



全国高校教材学术著作出版审定委员会审定

SHIPIN ANQUAN

YU RENTI JIANKANG

食品安全

与人体健康

胡敏予 主编 ▶▶▶

化学工业出版社



全国高校教材学术著作出版审定委员会审定

SHIPIN ANQUAN

YU RENTI JIANKANG

食品安全

与人体健康

胡敏予 主编 ▶▶▶



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统介绍了食物能量、营养素及饮水与人体健康的关系,食物的消化、吸收及代谢,个人生活方式对人体健康的影响,我国食品标准体系及食品安全的法律框架,生活中食品安全隐患、食品安全常识、营养食谱的编制以及常见食品的选购,期望能帮助受众提高应对食品安全风险的能力。

图书在版编目(CIP)数据

食品安全与人体健康/胡敏予主编. —北京:化学工业出版社, 2013. 9

ISBN 978-7-122-18212-8

I. ①食… II. ①胡… III. ①食品安全-关系-健康-基本知识 IV. ①TS201.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 192984 号



责任编辑:刘亚军

装帧设计:张辉

责任校对:宋玮

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

印装:北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张12 字数297千字 2013年11月北京第1版第1次印刷

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

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:35.00 元

版权所有 违者必究

本书编写人员名单

主编：胡敏予

编者（以姓氏笔画为序）：

邓学良（中南林业科技大学）

让蔚清（南华大学）

朱明元（中南大学）

任国峰（中南大学）

刘庆武（湘南学院）

刘鹏飞（湘潭职业技术学院）

李 良（南华大学）

李明志（中南大学）

杨丽娜（中南大学）

陆 俊（中南林业科技大学）

胡敏予（中南大学）

秦 虹（中南大学）

黄 晓（湘南学院）

前 言

随着社会的发展和人们生活水平的提高，食物营养特别是食品安全越来越受到广大消费者的关注。2011年5月，国务院颁布了《食品安全宣传教育纲要（2011—2015）》，要求必须通过多种形式广泛深入开展食品安全宣传教育活动，在社会科普任务中强调开展“食品安全进社区、农村、校园”活动。本书将从食物中对人体有益的成分及人体摄取和利用这些成分维持、促进健康的角度出发，以中国居民膳食指南及膳食宝塔为基础，以全国慢性病预防控制工作规范（试行）为指导，以《中华人民共和国食品安全法》为蓝本，围绕食品中可能存在的、危害人体健康的有害因素之营养与安全的主题展开。内容包括：食物能量及营养素与人体健康，饮水与人体健康，食物在体内的消化、吸收及代谢，生活方式与人体健康，我国食品标准体系，我国食品安全的法律框架与职能职责，生活中食品安全隐患与人体健康，生活中食品安全常识与人体健康，营养食谱的编制及常见食品的选购。望能帮助受众树立科学的食品消费理念，提高食品安全意识和预防、应对风险的能力。

本书主要作为高校大学生素质教育教材使用，也可作为食品科学、预防医学等相关学科的本科生、研究生和教师的参考书。

限于编者的水平，本书可能存在缺点和不妥之处，敬请同行专家、使用本书的师生和其他人员不吝指教，以在再版时改进。

编者
2013年6月

目 录

第一章 食物能量及营养素与人体健康	1
第一节 膳食营养素参考摄入量	1
第二节 人体的能量需要	2
第三节 蛋白质与人体健康	4
第四节 脂类与人体健康	8
第五节 碳水化合物与人体健康	10
第六节 矿物质与人体健康	11
第七节 维生素与人体健康	20
第二章 饮水与人体健康	32
第一节 水的生理功能	32
第二节 科学饮水	35
第三章 食物在人体内的消化、吸收及代谢	41
第一节 食物在人体内的消化	41
第二节 食物在人体的吸收	50
第三节 食物在人体内的代谢	55
第四章 生活方式与人体健康	61
第一节 个人生活方式	61
第二节 合理膳食与健康	64
第三节 膳食与慢性病	70
第五章 我国食品标准体系	87
第一节 我国食品标准的现状和分类	87
第二节 食品基础标准及相关标准	90
第三节 食品产品质量标准	91
第四节 食品安全卫生标准	95
第五节 食品的市场准入和认证管理	98
第六章 我国食品安全的法律框架与职能职责	99
第一节 我国食品安全法律体系	99
第二节 我国政府的食品安全监管体制与部门职责	105
第三节 社会监管体系与食品安全	111
第七章 生活中食品安全隐患与人体健康	114
第一节 概述	114
第二节 食品的微生物污染与人体健康	114
第三节 食品的化学性污染与人体健康	125
第四节 食品的物理性污染与人体健康	144
第八章 生活中食品安全常识与人体健康	146
第一节 食品安全在家中	146

第二节 食品安全在学校 150

第三节 食品安全在餐馆 152

第四节 食品安全在旅途 155

第五节 食品安全在乡村 158

第九章 营养食谱的编制 161

第一节 个体营养食谱的编制 161

第二节 计算法编制个体食谱 163

第三节 食物互换法编制食谱 166

第十章 常见食品选购指南 169

第一节 概述 169

第二节 常见食品选购指南 170

参考文献 186

第一章 食物能量及营养素与人体健康

食物中含有的蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质和维生素为人体需要的五大类营养素。蛋白质、脂肪、碳水化合物的摄入量较大，称之为宏量营养素；维生素和矿物质的需要量较小，称之为微量营养素。人体的活动，如呼吸、心跳等生理活动，以及劳动、学习、体育活动等，都要消耗能量。人体所需要的能量可由碳水化合物、脂肪、蛋白质在体内代谢产生，而称之为三大产能营养素。

第一节 膳食营养素参考摄入量

人体对某种营养素的需要量会随年龄、性别和生理状况而异。为了帮助个体和人群安全地摄入各种营养素，避免可能产生的营养过多或缺乏的危害，营养学家提出了适用于各类人群的每日平均膳食营养素参考摄入量（dietary reference intakes, DRIs）的参考值，包括平均需要量、推荐摄入量、适宜摄入量及可耐受最高摄入量。

一、平均需要量

平均摄入量（estimated average requirements, EAR）是指某一特定性别、年龄及生理状况的群体中对某营养素需要量的平均值。当某营养素摄入量达到 EAR 水平，表示可满足某一群体中 50% 的个体对该营养素的需要，但该水平不能满足另外 50% 个体的需要。

二、推荐摄入量

推荐摄入量（recommended nutrient intake, RNI）是以 EAR 为基础制定的，RNI 为 EAR 加 2 个标准差，即： $RNI = EAR + 2SD$ 。RNI 可以满足某一特定性别、年龄及生理状况的人群中绝大多数（97%~98%）个体需要，长期摄入在 RNI 水平，可以维持组织中有适当的储备。RNI 是健康个体的膳食营养素摄入目标，个体摄入量低于 RNI 时并不一定表明该个体未达到适宜营养状态。如果某个体的平均摄入量达到或超过了 RNI，可以认为该个体没有摄入不足的危险。

三、适宜摄入量

适宜摄入量（adequate intake, AI）是在个体需要量的研究资料不足而不能计算 EAR 时，因而不能求得 RNI，可设定 AI 来代替 RNI。AI 是通过观察或实验研究获得的健康人群的某种营养素的摄入量。AI 应能满足目标人群中几乎所有个体的需要，其主要用作个体的营养素摄入目标，同时用作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，则有可能产生毒、副作用。

四、可耐受最高摄入量

可耐受最高摄入量（tolerable upper levels, UL）是平均每日可以摄入营养素的最高量。这个量对一般人群中的几乎所有个体不至于引起不利健康的结果；当摄入量大于 UL 时，可能导致损害健康的危险性增大。UL 并不是一个建议的摄入水平。“可耐受性”是指这一剂量在生物学上大体可以耐受的，但不表示可能是有益的。健康人体摄入量不宜超过

UL。UL 的主要用途是检查个体摄入量过高的可能，避免发生中毒。在大多数的情况下，UL 包括膳食、强化食物和添加剂等各种来源的营养素之和。

第二节 人体的能量需要

食物中的碳水化合物、脂肪和蛋白质在体内进行生物氧化时释放能量，一部分用于维持体温和向外环境中散发，另一部分储存起来在机体需要时释放出能量供机体各种活动需要。

一、能量系数

每克碳水化合物、脂肪、蛋白质在体内氧化产生的能量值称为能量系数（或热能系数）。食物中每克碳水化合物、脂肪和蛋白质在体外测热器内充分氧化燃烧可分别产生 17.15kJ、39.5kJ 和 23.64kJ 的能量，但食物在消化过程中并不能被人体完全吸收，习惯上按三者的消化率分别为 98%、95% 和 92% 来计算。碳水化合物和脂肪在体内产生的能量与体外相同。蛋白质在体内不能完全氧化，其部分代谢产物，如尿素、肌酐、尿酸等含氮物通过尿液排出体外，每克蛋白质在体内产生的这些含氮物质如在体外测热器中继续完全氧化，还可产生 5.44kJ 的能量，故计算能量系数时，这部分能量应予扣除。亦应减去三种营养素在消化过程中不能完全被消化吸收部分的损失。三种营养素的净能量系数：碳水化合物为 16.8kJ/g (4kcal/g)；脂肪为 37.6kJ/g (9kcal)；蛋白质为 16.7kJ/g (4kcal/g)。此外，乙醇也在体内产生能量，为 29.3kJ/g (7kcal/g)。

二、影响人体能量消耗的因素

成人的能量消耗主要用于维持基础代谢、满足食物特殊动力作用和体力活动三个方面能量消耗的需要。婴幼儿、儿童、青少年能量消耗还需供应自身生长发育所需的能量。

（一）基础代谢及其影响因素

1. 基础代谢 (basal metabolism)

基础代谢是指维持人体最基本生命活动所必需的能量消耗。测定方法为测定前空腹 12~14 小时、睡醒静卧、室温保持在 18~25℃，无任何体力活动及紧张思维活动、全身肌肉松弛、消化系统处于静止状态情况下进行测定。此时，机体实际上是处于维持最基本的生命活动的状态下，即用于维持体温、心跳、呼吸、各器官组织和细胞基本功能等最基本生命活动的能量消耗。

2. 影响基础代谢的因素

（1）体格 基础代谢随体表面积增大而增加，所以同等体重者，瘦高者基础代谢高于矮胖者。基础代谢还取决瘦体质量 (lean body mass)，人体瘦体组织包括肌肉、心、脑、肝、肾等，其消耗的能量占基础代谢的 70%~80%，所以瘦体质量大、肌肉发达者，基础代谢水平高。这也是男性的基础代谢水平高于女性的 5%~10% 的原因。

（2）年龄 婴幼儿、儿童、青少年生长发育快，基础代谢率高，随年龄的增长基础代谢逐渐下降。30 岁以后基础代谢每隔 10 年约降低 2%。一般成人比儿童基础代谢低，老年人又低于成年人。

（3）性别 女性比男性基础代谢低 5%~10%，甚至在相同身高、体重的情况下也是如此。妇女孕期基础代谢有所增加，其增加率可达 28% 左右，与胎盘、子宫、胎儿发育、呼吸、心跳耗能增加有关。

(4) 内分泌 许多激素对细胞代谢起调节作用，如甲状腺功能亢进或减退时，可以影响基础代谢的显著变化。

(5) 环境温度 人在安静状态下，在 20~30℃ 的环境中，能量代谢最为稳定。当环境温度降低或升高时，代谢均将升高。这是由于低温寒冷，可使机体发生寒战和肌肉紧张而使代谢提高；高温可使体内生化反应速度加快、发汗功能旺盛、呼吸和循环功能增强，所以代谢亦增高。

(6) 应激状态 一切应激状态，如发热、创伤、手术、心理应激等均可使基础代谢升高。

此外，种族、睡眠、情绪等因素都可能影响基础代谢。

(二) 食物特殊动力作用 (specific dynamic action, SDA)

食物的特殊动力作用亦称为食物的热效应 (thermic effect of food, TEF)，是指人体摄食过程中引起的额外能量消耗。摄食不同食物增加的能量消耗存在差异，其中蛋白质的食物特殊动力作用最大，相当于增加其本身能量的 30%，碳水化合物为 5%~6%，脂肪为 4%~5%。当成人摄入一般的混合膳食时，由于 SDA 而额外增加的能量消耗每日约 600kJ (150kcal)，相当于基础代谢的 10%。

(三) 体力活动

除基础代谢外，体力活动消耗的能量是构成人体总能量消耗的重要部分。每日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。体力活动一般分为职业活动、社会活动、家务活动和休闲活动等，其中以职业活动消耗的能量差别最大。人体能量需要量的不同主要是由于体力活动的差别。体力活动所消耗能量的多少与三个因素有关：①肌肉越发达者，活动时消耗能量越多；②体重越重者，做相同的运动所消耗的能量越多；③活动时间越长、强度越大，消耗的能量越多。

(四) 生长发育

婴幼儿、儿童、青少年的生长发育需要有足够的能量，主要包括机体生长发育中形成新的组织所需要的能量，以及新生成的组织进行新陈代谢所需的能量。孕妇的子宫、乳房、胎盘、胎儿的生长发育及体脂储备均需要能量。乳母合成和分泌乳汁需要补充额外的能量。

三、膳食能量参考摄入量

机体能量摄入量与能量消耗量之间应保持平衡。一般情况下，在较长时间内健康成年人摄入的能量与所消耗的能量常保持着平衡状态。如果出现不平衡，能量摄入过多或过少会引起体重过高或减轻，均不利于人体的健康，且可能导致疾病，尤其是非传染性慢性疾病。我国居民膳食能量推荐摄入量见表 1-1 (中国营养学会，2000 年)。部分食物提供的能量见表 1-2 (中国食物成分表，第一册，2009)。

表 1-1 中国居民膳食能量推荐摄入量

RNI/(kJ/d)			RNI/(kJ/d)		
年龄(岁)	男	女	年龄(岁)	男	女
0~	400kJ(95kcal)/(kg·d) ^①		4~	6060(1450kcal)	5850(1400kcal)
0.5~	400kJ(95kcal)/(kg·d) ^①		5~	6700(1600kcal)	6270(1500kcal)
1~	4600(1100kcal)	4400(1050kcal)	6~	7100(1700kcal)	6700(1600kcal)
2~	5020(1200kcal)	4810(1150kcal)	7~	7530(1800kcal)	7100(1700kcal)
3~	5640(1350kcal)	5430(1300kcal)	8~	7940(1900kcal)	7530(1800kcal)

续表

RNI/(kJ/d)			RNI/(kJ/d)		
年龄(岁)			年龄(岁)		
	男	女		男	女
9~	8360(2000kcal)	7940(1900kcal)	乳母		+2090(+500kcal)
10~	8080(2100kcal)	8360(2000kcal)	50~ 轻体力活动	9620(2300kcal)	7940(1900kcal)
11~	10040(2400kcal)	9200(2200kcal)	中体力活动	10870(2600kcal)	8360(2000kcal)
14~	12130(2900kcal)	10040(2400kcal)	重体力活动	13000(3100kcal)	9200(2200kcal)
18~	轻体力活动	10040(2400kcal)	8800(2100kcal)	60~ 轻体力活动	7940(1900kcal)
	中体力活动	11300(2700kcal)	9620(2300kcal)	中体力活动	9200(2200kcal)
	重体力活动	13380(3200kcal)	11300(2700kcal)	70~ 轻体力活动	7940(1900kcal)
孕中期		+840(+200kcal)	中体力活动	8800(2100kcal)	7940(1900kcal)
孕晚期		+840(+200kcal)	80~	7940(1900kcal)	7100(1700kcal)

① 为 AI，非母乳喂养应增加 20%。

表 1-2 每 100g 食物（可食部）提供的能量举例

食物种类	能量/(kJ/kcal)	食物种类	能量/(kJ/kcal)	食物种类	能量/(kJ/kcal)
小麦	1416/339	胡萝卜(红)	162/39	猪肉(肥瘦)($\bar{X}$)	1653/395
稻米($\bar{X}$)	1452/347	大白菜($\bar{X}$)	76/18	猪肉(肥)	3376/807
玉米(鲜)	469/112	蘑菇(鲜蘑)	84/24	猪肉(瘦)	598/143
小米	1511/361	海带(浸)	65/16	羊肉(肥瘦)($\bar{X}$)	849/203
黄豆(大豆)	1502/359	苹果($\bar{X}$)	227/54	羊肉(瘦)	494/118
豆腐($\bar{X}$)	342/82	香蕉	100/93	鸡($\bar{X}$)	699/167
甘薯(红心)	426/102	花生仁(生)	2400/574	鸭($\bar{X}$)	1004/240
土豆	323/77	葵花子(炒)	2616/625	鸡蛋($\bar{X}$)	602/144
南瓜	97/23	牛肉(肥瘦)($\bar{X}$)	523/125	鲤鱼	456/109
藕(莲藕)	304/73	牛肉(瘦)	444/106	牛乳($\bar{X}$)	226/54

第三节 蛋白质与人体健康

蛋白质（protein）主要含有碳、氢、氧、氮等元素，有些蛋白质还含有磷、硫等，少数蛋白质还含有铁、碘、铜、锰、锌、钼等元素。蛋白质的基本构成单位是氨基酸。

一、氨基酸

自然界氨基酸种类很多，但组成人体蛋白质的仅 20 种。

（一）必需氨基酸（essential amino acid）

必需氨基酸是指在人体不能合成或合成速度不能满足机体需要，必须从膳食补充的氨基酸。必需氨基酸有亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸和组氨酸共 9 种。

（二）非必需氨基酸（nonessential amino acid）

非必需氨基酸并非蛋白质合成不需要，而是体内能够合成，不一定必须由食物供给的氨基酸。但当膳食总氮量不足时，体内合成这些非必需氨基酸亦可能受到限制，从而影响整个机体蛋白质的合成。非必需氨基酸有丙氨酸、精氨酸、天门冬氨酸、天门冬酰胺、谷氨酸、谷氨酰胺、甘氨酸、脯氨酸和丝氨酸共 9 种。

（三）条件必需氨基酸（conditionally essential amino acid）

在体内，蛋氨酸可转变为半胱氨酸，苯丙氨酸可转变为酪氨酸；如果膳食中能直接提供

半胱氨酸和酪氨酸,则人体对蛋氨酸的需要可减少 30%,对苯丙氨酸的需要可减少 50%;所以,半胱氨酸和酪氨酸称为条件必需氨基酸。

(四) 氨基酸模式 (amino acid pattern)

氨基酸模式是指膳食蛋白质中的各种必需氨基酸间的相互比例,即氨基酸构成比或相互比值。膳食蛋白质经分解为氨基酸被机体吸收后,在体内合成组织蛋白与活性物质,故摄入蛋白质是为满足机体氨基酸的需要。为了保证人体合理营养,膳食蛋白质必须提供种类齐全、比例适当的必需氨基酸,才能满足机体蛋白质合成的需求。组成人体的各种细胞、组织蛋白质的氨基酸有一定比例,不同的年龄对氨基酸需求亦是有差别的。

(五) 限制氨基酸 (limiting amino acid)

当某蛋白质中某一种或某几种必需氨基酸缺乏或不足时,则使合成组织蛋白质受到限制,这一种或几种氨基酸称为限制氨基酸,可按其缺乏严重程度依次称为第一、第二和第三限制氨基酸。必需氨基酸数量间的平衡是相对的,蛋白质中某种氨基酸过量,亦会干扰其他氨基酸的利用,从而降低食物蛋白质的营养价值。

二、蛋白质的功能

蛋白质主要生理功能有:①合成人体组织蛋白质;②构成人体多种重要生理作用的物质,如代谢过程中具有催化作用和调节作用的酶和激素,运输氧的血红蛋白、肌肉收缩的肌纤维蛋白和构成支架的胶原蛋白以及免疫作用的抗体等;③参与调节体内各种生理功能;④供能:人体每日消耗的能量有部分来自食物蛋白质。

食物蛋白质的主要功能是提供机体合成蛋白质的原料,尤其是提供机体自身不能合成的氨基酸。

三、食物蛋白质质量评价

食物蛋白质的“质”与“量”是影响蛋白质营养价值高低的主要因素,是以人体摄入后的效果及其生物利用率高低为主要依据。质量好的蛋白质,为人体所消化、吸收、利用的程度就高,达到人体氮平衡或最佳发育状态所需的蛋白质摄入量就低。食物蛋白质的营养价值应从蛋白质含量、消化率、生物利用率三方面进行综合性评价。

(一) 蛋白质含量

蛋白质含量的多少,固然不能决定一种食物蛋白质营养价值的高低,但评价蛋白质含量是评价蛋白质质量的基础。一种蛋白质尽管被机体消化、吸收、利用程度很高,如果其含量太低,则无法发挥优质蛋白质作用,如马铃薯中的蛋白质即是如此。蛋白质是由氨基酸组成的高分子含氮化合物,食物蛋白质测定一般用微量凯氏定氮法,测出氮量再折算成蛋白质含量。多数蛋白质含氮量为 16%,根据测定的含氮量求蛋白质含量时,应乘以系数 6.25 (100/16),即为所测食物粗蛋白质含量。实际上,各种食物的蛋白质系数稍有差别,如大米为 5.95,花生为 5.46,乳为 6.38,面粉为 5.70,玉米、高粱为 6.24,大豆及其制品为 5.71,肉与肉制品为 6.25,大麦、小麦、燕麦、裸麦为 5.83,芝麻、向日葵为 5.30。

(二) 蛋白质消化率 (protein digestibility)

蛋白质消化率是指食物蛋白质在机体内消化酶作用下被分解的程度。蛋白质消化率越高,则被机体吸收利用的可能性越大,其营养价值也越高。食物中蛋白质的消化率以蛋白质中能被消化吸收的氮的数量与该食物蛋白质含氮总量的比值来表示,即:

$$\begin{aligned}\text{蛋白质消化率}(\%) &= \frac{\text{食物中被消化吸收氮的数量}}{\text{食物中含氮总量}} \\ &= \frac{\text{食物中含氮总量} - (\text{粪中排出氮量} - \text{肠道代谢废物氮})}{\text{食物中含氮总量}} \times 100\end{aligned}$$

粪中排出氮量代表食物中不能被机体消化吸收的氮。但因为粪中还含有一部分氮来自消化道脱落的肠黏膜细胞和肠道微生物及由肠黏膜分泌的消化液氮，故称为“肠道代谢废物氮”，此部分氮并非来自未被消化吸收的蛋白质，故不能计入吸收蛋白质中未被消化吸收氮的数量。当受试对象完全不吃含蛋白质食物时，测定其粪便中含氮量，即“肠道代谢废物氮”，成人 24 小时内肠道代谢废物氮为 0.9~1.2g。在测定食物蛋白质消化率时，如将肠道代谢废物氮忽略不计，所得结果为表观消化率（apparent digestibility）。反之，称真消化率（true digestibility）。由于表观消化率值比真消化率值更低，对蛋白质消化吸收作了较低的估计，具有更大的安全性，且表观消化率测定方法更简便，故一般多测定其表观消化率。按常用方法烹调食物时，蛋白质消化率奶类为 97%~98%，蛋类为 98%，肉类为 92%~94%，米饭为 82%，面包为 79%，马铃薯为 74%，玉米面窝头为 66%。

（三）蛋白质生物利用率

蛋白质生物价、净利用率、功效比值及氨基酸评分几个常用的衡量蛋白质生物利用率的指标将分别从不同角度反映蛋白质被利用的程度，即蛋白质生物利用率。

1. 蛋白质生物价（protein biological value, BV）

生物价用以表示蛋白质吸收后被机体利用的程度。生物价越高，该蛋白质利用率越高。

$$\text{蛋白质生物价} = \frac{\text{氮储留量}}{\text{氮吸收量}} \times 100$$

式中：氮吸收量 = 食物氮 - (粪氮 - 粪代谢氮)；氮储留量 = 氮吸收量 - (尿氮 - 尿内源氮)。

尿内源氮为机体不摄入蛋白质时尿中所含的氮，主要来源于组织分解。粪代谢氮及尿内源氮可以在实验开始第一阶段进食无氮膳食期间测定。

2. 蛋白质净利用率（net protein utilization, NPU）

净利用率用以表示蛋白质实际被利用的程度。本法是将蛋白质生物学价值与消化率结合起来评定蛋白质营养价值的方法。

$$\text{蛋白质净利用率}(\%) = \text{消化率} \times \text{生物价} = \frac{\text{氮储留量}}{\text{氮摄入量}} \times 100$$

3. 氨基酸评分（amino acid score）

各种食物蛋白质中所含氨基酸的种类和数量都不同，食物所含必需氨基酸的种类越多，含量越高，则蛋白质的营养价值也越高。更重要的是，由于人体所需的氨基酸的种类及其相互比值是一定的，所以一种营养价值高的蛋白质不仅所含必需氨基酸的种类齐全，含量丰富，而且必需氨基酸数量相互间的比例也要适宜，与人体需要相符合。反之，即使必需氨基酸含量较多，由于其比例与人体需要不相适应，其营养价值亦较低。为便于评定食物蛋白质的营养价值，通常将鸡蛋蛋白质或人奶中所含氨基酸相互比例作为参考标准。

蛋白质的氨基酸评分数值可以用直接计算的商，也可将结果用百分数表示。一种蛋白质的氨基酸评分越接近 100，表示其含量越接近人体需要。被评分的氨基酸往往用待评蛋白质

的第一限制氨基酸。

$$\text{蛋白质的氨基酸评分} = \frac{\text{每克待评蛋白质中某种必需氨基酸量(mg)}}{\text{每克参考蛋白质中某种必需氨基酸量(mg)}}$$

4. 蛋白质功效比值 (protein efficiency ratio, PER)

功效比值是指测定生长发育中的幼小动物摄入每 1g 蛋白质所增加的体重克数来表示蛋白质被机体利用的程度。一般用雄性断乳大鼠, 用含 10% 蛋白质饲料喂饲 28 天, 然后计算相当于每 1g 蛋白质所增加体重。体重增加较多者, 蛋白质营养价值亦较高。

$$\text{蛋白质功效比值} = \frac{\text{动物增加体重(g)}}{\text{摄入食物蛋白质(g)}}$$

美国食品药品监督管理局通过的经消化率修正的氨基酸评分可替代蛋白质功效比值, 即:

$$\text{经消化率修正的氨基酸评分} = \text{氨基酸评分} \times \text{真消化率}$$

四、蛋白质营养不良

蛋白质营养不良常与能量供给不足同时存在, 故称蛋白质-能量营养不良 (protein-energy malnutrition, PEM)。蛋白质缺乏在成人和儿童中都有发生, 但处于生长阶段更为敏感。能量摄入基本满足而蛋白质严重不足的儿童营养性疾病称为 Kwashiorkor (恶性营养不良)。患儿主要表现为: 腹和腿部水肿、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。蛋白质和能量摄入均严重不足的儿童营养性疾病称为 Marasmus (消瘦, 衰弱)。患儿可出现消瘦无力, 因易感染其他疾病而死亡。对于成人来说, 蛋白质摄入不足同样可引起体力下降、浮肿、抗病力减弱等。

五、膳食来源及参考摄入量

蛋白质广泛存在于动、植物性食物中。动物性蛋白质质量好、利用率高, 但同时富含饱和脂肪酸及胆固醇, 植物性蛋白质利用率较低, 因此, 应注意蛋白质的互补作用 (protein complementary action), 即不同食物间相互补充其必需氨基酸不足的作用。蛋白质供给量可用膳食总能量百分比表示, 一般蛋白质供能量, 成人占膳食总能量 10%~12%。儿童青少年为 12%~14%, 老年人可达 15%。表 1-3 为我国居民膳食蛋白质推荐摄入量 (中国营养学会, 2000 年)。部分每 100g 食物 (可食部) 蛋白质含量见表 1-4 (中国食物成分表, 第一册, 2009)。

表 1-3 中国居民膳食蛋白质推荐摄入量

年龄(岁)	RNI/(g/d)		年龄(岁)	RNI/(g/d)	
0~	1.5~3g/(kg·d)			男	女
	男	女	10~	70	65
1~	35	35	11~	75	75
2~	40	40	14~	85	80
3~	45	45	18 ^① ~	轻体力劳动 75	65
4~	50	50		中体力劳动 80	70
5~	55	55		重体力劳动 90	80
6~	55	55	孕妇:	第一孕期+5	第二孕期+15
7~	60	60		第三孕期+20	
8~	65	65	乳母		+20
			60 ^② ~	75	65

① 成人按 1.16g 蛋白/(kg·d); ② 老年人按 1.27g 蛋白/(kg·d) 或蛋白质占总能量的 15% 计。

表 1-4 每 100g 食物（可食部）提供的蛋白质含量举例

食物种类	含量/g	食物种类	含量/g	食物种类	含量/g
小麦	11.9	胡萝卜(红)	1.0	猪肉(肥瘦)($\bar{X}$)	13.2
稻米($\bar{X}$)	7.4	大白菜($\bar{X}$)	1.5	猪肉(肥)	2.4
玉米(鲜)	4.0	蘑菇(鲜蘑)	2.7	猪肉(瘦)	20.3
小米	9.0	海带	1.2	羊肉(肥瘦)($\bar{X}$)	19.0
黄豆(大豆)	35	苹果($\bar{X}$)	0.2	羊肉(瘦)	20.5
豆腐($\bar{X}$)	8.1	香蕉	1.4	鸡($\bar{X}$)	19.3
甘薯(红心)	1.1	花生仁(生)	24.8	鸭($\bar{X}$)	15.5
土豆	2.0	葵花子(炒)	22.6	鸡蛋($\bar{X}$)	13.3
南瓜	0.7	牛肉(肥瘦)($\bar{X}$)	19.9	鲤鱼	17.6
藕(莲藕)	1.9	牛肉(瘦)	20.2	牛乳($\bar{X}$)	3.0

第四节 脂类与人体健康

脂类 (lipids) 包括脂肪 (fats) 和类脂 (lipoids)。类脂主要有磷脂、糖脂和固醇类。

一、脂肪

脂肪是由 1 分子甘油和 3 分子脂肪酸结合而成的甘油三酯。

(一) 脂肪酸 (fatty acids, FA)

脂肪酸的基本结构为 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$ 。由其结构形式上可分为饱和脂肪酸 (SFA) 和不饱和脂肪酸，不饱和脂肪酸又分为单不饱和脂肪酸 (MUFA) 和多不饱和脂肪酸 (PUFA)。饱和脂肪酸不含双键，不饱和脂肪酸含有 1 个或多个双键，含有 1 个不饱和双键的称为单不饱和脂肪酸，具有 2 个或多个不饱和双键的称为多不饱和脂肪酸。脂肪酸常用 n 或 ω 编号系统命名，即编号从离羧基最远的碳原子算起，如 $n-3$ 或 ($\omega-3$) 系列不饱和脂肪酸，即从甲基端数，第 1 个不饱和键在第 3 和第 4 碳原子之间； $n-6$ 或 ($\omega-6$) 系列不饱和脂肪酸，即从甲基端数，第一个双键在第六和第七碳原子之间。不饱和脂肪酸分为 $n-3$ (母体脂肪酸为亚麻酸)、 $n-6$ (母体脂肪酸为亚油酸)、 $n-7$ (母体脂肪酸为棕榈油酸) 及 $n-9$ (母体脂肪酸为油酸) 四类。每一类均由一系列的脂肪酸组成。系列中的各个脂肪酸均能在生物体内由母体脂肪酸合成。然而，生物体不能把某一类脂肪酸转变成另一类脂肪酸。

(二) 必需脂肪酸 (essential fatty acids, EFA)

必需脂肪酸是指人体不可缺少而机体又不能合成，必须通过食物供给的脂肪酸；亚油酸和 α -亚麻酸为人体必需脂肪酸。亚油酸 ($n-6$) 的衍生物是前列腺素的前体，而且只要能供给足够量的亚油酸，人体就能合成所需要的其他 $n-6$ 类脂肪酸； α -亚麻酸 ($n-3$) 可衍生为二十碳五烯酸 (EPA) 和二十二碳六烯酸 (DHA)。必需脂肪酸的功能包括：①为磷脂的重要组成成分；②是合成前列腺素的前体；③与胆固醇的代谢有关；④参与生物合成类二十烷酸物质。

二、类脂

(一) 磷脂 (phospholipids)

磷脂为生物膜的重要组成成分。机体各组织及体液磷脂中，75% 以上为卵磷脂和脑磷脂。饱食后，葡萄糖供应充足时，磷脂合成增加，而有利于细胞膜和其他生物膜以及血浆脂蛋白的合成。必需脂肪酸是合成磷脂的必要组成成分，缺乏时将引起肝细胞脂肪浸润。在胆固醇大量进食的情况下，由于胆固醇竞争性地与必需脂肪酸结合胆固醇酯，从而影响磷脂的

合成，是诱发脂肪肝原因之一。卵磷脂能防止脂肪肝的形成，同时具有溶解胆固醇和促进其排泄的作用，还是磷的重要来源。

(二) 糖脂 (glycolipid)

糖脂包括脑苷脂类和神经节苷脂，不含磷，亦是构成细胞膜所必需的物质。

(三) 胆固醇 (cholesterol)

胆固醇是机体重要的固醇物质，是形成类固醇激素、胆汁盐、细胞膜等必不可少的物质。胆固醇的合成主要在肝脏和小肠内进行，合成的数量取决于人体的需要量及食物中的含量。

三、膳食脂肪的营养学价值评价

评价膳食脂肪的营养学价值可从以下几个方面进行：①脂肪的消化率；②必需脂肪酸的含量；③提供的各种脂肪酸的比例；④脂溶性维生素含量；⑤某些有特殊生理功能的脂肪酸含量，如鱼类脂肪。

四、膳食来源及参考摄入量

膳食中脂肪的主要来源为动物的脂肪组织、肉类及植物的种子。动物脂肪相对含饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸多，而多不饱和脂肪酸含量较少。植物油主要含不饱和脂肪酸。亚油酸普遍存在于植物油中，豆油、紫苏籽油中含亚麻酸较多，而鱼贝类含 EPA、DHA 较多。含磷脂较多的食物为蛋黄、肝、大豆、麦胚和花生等。胆固醇含量丰富的食物有动物脑、肝、肾等内脏和蛋类，肉类及奶类也含有一定量的胆固醇。磷脂是一种强乳化剂，能使血液中的胆固醇颗粒变小，有利于胆固醇透过血管壁为组织所利用，从而降低血中胆固醇浓度。我国居民膳食脂肪适宜摄入量（脂肪能量占总能量的百分比）见表 1-5（中国营养学会，2000 年）。部分每 100g 食物（可食部）脂肪酸含量见表 1-6（中国食物成分表，第一册，2009）。

表 1-5 中国居民脂肪适宜摄入量（脂肪能量占总能量的百分比）

年龄/岁	脂肪/%	SFA	MUFA	PUFA	(n-6) : (n-3)	胆固醇/mg
0~	45~50				4 : 1	
0.5~	35~40				(4~6) : 1	
2~	30~35				(4~6) : 1	
7~	25~30				(4~6) : 1	
13~	25~30	<10	8	10	(4~6) : 1	
18~	20~30	<10	10	10	(4~6) : 1	<300
60~	20~30	6~8	10	8~10	4 : 1	<300

表 1-6 每 100g 食物（可食部）脂肪及脂肪酸含量举例

食物种类	脂肪 /g	脂肪酸/g			食物种类	脂肪 /g	脂肪酸/g		
		SFA	MUFA	PUFA			SFA	MUFA	PUFA
小麦粉(标准粉)	1.5	0.3	0.2	0.5	牛肉(肥瘦)($\bar{X}$)	4.2	2.0	1.7	0.2
籼米(标准)	0.6	0.1	0.2	0.2	牛肉(瘦)	2.3	1.1	0.9	0.1
玉米面(白)	4.5	0.6	1.1	2.2	猪肉(软五花)	35.3	12.0	19.5	2.1
黄豆(大豆)	16.0	2.4	3.5	9.1	猪肉(肋条肉)	59.0	20.7	25.6	6.8
豆腐($\bar{X}$)	3.7	0.6	0.8	2.1	猪肉(里脊)	7.9	2.7	3.3	0.9
核桃(干)	58.8	4.8	8.8	42.8	羊肉(肥瘦)($\bar{X}$)	14.1	6.2	4.9	1.8
花生仁(生)	44.3	8.3	16.3	16.3	羊肉(熟)	13.8	5.8	5.9	0.6
葵花籽(炒)	52.8	6.9	10.1	33.0	鸡($\bar{X}$)	9.4	3.1	3.7	2.2
栗子(鲜)(板栗)	0.7	0.1	0.2	0.4	鸭($\bar{X}$)	19.7	5.6	9.3	3.6
蘑菇(鲜蘑)	0.1	0	0	0.1	鸡蛋(白皮)	9.0	2.7	3.4	1.2
鲤鱼	4.1	0.8	1.3	0.6	牛乳($\bar{X}$)	3.2	1.6	1.1	0.2

第五节 碳水化合物与人体健康

碳水化合物(carbohydrate)含有碳、氢、氧三种元素,因分子式中氢和氧的比例与水相同而称之为碳水化合物。碳水化合物种类繁多,按其聚合度可分为单糖(monosaccharide)、双糖(disaccharide)、寡糖(oligosaccharide)和多糖(polysaccharide)四类。

一、单糖

单糖是不能被水解的最简单的糖类,包括葡萄糖、果糖和半乳糖。食物中最常见的单糖是葡萄糖和果糖。葡萄糖是一类具有右旋性和还原性的醛糖,工业上常称为右旋糖。人体在禁食状态下,葡萄糖是体内唯一游离存在的单糖。在自然界普遍存在于蜂蜜、水果中,多个葡萄糖分子能够结合成为多糖。果糖与葡萄糖的分子式相同,均为 $C_6H_{12}O_6$,但结构不同。果糖几乎总是与葡萄糖同时存在于植物中。果糖是蔗糖和复杂糖类组成成分之一。在糖类中,果糖最甜,其甜度是蔗糖的1.2~1.5倍。半乳糖是组成乳糖和某些植物多糖的成分,在食物中仅存于发酵乳中(如酸奶)。

二、双糖

双糖包括有蔗糖、乳糖、麦芽糖和海藻糖。蔗糖是由一分子葡萄糖和一分子果糖聚合而成,主要来源于甘蔗和甜菜。蔗糖也就是我们常吃的白糖和红糖,是最常用的双糖。乳糖由葡萄糖和半乳糖构成,存在于哺乳动物的乳汁中,人乳中含量为5%~8%,牛、羊乳中含量为4%~5%。乳糖可促进婴儿肠道双歧杆菌的生长。乳酸菌可使乳糖发酵成为乳酸。麦芽糖是由两分子葡萄糖构成。淀粉在酶的作用下可分解成大量的麦芽糖。海藻糖又称酵母糖,存在于海藻、昆虫和真菌体内,是由两分子葡萄糖组成。

三、寡糖

寡糖又称低聚糖,由3~9个单糖分子通过糖苷键构成的聚合物。目前已知的几种重要的功能性低聚糖有异麦芽低聚糖、海藻糖、低聚果糖、低聚甘露糖、大豆低聚糖等。其甜度只有蔗糖的30%~60%。低聚果糖存在于水果和蔬菜中。大豆低聚糖的主要成分为棉子糖(raffinose)和水苏糖(stachyose),存在于大豆中。其棉子糖是由葡萄糖、果糖和半乳糖构成的三糖;水苏糖是由葡萄糖、果糖和二个半乳糖构成的四糖。这两种糖均不能被肠道消化酶分解而消化吸收,但在大肠中可被肠道细菌代谢,产生气体和其他产物,造成胀气。也有一些不被人体利用的寡糖可被肠道有益的细菌如双歧杆菌所利用,以促进此类菌群的增加而达到保健作用。

四、多糖

多糖为 ≥ 10 个单糖分子通过糖苷键构成的聚合物。多糖分子量很大而不溶于水,且无甜味。在酶或酸的作用下,水解成单糖残基数不等的片段,最后成为单糖。营养学上具有重要作用的多糖包括糖原(glycogen)、淀粉(starch)和纤维(fiber)。

糖原亦称动物淀粉,是动物体内储藏的多糖类物质,主要存在于肝脏和肌肉中,有肝糖原、肌糖原之称。

淀粉是以颗粒的形式存在于植物种子及根茎中的多糖,由许多葡萄糖通过糖苷键结合而成。根据其结构可分为直链淀粉(amylose)和支链淀粉(amylopectin)。淀粉粒在水中溶胀,分裂,形成均匀糊状溶液的现象称为糊化。淀粉溶液经缓慢冷却或淀粉凝胶经长时间放