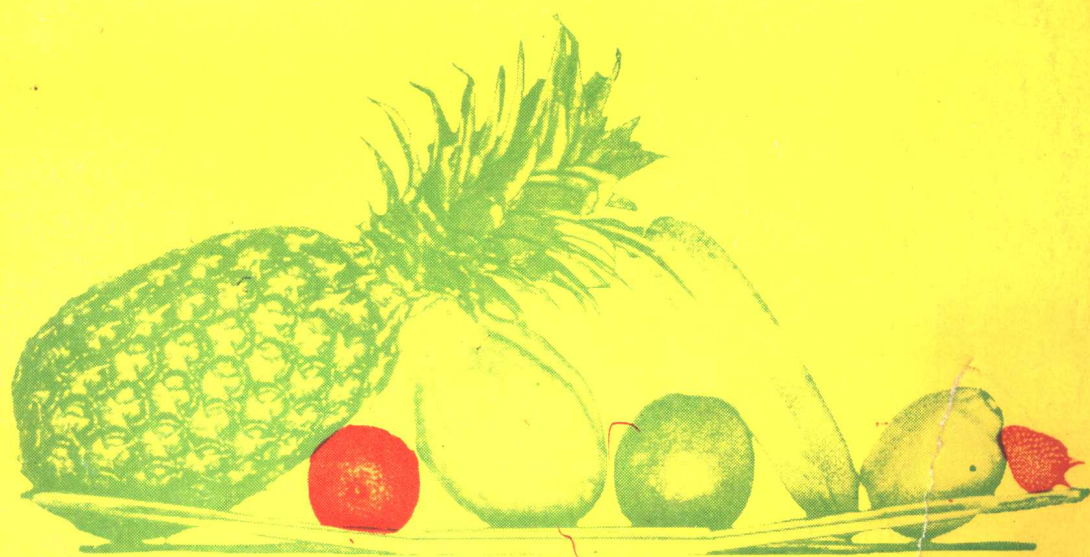


食品营养学学习指导书

SHI PIN YING YANG XUE
XUE XI ZHI DAO SHU

刘志皋 刘宝廷



中央广播电视大学出版社

食品营养学学习指导书

刘志皋 刘宝廷

中央广播电视大学出版社

食品营养学学习指导书

刘志皋 刘宝廷

*

中央广播电视大学出版社出版
新华书店北京发行所发行
北京师范学院印刷厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张6.5 千字162

1991年2月第1版 1991年6月第1次印刷

印数1—1400

定价2.30元

ISBN 7-304-00585-8/Q·14

前 言

随着食品科学和营养学事业的发展,食品营养学的教学已经成为食品专业教学的重要组成部分。食品专业的营养学教材,既应区别于医学院校营养卫生专业和综合性大学相关的教材,又应有自己专业的针对性与适应性。由天津轻工业学院刘志皋主编,中国预防医学科学院沈治平教授主审,并由全国食品专业教材编审委员会审定的食品专业统编教材“食品营养学”在这方面进行了初步尝试。中央广播电视大学为了使食品工程专业的营养学教学能够更好地结合本系统教学特点,在暂时借用该“食品营养学”为主要教材的基础上组织编写了这本食品营养学辅导教材。

本教材删去了原书第十章“营养失调”,将其主要内容并入其它章节。同时,在每一章列出了“目的要求”、“内容提要”、“补充内容”、“思考题”,以供各地广播电视大学的师生及其他有关人员参考。

本教材附有五个实验,希望通过这些实验使学生获得从事食品营养学实验的基本能力及技巧。实验的编写参考了轻工出版社出版的“食品检验与分析”一书,在此表示感谢。

在编写本教材之前,曾召开“食品营养学教材大纲评议评审会”,听取了天津医学院王笃圣副教授、北京大学分校杨卯君高级工程师和上海广播电视大学徐作元等同志的宝贵意见,并得到中央广播电视大学和一些地方广播电视大学领导,以及天津轻工业学院领导的支持和帮助,在此特表示感谢。

参加本书编写工作的有天津轻工业学院刘志皋,中央广播电视大学刘宝廷,书中第一、三、四、五、六、七、九、十一章由刘志皋编,第二、八、十及实验由刘宝廷编。由于编者水平所限,不当之处,敬请批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	(1)
一、目的要求.....	(1)
二、内容提要.....	(1)
三、补充内容.....	(4)
四、思考题.....	(5)
第二章 食物的消化和吸收	(7)
一、目的要求.....	(7)
二、内容提要.....	(7)
三、补充内容.....	(12)
四、思考题.....	(14)
第三章 营养与能量平衡	(15)
一、目的要求.....	(15)
二、内容提要.....	(15)
三、补充内容.....	(19)
四、思考题.....	(20)
第四章 糖类	(21)
一、目的要求.....	(21)
二、内容提要.....	(21)
三、补充内容.....	(26)
四、思考题.....	(27)
第五章 脂类	(28)
一、目的要求.....	(28)
二、内容提要.....	(28)
三、补充内容.....	(33)
四、思考题.....	(35)
第六章 蛋白质和氨基酸	(36)
一、目的要求.....	(36)
二、内容提要.....	(36)
三、补充内容.....	(45)
四、思考题.....	(45)
第七章 维生素	(48)
一、目的要求.....	(48)
二、内容提要.....	(48)
三、补充内容.....	(61)
四、思考题.....	(62)

第八章 水和矿物质	(63)
一、目的要求.....	(63)
二、内容提要.....	(63)
三、补充内容.....	(68)
四、思考题.....	(70)
第九章 食品的营养强化	(71)
一、目的要求.....	(71)
二、内容提要.....	(71)
三、补充内容.....	(77)
四、思考题.....	(78)
第十章 膳食类型与儿童食品	(79)
一、目的要求.....	(79)
二、内容提要.....	(79)
三、补充内容.....	(82)
四、思考题.....	(83)
第十一章 未来的营养问题	(84)
一、目的要求.....	(84)
二、内容提要.....	(84)
三、补充内容.....	(88)
四、思考题.....	(88)
 实验一、乳糖的测定.....	(89)
实验二、过氧化值的测定.....	(90)
实验三、凯氏常量定氮法.....	(92)
实验四、赖氨酸的测定 (FDNB法)	(94)
实验五、维生素A的测定	(96)

第一章 绪 论

一、目的要求

1. 掌握食品营养学及其所研究的内容。
2. 了解人体的营养需要和食品加工对营养素影响的概况。
3. 掌握食品、营养、营养素、营养价值、营养密度、食品标签、营养标签和食品加工的定义或概念。
4. 了解世界粮食与蛋白质的生产情况,以及人口急剧增长给人类营养带来的问题。
5. 了解世界地理、经济、文化、教育及政治等因素对食品生产的影响。
6. 了解我国人民营养发展状况及糖类、脂肪和蛋白质三大营养素的供给情况。
7. 了解我国营养缺乏病的防治及人民平均寿命不断增长的情况。
8. 了解我国当前应大力增加生产、调整膳食结构、继续防治营养缺乏病、防止营养失调、普及营养知识,以及发展食品加工的重要。
9. 了解营养科学的组成及营养学(包括食品营养学)与其它学科的关系,尤其是食品营养学与食品工艺学、食品卫生学等结合的重要性。

二、内容提要

1. 食品营养与食品加工

(1) 食品营养学的研究内容

食品营养学是研究食品营养与人体健康关系的一门科学,它主要研究以下几个方面的内容:

- ①食品的营养成分及其检测。
- ②人体对食物的摄取、消化、吸收、代谢、排泄等过程。
- ③营养素的作用机制和它们之间的相互关系。
- ④营养与膳食问题。
- ⑤营养与疾病的防治。
- ⑥食品加工对营养素的影响。

上述最后一点是本课的重点。至今人们对食品加工期间如何保存和改善食品的营养价值还不够重视。加工食品或工业食品应是今后发展的方向。无疑,了解食品加工对营养素的影响,尽量减少食品加工时的营养素损失。这对于从事与食品加工有关的人来说应予以特别注意。

(2) 食品营养与食品加工

①食品

根据我国食品卫生法的规定,食品是“指各种供人食用或者饮用的成品或原料,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。”按此定义,食品既包括

食物原料,也包括由原料加工而成的成品。不过,人们通常将食物原料称为食物或食料(food-stuff),而将经过加工的食物称为食品(food product)。但从广义上讲,不管是食物原料还是经过加工的食物都可统称为食品(food)。

② 营养

营养是人类从外界摄取食物满足自身生理需要的过程。也可以说是人体获得并利用其生命所必需的物质和能量的过程。

③ 营养素

营养素是保证人体生长、繁衍和维持健康生活所必需的、且要求有足够量的物质。目前已知有40~45种人体必需的营养素。它们存在于不同的食物之中并被人们所摄食。

④ 营养价值

营养价值通常是指特定食品中的营养素及其质和量的关系。食品中含有人体所需的营养素即具有一定的营养价值,否则即无营养价值。那些含营养素较多、且质量较高的食品则营养价值较高。

⑤ 营养密度

营养密度是指食品中以单位热能为基础所含重要营养素(包括维生素、矿物质和蛋白质)的浓度。每卡(cal)或每焦耳(J)热能所提供上述营养素多的食品,其营养密度较高。

⑥ 营养标签

营养标签是指在肉类、水果、蔬菜以及其它各种加工食品上描述其热能和营养素含量的标签。它有利于人们根据各自的健康状况和营养需要选择食品,并具有传播营养知识的作用。

食品加工

食品加工是将食物原料经过不同的加工、处理、调配等制成各种不同加工食品的过程。它可以按原料来源、加工方法、功能作用、食用对象等的不同进行多种分类。在食品加工时通常伴有一定量的营养素损失。我们应最大限度地保持食品中原有营养素,使之不受或少受损失。必要时还可适当添加一些营养素以满足人们的营养需要。

2. 世界食品与营养状况

据估计,世界大约有三分之二的人得不到足够的食品,或者没有恰当的食品来维持身体健康,其中绝大多数人处在发展中国家。另一方面,发达国家则多有营养过剩,并产生肥胖症等另一种类型的营养不良。

营养不良大致有以下四种类型:

营养不足 例如饥饿。

营养素缺乏 例如佝偻病。

营养不平衡 例如以米、面为食的人易缺乏赖氨酸。

营养过剩 例如肥胖症。

(1) 世界人口发展状况

世界人口急剧增长,1830年世界由10亿人发展到20亿人时中间经历了97年,而最近由40亿人增加到50亿人只相隔13年。发展中国家人口的增长比发达国家高1.5~2倍。这无疑给人类营养带来一定的问题。因此,人类必须适当控制人口增长。

(2) 世界粮食生产情况

世界谷物的生产略高于人口增长。这意味着世界谷物的供应按人口增长的比例来说是在逐渐改善的。但是,实际的生产情况因气候等多种原因有所起伏。而且,不同的国家和地区发展亦不平衡。

(3) 世界蛋白质生产情况

作为人类营养中最重要的蛋白质,其生产、供应相当缺乏。联合国粮农组织(FAO)的调查表明,世界上大约有一半人处于蛋白质供应不足的状态,其中发展中国家尤为严重。至于优质的动物性食物蛋白质则更为欠缺。

(4) 影响世界食品生产、供应的原因。

- ① 地理 例如沙漠、干旱、水灾等影响作物生长。
- ② 经济 例如贫困限制食品的生产和消费。
- ③ 文化 例如某种迷信致使人营养不良。
- ④ 教育 有利于提高人民的营养水平。
- ⑤ 政治 良好的政治活动和政策有利于食品生产和人民营养状况的改善。

3. 我国食品与营养状况

(1) 我国食品与营养简况

解放前,我国人民“食不饱腹”,“糠菜半年粮”。根本谈不上什么“营养”。解放后,特别是党的十一届三中全会以后,我国人民的食品供应和营养状况发生了根本变化。1949年我国人均粮食拥有量为209kg,到1984年已增加到近400kg。据报告,1980年我国每人每天摄取2450Kcal(10.24MJ)热能,63.9g蛋白质,28.3g脂肪。联合国FAO和美国人口咨询局均认为我国1980年每人每天的食物摄取量,其热能已达到或略超过所需水平,蛋白质和脂肪则尚欠缺。最近报告,我国粮食及动物性食品的生产与社会消费量的增长,均呈同步增长趋势,且生产略偏高,但我国人民多以植物性食品为主、动物性食品所占比例偏低。可以说,我国的食品供应已基本满足温饱型要求。

(2) 营养缺乏病的防治

解放后经过多年的努力,我国在防治营养缺乏病方面取得了巨大成绩。例如到1981年底,我国成功地地为1千多万患者和1亿3千多万人进行了甲状腺肿和克汀病的防治工作。我国西北某些地区少数民族中因缺乏维生素烟酸所引起的癞皮病(又称糙皮病),其发病率已由解放前的40%左右下降到1980年的0.9%。值得特别提出的是我国克山病的防治工作,除了大大降低其发病率和死亡率外,还进一步揭示了硒在人体新陈代谢中的重要作用,并在国际上获奖。

(3) 平均预期寿命的增长

解放后,由于我国营养、卫生事业的发展,我国人民的平均预期寿命正在大大增长。平均预期寿命或称平均期望寿命,是指人们在不同年龄时预期可能生存的平均年限。我们现在所指的平均预期寿命就是通常所说的平均寿命,是指出生不满一岁的人的平均预期寿命。据报告,我们的祖先北京猿人平均寿命很短,约14岁。解放前,我国人民的平均寿命仅35岁(此时欧洲人已在60岁以上),到1985年已增长到68.9岁,接近世界先进水平(欧洲人平均寿命最高,1980年为72岁)。

(4) 需要解决的问题

- ① 大力增加生产、开发食物资源

我国是一个发展中国家,人口众多,人均耕地只有1.5亩,仅为世界人均耕地的三分之一。粮食占有量很低,约400kg。有待于大力发展粮食生产和开发其它食物资源。

②调整膳食结构

我国人民的膳食多以谷类食物为主。蛋白质摄入,尤其是动物性蛋白质摄入不足。但是,要全靠用动物性食品来弥补蛋白质摄入的不足,不符合我国国情。我们应在大力发展大豆和大豆制品的同时,适当提高动物性食品所占的比率。

③继续努力防治营养缺乏病

我国人民营养状况的改善还不平衡。目前在一些地区和人群中尚存在着某些营养缺乏病,尤其是婴幼儿中贫血和佝偻病等的发病率甚为严重,必须进一步防治。

④普及营养知识,防止营养失调

任何单一的天然食品都不能满足人体全面的营养需要。人体所需各种营养素之间尚应保持一定的平衡。只有把营养知识交给群众,才能让人们根据各自的健康情况去尽可能的获得最佳营养,并且防止营养失调。

⑤发展食品加工

食品加工不仅可进行多品种生产以满足人们的不同嗜好、要求。在营养上,它还可以不受单一天然食品的局限,例如通过适当的营养强化使人们获得人体需要的各种不同的营养素。更重要的是它可将人们传统的家庭烹调、厨房劳动改变成社会化的生产。因而不但可提高劳动效率,节省资源和能源,而且还有利食品的保藏、运输和方便摄食,以适应当前我国人民正在加速进行的现代化建设事业。

4. 营养学和其它学科的关系

营养学是营养学科的一部分,它可分为普通营养学和应用营养学。食品营养学可认为是与食品专业有关的应用营养学。

营养学与生理学和生物化学关系密切,它与之结合可分别形成营养生理学和营养生物化学。此外,营养学还与食品化学、食品卫生学、食品的商品学与经济学,甚至与心理学等密切相关。本“食品营养学”则是在介绍普通营养学的基础上重点突出与食品加工有关的营养学内容。其中,如何在食品加工、保藏等过程中既提高食品的色、香、味和形态、质地等感官性状,尽量保持食品中原有的营养素,使不受或少受损失,必要时适当添加一定的营养素,用以提高食品的营养价值,是我们介绍的重点。

三、补充内容

1. 食品标签

食品标签通常是指在各种加工食品的包装上描述其特点的说明物。我国1987年发布的“食品标签通用标准”规定食品标签的基本内容为:食品名称,配料表,净含量及固形物含量,厂名,批号,日期标志等。

食品标签除了有利于食品的生产、经营、管理外,也有利于消费者选购食品。人们通过食品标签可大体了解食品的组成,因而可大体了解该食品的营养价值。例如我国规定所有的食品都要标明配料表。尽管它无需列出所用各种原料和辅助材料的质量或体积,甚至它们所占的百分比,但是要求将制造或加工食品时使用的原料、辅助材料和食品添加剂按加入量从

多到少依次排列。至于对婴幼儿食品和营养强化食品等特殊需要的食品则要求列出成分表, 即将其营养成分如蛋白质、脂肪、糖类、维生素、矿物质等的含量列出。此外还要有食用方法。无疑, 这对人们按照各自的营养需要来选择食品将更为有利。为了更好地执行我国“食品标签通用标准”。轻工业部食品工业司尚进一步制订了罐头、饮料、酒、食糖、乳制品、糖果巧克力、饼干、方便面、味精、儿童食品等十类食品专业标签内容试行意见, 就上述十类食品作了更具体的规定。

在食品标签上要求标明保存期或保质期(保存期或保质期在7天以内和18个月以上的食品除外)。保质期是预示在任何标签上规定的条件下保证食品质量的日期。在此期间食品完全符合标签上或产品标准中所规定的质量标准, 并适于销售, 若超过此期限不多, 食品仍然可以食用。保存期则是指预示在任何标签上规定的条件下, 食品可以食用的最终日期。在此之后该食品不再适于食用。

通常, 营养标签是食品标签的一部分。

2. 既是食品又是药品的物品

我国规定, 食品可包括“按照传统既是食品又是药品的物品”, “不包括以治疗为目的的物品”。这是因为食品主要用来满足人们的营养需要, 必须每日食用。药品则是用来治病, 有一定的剂量-效应关系, 多食则可能有害。只是对那些在传统上既可作为食品又可作为药品的物品方可按食品对待。例如, 红枣在传统上既是食品又是药品, 可按食品对待; 人参在传统上并非食品, 故在食品中(如饮料等)不应加用人参。

为此, 我国卫生部于1987年确定了第一批“既是食品又是药品”的品种名单:

(1)《中华人民共和国药典》1985年版和中国医学科学院卫生研究所编著的《食物成分表》(1981年第三版, 野菜除外)中同时列入的品种。

(2) 乌梢蛇 腹蛇 酸枣仁 牡蛎 梔子 甘草 代代花 罗汉果 肉桂 决明子 莱菔子 陈皮 砂仁 乌梅 肉豆蔻 白芷 菊花 藿香 沙棘 郁李仁 青果 薤白 薄荷 丁香 高良姜 白果 香椽 火麻仁 桔红 茯苓 香薷 红花 紫苏。

此后, 由于不少地方、不同程度地存在着食品中滥加药物、盲目宣传疗效, 以及由此造成“食药不分”的混乱情况, 卫生部从保障人民身体健康、促使食品工业健康发展的原则出发, 于1990年发出了“关于加强对加药食品监督管理的几点意见”。同时, 在全国范围内开始征集第二批“既是食品又是药品”的品种名单。

四、思考题

1. 人为什么要吃食物? 简述食品与人体营养、健康的关系。
2. 食品营养学主要包括哪些内容? 为什么食品专业学生应重点掌握食品加工对营养素的影响?
3. 解释下列名词:
食品 营养 营养素 营养价值 营养密度 营养标签 食品标签 食品加工
4. 人体必须由外界获得多少种营养素? 我们为什么应对这些营养素有所了解?
5. 下述食品中哪些品种的营养密度较高?
大米 白菜 苹果 鱼 瘦猪肉 猪油 花生油 马铃薯 黄瓜 鸡蛋 鸡汤 牛乳

白酒 汽水 桔汁 水果糖 巧克力 饼干 方便面 麦乳精 全脂奶粉 人造奶油

6. 食品标签与营养标签有何不同? 请找出不同的食品标签进行比较并说明营养标签的作用和意义。

7. 食品和药品有何不同? 为什么食品中不应滥加药品? 试举例说明。

8. 试述营养与食品加工的关系, 为什么今后应大力发展加工食品?

9. 营养不良大致有哪几种类型? 试各举一例说明。

10. 试述世界人口增长及食品生产、供应的情况, 为什么说人类应适当控制自己的增长?

11. 影响世界各国食品生产、供应的因素有哪些? 试举例说明。

12. 试述我国食品、营养的发展状况, 今后尚应注意些什么问题?

13. 文化、教育与营养、健康有何关系? 试就你所知的国内、外情况予以说明。

14. 列出两个与食品营养学关系密切的知识领域, 并予以说明。

第二章 食物的消化和吸收

一、目的要求

1. 掌握人体消化系统的组成及特点;
2. 掌握消化作用的目的、意义及不同的作用方式;
3. 熟悉机体对糖类、脂类及蛋白质等的消化作用原理及其特点;
4. 掌握吸收的概念, 了解吸收的机理;
5. 熟悉机体对糖类、脂类及蛋白质消化产物的吸收作用;
6. 了解机体对维生素和矿物质的吸收作用。

二、内容提要

1. 消化系统概述

(1) 人体消化系统的组成

人体消化系统由消化管和消化腺两部分组成。消化管是一条从口腔到肛门的肌性长管, 依照其位置、形态和功能的不同可分为口腔、咽、食道、胃、小肠(十二指肠, 空肠, 回肠)、大肠(盲肠, 阑尾, 升结肠, 横结肠, 降结肠, 乙状结肠, 直肠)和肛门; 消化腺是分泌消化液的器官, 主要有唾液腺(腮腺, 颌下腺, 舌下腺)、胃腺(贲门腺区, 泌酸腺区, 幽门腺区)、胰腺、肝和小肠腺(十二指肠腺、肠腺)等。这些消化腺有的存在于消化管的管壁内, 其分泌液直接进入消化管内, 有的则存在于消化管之外, 它们有专门的腺管将消化液送入消化管中。

(2) 消化道活动特点

① 消化的概念

食物进入人体后, 在消化道内经过咀嚼、磨碎和分解, 变成结构简单的小分子物质的物理、化学变化过程, 称为消化。

② 消化作用的意义

- i 保护机体不受具有种属特异性大分子的危害。
- ii 将大分子营养成分分解为小的非特异性的物质, 便于吸收和利用。

③ 消化作用的方式

i 物理性消化: 通过口腔咀嚼及消化道肌肉收缩活动, 将食物磨碎, 并使食物与消化液充分混合, 将食物不断地向消化道的下方推送。

ii 化学性消化: 消化液中含有的各种消化酶分别对蛋白质、脂肪和糖类等物质进行化学分解, 使之成为可被吸收的小分子物质。

通常两种方式同时进行, 互相配合。

④ 消化过程

食物的消化从口腔开始，通过口腔的咀嚼将食物粉碎，并与唾液混合开始对淀粉进行部分消化，因为食物在口腔内停留时间很短，这对食物的消化作用不大。

由口腔咽下的食物，通过食道很快地送入胃内，进一步使食物磨碎，并与胃液混合，使食物中的蛋白质分解为分子较小的蛋白胨和胨。

食糜进入十二指肠后，进一步受到胰液、胆汁和小肠液的化学作用，各种营养成分被分解成为可吸收的小分子物质。食物通过小肠后，消化过程基本完成，只留下来未经消化的食物残渣，从小肠进入大肠。

大肠内无明显消化作用，大肠内细菌能使食物残渣发酵腐败，最后以粪便形式排出体外。

2. 食品的消化

(1) 糖类的消化

糖类的消化从口腔开始，口腔中唾液腺分泌的 α -淀粉酶对淀粉水解，继而在小肠内被胰液的 α -淀粉酶和肠粘膜细胞的1,6-低聚葡萄糖苷酶和麦芽糖酶所水解。

在 α -淀粉酶的作用下，直链淀粉首先部分分解成大量的六糖，进一步水解为三糖，最后成为麦芽糖和葡萄糖。麦芽糖经肠粘膜细胞的麦芽糖酶作用，或直接与粘膜细胞的微绒毛接触，被分解为葡萄糖。

支链淀粉和糖元（动物淀粉）在淀粉酶作用下，先形成小的低聚支链糖，由小肠粘膜细胞的1,6- α -低聚葡萄糖苷酶分解支链1,6-键上的葡萄糖基，以后的分解过程同直链淀粉，最终产物为葡萄糖。

双糖为小肠粘膜微绒毛的双糖酶所分解，蔗糖被蔗糖酶水解，乳糖被乳糖酶水解。

人体消化道中没有 β -葡萄糖苷酶，所以不能消化纤维素。

(2) 脂类的消化

脂类包括中性脂肪（脂肪及油）和类脂（磷脂、糖脂、固醇等）。食物中的脂肪主要是中性脂肪，即三酰甘油。

① 脂肪

脂肪的消化主要在小肠，在这里脂肪与胆汁、胰脂酶结合。胰脂酶主要水解 C_1 和 C_3 的外酯键，作用于油水两相界面。短链和中链脂肪酸的三酰甘油易被酶完全水解为甘油和脂肪酸。

脂肪的水解是不恒定的，大约有50%左右完全水解，其余大部分分解为具有很强乳化作用的单酰甘油，一小部分分解为二酰甘油。它们与胆汁盐及脂肪酸一起形成混合性胶粒，与肠粘膜微绒毛接触，以利吸收（详见小肠吸收作用）。

② 磷脂 首先由胰液中的磷脂酶A从其 C_2 上分解出脂肪酸，继而由磷脂酶B从生成的溶血磷脂中分解出第二个脂肪酸，脂肪酸被肠粘膜的磷酸二酯酶除去碱基变成甘油磷酸，再被粘膜细胞的非特异性磷酸酶水解成甘油和磷酸。

③ 胆固醇 食物中的胆固醇，酯化型者须先被胰液中胆固醇酯酶水解，生成脂肪酸和胆固醇后被吸收。

(3) 蛋白质的消化

蛋白质在胃中开始消化，首先被胃蛋白酶水解，到达小肠后则受来自胰液的胰蛋白酶、

糜蛋白酶和羧肽酶的作用，还受到小肠粘膜细胞产生的氨基肽酶、氨基二肽酶等作用，最后被分解为氨基酸。

上述这些酶中，有许多是以无活性的酶原形式分泌到消化道后再被活化转变成活性酶的。

酶原的活化

(1) 胃粘膜基底细胞分泌胃蛋白酶原，在胃酸和已存的胃蛋白酶作用下活化为活性胃蛋白酶。

(2) 胰腺分泌的胰蛋白酶原在小肠肽酶作用下转化为活性胰蛋白酶。

(3) 胰腺分泌的糜蛋白酶原和羧基肽酶A在小肠经胰蛋白酶作用转化成活性 α -糜蛋白酶和活化的羧基肽酶。

酶 的 特 异 性

名 称	来 源	主 要 作 用 的 肽 键
胃蛋白酶	胃粘膜主细胞	苯丙氨酸、酪氨酸、亮氨酸等氨基组成的肽键
胰蛋白酶	胰 腺	精氨酸或赖氨酸的羧基所组成的肽键
糜蛋白酶	胰 腺	芳香族氨基酸羧基所组成的肽键
弹性蛋白酶	胰 腺	脂肪族氨基酸羧基所组成的肽键
羧基肽酶A	胰 腺	中性氨基酸(芳香族或脂肪族氨基酸)的羧基末端肽键
羧基肽酶B	胰 腺	碱性氨基酸(精氨酸、赖氨酸)的羧基末端肽键
氨基肽酶	小肠粘膜	氨基末端肽键
二 肽 酶	小肠粘膜	二肽的肽键

3. 吸收

(1) 吸收概述

食物经过消化后，消化产物、水分及盐类等物质透过消化道的粘膜进入血液和淋巴循环的过程称为吸收。

消化道不同部位的吸收情况是不同的。这主要与消化道各部位的组织结构以及食物在该部位的成分与停留时间有关。在口腔和食道内，食物实际不被吸收；在胃内，食物被吸收的量也很少；大肠主要吸收水分和矿物质；小肠则是吸收的主要部位。人的小肠长约2.80米，直径4厘米，由于肠管粘膜具有环状皱褶，其表面积大为增加，总吸收面积为200—400米²。即使手术切掉小肠的2/3，对吸收仍无严重妨碍。人体总饮水量的4/5在小肠中吸收，通常所摄取的蛋白质、脂肪和糖类的95—97%也在小肠中被吸收。

关于营养物质吸收机理，到目前为止，了解得还很不够，大致可分为被动转运和主动转运两类。

被动转运包括滤过、单纯扩散、渗透、易化扩散等作用。

单纯扩散是由于不停顿的分子运动而产生。例如，将两种不同浓度的同一溶液相邻地放在一起，高浓度区域中的溶质分子就会有向低浓度区域的净运动。这种现象称为扩散。

易化扩散是指一些不溶于脂质的物质，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的过程。其特点是细胞膜的每一种蛋白质只能转运具有某种特定化学结构的物质，它不是单纯地物理扩散，而有某种化学反应参与其中。

主动转运是由于细胞膜上存在着一种具有“泵”样作用的转运蛋白，它可逆浓度梯度进行，为此要有能量的消耗。

此外还有胞饮作用即细胞膜的一小部分向内凹入，将微滴包围，然后合拢，将微滴吸入细胞中。

被吸收的物质由血液与淋巴系统运走，三酰甘油和胆固醇等大分子经淋巴途径运离吸收地点，小分子则经血液途径运走。

（2）糖类消化产物的吸收

在天然食物中，最主要的糖类是淀粉和糖原，而糖被吸收的主要形式是单糖。在肠道中主要的单糖是葡萄糖，另外还有不等量的半乳糖和果糖。糖在胃中几乎不吸收，而在小肠中则几乎完全被吸收，吸收途径主要是血液。

①糖的选择性吸收

各种单糖吸收速度极不相同，若以人体葡萄糖的吸收速度为100计算，半乳糖为110，果糖为70，木糖醇为36，山梨醇为29。

②糖的吸收机理

不同单糖的吸收机理不同，葡萄糖和半乳糖的吸收方式是主动转运，它能逆浓度差进行，当血液和肠腔中糖浓度比例为200 : 1时，糖吸收仍可进行。戊糖和多元醇是单纯扩散。果糖一旦进入肠上皮细胞后，一部分转变为葡萄糖和乳酸，所以果糖的吸收速度介于主动吸收的葡萄糖和被动吸收的甘露糖之间。

糖的种类不同在小肠各部分的吸收率不同。

很多研究表明，葡萄糖的吸收必须有钠离子存在。

（3）脂类消化产物的吸收

①脂肪

正常机体内，摄入的脂肪至少有95%是被吸收的。主要吸收部位在十二指肠的下部和空肠上部，中性脂肪的三酰甘油有50%在小肠内受胰脂肪酶的作用被分解为脂肪酸和甘油，有25%只分解到单酰甘油阶段便终止。分解产生的脂肪酸和单酰甘油在胆盐的作用下聚集在一起形成脂肪微粒的状态，它通过扩散作用通过上皮细胞的刷状缘膜。甘油和脂肪微粒两者是分别单独地被吸收的（见图1）。

在细胞内则形成脂肪酰辅酶A，由于多种酶的作用，一酰甘油合成为二酰甘油；脂肪酰辅酶A和二酰甘油，进而再合成为三酰甘油。另一方面，甘油经过L- α -磷酸甘油阶段，最后也被合成为三酰甘油。

由此合成的三酰甘油，为蛋白质和胆固醇所构成的脂蛋白膜包裹，形成不到1 μm 的微珠，被称为乳糜微粒。乳糜微粒以主动转运的形式通过浆膜侧的细胞膜进入淋巴管。总之，上

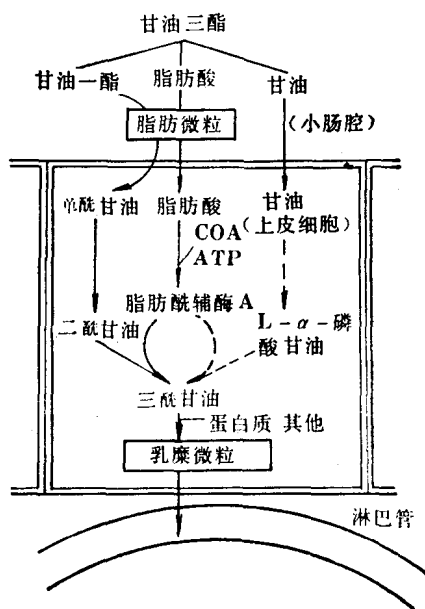


图1 小肠中脂肪的吸收

述过程说明了脂肪吸收过程是把很难溶于水的三酰甘油，形成珠球状的脂肪微粒或乳糜微粒后，才得以通过细胞。一般说来，中性脂肪以及多数长链脂肪酸是采取淋巴途径吸收，然后间接进入血液；低级脂肪酸（12个C以下）及甘油可以原样不变地由上皮细胞进入血管。由于膳食中的动、植物油中含15C以上长链脂肪酸多，所以脂肪吸收途径以淋巴为主。

② 磷脂

大部分磷脂在肠腔中完全水解成脂肪酸、甘油、磷酸盐及其它化合物而被吸收。小部分可不经水解而被完整地吸入上皮细胞，它们可以形成乳糜微粒被转运入肠淋巴管中。

③ 胆固醇

正常人的食物每日约含数十毫克至一克的胆固醇，主要来自动物性食物，一般约有1/3被吸收。流入肠腔的胆汁中也含有胆固醇2~3g，为肝脏所合成，称为内源性胆固醇。机体本身吸收胆固醇的能力有限，内源性胆固醇大约占胆固醇总吸收量的一半。胆汁中的胆盐对胆固醇吸收非常重要，若无胆汁，则胆固醇根本不能吸收。胰液对胆固醇吸收也有重要作用。

胆固醇的吸收靠简单的扩散，胆固醇进入上皮细胞后，即转入肠淋巴管内运走。

胆固醇的吸收部分主要在空肠，植物固醇与胆固醇相互竞争粘膜细胞上的载体，因此摄食植物固醇可抑制胆固醇的吸收。

（4）蛋白质消化产物的吸收

蛋白质食物在小肠内分解为氨基酸而被吸收。天然氨基酸（L-氨基酸）通过主动转运而被吸收，D-氨基酸仅能通过扩散进行被动转运。氨基酸的吸收进行得很快，肠内容中的自由氨基酸含量从不超过7%。正常情况下，蛋白质产物几乎不在胃中吸收或吸收极少。真正吸收蛋白质产物的部位在小肠，尤其是小肠上部，当食糜到达小肠末端时，几乎全部氨基酸都已被吸收。它的吸收途径为血液。

①氨基酸的运转 一般来说，小肠吸收中性氨基酸的能力比吸收酸性或碱性氨基酸要强；对左旋氨基酸的转运速度比右旋氨基酸大。

目前在小肠上已确定了四种转送氨基酸的运载系统。

- i 中性氨基酸转运系统：转送单胺、单羧中性氨基酸，如蛋氨酸和亮氨酸等；
- ii 碱性氨基酸转运系统：转运精氨酸、鸟氨酸、赖氨酸；
- iii 酸性氨基酸转运系统：转运谷氨酸和天冬氨酸；
- iv 亚氨基酸和甘氨酸转运系统。

②未消化及部分消化的蛋白质的吸收 根据过敏反应方面的研究，多数人是吸收极微量的未消化的全蛋白的。未经消化的全蛋白和蛋白质的不完全分解产物，进入体内可引起中毒现象。因此，正常机体内，虽然不能排除其吸收入血的可能性，但其吸收的量不可能多，而且根本起不到营养作用。

（5）维生素的吸收

一般来说，对水溶性维生素的吸收是以简单的扩散方式进行的。但维生素B₁₂的吸收，则有自己的特点，它只有与胃腺壁细胞分泌的糖蛋白（又称内因子）结合成复合物，方能吸收。生理剂量的维生素B₁₂，只有在回肠才能被吸收。

此外，大肠内菌丛制造的各种B族维生素，可由大肠吸收。

脂溶性维生素（包括维生素A、D、E、K）溶于类脂物，它们的吸收机制与类脂物相