

氨基酸

吴显荣 编著

北京农业大学出版社



氨 基 酸

吴 显 荣 编 著

北京农业大学出版社

责任编辑：赵玉琴

封面设计：雷克敬

氨基酸

吴显荣 编著

北京农业大学出版社出版
(北京海淀区圆明园西路二号)

新华书店首都发行所发行

北京北七家印刷厂印刷

1988年5月第1版 1988年5月第1次印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张：3.5

字数：76千 印数：3000

ISBN 7-81002-041-7/Q·44

定 价： 0.82元

前 言

地球上充满着形形色色的生物，据统计，其中动物近150万种，植物近30万种，微生物也近20万种，生物种类如此繁多，其外部形态、内部结构、生物功能、营养类型、繁殖方式及生活习性又是千差万别，但它们的本质究竟是什么呢？恩格斯早在19世纪70年代就指出“生命是蛋白体的存在方式，这种存在的方式实质上就是这些蛋白体化学成分的不断自我更新”，可见蛋白质是一切生活有机体的物质基础。

氨基酸是组成蛋白质的基本单位，蛋白质分子经过酸、碱或蛋白酶的水解作用后，产生许多氨基酸，因此，要了解蛋白质的性质，我们首先要从氨基酸开始。

生物体除了含有组成蛋白质的各种氨基酸外，还游离存在许多种氨基酸，有的是蛋白质氨基酸，也有非蛋白质氨基酸，有的代谢功能还未十分清楚，因此，氨基酸及其代谢的研究，可说是一个很广泛的领域。氨基酸的分析，除了应用于生物化学、生物技术、动植物及微生物的生长发育外，近日在食品、医学、药学、塑料、石油、纺织及地质等部门也广为应用，在农业上，用于种子品质鉴定，农业化学及饲料分析。

在宇宙空间，氨基酸的研究也用于探索生命的起源，日本及澳大利亚最近从陨石中都检测出氨基酸，证实宇宙空间存在制造生命体所必需的物质。因此，氨基酸的研究，将会在生命科学的研究中发挥重要的作用。

目 录

第一章 氨基酸的种类及其功能	(1)
一、蛋白质氨基酸	(1)
二、蛋白质的稀有氨基酸	(8)
三、非蛋白氨基酸	(9)
第二章 氨基酸营养	(11)
一、氨基酸食品强化剂	(11)
二、氨基酸饲料添加剂	(16)
三、氨基酸输液	(17)
第三章 氨基酸的一般分析方法	(18)
一、微生物测定法	(18)
二、纸上色层分析法	(18)
三、离子交换层析	(20)
第四章 氨基酸的自动分析	(21)
第五章 氨基酸自动分析样品的前处理	(33)
一、绪言	(33)
二、分析样品的准备	(33)
三、酸水解法	(35)
四、碱水解法	(36)
五、过甲酸氧化法	(37)
六、酶水解法	(39)
第六章 氨基酸的生物合成	(40)
一、丙酮酸和丝氨酸族	(40)
二、组氨酸和芳香氨基酸族	(45)
三、谷氨酸族	(51)

四、天冬氨酸族.....	(58)
第七章 氨基酸的生物降解.....	(67)
一、脱氨基作用.....	(67)
二、转氨基作用.....	(72)
三、脱羧基作用.....	(77)
四、羟化作用.....	(80)
附录：氨基酸的作用及其来源.....	(87)
参考文献.....	(100)

第一章 氨基酸的种类及其功能

氨基酸分子含有氨基，也含羧基，羧基呈酸性，故名氨基酸。

自然界存在的氨基酸种类很多，现分蛋白质氨基酸、蛋白质的稀有氨基酸及非蛋白质氨基酸三大类来加以叙述：

一、蛋白质氨基酸

(一) 按酸碱性分类

1. 一氨基一羧基酸 (中性氨基酸)

(1) 甘氨酸 (Gly) 甘氨酸分子中没有不对称碳原子，故无旋光性，它具有甜味，是最简单的氨基酸，蚕丝的纤维状蛋白质——丝蛋白，含甘氨酸可达40%，甘氨酸也有许多衍生物，如肉氨酸存在于花生的球蛋白中。

(2) 丙氨酸 (Ala) 在自然界中分布最广， β -丙氨酸是维生素泛酸的组成成分，麻仁蛋白中含有较多的丙氨酸。

(3) 缬氨酸 (Val) 动物和人体不能合成缬氨酸，故是一种必须的氨基酸，必须由植物供给人和动物的需要。

(4) 亮氨酸 (Leu) 亮氨酸很难溶于冷水，所有蛋白质中均含有大量亮氨酸，而在发芽的谷粒中含量尤其高，玉米胶蛋白(醇溶谷蛋白)中约含15%的亮氨酸与异亮氨酸。

(5) 异亮氨酸 (Ile) 最初从甜菜的糖蜜中分离出来，也是一种“必须氨基酸”。

(6) 丝氨酸 (Ser) 是含羟基的氨基酸，蚕丝中的丝蛋白约含有14%的丝氨酸，其它如牛乳中的酪蛋白和卵蛋白中丝氨酸的含量也相当丰富。

(7)苏氨酸(Thr) 苏氨酸广泛存在于所有蛋白质中，但含量不很高，也是一种“必须氨基酸”。

(8)蛋氨酸(Met) 蛋氨酸可作为甲基的供体，是一种“必须的氨基酸”，小米及糜子中蛋氨酸的含量较其它种子丰富。

(9)苯丙氨酸(Phe) 首先从羽扇豆幼苗中提出来，也是一种“必须氨基酸”。

(10)酪氨酸(Tyr) 与苯丙氨酸二者同属具有芳香环的氨基酸，酪氨酸存在于酪蛋白及其它蛋白中。

(11)色氨酸(Trp) 动物体不能合成色氨酸，故也是一种“必须氨基酸”，它含有杂环，故属杂环类氨基酸，色氨酸在新陈代谢中起着重要的作用，与维生素PP(尼克酸)的形成有密切的关系。人类缺少色氨酸，极易发生维生素PP的缺乏症，因而产生癞皮病，单食玉米的地区容易流行癞皮病，就是由于玉米蛋白中缺少色氨酸及赖氨酸，目前培育出高营养玉米，可以解决玉米营养的缺陷。

2. 一氨基二羧基酸(酸性氨基酸)

(1)天门冬氨酸(Asp) 含一个氨基及二个羧基，故是酸性氨基酸，它的酰胺化合物很早就从天门冬的汁液中提取出来了。在豆科植物的幼苗中，天门冬酰胺(Asn)也大量存在，天门冬酰胺是植物中氮的重要储藏者，医学上现已知癌细胞需大量的天门冬酰胺。

(2)谷氨酸(Glu) 也是酸性氨基酸，大量存在于植物蛋白中，某些蛋白(尤其是醇溶蛋白)，在水解时产生20—45%的谷氨酸。

谷氨酰胺(Gln) 也在代谢中起着重要的作用，它在植物中的含量也很丰富，甜菜根部谷氨酰胺的存在，对产糖率起

了不良的作用,因为它是阻碍结晶的物质,因而降低出糖率。

日常调味的味精,就是谷氨酸的钠盐,过去提取味精多用小麦、豆类原料,我国现已从豆腐渣及棉子饼中提制味精,可以降低成本。

3. 二氨基一羧基酸 (碱性氨基酸)

(1) 赖氨酸 (Lys) 鱼精蛋白中含赖氨酸极丰富,但是玉米醇溶蛋白中缺少赖氨酸,赖氨酸是一种重要的“必须氨基酸”,故称第一必须氨基酸,我国北方人在玉米中常添入黄豆粉,可补玉米粉之不足,因黄豆粉富含赖氨酸,可提高营养价值。稻米中胚的蛋白赖氨酸含量也较高,故糙米的营养价值比较高。

(2) 精氨酸 (Arg) 鱼精蛋白水解时能产生 80—90% 精氨酸。很早就从羽扇豆幼苗中分离出精氨酸,它也积聚在松柏发芽的种子内,它是尿素形成时的中间产物,精氨酸的衍生物,有瓜氨酸和刀豆氨酸,瓜氨酸存在于西瓜的果汁和瓜子仁中,有降血压的作用,而刀豆氨基酸则存在于大豆和刀豆的种子中。

4. 二氨基二羧基酸 (中性氨基酸)

(1) 半胱氨酸 (Cys) 最先从尿中提取出来,它在硬蛋白的毛发、角蹄中含量丰富,半胱氨酸不易提取,因为实际上得到的是它的氧化产物胱氨酸,半胱氨酸由于巯基 (—SH) 的存在,在有机体代谢的氧化还原过程中起着重要的作用。在大蒜中发现的蒜素是半胱氨酸的衍生物。胰岛素是一个非常富于胱氨酸的蛋白质,它是最小的蛋白质分子中的一个 (分子量 12,000), 能降低血糖,是治疗精神分裂症的药品。

5. 杂环氨基酸 (含杂环的氨基酸)

(1)脯氨酸(Pro) 脯氨酸在种子蛋白中含量丰富,同时
在小麦醇溶蛋白、玉米醇溶蛋白含量较高,近年来人们对脯
氨酸十分注意,它和种子的结实、抗旱、抗寒性都有一定的
关系。羧脯氨酸是脯氨酸的衍生物,大量存在于白明胶
中。

(2)组氨酸(His) 是碱性氨基酸,在麦角中存在它的
衍生物,组蛋白含大量的组氨酸,在遗传研究中占有重要地
位。

蛋白质氨基酸的类别及名称如(表1—1)所示:

表1—1 氨基酸的类别及名称

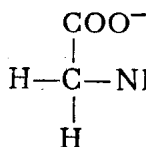
氨基酸类别	氨基酸名称
一氨基一羧基酸(中性)	甘、丙、缬*、亮*、异亮*、丝、苏*蛋*、苯丙*
一氨基二羧基酸(酸性)	酪、色*天、谷、
二氨基一羧基酸(碱性)	赖*、精
二氨基二羧基酸(中性)	(半)胱
杂环氨基酸(含杂环)	脯(羟脯)、组*

注:有*者为必须氨基酸

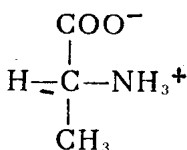
(二) 按功能团分类

蛋白质中存在的20种氨基酸,除脯氨酸外,在其 α -碳
原子上都有一个自由的羧基及一个自由的氨基,由于脯氨酸
的 α -氨基被取代,它实际上是一个 α -亚氨基酸。此外,每
种氨基酸都有一个特殊的R-基团,根据R-基团的不同,
可以将蛋白质氨基酸分为8类:

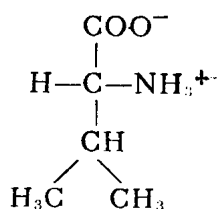
1.脂肪族侧链氨基酸 包括甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、亮
氨酸及异亮氨酸。



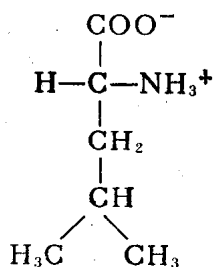
Glycine
(Gly)



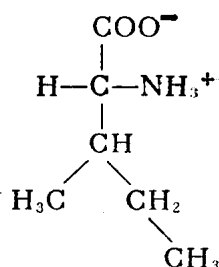
Alanine
(Ala)



Valine
(Val)

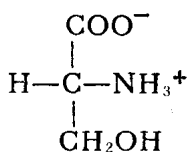


Leucine
(Leu)

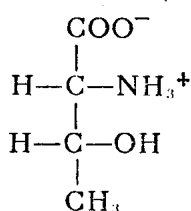


Isoleucine
(Ile)

2. 羟基脂肪族侧链氨基酸 包括丝氨酸及苏氨酸。

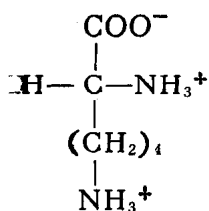


Serine
(Ser)

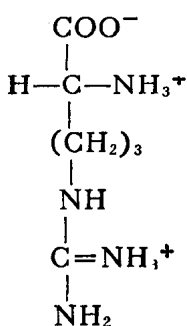


Threonine
(Thr)

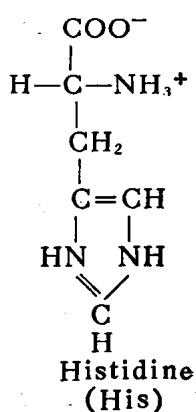
3. 碱性侧链氨基酸 包括赖氨酸、精氨酸及组氨酸。



Lysine
(Lys)

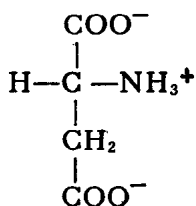


Arginine
(Arg)

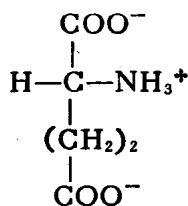


Histidine
(His)

4. 酸性侧链氨基酸 包括天门冬氨酸及谷氨酸。

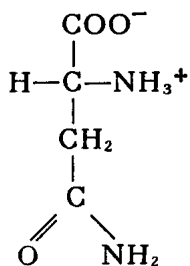


Aspartate
(Asp)

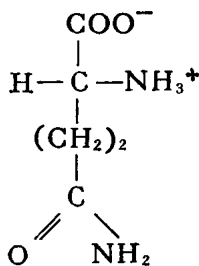


Glutamate
(Glu)

5. 酰胺侧链氨基酸 包括天冬酰胺及谷氨酰胺。

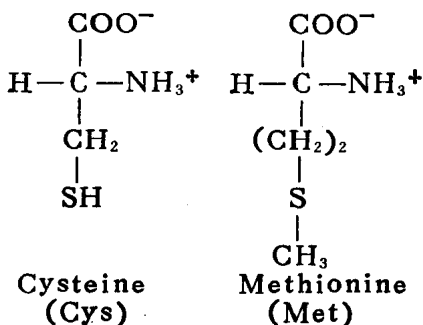


Asparagine
(Asn)

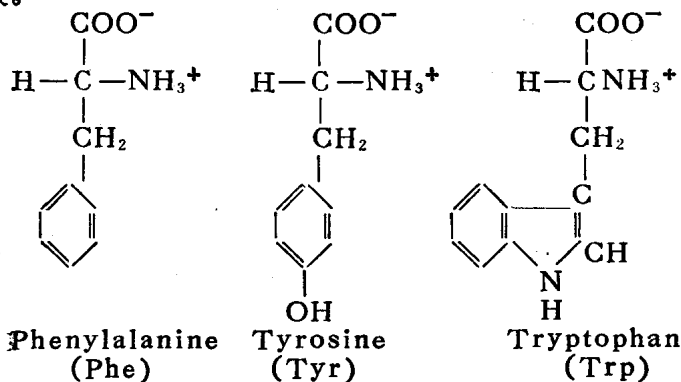


Glutamine
(Gln)

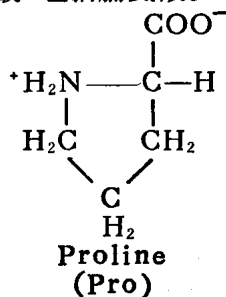
6. 含硫侧链氨基酸 包括半胱氨酸及甲硫氨酸(蛋氨酸)



7. 含芳香族侧链氨基酸 包括苯丙氨酸、酪氨酸及色氨酸。



8. 含亚胺氨基酸 包括脯氨酸。



(三) 按营养代谢分类

氨基酸在营养代谢上可分为两类:

1. 生糖氨基酸

氨基酸脱氨后生成酮酸, 按照葡萄糖代谢途径进行代谢, 在生糖氨基酸中, 能产生丙酮酸的氨基酸有甘氨酸、丙氨酸、半胱氨酸、丝氨酸、苏氨酸、甲硫氨酸、色氨酸。能产生草酰乙酸的氨基酸有天冬氨酸。能产生 α -酮戊二酸的有脯氨酸、精氨酸、组氨酸及谷氨酸。

2. 生酮氨基酸

氨基酸脱氨后产生酮酸, 转变为乙酰乙酸后按照脂肪代谢途径进行代谢, 属于生酮氨基酸的是亮氨酸。

此外, 还有异亮氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸属于生糖并生酮氨基酸。

由上可以看出, 生糖氨基酸产生葡萄糖, 生酮氨基酸产生脂肪酸, 而这二类氨基酸形成的糖和脂肪酸, 均按各自氧化途径进入三羧酸循环氧化成 CO_2 及 H_2O , 因此可通过生糖氨基酸的生糖及生酮氨基酸的生酮作用与三羧酸循环互相联系, 实现体内三大物质(糖、脂肪、蛋白质)的互相转化, 也就是碳、氮的交流与转化, 由于它在体内是互相转化, 彼此协调的, 才能使有机体能健壮地生长和发育。

二、蛋白质的稀有氨基酸

除去上述20种蛋白质氨基酸外, 在一些特殊类型的蛋白质水解液中, 也曾分离出少数其它氨基酸, 这些都是正常氨基酸的衍生物, 其中有4-羟基脯氨酸(4-Hydroxy Proline), 是脯氨酸的衍生物, 存在于纤维状蛋白、胶原蛋

白及某些植物蛋白中(如烟草细胞壁的糖蛋白),在胶原蛋白的水解液中也分离出5-羟基赖氨酸(5-Hydroxylysine),也是赖氨酸的衍生物。

蛋白质的其它稀有氨基酸可能今后还陆续有出现,不过根据遗传学观点,我们可以断定数量也不会很多,它们都是现在已知普通氨基酸的衍生物,并且它们只存在于一种蛋白或一类蛋白质中,蛋白质的稀有氨基酸在遗传上是特殊的,因为它们没有三联体密码,在所有已知情况中,这些氨基酸都是从其前体经过修饰产生的,而那些前体氨基酸则先已参入到多肽链之中。

三、非蛋白氨基酸

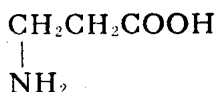
除去蛋白质的20种普遍氨基酸及少数稀有氨基酸外,现在已经发现有400多种其它氨基酸,存在于各种细胞或组织中,或者呈游离状,或者是结合状态,但并不存在于蛋白质中,它们大多数是蛋白质中存在的 α -氨基酸的衍生物,但也发现有 β 、 γ 、 δ -氨基酸。有些非蛋白氨基酸存在于D-构型中,如细菌细胞壁中存在的D-谷氨酸。

有些非蛋白氨基酸在代谢上作为重要的前体或中间产物,例如 β -丙氨酸是维生素泛酸的前体, γ -氨基丁酸是神经传导的化学物质。

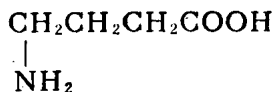
植物含有非常多的非蛋白氨基酸,有些是有极特殊的结构,这些植物氨基酸大多数的功能还不清楚,茶叶中含有大量的茶氨酸(theanine),与茶叶的品质有关。有些植物氨基酸如刀豆氨酸(Cana Vanine),黎豆氨酸(Djenkolic acid)及 β -氰丙氨酸(β -Cyanoalanine),对其它生物是有毒的,现在一般认为非蛋白氨基酸是植物的次

生物物质，似乎在植物的生长发育上很少直接作用，不过有些非蛋白氨基酸如高（同型）丝氨酸（Homo—Serine）及刀豆氨酸，在氮素运转及储藏上有一定的作用。

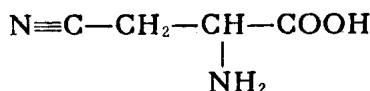
一些非蛋白氨基酸的分子结构如下：



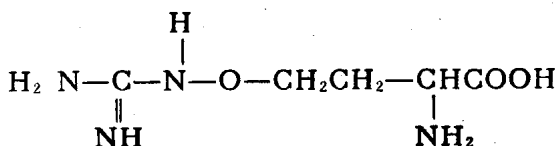
β—丙氨酸



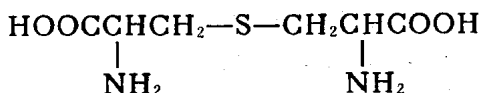
γ—氨基丁酸



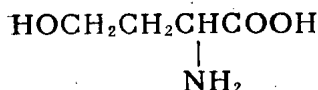
β—氰丙氨酸



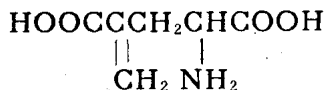
刀豆氨酸



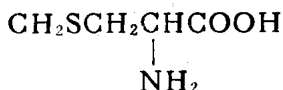
黎豆氨酸



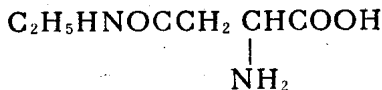
高丝氨酸



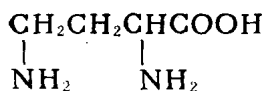
γ—亚甲基谷氨酸（花生中）



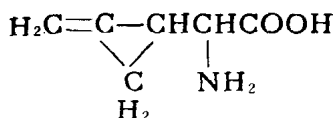
S—甲基半胱氨酸
（豆科中）



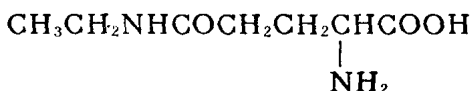
N—乙基天冬酰胺
（葫芦科中）



α , γ , 二氨基丁酸
(豆科种子中)



α -(亚甲基环丙基)甘氨酸
(荔枝种子中)



茶氨酸
(茶叶中)

第二章 氨基酸营养

氨基酸是构成蛋白质的基本单位，是与生命活动有关的最基本物质，它在有机体内具有特殊的生理功能，是生物体不可缺少的营养成分之一，对促进人体及动物生长发育起着重要的作用。

70年代以来，国内外在氨基酸的应用与开发领域中，特别是在利用氨基酸生产强化食品、添加饲料、营养剂、甜味剂、增香剂和抗菌剂等方面发展很快，不到10年的时间，氨基酸就成了风靡世界的物质，取得了良好的经济效益，并引起世界的重视。本文通过下面三个方面来讨论氨基酸对人体及动物生长发育的影响：

一、氨基酸食品强化剂

动物的生长发育，必须供应蛋白质，而蛋白质又是由