

气相色谱法快速测定婴幼儿配方奶粉中肌醇含量

Method improvement of gas chromatography in determination of inositol in infant and young children formula milk powder

朱 礼 何 浩 薛敏敏 陈文璋

ZHU Li HE Hao XUE Min-min CHEN Wen-zhang

程孟雅 袁列江 吴海智

CHENG Meng-ya YUAN Lie-jiang WU Hai-zhi

(湖南省产商品质量监督检验研究院, 湖南 长沙 410007)

(Hunan Testing Institute of Product and Commodity Supervision, Changsha, Hunan 410007, China)

摘要:在 GB 5009.270—2016 第二法的基础上进行方法改进,建立了能更便捷高效检测婴幼儿配方奶粉中肌醇含量的气相色谱方法。与 GB 5009.270—2016 第二法相比,该方法改进了提取溶剂、提取方式、样品净化方式、滤液除水干燥方式、衍生试剂的添加顺序和添加比例,缩短了烘箱中的干燥时间及水浴衍生时间,并优化仪器色谱条件。研究表明,改进后的方法检出限为 $1 \mu\text{g/mL}$;三水平加标回收率范围为 $97.4\% \sim 100.5\%$;重现性好,其测定结果的相对偏差 $< 2.1\%$;更简化了样品前处理操作,缩短了仪器分析时间,由国标法的 63 min 缩短至 20 min,能够实现批量化处理,满足实验室大批量样品的检测需求。

关键词:婴幼儿配方奶粉;肌醇;前处理;衍生;气相色谱

Abstract: Based on the second method of GB 5009.270—2016, a more convenient and efficient gas chromatography method was established for the detection of inositol content in infant formula milk powder. Compared with the second method of GB 5009.270—2016, this method can shorten the drying time and the derivative time on water bath through improving the extraction solvent and extraction methods, the purification methods, the drying methods of the derivatives and the adding sequence and proportion of derivative reagent. What's more, this method can also reduce the retention time and analysis time in inositol's detection by optimizing the testing parameters of gas chromatography instruments. The results showed that the detection limit of

the improved method was $1 \mu\text{g/mL}$, and the recoveries of three level marking test ranged from 97.4% to 100.5% , this method also simplifies the sample pretreatment operation and shorten instrumental analysis time from 63 min to 20 min compared with the national standard method. It can realize the batch processing and meet the requirements of the laboratory detection with large samples.

Keywords: infant formula milk powder; inositol; pretreatment; derivatization; gas chromatography

肌醇又名环己六醇,广泛分布于动物和植物体内,是动物、植物和微生物的生长因子^[1]。肌醇在婴幼儿配方奶粉中是可选择性成分指标,可促进细胞新陈代谢、促进发育、增进食欲、促进毛发健康生长,预防湿疹等,其含量应在 $1.0 \sim 9.0 \text{ mg}/100 \text{ kJ}$ ^[2]。目前,检测食品中肌醇含量的方法有气相色谱法^[3-5]、微生物法^[3,6]、液相色谱法^[7-8]、气质联用法^[9]、液质联用法^[10]、毛细管电泳法^[11]、离子色谱法^[12-13]、化学法^[14]等。其中气相色谱法和气质联用法是利用硅烷化试剂与肌醇反应,使肌醇反应生成硅烷化肌醇衍生物,增加了肌醇的挥发性,以利于用气相色谱或气质联用仪进行分析。在适当的条件下,肌醇的 6 个羟基均被硅烷化试剂衍生,反应产物单一,可以定量进行分析^[15-16]。曾静等^[4]为了减少杂质对肌醇含量测定的影响,采用固相萃取技术,样品经 LC-Florisil 小柱净化处理,浓缩、硅烷化后以正己烷提取,以提高气相色谱法检测婴幼儿配方奶粉中肌醇含量的准确性。周玮婧等^[5]引入内标法减少了衍生过程给肌醇检测带来的误差,并将该方法应用于奶粉检测中,利用肌醇在酸性条件下与乙酸酐生成不溶于水而溶于三氯甲烷的六乙酰肌醇,测定奶粉中肌醇的含量,该方法的定量限为 6 mg/kg 。

基金项目:国家市场监督管理总局科技计划项目(编号:2019MK062)

作者简介:朱礼,女,湖南省产商品质量监督检验研究院工程师,硕士。

通信作者:吴海智(1986—),男,湖南省产商品质量监督检验研究院工程师,硕士。E-mail:179581395@qq.com

收稿日期:2021-03-04

以上气相色谱法分别是研究通过优化前处理方法减少杂质对肌醇含量测定的影响,以及采用内标法减少衍生过程给肌醇检测带来的误差。

目前,检测婴幼儿配方奶粉中肌醇含量的方法主要是 GB 5009.270—2016 的微生物法(第一法)和气相色谱法(第二法)。微生物法是利用葡萄汁酵母菌对肌醇的特异性 and 灵敏性,定量测定食品中的肌醇含量,步骤繁琐、检测周期长、易受外部因素干扰。气相色谱法灵敏度高,但样品前处理过程中选择的旋转蒸发方式、硅烷化等操作繁琐耗时,反应时间长,不利于批量样品的检测^[17]。试验拟在 GB 5009.270—2016 第二法的基础上进行改进,通过优化前处理步骤和仪器色谱条件,缩减前处理时间和批处理分析时间,以期实现实验室间大批量样品的快速检测。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 标准物质与试剂

肌醇(CAS 号:87-89-8):纯度 99.0%,上海安谱实验科技有限公司;

婴幼儿配方乳粉质控样品:肌醇特性值 131.1 mg/100 g,中国检验检疫科学研究院;

N,N-二甲基甲酰胺:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

三甲氯硅烷:GC 级,纯度 $\geq 99.0\%$,上海麦克林生化科技有限公司;

六甲基二硅胺烷:分析纯,纯度 98%,上海麦克林生化科技有限公司;

二水乙酸锌、亚铁氰化钾、无水乙醇:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 仪器与设备

气相色谱仪:Agilent-7890A 型,配分流/不分流进样口、FID 检测器,美国安捷伦科技有限公司;

石英毛细管柱:ZB-5ms 型(15.0 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.50 μ m),北京艾杰尔科技有限公司;

超纯水仪:ELIX3 Essential+Reference 型,广东丹利科技有限公司;

台式高速离心机:TG16-WS 型,湖南湘仪离心机有限公司;

多通道平行浓缩仪(氮吹仪):MV5 型,莱伯泰科仪器股份有限公司;

数显恒温水浴锅:HH.S11-2 型,天津泰斯特仪器有限公司;

电热鼓风干燥箱:DHG-9420A 型,上海一恒科学仪器有限公司;

涡旋混合器:美国 Talboys EOFO-945007 基本型,上

海安谱实验科技股份有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 试样处理与衍生 准确称取 5 g 试样于 50 mL 小烧杯中,加入约 40~50 °C 的超纯水 30 mL,充分搅拌至完全溶解。将试样处理液转入 50 mL 容量瓶中,加入 5 mL 亚铁氰化钾(106 g/L)溶液和 5 mL 乙酸锌(220 g/L)溶液,加入超纯水定容,充分振摇后静置 30 min,过滤。准确吸取 5 mL 滤液至 20 mL 螺口比色管中,加入无水乙醇至约 10 mL,涡旋混匀,氮吹剩至约 2~3 mL,再加无水乙醇至约 10 mL,氮吹至干后再加入 5 mL 无水乙醇,继续氮吹至干。在 100 °C 电热鼓风干燥箱中加热 30 min,冷却后依次加入 0.5 mL 三甲基氯硅烷、1.0 mL 六甲基二硅烷和 4 mL *N,N*-二甲基甲酰胺,涡旋混匀 2 min。将样品处理液在 80 °C 的水浴锅中衍生 20 min,衍生化反应中其间振摇 2~3 次,衍生化反应结束后冷却至室温。用 10 mL 超纯水分 3 次将衍生化反应后的处理液水洗至 50 mL 离心管中,加入 5.0 mL 正己烷,涡旋混匀充分萃取,5 000 r/min 离心 3 min,取上清液进行气相色谱分析。

1.2.2 肌醇标准溶液的配制 称取 101.0 mg 经 105 °C 烘干 2 h 的肌醇标准品于 100 mL 容量瓶中,用超纯水定容后摇匀,配制成 1.0 mg/mL 的肌醇储备液。吸取 10.0 mL 肌醇储备液,用超纯水定容至 100 mL 容量瓶中,摇匀,得到 100 μ g/mL 的肌醇使用液。分别吸取 0.050,0.250,1.000,2.500,5.000,10.000 mL 肌醇标准使用液至 20 mL 螺口比色管中,同 1.2.1 同步处理与衍生。

1.2.3 气相色谱条件 色谱柱:ZB-5ms 石英毛细管柱(15.0 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.50 μ m);进样口温度 260 °C;进样体积 1.0 μ L,分流比 5:1;色谱柱流速 1.48 mL/min;程序升温条件:120 °C 保持 0 min,10 °C/min 升温至 190 °C,保持 7 min,然后 50 °C/min 升温至 280 °C,保持 4.2 min,共 20 min;检测器温度 280 °C;载气:高纯氮气,纯度 $\geq 99.999\%$;高纯氢气,纯度 $\geq 99.999\%$,流量 30 mL/min;高纯空气,流量 400 mL/min。

1.2.4 方法学验证 选择测定低限、常规含量水平、最高残留量(maximum residue limit, MRL)3 个水平浓度进行三水平六平行的加标回收率测定,同时选择 3 个不同阶段奶粉及中国检验检疫科学研究院提供的奶粉质控样进行方法学验证。

2 结果与讨论

2.1 前处理方法的改进

2.1.1 提取溶剂、提取方式和净化方式对肌醇提取效率的影响 GB 5009.270—2016 第二法用 70%乙醇和 30%超纯水配制肌醇储备液和标准使用液。试验发现,肌醇储备液在 4 °C 存放 10 d,将会有肌醇絮状物析出。考虑

到肌醇在水中溶解度较好,在乙醇中只能微量溶解,试验方法用超纯水配制肌醇储备液和标准使用液,存放时间 3 个月以上均无肌醇絮状物析出。

GB 5009.270—2016 第二法规定,用 40 ℃ 温水溶解奶粉后超声 10 min,用 95% 的乙醇定容。静置 20 min 后用 4 000 r/min 离心 5 min。试验用 40 ℃ 温水浸泡奶粉后,涡旋充分混匀,加入亚铁氰化钾和乙酸锌溶液,定容、摇匀,静置 30 min 后过滤。肌醇在水中溶解度显著优于在乙醇中的溶解度,因此,推测试验方法提取效率应优于国标方法。该推测在方法学试验中得到了验证。

2.1.2 滤液除水干燥方式对衍生结果的影响 GB 5009.270—2016 第二法规定,取 5 mL 待干燥滤液至旋转蒸发浓缩瓶中,加入 5 mL 无水乙醇旋转浓缩至干,转移至烘箱中 100 ℃ 烘干 1 h。加入 10.0 mL *N,N*-二甲基甲酰胺,超声溶解 5 min 后转移至 25 mL 有螺纹盖的离心管中,加入硅烷化试剂 3.0 mL,在 80 ℃ 水浴中衍生 75 min。

试验方法取 5 mL 待干燥滤液于 20 mL 螺口比色管中,加入无水乙醇至 10 mL,涡旋混匀,氮吹至约 1~2 mL 刻度处,补加无水乙醇至 10 mL,氮吹至干后于 100 ℃ 烘干 0.5 h。冷却后加入 0.5 mL 三甲基硅烷、1 mL 六甲基二硅烷和 4 mL *N,N*-二甲基甲酰胺,涡旋混匀 2 min,于 80 ℃ 水浴中衍生 20 min。

试验方法与 GB 5009.270—2016 第二法相比,干燥方式由旋转蒸发干燥改为氮吹干燥,旋转蒸发干燥只能小批量进行处理,样品数量多则耗时较长,而氮吹干燥可实现大批量样品的同时干燥。试验方法使用多通道可调节氮吹仪可同时干燥处理 54 个样品,极大地降低了大批量样品的干燥时间,同时省去了干燥后的样品由旋转蒸发浓缩瓶转移至离心管的步骤。试验采用添加乙酸锌和亚铁氰化钾的方式净化,该方法较国标方法能除去更多蛋白质和其他杂质,通过观察试验现象,试验方法氮吹后剩下的固体要显著少于国标方法旋转蒸发后剩下的固体物质。

试验方法通过在 GB 5009.270—2016 第二法基础上进行改进,减少了在烘箱中的干燥时间,干燥时间缩短 0.5 h;同时,试验方法也缩短了在水浴锅中的衍生时间,衍生时间缩短了 55 min。肌醇标准样品衍生物气相色谱图见图 1,婴幼儿配方奶粉肌醇衍生物气相色谱图见图 2。试验结果表明,在烘箱中烘干 0.5 h 已能完全去除水分,通过图 2 可知肌醇衍生反应产生的色谱峰无鼓包峰,且试验方法测定得到的奶粉质控样结果与其特性值十分接近。表明水分去除干净,衍生反应完全。试验表明,试验方法即使缩短了干燥及衍生时间,仍能达到较好的干燥及衍生效果。

2.2 气相色谱条件的优化

GB 5009.270—2016 第二法采用填料为 50% 氰丙基-

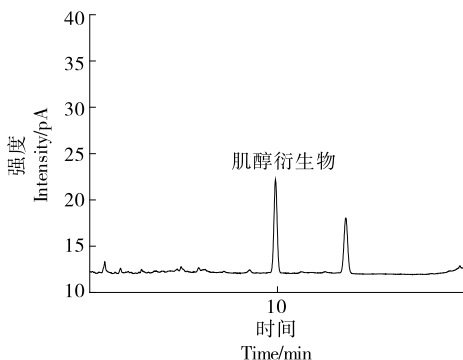


图 1 肌醇标准样品衍生物气相色谱图

Figure 1 Gas chromatogram of the standard derivative of inositol (100 µg/mL)

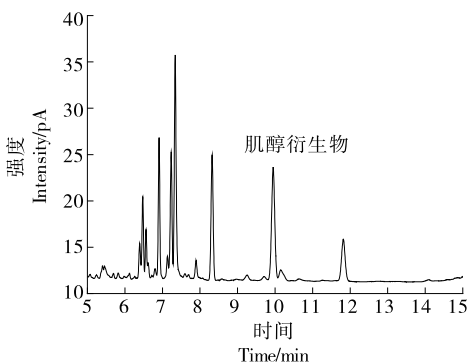


图 2 婴幼儿配方奶粉肌醇衍生物气相色谱图

Figure 2 Gas chromatogram of the inositol derivative of infant formula sample

甲基聚硅氧烷的 60 m 毛细管柱(DB-23),试验方法采用 5% 苯基-甲基聚硅氧烷(ZB-5ms)的 15 m 毛细管柱。GB 5009.270—2016 第二法与试验方法程序升温条件比较见表 1。由表 1 可知,试验方法单个样品分析时间缩短了 43 min。这主要是因为试验方法采用的色谱柱比 GB 5009.270—2016 第二法采用的色谱柱长度短了 3 倍,因此出峰时间较快;同时由于肌醇衍生物极性较小,试验方法采用的 5% 苯基-甲基聚硅氧烷(ZB-5ms)为弱极性色谱柱,而 GB 5009.270—2016 第二法采用填料为 50% 氰丙基-甲基聚硅氧烷的 60 m 毛细管柱(DB-23)为中等极性色谱柱,因此试验方法肌醇衍生物出峰时间较快,程序升温时间减短。试验方法即使大大缩短了分析时间,但由奶粉质控样的肌醇衍生物色谱图可知(见图 2),肌醇衍生物与其他杂质色谱峰分离较好,分离度都在 1.5 以上。试验方法极大地缩短了分析时间延长了色谱柱的使用寿命,大大地提高了检验效率。

2.3 方法学验证

以肌醇质量浓度(µg/mL)为横坐标,峰面积(pA · s)为纵坐标绘制标准曲线,试验方法在 1~200 µg/mL 范围内线性范围良好,相关系数为 0.999 9,线性方程为 $y =$

表 1 试验方法与国标方法色谱柱分析程序对比

Table 1 The comparison of chromatographic column's analytical procedure between this paper and the national standard method

方法	升温程序			分析时间/ min
	升温速率/ ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$)	目标温度/ $^{\circ}\text{C}$	保持时间/ min	
国标方法	——	120	0.0	63
	10	190	50.0	
	10	220	3.0	
试验方法	——	120	0.0	20
	10	190	7.0	
	50	280	4.2	

3.023 x —0.518,对应样品的检测范围为 1~200 mg/100 g。试验方法中肌醇衍生物的 3 倍平均信噪比对应的质量浓度为检出限(LOD),10 倍平均信噪比对应的质量浓度为定量限(LOQ),平行测定 3 次,取平均值获得该方法的 LOD 及 LOQ,对应质量浓度分别为 1,3 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。按照前处理方法可知,样品检出限为 1.0 mg/100 g,定量限为 3.0 mg/100 g。分别取一、二、三段阴性奶粉,进行三水平六平行加标试验。加标水平分别为测定低限水平、常规含量水平、MRL 水平,加标量分别为 3,100,190 mg/100 g。由表 2 可知,三水平加标回收平均回收率为 97.4%~100.5%,符合 GB/T 27404—2008 要求。

3 个奶粉样品和 1 个质控样品分别用试验方法和 GB 5009.270—2016 第二法测定,检验结果见表 3。由表 3 可知,试验方法测定样品肌醇含量相对标准偏差(RSD, $n=$

表 2 准确度和精密度试验

Table 2 Accuracy and precision tests ($n=6$)

样品	3 mg/100 g		100 mg/100 g		190 mg/100 g	
	回收率	RSD	回收率	RSD	回收率	RSD
一段奶粉	97.4	4.4	98.6	3.0	99.8	2.4
二段奶粉	99.1	3.2	97.8	2.9	99.0	2.7
三段奶粉	95.5	3.7	99.4	2.7	100.5	2.6

表 3 试验方法与国标方法检验结果比较[†]

Table 3 The test results of this paper and the national standard method ($n=6$)

样品	试验方法		国标方法		相对偏差/%
	检验结果/($10^{-2} \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	RSD/%	检验结果/($10^{-2} \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	RSD/%	
一段奶粉	89.2	2.0	88.0	2.6	1.4
二段奶粉	69.8	2.1	69.0	2.3	1.2
三段奶粉	68.0	1.9	67.1	1.8	1.3
质控奶粉	131.9	2.1	128.2	2.3	2.2

[†] 奶粉质控样肌醇特性值 131.1 mg/100 g,中国检验检疫科学研究院,证书标号 903IP05072。

6)<2.1%,运用试验方法和国标方法测定同一奶粉肌醇含量的相对偏差为 1.2%~2.2%,奶粉质控样 6 次平行试验数据的平均值(131.9 mg/100 g)与质控样品特性值(131.1 mg/100 g)的相对偏差为 0.6%。由此可知,试验方法检测结果与国标方法相近,质控样结果与真值十分接近。

3 结论

通过对 GB 5009.270—2016 第二法进行前处理步骤及仪器色谱条件的优化,建立了可用于实验室大批量婴幼儿配方奶粉中肌醇含量快速检测的气相色谱方法。该方法各项指标均符合 GB/T 27404—2008《实验室质量控制规范 食品理化检验》要求。将该方法运用到婴幼儿配方奶粉肌醇含量的检测中,其检测结果与国标方法相近,相对偏差为 1.2%~2.2%;质控样检测结果与真值十

分接近,相对偏差为 0.6%。该方法与已有的气相色谱方法相比,前处理时间和上机时间短、前处理简单、结果准确、可重复性好,可实现批量化样品检测。

参考文献

[1] SCHIMPF K J, MEEK CC, LEFF R D, et al. Quantification of myo-inositol, 1,5-anhydro-D-sorbitol, and D-chiro-inositol using high-performance liquid chromatography with electrochemical detection in very small volume clinical samples[J]. Biomed Chromatogr, 2015, 29: 1 629-1 636.

[2] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 婴幼儿配方食品: GB 10765—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010: 1-16.

[3] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中肌醇的测定: GB 5009. 270—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-16.

(下转第 100 页)

位置之间的误差,并通过定时器记录机器人一个抓取周期的时间,共进行 20 盘摆放试验,对每盘模具数据平均后得到试验结果,见图 11。

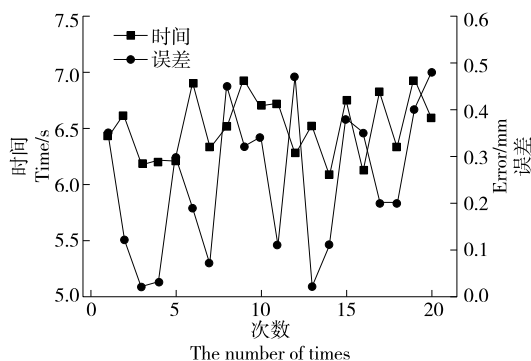


图 11 试验结果数据

Figure 11 Experimental data

由图 11 可知,系统抓取误差 <0.5 mm,误差主要来源于坐标系平面不完全平行等因素;系统每盘完成时间 <7 s,满足企业需求。通过目标摆放是否到位置验证系统精度和稳定性,共统计 20 盘(160 个工位),摆放成功个数为 154 个,其成功率 $>95\%$ 。

6 结论

系统将视觉系统与控制系统相结合,提出了线阵相机手眼标定思路,优化了追踪轨迹算法,实现巧克力塑料手柄的自动上料摆放。经大量样本试验结果表明,系统摆放成功率 $>95\%$,平均每盘摆放时间相较企业生产要求时间 10 s 缩短至 7 s 以内,符合生产需求。而且系统具有良好的可移植性,基于模板匹配的物体识别算法具有很好的开放性,可以胜任其他领域目标抓取工作。

参考文献

- [1] 刘杨, 杨乐. SCARA 机器人运动学和动力学仿真[J]. 现代机械, 2020(5): 15-19.
- [2] 杜友田, 陈峰, 徐文立, 等. 基于视觉的人的运动识别综述[J]. 电子学报, 2007(1): 84-90.
- [3] 海潮, 赵凤霞, 孙烁. 基于 Blob 分析的红枣表面缺陷在线检测技术[J]. 食品与机械, 2018, 34(1): 126-129.
- [4] 邱素贞, 李庆年, 卢志翔, 等. 基于机器视觉检测的码垛机器人控制系统设计[J]. 包装工程, 2019, 40(3): 207-211.
- [5] 杨新海. 自动化生产线工件同步抓取方法研究与实现[D]. 重庆: 重庆大学, 2017: 25-36.
- [6] SONG Shuang, YANG Guo-peng, ZHOU Xin. Line array time delay integral CCD sweep image non-uniformity correction method[J]. Procedia Computer Science, 2020, 174: 216-223.
- [7] 王国琿, 钱克矛. 线阵相机标定方法综述[J]. 光学学报, 2020, 40(1): 181-193.
- [8] 杨必武, 郭晓松. 摄像机镜头非线性畸变校正方法综述[J]. 中国图象图形学报, 2005(3): 6-11.
- [9] JAMIL Draréni, SÉBASTIEN Roy, PETER Sturm. Plane-based calibration for linear cameras[J]. International Journal of Computer Vision, 2011, 91(2): 146-156.
- [10] 王桥, 孟志军, 付卫强, 等. 基于机器视觉的玉米苗期多条作物行线检测算法[J/OL]. 农业机械学报. [2021-02-09]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1964.S.20210204.1858.010.html>.
- [11] 吴成刚, 杨尘, 谢崇泉, 等. 基于机器视觉的卷接机接装纸图像检测系统[J]. 食品与机械, 2020, 36(1): 150-156.
- [12] 徐伟峰, 刘山. 基于机器视觉的接头组件表面缺陷检测系统研究[J]. 机床与液压, 2020, 48(16): 72-77.
- [13] 赵晓花, 霍龙龙. 基于遗传迭代和模糊控制的采摘机器人目标追踪算法[J]. 农机化研究, 2021, 43(7): 235-239.
- [4] 曾静, 时逸吟, 张孝刚, 等. 固相萃取-气相色谱法测定婴幼儿配方奶粉中肌醇含量[J]. 检验检疫学刊, 2014, 24(2): 40-43, 34.
- [5] 周玮婧, 何平, 王澍, 等. 婴幼儿配方奶粉中肌醇的测定及稳定性研究[J]. 中国乳品工业, 2018, 46(1): 48-51.
- [6] 张宁, 范迪, 杨燕, 等. 食品中肌醇测定用菌株的筛选及检测方法建立及应用[J]. 食品科学, 2020, 41(10): 88-93.
- [7] 戴传波, 李建桥, 李健秀. 示差折光检测法检测肌醇含量[J]. 食品工业科技, 2007(4): 222-223.
- [8] 景丽洁, 王建刚, 王树清, 等. 反相高效液相色谱法测定肌醇[J]. 色谱, 2000(3): 259-260.
- [9] 杨莉, 曲彩红, 王新亚. 气相色谱-质谱联用测定肌醇含量[J]. 药物分析杂志, 2009, 29(3): 387-389.
- [10] 金梦, 谢守新, 林海丹, 等. 婴幼儿配方奶粉中肌醇的液相色谱串联质谱法测定[J]. 中国乳品工业, 2014, 42(12): 34-36.
- [11] 侯建霞, 汪云, 程宏英, 等. 毛细管电泳电化学检测分离测定荞麦中的手性肌醇和肌醇[J]. 分析测试学报, 2014, 42(12): 34-36.
- [12] 王波, 刘阿静, 王彦淳, 等. 在线渗析-双柱串联离子色谱法直接检测婴幼儿乳粉中的肌醇[J]. 分析试验室, 2015, 34(2): 212-215.
- [13] TAGLIAFERRI E G, BONETTI G, BLAKE C J, et al. Ion chromatographic determination of inositol in infant formulae and clinical products for enteral feeding[J]. J Chromatogr A, 2000, 879(2): 129-135.
- [14] ANAB B, ROSA M J, ROSAM A. Simultaneous determination of five 1,4-dihydropyridines in pharmaceutical formulations by high-performance liquid chromatography-amperometric detection[J]. J Chromatogr A, 2004, 1 031(1/2): 275-280.
- [15] 黄伟雄, 梁富荣. 肌醇硅烷化反应的质谱研究[J]. 华南预防医学, 2002(6): 52-53.
- [16] 廖燕芝, 黄辉, 梁锋. 气相色谱法测定婴幼儿配方食品中肌醇的衍生方法的比较[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(17): 4 639-4 644.
- [17] 房子峰, 黄传峰. 食品中肌醇的检测方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(1): 14-18.

(上接第 81 页)