

食用维生素

基础知识 定量方法

杨 森 魏国勤 吕志宏 金念祖 编

中国环境科学出版社

食 用 维 生 素

——基础知识·定量方法

杨 森 魏国勤 吕志宏 金念祖 编

中国环境科学出版社

1989

内 容 简 介

维生素是6大营养素之一，是维持人体健康的重要成分。本书以迄今被世界公认的14种维生素为重点，收集了国内和国外的有关资料，较为详细地介绍了各种维生素的理化性质、生理功能、来源、剂量与毒性、定量方法。

本书适合于从事维生素研究的专业人员、医学院校的师生、营养师、食品加工业和各种卫生检测部门的工作人员作为参考用书。

食 用 维 生 素

——基础知识·定量方法

杨 森 魏国勤 吕志宏 金念祖 编

责任编辑 顾 莉

中国轻工业出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

外 文 青 印 刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1989年7月第 一 版 开本 787×1092 1/32

1989年7月第一次印刷 印张 6 3/8

印数1—2500 字数 147千字

ISBN 7-80010-281-5/X·183

定价：2.45元

Et74/34

序 言

维生素是6大营养素之一，是人体健康的重要营养成分。长期缺少某种维生素可造成该种维生素的典型缺乏症。为此人们必须摄入足够量的维生素，以确保机体的正常生理功能的需要，但这并不意味着人们摄入量越多越好，人体对各种维生素的需要都有一定的限度，超过此量不仅对机体不利，有的反而有害。从营养学上看，严格控制维生素的供给量，是保证人体健康所必要的。

维生素又是一类化学性质不太稳定的有机化合物，不同的维生素其溶解度，对光、热、酸、碱及重金属的稳定性各不相同。深入了解这些化合物的理化性质乃是在食品加工、贮存等过程中有效的保存维生素、减少其损失所必需的。

人们是通过饮食来获取各种维生素的。不同食品所含的维生素的种类、含量各不相同，准确地测出各种食品中维生素的含量，是保证合理膳食的先决条件。

鉴于上述种种原因，本书以迄今被世界公认的14种维生素为重点，收集了我国、英国、美国、苏联、日本等国家的有关资料，做了较为详细的叙述。该书共分十四章。每一章又分基础知识和定量方法两部分，基础知识部分着重介绍了每种维生素的理化性质、生理功能、来源、剂量和毒性，以便使读者掌握合理的加工、保存方法及根据人体的情况进行膳食调配；定量方法部分重点收集了国内外比较新的分析方法，并对各种方法进行综合评价，以概述的形式收集在本书中，以使读者不仅掌握某种分析方法，还能对该种维生素的

各种分析方法有初步的了解，以便自行选择。

本书是论述维生素的专著。在编写过程中注意了条理性、科学性、并且深入浅出地对各种问题做出论述，所以它不仅适合从事维生素研究的专门人员参考，也可做医学院校、营养医师、食品加工业和各种卫生检测部门工作人员的参考用书。

缪天成

绪 论

一、饮食中维生素的重要性

我们每天都从饮食中摄取维生素。每种维生素都是人体生长发育及维持健康所不可缺少的。人体在不断地进行各种生化反应，需要酶的催化作用，而酶要产生活性，必须有辅酶参加。有些维生素本身就是辅酶或辅酶的一部分。缺少某种维生素可造成该种维生素的典型缺乏症。人体摄取足够的维生素是保持人体健康的重要因素。

维生素重要的生理功能并不意味着人体摄入的维生素越多越好。人体日摄取多少维生素为宜？各国已对某些维生素作出了推荐量的建议（见附录1—5），而有些尚未定论。人体过多摄取维生素是无益的，有的会随尿排出或贮存于体内，而某些维生素摄入过量也可产生毒作用（维生素过毒症）。从营养学上看，必须严格控制维生素的供给量，不可大量、长期过量，而应力求供给适量。

二、维生素的分类；食品添加剂所使用的维生素及其衍生物

食品中含有的维生素种类很多，其中约20种对营养和健康有重要作用。维生素是一类结构不同的低分子有机化合物。本书所讨论的14种维生素可分为2大类：脂溶性维生素和水溶性维生素。维生素A、D、E、K属于脂溶性维生素，除维生素K外，其余没有辅酶的性质，它们组成膜系统的结

构，具有激素的作用。其它属于水溶性维生素，它们参加到酶的结构和功能中，本身起着辅酶的作用。

除维生素外，还有些维生素原，即维生素的前体物，在体内可转变成维生素，如维生素A原(β -胡萝卜素)，我们放在维生素A一章加以讨论。

目前已合成了许多维生素的衍生物与盐类，它们具有和天然维生素相同的生理效果。作为食品的添加剂，用于食品的营养强化、抗氧化、着色等，作为医药品，已用于维生素缺乏症的预防和治疗。这些维生素不仅具有营养、临床的重要性，而从定量方法上，有的衍生物要考虑相应的提取及前处理方法。

表0-1 作为食品添加剂所使用的维生素及衍生物

维生素	添 加 物
维生素A	维生素A油、粉末维生素A、油性维生素A脂肪酸酯
维生素D	维生素D ₂ 、维生素D ₃
维生素E	α -生育酚
维生素B ₁	硫胺素盐酸盐、硫胺素硝酸盐、硫胺素十六烷硫酸盐、硫胺素、硫(代)氰酸盐、硫胺素紫-1,5-二磺酸盐、硫胺素紫-2,6-二磺酸盐、硫胺素呋灵盐、硫胺素月桂基硫酸盐、二苯酰硫胺素盐酸盐、苯酰硫胺素二硫化物
维生素B ₂	核黄素、核黄素磷酸酯钠、核黄素酪酸酯
维生素B ₆	吡哆醇盐酸盐
维生素PP	烟酸、烟酰胺
叶酸	叶酸
泛酸	泛酸钙、泛酸钠
维生素C	L-抗坏血酸、L-抗坏血酸钠、L-抗坏血酸硬脂酸酯

表1-1 主要视黄醇相关物质的紫外吸收(乙醇)及生理活性

异构体	视黄醇			视黄醛		
	$\lambda_{\max}$ (nm)	$E_{1\%}^{1\text{cm}}$	相对 [*] 生理 活性	$\lambda_{\max}$ (nm)	$E_{1\%}^{1\text{cm}}$	相对 ^{**} 生理 活性
全反式	325	1832	100	381	1530	91
13-顺式	328	1686	70—85	375 257	1250 336	93
11-顺式	319 233	1220 370	23	376.5 290 254	878 412 614	48
9-顺式	323 258	1477 387	22	373	1270	19
11, 13-二-顺式	311	1024	15	373	700	31
9, 13-二-顺式	324 263	1379 330	24	346	863	7

* 1 大白鼠, 全反式视黄醇 = 100,

* 3 鸡胚, 全反式视黄基醋酸盐 = 100,

* 2 大白鼠, 全反式视黄基醋酸盐 = 100,

表1-2 主要的3-脱氢视黄醇(A₂)有关物质的紫外吸收(乙醇)及生理活性

异构体	脱氢视黄醇			3-脱氢视黄醛			3-脱氢视黄酸		
	$\lambda_{\max}$ (nm)	$E_{1\%}^{1\text{cm}}$	相对生 理活性*	$\lambda_{\max}$ (nm)	$E_{1\%}^{1\text{cm}}$	相对生 理活性*	$\lambda_{\max}$ (nm)	$E_{1\%}^{1\text{cm}}$	相对生 理活性*
全反式	350	1455	>40-51	401 (314)	1470 (395)	57	370 (305)	1395 (443)	6.7
	286	715							
	276	555							
13-顺式	352	1375	>35	395 (314)	1180 (412)		372 (305)	1300 (438)	
	288	649							
	277	493							
11-顺式	344	990	15	393 (493)	882 (512)				
	286	560							
	(278)	(493)							
9-顺式	348	1143	14	391 (315)	1208 (672)		369 (300)	1240 (562)	
	287	919							
	277	767							
11, 13-二-顺式	337	905	14	386 (462)	963 (392)				
	(290)	(462)							
	277	470							
9, 13-二-顺式	350	1030	<8	761 (636)			366 (302)	1107 (528)	
	288	761							
	(280)	(636)							

• 大白鼠, 全反式视黄基醋酸盐 = 100

目 录

绪 论

第一章 维生素 A	(1)
第一节 基础	(1)
第二节 维生素 A 定量法	(6)
第三节 β -胡萝卜素	(15)
第二章 维生素 D	(22)
第一节 基础	(22)
第二节 维生素D定量法	(26)
第三章 维生素 E	(36)
第一节 基础	(36)
第二节 维生素 E 定量法	(42)
第四章 维生素 K	(52)
第一节 基础	(52)
第二节 维生素K 定量法	(57)
第五章 维生素 B ₁	(63)
第一节 基础	(63)
第二节 维生素B ₁ 定量法	(67)
第六章 维生素 B ₂	(80)
第一节 基础	(80)
第二节 维生素B ₂ 定量法	(83)
第七章 维生素 B ₆	(99)
第一节 基础	(99)
第二节 维生素B ₆ 定量法	(102)
第八章 维生素 B ₁₂	(114)

第一节 基础	(114)
第二节 维生素 B ₁₂ 定量法	(118)
第九章 维生素 C	(122)
第一节 基础	(122)
第二节 维生素 C 定量法	(128)
第十章 烟酸 (尼克酸)	(150)
第一节 基础	(150)
第二节 烟酸定量法	(153)
第十一章 泛酸	(164)
第一节 基础	(164)
第二节 泛酸定量法	(166)
第十二章 叶酸	(170)
第一节 基础	(170)
第二节 叶酸定量法	(172)
第十三章 生物素	(179)
第一节 基础	(179)
第二节 生物素定量法	(181)
第十四章 胆碱	(184)
第一节 基础	(184)
第二节 胆碱定量法	(185)
附 录	(187)

第一章 维生素A

第一节 基 础

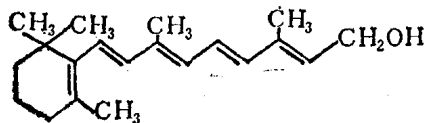
1-1-1 概述

1909年霍普金斯 (Hopkins) 和施特普 (Stepp) 发现了维生素A, 1913-1914年麦克勒姆 (Mc Collum) 和戴维斯 (Davis) 从卵黄、奶油中提取了一种脂溶性生长因素, 命名为维生素A。1931年卡勒 (P. Karrer) 自肝油中分离出维生素A纯品, 同时确定了维生素A的化学结构。1937年库恩 (Kuhn) 合成了维生素A。

1-1-2 理化性质

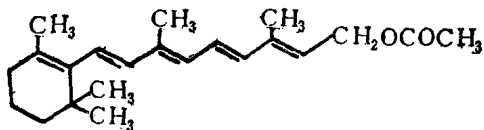
维生素A为条状淡黄色晶体, 熔点为 $63-64^{\circ}\text{C}$ 。它不溶于水 and 甘油, 而能溶于许多普通有机溶剂中, 如乙醇、甲醇、氯仿、乙醚、苯等。

维生素A是一种脂溶性维生素。它有许多异构体。在动物源的脂肪中存在的维生素A的母体化合物称为视黄醇, 是一种不饱和一元醇, 其结构式为:

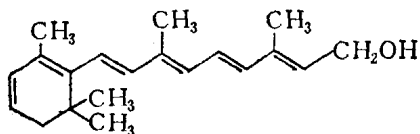


维生素A₁

植物中通常以酯式（如醋酸酯）存在，称为维生素A原，结构为：



在鱼肝油中存在一种类似视黄醇的物质，其生物效能为视黄醇的40%，在3位上脱氢，称作3-脱氢视黄醇，又称作维生素A₂。



维生素A₂

维生素A分子中有双键，所以易被氧化。高温、阳光及氧的存在，能破坏维生素A。铜和铁的存在也会破坏维生素A。故在测定维生素A时，常用吹入氢气或氮气及加入抗坏血酸、苯三酚等抗氧化剂来保护维生素A。维生素A对酸不稳定，但却经得起沸腾的强碱处理。

1-1-3 来源

维生素A只存在于动物界。维生素A的前体（维生素A原）广泛分布于植物界。

1-1-4 生理功能

维生素A是一般细胞代谢和亚细胞结构必不可少的重要成分，有促进生长发育、维护骨骼健康及正常嗅觉和听力的

三、维生素标准品、国际单位换算

1. 标准品

测定维生素必须有标准品。联合国保健部维生素标准委员会与世界卫生组织 (WHO) 脂溶性维生素分会向有关各国配备有标准品。各国的标准品应以此为基础。其单位表示, 除维生素 A 外, 均用重量表示。

标准品易分解, 保存时必须充分注意不受光线、高温、空气、还原物质等的影响, 否则将使实验结果产生大的误差。必要时应对标准品加以验证。

2. 国际单位换算

表0-2 维生素国际单位换算表

维生素	1 个国际单位 (IU)
全反式维生素A	0.300 μ g
全反式视黄基酯酸盐	0.344 μ g
全反式棕榈酸视黄酯	0.550 μ g
β -胡萝卜素	0.600 μ g
维生素B ₁	3.00 μ g
维生素 C	50.00 μ g
维生素 D ₂ 或 D ₃	0.025 μ g

美国食物和营养学会曾推荐采用视黄醇当量 (R·E)

对视黄醇 $1R \cdot E = 1\mu g$ (3.33IU)

对 β -胡萝卜素 $1R \cdot E = 6\mu g$ (10IU)

四、样品的采集、制备及制备样品的保存

1. 样品的采集

在维生素的定量中, 一次所使用的量通常为 1—20g。由于维生素同其它营养成分相比, 分布更不均匀, 所以取样

不可过少。采取的试样要能代表整体。同时应注意维生素的损失，通常所用的将大量试样磨碎或粉碎，然后取一部分的采样方法是不可取的，正确的取样方法，是从整体试样的多处各取一部分，然后充分混合。对于生物组织带有方向性的食品（萝卜、胡萝卜），以及纵向与横向日照不同的植物性食品，也要注意维生素含量的差异。

2. 样品制备

由于大多数维生素易分解，所以应根据各种维生素的性质，严格控制实验条件。（美国）官方分析化学协会（简称 AOAC）和日本食品工业学会所选用的方法中，对样品的制备方法有详细规定。

3. 制备试样的保存

样品制备好后，最好立即进行分析。若需保存时，应防止在保存期间维生素的分解。

对粉末试样，应置于褐色瓶内，用氮气等惰性气体置换瓶内空气，密封，低温保存。即使这样，也难以完全阻止维生素的分解。

对液体试样，应将试样装满容器，保存于冰箱内。对只测定维生素 A、维生素 E 的样品可添加抗氧化剂。

对含有分解维生素的酶及霉菌等的样品，测定耐热的维生素时，可加热使酶失活，最好是加入防腐剂。

对生鲜样品，可冷冻保存，要使分解维生素的酶完全失活，需 -40°C 的条件， -20°C 保存也能获得良好的效果。冷冻干燥法，除维生素 C 外，其它维生素不发生变化。

试样一般是冷藏保存，温度接近 0°C 可使分解速度迟缓，但并不能完全阻止维生素分解。

食 物 称	维 生 素 A 含 量 (国际单位/100g)	食 物 称	胡 萝 卜 素 含 量 (mg/100g)
鸡 肝	50900		
羊 肝	29900	甜 薯(红 心)	5.11
牛 肝	18300	胡 萝 卜(黄)	4.05
鸭 肝	8900	胡 萝 卜(红)	2.11
猪 肝	8700	韭 菜	3.49
黄 油	2700	芥 菜	3.20
奶 油	830	菠 菜	3.87
乳 酪	1280	太 古 菜	2.63
牛 奶	140	雪 里 红(鲜)	2.69
人 奶	250	芥 菜 头(鲜)	2.38
鸡 蛋	1440	甘 蓝 菜	2.00
鸡 蛋 黄	3500	空 心 菜	2.14
鸡 蛋 粉	4360	油 菜 苔	1.83
鸭 蛋	1380	油 菜	1.59
松 花 蛋	940	苋 菜	1.92
河 蟹	5960	辣 椒	1.56
黄 鳊	3000	瓢 儿 菜	1.25
田 螺	1721	芒 果	3.81
牡 蛎	1500	杏	1.79
带 鱼(咸)	483		

作用。维生素A是构成视觉细胞内感光物质的原料，可保护夜间视力，维持视紫质的正常效能。维持上皮组织的完整性是

维生素A的重要功能之一。它参与组织间质中粘多糖的合成。后者对细胞起粘合和保护作用。缺乏维生素A对身体的每个器官都有重要影响，其中对眼睛、皮肤、呼吸道、泌尿道、生殖器官的影响最显著。可导致许多病症，如夜盲症，干皮病，嗅觉能力下降，食欲不佳，疲倦，角膜溃疡，骨骼、牙齿软化，干眼痛，对疾病的抵抗力下降等。动物实验和临床都表明，维生素A对如心绞痛、动脉硬化、糖尿病、黄疸、骨质软化症、脑膜炎、胆结石、肝硬化、肾炎、肝炎、支气管炎、感冒等疾病有治疗效果。塞夫特博士认为：维生素A具有“特殊的保健作用”，能增强机体抵抗疾病侵袭的免疫力。现在已有充分的理由认为：维生素A在抗癌这一场斗争中能起作用、甚至能起强大的作用。

1-1-5 需要量与毒性

维生素A的需要量随劳动条件、精神紧张程度以及机体状态而异。一般成人维生素A的供给量每天为 2200IU，孕妇为 3300IU，乳母为 3900IU。研究报告指出，每天供应的维生素A不可超过 50000IU，除非是治疗期。

大剂量维生素A毒性的报告多见于婴儿和儿童，也有成年人维生素A中毒的报告。中毒的主要症状是关节痛、长骨骨膜变厚、脱发、虚弱、皮疹、头痛、肌肉强直、肝脾肿大、视神经乳头水肿，甚至严重损害肝脏。据报道，婴儿每天摄取 18500IU 连续服用 1—3 个月，就有中毒现象。

第二节 维生素 A 定量法

1-2-1 概 述

测定食品中维生素A，首先要对样品进行皂化，再用适