

# 蛋 白 质 化 学

田 珍 姣

武 汉 粮 食 工 业 学 院

1990年1月

武

# 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第一章 绪 论 .....          | 1  |
| 一 蛋白质的概念及其营养重要性 .....  | 1  |
| 二 蛋白质资源危机 .....        | 1  |
| 三 蛋白质开发利用方面存在的问题 ..... | 1  |
| 四 内容介绍 .....           | 2  |
| 第二章 氨基酸 .....          | 3  |
| 第一节 氨基酸的结构 .....       | 3  |
| 一 氨基酸的结构通式 .....       | 3  |
| 二 氨基酸的构型 .....         | 3  |
| 三 氨基酸的命名 .....         | 10 |
| 第二节 氨基酸的分类 .....       | 10 |
| 第三节 氨基酸的物理性质 .....     | 12 |
| 一 氨基酸的熔点 .....         | 12 |
| 二 氨基酸的旋光性 .....        | 13 |
| 三 氨基酸的吸光性 .....        | 15 |
| 四 氨基酸的溶解度 .....        | 15 |
| 五 氨基酸的呈味性 .....        | 16 |
| 第四节 氨基酸的化学性质 .....     | 17 |
| 一 氨基酸的酸碱性质 .....       | 17 |
| 二 氨基酸的化学反应 .....       | 23 |
| 三 食品加工和贮藏过程中的反应 .....  | 29 |
| 第五节 氨基酸的定性定量分析 .....   | 31 |
| 一 氨基酸的定性分析 .....       | 31 |
| 二 氨基酸的定量分析 .....       | 31 |
| 三 氨基酸的分析分离 .....       | 32 |
| 第六节 氨基酸的工业生产和用途 .....  | 35 |
| 一 氨基酸工业生产的主要方法 .....   | 35 |
| 二 必需氨基酸的生产 .....       | 35 |
| 三 氨基酸的用途 .....         | 37 |
| 第三章 蛋白质的结构 .....       | 38 |
| 第一节 .....              | 38 |
| 一 肽键结构 .....           | 38 |
| 二 肽键性质 .....           | 38 |
| 三 肽的人工合成原理 .....       | 39 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第二节 蛋白质结构的内容 .....        | 4 0 |
| 第三节 蛋白质的一级结构 .....        | 4 1 |
| 第四节 蛋白质的二级结构 .....        | 4 2 |
| 一、蛋白质立体结构的基本原则 .....      | 4 2 |
| 二、主链构象的结构单元 .....         | 4 5 |
| 第五节 球状蛋白质的三级结构 .....      | 4 9 |
| 第六节 蛋白质的四级结构 .....        | 5 1 |
| 第七节 一级结构与空间结构的关系 .....    | 5 1 |
| 第八节 纤维状蛋白质和球状蛋白质的结构 ..... | 5 2 |
| 一、纤维状蛋白质的一般结构特征 .....     | 5 2 |
| 二、球状蛋白质的一般结构特征 .....      | 5 2 |
| 三、几种纤维状蛋白质分子的结构 .....     | 5 3 |
| 四、几种球状蛋白质分子的结构 .....      | 5 4 |
| 第九节 纤维状蛋白质空间结构的作用力 .....  | 5 7 |
| 第四章 蛋白质的性质 .....          | 6 1 |
| 第一节 蛋白质的物理性质 .....        | 6 1 |
| 一、蛋白质的分子量 .....           | 6 1 |
| 二、蛋白质分子的形状及其测定 .....      | 6 5 |
| 三、蛋白质的溶解度及胶体性质 .....      | 6 6 |
| 第二节 蛋白质的化学性质 .....        | 6 7 |
| 一、蛋白质的酸碱性质 .....          | 6 7 |
| 二、蛋白质的化学反应 .....          | 6 8 |
| 第三节 蛋白质的变性 .....          | 6 9 |
| 一、蛋白质变性的概念 .....          | 6 9 |
| 二、各种变性因素对蛋白质构象的影响 .....   | 7 0 |
| 三、蛋白质的复性 .....            | 7 2 |
| 四、变性产物的构象 .....           | 7 2 |
| 五、变性作用的应用 .....           | 7 2 |
| 第四节 蛋白质的机能性质 .....        | 7 3 |
| 一、蛋白质机能性质的含义 .....        | 7 3 |
| 二、蛋白质的机能性质 .....          | 7 3 |
| 第五章 蛋白质的分类与组成 .....       | 7 5 |
| 第一节 蛋白质的分类 .....          | 7 5 |
| 一、按蛋白质对称性分类 .....         | 7 5 |
| 二、按蛋白质的生物学功能分类 .....      | 7 5 |
| 三、按蛋白质的组成成分分类 .....       | 7 6 |
| 四、简单蛋白质按溶解性质分类 .....      | 7 6 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 五 结合蛋白质按辅基的分类 .....    | 78  |
| 第二节 蛋白质成分分析 .....      | 79  |
| 一 分析的一般步骤 .....        | 79  |
| 二 水解 .....             | 79  |
| 三 特殊氨基酸的分析 .....       | 80  |
| 四 氨基酸组成的表示 .....       |     |
| 第六章 酶 .....            | 82  |
| 第一节 酶是生物催化剂 .....      | 82  |
| 一 酶的生物学意义 .....        | 82  |
| 二 酶的化学本质 .....         | 82  |
| 三 酶的催化特性 .....         | 83  |
| 第二节 酶的分类与命名 .....      | 83  |
| 一 习惯命名法 .....          | 83  |
| 二 国际系统命名法 .....        | 84  |
| 三 国际系统分类法及编号 .....     | 84  |
| 第三节 酶的活力 .....         | 86  |
| 一 酶活力与反应速度 .....       | 86  |
| 二 酶的活力单位 .....         | 86  |
| 三 酶的比活力 .....          | 87  |
| 第四节 酶促反应动力学 .....      | 87  |
| 一 米氏学说的提出 .....        | 87  |
| 二 米氏公式的导出 .....        | 88  |
| 三 各种因素对酶促反应速度的影响 ..... | 90  |
| 四 多种底物的酶促反应 .....      | 96  |
| 第五节 酶的专一性 .....        | 96  |
| 第六节 酶的高效性 .....        | 99  |
| 第七章 蛋白质的分离、提纯与鉴定 ..... | 100 |
| 第一节 蛋白质的抽提 .....       | 100 |
| 一 细胞破碎 .....           | 100 |
| 二 蛋白质的提取 .....         | 101 |
| 第二节 蛋白质溶解度分离法 .....    | 102 |
| 一 蛋白质的盐溶与盐析 .....      | 102 |
| 二 等电点沉淀法 .....         | 103 |
| 三 有机溶剂沉淀法 .....        | 104 |
| 四 逆流分配法 .....          | 104 |
| 五 纸上层析法 .....          | 106 |
| 六 吸附柱层析法 .....         | 109 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 七、分配柱层析 .....           | 111 |
| 八、薄层层析法 .....           | 112 |
| 九、聚酰胺薄膜层析 .....         | 114 |
| 第三节 蛋白质分子大小分离法 .....    | 115 |
| 一、透析法 .....             | 115 |
| 二、超过滤 .....             | 115 |
| 三、凝胶过滤法 .....           | 115 |
| 第四节 根据蛋白质带电性的分离方法 ..... | 120 |
| 一、离子交换层析法 .....         | 120 |
| 二、电泳法 .....             | 124 |
| 第五节 亲和层析法 .....         | 128 |
| 第六节 其它分离方法 .....        | 129 |
| 一、高压液相色谱法 .....         | 129 |
| 二、气相色谱法 .....           | 130 |
| 三、结晶法 .....             | 130 |
| 第七节 纯化方法的选择与编排 .....    | 131 |
| 第八节 蛋白质的检测 .....        | 132 |
| 一、鉴定纯度 .....            | 132 |
| 二、蛋白质的定性测定 .....        | 132 |
| 三、蛋白质的定量测定 .....        | 134 |
| 第八章 蛋白质的代谢与营养 .....     | 136 |
| 第一节 蛋白质的代谢 .....        | 136 |
| 一、蛋白质的消化 .....          | 136 |
| 二、蛋白质的吸收 .....          | 136 |
| 三、蛋白质的中间代谢 .....        | 137 |
| 第二节 蛋白质的营养及营养评价 .....   | 139 |
| 一、蛋白质的营养作用 .....        | 139 |
| 二、食物蛋白质的营养价值评定 .....    | 140 |
| 第三节 膳食的营养 .....         | 146 |
| 一、合理膳食的营养指标 .....       | 146 |
| 二、膳食中蛋白质营养价值的提高 .....   | 148 |
| 第九章 油料植物蛋白 .....        | 150 |
| 第一节 植物蛋白 .....          | 150 |
| 一、世界植物蛋白资源情况 .....      | 150 |
| 二、植物蛋白的提取 .....         | 151 |
| 第二节 大豆蛋白 .....          | 152 |
| 一、大豆的成分 .....           | 152 |

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 二 大豆蛋白的物理化学性质 .....    | 1 5 4 |
| 三 大豆蛋白的产品及制取 .....     | 1 6 1 |
| 四 大豆蛋白的营养 .....        | 1 6 4 |
| 五 大豆蛋白在食品加工业中的应用 ..... | 1 6 9 |
| 第三节 花生蛋白 .....         | 1 7 2 |
| 一 花生的成分 .....          | 1 7 2 |
| 二 花生蛋白的组成 .....        | 1 7 2 |
| 三 花生蛋白的营养价值 .....      | 1 7 5 |
| 四 花生的加工和利用 .....       | 1 7 5 |
| 五 花生蛋白在食品中的应用 .....    | 1 7 8 |
| 第四节 棉籽蛋白 .....         | 1 7 8 |
| 一 棉籽蛋白的组成 .....        | 1 7 9 |
| 二 普通棉籽的毒性研究 .....      | 1 7 9 |
| 三 棉籽蛋白的利用 .....        | 1 8 0 |
| 第五节 其它油料植物蛋白质 .....    | 1 8 1 |
| 一 葵花籽蛋白 .....          | 1 8 1 |
| 二 菜籽蛋白 .....           | 1 8 1 |

# 第一章 绪 论

## 一、蛋白质的概念及其营养重要性

蛋白质是生物体内一类含氮大分子物质，含氮量12~19%，一般为16%左右。另外蛋白质还含有50~55%的碳，6~7%的氢，20~23%的氧，0.2~3%的硫和少量其它元素如磷、铁、锌、铜等。蛋白质分子量很大，通常分子量为5000~1,000,000或更大。结构很复杂，而且种类繁多。但却都是由二十种基本 $\alpha$ -氨基酸和少量特殊的氨基酸所构成。某些蛋白质除氨基酸外，还含有一些其它成分，这些蛋白质就称为结合蛋白质。而只有氨基酸的蛋白质叫简单蛋白质。

蛋白质是生命的构成物质。无论机体的生长，组织的更替和新陈代谢活动都离不开蛋白质。

蛋白质营养充足的人，身体发育健壮，精力充沛。若身体中缺乏蛋白质则会引起营养不良，易于感染各种疾病。发展中国家儿童死亡率比美国高几倍，身体内缺乏蛋白质营养是主要原因之一。蛋白质不仅是身体生长发育的要素，也是形成脑组织的要素。婴幼儿正处在脑细胞数量剧增的时期，若蛋白质营养缺乏，会直接影响智力发育。

## 二、蛋白质资源危机

当今世界上存在着四大危机，蛋白质危机是其中之一。蛋白质的生产、供应与需要之间存在很大矛盾。世界上有1/3人口过着贫困生活，他们从饮食中获得的蛋白质含量每天甚至在50克以下，其中动物蛋白不足10克。世界卫生组织于1985年提出以消化率为100%蛋白质计算，成人的蛋白质安全摄取量为每公斤体重0.75克，60公斤体重则每天45克，青少年和妊娠、哺育期妇女则增加若干克至十几克，病人的蛋白质安全摄取量也根据情况改变。由于一般食物蛋白质的消化率为80%左右，这样蛋白质的安全摄取量人均60克。所谓蛋白质的安全摄取量是指蛋白质的最低摄取量，低于该水平，机体就会得蛋白质营养不良症。

发达国家与发展中国家之间出现极不平衡的状态。据1980年联合国粮农组织估算，我国每人每天食物供给中，热量达到10303KJ，蛋白质人均均为64.4克，其中来自植物产品的约占88.8%，来自动物产品的约占11.2%。与世界人口平均相比，每日人均热量比世界水平低443KJ，蛋白质低4.4克，其中优质蛋白所占比例较低。与先进发达的日本相比，每日人均蛋白质低79.4-64.4=15.0(克)，青少年摄入量只达到需要量的70~80%。与日本相比，质量上的差距则更大，日本植物蛋白仅占52%，动物蛋白占48%。

根据人口预测，21世纪初，世界人口将增至63.5亿。这样，每年生产的食物至少要增长3~4%，才能满足人口增长的需要。世界对蛋白质的总需要量，将由1985年的700亿千克增到920亿千克，1ha耕地平均养活的人数，将由70年代的2.6人增到2000年的4人。

由此可见，开发和利用蛋白质是迫在眉睫的大事。

## 三、蛋白质开发利用方面存在的问题

我国与世界先进国家相比，蛋白质开发和利用方面存在严重的问题。主要表现在以下几个方面：

(1) 大豆生产水平不高, 利用不充分。

大豆含蛋白质40%左右, 其蛋白质有较完全的氨基酸, 是优质植物蛋白。在短期内尚不能大量生产动物蛋白的情况下, 大豆蛋白是极好的营养源。由于过去片面强调“以粮为纲”, 把大豆列为低产作物, 种植面积大大减少, 产量明显下降, 致使我国从大豆出口国变成进口国。传统豆制品, 生产数量少, 供不应求。

(2) 农畜产品品种单调, 蛋白质含量低。

农产品是食品加工的基础原料, 拿小麦来说, 它是我国北方人民重要主食之一, 在蛋白质供给总量中几乎有1/2来自小麦。我国小麦品种蛋白质含量维持在10~14%。据分析, 世界12612个普通小麦品种, 蛋白质含量在7~22%之间, 其近缘种和野生种中均有很多籽粒品种突出的类型。因此提高小麦品种有很大潜力, 若能将小麦蛋白质提高1%, 仅按北京种植面积计算则可增加蛋白质 $5 \times 10^6$ 吨。

猪肉是我国动物蛋白的主要来源, 目前商品猪仍为脂肪型猪种, 瘦肉率仅30~40%, 而肥猪肉的蛋白质含量仅有2.2%, 瘦肉中含蛋白质16.7%。试验已知, 瘦肉率的提高, 70%的作用在于品种, 30%在于饲料, 因此培养瘦肉型猪是改变市场肥膘肉面貌的根本措施。

(3) 蛋白质资源浪费极大

农产品经过运输、储藏、加工, 从生产到消费过程中浪费很大。据报道, 我国农产品无效输出为20~50%, 还有许多蛋白质资源在加工过程中当作废料或作为肥料使用。如菜籽饼, 北京近年由外地调入量很大, 而且有逐年增加的趋势。1983年调入量达 $1.5 \times 10^3$ 吨, 含较高的芥酸和硫甙葡萄糖苷, 绝大部分因有毒而作肥料。同时, 榨油方式仍为40年代的旧工艺, 影响蛋白质的提取; 酒精厂制酒精过程中只利用其淀粉部分, 丢掉很多渣液, 蛋白质也随之流失; 牲畜屠宰场拥有大量畜血, 含蛋白质16~18%, 没有充分利用。

(4) 蛋白质开发利用的全民意识不强。

我国许多地方目前仅仅满足于温饱, 购买力有限, 因此就谈不上营养了。另一方面, 全民族教育水平不足及营养意识不全, 这都是造成我国蛋白质开发利用不够及蛋白质资源浪费的原因。

解决食物营养, 基础在于资源的利用和开发, 利用传统资源和扩大开发传统资源是获得营养源的主体, 必须利用有限的耕地面积合理调整农业、畜牧业及养殖业结构; 开展动植物育种, 改良种性, 增加蛋白质生产数量, 合理并有效地综合利用蛋白质资源, 提高其利用率, 减少产品的损失及浪费。

#### 四 内容介绍

蛋白质化学从静态生物化学的角度, 对蛋白质进行研究, 即用化学方法研究脱离了生物体的蛋白质。结合专业, 本书主要内容有: 氨基酸的结构和性质及生产用途; 蛋白质的结构; 蛋白质的性质及蛋白质的分类; 酶的催化原理和催化反应动力学; 蛋白质的代谢与营养; 蛋白质的制备方法及鉴定; 油料植物蛋白的制备和性质。

## 第二章 氨基酸

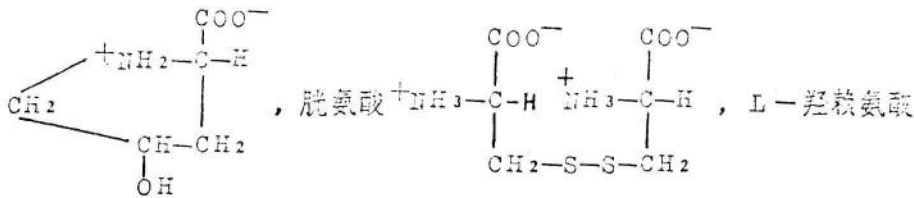
如前所述,蛋白质的结构单位为氨基酸,因此,在讨论蛋白质之前,必须先学习氨基酸的结构和性质。

### 第一节 氨基酸的结构

#### 一、氨基酸的结构通式

组成蛋白质的有二十种基本氨基酸。它们的结构有一个通式:  $\text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H}$  或  $\text{NH}_2-\text{C}-\text{COOH}$ , 其中 R 代表不同的侧链基团。氨基酸不同, R 也不相同。二十种基本氨基酸的名称、结构、符号列于表 2-1 中, 其中甘氨酸 ( $\text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H}$ ) 脯氨酸

( $\text{H}_2^+\text{N}-\text{C}-\text{H}$ ) 的结构有点特殊。甘氨酸的 R 基团为原子量最小的 H, 而脯氨酸其实是一种亚氨基酸。除了这二十种氨基酸, 蛋白质中还存在其他一些氨基酸, 如羟脯氨酸



$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$  等。但这些氨基酸都是在蛋白质生物合成以后, 经衍生得来的, 是基本氨基酸的衍生物。

#### 二、氨基酸的构型

实际上, 一个分子并不是写在纸面上的一些原子的平面组合, 而是在三维空间中的立体结构。同一组成的分子, 其原子或基团的几何排布可以不同, 这种结构上的差异称立体异构, 这个概念, 在生物化学中很重要。如前所述, 氨基酸均由一个  $\alpha$ -碳原子和四个取代基构成, 除了甘氨酸外, 这四个取代基均不相同。因此, 此  $\alpha$ -碳原子为手性碳原子, 也称不对称碳原子。所以除甘氨酸外, 可以形成立体异构体或称构型异构体。

一般  $\alpha$ -氨基酸的构型有两种, 一种为 L-型, 一种为 D-型, 它们互为镜像, 如图 2-1 示。

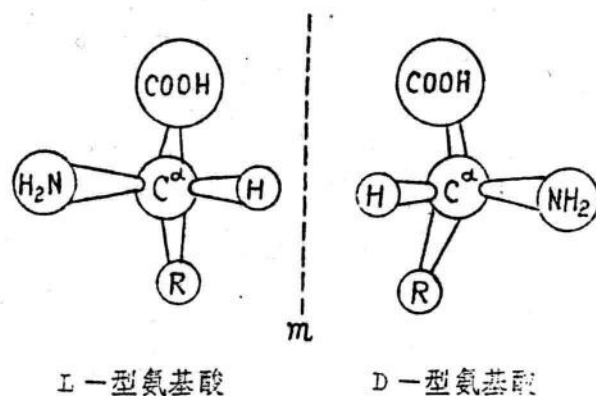


图 2-1 氨基酸的构型

构成蛋白质的 $\alpha$ -氨基酸都属L-型氨基酸，L-型即指定在构型上与L-甘油醛同型。如图2-2示。

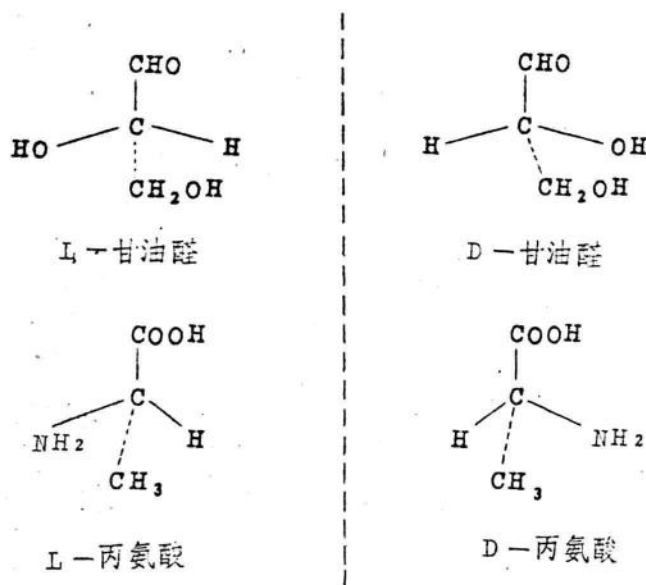


图 2-2

有意义的是与氨基酸相反，生物体中的葡萄糖都是D-型的。

苏氨酸、异亮氨酸除 $\alpha$ -碳原子外，还有第二个不对称碳原子，因此它们都存在着四种构型异构体，分别称为D-，L-，D-别-，L-别-某氨基酸。图2-3是苏氨酸的四种异构体。

表 2-1 蛋白质中常见的氨基酸

| 分 类           | 全 名  |            | 缩写名称 |     | 化学名称                         | 结 构 式<br>R                                                                                                                                                                   | 分子 量 |
|---------------|------|------------|------|-----|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|               | 中 文  | 英 文        | 中 文  | 英 文 |                              |                                                                                                                                                                              |      |
| 疏 水 R 基 氨 基 酸 | 丙氨酸  | Alanine    | 丙    | Ala | $\alpha$ -氨基丙酸               | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$                                                                         | 89   |
|               | 缬氨酸  | Valine     | 缬    | Val | $\alpha$ -氨基- $\beta$ -甲基丁酸  | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 \diagup \text{CH}-\text{C}-\text{COOH} \\   \quad \diagdown \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$                     | 117  |
|               | 亮氨酸  | Leucine    | 亮    | Leu | $\alpha$ -氨基- $\gamma$ -甲基戊酸 | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 \diagup \text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \quad \diagdown \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$ | 131  |
|               | 异亮氨酸 | Isoleucine | 异亮   | Ile | $\alpha$ -氨基- $\beta$ -甲基戊酸  | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \text{H} \\   \quad   \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{C}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{NH}_2 \end{array}$                         | 131  |

续前表 2-1'

| 分 类         | 全 名  |             | 缩写名称 |     | 化学名称                         | 结 构 式<br>R 基 团                                                                                                                                                                     | 分子量 |
|-------------|------|-------------|------|-----|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|             | 中 文  | 英 文         | 中 文  | 英 文 |                              |                                                                                                                                                                                    |     |
| 疏 水 R 基 氨基酸 | 脯氨酸  | Proline     | 脯    | Pro | 氮戊环- $\alpha$ -羧酸            | $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-NH} \\   \quad \diagup \\ \text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-C} \begin{array}{l} \diagdown \text{COOH} \\ \diagup \text{H} \end{array} \end{array}$ | 115 |
|             | 苯丙氨酸 | Phenydonine | 苯丙   | Phe | $\beta$ -苯基- $\alpha$ -氨基丙酸  | $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$                                                                                                              | 165 |
|             | 色氨酸  | Tryptophan  | 色    | Trp | $\beta$ - $\alpha$ -氨基丙酸     | $\text{Indol-3-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$                                                                                                                           | 204 |
|             | 蛋氨酸  | Methionine  | 蛋    | Met | $\gamma$ -甲基- $\alpha$ -氨基丁酸 | $\text{CH}_3\text{S-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$                                                                                              | 149 |

续前表 2-12

| 分<br>类          | 全 名  |           | 缩写名称 |     | 化 学 名 称                        | 结 构 式<br>R                                                                                                                             | 分子<br>量 |
|-----------------|------|-----------|------|-----|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|                 | 中 文  | 英 文       | 中 文  | 英文  |                                |                                                                                                                                        |         |
| (无电荷) 极性 R 基氨基酸 | 甘氨酸  | Glycine   | 甘    | Gly | 氨基乙酸                           | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$                                      | 75      |
|                 | 丝氨酸  | Serine    | 丝    | Ser | $\beta$ -羟基- $\alpha$ -氨基丙酸    | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{HOCH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$                                 | 105     |
|                 | 苏氨酸  | Threonine | 苏    | Thr | $\beta$ -羟基- $\alpha$ -氨基丁酸    | $\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ | 119     |
|                 | 半胱氨酸 | Cysteine  | 半胱   | Cys | $\beta$ -基- $\alpha$ -氨基丙酸     | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{HS}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$                         | 121     |
|                 | 酪氨酸  | Tyrosine  | 酪    | Tyr | $\beta$ -对羟基苯基- $\alpha$ -氨基丙酸 | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$    | 181     |

续前表 2-13

| 分 类                            | 全 名  |               | 缩写名称 |     | 化 学 名 称                         | 结 构 式                                                                                                                                                                                                                                            | 分子 量 |
|--------------------------------|------|---------------|------|-----|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|                                | 中 文  | 英 文           | 中 文  | 英文  |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                  |      |
| —性<br>无 R<br>电 荷<br>—基<br>—极 酸 | 天冬酰胺 | Asparagin     | 天 酰  | Asn | $\beta$ -氨基甲酰基- $\alpha$ -氨基丙酸  | $  \begin{array}{c}  \text{H}_2\text{N} \quad \text{H} \\  \diagdown \quad \diagup \\  \text{C} \quad \text{C} \\  \parallel \quad   \\  \text{O} \quad \text{NH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 - \text{C} - \text{COOH}  \end{array}  $               | 132  |
|                                | 谷氨酰胺 | Glutamine     | 谷 酰  | Gln | $\gamma$ -氨基甲酰基- $\alpha$ -氨基丁酸 | $  \begin{array}{c}  \text{H}_2\text{N} \quad \text{H} \\  \diagdown \quad \diagup \\  \text{C} \quad \text{C} \\  \parallel \quad   \\  \text{O} \quad \text{NH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{COOH}  \end{array}  $ | 146  |
| 酸 性 氨 基 酸                      | 天冬氨酸 | Aspartic acid | 天 冬  | Asp | $\alpha$ -氨基丁二酸                 | $  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{COOH} \\    \\  \text{NH}_2  \end{array}  $                                                                                                                 | 133  |
|                                | 谷氨酸  | Glutamic acid | 谷    | Glu | $\alpha$ -氨基戊二酸                 | $  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{COOH} \\    \\  \text{NH}_2  \end{array}  $                                                                                                   | 147  |

续前表 2-14

| 分 类       | 全 名 |           | 缩写名称 |     | 化 学 名 称                      | 结 构 式<br>R 基 团                                                                                                                                                                                                                                                              | 分子 量 |
|-----------|-----|-----------|------|-----|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|           | 中 文 | 英 文       | 中 文  | 英文  |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |
| 碱 性 氨 基 酸 | 赖氨酸 | Lysine    | 赖    | Lys | $\alpha, \epsilon$ -二氨基己酸    | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$                                                                                                                 | 146  |
|           | 精氨酸 | Arginine  | 精    | Arg | $\delta$ -胍基- $\alpha$ -氨基戊酸 | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\    \quad   \\ \text{NH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$                                                                                 | 174  |
|           | 组氨酸 | Histidine | 组    | His | $\beta$ -咪唑基- $\alpha$ -氨基丙酸 | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \quad   \quad   \\ \text{N} \quad \text{NH} \quad \text{NH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} \quad \text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H} \end{array}$ | 155  |

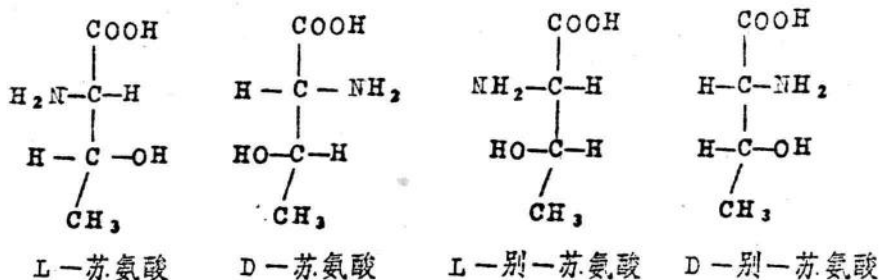
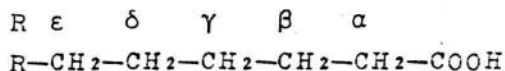


图 2-3 苏氨酸的异构体

### 三 氨基酸的命名

按照有机化学的系统命名法，可选择含羧基的最长碳链为主链，根据主链碳原子数称为某酸。而取代基位置则以  $\alpha$ —,  $\beta$ —,  $\gamma$ —……等表示。



如亮氨酸 ( $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ ) 命名为  $\alpha$ -氨基- $\gamma$ -甲基戊酸。但这样命名的名称太繁，用起来不方便，因此在实际工作中，还是使用习惯名称（俗名）和缩写，特别是英文三字母缩写使用尤其频繁（见表 2-1）。

## 第二节 氨基酸的分类

对于氨基酸，人们可以按照自己各自的目的和需要，有各种不同的分类。表 2-1 中的氨基酸都是按照 R 基团的亲水性、极性以及带电性不同分类的，并分四种类型，非极性 R 基团氨基酸，无电荷极性的 R 基团氨基酸，酸性 R 基团氨基酸和碱性 R 基团氨基酸。

### 一 具有非极性（疏水性）R 基团的氨基酸

这一类氨基酸包括一种亚氨基酸；脯氨酸；四种 R 基团为脂肪族烷基的氨基酸：丙氨酸，亮氨酸，异亮氨酸，缬氨酸；两种芳香族 R 基氨基酸：苯丙氨酸和色氨酸；一种含硫氨基酸：蛋氨酸。这类氨基酸的 R 基团与水的亲和性小，称为疏水性氨基酸，其中极性最大的是丙氨酸。

### 二 具有不带电荷极性 R 基团的氨基酸

这类氨基酸包括一种芳香族 R 基团氨基酸：酪氨酸；两种带羟基的氨基酸：苏氨酸，丝氨酸；一种带  $-\text{SH}$ （巯基）的含硫氨基酸：半胱氨酸；两个带酰胺基的氨基酸；一个无取代基的氨基酸：甘氨酸。

这些氨基酸的 R 基含中性极性基团，与水的亲和性比第一类氨基酸 R 基强，能与水形成氢键，其中甘氨酸的极性最小，有时把它划为非极性 R 基团氨基酸。

半胱氨酸和酪氨酸的 R 基极性极强，虽然它们在  $\text{pH} 7.0$  时电离很弱，但它们远较

此类氨基酸中其它成员的R基容易电离而失去质子。

### 三、带正电荷R基(碱性)

这是一类碱性氨基酸,在PH7.0时带有一个净正电荷。一共有三个氨基酸即赖氨酸、精氨酸和组氨酸。赖氨酸除 $\alpha$ -氨基外,还带有一个 $\epsilon$ -氨基,精氨酸含有一个胍基,而组氨酸含有一个弱碱性的咪唑基。在PH6.0时,50%以上的组氨酸质子化,但在PH7.0时,质子化的分子不到10%,组氨酸是R基PK值在7.0附近的唯一氨基酸,在生理PH范围内(PH6.0~8.0)显示出较大的酸碱缓冲能力,具有突出的生理意义。

### 四、带负电荷R基(酸性)氨基酸

包括天冬氨酸和谷氨酸。它们都有两个羧基,第二个羧基在PH6.0~7.0即能完全离解,但因受 $\alpha$ -氨基的影响很小,比 $\alpha$ -羧基的酸性要弱一些,而接近于一般有机酸的酸性。

常见氨基酸还可以根据其营养价值分为必需氨基酸和非必需氨基酸,见表2-2。必需氨基酸是指人体内不能合成,而只能通过食物获得的氨基酸。非必需氨基酸是指人体内能合成的氨基酸。组氨酸在体内是能合成的,因此按定义是非必需氨基酸。但是在婴儿体内,组氨酸的合成速度很慢,必须从食物中摄取,所以对于婴儿它也算是必需氨基酸,或者称为半必需氨基酸,有时将精氨酸也看成半必需氨基酸。

表2-2 必需氨基酸和非必需氨基酸

| 必需氨基酸                | 非必需氨基酸                |
|----------------------|-----------------------|
| 异亮氨酸(Ile), 亮氨酸(Leu), | 丙氨酸(Ala), 精氨酸(Arg),   |
| 赖氨酸(Lys), 蛋氨酸(Met),  | 天冬氨酸(Asp), 天冬酰胺(Asn), |
| 苯丙氨酸(Phe), 苏氨酸(Thr), | 谷氨酸(Glu), 谷氨酰胺(Gln),  |
| 色氨酸(Trp), 缬氨酸(Val),  | 半胱氨酸(Cys), 甘氨酸(Gly),  |
| 组氨酸(His)。            | 脯氨酸(Pro), 丝氨酸(Ser),   |
|                      | 酪氨酸(Tyr)。             |

各种必需氨基酸的食物来源见表2-3。