

提取溶液作为前处理手段检测大量进口样品,尚未遇到微囊化对检测的影响,因此原料微囊化制作的检测问题是否已经解决?有些需要酶解的成分是否也能通过上述前处理手段加以破解还需进一步验证。

**色谱多组分分析技术** 在目前现有的维生素 B 多组分分析技术的基础上,如何能将维生素 B<sub>1</sub> 并入维生素 B<sub>6</sub> 系列之中或创建新的流动相体系,再囊括维生素 B<sub>2</sub> 和叶酸等是今后研究的重要方面。

**分析过程快速化** 在目前大量试样检测的基础上应归纳总结出试样前处理方法指南,确定试样组成和前处理方法之间的关系。

#### 参考文献:

- [1] A H 恩斯明格, M E 恩斯明格, J E 康兰德, 等. 营养素 [A]. 见: 美国《食物与营养百科全书》选辑 (4) [C]. 北

京: 农业出版社, 1991.

- [2] GB 12388—1990. 食物中维生素 A 和维生素 E 的测定方法[S].  
[3] 杨祖英, 李良学. 高压液相色谱法测定食品中 - 胡萝卜素[J]. 食品与发酵工业, 1994, 6: 57—61.  
[4] 王竹天, 杨大进, 方从容. 高效液相色谱法检测 B 族维生素及咖啡因的研究[J]. 中国食品卫生杂志, 1998, 10 (6): 9—11.  
[5] 王永芳, 韩宏伟, 赵馨, 等. 光黄素荧光法测定保健食品中维生素 B<sub>2</sub> 的方法研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2000, 12(2): 20—22.  
[6] 中华人民共和国药典[M]. 2000 年版, 二部.  
[7] 杨大进, 方从容, 王竹天. 保健食品中肌醇含量测定方法的研究[J]. 中国食品卫生杂志, 1999, 11(2): 1—3.

[收稿日期: 2003 - 03 - 06]

中图分类号: R15; TS218; O652 文献标识码: E 文章编号: 1004 - 8456(2004)01 - 0062 - 04

## 食物中维生素 A、叶酸和维生素 E 分析方法研究进展

文小青 杨月欣

(中国疾病预防控制中心营养与食品安全所, 北京 100050)

**摘要:** 对食物中 3 种重要的维生素: 维生素 A、叶酸和维生素 E 的常用分析方法进行了综述。指出了不同分析方法的适用范围以及各自的优缺点。着重介绍了高效液相色谱法在此 3 种维生素分析中的应用。并提出了分析方法的发展趋势是高效液相色谱法(包括正相高效液相色谱法、反相高效液相色谱法和非水反相高效液相色谱法)、高效液相 - 质谱法、气相色谱 - 质谱法和离子色谱 - 质谱法等方法。

**关键词:** 维生素 A; 叶酸; 维生素 E; 色谱法; 高压液相

### Progress in analytical methods of vitamin A, folate and vitamin E in foods

Wen Xiaqing, et al.

(National Institute for Nutrition and Food Safety, China CDC, Beijing 100050)

**Abstract:** The development of the common analytical methods of three important vitamins (vitamin A, folate and vitamin E) in foods were reviewed. The range of applicability and the advantage and disadvantage of these different analytical methods was discussed. The author emphasized the application of high-performance liquid chromatography (HPLC) in the analysis of the three vitamins. It was concluded that the current tide of analytical methods is the application of HPLC (including normal-phase and reversed-phase gradient high-performance liquid chromatography analysis, NRHPLC), HPLC-MS, GC-MS and IC-MS.

**Key Words:** Vitamin A; Folic Acid; Vitamin E; Chromatography, High Pressure Liquid

作者简介: 文小青 女 硕士

维生素 A、叶酸和维生素 E 是 3 种十分重要的维生素, 存在着多种的结构形式, 它们是评价食品价

值的重要指标,特别是婴儿食品和孕妇及乳母食品。近年来随着对维生素不同结构形式的深入研究,对分析方法提出了进一步的要求。过去的简单测定这3种维生素在食物中总含量的方法已经不能满足研究的需要,因此需要采用新方法或改进现有的分析方法。本文对这3种重要的维生素的分析方法的研究进展进行综述。

## 1 食物中维生素A的分析方法

维生素A有两种基本的形式,视黄醇是维生素A的活性形式,主要来自于动物。类胡萝卜素是维生素A的非活性形式,需要在体内转化为视黄醇才能发挥作用,主要来自深色蔬菜和水果。<sup>[1]</sup>由于视黄醇与类胡萝卜素的来源和结构均不相同,故分析方法也不尽相同。

维生素A的分析要考虑两方面问题:对试样必须加工处理以去除有机结构,从而使得维生素A试样更加纯化。最终的试样因为有发色基因而常用比色技术进行分析。<sup>[2]</sup>

### 1.1 视黄醇的分析

**比色法** 比色法是视黄醇分析的早期方法。视黄醇与三氟醋酸(TFA)的氯仿溶液反应产生蓝色物质(三氟醋酸比色法),或在三氯甲烷中与三氯化锑相互作用,产生蓝色物质(三氯化锑比色法)。其蓝色的深浅与溶液中所含的视黄醇含量成正比。该蓝色物质虽不稳定,但在一定时间内可用分光光度计于620 nm波长处测定其吸收度。<sup>[3]</sup>本法适用于视黄醇含量高的样品,例如维生素A的强化剂的分析,但对于含量低的样品,如每克样品中只含5~10 μg的视黄醇,因为受其他脂溶性物质的干扰,不易比色测定。而且本法显色不稳定、水分混入后会反应液混浊,因而妨碍定量。<sup>[4]</sup>

**紫外分光光度法** 视黄醇在紫外区波长325 nm处有最大吸收。因而当试样中的干扰物质去除后,就可用紫外分光光度法进行视黄醇的定量分析。本法是过去常用的分析方法,比较简便,可以直接测定食物中视黄醇的含量,对于低含量的样品也能够得到较精确的结果。

**荧光法** 试样中的视黄醇皂化后可被游离为维生素A醇。维生素A醇可以用环己烷提取分离出来,在激发光波长345 nm和发射光波长480 nm处测量荧光,荧光的强度与维生素A醇的含量在一定的浓度范围内呈直线关系。因此可以根据荧光的强弱计算出视黄醇的含量。荧光法能够进行高灵敏度的定量分析。

**高效液相色谱法(HPLC法)** 随着HPLC法在

食品分析中的应用,现已成为脂溶性维生素的主要分析方法。在我国现行的《食品中维生素的国家标准检测方法》(1990年~1996年制定)中,视黄醇的分析方法即为HPLC法。HPLC法是目前测定视黄醇的最好方法,具有快速、准确、精密等优点。适合于天然食物和维生素A强化剂等各种食物中视黄醇的测定。特别是对于低含量的样品的精确度也较高。最小的检出限为0.8 ng。视黄醇在食物中常以酯类形式存在,用氢氧化钾-乙醇溶液加热皂化后,可使其转化为游离的视黄醇(由于视黄醇容易被氧化,因此在试样处理过程中需加抗氧化剂(BTH)保护),使用高效液相色谱仪C<sub>18</sub>反相柱,并由紫外检测器定量测定。<sup>[5]</sup>

### 1.2 类胡萝卜素的分析

类胡萝卜素包括β-胡萝卜素、α-胡萝卜素、γ-胡萝卜素、隐黄质和番茄红素等等。β-胡萝卜素是食物中最常见、活性最强的类胡萝卜素,主要以全反式、9-顺式、13-顺式及15-顺式4种形式存在。

天然存在的有活性的类胡萝卜素主要来源于植物,但植物中常常含有其它的类胡萝卜素及色素,如叶绿素、叶黄素等。这些物质也可以被有机溶剂提取,使得测定数值偏高。因此在测定时需采取适当的分离技术使有活性的类胡萝卜素同其它干扰物质分离。目前用于食物中的类胡萝卜素测定的方法主要是色谱法,利用一定的吸附剂对不同色素的不同吸附能力,将试样中的类胡萝卜素分离出来。

**比色分光光度法** 试样通过石油醚-丙酮混合溶剂萃取,使类胡萝卜素与非类胡萝卜素成分分离,并在451 nm波长下测定萃取溶液的吸光度,由此计算出食品中总类胡萝卜素的含量。此法是在过去的很长一段时间内测定类胡萝卜素的方法。但只能测定总类胡萝卜素的含量。

**纸层析测定法** 现行的《食品中维生素的国家标准检测方法》中类胡萝卜素的分析方法为纸层析法。本法不仅适用于植物性食物,也适用于含有植物性食物的混合食物中的类胡萝卜素的测定,其最小检出限为0.11 μg。该法简便快捷,是目前类胡萝卜素最常用的分析方法之一,国内大多实验室采用此法。食物中的类胡萝卜素及其它色素被丙酮和石油醚提取,以石油醚做扩展剂进行纸上色层分析。类胡萝卜素极性小,移动速度快,可借此与其他色素分离。剪下含类胡萝卜素的区带,用比色法或薄层扫描法定量测定,测定用波长为450 nm。纸层析不能区分α-、β-和γ-胡萝卜素,虽然标准品为β-胡萝卜素,但实际的结果为总类胡萝卜素。不过天然食品中大部分为β-胡萝卜素,对结果影响不

是很大。但对于强化食品和膳食补充剂,如果其它类型的类胡萝卜素含量较多时,则不能获得准确的结果。<sup>[6]</sup>

**柱层析测定法** 此法原理同纸层析法,但不如纸层析法普及。该法利用丙酮、石油醚将试样中的类胡萝卜素提取出来,利用柱层析法在蔗糖或氧化铝、氧化镁的吸附柱上将各色素分离。由于类胡萝卜素的吸附能力较其它的色素弱,用石油醚冲洗时先洗脱出来,因而与其它色素分离,再将此洗脱液进行比色测定。<sup>[7]</sup>柱层析法也不能区分 $\alpha$ -、 $\beta$ -和 $\gamma$ -胡萝卜素,因此实际的结果为总胡萝卜素。其优点是在测定 $\alpha$ -、 $\beta$ -和 $\gamma$ -胡萝卜素的同时也可测定其他类胡萝卜素和色素。其他类胡萝卜素、色素和 $\alpha$ -、 $\beta$ -和 $\gamma$ -胡萝卜素的极性不同, $\alpha$ -、 $\beta$ -和 $\gamma$ -胡萝卜素的极性最小,先被极性小的石油醚洗脱,增加洗脱液的极性(如加入乙醚、丙酮)可先后将极性稍大的类胡萝卜素(如叶黄素、叶红素)和叶绿素洗脱出来。

**高效液相色谱法(HPLC法)** HPLC法是较纸层析法更为灵敏的方法,可以分离测定 $\alpha$ -胡萝卜素、 $\beta$ -胡萝卜素、 $\gamma$ -胡萝卜素、番茄红素和斑螫黄素等不同形式的类胡萝卜素。HPLC法是目前国外测定各种类胡萝卜素的最常用方法,但也是较昂贵和较复杂的方法。各种标准品的供应也不是很齐全。这对于其推广利用有一定的局限性。<sup>[8]</sup>HPLC法的原理、适用范围、试样前处理及操作同纸层析法,只是浓缩定容后的试样不是经过纸层析,而是进入HPLC的 $C_{18}$ 柱,经流动相洗脱后,用紫外分光光度计检测。称取一定量类胡萝卜素配制成标准液,试样以丙酮-石油醚混合溶剂反复萃取,使类胡萝卜素与其他成分分离。在450 nm波长下进行HPLC分析检测,计算出各种类胡萝卜素的含量。本方法较适合于羟基类胡萝卜素的分析测定,对氧合羟基类胡萝卜素的分离、分析效果较差。大多数食物中类胡萝卜素含量是在20世纪80至90年代用高效液相色谱测定的。<sup>[9~11]</sup>

## 2 食物中叶酸的分析方法

根据叶酸所含谷氨酸数目的不同,可分为自由叶酸(folate)和结合叶酸(folic acid)。Folate大多呈多谷氨酸型,即接在对-氨基苯甲酸上的并非单一的谷氨酸,而是由几个谷氨酸连接成的多肽。最常见的是三谷氨酸叶酸(Pteroyltriglutamate)及七谷氨酸叶酸(Pteroylheptaglutamate)。Folic acid是叶酸的结合形式,大多为小分子的单谷氨酸形式。<sup>[12]</sup>

由于叶酸衍生物繁多,标准品来源有限——各

种衍生物需从不同化学公司或实验室购买,有的甚至需要自行合成,以及食品中存在多种干扰因素等问题,使得分析方法的使用受到限制。

**茛三酮比色法** 叶酸能被锌粉和盐酸还原为2,4,5-三氨基-6-羟基嘧啶(简称为TAHP),再与茛三酮作用,生成一个稳定的紫色络合物。此紫色络合物在波长555 nm处有最大的吸收峰。叶酸的浓度在4.5~45  $\mu\text{g/mL}$ 范围内符合Beer定律,因而可用于叶酸的定量分析。此法比较简便,是较早运用的方法。但影响因素较多,例如核黄素的存在会影响颜色的生成,使结果偏低;而氨基酸类与茛三酮生成的有色物质会干扰测定,因此结果的精确性不及其它方法。

**荧光法** 本法适用于植物中叶酸的测定。叶酸具有吡嗪-嘧啶环,具有特殊的吸收光谱及氧化还原特性,在接受紫外光照射后可转变成最大激发波长为274 nm、最大发射波长为466 nm的强的蓝色荧光化合物。这一特性被用于叶酸的定量分析。用偏磷酸热提取法自试样中提取叶酸,提取液经净化除去其他荧光物质后,在荧光计上测定其荧光强度并与标准液比较进行定量,求出试样中叶酸的含量。

**微生物测定法** 由于微生物分析方法的经典性、准确可靠性以及广泛适用性,许多国际机构仍旧将微生物法作为叶酸分析的标准方法或第一方法。在最新的第十七版AOAC(Association of Official Analytical Chemists)分析方法中,食物中叶酸的第一分析方法为微生物法;在AACC(American Association of Cereal Chemists)审批方法中,叶酸的标准分析方法也为微生物法。目前,即使在许多发达国家的食物成分数据库中,微生物法仍旧是叶酸分析的一个重要手段。例如美国、英国、新西兰、日本以及中国的食物成分数据库均采用微生物法分析叶酸。

酪乳酸杆菌(LC)的生长必需叶酸,培养基中如果缺乏叶酸则该细菌不能生长。在一定的条件下,LC的生长及其代谢产物的浓度与培养基中叶酸的含量成正比关系,可测定细菌代谢物或菌体的浓度,即用酸度或浑浊度测定试样中叶酸的含量。本法适用于各类食物中叶酸的测定,且灵敏度较高,最低检测限为0.1 ng。但是分析周期长,实验步骤比较繁琐,这与目前要求分析方法简便、快速、高效的发展方向不符。而且微生物法不能单独测定单谷氨酸形式的叶酸,因为微生物同时也可以利用含有两个或三个谷氨酸的叶酸。微生物对不同的叶酸形式的利用率也可能不同。因此此法不能区分几种形式的叶酸,只能对食物中的总叶酸含量进行测定。测定结果会给含量的表达带来误差。这也是微生物法正逐

渐被其他方法(例如 HPLC 法)替代的主要原因。

**高效液相色谱法(HPLC 法)** 由于叶酸在不同的食物中的存在形式不同,一般方法不能进行提取分离以测定,而用 HPLC 法可以分开叶酸的不同存在形式并进行定量分析。称取研细的试样于离心管中,加入流动相溶液,超声波提取 15 min。取出加入流动相定容,摇匀后过滤。滤液用 HPLC 法分析。本法适用于各种食物的叶酸分析,并且分离效果好,操作简便,分析速度快,测定结果准确,是近年来发展较快的方法。目前此法尚不能取代微生物法而成为标准方法,其原因是:叶酸的标准品来源有限,不利于 HPLC 法的开展;旧的叶酸表达方式不需要考虑叶酸在食物中的存在形式,只是一个总量的概念,新的表达方式(膳食叶酸当量 DFE)要求考虑叶酸的存在形式,但目前各国尚未普遍采用新的表达方式。另外 HPLC 法较其它方法昂贵和复杂也是限制其使用的原因之一。<sup>[13~17]</sup>

**离子捕获法** 试样加入变性剂后,叶酸与内源性结合蛋白分离,释放后的叶酸再与带有大量阴离子的亲合剂结合,合成产物经过离子捕获池而与阳离子纤维结合,最后通过碱性磷酸酶与碟酸(叶酸的类似物)结合物对叶酸结合蛋白上游离结合位点的探查,定量分析试样中的叶酸含量。该方法是叶酸测定的最新方法。但现仍处于探索之中,且所需的设备技术先进,各国尚未将其作为常规方法。<sup>[18]</sup>

### 3 食物中维生素 E 的分析方法

维生素 E 的分析方法较多,各种方法都比较成熟,尤其是 HPLC 法在维生素 E 的分析中已经十分成熟和普遍。

**比色法** 维生素 E 与  $\text{FeCl}_3$  反应, $\text{Fe}^{3+}$  被还原成  $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$  可与、- 联氮苯(、- bipyridye)发生颜色反应,呈红色,在波长 520 nm 处测定吸光度,可定量测定试样中维生素 E 的含量。此法操作简单,灵敏度较高。但由于维生素 E 没有特异反应,需要采用一些方法除去干扰,现已不常用。

**荧光法** 维生素 E 中的 - E 的分子结构中具有苯环,因此具有荧光,且其荧光强度与样品中维生素 E 含量成正比。因此可以根据荧光的强弱计算出维生素 E 的含量。试样经皂化,把不可皂化物溶解在正己烷中,测定其荧光强度,并与 - 维生素 E 比较,定量地求出试样中的维生素 E。荧光法特异性强、干扰少、灵敏、快速、简单,但分析结果实际上只是 - E 的值,而以 - E 值代表总 E 值会出现误差。在植物油、葵花籽以及蛋类等以 - E 为主的食物中,- E 值与总 E 值相近,此时本法的灵敏度

要比比色法高得多。相反地,在 - E 的含量不多,而其他同系物的含量较多的食物中,例如豆类,由于同系物的含量比例不同,每一种同系物的激发波长和发射波长的荧光强度也不相同,用固定的激发波长和发射波长所测定的值会与总 E 的真实值有误差,并且这个误差要比比色法大。因此荧光法更适于以 - E 为主的食物测定。

**薄层层析法** 此法同荧光法类似,也只适用于 - E 的测定。试样经皂化,使维生素 E 游离,用乙醚抽提出不可皂化物,用薄层层析法分离出 - E,使其与三氯化铁溶液反应,三价铁被还原为二价铁,二价铁与、'- 联氮苯反应生成络盐,测定其显色深度,求出 - 维生素 E 的含量。

**高效液相色谱法(HPLC 法)** 在我国现行的《食品中维生素的国家标准检测方法》中维生素 E 的分析方法为 HPLC 法。该法现已成为各国的维生素 E 的首选分析方法,可以对不同类型的维生素 E 进行测定。有的试样如蔬菜水果类等低脂肪样品可免去皂化,直接提取后进行测定。而其它试样经皂化后,将其不可皂化的部分提取到有机溶剂中,用 HPLC 法测定。高效液相色谱法能够简便地分离和定量、、、型维生素 E,具有准确、分辨率高、被测物损失少的优点。但当食物中的型或型维生素 E 含量较少时,型和型维生素 E 的两峰重叠,该重叠峰用 - 维生素 E 进行定量计算,在这种情况下会低估有效维生素 E 的含量。<sup>[19,20]</sup>

**气相色谱法(GC 法)** GC 法可对维生素 E 进行正确的定量,于 1990 年正式被接受为 AOAC 法。维生素 E 与甾类均存在于不可皂化物中,而且分子中均具有羟基。因此在同样的条件下,利用 GC 法可以分离测定维生素 E 与甾醇。此法虽能正确定量维生素 E,但是对不同型分离困难,为了使 - 维生素 E 与 -、- 维生素 E 分离,预先要将试样进行三甲基硅烷化或酯化,同时胆固醇等硬脂类对测定有干扰。

### 4 分析方法的趋势与挑战

简便、快速、准确的分析方法历来是分析工作者所致力追求的目标,而能否准确地得到食物中不同形式的维生素含量也是分析学家所面临的重要任务。近年来,维生素的检测技术已取得许多重大的发展,特别是现代分析仪器与电脑技术的高度结合,使得以往由于复杂而难以分离的多种混合组分得到迅速分离及测定。HPLC 法、离子色谱法(IC)、电化学法及化学发光法(CL)、荧光分析法(FA)、气相色谱-质谱法(GC-MS)、离子色谱-质谱法(IC-

MS)和高效液相-质谱法(HPLC-MS)等联机分析均已显示出特有的优势。

在众多方法中,HPLC法由于具有分离效果好、分析速度快、灵敏度高、特异性强、操作简便等特点而倍受青睐。它不仅适合于食物中维生素总量的分析,同时也可作同分异构体的分离。这在维生素A、叶酸和维生素E的分析工作中尤为重要。随着我们对不同形式的维生素A、叶酸和维生素E认识的进步,知道它们在食物中的存在形式多样,且不同形式的生物活性不同,简单测定总的含量已不能满足研究的需要。近来所提出的此三种维生素新的表达方式,更是要求对同分异构体进行很好的分离。此三种维生素在膳食补充剂和强化食品中的广泛使用,也对分析工作提出了更高的要求。HPLC法的另一大优点是可以同时对多种维生素进行分析,例如对食物中的维生素A、E、D同时分析,对食物中的叶酸、泛酸和维生素C同时分析,对食物中多种胡萝卜素同时分析,对食物中的维生素A、E和 $\beta$ -胡萝卜素同时分析,从而节省了人力、时间、试剂和分析柱,可谓是分析工作中的一大突破。<sup>[23~26]</sup>

在分析工作中常用的HPLC法多指反相HPLC法,其固定相多数为非极性或非弱极性键合固定相,其中常用的是十八烷基键合固定相,流动相为极性溶剂,常用甲醇+水或乙腈+水混合溶剂,称之为半水流动相,流动相不利于脂溶性维生素的溶解,洗脱困难,分析时间长。近来人们逐步完善和发展了反相HPLC法,使用混合有机溶剂如甲醇+氯仿或乙腈+二氯甲烷等为流动相,并称之为非水反相HPLC法(NRHPLC法)。这种方法有利于脂溶性维生素在流动相中的溶解,洗脱快,在固定相中分离效果好,同时减少了试样对色谱柱的污染,可延长柱寿命,提高柱效。在对 $\beta$ -和 $\alpha$ -胡萝卜素的分离时,使用NRHPLC法更为适合。<sup>[21]</sup>

虽然反相HPLC法是维生素E的国标分析方法,特别是在同时分析其它的维生素时,但是 $\alpha$ -维生素E与 $\beta$ -维生素E不易分离。只有采用正相HPLC法才可很好地分离维生素E的8种同分异构体。正相HPLC法也称吸附HPLC法,其固定相为极性固定相,如硅胶、氧化铝以及氨基、氰基等键合固定相。流动相为非极性或非弱极性有机溶剂,如庚烷、乙烷、二氯甲烷等。此法对脂溶性维生素的几何异构体分离十分有效。

GC-MS、IC-MS以及HPLC-MS都是新近发展起来的分析方法,主要用于有机化学、生物化学、医学、环境科学等领域,但目前尚未成为食物中维生素的常规分析方法。且因为操作复杂,费用昂贵,技

术尚不够完善,目前还不能在国内的大多数实验室中开展。但这些方法能够对分析物进行准确定量,从发展趋势上看,它们终将成为维生素分析工作的主流。

#### 参考文献:

- [1] Judith Turner. Vitamin A[DB/OL]. Gale Encyclopedia of Alternative Medicine, <http://www.findarticles.com/g2603/0001/203000133/pl/article.jhtml>.
- [2] Constantin Luca, Cristina Draghici. Separation and determination by HPLC DAD of Some Liposoluble Vitamins from natural matrices[DB/OL]. <http://www.cael.pub.ro/cicic/engleza/cacc.htm>.
- [3] 杨月欣,王光亚.实用食物营养成分分析手册[M].北京:中国轻工业出版社,2002.
- [4] 日本药学会编著.张洪祥,编译.卫生试验法注解[M].北京:华文出版社,1995.
- [5] Strobel M, Heinrich F, Biesalski H K. Improved method for rapid determination of vitamin A in small samples of breast milk by high-performance liquid chromatography[J]. J Chromatogr A, 2000, 898(2): 179—183.
- [6] Piso P, Porrini M. Determination of carotenoids in vegetable foods and plasma[J]. Internat J Vit Nutr Res, 1997, 67: 47—54.
- [7] 韩雅珊.食品化学实验指导[M].北京:北京农业大学出版社.
- [8] 王光亚.保健食品功效成分检测方法[M].北京:中国轻工业出版社,2002.
- [9] Eszter Bakoa, Jozsef Delia, Gyula Tothb. HPLC study on the carotenoid composition of Calendula products[J]. Journal of Biochemical and Biophysical Methods, 2002, 53(1—3): 241—250.
- [10] Huck C W, Popp M, Scherz H, et al. Development and evaluation of a new method for the determination of the carotenoid content in selected vegetables by HPLC and HPLC-MS-MS[J]. J Chromatogr Sci, 2000, 38(10): 441—449.
- [11] Oliver R W, Kafwembe E M. A new spectrophotometric assay for the determination of vitamin A and related compounds in serum[J]. Int J Vitam Nutri Res, 1992, 62(3): 221—227.
- [12] Jesse F, Gregory. Case study: Folate Bioavailability[J]. Journal of Nutrition, 2001, 131: 1376S—1382S.
- [13] 黄宏南,陈宏靖,黄健文,等.高效液相色谱荧光快速测定保健食品中的叶酸[J].中国卫生检验杂志, 2002, 12(1): 70.
- [14] Konings E J, Roomans H H, Elisabeth Dorant, et al. Folate intake of the Dutch population according to newly established liquid chromatography data for foods[J]. Am J Clin Nutri, 2001(73): 765—776.
- [15] Robert F, Doherty, Gary R Beecher. A method for the

analysis of natural and synthetic folate in foods[J]. J Agric. Food Chem., 2003, 51:354—361.

[16] Klaczko G, Anuszevska E. The use of HPLC method for determination of the folic acid in multi-component vitamin preparations[J]. Acta Pol Pharm, 2000, 57(4): 257—260.

[17] Pamela J, Bagleya, Jacob Selhub. Analysis of Folate Form Distribution by Affinity Followed by Reversed-Phase Chromatography with Electrochemical Detection [J]. Clinical Chemistry, 2000, 46: 404—411.

[18] 郝玲、唐仪、李竹,等. 叶酸检测方法研究进展[DB/OL]. <http://www.cinet.com.cn/edu/resource>.

[19] Gmeno E, Castellote A I, Lamuela-Raventos R M, et al.

Rapid determination of vitamin E in vegetable oils by reversed-phase high-performance liquid chromatography[J]. J Chromatogr A, 2000, 888(1—2): 251—254.

[20] Kramer J K, Blais L, Fouchard R C, et al. A rapid method for the determination of vitamin E forms in tissues and diet by high-performance liquid chromatography using a normal-phase diol column[J]. Lipids, 1997, 32(3): 323—330.

[21] Barua A B. Improved normal-phase and reversed-phase gradient high-performance liquid chromatography procedures for the analysis of retinoids and carotenoids in human serum, plant and animal tissues[J]. J Chromatogr A, 2001, 936(1—2): 71—82.

[收稿日期:2003-09-26]

中图分类号:R15;Q652;Q56 文献标识码:E 文章编号:1004-8456(2004)01-0065-06

[上接第81页]

表3 全国食品卫生监督行政处罚情况(2002年)

处罚 户 次数	受处罚情况											吊销 卫生 许可 证	取缔非 法经营 活动	
	警告	责令 改正	责令公告收回 已售出的食品		责令停 止生产 经营	责令销毁食品		没收违法所得		罚款				
			户 次数	重量 (公斤)		户 次数	重量 (公斤)	户 次数	金额 (元)	户次数	金额 (元)			
合计	505084	196829	181769	4320	541910	22191	74954	5470040	72413	2554795	2366922	65263794	18247	21245
生产加工业	69083	21343	22049	1112	323742	3949	12086	2355499	57382	948135	983507	16067002	3380	4021
批发零售业	150195	47936	43872	1916	202679	4548	47499	2579401	2783	923960	417292	15796436	1343	2763
饮食行业	195561	88070	80607	815	5164	8111	6945	233461	11339	591371	683794	26897321	10198	6895
职工食堂	16236	7864	7915	159	755	619	727	27224	38	41462	219730	4613499	25	576
食品摊贩	74009	31616	27326	318	9570	4964	7697	274455	871	49867	62599	1889536	3301	6990

表4 全国发生食物中毒及原因分析(2002年)

总计	中毒食物				致病因素				
	动物性食品	植物性食品	其它食品	不明食品	微生物性	农药及化学物	动植物	原因不明	
总计									
中毒起数	464	141	175	91	60	164	129	73	101
中毒人数	11572	4110	4942	1703	1258	6320	2332	1349	2013
死亡人数	68	17	31	23	3	6	36	22	8
集体食堂									
中毒起数	110	21	58	17	15	40	26	27	20
中毒人数	4054	793	2469	444	461	1675	1098	779	675
死亡人数	2	0	1	1	0	0	0	1	1
饮食服务单位									
中毒起数	106	49	13	25	22	67	11	5	23
中毒人数	2573	1545	217	524	466	1930	131	71	565
死亡人数	2	0	2	0	0	0	2	0	0
个体摊贩									
中毒起数	19	6	7	4	2	4	7	3	5
中毒人数	344	82	170	78	14	60	99	131	54
死亡人数	0	0	0	0	0	0	0	0	0
家庭									
中毒起数	188	60	79	28	19	36	76	30	46
中毒人数	2762	1282	1005	232	304	1234	857	271	467
死亡人数	59	13	28	21	3	6	30	20	7
其他场所									
中毒起数	41	5	18	17	2	17	9	8	7
中毒人数	1839	408	1081	425	13	1421	147	97	252
死亡人数	5	4	0	1	0	0	4	1	0