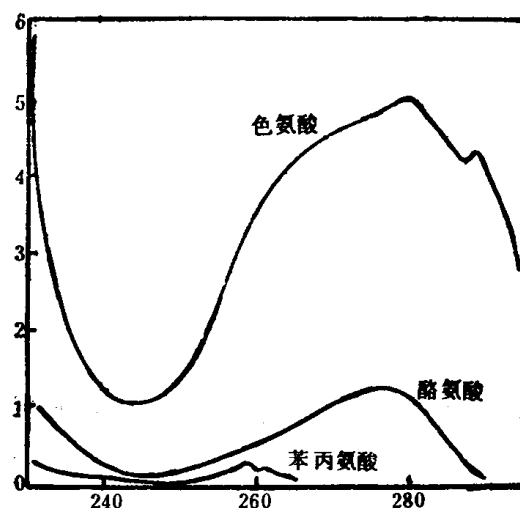
(二) 光学性质

1. 紫外吸收性：在20种氨基酸中，有三种含苯环的芳香族氨基酸——酪氨酸、色氨酸及苯丙氨酸具有紫外吸收性。它们的吸收光谱如图1—1所示。我们可以利用这一特性，测定这三种氨基酸及其蛋白质的量。

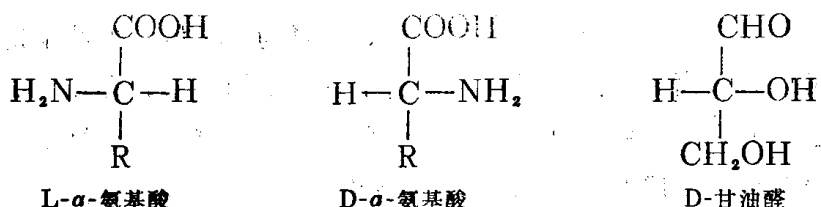
2. 旋光性：除甘氨酸外，其他氨基酸的 α -碳原子都是不对称碳原子，因此都有旋光性。其旋光特性可以用比旋光值 $[\alpha]_D^{25}$ 来表示。各氨基酸的 $[\alpha]_D^{25}$ 值列于表1—3。

表 1—3 各种氨基酸在25℃时pK和pI的近似值、比旋值和在水中溶解度

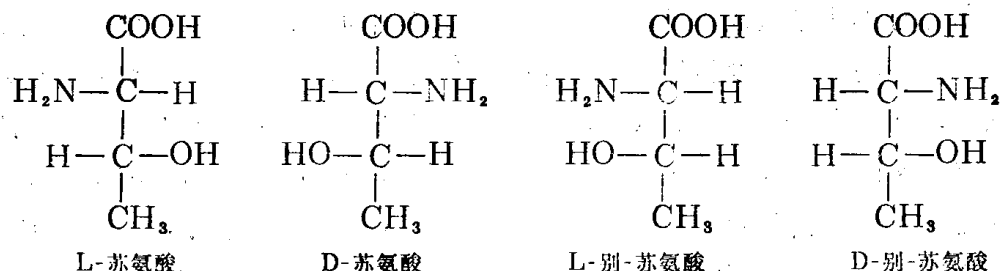
氨基酸名称	pK ₁ (α -C-OOH)	pK ₂	pK _s	pI	L-氨基酸的比旋值 [α] _D 25℃浓度1—2%		在25℃时的 水中溶解度 g/100g	熔点℃
					H ₂ O	5NHCl		
甘氨酸	2.34	9.60		5.97			24.99	290
丙氨酸	2.34	9.69		6.0	+1.8	+14.6	16.51	297
缬氨酸	2.32	9.62		5.96	+5.6	+28.3	8.85	292—295
亮氨酸	2.36	9.60		5.98	-11.0	+16.0	2.19	337
异亮氨酸	2.36	9.68		6.02	+12.4	+39.5	4.12	284
丝氨酸	2.21	9.15		5.68	-7.5	+15.1	25(20℃)	228
苏氨酸	2.71	9.62		6.18	-28.5	-15.0	20.5	253
半胱氨酸(30℃)	1.96	8.18(-SH)	10.28(-NH ₃ ⁺)	5.07	-16.5	+6.5	溶于水	178
胱氨酸(30℃)	1.00	1.7(-COOH)	7.48和9.02	4.60	—	-232	0.011	261
甲硫氨酸	2.28	9.21		5.74	-10.0	+23.2	5.14(20℃)	283
天冬氨酸	1.88	3.65(-COOH)	9.60(-NH ₃ ⁺)	2.77	+5.05	+25.4	0.50	270
谷氨酸	2.19	4.25	9.67(-NH ₃ ⁺)	3.22	+12.0	+31.8	0.84	249
天冬酰胺	2.02	8.80		5.41	-5.6	33.2(3NHCl)	3.11(28℃)	236
谷氨酰胺	2.17	9.13		5.65	+6.3	+31.8(1NHCl)	4.25盐酸盐	185
赖氨酸	2.18	8.95(α -NH ₃ ⁺)	10.53(ϵ -NH ₃ ⁺)	9.74	+13.5	+26.0	66.6(20℃)(盐酸盐)	224—225
精氨酸	2.17	9.04(-NH ₃ ⁺)	12.48(胍基)	10.76	+12.5	+27.6	71.8(20℃)	238
苯丙氨酸	1.83	9.13		5.48	-34.5	-4.5	2.96	284
酪氨酸	2.20	9.11(-NH ₃ ⁺)	10.07(-OH)	5.66	—	-10.0	0.046	344
色氨酸	2.38	9.39		5.89	-33.7	+2.8(1NHCl)	1.14	282
组氨酸	1.82	6.00(咪唑基)	9.17(-NH ₃ ⁺)	7.59	-38.5	+11.8	4.29	277
脯氨酸	1.99	10.60		6.30	-86.2	-60.4	162.3	222
羟脯氨酸	1.92	9.73		5.83	-76.0	-50.5	36.11	

图 1—1 色氨酸、酪氨酸和苯丙氨酸的吸收光谱
(在pH8条件下测定的吸收光谱)

含一个不对称碳原子的氨基酸有两个旋光异构体，构成一对对映体。通常把 -NH₂ 写在左边的称为 L-型，写在右边的称为 D-型（以甘油醛为标准）。如下式所示：



含二个不对称碳原子的氨基酸,如苏氨酸、异亮氨酸、羟脯氨酸及羟赖氨酸等,就有四个旋光异构体,构成两对对映体。分别称它们为 D-、L-、D-别-、L-别-氨基酸,其中 D-和 L-、D-别-和 L-别-氨基酸各为一对对映体。苏氨酸的四种异构体如下:



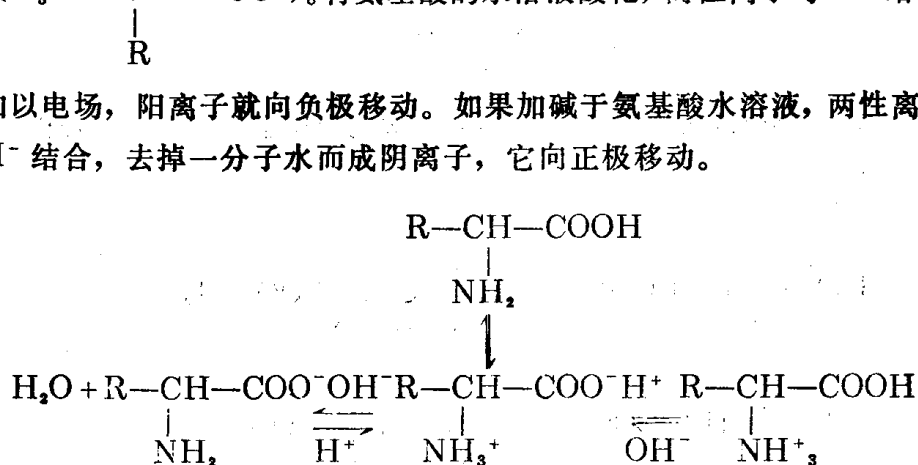
蛋白质中的氨基酸除甘氨酸外,一般都属 L-型。

D-型和 L-型氨基酸,除旋光性不同外,其化学结构式,理化性质都无区别,但是它们的生理功能却不同。D-型氨基酸一般不能为生物所利用,甚至能抑制某些生物的生长。例如乳酸菌在含有 L-亮氨酸的培养基上能正常生长,当换用 D-亮氨酸时,生长就受抑制。

虽然天然蛋白质中的氨基酸都属于 L 型,但在某些微生物和植物组织中常含有 D-氨基酸。例如具有抗菌作用的短杆菌肽 S 和酪菌肽中都含有 D-苯丙氨酸。

(三) 两性解离及等电点 很多物质既含酸性基又含碱性基,并且可以与酸或碱发生反应而生成盐,这些物质是两性的,所以称为两性电解质。氨基酸就是这些物质中突出的例子之一。

在水溶液中,氨基酸不是以分子的形式,而主要是以两性离子(或称兼性离子)的形式存在。所谓两性离子是指在同个氨基酸分子上带有等量正、负电荷,其静电荷为零的离子 ($\text{H}_3^+\text{N}-\text{CH}-\text{COO}^-$)。将氨基酸的水溶液酸化,两性离子与 H^+ 结合而成阳离子。这



时若加以电场,阳离子就向负极移动。如果加碱于氨基酸水溶液,两性离子氮原子上的 H^+ 和 OH^- 结合,去掉一分子水而成阴离子,它向正极移动。