ICS 67.040
CCS X 04

中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z ×××××—202×/ISO/TR 23304:2021

维生素及其维生素原含量换算与标示指南

Guidance on how to convert and express vitamins and their vitamers content

（ISO/TR 23304:2021，Food products—Guidance on how to express vitamins and their vitamers content，IDT）

××××-××-××发布

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目　　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅳ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　各类维生素含量换算与标示 …… 1
5　维生素含量单位转换方法(USFDA) …… 16
参考文献 …… 17

前　言

本文件为报告类指导性技术文件。

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分:标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件规定了食品质量相关技术要求,食品安全相关要求见有关法律法规、政策和食品安全标准等文件

本文件等同采用ISO/TR 23304:2021《食品产品　关于如何表达维生素及其维生素含量的指南》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动:

a) 删除了3.1的注;

b) 增加了δ-生育酚换算系数的注(见4.2);

c) 增加了类胡萝卜素的注(见4.3);

d) 修改了参考文献的文件清单。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国食品营养健康管理标准化工作组(SWG 25)提出并归口。

本文件起草单位:国家食品安全风险评估中心、中国疾病预防控制中心营养与健康所。

本文件主要起草人:方海琴、李湖中、屈鹏峰、袁媛、霍军生、刘飒娜、黄建、王起赫、梁栋、王彦波、邵平、刘鲁林、陈雅敏。

引　言

食品中的维生素存在不同的分子形式，可通过添加具有不同活性水平的多种分子形式的维生素来对食品进行营养强化，如婴儿食品或膳食补充剂，但目前对于可使用的不同维生素化合物的活性缺少明确的描述。

食品标签标准和相关规定并不强制要求列出营养成分的化合物来源。如维生素 E 可以标在营养成分表中，但无需标明其是 D-α-生育酚还是 DL-α-生育酚的来源，虽然二者活性并不相同。

本文件提出了维生素含量换算与表达的方法，以促进不同实验室之间的协调一致，并减少对维生素含量表示结果及在某些情况下对不同分子形式维生素活性表示结果所产生的误解。

维生素及其维生素原含量换算与标示指南

1 范围

本文件提供了以下方面的指南：

——如何表示维生素含量；

——以适当的单位表达不同的分子形式；

——根据食品中所含或使用的维生素原，以及依据国际标准化组织（ISO）和欧洲标准化委员会（CEN）分析标准获得的定量含量测定结果，在某些情况下还需评估维生素活性。

本文件提供了食品中维生素含量换算与标示。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 用于标准化的术语数据库：

——ISO 在线浏览平台：https://www.org/obp；

——IEC 电子百科全书：http://www.electropedia.org/。

3.1

维生素原 vitamer

某种特定维生素的多种化合物，通常具有相似的分子结构，在缺乏该维生素的生物系统中，使用任一种化合物都表现出该维生素的活性。

4 各类维生素含量换算与标示

4.1 概述

本文件对国际食品法典委员会（CODEX）、欧盟（EU）、美国食品药品监督管理局（USFDA）、美国（USA）、中国国家标准（GB）、澳大利亚/新西兰食品标准局（FSANZ）等法规、标准进行了评估，以汇总不同维生素的转换系数。

4.2 维生素 E

维生素 E 是一种脂溶性维生素。维生素 E 主要存在于不同食品的脂肪中，包括生育酚和生育三烯酚酯。

许多国家的食品法规允许在各类食品中添加具有维生素 E 活性的分子进行营养强化。允许添加的分子形式名称通常与产品类型相关。表 1 列举了欧盟法规中，依据产品类型划分，允许使用维生素 E 化合物的示例。

表 1　根据欧盟法规,相关产品中允许用于食品强化的维生素 E 化合物示例

产品类型	化合物	摩尔质量 g/mol	法规示例
具有特定营养功能的食物	D-α-生育酚	430.7	欧盟第 609/2013 号法规
	DL-α-生育酚	430.7	
	D-α-生育酚乙酸酯	472.8	
	DL-α-生育酚乙酸酯	472.8	
	D-α-生育酚聚乙二醇 1000 琥珀酸酯		
补充食品	D-α-生育酚	430.7	欧盟委员会第 1925/2006 号法规
	DL-α-生育酚	430.7	
	D-α-生育酚乙酸酯	472.8	
	DL-α-生育酚乙酸酯	472.8	
	D-α-生育酚琥珀酸酯	530.8	
食品补充剂	D-α-生育酚	430.7	第 2002/46/EC 号指令
	DL-α-生育酚	430.7	
	D-α-生育酚乙酸酯	472.8	
	DL-α-生育酚乙酸酯	472.8	
	D-α-生育酚琥珀酸酯	530.8	
	生育酚与生育三烯酚的混合物	—	

对于标签中如何标示维生素 E 的含量,全球尚无通用标准。表 2 依据若干国家/地区法规和法典标准,概述了维生素 E 的计量单位。

表 2　相关标准/法规中对于维生素 E 标签标示的规定

美国 (截至 2019 年 12 月 31 日)	美国 (自 2020 年 1 月 1 日起)	欧盟	食品法典	中国/澳大利亚/新西兰
IU[a]	mg α-生育酚	mg α-TE[b]	mg α-TE	mg α-TE
1 IU=0.67 mg D-α 生育酚(天然)	1 mg 维生素 E(以 α-生育酚形式存在)标签声称=1 mg 天然 α-生育酚(D-α-生育酚)	1 mg α-TE=1mg D-α-生育酚	1 mg α-TE=1 mg D-α-生育酚	1 mg α-TE=1 mg D-α-生育酚
1 IU=0.9 mg DL-α-生育酚(合成)	1 mg 维生素 E(以 α-生育酚形式存在)标签声称=2 mg 合成 α-生育酚(DL-α-生育酚)			

[a] 国际单位,一种衡量生物活性的指标,每种物质的数值各不相同。

[b] 反式生育酚当量。

维生素 E 的计量单位通常被定义为 1 mg 的 D-α-生育酚(天然形式)。目前尚无特异性定量该天然

形式维生素 E 的标准或官方分析方法。

定量维生素 E 的主要分析方法有两种。

1) 通过生育酚酯皂化以释放出游离生育酚后，采用溶剂萃取法和液相色谱法分离出各个生育酚，通过荧光检测法对其进行定量分析。

例如，EN 12822 包含皂化和萃取步骤。该方法可通过正相高效液相色谱法分离，并利用荧光检测技术对游离的 α、β、γ 和 δ 生育酚进行定量分析，生育三烯酚虽也能被分离，但无法进行定量，因此，其数据未纳入维生素含量的结果计算中。此外，D-生育酚与 DL-生育酚未作区分。

2) 通过液相色谱直接溶剂萃取并分离不同的酯类和游离生育酚，采用荧光检测法对其进行定量分析。

例如，ISO 20633 中脂肪胶束的亲水性涂层通过酶进行水解，随后将胶束中的疏水性成分萃取至异辛烷中，并采用正相高效液相色谱对萃取液进行分析；α-生育酚和 α-生育酚乙酸酯则通过荧光检测法进行定量测定。

通过考虑摩尔质量以及 D 型和 DL 型的活性比，进行有效成分的计算和表示，可以得出以下数值：

——1 mg 维生素 E＝1 mg D-α-生育酚＝1 mg α-生育酚当量；

——1 mg 维生素 E＝1.35 mg DL-α-生育酚；

——1 mg 维生素 E＝1.1 mg D-α-生育酚醋酸酯；

——1 mg 维生素 E＝1.49 mg DL-α-生育酚醋酸酯；

——1 mg 维生素 E＝1.23 mg D-α-生育酚琥珀酸酯。

在定量步骤中，对于天然形式的 D-α-生育酚和合成形式的 DL-α-生育酚，并没有进行分别检测。因此，当对某个样品进行分析时，若产品标签上没有明确标明添加的是哪种形式(D 型或 DL 型)，那么对于维生素 E 含量的真实价值可能出现偏差。

当存在一定量的 β 和/或 γ 和/或 δ 生育酚时，通常强调在最终定量结果中包含相应的维生素 E 活性。换算系数通常为：

——1 mg D-β-生育酚＝0.5 mg 维生素 E；

——1 mg D-γ-生育酚＝0.1 mg 维生素 E；

——1 mg D-δ-生育酚＝0.03 mg 维生素 E。

注：GB 5009.82—2016 中维生素 E 测定结果采用 α-生育酚当量表示时，δ-生育酚的换算系数为 0.01。

某些指南(例如联合国粮农组织/国际食品署指南)有时也会将生育三烯酚纳入计算，例如：

维生素 E(mg/100 g)＝α-生育酚(mg/100 g)＋0.4 β-生育酚(mg/100 g)＋0.1 γ-生育酚(mg/100 g)＋0.01 δ-生育酚(mg/100 g)＋0.3 α-生育三烯酚(mg/100 g)＋0.05 β-生育三烯酚(mg/100 g)＋0.01 γ-生育三烯酚(mg/100 g)。

多数情况下，标签标注时仅考虑 α-生育酚。

在国际食品法典委员会营养与特殊膳食用途食品委员会会议上(第 40 届会议，德国汉堡)，会议提议在标签标注中仅考虑 α-生育酚。在这种情况下，维生素 E 可简单表示为：

维生素 E＝1 mg D-α-生育酚＝1 mg RRR-α-生育酚。

综合考虑大多数的维生素 E 化合物来源换算系数等参数时，维生素 E 的含量可按以下方式计算。

a) 如果产品中仅含有 D-α-生育酚(天然来源)，则维生素 E 的含量(以 D-α-生育酚当量表示)可通过以下公式计算：

维生素 E(mg/100 g)＝D-α-生育酚。

或者在某些情况下，例如植物油中：

维生素 E(mg/100 g)＝α-生育酚＋0.5 β-生育酚＋0.1 γ-生育酚＋0.03 δ-生育酚。

b) 若产品中存在合成的 DL-α-生育酚，则将 α-生育酚的测定结果除以 1.35，维生素 E 含量(以 D-α-生育酚当量表示)为：

维生素 E(mg/100 g)= 0.74 α-生育酚(mg/100 g)。

或者在某些情况下：

维生素 E(mg/100 g)= 0.74 α-生育酚(mg/100 g)+0.5 β-生育酚(mg/100 g)+0.1 γ-生育酚(mg/100 g)+0.03 δ-生育酚(mg/100 g)。

c) 如果维生素 E 的分子形式未知，可能需要与产品生产商进行沟通确认。

d) 有些方法(例如 ISO 20633)不涉及皂化步骤时，计算方法作如下调整：

维生素 E(mg/100 g)=D-α-生育酚(mg/100 g)+0.909 D-α-生育酚醋酸酯(mg/100 g)。

此外，除考虑作为营养强化剂使用的维生素 E 外，还应考虑作为食品添加剂(抗氧化剂)使用的维生素 E，包括：

——富含生育酚的提取物；

——α-生育酚；

——γ-生育酚；

——δ-生育酚。

当前的检验方法无法区分作为营养目的添加的维生素 E 与作为食品添加剂目的使用的维生素 E，可能会导致定量分析所得的维生素 E 值与标签上的维生素 E 标示值存在差异。标示的维生素 E 值不包含作为抗氧化剂添加的各种生育酚。

4.3 维生素 A

维生素 A 是一种脂溶性维生素，主要以视黄醇酯的形式存在于各种食物的脂肪中。

许多国家的食品法规允许在各类食品中添加具有维生素 A 活性的分子进行营养强化。允许添加的分子形式名称通常与产品类型相关。表 3 列举了欧盟法规中，依据产品类型划分，允许使用维生素 A 化合物的示例。

表 3 根据欧盟法规，相关产品中允许用于食品强化的维生素 A 的化合物示例

产品类型	化合物	摩尔质量 g/mol	法规示例
具有特定营养功能的食物	视黄醇	286.5	欧盟第 609/2013 号法规
	视黄醇乙酸酯	328.5	
	视黄醇棕榈酸酯	524.9	
	β-胡萝卜素	536.9	
补充食品	视黄醇	286.5	欧盟委员会第 1925/2006 号法规
	视黄醇乙酸酯	328.5	
	视黄醇棕榈酸酯	524.9	
	β-胡萝卜素	536.9	
食品补充剂	视黄醇	286.5	第 2002/46/EC 号指令
	视黄醇乙酸酯	328.5	
	视黄醇棕榈酸酯	524.9	
	β-胡萝卜素	536.9	

对于标签中如何标示维生素 A 的含量，全球尚无通用标准。表 4 依据若干国家/地区法规和法典标准，概述了维生素 A 相关的计算单位。

表 4　相关标准/法规中对于维生素 A 标签标示的规定

美国 （截至 2019 年 12 月 31 日）	美国 （自 2020 年 1 月 1 日起）	欧盟	食品法典	中国/澳大利亚/新西兰
IU	μg RAE[a]	μg RE [b]	μg RE	μg RE
1 IU＝0.3 μg 视黄醇	1 μg RAE＝1 μg 视黄醇	1 μg RE＝1 μg 视黄醇	1 μg RE＝1 μg 视黄醇 1 μg 视黄醇＝3.33 IU	1 μg RE＝1 μg 视黄醇 1 μg 视黄醇＝3.33 IU
1 IU＝0.6 μg β-胡萝卜素	1 μg RAE＝2 μg β-胡萝卜素补充剂	6 μg β-胡萝卜素＝1 μg RE	类胡萝卜素被排除在外	类胡萝卜素被排除在外
	1 μg RAE＝12 μg β-胡萝卜素			
	1 μg RAE＝24 μg α-胡萝卜素			
	1 μg RAE＝24 μg β-隐黄素			
[a] 视黄醇活性当量。 [b] 视黄醇当量。				

通常维生素 A 的计量单位是微克视黄醇当量(μg RE),其定义为 1 μg 的视黄醇。天然形式为全反式视黄醇。

定量分析维生素 A 主要有两种方法。

1) 将视黄醇酯皂化以释放出游离视黄醇。采用溶剂萃取法及液相色谱法分离顺式与反式视黄醇。采用紫外或荧光检测进行维生素 A 含量的定量。

例如,EN 12823-1 方法包含皂化步骤,能够分离并定量所有 E-视黄醇(反式视黄醇)和 13-Z-视黄醇(13-顺式视黄醇)。EN 12823-2 方法可用于定量 β-胡萝卜素。

2) 直接溶剂萃取并用液相色谱法分离视黄醇的不同酯类和视黄醇。通过紫外或荧光检测法进行维生素 A 含量的定量。

例如,ISO 20633 中,脂肪胶束的亲水性涂层通过酶进行水解,随后将胶束中的疏水性成分萃取至异辛烷中,并采用正相高效液相色谱法对提取物进行分析。维生素 A 棕榈酸酯(顺式与反式)及维生素 A 乙酸酯(顺式与反式)均通过紫外检测法进行定量测定。

基于摩尔质量,可得出以下视黄酯的视黄醇当量值:

——1 μg 全反式维甲酸乙酸酯＝0.872 μg 视黄醇当量(维生素 A);

——1 μg 全反式棕榈酸视黄酯＝0.546 μg 视黄醇当量(维生素 A)。

在大多数情况下,β-胡萝卜素可算作维生素 A 的主要来源,β-胡萝卜素的含量值应换算为视黄醇当量(RE)。换算系数为 1 μg 视黄醇＝6 μg β-胡萝卜素。

在有 α-胡萝卜素和/或其他一些类胡萝卜素存在的情况下,维生素 A 含量计算可以考虑不同的因素。例如:

维生素 A＝视黄醇＋1/6β-胡萝卜素＋1/12(其他具有维生素 A 生物活性的类胡萝卜素)。

注 1:其他具有维生素 A 生物活性的类胡萝卜素包括 α-胡萝卜素、γ-胡萝卜素、新黄质和变质色素。

注 2:由于其他的类胡萝卜素活性与 β-胡萝卜素相比很低,并且需要进行额外的检测,因此这些类胡萝卜素通常未被考虑在含量计算内。

综合考虑大多数的维生素 A 原换算系数等参数时,维生素 A 的含量可按以下方式计算。

1) 不考虑胡萝卜素的情况下：
维生素 A(μg/100 g)＝视黄醇(μg/100 g)[所有 E-视黄醇(全反式视黄醇)＋13-Z-视黄醇(13-顺式视黄醇)]。
2) 或者在某些情况下，如考虑 β-胡萝卜素的情况下：
维生素 A(μg/100 g)＝ 视黄醇(μg/100 g)＋0.167 β-胡萝卜素(μg/100 g)。
3) 当有些方法不涉及皂化步骤的情况下，其计算方法作如下调整：
维生素 A(视黄醇)(μg/100 g)＝0.55×棕榈酸视黄酯(μg/100 g)＋0.87×乙酸视黄酯(μg/100 g)。

4.4 维生素 D

维生素 D 是一种脂溶性维生素。很多食品的脂肪中含有维生素 D。维生素 D_2 存在于蔬菜中，而维生素 D_3 则存在于动物源性食品中(例如肉类、鱼类和牛奶)。

许多国家的食品法规允许在各类食品中添加具有维生素 D 活性的分子进行营养强化。允许添加的分子形式名称通常与产品类型相关。表 5 列举了欧盟法规中，依据产品类型划分，允许使用维生素 D 化合物的示例。

表 5 根据欧盟法规，相关产品中允许用于食品强化的维生素 D 化合物示例

产品类型	化合物	摩尔质量 g/mol	法规示例
具有特定营养功能的食物	维生素 D_2	396.7	欧盟第 609/2013 号法规
	维生素 D_3	384.6	
补充食品	维生素 D_2	396.7	欧盟委员会第 1925/2006 号法规
	维生素 D_3	384.6	
膳食补充剂	维生素 D_2	396.7	第 2002/46/EC 号指令
	维生素 D_3	384.6	

维生素 D 的两种主要形式为维生素 D_2(麦角钙化醇)和维生素 D_3(胆钙化醇)。通常未加下标进行标注的维生素 D 指维生素 D_2 或维生素 D_3 或两者皆可，也称为钙化醇。

表 6 依据若干国家/地区法规和法典标准，概述了维生素 D 的计量单位。

表 6 多项标准/法规中用于标签标注的维生素 D 定义

美国(截至 2019 年 12 月 31 日)	美国(自 2020 年 1 月 1 日起)	欧盟	食品法典	中国/澳大利亚/新西兰
IU	μg	μg	μg	μg
1 IU＝0.025 μg D_2 或 D_3	1 μg＝40 IU	1 μg 维生素 D_2 或 1 μg 维生素 D_3 或 1 μg(维生素 D_2＋维生素 D_3)	1 μg 维生素 D_3	1 μg 维生素 D_2 或 1 μg 维生素 D_3 或 1 μg(维生素 D_2＋维生素 D_3)
维生素 D_2 和/或维生素 D_3	维生素 D_2 和/或维生素 D_3	维生素 D_2 和/或维生素 D_3	维生素 D_3	维生素 D_2 和/或维生素 D_3

一般而言,维生素 D 的计量单位是微克胆钙化醇(维生素 D_2)或麦角钙化醇(维生素 D_3)。

就维生素 D 而言,1 μg 的维生素 D_2 与 1 μg 的维生素 D_3 具有相同的维生素 D 活性,因此二者等效。

定量测定维生素 D 主要有两种分析方法:

一种是将基质皂化以释放出游离形式的维生素 D_2 和维生素 D_3 后进行溶剂萃取。

首先通过高效液相色谱法来纯化并收集分离得到的维生素 D_2 和维生素 D_3。然后通过液相色谱法将维生素 D_2 和维生素 D_3 分离开,并通过紫外检测进行定量。

例如,EN 12821 方法包含皂化步骤。第一步高效液相色谱法纯化并收集维生素 D_2 和 D_3;随后通过第二步色谱法将维生素 D_2 与维生素 D_3 分离,并采用紫外检测法进行定量。该方法的缺点在于无法同时定量维生素 D_2 和维生素 D_3,因为其中一种需作为内标物用于另一种的定量分析。

另一种是通过对基质的皂化反应以释放出游离形式的维生素 D_2 和维生素 D_3 后,将维生素 D 衍生化为更高摩尔质量的物质。然后通过高效液相色谱法进行分离,并通过质谱法进行定量。该方法的优点在于维生素 D_2 和维生素 D_3 可以同时进行定量。

例如,ISO 20636 中,样品经皂化处理后,使用异辛烷提取维生素 D;经色谱分离步骤后,维生素 D 被衍生化,再通过质谱法进行定量分析。该方法采用维生素 D_2 和维生素 D_3 的稳定同位素作为内标。

综上所述,维生素 D 的含量可通过以下公式计算:

维生素 D(μg /100 g)=麦角钙化醇(μg /100 g)+胆钙化醇(μg /100 g)。

4.5 维生素 K

维生素 K 是一种脂溶性维生素,通常在蔬菜(菠菜、生菜、西蓝花)中以维生素 K_1 的形式存在,在肉类和肝脏中则以维生素 K_1 和维生素 K_2 的形式存在。

许多国家的食品法规允许在各类食品中添加具有维生素 K 活性的分子进行营养强化。允许添加的分子形式名称通常与产品类型相关。表 7 列举了欧盟法规中,依据产品类型划分,允许使用维生素 K 化合物的示例。

表 7 根据欧盟法规,相关产品中允许用于食品强化的维生素 K 化合物示例

产品类型	化合物	摩尔质量 g/mol	法规示例
具有特定营养功能的食物	叶醌(植物麦角醌维生素 K_1)	450.7	欧盟第 609/2013 号法规
	甲萘醌(维生素 K_2) K_2-MK_4 K_2-MK_7	 444.6 649.0	
补充食品	叶醌(植物麦角醌维生素 K_1)	450.7	欧盟委员会第 1925/2006 号法规
	甲萘醌(维生素 K_2) K_2-MK_4 K_2-MK_7	 444.6 649.0	
膳食补充剂	叶醌(植物麦角醌维生素 K_1)	450.7	第 2002/46/EC 号指令
	甲萘醌(维生素 K_2) K_2-MK_4 K_2-MK_7	 444.6 649.0	

维生素 K 有三种主要的活性形式。其中最主要的形式是维生素 K_1(叶绿醌,又称植物甲萘醌或植物萘醌)。其他形式为维生素 K_2(甲萘醌)和维生素 K_3(甲萘二酮)。

一般来说，维生素 K 的计量单位是微克维生素 K_1（叶绿醌）或维生素 K_2（甲萘醌）。

可将甲基萘醌（维生素 K_2）以不同的分子形式添加到各种食品中。分子形式的不同与异戊二烯链的长度有关。异戊二烯基团的数量决定了甲萘醌的名称。具有 4 个异戊二烯基团的称为维生素 K_2-MK_4，具有 7 个异戊二烯基团的称为维生素 K_2-MK_7。

维生素 K 的含量可按以下公式计算：

维生素 K（μg/100 g）= 维生素 K_1（μg/100 g）和维生素 K_2（μg/100 g）。

注：在合成的维生素 K_1 中可以发现相当数量的顺式异构体，通常认为顺式维生素 K_1 的生物利用度较低，但现行食品法规并未对顺式和反式维生素 K_1 加以区分。从食品成分的角度来看，量化反式维生素 K_1 可能更有意义，但从监管/食品标签的角度来看，则需考虑维生素 K_1 的总量。

目前，大多数检验方法测定的是总维生素 K_1。但最新的 ISO 21446 可分别对顺式和反式异构体进行定量分析。

根据 ISO 21446，维生素 K_1 的提取过程如下：先用异辛烷沉淀蛋白质，再用甲醇释放脂质后从样品中分离得到维生素。制备好的样品直接注入高效液相色谱柱，利用异辛烷-异丙醇流动相实现顺式与反式维生素 K_1 的等度分离。随后将色谱柱洗脱液与稀释的氯化锌-乙酸钠-乙酸乙醇溶液混合，在锌反应柱中将维生素 K_1 还原为荧光衍生物。最终通过荧光检测法对生成的荧光化合物进行定量分析。

例如，EN 14148 规定了通过酶处理法破坏脂质，并在荧光定量分析前进行柱后还原处理，从而实现总维生素 K_1 的定量测定，该方法无法分离维生素 K_1 的两种异构体（反式和顺式），但维生素 K_2-MK_4 与维生素 K_2-MK_7 可通过此方法与维生素 K_1 分离，但尚未纳入本文件适用范围。

4.6 硫胺素（维生素 B_1）

硫胺素是一种水溶性维生素。硫胺素主要以磷酸化形式存在于许多食品中。

许多国家的食品法规允许在各类食品中添加具有维生素 B_1 活性的分子进行营养强化。允许添加的分子形式名称通常与产品类型相关。表 8 列举了欧盟法规中，依据产品类型划分，允许使用维生素 B_1 化合物的示例。

表 8 根据欧盟法规，相关产品中允许用于食品强化的维生素 B_1 化合物示例

产品类型	化合物	摩尔质量 g/mol	法规示例
具有特定营养功能的食物	盐酸硫胺素	337.3	欧盟第 609/2013 号法规
	硝酸硫胺素	327.4	
补充食品	盐酸硫胺素	337.3	欧盟委员会第 1925/2006 号法规
	硝酸硫胺素	327.4	
膳食补充剂	盐酸硫胺素	337.3	第 2002/46/EC 号指令
	硝酸硫胺素	327.4	
	磷酸硫胺素氯化物	380.8	
	硫胺素焦磷酸盐氯化物	460.8	

过去常用的维生素 B_1 计量单位是 1mg 盐酸硫胺素，现在则认为是 1 mg 硫胺素。硫胺离子的摩尔质量为 265.3。

不同摩尔质量的维生素 B_1 化合物的校正因子如下：

——1 mg 维生素 B_1 = 1 mg 硫胺素；

——1 mg 硝酸硫胺素 = 0.919 mg 硫胺素；

——1 mg 盐酸硫胺素＝0.892 mg 硫胺素；

——1 mg 硫胺离子＝1.134 mg 硫胺素。

注：GB 5009.84—2016 中的“注：试样中测定的硫胺素（$C_{12}H_{17}N_4OS$）含量乘以换算系数 1.271、1.234，即分别得到盐酸硫胺素（$C_{12}H_{17}ClN_4OS \cdot HCl$）、硝酸硫胺素（$C_{12}H_{17}N_4OS \cdot NO_3$）的含量”。

维生素 B_1 的含量可按以下公式计算：

维生素 B_1（mg/100 g）＝硫胺素（mg/100 g）。

测定维生素 B_1 的定量分析方法：以游离形式释放维生素 B_1 后，通过高效液相色谱法进行分析，并直接通过质谱法定量，或者在衍生化步骤之后通过荧光法进行定量。

例如，EN 14122 规定了通过酸水解和酶处理提取硫胺素的方法。硫胺素经高效液相色谱法分离后，通过衍生化处理（可在反应前或反应后进行）后采用荧光测定法进行定量分析。

例如，ISO 21470 规定了一种通过酶消化法和超高效液相色谱-串联质谱法（UHPLC-MS/MS）定量分析技术，可同时定量测定婴儿配方奶粉和相关营养产品中四种水溶性维生素（包括维生素 B_1，维生素 B_2，维生素 B_3 及维生素 B_6）。ISO 21470 不适用于未添加维生素的产品。

4.7 核黄素（维生素 B_2）

核黄素是一种水溶性维生素，存在于多种食品中，主要以磷酸化形式存在。

许多国家的食品法规允许在各类食品中添加具有维生素 B_2 活性的分子进行营养强化。允许添加的分子形式名称通常与产品类型相关。表 9 列举了欧盟法规中，依据产品类型划分，允许使用维生素 B_2 化合物的示例。

表 9 根据欧盟法规，相关产品中允许用于食品强化的维生素 B_2 化合物示例

产品类型	化合物	摩尔质量 g/mol	法规示例
具有特定营养功能的食物	核黄素	376.4	欧盟第 609/2013 号法规
	核黄素-5’-磷酸钠	478.3	
补充食品	核黄素	376.4	欧盟委员会第 1925/2006 号法规
	核黄素-5’-磷酸钠	478.3	
膳食补充剂	核黄素	376.4	第 2002/46/EC 号指令
	核黄素-5’-磷酸钠	478.3	

维生素 B_2 的常用计量单位是 1 mg 核黄素。

维生素 B_2 的含量可按以下公式计算：

维生素 B_2（mg/100 g）＝核黄素（mg/100 g）。

某些国家食品法规允许使用以下化合物作为食品添加剂（着色剂）使用：

——核黄素；

——核黄素-5’-磷酸盐；

——核黄素，源自枯草芽孢杆菌。

在分析步骤中，这可能会导致所测得的维生素 B_2 值与标签上的维生素 B_2 值存在差异，因为没有任何测试能够区分出用于营养目的添加的维生素 B_2 和用于着色目的添加的维生素 B_2。标示的维生素 B_2 值不包含作为着色剂添加的核黄素。

目前有多种分析方法可用于定量维生素 B_2：核黄素需以游离形式释放后，通过高效液相色谱法进行分析，并通过质谱法或荧光法进行定量。由于核黄素本身具有荧光性，因此无需衍生化步骤。

例如，EN 14152 规定了通过酸水解和酶处理提取核黄素的方法。随后采用高效液相色谱法分离核黄素，并通过荧光测定法进行定量分析。

4.8 烟酸（维生素 B_3 或维生素 PP）

烟酸是一种水溶性维生素。烟酸存在于多种食品中，主要以磷酸化形式存在。烟酸有两种游离形式，即烟酰胺和烟酸。

许多国家的食品法规允许在各类食品中添加具有烟酸活性的分子进行营养强化。允许添加的分子形式名称通常与产品类型相关。表 10 列举了欧盟法规中，依据产品类型划分，允许使用烟酸化合物的示例。

表 10 根据欧盟法规，相关产品中允许用于食品强化的维生素 B_3 化合物示例

产品类型	化合物	摩尔质量 g/mol	法规示例
具有特定营养功能的食物	烟酰胺	122.1	欧盟第 609/2013 号法规
	烟酸	123.1	
补充食品	烟酰胺	122.1	欧盟委员会第 1925/2006 号法规
	烟酸	123.1	
膳食补充剂	烟酰胺	122.1	第 2002/46/EC 号指令
	烟酸	123.1	
	六烟酸肌醇酯	810.7	

烟酸的常用计量单位是 1 mg 烟酸。

某些法规（欧盟、美国及《国际食品法典》）将色氨酸含量视为烟酸当量。若法规有此规定，则需予以考虑：60 mg 色氨酸相当于 1mg 烟酸当量。

若法规中未作特别规定，烟酸含量可按以下公式计算：

烟酸（mg /100 g）＝烟酸（mg /100 g）＋1.008 × 烟酰胺（mg /100 g）。

有多种分析方法可用于定量维生素 B_3，需先将烟酸和烟酰胺转化为游离形式，然后通过高效液相色谱法进行分析，并通过质谱法或衍生化后采用荧光法进行定量。部分方法需将一种维生素异构体转化为另一种。因此，总烟酸含量可直接测定。

例如，EN 14152 规定了通过酸水解或酶处理提取烟酸的方法。烟酰胺与烟酸经高效液相色谱法分离，并在紫外衍生化步骤后通过荧光测定法进行定量。而肌醇六烟酸酯则无法通过该方法进行定量。

4.9 维生素 B_6

维生素 B_6 是一种水溶性维生素。维生素 B_6 可以通过游离形式或磷酸化形式存在于多种食物中。维生素 B_6 有三种维生素原形式：吡哆醇（或吡哆醛醇）、吡哆醛和吡哆胺。

许多国家的食品法规允许在各类食品中添加具有维生素 B_6 活性的分子进行营养强化。允许添加的分子形式名称通常与产品类型相关。表 11 列举了欧盟法规中，依据产品类型划分，允许使用维生素 B_6 化合物的示例。

表 11　根据欧盟法规，相关产品中允许用于食品强化的维生素 B_6 化合物示例

产品类型	化合物	摩尔质量 g/mol	法规示例
具有特定营养功能的食物	盐酸吡哆醇	205.6	欧盟第 609/2013 号法规
	吡哆醇-5'-磷酸	249.6	
	吡哆醇二棕榈酸酯	646.0	
补充食品	盐酸吡哆醇	205.6	欧盟委员会第 1925/2006 号法规
	吡哆醇-5'-磷酸	249.6	
	吡哆醇二棕榈酸酯	646.0	
膳食补充剂	盐酸吡哆醇	205.6	第 2002/46/EC 号指令
	吡哆醇-5'-磷酸	249.6	
	吡哆醛-5'-磷酸	247.1	

维生素 B_6 的常用计量单位是 1 mg 吡哆醇。

这三种维生素原被认为具有相同的维生素 B_6 活性：

——1 mg 盐酸吡哆醇＝0.823 mg 维生素 B_6；

——1 mg 5'-磷酸吡哆醛＝0.679 mg 的维生素 B_6。

维生素 B_6 的含量可按以下公式计算：

维生素 B_6(mg/100 g)＝吡哆醇(mg/100 g)＋1.012 吡哆醛(mg/100 g)＋1.006 吡哆胺(mg/100 g)。

目前有多种分析方法可用于定量维生素 B_6。三种维生素类似物需以游离形式释放后，方可通过高效液相色谱法进行分析，并直接采用质谱法或荧光测定法进行定量(见 EN14663)。部分方法需将两种维生素类似物转化为第三种形式，从而直接定量总维生素 B_6(见 EN14164)。

例如，EN 14663 规定了通过酸水解或酶处理提取维生素 B_6 的方法。通过高效液相色谱法可对吡哆醇、吡哆胺和吡哆醛进行分离，并采用荧光测定法进行定量；而吡哆醇二棕榈酸酯则不在此方法中进行定量。

例如，EN 14164 规定了通过酸水解或酶处理提取维生素 B_6 的方法：吡哆胺和吡哆醛被转化为吡哆醇；随后通过高效液相色谱法分离吡哆醇，并采用荧光测定法进行定量；而吡哆醇二棕榈酸酯则无法通过该方法进行定量。

4.10　生物素(维生素 H)

生物素是一种水溶性维生素。生物素在多种食品中以游离态或与蛋白质或肽结合的形式存在。具有生物素活性的两种主要维生素原是 D-生物素和 D-生物素酰胺。通常在食品中很少检测到生物素酰胺，但其作为生物素代谢的中间产物，在血清中自然存在，并可以在内脏中被检测到。

许多国家的食品法规允许在各类食品中添加生物素。允许添加的生物素分子形式名称通常与产品类型相关。表 12 列举了欧盟法规中，依据产品类型划分，允许使用生物素化合物的示例。

表 12　根据欧盟法规，相关产品中允许使用的生物素分子形式示例

产品类型	化合物	摩尔质量 g/mol	法规示例
具有特定营养功能的食物	D-生物素	244.3	欧盟第 609/2013 号法规
补充食品	D-生物素	244.3	欧盟委员会第 1925/2006 号法规
膳食补充剂	D-生物素	244.3	第 2002/46/EC 号指令

生物素常用的计量单位是 1 μg 生物素。

1 μg D-生物素＝0.656 μg 生物素。

生物素的含量可按以下公式计算：

生物素(μg/100 g)＝D-生物素(μg/100 g)＋0.656 D-生物素酰胺(μg/100 g)。

D-生物素酰胺很少被定量，但如果进行了定量，则在计算时应将其考虑在内。

目前有多种分析方法可用于定量生物素。生物素需以游离形式释放，随后可通过高效液相色谱法进行分析，并经衍生化步骤后采用荧光测定法(例如 EN15607)或紫外分光光度法进行定量。采用紫外分光光度法时，应在高效液相色谱法之前增加预浓缩步骤(例如 ISO 23305)。

例如，在 ISO 23305 中，样品先分散于磷酸盐缓冲液中，随后进行高压灭菌。生物素经免疫亲和层析柱纯化并浓缩，再通过高效液相色谱法进行分析，并采用紫外光谱法进行定量。最终实现生物胞素与生物素的分离。

例如，EN 15607 规定了酶处理步骤。随后采用高效液相色谱法对提取物进行分析，并进行柱后衍生化处理。生物胞素与生物素通过荧光测定法实现分离与定量。

4.11　叶酸

叶酸是一种水溶性维生素，是一组具有叶酸活性的不同维生素原的化合物。叶酸盐存在于多种食品中，可以以游离形式存在或与不同数量谷氨酸结合。

叶酸主要的游离形式有叶酸、5-甲基四氢叶酸和 5-甲酰基四氢叶酸，被认为具有叶酸活性的化合物约有 10 种。

许多国家的食品法规允许在各类食品中添加叶酸盐。允许添加的叶酸盐分子形式名称通常与产品类型相关。表 13 列举了欧盟法规中，依据产品类型划分，允许使用叶酸化合物的示例。

表 13　根据欧盟法规，相关产品中允许使用的分子形式示例

产品类型	化合物	摩尔质量 g/mol	法规示例
具有特定营养功能的食物	叶酸(蝶酰单谷氨酸)	441.4	欧盟第 609/2013 号法规
	L-甲基叶酸钙	459.5	
补充食品	叶酸(蝶酰单谷氨酸)	441.4	欧盟委员会第 1925/2006 号法规
膳食补充剂	叶酸(蝶酰单谷氨酸)	441.4	第 2002/46/EC 号指令
	L-甲基叶酸钙	459.5	

叶酸的常用计量单位是 1 μg 叶酸。

所有测定的叶酸盐含量均以叶酸表示。然而，多项法规现已将膳食叶酸当量(DFE)作为计量单位；

详见表 14。

表 14　叶酸的美国换算单位

营养素	原单位	原换算	新单位	新的换算方式
叶酸	μg		μg DFE(膳食叶酸当量)	1 μg DFE=1 μg 天然叶酸 1 μg DFE=0.6 μg 合成叶酸

近期欧盟的两项新法规引入了相同的原则:一项针对特殊医学用途配方食品,另一项针对婴儿配方奶粉。

叶酸的含量可按以下公式计算:

叶酸[以膳食叶酸当量(DFE)表示](μg/100 g)=1/0.6 的叶酸含量+天然叶酸含量(μg/100 g)。

法规有明确规定,叶酸的计量单位可为微克(μg)膳食叶酸当量(DFE)。

叶酸的定量方法有多种:以往通过微生物学方法进行定量,采用叶酸进行校准;目前可采用高效液相色谱法,通过质谱检测和定量区分不同的叶酸。目前两种方法都可用于叶酸的测定,无论采用哪种方法,分析前应进行三酶(蛋白酶、淀粉酶和大鼠血浆结合酶)消化制备样品。两种完全不同的原理往往意味着结果存在差异。

例如,在 AOAC 2011.06 中,样品中的叶酸盐通过蛋白酶、淀粉酶和大鼠血浆结合酶(三酶消化法)处理,在含有内标的缓冲液(pH=6.0)中被提取。提取物经弱阴离子交换(WAX),固相萃取(SPE)进行纯化和浓缩。样品中叶酸盐的聚谷氨酸形式在提取过程中解偶联为单谷氨酸形式,并通过液相色谱-串联质谱 LC-MS/MS 进行分析。叶酸、5-甲基四氢叶酸(5-CH_3- THF)和 5-甲酰基四氢叶酸(5-CHO- THF)被定量测定,总叶酸含量则以叶酸形式表示。同位素标记的叶酸(^{13}C-叶酸)、5-CH_3- THF(^{13}C-5-CH_3- THF)和 5-CHO- THF(^{13}C-5-CHO- THF)被用作内标。

4.12　维生素 B_{12}

维生素 B_{12}是一种水溶性维生素。维生素 B_{12}存在于所有动物源性食物中(内脏、海鲜、肉类、鱼类、蛋类和奶制品)。

钴胺素是一组具有维生素 B_{12}活性的不同维生素原的化合物。维生素 B_{12}有四种维生素原,分别是氰钴胺、羟钴胺素、甲基钴胺素和腺苷钴胺素。

许多国家的食品法规允许在各类食品中添加维生素 B_{12}。允许添加的分子形式名称通常与产品类型相关。表 15 列举了欧盟法规中,依据产品类型划分,允许使用维生素 B_{12}化合物的示例。

表 15　根据欧盟法规,相关产品中允许用于食品强化的维生素 B_{12}化合物示例

产品类型	化合物	摩尔质量 g/mol	法规示例
具有特定营养功能的食物	氰钴胺	1 355.4	欧盟第 609/2013 号法规
	羟钴胺	1 346.4	
补充食品	氰钴胺	1 355.4	欧盟委员会第 1925/2006 号法规
	羟钴胺	1 346.4	
膳食补充剂	氰钴胺	1 355.4	第 2002/46/EC 号指令
	羟钴胺	1 346.4	

维生素 B_{12}的常用计量单位是 1 μg 氰钴胺。

维生素 B_{12}的含量可按以下公式计算：

维生素 B_{12}(μg/100 g)＝以氰钴胺形式表示的不同维生素原的总和(μg/100 g)。

目前有多种分析方法可用于定量维生素 B_{12}，维生素 B_{12}的定量方法通常采用微生物学方法进行定量，应用氰钴胺进行校准，近年来，一些高效液相色谱法已被开发出来，尽管液相色谱(LC)技术如今已广泛应用于维生素分析，但维生素 B_{12}的检测仍主要依赖微生物学方法。两种完全不同的原理往往意味着结果存在差异。

例如，在 ISO 20634 中，氰钴胺及其他含钴的类咕啉化合物通过乙酸钠缓冲液(pH＝4.5)从样品中提取，随后在 105℃条件下使用氰化钾将其转化为氰钴胺。提取物经 C8 或 C18 固相萃取(SPE)柱进行纯化和浓缩，并采用尺寸排阻色谱和反相色谱法进行分析。维生素 B_{12}的测定采用液相色谱法，以 550 nm 波长进行可见光检测。

4.13 泛酸(维生素 B_5)

D-泛酸是一种水溶性维生素，几乎存在于所有食物中，其中在动物内脏、鸡蛋和家禽中含量较高。

D-泛醇(D-泛酸醇)是 D-泛酸的醇类似物。它本身并非天然存在于食物中，但可用于食品强化。

许多国家的食品法规允许在各类食品中添加 D-泛酸。允许添加的分子形式名称通常与产品类型相关。表 16 列举了欧盟法规中，依据产品类型划分，允许使用泛酸化合物的示例。

表 16 根据欧盟法规，相关产品中允许用于食品强化的泛酸化合物示例

产品类型	化合物	摩尔质量 g/mol	法规示例
具有特定营养功能的食物	D-泛酸钙	476.5	欧盟第 609/2013 号法规
	D-泛酸钠	241.2	
	D-泛醇	205.3	
补充食品	D-泛酸钙	476.5	欧盟委员会第 1925/2006 号法规
	D-泛酸钠	241.2	
	D-泛醇	205.3	
膳食补充剂	D-泛酸钙	476.5	第 2002/46/EC 号指令
	D-泛酸钠	241.2	
	D-泛醇	205.3	

维生素 B_5 的常用计量单位是 1 mgD-泛酸。

——1 mgD-泛醇＝1.068 mg D-泛酸。

维生素 B_5 的含量可按以下公式计算：

D-泛酸(mg/100 g)＝D-泛酸(mg/100 g)＋1.068 D-泛醇(mg/100 g)。

D-泛酸的定量测定方法：

D-泛酸的定量方法通常采用微生物学方法，应用 D-泛酸进行校准，近年来也有进行高效液相色谱法的开发。尽管液相色谱(LC)技术现已广泛应用于维生素分析，但 D-泛酸的检测仍主要依赖微生物学方法。两种完全不同的原理往往意味着结果存在差异。

4.14 维生素 C

维生素 C 是一种水溶性维生素。L-抗坏血酸以及脱氢 L-抗坏血酸都具有维生素 C 的活性。维生

素 C 可以通过游离抗坏血酸的形式存在于多种食物中，也有少量以脱氢抗坏血酸的形式存在。

许多国家的食品法规允许在各类食品中添加维生素 C。允许添加的维生素 C 分子形式名称通常与产品类型相关。表 17 列举了欧盟法规中，依据产品类型划分，允许使用维生素 C 化合物的示例。

表 17　根据欧盟法规，相关产品中允许用于食品强化的维生素 C 化合物示例

产品类型	化合物	摩尔质量 g/mol	法规示例
具有特定营养功能的食物	L-抗坏血酸	176.1	欧盟第 609/2013 号法规
	L-抗坏血酸钠	198.1	
	L-抗坏血酸盐钙	195.2	
	L-抗坏血酸钾	215.2	
	L-抗坏血酸-6-棕榈酸酯	414.5	
补充食品	L-抗坏血酸	176.1	欧盟委员会第 1925/2006 号法规
	L-抗坏血酸钠	198.1	
	L-抗坏血酸盐钙	195.2	
	L-抗坏血酸钾	215.2	
	L-抗坏血酸 6-棕榈酸酯	414.5	
膳食补充剂	L-抗坏血酸	176.1	第 2002/46/EC 号指令
	L-抗坏血酸钠	198.1	
	L-抗坏血酸盐钙	195.2	
	L-抗坏血酸钾	215.2	
	L-抗坏血酸-6-棕榈酸酯	414.5	

维生素 C 的常用计量单位是 1 mg 抗坏血酸。

维生素 C 的含量可按以下公式计算：

维生素 C(mg/100 g)＝抗坏血酸(mg/100 g)＋脱氢抗坏血酸(mg/100 g)。

高效液相色谱法可用于 L-抗坏血酸定量，其难点在于不能忽视对脱氢 L 抗坏血酸的定量。部分方法能够直接定量脱氢 L-抗坏血酸；而其他方法则需经过还原步骤，将脱氢-L-抗坏血酸转化为 L-抗坏血酸。

另一个难点是确认所使用的色谱法能否将具有维生素 C 活性的抗坏血酸和没有维生素 C 活性的异抗坏血酸(异阿魏酸)分离。异抗坏血酸可作为食品添加剂添加使用。

抗坏血酸棕榈酸酯在食品中非常不稳定，很少能检测到，如进行定量分析，还需使用其他分析方法。

抗坏血酸可作为食品添加剂(抗氧化剂)添加到食品中，包括：

——抗坏血酸；

——抗坏血酸钠；

——抗坏血酸钙；

——抗坏血酸酯(棕榈酸酯和硬脂酸酯)。

在分析步骤中，这可能会导致所测得的维生素 C 含量值与标签上标注的维生素 C 含量值存在差异。标示的维生素 C 含量值无须包含作为抗氧化剂添加的抗坏血酸类化合物。

ISO 20635 提供了一个分析方法的示例。该标准规定了一种采用超高效液相色谱-紫外检测法

(U HPLC -UV)测定各类婴儿及成人配方食品(包括粉末、即食液体及液体浓缩液)中维生素 C(L-抗坏血酸)含量的方法。该方法的适用范围为按实际消费量计算的 2.5 mg/100 g(定量限)至 50 mg/100 g 。该方法能够区分 D-抗坏血酸(异抗坏血酸或赤藓酸)与 L-抗坏血酸。

该方法的原理是利用三氯乙酸(TCA)从样品中提取抗坏血酸,其中三[2-羧乙基]膦(TCEP)作为还原剂,并保护抗坏血酸免受氧化。随后采用超高效液相色谱法或高效液相色谱法,并在 265 nm 波长下进行紫外检测以测定抗坏血酸含量。分离过程在 C_{18} 色谱柱上进行,使用癸胺作为离子对试剂,色谱流动相为含 TCEP 的乙酸钠缓冲溶液(pH=5.4)。

5 维生素含量单位转换方法(USFDA)

2016 年 5 月,美国食品药品监督管理局(USFDA)发布了新法规,要求对现行膳食补充剂成分标签进行修订;该标签采用基于 1968 年推荐每日摄入量(RDA)的计量单位及换算标准。新法规于 2019—2020 年正式生效。

此次变更涉及补充剂标签上标注维生素和矿物质时所使用的计量单位。美国食品药品监督管理局(USFDA)将允许生产商在新计量单位标注数值旁用括号注明原有营养素含量数值。

表 18 几种维生素的单位和换算关系

营养素	原单位	原换算标准	新单位	新的换算方式
维生素 A	IU	1 IU =0.3 μg 视黄醇 1 IU =0.6 μg β-胡萝卜素	μg RAE	1 μg RAE=1 μg 视黄醇 1 μg RAE=2 μg 补充剂来源的 β-胡萝卜素 1 μg RAE=12 μg β-胡萝卜素 1 μg RAE=24 μg α-胡萝卜素 1 μg RAE=24 μg β-隐黄质
维生素 E	IU	1 IU=0.67 mg D-α-生育酚(天然) 1 IU=0.9 mg DL-α-生育酚(合成)	mg α-生育酚	1 mg 维生素 E(以 α-生育酚表示)(标签声明)=1 mg 天然 α-生育酚 1 mg 维生素 E(以 α-生育酚表示)(标签声明)=2 mg 合成 α-生育酚
维生素 D	IU	1 IU =0.025 μg	μg	1 IU =0.025 μg
叶酸	μg		μg DFE	1 μg DFE=1 μg 天然叶酸 1 μg DFE=0.6 μg 合成叶酸
烟酸	mg		mg NE[a]	1 mg NE=1 mg 烟酰胺 1 mg NE=1 mg 肌醇六烟酸酯 1 mg NE=1 mg 烟酸 1 mg NE=60 mg 色氨酸
[a] 烟酸当量。				

参 考 文 献

[1] GB 5009.82—2016 食品安全国家标准 食品中维生素 A、D、E 的测定

[2] GB 5009.84—2016 食品安全国家标准 食品中维生素 B_1 的测定

[3] ISO 20633 Infant formula and adult nutritionals—Determination of vitamin E and vitamin A by normal phase high performance liquid chromatography

[4] ISO 20634 Infant formula and adult nutritionals—Determination of vitamin B12 by reversed phase high performance liquid chromatography(RP-HPLC)

[5] ISO 20635 Infant formula and adult nutritionals—Determination of vitamin C by (ultra) high performance liquid chromatography with ultraviolet detection((U)HPLC-UV)

[6] ISO 20636 Infant formula and adult nutritionals—Determination of vitamin D by liquid chromatography-mass spectrometry

[7] ISO 20639 Infant formula and adult nutritionals—Determination of pantothenic acid by ultra high performance liquid chromatography and tandem mass spectrometry method (UHPLC-MS/MS)

[8] ISO 21446 Infant formula and adult nutritionals—Determination of trans and total(cis+trans) vitamin K1 content—Normalphase HPLC

[9] ISO 21470 Infant formula and adult nutritionals—Simultaneous determination of total vitamins B_1, B_2, B_3 and B_6—Enzymatic digestion and LC-MS/MS

[10] ISO 23305 Fortified milk powders, infant formula and adult nutritionals—Determination of total biotin by liquid chromatography coupled with immunoaffinity column clean-up extraction

[11] EN 12821 Foodstuffs—Determination of Vitamin D by high performance liquid chromatography—Measurement of cholecalciferol(D_3) and ergocalciferol(D_2)

[12] EN 12822 Foodstuffs—Determination of vitamin E by high performance liquid chromatography—Measurement of alpha-, beta-, gamma- and delta-tocopherols

[13] EN 12823-1 Foodstuffs—Determination of vitamin A by high performance liquid chromatography—Measurement of all E-retinol and 13-Z-retinol

[14] EN 12823-2 Foodstuffs—Determination of vitamin A by high performance liquid chromatography—Part 2: Measurements of Beta-carotene

[15] EN 14122 Foodstuffs—Determination of vitamin B_1 by high performance liquid chromatography

[16] EN 14131 Foodstuffs—Determination of folate by microbiological assay

[17] EN 14148 Foodstuffs—Determination of vitamin K_1 by HPLC

[18] EN 14152 Foodstuffs—Determination of vitamin B_2 by high performance liquid chromatography

[19] EN 14164 Foodstuffs—Determination of vitamin B_6 by HPLC

[20] EN 14663 Foodstuffs—Determination of vitamin B_6 (including its glycosylated forms) by HPLC

[21] EN 15607 Foodstuffs—Determination of d-biotin by HPLC

[22] Commission Delegated Regulation(EU) 2016/127 of 25 September 2015 supplementing Regulation (EU) No 609/2013 of the European Parliament and of the Council as regards the specific compositional and information requirements for infant and follow-on formula and as regards require-

ments on information relating to infant and young child feeding

[23] Commission Delegated Regulation (EU) 2016/128 of 25 September 2015 supplementing Regulation (EU) No 609/2013 of the European Parliament and of the Council as regards the specific compositional and information requirements for food for special medical purposes

[24] Directive 2002/46/EC of the European Parliament and of the Council of 10 June 2002 on the approximation of the laws of the Member States relating to food supplements

[25] Regulation (EU) No 609/2013 of the European Parliament and the Council of 12 June 2013 on food intended for infants and young children, food for special medical purposes and total diet replacement for weight control

[26] Regulation (EC) No 1925/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on the addition of vitamins and minerals and of certain other substances to foods

[27] Guidelines for converting units denominators and expressions-version 1.0, FAO, Rome 2012

[28] Guidelines on nutrition labelling CAC/GL 2 - 1985

[29] J AOAC Int.2018 Nov 1;101(6):1881-1894.doi:10.5740/jaoacint.18-0114(Final Action)

[30] Keresztesy JC. The Water-Soluble Vitamins. Annual Review of Biochemistry.1944; 13: 367- 410. doi:10.1146/annurev.bi.13.070144.002055

[31] Report of the thirty—eight session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses—Appendix Ⅲ—Dec.2016—Codex Alimentarius