



# 水产品 营养与安全



林 洪 主 编  
江 洁 副主编



化学工业出版社



# 水产品 营养与安全



刘美, 王震, 魏建

魏建, 刘美, 王震

化学工业出版社 (北京) 地址: 北京市东城区

**林洪 主编**

**江洁 副主编**

电话: 010-67138888 (传真: 010-67138889)

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书者, 均可获赠精美礼品一份



化学工业出版社

北京

**图书在版编目 (CIP) 数据**

水产品营养与安全/林洪主编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 7

(水产品加工实用技术系列)

ISBN 978-7-5025-9608-8

I. 水… II. 林… III. ①水产品-食品营养②水产品-食品卫生 IV. R151.3 R155.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 107450 号

---

责任编辑: 赵玉清

文字编辑: 尤彩霞

责任校对: 凌亚男

装帧设计: 关 飞

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

720mm×1000mm 1/16 印张 12¼ 字数 271 千字 2007 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

## 编写人员名单

主 编 林 洪

副 主 编 江 洁

参加编写人员（按姓氏拼音排序）：

江 洁 李振兴 林 洪 王静凤 王静雪

## 序

水产品加工的研究对象主要是来源于以海洋为主的各种水生生物资源。海洋特殊的水体环境孕育了海洋生物的特殊性和多样性，为人类提供了大量的优质食品、保健品、药品及生物材料。对水产资源的合理开发利用，形成了以海洋水产食品为主要目标的水产品加工业。

我国水产资源丰富，种类繁多，其中鱼类 3000 多种、虾蟹类 900 多种、贝类 800 多种、藻类 1000 多种，此外还有各种棘皮动物、腔肠动物、软体动物等。随着现代科学技术的迅速发展，水产品加工技术不断提高，水产品加工业在国民经济中的地位日益提升，已成为海洋经济新的增长点。

水产资源重要的开发价值主要可分为两大类：一类是水产食品，另一类是生物功能制品。水产食品营养丰富、味道鲜美，除了具有优质高蛋白、高度不饱和脂肪酸、丰富的微量元素、膳食纤维等营养和功能成分外，还含有大量的水溶性抽提物，从而构成了水产食品特有的风味模式，成为人们摄取动物性蛋白质的重要来源之一。水产品与畜禽产品相比，蛋白质生物价高且氨基酸组成合理，而脂肪含量较低。随着我国疾病谱的变化，特别是高血压、高血脂、高血糖等疾病发病率的上升，以及人们对水产品的深入了解，水产食品消费量正在日益增加，随着生物技术、分析技术等现代技术的应用，水产食品将逐步向高值化和高质化方向发展。

生物功能制品包括海洋功能性食品、海洋生物功能材料、海洋药物及各种功能制品。由于海洋生物的特点，它已成为研究开发各类生物功能制品的原料。特别值得指出的是，海洋生物中含有的具有独特化学结构及生理功能的天然产物正在不断被发现，为防治严重威胁人类健康的疑难病症带来了希望。

为全面系统了解水产品加工领域的研发进展，借鉴国际先进技术和经验，并应用于我国水产品研究、开发与生产中，在国内水产品加工领域著名专家倡议下，编纂了水产品加工系列丛书。本套丛书的作者都是长期在水产食品加工和海洋生物功能制品一线工作的科研教学人员，有着较深厚的系统理论知识和相关科学研究经验。该丛书包括《水产品化学》、《水产品资源有效利用》、《水产品营养》、《水产品加工与贮藏》和《水产品质量与标准化》五个部分，全面系统地总结了水产品加工利用领域的最新研究成果和进展，对我国水产品基础理论研究、新食源和新药源的开拓、水产食品安全保障将具有重要的参考价值；对提高人们对海洋水产品的整体认识，推动水产品加工科研、开发、教学和管理，提高我国水产品加工业的技术水平，也将具有重要的应用价值和现实意义。

中国工程院院士、  
原中国海洋大学校长、  
我国海洋药物与食品著名学者

汪 德 宁

2006年6月18日

# 前 言

我国有着丰富的渔业水域和生物资源，也是水产品生产大国，从1998年开始，我国的水产品产量开始居世界首位，水产行业也成为大农业中的第一大产业。

水产品作为食品同时具有营养特性和安全特性。随着人们生活水平的提高和保健意识的增强，人们对水产品的质量要求更高，不仅讲究其营养性，而且愈来愈关注水产品的安全卫生性。同时，全球经济一体化对水产品质量提出了更高的要求。

从营养性角度来评价，水产品营养丰富、味道鲜美，并具有低脂肪、高蛋白、营养平衡性好的特点，深受人们喜爱，成为国民摄取动物性蛋白质的重要来源之一，是合理膳食结构中不可缺少的重要组成部分。从安全性角度来评价，水产品由于和人类亲缘关系较远，不会传染类似疯牛病等疾病，食用安全性较高。但水产品也具有一些特定的不安全因素，如水环境的污染及化学物质的滥用都会引起水产品的食用安全问题。因此在水产品利用方面，必须要扬长避短，建立有效的安全控制体系，大力推进安全营养的水产食品的发展。

本书主要分为水产品营养和水产品安全两大部分，水产品营养部分主要论述了水产品中的主要营养成分，包括蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素及矿物质，以及其分类、组成、代谢、营养特性；水产品安全部分主要论述了水产品中的主要有毒有害成分，包括天然有毒有害成分、生物性污染危害、农兽药残留的危害、环境中持续性危害化合物，以及其组成、危害和控制措施。

本书由中国海洋大学食品科学与工程学院林洪和江洁分别担任主编和副主编，孙图南、王立、张翠、孟梯、吴燕燕、李庆丽、张轶群、杨超、王晶、李宗妍等参与了本书的资料检索及整理工作，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，本书疏漏之处恳请读者批评指正。

编者

2007年7月



# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 绪论 .....                | 1  |
| 第一章 蛋白质 .....           | 4  |
| 1.1 蛋白质营养学概述 .....      | 4  |
| 1.1.1 蛋白质的组成与分类 .....   | 4  |
| 1.1.2 蛋白质的功能 .....      | 5  |
| 1.1.3 氨基酸 .....         | 6  |
| 1.1.4 蛋白质和氨基酸的代谢 .....  | 9  |
| 1.1.5 氮平衡及其影响因素 .....   | 10 |
| 1.1.6 蛋白质营养状况评价 .....   | 11 |
| 1.1.7 蛋白质的供给及食物来源 ..... | 12 |
| 1.2 水产品蛋白质 .....        | 14 |
| 1.2.1 水产品中的蛋白质 .....    | 14 |
| 1.2.2 水产品氨基酸 .....      | 16 |
| 1.2.3 水产品蛋白质营养评价 .....  | 17 |
| 1.3 蛋白质的安全性 .....       | 28 |
| 1.3.1 蛋白质营养不良 .....     | 28 |
| 1.3.2 蛋白质过量的危害 .....    | 29 |
| 1.3.3 过敏原蛋白 .....       | 30 |
| 第二章 脂质 .....            | 34 |
| 2.1 脂质的种类和性质 .....      | 34 |
| 2.1.1 脂质的种类 .....       | 34 |
| 2.1.2 油脂的化学性质 .....     | 37 |
| 2.1.3 脂质的营养特性 .....     | 39 |
| 2.2 脂肪酸 .....           | 42 |
| 2.2.1 饱和脂肪酸 .....       | 42 |
| 2.2.2 不饱和脂肪酸 .....      | 42 |
| 2.2.3 必需脂肪酸 .....       | 43 |
| 2.3 脂质的消化和吸收 .....      | 44 |
| 2.3.1 脂肪的消化 .....       | 44 |
| 2.3.2 脂肪的吸收与重新酯化 .....  | 45 |
| 2.3.3 脂肪的中间代谢 .....     | 45 |
| 2.4 水产品的脂质及营养特性 .....   | 46 |



|            |                  |     |
|------------|------------------|-----|
| 2.4.1      | 水产品脂质成分的分类和结构    | 46  |
| 2.4.2      | 多不饱和脂肪酸的营养特性     | 54  |
| 2.5        | 几种常见的多不饱和脂肪酸     | 58  |
| 2.5.1      | EPA、DHA          | 58  |
| 2.5.2      | 花生四烯酸            | 60  |
| 2.5.3      | 共轭亚油酸            | 61  |
| 2.6        | 脂质的安全性           | 62  |
| 2.6.1      | 油脂在加工与贮藏过程中的变化   | 62  |
| 2.6.2      | 反式脂肪酸            | 63  |
| 2.6.3      | 卤化脂肪酸            | 64  |
| 2.6.4      | 胆固醇              | 65  |
| 2.6.5      | 脂肪酸平衡问题          | 66  |
| <b>第三章</b> | <b>碳水化合物</b>     | 67  |
| 3.1        | 碳水化合物的组成及营养      | 67  |
| 3.1.1      | 碳水化合物组成          | 67  |
| 3.1.2      | 碳水化合物的营养         | 69  |
| 3.2        | 海藻多糖             | 71  |
| 3.2.1      | 海藻多糖的种类、分布和性状    | 71  |
| 3.2.2      | 海藻多糖的生物活性        | 77  |
| 3.3        | 海藻膳食纤维           | 79  |
| 3.3.1      | 膳食纤维的特性及资源分布     | 80  |
| 3.3.2      | 海藻膳食纤维制品的成分及毒性评价 | 82  |
| 3.3.3      | 海藻膳食纤维的功能        | 83  |
| 3.4        | 水产动物中的碳水化合物      | 88  |
| 3.4.1      | 鱼贝类的糖原           | 88  |
| 3.4.2      | 其他水产动物多糖         | 89  |
| 3.5        | 低聚糖的安全性          | 91  |
| <b>第四章</b> | <b>维生素</b>       | 92  |
| 4.1        | 类胡萝卜素            | 92  |
| 4.1.1      | 类胡萝卜素的性质         | 92  |
| 4.1.2      | 水产品中类胡萝卜素的营养特性   | 93  |
| 4.2        | 维生素 A            | 94  |
| 4.2.1      | 维生素 A 的性质、吸收与代谢  | 94  |
| 4.2.2      | 水产品中维生素 A 的营养特性  | 96  |
| 4.3        | 维生素 D            | 98  |
| 4.3.1      | 维生素 D 的性质、吸收与代谢  | 98  |
| 4.3.2      | 水产品中维生素 D 的营养特性  | 100 |
| 4.4        | 维生素 E            | 102 |
| 4.4.1      | 维生素 E 的性质、吸收与代谢  | 102 |

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 4.4.2 水产品中维生素 E 的营养特性 .....              | 103 |
| 4.5 维生素 C .....                          | 106 |
| 4.5.1 维生素 C 的性质、吸收与代谢 .....              | 106 |
| 4.5.2 水产品中维生素 C 的营养特性 .....              | 106 |
| 4.6 维生素 B <sub>1</sub> .....             | 108 |
| 4.6.1 维生素 B <sub>1</sub> 的性质、吸收与代谢 ..... | 108 |
| 4.6.2 水产品中维生素 B <sub>1</sub> 的营养特性 ..... | 108 |
| 4.7 维生素 B <sub>2</sub> .....             | 110 |
| 4.7.1 维生素 B <sub>2</sub> 的性质、吸收与代谢 ..... | 110 |
| 4.7.2 水产品中维生素 B <sub>2</sub> 的营养特性 ..... | 110 |
| 4.8 其他维生素 .....                          | 111 |
| 4.8.1 尼克酸 .....                          | 111 |
| 4.8.2 泛酸 .....                           | 111 |
| 4.8.3 叶酸 .....                           | 111 |
| 4.8.4 生物素 .....                          | 112 |
| 4.8.5 肌醇 .....                           | 112 |
| 4.8.6 维生素 B <sub>6</sub> .....           | 112 |
| 4.8.7 维生素 B <sub>12</sub> .....          | 113 |
| <b>第五章 矿物质</b> .....                     | 115 |
| 5.1 钙 .....                              | 115 |
| 5.1.1 钙的分布、吸收与代谢 .....                   | 115 |
| 5.1.2 水产品中的钙及营养特性 .....                  | 116 |
| 5.2 碘 .....                              | 119 |
| 5.2.1 碘的性质、吸收与代谢 .....                   | 119 |
| 5.2.2 水产品中的碘及营养特性 .....                  | 120 |
| 5.3 硒 .....                              | 122 |
| 5.3.1 硒的性质、吸收与代谢 .....                   | 122 |
| 5.3.2 水产品中的硒及营养特性 .....                  | 122 |
| <b>第六章 天然有毒有害成分</b> .....                | 126 |
| 6.1 鱼类毒素 .....                           | 126 |
| 6.1.1 河豚毒素 .....                         | 126 |
| 6.1.2 组胺 .....                           | 127 |
| 6.1.3 西加毒素 .....                         | 128 |
| 6.2 贝类毒素 .....                           | 130 |
| 6.2.1 麻痹性贝毒 .....                        | 130 |
| 6.2.2 腹泻性贝毒 .....                        | 131 |
| 6.2.3 神经性贝毒 .....                        | 133 |
| 6.2.4 健忘性贝毒 .....                        | 134 |
| 6.3 其它毒素 .....                           | 134 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 6.4 毒素的监控 .....              | 135        |
| 6.5 有毒脏器 .....               | 137        |
| <b>第七章 生物污染危害</b> .....      | <b>138</b> |
| 7.1 微生物污染 .....              | 138        |
| 7.1.1 致病菌 .....              | 139        |
| 7.1.2 细菌总数及大肠菌群 .....        | 145        |
| 7.1.3 病毒 .....               | 145        |
| 7.1.4 现代微生物检测技术 .....        | 146        |
| 7.2 寄生虫 .....                | 148        |
| 7.2.1 水产品中常见寄生虫 .....        | 148        |
| 7.2.2 水产品中寄生虫的检测方法 .....     | 151        |
| 7.2.3 防止寄生虫感染的途径 .....       | 152        |
| <b>第八章 农兽药残留的危害</b> .....    | <b>154</b> |
| 8.1 农药残留 .....               | 154        |
| 8.1.1 农药残留现状 .....           | 154        |
| 8.1.2 有机氯农药残留及其毒性 .....      | 155        |
| 8.2 渔药残留 .....               | 158        |
| 8.2.1 渔药残留的来源 .....          | 159        |
| 8.2.2 渔药残留的危害 .....          | 159        |
| 8.2.3 常见渔药残留及其危害 .....       | 160        |
| <b>第九章 环境中持续性危害化合物</b> ..... | <b>166</b> |
| 9.1 重金属 .....                | 166        |
| 9.1.1 砷 .....                | 167        |
| 9.1.2 镉 .....                | 168        |
| 9.1.3 铅 .....                | 170        |
| 9.1.4 汞 .....                | 171        |
| 9.1.5 锡 .....                | 172        |
| 9.1.6 铜 .....                | 174        |
| 9.2 有机物 .....                | 175        |
| 9.2.1 多氯联苯 .....             | 175        |
| 9.2.2 二噁英 .....              | 176        |
| 9.2.3 多环芳烃 .....             | 178        |
| 附表 .....                     | 179        |
| <b>参考文献</b> .....            | <b>180</b> |

## 绪 论

水产品的消费形式主要包括鲜活品、冷冻制品、干制品、腌制品及罐制品。2004 年据联合国粮农组织报告,目前的总产量是 20 世纪 60 年代产量的 3 倍,其中鲜活品和冷冻制品的消费量增加幅度较大,自 2000 年的人均供应量的增长来自水产养殖(见图 1)。

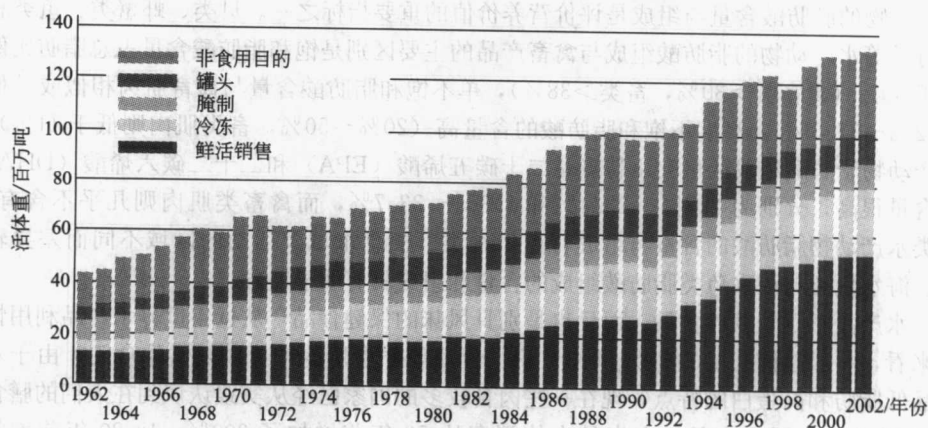


图 1 1962~2002 年世界渔业产量的利用量趋势

我国是水产品生产大国,从 1998 年开始,水产品产量始终居世界首位。水产行业占农业总产值也由 1984 年的 4%,上升到 2002 年的近 12%,成为我国农业中的第一产业。我国有着丰富的渔业水域和生物资源,可捕捞、养殖的鱼类约 1700 种,经济价值较大的有 150 余种。我国水产养殖规模不断扩大,养殖品种增多,产量迅猛增加。2002 年全国水产养殖产量占水产品总量的 63.68%。

水产品的最大食用特点就是其营养性和安全性。

水产品富含人类生长发育所需要的最主要营养物质(蛋白质),优于禽畜产品,是优质食物蛋白源,而且鱼虾类、爬行类的动物蛋白质更易消化吸收。在许多国家的膳食中,水产品是提供微量营养素、矿物质、必需脂肪酸和蛋白质的有价值的来源。估计水产品消费为每人每天贡献 180kcal<sup>①</sup> 热量,但达到这一高水平的国家不多;能达到这一水平的国家缺少替代蛋白食物并形成和保持了对水产品的偏爱,例如日本、冰岛和一些小的发展中岛国。就全球来看,水产品平均为每人每天提供 20~30kcal 热量。水产品中藻类的一般营养成分与水产动物的差异较大,粗蛋白和粗脂肪的含量较低,多糖的含量较高。各类水产动物的一般营养成分差异不大,其中鱼类的粗蛋白含量略高于虾蟹

① 1cal=4.1868J。





类,贝类则稍低;鱼类的粗脂肪含量高于贝类、虾蟹类。

据2004年联合国粮农组织报告,总体上,水产品为26亿多人口提供了至少20%的人均动物蛋白摄入量。鱼类蛋白占世界动物蛋白供应的份额从1992年的14.9%上升到1996年的16%的高峰,然后2001年略下降到15.9%。主要水产动物和畜类肌肉的各种必需氨基酸之间的比值基本上与全蛋模式相似,因此是人类理想的优质蛋白或完全蛋白(含有人类所需的各种必需氨基酸)或平衡蛋白(不仅含有多种必需氨基酸,而且相互比例与全蛋模式相似)。主要水产动物的赖氨酸、精氨酸和谷氨酸等呈味氨基酸的含量与牛肉、羊肉、猪肉相似或更高(牡蛎与鲑鱼稍差)。因此,肉味鲜美,特别是中国对虾、鲢、鲫、中华鳖的呈味氨基酸含量明显高于其他种类,因此,它们的肉味更鲜美。

食物的脂肪酸含量与组成是评价营养价值的重要指标之一。贝类、虾蟹类、鱼类和爬行类等水产动物的脂肪酸组成与禽畜产品的主要区别是饱和脂肪酸含量占总脂肪比例低于30%(禽畜类>30%,畜类>38%),单不饱和脂肪酸含量与禽畜肌肉相似或稍低(5.2%~37.5%),高度不饱和脂肪酸的含量高(20%~50%,畜类肌肉则低于11%)。水产动物脂肪酸组成的最突出特点是二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)的含量很高,分别为2.7%~20.4%和1.3%~33.7%,而禽畜类肌肉则几乎不含有。各类水产动物脂肪酸的含量与组成特点依种类、栖息水域及活动的区域不同而差异较大。海水鱼类与淡水鱼类脂肪酸组成的含量和组成具有明显差异。

水产品不仅是营养食品,而且也是别具风味的保健食品,从近年世界水产品利用情况来看,一般总捕获量的30%供作鱼粉、鱼油等非食用生产,70%供作食用。由于水产品低脂肪和高蛋白的特点,现在一些肉食较多的国家已经从实践认识到在人们的膳食中必须增加食用水产品,水产品人均消费比50年前增加了300%,比20年前增加了30%。

水产品内的不安全因子往往通过食物链由低等生物向高等生物转移,加之生物富集作用,直到位于食物链最高级的人类机体。特别是海洋生物更易富集水体中重金属、石油、农药、有机污染物、细菌、病毒和生物毒素等污染物,人类食用了含有这些有害物质的鱼、贝类等水产品,会危及人类健康和生命安全。尤其是双壳贝类,由于其滤食性作用,极易富集水体中细菌、病毒、毒素及重金属等,这样的贝类即使在技术先进的现代化工厂,其产品也有受致病菌(或毒素)污染的可能。在鱼病防治过程中存在的安全隐患:不按动物的营养需要盲目添加抗菌药物、促生长剂,大剂量添加或乱配伍,不遵守药物的休药期。这些都能造成肉中的药物残留过高,从而对人类健康产生威胁。

食用某些种类水产品引起身体不适是少见的现象,多见于也易受其他健康问题困扰的人群中。食用水产品过敏属于免疫反应而不是消化不良。过敏更为常见,却不易诊断和统计。因此,有关水产品的特种过敏源研究得不多,也很粗略。

国际有关组织,如国际食品法典委员会(CAC),充分考虑到水产品潜在的危害因素,包括生物的、化学的、物理的等多方面,采用了多种模式进行风险评估。行之有效的水产品检验和质量控制在全球逐渐协调一致,促进了国际标准、原则的发展和实施。新的质量体系如HACCP、ISO 9000等,联合国粮农组织(FAO)为在全球建立健全水产品质量保证体系做了很大努力。

水产品质量管理工作随着我国社会生产的发展和整体技术的进步,正在逐步健全并

参照国际惯例,开始实行水产品质量认证、产品抽查制度和个别产品的许可制度,明显地促进了某些产品的质量改善。水产品标准化和质量检测机构的建设也正在健全,已颁布了几十项行业标准,对提高水产品的质量起到了很大的推动作用。HACCP是目前较为先进的质量管理体系,其宗旨是将可能发生的质量危害因素消除在生产过程中,而不是靠事后检验出来保证产品质量的可靠;是调动企业质量保证的积极性,让企业承担更多的责任,而不是靠政府机构包揽企业的管理。对 HACCP 的宣传介绍与培训工作是当前最紧迫也是最基础的工作。

完善水产品安全与质量监督法规体系,全面提高我国水产品的质量,对于保护人类健康,满足人民生活需要,保障 21 世纪我国 16 亿人的食物资源,改善食物结构,提高我国水产品的质量声誉,扩大水产品的出口市场,在世界经济一体化进程中取得应有的位置和优势具有重要的现实意义。

# 第一章 蛋 白 质

“蛋白质”一词由荷兰化学家马尔德首先提出，原意为“名列第一”。他认为蛋白质是生命的基本单位，其重要性在各种营养素中应名列第一，是生命之本、健康之基、力量之源。现今人们早已经明确了蛋白质的重要作用——蛋白质是生命的物质基础，是人体细胞和组织最重要的组成成分，没有蛋白质就没有生命。除了水分，蛋白质在人体中的含量最多，为16%~19%。从食品科学的角度来看，蛋白质除了保证食品的营养价值外，在决定食品的色、香、味及质构等特征上也起着重要的作用。

## 1.1 蛋白质营养学概述

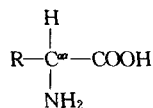
### 1.1.1 蛋白质的组成与分类

#### 1.1.1.1 蛋白质的元素组成及构成单体

蛋白质主要由碳、氢、氧、氮四种元素组成，大多数蛋白质含有硫元素。此外，一些蛋白质还含有磷元素，少数蛋白质含有锌、铁、铜、锰等元素。蛋白质元素组成的最大特点是含有氮元素。蛋白质的分子大小可相差几千倍，但其含氮百分率相对恒定，各种蛋白质的平均含氮量为16%。因此，要测定某一种食物的蛋白质含量，首先测定其氮含量，再将测得的氮含量乘以6.25( $100/16=6.25$ )，就可得到蛋白质的含量（凯氏定氮法）。

蛋白质是由氨基酸经肽键连接而成的高分子化合物。上述各种元素按照一定的结构组成氨基酸，氨基酸是构成蛋白质的基本单位。各种蛋白质的相对分子质量相差很大，从1万至几十万或几百万甚至上千万。近年来，在测定蛋白质的氨基酸组成时，采用多种高纯度的蛋白酶作为催化剂，可使蛋白质完全水解而不损失氨基酸。

除脯氨酸、羟脯氨酸外，所有构成蛋白质的氨基酸，都是氨基位于带有羧基的 $\alpha$ -碳原子上的 $\alpha$ -氨基酸，具有下列通式：



目前，自然界中的氨基酸有20多种，各种氨基酸以不同数目和不同顺序连接构成种类繁多、千差万别的蛋白质，发挥它们各自不同的生理功能。

#### 1.1.1.2 蛋白质的分类

蛋白质种类繁多，功能复杂。人体中含有十万种以上的蛋白质，生物界蛋白质种类约为 $10^{10}$ 量级。蛋白质分类的方法很多，一般根据蛋白质分子形状、组成、溶解度或者根据蛋白质在机体存在的部位进行划分。

##### (1) 根据分子形状分类



① 球蛋白。这类蛋白质主要存在于动物性食品中，其蛋白质分子长短轴之比小于10，包括肌球蛋白、酪蛋白、白蛋白、血清球蛋白。球蛋白的营养价值较高，通常含有人体必需氨基酸，易于被人体消化吸收。

② 纤维蛋白。纤维蛋白是机体组织结构不可缺少的蛋白质，由长氨基酸肽链连接成纤维状或卷曲成各种盘状结构，成为各种组织的支持物质，如结缔组织中的胶原蛋白、肌腱和韧带等。这类蛋白分子长短轴之比大于10，一般不溶于水。

### (2) 根据组成分类

① 单纯蛋白质。单纯蛋白质的水解产物仅为氨基酸，如清蛋白、球蛋白、组蛋白、精蛋白、硬蛋白和植物谷蛋白等。

② 结合蛋白质。结合蛋白质的水解产物由单纯蛋白质和非蛋白辅基组成，如糖蛋白、脂蛋白、磷蛋白和金属蛋白等。

(3) 根据氨基酸组成分类 根据食物蛋白质所含氨基酸的种类和数量，将食物蛋白质分为三类。

① 完全蛋白质。这类蛋白质所含的必需氨基酸种类齐全，数量充足，其氨基酸的比例合理。它不但能保证人体生长的正常需要、维持人体健康，还可以促进生长发育，尤其有益于儿童的生长发育。如鱼类中的白蛋白和肌蛋白等都属于完全蛋白质。

② 半完全蛋白质。这类蛋白质所含的必需氨基酸种类比较齐全，但氨基酸比例不合适，如其中某些氨基酸的数量不能满足人体的需要。作为膳食中唯一的蛋白质来源时，只能够维持生命，而不能促进生长发育。如小麦和大麦中的麦胶蛋白就属于这类蛋白质，赖氨酸含量很少。

③ 不完全蛋白质。这类蛋白质所含的必需氨基酸种类不全，如果把它们作为膳食中唯一的蛋白质来源时，既不能促进生长发育，也不能维持生命。如玉米中的玉米胶蛋白、动物的结缔组织和肉皮中的胶原蛋白等。

食物中的蛋白质大都属于半完全蛋白质，之所以能够维持我们的身体健康，是因为由膳食中摄入的蛋白质不止一种，蛋白质与蛋白质之间可以互补。如果某种蛋白质中所缺的氨基酸，在另一种蛋白质中含量丰富，它们互相补充就可以变成完全蛋白质。如我们单吃牛肉，其蛋白质营养价值并不很高，但如果和面粉同吃，两种蛋白质的营养价值都增大了。通常情况下，同类食物中蛋白质的互补作用不大，所以谷类蛋白可以用肉类或豆类来补充，但不能用别种谷类来补充。

## 1.1.2 蛋白质的功能

### 1.1.2.1 蛋白质在人体中的功能

(1) 构成机体、修补组织 蛋白质是组成所有机体、细胞的重要成分。除水分外，人体中含量最多的物质就是蛋白质。通常，蛋白质约占人体质量的18%，占人体总固体量的45%。机体所有重要的组成部分都需要蛋白质的参与，人体的神经、肌肉、内脏、骨骼，甚至指甲和头发，没有一处不含有蛋白质。人体的瘦组织，如肌肉、心、肝、肾等器官含大量肌纤维蛋白；骨骼和牙齿中含有大量的胶原蛋白，指甲中含有角蛋白；细胞中从细胞膜到细胞内的各种结构均含有蛋白质。

人体的生长发育和组织细胞的新陈代谢都离不开蛋白质。例如抗体（免疫球蛋白）

可抵御外来微生物及其它抗原异物的入侵；细胞膜和血液中的蛋白质担负着各类物质的运输和交换；体液内那些可溶性且可离解为阴、阳离子的蛋白质，使体液的渗透压和酸碱度得以保持稳定；此外血液的凝固、视觉的形成、人体的运动等，都与蛋白质有关。人体蛋白质始终处于合成和分解的动态平衡过程，每天约有3%的蛋白质参与更新肌肉、血液、皮肤和其它身体器官。总之，蛋白质是机体构成、修补组织不可缺少的重要成分。

(2) 构成酶和激素的成分，调节生理机能 机体的新陈代谢是通过无数种化学反应来实现的，而这些反应的进行都需要各种酶的催化。酶是蛋白质，参与了机体的各项生命活动，如肌肉收缩、血液循环、呼吸、消化、神经传导、能量转换、遗传、生长发育、思维活动等。

调节生理机能的一些激素也有蛋白质或多肽参与，如蛋白类激素能维持机体内环境的稳定并调节多种生理过程。如果没有酶和激素的生理调节作用，生命将无法存在。

(3) 提供能量 正常情况下，人体能量的主要提供者是糖和脂肪，蛋白质并不是主要的供能物质。当糖和脂肪供应不足时，蛋白质可被代谢分解，释放能量。1g食物蛋白质在体内氧化分解约产生16.7kJ(4.0kcal)的能量。一般情况下，每天会有一部分蛋白质被氧化分解，向机体提供的能量占所需总能量的10%~15%。

1.1.2.2 赋予食品重要的功能特性

食品应有良好的感官性状，蛋白质可以赋予食品重要的功能特性。例如，蛋白质具有起泡性，可用于冰激凌和糕点的生产；肉类成熟后持水性增加、嫩度增加，大大提高了肉的可口性；蛋白质具有乳化性和增稠的性能，如酪朊酸钠可用作椰子汁及午餐肉罐头的生产；小麦的面筋蛋白质有特殊的黏性和延伸性，在面条、面包、饼干等加工中发挥重要的作用。

1.1.3 氨基酸

蛋白质是由许多氨基酸以肽键连接在一起，并形成具有一定空间结构的大分子。氨基酸是组成一切蛋白质的最基本单位。氨基酸存在D型和L型两种异构体，人体蛋白质中的氨基酸均为L型。构成人体蛋白质的氨基酸有20种（不包括胱氨酸）。蛋白质被分解时的次级结构称为肽，含10个以上氨基酸的肽称为多肽，含10个以下氨基酸的肽称为寡肽，含2个或3个氨基酸的分别称为2肽和3肽。

1.1.3.1 氨基酸的分类

氨基酸可根据其营养价值和化学结构分类。  
根据营养价值，可将氨基酸分为必需氨基酸和非必需氨基酸（见表1-1）。

表 1-1 必需氨基酸与非必需氨基酸

| 必需氨基酸            |     | 非必需氨基酸 |      |      |
|------------------|-----|--------|------|------|
| 异亮氨酸             | 亮氨酸 | 甘氨酸    | 丝氨酸  | 羟谷氨酸 |
| 赖氨酸              | 蛋氨酸 | 丙氨酸    | 半胱氨酸 | 精氨酸  |
| 苯丙氨酸             | 色氨酸 | 谷氨酸    | 脯氨酸  |      |
| 苏氨酸              | 缬氨酸 | 酪氨酸    | 羟脯氨酸 |      |
| 组氨酸 <sup>①</sup> |     | 胱氨酸    | 天冬氨酸 |      |

① 对于儿童来说。