

普通生物化学

(上)

辽宁师范学院生物系

一九七九年十月

普通生物化学
(上册)

目 录

前言..... 1

第一章 蛋白质化学..... 3

 第一节 蛋白质的化学组成..... 4

 一 蛋白质的元素组成..... 4

 二 组成蛋白质分子的基本单位——氨基酸..... 4

 三 氨基酸的分离..... 18

 四 某些天然的肽..... 21

 第二节 蛋白质的分子结构..... 24

 一 蛋白质分子的一级结构..... 24

 二 蛋白质分子的空间结构..... 27

 第三节 蛋白质的性质..... 34

 一 蛋白质的两性解离与等电点..... 34

 二 蛋白质的胶体性质..... 36

 三 蛋白质的变性作用..... 38

 四 蛋白质的颜色反应..... 39

 第四节 蛋白质的结构与功能的关系..... 41

 一 一级结构与功能的关系..... 41

 二 空间结构与功能的关系..... 43

 第五节 蛋白质的制备及鉴定..... 45

生
化
生

一	抽提	45
二	分离	45
三	纯化	46
第六节	蛋白质的分类	47
一	单纯蛋白质	48
二	结合蛋白质	49
第二章	核酸化学	52
第一节	核酸的化学组成	53
一	核酸的水解	53
二	碱基	54
三	核苷	57
四	核苷酸	59
第二节	核酸的分子结构	62
一	核酸的一级结构	62
二	核酸的空间结构	66
第三节	核酸的理化性质	73
一	核酸的性状	73
二	紫外吸收	73
三	核酸的变性	73
四	核酸的颜色反应	74
第四节	核酸的生物学功能	75
一	核酸与遗传	75
二	核酸与蛋白质的生物合成	76
第五节	核酸的分离与测定	78

一	核酸的分离与测定的基本原理	78
二	核酸的水解及其产物的分离测定	79
第三章	酶化学	85
第一节	酶的一般概念	85
第二节	酶的本质和结构	87
一	酶的化学本质	87
二	酶蛋白的结构	88
三	辅酶的结构与功能	88
第三节	常见的重要辅酶	97
第四节	酶催化作用的机制	100
一	酶作用与分子活化能	100
二	酶的作用机制	101
三	酶的变构与功能	103
第五节	酶作用的专一性	105
一	绝对专一性	105
二	相对专一性	106
三	立体构型专一性	106
第六节	酶的反应速度及影响反应速度的因素	107
一	酶的反应速度	107
二	影响反应速度的因素	108
第七节	酶的命名与分类	120
一	酶的命名	120
二	酶的分类	121
第四章	亚细胞结构生化	124
第一节	亚细胞各部份的分离和鉴定	124

一	各业细胞组分的分离方法.....	125
二	分离出各组分的鉴定.....	128
第二节	质膜.....	129
一	质膜的化学组成与结构.....	129
二	质膜的功能.....	133
第三节	线粒体.....	135
一	线粒体的结构.....	135
二	线粒体的化学.....	136
三	线粒体的功能.....	137
第四节	细胞核.....	137
一	化学组成.....	137
二	染色质和染色体.....	140
第五节	微粒体、高尔基复合体、核蛋白体和溶酶体.....	142
一	微粒体.....	142
二	高尔基复合体.....	144
三	核蛋白体.....	144
四	溶酶体.....	146

前 言

生物化学是以物理化学的理论和方法作为主要手段研究生命现象的一门学科。它主要研究和讨论的对象是：

一、组成生命（病毒、微生物、植物、动物和人）物质的化学成分，及其结构和性质，以及在生物体中的分布。

二、组成生命物质在生命活动（如生长、生殖、代谢、运动等）过程中的变化规律。即新陈代谢是生命物质的基本特征，在代谢过程中，各种物质如何变化以及它们在变化过程中的相互关系。

三、组成生命物质的结构和代谢与生命现象和生理功能之间的关系。

从研究对象分类，可分为动物生物化学及植物生物化学。前者以人体及动物体为研究对象，后者以植物体为研究对象。如果研究对象不局限于动物或植物，而是整个生物则称普通生物化学。如果以生物（特别是动物）的不同进化阶段的化学特征（包括化学组成和代谢方式）为研究对象，则称进化生物化学或比较生物化学；此外根据不同的研究对象和目的，生物化学还可以有许多分枝。如微生物生化、医用生化、工业生化等等。

认识来源于实践。生物化学和其它自然科学一样，都是生产实践和科学实验的产物。由于生产发展的需要，本世纪初生物化学才逐步形成一门独立学科。从生物化学的成长过程粗略地划分，大致经历三个阶段：本世纪以前大都研究生命的化学组成，即所谓静态（有机）生物化学阶段。其后，一直到本世纪中叶则进一步研究生物体的物质

个过程。称动态（代谢）生物化学阶段。约在五十年代以后，则发展到研究生物高分子物质，如核酸、蛋白质结构与功能的关系为核心的分子生物学时期，即功能（机能）生物化学阶段。这样一个成长过程，固然在一定程度上反映了人们对自然的认识发展过程。但实际上三个方面本来就是互相联系的，后一方面的研究总是要以前一方面作必要的知识基础。它们之间也有许多交叉迂回，所以不可能截然划分，如果要分的话，也不过是根据所从事研究的领域，从一个整体的不同侧面进行探索。

生物化学虽是一门比较年青的学科，但由于生产的发展和社会物质生活发展的需要，实验技术的日益进步，推动了生物化学的发展，并成为生物学中发展极为迅速的一个分枝。

生物化学不仅在国家经济建设事业中具有重要意义，在生物学科中也占有重要地位。生物学长期停留在形态结构的描述阶段，随着社会生产实践的发展和科学技术的进步，才有可能由宏观结构的描述转入到微观物质及其运动的研究，从生命活动的表面现象深入到研究生命现象的本质，为生物学开辟了新的领域，并已成为生理学、细胞学、微生物学、遗传学等不可缺少的基础之一。

生物学科是一个完整的统一体，每门学科都有其特殊的研究对象和任务，各占有它们应有的地位。生物化学不可能代替其它任何学科，只是和其它学科之间相互补充和相互促进。

第一章 蛋白质化学

蛋白质是一类重要的含氮有机化合物。它不仅是构成生物体的基本材料，而且是生命活动所依赖的主要物质基础。伟大导师恩格斯早在1878年就指出：“生命是蛋白质的存在方式”。他又说：“无论在什么地方，只要我们遇到生命，我们就发现生命是和某种蛋白质相联系的，而且无论在什么地方，只要我们遇到不处于解体过程中的蛋白质，我们也无例外地发现生命现象。”（见《反杜林论》）。在这里，恩格斯用辩证唯物主义的观点给我们指出了，蛋白质和生命不可分割的关系。

在自然界中，一切生物无论是微生物、植物、动物和人体都含有蛋白质。人体（按干重计算）45%是蛋白质，即除去水分后，蛋白质约占体重的一半左右，在植物细胞中，蛋白质含量也很丰富，例如白菜细胞中蛋白质占63.1%（干重），细菌含蛋白质50-80%，病毒和噬菌体是一类最简单的生物体，在它们体内，除了一小部分核酸外，其余则全部是蛋白质。由此可见，蛋白质是构成生物体的基本材料。

蛋白质在生物体内不仅是作为一种基本材料，更重要的是它参加了一切生命活动。正如恩格斯指出的，生物体的各种生命现象例如消化、收缩、生长、繁殖等等都和蛋白质有关。

大家都很熟悉的食物消化，种子萌发时物质的转化以及绿色植物的光合作用等等都是在各种酶的催化下进行的，而酶就是一类具有催化能力的蛋白质。肌肉为什么能收缩？是由于肌肉中有一种肌动球蛋白

白，这种蛋白质有伸缩作用。此外，生物的生长、繁殖都是在核蛋白的参加下进行的。以上的例子说明，蛋白质在生命活动过程中，起着促进食物消化、调节物质代谢、控制生长、繁殖等等重大作用，正如恩格斯所说：“没有蛋白质，就谈不到生命。”因此，深入研究蛋白质将有助于我们进一步认识生命的本质和指导生产实践。

第一节 蛋白质的化学组成

一、蛋白质的元素组成

从各种动植物组织中分离出来的不同蛋白质，经过元素分析，得知其中都含有碳、氢、氧、氮四种元素。此外，大多数的蛋白质还含有少量的硫，有的尚含有铁、铜、锰、锌、钴等金属元素，有个别的蛋白质含碘（如甲状腺球蛋白）。一般蛋白质的元素成分如下表：

表 1-1 蛋白质的元素成分

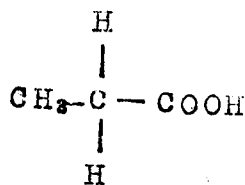
组成元素	碳	氢	氧	氮	硫	其 它		
						磷	铁	碘
含量% (平均值)	53	7	23	16	1	牛奶中的酪蛋白含磷	血中的血红蛋白含铁	甲状腺中的甲状腺球蛋白含碘

蛋白质与糖及脂肪相同，皆含有碳、氢、氧三种元素，但一切蛋白质皆含有氮，而糖和脂肪则几乎不含氮。并且大多数蛋白质的含量接近于 15.0~17.6%，平均约为 16%。故任何含蛋白质的样品中，每克氮的存在大约表示该样品中含 $100/16 = 6.25$ 克的蛋白质。

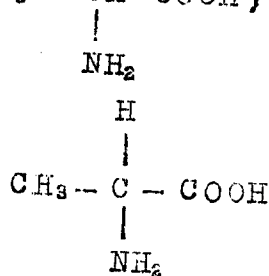
二、组成蛋白质分子的基本单位——氨基酸

用酸（HCl、H₂SO₄）、硷（NaOH）或酶（如胃蛋白酶、胰蛋白酶）

蛋白酶)水解蛋白质得到氨基酸。 α -氨基酸是一切蛋白质的组成单位。氨基酸是羧酸分子中 α -碳原子上的一个氢原子被氨基取代而成的化合物,故称 α -氨基酸。例如丙酸($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$)的 α -碳原子上的一个H被氨基取代即得丙氨酸($\text{CH}_3-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$)



丙 酸

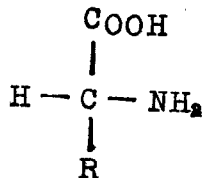


α -丙氨酸

天然氨基酸几乎都是以结合方式存在于蛋白质分子中,以自由形态存在于动、植物组织和体液中的氨基酸近年也有所发现。

(一) 氨基酸的结构

α -氨基酸的结构通式:一般 α -氨基酸的结构,可用下式代表



R为 α -氨基酸的支链

上式具有两个特点:

- (1) 具有酸性的一COOH及碱性的一NH₂, 故为两性电解质;
- (2) 如果R ≠ H, 则具有不对称碳原子, 因而是光学活性物质。

除甘氨酸外, 一切 α -氨基酸的 α -碳原子皆为不对称碳原子, 故有D-及L-两种异构体, 如下图1-1

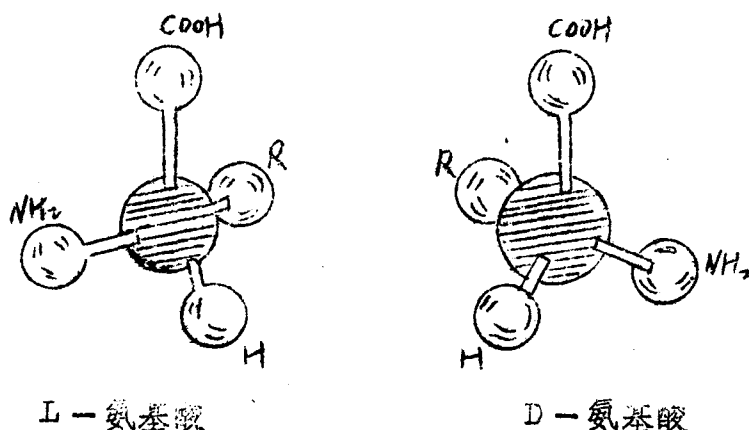
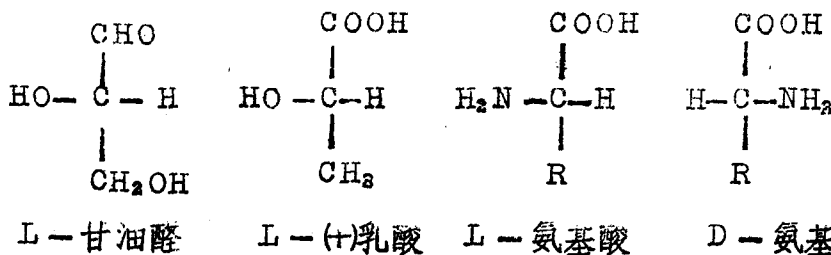


图 1-1 氨基酸分子模型

氨基酸的 D-型或 L-型是以 L-甘油醛或 L-乳酸为参考的。
 α -碳位的构型与 L-甘油醛 (或 L-乳酸) 相同的氨基酸皆为 L-型氨基酸, 相反者为 D-型氨基酸。



D-或 L-只表示氨基酸在构型上与 D-或 L-甘油醛类似, 并不表示氨基酸的旋光性。其旋光性则与糖类相似, 须以 (+) 或 (-) 表示。

蛋白质中存在的氨基酸皆为 L-型, 但在微生物体内及抗菌素中亦有 D-型氨基酸存在 (自由或肽结合形式)。目前还不能肯定地说在高等动、植物蛋白质中不含有 D-氨基酸。D-氨基酸在细菌体内是与氨基糖结合, 其生理功能尚未确定。

D-型和 L-型氨基酸在化学性质上几乎没有什么差异, 而在生理功能上却有很大差别, 例如有的乳酸杆菌只能利用 L-型氨基酸作养料, 而对 D-型谷氨酸不但不能利用, 反而抑制其生长。

(二) 氨基酸的分类:

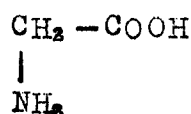
目前在各类生物细胞组织中虽已发现150种左右的氨基酸，但由遗传密码所规定并构成绝大多数蛋白质的氨基酸只有20种，这20种天然蛋白质中的氨基酸可以分为三大类，即脂肪族氨基酸、芳香族氨基酸及杂环氨基酸。在脂肪族氨基酸中，根据所含氨基、羧基的多少以及是否含硫或含羟基，又可分为一氨基一羧基，一氨基二羧基，二氨基一羧基，含羟基及含硫氨基酸等几小类。

1. 脂肪族氨基酸

(1) 一氨基一羧基酸

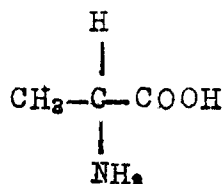
① 甘氨酸 (α -氨基乙酸)

Glycine (Gly, G)



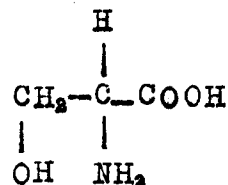
② 丙氨酸 (α -氨基丙酸)

Alanine (Ala, A)



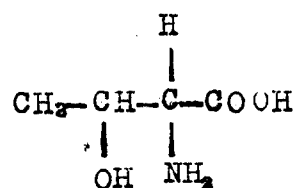
③ 丝氨酸 (α -氨基- β -羟基丙酸)

Serine (Ser, S)



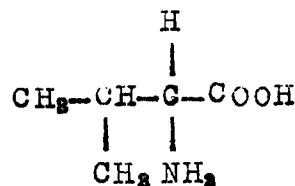
④ 苏氨酸 (α -氨基- β -羟基丁酸)

Threonine (Thr, T)



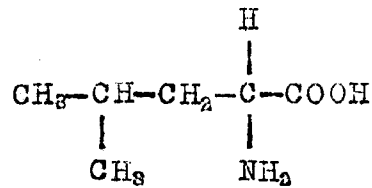
⑤ 缬氨酸 (α -氨基异戊酸)

Valine (Val, V)



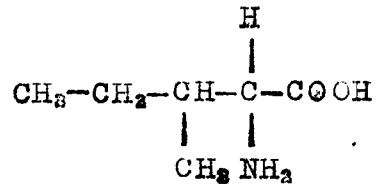
⑥亮氨酸(α-氨基己酸)

Leucine (Leu, L)



⑦异亮氨酸(α-氨基β-甲基戊酸)

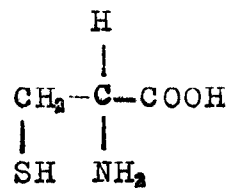
Isoleucine (Ile, I)



以上七种氨基酸分子内都含有一个氨基和一个羧基。

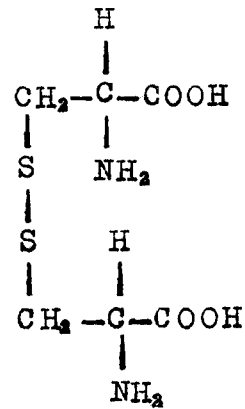
⑧半胱氨酸(α-氨基β-巯基丙酸)

Cysteine (Cys, C)



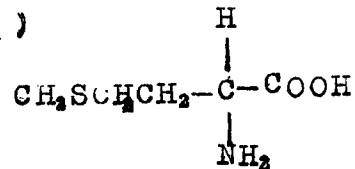
⑨胱氨酸(二α-氨基β-巯基丙酸)

Cystine (Cys)



⑩甲硫氨酸(α-氨基γ-甲硫基丁酸)

Methionine (Met, M)

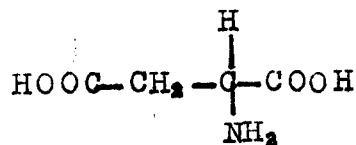


以上三种氨基酸的分子内部都含有硫原子。

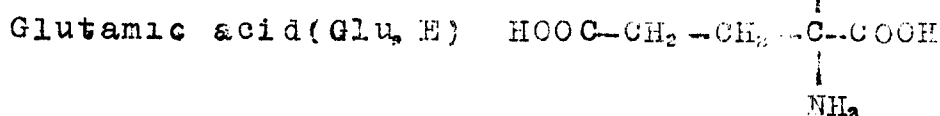
(2) 氨基二羧酸

⑪天门冬氨酸(α-氨基丁二酸)

Aspartic acid (Asp, D)



③谷氨酸(α-氨基戊二酸)

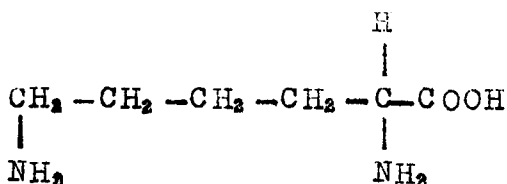


以上两种氨基酸分子内含有一个氨基和两个羧基，因此也称酸性氨基酸。

(3)二氨基一羧基酸

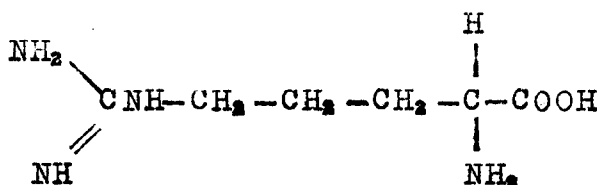
⑬赖氨酸(α、ε-二氨基己酸)

Lysine (Lys, K)



⑭精氨酸(α-氨基δ-胍基戊酸)

Arginine (Arg, R)

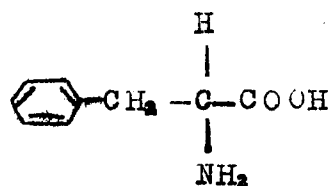


以上两种氨基酸分子内含有两个氨基和一个羧基，因此也称碱性氨基酸。

2、芳香族氨基酸

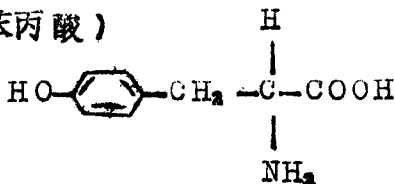
⑮苯丙氨酸(α-氨基β-苯丙酸)

Phenylalanine (Phe, F)

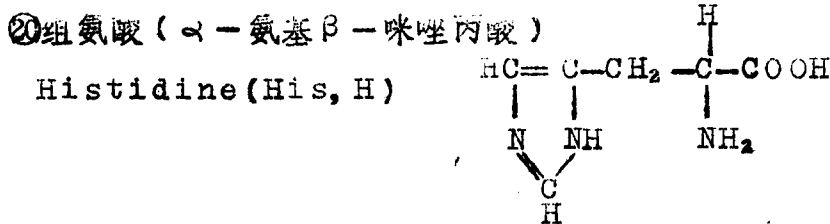
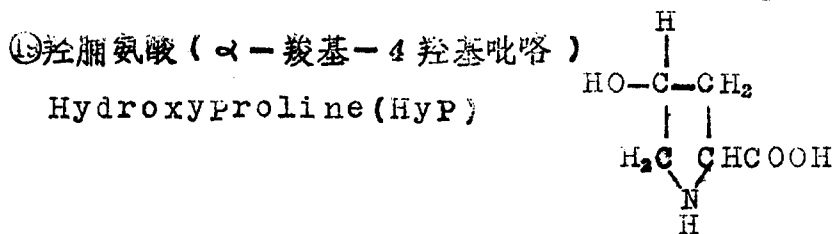
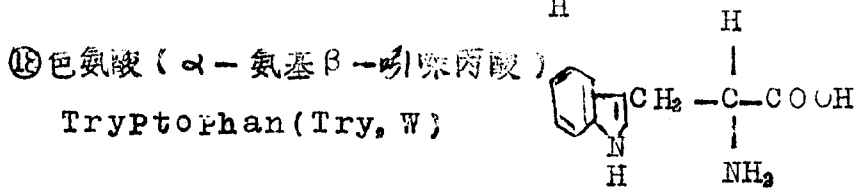
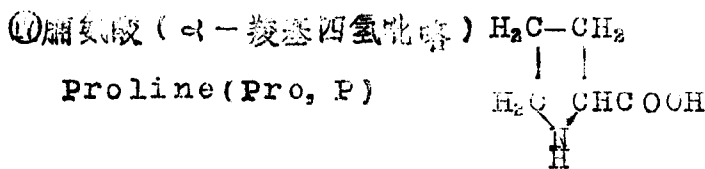


⑯酪氨酸(α-氨基β-对羟基苯丙酸)

Tyrosine (Tyr, Y)



3、杂环氨基酸



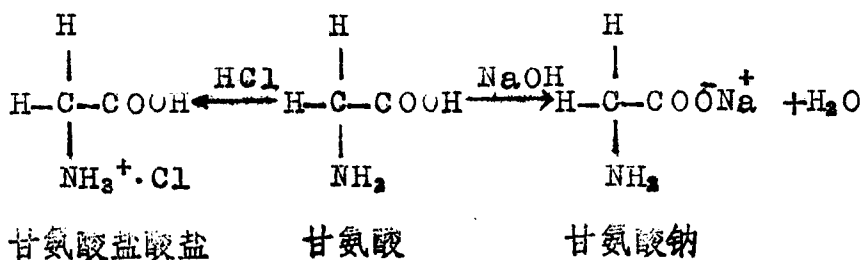
三 氨基酸的一般理化性质

1. 物理性质:

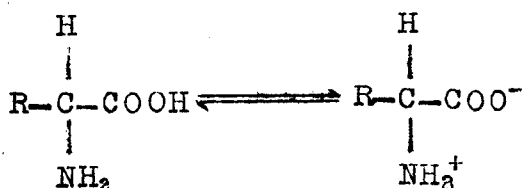
(1) 两性解离和等电点:

氨基酸的同一分子中既含有碱性的氨基 ($-\text{NH}_2$) 又含有酸性的羧基 ($-\text{COOH}$)。它既可以和酸作用, 也可和碱作用, 因此属于两性电解质。

例如甘氨酸:

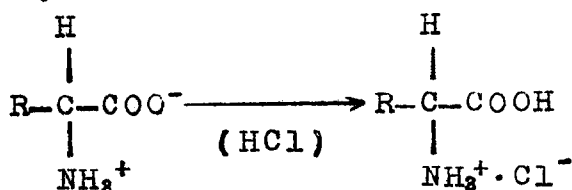


实际上氨基酸无论是在水溶液中还是在晶体状态中都以两种离子形式存在：



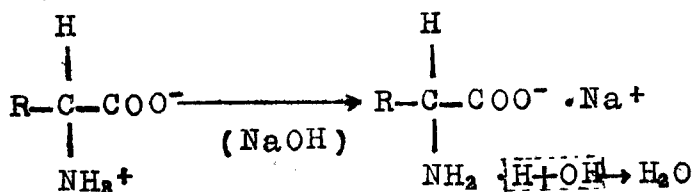
由此可以正确地理解它们与酸及碱的作用。

与酸作用：



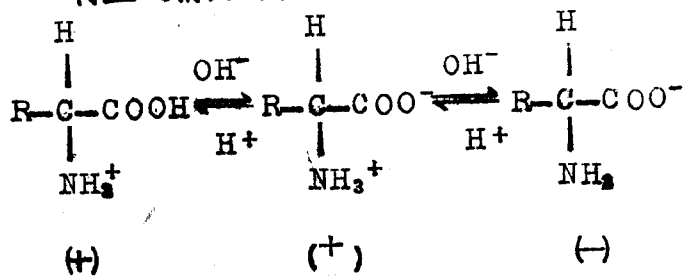
例如氨基酸与HCl结合后可生成盐（上式中为氨基酸的盐酸盐）。盐能完全解离，解离后氨基酸离子本身带正电荷，在电场中向阴极移动，Cl⁻离子荷负电，移向阳极。

与碱作用：



例如与NaOH作用生成氨基酸的钠盐完全解离，氨基酸离子荷负电，Na⁺离子荷正电，在电场中分别向阳极和阴极移动。

将上述情况综合起来可表示如下：



因此加酸或碱调节氨基酸溶液的 PH 可以使 α -氨基或 α -羧基的解离，使氨基酸带不同的电荷。若调节到氨基酸全部以两性离子形式存在，即净电荷为零（上式中的 (+) 与 (-) 抵消）时，这时溶液的 PH 值称为氨基酸的等电点，一般以 PI 表示。

由此可以看出，氨基酸溶液的 PH 值与其所带电荷的性质有密切关系，即：

$$PH < PI, (+); \quad PH = PI, (+) \text{ 或 } (0); \quad PH > PI, (-).$$

例如，谷氨酸的 $PI = 3.2$ ，其溶液的 $PH = 5$ 时，谷氨酸带负电以负离子形式存在。又如精氨酸的 $PI = 10.8$ ，当溶液的 $PH = 9$ 时，精氨酸离子带正电。

由上面的例子还可以看出为什么不能笼统地说氨基酸在酸性溶液中带正电，在碱性溶液中带负电，因为判断的标准是 PI，而不是 $PH 7$ 。

不同的氨基酸，等电点不同（见表 1-2）。为什么不同？这和氨基酸分子中所含的氨基与羧基的数量以及相对的解离度有关。

甘氨酸属于一羧基一氨基的氨基酸，等电点接近中性（ $PH 5.97$ ），为什么小于 $PH 7$ ？因为羧基的解离度稍大于氨基的解离度。而谷氨酸属于二羧基一氨基的氨基酸，由于分子中羧基的解离度大大超过氨基解离度，所以谷氨酸必须在酸性溶液中（ $PH 3.22$ ）才达到等电点。

氨基酸在等电点时，除不显电性外，溶解度大大降低，所以在氨基酸生产中常利用这一性质来沉淀氨基酸。例如味精厂将谷氨酸发酵液调 PH 至谷氨酸的等电点（ $PH 3.22$ ）时，谷氨酸就可以大量沉淀出来。

生
化
生