

食品中 营养素 的分析

[美] D·R·沃斯博尔内
P·伏格特 著
胡正芝 刘仪 尹宗伦 译
尹宗伦 校

轻工业出版社

食品中营养素的分析

〔美〕 D. R. 沃斯博尔内 著
P. 伏格特

胡正芝 刘 仪 尹宗伦 译
尹宗伦 校

轻工业出版社

内 容 提 要

人们从日常饮食中摄取必要的、合理的营养,才能维持生命,进行智能、体力活动,以从事各种各样的社会生产劳动。

为了生产安全、营养、经济的食品,食品工业工作者必须了解饮食营养学基本知识及掌握食品营养素的分析方法。

本书分两部分,第一部分为食品营养学基础知识,叙述了人体的营养需要、饮食物中营养素的性质和作用;第二部分介绍食品营养素分析方法的基本原理及操作方法,包括常规古典方法及现代化自动控制的精密仪器分析方法。

本书为食品工业工作者必备的工具书,也可供营养卫生、饮食服务人员及有关院校师生参考。

D.R. Osborne

P. Voogt

The Analysis of Nutrients in Foods

本书根据美国Academic Press公司1978年版译出

食品中营养素的分析

(美) D.R. 沃斯博尔内 著
P. 伏格特

胡正芝、刘 仪、尹宗伦 译
尹宗伦 校

轻工业出版社出版

(北京广安门南滨河路25号)

国防科工委印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米^{1/32} 印张: 10 插页: 1 字数: 213千字

1987年6月 第一版第一次印刷

印数: 1—10,000 定价: 2.60元

统一书号: 15042·1970

译者的话

人们从日常饮食中摄取必要的合理营养，乃能维持生命，进行智力、体力活动，以从事各种各样的社会生产劳动。随着现代科学技术的发展，人们对饮食中含有营养素的种类、组成、构造、性质、数量、分布、变化等，及其对人体的生理功能，日益深入了解。因之，现代的消费者，在要求饮食的安全、营养、经济、方便等方面，特别重视营养。

为适应消费者对饮食营养的要求，使食品工业能在供给人们以必要的合理营养方面作出应有的贡献，食品工业工作者必须熟谙饮食营养学，并掌握食物营养素的分析方法。这本书正好包含了这些方面的内容，我们就把它译出来，献给食品工业界的同志们。

书的内容分两大部分。第一部分叙述人体的营养需要，食物中营养素的性质和作用。这是食品工业工作者应具备的基础知识。这些基础知识，对于有关食品工业的其他工业、农业、保健卫生、饮食服务等行业人员，以至广大的消费者，也都是很有用的。第二部分是食物中营养素的分析方法。这部分比之一般同类书更具特色的是，所介绍的方法大都经过作者实践，比较实用可靠，而且叙述从原理到具体操作步骤，简明扼要，既有常规的古典方法，也有现代化自动控制的精密仪器分析方法。这是食品工业工作者必备的工具

书。书中有许多表格，包括一些国家的营养需要标准，可供参考。书中还附录一些重要参考书目，便于读者进一步深研时查阅。

目 录

第 一 部 分

第一章 大量营养素的化学和生物学作用	(1)
1.1 蛋白质	(1)
1.2 碳水化合物	(5)
1.3 类脂物	(9)
1.4 热值(卡值)	(15)
1.5 水	(17)
第二章 微量营养素的化学和生物作用	(20)
2.1 矿物质	(20)
2.2 维生素	(26)
第三章 食品中营养素的分析	(45)
3.1 导言	(45)
3.2 采样误差与操作	(46)
3.3 大量营养素的分析	(48)
3.4 微量营养素的分析	(54)
第四章 推荐的营养素摄入量与营养数据的解释	(60)
4.1 推荐的营养素摄入量	(60)
4.2 推荐日摄入量差别的原因	(61)
4.3 营养数据的解释	(93)
第五章 食物成分表	(100)
5.1 食物成分表的价值与应用	(100)

5.2 数据的来源与范围	(101)
5.3 换算因数	(128)
附录 供进一步阅读的参考著作	(129)

第 二 部 分

引言	(138)
----------	-------

第六章 食品中营养素的分析方法

第一节 一般样品制备	(139)
------------------	-------

第二节 水分和总固体	(140)
------------------	-------

6.2.1 空气烘箱法	(140)
-------------------	-------

6.2.2 真空烘箱法	(142)
-------------------	-------

6.2.3 Dean和Stark蒸馏法	(143)
---------------------------	-------

6.2.4 Karl Fisher法	(144)
--------------------------	-------

第三节 蛋白质与含氮化合物	(147)
---------------------	-------

6.3.1 总氮与粗蛋白(常量的Kjeldahl法)	(147)
----------------------------------	-------

6.3.2 总氮和粗蛋白(自动比色法)	(151)
---------------------------	-------

6.3.3 蛋白质和非蛋白质氮	(155)
-----------------------	-------

6.3.4 氨基酸组成(自动色谱分析法)	(157)
----------------------------	-------

6.3.5 用化学计算值评价蛋白质质量(Mitchell和 Block法)	(166)
--	-------

第四节 碳水化合物	(168)
-----------------	-------

6.4.1 总有效碳水化合物(手工的Clegg蒽酮法)	(168)
-----------------------------------	-------

6.4.2 总有效碳水化合物(自动的Clegg蒽酮法)	(171)
-----------------------------------	-------

6.4.3 淀粉和总低分子量糖类(Luff-Schoorl法)	(174)
---------------------------------------	-------

6.4.4 淀粉(酶法)	(180)
--------------------	-------

6.4.5 还原糖和蔗糖(自动的苦味酸法)	(184)
-----------------------------	-------

6.4.6	乳糖 (酶法)	(188)
6.4.7	糖的组分 (高效液体色谱法)	(190)
6.4.8	粗纤维	(197)
6.4.9	酸性洗涤剂洗余的纤维	(199)
第五节	类脂物	(201)
6.5.1	可提取的脂肪 (Soxhlet法)	(201)
6.5.2	总脂肪 (Weibul法)	(203)
6.5.3	乳制品中的脂肪 (Roose-Gottlieb法)	(205)
6.5.4	总脂肪 (氯仿-甲醇萃取法)	(209)
6.5.5	脂肪酸组成 (气-液色谱法)	(212)
第六节	灰分、元素和无机成分	(214)
6.6.1	灰分	(214)
6.6.2	元素分析用食品的湿消化	(216)
6.6.3	金属 (原子吸收法)	(217)
6.6.4	钾和钠 (火焰光度法)	(220)
6.6.5	氯化物 (快速Volhard法)	(223)
6.6.6	氯化钠 (电位滴定法)	(225)
6.6.7	铵 (比色法)	(226)
6.6.8	总磷 (比色法)	(229)
6.6.9	总磷 (自动比色法)	(231)
第七节	脂溶性维生素	(234)
6.7.1	维生素A和 β -胡萝卜素 (手工法)	(234)
6.7.2	维生素A和/或 β -胡萝卜素 (自动高效液体色 谱法)	(242)
6.7.3	维生素D (气相色谱法)	(246)
6.7.4	维生素E (薄层层析法)	(254)
第八节	水溶性维生素	(258)
6.8.1	维生素B ₁ (手工法)	(258)

6.8.2	维 生 素 B ₂ (手工法)	(263)
6.8.3	维生素B ₁ (硫胺素)(高效液体色谱法)	(266)
6.8.4	维生素B ₂ (高效液体色谱法)	(270)
6.8.5	烟酸 (自动高效液体色谱法)	(274)
6.8.6	用微生物分析技术测定维生素的介绍	(278)
6.8.7	维生素B ₂ (核黄素)(微生物法)	(280)
6.8.8	烟酸 (微生物法)	(284)
6.8.9	维生素B ₆ (微生物法)	(288)
6.8.10	维生素B ₁₂ (微生物法)	(293)
6.8.11	抗坏血酸 (目测 滴定 法)	(297)
6.8.12	抗坏血酸 (电位 滴定法)	(301)
6.8.13	抗坏血酸和脱氢抗坏血酸 (荧光法)	(304)
第九节 热值的计算		(308)

第一部分

第一章 大量营养素的化学和生物学作用

1.1 蛋白质

蛋白质是以氨基酸或亚氨基酸为基础单元的聚合物。在一个蛋白质分子中，有上百的，有时是成千的氨基酸或亚氨基酸以肽键结合在一起。图1-1所示为蛋白质的基本构造，其中R按形成链节的氨基酸单元而变。一定的蛋白质，其氨基酸基团的排列以特有的方式展开。

除了形成蛋白质分子主干的主要链节的特殊的排列外，还有其他次要的物理的或化学的链系，例如连接2个或2个以上的链节和相应的构型以使蛋白质间的构造差别能多样化。因之，不同蛋白质的物理、化学和营养性质，随着其氨基酸组分的数量、蛋白质分子中氨基酸单元交联的次序和结构的型式而变化。

人们饮食中的蛋白质来自动物和植物原料，最重要的是肉、鱼、乳、蛋、谷类、豆科蔬菜和坚果。食用这些食物

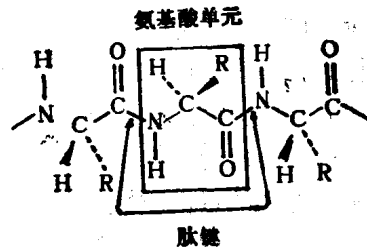


图 1-1 蛋白质的基本构造

后，其蛋白质为胃肠消化道的水解酶类消化成氨基酸而被吸收入血液。这些氨基酸用于合成新的蛋白质，以供人体细胞的生长、维持和整复的需要。有些氨基酸，当需要时，可以在体内合成；但另外的一些氨基酸则只能从食物中摄取。后者称为必需氨基酸。然而，非必需氨基酸，并非在生物学上不重要。

食物中一般有20种氨基酸，其中八种是必需氨基酸。其结构式如图1-2所示。除两种例外，所有这些氨基酸都具有一个伯胺基($-\text{NH}_2$)和一个羧基，连接在同一个碳原子上，因而称为 α -氨基酸。两种例外的氨基酸，即脯氨酸和羟基脯氨酸则为 α -亚氨基酸（见图1-3）。摄食适量，蛋类和人乳的蛋白质可以供给正常生长和健康生命过程所需的全部必需氨基酸。它们的营养价值最高。

这些蛋白质含有人体所需的正确比例的氨基酸。如在实验条件下，以这种蛋白质喂养的动物，实际上，所吸收的蛋白质100%都用于合成蛋白质，而不耗于产生能量。因之，称这种蛋白质的生物学价值（Biological Value，即BV）为100。没有比此更好的蛋白质。其次好的为牛乳、鱼，随之为肉，再次为植物蛋白，即小麦，稻米，豆类和坚果类。例如，牛乳的蛋白质缺乏蛋氨酸和胱氨酸，其生物学价值为75；小麦蛋白质缺乏赖氨酸，而生物学价值仅为50，在这种情况下，赖氨酸被称为“限制氨基酸”。

人类的饮食并非由一种蛋白质组成，而是由许多种蛋白质的混合物制成的。这种混合对我们有重要的意义，因为经常会碰到这样的情况：将BV低的各种蛋白质混合后，可以得到比其平均BV值要高的BV值的混合物。如有这种情况，

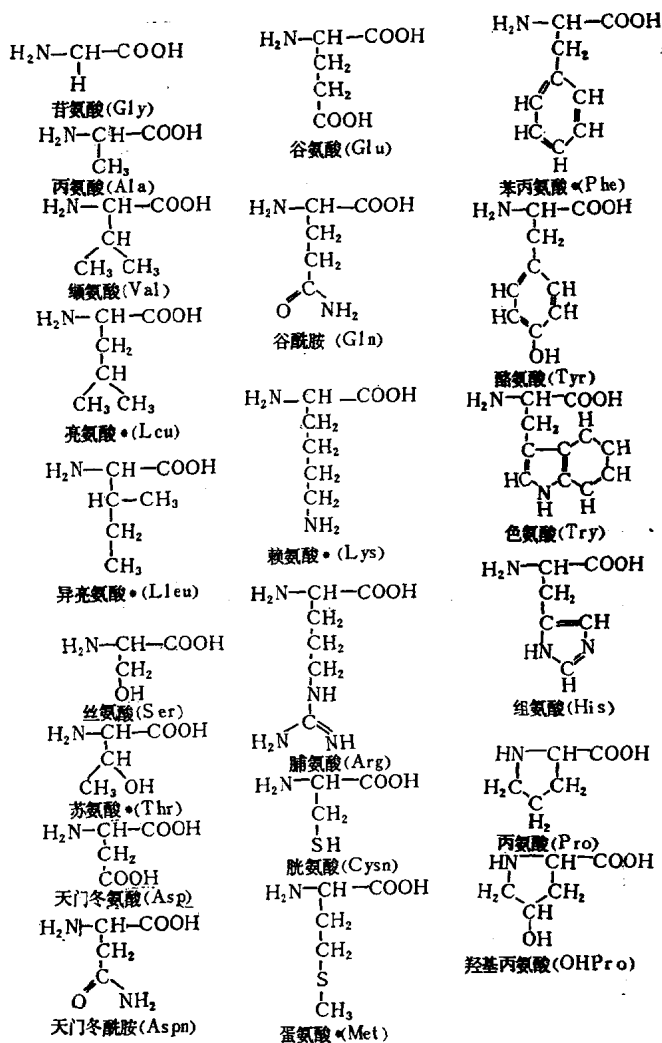
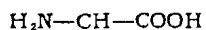
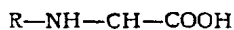


图 1-2 氨基酸和亚氨基酸的结构式有 * 者为必需氨基酸



(a)



(b)

图 1-3 (a) α -氨基酸和(b) α -亚氨基酸的通式

这些蛋白质被视为在营养上互补。互补的原理可用图 1-4 作最好的说明。一个实例是以3.5份BV值为50的面包和1份BV值为75的干酪混合而得BV值为75，其原理是面包中缺乏

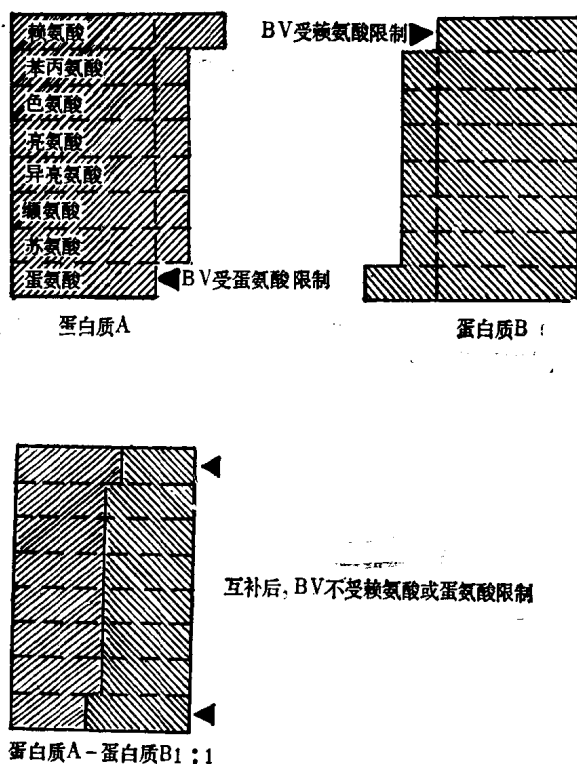


图 1-4 蛋白质互补作用的原理

的赖氨酸为干酪中过量的赖氨酸所补充。

图1-4说明在混合物中的两种蛋白质缺乏同一种氨基酸，即不发生互补作用。玉米（BV为36）和面包（BV为50）同受赖氨酸的限制，其混合物的BV乃为43，等于两者BV的平均值。如果蛋白质在不同时间食用，也无互补作用。为了达到互补，两种蛋白质必须在同时同餐中食用，因为人体不能积存多余的氨基酸。多出的氨基酸即作为能源利用。

以上，我们以生物学价值来表示蛋白质的质量。但读者一定还会碰到蛋白质质量的其他指标。“生物学价值”的严格的定义为：“生长中动物为生长和维持所需留存体内的吸收氮的百分比”，此处的“氮”作为容易测定的蛋白质含量的指标。不是所有的蛋白质都同等吸收，换句话说，有些蛋白质要比其他蛋白质比较容易消化。这些差别被考虑在另一质量指标内，即蛋白质的净利用量（Net Protein Utilization，即NPU），亦即用于生长和维持的消化氮的百分比。第三个周知的指标为“蛋白质效率比（Protein Efficiency Ratio，即PER），即一组试验动物可获得的体重除以所消费的蛋白质的数值。大豆蛋白、牛肉蛋白以及乳蛋白的三项蛋白质质量指标如下：

	BV	NPU	PER
大豆	75	69	2.3
牛肉	76	76	3.2
乳	85	83	2.9

1.2 碳水化合物

人类饮食中的碳水化合物主要来自植物性原料，即粮谷及其制品（如面粉）、蔬菜、砂糖以及糖渍水果制品等。

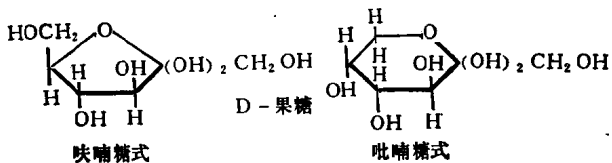
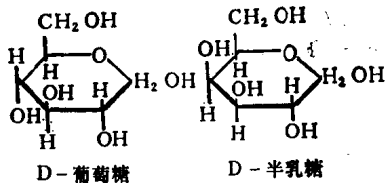
最重要的例外，从营养上来说，是来自动物的乳糖。碳水化合物供给人所需要的大部分能量。最近营养学的观点是趋向于将饮食中碳水化合物的水平保持在占总热能需要量的50~60%。虽然，生态和经济上的因素使此一百分比产生很大的变化，在极端的情况下为20~80%，而此类饮食仍能保持正常健康状况。

食物中的碳水化合物以多种形态存在。首先是比较少量的单糖（如葡萄糖、果糖、半乳糖、核糖）。其次是食物中天然存在的，或加入的较大量的双糖（如占主要的蔗糖和乳糖，以及其他较少量的麦芽糖等）。第三，为少量存在的，由多糖部分破坏而形成的糊精。第四，则是大量存在的多糖（如淀粉及其相应的动物性淀粉——糖原、纤维素、半纤维素、果胶及其他）。

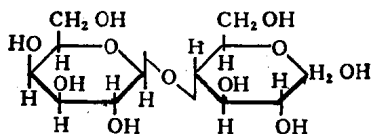
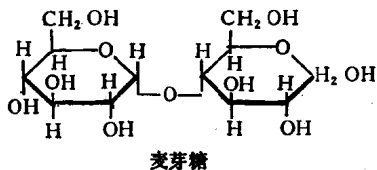
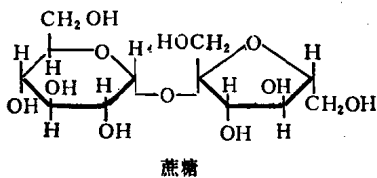
但所有这些形态的碳水化合物，在代谢和供给人的热能的意义上说，并不是同样有效的。例如，作为多糖的淀粉是食物中主要的碳水化合物，要经过口腔中和小肠中的酶的分解，糖苷键断裂，并逐渐降解成双糖（麦芽糖）以后才能有效地利用。这些双糖，和在饮食中原有的其他双糖（蔗糖、乳糖）一起，被小肠的粘膜吸收，经酶解成单糖（葡萄糖、果糖、半乳糖），然后被吸入血液，转送至人体组织中以利用来作合成或生产热能。

与此相反，作为植物构造主要组分的多糖类纤维素是被认为“不能利用的”。人类的消化道不能分泌任何可以分裂 β -(1-4)糖甙键的酶。绝大部分的纤维素，和其他的“不能利用”的碳水化合物（半纤维素等），不消化的物质如木质素（统称食物纤维）一起，通过身体，原样不变而提供为

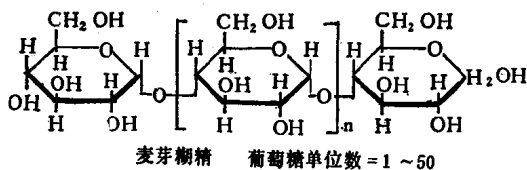
单糖类



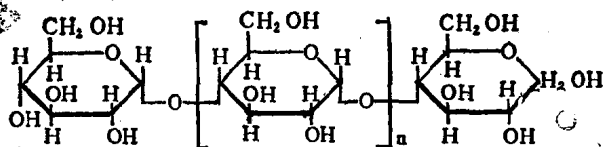
双糖类



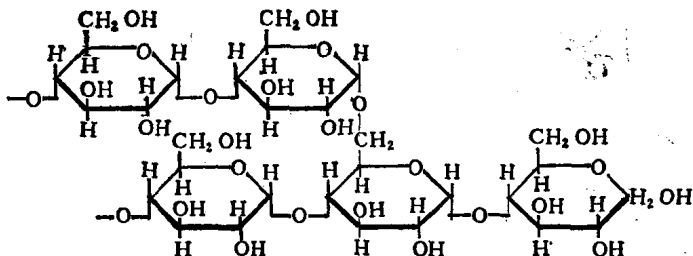
低聚糖类



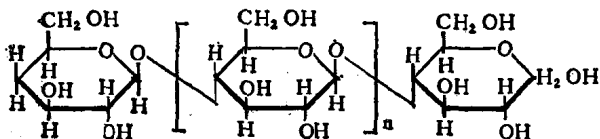
多糖类



直链淀粉 $\alpha(1 \sim 4)$ 配糖键 葡萄糖单位数约 = 2000



支链淀粉 $\alpha(1 \sim 4)$ 和 $\alpha(1 \sim 6)$ 配糖键 葡萄糖单位数约 = 100000



纤维素 $\beta-(1 \sim 4)$ 配糖键葡萄糖单位数约 ~ 8000

图 1-5 一些重要的食物碳水化合物的结构式

下部肠道便于排泄所必需的粗糙物料。虽然，肠道细菌可能在此破坏并利用不同量的这类不能利用的碳水化合物，但不能认为对供给人的热能有任何意义。

尽管对于有些可利用的或无用的碳水化合物是否会比其他的更可利用或无用的问题，仍有争议，而且发现不同的人利用碳水化合物的能力也有差异，一般都采用下列食物中碳水化合物分类。食物中“可利用的”的部分碳水化合物包