

高等农业院校试用教材

# 食品营养学

NUTRITION

(第二版)

主编 王俊东 李敬奎



中国农业科技出版社

# 食品营养学

(第二版)

主 编 王俊东 李敬玺  
副主编 蔡建平 王向东  
编 委 申瑞玲 洪建华 赵功玲 谢麦香 李桂峰

中国农业科技出版社

1999 北京

(京)新登字 061 号

**图书在版编目(CIP)数据**

食品营养学/王俊东,编著. —北京:中国农业科技出版社,1999.7  
ISBN 7—80119—235—1

**食 品 营 养 学**

**责任编辑**

王铭农

**终 审**

**出版发行**

中国农业科技出版社  
(北京海淀区白石桥路 30 号)

**经 销**

新华书店北京发行所

**印 刷**

山西新华印刷厂

**开 本**

787×1092 毫米 1/16 印张:15

**印 数**

3000—4000 册 字数:380 千字

**版 次**

1999 年 7 月第二版 1999 年 7 月第一次印刷

**定 价**

19.60 元

## 《食品营养学》第二版说明

营养知识是与每一个人的健康最为密切的知识。随着社会的进步,经济的发展,食品的极大丰富,人们越来越认识到这一点。

自《食品营养学》第一版于1996年出版以来,国内外营养领域的进展很快。在发达国家及发展中国家的发达地区,营养学已由过去确定某些营养素的需要量以及了解它们在预防相关缺乏症中的作用,转到从整体上通过平衡膳食,预防若干慢性病上来。为此,第二版在依据我国具体国情继续强调基本营养素摄入、积极防治不发达地区一些营养缺乏症的基础上,新增了一章“营养与健康”,主要介绍由于某些营养素的过剩或另一些营养素的摄入忽视导致的对健康有长远影响的慢性疾病,如动脉粥样硬化、高血压、糖尿病、肥胖、骨质疏松症以及某些癌症与食物的关系。这些疾病多数是现代社会产生的所谓“富裕病”或“文明病”。同时介绍了近年来研究证实在一定程度上对上述有关疾病有预防作用的食物纤维研究进展。

此外,第二版的另一个立意是强调平衡膳食应从小做起(有的甚至要从母亲怀孕做起,已有流行病学调查材料指出,低出生重与成人的冠心病死亡率相关),这样从小养成良好的饮食卫生习惯,养成健康的生活方式,将大大减少中老年后发生的所谓“突发”(如中风、冠心病、骨折等)性疾病,将使机体终身受益。

本次修版增加的大量近年来国际上食品与健康领域的新进展,主要得益于悉尼(Sydney)大学图书馆极为丰富的图书杂志资料,在此深表谢意。

为了不明显增加篇幅,第二版在补充上述材料的同时,删去了第一版实验指导的大部分常规分析内容。

由于编者水平所限,书中错误之处,敬请读者批评指正。

王俊东  
1999. 7. 20

# 目 录

绪 论 .....	(1)
一、营养学基本概念 .....	(1)
二、营养学的内容 .....	(1)
三、营养学的发展史 .....	(1)
四、我国的营养学研究进展及今后的任务 .....	(2)
第一章 营养学基础 .....	(3)
第一节 蛋白质 .....	(3)
一、蛋白质的生理意义 .....	(3)
二、蛋白质的需要量及氮平衡 .....	(4)
三、必需氨基酸 .....	(5)
四、蛋白质的消化与吸收 .....	(6)
五、食物蛋白质质量评价 .....	(7)
六、蛋白质营养不良和人体蛋白质营养状况评价 .....	(11)
七、膳食蛋白质来源及供给量 .....	(12)
第二节 脂类 .....	(12)
一、脂类的组成、分类及性质 .....	(12)
二、脂类的营养学意义 .....	(13)
三、脂肪酸及必需脂肪酸 .....	(13)
四、类脂 .....	(15)
五、脂肪的消化、吸收与转运 .....	(16)
六、膳食脂肪营养价值评价 .....	(17)
七、膳食脂类来源与脂肪的供应量 .....	(17)
第三节 碳水化合物 .....	(19)
一、碳水化合物分类 .....	(19)
二、碳水化合物的消化与吸收 .....	(21)
三、碳水化合物的营养学意义 .....	(22)
四、碳水化合物的来源与供应量 .....	(22)
五、碳水化合物代谢障碍对机体的影响 .....	(23)
第四节 热能 .....	(23)
一、概述 .....	(23)
二、能量单位 .....	(23)
三、食物能值与生理能值 .....	(24)
四、人体能量的测定 .....	(24)
五、人体热能消耗 .....	(25)
六、热能食物来源及供应量 .....	(28)
第五节 水与电解质 .....	(29)

一、水 .....	(29)
二、电解质 .....	(30)
第六节 钙与磷 .....	(33)
一、钙 .....	(33)
二、磷 .....	(36)
第七节 微量元素 .....	(38)
一、概述 .....	(38)
二、铁 .....	(39)
三、碘 .....	(42)
四、锌 .....	(45)
五、铜 .....	(47)
六、硒 .....	(48)
七、氟 .....	(53)
第八节 维生素 .....	(57)
一、维生素 A 与胡萝卜素 .....	(59)
二、维生素 D .....	(62)
三、维生素 E .....	(64)
四、维生素 K .....	(67)
五、维生素 B <sub>1</sub> .....	(68)
六、维生素 B <sub>2</sub> .....	(70)
七、烟酸 .....	(72)
八、维生素 B <sub>6</sub> .....	(74)
九、叶酸 .....	(76)
十、维生素 B <sub>12</sub> .....	(77)
十一、维生素 C .....	(78)
十二、泛酸 .....	(80)
十三、生物素 .....	(81)
<b>第二章 特殊条件人群的营养与膳食 .....</b>	<b>(83)</b>
<b>第一节 孕妇营养与膳食 .....</b>	<b>(83)</b>
一、孕期营养生理特点 .....	(83)
二、孕妇营养要求 .....	(84)
三、怀孕期营养不良对母亲的影响 .....	(87)
四、怀孕期营养不良对胎儿的影响 .....	(87)
五、孕妇合理膳食 .....	(88)
<b>第二节 乳母营养与膳食 .....</b>	<b>(89)</b>
一、泌乳生理 .....	(89)
二、乳母营养需要 .....	(89)
<b>第三节 婴幼儿及青少年营养与膳食 .....</b>	<b>(91)</b>
一、婴幼儿的营养 .....	(91)
二、学龄前儿童的营养 .....	(93)

三、学龄儿童的营养 .....	(93)
四、青春期营养 .....	(93)
五、婴幼儿、青少年易患的营养缺乏症 .....	(94)
第四节 老年营养与合理膳食 .....	(94)
一、老年与衰老 .....	(94)
二、老年人的生理代谢特点 .....	(95)
三、老年人的营养需要 .....	(95)
四、老年膳食 .....	(96)
第五节 高温、低温环境下人群的营养与膳食 .....	(97)
一、高温环境人群的营养 .....	(97)
二、低温环境下人群的营养 .....	(97)
<b>第三章 各种食物的营养价值及加工因素的影响 .....</b>	<b>(99)</b>
第一节 谷类食物的营养价值 .....	(99)
一、谷籽结构和营养素分布 .....	(100)
二、谷类的化学组成及营养价值 .....	(100)
三、加工烹调及贮存对谷类营养价值的影响 .....	(102)
第二节 豆类油料和坚果类的营养价值 .....	(104)
一、化学组成与营养价值 .....	(104)
二、大豆及其它油料蛋白质制品 .....	(106)
三、抗营养因子及其它物质 .....	(106)
第三节 蔬菜、水果的营养价值 .....	(107)
一、蔬菜、水果的化学组成与营养价值 .....	(107)
二、加工、烹调对营养价值的影响 .....	(108)
三、野菜、野果和食用蕈的营养价值 .....	(109)
第四节 肉类及鱼类的营养价值 .....	(110)
一、化学组成及营养价值 .....	(110)
二、加工、烹调对营养价值的影响 .....	(111)
第五节 奶及奶制品的营养价值 .....	(111)
一、奶类的组织结构和性质 .....	(112)
二、奶的化学组成及营养价值 .....	(112)
三、奶制品的营养价值 .....	(113)
第六节 蛋类的营养价值 .....	(114)
一、蛋的结构 .....	(114)
二、蛋的组成成份与营养价值 .....	(114)
三、加工、烹调对营养价值的影响 .....	(115)
四、禽蛋脂质成分的研究进展 .....	(115)
<b>第四章 营养与健康 .....</b>	<b>(120)</b>
第一节 动脉粥样硬化 .....	(120)
一、概述 .....	(120)
二、脂蛋白 .....	(121)

三、与心血管疾病的有关因素·····	(122)
四、食物与血液胆固醇的关系·····	(122)
第二节 高血压与营养·····	(123)
一、概述·····	(123)
二、饮食对血压的影响·····	(123)
第三节 糖尿病与营养·····	(125)
一、概述·····	(125)
二、糖尿病的分类·····	(125)
三、治疗·····	(126)
四、营养疗法·····	(127)
五、蛋白质、脂肪及碳水化合物的摄入推荐量·····	(128)
第四节 肥胖·····	(130)
一、概述·····	(130)
二、超重与健康危险·····	(130)
三、肥胖原因与病理发生·····	(131)
四、肥胖的治疗与现实·····	(133)
第五节 酒精与健康·····	(133)
一、概述·····	(133)
二、饮酒的危害与潜在益处·····	(133)
三、酒精代谢·····	(134)
四、饮酒与微量营养素的缺乏·····	(135)
五、酒精性肝病及对营养的影响·····	(135)
第六节 骨质疏松与营养·····	(136)
一、概述·····	(136)
二、钙吸收与青少年骨质矿化·····	(136)
三、怀孕与泌乳·····	(137)
四、V <sub>D</sub> 与钙对老年人的影响·····	(138)
五、运动对骨质的影响·····	(138)
第七节 癌症与食物·····	(139)
一、概述·····	(139)
二、食物致癌剂·····	(139)
三、食物促进剂与抑制剂·····	(140)
第八节 自由基与抗氧化剂·····	(141)
一、概述·····	(141)
二、自由基概念·····	(141)
三、自由基的产生与对机体的影响·····	(141)
四、机体的抗氧化防卫系统·····	(142)
五、氧化应激与有关疾病·····	(143)
第九节 营养与免疫·····	(143)
一、概述·····	(143)



二、缺 Zn 对淋巴细胞的影响 .....	(143)
三、糖皮质激素的作用 .....	(144)
第十节 膳食纤维与健康 .....	(144)
一、膳食纤维的概念 .....	(144)
二、膳食纤维营养意义的发现 .....	(144)
三、膳食纤维的理化特性 .....	(145)
四、膳食纤维营养生理反应 .....	(146)
五、膳食纤维与某些疾病的预防 .....	(147)
六、膳食中膳食纤维的合理摄入量 .....	(150)
第五章 社会营养 .....	(153)
第一节 社会营养概述 .....	(153)
一、基本概念 .....	(153)
二、社会营养的目的与内容 .....	(153)
第二节 膳食营养素供应量建议 .....	(153)
一、概念 .....	(153)
二、RDA 的制定及其依据 .....	(154)
三、我国现行 RDA 及其说明 .....	(155)
四、国外 RDA 借鉴 .....	(155)
第三节 居民营养状况调查与监测 .....	(167)
一、居民营养调查 .....	(167)
二、社会营养监测 .....	(169)
第四节 食物结构、膳食指南及食谱 .....	(170)
一、食物结构 .....	(170)
二、膳食指南 .....	(173)
三、食谱 .....	(187)
第五节 食品资源的开发利用 .....	(188)
一、大力发展农业, 增加粮食产量 .....	(188)
二、发展节粮型畜牧业, 增加动物性蛋白质 .....	(188)
三、开发利用大豆蛋白资源 .....	(189)
四、大豆以外的优质蛋白质资源 .....	(189)
五、其它蛋白质资源 .....	(190)
六、新食品资源的开发 .....	(192)
第六节 食物强化 .....	(192)
一、食品强化的概念和意义 .....	(192)
二、食品强化剂的使用标准 .....	(194)
三、食品强化的监督管理 .....	(195)
第七节 社会营养规划及宏观调控措施 .....	(195)
一、我国食品发展现状 .....	(196)
二、九十年代食物发展指导思想和基本目标 .....	(198)
三、实现食物发展目标的若干政策措施 .....	(199)

四、加强对食物发展组织领导.....	(201)
世界营养宣言.....	(202)
联合国第四个发展十年的营养目标.....	(205)
世界儿童问题最高级会议的营养目标.....	(205)
附录 表 1 食物一般营养成份 .....	(206)
表 2 食物的氨基酸含量 .....	(211)
表 3 食物 B <sub>6</sub> 、泛酸、叶酸、B <sub>12</sub> 含量 .....	(213)
表 4 食物胆固醇含量 .....	(214)
表 5 食物钾、钠、镁、氯含量 .....	(216)
表 6 食物碘含量 .....	(221)
膳食调查方法.....	(222)
参考文献.....	(225)

# 绪 论

## 一、营养学基本概念

营养学 (*Nutrition*) 是研究人体营养规律及其改善措施的科学。所谓人体营养规律, 包括人体在一般生活条件下和特殊生理条件下, 或者在特殊环境条件下的营养规律。所谓改善措施包括纯生物学的措施和社会性的措施; 同时还包括措施实施的根据与采取措施后的效果评价。

我国有句古语叫“民以食为天”, 说明人体的生存和食物的依存关系。人们每天要吃食物, 这不仅是为了解决饥饿感, 满足心理及社会的需要, 而最根本的目的是满足人体的营养要求, 所以营养是人类摄取食物满足自身生理需要的生物学过程。具体而言, 就是人体摄取、消化、吸收和利用食物中的营养素来维持生命活动的整个过程。食物中具有营养作用的有效成分称为营养素。食品营养学就是研究食物与人体健康关系的一门科学。

## 二、营养学的内容

本学科首先是从生物学的角度研究人体对营养的要求, 同时又有很强的社会实践性。所以作为本课程的学科内容, 主要包括人体在一般条件下对各种营养素的需要 (营养学基础), 在特殊生理条件或特殊环境条件下的营养要求, 各种食品的营养学价值、加工、烹调对食物营养素的影响, 营养与一些慢性疾病的预防以及社会营养等。

## 三、营养学发展史

营养学的发展大体上是从宏观到微观, 然后再受到社会的促进又重新开始重视宏观调控的过程。我国在三千年前, 从有文字记载的历史年代就开始有了关于营养学的论述, 如我国最古老的古籍“黄帝内经”中就有关于食医与养生的记载。如“五谷为养, 五果为助, 五畜为益, 五菜为充, 气味相合而服之, 以补精益气”。这是目前认为世界上最早、最全面的饮食指南。

现代科学意义上的营养学产生于 18 世纪中叶 K. W. Scheele 与 J. Priestly 等人对氮、氧及二氧化碳的发现, Romonov 关于物质守恒的论述, Lavoisier 呼吸是氧化燃烧的理论, Reaumur 关于消化是化学过程的论证等一系列启蒙性科学成就, 将营养科学引上现代科学发展的轨道。特别是 19 世纪 Liebig 提出碳、氮、氧的测定方法, Voit, Rubner, Atwater 师生三代的努力, 提出氮平衡学说, 热能代谢的表面法则, 三大营养素的生热系数, 为现代营养学奠定了基础。整个 19 世纪到本世纪是发现研究各种营养素的鼎盛时期。1816 年 Magendie 提出蛋白质为生命所必需, 1838 年 JauMulder 正式将其定为一个科学术语。从 1810 年 Wollastor 发现第一种氨基酸亮氨酸, 到 1935 年 Rose 提出苏氨酸后, 迄今再未见新的氨基酸提出。1844 年 Schmielt 发现血液中有糖, 1856 年 Bernard 发现肝糖原, 1929 年 Burr 等证明亚油酸是人体必需脂肪酸。从 1938 年到五十年代, Rose 等确定有 8 种氨基酸对成人必需氨基酸。维生素经过东晋葛云、梁代陶宏景、Lind (1753) 等国内外先驱后, Funk 于 1912 年提出

人体必需的“生命胺”(Vitamine), 1920年定名为维生素(Vitamin), 以后相继提出V<sub>A</sub>与V<sub>B</sub>族(1913—1915), V<sub>C</sub>(1917)、V<sub>D</sub>(1922)直到1947发现B<sub>12</sub>之后, 再未见营养科学中有新的维生素出现。关于矿物质与微量元素的营养知识, 很大程度上得益于畜牧业的研究, 如硒的营养作用就是1957年由Schwarz和Folz研究鸡的渗出性素质开始的, 目前本学科仍是营养学中一个十分活跃的科学领域。

第二次世界大战以后, 分子生物学划时代的进展, 为营养学向微观世界发展, 为探索生命奥秘提供了理论基础; 而分析技术水平的提高大大加快了这一探索速度, 同时营养工作的社会性不断加强, 在世界卫生组织WHO及联合国粮农组织FAO的努力下, 加强了营养工作的宏观调控性质, 营养学更明显地重视如何使广大人民群众得到实惠。有的国家制定颁发了有关社会营养的法律、法规, 成立了主管公共营养工作的行政机构。为了在全球消灭饥饿和减少各种形式的营养不良现象, 1992年12月, 159个国家及欧洲经济共同体在罗马召开国际营养部长级会议, 发表了《世界营养宣言》。

#### 四、我国的营养学研究进展及今后的任务

我国约在本世纪初开始建立现代营养学(但由于历史原因, 营养学工作缺乏连续性)。1913年首见我国自己的食物营养成分分析及一些人群的营养状况调查报告。1952年出版了我国第一部比较完整的《食物成分表》, 1956年创刊《营养学报》, 1958年开展我国历史上第一次全国性营养调查, 1963年中华医学会营养学会提出我国建国后第一个营养供给量建议, 近年来随着国民经济的快速发展, 营养学及其社会实践获得了突破性进展。1988年, 中国营养学会对原来的营养素供应量RDA(recommended dietary allowance)进行了修订。1991年, 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所与全国15个省、自治区及北京、上海二市经过不懈努力, 编制出了供应全国水平的《食物成分表》, 本表包括了28大类、1358种食物的26种营养素含量, 456种食物氨基酸含量, 256种食物的脂肪含量和400种食物的胆固醇含量。这是营养学中一项十分重要的基础工作。1992年, 在卫生部、农业部、公安部及国家统计局的联合领导下, 完成了第三次全国营养调查, 与1982年第二次调查相比, 1992年, 中国人群的许多营养素从数量上已达到或接近我国现行RDA的要求(热能2328千卡, 蛋白质68克, 脂肪58克), 1997年中国营养学会出台了修订的《中国居民膳食指南》及《平衡膳食宝塔》。1998年我国各类肉产量已占全球总产量的25.6%, 为世界肉产品的第一位。

随着经济的发展与收入增加, 膳食结构与生活方式的变化, 营养过剩及不平衡所致的慢性病不断增多, 我国每天约有15000人死于慢性病, 占总死亡率的70%以上。但是由于经济发展不平衡及人群营养知识不足, 致使我国居民中仍存在着不可忽视的营养不良问题。抽样调查5岁以下儿童体重不足检出率为10%~20%(约2160万), 生长迟缓检出率平均为35%(约4200万)。因此在政府出台了《九十年代中国食物结构改革与发展纲要》基础上, 又于1997年底推出《中国营养改善行动计划(1996~2000年)》。总目标为: “通过保障食物供给, 落实适宜的干预措施, 减少饥饿及食物不足, 降低热能-蛋白质营养不良的发生率, 预防、控制和消除微量营养素缺乏症; 通过正确引导食物消费, 优化膳食模式, 促进健康的生活方式, 全面改善居民的营养状况, 预防与营养有关的慢性病。”此外需要开展营养宣传教育, 普及科学知识, 提高全民的营养知识水平。

# 第一章 营养学基础

## 第一节 蛋白质

### 一、蛋白质的生理意义

#### (一) 构成机体和生命的重要物质基础

蛋白质 (protein) 是人的重要组成成分, 人体一切细胞组织都由蛋白质参与组成。生命现象总是和蛋白质同时存在的。一般而言, 蛋白质约占人体全部重量的 18% (16%~19%)。

1. 催化作用 生命的基本特征之一是不断进行新陈代谢, 这种新陈代谢中的化学变化绝大多数是借助酶 (enzyme) 的催化作用迅速进行的。而催化机体内成千上万种不同化学反应的酶, 就是蛋白质。

2. 调节生理机能 激素是机体内分泌细胞制造的一类化学物质, 这些物质通过血液循环到达全身, 调节机体的正常活动, 对机体的繁殖、生长、发育及适应内外环境变化具有重要作用。这些激素中有许多就是蛋白质或肽类。

3. 运输作用 生物机体从环境中摄取氧, 然后被运输到细胞内氧化能源物质, 产生  $\text{CO}_2$  和水。氧在血液中的运输就是靠血红蛋白完成的。

4. 肌肉收缩 肌肉占人体体重的 40%~45%。机体的一切机械活动及各脏器的主要生理功能的完成, 就是靠肌肉中肌纤凝蛋白的收缩与舒张来实现的。

5. 支架作用 结缔组织分布广泛, 组成各器官包膜及组织间隔, 散布于细胞之间。正是它们维持各器官的一定形态, 并将机体的各部分联成一个统一整体。这种作用主要由胶原蛋白来完成。

6. 免疫作用 机体对外界某些有害因素具有一定的抵抗力, 如一定的抗原侵入, 机体可产生相应抗体, 从而阻断抗原的有害作用。抗体的这种免疫作用就是由免疫球蛋白完成的。

此外, 蛋白质又是构成各类细胞原生质的主要物质 (细胞原生质是蛋白质、脂肪、碳水化合物共同组成的胶态系统)。核蛋白及其相应的核酸是遗传的物质基础。体内酸碱平衡的维持、水份的正常分布以及许多重要物质的转运都与蛋白质有关。

#### (二) 建造或修补、更新组织

食物中蛋白质最主要的作用是供给人体合成蛋白质所需要的氨基酸 (amino acids, AA), 由于糖和脂肪不含氮, 所以蛋白质是人体中唯一的氮来源。

成人体内蛋白质约占总体重的 16.3%, 亦即一个体重 60kg 的人约有 9.8kg 蛋白质。人体蛋白质处在不断合成与分解的动态过程中, 每天约有 3% 的蛋白质参与更新, 但不同年龄的人, 体内蛋白质合成率不同, 新生儿、婴儿合成率高, 见表 1—1。摄入蛋白质经消化吸收后, 成人主要用于组织蛋白更新; 婴幼儿、青少年、孕妇、乳母除维持组织蛋白质等外, 还要合

成新组织。

表 1—1

不同年龄人体蛋白质平均合成率

对 象	年 龄	每 kg 体重每天的蛋白质合成 (g)
新生儿	1~46 天	18.0
婴 儿	10~20 月	6.9
青 年	男 20~25 岁	3.3
	女 18~23 岁	2.6
老 年	男 68~72 岁	2.9
	女 69~71 岁	2.3

### (三) 氧化供能

蛋白质在体内的主要功能不是供给能量，但它也是一种能源物质，特别是当糖与脂肪供给量不足时，蛋白质可代之供能。每克蛋白质在体内氧化供能约 16.7KJ。通常蛋白质的供能是由体内旧的或已破损的组织细胞中蛋白质分解，以及由食物中一些不符合机体需要的或摄入量过多的蛋白质燃烧时所放出的，人体每天所需要的能量约有 14% 来自蛋白质。

## 二、蛋白质的需要量与氮平衡

机体对蛋白质的需要量，通常以氮平衡 (nitrogen balance) 来测试。在一定时间内 (24 小时) 若摄入的氮与排出的氮一致，称之为氮平衡；若摄入的氮大于排出的氮，则称为正氮平衡，反之为负氮平衡。氮平衡的表示方法为：

$$\text{摄入氮} = \text{尿氮} + \text{粪氮} + \text{通过皮肤或其他途径排出的氮}$$

$$I = U + F + S + \text{其他}$$

尿氮主要包括尿素、氨、尿酸及肌酐等，其中尿素氮与膳食中蛋白质有关，而肌酐则不受膳食氮影响，见表 1—2。粪氮包括食物中未被吸收的氮、肠道分泌物及肠道脱落细胞中的氮。皮肤排出氮包括表皮细胞、毛发、指甲、分泌物中的氮，其他指月经、射精等丧失的部分。

表 1—2

不同营养条件下人体尿氮构成 (g/24h)

尿 N	高蛋白膳	%	低蛋白膳	%
总 N	16.80		3.60	
氨 N	0.49	3.0	0.42	11.3
尿素 N	14.70	87.5	2.20	61.7
尿酸 N	0.18	1.1	0.09	2.5
肌酐	0.58	3.6	0.60	17.2
其他 N	0.85	4.9	0.27	7.3

机体在完全不摄入蛋白质的情况下，体内蛋白质仍在分解与合成，只是处在负氮平衡状态，这种状态持续几天后，氮的排出将维持在一个较低恒定水平。此时通过尿、粪及皮肤等一切途径损失的氮，是机体不可避免要消耗的氮，称为必要的氮损失(obligatory nitrogen losses)，一般成人按每公斤体重计，每日分别从尿中排出氮 37mg，从粪中排出 12mg，从皮肤排出 3mg，从其他方面，包括男性精液、女性月经中损失的氮，男性为 2mg，女性为 3mg，所以每公斤体重每日男女各损失的氮分别为 54mg 和 55mg。一个 60kg 的男人，每日共损失氮 3.24g，再乘以 6.25，相当于 20.3g 蛋白质。故维持成人氮平衡，每日至少要从膳食中补充 20g 蛋白质。

影响氮平衡因素：当热能不足时，氮平衡向负平衡改变；当蛋白质达到要求，而热量充足时，可改善氮平衡；但若蛋白质本身不足，这时即使热能增加，也不会改善氮平衡，此外激素也影响氮平衡，作用于合成代谢的激素（如生长素）使氮在体内贮存增加，而作用于分解代谢的激素（甲状腺素、皮质激素等）使氮排出增加。

### 三、必需氨基酸

人体蛋白质由 20 种  $\alpha$ -氨基酸按不同组合构成，并已确定 8 种氨基酸在人体内不能合成或合成速度不能满足机体的需要，必须从食物中补充。这些氨基酸称为必需氨基酸 (essential amino acids, EAA)，它们是亮氨酸 (leucine)、异亮氨酸 (isoleucine)、赖氨酸 (lysine)、蛋氨酸 (methionine)、苯丙氨酸 (phenylalanine)、苏氨酸 (threonine)、色氨酸 (tryptophane) 和缬氨酸 (valine)。另有组氨酸 (histidine) 为婴儿所必需。近来有人证明组氨酸也是成人 EAA (Cho, 1984, Kopphe, Swendseid, 1981)。由于胱氨酸 (cystine) 与酪氨酸 (tyrosine) 可分别由蛋氨酸与苯丙氨酸转变而成，膳食中胱氨酸和酪氨酸充裕时可以节约蛋氨酸 30% 和苯丙氨酸 50% (NRC, 1974, WHO, 1985)。所以当有时考虑食物 EAA 组成时，将芳香族氨基酸的苯丙氨酸及酪氨酸，含硫氨基酸的蛋氨酸和胱氨酸分别合并计算。

机体的蛋白质代谢过程是复杂的，它既需要必需氨基酸，也需要非必需氨基酸。合成不同类型的蛋白质所需要必需氨基酸的种类及数量也各不相同。如某一种氨基酸过多或过少就会干扰另一些氨基酸的利用。在正常情况下，每种必需氨基酸的需要与利用处在一定的比例范围之内，它们之间存在着一个相对比值，以适应机体蛋白质组成的需求。机体在蛋白质合成过程中，对各种不同氨基酸的要求有一定的模式 (pattern)。FAO/WHO 联合专家委员会于 1985 及 1973 提出人体必需氨基酸需要量估计及氨基酸组成模式，见表 1—3。近年来对有些氨基酸提出修正意见 (见表中 d, e, f, g)。

食物中蛋白质消化吸收后 EAA 模式，越接近人体需要模式，其实际被利用的效价就越高，营养价值也越高，见表 1—4。鸡蛋和人奶的氨基酸很接近人体需要量，故通常将这类蛋白质称为参考蛋白质 (reference protein)。当某种蛋白质中某种或几种 EAA 缺乏或不足时，则合成组织蛋白质受到限制，这些氨基酸称为限制性氨基酸 (limiting amino acids)，可按缺乏程度依次为第一、第二、第三限制氨基酸等。例如谷类 (小麦、大麦、大米、玉米) 的第一限制性氨基酸为赖氨酸，小麦、大麦、大米的第二限制性氨基酸为苏氨酸，豆类的限制性氨基酸为蛋氨酸。若不同食物适当混合食用，可使食物中的蛋白质相互补偿，使之比值接近人体需要模式，以提高蛋白质的营养价值，这种现象称为蛋白质的互补作用。

表 1—3

每日 EAA 需要量估计及 AA 需要量模式

氨基酸	需要量 mg/kg/d <sup>a</sup>				氨基酸模式 <sup>b</sup> mg/g	比值 <sup>c</sup>
	3~4 月龄婴儿	2 岁幼儿	10~12 岁	成人		
组氨酸	28	?	?	8~12		
异亮氨酸	70	31	30	10	40	4.0
亮氨酸	161	73	45	14 (40) <sup>d</sup>	70	7.0
赖氨酸	103	64	60	12 (35) <sup>e</sup>	55	5.5
蛋氨酸+胱氨酸	58	27	27	13	35	3.5
苯丙氨酸+酪氨酸	125	69	27	14	60	6.0
苏氨酸	87	37	35	7 (15) <sup>f</sup>	40	4.0
色氨酸	17	12.5	4	3.5	10	1.0
缬氨酸	93	38	33	10 (16) <sup>g</sup>	50	5.0
总计 (组氨酸不计)	714	352	261	84	360	

a: 据 FAO/WHO1985 年建议。b: 据 FAO/WHO1973 年建议。c: 以色氨酸为 1 进行比较。d: Maguid 等 1986。e: Meredith 等 1986。f: Zhao 等 1986。g: 同 d。d、e、f、g 均系用 <sup>13</sup>C 示踪研究结果, 据此认为以往必需氨基酸需要量估计偏低, 这是值得注意的。自《营养与食品卫生学》第三版, 第 7 页, 1994

表 1—4

几种食物蛋白质必需氨基酸含量及比值

必需氨基酸	人体氨基酸模式													
	全鸡蛋蛋白质		牛奶蛋白质		牛肉蛋白质		大豆蛋白质		面粉蛋白质		大米蛋白质			
	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值	mg/g 比值		
异亮氨酸	40	4.0	54	3.2	47	3.4	53	4.4	60	4.3	42	3.8	52	4.0
亮氨酸	70	7.0	86	5.1	95	6.8	82	6.8	80	5.7	71	6.4	82	6.3
赖氨酸	55	5.5	70	4.1	78	5.6	87	7.2	68	4.9	20	1.8	32	2.3
蛋氨酸+胱氨酸	35	3.5	57	3.4	33	2.4	38	3.2	17	1.2	31	2.8	30	2.3
苯丙氨酸+酪氨酸	60	6.0	93	5.5	102	7.3	75	6.2	53	3.2	79	7.2	50	3.8
苏氨酸	40	4.5	47	2.8	44	3.1	43	3.6	39	2.8	28	2.5	38	2.9
色氨酸	10	1.0	17	1.0	14	1.0	12	1.0	14	1.0	11	1.0	13	1.0
缬氨酸	50	5.0	66	3.9	64	4.6	55	4.6	53	3.2	42	3.8	62	4.8
总计 (mg/g)	360		490		477		445		384		324		359	

摘自中国医学百科全书, 营养与食品卫生学, 第 9 页, 1988。

## 四、蛋白质的消化与吸收

### (一) 蛋白质的消化

1. 胃液的作用 蛋白质的消化从胃中开始, 胃液 pH 约为 0.9~1.5, 胃腺分泌的胃蛋白酶原经胃酸或已激活的胃蛋白酶作用, 被活化成为胃蛋白酶方能将各种水溶性蛋白质水解。它主要水解由苯丙氨酸或酪氨酸组成的肽键, 其次对亮氨酸或谷氨酸组成的肽键也有一定的作用。其主要产物是蛋白胍和蛋白胨, 多肽与氨基酸较少。此外, 胃液还对乳中的酪蛋白有凝固作用。



2. 胰液的作用 胰腺分泌的胰液进入十二指肠,为碱性液体。胰液中蛋白酶基本分为两类,即内肽酶与外肽酶。前者包括胰蛋白酶、糜蛋白酶,在胰液中,它们均以无活性的酶原存在,肠激酶及有活性的胰蛋白酶本身均可使胰蛋白酶原活化。而糜蛋白酶则是在胰蛋白酶作用下转化为有活性的糜蛋白酶。胰蛋白酶、糜蛋白酶以及弹性蛋白酶均可水解蛋白质肽键内的一些肽链,但不同的酶对不同氨基酸组成的肽链有专一性。如胰蛋白酶水解赖氨酸、精氨酸形成的肽键。糜蛋白酶水解芳香族氨基酸形成的肽键;弹性蛋白酶水解中性脂肪链氨基酸形成的肽键。

外肽酶主要是羧基肽酶 A 和羧基肽酶 B。前者水解羧基末端为各种中性氨基酸组成的肽键,后者则主要水解羧基末端为碱性氨基酸组成的肽键。

大豆、花生、菜豆含有能抑制胰蛋白酶、糜蛋白酶等多种蛋白酶的物质,统称为蛋白酶抑制剂,这类食物需要适当加工后方可食用。有效方法是常压蒸汽加热 30 分钟。

3. 肠粘膜细胞作用 胰酶水解蛋白质产物仅 1/3 为氨基酸,其余为寡肽。肠内消化液中水解寡肽的酶较少,但肠粘膜细胞的刷状缘及胞液中均含有寡肽酶,它们能从肽链的氨基末端或羧基端逐渐水解肽链,分别叫氨基肽酶或羧基肽酶。刷状缘的寡肽酶能水解 2~6 个氨基酸残基组成的寡肽。胞液寡肽酶主要水解二肽与三肽。

## (二) 蛋白质的吸收

经过上述消化过程消化后,肠液中的氨基酸可迅速透过细胞膜被吸收。四肽以上者在接触刷状缘时被水解为二肽、三肽,吸收入细胞内进一步被细胞液中的寡肽酶水解为氨基酸,少部分二肽可直接吸收入血。

各种氨基酸主要通过主动转运吸收。在对氨基酸的吸收中,存在着不同的转运系统。中性氨基酸转运系统对中性氨基酸有高度亲和力,可转运芳香族氨基酸(苯丙、色、酪),脂肪族氨基酸(丙、丝、苏、缬、亮、异亮)、含硫氨基酸(蛋氨酸、半胱氨酸)以及组氨酸、谷氨酰胺。此系载体转运,速度最快,其吸收速度依次为:蛋氨酸>异亮氨酸>缬氨酸>苯丙氨酸>色氨酸>苏氨酸。赖氨酸及精氨酸借碱性氨基酸转运系统转运,但速度较慢,仅为中性氨基酸载体转运速度的 10%,胱氨酸也借此载体转运。天冬氨酸和谷氨酸以酸性氨基酸转运系统转运。脯氨酸、羟脯氨酸及甘氨酸由亚氨基酸和甘氨酸转运系统转运,速度很慢。

## 五、食物蛋白质质量评价

对蛋白质质量作出正确的评价,有利于指导膳食蛋白质营养、利用和发现新蛋白质资源。衡量蛋白质质量的优劣,主要以人体摄入后的效果即生物利用率(bioavailability)为依据,同时要考虑含量。若一种蛋白质尽管被机体消化、吸收及利用程度很高,但如果含量太少则无法完成其应有的作用。

### (一) 蛋白质含量

食物蛋白质的含量多少尽管不能决定一种食物蛋白质营养价值的高低,但在具体评价时却不能脱离其含量。蛋白质平均含氮为 16%,故食物总氮量乘以 6.25 (100/16) 就是蛋白质的含量。不过各种食物蛋白质中含氮量略有差别,为准确换算各食物中蛋白质含量,可用表 1-5、表 1-6。