

液相色谱串联质谱法测定纸制食品接触材料中芳香族伯胺迁移量

汤志旭^{1*}, 牛增元¹, 陶强¹, 王凤美¹, 杨博锋², 罗忻¹

(1. 山东出入境检验检疫局, 青岛 266002; 2. 中国海洋大学食品科学与工程学院, 青岛 266003)

摘要: **目的** 建立纸制食品接触材料中 24 种芳香族伯胺迁移量的液相色谱串联质谱检测方法。**方法** 以不同种类食品模拟物进行模拟迁移实验, 模拟迁移液过 0.22 μm 滤膜测定。液相色谱使用 ZORBAX-C₁₈ 反相色谱柱, 以乙腈和 0.1% 甲酸为流动相, 在梯度条件下分析。在正离子模式下多反应监测(MRM) 采集质谱信号, 进行定性和定量分析。**结果** 24 种初级芳香胺在 50% 乙醇溶液(v/v) 模拟物中标准曲线的线性相关系数为 0.9902~0.9999, 加标回收率为 72.98%~97.88%, 相对标准偏差均在 0.30%~9.90%, 定量限均小于或等于 3.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。**结论** 该方法快速简便、灵敏度高、准确性好, 满足了相关法规的限量测定要求。

关键词: 芳香族伯胺; 液相色谱串联质谱; 纸制食品接触材料; 食品模拟物; 迁移量

Determination of primary aromatic amines released from food paper packaging materials by liquid chromatography-tandem mass spectrometry

TANG Zhi-Xu^{1*}, NIU Zeng-Yuan¹, TAO Qiang¹, WANG Feng-Mei¹, YANG Bo-Feng², LUO Xin¹

(1. Shandong Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Qingdao 266002, China; 2. College of Food Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

ABSTRACT: Objective To develop a liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS-MS) method for the simultaneous determination of 24 primary aromatic amines (PAAs) released from food paper packaging materials of food simulants. **Methods** Different food simulants were used to simulate the migration of PAAs from food paper packaging materials. The simulant migration liquid was determined directly after being filtered with a 0.22 μm membrane without any other process. The analysis of PAAs was performed on a ZORBAX-C₁₈ column using gradient elution with the mobile phase of 0.1% formic acid in water and acetonitrile, and the mass spectrometry signal was collected by the positive electrospray ionization-MS/MS method under MRM mode for qualitative and quantitative analyses. **Results** The correlation coefficients (r) were 0.9902~0.9999 for the standard curve of 24 primary aromatic amines in the simulant of 50% ethanol solution (v/v), recoveries ranged from 70.30% to 97.88%, the relative standard deviations were 0.30%~9.90% and the limit of quantification (LOQ) was 3.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ or lower. **Conclusion** This method is simple, fast, sensitive and accurate, and can meet the requirement of the relevant limit regulations.

KEY WORDS: primary aromatic amines; liquid chromatography-tandem mass spectrometry; paper food contact materials; food simulants; migration

基金项目: 国家质检总局科技计划项目(2011K101)

Fund: Supported by the National Bureau of Quality Inspection (2011K101)

*通讯作者: 汤志旭, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: zhixutang@126.com

*Corresponding author: TANG Zhi-Xu, Associate Professor, Technical Center of Shandong Entry-Exit Inspection & Quarantine Bureau, No. 70, Qutangxia Road, Shinan District, Qingdao 266002, China. E-mail: zhixutang@126.com

1 引言

纸、塑料、玻璃、金属为现代食品包装的四大支柱。纸制材料由于环保卫生、轻便易于携带,越来越受欢迎,纸质包装材料被广泛用于食品行业中,如各种蛋糕托纸、面包纸袋、餐厅托盘纸、餐厅食物袋等,其中餐厅托盘纸和食物袋上通常会有印制精美的文字或图案,而这些印刷品中有的使用含有偶氮染料的涂料。部分偶氮染料与水基食品接触时,会分解释放出芳香胺,与食品接触后,芳香胺将会迁移进入到食品中,污染食品,并最终进入人体,给人类健康带来极大危害。

芳香族伯胺(primary aromatic amines)是一类毒性比甲醛更强的致癌物质,无色无味,其固体和蒸汽能通过皮肤及其他途径迅速进入体内。芳香族伯胺通过呼吸道、胃肠道和皮肤进入人体,经过一系列活化作用使人体细胞的DNA发生结构与功能的变化,导致人致病甚至致癌,除了突变性和致癌性之外,芳香胺还有其他生物毒性,例如4-氨基联苯、3-氨基联苯和2-氨基联苯会抑制许多肠道细菌之生长,这种作用会影响肠道菌群的平衡^[1]。欧盟在2007年3月发布的2007/19/EC指令中,将芳香族伯胺迁移限量限为0.01 mg/kg。目前国内外对芳香族伯胺的研究主要集中在纺织品^[2-4]、塑料产品^[5-8]、水性食品模拟物^[9-11]、电器产品塑料部件^[12]等。目前,对纸制食品包装材料中芳香族伯胺的研究很少,相关的研究也很不全面^[13]。

本文参照最新欧盟(EU)No 10/2011法令中有关食品模拟物选择的规定和国标GB/T 23296.1-2009食品模拟迁移测试条件的相关规定,以蒸馏水、3%乙酸溶液(w/v)、10%乙醇溶液(v/v)、20%乙醇溶液(v/v)、50%乙醇溶液(v/v)、95%乙醇溶液(v/v)作为食品模拟物来替代不同类型的食品,通过模拟迁移实验来模拟食品纸制接触材料中24种芳香族伯胺的迁移,建立测定50%乙醇(v/v)食品模拟物中24种芳香族伯胺迁移量的液相色谱串联质谱检测方法,以便为预测纸制食品接触材料中芳香族伯胺迁移的相关研究提供参考。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

Agilent 1260 高压液相色谱仪,美国安捷伦公司;

配有AB SCIEX API 4000 三重四级杆串联质谱,美国AB SCIEX公司;色谱柱:ZORBAX-C₁₈ (150 mm×2.1 mm×5 μm),美国安捷伦公司;恒温箱:IKA® KS 4000i control,德国IKA公司;涡旋振荡器:IKA® MS3 basic,德国IKA公司;分析天平:Mettler Toledo XS 205(精确度0.01 mg),瑞士Mettler-Toledo公司;MILLI-Q 纯水仪,美国Millipore公司;超声波可控温清洗器:KQ-IOOE,昆山市超声仪器有限公司。

24种芳香族伯胺标准品,如表1所示(纯度均大于96%,美国Sigma公司),分别用甲醇配制成30 mg/L标准储备液,备用。用甲醇配制24种芳香族伯胺混和标准液,浓度为1 mg/L,4℃贮藏备用。

甲醇、乙腈均为色谱纯(Burdick & Jackson公司);乙醇:分析纯(天津市富宇精细化工有限公司);甲酸:色谱纯(J. T. Baker公司)。

2.2 色谱条件

流动相:乙腈(流动相A),0.1%甲酸(流动相B);进样量:10 μL;柱温:30℃;色谱柱:ZORBAX SB-C₁₈(2.1 mm×150 mm,5 μm,Agilent公司)。梯度洗脱条件:0~5 min,15% A,流速0.3 mL/min;5~15 min,15%~90% A,流速0.3~0.5 mL/min;15~20 min,90% A,流速0.5 mL/min;20~20.1 min,90%~15% A,流速0.5~0.3 mL/min;20.1~25 min,15% A,流速0.3 mL/min。

2.3 质谱条件

质谱参数:电喷雾离子化离子源(ESI),正离子模式(positive);质谱扫描方式:多反应监测(MRM);CAD (Collision-activated dissociation,碰撞活化解离气):6 psi;CUR (curtain gas,幕帘气):20 psi;GS1 (ion source gas 1;离子源气1):45 psi;GS2 (ion source gas 2;离子源气2):60 psi;IS (ion spray voltage;离子喷雾电压):5500 V;TEM (temperature,离子源温度):550℃;Dwell Time(采集时间):20 msec;母离子、子离子(定性离子、定量离子)、解簇电压、出口电压、碰撞能量、碰撞池出口电压。

2.4 模拟迁移实验

参照欧盟(EU)No 10/2011^[14]最新食品接触塑料及制品条例和国标GB/T 23296.1-2009^[15]规定:以蒸馏水、3%乙酸溶液(w/v)、10%乙醇溶液(v/v)、20%

表 1 24 种芳香族伯胺质谱参数
Table 1 Mass spectrum parameters of 24 primary aromatic amines

化合物 编号	化合物	化学文摘 编号	母离子 [M+H] ⁺ (m/z)	子离子 (m/z)	解簇电压 (eV)	出口电压 (eV)	碰撞能量 (eV)	碰撞池 出口电压 (eV)
1	4-氨基联苯	92-67-1	170.1	152.0*	95	10	38	10
	4-Aminodiphenyl			153.0			27	10
2	联苯胺	92-87-5	185.1	168.1*	70	10	26	10
	Benzidine			167.1			36	10
3	4-氯-2-甲基苯胺	95-69-2	142.0	107.0*	45	10	25	6
	4-Chloro-2-toluidine			106.0			35	6
4	2-萘胺	91-59-8	144.1	127.1*	65	10	32	8
	2-Naphthylamine			77.0			48	4
5	邻氨基偶氮甲苯	97-56-3	226.2	91.1*	68	10	30	4
	O-Aminoazotoluene			121.1			31	10
6	2-氨基-4-硝基甲苯	99-55-8	153.1	107.0*	59	10	25	6
	2-Amino-4-nitrotoluene			89.0			43	5
7	4-氯苯胺	106-47-8	128.1	93.0*	58	10	29	5
	4-Chloroaniline			75.0			46	10
8	2,4-二氨基苯甲醚	615-05-4	139.0	124.1*	47	10	22	13
	2,4-Diaminoanisole			107.0			24	6
9	4,4'-二氨基二苯甲烷	101-77-9	199.2	106.0*	72	10	34	6
	4,4'-Diaminodiphenylmethane			77.0			69	10
10	3,3'-二氯联苯胺	91-94-1	253.1	217.0*	85	10	30	5
	3,3'-Dichlorbenzidine			182.1			38	10
11	3,3'-二甲氧基联苯胺	119-90-4	245.1	230.2*	78	10	26	10
	3,3'-Dimethoxybenzidine			187.1			44	10
12	3,3'-二甲基联苯胺	119-93-7	213.1	196.1*	95	10	27	10
	3,3'-Dimethylbenzidine			180.1			48	11
13	3,3'-二甲基-4,4'-二氨基二苯甲烷	838-88-0	227.2	120.1*	84	10	34	7
	3,3'-Dimethyl-4,4'-Diaminodiphenyl methane			178.1			34	5
14	2-甲氧基-5-甲基苯胺	120-71-8	138.1	123.1*	60	10	23	7
	p-Cresidine			106.0			31	6
15	3,3'-二氯-4,4'-二氨基二苯甲烷	101-14-4	267.1	231.1*	88	10	30	6
	4,4'-Methylene-bis(2-chloroaniline)			140.0			40	9
16	4,4'-二氨基二苯醚	101-80-4	201.1	108.0*	82	10	28	9
	4,4'-Oxdianiline			80.0			43	10
17	4,4'-二氨基二苯硫醚	139-65-1	217.1	124.1*	77	10	29	7
	4,4'-Thodianiline			200.1			26	5
18	2-甲基苯胺	95-53-4	108.1	91.1*	100	10	27	5
	O-Toluidine			93.1			24	5
19	2,4-二氨基甲苯	95-80-7	123.1	108.0*	80	10	24	7
	2,4-Toluylenediamine			106.0			24	8
20	2,4,5-三甲基苯胺	137-17-7	136.1	121.1*	60	10	22	7
	2,4,5-Trimethylaniline			91.1			33	5
21	2-甲氧基苯胺	90-04-0	124.1	109.0*	89	10	23	7
	2-Methoxyaniline			80.0			42	4
22	4-氨基偶氮苯	60-09-3	198.1	77.0*	100	10	30	4
	4-Aminoazobenzene			95.1			25	5
23	2,4-二甲基苯胺	95-68-1	122.1	107.0*	69	10	24	7
	2,4-Xylidine			105.0			24	6
24	2,6-二甲基苯胺	87-62-7	122.1	105.0*	60	10	23	6
	2,6-Xylidine			107.0			23	6

A: Declustering potential; b: Entrance potential; c: Collision energy; d: Collision cell exit potential; *: Quantification ion (定量离子)

乙醇溶液(v/v)、50%乙醇溶液(v/v)、95%乙醇溶液(v/v)作为食品模拟物来替代不同类型的食品;对有些包装材料或制品只能在室温或者低于室温的条件下使用,此时试验应该在40℃下进行240h,一般认为这一时间和温度条件是“更严厉”的试验条件;若实际使用的接触材料与食品接触的表面积-体积比未知,则应使用常规暴露条件,即100g食品或100mL食品模拟物接触的包装材料表面积为0.6dm²,并且所有食品模拟物的浓度一般可假定为1kg/L。因此,本试验具体方法如下:取6cm²有效接触面积的纸制食品接触材料样品,用去离子水清洗干净,按照6dm²/L的标准,加入10mL食品模拟液,40℃恒温条件下全浸泡10天。

2.5 食品模拟液处理

将2.4节迁移试验得到的50%乙醇(v/v)溶液取1mL,过0.22μm滤膜后进行用液相色谱串联质谱测定。

3 结果与讨论

3.1 24种芳香族伯胺质谱条件的优化

确定三重四级杆质谱的基本参数:CAD (collision-activated dissociation,碰撞活化解离):6;CUR (curtain Gas,幕帘气):20;GS1 (ion source gas 1;离子源气1):45;GS2 (ion source gas 2;离子源气2):60;IS (ion spray voltage;离子喷雾电压):5500;TEM

(temperature,离子源温度):550℃。将24种芳香族伯胺单标(1.0μg/mL)用自动流动注射器分别直接进质谱,确定24种芳香族伯胺各自母离子、子离子,选择子离子中响应值最高的作为定量离子,次高的作为定性离子,并优化各自的解簇电压、出口电压、碰撞能量、碰撞池出口电压,结果如表1所示。

3.2 高压液相色谱条件的确定

采用了ZORBAX Eclipse XDB-C₁₈、ZORBAX SB-C₈、VenusilSCX-L等色谱柱进行芳香胺的分离实验,实验最终选用ZORBAX SB-C₁₈为色谱柱。按照2.2节色谱条件进行测定。24种芳香族伯胺的保留时间如表2所示,24种芳香族伯胺在25min内均得到了较好的分离,如图1所示。

3.3 基质标准曲线参数及检出限

配制24种芳香族伯胺浓度分别为1μg/mL的混合标准液,然后分别逐次用50%乙醇(v/v)配制成50.0、40.0、20.0、10.0、5.0、2.5、1.0、0.1ng/mL浓度的混合标准液,用液相色谱串联质谱进行测定,绘制基质标准工作曲线,确定方法的线性范围、线性相关系数、测定低限、定量低限及各自保留时间。方法的检出限(LOD)是目标物的信号与基线噪音的比值为3(S/N=3)时所测目标物的浓度。方法的定量限(LOQ)是目标物的信号与基线噪音的比值为10(S/N=10)时所测目标物的浓度。结果如表2所示,24种芳香族伯胺在50%乙醇模拟物中的线性相关系

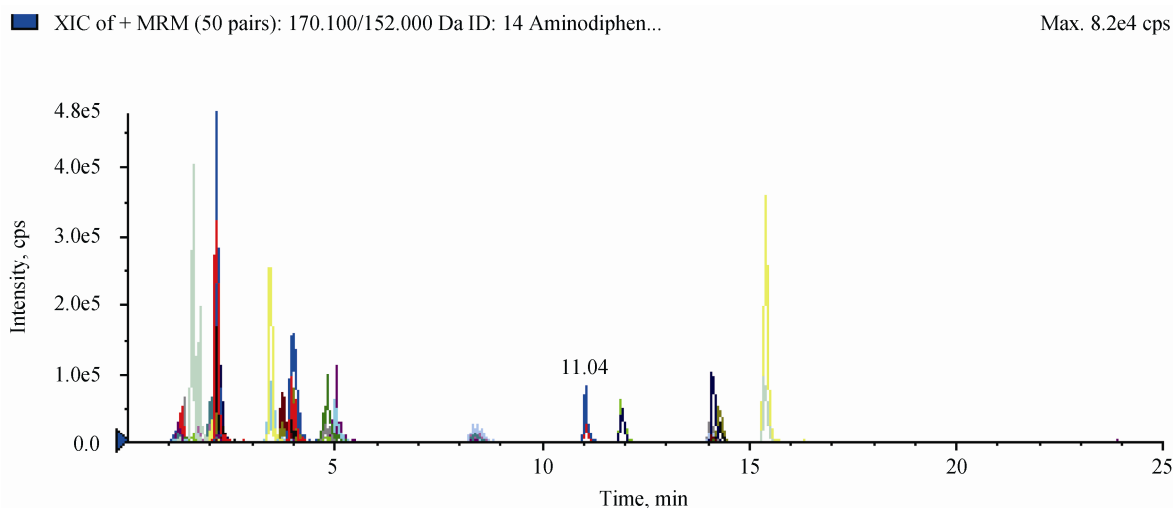


图1 24种芳香族伯胺总离子流图

Fig. 1 Total ion current (TIC) of 24 primary aromatic amines

表 2 50%乙醇模拟物中线性参数及检出限
Table 2 The detection limit and linear parameters of 50% alcohol food simulants

化合物编号	线性方程	相关系数 (r)	线性范围 (ng/g)	检出限 LOD (ng/g)	定量限 LOQ (ng/g)	保留时间 (min)
1	$Y=2.06 \times 10^4 X - 3.93 \times 10^3$	0.9999	1.0~50.0	0.12	0.37	10.89
2	$Y=1.58 \times 10^4 X + 7.5 \times 10^3$	0.9937	0.1~50.0	0.04	0.12	1.26
3	$Y=1.65 \times 10^4 X - 5.34 \times 10^3$	0.9928	0.1~50.0	0.09	0.28	8.34
4	$Y=3.96 \times 10^4 X - 1.66 \times 10^4$	0.9972	0.1~50.0	0.06	0.18	4.80
5	$Y=8.45 \times 10^4 X + 7.71 \times 10^4$	0.9983	0.1~50.0	0.05	0.15	15.36
6	$Y=2.78 \times 10^4 X - 4.81 \times 10^3$	0.9999	1.0~50.0	0.37	1.20	11.83
7	$Y=2.31 \times 10^4 X - 6.30 \times 10^3$	0.9965	1.0~50.0	0.18	0.59	3.74
8	$Y=4.03 \times 10^3 X + 1.01 \times 10^1$	0.9939	1.0~50.0	0.22	0.72	1.17
9	$Y=1.64 \times 10^4 X - 7.40 \times 10^2$	0.9976	0.1~50.0	0.09	0.30	1.18
10	$Y=2.02 \times 10^4 X + 1.13 \times 10^3$	0.9994	0.1~50.0	0.09	0.30	14.05
11	$Y=1.46 \times 10^4 X + 2.21 \times 10^4$	0.9970	0.1~50.0	0.06	0.19	2.02
12	$Y=1.09 \times 10^4 X + 6.26 \times 10^3$	0.9927	0.1~50.0	0.08	0.25	1.94
13	$Y=3.32 \times 10^4 X - 4.83 \times 10^4$	0.9946	1.0~50.0	0.15	0.50	1.79
14	$Y=2.53 \times 10^4 X + 2.45 \times 10^4$	0.9902	0.1~50.0	0.06	0.20	2.12
15	$Y=1.96 \times 10^4 X + 1.24 \times 10^4$	0.9983	0.1~50.0	0.05	0.15	14.27
16	$Y=6.79 \times 10^3 X + 2.73 \times 10^4$	0.9933	0.1~50.0	0.09	0.29	1.17
17	$Y=4.03 \times 10^4 X - 3.62 \times 10^4$	0.9935	0.1~50.0	0.09	0.29	4.45
18	$Y=3.38 \times 10^3 X - 1.47 \times 10^3$	0.9913	1.0~50.0	0.20	0.67	1.73
19	$Y=5.03 \times 10^3 X - 1.29 \times 10^3$	0.9971	1.0~50.0	0.76	2.50	1.17
20	$Y=2.10 \times 10^4 X + 5.36 \times 10^4$	0.9930	0.1~50.0	0.08	0.25	3.19
21	$Y=4.69 \times 10^4 X + 5.56 \times 10^4$	0.9968	0.1~50.0	0.05	0.17	1.67
22	$Y=2.80 \times 10^4 X - 1.45 \times 10^4$	0.9974	0.1~50.0	0.05	0.15	14.09
23	$Y=2.30 \times 10^4 X + 2.61 \times 10^4$	0.9924	0.1~50.0	0.09	0.28	2.12
24	$Y=3.73 \times 10^4 X + 4.55 \times 10^4$	0.9918	1.0~50.0	0.37	1.20	3.95

数为 0.9902~0.9999, 定量限为 0.12~2.50 ng/g, 检出限为 0.04~0.76 ng/g, 满足相关法规的测定限量要求。

分别用蒸馏水、3%乙酸溶液、10%乙醇溶液、20%乙醇溶液、95%乙醇配制不同浓度的芳香族伯胺标准溶液, 标准曲线制作方法同上。

3.4 回收率和精密度

选取不含这 24 种芳香族伯胺的一次性纸杯做添

加回收试验, 分别以蒸馏水、3%乙酸溶液、10%乙醇溶液、20%乙醇溶液、50%乙醇溶液、95%乙醇作为食品模拟物, 进行 5、10、20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 三个浓度的添加回收率试验, 每个浓度进行 6 次平行样品的重复测试, 并对测试结果进行了统计分析, 结果见表 3。

3.5 实际样品测试

购买市场的纸制食品接触材料及纸制品, 包括

桃片包装盒、一次性纸杯、快餐包装盒、爆米花桶、纸制奶包装盒、蛋糕包装盒、微波爆米花纸袋、快餐饮料纸杯、绿豆饼纸袋、报纸,按照本试验方法进行了迁移测试分析,发现一种报纸作为模拟迁移材料

时,在食品模拟物 95%乙醇、50%乙醇中检测到 3,3'-二氯联苯胺,含量分别为 1.4779 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (图 2)和 0.8607 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (图 3),但在蒸馏水、3%乙酸、10%乙醇、20%乙醇的食品模拟物中均未检测到。

表 3 不同食品模拟物中芳香族伯胺的回收率

Table 3 Recoveries of primary aromatic amines released from food paper packaging materials

模拟物	加标量 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	回收率(%)	RSD(%)
蒸馏水	5	77.44~97.88	0.57~8.09
	10		
	20		
3%乙酸	5	76.48~94.08	0.90~8.36
	10		
	20		
10%乙醇	5	72.98~96.09	0.47~8.76
	10		
	20		
20%乙醇模拟物	5	75.50~93.13	0.69~9.90
	10		
	20		
50%乙醇	5	76.56~94.20	0.74~7.90
	10		
	20		
95%乙醇	5	74.98~97.70	0.30~8.30
	10		
	20		

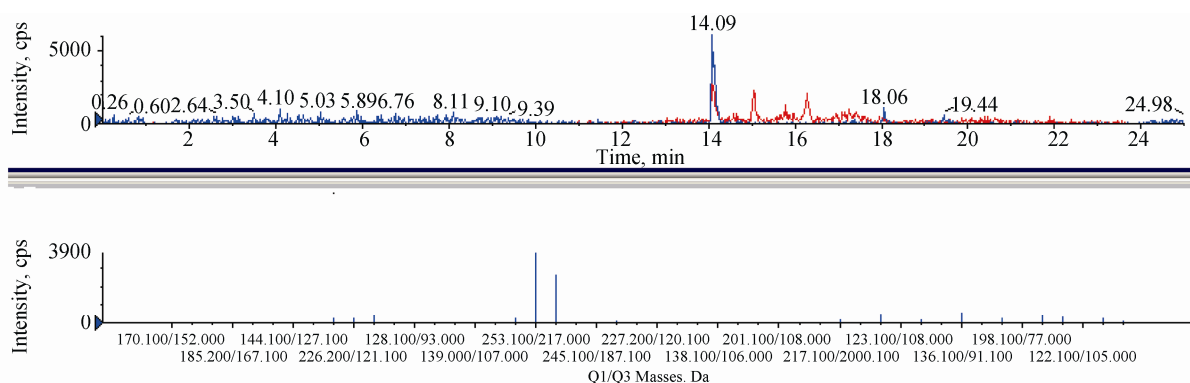


图 2 3,3'-二氯联苯胺在 95%乙醇食品模拟物迁移量检测色谱图和质谱图

Fig. 2 The chromatograms and mass spectra of 3,3'-dichlorobenzidine detected in 95% ethanol food stimulant

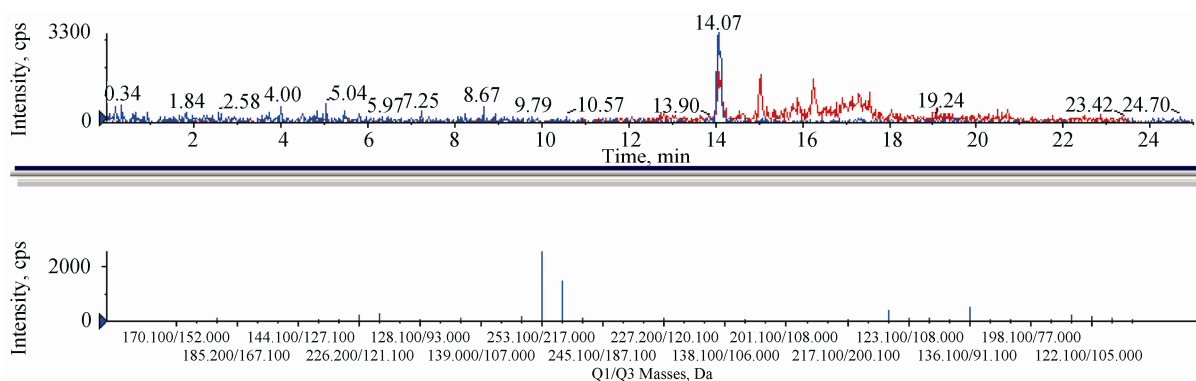


图3 3,3'-二氯联苯胺在50%乙醇食品模拟物迁移量检测色谱图和质谱图

Fig. 3 The chromatograms and mass spectra of 3,3'-dichlorobenzidine detected in 50% ethanol food stimulant

参考文献

- [1] 孙利, 陈志锋, 储晓刚. 浅析食品接触材料中的芳香胺问题[J]. 食品安全与检测, 2006, 22(6): 121-126.
Sun L, Chen ZF, Zhu XG. Analysis of Primary Aromatic Amines in food contact materials [J]. Food Safe Anal, 2006, 22(6): 121-126.
- [2] 韩京, 杨水平, 张雯, 等. 电喷雾解吸电离质谱法测定纺织品中致癌性芳香胺[J]. 岩矿测试, 2009, 28(6): 507-513.
Han J, Yang SP, Zhang X, *et al.* Detection of Carcinogenic Aromatic Amines in Textiles by Desorption Electrospray Ionization Mass Spectrometry [J]. Rock Miner Anal, 2009, 28(6): 507-513.
- [3] 王卉卉, 牛增元, 叶曦雯, 等. 染色纺织品与皮革制品中23种禁用偶氮染料的高效液相色谱法测定[J]. 分析测试学报, 2009, 28(8): 944-948.
Wang HH, Niu ZY, Ye XW, *et al.* Determination of Banned Azo Colorants in Dyes Textiles and Leather Products by High Performance Liquid Chromatography [J]. J Instrum Anal, 2009, 28(8): 944-948.
- [4] 丁健桦, 何海霞, 林海禄, 等. 离子液体-液相微萃取-高效液相色谱法测定纺织品中芳香胺[J]. 分析化学, 2008, 36(12): 1662-1666.
Ding JY, He HX, Lin HL, *et al.* Determination of cancerogenic aromatic amines from textiles using ionic liquid-based liquid phase microextraction coupled with high performance liquid chromatography [J]. Chin J Anal Chem, 2008, 36(12): 1662-1666.
- [5] 王成云, 谢堂堂, 吴透明, 等. 超高效液相色谱法测定塑料制品中的禁用芳香胺[J]. 塑料助剂, 2010, 5: 51-55.
Wang YC, Xie TT, Wu TM, *et al.* Determination of banned aromatic amines in plastic products by UPLC [J]. Plast Addit, 2010, 5: 51-55.
- [6] 肖道清, 陈少鸿, 朱晓艳, 等. 固相萃取/气相色谱-质谱法对接触食品的塑料制品中24种芳香族伯胺迁移量的同时测定[J]. 分析测试学报, 2009, 28(9): 1155-1159.
Xiao DQ, Chen SH, Zhu XY, *et al.* Determination of 24 primary aromatic amines migrated from food contact plastic materials and articles using solid phase extraction followed by GC-MS [J]. J Instrum Anal, 2009, 28(9): 1155-1159.
- [7] 陈志锋, 刘晓华, 孙利. 高效液相色谱法测定复合塑料食品包装中初级芳香胺的迁移量[J]. 包装工程, 2010, 31(3): 48-51.
Chen ZF, Liu XH, Sun L. Migration of HPLC method for the determination of compound plastic food packaging in primary aromatic amines [J]. Packag Eng, 2010, 31(3): 48-51.
- [8] 王成云, 沈雅蕾, 张恩颂, 等. 气相色谱/串联质谱法同时测定食品接触用塑料中的24种禁用芳香胺迁移量[J]. 塑料助剂, 2011, 6: 44-49.
Wang CY, Shen YL, Zhang ES, *et al.* Simultaneous Determination of the Migration of 24 Kinds of Banned Aromatic Amines in Plastic Which May Contact Food by Gas Chromatography-Tandem Mass Spectrometry [J]. Plast Addit, 2011, 6: 44-49.
- [9] Sarah KM, Xenia TT, Annie F, *et al.* Specific determination of 20 primary aromatic amines in aqueous food simulants by liquid chromatography-electrospray ionization-tandem mass spectrometry [J]. J Chromatogr A, 2005, 1091(1/2): 40-50.
- [10] Margarita A, Elena C, Cristina N. Quantitative determination of 22 primary aromatic amines by cation-exchange solid-phase extraction and liquid chromatography-mass spectrometry [J]. J Chromatogr A, 2009, 1216 (27): 5176-5181.
- [11] Cato B, Ingun S, Hallgeir H. Determination of primary aromatic amines in water food simulant using solid-phase analytical derivatization followed by gas chromatography coupled with mass spectrometry [J]. J Chromatogr A, 2003, 983(1/2): 35-42.
- [12] 孙银峰, 牛增元, 叶曦雯, 等. 液相色谱/质谱法测定电气产品

- 塑料部件中的初级芳香胺[J]. 分析化学, 2009, 37(6): 861-866.
- Sun YF, Niu ZY, Ye XW, *et al.* Determination of primary aromatic amines in plastic components of electrical and electronic products by high performance liquid chromatography-mass spectrometry [J]. Chin J Anal Chemistry, 2009, 37(6): 861-866.
- [13] 王成云, 杨左军, 谢堂堂, 等. 纸质食品包装材料中禁用芳香胺迁移量的测定[J]. 中国造纸, 2011, 30(11): 7-12.
- Wang CY, Yang ZJ, Xie TT, *et al.* Determination of the Migration of Banned Aromatic Amines in Paper Packaging Materials for Foodstuffs Using Gas Chromatography-tandem Mass Spectrometry [J]. China Pulp Paper, 2011, 30(11): 7-12.
- [14] Regulation (EU) No. 10/2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food.
- [15] Materials and articles in contact with foodstuffs-Plastic substances subject to limitation-Guide to test method for the specific migration of substances from plastics to foods and food simulants and determination of substances in plastics and the selection of conditions of exposure to food simulants. National Standards of the People's Republic of China.GB/T 23296.1-2009.

(责任编辑:赵静)

作者简介

汤志旭, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测。
E-mail: zhixutang@126.com

“食品病原微生物的检测和溯源”专题征稿

《食品安全质量检测学报》感谢各位专家的大力支持!2012年以来,学报的学术水平有了进一步的提高,并在2013年1月被美国《化学文摘》(CA)数据库、英国国际农业与生物科学研究中心(CABI)收录。在此,对各位专家对学报的支持表示衷心的感谢,也希望能一如既往地支持学报的发展。

近年来,食品安全得到了国家越来越多的重视,但我国的食品安全问题仍较严重,特别是食品病原微生物引起的食品安全事件仍时有发生。本刊特别策划了“食品病原微生物的检测和溯源”专题,由军事医学科学院杨瑞馥研究员担任专题主编,围绕食品病原微生物分离培养、核酸、免疫、现场快速等检测技术、食品病原微生物的溯源等问题展开讨论,计划在2013年10月出版。编辑部特向各位专家诚征惠稿,综述、研究论文均可,以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在2013年9月15日前通过网站或Email投稿。我们将快速处理并优先发表专题论文。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

Email: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部