

离子色谱法测定婴幼儿配方乳粉中4 种糖醇含量的方法研究

汤春甫¹, 刘 兰¹, 周 洲², 余 婧¹

(1.湖南省产商品质量检验研究院, 湖南长沙410007; 2.长沙市食品药品检验所, 湖南长沙410006)

摘 要: [目的] 建立离子色谱法测定婴幼儿配方乳粉中木糖醇、赤藓糖醇、山梨糖醇、麦芽糖醇的分析方法。[方法] 选择DionexCarboPacTM MA1糖柱保护柱(4 mm×50 mm)和Dionex CarboPacTM MA1糖分析柱(4 mm×250 mm)为色谱柱, 480 mmol/L氢氧化钠淋洗液等度洗脱, 流速为0.45 mL/min, 进样量10 μL, 柱温30 ℃, 采用电化学检测器检测。[结果] 质量浓度在0.2~20 μg/mL范围内与峰面积呈现良好的线性关系($r^2 \geq 0.99969$), 检出限在0.01~0.20 μg/mL之间, 平均回收率为91.8%~99.1%, 相对标准偏差(RSD)在0.9%~2.9%范围内。[结论] 该方法操作简便、灵敏度高、稳定性好, 可为婴幼儿配方乳粉的质量控制提供参考方法。

关键词: 离子色谱法; 婴幼儿配方乳粉; 木糖醇; 赤藓糖醇; 山梨糖醇; 麦芽糖醇

文章编号: 1671-4393(2026)06-0134-07

DOI:10.12377/1671-4393.26.06.17

Research on the Method for Determining the Contents of 4 Types of Sugar Alcohols in Infant Formula by Ion Chromatography

TANG Chunfu¹, LIU Lan¹, ZHOU Zhou², YU Jing¹

(1.Hunan provincial institute of product and goods quality inspection, Hunan Changsha 410007;
2.Changsha institute for food and drug control, Hunan Changsha 410006)

Abstract: [Objective]To establish an ion chromatography method for the determination of xylitol, erythritol, sorbitol and maltitol in infant formula.[Method]Dionex CarboPacTM MA1 sugar column guard column (4 mm×50 mm) and Dionex CarboPacTM MA1 sugar analysis column (4 mm×250 mm) were used as chromatographic columns, 480mmol/L sodium hydroxide eluent was used for isocratic elution, the flow rate was 0.45mL/min,

基金项目: 湖南省产商品质量检验研究院科研资助计划项目(Y2026N02)

作者简介: 汤春甫(1986-), 男, 湖南衡阳人, 硕士, 工程师, 研究方向为食品安全与质量检测;

刘 兰(1986-), 女, 湖南娄底人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为食品安全与质量检测;

周 洲(1989-), 女, 湖南长沙人, 硕士, 工程师, 研究方向为食品安全与质量检测;

余 婧(1987-), 女, 湖南长沙人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为食品安全与质量检测。

the injection volume was 10 μL , the column temperature was 30 $^{\circ}\text{C}$, and the electrochemical detector was detected.[Results]The mass concentration showed a good linear relationship with its peak area in the range of 0.2~20 $\mu\text{g/mL}$ ($r^2 \geq 0.99969$), the detection limit was between 0.01~0.20 $\mu\text{g/mL}$, the average recovery rate was 91.8%~99.1%, and the relative standard deviation (RSD) was in the range of 0.9%~2.9%.[Conclusion]This method was simple to operate, had high sensitivity and good stability, and could provide a reference for the quality control of infant formula.

Keywords: ion chromatography; infant formula; xylitol; erythritol; sorbitol; maltitol

婴幼儿配方乳粉是保障婴幼儿健康成长的关键营养来源,是关乎民族未来与家庭幸福的特殊膳食产品。其营养体系涵盖蛋白质、维生素、矿物质及糖类等多种成分,其中糖类尤为重要。根据相关国家标准规定,婴儿配方食品中仅允许使用乳糖、乳糖与葡萄糖聚合物,不得添加果糖^[1-3]。此外,依据国家标准《GB 2760—2024 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》,婴幼儿配方乳粉中也禁止添加木糖醇、赤藓糖醇、山梨糖醇和麦芽糖醇^[4]。

糖醇是一类多元醇化合物,其化学结构特征在于将单糖分子中的醛基或酮基还原为羟基。因其具有不导致龋齿、对血糖值水平无影响,并能为糖代谢障碍患者提供热量等特性,近年来在食品行业中被广泛用作甜味剂替代品^[5]。目前糖醇的主要检测方法为高效液相色谱法^[6],液相色谱-质谱/质谱法^[7]和离子色谱法^[8-12]。高效液相色谱法在检测过程中存在灵敏度低、样品基质干扰显著以及前处理过程中沉淀蛋白质效果欠佳等问题。液相色谱-质谱/质谱法灵敏度与选择性俱佳,然而由于糖类化合物极性较强,其在色谱柱上的保留能力较弱,易导致峰形不佳;此外,在离子源脱溶剂过程中,糖类物质极易碳化,致使母离子响应强度降低、检测重现性差。目前,关于采用离子色谱法同时测定婴幼儿配方乳粉中木糖醇、赤藓糖醇、山梨糖醇、麦芽糖醇含量的研究尚未见文献报道。相比之下,离子色谱法分离度佳,灵敏度高,前处理步骤简便,是目前糖类物质测定的最优方法^[13-15]。本研究拟选用Dionex CarboPacTM MA1阴离子交换色谱柱,以480 mmol/L氢氧化钠淋洗液等度洗脱,并采用电化学检测器进

行检测。该方法将应用于婴幼儿配方乳粉样品中上述4种糖醇的定量分析,并拟将其推广至日常检测工作中。

1 试剂与仪器

1.1 材料与试剂

木糖醇、赤藓糖醇、山梨糖醇、麦芽糖醇(纯度 $\geq 98\%$),天津阿尔塔科技有限公司;氢氧化钠溶液(50%色谱纯)、微孔滤膜(水相0.22 μm),上海安谱实验科技股份有限公司;冰乙酸(分析纯),佛山西陇化工有限公司;甲醇(色谱醇),湖北弗顿科学技术有限公司;ProElut C₁₈固相萃取小柱(6 mL/500 mg)、ProElut PLS固相萃取小柱(6 mL/500 mg),北京迪马科技有限公司;实验用水(18.2 M $\Omega \cdot \text{cm}$),由超纯水设备制备;婴幼儿配方乳粉,某乳品企业提供。

1.2 仪器与设备

DIONEX ICS-6000离子色谱仪配备电化学检测器,美国赛默飞世尔科技公司;Vortex-5S涡旋振荡器,上海沪析实业有限公司;超声波清洗机,上海易净超声波仪器有限公司;台式离心机,上海安亭科学仪器厂;超纯水机,湖南中沃水务环保科技有限公司;电子天平,奥豪斯仪器(常州)有限公司。

2 试验方法

2.1 前处理方法

精确称取5.000 g混匀乳粉试样至100 mL比色管中,加入50 mL实验用水涡旋混匀,加入2 mL乙酸溶液(3%)摇匀,超声30 min,试液转移至100 mL容

量瓶中，用水定容并摇匀，静置20 min。将上述试样提取液离心后，取上清液依次通过水相滤膜和C₁₈固相萃取小柱（使用前经甲醇5 mL、水5 mL活化），弃去初始流出的10 mL洗脱液，收集后续流出的洗脱液，待上机测定。

2.2 溶液配制

2.2.1 标准溶液配制

分别精确称取木糖醇、赤藓糖醇、山梨糖醇、麦芽糖醇对照品用水稀释，配制成2 mg/mL的混合标准储备液（4 ℃密封可保存30 天）；随后，移取适量混合标准储备液用水稀释配制成100 μg/mL混合标准中间液；最后，移取适量混合标准中间液用水稀释配制成0.2、1.0、2.0、5.0、10.0、20.0 μg/mL混合标准工作溶液。

2.2.2 淋洗液

取31.2 mL质量分数为50 %的氢氧化钠溶液，用水稀释并定容至1 000 mL，配制成600 mmol/L的氢氧化钠淋洗液。为防止吸收空气中二氧化碳，配制全程需快速操作，淋洗液配制完成后应迅速置于氮气保护环境贮存。

2.3 离子色谱条件

色谱柱：Dionex CarboPacTM MA1糖柱保护柱（4×50 mm）和Dionex CarboPacTM MA1糖分析柱（4 mm×250 mm）；流动相：480 mmol/L氢氧化钠淋洗液；流速：0.45 mL/min；柱温：30 ℃；进样体积：10 μL；电化学检测器：金电极为工作电极，Ag/AgCL为参比电极，糖类四电位波形，糖检测波形条件见表1。

3 结果与分析

3.1 样品处理条件的选择

糖类物质因其极易溶于水，通常用水作为提取

试剂。由于婴幼儿配方乳粉营养丰富，其测定过程易受仪器条件和前处理条件影响，因此，为减少基质中蛋白质的干扰，本研究选取乙酸溶液作为蛋白沉淀剂^[9, 13]。鉴于强酸环境会导致部分双糖和低聚糖发生水解，本研究通过比较不同浓度乙酸溶液（1%、2%、3%、4%），考察了蛋白质沉淀情况及其对糖类物质含量的影响。结果表明，加入2 mL乙酸（3%）溶液可实现对乳粉试样中蛋白质的完全沉淀，同时确保糖类物质浓度未发生显著变化，与《GB 5009.8—2023 食品安全国家标准 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定》^[16]第二法中加入量一致。

为降低脂类及脂溶性物质对色谱分离过程的干扰，本研究参考相关文献报道^[7, 9, 16]，选取PLS和C₁₈两种固相萃取小柱进行前处理对比试验，综合评价其净化效果及目标物分离度。结果显示，两种萃取柱的净化效果未见显著差异，且目标物的回收率均符合《GB/T 27404—2026 实验室质量控制规范 食品理化检测》^[17]的要求。

3.2 色谱条件的选择

3.2.1 离子色谱柱的选择

由于婴幼儿配方乳粉的基质成分较复杂，所含糖类物质种类繁多且浓度差异显著，对分离条件的要求较高^[10]。当前糖类分析色谱柱主要分为MA与PA两大系列，二者填料结构与分离性能差异显著。MA柱依托大孔树脂结构实现高柱容量，是糖醇类物质分离的理想选择，但其对单糖、二糖的洗脱效率偏低。PA柱选用无孔树脂作为固定相，型号功能划分明确：PA1、PA10、PA20主要用于单糖、二糖分析；PA100与PA200专用于低聚糖分离，不足之处在于单糖分离效果欠佳^[18]。

本研究比较分析了PA1、PA20及MA1三种常用

表 1 糖检测波形

Table 1 Sugar Detection Waveform

时间（s）	0.00	0.20	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.50
电压（V）	0.10	0.10	0.10	-2.00	-2.00	0.60	-0.10	-0.10
积分	-	开始	结束	-	-	-	-	-

色谱柱对糖醇的分离性能。图1显示，PA1与PA20色谱柱分析速率快、检测灵敏度高，但对赤藓糖醇、木糖醇的保留能力偏弱，组分出峰过快，难以实现有效分离，导致抗基质干扰能力较差，不适用于复杂样品的检测。与之相比，MA1柱对糖醇具有较强的保留作用，组分分离度佳且出峰时间适宜，更适用于糖醇类物质的分析研究。该色谱柱采用为氯乙烯苯/二乙烯基苯聚合大孔树脂作为固定相，树脂表面键合疏水性烷基季胺盐，依靠阴离子交换作用完成分离，柱容量可达1 450 $\mu\text{eq}/\text{柱}$ ^[19]。

3.2.2 淋洗液及浓度的选择

淋洗溶液的种类、浓度、梯度是影响组分分离的重要因素。

淋洗溶液的种类分为氢氧化钠体系和碳酸盐体系。糖醇、糖类的酸度系数（pKa）均大于12，酸性极弱，在常规中性/弱碱性体系中难以解离出阴离子，因此采用阴离子交换离子色谱分析这类物质时，必须采用强碱性淋洗液，促使分子中的羟基（-OH）解离为羟基阴离子，才能依靠阴离子交换机理实现保留与分离。因此，氢氧化钠是最适合的淋洗液^[19]。

MA1阴离子交换柱对氢氧化钠梯度变化不敏感，且其平衡时间较长，同时不能使用醋酸钠体系，因此本研究选用氢氧化钠等度洗脱模式。在该

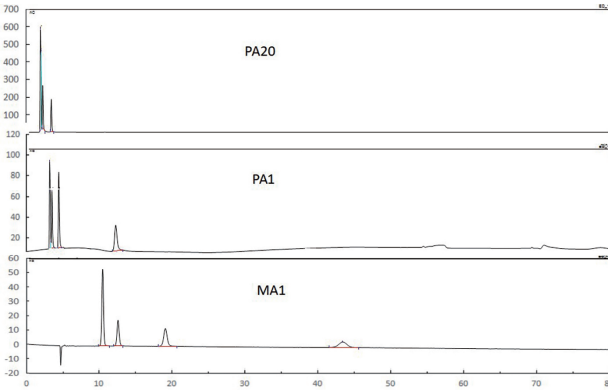


图 1 不同离子色谱柱混合标准溶液离子色谱图
Figure 1 Ion Chromatogram of Mixed Standard Solution Using Different Ion Chromatographic Columns
注：从左至右的波峰依次为赤藓糖醇、木糖醇、山梨糖醇和麦芽糖醇，下同

体系中，待测物的洗脱顺序由其pKa决定，pKa越高，表明其酸性越弱，在色谱柱上的保留时间越短，越早被洗脱。在强碱性淋洗液中，OH⁻是竞争离子，会与样品中的阴离子争夺色谱柱上的交换位点。淋洗液浓度越高，竞争能力越强，样品中的阴离子越难被色谱柱吸附，在柱上保留时间越短。糖醇的pKa值较高、其固有结合力较弱，因此氢氧化钠浓度的变化对其色谱保留行为的影响不显著^[10]。本研究比较了不同浓度氢氧化钠淋洗液（360、420、480、540、600 mmol/L）的分离情况，图2显示，麦芽糖醇的出峰时间随氢氧化钠浓度的升高而呈现前移趋势，同时系统柱压也随之显著上升。相比之下，另外3种糖醇的保留行为受氢氧化钠浓度变化的影响相对较小。综合考量各组分保留时长、色谱峰形态特征及系统柱压等因素，本研究确定采用480 mmol/L氢氧化钠溶液进行等度洗脱。

3.2.3 流速的选择

本研究考察了流速分别为0.30、0.35、0.40、0.45、0.50 mL/min条件下，各组分的色谱分离行为。

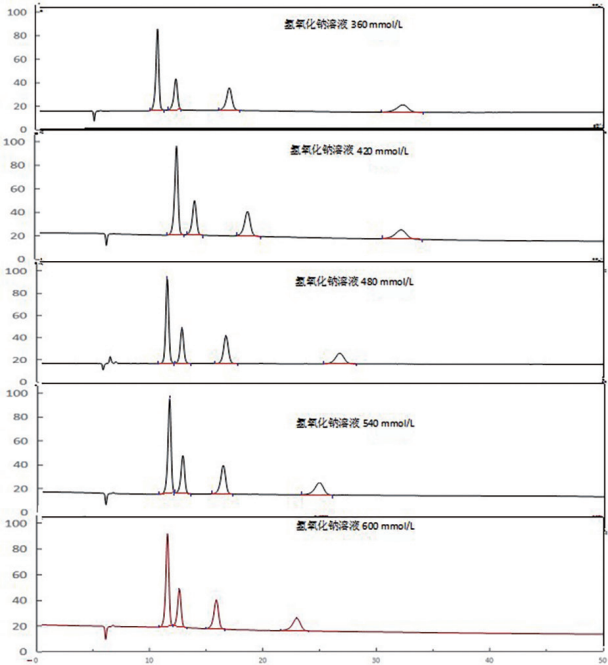


图 2 不同氢氧化钠淋洗液浓度下混合标准溶液离子色谱图
Figure 2 Ion Chromatogram of the Mixed Standard Solution under Different Concentrations of Sodium Hydroxide Washing Solution

图3显示，当流速由0.30 mL/min升至0.50 mL/min时，总分析时长由40 min减至25 min，而柱压则从1 030 psi增至1 700 psi。这表明增加流速能提高传质效率，缩短分析时间，同时各组分的洗脱顺序和分离度保持不变，但柱压也会随之逐渐升高。综合考量分析效率、色谱柱使用寿命及系统稳定性等因素，本研究确定采用0.45 mL/min的流速，该流速符合MA1色谱柱的使用规定（流速范围0.2~0.5 mL/min，压力不超过2 000 psi）。

3.2.4 柱温的选择

柱温变化会直接影响离子交换树脂的化学活性与交换效能，进而调控待测物质的分离选择性、检测灵敏度及分离效果。通常随着柱温升高，树脂官能团活性增强，离子交换反应速率加快，导致各组分出峰时间缩短。然而，过高的柱温可能引起组分间分离选择性下降，即柱温的调整仅影响组分保留时长，通常不会改变各物质在洗脱序列中的先后次序^[20-22]。

本研究依次在26、28、30、32、34 °C的柱温下

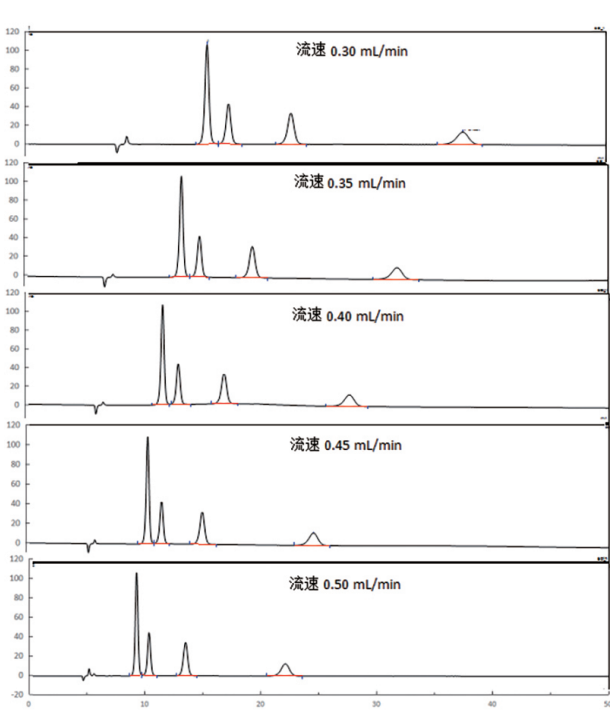


图 3 不同流速下混合标准溶液离子色谱图
Figure 3 Ion Chromatogram of the Mixed Standard Solution under Different Flow Rates

进行了色谱分离试验。图4显示，在不同温度条件下，各组分间的分离度和灵敏度均较为理想，且无显著差异。随着温度的升高，保留时间呈略微延长趋势，峰形也略宽。其中，麦芽糖醇的影响相对稍明显，表明温度对分离效果的影响较小。因此，综合考量灵敏度及出峰时间等因素，本研究确定采用30 °C作为试验柱温。

3.3 方法学验证

3.3.1 标准曲线、检出限和定量限

将2.2.1项下配制好的标准系列工作液，采用上述色谱条件进行测定，以浓度X（ $\mu\text{g/mL}$ ）为横坐标、峰面积Y为纵坐标绘制标准曲线，并计算线性回归方程与相关系数。对标准溶液进行逐级稀释，以信噪比为10时对应的溶液浓度作为定量限，以信噪比为3时对应的溶液浓度作为检出限。结果表明，4种糖醇在0.2~20 $\mu\text{g/mL}$ 浓度范围内呈现良好的线性关系。各组分对应的线性回归方程、相关系数、检出限和定量限见表2。

3.3.2 回收率和精密度

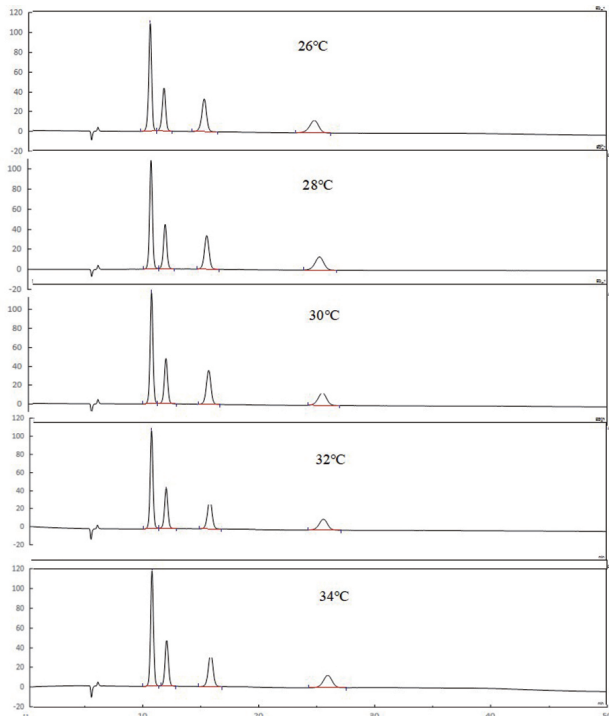


图 4 不同柱温下混合标准溶液离子色谱图
Figure 4 Ion Chromatogram of the Mixed Standard Solution under Different Column Temperatures

采用阴性空白基质样品进行加标回收试验，加标水平分别为5、10和50 mg/100g，每个加标水平平行测定6次，检测结果见表3。其中，平均回收率为91.8%~99.1%，相对标准偏差（RSD）（n=6）为0.9%~2.9%，均符合《GB/T 27404—2026 实验室质量控制规范 食品理化检测》的要求^[17]。

3.3.3 样品检测

采用本研究建立的方法对某乳品企业提供的5批次婴幼儿配方乳粉进行检测。结果表明，木糖醇、赤藓糖醇、麦芽糖醇均未检出，山梨糖醇在3批次样本中呈阳性。随后，针对上述3批次阳性样品，采用不同参考方法进行复测，每批次平行测定3次，所得对比结果见表4。由于《GB 5009.279—2016 食品安全国家标准 食品中木糖醇、山梨醇、麦芽糖醇、赤藓糖醇的测定》^[6]中第二法高效液相色谱-蒸发光散射检测法的灵敏度较低，难以实现目标物的有效检

出。本研究采用离子色谱法，其测定结果与张水锋等^[9]研究方法所得数据一致。尽管二者采用不同的色谱条件，但针对上述3批次阳性样品的测定结果数值相近，精密度均小于6%，符合要求。

4 讨论与结论

本研究通过考察样品前处理、离子色谱柱类型、淋洗液浓度、流速和柱温等多个参数，建立了离子色谱法同时测定婴幼儿配方乳粉中木糖醇、赤藓糖醇、山梨糖醇、麦芽糖醇含量的分析方法。该法应用于多个实际样品的测定，并与现行国家标准GB 5009.279—2016^[6]第二法和张水锋等^[9]研究方法进行对比验证。结果表明，该法数据可靠，灵敏度高，操作简便，有效解决了现有国标高效液相色谱法因响应信号较弱可能导致的未检出问题，并改善了糖和糖醇的分离效能。

表 2 目标组分线性方程、相关系数、检出限及定量限

Table 2 Linear Equations, Correlation Coefficient, Detection Limit and Quanification Limit of Target Compounds				
化合物	线性方程	相关系数 r ²	检出限（μg/mL）	定量限（μg/mL）
木糖醇	Y=1.6034X-0.1295	0.999 93	0.02	0.06
赤藓糖醇	Y=3.4050X-0.2625	0.999 91	0.01	0.03
山梨糖醇	Y=1.6786X-0.4340	0.999 83	0.03	0.09
麦芽糖醇	Y=1.1092X-0.4358	0.999 69	0.20	0.60

表 3 目标组分 3 个加标水平下的平均回收率及精密度（n=6）

Table 3 Average recoveries and Precisions of Target Compounds at Three Spiked Levels（n=6）						
化合物	加标水平 5 mg/100 g		加标水平 10 mg/100g		加标水平 50 mg/100 g	
	平均回收率（%）	RSD（%）	平均回收率（%）	RSD（%）	平均回收率（%）	RSD（%）
木糖醇	93.2	1.1	99.1	1.7	95.2	2.8
赤藓糖醇	94.6	2.7	95.4	1.8	98.3	0.9
山梨醇	96.7	1.9	95.9	2.4	97.5	2.6
麦芽糖醇	91.8	2.9	92.7	2.3	96.7	1.3

表 4 不同方法样品中山梨糖醇的测定结果

Table 4 Determination Results of Sorbitol in Samples by Different Methods						
样品编号	本研究离子色谱法		GB5009.279—2016 ^[6] 第二法		张水锋等 ^[9] 研究方法	
	平均值(mg/100g)	RSD（%）	平均值(mg/100g)	RSD（%）	平均值(mg/100g)	RSD（%）
1	55.3	2.0	N.D	/	52.6	0.8
2	58.7	1.3	N.D	/	55.4	1.6
3	62.4	1.4	N.D	/	59.5	1.2

本研究样品检测结果表明，部分样品中检出山梨糖醇，其含量约50 mg/100g。该物质可能源于产品配方中辅料的引入，或在生产加工环节受污染所致。山梨糖醇的代谢过程无需胰岛素参与，其甜度较低、食用后血糖上升平缓，婴幼儿在常规微量摄入情况下通常不会造成代谢负担；此外，相较于蔗糖，其不诱发龋齿。然而，该糖醇存在剂量效应，过量摄入易引发腹胀、肠鸣、腹泻和稀便等胃肠道不良反应。因此，对婴幼儿配方乳粉中木糖醇、赤藓糖醇、山梨糖醇、麦芽糖醇含量的测定具有较高的实际应用价值，有助于有效筛查该类产品的潜在安全风险，实现风险的早预警、早规避。

本研究方法为糖醇检测领域奠定了初步的研究基础，兼具有前瞻性和实用性，可为婴幼儿配方乳粉的质量把控及监管部门的风险监测提供参考与技术支持。后续研究将继续拓展其适用基质范围，并增加待测糖醇的种类。

参考文献

[1] 危娟, 郭泽铤, 江晓丽, 等.我国婴幼儿配方奶粉生产工艺研究现状及发展建议[J].中国奶牛, 2022 (4): 36-39.

[2] 谢庄擎.婴幼儿配方乳粉中葡萄糖、果糖、乳糖及蔗糖的快速检测方法研究—离子色谱-脉冲安培检测法[D].广州: 华南农业大学, 2016.

[3] 张嘉杞, 李云萱, 王璐璐, 等.离子色谱法测定婴幼儿配方乳粉中6种母乳寡聚糖[J].食品与机械, 2025, 41 (5): 64-70.

[4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局.GB 2760—2024食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].

[5] 倪德让, 杨帆, 杨玉波, 等.高效阴离子交换色谱技术在糖类物质分析中的应用进展[J].化学分析计量, 2025, 34 (9): 123-134.

[6] 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.GB 5009.279—2016食品安全国家标准 食品中木糖醇、山梨醇、麦芽糖醇、赤藓糖醇的测定[S].

[7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.SN/T 3142-2012 出口食品中D-甘露糖醇、麦芽糖、木糖醇、D-山梨糖醇的检测方法 液相色谱-质谱/质谱法[S].

[8] Kommer B, Peter S, Ernste N V, et al.Results multi-laboratory trial ISO/CD 22184—IDF/WD 244: Milk and

milk products—determination of the sugar contents—high- performance anion exchange chromatography method with pulsed amperometric detection[J].Journal of AOAC International, 2021, 104 (3): 732.

[9] 张水锋, 盛华栋, 姜侃, 等.梯度洗脱优化-离子色谱-脉冲安培法分析婴幼儿配方乳粉中的糖和糖醇[J].色谱, 2016, 34 (10): 946-950.

[10] 唐坤甜, 林立, 梁立娜, 等.无糖和低糖食品中的糖和糖醇同时分析的阴离子交换色谱-脉冲安培检测法研究[J].食品科学, 2008, 29 (6): 327-331.

[11] 彭丽诗, 陈琼, 黄盼, 等.离子色谱-脉冲安培法同时测定食品中9种糖和糖醇的含量[J].食品工业科技, 2020, 41 (9): 250-254, 259.

[12] Minero A S, Rounova O B, Korotkov M G, et al.Development of an ion-exchange HPLC technique for quantitative determination of carbohydrate stabilizers in biological medicinal products[J].Pharmaceutical Chemistry Journal, 2023 (57): 578-583.

[13] 李燕妹.高效阴离子交换色谱-脉冲安培法检测食品中15种功能糖及糖醇[J].化学研究与应用, 2025, 37 (3): 549-556.

[14] 王洋怡舟.九种糖与糖醇分离检测技术[J].食品工业, 2024, 45 (8): 270-273.

[15] 曹文军, 李莉, 薛伟锋, 等.离子色谱法与国标高效液相色谱法对婴幼儿配方乳粉中糖类的测定分析[J].乳业科学与技术, 2020, 43 (2): 31-37.

[16] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局.GB 5009.8—2023 食品安全国家标准 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定[S].

[17] 中华人民共和国国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. GB/T 27404-2026 实验室质量控制规范 食品理化检测 [S].

[18] 李仁勇, 梁立娜, 牟世芬.离子色谱-脉冲安培检测法测定酵母细胞壁中β-葡聚糖和甘露寡糖[J].食品与发酵工业, 2008, 34 (12): 147-151.

[19] 唐坤甜, 梁立娜, 蔡亚岐, 等.高效阴离子交换色谱分离-脉冲安培检测法测定烟草料液中的糖、糖醇和醇类化合物[J].分析化学, 2007, 35 (9): 1274-1278.

[20] 宋卫得, 许美玲, 王志宏, 等.离子色谱法同时测定啤酒中23种糖、糖醇及醇[J].中国酿造, 2020, 39 (6): 209-213.

[21] Rabie M A, Elsaidy S, El-Badawy A A, et al.Biogenic amine contents in selected egyptian fermented foods as determined by ion-exchange chromatography[J].Journal of Food Protection, 2011, 74 (4): 681-685.

[22] 宋卫得, 王凯, 胡首鹏, 等.离子色谱同时测定果汁中22种糖、糖醇和醇[J].食品安全质量检测学报, 2020, 11 (19): 6983-6989.