

第 1 章

1

营养学基础

学习目标

在了解营养学产生发展的历史沿革基础上，重点掌握营养、营养素、蛋白质的互补作用、必需氨基酸、必需脂肪酸、食物特殊动力作用等概念，掌握各种矿物质和维生素的生理功能及相应缺乏症状，三大产热营养素作用机理等。

在此基础上一般掌握中国营养学会推荐的《中国居民膳食营养素参考摄入量（DRIs）》，了解各种营养素的吸收利用过程。

- 学习目标
- 1.1 概述
- 1.2 蛋白质
- 1.3 脂类
- 1.4 碳水化合物
- 1.5 矿物质和微量元素
- 1.6 维生素
- 1.7 水
- 1.8 能量
- 1.9 人体对食物的消化吸收
- 典型案例
- 本章小结
- 关键概念
- 课堂讨论题
- 复习思考题
- 实训题
- 自测题

1.1

概述

1.1.1 营养学发展的历史沿革

食物(Food)是人类赖以生存和发展的物质基础。随着社会的发展,人们对食物的要求层次不断提高,已经由最初的饱腹、维持自身基本生存条件,逐渐向延年益寿、从饮食中获得灵感从而满足心理需求的方面发展。

营养学(Nutriology)是研究人体营养规律及其改善措施的科学。由于营养过程是人体的一种最基本的生理过程,因而营养学是一门很古老的科学。无论古今中外,自从有了文字记载的历史时期,人们就发现了营养这一生理过程。

在我国最古老的古籍《黄帝内经》中的“素问篇”中提出“五谷为养、五果为助、五畜为益、五菜为充”等朴素的合理营养概念;在《千金食治》中提出“安生之本,必资于食,不知食宜者,不足以生存也”等营养观念。在漫长的三千多年的历史发展过程中,对营养的论述主要限于食物营养作用的经验汇总和立足于阴阳五行学说的抽象演绎。在食物的营养作用经验汇总方面有《食经》、《食疗》、《食疗本草》、《饮膳正要》等几十部食物药理学著作,而立足于阴阳五行学说的营养学抽象演绎论述,则分散在全部医学古籍中。古典营养学因为缺乏实验技术科学基础,所以当西方的近代营养学传来中国后,很快就形成了我国近代营养学基础。

补充阅读资料 1—1

现代西方营养学的起源

被称为“医学始祖”的希波克拉底早在公元前4世纪就已经提出,食品中的特殊成分对于维持生命是必不可少的。在古埃及发现的纸莎草纸卷宗(公元前9世纪)中就有“患夜盲症的人最好多吃牛肝”的记载。公元前525年左右,希腊的希罗多德斯发现,希腊人的头盖骨比普鲁士人的头盖骨硬。他认为,这是由于希腊人受阳光照射多的缘故。

很多与营养学有关的事实,在相当早的时期就已经知道了。但是,系统的营养学诞生却是在发现了构成人体重要物质的18世纪以后。

资料来源[日]石仓俊治:《漫话功能性食品》,周永春等译,中文1版,3页,北京,科学出版社,1998。

西方传来的近代营养学大体上奠基于18世纪中叶。在这一时期里,关于呼吸是氧化燃烧的理论,消化是化学过程的一系列启蒙性生物科学成就,将营养学引上了现代科学发展的轨道。19世纪建立的食物组成与物质代谢的概念,蛋白质被认为是生命所必需以及氨基酸的发现等,使营养学取得了长足的发展。20世纪初期又发现了必需脂肪酸及8种必需氨基酸。营养能量代谢也分为基础代谢、劳动能量消耗代谢及食物的特殊动力作用等。

第二次世界大战结束后，营养学进入了立足于实验科学技术的鼎盛时期。分子生物学划时代的进展，为营养学向微观世界发展，为探索生命奥秘提供了理论基础。随之营养生理、营养生化得到迅速发展，营养与疾病的关系进一步阐明，大大促进临床营养的进展。在世界卫生组织与联合国粮农组织的努力下，加强了营养工作的宏观调控性质，出现了新名词和新提法，如公共营养学、社会营养学、营养监测、营养政策等。许多国家采取营养立法手段，建立政府监督管理机构，研究推选社会食品经济政策等必要的行政措施，使营养学更富有宏观性、社会实践性，在提高人群营养水平和健康水平上，收到了显著的社会效益。

在一个国家或地区开展营养工作，应包括以下内容：不同地区的食物营养成分分析；确立可靠的营养成分、热能需要和营养素需要的分析方法；食物资源开发利用的研究；调查不同人群、不同劳动条件下营养现状，针对各种营养状况采取相应措施；确定不同地区的社会广大人群的食物结构，并拟出实现该食物结构的政策性措施。

1.1.2 营养与营养素

营养 (Nutrition) 是指人们摄取食物，进行消化、吸收和利用的整个过程。它能满足人体生命活动所需的能量，提供细胞组织生长发育与修复的材料并维持机体正常的生理功能。

补充阅读资料 1—2

万物生长离不开营养

从字面上讲，“营”就是谋求的意思，“养”就是养生的意思，合起来就是谋求养生。我们所说的万物生长靠营养，实际上正是地球上生物界对营养的依存关系。阳光普照大地，为绿色植物生长提供了能量来源和生长条件，通过食物链向上传播。因此作为万物之灵的人类要维持自身的存在，也必须注意保持生态平衡。

资料来源 陈春明、葛可佑：《中国膳食营养指导》，1版，3页 北京 华夏出版社，2000。

营养素 (Nutrients) 是指食物中对机体有生理功效且为机体正常代谢所需的成分。人体所需的营养素目前已知道的有几十种，可分为蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质 (无机盐)、维生素和水，通常称为六大营养素。各种营养素有各自独特的生理功能，它们在体内代谢又有着密切的联系。

营养素来自于食物，但是任何一种食物不可能包含所有的营养素，一种营养素也不可能具备所有的营养功能。因此。人体需要从多种食物中才能获取足够而又平衡的营养素与能量来维持生命活动。人体对营养素的需要量依年龄、性别、体重、生长发育程度及健康状况而异，同时也受环境的影响。

1.1.3 营养学在旅游企业管理中的应用

营养学为旅游企业的餐饮原料选择和菜肴风味形成提供科学依据，也对烹调过程中食物营养素保护提供切实可行的方法，同时还为推广科学配膳、平衡膳食提供理论上的科学

指导。在饭店管理工作中，重视营养工作，提供具有合理营养的餐饮产品，指导就餐的中外宾客科学用膳，掌握营养学基本理论知识，加强餐饮产品的营养调配，使厨师提供的餐饮产品不仅保存了传统的特色风味，同时也具有合理营养。

1.2

蛋白质

1.2.1 蛋白质的组成和分类

1) 蛋白质的组成

蛋白质 (Protein) 主要是由碳、氢、氮、氧四种元素构成，一部分蛋白质也含有硫、磷、铁和铜等元素。氮元素在各种蛋白质中含量是最稳定的，平均含量为 16%，所以常以食物中氮的含量来测定蛋白质的含量。

氨基酸 (Amino Acid) 是构成蛋白质的基本单位。天然氨基酸有许多种，构成蛋白质的氨基酸主要是其中的 20 多种。氨基酸之间是以肽键相连接。

2) 蛋白质的分类

蛋白质是复杂大分子，种类繁多。蛋白质的分类方法有多种，依据蛋白质的组成可将蛋白质分为单纯蛋白质和结合蛋白质两大类。单纯蛋白质的降解最终产物是氨基酸，结合蛋白质的降解最终产物除氨基酸外，还有其他化合物，如糖、磷酸、核酸等。

单纯蛋白质依其溶解性又可分为清蛋白 (白蛋白)、球蛋白、谷蛋白，醇溶蛋白、组蛋白、精蛋白和硬蛋白等；结合蛋白质根据与蛋白质结合的化合物又可分为核蛋白、磷蛋白、脂蛋白、糖蛋白和色蛋白。

在营养学上，根据各种食物蛋白质所含必需氨基酸的种类、数量及比值可将蛋白质分为三类，即完全蛋白质、半完全蛋白质和不完全蛋白质。

补充阅读资料 1—3

蛋白质——最重要的物质

法国生理学家马让迪于 1816 年发现，仅给狗喂食糖和油，不久狗就会死亡，但若同时喂给含氮食物，狗就能活下去。

荷兰化学家、医生莫伊尔德在 1838 年研究了含氮食物成分。他用希腊语中意指最重要的东西 “Proteios” 一词为之命名为 “Protein”，即蛋白质。从这以后，蛋白质这一术语即被世界所采用。

资料来源 日 石仓俊治：《漫话功能性食品》周永春等译 中文 1 版，5 页，北京 科学出版社，1998。

(1) 完全蛋白质

完全蛋白质是一种质量优良的蛋白质，含有人体所需必需氨基酸，并且种类齐全，数量充足，比例合适，不但能维持人体的生命和健康，还能促进儿童的生长发育。属于完全蛋白质的有奶类中酪蛋白、乳白蛋白，小麦中的小麦谷蛋白，蛋类中的卵白蛋白和卵黄磷

蛋白，肉类中的白蛋白，大豆中的大豆球蛋白以及玉米中的谷蛋白等。

(2) 半完全蛋白质

半完全蛋白质含有各种必需氨基酸，但含量多少不均，互相比例不合适，若在膳食中作为惟一的蛋白质来源，可以维持生命，但不能够促进儿童生长发育。属于半完全蛋白质的有小麦、大麦中的麦胶蛋白等。

(3) 不完全蛋白质

不完全蛋白质所含必需氨基酸种类不全，若在膳食中作为惟一蛋白质来源，既不能维持生命，也不能促进儿童生长发育。属于不完全蛋白质的有玉米中的玉米胶蛋白，动物结缔组织中的胶原蛋白以及豌豆中的豆球蛋白等。

将蛋白质划分为完全蛋白质、半完全蛋白质和不完全蛋白质是比较粗略的，仅具有相对意义。一般来说，动物性食品比植物性食品中所含的完全蛋白质较多，所以动物性食品蛋白质的营养价值一般高于植物性食品蛋白质。

1.2.2 氮平衡

人体每天必须从食物中摄取一定数量蛋白质，用以维持正常的生命活动和工作需要。如果蛋白质摄入量不足，就会使婴幼儿生长发育迟缓，智力水平发育不良，成人缺乏蛋白质会出现体重减轻，肌肉萎缩，抵抗力下降等症状，严重缺乏时还会导致水肿性营养不良。

在正常情况下，人类成年之后机体蛋白质含量稳定不变。虽然通过蛋白质的不断分解与合成，细胞组织在不断地更新，但蛋白质的总量却维持动态平衡。一般认为，人体内全部蛋白质每天约有 3% 左右进行更新。由于氨基酸是组成蛋白质的基本单位，所以蛋白质在机体首先被分解成氨基酸，然后大部分又重新合成蛋白质。只有其中的一小部分分解成尿素以及其他代谢产物排出体外。这种氮排除是机体不可避免的消耗损失，称为必要的氮损失。因此，为维持成年人的正常生命活动，每天必须从膳食中补充蛋白质，才能维持机体内蛋白质总量的动态平衡。如果机体摄入氮和排出氮的量相等，就称为氮平衡。氮平衡状态可用下式来表示：

摄入氮 = 尿氮 + 粪氮 + 其他氮损失 (通过皮肤及其他途径排出氮)

对于正在生长发育的婴幼儿和青少年，为了满足新增组织细胞合成的需要，有一部分蛋白质将在体内储留，即摄入蛋白质的数量大于排出量，摄入氮量大于排出氮量，称为正氮平衡；在某些疾病状态下，可能由于大量组织细胞破坏分解，机体排出氮量大于摄入氮量，称为负氮平衡。

1.2.3 必需氨基酸

必需氨基酸 (Essential Amino Acid, EAA) 是人体内不能合成的，或者合成速度不能满足机体需要，必须由食物蛋白质供给的氨基酸。人体内必需氨基酸有 8 种，即亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸，苏氨酸、色氨酸和缬氨酸。对婴儿来说，组氨酸也是必需氨基酸。在人体内能够合成，或者可由其他氨基酸转变而成，可以不必由食物蛋白质供给的氨基酸称为非必需氨基酸。非必需氨基酸有甘氨酸、酪氨酸、丙氨酸、丝氨酸、

脯氨酸和羟脯氨酸等。从营养学观点来看，上述氨基酸均是机体蛋白质的构造材料，而 8 种必需氨基酸则是食物蛋白质营养价值的关键成分。

1) 人体对必需氨基酸的需要量

人体对必需氨基酸的需要量随年龄的变化而发生改变，人体对各种必需氨基酸的需要量如表 1—1 所示。

表 1—1

人体不同阶段每日必需氨基酸的需要量单位：毫克 / 千克

必需氨基酸 名 称	不同年龄段				
	婴儿 (3~4月)	儿童 (2岁)	学龄儿童 (10~12岁)		成人
组氨酸	28	?	?	(?)	(8~12)
异亮氨酸	70	31	(28)	(28)	10
亮氨酸	161	73	45	(44)	14 (40)
赖氨酸	103	64	60	(22)	12 (35)
蛋氨酸 + 胱氨酸	58	27	27	(22)	13
苯丙氨酸 + 酪氨酸	125	69	27	(28)	14
苏氨酸	87	37	35	(28)	7 (15)
色氨酸	17	12.5	4	(3.3)	3.5
缬氨酸	93	38	33	(25)	10 (16)
总计	714	352	261	(216)	84

注：此表所示婴儿必需氨基酸需要量与人乳的模式稍有不同 它富于含硫氨基酸和色氨酸。总必需氨基酸中未包括组氨酸。

表中未加括号的数字来自 WHO technical report series, 522, 1973；括号内数字为后来的文献值。

资料来源：WHO technical report series, 724, 1985。

从表 1—1 可以看出，人体对必需氨基酸的需要量随年龄的增长而不断下降成人同婴儿相比有显著下降。婴儿和儿童对蛋白质和必需氨基酸的需要量比成人高，主要是用以满足其生长、发育的需要。

2 必需氨基酸的需要量模式

人体对必需氨基酸不仅有数量上的需要，而且还有比例上的要求。所以，为了保证人体合理营养的需要，一方面要充分满足人体对必需氨基酸所需要的数量，另一方面还必须注意各种必需氨基酸之间的比例。因为组成人体各种组织细胞蛋白质的氨基酸有一定比例，每日膳食中蛋白质所提供的各种必需氨基酸比例也必须与此种比例一致，才能在体内被机体充分利用。各种必需氨基酸之间的相互比例可以称为氨基酸构成比例或相互比值，亦有人称为氨基酸模式。

如果膳食中蛋白质的氨基酸构成比例与机体的需要不相符合，一种必需氨基酸的数量不足，则转移核糖核酸就不可能及时将所需的各种氨基酸全部带给核蛋白体核糖核酸，其他氨基酸也不能充分利用，蛋白质合成就不能顺利进行。一种必需氨基酸过多，也同样会

对其他氨基酸的利用产生影响。所以当必需氨基酸供给不足或不平衡时，蛋白质合成减少，也会出现类似蛋白质缺乏的症状。必需氨基酸需要量模式，以及鸡蛋、牛奶和牛肉蛋白质的必需氨基酸含量如表 1—2 所示。

表 1—2 必需氨基酸需要量模式和优质动物蛋白质比较

必需氨基酸	需要量模式				食物含量 ^③		
	婴儿（人乳） ^① 平均范围	学龄前儿童 ^② （2~5岁）	学龄儿童 （10~12岁）	成人	鸡蛋	牛乳	牛肉
组氨酸	26（18~36）	（19） ^④	（19）	16	22	27	34
异亮氨酸	46（41~53）	28	28	13	54	47	48
亮氨酸	93（83~107）	66	44	19	86	95	81
赖氨酸	66（53~76）	58	44	16	70	78	89
蛋氨酸 + 胱氨酸	42（29~60）	25	22	17	57	33	40
苯丙氨酸 + 酪氨酸	72（68~118）	63	22	19	93	102	80
苏氨酸	43（40~45）	34	28	9	47	44	46
色氨酸	17（16~17）	11	（9）	5	17	14	12
缬氨酸	55（44~77）	35	25	13	66	64	50
包括组氨酸	460（408~588）	339	241	127	512	504	479
减去组氨酸	434（390~552）	320	222	111	490	477	445

注：人乳的氨基酸组成。

氨基酸需要量/kg（表 1—1）除以参考蛋白质（乳或鸡蛋蛋白质）的安全摄入量/kg。此安全摄入量为：成人 0.75 克/kg；儿童（10~12岁）1.10g/kg。

鸡蛋、牛乳和牛肉的组成成分。

括号内数值由需要量对年龄的曲线插入。

资料来源：WHO technical report series, 724, 1985。

3 限制性氨基酸

膳食中蛋白质的氨基酸构成比例与机体的需要不相符合，一种氨基酸不足，则其他氨基酸也不能充分利用。被吸收到人体内的必需氨基酸中，能够限制其他氨基酸利用程度的氨基酸，称为限制性氨基酸（Limiting Amino Acid, LAA）。限制性氨基酸中缺乏最多的称第一限制性氨基酸。一般赖氨酸是谷类蛋白质的第一限制性氨基酸。而蛋氨酸则是大豆、花生、牛奶和肉类蛋白质的第一限制性氨基酸。此外，小麦、大麦、燕麦和大米还缺乏苏氨酸，玉米缺乏色氨酸，分别是它们的第二限制性氨基酸。所以，通过将不同种类的食物互相搭配，添加赖氨酸和蛋氨酸等，均可以提高限制性氨基酸的比值，从而改进必需氨基酸的平衡和提高蛋白质的利用率。几种常见植物性食品的限制性氨基酸如表 1—3 所示。

表 1—3

常见植物性食品的限制性氨基酸

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
大麦	赖氨酸	苏氨酸	蛋氨酸
大米	赖氨酸	苏氨酸	
玉米	赖氨酸	色氨酸	苏氨酸
花生	蛋氨酸		
大豆	蛋氨酸		

补充阅读资料 1—4

必需氨基酸的发现

1935年左右，美国的 W.C. 罗斯合成了构成天然蛋白质的氨基酸。把这种合成的氨基酸以各种组合喂养动物，观察动物的发育情况。结果发现，构成天然蛋白质的氨基酸虽然有 20 种，其中 10 种氨基酸对大白鼠的发育是不可缺少的，8 种氨基酸对人的发育是不可缺少的。这些对动物或人不可缺少的氨基酸即是所谓的必需氨基酸。

资料来源 日 石仓俊治：《漫话功能性食品》周永春等译 中文 1 版，6 页，北京 科学出版社，1998。

1.2.4 蛋白质营养价值的评价

评定一种蛋白质的营养价值有多种方法，但总的来说，都是从“量”和“质”两方面来评价的。“量”即食物中蛋白质的含量多少，“质”即其必需氨基酸的含量及模式。此外，还应该考虑机体对该食物蛋白质的消化、吸收利用程度。尽管食物蛋白质的营养价值可以通过人体代谢来观察，但为了慎重和方便，往往采用动物实验的方法，并以此进行估计。任何一种方法都是从某一种现象为观察评价指标，具有一定的局限性。

1) 食物中蛋白质的含量

食物中蛋白质的含量多少，是影响食物蛋白质营养价值高低的基本因素。不能脱离含量单纯考虑营养价值。即使营养价值高，但如果含量低，也无法满足机体氮平衡，也不能发挥优良蛋白质应有的作用。

食物蛋白质含量可用凯氏定氮法测定。蛋白质平均含氮量为 16%，用所测得的氮含量乘以系数 6.25，即可得到蛋白质的含量。

2) 蛋白质的消化率

蛋白质的消化率是指一种食物蛋白质可被消化酶分解、吸收的程度，通常以蛋白质中被消化吸收的氮的数量与该种蛋白质的含氮总量的比值来表示：

$$\text{蛋白质消化率} = (\text{氮吸收量} / \text{摄入氮量}) \times 100\%$$

$$= [\text{食入氮} - (\text{粪氮} - \text{粪代谢氮}) / \text{食物氮}] \times 100(\%) \quad (1.1)$$

粪氮绝大部分来自未消化吸收的食物氮，也包括消化道脱落的肠粘膜细胞和肠道微生物及肠粘膜分泌的消化液氮，这部分氮总称为粪代谢氮。粪代谢氮是在人体进食足够热量但完全不摄入蛋白质的情况下在粪便中测得的。如果不计粪代谢氮，所得结果为表观消化率。反之称真消化率。表观消化率值比真消化率值低，对蛋白质的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简便，故一般多测定其表观消化率。

蛋白质的消化率越高，则被机体吸收利用的可能性越大，营养价值也越高。有许多因素可以影响食物中蛋白质的消化率，如食物的属性、抗营养因子的存在和烹调加工条件等。一般植物性食品中蛋白质的消化吸收率要比动物食品蛋白质的消化率低。有的食物中含有蛋白质酶抑制剂，如大豆中的胰蛋白酶抑制剂，蛋清中的抗生物素等，都可降低蛋白质的消化率。

3 蛋白质的生物价 (Biological Value, BV)

蛋白质的生物价是测定食物蛋白质利用率的一种方法。它是以食物蛋白质在机体内吸收后被贮留的氮与被吸收的氮数量比值来表示：

$$\text{蛋白质生物价} = (\text{氮贮留量} / \text{氮吸收量}) \times 100$$

$$\text{氮吸收量} = \text{食物氮} - (\text{粪氮} - \text{粪代谢氮})$$

$$\text{氮贮留量} = \text{氮吸收量} - (\text{尿氮} - \text{尿内源氮}) \quad (1.2)$$

一般进行蛋白质生物价测定时，多用初断奶大鼠，膳食中蛋白质含量 10%。对不同蛋白质生物价进行比较时，应将实验条件统一，才较合理。

4) 蛋白质净利用率 (Net Protein Utilization, NPU)

食物蛋白质在消化过程中可能受各种因素作用而影响其消化率，所以人们采用蛋白质净利用率作为评价指标用以表示蛋白质实际被利用的程度。蛋白质净利用率是指体内贮留氮量与摄入氮量的比值。事实上，蛋白质净利用率是将蛋化质的生物价与消化率结合起来评定蛋白质的营养价值，用公式表示为：

$$\text{蛋白质净利用率} = \text{生物价} \times \text{消化率}$$

$$= (\text{氮贮留量} / \text{氮吸收量}) \times (\text{氮吸收量} / \text{摄入氮量}) \times 100 (\%)$$

$$= (\text{氮贮留量} / \text{摄入氮量}) \times 100 (\%) \quad (1.3)$$

5) 蛋白质功效比值 (Protein Efficiency Ratio, PER)

蛋白质功效比值是测定蛋白质利用率的另一种简便方法，是用测定生长发育中的幼小动物每摄入 1 克蛋白质所增加的体重，来表示蛋白质在体内被利用的程度，用公式表示为：

$$\text{蛋白质的功效比值} = \text{动物增加体重 (克)} / \text{摄入蛋白质 (克)} \quad (1.4)$$

摄入同等重量的不同食物蛋白质，凡能使幼小物体重增加较多者，蛋白质的营养价值也就高。在实际工作当中，是将初断奶的大鼠用含 10% 的蛋白质饲料喂养 28 天，然后计算出相当于 1 克蛋白质所增加体重的克数来作为该种蛋白质功效比值。

6) 相对蛋白质价值 (Relative Protein Value, RPV)

将食物蛋白质饲料按不同剂量喂给正在生长发育的大鼠，并将其生长速度 (体重增加克数) 与蛋白质剂量 (在饲料中的百分含量) 绘成回归曲线，求出其斜率。利用率越高的蛋白质其斜率越大。同时以乳白蛋白作为参考标准，即将乳白蛋白的回归线斜率作为相对

蛋白质价值 100，求出其他蛋白质的相对蛋白质价值。用公式表示为：

$$\text{相对蛋白质价值} = \frac{\text{某蛋白质测得的回归斜率}}{\text{乳白蛋白测得的回归斜率}} \times 100 \quad (1.5)$$

7) 氨基酸评分 (Amino Acid Score, AAS)

为了便于评定一种食物蛋白质的营养价值，通常将鸡蛋蛋白质或人奶蛋白质中所含氨基酸比例作为参考标准，因为这两种蛋白质是已知营养价值最高的蛋白质，它们的生物价接近 100，即在体内将近 100% 可以被利用。根据鸡蛋蛋白质所含必需氨基酸的构成比例提出一暂定参考蛋白质中各种氨基酸的相互比例，在评定一种蛋白质的营养价值时，可将其必需氨基酸含量逐一与此种参考氨基酸构成比例相比较，依据下式算出氨基酸评分：

$$\text{氨基酸评分} = \frac{\text{被测蛋白质每克蛋白质中氨基酸(毫克)}}{\text{在理想模式中每克蛋白质中氨基酸(毫克)}} \quad (1.6)$$

1.2.5 蛋白质的互补作用

蛋白质的互补作用是指将不同种类的食物适当混合食用，使它们之间相对不足的氨基酸互相补偿，从而接近人体所需的氨基酸模式，可以提高蛋白质的营养价值。此即蛋白质的互补作用，或称氨基酸的互补作用。蛋白质的互补作用在饮食调配、烹饪原料的选择配料和提高蛋白质的生物价方面有重要的实际意义。

大豆中富含赖氨酸而蛋氨酸含量较低，单独食用时，生物价为 64；玉米中蛋氨酸含量稍高，赖氨酸、色氨酸含量低，单独食用时，生物价仅为 60。如果两者混合食用，则生物价可提高到 76。

1.2.6 蛋白质的功能

蛋白质是具有许多重要生理作用的物质，是生命存在的形式，也是生命的物质基础，机体所有重要组成部分都需要蛋白质参与，并具有各种生理功能。

1) 构成机体组织

蛋白质约占人体总重量的 16% ~ 18%，是组成机体所有组织和细胞的主要成分，机体的神经、肌肉、内脏、血液、骨骼，甚至指甲和头发，没有一处不含有蛋白质。人体每天从食物中摄取一定量的蛋白质，在消化道内被分解成各种氨基酸而被机体吸收。通过血液循环送到身体各组织中去，合成机体的各种蛋白质，用于合成更新和修复组织。细胞的原生质是由蛋白质参与的胶体系统，如果缺乏蛋白质，就会影响组织细胞的正常生命活动，机体也就无法进行正常的生长发育。

2) 构成酶和激素的成分

机体的新陈代谢是通过无数种化学反应来实现的，人体能保持正常代谢必须有酶和激素的参与，而酶和激素必须有蛋白质才能被合成。酶在人体中起催化作用，催化效率极高，是一般催化剂的几亿倍。激素是人体调节生理机能的必需物，它能协调机体内各部分间的相互关系，如甲状腺激素能促进蛋白质的合成和骨的钙化，胰岛素调节糖代谢的速度，生长激素刺激肌肉和骨骼的生长等。

3) 运载工具

机体生物氧化过程中所需的氧和生成的二氧化碳，是由血液中的血红蛋白输送完成

的。血红蛋白是球蛋白与血红素的复合物。细胞代谢过程中的某些物质，也往往是以蛋白质为载体的。如血液中的脂肪、脂肪酸、胆固醇、磷脂等。生物氧化过程中的电子得失现象也是由一些色素蛋白等载送完成的。

4) 构成抗体

人体能抵抗疾病主要是人体内产生抗体，抵抗外界抗原（异体蛋白）的危害，此即机体的免疫作用。免疫作用是由免疫球蛋白和其他抗体来完成的。某些抑制病毒和抗癌药物如干扰素，也是一种蛋白质的复合物。

5) 调节渗透压

正常人血浆和组织液之间的水不停地进行交换，却能经常保持平衡。这是由于人体血浆中蛋白质的胶体渗透压在起作用。如果血浆蛋白浓度过低，就会破坏体液平衡，可发生人体浮肿，机体功能紊乱而患病。

6) 供给能量

蛋白质虽然不是体内主要的提供能量物质，但在糖类和脂类供给量不足时，也会氧化提供能量。蛋白质所提供的能量同样可以促进机体的生物合成，维持体温和进行各种生理活动。蛋白质氧化供能是很不经济的，因为如果蛋白质被满足机体的能量需要，膳食中的蛋白质就不能有效地发挥其提供氮源维持平衡的功效。糖类和脂类具有节约蛋白质的作用。

7) 食品感官功能特征

蛋白质感官功能特性是指食物在烹调加工中，蛋白质所能满足人们希望的某种感官特性。如蛋白质的持水性、乳化特性、胶体特性及起泡特性等。利用蛋白质的持水性可以增加产品的出品率，利用乳化特性增加产品的可口性和嫩度，这在火腿、香肠的生产加工中广泛应用。在西式面点制作中利用胶体特性使产品成型，利用起泡特性生产蛋糕，使产品显得体积丰满等。蛋白质感官功能特性对食品的色、香、味、形起极其重要的作用。

1.2.7 蛋白质的摄入量与食物来源

1) 蛋白质的摄入量

我国规定1岁以内婴儿每千克体重需要摄入1.5~3克。14岁的男青少年每日需要较多，达85克，成年人每日摄入80克蛋白质可以基本满足人体的需求，孕妇和乳母每天需要摄入100克蛋白质。蛋白质在膳食总能量中所占比例以10%~15%为宜。如果膳食中动物性食物和大豆提供的蛋白质达到总摄入量的40%以上时，蛋白质的供给量可以减少。

补充阅读资料 1—5

过量摄取蛋白质会导致钙排泄

根据日本国立营养研究所成人营养教研室江指隆年等的研究，蛋白质摄食过量的人，随尿排出的钙量增加，大约是正常进食排出量的2倍。一方面是钙量的摄取不足，一方面是大量排出，这是今后必须予以重视的问题。

资料来源 [日] 石仓俊治：《漫话功能性食品》，周永春等译，中文1版，91页，北京，科学出版社，1998。

2) 蛋白质的食物来源

供给人体蛋白质的主要有动物性食物如各种肉类、乳类和蛋类等，植物性食物如大豆、谷类和花生等，其中动物性食物蛋白质和大豆蛋白质是人类膳食蛋白质的良好来源。

【小思考 1—1】

问：蛋白质对人体健康非常重要，是否可以大量摄入？

答：人体每天必需摄入一定量的蛋白质维持氮平衡。如果摄入蛋白质过少，会产生蛋白质缺乏症。但是如果每天摄入的蛋白质过多，使体内氮含量过多，就会造成蛋白质中毒症。因此，一次大量摄入蛋白质对身体健康是有害的。

1.3

脂类

1.3.1 脂类的分类和组成

脂类（Lipids）主要是由碳、氢、氧三种元素组成。有的含有少量的磷、氮等元素。脂类可分为中性脂肪和类脂两大类。中性脂肪包括脂和油，一般脂在常温下呈固态，油在常温下呈液态。日常食用的动植物油脂均属此类；类脂是一种在某些理化性质上与中性脂肪相似的物质，种类很多，主要包括磷脂、糖脂和固醇等。

中性脂肪是由一分子甘油和三分子脂肪酸组成的三酰甘油酯，亦称甘油三酯。油脂的性质与组成它们的脂肪酸有很大关系。根据化学结构不同，脂肪中的脂肪酸可以分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸。饱和脂肪酸根据分子中碳原子个数的多少又可分为低级饱和脂肪酸和高级饱和脂肪酸，低级饱和脂肪酸的碳原子个数在 10 个以下。不饱和脂肪酸碳碳双键在两个以上的称为多不饱和脂肪酸。

脂肪酸还可按其碳链的长短不同分为短链脂肪酸（碳原子个数 4~8），中链脂肪酸（碳原子个数 10~14），长链脂肪酸（碳原子个数 16~18）和超长链脂肪酸（碳原子个数大于 20）。

1.3.2 脂肪酸与必需脂肪酸

自然界约有七八十种不同的脂肪酸，大多数是偶数碳原子直链脂肪酸，奇数碳原子脂肪酸是由微生物产生的，一般很少见，也有少数的含环脂肪酸和极少数带侧链的脂肪酸。能被人体吸收利用的只有偶数碳原子的脂肪酸，这些脂肪酸可含有 0~6 个间隔的顺式双键。

1) 饱和脂肪酸

脂肪酸的碳链以一价相连的为饱和脂肪酸，动植物油脂中所含的饱和脂肪酸主要有硬脂酸、软脂酸、花生酸和月桂酸等。几乎所有的动植物脂肪中都含有硬脂酸，尤以牛脂中含量最多，为 25%~30%，软质酸常与硬质酸一起存在于所有的脂肪中，多数动物油含有丰富的软脂酸，牛、羊脂中含量可达 20%~25%，植物油以棉子油含量高。花生油里含有大量的花生酸，椰子油中含有较多的月桂酸。

据科学实验证明，血浆中胆固醇的含量可受食物中饱和脂肪酸的影响。饱和脂肪酸可增加肝脏合成胆固醇的速度，提高血胆固醇的浓度。摄取过多的饱和脂肪酸会增加引发冠心病的危险。

2) 不饱和脂肪酸

碳链之间有不饱和键存在的脂肪酸为不饱和脂肪酸，主要有油酸（18:1）、亚油酸（18:2）、亚麻酸（18:3）、花生四烯酸（20:4）、EPA（20:5）和DHA（22:6）。其中油酸只有一个碳碳双键，为单不饱和脂肪酸，其他的含有两个或两个以上的碳碳双键，为多不饱和脂肪酸。油酸普遍存在于动植物油脂中，芝麻油、花生油、牛羊脂、乳脂中都含有油酸。油酸在室温下呈液态，没有气味和滋味，容易与空气中的氧作用而发生氧化酸败。所以，含有大量油酸的油脂不耐贮存。亚油酸几乎存在于所有的植物油中，特别是豆油、亚麻油和葵花子油中含量较多，猪油和鱼油中也含有亚油酸。亚油酸有两个不饱和双键，比油酸更容易氧化酸败。

多不饱和脂肪酸在人和哺乳动物组织细胞中一系列酶的催化下，可转变为前列腺素、血素及白细胞三烯等重要衍生物，几乎参与所有的细胞代谢活动，具有特殊的营养功能。

补充阅读资料 1—6

可预防成人病的 EPA

千叶大学医学部的吉田尚教授领导的研究小组进行了有关 EPA 的临床研究和流行病学研究。他们选择了居住在千叶县沿岸的渔民和山区居住的农民，对他们饮食生活作了 3 个月的跟踪调查。根据调查结果，渔民吃沙丁鱼等鱼类的量平均是农民的 2.5 倍。血小板的凝集能力，渔民是农民的 1/3，因此渔民的血液不易凝结。在所调查的渔村中，因心肌梗死或脑血栓致死的死亡率约是所调查农村的 2/3。在捕鱼量少的一年，渔民血液中的 EPA 减少，血小板凝集能力也增强了，因此，可判断与鱼的摄取量有密切关系。

资料来源 [日] 石仓俊治：《漫话功能性食品》周永春等译 中文 1 版，80 页，北京，科学出版社，1998。

3) 必需脂肪酸

必需脂肪酸（Essential Fatty Acid, EFA）是指不能被机体合成，但又是人体生命活动所必需，一定要由食物供给的脂肪酸。过去认为，亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸是人体的必需脂肪酸。但是亚麻酸和花生四烯酸可以由亚油酸合成。亚麻酸虽然有一定的促进生长的作用，但却不能消除亚油酸缺乏所产生的症状。所以，亚油酸是最重要的必需脂肪酸。

必需脂肪酸在人体内具有重要的生理功能：是组织细胞的组成成分，对线粒体和细胞膜的结构特别重要；在体内必需脂肪酸参与磷脂的合成，并以磷脂的形式出现在线粒体和细胞膜中；必需脂肪酸与脂质代谢有密切联系，对胆固醇的代谢很重要，胆固醇与必需脂肪酸结合后才能在体内转运进行正常代谢；动物的精子形成也与必需脂肪酸有关，膳食中长期缺乏必需脂肪酸，动物可出现不孕症，授乳过程亦可发生障碍；必需脂肪酸可以保护皮肤免受射线损伤；必需脂肪酸是机体前列腺素在体内合成的原料。

必需脂肪酸在植物油中含量较多，海产鱼类的脂肪往往含有长链的多不饱和脂肪酸；动物脂肪中必需脂肪酸的含量相对较少。

1.3.3 脂肪的营养价值评价

从营养学的观点来说，食用脂肪营养价值评价的主要依据有以下三个方面：

1) 脂肪的消化率

脂肪的消化吸收率主要与熔点有关，吸收率与熔点成反比，熔点在 50 以上的，不容易消化吸收；其消化率还同不饱和双键的多少有关，双键数目越多，其消化吸收率越高，植物油的不饱和双键一般多于动物脂肪。人体对牛油和羊油的吸收较差，而对植物油的消化吸收较好。在畜肉中的硬脂酸、软脂酸含量多，而鱼油中不饱和脂肪酸多，因此，鱼油的营养价值大于畜肉脂肪。表 1—4 是各种食物油脂的熔点和消化率。

表 1—4 各种食物油脂的熔点和消化率

名 称	熔点 (℃)	消化率 (%)	名 称	熔点 (℃)	消化率 (%)
羊脂	44 ~ 55	81	花生油	室温下液状	98
牛脂	42 ~ 50	89	菜油	室温下液状	99
猪脂	36 ~ 50	94	豆油	室温下液状	98
奶脂	28 ~ 36	98	茶油	室温下液状	91
椰子油	28 ~ 33	98	橄榄油	室温下液状	98
			向日葵油	室温下液状	96.5

2) 脂肪酸的种类与含量

因为人体本身无法合成必需脂肪酸，必须由食物供给。一般不饱和脂肪酸含量较高的油脂，营养价值相对较高。不饱和脂肪酸中的亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸，是必需脂肪酸，而亚油酸在植物油中含量较多，因此植物油的营养价值高。

3) 脂溶性维生素的含量

脂溶性维生素主要是维生素 A、D、E、K，维生素 A 和维生素 E 在动物脂肪中含量极少，在肝脏中含有维生素 A、D，而植物油中富含维生素 E。由于鲨鱼、肝油、乳、蛋黄的脂肪中维生素 A、D 含量极多，更因为其脂肪呈分散细微粒状，很容易消化吸收，所以它们的营养价值高。

1.3.4 磷脂和固醇

1) 磷脂

磷脂 (Phospholipid) 几乎存在于所有生物膜中，是哺乳类动物细胞的必需组成部分，所以说磷脂是构成一切生物体的生物膜成分之一，它具有表面活性和抗氧化作用。人体中具有重要机能的脑、肝脏、心脏、肾脏和肺等组织，磷脂的含量特别高，例如，脑中的磷脂含量高达 30.9%，肝、肾脏为 9.8% 左右，因此磷脂是生命的基础物质之一，是维持人

体机能不可缺少的必需成分。

人体内的磷脂来源于食物及体内生物合成，特别是磷脂胆碱成分必须在体内合成。据世界卫生组织（WHO）专门委员会报告，一般成人每日需补充 6~8 克磷脂，食用 22~83 克的磷脂可以降低血中的固醇，且无任何副作用，因此磷脂是重要的保健食品。

磷脂由于其化学结构的特点，还具有多种功能特性和作用。常作为天然食品的添加剂、乳化剂、分散剂、润湿剂、膨松剂、抗氧化剂、粘度调合剂及强化食品的营养剂等广泛应用于医药、食品、石油化工、轻纺、橡胶、制革、油漆涂料、建筑、农药、饲料及化妆品等行业之中。

胆碱（Choline）是卵磷脂和鞘磷脂的关键组成部分，还是乙酰胆碱的胶体化合物，对细胞的生命活动有重要的调节作用。因此，磷脂和胆碱是营养保健食品的重要活性物质。在机体内磷脂和胆碱的作用相互交叉、相互渗透，磷脂的某些生理功能是通过胆碱实现的，而胆碱的部分生理功能又依赖于磷脂来完成。

磷脂和胆碱有以下几种生理功能：构成生理膜的重要组成成分；促进神经传导，提高大脑活力；促进脂肪代谢，防止出现脂肪肝；促进体内转甲基代谢的顺利进行；降低血清胆固醇、改善血液循环、预防心血管疾病。

2) 固醇

固醇（Sterol）可分为动物固醇和植物固醇。胆固醇就是最重要的动物固醇。胆固醇是脑、神经、肝、肾、皮肤和血细胞膜的重要构筑成分，是合成类固醇激素和胆汁酸的必需物质，对人体健康非常重要。但是人体血液中胆固醇浓度太高，可能有引起心血管疾病的危险。

植物固醇可促进饱和脂肪酸和胆固醇代谢，具有降低血中胆固醇的作用。如豆固醇、菜油固醇、谷固醇、燕麦固醇。植物固醇能够干扰食物中胆固醇被肠道吸收（外源性）和干扰胆汁所分泌的胆固醇的重吸收（内源性），促进胆固醇排泄，具有降低人体血清胆固醇，预防心、脑血管疾病的功能。另外植物固醇可在人体内转变成胆汁酸和性激素，参与人体的新陈代谢。植物固醇主要存在于麦胚油、大豆油、菜籽油、燕麦油等植物油中，工业上可从植物油精炼的脱臭工序中所产生的脱臭挥发物中提取植物固醇。

1.3.5 脂类的功能

1) 氧化供能，维持体温

氧化 1 克脂肪释放的能量约为 36 千焦，比蛋白质和碳水化合物都多。皮下脂肪不易导热，有助于维持体温的恒定。这就是较胖的人不怕寒、怕热的缘故。脏器周围的脂肪层有固定保护内脏的作用。

2) 构成机体组织细胞

脂肪中的磷脂、胆固醇与蛋白质结合成脂蛋白，构成了细胞的各种膜，如细胞膜、核膜、线粒体膜，内质网等，也是构成脑组织和神经组织的主要成分。

3) 促进脂溶性维生素的吸收

脂溶性维生素只有与脂肪共存时才能被人体吸收，所以食品中的脂肪可促进脂溶性维生素的吸收。

4) 供给人体必需脂肪酸

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，以满足机体正常生理需要。

5) 改善食品的感官性状

脂类能改善食品的感官特性，增加食品的风味，促进食欲。食品中的脂类还能增加饱腹感，因脂肪在胃内停留时间较长，吃脂肪含量高的膳食，不易感到饥饿。

1.3.6 脂类的食物来源及摄入量

1) 脂肪的来源

膳食中脂肪的来源主要有动物性脂肪和植物油，动物性脂肪包括各种家畜家禽的肉类、水产品、奶油等；植物油多为液态，日常膳食中的植物油主要有豆油、花生油、菜籽油、芝麻油、棉籽油等。通常，动物脂肪含饱和脂肪酸较多，而植物油含不饱和脂肪酸多，并且是人体必需脂肪酸的良好来源。一般认为，植物油中如大豆油、花生油、芝麻油、玉米油、米糠油等营养价值高。动物脂肪中奶油、蛋黄油、鱼脂、鱼肝油的营养价值也较高。

2) 脂类的摄入量

在我国每日膳食中营养素摄入量建议中，未明确规定脂肪的摄入量，在脂肪适宜摄入量中建议占总能量 **20% ~ 30%** 左右，儿童、青少年高于此比例，胆固醇每日摄入量在 **300** 毫克以下。

【小思考 1—2】

问：过量的脂肪对人体健康有害，少吃或不吃脂肪对吗？

答：这种观点是错误的。随着人民生活水平的提高，我国膳食构成中动物性食品数量不断增多，特别是动物性脂肪将随之而增加，过量的脂肪对人体有害，因此，应该适当控制膳食中脂肪含量。

但是，如果人体摄食的脂肪过少，那么人体就无法获得足够的必需脂肪酸满足人体正常的生理功能；同时，脂肪还是重要的能量物质来源，脂溶性维生素也必须要溶解在其中才能够被吸收。所以，人体每天要摄食一定量的脂肪。

1.4

碳水化合物

碳水化合物 (Carbohydrates) 是由碳、氢、氧三种元素组成的一类多羟基醛或多羟基酮类化合物，而且绝大多数分子中的氢原子是氧原子的二倍，与水分子的组成相似，所以称为碳水化合物。碳水化合物是广泛存在于生物体内的有机成分。碳水化合物是糖类的总称。

1.4.1 食品中重要的碳水化合物

1) 单糖

单糖 (Monosaccharides) 是指分子结构中含有 3 ~ 6 个碳原子的糖, 如三碳糖的甘油醛; 四碳糖的赤藓糖、苏力糖; 五碳糖的阿拉伯糖、核糖; 六碳糖的甘露糖、果糖、半乳糖等。食品中的单糖以已糖 (六碳糖) 为主, 主要有:

(1) 葡萄糖。主要存在于各种植物性食物中, 人体中利用的葡萄糖主要由淀粉水解而来, 此外还可来自蔗糖、乳糖等的水解。葡萄糖不需经消化过程就能直接被人体小肠壁吸收, 是为人体提供能量的主要原料。血液中的葡萄糖即血糖浓度保持恒定具有极其重要的生理意义。

(2) 果糖。果糖是最甜的一种糖, 主要存在于蜂蜜和水果中。食物中的果糖在体内吸收后可转化为葡萄糖。果糖是食品工业重要的甜味物质。

2) 双糖和低聚糖

双糖是由两个单糖分子缩合失去一分子水而形成的化合物, 双糖为结晶体, 溶于水, 但不能直接被人体所吸收, 必须经过酸或酶的水解作用生成单糖后方能为人体所吸收。食品中常见的双糖有:

(1) 蔗糖。蔗糖是植物界分布广泛的一种双糖, 在甘蔗和甜菜中含量很高, 它们是制糖工业的重要原料。日常食用的绵白糖、砂糖、红糖都是蔗糖。

多吃食糖容易引起龋齿, 因此, 必须保持牙齿卫生, 大量摄入食糖可能与肥胖症、糖尿病、动脉硬化、冠心病等发病率有关。

(2) 麦芽糖。麦芽糖是由两个分子葡萄糖缩合而成, 在麦芽中含量最高。人们吃米饭、馒头时, 在细细咀嚼中感到甜味就是由淀粉水解的麦芽糖。麦芽糖在饴糖、高粱饴、玉米糖浆中大量存在, 是食品工业中重要的糖质原料。

(3) 乳糖。乳糖存在于动物乳汁中, 甜味只是蔗糖的六分之一。乳糖是婴儿主要食用的碳水化合物。乳糖较难溶于水, 在消化道中吸收较慢, 有利于保持肠道中合适的肠菌丛数, 并能促进钙的吸收, 故对婴儿有重要的营养意义。

(4) 低聚糖。低聚糖由 2 ~ 10 个单糖以苷键聚合而成的碳水化合物, 有许多低聚糖如低聚果糖、低聚半乳糖、低聚乳糖、低聚异麦芽糖、大豆低聚糖等都具有营养和生理两方面的意义。功能性低聚糖已被广泛应用于食品工业中, 它们在食品加工中可代替或部分代替甜味剂。目前已有以先进的发酵技术和精细化工技术生产功能性低聚糖。

补充阅读资料 1—7

低聚糖的保健作用

由于大多数低聚糖不被人体消化酶分解, 人体难以消化吸收, 是理想的功能性甜味剂, 对某些疾病患者有重要的意义; 能使人体肠道有益菌群——双歧杆菌活化和增殖, 有益于肠道健康, 使人健康益寿; 具有某些食用纤维的生理功能, 如降低血清胆固醇和预防肠癌等; 不易或难以为龋齿菌所利用, 不易形成齿垢或龋变, 可以预防口腔疾病。

资料来源 凌强:《现代饭店食品营养与卫生控制》, 1 版, 39 页 大连 东北财经大学出版社, 2001。

3) 多糖