

气相色谱-质谱法测定食品接触材料中 1,3-二氧五环和三聚甲醛的迁移量

叶晴¹, 童嘉琦^{2,3*}, 朱晓艳^{2,3}, 刘江¹, 詹何珊¹

(1. 宁波中盛产品检测有限公司, 宁波 315000; 2. 宁波海关技术中心, 宁波 315000;
3. 宁波检验检疫科学技术研究院, 宁波 315000)

摘要: **目的** 建立顶空进样-气相色谱-质谱联用法测定食品接触用聚甲醛中 1,3-二氧五环和三聚甲醛在不同的食品模拟物(水基、酸性、醇类、油性等)中迁移量的分析方法。**方法** 模拟液中的 1,3-二氧五环和三聚甲醛通过顶空进样的方式(顶空进样条件为 85 °C 平衡 30 min)经键合了苯乙烯-二乙烯基苯聚合物的色谱柱分离, 最终由质谱来进行检测及分析。**结果** 在优化顶空平衡时间、平衡温度、色谱柱、气相色谱以及质谱条件后, 本方法精密度为 1.1%~7.3%, 最低检出限可达到 0.02 mg/kg, 回收率为 87.0%~104.3%。**结论** 本方法准确、高效、简便, 可用于检测水、酸性、醇类、油基四类模拟物中 1,3-二氧五环和三聚甲醛的迁移量。

关键词: 食品接触材料; 顶空-气相色谱-质谱法; 迁移量; 1,3-二氧五环; 三聚甲醛

Determination of migration of 1,3-dioxane and 1,3,5-trioxane in food contact materials by gas chromatography-mass spectrometry

YE Qing¹, TONG Jia-Qi^{2,3*}, ZHU Xiao-Yan^{2,3}, LIU Jiang¹, ZHAN He-Shan¹

(1. Ningbo Joysun Product Testing Service Company, Ningbo 315000, China; 2. Ningbo Customs Technology Center, Ningbo 315000, China; 3. Ningbo Science and Technology Institute of Inspection and Quarantine, Ningbo 315000, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for determination of 1,3-dioxane and 1,3,5-trioxane migration in different food simulants (water-based, acidity, alcohols, oils, etc.) in food-contact polyoxymethylene by headspace sampling-gas chromatography-mass spectrometry. **Methods** 1,3-dioxane and 1,3,5-trioxane in simulated liquid separation were separated by the column of styrene divinylbenzene polymer through headspace injection (the headspace injection condition was 85 °C equilibrium for 30 min), and detected and analyzed by the mass spectrometry. **Results** After optimizing headspace equilibration time, equilibrium temperature, column, gas chromatography and mass spectrometry conditions, the precisions of this method were 1.1%–7.3%, the lower limit of detection was 0.02 mg/kg, and the recoveries were 87.0%–104.3%. **Conclusion** The method is accurate, efficient and simple, and can be used to detect the migration of 1,3-dioxane and 1,3,5-trioxane in different simulants.

KEY WORDS: food contact material; gas chromatography-mass spectrometry; migration; 1,3-dioxane; 1,3,5-trioxane

基金项目: 宁波中盛产品检测有限公司技术开发项目(2019ZS14)

Fund: Technology Development Project of Ningbo Zhongsheng Product Testing Co., Ltd. (2019ZS14)

*通讯作者: 童嘉琦, 博士, 工程师, 主要研究方向为食品接触材料中有害物的分析检测与行为研究。E-mail: tyrls@yeah.net

*Corresponding author: TONG Jia-Qi, Ph.D, Engineer, Ningbo Customs Technology Center, Ningbo 315000, China. E-mail: tyrls@yeah.net

1 引言

聚甲醛(polyformaldehyde, POM)被称为 5 大工程塑料之一,具有优异的物理机械性能,是一种综合性能优良的热塑性树脂。聚甲醛具有较高的力学性能,在很多方面以其优良的可加工性、电绝缘性和耐溶剂性,可代替铝、铁、铜等金属材料^[1,2]。随着聚甲醛材料与行业的不断发展,国内外改性聚甲醛的应用领域也越来越广泛,包括工业机械、汽车、日用轻工、建材、农业等,同时也拓展到了食品接触材料领域^[3,4]。1,3-二氧五环和三聚甲醛作为聚甲醛的单体或共聚单体^[5],容易残留在最终的食品接触制品中,而后可能在使用过程中迁移到食品中。1,3-二氧五环和三聚甲醛具有一定毒性,大量摄入 1,3-二氧五环会刺激消化道,引起头晕、恶心及嗜睡^[6],对人的身体健康造成危害。

现阶段我国食品安全国家标准、欧盟以及德国食品接触材料法律法规等标准或法规中对聚甲醛中有害物质均有限量要求。我国食品安全国家标准 GB 4806.6-2016《食品安全国家标准 食品接触用塑料树脂》^[7]和 GB 4806.10-2016《食品安全国家标准 食品接触用涂料及涂层》^[8]中明确指出三聚甲醛迁移量限值为 5 mg/kg, 1,3-二氧五环迁移量限值为 5 mg/kg, 欧盟法规中指出三聚甲醛迁移量限值为 5 mg/kg^[9]。

虽然食品安全国家标准中对聚甲醛材质的食品接触材料提出限量要求,但是国标中没有相对应的检测方法。且目前对于三聚甲醛和 1,3-二氧五环的检测方法甚少,主要用于生产原料或废料中含量的测试,比如聚甲醛浆液、工业废水或有机电解液中三聚甲醛和二氧五环^[10-13]。因而,在实际的检测中,难以满足食品接触材料质量控制和监管的需求。无论是为了提高产品质量,还是促进产品监管,研究建立食品接触用聚甲醛中 1,3-二氧五环和三聚甲醛检测方法都具有十分重要的意义。

本研究利用顶空进样-气相色谱-质谱联用方法,建立了聚甲醛类食品接触材料中三聚甲醛和 1,3-二氧五环的快速检测方法,为评估食品接触材料产品的安全风险、加强监管提供技术支撑。

2 材料与amp;方法

2.1 仪器、试剂与材料

2.1.1 仪器

Markelov HS9000 顶空进样器(美国 EST 公司); 7890A 气相色谱-5975C 质谱联用仪(美国 Agilent 公司); CP-PoraBOND Q 色谱柱(键合苯乙烯-二乙烯基苯聚合物, 25 m×0.25 mm, 3 μm, 美国 Agilent 公司)。

2.1.2 试剂与材料

乙酸、无水乙醇、橄榄油(分析纯, 国药集团); Mini-Q 超

纯水(实验室自制); *N,N*-二甲基乙酰胺(*N,N*-dimethylacetamide, DMAC, 色谱纯, 美国 TEDIA 公司); 三聚甲醛对照品(纯度 ≥ 99.0%)、1,3-二氧五环对照品(纯度 ≥ 98.0%)(德国 CNW 公司)。

食品接触用材料: 市售 POM 材质的食品接触材料(包括料理机等家用食品接触电器及容器等)。

2.2 实验方法

2.2.1 标准溶液配制

(1) 标准储备液配制

分别准确称取 1,3-二氧五环对照品以及三聚甲醛对照品 50 mg(精确至 0.1 mg)于装有 25 mL DMAC 试剂的 100 mL 容量瓶中,用 DMAC 定容至 100 mL,得到标准储备溶液(500 mg/L)。

(2) 标准溶液配制

于 20 mL 顶空瓶中装入 5 mL 水、4%醋酸、50%乙醇或者 5 g 橄榄油,再分别加入一定体积的 1,3-二氧五环以及三聚甲醛的标准储备溶液或者标准中间液,立即加盖密封,配制成一系系列不同浓度含有 1,3-二氧五环和三聚甲醛的标准工作溶液。

2.2.2 样品前处理

(1) 迁移试验

迁移试验的要求参照 GB 31604.1-2015《食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验通则》^[14]及 GB 5009.156-2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验预处理方法通则》^[15]的规定,迁移条件为 70 °C 下浸泡 2 h,得到食品模拟液密封保存于 4 °C 冰箱。选取水、4%乙酸(V:V)、50%乙醇(V:V)和橄榄油分别作为水性、酸性、醇类和油类食品模拟物。

(2) 浸泡液处理

取 5 mL 迁移试验得到的水基食品模拟液(水性、酸性、醇类)或 5 g 油性食品模拟液于 20 mL 顶空瓶中密封,上机进行分析。

2.2.3 气相色谱-质谱条件

(1) 顶空条件

在 85 °C 平衡温度下平衡 25 min,取 1 mL 气体样品进行后续分析。

(2) 色谱条件

CP-PoraBOND Q 色谱柱(0.25 mm×25 m, 3 μm); 升温程序: 60 °C 保持 1 min,后以 20 °C/min 至 240 °C 保持 5 min; 进样口温度: 200 °C; 载气: He 气,流速 1 mL/min,分流比 10:1。

(3) 质谱条件

电离能量: 70 eV; 离子源温度: 230 °C; 四极杆温度: 150 °C; 接口温度: 280 °C; 定性分析采用全扫描模式,扫描范围(*m/z*)20~100。定量分析采用选择离子检测(selected ion monitoring, SIM)模式。

3 结果与分析

3.1 色谱柱的选择

采用不同色谱柱例如极性柱 HP-INNOWAX(0.25 mm×30 m, 0.25 mm), 弱极性柱 HP-5(0.25 mm×30 m, 0.25 mm) 以及键合苯乙烯-二乙烯基苯多孔高聚物毛细管柱 CP-PoraBOND Q(0.25 mm×25 m, 3 μm), 比较对 1,3-二氧五环、三聚甲醛以及乙醇等溶剂的分离效果。结果表明, HP-5 色谱柱对 1,3-二氧五环和三聚甲醛的分离效果较差, HP-INNOWAX 色谱柱可实现三聚甲醛与干扰物的有效分离, 但是对于 1,3-二氧五环而言, 出峰时间比较靠前分离效果较差。CP-PoraBOND Q 色谱柱对于 2 种目标化合物的分离效果最为好, 因此采用 CP-PoraBOND Q 色谱柱来进行下一步实验。

标准溶液浓度为 10 mg/kg(橄榄油), 在 SIM 模式下 1,3-二氧五环以及三聚甲醛的色谱图如图 1, 1,3-二氧五环的保留时间为 7.35 min, 三聚甲醛的保留时间为 8.45 min。参照质谱图, 选取 73、44、45(m/z)作为 1,3-二氧五环定性离子质荷比, 73(m/z)作为定量离子质荷比(丰度比 73:44:45=100:41:20)。针对三聚甲醛则选取 61、89、45(m/z)作为定性离子质荷比, 61(m/z)作为定量离子质荷比(丰度比 61:89:45=100:95:1)。

3.2 顶空进样条件的优化

3.2.1 平衡温度优化

平衡温度是影响目标化合物后续进样及分析的重要因素之一, 因此本实验比较了不同模拟物以及不同平衡温度(60、65、70、75、80、85、90 °C)下浓度为 10 mg/kg 的 1,3-二氧五环和三聚甲醛的响应(图 2)。结果表明 1,3-二氧五环和三聚甲醛的色谱峰面积随着平衡温度的上升而增加。考虑到温度过高会导致三聚甲醛等物质在酸性食品模拟物等基质中发生分解, 温度过高也可能会导致其他干扰物质的检出而影响实验最终结果, 因此最后选用 85 °C 作

为本实验最终的平衡温度。

3.2.2 平衡时间优化

平衡时间同样是影响目标化合物后续进样及分析的重要因素之一, 本实验比较了不同模拟物中的 1,3-二氧五环和三聚甲醛(浓度为 10 mg/kg)在不同平衡时间(10、15、20、25、30、35、40、45 min)下的响应(图 3)。结果表明随着平衡时间的增加, 1,3-二氧五环和三聚甲醛色谱峰响应值无明显变化, 考虑到能充分提取目标化合物以及提高实验效率, 选取 25 min 作为本实验的平衡时间。

3.3 方法的线性范围及检出限

针对 4 种模拟物配制含有 1,3-二氧五环以及三聚甲醛的一系列标准工作溶液, 在上述设定的仪器条件下进行分析。以标准工作溶液的浓度为横坐标, 以 1,3-二氧五环、三聚甲醛的色谱峰面积为纵坐标, 分别绘制出标准曲线。计算较低浓度的标准工作溶液信噪比, 取信噪比大于 3.0 的最低浓度作为检出限。1,3-二氧五环和三聚甲醛的线性关系、检出限以及线性范围见表 1。

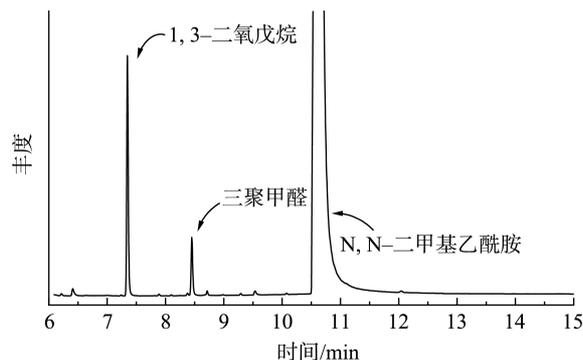


图 1 SIM 模式下 1,3-二氧五环和三聚甲醛的色谱图(溶剂延迟 6.0 min)

Fig.1 Chromatogram of 1,3-dioxolane and 1,3,5-trioxane in SIM mode(solvent delay was 6.0 min)

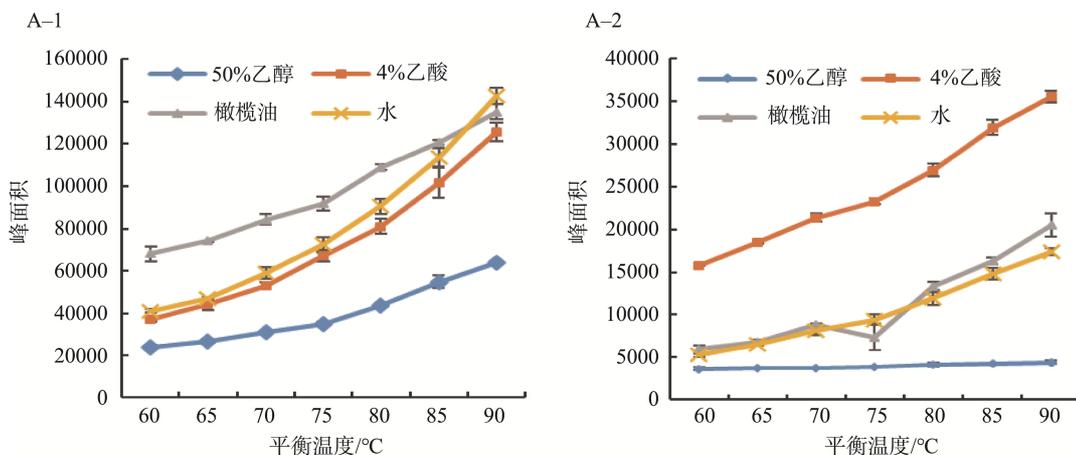


图 2 不同平衡温度下三种模拟物中的 1,3-二氧五环(A-1)和三聚甲醛(A-2)的色谱峰面积($n=3$)

Fig.2 Peak area of 1,3-dioxolane(A-1) and 1,3,5-trioxane(A-2) at different equilibrium temperatures($n=3$)

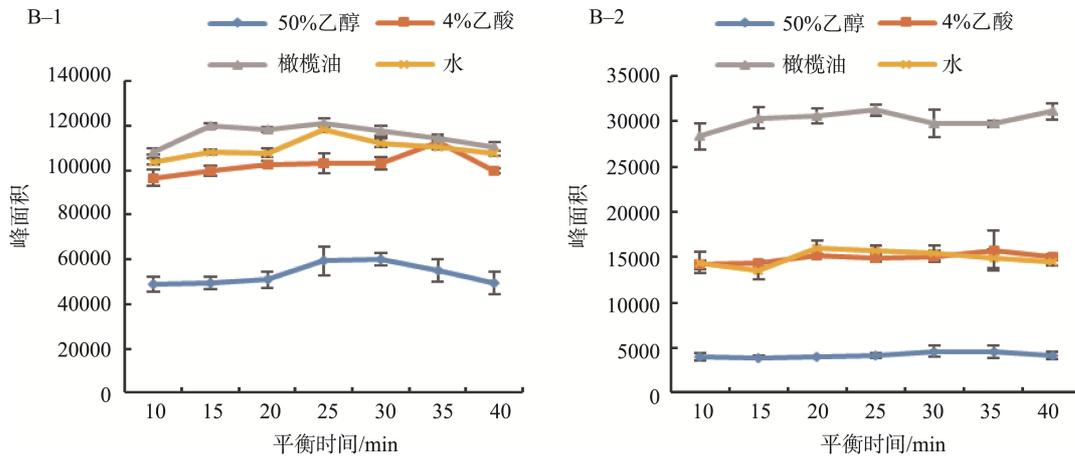
图 3 不同平衡时间下三种模拟物中的 1,3-二氧五环(B-1)和三聚甲醛(B-2)的色谱峰面积($n=3$)Fig.3 Peak area of 1,3-dioxolane(B-1) and 1,3,5-trioxane(B-2) after different equilibrium times($n=3$)

表 1 不同模拟物中 1,3-二氧五环和三聚甲醛的线性范围、线性方程、相关系数和检出限

Table 1 Linear ranges, linear equations, correlation coefficients and limits of detection in different simulants

化合物	模拟物	线性范围/(mg/kg)	线性方程	相关系数 r	检出限/(mg/kg)
三聚甲醛	橄榄油	0.1~10	$Y=3827X+252.3$	0.99826	0.05
	50%乙醇	1~20	$Y=572X+139.4$	0.99892	0.5
	H ₂ O	0.5~10	$Y=2580X-7.6$	0.99932	0.1
	4%醋酸	0.1~10	$Y=2393X+11.4$	0.99987	0.05
1,3-二氧五环	橄榄油	0.05~10	$Y=17590X+1684$	0.99775	0.02
	50%乙醇	0.1~10	$Y=6609X+107.5$	0.99992	0.05
	H ₂ O	0.1~10	$Y=18710X+1269$	0.99916	0.05
	4%醋酸	0.05~10	$Y=17920X-557$	0.99977	0.02

表 2 不同空白模拟物中 1,3-二氧五环的回收率及相对标准偏差

Table 2 Recoveries and relative standard deviations of 1,3-dioxolane in different simulants

模拟物	添加量/(mg/kg)	测定值/(mg/kg)						平均值/(mg/kg)	回收率/%	相对标准偏差/%
		1	2	3	4	5	6			
橄榄油	0.5	0.4585	0.4480	0.4645	0.4431	0.4413	0.4501	0.4509	90.2	2.0
	1	0.9026	0.8897	0.8991	0.8648	0.8775	0.8746	0.8847	88.5	1.7
	5	4.5734	4.7542	4.7056	4.8759	4.5154	4.7500	4.6958	93.9	2.8
50%乙醇	0.1	0.0922	0.0853	0.0866	0.0904	0.0842	0.0997	0.0897	89.7	6.4
	1	1.0584	0.9868	1.0449	0.9733	1.0357	0.9643	1.0106	101.1	4.0
	5	5.0841	5.1831	5.2373	5.1513	5.1985	5.0402	5.1491	103.0	1.4
水	0.5	0.4444	0.4524	0.4195	0.4527	0.4189	0.4214	0.4349	87.0	3.8
	1	0.9665	0.8805	0.9642	0.9466	0.9331	0.9979	0.9481	94.8	4.2
	5	4.9037	5.2291	4.9158	4.9028	5.2743	4.9396	5.0276	100.6	3.5
4%醋酸	0.5	0.5348	0.5119	0.5081	0.4899	0.5069	0.5263	0.5130	102.6	3.1
	1	0.9538	1.0102	0.9444	0.9253	1.0119	0.9401	0.9643	96.4	3.9
	5	4.9247	4.8736	4.8455	5.1198	4.8066	5.0361	4.9344	98.7	2.4

3.4 回收率及精密度实验

分别用水、4%乙酸、50%乙醇和橄榄油为基质配制含有 1,3-二氧五环以及三聚甲醛的标准溶液(取 3 个加标量水平, 具体列于表 2 与表 3 中)。将标准溶液作为迁移试验的浸泡液, 按照 GB 31604.1 及 GB 5009.156 的规定进行迁移试验, 得到最终的浸泡液。取 5 mL、5 g 浸泡液于 20 mL 顶空瓶中, 在选定的测试条件下进行分析, 每个添加水平平行测定 6 次并计算迁移量。计算的浓度、平均值、回收率以及相对标准偏差见表 2 和表 3。结果显示本实验方法有较好的回收率(87.0%~104.3%)和精密度(1.1%~7.3%)。

3.5 实际样品检测

按照 2.2.3 的方法对 5 款 POM 材质的样品进行迁移试验, 测定样品浸泡液中 1,3-二氧五环和三聚甲醛的迁移量。结果显示一款样品中检出三聚甲醛(橄榄油中迁移量为 1.56 mg/kg, 50%乙醇中迁移量为 0.41 mg/kg), 所有样品中均未检出 1,3-二氧五环。

而后对检出三聚甲醛的模拟液进行加标回收试验。加标浓度为 5 mg/kg, 测定并计算回收率, 结果显示橄榄油以及 50%乙醇模拟物中回收率分别为 110.4%和 99.4%。由此可见, 利用建立的方法测定实际样品中三聚甲醛迁移量的准确性高, 测试结果以及回收率见表 4。

4 结 论

本文建立了顶空进样-气相色谱-质谱联用的方法以测定食品接触材料中 1,3-二氧五环和三聚甲醛迁移量。通过顶空的方式使样品模拟液中的 1,3-二氧五环以及三聚甲醛进入到色谱柱中, 经色谱柱分离后, 最终用质谱进行定量分析。水基、酸性、醇类、油性食品模拟物中 1,3-二氧五环和三聚甲醛的检出限最低可分别达到 0.05 mg/kg 和 0.02 mg/kg, 回收率在 87.0%~104.3%, 相对标准偏差小于 7.3%。本研究建立的方法操作简便, 适用于日常的检测, 并且满足我国食品安全国家标准中 1,3-二氧五环迁移量和三聚甲醛迁移量限值(5 mg/kg)对检测方法的要求^[8]。

表 3 不同空白模拟物中三聚甲醛的回收率及相对标准偏差
Table 3 Recoveries and relative standard deviations of 1,3,5-trioxane in different simulants

模拟物	添加量 (mg/kg)	测定值/(mg/kg)						平均值 (mg/kg)	回收率 /%	相对标准 偏差/%
		1	2	3	4	5	6			
橄榄油	0.5	0.5327	0.5340	0.4992	0.4917	0.5364	0.5361	0.5217	104.3	3.9
	1	1.0156	1.0312	0.9573	1.0391	0.9845	0.9892	1.0028	100.3	3.1
	5	5.0463	5.2115	4.7461	4.7903	5.0291	5.0497	4.9788	99.6	3.5
50%乙醇	1	1.0424	1.0516	1.0013	1.0381	1.0394	0.8994	1.0120	101.2	5.7
	5	5.4700	5.2393	5.1781	5.2585	5.0453	5.0086	5.2000	104.0	3.2
	10	10.0913	10.0109	10.1227	10.4006	10.5090	10.4478	10.2637	102.6	2.1
水	0.5	0.5228	0.5088	0.4398	0.5375	0.4693	0.4949	0.4955	99.1	7.3
	1	1.0589	0.9860	0.9996	0.9620	1.0426	1.0003	1.0082	100.8	3.6
	5	4.9124	5.1527	4.9996	5.2252	4.7856	5.1143	5.0316	100.6	3.3
4%醋酸	0.5	0.5088	0.5201	0.4825	0.5243	0.4959	0.5197	0.5086	101.7	3.2
	1	1.0091	0.9681	1.0567	0.9685	1.0868	1.0070	1.0160	101.6	4.7
	5	4.9676	5.0800	4.9902	5.0533	4.9396	4.9530	4.9973	99.9	1.1

表 4 加标样品中三聚甲醛的回收率及相对标准偏差
Table 4 Recoveries and relative standard deviations of 1,3,5-trioxane in spiked samples

模拟物	添加量 (mg/kg)	测定值/(mg/kg)						检测平均值 (mg/kg)	加标平均值 (mg/kg)	回收率 /%
		1	2	3	4	5	6			
橄榄油	0.5	0.9409	0.9756	0.9527	0.9382	0.9538	1.0064	0.4095	0.9613	110.4
50%乙醇	0.5	2.0574	2.0072	2.1016	2.0361	2.0103	2.1274	1.5598	2.0567	99.4

参考文献

- [1] 吴步军. 国内聚甲醛的现状与市场分析[J]. 广东化工, 2008, 35(10): 3-5.
Wu BJ. Production status and market analysis of POM in China [J]. Guangdong Chem Ind, 2008, 35(10): 3-5.
- [2] 刘慧宏, 白振敏, 付玉娥, 等. 二氧环戊烷含量对聚甲醛性能的影响[J]. 塑料助剂, 2016, 119(5): 43-47.
Liu HH, Bai ZM, Fu YE, *et al.* Study on influence of dioxolane content on POM [J]. Plast Addit, 2016, 119(5): 43.
- [3] 张雨顺, 曹志奎. 简述我国聚甲醛改性研究和应用现状[J]. 广州化工, 2012, 40(11): 58-59.
Zhang YS, Cao ZK. Brief discussion of current research and application status of modified POM in China [J]. Guangzhou Chem Ind, 2012, 40(11): 58-59.
- [4] 孙得翔, 何小芳, 范利丹, 等. 聚甲醛的改性及应用研究[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(12): 132-135.
Sun DX, He XF, Fan LD, *et al.* Research progress on modification and application of polyoxymethylene [J]. Eng Plast Appl, 2015, 43(12): 132-135.
- [5] 牛磊, 范娟娟, 黄茂辉. 聚甲醛生产工艺及国内发展状况的研究[J]. 化学工程师, 2012, 26(2): 47-49.
Niu L, Fan JJ, Huang MH. Production process and domestic development status of POM [J]. Chem Eng, 2012, 26(2): 47-49.
- [6] 邵淇渝. 浅谈二氧五环工艺生产过程及物质特性[J]. 科技传播, 2011, (6): 95-96.
Shao QY. The 1,3-dioxolane rings craft production process and material properties [J]. Publ Commun Sci Technol, 2011, (6): 95-96.
- [7] GB 4806.6-2016 食品安全国家标准 食品接触用塑料树脂[S].
GB 4806.6-2016 National food safety standard-Food contact plastic resins [S].
- [8] GB 4806.10-2016 食品安全国家标准 食品接触用涂料及涂层[S].
GB 4806.10-2016 National food safety standard-Food contact coatings [S].
- [9] 王超, 陈少鸿. 国外食品接触材料法律法规汇编. 欧盟及其成员国食品接触材料法律法规[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013.
Wang C, Chen SH. Collection of foreign laws and regulations on food contact materials. Laws and regulations of the European Union and its member states on food contact materials [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2013.
- [10] 海芳. 聚甲醛浆液中三聚甲醛、二氧五环、乙二醇、苯等各组份气相色谱法分析[J]. 科技创新与应用, 2013, (10): 8-9.
Hai F. Gas chromatography was used to analyze the components of polyformaldehyde, dioxy-pentacyclic, ethylene glycol and benzene in polyformaldehyde slurry [J]. Technol Innov Appl, 2013, (10): 8-9.
- [11] 侯丽, 辛德旺, 海芳. 聚甲醛工业废水中甲缩醛、三乙胺、甲醇、三聚甲醛、苯、二氧五环等微量组分含量的测定[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2013, (16): 19, 38.
Hou L, Xin DW, Hai F. Determination of methylal, triethylamine, methanol, trioxane, benzene, dioxane and other trace components in POM industrial wastewater [J]. China Petrol Chem Stand Qual, 2013, (16): 19, 38.
- [12] 段秀珍. 气相色谱法测定有机电解液中 DX、DME、DMI 含量研究[J]. 广州化工, 2016, 44(8):128-129, 159.
Duan XZ. Study on the content of DX, DME and DMI in organic electrolyte by gas chromatography [J]. Guangzhou Chem Ind, 2016, 44(8): 128-129, 159.
- [13] 李林林, 王立, 康兆广, 等. 顶空-气相色谱法测定食品用 POM 及其制品中三聚甲醛的特定迁移量[J]. 塑料科技, 2019, 47(9): 115-118.
Li LL, Wang L, Kang ZG, *et al.* Determination of specific migration of paraformaldehyde in POM and its products for food use by headspace-GC [J]. Plast Sci Technol, 2019, 47(9): 115-118.
- [14] GB 31604.1-2015 食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验通则[S].
GB 31604.1-2015 National food safety standard-General rules for migration test of food contact materials and products [S].
- [15] GB 5009.156-2016 食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验预处理方法通则[S].
GB 5009.156-2016 National food safety standard-General rules for pretreatment of migration test of food contact materials and products [S].

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



叶 晴, 助理工程师, 主要研究方向为食品接触材料有害物质检测。
E-mail: yeqing@nbjyg.com



童嘉琦, 博士, 工程师, 主要研究方向为食品接触材料中有害物的分析检测与行为研究。
E-mail: tyrles@yeah.net