

技术专论

金属罐外涂膜中苯和甲苯向内涂膜迁移的影响因素研究

叶敏立, 向红, 李大伟, 范小平, 孙魁魁

(华南农业大学, 广州 510642)

摘要:目的 采用高效液相色谱法分析金属罐外壁涂膜中苯和甲苯向内涂膜的迁移规律与影响因素。方法 将食品罐印铁在不同堆码温度、湿度和压强条件下堆码储放2个月后,采用体积分数为10%的乙醇模拟液萃取试样内壁涂膜中的苯和甲苯,并利用正交试验优化得到迁移率最小的贮藏条件。结果 未经堆码的金属印铁内涂中未检测到苯和甲苯,而堆码后的试样内涂中均检出了一定量的苯和甲苯。结论 堆码温度对迁移实验结果的影响比较显著。

关键词: 金属罐涂膜; 苯; 甲苯; 堆码; 迁移

中图分类号: TB484.4; TB487 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2015)23-0043-05

Influencing Factors of Migration of Benzene and Toluene from External Coatings to Internal Coatings of Metal Cans

YE Min-li, XIANG Hong, LI Da-wei, FAN Xiao-ping, SUN Kui-kui

(South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

ABSTRACT: The paper analyzed the migration rule and the influencing factors of benzene and toluene from external coatings to internal coatings by high performance liquid chromatography (HPLC) method. The cans were stored at different stacking temperatures, stacking pressures and stacking humidity for two months. 10% ethanol simulated liquid was used to extract benzene and toluene in the internal coatings, and the orthogonal experiment was used to get the storing condition for the minimum migration. The results showed that benzene and toluene were not detected in the internal coatings without stacking, while a certain amount of benzene and toluene was detected in the stacking samples. The influence of stacking temperature on the experiment results was significant.

KEY WORDS: metal can coating; benzene; toluene; stacking; migration

金属罐作为一种重要的食品包装容器,以其独特的优势广泛应用于饮料、罐头等领域^[1-3]。金属罐内壁涂布和外壁印刷是制罐必不可少的工艺过程。金属罐内外壁一般采用刷、淋、浸、喷等一些简单的加工方法,经固化处理,形成一层均匀的薄膜(即涂层)。该涂层将对物体起保护、装饰、标志作用和其他各方面的功效。近些年的研究表明,在堆放过程中,印刷后的铁板外壁油墨中的苯和甲苯等有害物质会向内壁涂层扩散,罐装后和内壁涂料中的有害物质一起向食

品迁移,严重影响食品质量^[4-7]。

随着科学技术的不断进步,食品罐内涂膜中的可疑物不断出现,食品金属罐内涂层中有害物质的迁移已成为各国学者的研究热点^[8-16],然而很少有人考虑金属罐外壁涂膜中的有害物质的安全性。在生产实践中,印刷好的涂印铁在制罐前要经过一段时间的堆码,导致外壁涂膜中的一些有害物质有可能向内涂膜迁移并最终进入被包裹的食品。刘海波等人^[17]研究了七种常用金属罐在恒温(30℃)、恒湿(相对湿度(60±

收稿日期: 2015-05-09

基金项目: 国家自然科学基金(31171689)

作者简介: 叶敏立(1989—),男,福建泉州人,华南农业大学硕士生,主攻食品包装材料安全。

通讯作者: 向红(1964—),男,湖南益阳人,华南农业大学教授,主要从事食品包装与运输包装的教学与研究工作。

2%)、恒压(34 kPa)条件下堆码2个月后,外壁涂膜中苯和甲苯向内壁涂膜的迁移量,但对迁移的影响因素还尚未分析。文中实验采用液相色谱测定金属罐(印铁)在不同堆码条件下,外壁涂膜中苯和甲苯向内壁涂膜中的迁移。同时,利用正交试验优化得到迁移率最小的贮藏条件,为相关企业制定产品质量管理规定提供依据。

1 实验

1.1 材料与试剂

印铁:1号罐、2号罐(内涂外印,未成罐),某包装股份有限公司;苯、甲苯:色谱纯,Sigma公司;乙腈、甲醇:色谱纯,纯度 $\geq 99.9\%$,美国Fisher公司。

1.2 仪器与设备

仪器与设备:LC-10A 高效液相色谱仪,日本岛津公司;C18反相色谱柱(4.6 mm \times 250 mm, 5 μ m),中国迪马公司;AL204型pH计,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;HH-6型恒温水浴锅,中国常州澳华仪器有限公司;Milli-Q Plus超纯水系统,美国Millipore公司;DHG-9055A电热鼓风干燥箱,上海一恒科学仪器有限公司;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

准确称取苯和甲苯2种目标物的标准品各20 mg,放入20 mL容量瓶中,然后分别用甲醇溶解并定容,得到1.0 mg/mL的混标储备液,放入4 $^{\circ}$ C的冰箱中保存备用。使用时再分别取上述2种储备液并用甲醇将其稀释成一定浓度的标准溶液。

1.3.2 样品前处理

参考GB/T 23296.1—2009 迁移实验标准和GB/T 5009.69—2008 环氧酚醛涂料卫生标准分析方法,取某制罐企业生产线未经堆码储放的2种金属罐印铁各1张,将其裁剪成1 cm \times 6 cm的金属薄片,用砂纸去除外壁涂膜,同时分别对外壁进行餐具洗涤剂刷洗5次、自来水冲洗30 s以及蒸馏水清洗3次,然后放入烘箱中烘干备用。

1.3.3 实验方案设计

实验所用的印铁材料均经过涂印和剪切工序处理,面积为(27 \times 20)cm²,且样品均为双面涂覆,分为

2种类型:凉茶罐(1号罐)、维生素功能饮料罐(2号罐)。

调节恒温恒湿箱的温度、相对湿度,将2种类型的印铁从左至右依次堆叠,使一张印铁的外涂膜与另一张印铁的内涂膜紧密接触。然后再用质量为50 kg、底面积为12 cm \times 12 cm的正方体铁块进行堆压,堆压一块的压强为34 kPa,堆码储放2个月,观察在不同堆码温度、堆码压强、堆码湿度的条件下,外壁涂膜中有害物质向内壁涂膜的迁移情况。

为了找出影响迁移的堆码条件规律,实验选定了三因素:堆码温度(20, 30, 40 $^{\circ}$ C)、堆码相对湿度(50%, 60%, 70%)和堆码压强(34, 68, 102 kPa),三水平进行正交试验。实验不考虑交互作用,因此选L9(3⁴)最合适,并设有1个空列,可以用来估算实验误差,以衡量实验的可靠性,见表1。

表1 因素水平

Tab.1 Levels of the variables

水平	因素			
	A(堆码温度)/ $^{\circ}$ C	B(堆码相对湿度)/%	C(堆码压强)/kPa	D(空列)
1	20	50	34	
2	30	60	68	
3	40	70	102	

该实验共9组,需2种金属罐的印铁各18张,2种样品按照相应的堆码条件经过2个月堆码储放后,分别将烘干的小铁片放于36支加有12 mL的乙醇(10%)水溶液的具塞试管内,盖好瓶塞,置于95 $^{\circ}$ C水浴锅中浸泡萃取2 h,然后取浸泡液1 mL经0.45 μ m的微孔滤膜过滤后,进行液相检测分析。测定堆码后内壁涂膜中苯和甲苯的迁移量,同时比较堆码前后金属罐内壁涂膜中两种有害物质在模拟液中迁移量的变化情况。

1.3.4 色谱检测条件

色谱柱:Diamonsil C18 色谱柱(250 mm \times 4.6 mm, 5 μ m);柱温:室温;检测波长(紫外检测器):254 nm;流动相:甲醇-水(体积比80:20);流速:1.0 mL/min;进样量:10 μ L。

1.3.5 标准曲线的绘制

将混标储备液用甲醇稀释,得到一系列由低浓度到高浓度的标准工作溶液,分别为1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 20.0 μ g/mL。按照前述色谱分析条件进行检测,分别以样品质量浓度和峰面积为横纵坐标得到相对应的标准曲线。

2 结果与讨论

2.1 苯和甲苯色谱条件的优化

经过前期预实验的条件摸索,发现不同的流动相以及流动相的比例不同,目标迁移物的出峰时间和出峰效果都有所不同。当用乙腈-水做流动相时,发现苯混合溶液的保留时间相应延长,且峰形逐渐出现拖尾。当用甲醇-水做流动相时,探索不同比例的流动相对迁移物出峰效果的影响。当甲醇和水的体积比为80:20时,2种物质在不同时间段依次出峰,且峰形较窄,不拖尾,相互没干扰,整体出峰效果非常好,因此选用甲醇-水作为流动相,体积比为80:20,流速为1.0 mL/min。浸泡样品中苯和甲苯的液相色谱图见图1。

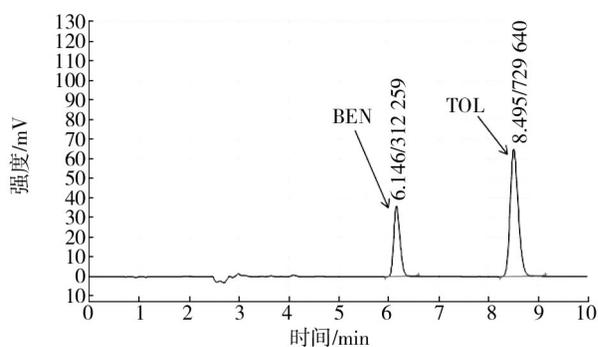


图1 浸泡样品中苯和甲苯液相色谱图

Fig.1 Liquid chromatogram of benzene and toluene in soaked sample

2.2 线性方程与检测限

分别对含2种目标物的标样进样,其质量浓度分别为1,2,5,10,20 mg/L,以样品质量浓度-峰面积作线性回归得到相对应线性回归方程,并以此得出相关系数,然后以信噪比(S/N)为3,分别计算得到各目标物的检测限(LOD),结果如下:

苯:回归方程为 $Y=640\ 918X+19\ 013$,相关系数为0.9992,检测限为0.04 mg/L;甲苯:回归方程为 $Y=960\ 947X+123\ 12$,相关系数为0.9993,检测限为0.06 mg/L。

2.3 精密度测定

取含有苯和甲苯的标准样品,分别重复进样5次,按已定的色谱条件进行峰面积测定,并算出其相对标准偏差(RSD),测定结果见表2。

表2 苯和甲苯精密度测定

Tab.2 Migration results and the orthogonal table

次数	质量浓度/ $(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	
	苯	甲苯
1	634 952	898 504
2	632 043	893 665
3	593 973	853 592
4	642 649	904 873
5	618 364	883 642
平均值	624 396	886 855
RSD/%	3.1	2.3

2.4 加标回收率测定

根据迁移实验的迁移萃取方式,分别对2种目标物进行不同浓度三水平添加实验,进行回收率实验以及相对标准偏差(RSD)的计算。结果见表3,表明样品溶液中2种目标物在不同浓度的添加水平下都得到了比较好的回收率,具有较高的准确度与精密度。

表3 苯和甲苯的加标回收率

Tab.3 The recovery rate of benzene and toluene

加标水平/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	苯		甲苯		
	平均回收率/%	RSD/%	加标水平/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	平均回收率/%	RSD/%
10	82.17	2.86	10	82.03	3.06
20	81.28	4.52	20	79.10	2.74
50	84.34	4.49	50	79.65	4.38

2.5 样品检测结果与分析

2.5.1 正交试验及结果

经检测显示,来自生产线未经堆码的金属罐内涂膜中没有检出苯和甲苯残留;9组堆码后的金属罐内涂膜中均有检测到这2种物质,迁移结果见表4(表4中只列出1号罐中苯的结果分析,其余3项分析方法相同),正交试验方差分析表见表5。

2.5.2 结果分析

表5的方差分析结果表明:因素A对金属罐外涂中苯和甲苯向内涂的迁移有显著性影响($P<0.05$),即堆码温度对结果具有显著性影响,而因素B和C对实验影响结果较小($P>0.05$),即堆码压强和堆码湿度对实验结果影响不是特别显著;又根据表4中极差R值大小显示,各因素作用主次为 $A>C>B$,即堆码温度>堆码压强>堆码相对湿度,整个实验结果较为理想。

表4 迁移结果及正交分析
Tab.4 Migration results and the orthogonal table

实验号	因素				外涂向内涂的迁移量/(mg·L ⁻¹)			
	A	B	C	D	1号罐		2号罐	
					苯	甲苯	苯	甲苯
1	1	1	1	1	0.11	0.16	0.13	0.17
2	1	2	2	2	0.24	0.29	0.26	0.30
3	1	3	3	3	0.18	0.23	0.20	0.24
4	2	1	2	3	0.33	0.39	0.36	0.41
5	2	2	3	1	0.29	0.35	0.32	0.37
6	2	3	1	2	0.22	0.28	0.25	0.30
7	3	1	3	2	0.37	0.44	0.41	0.47
8	3	2	1	3	0.42	0.49	0.46	0.52
9	3	3	2	1	0.44	0.51	0.48	0.54
K_1	0.53	0.81	0.75	0.84				
K_2	0.84	0.95	1.01	0.83				
K_3	1.23	0.84	0.84	0.93				
\overline{K}_1	0.177	0.27	0.25	0.28	1号罐(苯)			
\overline{K}_2	0.28	0.317	0.337	0.277				
\overline{K}_3	0.41	0.28	0.28	0.31				
R	0.233	0.047	0.087	0.033				

表5 1号、2号罐苯和甲苯迁移量方差分析

Tab.5 Variance analysis table of benzene and toluene migration quantity in No.1 and No.2 cans

		方差来源	离均差平方和SS	自由度 f	方差 S	F	P
1号罐	苯	A	0.082	2	0.041	40.560	0.024<0.05
		B	0.004	2	0.002	1.791	0.358>0.05
		C	0.012	2	0.006	5.747	0.148>0.05
		误差	0.002	2	0.001		
	甲苯	A	0.097	2	0.048	47.780	0.021<0.05
		B	0.004	2	0.002	1.791	0.358>0.05
		C	0.012	2	0.006	5.747	0.148>0.05
		误差	0.002	2	0.001		
2号罐	苯	A	0.097	2	0.048	47.780	0.021<0.05
		B	0.004	2	0.002	1.791	0.358>0.05
		C	0.012	2	0.006	5.747	0.148>0.05
		误差	0.002	2	0.001		
	甲苯	A	0.112	2	0.056	55.593	0.018<0.05
		B	0.004	2	0.002	1.791	0.358>0.05
		C	0.012	2	0.006	5.747	0.148>0.05
		误差	0.002	2	0.001		

由表4还可以看出:A因素应选择水平1,即堆码温度为20℃,B因素应选择水平1,即堆码相对湿度为50%,C因素应选择水平1,即堆码压强为34kPa,此时(堆码条件A1B1C1)金属罐外涂中的苯和甲苯向内涂迁移最少。

2.5.3 计算空白列D的R值

计算空白列D的R值,以确定误差界限并以此判断各个因素的可靠性。将各因素的R值和空白列的R值进行比较,当其值大于空白列D的R值,表示各因素之间可能存在不可忽略的交互作用,或是忽略了对实

验结果有重要影响的其他因素。从表4可知,A,B,C列的 R 值均大于空白列D的 R 值,表明该正交实验中A,B,C三因素是可靠的。

3 结语

通过采用液相色谱法测定了金属罐在堆码前后内壁涂膜中苯和甲苯在模拟液中的迁移量。结果表明,来自生产线未经过堆码的金属罐内涂不含苯和甲苯,而在堆码储放2个月的9组金属罐内涂中均检出苯和甲苯,其迁移量虽远小于标准限定,但为了安全,应尽量采取必要措施减少其由外涂向内涂的迁移。最后对这9组实验的实验结果进行水平正交分析,结果显示,堆码温度对实验的影响比较显著,而堆码压强和堆码湿度对实验结果影响不是特别显著,3个因素的主次关系是:堆码温度>堆码压强>堆码湿度。由此可见,相关制罐企业在把生产出来的食品金属罐印铁堆码在仓库中时,一定要注意控制仓库的温度和湿度,且堆放不宜过高、过长,从而减小外涂中的有害物质向内涂中的迁移量,以确保被涂印铁包裹的食品的安全。

参考文献:

- [1] TSAI Y V, BOWMAN A. Effect of pH and Salinity on the Migration of Bisphenol a from Coatings of Epoxy Food Cans[J]. Abstracts of Papers of THE American Chemical Society, 2014, 247.
- [2] MIAO J, XUE M, ZHANG H. Analysis of Residual Bisphenol A, Bisphenol F, and Their Epoxy Derivatives in Food Cans Coating by High Performance Liquid Chromatography[J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2009, 37(6): 911—914.
- [3] LEEPIPATPIBOON N, SAE-KHOW O, JAYANTA S. Simultaneous Determination of Bisphenol-A-diglycidyl Ether, Bisphenol-F-diglycidyl Ether, and Their Derivatives in Oil-in-water and Aqueous-based Canned Foods by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection[J]. Journal of Chromatography A, 2005, 1073(1/2): 331—339.
- [4] CHANG N, ZHANG C, ZHENG F, et al. Migration of Toluene through Different Plastic Laminated Films into Food Simulants[J]. Food Control, 2016, 59: 164—171.
- [5] 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.
- [6] 周相娟,赵玉琪,李伟,等.顶空气相色谱法同时测定食品包装中残留乙苯和苯乙烯单体[J].食品研究与开发,2010,31(10):145—147.
ZHOU Xiang-juan, ZHAO Yu-qi, LI Wei, et al. Simultaneous Determination of Ethylbenzene and Styrene in Food-Package by Headspace-Gas Chromatography[J]. Food Research and Development, 2010, 31(10): 145—147.
- [7] 李婷,柏建国,程碧君,等.食品金属材料中化学物的迁移研究进展[J].食品工业科技,2013(15):380—383.
LI Ting, BAI Jian-guo, CHENG Bi-jun, et al. Development of the Migration of Chemicals in Metal Packaging Materials for Food[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013(15): 380—383.
- [8] 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.
WANG Wen-hui, XIANG Hong, LIU Zhi-hao, et al. Research on Determination of NOGE in Food Can Coatings[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(17): 52—54.
- [9] 蒋小良,曾铭,徐正华,等.食品包装材料中双酚A在食品模拟物中迁移规律的研究[J].分析测试技术与仪器,2013,19(3):133—137.
JIANG Xiao-liang, ZENG Ming, XU Zheng-hua, et al. Study on Migration Rule of Bisphenol a in Food Packing Materials in Food Simulants[J]. Analysis and Testing Technology and Instruments, 2013, 19(3): 133—137.
- [10] BIEDERMANN S, ZURFLUH M, GROB K, et al. Migration of Cyclo-diba from Coatings into Canned Food; Method of Analysis, Concentration Determined in a Survey and in Silico Hazard Profiling[J]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 58: 107—115.
- [11] BERGER U, OEHME M, GIRARDIN L. Quantification of Derivatives of Bisphenol A Diglycidyl Ether (BADGE) and Non-volac Glycidyl Ether (NOGE) Migrated from Can Coatings into Tuna by HPLC/fluorescence and MS Detection[J]. Fresenius Journal of Analytical Chemistry, 2001, 369(2): 115—123.
- [12] 何明枫,周建伟,刘东红.食品罐内涂层中双酚A及其环氧衍生物的迁移及检测研究进展[J].食品工业科技,2015(1):381—385.
HE Ming-feng, ZHOU Jian-wei, LIU Dong-hong. Review on Migration and Determination of Bisphenol A and Its Epoxy Derivatives in Food Can Coatings[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015(1): 381—385.
- [13] 曹国洲,陈少鸿,肖道清,等.食品罐内壁涂料中双酚-二缩水甘油醚的快速检测和迁移规律[J].分析化学,2014(3):403—408.
CAO Guo-zhou, CHEN Shao-hong, XIAO Dao-qing, et al. Rapid Determination of Bisphenol Diglycidyl Ethers and Its Migration Regulation in Interior Coating of Food Cans[J]. Ana

- Trend of Beer Plastic Packaging[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2):195—196.
- [2] 刘铁峰. 我国PET瓶的现状与发展趋势[J]. 塑料包装, 2010, 20(3):19—20.
LIU Tie-feng. Current Situation and Development Trend of Polyester Bottles in China[J]. Plastics Packaging, 2010, 20(3):19—20.
- [3] 邵金荣. PET热灌装瓶瓶型要素及耐热性能的改善[J]. 中国包装, 2004(1):99—100.
SHAO Jing-rong. The Shape Specification and Heat Resisting Property Optimization of PET[J]. China Packaging, 2004(1):99—100.
- [4] 王华山, 吴崇峰, 高雨苗, 等. PET瓶的常见质量缺陷分析[J]. 中国塑料, 2001, 15(4):44—47.
WANG Hua-shan, WU Chong-feng, GAO Yu-zhuo, et al. Analyses of Quality Defects of PET Bottles[J]. China Plastics, 2001, 15(4):44—47.
- [5] 戴钧明. PET/PBT共聚酯的结晶性能[J]. 合成技术及应用, 2002, 17(1):1—3.
DAI Jun-ming. Crystallization Property of PET-PBT Copolyester[J]. Synthetic Technology and Application, 2002, 17(1):1—3.
- [6] KIM W N. Compatibility Studies of Blends of Polycarbonate and Poly (Ethylene Terephthalate)[J]. J Polym Sci, 1990, 28:1409—1429.
- [7] 李桂娟, 齐秀丽, 代国兴, 等. PTT/PET共混体系结晶行为和形态研究[J]. 中国塑料, 2005(5):47—50.
LI Gui-juan, QI Xiu-li, DAI Guo-xing, et al. Research on the Crystallization Behavior and Morphology of Blends of PTT/PET[J]. China Plastics, 2005(5):47—50.
- [8] 蒋雪璋. PET/PP共混合金结晶动力学研究[J]. 合成技术及应用, 2003, 18(4):14—16.
JIANG Xue-zhang. Study on Crystallization Kinetics of PET/PP Blend[J]. Synthetic Technology and Application, 2003, 18(4):14—16.
- [9] PAPAPOPOUDOU C P. Comparison of compatibility effectiveness for PET/PP Blends: Their Mechanical, Thermal and Morphology Characterization[J]. Polymer, 2000, 41: 2543—2555.
- [10] 柳峰, 刘琼琼, 徐冬梅, 等. PP-PET共混改性研究进展[J]. 塑料科技, 2008, 36(1):88—93.
LIU Feng, LIU Qiong-qiong, XU Dong-mei, et al. Research Progress on Blending Modification of PET/PP[J]. Plastics Science and Technology, 2008, 36(1):88—93.
- [11] 李桂娟, 李祎, 任秀艳, 等. PET/PEN共混体系结构与性能研究进展[J]. 高分子通报, 2005(2):31—35.
LI Gui-juan, LI Yi, REN Xiu-yan, et al. An Advance in the Studies on Structure and Morphology of PET/PEN Blends System[J]. Polymer Bulletin, 2005(2):31—35.
- [12] 邹海霞, 喻爱芳, 李文刚, 等. PETG的制备及性能研究[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2004, 30(6):1—5.
ZOU Hai-xia, YU Ai-fang, LI Wen-gang, et al. Preparation and Characterization of Poly (Ethylene Terephthalate-co-cyclohexanedimethylene Terephthalate)[J]. Journal of DongHua University, 2004, 30(6):1—5.
- [13] MEDELLIN F J, PHILIPS P J, LIN J S, et al. Triple Melting Behavior of Poly (ethylene terephthalate-co-1, 4-cyclohexanedimethylene terephthalate) Random Copolyesters[J]. Journal of Polymer Science (Part B): Polymer Physics, 1998, 36:763—781.
- [14] CHEE K K. Determination of Polymer-polymer Miscibility by Viscometry[J]. Eur Polym J, 1990, 26:42.
- [15] 杨始堃, 陈玉君. 热罐装瓶用聚酯树脂开发研究[J]. 合成技术及应用, 2008, 23(1):1—3.
YANG Shi-kun, CHEN Yu-jun. Investigation of Polyester Resin Used Heat-Pouring Bottle[J]. Synthetic Technology and Application, 2008, 23(1):1—3.

(上接第47页)

- lytical Chemistry, 2014(3):403—408.
- [14] NOONAN G O, ACKERMAN L K, BEGLEY T H. Concentration of Bisphenol A in Highly Consumed Canned Foods on the U.S. Market[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59:7178—7185.
- [15] ZHANG H, XUE M, LU Y B. Microwave-assisted Extraction for the Simultaneous Determination of Novolac Glycidyl Ethers, Bisphenol A Diglycidyl Ether, and Its Derivatives in Canned Food Using HPLC with Fluorescence Detection[J]. Journal of Separation Science, 2010, 33(2):235—243.
- [16] 许亚宁, 王滢. 食品软包装材料中残留有害物研究[J]. 包装学报, 2015, 7(4):19—24.
XU Ya-ning, WANG Ying. Research on Harmful Residue in Food Flexible Packaging Material[J]. Packaging Journal, 2015, 7(4):19—24.
- [17] 刘海波, 赵宇晖, 向红, 等. 三片食品罐外壁涂膜中有害物质向内涂的迁移[J]. 食品科学, 2012(6):194—198.
LIU Hai-bo, ZHAO Yu-hui, XIANG Hong, et al. Migration of Hazardous Substance Residues in the External Coating of Three-Piece Food Cans[J]. Food Science, 2012(6):194—198.