

植物蛋白制取

郑州粮食学院

目 录

绪论.....	1
第一章 蛋白质化学.....	5
§ 1 蛋白质分子结构、氨基酸及其分类.....	5
§ 2 蛋白质的一般物理化学性质.....	21
§ 3 酶.....	25
第二章 大豆的种子结构、化学成分.....	30
第一节 大豆的种子结构.....	30
第二节 大豆的细胞结构.....	35
第三节 大豆的一般成分.....	37
第三章 大豆蛋白质.....	51
第一节 大豆蛋白质的组成.....	51
第二节 大豆蛋白质的理化特性.....	52
第三节 大豆蛋白质的功能特性.....	58
第四节 大豆蛋白质的营养价值.....	61
第五节 大豆中抗营养物质的作用机理及其处理.....	75
第六节 大豆蛋白制品中气味的产生及防止.....	76
第四章 大豆的利用与蛋白质提取.....	79
第一节 大豆加工利用简介.....	79
第二节 大豆蛋白质的工业化提取工艺参数及其影响.....	79
第三节 大豆蛋白质组分及其分离.....	86
第五章 大豆蛋白质工艺.....	93

第一节	大豆浓缩蛋白质提取工艺.....	93
第二节	大豆分离蛋白质的提取工艺.....	97
第三节	组织化大豆蛋白生产工艺.....	102
第四节	豆乳的生产工艺.....	112
第五节	豆乳粉生产工艺.....	123
第六节	传统豆制品加工工艺.....	129

蛋白质是生命的基础，是构成人体的主要成分之一。人的生长发育和新陈代谢都需要不断地补充蛋白质。特别是婴儿和儿童在生长发育过程中更需要大量的蛋白质补充。

就整个世界而言，人口正在不断增加，预计到2000年，全世界人口将突破60亿大关，人类的食物资源，特别是蛋白质资源，将会进一步紧张起来。因此，不断地开发新的食物蛋白质资源，满足人类生存和健康的需要，是我们目前所面临的一个极其迫切的任务，具有重要的战略意义。

人们从食物中所摄取的蛋白质主要有下列来源：

1、动物性蛋白质：包括各种家禽，家畜的肉、蛋、奶，以及江河湖海中的水产品，如鱼、虾等。这类蛋白质的营养价值较高，容易为人们的身体吸收利用，而且适口性好，味道鲜美。但是，动物性蛋白质的生产成本很高，难以满足日益增多的人口需要。

2、微生物蛋白质：近年来，菌类、单细胞藻类和其他微生物作为一种实际上是无限量的，廉价食用蛋白质的潜在来源，越来越引起人们的兴趣。其主要原因在于单细胞生物合成蛋白质的速度高，大约为高等生物的1000倍左右。例如，人们将酵母菌培养，制成水解物，作为蛋白质添加剂，加入食品，饲料中去，提高它们的蛋白质含量，同高等植物和动物相比，培养微生物的另一个优点在于，

可以用各种廉价的非食用原料，如碳水化合物、酒精、气体烃、液体石蜡、原油等，作为碳和能量进行养殖。另外，酵母和其它微生物的生物体含有丰富的完全蛋白质，其含量高达40~80%。比动物瘦肉组织中的含量高几倍。而且从氨基酸的成分来说，酵母蛋白和菌类蛋白同动物蛋白相同或相近。所以，微生物蛋白是一种很有潜力的蛋白质资源，应大力发展。

3、植物性蛋白质：包括人们所食用的各种粮食中所含的谷物蛋白质，以及油料作物种子中所含的蛋白质等，这类蛋白质来源广，价格低，非常适于发展中国家的实际情况。所谓对植物蛋白质的利用，主要指的就是对油料种子中所含的蛋白质进行利用。

我国是一个发展中的社会主义国家，有十亿多人口，我国人民目前食物中的营养成分很不平衡，蛋白质含量未达到实际的需要量（联合国世界卫生组织规定为0.7克/公斤体重）。因此，大力改善我国人民的膳食营养，为人民提供丰富的蛋白质食物资源，是目前我们面临的一个重要任务。

根据我国人口众多，而畜牧业又不十分发达的实际情况，要想通过以动物蛋白质来满足十亿多人口对蛋白质的需求，显然是很不现实的。因此，必须大力开发新的蛋白质资源，其中之一就是植物性蛋白质，来弥补动物蛋白质的不足。

前面已经提到过，植物蛋白质存在于谷物和油料作物的种子中，而且尤以油料作物种子中所含的蛋白质为高，大大高于一般普通的谷物。表0—1中给出了我国几种主要油料种子的蛋白质含量。

我国主要油料作物蛋白质含量

表 0—1

名 称	蛋 白 质 %
大 豆	35~40
花 生	28
油 菜 籽	25~44
棉 籽	30 (仁)
向 日 葵	26~30.4 (仁)
芝 麻	19~31

目前。国内外许多科学家在开展对植物蛋白质的提取与利用的研究工作。他们大多将注意力集中在对大豆蛋白质的开发利用上。这是因为：

- 1、大豆中含有高达35~40%的蛋白质；
- 2、大豆蛋白质的质量优良，符合人类的营养需要。
- 3、大豆的产量大，来源广；
- 4、大豆蛋白质的提取利用工艺与其他油料相比，较为简单。

基于以上原因，目前在世界范围内，广泛开展了对大豆蛋白质制取的研究工作，并且在一些发达国家，已经将大豆蛋白质大量用于食品和饲料工业，作为蛋白质的补充。

与此同时，对于其他油料种子蛋白质的提取与利用问题，也进

行了一定的研究工作，如：花生、芝麻、向日葵、油菜籽、棉籽等。

本课程主要是以大豆为研究对象，讨论植物蛋白质的制取利用问题，同时，也对其他几种油料蛋白质的提取利用作一简单介绍。

第一章 蛋白质化学

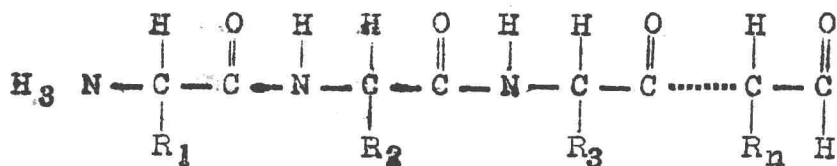
蛋白质是构成生命活细胞的物质基础，它用于细胞组织的形成与再生。植物能通过氮、水与二氧化碳，借助于光合作用合成蛋白质。动物与人类则依靠植物性蛋白与动物性蛋白提供所需的蛋白质。蛋白质平均含有16%的氮、50%的碳、7%的氢、22%的氧以及0.5~3%的硫。

§1. 蛋白质分子结构、氨基酸及其分类

一、氨基酸与肽键

所有的蛋白质皆由氨基酸组成。蛋白质水解成多肽，最终分解成氨基酸。一种单一的蛋白质能产生约二十种不同的氨基酸。这些氨基酸中除了两种以外，其余的均为 α -氨基羧酸。脯氨酸与羟基脯氨酸则生成 α -氨基酸。

在蛋白质中氨基酸的连接是在两个相邻氨基酸残基的 α -羧酸与 α -氨基之间形成的酰氨键，这种键结叫肽键。



这些由肽键所组成的物质叫做肽。肽的各个氨基酸单位称为残基。因此，含有两个氨基酸残基的肽称为双肽。含有多个氨基酸残基的肽叫做多肽。依照惯例，肽的写法如上式所示， α -氨基(N端)写在左边，而末端 α -羧基写在右边。

蛋白质的肽键对水解有抗性，在没有酶存在的情况下，需强酸、强碱。或长期加热才能使蛋白质发生水解。一般常用酸水解蛋白质。

因为碱水解会使部分光学活性氨基酸转变成消旋混合物。酸与碱水解会使全部麸氨酸、缬胺、天门冬缬胺。大部分的色氨酸及一些丝氨酸与苏氨酸受到酸的破坏，而精氨酸、胱氨酸、半胱氨酸及天门冬缬胺等则受碱的破坏。

二、氨基酸的分类

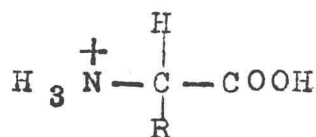
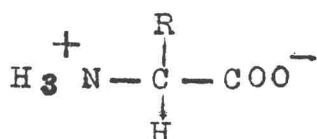
蛋白质中含有二十多种氨基酸，各种氨基酸具有不同的结构。现按氨基酸含胺基与羧基的数目来分类。见表1—1。表1—1中列出了氨基酸结构形式、离子性、氨基和羧基的离子性质。

氨基酸分为脂肪族氨基酸、芳香族氨基酸和杂环氨基酸三大类。

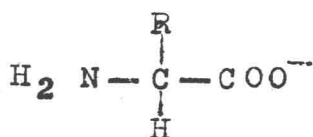
三、氨基酸的离子性

典型的游离氨基酸至少具有氨基与羧基两个基，承受质子或供应质子。氨基酸高熔点与水溶性，说明它已形成了离子形式。简单氨基酸以碱滴定之显示 α -氨基，是以 α -氨基离子的形式，在其 P_H 滴定值 $P_{K\alpha}$ 为10左右；而羧基则以羧化盐的形式存在，其 $P_{K\alpha}$ 值约为2左右，具有上述两性的离子称为两性离子。

以甘氨酸的滴定来了解，当在低 P_H 值时，氨基酸是以阳离子形式存在，中等 P_H 值时，则以两性离子存在，高 P_H 值时，则以阴性离子形式存在。



阳离子



阴离子

氨基酸结构分类表

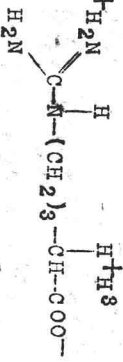
表 1-1

名称	结构	造	离子性 PKa	名称	结构	造	离子性 PKa
I. 脂肪族氨基酸							
A. 单氨基、单羧基							
1. 甘氨酸	$\begin{array}{c} \text{N}^+\text{H}_3 \\ \\ \text{CH}_2-\text{COO}^- \end{array}$		2.35 9.78	9. 胱氨酸	$\begin{array}{c} \text{N}^+\text{H}_3 \\ \\ \text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{N}^+\text{H}_3 \end{array}$		1.66 9.85 2.26 9.85
2. 丙氨酸	$\begin{array}{c} \text{N}^+\text{H}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COO}^- \end{array}$		2.35 9.83	10. 甲硫氨酸	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{N}^+\text{H}_3 \end{array}$		2.13 9.28
3. 缬氨酸	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \text{ N}^+\text{H}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COO}^- \end{array}$		2.29 9.72	B. 单氨基、双羧基			
4. 亮氨酸	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \text{ N}^+\text{H}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COO}^- \end{array}$		2.33 9.74	1. 天门冬氨酸	$\begin{array}{c} \text{N}^+\text{H}_3 \\ \\ -\text{OOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \end{array}$		2.05 α-羧基 3.87 β-羧基 10.00
5. 异亮氨酸	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \text{ N}^+\text{H}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COO}^- \end{array}$		2.34 9.76	2. 天门冬酰胺	$\begin{array}{c} \text{HN}_2 \text{ N}^+\text{H}_3 \\ \diagdown \quad \\ \text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{O} \end{array}$		2.02 8.80
6. 丝氨酸	$\begin{array}{c} \text{OH} \text{ N}^+\text{H}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \end{array}$		2.19 9.21	3. 谷氨酸	$\begin{array}{c} \text{N}^+\text{H}_3 \\ \\ -\text{OOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \end{array}$		2.16 α-羧基 4.27 γ-羧基 9.36
7. 色氨酸	$\begin{array}{c} \text{OH} \text{ N}^+\text{H}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{N}^+\text{H}_2 \end{array}$		2.09 9.10	4. 谷氨酰胺	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \text{ N}^+\text{H}_3 \\ \diagdown \quad \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{O} \end{array}$		2.17 9.13
8. 半胱氨酸	$\text{SH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^-$		1.71 3.39 10.76				

名 称	构	造	离 子 性 PKa	名 称	构	造	离 子 性 PKa
-----	---	---	--------------	-----	---	---	--------------

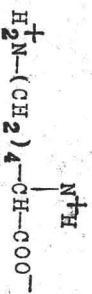
C. 双氨基、单羧基酸

1. 糖氨酸



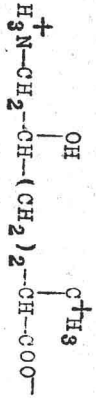
1.82
8.99 α 氨基
12.48 胍基

2. 赖氨酸



2.18
8.95 α 氨基
10.53 ε 氨基

3. 羟基赖氨酸

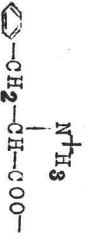


2.13
8.62 α 氨基
9.67 ε 氨基

II. 芳香族氨基酸

A. 单氨基、单羧基酸

1. 苯基丙氨酸



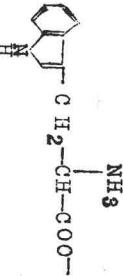
1.83 9.31

2. 苏氨酸



2.20
9.11 α 氨基
10.03 酚式羟基

3. 色氨酸

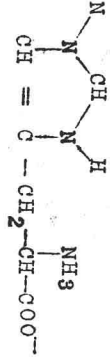


2.46 9.41

III. 杂环脂肪氨基酸

A. 单氨基、单羧基酸

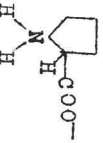
1. 组氨酸



1.82 胍二
6.04 胍五
9.17 胍

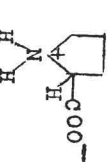
B. α-亚氨基酸

1. 脯氨酸



1.95 10.64

2. 羟脯氨酸



1.82 9.66

在阳离子性的 $P_{K\alpha^-}$ 与阴离子性的 $P_{K\alpha}$ 之间的 P_H 值为氨基酸的等电点, P_I 。此时, 氨基酸分子不带电荷, 为两性离子。甘氨酸的滴定曲线见图 1—1。

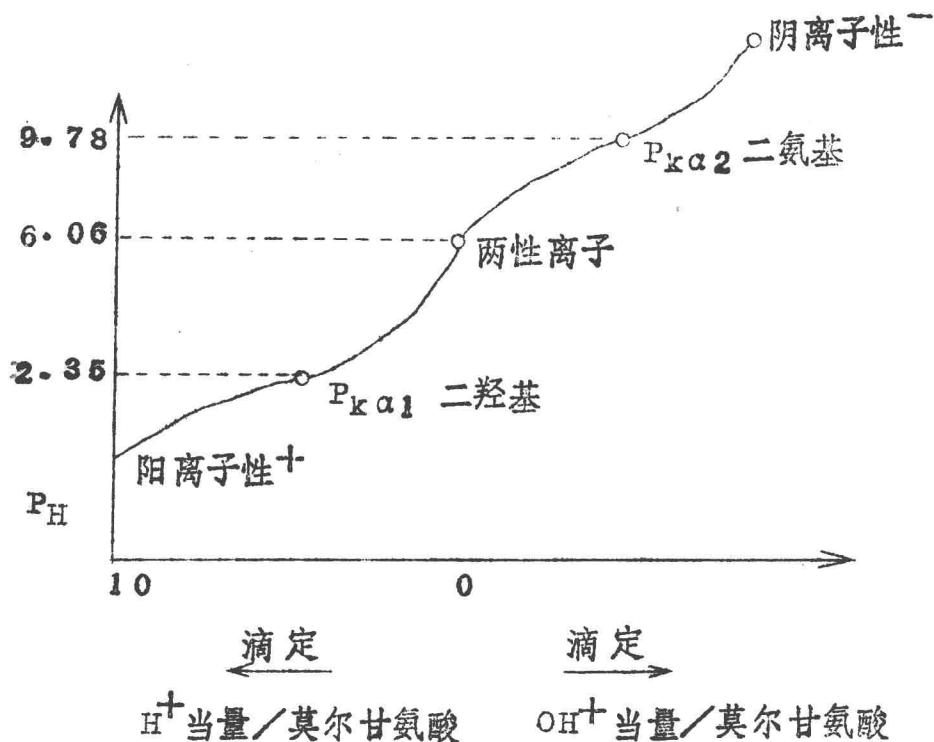


图 1—1 甘氨酸滴定曲线

氨基酸上的其他基因对氨基酸的酸碱性质也产生作用, 这些功能基团为:

- | | |
|------------------------|---------------------|
| (1) 半胱氨酸的硫氢基 | $P_{K\alpha}$ 8.39; |
| (2) 天门冬氨酸的 β -羧基 | $P_{K\alpha}$ 3.87; |
| (3) 谷氨酸的 γ -羧基 | $P_{K\alpha}$ 4.27; |

(4) 精氨酸的胍基 $P_{Ka} \quad 12.48$;

(5) 赖氨酸的 ϵ -氨基 $P_{Ka} \quad 10.53$;

(6) 苏氨酸酚式羟基 $P_{Ka} \quad 10.03$;

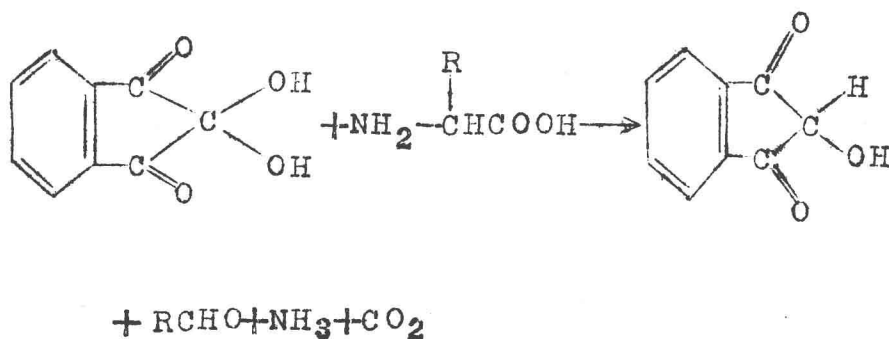
(7) 组氨酸异二氮五烯二 $P_{Ka} \quad 6.04$.

四、氨基酸与蛋白质的颜色反应

氨基酸能和许多试剂作用，产生特异性的显色反应。可以应用这些反应来鉴定一些氨基酸。下面所谈的一些反应，有的在结构测定和肽的合成中常常应用。

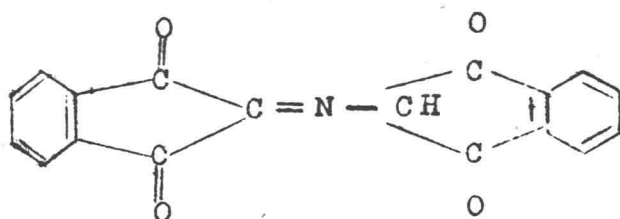
1. 氨基酸与茚三酮的反应

这一反应在生化中是特别重要的，因为它能用来定量测定氨基酸。在纸层析中，用它来检测氨基酸也很方便。如果把氨基酸和三酮一起煮沸，氨基酸即被显色。除脯氨酸和羟脯氨酸显黄色外，其他氨基酸都显深浅不同的紫色。其反应如下：



反应中产生的 CO_2 ，可用测压法测定。作为特例，只要测定反应生成的甲醛量，就可得知甘氨酸的量。反应生成的氨，继续与

三酮反应，则得到深兰紫色的产物：

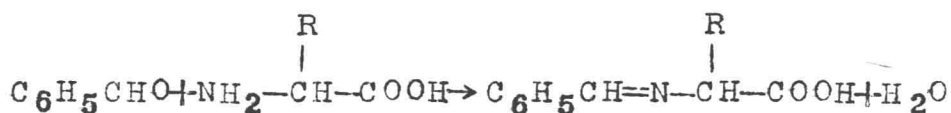


2、氨基酸的 α -氨基很易与各种酰化剂、如乙酰氯、苯酰氯、苯甲氧羰酰氨等反应。一级胺与乙酰氨的反应如下：

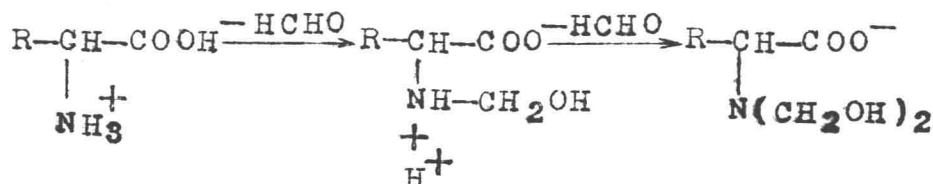


还有几个重要的氨基试剂，如苯异硫氰，2，4——二硝基氟苯、1——二甲氨基萘——5——磺酰氯等，在测定蛋白质的结构上也很有用。

3、氨基酸的氨基可与各种芳香醛（如苯甲醛）反应，形成希夫碱式的缩合产物：

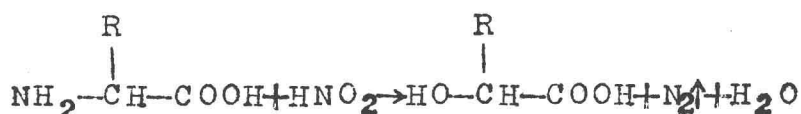


赖氨酸的 ϵ -氨基酸也能发生这类反应。氨基酸的氨基还可与甲醛反应生成羟甲基化合物：



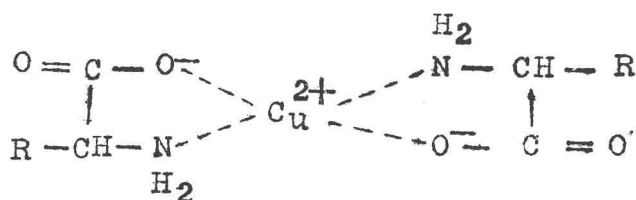
由于氨基酸分子在溶液中是以偶离子形式存在的，所以不能用酸碱滴定其含量。用甲醛与氨基结合，使氨基酸不再可能成为偶离子，因而可以用碱溶液来滴定，这叫甲醛滴定法，可用于测定氨基酸。

4、氨基酸具有典型的一级胺反应，其中包括亚硝酸对 α -氨基的作用：



此反应可用来修饰蛋白质中的氨基，以研究这些基因在结构和功能关系上的作用，也可用于测定自由氨基氮。

5、氨基酸与肽在适当PH下，可与重金属离子，如 Cu^{2+} 、 Co^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Ca^{2+} 等形成络合物，如氨基酸能与 Cu^{2+} 形成如下形式的络合物：



氨基酸的这个性质在有些情况下很有用。例如，在合成尿激酶的底物，N-乙酰赖氨酸甲脂（ALME）时，就是利用这个性质先保护 α - NH_2 ，使二个赖氨酸分子通过 α - NH_2 和 α - COOH 与 Cu^{2+} 形成络合物，然后酰化 Σ - NH_2 ，再通 H_2S 破坏这个络合物，释放出 α - NH_2 ，这时就可以进行 α - NH_2 的乙酰化了。其合成过程大致如下：