

婴幼儿配方食品中 B 族维生素测定方法研究进展

史贇学*, 姚 华, 李敏捷, 冉凌云

(成都产品质量检验研究院有限公司, 成都 610000)

摘 要: B 族维生素是人体维持正常生体机能的一类必需营养物质, 适量的摄取 B 族维生素对婴幼儿的成长发育至关重要, 而分析测定婴幼儿配方食品中的 B 族维生素含量对于科学指导和研究其添加量具有重要意义。本文就近年来国内外婴幼儿配方食品中 B 族维生素的测定分析方法进行了综述, 主要包括分光光度法、荧光分析法、高效液相色谱法、试管法等, 讨论了目前检测方法中存在的问题, 并对其发展趋势进行了展望, 为婴幼儿配方食品中 B 族维生素测定方法的进一步发展提供参考。

关键词: 婴幼儿配方食品; B 族维生素; 检测技术

Research progress on determination of B vitamins in infant formula food

SHI Yun-Xue*, YAO Hua, LI Ming-Jie, RAN Ling-Yun

(Chengdu Institute of Product Quality Inspection Co., Ltd, Chengdu 610000, China)

ABSTRACT: B vitamins are a type of essential nutrients for the human body to maintain normal biological functions. Appropriate intake of B vitamins is essential for the growth and development of infants and young children. The analysis and determination of B vitamins in infant formula food is of great significance for scientific guidance and study of its additive quantity. This article reviewed the determination and analysis methods of B vitamins in infant formula foods at home and abroad in recent years, mainly including spectrophotometry, fluorescence analysis, high performance liquid chromatography, test tube method, etc. It discussed the existing problems in current detection methods, and looked forward to its development trend, so as to provide reference for the further development of the determination method of B vitamins in infant formula food.

KEY WORDS: infant formula; B vitamins; detection technology

1 引 言

B 族维生素是人和动物机体维持正常生命活动必须的一类重要营养物质, 属于重要且典型的水溶性维生素, 化学结构复杂, 种类繁多, 大部分属于酶的组成部分或酶的辅基^[1,2]。这类维生素大多不能在机体内合成, 存储量也较小, 必须通过食物或外界环境摄取和补充^[3]。B 族维生素在人体内虽然含量很少, 但却对调节和稳定身体健康起着重要作用。当 B 族维生素摄入不足时, 将会影响婴幼儿的

正常发育和生长代谢, 甚者会引发维生素缺乏症, 对机体造成不可逆的伤害^[4]。

常见的 B 族维生素有 B₁、B₂、B₆、B₁₂、烟酸、泛酸、叶酸、生物素等, 均有其特有的生物活性。B 族维生素在参与人体的生长发育和正常生理代谢过程中, 起着极为重要的作用^[5]。例如, 维生素 B₁ 参与线粒体的能量代谢过程, 维生素 B₂ 维持和参与人体中脂肪、蛋白质和碳水化合物的代谢, 具有强化肾脏功能, 调节皮脂腺和毛囊粘膜的功能^[6,7]。同时泛酸、叶酸、生物素和维生素 B₁₂ 也是婴幼儿

*通讯作者: 史贇学, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: shiyunxue@vip.qq.com

*Corresponding author: SHI Yun-Xue, Master, Associate Professor, Chengdu Institute of Product Quality Inspection co.,Ltd, NO.16 Xingmao Street, Chengdu 610000, China. E-mail: shiyunxue@vip.qq.com

配方食品中最为常见的营养添加剂,是新生儿生长发育过程中必不可缺的营养物质^[8,9]。随着食品行业的飞速发展和人们对营养保健的日益重视,在日常食品和保健品中添加 B 族维生素也越来越普遍和多元化,在奶粉、米粉、果蔬汁等婴幼儿配方食品中也普遍添加有 B 族维生素^[10,11],但对其的添加量有着严格要求,因此对于婴幼儿配方食品中 B 族维生素的测定具有重要意义。但由于 B 族维生素在光热等环境下易分解的特性导致其分析测定过程中存在一定的难度。现阶段对婴幼儿配方食品中添加的 B 族维生素的分析测定方法主要有光谱分析法、色谱分析法、微生物法等^[12-14],其中现行的国标方法中,GB5413 和 GB5009 系列中对婴幼儿配方食品中的 B 族维生素的检测方法分别进行了规范,其中针对维生素 B₁、B₂、B₃、B₆的测定,第一法均为液相色谱法,而泛酸、叶酸、生物素和维生素 B₁₂的测定则全部为微生物方法^[15-20]。

本文对常见的婴幼儿配方食品中 B 族维生素的分析测定方法进行了总结,并对未来的发展方向进行了展望,为相关检测单位日常检测工作提供方法参考。

2 B 族维生素测定的前处理

食品中的 B 族维生素,通常分为游离态和结合态。食品中游离态的 B 族维生素通常用水解法直接提取即可,而针对婴幼儿配方食品的 B 族维生素的测定,通常先将样品中的蛋白质变性沉淀再使用有机溶剂提取;在婴幼儿配方食品中以结合态存在的 B 族维生素一般会被大分子化合物包裹或偶联,在提取时首先需要使其断开或释放,将结合态的 B 族维生素转化成游离态再进行提取。但游离态的 B 族维生素结构易被破坏^[21],B 族维生素的提取效率一般较低。另一种方法是使用高频超声波进行物理提取,例如微生物法对婴幼儿配方食品叶酸的测定中,使用氢氧化钠乙醇溶液对其充分溶解后进行超声提取,声波有助于样品在水解时均匀分散,并形成多种物理效应加速 B 族维生素的水溶,在提取的过程中要注意避光^[22,23],可适当加入抗氧化剂,如抗坏血酸盐,抗坏血酸盐与 β -巯基乙醇或者二硫苏糖醇相互作用,可以保护 B 族维生素的稳定性^[24]。傅红雪等^[25]分别使用国标法、酸解法、等电点对婴幼儿配方食品的样本进行处理,同时对提取剂和流动相配比进行优化,其中国标法和酸解法的相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)相对较小,而等电点法的 RSD 值偏大。实验得出,酸解法的样本前处理方法较为简单,具有准确度高,重复性好等优点,要优于国标法和等电点法。在部分研究中,针对乳粉和谷类辅食分别采用等电点沉淀和硫酸水解提取的方法,结合同位素标记定量,利用质谱的高选择性,从而获得了良好稳定的检测结果^[26,27]。另外,酶解法也是常见样品处理方法,在针对含有淀粉或是一些谷薯

类、肉蛋乳类、果蔬菌藻、豆制品及坚果的婴幼儿配方食品,则需要对样品加入对应的酶进行恒温孵育酶解,一般使用高峰淀粉酶,而在泛酸和叶酸的酶解过程中还需要加入鸡胰腺溶液、碱性磷酸酶和鸽子肝脏提取液以使样品充分反应^[28,29]。

3 测定方法

3.1 分光光度法

分光光度法是测定 B 族维生素最常用的方法之一,现行的国标和药典中,维生素 B₁、维生素 B₃ 和维生素 B₆ 都可以使用荧光分光光度计或紫外分光光度计进行测定^[30],江蔓等^[31]使用酸性双偶氮染料探针分光光度法针对婴幼儿配方奶粉中的维生素 B₁进行了测定,并与高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)进行了对比,后来该团队使用溴甲酚绿作为探针的分光光度法测定了市售婴幼儿奶粉中的维生素 B₁含量,通过对溶液酸度、显色剂浓度、试剂加入顺序和反应时间 4 个方面对实验条件进行了优化,方法的灵敏度、特异性、稳定性均良好。分光光度法最大的优点是不需要复杂昂贵的仪器,操作简便快速。但当维生素含量较低时,各个组分之间会存在成分干扰,吸收峰会形成重叠,影响检测结果^[32]。

3.2 荧光分析法

对于自身含有荧光特性或是可以与标记物结合发光的 B 族维生素,可以使用荧光法对其进行测定,例如叶酸结构中的吡嗪啉啉环含有特殊的吸收光谱,使用紫外照射可以形成蓝色荧光,根据叶酸的浓度与荧光强度的正比关系,从而测定出维生素的含量^[33]。分子荧光方法相较于分光光度法不仅灵敏度更高,而且检测限也更低。刘莉治等^[34]将液相与荧光方法结合检测婴幼儿配方奶粉中低含量的维生素 B₁ 和 B₂,该方法线性范围可以达到 10~1000 $\mu\text{g/L}$ 。该方法中维生素 B₁ 和 B₂ 的检测限分别可以达到 1.5 $\mu\text{g/L}$ 和 1.4 $\mu\text{g/L}$,荧光法也已被广泛的应用在婴幼儿配方食品中 B 族维生素的测定中,该方法具有灵敏度高,操作难度低,检测时间快等优点,但游离的 B 族维生素一般都具有较强的光敏性,因此该方法的整个操作过程都需要在严格避光条件下进行^[35,36]。

3.3 高效液相色谱法

高效液相色谱法是目前国内外针对 B 族维生素最常用的测定方法,例如,国标方法 GB5009.84-2016《食品中维生素 B₁的测定》^[37]中将其作为食品中维生素 B₁的规定检测方法。相较于其他方法具有检测快速、灵敏度高、重复性好的特点,并且可以与其他分析技术联用,样品用量小,因此 HPLC 法已广泛的应用于 B 族维生素的测定中。例如,王帅师^[38]使用 HPLC 法对婴幼儿配方奶粉中的维生

素 B₁ 进行测定, 将检测方法与国标进行了对比, 样品经过乙酸铅沉淀蛋白后直接用碱性铁氰化钾衍生, 省却了高温灭菌和酶解过夜的步骤, 缩短检测时间, 方法检出限为 0.2 mg/kg, 线性在 0.01~1.0 µg/mL。

3.4 高效液相色谱-串联质谱法

高效液相色谱-串联质谱法是近年来较常见的一种针对 B 族维生素的检测方法, 该方法相较于传统的液相色谱-紫外检测方法有着更高的灵敏度及更大的适用范围, 该方法将色谱的高效分离能力与质谱的灵敏度高、定性能力好等优点相结合。陈美君等^[39]使用建立了一种能够同时测定婴幼儿配方奶粉中 11 种 B 族维生素的超高压液相色谱-串联质谱法, 采用电喷雾离子源正离子模式, 对检测过程进行多反应检测, 分析时间控制在 12 min 内。方法线性范围良好, 样品前处理方法简单, 灵敏度高, B₁、B₂、烟酸、烟酰胺、泛酸(B₅)、吡哆醛、吡哆醇、吡哆胺、叶酸、游离生物素和 B₁₂ 的定量下限分别为 40.0、40.0、30.0、30.0、50.0、0.9、1.2、1.2、2.0、2.0、0.2 µg/100 g。王凤玲等^[40]建立了高效液相色谱-串联质谱法对婴幼儿配方奶粉中叶酸、维生素 B₁₂、生物素同时进行定性和定量分析的方法, 同时, 婴幼儿配方奶粉中富含蛋白质、糖类和脂质, 该研究对样品前处理方法进行了优化, 实验结果准确, 加标回收率高。卢兰香等^[41]针对婴幼儿配方乳粉及婴幼儿谷物类辅食这 2 种不同基质的样品, 通过比较不同的样本提取和纯化方法的影响, 建立了婴幼儿配方食品中生物素的液相色谱-串联质谱测定方法。

3.5 试管法

针对婴幼儿配方食品中添加的 B 族维生素, 微生物法也是国内外现在普遍采用的检测方法, 因为某种维生素是特定细菌繁殖所必须的物质, 利用这种对应的代谢关系结合比浊法或滴定法对细菌的繁殖程度或代谢产物进行测定, 从而间接得出所含维生素的含量, 该方法具有极强的特异性, 已经成为大部分国内外机构进行婴幼儿配方食品中 B 族维生素检测分析的第一方法或标准方法, 在 17 版的 AOAC 分析检测方法中, 食品中的维生素 B₆、维生素 B₁₂ 和生物素, 叶酸, 泛酸、尼克酸的第一检测法皆为微生物法, 维生素 B₁ 和 B₂ 的第二检测法为微生物法。相较于其他仪器的检测方法, 微生物方法可以很好的反应待测样本中总维生素的含量^[42]。针对测定 B 族维生素的微生物法诞生至今已有 70 年左右的历史, 随着分析技术和理论的不完善与快速发展, 检测方法也逐渐多元化, 针对 B 族维生素的微生物检测方法往往需要大批量的试管, 尤其在样品数目较多的情况下, 对操作者的要求比较高且工作量和强度较大。1970 年由 Davis 等^[43]使用具有氯霉素抗性的鼠李糖乳杆菌在含有氯霉素的培养基中对叶酸进行分析测定, 从而降低了检测损耗。后来

相继由国外学者对鼠李糖乳杆菌测定叶酸方法进行不断完善, 使得检测时间从 4 d 缩短到 2 d^[44]。到现在, 通过全自动的微生物浊度分析仪对样品进行智能的梯度稀释, 根据标准溶液和样品中菌的生长情况, 建立对应的分析定量方法^[45,46]。从而使得用于 B 族维生素检测的微生物方法得到不断的完善和更新。

3.6 微生物试剂盒法

国内外部分实验室采用试剂盒对婴幼儿配方食品中的 B 族维生素进行测定, 利用包被特异性微生物的微孔板为反应平台, 实验过程中只需要加入培养基、标准液和样品稀释液^[47,48]。以德国拜发公司为代表研发的微生物法维生素检测试剂盒以 96 孔板为检测载体, 采用以国际标准一致的原理, 通过微孔培养的方式结合实验室普遍配备的酶标仪, 大大的减少了操作的困难程度和工作量。黄晓林等^[49]使用德国 IFP 维生素 B₁₂ 检测试剂盒对婴幼儿配方乳粉中维生素 B₁₂ 进行检测, 整体实验过程相比较现行的国标方法有着步骤便捷, 检测快速, 方法稳定性好的优势, 但微生物试剂盒法的检测成本较高。余文等^[50]采用试剂盒方法同时对 28 组婴幼儿配方乳粉样本中的叶酸含量进行了测定, 结果显示试剂盒方法回收率在 95%~105%之间, 实验精密度良好, 并且检测结果与 GB 5413.16-2010 试管法相比无显著性差异 ($P=0.98$)。

4 小 结

B 族维生素作为一种重要的营养补充剂和生物活性物质, 在婴幼儿配方食品领域受到越来越多的关注, 随着各国对婴幼儿配方食品中营养成分的严格监管以及添加量准确性的严格要求, 样本容量和检测范围也逐渐扩大, 相应的对婴幼儿配方食品中的维生素检测技术有了更高和更迫切的要求。本文讨论了现阶段针对婴幼儿配方食品中 B 族维生素分析测定中常用的一些方法, 对比了不同方法的优劣。随着新的检测方法的逐渐成熟, 婴幼儿配方食品中 B 族维生素的测定不再局限于传统方法。目前国标方法对于婴幼儿配方食品中的 B 族维生素检测都是针对其中一种单独进行检测, 建立可同时对多种维生素进行分析测定且准确高效的方法, 是今后婴幼儿配方食品中 B 族维生素检测分析领域的热点和重点。

参考文献

- [1] 常相娜, 黄荣清, 王正平, 等. B 族维生素测定方法研究进展[J]. 科学技术与工程, 2004, 4(4): 312-316.
Chang XN, Huang RQ, Wang ZP, et al. Research progress in the determination of B vitamins [J]. Sci Technol Eng, 2004, 4(4): 312-316.
- [2] 李克, 王华娟, 潘朝晖, 等. 离子对反相高效液相色谱法同时测定复合

- 维生素片中 4 种水溶性维生素[J]. 色谱, 2003, (1): 66-68.
- Li K, Wang HJ, Pan ZH, *et al.* Simultaneous determination of four water-soluble vitamins in multivitamin tablets by plasma-pair reversed-phase high performance liquid chromatography [J]. *Chromatography*, 2003, (1): 66-68.
- [3] 刘然, 王东兴, 张克禄, 等. 快速分离检测婴幼儿配方奶粉中水溶性 B 族维生素[J]. 食品工程, 2016, (4): 53-54, 58.
- Liu R, Wang DX, Zhang KL, *et al.* Rapid separation and detection of water-soluble B vitamins in infant formula milk powder [J]. *Food Eng*, 2016, (4): 53-54, 58.
- [4] Hampel, Daniela. Ultra-performance liquid chromatography tandem mass-spectrometry (UPLC-MS/MS) for the rapid, simultaneous analysis of thiamin, riboflavin, flavin adenine dinucleotide, nicotinamide and pyridoxal in human milk [J]. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*, 2012, 903(16): 7-13.
- [5] Muppariqoh NM, Wahyuni WT, Putra BR. Detection of vitamin B₁ (thiamine) using modified carbon paste electrodes with polypyrrole [J]. *Iop Confer*, 2017, 58: 12050.
- [6] Shankar-Hari M, Phillips GS, Levy ML, *et al.* Developing a new definition and assessing new clinical criteria for septic shock [J]. *J Am Med Associat*, 2016, 315(8): 775.
- [7] 李文霞, 柯尊记. 维生素 B₁ 缺乏与老年性痴呆[J]. 生命科学, 2013, 25(2): 184-190.
- Li WX, Ke ZJ. Vitamin B₁ deficiency and senile dementia [J]. *Life Sci*, 2013, 25(2): 184-190.
- [8] 吴晖云, 林利平. 核黄素缺乏大鼠红细胞膜流动性与脂质过氧化关系的研究[J]. 营养学报, 1993, (4): 407-410.
- Wu HY, Lin LP. Study on the relationship between erythrocyte membrane fluidity and lipid peroxidation in rats with riboflavin deficiency [J]. *Chin J Nutr*, 1993, (4): 407-410.
- [9] 沈思宇, 姜连阁, 侯典朋, 等. 影响婴幼儿配方奶粉中维生素 B₂ 稳定性因素[J]. 食品工业, 2019, 40(4): 96-100.
- Shen SY, Jiang LG, Hou DP, *et al.* Factors affecting the stability of vitamin B₂ in infant formula milk powder [J]. *Food Ind*, 2019, 40(4): 96-100.
- [10] 刘娜, 陈大舟, 汤桦, 等. 婴儿配方奶粉中 8 种水溶性维生素的高效液相色谱同时测定[J]. 分析测试学报, 2008, 27(4): 408-411.
- Liu N, Chen DZ, Tang H, *et al.* Simultaneous determination of 8 water-soluble vitamins in infant formula milk powder by high performance liquid chromatography [J]. *Chin J Anal Lab*, 2008, 27(4): 408-411.
- [11] 梁敏慧, 崔亚娟, 叶润, 等. UPLC-IDMS 法测定配方奶粉中的生物素含量[J]. 食品科学, 2015, 36(4): 136-140.
- Liang MH, Cui YJ, Ye R, *et al.* Determination of biotin content in formula milk powder by UPLC-IDMS method [J]. *Food Sci*, 2015, 36(4): 136-140.
- [12] 尹焯, 杨懿, 李永新, 等. 高效液相色谱法同时测定乳制品中的泛酸和生物素[J]. 现代预防医学, 2018, 45(4): 708-711.
- Yin S, Yang Y, Li YX, *et al.* Simultaneous determination of pantothenic acid and biotin in dairy products by high performance liquid chromatography [J]. *Mod Prev Med*, 2018, 45(4): 708-711.
- [13] 廖冰君, 左程丽. B 族维生素检测方法及其使用[J]. 食品安全导刊, 2009, (8): 40-41.
- Liao BJ, Zuo CL. B vitamins detection method and its use [J]. *Chin Food Saf Mag*, 2009, (8): 40-41.
- [14] 梁敏慧, 崔亚娟, 叶润, 等. UPLC-IDMS 法测定配方奶粉中的生物素含量[J]. 食品科学, 2015, 36(4): 136-140.
- Liang MH, Cui YJ, Ye R, *et al.* Determination of biotin content in formula milk powder by UPLC-IDMS method [J]. *Food Sci*, 2015, 36(4): 136-140.
- [15] GB 5009.85-2016 食品安全国家标准 食品中维生素 B₂ 的测定[S]. GB 5009.85-2016 National food safety standard-Determination of vitamin B₂ in foods [S].
- [16] GB 5009.89-2016 食品安全国家标准 食品中烟酸和烟酰胺的测定[S]. GB 5009.89-2016 National food safety standard-Determination of niacin and nicotinamide in food [S].
- [17] GB 5009.154-2016 食品安全国家标准 食品中维生素 B₆ 的测定[S]. GB 5009.154-2016 National food safety standard-Determination of vitamin B₆ in foods [S].
- [18] GB 5009.210-2016 食品安全国家标准 食品中泛酸的测定[S]. GB 5009.210-2016 National food safety standard-Determination of pantothenic acid in food [S].
- [19] GB 5009.259-2016 食品安全国家标准 食品中生物素的测定[S]. GB 5009.259-2016 National food safety standard-Determination of biotin in food [S].
- [20] GB 5009.211-2014 食品安全国家标准 食品中叶酸的测定[S]. GB 5009.211-2014 National food safety standard-Determination of folic acid in food [S].
- [21] Konings EJM. Committee on food nutrition: Water-soluble vitamins [J]. *J AoAC Int*, 2006, 89(1): 147-149.
- [22] Lee JE, Chan AT. Fruit, vegetables, and folate: Cultivating the evidence for cancer prevention [J]. *Gastroenterology*, 2011, 141(1): 16-20.
- [23] Strandler HS, Patring J, Jgerstad M, *et al.* Challenges in the determination of unsubstituted food folates: Impact of stabilities and conversions on analytical results [J]. *J Agric Food Chem*, 2015, 63(9): 2367-2377.
- [24] Santos J, Mendiola JA, Oliveira MBPP, *et al.* Sequential determination of fat- and water-soluble vitamins in green leafy vegetables during storage [J]. *J Chromatogr A*, 2012, 1261: 179-188.
- [25] 傅红雪, 陈万勤, 刘柱, 等. 3 种前处理-HPLC 法测定婴幼儿配方食品中维生素 B₁[J]. 食品工业, 2020, 41(4): 281-285.
- Fu HX, Chen WQ, Liu Z, *et al.* Determination of vitamin B₁ in infant formula food by three pretreatment-HPLC methods [J]. *Food Ind*, 2020, 41(4): 281-285.
- [26] Wang, Perry G, Zhou, *et al.* Rapid determination of cocamidopropyl betaine impurities in cosmetic products by core-shell hydrophilic interaction liquid chromatography-tandem mass spectrometry [Z]. 2016.
- [27] Gill BD, Sheila S, Wood JE, *et al.* A rapid method for the determination of biotin and folic acid in liquid milk, milk powders, infant formula, and milk-based nutritional products by liquid chromatography-tandem mass

- spectrometry [J]. *J AoAC Int*, 2018, (5): 5.
- [28] 李兴霖, 杨光, 赵平, 等. 微生物法测定婴幼儿配方乳粉中的泛酸含量 [J]. *食品安全质量检测学报*, 2017, (6): 2257-2262.
- Li XL, Yang G, Zhao P, *et al.* Determination of pantothenic acid in infant formula milk powder by microbiological method [J]. *J Food Saf Qual*, 2017, (6): 2257-2262.
- [29] 田浩, 王志伟, 顾文佳, 等. 微生物法测定食品中叶酸、泛酸、生物素、维生素 B₁₂ 注意事项和实践 [J]. *中国标准化*, 2018, 529(17): 128-131.
- Tian H, Wang ZW, Gu WJ, *et al.* Precautions and practice for the determination of folic acid, pantothenic acid, biotin and vitamin B₁₂ in food by microbiological method [J]. *Chin Stand*, 2018, 529(17): 128-131.
- [30] 汪恩婷, 杨京, 蒲艳红, 等. 食品中维生素检测技术研究进展 [J]. *科研*, 2016, (8): 151.
- Wang ET, Yang J, Pu YH, *et al.* Research progress in the detection technology of vitamins in food [J]. *Sci Res*, 2016, (8): 151.
- [31] 江蔓, 杨智, 王凤怡, 等. 酸性双偶氮染料探针分光光度法测定奶粉中的维生素 B₁ [J]. *理化检验: 化学分册*, 2016, (4): 466-468.
- Jiang M, Yang Z, Wang FY, *et al.* Spectrophotometric determination of vitamin B₁ in milk powder with acid bisazo dye probe [J]. *Phys Test Chem Anal Part: Chem*, 2016, (4): 466-468.
- [32] 王凤怡, 江蔓, 杨智, 等. 溴甲酚绿探针分光光度法测定奶粉中维生素 B₁ [J]. *化学研究与应用*, 2015, 27(12): 122-124.
- Wang FY, Jiang M, Yang Z, *et al.* Spectrophotometric determination of vitamin B₁ in milk powder with bromocresol green probe [J]. *Chem Res Appl*, 2015, 27(12): 122-124.
- [33] 康文怀, 叶晓利, 李慧, 等. 食品中叶酸分析方法及稳定性研究进展 [J]. *河北科技大学学报*, 2019, 40(5): 446-453.
- Kang WH, Ye XL, Li H, *et al.* Research progress on analysis methods and stability of folic acid in food [J]. *J Hebei Univ Sci Technol*, 2019, 40(5): 446-453.
- [34] 刘莉治, 林玉娜, 周洪伟, 等. 婴儿奶粉中维生素 B₁ 和 B₂ 的高效液相荧光测定法 [J]. *环境与健康杂志*, 2009, 26(5): 451-452.
- Liu LZ, Lin YN, Zhou HW, *et al.* High performance liquid fluorescence determination of vitamin B₁ and B₂ in infant milk powder [J]. *J Environ Health*, 2009, 26(5): 451-452.
- [35] 王永芳, 韩宏伟, 赵馨, 等. 光黄素荧光法测定保健食品中的维生素 B₂ 的方法研究 [J]. *中国食品卫生杂志*, 2000, 12(2): 20-22.
- Wang YF, Han HW, Zhao X, *et al.* Determination of vitamin B₂ in health food by phoflavin fluorescence method [J]. *Chin J Food Hyg*, 2000, 12(2): 20-22.
- [36] 王妙云, 叶蔚云, 蒋翠萍. 光黄素荧光法测定食物中的核黄素 [J]. *中国卫生检验杂志*, 2005, 15(3): 333, 338.
- Wang MY, Ye WY, Jiang CP. Determination of riboflavin in food by photoflavin fluorescence method [J]. *Chin J Health Inspect*, 2005, 15(3): 333, 338.
- [37] GB 5009. 84-2016 食品安全国家标准 食品中维生素 B₁ 的测定 [S].
GB 5009. 84-2016 National food safety standard-Determination of vitamin B₁ in foods [S].
- [38] 王帅帅. HPLC 法快速测定婴幼儿配方奶粉中维生素 B₁ [J]. *食品工业*, 2017, (4): 304-306.
- Wang SS. Rapid determination of vitamin B₁ in infant formula milk powder by HPLC [J]. *Food Ind*, 2017, (4): 304-306.
- [39] 陈美君, 王旻, 亢美娟, 等. 超高压液相色谱-串联质谱法同时测定婴幼儿配方乳粉中 11 种 B 族维生素 [J]. *食品科学*, 2016, 37(4): 144-153.
- Chen MJ, Wang M, Kang MJ, *et al.* Simultaneous determination of 11 B vitamins in infant formula milk powder by ultra-high pressure liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Food Sci*, 2016, 37(4): 144-153.
- [40] 王凤玲, 刘爱国, 孙佳佳, 等. 高效液相色谱-质谱法同时测定婴幼儿配方奶粉中叶酸、VB₁₂ 和生物素 [J]. *食品科学*, 2013, 34(22): 269-272.
- Wang FL, Liu AG, Sun JJ, *et al.* Simultaneous determination of folate, VB₁₂ and biotin in infant formula milk powder by High performance liquid chromatography-mass spectrometry [J]. *Food Sci*, 2013, 34(22): 269-272.
- [41] 卢兰香, 薛霞, 公丕学, 等. 婴幼儿配方乳粉和谷类辅助食品中生物素含量的测定 [J]. *中国乳品工业*, 2020, 48(4): 45-50.
- Lu LX, Xue X, Gong PX, *et al.* Determination of biotin content in infant formula milk powder and cereal supplementary food [J]. *China Dairy Ind*, 2020, 48(4): 45-50.
- [42] 雷涛, 张辉, 韩惠雯, 等. 婴幼儿配方奶粉中水溶性维生素的检测方法研究 [J]. *乳业科学与技术*, 2007, (2): 81-83.
- Lei T, Zhang H, Han HW, *et al.* Study on the detection methods of water-soluble vitamins in infant formula milk powder [J]. *Dairy Sci Technol*, 2007, (2): 81-83.
- [43] Davis RE, Nicol DJ, Kelly A. An automated method for the measurement of folate activity [J]. *J Clin Path*, 1970, 23: 47-53.
- [44] Grossowicz N, Waxman S, Sereiber C. Cryoprotected *Lactobacillus casei*: an approach to standardization of microbiological assay of folic acid in sorum [J]. *Clin Chem*, 1981, 27: 745-747.
- [45] 黎旭茹, 张沁, 刘春丽. 应用自动浊度微生物分析仪测定维生素片剂中的生物素 [J]. *广州医药*, 2006, 37(6): 58-60.
- Li XR, Zhang Q, Liu CL. Determination of biotin in vitamin tablets with automatic turbidity microbiological analyzer [J]. *Guangzhou Med*, 2006, 37(6): 58-60.
- [46] 卢京光, 裴琳, 杨龙华. 在线微生物浊度法测定多维元素片中微量维生素 B₁₂ 的含量 [J]. *药物分析杂志*, 2011, 31(9): 1837-1839.
- Lu JG, Pei L, Yang LH. On-line microbial turbidimetric determination of trace vitamin B₁₂ in multi-element tablets [J]. *Chin J Pharm Anal*, 2011, 31(9): 1837-1839.
- [47] 王赢, 袁辰刚, 谢小珏, 等. 微孔板式微生物法快速测定婴儿奶粉中维生素 B₁₂ 的研究 [J]. *食品工业*, 2015, (6): 280-283.
- Wang Y, Yuan CG, Xie XJ, *et al.* Study on the rapid determination of vitamin B₁₂ in infant milk powder by micro-plate microbiological method [J]. *Food Ind*, 2015, (6): 280-283.
- [48] 余文, 谢冠东, 崔生辉. 试剂盒法快速检测婴幼儿乳粉及功能饮料中维生素 B₁₂ 的研究 [J]. *食品安全质量检测学报*, 2016, (6): 2477-2482.
- Yu W, Xie GD, Cui SH. The rapid detection of vitamin B₁₂ in infant milk powder and functional beverages with a kit method [J]. *J Food Saf Qual*,

2016, (6): 2477-2482.

(责任编辑: 韩晓红)

[49] 黄晓林, 王森, 张丽宏, 等. IFP 微孔板试剂盒检测配方乳粉中维生素 B₁₂ 方法探讨[J]. 中国乳品工业, 2010, (7): 50-51.

Huang XL, Wang M, Zhang LH, *et al.* Discussion on IFP microplate kit for the detection of vitamin B₁₂ in formula milk powder [J]. China Dairy Ind, 2010, (7): 50-51.

[50] 余文, 谢冠东, 陈怡文, 等. 试剂盒法快速检测婴幼儿乳粉中叶酸含量 [J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(18): 48-51.

Yu W, Xie GD, Chen YW, *et al.* Rapid detection of folic acid in infant milk powder by kit method [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(18): 48-51.

作者简介



史贇学, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: shiyunxue@vip.qq.com

“生物毒素研究”专题征稿函

随着社会经济的发展, 人民越来越关注食品的安全问题。在日常生活中, 食物中毒事件时有发生。在食品安全事件中, 生物毒素中毒事件占一定比例。生物毒素是生物体内所产生的有毒代谢产物, 包括微生物毒素、植物毒素、动物毒素和海洋毒素。生物毒素不仅对消费者的健康造成危害, 还会对养殖业、种植业、畜牧水产业等行业造成巨大的经济损失。因此, 关注食品中生物毒素的安全, 是一项具有重大经济意义和科学意义的事情。

鉴于此, 本刊特别策划“生物毒素研究”专题。专题将围绕生物毒素的产生与调控机制、生物毒素的快速检测与筛查技术、生物毒素的脱毒方法与机制、生物毒素的毒理研究与风险评估、生物毒素的标准物质研发、生物毒素型药物的开发研究等问题展开讨论, 计划在 2021 年 1~2 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编国家食品安全风险评估中心吴永宁研究员及编辑部全体成员特别邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在 2020 年 12 月 30 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题**生物毒素研究**):

网站: www.chinafoodj.com(备注投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者登录-注册投稿-投稿选择“专题: **生物毒素研究**”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsq@126.com(备注: **生物毒素研究**专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部