高效液相色谱-高分辨质谱法测定奶粉及保健品食品中的左旋肉碱

王 艳[1,2*], 刘 芸[2], 姜 珊[2], 丁 涛[2], 林 宏[2], 王栩璐[2], 陆 曦[2], 邓晓军[3], 伊雄海[3], 黄艳玲[4]

(1. 江苏中测检测服务有限公司, 南京 210001; 2. 南京海关动植物与食品检测中心, 南京 210001; 3. 上海海关动植物与食品检验检疫技术中心, 上海 200135; 4. 东南大学成贤学院, 南京 210088)

摘 要: 目的 建立高效液相色谱-高分辨质谱法测定奶粉及保健食品中左旋肉碱的含量。**方法** 奶粉及保健食品样品经适量 40 ℃水溶解后, 加乙酸锌沉淀蛋白, 待样品冷却至室温后用水定容至 50 mL, 并超声提取 30 min。在 4 ℃条件下, 待测溶液经 8000 r/min 的速度离心 3 min, 取上清液过 0.45 μm 水相滤膜。经质谱正离子模式测定, 同位素内标法定量。**结果** 左旋肉碱 0.1~4.0 μg/mL 范围内呈良好线性关系, 相关系数为 1.0000, 方法检出限为 0.1 μg/kg, 定量限为 0.2 μg/kg。加标回收率为 98%~110%, 相对标准偏差为 0.2%~0.5%。对奶粉质控样品进行测定, 结果与证书结果一致。**结论** 该法前处理简单、测定快速、准确度高, 灵敏度好, 适用于奶粉及保健食品中左旋肉碱的快速分析检测。

关键词: 高效液相色谱-高分辨质谱法; 左旋肉碱; 同位素内标法; 奶粉及保健食品

Determination of *L*-carnitine in milk powder and healthy food by high performance liquid chromatography coupled with high resolution mass spectrometry

WANG Yan[1,2*], LIU Yun[2], JIANG Shan[2], DING Tao[2], LIN Hong[2], WANG Xu-Lu[2], LU Xi[2], DENG Xiao-Jun[3], YI Xiong-Hai[3], HUANG Yan-Ling[4]

(1. *Jiangsu Zhongce Testing Service Co*., *Ltd*, *Nanjing* 210001, *China*; 2. *Nanjing Customs Animal*, *Plant and Food Inspection Center*, *Nanjing* 210001, *China*; 3. *Shanghai Customs Animal*, *Plant and Food Inspection and Quarantine Technology Center*, *Shanghai* 200135, *China*; 4. *Soutueast University Chengxian College*, *Nanjing* 210088, *China*)

ABSTRACT: Objective To establish a method for determination of *L*-carnitine in milk powder and healthy food by high performance liquid chromatography coupled with high resolution mass spectrometry. **Methods** The milk powder samples and healthy food samples were dissolved by appropriate amount of water at 40 ℃, precipitated with zinc acetate, and diluted to 50 mL when the samples were cooled to the room temperature, and conducted for 30 min by ultrasonic extraction. The solution was centrifuged at 8000 r/min for 3 min at 4 ℃, and the supernatant was filtered through a 0.45 μm aqueous phase membrane, measured by mass spectrometry in positive ion mode, and

基金项目: 长三角区域进口食品、农产品及化妆品智慧监管关键技术研究及示范应用项目(19395810100)

Fund: Supported by Key Technology Research and Demonstration Application of Intelligent Supervision on Imported Food, Agricultural Products and Cosmetics in Yangtze River Delta Region (19395810100)

***通讯作者:** 王艳, 工程师, 主要研究方向为食品分析检测。E-mail: wangyan6064@126.com

***Corresponding author:** WANG Yan, Engineer, Nanjing Customs Animal, Plant and Food Inspection Center, Nanjing 210001. E-mail: wangyan6064@126.com

quantified by isotope internal standard method. **Results**　*L*-carnitine showed a good linear relationship in the range of 0.1–4.0 μg/mL, the correlation coefficient was 1.0000, the limit of detection the method was 0.1 μg/kg, and the limit of quantification was 0.2 μg/kg. The standard recoveries were 98%–110%, and the relative standard deviations were 0.2%–0.5%. The quality control sample of milk powder was determined and the result was consistent with the certificate. **Concusion**　The method has simple pretreatment, rapid determination, high accuracy and good sensitivity, and it is suitable for the rapid analysis and detection of *L*-carnitine in milk powder and health food.

KEY WORDS: high performance liquid chromatography-mass spectrometry; *L*-carnitine; isotope internal standard method; milk powder and healthy food

1　引　言

左旋肉碱(*L*-carnitine), 又称 *L*-肉碱或卡尼丁, *L* – 肉毒碱、维生素 BT、左卡尼汀, 是肉碱的光学异构体之一, 具有生理活性[1], 如促进脂肪酸 *β*-氧化; 还可调节线粒体内酰基比率, 影响能量代谢; 左旋肉碱可参加支链氨基酸代谢产物的运输, 从而促进支链氨基酸的正常代谢。此外, 左旋肉碱在酮体的消除和利用中起重要作用, 可作为生物抗氧化剂清除自由基, 维持膜的稳定, 提高动物的免疫力以及抗病抗应激的能力等[2]。目前左旋肉碱也用于减肥, 是一种促使脂肪转化为能量的类氨基酸。且左旋肉碱作为婴幼儿配方食品可添加物, 对婴幼儿体内脂肪代谢起着至关重要的作用, 有助于婴儿保持体温, 有助于早产儿发育等[3]。

目前测定婴幼儿奶粉及配方食品中左旋肉碱的常见方法有分光光度法[4], 该方法分析时间长, 所需酶试剂价格高, 可分析样品量少, 操作繁琐。液质联用法[5−7], 一般为高效液相色谱仪与三重四级杆质谱串联, 采用多反应监测模式(multiple- reaction monitoring, MRM), 需要对一级母离子进行打碎, 寻找二级母离子, 并对碰撞能进行优化, 否则响应信号易偏低, 色谱柱一般选用 C_4、Hillic 等亲水性的色谱柱。高效液相色谱法[8], 流动相一般为离子对试剂-缓冲盐体系, 以增加左旋肉碱在色谱柱上的保留性, 对于复杂基质的测定干扰较大, 出峰时间较长, 且易发生漂移。另外还有流动注射分析法[9]等。本研究建立高效液相色谱-高分辨质联用法测定奶粉及保健品食品中的左旋肉碱, 质谱采用正离子模式, 在质荷比(*m/z*)100~500 范围内通过高分辨全谱扫描模式(full mass)提取目标化合物的精确质量数, 以一级母离子为定量离子, 同位素内标法进行定量, 为相关抽检工作提供方法参考。

2　材料与方法

2.1　仪器、试剂和材料

Q-Exactive 四级杆静电场轨道阱高分辨质谱仪、配备 HESI-II源、Ultimate 3000 高压液相色谱(美国赛默飞世尔科技有限公司); XW-80A 型涡旋混合器(上海医科大学仪器厂); SQP 及 CPA225D 分析天平(精确至 0.0001 g 及 0.00001 g, 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司); KH-500B 超声波清洗器(昆山禾创超声仪器有限公司)。

左旋肉碱标准品(纯度 99.7%, 阿尔塔科技有限公司); 左旋肉碱 d_3 同位素内标(*L*-carnitine-d_3 HCl, 纯度 99.9%, 加拿大 ISOTOPES 公司); 乙酸锌(分析纯, 国药试剂集团); 乙腈(色谱纯, 德国默克公司); 甲酸(色谱纯, 阿拉丁试剂有限公司); 婴儿配方乳粉中左旋肉碱定量分析质控样品(特性值 16.05 mg/100 g 及 17.24 mg/100 g, 中国检验检疫科学研究院测试评价中心); 实验用水均为 18.2 MΩ 自制超纯水。

2.2　标准溶液的配制

左旋肉碱标准溶液储备液(1.0 mg/mL): 准确称量左旋肉碱标准品 10 mg(精确至 0.00001 g)于 10 mL 容量瓶中, 用水定容至刻度, 摇匀, 于 4 ℃冰箱中储存。

左旋肉碱标准溶液使用液: 临用前由储备液用水稀释至 20 μg/mL。

左旋肉碱同位素内标溶液储备液(1.0 mg/mL): 称取 10 mg 左旋肉碱 d_3 同位素内标于 10 mL 容量瓶中, 用水溶解并定容至 10 mL。

左旋肉碱同位素内标使用液: 临用前由储备液用水稀释至 20 μg/mL。

2.3　样品前处理

称取奶粉样品 5 g(精确至 0.0001 g)于 50 mL 塑料离心管中, 用适量 40 ℃水溶解后, 加乙酸锌(106 g/L)沉淀蛋白, 并超声提取 30 min。待样品冷却至室温后用水定容至 50 mL。在 4 ℃条件下, 以 8000 r/min 的速度离心 3 min, 取上清液过 0.22 μm 水相滤膜备用。取 100 μL 该滤液于进样瓶中, 加入 50 μL 左旋肉碱 d_3 同位素内标使用液, 再加 850 μL 水, 混匀后供液质进样用。

保健品样品根据标曲的线性范围称取至合适的质量, 用水溶解后, 视其是否含有蛋白质选择性加入乙酸锌溶液, 超声提取 30 min。后面步骤同奶粉的前处理。

2.4 色谱、质谱条件

2.4.1 质谱条件

离子源: 可加热的电喷雾离子源(HESI-II); 质谱扫描模式: 采用正离子一级全扫描(full mass)模式; 扫描范围 *m/z*=100~500; 毛细管温度: 320 ℃; 鞘气(N_2)流速 50 L/min; 辅助气(N_2)流速 8 L/min; 吹扫气(N_2)流速 5 L/min; 电压: 喷雾电压 3 kV; 透镜电压 50 V; 分辨率 R = 70000。左旋肉碱及其同位素内标质谱参数见表 1。

2.4.2 色谱条件

色谱柱: ZORBAX sb-aq C_{18}(4.6 mm×250 mm, 5 μm); 流动相: 0.1%甲酸水溶液(A)和乙腈(B); 流速 0.5 mL/min; 进样量 10 μL; 柱温 35 ℃。采用梯度洗脱方式。在 0~2 min 时 10%乙腈, 90%的甲酸水溶液(0.1%), 2~4 min 时乙腈比例升至 90%, 并保持 2 min, 6~7 min 时乙腈比例降至 10%, 并以此比例保持 3 min。

3 结果与分析

3.1 蛋白质沉淀方式的优化

奶粉基质中含有较高含量的蛋白质, 为保证样品基质中的左旋肉碱能够充分提取, 并保证蛋白质沉淀完全, 减少质谱检测的基质效应, 蛋白质沉淀完全具有重要作用。蛋白质沉淀的方法有盐析法、等电点沉淀法[10]、重金属盐沉淀法[11]等。本研究优化了 4 种蛋白质沉淀的方案。A: 1 mL 乙酸锌水溶液, B: 乙腈; C: 用 10%乙酸调至样品溶液 pH 至 4.1; D: 甲醇。对已知左旋肉碱含量的婴幼儿配方乳粉质控样用以上 4 种方法进行蛋白质沉淀, 并进行质谱测定, 通过测定值来考量哪种方法最佳。结果见表 2。保健食品蛋白质含量一般较少或不含蛋白质, 含蛋白质的样品其蛋白沉淀方式可参照奶粉基质, 不含蛋白质的样品无需除蛋白质, 直接用水定容, 进行超声提取即可。由结果表明奶粉样品不溶于乙腈, 左旋肉碱未有效提出, 10%乙酸调节 pH 至 4.10 及甲醇沉淀蛋白的结果都没有用 1.0 mL 乙酸锌效果好, 峰形不够对称, 有拖尾现象。因此实验选择用乙酸锌沉淀蛋白。用该种方式沉淀蛋白, 其结果与质控样中左旋肉碱的值基本一致, 偏差满足婴幼儿食品和乳品中左旋肉碱国家测定标准 GB 29989-2013《食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中左旋肉碱的测定》[3]的要求。

3.2 色谱条件的优化

本文选用 3 种不同 C_{18} 色谱柱: 安捷伦 ZORBAX SB-Aq C_{18} 色谱柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm)和菲罗门 C_{18} (2)(2.6 mm×100 mm, 2.1 μm), 以及迪马 C_{18} 柱(4.6 mm×150 mm, 5 μm)。用配制好的 0.05 μg/mL 标准溶液进样, 通过比较出峰时间, 峰形等指标评价分离效果。三种色谱柱每组样品平行测定 3 次。菲罗门柱子保留较差, 1.3 min 即出峰, 有些样品会有杂质干扰。迪马 C_{18} 柱也是一种普通的 C_{18} 色谱柱, 对左旋肉碱保留较弱, 出峰时间较早, 不利于干扰物的排除, 峰型拖尾较为严重。安捷伦 ZORBAX SB-Aq C_{18} 柱子属于耐 100%水相的色谱柱。本研究所采用的前处理方法为水相处理液, ZORBAX SB-Aq C_{18} 色谱柱的优势在于高水相条件下保留时间具有很好的重现性, 峰拖尾现象得到明显改善, 对左旋肉碱保留效果较好, 峰型较为对称, 受干扰小。左旋肉碱及其同位素内标的色谱质谱图见图 1。

3.3 方法学评价

3.3.1 标准曲线及线性范围

分别取 5、10、20、50、100、200 μL 左旋肉碱储备液于进样瓶中, 再加入左旋肉碱 d_3 同位素内标使用液 50 μL, 用水补足至 1 mL 供液质进样。质谱采用正离子模式, 在质荷比(*m/z*)100~500 范围内通过高分辨全谱扫描模式(full mass)提取目标化合物的精确质量数, 以一级母离子为定量离子, 同位素内标法进行定量。结果表明在 0.1~4.0 μg/mL 范围内线性关系良好, 线性方程为 Y=0.982435X+0.0280146, 相关系数 r^2=1.0000。

表 1 左旋肉碱及其同位素内标质谱参数

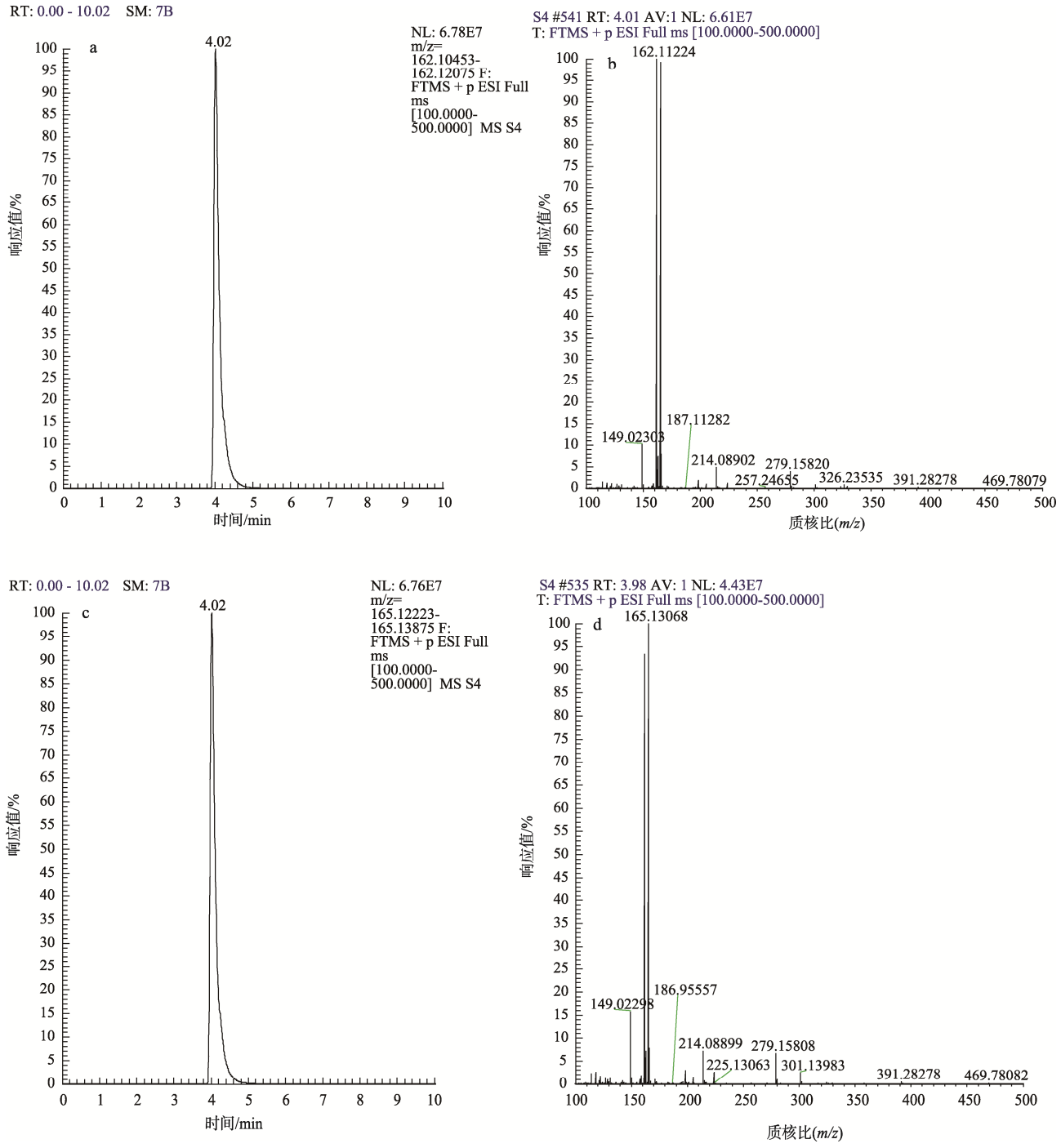
Table 1 Mass spectrometry parameters for *L*-carnitine and its isotope internal standard

化合物名称	离子模式	保留时间/min	理论分子量	实测分子量	偏差
左旋肉碱	$[M+H]^+$	4.02	162.11247	162.11221	–0.00026
左旋肉碱 d_3 同位素内标	$[M+H]^+$	4.02	165.13130	165.13068	–0.00062

表 2 不同蛋白质沉淀方式对奶粉中左旋肉碱测定结果的比较

Table 2 Comparation of different precipitation methods on the detection results of *L*- carnitine

蛋白质沉淀方式	左旋肉碱测定结果/(mg/100 g)	
	婴儿配方乳粉质控样 1(特性值 16.05)	婴儿配方乳粉质控样 2(特性值 17.24)
乙酸锌水溶液	15.9	17.0
乙腈	未检出	未检出
10%乙酸调至样品溶液 pH 至 4.1	11.2	14.5
甲醇	11.9	15.2



注: a. 左旋肉碱色谱图, b. 左旋肉碱质谱图及提取质量数, c.左旋肉碱同位素 d_3 内标色谱图, d. 左旋肉碱同位素 d_3 内标质谱图及提取质量数。

图 1　左旋肉碱及其同位素内标色谱及质谱图

Fig.1　Chromatogram and mass spectrum of *L*-carnitine and its isotope internal standard

3.3.2　*方法的准确度、回收率及检出限*

用该法对不同阶段及含量的奶粉样品分别进行 2、4、10 mg/100 g 3 个水平的加标实验, 每个添加水平平行测定 6 次, 回收率结果见表 3。结果表明方法的回收率在 98%~110%范围内, 相对标准偏差在 0.2%~0.5%范围内, 满足国标 GB 29989 对分析结果的要求。在空白样品中添加低浓度的左旋肉碱溶液, 当其信噪比为 3(*S*/*N*=3)时的浓度定义为方法的检出限, 10 倍信噪比对应的浓度为方法的定量限(limit of quantitation, LOD)。经过试验, 方法的检出限为 0.1 μg/kg, 定量限为 0.2 μg/kg。

3.4 实际样品的检测

用本方法对实验室的委托及法检奶粉及保健食品进行左旋肉碱的测定。前处理过程按照 2.3 节步骤进行，用一级母离子的精确质量数进为定量离子，同位素内标法进行定量。结果见表 4。样品中左旋肉碱及其同位素 d_3 内标色谱图见图 2。结果表明，本法测得的奶粉样品及保健食品中左旋肉碱肉碱含量与其标示值基本一致。但也有些婴幼儿配方乳粉中左旋肉碱的含量大于标签值，有的约为标签值的 1.5~2 倍。GB 10767-2010《食品安全国家标准 较大婴儿和幼儿配方食品》[12]及 GB 10765-2010《食品安全国家标准 婴儿配方食品》[13]规定如果在产品中选择性添加或标签中标示含有左旋肉碱时，要满足最小添加量 0.3 mg/100 kJ 的要求，对左旋肉碱含量测定范围的上限没有规定。GB 13432-2013《预包装特殊膳食用食品标签》[14]及 GB 28050-2011《食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则》[15]规定营养成分的实际含量不应低于标示值的 80%，对于上限上线也没有做出相应要求。

表 3 奶粉中左旋肉碱的回收率试验(n=6)

Table 3 Recoveries of *L*-carnitine in milk power samples(n=6)

样品	本底值/(mg/100 g)	加标量/(mg/100 g)	回收率/%	相对标准偏差/%
婴儿配方奶粉 1 段(0-6 个月)	13.0	2	110	0.4
		4	103	0.3
		10	99	0.2
较大婴儿配方奶粉(6-12 个月)	10.3	2	106	0.2
		4	104	0.3
		10	98	0.2
幼儿配方奶粉(12-36 个月)	8.0	2	108	0.4
		4	103	0.5
		10	99	0.4

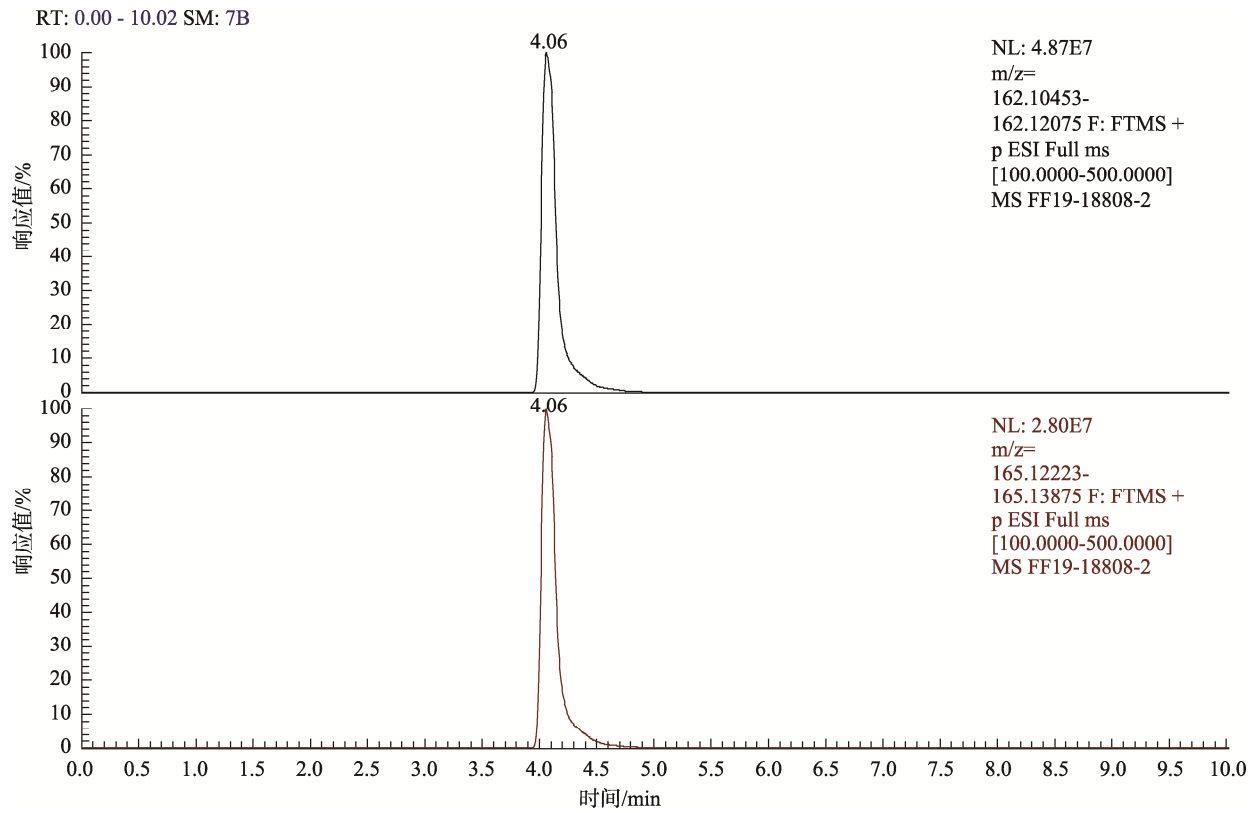


图 2 样品中左旋肉碱及其同位素 d_3 内标色谱图

Fig.2 Internal standard chromatogram of L-carnitine and its isotope D3 in samples

表 4　奶粉及保健食品中左旋肉碱的测定结果
Table 4　Results of *L*-carnitine in milk powers and healthy food

样品名称	标签值/(mg/100 g)	实测值/(mg/100 g)
婴儿配方奶粉(0~6 月龄, 1 段)1	13.0	12.8
婴儿配方奶粉(0~6 月龄, 1 段)2	8.8	10.5
婴儿配方羊奶粉(0~6 月龄, 1 段)3	8.2	19.3
婴儿配方奶粉(0~6 月龄, 1 段)4	18.0	17.9
婴儿配方奶粉(0~6 月龄, 1 段)5	7.1	15.9
婴儿配方奶粉(0~6 月龄, 1 段)6	13.0	14.5
婴儿配方奶粉(6~12 月龄, 2 段)1	15.0	14.9
婴儿配方奶粉(6~12 月龄, 2 段)2	15.0	13.9
婴儿配方奶粉(6~12 月龄, 2 段)3	9.8	10.3
较大婴儿配方奶粉(6~12 月龄, 2 段)4	10.5	10.9
幼儿配方羊奶粉(12~36 月龄, 3 段)1	8.0	20.4
幼儿配方奶粉(12~36 月龄, 3 段)2	15.0	15.7
幼儿配方奶粉 12~36 月龄 3 段)3	10.0	10.1
幼儿配方羊奶粉 12~36 月龄 3 段)4	8.0	15.7
幼儿配方奶粉(12~36 月龄, 3 段)5	9.0	11.2
特殊医学用途全营养配方食品 1	36.4	37.4
特殊医学用途全营养配方食品 2	25.0	25.7
左旋肉碱代餐食品	740	762

4　结　论

本研究建立了一种高效液相色谱-高分辨质联用法测定奶粉及保健品食品中的左旋肉碱的方法。奶粉经沉淀蛋白后稀释进样, 保健食品中低蛋白质含量的样品直接用水溶解进样。在质荷比(m/z)100~500 范围内通过高分辨全谱扫描模式(full mass)提取目标化合物的精确质量数, 以一级母离子为定量离子, 同位素内标法进行定量的左旋肉碱测定方法, 避免了外标法定量不准确的缺点。此外, 高分辨质谱法提取的质量数准可精确至十万分之一, 优于三重四级杆的精度(百分之一), 为准确定量提供了保障。该法具有准确度高、抗干扰、选择性好、操作简单、出峰快, 无需对二级离子进行扫描即可根据一级母离子及其同位素内标的精确质量数进行定量。响应信号可达 10^7 以上, 有效避免因二级碰撞给响应信号带来的损失。解决了三重四级杆方法只能对目标离子进行扫描的局限性。此外一级全扫描分析模式对色谱图上出现的其他色谱峰及质谱信息对未知物筛查具有较为重大意义, 有利于发现风险, 本研究适用于奶粉及保健食品中左旋肉碱的快速分析检测。

参考文献

[1] 柴小简. 液相色谱-串联质谱法测定婴幼儿配方食品中左旋肉碱和胆碱含量及应用研究[D]. 大连: 大连工业大学, 2018.
Cai XJ. Study on determination and application of l-carnitine and choline in infant formula by liquid chromatography/tandern mass spectrometry [D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2018.

[2] Wang S, Chen YK, Ghonimy A, *et al*. *L*-carnitine supplementation improved population growth, photosynthetic pigment synthesis and antioxidant activity of marine *Chlorella* spp. [J]. Aquacult Rep, 2020, (17): 100394.

[3] 竺琴, 苏流坤, 郑家概, 等. 高效液相色谱-质谱联用测定婴幼儿配方奶粉中的左旋肉碱[J]. 分析测试学报, 2012, 31(3): 355–358.
Zhu Q, Su LK, Zheng JG, *et al*. Determination of *L*-carnitine in infant formula milk powder by highperformance liquid chromatography -mass spectrometry [J]. J Instrum Anal, 2012, 31(3): 355–358.

[4] GB 29989-2013 食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中左旋肉碱的测定[S].
GB 29989-2013 National food safety standard-Determination of *L*-carnitine in infant food and diary product [S].

[5] 刘艳明, 薛霞, 刘国强, 等. 亲水作用色谱-串联质谱法测定乳及乳制品中左旋肉碱[J]. 色谱, 2015, 33(9): 943–945.

Liu YM, Xue X, Liu GQ, *et al*. Determination of *L*-carnitine in milk and dairy products by hydrophilic liquid chromatographytandem mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2015, 33(9): 943–945.

[6] 唐吉旺, 袁列江, 肖勇, 等. 高效液相亲水作用色谱-串联质谱法同时测定乳粉中胆碱和左旋肉碱的含量[J]. 理化检验-化学分册, 2019, 55(6): 621–626.
Tang JW, Yuan LJ, Xiao Y, *et al*. Simultaneous determination of choline and L-Carnitine in infant formular milk power by hydrophilic interaction high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Phys Test Chem Anal Part B, 2019, 55(6): 621–626.

[7] 詹越城, 何斌, 刘梦婷, 等. 高效液相色谱-串联质谱法同时测定婴幼儿配方食品中胆碱 L-肉碱含量方法研究[J]. 农产品加工, 2019, (12): 68–70, 73.
Zhan YC, He B, Liu MT, *et al*. Simultaneous determination of choline and *L*-carnitine in infant formula food by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Farm Prod Process, 2019, (12): 68–70, 73.

[8] 莫紫梅, 韦春梦. 高效液相色谱法测定保健食品中左旋肉碱含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(5): 2093–2096.
Mo ZM, Wei CM. Determination of L-carnitine in health foods by high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(5): 2093–2096.

[9] Manjón A, Obón JM, Iborra JL. Determination of *L*-carnitine by flow injection analysis with nadh fluorescence detection [J]. Anal Biochem, 2000, 281(2): 176–181.

[10] GB 5413.40-2016 食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中核苷酸的测定[S].
GB 5413.40-2016 National food safety standard-Determination of nucleotide in in infant food and diary product [S].

[11] 张婷, 陈雷, 刘芸, 等. 高效液相色谱-高分辨质谱法测定乳粉中的牛磺酸[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(6): 2086–2090.
Zhang T, Chen L, Liu Y, *et al*. Determination of taurine in milk powder by high performance liquid chromatography-high resolution mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(6): 2086–2090.

[12] GB 10765-2010 食品安全国家标准 婴儿配方食品[S].
GB 10765-2010 National food safety standard-Infant formula [S].

[13] GB 10767-2010 食品安全国家标准 较大婴儿和幼儿配方食品[S].
GB 10767-2010 National food safety standard-Formula for older infants and toddlers [S].

[14] GB 13432-2013 预包装特殊膳食用食品标签通则[S].
GB 13432-2013 General standard for the labeling of prepackaged foods for special dietary uses [S].

[15] GB 28050-2011 食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则[S].
GB 28050-2011 National food safety standard-General principles of nutrition Labelling for pre-packaged foods [S].

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介

王 艳, 工程师, 主要研究方向为食品分析检测。
E-mail: wangyan6064@126.com