

特殊医学用途婴儿配方奶粉中B族维生素 检测方法的研究进展

刘 真^{1, 2}, 王玉梅^{1, 2}, 孙小杰^{1, 2*}

[1.南京市食品药品监督检验院, 江苏南京 211198; 2.江苏省市场监管重点实验室(食品真实性鉴别技术), 江苏南京 211198]

摘 要: 特殊医学用途婴儿配方奶粉作为进食受限、消化吸收障碍、代谢紊乱或者患有特定疾病婴儿的主要食物来源, 对该类婴儿身体健康发育至关重要。B族维生素是其中添加的主要营养成分, 可有效参与维持婴儿正常的身体代谢机能, 因此准确检测和监控特殊医学用途婴儿配方奶粉中B族维生素的含量十分必要。本研究综述了近年来特殊医学用途婴儿配方奶粉中B族维生素分析检测方法的研究进展, 总结了其中存在的问题, 展望了其未来的发展趋势, 以期为该领域B族维生素检测方法的优化与创新提供理论参考。

关键词: 特殊医学用途婴儿配方奶粉; B族维生素; 检测

文章编号: 1671-4393 (2026) 02-0061-07

DOI:10.12377/1671-4393.26.02.10

Research Progress on Determination Methods of B Vitamins in Special Medical-purpose Infant Formula

LIU Zhen^{1, 2}, WANG Yumei^{1, 2}, SUN Xiaojie^{1, 2*}

(1.Nanjing Institute for Food and Drug Control, Nanjing Jiangsu 211198; 2.Key Laboratory of Food Authenticity Identification Technology for Jiangsu Province Market Regulation, Nanjing Jiangsu 211198)

Abstract: Special medical-purpose infant formula serves as the primary food source for infants with restricted diets, digestive and absorption disorders, metabolic disturbances or specific diseases. It is of vital importance for the healthy development of the bodies of such infants. B vitamins are the main added nutrients that effectively participate in maintaining the normal metabolic functions of infants. Therefore, it is extremely necessary to accurately

基金项目: 南京市市场监督管理局科技项目 (Kj2023020; Kj2023022)

作者简介: 刘 真 (1992-), 女, 河南信阳人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为食品、化妆品安全检测;

王玉梅 (1990-), 女, 江苏盐城人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为食品、化妆品安全检测。

通信作者: 孙小杰 (1982-), 男, 江苏扬州人, 硕士, 正高级工程师, 研究方向为食品、化妆品安全检测。

determine and monitor the content of B vitamins in special medical-purpose infant formula. This study reviewed the research advancements in the analytical determination methods of B vitamins in special medical-purpose infant formula in recent years, summarized the existing problems, and looked forward to the future development trends, with the aim of providing theoretical references for the optimization and innovation of B vitamin determination methods in this field.

Keywords: special medical-purpose infant formula; B vitamins; determination

特殊医学用途配方食品是一款为满足特定人群的特殊需要而专门加工配制而成的配方食品，适用范围可区分为1岁以下婴儿和1岁以上特定人群^[1, 2]。其中，特殊医学用途婴儿配方奶粉（简称“特医配婴儿奶粉”）作为特殊疾病状态婴儿主要甚至唯一的食物来源，对其身体健康发展至关重要。

B族水溶性维生素是婴儿生长发育的关键营养素，广泛参与维持婴儿的能量代谢、神经发育和免疫功能等，属于婴儿生长周期中不可缺少又不得过量使用的营养成分。常见的B族水溶性维生素有维生素B₁（硫胺素）、B₂（核黄素）、B₃（烟酸、烟酰胺）、B₅（泛酸）、B₆（吡哆醇、吡哆醛、吡哆胺）、B₇（生物素）、B₉（叶酸）、B₁₂（钴胺素）等。多样化的B族维生素在生命机能中发挥着不同作用^[3~5]。如B₁、B₂可作为辅酶参与身体代谢中的化学反应以确保正常的能量代谢；B₃具备一定的抗氧化、抗炎功能；B₅与免疫调节功能联系紧密，可有效激活巨噬细胞的吞噬作用。因此，研究B族水溶性维生素的准确定量方法，对规范特医配婴儿奶粉中添加B族水溶性维生素的安全使用量并对其进行有效监管，从而保障特殊疾病状态婴儿能够科学、合理地摄入维生素十分必要。

特医配婴儿奶粉的具体用途不同，分类繁多，常见的有乳蛋白深度水解配方奶粉/氨基酸配方奶粉、乳蛋白部分水解配方奶粉、无/低乳糖配方奶粉、早产/低出生体重配方奶粉等^[1]，其基质成分复杂，且维生素会与基质成分形成结合态、提取至待测溶液中后又易降解，这就为准确定量其中的维生

素含量带来挑战。近年来，随着分析检测技术的进步，B族维生素检测的灵敏度和准确性有了显著提高，但仍存在局限性。本研究介绍了当前B族维生素的分析检测方法^[6~10]，讨论不同检测方法的优劣势，综述了近5年特医配婴儿奶粉中B族维生素测定方法的研究进展^[8, 11~23]，总结面临的关键挑战及问题，并探讨未来的研究方向，以期为满足相关产品营养把控和食品安全监管的双重需求提供参考。

1 B族维生素检测方法

1.1 光谱法

光谱法所需的仪器通常较简单，一般紫外-可见分光光度计或荧光分光光度计即可满足需求，其操作简便、检测成本较低，适用于某些B族维生素的测定。在具体的试验过程中，可利用B族维生素的紫外或者荧光特性完成定量测定，或借助B族维生素与某些信号分子发生反应产生紫外或荧光信号。如Wang等^[6]合成了一种铜纳米荧光探针，通过与核黄素之间的能量共振转移效应产生荧光信号的变化，实现核黄素的定量检测。然而，这种传统的光谱分析方法不适合复杂基质中B族维生素的分析测定，也不能实现多组分维生素的同时分析检测。

随着化学计量学方法的迅猛发展，研究人员借助该手段结合光谱方法一定程度上解决了多目标维生素组分信号重叠和干扰的问题。如图1所示，殷博等^[7]利用切比雪夫（Tchebichef）图像矩方法，结合三维荧光图谱建立了一种同时定量检测维生素B₁、B₂和B₆的模型，验证该模型具有较高的准确性和可

靠性。然而，该模型仅适用于复合维生素B片的检测。作为一款纯度较高、杂质较低的保健食品，复合维生素B片并非复杂的样品体系。

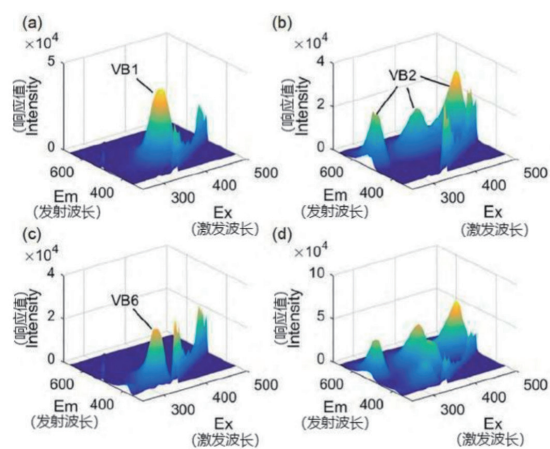


图 1 三维荧光光谱图^[7]

Figure 1 Three-dimensional Fluorescence Spectrogram^[7]

注：（a）维生素B₁，（b）维生素B₂，（c）维生素B₆，（d）混合标准样本

1.2 高效液相色谱法（HPLC）

在光谱法的基础上，引入液相色谱的分离功能，能够有效解决多元维生素检测过程中的干扰问题。通过色谱柱的分离，使不同维生素在不同保留时间处出峰，实现多元维生素的空间分离和定量分析。康翠欣等^[8]基于HPLC-DAD/FLD建立了同时测定婴幼儿配方奶粉中B₂、B₃、吡哆醇、吡哆醛的方法，各物质定量限为40.0~200.0 μg/100 g。该研究中双检测器的使用，能同时兼顾婴幼儿配方奶粉样品中含量较高的B₃（使用DAD检测器分析），含量较低的其他3种组分（使用FLD检测器分析），如图2所示。受限于紫外/二极管阵列检测器本身的灵敏度有限，以及液相色谱仪系统可承受压力通常较低，导致一次色谱分析耗时过长，一般需要0.5~1 h的梯度洗脱，才能获得理想的色谱峰分离数据。此外，某些B族维生素，如B₁₂结构复杂、分子量大，B₇缺少强发色基团，B₅的UV响应较弱，这些问题使上述目标物的液相色谱分析检测面临一定挑战。

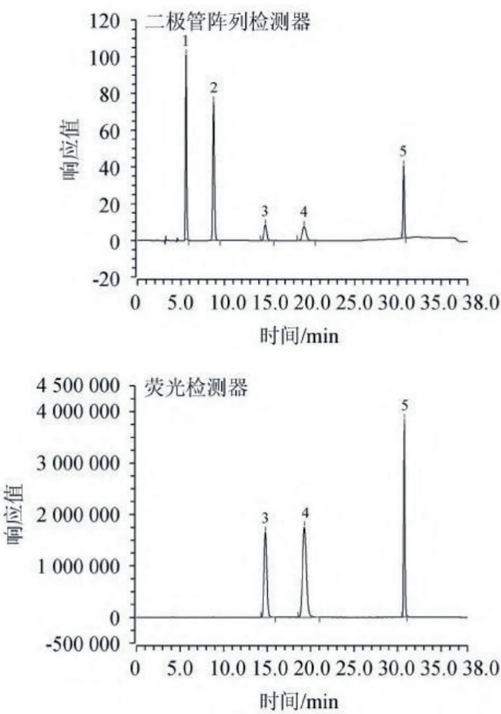


图 2 5 种 B 族维生素混合标准溶液色谱图^[8]

Figure 2 Chromatogram of a Standard Solution Mixture of 5 B Vitamins^[8]

1.3 液相色谱 - 串联质谱法（LC-MS/MS）

与HPLC相比，LC-MS/MS有显著优势，更适合复杂基质中目标物的分析检测。除具备HPLC可色谱分离的特点外，LC-MS/MS一般基于电离产生的离子化碎片丰度进行定量分析，极大提升目标物的选择性，同时避免目标物之间的干扰性，提高检测的通量；且串联质谱仪系统承压能力的大幅提升使得分析时间大幅降低，有更高的检测效率。王雪楠等^[9]基于LC-MS/MS建立液体乳中11种营养成分定量分析方法，其中涉及B族维生素的有B₁、B₂、B₃、B₅、B₆、B₇，定量限为0.20~1.25 μg/L。余清等^[10]基于LC-MS/MS建立奶粉中11种B族维生素含量的检测方法，定量限为16.7~66.7 μg/kg，操作简便、用样量少。Shetty等^[24]利用LC-MS/MS对奶牛、山羊、水牛和巴氏杀菌乳等不同鲜奶样品中近20种B族维生素建立了定量检测方法，各物质回收率>80%。上述研究结果表明，LC-MS/MS在目标物检测通量方面有显著提升，在实现更高通量检测需求方面有更高效

率，但上述研究均需借助高端仪器设备（液相色谱-串联质谱仪），该类设备投入成本较高，且需要操作人员具备一定的专业技术背景和设备操作技能。

1.4 微生物法

微生物法在某些B族维生素的检测中应用广泛，其原理是某些细菌的生长与特定的维生素含量存在相关性。陈琼等^[25]基于《GB 5009.211—2022 食品中叶酸的测定》中方法通过相关影响因子的优化，改善微生物法测定食品中B₉结果的稳定性。孟静等^[26]基于微生物法，利用植物乳杆菌对B₇的特异性响应实现特殊医学用途配方食品中B₇含量的定量检测，并进行不确定度的评定。此外，随着生物试剂盒的迅速发展，基于微生物法检测原理，当前已有多款品牌的维生素试剂盒可供维生素的快速检测使用^[27]。而微生物法的局限性在于，检测对象必须具有一定的生物活性，有合适的菌群与其产生特异性的灵敏反应。尽管不太适合完成高通量多组分的定量分析检测，但得益于其较低的实验成本、较便利的操作步骤，微生物法更适合基层检测应用。

1.5 其他方法

除了上述主流检测方法外，B族维生素的检测也有其他非主流的解决方案，如毛细管电泳法^[28]、电化学/光学生物传感器法^[29]、时间分辨荧光微球免疫层析法^[11]等。这些方法为B族维生素的检测提供了更多可能性。

2 特医配婴儿奶粉中B族维生素检测研究及进展

与普通婴儿配方奶粉不同，特医配婴儿奶粉为适应患病婴儿的需求而精心开发设计，配方复杂，且不同类型产品的成分多样，加之B族维生素容易以结合态存在，使其准确定量检测更加困难。郭美娟等^[30]研究了国标方法针对特殊医学用途婴儿配方食品中部分B族维生素的基质适用性，指出特殊医学用途婴儿配方食品中维生素B₁、B₂、B₆和烟酸基于国标方法检测时存在一定的方法不适用性。较多特殊医学用途配方食品添加的主要成分是乳糖、麦

芽糊精、葡萄糖浆、玉米糖浆等，其他蛋白质等物质也来源复杂；且水解配方产品基质中存在肽、氨基酸等新组分，不同于普通婴儿配方奶粉以生牛乳为主要使用原料，蛋白质来源多为乳蛋白或大豆蛋白、来源相对简单；上述两种基质差别较大，造成特医配类食品在试验中存在蛋白难沉淀、目标物出峰干扰、回收率偏低等问题，需要对方法进行必要改进。Park等^[17]指出谷物奶粉中维生素B₁₂通常以极低含量水平和不同形式存在，增加了其检测难度，该研究重点针对含淀粉成分的谷物婴儿配方奶粉这一复杂基质中维生素B₁₂建立了免疫亲和-高效液相色谱分析方法，利用α-淀粉酶结合免疫亲和柱消除奶粉基质中淀粉成分的干扰，有效分离检测痕量维生素B₁₂。

近年来，已有不少学者针对婴儿配方奶粉及相关基质中B族维生素的检测进行研究和报道，但针对特医配婴儿奶粉中相关营养素的检测报道仍然较少。表1对近5年相关研究的最新进展进行总结，介绍了在婴儿配方奶粉中B族维生素检测领域的应用实例，并列出其技术方法、检测目标物、检测限/定量检测范围及检测对象等，进一步总结对比其中的优劣势和应用前景。

3 特医配婴儿奶粉中B族维生素检测未来研究方向

前期已有学者在特医配婴儿奶粉中B族维生素检测研究领域取得卓越成果。Monireh等^[13]合成磁性Mg/Fe层状双氢氧化物纳米吸附剂的新型材料，用于婴幼儿奶粉和食品补充剂复杂样品中维生素B₁和B₆的定量检测，该材料具备较大比表面积，有利于扩大被测物含量的检测范围，且提取过程时间可缩短至6 min；Antherjanam等^[29]基于维生素B₁₂具备电化学活性的特点综述了电化学传感器在维生素B₁₂定量分析检测方面的研究应用，其中提到传感器构建中ITO（氧化铟锡）电极的使用能够使其检测限降低至皮摩尔水平；Lu等^[11]结合时间分辨荧光微球免疫层析技术制备的荧光免疫层析试纸条将生物信号转变为

表 1 婴儿配方奶粉及相关基质中 B 族维生素检测方法列表^[8, 11~23]
Table 1 List of Detection Methods for B Vitamins in Infant Formula and Related Substances^[8, 11~23]

技术方法	检测目标物	检测限 / 定量检测范围	是否检测实际阳性样本	检测对象
时间分辨荧光微球免疫层析法	B ₁₂	定量检测范围: 0.412 5 ~ 8.239 7 μg/100 g	是	婴儿配方奶粉
液相色谱法 (荧光检测器)	B ₁₂	检出限: 0.4 μg/100 g 定量限: 1.2 μg/100 g	是	婴儿配方奶粉
LC-MS/MS	B ₁ 、B ₆	B ₁ 定量检测范围: 4 ~ 1 000 ng/mL B ₆ 定量检测范围: 20 ~ 1 000 ng/mL	是	婴儿配方奶粉、食品补充剂
LC-MS/MS(高分辨质谱)	B ₁₂	定量限: 0.020 μg/100 g	是	婴儿配方奶粉
LC-MS/MS	B ₁₂	/	是	婴儿配方奶粉
分光光度法(结合化学计量学优化)	B ₁₂	检出限: 1.7 μg/L 定量检测范围: 5 ~ 600 μg/L	是	婴儿配方奶粉、食品补充剂、乳制品
液相色谱法	B ₁₂	检出限: 2.71 μg/L 定量限: 8.21 μg/L	否	谷物婴儿配方奶粉
LC-MS/MS	B ₁ 、B ₂ 、B ₃ 、B ₆	B ₁ 定量限: 6.2 μg/100 g B ₂ 定量限: 4.3 μg/100 g B ₃ 定量限: 4.4 μg/100 g B ₆ 定量限: 5.6 μg/100 g	是	婴儿配方奶粉及相关营养品
LC-MS/MS	B ₇	检出限: 0.75 μg/100 g 定量检测范围: 0.50 ~ 50.00 ng/mL	是	特医配婴儿奶粉
液相色谱法 (荧光检测器)	B ₁ 、B ₂	B ₁ 定量限: 10 μg/100 g B ₂ 定量限: 20 μg/100 g 定量检测范围: 0.02 ~ 2.00 μg/mL	是	婴幼儿配方乳粉
LC-MS/MS	B ₉	定量限: 22.9 μg/100 g 定量检测范围: 5 ~ 200 μg/L	否	特殊医学用途婴儿配方奶粉
液相色谱法(二极管阵列检测器及荧光检测器)	B ₂ 、B ₃ 、吡哆醇、吡哆醛	B ₃ 定量检测范围: 0.125 ~ 20.00 μg/mL B ₂ 、吡哆醇、吡哆醛定量检测范围: 0.025 ~ 4.000 μg/mL	是	婴幼儿配方乳粉
微孔板式微生物法	B ₅ 、B ₇ 、B ₉	B ₅ 检出限: 0.10 μg/100 g B ₇ 检出限: 13 μg/100 g B ₉ 检出限: 0.57 μg/100 g	是	婴幼儿配方乳粉
液相色谱法(二极管阵列检测器)	B ₁ 、B ₂ 、B ₆ 、烟酰胺	定量限: 30 ~ 90 μg/100 g 定量检测范围: 0.1 ~ 50.0 μg/mL	是	特殊医学配方食品

光信号，增强维生素B₁₂检测装置的便携性和检测效率；姜华军等^[22]创新使用微孔板微生物法同时测定婴幼儿配方奶粉中B₅、B₇和B₉含量，操作简单、成本较低，一定程度上实现了微生物法在多组分高通量维生素检测中的应用，该法可进一步优化提升，适配便携化设计。

多数B族维生素属于极易氧化的有机物，各种外

界因素，如见光、见氧、受热、遇酸碱等都能造成维生素的损失消耗^[31]。而维生素的稳定性研究是影响其是否可准确定量分析的关键。周其^[31]指出，市售液体乳经日光照射40 min，其中的维生素B₆几乎完全被破坏，日光暴露2 h后维生素B₃损失超7成；加工工艺对维生素含量影响也很大，不同高温处理工艺对维生素减损情况差异巨大^[31, 32]；储存运输过程中

造成维生素损失的主要原因是环境中氧气、水分的含量等，充氮包装能够延缓维生素的减损^[33]。

基于上述特医配婴儿奶粉中B族维生素相关检测方法的总结，未来该领域研究仍有很多工作可开展。例如，借助自动化和高通量分析技术，开发更简便快捷的分析检测方法；通过研制新型的前处理用色谱填料或采取新的信号增强策略，平衡实际样品中超高含量维生素和超低含量维生素同时检测；利用所构建的B族维生素检测方法，开展相关产品加工、储存、运输、销售等全链条中营养素稳定性研究，从而改善配方工艺；构建便携式检测设备，推动相关产品的日常筛查和监管。

4 总结与展望

本文主要对近年来特医配婴儿奶粉中B族维生素分析检测方法的研究进行综述，总结了其中存在的关键问题，思考其未来研究方向。作为一种常见的重要水溶性营养元素，B族维生素的检测方法已被广泛研究，一些高选择性、高灵敏度、高通量的检测方案已被报道。但是，特殊医学用途婴儿配方奶粉这一特殊食品中该类物质的检测研究仍存在较大的局限性，不完全满足市场相关产品发展的需求。未来需要关注自动化手段、高通量技术、新材料开发、新策略应用、便携式新设备构建等，从稳定性研究等角度考虑特殊医配婴儿奶粉的营养把控，从而为该类产品安全监管提供有力技术支撑，呵护饮食受限婴儿的健康成长。

参考文献

[1] 李雨哲, 肖伟敏, 杨俊, 等.我国特殊医学用途配方食品配套检验方法标准现状及展望[J].中国食品卫生杂志, 2021, 33 (5): 610-615.

[2] 中华人民共和国卫生部.GB 25596—2010 食品安全国家标准特殊医学用途婴儿配方食品通则[S].

[3] Peterson C T, Rodionov D A, Osterman A L, et al.B vitamins and their role in immune regulation and cancer[J].Nutrients, 2020, 12 (11): 3380.

[4] 银佳, 冯立科, 杨爱君, 等.产B族维生素微生物研究进展[J].中国乳业, 2023 (10): 105-115.

[5] 肖维汉, 石文标, 王鹏杰, 等.乳中不同形式维生素B₃及其代谢物含量的测定与分析[J].中国乳品工业, 2024, 52 (5): 16-20.

[6] Wang H, Mu W, Wang S, et al.Simultaneous fluorescence sensing of vitamin B₂ and sulfur ions based on fluorescent copper nanoparticles[J].Talanta (Oxford), 2023 (256): 124267.

[7] 殷博, 蒋蓉, 冶梅, 等.Tchebichef图像矩方法在B族维生素中多组分同时定量分析中的应用[J].中国科学: 化学, 2024, 54 (6): 961-967.

[8] 康翠欣, 周原, 梅蓉, 等.HPLC-DAD/FLD测定婴幼儿配方奶粉中B族维生素及不确定度分析[J].中国酿造, 2024, 43 (3): 250-254.

[9] 王雪楠, 王兴龙, 刘少颖, 等.超高效液相色谱-串联质谱法测定液态乳中11种营养成分[J].卫生研究, 2024, 53 (3): 455-464.

[10] 余清, 蔡林雪, 苏晓明, 等.UPLC-MS/MS法同时测定奶粉中11种B族维生素含量[J].福建轻纺, 2023 (10): 20-24, 28.

[11] Lu Q, Feng Y, Zhou Q, et al.A time-resolved fluorescent microsphere immunochromatographic assay for determination of Vitamin B₁₂ in infant formula milk powder[J].Biosensors (Basel), 2025, 15 (2): 65.

[12] Li Y, Gill B D, Manley-Harris M, et al.A cyanide-free sample preparation methodology prior to determination of vitamin B₁₂ in infant milk formula using hydrophilic interaction liquid chromatography with fluorescence detection[J].Talanta (Oxford), 2025 (282): 126970.

[13] Zamani-Kalajahi M, Abolhassani A, Hamidi S, et al.Determination of vitamins B₁ and B₆ in infant formula and food supplement samples using magnetic layered double hydroxide nanoadsorbent before liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J].Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 2022, 45 (17-20): 227-236.

[14] Wang X, Li X, Liu X, et al.Accurate determination of vitamin B₁₂ in infant formula by liquid chromatography/isotope dilution high-resolution mass spectrometry[J].Food science & technology, 2022 (171): 114170.

[15] Hyeonwoo Yu, Kiwan Choi, Byungjoo Kim, et al.Isotope dilution liquid chromatography tandem mass spectrometry analysis for Vitamin B₁₂ in infant formula[J].한국분석과학회 학술대회, 2021.

[16] Altunay N, Elik A, Aydın D, et al.Feasibility of supramolecular nanosized solvent based microsyringe-assisted liquid-phase microextraction for preconcentration and separation of Vitamin B₁₂ from infant formula, food supplement, and dairy products: Spectrophotometric analysis

- and chemometric optimization[J].Microchemical Journal, 2021 (165): 106105.
- [17] Park J M, Koh J H, Kim J M, et al.Development of pretreatment method for analysis of Vitamin B₁₂ in cereal infant formula using immunoaffinity chromatography and high-performance liquid chromatography[J].Food Science of Animal Resources, 2021, 41 (2): 335-342.
- [18] Sean M C.Simultaneous determination of total Vitamins B₁, B₂, B₃, and B6 in infant formula and related nutritionals by enzymatic digestion and LC-MS/MS—A Multi-Laboratory Testing Study Final Action: AOAC Method 2015.14[J].Journal of AOAC International, 2020, 103 (4): 1060-1072.
- [19] 卢兰香, 薛霞, 魏莉莉, 等.特殊医学用途婴儿配方食品中生物素含量的测定[J].现代食品科技, 2021, 37 (3): 267-274.
- [20] 梁敏.快速测定婴幼儿配方乳粉中的维生素B₁及B₂[J].中国乳品工业, 2022, 50 (1): 56-59, 64.
- [21] 刘涛, 周璇, 黄康惠, 等.免疫亲和-液相色谱-串联质谱同位素内标法测定特殊医学用途婴儿配方食品中的叶酸[J].食品科技, 2022, 47 (12): 265-269.
- [22] 姜华军, 魏敏, 丁世杰.微孔板式微生物法测定婴幼儿配方乳粉中叶酸、泛酸和生物素含量[J].食品安全质量检测学报, 2024, 15 (20): 307-314.
- [23] 陈伟, 黄银波, 乔勇升, 等.酸水解快速测定法检测特医食品中多种维生素的含量[J].中国食品添加剂, 2024, 35 (5): 280-286.
- [24] Shetty S A, Young M F, Taneja S, et al.Quantification of B-vitamins from different fresh milk samples using ultra-high performance liquid chromatography mass spectrometry/selected reaction monitoring methods[J].Journal of Chromatography A, 2020 (1609): 460452.
- [25] 陈琼, 王子威, 辛博, 等.微生物法测定特殊食品中叶酸含量的研究[J].食品科技, 2023 (1): 240-245.
- [26] 孟静, 吴裕健, 钟立霞, 等.微生物法测定特殊医学用途配方食品中生物素含量的不确定度评定[J].计量学报, 2021, 42 (10): 1404-1408.
- [27] 史贇学, 姚华, 王鑫, 等.板式微孔法检测婴幼儿配方米粉中维生素B₁₂的方法探讨[J].中国食品添加剂, 2020, 31 (10): 100-104.
- [28] 胡雯雯, 陶建伟, 王庆伟, 等.高精度定量毛细管电泳法同时测定复合维生素B片中B₁、B₂、B₆、烟酰胺及泛酸钙[J].色谱, 2019, 37 (6): 661-665.
- [29] Antherjanam S, Saraswathamma B, Krishnan R G, et al.Electrochemical sensors as a versatile tool for the quantitative analysis of Vitamin B₁₂[J].Chemical Papers, 2021, 75 (7), 2981-2995.
- [30] 郭美娟, 史国华, 张斌, 等.国标方法检测特殊医学用途婴儿配方食品中部分B族维生素的基质适用性[J].食品科学, 2021, 42 (12): 268-274.
- [31] 周其.婴幼儿配方奶粉中烟酸/烟酰胺的稳定性研究[D].长沙: 中南林业科技大学, 2022.
- [32] 孙健, 王青云, 宫春颖.不同工艺对配方奶粉中营养素稳定性的影响研究[J].中国乳业, 2018 (10): 68-71.
- [33] 张天博, 杨凯, 李朝旭.货架期内婴幼儿配方乳粉维生素损失率的研究[J].中国乳业, 2018 (2): 64-67.