**普通高等教育“十五”国家级规划教材**

食品营养学

孙 远 明 主 编

**P** **种学出质社**

www.SClencep,com

普通高等教育“十五”国家级规划教材

**食** **品** **营** **养** **学**

孙远明主编

**斜** **学** **虫** **版** **社**

**北** **京**



**内** **容** **简** **介**

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材。本书是按照教育部高 等院校轻工与食品学科教学指导委员会所审定的食品营养学编写大纲要 求，结合学科的进展和社会发展的需要编写而成。本书以“营养学基础一 食物营养一合理膳食一社区营养”为主线，全面系统地阐述了食品营养学 的基础理论和实际应用的知识与方法，并根据专业特点，将食物及膳食贯 穿于全书，重点介绍了食物营养价值、储藏加工对食物营养的影响、强化 食品、保健食品、具保健作用的特殊食品、膳食营养与健康等。本书力求 体现“内容丰富、条理清晰、论述简明、特色突出、科学适用”。

本书适合高等院校食品科学与工程、食品质量与安全专业的学生作为 教材使用，同时也可供其他相关专业的学生和科研工作人员参考使用。

**图书在版编目** **(CIP)** **数据**

食品营养学/孙远明主编.—北京：科学出版社，2006

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-03-017097-0

I. 食 … Ⅱ . 孙 … Ⅲ.食品营养学一高等院校一教材

IV. TS201.4

中国版本图书馆CIP 数据核字(2006)第029061号

责任编辑：周 辉 李久进 沈晓晶/责任校对：朱光光 责任印制：张克忠/封面设计：陈 敬

**铸** **學** **业** **旅** **社** 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

**新** **蕾** **印** **刷** **厂** 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2006年9月第 一 版 2006年9月第一次印刷 印数：1—4000

开本： B5(720×1000)

印张：283/4

字数：548000

**定价：35.00元**

(如有印装质量问题，我社负责调换<明辉》)

**本书编写人员名单**

**主** **编：** 孙远明(华南农业大学)

**副主编：** 苏宜香(中山大学)

余群力(甘肃农业大学)

王 弘(华南农业大学)

**编** **写** **人** **员** (按姓氏笔画排序):

王 弘(华南农业大学)

王 敏(西北农林科技大学)

邓放明(湖南农业大学)

乐国伟(江南大学)

冯凤琴(浙江大学)

孙远明(华南农业大学)

苏宜香(中山大学)

**何计国(中国农业大学)**

余群力(甘肃农业大学)

陈义伦(山东农业大学)

范志红(中国农业大学)

周才琼(西南大学)

庞 杰(福建农林大学)

曹劲松(华南理工大学)

**前** **言**

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材。本书是按照教育部高等院校 轻工与食品学科教学指导委员会所审定的食品营养学编写大纲要求，结合学科的 进展和社会发展的需要，为食品科学与工程、食品质量与安全专业的学生而编写 的，同时也考虑了相关专业的学生选修要求。本书以“营养学基础—食物营养一 合理膳食一社区营养”为主线，全面系统地阐述了食品营养学的基础理论和实际 应用的知识与方法，并根据专业特点，将食物及膳食贯穿于全书，对食物营养价 值、储藏加工对食物营养的影响、强化食品、保健食品、膳食营养与健康等方面 进行了重点介绍。本书力求体现“内容丰富、条理清晰、论述简明、特色突出、 科学适用”的特点。

本书由华南农业大学、中山大学、中国农业大学、江南大学、华南理工大学 等11所高等学校联合编写。第1章由孙远明教授编写；第2章由何计国副教授 编写，第3章由陈义伦副教授和周才琼教授编写，第4章由冯风琴副教授和雷红 涛讲师编写，第5章由周才琼教授编写，第6章由范志红副教授编写，第7章由 王敏副教授编写，第8章由邓放明教授编写，第9章由曹劲松副教授和庞杰教授 编写，第10章由王弘副教授编写，第11章由乐国伟教授和苏宜香教授编写，第 12章由余群力教授编写。全书主要由孙远明教授、苏宜香教授和王弘副教授统 稿，并进行修改与审定，余群力教授参加了部分章节统稿与审定工作，苏宜香教 授对本教材的架构及编写大纲提出了许多宝贵意见，并指导全书的编写。

在编写过程中，得到中国农业大学出版社刘军编辑、宋俊果编辑和科学出版 社的周辉编辑、甄文全编辑的大力协助。在此一并致谢!

由于本书涉及内容广泛，加之作者水平有限，书中疏漏和不妥之处在所难 免，祈盼诸位同仁和读者指正。

编 者

**目** **录**

**前言**

**第** **1** **章** **绪论**  [**1**](#_bookmark1)

1.1 食品营养学的基本概念 [1](#_bookmark2)

1.2 食物营养对人类健康的重要作用 [3](#_bookmark3)

1.3 食品营养与农业和食品工业的关系 [6](#_bookmark4)

1.4 营养学发展概况 [9](#_bookmark5)

1.5 我国居民膳食营养状况及今后营养工作的重点 [13](#_bookmark6)

1.6 本教材的内容、教学目标与要求 [15](#_bookmark7)

思考题 [16](#_bookmark8)

主要参考文献 [16](#_bookmark9)

**第2章** **食物的体内过程**  [**18**](#_bookmark10)

2.1 消化与吸收生理 [18](#_bookmark11)

2.2 营养素的体内运输 [28](#_bookmark12)

2.3 营养素的体内代谢 [30](#_bookmark13)

2.4 营养代谢物质的排泄 [35](#_bookmark14)

思考题 [37](#_bookmark15)

主要参考文献 [38](#_bookmark16)

**第** **3** **章** **能量与宏量营养素**  [**39**](#_bookmark17)

3.1 能量 [39](#_bookmark18)

3.2 碳水化合物 [46](#_bookmark19)

3.3 脂类 [60](#_bookmark20)

3.4 蛋白质 [67](#_bookmark21)

3.5 水 [79](#_bookmark22)

思考题 [81](#_bookmark23)

主要参考文献 [82](#_bookmark24)

**第** **4** **章** **微量营养素**  [**84**](#_bookmark25)

4.1 矿物质 [84](#_bookmark26)

4.2 维生素 [117](#_bookmark27)

思考题 [150](#_bookmark28)

主要参考文献 [150](#_bookmark29)

**第** **5** **章** **食物中其他功能成分**  [**152**](#_bookmark30)

5.1 膳食纤维 [152](#_bookmark31)

5.2 多酚类 [154](#_bookmark32)

5.3 类胡萝卜素 [160](#_bookmark33)

5.4 皂苷 [163](#_bookmark34)

5.5 有机硫化合物 [165](#_bookmark35)

5.6 茶氨酸 [167](#_bookmark36)

5.7 植物甾醇 [169](#_bookmark37)

5.8 核酸 [170](#_bookmark38)

5.9 二十八烷醇 [171](#_bookmark39)

5.10 咖啡碱、茶叶碱和可可碱 [171](#_bookmark40)

5.11 辅酶Q(泛醌) [174](#_bookmark41)

5.12 y-氨基丁酸 [175](#_bookmark42)

5.13 左旋肉碱 [175](#_bookmark43)

5.14 肌醇 [176](#_bookmark44)

5.15 其他功能成分 [177](#_bookmark45)

思考题 [178](#_bookmark46)

主要参考文献 [178](#_bookmark47)

**第** **6** **章** **各类食物的营养价值**  [**180**](#_bookmark48)

6.1 食物营养价值的评价 [180](#_bookmark49)

6.2 谷类食品的营养价值 [183](#_bookmark50)

6.3 豆类及坚果类的营养价值 [192](#_bookmark51)

6.4 蔬菜、薯类和水果的营养价值 [198](#_bookmark52)

6.5 肉类和水产品的营养价值 [208](#_bookmark53)

6.6 乳和乳制品的营养价值 [215](#_bookmark54)

6.7 蛋类的营养价值 [221](#_bookmark55)

思考题 [223](#_bookmark56)

主要参考文献 [224](#_bookmark57)

**第** **7** **章** **储藏加工对食品营养价值的影响**  [**225**](#_bookmark58)

7.1 储藏对食品营养价值的影响 [225](#_bookmark59)

7.2 加工对食品营养价值的影响 [235](#_bookmark60)

7.3 烹调对食品营养价值的影响 [247](#_bookmark61)

思考题 [251](#_bookmark62)

主要参考文献 [251](#_bookmark63)

**第** **8** **章** **食品营养强化**  [**253**](#_bookmark64)

8.1 食品营养强化概述 [253](#_bookmark65)

· jy ·

8.2 食品营养强化的基本原则 [258](#_bookmark66)

8.3 食品营养强化技术 [260](#_bookmark67)

8.4 营养强化食品的种类和生产 [264](#_bookmark68)

思考题 [275](#_bookmark69)

主要参考文献 [275](#_bookmark70)

**第** **9** **章** **保健食品**  [**277**](#_bookmark71)

9.1 保健食品 [277](#_bookmark72)

9.2 其他具有一定保健作用的食品 [288](#_bookmark73)

思考题 [295](#_bookmark74)

主要参考文献 [295](#_bookmark75)

**第10章** **特殊人群的营养**  [**296**](#_bookmark76)

10.1 孕妇营养 [296](#_bookmark77)

10.2 乳母营养和膳食 [307](#_bookmark78)

10.3 婴幼儿营养和膳食 [311](#_bookmark79)

10.4 儿童和青少年营养和膳食 [322](#_bookmark80)

10.5 老年营养和膳食 [330](#_bookmark81)

10.6 运动员的营养和膳食 [336](#_bookmark82)

10.7 特殊环境人群营养 [344](#_bookmark83)

思考题 [349](#_bookmark84)

主要参考文献 [349](#_bookmark85)

**第11章** **膳食营养与健康**  [**351**](#_bookmark86)

11.1 营养与免疫 [351](#_bookmark87)

11.2 营养与自由基氧化损伤 [356](#_bookmark88)

11.3 营养与肥胖 [358](#_bookmark89)

11.4 营养与肿瘤 [363](#_bookmark90)

11.5 营养与高血压 [366](#_bookmark91)

11.6 营养与心血管疾病 [371](#_bookmark92)

11.7 营养与糖尿病 [373](#_bookmark93)

11.8 膳食营养与基因表达 [377](#_bookmark94)

思考题 [385](#_bookmark95)

主要参考文献 [386](#_bookmark96)

**第12章** **社区营养**  [**387**](#_bookmark97)

12.1 营养监测 [387](#_bookmark98)

12.2 营养调查 [394](#_bookmark99)

12.3 膳食营养素参考摄入量的制定与应用 [401](#_bookmark100)

12.4 膳食结构与膳食指南 [404](#_bookmark101)

· V ·

12.5 食谱编制 [410](#_bookmark102)

**12.6** **改善社区营养的宏观措施**  [**414**](#_bookmark103)

思考题 [419](#_bookmark104)

主要参考文献 [419](#_bookmark105)

**附录1中国居民膳食营养素参考摄入量(DRI)**  [**421**](#_bookmark106)

附录2各种活动的能量消耗率 [426](#_bookmark107)

**附录3中华人民共和国国家标准食品营养强化剂使用卫生标准**

**GB14880—1994**  [**429**](#_bookmark108)

**附录4中国食物与营养发展纲要(2001～2010年)**  [**434**](#_bookmark109)

附录5英汉词汇对照 [441](#_bookmark110)

**第1章** **绪** **论**

**教学目标**

· 掌握营养、营养学、食品营养学、 DRI 等基本概念。

· 了解营养学发展简史与新进展。

·初步了解我国宏观的营养工作和居民的营养现状。

食品是人类赖以生存和发展的物质基础，其最重要的功能是营养，它不但为 人体生长发育和维持健康提供所需的能量和营养物质，而且在预防人体的许多疾 病方面起着重要作用，甚至会对人的思想方法和行为举止产生一定的影响。因 此，食品营养科学与国计民生的关系十分密切，它对于居民营养的改善、疾病的 预防、体质的增强、健康水平的提高等方面有重要意义。

1.1 食品营养学的基本概念

食品 (food), 有时也称食物。根据我国《食品卫生法》中的定义，食品指 各种供人食用或者饮用的成品和原料，以及按照传统既是食品又是药品的物品， 但不包括以治疗为目的的物品。食品分为三类：①各种供人食用或饮用的成品。 如糕点、面制品、调味品、茶叶等。②各种供人食用或饮用的原料(包括半成 品)。如粮食、蔬菜、肉类、水产品类等。③按照传统既是食品又是药品的物品。 根据卫生部2002年公布，既是食品又是药品的物品共87种，如生姜、枣、黑芝 麻、甘草、白果(银杏)、鱼腥草、薄荷、罗汉果等。狭义的食品指第一类。

营养 (nutrition), 原意指“谋求养生”。根据《中国营养科学全书》中的定 义，营养指机体通过摄取食物，经过体内消化、吸收和代谢，利用食物中对身体 有益的物质作为构建机体组织器官、满足生理功能和体力活动需要的过程。

营养素 (nutrient), 指具有营养功能的物质，包括蛋白质、脂类、碳水化合 物、维生素、矿物质、水六大类。已研究明确并得到公认的人体营养素有42种， 其中包括9种必需氨基酸：异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏 氨酸、色氨酸、缬氨酸、组氨酸；两种必需脂肪酸：亚油酸和α亚麻酸；14种 维生素：维生素A、 维生素 D、 维生素E、 维生素 K、 维生素B₁ 、维生素B₂、 维生素Bg、 维生素B₂ 、 烟酸、泛酸、叶酸、胆碱、生物素、维生素C;7 种常 量元素：钾、钠、钙、镁、硫、磷、氯；8种微量元素：铁、碘、锌、硒、铜、

· 1 ·

不良反

缺乏

铬、钼、钴；1种碳水化合物(葡萄糖)和水。有一些营养物质人体可能需要， 但尚未确定，如硅、硼等。有一些营养物质如牛磺酸、肉碱在婴幼儿体内不能合 成。此外，还有一些非营养物质，如膳食纤维。膳食纤维虽不作为营养素，但却 是人体所必需的。

营养学 (nutrition或 nutriology): 是研究人体营养与健康关系的一门学科。 随着营养学的发展，出现了许多营养学分支学科，如人类(基础)营养学 (hu- man nutrition)、 临床(医学)营养学 (clinical nutrition)、食品营养学 (food nutrition) 等。

食品营养学 (food nutrition): 主要研究食物、营养与人体生长发育及健康 的关系，提高食品营养价值的方法以及食物资源的开发。

营养价值 (nutritional value): 指食物中营养素及能量满足人体需要的程度。

膳食营养素参考摄入量 (dietary reference intake,DRI): 指一组每日平均 膳食营养素摄入量的参考值，包括4项内容指标：

(1)平均需要量 (estimated average requirement,EAR): 指满足某一特定 性别、年龄及生理状况群体中50%个体需要量的摄入水平。

(2)推荐摄入量 (recommended nutrient intake,RNI; 相当于过去使用的 recommended dietary allowance,RDA): 指满足某一特定性别、年龄及生理状 况群体中97%～98%个体需要量的摄入水平。如果需求量呈正态分布时，则

RNI=EAR+2SD (标准差),如果EAR 的变量不足以计算SD 时，可假设10%

EAR=1SD, 则RDA=1.2EAR。

(3)适宜摄入量 (adequate intake,AI): 指通过观察或实验获得的健康人 群对某种营养素的摄入量。 一般大于EAR, 也可能大于RNI, 但小于UL。AI 不一定是一个理想摄入量。在个体需要量的研究资料不足、不能计算EAR、 也 不能求得RNI 时，可设定AI 来代替RNI。

(4)可耐受最高摄入量 (tolerable upper intake level,UL): 指某一生理阶 段和性别的人群，几乎对所有个体健康都无任何不良反应和危险的平均每日营养 素最高摄入量。目的是为了限制膳食和来自强化食物及膳食补充剂中某一营养素 的总摄入量，以防止该营养素引起不良作用(见图1-1)。

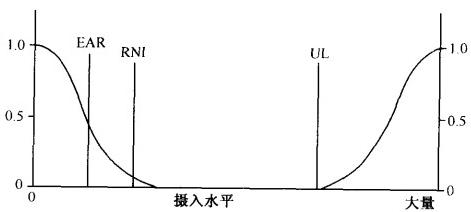


图1- 1 营养素摄入不足和过多的危险性图解

· 2 ·

关于DRI 的应用，见第12章社区营养。若未特别注明，本书中的DRI 数据 均来源于中国营养学会制定的《中国居民膳食营养素参考摄入量 (DRI)》。

健康 (health): 根据世界卫生组织 (WHO) 的定义，健康是指身体、心理 及社会适应三个方面全部良好的一种状况，而不仅仅是没有生病或者体格健壮。 可见，健康不仅指躯体健康，而且还包括心理健康、社会适应良好和道德健康等 几个方面。健康的标志主要包括：①充沛的精力，能从容不迫地担负日常工作和 生活而不感到过分紧张和疲劳；②处世乐观，态度积极，乐于承担责任，事无大 小，不挑剔；③善于休息，睡眠好；④应变能力强，能适应外界环境中的各种变 化；⑤能够抵御一般感冒和传染病；⑥体重适当，身体匀称，站立时头、肩位置 协调；⑦眼睛明亮，反应敏捷，眼睑不发炎；⑧牙齿清洁，无龋齿，不疼痛，牙 龈颜色正常，无出血现象；⑨头发有光泽，无头屑；⑩肌肉丰满，皮肤有弹性。

亚健康 (inferior health或 sub-health): 指身体存在某种或多种不适，但无 身体器质性病变的状态。

营养不良 (malnutrition): 或称营养失调，是指由于一种或几种营养素的缺 乏或过剩所造成的机体健康异常或疾病状态。营养不良包括两种表现，即营养缺 乏 (nutrition deficiency) 和营养过剩 (nutrition excess)。

1.2 食物营养对人类健康的重要作用

人体健康取决于多种因素，如食物营养、遗传、体力活动、心理状态、生活 习惯、环境状况等，其中最重要、影响最复杂的因素是食物营养。食物中营养素 可归纳为三大功能：①为人体提供生命活动和体力活动所需要的能量，即碳水化 合物、脂肪和蛋白质；②参与机体组织组成，如蛋白质、脂类、糖、部分矿物质 等；③调节机体的生理功能，各种营养素均有不同的生理调节功能。

**1.2.1** **食物营养对体格和智力发育的重要作用**

食物中的各种营养素对人体体格和智力的发育均起着直接、间接或综合作 用。如食物中的能量是否充足，直接关系到人体的生长发育。正处于生长发育的 个体如果长期能量摄入不足(处于饥饿状态),机体会动用自身的能量储备甚至 消耗自身的组织以满足生命活动能量的需要，从而导致生长发育迟缓、消瘦、活 力消失，甚至生命停止而死亡。**蛋白质**是组织细胞的**基本组成成分**，是生命活动 的重要基础。**维生素 B₁ 、维生素B₂** 和**烟酸**等营养素参与体内的**能量代谢**。如果 能量和蛋白质等营养素同时缺乏，会引起蛋白质-能量营养不良。研究证明，儿 童时期蛋白质-能量营养不良，可使智商降低15分，导致成年收入及劳动生产率 下降10%。严重的蛋白质-能量营养不良，可导致局部或全身性水肿，小儿智力 低下，甚至死亡。2004年安徽阜阳“奶粉”事件中出现的“大头婴”就是长期

· 3 ·

用蛋白质及其他营养素含量严重不足的伪劣“奶粉”喂养所致，其中数名婴儿死 亡。据世界银行统计，发展中国家由于营养不良导致的智力低下、劳动力丧失或 部分丧失、免疫力下降等造成的直接经济损失约占国民生产总值的3%～5%。

钙、镁、磷是骨骼、牙齿中的主要成分，如果缺乏就相当于高楼缺少钢筋水 泥。维生素D 可促进钙参与骨骼、牙齿的形成，如果缺乏，幼儿骨端软骨难以 骨化为正常的骨组织；婴幼儿期如果缺乏严重，可致佝偻病，体格发育异常。

碘是促进代谢和生长发育的一种重要营养素，与发育期儿童的身高、体重、 肌肉、骨骼增长、大脑发育及性发育均密切相关，此期缺乏可致儿童生长发育受 阻，可使儿童智商降低10%,成年后劳动能力下降10%。侏儒症的一个最主要 的病因就是缺碘。如果在脑发育关键时期(怀孕6个月至出生后1岁内)严重缺 碘，可致“呆小症”(克汀病)。

充足合理的食物营养对于提高国民的身体和智力素质具有重要意义。在工业 革命时期，欧洲的食物供应较充足，人们的营养状况较好，体格强壮。著名经济 学家、诺贝尔奖获得者Fagel通过对当时英格兰、威尔士和北欧国家经济增长因 素的分析，证明北欧在这一时期的长期经济增长有一半以上应归功于其人民的体 格(身高、体重)的增长。随着经济的发展，食物供应的丰富，我国儿童和青少 年生长发育水平稳步提高(参见1.5.1节)。

**1.2.2** **食物营养对预防疾病、维持身体健康的重要作用**

食物中不同的营养素具有不同的生理功能，每种营养素在维持身体健康中均 起着各自重要的作用。某些营养素的缺乏可直接引起缺乏病，如缺乏维生素 A 可引起夜盲症，缺乏维生素B₁ 可致脚气病，缺乏维生素D 可致佝偻病，缺乏烟 酸可致癞皮病，缺乏维生素C 可致坏血病(1744年英国海军上将Anson 带领的 航海船队在航海途中数百名海员死于坏血病),缺铁可致缺铁性贫血，缺硒可致 克山病等。

合理充足的食物营养不但可预防营养素缺乏症，而且还可预防某些常见病的 发生。流行病学的资料表明，补充某些抗氧化营养素能降低一些常见病的发病率 和死亡率，如补充微量元素硒可降低肝癌的发病率，补充维生素E 可降低脑卒 中、冠心病的死亡率等。又如补充提高免疫功能和抗氧化的营养素，可减少慢性 支气管炎感染的发作次数。

合理的食物营养有利于预防某些慢性病，增进健康，延长寿命。有研究表 明，中老年人适当控制能量的摄入，调整脂肪及不饱和脂肪酸的摄入，补充适量 的抗氧化营养素，有利于预防或延缓某些慢性病的发生。

人口寿命与食物营养关系密切。如我国居民食物营养逐渐改善后，平均预期 寿命由解放初期的35岁增加到2002年的71岁。从世界范围看，食物供应充足、 经济发达国家或地区的人口平均预期寿命明显高于欠发达国家或地区。据统计，

· 4 ·

2002年经济发达的日本和中国香港预期寿命达81岁，瑞典、瑞士、意大利、澳 大利亚达80岁，加拿大、新加坡等国达79岁，美国达77岁，而欠发达的非洲 地区预期寿命仅为52岁，其中博茨瓦纳、莱索托只有37岁。

**1.2.3** **合理的食物营养可提高临床的治疗效果**

营养素的合理补充，能调整病人的生化代谢，有助于疾病的康复。如病毒性 心肌炎的病人，除应用抗心律失常的西药和抗病毒、提高免疫功能、改善心肌循 环的中药外，同时应用抗氧化的营养素—— β-胡萝卜素、维生素C、 维生素E、 维生素A 及微量元素硒保护心肌细胞，能提高疗效，使不少有病毒性心肌炎后 遗症的病人得到康复。又如哮喘的治疗在控制感染诱因的同时，补充硒可减少白 三烯的产生，从而减少哮喘的发作。

某些营养素能清除氧自由基，提高免疫功能，防止疾病的恶化和并发症。例 如，糖尿病的治疗中补充微量元素铬和硒会使血糖易于控制，合理的饮食治疗可 降低血糖，有些病情轻的初发病人通过饮食营养治疗就能控制血糖。饮食营养治 疗还是防止糖尿病并发症的主要手段之一。又如，癌症病人在化疗和放疗过程中 常因不良反应大、白细胞下降严重，而难以完成治疗计划，采用营养素的治疗后 可减少不良反应，使化疗和放疗的计划顺利完成。营养治疗还能使一些癌前病变 的病人得到逆转，减少癌变。

**1.2.4** **食物营养对心理和行为的影响**

心理学家及营养学家经过近几十年研究发现，人的心理状态和情绪好坏受到 食物因素的影响。如食物中碳水化合物与蛋白质的含量会影响脑神经递质5-羟 色胺的合成和活性。5-羟色胺对情绪、睡眠、行为等具有调节作用。高碳水化合 物贫蛋白质的食物可引起胰岛素的高分泌，支链氨基酸进入肌肉，使血浆中的色 氨酸比例升高，有利于大脑对色氨酸的摄取并转化为5-羟色胺，对忧郁、紧张 和易怒行为有缓解作用，并有短时促进睡眠的效应。相反，如果提高食物中蛋白 质含量，则会消除这些效应，如果摄入色氨酸，则与摄入碳水化合物的作用 类似。

食物营养对人的认知和食欲也有一定的影响。系列研究表明，葡萄糖可增强 老年受试者的短期记忆力，在年轻受试者中也可观察到同样效果。含高饱和脂肪 酸的食物影响大鼠的学习获得能力。高不饱和脂肪酸(二十二碳六烯酸)与婴儿 视觉敏感度呈正相关。在食物中补充维生素B、 维生素B₂ 和叶酸可显著增强老 年人的认知功能和智力测试评分。胆碱可改善成年受试者的记忆力。许多研究表 明，由于摄入脂肪不容易产生饱腹感，因此，往往导致摄食较多。

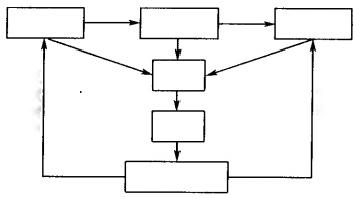
如果缺乏某些营养素，会出现一些精神和行为上的异常。如维生素D 长期 缺乏所引起的佝偻病，其早期常出现神经精神症状，患儿睡眠时惊跳、烦躁不

· 5 ·

安、易激怒等；铁长期摄入不足可引起贫血，出现食欲不振、精神萎靡或烦躁不 安、记忆力下降等症状；锌缺乏严重的小儿智能发育可能受到影响，甚至有精神 障碍，还可能出现异食癖，喜欢吃泥土、墙纸、煤渣或其他异物。

1.3 食品营养与农业和食品工业的关系

食品营养与农业和食品工业密不可分。农业生产和食品工业的生产状况与水 平直接影响食物供应的数量和质量，从而影响到居民的营养与健康水平。反过 来，居民的营养健康状况又为农业生产和食品工业的发展提供营养依据。其关系 见图1-2。



农业生产 食物原料 食品工业

食物

消费

营养健康状况

反馈指导

反馈指导

图1-2 食品营养与农业和食品工业的关系

**1.3.1** **食品营养和农业的关系**

农业最基本的功能是为人类的生存和发展提供可直接食用的农产品和用于食 品加工的原料，是满足食品供应和营养需求的基础与保障。

居民的食物营养状况与农业的发展是密切相连的。我国从中华人民共和国成 立初期到20世纪70年代，农业虽有发展，但较落后，食物供应不充足或仅得到 基本保障，温饱问题尚未很好解决。据1959年第一次全国营养调查结果，当时 平均每人每日实际摄入的能量仅为8619kJ (推荐摄入能量为10042kJ/标准人), 平均每人每日蛋白质摄入量仅为57g (推荐摄入蛋白质为75g/标准人),且优质 蛋白比例低，居民中营养不良比率较高。改革开放后，生产力得到极大解放，食 物生产大幅度增长，我国食物供给实现了由长期短缺到总量基本平衡的历史性转 变，食物供给得到充分保障。20世纪80年代后，我国粮食总产量达到4000亿 kg 以上，人均粮食产量近400kg; 近几年粮食生产达到了5000亿kg 水平，人 均粮食400kg左右。改革开放以来，我国畜产品和水产品出现了从未有过的持 续高速增长，肉类、禽蛋、奶类和水产品的总产量分别由1978年的856.5万t、 280.9万t(1982 年)、88.5万t、465.5万 t上升到2004年的7244.8万t、4723

· 6 ·

万t、2368.4万 t、4901.8万 t, 同时，蔬菜和干鲜果产量也成倍增长，居民食 物营养状况得到极大改善。据2002年全国营养调查结果，平均每人每日实际摄 入的能量达9442kJ, 蛋白质摄入量达66.1g, 其中优质蛋白质比例增加。50多 年来，儿童低体重率和生长迟缓率不断下降，同龄青少年的身高和体重分别增加 数厘米和数千克以上；总死亡率由20世纪50年代初期的2.5%以上下降到90 年代后期的0.65%,已低于部分发达国家；婴儿死亡率由20%下降到近3%; 出生时期望寿命由35岁增加到70岁左右。

世界农业的发展为满足世界人口不断增长的食物供应和营养需求发挥了不可 替代的作用。从1949～2004年的50多年间，世界及主要国家的谷物产量均有较 大幅度增长，除日本外，无论是单产还是总产均增长一至数倍。世界肉类总产量 由1961年的7144万t增加到2004年的25782.2万 t, 增长两倍多。1961～1994 年，世界肉类生产增长速度高于谷物生产增长速度，人均肉类产量增长速度高于 人均谷物产量增长速度，其他农产品也有较大幅度增长。正因为如此，即使在世 界人均耕地年增加量仅为0.2%、而人口年增加量却为1.6%的不协调情况下， 世界食物供求仍达到基本平衡，且食物结构得到改善，营养不良的人口数量呈下 降趋势。这是农业发展对人类营养的巨大贡献。但是，目前全世界患营养不良症 的比例还较高，尤其在经济不发达、贫困、高人口增长率的国家和地区更为 严重。

实际上，农业发展过程中没有脱离营养学理论及居民食物营养状况对农业的 指导。党和政府十分重视营养工作，把发展食物生产、保障供给、改善居民营养 作为一项基本国策。国务院先后批准颁布实施的《九十年代中国食物结构改革与 发展纲要》(1993年)、《中国营养改善行动计划(1996～2000年)》(1997年) 和《中国食物与营养发展纲要(2001～2010年)》(2001年)等，以及1996年国 家启动的“大豆行动计划”均是以营养学及居民营养状况为依据而制定的以农业 为基础的计划。在实际农业生产中其具体指导作用体现在以下3个方面：①调整 农业生产结构。为改变居民优质蛋白质摄入偏少和营养不良发生率较高的状况， 我国不断发展畜牧业和水产业，在种植业内部增加大豆种植面积，使农业生产结 构发生了较大改变，种植业、畜牧业和水产业在农业总产值的构成比例分别由 1980年的75.63%、18.42%、1.71%转变为2003年的50.08%、32. 13%、 10.57%,同时大豆的生产量有较大提高，从而居民的食物结构出现了相应变化， 更符合营养需求。②选育高产(提高食物产量)优质(提高营养素含量)的动、 植物品种。在提高食物产量方面，全国50年来育成并推广主要农作物品种6000 多个，在全国范围内更新4～6次，每更换一次都增产10%～30%。如1952年 我国粮食作物播种面积12397.9万hm², 总产量16392万t, 到1999年，全国粮 食播种面积减少了2.73%,而总产量却增加了28912.1万t, 即增加了1.76倍。 在提高营养素含量方面，育出了许多高蛋白质含量和高赖氨酸含量的水稻、小

麦、玉米品种，高瘦肉率(蛋白含量高)的生猪，高产奶量的奶牛等。③采用适 当的种植和养殖技术，提高作物与畜禽水产品的产量和品质。

尽管食品营养学理论及居民营养状况对农业的指导作用已有所体现，但在宏 观和微观上均显不够。宏观上仍然缺乏根据居民的营养需求对农业生产的布局、 结构、作物种植和畜禽水产养殖规模等方面的指导作用，近几年我国农产品出现 “卖难”和损失浪费的现象与此有关。微观上更是缺乏利用营养学知识对作物种 植和畜禽水产养殖过程的指导作用，在种植养殖中一味追求产量的较多，对品质 提高重视的较少。

**1.3.2** **食品营养与食品工业的关系**

食品工业是农业的延伸，主要利用农产、畜产和水产等原料加工制造以可直 接食用或饮用成品为主的工业部门，其根本任务是为城乡居民提供形式多样、营 养丰富或有一定功能、食用方便、经久耐储的各种食品，因此，食品工业与食品 营养息息相关，

食品工业对食品营养的影响是多方面的：①食品工业的发展对于丰富我国居 民的食物供应发挥了重要作用。改革开放后，我国食品工业发展速度始终快于其 他行业的平均增长速度，2004年我国食品工业总产值达到16164亿元，约占全 国工业总产值的10%,与农业产值的比值约为0.5:1,加工比例约占农产品总 量30%,所生产的食品达几十大类，品种数以万计。总体上，居民所消费的食 物中约20%～30%为加工食品。②食品工业的发展对于保证食品均衡供应和稳 定居民的膳食结构发挥了重要作用。由于农业生产的区域性和季节性强，常依靠 加工食品来调节市场供应。例如，牛奶主要产地在内蒙古和黑龙江等省区，在当 地通过加工成各种成品奶后供应全国各地。③食品工业的发展对于预防营养缺乏 症和慢性病更有针对性。营养强化食品、适合不同人群的食品、保健食品都是根 据居民营养实际状况设计生产的。④食品加工对食品的营养价值具有双重影响。 一方面在某些情况下产生有益作用，如淀粉的糊化、蛋白质的变性可使其变得更 易于消化、吸收，提高营养价值；加热可破坏豆类中某些抗营养因子，提高豆类 的营养价值。另一方面在某些情况下产生不利影响，导致一些营养素的损失或破 坏，如热烫会造成部分食品中水溶性维生素的流失；加热杀菌会导致食品中维生 素C 等热敏性成分的破坏；若加工不当还可能造成某些危害，如一些富含淀粉 类的食品在高温加工过程中易产生一种有毒的、存在潜在致癌性的化学物质 丙烯酰胺。

食品工业包括从制定食品工业发展规划到具体设计食品类型及配方、确定食 品工艺等各个方面，均离不开食品营养学理论的指导和以居民食物营养状况为依 据。我国食品工业之所以有快速的发展，并且能在保障居民食物供应和改善膳食 营养状况中做出重要贡献，与营养学密切相关。今后还需以营养学为指导，进-

· 8 ·

步调整与优化食品工业结构；重点发展乳品、大豆、肉类、水产加工业，增加优 质蛋白质的供应；采用高新技术，设计和生产各种食品，最大限度保存和提高食 品的营养价值，满足各类人群的营养需要。

1.4 营养学发展概况

**1.4.1** **营养学发展简史**

营养学源远流长。约3000年前的西周时期，官方医政制度中设有食医，列 众医之首。《周礼 ·天官冢宰》中记载有“食医，掌和王之六食、六饮、六膳、 百馐、百酱、八珍之齐”,说明了食医的要责。中医理论典籍《黄帝内经 ·素问》 就更全面系统地阐述了食物营养的重要意义，提出了“五谷为养、五果为助、五 畜为益、五菜为充”的平衡膳食模式，成为世界上最早最全面的“膳食指南”, 至今仍有重要价值。在东汉时期，《神农本草经》中有“海藻疗瘿”的具体描述。 南朝齐梁时期陶弘景(公元493年)提出了“以肝补血、补肝明目”的见解。东 晋葛洪(公元300年)在《肘后备急方》中有用海藻酒治疗甲状腺肿的记载。唐 代名医孙思邈(公元581～682年)主张“治未病”的预防思想。我国古代还有 “药食同源”的重要思想，滋补与食疗历史悠久，先后有几十部关于食物本草与 食疗本草类的食物药理学著作。例如，明代李时珍《本草纲目》在大量观察、实 践和取得珍贵经验的基础上，记载了350多种药食两用的动植物，并区分为寒、 凉、温、热、有毒和无毒等性质，对指导人们营养与食疗有重要价值。明代姚可 成在1520年编成的《食物本草》 一书中，列出1017种食物，并以中医的观点逐 一加以描述，分别加以归类，这在世界历史上处于前列地位。此外，我国历史上 还有《食经》、《千金食治》等书籍，都反映了我国古代在营养学方面的成就。

国外最早关于营养方面的记载是在公元前400多年的著作中。《圣经》中有 关于将肝汁挤到眼睛中治疗眼病的描述。当时西方人经常将食物用作化妆品或药 品。古希腊的名医，世称医学之父的Hippocrates, 在公元前300多年首先认识 到食物营养对于健康的重要性。他认为健康只有通过适宜的饮食和卫生才能得到 保障，提出“食物即药”的观点。这同中国古典营养学提出的“药食同源”的说 法具有相似之处。当时西方人还用海藻治疗粗脖子病(甲状腺肿)及用宝剑淬过 火的铁水治疗贫血。无论东方还是西方，受当时自然科学发展的局限，对营养学 的认识只是对感性经验的总结和假说，是一种朴素的营养学。

现代营养学奠基于18世纪中叶，有“营养学之父”之称的法国化学家 Lavoisier首先阐明了生命过程是一个呼吸过程，并提出呼吸是氧化燃烧的理论。 整个19世纪到20世纪初是发现和研究各种营养素的鼎盛时期。19世纪初发现 了钠、钾、钙、硫、氯、磷等元素；1810年发现第一种氨基酸 亮氨酸； 1838年首次提出蛋白质概念。1842年德国化学家、农业化学和营养化学奠基人

之一Liebig提出，机体营养过程是对蛋白质、脂肪、碳水化合物的氧化过程， 后来他的几代学生又通过大量的生理学和有机分析实验，先后创建了氮平衡学 说，确定了三大营养素的能量系数，提出了物质代谢理论。他的一名学生Lusk 撰写出版了国际上第一本营养学著作The Science of Nutrition。1912年发现了 第一个维生素——维生素 B₁, 之后35年又陆续发现了其他13种维生素。1929 年亚油酸被证明是人体必需脂肪酸，1935年最后一种必需氨基酸 苏氨酸被 发现。当时，科学界逐渐接受坏血病、脚气病、佝偻病、癞皮病、干眼病等致 残、致死性疾病是营养素缺乏所致的观点。

20世纪30年代后，掀起了微量元素的研究热潮。当时认为世界各地出现的 某些原因不明疾病可能与微量元素有关。1931年发现人的斑釉牙与饮水中氟含 量过多有关；1937年发现仔猪营养性软骨障碍与饲料中锰缺乏有关，后被确认 锰也是人的必需元素。在以后的40多年，陆续发现了锌、铜、硒、钼等多种微 量元素为人体所必需，并得以确认。我国首先发现缺硒是克山病的主要致病因 素，硒营养的研究处于世界领先水平。

20世纪中后期，营养学的研究工作日益深入。在微观方面，营养素尤其是 维生素、微量元素对人体的重要生理作用机制不断得到深入揭示，营养与疾病的 关系也得到进一步的阐明，食物中非营养成分的生理功能及对健康的作用成为新 的研究热点，分子营养学应运而生。在宏观方面，包括营养调查、监测及各种人 群营养干预研究在内的公共营养学有了新的发展，并在各国政府改善国民健康的 决策中发挥着重要作用。

**1.4.2** **营养学研究的重要进展**

现代营养学经过100多年发展，研究不断拓展和深人，出现多个分支学科和 领域，并均已取得重要成就，积累了大量的营养知识和信息。下面扼要介绍与食 品营养学相关的几个领域在最近几十年来所取得的重要进展。

(1)基础营养：最近几十年，虽然没有新发现并被公认的营养素，但研究更 加深入，并不断取得新进展。如：能量平衡受非常灵敏的机制调节，且认识还在 深化；含碳水化合物食物的血糖指数概念得到认同，并广泛应用；膳食纤维的生 理功能逐渐被认识，它对于预防胃肠道疾病、肥胖病、糖尿病、高脂血症等一些 慢性非传染性疾病有重要作用；对维生素D 内分泌系统及作用模式等有了新的 进展；叶酸、维生素Bz、 维生素B。与出生缺陷及心血管疾病病因关联的研究已 深入到分子水平；多不饱和脂肪酸特别是n3 系列的α-亚麻酸及其在体内形成的 二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸的生理作用逐渐被揭示，α-亚麻酸已被许多学者 重新认定为是人体必需脂肪酸；硒对癌细胞有促进分化和抑制分裂的双向作用； 维生素C、 维生素E、β胡萝卜素等可以直接清除体内自由基；硒、铁、锌、铜、 锰等微量元素和维生素B₂ 是体内抗氧化的辅助因子，它们在体内的抗氧化作用

· 10 ·

及其机制的研究仍在深入。

(2)营养与健康：营养与健康的关系已成为现代营养学的一项重要内容。越 来越多的研究及流行病学调查表明，癌症、心脑血管病、糖尿病、肥胖症等一些 严重危害身体健康的慢性病与膳食营养关系十分密切。膳食营养因素是这些疾病 的重要成因，或者是预防和治疗这些疾病的重要手段；如高盐可引起高血压，叶 酸、维生素B₃ 和维生素B₂ 对心血管疾病有预防效果。另外一些研究表明癌症、 高血压、冠心病、糖尿病，乃至骨质疏松症等的发生和发展都与一些共同的膳食 因素有关，尤其是由于营养不平衡而导致的肥胖，则是大多数慢性病的共同危险 因素。所以，世界卫生组织强调在社区中用改善膳食和适当体力活动为主的干预 策略来防治多种慢性病。这些方面的研究还在不断发展。

(3)食物中活性成分：这是目前营养学研究较活跃的一个领域。有些流行病 学观察的结果难以用营养素来解释，而越来越多的动物实验结果表明，食物中许 多非营养素生物活性成分特别是一些植物化学物质 (phytochemical) 具有重要 的功能。目前食物中的非营养素生物活性成分研究较多的有：植物中的多酚类 (酚酸和类黄酮);蔬菜中的类胡萝卜素及异硫氰酸盐；大蒜中的含硫化合物；大 豆中的异黄酮；香菇、灵芝、魔芋、枸杞中的多碳水化合物；人参中的皂苷；红 曲中的红曲色素等。这些成分中的大多数具有抗氧化、免疫调节和延缓衰老等多 种作用，对心血管病和某些癌症具有一定的预防和辅助治疗作用。尽管目前还没 有可靠的流行病学证据来具体说明从膳食中对这些成分摄入多少量才对健康有促 进作用或对某些慢性病患者有保护作用，但多数学者认为这一新领域无论在理论 上，还是在实际应用上均具有广阔的前景。值得注意的是，这方面的研究往往难 以划清食品和药品的界限，故加强管理显得十分重要。

(4)营养与基因表达：随着分子生物学理论与技术在生命科学各个学科领域 中的渗透与应用，营养因素与遗传基因相互作用的研究成为营养学中一个新的热 点，并取得了一些重要进展。目前对有些营养素功能的认识已达到基因水平。例 如，硒可能是通过调节谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 的 mRNA 稳定性来调 控 GSH-Px 的基因表达。 一些基因的异常表达或突变与某些慢性疾病的发生和 发展有着密切关系，例如，血浆中同型半胱氨酸水平异常升高被认为是动脉粥样 硬化的危险因素。正常情况下，胱硫醚合成酶和亚甲基四氢叶酸还原酶将同型半 胱氨酸分别转化为半胱氨酸和蛋氨酸，使血液中同型半胱氨酸维持在较低的水 平。当表达这两种酶的基因发生突变时，两种酶的活性下降，同型半胱氨酸水平 升高，成为发生动脉粥样硬化的危险因素。目前有可能了解基因-膳食-健康之间 相互影响的三边关系，基因因素可能与膳食及生活方式因素发生交互作用，并影 响人类对疾病的易患性。此外，膳食因素还可能影响基因多态性，从而影响相关 疾病的发生。例如，膳食多不饱和脂肪酸的摄入水平可能影响载脂蛋白 Al

(APOA¹) 基因变异与血中高密度脂蛋白胆固醇水平的关联；膳食维生素D 和

· 11 ·

钙的摄入量则可能改变维生素 D 受 体 (VDR) 多态性与结直肠腺瘤危险性的

关联。

(5)食品的营养强化：许多国家十分重视食品的营养强化。美国食品与药品 监督管理局 (FDA) 自1941年提出第一个强化面粉标准后，强化食品层出不 穷。目前，美国大约有92%以上的早餐谷类食物进行了强化。日本的强化食品 种类繁多，分别有适用于普通人、病人和一些特殊人群食用的强化食品，并有严 格的标准。欧洲各国在20世纪50年代先后对食品强化建立了政府的监督、管理 体制。有些国家还法定对某些主食品强制添加一定的营养素，如英国规定面粉中 至少应加入维生素B₁ (2.4mg/kg) 和烟酸(16.5mg/kg), 人造奶油中必须添加 维生素A 和维生素D。 丹麦也规定人造奶油及精白面粉中必须进行营养强化。 我国在50年代初研制出婴儿强化食品，之后强化食品品种逐步增多，对预防一 些营养缺乏症起到了一定作用。1994年我国建立了营养强化剂的使用标准，之 后涌现出一些维生素、矿物质和氨基酸的强化食品，尤其是碘强化食盐，取得了 显著的成效；强化食用油、强化酱油已有一定规模，并受到消费者欢迎；强化面 粉已经过试点，近期将推出《营养强化面粉国家标准》,对添加维生素等各类营 养素的营养强化食品市场进行强制性规范。

(6)公共营养：第二次世界大战以后，社会性的营养工作不断加强。在世界 卫生组织 (WHO) 与联合国粮农组织 (FAO) 的努力下，加强了营养工作的宏 观调控作用，提出了一些新概念，如营养监测 (nutritional surveillance)、 营养 政策 (nutrition policy)、 投入与效益评估 (assessment of input and benefit) 等， 逐步形成了公共(社区)营养学或社会营养学 (social nutrition), 更加重视如何 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，有 的国家在议会中成立了主管营养工作的委员会，或在政府里成立了主管公共营养 的机构。为了指导民众合理地选择和搭配食物，世界各国制定了膳食指南 (diet- ary guideline) 和营养素每日推荐供给量 (RNI 或 RDA)。 膳食指南和RNI 的内 容与指标随着营养学的研究进展而不断修改与调整。20世纪90年代后，欧美各 国相继举行了RDA 的专题讨论会，对其概念和内容进行了研讨。认为营养素不 仅具有预防营养缺乏病的作用，而且有预防某些慢性病和延缓衰老的作用；在考 虑摄入营养素作用的同时，应考虑摄入安全性。鉴于此，美国学者提出了膳食营 养素参考摄入量 (DRI) 的概念，在RDA 的基础上，增加了适宜摄入量 (AI) 和摄入量高限 (UL), 其概念现为各国所接受。1992年在罗马召开了有159个 国家政府领导人参加的世界营养大会，会上发布了《世界营养宣言》和《营养行 动计划》,号召各国政府保障食品供应，控制营养缺乏病，加强宣传教育，并制 定国家营养改善行动计划。

1.5 我国居民膳食营养状况及今后营养工作的重点

我国分别于1959年、1982年、1992年和2002年进行了4次全国性营养调 查。2004年10月12日由国务院新闻办公室发布了第四次营养调查结果—— 《中国居民营养与健康现状》。与前几次的调查相比，最近十年我国城乡居民的膳 食、营养状况有了明显改善，营养不良和营养缺乏患病率继续下降，同时我国仍 面临着营养缺乏与营养失衡的双重挑战。

**1.5.1** **我国居民膳食营养改善状况**

2002年调查结果显示，我国城乡居民的膳食、营养状况有了明显改善，体 现在以下几方面：①居民膳食质量明显提高。我国城乡居民能量及蛋白质摄入得 到基本满足，肉、禽、蛋等动物性食物消费量明显增加，优质蛋白质比例上升。 城乡居民动物性食物和优质蛋白质分别由1992年的人均每日消费210g 和69g上 升到248g和126g。与1992年相比，农村居民膳食结构趋向合理，优质蛋白质 占蛋白质总量的比例从17%增加到31%,脂肪供能比由19%增加到28%,碳水 化合物供能比由70%下降到61%。②儿童青少年生长发育水平稳步提高。婴儿 平均出生体重达到3309g, 低出生体重率为3.6%,已达到发达国家水平。全国 城乡3～18岁儿童青少年各年龄组身高比1992年平均增加3.3cm。 但与城市相 比，农村男性平均低4.9cm, 女性平均低4.2cm。③ 儿童营养不良患病率显著下 降。5岁以下儿童生长迟缓率为14.3%,比1992年下降55%,其中城市下降 74%,农村下降51%;儿童低体重率为7.8%,比1992年下降57%,其中城市 下降70%,农村下降53%。④居民贫血患病率有所下降。城市男性由1992年的 13.4%下降至10.6%;城市女性由23.3%下降至17.0%;农村男性由15.4%下 降至12.9%;农村女性由20.8%下降至18.8 %。

**1.5.2** **我国居民膳食营养存在的问题**

虽然我国居民的膳食营养得到很大的改善，但仍存在很多问题：①城市居民 膳食结构不尽合理。畜肉类及油脂消费过多，谷类食物消费偏低。2002年城市 居民每人每日油脂消费量由1992年的37g 增加到44g, 脂肪供能比达到35%, 超过世界卫生组织推荐的30%的上限。城市居民谷类食物供能比仅为47%,明 显低于55%～65%的合理范围。此外，奶类、豆类制品摄入过低仍是全国普遍 存在的问题。②一些营养缺乏病依然存在。儿童营养不良在农村地区仍然比较严 重，5岁以下儿童生长迟缓率和低体重率分别为17.3%和9.3%,贫困农村分别 高达29.3%和14.4%。生长迟缓率以1岁组最高，农村平均为20.9%,贫困农 村则高达34.6%,这说明农村地区婴儿辅食添加不合理的问题十分突出。铁、

维生素A 等微量营养素缺乏是我国城乡居民普遍存在的问题。我国居民贫血患 病率平均为15.2%;两岁以内婴幼儿、60岁以上老人、育龄妇女贫血患病率分 别为24.2%、21.5%和20.6%。3～12岁儿童维生素 A 缺乏率为9.3%,其中 城市为3.0%,农村为11.2%;维生素 A 边缘缺乏率为45.1%,其中城市为 29.0%,农村为49.6%。全国城乡钙摄入量仅为391mg, 相当于推荐摄人量的 41%。③慢性非传染性疾病患病率迅速上升。高血压患病率有较大幅度升高；糖 尿病患病率增加；超重和肥胖患病率呈明显上升趋势；血脂异常值得关注；膳食 营养和体力活动与相关慢性病关系密切；高盐饮食与高血压的患病风险密切相 关；饮酒与高血压和血脂异常的患病危险密切相关。特别应该指出的是脂肪摄人 过多、体力活动过少的人，患上述各种慢性病的可能性更大。

**1.5.3** **我国今后食品营养工作的重点**

《中国居民营养与健康现状》(2004年)明确指出：“为实现全面建设小康社 会的战略目标，根据本次调查(2002年全国营养调查)结果，从国情出发，从 急需入手，以不失时机和分类指导为原则，将从政策支持、市场指导和群众教育 三方面加强居民营养改善和慢性病预防工作。”《中国食物与营养发展纲要 (2001～2010年)》提出了我国食物与营养发展的指导思想、基本原则和发展目 标，确定了优先发展的重点领域、地区和重点考虑的人群，以及促进食物与营养 发展的政策措施。许多专家也阐述了自己的观点，归纳起来，我国今后一个阶段 的食物营养工作重点如下：

(1)预防营养不良，全面提高国民身体素质。营养不良，特别是儿童时期的 营养不良，不仅妨碍他们正常的体质发育，而且在很大程度上影响其智力发育， 关系到人力资源的综合素质。从全球看，我国是营养不良问题比较严重和复杂的 国家，尤其在贫困地区，受到营养不良影响的比例仍高达2/3以上。有专家指 出，在今后几十年内如何通过改善我国居民的膳食营养状况来消除营养不良，改 善儿童生长发育，提高人口的总体素质，是我国营养工作的重要任务。

(2)预防慢性病，增进健康，延长寿命。据卫生部统计，我国每天约有 15000余人死于慢性病，已占全部死亡的70%以上，其中与营养有关的慢性非 传染性疾病占很大比例，而且由此造成的经济损失也十分惊人。因此，制定预防 策略，提倡合理膳食，改善人们的不良饮食结构与习惯，并加以人工干预措施， 遏制住这些疾病在广大城乡地区中快速增长的势头，延长中老年人的健康寿命， 也是非常重要的任务.

(3)科学地发展农业与食品工业，满足人们对食物营养的需要。我国人口目 前已经超过13亿，在今后20年内将达到16亿。因此，首先要提高食物生产总 量，以保证人口日益增长的需要。同时，根据我国营养现状，居民对食物多样 化、优质化的需求明显增加，食物生产必须满足不同消费群体多样化的营养需

· 14 ·

求，增加优质蛋白类食品、含多种微量元素或维生素的食品以及质优价廉的功能 食品的供应。因此，必须加强对农业、食品工业的科学指导，发挥其在改善营养 与提高人民健康水平中的重要作用。

(4)加强营养学与食品科学的基础与应用研究，为进一步改善居民膳食营养 状况提供理论与技术支持。在营养学方面，应用现代生物学技术更深入地认识食 物中营养素及活性成分的生理功能，观察其对基因表达、细胞功能的影响，防止 疾病基因的表达，探讨更科学的膳食营养措施等，均是需要加强的领域。在食品 科学方面，以营养学为指导，以居民营养现状为依据，应用各种高新技术，加强 营养强化食品、不同人群的营养食品、新资源食品、保健食品、工程食品以及主 食工业化的研究与开发，也都是今后的重要发展方向。

(5)加强国家公众营养改善措施，普及食物与营养科学知识。 一方面要加强 政府的宏观指导，尽快制定相关法规，将国民营养与健康改善工作纳入国家与地 方政府的发展规划；另一方面要采取各种形式和措施，大力宣传食物与营养科学 知识，倡导平衡膳食与健康生活方式，提高居民的自我保健意识和能力。

1.6 本教材的内容、教学目标与要求

本教材主要是为食品科学与工程专业学生编写的。鉴于食品专业学生的知识 背景和教学目的，主要安排了营养学基础、食物营养、合理营养和社区营养四部 分内容。

第一部分(第1～5章)营养学基础包括食物的体内过程和营养学基础知识。 食物的体内过程介绍人体消化系统和排泄系统的组成及消化液的成分和作用，食 物的消化及营养素的吸收、运输、代谢等基本过程；营养学基础知识介绍人体能 量需要的构成，能量消耗量的测定及估算方法，能量平衡等，碳水化合物、脂 类、蛋白质、矿物质、维生素的种类、生理功能、缺乏症、过多症、参考摄入量 及膳食来源等，脂类、蛋白质营养价值的评价方法，部分重要的非营养素活性物 质的生理功能等。

第二部分(第6～9章)食物营养包括各类食物的营养价值、储藏与对加工 食品营养价值的影响、食品的营养强化、保健食品等。各类食物的营养价值介绍 食物营养价值的相对性及谷类、豆类、蔬菜和水果、薯类、肉、乳、蛋类等主要 食品的营养价值；食品的营养强化介绍食品营养强化的意义、基本原则，营养强 化食品的种类及其强化方法等；保健食品介绍保健食品的概念、特征、原料、加 工、功能评价及管理等，还介绍了低脂低能食品、仿生食品、广东凉茶等具有一 定保健作用的特殊食品。

第三部分(第9、10章)合理营养包括特殊人群营养、膳食营养与健康。特 殊人群营养介绍孕妇、乳母、儿童、老年人、运动员和特殊环境作业人员等不同

· 15 ·

人群的生理状况及营养需求特点，以及合理的膳食原则等。膳食营养与健康介绍 营养对机体免疫机能的影响，膳食营养与肿瘤、冠心病、肥胖、糖尿病等疾病的 关系及预防这些慢性疾病的膳食原则。

第四部分(第12章)社区营养介绍膳食营养素参考摄入量 (DRI) 的 确 定 与应用，合理膳食结构与居民膳食指南，营养调查和营养监测的作用与基本方 法，改善居民营养状况的主要宏观措施。

“食品营养学”是食品科学与工程专业一 门重要的专业基础课。通过教学， 学生应首先全面理解和掌握营养学的基本理论知识，掌握人体对能量和各种营养 素的需要；其次，认识各类食品的营养价值及营养素在食品加工与储藏过程中的 变化规律，并重点掌握食品营养强化和食品新资源开发的原理与方法；再次，了 解不同生理条件与不同环境条件下人群的生理及对营养需求的特点，了解膳食营 养与健康的关系，掌握合理膳食的原则和方法；最后，掌握社区营养工作的内容 与方法，以便在今后从事食品生产或相关工作中，能够良好地运用营养学知识解 决实际问题，为改善我国居民的营养状况和提高居民的健康水平服务。掌握不同 人群营养需求的特点与膳食原则。

“食品营养学”是以“人体生理学”、“生物化学”等课程为基础，并与“食 品化学”、“食品工艺学”、“食品卫生学”等课程有密切联系。所以，要求食品科 学与工程专业的学生首先具有一定的生理学、生物化学、食品化学、食品工艺学 等方面的知识，特别要打好生物化学的基础。

**思** **考** **题**

1. 何谓营养、营养素和营养学?

2.DRI 的概念是如何提出的?它包括哪些指标，各自的含义是什么?

3.近几十年来营养学主要取得了哪些进展?

4.食品营养与农业和食品工业的关系如何?

5. 我国居民营养现状如何?

6. “营养与食品营养学”教学目标的内容是什么?

(本章编写人：孙远明)

**主要参考文献**

鲍曼B A,拉塞尔RM.2004. 现代营养学.第8版.荫士安，汪之顼主译.北京：化学工业出版社 贝利舍F.2002. 功能性食品科学.陈君石，闻芝梅主译.北京：人民卫生出版社

陈炳卿.2000.营养与食品卫生学.第5版.北京：人民卫生出版社

陈春明，王玉英.2000.论营养与贫困地区的经济发展.卫生研究，29(5):305～307 陈春明.2000.1998年度食物营养监测总报告与政策建议.卫生研究，(5):258～262 葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

何志谦，顾景范.1998.中国居民膳食指南的历史渊源和启示.营养学报，20(2):129~131

· 16 ·

何志谦.2000.膳食营养素推荐供给量的进展.生理科学进展，31(2):181～184

孔灵芝，葛可佑. 1995.我国居民营养状况及其改进. 中国食物与营养，(1):15～18,31

林晓明，李勇.2004.高级营养学.北京：北京大学出版社

刘志皋. 1991.食品营养学.北京：中国轻工业出版社

马凤楼，许超 . 1999 . 近五十年来中国居民食物消费与营养、健康状况回顾 . 营养学报，21(3): 249～257

塞泽尔 F S, 惠特尼E N.2004. 营养学 — — 概念与争论.第8版.王希成主译.北京：清华大学出版社

世界营养会议. 1994.世界营养宣言.营养学报，16(1):1～5

孙远明，余群力.2002.食品营养学.北京：中国农业大学出版社

王玉英，陈春明，何武.2000.1990～1998年中国食物消费与膳食结构.卫生研究，(5):288～293

卫生部，科技部，国家统计局.2004. 中国居民营养与健康现状，中国心血管病研究杂志，2(12):919~ 922

张桐. 1999. 中国食物消费与营养改善的成就. 中国食物与营养，(5):1~4

中国食物与营养发展纲要(2001～2010年).2001. 中国食物营养，(6):5~10

中国营养改善行动计划. 1998.营养学报，20(2):121～126

中国营养学会. 1995.我国营养科学研究的进展。营养学报，17(3):243～252

中国营养学会.2000. 中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

Amera A,Breub J,McDermottb J et al. 2004.5-Hydroxy-L-tryptophan suppresses food intake in food de- prived and stressed rats pharmacology. Biochemistry and Behavior,77:137~143

Markus C R,Panhuysen G,Tuiten A et al. 1998. Does carbohydrate-rich,protein poor food prevent a dete- rioration of mood and cognitive performance of stress-prone subjects when subjected to a stressful task?

Appetite,31,49～65

Pinstrup-Andersen F.2000.Improving human nutrition through agricultural research:Overview and objec-

tives. Food and Nutrition Bulletin,21 (4):352～355

Sardesai V M. 1998. Introduction to clinical nutrition. New York,Basel,Hong Kong: Marcel Dekker Inc. Schneeman BO. 2000.Linking agricultural production and human nutrition. Journal of the Science of Food and Agriculture,81:3～9

Underwood B A. 2000.Overcoming micronutrient deficiencies in developing countries: Is there a role for ag- riculture? Food and Nutrition Bulletin,21(4):356～360

Welch R M, Graham R D. 2000. A new paradigm for world agriculture:Productive,sustainable,nutre- tious, healthful food systems. Food and Nutrition Bulletin,21 (4):361～366

**第2章** **食物的体内过程**

**教** **学** **目** **标**

· 学习和了解人体消化和排泄系统的组成以及各组成部分和功能，

· 学习和掌握食物及营养素在消化道中的消化、吸收、运输、代谢等基本 过程。

食物经由人体消化系统分解成小分子物质后进入体内，由血液循环或淋巴循 环运送到全身各处，并在体内发生分解、合成或转化等代谢，从而发挥其生理作 用。可以说，食物的消化、营养素的吸收与代谢过程就是其完成生理功能的过 程。因此，了解食物的体内过程有助于理解营养素的生理功能。

2.1 消化与吸收生理

从人体解剖的角度来看，人的消化道是由互相延续的空腔器官构成，上端通 过口腔、下端由肛门与外界相通。因此，从严格意义上来说，人体摄入的食物并 没有真正进入到人体内，人体的组织与细胞也不能利用消化道内的食物，即便消 化道本身，也需要由从心脏来源的血液提供氧气和养料。可见，食物只有经过消 化吸收进入人体后才能发挥其生理作用。

人体摄入的食物必须被分解成小分子物质后才能穿过生物膜进入体内，这种 将食物分解为小分子物质的过程称为消化。消化是由消化道来完成的，人的消化 道由不同的消化器官相延续而成。消化有两种方式： 一种是通过机械作用，把食 物由大块变成小块，称为机械消化；另一种是在消化酶的作用下，把大分子变成 小分子，称为化学消化。通常，食物的机械消化与化学消化是同时进行的。食物 经消化后，所形成的小分子物质通过消化道黏膜进入血液或淋巴的过程，称为 吸收。

**2.1.1** **消化系统的组成与功能**

消化系统由消化道和消化道外的肝胆、胰腺等组成。消化道由口腔、咽、食 道、胃、小肠和大肠组成，是食物消化的场所；肝胆提供帮助脂肪消化与吸收的 胆汁，胰腺提供小肠内食物消化的酶类如蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶等。消化系统 的组成见图2-1。

· 18 ·

咽 喉

1. 口腔

口腔 (mouth) 位于消化道的最 前端，是食物进入消化道的门户。口 腔内参与消化的器官有：

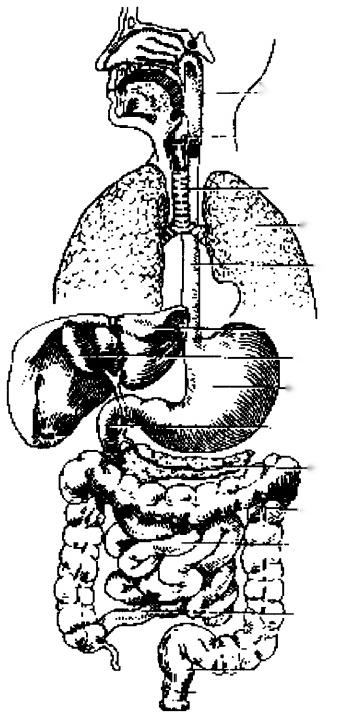
1)牙齿

牙齿 (dens) 是人体最坚硬的器 官，成人一般有28颗恒牙，20岁后 会再长出4颗智齿，共32颗。根据 其形状和功能，牙齿可分为切牙、尖 牙和磨牙，切牙用于切断食物，尖牙 用于撕扯食物，磨牙用于磨碎食物。 通过牙齿的咀嚼，食物可以由大块变 成小块，有利于食物在胃肠的消化。 2)舌

舌 (tongue) 是一个由横纹肌构 成的肌性器官，肌肉的收缩和舒张可 以使舌在口腔内伸缩和卷曲，帮助牙 齿完成咀嚼功能；在进食过程中，舌 使食物与唾液混合，并将食物向咽喉 部推进，用以帮助食物吞咽；同时舌 也是味觉的主要器官。

3)唾液腺

人的口腔内有3对大的唾液腺 (salivary gland): 腮腺、舌下腺、颌 下腺，还有无数散在的小唾液腺，唾 液就是由这些唾液腺分泌的混合液。

气管

肺

食管

肝

胆囊 胃

十二指肠

胰

结肠

空肠

回肠

直肠

肛管

图2-1 消化系统的组成

(1)唾液的成分和性质：唾液为无色、无味近于中性的低渗液体。唾液中的 水分约占99.5%,有机物主要为黏蛋白，还有唾液淀粉酶、溶菌酶等，无机物 主要有钠、钾、钙、硫、氯等。

(2)唾液的作用：①唾液可湿润与溶解食物，以引起味觉；②唾液可清洁和 保护口腔，当有害物质进入口腔后，唾液可起冲洗、稀释及中和作用，其中的溶 菌酶可杀灭进入口腔内的微生物；③唾液中的黏蛋白可使食物黏合成团，便于吞 咽；④唾液中的淀粉酶可对淀粉进行简单的分解，但这一作用很弱，且唾液淀粉 酶仅在口腔中起作用，当进入胃后， pH 下降，此酶迅速失活。

食物在口腔内的消化过程是经咀嚼后与唾液黏合成团，在舌的帮助下送到咽

· 19 ·

后壁，经咽与食道进入胃。食物在口腔内主要进行的是机械性消化，伴随少量的 化学性消化，且能反射性地引起胃、肠、胰、肝、胆囊等器官的活动，为以后的 消化做准备。

2. 咽与食道

咽 (pharynx) 位于鼻腔、口腔和喉的后方，其下端通过喉与气管和食道 (esophagus) 相连，是食物与空气的共同通道。当吞咽食物时，咽后壁前移，封 闭气管的开口，防止食物进入气管而发生呛咳。食团进入食道后，在食团的机械 刺激下，位于食团上端的平滑肌收缩，推动食团向下移动，而位于食团下方的平 滑肌舒张，这一过程的往复，便于食团的通过，

3 . 胃

胃 (stomach) 位于左上腹，是消化道最膨大的部分，其上端通过贲门与食 道相连，下端通过幽门与十二指肠相连。胃的肌肉由纵状肌肉和环状肌肉组成， 内衬黏膜层。肌肉的舒缩形成了胃的运动，黏膜则具有分泌胃液的作用，

1) 胃的运动

(1)容受性舒张 (receptive relaxation): 空腹时，胃的体积只有35～50mL, 而在充盈的状态下体积可增大到1000～1500mL, 胃的容受性舒张使胃可以很容 易地接受食物而不引起胃内压力的增大。胃的容受性舒张的生理意义是使胃的容 量适应于大量食物的涌入，以完成储存和预备消化食物的功能。

(2)紧张性收缩 (tonic contraction): 胃被充满后，就开始了它的持续较长 时间的紧张性收缩。在消化过程中，紧张性收缩逐渐加强，使胃腔内有一定压 力，这种压力有助于胃液渗入食物，并能协助推动食糜向十二指肠移动。

(3)胃的蠕动：胃的蠕动由胃体部发生，向胃底部方向发展。蠕动的作用是 使食物与胃液充分混合，以利胃液的消化作用，同时对固体食物进行研磨；另 外，通过胃的蠕动可以把食物以最适合小肠消化和吸收的速度向十二指肠排放。 2)胃液

胃液为透明、淡黄色的酸性液体， pH 值为0.9～1.5。胃液主要由以下成分 组成：

(1)胃酸：胃酸由盐酸构成，由胃黏膜的壁细胞所分泌。胃酸主要有以下功 能：①激活胃蛋白酶原，使之转变为有活性的胃蛋白酶。②维持胃内的酸性环 境，为胃内的消化酶提供最合适的pH, 并使钙、铁等矿质元素处于游离状态， 利于吸收。③杀死随同食物进入胃内的微生物。④造成蛋白质变性，使其更容易 被消化酶所分解。

(2)胃蛋白酶：胃蛋白酶是由胃黏膜的主细胞以不具活性的胃蛋白酶原的形 式所分泌的，胃蛋白酶原在胃酸的作用下转变为具有活性的胃蛋白酶。胃蛋白酶

· 20 ·

可对食物中的蛋白质进行简单分解，主要作用于含苯丙氨酸或酪氨酸的肽键，形 成际和胨，但很少形成游离氨基酸，当食糜被送入小肠后，随pH 升高，此酶迅 速失活。

(3)黏液：黏液的主要成分为糖蛋白。黏液覆盖在胃黏膜的表面，形成一个 厚约500 μm 的凝胶层，它具有润滑作用，使食物易于通过；黏液膜还保护胃黏 膜不受食物中粗糙成分的机械损伤；黏液为中性或偏碱性，可降低胃黏膜表面酸 度，减弱胃蛋白酶活性，从而防止酸和胃蛋白酶对胃黏膜的消化作用。

(4)内因子：由壁细胞分泌，可以和维生素B₂ 结合成复合体，保护维生素 Bi₂在被运送到回肠的过程中不被消化酶破坏，还有促进回肠上皮细胞吸收维生 素 B₂ 的作用。

4. 小 肠

小肠 (small intestine) 是食物消化的主要器官。在小肠，食物受胰液、胆 汁及小肠液的化学性消化。绝大部分营养成分也在小肠吸收，未被消化的食物残 渣由小肠进入大肠。小肠位于胃的下端，长约5～7m, 从上到下分为十二指肠、 空肠和回肠。十二指肠长约25cm, 在中间偏下处的肠管稍粗，称为十二指肠壶 腹，该处有胆总管的开口，胰液及胆汁经此开口进入小肠，开口处有环状平滑肌 环绕，起括约肌的作用，称为Oddi 括约肌，防止肠内容物返流入胆管。

1) 小肠的运动

(1)紧张性收缩：小肠平滑肌的紧张性收缩是其他运动形式有效进行的基 础，当小肠紧张性收缩降低时，肠腔扩张，肠内容物的混合和转运减慢；相反， 当小肠紧张性增高时，食糜在小肠内的混合和运转过程就加快。

(2)节律性分节运动：由环状肌的舒缩来完成。在食糜所在的一段肠管上， 环状肌在许多点同时收缩，把食糜分割成许多节段；随后，原来收缩处舒张，而 舒张处收缩，使原来的节段分为两半，相邻的两半则合拢为一个新的节段；如此 反复进行，食糜得以不断地分开，又不断地混合。分节运动的向前推进作用很 小，它的作用在于：①使食糜与消化液充分混合，便于进行化学性消化；②使食 糜与肠壁紧密接触，为吸收创造条件；③挤压肠壁，有助于血液和淋巴的回流。

(3)摆动：摆动由小肠的纵状肌完成。由于小肠通过肠系膜固定在腹壁上， 因此当小肠的纵状肌舒张时，肠系膜也会被拉长，但由于肠系膜由脂肪构成，其 拉伸长度不如小肠，从而使小肠的远端朝向腹壁摆动。摆动的功能是：①使食糜 进一步粉碎；②使食糜与消化液充分混合，便于进行化学性消化。

(4)蠕动：蠕动由环状肌完成，具有把食糜向着大肠方向推进的作用。由于 小肠的蠕动很弱，通常只进行一段短距离后即消失，所以食糜在小肠内的推进速 度很慢，约为1～2cm/min。

· 21 ·

2)进入小肠的消化液

(1)胰液：胰液是由胰腺的外分泌腺部分所分泌，分泌的胰液进入胰管，与 胆管合并成总胆管后经位于十二指肠处的总胆管开口进入小肠。胰液为无色无臭 的弱碱性液体， pH 值约为7.8～8.4,含水量类似于唾液；无机物主要为碳酸氢 盐，其作用是中和进入十二指肠的胃酸，使肠黏膜免受强酸的侵蚀，同时也提供 了小肠内多种消化酶活动的最适pH; 有机物则为由多种酶组成的蛋白质：①胰 淀粉酶：为α淀粉酶，②胰脂肪酶类：胰液中消化脂类的酶有胰脂肪酶、磷脂酶 A₂ 、 胆固醇酯酶和辅脂酶，③胰蛋白酶类：胰液中的蛋白酶基本上分为两类； 即内肽酶和外肽酶，胰蛋白酶、糜蛋白酶和弹性蛋白酶属于内肽酶，外肽酶主要 有羧基肽酶A 和羧基肽酶B, 胰腺细胞最初分泌的各种蛋白酶都是以无活性的 酶原形式存在的，进入十二指肠后被肠致活酶所激活。

除上述3类主要的酶外，胰液中还含有核糖核酸酶和脱氧核糖核酸酶。胰液 中的所有酶类的最适pH 值约为7.0左右。

(2)胆汁：胆汁是由肝细胞合成的，储存于胆囊，经浓缩后由胆囊排出至十 二指肠。胆汁是一种金黄色或橘棕色有苦味的浓稠液体，其中除含有水分和钠、 钾、钙、碳酸氢盐等无机成分外，还含有胆盐、胆色素、脂肪酸、磷脂、胆固醇 和黏蛋白等有机成分。胆盐是由肝脏利用胆固醇合成的胆汁酸与甘氨酸或牛磺酸 结合形成的钠盐或钾盐，是胆汁参与消化和吸收的主要成分。 一般认为胆汁中不 含消化酶。胆汁的作用是：①胆盐可激活胰脂肪酶，使后者催化脂肪分解的作用 加速。②胆汁中的胆盐、胆固醇和卵磷脂等都可作为乳化剂，使脂肪乳化呈细小 的微粒，增加了胰脂肪酶的作用面积，使其对脂肪的分解作用大大加速。③胆盐 与脂肪的分解产物如游离脂肪酸、甘油一酯等结合成水溶性复合物，促进了脂肪 的吸收。④通过促进脂肪的吸收，间接帮助了脂溶性维生素的吸收。此外，胆汁 还是体内胆固醇排出体外的主要途径。

(3)小肠液：小肠液是由十二指肠腺细胞和肠腺细胞分泌的一种弱碱性液 体， pH 值约为7.6。小肠液中的消化酶包括氨基肽酶、α-糊精酶、麦芽糖酶、 乳糖酶、蔗糖酶、磷酸酶等；主要的无机物为碳酸氢盐；小肠液中还含有肠致活 酶，可激活胰蛋白酶原。

5. 大肠

人类的大肠内没有重要的消化活动。大肠的主要功能在于吸收水分，大肠还 为消化后的食物残渣提供临时储存场所。 一般地，大肠并不进行消化，大肠中物 质的分解也多是细菌作用的结果，细菌可以利用肠内较为简单的物质合成B 族 维生素和维生素K, 但更多的是细菌对食物残渣中未被消化的碳水化合物、蛋白 质与脂肪的分解，所产生的代谢产物也大多对人体有害。

· 22 ·

1)大肠的运动

大肠的运动少而慢，对刺激的反应也较迟缓，这些有利于粪便的暂时储存。

(1)袋状往返运动：由环状肌无规律的收缩所引起，可使结肠袋中的内容物 向两个方向做短距离位移，但并不向前推进。

(2)分节或多袋推进运动：由一个结肠袋或一段结肠收缩完成，把肠内容物 向下一段结肠推动。

(3)蠕动：由一些稳定向前的收缩波组成，收缩波前方的肌肉舒张，后方的 肌肉收缩，使这段肠关闭合并排空。

2)大肠内的细菌活动

大肠中的细菌来自于空气和食物，它们依靠食物残渣而生存，同时分解未被 消化吸收的蛋白质、脂肪和碳水化合物。蛋白质首先被分解为氨基酸，氨基酸或 是再经脱羧产生胺类，或是再经脱氨基形成氨，这些可进一步分解产生苯酚、吲 哚、甲基吲哚和硫化氢等；碳水化合物可被分解产生乳酸、乙酸等低级酸以及 CO₂ 、 沼气等；脂肪则被分解产生脂肪酸、甘油、醛、酮等，这些成分大部分对 人体有害，有的可以引起人类结肠癌，故促进排便的可溶性膳食纤维，可加速这 些有害物质的排泄，缩短它们与结肠的接触时间，有预防结肠癌的作用。

**2.1.2** **吸收**

吸收是指食物成分被分解后通过肠黏膜上皮细胞进入血液或淋巴从而进入肝 脏的过程。

1. 吸收部位

食物吸收的主要部位是小肠上段的十二指肠和空肠。回肠主要是吸收功能的 储备，用于代偿时的需要，而大肠主要是吸收水分和盐类。

在小肠内壁上布满了环状皱褶、绒毛和微绒毛(图2-2)。经过这些环状皱 褶、绒毛和微绒毛的放大作用，使小肠的吸收面积可达200m²; 且小肠的这种结 构使其内径变细，增大了食糜流动时的摩擦力，延长了食物在小肠内的停留时 间，为食物在小肠内的吸收创造了有利条件。

2. 吸收形式

小肠黏膜的吸收作用主要依靠被动转运与主动转运来完成。

1)被动转运

被动转运过程主要包括被动扩散、易化扩散、滤过、渗透等作用。

(1)被动扩散：通常物质透过细胞膜，总是和它在细胞膜内外的浓度有关。 不借助载体、不消耗能量，物质从浓度高的一侧向浓度低的一侧透过称被动扩 散。由于细胞膜的基质是类脂双分子层，脂溶性物质更易进入细胞。物质进入细

· 23 ·

1

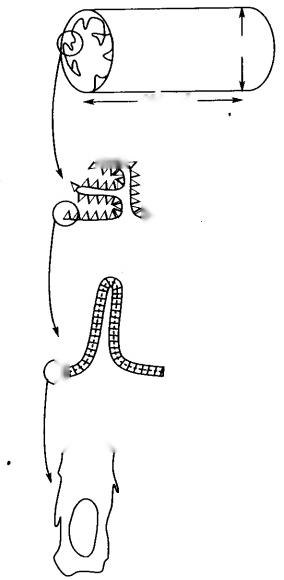
8

30

600

表面面积的增加 (与圆柱体相比)

结构



4cm²

简单圆柱体的面积

280cm²

AA4

Kerkring皱 褶

(环状皱褶)

△△A△△

绒毛



MM

微绒毛

图2-2 小肠结构示意图

表面面积

(cm²)

3300

10000

100000

2000000

胞的速度决定于它在脂质中的溶解度和分子大小，溶解度越大，透过越快；如果 在脂质中的溶解度相等，则较小的分子透过较快。

(2)易化扩散：指非脂溶性物质或亲水物质如 Na+、K+ 等，不能透过细胞 膜的双层脂类，需在细胞膜蛋白质的帮助下，由膜的高浓度一侧向低浓度一侧扩 散或转运的过程。与易化扩散有关的膜内转运系统和它们所转运的物质之间，具 有高度的结构特异性，即每一种蛋白质只能运转具有某种特定化学结构的物质。 易化扩散的另一个特点是所谓的饱和现象，即扩散通量一般与浓度梯度的大小呈 正比，当浓度梯度增加到一定限度时，扩散通量就不再增加。

(3)滤过作用：胃肠黏膜的上皮细胞可以看作是滤过器，如果胃肠腔内的压 力超过毛细血管时，水分和其他物质就可以滤入血液。

(4)渗透：渗透可看作是特殊情况下的扩散。当膜两侧产生不相等的渗透压 时，渗透压较高的一侧将从另一侧吸引一部分水过来，以求达到渗透压的平衡。

· 24 ·

2)主动转运

在许多情况下，某种营养成分必须要逆着浓度梯度(化学的或电荷的)的方 向穿过细胞膜，这个过程称主动转运。营养物质的主动转运需要细胞上载体的协 助。所谓载体，是一种运输营养物质进出细胞膜的脂蛋白。营养物质运转时，先 在细胞膜同载体结合成复合物，复合物通过细胞膜转运入上皮细胞时，营养物质 与载体分离而释放入细胞中，而载体又转回到细胞膜的外表面。主动转运的特点 是：载体在转运营养物质时，需有酶的催化和提供能量，能量来自三磷酸腺苷 (ATP) 的分解；这一转运系统可以饱和，且最大转运量可被抑制；载体系统有 特异性，即细胞膜上存在着几种不同的载体系统，每一系统只运载某些特定的营 养物质。

3. 主要营养物质的消化和吸收 1)蛋白质的消化和吸收

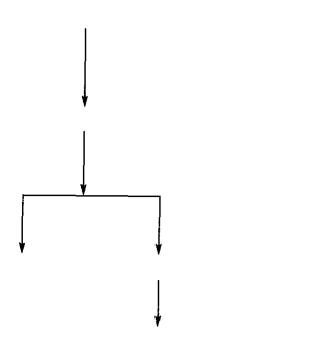
(1)蛋白质在胃中的消化：蛋白质的消化自胃中开始。胃内分解蛋白质的 酶主要是胃蛋白酶，主要水解含芳香族氨基酸、蛋氨酸、亮氨酸等氨基酸残基的 蛋白质，把蛋白质分解为多肽。但由于胃蛋白酶的消化作用较弱，且食物在胃内 停留的时间不是很长，所以蛋白质在胃中的消化很不完全，食物蛋白质的消化主 要在小肠进行。

(2)蛋白质在小肠中的消化：食糜自胃中进入小肠后，蛋白质的不完全水解 产物再经胰液中蛋白酶的作用，被分解为游离氨基酸和寡肽，其中1/3为游离氨 基酸，2/3为寡肽。寡肽在小肠黏膜细胞的氨基肽酶的作用下被分解为二肽，二 肽再经二肽酶的作用被分解成游离氨基酸。蛋白质的消化示意图见图2-3。

(3)蛋白质的吸收：氨基酸的吸收主要在小肠上段进行，为主动转运过程。

在小肠黏膜细胞膜上，存在着运载氨基酸 的载体，能与氨基酸和Na+ 形成三联体， 将氨基酸和Na\* 转运入细胞， Na+ 则借助 钠泵排出细胞外，并消耗 ATP。 氨基酸 的结构不同，其转运载体也不同。此外， 小肠黏膜细胞上还存在着吸收二肽和三肽 的转运体系，用于二肽和三肽的吸收，并 在胞浆中氨基肽酶的作用下，将二肽和三 肽彻底分解成游离氨基酸。吸收到肠黏膜 细胞中的氨基酸，进入肠黏膜下的中心静 脉而进入血液，经由门静脉入肝。

新生儿可以通过肠黏膜细胞的胞饮作 用摄入完全蛋白质，但这种作用仅在出生

食物蛋白质

盐酸

胃蛋白酶

多肽

(小肠)胰蛋白酶，糜蛋白酶， 羧肽酶，氨肽酮

氨基酸 二肽、寡肽

(小肠黏膜刷状缘)

二肽酶、寡肽酶

氨基酸

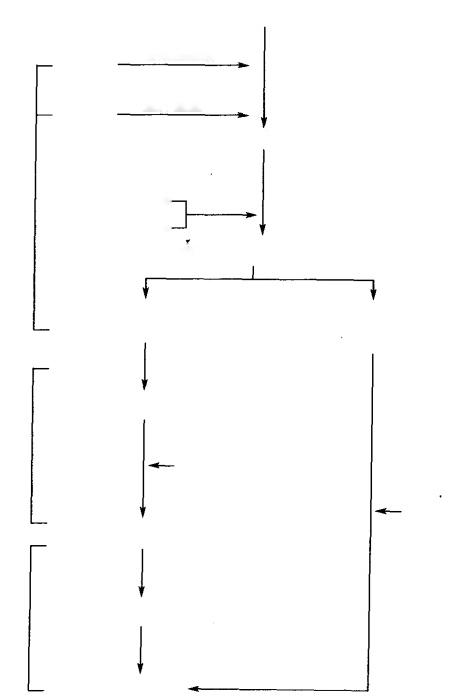
图2-3 蛋白质的消化示意图

· 25 ·

后前两周存在，这与乳母维持初乳分泌的时间相一致，婴儿可以这种方式从母乳 中获取具有免疫效果的抗体、乳铁蛋白、溶菌酶等。成人不存在这种方式的吸 收，而且如果直接从食物中吸收异源蛋白可导致过敏反应。

2)脂肪的消化与吸收

(1)脂类的消化：图2-4示意了脂肪的消化、吸收和转运的过程。脂肪的消 化是从食物进入口腔后开始的，唾液腺分泌的脂肪酶可水解部分食物脂肪。成人 的这种消化能力很弱，而婴儿口腔中的脂肪酶则可有效地分解奶中的短链和中链 脂肪酸。脂类消化的主要场所在小肠上段。食物脂类在小肠腔内由于肠蠕动的搅 拌作用和胆汁的掺入，分散成细小的乳胶体，同时，胰腺分泌的脂肪酶在乳化颗 粒的水油界面上，催化甘油三酯、磷脂和胆固醇的水解。①甘油三酯的分解：胰 脂肪酶能特异性地催化甘油三酯的α-酯键(即第1,3位酯键)水解，产生β甘 油一酯并释放出两分子游离脂肪酸。②胆固醇的分解：胆固醇酯酶作用于胆固醇



食物脂肪

唾液脂肪酶

胆汁酸盐

小肠

乳化脂肪

胰脂肪酶- 水解

小肠脂肪酶-

脂肪酸、甘油单酯、甘油

化

>12碳长链脂肪酸和甘油单酯 ≤12碳的中、短链脂肪酸

再合成甘油三酯

蛋白质

磷脂

胆固醇

清蛋白

乳糜微粒

转

淋巴循环

运

血液循环

消

收

吸

图2-4 脂肪的消化、吸收和转运示意图

· 26 ·

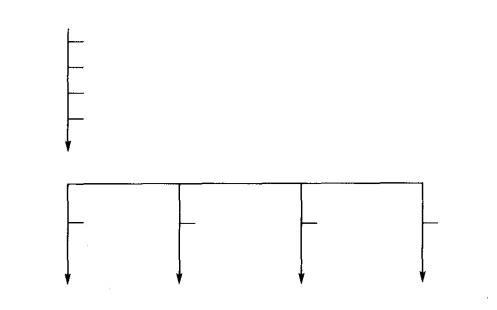
酯，使胆固醇酯水解为游离胆固醇和脂肪酸。③磷脂的分解：由磷脂酶A₂ 催化 磷脂的第二位酯键水解，生成溶血磷脂和一分子脂肪酸。

(2)脂类的吸收：脂类消化过程中产生的脂肪酸、甘油一酯等具有较大的极 性，能够从乳胶体的酯相扩散到胆汁微团中，形成微细的混合微团。这种混合微 团的体积很小，而且带有极性很易扩散，通过覆盖在小肠绒毛表面的水层，而使 脂类消化的产物进入肠黏膜细胞中。脂类吸收的部位主要在十二指肠的下部和空 肠的上部。消化与吸收是同时进行的，消化后的产物迅速被吸收保证了消化的顺 利进行。中、短链脂肪酸及甘油的极性较强，很容易分散而被吸收；中、短链脂 肪酸构成的甘油三酯，经胆盐乳化后也可以完整的形式吸收，在肠黏膜细胞内脂 肪酶的作用下，水解成脂肪酸及甘油，通过门静脉进入血液循环；长链脂肪酸及 甘油一酯随混合微团被吸收入肠黏膜细胞后，在胞内重新合成为甘油三酯，然后 与载脂蛋白、磷脂、胆固醇等生成乳糜微粒，经淋巴进入血液循环；胆固醇的吸 收较其他脂类慢且不完全，已吸收的胆固醇大部分被再酯化生成胆固醇酯，后者 的大部分参与乳糜微粒的组成，少量参与极低密度脂蛋白的组成，经淋巴进入血 液循环。

3)碳水化合物的消化与吸收

(1)碳水化合物的消化：虽然口腔内的唾液淀粉酶能把淀粉水解成麦芽糖， 但由于食物在口腔停留的时间很短，所以淀粉在口腔内消化很少，淀粉的消化主 要在小肠中进行。在小肠，胰液中的α淀粉酶可以从淀粉分子的内部水解α-1,4 糖苷键，把淀粉分解为麦芽糖、麦芽三糖及含分支的异麦芽糖和α-临界糊精。α- 临界糊精由4～9个葡萄糖组成，和异麦芽糖一样，其分支结构由α-1,6糖苷键 组成。小肠黏膜的刷状缘含有α-葡萄糖苷酶(包括麦芽糖酶)和α-临界糊精酶 (包括异麦芽糖酶)。α-葡萄糖苷酶可把麦芽糖和麦芽三糖水解成葡萄糖，而α-临 界糊精酶能把异麦芽糖和α-临界糊精水解成葡萄糖。此外，小肠黏膜细胞内还存 在β葡萄糖苷酶，可以水解蔗糖和乳糖。碳水化合物的消化示意图见图2-5。

(2)碳水化合物的吸收：碳水化合物经过消化变成单糖后才能被细胞吸收， 糖吸收的主要部位在小肠的空肠。单糖首先进入肠黏膜上皮细胞，再进入小肠壁 的门静脉毛细血管，并汇合于门静脉而进入肝脏，最后进入大循环，运送到全身 各个器官。糖的吸收主要在小肠上段完成，不同的糖其吸收机制不同。 一般地， 戊糖(核糖)靠被动扩散吸收，而己糖的吸收包括被动扩散吸收及主动转运吸 收。研究表明，在肠黏膜上皮细胞刷状缘上有一特异运糖载体蛋白，此类载体蛋 白分子能够结合在第二碳位上具有自由羟基的吡喃型单糖，所以葡萄糖、半乳糖 等能与载体结合而迅速被吸收(图2-6)。而果糖、甘露糖等因不能与这类载体 结合，主要依靠被动扩散吸收，所以吸收速度较低。有资料认为，若以葡萄糖的 吸收速度为100,人体对各种单糖的吸收速度如下： D-半乳糖(110)、 D-葡萄糖 (100)、D-果糖(70)、木糖醇(36)、山梨醇(29)。

淀粉

(口腔)唾液淀粉酶水解40%

(胃)盐酸水解微量

(小肠)胰淀粉酶水解50%

(小肠)肠淀粉酶水解少量

α-糊精，麦芽糖

α-糊精酶 麦芽糖酶 蔗糖酶 乳糖酶

异麦芽糖酶

葡萄糖 葡萄糖 葡萄糖、果糖 葡萄糖、半乳糖

图2-5 碳水化合物的消化示意图

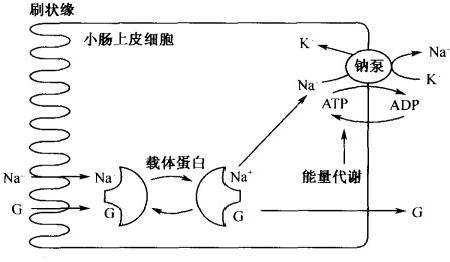


图2 - 6 葡萄糖的主动吸收示意图

4)水分的吸收

在小肠，水分的吸收主要依靠营养素吸收后所形成的渗透压被动扩散到肠黏 膜细胞，而在大肠，则主要靠净水压被动吸收。

2.2 营养素的体内运输

食物中经过消化吸收的营养成分进入血液后，在循环系统的帮助下，被运送 到机体的各个部分才能被代谢和利用。

**2.2.1** **循环系统的组成**

血液循环系统由心脏、血管(包括淋巴管)组成。心脏是推动血液流动的动

· 28 ·

力器官，血管是血液流动的管道，包括动脉、毛细血管、静脉3部分。由左心室 射出的血液，经动脉流向全身组织，在毛细血管部位经过细胞间液同组织细胞进 行物质交换，再经静脉流回右心房，这一循环途径称为“体循环”。血液从右心 室射出，经过肺动脉分布到肺，与肺泡中的气体进行气体交换，再由肺静脉流回 左心房，这一循环途径称为“肺循环”。体循环与肺循环相互连接，构成一个完 整的循环机能体系，心脏的节律性活动及心脏瓣膜有规律的开启与关闭，使血液 能按一定的方向循环流动，完成物质运输、体液调节等机能。

**2.2.2** **各种营养素的运输**

1. 氨基酸的运输

氨基酸为水溶性物质，可溶于血浆中，因此以游离状态存在于血液中被 运输。

2. 脂类的运输

脂类物质难溶于水，将它们分散在水中往往呈乳糜状。然而正常人血浆中脂 类物质虽多，却仍清澈透明，这是因为血浆中的脂类都是以各类脂蛋白的形式存 在的。血浆中的脂蛋白包括乳糜微粒 (chylomicron,CM)、 极低密度脂蛋白 (very low density lipoprotein,VLDL)、 低密度脂蛋白 (low density lipoprotein, LDL)、 高密度脂蛋白 (high density lipoprotein,HDL)。 它们主要由蛋白质 (载脂蛋白)、甘油三酯、胆固醇及胆固醇酯、磷脂等组成，各类血浆脂蛋白都含 有这4类成分，但在组成比例上却大不相同。载脂蛋白的分子结构中均含有双性 α螺旋结构。在双性α螺旋结构中，疏水性氨基酸残基构成α螺旋的一个侧面， 位于双螺旋的内侧，而另一侧面由具亲水基团的极性氨基酸残基构成。双性α螺 旋结构是载脂蛋白能结合及转运脂质的结构基础。脂类物质与载脂蛋白内侧的疏 水端结合，双螺旋结构使得疏水基团完全被包在内侧，暴露在外的为亲水一侧， 从而使脂蛋白成为水溶性物质而运输。

3. 碳水化合物的运输

血液中的碳水化合物绝大多数为葡萄糖，相对分子质量小且为水溶性，可游 离存在于血液中被运输。

4. 矿物质的运输

1)铁的运输

从肠道吸收的铁在肠黏膜细胞内与脱铁铁蛋白结合成铁蛋白而储存，当机体 需要时，铁与铁蛋白分离，在载体的帮助下穿过肠黏膜及毛细血管内皮细胞进入

· 29 ·

血液循环， Fe²+在酶的催化下转化为Fe³+,Fe³+ 与血浆中的运铁蛋白结合随血

液循环被运送到全身各处。

2)钙的运输

从肠道吸收的钙、骨骼中溶解的钙及肾脏重吸收的钙进入血液后，约 47.5%以离子的形式存在于血清中，46%与蛋白质结合，6.5%与有机酸或无机 酸复合而被运输。

3)其他离子的运输

其他矿物质或游离于血浆中，或与血浆蛋白质结合，或存在于血细胞内而被 运输。

5. 维生素的运输

水溶性维生素溶于血清中而被运输，脂溶性维生素与脂肪酸一起被运输。

2.3 营养素的体内代谢

了解营养素的代谢过程对于研究与掌握营养素的生理功能有重要意义。不同 营养素有各自的代谢途径，这里主要介绍蛋白质、脂肪和碳水化合物三大营养素 的代谢。

**2.3.1** **蛋白质的代谢**

蛋白质的代谢包括蛋白质的分解、合成和氨基酸的分解代谢。

1. 蛋白质的分解

蛋白质不断在体内分解成为含氮废物，随尿排出体外。进食普通膳食的正常 人每日从尿中排出的氮约12g。若摄入的蛋白质增多，随尿排出的氮也增多；若 减少，则随尿排出的氮也减少。完全不摄入蛋白质或禁食一切食物时，每日仍随 尿排氮2～4g。

2. 蛋白质的合成

蛋白质在分解的同时，也不断在体内合成，以补偿分解的蛋白质。体内氨基 酸的主要功用是合成蛋白质和多肽。人体的各种组织细胞均可合成蛋白质，但以 肝脏的合成速度最快。蛋白质的合成过程，就是氨基酸按一定顺序以肽键相互结 合形成多肽链的过程。该过程经转录 (transcription) 和翻译 (translation) 两 步完成，具体过程在生物化学中有详细阐述。不同蛋白质的氨基酸组成和排列顺 序不同。由于人体有精确的蛋白质合成体系，因此机体在大多数情况下，都能准 确地合成某种有独特氨基酸构成的蛋白质。

· 30 ·

3. 氨基酸的分解代谢

1)氨基酸脱氨基作用

脱氨基作用是氨基酸分解代谢最主要的反应，可在体内大多数组织中进行。 氨基酸可以通过多种方式脱去氨基，如氧化脱氨基、转氨基、联合脱氨基及非氧 化脱氨基等，以联合脱氨基最为重要。氨基酸脱氨基后生成的α-酮酸可以进一步 代谢：通过氨基化合成非必需氨基酸，转变为糖和脂类，氧化供能。氨基酸脱氨 作用产生的氨具有毒性，脑组织尤为敏感，在正常情况下主要在肝脏合成尿素而 解毒，只有少部分氨在肾脏以铵盐的形式由尿排出。

2)氨基酸脱羧作用

体内某些氨基酸可以通过脱羧基作用生成相应的胺类，这些胺类在体内的含 量不高，但具有重要的生理作用。主要有以下几种：①γ-氨基丁酸：由谷氨酸脱 羧基产生。γ-氨基丁酸是抑制性神经递质，对中枢神经系统有抑制作用。②牛磺 酸：由半胱氨酸氧化再脱羧产生，是结合胆汁酸的组成成分。近年来发现脑组织 含有较多的牛磺酸，提示牛磺酸和神经系统的功能有关。③组胺：由组氨酸脱羧 产生，是一种强烈的血管扩张剂，并能增加毛细血管通透性，参与炎症反应和过 敏反应等。④5-羟色胺：由色氨酸先羟化再脱羧所形成，脑内的5-羟色胺可作为 神经递质，具有抑制作用；而在外周组织，则有血管收缩的作用。

3)含硫氨基酸的代谢

体内3种含硫氨基酸的代谢是相互联系的，蛋氨酸可以转变为半胱氨酸和胱 氨酸，半胱氨酸与胱氨酸可以互变，但半胱氨酸和胱氨酸不能转变为蛋氨酸。

4)芳香氨基酸的代谢

芳香氨基酸包括苯丙氨酸、酪氨酸和色氨酸。苯丙氨酸和酪氨酸在结构上相 似，在正常情况下苯丙氨酸的主要代谢途径是经苯丙氨酸羟化酶的作用生成酪氨 酸。酪氨酸经酪氨酸羟化酶的作用，生成多巴(3,4-二羟苯丙氨酸),再经多巴 脱羧酶的作用生成多巴胺 (dopamine)。 多巴胺是一种神经递质，可进一步代谢 转化为去甲肾上腺素 (norepinephrine) 和肾上腺素 (epinephrine)。 酪氨酸另一 条代谢途径是经酪氨酸酶合成黑色素。当人体缺乏酪氨酶时，黑色素合成受阻， 皮肤、毛发等发白，称为白化病 (albinism)。 色氨酸除经代谢转变成5-羟色胺 外，还可分解生成烟酸、犬尿酸、丙氨酸和乙酰CoA。

5)氨基酸一碳单位代谢

丝氨酸、甘氨酸、组氨酸、色氨酸等一些氨基酸在分解过程中可以产生含有 一个碳原子的基团，称一碳单位，如甲基、甲烯基、甲炔基、甲酰基、亚甲氨基 等。 一碳单位常与四氢叶酸 (tetrahydrofolic acid,FHFA) 结合而转运和参加 代谢，作为合成嘌呤及嘧啶的原料，在核酸的生物合成中占重要地位。

6)支链氨基酸的代谢

亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸3种支链氨基酸在开始阶段经转氨基作用生成相 应的α-酮酸，然后再经过若干代谢步骤，缬氨酸生成琥珀酸CoA, 亮氨酸和异 亮氨酸生成乙酰CoA 及乙酰乙酰CoA。

**2.3.2** **脂类代谢**

1. 甘油三酯的合成代谢

甘油三酯是机体储存能量的主要形式。机体摄入碳水化合物、脂肪等食物均 可合成甘油三酯，在脂肪组织中储存。

肝、脂肪组织及小肠是合成甘油三酯的主要场所，以肝的合成能力最强。肝 细胞能合成脂肪，但不能储存脂肪。甘油三酯在肝内质网合成后，与载脂蛋白 B100、C 等以及磷脂、胆固醇结合生成极低密度脂蛋白 (VLDL), 由肝细胞分 泌入血而运输至肝外组织。如肝细胞合成的甘油三酯因营养不良、中毒、必需脂 肪酸缺乏、胆碱缺乏或蛋白质缺乏不能形成VLDL 分泌入血时，则聚集在肝细 胞中，形成脂肪肝。

脂肪组织是机体合成脂肪的另一重要组织。它可利用从食物脂肪而来的乳糜 微粒 (CM) 或 VLDL 中的脂肪酸合成脂肪，更主要以葡萄糖为原料合成脂肪。 脂肪细胞可以大量储存脂肪，是机体合成和储存脂肪的“仓库”;机体需要能量 时，储脂分解释出游离脂肪酸及甘油入血，以满足心、肝、骨骼肌、肾等的 需要。

小肠黏膜细胞则主要利用脂肪消化产物再合成脂肪，以乳糜微粒形式经淋巴 进入血液循环。

2. 甘油三酯的分解代谢

I) 脂肪动员

储存在脂肪组织中的脂肪，被脂肪酶逐步水解为游离脂肪酸 (free fatty acid,FFA) 和甘油，并释放入血液以供其他组织氧化利用的过程，称为脂肪动 员。机体在正常情况下，并不发生脂肪的动员，只有在禁食、饥饿等造成血糖降 低或交感神经兴奋时，才发生脂肪的动员。脂肪组织中的甘油三酯脂肪酶可催化 甘油三酯分子中第1位或第3位酯键断裂，生成游离脂肪酸和甘油二酯，后者可 继续进行酶促水解反应。

脂解作用使储存在脂肪细胞中的脂肪分解成游离脂肪酸和甘油，然后释放入 血。血浆清蛋白具有结合游离脂肪酸的能力， FFA 与清蛋白结合后由血液运送 至全身各组织，主要由心、肝、骨骼肌等摄取利用。甘油溶于水，直接由血液运 送至肝、肾、肠等组织，主要是在肝甘油激酶作用下，转变为3-磷酸甘油，然

· 32 ·

后脱氢生成磷酸二羟丙酮，遵循糖代谢途径进行分解或转变为糖。 2)脂肪酸的β氧化

在供氧充足的条件下，脂肪酸可在体内氧化分解成CO₂ 和 H₂O, 并释放出 大量能量，以ATP 形式供机体利用。除脑组织外，大多数组织均能氧化脂肪 酸，但以肝脏和肌肉最为活跃。

脂肪酸的β氧化过程可概括为活化、转移、β氧化及能量生成4个阶段。脂 肪酸的活化是指脂肪酸在ATP、CoASH、Mg²+ 存在时，由脂酰CoA 合成酶催 化生成脂酰CoA。 脂酰CoA 经过转移进入线粒体后，在脂肪酸p 氧化酶系统的 催化下，进行脱氢、加水、再脱氢及硫解4步连续反应，最后使脂酰基断裂生成 一分子乙酰CoA 和一分子比原来少了两个碳原子的脂酰CoA。 所产生的乙酰 CoA 可进入三羧酸循环氧化供能，也可在肝脏合成酮体，为肝外组织如心、脑 提供能量，或者用于合成糖、氨基酸等；脂酰CoA 则继续发生β氧化，最终使 偶数碳原子的脂肪酸全部生成乙酰CoA。

3)脂肪酸的其他氧化方式

脂肪酸的氧化分解，主要是通过β氧化作用，但有时也发生其他方式的 氧化。

(1)脂肪酸的w 氧化：在长链脂肪酸的末端可发生w 位碳原子的氧化生成 w-羟脂肪酸，随后再氧化生成α,w-二羧酸，二羧酸转移到线粒体内后继续进行β 氧化，最后余下琥珀酰CoA 进入三羧酸循环。

(2)脂肪酸的α氧化：长链脂肪酸可以在α位发生氧化生成α-羟脂肪酸，再 氧化脱羧成比原来少一个碳原子的脂肪酸并产生一分子CO₂, 此即脂肪酸的α氧 化。α氧化可将奇数碳原子的脂肪酸氧化成偶数碳原子，再进行β氧化，也可继 续进行α氧化。

(3)丙酸氧化：人体含有极少数的奇数碳原子脂肪酸，在体内经活化、转移 后，经多次β氧化后可产生多个乙酰CoA, 但最终要生成一分子丙酰CoA, 丙 酰CoA 经羧化，然后在消旋酶和变位酶的作用下，转变为琥珀酸CoA, 进入三 羧酸循环。

3. 酮体的生成与酮症

酮体包括乙酰乙酸、β羟丁酸及丙酮，是脂肪酸在肝脏分解氧化时，由乙酰 CoA 在肝线粒体酶的催化下先缩合再裂解而成的中间代谢产物，以β羟丁酸较 多，丙酮含量极微。肝缺乏氧化酮体的酶，不能氧化酮体，故肝产生的酮体需经 血液运输到肝外组织进行氧化利用。酮体分子小，易溶于水，能通过血脑屏障及 肌肉毛细血管壁，是肌肉，尤其是脑组织的重要能源。脑组织几乎不能氧化脂肪 酸，但能利用酮体，长期饥饿及糖供应不足时，酮体将代替葡萄糖成为脑组织及 肌肉的主要能源。

· 33 ·

正常情况下，肝产生的酮体用于肝外组织如心、脑和骨骼肌等的功能需要， 血中酮体含量很低。但在饥饿、高脂低糖膳食及糖尿病时，脂肪动员加强，酮体 生成过多，超过肝外组织利用能力时，引起血中酮体升高。当血中酮体浓度超过 肾小管的重吸收能力时，尿中出现酮体，血酮升高及尿酮统称为酮症。由于乙酰 乙酸、β羟丁酸均为较强的有机酸，可消耗体内碱储备，导致代谢性酸中毒，出 现代谢紊乱，造成多种影响，如：①组织分解加速，钾离子从胞内释出胞外，随 酮体从肺、肾排出，带出大量水分和阳离子，造成严重失水和缺钾；②引起厌 食、恶心、呕吐，水分摄入减少，排泄增加；③抑制组织氧的利用，抑制能量代 谢；④红细胞GHb 含量增加，增强了血红蛋白与氧的亲和力，氧的释放减少， 造成组织缺氧。

**2.3.3** **碳水化合物的代谢**

体内的碳水化合物主要来源于食物，少量则由非糖化合物(乳酸、甘油、生 糖氨基酸等)通过糖异生作用形成。消化吸收的葡萄糖有多个去向：转变成脂肪 后储存于脂肪组织中，合成糖原备用，氧化供能，构成体组织或合成体内的活性 物质。

1. 氧化分解

碳水化合物在体内的分解分为无氧氧化和有氧氧化，两者共同的过程是葡萄 糖经酵解途径降解为丙酮酸。在无氧情况下，丙酮酸在胞浆内还原为乳酸，称为 无氧氧化或糖酵解。糖酵解过程产生的能量虽有限(1个葡萄糖净生成两个 ATP), 但在重体力劳动或剧烈运动时，肌肉因氧供应不足处于严重缺氧状态， 这时糖酵解有补充供能的重要作用。在有氧情况下，丙酮酸进入线粒体，氧化脱 羧后进入三羧酸循环，最终彻底氧化成二氧化碳和水。有氧氧化是机体获取能量 的主要方式，1个葡萄糖彻底氧化净生成36～38个ATP。

有氧氧化过程中的多种中间产物可以使糖、脂类、蛋白质及其他物质发生广 泛的代谢联系和互变。如磷酸丙糖可转变为α-磷酸甘油，乙酰CoA 可以合成脂 肪酸，二者可进一步合成脂肪。又如丙酮酸、脂酰CoA、α-酮戊二酸、草酰乙酸 通过氨基酸的转氨基作用或联合脱氨基的逆行，可分别生成丙氨酸、谷氨酸及天 冬氨酸，这些氨基酸又可转为其他多种非必需氨基酸，进而合成蛋白质。

2. 糖原的合成与分解

消化吸收的葡萄糖或体内其他物质转变而来的葡萄糖进入肝脏和肌肉后，可 分别合成肝糖原和肌糖原，此过程称为糖原的合成作用。糖原的合成作用主要是 葡萄糖聚合的过程，在生物化学中有述。肝糖原也能在肝脏分解为葡萄糖，此过 程称为糖原的分解作用。糖原的合成与分解作用在维持血糖相对恒定方面具有重

· 34 ·

要作用。当机体处于暂时饥饿时，血糖趋于低下，这时肝糖原分解加速，及时使 血糖升高，恢复正常；反之，当机体饱餐后，消化吸收的葡萄糖大量进入血循 环，血糖趋于升高，这时可通过糖原合成酶的活化及磷酸化酶活性的降低，使血 糖水平下降而恢复正常。

3. 糖异生

由非碳水化合物转变为葡萄糖或糖原的过程称为糖异生。非碳水化合物主要 是乳酸、丙酮酸、甘油、丙酸盐及生糖氨基酸。糖异生的主要场所是肝脏。糖异 生具有重要生理意义：①保持饥饿时血糖相对稳定。饥饿时，当肝糖原分解补充 葡萄糖将尽时，机体组织蛋白分解而来的大量氨基酸以及体脂分解而来的甘油等 非糖物质则加速转变成葡萄糖，从而使血糖保持相对稳定。这对于人体大脑、肾 髓质、血细胞、视网膜等主要依赖葡萄糖供能的组织维持其生理功能更显重要。 ②促进肌乳酸的充分利用。当人体剧烈运动时，肌肉经糖酵解作用生成大量的乳 酸，经骨骼肌细胞扩散至血液，再运送到肝脏。通过肝脏中强大的糖异生能力， 将乳酸转变为葡萄糖，又返回肌肉供肌肉糖酵解产生能量。如果糖异生途径障 碍，则乳酸利用受限，可使得人体运动能力明显下降。

2.4 营养代谢物质的排泄

机体在新陈代谢过程中，不断产生对自身无用或有害的代谢产物，这些代谢 废物如果不及时清除出体外，就会在体内堆积而对机体造成伤害，因此机体必须 通过排泄活动将它们及时地运送到体外。所谓排泄是指机体在新陈代谢过程中所 产生的代谢终产物以及多余的水分和进入体内的各种异物(包括药物),由排泄 器官向体外输送的生理过程。

机体的排泄器官主要是肾，其次是肺、皮肤、肝和肠。肾脏以尿的形式排出 多种代谢终产物和某些异物，如尿素、尿酸、肌酐、马尿酸、水及进入体内的药 物等；肺借助呼气动作，排出二氧化碳和少量水，以及一些挥发性物质；皮肤依 靠汗腺分泌，排出一部分水和少量的尿素与盐类；肝和肠把胆色素和无机盐 (钙、镁、铁等)排入肠腔，随粪便排出体外。在这些排泄器官中，由肾脏排出 的代谢终产物不仅种类多、数量大，而且肾脏还可根据机体情况调节尿的质和 量，因而肾脏的泌尿作用具有特别重要的意义。

**2.4.1** **肾的结构特点**

肾脏的基本功能单位称肾单位，它与集合管共同完成泌尿功能。

1. 肾单位

人的两侧肾脏约有170万～240万个肾单位，每个肾单位(图2-7)包括肾

· 35 ·

小体和肾小管两部分，肾小体又包括肾小球和肾小囊。肾小球是一团毛细血管 网，其两端分别与入球小动脉和出球小动脉相连。肾动脉从腹主动脉分出后进入 肾脏，逐渐变细分成为许多分支，称为入球小动脉。入球小动脉再分成许多毛细 血管，形成肾小球。肾小球的包囊称为肾小囊，它有两层上皮细胞，内层(脏 层)紧贴在毛细血管壁上，外层(壁层)与肾小管管壁相连；两层上皮之间的腔 隙称为囊腔，与肾小管管腔相通。

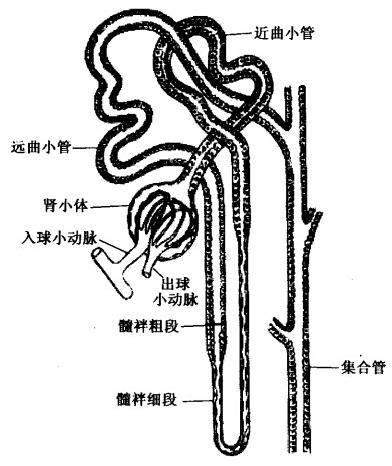


图2-7 肾单位示意图

血浆中某些成分通过肾小球毛细血管网向囊腔滤出；滤出时必须通过肾小球 毛细血管内皮细胞、基膜和肾小囊脏层上皮细胞，这三者构成滤过膜。

肾小管由近球小管、髓袢和远球小管3部分组成。髓袢由髓袢降支和髓袢升 支组成，前者包括髓袢降支粗段和降支细段；后者是指髓袢升支细段和升支粗 段。近球小管包括近曲小管和髓袢降支粗段。远球小管包括髓拌升支粗段和远曲 小管。远曲小管末端与集合管相连。

2. 集合管

集合管不包括在肾单位内，但在功能上和远球小管密切相关，在尿生成过程 中，特别是在尿液浓缩过程中起着重要作用。每一集合管接受多条远曲小管运来 的液体，许多集合管又汇入乳头管，最后形成的尿液经肾盏、肾盂、输尿管进入 膀胱，由尿道排出体外。

· 36 ·

**2.4.2** **尿液的生成**

肾脏生成尿包括相互联系的两个过程，即肾小球的滤过作用和肾小管的重吸 收、分泌、排泄作用。

1. 肾小球的滤过作用

当血液流经肾小球毛细血管时，血液中的成分除血细胞和大分子的蛋白质 外，其余的物质都能透过肾小球的滤过膜而进入肾小囊囊腔，这种滤过液称原 尿。原尿中含有血浆中各种小分子物质如葡萄糖、钙、磷、钾、氯、尿素、尿酸 等，且含量与血浆中的含量相近。

2. 肾小管和集合管的重吸收、分泌、排泄作用

原尿生成后沿肾小管流入集合管，然后再汇入肾盂。在此过程中，原尿中的 绝大部分水和有用物质，将全部或部分地被管壁上皮细胞重新吸收进入组织间 液，然后重返血液。管壁上皮细胞对大多数营养素的重吸收是主动转运的过程， 因而存在饱和性，如果原尿中某种营养素的含量过高，超过了肾小管的重吸收功 能，尿液中就会出现这种物质。如当血糖升高时，通过肾小球滤过到原尿中葡萄 糖的含量增多，超过肾小管的重吸收功能时，尿中就会出现葡萄糖。肾脏对水的 重吸收有两种情况， 一种是伴随溶质的吸收而被吸收，因而是被动吸收，这种吸 收与机体是否缺水无关；另一种是水的重吸收量随着体内水量的多少而转移，即 体内缺水时，水的重吸收量增多；不缺水时，水的重吸收量减少，这样可以调节 体内的水量。

在重吸收的同时，管壁上皮细胞也向管腔分泌和排泄某些物质(如 H+ 和 NH₃ 等物质)。

经上述两个环节后，原尿成分发生改变而成为终尿。终尿只有原尿的 1/150～1/100,几乎没有葡萄糖。终尿储存于膀胱，由尿道排出体外。

**2.4.3** **尿液的排放**

排尿是一种反射活动，当膀胱中的尿量达到一定程度时，因膀胱壁受到牵 拉，产生神经冲动，沿神经系统传入神经中枢，产生排尿的欲望而排尿。

**思** **考** **题**

1.唾液有何作用?

2. 胃在消化吸收过程中的作用有哪些?

3. 小肠内的消化酶有哪些?

4.胆汁在消化过程中有何作用?

· 37 ·

5. 简述蛋白质的消化吸收过程。

6. 简述脂肪的消化吸收过程。

7. 简述碳水化合物的消化吸收过程。

8. 结合蛋白质的体内代谢叙述蛋白质的生理功能。

9. 为什么血糖升高可导致糖尿病?

10. 简述代谢终产物的排泄途径。

(本章编写人：何计国)

**主要参考文献**

顾天爵，冯宗忧.1996.生物化学.北京：人民卫生出版社

金哲.2000.解剖学.北京：人民卫生出版社

于频.2001.系统解剖学.北京：人民卫生出版社

张镜如，乔健天.1996.生理学.北京：人民卫生出版社

张遒蘅.2000.生物化学.北京：北京医科大学出版社

Gardner MLG. 1988. Gastrointestinal absorption of intact proteins. Annu Rev Nutr,(8):329～350

Riby JE,Kretchmer N. 1985. Pancreatic enzymes in the degradation of intestinal sucrase-isomaltase.J Ped- iatr Gastroentenol Nutr,(4):971～979

Semanza G S. 1989.Auricchio S small intestinal disaccharidase. In: Scriver CR,Beauset A L, Sly WS. The metabolic basis of inherited disease. 6th ed. New York:McGrawhill. 2975～2997

Wetzel MG,LiJ, Alvarez R A et al. 1991. Metabolism of linolenic acid and docosahexacnoic acid in rat reti- nas and rod outer segments. Exp Eye Res,53:437~446

Wheeler TG,Benolken R M,Andeson RE.1975.Visual membranes:Specificity of fatty acid precursors for the electrical response to illumination. Science,188:1312～1314

**第** **3** **章** **能量与宏量营养素**

**教** **学** **目** **标**

· 了解能量单位和能值，掌握人体能量消耗的构成，了解并熟悉能量消耗 量的测定及估算方法，掌握能量不平衡对人体的影响，能量的合理膳食来源与构 成及适宜摄入量。

· 了解碳水化合物的分类，熟悉功能性低聚糖和多糖的种类与功能，掌握 碳水化合物的生理功能、适宜摄入量及膳食来源、血糖指数。

· 了解脂类的分类，掌握脂肪、必需脂肪酸、磷脂和胆固醇的生理功能以 及脂类营养价值的评价方法，认识脂类在人体营养和膳食中的作用、地位和适宜 摄入量。

· 了解蛋白质种类，掌握蛋白质、功能性氨基酸以及功能性肽的生理功能， 熟悉蛋白质的营养价值评价方法、蛋白质不良的表现、 DRI 和食物来源。

· 了解水在体内的分布和水缺乏、过量的危害，熟悉水的生理功能。

3.1 能 量

一切生物都需要能量 (energy) 来维持生命活动，人体为维持生命活动及从 事各种体力活动，必须每天从各种食物中获得能量。不仅体力活动需要能量，机 体处于安静状态下也需要消耗能量来维持体内器官中每一个细胞的正常生理活动 及体温的恒定。如果人体摄入能量不足，机体会动用自身能量储备甚至消耗自身 组织以满足生命活动对能量的需要，若长期处于能量不足状态，则可导致生长发 育缓慢、消瘦、活力消失甚至生命活动停止而死亡。反之，若能量摄入过剩，会 以脂肪形式储存于体内，导致异常的脂肪堆积。因此，能量的供需平衡是营养学 最基本的问题。国际上以焦耳 (Joule,J) 为单位表示能量，1J 相当于1牛顿 (N) 的力使1千克 (kg) 的物体移动1米 (m) 所消耗的能量；以往营养学上 常用卡 (cal) 或千卡 (kcal) 作为能量单位，1cal= 4.184J。

**3.1.1** **能量的来源及能值**

人体所需能量主要来源于食物中三大宏量营养素：碳水化合物、脂肪、蛋白 质。每克碳水化合物、脂肪、蛋白质在体内氧化产生的能量值也称为能量系数。 食物中每克碳水化合物、脂肪和蛋白质在体外弹式热量计内充分氧化燃烧可分别

· 39 ·

产生17.15kJ(4.10 kcal)、39.54kJ(9.45kcal) 和23.64kJ(5.65 kcal) 的能 量，但三大物质在体内不能被完全消化吸收， 一般其消化率分别为98%、95% 和92%,吸收后的碳水化合物和脂肪在体内可完全氧化为H₂O 和 CO₂, 其终产 物及产热量与体外相同。但蛋白质在体内不能完全氧化，其终产物除 H₂O 和 CO₂ 外，还有尿素、尿酸、肌肝等含氮物质通过尿液排到体外，若把1g蛋白质 在体内产生的这些含氮物在体外测热器中继续氧化还可产生5.44kJ的热量。因 此这3种产能营养素的生理有效能量值(或称净能量系数)为：碳水化合物 16.81kJ(4kcal)、 脂肪37.56kJ(9kcal)、 蛋白质16.74kJ(4kcal)。 除此之外， 酒中的乙醇也能提供较高的能量，每克乙醇在体内可产热29.29kJ(7kcal)。

**3.1.2** **人体能量消耗的构成**

人体能量需要与消耗是一致的。机体的能量消耗主要由基础代谢、体力活 动、食物的热效应和生长发育四方面构成，其中正常成人能量消耗主要用于维持 基础代谢、体力活动、食物的热效应的需要，而孕妇、乳母、婴幼儿、儿童、青 少年还包括生长发育的能量消耗，疾病恢复期病人还包括组织和机体修复的能量 消耗。

1. 基础代谢

基础代谢 (basal metabolism,BM) 是维持人体最基本生命活动所必需的能 量消耗，是指人体在清醒、空腹(饭后12～14h)、 安静而舒适的环境中(室温 20～25℃),无任何体力活动和紧张的思维活动、全身肌肉松弛、消化系统处于 静止状态下的能量消耗，即指人体用于维持体温、心跳、呼吸、各器官组织和细 胞功能等最基本的生命活动的能量消耗。

1)基础代谢率

基础代谢的水平用基础代谢率 (basal metabolic rate,BMR)表示，是指单 位时间内人体单位体表面积 (m²) 或单位体重 (kg) 基础代谢所消耗的能量， 单位为kJ/(m² ·h) 或 kJ/(kg ·h)。基础代谢与体表面积密切相关，体表面积 又与身高体重有密切关系，根据体表面积或体重可以推算出人体一日基础代谢能 量消耗(表3-1,表3-2)。

2)影响基础代谢率的因素

(1)体形与机体构成：相同体重者，瘦高体形的人体表面积大，其基础代谢 率高于矮胖者；人体瘦体组织消耗的能量占基础代谢的70%～80%,这些组织包 括肌肉、心、脑、肝、肾等，所以，瘦体质量大、肌肉发达者，基础代谢水平高。

(2)年龄及生理状态：生长期的婴幼儿基础代谢率高，随年龄增长BMR 下 降， 一般成人低于儿童，老年人低于成年人；孕妇因合成新组织，基础代谢率 增高。

· 40 ·

**表3-1** **人体每小时基础代谢率**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄 | 男 | | | 女 | | 年  龄 | 男 | | | 女 | |
| /岁 | kJ/(m² | ·h) | kcal/(m² ·h) | kJ/(m² ·h) | kcal/(m² ·h) | 岁 | kJ/(m² | ·h) | kcal/(m² ·h) | kJ/(m² ·h) | kcal/(m² ·h) |
| 1 | 221. | 8 | 53.0 | 221.8 | 53.0 | 30 | 154. | 0 | 36.8 | 146.9 | 35.1 |
| 3 | 214. | 6 | 51.3 | 214.2 | 51.2 | 35 | 152. | 7 | 36.5 | 146.9 | 35.0 |
| 5 | 206. | 3 | 49.3 | 202.5 | 48.4 | 40 | 151. | 9 | 36.3 | 146.0 | 34.9 |
| 7 | 197. | 9 | 47.3 | 200.0 | 45.4 | 45 | 151. | 5 | 36.2 | 144.3 | 34.5 |
| 9 | 189. | 1 | 45.2 | 179.3 | 42.8 | 50 | 149. | 8 | 35.8 | 139.7 | 33.9 |
| 11 | 179. | 9 | 43.0 | 175.7 | 42.0 | 55 | 148. | 1 | 35.4 | 139.3 | 33.3 |
| 13 | 177. | 0 | 42.3 | 168.5 | 40.3 | 60 | 146. | 0 | 34.9 | 136.8 | 32.7 |
| 15 | 174. | 9 | 41.8 | 158.8 | 37.9 | 65 | 143. | 9 | 34.4 | 134.7 | 32.2 |
| 17 | 170. | 7 | 40.8 | 151.9 | 36.3 | 70 | 141. | 4 | 33.8 | 132.6 | 31.7 |
| 19 | 164. | 4 | 39.2 | 148.5 | 35.5 | 75 | 138. | 9 | 33.2 | 131.0 | 31.3 |
| 20 | 161. | 5 | 38.6 | 147.7 | 35.3 | 80 | 138. | 1 | 33.0 | 129.3 | 30.9 |
| 25 | 156. | 9 | 37.5 | 147.3 | 35.2 |  |  |  |  |  |  |

资料来源：何志谦.2000.人类营养学

**表3-2** **按体重计算BMR** **的公式**

年龄/岁

BMR/(kcal/d)

SD

r

BMR/(MJ/d)

厂

SD

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 男 |  |  |  |  |  |
| 0~ | 60.9m-54 | 0.97 | 53 0.255m-0.226 | 0.97 | 0.222 |
| 3~ | 22.7m+495 | 0.86 | 62 0.0949m+2.07 | 0.86 | 0.259 |
| 10~ | 17.5m+651 | 0.90 | 100 0.0732m+2.72 | 0.90 | 0.418 |
| 18~ | 15.3m+679 | 0.65 | 151 0.0640m+2.84 | 0.65 | 0.632 |
| 30~ | 11.6m+879 | 0.60 | 164 0.485m+3.67 | 0.60 | 0.686 |
| 60~  女 | 13.5m+487 | 0.79 | 148 0.0565m+2.04 | 0.79 | 0.619 |
| 0~ | 61.0m×51 | 0.97 | 61 0.255m-0.214 | 0.97 | 0.225 |
| 3~ | 22.5m+499 | 0.85 | 63 0.0941m+2.09 | 0.85 | 0.264 |
| 10~ | 12.2m+746 | 0.75 | 117 0.0510m+3.12 | 0.75 | 0.489 |
| 18~ | 14.7m+496 | 0.72 | 121 0.0615m+2.08 | 0.72 | 0.506 |
| 30~ | 8.7m+829 | 0.70 | 108 0.0364m+3.47 | 0.70 | 0.452 |
| 60~ | 10.5m+596 | 0.74 | 108 0.0439m+2.49 | 0.74 | 0.452 |

注；r:相关系数；SD:BMR实测值与计算值之间差别的标准差；m:体重(kg)

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

(3)性别：女性瘦体质量所占比例低于男性，脂肪的比例高于男性，因而同 龄女性基础代谢率低于男性5%～10%。

(4)激素：体内许多腺体所分泌的激素对细胞的代谢及调节具有较大的影 响，如甲状腺素可使细胞内的氧化过程加快，当甲状腺功能亢进时，基础代谢率 明显增高。

(5)季节与劳动强度：基础代谢率在不同季节和不同劳动强度的人群中存在 一定差别， 一般在寒季基础代谢高于暑季；劳动强度高者高于劳动强度低者。

2. 体 力 活 动 的 能 量 消 耗

体力活动的能量消耗是构成人体总能量消耗的重要部分。人体能量需要量的 不同主要体现在体力活动的差别。人体从事各种活动消耗的能量，主要取决于体 力活动的强度和持续时间。体力活动一般包括职业活动、社会活动、家务活动和 休闲活动等，因职业不同造成的能量消耗差别最大。伴随中国经济发展、职业活 动(劳动)强度及条件的改善，已建议将中国人群的劳动强度由5级调整为3 级，即轻、中、重3级(表3- 3),根据不同等级的体力活动水平PAL(physical

activity level) 值可推算出能量消耗量。美国在1989年将职业劳动强度分为休 息、极轻、轻、中和重体力劳动5个等级估算出综合能量指数 IEI(integrative energy index) (表3-4)。

**表3-3** **建议中国成人活动水平分级**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 活动水平 | 职业工作时间分配 | 工作内容举例 PAL  男 女 | |
| 轻 | 75%时间坐或站立  25%时间站着活动 | 办公室工作、修理电器钟表、售货员、酒店服务 1.551.56  员、化学实验操作、讲课等 | |
| 中 | 25%时间坐或站立  75%时间特殊职业活动 | 学生日常活动、机动车驾驶、电工安装、车床操 1.781.64  作、金工切割等 | |
| 重 | 40%时间坐或站立  60%时间特殊职业活动 | 非机械化农业劳动、炼钢、舞蹈、体育运动、装卸、 采矿等 | 2.101.82 |

注：PAL,即24h总能量消耗量除以24h基础代谢

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

**表3-4** **各种活动的能量消耗量**

|  |  |
| --- | --- |
| 活动类别 | 综合能量指数(IEI) |
| 休息  睡眠、躺着 | BMR×1.0 |
| 极轻  坐或站着活动、绘画行业、开车、实验室工作、打字、缝纫、熨衣、烹饪、玩纸 牌、玩乐器 | BMR×1.5 |
| 轻  平地步行(2.5～3.0 km/h)、修车厂工作、供电行业、木工业、酒店业、房屋 清洁、航海、打乒乓球、照颐小孩、打高尔夫球 | BMR×2.5 |
| 中  平地步行(3.5～4.0 km/h)、除草锄地、骑自行车、滑雪、打网球、跳舞 | BMR×5.0 |
| 重  负重上坡、砍树、重体力挖掘、打篮球、爬山、打橄榄球、踢足球 | BMR×7.0 |

注：综合能量指数(IEI):综合能量指数为按规定时间活动的能量消耗量除以同一时期的基础代谢

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

· 42 ·

**3.1.3** **人体能量消耗的测定方法与估算**

能量消耗的测定方法有气体代谢法、双标记水法、活动时间计算法、要因计 算法、心率监测法等。

1. 气体代谢法

呼吸气体分析法常用直接测热法，被测对象在一个密闭的气流循环装置内进 行特定活动，通过测定装置内的氧气和二氧化碳浓度变化，得到氧气的消耗量， 并可求出呼吸商 (respiratory quotient,RQ), 按每升氧气产热可计算出热量消 耗量，又称Douglas袋法。

2. 双标记水法

双标记水法 (DLW) 是让受试者喝入定量的双标记水，在一定时间内(8~ 15d) 连续收集尿样，通过测定尿样中稳定的双标记同位素及消失率，计算能量 消耗量。适用于任何人群和个体的测定，无毒无损伤，但费用高，需要高灵敏 度、准确度的同位素质谱仪及专业技术人员，近年主要用于测定个体不同活动水 平 (PAL) 的能量消耗值。

3. 心率监测法

用心率监测器和Douglas袋法同时测量各种活动的心率和能量消耗量，推算 出心率-能量消耗的多元回归方程，通过连续一段时间(3～7d) 监测实际生活中 的心率，可参照回归方程推算受试者每天能量消耗的平均值。此法可消除一些因 素对受试验者的干扰，但心率易受环境和心理的影响，目前仅限于实验室应用。

4. 活动时间记录法

此法是了解能量消耗最常用的方法。它是通过详细记录每人一天各种活动的 持续时间，然后按每种活动的能量消耗率计算全天的能量消耗量。各种活动的能 量消耗率可以采取他人的测定结果或用直接测定法测定。此法优点是可以利用已 有的测定资料，不需昂贵的仪器和较高的分析技术手段，但影响测定结果的因素 较多，职业外活动记录难以准确，会导致结果有偏差。

5. 要因加算法

要因加算法是将某一年龄和不同的人群组的能量消耗结合他们的BMR 来估 算其总能量消耗量，即应用BMR 乘以体力活动水平PAL 来计算人体能量消耗 量或需要量。能量消耗量或需要量= BMR×PAL。 此法通常适用于人群而不适 于个体，可以避免活动时间记录法工作量大、繁杂甚至难以进行的缺陷。 BMR 可以由直接测量推论的公式计算或参考引用被证实的本地区BMR 资料， PAL 可

· 43 ·

以通过活动记录法或心率监测法等获得。根据一天的各项活动可推算出综合能量 指数，从而推算出一天的总能量需要量。推算出全天的活动水平可进一步简化全 天能量消耗量的计算(表3-3、表3-5)。

**表3-5** **中体力劳动男子的能量需要量**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 活动类别 | 时间/h | 能量/kcal | 能量/kJ |
| 卧床1.0×BMR | 8 | 520 | 2170 |
| 职业活动1.7×BMR  随意活动： | 7 | 1230 | 5150 |
| 社交及家务3.0×BMR  维持心血管和肌肉状况，中度活动不计 | 2 | 390 | 1630 |
| 休闲时间有能量需要4.0×BMR | 7 | 640 | 2680 |
| 总计：1.78×BMR | 24 | 2780 | 11630 |

注：25岁，体重58kg,身高1.6m,BMI22.4, 估计每小时基础代谢的能量消耗的273kJ(65kcal)/h

资料来源：FAO/WHO/UNU report on energy and protein requirement

**3.1.4** **能量代谢失衡**

在食物充足的情况下，正常成人可自动调节并能有效地从食物中摄取自身消 耗所需的能量，以维持人体能量代谢平衡。如果受客观条件及主观因素的影响， 造成能量摄取量长期低于或高于消耗量，人体会处于能量失衡状态，首先反映到 体重的变化，进而发展到影响健康，因此维持能量平衡和理想体重是人体处于良 好营养状态的前提。

1. 体重评价方法

常用评价体重的方法来评价能量平衡，在营养调查中通常将体重、皮褶厚度 或测定脂肪与其他组织的相对构成来综合评价人体的胖瘦程度。常用体质指数 (body mass index,BM1) 评价体重， BMI= 体重 (kg)/ [身高 (m)]², 见 11.3.2节。

2. 能量不足

如果能量长期摄入不足，人体就动用机体储存的糖原及脂肪甚至蛋白质，发 生蛋白质能量营养不良，主要临床表现为消瘦、贫血、神经衰弱、皮肤干燥、脉 搏缓慢、工作能力下降、体温低、抵抗力低，儿童出现生长迟缓等。因贫困及不 合理喂养造成的儿童能量轻度缺乏较为常见。

3. 能量过剩

长期能量摄入过多，会造成人体超重或肥胖，并发血糖升高，脂肪沉积，肝

· 44 ●

脂增加，肝功能下降，出现脂肪肝、糖尿病、高血压、胆结石症、心脑血管疾病 及某些癌症等多种并发症。伴随经济发展和生活水平的提高，能量摄入与体力活 动的不平衡成为肥胖症及慢性病发病率增加的重要原因。控制肥胖的方法是控制 饮食中的能量摄入和增加体力活动量。

**3.1.5** **能量的推荐摄入量及食物来源**

1. 能量的推荐摄入量

能量需要量是指维持机体正常生理功能所需要的能量，即能长时间保持良好 的健康状况，具有良好的体形、机体构成和活动水平的个体达到能量平衡，并能 胜任必要的经济和社会活动所必需的能量摄入。对于孕妇、乳母、儿童等人群， 还包括满足组织生长和分泌乳汁的能量需要。对于体重稳定的成人个体，能有效 自我调节食量摄入到自身需要量，其能量需要量应等于消耗量。能量的推荐摄入 量 (DRI) 与各类营养素的推荐摄入量 (RNI) 不同，它是以平均需要量 (EAR) 为基础，不增加安全量。中国营养学会制定了中国居民膳食能量推荐摄 入量(表3-6)。

**表3-6** **中国居民膳食能量推荐摄入量** (RNI)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄  /岁 | /(MJ/d) | RNI  /(kcal/d) | 年龄  /岁 | RNI  /(MJ/d) /(kcal/d)  男 女 男 女 | | | |
| 男 女 男 女 | | |
| 0～ 0.40 MJ/(kg ·d) 95kcal/(kg ·d) | | | 中体力活动 | 11.30 | 9.62 | 2700 | 2300 |
| 0.5 0.40 MJ/(kg ·d) 95kcal/(kg ·d) | | | 重体力活动 | 13.38 | 11.30 | 3200 | 2700 |
| 1～ 4.60 4.40 1100 1050 | | | 孕妇(4～6个月) |  | +0.84 |  | +200 |
| 2～ 5.02 4.81 1200 1150 | | | 孕妇(7～9个月) |  | +0.84 |  |  |
| 3～ 5.64 5.43 1350 1300 | | | 乳母 |  | +2.09 |  | +500 |
| 4～ 6.06 5.85 1450 1400 | | | 50~ |  |  |  |  |
| 5～ 6.70 6.27 1600 1500 | | | 轻体力活动 | 9.62 | 7.94 | 2300 | 1900 |
| 6～ 7.10 6.70 1700 1600 | | | 中体力活动 | 10.87 | 8.36 | 2600 | 2000 |
| 7～ 7.53 7.10 1800 1700 | | | 重体力活动 | 13.00 | 9.20 | 3100 | 2200 |
| 8～ 7.94 7.53 1900 1800 | | | 60~ |  |  |  |  |
| 9~ 8.36 7.94 2000 1900 | | | 轻体力活动 | 7.94 | 7.53 | 1900 | 1800 |
| 10～ 8.80 8.36 2100 2000 | | | 中体力活动 | 9.20 | 8.36 | 2200 | 2000 |
| 11～ 10.04 9.20 2400 2200 | | | 70~ |  |  |  |  |
| 14～ 12.13 10.04 2900 2400 | | | 轻体力活动 | 7.94 | 7.10 | 1900 | 1700 |
| 18~ | | | 中体力活动 | 8.80 | 7.94 | 2100 | 1900 |
| 轻体力活动 10.04 8.80 2400 2100 | | | 80~ | 7.94 | 7.10 | 1900 | 1700 |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量，北京：中国轻工业出版社

2. 能量的食物来源与构成

能量来源于食物中的碳水化合物、脂肪和蛋白质，按照等能定律，从能量供 给上讲，3种物质比例的变化并不影响能量的摄取，可以在一定程度上相互代 替。 1g碳水化合物=0.45g脂肪= lg 蛋白质，因而在特殊情况下可以摄取一种 或两种，这也是制造特殊食品的重要依据。不同营养素有其各自特殊的生理作 用，长期摄取单一会造成营养不平衡，影响健康。 一般条件下，碳水化合物是主 要能量来源，其次是脂肪，蛋白质的主要作用不是供能。 一般建议成人的碳水化 合物占能量的55%～65%、脂肪占20%～30%、蛋白质占11%～15%。

碳水化合物、脂类和蛋白质广泛存在于各类食物中。粮谷类和薯类含碳水化 合物较多，是中国膳食能量主要来源；油料作物中富含脂肪，大豆和坚果类含丰 富的油脂和蛋白质，是膳食能量辅助来源之一；蔬菜、水果含能量较少。动物性 食品含较多的动物脂肪和蛋白质，也是膳食能量的重要构成部分。从能量合理摄 入的角度，采用以植物性食物为主的膳食，并与动物性食物相平衡，避免经常性 的高能量高脂肪膳食是必要的。在能量满足的前提下，保证三大能量营养素摄人 的恰当比例。

3.2 碳水化合物

碳水化合物 (carbohydrate) 是人类能量的最经济和最重要的来源。随着营 养学研究的深入，人们对碳水化合物生理功能的认识，已经从“提供能量”扩展 到调节血糖、降低血脂、改善肠道细菌等更多的方面，对碳水化合物分类学及其 与慢性病的关系也有了较多的研究成果，这些成果不断地丰富着人类对碳水化合 物营养作用的认识和理解。

**3.2.1** **食物中碳水化合物的种类**

1998年FAO/WHO 按照碳水化合物的聚合度 (DP) 将其分为糖、低聚糖

和多糖3类(表3-7)。

**表3-7** **主要的膳食碳水化合物**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分类(DP) | 亚组 | 组成 |
| 糖(1～2) | 单糖  双糖  糖醇 | 葡萄糖、半乳糖、果糖  蔗糖、乳糖、海藻糖  山梨醇、甘露糖醇 |
| 低聚糖(3～9) | 异麦芽低聚寡糖  其他寡糖 | 麦芽糊精  棉籽糖、水苏四糖 |
| 多糖(≥10) | 淀粉  非淀粉多糖 | 直链淀粉、链淀粉、变性淀粉  纤维素、半纤维素、果胶、水凝胶等 |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

· 46 ·

1.糖

根据碳水化合物的分子结构，糖包括单糖 (monosaccharide)、 双糖 (disac- charide) 和糖醇类。食物中的单糖主要有葡萄糖、半乳糖和果糖；食物中常见 的双糖有蔗糖、乳糖和麦芽糖等；糖醇是单糖还原后的产物，如山梨醇、甘露糖 醇等。

1)葡萄糖

葡萄糖 (glucose) 是机体吸收、利用最好的单糖。在天然食品中，葡萄糖 很少以单糖的形式存在，通常与葡萄糖或其他单糖结合成二糖、寡糖和多糖，如 蔗糖、淀粉等。

2)半乳糖

半乳糖 (galactose) 是乳糖的重要组成成分，很少以单糖的形式存在于食品 之中。半乳糖吸收后在肝脏内转变成肝糖，然后分解为葡萄糖被机体利用。

3)果糖

果糖 (fructose) 多存在于水果中，蜂蜜中含量最高。果糖的代谢不受胰岛 素的制约，因此糖尿病人可食用果糖，但大量食用也可产生不良反应。果糖的甜 度很高，是常用碳水化合物中最甜的物质。

4)蔗糖

蔗糖 (sucrose)是由一分子的葡萄糖和一分子的果糖结合后，失去一分子 水形成的。蔗糖广泛分布于植物中，尤以甘蔗和甜菜中含量最高，是食品工业中 最重要的甜味剂。

5)乳糖

乳糖 (lactose) 是哺乳动物乳汁的主要成分，人乳中乳糖的含量约为7%, 牛乳中约为5%。乳糖作为婴儿食用的主要碳水化合物，能够保持肠道中最合适 的菌群数量，并能促进钙的吸收，故常在婴儿食品中添加适量的乳糖。

6)麦芽糖

麦芽糖 (maltose) 是由两分子葡萄糖构成的， 一般植物中含量很少。食品 工业所用的麦芽糖主要是经淀粉酶水解得到的。

7)山梨醇

工业上以羟化葡萄糖来制造山梨醇 (sorbitol)。 山梨醇在体内转变成果糖， 对血糖的影响比葡萄糖小得多，因此山梨醇可作为甜味剂用于糖尿病人的食 品中。

2. 低聚糖

低聚糖即寡糖 (oligosaccharide), 是由3～9个单糖构成的一类小分子多糖。 有许多低聚糖具有重要生理功能，比较重要的低聚糖是存在于豆类食品中的棉籽

· 47 ·

糖 (raffinose) 和水苏糖 (stachyose)。

3. 多糖

由10个以上的单糖组成的大分子糖称为多糖，包括淀粉和非淀粉多糖。营 养学上起重要作用的多糖主要有3种：糖原、淀粉和非淀粉多糖。

1)糖原

糖原 (glycogen) 也称动物性淀粉，是葡萄糖在动物及人体内储存的主要形 式。人体内的糖原约有1/3存在于肝脏，2/3存在于肌肉中。肝脏中储存的糖原 可维持正常的血糖浓度，肌肉中的糖原可提供肌肉运动所需要的能量。

2)淀粉

淀粉 (starch) 是由单一的葡萄糖分子组成的，根据其结构可分为直链淀粉 (amylose) 和支链淀粉 (amylopectin)。 直链淀粉易老化，支链淀粉易糊化，糊 化后的淀粉消化吸收率显著提高。

3)非淀粉多糖

非淀粉多糖指淀粉以外的多糖，主要有纤维素、半纤维素、果胶等，是膳食 纤维的主要组成成分(见第5章),非淀粉多糖中有许多具有生理调节功能的多 糖(见3.2.3节)。

**3.2.2** **碳水化合物的生理功能**

碳水化合物的主要生理功能是提供能量，随着人类对碳水化合物研究的不断 深入，对其功能的认识也在逐渐扩大。

1. 提供和储存能量

维持人体健康所需要的能量中，55%～65%由碳水化合物提供。碳水化合物 在体内消化后，主要以葡萄糖的形式吸收，人体所有组织细胞都含有能直接利用 葡萄糖产热的酶类，葡萄糖最终的代谢产物为二氧化碳和水，每克葡萄糖可产热 16.7kJ(4kcal)。 葡萄糖是一切系统，特别是神经系统最主要的能量来源，大脑 活动靠糖的有氧氧化供热，血糖的2/3被大脑消耗。肌肉和肝脏中的糖原是碳水 化合物的储能形式，能满足机体肌肉活动、红细胞、脑和神经组织对能量的 需要。

2. 构成机体的重要物质

碳水化合物是构成机体的重要物质，并参与细胞的多种活动。糖和脂肪形成 的糖脂是细胞膜和神经组织的重要成分，糖与蛋白质结合形成的糖蛋白是抗体、 酶、激素、核酸的组成部分，具有重要的生理功能。

· 48 ·

3. 节约蛋白质作用

机体需要的能量主要由碳水化合物提供，当膳食中碳水化合物供应不足时， 机体就通过糖原异生作用产生葡萄糖，以满足机体对葡萄糖的需要，因此当摄入 充足的碳水化合物时，可以节省体内蛋白质或其他代谢物的消耗，使氮在体内的 储备增加。

4. 抗生酮作用

脂肪在体内的正常代谢需碳水化合物参与，其代谢产物乙酰基需与葡萄糖的 代谢产物草酰乙酸结合进入三羧酸循环，才能彻底氧化。若碳水化合物不足，脂 肪氧化不完全，会产生过量的酮体(丙酮、乙酰乙酸等),导致酮血症，因此足 量的碳水化合物具有抗生酮作用。

5. 解毒作用

肝糖原充足可增强肝脏对某些有害物质如细菌毒素的解毒作用，糖原不足时 机体对酒精、砷等有害物质的解毒作用减弱，葡萄糖醛酸直接参与肝脏解毒。

6. 促进肠道健康

非淀粉多糖类，如纤维素、果胶、抗性淀粉和功能性低聚糖等，不能在小肠 消化吸收，但可刺激肠道蠕动，诱导结肠正常菌群生长，有助于肠道健康。

**3.2.3** **功能性低聚糖**

功能性低聚糖 (functional oligosaccharide) 的提出原是相对普通低聚糖而言 的，是指不被肠道内消化酶所消化，可被肠道内细菌发酵分解，并具调节人体生 理功能的低聚糖。

1. 功能性低聚糖的生理功能

不同的功能性低聚糖的生理作用有所不同，总的来说，功能性低聚糖的生理 作用可概括为以下几个方面：

1)改善肠道功能、预防疾病

人体试验表明，摄取功能性低聚糖可使双歧杆菌增殖，抑制有害细菌。双歧 杆菌发酵低聚糖产生短链脂肪酸(乙酸、丙酸、丁酸、乳酸等)和一些抗菌素物 质，抑制外源致病菌和肠内固有腐败菌的生长繁殖，双歧杆菌素 (bifidin) 能有 效地抑制志贺氏杆菌、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌和一些其他微生 物。体内和活体外粪便培养试验表明，摄入功能性低聚糖可有效地减少有毒发酵

产物及有毒细菌酶的产生，减少肠内有害细菌的数量，进而抑制病原菌和腹泻。 大量的短链脂肪酸刺激肠道蠕动，增加粪便湿润度并保持一定的渗透压，从而防 止便秘发生。功能性低聚糖不能被口腔微生物特别是突变链球菌利用，不能被口 腔酶液分解，因而能预防龋齿。

2)生成并改善营养素的吸收

双歧杆菌在肠道内能合成少量的维生素B₁ 、维生素 B2、维生素 Bs、维生素 B₂ 、 烟酸和叶酸。双歧杆菌能发酵乳品中的乳糖使其转化为乳酸，解决了部分 人对乳糖的不耐受性问题，同时增加了水溶性可吸收钙的含量，使乳品更易消化 吸收。

3)热值低，不引起血糖升高

功能性低聚糖很难或不被人体消化吸收，所提供的能量值很低或根本没有， 能满足喜爱甜品的糖尿病人、肥胖病人、低血糖病人及控制体重者的需要。

2. 主要的功能性低聚糖

目前已发现或能够获得的功能性低聚糖有很多种，如低聚果糖、低聚木糖、 低聚半乳糖、低聚异麦芽糖、低聚乳果糖、低聚龙胆糖、帕拉金糖和乳酮糖等。 1)低聚果糖

低聚果糖 (fructooligosaccharide) 又称果糖低聚糖或寡果糖，是在蔗糖分 子的果糖残基上结合1～3个果糖的寡糖，其黏度、保湿性及在中性条件下的热 稳定性等接近于蔗糖，水储留特性稍强于蔗糖。低pH 稳定，耐热。低聚果糖也 存在于日常食用的蔬菜、水果中，如牛劳、洋葱、大蒜、黑麦和香蕉等。芦笋、 小麦、大麦、黑小麦、蜂蜜、番茄等也含有一定量。由于吸收较差，食用后可能 发生胃肠胀气。

2)低聚半乳糖

低聚半乳糖 (galactooligosaccharide) 是在乳糖分子的半乳糖一侧连接1～4 个半乳糖，属于葡萄糖和半乳糖组成的杂低聚糖。对热、酸有较好的稳定性，有 很好的双歧杆菌增殖活性。

3)低聚乳果糖

低聚乳果糖 (lactosucrose) 是以乳糖和蔗糖(1:1)为原料，在节杆菌产 生的β呋喃果糖苷酶催化作用下，将蔗糖分解产生的果糖基转移至乳糖还原性末 端的C₁—O)H 上，生成半乳糖基蔗糖即低聚乳果糖。甜味特性接近于蔗糖，甜度 约为蔗糖的70%。其双歧杆菌增殖活性高于低聚半乳糖、低聚异麦芽糖。

4)低聚异麦芽糖

低聚异麦芽糖 (isomaltooligosaccharide) 又称分支低聚糖 (branching oliogosaccharide),是指葡萄糖以α-1,6糖苷键结合而成的单糖数2～5个不等的 一类低聚糖，有异麦芽三糖、四糖、五糖等，随聚合度增加，其甜度降低甚至消

· 50 ·

失。有良好的保湿性，能抑制食品中淀粉回生、老化和析出。在自然界极少以游 离状态存在，而主要作为支链淀粉、右旋糖和多糖等的组成成分。

5)大豆低聚糖

典型的大豆低聚糖 (soybean oligosaccharide) 是从大豆籽粒中提取的可溶 性低聚糖的合称，主要成分为水苏糖 (stachyose)、 棉籽糖 (raffinose) 和蔗糖。 水苏糖和棉籽糖都是由半乳糖、葡萄糖和果糖组成的支链杂低聚糖，是在蔗糖的 葡萄糖基一侧以α-1,6糖苷键连接1或2个半乳糖而成。其甜味特性接近蔗糖， 甜度约为蔗糖的70%,能量值为蔗糖的1/2。大豆低聚糖广泛存在于各种植物 中，以豆科植物含量居多。除大豆外，豇豆、扁豆、豌豆、绿豆和花生中均有 存在。

6)其他功能性低聚糖

其他功能性低聚糖还有异麦芽酮糖 (isomaltulose)、 低聚木糖(xylooligo- saccharide) 等。异麦芽酮糖又称帕拉金糖 (palatinose),化学名6-Oa-D- 吡喃葡 糖基-D-果糖，与蔗碳水化合物似的甜味特性，甜度是蔗糖的42%。大多数的细 菌和酵母菌不能发酵利用异麦芽酮糖，因而它具有特殊的生理活性及很低的致龋 齿性。低聚木糖是由2～7个木糖以β1,4糖苷键结合而成的低聚糖。工业上一 般以富含木聚糖的玉米芯、蔗渣、棉籽壳和麸皮等为原料，通过木聚糖酶水解分 离精制而得。其甜度约为蔗糖的40%,耐热、耐酸，在人体内难以消化，具有 极好的双歧杆菌增殖活性。

**3.2.4** **功能性多糖**

功能性多糖 (functional polysaccharide) 也称活性多糖，指具有调节人体生 理功能的非淀粉多糖。功能性多糖有纯多糖、杂多糖之分。纯多糖一般为由10 个以上单糖通过糖苷键连接起来的纯多糖链；杂多糖也称复合多糖，除含多糖链 外往往还含有肽链、脂类等成分。各种研究表明，功能性多糖具有多方面的生理 功能。

1. 功能性多糖的生理功能

不同的活性多糖可能具有不同的生理功能，或者在同一种生理功能调控方面 表现的生物活性不同。目前，对活性多糖所发现的功能主要有以下方面。

1)免疫调节作用

多糖最为突出而普遍的功能就是其对机体免疫功能的加强。多糖主要通过以 下一条或几条途径而发挥促进免疫功能：①提高巨噬细胞的吞噬能力，诱导白细 胞介素1 (II-1) 和肿瘤坏死因子 (TNF) 的生成，具有这种免疫促进功能的多 糖有香菇多糖、黑柄炭角多糖、裂祠菌多糖、细菌脂多糖、牛膝多糖、商陆多 糖、树舌多糖、海藻多糖等；②促进 T 细胞增殖，诱导其分泌白细胞介素2

· 51 ·

(ⅡL-2), 具有这类免疫促进功能的多糖有中华猕猴桃多糖、猪苓多糖、人参多 糖、刺五加多糖、枸杞子多糖、芸芝多糖、香菇多糖、灵芝多糖、银耳多糖、商 陆多糖I、黄芪多糖等；③促进淋巴因子激活的杀伤细胞 (LAK) 活性，这类多 糖有枸杞子多糖、黄芪多糖、刺五加多糖、鼠伤寒菌内毒素多糖等；④提高B 细胞活性，增加多种抗体的分泌，加强机体的体液免疫功能，这类多糖有银耳多 糖、香菇多糖、褐藻多糖、苜蓿多糖等；⑤通过不同途径激活补体系统，有些多 糖是通过替代通路激活补体的，有些则是通过经典途径，这类多糖有酵母多糖、 裂祠菌多糖、当归多糖、茯苓多糖、酸枣仁多糖、车前子多糖、细菌脂多糖、香 菇多糖等。

2)抗病毒功能

研究表明，许多多糖对各种病毒如艾滋病毒 (HIV-1)、 单纯疱疹病毒、巨 细胞病毒、流感病毒、囊状胃炎病毒、劳斯肉瘤病毒和鸟肉瘤病毒等有抑制作 用。多碳水化合物可通过类似的免疫调节机制增强宿主免疫功能，以抵抗病原体 的侵袭。如：香菇多糖对泡状口炎病毒感染有显著治疗和预防作用，对阿伯耳氏 病毒和十二型腺病毒感染也有效，其抗病毒作用与诱生干扰素和提高NK 活性有 关；酿酒酵母葡聚糖能增强宿主对鼠肝炎病毒的抵抗力，使肝细胞坏死病变明显 减轻，对单纯疱疹病毒、委内瑞拉马脑脊髓炎病毒和RiftValley热病毒也有抵抗 作用；甘草多糖对水疱性口炎病毒 (VSV)、 腺病毒I 型 (ADV1)、 单纯疱疹病 毒 (HSV-1) 和牛痘病毒 (VV) 均有明显抑制作用。多碳水化合物悬浮在体液 中，可引诱吸附病原体，阻止其与健康细胞结合，达到抗病毒作用。硫酸化多糖 能直接与HIV-1 包膜上的糖蛋白gpl20 分子结合，从而对gpl20 起到“遮盖效 应”,干扰 HIV-1 对 CD4+ 细胞株的吸附作用，消除了 HIV 引起的细胞病变。 HIV 引起的合胞体形成是由于感染HIV-1 细胞与未感染 HIV-1 的 T 细胞表面结 合，而硫酸化多糖也能有效抑制合胞体形成。

3) 抗肿瘤功能

就多糖的抗肿瘤作用而言，可将抗肿瘤多糖分为两大类： 一类是具有细胞毒 性的多糖直接杀死肿瘤细胞，这类多糖有牛膝多糖、茯苓多糖、刺五加多糖、银 耳多糖、香菇多糖、芸芝多糖等；第二类抗肿瘤活性多糖是作为生物免疫反应调 节剂，通过增强机体的免疫功能而间接抑制或杀死肿瘤细胞的。如前所述，多糖 不仅能激活T 细胞、 B 细胞、巨噬细胞、自然杀伤细胞、杀伤性T 细胞、淋巴 因子激活的杀伤细胞 (LAK) 等免疫细胞，还能促进白细胞介素-1、白细胞介 素-2、肿瘤坏死因子 (TNF) 和干扰素 (IFN) 等细胞因子的生成，调节抗体和 补体，也就是常说的宿主介导抗肿瘤活性。此外，有研究者对地黄多糖抗肿瘤功 能进行系统研究时发现，1000～2000U 的低分子质量的地黄多糖可使 Lewis 肿 瘤细胞内的 D53 基因表达明显增强，从而引发 Lewis 肺癌细胞的程序性死亡， 这可能是多糖抗肿瘤作用的又一新途径。

· 52 ·

4)降血糖、降血脂功能

各种研究表明，很多种多糖具有降血糖、降血脂的功能，并被用于糖尿病及 心血管疾病的预防及治疗研究。据报道，从人参 (Panax ginseng) 中提取的5 种多糖A、B、C、D、E, 在动物实验中均表现了随剂量加大而降血糖作用增 强。从知母 (Anemarrhena asphodeloides) 中获得的多糖同样具有降低血糖的 作用，其中知母多糖 B 可维持24h 的作用。同时，有研究者从冬虫夏草菌 (Cordyceps sinensis) 培养菌丝体的热水提取物中纯化出一种多糖CS-F10, 发现 该多糖能够通过增强葡萄糖激酶活性，加速葡萄糖的代谢，并且抑制肝葡萄糖的 输出，从而达到降低血糖作用。具有降血糖作用的多糖还有桑多糖、灵芝多糖、 乌头多糖、紫草多糖、双蕙黄麻多糖、苍术多糖等。

多糖不仅能够降血糖，而且具有降血脂的功能。如类肝素，结构与肝素类 似，能促进脂蛋白脂肪酶释放，使血液中大分子的脂质分解成小分子，因而对血 脂过多引起的血清浑浊有澄清作用，也能明显降低血胆固醇。硫酸软骨素 A (chondrotin sulfate A) 也能使血清澄清，临床能较好降低高血脂患者血清胆固 醇、甘油三酯，减少冠心病患者发病率和死亡率。此外，多种动物研究表明，果 胶、海带多糖、褐藻多糖等也可使血胆固醇降低，并能减少主动脉粥样斑块的形 成及发展。

5)其他功能

除了上述的生理功能外，多糖还具有多种生物活性，如抗凝血功能(肝素 等)、抗炎作用(银杏多糖等)、抗溃疡(白芨葡萄糖甘露聚糖组成的白芨胶 等)等。

2. 各种功能性多糖

根据来源的不同，多糖也可分为植物多糖、动物多糖及微生物多糖(包括细 菌多糖和真菌多糖)。目前，对香菇、灵芝、银耳、金针菇等真菌多糖，茶叶、 人参、黄芪、魔芋、枸杞等植物多糖以及肝素和透明质酸等动物多糖的研究已取 得一定的进展。

1)真菌活性多糖

真菌活性多糖是存在于香菇、金针菇、银耳、灵芝、蘑菇、黑木耳、肉苁 蓉、茯苓、猴头菇、虫草等食用或药用真菌中的某些多糖组分。

a.香菇多糖

香菇多糖 (Lentinus edodes polysaccharides) 为一种 βD- (1→3) 葡萄糖残 基为主链，侧链为(1→6)葡萄糖残基的葡聚糖。重复结构单位一般含有7个葡 萄糖残基，其中两个残基在侧链上，经X 衍射分析，香菇多糖的立体结构为右 手三度螺旋，晶格为六角形。香菇多糖为白色粉末状固体，对光和热稳定，在水 中最大溶解度为3 mg/mL。 能溶解于0.5mol/L NaOH,溶解度可达50~

· 53 ·

100mg/ml, 不溶于甲醇、乙醇、丙酮等有机溶剂中。香菇多糖除了作为抗肿瘤 药物在临床上应用外，还有许多其他作用如抗辐射、抗糖尿病等。1990年日本 还专门报道了作为眼球晶体疾病并发症如眼内晶体纤维蛋白沉淀及青光眼的防治 药。静脉注射1mg 的香菇多糖，可显著地预防老年白内障和糖尿病引起的视网 膜病的并发症发生。临床证明，香菇多糖还能显著地防止经链霉素、利福平治疗 后肺结核的复发。最近几年还报道香菇多糖的衍生物可作为治疗艾滋病的药物。

b. 灵芝多糖

灵芝多糖 (Ganoderma lucidum polysaccharide,GLP) 是多孔菌科灵芝属真 菌菌丝体的次生代谢产物，存在于灵芝属真菌的菌丝体和子实体中，是灵芝最有 效的成分之一，由 L-岩藻糖、 D-半乳糖、 D-甘露糖、 D-木糖和 βD-葡聚糖等组 成。研究表明，灵芝多糖具有抗肿瘤作用，还能提高机体免疫力、消除机体内自 由基、抗放射、提高肝脏解毒功能、利胆清热、活血化瘀。其中抗肿瘤作用被认 为是最引人注目也是最具应用前景的。目前的药理研究一般认为灵芝多糖主要是 通过调节机体免疫功能而达到抗肿瘤的目的。也有研究者发现，灵芝多糖在体外 也具有一定的抑制肿瘤细胞增殖的活性，尤其对人鼻咽癌细胞 (KB)、 人胃癌细 胞 (BGC)、 人黑色素瘤细胞 (B₁₆) 的增殖具有直接抑制作用，且对KB 细胞、 B₁₆ 细胞的抑制呈剂量依赖性。

c. 虫草多糖

冬虫夏草 (Cordyceps sinensis) 是我国特有名贵中药材，其中的虫草多糖 是虫草当中含量最高的活性成分。虫草多糖是一种高分支的杂多糖，单糖组成主 要包括葡萄糖、甘露糖以及半乳糖等，糖链中甘露糖、半乳糖残基出现的频率高 于葡萄糖残基。有报道，在对蛹虫草多糖的结构鉴定时发现，该虫草多糖的单糖 组分为半乳糖：甘露糖=6:5,并含少量蛋白高度分支，以β(1 →2)连接的甘 露糖为主干，支链由较大量的β(1→6)半乳糖和较大量的β(1→2)呋喃半乳糖 构成，分别连接在主干的O4 和 O6 上。大量的研究已表明，虫草多糖不仅具有 抗肿瘤、降糖、抗放、抗肝纤维化作用，还能提高免疫功能及治疗肝的病毒性感 染。从最近报道的资料显示，虫草多糖能有效地治疗肝病，尤其是肝纤维化，它 与公认具有较好效果的抗纤维化药物秋水碱疗效相似且安全。此外，从国外的临 床资料报道显示，将虫草多糖结合其他真菌中提取的多糖，能有效地治疗肝的病 毒性感染。我国科学工作者自20世纪七八十年代开始对冬虫夏草多糖的分子进 行鉴定和生理活性研究，现已实现深层发酵生产，但有关其生物活性的具体作用 机制尚在开展进一步的研究。

d. 其他真菌多糖

大多数真菌活性多糖具有免疫调节功能，如香菇、黑木耳、银耳、灵芝、茯 苓、猴头菇、竹荪、肉苁蓉等。作为免疫增强剂，大部分真菌多糖也有较强的抗 肿瘤活性，表现为对肿瘤发生的预防和对已产生肿瘤细胞的杀伤作用。研究表

· 54 ·

明：银耳多糖可明显降低小鼠心肌组织的脂褐质含量，增加小鼠脑和肝脏组织中 的超氧化物歧化酶 (SOD) 活力；云芝多糖可增强巨噬细胞谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 的活性，同时还具有清除超氧阴离子、羟自由基、过氧化氢及其他 活性氧的作用；木耳多糖有降血脂、抗血栓、降血糖的作用；另外，鸡腿菇多 糖、猴头菇多糖等也表现出良好的降糖效果。

2)植物多糖

研究发现，茶叶、苦瓜、魔芋、莼菜、刺梨、大蒜、萝卜、薏仁、甘蔗、鱼 腥草、甘薯叶、人参、刺五加、黄芪、黄精等植物中均含有活性多糖。

a.茶叶多糖

茶叶多糖全称为茶叶多糖复合物 (tea polysaccharide complex,TPC), 是 一种酸性杂多糖。溶于水，在有机溶剂中溶解度很小，可用乙醇、丙酮、乙酸乙 酯、乙醚等有机溶剂进行提取。 TPC 的组成较为复杂，除包括五碳、六碳单糖 外，还可能缀合有蛋白质、无机元素等配体。并且不同品种茶叶的单糖组成会有 所不同，据报道，有些TPC 中单糖主要为甘露糖、果糖、鼠李糖、岩藻糖、阿 拉伯糖；也有些 TPC 中单糖主要为葡萄糖、木糖、半乳糖、阿拉伯糖、核糖、 半乳糖醛酸。研究表明， TPC 具有许多生理活性功能，能够提高机体免疫力， 具有抗辐射、治疗心血管疾病及强烈抑制肿瘤的作用。同时， TPC 还有降血脂、 抗凝血、抗血栓、提高冠状动脉血流量、耐缺氧及降血压等功能。此外，茶叶多 糖在治疗糖尿病方面尤为突出，能有效阻止血糖升高。据报道，糖尿病患者餐后 服用茶叶多糖饮剂(含TPS 45mg/200mL)2周，发现血清中血糖含量和血清糖 基化血红蛋白值显著下降，且病人血清中胆固醇和甘油三酯含量也下降。

b.枸杞多糖

枸杞多糖 (Lycium barbarum polysaccharide,LBP) 以阿拉伯糖、鼠李糖、 木糖、甘露糖、半乳糖、葡萄糖与半乳糖醛酸组成的酸性杂多糖同多肽或蛋白质 构成的复合多糖为主，还含有中性杂多糖和葡聚糖同多肽或蛋白质构成的复合多 糖。复合多糖中的糖链呈多分枝的复杂结构，肽链的氨基酸含量在5%～30%之 间。药理实验表明， LBP 为枸杞子中主要的活性成分，具有增加机体免疫力、 降血糖、降血脂、抗疲劳、抗肿瘤、保肝及保护生殖系统等方面的作用。其中， LBP 较强的细胞保护作用和免疫活性是其他药理作用的基础。近期的研究表明， LBP 能够有效地降低老年大鼠T 细胞的过度凋亡，而且下调促凋亡的 TNFRI

基因 mRNA 表达，并上调抗凋亡的Bcl-2基 因mRNA 表达，从而改善老年大鼠 T 细胞过度凋亡的状态。

c.魔芋多糖

魔芋多糖又叫魔芋葡甘聚糖 (konjac glucomannan,KGM),是从魔芋球茎

中加工提取的中性杂多糖，由 βD-葡萄糖和 βD-甘露糖以一定摩尔比以β(1→4) 糖苷键结合构成，在主链某些糖残基的C3 位上存在着通过β1,3键结合的支链

· 55 ·

结构，还含有少量以酯键与糖残基结合的乙酰基。 KGM 是一种优良的功能性食 品和医药用品基料，具有亲水性、增稠性、胶凝性、黏结性、成膜性、低热值等 多种特性。据报道， KGM 能够延缓葡萄糖的吸收，有效减轻因餐后血糖升高而 导致的胰脏负担，使糖尿病患者的糖代谢处于良性循环；同时， KGM 具有降血 脂、整肠、减肥等功能。

d.其他植物多糖

多种植物中都含有具有生物活性的多糖。如苦瓜多糖不仅是一种特异性免疫 促进剂，而且具有降血糖、降血脂和降胆固醇等生理功能；余甘多糖可清除自由 基，具有抑制脂质过氧化作用；大枣多糖不仅具有清除自由基的作用，体外实验 表明还可增强小鼠腹腔巨噬细胞的细胞毒作用，诱导肿瘤坏死因子-a、 白细胞介 素-1以及一氧化氮的产生；甘薯多糖有显著的抗突变作用；猕猴桃多糖具有抗 肿瘤作用；甘蔗多糖、石榴多糖、番石榴多糖可降血糖；黑豆多糖对 H₂O₂ 、 O₂ 、OH\* 有清除作用等。其他具有开发潜力的果蔬多糖还有荔枝多糖、槟榔多 糖、枇杷多糖和龙眼多糖等。

3)动物多糖

a.肝素

肝素 (heparin) 是一类糖胺聚糖，与蛋白结合大量存在于肝脏之中，其他 器官和血液中也有。肝素是由糖醛酸和葡萄糖胺以(1→4)键连接起来的重复二 糖单位组成的多糖链的混合物。含10～30个二糖单位不等，相对分子质量约为 3000～20000,2-O- 硫酸α-L 艾杜糖醛酸及6-O 硫 酸N-硫酸α-D 葡萄糖胺是其 中的主要单糖，由它们组成的三硫酸二糖的重复单位构成了肝素的所谓“规则 区”,是肝素结构的主要部分，另外的单糖残基还有如 αL-艾杜糖醛酸、6-O-硫 酸-N- 乙酰α-D 葡萄糖胺、 βD-葡萄糖醛酸及3,6-双O 硫 酸N- 硫酸α-D-葡萄糖 胺等。与此相对应的是其多种生物学功能。除了经典的抗凝血及其相关的抗血栓 生成以外，肝素还具有抗平滑肌细胞增殖、抗炎症、抗肿瘤及抗病毒等功能，并 且这些生物活性同抗凝活性无关，而同肝素的特异结构密切相关。如肝素通过加 速抗凝血酶AT-III与凝血酶的反应速度来实现其抗凝血功能，而其中独特的五 糖序列起到关键作用。需要说明的是，不同相对分子质量范围的肝素，以及携带 不同取代基团(硫酸基、乙酰基等)或者相同的取代基但取代的位置不同，均可 导致肝素的生物活性的不同。

b. 硫酸软骨素

硫酸软骨素 (chondroitin sulfate,CS) 是动物组织的基础物质，主要存在 于鸡皮、鱼翅、鲑头和鸡等软骨内，用以保持组织的水分和弹性。硫酸软骨素是 一种酸性黏多糖——糖胺聚糖，有多种异构体，目前药用的主要是A 和 C 异构 体，它们均由D-葡萄糖醛酸、 N- 乙酰-D-氨基半乳糖硫酸酯为单位组成。按化学 组成和结构的差异，又可将硫酸软骨素分为A、B、D、E、F、H 等多种，其中

· 56 ·

B、F、H 分子中含有I-艾杜糖醛酸。 一般硫酸软骨素约含50～70个双糖基本单 位。分离提取出的硫酸软骨素为白色粉末，无臭无味，吸水性强，易溶于水而成 黏度大的溶液，不溶于乙醇、丙酮和乙醚等有机溶剂，其盐类对热较为稳定。和 肝素相似，硫酸软骨素可用以降血脂，改善动脉粥样硬化症状。同时，硫酸软骨 素还消除皱纹，有助于保持皮肤细腻、有弹性。另据报道，硫酸软骨素可治疗牛 皮癣、减轻关节炎疼痛，而鲨鱼硫酸软骨则被用于治疗和预防癌症。

c.透明质酸

透明质酸 (hyaluronic acid,HA) 又名玻璃糖醛酸，是动物组织的填充物 质，主要存在于眼球玻璃体、关节液和皮肤等组织中作为润滑剂和撞击缓冲剂， 并有助于阻滞入侵的微生物及毒性物质的扩散。 HA 是一种酸性黏多糖，其分子 结构是由N-乙酰葡萄糖胺通过β(1→4)和β(1→3)糖苷键反复交替连接而成。相 对分子质量在10万～400万之间。分子中两种单糖即 βD-葡萄糖醛酸和N- 乙酰 氨基-D 葡萄糖胺按1:1的摩尔比组成。 HA 具有许多生物活性功能，除了具有 很强的保湿、持水功能以及作为生物医学材料外，它还具有减轻关节炎、关节疼 痛、调节关节功能的作用。

4)海洋生物多糖

根据多糖来源的特殊环境，有研究者将从海洋生物中分离、提取的多糖称为 海洋生物多糖。海洋生物是一个庞大生物类群，包括了海洋植物、海洋动物及海 洋微生物。海洋生物多糖种类繁多，其中许多表现出明显的生理活性。目前的研 究工作多集中在大型海洋藻类多糖及棘皮动物和贝类动物多糖方面。如：螺旋藻 多糖是从蓝藻中的钝顶螺旋藻分离提取的多糖，对肿瘤细胞有一定的抑制和杀伤 作用，而对正常细胞基本上无影响，并有很好地抗缺氧、抗衰老、抗疲劳、抗辐 射及提高机体免疫的功能；卡拉胶为某些产于海洋的红藻的主要糖聚物，是一种 线型半乳聚糖，在临床试验中发现卡拉胶能缓解约一半溃疡病人的病症；褐藻胶 来源于海藻中的褐藻，褐藻酸盐有降血脂、降血糖作用，已作为肥胖病人、糖尿 病人食品的添加成分。有研究报道，褐藻胶在体外可诱导小鼠白细胞介素-1和 丙型干扰素产生，体内给药可增强T 细胞、 B 细胞、巨噬细胞和NK 细胞的功 能，促进对绵羊红细胞的初次抗体应答。褐藻胶还有排铅解毒作用，对体内沉积 的铅有促进排出的功效，而不大影响钙磷的代谢平衡。

**3.2.5** **碳水化合物参考摄入量与食物来源**

1. 膳食参考摄入量

由于体内有些营养素可转变为碳水化合物，因此其适宜需要量尚难确定。不 过，膳食中碳水化合物过少，可造成膳食蛋白质的浪费，组织蛋白质和脂肪分解 增强等。若其比例过高，势必引起蛋白质和脂肪摄入的减少，也对机体造成不良

· 57 ·

后果。许多国家将其供应量定为占膳食所提供能量的50%～65%(表3-8)。

**表3-8** **各国膳食碳水化合物摄入量的建议值**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 国家和组织 | 年份 | 占热量的百分比 | 谷类 | 摄入量(8.4MJ) 蔬菜水果 | 糖 |
| 日本  美国  英国  加拿大  法国  捷克  荷兰  WHO | 1992  1992  1995  1990  1993  1998 | 50%  > 55%  >55%  50%～55%  60%～65%  55%  55% | 350g 6～11份 | 450g  3～5份 | 50g  少量 |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

我国2000年制定的膳食碳水化合物的适宜摄入量 (AI) 为占膳食所提供能 量的55%～65%,这些碳水化合物应包括淀粉、非淀粉多糖和低聚糖等。还应 限制纯能量食物如糖的摄入量，提倡摄入含营养素多的多糖食物，以保证人体对 能量和营养素的双重需要。

2. 主要食物来源

膳食中碳水化合物主要是淀粉类多糖，多存在于植物性食品中。重要的食物 来源是粮谷类(60%～80%)、薯类(15%～29%)、豆类(40%～60%),水果 中的坚果类(栗子等)含淀粉较高， 一般蔬菜、水果除含有一定量的单糖、双糖 外，还含有纤维素和果胶。

食用糖或纯糖制品被摄取后迅速吸收，但其营养密度较低，且易于以脂肪形 式储存， 一般认为摄入量不易过多，占能量10%以下。而粮谷类、薯类、根茎 类，除含淀粉外还含蛋白质、维生素、矿物质和较多的食物纤维，是碳水化合物 良好的食物来源。

3. 血糖指数

食物的血糖生成指数 (glycemic index,GI)是反应食物类型和碳水化合物 消化水平的一个参数。 一般定义为在一定时间内，人体食用含50g 有价值的碳水 化合物的食物与相当量的葡萄糖后，2h后体内血糖曲线下面积的比值，即



相同量的碳水化合物，可产生不同的血糖反应和相应不同的 GI 值

· 58 ·

(表3-9)。GI 值高 (GI>75) 的食物进入胃肠后，消化快、吸收完全，葡萄糖

进入血液后峰值高，也就是血浆葡萄糖升得高； GI 值 低 (GI<55) 的食物在胃

肠停留时间长，释放缓慢，葡萄糖进入血液后峰值低，简单说就是血浆葡萄糖比 较低。食物血糖生成指数还受到很多因素的影响，如食物中碳水化合物的类型、 结构，食物的化学成分和含量，以及食物的物理状况和加工制作过程的影响。

**表3-9** **部分食物的血糖生成指数** (葡萄糖=100)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 食物 | GI | 食物 | Gl | 食物 | GI | 食物 | GI | 食物 | Gl |
| 面包 | 69 | 果糖 | 20 | 蜂蜜 | 75 | 苹果 | 39 | 扁豆 | 29 |
| 大米 | 72 | 土豆 | 80 | 乳糖 | 90 | 香蕉 | 62 | 豌豆 | 33 |
| 糯米 | 66 | 新土豆 | 70 | 蔗糖 | 60 | 牛奶 | 36 |  |  |
| 玉米粥 | 80 | 胡萝卜 | 92 | 麦芽糖 | 108 | 黄豆 | 15 |  |  |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

食物的血糖生成指数的概念和数值不仅用于糖尿病人的膳食管理，而且被广 泛应用于高血压病人和肥胖者的膳食管理、居民营养教育，甚至扩展到运动员的 膳食管理、食欲研究等多项用途中。

4. 功能性低聚糖的摄入量

随着对功能性低聚糖研究的深入和认识的提高，功能性低聚糖的摄入量问题 引起人们的关注，功能性低聚糖虽比较广泛地存在于植物性食物中，但一般人日 常膳食往往达不到有效的摄入量。与其他难消化糖一样，低聚糖过量摄入也会产 生胃肠胀气和腹泻。各种低聚糖的最小有效剂量和最大无作用量见表3-10。

**表3-10** **部分难消化低聚糖的摄取量**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 乳果  糖 | 低聚 果糖 | 大豆低 聚糖 | 低聚半  乳糖 | 低聚  木糖 | 低聚异 麦芽糖 | 乳酮糖水苏糖壳聚糖 |
| 最小有效剂量/(g/d) | 2 | 3 | 2 | 2 | 0.7 | 10 |  |
| 日常摄取量/(g/d) | 2～3 | 5～10 | 10 | 10 |  | 15 | 10 3 10 |
| 最大无作用量/(g/d) | 36 | 18 | 13.2 | 18 |  | 90 |  |

注：最大无作用剂量以体重60kg计

资源来源：尤新.2000.功能性发酵制品

5. 功能性低聚糖的膳食来源

在某些蔬菜、水果中含有天然的低聚糖，如洋葱、大蒜、葡萄、洋姜、芦 笋、香蕉等含低聚果糖，大豆及一些豆类含水苏糖，甜菜中含棉籽糖，多食这类 食物对各类人群都是有益的。低聚糖可以从天然物中提取，也可用微生物酶转化

· 59 ·

或水解法制造，作为功能性基料添加到食品中去，如饮料、糖果、糕点、乳制 品、冰淇淋及调味料。用功能性低聚糖开发的食品已达500种，人体可从这些食 品中额外补充低聚糖。

3.3 脂 类

脂类 (lipid) 是人体需要的重要营养素之一，人体所需能量的20%～30% 是由脂类提供的。脂类也是人体细胞组织的组成成分，脂类在血浆中的运输情况 与人体健康有着密切的关系，因此脂类在人类膳食中占有重要地位。

**3.3.1** **食物中的脂类**

脂类包括脂肪和类脂，类脂包括磷脂 (phospholipid) 和固醇类 (sterol) 等。食物中脂类95%是脂肪，5%是其他脂类，人体内储存的脂类中脂肪 占99%。

1. 脂肪

脂肪是由一分子甘油和三分子脂肪酸结合而成的甘油三酯 (triglyceride)。 通常按其在室温下所呈现的状态不同而分别称为油(室温下呈液态)和脂肪(室 温下呈固态),并可将二者统称为油脂。日常食用的动植物油脂如猪油、豆油、 花生油、菜籽油等均属此类。三酰甘油酯中，3个脂肪酸基相同者称为简单甘油 酯，3个脂肪酸基不同者称为混合甘油酯。简单甘油酯中甘油分子的3个羟基均 与相同脂肪酸结合，若仅其中一个或两个羟基与脂肪酸分子结合则分别称为单酰 甘油酯和二酰甘油酯。其中单酰甘油酯具有很强的乳化性能，是食品加工中常用 的乳化剂。

2. 磷脂

磷脂是指甘油三酯中一个或两个脂肪酸被含磷酸的其他基团所取代的一类脂 类物质。所有细胞都含有磷脂，在脑、神经和肝中含量最高，人体中重要的磷脂 有卵磷脂、脑磷脂和神经磷脂.

在人体各种磷脂中，卵磷脂含量最高，占磷脂总量的一半左右。卵磷脂由甘 油、脂肪酸、胆碱组成，这些成分均可由食物供给。脑磷脂也是由甘油、脂肪酸 组成的磷脂，与卵磷脂有密切关系。神经磷脂大量存在于脑和神经组织中，是神 经鞘的主要组成部分。神经磷脂不含甘油，由脂肪酸、磷酸、胆碱及神经氨基醇 组成。

3. 固醇类

固醇类是一类含有同样多个环状结构的脂类化合物，因其环外结构不同，可 · 60 ·

分为动物固醇和植物固醇。动物体内主要的固醇物质是胆固醇，在植物性食物中 含量较少；植物固醇主要存在于植物的种子及其油料中，常见为β谷固醇。从化 学结构看，植物固醇与胆固醇的区别是前者多了一个侧链。

**3.3.2** **脂类的生理功能**

1. 脂肪的生理功能

1)提供能量

脂肪是人体能量的主要来源之一 ，人体内每 lg 脂肪可产生能量约为 39.54kJ(9.45kcal), 相当于碳水化合物和蛋白质的两倍多。当人体摄入热量不 能及时被利用或过多时，就转变为脂肪储存起来；当机体消耗能量大于摄入量 时，储存脂肪可随时补允机体所需能量。脂肪每天向人体提供的能量占能量总需 求的20%～30%。机体不能利用脂肪酸分解的含2碳的化合物合成葡萄糖，因 此脂肪不能给脑和神经细胞以及血细胞提供能量，人在饥饿时就必须消耗肌肉组 织中的蛋白质和糖来满足机体能量需要，这也是不提倡“节食减肥”的原因。

2)构成机体组织

正常人体按体重计算脂类约占14%～19%,胖人约含32%,绝大多数是以 甘油三酯的形式存在于脂肪组织内，称为蓄积脂肪 (stored fat), 这类脂肪是体 内过剩能量的一种储存方式，当机体需要时可用于机体代谢而释放能量，这类脂 肪因受营养状况和机体活动的影响而增减，变动较大，故又称之为可变脂或动脂 (variable fat), 多分布于腹腔、皮下和肌肉纤维之间。

3)提供必需脂肪酸，促进脂溶性维生素吸收

脂肪为机体提供必需脂肪酸和其他具有特殊营养功能的多不饱和脂肪酸，满 足机体正常需要。脂溶性维生素只存在于食物脂肪中，也只有在脂肪存在的环境 下才能被吸收。当饮食中缺乏脂肪时，体内的脂溶性维生素也会缺乏，常表现为 干眼病，机体组织上皮干燥、角质化、增生等病症。

4)保护机体，滋润皮肤

机体内所含的脂肪称体脂，体脂是热的不良导体，能起隔热作用，对维持机 体的正常体温有重要作用。同时，体脂在各器官周围像软垫一样，有缓冲机械冲 击的作用，对各种内脏器官及组织、关节起到保护和固定作用。体脂在皮下适量 储存，可滋润皮肤，增加皮肤弹性，延缓皮肤衰老。

5)增加饱腹感

食物中的各个成分消化速度不一样，碳水化合物在胃中迅速排空，蛋白质排 空较慢，脂类在胃中停留时间较长。 一次进食含50g脂肪的高脂膳食，需4～6h 才能在胃中排空，因而使人有高度饱腹感。此外，脂肪还可改善食品的感观性状 (色、香、味、型等),达到美食和促进食欲的作用。

· 61 ·

2. 必需脂肪酸及多不饱和脂肪酸的生理功能

脂肪酸 (fatty acid) 是脂肪的水解产物。按脂肪酸碳链中的双键数量分为： ①饱和脂肪酸 (saturated fatty acid,SFA): 分子中不含双键，多存在于动物脂 肪中；②单不饱和脂肪酸 (monounsaturated fatty acid,MUFA): 分子中含一 个双键，油酸是最普遍的单不饱和脂肪酸；③多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid,PUFA):分子中含两个以上双键，在植物种子和鱼油中含量较多， 其中有重要生物学意义的是n-3和 n-6 PUFA。

必需脂肪酸 (essential fatty acid,EFA) 是指人体不可缺少且不能自身合 成，必须通过食物供给的脂肪酸。目前被确认的人体必需脂肪酸是n-3系列中的 α亚麻酸和n-6 系列中的亚油酸。过去曾将花生四烯酸(C₂0:4 n-6) 列为必需脂 肪酸，但由于它可以从亚油酸衍生而来，因此现在不再被列为必需脂肪酸。实际 上，像花生四烯酸、二十碳五烯酸 (EPA)、 二十二碳六烯酸 (DHA) 等都是人 体不可缺少的脂肪酸[注：脂肪酸命名规则：营养学上对于多不饱和脂肪酸的命 名多采用n 编号系统(或w 编号系统),即从脂肪酸碳链的甲基端开始计数为碳 原子编号。按n 编号系统，根据第一个双键所处的位置可将多不饱和脂肪酸分为 4个系列，即n3、n6、n7 和π9系列，其中π6和n3 系列PUFA 不能从头合 成， EFA 属于这两个系列]。

1)必需脂肪酸的生理功能

a.磷脂的重要成分

磷脂是线粒体和细胞膜的重要结构成分，必需脂肪酸参与磷脂合成，并以磷 脂形式出现在线粒体和细胞膜中。

b.与胆固醇的代谢有关

体内约有70%的胆固醇与脂肪酸结合成酯，然后被转运和代谢，如亚油酸 和胆固醇结合而成的胆固醇酯由高密度脂蛋白 (HDL) 从人体各组织携带致肝 脏分解代谢，从而具有降血脂作用。如果缺乏必需脂肪酸，胆固醇不能在体内正 常运输，从而沉积在血管内壁。

c.合成前列腺素的原料

亚油酸是合成前列腺素的前体，前列腺素 (prostaglandin) 存在于许多器官 中，有多种生理功能，如使血管扩张和收缩、神经刺激的传导、作用于肾脏影响 水的排泄等，母乳中的前列腺素可以防止婴儿消化道损伤。

必需脂肪酸缺乏，可引起生长迟缓、生殖障碍、皮肤损伤(出现湿疹等)以 及肾脏、肝脏、神经和视觉方面的多种疾病。

2)其他多不饱和脂肪酸的生理功能

二十二碳六烯酸 (DHA) 和花生四烯酸 (AA) 是大脑中最丰富的两种长链 多不饱和脂肪酸，其生理功能如下：

· 62 ·

a.二十二碳六烯酸

DHA 是视网膜光感受体中最丰富的多不饱和脂肪酸，它由食物中的α-亚麻 酸衍生而来。 DHA 是维持视敏度所必需的不饱和脂肪酸。胎儿、婴儿期缺乏α- 亚麻酸和DHA 将影响视功能和脑功能的发育。

b.二十碳烷酸

AA、EPA 等脂肪酸的衍生物是最重要的二十碳烷酸，在体内可以合成前列 腺素、白三烯及血栓素等生物活性物质，参与体内免疫系统、炎性反应等的 调节。

3. 磷脂的生理功能

磷脂不仅可以和脂肪酸一样提供能量，而且更重要的是其为细胞膜的构成成 分。因其具有极性和非极性双重特性，所以可帮助脂类或脂溶性物质，如脂溶性 维生素、激素等顺利通过细胞膜，促进细胞内外的物质交换。此外，磷脂作为乳 化剂可使体液中的脂肪悬浮在体液中，有利于其吸收、转运和代谢。

磷脂的缺乏会造成细胞膜结构受损，出现毛细血管的脆性增加和通透性增 加，皮肤细胞对水的通透性增高引起水代谢紊乱，产生皮疹等。

4. 胆固醇的生理功能

胆固醇 (cholesterol) 是人体内最重要的固醇类化合物。它也是细胞膜的重 要成分，人体内90%的胆固醇存在于细胞之中。

胆固醇是体内合成维生素D₃ 的前体，维生素 D₃ 缺乏是婴儿佝偻病的主要 病因，胆固醇也是合成胆汁酸的前提，胆汁酸能乳化脂类使之与消化酶混合，是 脂类和脂溶性维生素的消化与吸收的必需条件；胆固醇在体内还可以转变成各种 激素，包括影响蛋白质、糖和脂类代谢的皮质醇，与水和电解质体内代谢有关的 醛固酮，以及性激素睾酮、雌二醇。

胆固醇广泛存在于动物性食品之中，人体自身也可以利用内源性胆固醇，所 以一般不存在胆固醇缺乏。相反由于它与高血脂症、动脉粥样硬化、心脏病等相 关，人们往往关注体内过多胆固醇的危害性。

**3.3.3** **脂类的营养价值评价**

脂肪的营养价值通常取决于脂肪酸的种类与含量、脂肪的消化率、脂溶性维 生素的含量以及油脂稳定性等方面。

1. 脂肪酸的种类与含量

脂肪的营养价值与脂肪酸的种类、含量和相互比例有关。 一般来说，不饱和 脂肪酸含量较高的油脂，其营养价值相对较高，植物油较动物油脂中含有较多不

· 63 ·

饱和脂肪酸，是人体必需脂肪酸(亚油酸)的主要来源，营养价值高于动物油 脂，但动物的心、肝、肾及血中含有较多的亚油酸和花生四烯酸。对于正常人 体，较理想的膳食脂肪构成是：饱和脂肪酸：单不饱和脂肪酸：多不饱和脂肪 酸=1:1:1(如按能量计算，三者相等，互相平衡)。

2.脂肪的消化率

脂肪的消化率越高，营养价值越高。脂肪的消化率与其熔点有关，脂肪的熔 点接近或低于人体体温者，其消化率高，可达97%～98%,而熔点在50℃以上 者，消化率低， 一般在80%～90%。熔点又与食物中所含不饱和脂肪酸的种类 和含量有关，含不饱和脂肪酸和短碳链脂肪酸越多，熔点越低，越容易消化。通 常植物油中不饱和脂肪酸含量高，熔点较低，易于消化，动物油脂则相反，黄油 和奶油虽含不饱和脂肪酸不多，但是乳融性脂肪消化率也较高，常见油脂的脂肪 酸含量比例及消化率见表3-11。

**表3-11** **常用油脂的脂肪酸含量、比例及消化率**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 脂肪种类 | 多不饱和 | 脂肪酸种类及含量/% | | 亚麻酸 | P/S值' | 消化率/% |
| 饱和 | 亚油酸 |
| 菜籽油 | 21.5 | 4.5 | 14.2 | 7.3 | 4.78 | 99.0 |
| 大豆油 | 62.8 | 14.8 | 52.2 | 10.6 | 4.24 | 97.5 |
| 芝麻油 | 46.6 | 12.5 | 43.7 | 2.9 | 3.73 |  |
| 玉米油 | 48.3 | 15.2 | 47.8 | 0.5 | 3.18 | 96.8 |
| 棉籽油 | 55.6 | 27.9 | 55.6 |  | 3.11 | 97.2 |
| 花生油 | 37.6 | 19.9 | 37.6 |  | 1.89 | 98.3 |
| 米糠油 | 35.2 | 20.8 | 34.0 | 1.2 | 1.67 |  |
| 棕榈油 | 9.0 | 53.0 | 9.0 |  | 0.16 | 98.0 |
| 椰子油 | 8.5 | 91.5 | 6.0 | 2.0 | 0.06 | 97.9 |
| 猪油 | 8.5 | 12.7 | 8.3 | 0.2 | 0.20 | 97.0 |
| 牛油 | 6.3 | 51.6 | 3.9 | 1.3 | 0.12 | 87.0 |
| 黄油 | 5.8 | 58.3 | 3.6 | 1.3 | 0.10 | 98.0 |
| 羊油 | 3.4 | 62.6 | 2.0 | 0.8 | 0.05 | 88.0 |

,P/S值指多不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸之比

资料来源：王尔茂.2004.食品营养与卫生.北京：中国轻工业出版社

3. 脂溶性维生素含量

脂溶性维生素存在于多数食物的脂肪中，以鲨鱼肝油中的含量为最多，奶油 次之，猪油中几乎不含维生素 A 和维生素 D, 所以营养价值较低。 一些海产鱼 类肝脏脂肪中维生素A、 维生素D 含量很高，植物油中含有丰富的维生素E, 谷 类种子的胚中维生素E 含量也较高。

· 64 ·

4. 油脂的稳定性

脂类在食品加工、保藏过程中的变化对其营养价值的影响日益受到人们的重 视，这些变化可能有脂肪的水解、氧化、分解、聚合或其他的降解作用，导致脂 肪的理化性质变化，在某些情况下可以降低能值，呈现一定的毒性和致癌作用。 影响油脂稳定性的因素很多，主要与油脂本身所含的脂肪酸、天然抗氧化剂以及 油脂的储存条件和加工方法等有关。

植物油脂中含有丰富的维生素E, 它是天然抗氧化剂，使油脂不易氧化变 质，有助于提高植物油脂的稳定性。

**3.3.4** **脂肪的适宜摄入量及食物来源**

1. 脂肪的适宜摄入量

膳食中脂肪的供给量易受民族和地区饮食习惯、季节和气候等的影响，变动 范围较大。 一般认为，在人类合理膳食中，人所需热量的20%～30%应由脂肪 供给，必需脂肪酸的摄入量应不少于总能量的3%。多不饱和脂肪酸对人体健康 有很多益处，但也不能忽视其易产生脂质过氧化作用及对机体可能产生的损害作 用，因此在考虑脂肪推荐摄入量时，必须同时考虑饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸 及多不饱和脂肪酸三者之间的合适比例。1991年加拿大政府对π-3和π6系列脂 肪酸推荐摄入量做出了规定： n3 脂肪酸摄入量不低于总能量摄入的0.5%,n-6 脂肪酸不低于总能量的3%,二者的比值约为1:6。大多数学者建议 n3 与 n6 脂肪酸摄入比为1: (4～6)较适宜。

根据中国膳食营养调查，推荐成人的膳食中脂肪能量占摄入总能量的20%~ 30%,儿童和青少年可达25%～30%,亚油酸约占6g, 胆固醇的摄入量在 300mg 以下。中国居民各年龄阶段膳食脂肪适宜摄入量 (AI) 的建议见表3-12。

**表3-12** **中国居民膳食脂肪适宜摄入量** (AI) (脂肪能量占总能量的百分比)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄/岁 | 脂肪 | SFA | MUFA | PUFA | (r6):(m3) | 胆固醇/mg |
| 0~  0.5~  2~  7~  13~  18~  60~ | 45～50  35～10  30～35  25～30  25～30  20～30  20～30 | <10  <10  6～8 | 8  10  10 | 10  10  8～10 | 4:1  4:1  (4～6):1  (4～6):1  (4～6):1  (4～6):1  4:1 | <300  <300 |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

2. 脂肪的食物来源

各种植物油和炼制过的动物脂肪是膳食脂肪的主要来源。植物油含较多的不 饱和脂肪酸，植物性的油料作物及坚果类食物，如大豆、芝麻、花生、菜籽、葵 花籽、松籽、榛子中含有丰富的油脂，通常含量达20%～60%;动物脂肪相对 饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸较多(表3-13)。动物性食物中以畜肉类脂肪含量 较高，禽类次之，鱼类较少，蛋黄中脂肪含量也较高。动物的脑、心、肝中含丰 富的磷脂和胆固醇；蛋黄也含有较多的磷脂和胆固醇，且易于吸收，是婴幼儿脂 类的良好来源。 一般认为，植物油中大豆油、花生油、芝麻油、米糠油及动物脂 肪中奶油、蛋黄、鱼肝油等富含必需脂肪酸和脂溶性维生素，营养价值较高。

**表3-13** **常见脂肪酸的食物来源**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 代号 | 食物来源 |
| 丁酸 | C₄ :o | 奶油 |
| 已酸 | C6:0 | 奶油 |
| 辛酸 | Cg:0 | 椰子油、奶油 |
| 癸酸 | Cio:0 | 椰子油、奶油、棕榈油 |
| 月桂酸 | Ciz:o | 椰子油、奶油 |
| 肉豆蔻酸 | C: | 椰子油、奶油、肉豆蔻脂肪 |
| 棕榈酸 | C16 | 牛肉、羊肉、猪肉大部分脂肪 |
| 棕榈油酸 | C₁6:1,r7 cis | 棕榈油 |
| 硬脂酸 | Ci8:0 | 牛肉、羊肉、猪肉大部分脂肪 |
| 油酸 | C₁8:1,m9 cis | 大多数油脂 |
| 反油酸 | Ci8:1,m9 trans | 人造黄油 |
| 亚油酸 | C₁8:2,n-6,9 all cis | 植物油 |
| α-亚麻油酸 | Ci₈ :3,n-3,6,9 all cis | 植物油 |
| r-亚麻油酸 | C18:3,m-3,6,12 all cis | 微生物发酵 |
| 花生酸 | C₂o:0 | 花生油、猪油 |
| 花生四烯酸 | C₂o:4,n-6,9,12,15 all cis | 植物油、微生物发酵 |
| .十碳五烯酸 | C2o:5,n-3,6,9,12,15 all cis | 鱼油 |
| 芥子酸 | C₂z:l,n-9 cis | 菜籽油 |
| 二十二碳六烯酸 | C₂z:6,n-3,6,9,12,15,18 all cis | 鱼油 |
| 神经酸 | C2o:1,m-9 cis | 鱼油 |

资料来源：Modern Nutrition in Health and Disease. 1999. Williams &. Wilking

由于脂肪在食品加工、烹调中可提高产品的感观性状和适口感，而且良好的 风味可刺激人的食欲，使人类易产生对脂肪的嗜好和依赖；而过多摄入脂肪会对 人体产生多种危害。为解决这一矛盾，人们开发生产出具有脂肪性状而又不能被 人体吸收的脂肪替代品 (fat substitute),脂肪替代品一般是以天然碳水化合物、

· 66 ·

脂肪或蛋白质为原料生产。典型的产品有蔗糖聚酯 (sucrose polyester) 和燕麦 素。蔗糖聚酯是由蔗糖和脂肪酸为主要原料合成的脂肪替代产品。燕麦素是从燕 麦中提取的脂类物质，该物质对热稳定，口感中有脂肪的细腻感，主要用于冷冻 食品如冰淇淋、色拉调料和汤料的加工中；由于在生产中保留有大量的燕麦纤维 素，它不仅可作为饱和脂肪酸的代用品，而且有一定的降胆固醇作用。

3.4 蛋 白 质

蛋白质 (protein) 约占人体体重的16%,人体内的蛋白质始终处于不断分 解又不断合成的动态平衡中，每天约有3%的人体蛋白质被更新。蛋白质是组成 人体一切细胞、组织最重要的成分，同时也是参与人体各种生命活动的重要 物质。

**3.4.1** **食物中蛋白质的种类**

蛋白质是由氨基酸为基本单位、以肽键连接的高分子化合物，分子质量从一 万至几十万或几百万甚至上千万道尔顿。

1. 按组成成分分类

1)单纯蛋白质

分子组成中，除氨基酸构成的多肽蛋白成分外，没有任何非蛋白成分的蛋白 质称为单纯蛋白质 (simple protein)。 自然界中许多蛋白质属于此类。单纯蛋白 质又可分为：清蛋白、球蛋白、谷蛋白、醇溶谷蛋白、硬蛋白、组蛋白、鱼精蛋 白等。

2)结合蛋白质

结合蛋白质 (conjugated protein) 是单纯蛋白质与非蛋白质成分(如碳水化 合物、油脂、核酸、磷酸盐或金属离子)结合而成，后者可作为辅基与蛋白质作 用生成结合蛋白质。按其非蛋白组分的不同可分为糖蛋白、脂蛋白、核蛋白、磷 蛋白及色蛋白等。

2. 按蛋白质所含氨基酸组分分类

l) 完全蛋白质

完全蛋白质所含氨基酸种类齐全，数量充足，各种氨基酸的比例与人体所含 氨基酸的比例也比较接近，不仅能保证人体正常的生长需要，还可以促进儿童的 生长发育，是一类优质蛋白质。奶类中的乳清蛋白、酪蛋白，蛋类中的卵白蛋 白，鱼类肉类中的肌蛋白，大豆中的大豆球蛋白等都是完全蛋白质。

2)半完全蛋白质

半完全蛋白质所含的氨基酸种类比较齐全，但各种氨基酸之间的比例不合 适，不能满足人体的需要。如果把这类蛋白质作为唯一的蛋白质来源时，只能维 持生命，不能促进生长发育，如谷蛋白、玉米蛋白等。

3)不完全蛋白质

不完全蛋白质不能提供人体所需要的全部必需氨基酸，如果把它作为膳食蛋 白质的唯一来源时，既不能促进生长发育，也不能维持生命，如肉皮中的胶原蛋 白质。

**3.4.2** **蛋白质的生理功能**

蛋白质是人体的主要构成物质，又是生命活动的主要物质。它具有其他任何 营养素都不能代替的重要功能，概括起来，蛋白质有以下生理功能。

1. 构成和修复人体组织

蛋白质是构成机体所有组织、细胞的重要成分，约占人体体重的18%。机 体所有重要的组成部分都需要蛋白质的参与，人体内的神经、肌肉、内脏、骨 骼、指甲和头发，没有一处不含蛋白质。人体的生长发育、组织的新陈代谢都离 不开蛋白质，这对儿童的生长发育尤为重要。人体内的蛋白质始终处于不断分解 又不断合成的动态平衡之中，达到组织蛋白的不断更新和修复的目的。

2. 调节人体重要的生命活动

蛋白质通过构成人体多种生理活性物质来调节人体重要的生命活动。人体进 行新陈代谢中的化学变化绝大多数都借助于酶的催化作用迅速进行，这些酶类的 化学本质为蛋白质；调节机体生理活动并保持内环境稳定的激素，如胰岛素、促 性腺激素等也属蛋白质；人体内抗体可以抵御外来微生物及其他有害物质的入 侵，即发生免疫反应，抗体是一种糖和蛋白质的复合物；人体生物氧化和细胞代 谢过程中所需要的氧和多种物质也是以蛋白质为载体进行运输的；机体的一切机 械运动及各种脏器的重要生理功能是由肌动球蛋白来完成的；此外，体内酸碱平 衡的维持、水分的正常分布，以及血液的凝固、视觉的形成等都与蛋白质有关。

3. 供给能量

在碳水化合物和脂肪供给能量不足时，蛋白质可以被代谢分解，释放出能 量。 1g食物蛋白质在体内约产生16.7kJ(4.0kcal) 的能量。

此外，蛋白质可以赋予食品良好的感观性状和重要的功能特性。例如，在肉 品加工中，肉类成熟后持水性和嫩度增加，这与肌肉蛋白质的变化密切相关；另 外蛋白质具有起泡性，在食品加工中被用于糕点和冰淇淋等的生产。

· 68 ·

**3.4.3** **氮平衡**

氮平衡 (nitrogen balance,NB) 是研究蛋白质代谢的一个重要指标，它是 反映机体摄入氮 (I) 和排出氮 (E) 之间的关系，可用下面数学式表示：

NB=I-E=I-(F+U+S)

摄入氮可根据食品蛋白质摄入量计算，排出氮即未被吸收的氮，包括粪氮 (F)、 尿氮 (U) 以及皮肤氮 (S) 等排出氮。粪氮除了未被消化的食物氮外， 还包括肠道死亡微生物、消化液及肠黏膜脱落细胞氮，这部分氮称为粪代谢氮 (Fm); 尿氮除了机体利用过的氮外，还包括尿道黏膜脱落细胞氮，这部分氮称 为尿内源氮 (Um)。 机体每天由皮肤、毛发、 一切分泌物等排出的氮，以及粪代 谢氮、尿内源氮总共约为3.5g, 这是机体不可避免的氮消耗，称为必要氮损失 (obligatory nitrogen loss,ONL)。

当摄入氮和排出氮相等时，为零氮平衡 (zero nitrogen balance), 健康的成 人应维持在0～5%。如摄入氮大于排出氮，则为正氮平衡 (positive nitrogen balance)。 处于生长期的儿童、孕妇、康复期的病人以及需要增加肌肉的运动员 等，应保证适当的正氮平衡，满足机体对蛋白质的额外需要。而摄入氮小于排出 氮时，为负氮平衡 (negative nitrogen balance), 人体在饥饿、疾病及老年时， 一般处于这种状况下。

当碳水化合物供给不足时，或处于病态、紧张状态时，都会影响机体的氮平 衡。当长期处于负氮平衡时，将引起蛋白质缺乏、体重减轻、机体抵抗力下降。

**3.4.4** **必需氨基酸**

构成人体蛋白质的氨基酸有20种，在营养上分为“必需”和“非必需”。必 需氨基酸 (essential amina acid,EAA) 是人体不能合成或合成速度不能满足机 体需要，必须从食物中获得的氨基酸；非必需氨基酸 (nonessential amino acid, NAA) 是人体可以利用体内已有的物质合成，不一定必须从食物中获得的氨 基酸。

1. 必需氨基酸

人体的必需氨基酸有9种，分别是苯丙氨酸 (phenylalanine,Phe)、 亮氨酸 (leucine,Leu)、 赖氨酸 (lysine,Lys )、蛋氨酸 (methionine,Met)、 异亮氨 酸 (isoleucine,lle)、 缬氨酸 (valine,Val)、 苏氨酸 (threonine,Thr)、 色氨 酸 (tryptophan,Trp), 另外组氨酸 (histidine,His) 是婴儿体内的必需氨基 酸。人体每千克体重每日氨基酸需要量估计值见表3-14。

**表3-14** **人体每公斤体重每日氨基酸需要量估计值** (单位：mg)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 氨基酸 | 婴儿 | 幼儿(2岁) | 儿童(10～12岁) | 成人 |
| 苯丙(酪)氨酸 | 125 | 69 | 27 | 14 |
| 亮氨酸 | 161 | 73 | 45 | 14 |
| 蛋(半胱)氨酸 | 58 | 27 | 27 | 13 |
| 赖氨酸 | 103 | 64 | 60 | 12 |
| 异亮氨酸 | 70 | 31 | 30 | 10 |
| 缀氨酸 | 93 | 38 | 33 | 10 |
| 苏氨酸 | 87 | 37 | 35 | 7 |
| 色氨酸 | 17 | 12.5 | 4 | 3.5 |
| 组氨酸 | 28 |  |  |  |

资料来源：姚汉亭.1985.食品营养学

半胱氨酸和酪氨酸在体内分别由蛋氨酸和苯丙氨酸转变而成，如果膳食中能 直接提供这两种氨基酸，则人体对蛋氨酸和苯丙氨酸的需要可分别减少30%和 50%,所以半胱氨酸和酪氨酸这类可减少某些必需氨基酸需要量的氨基酸称为半 必需氨基酸 (semiessential amino acid) 或条件必需氨基酸 (conditionally es- sential amino acid)。

2. 氨基酸模式和限制氨基酸

氨基酸模式 (amino acid pattern) 是指某种蛋白质中各种必需氨基酸的构成 比例，用来反映人体蛋白质及食物蛋白质在必需氨基酸种类和数量上存在的差 异。计算方法是将该种蛋白质中的色氨酸含量定为1,分别计算出其他必需氨基 酸的相应比值，这一系列的比值就是该种蛋白质的氨基酸模式，几种食品蛋白质 中必需氨基酸模式见表3-15。

**表3-15** **人体及几种食物蛋白质中必需氨基酸模式**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 必需氨基酸 | 人体 | 全鸡蛋 | 牛奶 | 大豆 | 面粉 | 大米 |
| 苯丙(酪)氨酸 | 6.0 | 3.6 | 5.1 | 6.4 | 5.1 | 5.8 |
| 亮氨酸 | 7.0 | 4.0 | 6.4 | 5.1 | 4.4 | 5.1 |
| 蛋(半胱)氨酸 | 3.5 | 2.3 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 2.4 |
| 赖氨酸 | 5.5 | 3.1 | 5.4 | 4.4 | 1.5 | 2.3 |
| 异亮氨酸 | 4.0 | 2.5 | 3.0 | 3.0 | 2.3 | 2.5 |
| 缬氨酸 | 5.0 | 2.5 | 3.5 | 3.5 | 2.7 | 3.4 |
| 苏氨酸 | 4.0 | 2.1 | 2.7 | 2.7 | 1.8 | 2.3 |
| 色氨酸 | 1.0 | 1.0 | ].0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

资料来源：吴坤.2003.营养与食品卫生学

食物蛋白质氨基酸模式与人体蛋白质氨基酸越接近，人体对蛋白质的利用程

· 70 ·

度就越高，该种蛋白质的营养价值就越高。动物性蛋白质中蛋、奶、鱼、肉以 及大豆的氨基酸模式能满足人体需要，称为优质蛋白质或完全蛋白质。其中鸡蛋 蛋白质与人体蛋白质氨基酸模式最接近，在实验中常以它作为参考蛋白质 (ref- erence protein)。

当食物蛋白质中一种或几种必需氨基酸的相对含量较低或缺乏时，就会导致 其他的氨基酸在体内不能被充分利用，造成其营养价值下降，这些含量相对较低 的氨基酸称为限制氨基酸 (limiting amino acid), 其中含量最低的称为第一限制 氨基酸，第二低的为第二限制氨基酸，其他以此类推。食物中主要的限制氨基酸 为赖氨酸和蛋氨酸。赖氨酸在谷物蛋白质和一些其他植物蛋白质中含量较低，蛋 氨酸在大豆、花生、牛奶和肉类蛋白质中相对不足。

为了提高蛋白质的营养价值，往往将两种或两种以上的食物混合食用。这种 不同食物间相互补充其必需氨基酸不足的作用称为蛋白质的互补作用 (comple- mentary action)。 比如将大豆和大米同时食用，大豆蛋白可以弥补大米中赖氨酸 的不足，大米可以补充大豆中蛋氨酸的不足。

**3.4.5** **功能性氨基酸和功能性肽**

随着对蛋白质研究的深入，人们已经从单纯以蛋白质的消化性、氨基酸的组 成及含量来评价蛋白质的营养价值，发展到更加重视蛋白质序列中的低肽和氨基 酸的生理保健功能，它们不仅能提供人体生长、发育所需的营养物质，同时还具 有防病治病、调节生理机能的作用。下面介绍几种有特殊生理功能的氨基酸 和肽。

1. 牛磺酸

牛磺酸 (taurine,Tau) 是生物体内的一种含硫氨基酸，由半胱氨酸代谢而 来。牛磺酸广泛存在于动物乳汁、脑和心脏中，在肌肉中含量最高，以游离形式 存在，不参与蛋白质的代谢，植物中仅存于藻类。

1)牛磺酸的生理功能

(1)促进脂肪乳化：在肝中牛磺酸与胆汁酸结合形成牛磺胆酸，促进脂肪类 物质的消化吸收，增加脂质和胆固醇的溶解性，预防胆固醇性结石的形成，增加 胆汁流量等。食物中若缺乏牛磺酸就会影响脂类物质的吸收，特别是用不含牛磺 酸的代乳品喂养婴儿，常出现吐奶、消化不良等现象。

(2)保护心血管系统：牛磺酸是心脏中含量最丰富的游离氨基酸，约占游离 氨基酸总量的60%。牛磺酸与心肌钙及心肌收缩有密切关系，能增加心肌收缩 期钙的利用、预防钙超载引起的心肌损伤，并且具有抗心律失常、抗心肌缺血等 作用。

(3)改善视功能：大量研究显示牛磺酸对视觉感受器发育、视功能改善有明

· 71 ·

显效果。人体视网膜中含有大量牛磺酸，但是在应激状态下也有缺乏的可能。当 视网膜中的牛磺酸降低时，会出现视网膜结构和功能的变化，人体色素性视网膜 炎可能与牛磺酸缺乏有关。

(4)增强免疫力：牛磺酸可以结合白细胞中的次氯酸生成无毒性物质，降低 次氯酸对白细胞自身的破坏，从而提高人体免疫力。

牛磺酸在人体内可由蛋氨酸、半胱氨酸通过脱羧、氧化作用合成，当体内牛 磺酸不足时还可通过肾脏重吸收和减少排泄，以维持体内含量的稳定，成人一般 不会缺乏。婴幼儿由于体内牛磺酸合成所需的半胱亚磺酸脱羧酶活性较低，合成 量不能满足需要，故需补充。

2)牛磺酸的食物来源

牛磺酸主要由食物供给。人体若缺乏牛磺酸，各器官系统都会受到影响，特 别是婴幼儿和老年人。常见食品中牛磺酸含量见表3-16。

**表3-16畜禽、水产类、奶类食品中牛磺酸含量**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 禽畜水产食品 | 制备方法 | 牛磺酸含量/ (mg/100g) | 禽畜水产食品 | 制备方法 | 牛磺酸含量/ (mg/100g) |
| 禽类 |  |  | 水产品 |  |  |
| 鸡，白肉 | 生  焙烤 | 18±3  15土4 | 金枪鱼  金枪鱼 | 罐装  生 | 42±13  39±13 |
| 火鸡，乌鸡肉 | 生  焙烤 | 169±37  199±27 | 白鱼  白鱼 | 生  煮熟 | 151±23  172±54 |
| 火鸡，白肉 | 生  焙烤 | 30±7  11±1 | 虾，小  虾，中等 | 煮熟  生 | 11±1  39±13 |
| 火鸡，熏肉 | 生  焙烤 | 306±69  299±52 | 牡蛎  蛤蜊 | 生  生 | 396±29  520±97 |
| 牛肉与猪肉 |  |  | 淡菜 | 生 | 655±72 |
| 牛肉 | 生  焙烤 | 43±8  38±10 | 扇贝  鱿鱼 | 生  生 | 827±15  356±95 |
| 小牛肉 | 生  焙烤 | 40±13  47±10 | 牛奶  全脂奶 |  | 2.4士0.3 |
| 猪肉、腰部 | 生  焙烤 | 61±11  57±12 | 低脂奶  脱脂奶 |  | 2.3±0.2  2 5±0 3 |
| 加工的肉类 |  |  | 启达乳酪 |  | 没有 |
| 火腿 | 烤 | 50土6 | 瑞士乳酪 |  | 没有 |
| 意大利香肠 | 腌制 | 59±8 | 低脂酸奶 |  | 3.3±0.5 |
| 猪肉/牛肉红肠 | 腌制 | 31±4 | 低脂桃子酸奶 |  | 7 8±0 9 |
| 火鸡红肠 | 腌制 | 123±5 | 香草冰淇淋 |  | 1.9 |

资料来源：陈仁惇.1999.现代临床营养学.北京：人民军医出版社

由于婴儿合成牛磺酸的能力有限，因此在婴儿配方奶粉中添加牛磺酸就显得 非常重要。由表3-16可见：禽畜类、水产品和奶制品中含有牛磺酸，其中海产 品中牛磺酸含量最高，如牡蛎、蛤蜊、扇贝等；禽类中黑肉比白肉含量高，奶制 品中的含量很低；蔬菜、水果、谷类、干果类都不含牛磺酸。

2. 精氨酸

精氨酸 (arginine,Arg) 是一种含双氨基的条件必需氨基酸。对成人来说， 精氨酸不是必需氨基酸，但是成人在发育不成熟或在严重应激条件下，或婴儿在 先天性缺乏尿素循环的某些酶时，精氨酸则成为必需氨基酸，此时如果缺乏，机 体就不能维持正氮平衡与正常的生理功能。 一般认为，对婴儿来说，精氨酸和组 氨酸都是必需氨基酸。

1)精氨酸的生理功能

a. 促进伤口的愈合

精氨酸可促进胶原组织的合成，对伤口起修复作用；并能通过一系列酶反 应，形成一氧化氮来活化巨噬细胞和中性细胞，对伤口起消炎作用；此外由于精 氨酸还是形成一氧化氮的前体，而一氧化氮可在内皮细胞合成松弛因子，因此它 可促进伤口周围的微循环，加速伤口恢复。

b.免疫调节功能

精氨酸能防止胸腺的退化，增加胸腺的质量，促进胸腺中淋巴细胞的增长。 在成人中若胸腺已萎缩，精氨酸还能刺激人体周围血液中单核白细胞对抗原与细 胞分裂的反应，增强吞噬细胞的活力，以杀死肿瘤细胞或细菌等靶细胞。

c. 抗肿瘤作用

动物试验表明，补充精氨酸能减少患肿瘤动物的肿瘤体积，降低肿瘤的转移 率，提高动物的存活时间与存活率。对于败血病患者，其血浆中的精氨酸含量大 大降低，说明其精氨酸已经被大量利用，这一现象可用来判断败血症病人患病的 严重程度，作为败血症患者痊愈或恶化的预后指标。

d.抗冠心病的作用

给动物补充 L-精氨酸可以改善血管的内皮依赖性舒张，减轻试验动物冠心 病的发病程度。体外试验表明：由于精氨酸是形成一氧化氮的前体，而一氧化氮 可抑制细胞和血小板的黏附和聚集，抑制血管平滑肌细胞增殖，因此精氨酸可通 过多种环节发挥抗冠心病的作用。

此外，精氨酸还可促进多种激素如脑下垂体的生长激素、催乳素、胰腺的胰 岛素和胰高血糖素分泌，对促进生长和提高体内的免疫功能有重要作用。

2)精氨酸的食物来源

日常食物中，精氨酸含量在2%以上的食物有蚕豆、黄豆、豆制品、核桃、 花生、牛肉、鸡肉、鸡蛋、干贝、墨鱼与虾等。

· 73 ·

3. 谷氨酰胺

谷氨酰胺 (glutamine,Glu) 是人体中含量最高的氨基酸。在正常的情况 下，它是一种非必需氨基酸，但在剧烈运动、受伤、感染等应激情况下，机体对 谷氨酰胺的需要量大大超过了机体合成谷氨酰胺的能力，体内的谷氨酰胺含量降 低，使蛋白质合成减少，出现小肠黏膜萎缩和免疫功能下降的现象。谷氨酰胺的 主要生理功能有：

1)谷氨酰胺对小肠的营养

谷氨酰胺在维持小肠代谢、结构和功能上起着重要作用。谷氨酰胺既能作为 肠黏膜细胞能量代谢的底物，又能为快速周转的蛋白质和核酸提供原料。谷氨酰 胺利用率下降会降低细胞增殖率，只有小肠上皮细胞谷氨酰胺利用率相当高时， 才能确保细胞分化和黏膜细胞的更新。

2)对胰腺的作用

Helton等给小肠切除60%的大鼠输入含谷氨酰胺的全氨基酸营养液，发现 大鼠外分泌腺的质量明显增加。而且DNA 和蛋白质含量都增加，胰蛋白酶原和 脂酶含量也增加，表明谷氨酰胺有加强胰腺的功能。

3) 免疫功能

谷氨酰胺可促进淋巴细胞和巨噬细胞的增长，对预防和限制感染、促进伤口 修复起着重要作用。

此外，谷氨酰胺还可调节机体酸碱平衡，在保护机体、防止代谢性酸中毒中 具有重要作用。

4. 谷胱甘肽

谷胱甘肽 (glutathione,GSH) 是由谷氨酸、半胱氨酸和甘氨酸通过肽键连 接而成的三肽，化学名称为γ-L-谷氨酸-L-半胱氨酰-甘氨酸。谷胱甘肽分子中含 有一个活泼的巯基(一SH), 易被脱氢氧化转变为氧化型谷胱甘肽 (GSSG)。 在 生物体中起重要生理功能的是还原型谷胱甘肽。

1)谷胱甘肽的生理功能

a. 清除自由基

GSH 含活泼的巯基一SH, 能将人体细胞新陈代谢生成的过氧化氢还原成 水，清除人体内的自由基，还能改善皮肤的抗氧化能力，使皮肤产生光泽。

b.解毒作用

谷胱甘肽有广谱的解毒作用，能与进入机体的有毒化合物如丙烯腈、氟化 物、 一氧化碳、重金属离子或致癌物质等相结合，并促其排出体外，可用于上述 物质中毒的治疗。另外，谷胱甘肽对放射线、抗肿瘤药物所引起的白细胞减少症 有恢复保护作用。

· 74 ·

c.保护巯基酶

GSH 还能保护含巯基的酶分子活性的发挥，并能恢复已被破坏的酶分子中 —SH 的活性功能，使酶复活。此外， GSH 还可抑制乙醇侵袭肝脏产生脂肪肝。 2)谷胱甘肽的食物来源

谷胱甘肽广泛存在于动植物中，在面包酵母、小麦胚芽和动物肝脏中的含量 较高，达(100～1000)mg/100g; 在动物血液中含量也较丰富，如鸡血中含 (58～73)mg/100g、 猪血中含(10～15)mg/100g; 许多蔬菜、薯类和谷物中也 含有谷胱甘肽，如菠菜、黄瓜、茄子、大豆等。

**3.4.6** **蛋白质营养价值的评价**

评价食物蛋白质的营养价值，对于食品品质的鉴定、新的食品资源的研究和 开发、指导人群膳食等许多方面具有重要意义。各种食品的蛋白质含量、氨基酸 模式等都不一样，人体对不同蛋白质的消化、吸收和利用程度也存在差异。评价 蛋白质质量的方法有很多种，但就某一种评价方法而言，只能以某一种现象作为 观察评定指标，所以都有一定局限性。综合起来，营养学上主要从食物蛋白质的 含量、消化吸收的程度和人体利用程度3方面全面地进行评价。

1. 食物蛋白质的含量

蛋白质含量是食物蛋白质营养价值的基础，如果没有一定的数量，再好的蛋 白质其营养价值也是有限的。各种蛋白质含氮量比较接近，约占蛋白质质量的 16%,食物蛋白质含量 (g/100g) 计算公式为



食物含氮量测定的经典方法是凯氏定氮法。

2. 蛋白质消化率

蛋白质消化率 (protein digestibility), 是指蛋白质被消化酶水解后吸收的程 度，即吸收氮与摄入氮(食物氮)的比值。蛋白质消化率越高，被机体吸收的可 能性越大，营养价值也越高。蛋白质消化率有表观消化率 (apparent digestibili- ty,AD) 和真消化率 (true digestibility,TD), 计算公式如下：





在实际应用中，往往不考虑粪代谢氮，这样不仅实验方法简单，而且所测得 的结果比真消化率低，对人体具有一定安全性。

蛋白质的消化率除了受蛋白质本身的性质影响外，还受人体和食物两方面的

· 75 ·

影响，前者如全身状态、消化功能、精神情绪、饮食习惯和心理因素等；后者如 食物的属性、膳食纤维的含量、烹调加工方法和同时进食其他食物的影响等。

3. 蛋 白 质 生 物 价

蛋白质生物价 (biological value,BV ) 是反映被消化吸收后的蛋白质被机 体利用的程度。计算公式如下：



吸收氮=食物氮- (粪氮 一粪代谢氮)

储留氮=吸收氮 — (尿氮一尿内源氮)

生物价高表明食物蛋白质中氨基酸主要用来合成人体蛋白，极少有过多的氨 基酸经肝、肾代谢而释放能量或由尿排出多余的氮，从而大大减少肝肾的负担。

4. 蛋白质净利用率

蛋白质净利用率 (net protein utilization,NPU) 是反映食物中蛋白质被利 用的程度，它把食物蛋白质的消化和利用两个方面都包括了，因此更为全面，计 算公式如下：



5. 蛋白质功效比值

蛋白质功效比值 (protein efficiency ratio,PER) 是指平均每摄入 lg 蛋白 质能增加动物体重的量。由于所测蛋白质主要用来提供生长之需要，所以该指标 被广泛用作婴儿食品中蛋白质的评价指标。实验一般采用刚断乳的雄性大鼠，以 含10%待测蛋白的膳食喂养4周，同时以经过标定的酪蛋白 (PER 为2 . 5)作 为参考蛋白，在同样条件下作为对照进行测定，计算公式如下：



6. 氨基酸评分和经消化率修正的氨基酸评分

以生物学价值最高的鸡蛋蛋白质作为参考蛋白质，将每克待评食物蛋白质中 每种必需氨基酸的含量占等量参考蛋白质中该氨基酸含量的百分数计算出来，此 百分数即氨基酸评分 (amino acid score AAS)。食物蛋白质氨基酸模式与人体蛋 白质构成模式越接近，其营养价值越高。氨基酸评分能评价其接近程度，是一种 广为采用的食物蛋白质营养价值评价方法，计算公式如下：



· 76 ·

在进行食物氨基酸强化时，应根据食物蛋白质氨基酸模式的特点，同时考虑 第一、第二、 第三限制氨基酸的补充量，否则不仅无效，而且还可能导致新的氨 基酸不平衡。

氨基酸评分的方法比较简单，缺点是没有考虑食物蛋白质的消化率。因此， 在20世纪90年代初FAO/WHO 通过了一种新的方法，即经消化率修正的氨基 酸评分 (protein digestibility corrected amino acid score,PDCAAS)。 这种方法 可代替蛋白质功效比，适用于除孕妇和1岁以下婴儿以外的所有人群的食物蛋白 质评价，表3-17是几种食物蛋白质的经消化率修正的氨基酸评分，计算公式如下：

PDCAAS = 氨基酸评分×真消化率

**表3-17** **几种食物蛋白质经消化率修正的氨基酸评分**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 食物蛋白 | PDCAAS | 食物蛋白 | PDCAAS |
| 酪蛋白 | 1.00 | 豇豆 | 0.63 |
| 鸡蛋 | 1.00 | 燕麦粉 | 0.57 |
| 大豆分离蛋白 | 0.99 | 花生粉 | 0.52 |
| 牛肉 | 0.92 | 小扁豆 | 0.52 |
| 豌豆 | 0.69 | 全麦 | 0.40 |
| 菜豆 | 0.68 |  |  |

资料来源：陈炳卿.1999.营养与食品卫生学.北京：人民卫生出版社

**3.4.7** **蛋白质营养不良**

1. 蛋白质- 能量营养不良

蛋白质缺乏常与能量缺乏同时存在。蛋白质-能量营养不良 (protein-energy malnutrition,PEM) 是现今世界上最普遍的营养不良形式。据世界卫生组织估 计，目前世界上大约有500万儿童患蛋白质-能量营养不良，其中大多数是因为 贫困和饥饿引起的，主要分布在非洲、中美洲、南美洲、中东、东亚和南亚地 区。PEM 根据临床表现可分为两类：

一种称Kwashiorker (来自加纳语),即水肿型(图3-1),是由于蛋白质严 重缺乏而能量供应能维持最低需要水平的极度营养不良症，多见于断乳期的婴幼 儿。主要表现为腹、腿部水肿，虚弱，表情淡漠，生长滞缓，头发变色、变脆和 易脱落，易感染其他疾病等。

一种叫Marasmus, 即消瘦型(图3-2),是由于蛋白质和能量均长期严重缺 乏时出现的疾病。患儿消瘦无力，易感染其他疾病而死亡。临床表现为精神萎 靡、体重减轻、皮下脂肪减少或消失、肌肉萎缩、毛发细黄而无光泽，常有腹 泻、脱水、全身抵抗力下降，但无浮肿。



图3- 1 水 肿 型PEM

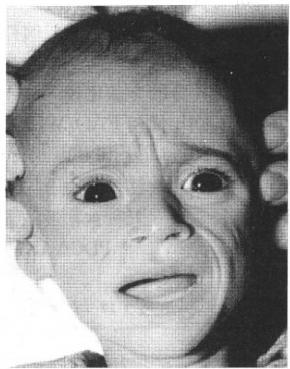


图3-2 消瘦型PEM

也有人认为这两种营养不良症是蛋白质-能量营养不良的两个不同阶段。对 成人来说，蛋白质摄入不足，同样可引起体力下降、浮肿、抗病力减弱等现象。

2. 蛋白质摄入过量

蛋白质，尤其是动物性蛋白质摄入过量，对人体同样有不利作用。高蛋白质 的食品往往也是高脂肪含量的，摄入过多的动物蛋白，就伴随着较多的动物脂肪 和胆固醇的摄入；实验证明，摄入动物性高蛋白食品，特别是伴随低钙饮食时， 将加速骨质疏松，过多的动物蛋白摄入造成含硫氨基酸摄入过多，加速骨骼中的 钙质丢失，因此，摄入过多动物性蛋白质和骨折有关；由于蛋白质不在体内储 存，过多摄入的蛋白质必须经脱氨分解才能排出体外，这一过程需要大量的水 分，从而加重肾脏负担。所以，应根据机体需要，摄入适量的蛋白质，维持人体 内的氮平衡。

**3.4.8** **蛋白质的推荐摄入量及食物来源**

1. 蛋白质的推荐摄入量

人体蛋白质需要量的衡量依照年龄的不同有不同的方法：对成人，要根据年 龄、性别、劳动强度和健康状况而定，并因食物来源而有所不同；新生儿、婴幼 儿、儿童以及青少年期对于蛋白质的需求量，按每千克体重来讲要远远高于成年 人，因为不但需要蛋白质来维持机体正常的生理需要，而且还要保证有足够的蛋 白质来满足身体迅速生长和发育的需要。

发达国家成人的蛋白质摄入量， 一直认为按每千克体重摄入0.8g 蛋白质可

· 78 ·

满足人体需要。中国以植物性食物为主，所以供给量为每千克体重1.0～1.2g, 通常按北京地区标准1.16g/(kg ·d) 计算。 一般估量成年男女的平均体重男性 为63kg, 女性为56kg, 因而对成年轻劳动者的蛋白质推荐供给量男性为75g/d, 女性为65g/d; 重体力劳动者的蛋白质转换率增加，将其PDCAAS 记分从70% (中国居民的膳食蛋白质消化利用率在70%左右)调到100%,可以计算为 1.16g×1.3=1.5g, 按每千克体重1.5g 蛋白质计算，则重体力劳动者供给量为 男性90g/d, 女性为80g/d; 而中等劳动介于重和轻劳动之间，男、女性分别为 80g/d 和70g/d。

中国营养学会根据上述标准在2000年提出中国居民膳食蛋白质推荐摄入量 (RNI), 按此推荐量摄入蛋白质是较为安全和可靠的。

2. 蛋白质的食物来源

蛋白质广泛存在于动植物性食物中，在畜、禽、鱼、肉、豆类中含有大量优 质蛋白质，含量一般为10%～20%。奶类中蛋白质含量较低为1.5%～3.8%, 蛋类11%～14%,干豆类20%～24%,其中大豆高达40%、谷类6%～10%、 薯类2%～3%。

动物性蛋白质质量好、利用率高，但同时富含饱和脂肪酸和胆固醇，而植物 性蛋白质的利用率低。中国居民所需要的蛋白质主要来源于植物，有一半是由粮 谷类提供。从营养学的角度讲，单纯摄入谷类蛋白是不合理的，应注意蛋白质的 相互补充作用，适当提供动物性蛋白质。大豆可以提供丰富的优质蛋白质，牛奶 富含多种营养素，应大力提倡中国各类人群对牛奶和大豆制品的消费。

人类在生产大量传统的动植物及其制品之外，开发出了许多非传统的新食品 蛋白质资源。如对单细胞蛋白质 (SCP) 的开发利用，单细胞蛋白质多是由微生 物培养制成，其蛋白质含量一般可在50%以上，并含有丰富的必需氨基酸。此 外，还有对昆虫及昆虫蛋白质的研究，昆虫的蛋白质含量高，脂肪和胆固醇低， 有的昆虫蛋白质还含有有益人体营养保健的功能成分。

3.5 水

水是人体赖以维持生命活动的最基本物质，是一种重要的宏量营养素。由于 水相对容易获取，人们往往忽视它的重要性。水是机体的重要组成物质，占人体 组成的50%～80%。水不仅可以作为各种物质的溶媒参与细胞代谢，而且也构 成细胞赖以生存的外环境。

**3.5.1** **水在体内的分布**

水是人体最多和最重要的成分，分布于细胞、细胞外液和身体的固态支持组

织中，在代谢活跃的肌肉和内脏细胞中，水的含量较高，而在不活跃的组织或稳 定的支持组织中含量较低。如肝、脑、肾等含水70%～80%,皮肤含水约70%, 骨骼约为20%,脂肪组织含水较少，仅为10%,而血液中含量最多，约为85%。

人体内水的含量，因年龄、性别、体形、职业不同而不同， 一般来讲，随年 龄增加，水的含量降低。新生儿含水量约为体重的80%,成年男子约为60%, 成年女子约为50%～55%.

**3.5.2** **水的生理功能**

(1)水是机体的重要组成成分，是维持生命、保持细胞外形、构成各种体液 所必需的，

(2)参与物质代谢：营养物质的吸收、运输、代谢废物的排出都需要溶解在 水中才能进行，这关系到消化、吸收、分泌及排泄等所有的代谢过程。

(3)调节体温：水在调节体温方面效率很高。水的比热高于体内其他物质， 体内含有大量的水，所以在代谢过程中所产生的能量多被水吸收，保持体温的恒 定；同时，水具有很高的蒸发热，蒸发少量的汗即可散发大量的热。

(4)润滑作用：水可以减少关节或体内内脏的摩擦，防止机体损伤，并可使 器官运动灵活。

(5)食品的重要成分：水是动、植物食品的重要成分，它对食品的营养品质 及加工性能有重要作用。水分对食品的鲜度、硬度、流动性、呈味性、保藏和加 工等方面具有重要影响；在食品加工过程中，水起着膨润、浸透呈味物质的作 用；水的沸点、冰点及水分活度等理化性质对食品加工有重要意义。

**3.5.3** **水的缺乏与过量**

1.水的平衡

体内水的来源包括饮水、食物中水及内生水三大部分。通常每人每日饮水约 1200mL, 食物中含水约1000mL, 内生水约300mL (表3-18)。内生水主要来 源于蛋白质、脂肪和碳水化合物代谢时产生的水，每克蛋白质产生的代谢水约为 0.41g、脂肪为1.07g、碳水化合物为0.60g。

**表3-18** **成年人一日水平衡量**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 来源 | 摄入量/ml. | 排出部位 | 排出量/ml. |
| 饮料 | 1200 | 肾脏(尿) | 1500 |
| 食物 | 1000 | 皮肤(蒸发) | 500 |
| 内生水 | 300 | 肺(呼气)  大肠(粪便) | 350  150 |
| 合计 | 2500 | 合计 | 2500 |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

· 80 ·

体内水的排出以经肾脏为主，约占60%,其次是经肺、皮肤和粪便。水的 来源和排出量维持在每天2500 mL 左右。

2. 水的缺乏或过量

在正常情况下，人体排出的水和摄入的水是平衡的，体内不储存多余的水 分，但也不能缺少水分。

1 ) 水 缺 乏

水摄入不足或丢失过多，可引起机体失水。 一般情况下，失水达体重的 2%,可感到口渴、食欲降低、消化功能减弱、出现少尿；失水达体重10%以上 时，可出现烦躁、眼球内陷、皮肤失去弹性、全身无力、体温脉搏增加、血压下 降；失水超过20%以上时，可引起死亡。

2)水过量

水摄入量超过肾脏排出的能力，可引起体内水过量或水中毒。这种情况多见 于疾病，如肾脏疾病、肝脏病、充血性心力衰竭等。正常人极少见水中毒，但严 重脱水且补水方法不当时也可发生。

水的需要量受年龄、体重、气候、劳动条件、疾病和损伤等方面的影响。年 龄越大，每千克体重需要的水相对较小。正常人每日每千克体重需水量约为 40mL, 即60kg 体重的成人每天需水2500 mL。 婴儿的需水量为成人的3或4 倍。不同年龄人体每日需水量如表3-19。

**表3-19** **人体每日需要的水量**

( 单 位 ：mL/kg)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 年 | 龄 | 需水量 | 年 龄 | 需水量 |
| 1周 | ~1岁 | 120～160 | 8～9岁 | 70～100 |
| 2~ | 3岁 | 100～140 | 10～14岁 | 50～80 |
| 4~ | 7岁 | 90～110 | 成年人 | 40 |

资料来源：陈学存.1984.应用营养学.北京：人民卫生出版社

同时，人体每日水所需要量也可按能量摄取的情况估计。 一般来说，成人每 日摄取4.184kJ(1kcal) 的能量约需水1mL。

**思** **考** **题**

· 能量

1. 试述能量的作用和生物学意义，

2. 试分析影响不同生理人群能量需要量的主要因素。

3. 你如何测定或估算某一人体或人群的能量消耗量。

4. 怎样通过合理膳食防止人体能量失衡及相应疾病发生。

· 碳水化合物

1. 试述碳水化合物的主要生理功能。

2. 试分别介绍几种功能性低聚糖和多糖的功能。

3. 何谓血糖生成指数? · 脂 类

1. 食物中含有哪些脂类?试述其主要生理功能?

2. 何谓必需脂肪酸?必需脂肪酸有什么生理功能?

3. 从哪些方面评价脂肪的营养价值?试评价一种食用油的营养价值。

· 蛋白质

1. 蛋白质有哪些生理功能?

2. 何谓必需氨基酸?人体有哪些必需氨基酸?

3. 简述牛磺酸、精氨酸、谷氨酰胺、谷胱甘肽的营养学意义。

4. 从哪些方面评价蛋白质的营养价值?

5. 试根据谷类食物的蛋白质构成特点，分析提高谷类食物营养价值的途径。 · 水

1. 水有哪些生理功能?

2. 摄入水过多或水缺乏对人体有什么影响?

[本章编写人：陈义伦 周才琼(多糖及低聚糖部分)]

**主要参考文献**

车振明.2004.虫草多糖生物活性研究进展及其应用前景.食用菌，6:3～5

陈炳卿.2000.营养与食品卫生学.第4版.北京：人民卫生出版社

陈庆伟，陈志桃.2005.枸杞多糖药理作用研究进展.海峡药学，17(4):4～7

陈仁惇.1999.现代临床营养学.北京：人民军医出版社

陈秀敏，傅德贤，欧阳藩.2001.魔芋葡甘露聚糖的应用研究进展. 中国生化药物杂志，22(6): 318～320

陈学存. 1984.应用营养学.北京：人民卫生出版社

方积年，王顺春.1997.香菇多糖的研究进展.中国药学杂志，32(6):332～334

高宁国，程秀兰，杨敬等.1999.肝素结构与功能的研究进展.生物工程进展，19(5):4～13 葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

葛可佑.2005.中国营养师培训教材.北京：人民卫生出版社

古元冬，史建勋，胡卓逸.1999.魔芋多糖的抗衰老作用.中草药，30(2):127～128 韩雅姗.2001.食品化学.第2版.北京：中国农业大学出版社

黄承钰。2003.医学营养学.北京：人民卫生出版社

黄纯，高向东，庞秀炳.2005.灵芝多糖的提纯、组成及活性研究.中国生化药物杂志，26(4): 221～223

刘佩瑛.2004.魔芋学.北京：中国农业出版社

刘志皋.2004.食品营养学.第2版.北京：中国轻工业出版社

孟协中，席金冲，李力平等. 1999.枸杞多糖化学研究的现状.宁夏农林科技，4:22～25

塞泽尔 F S, 惠特尼E N.2004. 营养学 概念与争论.第8版.王希成主译.北京：清华大学出版社

· 82 ·

石峰，姬胜利，迟延青等.2003.低分子肝素的制备方法及其结构与生物活性的关系.中国生化药物杂志， 24(2):101～105

孙远明，余群力.2002.食品营养学.北京：中国农业大学出版社

汪玲玲，钟士清等.2003.虫草多糖研究综述.微生物学杂志，23(1):43~45

王尔茂.2004.食品营养与卫生.北京：中国轻工业出版社

王建华，王汉中，张民等.2002.枸杞多糖组分3对小鼠抗脂质过氧化作用的影响. 中国兽医学报， 22(3):267～268

王昕，李建桥，吕子珍.2003.饮食健康与饮食文化.北京：化学工业出版社

吴坤.2003.营养与食品卫生学.第5版.北京：人民卫生出版社

徐庆阳，黎兴荣，石墨等。2004.硫酸软骨素研究现状.生物技术通讯，15(6):633～635 姚汉亭.1992.食品营养学.北京：中国农业出版社

易美华等.2000.食品营养与健康.北京：中国轻工业出版社

张民，王建华，甘璐等.2003.枸杞多糖-4组成分析及其生理活性研究.食品与发酵工业，29(2): 22～25

郑建仙.1999.功能性食品.第2版.北京：中国轻工业出版社

中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量 (Chinese DRIs). 北京：中国轻工业出版社

Cataldo C B. Nyenhuis J R. 1989. Nutrition & diet therapy. Second edition. New York:West Publishing Company

Robinson C H,Lawler M R,Chenoweth W L 。 1986.Normal and therapeutic nutrition. Seventeenth edi- tion. London:Cillier Macmillan Publishing Company

· 83

**第** **4** **章** **微量营养素**

**教学目标**

· 了解并掌握人体中重要的常量及微量矿物营养素的种类、生理功能、吸 收代谢特性、缺乏症、 DRI 及食物来源。

· 了解并掌握维生素的概念及共同特点。

· 掌握各种维生素的主要性质、生理功能、缺乏和过量危害及食物来源。

4.1 矿 物 质

**4.1.1** **概述**

1. 人体需要的矿物质种类

人体质量的95%～96%是由碳、氢、氧、氮等构成的有机物和水分，其余 4%～5%则由多种不同的无机元素组成。构成人体的60多种元素中，有20多种 是维持机体正常生物功能所必需的元素，称为生物必需元素或生命必需元素。生 物必需元素中，除碳、氢、氧、氮主要以有机物质形式存在外，其余各元素均为 无机物，营养学中称这类无机营养素为矿物质 (mineral),也称矿物盐或无机 盐。基于在体内的含量和人体需要量的不同，矿物质可分成常量元素 (macro- element) 和微量元素 (microelement 或 trace element) 两大类。常量元素包括 钙、磷、硫、钾、钠、氯、镁7种元素，其在体内的含量一般大于体重的 0.01%,每日需要量在100mg 以上；微量元素在体内含量小于0.01%,每日需

要量在100 mg 以下，甚至以微克计。1990年FAO、IAEP、WHO 三个国际组

织的专家委员会重新界定了必需微量元素的定义，认为维持正常人体生命活动必 不可少的必需微量元素共有8种，包括铁、锌、硒、铜、碘、钼、钴及铬；人体 可能必需的元素有5种，包括锰、硅、硼、矾及镍；具有潜在的毒性，但在低剂 量时可能具有功能作用的元素有8种，包括铅、氟、镉、汞、砷、铝、锂及锡。

2. 矿物质的生理功能

常量元素是人体组成和体现生命的必需元素，其分布几乎遍及身体各个部 位，发挥着多种多样的作用；人体必需微量元素在体内的数量尽管极少，但却也

· 84 ·

有十分重要的生理功能。

(1)构成人体组织的重要成分。如骨骼和牙齿等硬组织，大部分是由钙、磷 和镁组成，而软组织含钾较多，蛋白质中则含有硫、磷、氯等，也是构成人体的 重要组分。

(2)存在于细胞内外液中，如钾离子主要存在于细胞内液，钠与氯离子主要 存在于细胞外液，它们与蛋白质一起调节细胞膜的通透性，控制水分，维持正常 的渗透压和酸碱平衡(磷、氯为酸性元素，钠、钾、镁为碱性元素),维持神经 肌肉兴奋性。

(3)构成酶的成分或激活酶的活性，参与体内物质代谢。如盐酸对胃蛋白酶 原，氯离子对唾液淀粉酶，镁离子对磷酸转移酶等均有作用。许多酶含有微量金 属元素，如碳酸酐酶含有锌、呼吸酶含铁和铜、谷胱甘肽过氧化酶含有硒等。

(4)构成某些激素或参与激素的作用。如甲状腺素含碘，胰岛素含锌，铬是 葡萄糖耐量因子的重要组成成分，铜参与肾上腺类固醇的生成等。

(5)参与核酸代谢。核酸是遗传信息的携带者，含有多种微量元素，并需要 铬、锰、钴、锌、铜等维持核酸的正常功能。微量元素含量不足或过多可影响核 酸遗传信息的携带，如发生在生殖细胞，常可表现为畸形；发生在体细胞将形成 肿瘤。

由于各种常量元素在人体新陈代谢中，每日都有一定量由各种途径如粪、 尿、汗、头发、指甲、皮肤及黏膜的脱落等排出体外，因此必须通过膳食补充。 对钙、磷、镁、钠、钾、氯6种常量元素，许多国家都制定有参考摄入量或适宜 摄入量.

必需微量元素缺乏和过量都会对人体产生有害影响，并可成为某些疾病的重 要原因，还能影响人体生长、发育和寿命，在保健和防病方面也有重要作用。因 此，必需微量元素也有一定的参考摄入量或适宜摄入量，也有可耐受最高摄 入量。

**4.1.2** **钙**

钙 (calcium) 是人体中含量最丰富的矿物元素，约占成人体重的1.5%~ 2.0%,达1000～1200g。钙不仅是构成机体完整性不可缺少的组成部分，而且 在机体各种生理和生化过程中起着极为重要的作用。

1. 钙的生理功能

(1)钙是构成机体骨骼和牙齿的主要成分。钙是构成骨骼的重要组分，骨骼

中的钙占干体重的25%和总灰分的40%,钙对保证骨骼的正常生长发育和维持 骨健康起着至关重要的作用。

骨骼通过成骨作用 (osteogenesis, 即新骨不断生成)和溶骨作用 (osteoly-

· 85 ·

sis, 即旧骨不断吸收),使其各种组分与血液间保持动态平衡。骨骼中的成骨细 胞参与骨质成分的合成，破骨细胞参与骨的吸收，使骨基质释放出钙，并将其运 送进血液。

骨钙的更新速率，因年龄而变化。妊娠早期，胎儿仅有少量钙沉积，以后钙 浓度很快升高至胎儿体重的0.5%。妊娠后期，胎儿从母体约取得20g 的钙，足 月新生儿钙相当于其体重的1%。1岁以前婴儿每年转换100%,以后稍渐降低， 每年可转换50%,即每两年骨钙可更新一次。儿童阶段每年转换10%,由于儿 童时期生长发育旺盛，对钙需要量多，如长期摄入钙不足，并常伴随蛋白质和维 生素 D 缺乏，可引起生长迟缓、新骨结构异常、骨钙化不良、骨骼变形，发生 佝偻病 (rickets)。 健康年轻成人骨吸收与形成维持平衡，每年转变5%。40岁 以后骨形成明显减弱，转换速率为每年0.7%,绝经后的妇女和老年男女，其体 内钙吸收更占优势。人在20岁以前，主要为骨的生长阶段，其后的10余年骨质 继续增加，约在35～40岁，单位体积内的骨质达到顶峰，称峰值骨密度。此后 骨质逐渐丢失。妇女绝经以后，骨质丢失速度加快，骨密度降低到一定程度时， 就不能保持骨骼结构的完整，甚至压缩变形，以致在很小外力下即可发生骨折， 即为骨质疏松症 (osteoporosis)。 骨骼成熟时所达到的骨骼峰值，是决定骨质疏 松危险性的主要因素。

牙本质是牙的主体，其化学组成类似骨，但组织结构和骨差别很大，牙本质 没有细胞、血管和神经，因此牙齿中的矿物质无更新转换过程。

(2)维持多种正常生理功能。分布在体液和其他组织中的钙，虽然还不到体 内总钙量的1%,但在机体内多方面的生理活动和生物化学过程中起着重要的调 节作用。细胞外液的钙约1g, 占总钙的0 . 1%;细胞内的钙约7g, 占总钙的 0.6%。血钙较稳定，正常浓度为2.25～2.75mmol/L(90～110mg/L), 占总钙 的0.03%。血液中的钙可分为扩散性和非扩散性钙两部分。非扩散性钙是指与 血浆蛋白(主要是白蛋白)结合的钙，它们不易透过毛细血管壁，也不具有生理 活性。在扩散性钙中， 一部分是与有机酸或无机酸结合的复合钙，另一部分则是 游离状态的钙离子。只有离子钙才具有生理活性。

离子钙的生理功能涉及诸多方面： Ca²+参与调节神经、肌肉兴奋性，并调 节肌肉以及细胞内微丝、微管等的收缩； Ca²+影响毛细血管通透性，并参与调 节生物膜的完整性和质膜的通透性及其转换过程；Ca²+参与调节多种激素和神 经递质的释放， Ca²+的重要作用之一是作为细胞内第二信使，介导激素的调节 作用； Ca²+能直接参与脂肪酶、 ATP 酶等的活性调节，还能激活多种酶(腺苷 酸环化酶、鸟苷酸环化酶及钙调蛋白等),调节代谢过程及一系列细胞内生命活 动 ；Ca²+与细胞的吞噬、分泌、分裂等活动密切相关； Ca²+是血液凝固过程所 必需的凝血因子，可使可溶性纤维蛋白原转变成纤维蛋白。

· 86 ·

2. 钙的吸收及代谢

1)钙的吸收

a.钙的吸收途径

在膳食的消化过程中，钙通常由复合物中游离出来，被释放成为一种可溶性 离子化状态，以便于吸收。钙的吸收有主动吸收和被动吸收两种途径。吸收的机 制因摄入量多少与需要量的高低而有所不同。

(1)主动吸收。当机体对钙的需要量高或摄入量较低时，肠道对钙的主动吸 收机制最活跃。这是一个逆浓度梯度的运载过程，所以是一个需要能量的主动吸 收过程。这一过程需要钙结合蛋白的参与，也需要1,25-二羟胆钙化醇[1,25- (OH)₂D₃] 作为调节剂。主动吸收在十二指肠上部效率较高，那里 pH 较低 (pH6.0), 结合蛋白也存在，但在回肠吸收较多，因在那里停留时间最长。由结 肠吸收的比重在正常人约为总吸收量的5%。

(2)被动吸收。当钙摄入量较高时，则大部分由被动的离子扩散方式吸收。 这一过程可能也需要1,25-(OH)₂D₃ 的作用，但更主要取决于肠腔与浆膜间钙的 浓度梯度。

b.影响钙吸收的因素

影响钙吸收的因素很多，主要包括机体与膳食两个方面。

(1)机体因素。因钙的吸收与机体的需要程度密切相关，故而生命周期的各 个阶段钙的吸收情况不同。婴儿时期因需要量大，吸收率可高达60%,儿童约 为40%,年轻成人停留在25%上下，成年人仅为20%左右。钙吸收率随年龄增 长而渐减，平均年龄每增长10岁，钙吸收率减少5%～10%。妊娠期主动和被 动钙吸收率均增加，孕前期、孕早期、孕中期和孕晚期的钙吸收率分别为36%、 40%、56%和60%。女性因绝经原因，吸收率每年下降2.2%,增龄与绝经的联 合作用，导致女性从40岁到60岁，钙吸收率下降20%～25%。机体维生素D 的 状态会影响1,25-(OH)₂D₃ 的水平，磷缺乏可增加1,25-(OH)₂D₃ 水平而提高钙吸 收。钙在肠道的通过时间和黏膜接触面积大小可影响钙吸收。胃酸降低会降低不 易溶性钙盐的溶解度而降低钙吸收。体力活动可促进钙吸收，活动很少或长期卧 床的老人、病人钙吸收率会降低，因而常发生负钙平衡。此外还有种族因素也会 影响钙代谢的差异。有关因素见表4-1。

(2)膳食因素。①膳食中钙的摄入量，摄入量高，吸收量相应也高，但吸收 量与摄入量并不成正比，摄入量增加时，吸收率相对降低。②膳食中维生素D 的存在与量多少，对钙的吸收有明显影响。③乳糖与钙形成可溶性低分子物质， 以及在糖被肠道菌分解发酵产酸时，肠道pH 降低，均有利于钙吸收。④小肠中 含有一定量的蛋白质水解产物——某些多肽(如酪蛋白酶解产物中含有的酪蛋白

磷酸肽)和氨基酸(如赖氨酸、精氨酸等)也可与钙形成可溶性的络合物而利

· 87 ·

增加吸收

降低吸收

|  |  |
| --- | --- |
| 维生素D状况适宜 | 维生素D缺乏 |
| 增加黏膜接触面积 | 降低黏膜接触面积 |
| 钙缺乏 | 绝经 |
| 磷缺乏 | 老年 |
| 妊娠 | 胃酸降低 |
| 黏膜渗透性大 | 通过肠道时间快 |

资料来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

于钙的吸收，但当蛋白质超过推荐摄入量时，则未见进一步的有利影响。⑤高脂 膳食可延长肠道停留和钙与黏膜接触时间，可使钙吸收有所增加，但脂肪酸与钙 结合形成脂肪酸钙，则影响钙吸收。⑥钙磷比例适宜有利于钙吸收，食物中碱性 磷酸盐可与钙形成不溶解的钙盐而影响钙吸收。⑦一些植物性食物中植酸和草酸 含量高，易与钙形成难溶的植酸钙和草酸钙，不利于钙吸收。有的蔬菜如苋菜、 圆叶菠菜等草酸含量甚至高于钙含量，烹制时应先焯后炒。⑧膳食纤维中的糖醛 酸残基与钙螯合而干扰钙吸收。另据报道一些药物如青霉素和新霉素能增加钙吸 收，而一些碱性药物如抗酸药、四环素、肝素等可干扰钙吸收。影响钙吸收的主 要膳食因素见表4-2.

**表4-2** **影响钙吸收的主要膳食因素**

|  |  |
| --- | --- |
| 增加吸收 | 降低吸收 |
| 维生素D | 植酸 |
| 乳糖 | 草酸 |
| 酸性氨基酸 | 膳食纤维 |
| 低磷 | 脂肪酸 |

资料来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

2)钙的代谢

钙在体内代谢的过程，就是维持体内钙内环境稳定的过程。人体内有一个灵 敏的维持钙内环境稳定性的生物控制系统。整个系统涉及两种激素，即甲状旁腺

激素 (parathormone,PTH) 和降钙素 (calcitonin,CT), 与维生素 D[1,25-

(OH)₂D₃] 的活性。当血钙下降时， PTH 分泌增加，而CT 分泌减少，进而骨钙 溶出增加和肾钙排泄减少，以及通过PTH 刺激1,25-(OH)₂D₂ 合成增加，进而 使肠吸收钙增加。而血钙浓度增加到高于生理学水平时，则抑制PTH 分泌和刺 激 CT 分泌，这些变化则使骨钙溶出减少，肾钙排泄增加，以及肠钙吸收减少。 如此不断重复，以维持血钙浓度在极小的生理浓度范围内波动。

· 88 ·

钙的排泄主要通过肠道和泌尿系统，也有少量经汗液排出。人体每日摄入钙 的10%～20%从肾脏排出，80%～90%经肠道排出。经肠道排泄的钙即粪钙， 其来源包括两部分， 一是膳食中未被吸收的钙，其多寡与影响吸收的因素有关， 另一部分是由黏膜、细胞、唾液、胰腺和胆汁来源进入肠内的钙，称为内源性 钙，这部分钙比较稳定，每日约为100～120mg, 因年龄变化的差异不明显。影 响体内钙平衡最主要的途径是肾对钙的排出，每日从肾小球滤过的钙总量可达 10g, 在肾小管各段钙的重吸收率达99%。肾对钙的滤过量和重吸收量均取决于 血钙浓度，当血钙低于1.88mmol/L(75mg/L) 时，钙重吸收率达100%,则尿 中无钙排出。若骨钙溶出增多，而使血钙升高时，则尿钙排出增加。成人每日由 尿排出钙约为100～200mg, 由汗液排出的钙约为16～24mg, 此外由皮肤、头 发和指甲等每日约排出钙60mg, 女性特殊生理状态下，乳汁也有一定量钙 排出。

3. 钙缺乏与过量

钙缺乏症是较常见的营养性疾病，主要表现为骨骼的病变。①佝偻病。生长 期婴幼儿缺钙时，可表现出生长发育迟缓、骨和牙质差，严重时造成骨骼畸形即 佝偻病。我国南方地区发病率在20%左右，北方更高，有些地区可达50%。该 病多见于两岁以下婴幼儿，故应对孕妇、乳母以及婴幼儿补充足量的钙及维生素 D, 并要求钙、磷比例适宜。婴儿钙：磷以(1.6～1.8):1为宜。②骨质疏松 症。人在20岁以前主要为骨的生长阶段，其后的10余年骨质仍继续增加，约在 35～40岁左右，单位体积内的骨质达到顶峰，此时的骨密度称为峰值骨密度。 此后骨质逐渐丢失。妇女绝经以后，由于雌激素分泌减少，骨质丢失速度加快。 骨密度降低到一定程度时，就不能保持骨骼结构的完整，甚至压缩变形，以致在 很小外力下即可发生骨折，此即为骨质疏松症。持续的骨质丢失，必然发展为骨 质疏松症，补救措施也只限于减缓骨质丢失，而不能达到骨质的复原。因此，根 本的问题是预防，特别要注意对青春发育期到40岁前后的妇女，即形成骨密度 高峰期的妇女，要摄入足够的钙，关键的预防措施是提高奶制品的摄人量。③钙 不足至血钙低于1.75mmol/L 时，神经肌肉的兴奋性升高，可出现抽搐等症状。

钙摄入量过多，与肾结石患病率增加有直接关系。肾结石病多见于西方国 家，美国人约12%的人患有肾结石，可能与钙摄入过多有关。此外，高钙摄入 还可能影响铁、锌、镁等必需矿物质的生物利用率。

4. 钙的参考摄入量与食物来源

1)钙需要量与参考摄入量

钙的需要量是指能弥补由尿、粪、汗等丢失的钙，并加上满足于骨骼生长时 期骨加速增长所需要的钙量，即一般所谓的能维持机体适宜营养与健康状况的生

· 89 ·

理需要量。不同年龄因骨生长情况不同，钙的吸收与代谢情况也有差异，故钙需 要量在整个生命周期各阶段是不一致的。

由于当前一般的膳食结构不能满足人体对钙的需要，尤其对一些特殊人群如 婴幼儿、中老年妇女、孕妇和乳母，因此采用一些钙补充剂是必要的，但以下两 点需注意考虑：①对每日钙的摄入量，要控制在UL(2000mg/d) 以下。非食物 来源的钙补充剂，应至多是其一半，即每天不超过1000mg。② 不同化学形式的 钙补充剂钙含量不同，吸收率也不尽相同。以钙含量计，碳酸钙约为40%,氯 化钙37%,磷酸氢钙23%,乳酸钙13%;吸收率试验，含250mg 元素钙的不同 钙制剂与一标准化早餐同时服用，吸收率分别为：苹果酸、柠檬酸钙盐35%, 碳酸钙盐27%,磷酸钙25%。

我国居民各年龄组钙的Al(mg/d) 分别为：0岁约300,1岁约400,4岁 约800,7岁约800,11岁约1000,18岁约1000,50岁约1000,孕妇中期 1000,孕妇后期和乳母1200。1岁以上各人群钙的UL 为2000mg/d。

2)食物来源

(1)食物中的钙以奶及奶类制品最好，不但含量丰富而且吸收率高，是理想 的补钙食品。牛乳中的酪蛋白在肠道蛋白酶的作用下会生成部分酪蛋白磷酸肽 (casein phosphopeptide,CPP),CPP可螯合钙、铁、锌等二价矿物营养素，使 其在肠道内保持溶解状态，从而促进这些营养素的吸收和利用，此即为牛乳中的 矿物质吸收利用率高的原因之一。目前CPP 已实现工业化生产并在钙、铁强化 食品中广泛应用。

牛奶中钙含量一般约为1mg/g, 因此每天喝1瓶奶，即可获得约250mg 的 钙，而我国1992年营养调查显示，全国平均每人每天摄入奶类仅约15g, 而西 方国家膳食模式，每日至少两餐各有1份奶(约240g), 可获得钙约500mg, 即 每日钙摄人量有1/2来自于奶类。可见奶类摄入不足是我国居民钙摄人量低的主 要原因。此外，奶类中钙的吸收率较高，在饮用牛奶的同时，不仅得到了充足的 钙，还提供了其他的营养素，如维生素A、 叶酸、维生素B、 镁和钾等，而其中 有的营养素正是中国居民膳食中常易缺乏的。所以大力倡导提高奶类的消费，是 改善居民膳食结构、解决钙不足的重要途径。

(2)豆类、坚果类，可连骨吃的小鱼、小虾及一些绿色蔬菜类也是钙的较好 来源。 一些常见食物中的钙含量见表4-3。在选用蔬菜时，应注意其中草酸含 量。可采用适当措施去除妨碍钙吸收、利用的因素，如先焯后炒(使部分草酸溶 于水),洗大米时加以浸泡以使植酸酶活跃；面粉经过发酵，可减少植酸含量。 此外还应采用合理烹调处理方法，避免食物中钙的损失。常见蔬菜中钙和草酸含 量见表4-4。

(3)硬水中含有相当量的钙，也不失为一种钙的来源。在西方国家，每人每 日所摄入的钙量，有1/3来自于水。

· 90 ·

**表4-3** **一些食物中的钙含量**

(单位： mg/100g)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 食物名称 | 含钙量 | 食物名称 | 含钙量 |
| 人奶 | 30 | 大豆 | 191 |
| 牛奶 | 104 | 豆腐 | 164 |
| 干酪 | 799 | 黑豆 | 224 |
| 蛋黄 | 112 | 青豆 | 200 |
| 大米 | 13 | 豌豆 | 67 |
| 标准粉 | 31 | 豌豆(干) | 195 |
| 猪肉(瘦) | 6 | 榛子 | 104 |
| 牛肉(瘦) | 9 | 杏仁 | 71 |
| 羊肉(瘦) | 9 | 花生仁 | 284 |
| 鸡肉(带皮) | 9 | 荠菜 | 294 |
| 海带(干) | 348 | 苜蓿(炒) | 713 |
| 紫菜 | 264 | 油菜 | 108 |
| 银耳 | 36 | 雪里燕 | 230 |
| 木耳 | 247 | 苋菜(红) | 178 |
| 虾皮 | 991 | 柠檬 | 101 |
| 蚌肉 | 190 | 枣 | 80 |

资料来源：中国预防医学科学院营养与食品卫

生研究所.1991.食物成分表.北京：人民卫生 出版社

**表4-4** **常见蔬菜中钙和草酸含量**

(单位：mg/100g)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 食物名称 | 含钙量 | 含草 酸量 | 理论上计算司 利用的钙量 |
| 冬苋菜 | 230 | 161 | 160 |
| 芫荽 | 252 | 231 | 150 |
| 红萝卜缨 | 163 | 75 | 130 |
| 圆白菜(未卷心) | 123 | 22 | 114 |
| 乌鸡白 | 137 | 76 | 104 |
| 小白菜 | 159 | 133 | 100 |
| 马铃薯 | 149 | 99 | 99 |
| 青菜 | 149 | 109 | 86 |
| 芹菜 | 191 | 231 | 79 |
| 红油菜 | 116 | 94 | 74 |
| 商蒿 | 108 | 106 | 61 |
| 绿豆芽 | 53 | 19 | 45 |
| 芋头 | 73 | 63 | 45 |
| 葱 | 95 | 115 | 44 |
| 蒜 | 65 | 42 | 44 |
| 球茎甘蓝 | 85 | 99 | 41 |
| 豌豆(连英) | 102 | 142 | 39 |
| 大白菜 | 67 | 60 | 38 |
| 蒜苗 | 105 | 151 | 38 |
| 小白萝 | 49 | 27 | 37 |
| 韭菜 | 105 | 162 | 34 |
| 大薤菜 | 224 | 691 | -83 |
| 厚皮菜 | 64 | 471 | -145 |
| 圆叶菠菜 | 102 | 606 | -165 |

资料来源：关桂梧等.1986.营养学基础与临床 实践.北京：北京科学技术出版社

**4.1.3** **磷**

成人体内约含磷 (phosphorus)650g, 占体重1%左右，其中85%～90%的 磷与钙结合存在于骨、牙中，10%的磷与蛋白质、脂肪等有机物结合参与构成软 组织，其余部分广泛分布于体内多种含磷的化合物中。

1. 磷的生理功能

磷一方面是构成骨及牙的重要成分，另一方面也参与大分子的组成(如核酸 和蛋白质)和体内的重要代谢过程，是机体很重要的一种元素。

(1)构成骨骼和牙齿。磷与钙形成的难溶性无机磷酸盐，使骨及牙齿结构坚 固，磷酸盐与胶原纤维共价结合，在骨的沉积及骨的溶出中起决定性作用，因此 磷的重要性与骨、牙齿中钙盐作用相同。

(2)磷酸组成生命的重要物质。磷酸是核酸、磷蛋白、磷脂、大多数辅酶或 辅基及环腺苷酸 (cAMP)、 环鸟苷酸 (cGMP) 等生命体重要物质的组成成分。

(3)参与代谢过程。体内的磷以有机磷酸酯的形式参与代谢过程。高能磷酸 化合物如三磷酸腺苷及磷酸肌酸等为能量载体，在细胞内能量的转换、代谢中。 以及作为能源物质在生命活动中起着重要作用。

(4)参与酸碱平衡的调节。磷酸盐缓冲体系接近中性，是体内重要的缓冲 体系。

2. 磷的吸收与代谢

体内磷的平衡取决于体内和体外环境之间磷的交换，即磷的摄入、吸收和排 泄三者之间的相对平衡。

1 ) 吸 收

磷的吸收部位在小肠，其中以十二指肠及空肠部位吸收最快，回肠较差。磷 的吸收分为通过载体需能的主动吸收和扩散被动吸收两种机制。磷在肠道的吸收 率常因食物磷的存在形式与量多少而变动。大多数食物中含磷化合物以有机磷酸 酯和磷脂为主，这些磷酸酯在消化道经酶促水解形成酸性无机磷酸盐后才易被吸 收，而乳类食品中则含较多无机磷酸盐，其中酸性无机磷酸盐溶解度最高，故易 于吸收。普通膳食中磷吸收率约70%,而在低磷膳食时，吸收率可增至90%。 膳食中磷的来源及膳食中有机磷的性质可影响磷的吸收，如植酸 (phytic acid) 存在于谷胚中，由于人体肠黏膜缺乏植酸酶，故所形成的植酸盐不能为人体 吸收。

在机体活跃的生长发育阶段，磷的运转效率高于成年期，以母乳喂养的婴 儿，磷吸收率为85%～90%,学龄儿童或成人吸收率为50%～70%。此外肠道 酸度增加，有利于磷的吸收，当肠道中一些金属的阳离子存在时，如钙、镁、 铁、铝等，因与磷酸根形成不溶性磷酸盐，而不利于磷的吸收。肠道中活性维生 素 D 能有效地促进磷吸收。

2)代谢

膳食中摄入的磷未经肠道吸收的从粪便排出，这部分平均约占机体每日摄磷 量的30%,其余70%经由肾以可溶性磷酸盐形式排出，少量也可由汗液排出。 故机体控制和排、留磷的主要脏器是肾脏。血液流经肾小球时，约有90%的血 浆无机磷滤过基底膜，滤过的磷酸盐可被肾小管重吸收85%～90%,

肾对磷的吸收和排泄受以下因素调节， PTH 和 CT 促进尿磷排泄，活性维 生素D 减少尿磷排泄，此外血液浓度、血液酸度也影响肾脏对磷的重吸收。

3. 磷缺乏与低磷血症

一般不会由于膳食原因引起营养性磷缺乏，只有在一些特殊情况下才会出

· 92 ·

现。如早产儿若仅喂以母乳，因人乳含磷量较低，不足以满足早产儿骨磷沉积的 需要，可发生磷缺乏，出现佝偻病样骨骼异常。磷缺乏也可见于使用静脉营养过 度未补充磷的病人。

在严重磷缺乏和磷耗竭时，可发生低磷血症即血清有机磷浓度低于 0.83mmol/L(25mg/L)。 其症状可包括厌食、贫血、肌无力、骨痛、佝偻病和 骨软化、全身虚弱、对传染病的易感性增加、感觉异常、精神错乱甚至死亡。

4. 磷的参考摄入量与食物来源

以往因为食物中含磷普遍而丰富，很少因为膳食原因引起营养性磷缺乏，故 很少注意研究磷的需要量，更缺乏用于磷需要量的指标，因而，2000年以前， 我国和其他许多国家都未明确规定磷的供给标准。在2000年发布的《中国居民 膳食营养素参考摄入量 (DRI)》 中规定，居民膳食磷的AI(mg/d) 分别定为： 0岁约150,0.5岁约300,1岁约450,4岁约800,7岁约700,11岁约1000, 18岁以上人群(含孕妇、乳母)700。1～10岁磷的UL(mg/d) 为3000,11~ 60岁为3500,60岁约3000,孕妇3000,乳母3500。

过去相当强调膳食中的钙、磷比值，尤其在婴儿营养方面，这一概念在快速 生长情况下，有一定用处，但在成人则无明显价值。理论上膳食中的Ca:P 比 值在(1～1.5):1之间较好，但目前的观点，已不过分强调二者的比值关系， 就钙与磷来讲，更重要的是钙的量要适宜。

磷在食物中分布很广泛，无论动物性食物或植物性食物，在其细胞中，都含 有丰富的磷，动物的乳汁中也含有磷。瘦肉、蛋、奶、动物的肝肾含量都很高， 而且易吸收。海带、紫菜、芝麻酱、花生、干豆类、坚果粗粮含磷也较丰富。但 粮谷中的磷为植酸磷，不经过加工处理，吸收利用率低。典型含磷丰富的食物如 表4-5所示。

**表4-5** **磷含量较丰富的常见食物** (单位： mg/100g)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 食物 | 磷含量 | 食物 | 磷含量 |
| 南瓜子仁 | 1159 | 花生(炒) | 326 |
| 黄豆 | 465 | 葵花籽(炒) | 564 |
| 籼米 | 112 | 核桃 | 294 |
| 标准粉 | 188 | 瘦肉 | 189 |
| 大蒜头 | 117 | 猪肾 | 215 |
| 香菇(干) | 258 | 猪肝 | 310 |
| 紫菜 | 350 | 牛乳 | 73 |
| 银耳 | 369 | 河蚌 | 319 |
| 鲫鱼 | 193 | 虾皮 | 582 |

资料来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

· 93 ·

**4.1.4** **钠**

人体内钠 (natrium) 的含量约为每千克体重1.4g, 其中44%～50%在细胞 外液，9%～10%在细胞内液，40%～47%在骨骼中。体内的钠分为可交换钠和 不可交换钠两部分，前者占总体钠的70%,包括细胞内、外液和骨骼中近半数 的钠，其余为不可交换钠，主要与骨骼相结合。

1. 钠的生理功能

(1)构成细胞外液渗透压，保持细胞外液容量。钠是细胞外液的主要阳离 子，占阳离子含量的90%左右。它与相对应的阴离子一起所产生的渗透压，在 细胞外液中也占总渗透压的90%左右，因此钠对细胞外液的容量和渗透压就占 有举足轻重的地位。同样，在细胞内液的钾也构成类似渗透压，使水保留在细胞 内，当钠或钾的含量不平衡时，水就转移入细胞或移出细胞。正常人体能使细胞 外钠与细胞内钾之间维持适当的平衡，钠钾离子的主动运转，由Na+-K+-ATP

酶驱动，使钠离子主动从细胞内排出，以维持细胞内外液渗透压平衡，并调节水 平衡。

(2)维持体液的酸碱平衡。人体各组织细胞需要适宜的氢离子浓度才能维持 各种酶的正常活动。在缓冲系统中，主要的缓冲碱碳酸氢盐，常受钠离子量增减 的影响而消长，故 Na+ 总量对体液酸碱平衡也具有重要作用，

(3)增强神经肌肉兴奋性。钠、钾、钙、镁等离子的浓度平衡，对于维护神 经肌肉的应激性都是必需的，钠离子的正常浓度是保证这一功能的重要因素，

(4)其他。钠与ATP 的生成和利用、肌肉运动、心血管功能、能量代谢都 有关系，此外，糖代谢、氧的利用也需有钠的参与。

2. 钠的吸收和代谢

钠的吸收主要在小肠，吸收率极高，几乎全部被吸收。消化道吸收的钠包括 食物的钠和消化道分泌液中的钠。在空肠，钠的吸收主要是与糖和氨基酸的主动 转运相偶联进行的被动性过程，而在回肠则大部分钠是主动性吸收。

在正常情况下，每日摄入的钠只有小部分是身体所需，大部分通过肾脏从尿 排出。肾脏对钠的吸收较完善。每天由肾小球滤过的钠可达20000~ 40000mmol, 而每日尿排出仅10～200mmol, 吸收率达99.5%。当摄入无钠饮 食时，钠在尿中几乎可完全消失；摄入过多，能完全由肾排出。

钠还从汗液中排出，汗液中平均含钠盐 (NaCl)2.5g/L 左右，最大含盐浓 度可达3.7g/L。 在热环境下由于大量出汗可丢失大量钠盐，如在中等强度劳动 4h 即可丢失钠盐7～12g.

· 94 ·

3. 钠缺乏与过量

1 ) 钠 缺 乏

一般饮食中含钠充足，不至于引起钠缺乏，而且在正常情况下，血浆钠轻度 降低并伴有渗透压减少，即可引起稀释尿的排出，直至血浆钠恢复正常。钠缺乏 常引起低钠血症(血浆钠水平135mmol/L), 但血浆钠也可正常或过高。如下原 因可引起钠缺乏：①胃肠道消化液丧失：如腹泻、呕吐、引流等。②皮肤丢失： 如大量出汗、大面积烧伤、胰腺纤维性囊肿等。③体液积聚在间隔内：如小肠梗 阻、腹膜炎、弥漫性疏松结缔组织炎等。④肾性失钠：如慢性肾脏疾病、肾上腺 皮质功能不全、糖尿病、酸中毒、利尿剂的应用等。

钠缺乏的临床表现，按缺钠程度，可分为3等级：①轻至中度：缺NaCl 约 0.5g/kg, 尿中氯化物含量减少，患者倦怠、淡漠、无神、起立时昏倒。②中至 重度：缺NaCl 约(0.5～0.75)g/kg, 尿中无氯化物，出现恶心、呕吐、脉细而 速、血压下降及痛性肌肉痉挛等症状。③重度至极度：缺 NaCl 约(0.75~ 1.25)g/kg, 出现淡漠无情、木僵、昏迷、周围循环衰竭，严重时可发生休克及 急性肾功能衰竭而死亡。

2)钠过量

正常人摄入钠过多并不蓄积，但某些疾病可引起体内钠过多。当血浆钠超过 150mmol 时称为高钠血症。心源性水肿、肝硬化腹水期、肾病综合征、肾上腺 皮质功能亢进、某些脑部病变、脑瘤等都能出现高钠血症。临床症状除原有症状 外，以水肿为主，还可见体重增加、血容量增大、血压偏高、脉搏加快、心音增 强等。

一般每人每日摄入5～10g 食盐，若摄入35～40g 食盐可引起急性中毒，出 现水肿。意外盐中毒发生高钠血症的病死率为43%。

饮食中钠摄入量与Na/K 值是影响人群血压水平及产生高血压的重要因素， 减少钠或增加钾摄入量对预防高血压有重要意义。

4. 钠的需要量及食物来源

钠的需要量取决于生长的需要、环境温度、出汗或其他分泌丢失的钠量以及 膳食中钾的含量。有的学者估计每日最低钠需要量为115mg (相当于 NaCl 0.3g), 但在299mg(NaCl0.8g) 以下的膳食是极不可口的，故实际上一般摄入 量远远超过最低需要量。

我国每人每天食盐摄入量要超过12g。1991年全国营养与疾病学术会议认为 我国当前食盐摄入量以不超过10g 为宜，最好控制在7～8g。另有研究表明，若 在热环境下进行体力活动时，由于汗盐排出增加，每人每天摄入食盐量在轻度活 动时为15g, 中、重度活动时摄入20～25g 为宜。

· 95 ·

食物中钠的来源可分为两大类，即天然存在于食物中的钠和在加工、制备食 物过程或餐桌上随意加入的盐。天然存在于食物中的钠含量有很大差异， 一般动 物性食物钠含量高于植物性食物。每日膳食中钠摄入量包括食物本身含盐量和加 工处理时加入的盐或含钠的复合物(如谷氨酸钠、发酵粉等)。某些地区饮用水 的钠含量可能很高(高达220mg/L), 但一般来说，大多数地区所提供水的钠含 量低于20mg/L。

**4.1.5** **钾**

钾 (kalium) 占人体无机盐的5%,其化学性质虽与钠相似，但生理作用却 与钠相反，钾主要存在于细胞内。细胞内钠与钾的比例是1:10,而细胞外液则 是28:1。70%的体钾储存在肌肉，10%在皮肤，其余在红细胞、脑脊髓和肝、 心、肾中，骨骼中较少。细胞内钾浓度约为150mmol/L, 除离子态外， 一部分 与蛋白质结合， 一部分与糖、磷酸盐相结合。细胞外钾主要以离子态存在。钾和 钠离子都能通过细胞膜，以维持其间动态平衡。

1. 钾的生理功能

(1)参与细胞新陈代谢和酶促反应。钾与细胞新陈代谢密切相关。糖原和蛋 白质的合成、能量的释放和ATP 的生成等都需要钾在其中起催化作用。合成1g 糖原约需0.15mmol 钾，合成lg 蛋白质约需0.45mmol 钾。线粒体的氧化磷酸 化作用及有些酶活动也需要钾的参与才能正常进行。当细胞内钠浓度增加时，将 对抗钾的催化作用，使细胞代谢尤其是蛋白质的合成受到干扰。

(2)维持渗透压和酸碱平衡。由于钾是细胞内主要阳离子，其浓度可达 150mmol/L, 因此是细胞内液渗透压的基础。钾离子又能通过细胞膜与细胞外 H+-Na+ 交换，调节酸碱平衡。

(3)维持跨膜电位，保持细胞应激功能。细胞内、外钾浓度的比例是形成跨 膜静息电位的重要决定因素。静息电位主要是细胞内钾顺其浓度梯度扩散到细胞 外产生的。静息电位的建立是产生动作电位的基础，而神经与肌肉功能活动又必 须有动作电位发生。故细胞内、外钾浓度改变可影响神经肌肉细胞的兴奋性(应 激性)。

(4)其他。钾对水和体液平衡起调节作用，当体内需要保钠和水时，肾小管 就排出K\* 换回Na+。 钾与钠相对抗，适当的钠与钾比例摄入量可减轻因高钠摄 入产生的不良影响。钾也有扩张血管的作用，因此钾能对抗食盐引起的高血压， 对轻症高血压及有高血压因素的某些正常血压者有降压作用。钾还具有使胰岛素 释放的作用。

2. 钾的吸收和代谢

钾的主要吸收部位在空肠和回肠。在正常情况下，80%～90%摄入的钾由肾

· 96 ·

脏排出，10%～20%由粪便排出。皮肤通常排钾甚少，汗液含钾仅约 5.6mmol/L, 但在热环境中从事体力活动，大量出汗时，汗钾排出量可占钾摄入 量的50%左右。此外，在钾摄入极少甚至不进食钾时，肾仍排出一定量的钾。

3. 钾缺乏与过量

1)钾缺乏与低钾血症

体内钾总量减少称为钾缺乏，血清钾低于3.5mmol/L 时，称为低钾血症。 由于血液水含量和钾在细胞内外分布的变动，使总体钾和血钾的变化有时并不一 致。在某些情况下，高血钾可见于总体钾缺乏，相反，低血钾可存在于总体钾正 常情况时。但除少数情况外，低血钾病人大多有总体钾丧失。

钾缺乏原因有摄入不足和排出增加。如有长期禁食、少食或厌食、偏食等情 况，而肾脏保钾的功能较差，仍不断排钾，即可由于摄入不足而引起钾缺乏。造 成钾排出增加的原因较多：①经消化道失钾：如呕吐、胃肠引流、腹泻、肠瘘或 长期用泻剂等，造成失钾。②肾脏失钾过多：如各种肾小管功能障碍为主的肾脏 疾病或应用利尿剂，脱水、慢性缺氧、摄入钠过多均可出现细胞内钾释出增加， 进而引起尿钾排出增加。③肾上腺皮质功能亢进时，或长期应用肾上腺皮质激素 治疗，都可促使钾的排泄增多。④经汗液丢失：持续强体力活动或较长期在热环 境下进行体力活动，由于大量出汗可增加钾的丢失，如果此时摄入也较低则可产 生负钾平衡。⑤钾向细胞内转移：大量注射葡萄糖或应用胰岛素时、周期性瘫痪 发作时、烧伤愈合期蛋白质合成增加时以及碱中毒时，均可发生钾转移入细胞 内，可出现血钾过低，但总体钾不减少。

轻度或急性中度钾缺乏无明显症状。体钾缺乏达10%以上时症状明显，失 钾速率越快，症状越明显。钾缺乏使神经肌肉应激性降低，肌肉无力，重者可出 现软瘫；肋间肌、横膈肌无力，可出现呼吸困难、缺氧、窒息；平滑肌无力则致 腹膨胀、肠梗阻和肠麻痹。缺钾使心肌应激性增高、心音低钝、心率快、心律失 常。泌尿系统可出现肾血流量减少，输尿管和膀胱功能不良，排尿困难，甚至少 尿或无尿。消化系统可出现消化功能紊乱，食欲不振、恶心、呕吐。神经系统出 现烦躁不安、倦怠、肌腱反射消失、头晕、淡漠。重者神志不清，水盐代谢及酸 碱平衡紊乱，血管麻痹可发生休克。

2)钾过量

血钾浓度高于5.5mmol/L 时，可出现毒性反应，称为高钾血症。主要表现 为患者全身软弱无力、躯干和四肢感觉异常、面色苍白、肌肉酸痛、肢体寒冷、 动作迟钝、嗜睡、神志模糊，进而弛缓性瘫痪、呼吸肌瘫痪，窒息。引起高钾血 症的原因：①钾摄入过多：肾功能减退的病人，摄入过多的钾；静脉内输入过多 钾盐。②排出减少：肾功能衰竭、肾上腺皮质功能减退或肾小管代谢性酸中毒 时，可使肾排钾能力降低。③细胞内钾外移：急性酸中毒，重度溶血性反应，组

· 97 ·

织创伤、缺氧，应用某些药物，运动过度等情况。

4. 钾的需要量及食物来源

我国居民一般可从膳食摄入钾40～95mmol/d(1560～3705mg/d)。 根据人 体钾平衡研究结果，在轻体力活动、出汗甚少的情况下，40mmol/d 的钾 (KCl 3g) 足以维持生理需要，但在热环境下从事中度体力活动时，则需60mmol/d (KCl4.5g) 才能维持钾平衡，而供给量以80mmol/d(KCl6g) 为宜，若膳食 中钾摄入量偏低，可在此基础上适当补充以防缺钾。

大部分食物都含有钾，但蔬菜和水果是钾最好的来源。每100g 谷类中含钾 100～200mg、 豆类中600～800mg、 蔬菜和水果中200～500mg、 肉类中含量约 为150～300mg、 鱼类中200～300mg。 每100g 食物中含量高于800mg 以上的食 物有紫菜、黄豆、冬菇、小豆等。常见食物中钾含量见表4-6。

**表4-6** **常见食物中钾含量** (单位：mg/100g)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 食物名称 | 含量 | 食物名称 | 含量 | 食物名称 | 含量 | 食物名称 | 含量 |
| 紫菜 | 1796 | 鲳鱼 | 328 | 肥瘦牛肉 | 211 | 大白菜 | 137 |
| 黄豆 | 1503 | 青鱼 | 325 | 油菜 | 210 | 长茄子 | 136 |
| 冬菇 | 1155 | 瘦猪肉 | 295 | 豆角 | 207 | 甘薯 | 130 |
| 小豆 | 860 | 小米 | 284 | 芹菜(茎) | 206 | 苹果 | 119 |
| 绿豆 | 787 | 牛肉(瘦) | 284 | 猪肉 | 204 | 丝瓜 | 115 |
| 黑木耳 | 757 | 带鱼 | 280 | 胡萝卜 | 193 | 八宝菜 | 109 |
| 花生仁 | 587 | 黄鳝 | 278 | 标准粉 | 190 | 牛乳 | 109 |
| 枣(干) | 521 | 鲢鱼 | 277 | 标二稻米 | 171 | 发菜 | 108 |
| 毛豆 | 478 | 玉米(白) | 262 | 橙 | 159 | 葡萄 | 104 |
| 扁豆 | 439 | 鸡 | 251 | 芹菜 | 154 | 黄瓜 | 102 |
| 羊肉(瘦) | 403 | 韭菜 | 247 | 柑 | 154 | 鸡蛋 | 98 |
| 枣(鲜) | 375 | 猪肝 | 235 | 柿 | 151 | 梨 | 97 |
| 马铃薯 | 3.2 | 羊肉(肥瘦) | 232 | 南瓜 | 145 | 粳标二稻米 | 78 |
| 鲤鱼 | 334 | 海虾 | 228 | 茄子 | 142 | 冬瓜 | 78 |
| 河虾 | 329 | 杏 | 226 | 豆腐干 | 140 | 肥猪肉 | 23 |

资料来源：中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所.1991.食物成分表.北京：人民卫生出版社

**4.1.6** **镁**

人体内含镁 (magnesium)20～28g, 其中3/5集中在骨骼和牙齿，2/5分散 在肌肉和软组织。镁同钾一样主要集中在细胞内，细胞外液的镁不超过1%。在 血液中镁主要集中在红细胞内。镁在人体生理、病理及临床治疗中占有重要地 位，近年来已被引起广泛的注意。

· 98 ·

1. 镁的生理功能

(1)激活多种酶的活性。镁作为多种酶的激活剂，参与300余种酶促反应。 镁能与细胞内许多重要成分，如三磷酸腺苷等形成复合物而激活酶系，或直接作 为酶的激活剂激活酶系，

(2)维护骨骼生长。镁是骨细胞结构和功能所必需的元素，镁可影响骨钙溶 出。在极度低镁时，甲状旁腺功能低下而引起低血钙，骨培养于低镁溶液中，可 使骨钙溶出降低。

(3)维持神经肌肉的兴奋性。镁与钙使神经肌肉兴奋和抑制的作用相同，不 论血中镁或钙过低，神经肌肉兴奋性均增高，反之则有镇静作用。但镁和钙又有 拮抗作用，竞争性地与某些酶结合，在神经肌肉功能方面表现出相反的作用，如 由镁引起的中枢神经和肌肉接点处的传导阻滞可被钙拮抗。

(4)维护胃肠道功能。低硫酸镁溶液经十二指肠时，能促使胆囊排空，具有 利胆作用。碱性镁盐可中和胃酸。镁离子在肠道中吸收缓慢，促使水分滞留，具 有导泻作用。低浓度镁可减少肠壁张力和蠕动，有解痉作用，并有对抗毒扁豆碱 的作用。

(5)对激素的作用。血浆镁的变化直接影响甲状旁腺激素 (PTH) 的分泌。 在正常情况下，当血浆镁增加时可抑制PTH 分泌，血浆镁水平下降时则可兴奋 甲状旁腺，促使镁自骨骼、肾脏、肠道转移至血中，但其量甚微。当镁水平极端 低下时，可使甲状旁腺功能反而低下，经补充镁后即可恢复。

2. 镁的吸收与代谢

食物中的镁在整个肠道均可被吸收，但主要是在空肠末端与回肠部位吸收， 吸收率一般约为30%;可通过被动扩散和耗能的主动吸收两种机制吸收。

影响镁吸收的因素很多，首先是受镁摄入量的影响，摄入少时吸收率增加 摄入多时吸收率降低。膳食成分对镁吸收也有很大影响，既有促进镁吸收的成 分，又有抑制镁吸收的成分。膳食中促进镁吸收的成分主要有氨基酸、乳糖等， 氨基酸可增加难溶性镁盐的溶解度，所以蛋白质可促进镁的吸收；抑制镁吸收的 主要成分有过多的磷、草酸、植酸和膳食纤维等。另外，镁的吸收还与饮水量有 关，饮水多时对镁离子的吸收有明显的促进作用。由于镁与钙的吸收途径相同， 二者在肠道竞争吸收，因此，也有相互干扰的问题。

肾脏是排镁的主要器官，滤过的镁大约85%～95%被重吸收。血清镁水平 高，肾小管重吸收减少；血清镁水平低，肾小管重吸收增加，此调节过程有甲状 旁腺激素参与。消化液中含有镁，但正常情况下60%～70%被重吸收，故粪便 只排出少量内源性镁。汗液也可排出少量镁。

3. 镁的缺乏

1)镁缺乏对机体的影响

(1)对钙代谢的影响。低钙血症患者常有显著的镁缺乏表现，而镁耗竭也可 导致血清钙浓度显著下降。

(2)对神经肌肉兴奋性的影响。低血钙可以引起神经肌肉的临床表现，但是 无低血钙的低镁血症患者也可出现神经肌肉的兴奋性亢进。神经肌肉兴奋性亢进 是镁缺乏症的最初表现，常见肌肉震颤、手足抽搐、反射亢进，有时出现听觉过 敏和幻觉，严重时出现精神错乱、定向力失常，甚至惊厥、昏迷。

(3)对骨骼的影响。镁能直接影响骨细胞功能，以及羟磷灰石晶体的形成与 增大。镁缺乏可能是绝经后骨质疏松症的一种危险因素。

(4)其他。镁缺乏对血管功能可能有潜在的影响，动脉粥样硬化的发生与镁 有关，镁在血压调节方面也起重要作用，镁耗竭还可以导致胰岛素抵抗及胰岛素 分泌损害。

2)引起镁缺乏的原因

引起镁缺乏的原因主要有：镁摄入不足、吸收障碍、丢失过多以及多种临床 疾病等。

(1)摄入不足。最常见的摄入不足是饥饿，饥饿不但使镁摄人减少，而且由 于继发的代谢性酸中毒可使肾脏排镁增多。蛋白质-能量营养不良的患儿，全部 都有镁缺乏症，补镁可明显促使患儿康复。

(2)吸收障碍。如胃肠道感染、炎症性肠道疾患、口炎性腹泻、胆汁缺乏、 肠瘘、肠切除等均可导致镁吸收障碍。

(3)丢失过多。肾小管疾病、某些内分泌疾病、肾毒性药物以及慢性酒精中 毒等均可造成镁丢失过多。慢性酒精中毒主要是因为酗酒、呕吐、腹泻使镁 丢失。

4. 镁的膳食参考摄入量及食物来源

中国居民膳食镁元素参考摄入量中，镁的AI 值为350mg/d, 孕妇和乳母应 增加到400 mg/d, 成年人镁的UL 值为700 mg/d。

镁虽然普遍存在于食物，但食物中的镁含量差别甚大。由于叶绿素是镁卟啉 的螯合物，所以绿叶蔬菜是富含镁的食物。食物中诸如糙粮、坚果也含有丰富的 镁，而肉类、淀粉类食物及牛奶中的镁含量却属中等。精制食品的镁含量一般是 很低的，随着精制的和(或)加工食品消耗量的增加，膳食镁的摄入量呈减少趋势。

除了食物之外，从饮水中也可以获得少量镁，但饮水中镁的含量差异很大。 如硬水中含有较高的镁盐，软水中含量相对较低，因此水中镁的摄入量难以估 计。常见含镁较丰富的食物见表4-7。

· 100 ·

**表4-7** **常见含镁较丰富的食物** (单位：mg/100g)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 食物名称 | 含量 | 食物名称 | 含 量 |
| 大黄米 | 116 | 苋菜(绿) | 119 |
| 大麦(元麦) | 158 | 口蘑(白蘑) | 167 |
| 黑米 | 147 | 木耳(干) | 152 |
| 荞麦 | 258 | 香菇(干) | 147 |
| 麸皮 | 382 | 发才(干) | 129 |
| 黄豆 | 199 | 苔菜(干) | 1257 |

资料来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

**4.1.7** **铁**

铁 (iron) 是研究最多和了解最深的人体必需微量元素之一，而同时铁缺乏 又是全球特别是发展中国家最主要的营养问题之一。成人体内含铁3～5g, 约占 体重的0.004%。体内铁分功能铁和储备铁，功能铁约占70%,它们大部分存在 于血红蛋白和肌红蛋白中，少部分存在于含铁的酶和运输铁中。储备铁约占总铁 含量的30%,主要以铁蛋白 (ferritin) 和含铁血黄素 (hemosiderin) 的形式存 在于肝、脾和骨髓中。

1. 铁的生理功能

铁在体内主要作为血红蛋白、肌红蛋白的组成成分参与 O₂ 和 CO₂ 的运输， 铁又是细胞色素系统、过氧化氢酶和过氧化物酶的组成成分，在呼吸和生物氧化 过程中起重要作用。如血红蛋白可与氧可逆地结合，当血液流经氧分压较高的肺 泡时，血红蛋白能与氧结合成为氧合血红蛋白，而当血液流经氧分压较低的组织 时，氧合血红蛋白又离解成血红蛋白和氧，从而完成把氧从肺泡送至组织的 任务。

Hb+O₂<—HbO₂

(血红蛋白) (氧合血红蛋白)

肌红蛋白能在组织中储存氧，细胞色素能在细胞呼吸过程中起传递电子的作 用。许多与杀菌有关的酶的活性、淋巴细胞的转化、中性粒细胞吞噬功能等，也 均与铁水平有关。此外，铁还具有催化促进β胡萝卜素转化为维生素A、 抗体的 产生以及药物在肝脏的解毒等功能。

2. 铁的吸收与代谢

1)铁的吸收

食物中的铁主要是三价铁的无机物或有机物，它们进入体内后需在胃酸作用 下溶出，或通过食物中的还原性物质如维生素 C 和巯基化合物等作用，形成亚

· 101 ·

铁离子或可溶性络合物后才能被小肠黏膜细胞吸收。

铁吸收的确切机理还不清楚，但一般认为决定是否吸收铁的信号是在小肠黏 膜细胞内产生的，被吸收入黏膜细胞的铁与一种或一种以上的特异载体结合，这 些载体对铁通过黏膜细胞到达血液起调节作用。若进入细胞的铁超过载体系统的 结合能力，过多的铁便以Fe³+形式掺入铁蛋白作为储备铁保存在黏膜细胞内。 从黏膜细胞释放进入体内的铁在血浆中迅速与运铁蛋白 (transferrin) 结合带入 血循环，送至骨髓用于合成血红蛋白或运至组织细胞供合成含铁酶之需要，或运 至肝、脾及骨髓中以铁蛋白的形式储存。当血液中运铁蛋白饱和度由于体内的各 种消耗而降低时，肠黏膜中的铁蛋白便将铁离子转移至血液中的运铁蛋白，这时 又引起铁的吸收。现在已知运铁蛋白是一种糖蛋白，每个运铁蛋白的分子可结合 两个三价铁离子。而铁蛋白则是一个由24个相同的蛋白质亚基组成的酷似核桃 的壳，中心可储积0～4500个聚集状态的三价铁离子，正常机体内多数铁蛋白均 处于不饱和状态。

2)影响铁吸收的因素

铁在食物中的存在形式对其吸收率影响很大。食物中的铁可分为血红素铁和 非血红素铁两类，它们被吸收的方式不同。血红素铁主要存在于动物性食品中， 能以完整的卟啉铁复合物形式直接被小肠黏膜细胞吸收，再分离出铁并和脱铁的 运铁蛋白结合，其吸收率比非血红素铁高，吸收过程不受其他膳食因素的干扰。 如各种肉类、脏器中铁吸收率约为22%,动物血为25%,鱼类为11%,各种肉 类中总铁的1/3为血红素铁。非血红素铁主要存在于植物性食品中，吸收率较 低，而且常受其他膳食因素的干扰。大米、玉米、小麦中铁的吸收率仅为1%~ 5%,黄豆稍高，约为7%。

膳食中影响铁吸收的因素很多，若存在维生素C、 胱氨酸、赖氨酸、葡萄糖 及柠檬酸等，能与铁螯合成可溶性络合物，对植物性铁的吸收有利；植物性食品 中存在有草酸、磷酸、膳食纤维及饮茶、饮咖啡等均可对铁吸收起抑制作用。蛋 黄所含铁的吸收率仅为3%,原因是鸡蛋黄中所含的铁与卵黄高磷蛋白牢固地结 合，成为人体消化道不易消化吸收的物质。

人体生理状况及体内铁的储备多少非常显著地影响铁的吸收。如由于生长、 月经和妊娠引起人体对铁需要增加时，铁的吸收比平时增多。体内储存铁丰富，

吸收减少，体内铁储存较少时吸收增加。

3)铁的代谢

铁代谢的特征是在封闭系统中进行，即铁的吸收很少，由尿排出的量也极 少，体内总铁量的大部分继续在全身几个代谢区再分配。因为没有排泄多余铁的 途径，小肠吸收铁必须受到控制，以免中毒量的铁积聚于组织。

以铁蛋白形式储存在肝、脾、骨髓及肠黏膜细胞中的铁总量，成年男子为 1000 mg,女子为300mg。 红细胞因无细胞分裂能力，平均寿命120d, 衰老的红

· 102 ·

细胞被破坏分解为胆红素、氨基酸及铁，铁又通过血液循环运输到红骨髓再合成 新的红细胞，这样的铁每日约20～25 mg, 除肠道分泌以及皮肤、消化道、尿道 等的上皮脱落可造成约1 mg/d 的铁损失外，几乎不从其他途径流失。

生育期的妇女铁的损失比男性大，因此对铁的需要量比正常人明显增多。妇 女在月经期每天损失铁增至1.4～2.0 mg, 孕妇每日给胎儿提供1.3 mg 铁，再 加上胎盘及分娩失血约175 mg; 乳汁中铁含量约0.5 μg/mL, 初乳的含铁量比 成熟乳高5倍。

3. 铁缺乏及缺铁性贫血

1)铁缺乏及缺铁性贫血

铁缺乏是较广泛存在的贫血的重要原因，当体内缺铁时，铁损耗可分三个阶 段。第一阶段为铁减少期，此时储存铁耗竭，血清铁蛋白浓度下降；第二阶段为 红细胞生成缺铁期，此时除血清铁蛋白下降外，血清铁也下降；第三阶段为缺铁 性贫血期，血红蛋白和血细胞比容下降。长时间的铁的负平衡，致使体内铁储备 减少，以致耗尽。体内铁缺乏，引起含铁酶减少或铁依赖酶活性降低，使细胞呼 吸障碍，从而影响组织器官功能，出现食欲低下，严重者可有渗出性肠病变及吸 收不良综合征等。铁缺乏的儿童易烦躁，对周围不感兴趣，成人则冷漠呆板。当 血红蛋白继续降低，则出现面色苍白，口唇黏膜和眼结膜苍白，有疲劳乏力、头 晕、心悸、指甲脆薄、反甲等。儿童少年身体发育受阻，体力下降，注意力与记 忆力调节过程障碍，学习能力降低现象。

婴幼儿与孕妇贫血尚需特别注意，早产、低出生体重儿及胎儿死亡与孕早期 贫血有关，铁缺乏尚可损害儿童的认知能力，且在以后补充铁后，也难以恢复。 铁缺乏也可引起心理活动和智力发育的损害及行为改变。

铁缺乏可出现抵抗感染的能力降低，缺铁可使T 淋巴细胞数量减少，免疫 反应缺陷，淋巴细胞转化不良，中性粒细胞功能异常，杀菌能力减弱等。经铁治 疗能恢复正常反应。

铁缺乏增加铅的吸收，国外调查发现，铁缺乏的幼儿铅中毒的发生率比无铁 缺乏儿童高3或4倍，这是由于缺铁导致对二价金属吸收率增高的后果。

2)铁缺乏原因

铁在人体内的储存不多，如长期摄入不足特别是膳食中可利用铁不足，膳食 中干扰铁吸收因素的存在，或机体(生理性或病理性)对铁的需要增加，储存的 铁就难于满足机体的需要，而易造成造血原料的不足，进而可导致缺铁性贫血。 主要原因，概括有以下几方面：

(1)铁摄入不足。从食物中摄取的铁不能满足机体需要，食物选择不当、铁 含量较低；不良的饮食习惯如偏食、挑食，影响了摄入食物的种类与数量，从而 限制了含铁丰富的食物的摄入，如含铁丰富的肉类食品摄入较少等。

· 103 ·

(2)膳食铁的生物利用率低。食物中铁的含量，特别是吸收率较低，是铁缺 乏最主要的原因。铁生物利用率受多种膳食因素的影响。

(3)机体对铁的需要量增加。当机体对铁的需要量增加，而摄入或吸收的铁 量未能相应增加，可造成机体铁缺乏。如处在生长发育期的儿童，随体重增加， 血容量及组织铁相对增加，且生长发育愈快，铁的需要也愈大。 一般每增加1kg 体重约需增加铁35～45mg, 足月儿第一年内需补充外源性铁200mg; 低出生体 重儿，由于储铁较少、生长发育又较快，需补充的铁量较足月儿高，约为280~ 350mg。 因此，婴儿期尤其是低出生体重儿更易于发生缺铁性贫血。育龄期女性 月经量过多、妊娠(多次妊娠)、哺乳，及宫内置节育环也增加铁的丢失，若铁 摄入未相应增加，均能导致铁的缺乏。

(4)某些疾病。如萎缩性胃炎、胃酸缺乏或过多服用抗酸药时，影响铁离子 释放；慢性腹泻、胃大部切除以及钩虫感染等。

4.铁的参考摄入量与食物来源

铁在体内代谢中可被机体反复利用， 一般除肠道分泌和皮肤、消化道、尿道 上皮脱落损失少量外，排出的铁量很少。只要从食物中吸收加以弥补，即可满足 机体需要。婴幼儿由于生长较快，需要量相对较多，需从食物中获得铁的比例大 于成人；妇女月经期铁损失较多，供应量应适当增加。男子每日损失约1mg, 女子为0.8mg, 但月经期损失平均每日为1.4mg, 不同人群铁损失与需要量见 表4-8。铁的吸收小于10%,估计成人铁供应量应大于10mg/d。 中国营养学会 推荐我国居民膳食铁的AI(mg/d) 定为：0～0.5岁为0.3,0.5～1岁为10, 1～11岁为12,11岁以上男性为16,11岁以上女性为18,14岁以上男性为20, 14岁以上女性为25,18岁以上男性为15,18岁以上女性为20,50岁以上为

15,妊娠中期为25,妊娠后期为35,乳母为25。居民铁的UL(mg/d) 分别定

为：0岁为10,1～10岁为30,11岁以上及乳母为50,孕妇为60。

**表4-8** **铁需要量汇总** (单位：mg/d)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 人 群 | 损失 | 需要 |  |
| 粪 | 尿、汗、脱屑 月经期 | 生长期 妊娠期 | 总量 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 成年男 0.5 0.2～0.5 |  | 0.7～1.0 |
| 成年女 0.5 0.2～0.5 0.5～1.0 |  | 1.2～2.0 |
| 孕妇 0.5 0.2～0.5 | 1.0～2.0 | 1.7～3.0 |
| 儿童 0.5 0.2～0.5 0.6 |  | 1.3～1.6 |
| 女青少年 0.5 0.2～0.5 0.5～1.0 0.6 |  | 1.8～2.6 |
| 资料来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社 |  |  |

铁广泛存在于各种食物中，但分布极不均衡，吸收率相差也极大， 一般动物

· 104 ·

性食物的含量和吸收率均较高。因此膳食中铁的良好来源，主要为动物肝脏、动 物全血、畜禽肉类、鱼类。蔬菜中含铁量不高，油菜、苋菜、菠菜、韭菜等蔬菜 中铁的利用率不高。常见食物中的铁含量见表4-9。

**表4-9** **常见食物中铁含量** (单位： mg/100g)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 食物 | 含铁量 | 食物 | 含铁量 | 食物 | 含铁量 |
| 稻米 | 2.3 | 黑木耳(干) | 97.4 | 芹菜 | 0.8 |
| 标准粉 | 3.5 | 猪肉(瘦) | 3.0 | 大油菜 | 7.0 |
| 小米 | 5.1 | 猪肝 | 22.6 | 大白菜 | 4.4 |
| 玉米(鲜) | 1.1 | 鸡肝 | 8.2 | 菠菜 | 2.5 |
| 大豆 | 8.2 | 鸡蛋 | 2.0 | 干红枣 | 1.6 |
| 红小豆 | 7.4 | 虾米 | 11.0 | 葡萄干 | 0.4 |
| 绿豆 | 6.5 | 海带(干) | 4.7 | 核桃仁 | 3.5 |
| 芝麻凿 | 58.0 | 带鱼 | 1.2 | 桂圆 | 44.0 |

资料来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

**4.1.8** **锌**

成人体内含锌 (zinc) 约2～3g, 存在于所有组织中，肝、肾、骨骼肌、毛 发、胰、脑等组织含锌量较多，正常血清锌浓度为100～140μg/100mL, 头发锌 含量约为125～250μg/g, 发锌含量可反映膳食中锌的长期供给水平。测定发锌 取样方便，近年常被人们用来了解儿童锌的营养状况。

1. 锌的生理功能

锌的生理功能一般分为3个部分：催化、结构和调节功能。

(1)催化功能。在国际生化协会酶命名委员会指定的六大酶类中，每类都至 少有一种含锌酶。体内重要的含锌酶有碳酸酐酶、胰羧肽酶、 DNA 聚合酶、醇 脱氢酶、谷氨酸脱氢酶、乳酸脱氢酶及丙酮酸氧化酶等，这些酶在组织呼吸以及 蛋白质、脂肪、糖和核酸等的代谢中有重要作用。

(2)结构功能。①锌在酶中也有结构方面的作用。碳酸酐酶是人类认识的第 一个含锌的金属酶。到目前，已有的包含所有门类的、不同来源的含锌酶或其他 蛋白超过200种，锌通常能稳定酶蛋白的四级结构。②在细胞质膜中，锌主要结 合在细胞膜含硫、氮的配基上，少数结合在含氧的配基上，形成牢固的复合物， 从而维持细胞膜稳定，减少毒素吸收和组织损伤。③锌通过蛋白质的螯合作用构 成环状结构的锌指蛋白，形如手指。锌指蛋白分布在细胞核中转录因子的DNA 结合区域，有广泛的生化功能。

(3)调节功能。锌作为一个调节基因表达的因子，在体内有广泛作用。锌对

蛋白质的合成和代谢、对免疫调节因子的分泌和产生、对细胞复制和分化都产生 影响。锌对激素的调节和影响也有重要生物意义，锌除对激素受体的效能和靶器 官的反应产生影响外，还在激素的产生、储存和分泌中起作用。

2. 锌的吸收与代谢

1)吸收和转运

锌的吸收主要在十二指肠和上段小肠处，仅小部分吸收在胃和大肠。锌先与 小分子的肽构成复合物，后主要经主动转运机制被吸收。肠道锌吸收分为4个阶 段：即肠细胞摄取锌、通过黏膜细胞转运、转运至门静脉循环和内源锌分泌返回 肠细胞。

小肠内被吸收的锌在门静脉血浆中与白蛋白结合，被带到肝脏内，进入肝静 脉血中的锌约有30%～40%被肝脏摄取，随后释放回血液中。循环血中的锌以 不同速率进入到各种肝外组织中。这些组织的锌周转率不同，中枢神经系统和骨 骼摄入锌的速率较低，通常情况下骨骼锌不易被机体代谢利用。进入毛发的锌也 不能被机体组织利用，并且随毛发的脱落而丢失。存留于胰、肝、肾、脾中的锌 的积聚速率最快，周转率最高；红细胞和肌肉的锌的交换速率则低得多。

2)利用与储存

(1)生物利用。锌的生物利用率受多种因素影响。小肠是影响锌吸收利用的 主要器官，小肠内外源性锌的吸收和内源性锌的重吸收受众多膳食因素的影响。

肠道内环境显著地影响锌的溶解和吸收，近似于中性的pH 有利于锌与配位 体的结合，有关螯合物形式的锌的摄入和吸收关系至今还没有足够的研究证据。 某些锌的转运因子可能需要游离的锌，才能穿过细胞流动到需要的部位。

(2)储存。机体锌是否有特殊的储存机制还不清楚。几乎在所有的研究中， 如果显著地降低膳食锌的摄入量，很快就会出现锌缺乏的症状。另外，锌摄入量 的减少，也伴随着组织减少向肌肉和血液输送锌。

(3)锌与其他营养素关系。①铁摄入量过高可影响锌的吸收利用。在铁缺乏 时，可使铁转运蛋白的功能受损，而锌的转运因子、锌的吸收可能被激发而相对 地提高。②钙对锌吸收也有潜在抑制作用。高钙饲养的猪减少锌的吸收，并易引 起皮肤疾患，如角化不全，对人群的研究有类似的现象。③蛋白质的消化率与锌 的吸收率有高度相关，蛋白质消化中微小的改变可能显著地改变锌的吸收。在蛋 白质消化过程中，锌变成小肠细胞转运更容易接受的形式。④植酸可以和锌形成 牢固而稳定的化合物，而人体缺少一种能分解它的酶系统，故锌与植酸结合是引 起膳食锌缺乏的一个因素。高膳食纤维含量的食物也常常含有高的植酸，但单纯 的膳食纤维对锌的吸收不构成影响。

3)排泄与丢失

在正常膳食锌水平时，粪是锌排泄的主要途径。因此当体内锌处于平衡状态

· 106 ·

时，约90%的摄入的锌由粪中排出，其余部分由尿、汗、头发中排出或丢失。 经粪排出的锌包括没有被吸收的膳食锌，同时也包括内源锌。内源锌的排泄量随 肠道吸收和代谢需要之间的平衡关系而变化，这种变化也是保持体内锌平衡的主 要机制之一。

3. 锌的缺乏症

锌不同程度地存在于各种动物、植物食品中， 一般情况下膳食锌可满足人体 对锌的基本需要而不致缺乏，但在身体迅速成长时期、妊娠或哺乳期，或膳食中 缺乏动物食品，或食物单一及过于精细等情况下也可能引起体内锌缺乏。儿童发 生慢性锌缺乏时，主要表现为生长停滞，青少年除生长停滞外还会出现以性器官 及第二性征发育不全为特征的性幼稚型；孕妇缺锌会不同程度地影响胎儿发育； 儿童或成人缺锌时会引起味觉减退或食欲不振，因为锌是唾液蛋白 味觉素 (gustin) 的组成成分；缺锌还会使伤口愈合慢，机体免疫力降低(表4-10)。

**表4-10** **锌缺乏的临床表现**

|  |  |
| --- | --- |
| 体征 | 临床表现 |
| 味觉障碍 | 偏食，厌食或异食 |
| 生长发育不良 | 矮小，瘦弱，秃发 |
| 胃肠道疾患 | 腹泻 |
| 皮肤疾患 | 皮肤干燥，炎症，疱疹，皮疹，伤口愈合不良，反复性口腔溃疡 |
| 眼科疾患 | 白内障和夜盲 |
| 免疫力减退 | 反复感染，感冒次数多 |
| 性发育或功能障碍 | 男性不育 |
| 认知行为改变 | 认知能力不良，精神萎靡，精神发育迟缓，行为障碍 |
| 妊娠反应加重 | 嗜酸，呕吐加重 |
| 胎儿宫内发育迟缓 | 生产小婴儿、低体重儿 |
| 分娩合并症增多 | 产程延长，伤口感染，流产，早产 |
| 胎儿畸形率增高 | 脑部、中枢神经系统畸形 |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

4. 锌的参考摄入量与食物来源

WHO(1996 年)资料认为成年男子锌的基本需要量为1.54μg/(kg ·d), 储备需要量为21.6μg/(kg ·d)。 若用锌的吸收率均数25%和储备需要量计算， 膳食锌摄入量变异系数为25%,则成年男性(体重65kg) 每天锌的平均需要量 为11.23mg。 我国居民膳食锌的 RNI(μg/d) 分别定为：0～0.5岁为1.5, 0.5～1岁为8.0,1~4岁为9.0,4～7岁为12.0,7～11岁为13.5,11～14岁 男女分别为18.0和15.0,14～18岁以上男女分别为19.0和15.5,18岁以上男

· 107 ·

女分别为15.0和11.5,孕妇中、晚期增大为16.5,乳母更高，达21.5。

食物含锌量因地区、品种有较大差异。动物性食物含锌丰富且吸收率高，若 以每千克食物计，牡蛎、鲱都在1000mg 以上，肝脏、瘦肉、牛奶、蛋类为20~ 40mg, 大豆、花生、芝麻为30～60 mg, 蔬菜水果类食品含锌很低。谷物碾磨 越细丢失锌较多，目前许多人吃原粮减少，精加工用粮增多，不少人也处于缺锌 的边缘。发酵谷物制品因植酸有一部分被水解，锌的吸收率高于未发酵制品。

**4.1.9** **硒**

硒 (selenium) 是动物和人体必需微量元素的这一认识是20世纪后半叶营养 学上最重要的发现之一 。它的一个主要依据是1973年美国两位科学家和德国一 位科学家在两个实验室里分别发现硒是谷胱甘肽过氧化物酶的必需组分，也即没 有硒存在，这个酶就没有活力，而这个酶是体内主要的抗氧化酶之一，从而揭示 了硒的第一个生物活性形式。认识硒是人体必需微量元素的另一个主要依据是 1979年我国发表的克山病防治研究成果，即发现克山病地区人群均处于低硒状 态，补硒能有效地预防克山病，从而揭示了硒缺乏是克山病发病的基本因素，同 时也证明了硒是人体必需微量元素。自此，对硒的生物学作用研究，从疾病防治 的实践应用和作用机制的分子基础两个方面迅速展开。

硒存在于机体的多种功能蛋白、酶、肌肉细胞中，估计人体内硒的1/3存在 于肌肉尤其是心肌中。人体硒总量约14～21 mg。

1. 硒的生理功能

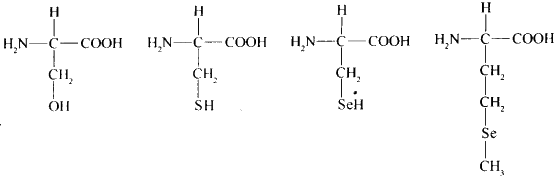
进入体内的硒绝大部分与蛋白质结合，称之为“含硒蛋白”(selenium-con- taining protein或 selenium-binding protein)。 其中，由mRNA 上的三联体密码 子 UGA 编码硒半胱氨酸 (Sec) 掺入的蛋白质另称为“硒蛋白” (seleno-pro- tein)。 丝氨酸 (Ser)、 半胱氨酸 (Cys) 和硒半胱氨酸是结构分别含氧、硫、硒 的具有相同碳架的氨基酸(图4-1)。它们所含元素的不同导致它们的生化作用 不同。硒蛋白中 Sec 的硒氢基( —SeH) 在 生 理 pH 状态下比 Cys 上的巯基 ( 一SH) 具有更强的亲核性，使它在硒酶中催化活性更活泼。硒蛋氨酸 (seleno- methionine,SeMet) 中的硒与两碳原子共价结合，使硒被屏蔽而无化学活性。

目前认为，只有硒蛋白是有生物学功能的，且为机体硒营养状态所调节。根 据基因频度分析，人体内可能会有50～100种硒蛋白存在。迄今，在古生物中鉴 别出5种硒蛋白、原核生物细菌中鉴别出9种、真核生物鉴别出23种。

硒的生理作用主要是通过硒蛋白发挥的，表现在抗氧化、提高免疫力和甲状 腺激素调节等方面，又通过它们在疾病防治中的效果得以表现。

(1)抗氧化作用。医学研究发现许多疾病的发病过程都与活性氧自由基有 关。如化学、辐射和吸烟等致癌过程、克山病心肌氧化损伤、动脉粥样硬化的脂

· 108 ·



丝氨酸(Ser) 半胱氨酸(Cys) 硒半胱氨酸(Sec) 硒蛋氨酸(SeMet)

图4-1 含硒的相同碳架的氨基酸

质过氧化损伤、白内障形成、衰老、炎症发生等无不与活性氧自由基有关。由于 硒是若干抗氧化酶的必需组分，它通过消除脂质过氧化物，阻断活性氧和自由基 的致病作用，起到防病作用。因此，机体硒水平的高低直接影响了机体抗氧化能 力和对相关疾病的抵抗能力。

(2)对甲状腺激素的调节作用。主要通过3个脱碘酶发挥作用，对全身代谢 及相关疾病产生影响，如碘缺乏病、克山病、衰老等。

(3)维持正常免疫功能。早在1970年就认识到适宜硒水平对于保持细胞免 疫和体液免疫是必需的。免疫系统依靠产生活性氧来杀灭外来微生物或毒物。补 硒还可提高宿主抗体和补体的应答能力。

(4)抗肿瘤作用。人体流行病学研究表明，硒具有抗癌作用。机体在正常硒 状态时，补充超过营养需要量的硒可抑制和延缓肿瘤发生。

(5)抗艾滋病作用。艾滋病是获得性免疫缺损综合征 (acquired immunode- ficiency syndrome,AIDS), 由 HIV-1 病毒感染引起。营养不良(缺乏维生素 A、维生素B₁₂ 、Zn 、Se 等)会影响氧化应激程度和病毒表达，而加快病程的发 展和死亡。补硒可能是减缓病程、提高生存率的有效方法。

(6)维持正常生育功能。在严重或长期硒缺乏后，尤其是第二代缺乏，会使 精子生成停滞而导致不育。

(7)延缓衰老作用。衰老本身不是疾病，但随着岁月的流逝，身体保持平衡 的抗氧化状态能力减弱，氧化逐渐超过了抗氧化，进而导致细胞(线粒体和 DNA) 遭氧化破坏，免疫力减弱，对疾病敏感性增加，易患各种慢性疾病。另 外，进入老年后食量相对减少，从膳食中摄入的抗氧化物也随之减少，因此适当 补硒和维生素 E 等抗氧化物能增强抗氧化和免疫力，从而延缓人体衰老进程。

2. 硒的吸收与代谢

1)硒的吸收

硒在体内的吸收主要受膳食中硒的化学形式和量的影响，另外性别、年龄、

· 109 ·

健康状况，以及食物中是否存在如硫、重金属、维生素等化合物也有影响。

人体摄入的硒有各种形式，动物性食物以硒半胱氨酸和硒蛋氨酸形式为主； 植物性食物以 SeMet 为主；而硒酸盐 (selenate,SeOf) 和亚硒酸盐 (sele- nite,SeO号)是常用的补硒形式，

硒主要在十二指肠被吸收，空肠和回肠也稍有吸收，胃不吸收。不同形式硒

的吸收方式不同， SeMet 是主动吸收， Se 是被动吸收，而SeO 的吸收方

式不太明确，主动和被动吸收的报道均有。 Sec吸收过程不清楚。可溶性硒化合 物极易被吸收，如SeO 吸收率大于80%,SeMet 和 SeO 吸收率大于90%。 硒的吸收似乎不受机体硒营养状态影响。

在测定不同形式硒生物利用率时，主要影响因素不是吸收率，而是转化为组 织中硒的生物活性形式的效力。

2)硒的代谢

膳食摄入的各种形式硒通过不同代谢途径均转化为负二价硒化物 (Se²-)。 Se² 再经硒代磷酸合成酶 (SPS) 催化，形成硒代磷酸盐 (SePO³)。 然后，再 经一系列转换而将Sec编码插入形成硒蛋白。若SPS 催化反应被抑制， Se²-就 会通过另一途径形成二甲基或三甲基硒离子由呼出气或经尿排出。因此，负二价 硒化物 (Se²-) 是体内硒进入合成硒蛋白途径和排出途径的分叉中间化合物，而 SPS 可能在调节中起关键作用。

吸收的硒在血液中转运，但其转运形式并不清楚。经尿排出的硒占总硒排出 量的50%～60%,在摄入高膳食硒时，尿硒排出量会增加，反之减少，肾脏似 乎起了调节作用。

3. 硒缺乏与过量

硒缺乏已被证实是发生克山病的重要原因。克山病是一种在我国部分地区流 行的、以心肌坏死为特征的地方性心脏病，病因虽未完全明了，但在多年防治工 作中，我国学者发现克山病的发病与硒的营养缺乏有关，并且已用亚硒酸钠预防 取得成功，于1973年首次提出并证明硒是人类的一种必需微量元素。

近年我国在大骨节病的防治中观察到大骨节病也与缺硒有关，用亚硒酸钠与 维生素E 治疗儿童大骨节病有显著疗效。

硒摄入过量可致中毒。我国湖北省恩施县的地方性硒中毒，与当地水土中硒 含量过高，致粮食、蔬菜、水果中含高硒有关。主要表现为头发变干、变脆、易 断裂和脱落；肢端麻木、抽搐、甚至偏瘫，严重时可致死亡。

4. 硒的参考摄入量与食物来源

我国居民膳食硒的RNI(μg/d) 分别定为：0～0.5岁为15 (AI)、0.5～1 岁为20 (AI)、1～4 岁为20、4～7岁为25、7～11岁为35、11～14岁为45、

· 110 ·

14岁以上(含孕妇)为50、乳母为65。硒的[JL(μg/d) 分别定为：0～0.5岁 为55、0.5～1岁为80、1～4岁为120、4～7岁为180、7～11岁为240、11～14 岁为300、14～18岁为400、18岁以上(含孕妇和乳母)为400。

食物中的硒含量变化很大，主要与所在区域内土壤和水质的硒含量有关。通 常海产品的硒含量较高，若按100 g 食物计：鱿、海参等含硒在100 μg 以上，其 他的贝类、鱼类含硒约30～85 μg, 谷物、畜禽肉约10～30μg, 蔬菜中大蒜含硒 较丰富，其余蔬菜大多在3 μg 以下。

**4.1.10** **碘**

成人体内仅含碘 (iodine)20～50 mg,其中约15mg 集中在甲状腺中，它是 甲状腺素——— 四碘甲状腺原氨酸 (T;) 和三碘甲状腺原氨酸 (T₃) 的组成成分， 二者在代谢上具有重要的作用。

1. 碘的生理功能

碘在体内主要参与甲状腺激素的合成，其生理作用也是通过甲状腺激素的作 用表现出来的。

(1)参与能量代谢。在蛋白质、脂类与碳水化合物的代谢中，碘促进氧化和 氧化磷酸化过程；促进分解代谢、能量转换，增加氧耗量，加强产热作用；参与 维持与调节体温，保持正常的新陈代谢和生命活动。

(2)促进代谢和生长发育。甲状腺激素促进DNA 及蛋白质合成、维生素的 吸收和利用，并有活化许多重要的酶的作用，包括细胞色素酶系、琥珀酸氧化酶 系等100多种，对生物氧化和代谢都有促进作用。甲状腺素是维持细胞的分化与 生长所必需的，发育期儿童的身高、体重、肌肉、骨骼的增长和性发育都必须有 甲状腺激素的参与，此时期碘缺乏可致儿童生长发育受阻，侏儒症的一个最主要 病因就是缺碘：

(3)促进神经系统发育。在脑发育阶段，神经元的迁移及分化、神经突起的 分化和发育，都需要甲状腺激素的参与。胚胎期及出生后早期缺碘或甲状腺激素 不足，均会影响神经细胞的增殖分化，导致脑质量减轻，直接影响到智力发育。 缺碘对大脑神经的损害是不可逆的。

(4)垂体激素作用。碘代谢与甲状腺激素合成、释放及功能作用受垂体前叶 促甲状腺激素 (TSH) 的调节， TSH 的分泌则受血浆甲状腺激素浓度的反馈影 响。碘、甲状腺激素与中枢神经系统关系至为密切。

2. 碘的吸收与代谢

人从食物、水及空气中每日摄取的碘总量约100～300μg, 主要以碘化物的 形式由消化道吸收，肺、皮肤及黏膜也可吸收极微量的碘。人体碘的来源约

· 111 ·

80%～90%来自食物，10%～20%来自饮水，低于5%的碘来自空气。

食物中的碘进入消化道后，1h 内大部分被吸收，以Ⅱ形式进入血液循环， 并在肾脏、唾液腺、胃黏膜及甲状腺等处浓集，但只有甲状腺能利用碘合成甲状 腺素，而且浓集碘的能力最强。被浓集在甲状腺滤泡细胞内的I, 通过过氧化 物酶的作用迅速氧化成I°,I°又立即与已激活的酪氨酸结合生成一碘酪氨酸和二 碘酪氨酸，二者再经耦合作用生成有活性的甲状腺素，即前述的T₄ 和T₃, 并被 储存于体内唯一储存碘的甲状腺内。

在代谢过程中，甲状腺素分解脱下的碘，部分被重新利用，部分通过肾脏排 出体外，部分在肝内合成甲状腺素葡萄糖酸酯或硫酸酯，随胆汁入小肠，从粪便 排出体外。

3. 碘缺乏及过量

地方性甲状腺肿(简称地甲肿)与地方性克汀病(简称地克病)是典型的碘 缺乏症，它们是世界性的疾病，地甲肿几乎所有国家都有发生，流行地区主要在 远离海洋的内陆山区或不易被海风吹到的地区，其土壤和空气含碘量较少，导致 该地区的水及食物含碘量很低。有人估计全世界约有两亿的甲肿患者，地甲肿的 特征是甲状腺肿大而使颈部肿胀，这是由于膳食中碘供给不足，甲状腺细胞代偿 性地增大，细胞体积增大以便从血液中吸取更多的碘。

甲状腺肿易发生在儿童、女性发育期及妊娠期，在地甲肿地区若孕妇严重缺 碘，所生的婴儿又继续缺乏碘的供给，可患一种侏儒型的呆小症，即前述的地克 病，地克病患儿甲状腺机能低下，智力迟钝，运动失调，身材矮小，生长发育停 滞。地克病流行于地甲肿较严重的病区。

地方性甲状腺肿也可因碘过量引起。碘过量通常发生于摄入含碘量高的饮 食，以及在治疗甲状腺肿等疾病中使用过量的碘剂等情况。我国河北、山东部分 县区居民，曾因饮用深层高碘水，或高碘食物造成高碘甲状腺肿。

4. 碘的参考摄入量与食物来源

我国居民膳食碘的RNI(μg/d) 分别定为：0～3岁为50、4～10岁为90、 11～13岁为120、14岁以上为150、孕妇及乳母为200。居民碘的UL(μg/d) 分别定为：7～17岁为800,18岁以上各人群(含孕妇和乳母)为1000。

含碘最丰富的食物为海产品如海带、紫菜等。机体需要的碘可从饮水、食物 及食盐中获得。预防地方性甲状腺肿可经常食用上述含碘丰富的海带、紫菜、发 菜、淡菜等海产品，无条件经常食用海产品的内陆山区采用食盐加碘的办法最有 效。碘化钾与食盐的配合比为1:100000,这样若每日摄入含碘食盐20g, 即相 当于摄入碘150 μg, 已能满足生理需要。此外采用补充碘化油也是行之有效的。

· 112 ·

**4.1.11** **氟**

成年人体内含氟 (fluorin) 约为2.9g, 氟在人体内的分布主要集中在骨骼、 牙齿、指甲和毛发中，尤以牙釉质中含量最多，人的内脏、软组织、血浆中含氟 量较低。

1. 氟的生理功能

氟的生理功能主要是预防龋齿和老年性骨质疏松症。黏附在牙缝和牙面上的 食物残渣中的糖分，在细菌的作用下，氧化成酸类如乳酸、焦葡萄酸等，它们都 是牙齿的“腐蚀剂”,焦葡萄酸是在烯醇化酶的作用下生成的，氟则是烯醇化酶 活性的抑制剂，这是氟具有防龋作用的原因之一；另一方面，牙齿和骨骼的主要 成分是羟磷灰石，容易被酸类腐蚀，当体内有充足的氟时，氟可与羟磷灰石作 用，取代其中的羟基而生成氟磷灰石，和羟磷灰石相比，氟磷灰石光滑坚硬，耐 酸耐磨。此外，适量的氟有利于钙和磷的利用及在骨骼中沉积，可加速骨骼成 长，促进生长，并维持骨骼的健康。

2. 氟的吸收与代谢

膳食和饮水中的氟摄入人体后，主要在胃部吸收。氟的吸收很快，吸收率也 很高。饮水中的氟可完全吸收，食物中的氟一般吸收率为75%～90%,剩下的 10%～25%则由粪便排出，吸收一半量所需的时间约为30min。 氟吸收的机制是 通过扩散，氟的吸收受几种膳食因素的影响，铝盐、钙盐可降低氟在肠道中吸 收，而脂肪水平提高可增加氟的吸收。

氟一旦被吸收，即进入血液，分布到全身，从血浆来的氟与钙化的组织形成 复合物，此外还分布于软组织的细胞内外间隙。绝大多数保留在体内的离子氟进 入钙化组织(骨骼和发育中的牙齿),以氟磷灰石形式存在，或者在晶体表面的 水合外壳内进行离子交换。每天吸收的氟约有50%于24h 内沉积在钙化组织中， 机体中的氟约99%存在于钙化的组织。根据生理需要骨骼中的氟可通过间隙中 的离子交换快速地动员或由不断进行的骨再建过程而缓慢地动员释放。

肾脏是无机氟排泄的主要途径。每天摄入的氟约有50%通过肾脏清除。氟 可自由滤过肾小球毛细管，而肾小管的重吸收率则高低不等。肾对氟的清除率与 尿液pH 有直接关系，因此，影响尿液pH 的因素如膳食、药物、代谢或呼吸性 疾病，甚至于居住地的海拔高度等，都能够影响氟的吸收。

3. 氟的缺乏与过量

在缺氟情况下，牙釉质中坚硬而又耐酸的氟磷灰石形成较少，使牙齿更易受 损，导致龋齿的发生；此外机体缺氟时也会干扰钙、磷的利用而影响骨骼的

· 113 ·

健康。

但氟又是一种累积性毒素，在饮水、食物与空气中摄入过量的氟可以引起机 体不同程度的代谢异常和中毒表现。除了急性中毒外，也可造成慢性氟中毒。主 要表现在以下几个方面：抑制体内一些酶的活性，如葡萄糖-6-磷酸脱氢酶、胆 碱酯酶、酮戊二酸脱氢酶等；影响钙、磷代谢，摄入过量的氟，造成骨骼组织的 氟化钙异常的增加，使骨密度增加，骨膜增厚，骨质增加，并有韧带和骨骼肌的 钙化，引起运动系统的障碍；过量的氟还会发生“牙氟中毒”,即使牙齿的釉质 发育不全，并产生锈色，如一地区饮用水中氟超过10 mg/kg 时就会发生上述 现象。

4. 氟的参考摄入量与来源

我国居民氟的AI(mg/d) 分别定为：0～0.5岁为0.1、0.5～1岁为0.4、 1～4岁为0.6、4～7岁为0.8、7～11岁为1.0、11～14岁为1.2、14～18岁为 1.4、18岁以上各人群(含孕妇和乳母)为1.51。居民氟的UL(mg/d) 分别定 为：0～0.5岁为0.4、0.5～1岁为0.8、1～4岁为1.2、4～7岁为1.6、7～11 岁为2.0、11～14岁为2.4、14～18岁为2.8、18岁以上各人群(含孕妇和乳 母)为3.0。

氟的主要来源是饮用水， 一般饮用水中氟的含量为0.2～1.0mg/kg, 软水 中不存在氟，而有些硬水中氟可高达10mg/kg, 对牙齿的最适量为1 mg/kg。 食品中氟的含量一般很低，约低于1 mg/kg, 但海鱼中含量非常丰富，可高达 5～10mg/kg。 另一富氟资源为茶叶，尤其是中国茶，如在干早地区的茶中氟的 含量可高达100 mg/kg。 一般情况下，每日从饮水中摄取的氟约占65%,其余 从食物中摄入。

**4.1.12** **其他矿物质**

1 . 氯

氯 (chlorin) 是人体必需常量元素之一，是维持体液和电解质平衡所必需 的，也是胃液的一种必需成分。自然界中常以氯化物形式存在，最普通形式是食 盐。氯在人体含量平均为1.17g/kg, 广泛分布于全身。主要以氯离子形式与钠、 钾化合存在。其中氯化钾主要在细胞内液，而氯化钠主要在细胞外液中。

氯的生理功能包括维持细胞外液的容量与渗透压，维持体液酸碱平衡，参与 血液CO₂ 运输及胃液中胃酸形成等。

饮食中的氯多以氯化钠形式被摄入，并在胃肠道被吸收。吸收的氯离子经血 液和淋巴液运输至各种组织中。氯化物主要从肾脏排出，但经肾小球滤过的氯， 约有80%被重吸收，只有小部分经尿排出体外。氯和钠除主要从肾排出体外，

· 114 ·

也从皮肤排出，在高温、剧烈运动、汗液大量排出时，也相应促使了氯化钠的 排出。

由于氯来源广泛，特别是食盐，摄入量往往大于正常需要水平。因此，由饮 食引起的氯缺乏很少见。目前尚缺乏氯的需要量的研究资料，中国营养学会 (2000年)提出的中国成人膳食氯适宜摄入量 (AI) 为2800mg/d。

膳食氯几乎完全来源于氯化钠，仅少量来自氯化钾。因此食盐及其加工食品 酱油，盐渍、腌制食品，酱咸菜以及咸味食品等都富含氯化物； 一般天然食品中 氯的含量差异较大；天然水中也几乎都含有氯，但与从食盐来源的氯的量(约 6g) 相比并不重要。

2 . 铜

铜 (cuprum) 是人体许多重要酶的组成成分，如酪氨酸酶、赖氨酸氧化酶、 细胞色素c氧化酶、超氧化物歧化酶等都是铜酶，它们分别影响人体的黑色素形 成、结缔组织和弹性组织的结构、正常造血功能的维持、中枢神经系统的健康以 及机体解毒作用。铜还是血浆铜蓝蛋白的组成成分，后者在血红蛋白形成中起作 用。因此铜对人体是一种重要的必需微量营养素，缺乏时可引起缺乏症。临床上 有儿童缺铜性贫血的报道。

铜主要在小肠被吸收，少量由胃吸收。可溶性铜的吸收率为40%～60%。 膳食中铜被吸收后通过门脉血运送到肝脏，掺入到铜蓝蛋白，然后释放到血液， 传递到全身组织；大部分内源性铜排泄到胃肠道与从食物中来而未被吸收的铜一 起排出体外，少量铜通过其他途径排出。

我国成人铜的AI 为2.0mg/d,UL 为8.0mg/d。 铜的丰富来源有茶叶、葵 花籽、核桃、可可、肝等，在大豆制品、蟹肉、马铃薯、紫菜等中含量也较多， 在稻米、油脂、水果、蔬菜、奶及奶制品中含量较低。

3 . 铬

铬 (chromium) 是人和动物必不可少的微量元素之一，铬的活性形式是三 价铬，其主要功能是帮助维持身体内正常的葡萄糖含量水平。已知“葡萄糖耐量 因子”(glucose tolerance factor,GTF) 是一种含铬的有机物，可能是胰岛素的 辅助因子，有增加葡萄糖的利用以及使葡萄糖转变成脂肪的作用。此外，铬还影 响脂肪的代谢，有降低血清胆固醇和提高HDL 胆固醇的作用，从而减少胆固醇 在动脉壁的沉积。铬还可促进蛋白质代谢和生长发育。

无机铬化合物在人体的吸收很低，维生素C 能促进铬的吸收，

我国成人铬的AI 定为50μg/d,UL 为500μg/d。 铬的丰富来源为肉类、谷 类和鱼贝类，豆类、啤酒酵母、黑胡椒、肝以及啤酒等也是铬的良好来源。

4 . 钼

人体各种组织都含钼 (molybdenum), 钼是黄嘌呤氧化酶/脱氢酶、醛氧化 酶和亚硫酸盐氧化酶的组成成分，从而确知其为人体及动植物必需的微量元素。 由于动物和人对钼的需要量很小及钼广泛存在于各种食物中，因而迄今尚未发现 在正常膳食条件下发生钼缺乏症。

动物对钼的吸收是在胃及小肠，膳食及饮水中的钼化合物(除硫化钼以外) 极易被吸收。钼酸盐被吸收后仍以钼酸根的形式与血液中的巨球蛋白结合，血液 中的钼大部分被肝肾摄取，在肝脏中的钼酸根一部分转化为含钼酶，其余部分与 喋呤结合形成含钼的辅基储存在肝脏中。身体主要以钼酸盐形式通过肾脏排泄 钼，膳食钼摄入增多时肾脏排泄钼也随之增多。人和动物机体对钼均有较强的内 稳定机制，经口摄入钼化物不易引起中毒。

2000年中国营养学会制定了中国居民膳食钼参考摄入量，成人AI 为60μg/ d,UL 为350μg/d。 钼广泛存在于各种食物中，动物肝、肾中含量最丰富，谷 类、奶制品和干豆类是钼的良好来源，蔬菜、水果和鱼类中钼含量较低。

5 . 钴

钴 (cobalt) 是维生素 B₂ 的组成部分，反刍动物可以在肠道内将摄人的钴 合成为维生素Bz, 而人类与单胃动物不能将钴在体内合成维生素B₂ 。 现在还不 能确定钴的其他功能，但体内的钴仅有10%是以维生素的形式存在。已观察到 无机钴对刺激红细胞生成有重要作用，还观察到供给钴后可使血管扩张和脸色 发红。

经口摄入的钴在小肠上部被吸收，并部分地与铁共用一个运载通道。

目前尚无钴缺乏症的病例，经常注射钴或暴露于过量的钴环境中，可引起钴 中毒。儿童对钴的毒性敏感，应避免使用每千克体重超过 lmg 的剂量。在缺乏 维生素B₂₂ 和蛋白质以及摄入酒精时，毒性会增加，这在酗酒者中常见。

中国居民膳食钴参考摄入量中，成年人AI 为60μg/d,UL 为350μg/d。 食 物中钴含量较高者有甜菜、卷心菜、洋葱、萝卜、菠菜、番茄、无花果、荞麦和 谷类等，蘑菇含量可达61μg/100g。

6 . 锰

锰 (manganese) 分布在身体各种组织和体液中，在线粒体中的浓度高于在 细胞浆或其他细胞器中的浓度。锰在体内一部分作为金属酶的组成成分， 一部分 作为酶的激活剂起作用。含锰酶包括精氨酸酶、丙酮酸羧化酶和锰超氧化物歧化 酶 (MnSOD)。 由锰激活的酶很多，包括氧化还原酶、裂解酶、连接酶、水解 酶、激酶、脱羧酶和转移酶。这些酶的金属激活作用中许多是非特异性的，其他

· 116 ·

金属离子尤其是 Mg²+ 可替代 Mn² 起激活作用，只有3种酶即转葡萄糖苷酶、 磷酸烯醇式丙酮酸羧基激酶和木糖转移酶是特异性地由锰激活的。

有人提出，锰缺乏可能是人类的一个潜在的营养问题。锰缺乏还可能与某些 疾病有关。在骨质疏松、糖尿病、动脉粥样硬化、癫痫、创伤愈合不良的患者中 存在膳食锰摄入少，血锰、组织锰低的问题。锰营养状况与这些疾病的关系是一 个亟待研究的课题。

全部小肠都能吸收锰。锰进入肝脏后，至少进入5个代谢池：溶酶体、线粒 体、细胞核、新合成的锰蛋白、细胞内游离的Mn²+, 其中以存在于线粒体中者 最多。锰几乎完全经肠道排泄，仅有微量经尿排泄。

我国居民成人锰的AI 值和UL 值分别为3.5mg/d 和10mg/d。 谷类、坚果、 叶菜类富含锰，茶叶内锰含量最丰富。精制的谷类、肉、鱼、奶类中锰含量比较 少。动物性食物虽然锰含量不高，但吸收和存留较高，仍不失为锰的良好来源。

4.2 维 生 素

**4.2.1** **概** **述**

维生素是一类人体不能合成，但又是机体正常生理代谢所必需、且功能各异 的微量低相对分子质量有机化合物，具有下列共同的特点：①以本体或前体化合 物存在于天然食物中。②在体内不能合成，必须由食物供给。③在机体内不提供 能量，不参与机体组织的构成，但在调节物质代谢的过程中却起着十分重要的作 用。④机体缺乏维生素时，物质代谢将发生障碍，表现出不同的缺乏症。

维生素有3种命名系统。 一是按发现的历史顺序，以英文字母顺次命名，如 维生素A、B、C、D、E 等；二是按其特有的功能命名，如抗干眼病维生素、抗 癞皮病维生素、抗坏血酸等；三是按其化学结构命名，如视黄醇、硫胺素、核黄 素等。3种命名系统互相通用。

维生素的种类很多，化学结构差异很大，通常按照其溶解性质将其分为脂溶 性和水溶性两大类。脂溶性维生素包括维生素A、D、E、K, 水溶性维生素包 括 B 族维生素(维生素B₁ 、 维生素B₂ 、尼克酸、泛酸、维生素Bg、 叶酸、维生 素Bz、 生物素、胆碱)和维生素C。 脂溶性维生素在食物中与脂类共同存在， 在肠道吸收时与脂类吸收密切相关，当脂类吸收不良时，如长期腹泻，它们的吸 收大为减少，甚至会引起缺乏症。脂溶性维生素排泄效率不高，摄入过多可在体 内蓄积，以致产生有害影响；而水溶性维生素排泄率高， 一般不在体内蓄积，毒 性较低，但超过生理需要量过多时，可能出现维生素和其他营养素代谢不正常等 不良作用，

许多因素可致人体维生素不足或缺乏

(1)维生素摄取量不足。膳食调配不合理，或有偏食习惯以致维生素摄取不

· 117 ·

足。地区食物单调，如以玉米为主，则易患尼克酸缺乏的癞皮病。

(2)吸收不良。多见于消化系统疾病的患者，如长期腹泻、消化道或胆道梗 阻者。

(3)肠道细菌生长抑制。使用抗生素而使消化道细菌受到抑制，合成维生素 的量减少，也可引起某些维生素(维生素K、 维生素Be、 尼克酸)的缺乏

(4)需要量增加。生长期儿童、妊娠和哺乳期的妇女、重体力劳动及特殊工 种的工人及长期高热和患慢性消耗性疾病的患者等，需要量比一般人要高。

(5)食物储存及烹调方法不当。弃掉烹调用水，则使水溶性维生素损失。煮 粥或焊炖肉时加碱，维生素 B₁ 便被破坏。维生素C 在储存及烹调时最易被破 坏。我国膳食中蔬菜较多，但以熟食为主，所以实际摄取量比按新鲜样品的计算 值要小。

人类维生素的缺乏包括原发性和继发性。原发性缺乏主要是由于食物中供给 量不足，继发性缺乏是由于维生素在体内吸收障碍，破坏分解增强和生理需要量 增加等因素造成。维生素缺乏在体内是一个渐进过程：初始储备量降低，继而有 关生化代谢异常、生理功能改变，然后才是组织病理变化并出现临床症状和体 征。轻度维生素缺乏并不一定出现临床症状，但可使劳动效率下降、对疾病抵抗 力降低等，称为亚临床缺乏或不足。由于亚临床缺乏症状不明显，不特异，往往 被人们忽视，故应对此有高度警惕性。临床上常见多种维生素混合缺乏的症状和 体征。

**4.2.2** **维生素A**

1. 维生素A 的理化性质

维生素A 又称视黄醇 (retinol) 抗干眼病维生素(图4-2),是指具有反式 视黄醇生物活性的一组视黄醇类物质，在自然界中多是全反式棕榈酸酯，仅存在

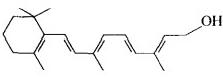


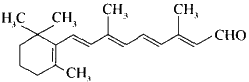
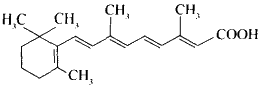
图4-2 视黄醇的结构

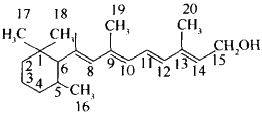
于动物性食物中。在动物体内以两种形式存在，即 视黄醇 (retinol,Ai) 和脱氢视黄醇 (dehydroreti- nol,A₂), 而棕榈酸视黄酯是主要的储存形式。维 生素A 的衍生物具有特殊的生理功能，如视黄醛

(retinyl aldehyde, 维生素A 醛)对暗适应有效；甘露糖视黄醇磷酸 (mannosyl retiny phosphate,MRP) 也具有某些生理功能。维生素A 衍生物的分子式列于 图4-2。

在体内视黄醇可以被氧化为视黄醛，视黄醛可进一步氧化为视黄酸 (retino- ic acid), 视黄醛是维生素A 的主要活性形式。由于部分类胡萝卜素可在体内转 为维生素A, 因此被称为维生素A 原。目前已经从自然界中分离出600多种类 胡萝卜素，但只有大约50种能转化为维生素A, 一个不被替代的紫罗酮环被认

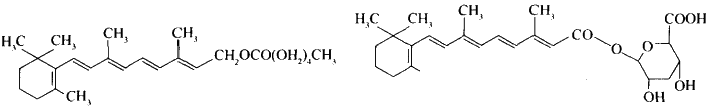
· 118 ·





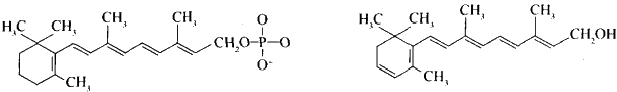
(a)全反式V₂

(f)视黄酸



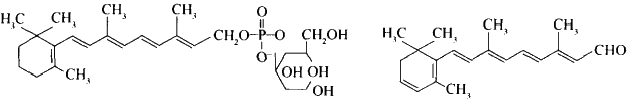
(b)V 棕槲酸酮

(g)葡糖视黄苷酸

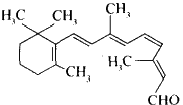


(c)V.磷酸酯

(h)3- 脱氢视黄醇



(d)甘露糖视黄醇磷酸酯 (i)3- 脱氢视黄醛



(e)全反式视黄醛 (j) 顺视黄醛

图4-3 维生素A 衍生物的分子式

为是维生素 A 活性所必需的结构。较重要的有β胡萝卜素、α胡萝卜素、γ胡萝 卜素等，以β胡萝卜素的活性最高，它常与叶绿素并存。由β胡萝卜素转化成的 维生素A 约占人体维生素A 需要量的2/3。

维生素A 与胡萝卜素均溶于脂肪及大多数有机溶剂中，不溶于水。天然存 在于动物性食品中的维生素A 是相对稳定的， 一般烹调和罐头加工都不易被破 坏。但视黄醇及其同系物在氧的作用下极不稳定，仅以弱氧化剂即可将视黄醇氧

化，紫外线能促进这种氧化过程的发生。在无氧条件下，视黄醛对碱稳定，但在 酸中不稳定。油脂在酸败过程中，其所含的维生素A 会受到严重的破坏，但食 物中含有的磷脂、维生素 E 及其他抗氧化物质，均有提高维生素 A 稳定性的 作用。

多数国家根据吸收率和转化效率，采用1 μg 全反式视黄醇相当于6μgβ胡萝 卜素、相当于12 μg其他维生素A 原类胡萝卜素的折算法计算食物的视黄醇当量 (RE), 即 RE(μg)= 视黄醇(μg)+0.167×β 胡萝卜素(μg)+0.084× 其他 维生素A 原类胡萝卜素(μg)。 过去对有维生素A 生物活性物质的量通常用国 际单位 (IU) 表示。1000IU 的维生素 A 相当于300μg 的视黄醇。 lμg RE= 3.33IU维生素A=6μgβ 胡萝卜素。

2. 维生素A 和胡萝卜素的代谢

(1)维生素 A 的吸收及储存。维生素 A 为主动吸收，需要能量，速率比胡 萝卜素要快7～30倍。食物中的维生素A 为酯式，经肠中胰液或绒毛刷状缘中 的视黄酯水解酶分解为游离式进入到小肠壁内，又为肠内细胞微粒体中的酯酶所 酯化，合成维生素A 棕榈酸酯，摄取维生素 A 3～5h后，吸收达到高峰。维生 素A 也需要胆盐。维生素 E 也可防止维生素A 氧化破坏。维生素A 与乳糜微粒 相结合由淋巴系统输送到肝，酯式水解进入肝，然后又再酯化为棕榈酸酯。

维生素A 储存的主要器官是肝脏，主要分布在肝星状细胞中。高蛋白膳食 可以增加维生素A 的利用，因而加速维生素A 储存的空竭 (depletion)。 蛋白质 营养不良时，维生素A 的吸收及胡萝卜素转变为维生素A 的能力都受到影响， 因而使维生素A 的肝储存量降低。肾脏内也能储存维生素 A, 但其量仅为肝储 存量的1%。眼色素上皮组织内的维生素A 是以酯式存在的，专为视网膜使用而 储备，其空竭速率比肝中要慢一些。正常成年人维生素 A 的体内总储备为 300～900mg。

(2)胡萝卜素的吸收。胡萝卜素的吸收过程不同于维生素A。 胡萝卜素的微 胶粒溶液在小肠内吸收，为物理性扩散，其吸收量与剂量大小有相反关系。油溶 液中胡萝卜素吸收最好，磷脂有助于形成微胶粒溶液而利于吸收。胆盐不但促进 胡萝卜素运输至肠细胞，助其与细胞表面相结合，还促进胡萝卜素的分解。维生 素 E 及其他抗氧化剂可保护侧链的共轭双键系统免于被氧化。胡萝卜素进入到 小肠细胞内，在胞质内胡萝卜素双氧化酶 (carotene dioxygenase) 作用下，将 1mol 氧加入到中间位置的双键上，将其分解为视黄醛，但也可从一端将其分解 生成具有与维生素A 相同环的侧链较长的醛，所生成的醛又被脱氢酶还原为醇， 再酯化。小肠及肝都有胡萝卜素双氧化酶，但其活力以小肠中较高，以器官计， 肠为肝的两倍，以质量计为4～7倍。静脉注射β胡萝卜素，在肝中也可转变为 视黄醇，也以视醇酯形式储存，但储存能力有限。

· 120 ·

类胡萝卜素都可吸收进入血浆内。血浆中的类胡萝卜素可分为β胡萝卜素、 叶黄素、番茄红素及其他类胡萝卜素，视摄入情况而定。可存在于肝、脂肪、 肾、皮肤及血管粥样硬化的斑块中。

(3)维生素A 的运输。当靶组织需要维生素A 时，维生素A 从肝中释放出 来，运输到靶组织。这个过程首先将肝内储存维生素 A 酯经酯酶水解为醇式， 与视黄醇结合蛋白 (retinol binding protein,RBP) 结合，再与前白蛋白 (pre- albumin,PA) 结合，形成维生素 A-RBP-PA 复合体后，才离开肝脏，经血流 入靶组织。维生素A 在一般情况下必须与蛋白质结合，使之具有水溶性，并较 稳定。

维生素A-RBP-PA 复合体随血流到肠黏膜、膀胱、角膜及上皮组织等靶细 胞后，细胞膜上有RBP 的特殊受体，可与 RBP 结合，并将维生素A 释放出来， 进入细胞内。 RBP 与维生素 A 分开后已变性，丧失与维生素A、PA 或细胞膜上 受体的结合能力。此种游离的RBP 在肾小球中可滤过，而在肾小管重吸收，为 肾皮层细胞所摄取，并在其溶酶体中分解为氨基酸。血浆中还有一种未与PA 结 合的维生素A-RBP, 这部分可从肾小球滤过，在肾小管中重吸收，并将维生素 A 释放出来。因此肾中有少量维生素A 积累，然后酯化输送至肝。

维生素A 进入到靶细胞后，立即与细胞视黄醇结合蛋白 (cellular retinol binding protein,CRBP) 相结合。维生素 A 在运输过程中不需要与 CRBP 相结 合，但进入细胞内必须与视黄醇结合蛋白相结合。

(4)维生素A 分解代谢及排出。维生素A 分解代谢途径可能如图4-4。视黄 醇通过氧化转变为维生素A 酸，其中一部分异构为β顺式。全反式或β顺式者均 为维生素A 的代谢产物，体内不能储存，很快消失。

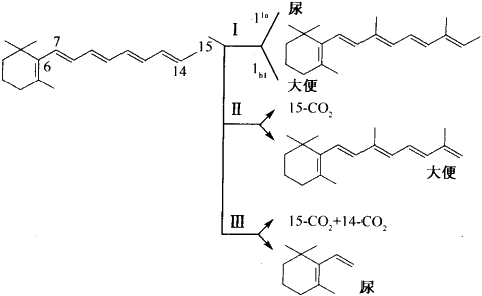


图4-4 维生素A 的氧化代谢的可能途径

肝内储存及摄入的维生素A 都能被补充到需要维生素A 的靶组织中去。因 此，肝内维生素A 的储存量能影响维生素 A 的代谢率。维生素A 在体内平均半

· 121 ·

衰期为128～154d, 当无维生素A 摄入时，每日肝脏中消耗的速度约为其含量的 0.5%。通常体内的维生素A 可被羟化、环氧化、脱水和碳-碳键氧化分裂等作 用而失去活性。

3. 维生素A 的生理功能

(1)维持正常视觉：维生素 A 最常见的作用是暗光下保持一定视力，与预 防夜盲症有关。人眼视网膜含有两种光接收器，即暗光下敏感的杆状细胞及对强 光敏感的锥状细胞。视紫红质是视网膜杆状细胞内的光敏感色素，由视蛋白和视 黄醛缩合而成。

视紫红质感光后，视黄醛的空间构型发生改变，最后由11-顺式视黄醛转变 为全反型视黄醛，以致与视蛋白分离(即视紫红质被漂白),此变化引发神经冲 动，传入大脑即变为影像，这一过程称光适应。此时若进入暗处，因对光敏感的 视紫红质消失，故不能见物。但若有充足的全反型视黄醛(来自肝脏及视紫红质 漂白产物)又可被视黄醛异构酶异构化，形成11-顺式视黄醇，接着氧化为11- 顺式视黄醛，并重新合成视紫红质，恢复对光的敏感性，从而能在一定照度的暗 处见物，这一过程称为暗适应。暗适应的快慢取决于进入暗处前照射光的性质 (波长、强度、照射时间)以及机体内维生素A 的营养水平。若将照射光的条件 固定下来，则暗适应的快慢只决定于机体维生素A 的营养水平，维生素A 充足， 则视紫红质再生快而完全，暗适应时间短；如果维生素A 不足，则暗适应时间 长，严重时可造成夜盲症(雀盲),病人往往在黄昏或明亮处进入暗处时，不能 看清物体。

(2)维持上皮细胞结构的完整性：上皮组织遍布于全身各处，如表皮、呼吸 道、消化道、泌尿系统及腺体组织。维生素 A 在维持上皮细胞的正常生长和分 化中起着十分重要的作用。维生素A 缺乏时，可引起上皮组织改变，如腺体分 泌减少、皮肤干燥、角化过度及增生、脱屑等，最终导致相应组织器官功能障 碍。其可能的作用机制是：维生素 A 有可能参与糖基转移酶系统的功能，对糖 基起运转和活化作用。当维生素 A 不足时，会抑制黏膜细胞中糖蛋白的生物合 成，从而影响黏膜的正常功能。

(3)促进生长发育，维持正常免疫功能：维生素A 可促进蛋白质的生物合 成及骨细胞的分化，加速生长，并能增强机体抵抗力。美国流行病学、预防眼科 专家阿尔弗雷德研究认为：维生素 A 缺乏的儿童较正常儿童发育迟缓、易患贫 血、传染病和引起死亡，其发病程度与维生素 A 缺乏程度直接相关；如果补充

维生素A 至一定量则可使生长加快，疾病死亡率比同样缺乏维生素 A 的下降 30%～ 40%。

(4)维护生殖功能：维生素 A 与生殖的关系与其对生殖器官上皮的影响有 关。动物实验表明，雌性大鼠由于缺乏维生素A 致使输卵管上皮细胞发育不良

· 122 ·

而出现排卵障碍；雄性大鼠输精管上皮变性，睾丸质量下降，精子和精原细胞消 失。此外维生素A 缺乏引起活性下降的各种酶中有些是合成类固醇所必须的。

(5)防癌作用：维生素 A 可促进上皮细胞正常的分化，抑制癌变。维生素 A 可降低3,4-苯并芘对大鼠肝、肺的致癌作用，也可抑制亚硝胺对食道的致癌 作用。为此， 一种维生素A 类似物1,3-顺视黄酸在临床上已被用于预防与上皮 组织有关的癌症，如皮癌、肺癌、膀胱癌、乳腺癌等，还用于治疗急性粒细胞性 白血病。有人认为胡萝卜素能熄灭单线态氧 (singlet oxygen,¹O₂) 或捕捉自由 基，这种单线态氧的反应性强，对机体有不良反应，在动植物代谢中产生。植物 中类胡萝卜素有熄灭光合作用下产生的这类有害物质的作用，胡萝卜素的抗癌作 用可能原因在此。

(6)其他作用：给贫血人群补充维生素 A 的效果表明，其具有促进血红蛋 白合成的作用。在铁缺乏的状态下，大剂量维生素A 可以促进机体红细胞合成 和释放进入血循环。同时补充大剂量维生素A 和锌，可使每日补铁的贫血妇女 的血红蛋白增加值大幅度增加。无论是活性形式的维生素A 还是维生素 A 原， 都可以提高无机铁的生物利用率，可能在于拮抗植酸的作用。

4. 维生素A 的缺乏症及过量毒性

1)维生素A 的缺乏症

在许多不发达地区，维生素A 缺乏是一个主要的公共卫生问题。造成维生 素A 缺乏的原因主要是膳食中维生素A 或维生素A 原不足，或吸收、储存和利 用存在障碍，或生理需要量增加而摄入量没有增加等。脂肪吸收不良、蛋白质能 量营养不良、酗酒也会造成维生素A 缺乏。

维生素A 长期不足或缺乏，首先出现暗适应能力降低及夜盲症 (night blindness),然后出现一系列影响上皮组织异常发育的症状，如皮肤干燥、形成 鳞片并出现棘状丘疹、异常粗糙且脱屑，总称为毛囊角化过度症(图4-5)。上 皮细胞的角化还可发生在呼吸道、消化道、泌尿生殖器官的黏膜以及眼的角膜及

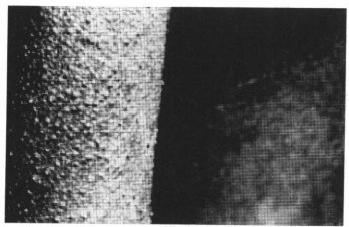


图 4 - 5 毛囊角化过度症

引自Frances Sizer. Nurition:comcept and controversies. 8th. Wadworth Thomson Learing

·123 ·

结膜，并出现相应的症状如唾液腺、胃腺、泪腺等分泌减少。其中最显著的是眼 部因角膜和结膜上皮的退变，泪液分泌减少而引起干眼病(xerophthalmia),患 者常感眼睛干燥、怕光、流泪、发炎、疼痛，严重的引起角膜软化及溃疡，还可 出现角膜皱褶及毕脱氏斑 (Bitot's spot), 发展下去可导致失明。此外，由于呼 吸道上皮细胞的角化和失去纤毛，可使呼吸道抵抗力降低易感染，特别是儿童及 老年人易引起呼吸道炎症。

2)维生素A 的过量与毒性

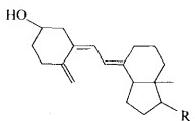
由于维生素A 可以在机体内储存，摄入过量的维生素A 可能引起毒性反应， 包括急性、慢性和致畸毒性。急性毒性是由于一次或多次连续摄入大剂量的维生 素A, 常常是大于成人推荐摄入量的100倍，或大于儿童推荐摄入量的20倍， 其早期症状有恶心、呕吐、头痛、眩晕、视觉模糊、肌肉失调和婴儿的囟门突 起。当剂量极大时，可出现嗜眠、厌食、少动、瘙痒、反复呕吐等。慢性毒性比 急性毒性常见，是由于几周到几年之内反复服用维生素A, 使用剂量为推荐摄入 量的10倍以上，常见中毒表现有头痛、脱发、唇裂、皮肤干燥和瘙痒、长骨末 端周围部分疼痛、肝脏肿大、肌肉僵硬等。胚胎发育不良、流产、出生缺陷和子 代永久性学习能力丧失是维生素 A 最严重的致畸作用，若孕妇在妊娠早期每日 大剂量摄入维生素A, 娩出畸形儿的概率明显增加。维生素A 过多往往是服用 维生素A 制剂或食用海洋鱼类及某些野生动物肝脏引起， 一般膳食是不会引起 中毒的。饮食中大量的类胡萝卜素虽会造成皮肤变黄，但未见其毒性。目前，世 界上大多数国家是处于维生素 A 摄入不足的状况。

5. 维生素A 的参考摄入量与食物来源

采用耗竭-补充的方法研究成年人维生素A 需要量的结果表明，预防维生素 A 缺乏的最低需要量不低于300μg/d, 适宜供给量为600～1000μg/d。我国居民 膳食维生素A 的 RNI(μg/d) 分别定为：0.5～3岁400 (AI)、4～6 岁500、 7～10岁600、11～13岁700、14岁以上的男性800、14岁以上的女性700、孕 妇中后期900,乳母1200。维生素A 的 UL(μg/d) 分别定为：4～17岁2000, 18岁以上3000,孕妇2400。

人体从食物中获得的维生素A 主要有两类， 一类是维生素A 原即各种类胡 萝卜素，主要存在于深绿色或红黄色蔬菜和水果等植物性食物中，含量较丰富的 有豌豆、苜蓿、胡萝卜、荠菜、菠菜、番茄、辣椒、红薯、香蕉、柿子、橘、桃 等，但它们能生成维生素A 的量有很大差异。另一类是来自动物性食物的维生 素A, 多数以酯的形式存在于动物性食品中，最丰富的来源是鱼油、肝脏和其他 肉类食物，全脂奶和奶油以及强化的人造奶油也富含维生素A, 蛋类维生素 A 含量也较丰富。

· 124 ·



**4.2.3** **维生素** **D**

1. 维生素 D 的理化性质

维生素D 又叫钙化醇、抗佝偻病维生素，是一组A、B、C 和D 环结构相同 但侧链不同的分子的总和，是具有胆钙化醇生物活性的一类化合物，基本结构是 环戊氢烯菲环(图4-6),以维生素 D₂ (麦角钙化醇)

和维生素D₃ (胆钙化醇)最为常见。在阳光或紫外线

的照射下，存在于大多数高级动物的表皮或皮肤组织

中的维生素 D₃ 前体类固醇7-脱氢胆固醇，可经过光

化学反应转化为维生素 D₃ ; 维生素 D₂ 是由酵母菌或

麦角中的麦角固醇经紫外线照射而产生，虽然这一种 图4-6 维生素D 的结构 维生素也存在于自然界，但存量极微。哺乳动物对维生素 D₃ 和维生素 D₂ 的利 用无差别。

维生素D 为脂溶性维生素，溶于脂肪与脂肪溶剂，在中性及碱性条件下对 热稳定，如在130℃加热90min, 仍能保持其活性，故在日常的加工烹调过程中 一般不被破坏，但光及酸能促使其异构化。维生素D 的油溶液加抗氧化剂后稳 定。过量辐照，可形成少量毒性化合物。

2. 维生素 D 的吸收与代谢

维生素D 每时每刻都在参与体内钙和矿物质平衡的调节，现在已知这些重 要的生物学效应是由于维生素D 的代谢产物所致。

人类所需维生素D 从两个途径获得，即在皮肤中形成和经口从食物中获得。 如果皮肤在阳光下进行紫外线照射，皮肤的表皮和真皮中所含有的许多7-脱氢 胆固醇会产生光化学反应，并形成前维生素D₃, 一旦前维生素 D₃ 在皮肤内形 成，它将缓慢地转化为维生素 D₃, 这一过程至少要3天才能完成。然后维生素 D 结合蛋白把维生素D₃ 从皮肤输送到循环系统。经口摄入的维生素 D 在胆汁的 帮助下，与脂肪一起在小肠内被吸收。

从膳食和皮肤两条途径获得的维生素 D₃ 与血浆α-球蛋白结合，60%～80% 被肝脏接受，并在肝脏内经维生素D₃-25 羟化酶催化，第一次在C-25被羟化而

形成25 (OH)D, 然后再转运至肾脏，转化为 la,25(OH)₂D₃ 及24R,25

(OH)₂D₂ 。 维生素D 的大量生物学效应是通过其代谢产物la,25(OH)₂D₃ 而发生

的。

维生素D 主要储存在脂肪组织中，其次是肝脏，大脑、肺、脾、骨和皮肤 也有少量存在。维生素D 分解代谢主要在肝脏，口服维生素D 较从皮肤获得者 易于分解。维生素 D 的主要排泄途径是通过胆汁入肠，从粪便中排出，少量

· 125 ·

(2%～4%)从尿中排出。

3. 维生素 D 的生理功能

维生素D 主要与钙和磷的代谢有关，它影响这些矿物质的吸收以及它们在 骨组织内的沉积。维生素D 在体内肝肾中转化为活性形式，并被运送至肠、骨 和肾脏，与甲状旁腺素共同作用，维持血钙水平。当血钙水平较低时，在小肠可 促进钙结合蛋白合成，从而增加钙磷吸收，也可促使钙在肾小管的重吸收，并将 钙磷从骨中动员出来；当血钙过高时，促使甲状旁腺产生降钙素，阻止钙从骨中 动员，以及增加钙磷从尿中排出。维生素D 促使骨与软骨及牙齿的矿物化，并 不断更新以维持其正常生长。此外，维生素D 对防止氨基酸通过肾脏时的丢失 也有重要作用，且还具有免疫调节功能，可改变机体对感染的反应。

4. 维生素D 的缺乏症及毒性

1)维生素D 的缺乏症

维生素D 缺乏病主要发生在受日光照射不足，并缺少食物维生素D 来源的 人群中，特别在婴幼儿、家庭妇女和老年人当中更为多见。现在一些经济发达的 国家使用维生素D 强化食品，虽然已使明显的营养性维生素D 缺乏病有了大幅 度的下降，但潜在维生素D 缺乏(特别是在老年人中间)仍相当普遍。另一方 面，由于强化食品的广泛使用，维生素D 过多症已经成了令人担心的问题。但 就世界大多数地区来看，由于经济、技术和文化水平的限制，维生素D 缺乏病 的发病率还相当高，温带地区国家小儿佝偻病的发病率为20%～80%。根据大 面积普查的资料，我国3岁以下儿童佝偻病的发病率约为20%～30%,但某些 寒冷地区也有达到80%左右的。对老年人的维生素D 营养状况现在还缺少大面 积的调查资料，但从老年人的生活习惯、饮食营养、生理功能状态及健康情况来



图4-7 佝偻病

引自Frances Sizer. Nutrition:

concepts and controversies. 8th

看，维生素D 缺乏病的存在同样是不容忽视的。

缺乏维生素D 会导致肠道对钙和磷的吸收减少， 肾小管对钙和磷的重吸收降低，造成骨骼和牙齿的异 常矿化，继而使骨骼畸形。主要缺乏症为：

佝偻病：维生素D 缺乏，骨骼不能正常钙化， 变软，易弯曲，畸形，同时影响神经、肌肉、造血、 免疫等组织器官的功能。多见于婴幼儿(图4-7)。

骨软化症：发病于成年人，特别是妊娠、授乳的 妇女和老年人。主要表现为骨软化，易折断。初期腰 背部、腿部不定位地时好时坏的疼痛，常在活动时加 剧；严重时造成骨骼脱钙，骨质疏松，有自发性、多 发性骨折。

· 126 ·

2)维生素D 的过量及毒性

过量摄入维生素D 时会引起中毒，多见于长期大量给儿童服用浓缩维生素 D (如鱼肝油丸)。维生素 D 中毒剂量与生理剂量相差不多，婴儿服用50 μg (200IU) 或更少一些可以导致血钙过多，肾功能不全。成人中毒剂量个体差异 较大，有人口服2000IU 发生中毒现象，口服50001U 者易中毒，口服量不能超 过800IU。 维生素D 中毒的症状包括高血钙症、高尿钙症、厌食、恶心、呕吐、 口渴、多尿、皮肤瘙痒、肌肉乏力、关节疼痛等，尿钙过高也易形成肾结石。由 于钙可在软组织内(如心脏、血管、肾小管等)沉积，往往造成心脏、肾脏及大 动脉钙化，引起心血管系统异常并导致肾衰竭，这是死亡的主要原因。妊娠期和 婴儿初期过多摄取维生素D, 可引起出生体重偏低，严重者可导致智力发育不良 及骨硬化。人体对维生素D 的耐受性因人而异， 一般每日摄取量不宜超过400IU (10μg)。 一些学者认为，长期每日摄人2000IU(50μg) 的维生素 D 就可导致中 毒，但通常膳食的维生素D 来源不会造成过量。

5. 维生素D 的参考摄入量与食物来源

维生素D 的最低需要量尚难确定，因皮肤形成维生素D₃ 的量变化较大。维 生素 D 需要量还与钙、磷摄入量有关。我国居民维生素D 的 RNI(μg/d) 分别 定为：婴儿～10岁为10,11～49岁为5,50岁以上及中后期孕妇和乳母为10, 孕早期为5。

由于过量摄入维生素D 有潜在毒性，目前普遍接受维生素 D 摄入量不宜超 过25μg/d, 我国成人和儿童维生素 D 的 UL 定为20μg/d。

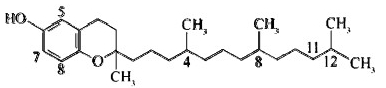
富含维生素D 的食物很多，以海鱼肝中的维生素D 含量最为丰富，如100g 鲟、比目鱼及剑鱼肝中，分别含维生素 D₃200～750μg、500～10000μg、 250000μg。 其他如鲱、鲑、沙丁鱼等含量较少；畜禽肝脏、瘦肉、蛋类(蛋黄) 和奶类中也含有少量， 一般每100g 在100 μg 以下，故许多国家在鲜奶和婴儿配 方食品中强化维生素 D。 希望从食物中获得足够的维生素D 是不容易的，常晒 太阳是人体获得充足有效的维生素 D 的最好来源，特别是婴幼儿、特殊的地面 下工作人员。

**4.2.4** **维生素E**

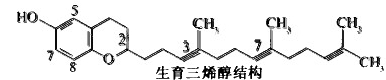
1. 维生素E 的理化性质

维生素E 又名生育酚，目前自然界有8种，包括α、β、x与δ-生育酚，α、 β、γ和δ三烯生育酚，它们都具有活性，其中α生育酚的生物活性最大。维生 素 E 结构见图4-8。

· 127 ·



生育酚结构



甲基的位置生育酚 (T) 生育三烯醇(T-3)

5,7,8 α T α-T-3

5.8 β-T β-T-3

7,8 γ-T γ-T-3

8 8-T δ-T-3

图4-8 8种自然界的维生素 E 的构造

维生素 E 是浅黄色油状液体，溶于乙醇、脂肪与脂溶剂，不溶于水，对酸、 热稳定，遇碱不稳定，易发生氧化，油脂酸败可加速维生素E 的破坏。

2. 维生素E 的代谢

膳食中维生素E 主要由α和y-生育酚组成，在正常情况下，维生素 E 及其 酯的吸收率仅占摄入量的20%～40%。由于维生素 E 的疏水性，它的吸收类似 膳食脂肪，影响脂肪吸收的因素也影响其吸收。维生素E 酯在吸收前需先经胰 酯酶和肠黏膜酯酶水解，吸收方式主要是被动扩散，也可以完整的微团穿入肠黏 膜细胞内而被吸收。游离的α和γ-生育酚一旦进入肠细胞内，即与膳食脂质消 化的其他产物，以及由肠细胞产生的载脂蛋白掺入乳糜微粒，通过淋巴进入体循 环。血浆中脂类含量与维生素 E 浓度有相应的关系。组织中维生素E 纳入量随 摄取量的对数而变化，这点与其他维生素不同。其他维生素在各种组织中(除肝 外)都有一定的阈值。组织上的维生素 E 为游离式，在肾上腺、脑下垂体、睾 丸及血小板中浓度最高。多烯脂肪酸量多的器官维生素 E 也较多，血浆浓度随 脂类量而变化。脂肪组织、肝及肌肉为维生素 E 最大的储存场所，在细胞内的 分布，在肝中以线粒体内膜最多，肌肉中以肌浆网状膜为最多，红细胞中多在膜 上，为α型。血浆中维生素E 除α型外尚有其他型，可反映出食物中维生素E 的 摄取情况。肝脏更新维生素E 较快，因而维生素E 在肝脏的储存不多。脂肪组 织是维生素E 的一个长期储存场所，但在脂肪组织中维生素E 积存慢，释出亦 慢。肌肉是生育酚在体内储存的重要场所。维生素 E 几乎只存在于脂肪细胞的 脂肪滴、所有细胞膜和血液循环中的脂蛋白。

3. 维生素E 的生理功能

(1)抗氧化作用。维生素E 是非酶抗氧化系统中重要的抗氧化剂，其碳链

· 128 ·

是生物膜的组成部分，在生物膜的稳定性和通透性方面起重要作用。它的植醇链 与生物膜磷脂疏水区多不饱和脂肪酸特别是花生四烯酸通过脂-脂联结密切结合， 它的色烷醇环位于生物膜的极性表面，可通过膜非极性面的流动发挥其抗氧化活 性。它与其他抗氧化物质以及抗氧化酶包括超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物 酶等一起构成体内抗氧化系统，保护生物膜中多不饱和脂肪酸、膜的富含巯基的 蛋白成分以及细胞骨架和核酸免受自由基的攻击；维生素E 分子与自由基反应 后，自己本身被氧化成生育酚羟自由基 (tocopheroxyl radical), 即氧化型维生 素E。 维生素E 还可防止维生素A、 维生素C 和ATP 的氧化，保证它们在体内 的正常功能；还可保护神经系统、骨骼肌和眼视网膜等免受氧化损伤。

(2)对脂类代谢的影响。缺乏维生素 E 的动物体内抗氧化功能减弱，肝脏 及血浆中脂类过氧化作用加强，尤以肝脏为甚，脂类代谢也有改变。维生素E 缺乏时大鼠肝中甘油三酯 (TG) 增加73%,血浆中增加35%,胆固醇在肝及血 浆中均增加，磷脂含量无变化；肝内质网膜的脂肪酸碳链延长及脱氢作用增强， 但如补充维生素E 可在48h后恢复正常。

(3)提高运动能力、抗衰老。维生素 E 能保护血管，改善血流状况，增强 精神活力，提高运动能力；可延长红细胞的寿命，有抑制分解代谢酶的作用；可 减少褐脂质(细胞内某些成分被氧化分解后的沉积物，俗称老年斑)的形成，并 能保护T 淋巴细胞，从而保护人体免疫功能。

(4)与动物的生殖功能有关。维生素E 缺乏时动物可出现睾丸萎缩和上皮 细胞变性、孕育异常。虽然人类尚未发现因维生素 E 缺乏而引起的不育症，但 临床上常用维生素 E 治疗先兆流产和习惯性流产。

(5)调节血小板的黏附力和聚集作用。维生素E 缺乏时血小板聚集和凝血 作用增强，增加心肌梗死及脑卒死的危险性，这是由于维生素 E 可抑制磷脂酶 A2 的活性，减少血小板血栓素A2 的释放，从而抑制血小板的聚集。

(6)调节体内某些物质的合成。维生素E 通过嘧啶碱基参与DNA 生物合成 过程，且与辅酶Q 的合成有关。

(7)其他。维生素E 抑制含硒蛋白、非血红蛋白的含铁蛋白等的氧化；保 护脱氢酶中的巯基不被氧化或不与重金属离子发生化学反应而失去作用；维生素 E 对半乳糖胺或CCl,所导致的肝损伤的脂质过氧化也有一定的抑制作用，对甲

基汞及铅中毒有一定的解毒作用。维生素 E 在酸性环境中破坏亚硝基离子的反 应较快，在胃中阻断亚硝胺生成较维生素C 更有效。

4. 维生素E 的缺乏症及毒性

维生素E 广泛存在于食物中， 一般不会发生缺乏，多年来一直没有在人类 中找到维生素E 缺乏的证据，但当机体存在脂肪吸收不良或某些疾病时可导致 维生素E 缺乏，最常见的疾病是囊性纤维变性(婴儿的一种遗传性综合征及吸

· 129 ·

收不良)、无脂蛋白血症、慢性胆汁淤积性肝病以及其他形式的慢性腹泻；多不 饱和脂肪酸摄入过多，也可发生维生素 E 缺乏，表现为血液与组织中维生素E 降低，红细胞脆性增加，尿中肌酸排出增多。成年人患维生素 E 吸收不良时， 耐受性较强，需要数年才表现出缺乏症。当应用维生素 E 后，上述症状均可显 著减退。另外，流行病学的研究结果指出，维生素 E 和其他抗氧化剂的摄入量 以及血浆维生素E 水平较低时，可能会使某些癌症、动脉粥样硬化、白内障及 其他老年退行性病变的患病危险性增加。

由于胎盘转运维生素E 效率较低，新生儿，特别是早产儿血浆维生素E 水 平较低，因此，细胞膜上多不饱和脂肪酸常易遭氧化与过氧化损伤，而致新生儿 易发生溶血性贫血。补充维生素E 可减少贫血，恢复血红蛋白正常水平。

在脂溶性维生素中，维生素 E 的毒性比较低，动物实验未见维生素E 有致 畸、致癌、致突变作用。但大剂量维生素 E 可引起短期的胃肠道不适。早产儿 大量口服维生素E 制剂常可使坏死性小肠结肠炎发生率明显增加。摄入大量维 生素E 还可能干扰维生素A 和维生素K 的吸收，增强抗凝药物(如香豆素)的 抗凝作用，因此，使用抗凝药物或有维生素 K 缺乏的人，在没有密切医疗监控 下使用维生素E 补充剂，有增加出血致命的危险。

5. 维生素E 的参考摄入量与食物来源

我国居民膳食维生素E 的 AI(mgα-TE/d,α-TE 为α-生育酚当量)分别定 为：0岁约3、1岁约4、4岁约5、7岁约7、11岁约10、14岁以上(含孕妇和 乳母)均为14。当多不饱和脂肪酸摄入量较多时，相应的应增加维生素 E 的摄 入量， …般每摄入lg 多不饱和脂肪酸应摄入0.4mg 维生素E。 维生素 E 的 UL (mgα-TE/d) 分别定为：婴儿3、1岁约4、4岁约5、7岁约7、11岁约10、14 岁以上各人群(含孕妇和乳母)14。维生素 E 的无毒不良反应水平 (NOAEL)

为12001U(800mgα-TE), 建议以这一数值作为中国居民的可耐受最高摄入量 (UL)。 儿童可能对各种不良反应作用更为敏感，其UL 为10mgα-TE/kg。

天然维生素E 广泛存在于各种油料种子及植物油中，食用植物油的总生育 酚含量最高，可达72.37mg/100g, 谷类、坚果类和绿叶蔬菜也含有一定量天然 维生素E, 其他食物如麦胚、坚果类、豆类、蛋类含量也较多，肉类、鱼类、果 蔬类含量很少。总体来看，动物油脂中维生素E 的含量普遍低于植物油，但在 鱼油中维生素E 含量相当丰富。因此，谷类食物和油脂类是维生素E 的主要食 物来源。

**4.2.5** **维生素B₁**

1. 维生素B₁ 理化性质

维生素B₁ 又称为硫胺素 (thiamine),因发现其与预防和治疗脚气病 (beri-

· 130 ·

beri) 有关又称抗脚气病因子(antiberiberic factor)、 与神经炎 (neuritis) 有关 又称抗神经炎因子 (antineuritic factor)。硫胺素分子包含一个嘧啶和一个噻唑

环，通过亚甲基桥连接而成，见图4-9。硫胺素为白 色结晶，溶于水，微溶于乙醇。硫胺素的商品形式 是它的盐酸盐和硝酸盐，两种形式在干燥条件和酸 性介质中极其稳定，不易被氧化，比较耐热，但在 中性特别是碱性环境中易被氧化而失去活性。硫胺 素对亚硫酸盐特别敏感，亚硫酸盐很容易将其分子

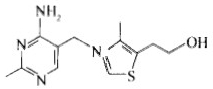


图4-9 硫胺素的结构

裂解，使之失去活性。在一些天然食物中，含有抗硫胺素因子，如生鱼片及软体 动物内脏中含有硫胺素酶，这种酶会造成硫胺素的分解破坏，曾经有报道动物因 长期食用生鱼片而出现维生素B₁ 缺乏症。此外， 一些蔬菜、水果如红色甘蓝、 黑加仑等，以及茶和咖啡中含有的多羟基酚类物质，可以通过氧化还原反应使硫 胺素失活。

2. 维生素B₁ 吸收和代谢

维生素B₁ 主要在小肠中吸收，浓度高时为扩散，低时为主动吸收，需要钠 离子及ATP, 缺乏钠离子及 ATP 酶可抑制其吸收。低水平时吸收约57.5%, 高时约26.2%。肠功能欠佳者，吸收会受到一定限制。维生素 B:进入到小肠细 胞磷酸化成酯，从小肠细胞出去，也需要正常浓度的钠离子及 ATP 酶。叶酸缺 乏可影响维生素B₁ 的吸收。

维生素B₁ 在体内储存很少，约有25mg,50% 在肌肉中，骨骼、心、肝、肾 及脑中较多，体内维生素 B₁ 的80%为焦磷酸硫胺素 (thiamin pyrophosphate, TPP),10% 为硫胺素三磷酸 (thiamin triphosphate,TTP),还有一些硫胺素单 磷酸 (thiamin monophosphate,TMP) 及维生素B₁ 。体内有3种酶参与形成上 述的硫胺素磷酸化合物：硫胺素焦磷酸酶催化硫胺素与ATP 作用形成 TPP;

TPP-ATP 磷酸转移酶催化TPP+ATP→TPP; 及硫胺素焦磷酸酶参与TPP→

TMP 的反应。

大鼠及人尿中有许多硫胺素代谢物，已知结构者仅6种，其中以2-甲基-4- 氨基-5-嘧啶羧酸、4-甲基噻唑-5-乙酸及硫胺素乙酸为最主。在大鼠中经乙醇脱 氢酶的作用，可以将硫胺素及噻唑氧化成相应的酸。

3. 维生素 B₁ 生理功能

(1)构成脱羧酶的辅酶，参加糖代谢。 TPP 是硫胺素行使生理功能的活性

形式，它主要以辅酶形式参与两个重要的反应，即α-酮酸的氧化脱羧反应和磷酸 戊糖途径的转酮醇作用。

α-酮酸的氧化脱羧反应是发生在线粒体中的生物氧化过程的关键环节， TPP

· 131 ·

作为丙酮酸脱氢酶和α酮戊二酸脱氢酶的辅酶，参与丙酮酸和α酮戊二酸的氧化 脱羧作用。从葡萄糖、脂肪酸、支链氨基酸衍生来的丙酮酸和α-酮戊二酸需经氧

化脱羧产生乙酰CoA(acetyl CoA) 和琥珀酰CoA(succinyl CoA),才能进入

柠檬酸循环彻底氧化，并产生维持生命必需的能量，这是能量代谢中最复杂和最 重要的反应之一，因此，缺乏硫胺素时，会对机体造成广泛的损伤。除 TPP 外， 也需要下列辅助因素：含有泛酸的辅酶A、 含有尼克酸的烟酰胺腺嘌呤二核苷酸 (nicotinamide adenine dinucleotide,NAD)、 镁离子和硫辛酸。

磷酸戊糖途径的转酮醇作用 (transketolation) 是磷酸戊糖途径的一种重要 的反应，通过胞质酶转酮醇酶进行催化反应，把2或3碳部分转移而发生3、4、 5、6、7-碳碳水化合物的可逆的互变。转酮醇作用不是碳水化合物代谢中主要糖 酵解循环的一个直接途径，但它是核酸合成中的戊糖以及脂肪酸合成中的还原型 烟酰胺腺嘌呤二核苷酸 (dihydro-nicotinamide adenine dinucleotide phosphate, NADPH) 的一个重要来源。因在硫胺素缺乏时，转酮醇酶的活性会很早下降， 所以测定红细胞中转酮醇酶活性可用作评价硫胺素营养状况的一种可靠方法。

(2)非辅酶功能：硫胺素在维持神经、肌肉特别是心肌的正常功能以及维持 正常食欲、胃肠道的蠕动和消化液的分泌等，都有明显的作用。这种功能属于非 辅酶功能，可能与TPP 直接激活神经细胞的氯化物通道，通过控制有功能的通 道的数量而控制神经传导的启动。

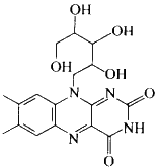
4. 维生素B₁ 缺乏症

维生素B₁ 缺乏的原因有以下几种：①摄入不足。如长期食用精白米和精白 面又缺乏杂粮补充时，就容易造成维生素B₁ 缺乏，煮粥、蒸馒头时加入过量碱 会造成大量维生素B. 破坏。②需要量增加。摄入量与机体能量总摄入量成正比， 孕妇、乳母、高温下工作等人群需要量相对较高，精神紧张、发热、甲亢以及输 入葡萄糖的病人维生素B₁ 需要量也相应增加。③机体吸收或利用障碍，如长期 腹泻、酗酒以及肝肾疾病影响TPP 的合成。

维生素B₁ 缺乏病又称脚气病 (beriberi),是人及多种动物维生素B₁ 摄入不 足的最终后果。发病早期患者可有体弱疲倦、烦躁、头痛、食欲不振及其他胃肠 症状，持续缺乏时则会出现心血管系统和神经系统症状。心血管系统的表现包括 心脏肥大和扩张(尤其是右心室)、心动过速、呼吸窘迫以及腿部水肿；神经系 统症状有腱反射亢进、多发性神经炎，其肌肉软弱无力和疼痛，并有抽搐，“灼 足综合征”常发生于多发性神经炎的早期。硫胺素缺乏严重时，神经和心血管系 统症状可能会同时出现，还可致命。在发达国家，硫胺素的亚临床缺乏较普遍， 症状不明显，主要有疲倦、头痛、劳动能力降低等。

长期酗酒者可出现Wernicke Korsakoff综合征，其表现为精神错乱、共济 失调、眼肌麻痹、近期记忆丧失。另外一些有患此病危险的人是经过长期透析治

· 132 ·



疗的肾病患者、静脉输液持续较长时间的病人以及慢性发烧的传染病人。饮茶太 多或吃大量生鱼的人也有发生缺乏症的危险。

硫胺素大量摄入除可能使胃感到不适外未见有其他毒性反应，但在通过皮 下、肌肉或静脉内注射达每日推荐摄入量100～200倍时，可能出现头痛、惊厥、 心律失常，发生过敏性反应等。

5. 维生素B₁ 参考摄入量与食物来源

硫胺素与碳水化合物代谢密切相关，其供给量与机体总能量成正比。对于婴 儿，按每日硫胺素摄入量与良好的健康状况制定其适宜摄入量 (AI); 对于成 人，根据控制膳食中硫胺素较低水平而每日补给不同量硫胺素，检测尿或血中的 营养评价指标而得出平均需要量 (EAR), 并算出RNI。

我国居民膳食维生素B₁ 的 RNI(mg/d) 分别定为：0岁约0.2 (AI)、0.5 岁约0.3 (AI)、1岁约0.6、4岁约0.7、7岁约0.9、11岁约1.2、14岁男性约 1.5、女性约1.2、18岁男性约1.4、女性约1.3,50岁以上老年人1.3,孕妇 1.5,乳母1.8。我国1岁以上各人群维生素B₁ 的 UL 定为50mg/d。

硫胺素广泛存在于天然食物中，含量较丰富的有动物内脏(肝、心及肾)、 肉类、豆类、花生及没加工的粮谷类。水果、蔬菜、蛋、奶等也含有维生素B₁, 但含量较低。粮谷类是我国人民的主食，也是硫胺素的主要来源，但若过分精细 加工、过分水洗、烹调时弃汤、加碱、高温等均会造成硫胺素一定程度的损失。

**4.2.6** **维生素B2** **(核黄素)**

1. 维生素B₂ 理化性质

维生素BY 又名核黄素 (riboflavin), 由异咯嗪与核糖所组成(图4-10),并

有很多同系物。纯核黄素是橙黄色的晶体并有高强度的荧

光，有苦味，但几乎无气味；微溶于水，在27.5℃时，

每100mL 水可溶解12mg; 在中性和酸性溶液中对热稳

定，但在碱性溶液中不稳定，易于分解破坏。游离核黄素

对光特别是紫外光高度敏感，在碱性条件下被光降解为无

生物活性的光黄素，在酸性条件下，被光降解为光色素。

人工合成的核黄素应存放在深色玻璃瓶中。食物中的核黄图4-10 核黄素的结构 素多以结合型(辅酶衍生物的形式)存在，结合型核黄素对光稳定。

2. 维生素B2 吸收与代谢

食物中核黄素多以黄素单核苷酸 (flavin mononucleotide,FMN) 和黄素腺 嘌呤二核苷酸 (flavin adenine dinucleotide,FAD) 辅酶形式与蛋白质结合形成

复合物，即黄素蛋白(flavoprotein), 进入胃后，在胃液作用下， FMN 和 FAD 与蛋白分离，在小肠内FAD 在焦磷酸酶作用下变成FMN,FMN 在磷酸酶作用 下变成游离核黄素，在小肠上部被主动吸收。核黄素的吸收是一个主动转运过 程，需要Na+ 和 ATP 的参与。核黄素在机体吸收量与其摄入量成正比。胃酸及 胆盐有利于核黄素的释放和吸收，而抗酸剂氢氧化铝和氢氧化镁等则抑制核黄素 的吸收；乙醇可干扰核黄素的消化和吸收。

核黄素吸收后进入肠黏膜细胞即被磷酸化为FMN, 在浆膜面FMN 再脱磷 酸化成为游离的核黄素，经门静脉到肝脏，在肝脏再转变为 FMN 和 FAD。 核 黄素在体内大多数以辅酶形式储存于血液、组织中，体内组织储存它的能力很有 限。当人体摄入大量核黄素时，肝、肾中核黄素的量常明显增加，并有一定量以 游离形式从尿中排出。动物试验发现标记的核黄素在24h 内有81%留于体内， 10%排出于尿，3%于粪便排泄。影响核黄素排泄的因素很多，除核黄素的摄人 量外，当蛋白质的摄入量减少、长期服用核黄素等均会使其排出的量增加。此 外，哺乳动物还通过乳汁排出核黄素，从汗中排出的核黄素约为摄入量的3%。 核黄素在体内耗竭时间为60～180d。

3. 维生素 B₂ 生理功能

(1)参与体内生物氧化与能量代谢。核黄素的主要功能是作为辅酶FMN 和 FAD 以及共价键结合的黄素的前体，是体内多种氧化酶系统不可缺少的辅酶， 可催化许多氧化还原反应。除在呼吸链能量产生中发挥极其重要作用外，还有羟 化作用、氧化脱羧作用、双加氧作用和将氧还原成过氧化氢等作用。

(2)参与维生素B₁ 和烟酸代谢。 FAD 和 FMN 分别作为辅酶参与色氨酸转 化为烟酸、维生素 B,转化为磷酸吡哆醛的过程。

(3)参与抗氧化和药物代谢。谷胱甘肽还原酶是需要 FAD 的一种酶，谷胱 甘肽的氧化还原循环提供了一种能预防脂质过氧化作用的重要功能。谷胱甘肽过 氧化物酶可破坏脂质过氧化物，这种作用需要还原型谷胱甘肽，后者又需要由谷 胱甘肽还原酶所生产，由核黄素形成的FAD 被谷胱甘肽还原酶及其辅酶利用， 并有利于稳定其结构。核黄素缺乏伴有脂质过氧化增强，而核黄素能抑制该过 程。FAD 还可以与细胞色素 p450结合，参与药物代谢。

另外，核黄素还与体内铁的吸收、储存与动员有关；具有利尿、防癌、降血 脂、维持哺乳动物正常生殖功能和改善心功能等作用。

4. 维生素 B₂ 缺乏症

摄入不足和酗酒是核黄素缺乏的主要原因。乙醇可通过干扰核黄素的消化和 肠吸收而引起核黄素缺乏。某些药物如治疗精神病的丙嗪、丙咪嗪，抗癌药多柔 比星，抗疟药米帕林等可抑制核黄素转化，长期服用也会造成缺乏症。内分泌失

· 134 ·

调也会干扰维生素的利用。由于核黄素辅酶参与叶酸、吡哆醛、尼克酸的代谢， 因此在缺乏时常常混杂有其他B 族维生素缺乏的某些表现。核黄素缺乏可出现 多种临床症状，无特异性，常表现在唇、舌、口腔黏膜及会阴皮肤处，因而有 “口腔-生殖综合征”之称。症状主要有：

(1)口腔：口角裂纹、口腔黏膜溃疡、嘴唇肿胀及地图舌等。

(2)皮肤：丘疹或湿疹性阴囊炎(女性为阴唇炎);在鼻翼两侧、眉间、眼 外眦及耳后、乳房下、腋下、腹股沟等处可发生脂溢性皮炎。

(3)眼：眼部症状包括角膜毛细血管增生、眼睑炎、眼睛对光敏感并易于疲 劳、视物模糊、视力下降等。已有发现表明老年白内障与核黄素缺乏有关。

(4)贫血：核黄素缺乏常干扰铁在体内的吸收、储存及动员，缺乏的后期可 引起血红蛋白形成减少而导致缺铁性贫血，并可导致儿童生长迟缓。

(5)生长障碍：核黄素为机体健康和正常生长所必需，其形成的辅酶是许多 氧化系统不可缺少的构成部分，在生物氧化过程中参与氢的传递，促进蛋白质、 脂肪、糖、核酸代谢。长期缺乏可导致儿童生长迟缓。此外，妊娠期缺乏核黄素 还可致胎儿骨骼畸形。

(6)引起其他相关疾病：核黄素缺乏或严重摄入不足容易导致慢性食管炎或 食管癌。这可能与核黄素能提高抗氧化酶活性及作为各种黄素酶辅基的构成成分 参与某些致癌物的代谢有关，核黄素缺乏可影响体内解毒。

核黄素的溶解性较低，吸收有上限，即使大剂量摄入也不能无限增加其吸 收， 一般来说，核黄素不会引起过量中毒。

5. 维生素B2 参考摄入量及食物来源

我国居民核黄素的RNI(mg/d) 分别定为：0岁约0.4 (AI)、0.5 岁约0.5 (AI)、1 岁约0.6、4岁约0.7、7岁约1.0、11岁约1.2、14岁男性约1.5、女 性约1.2、18岁男性约1.4、女性约1.2,孕妇和乳母1.7。

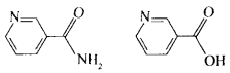
核黄素广泛存在于各种食物中，其良好来源主要是动物性食物，如肝、肾、 心脏、乳及蛋类中含量尤为丰富；植物性食物中以大豆和各种绿叶蔬菜如菠菜、 韭菜、油菜含量较多。谷类加工过度核黄素损失较严重，相对而言，豆类加工烹 调损失较少。

**4.2.7** **尼克酸**

1. 尼克酸的理化性质

尼克酸 (nicotinic acid 或 niacin) 也称烟酸、维生素 PP、 抗癞皮病因子 (pellagra preventing factor), 为吡啶-3-羧酸及其衍生物的总称(图4-11),包括 尼克酸和烟酰胺 (nicotinamide), 在体内主要形式是具有生理活性的烟酰胺。两

· 135 ·



尼克酸 ,尼克酰胺

图4-11 尼克酸和尼克酰胺的结构

种化合物都是稳定的白色结晶固体，二 者均溶于水和乙醇，但不溶于乙醚。烟 酰胺比尼克酸溶解性更好，如25℃时， lg尼克酸可溶于60mL 水或80mL 乙醇 中，而1g 烟 酰 胺 可 溶 于 1mL 水 和 1.5mL 乙醇中。尼克酸的性质稳定，在

酸、碱、光、氧或加热条件下不易破坏，在高压下，120℃下20min 也不破坏， 一般加工、烹调损失极小，但会随水洗而流失。

2. 尼克酸的吸收与代谢

尼克酸和烟酰胺可在胃肠道迅速吸收，低浓度时的吸收依赖于Na+ 的易化 扩散 (facilitated diffusion), 高浓度时则主要为被动扩散。膳食中尼克酸的主要 形式是NAD 和 NADP (辅酶I 及辅酶Ⅱ),通过肠黏膜中的酶水解而产生烟酰 胺。在血流中的主要形式是烟酰胺，来源于肠道黏膜和肝中对NAD 的酶水解。 在体内由色氨酸生物合成尼克酸是满足机体对尼克酸需要的一种重要途径。膳食 中色氨酸转化为尼克酸的效率受到各种营养和激素因子的影响，也存在着很大的 个体差异。缺乏维生素Bg、 核黄素或铁时，会使尼克酸转化变慢，因为这些微 量营养素是尼克酸生物合成途径中所涉及的一些酶的必需辅因子。为了估计由营 养摄入或者来自色氨酸的尼克酸当量 (NE), 美国国家研究委员会的食品与营养 委员会推荐以60mg 色氨酸转化为1mg 尼克酸作为平均转化率。有些研究提出， 肝脏主要是从色氨酸而不是由尼克酸合成NADP。

在机体组织内，尼克酸主要以辅酶的形式存在于所有组织中，但以肝脏中的 浓度最高。肝、肌肉及其他组织中NAD 水平与从食物中摄入的尼克酸的量呈相 关关系。尼克酸可随乳汁及汗液分泌，每100mL 乳汁中含有128～336 μg, 随汗 液排泄量约为20～100μg/100mL。 尿中排出的以N- 甲基烟酰胺和2-吡啶醇为 主，少量是尼克酸或尼克酸氧化物及其羟基型产物形式。

3. 尼克酸的生理功能

尼克酸为辅酶I(NAD) 与辅酶Ⅱ (NADP) 的组成成分，在许多生物性

氧化还原反应中起电子受体或氢供体的作用，与其他酶一起几乎参与细胞内生物 氧化还原的全过程。

在维生素 Ba、 泛酸和生物素存在下，尼克酸参与脂肪、蛋白质和DNA 的合 成。此外，尼克酸在固醇类化合物的合成中也起重要作用，它可以降低体内胆固 醇水平，如以尼克酸作为一种药物，在剂量为1.5～3g/d 时，可降低总胆固醇和 LDL- 胆固醇以及增加 HDL- 胆固醇浓度。尼克酸也是葡萄糖耐量因子的一部分， 后者是从酵母中分离出的一种有机铬复合物，具有加强胰岛素反应的作用。

· 136 ·

4. 尼克酸的缺乏症及过量毒性

癞皮病 (pellagra) 是一种典型的膳食性缺乏症，最常见的体征是皮肤、口、 舌、胃肠道黏膜以及神经系统的变化。其典型症状是皮炎 (dermatitis)、腹泻 (diarrhea) 及痴呆 (dementia), 即所谓的“3D”症状。与皮肤有关的症状最为 突出，接触阳光的裸露部位皮肤出现对称性色素斑皮疹，与晒斑相似，继之皮肤 折叠部位也发生皮炎，并可转为慢性，发炎部位皮肤变为暗红色或棕色，色素沉 着，有脱屑现象，继发感染可发生糜烂。口、舌部症状表现为口腔黏膜溃疡及杨 梅舌，并伴有烧灼感和疼痛；胃肠道的变化可有食欲不振、消化不良、呕吐、腹 痛、腹泻或便秘。神经系统症状包括失眠、头痛、抑郁、淡漠、疲劳及丧失记忆 力，甚至发展成为痴呆症。

过量摄入尼克酸的不良反应包括皮肤发红、高尿酸血症、肝和眼异常，以及 偶然出现高血糖。

5. 尼克酸的参考摄入量及食物来源

以往报道人体大多数组织中硫胺素与尼克酸比例为1:10,有研究表明，当 摄入的硫胺素与尼克酸比例为1:10时，血中羧化酶和脱氢酶活性均增加。因 此，我国尼克酸RNI 按硫胺素RNI 的10倍量定；由于一部分色氨酸在体内可转 化为尼克酸，故RNI 采用尼克酸毫克当量 (mgNE) 作为单位，即食物中的尼 克酸 (mg) 与1/60色氨酸 (mg) 之和。

我国居民烟酸的RNI(mgNE/d) 分别定为：0岁约2 (AI)、0.5 岁约

3(AI)、1 岁约6、4岁约7、7岁约10、11岁约12、14岁男性约15、女性约 12,18岁男性约14、女性约13,孕妇15,乳母18。居民烟酸的UL(mgNE/d)

分别定为：1岁约10、4岁约15、7岁约20、11岁约30、14岁约30、18岁以上 35。

尼克酸及其衍生物广泛存在于动物和植物性食物中，其良好的来源为酵母、 肉类(包括肝)、全谷及豆类等，奶类及其制品、各种绿叶蔬菜、鱼、咖啡、茶 中也有相当量。在一些植物中的尼克酸，可能与大分子物质结合(如玉米、高粱 等谷物中的大多数尼克酸为结合型尼克酸),不能被哺乳动物吸收利用，如用碱 (小苏打、石灰水等)处理，可有大量游离尼克酸从结合型中释放出来而使结合 型尼克酸的生物利用率增加。

**4.2.8** **维生素B₆**

1. 维生素B₃ 理化性质

维生素 B。也称吡哆素 (adermin), 是一组含氮的化合物，包括吡哆醇

· 137 ·

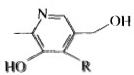


图4-12 维生素B 吡哆醛： R=—CHO

吡哆胺： R=—CH₂NH₂

吡哆醇：R=—CH₂OH

解程度不同，尤其与pH

(pyridoxine,PN)、 吡哆醛 (pyridoxal,PL) 及吡哆胺 (pyridoxamine,PM)3 种天然形式，图4-12。3种 B₈ 同效维生素都是2-甲基-3-羟基-5-羟甲基吡啶。在动物 组织内多以吡哆醛及吡哆胺存在，而植物中多以吡哆醇 存在。

维生素B。的各种盐酸盐和碱的形式均易溶于水及 乙醇，在空气中稳定，盐酸吡哆醇是最常见的市售维生 素 B₆ 形式。在溶液中，各种形式均对光较敏感，但降 值有关。在酸性介质中，3种形式对热都比较稳定，但

在碱性介质中则对热不稳定，在中性环境中易被破坏。

2. 维生素 B₆ 吸收与代谢

不同形式的维生素B:大部分都能通过被动扩散形式在小肠上部被吸收，经 磷酸化形成磷酸吡哆醛 (pyridoxal phosphate,PLP) 和磷酸吡哆胺 (pyridoxa- mine phosphate,PMP),被吸收的维生素B 代谢物在肠黏膜和血中与蛋白质结 合。当维生素B₆ 以磷酸酯形式存在时，吸收速率较慢，但当在非特异性磷酸酶 作用下分解出维生素B 时，其吸收速度较快。大部分吸收的非磷酸化维生素B 被运送到肝脏。在肝脏，3种非磷酸化形式是通过吡哆醇激酶转化为各自的磷酸 化形式并参与多种酶的反应。维生素B 的代谢产物经尿中排出。

3. 维生素B 生理功能

维生素B₆ 最重要的功能是作为辅酶参与约100种酶反应。维生素 B。以辅酶 形式存在时，通常是以磷酸吡哆醛 (PLP) 的形式参与大量的生理活动。

(1)在蛋白质代谢中的作用：维生素 B。以磷酸酯形式积极参加以下各种氨 基酸代谢反应：①转氨基作用：维生素 B 起着把一个氨基(一NH₂) 从一个供 体氨基酸转移到一个受体氨基酸中，以形成另一种氨基酸的作用。这个反应对于 非必需氨基酸的形成是重要的。②脱羧作用：维生素B: 积极参与从某些氨基酸 中脱去羧基(—COOH) 以形成另外的一种化合物的作用。脱羧作用对从色氨 酸、酪氨酸和组氨酸依次合成5-羟色胺、去甲基肾上腺素和组胺是必需的。 ③ 脱氨基作用：维生素B,有助于脱氨基作用。它能把对生长不需要的氨基酸中 的氨基去掉，有助于碳残余物提供能量。④参与氨基酸的侧链裂解、脱水及转硫 化作用。⑤参与色氨酸转化成尼克酸：在色氨酸转化为尼克酸时有一步需要 PLP 的酶促反应，因此，维生素B, 能促进色氨酸形成尼克酸。

(2)在碳水化合物和脂肪代谢中的作用：磷酸酯形式的维生素B。在碳水化 合物和脂肪的代谢中也起一定作用，但与在蛋白质代谢中的作用相比是次要的。

① 糖原的分解代谢(降解代谢):维生素 B,是磷酸化酶的一个基本部分，该酶在

· 138 ·

肌肉和肝脏中能催化糖原的分解而形成1-磷酸葡萄糖。②脂肪酸代谢：维生素 B。参与不饱和脂肪酸的代谢，对必需脂肪酸缺乏的皮炎有一定的治疗作用，但 确切的作用方式尚不清楚。

(3)维生素B₆ 与免疫系统：缺乏维生素 B: 的动物细胞介导免疫反应受损。 近年的研究提示， PLP 可能通过参与1-碳单位代谢而影响到免疫功能。维生素 B,缺乏将会损害 DNA 的合成，这个过程对维持适宜的免疫功能也是非常重 要的。

(4)维生素 B 与神经系统： PLP 参与许多酶促反应，维持正常的神经递质 水平，包括5-羟色胺、多巴胺、去甲肾上腺素、组胺和γ-氨基丁酸等。有研究 发现进食低维生素B₆ 膳食者出现脑电图异常；维生素B₆ 缺乏时，由于脑中异常 色氨酸代谢物蓄积而引起惊厥，此外还可发生忧郁和精神错乱。维生素B₆ 与维 生素B₂ 的关系十分密切，维生素B₅ 缺乏常伴有维生素B2缺乏症状。

(5)降低慢性病的作用：轻度高同型半胱氨酸血症近年来已被认为是血管疾 病的一种可能危险因素，维生素的干预可降低血浆同型半胱氨酸含量，同型半胱 氨酸主要受非常低维生素B。摄入量的影响，大剂量摄入维生素B₃ 可能降低致死 性冠心病发生率。

4.维生素B 缺乏症及毒性

维生素B₂ 在动植物食物中广泛存在，严重的维生素B₆ 缺乏很少见，但轻度 缺乏较多见，通常与其他B 族维生素缺乏同时存在。维生素Be 缺乏可致眼、鼻 与口腔周围皮肤脂溢性皮炎，个别还有神经精神症状，如易激动、忧郁和人格改 变等。维生素B。缺乏还可引起色氨酸代谢失调，尿中黄尿酸排出增高。维生素 Ba缺乏对幼儿的影响较成人大，儿童缺乏时可出现烦躁、肌肉抽搐、惊厥、呕 吐、腹痛以及体重下降等症状，给吡哆醇后症状消失，但体内色氨酸转化为尼克 酸的能力恢复很慢。

经食物摄入大量维生素B₃ 没有不良反应，但通过补充品长期使用维生素B: 500mg/d 以上可能产生神经毒性及光敏感性反应。

5. 维生素B 参考摄入量与食物来源

我国居民膳食维生素 B。的 AI(mg/d) 分别定为：0岁约0.1、0.5岁约 0.3、1岁约0.5、4岁约0.6、7岁约0.7、11岁约0.9、14岁约1.1、18岁约 1.2、50岁约1.5、孕妇和乳母为1.9。

动植物食物中均含有维生素 Bg, 通常肉类、全谷类产品、蔬菜和坚果类含 量相对较高些。含量最高的为白色肉类(如鸡肉和鱼肉)(0.4~0.9mg/100g), 其次为肝脏、豆类和蛋类(0.68～0.8mg/100g), 水果和蔬菜中维生素B₆ 含量 也较多，含量最少的是柠檬类水果、奶类等。食物中维生素B。大多以共价键形

· 139 ·

式与蛋白质结合或被糖苷化，这导致了维生素 B。利用率相对较低，植物性食物 中维生素B:的存在形式通常比动物性食物中复杂，所以一般动物性食物中的维 生素B₆ 利用率优于植物性食物。

**4.2.9** **维生素B1₂**

1. 维生素Bz₂ 理化性质

维生素 B₁₂ 又称氰钴胺素 (cyanocobalamin)、 抗恶性贫血维生素，是一种含 有3价钴的多环系化合物，4个还原的吡咯环连在一起成为1个咕啉大环(与卟

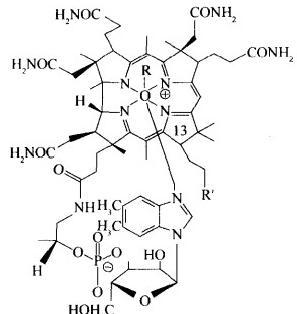


图4-13 维生素 B₂ 的结构 R=CN;R'=CONH

啉相似),是维生素 B₂ 分子的核心 (图4-13)。所有含这种环的化合物都被称为 类咕啉。维生素 B₂ 为浅红色的针状结晶， 易溶于水和乙醇，在pH4.5～5.0 弱酸条 件下最稳定，强酸 (pH<2) 或碱性溶液 中分解，遇热可有一定程度破坏，但快速 高温消毒损失较小，遇强光或紫外线易被 破坏。普通烹调过程损失量约30%。

2. 维生素B₂ 吸收与排泄

食物中的维生素B₂ 与蛋白质结合，进 入人体消化道后，在胃液、胃蛋白酶和胰 蛋白酶的作用下，维生素B₂ 被释放，与内 因子 (intrinsic factor,IF) 结合，在空肠 被吸收。吸收后的维生素B₂ 与血浆蛋白结

合成为维生素B₂ 运输蛋白，运输到造血组织。人体维生素B₂ 的储量约为1~ 10mg, 肝脏是维生素B₂₂储藏的主要场所。维生素B₂ 主要通过胆汁排泄，并经 肝肠循环约有一半在回肠被再吸收，因此，即使膳食中不含维生素B₂, 体内储 存亦可满足大约6年的需要。有吸收障碍者维生素 B₂ 缺乏症可在2～3年内 发生。

3. 维生素B₂ 生理功能

维生素B₂ 在机体的许多代谢中有重要作用。其在体内以两种辅酶形式即甲 基B₂ (甲基钴胺素)和辅酶B₂ (5- 脱氧腺苷钴胺素)参与生化反应。

(1)甲基转移作用：维生素Bz₂辅酶作为甲基的载体参与同型半胱氨酸甲基 化生成蛋氨酸的反应；维生素 Bn₂ 可将5-甲基四氢叶酸的甲基移去形成四氢叶 酸，以利于叶酸参与嘌呤、嘧啶的生物合成。

· 140 ·

(2)促进一些化合物的异构：维生素B₂ 辅酶参与L-甲基丙二酰CoA 转变 成为琥珀酰CoA。 维生素B 缺乏时， L-甲基丙二酰CoA 大量堆积，因L-甲基 丙二酰CoA 的结构与脂肪酸合成的中间产物丙二酰CoA 相似，所以影响脂肪酸 的正常代谢，

(3)促进蛋白质的生物合成：维生素B₂ 能促进一些氨基酸的生物合成，其 中包括蛋氨酸与谷氨酸等，因为它有活化氨基酸的作用和促进核酸的生物合成， 故对各种蛋白质的合成有重要的作用。

(4)维持造血系统的正常功能状态：维生素 B₂ 能促进 DNA 以及蛋白质的 生物合成，使机体的造血系统处于正常状态，促进红细胞的发育和成熟。维生素 B₂ 缺乏最终可导致核酸合成障碍，影响细胞分裂，结果产生巨幼红细胞性贫血 (megaloblastic anemia), 即恶性贫血。

(5)对生殖系统的影响：近年来发现维生素 B₁₂ 严重缺乏可致雄性生殖器官 萎缩，生精功能发生障碍。许多研究证实维生素 B₂ 对生精功能的作用是促进精 原细胞、精母细胞内RNA 及 DNA 的合成，从而刺激精细胞分裂和成熟，使健 康的精子得以生成。因此，维生素B₂ 除了对因其本身缺乏而引起的生精功能障 碍有治疗作用外，对其他原因造成的男子不育症也有一定治疗作用。

4. 维生素 B₂ 缺乏症与过量毒性

维生素B₂ 的缺乏主要是由于胃黏膜缺乏分泌内因子的能力或其他慢性腹泻 疾病、寄生虫感染等引起维生素B₂ 吸收(或再吸收)不良所造成的。此外，有 些药物，如慢释钾 (slow release potassium) 及秋水仙碱 (colchicine) 等可特异 性地阻碍维生素B₂ 吸收。缺乏的表现有：①巨幼红细胞贫血：缺乏维生素B₂ 可 能影响到体内的所有细胞，但对细胞分裂快的组织影响最为严重，如影响骨髓的 生血组织可产生巨幼红细胞性贫血，即所谓恶性贫血。②神经系统的损害：维生 素B₂ 缺乏通过阻抑甲基化反应而引起神经系统损害，表现为斑状、弥漫性的神 经脱髓鞘，由末梢神经开始逐渐向中心发展累及脊髓和大脑，形成亚急性复合变 性，出现精神抑郁、记忆力下降、四肢震颤等神经症状。③高同型半胱氨酸血 症：血中同型半胱氨酸增高是心血管病的危险因素，膳食中维生素B₂ 、 叶酸、 维生素B。缺乏都可引起同型半胱氨酸血症，维生素B₂ 缺乏时抑制蛋氨酸合成酶 的作用，使同型半胱氨酸转变成蛋氨酸的过程受阻而堆积体内，可促使心脏病发 作、栓塞性脑卒中和周围血管阻塞。

每日口服达100μg未见明显反应，无不良反应的反应水平为3000 μg。

5. 维生素B₂ 膳食参考摄入量与食物来源

我国居民膳食维生素B₂ 的 AI(μg/d) 分别定为：0岁约0.4、0.5岁约0.5、 1岁约0.9、4岁约1.2、11岁约1.8、14岁约2.4、孕妇约2.6、乳母约2.8。

· 141 ·

在自然界中维生素B₂ 的唯一来源是通过草食动物的瘤胃和肠中的许多微生 物作用合成的。因此，它广泛存在于动物性食品中，而植物性食品中基本不含。 动物内脏、肉类、鱼、禽、贝壳类及蛋类是维生素 B₂ 的丰富来源，乳及乳制品 含量较少。

**4.2.10** **叶酸**

1. 叶酸的理化性质

叶酸 (folacin,folic acid,FA) 即蝶酰谷氨酸，最早从菠菜中发现而得名， 是指有相关生物活性的一类同效维生素，天然存在的叶酸，既有单谷氨酸型，也 有以多谷氨酸盐的形式出现的(图4-14)。

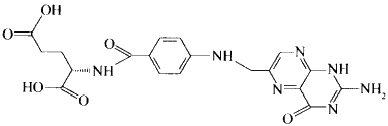


图4- 14 叶酸结构

叶酸为鲜黄色的结晶状粉末，微溶于水，不溶于乙醇、乙醚及其他有机溶 剂，其钠盐易溶解于水。在水溶液中易被光解破坏；在酸性溶液中不稳定， pH 低于4易破坏，但在中性或碱性溶液中对热稳定，加热至100℃lh 也不被破坏。 食物中叶酸的烹调损失率为50%～90%。

2. 叶酸的吸收及利用

叶酸在肠道中以单谷氨酸盐的形式吸收。食物中叶酸在人的小肠黏膜刷状缘 上的蝶酰多谷氨酸水解酶 (pteroylpolyglutamate hydrolase,PPH) 作用下水解 为单谷氨酸盐而被小肠吸收。单谷氨酰基叶酸的肠道转运是一个载体介导的主动 过程，这个转运过程对pH 的依赖性很强，最适pH 为5.0～6.0,当pH 升高 时，转运速度明显下降；当单谷氨酸盐大量摄入时吸收的方式则以简单扩散为 主。在十二指肠和空肠上皮黏膜细胞内含叶酸还原酶(辅酶为NADPH), 在该 酶的作用下，被吸收的叶酸可转变成活性形式四氢叶酸 (tetrahydrofolic acid, THFA)。 不同食物来源的叶酸生物利用率差别很大，如莴苣为25%,而豆类高 达96%,一般在40%～60%之间。这种差别可能与食物中叶酸存在的形式和 PPH 抑制因子的存在与否有关。 一般来说，还原型叶酸吸收率高，谷氨酸配基 越多，吸收率越低。乙醇、抗癫疴药物可抑制PPH 从而影响叶酸吸收，葡萄糖 与抗坏血酸则可促进叶酸吸收。

· 142 ·

3. 叶酸的生理功能

四氢叶酸是体内一碳单位转移酶的辅酶，叶酸分子内部N5、N10 两个氮原 子能携带一碳单位形成一碳单位四氢叶酸。 一碳单位是指在代谢中某些化合物分 解代谢生成的含一个碳原子的基团，如甲基(一CH₃)、 亚甲基(一CH₂)、 甲炔 基 ( =CH)、 甲酰基(—CHO) 等。这些辅酶的主要作用是把一碳单位从一个 化合物传递到另一个化合物上， 一碳单位在体内参与多种物质的合成，如嘌呤、 胸腺嘧啶核苷酸等。当叶酸缺乏时， DNA 合成受到抑制，骨髓幼红细胞DNA 合成减少，细胞分裂速度降低，细胞体积变大，造成巨幼红细胞贫血。叶酸可促 进各种氨基酸间的相互转变，如使丝氨酸转变成甘氨酸、苯丙氨酸形成酪氨酸、 组氨酸形成谷氨酸、高半胱氨酸形成蛋氨酸等，从而在蛋白质合成中起重要作 用。此外，叶酸还可通过蛋氨酸代谢影响磷脂、肌酸、神经介质的合成。

维生素C、 维生素B₂ 和维生素B,在许多代谢中是使叶酸辅酶具有活性所必 需的，这充分体现了不同维生素间的相互依赖关系.

4. 叶酸的缺乏症与过量毒性

1)缺乏症

叶酸缺乏的常见原因如下：

(1)摄入不足：膳食中叶酸不足或烹调加工损失。

(2)吸收利用不足：某些二氢叶酸还原酶拮抗剂药物，先天性酶缺乏，维生

素B₂ 和维生素C 缺乏等均影响叶酸的吸收、利用。

(3)需要量增加：孕妇以及代谢率增加等情况下叶酸需要量增加。 叶酸缺乏症表现如下：

(1)巨幼红细胞贫血 (megaloblastic anemia):为叶酸严重缺乏时的典型临 床表现。红血球比正常的大而少，并且发育不全。这种贫血是由于核蛋白 (nu- cleoprotein) 形成不足，使骨髓中的核巨红血球(幼稚型红血球)不能成熟。由 于红血球数量减小，因而血红蛋白水平降低，同时，白血球、血小板和血清叶酸 的水平也降低：

(2)孕妇缺乏叶酸使先兆子痫 (preeclampsia)、胎盘早剥 (placental abrup- tion) 的发生率增高；怀孕早期缺乏叶酸是引起胎儿神经管畸形 (neural tube defect,NTD) 的主要原因。

(3)高同型半胱氨酸血症 [hyperhomocysteinemia,HH(e)]: 叶酸、维生 素 B₁₂ 和维生素 B。是血浆同型半胱氨酸(也称高半胱氨酸， homocysteine, Hcy) 水平的决定因素，其中以与叶酸的关系最大。当体内叶酸缺乏时，5-甲基 叶酸合成不足，同型半胱氨酸向蛋氨酸转换出现障碍，导致同型半胱氨酸堆积， 形成高同型半胱氨酸血症，其危害主要有三方面。

血浆中同型半胱氨酸水平增高被认为是心血管疾病的危险因素。同型半胱氨 酸与血管平滑肌细胞增殖关系密切，高浓度同型半胱氨酸对血管内壁细胞有损 害；另外同型半胱氨酸可促进氧自由基的形成，加速低密度脂蛋白的氧化，并可 激活血小板的黏附和聚集，因此认为高同型半胱氨酸血症可能是动脉粥样硬化产 生的危险因素。

患有高同型半胱氨酸血症的母亲生育神经管畸形儿的概率较大，并可影响胚 胎早期心血管发育。

2)叶酸的过量毒性

叶酸是水溶性维生素， 一般超出成人最低需要量20倍也不会引起中毒。服 用大剂量叶酸可能产生的毒性作用有：

(1)干扰亢进惊厥药物作用，诱发病人惊厥。

(2)口服叶酸微克可能影响锌的吸收，导致锌缺乏，使胎儿发育迟缓，低出 生体重儿发生率增加。

(3)掩盖维生素B₂₂ 缺乏的早期表现，导致神经系统受损害。由于具有红细 胞贫血大多数合并维生素 B₂ 缺乏，过量叶酸摄入干扰维生素B₂ 缺乏的早期诊 断，有可能导致严重的不可逆转的神经损害。

5. 叶酸的膳食参考摄入量及食物来源

叶酸每日摄入量维持在3.1μg/kg 体重的水平可保证体内有适量储备，在此 基础上，无叶酸摄入仍可维持3～4月不出现缺乏症。据美国 (FNB)1998 年报 告，叶酸的摄入量应以膳食叶酸当量 (dietary folate equivalent,DFE) 表示。 由于食物叶酸的生物利用率仅为50%,而叶酸补充剂与膳食混合时生物利用率 为85%,为单纯来源于食物的叶酸利用率的1.7倍，因此，膳食叶酸当量 (DFE) 的计算公式为：

DFE(μg)= 膳食叶酸(μg)+1.7× 叶酸补充剂(μg)

当叶酸补允剂与食物之叶酸混合使用时，应以DFE 计算平均需要量 (EAR), 再根据EAR×1.2 确定RNI。

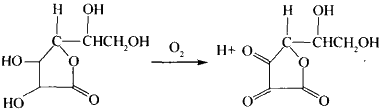
我国居民膳食叶酸的RNI(μgDFE/d) 分别定为：0岁约65 (AI)、0.5 岁 约80 (AI)、1 岁约150、4岁约200、11岁约300、14岁以上及成年人400、孕 妇600、乳母500。居民叶酸的UI,(μgDFE/d) 定为：1岁约300、4岁约400、 11 岁约600、14岁约800、成人(含孕妇和乳母)1000。

叶酸广泛存在于各种动植物食品中，富含叶酸的食物有肝、肾、鸡蛋、豆 类、酵母、绿叶蔬菜、水果及坚果类。

**4.2.11** **维生素C**

1. 维生素C 的理化性质

维生素 C 又名抗坏血酸 (ascorbic acid), 是一种含6个碳的α-酮基内酯的弱 酸，带有明显的酸味。自然界存在有L 型(图4-15)、 D 型两种， D 型无生物活 性。维生素C 呈片状结晶体，易溶于水，稍溶于丙酮与低级醇类，不溶于脂溶 剂中，具有强还原性，干燥时十分稳定，但在溶液中不稳定，遇空气、热、光、 碱性物质、氧化酶及铜、铁离子时极易氧化破坏。酸性、冷藏、密封、真空保藏 时食品中的维生素 C 破坏缓慢。抗坏血酸氧化后成为脱氢型抗坏血酸 (de- hydroascorbic acid),仍具有生理活性，在有供氢体存在时，脱氢型抗坏血酸又 能接受两个氢原子再转变为抗坏血酸。脱氢抗坏血酸若进一步氧化或分解，则成 为无活性的2,3-二酮古洛糖酸(2,3-diketo-gulonic acid)。



抗坏血酸 顺式脱氢抗坏血酸

图4- 15 维 生 素 C 的结构

2. 维生素C 的吸收与代谢

维生素C 在小肠上段被吸收，绝大多数为主动转运，只有少部分是扩散吸 收。其吸收量与其摄入量有关，摄入量为30～60mg 时，吸收率为100%;摄入 量为90mg 时，吸收率约80%;摄入量增至1500、3000和12000mg 时，吸收率 分别下降至49%、36%和16%,未被吸收的维生素C 由于在肠腔发生渗透压的 作用，可引起腹泻。

吸收后的维生素C 很快就分布到体内所有的水溶性结构之中，其中以肾上 腺、脑垂体、肝、肾、心肌、胰等组织含量较高。在正常摄入(75mg) 剂量下， 维生素C 代谢活性池中约有1500mg, 每日的分解代谢约用去总量的3%,相当 于45mg/d。 当摄入量减少，代谢池中维生素C 含量下降至300mg, 每天代谢率 低于9mg, 则可出现坏血病症状。

一般情况下，维生素C 绝大部分在体内经代谢分解为草酸或与硫酸结合生 成抗坏血酸-2-硫酸由尿排出；另一部分可直接由尿排出体外。尿中排出量常受 摄入量、体内储存量以及肾功能的制约。当大量维生素C 摄入而体内维生素C

· 145 ·

代谢池达饱和时，尿中排泄量与摄入量呈正相关；汗液、粪便中也排出少量。

3. 维生素C 的生理功能

(1)维持细胞正常的能量代谢：维生素C 在体内可以可逆性氧化还原，故 可能参与呼吸链的工作。在组织中，还原型抗坏血酸及氧化型抗坏血酸之间维持 着动态平衡，这可能是维持细胞正常的能量代谢和调节细胞内氧化还原电位的一 种方法。

(2)促进胶原组织的合成：胶原组织是体内的结缔组织、骨及毛细血管的重 要构成成分，而在创伤愈合时，结缔组织的生成是愈合的前提。在胶原组织合成 过程中，前胶原α-肽链上的脯氨酸与赖氨酸要经过羟化变成羟脯氨酸及羟赖氨酸 残基后才能进一步合成胶原质 (collagen) 正常的三级结构。维生素C 是胶原脯 氨酸羟化酶及胶原赖氨酸羟化酶维持活性所必需的辅助因子，当维生素 C 缺乏 时，羟化酶活性下降，胶原纤维 (collagen fiber) 合成受阻，可造成伤口愈合缓 慢，血管壁脆性增强，牙齿易松动等。

(3)参与机体的造血机能：维生素 C 可使铁在消化道处于亚铁状态，并以 其有力的氧化还原能力，提高机体对铁的吸收，故可预防营养性贫血；另外维生 素 C 还具有将叶酸转变成活性型(四氢叶酸)的能力，对预防巨幼红细胞贫血 有积极意义。

(4)抗氧化作用：维生素C 还原性很强，可直接与氧化剂作用，从而保护 其他物质不被氧化破坏(如对维生素A、E 及 B 等的保护作用),在食品加工中 常作抗氧化剂使用。维生素C 在体内的氧化还原作用与巯基(一SH)、 双硫键 (—S—S—) 系统相联系，由于维生素C 的还原作用，可使—S—S— 还原为-

SH, 从而提高体内—SH 水平。已知—SH 在体内与其他抗氧化剂如谷胱甘肽一 起清除自由基，阻止脂质过氧化以及某些化学物质的危害作用。维生素C 还能 使红细胞中的高铁血红蛋白 (methemoglobin,MHb) 还原为血红蛋白(hemo- globin,Hb), 使其恢复对氧的运输。

(5)解毒作用：维生素 C 对铅化物、砷化物、苯及细菌毒素等具有解毒作 用，故临床上维生素C 是常用的解毒剂之一。另外，维生素C 还具有抗癌作用， 它可以阻断亚硝胺在体内的合成。

(6)维持心肌功能、预防心血管疾病：维生素C 能促进心肌利用葡萄糖及 肌糖原合成，并有扩张冠状动脉的作用；维生素C 可在体内将胆固醇转变为能 溶于水的硫酸盐而增加其排泄，也可催化肝中胆固醇的羟化作用，促进其形成胆

酸，从而降低血胆固醇含量。故临床上对冠心病病人要给予维生素C。

此外，肾上腺皮质激素的合成与释放也需维生素C 的参与。

4. 维生素C 的缺乏症与过量危害

膳食中维生素C 长期缺乏会导致坏血病 (scurvy)。 早期的症状有疲劳和嗜 睡，皮肤出现小淤点或淤斑，伤口愈合不良，幼儿骨骼发育异常，还可发生轻度 贫血。严重的患者可发生精神异常，包括多疑症、抑郁症和癔病。重症维生素C 缺乏可出现内脏出血而危及生命。

维生素C 很少引起明显的毒性，但服用量过多仍可产生一些不良反应。当 摄入量超过2g, 可引起渗透性腹泻；当摄入量超过1g 时，尿酸排出明显增加； 长期摄入过多，可由于草酸排泄增多而形成尿结石。过量的维生素C 还会引起 宫颈黏液中糖蛋白二硫键改变，阻止精子穿透，造成不育；妊娠期服用过量维生 素C, 可能影响胚胎发育；小儿长期过量服用维生素 C, 容易患骨骼疾病。此 外，维生素C 摄入过量还会引起铁吸收过度、降低白细胞杀菌能力、破坏红 细胞。

5. 维生素C 的参考摄入量与食物来源

我国居民维生素C 的 RNI(mg/d) 定为：0岁约40、0.5岁约50、1岁约 60、4岁约70、7岁约80、11岁约90、14岁约100、50岁约100、孕早期约 100、孕晚期约130、乳母约130。居民维生素 C 的 UL(mg/d) 定为：0岁约 400、0.5岁约500、1岁约600、4岁约700、7岁约800、11岁约900,14岁以 上(含孕妇和乳母)约1000。

人类和其他灵长类动物体内不能合成维生素C, 所需的维生素C 必须靠食物 供应。维生素C 主要来源于主要来源于新鲜的蔬菜和水果，如绿色、红色、黄 色的辣椒、菠菜等蔬菜以及柑橘、山楂、红枣等水果中含量均较高；野生的蔬菜 及水果如苋菜、苜蓿、剌梨、沙棘、猕猴桃、酸枣等含量尤其丰富；在动物肝脏 中也含有少量维生素C。

**4.2.12** **其他维生素**

1. 生物素

生物素 (biotin) 也称维生素H、 维生素B7、辅酶R, 由一个脲基环和一个 带有戊酸侧链的噻吩环组成(图4-16)。现已知有8种异构体，天然存在的仅α 生物素，并且有生物活性。生物素为无色、无臭的结晶物，极易溶于热水中，在 冷水中仅有轻度溶解。生物素的干粉形式相当稳定，但在溶液中不稳定，可为强 酸、强碱和氧化剂所破坏，紫外线也可使其逐渐降解破坏。

生物素是哺乳动物乙酰CoA 羧化酶、丙酮酸羧化酶、丙酰CoA 羧化酶和甲 基巴豆酰羧化酶等羧化酶的必需辅助因子，对于细胞的生长，脂类、碳水化合物

· 147 ·

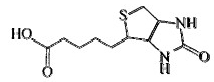


图4-16 生物素的结构

和氨基酸代谢， DNA 的生物合成和唾液酸糖蛋白受 体的表达以及各种免疫细胞正常功能起重要作用。 药理剂量可降低胰岛素依赖型糖尿病人的血糖水平。

生物素缺乏者主要见于长期摄入生鸡蛋的人、 未补充生物素的肠外营养的患者、胃肠道吸收障碍

和某些拮抗物诱导的缺乏者以及先天性生物素酶缺乏者。临床症状主要有红斑性 皮疹、鳞状脱皮、脱毛等；大多数成年患者有抑郁、嗜睡、幻觉和极端的感觉异 常等精神症状；婴幼儿生物素缺乏还可表现为生长发育迟缓。生物素的毒性很 低，至今未见生物素毒性反应报告。

生物素以游离形式或与蛋白质结合的形式广泛分布于动植物食物中。干酪、 肝、肾、大豆中含量最为丰富，其次为蛋类、菜花、菠菜、全麦粉等，在精制谷 类、多数水果中含量较少。我国成人生物素的 AI 为30μg/d, 孕妇为30μg/d, 乳母为35μg/d; 暂未制定 UL。

2.胆碱

胆碱 (choline) (图4-17)为β羟乙基三甲氨的氢氧化物，同时又是乙酸胆 碱的前体。在人体内，胆碱是卵磷脂和神经鞘磷脂的组成成分，前者在肝的脂肪 代谢中起重要作用，可促进脂肪以卵磷脂的形式被输送或提高脂肪酸本身在肝里 的利用，防止脂肪在肝里的异常堆积，故可防止脂肪肝；后者则存在于大脑和神 经组织中，在神经传递方面起作用，故可促进脑发育并能提高记忆力。胆碱可调

控细胞凋亡，抑制癌细胞增殖，还可促进体内甲基代谢。

由于机体能够合成相当数量的胆碱，故在人体没观 察到胆碱的特异性缺乏症状。长期摄入缺乏胆碱膳食主 要结果包括肝、肾、胰腺病变、记忆力紊乱和生长障碍。 对于哺乳动物，胆碱缺乏的一般症状是生长不良、脂肪 肝和出血性肾损失。

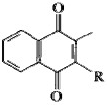
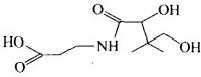


图4-17 胆碱的结构

迄今为止，未发现正常剂量的氯化胆碱、巴比妥胆碱、双氢柠檬酸胆碱以及 卵磷脂具有潜在毒性。仅在用氯化胆碱治疗时，每日用量超过20g 并维持数周， 可出现头昏、恶心和腹泻等症状。

我国成人(包括孕妇和乳母)胆碱的AI 为500mg/d,UL 为3500mg/d。

胆碱在食物中分布很广，含脂肪的食物中含量相对高一些。其丰富来源为蛋 类(特别是蛋黄)、大牲畜的肝脏、啤酒酵母，大豆、甘蓝、全谷、玉米、面粉 和马铃薯等也是其良好来源。 一些代表性的食物胆碱含量(%):蛋黄1.7、牛 肝0.6、大豆0.2、鱼肉0.2、谷物0.1。



3. 泛酸

泛酸 (pantothenic acid) 因广泛存在于自然界而得名，属于B 族维生素，曾 被称为维生素B, 也称遍多酸。泛酸是一种黄色黏滞油状物，溶于水，在酸性 或碱性条件下对热不稳定，干燥情况下泛酸盐对空气和光稳定(见图4-18)。

泛酸在很多代谢过程中起重要作用，为脂肪酸

的合成与降解，类固醇激素、多萜醇、维生素 A、

维生素D 和血红素 A 等类异戊二烯衍生物的合成，

三羧酸循环与氧化供能，膜磷脂的合成，乙醇、氨、

碳水化合物和氨基酸的乙酰化以及蛋白质的酰基化 图4-18 泛酸的结构

修饰，氨基酸的氧化降解，维生素B₂ 和细胞色素咕

啉环前体ø-氨基-乙酰丙酸合成所必需。泛酸的主要活性形式是辅酶A 和酰基载 体蛋白，它们的代谢功能是作为乙酰基或脂酰基的载体。

泛酸广泛存在于各类食物中， 一般不会发生缺乏症，但当人体发生严重营养 不良时，会发生多种营养素共同不足，也可能存在泛酸不足。以前在战争中被俘 的犯人，由于连续营养不良，曾经有发生大规模泛酸缺乏的纪录。泛酸缺乏导致 代谢受阻，机体生长迟缓，依其缺乏程度不同而显示不同体征和症状，包括易 怒、头疼、抑郁、疲劳、冷淡、恶心、呕吐和腹部痉挛、麻木、麻痹、肌肉痉 挛、手脚感觉异常、肌无力、低血糖等。人体缺乏泛酸时，对抗外来病菌的能力 下降，尤其是泛酸缺乏又伴有维生素B₃ 缺乏。例如对抗破伤风病菌的能力明显 下降。

我国14岁以上青少年及成人膳食泛酸 AI 为5.0mg/d, 孕妇为6.0mg/d, 乳母为7.0mg/d,

泛酸广泛存在于各类食物中，最主要的来源是酵母、肉类、内脏、蘑菇、鸡 蛋、甘蓝、牛奶，其中泛酸最丰富来源是金枪鱼和鳕的鱼子酱，全谷物也是良好 的泛酸来源。

4. 维生素K

维生素K 又名凝血维生素、抗出血维生素，是含有2-甲基-1,4萘醌的一族 同系物，其中较常见的有天然维生素K₁ 、K₂ (二者区别在于R 侧链上连接的烃

基和双键的数目不同),另外还有人工合成的维生素 K₃ 、K₄ 。 维生素K 是一种 黄色结晶的脂溶性物质，耐热，在湿润和有氧环境中 稳定，但易遭酸、碱、氧化剂和光(特别是紫外线) 的破坏。由于天然维生素K 对热稳定，且不溶于水， 在正常的烹调过程中损失很少(图4-19)。

图4- 19 维生素K 结构 维生素K 具有凝血作用，它不但是凝血酶的主要

· 149 ·

成分，而且还能促使肝脏制造凝血酶原。维生素 K 缺乏时会延长血液凝固时间 而造成出血过多。由于肠道细菌可以合成维生素K₂, 所以一般正常人都不缺乏。 如长期服用大量抗菌药物或持续腹泻后，则可能引发维生素 K 缺乏症，出现皮 下和胃肠道出血、凝血时间延长等症状。新生儿由于肠道内的细菌尚未充分生 长，奶中的维生素 K 的含量又很低，因此，对有些出生不久的婴儿，可以考虑 维生素 K 肌肉注射，以预防新生儿出血。

维生素K 广泛存在于动植物食品中，且人体又能合成，所以未规定供给量 标准， 一般认为成年人每日供给20～100 μg, 婴儿不少于20μg 就可以满足要求。 绿色蔬菜如菠菜、莴苣、萝卜缨、花茎甘蓝等是膳食维生素 K 的极好来源，其 次是动物内脏、肉类与奶类等。

**思** **考** **题**

1. 人体必需的常量和微量矿物质元素有哪些种类?

2. 矿物质有哪些生理功能?

3. 钙、铁、锌都是人体最易缺乏的矿物质，影响三者吸收的因素有哪些?

4. 为什么谷物和豆类食品中的钙吸收利用率很低，如何提高钙的吸收和利用率?

5. 分述人体缺乏钙、铁、锌的典型症状。

6. 硒的主要生理功能是什么?

7. 碘和氟缺乏与过量分别会引起什么后果?

8. 什么是维生素?维生素的种类有哪些?

9. 维生素C、 维生素D 摄入过量有什么危害?

10. 维生素B₁ 、维生素B2 缺乏时有什么症状?

11. 烟酸缺乏的危害有哪些?

12. 维生素B₂ 为何有预防红细胞贫血的作用?

[本章编写人：冯凤琴(矿物质部分)、雷红涛(维生素部分)]

**主要参考文献**

陈炳卿.2000.营养与食品卫生学。第4版.北京：人民卫生出版社

葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

顾景范，杜寿玢，查良锭等。2003.现代临床营养学.北京：科学出版社

关桂梧.1986.营养学基础与临床实践.北京：北京科学技术出版社

何志谦.2001.人类营养学.第2版.北京：人民卫生出版社

姜培珍.2004.营养失衡与健康.北京：化学工业出版社

刘志皋.1991.食品营养学.北京：中国轻工业出版社

齐格勒E E.1998.现代营养学.第7版.闻芝梅，陈君石译.北京：人民出版社

塞泽尔FS, 惠特尼EN.2004. 营养学——概念与争论.第8版.王希成译.北京：清华大学出版社 孙远明，余群力.2002.食品营养学.北京：中国农业大学出版社

王光慈.2001.食品营养学.北京：中国农业出版社

· 150 ·

王丽娟，王勇.2004.牛磺酸药理作用的研究进展.天津药学，16(5):46~48

王银瑞，胡军，解柱华.1992.食品营养学.西安：陕西科学技术出版社

吴坤.2003.营养与食品卫生学..第5版.北京：人民卫生出版社

姚汉亭.1995.食品营养学.北京：中国农业出版社

郑建仙.1999.功能性食品.北京：中国轻工业出版社

中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量 (Chinese DRIs).北京：中国轻工业出版社 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所.1991.食物成分表.北京：人民卫生出版社

Brigelius-Flohe R ct al. 2002. The European perspective on vitamin E:current knowledge and future re- search. AJCN,76:703～716

Combs C F. 1998. The vitamins fundamental aspects in nutrition and health. 2nd. New York:

Academic Press

Lachance P A. 1996.Future vitamin and antioxidant RDAs for health promotion. Journal of Urban Econom- ics,25(5):46～47

**第** **5** **章** **食物中其他功能成分**

**教学目标**

· 了解食物中非营养素成分的组成及性质。

· 了解食物中重要功能成分的主要生理功能。

· 了解食物中重要功能成分的食物来源，

食物中除了含多种营养素之外，还含有许多非营养素 (non-nutrient), 其中 多种成分如膳食纤维、类黄酮、花青素、类胡萝卜素、植物甾醇等对维护人体健 康、调节机能状态、预防疾病起着重要作用，通常把这些成分称为功能成分或生 物活性成分。食物中功能成分的研究已成为现代营养学的一个重要内容，也有待 深入研究完善。

5.1 膳 食 纤 维

膳食纤维 (dietary fibre) 是指植物类食物中不被人体消化吸收的一类大分子物 质，即膳食中的非淀粉多糖与木质素，包括纤维素、半纤维素、果胶、树胶、糖蛋 白、木质素及海藻多糖等。近年来又将另外一些不可消化的物质归入膳食纤维，如 植物细胞壁的蜡、角质和不被消化的细胞壁蛋白质，还有其他一些非细胞壁的化合 物如抗性淀粉、美拉德反应产物及动物来源的抗消化物质(如氨基多糖)。

**5.1.1** **膳食纤维的生理功能**

1. 调节胃肠道功能

膳食纤维一方面能促进肠道蠕动，使肠道平滑肌保持健康和张力，另一方面 具有吸水膨胀的特性，使粪便体积增加和质地变软，这些均有利于排便，有效防 止便秘。此外，膳食纤维还能改善肠道菌群，并为肠道菌群提供发酵底物，发酵 时产生一些对身体有益的短链脂肪酸，如乙酸、丙酸和丁酸，降低粪便 pH 值， 抑制有害物质的产生和吸收，具有解毒和预防结肠癌的作用。

2. 降血脂及预防心血管病

膳食纤维表面的活性基团可吸附螯合胆固醇和胆汁酸等有机物，减少肠壁对

· 152 ·

脂肪和胆固醇的吸收，并加快胆固醇和胆汁酸从粪便中排泄，因而有降血脂和血 清胆固醇的作用。其中水溶性膳食纤维作用明显，蔬菜和水果中的膳食纤维明显 优于谷物，谷物中以燕麦麸皮水溶性纤维对降胆固醇有较好的效果；而不溶于水 的膳食纤维如纤维素、木质素、玉米麸和小麦麸很少能改变血浆胆固醇水平。在 日常膳食中，增加适量食物纤维，同时减少脂肪摄入量，会减少机体吸收胆固醇 的量，降低体内胆固醇水平，从而达到预防动脉粥样硬化和冠心病的目的。

3. 降血糖及预防糖尿病

膳食纤维可减少糖尿病患者对胰岛素的依赖作用。经常食用膳食纤维的人， 空腹血糖水平或口服葡萄糖耐量曲线均低于少量食用膳食纤维的人。研究发现， 糖尿病患者摄入果胶或豆胶时，能观察到餐后血糖上升的幅度有所改善。如采用 杂粮、麦麸、豆类和蔬菜等含膳食纤维多的食物时，糖尿病患者的尿糖水平和需 要的胰岛素剂量都可减少。

4. 控制体重及其他

膳食纤维强的持水能力和充盈作用可增加胃部饱腹感，减少食物摄入量和降 低能量营养素的利用，有利于控制体重，防止肥胖，但过多会干扰人体对矿物质 等营养素的吸收。

膳食纤维是维持人体正常代谢十分重要的功能成分，其摄入量不足或缺乏可 能还与下列疾病有关，包括阑尾炎、胃食道逆流、痔疮、溃疡性结肠炎、静脉血 管曲张、深静脉血栓、骨盆静脉石、肾结石和膀胱结石等。如摄入足量的膳食纤 维，有利于保护人体免受这些疾病的危害。

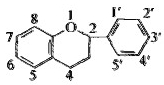
**5.1.2** **膳食纤维的适宜摄入量及食物来源**

1. 膳食纤维的适宜摄入量

根据中国居民《平衡膳食宝塔》推算，膳食纤维的适宜摄入量为，低能量膳 食7531kJ(1800kcal)为25g/d, 中等能量膳食10042kJ(2400kcal) 为30g/d, 高 能量膳食11715kJ(2800kcal) 为35g/d。此数值与许多国家所推荐的值相近。

2. 膳食纤维的食物来源

膳食纤维主要来源于植物性食物，以谷类、根茎类和豆类最为丰富，某些蔬 菜、水果和坚果含量也不少。不同来源的膳食纤维组分各异，按其水中的溶解性 能，大致可分为可溶性膳食纤维和不溶性膳食纤维两大类。可溶性膳食纤维主要包 括植物细胞的储存物质和分泌物，还包括微生物多糖和合成多糖，其主要成分是胶 类物质，如果胶、树胶、黄原胶、阿拉伯胶、角叉胶、瓜尔豆胶、卡拉胶、愈疮胶



和琼脂等。不溶性膳食纤维主要指纤维素、部分半纤维素、木质素、原果胶和壳聚 糖等，是植物细胞壁的组成成分，存在于禾谷类和豆类种子的外表及植物的茎和 叶中。

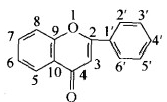
除天然食物所含自然状态的膳食纤维外，近年来还有粉末状、单晶体等形式 的从天然食物中提取的膳食纤维产品供食用。国内外目前已开发的膳食纤维包 括：以小麦、燕麦、大麦、黑麦、玉米纤维和米糠纤维为主的谷物纤维；以豌 豆、大豆和蚕豆纤维为主的豆类种子与种皮纤维；水果、蔬菜纤维；甘蔗、甜菜 和毛竹纤维及其他合成、半合成纤维等。

同时，以膳食纤维作为添加剂制成的强化膳食纤维食品也应运而生。如高纤 维面包、饼干、面条、糕点等。

5.2 多 酚 类

**5.2.1** **生物类黄酮** **(bioflavonoid)**

黄酮类化合物 (flavonoid) 原指基本母核为2-苯基色原酮类化合物，现泛指 具有2-苯基苯并吡喃的一系列化合物(图5-1),主要包括黄酮类、黄烷酮类、 黄酮醇类、黄烷酮醇、黄烷醇、黄烷二醇、花青素、异黄酮、二氢异黄酮及高异 黄酮等(表5-1)。黄酮类化合物多呈黄色，是一类天然色素。



2-苯基色原酮 2、苯基苯并吡啉

图5-1 生物类黄酮化学结构

**表5** **-** **1** **黄酮物质化合物的主要结构类型**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 黄酮类 | 黄酮醇 | 一氢黄酮类 | 二氢黄  酮醇类 | 花色素类 | 黄烷-3,4-二醇类 | 双苯吡酮类 (山酮类) |
| 三碳链 部分 结构 |  | O  OH O |  |  |  |  |  |
| 名称 | 黄烷-3-醇类 | 异黄酮类 | 二氢异  黄酮类 | 查耳酮类 | 氢查耳酮类 | 橙酮类 | 高异黄酮类 |
| 三碳链 部分 结构 | OH |  |  |  |  |  | O  O |

资料来源：宋晓凯.2004.天然药物化学.北京：化学工业出版社

· 154 ·

1. 生物类黄酮的特点

生物类黄酮对热、氧、干燥和适中酸度相对稳定，但遇光迅速破坏。加工、 烹饪和储藏过程中如不在阳光下操作，生物类黄酮不会因食物加工或厨房中的制 作而遭受损失。若不暴露在强光下，其储藏过程中的损失也极小。

生物类黄酮的吸收、储留及排泄与维生素 C 非常相似，约一半可经肠道吸 收而进入体内，未被吸收的部分在肠道被微生物分解随粪便排出，过量的生物类 黄酮则主要由尿排出。生物类黄酮的缺乏症状与维生素C 缺乏密切相关，若与 维生素C 同服极为有益。生物类黄酮无毒性。

2. 生物类黄酮的生理功能

1)调节毛细血管功能

生物类黄酮能调节毛细血管通透性，增强毛细血管壁的弹性，可防止毛细血 管和结缔组织的内出血，从而建立起抗传染病的保护屏障。 一般多将其作为防治 与毛细血管脆性和渗透性有关疾病的补充药物，如牙龈出血、眼视网膜出血、脑 内出血、肾出血、月经出血过多、静脉曲张、溃疡、痔疮、习惯性流产、运动挫 伤、X 射线照伤及栓塞等。

2)抗氧化功能

生物类黄酮是食物中有效的抗氧化剂，是优良的活性氧清除剂和脂质抗氧化 剂。能够与超氧阴离子反应阻止自由基反应的引发；与铁离子络合阻止羟自由基 的生成；与脂质过氧化基反应阻止脂质过氧化过程。通过对抗自由基、直接抑制 癌细胞生长及对抗致癌促癌因子，生物类黄酮表现出较强的抗肿瘤作用，如芦丁

和桑色素能抑制黄曲霉毒素 B₁ (aflatoxin B,AFBi) 对小鼠皮肤的致癌作用，

同时对其他一些致突变剂和致癌物也有拮抗作用。

3)抑菌、抗病毒作用

黄酮类化合物具有抑制细菌功能，可提高普通食物抵抗传染病的能力，如木 犀草素、黄芩苷、黄芩素等。而槲皮素、桑色素、二氢槲皮素及山奈酚等有抗病 毒作用。据报道，水飞蓟中的黄酮类化合物对治疗急慢性肝炎、肝硬化及各种中 毒性肝损伤均有较好效果。

4)降血压、降血脂作用

黄酮类化合物具有降低血压、增强冠状动脉血流量、减慢心律和抵抗自发性 心律不齐的作用，还具有降血脂、降胆固醇的作用，对缓解冠心病也有效。如茶 叶中的儿茶素具有抗脂肪肝的作用，对脂肪肝及因半乳糖胺或CCl₄ 等引起的中 毒性肝损伤均有一定的效果。

5)其他功能

黄酮类化合物对维生素 C 有增效作用，可稳定人体组织内抗坏血酸的作用

· 155 ·

从而减少紫瘢。黄酮类化合物还具有止咳、平喘、祛痰作用。近年来，发现一些 黄酮类化合物可抑制醛糖还原酶，在病态的条件下，如糖尿病者与半乳糖血症者 中，这种酶参与形成白内障，但未能证明黄酮类化合物到底能否干扰人类白内障 的形成。

3. 生物类黄酮的食物来源

动物不能合成生物类黄酮，植物是富含生物类黄酮的主要食物来源，黄酮类 化合物广泛存在于蔬菜、水果、花和谷物中，并多分布于植物的外皮，即在植物 中接受阳光的部分。其在植物中的含量随种类的不同而异， 一般叶菜类含量多而 根茎类含量少。如水果中的柑橘、柠檬、杏、樱桃、木瓜、李、葡萄及葡萄柚； 蔬菜中的花茎甘蓝、青椒、莴苣、洋葱、番茄及三大天然饮料茶、咖啡和可可。 而大量的生物类黄酮都是由饮料中进入人体，茶、咖啡、可可、果酒和啤酒是重 要的类黄酮来源。在一般的混合膳食中，人们每天可从食物中取得 lg 的类黄酮。

4. 主要的生物类黄酮

生物类黄酮是近年来研究的一个热点，其中研究报道较多的有异黄酮、花青 素和植物多酚。

异黄酮 (iso-flavone) 属黄酮类化合物，它的侧苯基位于3位，包括游离态 的苷元和结合态的葡萄糖苷。目前研究较多的有大豆异黄酮及葛根异黄酮。大豆 异黄酮有12种，可分为游离型的苷元和结合型的糖苷，苷元占总量的2%~ 3%,有染料木素 (genistein)、 大豆素 (daidzein) 和黄豆黄素 (glycitein); 糖 苷占总量的97%～98%,主要以染料木苷 (genistin)、 大豆苷 (daidzin)、 黄豆 苷 (glycitin)、丙二酰染料木苷(6"O-malonygenistin)、 丙二酰大豆苷(6"-O- malonydaidzin) 和丙二酰黄豆苷(6"-O-malonyglycitin) 形式存在；葛根异黄酮 及其衍生物包括葛根素 (puerarin)、 葛根苷、葛根木糖苷 (puerarin xyloside)、 大豆素、大豆苷及大豆素-4,7-二葡萄糖苷。

(1)异黄酮的生理功能。大量研究表明，异黄酮具有重要的生理功能。异黄 酮与动物体内雌激素的结构类似，具有弱雌激素活性。在骨组织的再建过程中， 染料木黄酮可刺激成骨细胞合成及分泌胶原蛋白，提高成骨细胞内碱性磷酸酶活 性，促进骨组织的成骨过程，同时通过促进破骨细胞凋亡而抑制破骨细胞增殖并 抑制破骨细胞的骨吸收作用。因此异黄酮能改善妇女更年期障碍和骨质疏松症。 异黄酮具有较强的抗氧化能力，通过形成稳定的自由基中间体而阻断自由基反 应；体外实验证明大豆异黄酮具有显著的抗血清脂蛋白过氧化作用，效果甚至优 于维生素E。 对由阿霉素引起的小鼠过氧化水平提高和抗氧化酶活性的降低也有 明显的抑制作用。大豆异黄酮还具有抗溶血功能， 一方面起抗氧化剂作用，另一 方面以其特殊的化学结构与细胞膜上的磷酸酯及蛋白质相互作用，增强其物理化

· 156 ·

学稳定性，并降低膜的渗透性而起抗溶血作用。

异黄酮具有很好的抗癌作用，其中具有生理活性的主要是染料木苷、乙酰染 料木苷、丙二酰染料木苷等，可通过抑制许多种酶的活性和控制细胞生长因子， 影响信号的传递，从而抑制癌细胞的生长。对与性激素有关的癌症如乳腺癌、子 宫癌、前列腺癌等有一定的预防和治疗作用。

异黄酮还有括冠、增加冠状动脉血流量及降低心肌耗氧量等作用，可防心脏 病。异黄酮可降低体内胆固醇和脂肪量，防止高血压及高血脂，可预防心血管疾 病。大豆素和大豆苷均能缓解高血压患者的头痛症状。此外，异黄酮还可预防疟 疾、囊性纤维化，抑制真菌和醇中毒等多种疾病，其中大豆素具有类似罂粟碱的 解痉作用。

异黄酮配基形式(游离型)的活性比配糖体形式(糖苷型)的活性高，包括 抗菌活性、抗氧化活性、抗溶血活性、雌激素活性、抗血管收缩活性及抗癌作 用等。

异黄酮具有广泛的生理活性，已用于降血脂、预防骨质疏松、增强免疫功能 等保健食品中。已开发的保健食品有日本的大豆胚芽茶和PIC-BIO 公司展出的 Vitalin Z大豆异黄酮、中国的天雌素、德国的异黄酮复合含片、美国的异黄酮 强化补液及CARGILL 推出的大豆异黄酮饮料和口嚼片等。

(2)异黄酮的体内吸收与利用。从膳食中摄取的大豆异黄酮多以糖苷的形式 存在，进入肠道后可部分被肠道及微生物水解释放出糖和配基，在肠道被直接吸 收或转化为雌马酚等代谢物进入血液。这些分解产物一部分通过微绒毛外膜进入 肠壁组织，另一部分则和尚未被分解的异黄酮糖苷一起随粪便排出。异黄酮吸收 率约30%～50%,其中发酵大豆制品中以苷元形式存在的异黄酮要比以糖苷形 式存在的异黄酮吸收率高。进入肠组织的异黄酮组分，有的通过扩散直接进入血 液循环，有的(主要是苷元)则在葡萄糖醛酸转移酶作用下与葡萄糖醛酸结合 后，部分进入血液循环被利用，另一部分通过微绒毛外膜返回肠腔排出。不同的 异黄酮在人体内的代谢速度不同，不同性别、不同年龄和体重的人对异黄酮的代 谢功能也存在明显差异。植物油可提高其生物利用度，而谷物纤维则降低其生物 利用度。大豆异黄酮经动物体代谢后，主要以染料木黄酮 (Gen)、 黄豆苷元 (Den) 及它们的葡萄糖醛酸结合物形式存在。据分析，葡萄糖醛酸是Gen 和 Den 在体内传递的载体，真正在体内被吸收而产生生理活性的是游离苷元Gen 和Den。

(3)异黄酮的食物来源。异黄酮类化合物在自然界分布有限，主要存在于洋 葱、苹果、葡萄和大豆等天然食物中。在荚壳类食物尤其是大豆中含量丰富，主 要分布于大豆种子的子叶和胚轴中，种皮含量极少。遗传因素及大豆的加工处理 工艺均会影响大豆异黄酮的含量和种类分布。大豆品种不同，其中的大豆异黄酮 含量不同，大致为0.12%～0.42%,南方大豆异黄酮含量平均189.9mg/100g,

· 157 ·

东北及北方春大豆异黄酮含量平均为332.9mg/100g。 大豆加工工艺中的水洗、 浸泡、加热和磨浆分离等，尤其是大豆浓缩蛋白工艺，都会造成损失；水浸泡使 大豆中10%异黄酮流失，同时由于自身存在β-糖苷酶的水解，使游离异黄酮增 加；热处理则可使热不稳定的丙二酰基葡糖苷型转变为乙酰基葡糖苷型。发酵不 影响大豆异黄酮含量，但可改变其种类和分布，主要是微生物产生大量的β-糖 苷酶水解作用，使糖苷型异黄酮大量水解为游离型，如丹贝、味噌中游离异黄酮 可占总量的40%～100%。随储存时间增加，其异黄酮含量逐渐降低。临床研究 表明，每天摄入40～150mg 异黄酮对人体健康十分有益。

**5.2.2** **花青素**

花青素 (anthocyanin) 是一类性质比较稳定的色原烯 (chromene) 的衍生 物，分子中存在高度的分子共轭，而有多种互变异构式，如图5-2。

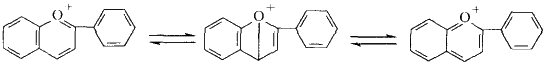


图5-2 花青素化学结构异构式

植物中的花色素多在C3 位有—OH, 且常与葡萄糖、半乳糖、鼠李糖缩合 成苷。由于花青素分子吡喃环上的氧原子是4价，所以花青素具有碱的性质；又 有酚羟基而具有酸的性质，在可见光下的颜色随pH 环境而改变。此外，花青素 易受氧化剂、维生素C、 温度等影响而变色，如SO₂ 可漂白花青素并能改变其 pH。 花色苷还能被酶解成糖和配基，以至褪色。

原花青素 (proanthocyanidin,PC) 是自然界中广泛存在的一大类多酚类化 合物的总称，由不同数量儿茶素或表儿茶素结合而成的二聚体、三聚体直至十聚 体，按聚合度大小通常将2～4聚体称低聚体 (procyanidolic oligomer,OPC), 将五聚体以上的称高聚体 (procyanidolic polymer,PPC)。 二聚体中因两个单体 的构象或键合位置的不同，可有多种异构体，已分离鉴定的8种结构形式分别命 名为B¹~B8, 其中B1～B4 由 C4→C8 键合， B5～B8 由 C4→C6 键合。在各类 原花青素中二聚体分布最广，研究最多，是最重要的一类原花青素。

花青苷具有抗氧化及清除自由基的功能，有降血清及肝脏中脂肪含量的作 用。花青苷可抗变异及抗肿瘤，还具有抑制超氧自由基的作用，有利于人体对异 物的解毒及排泄功能，可防止人体内的过氧化作用。

原花青素有很强的抗氧化性，可用于保护细胞DNA 免遭自由基的氧化损 伤，从而预防导致痛症的基因突变；可预防自由基对晶状体蛋白质的氧化，从而 预防白内障的发生；可抑制诸如组胺、5-羟色胺、前列腺素及白三烯等炎性因子 的合成和释放，具有抗过敏、抗炎作用；还可选择性地结合在关节的结缔组织上

· 158 ·

以预防关节肿胀，帮助治愈受损组织，缓解疼痛，因而对各种类型的关节炎效果 显著。通过抗炎功效、自由基清除功效及结缔组织保护作用，对龋齿及牙龈炎具 有预防和治疗作用。原花青素还可用于心血管的保护，包括降血压、降胆固醇及 缩小沉积于血管壁上的胆固醇沉积物体积。原花青素还是一种抗皱美容产品，在 欧美国家享有皮肤维生素或口服化妆品的美誉。其他功能作用还包括抗溃疡、预 防老年性痴呆、治疗哮喘及前列腺炎等。如葡萄原花青素 (grape procyanidin, GPC) 是从葡萄中提取的一种天然植物多酚，具有抗氧化、清除自由基、抑制血 小板聚集等多种生物学效应，并能减轻一些化学毒物对细胞的毒性作用，有极强 的抗氧化活性；可对胶原酶、弹性酶、透明质酸酶和β-葡糖醛酸苷酶产生强大 的抑制作用，而这些酶可分别对胶原、弹性蛋白和透明质酸等构成血管内壁的重 要物质造成破坏。而越橘中所含花青素是一种水溶性色素，可改善视觉并减少因 老化产生的疾病。

**5.2.3** **茶多酚**

多酚类 (polyphenol) 可分为两大类化合物， 一类是多酚的单体，即非聚合 物，包括各种黄酮类化合物及其苷类，另一类则是由单体聚合而成的低聚或多聚 体。这些物质都有一定量的 ·ROH 基，能形成有抗氧化作用的氢自由基 (H\*), 以 消 除 (₂和 OH · 等自由基的活性，从而保护组织免受氧化作用的损害，以及 增强免疫功能、抗癌、抗衰老、抗龋齿、抗菌和抑制胆固醇升高等作用。

不同植物中提取的多酚会有一些不同的生理功能，目前研究较多、时间较长 的是茶叶多酚 (tea polyphenol,TP)。TP大量存在于茶叶中，约占其干物质的 24%～38%,主要由黄烷醇、花白素、花青素、黄酮类、黄酮醇类、黄烷酮类、 黄烷酮醇及酚酸类等组成。

TP 及其氧化产物是一类含多个酚—OH 的化合物，较易氧化而提供质子， 具酚类抗氧化剂的通性。尤其B 环上的邻位酚或连位酚有较高的还原性，易发 生氧化产生邻醌类物质，而提供 H+ 与自由基结合，可直接清除自由基，避免氧 化损伤。其次， TP 及其氧化产物可作用于产生自由基的相关酶类，络合金属离 子，间接清除自由基，起到预防和断链双重作用。第三， TP 及其氧化产物丰富 的活性—OH 可与蛋白质等大分子通过氢键结合而影响许多生理过程，如可影响 许多酶的活性，包括增强抗氧化酶GSH-Px、CAT 和谷胱甘肽硫转移酶活性， 并抑制鸟氨酸脱羧酶、环加氧酶、黄嘌呤氧化酶等多种氧化酶的活性，从而对许 多病理过程起显著抑制作用。可通过抑制肝脏脂质过氧化、促进肝中ATP 合 成、防止胆固醇和中性脂肪积累，来预防肝中毒和肝硬化；其抗氧化作用可使神 经原免受自由基伤害，对慢性脑病变的发生发展有防治意义，可预防老年性 痴呆。

TP 在脂肪代谢中起着重要作用，不仅有明显的降血清总胆固醇、降低低密

· 159 ·

度脂蛋白胆固醇 (low density lipoprotein-cholesterol,LDL-C) 和升高高密度脂 蛋白胆固醇 (high density lipoprotein-cholesterol,HDL-C) 的作用，还可明显 降低血浆和心肌组织中过氧化脂质的数量，有抗脂质过氧化和延迟脂褐质生成的 作用。 TP 通过调节血脂代谢、抗凝、促纤溶及控制血小板聚集，抑制小肠对胆 固醇的吸收等，对动脉粥样硬化有独特的抑制效果。此外， TP 可抑制血管紧张 素I转换酶的活性，对高血压有一定的预防作用。

TP 主体物质儿茶素明显地抑制 AFB₁ 和 Bap 诱导的V₇g 细胞基因正向突变 以及AFB₁ 诱导的V₇g 细胞姊妹染色单体交换和染色体突变；对丝裂霉素C 的诱 致突变性有明显的抑制效应。程书均等发现绿茶儿茶素可能降低吸烟、辐射及化 学致癌物引起的人类癌症发生率，可显著抑制香烟浓缩物处理大鼠皮肤细胞的畸 增，无毛小鼠口服或皮肤涂敷TP 后照射紫外线可降低皮肤癌的形成。故TP 具 有抗肿瘤作用，对口腔癌、胃癌、皮肤癌、十二指肠癌、结肠癌、肝癌、胰脏 癌、乳腺癌、前列腺癌及肺癌有抑制作用。

TP 还有抗变态反应和增强免疫功能的作用，其抗变态反应能力与公认的对 抗变态反应极为有效的甜茶相当。 TP 有缓解机体产生过激变态反应的能力，对 机体整体的免疫功能有促进作用。

TP 除具有以上生物学作用外，还具有降血糖、防龋齿、防口臭、调节甲状 腺、消炎、止泻、杀菌以及抗病毒等作用。

TP 化合物在人体中可很快被吸收，血浆中TP 含量水平取决于口服的剂量。 TP 主体成分表没食子儿茶素没食子酸酯 [L- (一)-epigallocatechin-3-gallate,L- EGCG] 在口腔中可很快转变为表没食子儿茶素 [L- (一)-epigallocatechin,L- EGC], 餐后3～5h 在血液中浓度可达峰值，半衰期3.9h。其中儿茶素没食子酸 酯[(+)-catechingallate,DCG] 主要通过胆汁代谢排泄，在小肠中含量高，其 他儿茶素在肾脏中含量高，主要通过尿液排出

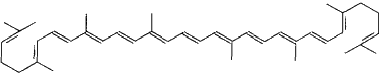
TP 急性毒性试验小鼠的LDso为每千克体重2496～2816mg, 有中等蓄积性； 亚急性毒性试验小鼠血红蛋白、红细胞数、白细胞数、体重、肝重、胸腺和脾脏 的细胞数与对照组比较均无差别；药理试验血压、心电、呼吸和肠道活动结果均 在正常范围； Ames 试验其突变性为阴性。因此，第11届全国食品添加剂标准 委员会同意将TP 列入标准。 TP 在食品工业、医药、卫生及保健方面有重要的 应用价值。在食品工业作为防止和延缓脂质变质的保鲜剂、除臭剂及天然食用色 素稳定剂；在日、俄被用于减肥食品；美国目前已批准将绿茶作为预防癌症的药 物使用。

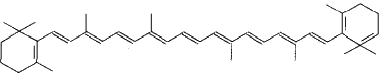
5.3 类胡萝卜素

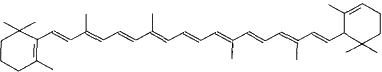
类胡萝卜素 (carotenoid) 是植物中广泛分布的一类脂溶性多烯色素，属四

· 160 ·

萜类。已知的类胡萝卜素达600多种，颜色从红、橙、黄以至紫色都有。按组成 和溶解性质可分为胡萝卜素类和叶黄素类。胡萝卜素类包括α-胡萝卜素、β-胡萝 卜素、y-胡萝卜素、δ-胡萝卜素、 s-胡萝卜素及番茄红素 (lycopene) 等；叶黄 素则是胡萝卜素的加氧衍生物或环氧衍生物，食品中常见的有叶黄素、玉米黄 素、隐黄素、辣椒红素和虾黄素等。按结构可分为三大类，即无环化合物，如番 茄红素，单环化合物，如γ-胡萝卜素及双环化合物，如α-和β胡萝卜素。4种主 要胡萝卜素的结构如图5-3所示：







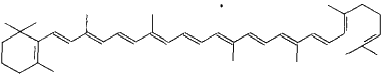


图5- 3 几种主要胡萝卜素的结构

番茄红素

β-胡萝卜素

α-胡萝卜素

y-胡萝卜素

**5.3.1** **类胡萝卜素的生理功能**

1. 抗氧化作用

类胡萝卜素是一类在自然界中广泛分布的、生物来源的抗氧化剂，可有效淬 灭单线态氧、清除过氧化自由基，在以卵磷脂、胆固醇与类胡萝卜素组成的脂质 体系统中，可抑制脂质过氧化的发生，明显减少丙二醛的生成。其中番茄红素虽 没有维生素A 的活性，但却是一种强有力的抗氧化剂，其抗氧化能力在生物体 内是β胡萝卜素的两倍以上，可保护人体免受自由基的损害。有研究报道，番 茄红素对氧化胁迫介导的皮肤损害有保护效应。 一些类胡萝卜素淬灭单线态氧的 速度由高至低依次为：番茄红素、γ-胡萝卜素、虾青素、α-胡萝卜素、β-胡萝卜 素和红木素、玉米黄质、叶黄素、番红花苷，均优于维生素E。

2. 增强免疫功能和预防肿瘤

类胡萝卜素可增强机体免疫功能，保护吞噬细胞免受自身的氧化损伤，促进 T 淋巴细胞、 B 淋巴细胞的增殖，增强巨噬细胞、细胞毒性T 细胞和NK 细胞杀 伤肿瘤的能力，以及促进某些白介素的产生。类胡萝卜素能抑制致癌物诱发的肿 瘤转化，抑制肿瘤的发生和生长，具有抗癌作用。 一些实验数据显示，β-胡萝卜 素可预防应激诱发的胸腺萎缩和淋巴细胞下降，增强对异体移植物的排斥反应， 促进T 淋巴细胞和B 淋巴细胞增殖，维持巨噬细胞抗原受体的功能及增强中性 细胞杀死假丝酵母，并促进病毒诱发肿瘤的退化。而对子宫、乳腺和肺的癌细胞 的抑制能力，番茄红素明显高于β-胡萝卜素。番茄红素也能抑制胰岛素生长因 子刺激的癌细胞增殖。

3. 预防眼病、心血管病及其他

类胡萝卜素可降低白内障疾患的危险性，并能预防眼底黄斑性病变。β胡萝 卜素及番茄红素可有效阻断LDL 的氧化，减少心脏病及中风的发病率。番茄红 素还是血清中与老化疾病相关的微量营养素，可以抑制与老化相关的退化疾病， 有抗衰老的作用，并具有清除毒物如香烟和汽车废气中有毒物质的作用。

**5.3.2** **类胡萝卜的摄入量及食物来源**

1. 类胡萝卜素的摄入量

各种类胡萝卜素由于化学结构和理化性质不同，在吸收及体内代谢等方面存 在很大差异。胡萝卜素吸收率大约为维生素 A 的一半，并随膳食摄入量增加， 吸收率明显下降至10%以下。动物实验表明，当每天补充β-胡萝卜素剂量超过 每千克体重4.28mg,8 周后，机体的抗脂质过氧化能力明显增强，表现为GSH- Px 活性明显升高，内二醛显著降低。但超过该剂量后，机体的抗氧化功能并没 有明显改善。大剂量补充时可能引起脂质过氧化反应。

2. 类胡萝卜素的食物来源

类胡萝卜素广泛分布于绿叶菜和橘色、黄色蔬菜及水果中，藻类特别是一些 微藻是天然类胡萝卜素的重要来源， 一些微生物也能合成，但动物不能合成类胡 萝卜素，其体内的蓄积来源于植物界，只能从食物中摄取。 一些类胡萝卜素如 β-胡萝卜素在体内可转化为维生素A, 称维生素A 原，有些则是有效的抗衰老 剂如α-胡萝卜素。类胡萝卜素中研究较多的番茄红素主要存在于成熟的红色植 物果实如番茄、西瓜、红色葡萄柚、木瓜、苦瓜籽及番石榴等食物中，并以番茄 中含量最高，在成熟番茄果实中可高达3～14mg/100g, 且成熟度越高，含量越

· 162 ·

高。红色棕榈油也含较高的番茄红素。 FAO/WHO、FDA 和欧盟均已将番茄红

素列入食品添加剂使用品种。

5.4 皂 苷

又名皂素或皂草苷 (saponin), 是一类比较复杂的苷类化合物，大多可溶于 水，易溶于热水，味苦而辛辣，振荡时可产生大量肥皂样泡沫，故名皂苷。皂苷 的水溶液大多能破坏红血球而有溶血作用，又常被称为皂毒素 (sapotoxin),但 对高等动物口服无毒。根据皂苷元化学结构，可将皂苷分为甾体皂苷 (steroidal saponin) 和三萜皂苷 (triterpenoid saponin) 两种。其中甾体皂苷通常由27个 碳原子组成，为中性皂苷，如薯蓣科和百合科植物皂苷；三萜皂苷是由6分子 C₅H₈ 连接而成的具有30个碳原子的化合物，直链或具有三环、四环与五环，游 离或与糖结合，大多为含氧化合物，多为酸性皂苷，分布比甾体皂苷广泛，五加 科、豆科、石竹科、伞形科、七叶树科植物中所含皂苷属于此类。

**5.4.1** **皂苷的生理功能**

1. 抗菌及抗病毒作用

许多皂苷具有抗菌及抗病毒作用。据报道，从大豆中提取的两种新皂苷具有 抑制肺炎、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和枯草杆菌的作用；大豆皂苷还对治疗疱 疹性口唇炎和口腔溃疡效果显著，具有广谱抗病毒能力。另外，其B 类皂苷对 人体艾滋病病毒的感染有一定的抑制作用。人参皂苷的浓度为0.001%对大肠杆 菌有抑制作用，浓度为5%则可完全抑制黄曲霉毒素的产生，还能通过抑制幽门 螺杆菌而达到预防及治疗十二指肠和胃溃疡的作用。甘草素对单纯疱疹病毒、水 痘病毒及带状疱疹病毒均有抑制作用，并可抑制艾滋病毒的繁殖，但无灭活作 用。茶叶皂苷对多种致病菌如白色链球菌、大肠杆菌和单细胞真菌，尤其是对皮 肤致病菌有良好的抑制活性。

2. 免疫调节作用

皂苷可增强机体免疫功能，如人参皂苷、黄芪皂苷和绞股蓝皂苷均可明显增 强巨噬细胞的吞噬功能，提高T 细胞的数量及血清补体水平；大豆皂苷能明显 提高 NK 细胞、 LAK 细胞的活性，表现出明显的免疫调节作用。

3. 对心血管系统的作用

皂苷可抑制胆固醇在肠道的吸收，有降胆固醇的作用。在甾苷类化合物中， 螺甾烷醇苷类降胆固醇活性比呋甾烷醇苷类强，且螺甾烷醇活性随糖链中单糖数

· 163 ·

目的增加而增加。而从配基结构来说，皂苷的降胆固醇活性由高到低依次为海可 皂苷配基、洛可皂苷配基、洋羧契皂苷配基、薯蓣皂苷配基、毛地黄皂苷配基。 在三萜皂苷中，柴胡皂苷、甘草皂苷及驴蹄草总皂苷都有明显的降胆固醇作用。 其他如大豆皂苷和人参皂苷可促进人体内胆固醇和脂肪的代谢，降低血中胆固醇 和甘油三酯的含量。大豆皂苷还可以抑制血小板减少和凝血酶引起的血栓纤维蛋 白形成，具有抗血栓作用。绞股蓝皂苷可明显抑制小鼠血小板血栓和静脉血栓的 形成，血栓平均质量分别下降34%和68%。

4. 对中枢神经系统的作用

皂苷可作用于中枢神经系统，人参总皂苷及其单体Rb1 在小剂量时可增强 中枢神经的兴奋过程，大剂量时却增强抑制过程。柴胡皂苷具有镇静、镇痛和抗 惊厥作用，并可延长猫的睡眠时间，特别是慢波睡眠Ⅱ期和快动眼睡眠期的增 加，其作用优于成药朱砂安神丸。黄芪皂苷具有镇痛和中枢抑制作用，能明显延 长硫喷妥钠所致小鼠的麻醉时间；绞股蓝皂苷也具有镇静、镇痛作用和对小鼠学 习记忆的促进作用。酸枣仁所含皂苷对动物则有镇静和精神安定作用。

5. 降血糖作用

皂苷具有降血糖作用，苦瓜皂苷有类胰岛素作用，可降血糖，作用缓慢而持 久。人参总皂苷及其单体Rb2 可抑制肝中G-6-磷酸酶，而刺激葡萄糖激酶的活 性，对实验性糖尿病小鼠和大鼠均有明显的降糖作用。

6. 抗肿瘤及其他功能作用

一些皂苷具有抗肿瘤作用，人参皂苷Rh2 在2μg/mL 浓度时可抑制人白血 病细胞 (HL-60) 的生长，还可抑制B16 黑色素瘤细胞的生长。大豆皂苷可明显 抑制肿瘤细胞的增长，对肿瘤细胞的DNA 合成和细胞转移有抑制作用，能直接 杀伤肿瘤细胞，特别是对人类白血病细胞DNA 的合成有抑制作用。

此外，皂苷还有杀精及抗生育作用，如常春藤中的皂苷常春藤素。人参皂苷 可增加肾上腺皮质激素的分泌，使肾上腺质量增加，也是一种非特异性酶的激活 剂，可激活兔肝中黄嘌呤氧化酶；人参皂苷Rbl 还能通过抑制脂质过氧化，提 高SOD 活性起延缓衰老的作用；可刺激造血细胞增殖，促进造血功能；还能保 护肾脏免受化学药物损伤。茶叶皂苷可抑制乙醇吸收和保护肠胃，可抗高血压， 还有很好的抗白三烯D4 的作用，可在炎症的初起阶段使受障碍的毛细血管透过 性正常化，具有抗炎作用：

**5.4.2** **皂苷的食物来源**

皂苷是广泛存在于植物界以及某些海洋生物中的一种特殊苷类，如枇杷、茶

· 164 ·

叶、豆类及酸枣仁等，在豆类中的含量从高到低依次为青刀豆、豇豆、赤豆、黄 大豆、绿大豆、黑大豆、扁豆、四季豆及绿豆。许多已作为保健食品来开发利用 的中草药如人参、西洋参、茯苓、甘草、山药、三七、罗汉果及酸枣仁等都含有 皂苷。海洋生物海参、海星和动物中也含有皂苷。遗传因素及加工工艺等影响大 豆皂苷的含量及组成，种子中含量可达0.22%～0.33%,传统大豆食品如豆奶、 豆腐皂苷含量与大豆中相当，发酵食品相对低，而全脂豆粉达0.5%,大豆分离 蛋白约0.8%,主要因为皂苷可能与蛋白质紧密结合，在分离过程中与蛋白质一 起被保存下来。

皂苷具有广泛的生理活性，已成为天然药物研究中的一个重要领域。可应用 于食品添加剂、保健食品、药品及化妆品。人参、茯苓、绞股蓝和刺五加等中草 药已被作为保健食品的新资源来开发利用，如西洋参冲剂、人参糖果、茯苓夹饼 及绞股兰茶等。日本已上市大豆皂苷饮料。

5.5 有机硫化合物

**5.5.1** **异硫氰酸盐**

异硫氰酸盐 (isothiocyanatea,IT) 通常以葡萄糖异硫氰酸盐的形式存在于 十字花科 (Cruciferae) 蔬菜如白菜、卷心菜、西兰花、菜花、芥菜和萝卜等中， 是一大类含硫的糖苷。在无黑芥子硫苷酸酶作用、未加工和未经咀嚼时，葡萄糖 异硫氰酸酯仍保持完好；而在黑芥子硫苷酸酶作用下，则释放出葡萄糖及包括异 硫氰酸酯在内的其他分解产物。体外试验表明异硫氰酸酯等是Ⅱ相酶的强诱导 剂；而体内外实验均表明异硫氰酸酯还抑制有丝分裂、诱导人类肿瘤细胞凋亡， 可阻止大鼠肺、乳腺、食管、肝、小肠、结肠和膀胱癌的发生，其作用大小与 IT 的结构有关。

葡萄糖异硫氰酸酯会在蔬菜的储存过程中增加或减少，也可在加工过程中分 解或浸出，或因加热黑芥子硫苷酸酶失活而得到保护。人体摄入后可在小肠中经 植物黑芥子硫苷酸酶或结肠细菌分解的黑芥子硫苷酸酶作用而分解。异硫氰酸酯 可被小肠和结肠吸收，人体摄入十字花科蔬菜2～3h后可从尿中检出其代谢产 物。要开发利用十字花科蔬菜的保健作用还需要深入研究葡萄糖异硫氰酸酯的化 学性质和代谢以及在整个食物链中的变化。

**5.5.2** **烯丙基二硫化合物**

大蒜 (Allium sativum)、 洋葱 (Allium cepa) 等葱属 (Allium) 蔬菜除具 强抗菌作用外，还有消炎、降血脂、降血糖、抗血栓形成、抑制血小板聚集、提 高免疫力和防癌的功能，其主要有效成分是多种烯丙基二硫化合物，也是这类食 物主要的风味成分。大蒜的主要活性物质二烯丙基硫代磺酸酯、二烯丙基二硫化

· 165 ·

合物、 S-烯丙基甲基硫代磺酸酯、甲基烯丙基二硫化合物、二烯丙基硫醚等有 机硫化合物成分，均来自γ-谷氨酰半胱氨酸(γ-glutamylcysteine)。 洋葱的含硫 化合物主要为烷基半胱氨酸硫氧化物 (ACSO), 在组织受伤时其在蒜氨酸酶作 用下水解产生α-亚氨基丙酸和S-烷基半胱氨酸次磺酸，产生特有的刺激性味道 并最终形成一个含50多种含硫化合物的混合物，包括硫代亚磺酸酯、硫代磺酸 盐、单硫化物、双硫化物、三硫化物以及一些特殊化合物，如催泪因子、硫代丙 烷硫氧化物。

烯丙基硫化合物有重要的生理功能，可通过对I 相酶、Ⅱ相酶、抗氧化酶的 选择性诱导作用来抑制致癌物的活性，达到抗癌作用；可与亚硝酸盐生成硫代亚 硝酸酯类化合物，阻断亚硝胺合成，抑制亚硝胺的吸收；可使瘤细胞环化腺苷酸 (cAMP) 水平升高，抑制肿瘤细胞的生长；可激活巨噬细胞，刺激体内产生抗 癌干扰素，增强机体免疫力；还具有杀菌、消炎、降低胆固醇、预防脑血栓、冠 心病等多种功能。

**5.5.3** **二甲基砜**

早在1985年就有人提出二甲基砜在食品和医药方面应用的专利，以后陆续 报道二甲基砜在食品和医药方面的研究，表明其作为饮食营养补充剂，对许多疾 病有很好的辅助效果。二甲基砜可作为胃肠疾病的保健补充食品，用于治疗胃酸 过多、腹泻和便秘等；可作为风湿性关节炎保健补充食品，因为研究发现关节炎 患者软骨含硫量只有正常人软骨含硫量的1/3,补充胱氨酸可帮助关节炎患者康 复，而胱氨酸中的硫来自二甲基砜。美国、加拿大等国市场已有二甲基砜、葡萄 糖胺硫酸盐和硫酸软骨素组成的膳食补充剂作为治疗关节炎的辅助食物；二甲基 砜可作为抗过敏补充食品，每日饮食中加入100～1000mg 就可消除或减轻对海 产品、药物或某些食物(如谷类、奶类)的过敏反应；可作为谷胱甘肽硫的来源 而用作免疫调节保健食品；可作为皮肤治疗药剂，用于配制皮肤湿润剂、治疗皮 炎和皮肤癌；其他还可用在哮喘、肌腱炎、肌肉痉挛、背部疼痛、增加体力、促 进血液循环、加速伤口愈合等。二甲基砜是生产保健食品和相关医药的重要 原料。

海洋生物、植物、动物和人体均含有二甲基砜，二甲基砜是人体、动物等合 成蛋氨酸、胱氨酸、蛋白以及含硫组织中硫的主要供应源之一，生命体的含硫组 织中有85%的硫是由二甲基砜、二甲基亚砜同系物提供。但由于许多食物在运 输、储存中二甲基砜会损失，更主要是人们在食用时进行热加工而造成的损失， 使许多人无法从饮食中获得新陈代谢所需数量的二甲基砜，而引起某些健康问 题。目前，二甲基砜可以二甲基亚砜为原料，在紫外线照射下氧化合成、氧化氮 氧化合成或双氧水氧化合成。二甲基砜在生物体内毒性类似于水， LD 大于每 千克体重20g, 可以认为是无毒物；其合成原料二甲基亚砜LDo 为每千克体重

· 166 ·

18g, 也属无毒物。美国、加拿大等国已提供以二甲基砜为主的膳食补充剂，以 补充饮食的不足。但我国至今未见含二甲基砜食品、保健品和医药品等出售。

5.5.4 其他有机硫化合物

食物中其他有机硫化合物还有牛磺酸和金属硫蛋白(已在第3章中介绍，此 略)以及硫辛酸(已在类维生素中介绍，此略)。

5.6 茶 氨 酸

茶氨酸 (theanine) 是茶树体内特有的氨基酸，属酰胺类化合物。化学上系 统命名为N- 乙基- γ-L-谷氨酰胺 (N-ethyl-y-L-glutamine)。 结构如图5-4:

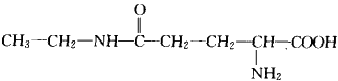


图5-4 茶氨酸的化学结构式

茶氨酸占茶叶干重的1%～2%,是茶叶鲜爽味的主要成分。自20世纪50 年代日本酒户弥二郎从茶叶中分离鉴定出茶氨酸起，茶氨酸就受到极大关注。

5.6.1 茶氨酸的生理功能

1. 对神经系统的作用

茶氨酸是一种神经传递物质，进入大脑后可降低脑中5-羟色胺浓度，使线 粒体神经传导物质多巴胺显著增加，而多巴胺在脑中起重要作用，缺乏时会引发 帕金森症、精神分裂症，所以茶氨酸对帕金森氏症和传导神经功能紊乱等疾病起 预防作用。茶氨酸可保护神经细胞，能抑制短暂脑缺血引起的神经细胞死亡。茶 氨酸可与兴奋型神经传导物质谷氨酸竞争细胞中谷氨酸结合部位，可抑制谷氨酸 过多而引起的神经细胞死亡。这些结果使茶氨酸有可能用于脑栓塞、脑出血、脑 中风、脑缺血以及老年痴呆等疾病的防治。

2. 降血压作用

茶氨酸可通过影响脑和末梢神经的色胺等胺类物质起降血压作用。给高血压 自发症大鼠注射1500～2000mg/kg 的茶氨酸会引起血压显著降低，其收缩压、 舒张压及平均血压均有明显下降。其降低程度与剂量有关，2000mg/kg 时降低 约40mmHg, 但心率没有大的变化，此剂量比儿茶素、色氨酸高10～15倍。茶 氨酸可能是通过调节中枢神经传达物质的浓度来发挥降血压作用。茶氨酸对血压

正常的大鼠没有降血压作用。

3. 镇静作用

茶氨酸可使大脑血清素含量明显降低，主要表现在茶氨酸对去甲肾上腺素、 γ-氨基丁酸、5-羟色胺和5-羟吲哚乙酸等含量的影响，最终影响cAMP 的形成， 起到镇静作用。口服茶氨酸可诱导放松状态，使人镇静，特别是对容易不安、烦 躁的人更有效。现已作为镇静剂中的有效成分，其镇静作用还可缓解妇女经期综 合征。

4. 抗肿瘤作用

茶氨酸作为谷氨酰胺的竞争物，可通过干扰谷氨酰胺的代谢来抑制癌细胞的 生长。动物试验证明茶氨酸对小鼠可转移性肿瘤有延缓作用，对患白血病小鼠可 延长其存活期，因此可开发为治疗肿瘤的辅助药物。茶氨酸还能提高多种抗肿瘤 药物的疗效。如将M5076 卵巢癌细胞移植小鼠背部皮下使其长出肿瘤后，单独 使用阿霉素 (doxorubicin,DOX) 时肿瘤无变化，当与茶氨酸一起使用时肿瘤 减小到CK 的62%,并且肿瘤中阿霉素的浓度增加2.7倍，从而增强了阿霉素的 抗癌效果，同时茶氨酸不增加阿霉素在正常组织中的浓度。茶氨酸的增强抗癌效 果的作用还在阿霉素对艾氏腹水肿瘤的试验中观察到。茶氨酸与其他抗肿瘤药如 pirarubicin或idarubicin等合用时，不但有增强抗癌疗效的作用，同时还能减轻 抗癌药物引起的白血球及骨髓细胞减少等不良反应。茶氨酸与阿霉素一起使用 时，不但提高DOX 的抗肿瘤活性，而且还提高其抑制肿瘤转移活性。茶氨酸还 可抑制癌细胞的浸润，防止原生部的癌细胞通过对周围组织的浸润进行局部扩 散，转移到身体的其他部位。其阻碍癌细胞浸润的能力随浓度提高而增强。

5. 其他功能

茶氨酸是咖啡碱的抑制物，可有效抑制高剂量咖啡碱引起的兴奋震颤作用和 低剂量咖啡碱对自发运动神经的强化作用，还有缓解咖啡碱推迟睡眠发生和缩短 睡眠时间的作用。茶氨酸有降血脂及降胆固醇作用，可抑制氨基半乳糖所引起的 肝细胞坏死，还能抑制脂质过氧化。

**5.6.2** **茶氨酸的代谢及安全性**

同其他氨基酸一样，L 茶氨酸在肠道吸收。 Kitaoka等研究表明，茶氨酸在 肠道内的吸收可能是与谷氨酸共用一个由Na\* 偶联的协同运转蛋白，但亲和力 比谷氨酸低。吸收后迅速进入血液并输送至肝和脑中。以鼠为对象研究茶氨酸在 体内的代谢动力学变化表明，经口灌胃1h后，鼠血清、脑及肝中茶氨酸浓度明 显增加，此后，随时间延长，血清和肝中的茶氨酸浓度逐渐降低，而脑中的茶氨

· 168 ·

酸浓度则继续保持增长趋势， 一直到灌胃5h 后浓度才达最高值，24h后这些组 织中的茶氨酸都消失。茶氨酸的代谢部位是肾脏， 一部分在肾脏被分解为乙胺和 谷氨酸后通过尿排出体外，另一部分直接排出体外。

早在1985年，美国FDA 就认可并确认茶氨酸是一公认为安全的物质，在使 用过程中不做限量规定。在连续服用28d 的亚急性实验中，大鼠未见有任何毒性 反应；在致突变实验中也未见有任何诱变作用，细菌回复突变实验中也未导致基 因变异，因此，茶氨酸是一种安全无毒、具有多种生理功能的天然食品添加剂。

**5.6.3** **茶氨酸的食物来源**

茶氨酸富含于茶、茶梅、油茶、红山茶及蕈等植物中。其性质较稳定，耐热 耐酸，通常的食品加工、杀菌过程不会影响茶氨酸性质。

对茶氨酸的应用研究以日本起步较早、贡献突出，添加茶氨酸的保健食品深 受人们喜爱。作为一种食品添加剂被广泛用于点心、糖果及果冻、饮料、口香糖 等食品中。毒性试验表明茶氨酸的摄入量不受限制，可按需添加。

5.7 植 物 甾 醇

植物甾醇类 (phytosterol) 是以环戊烷全氢菲为骨架(又称甾核)的一种物 质，包括植物甾醇及酯、植物甾烷醇 (phytostanol) 及酯，有豆甾醇、莱油甾 醇、β-谷甾醇等。在自然界中以游离态和结合态形式存在，以结合态存在的有甾 醇酯、甾醇糖苷、甾醇脂肪酸酯、甾醇咖啡酸酯等。植物甾醇是一种重要的天然 活性物质，目前主要用于合成甾体药物。

**5.7.1** **植物甾醇的生理功能**

植物甾醇对人体有重要的生理功能。可竞争性阻碍小肠吸收胆固醇，有降低 胆固醇和预防心血管疾病的功能。很多研究报告指出，经常食用植物甾醇含量高 的植物油可有效调节血脂和降胆固醇。甾醇是降血脂药物类固醇的原料，和其他 药物复配的谷甾醇片有良好的降血脂和血清胆固醇作用。甾醇对预防和治疗冠状 动脉硬化类心脏病、治疗溃疡、皮肤鳞癌也有明显功效。

谷甾醇具有类似阿司匹林的退热作用，克服由角叉胶在鼠身上诱发的水肿和 由棉籽粉移植引起的肉芽组织生成，表现出强烈的抗炎作用，是一种抗炎和退热 作用显著且应用安全的天然物质。 Hagiware通过细胞培养发现谷甾醇能促进产 生血纤维蛋白溶酶原激活因子，可作为血纤维溶解触发素对血栓有预防作用。

**5.7.2** **植物甾醇的食物来源**

植物甾醇广泛存在于植物的根、茎、叶、果实和种子中，在所有来源于植物

· 169 ·

种子的油脂中都含有甾醇。丰富来源有芝麻、向日葵、油菜、花生、高粱、玉 米、蚕豆和核桃，良好来源有小麦、赤豆、大豆和银杏。工业上植物甾醇是油脂 加工的副产品，从油脚和脱臭馏出物中分离。

植物甾醇的生理功能良好，安全性高，有可能在保健食品中得到应用。日本 已批准植物甾醇为特定专用保健食品 (FSHU) 的功能性添加剂；美国FDA 公 告称植物甾醇类可降低胆固醇而有助于减少冠心病危险，建议有效膳食摄入水平 为1.3～3.4g/d; 芬兰推出了一种从木材中提取的植物甾醇Forbes Wood Sterol, 服用1～2g/d 即有降低胆固醇的作用。植物甾醇结构与胆固醇相似，在生物体内 以与胆固醇相同的方式吸收。但吸收率比胆固醇低， 一般只有5%～10%。

5.8 核 酸

核酸 (nucleic acid) 是一切生物细胞的基本成分，并对生物体的生长发育、 繁殖、遗传及变异等重大生命现象起着主宰作用。从1868年人类发现核酸后， 关于核酸生长和食物中核酸的摄入、消化、吸收、代谢、营养功能及调节控制等 方面的研究已获得很大进展。

**5.8.1** **核酸的生理功能**

核酸是维持正常细胞免疫的必需营养物质，可提高机体免疫力特别是细胞免 疫功能；核酸可作为内源性自由基清除剂和抗氧化剂；核酸可提高单不饱和脂肪 酸含量和血清高密度脂蛋白水平，降低胆固醇水平，影响脂类代谢；核酸可促进 细胞再生与修复，抗放射性与化疗损伤；核酸可维持肠道正常菌群，促进双歧杆 菌的生长；核酸对三大营养物质的吸收和利用起调节的作用，保证人体的能量供 应；核酸还能提高机体对环境变化的耐受力，有抗疲劳、促进氧气利用等功能。 此外，核酸还是一种葆春物质，既能延缓衰老，又能健肤美容。

**5.8.2** **核酸的代谢**

核酸存在于细胞核内，在人体细胞中大量存在。多数食物都含有核酸，人每 天都会从饮食中摄取大量核酸。正常人不存在核酸匮乏问题。但对于膳食结构不 科学、日常饮食不规律且肠道消化吸收功能及肝脏合成代谢功能虚弱的特定人 群，如老年体弱多病、肝功能不全、外伤手术及白细胞、 T 细胞、淋巴细胞降低 等亚健康人群，可将其作为条件型必需营养素予以补充。

核酸需在体内代谢降解为核苷酸、核苷和碱基，才能被小肠上皮细胞吸收。 如过量服用核酸，将会分解形成较多的嘌呤类核苷酸，有可能促进尿酸过量生 成，引起痛风。因此，痛风症患者或有痛风病家族史的人不宜外源性补充核酸产 品及富含核酸的食物。

· 170 ·

**5.8.3** **核酸的食物来源**

含核酸最丰富的食物是沙丁鱼。此外，鱼虾类、螃蟹、牡蛎、动物肝脏、蘑 菇、木耳、花粉及酵母等也含有丰富的核酸。其次，黄豆、扁豆、绿豆、蚕豆、 洋葱、菠菜、鲜笋、萝卜、韭菜及西兰花等蔬菜中也含有许多核酸和制造核酸的 物质。

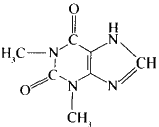
5.9 二十八烷醇

二十八烷醇是一元直链天然存在的高级脂肪醇。主要存在于糠蜡、小麦胚 芽、蜂蜡及虫蜡等天然产物中，苹果、葡萄、苜蓿、甘蔗和大米等一类植物蜡中 也含有。小麦胚芽二十八烷醇含量为10mg/kg, 胚芽油含量为100mg/kg。 自 1937年发现它对人体的生殖障碍疾病有治疗作用后，渐渐为人们所知。从1949 年起，美国伊利诺伊大学Cureton等学者进行了20多年的研究，证明它是一种 抗疲劳活性物质，应用极微量就能显示出其活性作用，是一种理想的天然健康食 品添加剂。

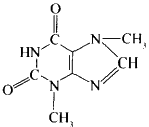
生理功能包括：提高肌力，降低肌肉摩擦，消除肌肉疼痛；增强耐力、精力 和体力；能降低缺氧的发生率，帮助身体使其在压力状态时更有效率地运用氧 气，增强对高山反应的抵抗力；还有降低收缩期血压、缩短反应时间、刺激性激 素及强化心脏机能的作用。日本多以米糠油为原料提取二十八烷醇，在其二十八 烷醇商品中，二十八烷醇含量一般为10%～15%,系C22～C36 脂肪醇混合物。

5.10 咖啡碱、茶叶碱和可可碱

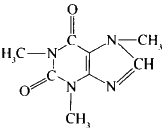
咖啡碱、茶叶碱和可可碱均为甲基嘌呤衍生物，人们很早就知道嘌呤类化合 物可影响神经系统活性，产生血管效应，有镇静、解痉、扩张血管、降低血压等 生理活性。其结构式如图5-5。



**茶叶碱**



可可碱



**咖啡碱**

图5-5 咖啡碱、茶叶碱和可可碱的化学结构式

**5.10.1** **咖啡碱**

咖啡碱 (caffeine) 又名1,3,7-三甲基黄嘌呤，不仅存在于咖啡、茶叶和可 可，还存在于软饮料如可乐型饮料以及含咖啡碱的药物等。世界上80%以上的 成年人或多或少地摄入咖啡碱。摄入体内的咖啡碱90%经脱甲基和氧化后生成 甲基尿酸排出体外，10%不经代谢直接排出体外。

1. 咖啡碱的主要生理功能

咖啡碱是中枢神经系统的兴奋剂，可作用于大脑皮层使精神振奋，睡意消 失，疲乏减轻。较大剂量能兴奋下级中枢和脊髓，特别当延脑呼吸中枢、血管运 动中枢及迷走神经中枢受抑制时，咖啡碱有明显的兴奋作用，能使呼吸加快、加 深和血压回升。在医药上，咖啡碱被用于兴奋中枢和血管运动中枢，缓解严重传 染病和中枢抑制药中毒引起的中枢抑制，能直接舒张皮肤血管、肺肾血管和兴奋 心肌，在不明显改变血压的情况下综合影响心血管系统，而对中枢抑制引起的循 环虚脱却有升压作用。因此，咖啡碱常与解热镇痛药配伍以增强其镇痛效果，与 麦角胺合用以治疗偏头痛，与溴化物合用以治疗神经衰弱。

咖啡碱可增加血管有效直径，增强心血管壁弹性，对心脏有阳性收缩能效 应，促进血液循环。其机制是抑制环磷酸腺苷转化为环磷酸鸟苷。可用于哮喘病 人作为支气管扩张剂，但同样剂量下效果仅为茶叶碱的40%,而产生的中枢神 经毒性则高于茶叶碱。咖啡碱可兴奋心肌，使心动幅度、心率及心输出量增高； 但其兴奋延髓的迷走神经核又使心跳减慢，最终效果为两种兴奋相互作用的总结 果。而在不同个体可能出现心动过缓或过速。大剂量可发生心动过速，最后引起 心搏不规则。因此过量饮用咖啡碱，偶有心率不齐发生。也有研究表明，不合理 的摄入咖啡碱对血压升高有促进作用，造成高血压的危险，甚至对整个心血管系 统造成危害。

咖啡碱还可以通过刺激肠胃，促使胃液分泌，从而增进食欲，帮助消化。而 咖啡碱的利尿作用则是通过肾促进尿液中水的滤出率实现的，咖啡碱能促进肾脏 排尿速率。在临床上常用咖啡碱排除体内过多的细胞外水分。咖啡碱的利尿作用 也有助于醒酒，解除乙醇毒害。这主要是因为适量的咖啡碱能提高肝脏物质代谢 能力，增强血液循环，把血液中乙醇排出体外，缓和或消除由乙醇引起的刺激； 同时也因为咖啡碱有强心、利尿作用，可刺激肾脏加速乙醇排出。

此外，咖啡碱可刺激脑干呼吸中心的敏感性，进而影响CO₂ 的释放。已被 用作防止新生儿周期性呼吸停止的药物。还可刺激胃酸的分泌，提高血浆中游离 脂肪酸和葡萄糖水平以及氧的消耗量。咖啡碱促进机体代谢，使循环中儿茶酚胺 含量升高，影响代谢过程中脂肪水解，使血清中游离脂肪酸含量升高。咖啡碱还 影响脑代谢。

· 172 ·

2. 咖啡碱的代谢及食用安全性

咖啡碱是一种在人体内迅速代谢并被排出体外的化合物，半衰期为2.5~ 4.5h。在正常饮用剂量下对运动和神经功能有好处，咖啡碱是安全范围较大、 不良反应轻微的药物和食品添加剂，使用过量(>400mg) 会出现失眠、呼吸加 快和心动过速等。长期饮用产生轻度成瘾， 一旦停用可表现短期数日头痛或不 适。摄入中毒剂量可引起阵挛性惊厥。但通过日常饮食摄入中毒剂量几乎不可 能。美国FDA 在最近的研究中确定咖啡碱的无作用剂量为40mg/(kg ·d), 该剂 量比正常摄入剂量高8～10倍，因此可以认为是安全的，即使过量，其不良反应 也是短暂而且可以恢复的。咖啡碱已被160多个国家准许在饮料中作为苦味剂使 用， 一般允许最大用量为100～200mg/kg, 美国则规定在饮料中只准许使用天 然来源的咖啡碱。 FAO/WHO(1984) 规定最高允许量为200mg/kg。 我国一直 把咖啡碱列为药物，未规定其最高允许用量。

**5.10.2** **茶叶碱**

茶叶碱 (theophylline) 简称茶碱，又名1,3-二甲基黄嘌呤。早在1937年就 开始用于临床治疗心力衰竭，认为有极强的舒张支气管平滑肌的作用，可用于支 气管喘息的治疗。其作用机制是抑制了细胞内磷酸二酯酶的活性，从而抑制环磷 酸腺苷转化为环磷酸鸟苷的反应，所以，茶碱只起缓解哮喘的作用，并不能从根 本上治疗支气管哮喘。此外，茶碱在治疗心力衰竭、白血病、肝硬化等方面也有 一定作用。茶碱还对肥大细胞释放过敏介质的过程有一定抑制作用。

由于茶碱在水中溶解度较低，不易吸收，对胃肠道有刺激作用，在临床上一 般制成其衍生物氨茶碱、单氢茶碱、胆茶碱或茶碱乙醇胺等，以提高水溶性。茶 碱pH 值较高，因此肌肉注射有疼痛感，静脉注射易引起中毒，常用的方法是口 服，制成缓释胶囊，经胃肠道吸收良好。茶碱摄入后一部分可不经代谢直接排出 体外，另有约90%经代谢分解为1,3-二甲基脲酸、3-甲基黄嘌呤和1-甲基脲酸， 经尿液排出体外。

**5.10.3** **可可碱**

当前对可可碱 (theobromine) 的利用多是对其进行必要的修饰，如水杨酸 钙可可碱、乙酸钠可可碱和己酮可可碱。已发现己酮可可碱可减轻血小板激活因 子致离体豚鼠肺通透性水肿。己酮可可碱还可通过作用于白细胞，降低白细胞对 内皮细胞的黏附作用数量。

5.11 辅酶Q (泛醌)

**辅酶Q** (coenzyme Q) 是多种泛醌 (ubiquinone) 的合称，其化学结构同维 生素 E、K 类似。辅酶Q 存在于一切活细胞中，以细胞线粒体内的含量为多， 是呼吸链中的一个重要的参与物质，为产能营养素释放能量所必需。如缺乏细胞 就不能进行充分的氧化，就不能为机体提供足够的能量，生命活动就会受影响。 由于辅酶Q 对能量库线粒体的重要保护作用，促进细胞的能量代谢，故对大脑 退化性疾病起到预防作用，如早老性痴呆和记忆力减退等。

**5.11.1** **辅酶Q** **的生理功能**

辅酶Q 在心肌细胞中含量最高，因为心脏需大量辅酶 Q 来维持每天千百次 的跳动。许多心脏衰弱的人往往缺乏辅酶Q。 心脏病患者血液中辅酶Q 的含量 比对照低1/4,75%的心脏病患者心脏组织中严重缺乏辅酶 Q,3/4 的心脏病老 年患者在服用辅酶Q 后病情有了明显好转。有研究者认为心血管疾病在很大程 度上是由辅酶 Qo 的缺乏引起。辅酶Q 能抑制血脂过氧化反应，保护细胞免受自 由基的破坏。波士顿大学研究认为，辅酶Q 在防止不良的胆固醇氧化对动脉血 管的破坏方面要比维生素E 和β-胡萝卜素更加有效，大量的辅酶Qo 对防止动脉 栓塞非常重要。而得克萨斯州心脏病专家还认为辅酶Q 对预防可控制高血压具 有重要作用，他们给109名高血压患者每天服用255mg 辅酶Q 后，85%的人血 压下降，51%的患者可完全停止服用1～3种降压药，而25%的人可完全依靠辅 酶 Q 来控制血压。辅酶Q 可刺激免疫功能和治疗免疫缺乏，可有效地促进lgG 抗体的生成，如每天口服60mg 辅酶Q, 该抗体有明显增加。

辅酶Q 还有减轻维生素E 缺乏症的某些症状的作用，而维生素E 和硒能使 机体组织中保持高浓度的辅酶Q, 辅酶Q 被认为是延缓细胞衰老进程中起重要

作用的物质。其中辅酶Qo(n=10) 在临床上用于治疗心脏病、高血压及癌

症等。

人体可自身合成辅酶Q, 但人体产生辅酶 Q 的功能随年龄增加而合成减少， 在20岁后开始下降，中年时达严重缺乏状态。有研究表明，50岁后大量出现的 心脏退化和许多疾病与体内辅酶Q 的下降有关，即当身体需要辅酶Q 来抵抗衰 老的时候，反而减少了。所以要阻止衰老的进程就需补充辅酶Q 或可促进其生 成的物质。

**5.11.2** **辅酶Q** **的食物来源**

辅酶Q 类化合物广泛存在于微生物、高等植物和动物中。其中以大豆、植 物油及许多动物组织的含量较高。鱼类尤其是鱼油中有丰富的辅酶Qo, 其他如

· 174 ·

动物的肝脏、心脏、肾脏及牛肉、豆油和花生中也含有较多的辅酶Q。 目前还有 提纯的辅酶Qo。 对于50岁以上成人补充30mg/d 足以达到抗衰老的目的，如有 慢性病的老人则可服50～150mg。 由于其为脂溶性，服用时要有脂肪的配合， 如同时服用维生素E 可促进辅酶Q 的生成。有试验表明，服用维生素 E 的动物 其肝脏中辅酶Q 的含量可提高30%。微量元素硒及维生素 B₂ 、B、B₁ 、Br₂ 和 烟酸都是合成辅酶Qo 的重要原料。

5.12 γ-氨基丁酸

1963年， Stanto就发现 y-氨基丁酸 (gamma aminobutyric acid,GABA) 具有治疗高血压的作用，其机制是因GABA 可作用于脊髓的血管运动中枢，有 效促进血管扩张而达到降低血压目的，黄芪等中药的有效降压成分即为GABA。

GABA 可降低神经元活性，是一种重要的中枢神经系统的抑制性物质。 GABA 可抑制谷氨酸的脱羧反应，与α-酮戊二酸生成谷氨酸使血氨降低，摄入GABA 可提高葡萄糖酸酯酶的活性，促进脑组织的新陈代谢和恢复脑细胞的功能，改善 神经机能。 GABA 还有活化肾功能、改善肝功能、防止肥胖、促进乙醇代谢及 消臭的作用，

GABA 与某些疾病的形成有关，帕金森病人脊髓中GABA 浓度较低，神经 组织中GABA 的降低与Huntingten疾病、老年痴呆等有关。 GABA 对脑血管障 碍引起的症状如偏瘫、记忆障碍、儿童智力发育迟缓及精神幼稚症等有很好的疗 效。还被用作尿毒症、睡眠障碍及一氧化碳中毒的治疗药物，并有精神安定 作用。

GABA 是一种天然活性成分，广泛分布于动植物体内。在人脑中GABA 可 由脑部的谷氨酸在专一性较强的谷氨酸脱羧酶作用下经转换而生成，但随年龄的 增长或精神压力的加大会使GABA 积累困难，而通过日常饮食补充可有效改善 这种状况。 GABA 富含于茶叶、胚芽、奶酪等。富GABA 食品的开发始于1986 年，日本首先开发成功一类新茶GABARON 茶，是将鲜茶叶在N₂ 下 6h,GA-

BA 由一般加工法的300mg/kg 增加到2000mg/kg; 如采用3h 隔氧、 lh 有氧循 环处理3次，可使茶中GABA 增至4500mg/kg。

5.13 左 旋 肉 碱

左旋肉碱 (L.carnitine) 又称肉毒碱，化学名称为β-羟基-y-三甲胺丁酸。成 人体内可以合成，但婴儿体内不能合成或合成速度不能满足自身需要。

L-肉碱是动物组织中的一种必需辅酶，在线粒体脂肪酸的β氧化及 TCA 循 环中起重要作用，它可将脂肪酸以酯酰基形式从线粒体膜外转移到膜内，也可将

· 175 ·

脂肪酸、氨基酸和葡萄糖氧化的共同产物乙酰 CoA 以乙酰肉碱的形式通过细胞 膜，所以， L-肉碱在机体中具有促进三大能量营养素氧化的功能。 L-肉碱还可促 进乙酰乙酸的氧化，可能在酮体利用中起作用。当机体缺乏 L-肉碱时，脂肪酸 β-氧化受抑制，会导致脂肪浸润。补充L-肉碱，能改善脂肪代谢紊乱，降血脂， 治疗肥胖症以及纠正脂肪肝等。

L-肉碱能提高疾病患者在练习中的耐受力，如在机体补充L-肉碱后，练习 时间、最大氧吸收和乳酸阈值等指标都会有不同程度的提高。口服L-肉碱可使 最大氧吸收时的肌肉耐受力提高，防止乳酸积累，缩短剧烈运动后的恢复期，减 轻运动带来的紧张感和疲劳感。

L-肉碱参与心肌脂肪代谢过程，有保护缺血心肌的作用。 L-肉碱可用于治疗 心力衰竭、缺血性心脏病及心率失常，

L-肉碱是精子成熟的一种能量物质，具有提高精子数目与活力的功能。 L-肉 碱还有缓解动物败血症休克的作用。

植物性食品L-肉碱含量较低，同时合成肉碱的两种必需氨基酸赖氨酸和蛋 氨酸含量也低。动物性食物含量较高。含L-肉碱丰富的食物有酵母、乳、肝及 肉等动物性食品。人和大多数动物还可通过自身体内合成来满足生理需要，在正 常情况下 L-肉碱不会缺乏。当出现代谢异常如糖尿病、营养障碍及甲状腺亢进 等，会抑制 L-肉碱的合成、干扰利用或增加L-肉碱的分解代谢，于是可能引起 疾病。 L-肉碱缺乏时，可出现脂肪堆积，症状通常为肌肉软弱无力，膳食中增加 L-肉碱则可使症状减轻。动物实验发现，肾上腺的 L-肉碱浓度最高，其次是心 脏、骨骼、肌肉、脂肪组织和肝脏。游离的L-肉碱是通过尿排出的。

由于大多数的植物缺乏肉碱及其前体赖氨酸和蛋氨酸，素食者应注意其摄 入。肉碱耐热、酸和碱，易溶于水和乙醇，吸湿性强。与水溶性维生素相似，肉 碱既易溶于水又能被完全吸收。由于水溶性很强，使用加热、加水的烹饪程序都 会造成游离肉碱的损失。

5.14 肌 醇

肌醇 (inositol) 是广泛存在于食物中的一种物质，结构类似于葡萄糖。纯 的肌醇为一种稳定的白色结晶，能溶于水而有甜味，耐酸、碱及热。在动物细胞 中，它主要以磷脂的形式出现，有时则称为肌醇磷脂。在谷物中则常与磷酸结合 形成六磷酸酯即植酸，而植酸能与钙、铁、锌结合成不溶性化合物，干扰人体对 这些化合物的吸收。但大豆中的肌醇则为游离状态。

肌醇的作用主要在于其亲脂性，可促进脂肪代谢，降低血胆固醇；可与胆碱 结合，预防动脉硬化及保护心脏；还可促进机体产生卵磷脂，而卵磷脂则有助于 将肝脏脂肪转移到细胞，可使实验动物避免脂肪肝的发生。此外，肌醇在细胞膜

· 176 ·

的通透性、线粒体的收缩、精子的活动、离子的运载及神经介质的传递等方面也 有作用。

由于人类的食物中广泛存在肌醇，人体细胞能够合成肌醇，未发现人类有肌 醇缺乏症。但对于一些不以牛乳蛋白作为蛋白质来源的配方食品，以及以治疗为 目的而设计的配方食品，在肌醇很低或没有肌醇时，可能对健康有影响，其缺乏 的主要症状为生长缓慢与脱毛。

人每天约从食物中摄入300～1000mg 肌醇，另外，人体还能从细胞葡萄糖 合成足以供自身需要的肌醇。肾是肌醇分解代谢的基本单位，但从尿中排泄不 多，平均约37mg, 可糖尿病人的排泄量远远超过此量。肌醇的丰富来源为动物 的肾、脑、肝、心、酵母及麦芽，还有柑橘类水果。其良好来源为瘦肉、水果、 全谷、坚果、豆类、牛奶及蔬菜。

5.15 其他功能成分

食物中其他功能成分如表5-2。

**表5-2** **食物中其他功能成分**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 功能成分 主要生理功能 富含的食物 | | |
| 氰苷  (cynogenic glycoside) | 由含氰基(一C=N)的氰醇衍生物和1～2个单糖结 合而成，是一种含氰化物、可能有毒的物质，能给机 体提供低剂量而恒定的氰酸，具有镇咳作用。人和其 他哺乳动物有一种硫氰酸酶，能使氰化物转变成硫氰 酸盐，在预防和治疗癌症方面可能有一定作用  可清除机体代谢过程中所产生的过量O² · ,延缓由 于自由基侵害而出现的衰老现象；可提高人体对那 | 蔷薇科植物如桃、杏、梅、枇杷  等的种子、叶与树皮中较多。在 忍冬科、豆科、亚麻科、大戟科、  景天科等植物中也有。木薯含约 0.5%的苦杏仁苷  SOD存在于几乎所有靠有氧呼吸 的生物体内，从细菌、真菌、高 等植物、高等动物直至人体内均  有存在。含SOD较高的天然植物 有大蒜，其他如油菜、柠檬和番 茄等也含有  主要存在于米糠油、胚芽油、稞 麦糠油和菜籽油等谷物油脂中， 以毛糠油含量最高。 一般寒带稻 谷米糠的谷维素高于热带稻谷  丰富来源为酵母、肝脏、鱼、蛋 类、大豆、花生及麦芽等  燕麦、甜玉米、姜、番茄、香蕉、 黄瓜和日本红萝卜中含有与人体  脑部松果体分泌相似的松果体素 |
| 超氧化物歧些由于自由基侵害而诱发的疾病的抵抗力；可提高 化酶(SOD)人体对自由基外界诱发因子的抵抗力；可减轻肿瘤 | |
| 谷维素  (oryzanol)  对氨基苯甲酸 (PABA)  松果体素  (melatonin) | 患者在化疗、放疗时的疼痛及严重的不良反应；并 可消除机体疲劳，增强对超负荷大运动量的适应力 是阿魏酸与植物甾醇的结合酯。可降低血清甘油三 酯、降低肝脏脂质和血清过氧化脂质，可减少胆固  醇的吸收、降低血清总胆固醇、阻碍胆固醇在动脉 壁的沉积并减少胆石的形成  是叶酸的组成成分。作为辅酶对蛋白质的分解、利 用及对红细胞的形成有极重要的作用。在小肠内很 少合成叶酸的动物中则具叶酸活性。还可添加在软 膏中作为防晒剂。PABA对人类基本无害，但连续 大剂量使用可能有恶心、呕吐等毒性作用  可维持正常生理节奏，还能很好地调节时差；可释 放神经递质，改善痴呆者记忆力；可抑制脂质过氧 化作用；可降低过高血压、预防心脏病及中风以及 防止精神应激引起的疾病；此外，还有防治眼部疾 病如白内障、青光眼和视网膜黄斑退化的功能 |

· 177 ·

功能成分

主要生理功能

富含的食物

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 潘氨酸  (泛配子酸) (pangamic  acid)  叶绿素 | 具有激发甲基转移作用，从而激发肌肉和心脏组织 中肌酸的合成，肌酸与体内多余的能量ATP结合成 为磷酸肌酸，储存于肌肉中，而磷酸肌酸是能量的 一种比较稳定的形态；可加强氧从血流中输送到细 胞的效率，防止活组织供氧不足，特别是心肌和其 他肌肉的供氧不足；还能抑制脂肪肝的形成，使动 物适应强运动量练习以及控制血浆胆固醇水平；对 多种皮肤病如湿疹、牛皮癣、硬皮病及其他皮肤病 有一定作用。临床上可用于心血管疾病、肝炎、皮 肤病和肿瘤  可加速伤口痊愈；可抗变态反应，口服叶绿素铜钠 对慢性荨麻疹、慢性湿疹、支气管哮喘及冻疮等变 | 向日葵籽、南瓜籽、酵母、肝、 稻米、整粒谷物、杏仁和其他种 子都是良好的来源。此外，凡是 有复合维生素B存在的天然食物 都含有潘氨酸  广泛存在于高等植物的叶绿体中  草莓、番茄、樱桃、葡萄和柑橘 等浆果富含此类物质 |
| (chlorophyll)态反应有明显的功效；还有脱臭及降低血液中胆固 醇的作用 | |
| 天然水杨酸  (salicylic  acid) | 天然水杨酸有助于抑制血小板的黏附、聚积，对预 防血栓形成及降低高黏血症有一定作用 |

**思** **考** **题**

1. 何谓膳食纤维?膳食纤维有哪些重要的生理功能?

2. 简述生物类黄酮及其生理功能。

3. 异黄酮和花青素有何特有的生理作用?

4. 类胡萝卜素有哪些重要的生理功能?富含在哪些食品中?

5. 有机硫化合物主要包括哪几类?各自有何特有的生理功能?

6. 皂苷、茶氨酸、辅酶Q、 植物甾醇、二十八烷醇、褪黑素及咖啡碱等有何生理功能?

(本章编写人：周才琼)

**主要参考文献**

鲍曼BA, 拉塞尔RM. 2004.现代营养学.第8版.荫士安，汪之顼主译.北京：化学工业出版社 陈仁淳.2001.营养保健食品.北京：人民卫生出版社

陈宗道，周才琼，童华荣.1999.茶叶化学工程学.重庆：西南师范大学出版社

迟玉杰.2000.超氧化物歧化酶对人体的营养保健作用.中国乳品工业，(4):27～29

冯长根，吴悟贤，刘霞等.2003.洋葱的化学成分及药理作用研究进展.上海中医药杂志，37(3):63～64 顾维雄。2001.保健食品.上海：上海人民出版社

何志谦.2000.人类营养学.第2版.北京：人民卫生出版社

黄建，孙静.2003.葡糖异硫氰酸酯的生物利用率及对人体健康的意义.国外医学卫生分册，30(2):93~97 陆茂松，闵吉梅.2001.大蒜有机硫化合物的研究.中草药，32(10):867~870

吕毅，郭雯飞，倪捷儿等，2003.茶氨酸的生理作用及合成.茶叶科学，23(1):1～5

· 178 ·

塞泽尔FS, 惠特尼 EN.2004. 营养学——概念与争论.第8版.王希成主译.北京：清华大学出版社 宋红普，贯剑，何裕民.1999.葛根的药学研究及其临床应用.上海中医药杂志，(4):47～49

宋晓凯.2004.天然药物化学.北京：化学工业出版社

王光慈.2001.食品营养学.北京：中国农业出版社

徐国钧，施大文. 1987.生药学.北京：人民卫生出版社

尤新.2005.食用植物提取物——功能性食品添加剂的开发热点.中国食物与营养，(2):19～22

袁建平，望江海.2002.褪黑激素新论(1)褪黑激素生理节律与睡眠.中国食品学报，2(2):40～45

袁静萍.2002.大蒜烯丙基硫化物的抗癌机制.国外医学、生理、病理科学与临床分册，22(6):556～558

张桂枝，安利佳.2002.人参皂苷生理活性的研究进展.食品与发酵工业，(28):70～72 郑建仙.1999.功能性食品(第2卷).北京：中国轻工出版社

Wang HJ. 1996. Mass balance study of isoflavones during soybean processing. J Agic food Chem,(44): 2377～2383

WuJ,WangXX,Chiba H et al. 2003. Combined intervention of exercise and genistein prevented androgen deficiency induced bone loss in mice. Appl Physiol,(94):335～342

Yong Soon Choi.2000. Concentration of phytoestrogens in soybeans and soybean products in Korea. J Aric Food Chem,(80):1709～1712

Zhang P, Omaye S T. 2001.DNA strand breakage and oxygen tention: effeet of pcarotcne, a tocopherol and ascorbic acid. Food Chem Toxicol,(39):239～246

**第6章** **各类食物的营养价值**

**教学目标**

·理解食物营养价值的相对性。

· 掌握营养素密度的概念。

· 掌握营养素的生物利用率概念。

· 熟悉谷类、豆类和坚果、蔬菜、薯类、水果、肉、乳、蛋类食品的营养 价值特点。

人体所需要的各种营养素，归根到底要靠各种食物来提供，营养平衡的膳食 也需要用多种多样的食物来组成。从另一方面来说，农产品的生产以及各种食品 的加工、储藏和烹调处理，从根本上来说，目标都是提供营养、卫生、便于消化 的食物，从而为人体供应充足的营养素。因此，营养、食品和农业行业的从业者 都应当对食物的营养价值有正确的认识，并充分了解常见各类食物的营养价值。

6.1 食物营养价值的评价

**6.1.1** **食物营养价值的相对性**

食物的营养价值是指食物中所含的能量和营养素能满足人体需要的程度，包 括营养素的种类、数量和比例，被人体消化吸收和利用的效率，所含营养素之间 有何相互作用等几个方面。

食物的营养价值并非绝对，而是相对的。在评价食物的营养价值时必须注意 以下几个问题：

(1)几乎所有天然食物中都含有人体所需要的一种以上的营养素。除去某些 特别设计的食品(如病人用无渣膳、婴儿奶粉和宇航食品等)以及4个月内婴儿 喂养的母乳之外，没有一种食品的营养价值全面到足以满足人体的全部营养需 要。例如，牛奶虽然是一种营养价值相当高的食物，但是其中铁的含量和利用率 都较低；胡萝卜也是一种被公认营养价值较高的蔬菜，但其蛋白质含量很低。通 常被称为“营养价值高”的食物往往是指多数人容易缺乏的那些营养素含量较 高，或多种营养素都比较丰富的那些食物。

(2)不同的食物中能量和营养素的含量不同，同一种食物的不同品种、不同 部位、不同产地、不同成熟程度之间也有相当大的差别。例如，同样是番茄，大

· 180 ·

棚生产与露地生产的果实维生素 C 含量不同。因此，食物成分表中的营养素含 量只是这种食物的一个代表值。

(3)食物的营养价值也受储存、加工和烹调的影响。有些食物经过烹调加工 处理后会损失原有的营养成分，例如，蔬菜经热加工处理后，维生素 C 损失较 大；但是也有些食物经过加工烹调提高了营养素的吸收利用率，如大豆制品、发 酵制品等。

(4)有些食物中存在一些天然抗营养成分或有毒物质。如菠菜中的草酸会影 响钙的吸收、生大豆中的抗胰蛋白酶影响蛋白质的吸收、生蛋清中的生物素结合 蛋白影响生物素的利用、生扁豆中的毒物会引起中毒等。这些物质会对食物的营 养价值和人体健康产生不良影响，应当通过适当的加工烹调使之失活。

(5)食品的安全性是首要的问题。如果食品受到来自微生物或化学毒物的污 染，就无法考虑其营养价值。

食物除营养功能外，还具有感官功能。食物的感官功能可以促进食欲，并带 来饮食的享受，但非天然的风味与营养价值没有必然的联系，因此片面追求感官 享受往往不能获得营养平衡的膳食。食物的生理调节功能不仅与营养价值相关， 还取决于一些非营养素的生理活性成分，与其营养价值的概念并非完全一致。

营养与食品工作者应当认识到，食品除了满足人的营养需要之外，尚有社 会、经济、文化、心理等方面的意义。食物的购买和选择取决于价格高低、口味 嗜好、传统观念和心理需要等多种因素。因此，食物的营养价值常常与其价格不 成比例，甚至相去甚远。

**6.1.2** **食物营养素密度与平衡膳食**

食物的营养价值不能以一或两种营养素的含量来决定，而必须看它在膳食整 体中对营养平衡的贡献。 一种食物，无论其中某些营养素含量如何丰富，也不能 代替由多种食物组成的营养平衡的膳食。

由于食物的营养素组成特点不同，在平衡膳食中所发挥的作用也不同。例 如，蔬菜当中蛋白质含量低而维生素C 含量高，钠含量低而钾含量高；肉类中 蛋白质含量高而不含维生素C, 钾含量低而钠含量高。营养平衡的膳食需要通过 各种食物恰当配合来满足人体对所有营养物质的需要，因此膳食中各类食品均有 其营养意义。

在评价各种食物的营养特点时，可以采用“营养素密度”(nutrient density) 这个概念，即食物中某营养素满足人体需要的程度与其能量满足人体需要程度之 比值。也可以表述为食物中相应于1000kcal(4184kJ) 能量含量的某营养素含 量。其计算公式为：

营养素密度=(一定数量某食物中的某营养素含量/同量该食物中的含能 量)×1000

· 181 ·

要注意的问题是，营养素的含量与其营养素密度并非等同。例如，以维生素 B2 含量而论，炒葵花籽的含量为0.26 mg/100g, 而全脂牛奶的含量为0.16 mg/100g, 前者比较高。然而若以维生素 B₂ 的营养素密度而论，炒葵花籽为 0.43,而全脂牛奶为2.96,显然后者更高。这就意味着，安排平衡膳食的时候， 如果不希望增加很多能量而希望供应较多的维生素 B2, 例如为一位缺乏维生素 B₂ 的肥胖者制作食谱时，选择牛奶作为这种维生素的供应来源更为适当。

人体对膳食中能量的需要是有限的，而且膳食能量的供应必须与体力活动相 平衡。由于机械化、自动化、电气化和现代交通工具的应用，现代人的体力活动 不断减少，同时食物极大丰富，人们非常容易获得高能量膳食，膳食能量超过身 体需求导致的超重和肥胖已经成为普遍的社会问题。因此，获得充足的营养素而 不会造成能量过剩是合理膳食的重要要求之一。从这个角度来说，在用食物补充 某些维生素或矿物质时，营养素密度是比营养素含量更为重要的参考数据。如果 对食物进行脱脂、低脂、低糖、无糖等处理，就可以有效地提高膳食中食品的营 养素密度，如半脱脂牛奶、无糖酸奶、低脂肪奶酪、低脂肪花生酱等。反之，在 食物中加入脂肪、糖、淀粉水解物等成分，便会大大降低食物的营养素密度。对 于食量有限的幼儿、老人、缺乏锻炼的脑力劳动者、需要控制体重者，以及营养 素需求极其旺盛的孕妇、乳母来说，都要特别注意膳食中食物的营养素密度。

另一个有关营养素密度的概念是营养质量指数 (index of nutrient quality, INQ)。 其计算方法为：

INQ=(100g 某种食物中某营养素的含量/某营养素的日推荐摄入量)/(100g 该食物中所含能量/能量的日推荐摄入量)

这个参数是某种食物中的某一种营养素满足一日所需程度与能量满足一日所 需程度的比值。其数值较大，表明增加该食物的摄入，有利于在日常膳食中充分 提供这种营养素，而不至于过多增加膳食能量。

**6.1.3** **营养素的生物利用率**

食物中所存在的营养素往往并非人体直接可以利用的形式，而必须先经过消 化、吸收和转化才能发挥其营养作用。所谓营养素的“生物利用率” (bioavail- ability),是指食品中所含的营养素能够在多大程度上真正在人体代谢中被利用。 在不同的食品中、不同的加工烹调方式与不同食物成分同时摄入时，营养素的生 物利用率会有很大差别。

影响营养素生物利用率的因素主要包括以下几个方面：

(1)食品的消化率。例如，虾皮中富含钙、铁、锌等元素，然而由于很难将 它彻底嚼碎，其消化率较低，因此其中营养素的生物利用率受到影响。

(2)食物中营养素的存在形式。例如，在海带当中，铁主要以不溶性的三价 铁复合物存在，其生物利用率较低；而鸡心当中的铁为血红素铁，其生物利用率

· 182 ·

较高。

(3)食物中营养素与其他食物成分共存的状态，是否有干扰或促进吸收的因 素。例如，在菠菜中由于草酸的存在使钙和铁的生物利用率降低，而在牛奶中由 于维生素D 和乳糖的存在促进了钙的吸收。

(4)人体的需要状况与营养素的供应充足程度。在人体生理需求急迫或是食 物供应不足时，许多营养素的生物利用率提高，反之在供应过量时便降低。例如 乳母的钙吸收率比正常人提高，而每天大量服用钙片会导致钙吸收率下降。

因此，评价一种食物中的营养素在膳食中的意义时，不能仅仅看其营养素的 绝对含量，而要看其在体内可利用的数量。否则，就可能做出错误的食物评价， 从而影响膳食选择。

人类的食物归根到底来自生物界，包括植物、动物和微生物三大类。按照其 来源、生物学特点和成分不同，植物性食物又可以分为谷类食品(粮食类食品), 薯类食品、豆类食品、蔬菜类食品、来自微生物的菌类食品、水果类食品和坚果 类食品；动物性食品则可以分为肉类食品、水产类食品、乳类食品和蛋类食品等 几类。每一大类食物在营养价值上有一定共性，其中每个品种之间又有其细微的 差异。本书中为节约篇幅；把豆类和坚果类、蔬菜和水果类以及肉蛋水产类放在 一起进行讨论，而薯类食品和菌类食品作为蔬菜的一部分进行讨论。

6.2 谷类食品的营养价值

谷类主要指单子叶禾本科植物的种子，包括稻谷、小麦、大麦、小米、高 粱、玉米、糜子、燕麦等，也包括少数虽然不属于禾本科，但是习惯于作为主食 的植物种子，如属于双子叶蓼科植物的荞麦。谷类种子中储备有丰富的养分，以 便供第二代植物萌发时使用。其中最重要的养分是淀粉，也含有蛋白质等其他营 养成分。

谷类在我国人民的膳食中占有突出重要的地位，每日摄入量为250～500g, 按干重计算，是各种食物中摄入量最大的一种，故而被称为主食。在正常情况 下，主食为我国人民提供了膳食中50%～70%的能量、40%～60%的蛋白质和 50%以上的维生素B₁, 故而在营养供应当中占有特别重要的地位。

**6.2.1** **谷粒的构造**

谷粒结构的共同特点是具有谷皮、糊粉层、谷胚和胚乳4个主要部分。谷皮 包括植物学上的果皮和种皮，糊粉层紧贴谷皮，处于胚乳的外层；胚则处于种子 下端的一侧边缘。

稻米和小麦在除去外壳之后称为糙米和全麦，再经过碾臼，除去外层较为粗 硬的部分，保留中间颜色较白的胚乳部分，便成为日常食用的精白米和精白面

· 183 ·

粉，此时种皮、糊粉层和大部分胚随着糠麸被除去。在碾米各成分中，糠层约占 稻米质量的5%～6%,胚和胚乳分别占2%～3%和91%～92%。

稻米和小麦是世界上最重要的两种谷类作物。因为它们可以被“精磨”或 “碾臼”,精制之后口感细腻柔软，因此被称为“细粮”。除了稻米和小麦之外， 玉米、小米等其他谷类没有经过精白处理，完整地保留了外层部分，因而口感较 粗，被称为“粗粮”。

谷粒最外层的谷皮主要由纤维素、半纤维素构成，含较多的矿物质、脂肪和 维生素。谷皮不含淀粉，其中纤维和植酸含量高，因而在加工中作为糠麸除去。 在加工精度不高的谷物中，允许保留少量谷皮成分。

糊粉层介于胚乳淀粉细胞和皮层之间，含蛋白质、脂类物质、矿物质和维生 素，营养价值高。但糊粉层细胞的细胞壁较厚，不易消化，而且含有较多酶类， 影响产品的储藏性能，因而在精加工中常常和谷皮一起磨去。

谷胚是种子中生理活性最强、营养价值最高的部分，含有丰富的脂肪、维生 素 B₁ 和矿物质，蛋白质和可溶性糖也较多。谷胚蛋白质与胚乳蛋白质的成分不 同，其中富含赖氨酸，生物价值很高。在食品加工当中，谷胚常被作为食品的营 养补充剂添加到多种主食品当中。在精白处理中，谷胚大部分被除去，降低了产 品的营养价值，但可提高产品的储藏性，因为胚的吸湿性较强，其中的脂肪还可 能在储藏当中发生氧化酸败，产生不良的气味。

胚乳是种子的储藏组织，含有大量淀粉和一定量的蛋白质，靠近胚的部分蛋 白质含量较高。谷胚容易消化，适口性好，耐储藏，但是维生素和矿物质等营养 素的含量很低。日常消费的精白米和富强粉中以胚乳为主要成分，小麦粒各部分 的质量和营养素占全粒的比例见表6-1。

**表6-1** **小麦粒各部分的质量和营养素占全粒的比例** (单位：%)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 部位 | 质量 | 蛋白质 | 硫胺素 | 核黄素 | 尼克酸 | 泛酸 | **吡哆醇** |
| 谷皮 | 13～15 | 19 | 33 | 42 | 86 | 50 | 73 |
| 谷胚 | 2～3 | 8 | 64 | 26 | 2 | 7 | 21 |
| 胚乳 | 83 | 70～75 | 3 | 32 | 12 | 43 | 6 |

资料来源：周世英，钟丽玉.1986.粮食学与粮食化学，北京：中国商业出版社

**6.2.2** **谷类种子的营养价值总述**

1. 碳水化合物

谷类种子是碳水化合物的丰富来源，其中淀粉含量达70%以上。 一般来说， 每百克谷类种子中所含能量达1255kJ(300kcal) 以上，是人体能量的良好来源。

· 184 ·

各种谷物的口感不同，在很大程度上取决于其中淀粉的特性差异。 一般来 说，其中直链淀粉比例较低，以支链淀粉为主，在品种间差异较大。不同谷类 和品种之间淀粉的性质差异影响到谷类的消化速度，以及摄入后血糖上升的 速度。

除淀粉之外，谷类种子中尚含有少量可溶性糖和糊精。 一般来说，可溶性糖 的含量低于3%,包括葡萄糖、果糖、麦芽糖和蔗糖。含可溶性糖最多的部分是 谷胚。

谷类食物含有较多的非淀粉多糖，包括纤维素、半纤维素、戊聚糖等，果胶 物质含量比较少。谷粒中的膳食纤维含量为2%～12%,主要存在于谷壳、谷皮 和糊粉层中。其中纤维素主要存在于谷皮部分，往往损失于精磨时的糠麸之中， 胚乳部分的纤维素含量不足0.3%。因此，各种未精制的谷类都是膳食纤维素的 良好来源。

半纤维素的化学成分较为复杂，包括β-葡聚糖和戊糖、已糖、糖醛酸、蛋 白质和分类的复杂多聚体。大麦和燕麦中富含β-葡聚糖，例如，大麦细胞壁中 含有70%的β-葡聚糖以及20%的戊聚糖。β-葡聚糖近年来受到营养界的特别重 视，经功能研究认为它具有降低血糖、降低血清胆固醇和预防慢性疾病发生的 效应。

2. 蛋白质

谷类种子的蛋白质含量为7%～16%,品种间有较大差异。

按照蛋白质的溶解特性，谷类中的蛋白质可以划分为谷蛋白、醇溶谷蛋白、 球蛋白和清蛋白4个组分。多数谷类种子中醇溶谷蛋白(也称麦胶蛋白)和谷蛋 白所占比例较大，清蛋白和球蛋白含量相对较低。醇溶谷蛋白和谷蛋白属于储藏 蛋白质，而醇溶谷蛋白中赖氨酸、色氨酸和蛋氨酸的含量均低于清蛋白和球蛋 白，使得谷类蛋白质的生物价值较低。谷蛋白的氨基酸组成则变化较大，在小麦 中，谷蛋白与醇溶谷蛋白的组成相似；而在玉米当中，谷蛋白中的赖氨酸含量远 高于醇溶谷蛋白。随着品种蛋白质含量的提高，增加的主要是储藏蛋白，因此总 体蛋白质质量会有所下降。

多数谷类种子的第一限制氨基酸是赖氨酸，第二限制氨基酸往往是色氨酸或 苏氨酸。燕麦和荞麦的蛋白质是例外，其中赖氨酸含量充足，生物价值较高。如 果与少量的豆类、奶类、蛋类或肉类同食，则可以通过蛋白质互补作用有效提高 谷类蛋白质的生物价值。

3. 脂类

谷类的脂肪含量较低，多数品种仅有2%～3%,主要集中于外层的胚、糊 粉层和谷皮部分，这一部分被称为非淀粉脂类。其中含有丰富的亚油酸，含有磷

· 185 ·

脂和谷固醇等成分，并富含维生素E。 谷胚油常常被作为营养补充剂使用，具有 防止动脉硬化的效果。

某些谷类品种或组分是油脂的重要来源，如高油玉米的胚中脂肪含量可达 10%以上，可榨取玉米胚油；米糠和小麦胚也是高档油脂的来源。谷类及其组分 的脂肪和脂肪酸构成见表6-2.

**表6-** **2** **谷类及其组分的脂肪和脂肪酸构成**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 谷类来源 | 脂肪含量/% | 饱和脂肪酸 | 占总脂肪的比例/% 单不饱和脂肪酸 | 多不饱和脂肪酸 |
| 小麦富强粉 | 1.1 | 30.3 | 24.1 | 44.8 |
| 黑米 | 2.5 | 35.1 | 48.0 | 16.3 |
| 玉米面 | 4.5 | 15.3 | 28.4 | 56.3 |
| 小米面 | 2.1 | 35.6 | 14.6 | 49.8 |
| 荞麦 | 2.3 | 33.2 | 51.6 | 14.6 |

资料来源：杨月欣.2002.中国食物成分表.北京：北京大学医学出版社

胚乳部分的脂肪多以与淀粉结合的形式存在，称淀粉脂类，也称为淀粉-脂 肪复合物，此结合物十分稳定，常温下难以分离。其中以磷脂为主，约占总淀粉 脂类的85%。此外，糠麸中还含有少量蜡质。

4. 维生素

谷类中脂肪含量较低，故而脂溶性维生素的含量也不高。黄色籽粒的谷类含 有一定量的类胡萝卜素，可以在人体内少量转化成维生素A, 但β胡萝卜素含量 比较低，黄色主要来源于叶黄素类。谷类中不含有维生素D, 只含有少量维生素 D 的前体麦角固醇。其中维生素 K 的含量也很低，例如小麦籽粒中的维生素K 含量仅有10～100μg/100g。 然而，谷胚油中的维生素 E 含量较高，以小麦胚芽 含量较高，达30～50mg/100g, 玉米胚芽中含量次之。而且，胚芽中的维生素E 以生物活性最高的α-生育酚为主，还含有一部分生育三烯酚。故而，全谷类食 品也是维生素E 的来源之一，而精白处理后的米面维生素 E 含量极低。

谷类中不含有维生素C, 但 B 族维生素比较丰富，特别是维生素B₁ 和烟酸 含量较高，是膳食中这两种维生素的最重要来源。此外，尚含一定数量的维生素 B2、泛酸和维生素B₆。

谷类籽粒中的维生素主要集中在外层的胚、糊粉层和谷皮部分，其中维生素 B₁ 和维生素E 主要存在于谷胚中，尼克酸、维生素B₆ 和泛酸主要集中于糊粉层 中，随着加工精度的提高，含量迅速下降(表6-3)。

· 186 ·

**表6-3** **粮食中维生素B₁** **的含量** (单位：mg/100g)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 粮食名称 | 维生素B₁含量 | 粮食名称 | 维生素B₁含量 |
| 小 麦 | 0.37～0.61 | 糙米 | 0.3～0.45 |
| 小麦麸皮 | 0.7～2.8 | 米皮层 | 1.5～3.0 |
| 麦胚 | 1.56～3.0 | 米胚 | 3.0～8.0 |
| 面粉(出粉率85%) | 0.3～0.4 | 米胚乳 | 0.03 |
| 面粉(出粉率73%) | 0.07～0.1 | 玉米 | 0.3～0.45 |
| 面粉(出粉率60%) | 0.07～0.08 |  |  |

资料来源：周世英，钟丽玉.1986.粮食学与粮食化学.北京：中国商业出版社

5. 矿物质

谷类中含有30多种矿物质，但各元素的含量，特别是微量元素的含量与品 种、气候、土壤、肥水等栽培环境条件关系极大，而且在籽粒中主要集中在外层 的胚、糊粉层和谷皮部分，胚乳中心部分的含量比较低。

在矿物质中，以磷的含量最为丰富，占矿物质总量的50%左右；其次是钾， 约占总灰分的1/4～1/3。镁的含量也较高，但多数谷类钙含量低。锰的含量在 各类食物中是比较高的。

在谷类的精制加工中，将外层的胚、糊粉层和谷皮部分基本除去，甚至可以 用矿物质的含量来测定加工的精度。因此，加工精度越高，其矿物质的含量就 越低。

从矿物质的生物利用率来说，谷类中矿物质的化合状态并非人类直接可以利 用的形式，主要以不溶性形态存在，而且含有一些干扰吸收利用的因素。例如， 粮食中所含的植酸常常与钙、铁等形成不溶性的盐类，对钙、铁、锌等元素的吸 收有不利影响。植酸是磷的一种储藏形式，在种子发芽时由植酸酶水解，可以被 幼芽利用。植酸和矿物质的分布类似，在谷粒的外层较多，胚乳中几乎不含植 酸。所以，加工精度过低时，谷物的钙、铁、锌等矿物质利用率降低。

**6.2.3** **不同谷类种子的营养价值**

1. 稻米的营养价值

稻米是我国产量最大的粮食，按照品种不同分为籼米、粳米和糯米，还有早 稻和晚稻之分，但其碳水化合物和蛋白质含量大致相似，脱壳后淀粉含量在 75%以上，蛋白质含量为7%～9%。稻米的蛋白质含量虽然相对较低，但因其 中醇溶谷蛋白含量相对较低，其生物价值较高，因此蛋白质的综合利用效率接近 其他粮食品种。

稻米中脂类的含量与加工精度有关。稻谷的脂肪含量为2.6%～3.9%,而

· 187 ·

精制大米中仅含0.3%～0.5%,80%以上的脂肪分布在稻米的外层部分。大米 胚芽油中含6%～7%的磷脂，主要是卵磷脂和脑磷脂。

稻米中B 族维生素含量较其他谷物低，而且越靠近米粒中心的部分维生素 的分布越少。故而精白米是各种谷物主食中B 族维生素含量最低的一种。长期 以精白米为主食，如果菜肴搭配不当，则容易发生缺乏维生素B 族所引起的脚 气病。稻米以白色为主，其中几乎不含有胡萝卜素。

稻米的矿物质中以磷含量最高，其次是钾和镁，其中90%以植酸盐的形式 存在。精白米中矿物质含量很低，而且矿物质中磷的比例最高，因此属于成酸性 食品，不利于维持人体的酸碱平衡。黑色、紫色、红色等有色稻米中的矿物质含 量高于白色大米。

2. 小麦的营养价值

小麦是世界上第一大栽培作物，也是各种面食品的原料，按品质可分为硬粒 小麦和软粒小麦两类，按栽培时间也分为冬小麦和春小麦。

小麦籽粒含淀粉约75%,可溶性糖约2.8%,胚乳中的可溶性糖含量甚少， 只有在发芽时，可溶性糖才会大幅度上升。然而，小麦胚芽的含糖量高达24%, 其中以蔗糖为主，约占其中的60%,其余为棉籽糖。 一片全麦粉烤制的面包约 可提供1.5g膳食纤维。

小麦蛋白质的含量差异比较大。普通小麦品种含蛋白质8%～13%,含量高 的品种可达18%,低蛋白质品种的含量仅有8%左右。硬粒小麦面筋含量较高， 适合用作面包、面条、饺子等食品的原料；软粒小麦面筋含量较低，适合制作糕 点类产品。春小麦的蛋白质含量通常高于冬小麦。

小麦含有几乎等量的谷蛋白和醇溶谷蛋白，能够形成独特的面筋结构，从而 能够加工成品种丰富的面食品，特别是发酵后具多孔结构的面包。面筋的含量和 质量高时，面包的品质也随之提高。

小麦蛋白质的第一限制氨基酸是赖氨酸。糊粉层和谷胚中所含蛋白质的氨基 酸比例合理，生物价值较高；越向胚乳内部，蛋白质中赖氨酸的含量越低。然 而，外层质量较高的蛋白质在谷类的加工精制中大部分被损失了，精白米面中被 保存下来的多是胚乳内部质量较低的蛋白质。

小麦蛋白质的生物价虽然比大米蛋白质略低，但是经过与豆类的互补，其数 量上的优势就表现出来。因此，在混合膳食中，小麦的蛋白质营养价值仍然高于 大米。

小麦籽粒中的脂肪主要集中于胚芽，小麦胚芽油中的不饱和脂肪酸占80% 以上，其中亚油酸含量达60%,维生素E 的含量达250~520mg/100g。

小麦籽粒含有微量的类胡萝卜素，包括胡萝卜素和隐黄素等，因而未漂白面 粉呈现淡淡的黄色，被氧化后面粉颜色变白。

· 188 ·

麦胚中含有大量B 族维生素，常作为营养强化剂添加于食品中。由于精制 小麦粉中的维生素B₁ 含量比精白米中高，因此在副食不够丰富的情况下，以面 粉为主食者比以精白米为主食者较少患脚气病。

小麦中的矿物质含量高于大米，但也集中于谷粒的外层。锌、铜、镁、锰等 元素在胚乳中的含量不足全粒的10%。

3. 玉米的营养价值

玉米属于粗粮，淀粉含量达70%以上，膳食纤维较为丰富，其蛋白质含量 为7%～10%。普通玉米的蛋白质以醇溶谷蛋白为主，缺乏赖氨酸，色氨酸也不 足，生物价值比小麦蛋白更低，但玉米胚的蛋白质质量较高。

一些特殊的玉米品种具有较高的蛋白质营养价值。例如，高赖氨酸玉米的赖 氨酸含量是普通玉米的两倍左右，色氨酸含量和蛋白质总量也有所提高，其蛋白 质的生物价达70以上。高油玉米不仅具有较高的油脂含量，蛋白质品质也有一 定改善。

普通玉米的脂肪含量可达3%～4%。玉米胚是食用油脂的一个重要来源， 其中不饱和脂肪酸的含量达85%,并含有丰富的维生素E。

玉米未经精制，其中的B 族维生素得以充分保留，维生素B₁ 和维生素B2 较 为丰富。玉米中的尼克酸含量也较高，但以结合形式存在，而且其中色氨酸不 足，故而以玉米为主食又缺乏其他副食可能导致癞皮病。

玉米中的矿物质以磷、钾、镁等为主，其钾含量高于大米白面。

4. 小米的营养价值

小米也称为谷子、粟等，是我国最早的粮食作物。小米的淀粉含量与其他粮 食相当，蛋白质含量为7%～21%,大多为9%～14%。其蛋白质中醇溶谷蛋白 含量高，缺乏赖氨酸，但其他氨基酸比例较为合理。如能与其他富含赖氨酸的食 物配合食用，则小米的蛋白质生物利用效率可以大幅度提高。

小米脱壳后即可食用，无需精磨，含有较为丰富的膳食纤维，以及较高的B 族维生素。黄色小米中含有少量胡萝卜素。由于小米的铁含量较高，民间常用作 产妇食品.

5. 燕麦的营养价值

燕麦的营养素含量在各种谷类当中十分突出，其中淀粉含量稍低，在60% 以上。由于燕麦以全谷形式食用，其中富含膳食纤维，特别是大量的可溶性半纤 维素，主要是β-葡聚糖，含量可达燕麦总重的4%~6%,占燕麦半纤维素成分 的70%～87%。

燕麦的蛋白质含量可达15%～17%,其中赖氨酸含量较高，生物效价高于

· 189 ·

其他谷类蛋白质。这是由于燕麦中醇溶谷蛋白仅占总蛋白质的10%～15%。

燕麦的脂肪含量为5%～9%,大部分脂类存在于胚乳中而不是胚部。其中 富含不饱和脂肪酸，亚油酸含量为38%～46%,油酸含量高于其他谷物脂肪。 有益于心血管健康。

燕麦中的B 族维生素和维生素E 含量略高于其他谷类，矿物质含量显著高 于其他谷物，特别是钙、铁、锌等。此外，其籽粒中还含有皂苷等有益健康的成 分，对降低血胆固醇和甘油三酯具有一定作用。

莜麦也称为裸燕麦，营养价值与燕麦片相似。几种谷类的维生素和矿物质含 量见表6-4。

**表6-4** **几种谷类的维生素和矿物质含量** (单位： mg/100g)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 维生素B₁ | 维生素B2 | 钙 | 钾 | 铁 | 锌 |
| 小麦富强粉 | 0.20 | 0.04 | 27 | 128 | 2.7 | 0.97 |
| 特等粳米 | 0.08 | 0.04 | 24 | 58 | 0.9 | 1.07 |
| 黄玉米面 | 0.26 | 0.09 | 22 | 249 | 3.2 | 1.42 |
| 小米 | 0.33 | 0.10 | 41 | 284 | 5.1 | 1.87 |
| 燕麦片 | 0.30 | 0.13 | 186 | 214 | 7.0 | 2.59 |

资料来源：杨月欣.2002.中国食物成分表2002.北京：北京大学医学出版社

**6.2.4** **谷类加工品的营养价值**

1. 精制米面产品

米和面通常需要经过一定程度的精制方用于日常饮食和食品加工。在精制过 程中带来营养素的损失，但不同产品的营养素保留情况不同。

在经过碾磨的大米中，蒸谷米是营养价值较高的一种。蒸谷米是稻谷经过浸 泡、汽蒸、干燥和冷却等处理之后再碾磨制成的米，稻谷中的维生素和矿物质等 营养素向内部转移，因此碾磨后营养素损失少，而且容易消化吸收。“含胚精米” 可以保留米胚达80%以上，从而保存了较多的营养成分。营养强化米是在普通 大米中添加营养素的成品米，通常用造粒方式将营养素混入免淘米中，以强化维 生素B₁ 、维生素B₂ 、尼克酸、叶酸、赖氨酸和苏氨酸、铁和钙等营养素。

日用面粉产品主要分为低筋粉和高筋粉两类，其中高筋粉的蛋白质含量在 12%以上，而低筋粉蛋白质含量仅为8%左右。目前强化营养素的小麦面粉产品 也已经在我国问世，强化的营养素与大米产品类似。

2. 发酵谷类加工品

发酵谷类加工品包括馒头、面包、发糕、包子等食品，它们用蛋白质含量高

· 190 ·

的面粉品种制成，在制作过程中经过酵母发酵，增加了维生素B 族的含量，使 大部分植酸被酵母菌所含植酸酶水解，从而使钙、铁、锌等各种微量元素的生物 利用性提高。

制面包的高蛋白面粉在碾磨之后通常使用化学氧化剂如过氧化苯甲酰、二氧 化氯、溴酸钾等进行处理，以增强筋力并改善色泽；但如果超标使用，也会使面 粉中的B 族维生素损失率超过15%。自发面粉中加入了磷酸氢钙和碳酸氢钠等 膨发剂，使钙含量得到提高，但矿物质的生物利用率不会如酵母发酵一样有所改 善，而且其中维生素B₁ 受到一定程度的破坏。

3. 糕点饼干类制品

糕点饼干类食品的主要原料是面粉、精制糖、油脂，辅之以其他风味配料。 由于糖含量为10%～20%,这类食品的营养素密度较低，能量较高。添加牛奶、 鸡蛋等配料可提高其营养价值，使用氢化植物油和动物油可使这类食品成为反式 脂肪酸和饱和脂肪酸的来源。

4. 挂面、方便面和方便米粉

挂面是一种蛋白质较高的面食，其中添加鸡蛋、豆粉、杂粮、蔬菜汁、海藻 等成分后其营养价值有所提高。为提高耐煮性，往往加入氯化钠和钙盐，提高钙 含量的同时也增加了钠含量，故而需要控制盐分的人群需要注意挂面的调味 方式。

方便面中以油炸方便面占据统治地位，含油量高达20%～24%,能量值大 大高于普通挂面，同时B 族维生素含量低于普通挂面，故而是一种营养素密度 较低的食物。油炸时主要使用棕榈油，必需脂肪酸和维生素E 含量较低。经过 油炸的方便米粉的营养价值与方便面类似。

5. 淀粉类制品

粉皮、粉丝、凉粉、酿皮等食品是由谷类或薯类提取淀粉制成的。在加工过 程中，绝大部分的蛋白质、维生素和矿物质随多次的洗涤水而损失殆尽，剩下的 几乎是纯粹的淀粉，仅存少量矿物质，营养价值很低。

6. 膨化食品

现代膨化工艺中，除蛋白质的利用率降低之外，其他营养素损失不大。许多 口感粗糙的“粗粮”经过膨化后口感得到改善，丰富了膳食纤维的来源。然而， 用作日常零食的膨化食品大多含钠较高，维生素含量较低。

6.3 豆类及坚果类的营养价值

豆类和坚果类在营养上有一些共同之处，常常放在一起介绍。它们都富含植 物蛋白，以及较多的B 族维生素和矿物质。

**6.3.1** **豆类及豆制品的营养价值**

豆类包括各种豆科栽培植物的可食种子，其中以大豆最为重要，也包括红 豆、绿豆、豌豆、蚕豆等各种杂豆。豆类与谷类种子结构不同，其营养成分主要 在籽粒内部的子叶中，因此在加工中除去种皮不影响营养价值。

1. 大豆的营养特点

大豆包括黄大豆、青大豆、黑大豆、白大豆等品种，以黄大豆比较常见。黄 大豆的蛋白质含量达35%～45%,是植物中蛋白质质量和数量最佳的作物之一。 大豆蛋白质的赖氨酸含量高，但蛋氨酸为其限制氨基酸。

大豆蛋白质的赖氨酸含量达谷物蛋白质的两倍以上，如果与缺乏赖氨酸的谷 类配合食用，则能够实现蛋白质的互补作用，使混合后的蛋白质生物价值达到肉 类蛋白的水平。这一特点，对于因各种原因不能摄入足够动物性食品的人群特别 具有重要意义。因此，在以谷类为主食的我国应大力提倡食用豆类。

大豆的脂肪含量为15%～20%,传统用来生产豆油。大豆油中的不饱和脂肪 酸含量高达85%,亚油酸含量达50%以上，油酸达30%以上，维生素E 含量也 很高，是一种优良的食用油脂。其黄色来自类胡萝卜素。大豆油中的亚麻酸含量 因品种不同而有所差异，多在2%～10%之间。低亚麻酸、高油酸和亚油酸的品 种受到欢迎，因为高亚麻酸的豆油容易发生油脂氧化，不利于加工和储藏。大豆 含有较多磷脂，约占脂肪含量的2%～3%。在豆油的精制中，磷脂大部分被分 离，成为食品加工中磷脂的主要来源。

大豆含25%～30%的碳水化合物，其中约一半左右是人体所不能消化的棉籽 糖和水苏糖，此外还有由阿拉伯糖和半乳糖所构成的多糖。它们在大肠中能被微 生物发酵，产生气体，引起腹胀。但同时也是肠内双歧杆菌的生长促进因子，因 而无碍健康。在豆制品的加工过程中，这些碳水化合物溶于水而基本上被除去， 因此食用豆制品不会引起严重的腹胀。

大豆中各种B 族维生素都比较高，例如维生素B₁ 、维生素B2的含量是面粉 的两倍以上。黄大豆含有少量胡萝卜素。但是，干大豆中不含维生素C 和维生 素D。

大豆中含有丰富的矿物质，总含量约4.5%～5.0%,其中钙的含量高于普 通谷类食品，铁、锰、锌、铜、硒等微量元素的含量也较高。此外，豆类是一类

· 192 ·

高钾、高镁、低钠的碱性食品，有利于维持体液的酸碱平衡。需要注意的是，大 豆中的矿物质生物利用率较低，如铁的生物利用率仅有3%左右。

除营养物质之外，大豆还含有多种有益健康的物质，如大豆皂苷、大豆异黄 酮、大豆固醇、大豆低聚糖等。

2. 其他豆类的营养价值

除大豆之外，其他各种豆类也具有较高营养价值，包括红豆、绿豆、蚕豆、豌 豆、豇豆、芸豆、扁豆等。它们的脂肪含量低而淀粉含量高，被称为淀粉类干豆。

淀粉型干豆的淀粉含量达55%～60%,而脂肪含量低于2%,所以常被并入 粮食类中。它们的蛋白质含量一般都在20%以上，其蛋白质的质量较好，富含 赖氨酸，但是蛋氨酸不足，因此也可以很好地与谷类食品发挥营养互补作用。淀 粉类干豆的B 族维生素和矿物质含量也比较高，与大豆相当。表6-5中列出几种 豆类的营养价值。

**表6-5** **几种豆类的营养价值**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 蛋白质 /(g/100g) | 脂肪  /(g/100g) | 硫胺素 (mg/100g) | 核黄素  /(mg/100g) | 钙 铁 /(rg/100g)/(mg/100g) | 锌  /(mg/100g) |
| 大豆 | 35.1 | 16.0 | 0.41 | 0.20 | 191 8.2 | 3.3 |
| 红豆 | 20.2 | 0.6 | 0.16 | 0.11 | 74 7.4 | 2.2 |
| 绿豆 | 21.6 | 0.8 | 0.25 | 0.11 | 81 6.5 | 2.2 |
| 扁豆 | 25.3 | 0.4 | 0.26 | 0.45 | 137 19.2 | 1.9 |
| 豌豆 | 20.3 | 1.1 | 0.49 | 0.14 | 97 4.9 | 2.4 |

资料来源：杨月欣.2002.食品成分表2002.北京：北京大学医学出版社

鲜豆类和豆芽中除含有丰富的蛋白质和矿物质外，其维生素B₁ 和维生素C 的含量较高，常被列入蔬菜类中。

3. 豆类中的抗营养因素

各种豆类中都含有一些抗营养物质，它们不利于豆类中营养素的吸收利用， 甚至对人体健康有害。这些物质统称为抗营养因子。

多种豆类中都含有蛋白酶抑制剂，它们能够抑制人体内胰蛋白酶、胃蛋白 酶、糜蛋白酶等蛋白酶的活性，其中研究比较多的是大豆胰蛋白酶抑制剂。由于 存在这类物质，生大豆的蛋白质消化吸收率很低。在水中加热处理可以使这种物 质失活。红血球凝集素也存在于多种豆类中。它是一类糖蛋白，能够特异性地与 人体的红细胞结合，使红细胞发生凝聚作用，对人体有一定毒性。适当的湿热处 理可使这种蛋白质失活，蛋白酶处理也可使之分解。

豆类中所含的大量植酸会妨碍钙和铁的吸收，大豆中还含有丰富的脂氧合 酶，它不仅是豆腥味的起因之一，而且在储藏中容易造成不饱和脂肪酸的氧化酸 败和胡萝卜素的损失。

豆类中所含有的低聚糖经大肠细菌的发酵，产生二氧化碳、甲烷、氢气等， 使人腹胀不适，过去也作为抗营养因素对待，实际上它们对营养吸收并无妨碍。

4. 大豆制品的营养价值

大豆在食品加工中的用途非常广泛，除去传统用来制作各种豆制品，还可被 添加在多种食品中，改善其营养或品质。

传统豆制品以豆腐为代表。保留了大豆的大部分优点，不仅比整大豆容易消 化，而且去除了对人不利的各种抗营养因子， 一直为我国人民所喜食。

豆制品富含蛋白质，其含量与动物性食品相当。例如，豆腐干的蛋白质含量 相当于牛肉，达20%左右；豆浆和豆奶的蛋白质含量接近牛乳，为2%～3%; 水豆腐的蛋白质含量为5%～8%,相当于猪的五花肉；腐竹的蛋白质含量达 45%～50%,相当于牛肉干。

同时，豆制品中含有一定量的脂肪，但这些脂肪是优质的植物油脂，其中富 含必需脂肪酸和磷脂，不含胆固醇，对人体健康有益。

大豆中的水溶性维生素在豆腐的制作过程中有较大的流失，表现为硫胺素、 核黄素和尼克酸的含量下降。

豆制品是矿物质的良好来源。大豆本身含钙较多，而豆腐以钙盐为凝固剂， 因此豆腐的钙含量很高，是膳食中钙的重要来源。大豆中的微量元素基本上都保 留在豆制品中。

发酵豆制品对素食者尤为重要。由于微生物的作用，部分蛋白质被降解，使 消化吸收率大大提高，同时 B 族维生素含量有所增加。由于菌体蛋白的参与， 蛋白质的生物利用率也有所提高。特别是通过霉菌发酵可产生植物性食品中不存 在的维生素Bz。 例如，在豆豉中，维生素B₂ 的含量为0.05～0.18μg/100g, 而 在红腐乳中，含量为0.4～0.7 μg/100g, 臭豆腐中的含量甚至达到1.88~ 9.8μg/100g。

但是，豆腐加工中也有一部分B 族维生素溶水而损失，其中部分原因是加 热降解，而大部分是凝固时随析出的水分流失。表6-6中列出一些传统豆制品的 营养价值。

素食者往往用大豆制品代替动物性食品，需要注意的问题是，这类食品中蛋 白质、不饱和脂肪酸和B 族维生素含量丰富，但是与动物性食品相比，大豆制 品不含维生素B₂, 铁的含量和生物利用率也不及肉类，可以通过营养强化加以 改善。

名称

蛋白质

/(g/100g)

脂肪 硫胺素 核黄素 钙 铁 锌

/(g/100g) /(mg/100g)/(mg/100g)/(mg/100g)/(mg/100g)/(mg/100g)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 内酯豆腐 | 5.0 | 1.9 | 0.06 | 0.03 | 17 | 0.8 | 0. | 55 |
| 北豆腐 | 12.2 | 4.8 | 0.05 | 0.03 | 138 | 2.5 | 0. | 63 |
| 油豆腐丝 | 24.2 | 17.1 | 0.02 | 0.09 | 152 | 5.0 | 2. | 98 |
| 素什锦 | 14.0 | 10.2 | 0.07 | 0.04 | 174 | 6.0 | 1. | 25 |
| 腐竹 | 44.6 | 21.7 | 0.13 | 0.07 | 77 | 16.5 | 3. | 69 |

资料来源：预防医学科学院食品营养与卫生研究所.1991.食品成分表(全国代表值).北京：人民卫 生出版社

**6.3.2** **坚果类的营养价值**

从狭义上来说，坚果是成熟时果皮坚硬干燥的果实，以木本植物的果实为 多，如核桃、榛子、栗子等，但广义的坚果也包括了花生、向日葵、西瓜籽等草 本植物的种子，甚至还包括芝麻等有硬壳的果实。坚果类与豆类类似，也可以按 照成分的不同划分为两类， 一类是淀粉含量高的坚果，如栗子、莲子、白果等； 其他大部分坚果则具有很高的油脂含量，包括核桃、榛子、杏仁、阿月浑子、松 籽、香榧、腰果、澳洲坚果、花生、葵花籽、西瓜籽、南瓜籽等。

1. 蛋白质

含油坚果类的蛋白质含量多为12%～22%,其中澳洲坚果最低，仅8%~ 9%。草本种仁类的蛋白质含量更高，如西瓜籽和南瓜籽蛋白质含量达30%以 上，花生为25%、葵花籽为24%、西瓜籽仁为32%。淀粉类干果中以栗子的蛋 白质含量最低，仅为5%左右，芡实为8%左右，而银杏和莲子都在12%以上， 与其他含油坚果相当。

坚果类的蛋白质氨基酸组成各有特点，第一限制氨基酸因品种而异。例如， 澳洲坚果不含色氨酸而富含蛋氨酸，花生、榛子和杏仁缺乏含硫氨基酸，葵花籽 含硫氨基酸丰富但赖氨酸稍低，芝麻的限制性氨基酸为赖氨酸，核桃缺乏蛋氨酸 和赖氨酸。栗子虽然蛋白质含量低，但蛋白质质量较高。总的来说，坚果类是植 物性蛋白质的重要补充来源，但其生物效价较低，需要与其他食品营养互补后方 能发挥最佳的营养作用。

2. 脂类

脂肪是富含油脂坚果类食品中极其重要的成分，故而绝大多数坚果类食品所 含能量很高，可达500～700kcal/100g。 含油坚果类的脂肪含量为40%～70%。 例如，花生含脂肪40%,是重要的油料作物种子，葵花籽和核桃的含油量达 50%以上，松子仁和澳洲坚果的含油量更高，达70%。其中卵磷脂含量丰富。

淀粉类坚果的脂肪含量在2%以下。

坚果类所含的脂肪酸以亚油酸和油酸等不饱和脂肪酸为主(表6-7)。温带 所产坚果的不饱和脂肪酸含量普遍高于热带所产坚果，通常达80%以上。葵花 籽、核桃和西瓜籽的脂肪中特别富含亚油酸，在总脂肪酸中占60%～70%。

**表6-7** **几种坚果果仁的脂肪酸构成** (单位： g/100g)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 总脂肪 | 棕榈酸 | 硬脂酸 | 油酸 | 亚油酸 | 亚麻酸 |
| 核桃 | 58.8 | 5.3 | 2.7 | 14.3 | 64.0 | 12.2 |
| 花生 | 44.3 | 12.4 | 3.7 | 38.4 | 37.7 | 0.9 |
| 葵花籽 | 52.8 | 8.3 | 4.3 | 19.9 | 65.2 | 0.2 |
| 南瓜籽 | 46.1 | 12.4 | 5.2 | 37.4 | 44.7 | 0.3 |
| 松子 | 58.5 | 7.8 | 2.9 | 37.7 | 34.7 | 11.0 |
| 西瓜籽 | 44.8 | 9.7 | 6.9 | 11.0 | 71.6 | 0.4 |
| 榛子 | 50.3 | 4.6 | 1.9 | 23.5 | 49.9 | 3.5 |

资料来源：预防医学科学院食品营养与卫生研究所.1991.食物成分表(全国代表值).北京：人民卫 生出版社

一些坚果脂肪中单不饱和脂肪酸的比例较大，对心血管疾病预防有一定益 处。例如，榛子、澳洲坚果、杏仁、美洲山核桃和开心果中所含的脂肪酸当中， 57%～83%为单不饱和脂肪酸。花生、松子和南瓜籽所含脂肪酸中，约有40% 左右来自于单不饱和脂肪酸。巴西坚果、腰果和榛子中约有1/4的脂肪酸为单不 饱和脂肪酸。核桃和松子含有较多的α-亚麻酸，对改善膳食中的n-3 和 n-6脂 肪 酸比例有一定贡献。

由于坚果类富含膳食纤维类物质和蛋白质，其中所含的脂肪进入血流的速度 比动物性食品要缓慢，因此对血脂的影响比仅仅摄入橄榄油等富含单不饱和脂肪 酸的食品更缓慢和有效。

3. 碳水化合物

富含油脂的坚果中可消化碳水化合物含量较少，多在15%以下，如花生为 5.2%,榛子为4.9%。富含淀粉的坚果则是碳水化合物的良好来源，如银杏含 淀粉为72 .6%,干栗子为77 .2%,莲子为64 .2%,常在膳食中与粮食类主食一 同烹调。

坚果类的膳食纤维含量较高，例如花生膳食纤维含量达6 . 3%,榛子为 9.6%,中国杏仁更高达19.2%。其中除去纤维素、半纤维素等成分，还包括少 量不能为人体吸收的低聚糖和多碳水化合物物质。栗子、莲子、芡实等富含淀 粉，膳食纤维含量为1.2%～3.0%。

· 196 ·

4. 维 生 素

坚果类中的维生素以维生素E 和 B 族维生素最为突出(见表6-8)。与高油 脂含量相伴，富含油脂的坚果含有大量的维生素E, 淀粉坚果中含量略低一些。 各种坚果中B 族维生素的含量均属植物性食品中的佼佼者。

坚果类中的B 族维生素包括维生素 B₁ 、 维生素B₂ 、 烟酸和叶酸。其中杏仁 中的维生素B₂ 含量特别突出，无论是美国大杏仁还是中国小杏仁，均是核黄素 的极好来源。

**表6-8** **几种坚果的维生素含量** (100 g 中含量)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 坚果名称 | 维生素E  /mg | 硫胺素  /mg | 核黄素  /mg | 烟酸  /mg | 维生素Bg  /mg | 叶酸  μg |
| 美国杏仁 | 24.0 | 0.21 | 0.78 | 3.36 | 0.11 | 58.5 |
| 榛子 | 23.9 | 0.50 | 0.11 | 1.14 | 0.61 | 71.9 |
| 美洲山核桃 | 3.10 | 0.85 | 0.13 | 0.89 | 0.19 | 38.9 |
| 松子 | 3.50 | 1.25 | 0.21 | 4.36 | 0.11 | 57.1 |
| 南瓜籽仁 | 1.00 | 0.21 | 0.32 | 1.75 | 0.21 | 57.1 |
| 葵花籽仁 | 50.3 | 2.28 | 0.25 | 4.50 | 0.78 | 227.8 |
| 栗子 | 1.20 | 0.24 | 0.17 | 1.34 | 0.50 | 69.9 |

资料来源：Souci SW,Fachmann W,Kraut H. 2000. Food composition and nutrition tables. 6th re- vised and completed edition.Medpharm Scientific Publishers. London:CRC Press.

部分坚果品种含少量胡萝卜素，例如榛子、核桃、花生、葵花籽、松子的胡 萝卜素含量为0.03～0.07mg/100g, 鲜板栗和开心果达0.1mg/100g 以上。 一些 坚果中含有相当数量的维生素C, 如欧榛中含维生素C 达22mg/100g, 栗子、杏 仁为25mg/100g 左右，可以作为膳食中维生素C 的补充来源。

5. 矿 物 质

含油坚果类的钾、镁、磷、铁、锌、铜、锰、硒等各种微量元素的含量在各 种食品中相当突出，高于大豆，远高于谷类，是多种微量元素的良好补充来源， 在其营养价值中具有重要意义。在未经炒制之前，其中钠含量普遍较低。 一些坚 果含有较丰富的钙，如美国杏仁和榛子都是钙的较好来源(见表6-9)。

总的来说，富含淀粉的坚果矿物质含量略低，而富含油脂的坚果矿物质含量 更为丰富。芝麻是补充微量元素的传统食品，其中铁、锌、镁、铜、锰等元素含 量均高，黑芝麻高于白芝麻。南瓜籽仁也是矿物质的植物性最佳来源之一。 表6-10列出部分坚果的营养价值。

一些坚果具有富集某些元素的特点，如巴西坚果富含硒，而开心果富含碘。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 坚果名称 | 钙 | 铁 | 镁 | 钾 | 钠 | 锌 |
| 美国大杏仁 | 266 | 3.71 | 296 | 732 | 11 | 2.92 |
| 榛子 | 188 | 3.27 | 285 | 445 | 3 | 2.40 |
| 美洲山核桃 | 36 | 2.13 | 128 | 392 | 1 | 5.47 |
| 松子 | 7 | 3.07 | 232 | 629 | 71 | 4.29 |
| 南瓜籽仁 | 43 | 15.0 | 536 | 807 | 18 | 7.46 |
| 蒸花籽仁 | 117 | 6.78 | 353 | 689 | 3 | 5.06 |
| 白芝麻 | 132 | 7.79 | 347 | 408 | 39 | 10.29 |
| 栗子 | 29 | 0.88 | 33 | 592 | 2 | 0.57 |

资料来源： Table of Food Composition. 2000. West-Wadsworth Publishing Company

**表6-10** **部分坚果类食品的营养价值**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 蛋白质  /(g/100g) | 脂肪 硫胺素 核黄素 尼克酸 铁 锌  /(g/100g)/(mg/100g)/(mg/100g)/(mg/100g)/(mg/100g)/(mg/100g) | | | | | |
| 花生仁 | 25.0 | 44.3 | 0.72 | 0.13 | 17.9 | 2.1 | 2.5 |
| 核桃 | 14.9 | 58.8 | 0.15 | 0.14 | 0.9 | 2.7 | 2.2 |
| 葵花籽仁 | 23.9 | 49.9 | 0.36 | 0.20 | 4.8 | 5.7 | 6.0 |
| 杏仁 | 24.7 | 44.8 | 0.08 | 1.25 |  | 1.3 | 3.6 |
| 黑芝麻 | 19.1 | 46.1 | 0.66 | 0.25 | 5.9 | 22.7 | 6.1 |

资料来源：预防医学科学院食品营养与卫生研究所.1991.食品成分表(全国代表值).北京：人民卫 生出版社

坚果类虽为营养佳品，但因为其中大部分含大量脂肪，能量很高，不宜大量 食用，以免引起消化不良或肥胖等问题。花生的黄曲霉毒素污染问题也需要引起 重视。

6.4 蔬菜、薯类和水果的营养价值

蔬菜和水果的共同特点是含水量高，蛋白质和脂肪含量低，含有维生素 C 和胡萝卜素，含有各种有机酸、芳香物、色素和膳食纤维等。它们不仅为人体提 供了重要的营养物质，也可以增进食欲，帮助消化。

狭义的蔬菜仅仅包括植物的鲜食根、茎、叶、花、果实等，但从广义上来 说，蔬菜这个食物类别还包括了海带、紫菜、裙带菜等藻类蔬菜和平菇、香菇、 木耳等菌类蔬菜.

薯类食品常常作为主食应用，但它同时也可以作为蔬菜食用。从营养特点上 来看介于谷类和蔬菜之间，但更接近蔬菜，故而放在这一部分进行介绍。

· 198 ·

**6.4.1** **蔬菜的营养特点**

按照不同的来源和植物学部位，蔬菜可以分为嫩茎叶花墓类、根菜类、茄果 类、瓜类、嫩豆荚类、芽类、藻类、食用菌类等多种类别，其营养成分有一定差 异。总体而言，蔬菜的特点是：植物性食品含水量一般在90%以上，不作为主 食食用，脂肪含量低，碳水化合物含量低，含有维生素 C, 含有较多膳食纤 维等。

1. 碳水化合物

蔬菜中的碳水化合物包括可溶性糖、淀粉和膳食纤维。

大部分蔬菜的碳水化合物含量较低，仅为2%～6%,几乎不含有淀粉。然 而，根和地下茎之类储藏器官的碳水化合物含量比较高，如马铃薯为16.5%, 藕为15.2%,其中大部分是淀粉。芋类和薯类是某些地区居民膳食热量的重要 来源，有时把它们归为主食。含较多糖分的胡萝卜和某些品种的萝卜介于两者之 间，为7%～8%。

蔬菜中纤维素、半纤维素等膳食纤维含量较高，鲜豆类为1.5%～4.0%, 叶菜类通常达1.0%～2.2%,瓜类较低，为0.2%～1.0%。有些蔬菜富含果胶， 如花椰菜。在主食精制程度越来越高的现代饮食中，蔬菜中的膳食纤维在膳食中 具有重要的意义。

菌类蔬菜中的碳水化合物主要是菌类多糖，如香菇多糖、银耳多糖等，它们 具有多种保健作用。海藻类中的碳水化合物则主要是属于可溶性膳食纤维的海藻 多糖，如褐藻胶、红藻胶、卡拉胶等，能够促进人体排出多余的胆固醇和体内的 某些有毒、致癌物质，对人体有益。 一些蔬菜中还含有少量菊糖，如菊苣、洋 葱、芦笋、牛蒡等。

2. 蛋白质和脂肪

新鲜蔬菜的蛋白质含量通常在3%以下。在各种蔬菜中，以鲜豆类、菌类和 深绿色叶菜的蛋白质含量较高，如鲜豇豆的蛋白质含量为2.9%、金针菇为 2.4%、苋菜为2.8%。如果每天摄入400g绿叶蔬菜，可以获得至少6g 蛋白质， 相当于一个鸡蛋的量。瓜类蔬菜的蛋白质含量较低。

蔬菜蛋白质质量较佳，如菠菜、豌豆苗、豇豆、韭菜等的限制性氨基酸均是 含硫氨基酸，赖氨酸则比较丰富，可和谷类发生蛋白质营养互补。菌类蔬菜中的 赖氨酸特别丰富。如每日摄入绿叶蔬菜400g, 按照2%的蛋白质含量计算，可从 蔬菜中获得8g 蛋白质，达每日需要量的13%,也是不可忽视的蛋白质营养 来源。

蔬菜中的脂肪低于1%,属于低能量食品。例如，100g 黄瓜所含能量仅为

· 199 ·

63kJ(15kcal)。

3. 维生素

蔬菜在膳食中的重要意义是含有谷类、豆类、动物性食品中所缺乏的维生素 C, 以及能在体内转化为维生素A 的胡萝卜素。此外，蔬菜中含有除维生素D 和 维生素B₂ 之外的各种维生素，包括维生素B₁ 、维生素B₂ 、维生素Bg、 尼克酸、 泛酸、生物素、叶酸、维生素E 和维生素K, 是维生素B₂ 和叶酸的重要膳食来 源。菌类蔬菜中还含有维生素B₂,

蔬菜中胡萝卜素的含量与颜色有明显的相关关系。深绿色叶菜和橙黄色蔬菜 的含量最高，每100g 中含量达2～4mg, 例如每100g 绿菜花(西兰花)含胡萝 卜素7.2mg, 芥蓝为3.5mg, 甘薯叶为5.9mg, 胡萝卜为4.1mg。 浅色蔬菜中 胡萝卜素含量较低，如100g冬瓜中含胡萝卜素0.08mg。 蔬菜中同时还含有不能 转变成维生素 A 的番茄红素、玉米黄素等其他类胡萝卜素，也具有重要的健康 意义。

维生素C 含量与颜色无关，每100g 中含量多为10～90mg。 维生素 C 含量 较高的蔬菜有青椒和辣椒、油菜薹、菜花、苦瓜、芥蓝等。胡萝卜素含量较高的 有菠菜、空心菜、苋菜、落葵(木耳菜)、绿菜花、胡萝卜等(表6-11)。深绿 色叶菜和花类蔬菜的维生素B₂ 含量较高， 一般为0.10mg/100g 左右。维生素的 具体含量受品种、栽培、储存和季节等因素的影响而变动很大。

菌类和海藻类蔬菜的维生素 C 含量不高，但核黄素、尼克酸和泛酸等B 族 维生素的含量较高。例如，鲜蘑菇的核黄素和尼克酸含量分别为0.35mg/100g 和4.0mg/100g, 鲜草菇为0.34mg/100g 和8.0mg/100g。 许多菌类和海藻类都 以干制品形式出售，按质量计的营养素含量很高，但是它们在日常生活中食用量 不大，而且烹调前水发后，水溶性营养素的损失较大。

由于我国人民消费奶类和柑橘类水果及果汁较少，蔬菜是膳食中维生素 A 和维生素C 的主要来源，也是维生素B₂ 的重要来源。如每天摄入400g 绿叶蔬 菜，约可获得0.4g核黄素，相当于每日推荐供给量的1/3左右。

蔬菜是膳食当中维生素K 的主要来源，其含量与叶绿素含量具有正相关关 系，故而绿叶蔬菜是维生素 K 的最好来源。例如，菠菜中维生素 K 含量为 380mg/100g, 生菜为315mg/100g, 圆白菜为145mg/100g, 黄瓜为20mg/100g, 而马铃薯为1mg/100g。 近来认为维生素K 不仅具有凝血功能，而且在骨骼生长 和更新中具有重要的作用。因此每日摄入绿叶蔬菜是维护骨骼健康的重要饮食措 施之一。此外，蔬菜中含有少量维生素E。

野菜中的维生素含量普遍高于栽培蔬菜。叶用野菜的胡萝卜素含量为每 100g2.5～12.5mg, 维生素C 含量也很高。例如，每100g 野苋菜的胡萝卜素含 量为7.1mg、 维生素C 含量为153mg。

· 200 ·

**表6-11** **部分蔬菜中的维生素C** **和胡萝卜素含量** (单位： mg/100g)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 蔬菜名称 | 维生素C | 胡萝卜素 | 蔬菜名称 | 维生素C | 胡萝卜素 |
| 胡萝卜 | 13 | 4.13 | 菠菜 | 32 | 2.92 |
| 小红辣椒 | 144 | 1.39 | 绿苋菜 | 47 | 2.11 |
| 绿菜花 | 51 | 7.21 | 芥蓝 | 76 | 3.45 |
| 白菜花 | 61 | 0.03 | 小白菜 | 28 | 1.68 |
| 番茄 | 19 | 0.55 | 黄瓜 | 9 | 0.09 |

资料来源：预防医学科学院食品营养与卫生研究所.1991.食品成分表(全国代表值).北京：人民 卫生出版社

4. 矿物质

蔬菜富含矿物质，对人体调节膳食酸碱平衡十分重要。蔬菜为高钾低钠食 品，也是钙、铁和镁的重要膳食来源。不少蔬菜中的钙含量超过了100 mg/100g, 如油菜和油菜苔、苋菜、萝卜缨、落葵、茴香、芹菜等。绿叶蔬菜铁 含量较高，含量为2～3mg/100g。 部分菌类蔬菜富含铁、锰、锌等微量元素。 叶绿素中含有镁，故而绿叶蔬菜是镁元素的最佳来源之一。

蔬菜中的铁为非血红素铁，其吸收利用率受膳食中其他多种因素的影响，生 物利用率比动物性食品低。蔬菜中的维生素 C 可促进其吸收，但是一些蔬菜如 菠菜、空心菜、茭白等含有较多草酸，会影响钙、铁等矿物质的吸收和利用，在 烹调加工时应加以注意，可以用焯水方法除去大部分草酸，从而提高矿物质的生 物利用率。

一些蔬菜可富集某些元素，如大蒜中含有较多的硒，菠菜中含有较多的钼， 卷心菜中含有较多的锰，豆类蔬菜则含有较多的锌。各微量元素的含量受到土 壤、肥料、气候等因素的强烈影响。施用微量元素肥料可以有效地改变蔬菜中的 微量元素含量。

5. 其他保健成分

除去营养素之外，蔬菜中还含有多种保健物质，如绿叶蔬菜和橙黄色蔬菜中 不能转变成维生素 A 的类胡萝卜素，茄子、芹菜、芦笋、洋葱等蔬菜中的生物 类黄酮，紫色、黑色蔬菜中的花青素，十字花科蔬菜中的硫代葡萄糖苷，大蒜、 洋葱中的有机硫化物抗菌物质等。它们赋予某些蔬菜以特定的保健价值。

**6.4.2** **薯类的营养价值**

薯类包括马铃薯、甘薯、芋头、山药、木薯等很多富含水分同时也富含淀粉 的食品。在我国，木薯很少用于人类食品，但其他几种薯类都是我国传统膳食中 常见的品种。随着生活水平的提高，薯类消费量有不断下降的趋势，因而有必要

· 201 ·

更多地了解薯类的营养贡献。

1. 碳水化合物

薯类食品含水量为60%～90%,含淀粉8%～30%。脱水之后，其中的淀粉 含量可达到或超过谷类食品的水平，故而薯类食物常被作为主食食用。薯类淀粉 粒颗粒大，容易分离，也常被用来提取淀粉或者制作各种淀粉制品。甘薯中含有 较多可溶性糖，使其具有甜味。

薯类食物中含有较为丰富的膳食纤维，且纤维质地细腻，对肠胃刺激小。

2. 蛋白质和脂肪

总体而言，薯类蛋白质含量较低。马铃薯的蛋白质含量为0.8%～4.6%, 平均为2%左右，但其蛋白质的氨基酸组成合理，生物效价较高，可以作为主食 食用。甘薯的蛋白质含量稍低于马铃薯，但其中赖氨酸含量高，可以与谷类食品 发生蛋白质营养互补。甘薯、山药和芋头中均含有黏蛋白。

薯类的脂肪含量通常低于0.5%,低于谷类食品。其脂肪主要由不饱和脂肪 酸组成。

3. 维生素

薯类中含有除了维生素B₂ 之外的各种 B 族维生素，以及维生素 C。 其维生 素C 含量与其他蔬菜相当。经常食用薯类，特别是在蔬菜不足的冬季，是膳食 中维生素C 的重要来源之一。

4. 矿物质

薯类富含矿物质，属于成碱性食物。其中以钾含量最高，其次为磷、钙、 镁、硫等。其中山药和芋头等含钾更为丰富。表6-12列出薯类营养成分与大米、 面粉的比较。

**表6-12** **薯类营养成分与大米、面粉的比较** (每100g中含量)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 食物 | 能量 /kcal | 蛋白质碳水化 /g 合物/g | 纤维  /g | 维生素维生素维生素C胡萝卜  B₁/mg B?/mg /mg 素/mg | · 钾  /mg | 钙 铁 /mg/mg |
| 红心  甘薯 | 99 | 1.1 24.7 | 1.6 | 0.04 0.04 26 0.75 | 39 | 23 0.5 |
| 马铃薯 | 76 | 2.0 17.2 | 0.7 | 0.08 0.04 27 0.03 | 40 | 8 0.8 |
| 山药 | 56 | 1.9 12.4 | 0.8 | 0.05 0.02 5 0.02 | 213 | 16 0.3 |
| 芋头 | 79 | 2.2 18.1 | 1.0 | 0.06 0.05 6 0.16 | 378 | 36 1.0 |
| 特级  粳米 | 334 | 7.3 75.7 | 0.4 | 0.08 0.04 0 0 | 58 | 24 0.9 |
| 富强  面粉 | 350 | 10.3 75.2 | 0.6 | 0.17 0.06 0 0 | 128 | 27 2.7 |

资料来源：杨月欣.2002.中国食物成分表2002.北京：北京大学医学出版社

· 202 ·

**6.4.3** **水果的营养价值**

水果是味甜多汁的植物性食物的总称，其中以植物的带肉果实或种子为主， 以木本植物的果实为多。广义的水果也包括了少数茎、根等其他植物学部位，如 甘蔗等。水果的特点是富含水分，有甜味，并可以不经烹调直接食用。多数水果 含水分达85%～90%,可食部分的主要成分是水、碳水化合物和矿物质，以及 少量的含氮物和微量的脂肪。此外，还含有维生素、有机酸、多酚类物质、芳香 物质、天然色素等成分。表6-13列出水果的平均化学组成。

**表6-13** **水果的平均化学组成** (占可食鲜重的百分比)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水果 | 干物质 | 总糖 | 滴定酸度 | 不溶纤维 | 果胶 | 灰分 | pH |
| 苹果 | 16.0 | 11.1 | 0.6(M) | 2.1 | 0.6 | 0.3 | 3.3 |
| 梨 | 17.5 | 9.8 | 0.2(M) | 3.1 | 0.5 | 0.4 | 3.9 |
| 杏 | 12.6 | 6.1 | 1.6(M) | 1.6 | 1.0 | 0.6 | 3.7 |
| 甜樱桃 | 18.7 | 12.4 | 0.7(M) | 2.0 | 0.3 | 0.6 | 4.0 |
| 桃 | 12.9 | 8.5 | 0.6(M) |  |  | 0.5 | 3.7 |
| 李子 | 14.0 | 7.8 | 1.5(M) | 1.3 | 0.9 | 0.5 | 3.3 |
| 黑莓 | 19.1 | 5.0 | 0.6(C) | 9.2 | 0.7 | 0.5 | 3.4 |
| 草莓 | 10.2 | 5.7 | 0.9(C) | 2.4 | 0.5 | 0.5 |  |
| 葡萄 | 17.3 | 14.8 | 0.4(T) |  |  | 0.5 | 3.3 |
| 橙 | 13.0 | 7.0 | 0.8(C) |  |  | 0.5 | 3.3 |
| 柠檬 | 11.7 | 2.2 | 6.0(C) |  |  | 0.5 | 2.5 |
| 菠萝 | 15.4 | 12.3 | 1.1(C) | 1.5 |  | 0.4 | 3.4 |
| 香蕉 | 26.4 | 18.0 | 0.4(M) | 4.6 | 0.9 | 0.8 | 4.7 |
| 番石榴 | 19.0 | 13.0 | 0.2 |  |  | 0.9 |  |
| 芒果 | 19.0 | 14.0 | 0.5 |  | 0.5 |  |  |

注：滴定酸度按照 M: 苹果酸； C: 柠檬酸； T: 洒石酸来计算

资料来源：Belitz HD, Grosch W.1999. Food Chemistry. 2nd edition. W. Springer

蔬菜和水果中所富含的膳食纤维、生物类黄酮、有机酸类等都是有益健康的 重要物质。有机酸可增加食欲、帮助消化、帮助矿物质的吸收；生物类黄酮具有 增强毛细血管的通透性、增强抵抗力、增进维生素 C 的生物效应等作用，并可 作为抗氧化剂应用。此外，许多蔬菜和水果尚有特殊的保健效果和药用价值。

1. 碳水化合物

水果中的碳水化合物包括淀粉、蔗糖、果糖和葡萄糖。鲜果中蔗糖和还原糖 含量为5%～20%,多在10%左右，但柠檬可低达0.5%。水果干制品的糖含量

可高达50%以上。未成熟果实中淀粉含量较高，成熟之后转化为单糖或双糖。 除了香蕉之外，成熟后淀粉含量降至可忽略的水平。由于含有糖分，水果是膳食 中能量的补充来源之一。

果实中的甜味来源主要是葡萄糖、果糖和蔗糖，其比例和含量则因水果种 类、品种和成熟度的不同而异。水果中其他单糖和低聚糖的含量甚微。蔷薇科水 果中山梨糖醇较为丰富，如苹果汁中D-山梨醇的含量达300～800mg/100mL。 柿子等水果还含有甘露糖醇。

除了香蕉之外，淀粉仅在未成熟水果当中存在。随着果实的成熟，其中淀粉 分解，糖分含量提高，但香蕉是个例外，成熟香蕉中的淀粉含量高达3%以上。

水果中含有较丰富的膳食纤维，包括纤维素、半纤维素和果胶，其中以果胶 最为突出，是膳食中纤维的重要来源。水果中果胶的含量和组分都受到成熟度的 强烈影响。随着成熟度的提高，总果胶含量下降，果胶当中的不溶性组分下降， 而可溶性组分增加。果胶也是水果加工品中的重要成分(表6-14)。

**表6-14** **一些水果中的果胶含量** (单位：%)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水果名称 | 果胶含量 | 水果名称 | 果胶含量 | 水果名称 | 果胶含量 |
| 草莓 | 0.6～0.7 | 葡萄 | 0.5～1.6 | 橘子‘ | 0.7 |
| 桃 | 0.3～1.2 | 梨 | 0.5～1.8 | 甜橙‘ | 0.9 |
| 杏 | 0.7～1.3 | 苹果 | 0.5～1.8 | 柠檬\* | 1.1 |
| 山楂 | 3.0～6.4 | 香蕉 | 0.7～1.2 | 柿子“ | 0.9 |
| 樱桃 · | 0.5 | 葡萄柚 | 1.6～4.5 | 柑橘皮 | 20 |

×来白：李里特.2002.食品原料学.北京：中国农业出版社

数据来源：扈文盛. 1989.常用食品数据手册.北京：中国食品出版社

2. 蛋白质和脂肪

水果中含有0.1%～1.5%的含氮物质，其中35%～75%是蛋白质，部分是 游离氨基酸，有的还含有一些活性胺类，如多巴胺、去甲肾上腺素、脱氧肾上腺 素等：

水果中蛋白质含量多为0.5%～1.0%。因此，水果不是膳食中蛋白质的重 要来源，也不宜作为主食。水果中的蛋白质主要为酶蛋白，包括果胶酶类和酚氧 化酶。某些水果中含有较丰富的蛋白酶类，如菠萝、木瓜、无花果、猕猴桃等。

水果的脂肪含量多在0.3%以下，只有鳄梨、榴莲、余甘等少数水果脂肪含 量达到引起注意的程度。例如，鳄梨含脂肪达10%以上。但这些水果均未成为 我国居民经常食用的水果。水果的种仁通常是富含油脂的。

3. 维生素

水果和蔬菜一样，含有除维生素 D 和维生素 B₂ 之外的所有维生素，但其 B 族维生素含量普遍较低。它是膳食中维生素 C 和胡萝卜素的较重要来源 (表6-15),有些水果还可以提供叶酸、维生素 K 和维生素 B。 水果中硫胺素和 核黄素的含量通常低于0.05mg/100g。 总体而言，水果中的维生素含量低于绿 叶蔬菜。

**表6-15** **部分水果中的维生素C** **和胡萝卜素含量** (单位： mg/100g)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水果名称 | 维生素C | 胡萝卜素 | 水果名称 | 维生素C | 胡萝卜素 |
| 鲜枣 | 243 | 0.24 | 芒果 | 41 | 8.05 |
| 猕猴桃 | 60～250” | 0.13 | 菠萝 | 18 | 0.20 |
| 山楂 | 53 | 0.10 | 草莓 | 47 | 0.03 |
| 川红橘 | 33 | 0.18 | 鸭梨 | 4 | 0.01 |
| 红富士苹果 | 2 | 0.60 | 玫瑰香葡萄 | 4 | 0.02 |

\*据中国农业大学食品检测中心1992年对12个猕猴桃品种的测定结果

资料来源：预防医学科学院食品营养与卫生研究所.1991.食品成分表(全国代表值).北京；人民卫 生出版社

在各类水果中，柑橘类是维生素 C 的良好来源，包括橘、橙、柑、柚、柠 檬等，可以一年四季提供充足的鲜果和果汁。草莓、山楂、酸枣、鲜枣、猕猴 桃、龙眼等也是某些季节中维生素 C 的优良来源。热带水果多含有较为丰富的 维生素C, 半野生水果则维生素 C 含量普遍超过普通栽培水果。然而，苹果、 梨、桃等消费量最大的温带水果在提供维生素C 方面意义不大。

具有黄色和橙色的水果可提供类胡萝卜素。水果中常见的胡萝卜素是α-胡 萝卜素、β-胡萝卜素、番茄红素、玉米黄素和隐黄素等。西瓜和粉红色葡萄柚的 主要类胡萝卜素是番茄红素。除了柑橘类和杏、黄桃之外，其他富含类胡萝卜素 的水果包括芒果、木瓜、黄肉甜瓜、西番莲和柿子。然而，果肉颜色浅的水果所 含类胡萝卜素甚少，大多数水果在胡萝卜素供应方面不及绿叶蔬菜和橙黄色蔬菜 重要。

水果中维生素的含量受到种类、品种的影响，也受到成熟度、栽培地域、肥 水管理、气候条件、采收成熟度、储藏时间等的影响，因此即使同一品种，也可 能产生较大的差异。此外，水果不同部位的维生素 C 含量有所差异。对于苹果 来说，靠近外皮的果肉部分维生素 C 含量较高，而甜瓜则以靠近种子的部位维 生素 C 含量较高。

水果加工品中的维生素C 含量有所下降，但柑橘汁和山楂汁酸性较强，可 保留较多的维生素C。 干制水果中的维生素C 破坏较为严重。

4. 矿物质

水果中含有多种矿物质，矿物质含量在0.4%左右，主要是钾、镁、钙等， 钠含量较低(表6-16)。在膳食当中，水果是钾的重要来源。水果干制品也是矿 物质的重要来源。 一些水果含有较为丰富的镁和铁，如草莓、大枣和山楂的铁含 量较高，而且因富含维生素C 和有机酸，其中铁的生物利用率较高。水果中的 微量元素含量则因栽培地区的土壤微量元素含量和微肥施用情况不同而具有较大 的差异。

**表6** **-** **16** **几种水果中的主要矿物质含量** (单位：mg/100g)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水果种类 | 钾 | 钠 | 镁 | 铁 | 钙 |
| 苹果 | 83 | 1 | 7 | 0.3 | 8 |
| 山楂 | 299 | 5 | 19 | 0.9 | 52 |
| 鸭梨 | 77 | 2 | 5 | 0.9 | 4 |
| 桃 | 100 | 2 | 8 | 0.4 | 10 |
| 葡萄 | 126 | 2 | 4 | 0.1 | 8 |
| 猕猴桃 | 100 | 2 | 8 | 0.4 | 10 |
| 鲜枣 | 375 | 1 | 25 | 1.2 | 22 |
| 龙眼 | 248 | 4 | 10 | 0.2 | 6 |
| 草莓 | 131 | 4 | 12 | 1.8 | 18 |
| 橙 | 159 | 1 | 14 | 0.4 | 20 |
| 柚 | 119 | 3 | 4 | 0.3 | 4 |
| 芒果 | 138 | 3 | 14 | 0.2 | 微量 |
| 香蕉 | 256 | 1 | 43 | 0.4 | 7 |

数据来源：预防医学科学院食品营养与卫生研究所.1991.食物成分表(全国代表值).北京：人民卫 生出版社

经过脱水处理之后，水果干中的矿物质含量得到浓缩而大幅度提高。杏干、 葡萄干、干枣、桂圆、无花果干等均为钾、铁、钙等矿物质的膳食补充来源 之一。

总的来说，水果的营养价值较蔬菜逊色，但是因其食用前不经烹调，营养素 不会受损失，而且富含有机酸、芳香物质等，也是膳食的必要成分。

野生蔬菜和野生水果的营养素含量往往高于栽培蔬菜和水果，特别是胡萝卜 素、核黄素、维生素C 和钙、铁等营养素。野果的维生素 C 含量一般达每百克 鲜重数百以至数千毫克，如酸枣、刺梨、沙棘和野生猕猴桃等。

5. 水果中的其他有益成分

水果中有机酸含量为0.2%～3.0%。其中主要种类为柠檬酸、苹果酸、酒

· 206 ·

石酸和抗坏血酸，仁果、核果、浆果和热带水果以柠檬酸为主，蔷薇科水果则以 苹果酸为主，而葡萄中含有酒石酸。 一些水果中还含有少量的草酸、水杨酸、琥 珀酸、奎宁酸等。

从营养上来说，多数有机酸可以提供少量热量。每克柠檬酸和苹果酸所提供 的热量分别为2.47kcal和2.39kcal。有机酸具有开胃和促进消化的作用，还能 起到螯合和还原的作用，促进多种矿物质的吸收。

水果中的酚类物质对果品的色泽和风味都有很大的影响。其中包括酚酸类、 类黄酮、花青素类、原花青素类、单宁类等。其中黄酮类物质的摄入量与心血管 疾病的死亡率之间有着确定的负相关关系。人体所摄入的类黄酮物质约有10% 来自水果，其他则来自蔬菜和茶。部分水果中的花青素也具有黄酮类的抗氧化 活性。

水果类食品的涩味主要来自其中所含有的单宁物质。香蕉皮、柿子、石榴中 的单宁含量最高，因此具有明显的涩味，包括(+)-儿茶素、(一)-表儿茶素、没 食子儿茶素、表没食子儿茶素等。

**6.4.4** **果蔬加工品的营养价值**

1. 蔬菜加工品

膳食中的蔬菜以新鲜蔬菜为主要食用形式，但是仍有少量蔬菜用来腌制、干 制、速冻和罐藏。

脱水蔬菜的水分含量通常在8%以下，其中的矿物质、碳水化合物、膳食纤 维等成分得到浓缩。在脱水过程中，维生素C 有部分损失，损失程度因干制方 法的不同而异。 一般来说，真空冷冻干燥法的营养素损失最小，而且由于浓缩效 应，干制后的营养素含量升高。长时间的晾晒或烘烤则营养素损失较大，其中维 生素C 损失率最高可达100%,胡萝卜素大部分被氧化。

蔬菜腌制前往往要经过反复的洗、晒或热烫，其水溶性维生素和矿物质损失 严重。因此腌制蔬菜不是维生素C 的良好来源。传统酱菜的盐含量可达10%以 上。低盐酱菜的盐含量在7%左右。

速冻蔬菜经过清洗一热烫—包冰衣一装袋一深冻几步处理后，水溶性维生素 有一定损失。但胡萝卜素损失不大，仍然可以为膳食提供矿物质和膳食纤维。

罐藏蔬菜经过热烫、热排气、灭菌等工艺后，水溶性维生素和矿物质可能受 热降解和随水流失。由于蔬菜的pH 比水果高，酸性较低，维生素C 的加工稳定 性较差。

蔬菜汁是混浊汁，通常由多种蔬菜调配而成，包含了蔬菜中的主要矿物质营 养成分和胡萝卜素，但除去了蔬菜中的大部分不可溶性膳食纤维。

2. 水果加工品的营养价值

水果的加工品保存了水果的特有风味，主要的营养损失是维生素C, 胡萝卜 素损失不大。除柑橘类和山楂等酸味水果外，富含维生素C 的水果以生食为佳。

水果罐头、果酱、果脯、果汁、果糕等的维生素C 保存率与原料特点、加 工.工.艺水平和储藏条件有很大关系。在适当的加工条件下，柑橘汁等酸性果汁中 的维生素C 可以得到较好的保存，成为维生素 C 的日常来源，但多数市售加工 品中维生素C 含量较低。

纯果汁分为两类： 一类是带果肉的混浊汁，其中含有除部分纤维素之外的水 果中的全部养分，如柑橘汁等；另一类是澄清汁，经过过滤或超滤，除去了水果 中的膳食纤维、各种大分子物质和脂类物质，只留下糖分、矿物质和部分水溶性 维生素，如苹果汁。市售“果汁饮料”中原果汁的含量在10%以下，有的在 2.5%以下，仅能提供水分和部分能量。

果酱和果脯加工中需要加大量蔗糖长时间熬煮或浸渍， 一般含糖量可达 50%～70%,因此大量消费这类产品可能带来精制糖摄入过量的问题。

水果干制可导致10%～50%的维生素 C 损失，在酸性条件下损失少。其中 的矿物质得到浓缩。例如，杏干、葡萄干、干枣等均为多种矿物质的良好来源。

水果可以加工成多种果酒。与蒸馏酒相比，果酒中的酒精度低，含有较丰富 的碳水化合物、氨基酸、矿物质和维生素，并含有水果中有益健康的一些有机酸 类、多酚类物质和风味物质等。有研究认为，少量饮用果酒具有降低心脏病发病 率的作用。近来发现葡萄酒中有微量防癌物质白藜芦醇。由于果酒的生产可以有 效利用水果加工中的皮、渣、核等副产品，因而对农产品综合利用具有重要的 意义。

6.5 肉类和水产品的营养价值

肉类因来源和营养特点的不同，可分为畜肉和禽肉。水产品包括淡水和海水 鱼、虾、甲壳类等。它们的营养价值各具特点。

**6.5.1** **肉类的营养价值**

1. 畜肉

畜肉包括牛、猪、羊等大牲畜肉及内脏，其中的蛋白质、维生素和矿物质的 含量随动物的种类、年龄、肥育度和部位的不同而有很大差异。畜肉是膳食中蛋 白质、脂肪和B 族维生素的重要来源。

1) 蛋白质

一般食用的肉属于动物的肌肉组织。在肌肉当中，蛋白质约占总固形物的

· 208 ·

80%左右，根据其功能和溶解性，大致可分为肌原纤维蛋白质、肌浆蛋白质和结 缔组织蛋白质，分别属于盐溶性、水溶性和不溶性蛋白质。

畜肉肌原纤维蛋白质和肌浆蛋白质的生理价值较高，必需氨基酸比例较为合 理，富含赖氨酸，可与谷类食物发生蛋白质营养互补。然而，结缔组织蛋白质以 胶原蛋白为主，其氨基酸组成特点是甘氨酸和脯氨酸含量高，且含有羟脯氨酸和 羟赖氨酸，酪氨酸、组氨酸、色氨酸和含硫氨基酸的含量极低，氨基酸组成并不 全面，生理价值低。不能以富含胶原蛋白的动物皮、筋腱等作为膳食中蛋白质的 重要来源。

在各种畜肉当中，猪肉的蛋白质含量较低，平均仅在15%左右；牛肉较高， 达20%左右；羊肉的蛋白质含量介于猪肉和牛肉之间。兔肉蛋白质含量也达 20%左右。表6-17列出猪、牛、羊肉蛋白质的必需氨基酸组成。

**表6-17** **猪、牛、羊肉蛋白质的必需氨基酸组成** (单位： g/100g)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 氨基酸 | 分类 | 牛肉 | 猪肉 | 羊肉 |
| 异亮氨酸 | 必需 | 5.1 | 4.9 | 4.8 |
| 亮氨酸 | 必需 | 8.4 | 7.5 | 7.4 |
| 赖氨酸 | 必需 | 8.4 | 7.8 | 7.6 |
| 蛋氨酸 | 必需 | 2.3 | 2.5 | 2.3 |
| 胱氨酸 | 半必需 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| 苯丙氨酸 | 必需 | 4.0 | 4.1 | 3.9 |
| 酪氨酸 | 半必需 | 3.2 | 3.0 | 3.2 |
| 苏氨酸 | 必需 | 4.0 | 5.1 | 4.9 |
| 色氨酸 | 必需 | 1.1 | 1.4 | 1.3 |
| 缥氨酸 | 必需 | 5.7 | 5.0 | 5.0 |
| 精氨酸 | 婴儿必需 | 6.6 | 6.4 | 6.9 |
| 组氨酸 | 婴儿必需 | 2.9 | 3.2 | 2.7 |

资料来源：Lawrie R A. 1998.Lawrie's meat science.Sixth edition. Woodhead Publishing Ltd

肥肉中的蛋白质含量仅为2%～3%,因此动物不同部位的肉，因肥瘦程度 不同，其蛋白质含量差异较大。例如：猪通脊肉蛋白质含量约为21%,后臂尖 约为15%,肋条肉约为10%,奶脯仅为8%;牛通脊肉的蛋白质含量为22%左 右，后腿肉约为20%,腹肋肉约为18%,前腿肉约为16%。在家畜内脏中，以 肝脏含蛋白质较高，为18%～20%;心、肾含蛋白质14%～17%。畜血血浆蛋 白质含有9种人体必需氨基酸，营养价值高，其赖氨酸和色氨酸含量较高，而血 球中色氨酸等必需氨基酸含量较低。

2)脂肪

畜肉中的脂肪可分为蓄积脂肪和组织脂肪两大类。蓄积脂肪是能量的集中储

存场所，包括皮下脂肪、肾周围脂肪、大网膜脂肪和肌肉间脂肪，其中含有 90%左右的脂肪，蛋白质含量仅2%～3%;组织脂肪为肌肉及脏器内的脂肪， 也就是“瘦肉”中所含的脂肪。

肥肉瘦肉中含有10%～20%的蛋白质和0.4%～25%的脂肪。蛋白质含量最 高的部位是里脊，即背最长肌，奶脯部分最低。例如，猪里脊的蛋白质含量达 21%,而奶脯仅8%。然而，结缔组织中的蛋白质如胶原、弹性蛋白等因为缺乏 色氨酸，其生物价值极低。

动物肌肉中的脂肪含量因动物品种、部位、年龄和肥育度的不同有很大差 异。猪肉的脂肪含量远比牛羊肉高，排骨肉比里脊肉的脂肪含量高，老动物肉中 的脂肪比例比幼小动物的高，肥育动物的瘦肉部分的脂肪含量比瘦肉型动物同部 位的瘦肉要高。例如：猪里脊肉含脂肪7.9%,而肋条肉含脂肪高达59%,后臀 尖部位的脂肪含量也在30%左右。又如，肥育良好的牛肉中脂肪含量可达18% 左右，肉的横切面呈现大理石样花纹；而肥育不良的牛肉含脂肪仅4%。血液中 的脂肪含量很低，不足0.5%。骨中脂肪含量为15%～21%,其中骨髓含脂肪 90%以上。

畜肉脂肪中饱和脂肪酸较多，饱和脂肪酸以棕榈酸和硬脂酸居多，不饱和脂 肪酸主要为油酸，其次为亚油酸。脂肪中还含有一定量的胆固醇。例如，猪脂肪 含有约40%的饱和脂肪酸，通常在体温下呈液态，消化率可达90%以上。牛和 羊是反刍动物，其脂肪中饱和脂肪酸比例达50%以上，熔点可达40℃以上，在 体温下仍不液化，因此较难消化。

肌肉所含的脂类中，类脂成分含量较高，尤以磷脂占有较高比例，并含有一 定量的胆固醇。 一般来说，心、肝、肾等内脏器官含脂肪少而蛋白质含量较高。 例如，猪肝的蛋白质含量在20%左右，而脂肪含量仅3.5%左右。心、肾等的蛋 白质含量在15%以上，脂肪含量在5%以下。但是，脏器中含有较多的胆固醇， 如瘦猪肉中含胆固醇77mg/100g、 肥猪肉含107mg/100g, 而猪肝为368 mg/100g, 是瘦肉中的4～5倍。

3)维生素

畜肉含有较多B 族维生素，包括维生素B₁ 、维生素B2、 维生素Bg、维生素 B₂z、烟酸、生物素、叶酸、泛酸、胆碱等，内脏中含有维生素A、 维生素 D、 维生素E, 但维生素C 含量甚微。

一般来说，畜肉是B 族维生素的良好来源，其中猪肉维生素B₁ 含量较高， 达0.54mg/100mg, 对于以精白米为主食的膳食是很好的补充。例如，猪腿肉的 维生素B₁ 、 维生素B2 和尼克酸含量分别为0.53 mg/100g、0.24 mg/100g 和 4.9mg/100g。 不同家畜肉中维生素 B2 含量的差异不大，约为0.1～0.2mg/ 100mg。 牛肉中烟酸和叶酸含量较高。

家畜内脏含有多种维生素。其中肝是各种维生素在动物体内的储藏场所，是

· 210 ·

维生素A、 维生素D、 维生素 B₂ 的极好来源，生物素、叶酸、维生素B₂ 等维生 素的含量也都不同程度地高于畜肉。羊肝中的维生素 A 含量高于猪肝，我国中 医学很早就懂得用羊肝来治疗因维生素A 缺乏引起的夜盲症。除此之外，肝脏 中还含有少量维生素C 和维生素E。 心、肾等内脏的维生素含量均较瘦肉高。此 外，肝脏中还含有少量维生素C 和维生素E。

但是，瘦肉中的维生素A、 维生素D、 维生素E 均很少。肥肉中主要成分是 脂肪，维生素含量较低。

4)矿物质

畜肉中含矿物质1%～2%,是铁、锰、锌、铜、硒等微量元素的重要膳食 来源。其中钠和磷含量较高，钾含量则低于蔬菜、水果、豆类、粗粮等植物性食 品，钙含量很低。

肉类中的铁以血红素铁的形式存在，生物利用率高，吸收率不受食物中各种 干扰物质的影响。颜色深红的肉类所含的血红素铁较颜色淡红的肉类高。此外， 畜肉中锌、铜、硒等微量元素较丰富，且其吸收利用率比植物性食品高。

畜肉中钙含量很低，例如猪肉的含钙量仅为6mg/100g 左右，而磷含量较 高，达120～180mg/100g。

家畜内脏富含多种矿物质。肝脏、肾脏和脾脏中富含磷和铁，并且铁含量明 显高于畜肉，吸收利用率高。肝脏是铁的储藏器官，含铁量位居各内脏器官之 首。例如：猪肝含铁22.6mg/100g, 是猪肾的3.7倍、猪脾的2倍。此外，家畜 的内脏也是锌、铜、硒等微量元素的良好来源，铜和硒的含量高于畜肉。畜血含 有多种矿物质，吸收利用率高，尤其是膳食铁的优质来源。表6-18列出几种畜 肉的某些营养素含量。

**表6-18** **几种畜肉的某些营养素含量**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 食物名称 | 蛋白质 /(g/100g) | 脂肪  /(g/100g) | 硫胺素  /(mg/100g) | 核黄素  /(mg/100g) | 尼克酸  /(mg/100g) | 视黄醇  /(μg/100g) | 铁  /(mg/100g) |
| 猪里脊 | 20.2 | 7.9 | 0.47 | 0.12 | 5.1 | 5 | 1.5 |
| 猪排骨肉 | 13.6 | 30.6 | 0.36 | 0.15 | 3.1 | 10 | 1.3 |
| 猪肝 | 19.3 | 3.5 | 0.21 | 2.08 | 15.0 | 4972 | 22.6 |
| 牛后腿 | 19.8 | 2.0 | 0.02 | 0.18 | 5.7 | 2 | 2.1 |
| 羊后腿 | 15.5 | 4.0 | 0.06 | 0.22 | 4.8 | 8 | 1.7 |
| 兔肉 | 19.7 | 2.2 | 0.11 | 0.10 | 5.8 | 212 | 2.0 |

资料来源：预防医学科学院食品营养与卫生研究所.1991.食品成分表(全国代表值).北京：人民卫 生出版社

2. 禽肉

鸡、鸭、鹅、鹌鹑、火鸡、鸵鸟等统称禽类，以鸡为代表。它们被称为“白

肉”,与被称为“红肉”的畜肉相比，在脂肪含量和质量方面具有优势。 1)蛋白质

去皮鸡肉和鹤鹑的蛋白质含量比畜肉稍高，为20%左右。鸭、鹅的蛋白质 含量分别为16%和18%。禽肉的蛋白质也是优质蛋白，生物价与猪肉和牛肉相 当。各部位的蛋白质含量略有差异，如鸡胸肉的蛋白质含量约为20%,鸡翅约 为17%。在禽类内脏中，胗的蛋白质含量较高，为18%～20%,肝脏和心脏含 蛋白质13%～17%。

2)脂肪

在各种肉用禽类中，火鸡和鹌鹑的脂肪含量较低，在3%以下；鸡和鸽子的 脂肪含量类似，为14%～17%;鸭和鹅的脂肪含量达20%左右。因品种和肥育 度的不同，脂肪含量可以有很大的差异。乌骨鸡的脂肪含量显著低于普通肉鸡， 而肥育禽类如肥育肉鸡、填鸭等的脂肪含量可达30%～40%。翅膀部分含有较 多脂肪，可达12%以上。胸脯肉的脂肪含量很低，通常仅有3%～5%。家禽内 脏当中，以心脏含脂肪最高，为9%～12%;肝脏、胗等内脏的脂肪含量较低。

禽类脂肪中不饱和脂肪酸的含量高于畜肉，其中油酸含量超过30%,亚油 酸约占20%,在室温下呈半固态，因而营养价值高于畜类脂肪(表6-19)。其胆 固醇含量与畜肉相当

**表6-19** **禽类脂肪和畜类脂肪的主要脂肪酸含量比较** (单位：%)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 油脂名称 |  | 脂肪酸含量 |  |
| 饱和脂肪酸 | 不饱和脂肪酸 |  |
| 棕榈酸 硬脂酸 | 棕榈烯酸 油酸 亚油酸 | 亚麻酸 |
| 猪油 | 26.0 15.7 | 2.3 44.2 8.9 |  |
| 牛油 | 25.3 28.6 | 3.4 28.8 1.9 | 1.0 |
| 羊油 | 18.2 35.9 | 3.1 33.0 2.9 | 2.4 |
| 鸡油 | 20.0 5.3 | 6.2 39.6 24.7 | 1.3 |
| 鸭油 | 21.6 7.3 | 3.6 51.6 14.2 | 0.8 |

资料来源：中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所，1991.食物成分表(全国代表值).北京：人 民卫生出版社

3)维生素

禽肉中维生素分布的特点与畜肉相同， B 族维生素含量丰富，特别富含尼克 酸。例如，鸡胸脯肉中含尼克酸10.8mg/100g。 禽肉中泛酸含量也较高。其中 脂溶性维生素含量低，但含有一定量的维生素E, 约90~400μg/100mg。

禽类肝脏中各种维生素的含量均很高，是维生素A、 维生素 D、 维生素 B2 和维生素 E 的良好来源。禽类肝脏中的维生素含量往往高于畜肉。例如：鸡肝 中维生素A 和核黄素的含量分别为10414μg/100g 和1100μg/100g, 鸭肝分别为

· 212 ·

1040μg/100g和1050μg/100g,鹅肝含维生素A 6100μg/100g, 核黄素含量略低 一些，为250μg/100g。此外，禽类的心脏和胗也是B 族维生素含量丰富的食物。 4)矿物质

与畜肉相同，禽肉中铁、锌、硒等矿物质含量很高，但钙的含量也不高。禽 类的肝脏中富含多种矿物质，且平均水平高于禽肉。肝脏和血液中铁的含量十分 丰富，高达10～30mg/100g 以上，可称铁的最佳膳食来源。禽类的心脏和胗也 是含矿物质非常丰富的食物。表6-20列出一些禽肉的主要营养素含量。

**表6-20** **一些禽肉的主要营养素含量**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 食物名称 | 蛋白质 /(g/100g) | 脂肪  /(g/100g) | 硫胺素 核黄素 /(mg/100g)/(mg/100g) | | 尼克酸 /(mg/100g) | 视黄醇 铁  /(μg/100g)/(mg/100g) | |
| 鸡胸脯肉 | 19.4 | 5.0 | 0.07 | 0.13 | 10.8 | 16 | 0.6 |
| 鸡肝 | 16.6 | 4.8 | 0.33 | 1.10 | 11.9 | 10414 | 12.0 |
| 鹌鹑 | 20.2 | 3.1 | 0.04 | 0.32 | 6.3 | 40 | 2.3 |
| 鸭 | 15.5 | 19.7 | 0.08 | 0.22 | 4.2 | 52 | 2.2 |
| 鸭血 | 13.6 | 0.4 | 0.06 | 0.06 |  |  | 30.5 |
| 鹅 | 17.9 | 19.9 | 0.07 | 0.23 | 4.9 | 42 | 3.8 |

资料来源：预防医学科学院食品营养与卫生研究所.1991.食品成分表(全国代表值).北京：人民卫 生出版社

**6.5.2** **水产品的营养价值**

1. 蛋白质

鱼类的蛋白质含量约15%～20%,与肉类相当，消化吸收率高于畜肉，生 物价值也较高。与畜禽肉类相比，鱼类的肌肉纤维细嫩柔软，更易消化吸收，同 时营养价值更高。

水产品中还含有氨基乙磺酸，即牛磺酸，它是一种能够促进胎儿和婴儿大脑 发育、防止动脉硬化、维持血压、保护视力的有益物质。贝类中牛磺酸的含量高 于鱼类。

深色海鱼如蜻等含有较高的组氨酸，含量可达鲜肉重的0.6%～1.3%。鱼 肉细菌腐败时，组氨酸可以形成大量的组胺。此外，鱼类中富含相对分子质量低 的胺类物质，是其腥味的来源之一。

2. 脂肪

鱼类的脂肪含量因品种不同而差异甚远。脂肪含量低的品种仅有0.5%左 右，如黑线鳕、鳕等；而脂肪高的品种可达16%～26%,如鳗、鲱和金枪鱼。

多数鱼的脂肪含量介于这两者之间。 一些鱼类的脂肪主要存在于鱼肉中，如鲤、 鲱等；另一些鱼类的脂肪主要集中于肝脏，而肌肉部分含量甚低，如各种鳕；也 有的鱼类将脂肪积聚于小肠中，如真鲈。

鱼类脂肪中含不饱和脂肪酸比例较高，容易被人体消化。例如，鲨鱼中不饱 和脂肪酸占总脂肪酸的50%左右，而鲤不饱和脂肪酸达70%左右。

鱼类脂肪的另一特点是富含20～24碳的长链不饱和脂肪酸，包括 EPA、 DHA 等。这些长链不饱和脂肪酸在陆地动植物中含量很低，主要是在水产品中 存在。其中DHA 对防止动脉硬化、促进大脑发育等有一定好处。例如，墨斗鱼 的脂肪中有27.4%为DHA, 小凤尾鱼中为15%。海鱼中DHA 的含量通常高于 淡水鱼。表6-21给出鱼油中的w-3 脂肪酸含量。

**表6-21** **鱼油中的w-3脂肪酸含量** (g/100g)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 鱼种 | EPA(20:5) | DHA(22:6) |
| 鲐 | 0.65 | 1.10 |
| 鲑(大西洋) | 0.18 | 0.61 |
| 鲑(红) | 1.30 | 1.70 |
| 鳟 | 0.22 | 0.62 |
| 金枪鱼 | 0.63 | 1.70 |
| 鳕 | 0.08 | 0.15 |
| 蝶 | 0.11 | 0.11 |
| 鲈 | 0.17 | 0.47 |
| 黑线鳕 | 0.05 | 0.10 |
| 舌鳊 | 0.09 | 0.09 |

资料来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书，食品营养卷.北京：人民卫生出版社

此外，鱼类中的脂肪含量和脂肪酸分布还受到鱼龄、季节、栖息环境、摄食 状态等因素的影响。

鱼类的胆固醇含量通常为50～70mg/100g, 虾蟹、贝类和鱼子中的胆固醇 含量较高。如黄花鱼的鱼子中胆固醇含量为819 mg/100g。

3. 维生素

水产品中的维生素A、 维生素D、 维生素E 含量均高于畜肉，有的含有较高 维生素B₂ 。 多脂的海鱼肉也含有一定数量的维生素A 和维生素 D, 是膳食中维 生素A、 维生素D 的重要来源，也是维生素 E 的一般来源。鱼油和鱼肝油是补 充维生素A、 维生素D 的主要方式。

水产类中水溶性维生素如硫胺素、核黄素、尼克酸等的含量也较高，而维生 素 C 含量则很低。 一些鱼类食品中含有硫胺素酶和催化硫胺素降解的蛋白质，

· 214 ·

因此大量食用生鱼可能造成硫胺素的缺乏。加热后食用可避免这类问题的发生。

4. 矿物质

水产品中的各种矿物质含量丰富，钙、硒等元素的含量明显高于畜肉，微量 元素的生物利用率也较高。甲壳类食品是锌、铜等微量元素的最佳来源。贝类、 虾和鱼罐头是钙的好来源。海鱼和海生虾贝类还是碘、铜、锰、锌等元素的优质 来源。

然而，贝类具有富集重金属污染的特性，食肉鱼因处在食物链的顶端，也极 易富集汞、镉等重金属。故而食用水产品应适量，特别是金枪鱼、鲨鱼等食肉鱼 和贝类。

6.6 乳和乳制品的营养价值

**6.6.1** **乳的营养价值**

除婴儿应以母乳喂养为最佳之外，人类食用的乳类食品以牛乳占绝对优势， 因而在论述乳的营养价值时以牛乳为代表。此外水牛奶、羊奶、牦牛奶、山羊 奶、马奶等也在某些地方具有食用传统。乳制品的产品形态多种多样，按照我国 食品工业标准体系，可划分为液体乳制品、乳粉、乳脂、炼乳、干酪、冰淇淋和 其他乳制品6个大类。

牛乳及其制品是膳食中蛋白质、钙、磷、维生素A、 维生素D 和维生素B₂ 的重要来源之一。其中水分含量约占85%～88%,含有丰富的蛋白质、脂肪、 碳水化合物、维生素和矿物质。在各种成分之中，以乳糖和矿物质的含量较为恒 定，其他成分受到乳牛品种、哺乳期、所喂的饲料和各种环境因素的影响而有所 波动。在各种乳汁成分中，乳脂肪变动幅度最大，蛋白质次之。市售鲜奶的脂肪 和蛋白质含量是固定的。

母牛分娩后一周内的牛乳称为初乳 (colostrum),其成分与常乳有较大差 异。乳牛患病时，其泌乳量下降，牛乳成分也发生改变。

1. 蛋白质

牛乳中的蛋白质含量比较恒定，约为3.0%～3.5%,含氮物的5%为非蛋白 氮。其蛋白质中80%以上为酪蛋白，其他主要为乳清蛋白。

凡20℃下于pH4.6 沉淀的牛乳蛋白被称为酪蛋白。酪蛋白是一种耐热蛋白 质，但可在酸性条件下沉淀，酸奶和奶酪即是以这个原理制造的。在乳中，酪蛋 白组成特定的四级结构——大小不等的酪蛋白胶束。酪蛋白微束的成分中约 92%为蛋白质，其中as;酪蛋白： αs酪蛋白：β-酪蛋白：x-酪蛋白的大致摩尔比 为3:1:3:1。另外8%为矿物质，主要是磷酸钙，但也有部分Mg²+ 和柠檬酸

· 215 ·

盐。巴氏消毒或超高温杀菌均会不可逆地增加胶体磷酸钙的含量，而降低离子化 钙和可溶性磷酸的含量。

乳清中的蛋白质属于乳清蛋白，其中主要包括β-乳球蛋白和α-乳清蛋白， 此外还有少量血清蛋白、免疫球蛋白等。

牛乳蛋白质为优质蛋白，容易为人体消化吸收，生物价为85,并能与谷类蛋 白质发生营养互补作用。

羊奶的蛋白质含量为3.5%～3.8%,略高于牛乳。此外，羊奶蛋白质 当中酪蛋白的含量较牛奶略低，其中所含的 αs 酪蛋白在胃中所形成的凝乳 块较小而细软，更容易消化。婴儿消化羊奶的消化率可达94%以上。水牛 奶的蛋白质含量明显高于普通牛奶，为4.56%。水牛奶酪蛋白胶粒体积大 于乳牛奶。

2. 脂肪

天然牛乳中的脂肪含量为2.8%～4.0%,以微脂肪球的形式分散于牛乳汁 中，呈很好的乳化状态，容易消化。每毫升牛乳中约有脂肪球20亿～40亿个， 平均直径为3 μm。羊奶中的脂肪球大小仅为牛奶的脂肪球的1/3,而且大小均 一，容易消化吸收。

牛乳中的脂类主要由甘油三酯组成，已被分离出来的脂肪酸达400种之多， 其中饱和脂肪酸占95%以上，还有少量的甘油单酯、甘油二酯、磷脂、鞘脂、 固醇类，还有角鲨烯、类胡萝卜素和脂溶性维生素等。由于牛是反刍动物，乳脂 中短链脂肪酸如丁酸、已酸等含量较高，挥发性、水溶性脂肪酸达8%,使牛乳 具有特殊的风味，其中丁酸是反刍动物乳脂中的特有脂肪酸。

乳中磷脂含量约为20～50mg/100mL, 胆固醇含量约为13mg/100mL。 水牛 奶脂肪含量在各种奶类当中最高，为9.5%～12.5%。随饲料的不同、季节的变 化，乳中脂类成分略有变化。

3. 碳水化合物

乳糖几乎是天然牛乳中唯一的碳水化合物，含量约占4.6%,占牛奶中碳水 化合物的99.8%。羊奶中的乳糖含量与牛奶基本一致。

乳糖容易为婴幼儿消化吸收，而且具备蔗糖、葡萄糖等所没有的特殊优点： 促进钙、铁、锌等矿物质的吸收，提高其生物利用率；促进肠内乳酸细菌，特别 是双歧杆菌的繁殖，改善人体微生态平衡；促进肠细菌合成B 族维生素。有些 人成年后多年不喝牛乳，体内的乳糖酶活性很低，无法消化乳糖。小肠内未消化 的乳糖具有促进肠蠕动的作用，在大肠中经细菌发酵分解产生大量气体，导致 “乳糖不耐症”,包括腹胀、腹泻等症状。这部分人群可以食用经乳糖酶处理的奶 粉，或是饮用酸奶。用固定化乳糖酶将乳糖水解为半乳糖和葡萄糖也可以解决乳

· 216 ·

糖不耐问题，同时提高产品的甜度。

4. 维生素

牛乳是各种维生素的优良来源。它含有几乎所有种类的脂溶性和水溶性维生 素，包括维生素A、 维生素D、 维生素E、 维生素K、 各种B 族维生素和微量的 维生素C, 只是这些维生素的含量差异较大。

总的来说，牛奶是B 族维生素的良好来源，可以提供相当数量的核黄素、 维生素B₁₂ 、维生素A、 维生素B。和泛酸。牛乳中的尼克酸含量不高，但由于牛 乳蛋白质中的色氨酸含量高，可以帮助人体合成尼克酸。牛乳中还有少量维生素 C 和维生素 D。 目前市售消毒鲜奶普遍强化维生素 A 和维生素D, 成为这两种 维生素最方便和廉价的膳食来源之一。

牛乳的淡黄色来自类胡萝卜素和核黄素，其中胡萝卜素的含量受饲料和 季节影响，青饲料多时含量增加。维生素 A、 维生素 D、 维生素E 的含量也 受季节的影响。乳中的B 族维生素主要是瘤胃中的微生物所产生，其含量受 饲料影响较小，但叶酸含量受到季节影响，维生素 B₂ 含量受到饲料中钴含 量的影响。维生素 D 含量与牛的光照时间有关，而维生素 A 和胡萝卜素的 含量则与乳牛的饲料密切相关。放牧乳牛所产奶的维生素含量通常高于舍饲 乳牛所产奶。

脂溶性维生素存在于牛奶的脂肪部分中，而水溶性维生素存在于水相。乳清 所呈现的淡黄绿色便是核黄素的颜色。脱脂奶的脂溶性维生素含量显著下降，需 要进行营养强化.

5. 矿物质

牛乳中含有丰富的矿物质，主要包括钠、钾、钙、镁、氯、磷、硫、铜、铁 等(表6-22),是动物性食品中唯一的成碱性食品。牛乳中的钙80%以酪蛋白酸 钙复合物的形式存在，其他矿物质也主要是以与蛋白质结合、吸附在脂肪球膜上 或与有机酸结合形成盐类结合的形式存在的。牛乳中的钙、磷不仅含量高而且比 例合适，并有维生素D、 乳糖等促进吸收因子，吸收利用效率高，因此牛乳是膳 食中钙的最佳来源。我国人民食用牛乳较少，是膳食中的重要缺陷之一，也直接 造成了钙摄入量的不足。牛乳中的钾、钠、镁等元素含量也较丰富，但铁、锌、 铜等元素含量较低，必须从其他食物中获取足够的铁。表6-23列出一袋强化维 生素A、D 的消毒鲜牛乳的营养价值。

羊奶中的矿物质含量比牛奶略高，达0.85%,其中钙、磷含量丰富，也是 天然补钙品。其中铁含量与牛奶相当，钴含量比牛奶高6倍。

**表6-22** **牛乳中的矿物质组分**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 成分 | 含量/(mg/L) | 成分 | 含量/(μg/L) |
| 钾钙 钠 镁 磷 氯 硫 | 1500  1200  500  120  3000  1000  100 | 锌 铝 铁 铜 钼 锰 镍 硅 溴 硼 氟 碘 | 4000  500  400  120  60  30  25  1500  1000  200  150  60 |

数据来源：Belitz H D,Grosch W.1999.Food Chemistry. 2nd edition.New York:Springer-Verlag

乳中的矿物质含量因品种、饲料、泌乳期等因素而有所差异，初乳中含量最 高，常乳中含量略有下降。

**表6-23** **一袋强化维生素A、** **维生素D** **的消毒鲜牛乳的营养价值**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 蛋白质/g | 钙/mg | 维生素A/ugRE | 维生素B₂/mg |
| 一袋强化鲜奶中的含量 | 7.0 | 402.5 | 195 | 0.18 |
| 轻体力劳动男子的DRI | 80 | 800 | 800 | 1.2 |
| 可供应RDA的比例/% | 8.8 | 50.3 | 24.3 | 15.0 |

资料来源：中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所编著.1991.食物成分表(全国代表值),第 1版.北京：人民卫生出版社

中国营养学会编著.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

6. 其他有益健康的物质

乳中含有大量的生理活性物质，其中较为重要的有乳铁蛋白(lactoferrin)、 免疫球蛋白、生物活性肽、共轭亚油酸 (conjugated linoleic acid)、生长因子和 多种活性肽类等.

**6.6.2** **乳制品的营养价值**

1. 消毒奶和灭菌奶

消毒奶是牛乳经高温瞬时杀菌或超高温瞬时杀菌制成的液态奶制品，需要在

· 218 ·

冰箱中保存。灭菌奶则是经过长时间高温杀菌制成的液态奶制品，可以在常温下 保存数月之久。

这些产品的蛋白质含量差异不大，均为2.9%～3.1%;但脂肪含量差异较 大。其中“半脱脂奶”或称“低脂奶”的脂肪含量为1.0%～2.0%,全脱脂牛 乳的脂肪含量在0.5%左右。目前市场上还有“精品奶”和“浓厚奶”出售，其 乳脂肪含量可达3.6%～4.5%。

消毒奶和灭菌奶的蛋白质、乳糖、矿物质等营养成分含量基本上与原料乳相 同，仅 B 族维生素有少量损失，但消毒奶的保存率通常在90%以上，灭菌奶也 在60%以上。维生素C 损失较大，但因它不属于牛奶中的重要营养物质，故而 对奶制品的营养价值影响不大。城市超市中供应的消毒牛奶大多强化了维生素A 和维生素D。

2. 酸 奶

酸奶是牛乳经乳酸发酵制成的食品。其中特征乳酸菌菌数不低于1×106 cfu/mL的产品为活性发酵乳，低于这个数值或不含特征菌的发酵乳称为非活性 发酵乳。

纯原味酸奶的蛋白质含量高于或等于2.5%,调味酸奶的蛋白质含量不低于 2.3%。经过乳酸菌发酵，蛋白质被部分分解为肽、游离氨基酸和非蛋白氮，进 一步提高了消化吸收率。其脂肪含量有全脂、低脂和全脱脂之分。按照碳水化合 物含量来说，也有普通、低糖、无糖等品种。普通甜味酸奶的蔗糖含量为7%, 无糖酸奶中往往添加非糖甜味剂。酸奶原料中的乳糖有20%～40%被发酵成为 乳酸和其他有机酸。

乳酸菌的繁殖消耗了牛乳中的乳糖成分，解决了“乳糖不耐”的问题，而保 留了牛乳中的其他所有营养成分。通过发酵，蛋白质被部分水解，并产生活性肽 类；乳酸菌的繁殖也提高了维生素B₂ 和叶酸的含量。此外，酸奶中含有的活乳 酸菌具有整肠作用，是一种健康食品。因此，质量优良的酸奶的营养价值高于 牛乳。

3. 乳酪

乳酪也称为奶酪或干酪，是由牛乳经过发酵、凝乳、除去乳清、加盐压榨、 后熟等处理后得到的产品。除部分乳清蛋白和水溶性维生素随乳清流失外，其他 营养素得到保留和浓缩。经后熟发酵，蛋白质和脂肪部分分解，提高了消化吸收 率，并产生乳酪特有的风味。有的维生素经细菌发酵而增加。

乳酪中蛋白质、维生素A、B 族维生素和钙等营养素的含量十分丰富，碳水 化合物含量较低。各品种的含水量和营养素含量差异较大。按含水率来划分，干 酪又分为特硬质干酪 (extra-hard cheese)、 硬质干酪 (hard cheese)、 半硬质干

· 219 ·

酪 (semi-hard cheese)、 软质干酪 (soft cheese)。 特硬质干酪的水分含量为 30%～35%、硬质干酪为30%～40%、半硬质干酪为38%～45%、软质干酪为 40%～60%。农家干酪的水分含量高达70%～80%。根据我国食物成分表， 100g硬干酪中含蛋白质25.7g、脂肪23.5g、核黄素0.91mg、 钙799mg。 软干 酪所含蛋白质和钙稍低。

奶酪制作过程中，大部分乳糖随乳清流失，少量乳糖发酵产生乳酸。脂溶性 维生素大多保留在蛋白质凝块当中，而水溶性的B 族维生素大部分损失于酪乳 之中，但含量仍不低于原料牛奶。原料乳中微量的维生素 C 几乎全部损失。其 中的钙和镁等元素则得到了浓缩。

制乳酪时所分离的乳清含乳球蛋白、乳白蛋白和各种B 族维生素。它可以 经过干燥制取乳清粉，也可以经调配或发酵生产乳清饮料。

我国内蒙古等地有“奶豆腐”等食品，类似于乳酪，但一般是由牛的初乳制 成。初乳的酸度较大，受热后很快凝固。其中含有大量维生素和免疫蛋白类物 质，而脂肪的相对含量较低。例如，100g 鲜奶豆腐中含蛋白质46.2g、脂肪 7.8g、核黄素0.69mg、 钙597mg。

4. 乳 粉

全脂牛乳粉是鲜牛乳经过浓缩除去70%～80%水分后，再滚筒干燥或喷雾干 燥而成的，水分含量在5%以下。

甜奶粉中添加了20%左右的蔗糖。全脂奶粉保存了原料乳中的所有脂肪成 分，其中脂肪含量不低于26.0%。全脱脂奶粉中除去了大部分乳脂肪，脂肪含 量应不超过2.0%,最低者脂肪含量仅有0.2%,而半脱脂或低脂奶粉的脂肪含 量通常为8%～20%不等。

牛乳粉是蛋白质和钙的良好来源。原料乳当中的蛋白质、无机盐、脂肪等主 要营养成分基本得到保持，维生素B₁ 、维生素B₆ 等有10%～30%的损失，只是 维生素C 破坏较大。

目前，许多牛乳粉产品都按照产品目标人群的营养需要对原来的营养成分进 行了调整，添加钙、铁、锌、铬等矿物质，多种维生素，免疫球蛋白，亚油酸， DHA 以及其他活性物质，生产出婴儿奶粉、青少年奶粉、老年奶粉等更适合特 定人群营养需要的产品，提高了牛乳粉的营养价值。

5. 炼乳

炼乳是原料牛乳经消毒和均质后，在低温真空条件下浓缩除去2/3的水分再装 罐杀菌而成的，按是否加糖，可分为淡炼乳和调制甜炼乳两类。淡炼乳中的乳固体 不得低于25%,蛋白质不低于6.0%,脂肪不低于7.5%;甜炼乳蔗糖含量不超过 45.0%,乳固体不低于28.0%,蛋白质不低于6.8%,脂肪不低于8.0%。

· 220 ·

经过多次加热，炼乳中的维生素 A、 维生素B₁ 、维生素B₂ 等营养素受到部 分破坏，而蛋白质、脂肪和各种矿物质得到浓缩。淡炼乳保存了牛奶中的大部分 营养成分，它是蛋白质和钙的良好来源。甜炼乳因为添加较多蔗糖，所含能量较 高，营养价值低于淡炼乳。

6. 黄油

黄油由牛乳中的乳脂肪分离制成，也称为奶油、乳脂、白脱等，其脂肪含量 在80%以上。牛乳中的维生素 A、 维生素 D 等脂溶性营养成分基本上保留在黄 油甲，但是水溶性营养成分如B 族维生素绝大部分被除去。黄油中以饱和脂肪 为主，在室温下呈现固态，由于其中含有类胡萝卜素而呈现淡黄色。其中含有一 定量的胆固醇。

6.7 蛋类的营养价值

**6.7.1** **蛋类的营养价值**

蛋是鸟类动物的卵，包括鸡蛋、鸭蛋、鹌鹑蛋、鹅蛋、鸽蛋、火鸡蛋和鸵鸟 蛋等，以鸡蛋为代表。鸡蛋的蛋黄和蛋清分别占蛋可食部分的1/3和2/3。蛋黄 中集中了鸡蛋中的大部分矿物质、维生素和脂肪。

1. 蛋白质

鸡蛋中蛋白质含量为11%～13%,略低于瘦肉，但质量优异。鸡蛋的蛋白质 不仅分布在蛋清部分，也分布在蛋黄部分。例如，鸡蛋蛋清部分含蛋白质 11.0%,而蛋黄部分含蛋白质17.5%。每枚鸡蛋平均可为人体提供6g 蛋白质。 鸡蛋中蛋白质的数量和质量基本恒定，受饲料影响较小。

鸡蛋蛋白质为优质蛋白质的代表，是各类食物蛋白质中生物价值最高的一 种，各种氨基酸比例合理，其生物价高达94(表6-24),在评定食物蛋白质营

**表6-24** **鸡蛋蛋白质与其他食物蛋白质质量比较**

食物蛋白质

生物价(BV)

蛋白质功效比(PER)

全蛋 100 3.8 [94](#_bookmark111)

牛奶 91 3.1 [82](#_bookmark112)

酪蛋白 77 2.9 [76](#_bookmark113)

乳清蛋白 104 3.6 [92](#_bookmark114)

牛 肉 80 2.9 [73](#_bookmark115)

马铃薯 [71](#_bookmark116)

大豆蛋白 74 2.1 [61](#_bookmark117)

稻米蛋白 59 2.0 [57](#_bookmark118)

资料来源：Karmas E,Harris RS 1988.Nutritional Evaluation of Fcod Processing. 3rd ed. Avi. New York

养质量时，常被用作参比蛋白质。易被人体消化吸收和利用。按蛋白质含量来计 算，蛋类在各种动物蛋白质来源中是最为廉价的一种。

鸡蛋清中所含的卵类黏蛋白具有妨碍胰蛋白酶活性的作用，卵巨球蛋白为蛋 白酶抑制剂；卵黄素蛋白易与核黄素结合。此外，卵清中尚含有少量卵抑制剂， 为丝氨酸蛋白酶的抑制剂；其中的生物素结合蛋白可与生物素形成极难分解的复 合物，使人体不能吸收鸡蛋中的生物素。因此，生鸡蛋的消化吸收率很低，仅为 50%左右，应等到蛋清凝固后再加以食用。烹调后可使各种鸡蛋中的抗营养因素 完全失活，消化率达96%。

2. 脂肪

蛋类的脂肪含量为9%～15%。鸡蛋清中含脂肪极少，98%的脂肪存在于蛋 黄当中。蛋黄中的脂肪几乎全部以与蛋白质结合的良好乳化形式存在，因而消化 吸收率高。

鸡蛋黄中的脂肪含量约30%～33%,其中中性脂肪含量约占62%～65%, 磷脂占30%～33%,固醇占4%～5%,还有微量脑苷脂类。蛋黄的脂肪酸构成 中，以油酸最为丰富，约占50%左右，亚油酸约占10%,其余主要是硬脂酸、 棕榈酸和棕榈油酸，含微量花生四烯酸和DHA。

鸡蛋中的固醇含量较高，其中90%以上为胆固醇，仅有少量植物性固醇。 每个鸡蛋中含胆固醇约213mg, 全部存在于蛋黄当中。但它同时含有大量磷脂 和有益降低血脂的甜菜碱，故而鸡蛋中胆固醇对人体血胆固醇的影响并不肯定。 饲料的成分对于蛋黄中的胆固醇含量影响甚大，可以通过畜牧学措施生产出低胆 固醇鸡蛋。

3. 维生素

蛋中维生素含量较高，且品种较为完全，包括所有的B 族维生素、维生素 A、维生素D、 维生素E、 维生素K 和微量的维生素C。 其中维生素 A、 维生素 D、维生素B₁ 、维生素B₂ 、维生素B、 维生素B₂ 等较为丰富，最为突出的是维 生素A 与核黄素。 一枚鸡蛋约可满足成年女子一天维生素B₂ 推荐量的13%,维 生素A 推荐量的22%。

绝大部分的维生素A、 维生素D、 维生素E 和大部分维生素B₁ 都存在于蛋 黄当中。蛋中的维生素含量受到品种、季节和饲料等因素的影响而有所变异。

蛋黄的颜色来自核黄素、胡萝卜素和叶黄素，其颜色深浅因饲料不同、类胡 萝卜素类物质含量不同而异。

4. 矿物质

蛋中的矿物质主要存在于蛋黄部分，蛋白部分含量较低。蛋黄中含矿物质

· 222 ·

1 . 0%～1 . 5%,其中磷最为丰富，占60%以上，钙占13%左右，主要以碳酸钙 的形式存在于蛋壳中。

蛋黄是多种微量元素的良好来源，包括铁、硫、镁、钾、钠等。蛋中所含铁 元素数量较高，但以非血红素铁形式存在。由于卵黄高磷蛋白对铁的吸收具有干 扰作用，故而蛋黄中铁的生物利用率较低，仅为3%左右。

蛋中的矿物质含量受饲料因素影响较大。可以通过畜牧学措施生产出高碘、 高硒、高锌等特种鸡蛋。鹌鹑蛋的某些矿物质如铁、锌、硒等含量略高于鸡蛋。

**6.7.2** **蛋类加工品的营养价值**

制作咸蛋对营养素的含量影响不大，但增加了钠盐的含量。

制作松花蛋使维生素 B, 受到一定程度的破坏，因为松花蛋的加工中需要加 入氢氧化钠等碱性物质，而且传统的松花蛋腌制中加入黄丹粉，即氧化铅，使产 品的铅含量提高。目前已有多种“无铅皮蛋”问世，用铜或锌盐代替氧化铅，使 得这些微量元素含量相应上升。

制作蛋粉对蛋白质的利用率无影响， B 族维生素维生素有少量损失，但维生 素 A、 维生素 D 含量不受影响。

**思** **考** **题**

1. 为什么说没有十全十美的食物，也没有一无是处的食物?

2. 什么叫营养素密度?营养素生物利用率的概念有什么意义?

3、食物中的营养素含量是判断其营养价值的唯一标准吗?

4. 为什么说“五谷为养”?谷类在膳食中有什么意义?

5. 为什么有营养学家说“大豆是中国人五千年文明的营养支柱”?

6. 生大豆加工成为豆制品之后，营养价值上有哪些变化?

7. 为什么说经常少量食用坚果类有养生作用，过量则易造成肥胖?

8. 蔬菜和水果的营养价值有哪些异同?

9. 为什么儿童少年要适当地摄入肉类，不宜完全素食也不能养成肉食为主的习惯?

10.为什么说适当地“多吃鱼、少吃肉”对健康更有益处?

11. 为什么营养学家推荐儿童少年“早一杯、晚一杯”地喝牛奶?

12. 为什么说鸡蛋是补充蛋白质的最佳食品之一?

13. 为什么不能仅吃精制主食，还要多吃粗粮?

14. 为什么提倡多吃薯类作为主食的补充?

15. 深绿色叶菜有哪些营养意义?

16. 素食者应当怎样通过选择食品来预防蛋白质、钙和铁的缺乏问题?

(本章编写人：范志红)

· 223 ·

**主要参考文献**

波特N N等.2002.食品科学.第5版.王璋等译.北京：中国轻工业出版社

陈葆新等译.1989.加工食品的营养价值手册.北京：轻工业出版社

陈炳卿.2000.营养与食品卫生学.北京：人民卫生出版社

陈仁淳.2001.营养保健食品.北京：中国轻工业出版社

葛可佑.2004.中国营养科学全书，食品营养卷.北京：人民卫生出版社

顾瑞霞.2000.乳与乳制品的生理功能特性.北京：中国轻工业出版社

何志谦.2001.人类营养学.第2版.北京：人民卫生出版社

阚建全.2002.食品化学.北京：中国农业大学出版社

孔保华.1996.肉制品工艺学.哈尔滨：黑龙江科学技术出版社

李里特.2001.食品原料学.北京：中国农业出版社

李勇.2005.营养与食品学生学.北京：北京大学医学出版社

余纲哲.1994.稻米化学加工储藏.北京：中国商业出版社

孙远明，余群力.2001.食品营养学.北京：中国农业大学出版社

吴加根.1995.谷物与大豆食品工艺学.北京：中国轻工业出版社

杨月欣.2002.中国食物成分表2002.北京：北京大学医学出版社

中国营养学会.1992.中国居民膳食营养参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

周光宏.2002.畜产品加工学.北京：中国农业出版社

周世英，钟丽玉.1986.粮食学与粮食化学.北京：中国商业出版社

Bauernfeind J C, Lachance P A, Karmas E et al. 1988.Nutritional evaluation of food processing. 3rd edi- tion. New York:Van Nostrand Reinhold Company

Bauernfeind J C,Lachance P A. 1991.Nutrition additions to food, nutritional,technological and regulatory aspects. Food and Nutrition Press,Inc.

Belitz H D, Grosch W.1999. Food cheristry. New York: Springer-Verlag

Fennema ().1996.Food chemistry.3rd edition.New York:Marcel Dekker Inc.

Smolin L,Grosvenor M. 2000. Nutrition: science and applications. 3rd edition. London:Saunders

College Publishing

Whitncy E, Cataldo C. Rolfes S. 2002.Understanding normal and clinical nutrition. 6th edition. New York: West Publishing Company

Whitney E, Cataldo C, Rolfes S. 2005. Understanding nutrition. 6th edition. New York: West

Publishing Company

**第7章** **储藏加工对食品营养价值的影响**

**教学目标**

· 了解储藏保鲜对食品营养价值的影响。

· 了解加工工艺对食品营养价值的影响。

· 了解常用烹调方法对食品营养价值的影响。

为了满足人们不同的饮食习惯和爱好，或为了延长食物的保存期，食物原料 通常需经过储藏保鲜、加工或烹调处理，制成更为适口、美观、方便、安全、营 “养的各类食品。然而，储藏加工和烹调处理，也会使食物的营养成分及其生物利 用性受到很大的影响。

7.1 储藏对食品营养价值的影响

**7.1.1** **常温储藏对食品营养价值的影响**

常温储藏是粮食、豆类常用的保藏方法。粮食在常温下储藏，种子细胞酶活 性、微生物繁殖及仓库虫害都是影响储藏时间和质量的因素，同时，水分含量与 以上因素关系密切，因此在常温储藏期间，控制粮食储藏期间的水分含量是延长 储藏期的重要手段。

谷类粮食储藏期间的水分含量一般控制在11%～14%,小麦、玉米的安全 水分含量在13%以下。水分含量越低，储藏时间越长；若水分含量高，环境相 对湿度大，温度高时，种子呼吸作用加强，营养成分损失较多，同时容易引起霉 菌生长繁殖，严重时腐烂变质。例如：小麦常温下储藏5个月，当水分含量在 12%时，维生素B₁ 损失12%;当水分含量在17%时，维生素B 损失30%。

含油较多的作物如大豆、花生在储藏中稳定性略差于谷类粮食。由于大豆、 花生含有丰富的蛋白质和脂肪，营养丰富，在常温储藏过程中，除一般粮食常见 的生虫、结露、发热之外，还易出现吸湿生霉，引起油料蛋白质变性、酸价增加 和丧失发芽能力等问题，因此常温储藏油料作物除了注意防潮散湿、防治虫害等 问题外，还应有效地保持油料的水分含量，花生含水量必须降低到8%～10%以 下，大豆则在10%～12%以下。

**7.1.2** **低温储藏对食品营养价值的影响**

食品低温储藏是利用低温技术将食品温度降低并维持在低温状态下，以阻止

食品腐败变质，延长食品保存期的保存方法， 一般按食品保藏温度分冷藏和冷冻 保藏两种方式。食品低温储藏不仅可以用于新鲜食品物料，也可以用于食品加工 品、半成品的储藏。

1. 食品冷藏

食品冷藏是低温保藏中一种常用的保藏方法，它是将预冷后的食品，在稍高 于冰点温度(0℃)的条件下进行储藏，冷藏温度一般为-2～15℃,最常用的冷 藏温度是4～8℃。

对大多数食品来说，冷藏不能像热处理、脱水干制、发酵或冻藏那样长期而 有效地阻止食品腐败变质，只能减缓食品的变质速度，但若冷藏处理妥当，在一定 的储存期内，对食品风味、质地、营养价值等的不良影响比热处理、脱水干制、辐 照等工艺的影响要小得多。因此，冷藏仅适用于食物的短期储藏，对适当延长易腐 食品及其原料的供应时间，缓解季节性产品的加工高峰起着一定的作用。

此外，冷藏技术还用于干酪成熟、牛肉嫩化、肉类腌制、酒类陈酿等工艺处 理中，以控制某些食品储藏过程中一些化学和生物酶的反应率，降低有益微生物 的新陈代谢速度。

冷藏处理的新鲜果蔬食品，维生素C 的损失比常温下储存的损失小，例如： 菠菜在室温下储存，其维生素C 的损失每天可高达50%;若在冷藏情况下，其

损失则不会超过10%。表7-1是果蔬冷藏过程中维生素C 的损失情况。

**表7-1** **果蔬冷藏过程中维生素C的损失率** (Zeuthen et al. 1990)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 产品 | 初含量  /(mg/100g) | 损失率/%d① | | |
| 0～2℃③ | 4～8℃③ | 16～24℃④ |
| 苹果 | 12 | 0 1～0 5 |  | 3.0～8.0 |
| 龙眼卷心菜 | 114 |  | 5.0 | 22.0 |
| 花椰菜 | 73 | 0.1～0.2 | 0.1～0.7 | 7.0～14.0 |
| 樱桃 | 15 |  | 18.0～25.0 | 18.0～25.0 |
| 甘蓝 | 105 | 0.5～4.4 |  | 20.0～23.0 |
| 橙 | 50 | 26.0 | 10.0 | 16.0～20.0 |
| 豌豆 | 25 | 1 0～2 0 | 2 0～6 0 | 11.0～13.0 |
| 菠萝 | 19 | 18.0 | 10.0 | 17.0 |
| 土豆 | 17 |  | 0 1～0 6 |  |

①储存时间从2～21d。②储存室的相对湿度为76%～98%。③冰箱中储存，相对湿度为70%～~90%。

④储存室相对湿度为50%～70%。

数据来源：Dennis R Heldman, Richard W Harte. 2003.食品加工原理.夏文水等译.北京：中国轻 工业出版社

· 226 ·

蛋类储藏的适宜温度为1～5℃,相对湿度87%～97%,若同时注意储藏的 清洁条件，避免蛋类受到污染，在此环境中可储藏4～5个月。

水产品的储藏可采用低温和食盐来抑制酶的活性和微生物的生长繁殖，以延 缓其僵直期和自溶期。 一般来说，冷藏的水产品可保存5～14日，冻结的水产品 可保存半年。

2. 食品冷冻

食品冷冻是低温储藏的另一种保藏方法，它是采用缓冻或速冻方法将食品 冻结，然后在保持食品冻结状态的温度下储藏食品的方法。常用的储藏温度为 -23～-12℃,其中以-18℃最为常用。冷冻适用于长期储藏，甚至可达 数年。

冷冻储藏又分为速冻冷藏法和缓冻冷藏法两种类型。速冻冷藏法是将新鲜 原料或加工食品在短时间(30min以内)内快速冻结，特别是通过最大冰晶生 成区(-5～ - 1℃)的速度要快，然后在-23～ - 12℃的低温下储藏。速冻 加工对制成品的细胞、组织危害轻，解冻后对食用品质影响小，是对食品质 地、结构、品质破坏最小，对感官质量影响最小的冷冻方式。相对而言，缓冻 冷藏法是将新鲜原料或加工食品在相对较长的时间(大于30min) 内冻结，然 后在— 12～-23℃的低温下储藏的方法，其对食品质地、结构、品质的破坏要 高于速冻冷藏。

冷冻、冻藏的全过程，在加工工艺上包括：预冻结处理、冻结、冻藏和 解冻。冷冻、冻藏的全过程中某些产品不可避免有维生素损耗，但对食物中 的蛋白质、碳水化合物、脂肪、微量元素等的影响很小，几乎可以忽略不 计。解冻期间，各种水溶性的营养素，如碳水化合物、水溶性蛋白质、氨基 酸、维生素和微量元素等，都有不同程度的溶出流失。总之，合理冻藏的食 品不仅在大小、形状、质地、色泽和风味方面不会发生明显变化，而且还能 保持原始的新鲜状态。

1)烫漂处理对蔬菜中营养素的影响

大多数蔬菜冻结前要进行预处理即烫漂处理，由于蔬菜中含有的碳水化合物 主要是纤维素和淀粉，水溶性的碳水化合物很少；且蛋白质和脂肪含量低，因此 在烫漂过程中对碳水化合物含量影响很小，只可使小部分水溶性蛋白流失，影响 较小，脂肪含量几乎不变，脂溶性维生素也几乎不损失。但烫漂处理使矿物质元 素和水溶性维生素损失很大，这主要是烫漂后沥滤的结果。至于矿物质元素损失 程度的差别，则与它们的溶解度有关。如菠菜在烫漂后矿物质元素的损失 见表7-2所示。

矿物质元素 未烫漂 烫漂 损失率/%

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 钾 | 6.9 | 3.0 | 56 |
| 钠 | 0.5 | 0.3 | 43 |
| 钙 | 2.2 | 2.3 | 0 |
| 镁 | 0.3 | 0.2 | 36 |
| 磷 | 0.6 | 0.4 | 36 |
| 硝酸盐 | 2.5 | 0.8 | 70 |

数据来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

2)冻藏期间食品中营养素的损失

果蔬食物冻结后在冻藏期间，蛋白质、碳水化合物、脂肪和矿物质元素等几 乎没有什么损失，但维生素会有损失。如冷藏温度对维生素 C 的损失影响很大， 温度在— 18～-7℃范围内，每上升10℃,可引起蔬菜如青豆、花椰菜、青豌豆 和菠菜等中的维生素C 以6～20倍的速度加速降解。水果中某些品种如桃和草 莓等中的维生素C, 在-18～-7℃范围内，每上升10℃,降解速度可提高30~ 70倍。通常将果蔬食品冻结到— 18℃以下，并在该温度下储藏，可大大降低其 中维生素C 的损失，并较好地保持食品的原始品质，同时还可获得较长的储存 期。水果和果汁在冻藏期间的维生素 C 损失取决于品种、产品类型(有无糖 浆)、汁液的固形物含量和包装形式等，多数水果中维生素 C 的损失发生在冻藏 期间，但维生素C 的损失不超过30%,有些果汁如浓缩橘汁冻藏中维生素C 损 失率仅为5%。新鲜水果及其制品和经烫漂、冷冻后蔬菜在-18℃储存6～12个 月后维生素C 的损失如表7-3和表7-4所示。

**表7-3** **某些蔬菜冻藏期间维生素C** **的损失**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 食物名称 | 新鲜蔬菜中的代表值 /(mg/100g) | -18℃储存6～12个月的损失率 | |
| 平均/% 范围/% | |
| 莴笋 | 33 | 12 | (12～13) |
| 青豆 | 19 | 45 | (30～68) |
| 青豌豆 | 27 | 43 | (32～67) |
| 菜豆 | 29 | 51 | (39～64) |
| 嫩茎花椰菜 | 113 | 49 | (35～68) |
| 花椰菜 | 78 | 50 | (40～60) |
| 菠菜 | 51 | 65 | (54～80) |

数据来源：葛可佑. 2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

**表7-4水果于-18℃下冻藏期间维生素C的损失**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | 储存期/月 | 维生素C损失率/%(范围) |
| 草莓类 |  |  |
| 加糖草莓片 | 5 | 17(0~44) |
| 草莓酱加糖量5:1 | 6 | 16 |
| 整草莓 | 10 | 34 |
| 切片草莓加糖量6:1  柑橘制品 | 10 | 42 |
| 浓缩橘汁42°Bx | 9 | 1 |
| 橘汁 | 6 | 32 |
| 橘瓣 | 6 | 31 |
| 浓缩葡萄柚汁42°Bx | 9 | 5 |
| 葡萄柚瓣 | 9 | 4 |
| 糖水杏 | 5 | 19 |
| 糖水杏(加维生素C)  桃类 | 5 | 22 |
| 糖水桃片加维生素C 樱桃类 | 8 | 23(12～40) |
| 去核糖水樱桃 | 10 | 19(11～28) |

数据来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

此外，冷冻过程可使高脂食物中的脂类物质发生自动氧化作用，导致食品物 料出现油哈败味。同时脂类还会发生降解，游离脂肪酸的含量会随着冻藏时间的 增加而增加。例如乳的固形物含量与脂类氧化的敏感性有关；冻结的浓缩效应往 往导致大分子胶体的失稳，蛋白质分子可能会发生凝聚，溶解性降低，甚至会出 现絮凝、变性等。冻藏时间延长往往会加剧这一现象，而冻藏温度低、冻结速度 快可以减轻这一现象。

3)解冻期间食物中营养素的损失

不同食物在解冻期间的维生素损失有所不同。解冻时渗出的固形物成分分析 结果表明： 一般解冻处理对果蔬中的维生素损失影响较小，但有水溶性维生素随 解冻时的渗出物流失，其损失量与渗出的汁液量成正比。动物组织在解冻过程中 蛋白质、氨基酸的损失量不大，主要损失的是 B 族维生素和矿物质，矿物质元 素的损失，发生在渗出的流失过程中，损失的程度与其水溶性大小有关。鲜肉是 膳食中维生素 B₁ 、 维生素B2、 尼克酸和铁的重要来源，同时动物内脏是维生素 B₂ 的重要来源。通常经解冻的肉制品由于汁液渗出易造成水溶性维生素损失， 有时高达30%。

总的来说，冷冻食品的营养成分损失较小，但冷冻前的烫漂或肉类的解冻过程 会导致一些维生素和矿物质的损失，有时甚至是大量的维生素损失(10%～44%)。

· 229 ·

**7.1.3** **气调储藏对食品营养价值的影响**

气调储藏是以改变储藏环境中的气体成分(通常是增加二氧化碳浓度和降低 氧浓度)来实现长期储藏食品的一种方式。气调储藏有快速降氧法 (CA 储藏) 和自然降氧法 (MA 储藏)两大类。 CA 储藏是用机械在库外制取所需的人工气 体后送入冷藏库内，达到调节二氧化碳和氧浓度的目的； MA 储藏是在气密的库 房或塑料膜帐里，利用果蔬本身的呼吸作用达到调节二氧化碳和氧浓度的目的。 气调储藏可用于果蔬、粮食、肉类和蛋的储藏保鲜，尤其在果蔬储藏中应用最为 广泛。 一般来说，气调储藏对果蔬营养价值影响较小。

例如在板栗的气调储藏中，高二氧化碳和低氧环境对板栗的生理代谢起到了 一定的抑制作用，使得气调储藏的板栗干耗率、淀粉的水解比冷藏低，其含糖 量、蛋白质的保存率高于冷藏。

杨梅不耐储藏，即使在低温条件下杨梅的营养物质分解仍较为迅速，果实品 质在3～5d 内迅速变劣。2℃下采后4d 内杨梅的呼吸强度上升，并伴随着总糖、 总酸和硬度的迅速下降，还原糖含量迅速升高。而气调储藏对杨梅果实保鲜效果 较好，采后8d 内总糖和总酸含量的下降明显减缓，还原糖含量仅略有上升。

中等成熟的番荔枝经气调冷藏15～16d, 果实含糖和总酸各降低了3.3%和 0.06%,维生素C 损失2.26mg/100g, 延长保鲜期14d, 番荔枝气调储藏期间营 养品质的变化结果见表7-5。

**表7-5** **采后番荔枝气调储藏期间营养品质的变化**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 储藏方法 | 储藏时间  /d | 总糖  /% | 总酸  /% | 维生素 (mg/100g) | 失重率  /% | 好果率  /% |
| 室温气调(26～34℃) | 6～8 | 25.5 | 0.21 | 9.36 | 7.6 | >95 |
| 冷藏气调(12～20℃) | 15～16 | 24.8 | 0.23 | 10.34 | 7.3 | 85～90 |
| 室温储藏(26～34℃) | 1～2 | 28.1 | 0.29 | 12.60 | 12.8 | 100 |

数据来源：张福平，陈蔚辉，林定雄.2003.气调储藏对番荔枝果实耐藏性及品质的影响.特产研究。

(2):12

**7.1.4** **辐照处理对食品营养价值的影响**

为了延长保藏时间， 一些食品在储藏前可先采用原子级射线如γ射线进行辐 照处理。 一般来说，剂量为10kGy 以上的辐照为高剂量辐照，处理后的食品可 达到接近无菌，但一般应配合低温储藏来保藏食品；剂量为1～10kGy 的辐照为 中剂量辐照，可抑制代谢、降低食品中所含微生物菌数，达到延长食品储藏期的 目的；剂量为1kGy 以下的辐照为低剂量辐照，主要用于抑制果蔬发芽、杀虫、 和杀灭寄生虫、延迟生理衰老等方面。

· 230 ·

1. 辐照处理对食品中营养素的影响

1)辐照对食品中蛋白质的影响

食品中的蛋白质经辐照后能发生变性现象，主要变化有：脱氨作用、脱羧反 应、巯基被氧化、交联作用、降解等。这些变化大多与蛋白质大分子裂解及裂解 后的小分子聚结有关。如：蛋白质分子间通过巯基的氧化生成分子内或分子间二 硫键的辐射交联， 一方面导致了蛋白质凝聚的发生，出现不溶解的聚集体；另一 方面，蛋白质发生部分降解，会产生较小的碎片。这些反应的发生，使蛋白质的 损失增加；同时，辐照后蛋白质降解生成了氨基酸，相当于进行了预消化，使蛋 白质的吸收利用率比未辐照的有所增加。

2)辐照对食物中脂肪的影响

食物中的脂肪经照射后会发生氧化、脱羧、氢化、脱氢等作用，这些作用主 要由于辐射使食物中的水分在电离辐射作用下产生游离的自由基，这些自由基直 接参与氧化还原反应，从而产生典型的氧化物、过氧化物等。它取决于脂肪的类 型、不饱和程度、照射剂量、氧的存在与否。 一般说来，不饱和脂肪比饱和脂肪 易氧化。

3)辐照对食品中碳水化合物的影响

碳水化合物对辐射相对稳定，只有在大剂量照射下才发生氧化和分解，如多 糖分解后会放出CO₂ 、H₂ 等气体，而且使食品质地变得松脆，黏度也有所下降。 4)辐照对食品中维生素的影响

相对来说辐射对部分维生素影响较大。水溶性维生素对辐射的敏感性，主要 取决于它们是处在水溶液中，还是存在于食品中，或者他们是否受食品中其他化 学物质所保护。其中包括维生素之间彼此的保护作用，由于辐射而产生的自由 基、过氧化物和羰基，可与维生素反应，并产生破坏作用。维生素C 对辐射很 敏感，其损害程度随辐射剂量的增大而加剧，这主要是因为其容易与水受辐射时 分解的自由基发生反应的结果。食品在冷冻状态下辐射时，由于水分子产生的自 由基流动性小，故维生素C 的破坏小。当辐射剂量在5kGy 以下时，维生素C 的 损失率通常不超过20%～30%,同时由于维生素 C 经辐射后转变而成的脱氢抗 坏血酸也有一定的活性，因此，实际对维生素C 活性的破坏比这个数据要低。

B 族维生素中，维生素B₁ 对辐射的稳定性最差，维生素B2受辐射的影响要 远小于维生素B₁, 再其次是烟酸，其损失率比维生素 B₁ 、维生素B2 要小得多。 一般而言维生素在冰冻状态下破坏最小，这种辐射时所受的破坏程度与其受热加 工时相当。如维生素 B. 在热加工食品中损失65%,在辐射加工过程中约损失 63%。此外，对多种食品而言，即使辐射剂量达到55kGy, 对单独存在的烟酸也 没有太大影响，但当它与维生素C 一起存在时，可迅速被降解破坏，例如烟酸 在桃中的辐射损失率高达50%。

脂溶性维生素对辐射也敏感，其中以维生素E 最为显著，脂溶性维生素对 辐射的敏感性的大小顺序为：维生素E> 类胡萝卜素>维生素 A> 维生素D> 维 生素K。

维生素A 在辐射时的损失率不仅与辐射剂量有关，而且与食品成分有关。 牛奶经4.8kGy 辐射时，维生素A 损失较大，鲜牛奶的损失比干酪、奶油等乳制 品要高，这可能与水分含量有关。鲜奶中含水量大，辐射时产生的电子、离子、 自由基等各种活性粒子多。这些活性粒子引起的化学反应，会影响食品成分的分 子结构的变化，从而引起维生素的损失增加。

此外，辐射时维生素之间也存在相互保护(或破坏)作用，在维生素C 与 烟酸共存时非常明显。当二者分别接受大剂量辐射时，维生素C 损失严重，而 烟酸则非常稳定；当二者共存时，烟酸竞争性地与被活化的水分子结合，破坏增 大，从而保护了维生素C 免遭破坏。另外，维生素C 对维生素 B2 也有保护作 用。在脂溶性维生素中，也存在类似的保护作用，维生素C 和维生素E 可使β- 胡萝卜素的破坏减少。

5)电离辐射对食品中微量元素的影响

电离辐射对食品作用，使得食品中的组成分子产生电子、离子、自由基等各 种活性粒子。由这些活性粒子引起的化学反应会影响食品中微量元素的存在形 式，降低其生物有效性。如辐射作用于食品中的水分子，水分子在电离辐射作用 下所产生的自由基，将直接参与氧化还原反应，使食品中高生物效价的二价铁或 亚铁盐转化为不易为人体吸收、生物效价低的三价铁盐。

2. 辐照处理对各种食品的营养价值的影响

从食品的整体来说，辐照处理过程食品温度升高很小，而且可以在常温或低 温不进行，因此经适当辐照处理的食品在质地和色、香、味方面变化很小。

1)谷类

造成谷类食品耗损的重要原因之一是昆虫的危害和霉菌活动导致的腐烂变 质。杀虫的效果与辐照剂量有关，0.1～0.2kGy 辐照可以使昆虫不育， lkGy 可 使昆虫几天内死亡，3～5kGy 可使昆虫立即死亡。抑制谷类霉菌蔓延发展的辐 照剂量是2～4kGy, 小麦和面粉杀虫的剂量是0.20～0.75kGy, 焙烤食品为 lkGy。 研究证实，经0.2～2.0kGy 剂量辐照过的玉米、小麦、大米，其营养成 分未发生明显变化：

在辐照杀虫的剂量范围内，辐照处理对谷类和豆类的营养品质没有或很少有 影响，但在较高的辐照剂量下，辐照处理会对营养品质产生一定的影响。

Marathe等(2002)研究了γ射线辐照对小麦面粉品质的影响，结果表明应 用0.25～1.00kGy 的剂量辐照包装的面粉，在室温下保藏6个月，没有发现辐 照对面粉总蛋白、脂肪、碳水化合物、灰分和含水量有影响(见表7-6),研究

· 232 ·

还表明辐照处理的面粉在储藏间出现含水量、还原糖、游离脂肪酸的轻微增加，

面粉的黏性有所下降。

**表7-6** **辐照对小麦面粉营养成分保存率的影响** (Marathe et al. 2002) (单位：%)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 营养成分 | 保藏时间/月 | 0 | 0.25 | 辐照剂量/kGy  0.50 | 1.00 |
| 含水量 | 0 | 8.8 | 8.2 | 8.5 | 8.5 |
|  | 6 | 9.7 | 9.9 | 9.7 | 10.6 |
| 脂肪 | 0  6 | 1.9  1.9 | 2.0  1.9 | 1.9  1.9 | 2.0  1.9 |
| 灰分 | 0  6 | 1.6  1.4 | 1.4  1.5 | 1.4  1.5 | 1.6  1.8 |
| 蛋白质 | 0  6 | 11.7  11.9 | 12.3  12.9 | 11.8  12.6 | 11.9  11.9 |
| 碳水化合物 | 0  6 | 76.3  74.9 | 76.1  73.6 | 76.5  74.3 | 76.0  73.6 |

数据来源：汪勋清，哈益明，高美须.2005.食品辐照加工技术.北京：化学工业出版社

2)豆类及坚果类

豆类是人们从膳食中获得蛋白质的重要来源。研究表明高剂量γ辐照处理能 增强豆类蛋白质的脱氨作用。如2kGy 以上辐照处理能增强干红菜豆蛋白质的脱 氨作用，且增加了蛋白质的溶解性和疏水性。

此外，低剂量y 辐照对豆类食物的低聚糖含量有影响。如用辐照(0.25kGy 和0.75kGy) 处理的绿豆发芽，在0～2d 内发现，引起肠胃气胀的一些低聚糖含 量下降，而对照组要在4d 后才出现下降的现象，同时发现辐照后的样品中可代 谢的果糖、葡萄糖和半乳糖的含量增加，0.25kGy 的辐照对绿豆的发芽和芽的 长度没有影响，因此，在绿豆辐照杀虫的剂量范围内，辐照处理能够使引起肠胃 气胀的低聚糖含量下降，改进绿豆的营养品质和消化性能。

3)果蔬类

辐照能使水果中的化学成分发生变化，如维生素 C 的损失、原果胶变成果 胶质及果胶酸盐、纤维素及淀粉的降解、某些酸的破坏及色素的变化等。辐照延 长水果的后熟期，对香蕉、木瓜、芒果等热带水果十分有效，如对绿色香蕉的辐 照剂量常低于0.5kGy, 但对有机械伤的香蕉一般无效；用2kGy 剂量即可延迟 木瓜的成熟；对芒果用0.4kGy 剂量辐照可延长保藏期8d, 用1 . 5kGy 可完全杀 死果实中的害虫。水果的辐照处理，除可延长保藏期外，还能增加水果的加工性 能，如使涩柿提前脱涩和增加葡萄的出汁率等。

蔬菜的辐照处理主要是抑制发芽，杀死寄生虫，辐照可以改变蔬菜的呼吸

· 233 ·

率，防止老化，改变化学成分等，如马铃薯、洋葱等经辐照后可抑制发芽；辐照

蘑菇可防止开伞，延长储藏期。

4)肉类

通常用辐照方法保藏鲜肉，需结合热处理方法。如用加热方法使鲜肉内部的 温度高达70℃,保持30min, 使其蛋白分解酶完全被钝化后再进行辐照。

高剂量辐照处理肉类，可达到灭菌保藏的目的，所用的剂量要能杀死抗辐照 性强的肉毒芽孢杆菌；对低盐、无酸的肉类(如鸡肉)需用剂量45kGy 以上。 但肉类的高剂量辐照灭菌处理会使产品产生异味，此异味随肉类的品种不同而 异，牛肉产生的异味最强。目前防止异味最好的方法是在冰冻温度-80～-30℃ 下辐照，因为异味的形成大多数是间接的化学效应。在冰冻时水中的自由基的流 动性减少，可防止自由基和肉类成分的相互反应发生。同时，辐照可引起肉颜色 的变化，在有氧存在下更为显著。

研究表明，经72℃蛋白酶热钝化处理和真空包装的猪肉样品，在一20℃温 度下辐照45kGy, 对猪肉的蛋白质虽有所影响，但影响不大。辐照猪肉发生很小 的结构变化，其氨基酸主要组分基本保持不变，也就是说高剂量辐照并不会导致 猪肉损失其蛋白质营养值。

肉类是维生素 B₁ 的重要来源。维生素 B₁ 对辐照非常敏感，在温度高时更为 敏感。肉及肉制品在冷冻状态下用辐照处理可以显著减少维生素B₁ 的损失(见 表7-7)。

**表7-7** **火腿和牛肉中维生素B₁** **保留率与辐照剂量、温度的关系**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 食品 | 处理 | 剂量/kGy | 辐照温度/℃ | 维生素B₁保留率 % |
| 牛肉 | 照射  照射  照射 | 30  30  60 | -80  5  -80 | 90  10  75 |
| 火腿 | 照射  照射  照射  加热杀菌 | 40  40  50  罐头(680g装) | -80  室温  -80 | 49  4  88  33 |

数据来源：赵晋府.2002.食品技术原理.北京：中国轻工业出版社

5)水产品类

水产品辐照保藏多数采用中、低剂量处理，通常辐照对蛋白质和氨基酸总体 上没有影响。如经过2～45kGy 的辐照，虾中色氨酸的变化在各处理中没有明显 差异。

为了延长储藏期，低剂量辐照鱼类多结合低温(3℃以下)储藏。不同的鱼

· 234 ·

类有不同的剂量要求，如淡水鲈鱼在1～2kGy 剂量下，延长储藏期5～25d; 大 洋鲈在2.5kGy 剂量下，延长储藏期18～20d; 牡蛎在20kGy 剂量下，可延长储 藏期几个月。

不同辐照剂量对鳕鱼中维生素含量影响研究的结果表明，6～10kGy 的辐照 会导致维生素B₁ 含量明显下降，其他维生素在6～10kGy 的辐照范围内含量变 化很小或变化不明显，即使在45kGy 的条件下尼克酸和维生素 E 的含量仅略低 于对照(见表7-8)。

**表7-8** **不同辐照剂量对鳕鱼维生素含量的影响** (Underdal et al. 1973) (单位： mg/kg)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 辐照剂量/kGy | 维生素B | 维生素Bx | 尼克酸 | 维生素E |
| 0 | 0.51 | 1.75 | 16.8 | 7.0 |
| 1 | 0.57 | 1.46 | 16.4 | 6.0 |
| 3 | 0.87 | 1.64 | 17.9 | 7.0 |
| 6 | 0.07 | 1.54 | 16.5 | 6.5 |
| 10 | 0.07 | 0.95 | 18.2 | 5.5 |
| 25 | 0.02 | 0.81 | 15.4 | 5.0 |
| 45 | 0.02 | 0.46 | 13.5 | 4.5 |

数据来源：汪勋清，哈益明，高美须.2005.食品辐照加工技术.北京：化学工业出版社

6)蛋类

蛋类辐照的目的是杀灭沙门氏菌，同时避免蛋白质降解而使蛋液黏度降低或 产 生H₂S 等异味。 一般5～6kGy 的辐照能够显著降低冷冻的蛋类或由蛋类制成 的食品中的微生物，带壳鲜蛋则用10kGy 剂量辐照。

7.2 加工对食品营养价值的影响

**7.2.1** **热处理对食品营养价值的影响**

热处理是食品加工与保藏中用于改善食品品质、延长食品储藏期最重要的处 理方法之一 。食品工业中采用的热处理有不同的方式和工艺，如：蒸煮、焙烤、热 杀菌、煎炸等，不同种类的热处理所达到的主要目的和作用也有不同，但热处理过 程对微生物、酶和食品成分的作用以及传热原理和规律却有相同和相近之处。

热处理用于食品加工中可以杀死微生物、钝化酶，破坏食品中不需要或有害 的成分和因子；改善食品的品质和特性、提高食品中营养成分的可利用率、可消 化性等。但热处理也易给食品带来一些负面影响：食品中的营养成分，特别是热 敏性成分的损失；食品的色泽、口感劣化等。同时，热处理对食品营养素和感官 品质的影响取决于食品的种类、营养素和感官指标的种类，以及 pH 值、水分、 氧气含量和缓冲盐类等一些热处理时的条件。

1. 热处理对维生素的影响

热处理造成的营养素的损失研究最多的是维生素。脂溶性维生素一般比水溶 性维生素的热稳定性强，热稳定性最差的是维生素C、 维生素B₁ 、 维生素B₂ 和 维生素D, 其他维生素在杀菌加热时变化不大。

如蔬菜等通过杀青处理后，维生素B₁ 损失约5%～10%,维生素C 损失约 10%～30%。通过装罐杀菌，前者损失40%～60%,后者损失约50%～80%。 总的来说高温对食品物料中的维生素均有不同程度的破坏。

肉品在受到高温加热时，特别是在121℃下长时间受热，肉中含有的人体必需 氨基酸会遭到严重破坏，肉中蛋白质的营养价值会大大降低。肉中的维生素包括维 生素B、 维生素B2、 尼克酸、维生素B、 叶酸等，这些维生素在受热时，也会受 到一定的损失；特别是维生素B, 在中性及碱性溶液中遇热，很容易受到破坏， 加热过程会损失15%～25%(而在酸性溶液中，可以耐受120℃的高温)。当猪肉 和牛肉在100℃的水中受热蒸煮1～3h, 吡哆酸的损失较多。在121℃的情况下受 热 1h后，猪肉中的吡哆酸的损失率将达61.5%,牛肉中的吡哆酸的损失率将达 63%。在长时间受热或者制作罐头时，叶酸也会有较大的损失。

不同的热加工方式对维生素的影响不同。超高温 (UHT) 杀菌、巴氏杀菌、 高温短时 (HTST) 巴氏杀菌等不同工艺下，维生素的损失不同。牛乳和果汁通 常用超高温 (UHT) 杀菌，脂溶性维生素 (A、D、E、K) 损失很少。牛乳中 的水溶性维生素在HTST 巴氏杀菌时仅维生素B₁ 、 维生素Bz、 维生素C 和叶 酸有一定损失(0%～10%);但是，采用UHT 杀菌时，维生素B₁ 、 维生素B₂ 、 维生素B。和维生素 B₂ 的破坏增加(见表7-9)。

**表7-9** **不同热加工时牛乳维生素的损失** (单位：%)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 维生素维生素维生素 | | | 烟  酸 | 泛  酸 | 叶  酸 | 生物维生素维生素维生素维生素 | | | | |
| ₁  B | B₂ Be | | 素 | B12 | C | A | D |
| 低温巴氏杀菌 | 10 | 0 | 20 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HTST巴氏杀菌 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UHT杀菌 | 0 | 10 | 20 | 0 | ? | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 瓶装杀菌 | 35 | 0 | \* | 0 | ? | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浓缩 | 0 | 0 | \* | ? | ? | ? | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 加糖浓缩 | 0 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | 10 | 0 | 5 | 0 | 0 |
| 滚筒干燥 | 5 | 0 | 0 | ? | ? | ? | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 喷雾干燥 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | ? | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注：?表示可能有光引起的损失；\*表示生物可利用性有显著损失

数据来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

2. 热处理对氨基酸、蛋白质的影响

加热可影响蛋白质的空间排列，研究表明，未加热的蛋白质在进行酶促水 解、消化时，主要产生游离氨基酸，仅有少量小肽； 一般加热杀菌的蛋白质要发 生变性， 一些酶被破坏而失活，这不仅有利于食品的保藏，并且蛋白质的变性可 提高消化性；长时间加热后蛋白质的消化性降低，抑制了氨基酸的释放和利用， 使水解时产生的游离氨基酸减少，因而降低了蛋白质的营养价值。

乳在巴氏杀菌时不影响氨基酸的利用率，但是传统的杀菌方法可使其生物价 下降约6%。与此同时，赖氨酸与胱氨酸的含量分别降低10%和13%。传统的 加热杀菌方法生产的淡炼乳，其中赖氨酸的损失可达15%～25%。

3. 热处理对脂肪的影响

热加工过程中，食品(特别是含油脂食品)物料中的油脂极易发生氧化，干 燥温度升高，脂肪的氧化加重。油脂类在高温时(200℃)的氧化作用与常温不 同。常温时脂肪氧化可以因羰键断裂，产生许多短链的挥发性和非挥发性物质， 即氧化酸败，影响食品感官质量、降低食品营养价值。高温氧化时，不仅氧化速 度增加，还可产生大量的反式和共轭双键体系，以及环状化合物、二聚体和多 聚体。

此外，食品中的碳水化合物在加热杀菌中的变化主要是淀粉的糊化和纤维软 化，后者在一定程度上会影响食品的风味

**7.2.2** **微波处理对食品营养价值的影响**

微波一般是指波长在1mm～1m 范围内(其相应的频率为300MHz~ 30GHz) 的电磁波。目前微波技术主要应用在食品的储藏和加工中，如对肉、禽 制品、水产品、果蔬、奶制品和面制品的杀菌、消毒、脱水、烫漂和焙烤处 理等。

微波经常用于食品中酶钝化处理工艺，以此可解决传统果蔬加工中用沸水烫 煮引起的大量水溶性营养成分流失，以及采用热空气或蒸汽加热时出现的受热不 均匀问题。如甜玉米棒在冷冻储藏前需抑制玉米及芯中引起变味的酶，传统热处 理工艺将会产生玉米粒过热问题，而采用热水-微波(915 MHz) 工艺，先经热 水处理2～4min, 再用微波处理2min可抑制玉米粒及芯中过氧化酶活性。茶叶 制造过程中的杀青也可以由微波来完成，并且产品的质量有所提高。在水产品中 的保鲜，如虾的保鲜中，经常采用微波来灭酶以防止酶褐变。微波处理还可使稻 米、麦芽中的淀粉酶与其他酶活性大大降低。

微波处理在肉及肉制品的杀菌中也应用广泛。表7-10提供了不同杀菌方式 对酱牛肉营养成分的影响情况，结果表明相对高温、沸水，微波处理对酱牛肉中

· 237 ·

的蛋白质、脂肪、维生素B₁ 、维生素B₂ 影响最小，与对照组最接近。

**表7-** **10** **不同杀菌方式对酱牛肉营养成分的影响**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 杀菌方式 | 蛋白质/% | 脂肪/% | 维生素B₁/% | 维生素B₂/% |
| 微波(2450MHz,3min) | 24.57 | 4.02 | 0.38 | 1.18 |
| 高温(121℃,20min) | 22.76 | 2.04 | 0.29 | 0.95 |
| 沸水(100℃,20min) | 24.51 | 3.56 | 0.35 | 1.10 |
| 对照组 | 24.70 | 4.16 | 0.40 | 1.30 |

数据来源：赵凯，张庆钢.1999.不同杀菌方式对凿牛肉品质的影响.黑龙江商学院学报，15(4): 15～19

**7.2.3** **浓缩对食品营养价值的影响**

浓缩是从溶液中除去溶剂的操作过程，也是溶质和溶剂均匀混合溶液的部分 分离的过程。食品的浓缩，可分为平衡浓缩和非平衡浓缩两种方法。平衡浓缩是 利用两相在分配上的某种差异而获得溶质的浓缩方法，如蒸发浓缩和冷冻浓缩。 非平衡浓缩是利用半透膜等来分离溶质与溶剂的过程，如膜浓缩。

1. 蒸发浓缩

蒸发浓缩是通过物料沸腾将水分除去获得浓缩物的工艺过程，包括常压蒸发 浓缩和真空蒸发浓缩，蒸发浓缩在各种食品的加工操作中主要应用于：果汁(如 橙汁浓缩)、蔬菜汁(如番茄酱)和乳制品(如浓缩牛乳、乳粉在脱水前处理) 的浓缩；盐或糖精的浓缩，用于从高浓度糖浆来生产硬糖；通常浓缩处理可抑制 食品物料中微生物的生长，提高货架期的稳定性和产生理想的质地。

食品中的蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素以及其他成分，在高温或长时 间受热时会受到破坏或发生变性、氧化等作用。真空蒸发浓缩则能更好地保持食 品中的营养成分。在真空条件下，液体的沸点低，物料在较低温度下蒸发，从而 减少了对热敏性食品成分的破坏。

2. 冷冻浓缩

冷冻浓缩是一项浓缩新技术。它是利用冰和水溶液之间固液相平衡原理的一 种浓缩方法。先将食品中的部分水冻结，使浓缩产物中产生一种含冰晶的浆状 物，然后用某种洗涤技术使冰晶分离从而获得浓缩物的工艺过程。

冷冻浓缩由于不涉及加热过程，所以这种方法适用于热敏性食品物料的浓 缩，可避免挥发性风味物质和芳香物质因加热造成的挥发损失，能生产出高品质 的产品。但由于成本昂贵，冷冻浓缩在食品工业中的应用一般限于果汁、咖啡、 茶叶提取物、啤酒、葡萄酒、生物制品、药品和调料品等。

· 238 ·

在日本、法国等发达国家，对冷冻浓缩的研究比较多，有用冷冻浓缩工艺制 作速溶咖啡、橙汁的报道，如浓缩咖啡时有效成分损失小于1%;浓缩果汁时维 生素保护得很好；也有用冷冻浓缩工艺提纯浓缩葡萄酒，以保护酒内的维生素及 活性物质的报道。

3. 膜浓缩

膜浓缩是一种类似于过滤的浓缩方法，只不过“过滤介质”为天然或人工合 成的高分子半透膜，如果“过滤”膜只允许溶剂通过，把溶质截流下来，使溶质 在溶液中的相对浓度提高。膜浓缩包括反渗透、超滤和电渗析等方法，目前已成 功地应用于牛乳、咖啡、明胶、乳清蛋白等的浓缩工艺中。

果汁在蒸发浓缩过程中，原果汁所含的水溶性芳香物质及维生素几乎完全被 破坏、损失。据Morga 等研究发现，当采用管式反渗透组件在10MPa 的操作压 力下处理橘子和苹果汁，可得到固形物损失率小于1%的浓缩果汁(浓度可达到 40%),其芳香物质及维生素得到了很好的保存。由于膜浓缩存在浓缩极限，目 前反渗透主要用于果汁的预浓缩。

**7.2.4** **挤压及挤压膨化对食品营养价值的影响**

1. 挤压

食品挤压技术是指物料经预处理(粉碎、调湿、混合)后，经机械作用强迫 使其通过一个专门设计的孔口或模具，以形成一定形状和组织形态的产品，其常 用于面制品加工中，如通心面的挤压成型等。挤压过程中除了高温高压之外，还 存在着较高的剪切力。挤压过程与一般的加工过程相比，水分含量较低， 一般不 会超过30%,因此挤压过程中各种营养素的变化也与一般的加工过程有所不同。 1)挤压过程中淀粉的变化

挤压食品的原料主要是淀粉。原料在挤压过程中，经过高温高压和高剪切力 的作用，淀粉糊化之后又产生相互间的交联，形成网状的空间结构。该结构在挤 出后，由于水分的迅速闪蒸，温度迅速下降从而定形，成为膨化食品结构的骨 架，给予产品一定的形状。若产品中很少或根本不含有淀粉，则产品很难形成具 有一定膨化度的松散的产品结构。挤压过程中，淀粉主要发生糊化和降解作用。 2)挤压过程中蛋白质、氨基酸的变化

经挤压之后，蛋白质的总量有所降低，有部分蛋白质发生降解，使游离氨基 酸的含量升高。其中赖氨酸的损失根据不同的条件损失为13%～37%,蛋氨酸 的损失也比较大，约26%～28%,胱氨酸损失在17%左右，精氨酸损失20%左 右。除以上氨基酸外，其他氨基酸的损失不大。使氨基酸含量变化的主要作用因 素是挤压温度和水分含量。挤压过程中，原料中糖含量的下降也有一定程度的影

响，糖对氨基酸含量变化的影响主要来自于美拉德反应。

3)挤压过程中脂肪的变化

在挤压过程中脂肪与淀粉和蛋白质形成复合物，复合物的形成对脂肪起到了 保护作用，减少了脂肪产品保存时的氧化程度，因此在一定程度上起到了延长产 品货架期的作用。

挤压原料中脂肪含量高，产品的膨化度小。脂肪含量在10%以下时，对产 品的膨化度影响不明显；脂肪含量较高时，对产品的膨化度影响很大。但在相同 的脂肪含量下，复合脂肪的生成量越多，产品的膨化度越大。

4)挤压过程中维生素的变化

挤压过程的温度较高，物料在套筒中停留的时间较短，故该过程实际上是一 种高温短时过程。物料从模具挤出后，由于水分的闪蒸，带走了大部分的热量， 使物料能够在短时间内从挤压套筒中的高温(120～200℃左右)迅速降至70~ 80℃的相对低温。因此对于谷物加工的其他方法来说，挤压过程中物料的受热强 度相对较小，该过程中维生素的损失也相对较小。除了受热强度较小外，挤压过 程中维生素的损失较小还有另外的原因，即物料在挤压机的套筒中与空气的接触 少， 一些容易发生氧化的维生素如维生素A、 维生素C 等也不会因为氧化而产 生过多的损失。

2. 挤压膨化

挤压膨化是一种膨化食品常用的加工方式，原料一般为谷类、薯类和豆类 等，通过挤压膨化过程制得膨化食品，如爆米花、酥棒、膨化饼干、早餐谷 物等。

含有一定水分的物料，在挤压机套筒内受到螺杆的推动作用及卸料模具和套 筒内节流装置的反向装置方向的阻滞作用，另外还受到来自于外部的和物料与螺 杆、套筒内部摩擦热的加热作用。此综合作用的结果使物料处于高达3～8MPa 的高压和高温下(一般可达120～200℃,根据需要还可达到更高)。如此高的压 力超过了挤压温度的饱和蒸汽压，所以物料在挤压套筒内不会产生水分的蒸发和 沸腾，在如此高的温度、剪切力及高压的作用下，物料呈现熔融状态。当物料被 强行挤出模具口时，压力骤然降为常压，此时水分便会发生急骤的闪蒸，产生类 似于“爆炸”的情况，产品随之膨胀。

挤压膨化是高温短时的过程，由于原料受热时间短，在加工过程中食品的营 养成分几乎没有损失。挤压过程中大约有70%的维生素C 被保留下来，而采用 一般的加热处理或热力杀菌，则维生素C 的保存率不到40%。挤压过程中的矿 物质没有损失，维生素B₁ 、维生素B₂ 和泛酸也几乎没有损失。膨化过程中不仅 使原料的质构发生变化，其内部分子结构也发生变化，如一部分淀粉分子发生降 解转化为糊精、低聚糖和麦芽糖等。

· 240 ·

挤压膨化后，食品多孔的蓬松结构和其中某些成分的降解有利于消化酶的作 用，利于人体吸收。挤压后的淀粉和蛋白质均易受酶作用而发生水解。如：挤压 后的大米其蛋白质消化率可以提高到83.84%,而未经挤压膨化的煮熟大米，其 蛋白质消化率仅有75.95%;大豆经挤压加工后用于酱油的酿造，其蛋白质利用 率高达90%,而未经挤压的大豆用于酿造酱油时，其蛋白质的利用率一般只有 65%左右。

**7.2.5** **高压处理对食品营养价值的影响**

高压处理就是将食品物料置于高压(100MPa 以上)装置中加压处理，以达 到灭菌目的。 一般来说，高压对食品中的风味物质、维生素、色素及各种小分子 物质的天然结构几乎没有影响。因而采用高压技术处理食品，与传统的食品热处 理方法相比，能较好地保存食品原有的色、香、味及营养成分。

通常100～300MPa 压力引起的蛋白质变性是可逆的，超过300MPa 引起的 变性是不可逆的。高压使蛋白质变性，是由于压力使蛋白质原始结构伸展，导致 蛋白质体积的改变。使蛋白质发生变性的压力依不同的食品原料而不同。

油脂类耐压程度低，常温下加压到100～200MPa, 基本上变成固体，但解 除压力后固体仍能恢复到原状。并且，高压处理对油脂的氧化有一定的促进。

高压可使淀粉变性。常温下加压到400～600MPa, 可使淀粉糊化而呈不透 明的黏稠糊状，且吸水量也发生改变，原因是压力使淀粉分子的长链断裂，分子 结构发生改变。

根据研究报道，对蜂蜜进行高压杀菌处理，结果发现在微生物致死的条件 下，对糖类几乎没有影响。

牛肉宰后需要在低温下存放10d 以上才能成熟，若采用高压技术处理牛肉 只需10min。 与常规加工方法相比，经过高压处理后肉制品改善了嫩度、色泽和 成熟度，增加了保藏性。牛肉在常温进行250MPa 的处理，可使肉得到一定程度 的嫩化。

高压处理可保持水产品原有的新鲜风味。例如，在600MPa 下处理10min, 可使对虾等甲壳类水产品外观变色，细菌量大大减少，但仍保持原有的生鲜味。 日本采用400MPa 高压处理鳕鱼、沙丁鱼、鳍鱼制造胶凝的鱼糜制品，高压加工 的鱼糜制品感官质量好于热加工产品。

**7.2.6** **干制对食品营养价值的影响**

干制就是在自然条件下或人工控制条件下使产品中水分蒸发的工艺过程。干 制一般包括自然干制，如晒干、风干等，以及人工干制，如箱式干燥、隧道式干 燥、滚筒干燥、喷雾干燥、真空干燥、辐照干燥和微波干燥等。

食品成分一般属于热敏性物质，在加热干制过程中，难免不受到损害。

· 241 ·

1. 干制对蛋白质的影响

在干制过程中蛋白质要发生变性。其一是热变性，即在热的作用下，维持蛋 白质空间结构稳定的氢键、二硫键等被破坏，改变了蛋白质分子的空间结构而导 致变性；其二是由于脱水作用使组织中溶液的盐浓度增大，蛋白质因盐析作用而 变性。

另外，氨基酸在干制过程中的损失也有两种机制。 一种是通过与脂肪自动氧 化的产物发生反应而损失氨基酸；另一种则通过参与美拉德反应而损失氨基酸。

2. 干制对脂肪的影响

虽然干制品的水分浓度较低，脂酶及脂氧化酶的活性受到抑制，但由于缺乏 水分的保护作用，含油脂的食品，尤其是含不饱和脂肪酸高的食品极易发生脂质 的自动氧化，导致干制品的变质。脂质氧化不仅会影响到干制品的色泽、风味， 而且还会促进蛋白质的变性，使干制品的营养价值和食用价值降低甚至完全丧 失，这常成为影响干制品品质的重要问题。如高温脱水时，脂肪的氧化就比低温 时严重得多，若事先添加抗氧化剂则能有效地控制脂肪的氧化。

3. 干制对碳水化合物的影响

在干制过程中，水果蔬菜中的碳水化合物变化主要是糖类的损失；而动物性 食物除乳、蛋制品之外，碳水化合物的变化不是干制过程中营养变化损失的主要 问题。

在人工干制果蔬中，高温快速脱水工艺处理能很快的抑制酶的活性和呼吸作 用，干制时间短，可减少糖分的损失，但较高的干燥温度会造成糖分大量的 损失。

果蔬食品中含有的碳水化合物主要是淀粉类、纤维类和糖类。高温快速干燥 中，淀粉和纤维素在干制过程中相对稳定，不易损失。而糖类，尤其是水果中含 量丰富的果糖和葡萄糖非常不稳定，易于分解，长时间的加热脱水干制，尤其是 加热温度较高时，还原糖含量较高的食品易于发生焦糖化反应，导致糖的损失严 重。例如，大荔圆枣在70℃干燥10h糖分损失为12.3%,34h 为16.4%;而在 65℃时，干燥34h 的糖分损失仅为6.5%。

自然干制的果蔬因干燥缓慢，酶活性不能很快被抑制，呼吸作用仍要进行一 段时间，从而要消耗一部分的糖类和其他有机物质。干制时间越长，糖分损失越 多，干制品的质量越差，质量也相应降低。

缓慢晒干(即温度较低的干燥过程)中，淀粉类、纤维类和糖类都会发生不 同程度的变化。 一方面，干燥初期由于水果自身的呼吸作用，会导致制品体内单 糖的分解消耗，使糖的含量降低；另一方面，淀粉、纤维类在水解酶类的作用

· 242 ·

下，产生糖类，最终结果是淀粉、纤维类等大分子多糖类含量降低，引起干制品 中含糖量的升高。尤其是成熟度低的水果中，纤维素、淀粉、生果胶含量高，水 果口感差，甜度低，随着缓慢干燥的进行，水果体内的温度逐渐升高，淀粉酶、 纤维素酶、果胶酶活性增加，催化水果熟化，水果中的大分子碳水化合物转化为 糖，最终导致干制品的绝对含糖量高于鲜果。

4. 干制对维生素的影响

食品中大部分维生素的性质不太稳定，许多理化因素都可以引起维生素的损 失。温度的变化，特别是较高的温度、氧气的存在、光线的照射，都可使维生素 分子裂解、环键氧化、环状结构打开，从而丧失活性，造成损失。

对水溶性维生素：维生素 C 和 B 族维生素而言，干制处理中最不稳定的维 生素是维生素C, 由于维生素C 对加工温度和氧非常敏感，因而易氧化而遭受损 耗。通常在迅速干燥时维生素C 的保存量远大于缓慢干燥，在缓慢日晒干燥中， 维生素C 几乎损失殆尽。

B 族维生素中维生素B₁ 的稳定性最差，通常对温度最敏感，预煮处理时， 蔬菜中的维生素B₁ 损耗量达15%,高于维生素C 和维生素B₂ ; 它在中性和碱性 环境下稳定性不好；蔬菜烫漂后进行空气干燥时，维生素 B₁ 平均损失范围从豆 类的5%到马铃薯的25%和胡萝卜的29%;牛奶在喷雾干燥时维生素B₁ 的损失 与成品水分含量有关，水分高则损失大；冷冻干燥的鸡肉、猪肉和牛肉的维生素 B 损失率平均为5%。

维生素B2 在酸性或中性溶液中对热稳定，即使在120℃下加热6h 也仅有少 量被破坏，且不受大气中氧的影响。但是在碱性溶液中易被热分解。维生素B2 易被光破坏，尤其是紫外线。日光干燥脱水对这类食品中维生素B₂ 破坏严重， 尤其是若在干燥前用碱性溶液烫漂，破坏更严重。

维生素B。是吡啶的衍生物，有3种活性存在形式：吡哆醛、吡哆醇、吡哆 胺，广泛分布于动植物体内。3种形式的维生素B 对热都很稳定，其中吡哆醇 最稳定。脱水干燥过程中，损失很少。

维生素B₂ 主要存在于肉类、海产动物、蛋和乳类食品中，植物食品一般不 含该种维生素。维生素B₂ 对热稳定，但是，遇到强光或紫外线不稳定。因此， 日光干燥时破坏严重，烘干脱水破坏少。

尼克酸是较稳定的一种维生素，耐热，即使在120℃下加热20min几乎不被 破坏，对光、氧、酸、碱也很稳定。因此在脱水过程中损失非常少，其损失主要 发生在干燥前的烫漂和沥滤中。

叶酸在无氧条件下稳定，可被日光分解，因此，日晒干燥对其影响较大。

与水溶性维生素相比，在一些脱水干燥工艺中脂溶性维生素的稳定性要好一 些。例如乳类的维生素A 和维生素D 在喷雾干燥、滚筒干燥或蒸发浓缩时损失

· 243 ·

很少或没有损失；同样蛋类在喷雾干燥时维生素A、 维生素 D 损失也很小或无 损失。

脱水过程中维生素A 的破坏损失为10%～20%,具体的损失数值随不同干 燥方式而异，冷冻干燥的橘子汁、喷雾干燥的强化乳粉，其胡萝卜素和维生素A 的损失可以忽略不计(<10%)。

维生素E 有天然抗氧化的性质(即本身易被氧化),它在脱水期间损失的研 究不多，维生素E 与乙酸反应酯化后形成生育酚乙酸酯，可极大地改善化合物 的稳定性，所以广泛用于食品强化和饲料的添加中。

胡萝卜素是植物性食物中的维生素A 原。据资料，β-胡萝卜素在冷冻干燥 过程的保留率为85%,普通空气干燥的保留率为80%,鼓风干燥效果较差只保 留72%。在其他一项报道中，胡萝卜分别用浅盘空气干燥、喷爆干燥和冷冻干 燥脱水时，所引起的总β-胡萝卜素的损失(见表7-11)。

**表7-11** **不同干制条件下胡萝卜中的β-胡萝卜素的损失**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 成分名称 | 浅盘干燥/% | 喷爆干燥/% | 冷冻干燥/% |
| 总β-胡萝卜素 | 26 | 19 | 15 |
| 反式β胡萝卜素 | 40 | 40 | 20 |

数据来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

总之，不同食物原料含维生素的种类、数量不同，干制过程中，维生素的损 失情况不同。 一般肉类加工过程中维生素B 的损耗较大，而维生素B₂ 和尼克酸 的损耗则较少。乳制品在喷雾干燥时，维生素A 的保存效果很好，几乎不损失， 尽管此时维生素B、 维生素B2会有所损失，但又比果蔬干制中要低得多。

5. 千制对矿物质的影响

干制过程对食物中矿物质含量的影响比较小， 一般可以忽略不计。只有两种 情况下有所影响：其一，干燥前如果需要进行烫漂处理，则在烫漂过程中， 一些 水溶性较好的矿物质会溶于烫漂水中而流失掉；其二， 一些还原性较强的微量金 属元素，如二价铁离子等，在热干燥过程中因氧化作用而变为三价铁，降低了营 养价值。

尽管干燥过程对矿物质含量的影响不大，但在干制品的复水过程中，矿物质 的损失却不容忽视。因为干制过程中，尤其缓慢干燥过程对蔬菜类的细胞损伤比 较严重，复水时，损伤细胞中的水溶性内容物将溶解而流失掉。

**7.2.7** **腌制对食品营养价值的影响**

将食盐或糖渗入食品组织内，降低其水分活性，提高其渗透压，或通过微生

· 244 ·

物的正常发酵降低食品的 pH, 从而抑制腐败菌的生长，防止食品的腐败变质， 获得更好的感官品质，并延长保质期的方法称为腌制保藏。这是人类最早采用的 一种行之有效的食品保藏方法。

1. 腌制对脂肪的影响

腌制过程中亚硝酸盐和硝酸盐不仅对肉制品的色泽有影响，对腌制品的风味 也有很大的影响，它们的还原性导致肉中会产生一系列的变化，并防止或延缓了 脂肪的氧化。脂肪含量对成熟腌制品的风味有影响，多脂鱼腌制后的风味胜过少 脂鱼。有人认为脂肪在弱碱性条件下将分解成甘油和脂肪酸，而后者将与硝酸盐 和亚硝酸盐还原生成的碱类化合物合成皂化，其结果将降低肉制品的油腻感。少 量甘油还可使腌制品润泽、略带甜味。腌制咸猪腿肉，其面上的脂肪增加了腌肉 特有的风味。

2. 腌制对蛋白质的影响

在腌制过程中，蛋白质发生明显变化，产生了氨基酸、胺和其他成分。在腌 制时，肌肉组织中的一部分可溶性物质溶解到盐水中，如肌球蛋白、肌动球蛋白 等。这些营养物质成为微生物生长的物质基础，同时，也是成熟腌制品风味的 来源。

3. 腌制对维生素的影响

对果蔬制品而言，糖煮过程经热处理，维生素C 损失较多。糖腌不需要加 热处理，产品中的维生素C 损失较少，但产品含水量高，不利于保藏。

用10%的食盐腌制香椿，在腌制初期，由于水分渗出及淀粉水解成葡萄糖， 总糖含量呈现累积升高趋势，随着腌制时间增加，淀粉酶活性降低，而乳酸发酵 又使总糖含量略有降低。在香椿腌制中，维生素C 由于揉搓，细胞破裂，汁液 流失，加之维生素C 酶的作用，维生素C 被氧化而减少，蛋白质变化不大。由 于渗透压高，干物质含量略有增加，水分略有降低(见表7-12),

**表7-12** **10%食盐腌制香椿在不同存放时间营养品质的变化**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 存放时间/d | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 27 | 40 | 50 | 鲜香椿 |
| 总糖/% | 0.92 | 1.68 | 2.91 | 3.08 | 3.27 | 3.14 | 2.95 | 2.91 | 0.70 |
| 维生素C /(mg/100g) | 246 | 112 | 55 | 48 | 42 | 38 | 32 | 29 | 287 |
| 蛋白质/% | 5.95 | 5.34 | 4.86 | 4.52 | 4.35 | 4.29 | 4.25 | 4.31 | 5.98 |
| 干物质/% | 20.02 | 20.36 | 20.92 | 21.18 | 21.88 | 23.00 | 23.77 | 24.84 | 19.10 |
| 水分/% | 79.98 | 79.64 | 79.08 | 78.82 | 78.12 | 77.05 | 76.23 | 75.16 | 80.90 |

数据来源：周志才，王美兰.2004.香椿腌制及储藏过程中品质变化的研究.食品科学，(25):12

· 245 ·

**7.2.8** **食品的烟熏**

食品尤其是肉类，烟熏保藏有着悠久的历史。食品的烟熏保藏是在腌制的基 础上利用木材不完全燃烧时产生的烟气熏制食品的方法。它可赋予食品特殊的风 味并能延长其储藏期。食品的烟熏主要用于动物性食品的制作，如肉制品、禽制 品和鱼制品，某些植物性食品也可采用烟熏，如豆制品和干果。

烟熏的同时常伴随着加热。烟熏和加热不但对微生物有杀灭作用，对感官等 也有影响。但同时也对食品中的营养成分产生多种影响。

熏烟成分中的羰基化合物，可以和肉蛋白质或其他含氮物中的游离氨基发生 美拉德反应，使其外表形成独特的金黄色或棕色，熏制过程中的加热还能促进硝 酸盐还原菌增殖及蛋白质的热变性。

烟熏可破坏维生素B₁, 但对尼克酸和维生素 B2 没有什么影响。烟熏的抗氧 化作用有助于稳定脂溶性维生素，也会防止肉制品表面脂肪的氧化。如此看来， 烟熏对制品的营养价值也有有利的方面。

研究表明，烟熏食品中能分离出不少的多环烃，其中有苯并 (a) 蒽、二苯 并 (a,h) 蒽、苯并 (a) 芘以及4-甲基芘等，已证实苯并 (a) 蒽和二苯并 (a, h) 蒽是致癌物质。现已研制出了不含苯并 (a) 蒽和二苯并 (a,h) 蒽的液体烟 熏制剂，并已广泛应用于肉制品的生产中。

**7.2.9** **食品的发酵**

食品发酵是指在有氧或缺氧条件下通过微生物的作用使糖类或近似糖类的物 质分解的过程。发酵不仅提供花色品种繁多的食品，提高它的耐储性，而且对食 品的营养成分也产生一定的影响。发酵食品能提高原有的未发酵食品的营养价 值。伴随着微生物分解食品中大分子(如蛋白质、多糖)的同时，由于微生物的 新陈代谢也会产生一些代谢产物，这些代谢产物有许多是营养性的物质，如氨基 酸、有机酸等。有些人体不易消化的纤维素、半纤维素和类似的物质，在发酵时 也被适当地分解而变成人类能够消化吸收的成分。此外，发酵菌特别是霉菌，能 使食品组织细胞壁分解，从而，使得细胞内的营养物质更容易直接被人体吸收。

发酵过程可以通过以下几种途径提高营养价值：

(1)增加营养素，因为发酵过程的微生物不只是将复杂物质进行分解，同时 还进行新陈代谢，合成许多复杂的维生素和其他生长素，如维生素B₁ 、 维生素 B2、 维生素C 的原始化合物等，使得体系中营养更丰富。

(2)通过微生物的作用，还可以提高原料中原有成分的生理活性。比如糖苷 型异黄酮在大豆原料中呈低活性的结合态，经过发酵制成豆豉的过程中被水解掉结 合的糖苷，成为抗氧化活性非常高的游离态异黄酮，使得营养保健作用相对增加。

(3)释放营养素，就是将封闭在不易消化物质构成的植物结构和细胞内的营

· 246 ·

养物质释放出来，从而增加了食品的营养价值，对植物和谷物更是如此。但有时 借助机械研磨甚至加以蒸煮，也难以将封闭在细胞里面的营养物质全部释放出 来，总有一部分营养素不能为人体利用。

(4)通过酶的水解作用，提高营养素的生物利用率。食物中含有的人体不易 消化的纤维素、半纤维素和类似的聚合物，在发酵过程中，通过微生物酶的水解 作用，裂解成为可以为人体吸收利用的简单糖类和糖的衍生物，从而增加了食物 的营养价值；此外发酵可使大分子的蛋白质水解为胨、肽等更易于消化吸收的短 链成分，实际上起到一种预消化作用。虽然没有提高体系中的氨基酸含量，但提 高了原有蛋白的生物效价。发酵还可以利用乳酸菌中的乳糖消化酶，消除牛奶中 的胀气因子，增加牛奶的消化利用率。

番薯制成番薯脯的乳酸发酵过程，可以减少原材料重要营养成分的损失，如 维生素C; 而且在发酵中增加了某些必需氨基酸。另外，番薯经乳酸发酵后制成 蜜饯，其中含有的乳酸可提高钙、磷、铁的利用率，促进维生素的吸收。

(5)改变食品的营养成分构成。发酵使得食物中碳水化合物的含量降低。 一 方面，原料中的大分子碳水化合物如：纤维素、淀粉等分别被相应的酶水解为可 利用的单糖，多糖的含量减少；另一方面，发酵中的微生物需要的能量是由单糖 产生，如果转化彻底，则完全变成二氧化碳，如果不彻底，则变成了其他非糖类 物质，如酒精、有机酸等。

如桑椹汁经过发酵生成桑椹酒后所含营养成分发生了较大的变化。所含的总 糖和添加的蔗糖大部分转化成了酒精，酒精含量达9.3% (V/V); 蛋白质和氨 基酸被酵母利用，均已下降；总酸有一定程度的升高(见表7-13)。并且桑椹汁 中所含的大部分维生素由于在发酵过程中被酵母利用，维生素含量大为降低，同 时还有一些维生素，如维生素C 在发酵过程中被氧化损失。

**表7-13** **桑椹汁和桑椹酒的主要成分比较**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 主要成分 | 桑椹汁 | 桑椹酒 |
| 总糖/% | 4.5 | 2.9 |
| 总酸柠檬酸计/(g/L) | 5.6 | 7.4 |
| 酒精度(V/V)/% |  | 9.3 |
| 蛋白质/% | 1.17 | 0.25 |
| 氨基酸/% | 0.46 | 0.16 |
| 脂肪/% | 2.15 |  |

数据来源；吴继军，肖更生，刘学铭等.2002.桑果汁发酵前后营养成分的变化.酿酒科技，(3);6

7.3 烹调对食品营养价值的影响

食物在烹调时要发生物理和化学变化。食物通过这些变化， 一方面可以增加

色、香、味，刺激食欲；另一方面，利于食品的消化吸收，但同时也会使一些营 养素受到破坏。合理烹调应尽量减少营养素的损失，既最大限度的保存营养素， 又要使菜肴和面点的色、香、味俱佳，才能达到合理营养的要求。

我国的烹调方法多种多样，不同的烹调方法对食物原料的营养素造成的影响 往往不同，这些影响直接关系到营养素的损失程度和人体对食物的消化吸收率。 1)烹调前处理

一般来说，原料在烹调加工前都要进行一定的清洗、切分、烫漂、预煮等前 处理。

大米在淘洗过程中有部分营养素流失于水中。搓洗用力越大，浸泡时间越长 用水温度越高，则损失越大。尤其是米粒的糊粉层和胚所含的B 族维生素和矿物 质损失较大。研究表明，大米被淘洗后营养素损失率为：维生素 B₁20%～60%、

维生素B2 和尼克酸23%～25%、矿物质70%、蛋白质15.7%、脂肪42.6%、糖 类2%。 一些居民喜欢食用捞饭法，捞出来的米饭可损失维生素B₁ 67%、维生素 B₂50%、 尼克酸76%;捞出来的面条可损失维生素B₁ 49%、维生素B₂257%、 尼 克酸22%,并且这两种方法还会使蛋白质、矿物质也受到损失。

蔬菜由于切碎水洗，少部分矿物质和维生素会从断口流失于水中。此时，蔬 菜中所含的维生素C 最容易受损失，其损失程度与蔬菜切后形状大小，切后放置 的时间，切前或切后浸泡水洗等多方面因素有关。例如，蔬菜细胞中含氧化酶，当 蔬菜被切开或压碎时，这种酶就被释放出来，它可催化维生素C 被氧化破坏。氧 化酶在60～80℃时活性最强，超出80℃后，氧化酶很快就失去活性，同时沸水中 不含有溶解的氧，所以待水沸后再放入蔬菜，就可大大减少维生素C 的损失。

2)煮

煮， 一般加热时间较长，用水量较多，原料中的矿物质和维生素部分溶于水 中，不耐热的维生素损失较大。煮时的汤汁或水具有传热和良好的溶解作用，所 以，汤液中存在相当多的水溶性成分，如维生素B₁ 、 维生素C 等。煮也常使肉 类原料水分流失增多，水解作用加强，较多的氨基酸和胶原物质、脂肪等溶于水 中。此外，煮沸时间的长短，煮沸前食物的处理方法对维生素营养的损失也有影 响。延长煮沸时间，维生素 C 损失急剧增加。食物的表面积越大，水溶性维生 素损失越大。

3)蒸

由于笼内的水蒸气压力较大，温度较高， 一般可比沸水高出2～5℃,水蒸气 的渗透压较强，所以原料质地变化快，易成熟，部分蛋白质、糖类被水解，利于吸 收。部分不耐热的维生素损失较大，例如蒸饭使大米的维生素 B₁ 含量损失 38.1%,其他成分如水、矿物质、蛋白质的水解物不易流失，可以保持原汁原味。

4) 划油与油爆

用于划油的动物性原料大都切成较细小的形状后腌味上浆，然后视不同情况

· 248 ·

入油温为110～190℃的油锅中划散后快速出锅，即原料刚断生。由于此种处理 时间短，往往有淀粉糊层保护，因此原料水分流失少，维生素的损失不大，脂肪 含量增加。

油爆法与划油相比，尽管油温高，但加热时间极短，因此对营养素的影响与 划油基本相同。相对来说，划油和油爆法对原料中的营养素损失影响很小，是比 较好的烹调方法。

5)炒

炒法有多种，如滑炒，生炒、干炒等。滑炒的原料大多是较细小的丝、片， 又事先划过油，主料已熟或接近熟，因此炒的过程很短，原料营养素的损失较 少。生炒时如果原料先上浆，旺火热油急炒，那么营养损失也不大。干炒法由于 要将原料水分煽干，因此对营养素的破坏较大。

一般来说，高温短时的急火快炒，可以大大减少维生素的破坏。过早放盐， 不仅影响菜的成熟时间，而且出现较多的菜汁，水溶性的维生素、无机盐等营养 溶出损失；炒菜时用淀粉勾芡，汤汁浓稠，并具有保护维生素C 的作用。

6)炸

炸法多种多样，如清炸、酥炸、软炸等。炸时一般都是油温较高，油量较 多，因此对原料所含的营养素有不同程度的破坏损失。特别是高温焦炸，会使原 料水分基本蒸发完，蛋白炸焦变性，脂肪被破坏，易产生不良气味和有害物质， 维生素也被基本破坏，营养价值和消化率都大大降低。烹调中应采用多种挂糊、 拍粉的炸法，如各种水粉糊、蛋糊、脆浆以及纸包炸等，使原料表面有一层保护 层。同时在保证菜肴特色的前提下，要注意尽量避免油温过高，油炸时间过长， 减少营养素的破坏。

马铃薯经油炸后尼克酸和维生素B. 的损失很小，叶酸损失为30%～50%。

油条经过加碱再油炸，维生素B₁ 被全部破坏。煮、烙、炸对维生素 B₁ 、 维 生素B₂ 的含量影响见表7-14,维生素B₁ 和维生素 B₂ 的含量以油炸食品降低 最多。

**表7-14** **烹调方法对维生素B** **族含量的影响**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品 | 加工烹 调方法 | 面粉/样品 比例 | 维生素B₁ | | 维生素B₂ | |
| 含量/(mg/100g) | 损失率/% | 含量/(mg/100g) | 损失率1% |
| 饼 | 烙 | I:1.33 | 0.285 | 3.69 | 0.058 | 14.71 |
| 油条 | 油炸 | 1:1.16 | 0.10.1 | 61.75 | 0.21 | 69.12 |
| 麻花 | 油炸 | 1:1.27 | 0.023 | 92.20 |  |  |
| 面条 | 水煮 | 1:2.60 | 0.237 | 19.60 | 0.066 | 2.94 |
| 面汤 |  | 0.034 |  | 0.005 |  |  |
| 标准粉 |  | 0.295 |  | 0.068 |  |  |

数据来源：郝丽萍，何艳，姜泽春等.2000.面食烹调对维生素B族的影响.华中医学杂志 (24):118~119

7 ) 熘

熘法有多种， 一般主料都先炸过或划油、蒸、煮等，使之成熟。后期熘的过 程很短，因此熘法对原料的影响主要取决于前期的加工方法，

虽然熘所用温度较高，但是由于操作速度快，所以营养素的损失不大。如果 食物外面挂糊，使原料所含的汁液不外流，不仅可以减少维生素等营养损失，而 且可以增加风味。

8)煎

与炸法相比，煎法所不同的主要是用油较少，油温较低，同时还可以淋少许 水。但煎时原料直接与锅底接触，并且加热时间较长，所以煎法容易使原料中的 营养素损失较多，如果煎焦更会使蛋白质、脂肪严重损失，产生杂环胺和脂肪热 氧化产物，甚至苯并芘类致癌物。可多采用挂糊和拍粉煎的方法，减少维生素的 损失，并使其他营养素也无严重损失。

9 ) 煨 、 烧 、 焖

这几种方法的主料虽先经过炸、煎、煮、煽炒等处理，但一般这个过程较 短，主料块又较大，因此前期处理对原料营养素影响不大，主要的是靠后期小火 较长时间的加热使原料熟透。这个过程中，维生素损失较多，同时有较多的营养 成分溶解于浓稠的汤汁中，有利于消化吸收。

红烧因受高温时间长，对肉类中维生素的破坏较严重，如维生素B₁ 的损失 率60%,尼克酸的损失率为71%。

采用焖煮时，先要将主料经过炸或煎后，放入辅料等小火焖煮，蛋白质、脂 肪、维生素等营养有不同程度的损失，如不耐热的水溶性B 族维生素、维生素C 会有所损失。虽然焖的时间长短会影响维生素的含量，但是，食物经煮以后，消 化率有所增加。

10)烤

烤分为明火烤和暗火烤两种工艺。明火烤即在火上直接烤原料，因为火力分 散，所以时间比较长，从而使维生素A、B 族维生素、维生素C 以及脂肪受到很 大损失。另外，还可能产生苯并芘等强烈致癌物质。暗火烤又叫烘，即炉内保持 高温，原料的四周均匀受热，与明火烤相比对维生素营养的破坏要少一些。

11)微波烹调法

微波烹调时加水量会影响原料中维生素C、B 族维生素等水溶性维生素的损 失率。传统烹调方式通常需要加水，造成水溶性维生素随汤汁大量流失；使用微 波烹调不加水时可较好地保留食品中的水溶性维生素，若在微波烹调时加水，如 微波蒸煮，则原料中维生素的保留率与传统烹调相差无几。对微波烹调及煤气烹 调对蔬菜中维生素C 的保留率进行比较，发现微波烹调蔬菜的维生素C 保留率 远高于煤气烹调(见表7-15)。

**表7-15不同烹调方式蔬菜维生素C保存率比较**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 维生素C含量/(100mg/100g) | | | 维生素C保留率/% | |
| 烹调前 微波烹调 煤气烹调 | | | 微波烹调 煤气烹调 | |
| 卷心菜 | 56.50 | 27.25 | 22.25 | 48.23 | 39.38 |
| 大白菜 | 57.50 | 52.50 | 28.75 | 91.30 | 50.00 |
| 青菜 | 87.50 | 53.75 | 30.75 | 61.43 | 44.29 |
| 菠菜 | 56.25 | 47.50 | 26.25 | 84.44 | 46.67 |

数据来源：陈洁，吴小南.2004.微波烹调的营养与食品卫生相关问题的研究.海峡预防医学杂志。

(10):8

研究表明，用微波加热牛肉饼和羊肉饼发现牛肉中的赖氨酸保存率为89%, 羊肉中的保存率为92%。

不同的烹调方式对芥菜的品质有很大的影响，相对烫漂、油炒，微波烹调芥 菜对芥菜的营养价值损失较低。烫漂、油炒都导致芥菜的氨基态氮、维生素C、 可溶性糖含量降低，微波虽使芥菜的氨基酸氮、维生素 C 降低，但增加了可溶 性糖的含量(见表7- 16)。

**表7-16** **不同烹调方法对芥菜氨基态氮、维生素C、** **可溶性糖含量的影响**

(单位：mg/kg)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 营养成分 | 对照 | 汤漂 | 微波 | 油炒 |
| 氨基态氮 | 290 | 85 | 225 | 210 |
| 维生素C | 1340 | 510 | 1200 | 1050 |
| 可溶性糖 | 10000 | 5200 | 11000 | 7000 |

数据来源：常丽新，刘晶芝，王换霞等.2005.不同烹调方法对野生蔬菜品质的影响.食品研究与开 发，(2):115～118

**思** **考** **题**

1. 简述加热处理对食品营养价值的影响。

2. 以发酵豆制品为例，简述发酵处理对食品营养价值的影响。

3. 比较儿种新型杀菌工艺(如辐照、高压、微波等处理)对食品营养价值的影响和工业

化应用的现状与前景。

4. 调查一种当地大宗水果的储藏方式，查阅资料分析该方式对水果营养价值的影响。

5. 设计一个研究方案，分析某一种食品加工工艺或烹调方式对某种食品营养价值的 影响。

(本章编写人：王敏)

**主要参考文献**

曹恒武，田振山，刘广文.2004.干燥技术及其工业应用.北京：中国石化出版社

· 251 ·

陈炳卿.2000.食品与食品卫生学.北京：人民卫生出版社

高福成，陈卫.1999.微波食品.北京：中国轻工业出版社

高福成，刘志胜，李修渠.1998.冻干食品.北京：中国轻工业出版社

高福成，郑建仙，许学勤等.2000.现代食品工程高新技术.北京：中国轻工业出版社 葛长荣，马美湖，马长伟等. 2002.肉与肉制品工艺学.北京：中国轻工业出版社

葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

刘北林. 2003.食品保鲜技术.北京：中国物资出版社

刘志皋.1992.食品营养学.北京：中国轻工业出版社

马长伟，曾名勇.2002.食品工艺学导论.北京：中国农业大学出版社

孙远明，余群力.2002.食品营养学.北京：中国农业大学出版社

汪勋清，哈益明，高美须.2005.食品辐照加工技术.北京：化学工业出版社

王银瑞，胡军，解柱华.1992.食品营养学.西安：陕西科技出版社

杨秀科，蒋建基，蔡柱培.1994.营养与食品卫生.北京：高等科技出版社

叶兴乾.2002.果品蔬菜加工工艺学.北京：中国农业出版社

袁惠新，陆振曦，吕季章.2001.食品加工与保藏技术.北京：化学工业出版社

曾庆孝。2002.食品加工与保藏原理.北京：化学工业出版社

张仁庆.1994.烹调营养卫生.北京：中国轻工业出版社

张彦明，丁东泉.1996.营养与食品卫生知识指南.西安：陕西科技出版社

赵晋府.2002.食品技术原理.北京：中国轻工业出版社

赵晋府. 2004.食品工艺学.北京：中国轻工业出版社

Heldman D R,HartelR W. 2003.食品加工原理.夏文水等译.北京：中国轻工业出版社 Mallett CP.2004.冷冻食品加工技术.张煞等译.北京：中国轻工业出版社

**第8章** **食品营养强化**

**教学目标**

· 了解食品营养强化的意义。

· 掌握食品营养强化的概念和基本原则。

· 掌握食品营养强化技术。

·基本掌握营养强化食品的种类及其生产方法。

· 了解食品营养强化发展简况和发展动态。

人类生存以及繁衍后代所需要的营养素主要来源于食品。然而，几乎没有一 种天然食品能提供人体所需的全部营养素，而且食品在烹调、加工、储存等过程 中往往有部分营养素损失，加之人们由于经济条件、文化水平、饮食习惯等诸多 因素的影响，常常导致人体缺乏矿物质、维生素、蛋白质等营养素而影响身体健 康。因此，许多国家的政府和营养学家都提倡在国民膳食食物种类多样化的基础 上，通过在部分食品中强化其缺乏的营养素，开发和生产居民需要的各种营养强 化食品。随着我国经济的迅速发展和国民收入与生活水平的不断提高，人们越来 越希望得到品种多样、品质优良、安全卫生、营养科学、方便实惠和富有特色的 强化食品。目前，食品营养强化已成为世界各国营养学和食品科学的主要研究内 容，今后也必将成为食品工业发展的重要方向，

8.1 食品营养强化概述

**8.1.1** **食品营养强化与食品强化剂**

根据营养需要向食品中添加一种或多种营养素或者某些天然食品，提高食品 营养价值的过程称为食品营养强化，或简称食品强化。这种经过强化处理的食品 称为营养强化食品。所添加的营养素或含有营养素的物质(包括天然的和人工合 成的)称为食品强化剂。

我国《食品卫生法》规定“食品强化剂是指为增强营养成分而加入食品中的 天然的或者人工合成的属于天然营养素范围的食品添加剂”。1994年11月卫生 部进一步颁发了《食品营养强化剂使用卫生标准 (GB14880— 1994)》 和《食品 营养强化剂卫生管理办法》。这是我国第一部有关食品营养强化方面的标准法规。

食品营养强化根据目的不同，大体可分如下4类：

· 253 ·

(1)营养素的强化 (fortification)即向食品中添加原来含量不足的营养素， 如向谷类食品中添加赖氨酸。

(2)营养素的恢复 (restoration)即补充食品加工中损失的营养素，如向出 粉率低的面粉中添加维生素等。

(3)营养素的标准化 (standarization)即使一种食品尽可能满足食用者全面 的营养需要而加入各种营养素。如人乳化配方奶粉、宇航食品等的生产，使食品 中的营养素含量达到某一标准。

(4)维生素化 (vitaminization)即向原来不含某种维生素的食品中添加该种 维生素，如极地探险或在职业性毒害威胁下，特别强调食品中要富含某种维生素 (如维生素C)。

以上4种情况，如不特别指明时均可统称为食品营养强化。此外，有营养素 的增补 (supplementation) 一词，即指以一定剂量向食品中添加营养素；功能 因子强化，即向食品中添加原来不含的某种或某些功能因子，使强化后的食品成 为具有一定生理调节功能的保健食品，如向谷类食品中添加膳食纤维。

根据我国《食品营养强化剂使用卫生标准 (GB14880— 1994)》 和《食品 添加剂使用卫生标准 (GB2760— 1996)》 规定以及其后的连续增补，截至 2001年，我国正式许可使用的食品营养强化剂品种约110多种，主要包括氨 基酸和含氮化合物、维生素、矿物质和脂肪酸4类，此外也包括用于营养强化 的天然食物及其制品。这和当前国外许可使用的食品营养强化剂品种情况基本 一致。我国目前许可使用的食品营养强化剂的品种、使用范围和使用量见附录 的《食品营养强化剂使用卫生标准》和 《GB2760—1996 及其增补的食品营养 强化剂种类》。

**8.1.2** **食品营养强化发展简况**

食品营养强化可能起于1833年，当时法国化学家Bou-ssingault提出向食盐 中加碘，防止南美的甲状腺肿。1900年食盐加碘在欧洲实现。第一次世界大战 期间，丹麦人明显缺乏维生素A,1918 年曾用维生素A 浓缩物强化人造黄油。 美国大约在1931年用维生素D 强化鲜乳。

但是，食品营养强化真正得到应用大概是在第二次世界大战之前，当时美国 的营养缺乏病在增长，1941年底美国FDA 提出了一个强化面粉的标准，并从 1942年1月生效，与此同时公布了食品强化的法规，对食品强化的定义、范围 和强化标准等都做了明确的规定。此后，对其他谷类制品的强化标准随之而起， 如1943年对玉米粉的强化、1946年对稀粥的强化、1952年对面包的强化、1958 年对大米的强化等。1995年食品生产者还开始用微量元素和蛋白质强化谷类食 物。到1969年食用的谷类食物中已经有约11%进行了营养强化。今天，美国大 约有92%以上的早餐谷类食物进行了营养强化。

· 254 ·

日本在1949年设立了关于食品强化的研究委员会。1952年在其国民经济趋 于稳定时即建议食品要强化，并制定了食品强化标准，颁布了“营养改善法”。 根据1983年修订的营养改善法规定，有两类不同的营养强化食品， 一类是以普 通人为食用对象的营养强化食品，有大米、面粉、麦片、面包、面条、挂面、速 煮面、大酱、人造奶油，以及鱼肉制作的火腿与香肠共10种；另一类是供特殊 人群及病人食用的营养强化食品，有调制奶粉、低钠食品、低谷胶食品、低能量 食品、高能量食品、低脂肪食品、低糖食品、低蛋白食品、高蛋白食品、降低过 敏原食品、特定氨基酸(苯丙氨酸)含量低的食品11种。上述各种强化食品均 有各自的强化标准。

欧洲各国在20世纪50年代先后对食品营养强化建立了政府的监督、管理体 制，现已有许多国家对食品进行营养强化。有些国家还法定对某些主食品强制添 加一定的营养素，例如英国规定面粉中至少应加入维生素B₁ (2.4mg/kg) 和烟 酸(16.5mg/kg)、 人造奶油中必须添加维生素 A 和维生素D。 丹麦也规定人造 奶油及精白面粉中必须进行营养强化。

我国近年来已开始涉足这一领域，《食品卫生法》规定食盐必须强化碘，各 地也不断涌现出一些用维生素、矿物质和氨基酸强化的食品，如核黄素面包、钙 质饼干和人乳化配方奶粉等。但国家在监督管理方面还较薄弱，食品法规中对什 么食品应强化何种营养素及其剂量尚无明确规定，最近，经全国卫生标准技术委 员会食品卫生分委员会和全国食品添加剂技术标准委员会审议，并征求有关营养 学家的意见，由卫生部正式颁发了我国食品营养强化剂使用卫生标准和管理办 法。2005年，中国已启动粮食作物强化工程计划，粮食作物强化工程是国际农 业研究协作组织发起的一个全球性项目，旨在通过生物强化途径提高主要粮食作 物的微量营养元素含量，国际粮食作物强化工程计划第一阶段的目标作物是水 稻、小麦、玉米、木薯、甘薯和大豆等，目标元素是铁、锌、维生素 A 等。可 见，我国食品营养强化工作以及强化食品的生产将会有较大的发展。

**8.1.3** **食品营养强化的意义和作用**

1. 弥补天然食物的营养缺陷

天然食品中几乎没有一种是营养俱全的，亦即几乎没有一种天然食品能满足 人体的全部营养需要。例如，以米、面为主食的地区，除了可能有多种维生素缺 乏外，蛋白质的质和量均显不足，特别是赖氨酸等必需氨基酸尤为不足，严重影 响其营养价值。新鲜果蔬含有丰富的维生素C, 但其蛋白质和能源物质欠缺。至 于那些含有丰富优质蛋白质的乳、肉、禽、蛋等食物，其维生素含量则多不能满 足人类的需要，特别是它们缺乏维生素C。

由于地球化学的关系，内地及山区的食物易缺碘，有的地区缺锌，还有的地

区缺硒。这些地区的居民常可因此患有不同的营养缺乏症。因此，如果能根据各 地的营养调查，有针对性地进行食品营养强化、增补天然食物缺少的营养素，便 可大大提高食品的营养价值，改善人们的营养和健康水平。

2. 补充食品在加工、储存及运输过程中营养素的损失

许多食品在消费之前往往需要加工(工厂化生产或家庭烹调)、储存及运输， 在这一系列过程中，由于物理的、化学的、生物的因素均会引起食品部分营养素 的损失，有时甚至造成某种或某些营养素的大量损失。例如，在碾米和小麦磨粉 时有多种维生素损失，而且加工精度愈高，这种损失愈大，甚至造成大部分维生 素的大量损失。又如在果蔬的加工过程中，如制造水果、蔬菜罐头时，很多水溶 性和热敏性维生素均有损失。此外，用小麦面粉烤制面包时，其中赖氨酸损失约 10%,当用小麦粉烤制饼干时，其赖氨酸的损失更大，甚至可高达50%以上， 与此同时，蛋氨酸和色氨酸也损失严重。新鲜果蔬含有丰富的维生素C, 由于其 本身存在的氧化酶系统的作用，如抗坏血酸氧化酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、 细胞色素氧化酶等，因此，在水果蔬菜储存、运输过程中可造成果蔬中的维生素 C 不同程度的破坏。果汁饮料若存放在冰箱中，7d 后维生素C 可减少10%~ 20%,能渗透氧的容器还会促进饮料中维生素C 的降解。据报道，将橘汁饮料 装在聚乙烯容器中，于室温下存放1年，其维生素全部损失，若用纸质容器盛 装，两个月后便会全部损失。因此，为了弥补营养素在食品加工、储存等过程中 的损失，满足人体的营养需要，在上述各食品中适当增补一些营养素是很有意 义的。

3. 简化膳食处理、方便摄食

由于天然的单一食物仅含有人体所需的部分营养素，不能全面满足人体的营 养需要，因此，人们为了获得全面的营养需要就必须同时进食多种食物。例如， 我国饮食以谷类为主，谷类能满足机体能量需要，但其蛋白质含量低，而且质量 差，维生素和矿物质也不足，必须混食肉类、豆类、水果、蔬菜等。这在膳食的 处理上是比较烦琐的。如果还采取一家一户的家庭烹饪，不但浪费时间，还消耗 精力。为了适应现代化生活的变化，满足人们的营养和嗜好要求，现已涌现出许 多方便食品与快餐食品。其中有的盒饭从营养需要出发，将不同的食物予以搭 配，供人们进食，非常方便。

婴儿的膳食处理更加繁杂。即使母乳喂养的婴儿，在6个月以后，也需按不 同月龄增加辅助食品，如肝酱、蛋黄、肉末、米粥或面片、菜泥、菜汤和果泥 等，用于补充其维生素等的不足。由于辅助食品原料的购买及制作均较麻烦，且 易疏忽，从而影响婴儿的生长、发育和身体健康。若采用强化食品，例如，在乳 制品中强化维生素A、 维生素C、 维生素D、 维生素B₁ 、维生素B₂ 、维生素B。

· 256 ·

维生素B₂ 及烟酸等制成调制奶粉供给婴儿食用，不仅可以满足婴儿的营养需要， 而且可大大简化摄食手续。

此外，对于某些特殊人群，例如对行军作战的军事人员，他们在战斗进行时 不可能自己“埋锅做饭”,而且由于军事活动体力消耗大、营养要求高，既要进 食简便，又要营养全面。因而各国的军粮采用强化食品的比例很高，特别是野战 时，大多采用强化食品。对于从事地质勘探和极地探险等工作的人们也大多应用 强化食品。

4. 适应不同人群生理及职业的需要

对于不同年龄、性别、工作性质，以及处于不同生理、病理状况的人来说， 他们所需营养的情况是不同的，对食品进行不同的营养强化可分别满足他们的营 养需要。婴儿是人一生中生长、发育最快的时期， 一岁婴儿的体重为出生时的3 倍，这就需要有充分的营养素供应。婴儿以母乳喂养最好， 一旦母乳喂养有问 题，则需要有适当的“代乳食品”。此外，随着孩子的长大，不论是以人乳或牛 乳喂养都不能完全满足孩子生长、发育的需要，这就有必要对其食品进行营养强 化或给以辅助食品。例如人乳化配方奶粉就是以牛乳为主要原料，以类似人乳的 营养素组成为目标、通过添加和提取出某些成分，使其组成成分不仅在数量上 而且在质量上都接近母乳，更适合于喂养婴儿。这除了需要改变乳清蛋白和酪蛋 白的比例，降低矿物质含量外，尚需增加不饱和脂肪酸、乳糖或可溶性多糖的含 量，与此同时还应适当增加维生素等微量营养成分。至于孕妇、乳母，由于其特 殊的营养需要，除应全面增加高质量膳食的供应外，尚需注意对她们最易缺乏的 钙和铁等的强化。

不同职业的人群对营养素的需要可有不同。例如对钢铁厂高温作业的人，在 增补维生素 A(2000IU/d)、 维生素 B2(0.5mg/d)、 维生素C(50mg/d) 后， 其血清中维生素A、 维生素B₂ 和维生素C 的含量增加，营养情况大为改善，从 而减轻疲劳，增加工作能力。对于接触铅的作业人员，由于铅可由消化道和呼吸 道进入体内引起慢性或急性铅中毒，如果给以大量维生素C 强化的食品，可显 著减少铅中毒的情况。对于接触苯的作业人员则应供给用维生素 C 和铁强化的 食品，以减轻苯中毒和防止贫血。

5. 防病、保健及其他

从预防医学的角度看，食品营养强化对预防和减少营养缺乏病，特别是某些 地方性营养缺乏病具有重要的意义。例如对缺碘地区的人采取食盐加碘可大大降 低当地甲状腺肿的发病率(下降率可达40%～95%),用维生素B₁ 防治脚气病， 用维生素C 防治坏血病等早已人所共知。实践证明，食品营养强化是控制微量 营养素缺乏的一种有效措施，它既可以覆盖众多的消费者，又有见效快的优点。

· 257 ·

1995年FAO 食物营养强化专家咨询会议呼吁各国将食品营养强化作为当前控制 微量营养素缺乏的一项重要政策，特别是在发展中国家。

近年来对谷类制品强化赖氨酸的营养效果颇引人注意。小麦粉用0.25% L-赖氨酸盐酸盐强化后营养价值提高128%,大米用0.05%L-赖氨酸盐酸盐强化 后营养价值提高44%。日本必需氨基酸协会从1984年开始在全国许多地区的小 学午餐中供给 L-赖氨酸强化面包， 一年后检查他们的身高、体重。结果表明， L-赖氨酸强化组的孩子比全国同龄孩子平均身高增加5.7cm, 平均体重增加 4.4kg。 我国广西南宁妇幼保健院采用强化赖氨酸防治儿童营养不良症，效果显 著。有一婴儿出生后就用米糊人工喂养，5个半月时身高仅59cm, 体重只有 4.1kg, 其皮肤干燥，表情呆板，且易患呼吸道感染疾病。当在米糊中强化赖氨 酸20d 后体重增至4.5kg, 身高达61cm,30d 后体重5kg, 身高62cm, 食欲好 转，活泼可爱，且这一个月内未曾患病。

此外，某些食品强化剂尚可提高食品的感官质量和改善食品的保藏性能。例 如β-胡萝卜素和核黄素既具有维生素的作用，又可作为食品着色剂使用，达到 改善食品色泽的目的。维生素C 和维生素 E 在食品中还具有良好的抗氧化性能， 在食品加工中可作为抗氧化剂使用；此外，当它们在肉制品中和亚硝酸盐并用时 还具有阻止亚硝胺生成的作用。

8.2 食品营养强化的基本原则

营养强化食品的功能和优点是多方面的，但其强化过程必须从营养、卫生及 经济效益等方面全面考虑，并需适合各国的具体情况。进行食品营养强化时应遵 循的基本原则归纳起来有以下几个方面。

**8.2.1** **有明确的针对性**

进行食品营养强化前必须对本国(本地区)的食物种类及人们的营养状况做 全面细致的调查研究，从中分析缺少哪种营养成分，然后根据本国、本地区人民 摄食的食物种类和数量选择需要进行强化的食品(载体)以及强化剂的种类和数 量。例如，日本居民多以大米为主食，其膳食中缺少维生素B₁, 他们根据其所 缺少的数量在大米中增补。我国南方也多以大米为主食，而且由于生活水平的提 高，人们多喜食精米，致使有的地区脚气病流行。这除了提倡食用标准米以防止 脚气病外，在有条件的地方也可考虑对精米进行适当的维生素B₁ 强化。

对于地区性营养缺乏症和职业病等患者的食品强化更应仔细调查，针对所需 的营养素选择好适当的载体进行强化。

有一个缺乏针对性进行食品营养强化的典型例子，即美国在早先年曾花费了 大量人力和物力对面包进行赖氨酸强化的研究，动物试验和人体研究的很多数据

· 258 ·

表明，用赖氨酸强化的面包可大大提高小麦蛋白质的生物价。但是，这对一个已 经能够供给大量优质蛋白质的国家，而且人们的膳食中并不缺乏赖氨酸的情况来 说，这种强化就大可不必了。不过这一研究对其他国家和地区，尤其是发展中国 家颇有参考价值。

**8.2.2** **符合营养学原理**

人体所需各种营养素在数量之间有一定的比例关系。因此，所强化的营养素 除了考虑其生物利用率之外，还应注意保持各营养素之间的平衡。食品营养强化 的主要目的是改善天然食物存在的营养素不平衡关系，亦即通过加入其所缺少的 营养素，使之达到平衡，适应人体需要。强化的剂量应适当，如果不当，不但无 益，甚至反而会造成某些新的不平衡，产生某些不良影响。这些平衡关系大致 有：必需氨基酸之间的平衡、生热营养素之间的平衡，维生素 B₁ 、 维生素 B₂ 、 烟酸与能量之间的平衡，以及钙、磷平衡等。

**8.2.3** **符合国家的卫生标准**

食品营养强化剂的卫生和质量应符合国家标准，也应严格进行卫生管理，切 忌滥用。特别是对于那些人工合成的化合物更应通过一定的卫生评价方可使用。

人们在食品中经常使用的营养强化剂约十余种。其强化剂量各国多根据本国 人民摄食情况以及每日膳食中营养素供给量标准确定。由于营养素为人体所必 需，往往易于注意到其不足或缺乏的危害，而忽视过多时对机体产生的不良作 用。如水溶性维生素因易溶于水，且有一定的肾阀，过多的量可随尿排出，难以 在组织中大量积累。但是，脂溶性维生素则不同，它们可在体内积累，若用量过 大则可使机体发生中毒性反应。生理剂量为健康人所需剂量或者用于预防缺乏症 的剂量；药理剂量则是用于治疗缺乏症的剂量， 一般约为生理剂量的10倍，中 毒剂量则是可引起不良反应或中毒症状的剂量，它通常为生理剂量的100倍。但 是，像儿童引起血钙过高时维生素 D 的剂量仅比生理剂量高约3倍。因此，对 强化剂使用剂量的制定应参照营养素参考摄入量和最高摄入量。

**8.2.4** **易被机体吸收利用**

食品强化用的营养素应尽量选取那些易于吸收、利用的强化剂。例如可作为 钙强化用的强化剂很多，有氯化钙、碳酸钙、硫酸钙、磷酸钙、磷酸二氢钙、柠 檬酸钙、葡萄糖酸钙和乳酸钙等，其中人体对乳酸钙的吸收最好。在强化时，尽 量避免使用那些难溶、也难吸收的物质，如植酸钙、草酸钙等。钙强化剂的颗粒 大小与机体的吸收、利用性能密切有关。胶体碳酸钙颗粒小(粒径0.03~ 0.05μm), 可与水组成均匀的乳浊液，其吸收利用比轻质碳酸钙(粒径5μm) 和 重质碳酸钙(粒径30～50gm) 好。另外，在强化某些矿物质和维生素的同时，

注意相互间的协同或拮抗作用，以提高营养素的利用率。

**8.2.5** **尽量减少营养强化剂的损失**

许多食品营养强化剂遇光、热和氧等会引起分解、转化而遭到破坏。因此， 在食品的加工及储藏等过程中会发生部分损失。为减少这类损失，可通过改善强 化工艺条件和储藏方法，也可以通过添加强化剂的稳定剂或提高强化剂的稳定性 来实现。同时，考虑到营养强化食品在加工、储藏等过程中的损失，进行营养强 化食品生产时需适当提高营养强化剂的使用剂量。

**8.2.6** **保持食品原有的色、香、味等感官性状**

食品大多有其美好的色、香、味等感官性状。而食品营养强化剂也多具有本 身特有的色、香、味。在强化食品时不应损害食品的原有感官性状而致使消费者 不能接受。例如，用蛋氨酸强化食品时很容易产生异味，各国实际应用甚少。当 用大豆粉强化食品时易产生豆腥味，故多采用大豆浓缩蛋白或分离蛋白。此外， 维生素B₂ 和β-胡萝卜素呈黄色、铁剂呈黑色、维生素C 味酸、维生素B₁ 即使 有少量破坏也可产生异味，至于鱼肝油则更有一股令人难以耐受的腥臭味。上述 这些物质如果强化不当则可引起人们不悦。

然而，如果根据不同强化剂的特点，选择好强化对象(载体食品)与之配 合，则不但无不良影响，而且还可提高食品的感官质量和商品价值。例如，人们 可用β-胡萝卜素对奶油、人造奶油、干酪、冰淇淋、糖果、饮料等进行着色。 这既有营养强化作用，又可改善食品色泽，提高感官质量。铁盐呈黑色，若用于 酱或酱油的强化时，因这些食品本身就有一定的颜色和味道，在一定的强化剂量 范围内，可以完全不致使人们产生不快的感觉。至于用维生素 C 强化果汁饮料 则无不良影响，而将其用于肉制品的生产，还可起到发色助剂，即帮助肉制品发 色的作用。

**8.2.7** **经济合理、有利推广**

食品营养强化的目的主要是提高人民的营养和健康水平。通常，食品进行营 养强化时会增加一定的生产成本，为了尽量降低营养强化食品的价格，在确定营 养强化剂种类和强化工艺时，应该考虑低成本和技术简便。否则不易推广，起不 到应有的作用。

8.3 食品营养强化技术

根据食品营养强化的目的和基本原则，把营养强化剂添加到食品中，不仅要 选择适宜的强化方法，而且必须尽量提高营养强化剂在强化食品中的保存率。

· 260 ·

**8.3.1** **强化方法**

食品营养强化技术随着科学技术的发展而日臻完善。食品强化剂的添加方式 有4种：添加纯化合物，直接添加片剂、微胶囊、薄膜或块剂，添加配制成的溶 液、乳浊液或分散悬浊液，添加经预先干式混合的强化剂。采取何种添加方式应 以能使营养素在制品中均匀分布并保持最大限度的稳定为准。此外，还应考虑营 养素及食品的化学和物理性能，以及添加后对食品如何处理等因素；应掌握好添 加时间，尽量避免营养强化剂长时间受热，在空气中暴露的时间愈短愈好。

食品营养强化因目的、内容及食品本身性质等的不同，其强化方法也不同。 对于国家法令规定的强化项目，大多是人们普遍缺少的必需营养成分，对这类食 品一般在日常必需食物或原料中预先加入。对于国家法令未做规定的营养强化食 品，可根据商品性质，在食品加工过程中添加。总之，食品强化的方法有多种， 综合起来有以下几类。

1. 在加工过程中添加

在食品加工过程中添加营养强化剂是强化食品采用的最普遍的方法。此法适 用于罐装食品，如罐头、罐装婴儿食品、罐装果汁和果汁粉等，也适用于人造奶 油、各类糖果糕点等。强化剂加入后，经过若干道加工工序，可使强化剂与食品 的其他成分充分混合均匀，并使由于强化剂的加入对食品色、香、味等感官性能 造成的影响尽可能地小。当然，在罐头食品加工过程中往往有巴氏杀菌、抽真空 等处理，这就不可避免地使食品受热、光、金属等的影响而导致强化剂及其他有 效成分的损失，如面包焙烤时，赖氨酸可损失9%～24%。因此，在采取这种强 化方法时，应注意工艺条件和强化条件的控制，在最适宜的时间和工序添加强化 剂，以尽可能减少食品的有效成分的损失。

2. 在原料或必需食物中添加

此法适用于由国家法令强制规定添加的强化食品，对具有公共卫生意义的物 质亦适用。例如，有些地方为了预防甲状腺肿大，食盐中添加碘；有些国家为了 防止脚气病，规定粮食中添加维生素B₁ ; 在面粉、大米中添加维生素A、 维生 素D 及铁质、钙质等。

这种强化方法简单，易操作，但存在的问题是：添加后，由于面粉、大米， 食盐等在供给居民食用以前必然要经过储藏和运输，在储运这段时间内易造成强 化成分损失。因此，在储运过程中，其保存条件及包装状况将对营养强化剂的损 失有很大影响。目前，各国对此都有较深入的研究。

3. 在成品中混入

采用前两种方法强化食品时，在加工和储藏过程中会使营养强化剂造成一定 程度的损失。为了避免这种损失，可采取在成品中混入的方法进行强化，即在成 品的最后工序中混入营养强化剂。例如，婴幼儿食品中的母乳化奶粉、军队用粮 中的压缩食品等，均在制成品中混入。

4. 生物化学强化法

利用生物化学方法使食物中原来含有的某些成分转变为人体需要的营养成分 的强化方法，称为生物化学强化法。例如，在谷类食品中植酸能与锌结合而形成 不溶性盐类，使锌的利用率下降。若利用酵母菌能产生活性植酸酶的特点，将面 粉经过酵母发酵后，植酸可以减少13%～20%,锌的溶解度增加2～3倍，锌的 利用率增加30%～50%。再如在豆类发芽过程中植物凝血素会很快消失，其中 的植酸也发生分解，更多的锌、磷被释放出来，使食物中的矿物质得到充分利 用，并能使其中的维生素C 明显提高。根据日本特许公报报道，在制造母乳化 奶粉及新生儿的食品时采用胃蛋白酶或胰蛋白酶分解牛乳蛋白质生成肽链较短的 多肽物质，以利于新生儿的消化吸收。除了上述生物化学强化法外，也有采用物 理化学法进行强化的，最典型的例子是将牛乳中的麦角甾醇用紫外线照射后转变 成维生素D₂, 以此方法可增加牛乳中维生素D 的含量。此外，常用酸水解方法， 将长链的大分子水解成较短链的小分子物质，以利于消化吸收。

**8.3.2** **营养强化剂的保护**

食品营养强化加工中，除需选择适当的强化方法外，还需确保营养强化剂在 食品中稳定，因此，营养强化成分的保护成为食品营养强化加工的一个关键问 题。食品经营养强化后，其营养强化成分遇热、光或氧等极易遭受破坏。此外， 食用前烹调方式的不同也会造成营养强化剂的损失。强化食品中营养强化剂的稳 定性主要受以下4种因素影响，即食品的成分、营养强化剂添加的方法、食品加 工工艺、食品消费前的储藏条件。在实际中，必须对上述4种因素进行综合考 虑，采取适当措施，提高其稳定性。

目前，营养强化剂的保护手段和措施有多种，最常见的有：在食品中添加强 化剂稳定剂；改变强化剂本身的结构；采取低温加热杀菌等新工艺，以改进食品 加工工艺；改善储藏条件及包装方式等。

1. 添加营养强化剂稳定剂

某些维生素对氧化非常敏感。如维生素 A 和维生素C 遇氧时极易被破坏。 目前，对于易氧化破坏的维生素强化剂在实践中可适当添加抗氧化剂和螯合剂等

· 262 ·

作为其稳定剂。常用的抗氧化剂和螯合剂有去甲二氢愈创木酸 (NDGA)、 丁基 羟茴香醚 (BHA)、2- 叔丁基-4-甲氧基苯酚 (NDA)、 没食子酸丙酯 (PG)、 卵 磷脂及乙二胺四乙酸 (EDTA) 等。此外，有些天然食物对维生素C 也有保护作 用。据Meribaym 报道，黄豆、豌豆、扁豆、荞麦、燕麦粉等及牛肝对维生素C 具有稳定保护作用。

2. 改变强化剂的结构

维生素类强化剂最易被破坏损失。在提高它们的稳定性时，很重要的一个方 法就是在不影响其生理活性的情况下改变其化学结构。例如维生素B₁, 过去均 用其盐酸盐进行强化。尽管它易溶于水，但是易因加热而破坏，而且对碱也不稳 定。为了克服这些缺点，人们现已合成十多种具有一定生理活性而又各具特点的 维生素B₁ 的衍生物，诸如硫胺素硝酸盐、硫胺素硫代氰酸盐、二苯酰硫胺素、 硫胺素三十二烷酸盐、硫胺素二月桂基硫酸盐及二苯基硫胺素等。目前用于面粉 强化的维生素B₁ 多已改用这些新的衍生物。其中用二苄基硫胺素强化的面粉经 储存11个月后的保存率为97%。用其烤制面包后尚保存80%左右。若用硫胺素 盐酸盐，储存两个月后即降至原来的60%以下，烤制面包后也仅存留75%。

维生素C 是热敏性最强、最易破坏的维生素。近年来研制成功的维生素C 磷酸酯镁或维生素C 磷酸酯钙具有与维生素C 同样的生理功能，并且比较稳定 即使在金属离子 (Cu²+,Fe²+) 存在下煮沸30min, 也基本无变化，而普通维生 素C 在同样条件下可损失约70%～80%。此外，用它们强化食品，无论是在加 工还是在保藏过程中都很少损失。如用维生素 C 磷酸醋镁或钙强化压缩饼干、 置于马口铁罐内(充氮),在40℃、相对湿度85%条件下储存6个月，其保存率 为80%～100%,而普通维生素C 在同样条件下的保存率仅4%。

在用维生素A 强化食品时，以前多用维生素A 乙酸酯，现在则大多改用维 生素A 棕榈酸酯，因为后者稳定性较高。

3. 改进加工工艺

要提高强化剂在食品中的稳定性，以改进食品加工工艺为最好。前述改变强 化剂本身的结构，除了要考虑其生物活性外，尚需考虑的一个很重要的问题就是 安全性。实际上，当人们充分认识了营养强化剂的特性以后，便可在食品加工过 程中采用适当的工艺技术避免那些不利因素，从而达到提高其稳定性的目的。如 采用微胶囊技术，既可控制食品营养强化剂的溶解时效，抑制氧化，防止物料在 加工过程中相互反应，提高食品营养强化剂的稳定性，又能使不相溶的体系均匀 分散，并且使用方便。因此，微胶囊技术是食品营养强化中一项极有效的技术。 它适用于维生素、氨基酸及矿物质等的强化。

4. 改善包装、储存条件

食品强化剂可随食品储存时间的延长而逐渐降低，其损失程度往往依食品的 包装和储存条件而异。通常在密封包装和低温储存时营养素损失较小。这主要是 防止空气中氧的作用和避免光、热等对它们的破坏作用所致。

很多强化食品都用马口铁罐包装，罐内大多抽空，以保存各营养成分和延长 食品保存期。目前多采用抽空充氮包装。据报道，充氮包装的强化乳粉与普通密 封包装的强化乳粉相比，在相同的实验条件下储存10d后，前者维生素A、 维生 素B 和维生素C 的损失都比后者少10%以上。无疑，尽量降低罐内氧的含量对 营养素的保存更为有利。第十六届国际乳业会议认为罐内氧含量高于4%时失去 保藏内容物的意义；当罐内含氧量为1%时可认为满意；若能将氧含量降至 0.1%则效果更佳。

降低储存温度有利于维生素等的保存。通常，储存温度越高，维生素等的分 解作用越快。如维生素C 的分解速度在20℃时比6～8℃快两倍。强化乳粉真空 包装后，在37℃储存时许多维生素的损失都比常温大。

8.4 营养强化食品的种类和生产

营养强化食品的种类繁多，可从不同的角度进行分类。从食用角度可分为3 类：即强化主食品，如大米、面粉等；强化副食品，如鱼、肉、香肠及酱类等； 强化公共系统的必需食品，如饮用水等。按食用对象分类有普通食品，婴幼儿食 品，孕妇、乳母食品，老人食品，以及军用食品、职业病食品、勘探采矿等特殊 需要食品。从添加营养强化剂的种类来分类，有维生素类、蛋白质氨基酸类、矿 物质类及脂肪酸等强化食品，还有用若干富含营养素的天然食物作为强化剂的混 合型强化食品等。目前，应用较多的是强化谷物食品和强化乳粉。

**8.4.1** **强化谷物食品**

2005年，中国已启动粮食作物强化工程计划，粮食作物强化工程是国际农 业研究协作组织发起的一个全球性项目，旨在通过生物强化途径提高主要粮食作 物的微量营养元素含量，国际粮食作物强化工程计划第一阶段的目标作物是水 稻、小麦、玉米、木薯、甘薯和大豆等，目标元素是铁、锌、维生素A 等。谷 物类食品的品种很多，但人们食用的主要是小麦和大米。谷类籽粒中营养素的分 布很不均匀，在碾磨过程中，特别是在精制时很多营养素易被损失。值得注意的 是维生素B 集中在盾片中，维生素B 和烟酸则多集中在糊粉层，维生素B₂ 和 泛酸则以糊粉层和胚乳中较多，矿物质也多集中在糊粉层中。从营养的角度看， 糊粉层非常重要，但它却易在碾磨加工时受到损失。碾磨愈精、损失愈多。而谷

· 264 ·

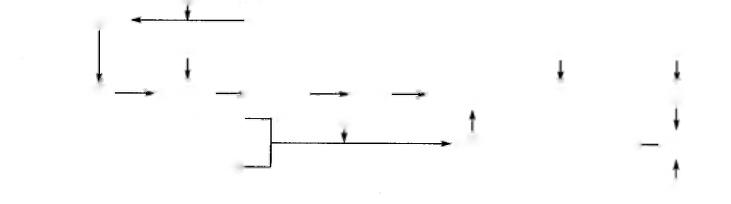
物食品是人类的主要食物，且人们倾向于食用精白米和精白面粉，这使得某些营 养素的摄取减少。因此，目前许多国家对面粉、面包、大米等都进行营养强化。 有的国家是自由强化，有的国家则是法定强制强化。

1. 强化米

大米是我国居民及东南亚、非洲等地区居民的主食，由于其加工后营养损 失，以及蛋白质中赖氨酸与蛋氨酸不足等问题，因此，进行营养强化十分必要。 大米的强化首先由菲律宾于1944年实际应用，并在当地防治维生素缺乏症等方 面很有成效。他们经过两年普遍食用强化米，基本上消除了脚气病，提高了居民 健康水平。此后，在日本等亚洲国家及拉丁美洲等一些国家也陆续食用强化米。 我国目前强化米供应较少，但对谷类粉的强化已有规定。此外还规定玉米粉可强 化烟酸40～50mg/kg。 目前文献报道的强化米制造方法很多，归纳起来有外加 法和内持法两类。所谓外加法，是将各种营养强化剂由米吸收进去或涂覆在米的 表面；内持法是采取一定的办法保存谷粒外层所含的多种营养素。

外加法制造强化米是目前应用最广的强化方法，其原理是将各种营养强化剂 配制成水溶液或脂溶性溶液，然后将米浸渍于其中，以吸收各种营养成分。或者 将营养强化剂溶液喷涂于米粒上，然后经真空干燥制成。最典型的外加法强化米 的加工工艺有两种， 一种是直接浸吸法，另一种是涂膜法。

直接浸吸法强化的物质主要有维生素B₁ 、 维生素B₂ 、 维生素B₆ 、 维生素B₂ 和 多种氨基酸(蛋氨酸、苏氨酸、色氨酸、赖氨酸)。其工艺流程如下(工艺中使用的 中性重合磷酸盐溶液是用多磷酸钾、多磷酸钠、焦磷酸钠或偏磷酸钠等配制的):

0.2%重合磷酸盐溶液

溶解 维生素B₁、维生素B₆、维生素Bi₂

40℃热空气 100℃蒸汽20min 5% 乙酸溶液

米粒 → 浸吸 — → 预干燥 → 喷涂 — 干燥 → → 二次浸吸 → 汽蒸糊化 → 喷涂酸液

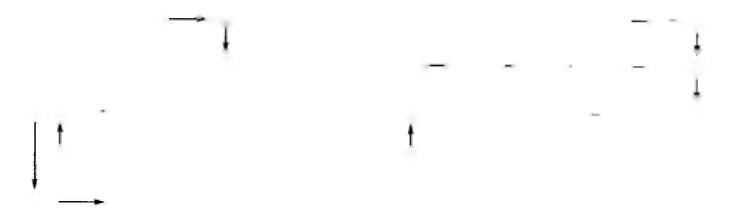
(30~40℃,2~4d) 维生素B₂ 中性2%重合磷酸盐溶液

溶解 强化米成品～—干燥

各种氨基酸 ·

40℃热空气

涂膜法工艺流程如下



强化剂—→溶解 果胶与马铃薯淀粉 → 一次涂液

米粒 → 干燥 → 真空浸吸 → 冷却 → 汽蒸糊化 → 冷却 → 分粒 → 干燥 → — 次涂膜

三次涂膜——干燥～ —分粒—冷却——汽蒸—二次涂膜—通风干燥一冷却——汽蒸

火棉胶～—三次涂液 二次涂液——阿拉伯胶、蔗糖脂肪酸酯、马铃薯淀粉

干燥 — 强化米成品

· 265 ·

下面介绍几种典型的强化米产品

(1)强化α米的制造将淀粉与水混合并慢慢加热，会使淀粉的胶束结构崩 溃，淀粉分子形成单分子，并为水包围，而成为黏性的糊状溶液。这种状态的淀 粉称为α-淀粉。强化α米就是将米粒进行热处理，使米粒中的淀粉α化，然后焙 炒使米粒膨胀，再采用浸吸法使米粒吸附营养强化成分而制成。强化α米的制作 工艺流程如下：



米粒 清 洗 → 浸 渍 → 汽 蒸 → 急 速 干 燥 → 焙 炒 → → 浸吸 → 成 品

水 温水3~8h 30min 80℃热风 温度稍低于180℃ 均质

溶解混合▼—强化剂、植物油

(2)富维营养米粉的制造我国广东地区缺铁性贫血发病率达73%,针对这 种情况，广州市医药卫生研究所开发出富维营养米粉供应市场，受到消费者欢 迎。该产品是在广东人爱吃的排米粉中强化维生素 B₁ 、 维生素 B2 及二价铁，以 达到防治贫血的目的。其生产工艺流程如下：

大米 → 淘洗 → 磨浆 → 压滤 → 混合 → 打糍 → 拉丝 → 蒸煮 → 整理 → 烘干

强化剂配料→研磨→过筛一 成品～—包装

富维营养排米粉中添加的二价铁为富马酸亚铁，该亚铁盐为红棕色粉末，无 臭无味，微溶于水，与硫酸亚铁相比，含铁量较高，食用后无不良反应，可用于 食品。

排米粉生产过程中，磨浆、压滤使水分流失，不宜添加强化剂(维生素 B₁ 和维生素B₂ 溶于水、富马酸亚铁微溶于水);拉丝、蒸煮过程中，强化剂不能渗 入排粉内。为使生产过程中营养强化剂损失最少，产品质量最好，经研究发现， 在打糍前添加营养强化剂，并用逐步扩增法使添加的营养强化剂与米浆混合均 匀，效果最好。

(3)强化即食米粉丝的生产米粉丝是以纯大米为原料，经过一系列加工工 序制造而成。吃了米粉丝不产生湿热，所以我国广东、广西、福建等省以及东南 亚各国都以米粉丝为主食之一 。它常作为快餐米粉装入小塑料袋，食用时拆开 袋，倒入碗内用开水冲泡，配入调料即可食用，是一种很好的旅游食品。其生产 工艺流程如下：

大米→称量→淘洗→一次磨浆→二次磨浆→过筛→真空过滤→蒸料→喷涂→初干燥 → 榨片 → 成丝 → 复蒸 → 切丝 → 干燥 → 冷却 → 包装 → 成品 强化剂 ·

强化即食米粉丝的强化剂选用维生素B₁ 、 维生素 B₂ 和维生素C。 由于蒸料 工序温度较高，此时添加维生素易损失，故选择于蒸料后喷涂，后阶段的干燥及 复蒸温度不高，对强化剂的影响不大。

· 266 ·

2. 强化面粉和面包

面粉和面包的营养强化是最早的强化食品之一，目前有许多国家已通过法令 或法规强制执行。通常在面粉中强化维生素B₁ 、 维生素B2、 尼克酸、钙、铁等。 近年来有些国家和地区还增补赖氨酸和蛋氨酸。除了增补以上这些单纯的营养素 外，还有的在面粉中加入干酵母、脱脂奶粉、大豆粉和谷物胚芽等天然食物。

强化面粉生产一般是先制成含量高的基料，再将其与普通面粉混合制成供人 食用的成品。喷雾强化法流程如下，其中，面粉的用量为维生素 B₁ 的140倍 (按质量计)。

水溶解 面粉

维生素B₁ 溶液 喷雾干燥—→基料(每千克面粉7.14g维生素B₁)

(质量M) 面粉(基料的2000倍) 强化面粉

另外，直接混合法是将多种强化剂先与淀粉混合配成基料，然后将此基料与 800～6400倍量的普通面粉混合均匀即成需要的强化面粉。

面包的强化在西方国家、亚洲地区都很普遍，如第二次世界大战后日本学校 的供食制成效突出，当时日本政府免费给学生提供午餐，其中午餐强化面包的食用 量为总产量的12.4%。实行结果表明，与第二次世界大战前比较，日本中小学生 身高增加了12～15cm。

面包中强化营养素的标准各国有所不同。例如，美国政府规定，强化面包营 养强化剂添加量如表8-1所示。日本政府规定，除了添加维生素、矿物质外，还 需添加赖氨酸或其他物质(包括大豆蛋白、血粉、乳制品、小麦胚芽等)。目前， 市场上除了普通强化面包外，出现了一些具有保健功能的面包，如麦麸面包(又 称减肥面包，主要成分为麦麸50%～90%、小麦粉8%～48%、精盐2%),纤 维面包(在小麦粉中添加麦麸、玉米皮、米糠、麦胚、大豆皮等),防蛀牙面包 (用添加有磷酸氢钙的小麦面粉制成的面包，具有防治蛀牙的功效),绿色面包

(在小麦粉中掺人3%～5%的海带粉、小球藻粉等藻类食物的粉末，制成的面包

**表8-1** **美国强化面粉与面包的营养强化剂添加量** (每磅)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | 强化面粉 | 强化面包 |
| 维生素B₁/mg | 2 | 1.1 |
| 维生素B₂/mg | 1.2 | 0.7 |
| 维生素D/1U | 250 | 150 |
| 尼克酸/mg | 16 | 10 |
| 钙/mg | 13 | 8 |
| 磷/mg | 500 | 300 |

注：11b=0.4536kg

资料来源：刘程，江小梅.1994.当代新型食品.北京：北京工业大学出版社

含有丰富的碘和维生素，不但味道好，口感柔软，而且还具有预防和治疗甲状腺 肿大，舒张血管，降低血压，预防动脉硬化以及补血润肺的功能),富钙面包 (在面包中添加畜骨的骨泥)。

干面条多由精白面粉制成，因而也须营养强化。 一般每100g 干面条强化维 生素B₁0.5mg。 也可在通心粉中强化维生素B₁ 、维生素B2、 尼克酸和酵母等。

**8.4.2** **强化副食品**

1. 强化人造奶油

在欧美国家，食用面包时常佐以人造奶油，因而人造奶油的消费量比较大， 是每天必需食用的主要副食品。目前，全世界大约有80%的人造奶油都进行了 营养强化。人造奶油主要强化维生素A 和维生素D, 也可用β-胡萝卜素代替部 分维生素A。 其强化方法是将维生素直接混入人造奶油中，经搅拌均匀后即可食 用。几个国家人造奶油中维生素A 和维生素D 的强化剂量见表8-2。

**表8-2** **国外人造奶油中维生素** **A** **和维生素D** **的强化剂量** (单位：IU/kg)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 国家 | 维生素A | 维生素D |
| 巴西 | 15000～50000 | 500～2000 |
| 丹麦 | 20000 | 625 |
| 英国 | 27000～23000 | 2900～3500 |
| 德国 | 20000 | 300 |
| 荷兰 | 22000 | 1000 |
| 印度 | 24640 |  |
| 挪威 | 20000 | 2500 |
| 瑞典 | 30000 | 1500 |
| 瑞士 | 34000 | 3000以上 |
| 美国 | 33000 |  |

2. 强化食盐和酱油

食盐是人们每天的必需品，也是主要的调味品。在内陆地区往往因缺乏腆而 发生甲状腺肿大等疾病，在食盐中强化腆是防止此类疾病最好的方法。目前，世 界各国都对食盐进行了强化，强化方法是在每千克食盐中添加0.1～0.2g 碘 化钾，

酱油也是日常生活中常用的调味品，特别是在中国及东南亚国家和地区，有 些国家也对其进行了强化，主要添加维生素B₁ 、维生素 B₂ 、铁和钙等。维生素 B₁ 的强化剂量一般为17.5mg/L 酱油。

· 268 ·

高钙低盐酱油是强化酱油的典型例子。据日本特许公报报道，利用牡蛎壳中 提取的天然水溶性活性钙，制造高钙低盐酱油，其含氮1.5%、NaCl 12.5%、 Ca 0.09%、pH为4.8。

制造方法：将大豆原料浸在天然水溶性活性钙的水溶液中，以压力 0.196MPa 的125℃蒸汽蒸煮6min后，急速冷却到30℃,与小麦混合制曲，3d 后得成曲，含水量为30.5%。将溶有天然水溶性活性钙盐22%、浓度19Be的盐 水与成曲搅拌均匀，发酵5个月。发酵过程中，加含水溶性钙的水一次或数次， 把pH 值调节到5.5～6.0,不能大于6.5。酿造后期，经自然发酵熟成， pH 值 自然回落到4.7,分离糟粕得到生酱油，其含总氮2.1%、NaCl17.6%、 乙醇 4.5%、Ca 1200mg/L。 在80℃下杀菌15min, 即得到营养丰富的高钙低盐酱油。

3. 酱类的强化

酱类是亚洲国家人民常用的调味品。在酱类中强化的营养素主要有钙、磷、 维生素A、 维生素B₁ 、维生素B₂ 、蛋白质等。钙的强化量一般是增补1%的碳 酸钙，维生素B₂ 的强化量为1.5mg/100g, 维生素B₁ 的强化量为1.2mg/100g, 维生素A 的强化量为15001U/100g。

高蛋白质花生酱是采用添加花生粕、大豆粕的方法，在单纯以花生为原料的 花生酱中，提高蛋白质等营养成分的含量。其工艺流程如下：

花 生 仁 → 筛 选 → 烧 烤 → 脱 红 衣 → 粗 碎 → 配 料 → 碾 磨 → 搅 匀 → 熟 化 ：

经处理的花生粕、大豆粕及辅料 成品 — 装 瓶 工艺说明：①由于在加工储存中，油脂的析出、聚集而分层，故需添加改良

剂如氢化油、甘油单酸酯。②花生粕、大豆粕需经粉碎、提取等处理，否则将影 响产品口感和蛋白质的利用。③大豆粕不宜过量添加，否则会加重豆腥味。

4. 果蔬汁与水果罐头的强化

这类食品主要是为人体提供维生素C, 但在其加工过程中维生素C 极易破 坏，可进行强化。柑橘汁中维生素 C 的强化量一般为20～50mg/100g, 番茄汁 中维生素C 的强化量一般为30～50mg/100g, 果汁粉中维生素C 的强化量一般 为70mg/100g, 水果罐头中维生素C 的强化量可根据不同品种和需要进行强化。

**8.4.3** **强化婴幼儿食品和儿童食品**

婴儿每单位体重所需要的热量、蛋白质及各种维生素、矿物质的数量比成年 人高出2～3倍。由于婴儿牙齿尚未长成，只能靠食用流质及半流质食品获取营 养。过去，婴儿的喂养除了食用母乳或牛乳外，还需补充一些其他辅助食品，如 鱼肝油、果蔬汁、蛋黄等，以满足婴儿机体正常生长的需要。近年来，出现了强

· 269 ·

化婴儿食品，简化了繁杂的喂养方式，并确保了婴儿的营养需求。目前，常用的 方法是将婴儿时期需要的营养素经过详细计算后，全部添加于一种主食品中制成 婴儿食品。纵观目前市场上常见的强化婴儿食品，可以分为以下几类。

1. 母乳化奶粉

牛奶代替人奶喂养婴儿由来已久，随着工业化的发展，妇女走向社会进入生 产岗位的数量与日俱增，母乳喂养婴儿的比率近年来愈来愈低。但牛奶与人奶在 质量上存在不少差异，仅仅靠普通的牛奶喂养婴儿并非理想的选择，为此，我国 极力提倡母乳喂养婴儿。如用牛奶为主料加工母乳化奶粉，则需对牛奶进行适当 的强化处理，使之更加适合于婴儿生长发育的需要。

以鲜牛奶为原料，脱盐乳清粉为主要配料，适量添加糖类和脂肪，减少K, Ca、Na 等无机盐的含量，使其各种营养素接近或相当于母乳成分。这样加工的 奶粉，在我国称为婴儿配方乳粉 (GB10766— 1989)。 婴儿配方乳粉及其他种类 的婴儿配方食品，国际上统称为 “infant formula”。婴儿配方乳粉主要用作6个 月以下婴儿母乳代用品。

母乳化奶粉最早是由德国 Lemke 博士在1949年提出来的，当时只是将 脱盐乳清粉加入牛乳中，调整乳中酪蛋白和乳清蛋白的比例为40:60。增 加乳糖含量至7%左右，添加植物油以增加不饱和脂肪酸的含量，制成了与 人乳成分颇为相近的模拟人乳，从根本上解决了婴儿喂养中的消化、吸收、 通便等问题。后来，人们在这一创举基础上加入维生素和矿物质，生产出育 婴更加理想的模拟人乳的母乳化奶粉。母乳化奶粉的强化原理是：改变牛乳 中乳清蛋白与酪蛋白比例，使之近似于母乳，添加亚油酸及其他必需脂肪 酸，添加微量营养成分，减少无机盐的含量，添加乳糖或可溶性多糖。母乳 化奶粉的加工包括：

(1)蛋白质的母乳化，牛乳中酪蛋白与乳清蛋白比例跟母乳相比相差甚远， 在工艺上，常采用物理方法(高温瞬时，140℃,3s) 处理使其软凝块化，使之 有利于婴儿消化吸收；添加脱盐乳清蛋白，以增加乳清蛋白的含量，使酪蛋白与 乳清蛋白比例与母乳相似。

(2)脂肪的母乳化，由于牛乳中构成脂肪成分的脂肪酸含量与母乳不同，使 得它的消化吸收较母乳差。据研究表明，婴儿只能消化吸收牛乳中脂肪的66%, 另外34%的脂肪及其中所含脂溶性维生素、矿物质则不能被吸收利用而排出 体外。

脂肪的消化吸收及营养价值的高低与构成脂肪的脂肪酸有密切的关系。低级 脂肪酸比高级脂肪酸易消化吸收，不饱和脂肪酸比饱和脂肪酸易消化吸收。必需 不饱和脂肪酸含量高，则脂肪营养价值高。母乳中不饱和脂肪酸含量多，婴儿对 母乳脂肪酸的消化率比牛乳高20%以上。

· 270 ·

在牛乳母乳化处理时， 一般添加活性顺式亚油酸(与母乳中亚油酸同型)使 其含量达到脂肪酸总量的13%,以增加牛乳的消化吸收，并加强婴儿对皮肤发 炎及其他感染症的抵抗力。活性顺式亚油酸一般来自于椰子油、向日葵油、玉米 胚芽油等。

牛乳脂肪中甘油三饱和酸酯的含量较母乳高得多，而这种酯不易消化吸收， 因而，母乳化奶粉工艺中还包括减少甘油三饱和酸酯的含量。除了减少甘油三饱 和酸酯的含量以提高脂肪酸消化吸收外，还可通过增加牛乳中甘油三棕榈酸酯在 甘油三酸酯分子β位置上的结合量，使之更接近母乳。

(3)糖类及矿物质的母乳化，在母乳和牛乳中的碳水化合物主要是乳糖，在 母乳中乳糖含量为7.4%左右，而牛乳中仅4.5%左右，显然牛乳中的乳糖不能 满足婴幼儿机体需要。由于乳糖在肠道中停留时间较长，容易发生酸性发酵，形 成的乳酸有利于钙、磷的吸收，促进骨骼和牙齿的生长，同时乳糖所产生的有机 酸对牙齿无腐蚀作用。特别是由于乳酸发酵，乳酸菌的生长能抑制腐败菌的发 育，有助于肠道的健康。为了保证产品中的碳水化合物含量，而又限制蔗糖的含 量，可增加有利于婴幼儿吸收利用的乳糖和饴糖，并确保乳糖占总糖量的73% 以上。

牛乳中矿物质含量比母乳高得多，如无机盐比母乳高3倍。但是，由于婴儿 的肾脏机能尚未发育完全，过量的矿物质的摄入可造成肾脏负担过重，易引起发 烧、浮肿等病症。牛乳中矿物质的母乳化处理是除去一部分Na、K、Ca 等无机 盐，使其K/Na 值为2.88,Ca/P 值为1.22。对于其他的Cu、Mg、Fe、Mn 等 微量元素，也应使其有适当的含量和比例。

此外，牛乳母乳化时应添加一些维生素，以保证婴儿维生素的充分供应， 一 般需添加维生素A、 维生素D、 维生素B₁ 、维生素Bs、 叶酸、维生素C。

2. 育儿奶粉

育儿奶粉也是根据婴幼儿的生理特点，将牛乳进行一定的处理和强化所制成 的婴幼儿食品，在强化中添加了适量的脱盐乳清粉、植物油、糖类，以及婴幼儿 生长发育所必需的维生素、微量元素，尤其是牛磺酸和异构化乳糖，使育儿奶粉 在营养成分组成上接近或超过婴儿配方乳粉。

牛磺酸的添加量为20mg/100g。 异构化乳糖是以乳酮糖为主要成分，其主 要生理功效是作为双歧乳酸杆菌生长的强力促进因子，与母乳中的N-乙酸氨基 葡萄糖作用相同，具有保健和治疗的双重作用。食用含有异构化乳糖的食品后， 可使肠道中原有的占总菌数7.5%左右的双歧乳酸杆菌迅速增殖到57%左右，对 婴幼儿机体有益处。异构化乳糖的最适宜用量，婴幼儿每人每天为0.5～1.5g。 在配方设计中异构化乳糖的添加量为0.7%～1.2%(以乳酮糖计)。育儿奶粉主 要营养成分设计见表8-3。

**表8-3** **育儿奶粉主要营养成分的设计**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 营养成分 | 含量/(mg/100g) | 营养成分 | 含量/(mg/100g) |
| 蛋白质 | 15000～20000 | 牛磺酸 | 20～40 |
| 脂肪 | 20000～30000 | 异权化乳糖 | 700～1200 |
| 碳水化合物 | 45000～255000 | (以乳酮糖计) |  |
| 灰分 | 2500～3500 | 钾 | 400～1000 |
| 水分 | 2000～3000 | 钠 | 100～300 |
| 维生素A | 1700～2000(IU/100g | 氯 | 275～750 |
| 维生素B₁ | 0.4～0.8 | 钙 | 250～600 |
| 维生素B₂ | 0.8～1.2 | 磷 | 125～500 |
| 维生素Bs | 0.3～0.8 | 镁 | 30～50 |
| 维生素C | 40～60 | 铁 | 6～10 |
| 维生素D | 200～400 | 锌 | 4～10 |
| 维生素E | 5～8 | 锰 | 25～60 |
| 烟酸 | 4～8 | 碘 | 25～40 |

资料来源：刘程、江小梅.1994.当代新型食品.北京：北京工业大学出版社

表8-4列出了我国育儿奶粉、婴儿配方奶粉的重要成分含量及与国外婴儿奶 粉、母乳化奶粉的比较。从表中可看出，我国育儿奶粉中的蛋白质含量高于国外 的婴儿奶粉和母乳化奶粉，脂肪含量相当，总糖稍低，灰分略高。总的来看，育 儿奶粉主要营养成分配比是合理的，符合婴幼儿的营养要求。

**表8-4** **育儿奶粉、婴儿配方奶粉与国外产品的比较** (单位：%)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 成 分 | 水分 | 蛋白质 | 脂肪 | 总糖 | 蔗糖 | 灰分 |
| 育儿奶粉 | 2.27 | 16.35 | 28.57 | 49.67 | 7.5 | ,3.73 |
| 婴儿配方奶粉 | 2.0 | 18.67 | 26.8 | 55.75 | 5.0 | 2.0 |
| 美国S-26婴儿奶粉 | 2.0 | 12.0 | 28.0 | 58.0 |  | 2.0 |
| 新西兰母乳化奶粉 | 2.8 | 15.0 | 27.0 | 52.5 |  | 2.7 |

资料来源：刘程、江小梅.1994.当代新型食品.北京：北京工业大学出版社

3. 强化大豆儿童食品

大豆类包括黄豆、青豆和黑豆。大豆中含蛋白质40%左右，虽然是植物性 蛋白质，但其氨基酸组成跟动物蛋白质很接近，生理价值接近肉类，却比肉类所 含的脂肪低。其所含必需氨基酸中，只有蛋氨酸稍不足。大豆含脂肪约18%左 右，其脂肪中含有较多的不饱和脂肪酸，熔点低，易消化，是儿童的良好食品。 大豆中所含的不饱和脂肪酸可使血胆固醇和低密度脂蛋白(可导致动脉粥样硬化 的脂蛋白)降低，所以食用大豆制品有利于防治动脉粥样硬化和冠心病。大豆中 还富含磷脂，这种物质对于生长发育、神经活动及延缓脑细胞衰老具有重要作 用，而且磷脂在血液中可防止胆固醇在血管壁上沉积，所以也是其他人群，特别

· 272 ·

是中老年人的良好食品。但大豆中也存在一些有害物质，如皂角素、胰蛋白酶抑 制素、植物红细胞凝血素、豆腥味等，影响大豆的食用性和营养价值，加工中应 引起注意。

大豆食品中强化的营养成分各国有所不同，例如，美国产品 “Soyalac” 在 大豆中添加的物质有糖类、矿物质、维生素、植物脂肪； “Soybee” 添加的有砂 糖、豆油、糊精、可可油、矿物质、维生素；此外美国还有 “Mull-Soy”、“Val- actin”, 这些产品均适用于婴幼儿作为主食用。日本产品有 “Bon-Lact”, 其添加 物 与 “Soyalac”基本相同，只是添加量稍有差别，也适用于婴幼儿食用。此外 还有英国产品 “Grenogen”。 强化大豆食品的生产工艺有水抽提法和直接处理法 两种，简述如下：

(1)水抽提法



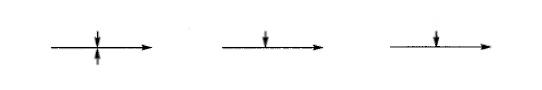
残渣(干燥)

浓缩，添加强化剂，喷雾干燥 豆浆

浸泡，磨细，过滤 大豆

成品

(2)直接处理法

140℃热风 去皮，磨细 添加强化剂

大豆 熟大豆 大豆粉 成品

除去有害物质

4. 强化豆奶

豆奶是一种含有易被人体吸收的优质植物蛋白、植物脂肪以及维生素、矿物 质的植物蛋白饮料，价格低廉，饮用方便，营养价值可与牛奶媲美，甚至在某些 方面优于牛奶。经常饮用豆奶对人体能产生很好的生理效果，也是一种良好的儿 童食品。强化豆奶有锌强化豆奶(每100mL 豆奶中强化锌5mg, 折算成乳酸锌 为18 . 7mg)、 钙强化豆奶(豆奶中钙含量为27mg/100g, 不能满足婴幼儿、发 育期儿童、孕产妇及老年人的正常生理需要，因此需强化钙)和果汁豆奶等。在 豆奶中直接添加钙盐会发生蛋白质沉淀，研究表明，适当地改变加钙方式及加入 量，在较窄的范围内即20mg/100mL 对饮料的稳定性无影响。具体工艺如下：

在冷却的豆奶中加入0 . 2%～1 . 0%的 NaHCO₃ 并搅拌，溶解后再加入0 . 4%~

1.2%的乳酸钙，再搅拌，高压杀菌后即可)。

**8.4.4** **强化军粮**

战时，军队行动是不规律的，现代战争要求在任何气候条件下作战，军粮必 须考虑营养是否全面、是否便于携带、是否易于烹煮等，因此，对军用口粮提出 了较高要求。由于军粮是集体膳食，容易强化处理，所以强化军粮出现得最早，

· 273 ·

也最普遍。

平时的军粮，如欧美各国大多在面粉及罐头等主要食品中增补必要的营养 素，其他一般与民用相仿。到了战时，为了携带方便则多以高能压缩食品为主， 且大部分为配套的食盒。即将几种不同的食品混合置于一个包装盒内。这些食品 是按照有关的能量及营养素含量计算而定，并配成一餐的供应量。普通食盒内的 主食大多由压缩饼干、压缩米糕、高油脂酥糖等组成，副食大多包括压缩肉松、 肉干、调味菜干粉，各种汤料等。此外还有乳粉、炼乳、人造奶油和巧克力等。

军粮中还可有不同的罐头食品、软罐头等，并可与食盒搭配食用。它们也都 根据各自的特点，增补适当的营养强化剂。至于营养强化剂的品种及用量还可根 据兵种的不同而异。

强化军粮除应有携带、开启和食用方便外，尚应有一定的保存期。

**8.4.5** **混合型营养强化食品**

将各种不同营养特点的天然食物互相混合，取长补短，以提高食物营养价值 的强化食品称为混合型营养强化食品。混合型营养强化食品的营养学意义在于发 挥各种食物中营养素的互补作用，大多是在主食品中混入一定量的其他食品以弥 补主食品中营养素的不足。其中主要的是补充蛋白质的不足，或增补主食品中的 某种限制氨基酸，其他则有维生素、矿物质等。

主要作为增补蛋白质、氨基酸用的天然食物有乳粉、鱼粉、大豆浓缩蛋白、 大豆分离蛋白、各种豆类，以及可可、芝麻、花生、向日葵等榨油后富含蛋白质 的副产品等。我国在利用天然食物及其制品进行食品强化方面有悠久的历史。例 如我国北方某些地区的“杂合面”,以及各地的谷豆混食等早已应用。

主要作为维生素增补用的有酵母、谷胚、胡萝卜干以及各种富含维生素的果 蔬和山区野果等。海带、骨粉等则可作为矿物质增补用。

**8.4.6** **其他强化食品**

1. 公共系统的强化食品

有一些普遍存在或地区性的营养缺乏问题，为了保证人民均能获得该种营养 素的有效补充，规定在公共系统中强化该种营养素。如1950年美国有几个州在 饮用水中强化氟，以保护牙齿，强化剂采用氟化钠或氟硅化钠，强化剂量为 1mg/L。 对于内地地区， 一些国家包括我国，在人民生活必需品食盐中强化碘以 防治甲状腺肿大。

2. 特殊需要的强化食品

为了适应各种特殊人群和不同职业的营养需要，防治各种职业病，可根据其

· 274 ·

特点配制成各种各样的强化食品。随着科学水平的日益发展和提高，适应各种特 殊需要的强化食品也将日益发展。

食品营养强化是增进人体健康的重要措施，也是人类文明、社会发展的必然 产物。我国由于历史的原因，以及经济、文化等条件所限，食品营养强化的发展 可以说仅仅是开始。人们对食品营养强化的基本原则和要求等尚不很清楚。特别 是在目前商品经济的推动下，尽管许多强化食品相继问世、发展很快，但尚未纳 入科学化轨道，存在一些问题，如：①强化目的意义不明；②载体食品选择不 当；③强化工艺不合理；④强化剂量不当；⑤夸大功能宣传；⑥审批与市场管理 不严等。这些都无疑会影响营养强化食品的健康发展，为此，我国除已颁发了 《食品卫生法》、《食品添加剂使用卫生标准》和《食品添加剂卫生管理办法》以 外，新近又颁发了《食品营养强化剂使用卫生标准》和《食品营养强化剂卫生管 理办法》。它们对食品、食品添加剂和食品营养强化剂的生产、经营等都做了一 系列的规定，尤其是婴儿食品的强化尚需按卫生部颁布的或许可的婴儿食品营养 及卫生标准规定执行。严格执行上述有关规定，借此将食品营养强化逐步纳入科 学化与法制化轨道，从而保证人民的身体健康，

**思** **考** **题**

1.食品营养素强化和食品营养强化剂的概念是什么?

2. 我国许可使用的食品营养强化剂有哪些种类?

3. 试述国内外食品营养强化发展简况。 4.食品营养素强化有哪些意义和作用?

5.试述食品营养素强化的基本原则。 6.试述食品营养素强化的主要技术。

7.营养强化食品有哪些主要种类?试述其生产方法。

(本章编写人：邓放明)

**主要参考文献**

陈洪嘉.2001.改进钙吸收的强化菊粉.中国食品工业，(2):28

赫格斯特德DM1983. 现代营养知识.候祥川等译，北京：人民卫生出版社

金丰秋，金其荣.2000.高硒酵母与富硒酵母.木薯精细化工，7(2):27~28,40

金增辉.2004.营养强化米及其加工方法，粮食与油脂，(12):40～43

孔繁修.2003.面粉强化——改善人类健康的良机.粮油食品科技，(3):41～42

李全宏.1995.食物、营养与卫生.青岛：青岛海洋大学出版社

李晓瑜.2004.食品营养强化剂管理的几点建议.中国公共卫生管理，20(4):373～375

林燕文，黄君红，黄建杏等.2001.泡菜营养强化食品的研制初探.食品科技，(2):28～29

刘程，江小梅.1994.当代新型食品.北京：北京工业大学出版社

刘程，周汝忠.1994.食品添加剂实用大全.北京：北京工业大学出版社

刘志皋.1991.食品营养学.北京：中国轻工业出版社

刘志皋.2002.我国食品营养强化发展概况.中国食品添加剂，(2):3～8

刘志皋.2003.食品营养强化与营养增补.中国食品添加剂，(1):6~9

吕艳燕.2004.国内外面粉营养强化现状的分析.粮食与食品工业，11(1):9～10,14 荣玉珊，刘爱国.2001.乳粉强化剂添加量的初探.食品科学，(2)97～98

虚谷.2003.科学选择“营养强化食品”.质量跟踪，14(7):16～16

杨希苗.2001.钙强化醋酸饮料的研究.食品工业科技，(3):74

殷泰安.2000.食品的营养强化.粮食知识，14(2):74～74

于炜.2002.营养强化剂的选择和使用.食品工业科技，23(3):83～85

张锦同.1983.强化食品.北京：轻工业出版社

张坤生，任云霞，张巧玲等.2001.强化钙营养米工艺的研究.食品科学，5:44～45

赵文华，翟风英，张丁等.2001.强化赖氨酸面粉对人群营养及免疫功能的影响.中国食物与营养，(3) 11～17

朱轶凡，郑沫利.2005.浅谈营养强化面粉.粮食科技与经济，30(1):42～43

**第** **9** **章** **保** **健** **食** **品**

**教** **学** **目** **标**

· 掌握保健食品的基本概念及基本特征。

· 了解保健食品功能性评价程序及评价方法。

· 了解低脂低热食品、仿生食品和广东凉茶的特点及其对人体的保健意义。

随着食品科学和食品营养学的发展，当代营养学研究的重点内容已不再局限 于食品解决人类的温饱问题及一些特定症状与营养素缺乏之间的关系等基本的营 养学问题，而开始转向如何通过摄取食品维持机体的健康或减少患诸多疾病的风 险，并由此出现保健食品以及具有一定保健作用的相关食品。可以说，“营养” 和“保健”这两个概念在一定程度上反映了不同时期营养研究对食品提出的 要求。

9.1 保 健 食 品

**9.1.1** **概述**

保健食品在不同的国家和地区称谓不完全相同，其定义并不完全统一。在日 本，保健食品被称为“功能性食品”(functional food), 最早提出于1982年，但 直到1987年，在日本文部省《食品功能的系统性解释与展开》的报告中才被正 式使用；1989年4月厚生省进一步定义为：具有与生物防御、生物节律调整、 预防疾病、恢复健康等有关功能，经过设计加工，有明显调整生物功能的食品 同时对这类食品提出几项要求：①作为食品，应该由通常使用的原材料或成分构 成，并以常规的形态与方法摄取；②属于日常摄取的食品；③应明确标记相关的 调节功能；1990年11月日本厚生省提出将“功能性食品”改名为“特定保健用 食品”(food for specified health use)。

欧美许多国家和地区将保健食品称为“健康食品” (health food)、 “设计食 品”(designed food)、 “营养食品” (nutritional food) 或“改良食品” (reform food)。1982年欧洲健康食品制造商联合会(EHPM) 指出，健康食品必须以保 证和增进健康为宗旨，应尽可能地以天然物为原料，必须在坚持健康食品的原则 和保证食品质量的前提下进行生产。规定健康食品的范围为：①含有充分营养素 的食品；②补充膳食中易缺少的营养素的食品；③特定需要的食品或滋补食品，

· 277 ·

最好含有特殊的营养物质；④以增强体质或美容为目标的食品；⑤以维持和增进 健康为目的，以天然原料为基础的食品。欧美地区对健康食品还有一种定义：除 有适宜的营养作用外，能对人的一种或几种目标功能(或称靶功能)有较好效 果，能够改善健康状态和(或)降低疾病危险性的食品。

在美国，还有“营养增补剂” (nutritional supplement) 的称谓。美国于 1994年10月在国会参、众两院通过了《营养增补剂、健康与教育法案》,以取 代先前的《健康食品法案》。其要点包括：①将草药、植物性物质与维生素、矿 物质、氨基酸等同视为营养增补剂，可以补充到食品中；②须保证如果按照产品 使用说明服用，对人体安全、无害；③产品可以制成片剂、粉剂、胶囊、软胶囊 等各种不同形式；④可以在产品中附加功能性说明，但这种说明不能针对疾病的 预防、诊断与治疗；⑤产品上市前要提供包括文献资料在内的证据，须经美国食 品与药物管理局 (FDA) 认可。目前，美国将保健(功能)食品称为“膳食补 充剂”。1997年，又对该法令中标签管理的内容进行了修改和补充。

在我国保健食品的定义于1996年正式提出。1996年3月15日，中国卫生 部发布的《保健食品管理方法》,指出保健食品是具有特定保健功能的食品，适 宜于特定人群食用，具有调节机体功能，不以治疗为目的。2005年4月30日国 家食品药品监督管理局(局令第19号)公布了《保健食品注册管理办法(试 行)》。明确指出保健食品是指声称具有特定保健功能或者以补充维生素、矿物质 为目的的食品，即适宜于特定人群食用，具有调节机体功能，不以治疗疾病为目 的，并且对人体不产生任何急性、亚急性或者慢性危害的食品。

虽然世界各国对保健食品的定义、称谓或划分范围略有区别，但其基本含义 是一致的，即这类食品是医学上或营养学上为满足特殊要求的具有特定功能的食 品，即除了具备一般食品的营养功能和感观功能(色、香、味、形)外，还具有 一般食品所没有的或不强调的调节人体生理活动的功能。

保健食品与药品的最大区别在于：保健食品的摄取不需要医生的处方，强调 防患于未然，对特定的机体功能失调体现出预防作用，但不能将其用于治疗。

**9.1.2** **保健食品的主要特征**

由保健食品的概念可知，它们大多在具有普通食品的属性(营养、感官、安 全)的同时，还具有调节机体功能的保健作用。同药品相比，保健食品既不宣 传、也不追求临床疗效，对人体不产生不良反应。前苏联学者Breckman 教授提 出，在人类健康与疾病状态之间存在着第三状态(所谓“亚健康状态”),当该状 态积累到一定程度时便会转为病态。保健食品作用于人体的第三状态时，将促使 机体向健康状态转化，这正是“保健”的含义，它决定了保健食品与通常所说的 营养食品之间是具有明显差别的。其主要特征在于：

· 278 ·

1. 功能的特殊性

传统的食品科学认为，食品具有两大基本功能： 一是营养功能；二是感官功 能(有人简称“饱腹功能”),即通过感官接受食品色、香、味、形和质构的刺激 而获得享受，从而满足食欲或心理学需求。然而，随着生活水平的提高，社会文 明的发展，由于环境污染，工作节奏加快，生活习惯改变而导致的各种“现代文 明病”越来越多，越来越严重，人们对食品的要求除需满足上述两种功能外，还 希望它能够对自身机体的有关功能进行调节，从而使身体处于健康状态，即食品 所谓的“第三功能”。 一种普通的营养食品尽管可能“营养丰富”,营养素种类繁 多，为人体维持健康所必需，然而它不能使人体从已存在的亚健康状态转向健康 状态，而功能性食品或保健食品则具备这种功能。因此，保健食品的首要特征就 是具有特殊的机体调节功能。

2. 成分及作用模式的特殊性

1)功能性成分是保健食品的物质基础

保健食品的功能均是有物质基础的，即含有功能活性成分(个别保健康食品 含有益生菌)。1994年， Stark最初在《功能性食品》中提出的食品功能性成分 或因子主要包括膳食纤维、低聚糖、糖醇、多肽及蛋白质、益生菌 (probiotic)、 植物化学物质及抗氧化剂、多不饱和脂肪酸等，均为非常规的营养素，力图区分 功能性食品成分与常规营养素。1997年， Roberfroid把功能性食品组分归为三 大类： 一是抗性淀粉、 w-3脂肪酸等特定生理功效的必需常量营养素；二是那些 在高于每日推荐摄入量 (RDI) 之上可能提供某种生理效果的微量营养素，可能 是某种矿物质或维生素；三是低聚糖、植物甾醇等具有某种特定生理效果的非必 需营养素成分。这种分类方法最大的特征在于其囊括了矿物质、维生素等基本营 养素，大大拓宽了保健食品的范畴。

由上可知，保健食品的功能性成分多种多样，既包括了非常规营养成分，也 包括一些常规的营养素，尤其是矿物质，维生素。

2)保健食品中功能性成分的作用模式具有特殊性

尽管很多天然食品内存在具有机体调节功能或保健作用的成分，例如各种维 生素、矿物质等。但是，必须借助特殊的制造工艺技术或者通过分离、浓缩、剂 量强化或标准化方能体现出这种价值，使之具有功能性食品的特征，起到预防慢 性疾病、促使人体从亚健康状态向健康状态转变的效果，所以，在功能性食品的 定义中强调要能够“充分显示”其对于身体防御功能的增强、生理节律调节作 用，以及预防疾病、促进康复等功能性。例如，维生素E 除了作为一种人体必 需营养素外(成年人每天 RNI14mgαTE), 也是一种潜在的肌体抗氧化剂，可 通过清除体内自由基和活泼氧离子发挥其预防细胞氧化性损伤的作用，临床实验

证实它具有降低癌症和心血管疾病发生率、提高机体免疫力等生理功能。但是， 要发挥维生素E 的这种生理抗氧化功能，则每日需要摄入200～800mgαTE。 显然，只有经过特殊配方的营养强化补剂或保健食品才能满足这种摄入量要求。

非营养性成分的保健功能更为引人注目。 一些成分随食品摄入后，无需经过 消化、吸收、代谢的常规过程就能够充分体现它们的保健功能，这与矿物质、维 生素等普通食品营养素的保健作用模式明显不同。例如，膳食纤维并不被人体消 化、吸收，不进入血液、在体内代谢，但是现代科学研究却证实其具有一系列的 机体调节功能或健康益处(参阅第5章)。再如免疫球蛋白，从卵黄、哺乳动物 初乳中提取的免疫球蛋白可能含有种类丰富的抗体，合理配方后可能增强人体抵 抗胃肠道内食源性致病微生物的所谓“被动免疫力”。随奶粉等食品摄入的免疫 球蛋白到达肠道，视个体差异，大约能够保留原有免疫活力的17%～25%,这 些抗体覆盖于胃肠道黏膜表面，可降低相关致病微生物感染人体致病的风险。对 于这种组分来说，显然其作为蛋白质营养的功能也并非大家关注的重点。

**9.1.3** **保健食品的原料**

我国的保健食品原料大致可分3类：①我国传统食物及药食同源的原料；

②中草药类原料；③提取物、化合物及其他。

1. 我国传统食物及药食同源类

我国传统饮食习惯中的一些食物也是中草药药材，这类食物称为药食同源的 食物或药物，我国卫生部称其既是食品又是药品。根据卫生部卫法监发[2002] 51号文，既是食品又是药品的共87种，其中大多数是中国人的传统食物，少数 是部分地区有食用习惯的食物，但它们也都是中国的传统中药材。近十余年来其 中的大部分品种已被应用为保健食品的原料，并已研究出其所含的具有生理活性 的功效成分及相应的生理功能。

既是食品又是药品的物品名单：丁香、八角茴香、刀豆、小茴香、小蓟、山 药、山楂、马齿苋、乌梢蛇、乌梅、木瓜、火麻仁、代代花、玉竹、甘草、白 芷、白果、白扁豆、白扁豆花、龙眼肉(桂圆)、决明子、百合、肉豆蔻、肉桂、 余甘子、佛手、杏仁(甜、苦)、沙棘、牡蛎、芡实、花椒、赤小豆、阿胶、鸡 内金、麦芽、昆布、枣(大枣、酸枣、黑枣)、罗汉果、郁李仁、金银花、青果、 鱼腥草、姜(生姜、干姜)、枳棋子、枸杞子、栀子、砂仁、胖大海、茯苓、香 椽、香薷、桃仁、桑叶、桑椹、桔红、桔梗、益智仁、荷叶、莱菔子、莲子、高 良姜、淡竹叶、淡豆豉、菊花、菊苣、黄芥子、黄精、紫苏、紫苏籽、葛根、黑 芝麻、黑胡椒、槐米、槐花、蒲公英、蜂蜜、榧子、酸枣仁、鲜白茅根、鲜芦 根、蝮蛇、橘皮、薄荷、薏苡仁、薤白、覆盆子、藿香。

· 280 ·

2. 中草药类

根据卫生部卫法监发[2002]51号文，可用于保健食品的物品共114种， 其中多数为中草药，少数是动物来源的中药。同时，卫生部还规定在保健食品中 禁用的药物名单，共60种。

(1)可用于保健食品的物品名单：人参、人参叶、人参果、三七、土茯苓、 大蓟、女贞子、山茱萸、川牛膝、川贝母、川芎、马鹿胎、马鹿茸、马鹿骨、丹 参、五加皮、五味子、升麻、天门冬、天麻、太子参、巴戟天、木香、木贼、牛 劳子、牛劳根、车前子、车前草、北沙参、平贝母、玄参、生地黄、生何首乌、 白芨、白术、白芍、白豆蔻、石决明、石斛(需提供可使用证明)、地骨皮、当 归、竹茹、红花、红景天、西洋参、吴茱萸、怀牛膝、杜仲、杜仲叶、沙苑子、 牡丹皮、芦荟、苍术、补骨脂、诃子、赤芍、远志、麦门冬、龟甲、佩兰、侧柏 叶、制大黄、制何首乌、刺五加、刺玫果、泽兰、泽泻、玫瑰花、玫瑰茄、知 母、罗布麻、苦丁茶、金荞麦、金樱子、青皮、厚朴、厚朴花、姜黄、枳壳、枳 实、柏子仁、珍珠、绞股蓝、胡芦巴、茜草、荜菱、韭菜子、首乌藤、香附、骨 碎补、党参、桑白皮、桑枝、浙贝母、益母草、积雪草、淫羊藿、菟丝子、野菊 花、银杏叶、黄芪、湖北贝母、番泻叶、蛤蚧、越橘、槐实、蒲黄、蒺藜、蜂 胶、酸角、墨早莲、熟大黄、熟地黄、鳖甲。

(2)保健食品禁用物品名单：八角莲、八里麻、千金子、土青木香、山莨 菪、川乌、广防己、马桑叶、马钱子、六角莲、天仙子、巴豆、水银、长春花、 甘遂、生天南星、生半夏、生白附子、生狼毒、白降丹、石蒜、关木通、农吉 痢、夹竹桃、朱砂、米壳(罂粟壳)、红升丹、红豆杉、红茴香、红粉、羊角拗、 羊踯躅、丽江山慈姑、京大戟、昆明山海棠、河豚、闹羊花、青娘虫、鱼藤、洋 地黄、洋金花、牵牛子、砒石(白砒、红砒、砒霜)、草乌、香加皮(杠柳皮)

骆驼蓬、鬼臼、舞草、铁棒槌、铃兰、雪上一枝蒿、黄花夹竹桃、斑蝥、硫磺、

雄黄、雷公藤、颠茄、藜芦、蟾酥。

3. 动植物提取物及具保健功能化合物

这类原料是保健食品配方中作为原料并具有特定的生物活性成分和相应的生 理作用的品种。常用于保健食品中的提取物有：葡萄籽提取物、桑叶提取物、苦 瓜提取物、小麦胚芽油、沙棘油、紫苏油、亚麻籽油、月见草油、鱼油、蛤蟆 油、大豆磷脂等。常用于保健食品的化合物有：牛磺酸、谷胱酰胺、精氨酸、 L-肉碱、硒化合物、共轭亚油酸、二十二碳五烯酸、二十二碳六烯酸、植物甾 醇、褪黑素、茶多酚、酪蛋白磷酸肽、有机硫化合物、膳食纤维、低聚糖、活性 多糖等。参阅第5章食物中的其他功能成分。

保健食品制造过程中还常常需要添加其他的辅料，主要包括生产保健食品时

·281 ·

所用的赋形剂及其他附加物料。辅料一般应为《食品添加剂使用卫生标准》或卫 生部公告的食品添加剂新品种名单中的品种。

**9.1.4** **保健食品的加工**

一般而言，保健食品的加工比普通食品加工要求更高，需要从原材料中提取 功能成分(必要时需要合成)、稳定和保护功能性成分、制备成一定的剂型、监 测功能性成分的含量及有效性等。

1. 功能性成分的提取、分离与纯化

从基料中提取、分离和纯化功能活性成分的程序大致为：基料→提取功能活 性成分→ 固液分离→初步分离纯化→高度分离纯化→纯化后产品的制备→纯度检 验。在食品加工过程中除了考虑工艺合理性以外，还必须注意其安全性。例如， 使用的溶剂、树脂及器具等，都应该是无毒无害的。

常用的提取技术包括溶剂浸提法、水蒸气蒸馏法、压榨法、超临界二氧化碳 萃取法等。溶剂浸提法是目前最常用的方法，利用水或其他适当的溶剂从原料中 将可溶性有效成分浸出。水蒸气蒸馏法适用于具有挥发性、不溶于水或难溶于 水，又不会与水发生反应的物质的提取，如某些芳香油、某些小分子酸性化合 物、大蒜素等。压榨法适用于功能活性成分能溶于汁液的植物、果实、蔬菜或油 料作物的提取。超临界二氧化碳萃取法能够萃取一些重要功能成分，具有提取率 高、产品纯度好、能耗低、后处理简单、无毒等优点。

经浸提后的混合物多为固液混悬液，则采取沉降固液分离、过滤、压滤及离 心等方法进行分离。经固液分离出来的提取液可采用萃取分离、树脂分离、沉淀 分离进行初步分离纯化。萃取分离方法常有水-有机溶剂萃取、双水相萃取、反 胶束萃取、凝胶萃取和超临界流体萃取等，这类方法具有分离速度快、效率高等 优点。树脂分离方法是利用功能成分与树脂结合，将杂质去后，再洗脱功能成 分；或利用杂质与树脂结合，功能成分被分离纯化。树脂分离法具有产品纯度高 的优点。沉淀分离法常有等电点法、盐析法、有机溶剂沉淀法等，设备及操作简 单，但过滤困难，纯度较低。膜分离法是一种新技术，分为透析、微滤、纳滤、 超滤、反渗透和电渗析等，具有高效、节能、无污染等优点。

经初步分离纯化若产品达不到要求，可采用色谱法和沉淀结晶法进一步纯 化。色谱法常有气相色谱、液相色谱、纸色谱和薄层色谱，具有分离效率高、操 作条件温和、产品纯度高等优点。为提高产品纯度，可重复多次沉淀或结晶的 方法。

若分离纯化后为液体，不易久存，需采用常压或真空蒸发浓缩干燥、喷雾干 燥、升华浓缩干燥等方法，制成浓缩或干燥的产品。

· 282 ·

2. 不同剂型保健食品的加工方法

保健食品常做成真溶液、胶体溶液、混悬液、胶囊、片剂、冲剂等剂型， 剂型不同其加工方法也有所不同。①真溶液型和胶体溶液制剂是食物成分溶解 或分散于溶剂中，主要采用溶解法制备，即将功能成分及其他食物成分溶于水 中，再经过滤、灌装、灭菌等步骤处理。如果使用的蔗糖较多(近饱和),则 称为糖浆剂。②混悬型液体制剂是指不溶性食物成分颗粒分散在液体中所形成 的不均匀的、多相分散的液体剂。若食物成分不溶或食物成分的溶解度达不到 功能要求的浓度而不能制成溶液剂，或制成水溶液不稳定或为了长效的目的等 可考虑制成混悬液。③胶囊剂分硬胶囊剂和软胶囊剂。硬胶囊剂是将一定量的 食物成分填充于空心胶囊中制成。软胶囊剂是将一定量的食物成分或营养液密 封于球形或椭圆形的软质囊材中，可用滴制法或压制法制备。软质囊是由明 胶、甘油或其他适宜的可食用材料制成。④片剂的制备可采用直接压片法和造 粒后压片法。造粒后压片又分为湿法造粒压片和干法造粒压片，视原辅料情况 而定。⑤冲剂是将食物成分细粉或食物提取物加适宜的赋形剂制成的可溶性或 混悬性的内服制剂，其制法基本上与片剂颗粒的制法相同，只是颗粒的硬度较 大，以免破碎.

**9.1.5** **保健食品的功能与评价**

1. 保健食品的目标功能

不同国家和地区对于保健食品的目标功能的分类并不相同。国际生命科学院 (International Life Science Institute,ⅡSI) 欧洲分会把功能性食品的目标功能 大致概括为以下6个方面：①促进生长、发育以及分化，例如孕妇或乳母的机体 代谢的适应性增强；②代谢调节效应，例如维持合适体重；③防御活性氧化物的 危害，例如DNA 结构及其功能活性的保护；④心血管系统维护，例如脂蛋白的 动态平衡；⑤肠道功能调节，例如最佳的肠道功能以及粪便形成；⑥行为以及心 理功能调节，例如认知能力和反应能力。

我国卫生部1996年开始提出保健食品的功能声称范围，当时允许申报的功 能有12项，1997年又新增12项，2000年上半年又减少其中2项，共22项，直 到2003年初重新调整和增加，确定为27项功能，即：①增强免疫力；②辅助降 血脂；③辅助降血糖；④抗氧化；⑤辅助改善记忆力；⑥缓解视疲劳；⑦清咽； ⑧ 辅助降血压；⑨促进排铅；⑩改善睡眠；①促进泌乳； ⑫缓解体力疲劳； ⑬提 高缺氧耐受力；④对辐射危害有辅助保护； ⑮减肥；⑥改善生长发育；⑩增加骨 密度； ⑬改善营养性贫血； ⑲化学性肝损伤有辅助保护； 祛痤疮；①祛黄褐 斑；②改善皮肤水分；③改善皮肤油分；②调节肠道菌群； 促进消化； 通

便；⑦对胃黏膜损伤有辅助保护。实际上，需要改善的健康问题远不止上述27 项。例如衰老(延缓衰老功能试验不足以确切证明)、更年期综合征、性功能障 碍等健康问题也需要解决，尚有待于今后深入研究，开发新的保健食品和新的 功能。

2. 保健功能的功能性评价

功能评价，就是对功能性食品所宣称的保健功能进行动物和(或)人体试验 加以评价确认。这是功能性食品与其他一切食品(包括绿色食品、药膳食品)的 根本区别，也是1996年以来，国家对功能性食品进行统一管理的核心问题。

1)保健食品功能性评价程序

研究或开发一种功能性食品的第一步就是鉴定出特定功能性因子(对机体健 康有益或者具有潜在的健康效果的食品组分)对机体的一种或多种功能的影响。 这一步属于基础研究，对所鉴定出的组分与功能的相互作用关系必须要提出一种 或几种假设机制，根据一定的试验原则设计并进行动物实验和(或)人体试食实 验进行功能性的确证，进行结果判定。在此基础上，定义出一种或几种功能性， 初步形成某种健康声称。需要说明的是，在对保健食品进行功能性评价的前提 是，被评价对象的物理、化学性质应已知，并且保证该功能性物质是经过安全性 毒性学评价。

2)保健食品功能性评价方法

对保健食品或其中功能性成分的功能性或健康效果的评价或验证需要采用科 学、规范的方法。通常需要采用动物试验和(或)人体试食实验技术评价保健食 品的某种功能。当然具体某种功能的评价的实验项目有所不同，主要的有免疫调 节功能、促进生长发育功能、抗疲劳功能、减肥功能、调节血脂功能、抗突变及 抗肿瘤功能等评价方法如表9-1所示。

**9.1.6** **保健食品的管理**

1. 法律与规章

1995年10月30日公布的《中华人民共和国食品卫生法》第22条、23条和 45条对保健食品审批和监管做出了明确规定，首次确立了保健食品的法律地位。 1996年3月15日，中国卫生部发布的《保健食品管理方法》,对保健食品的定 义、审批、生产经营、标签、说明书及广告宣传、监督管理等做出了具体规定； 2005年4月30日国家食品药品监督管理局(局令第19号)颁布了《保健食品 注册管理办法(试行)》,2005年7月1日之后在中国境内申请国产和进口保健 食品注册将正式由食品药品监督管理局归口、管理，该规章对保健食品的申请与 审批、原料与辅料、标签与说明书、试验与检验、再注册、复审、法律责任等做

· 284 ·

功能性 试验项目 试验原则 结果判定

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 免疫调 节作用 | 1.动物试验  1)脏器/体重比值  胸腺/体重比值  脾脏/体重比值  2)细胞免疫功能测定  小鼠脾淋巴细胞转化 试验  迟发型变态反应  3)体液免疫功能测定  抗体生成细胞检测 血清溶血素检测  4)单核-巨噬细胞功能测定 小鼠碳廓清试验  小鼠腹腔巨噬细胞吞食 鸡红细胞试验  5)NK细胞活性测定  2.人体试食实验  1)细胞免疫功能测定  外周血淋巴细胞转化 试验  2)体液免疫功能试验  单向免疫扩散法测定 IgG、IgA、IgM  3)非特异性免疫功能测定 吞噬与杀菌试验 | 1.选择一组能够全面反映免 疫系统各方面功能的试  验，其中细胞免疫、体液 免疫和单核-巨噬细胞功 能三方面至少选1种试验  2.确保安全的前提下尽可能 进行人体试食试验 | 1.在动物实验的2)~  4)中，有两个或两  个以上结果呈阳性， 即可判定受试物具有 免疫调节作用  2.在一组试验中，免疫 系统某一方面的试验 呈阳性，可判定受试 物具有该方面的免疫 调节作用  3.在一组试验中，若任 何一项免疫试验被抑 制，则判定受试物具 有免疫抑制反应 |
| 改善记  忆作用 | 1.动物试验  1)跳台试验  2)避暗试验  3)穿梭箱试验  4)水迷宫试验  2.人体试食实验  1)韦氏记忆量表  2)临床记忆量表 | 1.试验应通过训练前、训练 后及重测验前3种不同的 给予受试物方法观察其对 记忆全过程的影响  2.采用一组(2个以上)行  为学试验方法  3.人体试食试验为动物试验 后的必做项目 | 1.动物试验两项或两项 以上的指标为阳性， 且两次或两次以上的 重复测试为阳性，可 以认为该受试物具有  改善该类动物记忆 作用  2.人体试食结果为阳性， 则认为该受试物具有  改善人体记忆作用 |

动物试验

1)胎仔情况

活胎数、雌雄比例、死胎数、

分娩胎仔数

2)体重及食物利用率

出生时及出生后4、7、14、 21、30、60d幼鼠体重，计

促进生 算断乳后幼鼠的食物利用率

长发育 3)生理发育指标

作用 记录耳郭分离、门齿萌出、开

眼、长毛、阴道开方、睾丸

下降时间

4)神经反射指标

平面翻正、前肢抓力、悬崖回 避、嗅觉定位、听觉警戒、 负趋地性、回旋运动、视觉 发育、空中翻正、游泳发育

1.给受试物的时间可根据具 体情况选择仔母鼠孕期或 哺乳期至成年期

2.在神经反射指标中应选择 一组(5个以上)行为学

试验方法

在1)～4)四类指标中 有三类以上(含三类) 指标为阳性，可认为受 试物有促进生长发育

作用

续表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 功能性 试验项目 试验原则 结果判定 | | | |
| 抗疲劳 作用 | 动物试验  1)负重游泳试验  2)爬杆试验  3)血乳酸  4)血清尿素氮  5)肝/肌糖原测定 | 1.运动试验和生化指标检测 相结合  2.在运动试验前，动物需经 过初筛  3.还可结合其他生化指标如 血糖、乳酸脱氢酶、血红 蛋白以及磷酸肌酸等 | 若一项以上(含一项)  运动试验和两项以上  (含两项)生化指标为阳 性，即可判断该受试物 具有抗疲劳作用 |
|  | |  | 1.动物试验中体重和体 |
| 减肥  作用 | 1.动物试验  1)体重测定  2)体内脂肪质量测定  2.人体试食实验  1)体重、体重指数、腰围、  腹围、臀围  2)体内脂肪含量 | 1.进行减肥试验时，除了上 述指标外还要进行机体营 养状况检测、运动耐力测 试以及与健康有关的其他 指标的观察  2.人体试食试验为必做项目 | 内脂肪检测结果均为 阳性，且对健康无损 害，即可初步判定该 受试物具有减肥作用  2.人体试食试验中，体 内脂肪明显减少且对 健康无损害，即可判 定该受试物具有减肥 |
|  | |  | 作用 |
| 1.体内试验 | |  |  |
| 抗突变  作用 | 1)小鼠骨髓细胞微核试验  2)小鼠睾丸染色体畸变试验 2.体外试验  Ames试验或V₇g细胞基因突变 | 1.体内试验和体外试验相 结合  2. Ames试验和V₇g细胞基因 突变试验任选一项 | 抗突变试验三项中有两 项为阳性，即可判定该 受试物具有抗突变作用 |
| 试验 | |  |  |
| 抛制肿  瘤作用 | 1.动物诱发性肿瘤试验  2.动物移植性肿瘤试验  3.免疫功能试验  1)K细胞活性测定  2)单核-巨噬细胞功能测定 | 1.1和2试验中任选一项 2.同时必做两项免疫功能  试验 | 1和2试验中有一项为阳 性，并且对免疫功能无 抑制作用，则可判断该 受试物具有抑制肿瘤  作用 |
|  | |  | 1.动物试验结果为阳性， |
| 调节血 1.大鼠脂代谢紊乱模型法  脂作用2.人体试食试验 | | 尽可能动物实验和人体试食 试验相结合，进行综合评价 | 初步判定有效  2.人体试食试验为阳性， 可判定受试物具有调 |
| 节血脂作用 | | | |

资料来源：陈仁惇.2001.营养保健食品.北京：中国轻工业出版社

出了具体规定，成立了全国保健食品审评委员会，以整顿、规范保健食品工业。

2. 规范性文件

国家食品药品监督管理局发布的主要文件包括：

(1)关于印发《营养素补充剂申报与审评规定(试行)》等8个相关规定的 通告(国食药监注[2005]第202号，2005年7月1 日实施),其中包括：营养 素补充剂、真菌类保健食品、益生菌类保健食品、核酸类保健食品、野生动植物 类保健食品、氨基酸螯合物等保健食品、应用大孔吸附树脂分离纯化工艺生产的 保健食品的申报与审评的规定。

(2)《保健食品广告审查暂行规定》(国食药监注[2005]第11号)等。

· 286 ·

由中华人民共和国卫生部发布的相关文件主要包括：

(1)保健食品标识规定(卫法监发[1996]第38号)。

(2)健康相关产品命名规定(卫法监发[2001]第109号)。

(3)中华人民共和国食品添加剂卫生管理办法(卫生部1993年3月15日发布)。

(4)保健食品通用卫生要求(卫法监发[1996]第38号)。

(5)保健食品良好生产规范审查方法与评价准则(卫法监发[2003]第77 号)等。

3. 技术规范与技术标准

与保健食品相关的技术规范与技术标准主要包括：

(1)保健食品检验与评价技术规范(2003年版),其中含保健食品功能学评

价程序与检验方法规范、保健食品安全性毒理学评价程序与检验方法规范、保健 食品功效成分与卫生指标检验规范等内容。

(2)保健(功能)食品通用标准 (GB16740—1997)。

(3)保健食品良好生产规范 (GB17405—1998)。

(4)食品添加剂使用卫生标准 (GB2760)。

(5)中国居民膳食营养素参考推荐摄入量(中国营养学会，2000年10月发布)。

(6)标准化工作导则 (GB/T1.1—2000)。

4. 保健食品管理机构及职责

中国保健食品管理机构主要包括食品药品监督管理局、质监局、工商行政部 门、卫生行政部门。

食品药品监督管理局拟订保健品市场准入标准，负责保健品的审批，审查保

健品广告，并负责保健食品安全的综合监管、组织协调，依法组织查处重大事 故。质监局负责保健食品生产加工环节的监管。工商行政部门负责保健食品流通 环节的监管和生产经营营业执照的发放。卫生行政部门负责消费环节的监管和保 健食品生产经营卫生许可证的发放。

5. 保健食品的注册管理

《中华人民共和国食品卫生法》(1995年10月30日)第22条规定：“表明

具有特定保健功能的食品，其产品及说明书必须报国务院卫生行政部门审查批 准”,这是一切保健食品审批的依据。

所谓保健食品注册，是指国家食品药品监督管理局注册司根据申请人的申

请，依照法定程序、条件和要求，对申请注册的保健食品的安全性、有效性、质 量可控性以及标签说明书内容等进行系统评价和审查，并决定是否准予其注册的 审批过程；包括对产品注册申请、变更申请和技术转让产品注册申请的审批。 一

般需要通过省级食品药品监督管理局所属的保健食品认证中心的初审，方可报送 国家局终审，即省、自治区、直辖市食品药品监督管理部门受国家食品药品监督 管理局委托，负责对国产保健食品注册申请资料的受理和形式审查，对申请注册 的保健食品试验和样品试制的现场进行核查，组织对样品进行检验。

国家食品药品监督管理局确定的检验机构负责申请注册的保健食品的安全性毒 理学试验、功能学试验[包括动物试验和(或)人体试食试验]、功效成分或标志性 成分检测、卫生学试验、稳定性试验等，承担样品检验和复核检验等具体工作。

任何关于已有保健食品的变更申请，包括：缩小适宜人群范围，扩大不适宜 人群范围，注意事项的变更申请，改变食用量的变更申请，改变产品规格、保质 期以及质量标准的变更申请，增加保健食品功能项目的变更申请，改变产品名称 的变更申请，申请人自身名称和(或)地址改变的备案事项，除提供基本资料 外，尚需要提供食品药品监督管理局规定的相关资料。

2005年7月，又颁布了《保健食品申报与审评补充规定(试行)》,对同一 产品制成两种剂型或分别成型条件、缓释制剂保健食品审评、增补保健食品剂 型、保健食品的适宜人群或不适宜人群或注意事项的确定等相关问题做了补充说 明和规定。并确认以舌下吸收的剂型、喷雾剂等不得作为保健食品剂型，不得以 肌酸和熊胆粉作为原料申请保健食品，暂不受理和审批以金属硫蛋白为原料申请 的保健食品。

产品技术审评的重点包括：产品配方，产品的功能、安全性、功效成分、卫 生学、稳定性，质量标准，生产工艺等内容。评审依据是保健食品检验与评价技 术规范(2003年版)以及相关国家标准。

9.2 其他具有一定保健作用的食品

由前可知，“保健食品”有其特定的含义，需经过特定的评价程序来确定。 而有些食品，严格意义上，不是保健食品，但是同样在人体预防相关疾病或调节 机体方面具有积极作用，如低脂、低热食品，某些仿生食品以及一些特殊的传统 文化食品，如广东凉茶等。

**9.2.1** **低脂、低热食品**

这里所指的低脂、低热食品是广义上的低脂、低热食品，是脂肪和(或)热 量含量明显低于同类常规产品的食品。它包括了美国FDA 定义①的减脂肪食品、

① 1991年美国 FDA 定义：比同类常规食品减少50%以上脂肪的食品称为减脂肪食品；比同类常规

食品减少1/3以上热量的食品，其他营养素相同的为减热量食品；每份含脂肪2g 以下，且按无水质量计

的脂肪含量在10%以下的食品称为低脂肪食品 (low fat food); 每克热量0.4kcal以下的食品，且每份热 量40kcal以下的食品称为低热量食品；同为减食品和减热量食品的食品为Lite食品。

· 288 ·

低脂肪食品、减热量食品、低热量食品以及Lite食品。

人体所摄入的脂肪能够为人体提供必需脂肪酸。但在诸如美国的发达国家， 普通居民的脂肪摄入量通常占总能量的36%～37%。因此，美国心脏学会发表 的饮食指南建议，将脂肪占总摄入热量比例限制在30%以下，其中饱和脂肪酸 和顺式脂肪酸占总摄入热量比例不得超过10%。据统计，1995年美国低脂、低 胆固醇食品销售额近180亿美元，2000年迅速增至400亿美元，目前至少有1.5 亿人食用低脂食品。同样，在我国，近年的调查研究表明，居民尤其是城市居民 脂肪的摄入量整体呈上升趋势。为了预防或控制脂肪过量摄入可能导致的营养性 疾病，低脂、低热食品开始被推荐给相关人群。

需要说明的是，各种低脂、低热食品的选择或摄入应针对适宜的人群。要考 虑各年龄段人群机体对脂肪有不同营养需求。通常来讲，对于如需控制体重或减 肥的人、需降低血脂或预防血脂升高的人(包括成人、青少年、儿童等),所摄 入的低脂低热食品通常要兼顾两方面特性，即脂肪含量和热量值都低的食品，也 就是常说的Lite食品。仅仅脂肪含量低，而其他供能营养素如碳水化合物含量 高从而导致食品的总能值仍旧维持在较高水平的食品并不适于该类人群。研究证 实：期望食用降脂食品或根本不含脂肪的食品以达到减肥的目的是不现实的。如 作为预防性质的摄入， 一般建议向正常成人推荐低脂低热食品；而对于正常青少 年、儿童及婴儿等，由于其生长发育特点，这些人群对膳食脂肪的需要量相对较 高，因而低脂低热食品的适用性尚存在争议；特别是婴儿，研究发现，给7～22 个月的婴儿喂以低脂食品可能出现所谓“非正常生长综合征”。选择低脂低热食 品的人群还包括一些有特殊食品嗜好的人群，如素食者。但如果该类人群处于特 殊生理时期，如女性妊娠时，需要考虑该阶段人体的具体生理及营养特点，防止 低脂低热食品导致的总热量摄入不足的问题。

此外，要避免低脂食品摄入可能引起的人体有关营养素的缺乏。在低脂食品 中采用脂肪替代物之后，人体是否摄入足够诸如n-3和 n-6有益于人体健康的脂 肪酸也成为问题。同时，需考虑脂肪替代物使用可能导致的食品中脂溶性(例如 胡萝卜素)和脂溶性维生素A、D、E、K 的吸收减少。如研究发现 Olestra与药 物、食品成分之间存在的这种潜在交互作用可能影响肠胃系统中脂溶性营养的运 动和吸收率。因此，生产商必须在含有此类产品的食品中强化这些维生素。

**9.2.2** **脂肪替代品**

脂肪在赋予食品营养价值的同时，影响着食品的品质和风味。如脂肪可掩盖 食品中的某些异味；脂肪具有乳化效果；脂肪能够充当很多风味物质如：脂肪 酸、脂肪酸酯、内酯、羟基化合物等的载体，在缓慢释放过程中赋予食品愉快的 后味。而低脂食品可能因为脂肪含量的降低导致食品失去原有的感官性质及风 味。根据不同食品体系的特点，选用合适的脂肪替代品，并运用蛋白质、碳水化

· 289 ·

合物、乳化剂、稳定剂以及其他食品添加剂组合，生产出与传统全脂产品口味尽 量一致的低脂产品，是目前解决问题的有效手段。

1. 脂肪替代品的分类

根据所采用的原料， “油脂替代品”大致可以分为油脂代替品 (oil and fat substitute) 和油脂模拟品 (oil and fat mimic)。脂肪替代品主要是以长链脂肪酸 为基础成分的酯化产品，其酯键可抵抗人体肠道内天然脂酶的水解作用，因此能 量较低甚至完全不提供能量，如蔗糖聚酯。该类物质最大优点在于具备类似油脂 的物理特性。油脂模拟品又称为拟脂肪物质，是以经过物理或化学处理后的碳水 化合物或蛋白质为基础成分的产品，它们能够以水状液体系的物理特性模拟出油 脂润滑细腻的口感特性，其中部分品种已经作为公认安全物质 (GRAS), 批准 应用于低脂食品生产。脂肪模拟物中采用的蛋白质和碳水化合物，其热量较脂 肪低。

根据来源，油脂替代品又可分天然油脂替代品和合成油脂替代品。其中魔芋 葡甘聚糖、菊粉、木薯淀粉 (DE<5)、 玉米麦芽糊精 (DE4～7)、 马铃薯淀粉 (DE<3)、 豌豆纤维、变性牛乳或鸡蛋蛋白、玉米醇溶蛋白等天然油脂替代品因 为没有安全性方面的顾虑而受到格外关注。例如，菊粉溶解在水中可形成奶油 状、类似脂肪的凝胶结构，且抗脱水收缩能力非常强。在低脂的饮料、涂抹料、 酸奶、冰淇淋、奶油冻、巧克力、色拉调料、奶酪、肉制品等产品中达到赋形及 改良质构的目的。前面提及的蔗糖聚酯等为合成油脂替代品(表9-2)。

**表9-2** **一些合成油脂替代品的化学组成及其潜在应用体系**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 产品 | 化学组成 热量 | | 应用食品体系 潜在营养问题 | |
| 蔗糖聚酯 (olestra) | 蔗糖与C8～C22脂肪酸的  酯化产物，即脂肪酸蔗糖不消化  聚酯(SPE) | | 烹调油、起酥油、咸味零  食、色拉油、蛋黄酱、人  造奶油、色拉调味料、冰 影响脂溶性维 淇淋、花生酱、干酪、含 生素E、维生  乳饮料、低能量焙烤食品、素D等的吸收  蛋糕糖霜混合物、面包涂  抹物、巧克力及糖果等 | |
| 羧酸酯 | 由两种不同类型的酸(脂 肪酸及具有酸功能的酯或 醚)与多元醇组成的复合 酯化产物 | 部分消化 | 低温食品用油、油炸用油、 组织化肉制品、焙烤食  品等 | 致泻阈值大于 蔗糖聚酯，脂 溶性维生素吸 收受影响 |
| 丙氧基甘 油酯 | 乙酰化环氧化物与多元醇 的结合物 | 不消化 | 传统食用油、色拉调味料、  焙烤食品、涂抹食品和冰 无毒  淇淋等 | |
| 三烷氧基  丙三羧酸  酯 | 热稳定性多羧酸(带2～4 个羧基)与醇(C8～C30 的线性或分支的饱和或不 饱和醇)的酯化产物 | 低消化率 | 油炸用油、起酥油、焙烤  食品、色拉调味料、人造 奶油和蛋黄酱等 | 高剂量有一定 毒性，小鼠实 验中致泻阈值 小于0.5g |

· 290 ·

续表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 产品 化学组成 热量 | | 应用食品体系 | | 潜在营养问题 |
| 丙二酸酯，酯基部分由12  二元酸酯～18碳原子组成，烷基由几乎不能消化 1～20碳原子组成 | | 人造奶油、蛋黄酱、油炸 用油等 | | 无毒 |
| 由长链单不饱和脂肪酸和 | |  | | 影响脂溶性维 |
| 脂肪醇组成的线性酯混合  霍霍巴油 物，酸和醇部分含有20～消化率约20%  22碳原子和一个不饱和 | | 人造奶油、油炸食品、蛋 糕 等 | | 生素的吸收， 饲料添加量达 到24%时导致 |
| 双键 | |  | | 实验动物腹泻 |
| 聚硅氧烷 二氧化硅的有机衍生物 不消化 | | 色拉油、起酥油、油炸用 油，花生酱、蛋黄酱、玉 米粒、色拉调味料、蛋糕、 饼干和松饼等 | | 无毒 |
| 聚葡萄糖 | 冰淇淋等冷冻甜点、糖果、 葡萄糖聚合物(相对分子不消化，热值低蛋糕或面包类焙烤食品、  质量为1500～2500左右) (4.18kJ /g) 饮料、果酱、胶姆糖和巧  克力等食品 | | 1981年，FDA 批准作为食品  添加剂。致泻 阈值大于一些 低热量糖醇 | |

资料来源：郑建仙.1998.功能性食品.北京：中国轻工业出版社

2. 油脂替代物的应用

低脂冰淇淋是冷冻甜食业中发展最快的产品。通过控制原料质量、使用含焦 糖的乳品基料或脂肪替代物等多种方法可改善脂肪含量降低对产品感官、货架期 的影响。例如，部分变性的乳清蛋白乃一种具有纯正乳风味的基料，其中蛋白质 34%～37%,脂肪小于5%,10%水溶液pH 值为6.0～6.6,热值为16.8kJ/g, 不到脂肪的1/2。其滋味爽口，后味舒畅顺口，能够在一定程度上模拟乳脂口 感，并且与水的结合能力也比较强，具有稳定剂的功能，能够防止冰淇淋形成冰 的味觉，制成更显奶油感官性状的冰淇淋。另外一种在低脂冰淇淋中使用较多的 脂肪替代物是全天然果胶型脂肪代用品，它添加到含钙溶液中可发生胶凝化作 用，在冰淇淋中形成良好的质构和类似脂肪的口感。低DE 值的淀粉化合物具有 模拟脂肪的性质，也可应用于低脂冰淇淋中。冰淇淋复配型稳定剂也可以视为专 为低脂冰淇淋设计的脂肪替代物，可能具有类似脂肪的作用。再如，传统上的肉 制品是属于高脂、高胆固醇类食品。利用天然魔芋淀粉加水糊化后膨胀系数大和 黏性强、稳定、润滑的特点，将其应用于低脂重组火腿中，可以使肉制品在脂肪 降低后仍能保持良好的口感，保持肉制品多汁、鲜嫩、滑润等许多感官特性。

**9.2.3** **仿生食品**

为满足现代社会需求，各国均生产出许多不同种类的具有一定营养价值、食 用方便、物美价廉的“人造食品”。这类或从营养、或从风味、或从感官性状、或

从生理调节功能上模仿天然食品的人造食品被称为“仿生食品”(bionic food)。

1. 仿生食品的特征

仿生食品的基本特征在于其营养、感官或保健功能标准化的主要依据是相应 的天然食品。另外，从工程化的角度，仿生食品可以采用各种来源的食品基料如 美国宇航员吃的人造菠萝是用水草、藻类、果胶、香料、食用色素制成；从风味 及口感等感官功能上看，有些仿生食品几乎可以乱真，而成本却远远低于天然食 品，如仿生海鲜制品。同时，在营养、感官、生理调节等功能上，仿生食品虽然 一般以天然食品的特性为依据进行模拟或标准化，但是并不排斥仿生食品对天然 食品功能特性的改良，如我国首创的“人造水果”仿生葡萄，此种产品采用了白 糖、蜂蜜、海藻胶、山楂汁、乳钙、柠檬酸、食用色素、苯甲酸钠等食品基料或 组分，不仅色、香、味、形酷似天然葡萄，而且营养价值大大超过天然葡萄，可 能具有降脂、健脾、消滞、提神等保健功能。

2. 仿生食品的分类

根据各种仿生食品配方、设计过程中所特别关注的天然食品功能，可以对仿 生食品作大致的分类。

1)模仿天然食品感官功能特性的产品

以仿肉制品为代表的仿生食品主要模拟肉的咀嚼感和风味，但兼顾肉制品的 营养功能特性。采用分离大豆蛋白制造的“人造肉”已经商品化。组织状(化) 蛋白制品又称仿肉状大豆蛋白，是利用脱脂豆粕加工而成的标准化蛋白制品，有 类似瘦肉一样的纤维结构，富有咀嚼感，保证了模拟食品的感官功能，且价格低 廉。根据加工方法的不同，大豆蛋白仿肉制品可分为纤维状仿肉制品、挤压型仿 肉制品和热胶凝型仿肉制品。

采用魔芋粉(葡甘聚糖),经溶胀、凝胶化等工艺过程，可制作在色、形、 味、口感等方面与原生物食品相同或相似的仿生食品，常见的魔芋仿生食品有素 鱿鱼、素虾仁、素肚片、素腰花、素蹄筋、素海参、墨鱼丁、海蜇皮、素牛肉 干、贡丸、松丝等，该仿生食品富含膳食纤维，具有相应的保健功能。

2)模仿天然食品营养功能特性的产品

以仿生海洋食品为代表的仿生食品主要模拟和改良海洋天然食物的营养功能 特性。它是以海洋资源为主要原料，通过原料之间的混合搭配使用以及特殊风味 物质的添加和脱除，可弥补天然海洋食品的某些营养或风味缺陷，使之营养更加 合理、风味更佳。由于其成本远低于天然海鲜，适合大众消费，已经有仿生蟹腿 肉食品、仿生鱼翅食品、仿生虾样食品、仿生墨鱼食品、仿生海蜇食品、仿生鱼 籽食品、仿生蟹籽食品、仿生海胆食品等各式仿生海洋食品。

3)模仿天然食品生理调节功能特性的产品

以仿生发酵制品为代表的仿生食品主要模拟常规发酵食物的生理调节功能特

· 292 ·

性。例如，发酵型酸奶就是一种典型的仿生发酵食品，它模仿了人体在某一特定 时期(例如婴幼儿时期)肠道内正常的微生物区系作用过程，采用乳酸菌分解乳 糖，模拟正常人体肠道内牛乳乳糖的消化作用，在体外对牛乳的营养成分进行 “预消化”,提高其在人体肠道中的消化吸收性能和营养价值。再如仿生花粉食 品，在人工控制条件下，利用从蜂房中分离筛选出的乳酸菌，模拟蜂房中的温 度、湿度进行发酵破壁，制取人工蜂粮。模拟自然条件发酵制造的人工蜂粮，有 利于花粉食品生理调节功能组分的利用或“标准化”,对于解决养蜂业春繁夏忙 的困难问题也有重要的作用。

**9.2.4** **广东凉茶**

1. 概述

凉茶是一类特殊的传统饮料食品。广东凉茶是岭南人民根据本地的气候、水 土特性，在长期预防疾病与保健的过程中以中医养生理论为指导，以中草药为基 础，研制、总结出的一类具有清热解毒、生津止渴等功效的饮料总称。它综合民 间验方发展而来，有特定的术语指导人们日常饮用，但又不同于其他中药，服用 无剂量限制，且无需医生指导。2006年5月25日国务院批准广东凉茶为首批国 家级非物质文化遗产，

南方属热带和亚热带季风气候区，形成了温暖潮湿的气候特征，长期在这种 环境下生活的人容易产生一种亚健康状态 热气(上火),热气得不到及时消 除，会引起身体不适，还会引发其他疾病。按照中医的理论，风、寒、暑、湿、 火、燥6种邪气侵人，是人致病的原因。这6种邪气当中，除了寒邪外，其余都 是温热的，而被寒邪伤害的人又一定患有热病，可见清热是治病的关键。岭南人 通过长期实践，积累了调理保健、防病治病的宝贵经验，在植被丰富的山川谷地 采集各种中草药，以备身体不适时熬制饮用。后来，随着商业的发展，有人在繁 华集市的道路旁出售熬制好的各种保健、防病的草药煎剂，这就是岭南民间凉 茶。由于服用方便，效果明显，深受民众喜爱。岭南人饮用凉茶历史悠久，代代 流传，相习成俗，时至今天，仍然盛行于两广、港澳地区，享誉海外，形成了颇 具特色的凉茶文化，成为岭南地区独具特色的食品。目前生产销售凉茶的企业多 达几百家，涌现出王老吉、黄振龙、金葫芦、徐其修、健生堂、夏桑菊等一批著 名凉茶品牌，凉茶年销量达200万t, 还将大幅增长。

2. 广东凉茶的种类及功效

凉茶发展至今，大致可分为下述3种类型。

(1)传统凉茶：传统凉茶是指历史比较悠久、配方多来自民间或祖传古方的 一类凉茶。该类凉茶多呈深褐色，口感苦涩，多带有药用性质。例如，广州王老

· 293 ·

吉凉茶，它是由岗梅根、木蝴蝶、火炭母、金钱草、布渣叶、淡竹叶、金沙藤、 五指柑、山芝麻、金樱根10味药组成，这些药大多数是广东民间草药，具有清 热解暑、去湿消滞、生津止渴的功效，主治外感风热而见发热、喉痛、声沙、口 苦尿黄，兼有泄泻、腹痛、食少体倦等胃肠湿热症状。还有香港二十四味凉茶、 黄振龙斑痧凉茶等。

(2)保健凉茶：这类凉茶与传统凉茶有所不同，它并不是专门针对某一疾 病，而是适合于健康人群，起到清热消暑等保健作用。所用原料除具有清热消暑 作用的中草药外，还有一些药食两用的食物原料。这类凉茶颜色偏淡，味道不觉 苦涩，且略有甘甜之昧，因而很受欢迎。例如：罗汉果凉茶、金银菊五花茶、菊 花雪梨茶等，具有清热明目、解暑之功效，适当饮用，可防止中暑及肺燥咳嗽、 肝火眼痛等症，从而起到保健预防作用。

(3)果蔬凉茶：这类凉茶是指鲜榨果蔬汁，由于所用原料为一些水果和蔬 菜，实属于普通食品类。由于果蔬内含有丰富的人体所需的矿物质、维生素和一 些生理活性物质，经常饮用能起到促进体内循环、调节新陈代谢等作用，有益健 康。例如：西芹汁可降血压、调节内分泌的功效；凉瓜汁、甘笋汁有清热解毒、 治疗暗疮的功效；苹果汁和鲜橙汁则有润肺、健胃的功效。

凉茶的剂型多种多样，最早只有凉茶剂型，即由药物磨粉与黏合剂混合制成 的一种固体制剂，饮用时以沸水泡汁代茶服用，也称茶剂，形状多制成小方形或 长形，如甘和茶、合仔茶和午时茶等。随后制成汤剂，即买即饮，这种剂型较普 遍，近来更发展到冲剂型、易拉罐型、茶包型等。

广东凉茶功效的物质基础较为复杂，尚缺乏系统研究，急需加强。不过，据 广东省《凉茶(植物饮料)标准》(审定稿),其主要的特征物质之一是黄酮类化 合物，总黄酮含量已列入标准检测项目。

3. 广东凉茶的管理

由于广东凉茶是一类有别于保健食品和普通食品的特殊食品，过去游离于食 品和药品之间，缺乏相关标准，生产与管理遇到诸多问题，甚至给一些不法经营 者带来可乘之机，如有凉茶店变相出售自制的中药复方汤剂；违规加入防腐剂， 防止凉茶变质；违规加入退烧、止咳，甚至激素等西药成分以提高疗效，赢得更 多顾客，不仅对消费者的健康构成威胁，而且也影响了整个凉茶行业的正常发 展。针对这种状况，广东省食品(饮食)文化遗产认定委员会依据《广东省食品 (饮食)文化遗产论证和认定标准》,认定广东凉茶主要包括18个凉茶品牌及其 支撑的54个配方和专用术语为广东省食品(饮食)文化遗产。同时由广东省食 品行业协会、广东省食品工业标准化技术委员会组织有关力量，起草《凉茶(植 物饮料)标准》,现已进入审定阶段。

《凉茶(植物饮料)标准》(审定稿)规定了凉茶(植物饮料)的技术要求、

· 294 ·

试验方法、检验规则、标志、包装、运输及储存等内容，限定所用原料为经认定 的凉茶食品文化遗产配方中的180多种，规定各生产企业应严格按经广东省食品 文化遗产认定委员会认定的凉茶配方组织生产，各配方产品都需按国家标准 (GB/T15193) 规定的方法进行食品安全性毒理学评价并达到合格，还规定了凉 茶的感官性状、理化指标和微生物指标等。其标准的制定与实施对于规范凉茶行 业的生产经营，提升凉茶的产品质量，确保其安全性，促进消费者身体健康，增 强产品在国内外市场中的竞争力等均有重要意义。

**思** **考** **题**

1.保健食品的主要特征是什么?

2.保健食品与营养食品的主要区别是什么?

3. 根据我国现行保健食品管理体系，在保健食品开发过程中应该注意哪些问题? 4.何谓低脂低热食品?它对人体健康有什么意义?

5.仿生食品主要有哪些种类?各有何特点?

6. 广东凉茶的主要特点与功效是什么?

(本章编写人：曹劲松 庞杰)

**主要参考文献**

曹劲松，王晓琴.2002.食品营养强化剂.北京：中国轻工业出版社

高福成。2000.食品分离与重组技术.北京：中国轻工业出版社

李清春，张锦强.2001.仿生食品的研究概况.食品科技，(1):20～21

李璇，郑建仙.2001.低脂食品影响人体健康的最新进展.食品与发酵工业，25(1):55～60 刘志皋.1991.食品营养学.北京：中国轻工业出版社

马海乐.1994.仿生食品工程学发展中的若干问题.大自然探索，50(4):74～78

唐传核.2004.植物功能性食品.北京：化学工业出版社

王利方.1998.低脂食品的风味改善.食品工业科技，(3):10～13

章淑萍.2005.广州凉茶利弊杂谈.河南中医，(9):78

郑建仙.1998.功能性食品.北京：中国轻工业出版社

**第** **1** **0** **章** **特殊人群的营养**

**教学目标**

· 了解不同人群的生理状况。

· 掌握不同人群的营养需求特点。

·理解不同人群的主要营养缺乏症特点及原因。

·根据不同人群的生理状况及营养需求特点能够提出合理的饮食计划及 建议。

10.1 孕 妇 营 养

**10.1.1** **妊娠期生理特点**

妊娠 (pregnancy) 是指在母体内胚胎的形成及胎儿的生长发育过程， 一般 分为妊娠早期(1～12周)、妊娠中期(13～27周)、妊娠晚期(28～40周)三 个阶段。从妊娠开始、妊娠维持到最终分娩，母体的生理状态相对正常妇女发生 了很大的改变，其目的是为胎儿提供一个最佳的生长环境；同时，也是为维持母 亲的身体健康。

1. 内分泌的改变

内分泌系统是体内重要的信息传递系统，参与人体各种生理过程的调节。激 素 (hormone) 是由内分泌细胞产生的具有生物活性的物质，是内分泌系统实现 调节功能的信息传递者。妊娠期妇女内分泌系统多种激素水平的改变是导致其身 体发生生理变化的主要原因。除母体原有的内分泌腺体及细胞分泌相关激素外， 孕后形成的胎盘也可以提供维持妊娠所必需的一些激素。

1)人绒毛膜促性腺激素

人绒毛膜促性腺激素 (human chorionic gonadotrophin,HCG)是由胎盘产 生的一种糖蛋白，在受精后第8～10d 就出现在母体血中，随后浓度迅速升高， 至妊娠8～9周达到顶峰，随后又迅速下降，到20周左右降至较低水平，并一直 维持至分娩。其主要的生理作用一是在妊娠早期刺激母体黄体分泌雌激素和孕激 素，以维持妊娠过程的顺利进行；二是可以抑制淋巴细胞的活力，防止母体产生 对胎儿的排斥反应，具有“安胎”作用。

· 296 ·

2)人绒毛膜生长素

人绒毛膜生长素 (human chorionic somatomammotropin,HCS)也是胎盘产 生的一种糖蛋白。因其化学结构、生理作用、生物活性等均与生长素相似，故被 定名为人线毛膜生长素 (HCS)。HCS 分泌水平与胎盘的生长发育相平行，在妊 娠末期达到顶峰。 HCS 的主要生理作用是调节母体与胎儿的物质代谢过程，包 括糖、脂肪和蛋白质的代谢，从而促进胎儿的生长。

3)雌激素

雌激素 (estrogen)有3种：雌二醇、雌酮和雌三醇，均属于类固醇类激素。 在妊娠期，胎盘和卵巢一样，能够分泌雌激素。妊娠8～9周后。此时，胎盘所 分泌的雌激素逐渐增加，可接替黄体的功能以维持妊娠，直到分娩。胎盘所分泌 的雌激素中，主要成分为雌三醇，其主要生理作用是通过前列腺素的产生而增加 子宫和胎盘之间的血流量，并可促进母体乳房发育。

4)孕激素

孕激素 (progestogen)主要是孕酮 (progesterone),为类固醇类激素，源自 母体血液中的胆固醇。在妊娠期间，孕酮的分泌量维持在较高水平。其中胎盘孕 酮的分泌变化规律同雌激素类似。孕酮一方面能够维持子宫内膜、蜕膜发育，同 时促进乳腺腺泡和导管的发育；另一方面能够抑制淋巴细胞活力以及乳腺在孕期 的分泌。需要说明的是，孕酮通常要在雌激素作用的基础上才能发挥作用。

5)其他激素

在妊娠期间，母体血浆中皮质醇 (cortisol) 浓度也增加。皮质醇由肾上腺 皮质分泌，可加速氨基酸进入肝脏成为糖异生的原料。另外，孕期母体甲状腺素 水平也有升高，并可能引起孕妇妊娠期轻微甲状腺肿。

2. 基础代谢率的改变

由于妊娠期内分泌的改变，使母体的合成代谢增加，基础代谢率发生变化。 在妊娠早期，基础代谢率 (BMR) 略有下降；妊娠中期BMR 逐渐升高；妊娠晚 期增高约15%～20%。对碳水化合物、脂肪和蛋白质的利用也有所改变。

1)葡萄糖代谢

正常妊娠时空腹血糖较非妊娠期低，进食碳水化合物后，内源性葡萄糖产生 受到抑制，糖利用率增加。糖负荷实验表明，妊娠妇女在给予糖负荷后，血糖达 峰值及回复正常水平的时间都较非妊娠妇女长；同时，胰岛素 (insulin,INS) 反应也呈类似变化。

2)脂肪代谢

妊娠期间，孕妇体内需要积累一定量的脂肪用于分娩和泌乳过程的能量消 耗。妊娠早期，母体内的甘油三酯的量会降低，从妊娠8周起上升，妊娠晚期脂 肪量较非妊娠期增加1.5～2.0倍，妊娠期总磷脂水平增加，软脂酸与油酸量增

· 297 ·

加，亚麻酸与花生四烯酸量下降；正常妊娠期吸收胆固醇的有效度增加可能导致 高脂血症。另外，妊娠中期禁食12h 后，酮体量高于非妊娠期。

3)蛋白质代谢

妊娠期蛋白质代谢呈正氮平衡，以储备较多的蛋白质，作为子宫、胎儿、乳 腺发育所需。但与产后相比，妊娠期孕妇血浆中大多数氨基酸浓度较低。动物实 验显示，妊娠期空腹时，糖原性氨基酸，如丙氨酸、丝氨酸、谷酰胺酸及谷氨酸 量均减少。

4)其他

妊娠期间，母体对其他成分如水、电解质、维生素的代谢均发生不同程度的 变化。如：由于雌激素等作用，至妊娠末期包括胎儿及其附属物在内至少有9L 水分潴留。妊娠期水分潴留使血清晶体渗透压下降。血总钙含量在整个妊娠过程 中不断下降，至妊娠末期降至最低点。在妊娠的中、晚期母体钙经主动转运给胎 儿，20孕周时每日通过胎盘的钙量为50mg, 至35孕周时增加到350mg, 同时 雌激素抑制母体对骨钙的重吸收也导致了妊娠期间血钙和磷的降低。另外，妊娠 期妇女血浆维生素A 水平在充足的情况下，由于雌激素水平的不断增高，导致 肝脏及脂肪组织中维生素A 的释出，随妊娠期进展呈逐渐增高趋势。这种维生 素 A 高含量的状态会加速铁的利用，使体内铁储存减少。

3. 消化系统功能的改变

妊娠期妇女常伴有消化功能的改变。牙龈肥厚，易患牙龈炎和牙龈出血；妊 娠期产生的激素会改变母体肌肉的弹力如引起胃肠平滑肌松弛，同时快速生长的 胎儿也会推挤母体的消化道，从而导致胃肠蠕动减慢，胃排空时间延长；此外， 妊娠期间胃酸及消化液的分泌减少。这些都影响了食物消化，因此孕妇常出现胃 肠胀气及便秘。在妊娠早期，约有50%以上的孕妇有恶心、呕吐、消化不良、 胃反酸等妊娠反应。同时，某些营养素如钙、铁、维生素B₂ 、 叶酸等也因为食 物在消化道内停留时间加长，使其吸收增加，尤其在妊娠的后半期。

4. 肾功能的改变

妊娠期间，为利于清除母体和胎体代谢所产生的废物，母体肾功能出现明显 的生理性调节。表现为肾小球滤过能力增强，可增加约50%;肾血浆流量也增 加了约75%。尿中蛋白质代谢产物尿酸、尿素、肌酐排出量增多。另外，由于 肾小球滤过量超过了肾曲管的再吸收能力，有时会出现孕期妇女尿中葡萄糖、氨 基酸、水溶性维生素的排出量明显增加。

5. 血容量及血液成分的改变

母体在妊娠期血容量增多及组成成分的改变是为了更便于将营养素输送给胎

· 298 ·

儿，并将胎儿排泄物输出体外。

1)血容量

血容量的变化包括血浆容积和红细胞数量的改变。与非妊娠妇女相比，妊娠 期妇女血容量可增加35%～45%,自妊娠6～8周开始，至妊娠28～33周时达 高峰，并维持至分娩。其中血浆容积最大增加量约为50%(正常非妊娠妇女的 血浆容积为2.6L), 红细胞数量的增加至分娩时约可达20%。由于血容量增加 的幅度较红细胞增加的幅度大，致使血液相对稀释。

2)血液成分

由于血液稀释，相比非妊娠妇女，妊娠期妇女的红细胞计数(约为3.6× 1012个/L) 和血红蛋白值(约为110g/L) 均有所降低(非妊娠妇女红细胞计数 和血红蛋白值分别约为4.2×10¹2/L、130g/L), 故妊娠妇女易出现生理性贫血。 同样，孕妇的血浆总蛋白浓度也从妊娠早期就开始下降，至妊娠晚期时由约 70g/L 降至60g/L。 但血液中白细胞数量却从妊娠7周开始升高，到30周达到 顶峰。

6. 体重的变化

为保证胎儿及母体的健康，体重的增加对妊娠妇女来说是十分必要的。体重 的增长包括两大部分， 一是妊娠产物，包括胎儿、胎盘和羊水；二是母体组织的 增长，包括血液和细胞外液的增加、子宫和乳腺的发育及母体为泌乳而储备的脂 肪组织和其他营养物质。

不同妊娠妇女在妊娠期的适宜增重量应有所不同，可根据妊娠期前的身体特 征指数、自身的营养状态及育有胎儿的数量确定适宜的体重增长值。 一般妊娠前 消瘦者妊娠期体重增长值应高于正常体重的妇女，而矮小并超重或肥胖的妇女则 较低。对于妊娠前处于健康状态的妇女，若怀有双胞胎，其体重应增加15.75~ 20.25kg。 以体质指数 (BMI) 作为指标，则不同BMI 妇女孕期增重的推荐值见 表10-1。

**表10-1** **按妊娠前BMI** **推荐的妊娠妇女体重适宜增长范围**

不同妇女

BMI

建议增加体重/kg

低体重妇女

正常体重妇女

超重妇女

肥胖妇女

<19.8

19.8～26.0

26.0～29.0

>29.0

12.6～18

11.25～15.75

6.75～11.25

≥5.85

资料来源：塞泽尔FS,惠特尼EN.2004.营养学——概念与争论.王希成译.第八版.北京：清华大 学出版社

许多流行病学资料显示，孕期体重的增长过多或过少均不利。若体重增长 少，可能导致低体重儿，而体重增长过多可能导致巨大儿。体质量增长的速度随 妊娠期的进展而不同。妊娠早期体重增加较少，不到2kg, 至妊娠中晚期，体重 呈直线趋势上升。需要注意的是，如果妊娠期间体重突然增加很多则可能是子痫 前期开始的征兆。

**10.1.2** **妊娠期的营养需要**

妊娠期妇女的营养需要同正常妇女的有着极大的不同，主要由于三方面的原 因。 一是妇女自受孕后，体内的正常代谢过程发生了一系列变化，自身对各种营 养素的需要量随之变化；二是由于母体必须为胎儿生长发育提供所需的各种营养 物质；三是孕妇还需要为分娩和泌乳在营养物质上进行一定的储备。因此，妊娠 期妇女需要比平时更多的营养素。孕期营养不良或营养失调会直接导致胎儿及妊 娠妇女的身体健康受到影响，必须调整妊娠妇女的营养与膳食，以适应妊娠期母 体的特殊生理和充分满足胎儿生长发育的各种营养素需要。在妊娠的不同时期， 由于胎儿的生长速度及母体对营养的储备不同，对营养的需求也不同。

1. 能 量

妊娠期妇女需要额外的食物能量，主要是用于胎儿生长发育、胎盘和母体组 织增长所需。20世纪70年代，根据 Hytten和 Leitch的推算， WHO 曾建议正 常妇女妊娠期应额外增加能量摄入约33.5MJ(8000kcal), 且整个妊娠期都需要 增加能量，其中妊娠早期3个月膳食能量供给量增加0.63MJ/d(150kcal/d),

4～9月增加1.46MJ/d(350kcal/d)。1985年 FAO/WHO 联合专家委员会对上

述建议值进行了修改，建议妊娠期膳食能量供给量比非妊娠期增加1.05MJ/d (250kcal/d),体力活动量少者为0.84MJ/d(200kcal/d), 并且仅从妊娠期的 中、晚期开始，即妊娠早期无需额外能量的增加。中国营养学会2000年修订的 膳食参考摄入量 (DRI) 建议中国妇女在正常情况下，膳食能量的摄入自孕中期 (妊娠4个月)开始较非孕期增加836.8kJ/d(200kcal/d)。 如果妊娠妇女为青少 年女性、低体重妇女及体力劳动者，因自身组织构建过程中蛋白质合成所需及额 外的体力消耗，其妊娠期膳食能量供给量较正常孕妇需适当增加。

2. 蛋白质

从妊娠早期开始，母体氮代谢就开始发生适应性的改变，如尿素的产生和排 泄降低、血浆α-氨基氮含量降低、体内支链氨基酸的转氨基作用减缓等，目的 是储留更多的氮。妊娠期间，为了满足母体子宫、胎盘和乳房等发育的需要以及 胎儿生长发育的需要，蛋白质的需要额外增加总量约925g, 其中胎儿体内约 440g, 胎盘100g, 羊水3g, 子宫166g, 乳腺81g, 血液135g。

· 300 ·

2000年中国营养学会在《中国居民膳食营养素参考摄入量》中建议和推荐 的膳食蛋白质增加量是：妊娠早期5g/d、 妊娠中期15g/d、 妊娠晚期20g/d。

3. 矿物质

妊娠期对矿物质的需要量较高，妊娠期妇女易于缺乏的矿物质主要是钙、 铁、锌、碘等。

1 ) 钙

正常的成年妇女体内含钙量约为 lkg, 妊娠期需增加30g, 主要用于满足胎 儿在成长发育过程中，构造骨骼和牙齿对钙的需求。同时，母体自身也要储留部 分钙以维持各项生理功能及产后哺乳期使用。胎儿钙的储留量与其在妊娠不同时 期的发育有关。妊娠早期胎儿钙储留量较少，平均仅为7mg/d, 妊娠中期开始 增加至110mg/d, 妊娠后期钙储留量大大增加，平均可储留350mg/d。 因此， 妊娠妇女相应的膳食钙摄入量也随妊娠期不断增加。

根据中国营养学会建议，妊娠期间钙的适宜摄入量 (AI) 为妊娠早期 800mg/d、 妊娠中期1000mg/d、 妊娠晚期1200mg/d。

2 ) 铁

整个妊娠期间孕妇对铁的需要约为1000mg, 胎儿体内300mg, 红细胞增加 约需450mg, 其余储留在胎盘中。随着胎儿的娩出，胎盘娩出及出血，妊娠期 储留的铁80%永久性丢失，仅200mg 被保留在母体内。妊娠期妇女机体对铁的 吸收增强，可到达原来的3倍。但由于妊娠期间孕妇储存的铁被动用以满足胎体 对铁的需要，为维持母体铁储存及预防铁缺乏的发生，妊娠期铁的摄入量应适当 增加。适宜的摄入量 (AI) 为妊娠早期15mg/d、 妊娠中期25mg/d、 妊娠后期 35mg/d。

3)锌

妊娠期间储留在母体和胎儿组织中锌的总量为100mg, 其中约53mg 储存在 胎儿体内。妊娠期间，血浆或血清锌浓度是随着妊娠期的进展逐渐下降， 一般发 生于妊娠早期，妊娠中期较稳，妊娠晚期又逐渐下降。母体锌营养与胎儿体内锌 水平关系密切，而胎儿体内锌水平直接影响新生儿的生长发育。妊娠期锌摄人量 与新生儿出生体重呈正相关。有报道指出低锌摄入的孕妇(小于6mg/d) 一般 能量及维生素摄入量也低，并且常伴有妊娠期体重增加不足和缺铁性贫血，其出 生低体重儿的危险性上升两倍，早产的危险性也升高。

中国营养学会建议，锌的推荐摄入量 (RNI) 在妊娠早期为11.5mg/d, 妊 娠中、晚期为16.5mg/d。 有专家建议对素食人群、大量吸烟者、滥用药物及多 次妊娠者，应额外补充锌15mg/d。 此外，由于治疗量的铁(>30mg/d) 可能干 扰锌的吸收，故建议妊娠期间治疗缺铁性贫血的妊娠妇女每日补充锌15mg/d。

4)碘

妊娠妇女对碘的需求量除了包括胎儿生长发育和母体自身的需要外，还应包 括孕妇本身血容量增加和尿排泄量增加的量。另外，妊娠期间由于雌激素变化和 代谢增高需要母体增加甲状腺激素的产出量，因此对碘的需要量增加。碘不足可 导致孕妇的甲状腺发生病理性改变，出现甲状腺肿大或甲状腺激素水平下降，可 致胎儿(特别是在妊娠早期缺碘)甲状腺功能低下，其主要病理损害为可导致胚 胎和胎儿期的脑发育障碍，即克汀病。通过妊娠期补碘特别是在妊娠的头3个 月，纠正母亲碘缺乏可有效地预防克汀病。

世界卫生组织 (WHO)、 联合国儿童基金会 (UNICEF)、 国际控制碘缺乏 病理事会 (ICCIDD) 建议，孕妇尿碘应维持在200～300μg/L 为宜。美国推荐 的孕期碘摄入量为175μg/d, 我国的推荐摄入量 (RNI) 为200μg/d。另外，很 多国家还规定了安全摄入量的上限水平。2001年美国和加拿大设立了碘的可耐 受最高量 (UL)1100μg/d, 中国采纳了WHO 提议的1000μg/d作为成人、孕 妇和哺乳妇女的UL,

4. 维生素

尽管有关人体的维生素干预实验和观察性研究的资料尚不完整，但是大量动 物试验已表明，母体维生素缺乏可导致胎儿生长发育迟缓及先天性畸形。提示适 量的维生素对于妊娠期妇女及母体内的胎儿特别重要。

1)维生素A

维生素A 具有促进生长与骨骼发育、维持视觉、维持皮肤及黏膜细胞的正 常分化、影响生殖系统机能等功能。这对于孕育下一代的妊娠期妇女及其体内生 长发育的胎儿显得尤其重要。有文献报道，母亲的维生素 A 营养状况低下与早 产、宫内发育迟缓及婴儿低出生体重有关。近来也有研究指出，维生素 A 对孕 妇的缺铁性贫血的预防具有积极意义。但妊娠期过量的维生素A 摄入可能诱导 细胞，尤其是神经外胚细胞在分化过程中发生改变，从而导致胎儿畸形。

中国营养学会于2000年《中国居民膳食营养素参考摄入量》中提出维生素 A 的推荐摄入量为妊娠早期800μg/d, 妊娠中、晚期900μg/d; 可耐受的最高摄

人量 UL 值为2400μg/d。

2)维生素D

维生素D 均可通过简单扩散经胎盘进入胎儿体内，并在其体内被活化，因 而在维持妊娠期钙平衡、调节孕妇及胎儿机体的免疫反应方面均具有重要功能。 妊娠期间维生素D 缺乏可能导致母亲和婴儿钙代谢紊乱，并引起各种病症如新 生儿低钙血症、手足抽搐以及母体骨质软化症。紫外光的照射可以促进孕妇体内 维生素D 的合成，但对于缺乏日光照射的地区，则主要依赖食源性的维生素D。

中国营养学会于2000年《中国居民膳食营养素参考摄入量》中推荐妊娠期

· 302 ·

妇女维生素D 参考摄入量为10μg/d。鉴于过量摄入可能导致的婴儿高血钙症及 其他可能的不利影响，设定UL 值为20μg/d。

3)叶酸

妊娠期妇女血清叶酸水平降低，尤其在中、晚期。妊娠妇女缺乏叶酸可能导 致妊娠期巨细胞性贫血、胎盘早剥、神经管畸形以及低体重出生儿等。其中，神 经管畸形又称无脑儿、脊柱裂，是新生儿常见的一种先天畸形。现在已有多项的 研究证明，妊娠期叶酸摄入量是神经管畸形危险性的重要决定因素。在怀孕前以 及妊娠早期补充叶酸400μg/d 可有效预防神经管畸形的发生。因此，妊娠期妇 女在怀孕前一段时期以及整个妊娠期间对叶酸的需要量都较正常妇女增加。但需 要明确的是，叶酸摄入量过高可掩盖维生素 B₂ 缺乏的血液学指标，可能产生不 可逆的神经系统损害而延误治疗，因此叶酸补充量应控制在1mg/d 以下。另外， 发表在最近出版的《英国医学会会刊》上的一份研究报告称，通过对3000名 1960年怀孕妇女的追踪调查发现，到2002年9月，当年补充叶酸的孕妇乳腺癌 发病率是服用安慰剂孕妇的两倍，因此研究者开始怀疑妊娠期妇女补充叶酸是否 会增加患乳腺癌危险，但也提出若获得该结论尚需进一步的研究。

2000年中国营养学会对叶酸的推荐摄入量 (RNI) 为600μg/d。 4)其他维生素

除了上述的维生素A、 维生素 D 及叶酸外，孕妇血浆的其他大多数维生素 水平也会发生变化，因此需特别注意进行适当补充。已发现维生素E 可能对新 生儿溶血产生有益的影响；孕妇维生素B₁ 缺乏可能导致新生儿脚气病；维生素 B₂ 的缺乏同孕妇贫血及铁缺乏相关；维生素C 则作为一种保护性的维生素，对 胎儿的生长发育造血系统的健全、机体的抵抗力等有促进作用；对于维生素 K, 近年有研究者提出孕妇口服维生素 K₁ 是早期预防维生素 K 缺乏性出血的新 途径。

2000年，中国营养学会对妊娠期妇女维生素E、 维生素B₁ 、 维生素B2、 维 生素C 的推荐摄入量或适宜摄入量分别为：维生素 E 14mg/d、 维生素 B₁ 1.5mg/d、 维生素B21.7mg/d、 维生素C100～130mg/d。

**10.1.3** **妊娠期营养不良对母体及胎儿的影响**

妊娠期营养不良是指在妊娠期间，由于一种和一种以上营养素的缺乏或过剩 所造成的母体、胎儿以及新生儿健康异常或疾病状态。

1. 妊娠期营养不良影响母体健康

1)钙营养不良或缺乏

据调查资料表明，我国妇女妊娠期膳食钙的实际摄入量偏低， 一般为500~ 800mg/d。 妊娠期间，特别在妊娠后期，胎儿生长加快，骨骼矿化达高峰，更易

· 303 ·

造成孕妇钙营养不良或缺乏。孕期膳食钙摄入不足，可能影响胎儿发育，但低钙 对母体的影响远大于对胎儿的影响。这是因为，妊娠期间，母体会动员骨钙，通 过胎盘逆浓度转运钙离子使胎儿血钙高于母体，甚至在母体钙稳定破坏状态下， 仍能维持这种血钙浓度。研究显示，妊娠期母体血清总钙水平逐渐下降，随妊娠 期延长而下降直到妊娠后期仍未能恢复，并低于脐血钙浓度。此时母亲的钙代谢 多为负平衡，结果使母亲骨密度降低，易患骨质软化症。另外，也有研究发现， 难产后的体质虚弱、乳汁不足、腰腿疼以及妇女更年期的骨质疏松症等都与妊娠 期的钙营养不良密切相关。

2)营养性贫血

铁、叶酸、维生素B₂ 的缺乏都可能导致妊娠期妇女发生贫血。其中缺铁性 贫血 (iron deficiency anemia,IDA) 是妊娠期妇女最常见的营养缺乏病之一。 妊娠期贫血发生率在20%～80%不等，我国约有三分之一以上的孕妇会发生缺 铁性贫血。研究证实，妊娠期早期的铁缺乏可能导致早产和新生儿低出生体重， 同时也由于胎儿肝脏中铁储备减少，使出生后婴儿容易患贫血。缺铁性贫血还与 妊娠期妇女体重增长不足有关，也会增加妊娠高血压综合征的发生，甚至造成产 后出血，增加孕妇的生产风险。另有研究报道，铜能影响铁的代谢，缺铜使肠道 对铁的吸收减少，导致肝、肾以及脾内的储存铁减少，还使组织中储存的铁变得 难以利用。此外，由叶酸、维生素Br₂缺乏引起的巨幼红细胞贫血 (megaloblas- tic anemia) 也是妊娠期妇女不容忽视的问题。

3)妊娠高血压症

妊娠期高血压症 (pregnancy-induced hypertension syndrome,PHS) 简称妊 高症，是妇女在妊娠期后出现的一种特有疾病，通常发生在妊娠20周后，表现 为孕妇血压升高，尿中可查出蛋白质，下肢或全身浮肿，病情严重时可出现子 痫、昏迷、各脏器功能衰竭甚至死亡。在美国约有6%的妊娠妇女可能出现妊娠 高血压症，我国约有9.4%的孕妇会发生妊高症。研究表明，营养不良，如缺 钙、蛋白质摄入不足、高钠摄入等是引发妊高症的重要原因。妊高症对妊娠期妇 女及胎儿的影响很大。对于母体，妊高症尤其是重度妊高症，可能导致胎盘早 剥，对孕妇的内脏器官造成伤害，出现多器官病变或衰竭如肺水肿、心衰、凝血 功能异常、急性肾衰、肝酶升高、血小板减少等。对于胎儿，可能因子宫胎盘的 血管发生病变，影响母体对胎儿的血液供应，胎儿缺血、缺氧，从而出现宫内窘 迫、发育迟缓、死胎、死产，甚至新生儿死亡。另外，孕妇营养过剩，造成脂肪 堆积和胎儿体重过大，也容易导致妊娠合并症和分娩并发症。

4)其他妊娠期合并症

除上述妊娠期合并症外，妊娠期营养不良还可能导致孕妇其他病症的出现 如妊娠期糖尿病 (gestational diabetes mellitus)、 妊娠合并肾炎、妊娠合并心 衰等。

· 304 ·

2. 妊娠期营养不良对胎儿影响

1)胎儿和新生儿死亡率增高

母体营养不良导致胎儿和新生儿的生命力较差，不能经受外界环境中各种不 利因素的冲击，因此新生儿死亡率及死产率也较高。有调查发现，妊娠妇女低体 重或妊娠期间体重增加不足会增加体内胎儿的危险。对该类妊娠期妇女蛋白质和 能量的补充能够有效降低新生儿死亡率。需要说明的是，妊娠期营养过剩导致的 巨大儿，其在围生期的死亡率可能是正常胎儿或新生儿的3倍。

2)早产、小于胎龄儿及低出生体重儿

早产儿 (premature) 是指妊娠期少于37周即出生的婴儿。小于胎龄儿 (small for gestational ageinfant,SGA) 是指胎儿的大小与妊娠月份不符，即是 指新生儿体重低于该孕周应有平均体重的两个标准差者。低出生体重 (low birth weight,LBW) 是指新生儿出生体重小于2.5kg。 在西方发达国家中，低出生体 重新生儿中约2/3是由于早产，而发展中国家则多数低出生体重儿属于小于胎龄 儿，反映出胎儿在母体内生长停滞，宫内发育迟缓。妊娠期营养不良，特别是能 量、蛋白质摄入量不足，是造成宫内发育迟缓的重要原因之一。研究发现，胎儿 宫内发育迟缓造成的低出生体重与糖尿病、高血压、冠心病等多种成年慢性病的 发生密切相关。

3)脑发育受损及先天畸形

妊娠最后3个月至出生后1年左右是人类脑细胞发育的最旺盛时期，因此母 体营养状况将直接影响胎儿及新生儿的脑发育状况。如果妊娠期营养不良，胎儿 脑细胞的发育迟缓， DNA 合成速度减慢，可能影响到以后的智力发育。此外， 妊娠期某些营养素摄入过多或缺乏，可能导致出生婴儿先天畸形 (congenital malformation)。 多种研究表明，妊娠期蛋白质或蛋白质-能量摄入不足将影响子 代神经系统的发育；缺乏叶酸，可造成胎儿神经管畸形；摄入维生素 A 过多， 尤其是妊娠初期，也可导致先天畸形。另有报道，低锌与神经管缺陷的关系密切 相关。

4 ) 巨 大 儿

新生儿出生体重最佳范围是3.0～3.5kg, 当出生体重达到或超过4.0kg 时 就称为巨大儿。妊娠期妇女营养过剩尤其是能量、脂肪摄入过多、身体锻炼偏少 等是造成巨大儿的重要原因。孕期体重增加越多，巨大儿的发生率越高。另外， 孕妇本身肥胖较正常孕妇生产巨大儿的概率也高。巨大儿可能导致妊娠合并症、 分娩并发症。反之，妊娠并发症也可能导致巨大儿。例如：孕妇如果患有糖尿 病，可能使胎儿的血糖也持续增高，并刺激胎儿胰腺分泌过多的胰岛素，从而造 成脂肪、蛋白质和糖原在胎儿体内蓄积过多，从而导致胎儿长得大而肥胖。另 外，研究显示，巨大儿容易在成长过程中或到成年后患肥胖症、糖尿病以及出现

· 305 ·

性功能障碍、智力发育落后等现象。

**10.1.4** **妊娠期妇女的合理膳食**

妊娠期妇女合理膳食的总体来说要考虑以下几个方面：首先，在数量和质量 上满足妊娠妇女对营养的特殊需要；其次，要达到各种营养素之间的平衡；最 后，营养及膳食供给随妊娠时期的不同而不同。此外，同时要兼顾食物的感官特 点及烹饪方式，使食物多样化，以促进孕妇食欲并使其易于消化吸收。

1. 各种营养素要充足、平衡

1 ) 能 量

总体上讲，妊娠期妇女的能量需要比妊娠前明显增加。膳食中应含有充足的 能量。充足的能量是通过提高主食的量以及适当地提高脂肪的摄入量和增加肉类 食物实现的。妊娠中、后期，每日应摄入400～500g 以上的主食，以谷类为主； 各种肉类食物应在200～250g; 除食物中含有的脂肪外，烹调油应比妊娠期前增 加一些，但主要还是提高主食的摄入量。

2)蛋白质

妊娠期妇女需要量足质优的蛋白质，可通过增加摄入鱼、肉、蛋、奶、豆制 品等来满足需要。在妊娠中、晚期的蛋白质需要量比妊娠前增加了15～20g。可 比平时多摄取100g左右的肉类食品，并保证每日喝250～500mL 牛奶。

3)无机盐、维生素和膳食纤维

妊娠期间应多摄入新鲜的蔬菜、水果，不仅能够提供丰富的维生素和矿物 质，还具有清爽可口，增进食欲的效果；同时，其中富含的膳食纤维能够帮助孕 妇对食物的消化吸收，缓解妊娠期便秘问题。另外，动物肝脏、肉类、豆类及奶 类能够为妊娠期妇女提供丰富的铁或钙。妊娠中、晚期蔬菜的摄入量(以绿叶蔬 菜为主)可达500～700g, 水果200g 以上。

2. 妊娠不同时期的膳食不同

妊娠不同时期妊娠妇女的生理特点不同，胎儿的生长发育状况也不同，因此 对营养的需求不同，相应对其提供的膳食也应随之改变。

1)妊娠早期

在妊娠早期，胎儿生长慢，正常孕妇所需能量变化不大，因此一般不需要额 外增加。主要注意选择能够促进食欲，并且容易消化的食物，减少妊娠反应中的 呕吐。如若妊娠反应严重，无法进食，需注意补充碳水化合物以防体内脂肪分解 产生酮体，对胎儿脑发育产生不良影响。另外，注意摄入富含叶酸的食物如动物 肝脏、豆类及绿叶蔬菜等。

2)妊娠中期

到妊娠中期，胎儿生长开始迅速加快，母体体重直线上升，因此，应注意能

· 306 ·

量及营养素的补充，特别要多摄入动物性食物，保证优质蛋白质及其他营养素补 充及储备。由于妊娠中期，孕妇开始发生明显的生理变化，尤其是血容量及红细 胞增加，因此对铁的需要量增加，这样可以防止妊娠期铁缺乏对婴儿生长发育带 来的损害。可以多摄人一些富含铁的食物，如动物肝脏、血、肉类等，蔬菜有苋 菜、小白菜、芥菜等，但由于植物性食物当中所含为非血色素铁，因此，可以同 时补充维生素C 以提高吸收率。另外，妊娠中期开始应当特别注意孕妇膳食中 盐的摄入量，以免发生浮肿和其他相关并发症。

3)妊娠后期

妊娠后期，胎儿的组织、器官迅速增长，孕妇子宫增大、乳腺发育增快，因 此，此时对能量、蛋白质以及维生素、矿物质的需要量仍有明显地增加。特别是 由于胎儿的脑细胞分裂增殖加快，因此在膳食上应当特别注意补充一些富含长链 多不饱和脂肪酸如二十二碳六烯酸 (DHA)、 花生四烯酸 (AA) 等的食物，包 括鱼类尤其是暗青色的深海鱼类。同时，妊娠后期胎儿骨骼开始钙化，此时孕妇 更需要增加钙的摄入，奶及奶制品是最直接和良好的钙来源。中国营养学会建 议，从妊娠中期开始，孕妇每天最好摄入500mL 的牛奶来补充钙质。需要说明 的是，进入妊娠后期，由于胃部受到压迫，孕妇每餐的进食量减少，可以通过增 加进餐次数(4～5次/d) 来满足营养需要。

3. 其他

为保证妊娠期妇女的膳食合理，还应当保证食物多样化，保证饮食卫生，少 吃刺激性食物，如浓茶、酒及辛辣调味品、咖啡等。尤其是酒精的摄入，可能导 致胎儿的发育不良，严重者可能导致酒精儿。此外，妊娠期妇女膳食中各餐的分 配应当合理，通常三餐的能量分配为早餐占25%～35%、中餐占40%、晚餐占 30%～35%,根据餐次的增多进行调整。

10.2 乳母营养和膳食

**10.2.1** **泌乳生理**

在正常的情况下，产妇在分娩8h后就可以开始对新生儿进行喂哺，即进入 哺乳期。乳母的泌乳受到多种因素的影响，其中包括了精神生理因素以及营养因 素等。

产妇分娩后体内激素水平的变化导致乳汁形成并分泌。随着胎盘的娩出，产 妇体内雌激素和孕激素的浓度大大降低，对催乳素的抑制作用解除，于是乳腺开 始泌乳。另外，婴儿吸吮乳头，反射性地促进下丘脑催乳素释放因子和腺垂体催 乳素的分泌增加，可引起乳母的排乳反射，促使乳汁排出。排乳反射是一种典型 的神经内分泌反射，在此基础上极易建立条件反射，如母亲看见婴儿或听见婴儿

的哭声，可以引起排乳反射。垂体的生长激素、肾上腺皮质激素、甲状腺激素对 乳汁的分泌也有一定的作用。例如，在分娩时因大出血引起垂体的病变，可导致 全无乳汁分泌。

当乳汁分泌反射形成时，大约90%的新生儿在吸吮乳头3～5min 后可以得 到母乳。若产后婴儿不吸乳，泌乳作用在3～4d后就不能维持。产后最初3～5d 乳腺分泌的乳汁称为初乳，泌乳量平均90～270mL/d。 初乳因含有β胡萝卜素 及较多固形物，呈浅黄色并且质稠。同时，初乳富含钠、氯和免疫蛋白。随着泌 乳活动的增加，乳汁中乳糖和脂肪含量开始升高，蛋白质含量有所下降，在产后 5～10d间所分泌的乳汁称过渡乳。分娩10d后，乳汁呈现成熟乳的特征，到30d 左右趋于稳定，泌乳量可达600mL/d, 含有丰富的蛋白质、脂肪、乳糖及多种 维生素。在整个哺乳期间，头6个月平均泌乳量约800mL/d, 其后的6个月为 600mL/d。 但泌乳量在不同个体之间的变化较大，即使是营养良好的人群也同 样。另外，乳汁的成分在每天喂哺时也有变化。每次哺乳开始时的奶称前奶，外 观是带绿色的水样液体，内含丰富的蛋白质、乳糖、维生素、无机盐和水；每次 哺乳结束时的奶称后奶，含较多的脂肪，外观较前奶白，脂肪使后奶能量充足。

**10.2.2** **乳母营养需要**

母乳的合成需要充足的营养。乳汁中分泌出的营养素要从母体中汲取，当乳 母膳食中营养素摄入不足时，母体会动用自身体内的营养素储备来维持乳汁营养 成分的恒定，甚至牺牲母体组织来保证乳汁的质与量。故乳母的营养不仅需要适 应母体本身的需要，同时也要适应母乳泌出的需要。乳母营养不足，是造成母乳 不足的主要原因之一。另外，乳母的营养不足，也会影响到所哺育的婴儿的健 康。在母亲营养状况极差的地区，以母乳为唯一来源的婴儿于产后6个月内出现 早期干瘦型蛋白质能量营养不良的患病率增加。所以，必须供给乳母充足的 营养。

1. 能 量

与非妊娠时期相比，哺乳期母体的能量需要量增加，并且与泌乳量成正比。 每100mL.母乳的平均能量为285kJ(70kcal)。 乳母生乳的能量效率约为80%, 故母体产生100mL 乳汁实际需摄入356kJ(85kcal) 的能量。在哺乳期前6个 月，平均泌乳量约800mL/d, 则泌乳能量消耗为2.85MJ/d(680kcal/d); 后 6 个月平均泌乳量为600mL/d, 则泌乳能量消耗为2.14MJ/d(510kcal/d)。 妊娠 期间体重增加在正常范围的妇女，体内储备约4kg 的脂肪，在哺乳过程中可以 逐步消耗，平均可提供能量418～837kJ/d(100～200kcal/d)。 除从体脂分解获 得的能量外，每日泌乳需从食物中补充2.09MJ(500kcal)。 正常哺乳的乳母通 常体重下降为0.5～1.0kg/月为宜。但对超体重的哺乳期妇女(体质指数BMI

· 308 ·

在25～30)的一项研究中发现，在分娩后的4～14周中通过减少能量摄入，每 周减轻体重0.5kg, 对乳母自身以及婴儿的生长均无不良影响。

我国营养学会2000年修订的DRI 建议乳母膳食每日的能供给量是在非妊娠 基础上外加2.09 MJ/d(500kcal/d)。

2. 蛋白质

乳母在妊娠期体内储存蛋白质很少，并且泌乳过程可使体内氮代谢加速，因 此，在哺乳期间乳母对蛋白质的需要仍旧维持在较高水平，而且对乳汁分泌的影 响很大。母乳蛋白质含量平均为1.1%～1.2%,若每日泌乳800mL, 所含蛋白 质约为9.2g。母体膳食蛋白质转变为乳汁蛋白质的有效率为70%,每日提供优 质的蛋白质应在13g 以上，如果膳食蛋白质的生理价值不高，转变率可能更低， 则对蛋白质的需要量更高。因此，除满足母体正常需要外，每日需额外增加一定 数量的蛋白质以保证泌乳的需要。当乳母膳食中蛋白质的质与量都不足时，虽然 乳汁中蛋白质组成变化不大，但乳汁分泌量却大为减少，同时还将动用乳母组织 蛋白以维持乳汁中成分的恒定。

我国营养学会推荐，乳母每日膳食中蛋白质摄入量 (RNI) 应较正常妇女增 加20g, 其中一部分应为优质蛋白质。

3. 脂肪

乳母膳食当中脂肪的组成及各种脂肪酸的比例与其分泌的乳汁的成分密切相 关。如较多的动物性脂肪的摄入可能使得乳汁当中的饱和脂肪酸含量增高。另有 研究表明，乳母膳食中不同二十二碳六烯酸 (DHA) 摄入水平可影响乳汁中 DHA 的含量，并对婴儿早期发育和视功能产生影响，当乳母摄入DHA 大于或 等于160mg/d 时可促进母乳喂养的婴儿早期发育和视网膜发育。此外，人乳的 脂肪含量在一天之内和每次哺乳期间均有变化，当每次哺乳临近结束时，奶中脂 肪含量较高，有利于控制婴儿的食欲。

我国营养学会推荐乳母膳食脂肪的摄入量以其能量占总能量的20%～30% 为宜。

4. 矿物质

1)钙

哺乳期钙从骨中的动员比妊娠期更多， 一是为乳母本身需要，另一方面为满 足乳汁钙含量的需要。乳汁中钙含量较为稳定，初乳含钙量为48mg/100mL, 过 渡期46mg/100mL, 而成熟乳为34mg/100mL, 所以乳母每天从乳汁中丢失的钙 量约为200～300mg。 如果乳母食物中钙不足或不能有效吸收，乳母将动用体内 储备的钙作为乳汁钙的来源，此时体内易出现钙的负平衡，可发生骨质软化症。

另外，哺乳期乳母垂体分泌大量的泌乳素会使卵巢处于抑制状态，雌激素水平降 低，低雌激素水平导致乳母骨量减少，骨密度 (BMD) 降低，尤其是哺乳6个 月 内BMD 丢失可达5%～7%,导致哺乳期发生“特发骨质疏松”。有研究发现， 尽管哺乳期乳母补钙无法预防和治疗哺乳期妇女骨量丢失，但却能使骨密度的下 降幅度减少。 FAO/WHO 建议乳母的钙供应量为每天1200mg。 考虑到食物中钙 的来源及吸收率的影响，我国建议标准为2000mg/d。 奶类是良好的钙质来源， 钙制剂也可作为钙的辅助来源。另外， 一定量的维生素 D 摄入，或利用日光浴 的作用，会有利于钙的吸收与利用。

2)铁

人乳中铁含量很少，仅为0.06mg/100mL。 根据每日乳母的泌乳量可知，由 乳汁中损失的铁的总量约为0.3～0.4mg/d。 若膳食中铁的吸收率以10%计，则 每日从膳食中额外增加的量至少应在4mg 以上。通常认为，乳汁中铁的排泄量 与母亲的铁营养状况无关，乳汁中铁的排泄量是个常量。但也有研究者通过实验 发现，乳母补铁对预防4个月后婴儿患缺铁性贫血具有积极意义，其具体机制尚 有待进一步探讨。我国营养学会建议乳母铁的适宜摄入量 (AI) 由一般妇女的 20mg/d 增至25mg/d。

3 ) 碘

哺乳妇女对碘的需求量除满足自身生理功能需要外，还应当包括碘从乳汁中 的流失量，即婴幼儿的需要量，这取决于每天乳汁的排泄量和乳汁中碘的质量浓 度。母乳中含碘量一般为4～9μg/100mL, 高于母体血浆的碘浓度。乳中碘浓度 较高，与婴儿的生理需要有关。目前我国营养学会推荐的乳母需要碘的量为 150μg/d。

5. 维生素

1)脂溶性维生素

在脂溶性维生素中，维生素 A 能少量通过乳腺进入乳汁，供给婴儿需要。 正常的乳母分泌的乳汁当中，维生素A 的浓度约为61μg/100mL。 哺乳期妇女的 膳食当中应当有充足的维生素 A, 这不仅能够保证乳汁中维生素 A 的浓度，满 足乳母自身需要，还能够改善铁的营养状态。我国推荐的乳母膳食中维生素 A 摄入量为每日1200 μg 视黄醇当量，也就是3600IU/d。 维生素 D 几乎不能通过 乳腺，故母乳中维生素D 的含量很低，但乳母仍需要充足的维生素D 才能维持

钙平衡，推荐的摄入量为10μg/d(400IU/d)。 维生素 E 的推荐摄入量为14mg/

d (以α生育酚计)。

2)水溶性维生素

多数水溶性维生素均可通过乳腺进入乳汁，因此，乳汁中水溶性维生素的浓 度能够反应乳母膳食的摄入状况。 B 族维生素是乳母膳食中极为重要的一类维生

· 310 ·

素，如维生素B₁ 能增进食欲，促进乳汁分泌，若乳母维生素 B₁ 严重摄入不足则 婴儿易患脚气病；乳母增补叶酸能够有效降低婴儿贫血患病率。我国乳母膳食中 维生素B₁ 的推荐摄入量 (RNI) 为1.8mg/d; 维生素B₂ 的 RNI 为1.7mg/d; 尼 克酸的 RNI 为 1 8mgNE; 维生素 B 的 AI 为1 .9mg/d; 维生素 B₂ 的 RNI 为 2.8μg/d; 泛酸的AI 为7.0mg/d; 叶酸的RNI 为500μg/d。 据 WHO 报告，全 球母乳中维生素C 含量平均为5.2mg/100mL, 我国的平均值为4.7mg/100mL。 乳中维生素C 含量水平，随母亲摄入的维生素C 量多少而有所波动。为使母乳 中含有足够量的维生素C, 母亲身体的维生素C 含量应尽可能维持在接近饱和的 较高浓度。我国推荐的乳母膳食中维生素C 的摄入量为130mg/d。

**10.2.3** **乳母的合理膳食**

由于乳母对各种营养素的需要量均增加，因此在哺乳期必须多选用营养价值 较高的食物，餐次也应比平时多。在满足乳母的各种营养素供给量标准的基础 上，中国居民膳食指南仍然是指导乳母膳食的纲要。能量要充足，蛋白质、脂 肪、碳水化合物的热比分别为13%～15%、20%～27%和58%～60%,保证优 质蛋白质的足量摄入，多食用含钙丰富的食物，重视蔬菜、水果的摄入，膳食多 样化，粗细粮搭配。 一般来说，乳母的膳食组成如表10-2所示。另外，烹饪的 方法应多用炖、煮、蒸，少用油炸。如鱼、肉、禽类多用炖为好，食用时同时喝 汤。汤类中的营养物质易于吸收，同时可以增强乳母食欲，促进乳汁分泌。

**表10-2** **乳母的膳食组成**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 食物类别 | 摄入量/d | 食物类别 | 分量/d |
| 粮谷类  蛋类  豆制品  鱼、肉、禽类  牛乳 | 400～500g  100～150g  50g  150～200g  220～440ml, | 蔬菜(绿叶蔬菜占1/2以上) 水果  食糖  烹调油  调味品(如食盐) | 500g  100～200g  20g  20～30g  适量，需限制 |

资料来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

10.3 婴幼儿营养和膳食

婴幼儿时期是指从出生到3岁以前。在这一期间，人体的生长发育速度很 快，合理的营养将不仅满足机体各组织器官增长和功能成熟的需要，为人一生的 体力和智力发展打下基础，而且对某些成年和老年时期易出现的疾病起到预防作 用。婴幼儿时期又可分为婴儿期(0～1岁)和幼儿期(1～3岁)。

· 311 ·

**10.3.1** **婴儿生理特点与营养**

1. 婴儿生长发育特点

婴儿期 (infant) 是人类生命从母体内生活到母体外生活的过渡期。婴儿在 出生后的第一年内生长的速度比以后的任何时期都快，所以婴儿期也是人类生长 发育的第一高峰期。

首先，婴儿的体重增长迅速。6月前的婴儿体重平均每月增加0.6kg,6~ 12个月的婴儿体重平均每月增加0.5kg。4～6个月的婴儿其体重就可达到出生 时体重的两倍；12月龄时婴儿体重将增至出生时的3倍。同时，婴儿的身长迅 速增长。婴儿期内身长平均增长25cm,12 个月时身长可达出生时的1.5倍。胸 围、上臂围在这一时期也得以迅速增加，胸围出生时小于头围，至12个月时可 与头围基本相等并开始超过头围，上臂围在婴儿期由11cm 增长至16cm。 婴儿 期也是脑细胞的增殖高峰期，不仅脑细胞的数目增加，细胞体积也增大，6个月 时脑重可比出生时增加1倍，至1岁时，脑质量达900～1000g, 接近成人脑重 的2/3。

尽管婴儿的生长发育速度很快，但是其消化道及泌尿系统发育尚不完全，在 对食物的消耗、吸收和废物的排泄方面功能还不完善。婴儿口腔狭小，出生时涎 腺细胞不发达，唾液分泌量少，到3～4月唾液腺才逐渐发育完全，唾液内淀粉 酶含量开始增加。同时，婴儿期婴儿的乳牙萌生还不完全，到12个月有6颗左 右。另外，婴儿的胃容量很小，出生时仅为25～50mL, 出生6个月后可达 200mL, 消化功能也不完善，胃肠道的消化酶分泌及蠕动能力远不如成人。

2. 婴儿的营养需要

婴儿的快速生长和代谢使其对营养素的需要量增加。尽管婴儿对营养素的需 求总量比成人少，但是从营养素所占体重比例看，婴儿是成人的两倍以上。同 时，在喂养婴儿时应考虑婴儿的消化吸收能力。整体来讲，对婴儿期尤为重要的 是含能量的营养素和对生长必需的维生素及矿物质。

1)能量

婴儿的能量消耗由基础代谢、食物的热效应、体力活动的能量消耗、排泄能 量和组织合成的能量消耗(储存能量)组成。以单位体重表示，0～0.5岁婴儿 每天能量的适宜摄入量 AI 值为0.4MJ/kg(95kcal/kg) (非母乳喂养应增加 20%),是成人的两倍以上。相比生命的其他时期，婴儿期的基础代谢率最高， 每千克体重每天约需230kJ(55kcal) 能量，占婴儿每日能量消耗的60%。由于 婴儿的消化系统功能较弱，尤其是对蛋白质和脂肪吸收较差，因而其排泄的能量 消耗约占基础代谢能量的10%。储存能量是婴儿用于组织生长发育所需的能量

· 312 ·

消耗，消耗量与生长的速度成正比，在出生的前几个月每千克体重每天需62.8~ 82.7kJ(15～20kcal) 能量，以后逐渐降低，到12个月时每千克体重每天约需 能量20.9～62.8kJ(5～15kcal)。 另外，婴儿用于食物热效应消耗及体力活动的 能量消耗每千克体重每天分别为20.9～62.8kJ(5～15kcal) 和20.9～62.8kJ (5～15kcal)。 需要注意的是，在6个月后，随着生长速度的减慢，婴儿对能量 的需求减少，其自身会调整降低食量，此时为正常反应，不应强迫或哄诱婴儿 多吃。

2)蛋白质

正常婴儿的蛋白质需要量，按每单位体重计，要大于成年人；而且婴儿比成 人所需的必需氨基酸的比例也大。除成人所必需的8种必需氨基酸外，组氨酸也 是婴儿所必需的。此外，婴儿还需要半胱氨酸和酪氨酸。若蛋白质长期摄入量不 足，会影响婴儿的生长发育，但供给量过多会造成肾脏负担。以母乳的氨基酸模 式作为估算婴儿需要的氨基酸模式，得出婴儿的蛋白质的供给量应约为1.44g/ (kg ·d), 在新生儿期略高，而后期稍低；考虑到代母乳品在消化吸收及生物利 用率上不及母乳，因而对于以代母乳品为婴儿蛋白质来源的适宜摄入量应有所提 高，经折算为2.25g/(kg ·d)。 因此，2000年中国营养学会对婴儿蛋白质的推 荐摄入量为1.5～3g/(kg ·d)。

3)脂质

相比其他生长阶段，婴儿时期的脂质摄入比例最高。原因在于脂肪不仅能够 提供婴儿相当的能量，还可促进脂溶性维生素的吸收，并可避免发生必需脂肪酸 缺乏。我国营养学会推荐，婴儿期脂质所占供热比应为35%～50%,其中0～6 个月婴儿的脂质摄入量较高，占总能量的比例为45%～50%;6个月后随着辅食 的添加，婴儿膳食中脂质比例稍有下降，为35%～45%。此外，对人工喂养或 混合喂养的婴儿不应喂脱脂牛奶或脱脂奶粉，同时n-6多不饱和脂肪酸与 n-3多 不饱和脂肪酸的比例应控制在4:1为宜。

4)碳水化合物

一般说来，正常婴儿的能量有28%～63%的能量由碳水化合物提供。需要 说明的是，婴儿要到3个月以后才有淀粉酶产生，因此0～3个月的婴儿的碳水 化合物的来源主要为乳糖。母乳的组成中乳糖占37%～38%的热量，而牛乳中 仅占26%～30%。若以牛乳代替母乳喂养婴儿，需添加乳糖。4～6个月时随着 婴儿体内淀粉酶的产生，可以在辅食中添加多糖类食物。

5)矿物质

对婴儿来讲，矿物元素对其生长发育具有重要作用，婴儿时期特别要注意 钙、铁、锌等元素的补充(表10-3)。婴儿每日钙的适宜摄入量 (AI) 为300~ 400mg, 母乳喂养的婴儿不易发生钙缺乏。但是母乳中的铁含量却不高，尤其对 于4个月以后的婴儿，母乳不能满足其身体需要，1岁以内婴儿每日铁的适宜摄

· 313 ·

入量为0.3～10mg。 因此，母乳喂养的婴儿在4～6个月后应添加铁辅助食品。 此外，婴儿缺锌可能导致生长停滞，味觉异常以及认知行为改变等。0～6个月 的婴儿锌的推荐摄入量为1.5mg/d, 而在6～12个月的婴儿对锌的需要增加，推 荐摄入量为8.0mg/d。

**表10-3** **我国婴儿矿物元素的推荐或适宜摄入量**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄(岁) | | | 常量元素/mg | 0- | 年龄(发  0.5～1 |
| 常量元素/mg | 0~ 0.5～1 | |
| 钙 | 300 | 400 | 铁(AI) | 0.3 | 10 |
| 磷 | 150 | 300 | 碘(RNI) | 50 | 50 |
| 钾 | 500 | 700 | 锌(RNI) | 1.5 | 8.0 |
| 钠 | 200 | 500 | 硒(AI) | 15 | 20 |
| 镁 | 30 | 70 | 铜(AI) | 0.4 | 0.6 |
| 氟(AI) | 0.1 | 0.4 |
| 铬(AI) | 10 | 15 |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

6)维生素

几乎所有的维生素对婴儿的生长发育都有重要的影响。正常母乳中含有婴儿 所需要的各种维生素，只是维生素 D 稍低，所以应注意母乳喂养婴儿维生素D 的营养状况。另外，如果为代母乳品喂养婴儿，婴儿的配方奶粉 (milk formu- la)原则上应满足各种维生素的需要。中国营养学会推荐的我国婴儿各种维生素 的摄入量见表10-4。

**表10-4** **我国婴儿维生素推荐或适宜摄入量**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄 (岁) | 维生素A Al/pg RE | 维生素D RNI/μg | 维生素E AI/mgα TE | 维生素B AI/mg | 维生素B₂ AI/mg | 维生素B₅ AI/mg |  |
| 0~ |  | 10 | 3 | 0.2 | 0.4 | 0.1 |  |
| 0.5～1 | 400 | 10 | 3 | 0.3 | 0.5 | 0.3 |  |
| 年龄 | 维生素Brz | 维生素C | 叶酸AJ/ | 泛酸AI/ | 烟酸Al/ | 胆碱Al/ | 生物素 |
| (岁) | Al/μg | RNI/mg | pg DFE | mg | mg NE | mg | AI/ mg |

0～ 0.4 40 65 1.7 2 100 [5](#_bookmark119)

0.5～1 0.5 50 80 1.8 3 150 [6](#_bookmark120)

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

3. 婴儿的合理喂养

1)母乳喂养

母乳 (breast milk) 是婴儿的最佳食品。通过对母乳的营养成分分析发现，

· 314 ·

母乳含优质蛋白质，尽管其蛋白质的含量低于牛乳，但其蛋白质的组成与牛乳正 好相反，是以乳白蛋白 (lactoalbumin) 为主，酪蛋白 (casein) 含量相对较少， 更适合婴儿消化吸收；母乳蛋白质中含有婴儿所需要的所有必需氨基酸，能被婴 儿最大程度地利用；母乳中的牛磺酸有利于婴儿脑组织的发育。同时，母乳中含 丰富的必需脂肪酸，每100mL 母乳含脂肪4 .5g, 在构成上以不饱和脂肪酸为 主，其中尤以亚油酸 (linoleic acid,LA) 含量高；母乳中花生四烯酸 (AA) 和 二十二碳六烯酸 (DHA) 的含量也很高，很可能对人脑的发育有重要作用。人 乳本身含有丰富的酯酶，将母乳中脂肪乳化为细小颗粒，因此人乳脂肪比牛乳的 更易消化吸收。母乳与牛乳的营养成分比较见表10-5。此外，母乳中丰富的乳

糖 (lactose) 在为婴儿提供碳水化合物的同时，促进钙在肠道的吸收，并能诱导

**表10-5** **母乳与牛乳的营养成分比较** (每100g)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 成分 | 母乳 | 牛乳 |
| 水/g  能量/kJ  蛋白质/g  脂肪/g  碳水化合物/g  灰分/g 氨基酸/mg 必需氨基酸 | (主要为乳糖)  组氨酸  异亮氨酸  亮氨酸  赖氨酸  蛋氨酸  苯丙氨酸  苏氨酸  色氨酸  缬氨酸 | 87.6  274  1.3  3.4  7.4  0.3  29  52  112  70  17  36  45  17  57 | 89.8  226  3.0  3.2  3.4  0.6  62  115  245  207  65  113  101  39  134 |
| 非必需氨基酸 | 精氨酸  丙氨酸  天冬氨酸  胱氨酸  丝氨酸  酪氨酸  谷氨酸  甘氨酸  脯氨酸 | 38  39  89  21  46  39  189  23  97 | 84  83  179  28  143  118  528  45  295 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 成分 | 母乳 | 牛乳 |
| 矿物元素/mg | 钙 磷 镁 铜锌 铁 | 30  13  32  0.03  0.28  0.1 | 104 73 11 0.02 0.42  0.3 |
| 维生素 | 维生素A/μg RE  维生素E/mg  维生素D/IU  硫胺素/mg  核黄素/mg  尼克酸/mg  维生素C/mg | 11  0.04  22  0.01  0.05  0.2  5 | 24 0.18 14 0.03 0.14  0.1  1 |

资料来源：吴坤.2003.营养与食品卫生学.第5版.北京：人民卫生出版社

肠道正常菌群的生长，从而有效地抑制致病菌或病毒在肠道生长繁殖，有利于婴 儿肠道健康。还有，母乳中矿物质和微量元素齐全，钙磷比例适宜，既能满足婴 儿生长发育需要又不会增加婴儿肾脏负担。在乳母膳食营养供给充足时，母乳中 的维生素可基本满足6个月内婴儿所需(维生素D 例外)。

母乳不仅营养全面，而且对婴儿具有保护作用。初生婴儿免疫系统处于生长 和发育阶段，免疫功能不完善，母乳尤其是初乳 (colostrum) 含多种免疫物质 (如淋巴细胞、抗体、巨噬细胞、乳铁蛋白、溶菌酶、乳过氧化物酶、补体因子 及双歧杆菌因子等),可以保护并健全消化道黏膜、诱导双歧杆菌的生长并抑制 致病菌的生长，破坏有害菌、保护婴儿消化道及呼吸道抵抗细菌及病毒的侵袭， 从而增加婴儿对疾病的抵抗能力。

此外，以母乳喂养婴儿经济、方便、温度适宜、不易污染，而且哺乳行为可 增进母子间情感交流，促进婴儿的智能发育，也利于母亲健康和产后康复。近年 的许多研究还表明，母乳喂养比人工喂养的孩子较少发生肥胖症。

2)人工喂养与混合喂养

由于各种原因如母亲疾病、营养不良或新生儿患有先天代谢性疾病(苯丙酮 尿症等)不能用母乳喂养，而完全采用其他乳及乳制品如牛乳、羊乳，或非乳类 代乳品如豆浆、米粉等喂养婴儿称人工喂养。而由于母乳不足或母亲因其他原因 不能按时哺乳婴儿，而采用牛乳或其他代乳品作为补充的喂养方式称为混合喂 养。无论是人工喂养还是混合喂养，其特点就是对婴儿给予了非母乳食物。人工 喂养及混合喂养常采用的食物有牛乳、婴儿配方食品及豆浆。

· 316 ·

牛乳的成分与母乳不同，其蛋白质和矿物质含量比母乳高，而乳糖含量较 低，并且蛋白质的组成与母乳正好相反。因此在以牛乳进行婴儿喂养时，应对其 进行适当的调整以适应婴儿的消化功能。 一般是通过稀释降低其中蛋白质浓度以 避免高蛋白对婴儿肾脏的负担，稀释的倍数可逐渐降低，稀释的液体可采用水 也可采用米汤。此外，为了调整牛乳总糖的浓度，可以在稀释后的牛乳中添加一 定的糖，最好是乳糖。但要注意，在加糖并稀释后，牛乳应当煮沸， 一方面可以 消毒，另一方面蛋白质变性有利于婴儿吸收。当没有鲜奶时可以采用乳粉，但要 注意不宜使用脱脂乳粉，因为脱脂乳粉可能导致婴儿的能量摄入不足。

婴儿配方食品(乳粉)是目前最常用的人工喂养或混合喂养的母乳代用品。 它是根据母乳的成分进行了营养调配出的婴儿食品， 一般是以乳粉为基体进行调 配，特殊的也有以大豆蛋白为主体。婴儿配方食品的成分接近母乳，但不完全相 同。根据婴儿的不同状况，现推出了不同的婴儿配方食品。如起始配方一般适用 于1～6个月龄婴儿；适应配方比起始配方更接近母乳，后继配方用于6个月后 的婴儿，并可作为混合食物的组成部分之一；医学配方是针对特殊婴儿如早产 儿，或牛乳过敏婴儿、先天性代谢缺陷婴儿等。

其他的代母乳食品还有豆浆等。需要说明的是，从营养价值上讲，母乳是婴 儿首选的食物，应当大力提倡母乳喂养。

3)辅食添加

母乳的分泌量并不随婴儿的长大而增加。随着婴儿的长大，到4～6月龄之 后，婴儿体重从出生时的3.2kg 左右增加至6～7kg, 对能量及各种营养素的需 要量都增加，此时仅单独以母乳喂养已不能完全满足婴儿生长的需要，应逐步的 添加婴儿辅助食品作为母乳的补充。对婴儿辅食的添加，应在坚持母乳喂养的同 时逐步进行。

考虑到婴儿生长发育的特点，添加辅助食品的总的原则是：保证卫生、安 全；先单纯后混合；先少后多；先液体后固体；先谷类、水果、蔬菜，后鱼、 蛋、肉；要清淡少盐。具体添加的食物内容及顺序可以是：3个月，开始添加菜 汁、果汁；4～5个月，添加米糊、粥、水果泥、菜泥、蛋黄、鱼泥、豆腐及动 物血等；6～9个月，添加饼干、面条、水果泥、菜泥、全蛋、肝泥、肉糜等； 10～12个月，添加稠粥、烂饭、面包、馒头、碎菜、肉末等。此外，婴儿对水 分的需要量大，添加辅食后，乳汁饮用量减少，需特别补充水分。此外，在给婴 儿进行辅食添加时，要预防食物过敏。通常第一种给婴儿引入的辅食应是易消化 而不易过敏的食物，最适宜的是谷类食物，避免食用含有花生、黄豆的家制米 粉；对于牛奶过敏的婴儿，可采用水解酪蛋白或乳清蛋白奶粉，或用游离氨基酸 作为蛋白来源的要素饮食，也可用豆蛋白的配方奶粉。

**10.3.2** **幼儿营养**

1. 幼儿期生长发育特点

从1周岁到满3周岁之前为幼儿 (young children) 期。相比婴儿，幼儿的 生长发育速度有所减缓，但仍比生命的其他时期快。体重每年增加约为2kg, 至 两岁时体重可达约12kg, 为出生时的4倍，随后体重增长速度更慢。身长也是 随着年龄的增长而减慢，婴儿1岁时平均身长为75cm, 第2年平均增加11~ 13cm, 第3年平均增加8～9cm, 即到3岁时，幼儿的身长平均可达100cm。 同 时，幼儿时期骨骼及脑的发育速度很快，头围以每年1cm 的速度增长，2岁时脑 重达约为成人脑重的75%,到3岁时脑重超过出生时的3倍，表现为语言思维 能力迅速增强。此外，幼儿的咀嚼及消化能力比婴儿时期有所提高，正常幼儿的 20颗乳牙在两岁半前已全部长出，胃容量持续增大，可达300～500mL, 但胃肠 道的弹力及消化酶的分泌及蠕动能力还远不如成人。

2. 幼儿的营养需要

1)能量及能量营养素

幼儿时期对能量的需要按体重计仍高于成人。1岁以上的幼儿对能量及蛋白 质的需要都约为其母亲的一半。脂肪对幼儿所提供的能量应占幼儿所需总能量的 30%～35%。两岁后幼儿消化能力的进一步增强也使得碳水化合物成为其主要的 能量来源。中国营养学会对1～3岁幼儿的能量及能量营养素的每日推荐量分别 见表10-6。

**表10-6** **我国1~3岁幼儿能量、蛋白质的RNI及推荐脂肪、碳水化合物供能比**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄/岁 |  | 能量(RNI) |  | 蛋白质/(g/d) | 脂肪占能量 白分比 | 碳水化合物占 能量百分比 |
|  | MJ/d | kcal/d |
| 男 | 女 男 | 女 |
| 1~ | 4.6 | 4.4 1100 | 1050 | 35 | 30～35 |  |
| 2～3 | 5.02 | 4.81 1200 | 1150 | 40 | 30～35 | 55～65 |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

2)矿物质、维生素及水分

幼儿矿物质和维生素的需要多于成人的一半。幼儿期是骨骼和牙齿发育的重 要时期，钙、磷的摄入以及食物中钙磷的合理比值是值得注意的问题。同时，幼 儿时期对铁的需要量较高。调查显示，缺铁和缺铁性贫血已是幼儿常见的营养缺 乏病之一。表10-7列出我国婴儿矿物元素的推荐或适宜摄入量。各种维生素也

· 318 ·

影响着幼儿的生长发育，幼儿为维生素D 缺乏的易感人群，应特别注意。此外， 水分能够促进幼儿对食物的消化、吸收，调节体温，对维持各种正常的生理功能 具有重要作用。

**表10-7** **我国婴儿矿物元素的推荐或适宜摄入量**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 常量元素/mg | 年龄(1～3岁) | 微量元素 | 年龄(1～3岁) |
| 钙 磷 钾 钠 镁 | 600 | 铁(mg)(AI) | 12 |
| 450 | 碘(pg)(RNI) | 50 |
| 1000 | 锌(mg)(RNI) | 9.0 |
| 650 | 硒(gg)(RNI | 20 |
| 100 | 铜(mg)(AI) 氟(mg)(AI)  铬(μg)(AI) | 0.8  0.6  20 |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

3. 幼儿的合理膳食

1)平衡膳食

幼儿每日膳食当中应当包括谷类、乳类、肉、禽、鱼、蛋、新鲜的水果及蔬 菜等食物，保证食物多样化，从而对幼儿提供全面的营养。其中要保证优质蛋白 的摄入，动物性蛋白或大豆蛋白的数量不应少于总蛋白质量的50%。

2)合理烹饪

幼儿的膳食应当针对其消化吸收功能进行合理烹饪。总体来说，幼儿的食物 应当细、烂、软、碎、清淡。1岁后的幼儿牙齿逐渐出齐，咀嚼能力和消化能力 有所提高，可进食烂饭、瓜菜等食物，食物应当切碎，并且温热，不能太冷也不 能太热；2岁以后幼儿食物的范围开始扩大，但烹饪时一定要切碎煮透，以易于 消化吸收。

3)良好的饮食习惯

良好的饮食习惯包括合理进餐，不挑食、不偏食、不贪食，注意饮食卫生等 方面。幼儿的进餐可采取少食多餐，特别是年龄较小时，每日可进食5或6次， 随年龄增多，适当减少， 一般控制在4次为宜。同时要从小培养孩子不挑食、不 偏食的习惯，以保证幼儿生长发育的全面营养。此外，应注意饮食卫生，保证幼 儿健康。

**10.3.3** **婴幼儿常见营养缺乏病**

1. 食物过敏与食物不耐受

1)食物过敏

食物过敏 (food allergy) 是人体对食物和食物成分的异常免疫反应。过敏 的发生与婴儿肠道黏膜屏障和免疫功能的成熟程度有关。婴儿期肠道发育不完 善，消化大分子物质的能力和免疫机制不成熟，大分子物质在肠道通透性较高， 食物中的抗原分子容易透过肠道进入体内，从而导致过敏发生。据报道，我国1 岁以内婴儿食物过敏的发生率为6.1%,并呈上升趋势。导致婴儿食物过敏的食 物主要有：牛奶、鸡蛋、鱼、甲壳动物(小虾、蟹)、花生等。婴儿食物过敏常 见的症状有：皮疹、荨麻疹、腹泻、哮喘和湿疹。预防婴儿食物过敏的措施主要 在于避免过敏原。对婴儿尤其是产生后4个月以内的婴儿最好完全采用母乳喂 养，但有研究者认为母乳喂养只能够延迟IgE 介导食物过敏的发作，并不能预防 其发生，因为，婴儿可能通过母乳中的致敏原而接触致敏食物，进而发生过敏反 应。如果婴儿对鸡蛋敏感，则应从食物中取消鸡蛋，而对于奶类蛋白过敏者，可 采用代用品如蛋白水解物、大豆乳等。但是，从营养角度考虑，鸡蛋和牛奶对婴 儿的营养状态非常重要，有专家建议采用微生态制剂减轻致敏原致敏的可能。另 外，有研究发现，采用双歧杆菌和乳酸杆菌等益生菌制剂调节婴儿肠道免疫，可 减轻食物过敏时肠道的炎症反应，增加肠道屏障功能，预防肠道过敏反应。

2)食物不耐受

食物不耐受是指由于先天性缺陷或后天营养不良、疾病引起的对某些食物或 食物成分耐受不良。它并不涉及免疫系统的异常反应，如婴儿的乳糖不耐症 (lactose intolerance,LI)。 当体内乳糖酶缺乏或活性降低时，乳糖的消化吸收发 生障碍，可导致腹泻、腹痛、腹胀、腹部不适及肠鸣等症状，即乳糖不耐症。导 致婴儿乳糖不耐症的因素很多。遗传因素可引起婴儿先天性乳糖酶基因缺陷；婴 儿营养不良或胃肠炎可造成乳糖酶活性降低或缺乏，引起婴儿继发性乳糖不耐症 (secondary lactose intolerance,SLI)。 还有研究证明，因受轮状病毒 (rotavir- us,RV) 感染，患RV 肠炎的6个月～1岁婴儿容易引发SLI, 并且年龄越小， 患病率越高。

2. 佝偻病

佝偻病 (rickets) 是婴幼儿常见的一种营养缺乏病，以3～18个月婴幼儿最 多见，主要由缺乏维生素D 及钙、磷代谢紊乱所引起。日光照射不足(缺少户 外活动)也会使佝偻病的发病率增高。佝偻病患儿体质虚弱，易合并肺炎、心肌 炎、腹泻等疾病，是婴幼儿需要重点防止的疾病之一。添加鱼肝油是预防佝偻病 的有效措施。注意每天维生素D 的摄入量以10μg(400IU) 为宜。同时，应注

· 320 ·

意钙质的补充，其中牛乳是最理想的食物来源，可食用强化维生素 D 的牛乳。 辅食添加时可多选用含维生素D 丰富的食物，如动物肝脏、鱼卵、蛋黄等。另 外，应适当晒太阳以增加皮下产生的维生素D, 每日晒1h 一般可达预防效果。

3. 缺铁性贫血

婴儿缺铁性贫血 (iron deficiency anemia,IDA) 是由于婴儿体内储铁不足 或食物缺铁造成的一种营养性贫血。造成婴儿缺铁性贫血的原因主要有：①母亲 在妊娠期营养不良或早产，使新生儿体内铁储备不足。②由于婴儿生长速度快， 对铁的需要量较大。婴儿得自母体的铁储备仅能维持其出生后4个月所需，4个 月后储备铁消耗完，母乳中铁含量较低，已不能满足其需要，这时如果没有其他 适当食物的补充，婴儿很容易得缺铁性贫血。③人工喂养的婴儿，如果以含铁量 低的牛奶、米、面等为主要饮食又不及时添加副食品(如蛋黄、青菜、肉、肝), 则不能满足婴儿机体对铁的需要，也可引起缺铁。④婴儿因急慢性疾病感染，经 常腹泻或长期慢性失血等，也会导致缺铁性贫血发生。

预防婴幼儿缺铁性贫血，首先要保证母体有充足的营养，以防新生婴儿体内 铁储备不足。在哺乳期要适时(一般4个月后)添加辅食，特别是含铁丰富的食 物如肝泥、肉末、蛋黄、豆类等食物，同时应增加蔬菜、水果等富含维生素C 的食物以促进铁吸收。早产儿体内铁储备少，生后4个月更应及时补充。

4. 锌缺乏症

一生中最需要锌的时期是胚胎期、新生儿和幼儿期。锌缺乏症 (zinc defi- ciency) 是婴幼儿的常见病。母乳不足、未能按时增加辅食、锌吸收利用不良、 偏食等均可造成锌缺乏。

为防止婴幼儿缺锌，首先应提出母乳喂养，人乳中锌易为婴儿所吸收；其次 在婴幼儿饮食中，增加富含锌的各种动物性食品，如猪肉、猪肝、鱼、海产 品等。

5. 蛋白质-能量营养不良

蛋白质-能量营养不良 (protein-energy malnutrition,PEM) 是目前发展中 国家较严重的营养问题，主要见于5岁以下儿童。近些年来严重的水肿型PEM 在我国已很少见，但蛋白质轻度缺乏在一些地区仍然存在。发病原因主要是饮食 中长期缺乏能量、蛋白质的结果。

预防PEM 最主要的是因地制宜地供给蛋白(特别优质蛋白质)、高能量食 物，改善其营养状况。但应注意食物蛋白质、能量应逐渐增加，以防消化功能紊 乱。同时注意各类营养素摄入量之间的平衡。

10.4 儿童和青少年营养和膳食

儿童和青少年时期同样是人生长发育的重要阶段，这两个时期的营养状况对 成人后整个身体的健康状况起到关键性的作用，因此，应当注意儿童和青少年时 期的合理营养。

**10.4.1** **学龄前儿童营养和膳食**

1. 学龄前儿童的生理特点

学龄前儿童 (preschool children) 是指3～6岁的儿童。与婴儿期比较，学 龄前儿童的体格发育速度有所减慢，但是保持稳步增长。身高增长每年约5~ 7cm, 体重增长每年2kg 左右；神经细胞的分化在3岁时已基本完成，但脑细胞 体积的增大及神经纤维的髓鞘化仍继续进行；胃容积仍旧较小，咀嚼及消化能力 有限，其中咀嚼能力仅达到成人的40%,而消化能力尤其是对固体食物的消化 吸收需要较长时间的适应。

2. 学龄前儿童的营养需要

1)能量

学龄前儿童体内新陈代谢旺盛，每千克体重的能量需要量比成人的要高。根 据中国营养学会建议，学龄前儿童的能量推荐摄入量RNI 值男孩为5.64～7.10 MJ/d, 女孩为5.43～6.67 MJ/d。 主要包括基础代谢、生长发育、体力活动以 及食物生热效应所需的能量消耗，其中基础代谢能量消耗最多，按体重计约为 44kcal/(kg ·d), 占总能量需要的60%;生长发育所需能量相比婴儿时期有所降 低，约为5～15 kcal/(kg ·d), 占总能量需要的10%～20%;体力活动的能量需 要随年龄的增加而增加， 一般而言，为20～30 kcal/(kg ·d); 食物生热效应即 食物特殊动力作用相比婴儿期降低，其能量消耗约为总能量的5%。

2)蛋白质

学龄前儿童蛋白质的需要量随不断生长发育而增多。以体重计，身体对蛋白 质的需要为3～4g/(kg ·d)。 学龄前儿童所摄入的蛋白质主要用于细胞、组织 的增长，因此要求优质蛋白摄入充分，尤其是必需氨基酸的种类要齐全，数量要 占总氨基酸需要的36%。蛋白质的摄入不足，可能导致学龄前儿童蛋白质营养 不良，如PEM, 这对于学龄前儿童的体格，智力及体质发育都有严重的不良影 响。中国营养学会建议，3～6岁学龄前儿童蛋白质参考摄入量为45～60g/d, 每 增长1 岁，蛋白质参考摄入量增加5g/d, 并且蛋白质供能占膳食总能量的 14%～15%,其中动物性食物蛋白质不少于50%。

· 322 ·

3)脂类

学龄前儿童脂肪的需要量按体重计为4～6g/(kg ·d)。 由于学龄前儿童的 胃容积较小，而需要的能量又相对较高，因此可通过提高脂肪摄入的比例来满足 能量需要。 一般来说，学龄前儿童膳食脂肪的摄入占总能量的30%～35%,其 中亚油酸供能不应低于总能量的3%,亚麻酸供能不低于总能量的0.5%。

4)碳水化合物

学龄前儿童相比幼儿时期，对谷类食物已适应，膳食中碳水化合物是其能量 的主要来源。以体重计，对碳水化合物的需要为15g/(kg ·d), 约占膳食总能 量的60%。需要注意的是，碳水化合物的供给应当以谷类为主，精糖及甜食的

摄入应控制。

5)矿物质

由于骨骼增长和血液循环的快速增长，学龄前儿童对矿物质尤其是钙、磷、 铁的需要量较高，其他如碘、锌、铜等微量元素也必须足量摄入。2000年，中 国营养学会对学龄前儿童的主要矿物元素的推荐摄入量如表10-8所示。需要注 意的是，我国膳食结构当中钙质主要来自蔬菜和豆类食品，而且血色素铁也较 少，因此，应当特别提倡儿童多摄入牛奶和奶制品，摄入肝脏、瘦肉等血色素铁 含量丰富的动物性食品。

**表10-8** **我国学龄前儿童常量元素和微量元素的RNI** **或AI**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄 (岁) | 钙 | 磷 | 钾 | 钠 | 镁 | 铁 碘 | | 锌 | 硒 | 铜 | 氟 | 铬 | 钼 |
| AI | AI | AI | AI | AI | AI RNI | | RNI | RNJ | AI | AI | Al | Al |
| /mg | /mg | /mg | mg | /mg | mg /μg | | /mg | μg | /mg | /mg | /μg | /μg |
| 3~ | 600 | 450 | 1000 | 650 | 100 | 12 | 50 | 9.0 | 20 | 0.8 | 0.6 | 20 | 15 |
| 4~ | 800 | 500 | 1500 | 900 | 150 | 12 | 90 | 12 | 25 | 1.0 | 0.8 | 30 | 20 |
| 5～6 | 800 | 500 | 1500 | 900 | 150 | 12 | 90 | 12 | 25 | 1.0 | 0.8 | 30 | 20 |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

6)维生素

对于处于生长发育迅速，机体新陈代谢旺盛的学龄前儿童，各种维生素的足 量摄入显得尤为重要。脂溶性维生素当中，维生素 A 能维持儿童的视觉功能以 及上皮分化，并且与骨骼生长有重要作用。维生素 A 的缺乏可能导致儿童视觉 功能发育不良，严重时出现夜盲症，同时还有角膜干燥、发炎、软化、溃疡、角 质化等一系列变化。调查显示，我国有相当比例的学龄前儿童，尤其是在农村和 边远地区的学龄前儿童，维生素 A 亚临床缺乏或水平低于正常值。学龄前儿童 骨骼的生长需要维生素D 对钙积累的作用。研究证实，学龄前儿童维生素D 缺 乏可能导致迟发性佝偻病。另外，水溶性维生素如维生素 B₁ 、 维生素 B₂ 、 烟酸

常协同发挥作用，对能量代谢的发挥重要功能。维生素C 的亚临床缺乏可能导 致学龄前儿童免疫力降低，慢性病的危险性增加等。中国营养学会2000年对学 龄前儿童各种维生素的膳食推荐摄入量分别见表10-9。

**表10-9** **我国学龄前儿童维生素的** **RNI** **或** **AI**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄 | 维生素A RNI/μg RE | 维生素D RNI/μg | 维生素E AI/mgα-TE | 维生素B RNI/mg | 维生素B2  RNI/mg | 维生素Bs AI/mg | 维生素Br2  RNI/μg |
| 3~ | 400 | 10 | 4 0.6 | | 0.6 | 0.5 | 0.9 |
| 4~ | 500 | 10 | 5 0.7 | | 0.7 | 0.6 | 1.2 |
| 5～6 | 500 | 10 | 5 0.7 | | 0.7 | 0.6 | 1.2 |
| 年龄 | 维生素C | 泛酸 | 叶酸 烟酸 | | 胆碱 | 生物素 |  |
| RNI/mg | AI/mg | RNI/μg DFE RNI/mgNE | | AI/mg | AI/μg |  |
| 3~ | 60 | 2.0 | 150 6 | | 200 | 8 |  |
| 4~ | 70 | 3.0 | 200 7 | | 250 | 12 |  |
| 5～6 | 70 | 3.0 | 200 7 | | 250 | 12 |  |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

3. 学龄前儿童的合理膳食

1)食物多样，合理搭配

在满足学龄前儿童对能量及营养素需要的基础上，尽可能使得食物多样化， 以利营养平衡和增进食欲。 一般来说，蛋白质、脂肪、碳水化合物供能比为1: 1.1:6。每日膳食应包括适量的谷类、乳类、肉类、果蔬四大类食物。其中，谷 类食物200～250g/d; 鱼、禽、肉类100～125g/d; 蛋类每日应1个；奶及奶制 品250～400g/d, 不超过600～700g; 每日至少摄入15～20g 大豆及其制品；蔬 菜水果150～200g/d。

2)专门烹饪，易于消化

学龄前儿童，尤其是3岁儿童，其咀嚼及消化能力还十分有限，因此其膳食 应当单独制作。保证营养的同时，应当使食物易于消化；同时，要注意食物的 色、香、味，以促进食欲。蔬菜宜切碎，瘦肉应剁成肉末；烹饪方式应多采用 蒸、煮、炖，少用煎、炸、炒。

3)制定合理膳食制度

针对学龄前儿童的营养需要及消化能力，该时期儿童适宜采用每日“三餐两 点”制供给食物。 一般来讲，早餐占每日能量和营养素的30%,中餐及下午三 点的午点提供能量需要量的40%,晚餐及晚餐后一段时间的加餐(少量水果和 牛奶)占每日能量及营养素的30%。

· 324 ·

4)培养良好的饮食习惯

学龄前儿童的饮食行为不仅关系到其当前的营养状况，而且对成年后的健康 也有重要影响。研究表明，16%～75%的学龄前儿童会出现不同程度的饮食行为 问题。而造成儿童不良饮食习惯的原因可能与婴幼儿时期喂养方式、家长不良饮 食行为以及学龄前儿童心理和个性发展有关。因此，应注意培养学龄前儿童良好 的饮食习惯，主要包括定时进餐、定量摄食、细嚼慢咽、不挑食、不偏食、少吃 零食、不贪食等。

**10.4.2** **学龄儿童营养和膳食**

1. 学龄儿童的生理特点

学龄儿童是指6～12岁之间的时期，也是通常所指的小学阶段。此期儿童生 长速度仍然较快，体格维持稳步增长。学龄儿童每年体重增加约为2～2.5kg, 身高每年可增加约4～7.5cm。 同时，除生殖系统外，学龄儿童的身体其他器官、 系统包括脑的发育逐渐接近成人。需要说明的是，近年来，因儿童发育成熟的时 间呈提前的趋势，即在完成小学阶段学习的12岁前，就开始进入青春期，因此， 也有把学龄儿童和青春期合并在一起称为儿童少年时期。

2. 学龄儿童的营养需要

1 ) 能 量

能量的摄入应与能量消耗相平衡。学龄儿童身体处于生长发育阶段，因此其 能量消耗中除了包括基础代谢、体力活动及食物特殊动力作用外，还包括用于生 长发育的能量。学龄儿童的能量摄入量随年龄的增长也逐步增加。同龄男孩比女 孩的能量摄入约高出0.42MJ/d(100kcal/d),6～10 岁每增加1岁，能量的推荐 摄入量约增加100kcal/d。 表10-10列出中国营养学会对我国青少年膳食能量的 推荐摄入量。

**表10-** **10** **我国青少年膳食能量推荐摄入量**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄(岁) |  |  |  | 推荐摄入量 |  |  |  |
|  | /(MJ/d) |  |  |  | /(kcal/d) |  |
| 男 |  | 女 |  | 男 |  | 女 |
| 6~  7~  8~  9~  10 | 7.10 7.53 7.94 8.36  8.80 |  | 6.70 7.10  7.53  7.94  8.36 |  | 1700  1800  1900  2000  2100 |  | 1600  1700  1800  1900  2000 |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

· 325 ·

2)蛋白质

由于学龄儿童合成新组织较多，并且学习活动较重，必须保证充足的蛋白 质。中国营养学会对学龄儿童蛋白质的推荐摄入量为55～75g/d。

3)矿物质

学龄儿童要注意矿物质的摄入平衡，特别是要注意钙、铁、锌、硒等的摄入 要充足。中国营养学会对学龄儿童上述矿物元素的推荐摄入量分别为：钙的 AI 为800mg/d, 铁的 AI 为12mg/d, 锌的 RNI 为12.0～13.5mg/d, 硒的RNI 为 25～35mg/d

4)维生素

学龄儿童机体正常发育及体内物质的代谢都离不开各种维生素的参与。中国 营养学会对学龄儿童维生素的推荐摄入量如表10-11所示。

**表10-11** **我国学龄儿童主要维生素参考摄入量**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄(岁) | 维生素A  /(μg RE/d) | | 维生素D /(μg/d) | | 维生素B₁ /(mg/d) | | 维生素B₂ /(mg/d) | 维生素C  /(mg/d) | |
| RNI | U1. | RNI | UI | RNI | UI | RNI UL | RNI | U1. |
| 6~ | 600 | 2000 | 10 | 20 | 0.7 | 50 | 0.7 | 70 | 700 |
| 7～10 | 700 | 2000 | 10 | 20 | 0.9 | 50 | 1.0 | 80 | 800 |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

3. 学龄儿童的合理膳食

1)能量和营养素供应充足、平衡

充足的能量和均衡的营养素是保证学龄儿童正常生长发育的前提。从进食量 来看，学龄儿童的食量一般来说男孩不低于父亲，女孩不低于母亲。另外，应保 证膳食当中各种营养素在数量上相互平衡。

2)食物多样化，饮食有规律

单一的食物不能满足任何人群的营养需要。因此，对于学龄儿童，也应保证 食物多样化。应做到荤素搭配、生熟搭配、粗细搭配、干稀搭配。另外，要养成 良好的饮食习惯，做到按时进餐、按量进餐。三餐比例要适当，按所含能量，早 餐、中餐、晚餐分别占30%、40%和30%。

3)保证早餐的摄入及营养价值

吃好早餐不仅有利于学龄儿童的身体健康，而且可以帮助其提高学习效率。 研究表明，不食用早餐与学龄儿童的营养缺乏、肥胖、消化道疾病有关。吃好早 餐不仅意味着要有规律地按时摄入，而且要求早餐应有一定的营养价值。应避免

· 326 ·

品种单一、营养不全的早餐。营养早餐应当包括谷类、奶蛋或肉类、豆类及其制 品、蔬菜水果等食物。对学龄儿童，早餐提供的能量及营养素应占全天膳食总能 量的30%。

4)少吃零食，控制食糖的摄入

零食是指在正餐时间以外所吃的食物或饮料。对于学龄儿童，可以适当地摄 入有营养的零食，如酸奶、玉米、干果类等。但是过多摄入零食，可能影响对正 餐的食欲，易引起营养失衡，而且过多的零食摄入，尤其是油炸食品、冷饮类食 品以及食糖含量高的饮料及小食品会导致学龄儿童能量摄入过高，引发肥胖，并 且可能导致龋齿。

5)重视户外活动

适当的户外活动对于儿童的身体发育尤其是骨骼发育具有积极作用。

**10.4.3** **青少年营养和膳食**

1. 青少年生理特点

青少年时期是指12～18岁之间，也就是介于儿童期与成年期这一段时期。 一般来说，12岁是青春期的开始，但从近年儿童的发育状况来看，进入青春期 的年龄略有下降趋势。另外，男女进入青春发育期的年龄不同，女性早于男性， 目前女性普遍从10岁左右就开始，到17岁左右结束；男性则从12岁前后才开 始，到22岁左右结束。无论男性、女性，在这个时期的生理特点总体来说表现 在：①体格迅速增长。无论身高或体重都有明显变化。身高每年可增长约5~ 7cm, 个别的可达到10～12cm; 体重年增长约4～5kg, 个别更多，可达8~ 10kg。②体成分发生改变。到青春期时，青少年身体的脂肪、肌肉比例发生较 大变化。青春期前男孩、女孩的脂肪和肌肉的比例相似，分别为15%和19%; 到青春期时，女性脂肪比例增加到22%左右，男性仍为15%,而男性的肌肉组 织比例增加，其瘦体质可达女性的两倍。③生殖器官发育迅速，第二性征逐步明 显。同时，内脏功能日益成熟。④大脑功能及其他身体各系统发育也进入高峰。 此外，在这一时期人的心理也开始发育成熟。青春期的生长速度在人的一生中仅 次于婴儿期，因此，也是人的第二个生长发育高峰。

2. 青少年的营养需要

1)能量

青少年生长发育速度很快，同时青少年尤其是男性在此阶段的活动量较大， 食欲增强，因此所需的能量也应相应的增加。另外，青春期不同性别、年龄青少 年所需的能量不同。 一般来讲，男性能量需要量高于女性，且随着年龄的增大， 所需能量越多。中国营养学会推荐青少年能量摄入量女性为8.36～10.04MJ/d, 男性为8.80～12.13 MJ/d。 需要说明的是，青少年能量的摄入应平衡、适量。

能量不足可能导致营养不良，发育迟缓；能量过多则可能导致肥胖。近年来，随 着生活水平的提高，尤其是经济发达城市，因能量摄入过多导致肥胖青少年的比 例呈上升趋势。

2)蛋白质

青少年为人的第二个发育高峰期，机体组织器官的发育迅速，因此需要充足 的蛋白质供给。在蛋白质来源的选择上，也需要注意优质蛋白质的摄入。蛋白质 的摄入不足，可能导致青少年发育迟缓、消瘦、体重过轻，严重的可能使得智力 发育障碍。当然，蛋白质摄入过多对青少年也有不利影响，尤其是动物性蛋白质 摄入过多，可能导致体内胆固醇水平的升高。另外，过多的蛋白质摄入增加肾脏 负担。因此，中国营养学会建议青少年蛋白质提供的能量应占膳食总能量的 12%～14%,推荐摄入量在1.5～2.0g/(kg ·d) 之间。即10岁以上的青少年 男性蛋白质的推荐摄入量为70～85g/d, 女性为65～80g/d。

3)脂类

脂类可以为青少年提供能量和充足的必需脂肪酸，以保证其正常发育。但膳 食脂肪的摄入可能增加血清胆固醇水平，同时可能增加肥胖、心血管疾病、高血 压发生的危险性。中国营养学会推荐青少年脂类的摄入量占总能量的 25%～30%。

4)碳水化合物

青少年时期活动量较大，尤其是学习活动使得大脑经常处于紧张状态，要求 有充足的血糖供应。青少年碳水化合物摄取每天应有300～450g, 所提供能量占 总热量的50%～60%。

5)矿物质

为满足青少年时期的快速生长和生理功能的正常调节，矿物质的供给应足 够。青少年时期人的体格增加很快，骨骼增长迅速，因此比成人需要更多的钙。 青少年时期充足的钙摄入有助于提高成人后的骨密度峰值，而钙摄入的不足可能 导致新骨结构异常，骨钙化不良，甚至骨骼变形等。青春期钙的适宜摄入量 AI 值为1000mg/d, 可耐受最高摄入量UL 值为2000mg/d。 对于铁，青春期女性因 为月经来潮每个月有固定的血液流失，因此铁的供给量应高于男性，中国营养学 会推荐的适宜摄入量AI 值为女性18～25mg/d, 男性16～20mg/d, 可耐受最高 摄入量UL 值男性、女性均为50mg/d。 中国营养学会对碘的推荐摄入量 RNI 值 为120～150μg/d, 但碘摄入过量则可能导致高碘性甲状腺肿，因此，青少年碘 的可耐受最高摄入量 UL 值为800μg/d。 锌的推荐摄入量RNI 值男性为18~ 19mg/d, 女性为15～15.5mg/d; 可耐受最高摄入量UL 值男性为37～42mg/d, 女性为34～35mg/d。

6)维生素

为配合青春期较高的热量需求， B 族维生素的供应量应适当增加。青少年膳

· 328 ·

食缺乏维生素 B₁ 可能导致心肌能量代谢不全等疾病；维生素B₂ 作为体内多种重 要酶的成分，参与体内生物氧化和能量生成、脂质代谢，并可以提高青少年机体 对环境应激适应能力。维生素C 是骨骼、牙齿、微血管及结缔组织的细胞间质 合成所必需的物质，能促进发育和增加机体抵抗力，防止骨质脆弱和牙齿松动， 在迅速生长发育时期及体力活动增加时，机体对维生素C 的需要量也增加；脂 溶性维生素当中维生素A 可促进青少年生长与骨骼、视觉等的发育；维生素D 可增加钙的吸收，但相比儿童时期，青少年时期维生素 D 的推荐摄入量有所降 低，可能与青少年户外活动增加，能够通过皮肤合成维生素 D 的量有关。中国 营养学会对青少年各种主要维生素推荐摄入量分别见表10-12。

**表10-12** **我国青少年主要维生素参考摄入量**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄(岁) | 维生素A  /(μg RE/d) | | 维生素D /(μg/d) | | 维生素B₁ /(mg/d) | | 维生素B2 /(mg/d) | 维生素C  /(mg/d) | |
| RNI | UL | RNI | UL | RNI | UL | RNI UI | RNI | UI |
| 11~ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 男 | 700 | 2000 | 5 | 20 | 1.2 | 50 | 1.2 | 90 | 900 |
| 女  14～18 | 700 | 2000 | 5 | 20 | 1.2 | 50 | 1.2 | 90 | 900 |
| 男 | 800 | 2000 | 5 | 20 | 1.5 | 50 | 1.5 | 100 | 1000 |
| 女 | 700 | 2000 | 5 | 20 | 1.2 | 50 | 1.2 | 100 | 1000 |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

7)水分

青少年时期生长发育速度快，各种活动量增加，需要摄入充足的水分。中国 营养学会建议青少年每天饮水10～11杯，即2000～2200mL/d。

3. 青少年合理膳食

1)饮食中注意多食谷类，供给充足的能量

青少年能量需要量大，谷类食物推荐量一般为400～500g/d, 根据活动量的 大小有所不同。需要注意，主食的摄入应当粗细搭配合适，粗粮的摄入可以为青 少年提供丰富的B 族维生素，也可以通过摄取强化B 族维生素的谷类食物来补 充体内需要。

2)保证鱼、肉、蛋、奶、豆类和新鲜的蔬菜、水果的适量摄取

鱼、肉、蛋、奶及豆类能够为青少年提供优质的蛋白质及必需氨基酸，这对 于处于生长发育高峰期的青少年尤为重要。同时，这些食物还能够满足青少年对 钙质、维生素A 等的需要；而新鲜的蔬菜、水果可为青少年提供丰富的维生素、

无机盐。中国营养学会建议青少年膳食当中鱼、禽、肉、蛋的每日供给量在 200～250g; 奶至少应保证300mL; 新鲜蔬菜、水果的供给总量约为500g, 其中 绿叶蔬菜类应不少于300g。

3)参加体力活动，维持适当体重，避免盲目节食

多参加体力活动，可以使得青少年的体格发育得更健壮。因此，在注重膳食 平衡的同时，青少年应当培养良好的行为与生活方式。调查显示，看电视、玩电 脑等久坐少动的行为与青少年肥胖的发生密切相关。另外，青少年应当维持适当 体重，避免盲目节食，尤其是对于女孩，盲目节食可能导致体重过轻、新陈代谢 紊乱、抵抗力下降等，严重可能患厌食症。并且，青少年时期盲目节食导致的营 养不良会影响女性在成人后各个时期的健康状况。因此，应通过体育锻炼和合理 的饮食来控制体重。

4)摄取平衡膳食，养成良好饮食习惯

青少年膳食当中应当注意各种营养素数量上的平衡，包括能量营养素在膳食 中的平衡，其比例一般控制在碳水化合物、脂肪及蛋白质所提供的能量分别占总 能量的55%～60%、25%～30%、12%～14%;饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸之 间的平衡，膳食中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的比例为 1:1:1,青少年膳食中n-6和n-3多不饱和脂肪酸的比例为(4～6):1;还有 要注意必需氨基酸的平衡及各种维生素之间的平衡等。另外，青少年应当注意养 成良好的饮食习惯，不挑食、不偏食、按时进餐，提倡课间定时加餐，尤其注意 不应当以零食取代正餐和暴食、暴饮等情况。

10.5 老年营养和膳食

WHO 对老年人的年龄划为：60～74岁为年轻老人，>75岁为老人，>90 岁为长寿老人。不同国家对老年人的年龄界线不同。我国老年人是指年龄超过 60岁者。近年来，全球人口老龄化日益严重，2000年我国老年人已占总人口的 10%。作为社会中最重要的人群之一，老年人的营养也成为当前各国关注的重点 问题。

**10.5.1** **老年人生理代谢特点**

随着年龄的增大，人机体发生了很多生理变化，老年人的生理特点主要表 现在：

1. 体格及体内成分改变

老年人与成人相比在形体发生明显的变化，皱纹增多、发须变白、身高变 矮。同时，老年人体内脂肪组织随年龄增长而增加，因而体形出现发胖现象。老

· 330 ·

年人代谢组织的总量随年龄而减少，其有代谢功能的组织占总体组织的30%, 仅为青春期(60%)的一半。老年人肌肉增长的质量减少，出现肌肉萎缩；细胞 内液减少而使体水分降低。另外，由于骨组织中矿物质减少(尤其钙减少),出 现骨密度降低，尤其是女性在绝经期后由于雌激素分泌不足骨质减少尤为严重， 因而老年人易发生不同程度的骨质疏松症及骨折。

2. 代谢功能降低

老年人的代谢速率减慢，代谢量减少，基础代谢较中年人下降15%～20%。 老年人机体的合成代谢降低，分解代谢增强，因而引起细胞功能下降。由于代谢 功能改变，使营养素的消化、吸收、利用和排泄均受到不同程度的影响。

3. 器官功能的改变

1)感觉器官功能的改变

老年人视力降低，味觉、嗅觉、触觉等感觉器官变得不灵敏，影响对食物的 喜好，并且摄取量减少。例如，每个舌乳头含味蕾平均数，儿童为248个，而老 年人舌乳头上的味蕾数目减少，75岁以上老人平均只有30～40个，因而，大部 分的老年人出现味觉、嗅觉异常。如口味加重，容易摄入较多调味太重的食 物等。

2)消化系统功能的改变

老年人因牙周病、龋齿、牙龈的萎缩性变化，而出现牙齿脱落或明显的磨 损，直接影响到对食物的咀嚼和消化，黏膜萎缩、运动功能减退。50%的老年人 可能发生胃黏膜变薄、肌纤维萎缩等变化，引起胃排空时间延长，消化道运动能 力降低，尤其是肠蠕动减弱易导致消化不良及便秘。同时，消化腺体萎缩，消化 液分泌量减少，消化能力下降。口腔腺体萎缩使唾液分泌减少，唾液稀薄、淀粉 酶含量降低；胃液量和胃酸度下降，胃蛋白酶不足，胰蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶 分泌减少，活性下降，对食物消化能力明显减退。胰岛素分泌减少，对葡萄糖的 耐量减退。肝细胞数目减少，纤维组织增多，故解毒能力和合成蛋白的能力下 降，致使血浆白蛋白减少，而球蛋白相对增加，进而影响血浆胶体渗透压，导致 组织液的生成及回流障碍，易出现浮肿。

3)心血管功能改变

由于老化，血管壁逐渐增厚变狭窄而失去弹性，使得心脏输出血量减少；同 时由于许多老年人伴有血管壁脂质沉积，使血管壁弹性更趋下降，脆性增加；血 管对血压的调节作用下降，血管外周阻力增大，导致血压常常升高；脏器组织中 毛细血管的有效数量减少及阻力增大，使组织血流量减少，易发生组织器官的营 养障碍；血管脆性增加，血流速度减慢，使老年人发生心血管意外的机会明显增 加，如脑溢血、脑血栓等的发病率明显高于年青人，血流阻力增加。

· 331 ·

4)肾功能的改变

肾脏萎缩变小，肾血流量减少，肾小球滤过率及肾小管重吸收能力下降，导 致肾功能减退，从而影响血中代谢废物的排泄及电解质的平衡，老年人对酸碱平 衡代谢的失调，不能迅速反应并加以纠正。另外，肾羟化1,25- (OH)₂-D₃ 的能 力降低，从而增加了对维生素D 的需要。

4. 内分泌的改变

从血浆中激素水平和体内受体敏感性的分析测定中发现，老年人体内多种激 素水平发生改变。老年人脑下垂体功能的改变最明显，其表现在影响基础代谢， 使基础代谢降低。老年人甲状腺也可能有萎缩，这也是降低代谢率的因素之一。 此外，各自性激素的水平下降对男性、女性老年人分别产生影响，女性因为雌激 素分泌的降低，更容易出现钙的负平衡。

5. 其他

神经细胞数量逐渐减少，脑重减轻。据估计30岁以后呈减少趋势，60岁以 上脑细胞减少相比中青年时期尤为显著，到75岁以上时可降至年青时的60%左 右。脑对氧及营养素的利用率下降，致使脑功能逐渐衰退并出现某些神经系统症 状，如记忆力减退、健忘、失眠、甚至产生情绪变化及某些精神症状。

**10.5.2** **老年人的营养需要**

老年人的营养是决定老年人健康的重要因素之一。正常老年人按照其机体的 生理状态，同样需要平衡和合理的膳食来达到营养的目的。

1. 能 量

老年人基础代谢率降低，体力活动减少以及体脂肪增多和去脂组织减少等， 因此对能量的需要量降低。相比中青年时期，60岁的老年人对能量的需要减少 了20%,70岁以后可减少30%。过多的能量摄入可能导致老年人肥胖，并引起 与代谢相关的多种疾病。根据2000年中国营养学会推荐， 一般情况下，60～80 岁男性老年人的推荐能量摄入量为1900kcal/d; 女性在60岁阶段为1800kcal/d, 70岁以后降为1700kcal/d。 如果在老年阶段的不同时期有不同程度的体力活动， 则能量的摄入量按60～69岁、70～79岁、80以上三个年龄段进行不同的划分。 轻体力活动的老人其能量需要量同一般老年人；如果从事中体力劳动，则60~ 69岁老人男性的能量摄入增加到2200kcal/d,女性为2000kcal/d;70～79 岁老 人男性的能量摄入量为2100kcal/d,女性为1900kcal/d。 需要说明的是，老年人 个体差异及生活模式不同，对能量摄入量也有很大不同，经常进行适宜体力活动 或运动的老年人，其对能量的摄入比一般推荐值要高。

· 332 ·

2. 蛋白质

老年人消化系统功能减弱，对蛋白质的消化吸收及利用率降低，因而体内蛋 白质的分解代谢超过了合成代谢，当膳食蛋白质不足时，老年人易出现负氮平 衡。蛋白质的不足会引起老年人免疫能力下降，对疾病的抵抗能力减弱，并且会 加重器官的衰老。因此，老年人应有足量的蛋白质供应。按体重计，老年人对蛋 白质的需要量约为1.27g/(kg ·d)。 中国营养学会推荐的老年人蛋白质摄入量 RNI 值男性为75g/d, 女性为65g/d, 其提供能量占膳食总能量的15%。同样， 针对从事不同体力活动的老年人，其对蛋白质的需要量也有所不同。另外，在保 证数量的前提下，要求摄入总蛋白当中至少1/3～1/2为优质蛋白质，如鱼、瘦 肉、蛋、奶类和大豆制品。但老年人蛋白质的摄入量不宜过多，以免加重肝脏、 肾脏负担。

3. 脂类

老年人脂肪的摄入不宜过多，特别要限制高胆固醇、高饱和脂肪酸 (SFA) 的食物，如动物性油脂、动物肝脏、脑、蛋黄等的摄入。但同时，适量的脂肪能 够增加食物的风味、口感，从而增进老年人的食欲，并有助于脂溶性维生素的吸 收。中国营养学会建议老年人摄入脂肪的供热比以占总能量的20%～30%为宜， 其来源应以含多不饱和脂肪酸 (PUFA) 的植物油为主，并且饱和脂肪酸不宜多 于总能量的10%,胆固醇的摄入量应小于300mg/d。

4. 碳水化合物

对于我国老年人而言，碳水化合物仍是能量的重要来源，适宜摄入量同中年 青年时期一样，占总热量的55%～65%。但是，应非常注意膳食摄入碳水化合 物的种类。老年人胰岛素分泌减少，并且组织对胰岛素的敏感性下降，机体糖耐 量降低，容易发生血糖增高。有研究显示，蔗糖摄入过多与老年人动脉粥样硬化 及糖尿病的发病率增高有关。因此，在膳食中应当注意低血糖指数食物的摄入， 避免食糖或甜食等摄入过多，应选择多碳水化合物食物；同时注意膳食纤维的摄 入，多吃蔬菜、糙米等杂粮，以促进胃肠蠕动，进而促进消化并预防慢性病的 产生。

5. 矿物质

矿物质能够帮助老年人维持机体正常的生理功能，相比中青年时期，钙、铁 等矿物元素的补充以及钠的限量显得尤为重要。

1)钙

老年人胃肠功能降低、胃酸分泌下降，对钙的吸收和利用能力降低。户外活

· 333 ·

动的减少、缺乏日照以及肝肾功能降低使自身合成维生素D 的能力下降。老年 人对钙的吸收率一般在20%以下。同时，老年人钙的代谢排出量反而有所增加， 尤其是女性体内激素水平的改变，极易导致钙代谢负平衡，引起骨质疏松症。目 前我国居民传统膳食中钙的供应不足， 一般摄入量多在500mg/d 以下。因此， 应当特别注重老年人补钙，但是钙的补充也不宜过多。研究表明，钙摄入过高可 能引起老年人高钙血症、肾结石及内脏钙化等。中国营养学会规定老年人钙的适 宜摄入量 (AI) 为1000mg/d,UL 为2000mg/d。

2 ) 铁

老年人对铁的吸收利用能力下降，造血功能减退，血红蛋白含量减少，易出 现缺铁性贫血。据国内报道老年人贫血患病率为50%左右。为保证老年人机体 铁代谢平衡，铁的适宜摄入量 (AI) 应为15mg/d。 需要说明的是，铁摄入过高 可能损害老年人的心脏功能，并且使LDL 氧化，从而增加动脉粥样硬化的危险， 另外，高铁可能影响机体对其他矿物元素如锌、铜、锰、硒等的吸收或代谢，从 而损害健康。铁的UL 为50mg/d。

3)钠

钠主要存在于细胞外，体内钠水平过高可能导致钠潴留。此时，胞外渗透压 最高，水分向胞外移动，细胞外液包括血液总量增多，从而使血压升高。由于老 年人本身心血管系统发生改变，血流阻力增加，血流变慢，血管脆性增加，血压 容易升高。因此，老年人尤其应当控制钠的摄入。我国有关钠的需要量的资料尚 不完全，尤其是对老年人的钠摄入量尚无明确的推荐值，根据1988年的成人AI 值为2200mg/d。

4)其他

其他的矿物元素如锌、铬对调节血糖代谢和加强胰岛素功能、硒对维持心肌 功能具有重要作用，应注意补充。

6. 维生素

老年人同样需要各种维生素，这对维持老年人健康，促进新陈代谢，调节老 年人生理机能，增强抗病能力，延缓衰老十分重要，

1)脂溶性维生素

老年人由于膳食当中限制脂肪的摄入，可能引起脂溶性维生素的吸收、利用 率降低。维生素 A 是老年人容易缺乏的一种。维生素 A 的缺乏可能导致老年人 免疫能力下降。另外，老年人户外活动减少使得由皮下合成的维生素 D 量降低， 加上肝、肾功能减退使1,25-(OH)₂-D₃ 减少，易出现维生素D 缺乏。因而，适量 补充维生素D 可以促进老年人机体对钙、磷的吸收，并调节体内钙、磷的代谢。 维生素E 因具有抗氧化、抗衰老作用对老年人显得尤为重要。2000年，中国营 养学会推荐的老年人膳食维生素A 摄入量RNI 值男性为800μg/d 视黄醇当量，

· 334 ·

女性为700μg/d 视黄醇当量；维生素D 的推荐摄入量RNI 值男女均为10μg/d; 维生素E 适宜摄入量 (AI) 为14mg/dα-TE。

2)水溶性维生素

维生素C 可促进组织胶原蛋白的合成，防止老年血管硬化，并可降低血浆 胆固醇，增强机体免疫功能，同时维生素 C 又具有抗氧化作用，可预防老年人 机体内的氧化损伤，因此，老年人膳食中应供应充足的维生素C。 另外，维生素 Bi、 维生素 B₂ 及叶酸三者的协同作用能够有效控制血中同型半胱氨酸的浓度， 并由此减缓老年人动脉的病理性改变如动脉粥样硬化、冠心病等。近来的研究还 表明，叶酸和维生素B₂ 与老年性痴呆关系密切。中国营养学会2000年对老年人 膳食维生素 C 的推荐摄入量 (RNI) 为100mg/d; 维生素B₈ 的适宜摄入量AI 值 1.5mg/d; 维生素 B₂ 的 AI 值为2.4 μg/d; 叶酸的RNI 值为DFE 400μg /d; 其 他各种维生素的推荐摄入量见表10-13。

**表10-13** **我国老年人维生素的RNI** **或AI**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄 | 维生素A Al/μg RE | 维生素D RNl/μg | 维生素E AI/mgα-TF | 维生素B  RNI/mg | 维生素B₂  RNI/mg | 维生素Bg  AI/mg |
| 60~ |  |  |  |  |  |  |
| 男 | 800 | 10 | 14 | 1.4 | 1.4 | 1.5 |
| 女 | 700 | 10 | 14 | 1.3 | 1.2 | 1.5 |
| 年龄 | 维生素B₂ | 维生素C | 叶酸 | 泛酸 | 烟酸 |  |
| RNI/μg | RNI/mg | RNI/μg DFE | AI/mg | RNI/mgNE |  |
| 60~ |  |  |  |  |  |  |
| 男 | 2.4 | 100 | 400 | 5.0 | 14 |  |
| 女 | 2.4 | 100 | 400 | 5.0 | 13 |  |

资料来源：中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

7. 水和液体

老年人对水分的要求不少于中青年。老年人的水摄入按体重计， 一般为 30mL/kg, 当有特殊情况如发汗、腹泻等时，水的摄入量应适当增加。

**10.5.3** **老年人的膳食原则**

老年人的饮食计划应以成人均衡饮食为基础，注意食物的种类与烹调方式， 以配合老年人现有的生理状况、生活环境及营养需要。

1. 平衡膳食

无论哪个人群，包括老年人，膳食的基本原则就是保证平衡膳食。在保证能 量的基础上，食物应多样化，并且以谷类为主；多吃蔬菜、水果，以提供足够的 维生素、矿物质和膳食纤维；注重蛋白质的质和量，多食用豆类及其制品，适当 摄入动物性蛋白质；少吃脂肪含量高尤其是饱和脂肪酸含量高的食物；控制食糖 及甜食的摄入；吃清淡少盐的食物；饮酒要适量；保证摄入食物的清洁卫生，

2. 食物粗细搭配，易于消化

老年人胃肠功能减退，应选择易消化的食物，以利于吸收利用。但食物不宜 过精，应强调粗细搭配，经常食用豆类、薯类、杂谷类；食物制作时宜选用蒸、 炖、煮和炒等方式，少食用煎炸食品；同时注意食品的色、香、味、形状，促进 食欲。

3. 积极参加体力活动，保持能量平衡

老年人要积极参加适度的体力活动，保持食物量与营养物质及其活动量取得 平衡，维持适宜体重。

4. 良好的饮食习惯

老年人饮食要讲究少量多餐，定时定量，不宜过饱，促进对食物的吸收及避 免胃肠不适。

10.6 运动员的营养和膳食

运动营养已是现代体育运动的重要组成部分。科学合理的营养供应，不仅关 系着运动员的身体健康，而且对运动员竟技状态的保持，运动成绩的提高以及运 动后体力的恢复等都会产生很大的影响。

**10.6.1** **运动员的生理特点**

1. 体格改变

运动员经过长期的运动和训练，肌肉纤维增粗，肌肉质量增加。正常人的肌 肉占体重的35%～40%,肌肉发达的运动员肌肉总质量可达体重的50%。同时， 运动员新陈代谢加强，骨血液供给充足，骨的形态结构和性能都发生变化。具体 表现为：骨外层的密质增厚，骨变粗，骨骼抵抗折断、弯曲、压缩、拉长和扭转 的机械性能提高，关节软骨增厚，关节的牢固性及可承受的压力较常人大。另

· 336 ·

外，从事不同运动项目或同一项目的不同动作对运动员的身体影响不同，如体操 运动员在做悬垂动作时，对上肢骨及肌肉的影响大；足球运动，对下肢的影响较 大；举重的运动员，上下肢骨所受影响都较大；而击剑、投掷运动员一侧上肢承 担的负荷量较大，因此这一上肢的变化就明显。

2. 机体代谢发生改变

1)能量代谢

运动员的能量代谢特点是强度大、消耗率高，伴有不同程度的氧债等。此 外，不同的运动项目因为运动强度、持续时间、训练水平等不同，运动员的能量 代谢状况也不相同。运动强度大、时间短的项目以无氧代谢为主，强度小、时间 长的运动则以有氧代谢为主；多数运动的能量供应是多系统混合的，但经长期训 练后，长跑运动员的有氧代谢能力强，而短跑运动员则相反，无氧供能能力强。 2)蛋白质代谢

研究表明，运动过程中，人体肌肉组织的蛋白质合成受到抑制，结果使氨基 酸代谢池中的游离氨基酸增加，同时，丙氨酸-葡萄糖循环率增加。而在运动后 的恢复期，蛋白质转换率开始提高。另外，运动员在开始高强度的训练初期，易 发生负氮平衡，经一段时期适宜后，氮平衡有所改善。

3)脂肪代谢

运动的强度、持续时间以及训练的程度等会影响运动员的脂肪代谢。高强度 运动中，脂肪分解代谢加剧，随着运动强度的增加，脂肪酸进入血浆并氧化供能 的程度减弱。经过系统训练的运动员氧化利用脂肪酸及酮体的能力会有所增强， 从而能够节约糖原，提高耐力。

4)水和电解质代谢

运动过程中运动员身体大量出汗，并且通过呼吸道也丢失大量水分。与此同 时，尿量减少，代谢水的产生增多。大量出汗也导致运动员体内电解质尤其是 钠、钾、镁、钙等丢失增加。运动强度、运动时间、运动环境的温度、湿度等都 会影响汗液的丢失量。在25～35℃进行4h 的长跑训练，平均出汗量在4.51L 左 右，而一次高强度运动可丢失汗液2～7L。 另有研究报道，运动员骨骼组织中的 物质交换加速，致使钙质流失而容易出现骨质疏松；还有，运动员特别是耐力运 动员也常常表现潜在的铁缺乏，分析原因，部分是因为在抗氧化反应中的转移， 部分是因为高蛋白，高脂膳食限制了铁的吸收。

5)维生素

运动导致胃肠道对维生素的吸收功能整体下降，同时汗液中维生素的排泄量 增加。另外，运动使能量代谢加强，而维生素作为能量代谢的辅助因子在体内的 周转率也加速。

3. 内分泌的改变

运动员能量代谢较一般人不同，原因之一就在于运动过程中内分泌的改变对 机体代谢进行了相应的调节。运动时身体处于应激状态，交感神经兴奋增强，体 内的糖皮质激素及髓质激素水平会增高，但胰岛素水平会降低，从而引起代谢池 中游离氨基酸的浓度增加。运动过程对内脏内分泌激素水平也有改变。研究显 示，长期运动可使运动员心脏内分泌特征发生改变。另外，长期的研究已证实， 女性运动员因为大负荷的运动可能引起雌激素水平下降，从而导致运动性月经失 调及骨丢失严重。

4. 心血管系统变化

运动员经过长期的训练，心肌得到强化，心律较常人慢，心脏泵血功能增 强。运动时心输出量可达最大输出量的85%;心脏承担负荷能力增强，剧烈运 动时，运动员心脏每分钟心跳能达到180次。同时，长期坚持体育锻炼，可使肌 肉中的毛细血管形态结构发生变化，出现囊泡状，从而增加肌肉的血液供应量， 有利于肌肉持续长时间紧张的活动。但近期也有研究显示，运动员长期的超负荷 运动可能导致心脏机能都发生改变，从而使运动员的心脏比正常人的心脏更容易 受到损害。

**10.6.2** **运动员的营养需要**

1. 能量

不同运动项目的运动强度、频度和持续时间不同，运动员相应的能量消耗也 不同。同时运动员的体重、年龄、营养状况、训练水平、精神状态以及训练时投 入用力程度等也会影响能量代谢。因此，运动员所需要的能量各不相同。总体来 讲，运动员的能量消耗由基础代谢 (basal metabolic,BM)、 运动生热效应 (thermic effect of exercise,TEE)、 食物生热效应 (TEF) 以及适应性生热效应 (facultative thermogenesis) 组成。运动员与非运动人群不同，其能量消耗当中， 运动消耗增多，所以基础代谢的比例相对减少；同时由于运动员膳食中的蛋白质 含量相对较高，因而食物的生热效应也较高，常以基础代谢的15%计。我国一 般项目运动员的能量需要量以体重计，每天约为209～272kJ/kg。 不同项目运动 员的能量推荐摄入量不同。表10-14为推荐的运动员每日膳食能量摄入量，表 10-15为不同运动项目所消耗的能量。

运动项目

**每日能量摄入量**

/(MJ/d) /(kcal/d)/[kJ/(kg ·d)]/[kcal/(kg ·d)]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 棋牌类(男、女) 8.4～11.762000～2800  跳水(男、女)、体操(女)、射 | | 188±21 | 45±5 |
| 击(女)、射箭(女)、跳高、9.20～13.442200～3200 跳远 | | 209±21 | 50±5 |
| 体操(男、女)、武术、乒乓球 | |  |  |
| (男、女)、短跑(女)、羽毛球 | |  |  |
| (男、女)、网球、部分举重 (<75kg)、击剑、垒球 | 11.34～17.642700～4200 | 230±21 | 55±5 |
| 长跑、花样滑冰、中跑(男 | |  |  |
| 女)、短跑(男)、篮球、排球、 | |  |  |
| 竞走、登山、射箭(男)、射击 | |  |  |
| (男)、足球(男、女)、冰球、水 | |  |  |
| 球、棒球、曲棍球、滑冰、高山15.54～19.743700～4700 滑雪、赛艇、皮划艇、自行车  (场地)、摩托车、柔道、拳击、 | | 251±21 | 60±5 |
| 投掷(女)、游泳(短距离，男 | |  |  |
| 女)、沙滩排球(男)、现代五项 | |  |  |
| 游泳(长距离，男、女)、举重 | |  |  |
| (>75kg)、投掷(男)、马拉松、 | |  |  |
| 摔跤、公路自行车、橄榄球、越 ≥17.64 ≥4700  野滑雪、沙滩排球(男)、铁人  三项 | | 272 | ≥65 |

资料来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

**表10-15** **不同运动项目的能量消耗** [单位： kJ/(m² ·min)]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 能量消耗 | 项 目 | 能量消耗 |
| 体操 |  | 篮球 |  |
| 臀部运动 | 6.540 | 练习 | 13.862 |
| 背部运动 | 8.970 | 比赛 | 24.188 |
| 腿部运动 | 7.975 | 棒球 |  |
| 腹部运动 | 6.983 | 接球 | 8.182 |
| 上肢、跳跃运动 | 15.117 | 击球 | 13.573 |
| 吊环规定动作 | 87.178 | 男子网球 |  |
| 双杠规定动作 | 98.763 | 单打比赛 | 23.594 |

续表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 能量消耗 | 项 目 | 能量消耗 |
| 单杠规定动作 | 135.152 | 多球训练 | 33.229 |
| 男子自由体操 | 41.141 | 女子网球 |  |
| 男子跳马 | 199.309 | 单打比赛 | 25.171 |
| 男子鞍马 | 164.410 | 移动技训 | 27.167 |
| 女子平衡木 | 35.037 | 游泳 |  |
| 女子自由体操 | 42.183 | 仰泳 | 13.443 |
| (全套规定动作) |  | 自由泳 | 16.970 |
| 女子自由体操 | 103.148 | 蛙泳 | 22.050 |
| (技巧动作) |  | 侧泳 | 21.129 |
| 女子高低杠 | 44.848 | 摔跤 | 21.338 |
| 女子跳马 | 214.848 | 越野赛跑 | 24.920 |
| 滑雪(平地硬滑，中速) | 28.974 | 男自行车(中速)  女自行车(中速) | 29.455  27.229 |
| 排球 |  | 划船 |  |
| 练习 | 7.899 | 51m/min | 9.648 |
| 比赛 | 17.050 | 69m/min | 15.037 |
| 足球 | 20.108 | 97m/min | 26.359 |

资料来源：吴坤.2003.营养与食品卫生学.第5版.北京：人民卫生出版社

2. 蛋白质

蛋白质可以帮助运动员增加肌肉组织并且修复肌肉组织的损伤。在训练和比 赛时，体内蛋白质分解代谢加强，容易出现负氮平衡。因此，量足质优的蛋白质 摄入对运动员保持氮代谢平衡、促进运动员血红蛋白合成及加速疲劳恢复等也具 有重要意义。近来的研究表明，补充支链氨基酸对运动性中枢疲劳有良好的预防 作用。但要注意，蛋白质的摄入不能过高，高蛋白膳食可导致尿氮排出增加，造 成体内大量蛋白质的代谢产物如氨、尿素的堆积，加重肝、肾负担，同时使体内 水分、矿物质(尤其是钙)损失增加。此外，过多蛋白质也可能引起运动员胃肠 道的不适。不同国家对运动员蛋白质的推荐摄入量不同，我国学者提出中国运动 员蛋白质的参考摄入量每千克体重每日约为1.5～2.5g。

3. 脂肪

脂肪是运动员理想的能量储备形式。尤其是对于能量需要量较大的运动员 脂肪具有质量小，能量密度高，产能量大的优点。在轻、中度运动时，脂肪约提 供机体50%的能量需要，在持久运动时脂肪可以提供约80%的能量需要。同时， 脂肪能够节约糖原的消耗，提高运动员的耐久力。但是，由于脂肪代谢时耗氧量 高，若膳食中脂肪比例过高会影响氧的供应，同时也会影响蛋白质和铁的吸收， 并且高脂肪膳食会同时带入过多的胆固醇，从而可能导致运动员血脂升高。 一般 运动员膳食总脂肪提供的能量占总能量的25%～30%比较适宜。其中饱和脂肪 酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的比例约为1:1:1.5。

4. 碳水化合物

碳水化合物是运动员最主要的能量来源。短时间大强度运动的能量基本上由 碳水化合物供给，长时间小强度运动，也是首先利用体内糖的氧化功能。糖在体 内容易氧化，耗氧量小，且氧化完全，代谢产物为二氧化碳和水，对机体不会产 生不利影响。研究显示，运动员在运动前、中、后补充碳水化合物，对于运动员 满足能量需要，延缓疲劳，维持血糖水平及稳定免疫功能等具有重要意义。 一般 情况下运动员每日碳水化合物供给量应占总能量55%～65%,对进行长时间运 动者，专家建议碳水化合物的摄入量可提高到总能量的70%。

5. 水分、矿物质和维生素

运动员进行大运动量或持久耐力运动时汗液流失增加，导致机体失水量增 加，且体内矿物质和维生素尤其是水溶性维生素随汗液丢失，因而特别需要注意 对运动员水分、矿物质及维生素的补充。运动前、运动中及运动后补液对于恢复 运动员机体水、电解质平衡，促进废物排出以及体力恢复有重要作用。 一般来 讲，运动前2h 或15～20min可以补充400～600mL,含电解质及糖类的饮料，分 次摄入，每次100～200mL; 运动中补液总量不超过800mL/h, 少量多次，每次 100～300mL, 最初30min 之内不需补液，运动时间少于60min 时补充白水即 可，超过60min 时可考虑补充含电解质和糖的运动饮料；运动后补液应视具体 情况少量多次给予补充。此外，运动员在训练及比赛中维生素的补充也尤为重 要，如维生素B₁ 、维生素B2、 维生素Bg和维生素C 会影响运动员红细胞转酮酶 活力及有氧运动能力；维生素B₂ 的缺乏可能使机体运动氧的能力下降；维生素 E 能够提高运动员高原训练的运动能力等。推荐的我国运动员每日主要矿物质及 维生素的适宜摄入量如表10-16所示。

**表10-16** **推荐的中国运动员每日矿物质及维生素适宜摄入量** **(AI)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 矿物质 | AI值 | 维生素 | AI值 |
| 钠 钾 镁 钙 铁 锌 | <5g(高温环境<8g)  3～4g  400～500mg  1000～1500mg  20～25mg  20～25mg | 维生素A  维生素D  维生素E  维生素B₁ 维生素B2 维生素Bs 维生素B₁z  烟酸  叶酸  维生素C | 1500～1800ug RE  10～12.5μg  30mg(高原30～50mg)  3～5mg  2～2.5mg  2.5～3.0mg  2μg  20～30mg  400μg  140mg(比赛期200mg) |

资料来源：葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

**10.6.3** **不同运动项目的营养需要**

运动项目有很多种，根据项目的特点，可大致归为耐力型、力量型、灵敏技 巧型和团体项目4类，每一类的运动项目对营养的需要不同。

1. 耐力型运动的营养需要

耐力型运动一般包括马拉松、长跑、竞走、长距离自行车、长距离游泳和滑 雪等项目。这些项目的共同特点是运动时间长，运动中无间歇，运动强度相对较 小，主要为有氧运动，能量消耗大，出汗量多。由于运动时间长，运动后期可能 引起中枢神经疲劳，耐力下降，代谢稳定性受到破坏。因此，对于从事该类项目 的运动员，其营养的重点在于：提供充足的能量，保持适宜的血糖水平，碳水化 合物的供给量占总能量的60%～70%;提供有丰富的蛋白质、铁、钙和维生素 C、维生素E 及维生素B, 以保证血红蛋白和呼吸酶维持较高的水平，从而增强 机体能力，促进疲劳的消除，尤其是女性运动员更应注意钙、铁的补充；为减轻 长时间运动过程中胃肠道负担，膳食脂肪可略高于其他运动项目，可占总能量的 30%～35%;及时补液，预防脱水。

2. 力量型运动的营养需要

力量型的运动一般包括举重、投掷、摔跤、短跑、有阻力的骑车、短距离游 泳、划船、冰球、足球、橄榄球等项目。这些项目的共同特点是运动有间歇，运 动强度大，需短时间的爆发力，缺氧严重；需要身体无氧供能，因而氧债大；同 时还需要神经系统的协调性。因此，对于从事该类项目的运动员，其营养的重点

· 342 ·

在于：提供丰富的蛋白质，以体重计，蛋白质的供给量为每千克体重每天2g 以 上，并且其中优质蛋白质的比例至少应占50%;多摄取水果、蔬菜(应占总能 量的15%～20%)和含糖、电解质的运动饮料，增加体内碱储备，以满足运动 员对碳水化合物、维生素和无机盐的需要。但同时也应当避免蛋白质摄入过量， 并要根据需要合理地增加或减轻体重。

3. 灵敏技巧型运动的营养需要

灵敏技巧型运动一般包括体操、花样滑冰、击剑、射击、乒乓球、跳水和跳 高等项目。这些项目的共同特点是神经活动紧张，动作多变，要求协调、速率和 技巧并举。因此，对于从事该类项目的运动员，其营养的重点在于：注意选择营 养素密度高的食物，保证丰富的蛋白质、 B 族维生素、钙、铁、磷供应，避免快 速减轻体重。另外，对于击剑、乒乓球、射击等项目，由于视力活动紧张，应适 当补充维生素A。

4. 团体项目

团体项目一般包括篮球、橄榄球、足球、曲棍球、冰球、排球、手球等。这 些项目的共同特点是运动强度大且多变、间歇性、运动持续的总时间长，能量转 换率高，并且对灵敏度、技巧等方面均有较高要求。因此，对于从事该类项目的 运动员，其营养的重点在于：在各种营养素全面考虑的基础上，以高碳水化合物 为中心，同时注意选择高血糖指数食物，运动前、中、后期均应及时补液， 补糖。

**10.6.4** **运动员的合理膳食**

运动员合理营养及膳食的目的就是在保证运动员身体健康的前提下，帮助运 动员取得最佳训练效果、竞技能力和比赛成绩。

1. 量足质优、营养平衡

运动员的食物首先在数量上要满足运动员在训练或比赛过程中对能量的需 要，使运动员保持适宜的体重；同时，食物应当多样化，搭配合理，并且能够保 证运动员对各种营养素的需要。膳食组成中应该包括谷类食物、蔬菜及水果、乳 及乳制品(必须保证有发酵乳供给)、动物性食品(鱼、肉、家禽、蛋类)、豆类 及豆制品(包括鲜豆浆)、坚果类、烹饪油脂及食糖等。其中能量物质蛋白质、 脂肪、碳水化合物的比例一般情况下为总能量的12%～15%、25%～30%、 55%～65%,根据运动项目的不同有所浮动，但以脂肪的比例不超过35%,碳 水化合物的比例不超过70%为宜。

2. 高能量密度和高营养素密度膳食

一般来讲，运动员一 日食物的总质量不宜超过2.5kg。体积过大的食物会增 加胃容量及负担，影响运动能力，尤其是一些有合理冲撞的运动项目如足球等。 因此，运动员应该选择能量密度和营养素密度高的食物。

3. 确定合理的饮食时间及餐次

运动员的进食时间应当考虑运动对消化功能的影响。运动时，内脏会发生缺 血，因此进食时间和运动或训练的时间间隔不宜太接近。但同时由于运动需要消 耗大量能量及其他营养素，因此进餐时间也不宜与运动或训练时间间隔太长。 一 般要求大运动量训练或比赛前一餐应在3h 以前完成；而运动后至少休息40min 后方可进食。运动员的进餐次数可根据训练及运动状况进行调整。 一般是一日三 餐制，当训练强度大、时间长时，对能量的需要量增加，可以增加餐次或两餐之 间添加点心。

4. 根据运动项目及训练内容的不同安排膳食

如前所述，不同的运动项目分别有其重点的营养要求。同时，运动员一日三 餐的分配应符合当天的运动或训练需要。也就是说，进行同一种运动项目的运动 员，当所训练的内容不同时，其膳食应有所改变。如滑雪运动一般归为耐力型项 目，但运动员在训练过程中同样会对力量、速度等进行专门训练，那么在此期间 的膳食应更接近力量型项目的营养要求。 一般来讲，运动员早、中、晚餐的能量 提供的比例大致为30%、40%、30%,根据具体训练可进行适当调整，要保证 训练前一餐有充足的能量供应，如上午训练，则早餐应有较高的能量；而下午训 练，则中餐应适当加强。

5.其他

根据运动员的营养需要特点，注意食品的色、香、味、形状和硬度，以增进 运动员的食欲。

10.7 特殊环境人群营养

人在不同环境下的生理状况不同，尤其是在一些特殊的环境条件下，如高 温、低温、缺氧或者职业性接触有毒有害物质的环境等，从而对人的膳食营养提 出了特殊的要求。根据不同的环境，合理制定营养策略，对于保证特殊环境人群 的健康具有重要意义。

· 344 ·

**10.7.1** **高温环境人群营养**

1. 高温环境下机体生理特点

1)高温导致消化生理改变

高温环境通常是指32℃或35℃以上的生活环境。当机体处于高温环境时， 在生理上发生多种改变，如交感神经兴奋性增强，导致胃肠运动减弱；同时消化 腺功能减退，消化液分泌减少，胃液成分发生改变，游离盐酸含量减少，酸度下 降；胃的排空加速，食物消化不完全，机体的大量失水导致食欲减退。

2)高温还引起机体代谢发生改变

高温条件下机体大量排汗、心律加快，持续在高温环境下工作和生活，体温 上升引起机体基础代谢率增高，耗氧量加大，能量消耗也增加。失水和体温增高 同时引起蛋白质分解代谢增加，出汗导致氮流失严重，易出现负氮平衡。此外， 大量排汗使机体水分、无机盐及水溶性维生素大量丢失。汗液中矿物质主要为钠 盐，通过排汗损失氯化钠可达15～25g/d; 其次是钾盐，还有钙、镁、铁、锌、 铜、硒等。维生素当中，最容易丢失的是维生素C, 其次是维生素B₁ 。有文献 报道，每升汗液中维生素C 含量可达10mg, 维生素B₁0.14mg, 若每日出汗5L, 则从汗液丢失的维生素C 及维生素 B₁ 分别为50mg 和0.7mg, 而核黄素的丢失 也不少，甚至比随尿排出的还多。此外，其他B 族维生素也有不同程度的丢失。

2. 高温环境下机体的营养需要

1)能量及能量营养素

高温环境人群能量的供给根据所处环境温度不同而不同。以原供给量为基 础，环境温度为30～40℃,每上升1℃,能量供应应增加0.5%。高温环境下机 体易出现负氮平衡，因此蛋白质的摄入量需适当增加，但不宜过多，以免加重肾 脏负担。中国营养学会对高温人群能量营养素的推荐摄入量以所占总能量的比例 计，蛋白质、脂肪、碳水化合物的比例分别为12%、≤30%、≥58%。其中补 充蛋白质时优质蛋白质比例不应低于50%。

2)水和无机盐

水分的补充以能补偿出汗丢失的水量、保持机体内水的平衡为原则。根据高 温作业者口渴的程度、劳动强度及具体生活环境，建议补水量范围为：中等劳动 强度、中等气象条件时每日补水量需3～5L。无机盐的保持以食盐为主，出汗量 少于3L/d 者，补食盐量约15g/d, 出汗量大于5L/d 者，则需补充20～25g/d。 3)维生素

高温环境下人群主要注意水溶性维生素的补充。维生素C 的推荐摄入量为 150～200mg/d, 硫胺素为2.5～3mg/d, 核黄素为2.5～3.5mg/d。 同时维生素 A 的摄入也应高于常温作业者，建议每人每日供给维生素A 1500μg RE。

· 345 ·

**10.7.2** **低温环境下人群的营养**

1. 低温条件下机体生理特点

1)低温导致消化生理改变

低温环境多指温度在10℃以下的环境，常见于寒带、海拔较高地区的冬季 及职业性接触低温，如南极考察、冷库作业等。低温环境与高温环境相反，机体 胃酸的分泌增多，胃液的酸度增强，胃的排空减慢，因而食物消化较为充分。同 时，低温可以使人的食欲增加，可能与低温条件下人对能量的需要增多有关。

2)低温条件下机体代谢改变

低温环境中，人的耗氧量下降，产生的二氧化碳减少，从而呼吸商降低。同 时低温条件下，机体蛋白质代谢有所增加，对支链氨基酸的利用率提高；脂肪代 谢也同样增加以便为机体产热维持体温。与蛋白质、脂肪代谢不同，低温导致机 体的糖代谢下降，对葡萄糖的利用减少，表现为血糖升高，果糖耐量下降。此 外，在低温条件下，机体水分、电解质以及维生素发生很大变化。血液中的锌、 镁、钙、钠含量下降，血铁、钾含量无明显变化；水溶性维生素中，维生素C、 维生素B₁ 血液浓度降低明显，脂溶性的维生素A、 维生素D 体内水平降低。

2. 低温条件下机体的营养需要

1)能量及能量营养素

低温环境下人群能量摄入应较常温下增加10%～15%。在总能量的来源中， 脂肪的供热比应提高至35%,碳水化合物的供热比有所降低，但仍是能量的主 要来源，供热比不低于50%,蛋白质供热比为13%～15%。由于含硫氨基酸 (如蛋氨酸)能增强机体的耐寒能力，因而含蛋氨酸较多的动物性蛋白质应占总 蛋白质的50%。

2)无机盐和维生素

寒冷地区易导致钙和钠的缺乏，因而应多提供含钙丰富的食物。寒带地区食 盐摄入量高达26～30g/d, 为温带居民的两倍，这种高食盐的摄入量是否引起高 血压尚待定论。低温作业人员血清中微量元素如碘、锌、镁等比常温中降低，在 膳食调配时要注意选择含上述营养素较多的食物供应。此外，由于低温环境使机 体能量消耗增加，与能量代谢有关的维生素如硫胺素、核黄素、尼克酸等的需要 量也随之增加。专家建议各种维生素每日的推荐摄入量分别为：硫胺素2~ 3mg、 核黄素2.5～3.5 mg、 尼克酸15～25mg、 维生素B₂2～3μg、 叶酸1~ 2mg、 生物素200～300 μg、胆碱0.5～1.0g、泛酸10～15mg、 维生素C70~ 120mg、 维生素A1500μgRE、 维生素D10μg、 维生素E15～20mg、 维生素 K 200～300μg。

·346 ·

**10.7.3** **高原缺氧环境下人群的营养**

1. 高原缺氧环境下机体的生理特点

1)对机体氧输送的影响

高原缺氧环境通常是指海拔在3000m 以上的地区。人进入高原地区，由于 缺氧导致肺泡氧分压和血氧饱和度降低，肺血流量和心血流量增多，肺血管收缩 从而可能导致肺动脉高压及肺源性心脏病。同时，低氧可能导致红细胞生成加 速，当红细胞的数量增加过多，则使血液黏度增高，可能引起体循环、肺循环和 微循环障碍，导致红细胞运输氧的能力下降。

2)对机体消化生理的改变

低氧环境中，人的消化功能受到影响，胃张力降低，饥饿收缩减少，饮食后 胃蠕动减少，胃排空时间延长，消化液分泌也减少，食欲下降。

3)对机体代谢的改变

低氧环境中，机体对葡萄糖吸收减少，血糖降低，无氧酵解增强，血液乳酸 含量增高。蛋白质分解代谢加强，合成率下降，氮的排出增加，血液必需氨基酸 与非必需氨基酸的比值下降。此外，低氧环境可能导致血清中游离脂肪酸和甘油 三酯含量增高，当严重缺氧时，脂肪氧化不完全，尿中出现酮体，

2. 高原缺氧环境下机体的营养需要

1)能量及能量营养素

在高原缺氧条件下，从事同等强度的劳动，所需的能量高于低海拔地区。而 人体缺氧条件下，食欲减退，因此，可能导致能量供给不足。碳水化合物能够提 高人的动脉氧含量，对在缺氧条件下维持体力有重要作用；同样，缺氧条件下， 身体对脂肪有较高利用率；缺氧条件下的负氮平衡可以通过蛋白质的补充来解 决。因而，有专家对在高原缺氧条件下能量及能量营养素的摄入提出如下建议：

每日轻体力劳动、重体力劳动的能量推荐摄入量分别为11.7～13.8MJ(2800~ 3300kcal) 和15.9～18.4MJ(3800～4400kcal); 碳水化合物、脂肪、蛋白质的 适宜比为5:1 . 1:1,占总能量的比例分别为55%～65%、25%～30%和 12%～13%。

2)矿物质和维生素

高原作业人员应注意矿物质和维生素的补充。钙、铁、锌的每日推荐摄入量 分为800mg、25mg 和20mg; 各种维生素的每日推荐摄入量为：维生素 A 1000μgRE、 硫胺素2.0～2.6mg、 核黄素21.8～2.4 mg、 尼克酸20～25 mg、 维生素C80～150mg。

**10.7.4** **职业性接触有毒、有害物质人群的营养**

职业接触有毒、有害物质种类繁多，其中有许多是有毒、有害的化学物质如 农药、粉尘、铅、汞、三氯甲烷、四氯化碳、苯、苯胺、硝基苯等。这些化学毒 物长期、少量进入机体，将会引起各种毒性反应，破坏机体的生理机能，干扰营 养素在体内的代谢，甚至发生特定靶器官或靶组织的严重病变，危害人体健康。 而机体的营养状况与化学毒物的作用及其结果均有密切联系。合理的营养措施， 能提高机体各系统对毒物的耐受和抵抗力，增强对有毒、有害物质的代谢解毒能 力，减少毒物吸收并促使其转化为无毒物质排出体外，利于康复和减轻症状。

1. 铅作业人员的营养

铅作业常见于冶金、印刷、玻璃、蓄电池等工业。铅及其化合物均具有一定 毒性，在接触铅作业环境下，铅经消化道、呼吸道进入人体后，作用于全身，尤 其对神经系统和造血系统产生危害。主要病变是：阻滞血红蛋白的合成过程，引 起贫血；对植物神经及酶系统作用，引起平滑肌痉挛；直接损害肝细胞，引起肝 脏病变。

铅作业人员的饮食原则，应参照驱除体内的铅、减少铅在肠道的吸收，修补 铅对机体损害的需要，提供合理营养，增强机体免疫力，减少铅对机体的损害。 首先注意补充优质蛋白，尤其是含硫氨基酸丰富的优质蛋白质，有利于增强机体 的解毒能力并促进血红蛋白的合成。建议蛋白质适宜的摄入量应占总能量的 14%～15%,其中有50%为优质蛋白质；其次要调整饮食中钙磷比例(即呈碱 食品及呈酸食品的比例),膳食为高磷低钙的呈酸食品，如谷类、豆类、肉类等 食品时，有利于骨骼内沉积的正磷酸铅转化为可溶性磷酸氢铅进入血液，并进一 步排出体外，常用于慢性铅中毒时的排铅治疗，而膳食为高钙低磷的呈碱性食 品，如蔬菜、水果、奶类等食物时，则有利于血中磷酸氢铅浓度较高时，形成正 磷酸铅进入骨组织，以缓解铅的急性毒性；第三要补充各类维生素，维生素C 具有保护巯基酶中巯基(一SH) 的作用，专家建议职业接触铅人员维生素C 的 摄入量应达150～200mg/d。 其他如维生素B₁ 、 维生素 B2、 维生素Bg、 维生素 Bz、 叶酸等对于改善症状和促进生理功能的恢复也有一定效果。最后，要适当 限制膳食脂肪的摄入，高脂膳食会增加铅在小肠的吸收，因此铅作业人员脂肪的 供热比不宜超过25%。

2. 苯作业人员营养

苯及其化合物苯胺、硝基苯均是脂溶性并可挥发的有机化合物，苯作业时， 苯主要经过呼吸道进入人体。长期接触低浓度苯可引起慢性中毒，主要表现是神 经系统和造血功能受到损害。

· 348 ·

苯作用人群的饮食营养原则，应在平衡膳食的基础上，根据苯对机体造成的 损伤和营养紊乱，针对性地进行营养和膳食调配。其膳食营养调整如下：增加优 质蛋白质的供给，有专家建议苯作业人员每日至少应摄入90g 蛋白质，其中优质 蛋白质应占50%;适当限制膳食脂肪的摄入，其供热比不超过25%( 一 般为 15%～20%);适当补充各类维生素，尤其是 B 族维生素及维生素C, 建议苯作 业人员维生素C 的摄入量应在原推荐摄人量基础上补充150mg/d; 维 生 素 B₆、 维生素B₂ 、 尼克酸、叶酸等，对苯引起的造血系统损害有改善作用，维生素 B₁ 还能改善神经系统的功能，因而饮食供给应适量增加。此外，苯作业人员应补充 富含维生素 K 的食物以利解毒；苯作业人员还应选择含铁丰富的食物，以供造 血系统的需要。

**思** **考** **题**

1. 妊娠期母体营养对胎儿的影响如何?

2. 为什么提倡母乳喂养!

3.什么是人工喂养与混合喂养?

4.婴儿辅食添加的目的是什么?有哪些具体要求?

5. 常见的婴幼儿营养缺乏病有哪些? 6.食物过敏与食物不耐受有什么不同?

7.试述老年人的营养需求特点及膳食安排。 8.影响运动员营养需要的因素主要有哪些?

9. 如何制定有毒作业人员的饮食计划?

(本章编写人：王弘)

**主要参考文献**

鲍曼B A,拉塞尔R M.2004.现代营养学.第8版.荫士安，汪之顼主译.北京：化学出版社 蔡美琴.2001.医学营养学.上海：上海科学技术文献出版社

常红.2004.孕妇锌铜钙磷营养状况对新生儿的影响.中国妇幼保健，19(2):62～63

常芸，林福美。1996.不同类型运动心脏的内分泌改变特征.中国运动医学杂志，15(3):162～169

陈海兰，王晓宁，沈忠海.2001.乳母服用小剂量叶酸与婴儿生长发育效果评价.中国公共卫生，17 (9):814

陈仁惇.2003.营养保健食品.北京：中国轻工业出版社

高桂珠，王永红，李丽娟.2005.孕妇妊娠早期甲状腺功能及碘营养状况.中国地方病防治杂志，20(1): 9～11

葛可佑.2004.中国营养科学全书.北京：人民卫生出版社

郭宁，朴建华.2005.维生素A 与铁锌之间的相互作用.卫生研究，34(1):126~128

韩神，夏凤艳，安凤妹.2004.哺乳期妇女骨量变化的研究进展.中国煤炭工业医学杂志，7(6): 487～488

黄承钰.2003.医学营养学.北京：人民卫生出版社

· 349 ·

焦亚萍，张瑞芳，麦炜碧等.2005.营养健康教育控制孕妇体重对妊娠过程、妊娠结局的影响.现代临床

护理，4(1):1~4

李青海，曹艳华，叶海燕等.2005.妊娠剧吐致基础代谢率变化的机制初探周荣向.中国优生与遗传杂志， 13(2):74～76

梁冰华，吴得海，王林.2004.哺乳期母亲铁营养状况对乳汁铁影响的调查.微量元素与健康研究，(4): 42～43

莫灶娣，苏巴丽，裴红.2003.孕妇营养过剩与妊娠结局的关系.国际医药卫生导报，9(18):59～60

潘珊珊，张炎，尤培建等.2004.不同强度运动训练对心内分泌功能的影响.中国运动医学杂志，23(5): 507～511

钱兴国，苏宜香，苗丽曼等。2004.孕妇、乳母二十二碳六烯酸摄入水平对婴儿早期运动发育和视功能的影 响.中国儿童保健杂志，12(2):123～126

秦锐，王立珍，王建平.1997.孕妇维生素A 状况与铁代谢研究.江苏预防医学，(4):50～451 青云.2005.孕妇补充叶酸可能会增加患乳腺癌的危险.中国处方药，35(2):87

塞泽尔 F S,惠特尼E N.2004. 营养学—一概念与争论.第8版.王希成主译.北京：清华大学出版社

孙大中，项彩芬.1999.孕妇与胎儿钙代谢特点.中国实用儿科杂志，14(10):592～593 孙远明，余群力.2002.食品营养学.北京：中国农业大学出版社.

唐仪，杨清，沈晓毅等.2002.补充维生素A 和铁对孕妇铁营养状况的影响.营养学报，24(1):13～16

王建平，秦锐.1997.正常孕妇与胎儿钙代谢的研究.南京医科大学学报，17(2):179 王丽娜.1998.娠糖尿病的水电解质代谢.外医学妇产科分册，25(3):177～178

王小卉，杨毅，王莹等。2004.婴儿肠道菌群的形成及其与食物过敏的关系.实用儿科临床杂志，19(9): 756～758

吴坤.2003.营养与食品卫生学.第5版.北京：人民卫生出版社

许榕仙.2003.晚期孕妇铁、锌、铜营养状况与贫血的关系.疾病控制杂志，7(1):14～16

阁玉芹，陈祖培.2004.孕妇和哺乳妇女的碘营养及其监测.中国地方病学杂志，23(3):276～278

杨芳，李朝敏.2005.贫困农村孕妇核黄素水平与铁营养状况关系的研究.卫生职业教育，23 (4):

100～101

叶飞跃，詹学，刘作义.2004.婴幼儿轮状病毒肠炎并乳糖不耐受症的临床研究.实用儿科临床杂志，19 (3):183～184

尹华英，张志贤，冯川平。2002.行食物过敏检测指导婴儿喂养.护理学杂志，17(3):235～234

张风，何金妹，萧志坤.2001.乳母补铁对预防婴儿缺铁性贫血的观察.上海预防医学杂志，13(4): 171～172

张会丰，李根山，刘兰芬等.2001.孕妇口服维生素K1 改善新生儿维生素K 营养状况.中国公共卫生，17 (1):867～868

张俊红，徐华，宋建平.2004.补碘对乳母及其婴儿碘营养状态的影响.空军总医院学报，20(4): 190～192

张明，毛有彦摘.1997.每日补充8000IU 维生素A 改善印度尼西亚哺乳期妇女维生素A 的营养状况. 国 外医学卫生学分册，24(1):61～62

赵晶.1995.孕妇锌营养及其对胎儿的影响.国外医学妇幼保健分册，6(3):97～99

赵右更，庄留琪.1997.常妊娠及妊娠合并糖尿病孕妇的代谢变化.中华妇产科杂志，32(4):248～250 中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄入量.北京：中国轻工业出版社

钟国隆.2002.生理学.北京：人民卫生出版社

Linder M C. 1991.Nutritional biochemistry and metabolism. East Norwalk, Connecticut:Appleren &. Lange,Simon &. Schuster Business and Professioal Group

· 350 ·

**第11章** **膳食营养与健康**

**教学目标**

· 了解营养对机体免疫机能的影响。

·认识营养与肿瘤、高血压、冠心病、糖尿病、肥胖等疾病的关系 · 掌握预防上述慢性病的饮食原则，

结构合理、营养平衡的膳食能满足机体对能量和各种营养素的需要，是维持 人体健康和提高工作效率的重要条件。当膳食结构不合理即营养失调时，因某种 或某些营养素摄入不足，体内的营养储备严重消耗，则出现相应的病理性改变， 继而发生临床上可见的营养缺乏病。反之，过量摄入能量和某些营养素，则可能 导致肥胖、心血管疾病、肿瘤等发生，或因某些营养素过量而发生中毒，有碍 健康。

11.1 营养与免疫

**11.1.1** **人体免疫系统**

免疫 (immunity) 是指机体识别和排除抗原性异物，以维持体内环境平衡 和稳定的一种特异性生理反应。人体的免疫功能主要由免疫系统来完成。均衡的 营养是免疫系统发挥正常功能的基础.

1. 免疫系统的组成

人体的免疫系统由免疫器官、免疫细胞及细胞因子构成。

1)免疫器官

具有免疫功能的组织器官称为免疫器官，按照免疫作用的不同可以分为中枢 免疫器官和外周免疫器官。

(1)中枢免疫器官：中枢免疫器官是各类免疫细胞发生、分化和成熟的场 所，主要有：①骨髓，是造血器官，内含造血干细胞，是各种血细胞和免疫细胞 发生、分化的场所；②胸腺，是T 淋巴细胞 (T 细胞)分化、成熟的场所。

(2)外周免疫器官：外周免疫器官是淋巴细胞定居、增殖及产生免疫应答的 场所。主要有：①淋巴结；②脾脏；③其他淋巴组织和器官，包括扁桃体、阑

· 351 ·

尾、消化道、呼吸道和泌尿生殖道等黏膜淋巴小结，皮肤的表皮层和真皮层均有 免疫细胞存在。

2)免疫细胞

凡参与免疫应答或与免疫应答有关的细胞统称为免疫细胞，主要有：

(1)T 细胞： T 细胞起源于骨髓的多能干细胞，在胸腺素及胸腺微环境影响 下分化成熟为T 细胞。 T 细胞的功能主要有：①细胞毒作用，释放穿孔素和丝 氨酸蛋白酶，作用于靶细胞并使其溶解或凋亡；②刺激B 淋巴细胞 (B 细胞)增 殖并产生抗体；③分泌免疫因子，白细胞介素-2 (I-2)、 干扰素 (IFN)、 肿瘤 坏死因子 (TNF)。

(2)B 细胞： B 细胞起源于骨髓的多能干细胞，在骨髓中分化成熟，在受到 外来抗原刺激后，经活化、增殖、分化为浆细胞，产生抗体，是执行体液免疫的 主要细胞。

(3)自然杀伤细胞 (NK 细胞): NK 细胞起源于骨髓的多能干细胞，主要 功能是：①能直接杀伤肿瘤细胞和病毒感染细胞，并参与移植排斥反应；②抗体 依赖的细胞毒作用， NK 细胞可结合并杀伤被抗体IgG 包被的靶细胞；③产生免 疫因子，调节免疫应答。

(4)单核吞噬细胞：起源于骨髓的多能干细胞。单核吞噬细胞的功能主要 有：①吞噬杀伤作用；②呈递抗原；③合成、分泌免疫因子。

3)细胞因子

细胞因子 (cytokine) 是由活化的免疫细胞和非免疫细胞合成分泌的能调节 多种细胞生理功能、参与免疫应答和介导炎症反应等多种生物学效应的小分子多 肽或糖蛋白。主要有：①白细胞介素 (interleukin,IL);② 集落刺激因子 (CSF);③ 干扰素 (IFN);④ 肿瘤坏死因子 (TNF)。

2. 非特异性免疫

非特异性免疫 (innate immunity ) 主要通过屏障(皮肤、呼吸道及消化道 黏膜)作用、单核-吞噬细胞系统和体液性防御因素构成，为机体防御入侵的微 生物提供第一道防线。它是人类不断与外界微生物接触的长期进化过程中建立起 来的，并能遗传给后代。非特异性免疫在胚胎期形成，正常的个体的非特异性免 疫反应是十分相似的，不存在记忆效应，机体对再次出现的相同病原微生物产生 相同的免疫反应。非特异性免疫针对许多类型微生物和病原菌独有的对生存极为 重要的分子结构，即脂多糖、磷壁酸。非特异性免疫主要细胞有吞噬细胞和中性 粒细胞，它们细胞膜表面具有识别普通菌表面分子的受体。当其与受体结合，就 会启动吞噬作用、摧毁这种微生物。

3. 特异性免疫

特异性免疫 (adaptive immunity) 是指在个体出生后，由于机体感染了某种 病原微生物或接触了异种、异体物质而获得的针对某种微生物或异物的专一性免 疫力。特异性免疫包括细胞免疫和体液免疫，由B 细胞和T 细胞完成。

1)抗原及其识别

抗原 (antigen,Ag) 是一类能刺激机体免疫系统发生免疫应答，产生抗体 和致敏淋巴细胞，并能与相应抗体或致敏淋巴细胞结合的物质。抗原一般需具备 异物性、大分子性、具有活性基团(抗原决定簇)及一定的构型。

每个B 细胞和T 细胞具有识别单一抗原特性的表面受体，每个淋巴细胞的 特异性是不同的。免疫系统能够识别大量的抗原，但识别任一抗原的淋巴细胞数 量是有限的，机体中并不随时存在足够清除某种微生物的淋巴细胞。当淋巴细胞 的抗原识别受体与其补体抗原结合，细胞停止迁移，经过3～5d 的放大和增殖， 出现大量针对起始抗原的效应细胞。这种抗原驱动的无性扩增是非常有效的，由 此产生的一些效应细胞是长命的，也是特异性免疫记忆的基础。

2)特异性免疫反应

特异性免疫反应又叫免疫应答，是机体对抗原性异物所发生的一系列排异性 生理反应，是由多种免疫细胞和细胞因子相互作用共同完成的复杂的生理过程。 机体通过免疫应答能及时清除抗原性异物，维持机体内环境的相对稳定。

(1)体液免疫应答：体液免疫应答是指 B 细胞受到抗原刺激后，转化为浆 细胞，分泌抗体所发挥的特异性免疫效应。

抗体 (antibody,Ab): 是能与相应抗原发生特异性结合的免疫球蛋白 (im- munoglobulin,Ig)。 其主要作用有：①抗体通过与相应抗原的特异性结合发挥 其中和毒素及中和病毒的作用；②抗体还可激活补体介导的溶菌、溶细胞作用： ③抗原抗体结合后，通过抗体，可将抗原固定在吞噬细胞表面，增强了吞噬细胞 的春噬作用；④ IgG与相应抗原结合后，抗体可促使NK 细胞、单核细胞等释放 细胞毒，导致靶细胞溶解。

(2)细胞免疫应答：细胞免疫是指T 细胞接受抗原刺激后，转化成效应T 细胞并释放细胞因子所发挥的特异性免疫效应。细胞免疫的作用是抗胞内感染、 抗肿瘤免疫，并参与移植排斥反应等。

**11.1.2** **营养素与免疫**

营养素是维持人体正常免疫功能和健康的物质基础。膳食常量与微量营养素 通过胃肠道、胸腺、脾脏、区域淋巴结和血液免疫细胞等影响免疫功能。当机体 营养不良时可导致免役功能受损，使机体对病原的抵抗力下降，容易发生感染 而感染时由于蛋白质-能量和多种营养素的消耗增加，同时摄入减少又加重了营

· 353 ·

养不良，形成恶性循环。

1. 蛋白质-能量与免疫

蛋白质-能量是机体免疫功能的物质基础，上皮、黏膜、胸腺、肝脏、脾脏、 白细胞等组织器官以及抗体和补体等，都需要蛋白质的参与。当蛋白质-能量营 养不良 (protein-energy malnutrition,PEM) 时，这些组织器官的结构和功能均 受到不同程度的影响，从而使免疫功能受损。

1)蛋白质-能量与免疫器官

蛋白质-能量缺乏可影响儿童青少年免疫器官的发育，阻碍免疫系统的建立。 严重的蛋白质-能量缺乏，成人会引起免疫器官的萎缩。

2)蛋白质与细胞免疫

蛋白质营养不良可影响T 淋巴细胞的数量和功能，外周血中T 淋巴细胞总 数显著减少，其分泌的免疫因子的数量也减少。蛋白质营养不良增加微生物在组 织上皮细胞的黏附数目。

3)蛋白质与体液免疫

在儿童，蛋白质-能量营养不良，可造成机体产生免疫球蛋白的能力下降， 使体液免疫水平低下。成年人对流感病毒抗原的抗体反应下降。动物试验中观察 到，低蛋白饮食时，对伤寒和破伤风抗原的抗体反应与高蛋白对照组相比有明显 降低。

除蛋白质的数量外，蛋白质的种类及营养价值也可影响免疫系统的功能。蛋 白质的营养价值对免疫反应有明显影响，研究发现，蛋白质营养价值越高，免疫 作用越强， 一般地，蛋类>大豆>肉类>酪蛋白>花生>玉米。

一些氨基酸缺乏可引起机体体液免疫力的下降。在生长过程和代谢应激时， 如外伤、毒血症以及脑损伤时，精氨酸是机体必需的，它参与蛋白质合成、磷酸 肌醇等能量储存以及含氮废物的清除。当中性粒细胞、吞噬细胞、淋巴细胞遭受 免疫挑战时，增加谷氨酰胺利用、补充谷氨酰胺可以增强T 细胞与 B 细胞的增 殖与分化，提高吞噬细胞的吞噬功能，增加细胞因子的生产，发挥有效的免疫功 能。免疫系统具有产生、释放一氧化氮 (NO) 等摧毁入侵微生物的氧化环境， 而含硫氨基酸参与相关的急性相关蛋白和谷胱甘肽 (GSH) 的合成，增强抗氧 化防御体系功能，减少组织损伤，抑制感染产生的炎性反应，增强细胞免疫 反应。

2. 脂类与免疫

摄入足够的脂肪酸对免疫器官的发育和免疫系统的建立是必要的。实验表 明，动物缺乏脂肪酸时，出现淋巴组织萎缩，但过量的脂肪酸同样会引起免疫功 能的降低。过量的饱和脂肪酸导致过氧化损伤，降低淋巴细胞增殖和粒细胞的功

· 354 ·

能，可使网状内皮细胞和粒细胞的游走、杀菌能力受到损伤；血液极低密度脂蛋 白增高，可抑制包括淋巴细胞在内的许多细胞的蛋白质和核酸的合成，抑制机体 对抗原的免疫应答反应；胆固醇对维持淋巴细胞的功能是必需的，但过量会改变 细胞膜的脂质构成，使膜的流动性发生改变而影响淋巴细胞和粒细胞的功能。

近年的研究表明，脂肪酸，尤其是n-6系亚油酸和n-3系α-亚麻酸两种必需 脂肪酸及其适宜比例对免疫调节发挥着重要的作用。 n-6系亚油酸的二十碳烷酸 衍生物(花生四烯酸)是合成前列腺素PGE2 的前体，而n-3系α-亚麻酸的二十 碳烷酸衍生物(二十碳五烯酸)是合成PGE3 的前体，二者对免疫调节的作用强 度不同，维持机体免疫在一个适宜的范围，需要二者的比例适宜。此外，两种必 需脂肪酸的二十碳烷酸衍生物还参与白三烯的合成，不同必需脂肪酸衍生物合成 的白三烯对炎性反应的调节强度也不同，因此，两种系列必需脂肪酸的适宜数量 和比例也将影响到机体的炎性/抗炎性反应。

3. 维生素与免疫

1)维生素A

维生素A 能维持上皮细胞的完整性，保护黏膜的局部免疫能力。缺乏维生 素 A 时，消化道、呼吸道等黏膜的上皮细胞变性甚至角化脱落，影响黏膜的完 整性及分泌黏液的功能，使其免疫屏障作用减弱。细胞的变性还影响其分泌溶菌 酶、免疫球蛋白等功能，使局部免疫作用降低。

维生素A 可增加外周血液中T 细胞的数量，增强T 细胞、 B 细胞和中性粒 细胞的功能，促进NK 细胞(自然杀伤细胞)的杀伤活力，从而促进细胞免疫的 功能。

维生素A 通过维持细胞膜的健康，增强体液免疫力，促进依 T 细胞与非T 细胞抗原的抗体分泌。

2)β胡萝卜素

β-胡萝卜素能够参与光合成和猝灭游离基的保护作用。许多动物研究发现添 加β胡萝卜素的膳食能够增加循环中淋巴细胞数目，增强淋巴细胞的增殖、T 细 胞的毒性，增强抗感染的能力。

3)维生素E 与维生素C

免疫系统对氧化应激尤为敏感，许多免疫细胞产生活性成分作为防御机制的 一部分。高等生物进化产生的抗氧化系统，防止活性氧对细胞的损伤。抗氧化维 生素中，维生素E 作为细胞膜的抗氧化剂，阻断链式脂质过氧化反应。能促进 免疫器官的发育和免疫细胞的分化，提高机体免疫力。此外维生素 E 还通过减 少血液中氧化型低密度脂蛋白 (LDL), 加速网状内皮细胞对颗粒性抗原的吞噬 作用。

维生素C 的抗氧化作用可维持吞噬细胞膜的稳定性，保持细胞的健康和膜

· 355 ·

的流动性，促进吞噬细胞的趋化作用。血浆维生素C 浓度与免疫功能相关。感 染时，白细胞迅速利用胞内存在的高含量维生素C。 补充维生素 C 能提高免疫 力、提高吞噬细胞的活性及参与抗体的合成。此外维生素C 可减少氧化型LDL 的形成，减少吞噬细胞对氧化型LDL 的吞噬，保持吞噬细胞的活力。

4. 矿物质与免疫

1 ) 铁

铁是维持免疫器官的功能和结构完整所必需的营养素。轻度缺铁即可引起免 疫功能降低，主要是细胞免疫水平降低。缺铁引起胸腺和淋巴组织萎缩，胸腺中 淋巴细胞数量明显减少，且铁缺乏时吞噬细胞的杀菌活性也降低，从而导致细胞 免疫力低下。缺铁对体液免疫影响不大，缺铁时抗体反应和补体系统基 本正常。

值得注意的是，铁摄入过量也会导致感染的发生，这是因为某些细菌的生长 繁殖也需要铁，这些细菌能有效地竞争循环和组织中的铁，加速自身繁殖。

2)锌

锌和体内多种酶的活性有关，锌参与细胞信号传导、细胞活化、基因表达、 蛋白合成以及细胞凋亡过程。锌对维持包括中性粒细胞、单核细胞、 NK 细胞、 B 细胞和T 细胞的免疫细胞的作用有着极其重要的作用。缺锌影响免疫器官和 免疫细胞的功能、抗体的合成与分泌，既影响细胞免疫也影响体液免疫。

3 ) 硒

硒与维生素E 共同作用，对免疫系统产生影响，主要是影响抗体的合成。 硒缺乏抑制细胞免疫和体液免疫。

4)钙与镁

钙和镁参与补体系统的激活，对免疫的影响主要是通过对补体系统的作用， 引起免疫反应的改变，

11.2 营养与自由基氧化损伤

**11.2.1** **自由基概述**

自由基 (free-radical) 是在体内氧化代谢过程中产生的，含有不成对电子的 分子或原子团，包括超氧阴离子 O₂ 一、羟自由基( ·OH)、 单线态氧('O₂) 过氧化氢 (H₂O₂)、 脂质过氧化物 (RO 一、ROO— 与ROOH) 等。绝大多数自 由基生成后不稳定，容易与其他物质发生化学反应。当其与其他物质结合过程中 得到或失去一个电子时，就变成稳定结构。细胞内适宜数量的自由基对生命是无 害的，它们参与着信号传递等过程。高糖、高脂、低膳食纤维、营养不均衡以及 有毒有害物质的摄入，将导致自由基生成增加， 一旦自由基超出机体清除能力，

· 356 ·

就会造成机体氧化损伤，甚至导致疾病。

自由基对人体的损害主要使脂质过氧化而破坏细胞膜和内膜系统，质膜遭受 自由基的攻击，便会失去弹性，可能引起血管内膜结构变化导致心血系统疾病 等；对蛋白质(酶)巯基、甲硫基或色氨酸残基反应，引起蛋白质分子聚合和交 联，导致蛋白质功能或酶活性丧失；破坏核酸的结构，攻击嘌呤与嘧啶碱基，导 致碱基的改变、丢失，使基因表达异常、出现突变，从而引起整个生命发生系统 性功能紊乱，出现衰老。研究表明，多种疾病的发生如消化道黏膜损伤性疾病、 动脉粥样硬化、炎症、癌症等都与自由基氧化损伤有关。

**11.2.2** **自由基清除系统与天然食物抗氧化剂**

1. 自由基清除系统

自由基对生物膜和其他组织造成累积性的损伤作用会导致机体衰老或一系列 的病理过程。但在长期进化过程中，人体内本身具有平衡自由基或者清除多余自 由基的能力，生命有机体内会产生能清除自由基的一些物质，它们统称自由基清 除剂。人体内自由基清除系统，包括由酶类组成的第一道防线，如超氧化物歧化 酶、过氧化氢酶、谷胱甘肽过氧化物酶；第二道防线是由低分子清除剂组成，拮 抗氧化剂产生的细胞损伤，如辅酶Qo、 谷胱甘肽、维生素E、 胡萝卜素、半胱 氨酸、巯基化合物等；第三道防线是利用DNA 和蛋白质的修复、蛋白质巯基的 还原、黏膜 ATP 的恢复及细胞内Ca²+的减少来拮抗氧自由基。然而，随着年龄 增加，大多数人群的机体内产生自由基清除剂的能力逐渐下降，从而削弱了对自 由基损害的防御能力。通过膳食给予自由基清除剂，防御自由基的损害，可以达 到抵抗疾病、延缓衰老的目的。

2. 天然食物抗氧化剂

食物中的抗氧化物质包括：维生素C、 维生素E、 硫辛酸、β胡萝卜素、生 物黄酮类、植物酚酸、多酚类、姜黄色素、花青素等。酶的防御作用仅限于细胞 内，而被吸收进入体内的抗氧化剂有些作用于细胞内，有些则是在细胞外起到防 御作用。这些物质在体内数量和活力的保持，有利于清除多余自由基，保持自由 基平衡，

(1)维生素E 中的α-生育酚能够保护细胞膜上多不饱和脂肪酸不受自由基 氧化破坏，防治血管内壁上胆固醇的沉积。

(2)维生素C 具有与维生素E 相似的作用，只是水溶性的维生素C 与脂溶 性的维生素E 的作用场所不同，维生素C 可使水中自由基猝灭，在防止膜受攻 击上有重要意义。

(3)硫辛酸 (LA) 是一种已知最强的天然抗氧剂，能够再生内源性抗氧化

剂，如维生素E、 维生素C、 辅酶Qo、 谷胱甘肽 (glutathione,GSH) 以及 LA 本身，被称为“抗氧化剂的抗氧化剂”。研究表明， LA 可清除羟基自由基 ( ·HO)、 过氧化氢 (H₂O2)、 单线态氧('O2)、一氧化氮自由基 (NO ·)、 过氧 化亚硝基( ·OONO) 和次氯酸 (HClO), 但不能清除过氧化物自由基 (ROO ·) 和超氧自由基 (O₂-)。 还原态 LA 能清除单线态氧以外的其他自由基。因此， LA 和二氢硫辛酸 (DHLA) 在生物体内的相互转化和代谢再生过程中，能清除 上述所有自由基。例如， H₂O₂ 能刺激自由基的形成，从而引起神经细胞凋亡， 并导致老年痴呆症 (AD)。LA 能透过血脑屏障，降低H₂O₂ 的细胞毒性，抑制 并清除自由基，是治疗AD 的一种较理想的药物。 LA 含量最高的植物是菠菜， 其次是番茄和甘蓝，在动物体内肝脏和肾脏组织中LA 含量最高。

(4)β胡萝卜素与维生素C、 维生素E 搭配补充，在清除自由基、增强免疫 力等方面效果十分显著。

(5)硒是谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活性中心的组成，缺硒降低血 液、组织的GSH-Px 活性。补硒可以提高谷胱甘肽过氧化物酶活力，从而减少 自由基对人体的侵害，延缓人体衰老。硒和维生素 E 协力帮助抗体的制造及维 持心脏健康，两者配合起来所发挥的作用大于两者分别作用之和。

(6)其他食品抗氧化成分，如番茄红素属于类胡萝卜素，可以消除自由基， 尤其是氧自由基。番茄红素存在于在大多数水果和蔬菜中。另外，许多天然植物 提取物、功能因子如茶多酚、大豆异黄酮、绿原酸、葡萄籽提取物都具自由基清 除剂作用。

11.3 营养与肥胖

**11.3.1** **肥胖的定义与分类**

肥胖 (obesity) 是由于能量过剩而其他营养素相对缺乏，造成体内脂肪沉 积过多而危害健康的一种营养不良疾病。

肥胖症依据内分泌、代谢和神经异常与否可分为单纯性肥胖症和继发性肥胖 症两类。单纯性肥胖是指无明显内分泌及代谢性疾病，主要是由于摄入能量过 多，消耗能量少，使过多的能量转化为脂肪在体内储存引起的肥胖。继发性肥胖 是以某种疾病为原发病的症状性肥胖，此类肥胖仅占肥胖患者的5%以下。继发 性肥胖根据肥胖原因又可分为内分泌障碍性肥胖及先天异常性肥胖。

**11.3.2** **肥胖判定的方法与标准**

目前，判定肥胖的标准和测量方法一类是身体测量方法，主要包括标准体重 法、身体质量指数法；另一类是根据人体脂肪含量进行判断，测定人体脂肪含量 的方法，主要有水下称重法、总体水测定法、同位素稀释法和生物电阻抗法。针

· 358 ·

对中国人的特点和我国南北方的地理位置、气候环境、食物种类、身材高矮等因 素的差异，适合中国人的标准体重计算公式为

标准体重=(身高-150)×0.6+48

式中，体重的单位为kg; 身高的单位为cm。

肥胖程度的判断方法如下：超过标准体重10%范围内属于正常，超过标准 体重10%～20%为超重；超过标准体重20%～30%为轻度肥胖；超过标准体重 30%～50%为中度肥胖；超过标准体重50%以上为重度肥胖。肥胖程度的计算 公式：

肥胖程度=(实际体重一标准体重)/标准体重×100%

体质指数 (BMI) 用于评价成人肥胖是比较合适的， BMI= 体重 (kg)/ [身高 (m)]²。

世界卫生组织 (WHO) 对成人BMI 的划分：18.5～24.9为正常范围、< 18.50为低体重(营养不足)、≥25.0为超重、肥胖前状态25.0～29.9、一级肥 胖30.0～34.9、二级肥胖35.0～39.9、三级肥胖≥40.0。这一标准为世界各国 广泛采用。 WHO 肥胖专家顾问组针对亚太地区人群的体质及其与肥胖有关疾病 的特点，在2002年提出亚洲成年人BMI<18.5 为体重过低、18.5～22.9正常、 ≥23.0超重、23.0～24.9肥胖前期、25.0～29.9一级肥胖、≥30.0二级肥胖， 这一标准很少人采用。最近国际生命科学学会中国办事处中国肥胖问题工作组提 出对中国成人判断超重和肥胖程度的界限值， BMI<18.5 为体重过低、18.5~ 23.9为体重正常、24.0～27.9为超重、≥28为肥胖。为了便于进行国际间的相 互比较，各国多推荐使用WHO 对成人BMI 的分级标准。

**11.3.3** **肥胖的原因**

引起肥胖的因素很多，先天遗传因素和后天环境因素如膳食行为、体力活动 和锻炼、心理因素、社会因素等对肥胖的发生都有重要作用。

1. 遗传因素与肥胖

肥胖常与遗传有关。据统计，双亲体重正常其子女肥胖发生率为10%;双 亲中一人肥胖，子女肥胖发病率为50%;双亲均肥胖，子女肥胖发病率高达 70%。同卵孪生儿在同一环境成长，其体重近似；即使在不同环境成长，其体重 差别也小于异卵孪生子间的差别。肥胖患者不但肥胖具有遗传性，而且脂肪分布 的部位及骨骼状态也有遗传性。肥胖的遗传倾向还表现在脂肪细胞数目和(或) 细胞体积增大，遗传不仅影响着机体脂肪量及其分布，机体能量摄入、基础代谢 率、体力活动习惯及营养素利用等均与遗传有关。另外，在分子水平上的研究也 表明，有多种单基因突变均可引起小鼠肥胖表型，并且已发现了这些基因与人类 的基因具有极高的同源性。

· 359 ·

2. 饮食与肥胖

营养不良可能导致肥胖，这包括了营养过剩以及营养不足。肥胖者往往有饮 食增多史，食量大，喜食甜食或每餐中间加食引起能量过剩。在同等热量情况 下，有睡前进食及晚餐多食的习惯。饮食过量使热量摄入超标，体内剩余的能量 转化成体脂，储存在脂肪细胞内，促使脂肪细胞肥大，久之脂肪大量堆积导致肥 胖。不合理的膳食制度如：膳食过于精细、三餐分配不合理、吃饭速度快、吃零 食太多等也与肥胖相关。肥胖是能量过剩，不等同于营养过剩。近年来，营养学 专家提出一个新观点，认为某些肥胖并不是单纯的营养积累，在很大程度上是因 为饮食中缺乏使脂肪变成能量的营养素，如维生素B₂ 、维生素Bg以及烟酸等。

3. 机体生理状态与肥胖

肥胖不仅与遗传、摄食有关，还和调节机体状态的多种生理因素如神经系统 的调节、内分泌因素等有关。摄食中枢位于下丘脑腹外侧核，饱食中枢位于下丘 脑腹内侧核，它们之间有神经纤维联系，在功能上相互调节、相互制约。同时， 这两个中枢受机体内糖、脂肪及氨基酸的影响。单纯性肥胖多被认为与下丘脑有 功能性改变有关。大脑皮层高级神经活动，通过神经递质影响下丘脑食欲中枢， 在调节饥饿感和饱食方面发挥一定作用。神经调节导致内分泌激素水平的改变也 和肥胖直接或间接相关。当迷走神经兴奋而胰岛素分泌增多时，食欲亢进。刺激 腹中核则抑制胰岛素分泌而加强胰高血糖素分泌，故食欲减退。表明高级神经活 动是通过植物神经影响下丘脑食欲中枢及胰岛素分泌，进而产生多食肥胖或厌食 消瘦。单纯性肥胖者可能会有一定程度的肾上腺皮质功能亢进，而在继发性肥胖 中，柯兴综合征血浆皮质醇明显增高。此外，由于血浆皮质醇增高，血糖升高， 引起胰岛素升高，后者导致脂肪合成过多，可能形成肥胖。

4. 社会、心理行为因素与肥胖

社会的发展、工业的进步、不恰当的食物政策与广告宣传，以及社会偏见等 是社会促肥胖因素。文化素质的提高、科学知识的普及、合理的食物政策及全民 健身运动的开展，则是社会抑制肥胖因素。心理因素与机体胖瘦的关系极其微 妙，不良的生活事件、恶劣的工作环境、精神压抑、感情冲动，可导致一部分人 变瘦，也会促使某些人肥胖。这与食欲中枢的功能可能受制于心理及精神状态有 关。如当精神过度紧张而肾上腺素能神经受刺激伴交感神经兴奋时，食欲受 抑制。

**11.3.4** **肥胖的危害**

肥胖不仅本身是一种疾病，现有的研究已表明，肥胖还和其他多种疾病的发

· 360 ·

生密切相关。

1. 肥胖与糖尿病

肥胖是非胰岛素依赖型糖尿病(Ⅱ型糖尿病)及青少年发病的成年型糖尿病 的重要诱发因素，而且糖尿病发生率随肥胖程度而增加。肥胖导致糖尿病的主要 原因与胰岛素的抗性有关。脂肪组织和肝脏有抵制正常量的胰岛素作用，如血液 中含有较高浓度的脂肪酸和葡萄糖，胰腺通常通过生产更多胰岛素的方式来对高 浓度葡萄糖做出反应。摄食后需要经过很长时间血糖含量才能回到正常水平。对 于肥胖患者，由于体内脂肪组织过剩，导致胰岛素分泌细胞长期负担过重，逐渐 不能产生足够的胰岛素，引起非胰岛素型糖尿病(Ⅱ型糖尿病)

2. 肥胖与心脑血管疾病

肥胖引起脂质代谢异常，是引起心脑血管疾病的重要原因之一。研究表明， 肥胖患者存在着明显的血脂代谢紊乱，主要表现为高甘油三酯血症及相关脂蛋 白、载脂蛋白的异常。脂质代谢异常，会引起血管狭窄，导致血液黏滞，在凝血 因子的作用下，很容易形成血凝块。血凝块的形成阻碍了血液向心脏和大脑输送 营养物质，导致心脏、大脑部分组织失去功能，引起中风或心脑血管疾病等。

3. 肥胖与睡眠呼吸异常

肥胖者的代谢总量增加，促使氧消耗量和二氧化碳排泄量增加，导致其通气 量比正常体重的必需量相对增加。而肥胖患者胸壁、腹壁及咽部等部位脂肪沉 积，使得胸腔和隔膜的负担加重，影响呼吸活动，减少肺活量并改变了肺部的通 气方式，导致呼吸系统整体的应变能力下降。当肥胖者平躺时，这些变化明显加 强。患者常伴有血液低氧高二氧化碳、肺部血压升高、心脏右侧异常等症状。胸 壁、纵膈等脂肪增多，使胸腔的顺应性下降，引起呼吸运动障碍，表现为头晕、 气短、少动嗜睡，稍一活动即感疲乏无力，称为呼吸窘迫综合征。

4. 肥胖与其他疾病

肥胖还与其他多种疾病有关。肥胖是高血压的重要危险因素之一；肥胖患者 易出现便秘、腹涨、胆石症等。此外，由于社会环境压力，肥胖者的心理状况可 能发生改变，从而导致厌世、自杀等行为。

**11.3.5** **肥胖症的防治**

肥胖症的预防比治疗更重要，且容易奏效，调整饮食结构、坚持体力活动和 纠正不良饮食行为是预防肥胖的关键。目前主要有3种治疗方法：饮食疗法、运 动疗法及不良饮食行为的纠正

· 361 ·

1. 饮食疗法

饮食疗法就是控制患者过剩的能量摄入，使机体能量收支趋于平衡。 1)平衡膳食并适当控制总能量的摄入量

减少能量的摄入，使能量代谢呈现负平衡。可促进脂肪的动员，有利于降低 体脂量。但能量摄人的降低应适当，不能因追求减肥的速度而过分限制能量的摄 入，并且保持供能营养素的适宜比例。 一般的轻度肥胖者，每天能量的摄入低于 消耗的125～250kcal, 每月可减轻0.5～1.0kg体重。但每天的能量摄入至少要 在1000kcal, 否则将影响正常的活动甚至会危害健康。

2)适量脂肪摄入

肥胖者往往血脂高，因此应适当限制脂肪的摄入量，特别是饱和脂肪酸的摄 入量。脂肪对机体有重要作用，与一些脂溶性的维生素吸收有关，也可增进饱腹 感，所以摄入量不宜过低。脂肪摄入量一般应占总能量的20%～30%,并应注 意提高不饱和脂肪酸的比例。饮食中高水平的饱和脂肪酸破坏机体的抗氧化能 力，阻碍低密度脂蛋白 (LDL) 受体清除血液中LDL 的能力，降低脂蛋白脂酶 (LPL) 活性，导致血浆中低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C) 的增加。单不饱和脂 肪酸有利于减少血浆中的胆固醇含量。

3)保证蛋白质的供应

为维持蛋白质平衡，应保证膳食中有足够的蛋白质。由于总能量下降，可适 当提高蛋白质的比例。但过高会加重肝、肾的负担，造成肝、肾损伤。

4)保证足够的维生素和矿物质

维生素和矿物质对调节机体生理生化反应非常重要，应保证膳食中有足够的 维生素和矿物质。有些维生素可以促进脂肪的氧化分解，降低血清甘油三酯和胆 固醇，有利于机体质量的降低和预防心血管疾病。

5)适量碳水化合物的摄入

摄入过多的碳水化合物会转化为脂肪。碳水化合物消化极快，易造成饥饿， 食欲增加，因此，膳食中的碳水化合物比例过高对减肥不利。但过低可能会诱发 机体出现因脂肪氧化过多引起酮症。 一般碳水化合物所提供的能量不低于总能量 的50%为宜。

6)限制食盐的摄入量

食盐能引起口渴和刺激食欲，并可造成水潴留而增加体重，对减肥不利，还 会使血压升高，容易导致心脑血管疾病。因此应限制食盐的摄入，每天3～6g 为宜。

2. 运动疗法

运动可以调节神经内分泌系统、恢复交感神经正常兴奋性、调节新陈代谢作

· 362 ·

用、恢复脂肪和碳水化合物正常代谢、增加脂肪消耗、降低血浆胰岛素水平、改 善胰岛素抵抗，并且还可激活 LPL, 促进脂肪分解。运动还能改善循环系统和 呼吸系统等的功能，间接地预防和治疗肥胖症及并发症。运动减肥是一个长期的 过程，需要坚持不懈才能达到减肥的目的。

3. 药物治疗

药物疗法一般是作为饮食疗法和运动疗法的辅助疗法。目前药物减肥药物治 疗主要通过减少进食，降低肠道营养素特别是脂肪的消化吸收，或促进产热，通 过解偶联途径将脂肪转化为能量散失；另外，抑制脂肪合成、促进脂解作用，调 节脂肪和蛋白质代谢与储藏，或通过调节中枢神经系统调节能量平衡和降低补偿 作用，对体重进行调控。目前市场上尚无十分有效的减肥药，使用减肥药应该 慎重。

11.4 营养与肿瘤

**11.4.1** **肿瘤的概念**

肿瘤 (tumor) 指机体中成熟或正在发育中的细胞，呈现过度增生或异常分 化而形成的新生物。肿瘤分为良性肿瘤和恶性肿瘤。癌症 (cancer) 是人体某部 位的上皮细胞不受机体控制的无限增殖的恶性肿瘤。机体某器官上皮细胞在各种 致癌因素的作用下，使细胞恶性化，逐渐发展成为大量的癌细胞，即发生癌变 使某器官患癌症。

目前，癌症已成为严重危害人类健康和生命的常见病、多发病。每年全世界 死于癌症的患者约有620万，其中我国约有130万被癌症夺去了生命。在癌症疾 病中，病死率居前10位的癌症依次为：①胃癌；②肝癌；③肺癌；④食管癌； ⑤ 结肠、直肠肛门癌；⑥白血病；⑦宫颈癌；⑧鼻咽癌；⑨女性乳腺癌；⑩膀胱 癌。胃癌死亡率在世界许多地区有明显下降，肺癌则大幅度上升，有些地区宫颈 癌死亡率减少，我国乳腺癌则出现上升趋势。

**11.4.2** **引起癌症发生的饮食因素**

引起癌症发生的因素有很多，主要包括遗传、环境两大类因素，而环境因素 中饮食、职业又是主要因素。临床调查发现，某些肿瘤具有家族性或遗传现象； 环境致癌因素主要是环境被致癌物所污染，人们在生活中接触到的致癌物，其途 径可为空气、土壤、水等，环境污染所引起的癌症死亡率占总癌症死亡率的 20%左右；职业因素是指在劳动生产环境中存在的可引起劳动者发生癌症的因 素，如石棉工人的肺癌和间皮瘤，氯乙烯聚合工人中的肝血管肉瘤及橡胶工业中 暴露于烷化剂的工人的髓性白血病等；此外，病毒与肿瘤发生有关，与人类肿瘤

· 363 ·

密切相关的病毒，有乙型肝炎病毒、乳头状瘤病毒、 EB 病毒及T 系淋巴系病 毒、免疫缺陷病毒等。饮食因素是引发癌症最主要的因素之一，主要包括各种食 物污染物及不均衡的营养和膳食两大类。

1. 食物污染物

致癌的食物污染物包括霉菌毒素、 N- 亚硝基化合物、多环芳烃及杂环胺类 化合物等。

黄曲霉菌和寄曲菌所产生的黄曲霉毒系具较强的致癌性，可导致肝癌突发， 诱发胰腺癌、胃癌、肾癌以及直肠、乳腺、卵巢等部位的肿瘤。经气管吸入可诱 发气管鳞状上皮癌。黄曲霉素主要污染粮油及其制品，如花生、花生油、玉米、 大米、棉籽等。黄曲霉毒素还可污染干果类，如胡桃、杏仁、榛子和动物性食 品，如奶及奶制品、肝、干咸鱼等。此外，赫曲霉毒素、致癌性青霉毒素、致癌 性镰刀菌毒素等也有致癌性。白地霉素可较强的诱发食道癌、胃癌、肝纤维肉癌 的癌前病变。

N-亚硝基化合物是亚硝酸盐与仲胺在细菌或生物细胞内合成的一类强致癌 物。在已知130余种该类化合物中，80%有强致癌性。主要表现为对肝脏造成严 重损害，出现肝组织坏死、胆管增生及纤维化等癌变。慢性中毒则表现为强致癌 作用。某些N-亚硝基化合物还有强烈的致畸作用。在自然界中，食物本身N-亚 硝基化合物的含量极微，但广泛存在其前体硝酸盐、亚硝酸盐及胺类化合物。在 一定条件下，这些前体物可转化成为强致癌性的N-亚硝基化合物。蔬菜如甜菜、 菠菜、芹菜、大白菜、圆白菜、萝卜、菜花、生菜等收获后经细菌及酶的作用， 硝酸盐还原为亚硝酸盐。此外，加硝酸盐或亚硝酸保存的食品(如咸肉片、腌干 鱼、干酪等)以及发酵食品酱油、醋、油、腌渍的酸菜中均能发现此类物质。

多环芳烃类，如3,4-苯并芘是含碳有机化合物在燃烧过程中产生的一种强 致癌剧毒物质。可通过皮肤、呼吸道、胃肠道进入人体，沉积于肺泡或随血液循 环运至全身各组织器官，累积到一定数量后致使细胞基因突变，在肺、食道、胃 等部位发生癌变。它广泛存在于烘烤、烟熏后的食物组织(鱼、肉类)中。

过量饮酒与多种疾病有关，其中包括癌症的发生。酗酒可能导致肝癌、食管 癌、贲门癌、胃癌、口腔部癌及上喉部癌症危险性增加。其中肝癌的增加可能与 肝细胞癌参与酒精代谢有关。此外，吸烟者发生肿瘤的危险性为非吸烟者的10 倍。尤其是饮酒与吸烟的双重效应不只是简单的叠加，可能还起协调的作用。

2. 不均衡的营养和膳食

健康的膳食结构及适量营养素的摄入是保证健康的前提，过量则可能产生负 面效应。但过量的动物蛋白及膳食总蛋白摄取可能与乳腺癌、结肠癌、胰腺癌及 子宫内膜癌和前列腺癌有关，并且发病率与摄入量呈正相关。此外，高脂肪膳食

· 364 ·

导致大肠癌危险性最高，而有关精制糖量与乳腺癌发生率有关的观点也已见报 道。美国营养学家的调查研究表明：由日本、波兰、挪威三个国家移居到美国的 居民，由于很快就改变了原有的低脂饮食习惯，和美国人一样用高脂肪饮食，结 果这些人群的结肠癌发病率很快上升，接近至美国本土居民的水平。

**11.4.3** **肿瘤的饮食预防**

世界各民族的肿瘤发病高低与饮食习惯不同密切相关，但合理的饮食营养却 可以预防癌症的发生。应当针对饮食致癌因素，调整膳食结构，注重合理营养， 讲究平衡膳食，改善不良饮食习惯。饮食防癌应注意以下内容。

1. 健康的膳食结构

食物要多样，使各种营养素齐全、营养素之间比例恰当，符合平衡膳食要 求。适量蛋白质摄入，包括一定数量的优质蛋白质(鱼肉、蛋、奶)和豆类食 品。大豆中含强抗氧化剂绿原酸，可减缓或切断人体蛋白损伤的氧化反应，还含 有抑制癌基因产物的异黄酮和防止正常细胞恶变的蛋白酶抑制剂，能防止致癌物 质与正常细胞脱氧核糖核酸的结合，从而起到预防癌症的作用，尤其对延缓乳腺 癌的发病有明显功效。

2. 控制总能量摄入

维持正常体重，脂肪摄入应当适量，控制其占总能量的20%～25%,饱和 与不饱和脂肪酸的比例应合适。世界上不同地区、不同国家、不同时期、同一国 家不同膳食脂肪量以及移民的流行病学调查都认为高脂肪膳食的地区、国家及人 群中结肠癌和乳腺癌的发病率及死亡率高。脂肪的摄取量，尤其是动物脂肪的摄 取量与此两种癌的发病率及死亡率为正相关。

3.保证足量的蔬菜和水果

新鲜的蔬菜和水果在为人体提供必需的维生素、矿物元素的同时，还含有一 些保护性的营养素和具有抗癌、抗肿瘤作用的功能性成分。如含胡萝卜素和维生 素C 的深黄绿色蔬菜。花菜、卷心菜等十字花科蔬菜含有异硫氰酸盐，具有抑 制致癌物质活力的作用；萝卜、胡萝卜能分解致癌物质亚硝酸，防癌、抗癌作用 明显，还能提高机体免疫力；大蒜、洋葱富含巯基化合物，能限制和消除亚硝酸 盐、内源性亚硝酸等物质以及削弱固醇、甘油酸酯等对人体的有害作用，对癌细 胞有一定抑制作用；竹笋含有大量胡萝卜素、维生素B、维生素C、 维生素E 和 元素硒，具有一定的防癌抗癌功能；真菌金针菇、香菇、木耳能提高机体免疫 力，能提高机体抑制肿瘤的能力等。

4. 改进烹调方法

提倡快炒或生食新鲜蔬菜，以减少维生素 C 的流失。每日蔬菜要保持一定 量， 一般成人每天食用500g左右。

5. 食物要新鲜

不食或少食腌制食品，不食霉菌污染(花生、玉米易受霉菌污染)或烧焦食 物。食物保藏以冰箱为宜，时间不宜过长。

6. 提倡摄入全谷类食物

保证有足量的微量元素、膳食纤维。谷物、玉米、糙米、米糠含有抑制癌细 胞增殖成分，能使人体内的致癌物质失去作用，可预防肺癌、胃癌、食道癌、膀 胱癌。 一些研究认为膳食纤维与肿瘤呈负相关，低纤维素高脂肪膳食的人患结肠 直肠癌的相对危险性高于吃低脂肪高纤维素的人。

7. 避免高盐饮食

每日食盐摄入量不超过10g。食盐过多可能会增加胃癌的危险性。此外，三 餐要按时，进食时不宜过快、过烫。不饮烈酒，不吸烟。注意饮水水质。保持精 神开朗、情绪乐观，经常进行体育锻炼。

11.5 营养与高血压

**11.5.1** **高血压概述**

高血压 (hypertension) 是指体循环长期持续的不正常的血压升高。 WHO

建议，高血压的诊断标准如下：①正常成人血压收缩压为18.6kPa(140mmHg)

或以下，舒张压在12kPa(90mmHg) 或以下；②成年人高血压收缩压为 21.3kPa(160mmHg) 或以上和(或)舒张压在12.6kPa(95mmHg) 或以上； ③ 临界高血压指收缩压高于18 . 6kPa (140mmHg) 而低于21 . 3kPa (160mmHg), 舒张压高于12kPa(90mmHg) 而低于12.6kPa(95mmHg)。

高血压可分为原发性高血压 (essential hypertension 或 primary hyperten- sion) 和继发性高血压 (secondary hypertension)。 后者由某些疾病如慢性肾小 球肾炎、肾动脉狭窄、肾上腺和垂体的肿瘤等引起，又称为症状性高血压。 一般 认为原发性高血压的病因是由于遗传与环境因素的共同作用，环境因素以饮食营 养因素最重要，它可对高血压的发病起决定性影响。

高血压对脏器的损害和引起的病变是一个漫长的过程，是高血压中、晚期的 一系列合并症。高血压常累及腹腔器官、视网膜及肾上腺包膜的细动脉等。由于

· 366 ·

细动脉反复痉挛，血管内压持续升高，形成细动脉硬化 (arteriolosclerosis)。 随 着疾病的发展，还会累及冠状动脉、脑动脉及肾动脉，管腔可有某种程度狭窄。 相应导致的病症可能有：冠心病及缺血性心脏病，肾功能或尿毒症，脑出血、高 血压脑病和腔隙性梗死等脑血管病以及对视网膜损害造成的出血、渗出、水肿， 从而导致视觉障碍，如视物不清、视物变形或变小等。

**11.5.2** **高血压病的病因**

高血压病的发病机制目前还不完全清楚， 一般认为，其发病的主要环节在于 小动脉痉挛使外周阻力增加、血压升高，而小动脉痉挛的发生是大脑皮层兴奋和 抑制过程平衡失调的结果。在疾病的早期，血压升高往往不稳定，容易受情绪活 动和睡眠多少等因素的影响，但随着疾病的发展，血压升高逐渐趋向稳定。

1. 遗传因素

原发性高血压患者约75%具有遗传素质 (genetic predisposition), 同一家族 中高血压患者常集中出现。双亲血压均正常者，子女患高血压的概率是3%,父 母一方患高压病者，子女患高血压的概率是28%,而双亲均为高血压者，其子 女患高血压的概率是45%,据信原发性高血压是多基因遗传病。高血压患者及 有高血压家族史而血压正常者有跨膜电解质转运紊乱，其血清中有一种激素样物 质，可抑制 Na+/K¹-ATP 酶活性，以致钠钾泵功能降低，导致细胞内Na+、 Ca²+浓度增加，动脉壁SMC 收缩加强，肾上腺素能受体 (adrenergic receptor) 密度增加，血管反应性加强。这些都有助于动脉血压升高。近来研究发现，血管 紧张素 (AGT) 基因可能有15种缺陷，正常血压的人偶见缺陷，而高血压患者 在 AGT 基因上的3个特定部位均有相同的变异。患高血压的兄弟或姐妹可获得 父母的AGT 基因的同一拷贝。有这种遗传缺陷的高血压患者，其血浆血管紧张 素原水平高于对照组。

2. 膳食因素

膳食因素，尤其膳食当中钠盐的过量摄入是引发高血压的重要原因。日均摄 盐量高的人群，其血压升高百分率或平均血压高于摄盐量低者。 WHO 在预防高 血压措施中建议每人每日摄盐量应控制在5g 以下。 一项由32个国家参加、53 个研究中心关于电解质与血压关系的研究结果表明，中国人群尿钠平均值为 206mmol/24h, 比其他中心高43mmol/24h, 尿钠/钾比达6.7,是其他中心的两 倍多，尿钠最高的是天津(242mmol/24h)。 这与中国膳食的高钠、低钾有关。 钾能促进排钠，吃大量蔬菜可增加钾摄入量，有可能保护动脉不受钠的不良作用 影响。钙可减轻钠的升压作用，我国膳食普遍低钙，可能加重钠/钾对血压的作 用。增加膳食钙摄量的干预研究表明，钙的增加使有些患者血压降低。

3. 肾因素

肾髓质间质细胞分泌抗高血压脂质如前列腺素、抗高血压中性肾髓质脂等分 泌失调，排钠功能障碍均可能与高血压发病有关。

4. 神经内分泌因素

一般认为，细动脉的交感神经纤维兴奋性增强是本病发病的重要神经因素. 但是，交感神经节后纤维有两类：①缩血管纤维，递质为神经肽 Y(neuropep- tide Y,NPY) 及去甲肾上腺素；②扩血管纤维，递质为降钙素基因相关肽 (calcitonin gene related peptide,CGRP) 及 P 物质。这两种纤维功能失衡，即 前者功能强于后者时，才引起血压升高。

5. 社会心理应激

社会心理应激与高血压发病有密切关系。应激性生活事件包括：父母早亡、 失恋、丧偶、家庭成员车祸死亡、病残、家庭破裂、经济政治冲击等。遭受生活 事件刺激者高血压患病率比对照组高。社会心理应激可改变体内激素平衡，从而 影响所有代谢过程。

**11.5.3** **高血压的饮食预防**

改变膳食结构，合理调配，是防治高血压的重要措施。利用许多食物的属 性，辅助治疗高血压是食物疗法的重要内容。所有高血压患者，都应当重视食物 疗法，以帮助恢复健康。

1. 限制能量摄入

高血压患者常合并有肥胖或超重。而肥胖和高血压两者均可使心脏工作负荷 增加。因此，控制总能量摄入可使体重达到并维持在一个正常范围之内，对高血 压病的防治十分重要。而每餐的能量也需要限制，饱餐之后可使高血压病患者的 血管舒张调节功能降低，从而引起血压的显著波动。临床观察表明，多数患者的 血压常随体重的减轻而下降，而血压变化不大的患者，其临床症状如疲乏和呼吸 困难，也可得到显著的改善。

2. 适量蛋白质

以往对高血压病患者强调低蛋白饮食，但目前认为，除合并有慢性肾功能不 全者外， 一般不必严格限制蛋白质的摄入量。关于蛋白质的来源方面，鱼类蛋白 可使高血压及脑中风的发生率降低，而大豆蛋白虽无降压作用，但也能防止中风 的发生，这可能与氨基酸组成有关。应选优质蛋白，其中植物蛋白质可占50%,

· 368 ·

动物蛋白宜选用鱼、鸡、牛肉、鸡蛋、牛奶、瘦猪肉等。

3. 限制脂类

减少脂肪，适当控制食物胆固醇(<300mg/d) 和饱和脂肪的摄人，同时患 高脂血症及冠心病者，更应限制动物脂肪摄入，如长期食用高胆固醇食物，动物 内脏、脑髓、蛋黄、肥肉、贝类、动物脂肪等，可引起高脂蛋白血症，促使脂质 沉积，加重高血压。建议膳食脂肪供能量为20%。由于高血压是动脉粥样硬化 的主要易患因素之一，故限制此类饮食也有助于预防缺血性心脏病。

4. 多进食粗粮

进食富含碳水化合物和膳食纤维的粗粮，如糙米、标准粉、玉米、小米等可 促进肠蠕动，加速胆固醇排出，对防治高血压病有利

5. 限制钠盐的摄入

首先，流行病学方面资料表明，高血压病的发病率与居民膳食中钠盐摄入量 呈显著正相关。例如，阿拉斯加的爱斯基摩人食盐的摄入量极低，几乎未见高血 压。相反，日本北部农村的居民平均每天摄入25g 以上的食盐，高血压的发生率 几近40%。弗来明汉地区的调查显示，居民每天食盐量为8～13g, 高血压的发 病率从20%增至24%～37%。其次，临床观察表明，不少轻度高血压病人，只 需中度限制钠盐摄入，即可使其血压降至正常范围，部分对盐敏感的个体，对低 盐饮食反应尤佳。即使是重度或顽固性高血压病患者，低盐饮食也常可增加药物 疗效，减少用药剂量。动物实验表明，钠盐摄入过多可使小鸡和大鼠形成高血 压，血压增高的程度与盐量成正比。钠盐摄入过多引起高血压可能与细胞外液扩 张，心排血量增加，组织过分灌注，以至造成周围血管阻力增加和血压增高。建 议钠盐摄入量小于6g/d。

6. 宜多食含钾、钙、镁的食物

钾在体内能缓解钠的有害作用，促进钠的排出，可以降压。流行病学表明， 食物中钾摄入量与血压呈负相关，高钾可对抗高钠引起的高血压效应。钾的摄 入，增加尿钠排泄与降低容量负荷。膳食钙摄入低的人群其高血压患病率明显增 加，而每天摄入钙在1000mg 以上的人，患高血压的危险性降低。

饮食钙摄入对高钠摄入的升压效应也具有拮抗作用。高钙的降压机理可能是 提高NO 介导的血管平滑肌的舒张作用。钙的降压机制可能还在于稳定细胞膜结 构，控制膜离子通透性，使Ca\* 不致大量进入细胞内；钙与钙调蛋白结合，激活 细胞膜钙泵，增加钙的外流，使细胞内钙浓度降低。防止血管平滑肌细胞内 Ca²+的积聚就可防止血管的收缩，从而防止血压的升高。同时增加钙和钾的摄

· 369 ·

入，降低血压更为有效。

研究还发现，镁离子可能通过影响必需脂肪酸和 PG 代谢防治高血压。 Mg²+是亚麻酸 (LA) 转化生成γ-次亚麻酸 (GLA) 限速酶—— δ-6去饱和酶的 辅助因子，而二高γ-亚麻酸 (dihomogamma-linolenic acid,DGLA) 是一种具有 扩张血管和抗凝作用的细胞因子——前列腺素E1(PGE1) 的前体，如果缺镁就 不能合成足够的 PGE1。 另外，镁是天然的钙拮抗剂，可抑制钙通过钙通道内 流，当镁缺乏时，这种抑制作用减弱，使钙内流增多。

7. 摄入富硒膳食

补硒可提高自发性高血压大鼠血浆GSH-Px 活性，加速过氧化氢分解，从 而发挥保护细胞膜结构和功能的作用；同时提高细胞膜 Na+-K+-ATP 酶和 Ca²+-Mg²+-ATP 酶活性，排出细胞内过剩的Ca²+和Na+, 诱发血管平滑肌钠泵 活性增高，促进内皮细胞生成NO, 而产生舒血管效应。

8. 注意维生素的补充

研究发现体内维生素C 的含量与血压呈负相关。维生素C 可能通过提高组 织内谷胱甘肽和半胱氨酸含量水平、胰岛素敏感性以及增强抗氧化能力，减少体 内醛类化合物，降低血压。而维生素E 可能通过阻止脂质过氧化作用，降低组 织内醛类化合物的含量，降低细胞质游离钙离子浓度，使氧化应激而升高的血压 降低。此外，维生素Ba在蛋氨酸转化生成半胱氨酸的反应中，作为酶的辅助因 子发挥重要作用，补充维生素Ba能刺激这些酶的活性，增加内源性半胱氨酸的 生成，有利于降低血压。维生素B₆ 降压作用可能还与它能够促进葡萄糖代谢从 而减少醛类化合物的生成有关。

9. 饮茶戒烟酒

卷烟中尼古丁刺激心脏，使心跳加快、血管收缩、血压升高；导致钙盐、胆 固醇等在血管壁上沉积，加速动脉硬化的形成。少量饮酒可扩张血管，活血通 脉，增食欲，消疲劳。长期饮酒危害大，可诱发酒精性肝硬化，并加速动脉硬 化。茶叶含有多种对防治高血压病有效成分，其中以绿茶最好。防治高血压应喝 茶、戒烟、戒酒，

10. 注意营养素与药物相互作用

在高血压的治疗过程中，还必须注意某些营养素与药物之间的相互作用。如 使用单胺氧化酶抑制剂(优降宁)治疗时，不宜进食含酪胺高的食物(如干酪、 酸奶油、扁豆、蘑菇、腌肉或腌鱼、啤酒、红葡萄酒、鳄梨、香蕉、葡萄干等)。 因酪胺能促使节后交感神经末梢释放去甲肾上腺素，引起血压急剧上升而发生高

· 370 ·

血压危象的严重后果。又如，进行一般降压治疗的患者，不宜用天然甘草或含有 甘草的药物(如治疗胃炎的甘链片)。因其中所含的甘草酸可引起低钾血症的钠 潴留。还有使用利尿剂容易引起电解质紊乱，故宜适当调整膳食中钠、钾的 含量。

越来越多的证据表明高血压是遗传和环境因素共同作用导致的，饮食和生活 方式能影响遗传基因的表现。各种营养因子包括必需脂肪酸及其代谢产物，类二 十烷酸、 NO、ACE 活性、自由基以及抗氧化剂均影响人类原发性高血压和胰岛 素抵抗的发生，所以，长链多不饱和脂肪酸、精氨酸、各种微量元素、维生素合 理搭配饮食有助于防治原发性高血压、胰岛素抵抗和其他代谢疾病。

11.6 营养与心血管疾病

心血管疾病 (cardiovascular disease,CVD) 主要指冠心病 (coronary heart disease,CHD)、 心肌梗死、心力衰竭、高脂血症、原发性高血压等临床疾病。

**11.6.1** **膳食因素和心血管疾病的关系**

1. 膳食脂类

膳食脂类与心脑血管疾病的发生发展有着密切关系。摄入脂肪的量和质，尤 其是其脂肪酸的构成都会影响到心血管疾病的发生。据报道，每日膳食中脂肪供 给的能量如超过一 日总能量的30%,冠心病的患病率和死亡率则明显增高。饱 和脂肪酸及胆固醇的摄入量与冠心病的发病率和死亡率则呈正相关。反式脂肪酸 对心血管疾病的影响是近年来研究的热点之一。研究表明，反式脂肪酸不仅和饱 和脂肪酸一样能增加低密度脂蛋白 (LDL), 同时还引起高密度脂蛋白 (HDL) 降低，经常摄入反式脂肪酸将增加患冠心病的危险。多不饱和脂肪酸则具有降血 脂和防止动脉粥样硬化的作用。 w-6多不饱和脂肪酸如亚油酸不仅能够降低血清 胆固醇，而且可以降低低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C), 其作用机理一方面是亚 油酸很可能增进LDL 受体的活性，从而增加了血循环中LDL 的清除量；另一方 面，也与亚油酸在一定程度上限制了含apoB 脂蛋白的分泌有关。 w-3脂肪酸对 血浆脂蛋白的主要作用是降低甘油三酯水平，其作用机理为w-3脂肪酸阻碍甘油 三酯掺入到肝的VLDL 颗粒中，因而导致分泌到血循环中的甘油三酯减少。单 不饱和脂肪酸对降低心血管疾病也有着重要意义。 一般认为单不饱和脂肪酸取代 饱和脂肪酸可增加LDL 受体的活性，从而使循环中LDL 的清除加快，同时减少 了VLDL 残粒向LDL 的转化，使血清LDL-C 降低，

2. 其他营养素与心血管疾病

除了脂类与心血管疾病有着直接而密切的关系，膳食中的其他营养因素也与

· 371 ·

心血管疾病有关。例如，流行病学和临床及实验研究在不同地域、不同人群中都 已证实，同型半胱氨酸 (Hcy) 含量是动脉粥样硬化、急性心肌梗死、脑卒中， 冠状动脉病变以及与外周血管病变等发病的独立危险因子。 Hcy 是蛋氨酸和半 胱氨酸代谢过程中的中间产物，当体内Hcy 代谢紊乱，浓度升高时会形成 Hcy 巯基内酯，与低密度脂蛋白形成复合体，被巨噬细胞吞噬会形成堆积动脉粥样硬 化斑块上的泡沫细胞。 Hcy 还可自发氧化，导致内皮细胞的损伤和低密度脂蛋 白的氧化，并可造成血管平滑肌持续性的收缩，加速动脉粥样硬化的过程。另 外 ，Hcy 在组织中蓄积，可导致胱硫醚β合成酶缺乏，会引起可遗传的基因失 调。而影响蛋氨酸和半胱氨酸代谢的膳食因素不仅涉及膳食蛋白质，最为直接的 还有维生素B、 维生素Bn₂和叶酸(具体过程见第4章“微量营养素”)。

**11.6.2** **心血管疾病与其他疾病**

血压升高是最重要的心血管病危险因素，研究表明脉压与冠心病和脑卒中发 病之间存在显著关联，且独立于血压之外的其他危险因素。盐摄入量与CVD 之 间也有一定的联系，尤其是高血压患者，有研究表明高盐摄入量与高血压患者的 左心室肥大 (LVH) 有关，而LVH 又增加心血管疾病的发病率和死亡率。

血脂异常显著增加缺血性心血管病发病的危险。高脂血症易诱发动脉粥样硬 化，血清总胆固醇 (TC)、 低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C) 和非高密度胆固醇 (HDL-C) 升高显著增加缺血性心血管病发病的危险。

糖尿病是动脉粥样硬化性心血管病的重要危险因素。胰岛素依赖型和非胰岛 素依赖型糖尿病都会更早更广泛地发生动脉粥样硬化，这是该病普遍性代谢紊乱 的一部分，包括血脂异常和结缔组织的糖化。高胰岛素血症损害血管内皮。最近 美国心脏协会 (AHA) 已正式将糖尿病列为CVD 的主要危险因子，如与高血压 并存， CVD 的危险将大为增加。

超重和肥胖是心血管病死亡及总死亡的危险因素之一。肥胖病人的机体组织 对游离脂肪酸的动员和利用减少，血中的游离脂肪酸积聚，血脂容量增高。肥胖 病人空腹及餐后血浆胰岛素浓度常增高，约比正常人高一倍，而胰岛素有促进脂 肪合成、抑制脂肪分解的作用，故肥胖者常出现高脂血症。进食过多的碳水化合 物，则血浆甘油三酯水平增高更为明显。此外，肥胖者餐后血浆微粒澄清时间延， 长，血中胆固醇也可升高。甘油三酯和胆固醇升高与肥胖程度成正比，形成的中 心性肥胖也显著增加心血管病发病的风险。超重是引起大多数高血压和脂肪疾病 的因素。

**11.6.3** **心血管疾病的饮食预防**

心血管疾病与膳食因素有着密切的关系，需要从预防和治疗两方面考虑。

· 372 ·

1. 平衡膳食

低脂饮食指脂肪占总热量的25 %～30 %,饱和脂肪酸不超过脂肪总量的 1/3,可以降低血脂水平，但不足以逆转动脉粥样硬化的斑块，而脂肪量小于 20%的饮食，可使大多数患者的动脉粥样硬化病变逆转。

2. 戒烟限酒

有研究显示，吸烟对心血管的危害与吸烟指数(吸烟支数/d×吸烟年限) 的平方成正比，即吸烟量增大1倍，危害增加4倍；吸烟量增大2倍，危害要增 加9倍。而英国预防冠心病研究的结果提示，成功戒烟可使心血管事件减少 21%,并可明显降低其后2～4年的死亡率。

此外，酒精可兴奋大脑，增加交感张力，促使加压素释放，引起高血压，并 可促进血小板的聚集与血栓形成，长期饮酒热量摄入增加，引起超重肥胖、高血 糖和高血压。

3. 适量体力活动

超重和肥胖的发生率在日益增加，如能坚持中等强度的有氧运动，对于缓解 代谢综合征，预防冠心病的发生是十分重要的。有氧运动可降低血管外周阻力， 增加心脏泵血量，增加细胞供氧量，降低血压、血脂、血糖，消除肥胖。

4. 注意摄取一些功能性营养物质

在防止心血管疾病时，还应注意适量摄取一些含有功能性的营养物质。研究 表明，辅酶Qo 可防治心血管疾病、高血压。在日本，每年约有1200万病人在 医生指导下服用辅酶Qo, 以治疗心脏病和高血压，防治溃疡病。富含辅酶Qio 的食物有海鱼、牛肉、菠菜和花生；肉碱可帮助转运长链脂肪酸，防止脂肪蓄积 于心脏、肝脏与骨骼肌中，降低血液中的胆固醇和甘油三酯的水平；牛磺酸具有 膜稳定作用，抗脂质过氧化损伤，调节内皮舒张因子和收缩因子等活性物质合成 释放等，此外，牛磺酸能够拮抗Hcy 诱导的心血管损伤、保护心血管等。其他 相关的功能性的物质还包括生物类黄酮、 一些活性多糖等(详见第3章和第5 章)。

11.7 营养与糖尿病

**11.7.1** **糖尿病概述**

糖尿病是指胰岛素绝对或相对不足以及靶组织细胞对胰岛素敏感性降低，所 导致的蛋白质、脂肪、水和电解质等一系列代谢紊乱综合征，以高血糖为主要共

· 373 ·

同标志。1996年美国糖尿病协会 (ADA) 专家委员会对糖尿病的分类进行了修 改，其主要的修改内容包括：将糖尿病分为I 型糖尿病、Ⅱ型糖尿病、特异型糖 尿病和妊娠糖尿病。糖尿病的主要形式是I 型和Ⅱ型，80%以上的糖尿病人属于 Ⅱ型。

**11.7.2** **导致糖尿病的因素**

糖尿病病因及发病机制十分复杂，目前尚未完全阐明， 一般认为与遗传、环 境、饮食、其他疾病、身体状况等多种因素有关。

1)遗传因素

糖尿病是遗传性疾病，遗传学研究表明，糖尿病发病率在血统亲属中与非血 统亲属中有显著差异，前者较后者高出5倍。在糖尿病I 型的病因中遗传因素的 重要性为50%,而在糖尿病Ⅱ型中其重要性达90%以上。

2)精神因素

糖尿病发生、发展中，通常伴随着会引起升高血糖激素的大量分泌，如生长 激素、去甲肾上腺素、胰高血糖素及肾上腺皮质激素等精神的紧张、情绪的激动 及各种应激状态。

3)肥胖因素

肥胖是糖尿病的一个重要诱发因，约有60%～80%的成年糖尿病患者在发 病前均为肥胖者，肥胖的程度与糖尿病的发病率呈正比。随着年龄增长，体力活 动逐渐减少时，人体肌肉与脂肪的比例也在改变。自25岁至75岁，肌肉组织逐 渐从体重的47%减少到36%,而脂肪由20%增加到36%,这是老年人，特别是 肥胖多脂肪的老年人中糖尿病患者明显增多的主要原因之一。

4)长期摄食过多

饮食过多而不节制，营养过剩，使原已潜在有功能低下的胰岛素β细胞负担 过重，而诱发糖尿病。

5)病毒感染

病毒感染是I 型糖尿病的重要环境因素。当具有糖尿病易感性的人感染了脑 炎、心肌炎及柯萨奇B4 病毒后，病毒可直接侵犯胰岛B 细胞，使之发生急性炎 症、坏死而丧失功能；或病毒长期滞留在 B 细胞内，激发自身免疫系统，引起 体 内B 淋巴细胞产生抗胰岛素细胞抗体，这种抗体使胰岛B 细胞损伤破坏，造 成胰岛素合成减少，引起糖尿病。 一般病毒感染本身不会诱发Ⅱ型糖尿病，它仅 可使隐性糖尿病外显，使化学性糖尿病转化为临床糖尿病。

6 ) 妊 娠

怀孕期间由于种种激素因素而产生抵抗胰岛素的作用，妊娠时胎盘会产生多 种供胎儿发育生长的激素，这些激素对胎儿的健康成长非常重要，但却可以阻断 母亲体内的胰岛素作用，引发糖尿病。发生妊娠糖尿病的患者将来出现Ⅱ型糖尿

· 374 ·

病的危险很大(但与I 型糖尿病无关)。

**11.7.3** **糖尿病的危害**

糖尿病临床上可以出现具有特征性症状群，如多尿、多饮、多食、消瘦等表 现，即“三多一少”症状。糖尿病人体内脂肪减少，但脂肪酸氧化不彻底，从而 导致酮体丙酮、β羧丁酸和乙酰乙酸的积累，血液中酮体升高会降低血液pH, 导致酸中毒症。另外，糖尿病患者机体蛋白质流失和水解的增加，氨基酸脱氨基 作用释放的氨，虽然可缓冲丙酮酸的积累，但由于氨本身就是细胞毒素，会使血 液和尿中氨含量升高，促进尿素的合成，形成负氮平衡。

糖尿病如果得不到及早诊断、及早治疗，常常会发生急性、慢性并发症以及 各种感染。急性并发症包括糖尿病酮症、糖尿病酮症酸中毒、糖尿病非酮症高渗 性昏迷、糖尿病乳酸性酸中毒等。慢性并发症可导致心、脑血管动脉硬化，肾及 视网膜微血管病变，神经病变和下肢坏疽等，糖尿病对人体的长期影响主要是造 成各种器官的功能损伤，包括不断进展的血管性疾病和神经病变，糖尿病最严重 的急性并发症是酮症酸中毒及高渗性昏迷，危害健康甚至生命。

**11.7.4** **糖尿病的饮食控制**

饮食治疗在糖尿病综合治疗中占有重要地位，任何类型的糖尿病，不管病情 轻重及有无并发症，是否采用口服药物或胰岛素治疗，都应长期坚持严格的饮食 控制。

1. 控制总能量和能量营养素间的比例

糖尿病饮食治疗的首要措施就是控制每日总能量，其要求是在成人足以维持 合理的体重，在儿童应保证其正常的生长发育，对妊娠与哺乳者必须有充足的营 养。糖尿病患者不但要控制主食，而且还包括对副食，特别是肉类、脂肪类等含 热量较高的食品的综合控制，也就是使每天摄取的总热量保持在适宜的水平，以 控制血糖和体重。

糖尿病患者每日能量需要量可根据标准体重及工作强度确定(表11-1)。标 准体重的简单估计法为

标准体重 (kg)= 身高 (cm)—100(35 岁以下减105)

患者可按照实际体重判断自己属于肥胖、正常还是消瘦。根据体重状态和劳 动强度选择每千克体重的热卡量并计算每日总热量。根据美国糖尿病学会建议， 肥胖者最好按每日总热量摄入减少200～500kcal的要求逐渐减少，其减少量根 据肥胖程度和患者的耐受能力而定。体重降低不宜过速过猛，以每月降低0.5~ lkg 为宜，否则患者可因热量摄入不足而感乏力，不能坚持。儿童、孕妇、哺乳 妇女及消耗性疾病者应适当增加热量。18岁以下青少年可参考以下公式计算：

每天每千克理想体重所需热量 (cal)= 年龄×100+900。

**表11-1** **糖尿病患者每日每千克理想体重所需能量** (单位：kcal)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 劳动强度 | 消瘦 | 正常 | 肥胖 |
| 卧床休息 | 20～25 | 15～20 | 15 |
| 轻体力劳动 | 35 | 30 | 20～25 |
| 中等体力劳动 | 40 | 35 | 30 |
| 重体力劳动 | 45～50 | 40 | 35 |

注：1cal=4.184J

糖尿病病人注意控制碳水化合物、蛋白质和脂肪三大能量营养素的比例，分 别占总能量的50%～60%、10%～20%和20%～30%。糖尿病肾病患者蛋白质 的摄入量限制在每千克体重0.8g 以内。摄入的脂类中饱和脂肪酸(如猪油、羊 油、牛油、乳油)应少于10%,多选择富含不饱和脂肪酸的食物。

2. 定时定量进餐或少量多餐

定时定量进餐或少量多餐对糖尿病病人来说是一种很好的饮食习惯，可使血 糖维持在基本正常的水平，即不高也不至于太低。 一般如一 日三餐的热量安排可 以早、午、晚各占1/3,也可以早餐占1/5,午、晚餐各占2/5。

3. 高膳食纤维饮食

在饮食中增加膳食纤维的含量，便于维持餐后血糖，而且还有降低体重和通 便的作用。每日饮食中纤维素含量至少40g, 少吃精米、精面应粗细粮搭配食 用。不过，对于注射胰岛素的病人，给予大量高纤维食物后应及时调整胰岛素剂 量，以免发生低血糖。部分病人进食大量高纤维食物可能引起胃肠道不适，可由 小量开始，逐渐加量。

4. 减少钠盐的摄入

Ⅱ型糖尿病患者常有肥胖和高血压，而摄入过量的钠不利于高血压的防治。 为了预防心脑血管并发症的发生，需限制饮食中钠的摄入，食盐应限制少于每天 6g 以内。

5. 补充各种维生素及微量元素

糖尿病病人和常人一样在选配每天的食物时，还必须摄入足够量的维生素。 对于各种微量元素的补充也逐渐引起人们重视，如有研究表明，饮食性补镁可增 加 I 型糖尿病病人B 细胞对葡萄糖和精氨酸的应答，而增加胰岛素的分泌，有

· 376 ·

助于I 型病人代谢紊乱的改善。此外，还有糖尿病病人容易缺钙、缺铬等研究， 均揭示糖尿病病人应适当补充各种微量元素。

此外，糖尿病患者每日摄入能量低于1200kcal,不摄入动物性食物，血糖控 制不佳等时，可引起维生素及微量元素缺乏，应适当补充。糖尿病患者的饮食计 划要注意营养平衡，其原则是以植物性食品为主，动物性食品为辅，多吃绿色蔬 菜及高纤维素食品，不吃甜食。

6. 良好的生活习惯

除注意膳食营养外，少饮酒，不吸烟对糖尿病患者来说是非常重要的。另 外，锻炼也影响骨骼肌肉葡萄糖转运载体的调节，增加与胰岛素无关的转运载体 的数量；锻炼还能使肌肉在不需要胰岛素与其受体结合的情况下利用葡萄糖，可 减少机体对胰岛素需求。

11.8 膳食营养与基因表达

分子营养学是在分子水平研究营养与基因表达间的相互关系，阐明营养素或 功能因子对人体生理机能的调控机理的科学。分子营养学一方面研究营养素对基 因表达的调控作用，从而对营养素的生理功能进行更全面、更深入的认识；另一 方面研究遗传因素对营养素消化、吸收、分布、代谢和排泄的影响，通过研究二 者相互作用对生物体表型特征(如营养充足、营养缺乏、营养相关疾病、先天代 谢性缺陷)影响的规律，从而针对不同基因型及其变异、营养素对基因表达的特 异调节制定出营养素需要量和供给量标准。

**11.8.1** **营养素对基因表达的调控**

几乎所有的营养素对基因的表达都有调节作用，它们直接或作为辅助因子催 化体内的反应，构成大分子的底物，还可以作为信号分子或者改变大分子的结 构，所有这些作用都可以导致特定基因转录和翻译上的变化。营养素对基因表达 发生作用时有以下特点： 一种营养素可调节多种基因的表达； 一种基因表达又受 多种营养素的调节； 一种营养素不仅可对其本身代谢途径所涉及的基因表达进行 调节，还可影响其他营养素代谢途径所涉及的基因表达；营养素不仅可影响细胞 增殖、分化及机体生长发育相关基因表达，而且还可对致病基因的表达产生重要 的调节作用。

营养素对基因表达的调控途径可以分为直接作用和间接作用两种。直接作用 即营养素本身或其代谢产物可作为信号分子，作用于细胞表面受体或直接作用于 细胞内受体，从而改变转录速度和特定mRNA 的浓度。间接作用是通过次级调

节因子对基因表达进行调节，涉及多种信号传递系统及激素和细胞因子。此外， 营养素可在基因表达的所有水平(转录前、转录、转录后、翻译和翻译后共5个 水平)上对其进行调节。

1)营养素和基因转录

绝大多数营养素对基因表达的调节发生在转录水平上的。转录因子通过修饰 染色质或基因结构，上调或下调与 RNA 聚合酶Ⅱ结合，因而影响转录的启动， 使基因表达增强或沉默。如固醇调节元件结合蛋白 (sterol regulatory element binding protein,SREBP) 释放速度的变化与胆固醇生成基因和脂类生成基因的 转录变化平行。当内质网膜上胆固醇和多不饱和脂肪酸浓度高时， SREBP 的蛋 白质水解速度就慢，但是随着内质网膜上胆固醇和多不饱和脂肪酸的耗空，成熟 SREBP 的释放速度加快。膳食多不饱和脂肪酸也能通过减少SREBP-1mRNA 数 量来抑制肝脏 SREBP-1 前体的合成。膳食营养素中的某些亲脂性因子及其代谢 产物，如脂肪酸和视黄醛衍生物，可以通过配体的激活来调节转录因子结合到 DNA 上的活性。膳食的营养成分还可通过调节细胞的氧化还原状态影响核内因 子与DNA 的结合活性。例如，维生素或者还原性谷胱甘肽等抗氧化剂可以保护 细胞防止氧化应激，进而阻止应激激酶途径的启动而发挥保护作用。

2)营养素与 mRNA 的稳定性

当基因转录时，膳食成分控制许多转录产物的降解速度。这样的例子包括葡 萄糖对脂肪酸和酶mRNA 的稳定作用、硒对谷胱甘肽过氧化物酶mRNA 的稳定 作用(硒缺乏会加速GSH-Px1mRNA 的降解)、铁对转铁蛋白mRNA 受体的去 稳定作用等。

3)营养素和mRNA 的翻译

膳食因素调控mRNA 的翻译是通过锁定核糖体的结合位点、改变核糖体对 启动位点的亲和性或调控肽链延长的速率进行的。肽链的延长速度依赖于氨基酸 的可利用率，某一氨基酸的短缺，尤其是必需氨基酸的短缺，可能就会减慢或终 止肽链的合成。其他营养素也会影响到mRNA 的翻译，如细胞内铁含量决定铁 蛋 白mRNA 的翻译速度。当细胞铁含量降低时，铁蛋白结合到5'-端不翻译区域 主干环状结构上，抑制蛋白转录产物的翻译；当给细胞补充铁时，铁结合蛋白失 去与主干环状结构的亲和性，这反过来允许铁蛋白mRNA 的翻译，细胞内铁蛋 白浓度增加，从而使铁的储存能力增加。

4)营养素和蛋白质的修饰后加工

某种维生素或矿物质辅助因子插入到蛋白质上，进而使无活性的脱辅基酶转 变成有活性的全酶，是许多酶翻译后修饰的常见形式，如吡哆醛转移到转氨酶 上、硫胺素转移到丙酮酸脱氢酶上、锌和铜激活超氧化物歧化酶、锌结合到锌指 转录因子。然而，完整活性形式的转变并不是翻译后修饰的唯一方式。实际上， 存在许多种翻译后蛋白质的修饰，包括磷酸化-去磷酸化、乙酰化、甲基化、糖

· 378 ·

基化，每一种过程都可能潜在地受膳食成分的调控。

**11.8.2** **营养素对基因表达的影响**

1. 碳水化合物含量对基因表达的调控

碳水化合物对许多基因的表达有调控作用，主要表现在碳水化合物在胃肠道 被消化成葡萄糖并吸收入血以后，葡萄糖能够剌激脂肪组织、肝脏和胰岛β细胞 中脂肪合成酶系和糖酵解酶基因的转录。现就研究较多的几个方面为例说明碳水 化合物对基因表达的调控。

磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶 (PEPCK) 是肝和肾中糖原异生的关键酶，稳定 的 PEPCK 水平是保证动物(人)体内糖异生途径顺利进行的关键，而糖异生对 机体暂时性血糖过低和大脑的供糖有极其重要的作用。研究发现，当动物进食大 量碳水化合物时，肝中PEPCK 基因的转录受到抑制，糖异生途径被关闭，这样 可以保持血糖水平的稳定。碳水化合物影响PEPCK 基因表达主要是通过与其启

动子上主要的调控元件CRE(-87～-74bp) 和 P3(I)(-248～-230bp) 作

用而实现的。

甲状腺素、碳水化合物和脂肪等对一种含硫蛋白S14 基因编码表达有明显的 调节作用，并且与脂肪合成酶基因表达有明确的相关性，因此它在脂肪代谢方面 起着重要作用。 S14 基因存在能对葡萄糖做出特异应答反应的元件(葡萄糖反应 元件，位于启动子的1428～1457bp)。 因此，葡萄糖可以通过调节S14 基因的表 达来对脂肪合成酶的基因表达进行调控。

葡萄糖-6-磷酸是启动脂肪酸合成酶FAS 等基因表达的直接诱导因子。它是 葡萄糖在葡萄糖激酶作用下形成的，是刺激基因表达的直接信号分子。而葡萄糖 激酶的表达受胰岛素调控，因此胰岛素通过刺激葡萄糖激酶表达，加快葡萄糖代 谢，从而对基因表达间接发挥作用。但胰岛素并不是必需的， 一旦葡萄糖激酶数 量和活性足够，在葡萄糖刺激基因转录中则不再需要胰岛素。

2. 蛋白质与氨基酸水平对基因表达的调控

膳食中蛋白质可能以功能蛋白的形式或者分解成氨基酸对基因表达进行调 控。如亮氨酸能够调控细胞基因的表达。胰岛素样生长因子结合蛋白 (IGFBP- 1)mRNA 和蛋白在细胞中的基础水平很低，而当培养基中亮氨酸浓度下降时， 其浓度迅速上升。另外，耗竭精氨酸、亮氨酸、胱氨酸和所有必需氨基酸均会导 致 IGFBP-1 mRNA和蛋白质的表达增加，并呈剂量依赖关系，从肝细胞培养基 中除去色氨酸， IGF-ImRNA 水平及IGF-I 分泌量均降低。

3. 脂肪对基因表达的调控

膳食脂肪是所有生物生长和发育的重要营养素。除了作为供能物质和构成生 物膜的成分以外，膳食脂肪还对基因表达有影响。通常，膳食脂肪是经水解变成 脂肪酸而发挥作用的。尤其是n-3和n-6系列的多不饱和脂肪酸 (PUFA) 与基 因调节之间的关系最为密切。

脂肪被肝脂酶和脂蛋白酶水解以后产生的游离脂肪酸，可通过细胞膜转运载 体进入细胞。在细胞内，大多数的脂肪酸与蛋白质，如脂肪酸结合蛋白 (fatty acid binding protein,FABP) 以非共价键形式结合， 一部分经脂酰辅酶A(FA- CoA) 合成酶催化形成FA-CoA; 一部分仍以游离形式存在。 FA-CoA 和游离脂 肪酸虽然在细胞内的浓度很低(<10μmol/g), 但却是调节基因表达的主要 形式。

体内的脂肪酸必须先转化为脂酰CoA 后，经肉碱棕榈酰转移酶 (CPTI 和 CPTⅡ) 转运才能够进入肝脏细胞进行氧化。在脂肪酸氧化过程中，包含可以 节约机体葡萄糖的使用，生成酮体的途径。在此途径中3-羟基-3-甲基-戊二酰 CoA(HMG-CoA) 合成酶是其限速酶，发挥重要的作用。长链脂肪酸特别是多 不饱和脂肪酸可以调节肝细胞中肉碱棕榈酰转移酶I(CPT I) 和 HMG-CoA 合 成酶的基因表达，使其mRNA 的水平提高2～4倍。

PUFA 能抑制生脂基因的转录，同时又能诱导编码脂肪酸氧化和生热蛋白 的基因进行转录。 PUFA 抑制生脂基因包括脂肪酸合成酶基因、 S14 基因等许多

参与脂质的合成的基因。日粮中多不饱和脂肪酸使大鼠肝脏中FAS mRNA水平

降低了75%～90%,鱼油比红花油更有效。 PUFA 调节基因表达的机制包括过 氧化物酶体增生物激活受体 (PPAR) 非依赖性或PUFA 特异性调节机制和核受 体转录因子 (PUFA-PPAR) 依赖性的调节机制。

葡萄糖只有在葡萄糖转运蛋白的作用下进入细胞后才能进一步代谢。已知动

物体内存在多种葡萄糖转运蛋白(从 GLUTl 到 GLUT5,GLUT7)。 编码这些

蛋白质的基因的表达程度决定了葡萄糖进入细胞的数量。脂肪酸，特别是花生四 烯酸是脂肪细胞葡萄糖转运系统的生理调节物。花生四烯酸可以抑制T 细胞中 硬脂酰-CoA 脱饱和酸、肝脏脂肪酸合成酶、3T3-L1 脂肪细胞中的GLUT4 基因 的转录率。

4. 微量元素在基因表达中的调控作用

(1)锌：锌是机体中重要的微量元素，它几乎参与生物体新陈代谢的各个方 面。目前的研究表明，锌以间接或直接的形式参与基因的表达调控。

锌参与基因表达的一种重要的方式是与核酸及组蛋白紧密结合从而稳定这些 生物大分子的高级结构。缺锌可以改变组蛋白H₁ 的亚结构特性，使组蛋白H₁

· 380 ·

从染色质上脱去，而组蛋白H₁ 的磷酸化与基因活化及蛋白质的合成密切相关。 体外实验表明，组蛋白H₁ 的磷酸化必须有锌的激活才能完成。锌还可以键合在 DNA 骨架上，从而稳定DNA 的双螺旋结构。研究认为缺锌可以引起 DNA 的氧 化损伤。

锌影响基因表达的另一种方式是其可能影响 DNA 的复制过程。研究表明， 核酸合成及降解的关键酶为依锌酶，日粮中不加锌大鼠细胞核中的DNA 聚合酶 活性明显低于对照组，当向缺锌大鼠饲料中添加适量锌元素可以使部分DNA 聚 合酶活性得到恢复。人恶性类淋巴母细胞T 辅助细胞系 (HUT-78) 在锌缺乏和 锌充足基质中的倍增时间分别为59.8h 和32.6h, 而且在锌缺乏基质中的 DNA

合成酶脱氧胸苷激酶 (TK) 活性及TK-mRNA 丰度均下降。

锌还以锌结合蛋白的形式参与基因的表达调控。锌结合蛋白是一类转录因 子，能激活因子或增强子。 Zn²+在锌结合蛋白类转录因子的DNA 结合区域如锌 指、锌簇、锌扭的折叠中起着关键的作用。动物实验表明，锌指蛋白在转录水平 调控基因表达，缺锌动物体内锌指蛋白含量下降。另外还发现，锌水平影响小鼠 血浆和红细胞中的金属硫蛋白的水平， Zn 通过转录因子金属调节蛋白来调节金 属硫蛋白 (MT) 基因的转录水平。

(2)铜：铜是生物体内许多酶的辅助因子，这些酶包括细胞色素氧化酶、 Cu/Zn 超氧化物歧化酶等。动物实验表明，铜水平影响基因的表达。铜离子可 提高小鼠两种急性蛋白基因即血清-酸性糖蛋白基因和C-反应蛋白基因的稳定 性。铜缺乏可诱导肝脏脂肪酸合成酶基因的转录，增加脂肪酸合成酶 (FAS) mRNA 的量和FAS 基因的转录水平。铜缺乏诱导FAS 基因转录，增加核内成 熟的转录因子固醇调控元件结合蛋白-1量和脂肪酸合成酶基因。

(3)硒：硒参与机体内的抗氧化作用，与机体的免疫功能密切相关。动物体 内的谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 可以清除体内的过氧化物从而防止机体受 过氧化物的氧化，而谷胱甘肽过氧化物酶基因的表达与日粮中硒含量密切相关。 在硒严重缺乏的情况下，肝脏和心脏中的细胞谷胱甘肽过氧化物酶的活力和 mRNA 的含量几乎为零；缺硒使中国小仓鼠卵巢中细胞谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px1) 的 mRNA 含量急剧下降。

(4)铁：铁不仅参与动物体内的物质代谢过程，而且通过参与载体组成转运 和储存营养素。铁元素对动物细胞内的两种基因即铁蛋白 (Fn) 基因和转铁蛋 白受体 (TfR) 基因的表达具有重要的调控作用，这种调节是通过多种顺式作用 元件即Fe 效应元件 (IRE) 和一种反式作用蛋白即Fe 效应元件结合蛋白 (IRP) 来进行的。 IRP 具有双重功能即顺乌头酸酶催化活性和调控基因表达的功能，而 细胞中的铁对IRP 的结构和功能起着决定作用，当细胞内铁含量充足时， IRP 所结合的 [Fe-S] 为 [ 4Fe-4S], 这时IRP 具酶活性而无翻译调控功能；当铁含 量下降时， IRP 结合的 [Fe-S] 变 为 [ 3Fe-4S], 使其分子变构为无酶活性而具

翻译调控功能，这种形式的IRP 可以结合铁蛋白基因的mRNA 5'-端非翻译区 IRE, 形成抑制铁蛋白基因mRNA 翻译起始的稳定的发夹结构，同时IRP 结合 转铁蛋白mRNA3'- 端IRE, 增强转铁蛋白基因mRNA 转录子的稳定性。

另有动物实验表明，饲粮中缺铁将导致小鼠肝脏转铁蛋白基因mRNA 含量 升高到正常水平的2.5倍。当饲粮中补铁后，转铁蛋白基因的mRNA 的含量在 3d 内恢复正常水平。长期摄入过量铁使小鼠胶原蛋白基因表达水平提高并导致 肝脏纤维化。铁稳态调控机制与二价金属离子转运蛋白基因表达和非血红素铁吸 收相关，高铁抑制转运蛋白mRNA 基因表达和翻译。

(5)钴：钴元素对基因表达有调控作用。 一些研究表明添加钴产生类似缺氧 样的效应，在成骨细胞培养基中添加钴元素可以提高成骨细胞内血管内皮生长因 子 (VEGF) 基因的表达，其机制是因为钴通过结合在氧感受分子的血红素部分 而导致缺氧，而低氧可以激活 VEFG 基因 mRNA 的表达。但钴对基因表达的调 控还存在其他方式：缺氧可以通过缺氧诱导因子 (HIF-1) 来激活平滑肌细胞中 的血红素加氧酶基因1 (ho-1) 的表达，突变型的中国仓鼠卵细胞 (Kal3) 内缺 乏 HIF-1, 但在缺氧和添加氯化钴环境下，血红素加氧酶基因的表达水平同野生 型中国仓鼠卵细胞相似。研究发现，在Kal3 细胞内，氯化钴可以激活荧光素酶 报告基因的表达，而该报告基因由ho-1 基因的启动子所启动，这说明氯化钴可 以激活ho-1 基因的启动子。

(6)铬：铬对胰岛素有增强作用，铬可能通过增强胰岛素受体的数量和 (或)提高胰岛素对受体的亲合力而影响胰岛素的活性。铬能够降低体脂肪的沉 积已被证实，它降低胴体脂肪可能是通过提高生长激素基因来实现的，铬同样可 以通过提高葡萄糖乳酸盐循环的基因表达来降低血浆乳酸水平。进一步试验表 明，在给部分肝切除的大鼠投放铬时，在肝重生过程中诱导出一个70kDa 的高 分子蛋白质。这种形式的铬在体外试验中可与DNA 结合，并增加启动位点的数 目，显著地刺激RNA 的合成。

(7)锰：动物体内锰超氧化物歧化酶 (MnSOD)、 精氨酸酶、丙酮酸羧化酶 均为含锰酶，同时锰还能激活一些酶。试验证明，锰缺乏的大鼠其组织中的锰超 氧化物歧化酶活性显著低于对照组的大鼠，其活性下降机制是一种转录阻断。锰 除了可以特异性激活磷酸烯醇式丙酮酸羧基激酶、谷氨酸胺合成酶外，还可以直 接妨碍胰腺的胰岛素的合成与分泌。

(8)碘：动物机体中大部分碘以激素或激素前体的形式存在于甲状腺。甲状 腺激素以三碘甲腺原氨酸的形式直接作用于基因组中以调节细胞的功能，并在此 处与甲状腺交换元件接触，经过在几个基因部位的一系列反应，开启或关闭与某 些信使RNA 合成有关基因的活性，从而控制与细胞功能有关的特殊蛋白质的合 成与抑制。

5. 维生素在基因表达中的调控作用

(1)维生素A: 缺乏维生素A 的大鼠，饲以维生素A12h 后就能检测到聚腺 苷酸mRNA 的浓度增加，维生素A 视黄酶与细胞核的视黄酸受体结合可以调节 特异基因的表达。视黄酸受体在结构上与固醇类激素受体和甲状腺激素受体相 似，3种受体均是转录调节的配位激活因子。因此，生长激素基因上的甲状腺素 调节区也是视黄酸受体的作用位点。用脂肪细胞体外培养研究发现，视黄酸和地 塞米松(糖皮质激素)对S14 基因的表达均具有显著的促进作用，二者协同作用 可提高S14 mRNA 水平达200～300倍，协同作用发生在基因转录水平上。视黄 酸对脂肪酸合成酶和肌动蛋白基因表达没有影响，但可以使甘油磷酸脱氢酶 mRNA 水平降低75%。视黄酸可以促进肝脏、骨骼、肾脏和小肠碱性磷酸酶的 表达。

(2)维生素D: 维生素D 的主要生物活性形式是1,25-(OH)₂-D3, 后者具有 维持体内钙磷动态平衡，调节骨代谢和促进多种组织细胞生长、分化等多种生理 功能。这些作用大部分是通过活化细胞核内受体，即维生素D 受体 (VDR), 进 而调节VDR. 靶基因的转录水平来实现的。

(3)维生素E: 是动物必须从食物中摄取的微量营养素之一，具有重要的生 物学功能。维生素E 缺乏会使过氧化物基因的表达上调。此外，α-生育酚能抑制 CD36 基因mRNA 和蛋白质的表达，降低动脉平滑肌脂蛋白氧化，减少泡状细 胞形成，具有抗动脉硬化作用。

(4)维生素C: 缺乏维生素C 时载脂蛋白A-I基因表达降低，载脂蛋白A-I 浓度降低。维生素 C 缺乏组肝脏中载脂蛋白A-I mRNA 水平比正常组降低 40%,其转录速率却没有明显改变，维生素C 是在转录后阶段影响载脂蛋白A-I 基因表达的。

(5)生物素：也对基因表达有一定调控作用。当大鼠生物素缺乏时鸟氨酸转 氨甲酰酶 (OTC) 活性明显低于生物素充分时，而且前者肝脏中的OTC 基因表 达比后者低。这一作用可能是OTCmRNA 转录水平降低或OTCmRNA 稳定性

的降低所致。

**11.8.3** **基因多态性对营养素吸收、代谢和利用的影响**

在不同种类的生物体内DNA 结构存在很大差异，而同种生物不同个体之 间，DNA 结构虽然具有很大的同源性，但也存在差异。 DNA 结构的差异实质是 DNA 序列的某些碱基发生了突变，但由于突变多数发生在非基因序列，当某些 核苷酸基突变在群体中的发生率超过1%时，称为基因多态性 (gene polymor- phism) 或遗传多态性。如果碱基突变，改变编码蛋白质、酶的氨基酸性质时， 就会导致不同个体对营养素吸收、代谢和利用存在很大差异，并导致个体对营养

素的需要不同，影响健康。

1. 维生素D 受体基因多态性对钙吸收的影响

人类骨骼健康与钙的吸收利用有关。影响钙的吸收的因素很多，很重要的一 个因素是受遗传因素的影响，其中由于维生素 D 受体 (VDR) 基因多态性对钙 吸收的影响，可能是影响钙吸收不同的遗传因素之一。VDR 基因由于碱基突变， 形成了3种基因型，即bb 基因型、 BB 基因型和Bb 基因型。携带有不同基因型 的人其钙的吸收量是不同的， bb 基因型是钙吸收较高的基因型，而BB 基因型 的人其钙的吸收率要比其他两种基因型的人低，所以，针对BB 基因型人群，钙 的推荐供给量 (RDA) 要适当高一些。

2. 亚甲基四氢叶酸还原酶基因多态性对叶酸需要量的影响

叶酸缺乏会导致胎儿神经系统发育障碍，出现神经管鞘闭锁不全等代谢疾 病。研究发现，某些人群即使叶酸每日摄入量达到供给量标准，仍有部分个体发 生叶酸缺乏症状。其原因是叶酸代谢发生了障碍。正常情况下，人体内亚甲基四 氢叶酸还原酶 (MTHFR) 将5,10-亚甲基四氢叶酸还原为5-甲基四氢叶酸，同 时脱去一个甲基供体给同型半胱氨酸，从而合成蛋氨酸。但当MTHFR 基因第 677位的碱基发生了由C→T 的突变，产生了该基因的3种等位基因多态性，即 C/C、C/T 和 T/T3 种基因型；同时由 C→T 的突变造成了该基因所编码的 MTHFY 中的氨基酸也发生了突变，即由丙氨酸 (Ala)→ 缬氨酸 (Val), 由此 可产生该酶的3个相应表型，即野生型 (Ala/Ala)、 杂合型 (Ala/ Val)、 突变 纯合型 (Val/Val)。 这些突变增加了酶的热不稳定性，使其不能与MTHFY 反 应中的辅酶 (FAD) 结合，而使该酶活性降低，致使同型半胱氨酸向蛋氨酸的 转化发生障碍，导致同型半胱氨酸在血中和尿中浓度增加，使得叶酸的需要量也 发生了变化。携带有C/C 基因型人群中血液中叶酸水平最高，携带C/T 基因型 者血中叶酸水平较高，而携带T/T 基因型者血中的叶酸水平最低。

不同种族的人群的MTHFR3 重基因多态性的分布频率不同，但目前所制定 的叶酸推荐摄入量是针对一般人群并是在假设这些人群是正常的情况下制定的， 而没有考虑T/T 突变纯合型这部分个体的特殊需要，因此为避免叶酸缺乏造成 危害，对这部分特殊人群应制定更高的叶酸供给量。

3. 载脂蛋白基因多态性对血脂代谢的影响

载脂蛋白是结合脂类并运输到机体各组织进行代谢和利用的蛋白质。大量研 究发现载脂蛋白基因发生突变，形成不同等位基因型多态性，并进一步形成不同 表型的载脂蛋白，可影响血脂代谢和利用，涉及脂类转运的载脂蛋白的基因多型 性影响脂肪转运和代谢，如载脂蛋白E(APOE) 的基因解码与血清脂肪水平。

· 384 ·

基因解码脂肪/脂蛋白转化酶、磷酸二乙基对硝基苯基酯酶是重要的对氧磷脂酶 (PON)、PON1 和 PON2 基因的多样性与酶活力有关，也与心血管疾病 (CVD)

的危险性有关。含蔬菜水果丰富的膳食可降低PON1 的活性，这种调节也有 PON1 基因型决定，从而影响高脂血症、动脉粥样硬化及心脑血管疾病的发病 率。动脉硬化是CVD 发病的关键因素，通常认为动脉硬化是脂肪转运和伴随慢 性炎症的新陈代谢失调的综合征。 CVD 疾病过程中基因的翻译及翻译后修饰水 平均发生明显变化，提示基因的多型性的变化是深入研究心血管疾病发病与防治 机理的关键切入点，应予以高度重视。

4. 基因多态性对血糖代谢的影响

糖尿病的易感性决定于免疫系统的编码基因。 一些人病毒感染后易患I 型糖 尿病，而有些则否。当各种免疫系统化合物编码基因发生突变时，免疫系统误认 其自身的蛋白是外源蛋白，便产生抗体破坏，就出现了自身免疫疾病。自免疫糖 尿病对胰岛β细胞的破坏与一个或多个编码组织相溶性复合物 (histocompati- bility complex,MHC) 基因突变有关。有关基因位于6染色体，已发现有近2× 10⁶个核苷酸突变。

导致胰岛细胞失效的另一个可能因素是胰岛素的生物活性不足。研究发现， 人和小鼠胰岛素基因突变导致许多氨基酸替代，并影响胰岛素活性。研究家族性 胰岛素基因异常时，观察到十个家族中均有一个点突变，导致胰岛素原氨基酸改 变，6个突变导致A 或 B 链氨基酸改变，导致分泌胰岛素障碍。另外4个突变导 致无法识别C 肽-A 链切割位点，并阻止其移动。 C 肽没有从胰岛素与其受体的 结合体切开，血液中胰岛素原含量高。胰岛素原是由胰岛分泌的大分子胰岛素， 当胰岛素到达目标组织，会裂解为胰岛素和C 肽或C 链，胰岛素原只有胰岛素 活性的1.7%～2.5%。

由上可知，分子营养学研究应当对传统营养学的知识进行系统整理、总结出 营养调控的典型模型，建立营养素与基因表达有对应关系的具体实例，再结合分 子生物学的研究成果，筛选并认识决定重要经济形状的或具有社会效益的特定基 因的结构、性质、功能等属性，然后将这些知识应用到营养因素如何调控人体健 康和发病过程的基因组表达中。

**思** **考** **题**

1. 免疫系统有何作用?

2. 蛋白质营养对免疫有何影响?

3. 如何改善机体免疫状况?

4. 抗氧化机制抗衰老的机理。

5. 简述食盐摄入过多引发高血压的机制。

· 385 ·

6. 高血压的饮食预防与治疗原则。

7. 主要营养素和冠心病发生的关系。

8. 冠心病的饮食预防治疗原则。

(本章编写人：乐国伟)

**主要参考文献**

鲍曼 BA, 拉塞尔RM2004. 现代营养学.第8版.荫士安、汪之项主译.北京：化学工业出版社

何志谦.1999.疾病营养学.北京：人民卫生出版社

何志谦.2001.人类营养学.第2版.北京：人民卫生出版社

黄承钰.2003.医学营养学.北京：人民卫生出版社

齐格勒E E.1998.现代营养学.第7版.闻芝梅、陈君石主译.北京：人民出版社

张爱珍.2000.医学营养学.北京：人民卫生出版社

Calder PC,Ficld CJ,Gill H S 2002. Nutrtion and imrune. CAB International

Wilson S. Jones L,Christine C et al.2002. Cancer and the environment:gene-enviroment interactions. Washington DC:National Academy Press

Tapan K, Norman JTemple, Manohar L Garg. 1999.Antioxidants in human health and disease. Guildford and KingsLynn:CABI Publishing

Tom B. 2003.Nutritional biocheristry. 2ed Edition. San Dicgo, New York: Academy Press ZempleniJ,Daniel H. 2003. Molccular nutrtion. Guildford and KingsLynn:CABI Publishing

**第12章** **社** **区** **营** **养**

**教学目标**

· 了解社区营养的概念。

· 熟悉不同类型营养监测的作用和特点。

· 熟悉营养调查的基本方法。

· 掌握DRI 的内涵与应用。

· 了解合理的膳食结构，联系实际应用膳食指南。

· 掌握食谱编制的原则与方法。

· 掌握改善社区营养的主要宏观措施。

社区营养 (community nutrition) 是以特定社会区域范围内的各种或某种人 群为对象，从宏观上研究其实施合理营养与膳食的理论、方法以及相关制约因 素。目的在于利用一切有利条件，使特定社区内人群膳食营养合理化，提高其营 养水平和健康水平。社区营养的特点是：①以共同的政治、经济、文化及膳食习 俗等划分人群范围，如以同一个居民点、乡镇、县区、省市甚至国家划分社区人 群。②强调特定社区人群的综合性和整体性。③主要研究解决的膳食营养问题具 有宏观性、实践性和社会性。既包括人群膳食营养需要与摄入、营养调查与评 价、食物结构调整、膳食指导、营养监测等直接问题，也与食物经济、营养教 育、饮食文化、营养保健政策与法规等间接因素有关。

12.1 营 养 监 测

**12.1.1** **营养监测概述**

1. 营养监测的概念

营养监测 (nutritional surveillance) 的概念来源于疾病监测，主要是由于世 界范围内存在营养不良的现象，如发展中国家由于蛋白质-热量缺乏而引起的营 养不良、家庭中可用食物不足、缺乏必要的生活条件和保健服务等。这一概念刚 刚被认识，逐渐形成了一些具体的工作方法，我国尚未系统开展社会营养监测工 作，FAO、WHO、 联合国儿童基金会 (UNICEF) 等国际组织给出的定义是： 社会营养监测(简称营养监测)是对人群(尤其是按社会经济状况划分的亚人

· 387 ·

群)的营养状况进行连续动态地观察，针对营养问题制定计划，分析已制定的政 策和计划所产生的影响，并预测其发展趋势。

营养监测活动因不同目的和工作内容而有所不同，可以划分为3类：

(1)长期营养监测。对人群营养现状进行调查分析，以便制定计划(一般为 国家级),分析这些计划对营养问题的影响，并预测将来的趋势。这种监测对信 息的反应较慢，通常是通过专门针对改善营养和卫生的大规模国家规划，或通过 全面的发展政策，以及两者兼存的方式来实现。

(2)计划效果评价性监测。在实施了以改善营养或满足营养需要为目标的计 划后，监测营养指标的变化。其主要目的是对制定的目标进行改进，或评价其是 否需要修改措施，以便在实施阶段完善和完成计划。这种监测活动的反应比长期 营养监测要快些。

(3)及时报警和干预系统监测。为了预防或减轻正在发生的食物消费不足或 营养摄入过量所采用的监测系统。这种监测不直接针对慢性食物消费不足、营养 不良、过剩和失调，而是预防和减轻易染人群的短期营养恶化。其监测系统需要 一个能对预测中发生的问题做出反应的机构，以便在食物减少或营养摄入过剩之 前采取行动并进行干预，具有迅速行动，短期干预处理眼前问题的特点。

2. 营养监测的作用

(1)调查营养不良或过剩的原因。造成营养不良或过剩的原因， 一是食物与 非食物因素，前者很大程度上取决于膳食的摄取，后者常见于个人患病，两者均 有一个共同的前提，就是经济收入状况；二是外界对家庭的影响因素和家庭内部 的影响因素。

(2)营养水平是政府发展计划的目标和社会经济的指标。营养水平和健康是 生活质量的一个间接指标。发展计划部门及经济工作者要寻求如健康状况、营养 水平等社会指标，作为决定经济发展策略的指导，评价对人民生活质量的影响。 依据营养监测数据信息，制定经济计划、营养和公共卫生计划。近年来，人们已 将食品和营养水平列入“基本需要”及“人人享有卫生保健”的理念中。显然营 养问题是其中的一个分支。

(3)制定保健战略的依据。20世纪70年代以来，营养在保健战略中的地位 才得到确认，健康的和良好的营养状况是互相依存的，身体健康需要充足的食 物。我国及许多国家制定了一些国民健康状况的卫生指标，如出生时或其他特定 年龄的预期寿命、婴儿或儿童死亡率、出生体重、学龄前儿童营养状况、儿童身 高等，这些指标可分为卫生政策指标、卫生保健指标、健康状况指标等几大类， 营养监测包括了大多数这些指标。

(4)建立食物安全保障系统的依据。通过早期预警，密切关注国内外市场变 化、重大自然灾害等对食物供给带来的影响，提前做好应对准备。

· 388 ·

数据来源

数据分析

用途

**12.1.2** **制定保健和发展计划的营养监测**

1. 目的

此类营养监测可使有关部门在预防和减轻营养不良方面做出正确的决策。决 策的内容包括：

(1)根据现在的营养情况、发生的变化及其原因，确定是否需要修改现行的 或已计划的措施方案。

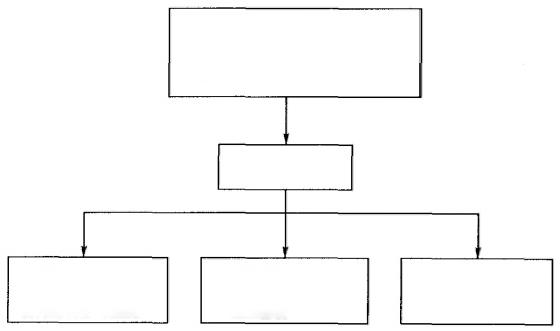
(2)是否需要采取新的措施来改善营养，确定为哪些人采取这些措施。

(3)为了达到预期的营养效果，如何给计划制定目标。

用这些内容制定国家发展计划和政策，全国或省级大规模的社会福利、食物 供应和营养规划的指标，鉴定需要特别重视的某些问题等。

2. 监测系统

此类监测系统的机构设有三大部分：数据收集、数据分析和做出决策。这种 组织形式见图12-1。



农业人口普查 社会经济调查 营养调查

卫生信息

每月至每两年

监测机构

计划部门，如：

国家发展计划

**项目的目标与监测**

工作调查

门诊所

行政管理记录 学校

有关部门，如：

**食物分配规划** **卫生服务**

发展系统设计

图12- 1 用于制定保健及发展计划的监测系统示意图

资料来源：John B Mason et al. 1994.Nutritional surveillance. WHO

监测系统执行以下几个主要功能：

(1)保障数据来源(表格、设备、培训等)。

(2)组织数据的交流。

(3)分析与解释。

(4)与计划或规划部门联系。

通过行政途径收集数据，主要是与数据直接有关的部门。在卫生系统中，门 诊部收集资料(体重、年龄、疾病等),通过常规渠道(乡镇、县、地区、省) 将这些结果送到分析中心。学校的资料(儿童身高等)由教师汇总，逐级传送。 表格的修改、穿孔、处理及分析由营养情报系统集中进行。

监测系统包括：测量设备、调查图表、培训教材、计算机、印刷出版。

3. 数据来源与分类

(1)数据来源。营养监测时所用数据大部分取自现成的行政报表和调查(表 12-1),有时为了调查特殊问题需要收集特殊数据(表12-2)。

**表12-1** **在营养监测系统中一般资料来源**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 来 源 | 数 变  实际的 | 可能的 |
| 诊所  (卫生人员) | 体重、身高、年龄  发病率  色疫接种记录  出生体重  地址 | 职业等  住家与诊所的距离 |
| 学校 | 体重、身高、年龄  地址 | 职业等  住家与学校的距离 |
| 行政登记 | ,出生  儿童死亡率 | 职业等  出生体重 |
| 零售物价报告 | 食物市场售价  地址 | 食物短缺  供应情况 |
| 人口调查-人口统计  居住条件，农业  家庭调查  农业报告  乡村报告 | 人口统计  (社会经济，农业，环境变数)  社会经济变数  农作物生产(收成、耕作面积)  服务机构、基层结构  卫生环境  距离数据 | 体重、身高、年龄  农业资源 |

来 源

实际的

变 数

可能的

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 劳动部 劳动力调查 | 最低工资值 |  |
| 非特定来源 | 实际工资值 | 服务机构、基层结构、 |
| (即上述任何一种) |  | 卫生环境、距离数据 |

资料来源： John B Mason et al. 1994. Nutritional surveillance. WHO

**表12-2** **某些营养监测系统所用资料来源**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 国别 | 诊所/医务 工作者 | 学校 | 当地政府 行政记录 | 人口  调查 | 农业 报告 | 社区称量零售价 体重计划 报告 | 乡村  调查 | 家庭  调查 |
| 智利  哥伦比亚  哥斯达黎加  萨尔瓦多 肯尼亚  菲律宾  斯里兰卡 | 十  十  十 | 十  十  十  十 | | 十  十  十 | 十 | 十  十 | | 十  十  十 |

资料来源：John B Mason et al. 1994.Nutritional surveillance.WHO

(2)数据分类。在我国可分为两类：①行政数据。行政数据的来源有赖于现 有的服务机构，常为政府机构。行政数据比抽样调查数据的范围更为广泛和分 散。其数据来源于卫生、学校、当地政府和农业等部门。如体重、身高和年龄及 相互比值，出生体重，确诊疾病，农产品生产，食品深加工比值，人均收入，恩 格尔系数，农村和城市居民平均寿命及差别，人口结构，死亡率，婴儿母乳哺育 率，营养缺乏发病率，“富贵病”发病率等。应由行政部门提供表格，统一程序， 安排数据收集，对工作人员技术培训，提供设备并负责维修和标准校验，数据由 基层收集，然后上报省、国家。利用现有检查机构对所收集数据进行质量管理。 ② 家庭抽样调查。由于大规模的营养调查需要大量的人力和费用，实际中系统的 调查并不多。许多国家正在发展连续或常规的家庭抽样调查，集中于特定主题 (食品供应量、各种食物消耗量、膳食结构),或者多重目的。对营养监测有价值 的调查内容有：购买食物数量的常规记录、食物消费的时间和金额记录、家庭人 口特点、 一定时间内(1d、3d、1 周)家庭成员摄入的食物数量，将这些数据填 入标准营养调查表，并分析统计，按营养学特点做出客观解释和结论。取样时，

先选择特定的城乡，再将人群分组，每组按2000～10000户抽样调查，对统计 员、监督员应进行技术培训。适用于家庭营养调查的表格见表12-3,使用时要 特别注意选择有代表性的抽样家庭。

**表12-3** **膳食调查总结表**

编号 省 市(县) 区(乡) 单位 姓名 调查日期 年 月 日

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 酱 食  油 盐  项 大 面 杂 薯 干 豆  豆 制 目 米 粉 粮 类 类 品  其他植物油  菜 籽油 动物油 淀粉及糖 鱼 虾 类  畜禽类  蛋  类  乳 类  硬 壳 类 水 果 咸 菜 菌藻 类 干 菜 绿色蔬菜 浅色蔬菜 | | | | | | |
| 质量/g | | | | | | |
| 项 目 蛋白质脂肪 糖 热量粗纤维 钙 磷 铁 维生素硫胺素核黄素尼克酸  /g /g /g /kcal /g /mg mg /mg A/μg /mg /mg /mg  /mg  平均每人  每日摄入量  RNI  比较/% | | | | | | |
| 评价  级别 | | | | | | |
| 项 目 |  |  | 能量食物 | 能量营养素 | 蛋白质 | 脂肪 |
|  |  | 来源分布 | 来源分布 | 来源分布 | 植物  来源分布  动物 |
| 谷类 | 薯类 | 动物性食物  其他植物食物  豆类 | 脂肪  碳水化合物  蛋白质  纯能量食物 | 动物性食物  其他植物食物  豆类  谷类 |
| 摄人量/kcal  占总摄入量/% | | | | | | |

资料来源：蔡美琴.2001.医学营养学.上海：上海科技文献出版社

**12.1.3** **计划管理和评价的营养监测**

1. 目的

这种方法主要是对计划实施过程中的监测和营养状况改变结果的监测。如是 否严格按照现行程序管理，更改或制定新的程序，延续计划，用较少的食物资 源、经费维持相同的结果，将良好的计划扩展到新的不同地区，研究计划活动与 效果的因果关系，以编制新的计划调整目前的计划。

· 392 ·

2. 营养和保健计划的评价监测

以蛋白质-热量营养不良为例，改善这类营养不良的措施是制定合宜的膳食 计划，提出计划目的，并且列出评价监测指标，见表12-4。

**表12-4** **儿童营养和保健计划的评价监测**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 规划类别 目 标 | | 指 标  在评价中广泛应用推荐不常用——主要用于研究工作 | |
| 减少蛋白质-能量营养不良 | | 体重和身高 身高/年龄 | 临床症状 膳食摄人 |
|  | | 体重/年龄 体重/身高 | 臂肢围 皮褶厚度 |
| 学龄前儿童计划 | 减少发病率 | A/B发病率 |  |
|  | | 发作次数 |  |
| 减少婴儿死亡率 | | 持续时间 | 婴幼儿死亡率 |
| 学校供膳计划 | 改善营养状况  提高入学和到校人数  改进学校教学质量  收入转移：增加食物摄入 | 身高和体重的纵向测量 入学和到校人数记录 | 其他人测量和生化检验  教学质量检查  支出、收人、消费 |
| 营养加餐计划 | 提高生产率  收入转移：增加食物摄入 | A/B家庭支出调查 | 体力活动  热量消耗 |
| 紧急救济 | 康复：儿童  康复：成人 | 临床症状人体测量  体重增加 |  |
| 母亲的补充供膳 | 减少：分娩危险、低体重出生 婴儿、继而婴儿死亡率 | 孕期体重增加  出生婴儿体重增加 | 围产期和(或)婴儿死  亡率 |

资料来源：John B Mason et al. 1994.Nutritional surveillance. WHO

在许多种类的人体测量指标中，体重、身高对营养和保健计划更为重要和敏 感，特别是同一儿童在不同年龄时期的测量，从统计学意义上，身高比体重的增 加更为敏感。有些指标，如死亡率和发病率(单位时间内新发生的病例)不是改 善营养的敏感指标，衡量这类指标不易察觉计划和干预措施的作用。

计划管理和评价的营养监测，其组织系统由计划种类、建立管理结构的方式 以及评价原因所决定。在所有情况下，评价机构都必须与评价计划的管理相联 系，许多常规计划(如营养保健)是全国、全省规模的，有些计划则可下放到地 县等下级部门(如膳食计划),当地可实施对贫困地区营养缺乏的学龄前儿童进 行的供膳计划，并筛选受益人群。

计划管理和评价的营养监测，其收集数据的原则方法与12.1.2基本一致。 但要监测的人群一般较少，抽样数量有限，可从制定计划过程中取得数据(如从

接受补助食物的儿童),还必须包括最新进展数据。

**12.1.4** **及时报警和干预**

1. 目的

及时报警和干预主要包括预定或适时采取干预措施以及获取实施中所必备的 数据。目的是针对局部短期的营养恶化、地区性季节性(如干旱洪涝)的严重食 物短缺或某些营养素摄入过量，防止及缓解这些情况的发生。

当下列三种情况同时存在时，制定报警和干预是有价值的：①间歇性严重食 物短缺或营养过剩引起的某种营养失调的危险影响着一些人群。②现有食物资源 和组织机构对预防短缺或过剩的干预是有效的。③缺少进行干预的适宜数据和 信息。

2. 干预的内容

及时报警和干预是一种弥补短期营养恶化的措施。解决问题的长久方法，是 应消除造成营养短期恶化的根本原因。通常干预有4种情况：

(1)用于预防引起食物生产和消费不足的原因。因早涝灾减产，需要种子、 化肥、农药和设备等，农产品跌价，政府给予补贴。

(2)克服继发性影响。如收入降低、食物涨价、食物库存减少等。在食物消 费尚未大量减少之前，即应实施干预，如粮价补贴、调运粮食、副食等，实施食 物和供膳计划、恢复计划等。

(3)预防营养强化食品、膳食补充剂或高蛋白、高脂肪、高糖膳食的过量供 应和摄取，根据可耐受最高摄入量 (UL) 进行早期报警。如限制营养强化食品 和膳食补充剂的供应，控制“三高”膳食的摄入，改变膳食结构，用动物试验确 认营养素或食物成分可能对人体产生的不良反应。

(4)减轻或解除长期不良影响，提出避免再度发生食物短缺或营养素摄入过 量的措施，如营养教育、食品强化、膳食指南以及营养恢复方案等。

及时报警和干预的监测系统和数据来源参见12.1.2。

12.2 营 养 调 查

营养调查 (nutritional survey) 目的是调研特定人群或个人的膳食摄入量、 膳食组成、营养状态、体质与健康、生活消费以及经济水平，为改善人群营养和 健康状况、进行营养监测、制定营养政策提供基础资料，也为食物的生产消费、 营养缺乏病或过剩的防治提供科学依据。我国于1959年、1982年、1992年、 2002年分别进行过4次全国性的营养调查。

· 394 ·

一般地，营养调查包括膳食调查、人体营养状况的生化检验和体格检查。这 三个部分由表及里，各具特点，又相互联系，能够比较全面地反映人群的营养和 健康状况，进而反映其生活质量。

**12.2.1** **膳食调查**

膳食调查是通过对特定人群或个体的每人每日各种食物摄入量的调查，计算 出每人每日各种营养素摄入量和各种营养素之间的相互比例关系，根据被调查者 的工作消耗、生活环境以及维持机体正常生理活动的特殊需要，与膳食营养素参 考摄入量 (DRI) 进行比较，从而了解其摄入营养素的种类、数量以及配比是否 合理的一种方法。

膳食调查通常用3种方法，即称重法、记账法和24h 个人膳食询问法。调查 者可根据当地的具体情况进行选择，这些调查方法均用于群体、散居户和个体的 膳食调查。

1. 称重法

称重法是将被调查者每日每餐各种食物的消耗量都逐项称量记录，统计每餐 的就餐人数， 一 日各餐的结果之和，即为每人每日总摄食量，再按《食物成分 表》中每100g 食物可食部所含各种营养素折算加在一起即为每人每日营养素摄 入量。

称重法的调查步骤为：

(1)称取每餐食物的生重、熟重和剩余熟重。

(2)计算生熟折合率，

(3)记录每餐就餐人数。

(4)计算每人每日摄入的各种熟食质量和生食物质量。

(5)统计每人每日各项食物消耗量以及所摄入的各种营养素数量。

该方法比较准确地反映出被调查者的膳食摄入状况，但费时费人力， 一般不 宜作大规模的调查。

2. 记账法

对建有膳食账目的团体人群通过查阅一定时期的食物消耗总量，统计该时期 的进餐人数，计算出每人每日各种食物的摄入量，再按《食物成分表》计算出各 种营养素的摄入量、

记账法的调查步骤为：

(1)逐日查对购买食物的发票和账目，把每日的同类食物量累加，得到一定 时期内各种食物的消耗量。

(2)查出该时期内用膳总人数。

· 395 ·

(3)计算每人每日食物消耗量，并计算出各种营养素的摄人量。

此法所需人力少，可进行全年四季的调查， 一般每个季度调查一个月就能较 好地反映出全年的营养状况。

3.24h 个人膳食询问法

该法是获得个人食物摄入量资料的一个非常有用的方法。不管是大型全国膳

食摄入量调查还是小型研究，都采用这一方法来估计个人的膳食和营养素摄入 量。由于调查目的、条件、环境不同，24h 询问法也有所不同。该法简便易行， 是通过被调查者的回忆得到的资料，为估计数据，但不太准确。

24h 个人膳食询问法的一般调查步骤为：

(1)比较详细地了解被调查者的食物构成种类、每日进餐次数和时间、粗细 搭配情况。了解食物的加工烹调方法、储存条件和时间等。

(2)要求被调查者回顾和描述24h (调查的前一整天)内摄入的全部食物的 种类和数量。

(3)一年内对同一个人调查6次，对每2个月中1日的食物消费进行回顾。 调查表可通过谈话、询问方式填写。

(4)营养素摄入量的计算方法与称重法相同。

4. 膳食营养评价

1)资料整理

无论使用何种调查方法获得的资料都要进行以下计算，并将结果填入表 12-3,以评价膳食营养水平。

(1)每人每日各类食物的摄入量。

(2)每人每日各种营养素的摄入量。

(3)每人每日营养素推荐摄入量 (RNI)。

(4)每人每日营养素摄入量占RNI 的百分数。

(5)食物能量、蛋白质、脂肪的来源及分布。

2)膳食营养评价

将调查资料整理的结果同我国RNI 比较，对膳食营养作出评价。

(1)食物构成我国目前以谷类食物为主食，蔬菜为副食，搭配有少量豆制

品和动物性食品。这种膳食含有人体所需要的各种营养素，在一般情况下可满足 人体的需要。但在特殊生理条件下需要进一步提高，如儿童在生长发育时期应当 有充足的蛋白质、维生素和矿物质，并提供多样化的膳食。

(2)营养素摄入量占RNI 和 AI 的百分数在各种营养素中能量摄入量与需

要量的差别不大，其他营养素的供给量为需要量的1.5～2倍。能量虽然不是营 养素，但它是几种生热营养素的综合表现，对人体影响较大，应当首先考虑。成

· 396 ·

年人能量的摄入量占RNI 的80%以上可以为正常，低于80%为摄入不足，摄入 量长期超过RNI 的30%或更高是无益有害的。儿童的能量摄入量占RNI 的 9 0 % 以上为正常，低于80%为不足。

膳食能量的构成一般为，蛋白质供给的能量占10%～15%,脂肪占20%~ 30%(其中饱和脂肪酸的能量不应超过总能量的10%),其余的能量由碳水化合 物提供，这样的配比较为合适。在生活消费水平低，动物性食物和豆类摄入少 时，谷类、薯类摄取量相对较多，此类食物的能量占总能量的比例高(>70%), 很容易产生蛋白质不足和某些维生素、矿物质的缺乏现象。

蛋白质的营养状况评价，首先要看摄入量是否满足，然后分析品质状况。 一 般来说，动物性蛋白质和豆类蛋白质应占全部蛋白质的30%以上，低于10%就 认为是差的。我国膳食中蛋白质的来源之一是谷类，其中赖氨酸、苏氨酸等为限 制性氨基酸，应通过摄入动物性食物和豆类，互补搭配，提高膳食蛋白质的生物 价。当能量供应充足时，蛋白质摄入量在供给量的80%以上，多数成年人不致 产生缺乏症，长期低于这一水平可能使部分儿童出现缺乏症状。

在进行膳食营养评价时，应当考虑到被调查者的工作和生活环境的特殊需要， 如高温、寒冷、高海拔、噪声、接触有害化学物质等特殊环境下的作业者需要。

12.2.2 体 格 检 查

营养状况的体格检查，就是观察受检者因为机体内长期缺乏某种或数种营养 素，以及摄入不足而引起的生长发育不良等一系列临床症状和体征。体格检查通 常包括体格检查、某些有关的生理功能检查和缺乏症征检查。

1. 体 格 检 查

身体的生长发育和正常体形的维持受遗传影响，也受营养等环境因素的影 响。 一般要测量以下指标：

1)体重

我国常用的标准体重计算公式为：

Broca 改良式 标准体重 (kg)=

平田公式 标准体重 (kg)=

2)身高、胸围及体格营养指数

身高 (cm)- 105。

[身高 (cm)-100]×0.9。

用于学龄以后各年龄的评价标准：正常范围18.5～22.9,轻度消瘦17~ 18.4,中度消瘦16～16.9,重度消瘦<16,超重23～24.9,肥胖25～29.9。



标准值：50～55。

3) 皮脂厚度

测量一定部位的皮褶厚度可以表示或计算体内脂肪量。用皮褶计测量。如三

头肌皮脂厚度标准值为：男12.5mm, 女16.5mm, 测量值为标准值的90%以上 为正常，80%～90%为轻度营养不良，60%～80%为中度营养不良，<60%为重 度营养不良。

4)体质指数

见11.3.2。

除此之外，体格检查中还可以测量顶-臀高及坐高、头围、上臂围等指标。

上述指标中身高和体重较为全面地反映了蛋白质、能量及矿物质的摄取、利 用和储备情况，反映了机体、肌肉、内脏的发育和潜在能力。当能量和蛋白质供 应不足或过量时，体重的变化比身高更为灵敏，因此常作为了解蛋白质和能量营 养状况的重要观察指标。体内脂肪含量与能量供给关系十分密切。测定皮下脂肪 厚度的方法简便易行，被WHO 列为营养调查的必测项目。

2. 症状和体征

营养缺乏病的发生是一个渐进的过程，最先是摄入量的不足或者机体处于某 种应激状态使需要量明显增加，造成体内营养水平的下降。如果营养素的供应持 续得不到满足则会进一步引起组织缺乏，使一些生化代谢发生紊乱、生理功能受 到影响，最后导致病理形态上的异常改变和损伤，此时就表现出临床缺乏体征。 但营养缺乏病的症状及体征往往比较复杂，轻度的营养缺乏病不太典型，检查时 应注意观察不要遗漏，还有些症状及体征是非特异性的，其他因素也可引起，应 仔细鉴别诊断，检查者对受检者体格情况一般营养素缺乏病的症状和体征逐项检 查，并对照参考表12-5。检查完毕，检查者对受检者的营养状况作出准确诊断， 确定其是否正常或存在何种营养缺乏病。

有关营养素摄入过量可能产生不良作用所表现出的症状和体征，资料非常 少。今后应注意调查其有价值的症状和体征。

**表12-5** **营养调查有价值的体征**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 部位  头发 | 体 征  失去光泽，稀少 | 有关的障碍或营养素缺乏  维生素A或蛋白质 |
| 面部 | 鼻唇窝溢脂皮炎 | 核黄素 |
| 眼 | 结膜苍白  毕托氏斑，结膜干燥  角膜干燥，角膜软化  脸缘炎 | 贫血(例如铁)  维生素A  核黄素 |
| 唇 | 口角炎，口角结痂，唇炎 | 核黄素 |
| 舌 | 舌色猩红及牛肉红  舌色紫红 | 烟酸  核黄素 |

· 398 ·

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 部位 | 体 征 | 有关的障碍或营养素缺乏 |
| 齿 | 斑釉齿 | 氟过多 |
| 齿龈 | 松肿 | 抗坏血酸 |
| 腺体 | 甲状腺肿大  腮腺肿大 | 碘  饥饿 |
| 皮肤 | 干燥，毛囊角化  出血点(瘀点)  癞皮病皮炎  阴囊与会阴皮炎 | 维生素A  抗坏血酸  烟酸  核黄素 |
| 指 甲 | 反甲(舟状甲) | 铁 |
| 皮下组织 | 水肿  脂肪减少  脂肪增多 | 蛋白质  饥饿  肥胖 |
| 肌肉和骨骼 | 肌肉消耗  颅骨软化，方头，骨骺肿大  前卤未闭，下腿弯曲，膝盖靠紧 串珠肋  肌肉、骨骼出血 | 饥饿，营养不良  维生素D  维生素D,抗坏血酸  抗坏血酸 |
| 消化系统 | 肝肿大 | 蛋白质—热量 |
| 神经系统 | 精神性运动的改变  精神错乱  损失感觉，肌肉无力  位置感丧失，振动感丧失，膝融 与跟腱反射消失，腓肠肌触痛 | 蛋白质一热量  硫胺素，烟酸 |
| 心脏 | 心脏扩大，心动过速 | 硫胺素 |

资料来源：蔡美琴.2001.医学营养学.上海：上海科学技术文献出版社；李静.1993.人体营养与 社会营养学.北京：中国轻工业出版社

**12.2.3** **生化检验**

生化检验在评价人体营养状况中具有重要地位，特别是在出现营养失调症状 之前，即所谓亚临床状态时，生化检查就可及时反映出机体营养缺乏或过量的程 度。评价营养状况的生化测定方法较多，基本上可以分为测定血液及尿液中营养 素的含量、排出速率、相应的代谢产物以及测定与某些营养素有关的酶活力等。

我国人体营养水平生化检验常用诊断参考指标及临界值列于表12-6,供参 考应用。由于受民族、体质、环境因素等多方面影响，这些方法和数据也是相 对的。

·399 ·

营养水平 生化检验诊断参考指标及临界值

|  |  |
| --- | --- |
| 蛋白质 | 1.血清总蛋白>60g/I.  2.血清蛋白>3.6g/L  3.血清球蛋白>1.3g/L  4. 白/球(A/G)1.5～2.5:1  5.空腹血中氨基酸总量/必需氨基酸量>2  6.血液比重>1.015  7.尿羟脯氨酸系数(mmol/L尿肌酐系数)>2.0～2.5  8.游离氨基酸4～6mg/L(血浆),6.5～9.0mg/L(RBC)  9.每日必然损失N(ONL),男54mg/kg、女55mg/kg |
| 血脂 | 1.总脂4500～7000mg/L  2.甘油三酯200～1100mg/L  3. α-脂蛋白30%～40%  4. β-脂蛋白60%～70%  5.胆固醇1100～2000mg/1. (其中胆固醇酯70%～75%)  6.游离脂酸0.2～0.6mmol/L  7.血酮<2mg/dl |
| 钙、磷 维生素D | 1.血清钙90～110mg/L(其中游离钙45～55mg/L)  2.血清无机磷：儿童40～60mg/L、成人30～50mg/1 |
| 3.血清Ca×p>30～40  4.血清碱性磷酸酶：成人1.5～4.0、儿童5～15菩氏单位  5.血浆25-OH-D3,10～30μg/L,1,25(OH)₂-D₃,30～60ng/L |
| 铁 | 1.全血血红蛋白浓度(g/L),成人(男)>130、成人(女)>120、儿童>120、6岁以  下小儿及孕妇>110  2.血清运铁蛋白饱和度，成人>16%、儿童>7～10%  3.血清铁蛋白>10～12mg/L  4.血液红细胞压积(HCT或PCV),男40%～50%、女37%～48% 5.红细胞游离原卟啉<70mg/L RBC  6.平均红细胞体积(MCV) 80～90μm³  7.平均红细胞血红蛋白量(MCH) 26～32μg |
| 锌 | 1.发锌125～250μg/g(各地暂用：临界缺乏<110mg/g,绝对缺乏<70μg/g  2.血浆锌800～1100μg/L  3.血红胞锌12～14mg/L  4.血清碱性磷酶活性，见上 |
| 维生素A | 1.血清视黄醇，儿童>300μg/L、成人>400μg/L  2.血清胡萝卜素，>800μg/L |

· 400 ·

营养水平 生化检验诊断参考指标及临界值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 维生素B₁ | 24h尿  >100μg | 4h负荷尿  (5mg负荷)  >80μg | 任意一次尿/g肌酐  >66pg | 血  RBC转羟乙醛酶活力 TPP效应<16% |
| 维生素B | >120μg | >800μg | >80gg | >140gg /LRBC |
| 烟酸(N'-Me) | >1.5mg | >2.5mg(5mg负荷) | >1.6mg |  |
| 维生素C | >10mg | >3mg  (500mg口服) | >10mg | >3mg/L血浆 |
| 叶酸 | >3μg/L血浆 >0.16pg/mLRBC | | | |

资料来源：蔡美琴.2001.医学营养学.上海：上海科学技术文献出版社；李静。1993.人体营养与 社会营养学.北京：中国轻工业出版社

在进行生化测定时，取样的种类、方式、时间及保存运输均是十分重要的， 所取的样品应能够反映受检者的营养素摄入水平，而且还考虑到样品容易取得。 目前，最常取用的样品是血液及尿液，但毛发、指甲及某些体液(如汗液、唾 液、胃液等)也可用于测定某些特定营养素的营养状态。

12.3 膳食营养素参考摄入量的制定与应用

**12.3.1** **膳食营养素参考摄入量**

1. 营养需要量与膳食营养供给量

营养(生理)需要量 (nutritional requirement) 是指维持人体正常生理功能 所需要的营养素数量，摄人量低于该数量会对机体产生不良影响；或者说能满足 身体维持生命、发育、生长、妊娠及哺乳所需营养素的最低量，无安全缓冲限， 为满足这一数量，人体必须摄入足够的食物以提供能量、蛋白质、矿物质及维生 素。显然，每个健康人体对于营养素的需要量是特定的，因膳食种类、体重、身 高、年龄、性别、生理状态和体力活动而有所不同，必须考虑存在着个体差异。

每日膳食中营养素供给量 (recommended dietary allowance,RDA) 是以正 常营养(生理)需要量为参考，考虑了人群间个体差异、饮食习惯、应激状态、 食物生产、社会发展等多方面因素，而制定的膳食中必需含有的能量等各种营养 素的数量，膳食营养供给量要略高于营养(生理)需要量，以保证群体中绝大多 数人都能获得所需的营养素。这是一种为保证正常人群健康而提出的膳食质量指 标，是为人群取得良好营养状况而设计的膳食营养准则。

· 401 ·

我国在20世纪50～90年代一直使用不同版本的RDA, 并以防治营养缺乏 病为主要目标。但随着经济发展、食品工业进步、膳食模式的改变，出现了某些 慢性病高发问题，加之有关营养素需要量研究的新进展，都对RDA 提出了新的 修改要求。

2. 膳食营养素参考摄入量

膳食营养素参考摄入量 (dietary reference intake,DRI) 是在RDA 基础建 立起来的，并代替RDA 的每日平均膳食营养素摄入量的参考值，包括4项内 容：①平均需要量 (EAR);② 推荐摄入量 (RNI);③ 适宜摄入量 (AI);④ 可 耐受最高摄入量 (UL)。

膳食营养素参考摄入量的概念已在绪论中论述。

3. 膳食营养素参考摄入量的制定方法

DRI 的制定是通过对人体进行全面的生理、生化测定而得出的，确定DRI 的每一个指标都要作大量的工作，如在有代表性人群中，以特定年龄组为对象， 求出其平均需要量，再按每一年龄组内的统计学上的个体差异，求测健康人群所 需要增加的营养素数量。这些数值有些是在人体直接测定而来，有些则由于研究 技术、人道主义等原因，间接推测估计而来， 一般通过以下方法而获得：

(1)在正常的健康人群中收集食物消费种类、数量及营养素摄入量的数据 资料。

(2)用生物化学方法研究特定营养在组织中的浓度及饱和度，分子功能适应 状况，研究通过合理膳食等方法增加营养食物后的效果改变。

(3)用流行病学方法观察特定人群营养现状以及改进后的效果。

(4)以平衡试验确定特定营养物质的状态与摄入量两者之间的关系，

(5)对营养缺乏病例进行研究，通过耗空和补充试验，对特定受试者，按最

低限度供给特定营养素，使之处于低的或轻度缺乏的状态，再补充定量的该种特 定营养素，观察改善状况。

(6)进行动物试验，并将动物试验的数据资料，外推到人体的需要量上。

(7)由毒理学实验所得最大无作用剂量及人体食用膳食以外的强化食品与膳 食补充剂的观察结果，作为提出UL 的基础。

(8)根据影响各种营养素吸收利用和活性形式转变的因素，结合各国上述特 点，考虑提出DRI 的有效性。

新制定的DRI 指标，将预防营养缺乏病的传统重点扩展到帮助个体和人群 安全地摄入各种营养素，预防与营养有关的慢性病方面。

**12.3.2** **膳食营养素参考摄入量的应用**

由于食物生产、经济收入、气候环境、民族、生活习惯等的不同，不同国家 和地区之间的DRI 也有所区别。附录1是我国营养学会2000年制定的膳食营养 素参考摄入量，主要为人群或个体的健康服务，从宏观上指导食物的生产与分 配，指导特殊生理和职业人群的膳食计划和配给，并作为营养性治疗、营养监 测、食品工业开发新产品、食品营养标签等的依据。

1. 平均需要量

平均需要量是某一个特定人群的平均需要量，主要用于计划和评价群体的膳 食。根据某一年龄、性别组中摄入量低于EAR 个体的百分比来评估群体中摄入 不足的发生率，评价其营养素摄入情况是否适宜。

EAR 也可作为计划或制定人群推荐摄入量的基础。如果个体摄入量呈常态 分布， 一个人群组的目标摄入量可以根据EAR 和摄入量的变异来估计。为了保 证摄入量低于EAR 的个体少于2%～3%,推荐摄入量的平均值应在EAR 加两 个标准差以上。针对个体，可以检查其摄入不足的可能性。如某个体的摄入量低 于EAR 减两个标准差，则可以肯定不能达到该个体需要量。

2. 推荐摄入量

推荐摄入量是个体适宜营养素摄入水平的参考值，是健康个体膳食摄入营养 素的目标。 RNI 不是评价个体或群体膳食质量的标准，也不是为群体作膳食计 划的根据。当某个体的营养素摄入量低于其RNI 时，并不一定表明该个体未达 到适宜营养状态。

RNI 在评价个体营养素摄入量方面的作用有限。如某个体的摄入量低于 RNI, 可以认为有摄入不足的危险；如果某个体的平均摄入量达到或超过RNI, 可以认为该个体没有摄入不足的危险。膳食摄入量或其他任何单一指标都不能作 为评价个体营养状况的根据。摄入量经常低于RNI 可能提示需要进一步用生化 试验或临床检查来评价其营养状况。

应当指出，对个别身高、体重超过此参考范围较多的个体，可能需按每千克 体重的需要量调整其RNI。

3. 适宜摄入量

适宜摄入量是根据某一人群或亚人群能够维持一定营养状态的平均营养素摄 入量，是通过对群体而不是个体的观察或实验研究得到的数据。 AI 主要用于个体 的营养素摄入目标，也用于限制过多摄入的标准。当健康个体摄入量达到AI 时， 出现营养缺乏的危险性很小。如长期摄入超过AI值，则有可能产生不良反应。

· 403 ·

4. 可耐受最高摄入量

可耐受最高摄入量是营养素或食物成分的每日摄入量的安全上限，是一个健 康人群中几乎所有个体都不会产生不良反应的最高摄入水平。 UL 主要用于检查 个体摄入量是否过高，避免发生中毒。当摄入量低于UL 时，不会产生不良反 应，当摄入量超过UL 时，发生不良反应的危险性增加。 UL 对健康人群中最敏 感的成员似乎也不至于造成危险，所以不能用UL 评估人群发生不良反应的危险 性。由于人们食用营养素类强化食品和膳食补充剂日益增多，有必要引入UL 指 导安全消费，在大多数情况下， UL 包括膳食、强化食品和添加剂等各种来源的 营养素之和。

12.4 膳食结构与膳食指南

**12.4.1** **膳食结构**

1. 膳食结构的概念及类型

膳食结构 (dietary pattern)指一定时期内特定人群膳食中动植物等食品的 消费种类、数量及比例关系，它与国家的食物生产加工、人群经济收入、饮食习 俗、身体素质等有关。膳食结构反映了人群营养水平，是衡量其生活水平和经济 发达程度的标志之一

根据这一概念，目前世界各国的膳食结构大体上可划分为以下3种基本 类型：

(1)植物性和动物性食品消费量比较均衡，能量、蛋白质、脂肪摄入量基本 上符合营养标准，膳食结构较为合理，以日本为代表。1990～2002年，日本谷 物、薯类、食糖、酒精饮料等消费有所下降，日本人均谷物消费量由118.6kg 降至113.8kg, 薯类由37.6kg 降至34.1kg, 食糖和甜味剂由33.8kg 降至 22.4kg,酒精饮料由71.2kg降至51.8kg, 肉类、植物油、水果消费增长，鱼类 消费下降，但仍保持较高水平，肉类由38kg增至43.9kg, 植物油由11.8kg增 至14.1kg, 水果由49.7kg增至56.3kg, 鱼类由71.9kg降至66.3kg, 鱼贝类食 用量较大。奶类、大豆、蛋类基本稳定，2002年人均消费量分别为67.1kg、 8.81kg、19.1kg。动物性蛋白质占蛋白质总量的一半，而水产品蛋白质又占动 物蛋白质的一半，这是日本膳食结构的一大优势，在发达国家中是特有的。能 量、脂肪的供给水平低于欧美发达国家，2002年每人日能量为2761.1kcal,蛋 白质91.8g, 脂肪84.6g, 能量、蛋白质摄入量长期保持稳定。能量构成中，碳 水化合物占59.2%,脂肪占26%,蛋白质占14.8%,基本合理，既保留了东方 人膳食的一些特点，同时又吸取了西方膳食的一些长处。

· 404 ·

(2)高能量、高脂肪、高蛋白质的膳食结构，以欧美国家为代表。特点是谷 物消费量少，按人平均每年仅60～70kg, 动物性食品占很大比例，肉类人均年 消费量为100kg左右，奶及奶制品达100～150kg, 食糖和水果吃得多，人均年 消费量分别达到40～60kg 和70～80kg, 营养素过量。2000年，美国人均日摄 入能量3772.1kcal, 蛋白质114.0g, 脂肪151.3g, 在能量构成中，碳水化合物 降至48.4%,蛋白质占15.2%,而脂肪比例达33.3%,英国的能量构成几乎与 美国相同。这种“三高”的膳食结构，虽具有质量好、营养丰富的优点，但也带 来肥胖病、心血管病等不良后果，几乎2/3的美国人超重或肥胖。营养过剩的弊 端已引起人们的普遍关注，美国2005年的膳食指南强调，在选择食物时吃多种 营养素密集的食物和饮料，限制摄入含有高脂肪、高胆固醇、高糖、高盐和酒精 的食物，并增加蔬莱、水果和谷类(特别是粗全谷类制品)的摄入量。

(3)能量基本上满足人体需要，但食物质量不高，蛋白质和脂肪较少，尤其 是动物性食品提供的营养素不足，以素食为主，以印度、非洲等为代表。据 FAO 统计，2000年，印度人均日摄入能量为2427.9kcal, 蛋白质57.1g, 脂肪 47.9g, 而且许多居民绝大部分营养素来自植物性食品。至于目前仍面临饥饿和 营养不良威胁的非洲等地区的一些国家，首先是要解决温饱问题，进而全面提高 营养水平.

2. 我国的膳食结构

1)食物消费情况

目前，我国城乡居民膳食质量明显提高，能量及蛋白质摄入得到基本满足， 谷类、薯类消费量减少，肉、禽、蛋等动物性食物消费量明显增加，优质蛋白比 例上升。与1992年相比，城乡居民动物性食物分别由人均每日消费210g 和69g 上升到248g 和126g, 农村居民膳食结构趋向合理，优质蛋白质占蛋白质总量的 比例从17%增加到31%、脂肪供能比由19%增加到28%,碳水化合物供能比由 70%下降到61%。这种变化与经济发展呈一定的关系，但城市居民肉类及油脂 消费过多，谷类消费偏低。奶类、豆类制品消费量过低是全国普遍存在的问 题(表12-7).

**表12-71982、1992、2002年全国城乡居民的食物摄入量** **[单位：g/(标准人** **·d)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 城乡合计  1982年1992年2002年 | | | 城市  1982年1992年2002年 | | | 农村  1982年1992年2002年 | | |
| 米及其制品 | 217.0 | 226.7 | 239.9 | 217.0 | 223.1 | 217.8 | 217.0 | 255.8 | 248.4 |
| 面及其制品 | 189.2 | 178.7 | 138.5 | 218.0 | 165.3 | 132.0 | 177.0 | 189.1 | 141.0 |
| 其他谷类 | 103.5 | 34.5 | 23.3 | 24.0 | 17.0 | 16.3 | 137.0 | 40.9 | 25.9 |

续表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 城乡合计 1982年1992年 | 2002年 | 1982年 | 城市  1992年 | 2002年 | 农村  1982年1992年2002年 |
| 薯类 | 179.9 86.6 | 49.5 | 66.0 | 46.0 | 31.9 | 228.0 108.0 56.2 |
| 干豆类 | 8.9 3.3 | 4.2 | 6.1 | 2.3 | 2.6 | 10.1 4.0 4.8 |
| 豆制品 | 1.5 7.9 | 11.8 | 8.2 | 11 | 12.9 | 2.9 6.2 11.4 |
| 深色蔬菜 | 79.3 102.0 | 91.5 | 68.0 | 98.1 | 88.1 | 84.0 107.1 92.8 |
| 浅色蔬菜 | 236.8 208.3 | 183.7 | 234.0 | 221.2 | 163.8 | 238.0 199.6 191.3 |
| 腌菜 | 14.0 9.7 | 10.3 | 12.1 | 8.0 | 8.4 | 14.8 10.8 11.0 |
| 水果 | 37.4 49.2 | 45.7 | 68.3 | 80.1 | 69.3 | 24.4 32.0 36.6 |
| 坚果 | 2.2 3.1 | 3.9 | 3.5 | 3.4 | 5.4 | 1.7 3.0 3.3 |
| 畜禽类 | 34.2 58.9 | 79.5 | 62.0 | 100.5 | 104.4 | 22.5 37.6 69.9 |
| 奶及其制品 | 8.1 14.9 | 26.3 | 9.9 | 36.1 | 65.8 | 7.3 3.8 11.2 |
| 蛋及其制品 | 7.3 16.0 | 23.6 | 15.5 | 29.4 | 33.2 | 3.8 8.8 19.9 |
| 鱼虾类 | 11.1 27.5 | 30.1 | 21.6 | 44.2 | 44.9 | 6.6 19.2 24.4 |
| 植物油 | 12.9 22.4 | 32.7 | 21.2 | 32.4 | 40.2 | 9.3 17.1 29.9 |
| 动物油 | 5.3 7.1 | 8.7 | 4.6 | 4.5 | 3.8 | 5.6 8.5 10.5 |
| 糖、淀粉 | 5.4 4.7 | 4.4 | 10.7 | 7.7 | 5.2 | 3.1 3.0 4.1 |
| 食盐 | 12.7 13.9 | 12.0 | 11.4 | 13.3 | 10.9 | 13.2 13.9 12.4 |
| 酱油 | 14.2 12.6 | 9.0 | 32.5 | 15.9 | 10.7 | 6.5 10.6 8.4 |

注：标准人指从事轻体力活动的18岁男子(下同)

资料来源：葛可佑等. 1996.卫生研究，卫生部等.2004.中国居民营养与健康现状

2)膳食营养素摄入量

从表12-8看出，目前我国城乡居民温饱问题已基本得到解决，获得了适量 的食物，膳食、营养状况有了明显改善，营养不良和营养缺乏患病率继续下降， 同时面临营养缺乏与营养失衡的双重挑战。每标准人日摄入能量基本达到 RNI 水平。蛋白质接近 RNI, 略应提高，应增加豆类及豆制品消费量。脂肪城乡差 别较大，但从营养需要看农村人口虽然摄入脂肪较少也不至于产生脂肪缺乏的问 题。维生素中抗坏血酸摄入充足，硫胺素尚好，视黄醇当量和核黄素偏低，应适 当增加有色蔬菜和动物性食物。矿物质中以钙的缺乏最为显著，仅达 RNI 的 50%左右，提倡增加奶及奶制品的消费。铁的摄入从表面上看是充足的，但膳食 中植物性食物来源的非血红素铁较多，吸收率低，成为危害我国妇女和儿童患缺 铁性贫血的主要原因，因此，除改善食物构成外，采用适当铁强化食品是必要 的。铁、维生素A 等微量营养素缺乏是我国城乡居民普遍存在的问题，我国居 民贫血患病率平均为15.2%;2岁以内婴幼儿、60岁以上老人、育龄妇女贫血

· 406 ·

患病率分别为24 .2%、21 .5%和20 .6%;3～12岁儿童维生素 A 缺乏率为 9.3%,其中，城市为3.0%,农村为11.2%;维生素A 边缘缺乏率为45. 1%, 其中，城市为29.0%,农村为49.6%。

**表12-8** **1982、1992、2002年全国城乡居民平均每标准人日营养素的摄入量**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 城乡合计  1982年1992年2002年 | 城市  1982年1992年2002年 | 农村  1982年1992年2002年 | |
| 能量/kcal 2491.3 2328.3 2253.5 2450.0 2394.6 2137.5 2509.0 2294.0 2297.9 | | | | |
| /kJ | 10423.59740.39428.8 | 10250.810019.08943.2 | 10497.79598.1 | 9614.2 |
| 蛋白质/g | 66.7 68.0 66.1 | 66.8 75.1 69.1 | 66.6 64.3 | 64.9 |
| 脂肪/g | 48.1 58.3 76.2 | 68.3 77.7 85.6 | 39.6 48.3 | 72.6 |
| 膳食纤维/g | 8.1 13.3 12.0 | 6.8 11.6 1].2 | 8.7 14.1 | 12.4 |
| 视黄醇当量/μg | 119.5 476.0 478.8 | 147.3 605.5 552.8 | 107.8 409.0 | 450.3 |
| 硫胺素/mg | 2.5 1.2 1.0 | 2.1 1.1 1.0 | 2.6 1.2 | 1.0 |
| 核黄素/mg | 0.9 0.8 0.8 | 0.8 0.9 0.9 | 0.9 0.7 | 0.7 |
| 抗坏血酸/mg | 129.4 100.2 89.8 | 109.0 95.6 83.1 | 138.0 102.6 | 92.3 |
| 钙/mg | 694.5 405.4 390.6 | 563.0 457.9 439.3 | 750.0 378.2 | 371.8 |
| 铁/mg | 37.3 23.4 23.3 | 34.2 25.5 23.8 | 38.6 22.4 | 23.1 |
| 磷/mg | 1623.2 1057.8 980.3 | 1574.0 1077.4 975.1 | 1644.0 1047.6 | 982.1 |

资料来源：葛可佑等. 1996.卫生研究.卫生部等.2004.中国居民营养与健康现状

3)膳食结构

**表12-91992与2002年全国城乡居民膳食结构比较**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 城乡合计 | | 城市 | | 农村 | |
| 1992年 | 2002年 | 1992年 | 2002年 | 1992年 | 2002年 |
| 谷类食物供能比例/% | 66.8 | 57.0 | 57.4 | 47.4 | 71.7 | 60.7 |
| 动物性食物供能比例/% | 9.3 | 13.7 | 15.2 | 19.2 | 6.2 | 11.6 |
| 脂肪供能比例/% | 22.0 | 29.8 | 28.4 | 35.4 | 18.6 | 27.7 |

资料来源：卫生部等.2004.中国居民营养与健康现状

表12-9表明，我国人群的膳食结构正在得到改善。膳食仍以谷类为主，但 来自谷类食物的能量下降，薯类也下降，来自动物性食物、纯能量食物及其他食 物的能量比例明显上升。2002年城市居民每人每日油脂消费量由1992年的37g 增加到44g, 脂肪供能比达到35%,超过世界卫生组织推荐的30%的上限。城 市居民谷类食物供能比仅为47%,明显低于55%～65%的合理范围。

未来我国膳食结构调整的主要方面是，增加牛、羊、禽、水产、蔬菜水果尤 其是奶类和豆类的生产，努力开发及合理利用新的食物资源；针对城镇人口与农 村人口、东南沿海与西北地区、富裕户与贫困户之间日益增大的差距，重点改善 贫困人群食物的生产消费和营养保障，防止营养过剩导致的疾病；食品工业中要 大力发展符合营养卫生标准的营养强化食品，如断奶食品、儿童辅助食品及补 铁、补钙食品等；进行营养教育，制定营养法规。

**12.4.2** **膳食指南**

1. 膳食指南的概念

膳食指南 (dietary guideline) 是依据营养学理论，结合社区人群实际情况 制定的，是教育社区人群采用平衡膳食，摄取合理营养促进健康的指导性意见。

1980年，美国制定了第一版《美国人口的膳食指南》之后，多次修订再版， 2005年版膳食指南中，强调在所需热量内保证充足的营养素，特别是铁、叶酸、 维生素D、维生素Bz, 经常吃高纤维的水果、蔬菜和全谷，少吃含大量饱和脂 肪酸、反式脂肪酸的食物，多吃富含钾的食物和限制盐的摄入。通过调整饮食、 加强运动、控制体重和关注食品安全来预防慢性疾病。

2. 我国的膳食指南

1997年，中国营养学会针对我国居民的膳食需要及膳食中存在的主要缺陷， 制定了《中国居民膳食指南》,主要内容是：

1)食物多样、谷类为主

平衡膳食必须由多种食物组成，才能满足人体各种营养需要，达到合理营 养、促进健康的目的。

多种食物应包括谷类及薯类、动物性食物、豆类及其制品、蔬菜和水果、纯 能量食物五大类。谷类食物是中国传统膳食的主体。提出谷类为主是为了提醒人 们保持我国膳食的良好传统，防止发达国家膳食的弊端。另外要注意粗细搭配， 经常吃一些粗粮、杂粮等，稻米、小麦不要碾磨太精。

2)多吃蔬菜、水果和薯类

红、黄、绿等深色蔬菜中维生素含量超过浅色蔬菜和一般水果，有些水果维 生素及一些微量元素的含量不如新鲜蔬菜，但水果含有的葡萄糖、果糖、柠檬 酸、苹果酸、果胶等物质又比蔬菜丰富。红黄色水果是维生素C 和胡萝卜素的 丰富来源。薯类含有丰富的淀粉、膳食纤维以及多种维生素和矿物质。应当鼓励 多吃这些薯类。

含丰富蔬菜、水果和薯类的膳食，对保持心血管健康、增强抗病能力、减少 儿童发生干眼病的危险及预防某些癌症等方面，起着十分重要的作用。

· 408 ·

3)常吃奶类、豆类或其制品

奶类除含丰富的优质蛋白质和维生素外，含钙量较高，且钙利用率也很高， 是天然钙质的极好来源。给儿童、青少年补钙可以提高其骨密度，从而延缓其发 生骨质疏松的年龄；给老年人补钙也可能减缓其骨质丢失的速度。豆类是我国的 传统食品，含丰富的优质蛋白质、不饱和脂肪酸，钙及维生素B、 维生素 B2、 烟酸等。为提高农村人口的蛋白质摄入量及防止城市中过多消费肉类带来的不利 影响，应大力提倡豆类，特别是大豆及其制品的生产和消费。

4)经常吃适量鱼、禽、蛋、瘦肉，少吃肥肉和荤油

鱼、禽、蛋、瘦肉等动物性食物是优质蛋白质、脂溶性维生素和矿物质的良 好来源。我国相当一部分城市和绝大多数农村居民平均吃动物性食物的量还不 够，应适当增加摄入量。但部分大城市居民食用动物性食物过多，吃谷类和蔬菜 不足，这对健康不利。肥肉和荤油为高能量和高脂肪食物，摄入过多往往会引起 肥胖，还是某些慢性病的危险因素，应当少吃。

5)食量与体力活动要平衡，保持适宜体重

进食量与体力活动是控制体重的两个主要因素，人们需要保持食量与能量消 耗之间的平衡。体重过高或过低都是不健康的表现，可造成抵抗力下降，易患某 些疾病，如老年人的慢性病或儿童的传染病等。经常运动会增强心血管和呼吸系 统的功能，保持良好的生理状态、提高工作效率、调节食欲、强壮骨骼、预防骨 质疏松。

三餐分配要合理。 一般早、中、晚餐的能量分别占总能量的30%、40%、 30%为宜。

6)吃清淡少盐的膳食

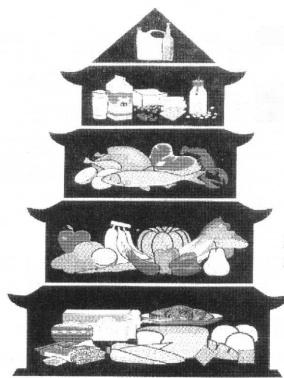
吃清淡膳食有利于健康，即不要太油腻，不要太咸，不要过多的动物性食物 和油炸、烟熏食物。

7)如饮酒应限量

高度酒含能量高，不含其他营养素。过量饮酒对个人健康和社会安定都是有 害的。应严禁酗酒，若饮酒可少量饮用低度酒，青少年不应饮酒。

8)吃清洁卫生、不变质的食物

1992年，根据我国的膳食指南并且结合膳食结构，中国营养学会进一步提 出了《中国居民平衡膳食宝塔》,将平衡膳食的原则转化成消费者每日应吃食物 的种类及相应的数量，并以直观的宝塔形式表现出来，便于人们理解和应用(见 图12-2)。塔基表示谷类及其制品的膳食份数，中部为蔬菜、水果、动物性食品 的份数，塔尖为油脂、糖的份数，体积和份数由下至上依次减少，金字塔图被认 为形象地表达了膳食指南的三个关键，即多样、平衡和适量，已成为一种有效的 营养教育工具广泛使用。

油脂类25g(0.5两)

奶类及奶制品100g(2两)

豆类及豆制品50g(1两)

畜禽肉类50~100g(1两至2两) 鱼虾类50g(1两)

蛋类25~50g(0.5两至1两)

蔬菜类400~500g(8两至1斤) 水果类100~200g(2两至4两)

谷类300~500g(6两至1斤)

图12-2 中国居民平衡膳食宝塔(一日量)

资料来源：中国营养学会.1997

12.5 食 谱 编 制

**12.5.1** **食谱编制的目的和原则**

食谱 (recipe) 是反映膳食的食物配制及烹调方法的一种简明的文字形式， 内容包括食物的种类、数量以及要制成的菜肴名称和烹调方法，每日或几日均可 编制一次。编制食谱的目的，是为了保证人体对能量和各种营养素的需要，并据 此将食物原料配制成可口的饭菜，适当地分配在一天的各个餐次中。编制食谱是 有计划地调配膳食，保证膳食多样化和合理平衡膳食制度的重要手段，从营养学 角度来看，是使食谱食物的质和量方面符合合理的营养原则，组成平衡膳食，满 足用餐者每日需要的能量和各种营养素，防止营养素过剩或缺乏。

另外，对不宜采用普通膳食食谱者，还可分别编制调剂膳食食谱、要素膳食 食谱、素膳食谱、流质膳食食谱等，以满足他们特殊生理、饮食习俗、特殊职业 的需要。

食谱编制的原则有：

(1)按照中国营养学会制定的《中国居民膳食营养素参考摄入量》所规定的 能量和各种营养素的数量来选择食物原料。

(2)按季节及市场食物的变动情况、膳食者的消费水平、食堂设备和厨师的 技术能力，应尽可能以分量少、品种多的方式进行食物调配。

· 410 ·

(3)烹调方式应能使主、副食的感官性状良好和符合多样化的要求，尽量适 应进食者的饮食习惯、民族习惯和地方习惯以及特殊需要。

(4)根据进食者的体力活动强度、生理和生活规律安排进餐的次数和时间， 应将全天的食物适当地分配到各餐中去。每餐要努力做到既有饱腹感，又有舒适 感，营养物质各餐分配也要恰当，不可一餐过多， 一餐过少，或者一周食谱中前 5天清淡，后2天丰盛。

**12.5.2** **食谱编制的步骤与实例**

目前编制食谱的基本方法有计算法、食品交换法和计算机食谱编制法。

计算法是食谱编制最早采用的一种方法，也是其他两种食谱编制方法的基 础。它主要是根据就餐者的营养素需要情况，根据膳食组成，计算蛋白质、脂肪 和碳水化合物的摄入量，参考每日维生素、矿物质摄入量，查阅食物营养成分 表，选定食物种类和数量的方法。食品交换法是根据不同能量需要，按蛋白质、 脂肪和碳水化合物的比例，计算出各类食物的交换份数，并按每份食物等值交换 选择，再将这些食物分配到一日三餐中，即得到营养食谱。计算机食谱编制法是 使用一系列营养软件，利用食物成分数据库进行膳食营养素含量的计算、膳食营 养结构分析、食谱编制等，现在大多数营养工作部门已越来越普遍使用。以食谱 编制的计算法为例，其步骤如下

1)确定能量摄入量

能量摄入量的确定，主要是根据就餐者的性别、年龄、劳动强度、身体状况 等，通过DRI 查得。也可以通过能量消耗法计算，即根据人体维持基础代谢所 需要的能量、食物特殊动力作用所消耗的能量、体力活动所消耗的能量计算人体 所需要的能量。

2)根据膳食组成，计算蛋白质、脂肪和碳水化合物每日的摄入量

我国目前建议每人每日的普通膳食组成为蛋白质10%～15%、脂肪 20%～30%、碳水化合物55%～65%。根据膳食组成及三大产热营养素的能量 系数，计算蛋白质、脂肪和碳水化合物的每日摄入量。

3)大致选定一 日食物的种类和数量

根据以上计算的各种生热营养素摄入量，参考每日维生素、矿物质摄入量， 查阅食物营养成分表，大致选定一日食物的种类和数量。先确定以生热营养素为 主的食物，如谷物、肉类、蛋、油脂等，再确定蔬菜、水果等以供给维生素、矿 物质、膳食纤维为主的食物。 一般成人一 日食物的种类和数量约为：粮谷500g、 动物性食物50～150g、大豆及其制品50g、蔬菜(绿叶菜占1/2)300～500g、 植物油20g 左右。

4)三餐的能量分配比例

早餐：占全天能量总摄入量的25%～30%,并要有足够的优质蛋白质和脂

· 411 ·

肪。因为上午活动量较大，工作效率高，消耗的能量和营养素比例也大。

午餐：在三餐中摄入营养素最多，占全天总能量的40%。要保证碳水化合 物、蛋白质、脂肪的摄入量。

晚餐：占全天总能量的30%～35%。要多配蔬菜、水果和易消化、饱腹感 强的食物，高蛋白质、高脂肪的食物不宜过量，以免影响消化和睡眠，并减少体 脂的积蓄。

5)三餐中各种食物的分配

如果三餐的总能量为12.54MJ(3000kcal), 分配比例确定为早餐为30%、 午餐50%、晚餐20%(其中碳水化合物、蛋白质和脂肪提供能量依次为65%、 12%和23%),根据三餐分配比例，将食物分配到各餐中的计算步骤如下：

(1)首先计算碳水化合物、脂肪和蛋白质分配到早、午、晚餐中的数量。

碳水化合物：

早餐 12540×65%÷16.7×30%=146 (g)

午餐 12540×65%÷16.7×50%=244 (g)

晚餐 12540×65%÷16.7×20%=97 (g)

蛋白质：

早餐 12540×12%÷16.7×30%=27 (g)

午餐 12540×12%÷16.7×50%=45 (g)

晚餐 12540×12%÷16.7×20%=18 (g)

脂肪：

早餐 12540×23%÷37.6×30%=23 (g)

午餐 12540×23%÷37.6×50%=38 (g)

晚餐 12540×23%÷37.6×20%=16 (g)

(2)计算主食摄入量。由于我国食物结构是以碳水化合物和植物蛋白质为主 提供能量和蛋白质，应先计算主食摄入量。

计算时先将蔬菜类固定，300～500g 蔬菜可提供碳水化合物15g, 固定蔬菜 提供的碳水化合物后，剩下的碳水化合物就由主食供给，可依据下列公式计算

食物成分表中营养素含量(%) 例如主食选大米，则需要量为：大米质量=(244-15)×100÷76=301(g)

未知食物的质量(g)= 食物成分表中食物质量(g)× 已知营养素的含量(%)

午餐主食大米约需300g, 再以300g 大米的基数，计算蛋白质和脂肪。查食 物成分表知每100g 大米含蛋白质8g、脂 肪 2g, 蛋白质含量为：8×3=24 (g), 脂肪含量为：2×3=6 (g)。

(3)最后进行副食的选择计算。主食提供的蛋白质和脂肪算出后，依据需要 量，其不足部分由副食补充。

蔬菜中的蛋白质含量除豆类外， 一般都很低。为计算方便， 一般以100g 蔬

· 412 ·

菜中含蛋白质2g 计，如选用400g 蔬菜，则400g 蔬菜含8g 蛋白质。

蛋白质的需要量为：45-24-8=13 (g)

剩余13g 蛋白质，选择只含蛋白质和脂肪而不含碳水化合物的肉、蛋类。为 便于计算，肉类蛋白质量估计为其质量的1/5,即肉类质量为瘦肉类蛋白质的5 倍；肉类所含脂肪， 一般瘦猪肉的脂肪量约为其蛋白质的1.5倍，即将它的蛋白 质质量加上1/2。因此所需瘦猪肉质量为：13×5=65 (g), 瘦猪肉含脂肪量为： 13×1.5=19.5(g)。

午餐的脂肪需要量为38g, 减去瘦猪肉及主食中含脂肪量，为38-19.5-6= 12.5(g)。 其脂肪需要量的差额由植物油补充。

通过计算，确定选择副食为瘦猪肉75g、 白菜250g、芥菜150g、豆油10g。

两个常食菜种为炒白菜、炒芥菜。

确定食物的种类和数量后，再将每一种食物的营养素含量(根据食物成分 表),填入到食物营养素记录表，计算主副食中提供的营养素含量，与 DRI 比 较，见表12-10。

**表12-10** **食物营养素记录表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 类 别 | 食物名称 | 质量/g | 能量/kJ | 蛋白质/g | 脂肪/g | 碳水化合物/g |
| 主食 | 大米 | 300 | 4368 | 24 | 4.2 | 228 |
| 副食 | 瘦猪肉 | 75 | 1112 | 12.5 | 24 | 0 |
| 白 菜 | 250 | 109 | 1.8 | 0.3 | 4 |
| 芥菜 | 150 | 117 | 3.3 | 0.4 | 3 |
| 豆油 | 10 | 376 |  | 10 |  |
| 食物营养量总和 |  |  | 6082 | 41.6 | 38.9 | 235 |
| 营养素摄入量标准 |  |  | 6270 | 45 | 38 | 240 |
| 与摄入量标准比较 |  |  | —3.0% | -7.6% | 2.4% | -2.1% |

资料来源：王尔茂.2004.食品营养与卫生.北京：科学出版社

在计算集体食堂时，可乘以预定份数，即可得出需要的食品原料总量，提供 出符合一定标准的多人次的营养食谱。

6)对每日膳食食谱的营养评价

每日膳食食谱的营养评价是以膳食中营养素含量占DRI 标准的百分比来评 价的。膳食中各种营养素的含量不一定必须达到摄入量值的百分之百，因为所定 的摄入量标准比一般平均需要量高一些。在各种营养素中，能量摄入量与需要量 差别不大，故在评价膳食时，首先考虑能量。 一般能量摄取量为推荐摄入量值的 90%以上可认为正常，低于90%为摄入不足。其他营养素摄取量如在参考摄入

量值的80%以上， 一般可保证大多数人不致发生营养素缺乏；长期低于这个水 平可能使一部分人体内储存降低，有的甚至出现营养缺乏症状；低于60%则可 认为营养素的严重不足，需要修改食谱或补充加餐。

12.6 改善社区营养的宏观措施

**12.6.1** **落实并全面实现《中国食物与营养发展纲要》**

《中国食物与营养发展纲要(2001～2010年)》是结合我国实际制定的，包 括了我国食物与营养发展的指导思想、原则、发展目标，优先发展的领域、地 区、人群以及有关政策措施，体现出新时期人们对营养和健康的追求。

1. 指导思想、基本原则和目标

我国食物与营养发展的指导思想是适应人民生活水平提高和营养改善的要 求，为提高民族素质，动员全社会力量，建设现代食物生产、加工和市场体系， 调整引导我国食物结构向营养、卫生、科学、合理方向发展，提高我国食物消费 与营养水平。基本原则是坚持食物生产与消费协调发展，食物资源利用与保护相 结合，食物质量与安全卫生相结合，优化食物结构与预防疾病相结合。总体目标 是到2010年，全国人均每年主要食物摄入量达到，口粮155kg、 豆类13kg、 蔬 菜147kg、水果38kg、食用植物油10kg、 食糖9kg、 肉类28kg、 蛋类15kg、 奶 类16kg、水产品16kg; 人均每日摄入能量2300kcal、蛋白质77g、脂肪70g、钙 580mg、 铁23mg、 锌 1 2mg、 维生素 B₁1.2mg、 维生素 B₂1.4mg、 维生素 A 755mg.

2. 重点领域、地区与人群

重点领域是加快发展奶类、大豆的生产，提高消费水平，优先支持对主食的 加工，加快食物营养强化和大宗农产品加工转化。重点地区是改善农村特别是西 部农村地区的营养状况，提高农民收入和消费水平。重点人群是少年儿童、妇幼 和老年人群体，保障这些群体的营养供给，满足其特殊需要，减少营养不足和营 养不平衡问题。

3. 各项政策措施

调整食物结构，提高食物综合供给能力；加强法制建设，保护食物资源环 境；依靠科技进步，提高全民营养意识；改善居民营养结构，保障我国食物安 全；加强对食物与营养的领导。

**12.6.2** **大力发展食品工业**

1995年我国企业普查结果表明，食品工业总产值居各工业部门之首，食品 工业在国民经济建设中发挥着越来越重要的作用，对提高人民膳食营养水平、调 整食物结构、提高食物营养成分的利用率、调节食物生产和消费的矛盾等也具有 十分重要的影响。

1. 城乡居民生活水平的逐步提高，对工业食品的质量、品种、特色等 方面提出了新的要求

在小康社会，人们对工业食品的主要需求已从“量”的满足，转向“质”的 提高，城乡食物消费处于由温饱型向小康型过渡的时期，其特点表现为：安全卫 生、营养科学合理、品种丰富多样、食用方便、体现中国食文化。因此，食品工 业产品结构调整的方向必须明确，企业应从这种食品消费需求的趋势中，科学定 位，合理发展。

2. 提高传统主食品和畜产食品的工业化水平，实现膳食营养的新目标

全国食品工业2010年发展规划提出，近年，我国人民膳食营养水平应达到： 人均每日供给热量2450kcal、蛋白质73g (其中动物性蛋白占35%)、脂肪63g, 2010年人均每日供给热量2600kcal、蛋白质77g (其中动物性蛋白占35%)、脂 肪65g。为实现这一 目标，食品工业要加快米、面方便制品加工，大豆加工，淀 粉衍生物加工，油脂加工，肉类，乳类及水产食品加工，促进营养烹饪食品向工 业化发展。

3. 积极发展营养保健食品

推广主食营养强化，在米、面制品中添加人群普遍缺少的维生素和微量元 素，在食用油中添加维生素A 等，在乳中强化钙、铁、锌及维生素。针对老年 人比例上升，老年慢性病高发的特点，着重开发易消化、低盐、低糖、高膳食纤 维、高蛋白以及增强免疫力、缓解衰老的食品。开发推广用于4～24月龄婴幼儿 的营养补充食品、特色儿童奶、学生奶、营养餐等，提高下一代的身体素质。在 充分利用各地资源优势的基础上，不断发展无污染、无公害的安全、优质、营养 的绿色食品，扩大绿色食品的生产规模。

**12.6.3** **实行食品营养标签**

食品营养标签 (food nutrition label) 表达了一个食品的基本营养特性和营 养信息，是消费者了解食品的营养组分和特征的来源。美国、欧盟的食品营养标 签主要内容包括：

(1)专门用于营养标签的“营养素参考数值” (NRV), 该值并不直接使用 DRI 中的任何数据，我国也应研究、制定和完成食品标签专用的营养素参考 数值。

(2)强制标示营养成分。这些强制的、要求在普通食品中标示的营养素是基 于本国居民健康状况和慢性疾病发生率等来制定的，包括了国家对人群某些营养 素的重视和鼓励，对不良膳食行为的纠正和限制的目的。

(3)营养素定义和标示。营养素的名称有化学名、结构名、顺序名以及俗 名。为了规范和统一，规定标签上可以使用的营养素名称，将利于消费者的理解 鉴别、监督者的管理和国内外贸易中的互换。许多国家的营养标签标示中，基本 上采用实际数值的标注方法。

(4)营养声称和营养知识指南。营养声称和营养知识指南作为食品营养属性 的说明和营养教育的工具，越来越受到消费者、生产者和管理者的青睐。目前， 几乎所有国家在营养中都有了这种形式。

20世纪40年代，英国出现了世界上第一个营养标签，对“富含维生素C” 的标识宣传做出规定。现在，食品营养标签已经成为消费者了解食品营养特性， 正确选择食品的一种基本工具，是保证食品质量，规范食品生产经营行为和食品 国际贸易的重要手段，也是对消费者进行营养知识宣教的主流途径之一。我国卫 生部制定的《食品营养标签标准》和《食品营养标签管理办法》,正在向社会各 界公开征求意见，同时，还应提供配套的一系列技术规范，例如各类食品的营养 标签检验方法、质量控制参考物、数值和营养素标识的准则、判断标准、膳食参 考摄入量应用规则等，这对保障食品营养标签的正确执行和实施至关重要。

**12.6.4** **加强营养教育、宣传和立法**

营养教育、宣传和立法主要是传授关于食物选择会怎样影响人们的身体健康 的正确知识，倡导平衡膳食与健康生活方式，促使人们将营养知识用于日常生活 中，提高居民自我保健意识和能力；并且明示国家和政府改善国民营养状况的行 为，明确相关人员的义务和责任。实际上，许多人的营养不良并非由于经济原 因，而是由于缺乏正确的营养知识造成的。我国的营养教育、宣传和执法队伍 由政府、学校、医疗等职业性组织、食品企业、新闻媒体和社会工作者组成。今 后的主要工作内容是：

1. 加速人才培养

在办好高等和职技院校有关营养类专业教育的同时，通过各种形式发展营养 学教育，在临床医学、农业、食品、烹饪、商业、卫生等院校开设有关营养科学 课。将营养知识纳入中小学的教育内容，教学计划要安排一定课时的营养知识教 育，使学生懂得平衡膳食的原则，培养良好的饮食习惯，提高自我保健能力。

· 416 ·

2. 培训在职营养专业人员，在更广泛的领域发挥作用

制定培训计划和作出相应的规定，使营养人才得到合理的使用。有计划地对 从事临床医学、农业、商业、食品、烹饪、卫生、计划等部门的有关人员进行营 养知识培训。建立注册营养师、注册营养技师制度，营养师的工作内容相当多元 化，见表12-11。

**表12-11** **营养师的工作领域**

|  |  |
| --- | --- |
| 职业类别 主要工作内容 | |
| 医院营养 师  团体膳食 营养师 | 营养咨询门诊，提供患者饮食上的咨询与菜单的设计，又可细分为以下两种：①临床咨询营 养师。是医院整体医疗团队的一员，工作内容为住院患者的营养评估及访视、出院患者 的饮食指导和一般民众的营养咨询及对院内医疗人员营养课程的教学。②膳食管理营养 师。着重于伙食的管理、病患及员工的菜单设计、食物成本与分量的控制、监督餐饮的制 备、食品的安全性、厨房卫生的维护等  大型工厂、机关团体、部队和学校，需聘请营养师安排平日的膳食。工作内容着重于菜单的 营养设计、食物采购储存管理、膳食的准备和供应督导，菜色的搭配、食物成本控制、监  督餐饮卫生、营养午餐的研究开发工作 |
| 健身美容对客户进行营养方面的规划与咨询，量身设计完善的菜单，并兼顾热量控制与营养均衡，减 营养师 轻体重并确保健康。这类营养师除具备专业知识外，人际关系的处理也是必备的条件  餐饮企业对厨师和服务人员进行营养指导，设计健康营养又美昧的食谱和菜谱，推广营养健康的饮食 | |
| 营养师  食品企业 营养师  社区营养 师 | 新风尚  负责新产品的开发、推广、行销、企划，包括食品营养成分的分析，以及研究市场上同类产 品的优劣，并加以改进超越。这类营养师对于食品市场潜在的竞争性非常敏感，有助于提 升食品企业的竞争力  主要从事公共营养保健方案之教育推广与咨询，提供主管机关营养问题之评估，相关资料统 计与分析，同时必须经常开办并讲授营养课程，以协助一般民众了解各种饮食与营养方面 的知识。这类营养师有时须配合研究机构进行营养调查 |
| 传播营养通过传播媒介向公众清楚、准确、有效地传播营养知识和营养信息。进行公众的营养教育和 师 膳食指导  运动营养指导专业运动员选择适宜的食品和饮料及摄取时间。指导对健康和运动有益的膳食补充品的 师 选择，来增强体力，提高运动成绩和体力恢复，获得竞争优势  私人营 根据服务对象的身体、经济状况，制定适宜饮食方式、合理的膳食搭配、科学选择食物和膳  养师 食补充品 | |

资料来源：柴巍中等.2004.国外营养教育和营养师发展概况.中国食物与营养，(12):11～13

· 417 ·

3. 利用各种宣传媒介，将营养工作纳入到初级卫生保健服务中

提高初级卫生保健人员的营养知识水平，并通过他们指导居民因地制宜，合 理利用当地食物资源改善营养状况。广泛开展群众的营养宣传教育活动，推荐合 理的膳食模式和健康的生活方式，纠正不良饮食习惯。

4. 营养立法

许多国家很早就意识到营养立法对改善国民营养和国家长远发展的重要性。 美国于1946年开始先后颁布了《国家学生午餐法》、《国家学生早餐法》、《全国 营养监测及相关研究法》等，日本从1947年开始先后颁布了《营养师法》、《营 养改善法》、《学校供餐法》等。我国也应开展营养立法工作，其内容包括建设营 养专业人才队伍、营养调查与营养监测、食品营养标签、学生营养午餐等，这将 对增强国民体质，减少营养不良和失衡，减少与膳食相关疾病，实现协调发展起 重要作用。

**12.6.5** **开发新的食物资源**

随着我国人口结构变化，经济发展，人们食物消费需求以及营养水平的不断 提高，食物生产加工的总供给与总需求矛盾将持续存在。同时，我国动植物资源 极为丰富，应用新科学新技术发掘和利用各类动植物资源、副产品潜力很大。

1)增加蛋白质营养源

应用现代遗传育种技术培育高蛋白小麦、玉米、水稻等粮谷作物新品种；扩 大大豆的生产，加工分离大豆蛋白；进一步开发利用草原、草山和草坡资源，多 种豆科牧草，发展草食畜牧业；从工农业副产品中获取蛋白质，如从油料饼粕、 家畜屠宰废弃物(血液等)、酿造业糟渣、淀粉工业废渣等中提取蛋白质，开发 生产单细胞蛋白质、食用菌等。

2)野生植物资源的开发

我国野生植物资源根据食品工业用途可分为：淀粉植物(野燕麦、蕨等)、 蛋白质植物(各类食用菌等)、油脂植物(油橄榄、胡桃、香榧等)、维生素饮料 植物(刺梨、沙棘、山葡萄等)、蜜源植物(苜蓿、白水苏、大叶桉等)、菜用植 物(蕨菜、绿苋、薇菜等),在注重生态环境保护的同时，开发利用这类资源， 既可扩大食品工业用原料，又能增加营养素，尤其是维生素、微量元素和生物活 性物质的供给.

3)合理和综合利用农副产品

对农副产品进行深加工和综合利用，是开发营养源、降低成本、增加收益的 重要措施，除从农副产品中获取蛋白质外，还要用生物工程和食品工程技术，对 农作物秸秆、谷胚、糠麸、酒糟、动物屠宰副产品、绿色叶枝和牧草、水产品副

· 418 ·

产物等进行综合利用，提取各种营养素和一些生物活性物质，其潜力很大。

**思** **考** **题**

1.简述社区营养的概念和特点。

2.简述营养监测的概念和作用。

3.几种主要营养监测的特点是什么?

4.营养调查的基本方法及内容是什么?

5. 怎样评价膳食营养状况?

6. 简述营养需要量与膳食营养素参考摄入量的内涵与区别。 7.怎样联系实际应用DRI?

8. 了解国内外几种基本的膳食结构，并分析其优缺点。

9. 我国膳食指南的要旨是什么? 10. 怎样应用平衡膳食宝塔?

11. 食谱编制的原则与步骤是什么?

12. 改善社区营养的宏观措施是什么?

(本章编写人：余群力)

**主要参考文献**

蔡美琴.2001.医学营养学.上海：上海科学技术文献出版社.111～126

柴魏中等. 2004.国外营养教育和营养师发展概况.中国食物与营养，(12):11～13

黄圣明.2003.食品工业要为居民提供方便、营养食品.中国农产品加工业年鉴(2002).北京：中国农业 出版社.23～27

李静.1993.人体营养与社会营养学.北京：中国轻工业出版社. 362～370

王尔茂. 2004.食品与营养卫生.北京：科学出版社.84～90

卫生部等. 2004.中国居民营养与健康现状

翟凤英等.1996.24小时个人膳食询问法在中国营养调查中的应用.卫生研究，(25):51～53 中国营养学会.1997.中国居民膳食指南及平衡膳食宝塔

中国营养学会.2000.中国居民膳食营养素参考摄人量.北京：中国轻工业出版社.7～15

Allison A Tates. 1998. Process and development of dietary reference intakes: Basis,need and application of recommended dietary allowances. Nutrition Reviews,(56):S5～9

Beaton G H. 1994. Approaches to analysis of dietary data,relationship between planned analyses and choice of methodology. AmJclin Nutr,5(9):2536～2610

Block G. 1993. Impact of new research on optimal health on the RDAs. In proceedings of a workshop on fu- ture recommended dietary allowances. Rutgers,new Brunswick:NJ. 45～55

Centers for Disease Control. 1991. National nutrition monitoring and related research plan. Atlanta,GA: US Department of Health and Human Services

DGAC. 2005.Dietary guidelines for American

Ekhard E. 1998. Ziegler present knowledge in nutrition. Washington DC:ISI Press

Ha Hug Khoi. 1998. Development of vietnamese recommended dietary allowances and their use for the na-

tional plan of action for nutrition. Nutrition Reviews,56:S25～828

Japanese Ministry of Health and Welfare. 1990. Dietary guidelines for preventing chronic disease. Tokyo:

Health Services Bureau

John B Mason et al. 1994. Nutritional surveillance. WHO

Lewis C1. 1994. Healthy people 2000:report on the 1994 nutrition progress review. Nutr Today,29:6~

14

Life Science Research Office.1990. Core indicators of nutritional state for difficult-to-sample population. J Nutr,120(suppl):1554～1600

US Department of Agriculture, US Department of Health and Human Services. 1995. Dietary guidelines for Americans. 4th ed. Washington DC:US Goverment Printing Office

Week M F.1992. Computer-assisted survey information collection,a review of CASIC methods and their implications for survey operations. Journal of Official Statistics,8:447～461

WHO. 1990. Diet,nutrition and prevention of chronic diseases. Geneva:WHO

Stamler Jet al. 2003. Nutrient intakes of middle age men and women in China, Japan,United Kindom and United States in the late 1990s:The intermap study. J Human Hypertension,17:623～628

年龄/岁

|  |  |
| --- | --- |
| 能量# | 蛋白质 |
| RNI/MJ RNI/kcal | RNI/g |

男 女 男 女 男 女

脂肪

占能量百分

比/%

0~

0.5~

1~

2~

3~

4~

5~

6~

7~

8~

9~

10~

11~

14~

18-

体力活动PAL▲

轻

中

重

孕妇

乳母

50~

体力活动PAL

轻

中

重

60~

|  |  |
| --- | --- |
| 0.4MJ/kg | 95kcal/kg |
| 0.4MJ/kg | 95kcal/kg |
| 4.60 4.40 | 1100 1050 |

5.02 4.81 1200 1150

5.64 5.43 1350 1300

6.06 5.83 1450 1400

6.70 6.27 1600 1500

7.10 6.67 1700 1600

7.53 7.10 1800 1700

7.94 7.53 1900 1800

8.36 7.94 2000 1900

8.80 8.36 2100 2000

10.04 9.20 2400 2200

12.00 9.62 2900 2400

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 10.03  11.29  13.38  9.62  10.87  13.00 | 8.80  9.62  11.30  +0.84  +2.09  8.00  8.36  9.20 | 2400  2700  3200  2300  2600  3100 | 2100  2300  2700  +200  +500  1900  2000  2200 |

1.5～3g/(kg ·d)

1.5～3g/(kg ·d)

|  |  |
| --- | --- |
| 35  40  45  50  55  55  60  65  65  70  75  85 | 35  40  45  50  55  55  60  65  65  65  75  80 |

75 65

80 70

90 80

+5,+15,

+20

+20

75 65

45～50

35～40

30～35

25～30

25～30

20～30

20～30

20～30

续表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄/岁 | |  |  | | --- | --- | | 能量= | 蛋白质 | | RNI/MJ RNI/kcal | RNI/g |   男 女 男 女 男 女 | | | | | | 脂肪  占能量百分  比/% |
| 体力活动PAL▲  轻  中  70~  体力活动PAL▲  轻  中  80~ | | 7.94  9.20  7.94  8.80  7.74 | 7.53  8.36  7.10  8.00  7.10 | 1900  2200  1900  2100  1900 | 1800  2000  1700  1900  1700 | 75 65 20～30  75 65 20～30 | |

注：#各年龄组的能量的RNI 与EAR 相同；

\* 为AI, 非母乳喂养应增加20%;

PAL△, 体力活动水平；

凡表中数字空缺处表示未制定该参考值。

**表** **2** **常量和微量元素的推荐摄入量** **(RNI)** **或适宜摄入量** **(AI)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄 /岁 | 钙  AI /mg | 磷  Al /mg | 钾  AI  mg | 钠  Al  mg | 镁 AI /mg | 铁 | 碘 锌 | 硒 铜 氟 铬 锰 钼 |
| AI | RNI RNI | RNI Al AI AI AI Al |
| /mg | μg /mg | /μg /mg /mg /μg/mg /mg |
| 0～ 300 150 500 200 30 | | | | | | 0.3 | 50 1.5 | 15(Al)0.4 0.1 10 |
| 0.5～ 400 300 700 500 70 | | | | | | 10 | 50 8.0 | 20(Al)0.6 0.4 15 |
| 1～ 600 450 1000 650 100 | | | | | | 12 | 50 9.0 | 20 0.8 0.6 20 15 |
| 4～ 800 500 1500 900 150 | | | | | | 12 | 90 12.0 | 25 1.0 0.8 30 20 |
| 7～ 800 700 15001000 250 | | | | | | 12  男 女 | 90 13.5 男 女 | 35 1.2 1.0 30 30 |
| 11~ 1000100015001200 350 | | | | | | 16 18 | 12018.015.0 | 45 1.8 1.2 40 50 |
| 14～ 1000100020001800 350 | | | | | | 20 25 | 15019.015.5 | 50 2.0 1.4 40 50 |
| 18～ 800 70020002200 350 | | | | | | 15 20 | 15015.011.5 | 50 2.0 1.5 50 3.5 60 |
| 50～ 100070020002200350  孕妇 | | | | | | 15 | 150 11.5 | 50 2.0 1.5 50 3.5 60 |
| 早期800 70025002200400 | | | | | | 15 | 200 11.5 | 50 |
| 中期100070025002200400 | | | | | | 25 | 200 16.5 | 50 |
| 晚期120070025002200400 | | | | | | 35 | 200 16.5 | 50 |
| 乳母120070025002200400 | | | | | | 25 | 200 21.5 | 65 |

注：凡表中数字空缺处表示未制定该参考值。

· 422 ·

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 维生素A | 维生素D | 维生素E | 维生素B₁ | 维生素B2 | 维生素B维生素Bi₂维生素C泛酸 | 叶酸 | **烟酸** | 胆碱 | 生物素 |
| 年龄/岁 | RNI | RNI | Al | RNI | RNI | AI AI RNI AI | RNI | RNI | AI | Al |
|  | /μgRE | /μg | /mga-TE\* | /mg | /mg | /mg /μg /mg /mg | /μgDEF | /mgNE | /mg | /μg |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 0～ 10 3 0.2(AI) 0.4(AI) 0.1 0.4 40 1.7 65(AI) 2(AI) | 100 | 5 |
| 0.5～ 400(AI) 10 3 0.3(AI) 0.5(AI) 0.3 0.5 50 1.8 80(AI) 3(AI) | 150 | 6 |
| 1～ 400(AI) 10 4 0.6 0.6 0.5 0.9 60 2.0 150 6 | 200 | 8 |
| 4～ 500 10 5 0.7 0.7 0.6 1.2 70 3.0 200 7 | 250 | 12 |
| 7～ 600 10 7 0.9 1.0 0.7 1.2 80 4.0 200 9 | 300 | 16 |
| 11～ 700 5 10 1.2 1.2 0.9 1.8 90 5.0 300 12 | 350 | 20 |
| 男 女 男 女 男 女 男 女 |  |  |
| 14～ 800 700 5 14 1.5 1.2 1.5 1.2 1.1 2.4 100 5.0 400 15 12 | 450 | 25 |
| 18～ 800 700 5 14 1.4 1.3 1.4 1.2 1.2 2.4 100 5.0 400 14 13 | 500 | 30 |
| 50～ 800 700 10 14 1.3 1.4 1.5 2.4 100 5.0 400 13 | 500 | 30 |
| 孕妇 |  |  |
| 早期 800 5 14 1.5 1.7 1.9 2.6 100 6.0 600 15 | 500 | 30 |
| 中期 900 10 14 1.5 1.7 1.9 2.6 130 6.0 600 15 | 500 | 30 |
| 晚期 900 10 14 1.5 1.7 1.9 2.6 130 6.0 600 15 | 500 | 30 |
| 乳母 1200 10 14 1.8 1.7 1.9 2.8 130 7.0 500 18 | 500 | 35 |

·

424

· **表4某些微量营养素的可耐受最高摄入量(UL)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年龄 /岁 | 钙 磷 镁 铁 碘 /mg /mg /mg /mg /μg | 锌  /mg | 硒 /μg | 铜 氟 铬 锰 钼  /mg /mg /μg /mg /μg | 维生素A维生素D维生素B₁维生素C | | | | 叶酸 烟酸 胆碱 /μgDFE#/mgNE ·/mg |
| /μgRE | /μg | /mg | /mg |
| 0~ | 10 |  | 55 | 0.4 |  |  |  | 400 | 600 |
| 0.5~ | 30 | 13 | 80 | 0.8 |  |  |  | 500 | 800 |
| 1~ | 20003000 200 30 | 23 | 120 | 1.5 1.2 200 80 |  |  | 50 | 600 | 300 10 1000 |
| 4~ | 20003000 300 30 | 23 | 180 | 2.0 1.6 300 110 | 2000 | 20 | 50 | 700 | 400 15 1500 |
| 7~ | 20003000 500 30 800 | 28  男女 | 240 | 3.5 2.0 300 160 | 2000 | 20 | 50 | 800 | 400 20 2000 |
| 11~ | 20003500700 50 800 | 37 34 | 300 | 5.0 2.4 400 280 | 2000 | 20 | 50 | 900 | 600 30 2500 |
| 14~ | 20003500700 50 800 | 42 35 | 360 | 7.0 2.8 400 280 | 2000 | 20 | 50 | 1000 | 800 30 3000 |
| 18~ | 20003500700 50 1000 | 45 37 | 400 | 8.0 3.0 500 10 350 | 3000 | 20 | 50 | 1000 | 1000 35 3500 |
| 50~ | 20003500▲ 700 50 1000 | 37 37 | 400 | 8.0 3.0 500 10 350 | 3000 | 20 | 50 | 1000 | 1000 35 3500 |
| 孕妇 | 20003000 700 60 1000 | 35 | 400 |  | 2400 | 20 |  | 1000 | 1000 3500 |
| 乳母 | 20003500 700 50 1000 | 35 | 400 |  |  | 20 |  | 1000 | 1000 3500 |

注：\*NE为烟酸当量；#DEF为膳食叶酸当量；▲60岁以上磷的UL为3000mg;凡表中数字空缺处表示未制定该参考值。

年龄 /岁

蛋白质

/(g/kg)

锌

/mg

硒 维生素A维生素D 维生素B₁ 维生素B₂ 维生素C 叶酸

μg μgRE# /μg /mg mg /mg μgDFE

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ()~ | 2.25～1.25 1.5 | 375 | | 8.8\* |  |  |  |  |
| 0.5~ | 1.25～1.15 6.7 | 400 | | 13.8\* |  |  |  |  |
| 1~ | 7.4 | 17 | 300 |  | 0.4 | 0.5 | 13 | 320 |
| 4~ | 8.7 | 20 |  |  | 0.5 | 0.6 | 22 | 320 |
| 7~ | 9.7  男 女 | 26 | 700 |  | 0.5  男 女 | 0.8  男 女 | 39 | 320 |
| 11~ | 13.1 10.8 | 36 | 700 |  | 0.7 | 1.0 |  | 320 |
| 14~ | 13.9 11.2 | 40 |  |  | 1.0 0.9 | 1.3 1.0 | 13 | 320 |
| 18~ | 0.92 13.2 8.3 | 41 |  |  | 1.4 1.3 | 1.2 1.0 | 75 | 320 |
| 孕妇 |  |  |  |  | 1.3 | 1.45 | 66 | 520 |
| 早期 | 8.3 | 50 |  |  |  |  |  |  |
| 中期 | +5 | 50 |  |  |  |  |  |  |
| 晚期 | +5 | 50 |  |  |  |  |  |  |
| 乳母 | +0.18 +10 | 65 |  |  | 1.3 | 1.4 | 96 | 450 |
| 50~ | 0.92 |  |  |  |  |  | 75 | 320 |

注：\*0～2.9岁南方地区为8.88μg,北方地区为13.8μg;#RE为视黄醇当量；凡表中数字缺如之 处表示未制定该参考值。

**附录2** **各种活动的能量消耗率**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 动作名称 | kʃ (kcal)/(m² ·min) | 动作名称 | kJ(kcal)/(m² ·min) |
| 日常生活 |  | 洒水 | 0.445(1.863) |
| 睡眠 | 0.136(0.569) | 提水 | 0.881(3.688) |
| 整理内务、擦地板 | 0.500(2.094) | 搬搬运器具 | 0.757(3.169) |
| 铺被(准备睡觉) | 0.441(1.844) | 站岗放哨 | 0.299(1.250) |
| 穿脱衣服 | 0.393(1.644) | 坐着吃东西 | 0.202(0.844) |
| 梳头 | 0.359(1.500) | 开会 | 0.194(0.813) |
| 刮脸 | 0.374(1.563) | 打电话 | 0.269(1.125) |
| 洗脸 | 0.246(1.031) | 骑自行车(平地一般速度) | 0.718(3.006) |
| 洗澡 | 0.290(1.214) | 坐火车 | 0.293(1.225) |
| 大小便 | 0.234(0.981) | 骑马(走) | 0.368(1.538) |
| 休息(躺) | 0.187(0.781) | 骑马(跑) | 0.980(4.100) |
| 休息(站) | 0.258(1.081) | 骑马(跳跃) | 1.135(4.750) |
| 谈话(站) | 0.266(1.113) | 学习、运动和娱乐 |  |
| 谈话 | 0.251(1.050) | 室内听课 | 0.215(0.900) |
| 散步 | 0.356(1.488) | 听课(有时记笔记) | 0.224(0.938) |
| 步行(中等速度) | 0.400(1.675) | 听课(经常记笔记) | 0.228(0.956) |
| 跑步 | 1.328(5.556) | 上自习(看书) | 0.202(0.844) |
| 上下楼梯 | 1.076(4.500) | 坐着写字 | 0.255(1.069) |
| 刷靴子 | 0.317(1.325) | 念书 | 0.284(1.188) |
| 收拾衣、鞋 | 0.426(1.781) | 卧床看书 | 0.193(0.806) |
| 洗、晒东西 | 0.493(2.063) | 抄黑板报 | 0.234(0.981) |
| 做菜、做饭 | 0.381(1.594) | 站立听讲 | 0.236(0.988) |
| 擦洗食具 | 0.512(2.144) | 站立绘画 | 0.309(1.294) |
| 揉面 | 0.444(1.856) | 小组讨论 | 0.222(0.930) |
| 给人理发 | 0.347(1.450) | 体操(立正) | 0.403(1.688) |
| 剪指甲 | 0.221(0.925) | 体操(头部运动) | 0.299(1.250) |
| 打扫院子 | 0.356(1.488) | 体操(胸部运动) | 0.357(1.494) |
| 清扫沟道 | 0.862(3.606) | 体操(臀部运动) | 0.374(1.563) |
| 擦洗玻璃 | 0.459(1.919) | 体操(腹部运动) | 0.399(1.669) |

· 426 ·

续表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 动作名称 | kJ(kcal)/(m² ·min) | 动作名称 | kJ(kcal)/(m² ·min) |
| 体操(腿部运动)  体操(脚部运动)  体操(背运动)  体操(平衡运动)  体操(弯体运动)  体操(上肢、跳跃等运动)  男子吊环规定联合动作  男子双杠规定联合动作  男子单杠规定联合动作  男子自由体操规定徒手全 套动作  男子自由体操技巧动作 男子跳马规定动作  男子鞍马规定联合动作  女子平衡木规定全套动作 女子平衡木技巧动作  女子自由体操规定徒手全 套动作  女子自由体操技巧动作 女子高低杠基本动作  女子跳马规定动作  广播体操  跳绳  跳箱  跳舞  摔跤  游泳(自由式)  仰泳  侧泳(36.56m/min)  蛙泳  越野赛跑  攀登坡度1:5.7(10kg负荷) | 0.456(1.906)  0.495(2.069)  00.512(2.144)  0.323(1.350)  0.451(1.888)  0.864(3.513)  4.980(20.836)  5.642(23.605)  7.720(32.303)  2.350(9.833)  17816(74.543  11.385(47.636) 9.392(39.295) 2.001(8.374)  3.707(15.509)  2.586(10.082)  5.892(24.653) 2.562(10.719)  12.273(51.350)  0.662(2.769  0.493(2.063)  1.213(5.075)  0.607(2.538)  1.219(5.100  0969(4.056  0.768(3.213)  1207(5.050  1.261(5.275)  1.424(5.956)  1.326(5.550) | 滑雪(平地硬雪、中等速 度 )  室外混合运动  射箭  打排球(练习)  打排球(比赛)  棒球(接球)  打棒球  男子网球单打比赛  男子网球单线定位技术 训练  男子网球多球技术训练  女子网球单打比赛  女子网球单线定位技术 训练  女子网球网前技术训练  女子网球底线移动技术 训练  女子网球发球  打篮球(练习)  打篮球(比赛)  男子自行车准备活动  男子自行车中速运动  女子自行车准备活动  女子自行车中速运动  踢足球  单双杠  划船(51m/min)  划船(69m/min)  划船(97m/min)  看电影  下棋(军棋) | 1.655(6.925)  0.511(2.138)  0.672(2.813)  0.451(1.888)  0.974(4.075)  0.503(2.106)  0.775(3.244)  1.348(5.639)  1.336(5.590)  1898(7.942  1.438(6.016)  1.371(5.737)  1.460(6.107)  1.552(6.493)  0.831(3.477  0.792(3.313  1.382(5.781)  1.090(4.559)  1.683(7.040)  1.100(4.604)  1555 (6.508  1.149(4.806  0.804(3.362  0.551(2.306)  0.859(3.594)  1.506(6.300  0).193(0.806  0.359(1.500) |

续表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 动作名称 | kJ(kcal)/(m² ·min) | 动作名称 | kJ(kcal)/(m² ·min) |
| 坐着吹笛 | 0.317(1.325) | 播种 | 0.807(3.375 |
| 坐着拉手风琴 | 0.284 (1.188 | 堆肥 | 1.126(4.713) |
| 坐着拉提琴 | 0.388(1.625 | 园内挖土 | 1.155(4.831) |
| 唱歌(站) | 0.542(2.269) | 种花生 | 0.497(2.081) |
| 跳集体舞 | 0.963(4.031) | 春米 | 0.766(3.206) |
| 集体游戏 | 0.698(2.919 | 抬筐 | 0.951(3.981 |
| 坐着打扑克 | 0.329(1.375) | 铲土 | 0.904(3.781) |
| 坐着弹风琴 | 0.462(1.931) | 驾驶汽车 | 0.376(1.575) |
| 坐着打鼓 | 0.577(2.413) | 汽车冲洗 | 0.617(2.581 |
| 站着指挥演秦 | 0.336(1.406) | 收拾摩托车 | 0.648(2.713) |
| 站着指挥唱歌 | 0.632(2.643) | 收拾工具 | 0.270(1.131) |
| 生产劳动 |  | 坐着弹钢琴 | 0.359(1.500 |
| 磨镰刀 | 0.538(2.250) | 装卸车轮胎 | 0.493(2.063) |
| 推手推车(载重100kg) | 0.666(2.788) | 用起重机吊汽车 | 0.672(2.813) |
| 推手推车(载重150kg | 0.940(3.931) | 混合水泥 | 0.630(2.638) |
| 打裸麦 | 0.671(2.806) | 清洗马体 | 0.704(2.944) |
| 捆扎小麦 | 1.016(4.250) | 切饲料 | 0.524(2.194) |
| 搭禾堆 | 0.822 (3.438) | 机械锯木 | 0.345(1.444) |
| 耕荒地(人拉) | 1.510(6.319) | 锯软质木 | 0.940(3.931) |
| 耕熟地(人拉 | 1.471(6.156) | 硬木钻孔 | 1.008(4.219) |
| 耕地(用牛) | 0.935(3.913) | 锯硬木 | 1.007(4.213) |
| 驾驶拖拉机耕地 | 0.627(2.625) | 打扫车库 | 0.886(3.706) |
| 打稻子 | 1.231(5.050) | 刨软质木 | 1.087(4.550) |
| 插秧 | 0.807(3.375) | 刨硬木 | 1.222(5.113) |
| 培土 | 1.143(4.781) | 装车 | 1.383(5.788) |
| 用手拔草 | 0.711(2.975) | 推车 | 1.663(6.956) |
| 用镰刀割草 | 0.967(4.044) | 掘坑 | 0.961(4.019) |
| 锄草 | 0.711(2.975) | 包装(装箱) | 0.599(2.506) |
| 割麦 | 0.775(3.244) | 包装(捆箱) | 0.919(3.844) |
| 搬运稻草 | 0.871(3.644) | 用斧砍木 | 1.076(4.500) |

**附录3** **中华人民共和国国家标准**

食品营养强化剂使用卫生标准 GB14880—1994

主题内容与适用范围

本标准规定了食品强化营养素的使用范围及使用量。

标准适用于为增加营养价值而加入食品中的天然或人工的营养素。

引用标准

GB 7718食品标签通用标准

GB 13432特殊营养食品标签

**食品营养强化剂使用卫生标准**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 种类 | 品 种 | 使用范围 | 每千克使用量 | 备 注 |
| 氨基酸 及含氮 化合物 | L-盐酸赖氨酸 | 加工面包、饼干、面 条的面粉 | 1～2 g | 1.谷类及其制品也可按量添加  2.如用L-赖氨酸天冬氨酸盐，需  经折算 |
| 饮液 | 0.3—0.8 g |
| 牛磺酸 | 乳制品、婴幼儿食品 及谷类制品 | 0.3～0.5 g |
| 饮液、乳饮料 | 0.1~0.5 g |
| 维生素类 | 维生素A  (视黄醇或乙酸 视黄酯或棕榈酸 视黄醇) | 芝麻油、色拉油、人 造奶油 | 4000～8000 μg | 1.维生素A添加量均以视黄醇当 量计算  2.1μg视黄醇当量=1μg视黄醇 =3.33 IU维生素A  3.如用β胡萝卜素强化可折算成 维生素A来表示  4.lμgβ胡萝卜素=0.167μg视 黄醇 |
| 婴幼儿食品、乳制品 | 3000～9000μg |
| 乳及乳饮料 | 600～1000μg |
| 维生素D  D₂ (麦角钙化醇) 或D₃ (胆钙化醇) | 乳及乳饮料  人造奶油  乳制品  婴幼儿食品 | 10～40μg 125～156μg 63～125 μg 50～100 μg | μg维生素D=40 IU维生素D |

续表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 种类 | 品 种 | 使用范围 | 每千克使用量 | 备 注 |
| 维生素类 | 维生素E  (d- α生育酚) | 芝麻油、色拉油、人 造奶油、乳制品 | 100～180 mg | 1.以d- α生育酚计算  2.如用dlα生育酚、d-a乙酸生 育酚或dl- α乙酸生育酚强化 · 需经折算  3 . 1mg维生素E=1IU维生素E |
| 婴幼儿食品  乳饮料 | 40～70 mg  10～20 mg |
| 维生素B₁  (盐酸硫胺素) | 谷类及其制品  饮液、乳饮料  婴幼儿食品 | 3～5 mg  1～2 mg  4～8 mg | 1.如固体饮料，则需按稀释倍数 增加使用量  2.如用硝酸硫胺素强化，需经 折算 |
| 维生素B₂  (核黄酸) | 谷类及其制品  饮液、乳饮料  婴幼儿食品  食盐 | 3～5 mg  1～2 mg  4～8 mg  100～150 mg | 1.如固体饮料，则需按稀释倍数 增加使用量  2.如用核黄素衍生物强化，需经 折算 |
| 维生素C  (L-抗坏血酸) | 果泥  饮液及乳饮料  水果罐头  夹心硬糖  婴幼儿食品 | 50～100 mg  120～240 mg  200～400 mg  2000—6000 mg  300～500 mg | 1.如用维生素C磷酸酯镁、抗坏  血酸钠盐、抗坏血酸钾盐、抗 坏血酸-6-棕榈酸盐强化，需经 折算  2.如固体饮料，则需按稀释倍数 增加使用量 |
| 高铁谷类及其制品 (每天限食这类食 品50g) | 800～1000mg |
| 烟酸或烟酰胺 | 谷类及其制品  婴幼儿食品  饮液及乳饮料 | 40～50 mg  30～40 mg  10～40 mg |  |
| 维生素Bi(盐酸 吡哆醇或5-磷酸 吡哆醇) | 婴幼儿食品  饮液 | 3～4 mg  1～2 mg |  |
| 维生素B12(氰钴 胺或羟钴胺) | 婴幼儿食品  饮液 | 10～30 ug  2～6 μg |  |
| 维生素K  (植物甲萘醌) | 婴幼儿食品 | 420～750μg |  |
| 胆碱 | 婴幼儿食品  饮液 | 380～790 mg 50～100 mg |  |
| 肌醇 | 婴幼儿食品  饮液 | 210～250 mg  25～30 mg |  |

· 430 ·

续表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 种类 | 品 种 | 使用范围 | 每千克使用量 | 备 注 |
| 维生素类 | 叶酸 | 婴幼儿食品  妊妇，乳母专用食品 | 380～700 μg  2000～4000 μg |  |
| 冷酸 | 婴幼儿食品  饮液 | 15～28 mg  2～4 mg |  |
| 生物素 | 婴幼儿食品  饮液 | 0.10～0.40 mg 0.02～0.08 mg |  |
| 矿物质类 | 铁：硫酸亚铁 | 谷类及其制品 | 120～240 mg | 1. 以元素铁计强化量：  谷类及其制品24～48 mg/kg 饮料10～20 mg/kg  乳制品、婴幼儿食品60～100 mg/kg  夹心糖600～1200 mg/kg  2.各种铁盐中铁元素含量  硫酸亚铁(含7结晶水)20% 乳酸亚铁(含3个结晶  水)19.39%  柠檬酸铁(含5个结晶  水)16.67%  富马酸亚铁32.9%  葡萄糖酸亚铁12%  柠檬酸铁铵16%  3.铁源也可采用猪血中提取的血 红素铁，强化时以元素铁计 |
| 饮料 | 50～100 mg |
| 乳制品、婴幼儿食品 | 300～500 mg |
| 高铁谷类及其制品 (每日限食这类食 品50g | 860～960 mg |
| 食盐、夹心糖 | 3000—6000 mg |
| 葡萄糖酸亚铁 | 谷类及其制品 | 200～400 mg |
| 饮料 | 80～160 mg |
| 乳制品、婴幼儿食品 | 480～800 mg |
| 高铁谷类及其制品 (每日限食这类食 品50g) | 1400～1600 mg |
| 食盐、夹心糖 | 4800～6000 mg |
| 柠檬酸铁 | 谷类及其制品 | 150～290 mg |
| 饮料 | 60～120 mg |
| 乳制品、婴幼儿食品 | 360～600 mg |
| 高铁谷类及其制品 (每日限食这类食 品50g) | 1000～1200 mg |
| 食盐、夹心糖 | 3600～7200 mg |
| 富马酸亚铁 | 谷类及其制品 | 70～150 mg |
| 饮料 | 30～60 mg |
| 乳制品、婴幼儿食品 | 180～300 mg |
| 高铁谷类及其制品 (每日限食这类食 品50g) | 520～580 mg |
| 食盐、夹心糖 | 1800～3600 mg |

续表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 种类 | 品 种 | 使用范围 | 每千克使用量 | 备 注 |
| 矿物质类 | 柠檬酸铁铵 | 谷类及其制品 | 160～330 mg | 4.其他铁盐如碳酸亚铁、柠檬酸 亚铁、延胡索酸亚铁、琥珀酸 亚铁、还原铁、电解铁也都可 用，强化时以铁元素计 |
| 饮料 | 70～140 mg |
| 乳制品、婴幼儿食品 | 400～800 mg |
| 高铁谷类及其制品 (每日限食这类食 品50g) | 1200～1350 mg |
| 食盐、夹心糖 | 4000～8000 mg |
| 钙：柠檬酸钙 | 谷类及其制品  饮液及乳饮料 | 8～16 g  1.8～3.6 g | 1. 以元素钙计强化量：  饮料及乳饮料0.6～0.8g/kg 谷类及其制品1.6～3.2g/kg  婴幼儿食品3.0～6.0g/kg 2.各种钙盐中钙元素含量：  葡萄糖酸钙9%、碳酸钙40% 磷 酸 氢 钙 ( 含 2 个 结 晶 水 ) 23%、磷酸氢钙(含5个结晶 水)17 . 7%、柠檬酸钙(含4 个 结 晶 水 ) 2 1 % 、 乳 酸 钙 13%、乙酸钙22.2%  3.钙源也可采用牦牛等符合卫生 标准的骨粉、蛋壳粉、活性离 子钙等；其他钙盐，如氯化 钙、甘油磷酸钙、氧化钙、硫 酸钙等均可用，强化时均以元 素钙计 |
| 葡萄糖酸钙 | 谷类及其制品  饮液及乳饮料 | 18～36 p  4.5～9.0g |
| 碳酸钙或生物碳 酸钙 | 谷类及其制品  饮液及乳饮料  婴幼儿食品 | 4～8 g  1～2 g  7.5～15g |
| 乳酸钙 | 谷类及其制品  饮液及乳饮料  婴幼儿食品 | 12～24 g  3～6 g  23～46 g |
| 磷酸氢钙 | 谷类及其制品  饮液及乳饮料  婴幼儿食品 | 10～20 g  2.5～5 g  19～38 g |
| 锌：硫酸锌 | 乳制品 | 130～250 mg | 1. 以元素锌计强化量：  饮液5～10mg/kg  谷类及其制品20～40mg/kg 乳制品30～60mg/kg  婴幼儿食品25～70 mg/kg 2.各种锌盐中锌元素含量：  硫酸锌22.7%  葡萄糖酸锌14%  乳酸锌(含3结晶水)22.2% 3.还可采用氯化锌48%、氧化锌 80%、乙酸锌29.8%,强化时  均以元素锌计 |
| 婴幼儿食品 | 113～318 mg |
| 饮液及乳饮料 | 22.5～44 mg |
| 谷类及其制品 | 80～160 mg |
| 食盐 | 500 mg |
| 葡萄糖酸锌 | 乳制品 | 230～470 mg |
| 婴幼儿食品 | 195～545 mg |
| 饮液及乳饮料 | 40～80 mg |
| 谷类及其制品 | 160～320 mg |
| 食盐 | 800～1000 mg |

· 432 ·

续表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 种类 | 品 种 | 使用范围 | 每千克使用量 | 备 注 |
| 矿物质类 | 碘：碘化钾 | 食盐 | 30～70 mg | 1.碘化钾中含碘量为76.4%,以 元素碘计，食盐强化量为20~ 50 mg/kg,限于地方性甲状腺 肿地区食用  2 . 婴幼儿食品强化量为250~ 480μg/kg |
| 婴幼儿食品 | 0.3～0.6 mg |
| 硒：亚硒酸钠 | 食盐 | 7～11 mg | 1. 以元素硒计强化量：  乳制品、谷类及其制品140~ 280μg /kg  饮液及乳饮料50～200μg /kg 食盐3～5 mg/kg  2.用硒源作为营养强化剂必须在 省级部门指导下使用  3.亚硒酸钠中硒含量为45.7%, 硒酸钠为41.8% |
| 饮液及乳饮料 | 110～440 μg |
| 乳制品、谷类及其 制品 | 300～600 μg |
| 富硒酵母  硒化卡拉胶 | 饮液 | 30 μg/10 mL |
| 片、粒、胶囊 | 20 μg/片、粒胶囊 |
| 镁：硫酸镁 | 乳制品 | 3000～7000 mg | 1. 以元素镁计强化量：  乳制品、婴幼儿食品为300~ 700mg/kg  饮液为140～280mg/kg  2.各种镁盐中镁含量：  硫酸镁(含7结晶水)9 .9% 氯化镁(含6结晶水)12% |
| 婴幼儿食品 | 2000～5800 mg |
| 饮液及乳饮料 | 1400～2800 mg |
| 铜：硫酸铜 | 乳制品 | 12～16 mg | 1. 以元素铜计强化量：乳制品 要幼儿食品配方为3～4mg/ kg,饮液为1～1.25mg/kg  2.各种铜盐中铜元素含量：  碳酸铜54%,硫酸铜(5结晶水)  25.5%,无水硫酸铜39.8% |
| 馨幼儿食品 | 7.5～10 mg |
| 饮液 | 4～5 mg |
| 锰：硫酸锰 | 乳制品 | 0.92～3.70 mg | 1. 以元素锰计强化量：乳制品、 婴幼儿食品为0.3~1.2mg/kg, 饮液为0.16～0.32mg/kg  2.各种锰盐中锰元素含量：硫酸 锰32 . 5%,氯化锰27 . 8%, 碳酸锰47.8% |
| 婴幼儿配方食品 | 1.32～5.26 mg |
| 饮液 | 0.5～1.0 mg |

**附录4** **中国食物与营养发展纲要(2001～2010年)**

从21世纪开始，我国人民生活在总体达到小康水平的基础上继续改善，向 全面建设小康社会迈进。今后十年，将是我国居民食物结构迅速变化和营养水平 不断提高的重要时期。加快食物发展，改善食物结构，提高全民营养水平，增进 人民身体健康，是国民整体素质提高的迫切需要，也是我国社会主义现代化建设 的重大任务。为指导我国食物与营养持续，协调发展，特制定本纲要。

**一、食物与营养发展的基本状况**

( 一)我国食物与营养发展的成就

《九十年代中国食物结构改革与发展纲要》颁布以来，我国国民经济持续发 展，农业和农村经济发展进入了新阶段，实现了农产品供给由长期短缺到总量基 本平衡，丰年有余的历史性转变，人民生活水平不断提高，推动了食物需求持续 增长。全民营养状况得到全面改善。社会主义市场经济体制的逐步建立，为食物 发展创造了良好的外部环境。科技进步已经渗透到食物发展的各个环节，加速了 传统食物的改造，拓宽了食物发展的空间。我国食物与营养进入了一个新的发展 阶段。

1. 食物综合生产能力显著增强。我国粮食的年均生产能力已达到5亿t 的 水平，人均粮食占有量达到400kg 左右。在粮食生产稳步增长的同时，肉、蛋、 水产品以及水果，蔬菜生产都有了快速的增长，为提高人民生活水平奠定了坚实 的物质基础。

2. 食物消费质量明显提高。1990～2000年，全过居民人均收入从904元增 加到1625元(1990年不变价)。人均食物消费支出占生活消费总支出的比重逐 步降低，恩格尔系数从60.3%下降到46.0%。食物消费结果得到了显著改善。 2000年人均消费口粮206kg, 蔬菜110kg, 食用植物油8.2kg, 食糖7.0kg, 肉 类25.3kg, 蛋类11.8kg, 奶类5.5kg, 水产品11.7kg。 与1990年相比，蛋、 奶、水产品人均消费量有较大幅度提高。

3. 居民营养结构有较大改善。20世纪90年代以来，全国居民摄入能量比 较稳定，摄入的蛋白质总量中动物性蛋白质所占的比重有一定增长，膳食质量显 著改善。通过90年代后期部分地区典型监测表明，居民人均每日摄人能量 2387kcal,蛋白质70.5g, 脂肪54.7g。其中城镇居民人均摄入能量2253kcal, 蛋白质69.2g, 脂肪72g; 农村居民人均摄入能量2449kcal,蛋白质71.1g, 脂

· 434 ·

肪46.7g, 基本达到了营养素供给量标准。

(二)当前食物与营养发展中存在的问题

4. 食物生产，消费，营养不协调，生产结构不能满足营养结构改善需要。 从目前情况看， 一是我国优质农产品比重偏低，奶类，大豆等优质食物消费明显 不足。二是城乡居民营养不平衡，地区差异较大城市居民因素膳食不平衡或营养 过剩导致的疾病迅速增多，农村地区特别是贫困地区营养不良现象存在。三是食 品工业发展滞后，产品结构不合理，技术装备总体水平偏低，食品工业值不足农 业产值的40%,加工食品消费量仅占食品消费量的30%,与世界先进国家的差 距较大。

5. 食物质量，安全和卫生存在隐患。部分地区食物生产的环境恶化，受到 工业和城市的污染，生产过程中化肥、农药、兽药、饲料添加剂使用不当，加工 中食品添加剂和技术使用不尽合理，导致部分食物有害物质残留超标，严重影响 人民健康。

(三)食物与营养发展面临的新形式

6. 食物与营养面临新的形式： 一是居民生活水平的不断提高，对事物多样 化，优质化需求明显增加；对食物安全卫生要求不断提高。二是居民食物消费正 处于由小康向更加富裕转型的时期，急需加强对居民食物与营养的指导工作，促 进居民形成良好的饮食习惯。否则，既会造成资源浪费，也可能会影响一代甚至 几代人身体素质的提高。三是世界经济和现代科技的发展，使国际食物与营养产 业呈加速发展趋势，必须加快我国食物与营养工作，以跟上世界发展步伐。

因此，今后十年，我国食物与营养工作面临着十分艰巨的任务，必须调整战 略，转变观念，明确发展重点，制定有效的政策措施，促进食物与营养取得新的 发展。

**二** **、食物与营养发展的指导思想，基本原则和目标**

(一)食物与营养发展的指导思想和基本原则

7. 食物与营养发展的指导思想。适应我国人民生活水平提高和营养改善的 要求，为提高中华民族素质，实现中华民族伟大复兴，动员和号召全社会力量， 加快我国食物与营养的发展。紧紧围绕食物发展的重点领域，重点地区，重点人 群，分类指导，全面推进，建设现代食物生产，加工和市场体系，调整引导我国 食物结构向营养，卫生，科学，合理方向发展，经过不懈努力，使我国居民的食 物消费与营养整体水平有较大幅度提高。

8. 食物与营养发展的基本原则。坚持食物生产与消费协调发展的原则，适

应居民营养改善的需要，建立以农业为基础，以食品工业为龙头的现代食物产业 体系；坚持食物资源利用与保护相结合的原则，合理开发利用各种食物资源，实 现可持续发展；坚持食物质量与安全卫生管理相结合的原则；坚持优化结构与预 防疾病相结合的原则，调整优化食物与营养结构，预防营养性疾病，提高全民营 养和健康水平；坚持继承与创新相结合的原则，发扬中华饮食文化的优良传统， 全面提高食物发展的科技水平，走有中国特色的食物与营养发展道路。

(二)食物与营养发展的目标

9.2010年食物与营养发展总体目标。保障合理的营养素摄入量。人均每日 摄入能量为2300kcal (供给能量为2600kcal), 其中80%来自植物性食物，20% 来自动物性食物；蛋白质77g, 其中30%来自动物性食物；脂肪70g, 提供的能 量占总能量的25%;钙580mg, 铁23mg, 锌12mg; 维生素B₁ 1.2mg,维生素 B21.4mg, 维生素A775mg。

保障合理的食物摄入量。人均每年主要食物摄入量为：口粮155kg, 豆类 13kg, 蔬菜147kg, 水果38kg, 食用植物油10kg, 食糖9kg, 肉类28kg, 蛋类 15kg, 奶类16kg, 水产品16kg。

保障充足的事物供给。2010年全国主要食物生产总量的安全保障目标为： 粮食5.7亿t, 豆类2300万t, 蔬菜3.7亿t,水果7300万t, 油料3400万t,糖 料1.3亿t, 肉类7600万t, 蛋类2700万t, 奶类2600万t, 水产品5000万t。

降低营养不良性疾病发病率。5岁以下儿童低体重发病率降至5%,生长迟 缓发病率降至15%。孕妇和儿童贫血患病率分别降至20%和15%。4个月以内 婴儿的母乳喂养达到普及，4个月以上的婴儿，应逐步补充各种辅助食品。

10.2010年城乡居民食物与营养发展目标。城市居民。人均每日摄入能量 2250kcal,其中75%来自植物性食物，25%来自动物性食物；蛋白质80g, 其中 35%来自动物性食物；脂肪80g, 提供的能量占总能量的28%。人均每年主要食 物摄入量为：口粮135kg, 豆类12kg, 蔬菜160kg, 水果52kg, 食用植物油 10kg, 食糖10kg, 肉类32kg, 蛋类18kg, 奶类32kg, 水产品22kg。

农村居民。人均每日摄入能量2320kcal, 其中84%来自植物性食物，16% 来自动物性食物；蛋白质75g, 其中27%来自动物性食物；脂肪65g, 提供的能 量占总能量的24%。人均每年主要事物摄入量为：口粮165kg, 豆类13kg, 蔬 菜140kg, 水果30kg, 食用植物油10kg, 食糖8kg, 肉类26kg, 蛋类13kg, 奶 类 7kg, 水产品13kg:

**三、** **食物与营养发展的重点领域，地区与群体**

今后十年，针对我国食物与营养发展现状和存在的问题，要优先发展奶类产° 业，大豆产业和食品加工业三个重点食物领域，努力解决好农村和西部两个重点

· 436 ·

地区以及少年儿童、妇幼、老年三个重点人群的食物与营养发展问题。

(一)食物与营养发展的重点领域

我国食物与营养发展的内容多，任务重，领域广，要在整体推进的基础上， 把涉及食物与营养发展的难点和薄弱环节作为今后十年的重点内容，优先发展

11. 奶类产业。加快发展奶业，提高居民奶类消费水平。扶持奶源基地建 设，调整奶畜群结构，改善奶业基础薄弱的状况。加快发展乳制品加工业，支持 开发新的奶产品，促进奶产品的升级换代。大力加强奶业科学研究，提高奶业发 展的科技含量。支持并形成若干个对全国具有带动作用的大型乳品加工企业集 团。加大对奶业发展的支持力度，尽快提高我国居民的奶类食品消费水平，到 2010年居民的乳制品人均消费量比2000年要有大幅度增加。

12. 大豆产业。大力发展大豆产业，促进大豆及其产品的生产和消费，提高 大豆食品的供给水平。支持开展大豆资源，生产，精深加工等方面的科学研究。 大力开拓大豆及其制品的消费市场，优先支持开发新型的大豆食品，用现代高新 技术改造传统豆制品；到2010年，以大豆为基础的优质蛋白质消费量以及深加 工产品消费量要有明显增加，质量要有明显改进。

13. 食品加工业。优先支持对主食的加工，加快居民主要制成品食物的发展 步伐，重点发展符合营养科学要求的方便食品，速冻食品。加快发展食物营养强 化工作，重点推进主食品营养强化，减轻食物营养素缺乏的状况。优先支持我国 传统食品的工业化技术改造，选择并支持若干种具有市场前景和示范作用的传统 食品，提高其科技含量，加快其工业化步伐。优先支持大宗农产品深度开发与加 工利用，逐步提高农产品加工转化程度。

(二)食物与营养发展的重点地区

食物与营养发展需要全民参与，协调发展。要把相对落后的地区作为重点， 加大力度，努力推进。

14. 农村地区。广大农村地区，食物发展不平衡，营养状况相对落后。要加 快农村经济发展，大力推进农业和农村经济结构的调整，切实增加农民收入，提 高食物消费能力。重视农村营养改善，加强农村食物与营养发展的基础设施建 设，改善食物购买与消费环境，开拓农村食物市场。力争到2010年广大农村地 区营养状况有较大改善，农村居民生活质量不断提高，

15. 西部农村地区。西部农村地区食物发展基础较差，食物资源丰富但未能 充分开发利用。要加强食物发展基础设施建设，建立西部食物发展主导产业，保 护生态环境，促进西部地区食物消费，降低西部地区农民营养不良的发生率。采 取综合措施，促进西部地区农民食物与营养状况的不断改善

(三)营养改善的重点人群

营养改善是长期的任务，在注重各类人群营养改善的同时，要切实抓好弱势 人群的营养改善工作。

16. 少年儿童群体。提高民族整体素质，基础在少年儿童。积极组织实施有 关少年儿童营养改善的国家计划。优先保证这一群体的营养供给，提高身体素 质。定期对少年儿童营养健康状况进行监测，实行有针对性的营养指导，使少年 儿童从小形成良好的饮食习惯。建立贫困地区少年儿童营养保障制度，切实解决 农村营养不良儿童所占的比例比2000年减少一半，城市营养失调儿童所占的比 例减少1/3。

17. 妇幼群体。妇女具有特殊营养需要，婴幼儿正处于生命的早期，他们的 营养状况关系到人体一生的健康。要加大妇幼群体营养改善的力度，逐步建立孕 妇，婴儿营养保障制度，防止妇女尤其是孕妇、产妇、哺乳期妇女的营养失衡。 在全面普及母乳喂养的基础上，针对妇幼群体的特殊需要，大力开发适合妇幼群 体消费的系列食品，加强对妇幼食品的市场管理。重点搞好3岁以下幼儿的营养 改善，为提高中华民族新一代的身体素质打下良好基础。

18. 老年人群体。我国60岁以上老年人比例逐渐增大，老年人的营养与健 康越来越成为一个非常重要的社会问题。要建立老年人营养保障制度，关心老年 人膳食营养，做好孤寡老人的膳食供给，加强对老年人的营养保障工作。研究开 发适合老年人消费的系列食物，重点发展营养强化食品和低盐、低脂、低能量食 品。减少老年人营养性疾病的发生率，提高老年人的生活质量和健康水平。

**四、** **促进食物与营养发展的政策措施**

(一)调整结构，提高食物综合供给能力

19. 调整农业结构，提高食物质量。在稳定提高粮食生产能力的基础上，着 力优化食品品种，优化食物品质，优化食物布局，促进食物生产效益大幅度增 长。种植业要由传统的粮食作物-经济作物“二元结构”向粮食作物-经济作物- 饲料作物“三元结构”转变，大力发展名、特、优农产品，形成各具特色的优质 农产品及其加工专用生产区，建立优质食品加工专用原料生产基地，大力发展适 合食品加工业需要的标准化农产品生产。合理和充分利用草地、农作物秸秆等资 源，建立规模养殖场，加快牛、羊、禽特别是奶畜发展，生产优质畜禽食品。在 合理保护渔业资源和水域生态环境的前提下，加快发展水产养殖业，积极开发大 洋性渔业资源，

20. 加强管理，加快食品工业发展。转变政府职能，加强行业规划和协调， 加强监管和服务，实行食品工业产供销一体化。调整食品工业结构，加速传统食

· 438 ·

品工业的优化升级，促进传统食品工业向现代食品工业的转化，建立现代食品工 业体系。开展食品加工机械，包装，储运技术创新，大力发展现代食品科技，提 高我国食品工业科技水平。加强食品工业基础设施建设，做好产品标准化包装， 运输。加强对大宗食物的加工，提高综合利用率。采取措施，严格控制对人们身 心健康危害较大的烟草业，烈性酒的发展。

21. 加强食物市场体系建设，提高食物国际竞争力。逐步建立和完善食物产 地批发市场，城乡集贸市场，连锁超市等零售市场，进行合理布局，形成规范的 生产-批发-零售一体化的市场网络。建立食物快捷运输通道，建设发达的食物流 通体系。参照世界贸易规则，制定我国食物进出口贸易政策，采用国际标准进行 食物生产，加工，发展外向型食品产业。以市场为导向，加强优势食物出口的生 产，提高水果、蔬菜、畜产品、水产品等劳动密集型产品的质量，增强国际市场 竞争能力。加强对食物进出口的检验检疫。

(二)加强法制建设，保护食物资源环境

22. 加强对食物与营养法制建设，完善食物与营养标准体系。加快食物与营 养立法步伐，制定食品管理法规，保证食品安全卫生与人民身体健康。抓紧制定 关于营养师、营养标识、儿童营养等方面的法规，把居民营养改善工作纳入法制 化轨道。加强食物生产，加工，流通过程的标准化建设，加快食物质量，安全， 卫生的标准体系建设，制定不同类别食物与营养标准，科学的指导食物生产和消 费。在大中城市和有条件的地区逐步实行农产品认证制度，规范直接上市农产品 的质量要求。加快食物流通体系的法制建设，规范企业行为，保护生产者与消费 者的权益。

23. 保护食物资源环境，保障食物质量，安全与卫生。加大耕地、草地、水 资源等生态建设和环境保护的力度，逐步改善食物资源环境，保证食物资源可持 续利用。大力推广节地、节水、节能型等食物生产技术，缓解耕地、水资源紧缺 的压力。强化食物生产过程的环境保护，加大食品生产经营企业的治污力度。大 力发展无污染，安全优质，营养丰富的食物生产，加快发展绿色食品和有机食 品，逐步增加名牌精品食物的市场供给。积极稳妥地发展高质量，高效能的保健 食品，满足城乡居民多层次，多样化的需要。加强对食物种植，养殖阶段农药， 兽药的管理，完善有关农药，兽药安全使用管理规定。建立健全食物质量，安全 与卫生检验检测体系，加强对食物生产全过程的监督管理，提高食物质量，确保 食物安全与卫生。

(三)依靠科技进步，提高全民营养意识

24. 加强科技研究，提高食物与营养发展的科技水平。增加食物生产，食品 工业，食物营养卫生及相关领域前瞻性，战略性，公益性科研投入，加强食物发

· 439 ·

展各领域的基础研究和技术开发工作，促进产、学、研相结合，使相关学科相互 渗透和交融，不断增强开发新产品、新技术、新工艺的能力。加强生物技术、信 息技术等高新技术在食物与营养领域的应用研究，显著提高食物产量、质量、安 全和卫生水平。开展食物，营养与健康的相关研究，培养和造就食品与营养科学 研究领域的高层次人才。吸收发达国家的先进经验，注重引进，消化，吸收国外 有关食物与营养的先进技术。

25. 全面普及营养知识，提高全民营养意识。加强对居民食物与营养的指 导，建立用科学的营养知识引导消费和用消费带动生产的新机制，使生产机构， 消费机构和营养机构合理协调。开展多种形式，多种类型的营养知识教育，充分 发挥各种新闻媒体的作用，加强营养知识宣传，提高城乡居民的营养科学知识和 自我保健意识，引导居民的食物消费方向，提高全民科学，合理膳食的自觉性。 加强对中小学生和家长的营养知识教育，把营养健康教育纳人中小学教育的内 容。提高营养师的社会地位，逐步在医院、幼儿园、学校、企事业单位的公共食 堂及餐饮服务业推行营养师制度。

(四)改善居民营养结构，保障我国食物安全

26. 实施有关营养改善行动计划。继续和规范实施国家营养改善行动计划， 国家大豆行动计划，国家学生饮用奶计划等。积极推广学生营养餐，作为国家营 养改善的一项重要工作，成立相应协调机构，制定相关法规，依法加强管理。力 争到2010年，全国大中城市等要有一半以上的中小学生吃上学生营养餐。在经 济落后地区，采取不同形式，保证居民营养供给。对发生严重营养不良的地区， 当地政府要及时采取营养改善措施。

27. 加强营养监测，建立食物安全保障系统。建立和完善食物与营养监测系 统，坚持重点监控与系统监测结合，监测不同地区，不同人群的营养状况。加强 全民食物供给和消费安全。要从国内外两种资源，两个市场来考虑我国食物的安 全，密切关注和研究市场变化，重大自然灾害对食物供给带来的影响，提前做好 各种应对准备，确保我国食物安全。

(五)加强对食物与营养工作的领导

28. 分级管理，部门分工配合，建立现代食物管理体制。《中国食物与营养 发展纲要(2001～2010年)》的实施由农业部牵头协调，国务院各有关部门要紧 密协作，积极配合，加强对食物与营养发展工作的指导，进一步发挥国家食物与 营养咨询委员会的重要作用。地方各级人民政府要高度重视和加强食物与营养发 展工作，结合本地实际，充分考虑不同地区，不同人群的差别和习惯，研究制定 本地区的国民经济和社会发展计划。加快我国食物与营养管理体制改革，建立现 代食物发展管理体系，保证食物与营养发展目标的顺利实现。

· 440 ·

**附录5** **英汉词汇对照**

2,3-diketo-gulonic acid 2,3- 二酮古洛糖酸 basal metabolic rate,BMR 基础代谢率

2-aminoethylsulfonic acid 2-氨基乙磺酸 basal metabolism,BM 基础代谢

6"-()-maionyglycitein 丙二酰黄豆黄素 beriberi 脚气病

6”(-malonydaidzin 丙二酰大豆苷 bifidin 双歧杆菌素

6"-0-malonygenistin 丙二酰染料木苷 bioavailability 生物利用率

acetyl CoA 乙 酰CoA bioflavonoid 生物黄酮

acquired immunodeficiency syndrome,AIDS 艾 滋 biological value,BV 生物价

病——获得性免疫缺陷综合征 bionic food 仿生食品

adaptive immunity 适应性免疫 biotin 生物素

adenosine 3,5 cylic monophosphate or cyclic adenylic Bitot's spots 毕脱氏斑

acid,cAMP 环磷酸腺苷，环腺苷酸 body mass index,BMI 体质指数

adenovirus,ADV 腺病毒 bone minerai density,BMD 骨密度

adequate intakes,AI 适宜摄人量 branching oliogosaccharide 分枝低聚糖

adermin 维生素 Bg, 吡哆素 breast milk 母 乳

adrenergic receptor 肾上腺素能受体 butyric acid 丁 酸

aflatoxin Bi,AFB 黄曲霉毒素 B₁ caffeine 咖啡碱

albinism 白化病 calcitonin gene related peptide,CGRP 降钙素基因

American Diabetes Assoclation,ADA 美国糖尿病 相关肽

协会 calcitonin,CT 降钙素

American Heart Association,AHA 美国心脏协会 calcium 钙

amino acid pattern 氨基酸模式 cancer 癌症

amino acid score,AAS 氨基酸评分 capric acid 癸 酸

|  |  |
| --- | --- |
| amylase 淀粉酶 | caproic acid 己酸 |
| amylopectin 支链淀粉 | caprylic acid 辛 酸 |
| amylose 直链淀粉 | carbohydrate 碳水化合物 |

|  |  |
| --- | --- |
| angiotensin,AGT 血管紧张素 | cardiovascular disease,CVD 心血管疾病 |
| anthocyanin 花青素 | carnitine palmitoyltansferase,CPT 肉碱棕榈酰转 |

antiberiberic factor 抗脚气病因子 **移酶**

antibody,Ab 抗 体 carotene dioxygenase 胡萝卜素双氧化酶

antigen,Ag 抗 原 carotenoid 类胡萝卜素

antineuritic factor 抗神经炎因子 casein phosphopeptide,CPP 酪蛋白磷酸肽

apolipoprotein,APO 载脂蛋白 casein 酪蛋白

apparent digestibility,AD 表观消化率 catalase,CAT 过氧化氢酶

arachidic acid 花生酸 cellular retinol binding protein,CRBP 细胞视黄醇

arachidonic acid,AA 花生四烯酸 结合蛋白

arginine,Arg 精氨酸 chlorin 氯

arteriolosclerosis 小(细)动脉硬化 chlorophyll 叶绿素

cholesterol 胆固醇 dietary reference intake,DRIs 膳食营养素参考摄

choline 胆碱 入量

chondroitin sulfate,CS 硫酸软骨素 dihomogamma-linolenic acid,DGLA 二高γ-亚麻酸

chromene 色原烯 dihydro-nicotinamide adenine dinucleotide phosphate,

chromium 铬 NADPH 二氢烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸，还

chylomicron,CM 乳糜微粒 原型辅酶Ⅱ

clinical nutrition 临床营养(学) disaccharide 双糖

cobalt 钴 docosahexenoic acid,DHA 二十二碳六烯酸

coenzyme Q 辅酶Q dopamine 多巴胺

colchicine 秋水仙碱 doubly-labeled water,DLW 双标记水法

collagen fiber 胶原纤维 doxorubicin,DOX 阿霉素

collagen 胶原质 eicosapentaenoic acid,EPA 二十碳五烯酸

colostrum 初乳 energy 能量

community nutrition 社区营养 epigallocatechin gallate,EGCG 表没食子儿茶素没

complementary action (蛋白质)互补作用 食子酸酯

complement 补体 epigallocatechin,EGO 表没食子儿茶素

conditionally essential amino acid 条件必需氨基酸 epinephrine 肾上腺素

congenital malformation 先天畸形 erucic acid 芥子酸

conjugated linoleic acid 共轭亚油酸 esophagus 食道

conjugated protein 结合蛋白质 essential amino acid,EAA 必需氨基酸

Cordyceps sinensis(Berk.)Sac 冬虫夏草 essential fatty acid,EFA 必需脂肪酸

coronary heart disease,CHD 冠心病 essential hypertension or primary hypertension 原

cortisol 皮质醇 发性高血压

cuprum 铜 estimated average requirement,EAR 平均需要量

cyanocobalamin 维生素 Bz, 也称氰钴胺素、抗恶 estrogen 雌激素

性贫血维生素 extra-hard cheese 特硬质干酪

cyanogenic glycoside 氰苷 facilitated diffusion 易化扩散

cyclic guanylic aeid,cGMP 环磷酸鸟苷，环鸟苷酸 facultative thermogenesis 适应性生热效应

cysteine,Cys 半胱氨酸 fat substitute 脂肪替代品

cytokine 细胞因子 fatty acid binding protein,FABP 脂肪酸结合蛋白

daidzein 大豆素 fatty acid synthetase,FAS 脂肪酸合成酶

daidzin 大豆苷 fatty acid 脂肪酸

dehydroaxcorbic acid 脱氢型抗坏血酸 fatty acyl-CoA,FA-CoA 脂酰辅酶A

dehydroretinol 脱氢视黄醇 ferritin 铁蛋白

dementia 痴呆 flavin adenine dinucleotide,FAD 黄素腺嘌呤二核

dens 牙齿 苷酸

flavin mononucleotide,FMN 黄素单核苷酸

derratitis 皮炎

designed food 设计食品

flavonoid 黄酮类化合物

flavoprotein 黄素蛋白

fluorin 氟

folacin or folic acid,FA 叶酸，即蝶酰谷氨酸

food allergy 食物过敏

Food and Agriculture Organization of the Unite Sta-

diarrhea 腹泻

dietary fibre 膳食纤维

dietary folate equivalent,DFE 膳食叶酸当量

dietary guideline 膳食指南

dietary pattern 膳食结构

· 442 ·

tion,FAO 联合国粮农组织

Food and Drug Administration,FDA (美国)食 品与药品监督管理局

food for specified health use,FSHU 特定保健用 食品

food nutrition label 食品营养标签

food nutrition 食品营养(学)

food 食品

fortification 营养强化

free fatty acid,FFA 游离脂肪酸

free radical 自由基

fructose 果糖

fructo-oligosaccharide 低聚果糖

functional food 功能性食品

functional oligosaccharide 功能性低聚糖

functional polysaccharide 功能性多糖

galactose 半乳糖

galacto-oligosaccharide 低聚半乳糖

gamma aminobutyric acid,GABA y-氨基丁酸

gamma glutamylcyscine,r-glutamylcysteine r-谷

**氨酰半胱氨酸**

Ganodermu lucidum polysaccharide,GLP 灵 芝

**多糖**

gene polymorphism 基因多态性

generally recognized as safe,GRAS 公认安全物质 genetic predisposition 遗传素质

genistein 染料木素

genistin 染料木苷

gestational diabetesmellitus 妊娠期糖尿病

glucose tolerance factor,GTF 葡萄糖耐量因子 glucose **葡萄糖**

glutamine,Gln 谷氨酰胺

glutathione peroxidase,GPX 谷胱甘肽过氧化物酶 glutathione peroxidase,GSH-Px 谷胱甘肽过氧化

**物酶**

glutathione,GSH 谷胱甘肽

glycemic index,GI 血糖生成指数

glycitein 黄豆黄素

health food **保健食品**

health **健康**

hematocrit or packed cell volume,HCT or PCV 红

细胞压积

hemoglobin,Hb 血红蛋白

hemosiderin 含铁血黄素

heparin 肝素

herpes simplex virus-1,HSV-1 单纯疱疹病毒 I型 high density lipoprotein,HDL 高密度脂蛋白

high density lipoprotein-cholesterol,HDL-C 高 密

度脂蛋白胆固醇

histidine,His 组氨酸

homocysteine,Hcy 同型半胱氨酸，也称高半胱

**氨酸**

hormone 激素

human chorinonic somatomammotropin,HCS 人绒 毛膜生长素

human chorionic gonadotrophin,HCG 人绒毛膜促 性腺激素

human immunodeficiency virus-1,HIV-1 人免疫缺 陷病毒1型，艾滋病病毒I型

buman nutrition 人类营养(学)

human promyelocytic leukemla HL-60 cell,HL-60 人早幼白血病细胞 HL-60

hyaluronic acid,HA 透明质酸

hyperhomocysteinemia,HH(e) 高同型半胱氨酸

血症

hypertension 高血压

immunity 免疫

immunoglobulin,Ig 免疫球蛋白

index of nutritional quality,INQ 营养质量指数 infant 婴儿期

inferior health or sub health 亚健康

innate immunity 先天免疫，固有免疫，也称非特 异性免疫 (non-specific immunity)

inositol 肌醇

insulin,INS 胰岛素

Insulin-like Growth Factor Binding Protein- 1,IG-

glycitin 黄豆苷，黄豆黄苷

glycogen 糖 原

grape procyanidin,GPC 葡萄原花青素

gustin 味觉素， 一种唾液蛋白

hard cheese 硬质干酪

FBP-1 胰岛素样生长因子结合蛋白-1

integrative energy index,IEI 综合能量指数 Interferon,IFN 干扰素

interleukin,ⅡI 白细胞介素

International Council for Controlling lodine Deficien-

cy Disease,ICCIDD 国际控制碘缺乏病理事会 majoi histocompatibility complex,MHC 主要组织

international life science institute,ILA 国际生命科 学院

intrinsic factor,IF 内因子

iodine 碘

iron deficiency anemia,IDA 缺铁性贫血

iron 铁

isoleucine,Ile 异亮氨酸

isomaltooligosaccharide 低聚异麦芽糖

isomaltulose 异麦芽酮糖

isothiocyanates,ITS 异硫氰酸盐

iso-flavone 异黄酮

kalium 钾

konjac glucomannan,KGM 魔芋多糖，即魔芋葡甘

聚糖

lactoalbumin 乳白蛋白

lactoferrin 乳铁蛋白

lactose intolcrance,LI 乳糖不耐症

lactose 乳糖

lactosucrose 低聚乳果糖

lauric acid 月桂酸

Lentinus edodes polysaeecharide,LEP 香茹多糖 leucine,Leu 亮氨酸

limiting amino acid 限制氨基酸

linoleic acid 亚油酸

lipids 脂类

lipocyte 脂肪细胞，储脂细胞，类脂储存细胞 lipofuscin 脂褐素

lipoic acid,LA 硫辛酸

lipoprotein lipase,LPL 脂蛋白脂酶

low birth weight,LBW 低出生体量儿

low density lipoprotein,LDL 低密度脂蛋白

low density lipoproteins-cholesterol,LDLC 低 密

度脂蛋白胆固醇

Lyciun barbarum polysaccharide,LBP 枸杞多糖 lycopene 番茄红素

lymphokine-activated killer cell,LAK 淋巴因子激 活杀伤细胞

lysine,Lys 赖氨酸

lysophosphatidic acid,LPA 溶血磷脂酸

L-carnitine 左旋肉碱，又称肉毒碱

macroelement 常量元素

magmesium 镁

相容性抗原复合物

malnutrition 营养不良

maltose 麦芽糖

manganese 锰

manganess superoxide peroxidase,MnSOD 锰超氧

**化物歧化酶**

mannosyl retiny phosphate,MRP 甘露糖视黄醇

**磷酸**

mean corpuscular hemoglobin,MCH 红细胞平均 血红蛋白含量，红细胞血红蛋白量

mean corpuscular volume,MCV 平均红细胞体积 megaloblastic anemia 巨幼红细胞贫血

melatonin 褪黑素或松果体素

metallothionein,MT 金属硫蛋白

methemoglobin,MHb 高铁血红蛋白

methionine,Met 蛋氨酸

methylene tetrahydrofolate reductase,MTHFY 亚 甲基四氢叶酸还原酮

microelements or trace element 微量元素 milk formulas 配方奶粉

mineral 矿物质

molybdenum 钼

monosaccharide 单糖

monounsaturated fatty acid,MUFA 单不饱和脂

肪酸

mouth 口腔

myristic acid 肉豆蔻酸

nasopharyngeal carcinoma(NPC)KB cell,KB cell

**鼻咽癌KB** **细胞**

natrium 钠

negative nitrogen balance 负氮平衡

nervonic acid 神经酸

net protein utilization,NPU 蛋白质净利用率 net protein utilization,NPU 净蛋白利用率 neural tube defect,NTD 神经管畸形

neuritis 神经炎

neuropeptide Y,NPY 神经肽Y

nicotinamide adenine dinucleotide phosphate,NADP

烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸，辅酶Ⅱ

nicotinamide adenine dinucleotide,NAD **烟酰胺腺**

嘌呤二核苷酸，辅酶Ⅱ

nicotinamide 烟酰胺

· 444 ·

nicotinic acid or niacin 尼克酸，烟酸，维生素PP night blindness 夜盲症

nitrogen balance,NB 氮平衡

non-cssential amino acid.NAA 非必需氨基酸 non-nutrient 非营养素

non-observed adverse effect level,NOAEL 无毒副 反应水平

nordihydioguaiaretic acid,NDGA 去甲二氢愈创

木酸

norepinephrine 去甲肾上腺素

nucleic acid 核酸

nucleoprotein 核蛋白

nutrient density 营养素密度

nutricnt 营养素

nutrition deficiency 营养缺乏

nutrition excess 营养过剩

nutrition or nutriology 营养学

nutrition policy 营养政策

nutritional food 营养食品

nutritional requirements 营养(生理)需要量

nutritional supplement 营养补充剂

nutritional surveillance 营养监测

nutritional value 营养价值

nutrition 营养

N-acetylcysteine,NAC N-乙酰半胱氨酸

N cthylglutamine,y-glutamylethylamide N-乙基-

1.谷氨酰胺或γ-谷胺酰乙酰胺，又称茶氨酸 ob protcin 肥胖蛋白

obesity 肥胖

obligatory nitrogen loss,ONL 必要氮损失 oil and fat mimic 油脂模拟品

oil and fat substitute 油脂替代品

oleic acid 油酸

oligosaccharide 低聚糖，即寡糖

ornithine transcarbamylase,OTC 鸟氨酸氨甲酰转 移酶

oryzanol 谷维素

osteogenesis 成骨作用

osteolysis 溶骨作用

osteoporosis 骨质疏松症

oxidized glutathione, GSSG 氧化型谷胱甘肽

palatinose 异麦芽酮糖，也称帕拉金糖

palmitic acid 棕榈酸

palmitoleic acid 棕榈油酸

pangamic acid 潘氨酸，也称泛配子酸

pantothenic acid 泛酸

paraoxonase,PON 对氧磷脂酶

parathormone,PTH 甲状旁腺激素

para-aminobenzoic acid,PABA 对氨基苯甲酸 pellagra 癞皮病

peroxisome proliferator activated receptor,PPAR

过氧化物酶体增生物激活受体

pharynx 咽

phenylalanine,Phe 苯丙氨酸

phosphoenopyruvate carboxykinase,PEPCK 磷酸

烯醇式丙酮酸羧激酶

phospholipid 磷脂

phosphorus 磷

physical activity level,PAL 体力活动水平 phytochernical 植物化学物

phytostanol 植物甾烷醇

placental abruption 胎盘早剥

polyphenol 多酚类

polyunsaturated fatty acid,PUFA 多不饱和脂

肪酸

positive nitrogen balance,PNB 正氮平衡 prealbumin,PA 前白蛋白

preeclampsia 先兆子痫

pregnancy-induced hypertension syndrome,PHS 妊 娠期高血压症，简称妊高症

pregnancy 妊娠

premature 早产儿

preschool children 学龄前儿童

proanthocyanidin,PC 原花青素

probiotic 益生菌

procyanidolic oligomei,OPC 低聚花青素 procyanidolic polymer,PPC 高聚花青素 progesterone 孕 酮

progestogen 孕激素

prolactin,PRL 催乳素

propylgallate,PG 没食子酸丙酯

prostaglandin,PG 前列腺素

protein digestibility corrected amino acid score,PD-

CAAS 经消化率修正的氨基酸评分

protein digestibility 蛋白质消化率

protein effciency ratio,PER 蛋白质功效比

protein-energy malnutrition,PEM 蛋白质-能量营 养不良

protein 蛋白质

pteroylpolyglutamate hydrolase,PPH 蝶酰多谷氨

**酸水解酶**

puerarin xyloside 葛根木糖苷

puerarin 葛根素

pyridoxal phosphate,PLP 磷酸吡多醛

pyridoxal,PL 吡哆醛

pyridoxamine phosphate,PMP 磷酸吡多胺 pyridoxamine,PM 吡哆胺

pyridoxine,PN 吡哆醇

raffinose 棉籽糖

receptive relaxation 容受性舒张

recipe 食谱

reconmended dietary allowance,RDA 推荐摄入量 recommended nutrient intake,RNI 推荐摄入量

reference protein 参考蛋白质

respiratory quotient,RQ 呼吸商

retinoic acid 视黄酸

retinol 维生素 A, 视黄醇

retinyl aldehyde,retinal 视黄醛

retionl binding proetin,RBP 视黄醇结合蛋白

riboflavin 核黄素，维生素B₂

rickets 佝偻病

rotavirus,RV 轮状病毒

salicylic acid 水杨酸

salivary gland 唾液腺

saponins 皂苷，也称皂素或皂草苷

sapotoxin 皂毒素

saturated fatty acid,SFA 饱和脂肪酸

scurvy 坏血病

secondary hypertension 继发性高血压

secondary lactose intolerance,SLI 继发性乳糖不 耐症

selenate 硒酸盐

selenite 亚硒酸盐

selenium-containing protein 含硒蛋白

selenium 硒

selenomethionine,SeMet **硒蛋氨酸**

selenophosphat synthetase,SPS 硒代磷酸合成酶 selenoprotein,SeP 硒蛋白

semi-essential amino acid 半必需氨基酸

serine,Ser 丝氨酸

simple protein 单纯蛋白质

singlet oxygen 单线态氧

single-cell protein,SCP 单细胞蛋白质

slow release potassium 慢释钾

small for gestational age infant,SGA 小于胎龄儿 small intestine 小肠

social nutrition 社会营养(学)

soft cheese 软质干酪

sorbitol 山梨醇

soybean oligosaccharide 大豆低聚糖

sphingolipid (神经)鞘脂类

stachyose 水苏糖

standardization 标准化

starch 淀粉

stearic acid 硬脂酸

steroidal saponin 甾体皂苷

sterol regulatory element binding protein,SREBP 固醇调节元件结合蛋白

sterols 固醇类

stomach 胃

stored fat 蓄积脂肪

succinyl CoA 琥珀酰辅酶A

sucrose 蔗糖

superoxide dismutase,SOD 超氧化物歧化酶

taurine,Tau 牛磺酸，氨基乙磺酸

tea polyphenol,TP 茶多酚

tea polysaccharide complex,TPC 茶叶多糖复合物 tetrahydro-folic acid,THFA,FH₄ 四氢叶酸

theanine 茶氨酸

theobrominc 可可碱

theophylline 茶叶碱，简称茶碱

thermic effect of exercise,TEE 运动热效应 thermic effect of food,TEF 食物热效应

thiamin monophosphate, TMP 单磷酸硫胺素 thiamin pyrophosphate,TPP 焦磷酸硫胺素 thiamin triphosphate,TTP 三磷酸硫胺素

thiamine 维生素B₁, 硫胺素

threonine,Thr 苏氨酸

tissue.transglutaminase,TTG 组织型转谷氨酰 胺酶

tocopheroxyl radical 生育酚羟自由基，维生素E 自 由基

· 446 ·

tolerable upper intake level,UL 可耐受最高摄

入量

tonic contraction 紧张性收缩

total cholesterol,TC 总胆固醇

total parenteral nutrition,TPN 全胃肠外营养 transcription 转录

transferrin receptor,TfR 转铁蛋白受体

transferrin 运铁蛋白

transketolation 转酮醇作用

translation 翻译

triglyceride,TG 甘油三酯

triglyceride 甘油三酯

tripletoxygen 三线态氧

triterpenoid saponin 三萜皂苷

true digestibility,TD 真消化率

tryptophan,Trp 色氨酸

tumor necrosis factor,TNF 肿瘤坏死因子 tumour 肿瘤

tyroid stimulating hormone,TSH 促甲状腺激素 ubiquinone 泛醌

United Nations International Children's Emergency Fund,UNICEF 联合国儿童基金会

uridine diphosphate glucose,UDPG 尿苷二磷酸葡

萄糖

uridine triphosphate,UTP 尿苷三**磷酸**

vaccinia virus,VV 牛痘病毒

valine,Val **缬氨酸**

variable lipid 可变脂，或动脂

vascular endothelial growth factor,VEGF 血管内 皮(细胞)生长因子

vascular smooth muscle cell,VSMC

血管平滑肌

极低密度脂

细胞

very low density lipoprotein,VLDL

蛋白

vesicular stomatitis virus,VSV 水疱性口炎病毒 vitamin D receptor,VDR 维生素 D 受体

vitaminization 维生素化

World Health Organization,WHO 世界卫生组织 xerophthalmia 干眼病

xylooligosaccharide 低聚木糖

young children 幼儿

zero nitrogen balance 零氮平衡

zinc deficiency 锌缺乏征

Zinc 锌

a-linolenic acid α-亚麻酸

γ-linolenic acid,GLA γ-亚麻酸

(R-1828.0101】

**普通高等教育“十五”国家级规划教材**

**食** **品** **营** **养** **学**

**高等教育分社生命科学编辑部**

联系电话：010-64019815

e-mail:bio@mail.sciencep.com

**ISBN** **7-03-017097-0**

ISBN 7-03-017097-0

9 787030 **定价：35.00元**