

第六章

维生素

- 本章主要内容

维生素概述

维生素定义

脂溶性维生素

水溶性维生素

维生素在加工过程中发生的主要变化

6.1 概述

维生素的研究只有一个世纪。

20 世纪前，人们以蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质、水份五类成分配成饲料长期喂养动物，导致动物死亡，最初研究人员认为是食物口味不佳，单调引起的饮食不足造成的；后来才确定是由于缺乏微量的，当时科学上尚未知道的一些成分所致。

1910年波兰学者冯克发现米糠中有一种物质能预防脚气病，经分离提纯鉴定，发现是一种含有氨基的有机物（B₁），他将其命名为“Vitamin”。后来又陆续发现了其它的一些维生素。

6.2 维生素的定义与分类

6.2.1 定义

维持人和动物正常生理功能所必需的微量有机物。或者说是维持活细胞正常生理功能所必需微量有机物。

自然界中存在有30多种维生素，其中对维持人体健康、至关重要的有20多种。

维生素元——在人及动物体内可以转化为维生素的物质。（维生素前体）

同效维生素（Vitamers）——化学结构与维生素相似，并有部分维生素生理活性的物质。

6.2.2 维生素的分类

脂溶性： A、D、E、K；

水溶性： C、B₁、B₂、B₃（泛酸）、B₇（生物素）、B₆、B₁₂、
叶酸F

● 其功能存在如下特点：

① 参与所有细胞中物质与能量代谢。

② 主要的辅酶因子（V_B）

视觉 V_A

骨骼 V_D

生育 V_E

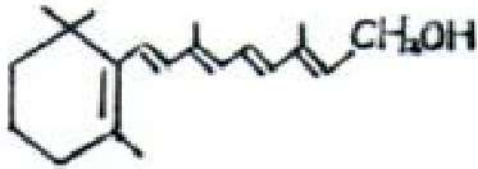
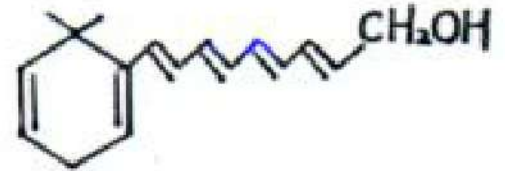
血液凝结 V_K

③ 专一组织

6.3 脂溶性维生素

6.3.1 维生素A

1) 结构

维生素A₁ (C₂₀H₃₀O)维生素A₂ (C₂₀H₂₈O)

A₁ 视黄醇 (仅存在于动物) A₂ 脱氢视黄醇

α 、 β 、 γ -胡萝卜素在动物体内能裂解形成V_{A1} (动物的肝及肠壁)。所以说胡萝卜素是V_A的维生素元。理论上： β -胡萝卜素 = 2个V_{A1}；实际上： $6\mu\text{g}\beta$ -胡萝卜素 = $1\mu\text{g}V_{A1}$ ，

2) V_A 的含量表示法 (以视黄醇当量)

1微克视黄醇 = 6微克 β -胡萝卜素 = 12微克其他具有 V_A 活性的类胡萝卜素。(1分子只能转化为1分子 V_A)

国际单位IU: 1微克视黄醇 = 3.3IU,

1IU = 0.3微克视黄醇

3) V_A 在食品中的性质

- ① 分子结构高度不饱和, 容易被空气或氧化剂氧化, 光照能加速其分解;
- ② 在无机酸中不稳定, **在碱中稳定**;
- ③ 在缺乏氧气的条件下对热稳定;
- ④ **铜、铁等金属能破坏其作用**;
- ⑤ 食品中的磷脂、维生素E等天然抗氧化剂对 V_A 有保护作用;

4) 功能及缺乏症

- ① 构成视网膜的感光物质——视色素。缺乏时，视紫红质合成不足，产生视力低下和夜盲症；
- ② 维持上皮组织的健全。与磷脂构成的酯类是糖蛋白合成所需要的寡糖基载体，缺乏时，上皮不能分泌糖蛋白，上皮细胞干枯、角化，导致表皮细胞角化、角膜软化、干眼病等。
- ③ 促进机体的生长发育。孕妇缺乏维生素A可导致胚胎发育不全及流产。

注：长期摄入过量的维生素A可引起维生素A过多症，（血液浓度正常时含量为 $20 \sim 60 \mu\text{g} / 100\text{mL}$ ）如日摄入量超过 150 mg 可引起中毒症状，表现为厌食、头发稀疏、皮肤搔

5) V_A 的主要来源及需要量

一些食物中维生素 A 或胡萝卜素含量

单位: $\mu\text{g}/100\text{g}$

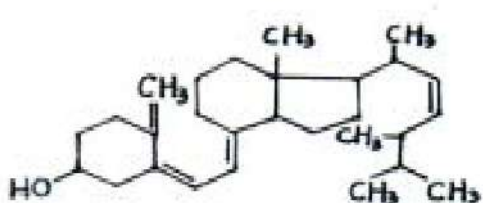
食物	维生素 A	视黄醇当量	食物	胡萝卜素	视黄醇当量
瘦猪肉	44	44	小米	100	17
肉鸡	226	226	玉米面	40	7
猪肝	4972	4972	大豆	220	37
鸡肝	10414	10414	荷兰豆	480	80
羊肝	20972	20972	红薯(红心)	750	125
猪肾	41	41	胡萝卜	4010668	
鸡心	910	910	油菜	620	103
牛奶	24	24	西兰花	7210	1202
奶粉	303	303	小白菜	1680	280
奶油	1042	1042	苋菜	2110	352
鸡蛋	310	310	生菜	1790	298
蛋黄粉	776	776	菠菜	2920	487
黄鱼	10	10	柑	890	148
鳟鱼	206	206	橘	1660	277
江虾	102	102	芒果	8050	1342
河蟹	389	389	枇杷	700	117
蚌肉	283	283	杏	450	75

我国暂定的维生素 A 供给量 (日需要量)

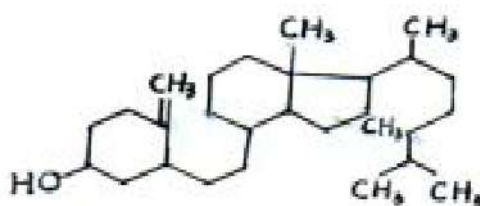
	维生素 A		胡萝卜素*
	(国际单位)	(微克)	(毫克)
成年、少年男女, 五岁以上儿童	2200	660	4. 0
孕妇 (后 5 个月)	3300	900	6. 0
乳母 (一年以内)	3900	1170	7. 0
儿童 3~5 岁	1700	510	3. 0
2~3 岁	1330	399	2. 4
1~2 岁	1100	330	2. 0
<1 岁	600	200	1. 2

6.3.2 维生素D

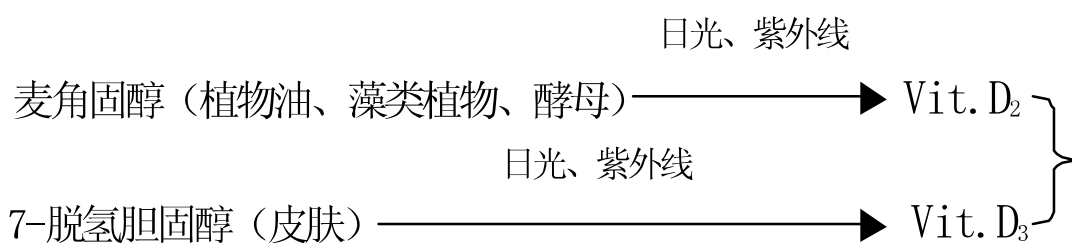
1) 结构



维生素D₃



维生素D₂



两者有同等生理活性。

人体中80%的Vit. D是经阳光或紫外线的作用而获得。

维生素D的活性以D₃为参考标准，D₃习惯以IU表示，也可用重量表示。
 $1 \mu\text{gD}_3 = 40 \text{ IU}$

2) 在食品中的性质

- ① 在食物或食物补充剂中相当稳定，不怕热等，长期贮藏也不易损失。
- ② 商品制剂易受光、热、氧、酸等影响。
- ③ 油脂酸败可使其破坏。

3) 生理功能及缺乏症

维生素D主要参与机体的磷钙代谢，促进骨质更新，幼儿缺乏维生素D，可导致佝偻病；成年长期缺乏 V_D ，可发生骨质软化，称软骨病。

4) 需要量及其来源

第六章

维生素

中国居民膳食维生素 D 推荐摄入量(RNI)

单位: $\mu\text{g}/\text{d}$ ($1\mu\text{g} = 40\text{IU}$)

年龄/岁	RNI	年龄/岁	RNI
0~	10	18~	5
0.5~	10	50~	10
1~	10	60~	10
4~	10	80~	10
7~	10	孕妇	10*
11~	5	乳母	10
14~	5		

* 孕中后期,从第4个月开始。

表 8-9

常见富含维生素 D 的食物*

单位: IU/100g

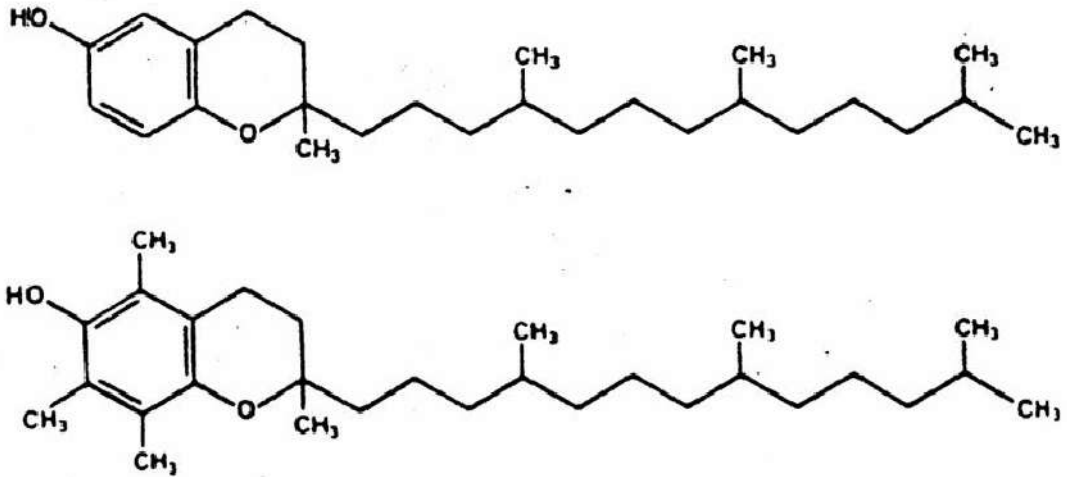
食物	含量	食物	含量
鱼肝油	8500	奶油(脂肪含量 31.3%)	50
大马哈鱼和红鲱鱼罐头	500	鸡蛋(煎、煮、荷包)	49
金枪鱼罐头(油浸)	232	牛奶(脂肪含量 1%~3.7%)	41
奶油(脂肪含量 37.6%)	100	烤羊肝	23
脱脂牛奶(罐装)	88	煎牛肝	19
炖鸡肝	67	鲜碎肝午餐肉	15
人造黄油煎猪肝	51	煎小牛肝	14

注: * 引自美国《食物与营养百科全书》选辑(4)营养素。

6.3.3 生育酚V_E

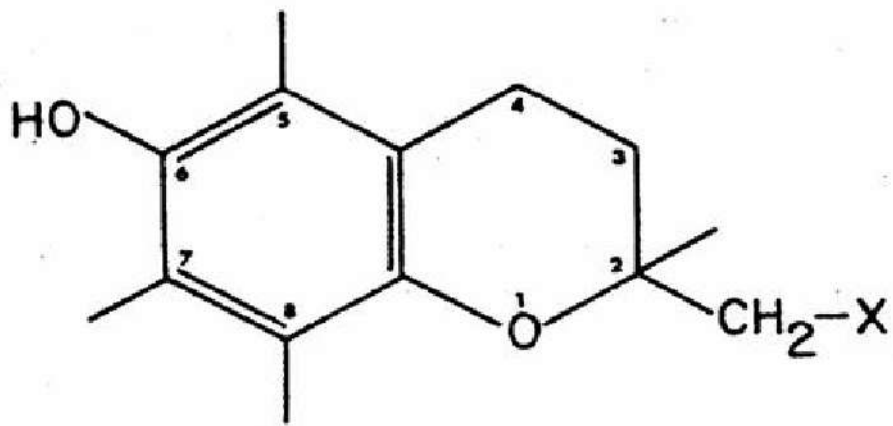
1) 结构

Vit. E又叫生育酚。最初发现它是“抗不育Vit.”，主要用来治疗妇女的不育症和习惯性流产。后来发现了它的其它功能如抗衰老等。已知具有Vit. E活性的生育酚有8种，活性最高的是 α -生育酚。广泛存在于绿色植物中，动物体内含量很少。



(上)母育酚的结构式

(下) α -生育酚的结构式



生育酚的取代模式图

取代作用	生育酚 $X = C_{15}H_{31}$
8-甲基	δ
5,8-二甲基	β
7,8-二甲基	γ
5,7,8-三甲基	α

2) 性质

- ① 对酸、热稳定，对 O_2 、紫外线、碱、铁、铅极不稳定；
- ② 有极强的吸 O_2 能力，常用作抗氧化剂，尤其是植物油、柠檬酸中作增效剂；
- ③ 常规烹调不易破坏，但长期高温则破坏。（如油炸）

3) 食品中的应用

抗氧化能力： $\alpha < \beta < \gamma < \delta$ ，

V_E 活性： $\alpha > \beta > \gamma > \delta$ ，

V_E 比 BHA 抗氧化能力稍差，与其他抗氧化剂并用抗氧化能力增强。

4) V_E 需要量及主要来源

中国居民膳食维生素 E 适宜摄入量(AI)

单位:mg/d

年龄/ 岁	体重/kg		单位体重计算值/ (mg 总生育酚)		AI (男/女)	年龄/ 岁	体重/kg		单位体重计算值/ (mg 总生育酚)		AI (男/女)
	男	女	男	女	mg α -TE		男	女	男	女	mg α -TE
0~	6	6	1.4	1.4	3	14~	56.5	50	13.3	11.8	14
0.5~	9	9	2.1	2.1	3	18~	63	56	14	12.6	14
1~	13.5	12.5	3.2	2.9	4	孕妇					14
4~	19	18.5	4.5	4.4	5	乳母					14
7~	28.5	25.5	6.7	6	7	50~					14
11~	42	41	9.9	9.6	10						

- 注:1. 维生素 E 的活性以 $RRR-\alpha$ -生育酚当量(α -TEs)表示,1mg α -TE 相当于 1mg 的 $RRR-\alpha$ -生育酚的活性。估计混合膳食中天然维生素 E 的总 α -TE, β -生育酚的质量数(mg)需乘以 0.5, γ -生育酚的质量数(mg)乘以 0.1, α -三烯生育酚的质量数(mg)乘以 0.3。上述计算以生育酚的抗不孕生物活性为依据,而各型生育酚的抗氧化活性不一定具有相同的比例,如 α -三烯生育醇在细胞膜检测出的抗氧化活性大大高于 α -生育酚。
2. 合成的全-消旋- α -生育酚(dl - α -生育酚)的相对活性为 $RRR-\alpha$ -生育酚的 74%,常以国际单位(IU)给出其剂量。按药典,1IU 的维生素 E 的定义是 1mg 全-消旋- α -生育酚醋酸酯的活性。以活性单位 IU 换算成以质量形式表达的 α -TEs 时,同时要计入 α -生育酚和 α -生育酚醋酸酯的分子质量差异,二者的比值约为 1:1.1。因此,换算合成的全消旋- α -生育酚或全-消旋- α -生育酚醋酸酯的 IU 值时,需乘以 0.74 或 0.67 才可转换成 α -TE 的毫克数。

各类食物维生素 E 含量代表值

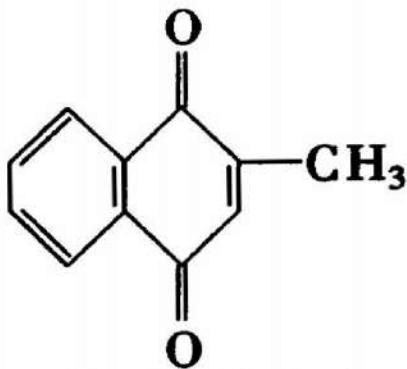
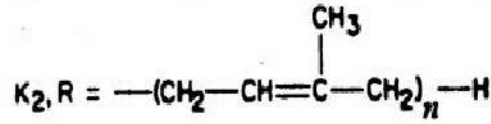
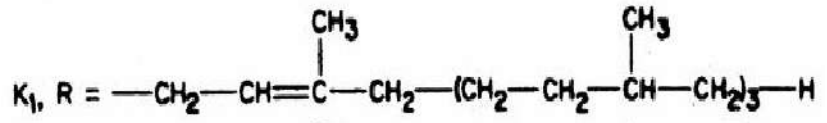
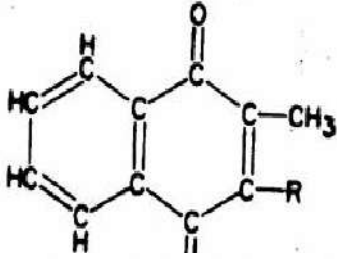
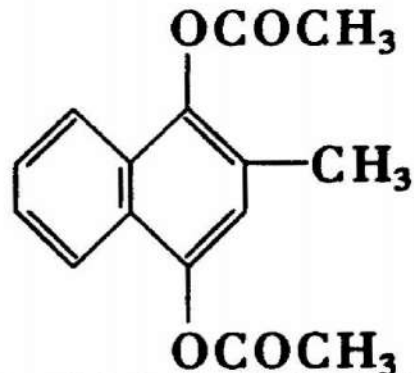
单位:mg/100g 食物

食物组	总生育酚	α -生育酚	$\beta + \gamma$ -生育酚	δ -生育酚
谷类	0.96	0.495	0.180	0.154
豆类	4.92	0.717	2.631	1.303
蔬菜	0.75	0.466	0.102	0.156
水果	0.56	0.381	0.130	0.030
肉类	0.42	0.308	0.097	0.010
乳类	0.26	0.087	0.112	0.021
蛋类	2.05	1.637	0.409	0
水产类	1.25	0.817	0.190	0.248
食用油脂	72.37	8.17	28.33	9.739

注:根据林海、葛可佑(1999年)文中的食物消费频数计算,由于食物成分表中的一些食物仅给出总生育酚含量,而没有各型生育酚的含量,故表中的总生育酚含量与各型生育酚含量之和不等。

6.3.4 维生素K (phyloquinone)

1) 结构

甲萘醌(维生素 K₃)乙酰甲萘醌(维生素 K₄)

2) 性质

黄色粘稠油状物，可被空气中氧缓慢氧化分解，并迅速被光进一步破坏。对热稳定，但遇碱分解。

3) 生理化能 有助于某些血聚凝血因子的生长，参与凝血作用，抗出血。

4) 缺乏 血液凝固时间长，新生儿出血性疾患。

5) 需要量 不明。

6) 来源 绿黄色蔬菜，肠内细菌（发酵食品）（P₁₈₁表5-4）

美国常见食物中叶绿醌含量

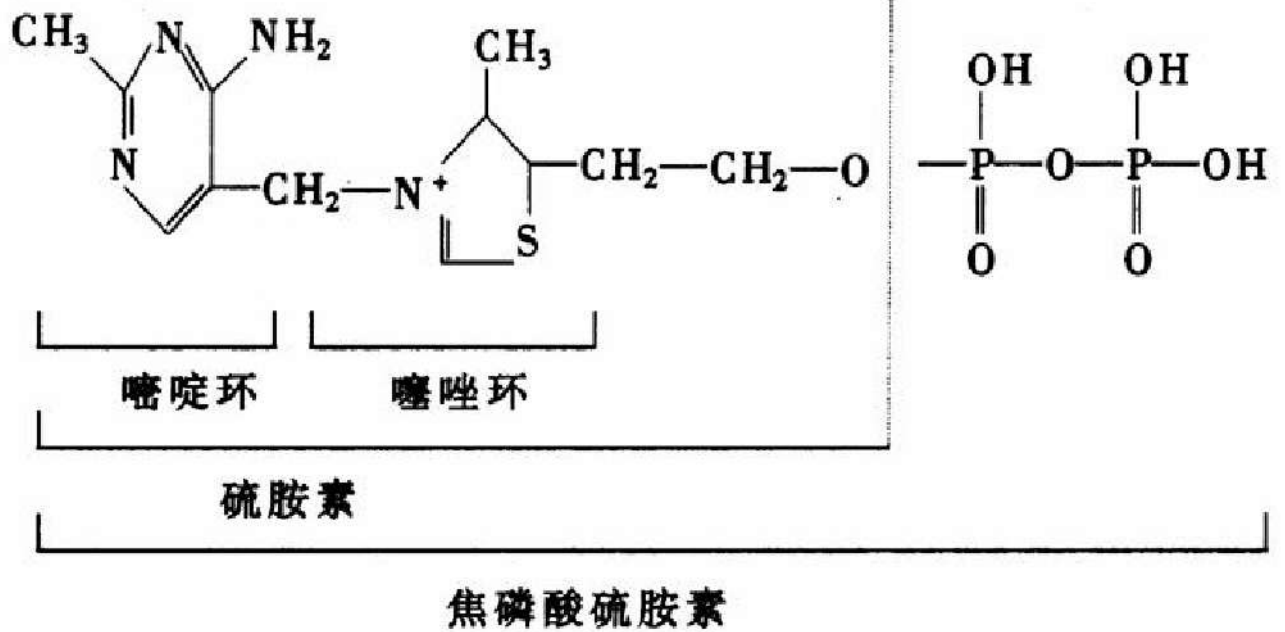
单位:mg/100g

食物名称	叶绿醌	食物名称	叶绿醌
菠菜	380	干扁豆	22
生菜	315	肝	5
圆白菜	145	蛋	2
芦笋	60	鲜肉	< 1
豆角	33	鲜鱼	< 1
豌豆	24	全脂奶	< 1
黄瓜	20	豆油	193
西兰花	20	棉子油	60
胡萝卜	10	橄榄油	55
西红柿	6	玉米油	3
土豆	1	植物黄油	42
干黄豆	47	奶油	7

6.4 水溶性维生素

6.4.1 维生素B₁ (Thiamin)

1) 结构



2) 食品化学性质

- ① B₁水溶液在空气中逐渐被分解。
- ② 在酸性溶液中对热较稳定，pH3时，升温到120°，仍可保持其活性，在碱性对热极不稳定。其贮藏过程中的损失率与湿度及温度有关(见P₁₈₇表5-7)
- ③ 加热破坏后会产生一种特殊的味道，如烹调食品中的“肉”香味。

食品中硫胺素的降解

食 品	处 理	硫胺素的保留 / %
谷物	膨化	48~90
马铃薯	浸没水肿 16h, 再炒	55~60
	浸没亚硫酸盐中 16h, 再炒	19~24
大豆	浸没水中, 然后在水中或具碳	23~52
	酸水中 (HCO ₃) 煮沸	
马铃薯丝	各种加热处理	87~97
蔬菜	各种加热处理	80~95
肉	各种加热处理	83~94
冷冻鱼	各种加热处理	77~100

④ 鱼贝类提取液及人肠道中含有一种硫胺素酶也能破坏硫胺素。此酶在90℃~100℃，10~15分钟热处理才能失活。

3) 功能与缺乏

体内B₁并不具有活性，在肝脏中与焦磷酸形成焦磷酸酯后才具有生物活性，参与糖代谢中的氧化脱羧反应，此外，它在神经生理与心脏功能上也发挥了重要的作用。缺乏时会出现脚气，多发性神经炎，便秘等。

4) 来源及需要量

需要量：目前多数国家（包括中国）硫胺素的供给量标准为0.12毫克/1000千焦

第六章

维生素

中国居民膳食维生素 B₁ 参考摄入量(DRIs)

单位:mg/d

年龄/岁	RNI		UL
0~	0.2(AI)		
0.5~	0.3(AI)		
1~	0.6		50
4~	0.7		50
7~	0.9		50
11~	1.2		50
	男性	女性	
14~	1.5	1.2	50
18~	1.4	1.3	50
孕妇		1.5	
乳母		1.8	

第六章

维生素

维生素B₁的主要来源:

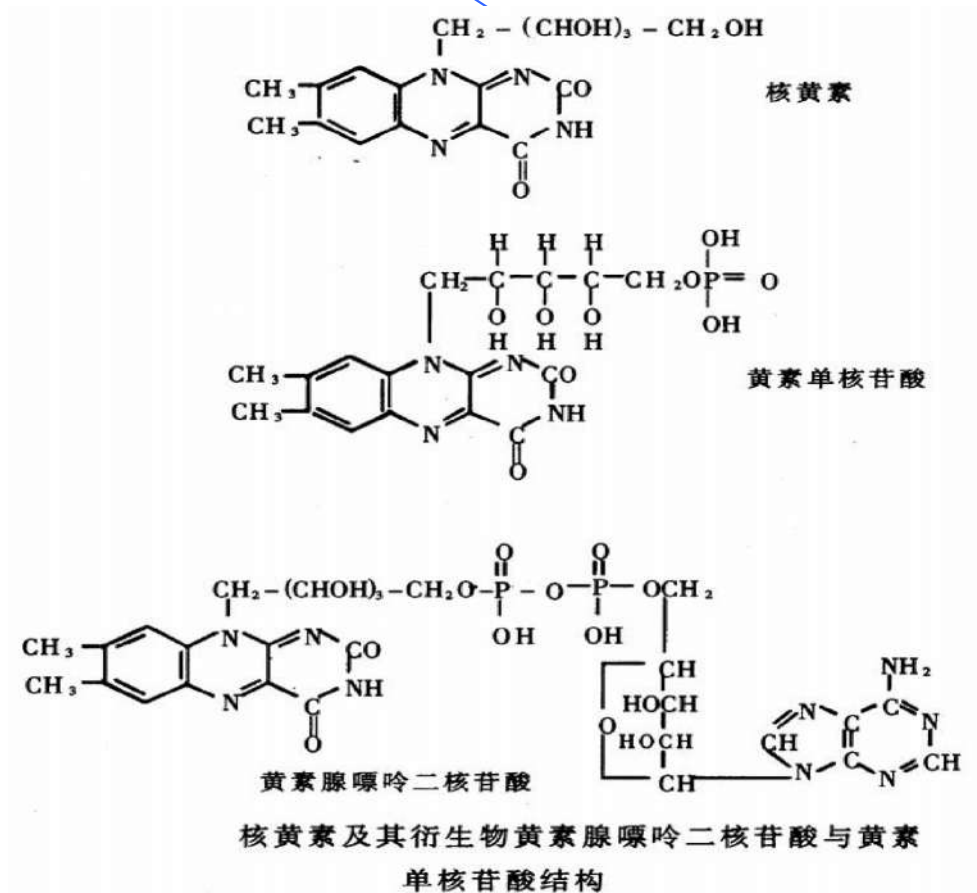
各类食物中硫胺素含量

单位:mg/100g

食物名称	含量	食物名称	含量	食物名称	含量
稻米(粳、特)	0.08	苹果	0.06	韭菜	0.02
(粳、标一)	0.16	黄豆	0.41	猪肉(肥、瘦)	0.22
(粳、标二)	0.22	豆腐皮	0.31	(瘦)	0.54
(粳、标三)	0.33	芸豆	0.33	猪肝	0.21
小麦粉(标准粉)	0.28	蚕豆	0.37	猪肾	0.40
(富强粉)	0.28	四季豆	0.15	牛肉(瘦)	0.07
小麦胚粉	3.50	豌豆	0.43	羊肉(瘦)	0.07
小米	0.33	大白菜	0.06	羊肝	0.42
燕麦片	0.30	菜花	0.03	牛奶	0.03
玉米粉(黄)	0.34	芹菜	0.02	奶粉	0.12
(白)	0.26	小白菜	0.02	鸡蛋(白皮)	0.09
花生仁(生)	0.72	圆白菜	0.03	(红皮)	0.13
葵花子仁	1.89	冬瓜	0.01	带鱼	0.02
松子	0.41	黄瓜	0.02	鲤鱼	0.03
榛子	0.21	辣椒	0.03	鸡肉	0.03
橘子	0.24	茄子	0.02	鸭肉	0.07

6.4.2 维生素B₂ (核黄素 Riboflavin)

1) 结构



2) 食品性质

- ① 橙黄色结晶化合物，溶于水和乙醇。
- ② 对热较稳定，中性、酸性中，120℃加热6小时，仅有少量破坏。
- ③ 碱性溶液中较易被破坏。
- ④ 对光辐射敏感，对紫外线尤为敏感。

核黄素

光照

光黄素

3) 功能及缺乏症

V_{B2} 是多种氧化酶的辅助因子，在体内物质氧化过程中起重要的作用。体内核黄素不足时，物质代谢紊乱，严重时出现口角炎、舌炎、脂溢性皮炎等症状

4) 来源及需要量

WHO 建议 V_{B2} 日供给量为0.12毫克/1000千焦。

中国居民膳食核黄素推荐摄入量(RNI)

单位:mg/d

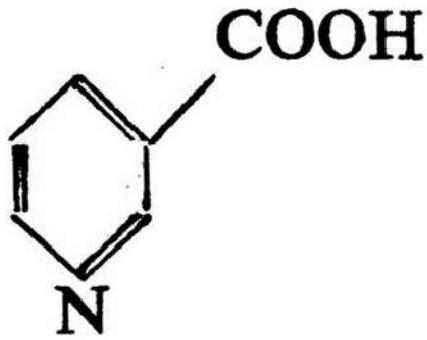
年龄/岁	RNI	年龄/岁	RNI	
0~	0.4(AI)		男性	女性
0.5~	0.5(AI)	14~	1.5	1.2
1~	0.6	18~	1.4	1.2
4~	0.7	孕妇		1.7
7~	1.0	乳母		1.7
11~	1.2			

一些食物的核黄素含量

单位:mg/100g

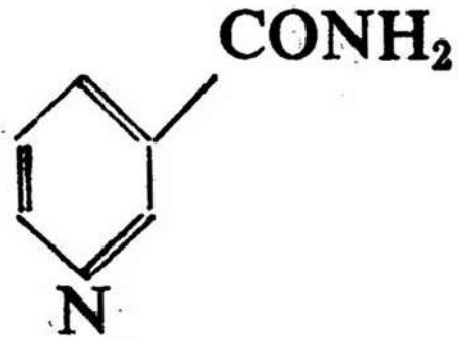
食 物	含 量	食 物	含 量
大米	0.05	油菜	0.11
小麦粉	0.08	橘子	0.02
挂面	0.03	梨	0.03
馒头	0.07	猪肉(肥瘦)	0.16
黄豆	0.20	猪肝	2.08
大白菜	0.03	牛奶	0.14
菠菜	0.11	鸡蛋	0.32

6.4.3 维生素PP (尼克酸, 烟酸, Niacin) nicotinamide
1) 结构



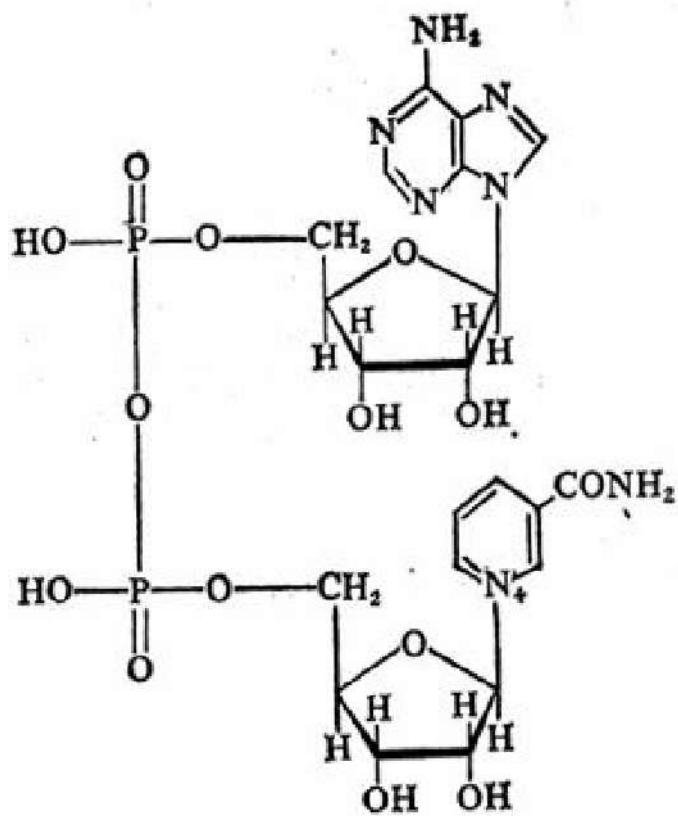
尼克酸

Niacin

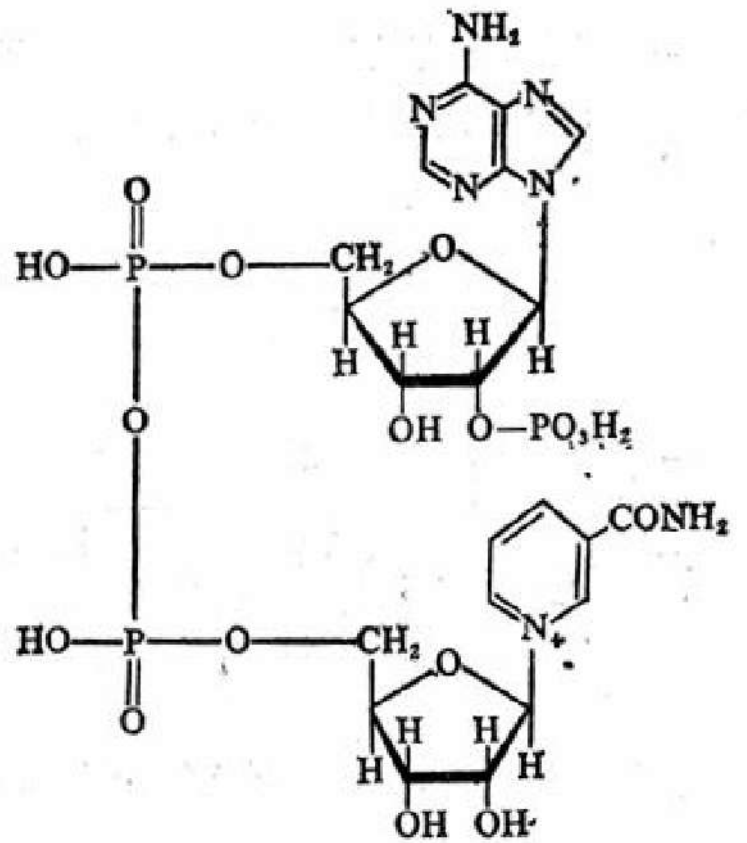


尼克酰胺

nicotinamide



NAD⁺(烟酰胺腺嘌呤二核苷酸)



NADP⁺(烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸)

2) 性质

- ① 白色结晶，水溶性大；
- ② 性质稳定，耐高温高压、耐酸碱，是各种维生素中最稳定的一种。

3) 功能及缺乏症

是NAD、NADP的组成成分，在糖酵解、脂肪合成和呼吸作用中起着重要的作用。

缺乏时患癞皮病。

4) 来源及需要量

需要量: 我国暂定供给量: 1.2毫克/1000千焦.

来源: 酵母、花生、颞骨类、豆类及肉类, 尤其是动物肝脏含量丰富。

中国居民膳食烟酸参考摄入量(DRIs)

单位: mgNE/d

年龄/岁	RNI	UL	年龄/岁	RNI		UL
				男性	女性	
0~	2(AI)					
0.5~	3(AI)		14~	15	12	30
1~	6	10	18	14	13	35
4~	7	15	孕妇		15	
7~	9	20	乳母		18	
11~	12	30				

第六章

维生素

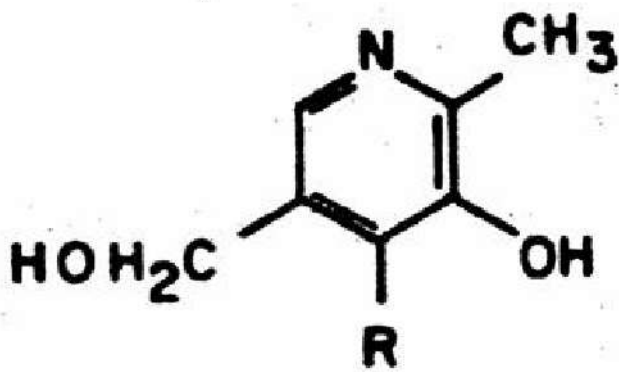
一些食物的烟酸与色氨酸含量

单位:mg/100g

食 物	烟 酸	色氨酸	烟酸当量/mgNE	食 物	烟 酸	色氨酸	烟酸当量/mgNE
大米	2.5	145	4.9	菠菜	0.6	40	1.3
小麦粉	2.5	135	4.8	猪肉(肥瘦)	4.2	97	5.8
玉米(黄)	2.5	78(面)	3.8	猪肝	16.2	262	20.6
高粱	1.6	-	1.6	牛奶	0.2	38	0.8
黄豆	2.1	472	10.0	鸡蛋	0.8	222	4.5
大白菜	1.3	11	1.5				

6.4.4 维生素B₆ (Pyridoxine)

1) 结构



	<u>R</u>	
I	-CHO	(吡哆醛)
II	-CH ₂ OH	(吡哆醇)
III	-CH ₂ NH ₂	(吡哆胺)

2) 性质

- ① 溶于水和酒精;
- ② 对热稳定, 在强酸强碱中高压加热也比较稳定;
- ③ 在中性和碱性溶液中对紫外线敏感。

食品中维生素 B₆ 的稳定性

食 品	处 理	保留%
面包(加 B ₆)	烘 烤	100
强化玉米粉	50%相对湿度, 38℃, 12 个月	90~95
强化通心面	50%相对湿度, 38℃, 12 个月	100
全脂牛乳	蒸发并高温消毒	30
	蒸发并高温消毒+室温下贮存 6 个月	18
代乳粉(液体)	加工与消毒	33~50(天然的)
代乳粉(干)	喷雾干燥	84(加入的)
去骨鸡	罐 装	57
	辐射(2.79Mrad)(兆拉德)	68

3) 功能与缺乏症

① AA代谢中起辅酶作用，与AA代谢（转氨反应，消旋反应，脱羧反应）密切相关。

② 血红蛋白合成起重要作用。

③ 促进人体对 V_{B2} 、 V_{B12} 、Fe、Zn等吸收。

缺乏时，易患抑郁症、神经病等；孕妇不足时，可导致婴儿体重不足，贫血、生长缓慢等。《中国食品报》98.3.6第三版介绍。除此之外，近来国外科学家还发现它具有如下独特功效：

① 减轻哮喘。

研究认为：机体缺乏 B_6 易引起血红蛋白释氧，使组织细胞缺氧，机体对氧的敏感性增高等一系列反应，从而诱发哮喘。

② 防止心肌梗塞

长期缺乏，易引起心肌梗塞。缺 B_6 抑制AA代谢，引起半胱氨酸水平升高，进而引起血清胆固醇升高，诱发动脉粥样硬化，或通过血小板凝集性增强和凝血时间改变，促成血栓形成，诱发心肌梗塞。

- ③ 防治糖尿病。
- ④ 治疗经前期综合症 (V_{B_6} 与雌性激素关系密切)。

4) 来源及其用量

植物种子（核桃、葵花子）豆类、干酵母、麦麸，动物肝脏、肉类、禽蛋等食物中含量最高。其次为香蕉、扁豆、胡萝卜，梨、白蓉、香菇、金抱鱼、沙丁鱼 (P₁₉₁ 表5-9)。人体肠道细菌可以合成 B_6 ，不易缺乏，但某些药物如：苯达嗪、表毒胺、环丝氨酸，口服避孕药等，严重干扰 B_6 的利用。

必需量： 3—4 mg/d，一般食物可满足

各种食品中维生素 B₆ 的含量

食 品	维生素 B ₆ ($\mu\text{g}/100\text{g}$)
小 麦	320~610
全麦面包	420
白面包	100
橘子汁	52~60
苹果汁	35
番 茄	150
四季豆(罐装)	42~81
豌 豆(罐装)	44~53
瘦牛肉	80~40
瘦猪肉	123~680
巴氏消毒牛奶	50~60
酵母	50

含维生素 B₆(吡哆醇)丰富的食品*

单位:mg/100g

食物名称	含量	食物名称	含量
圆酵母	3.00	熟糙米	0.62
啤酒酵母	2.50	鸡内脏(油煎)	0.61
焙烤食品干酵母	2.00	全麦片粥	0.53
米糠	2.50	黄香蕉(生)	0.51
金枪鱼	0.90	甜玉米(生)	0.47
牛肝	0.84	牛肾(生)	0.43
脱脂大豆粉	0.72	金枪鱼罐头	0.43
低脂豆粉	0.68	鸡肉(油炸、烤、煎)	0.41
鲈鱼(烧煮)	0.68	油炸花生(加盐)	0.40
豆麦混合物	0.67	硬粒小麦面粉	0.34

注:*引自美国《食物与营养百科全书》选辑(4)营养素。

2) 性质

- ① 浅黄色粘性油状物，易溶于水和酒精；
- ② 对酸、热、碱不稳定；
- ③ 在pH5~7的溶液中稳定。

3) 功能及缺乏症

泛酸以辅酶A的形式在物质代谢和能量中起着重要的作用；作为脂酰基载体蛋白(ACP)的组成成分；缺乏时，出现眩晕、恶心、心悸、头痛，手足麻痹、痉挛。

4) 需要量及主要来源

中国居民膳食泛酸适宜摄入量(AI)

单位:mg/d

年龄/岁	AI	年龄/岁	AI
0~	1.7	11~	5.0
0.5~	1.8	14~	5.0
1~	2.0	18~	5.0
4~	3.0	妊娠妇女(不分期)	6.0
7~	4.0	哺乳妇女	7.0

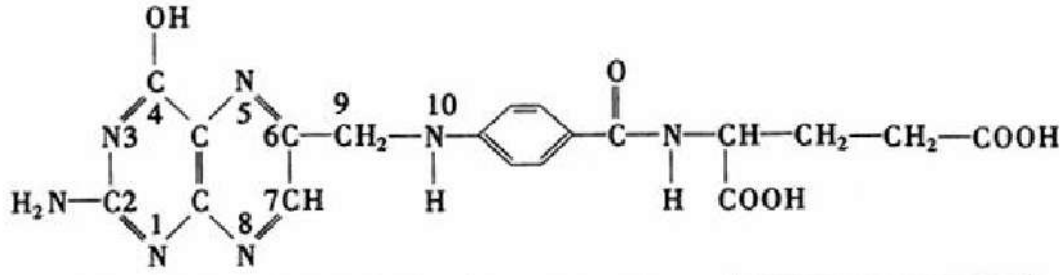
泛酸的食物来源

食物	泛酸	食物	泛酸
乳类及其制品		蔬菜	
牛奶	0.2	鳄梨	1.1
乳酪	0.1~0.9	花茎甘蓝	1.2
肉类		甘蓝(洋白菜)	0.1~1.4
牛肉	0.3~2.0	胡萝卜	0.27
猪肉	0.4~3.1	菜花	1.0
牛心	2.5	小扁豆	1.4
牛肾	3.9	土豆	0.3
鸡肝	9.7	黄豆	1.7
猪肝	7.0	西红柿	0.3
谷类		水果、坚果类	
玉米面	0.9	苹果	0.1
未精制稻米	1.1	香蕉	0.2
燕麦粉	0.9	葡萄柚	0.3
小麦	1.0	橘子	0.2
麦麸	2.9	草莓	0.3
大麦	1.1	胡桃	0.7
其它		楸如树坚果	1.3
鸡蛋	2.9	花生	2.8
蘑菇	2.1		
面包酵母	5.3~11.0		

6.4.6 叶酸 (Folic acid, 又称维生素F)

1) 结构

2-氨基-4-羟基-6-甲基喋呤啶

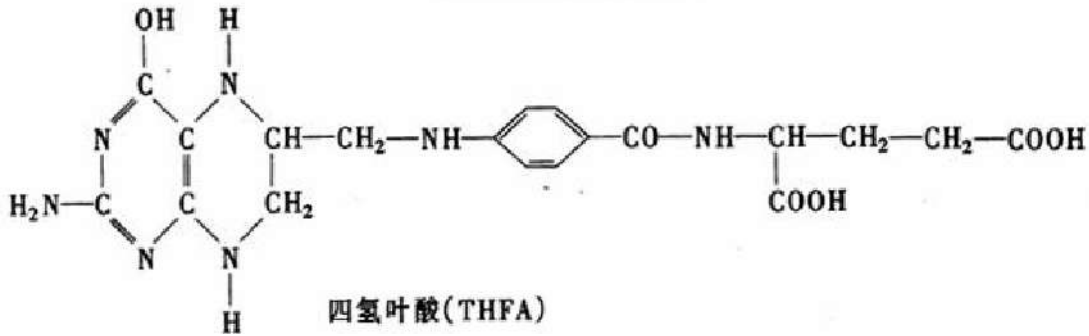


2-氨基-4-羟基-6-甲基喋呤啶

谷氨酸

喋呤啶

喋呤啶谷氨酸(叶酸)



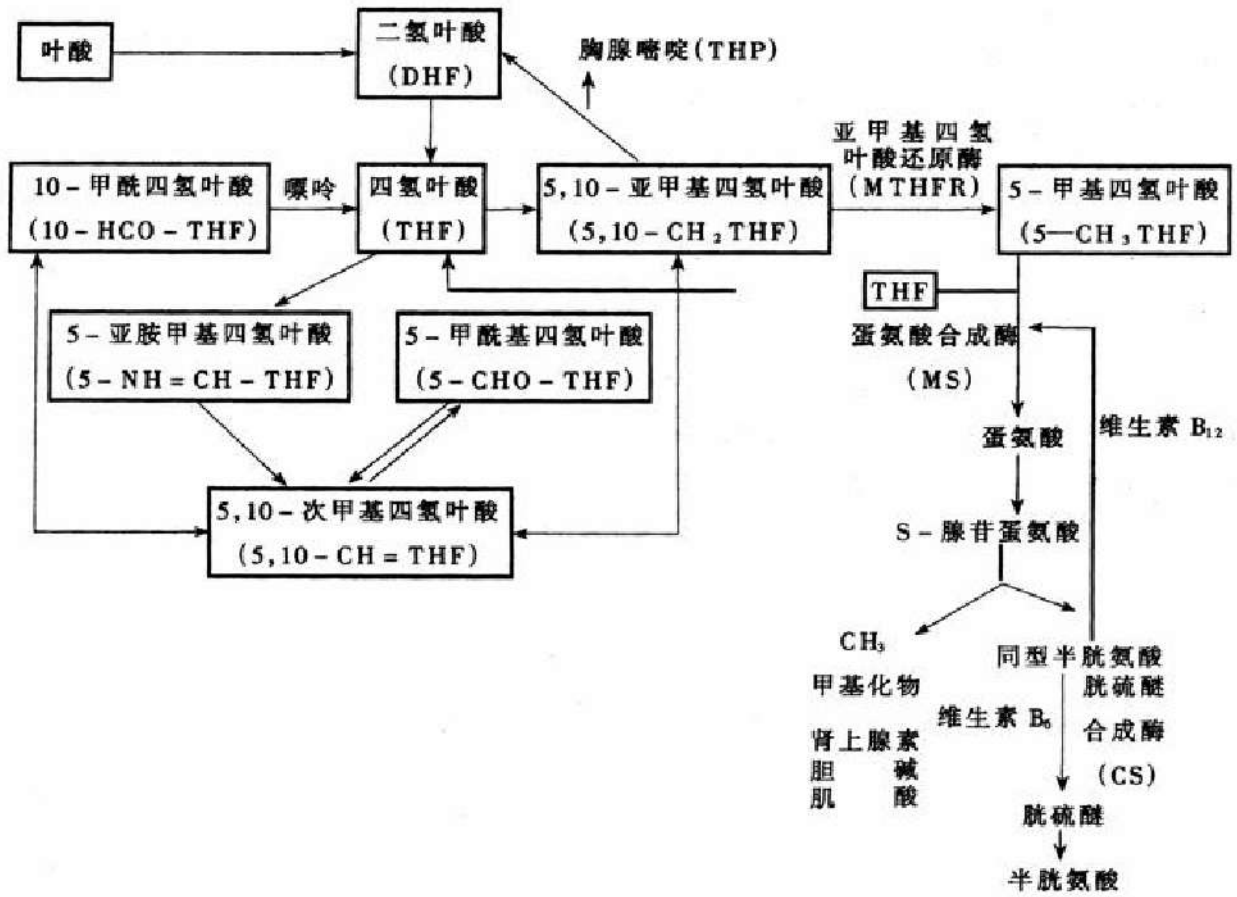
四氢叶酸(THFA)

2) 性质

- ① 深黄色或橙色晶体，溶于酸和碱性溶液。
- ② 天然存在的叶酸非常不稳定，在烹调时，很易破坏。
- ③ 在加工中叶酸易与亚硫酸盐（食品中成分）作用，也能与亚硝酸盐生成N-10硝基衍生物致癌物等成分。
- ④ V_c 可增加叶酸的稳定性。

3) 功能与缺乏症

叶酸作为体内生化反应中一碳单位转移酶系的辅酶，起着一碳单位传递体的作用，参与嘌呤和胸腺嘧啶的合成，进一步合成DNA和RNA；参与氨基酸的代谢；参与血红蛋白及甲基化合物如肾上腺素、胆碱、肌酸的合成等。



叶酸携带一碳基团代谢途径简图

缺乏症：巨幼红细胞贫血；怀孕早期缺乏叶酸是引起胎儿神经管畸形的主要原因；叶酸缺乏可引起同型半胱氨酸血症。

4) 需要量及主要来源

中国居民膳食叶酸参考摄入量(DRIs)

单位： $\mu\text{g}/\text{d}$

年龄/岁	RNI** (DFE)	UL*	年龄/岁	RNI** (DFE)	UL*
0~	65(AI)	—	11~	300	600
0.5~	80(AI)	—	14~	400	800
1~	150	300	18~	400	1000
4~	200	400	孕妇	600	1000
7~	200	400	乳母	500	1000

注：* 指合成叶酸补充剂或强化剂的摄入量上限，不包括食物(FNB, User of DRI, 1998年)表示。

** RNI以膳食叶酸当量(DFE)表示，其中1岁以前婴儿为AI值。

$$\text{DFE}(\mu\text{g}) = [\text{膳食叶酸 } \mu\text{g} + (1.7 \times \text{叶酸补充剂 } \mu\text{g})]$$

RNI建议值及UL值基本与美国1998年推荐值一致。

我国部分常用食物的叶酸含量*

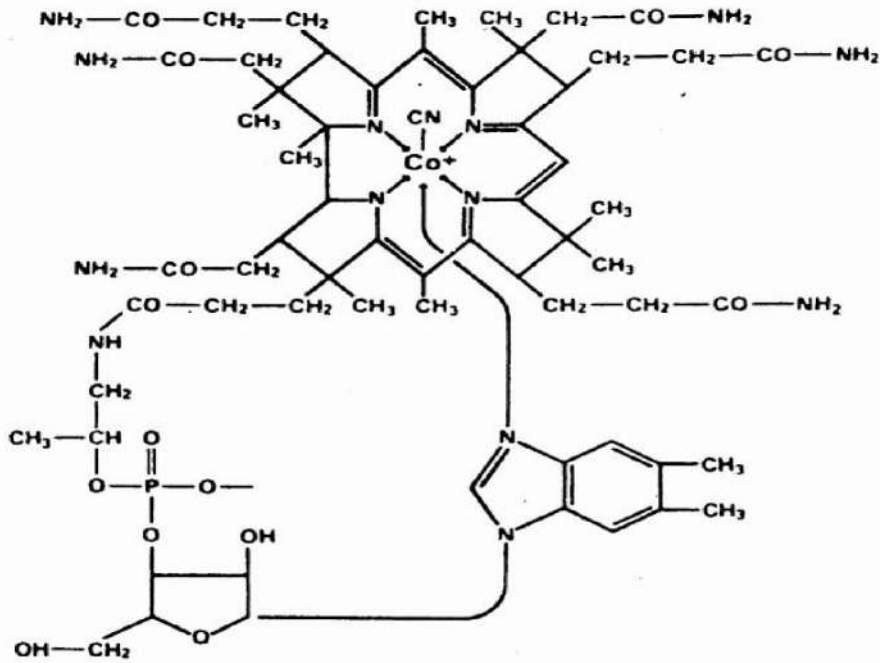
单位: $\mu\text{g}/100\text{g}$

名称	含量	名称	含量	名称	含量
猪肝	236.4	绿豆	16.5	芹菜	41.7
猪肾	49.6	菠菜	347.0	西红柿	132.1
瘦猪肉	8.3	小白菜	115.7	香菇	41.3
牛肉	3.0	油菜	148.7	豇豆	66.0
羊肉	2.0	蒜苗	90.7	豌豆	82.6
鸡肝	80.0	韭菜	61.2	橘	52.9
鸡肉	5.0	桐蒿菜	114.3	香蕉	29.7
鸡蛋	75.0	卷心菜	39.6	苹果	6.3
鸭蛋	24.8	生菜	49.6	菠萝	24.8
带鱼	2.0	洋葱头	32.9	葡萄	9.9
草鱼	1.5	莴笋	18.2	山楂	24.8
鲤鱼	1.5	西葫芦	40.7	草莓	33.3
胖头鱼	2.3	青椒	14.6	西瓜	4.0
黄花鱼	4.2	红苋菜	330.6	杏	8.2
虾	26.4	竹笋	95.8	梨	8.8
海米	24.8	绿豆芽	24.8	桃	3.0
鲜牛奶	5.5	黄瓜	12.3	蜂蜜	52.6
奶粉	42.7	扁豆(四季豆)	49.6	核桃	102.6
黄豆	381.2	辣椒	69.4	花生	104.9
青豆	28.1	茴香	120.9	大米	32.7
腐竹	147.6	小萝卜	22.5	面粉	24.8
红小豆	23.1	菜花	29.9	玉米粉	41.3
豆腐	66.1	土豆	15.7	小米	38.7
豆腐干	57.9	胡萝卜	33.1		

* 中国农业大学食品学院测定。

6.4.7 B₁₂ (Cyanocobalamine, 钴胺素)

1) 结构: 结构复杂、分子量为1355.42, 分子中含有金属钴(唯一含金属的Vit), 还有了一磷酸氨基丙醇和类似卟啉环分子。

维生素 B₁₂ 的结构式

氰基

羟基OH

水合基团

硝基

才具有生物活性

钴原子要结合不同的基团

2) 性质

- ① 弱酸 (pH4.5~5.0) 条件下相当稳定。
- ② 碱性或强酸 (pH<2)、光作用下易分解 (烹调过程中损失不严重); 遇热有一定程度的破坏, 但快速高温消毒损失较小。

3) 生理功能与缺乏症

功能: 维生素B₁₂在体内以两种辅酶形式存在即甲基B₁₂ (甲基钴胺素) 和辅酶B₁₂ (5-脱氧腺甘钴胺素) 参与同型半胱氨酸甲基化转变为蛋氨酸和甲基丙二酸-琥珀酸异构化过程。

缺乏症: 巨幼红细胞贫血; 损害神经系统; 引起高同型半胱氨酸血症。

4) 参考摄入量与主要来源

中国居民膳食维生素 B₁₂ 适宜摄入量(AI)单位: $\mu\text{g}/\text{d}$

年龄/岁	US RDA(1989年)	中国 AI 值	年龄/岁	US RDA(1989年)	中国 AI 值
0~	0.3	0.4	14~	2.0	2.4
0.5~	0.5	0.5	11~	2.0	1.8
1~	0.7	0.9	18~	2.0	2.4
4~	1.0	1.2	孕妇	2.2	2.6
7~	1.4	1.2	乳母	2.6	2.8

第六章

维生素

部分食物的维生素 B₁₂含量单位: $\mu\text{g}/100\text{g}$

名称	含量	名称	含量	名称	含量
牛肉	1.80	炸小牛肝	87.0	生蛤肉	19.10
羊肉	2.15	全脂奶	0.36	沙丁鱼罐头	10.0
猪肉	3.0	脱脂奶粉	3.99	煎杂鱼	0.93
鸡肉	1.11	奶油	0.18	金枪鱼	3.0
猪肝	26.0	鸡蛋	1.55	熏大麻哈鱼	7.0
焙羊肝	81.09	鸡蛋黄	3.80	蒸海蟹	10.0
焖鸡肝	49.0	鸭蛋	5.4	墨鱼干	1.8

注:引自美国 Ensminger AH 等《食物与营养百科全书》选集(5)食物成分农业出版社,1989年。

6.4.8 生物素 (Biotin)

1) 结构 简单 (见P₁₉₅)

2) 性质

生物素在中性、弱酸性环境中稳定，但在碱性环境中稳定较差，加热烹调损失较小。

3) 生理功能

生物素是羧化酶系的辅酶，在脂肪酸合成中起着重要的作用，预防皮肤病。

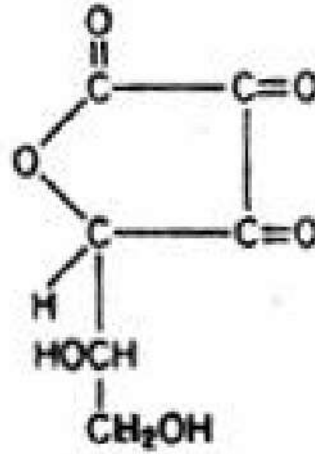
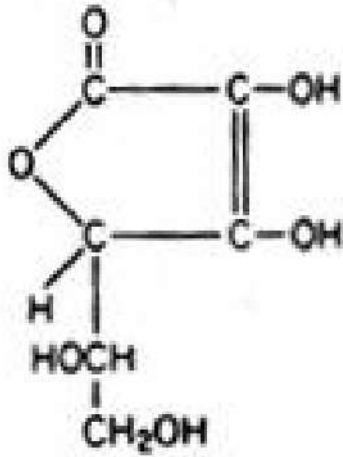
4) 需要量及主要来源

人体肠道能合成生物素，人体部分依靠于膳食，一般不缺乏此维生素。食用生鸡蛋法可使生物素失活。

肉、肝、肾、牛奶、蛋黄、酵母、蔬菜和蘑菇含量较丰富。

6.4.9 维生素C

1) 结构



L-抗坏血酸(左)及脱氢抗坏血酸(右)的结构式

2) 性质

- ① 抗坏血酸为无色无臭的晶体，燃点 192°C
- ② 易溶于水，微溶于乙醇、甘油，不溶于大多数有机溶剂。
- ③ 水溶液有显著酸味，来自于烯二醇的羟基。
- ④ 烯二醇基结构极不稳定，可以和各种金属（Na、Ca、Fe）成盐，也易氧化为L-脱氢抗坏血酸。在碱性介质中进行强烈氧化，内酯裂开形成二酮基古洛糖酸，此化合物可进一步氧化成苏糖酸、草酸，或脱水脱羧形成糠醛，进而形成棕色素。
- ⑤ Vc是所有维生素中最不稳定的，加工、贮藏中很容易被破坏。Ca、Fe作用下破坏最大。
- ⑥ 水溶液、酚类、盐类、氨基酸、果酸、明胶、类黄酮等化合物对其有保护作用。

- ⑦ 抗坏血酸氧化酶，在组织完整时，作用不明显，当组织破坏后，在空气作用下，Vc可迅速氧化。
- ⑧ 在酸性条件中，Vc较为稳定。

3) 在食品中的应用 (D—异抗血酸)

- (1) 防止水果、蔬菜产品的褐变和脱水。
- (2) 脂肪、鱼乳制品中可作抗氧化剂。
- (3) 肉中作色泽稳定剂，面粉改良剂等等。

4) 功能及缺乏症

- (1) 可促进胶原蛋白的形成，产生抗癌作用
- (2) 参与神经介质，激素的生物合成
- (3) 可降低胆固醇
- (4) Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} ，使其易吸收，有利于血红蛋白的形成（促进肠内Fe吸收）
- (5) 具有解表作用

严重缺乏： 坏血病、皮下出血、贫血、生长不良。

摄入过多：4-9g 维Vc， 改变血液的酸度。造成尿酸的沉积
使关节剧烈疼痛使肾形成肾结石

5) 建议摄入量与主要来源

参考摄入量:

中国居民膳食维生素 C 推荐摄入量(RNI)值

单位:mg/d

年龄/岁	现修订的 RNI	年龄/岁	现修订的 RNI
0~	40	14~	100
0.5~	50	18~	100
1~	60	孕妇:	
4~	70	中期	130
7~	80	晚期	130
11~	90	乳母:	130

主要食物来源

含维生素 C 较丰富的蔬菜和水果

单位:mg/100g

食物	维生素 C	食物	维生素 C	食物	维生素 C
大白菜	28 ~ 47	蒜苗	35	红果(河北)	87
小白菜	28	蒜黄	18	鲜桂圆(广东)	43
菠菜	32	莴苣笋	4	荔枝	41
西兰花	51	苜蓿(甘肃)	118	猕猴桃	62
油菜	36	蕹菜	25	草莓(陕西)	52
圆白菜	40	柿子椒	72	葡萄	3 ~ 25
冬寒菜	30	芹菜	5 ~ 22	桃	4 ~ 25
芥菜	53	橘子	11 ~ 33	樱桃	10
苦苦菜	62	梨	4 ~ 14	香蕉	8
青菜	45	苹果	1 ~ 6	石榴	5 ~ 13
瓢儿菜	10	橙	33		
菜花	61 ~ 106	柚子(广东)	110		
韭菜	24	柿子(江西)	10 ~ 30		
苦瓜	56	枣(山东)	88		

注:数据来源:中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所编著《食物成分表》北京:人民卫生出版社,1991年。

6.5 维生素在食品加工过程中发生的主要变化

6.5.1 加工前处理

1) 果蔬类前处理作业：修整、清洗、切碎。损失胡萝卜素、易氧化的维生素C、E。

2) 肉类前处理的主要作业：去骨、清洗。对维生素影响不大

6.5.2 加热、酸碱与光氧等条件对维生素的影响

加热过程中，维生素等低分子营养素虽然不会出现蛋白质变性、脂肪水解和多糖糊化等那样复杂的理化变化，但都会随着这些高分子营养素的复杂变化而被游离出来，受到高温、氧和强光等同因素的破坏，造成损失，且维生素自身会以脂溶或水溶形式随脂或随水流失。维生素损失程度的大小按其种类分，大致顺序为：维生素C>维生素B₁>维生素B₂>其它族水溶性维生素>维生素A>维生素D>维生素E

维生素对各种影响的敏感强度*

维生素	在水中的溶解性	影响因素					附注
		热	氧	光	酸	碱	
维生素 A	—	—	++	++	—	—	有氧时，对热敏感
维生素 D	—	—	—	+	+	—	
维生素 E	—	—	++	++	—	—	
维生素 K	—	—	++	++	++	++	
维生素 B ₁	++	+	++	—	—	++	在有酸时耐热
维生素 B ₂	++	—	+	++	—	++	在有碱和氧存在时对热敏感
烟酸	++	—	—	—	—	—	
维生素 B ₆	++	—	+	++	—	—	
泛酸	++	++	—	—	++	++	加热时对氧和碱尤为敏感
叶酸	++	++	—	++	—	—	在酸溶液中对热敏感
生物素	++	—	++	++	—	—	
维生素 B ₁₂	++	—	++	++	—	—	
维生素 C	++	++	++	++	—	++	在有氧存在时对热敏感；在有重金属存在时可被氧化

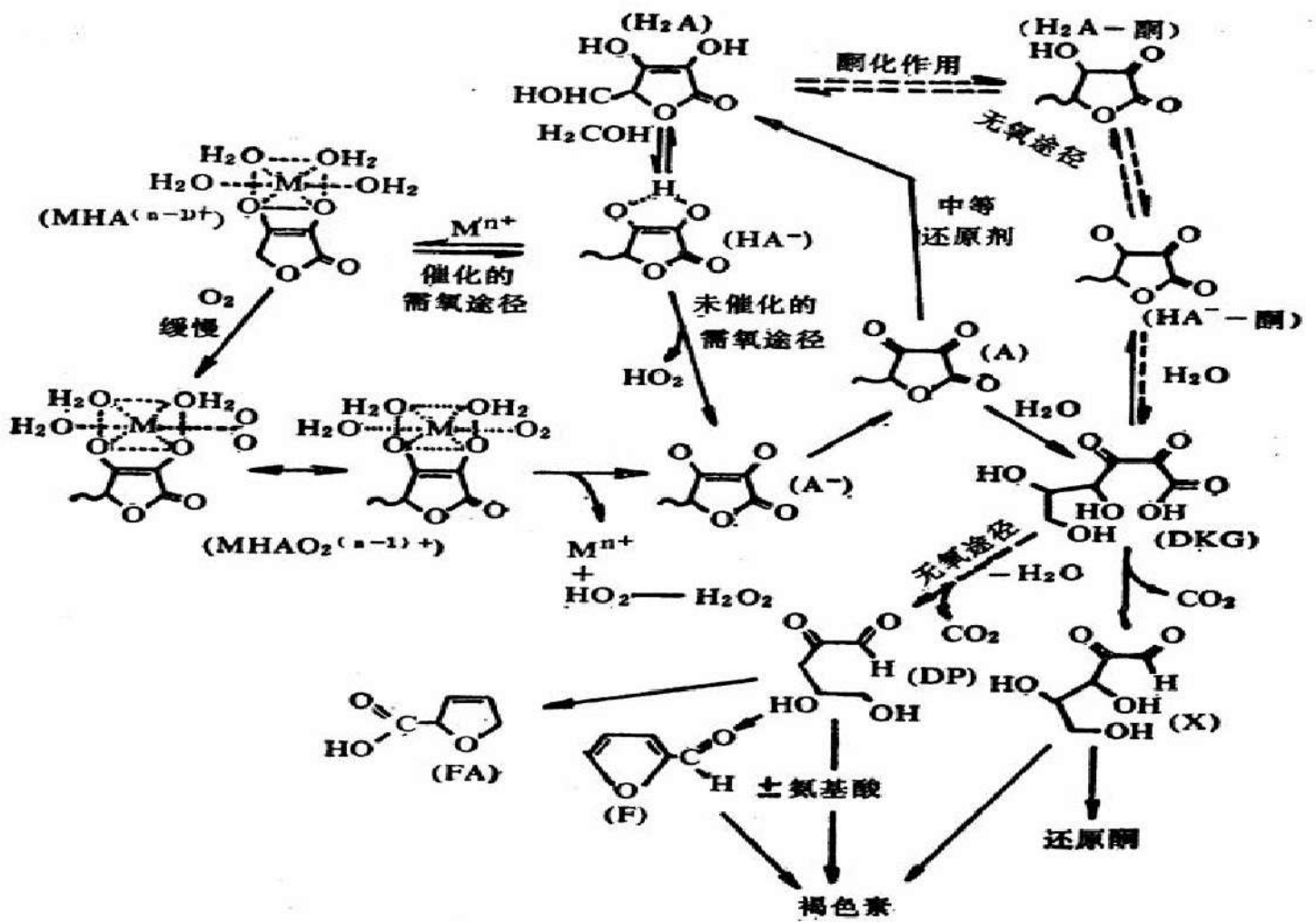
* ++敏感；+有些敏感；—稳定。

A、加热等操作损失抗坏血酸的原因分析

抗坏血酸是最不稳定的维生素，影响其稳定性的因素有温度、pH、氧、酶、金属离子、射线、抗坏血酸浓度、糖和盐的浓度等。其中温度、氧、光、水和金属离子是影响其损失的最主要因素。

维生素C易溶于水，所以果蔬烫漂、沥滤等操作过程中极易损失。在固体食品中维生素C的损失仅与温度和含氧量有关，食品在冷冻或冷藏时，特别是在 -7°C ~ 18°C 范围内有大量损失。

维生素C受氧与金属离子而损失的情况如下图所示。

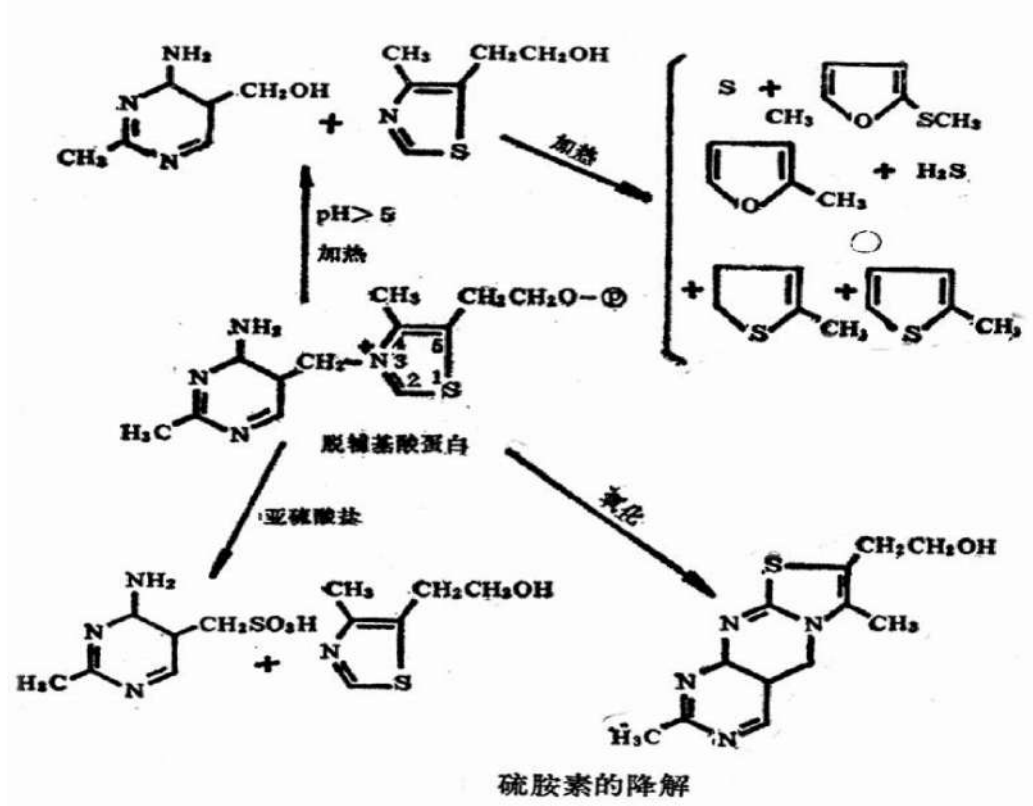


抗坏血酸的降解

引自: Tannenbuwm, S R. , 1979.

B、加热等操作损失维生素B₁的原因分析

硫胺素是所有维生素中最不稳定者之一，其稳定性取决于温度、pH值、离子强度、缓冲体系等



在上述变化过程中，温度与pH是两个最重要的影响因素；温度高，硫胺素破坏多。在pH5.5~7.0的溶液中加热时稳定性不好，但在巴氏消毒的乳中稳定性好，在低pH值的水果饮料中很稳定。

硫胺素在不同食品中的保存率

名 称	贮存一年后的保存率(%)	
	38℃	1.5℃
杏	35	72
青 豆	8	76
菜 豆	48	92
豌 豆	68	100
蕃 茄 汁	60	100
橙 汁	78	100