

# 三片食品罐外壁涂膜中有害物质向内涂的迁移

刘海波<sup>1</sup>, 赵宇晖<sup>2</sup>, 张作全<sup>2</sup>, 向红<sup>1,\*</sup>

(1. 华南农业大学食品学院, 广东 广州 510642; 2. 奥瑞金包装股份有限公司, 北京 101407)

**摘要:** 对制版印刷后的食品用三片金属罐外壁涂料中三聚氰胺、苯、甲苯 3 种有害物质在堆码过程中从外壁涂膜向内涂膜的迁移扩散进行研究。采用高效液相色谱法检测 3 种常用金属罐(番茄酱罐、八宝粥罐、凉茶罐)内壁和外壁涂膜中三聚氰胺、苯和甲苯 3 种残留物在去离子水、3g/100mL 乙酸、体积分数 10% 乙醇 3 种水性食品模拟液中的初始迁移量。并对制罐铁片在恒温(30℃)、恒湿(60 ± 2)% RH、恒压 34kPa 条件下堆码 2 个月后的内壁涂膜中 3 种残留物的向食品模拟液中的迁移量与堆码前进行比较分析, 即外壁涂膜中这 3 种残留物向内壁的迁移扩散情况。结果表明, 3 种有害物质均有从外壁向内壁迁移的现象, 迁移量达到 0.04~1.60 μg/mL, 对内壁涂膜的安全性造成极大影响, 严重影响到罐装食品的安全性。

**关键词:** 食品罐涂料; 堆码储放; 迁移扩散; 三聚氰胺; 高效液相色谱

## Migration of Hazardous Substance Residues in the External Coating of Three-Piece Food Cans

LIU Hai-bo<sup>1</sup>, ZHAO Yu-hui<sup>2</sup>, ZHANG Zuo-quan<sup>2</sup>, XIANG Hong<sup>1,\*</sup>

(1. College of Food, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. ORG Packaging Limited Company, Beijing 101407, China)

**Abstract:** The migration of residual hazardous chemical agents including melamine, benzene and toluene from external can coatings to internal coatings during the stacking process was studied in this paper. A high performance liquid chromatography (HPLC) method was used to determine the substances in three different simulated aqueous food systems, including distilled water, 3% (m/V) acetic acid solution and 10% (V/V) ethanol solution. The migration was monitored in the cans stacked at constant temperature (30 °C), moisture ((60 ± 2)% RH) and pressure (3.4 kPa) for two months. It was found that all the harmful substances in the exterior coatings were migrated into the internal wall of the food cans in the migration range of 0.04—1.60 μg/mL, which had a great impact on the safety of inner wall and probably caused further pollution of canned foods.

**Key words:** food can coating; stacking; migration of hazardous substances; melamine; high performance liquid chromatography (HPLC)

中图分类号: TS206.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)06-0194-05

随着人们对食品安全的关注, 食品包装材料中有害物质向食品的迁移研究也引起了人们的重视。国内外学者对纸、塑料等常用包装材料中双酚 A、抗氧化剂、增塑剂、重金属及其络合物等有害物质向食品的迁移进行了大量的研究<sup>[1-6]</sup>。关于包装材料中使用有机挥发性溶剂苯系物对人体的危害及向食品的迁移研究, 国内外也有相关的研究报道<sup>[7-12]</sup>, 如对苯和甲苯的检测, 通常采用顶空-气相色谱检测法。

近年来, 随着双酚类环氧衍生物对人体危害的发现, 食品金属罐壁涂膜中有害物的迁移研究也越来越受

到相关学者的广泛关注<sup>[13-17]</sup>。生产实践中, 印刷好的铁皮(行业简称印铁)在制罐前要经过一段时间的堆码, 由于外壁涂料很少考虑其安全性, 其中有害物质有可能向内壁迁移并最终进入罐装食品, 关于这方面的研究还未见报道。现阶段, 三片食品罐内壁涂膜主要由环氧酚醛类树脂涂印制成, 并未添加三聚氰胺, 但经过对食品罐内壁涂膜的初步分析发现了内涂中含有微量的三聚氰胺<sup>[18]</sup>, 经过分析极有可能是在堆码过程中由于内外壁接触造成的外涂中残留的三聚氰胺单体向内涂的迁移所致。而且, 外涂膜中广泛用到的苯和甲苯等有机稀

收稿日期: 2011-03-29

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31171689)

作者简介: 刘海波(1985—), 男, 硕士, 主要从事食品包装材料安全性研究。E-mail: lhb851004@yahoo.com.cn

\* 通信作者: 向红(1964—), 男, 教授, 博士, 主要从事食品与物流包装研究。E-mail: xianghong@scau.edu.cn

剂在内外涂膜直接接触时也会对内涂造成污染,影响食品内容物卫生。所以,本实验对三片食品罐外壁涂膜中添加的有机稀释剂苯和甲苯和残留单体物质(三聚氰胺)进行了研究,观察堆码过程中3种物质从外壁向内壁的迁移扩散。采用液相色谱法对金属罐内外壁涂膜中三聚氰胺单体和苯、甲苯在水性食品模拟液中的迁移量,并对堆码前后食品罐内壁涂膜中3种物质的迁移量进行比较分析,定量检测3种物质在2个月堆码期间从外壁向内壁的迁移情况。为相关部门与企业了解食品金属罐壁涂料中有害物质迁移危害、建立相关标准及快速、简便有效的检测方法提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

食品罐制罐印铁材料 北京奥瑞金新美制罐有限公司;三聚氰胺(色谱纯) 美国 ChemService 公司;苯、甲苯(色谱纯) 美国 Sigma-Alrich 公司;乙腈、甲醇(色谱纯) 美国 Fisher 公司;乙醇、无水乙酸、柠檬酸(分析纯) 天津市大茂化学试剂厂;高效液相色谱离子对试剂辛烷磺酸钠( $C_8H_{17}NaO_3S$ ) 上海东吴化工有限公司。

### 1.2 仪器与设备

LC-10A 高效液相色谱仪(配有 SPD-10A<sub>vp</sub> 紫外检测器及 LC-Solution 色谱工作站) 日本岛津公司;Diamondsil C<sub>18</sub> 反相色谱柱(4.6mm × 250mm, 5 μm) 中国迪马公司;HH-S4 型恒温水浴锅 常州市国立试验设备研究所;Millipore Academic 超纯水系统 美国 Millipore 公司;KH-4FAS 型电热鼓风干燥箱 上海讯能电热设备有限公司;AL204 型 pH 计 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;DY-THT-408D 型恒温恒湿箱 东莞市常平帝仪自动化检测设备厂。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 溶液的配制

精确称取三聚氰胺标准品 10mg(精确至 0.0001g),分别用去离子水、3g/100mL 乙酸溶液、10% 乙醇溶液配制成 1.0mg/mL 三聚氰胺标准储备液,在冰箱中 4℃ 保存。检测时再分别用 3 种体系模拟液稀释定容。

分别称取苯、甲苯标准品 20mg(精确至 0.0001g),用甲醇配制成 1.0mg/mL 的混合标准储备液,贮存于 4℃ 冰箱中。使用时用甲醇稀释成一定浓度的标准溶液。

三聚氰胺缓冲液:称取 2.10g 柠檬酸和 2.16g 辛烷磺酸钠,加入约 980mL 水溶解,调 pH 值为 2.6,定容至 1L。

#### 1.3.2 样品前处理

本实验所用制罐印铁材料样品均是经过涂印和剪切工序处理过的马口铁镀锡板材,面积为(27 × 20)cm<sup>2</sup>,将其裁剪为(12 × 12)cm<sup>2</sup> 的正方形铁片。样品均为单面涂覆,分为两种类型:一种为单面内壁涂膜(黄色环氧

酚醛涂料),共 30 片,另一种为单面外壁涂膜(混合涂料),分为番茄酱罐、八宝粥罐、饮料罐 3 种外壁涂膜,各 10 片。

调节恒温恒湿箱温度至 30℃,相对湿度(60 ± 2)%,将 3 种食品罐制罐用单面外涂铁片(10 片)分开堆码,堆码过程根据样品铁片有内外单面涂膜两种类型,将两种类型铁片依次堆叠,使食品罐每张铁片外涂膜与另一单面内涂铁片紧密接触。分别用质量为 50kg 的正方体铁块(底面积为(12 × 12)cm<sup>2</sup>)3 块进行堆压,压强为 3.4KPa,堆码储放 2 个月,观察在这段时间内外壁涂膜中有害物质向内壁涂膜的迁移情况。

取未经堆码储放的单面涂印食品罐铁片各 1 张,共 6 张,将其裁剪成 1cm × 6cm 的金属薄片,根据浸泡液的不同,每种铁片各准备 3 片,共 18 片。参考 GB/T 5009.156—2003《食品用包装材料及其制品的浸泡试验方法通则》的要求,用餐具洗涤剂在涂层表面刷洗 5 次,用自来水冲洗 0.5min,再用蒸馏水清洗 3 次,置于烘箱中晾干备用。将烘干的小铁片置于密封试管中,按照 GB/T5009.156—2003《食品用包装材料及其制品的浸泡试验方法通则》中关于添加浸泡液与样品比例为 2mL:1cm<sup>2</sup> 的要求,加入 3 种水性食品模拟液各 12mL 于试管中密封,置于水浴锅中进行浸泡,浸泡条件见表 2。浸泡到达预定时间后,迅速用自来水将温度降至室温,然后转移到锥形瓶中,取浸泡液 1mL 用 0.45 μm 的微孔滤膜过滤后待高效液相色谱分析检测,测定 3 种食品罐内外涂膜中 3 种有害物的在食品模拟液中的初始迁移量。

3 种食品罐的内壁涂膜铁片样品经过 2 个月堆码储放后,按照上述步骤同样进行处理,测定堆码后内壁涂膜中三聚氰胺、苯和甲苯 3 种有害物质在 3 种水性食品模拟液(表 1)中的迁移量。比较堆码前后内壁涂膜中 3 种有害物质在模拟液中迁移量的变化。

表 1 食品类型及食品模拟物

Table 1 Food types and simulated food systems

食品类型	食品模拟物	编号
水性食品(pH > 4.5)	去离子水	A
酸性食品(pH ≤ 4.5 的水性食品)	3g/100mL 乙酸	B
酒精类食品	体积分数 10% 乙醇	C

表 2 迁移试验浸泡温度与时间

Table 2 Conditions for migration of simulated food systems

堆码样品	浸泡温度/℃	浸泡时间/h
番茄酱罐制罐用铁片	95	2
八宝粥罐制罐用铁片	95	2
饮料罐制罐用铁片	95	2

#### 1.3.3 色谱检测条件

三聚氰胺液相色谱条件:色谱柱: Diamondsil C<sub>18</sub> 柱

(250mm × 4.6mm i.d., 5μm); 流动相: 缓冲溶液 - 乙腈(81:19, V/V); 流速: 1.0mL/min; 检测波长: 235nm; 进样量: 10μL; 室温。

苯和甲苯液相色谱条件: 色谱柱: Diamonsil C<sub>18</sub> 柱(250mm × 4.6mm i.d., 5μm); 流动相: 甲醇 - 水(80:20, V/V); 流速: 1.0mL/min; 柱温: 检测波长: 254nm; 进样量: 10μL; 室温。

### 1.3.4 标准曲线的绘制

将贮存的三聚氰胺标准储备液用3种不同的食品模拟液稀释, 分别稀释成质量浓度为0.2、0.5、1.0、5.0、20μg/mL的三聚氰胺标准溶液。将苯、甲苯的混合标准储备液用甲醇稀释成质量浓度为1.0、2.0、5.0、10.0、20.0μg/mL的混合标准分析溶液。两种溶液都用直径为0.45μm的针筒式过滤器过滤, 按浓度由低到高的顺序取10μL进样, 以样品质量浓度为横坐标, 峰面积为纵坐标绘制标准曲线。

### 1.3.5 样品的测定

按照色谱测试条件待仪器稳定后, 用微量进样针取不同金属罐的3种模拟浸泡液10μL进样, 以保留时间定性, 以峰面积定量, 对金属罐内外壁涂膜和堆压后涂膜中三聚氰胺和苯、甲苯的迁移量进行检测。

## 2 结果与分析

### 2.1 色谱分析条件的优化

#### 2.1.1 三聚氰胺色谱条件的优化

三聚氰胺的化学结构中含胺根, 极性较强, 导致其在普通反相C<sub>18</sub>柱上的保留值很低, 接近死时间流出, 不利于分析。为了有利于色谱峰的分离, 采用0.01mol/L的辛酸磺酸钠及柠檬酸缓冲液(A)和乙腈(B)为流动相, 利用更换二者比例的方法, 缩短分离时间<sup>[19]</sup>, 经过实验发现当流动相A:B体积比为81:19时效果良好。选择质量浓度为50μg/mL的标准样品进样检测, 结果如图1所示, 标样保留时间在8.781min, 出峰时间在10min以内, 能实现对浸泡样品的快速检测, 见图2。

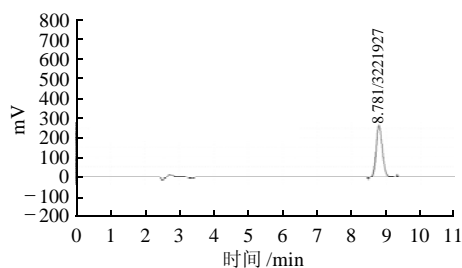


图1 三聚氰胺标准色谱图

Fig.1 Chromatogram of melamine standard

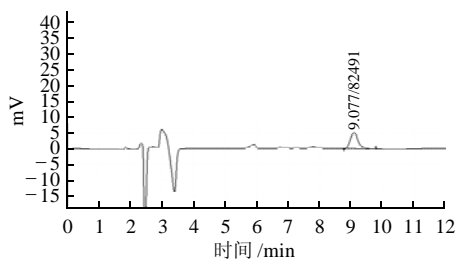


图2 试验样品三聚氰胺检测色谱图

Fig.2 Chromatogram of melamine sample

#### 2.1.2 苯及甲苯色谱条件的优化

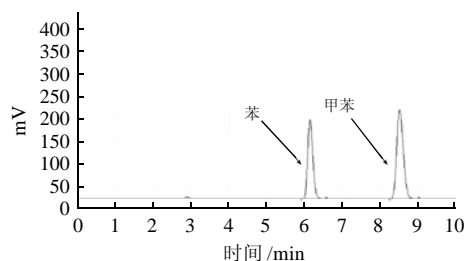


图3 苯和甲苯混合标样(2μg/mL)标准色谱图

Fig.3 Chromatogram of benzene and toluene standards (2 μg/mL)

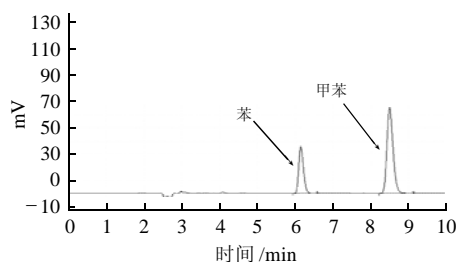


图4 浸泡样品苯和甲苯液相色谱图

Fig.4 Chromatogram of benzene and toluene samples

在Diamonsil C<sub>18</sub>色谱柱上比较乙腈 - 水、甲醇 - 水两种组合的流动相, 发现对苯及甲苯混合溶液的分离和保存有着不同的影响。用甲醇做溶剂时, 苯和甲苯混合溶液的分离度最好, 且没有谱峰拖尾现象。按不同比例进行恒流洗脱的研究, 组分的比例对灵敏度和分离度均有一定的影响。当甲醇和水体积比为80:20时, 柱效最高, 苯混合溶液在15min内即达到基线分离, 且灵敏度高, 苯和甲苯之间分离效果最好。如图3、4所示。

### 2.2 浸泡时间和温度的选择

按照GB/T 5009.156—2003《食品包装材料及其制品浸泡法则》进行浸泡, 选择40、60、95℃水平下外涂膜中三聚氰胺在去离子水溶液中的迁移量进行研究, 探究常温长时间条件和高温短时间浸泡两个浸泡条件下物质的迁移量变化。结果发现三聚氰胺在40℃浸泡

迁移120d与95℃浸泡2h的迁移量相当。将60℃和95℃条件下浸泡试验结果进行对比分析发现,在60℃迁移浸泡8d后三聚氰胺在去离子水溶液中的迁移量相当于95℃条件下2h的迁移量,并且迁移量都能够达到检测要求,在仪器的检测范围之内。为了加快实验进程,故选择95℃浸泡2h为本实验浸泡迁移条件。外涂膜中三聚氰胺在三个温度水平下在去离子水中的迁移量结果如图5所示。

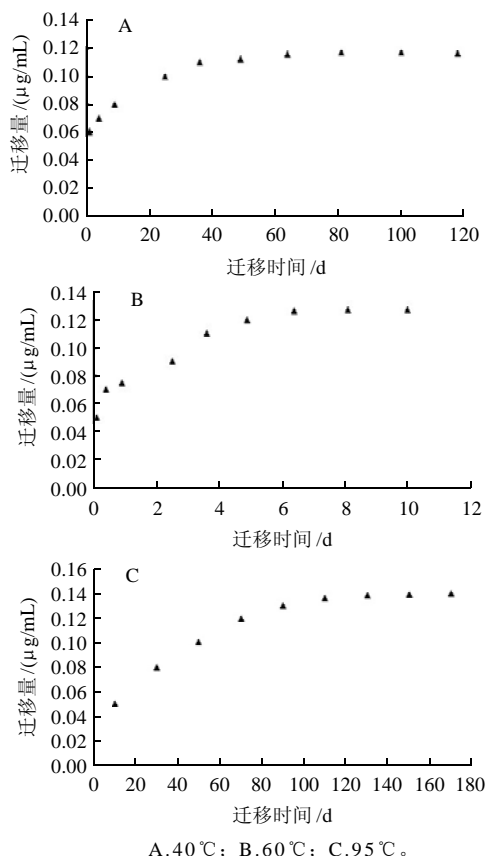


图5 不同温度条件下三聚氰胺迁移量随时间变化

Fig.5 Migration of melamine from external coatings into water under 40, 60 °C and 95 °C

从图5可以看出,三聚氰胺在40℃恒温下浸泡4个月、60℃恒温下浸泡6d的迁移量与95℃条件下60min的迁移量相当。因此本实验选择95℃为迁移浸泡温度,浸泡时间为2h。

### 2.3 线性方程与检测限

表3 3种物质的线性方程

Table 3 Calibration curves and detection limit for three substances

标样	线性方程	相关系数	检出限/( $\mu\text{g/mL}$ )
三聚氰胺	$Y = 71786X + 778.64$	0.9999	0.03
苯	$Y = 640918X + 19013$	0.9992	0.04
甲苯	$Y = 960947X + 12312$	0.9993	0.06

分别对含三聚氰胺标样质量浓度为0.2、0.5、5.0、10、20 $\mu\text{g/mL}$ 的样品和含有苯和甲苯质量浓度1.0、2.0、5.0、10.0、20.0 $\mu\text{g/mL}$ 的样品进样,以质量浓度-峰面积得到相应的线性方程和检测限(信噪比 $R_{\text{SN}} = 3$ ),结果见表3。

### 2.4 精密度及回收率测定

在迁移样品八宝粥罐迁移浸泡液中加入一定量的标准品,选择3g/100mL乙酸为模拟溶液,浸泡温度95℃,时间2h,制备样品,在相应色谱条件下检测,每个样品溶液连续测定3次,测定平均回收率并计算其相对标准偏差(RSD)。结果表明,样品溶液中3种有害物在模拟液中的测定结果具有良好的重复性回收率分别为79.1%~97.9%,RSD均在2.74%~4.98%之间。结果如表4所示。

表4 3种物质的加标回收率

Table 4 Average spike recoveries of three substances

三聚氰胺			苯			甲苯		
加标水平/ $\mu\text{g}$	平均回收率/%	RSD/%	加标水平/ $\mu\text{g}$	平均回收率/%	RSD/%	加标水平/ $\mu\text{g}$	平均回收率/%	RSD/%
2	97.9	4.78	10	82.17	2.86	10	82.03	3.06
5	92.6	3.94	20	81.28	4.52	20	79.10	2.74
10	93.5	4.98	50	84.34	4.49	50	79.65	4.38

### 2.5 样品迁移检测

三片食品罐铁片经过迁移试验前处理后,进行高效液相色谱检测,得到3种食品罐内外涂膜中3种有害物质的残留量见表5。

表5 3种食品罐壁涂膜中有害物的初始残留量

Table 5 Initial residues of three substance in food can coating

模拟液	番茄罐壁		八宝粥罐壁		凉茶罐壁	
	三聚氰胺残留量/( $\mu\text{g/mL}$ )		三聚氰胺残留量/( $\mu\text{g/mL}$ )		三聚氰胺残留量/( $\mu\text{g/mL}$ )	
	内涂膜	外涂膜	内涂膜	外涂膜	内涂膜	外涂膜
A	0.04	0.13	0.10	0.18	ND	0.04
B	0.13	0.46	0.11	0.31	0.06	0.14
C	0.03	0.11	0.07	0.26	ND	0.03
模拟液	番茄罐壁		八宝粥罐壁		凉茶罐壁	
	苯残留量/( $\mu\text{g/mL}$ )		苯残留量/( $\mu\text{g/mL}$ )		苯残留量/( $\mu\text{g/mL}$ )	
	内涂膜	外涂膜	内涂膜	外涂膜	内涂膜	外涂膜
A	ND	0.06	ND	ND	ND	0.07
B	0.03	0.42	ND	0.58	0.04	0.36
C	0.05	0.32	ND	0.47	ND	0.33
模拟液	番茄罐壁		八宝粥罐壁		凉茶罐壁	
	甲苯残留量/( $\mu\text{g/mL}$ )		甲苯残留量/( $\mu\text{g/mL}$ )		甲苯残留量/( $\mu\text{g/mL}$ )	
	内涂膜	外涂膜	内涂膜	外涂膜	内涂膜	外涂膜
A	ND	0.28	ND	0.31	0.16	0.38
B	ND	0.47	ND	0.82	0.14	0.46
C	ND	0.53	ND	0.93	ND	0.36

表5显示, 未经堆码的3种三片食品罐内壁涂膜的浸泡液总也检测到了三聚氰胺、苯和甲苯的残留, 但在内涂的涂印加工中并未使用到这3种物质, 经过分析, 很大程度上是由于在运输途中外壁涂膜与内壁并产生接触迁移扩散所致。

内壁涂膜中三聚氰胺残留单体迁移量均在 $0.10\mu\text{g/mL}$ 以下, 苯和甲苯迁移量小于 $0.16\mu\text{g/mL}$ , 而外壁涂膜中残留三聚氰胺单体迁移量较大, 达到 $0.53\mu\text{g/mL}$ , 内外涂膜残留三聚氰胺含量相差较大。苯和甲苯迁移量远远大于三聚氰胺单体, 达到 $0.93\mu\text{g/mL}$ 。表明外壁涂膜中苯和甲苯在固化过程中均未挥发完全, 导致残留量较大, 对内壁涂膜的安全卫生造成极大的影响。

分别对堆码储放后的3种金属罐内涂膜中3种有害物质进行检测, 并与堆码储放前金属罐内涂膜中3种物质的初始浓度进行对比分析, 结果如表6所示。

表6 金属罐铁片堆压前后3种物质残留量检测结果  
Table 6 Residual concentrations of three substances during stacking process

食品罐	模拟液	内涂膜初始 质量浓度/ $(\mu\text{g/mL})$			内涂膜堆码后 质量浓度/ $(\mu\text{g/mL})$		
		三聚氰胺	苯	甲苯	三聚氰胺	苯	甲苯
番茄酱罐	A	0.04	ND	ND	0.06	ND	0.25
	B	ND	ND	ND	0.51	0.36	0.39
	C	0.03	ND	ND	0.28	0.29	0.42
八宝粥罐	A	ND	ND	ND	0.27	ND	0.28
	B	ND	ND	ND	0.82	0.46	0.74
	C	0.07	ND	ND	0.25	0.34	0.87
凉茶罐	A	ND	ND	0.16	0.26	ND	0.48
	B	0.06	0.04	0.14	1.66	ND	0.47
	C	ND	ND	ND	0.52	0.39	0.24

注: ND表示未测出。

从表6可以看出, 经过2个月堆码储放后, 外壁涂料中含有的有害物质(三聚氰胺、苯、甲苯)有很大一部分会迁移到内涂膜中, 造成内涂膜中有害物质的含量增大, 向内涂膜的迁移量范围在 $0.04\sim 1.60\mu\text{g/mL}$ , 对内壁涂膜的安全性造成一定的影响, 有可能进一步威胁食品罐装内容物的安全, 应予以高度重视。

### 3 结 论

本实验采用高效液相色谱法测定食品金属罐壁涂膜在去离子水、10%乙醇以及3g/100mL乙酸3种不同水性模拟液中外壁涂膜中三聚氰胺与苯和甲苯迁移量, 并对堆码储放过程中, 金属罐外涂膜中有害物质因接触造成的向内涂中的迁移扩散现象进行了初步的研究。结果表明, 液相色谱检测方法能够有效检测金属罐壁涂膜中三聚氰胺、苯和甲苯的残留量, 检测方法准确可靠。经过对堆码前后内壁涂膜中3种有害物迁移量的对比分析, 发现外壁涂膜中三聚氰胺、苯和甲苯有向内壁涂

膜迁移扩散的现象, 而且对内涂的迁移量较大, 最大迁移量达到 $1.60\mu\text{g/mL}$ 。而且在运输过程中外壁涂膜中有害物即有向内壁的微量迁移, 严重威胁到食品罐内壁的安全和卫生。考虑到现有标准很少关注外壁涂料的安全性, 有必要对外壁涂膜中有害物质向内壁涂膜中迁移规律进行深入的研究。

### 参考文献:

- [1] 李波平, 林勤保. PVC包装材料中化学物向食品迁移的研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(8): 197-200.
- [2] 黄崇杏, 王志伟, 王双飞. 纸质食品包装材料中的残留污染物[J]. 包装工程, 2007, 28(7): 12-15.
- [3] 齐峰, 王滨生, 刑宇等. 顶空气相色谱法测定复合包装膜、袋中的溶剂残留量[J]. 化学工程师, 2010, 177(6): 23-25.
- [4] COTTIER S, RLQUETA M, FELGENBAUM A. Identification of potential migrants from a vinylic organosol varnish by gas chromatography-mass spectrometry and liquid chromatography-mass spectrometry [J]. Journal of Chromatography A, 1997, 77(1): 366-373.
- [5] 贾丽, 夏敏, 陈惠. 塑料中邻苯二甲酸酯类化合物的高效液相色谱分析[J]. 化学通报, 2005(12): 947-949.
- [6] UEMATSU Y, HIRATA K, SUZUKI K. Simulation of Migration from Internal can coatings[J]. Shokuhin Eiseigaku Zasshi, 2003, 44(1): 32-38.
- [7] TRIANTAFYLLOU V I, AKRIDA-DEMERTZI K, DEMERTZI P G. A study on the migration of organic pollutants from recycled paperboard packing materials to solid food matrices[J]. Food Chemistry, 2007, 101(4): 1759-1768.
- [8] HAWES L C, TACHOVSKY J A, WILLIAMS E S, et al. Assessment of potential human health risks posed by benzene in beverages[J]. Journal of Food Science, 2008, 73(4): 33-41.
- [9] VAMER S L, HOLLIFIELD H C, ANDRZEJEWSKI D. Determination of benzene in polypropylene food-packaging materials and food-contact paraffin waxes[J]. J Assoc Off Anal Chem, 1991, 74(2): 367-374.
- [10] 梁振益, 邓广强, 罗盛旭, 等. 毛细管气相色谱法测定塑料食品包装袋中苯、乙酸乙酯的残留量[J]. 化学分析计量, 2004, 13(1): 40-41.
- [11] 李伟, 常宇文, 赵玉琪, 等. 与塑料包装接触的含水食品中苯系物测定[J]. 包装工程, 2008, 29(9): 53-55.
- [12] 王向阳, 姜丽佳, 施青红, 等. 食品包装薄膜残留苯和甲苯在食品中的迁移研究[J]. 食品科技, 2010, 35(4): 303-306.
- [13] 胡向蔚, 张文德, 刘炎桥. 食品罐内涂料中双酚A环氧衍生物的迁移及其检测[J]. 食品科学, 2006, 27(4): 264-266.
- [14] 缪佳铮, 薛明, 张虹, 等. 高效液相色谱分析食品罐内壁涂料中双酚A和双酚F环氧衍生物残留[J]. 分析化学, 2009, 37(6): 911-914.
- [15] 王文辉, 向红, 刘志浩, 等. 食品罐内涂料中NOGE的检测研究[J]. 包装工程, 2010, 31(17): 52-54.
- [16] SUN C L, LEONG L P, BARLOW P J, et al. Single laboratory validation of a method for the determination of Bisphenol A, Bis-phenol A diglycidyl ether and its derivatives in canned foods by reversed-phase liquid chromatography[J]. Journal of Chromatography A, 2006, 1129(1): 145-148.
- [17] CABABO A G, ALDEA S, PORRO C, et al. Migration of BADGE (bisphenol A diglycidyl-ether) and BFDGE (bis-phenol F diglycidyl-ether) in canned seafood[J]. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46(4): 1674-1680.
- [18] LIU Haibo, XIANG Hong, ZHAO Yuhui, et al. Determination of melamine residue in food can coating by HPLC[C]. Wuhan: thirteenth national conference on packaging engineering (TNCPE 2010), 2010: 21-26.
- [19] SUN Hanwen, WANG Lixin, AI Lianfeng, et al. A sensitive and validated method for determination of melamine residue in liquid milk by reversed phase high-performance liquid chromatography with solid-phase extraction[J]. Food Control, 2010, 21(5): 686-691.