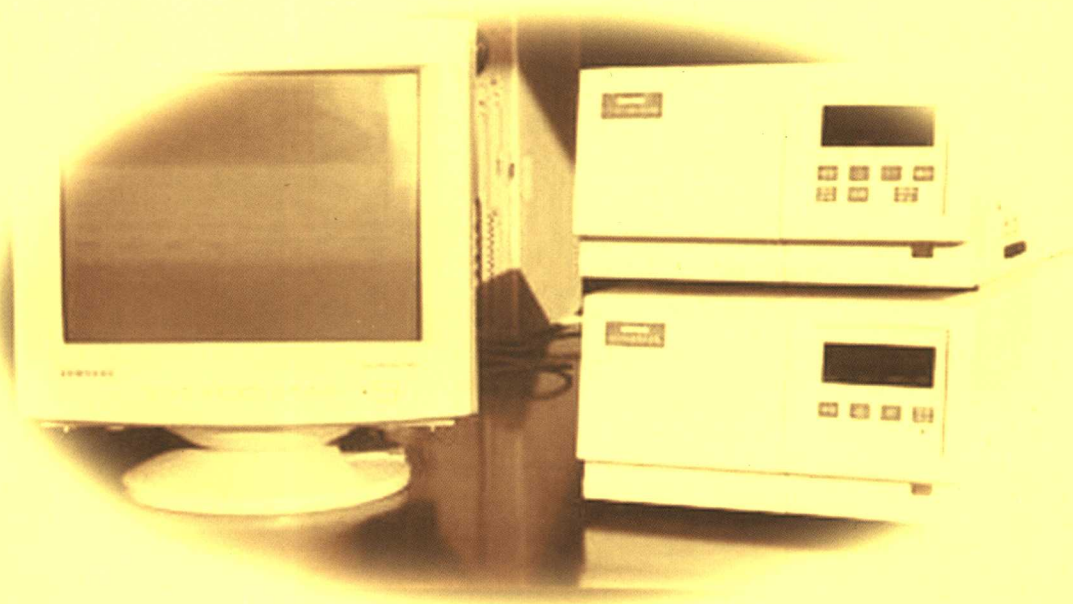




新世纪高职高专教改项目成果教材
Xinshiji Gaozhi Gaozhuan Jiaogai Xiangmu Chengguo Jiaocai

食品营养与检测

王亚伟 主 编
吕全军 副主编



 高等教育出版社

新世纪高职高专教改项目成果教材

Xinshiji Gaozhi Gaozhuan Jiaogai Xiangmu Chengguo Jiaocai

食品营养与检测

王亚伟 主 编

吕全军 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书被列为教育部新世纪高职高专教育人才培养模式和教育内容体系改革与建设项目成果教材,本书为该成果系列教材之一。重点介绍食品营养学的基础理论及其相关实用知识。全书共分七章,主要内容包括营养学基础,特殊生理条件下人群的营养与膳食,各类食物的营养价值,营养相关疾病的预防与控制,营养素供给量与平衡膳食,食品营养保健与食物新资源的开发利用及食物营养成分检测。本书还对近年来营养学中的热点问题如保健食品、绿色食品和强化食品,营养素过量,营养素在食品加工中的作用,加工烹调及贮存对营养价值的影响等进行了介绍。为了方便读者了解国家食品营养政策和膳食的营养计算,在书后附有《中国食物与营养发展纲要(2001—2010年)》和《食物营养成分表(食部100g)》。

本书是根据高职高专食品工程专业人才培养目标编写的,本书可作为高职高专院校、本科院校举办的职业技术学院食品专业及相关专业教材,也可作为五年制高职、成人教育食品及相关专业的教材,也可供从事食品工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

食品营养与检测/王亚伟主编. —北京:高等教育出版社,2005.11

ISBN 7-04-018091-X

I. 食... II. 王... III. ①食品营养-高等学校:技术学校-教材②食品检验-高等学校:技术学校-教材
IV. ①R151.3②TS207

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 130895 号

策划编辑 张庆波 责任编辑 耿承延 封面设计 刘晓翔 责任绘图 尹莉
版式设计 王艳红 责任校对 朱惠芳 责任印制 朱学忠

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京泽明印刷有限责任公司		http://www.landaco.com.cn
开 本	787×1092 1/16	版 次	2005年11月第1版
印 张	16.5	印 次	2005年11月第1次印刷
字 数	400 000	定 价	20.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18091-00

出版说明

为认真贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》，研究高职高专教育跨世纪发展战略和改革措施，整体推进高职高专教学改革，教育部决定组织实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》（教高[2000]3 号，以下简称《计划》）。《计划》的目标是：“经过五年的努力，初步形成适应社会主义现代化建设需要的具有中国特色的高职高专教育人才培养模式和教学内容体系。”《计划》的研究项目涉及高职高专教育的地位、作用、性质、培养目标、培养模式、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面，重点是人才培养模式的改革和教学内容体系的改革，先导是教育思想的改革和教育观念的转变。与此同时，为了贯彻落实《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》（教高[2000]2 号）的精神，教育部高等教育司决定从 2000 年起，在全国各省市的高等职业学校、高等专科学校、成人高等学校以及本科院校的职业技术学院（以下简称高职高专院校）中广泛开展专业教学改革试点工作，目标是：在全国高职高专院校中，遴选若干专业点，进行以提高人才培养质量为目的、人才培养模式改革与创新为主题的专业教学改革试点，经过几年的努力，力争在全国建成一批特色鲜明、在国内同类教育中具有带头作用的示范专业，推动高职高专教育的改革与发展。

教育部《计划》和专业试点等新世纪高职高专教改项目工作开展以来，各有关高职高专院校投入了大量的人力、物力和财力，在高职高专教育人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革等方面做了大量的研究、探索和实践，取得了不少成果。为使这些教改项目成果能够得以固化并更好地推广，从而总体上提高高职高专教育人才培养的质量，我们组织了有关高职高专院校进行了多次研讨，并从中遴选出了一些较为成熟的成果，组织编写了一批新世纪高职高专教改项目成果教材。经过近两年的努力，已经有 40 个系列、165 种教材出版。这些教材结合教改项目成果，反映了最新的教学改革方向，很值得广大高职高专院校借鉴。

新世纪高职高专教改项目成果教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2005 年 1 月 25 日

前 言

食品营养学的基本理论和基本检测技术是食品专业、烹饪专业以及相关专业的学生和科研人员、工程技术人员的必修课程。本书是根据高职高专食品工程专业人才培养目标编写的,也可以作为中等职业学校及相关专业的学生和其他相关专业科研、技术人员的参考书。

几位多年从事营养学教学、科研和检验工作的高校教师参与本书的编写。力求根据学生的专业特点和基础知识背景,从应用的角度,较系统地阐述营养学的基本理论和技能。

本书由郑州牧业工程高等专科学校营养学教授王亚伟主编,郑州大学公共卫生学院营养学吕全军副教授为副主编。由郑州大学公共卫生学院营养学教授李文杰审稿。

全书共分7章,其中概述和第一章由郑州牧业工程高等专科学校王亚伟教授编写;第二章由郑州牧业工程高等专科学校李婉涛教授编写,第三章由郑州牧业工程高等专科学校马柯讲师编写,第五章由黑龙江大学李秀凉副教授编写,第六章由郑州牧业工程高等专科学校张一鸣副教授编写,第四章、第七章由郑州大学预防医学院营养学吕全军副教授和朱明君高级实验师共同编写,《中国食物与营养发展纲要(2001—2010年)》和《食物营养成分表(食部100g)》由郑州牧业工程高等专科学校张一鸣副教授整理。

本书编写过程中,征求过一些高职高专食品和烹饪专业教师的意见和建议,也曾在本校的食品和烹饪专业教学活动中试用,并根据这些师生的建议做了修改。对此,深表谢意。

由于作者水平有限、经验不足,加之时间仓促,不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2005年8月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

概述	1	第五节 水	28
一、营养学基本概念	1	一、水的功能	28
二、营养学的研究内容及在食品科学中的 地位	1	二、水的平衡	29
第一章 营养学基础	3	第六节 矿物质和微量元素	30
第一节 蛋白质	3	一、概念	30
一、蛋白质的组成和分类	3	二、食品中重要的矿物质和微量元素	31
二、蛋白质的功能	4	第七节 维生素	44
三、蛋白质的需要量与氮平衡	5	一、概述	44
四、氨基酸与必需氨基酸	5	二、食品中重要的维生素	45
五、食物蛋白质质量评价	6	本章小结	62
六、蛋白质在食品加工和贮存中的 变化	10	思考与练习	62
七、膳食蛋白质来源及供给量	11	第二章 特殊生理条件下人群的营养与 膳食	63
第二节 脂质	11	第一节 孕妇营养与膳食	63
一、脂质的组成和分类	11	一、孕妇营养生理特点	63
二、脂质的功能	12	二、孕妇的营养需求与合理膳食	65
三、脂肪酸及必需脂肪酸	13	三、孕期营养不良对母亲及胎儿的 影响	67
四、膳食中脂肪营养价值评价	15	第二节 乳母营养与膳食	69
五、脂质在食品加工和贮存中的变化	16	一、乳母的营养生理特点	69
六、膳食脂质来源与脂肪的供给量	16	二、乳母的营养需要与合理膳食	69
第三节 糖类	17	三、乳母的膳食与加工食品	71
一、糖类的组成和分类	17	第三节 婴幼儿及青少年营养与膳食	71
二、糖类的功能	21	一、婴幼儿的营养	71
三、膳食纤维	22	二、学龄前儿童营养	75
四、糖类在食品加工和贮存中的变化	24	三、学龄儿童营养	76
五、糖类的食物来源与供给量	25	四、青春期营养	76
第四节 热能	25	五、婴幼儿、青少年易患的营养缺乏病	76
一、概述	25	第四节 老年营养与合理膳食	77
二、食物能值与生理能值	25	一、老年人的生理代谢特点	77
三、人体热能消耗	26	二、老年人的营养需要	77
四、热能食物来源及供给量	28	三、老年人的膳食原则	79

第五节 特殊环境条件下人群的 营养与膳食	79	思考与练习	109
一、高温环境下人群的营养	79	第四章 营养相关疾病的预防与控制	111
二、低温环境下人群的营养	80	第一节 营养性疾病发生原因及 防治原则	111
三、运动员的营养	81	一、营养性疾病发生的原因	111
本章小结	84	二、营养性疾病的防治原则	112
思考与练习	84	第二节 营养与肥胖的防治	113
第三章 各类食物的营养价值	85	一、肥胖发生的原因	113
一、食品的营养价值	85	二、肥胖的判断	113
二、评价食品营养价值的意义	86	三、肥胖的防治原则	114
第一节 谷类食物的营养价值	87	第三节 营养与心血管疾病的防治	115
一、谷籽结构和营养素分布	87	一、营养与动脉粥样硬化	115
二、谷类的化学组成及营养价值	88	二、营养与高血压	116
三、加工、烹调及贮存对谷类营养价值的 影响	90	三、营养与血脂异常	117
第二节 豆类、油料和坚果类的营养 价值	91	四、心脑血管疾病的综合防治	119
一、化学组成与营养价值	92	第四节 营养与糖尿病防治	122
二、抗营养因子及其他物质	94	一、糖尿病判断标准	122
三、加工、烹调及贮存对大豆营养价值的 影响	95	二、膳食控制	123
四、大豆低聚糖	96	第五节 恶性肿瘤的预防	124
第三节 蔬菜、水果的营养价值	98	一、流行趋势	125
一、蔬菜、水果的化学组成与营养价值	98	二、恶性肿瘤的主要危险因素	125
二、野菜、野果和食用蕈的营养价值	99	三、恶性肿瘤的预防	129
三、加工、烹调对营养价值的影响	101	第六节 蛋白质-能量营养不良	133
第四节 肉类及鱼类的营养价值	101	一、发病原因	133
一、肉类及鱼类化学组成及营养价值	102	二、临床表现	133
二、加工、烹调对肉类营养价值的影响	103	三、诊断	134
第五节 奶及奶制品的营养价值	104	四、治疗	134
一、奶类的组织结构特点和性质	104	五、预防	134
二、奶的化学组成及营养价值	105	第七节 缺铁性贫血	134
三、奶制品的营养价值	106	一、发病原因	134
第六节 蛋类的营养价值	107	二、临床表现	135
一、蛋的结构	107	三、治疗	135
二、蛋的组成成分与营养价值	108	四、预防	135
三、加工、烹调对蛋类营养价值的影响	109	第八节 锌缺乏症	135
本章小结	109	一、发病原因及临床表现	136
		二、治疗及预防	136
		第九节 维生素过多症	136
		一、维生素 A 过多症	136

二、维生素 D 过多症	136	本章小结	203
本章小结	137	思考与练习	203
思考与练习	137	第七章 食物营养成分检测	204
第五章 营养素供给量与平衡膳食	138	第一节 食品样品的采集与制备	204
第一节 膳食营养素供应量建议	138	一、概念	204
一、营养素的需要量	138	二、采样方法	205
二、膳食营养素参考摄入量	139	三、样品的运送	207
第二节 食物结构与膳食指南	143	四、样品制备	207
一、食物结构	143	五、检测方法的选择	207
二、平衡膳食与合理营养	147	六、样品保留	208
三、膳食指南的主要内容	149	第二节 食物中水分的测定	208
四、中国居民平衡膳食宝塔	152	一、直接干燥法	208
第三节 营养食谱的设计	156	二、减压干燥法	209
一、设计营养食谱的原则	156	第三节 食物中总氮的测定(微量凯氏 定氮法)	210
二、营养食谱的设计方法	157	第四节 食物中脂肪的测定 (索氏抽提法)	212
三、食谱种类和内容	160	第五节 食物中糖类的测定	213
第四节 营养调查	162	一、食物中葡萄糖的测定(葡萄糖 氧化酶法)	214
一、营养调查	162	二、食物中还原糖测定(直接滴定法)	216
二、膳食调查的目的和方法	163	第六节 食物中抗坏血酸的测定	218
三、居民营养状况评价	166	一、总抗坏血酸的测定(荧光法)	218
本章小结	169	二、总抗坏血酸的测定(2,4-二硝基苯肼 比色法)	220
思考与练习	170	三、还原型抗坏血酸的测定(2,6-二氯酚 靛酚滴定法)	221
第六章 食品营养保健与食物新资源的 开发利用	171	第七节 食物中维生素 B ₂ 的测定 (硅镁吸附剂净化荧光法)	223
第一节 食品的营养强化	171	第八节 高效液相色谱(HPLC)法 测定食物中维生素 A、E	226
一、食品营养强化的概念	171	第九节 食物中钙、铁、锌的测定	229
二、食品营养强化的管理	173	一、食物中钙的测定	229
三、常见的食品营养强化和强化食品	180	二、食物中铁、锌的测定	230
第二节 保健食品	181	第十节 膳食调查结果计算与评价	232
一、保健食品的基本概念	182	第十一节 食谱编制及营养配餐	233
二、保健食品的特征	182	本章小结	239
三、保健食品与一般食品及药品的区别	183	思考与练习	239
四、保健食品的分类	184		
五、保健食品的理论基础	184		
第三节 绿色食品	194		
一、绿色食品的概念与特征	194		
二、绿色食品加工过程中的质量控制与 技术要求	197		

附录 1 中国食物与营养发展纲要 (2001—2010 年)	240
---	-----

附录 2 食物营养成分表(食部 100g)	246
主要参考文献	250

概 述

一、营养学基本概念

“民以食为天”，说明食品与人体健康和生存的关系密切。人们每天摄取的各种食物是维持机体新陈代谢和保持正常生命活动以及生产劳动的最基本条件，人体通过摄取、消化、吸收和利用食物中的营养素来维持其生命活动。营养是人类摄取食物满足自身生理需要的生物学过程。

根据我国《食品卫生法》的规定，食品是指各种供人食用或饮用的成品或原料，以及按照传统既是食品又是药品的物品，但是不包括以治疗为目的的物品。食物中具有营养作用的有效成分称为营养素。营养素分为六大类：糖类、脂肪、蛋白质、维生素、矿物质和水。近年来，由于膳食纤维在食品保健中的重要作用，有人将其称之为第七种营养素。根据营养素能否在体内合成或由其他物质转变而来，又分别把营养素分为必需营养素和非必需营养素。目前已知有 40~45 种人体必需营养素，并且存在于食品中。从营养学和食品科学或食品加工的角度来说，应尽量使这些营养素不受破坏。

机体的合理营养是通过平衡膳食来实现的，但是由于没有一种天然食物含有人体需要的全部营养素，因此，多样化的天然食物是实现平衡膳食的物质基础，而强化食品则是实现合理营养的补充措施。

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

营养学与生理学、生物化学、食品化学、病理学、药理学、临床医学、预防医学、农业科学、食品科学、烹饪科学、食品卫生学、心理学、经济学及食品的商品学等都有密切的关系，其中生物化学是饮食和营养学科最直接的基础。由于社会文化发展不同，营养问题还可能与某些人的宗教、信仰等有关。

二、营养学的研究内容及在食品科学中的地位

食品营养学就是研究食物与人体健康关系的一门科学。

食品营养学是从生物学的角度研究机体对营养的需求，同时又有很强的社会实践性。所以本学科的研究内容，主要包括人体在一般条件下对各种营养素的需要（营养学基础），在特殊生理条件或特殊环境条件下的营养需求，各类食品的营养价值，加工烹调 and 贮存过程对食物营养素的影响，营养与一些慢性疾病的防治，食品中各种营养素的检测，食品强化，食品保健，食品新资源开发利用，营养调查和营养检测等内容。

营养学与食品科学或食品工艺学关系密切。可以认为，营养学是研究食品对人体健康的影

响,或者是人体以最有益于健康的方式来利用食品的科学。对于从事食品科学或食品加工的人员来说,则应更多地关注食品加工过程对营养素的影响,尽量减少食品加工、烹饪、贮存过程中营养素的损失,保存并进一步提高食品的营养价值。

第一章 营养学基础

知识目标:

- 掌握蛋白质,脂肪,糖类,钙,铁,碘,锌,维生素 A、D、E、B₁、B₂,烟酸和维生素 C 的生理功能,食物来源;掌握影响钙,铁,碘,锌,维生素 A、D、E、B₁、B₂,烟酸和维生素 C 吸收的因素和营养缺乏症及中毒症状。
- 熟悉蛋白质、脂肪的营养价值评价,各种营养素在食品加工中的作用和在生产加工、贮存过程中的变化。
- 了解各类营养素的吸收过程、供应量。

能力目标:

- 能应用各种营养素的基本功能解释营养缺乏症的基本病因。
- 能利用营养素的食物来源知识制定某类人群的平衡膳食食谱。
- 能制定出各种营养缺乏症的营养治疗原则。

第一节 蛋 白 质



预习导航

本节主要讲述蛋白质的组成和分类,蛋白质的营养学意义和蛋白质在食品加工中的作用以及在生产贮存过程中的变化,氨基酸与必需氨基酸的概念,食物蛋白质质量评价,蛋白质的食物来源等内容,并从氮平衡的角度阐述了蛋白质的质量与需要量及其之间的关系。

一、蛋白质的组成和分类

蛋白质是人体细胞的结构和功能不可缺少的复杂有机化合物,没有蛋白质就没有生命。在食品中,蛋白质除了保证食品的营养价值外,还影响食品的色、香、味及质构等特征。

蛋白质主要由碳、氢、氧和氮组成,部分蛋白质还含有硫、磷。

在植物中,蛋白质大多集中在生长旺盛部分,特别是叶和种子。植物能够利用太阳把空气和土壤中比较简单的无机化合物,如二氧化碳、水、氮和硫合成自身蛋白质。因此,植物和一些能够合成这些物质的细菌是所有蛋白质的最初来源。

在动物体内,蛋白质的分布比在植物体内广泛得多,机体蛋白质是很多结构和防护组织,如骨骼、韧带、头发、指甲、皮肤和软组织的主要成分。除了细菌在反刍动物的瘤胃中作用外,动物,包括人类都缺乏从简单无机物合成自身蛋白质的能力,而必须依靠植物和其他动物作为膳食蛋

白质的来源。因此,人类膳食中必须含有一定数量的蛋白质。

蛋白质是由氨基酸组成的高分子化合物,相对分子质量相差很大,结构相当复杂,但经水解以后,最终的产物都是 20 多种氨基酸,氨基酸是组成蛋白质的基本单位。

二、蛋白质的功能

(一) 蛋白质的营养学意义

1. 构成机体,建造或修补、更新组织 食物中蛋白质最主要的作用是供给人体合成蛋白质所需要的氨基酸,由于糖类和脂肪只含碳、氢、氧,不含氮,所以蛋白质是人体中唯一的氮来源,这是糖类和脂肪不能代替的作用。

成人体内蛋白质约占总体重的 16.3%,亦即一个体重 60 kg 的人约有 9.8 kg 蛋白质。人体蛋白质处在不断合成与分解的动态过程中,每天约有 3% 的蛋白质参与更新,但不同年龄的人体内蛋白质合成率不同,新生儿、婴儿合成率高。摄入蛋白质经消化吸收后,成人主要用于组织蛋白更新;婴幼儿、青少年、孕妇、乳母除维持组织蛋白质等外,还要合成新组织。食物只有提供含必需氨基酸种类齐全、数量充足、比例适宜的蛋白质,才能保证机体的生长和发育。

2. 生命的重要物质基础 蛋白质是人体一切细胞、组织的重要组成成分,生命现象总是和蛋白质同时存在的。如新陈代谢中的化学变化绝大多数是借助酶的催化作用迅速进行的;激素对机体的繁殖、生长、发育及适应内外环境变化具有重要作用;氧在血液中的运输就是靠血红蛋白完成的;机体的一切机械活动及各脏器的主要生理功能的完成,如肢体的运动、心脏的跳动、胃肠运动、肺的呼吸等都是靠肌肉中肌纤维蛋白的收缩与舒张来实现的;机体免疫物质的合成需要蛋白质;蛋白质是两性物质,能与酸或碱进行化学反应,维持血液酸碱平衡;核蛋白及其相应的核酸是遗传的物质基础。

3. 氧化供应能量 蛋白质在体内的主要功能并非供给能量,但它也是一种能源物质,特别是当糖类与脂肪供给量不足时,蛋白质可代之供能。每克蛋白质在体内氧化供能约 16.7 kJ (4 kcal)。通常蛋白质的供能是由体内旧的或已破损的组织细胞中蛋白质分解,以及由食物中一些不符合机体需要的或摄入量过多的蛋白质燃烧时所放出的,人体每天所需要的能量约有 11%~14% 来自蛋白质。

需要指出的是,利用蛋白质作为热能来源是不经济和不科学的,一方面,它使膳食中的蛋白质不能被有效地合成人体组织蛋白质,甚至不能维持人体组织蛋白质的平衡而需要消耗组织蛋白;另一方面,氨基酸在分解放出热能过程中,首先经脱氨基作用产生的有毒产物氨需经肝脏的代谢作用将其转化成尿素和尿酸从尿中排出,因此,氨基酸的分解、排泄,将给肝、肾等器官增加负担。假如人体每天膳食中含有充足的糖类和脂肪用以提供能量,则膳食中的蛋白质就可以不被用以热能消耗,从而发挥其构成机体、修补组织和调节生理功能的作用,肝、肾等器官也不会因为过多氨基酸的分解而负担过重。

(二) 蛋白质在食品加工中的作用

蛋白质可赋予食品良好的感官形状和重要的功能特性。例如,肉类成熟后持水性和嫩度增加,大大提高了肉的可口性。蛋白质有起泡性,如鸡蛋清蛋白就具有良好的起泡能力,在食品加工中常被用于糕点和冰淇淋的生产。

作为高分子物质,蛋白质有乳化、增稠性能,不同蛋白质的乳化力不同。由乳酪蛋白制成的

酪蛋白酸钠具有很好的乳化、增稠性能,尤其是其热稳定性强。如酪蛋白酸钠可用于做椰子汁或应用于午餐罐头等食品的生产,虽经 120 °C 高温杀菌 1 h 亦无不良影响。

小麦中的面筋蛋白质吸水胀润后在面团中形成坚实的面筋网,并具有特殊的黏性和延展性等。它们在食品加工时使面包、面条、饼干具有各种重要、独特的性质。

三、蛋白质的需要量与氮平衡

机体对蛋白质的需要量,通常以氮平衡(nitrogen balance)来测试。在一定时间内(24 h)若摄入的氮与排出的氮相等,称之为氮平衡;若摄入的氮大于排出的氮,则称为正氮平衡,反之为负氮平衡。因此,氮平衡是反映体内蛋白质代谢情况的一种表示方法,实际上是指蛋白质摄入量与排出量之间的对比关系。由于直接测定食物中和体内消耗的蛋白质有很多困难,各种食物蛋白质的含氮量相当接近(约占 16%),一般食物中的含氮物质又大部分是蛋白质,所以常用测含氮量的方法间接了解蛋白质的平衡情况。

氮平衡的表示方法为

摄入氮 = 尿氮 + 粪氮 + 通过皮肤或其他途径排出的氮

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

机体在完全不摄入蛋白质的情况下,体内蛋白质仍在分解与合成,只是处在负氮平衡状态,这种状态持续几天后,氮的排出将维持在一个较低恒定水平。此时通过尿、粪及皮肤等一切途径损失的氮,是机体不可避免要消耗的氮,称为必要的氮损失,一般成人按每千克体重计 [54 mg/(kg · d)],成人体重按 65 kg 计,则每日从尿、粪、皮肤等途径损失的氮约为 $65 \times 54 = 3\,510(\text{mg})$,折合成蛋白质约为 22 g 蛋白质。实际上成人摄入 22 g 食物蛋白质还不足以维持以上氮平衡,因为食物蛋白质的组成与人体蛋白质的组成不完全相同,再加上消化率的影响,根据实验成人每日约需进食 45 g 蛋白质才能补偿机体蛋白质的分解损失。

四、氨基酸与必需氨基酸

人体蛋白质由 20 种 α -氨基酸按不同组合构成,并已确定 8 种氨基酸在人体内不能合成或合成速度不能满足机体的需要,必须从食物中补充。这些氨基酸称为必需氨基酸(EAA),它们是亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸和缬氨酸。另有组氨酸为婴儿所必需。近来有人证明组氨酸也是成人必需氨基酸。

非必需氨基酸并非机体不需要,它们都是蛋白质的构成材料,并且必须以某种方式提供,只是因为体内能自行合成,或可由其他氨基酸转变而来,可以不必由食物供给。非必需氨基酸通常有 13 种:甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、胱氨酸、半胱氨酸、天冬氨酸、天冬酰胺、谷氨酸、谷氨酰胺、酪氨酸、精氨酸、脯氨酸和羟脯氨酸。

在必需氨基酸中,蛋氨酸在体内可以合成胱氨酸,故胱氨酸可节约蛋氨酸,同样,苯丙氨酸可以合成酪氨酸,故酪氨酸亦可节约苯丙氨酸。因此,当膳食中胱氨酸及酪氨酸的含量丰富时,体内即不必耗用蛋氨酸和苯丙氨酸来合成这两种非必需氨基酸,从而减少机体对蛋氨酸和苯丙氨酸的需要量。因此,人们将胱氨酸和酪氨酸称为“半必需氨基酸”。

食物蛋白质被机体利用的程度取决于组成食物的蛋白质必需氨基酸含量和相互比例。这种蛋白质中各种必需氨基酸的构成比例即为氨基酸模式。

当膳食中蛋白质所提供的必需氨基酸的数量和比例与人体组织蛋白的氨基酸构成比例相近时,食物蛋白质才能达到最高的利用率,如果食物蛋白质中一种或几种必需氨基酸含量偏低,则合成人体组织蛋白时,只能进行到这一氨基酸用完为止,其他氨基酸虽然含量丰富,其利用率也受到限制。同理,当膳食中蛋白质所提供的某种氨基酸的数量过多,而降低在结构上与其近似的其他氨基酸的利用。所以,一种食物蛋白质必须同时具备种类齐全、数量充足、比例适当的必需氨基酸,才具有较高的营养价值。

氨基酸模式的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氨基酸模式。见表 1-1。

表 1-1 几种中国食物和人体蛋白质氨基酸模式

氨基酸	人体	全鸡蛋	鸡蛋白	牛奶	瘦猪肉	牛肉	大豆	面粉	大米
异亮氨酸	4.0	2.5	3.3	3.0	3.4	3.2	3.0	2.3	2.5
亮氨酸	7.0	4.0	5.6	6.4	6.3	5.6	5.1	4.4	5.1
赖氨酸	5.5	3.1	4.3	5.4	5.7	5.8	4.4	1.5	2.3
蛋氨酸+半胱氨酸	3.5	2.3	3.9	2.4	2.5	2.8	1.7	2.7	2.4
苯丙氨酸+酪氨酸	6.0	3.6	6.3	6.1	6.0	4.9	6.4	5.1	5.8
苏氨酸	4.0	2.1	2.7	2.7	3.5	3.0	2.7	1.8	2.3
缬氨酸	5.0	2.5	4.0	3.5	3.9	3.2	3.5	2.7	3.4
色氨酸	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

食物中蛋白质消化吸收后的必需氨基酸模式越接近人体需要模式,其实际被利用的效价就越高,营养价值也越高。鸡蛋和人奶的氨基酸很接近人体需要量,故通常将这类蛋白质称为参考蛋白质。当某种蛋白质中某种或几种必需氨基酸缺乏或不足时,则合成组织蛋白质受到限制,这些氨基酸称为限制性氨基酸,按缺乏程度依次为第一、第二、第三限制氨基酸等。例如,谷类(小麦、大麦、大米、玉米)的第一限制性氨基酸为赖氨酸,小麦、大麦、大米的第二限制性氨基酸为苏氨酸,豆类的限制性氨基酸为蛋氨酸,见表 1-2。若不同食物适当混合食用,可使食物中的蛋白质相互补偿,使之比值接近人体需要模式,以提高蛋白质的营养价值,这种现象称为蛋白质的互补作用。

表 1-2 几种食物蛋白质的限制性氨基酸

食物	第一限制性氨基酸	第二限制性氨基酸	第三限制性氨基酸
小麦	赖氨酸	苏氨酸	缬氨酸
大米	赖氨酸	苏氨酸	缬氨酸
玉米	赖氨酸	色氨酸	苏氨酸
花生	蛋氨酸	色氨酸	苏氨酸
大豆	蛋氨酸	色氨酸	苏氨酸

五、食物蛋白质质量评价

对蛋白质质量作出正确的评价,有利于食品品质的鉴定、指导膳食蛋白质营养、开发和利用各种食物蛋白质资源。衡量蛋白质质量的优劣,主要以人体摄入后的效果即生物利用率为依据,

同时要考虑含量。因为一种蛋白质尽管被机体消化、吸收及利用程度很高,但如果含量太少,其应有的作用则无法充分发挥。

(一) 蛋白质含量

食物蛋白质的含量多少尽管不能决定一种食物蛋白质营养价值的高低,但在具体评价食物蛋白质营养价值时,蛋白质含量是评价食物蛋白质营养价值的基础。食物蛋白质的测量通常是用凯氏定氮法测定其总氮量,然后再换算成蛋白质含量。蛋白质平均含氮为 16%,故食物总氮量乘以 6.25(100/16)就是蛋白质的含量。不过各种食物蛋白质中含氮量略有差别,为准确换算各种食物中蛋白质含量,可参看表 1-3。

表 1-3 常用食物蛋白质的换算系数

食品	蛋白质换算系数	食品	蛋白质换算系数
大米	5.95	花生	5.46
全小麦	5.83	棉籽	5.30
大豆	5.71	奶	6.38
芝麻	5.30	蛋	6.25
玉米	6.25	肉	6.25

此总氮量内可包含有嘌呤、嘧啶、游离氨基酸、维生素、肌酸、肌酐和氨基糖等。肉类氮中一部分是游离氨基酸和肽;鱼类除此之外还含有挥发性碱基氮和甲基氨基化合物。海产软骨鱼类可能还含有尿素。由于这些非氨基酸和非肽氮的营养学意义有许多还不清楚,所以分析食物的含氮量有很重要的意义。

(二) 蛋白质的消化率

蛋白质的消化率是指该食物蛋白质被消化酶分解、吸收的程度。消化率越高,被机体利用的可能性越大。常用机体吸收氮与食物氮的比值表示。

$$\text{蛋白质消化率} = \frac{\text{吸收氮}}{\text{食物氮}} \times 100\%$$

食物蛋白质在人体内消化率的高低,是评价食物蛋白质营养价值的一个重要方面。食物蛋白质的消化率用该蛋白质中被消化、吸收的氮量与蛋白质的含氮总量的比值表示。这可有表观消化率(AD)和真消化率(TD)之不同。

粪中蛋白质绝大部分来自未消化吸收的食物氮,但也包括消化道脱落的肠黏膜细胞和代谢废物中的氮,以及极少量肠道微生物的氮,后两者称为粪代谢氮。粪代谢氮是在人体进食足够热量但完全不摄取蛋白质的情况下在粪便中测得的。如在测定中不计粪代谢氮时,所得的结果称为表观消化率,反之为真消化率。

$$\text{蛋白质表观消化率} = \frac{\text{食物氮} - \text{粪氮}}{\text{食物氮}} \times 100\%$$

$$\text{蛋白质真消化率} = \frac{\text{食物氮} - (\text{粪氮} - \text{粪代谢氮})}{\text{食物氮}} \times 100\%$$

由于表观消化率比真消化率数值低,用于估计蛋白质的营养价值的估计偏低,具有较大的安全系数,而且测定方便易行,所以常用表观消化率表示蛋白质的消化率。

蛋白质的消化率受人体和食物两方面因素的影响,前者如全身状态、消化功能、饮食习惯等;