高效液相色谱法检测面粉中的乙二胺四乙酸二钠

李 硕, 李 莉, 曹 进*

(中国食品药品检定研究院, 100050 北京)

摘 要: 目的 建立一种高效液相色谱法检测面粉中乙二胺四乙酸二钠(ethylenediaminetetraacetic acid disodium, EDTA-2Na)的分析方法。**方法** 样品经水超声提取后, 通过 EDTA 与铜离子(Cu^{2+})的螯合作用, 采用高效液相色谱法, 以 Dikma C_{18} 柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm)为色谱柱, 柱温 30 ℃、流速 1.0 mL/min、检测波长 254 nm, 以水(含有 0.02 mol/L 四丁基溴化铵, 0.03 mol/L 乙酸钠缓冲液, pH=4):甲醇(80:20, *V*:*V*)为流动相, 对 EDTA-2Na 进行测定。通过铋离子(Bi^{3+})对面粉中的 EDTA-2Na 进行确证。**结果** 该方法线性范围为 20~400 μg/mL, 相关系数为 0.9995, 检出限为 10 mg/kg (*S*/*N*=3), 加标回收率为 95.8%~99.8%, RSD 为 1.3%~2.2%。**结论** 该方法对面粉中的 EDTA-2Na 进行了有效的检测和确证, 用铋离子(Bi^{3+})溶液作为确证试剂, 相对于传统方法中用铁离子(Fe^{3+}), 具有更高的专属性, 结果更加准确可靠, 可作为面粉中 EDTA-2Na 的检测方法。

关键词: 高效液相色谱法; 乙二胺四乙酸二钠; 面粉; 食品添加剂

Determination of ethylenediaminetetraacetic acid disodium in flour by high performance liquid chromatography

LI Shuo, LI Li, CAO Jin*

(*National Institutes of Food and Drug Control*, *Beijing* 100050, *Beijing*)

ABSTRACT: Objective To establish a method for determination of ethylenediaminetetraacetic acid disodium (EDTA-2Na) in flour by high performance liquid chromatography (HPLC). **Methods** Analytes in the flour samples were extracted by sonication method. Copper ion with EDTA was formed in order to be determined by HPLC. The separation was carried out using a Dikma C_{18} column (250 mm×4.6 mm, 5 μm) and the temperature was maintained at 30 ℃. The mobile phase consisting of water: methanol (80:20, *V*:*V*) was prepared by addition of tetrabutyl ammonium bromide (0.02 mol/L) and sodium acetate trihydrate (0.03 mol/L) followed by pH adjusted to 4.0 with phosphoric acid. The flow rate was optimized to 1.0 mL/min consideration of the resolution (2.0) and efficiency. **Results** The linearity range of this method was from 20 to 400 μg/mL with a correlation coefficient of 0.9995. The limit of detection (LOD) of copper(II) ethylenediaminetetraacetic acid was 10 mg/kg (*S*/*N*=3), and the recoveries from spiked samples were 95.8%~99.8%, and RSD were 1.3%~2.2%. **Conclusion** To make the results more reliable, bisthum ion (Bi^{3+}) reagent is selected as a substitution of ferric ion (Fe^{3+}) to distinguish EDTA in flour. The method has been proved to be simple and sensitive and can be used as a reference method for determination of EDTA-2Na in flour.

KEY WORDS: high performance liquid chromatography; ethylenediaminetetraacetic acid disodium; flour; food additive

*通讯作者: 曹进, 研究员, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: caojin@gmail.com

***Corresponding author:** CAO Jin, Researcher, National Institutes for Food and Drug Control, No 2, Tiantanxili, Dongcheng District, Beijing 100050, China. E-mail: caojin@gmail.com

1 引 言

乙二胺四乙酸二钠(ethylenediaminetetraacetic acid disodium, EDTA-2Na)被列为国家食品安全标准 GB 2760-2014《食品添加剂使用标准》[1]中允许使用的食品添加剂, 作为稳定剂、凝固剂、抗氧化剂、防腐剂使用。由于乙二胺四乙酸可与钙、镁等人体所必需的微量金属形成螯合物, 长期过量摄入会在一定程度上导致人体中微量金属元素流失, 对人身造成伤害, 因此, 世界各国对用于食品添加剂的乙二胺四乙酸二钠均有严格的限量规定[2]。我国食品安全标准 GB 2760-2014 规定了乙二胺四乙酸二钠作为食品添加剂的使用原则、允许使用的品种、使用范围及最大使用量或残留量。其中, 最大使用限量为 0.25 g/kg, 可用于果脯、蔬菜罐头、杂粮罐头等食品(见表 1)。在允许使用乙二胺四乙酸二钠作为食品添加剂的食品品种中, 并不包含面粉[1,3]。然而, 在食品安全监管工作中发现, 面粉生产和加工企业为了增加面粉口感, 存在超范围使用乙二胺四乙酸二钠的情况。

目前, 我国关于食品中乙二胺四乙酸二钠的标准方法有 SN/T 3855-2014 和 GB/T 21234-2007, 适用于饮料、果酱、食品罐头和铁强化酱油等食品的检测[4,5]。国内外检测方法主要有滴定法、比色法、薄层色谱法、高效液相色谱法和液相色谱-串联质谱法等[6-16]。其中, 滴定法和比色法专属性差, 很难将 EDTA 络合物和其他络合物区分。薄层色谱法多用于定性检测, 难以用于定量测定。高效液相色谱法或液相色谱-串联质谱法一般通过检测 EDTA 的金属螯合物(如 EDTA-Fe 或 EDTA-Cu)含量, 从而间接对 EDTA 的含量进行测定。本研究通过 EDTA 与铜离子(Cu^{2+})的螯合作用, 用高效液相色谱法对乙二胺四乙酸二钠含量进行测定, 同时利用 EDTA-Bi 螯合物的稳定系数高于 EDTA-Cu 螯合物的性质, 对乙二胺四乙酸二钠进行确证, 有效地避免了面粉基质中可能存在的干扰。本方法简便、快速、灵敏, 适合面粉中乙二胺四乙酸二钠检测的需要。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

乙二胺四乙酸二钠乙酸钠标准品, 纯度≥99.0%(Sigma-Aldrich 公司); 甲醇(色谱纯, Fisher Scientific 公司); 磷酸、冰醋酸、氯化铜、氯化铁、硝酸铋、抗坏血酸、四丁基溴化铵(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 实验用水为超纯水。

0.05 mol/L 乙酸钠缓冲液(pH=4.0), 0.006 mol/L 氯化铜溶液, 0.006 mol/L 氯化铁溶液, 0.006 mol/L 硝酸铋溶液现用现配。面粉(市售)。

2.2 设备与仪器

Agilent 1260, 配二极管阵列检测器液相色谱仪(美国安捷伦公司); Mettler AL204 电子天平(瑞士梅特勒公司); FE20K 型 pH 计(瑞士梅特勒公司); KQ-3200DE 型超声波清洗器(江苏昆山市超声仪器有限公司); CR22GIII 型离心机(日本日立公司)。

2.3 色谱条件

色谱柱: Dikma C_{18} 柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm); 柱温: 30℃; 流动相: 甲醇:水(含有 0.02 mol/L 四丁基溴化铵, 0.05mol/L 乙酸钠缓冲液, pH=4.0)=20:80 (*V*:*V*); 流速: 1.0 mL/min; 检测波长: 254 nm; 进样量: 20 μL。

表 1 GB 2760-2014 规定的 EDTA-2Na 使用范围及限量
Table 1 Application fields and limitations of EDTA-2Na in GB 2760-2014

食品分类号	食品名称	最大使用量(g/kg)	备注
04.01.02.05	果酱	0.07	
04.01.02.08.03	果脯类(仅限地瓜果脯)	0.25	
04.02.02.03	腌渍的蔬菜	0.25	
04.02.02.04	蔬菜罐头	0.25	
04.02.02.05	蔬菜泥(酱), 番茄沙司除外	0.07	
04.05.02.03	坚果与籽类罐头	0.25	
06.04.02.01	杂粮罐头	0.25	
12.10	复合调味料	0.075	
14.0	饮料类(14.01 包装饮用水除外)	0.03	固体饮料按稀释倍数增加使用量

2.4　测定方法

2.4.1　标准溶液的配制

称取乙二胺四乙酸二钠标准品 0.1 g, 精确至 0.0001 g, 置于 10 mL 容量瓶中, 用水溶解并定容, 摇匀, 配成质量浓度为 1.000 mg/mL 的标准储备溶液。测量前分别精确移取 0.10、0.20、0.50、0.75、1.0 mL 标准储备液至 25 mL 容量瓶中, 加 20 mL 水, 加入 3 mL 氯化铜溶液和 20 mg 抗坏血酸, 用 0.05 mol/L 的乙酸钠缓冲溶液定容至 25 mL, 漩涡混匀 1 min, 经 0.45 μm 滤膜过滤, 得到质量浓度分别为 20、40、100、200、300、400 μg/mL 的乙二胺四乙酸二钠标准工作溶液。

2.4.2　样品处理

称取匀质后的样品 2.5 g, 精确至 0.0001 g, 置于 25 mL 具塞刻度管中, 加入 20 mL 水, 400 W 超声提取 5 min, 取出冷却至室温后加入 3 mL 氯化铜溶液和 20 mg 抗坏血酸, 用 0.05 mol/L 的乙酸钠缓冲溶液定容至 25 mL, 漩涡混匀 1 min, 5000 r/min 离心 3 min, 取上清液经 0.45 μm 滤膜过滤, 滤液供液相色谱测定。

3　结果与讨论

3.1　测定方法的选择

由于面粉基质比较复杂, 采用滴定法、比色法等常规方法存在干扰, 因此采用选择性和专属性较高的高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC), 此法通过检测乙二胺四乙酸二钠的金属螯合物对其含量进行测定。

乙二胺四乙酸(EDTA)常用 H_4Y 表示, 由于其在水及酸中的溶解度很小, 食品添加剂中常用的是乙二胺四乙酸的钠盐($Na_2H_2Y_2$)。当溶液的酸度很高时, 两个羧基可再接受 H^+, 形成 H_6Y^{2+}, 相当于一个六元酸, 有 7 种形式: H_6Y^{2+}、H_5Y^+、H_4Y、H_3Y^-、H_2Y^{2-}、HY^{3-}、Y^{4-}; 当 pH＜1 时, 主要以 H_6Y^{2+}形式存在; 当 pH＞11 时, 主要以 Y^{4-}形式存在配位离子。可以看出, EDTA 是极性很强的化合物, 如果不进行金属离子螯合和采用离子对试剂, 很难采用液相色谱法(紫外检测器)测定其含量。EDTA 可以一个分子和二价及三价金属以 1:1 比例形成螯合物(图 1)。在溶液中存在多种金属离子时, EDTA 优先与稳定常数大的金属离子进行螯合反应。螯合物稳定常数表示 EDTA 金属螯合物的稳定状态, 稳定常数(lgK)越大, 表示该螯合物越稳定, 越有利优先发生螯合反应。EDTA 螯合金属离子稳定性排序为: Bi^{3+}＞Fe^{3+}＞Cu^{2+}>Zn^{2+}＞Al^{3+}>Fe^{2+}>Mn^{2+}>K^+>Ca^{2+}> Mg^{2+}。综合考虑加工过程中可能引入面粉的金属元素情况, 本方法选择氯化铜作为螯合试剂。

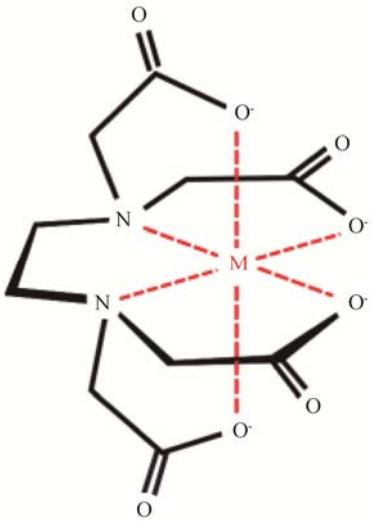


图 1　EDTA 与金属阳离子形成的螯合物

Fig. 1　Chelation of EDTA with metal cation

3.2　试验条件的选择

3.2.1　样品处理条件的确定

EDTA 二钠易溶于水, 微溶于乙醇, 不溶于乙醚, 因此可用水作为提取溶剂, 经超声提取, 既能得到较高的提取效率, 又能除去面粉中脂肪、蛋白等干扰物质。选择氯化铜作为螯合试剂, 能够有效避免面粉中钙、镁、铝等金属离子的干扰, 但如果样品中含有 Fe^{3+}, 由于 Fe^{3+}与 EDTA 的强螯合作用, 可能造成测定结果的不准确。本研究在样品处理步骤中加入了抗坏血酸, 利用其还原作用, 可将 Fe^{3+}转化为 Fe^{2+}, 从而消除面粉中微量 Fe^{3+}的干扰。

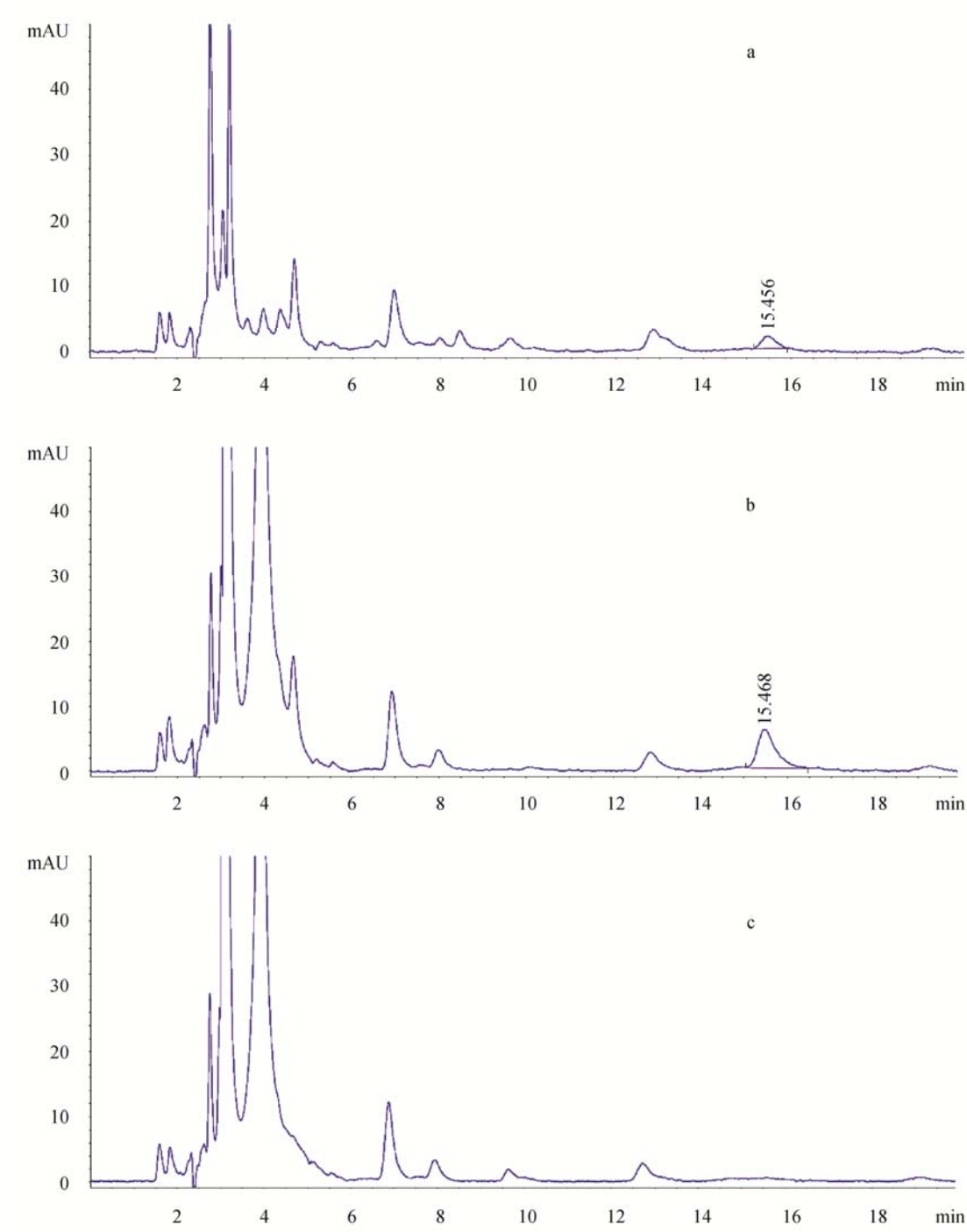
3.2.2　确证试剂的选择

为了进一步提高通过 EDTA-Cu 对面粉中 EDTA 进行测定的专属性和准确性, 对于阳性样品, 增加了确证试验。由于本研究在样品处理中加入过量的抗坏血酸以消除 Fe^{3+}的干扰, 在确证试验时就不宜选用 Fe^{3+}作为确证离子, 因此最终选择了与 EDTA 螯合能力更强的 Bi^{3+}溶液作为确证试剂。利用 EDTA-Bi 螯合物的稳定系数高于 EDTA-Cu 螯合物, 向样品溶液中加入 Bi^{3+}, 使 EDTA-Bi 螯合物竞争替代 EDTA-Cu 螯合物。若样品中存在 EDTA, 按照测定方法可检测到 EDTA-Cu 螯合物的色谱峰。向样品溶液中加入硝酸铋溶液后, 在色谱图上 EDTA-Cu 螯合物的色谱峰消失(见图 2), 从而确证 EDTA 的存在。

3.2.3　pH 的选择

在溶液中, 金属离子 M 与 EDTA 发生螯合反应生成 MY。条件稳定常数 lgK_{MY} 是衡量螯合反应进行程度的主要标志。通过查阅文献计算可得到 Cu^{2+}、Fe^{3+}、Fe^{2+}、Bi^{3+} 4 种离子的条件稳定常数 lgK_{MY} 随 pH 变化的趋势图(见图 3)。在 pH 1~7 范围内, Cu^{2+}、Fe^{2+}、Bi^{3+}的 lgK_{MY} 值

随着 pH 的增大而增大，Fe^{3+}的 lgK_{MY} 值随着 pH 的增加呈现先增大后减小的趋势。但是随着 pH 的增加，Bi^{3+}与 Cu^{2+}的 lgK_{MY} 差值逐渐减小，表示 Bi^{3+}与 Cu^{2+}与 EDTA 螯合的能力差距逐渐减小，当 $\Delta lgK_{MY}<6$ 时，Bi^{3+}不能完全取代 Cu^{2+}，溶液中将出现 EDTA-Bi 与 EDTA-Cu 共存，影响 EDTA 的确证。综合考虑 pH 对 EDTA-Bi 与 EDTA-Cu 的条件稳定常数的影响，最终选择缓冲溶液的 pH=4.0。在此条件下，Cu^{2+}可以与样品中的 EDTA 充分反应生成稳定的螯合物，又不受其他杂质的干扰，同时也保证了确证试验的灵敏度。



a.阳性样品色图谱; b.阳性样品加标色图谱; c.阳性样品加入 Bi^{3+}后色图谱

a. positive sample; b. positive sample + EDTA; c. positive sample + Bi^{3+}

图 2 阳性样品确证色谱图

Fig. 2 Confirmation of positive samples

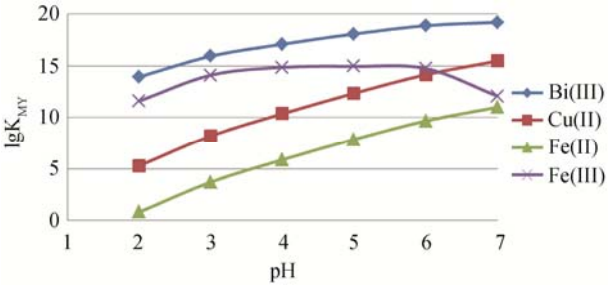


图 3　Cu^{2+}、Fe^{3+}、Fe^{2+}、Bi^{3+}条件稳定常数 lgK_{MY} 随 pH 变化的趋势图

Fig. 3　Tendency of conditional stability constants (lgK_{MY}) for Cu^{2+}、Fe^{3+}、Fe^{2+} and Bi^{3+} at different pH values

3.3　方法学考察

3.3.1　线性范围

在方法所确定的试验条件下, 取一系列不同质量浓度的 EDTA-2Na 标准溶液, 分别取 20 μL 混合标准系列溶液注入液相色谱仪, 以色谱峰的峰面积为纵坐标, 与其对应的 EDTA-2Na 质量浓度为横坐标作图, 绘制标准工作曲线。结果表明: EDTA-2Na 质量浓度在 20~400 μg/mL 范围内线性关系良好, 回归方程为 Y=1.00299X-5.49893, 相关系数(r)为 0.9995。

3.3.2　检出限与定量限

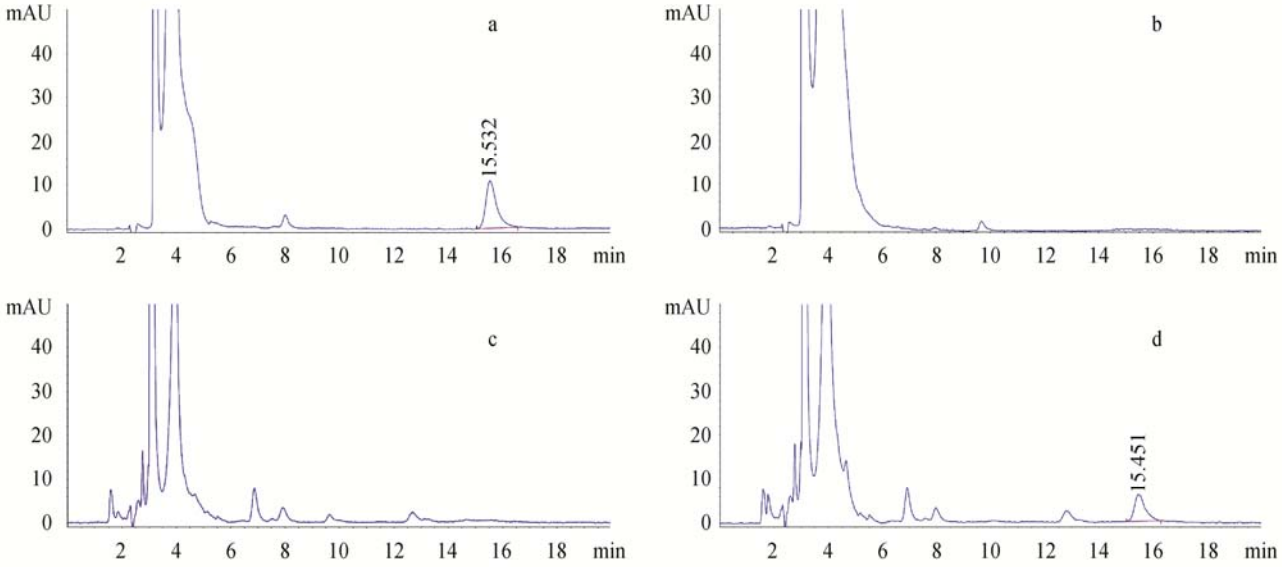
向空白面粉基质中添加 EDTA-2Na 标准品, 以信噪比(S/N)=3 计算方法的检出限, 以信噪比(S/N)=10 计算方法的定量限, 可得该方法的检出限和定量限分别为 10 mg/kg 和 25 mg/kg。

3.3.3　回收率与精密度

对面粉空白样品采用加标法测定回收率及精密度。添加 50、100、200 μg/mL 3 个水平, 每个添加水平平行测定 6 次, 计算其平均回收率、相对标准偏差见表 2。测定结果表明, 该方法回收率和精密度符合要求。

3.4　实际样品测定

根据所建立的方法, 对市售的 48 批面粉样品中的 EDTA-2Na 进行分析, 并对其含量进行测定(见表 3)。检测结果表明, 48 批面粉中的 2 批含有 EDTA-2Na。核对产品标签发现, 2 批检出 EDTA-2Na 的面粉包装成分表中注明了含有 EDTA-2Na 的字样。但是, 根据国家食品安全标准 GB2760-2014 规定, EDTA-2Na 作为食品添加剂, 仅被允许在熟制坚果与籽类、啤酒和配制酒的加工工艺、发酵工艺、饮料的加工工艺中作为吸附剂、螯合剂使用, 在面粉中添加 EDTA-2Na, 属于食品添加剂的扩大范围使用。由此可见, 面粉生产、加工企业对在面粉中是否可以添加 EDTA-2Na 并没有正确的认识。



a.标准溶液 ETDA-Cu 色谱图; b.标准溶液 ETDA-Cu 加入 Bi^{3+}后的色谱图;
c.空白样品色谱图; d.空白样品加标色谱图
a. EDTA-Cu; b. EDTA-Cu + Bi^{3+}; c. blank sample; d. blank sample + EDTA-Cu
图 4　标准品及空白样品色图谱
Fig. 4　Chromatograms of standard solutions and blank samples

表 2 空白面粉样品中 EDTA-2Na 加标回收率的测定(n=6)
Table 2 Recoveries of EDTA-2Na in blank flour samples (n=6)

	50 μg/mL				100 μg/mL				200 μg/mL			
	测得含量 (μg/mL)	回收率 (%)	平均回收率 (%)	RSD (%)	测得含量 (μg/mL)	回收率 (%)	平均回收率(%)	RSD (%)	测得含量 (μg/mL)	回收率 (%)	平均回收率(%)	RSD (%)
1	47.1	94.2			98.4	98.4			201.1	100.6		
2	46.9	93.8			97.6	97.6			196.5	98.3		
3	48.1	96.2	95.8	2.2	94.2	94.2	96.8	1.8	198.2	99.1	99.8	1.3
4	47.4	94.8			96.1	96.1			197.7	98.9		
5	48.2	96.4			98.7	98.7			200.9	100.5		
6	49.8	99.6			95.8	95.8			203.3	101.1		

表 3 面粉样品中 EDTA-2Na 含量的测定(mg/kg)
Table 3 Determination of EDTA-2Na in edible flour samples (mg/kg)

编号	EDTA-2Na	编号	EDTA-2Na	编号	EDTA-2Na	编号	EDTA-2Na
1	N/A	13	N/A	25	N/A	37	N/A
2	N/A	14	N/A	26	N/A	38	N/A
3	N/A	15	N/A	27	N/A	39	N/A
4	784.79	16	N/A	28	N/A	40	N/A
5	N/A	17	N/A	29	N/A	41	N/A
6	N/A	18	N/A	30	N/A	42	N/A
7	N/A	19	N/A	31	N/A	43	N/A
8	N/A	20	N/A	32	N/A	44	N/A
9	N/A	21	768.14	33	N/A	45	N/A
10	N/A	22	N/A	34	N/A	46	N/A
11	N/A	23	N/A	35	N/A	47	N/A
12	N/A	24	N/A	36	N/A	48	N/A

注: N/A 表示未检出。

4 结 论

本研究建立了适用于面粉中乙二胺四乙酸二钠的检测方法, 方法准确, 简单, 快捷。该方法的建立, 能有效地用于鉴别面粉中是否扩大范围使用食品添加剂 EDTA-2Na, 并对其含量进行准确的测定, 为食品安全监控提供检测方法和技术支撑, 对加强食品添加剂监管, 保障食品安全具有实际意义。

参考文献

[1] GB 2760-2014 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].
GB 2760-2014 National food safety standard for uses of food additives [S].

[2] 许中敏, 鲍小丹, 刘鲁林, 等. 乙二胺四乙酸铁钠(NaFeEDTA)的国内外法规情况研究[J]. 中国食品添加剂, 2012, (1): 207–211.
Xu ZM, Bao XD, Liu LL, *et al.* Research of domestic and overseas regulations of sodium iron EDTA [J].China Food Addit, 2012, (1): 207–211.

[3] SN/T 2360.14-2009 进出口食品添加剂检验规程第 14 部分: 面粉处理剂[S].
SN/T 2360.14-2009 Rules for the inspection of food additives for import and export-Part 14: Flour treatment agents [S].

[4] GB/T21234-2007 铁强化酱油中乙二胺四乙酸铁钠的测定[S].
GB/T21234-2007 Determination of sodium iron (Ⅲ) ethylenediaminetetraacetate, trihydrate ($NaFeEDTA{\cdot}3H_2O$) in iron fortified soy sauce [S].

[5] 武汉大学主编. 分析化学(第四版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

Wuhan University, Analytical chemistry (4th edition) [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.

[6] 狄蕊, 霍军生, 魏峰, 等. 高效液相色谱法检测酱油中 NaFeEDTA [J]. 食品科学, 2013, 34(18): 150–153.
Di R, Huo JS, Wei F, *et al*. Determination of NaFeEDTA in soy sauce by HPLC [J]. Food Sci, 2013, 34(18): 150–153.

[7] 苏文斌, 兰瑞家. 铁强化酱油中 NaFeEDTA 含量的测定[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 308–311.
Su WB, Lan RJ. Determination of NaFeEDTA in iron-fortified soy sauce [J]. Food Sci, 2008, 29(6): 308–311.

[8] 施旭霞, 陈笑梅. 反相高效液相色谱法测定罐头食品中乙二胺四乙酸的残留量[J]. 色谱, 2000, 18(5): 445–447.
Shi XX, Chen XM. Determination of EDTA residue in canned food products by RP-HPLC [J]. Chin J Chromatogr, 2000, 18(5): 445–447.

[9] 黄建, 李文仙, 霍军生. 反相离子对高效液相色谱法测定果味饮料中的乙二胺四乙酸二钠[J]. 中国食品工业, 2009, (6): 55–56.
Huang J, Li WX, Huo JS. Determination of EDTA in fruit flavored beverage by RP-HPLC [J]. Food Food Ind, 2009, (6): 55–56.

[10] 魏峰, 李文仙, 黄建, 等.反相离子对高效液相色谱法测定铁强化酱油中的乙二胺四乙酸铁钠[J]. 色谱, 2006, 24(1): 58–61.
Wei F, Li WX, Huang J, *et al*. Determination of sodium iron (Ⅲ) ethylenediaminetetraacetate in iron-fortified soy sauce by reversed-phase ion-pair high performance liquid chromatography [J]. Chin J Chromatogr, 2006, 24(1): 58–61.

[11] 魏冬旭, 韩广源, 孙莹, 等. 高效液相色谱－串联质谱法测定食品中的乙二胺四乙酸二钠[J]. 理化检验: 化学分册, 2014, 50(6): 698–701.
Wei DX, Han GY, Sun Y, *et al*. Determination of Na_2-EDTA in food by HPLC-MS/MS [J]. Phys Test Chem Anal Part B: Chem Anal, 2014, 50(6): 698–701.

[12] 吕晓华, 文红, 许红琴. 高效液相色谱法测定板栗罐头中乙二胺四乙酸二钠的含量[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(3): 517–518.
Lv XH, Wen H, Xu HQ. Determination of ethylenediaminetetraaceticacid disodium salt in canned chinese chestnut by high performance liquid chromatograph [J].Chin J Health Lab Technol, 2009, 19(3): 517–518.

[13] 郑睿行, 张旭, 方芳, 等. 高效液相色谱法测定酱腌菜制品中 EDTA 残留量[J]. 中国食品添加剂, 2011, (2): 212–219.
Zheng RX, Zhang X, Fang F, *et al*. Technical studies of detection method of EDTA residue in the pickled product [J].China Food Addit, 2011, (2): 212–219.

[14] 陈肇臻, 刘小刚. 油炸小食品中乙二胺四乙酸二钠的高效液相色谱法测定[J]. 质量技术监督研究, 2014, (5): 5–10.
Chen ZZ, Liu XG. Quality and technical supervision research [J]. Qual Technol Super Res, 2014, (5): 5–10.

[15] 魏冬旭, 胡珅, 孙莹, 等.高效液相色谱法测定食品中乙二胺四乙酸二钠[J]. 检验检疫学刊, 2013, 23(6): 50–53.
Wei DX, Hu S, Sun Y. *et al*. Determination of EDTA-2Na in food by high performance liquid chromatography [J]. J Inspect Quarant, 2013, 23(6): 50–53.

[16] SN/T3855-2014 出口食品中乙二胺四乙酸二钠的测定[S].
SN/T3855-2014 Determination of ethylenediaminetetraacetic acid disodium in foodstuffs for export [S].

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介

李　硕, 硕士, 主要研究方向为食品、化妆品检验及标准研究。
E-mail: pahayokolide@sina.com

曹　进, 博士, 研究员, 主要研究方向为食品安全检测。
E-mail: caojin@nifdc.org.cn