

研究报告

竹纤维密胺餐具中三聚氰胺和甲醛在酸性条件下的迁移量测定

张泓^{1,2}, 金莉莉⁵, 翁云宣^{3,4}, 朱蕾²

(1. 北京工商大学轻工科学技术学院, 北京 100048; 2. 国家食品安全风险评估中心, 北京 100022; 3. 北京工商大学化学与材料工程学院, 北京 100048; 4. 塑料卫生与安全质量评价技术北京市重点实验室, 北京 100048; 5. 常州进出口工业及消费品安全检测中心, 江苏常州 213022)

摘要:目的 通过研究竹纤维密胺餐具中三聚氰胺和甲醛在酸性条件下的迁移规律, 讨论影响迁移水平和安全风险的主要因素, 对该类产品的安全管理提供建议。方法 采集市场上不同品牌且明确标识含有竹纤维的密胺餐具 14 种(包括婴幼儿餐具), 选择 10%(V/V)乙醇和 4%(V/V)乙酸, 按照 GB 5009.156—2016 的方法浸泡餐具, 再参照食品安全国家标准 GB 31604.15—2016 和 GB 31604.48—2016 开展酸性条件下的迁移试验研究。结果 竹纤维密胺餐具在接触 4%(V/V)乙酸时, 三聚氰胺和甲醛的迁移水平远高于 10%(V/V)乙醇。对单个样品而言, 三聚氰胺和甲醛的迁移趋势呈正相关的规律, 且长期重复接触酸性较强的食品时迁移量超标的可能性更高。随着使用次数的增加, 两者的整体迁移水平逐渐升高, 该规律在竹纤维添加量较高的制品中更为明显。结论 竹纤维密胺餐具中的三聚氰胺和甲醛的迁移规律在多次重复使用后仍基本一致; 其中三聚氰胺的迁移水平更能反映树脂的分解情况。该产品长期重复接触酸性食品时三聚氰胺或甲醛迁移量超标的可能性更高, 尤其对于婴幼儿产品。应加强标签标识及消费者指导, 杜绝使用不合规原料, 促进行业良性发展。

关键词: 三聚氰胺; 甲醛; 迁移; 食品安全; 竹纤维密胺餐具

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2024)01-0008-07

DOI: 10.13590/j.cjfh.2024.01.002

Migration of melamine and formaldehyde under acidic conditions in bamboo fiber-melamine resin tableware

ZHANG Hong^{1,2}, JIN Lili⁵, WENG Yunxuan^{3,4}, ZHU Lei²

(1. School of Light Industry, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China; 2. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China; 3. College of Chemistry and Materials Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China; 4. Key Laboratory of Plastic Hygiene and Safety Quality Evaluation Technology, Beijing 100048, China; 5. Changzhou Safety Testing Center for Entry-Exit Industrial and Consumable Products, Jiangsu Changzhou 213022, China)

Abstract: Objective To study the migration rule of melamine and formaldehyde under acidic conditions in bamboo fiber-melamine resin (BM) tableware, discuss the main factors affecting the migration level and safety risks, and provide suggestions for the safety management of such products. **Methods** A total of 14 brands of BM tableware (including baby and infant tableware) with clear identification of bamboo fiber in the market were collected. Ethanol (10%, V/V) and acetic acid (4%, V/V) were selected, and the tableware were soaked in according to GB 5009.156—2016, and then conduct migration tests under acidic conditions according to the national food safety standards GB 31604.15—2016 and GB 31604.48—2016. **Results** When BM tableware was exposed to 4% (V/V) acetic acid, the migration level of melamine and formaldehyde was much higher than that of 10% (V/V) ethanol. For a single sample, the migration trend of

收稿日期: 2022-11-10

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFF0607202)

作者简介: 张泓 女 副研究员 研究方向为食品接触材料风险评估及安全管理 E-mail: zhanghong@cfsa.net.cn

通信作者: 翁云宣 男 教授 研究方向为塑料加工与安全质量评价 E-mail: wyxuan@th.tbtc.edu.cn

朱蕾 女 研究员 研究方向为食品安全国家标准与风险评估 E-mail: zhulei@cfsa.net.cn

翁云宣和朱蕾为共同通信作者

melamine and formaldehyde was positively correlated, and long-term repeated exposure to more acidic food may have caused a higher chance of excessive migration. With increased frequency of use, the migration level of melamine and formaldehyde increased gradually, which was more obvious in the products with higher bamboo fiber addition. **Conclusion** The migration rules of melamine and formaldehyde in BM tableware were basically the same after long term repeated use. The migration level of melamine better reflected the decomposition of resin. BM tableware had a higher chance of excessive migration when repeatedly contacting acidic food for a long time, especially for infant products. The guidance on labels and consumer education should be strengthened and the use of non-conforming raw materials should be eliminated to promote the development of the industry within safety standards.

Key words: Melamine; formaldehyde; migration; food safety; bamboo fiber-melamine resin tableware

密胺餐具指的是以三聚氰胺甲醛树脂为原料生产的一类塑料餐具。该类材料具有类似陶瓷的外观,光泽度好且轻便耐摔^[1],多作为重复使用的餐厨具广泛应用于餐饮行业,包括儿童及婴幼儿餐具。为了增强材料的韧性、减少塑料材料的使用,部分密胺餐具中会添加一定比例天然植物纤维作为填料^[2]。在发展循环经济、节能减排的大背景下,植物纤维密胺餐具的应用逐渐增多,其安全性也受到广泛关注。

近年来,关于密胺餐具的安全性问题时有发生,市场产品良莠不齐,三聚氰胺和甲醛超标仍是该类材料的主要安全风险。多项研究表明,密胺餐具中三聚氰胺和甲醛的迁移结果在酸性条件下具有较高的迁移水平,且随着浸泡温度、浸泡时间、迁移次数的增加,迁移量呈逐渐升高的趋势^[1-5]。欧盟也针对该类材料开展了一系列相关研究,德国联邦风险评估研究所(Bundesinstitut für Risikobewertung, BfR)^[6]、德国联邦消费者保护和食品安全局(Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, BVL)^[7]以及欧盟食品和饲料类快速预警系统(Rapid Alert System for Food and Feed, RASFF)^[8]等均针对植物纤维密胺餐具中三聚氰胺和甲醛的迁移进行了风险提示和问题通报。我国作为密胺餐具的主要生产国和出口国之一,针对密胺餐具制定了一系列安全

法规标准,以保护消费者健康。

然而,我国目前并未系统开展植物纤维对密胺材料安全性影响的研究,缺乏植物纤维密胺餐具安全性评估方法,前期研究也多针对密胺材料的合规性要求,并未针对长期使用情况下的迁移规律开展研究。考虑到竹纤维密胺餐具在我国市场占有率较高,且为主要出口产品,本研究选取我国市场上的竹纤维密胺餐具作为代表性样品,对该类材料中的三聚氰胺和甲醛开展其迁移规律和迁移机制研究,以期后续该类材料的安全性评估方法及风险管理措施提供建议。

1 材料与方法

1.1 样品

本研究所用样品主要通过商超和网上采购两种方式获得,采集我国市场上14种不同品牌且明确标识含竹纤维的密胺餐具样品,包括杯、碗等,所有样品均为重复使用制品。其中5种餐具标识为儿童用餐具,具体样品信息见表1。每件餐具采集同批次样品6~8件,分别用于测试和留样。

1.2 主要仪器与试剂

安捷伦1200型液相色谱仪配置紫外吸收检测器(美国Agilent公司);CARY 300 Conc紫外分光光度计(美国VARIAN公司);Nicolet Summit傅里叶

表1 竹纤维密胺餐具样品信息

Table 1 Sample information of bamboo fiber-melamine resin tableware

编号	样品描述	是否标示儿童用餐具	标称容量/L	标称容量对应面积/dm ²	口缘1 cm 容积/L	口缘1 cm 容积对应面积/dm ²	实际S/V/(dm ² /L)
001	碗	是	无	—	0.25	1.56	6.24
002	杯	是	无	—	0.15	1.33	8.87
003	碗	否	无	—	0.85	3.56	4.19
004	碗	否	无	—	0.56	2.71	4.84
005	杯	是	无	—	0.29	1.69	5.83
006	杯	否	无	—	0.5	2.69	5.38
007	杯	是	无	—	0.22	1.38	6.27
008	杯	否	无	—	0.41	2.27	5.54
009	杯	否	无	—	0.35	2.08	5.94
010	碗	否	无	—	0.56	2.49	4.45
011	杯	否	0.4	2.86	—	—	7.15
012	碗	是	无	—	0.66	2.79	4.23
013	杯	否	无	—	0.44	2.18	4.95
014	杯	否	无	—	0.37	2.06	5.57

变换红外光谱仪(美国赛默飞世尔科技公司); Milli-Q 超纯水系统(美国 Millipore 公司); 超声清洗仪(上海科导超声仪器有限公司); 电热恒温水浴锅(广东环凯微生物科技有限公司)。

三聚氰胺(99.4%, 德国 Dr. Ehrenstorfer 公司); 乙酸(分析纯, 上海泰坦科技股份有限公司); 乙醇(分析纯, 上海凌峰化学试剂有限公司); 乙腈(色谱纯, 北京坛墨质检科技有限公司); 二水合磷酸二氢钠、乙酰丙酮(99%, 上海泰坦科技股份有限公司); 氢氧化钠(优级纯, 麦克林); 水中甲醛(1 000 mg/L, ANPEL); 乙酸铵(97%, TCI)。

1.3 试验方法

1.3.1 浸泡

本次采集的样品均为餐具(杯、碗), 预期可能接触各类食品。根据 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》^[9]的要求, 应选择各类食品模拟物开展迁移试验。然而, 考虑到待测物三聚氰胺和甲醛在酸性介质中的迁移量更高^[10-11], 且 4%(V/V)乙酸和 10%(V/V)乙醇分别为我国食品安全国家标准^[9]和美国食品接触物质申报化学指南^[12]中推荐的酸性食品模拟物, 因此本次研究选择上述两种溶液作为食品模拟物。根据待测样品的预期使用条件, 选择 70 °C、2 h 作为迁移试验条件。

按照 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》的规定进行 3~15 次重复浸泡试验, 每次使用一份新的食品模拟物。浸泡过程中至迁移量测定前注意密封, 以避免甲醛的挥发损失。同时做空白试验。

1.3.2 迁移量测定

将迁移试验所得浸泡液分别按照 GB 31604.15—2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品 2,4,6-三氨基-1,3,5-三嗪(三聚氰胺)迁移量的测定》及 GB 31604.48—2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品 甲醛迁移量的测定》第一法检测三聚氰胺和甲醛的迁移量。

1.4 结果校正

根据 GB 31604.1—2015 标准的规定, 迁移试验结果应根据餐具的实际接触面积(S)与食品模拟物体积(V)的比(S/V)进行校正, 以最大程度地反映实际使用情形。本研究所用样品均为空心容器, 有标称容量的样品以标称容量及其对应的内表面积计算 S/V, 无标称容量的样品以食品模拟物液面与空心制品溢出面的距离为 1 cm 时对应的 S/V 进行迁移试验结果计算。

2 结果

2.1 接触不同食品模拟物时的迁移情况

本研究选择 4%(V/V)乙酸和 10%(V/V)乙醇作为食品模拟物开展迁移试验研究。根据 GB 31604.1—2016 标准^[9]和美国食品接触物质申报化学指南^[12]的规定, 10%(V/V)乙醇还可以作为水性食品(乙醇含量≤10%)的食品模拟物, 因此两种食品模拟物中的迁移试验结果也可反映竹纤维密胺餐具中三聚氰胺和甲醛在接触酸性和水性食品时的迁移情况。分别按照器型(碗/杯)、是否为儿童餐具以及实际 S/V 的大小(6.24/8.87/4.19)分别选择 001~003 号样品连续开展 3 次迁移试验。具体迁移试验结果见表 2。

表 2 竹纤维密胺餐具三聚氰胺及甲醛迁移量结果(70 °C, 2 h)
Table 2 Migration of melamine and formaldehyde in bamboo fiber-melamine resin tableware (70 °C, 2 h)

样品 编号	食品模拟物	三聚氰胺迁移量 /(mg/kg)			甲醛迁移量/(mg/kg)		
		第1次	第2次	第3次	第1次	第2次	第3次
		001	4%(V/V)乙酸	2.09	0.58	0.48	4.37
	10%(V/V)乙醇	0.30	ND*	ND*	0.82	0.52	0.44
002	4%(V/V)乙酸	ND*	0.30	0.28	2.25	3.43	2.87
	10%(V/V)乙醇	ND*	ND*	ND*	0.72	1.04	1.16
003	4%(V/V)乙酸	1.22	0.87	0.77	4.53	4.47	4.10
	10%(V/V)乙醇	ND*	ND*	ND*	2.33	1.71	2.31

注: * 食品模拟物中的方法检出限为 0.2 mg/kg

GB 4806.6—2016《食品安全国家标准 食品接触用塑料树脂》规定, 三聚氰胺甲醛树脂生产的食品接触用塑料材料及制品中, 三聚氰胺特定迁移量不得超过 2.5 mg/kg 且甲醛特定迁移总量限量不得超过 15 mg/kg; 并特别规定用于生产接触婴幼儿食品的塑料材料及制品时, 三聚氰胺特定迁移量不得超过 1 mg/kg。从表 2 的迁移试验结果来看, 所测样品(包括儿童餐具 001 号、002 号)第 3 次迁移量检测结果均符合标准要求。但同一样品的三聚氰胺和甲醛的迁移水平在 4%(V/V)乙酸中明显高于 10%(V/V)乙醇, 提示酸性较强的条件下竹纤维密胺餐具的迁移水平相对较高。由于采用 10%(V/V)乙醇开展迁移试验时, 三聚氰胺迁移量检验结果多出现未检出的情况, 无法分析其迁移规律, 因此后续研究均采用 4%(V/V)乙酸开展迁移试验研究。

2.2 接触酸性食品模拟物时的迁移结果

根据上述试验结果, 本研究以 4%(V/V)乙酸为食品模拟物考察所有样品在重复接触酸性食品时的迁移情况。三聚氰胺和甲醛的 3 次迁移量检测结果见图 1 和图 2。

由图 1 和图 2 可见, 竹纤维密胺餐具在接触酸性食品时, 三聚氰胺迁移量整体超标率较高(35.7%),

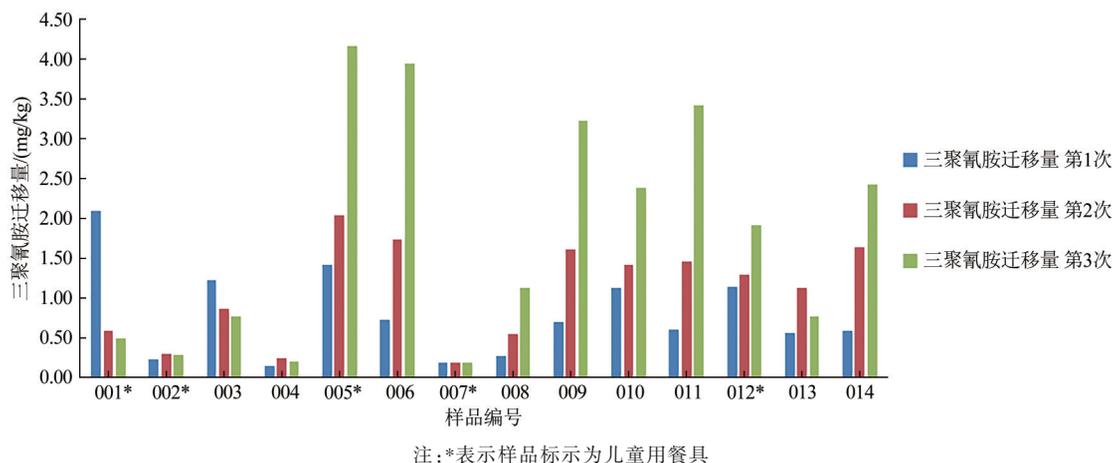


图1 4%(V/V)乙酸为食品模拟物时竹纤维密胺餐具中三聚氰胺的迁移量(70 °C, 2 h)

Figure 1 Migration of melamine in bamboo fiber-melamine resin tableware using 4% (V/V) acetic acid as food simulant (70 °C, 2 h)

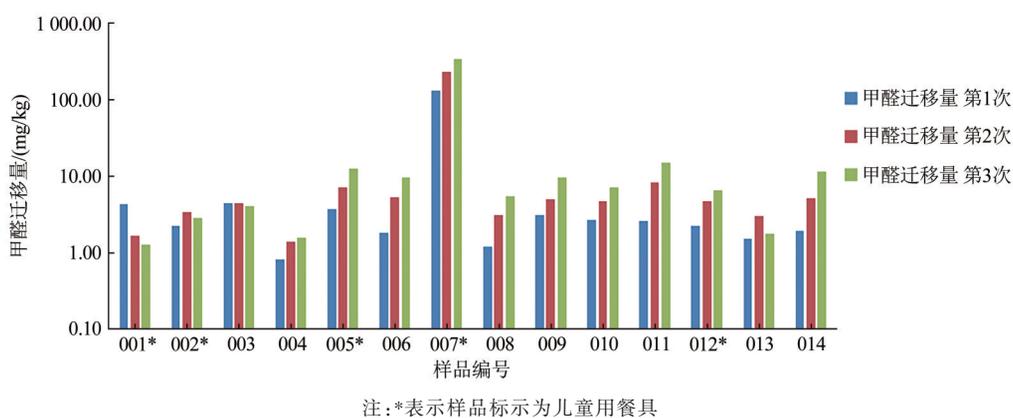


图2 4%(V/V)乙酸为食品模拟物时竹纤维密胺餐具中甲醛的迁移量(70 °C, 2 h)

Figure 2 Migration of formaldehyde in bamboo fiber-melamine resin tableware using 4% (V/V) acetic acid as food simulant (70 °C, 2 h)

其中儿童餐具有2件超标(005号、012号);除007号样品外,甲醛迁移水平都能符合迁移限量要求。开展3次迁移试验时,所测样品三聚氰胺及甲醛的迁移量平均值均逐次升高。就单个样品而言,大部分样品(64.3%)的迁移量为逐次升高的趋势;少量样品(14.3%)的迁移量逐次降低;其余样品(21.4%)则呈先升后降的迁移趋势。同一样品中,三聚氰胺的迁移量和甲醛的迁移量有一定的相关性,3次迁移试验结果的趋势基本一致。

此外,标识为儿童餐具的007号样品中甲醛迁移量严重超标,但三聚氰胺的迁移量为未检出。采用傅里叶变换红外光谱检测该样品,所得红外光谱图见图3。由于该材质含大量植物纤维,其红外光谱呈现叠加现象,因此难以准确分析其具体材质。与竹纤维含量15%(质量分数)的密胺材质的红外光谱图(图4)相比,007号样品在 $1\ 683.56\text{ cm}^{-1}$ 和 $1\ 050.62\text{ cm}^{-1}$ 处出现较强的吸收带,分析应分别对应羰基C=O的伸缩震动^[13]和酰胺结构CO-NH^[14],上述结构均为脲醛树脂的特征结构^[13-15],因此分析007号样品应为使用了脲醛树脂的产品。该类树脂不属于我国允许用于生产食品接触材料及制品的

原料。

2.3 长期重复使用时的迁移规律

考虑到重复使用制品多次使用时其迁移量可能发生变化,GB 31604.1—2015标准规定重复使用制品应对同一试验进行3次迁移试验,并以第3次迁移试验结果作为判定依据。然而,由图1和图2可知,使用4%(V/V)乙酸作为食品模拟物开展3次迁移试验时,竹纤维密胺餐具中三聚氰胺和甲醛的迁移趋势整体并无明显规律。本研究根据3次迁移试验的迁移水平,分别选择迁移量逐次降低(样品001、003)和逐次升高(样品006、008)的样品采用4%(V/V)乙酸开展多至15次迁移试验,以研究其长期使用时的迁移规律。

由图5和图6可见,在长期重复接触酸性食品时,甲醛和三聚氰胺的迁移规律与开展3次迁移试验时有较大变化,并未呈现稳定的变化趋势。各样品的甲醛迁移量均在限量值范围内;但三聚氰胺的迁移量出现超标情况,且依据标准(以第3次迁移试验结果为判定依据)判定合格的产品(样品001、003)在长期重复接触酸性食品时也出现三聚氰胺迁移量超过限量要求的情况。

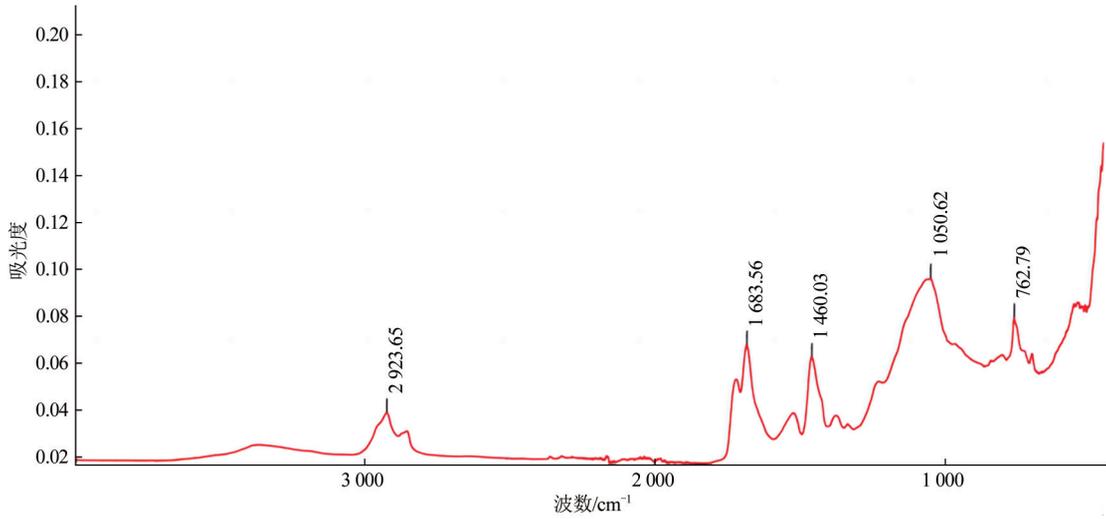


图3 007号样品红外光谱图

Figure 3 Infrared spectra of sample 007

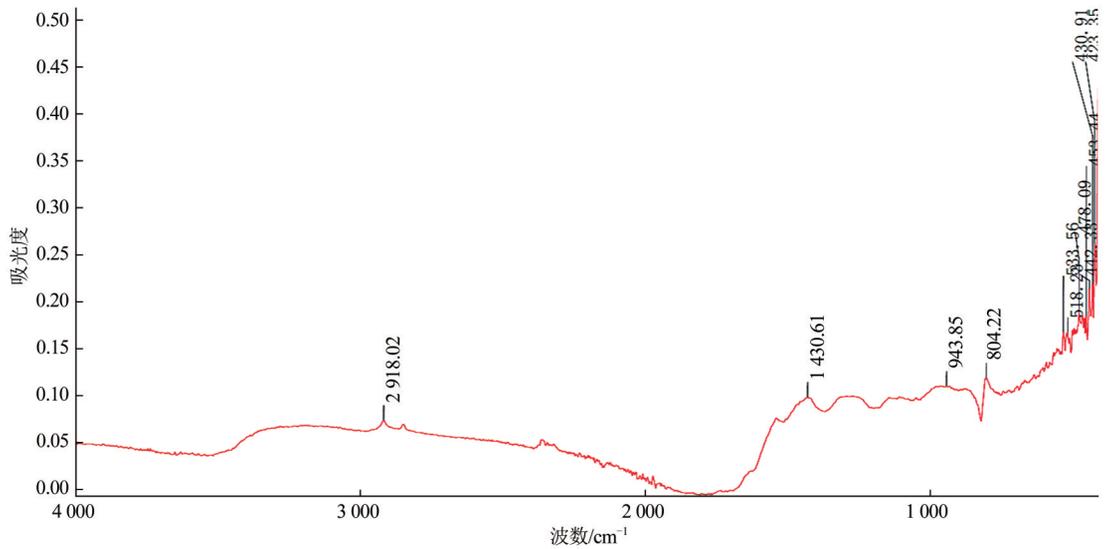


图4 竹纤维含量15%(质量分数)的密胺材质红外光谱图

Figure 4 Infrared spectra of melamine material with 15% (m/m) bamboo fiber

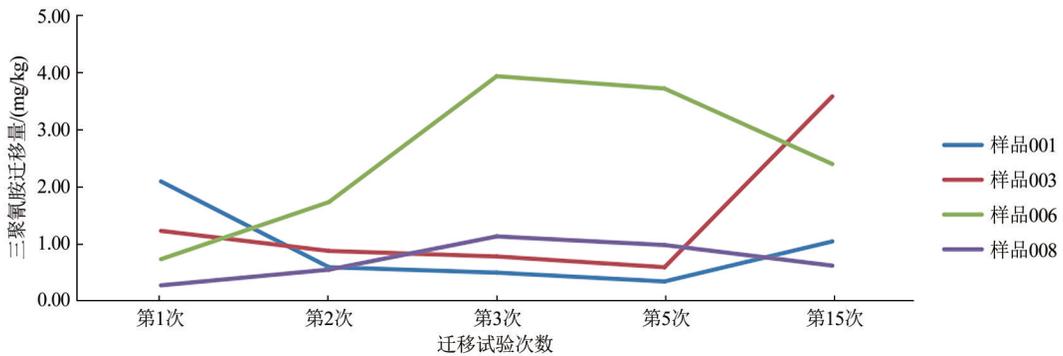


图5 长期重复接触酸性食品时竹纤维密胺餐具中三聚氰胺的迁移规律(70 °C, 2 h)

Figure 5 Migration rule of melamine in bamboo fiber-melamine resin tableware during long-term reuse (70 °C, 2 h)

2.4 植物纤维添加比例对迁移水平影响

根据所采集样品的标签标识,竹纤维密胺餐具中竹纤维的添加比例在5%~60%之间,部分竹纤维添加量较高的产品(样品008、010、011和013号)还添加了玉米淀粉或木浆等材质。对数据整理后

发现,竹纤维添加量较低($\leq 45\%$)时,制品中三聚氰胺和甲醛的迁移水平也较低;而当制品中竹纤维及其他填充料添加量较高($> 60\%$)时,三聚氰胺和甲醛的迁移量随着迁移次数的增加而明显上升(图7)。

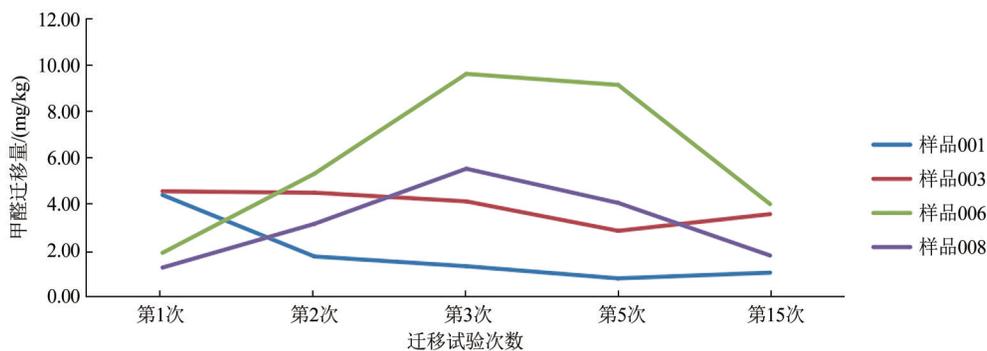


图6 长期重复接触酸性食品时竹纤维密胺餐具中甲醛的迁移规律(70 °C, 2 h)

Figure 6 Migration rule of formaldehyde in bamboo fiber-melamine resin tableware during long-term reuse (70 °C, 2 h)

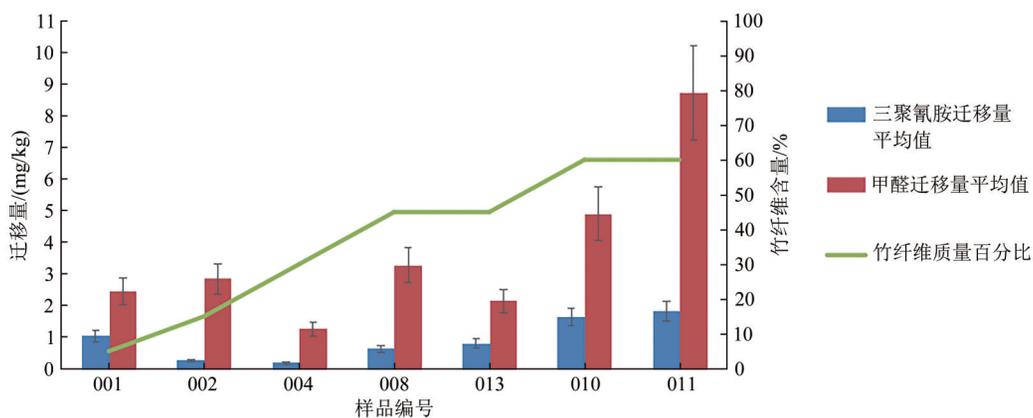


图7 不同竹纤维添加比例的密胺餐具中三聚氰胺和甲醛的3次迁移量平均值(4%乙酸, 70 °C, 2 h)

Figure 7 Average transfer amounts of melamine and formaldehyde in Melamine tableware with different bamboo fiber addition ratios (4% acetic acid, 70 °C, 2 h)

3 讨论

竹纤维密胺餐具中三聚氰胺和甲醛的迁移量基本呈现正相关的趋势,在多次重复使用后迁移趋势仍基本一致。考虑到甲醛的易挥发性,其迁移量检测结果与实际迁移情况可能存在一定差异,因此三聚氰胺的迁移水平更能够反映三聚氰胺甲醛树脂的分解情况。由于三聚氰胺甲醛树脂在酸性条件下更容易分解^[2,6-7],因此三聚氰胺迁移量超标情况在酸性较强的食品模拟物 4%(V/V)乙酸中更为突出;尤其在长期重复使用时,多次接触酸性较强的食品会导致迁移量超标的可能性更高。

值得注意的是,竹纤维密胺餐具在开展多次迁移试验时,其整体迁移水平会逐渐升高;尤其是竹纤维添加量较高的产品,其迁移量逐次升高的趋势更为明显。分析其原因可能是竹纤维材料本身的吸水性,在接触液态食品模拟物时竹纤维材料吸水膨胀,干燥失水后体积减小,会造成密胺树脂与植物纤维间的相容性进一步减低^[16-17],从而引发三聚氰胺和甲醛的分解释放。根据目前食品安全国家标准的规定,应以第3次迁移试验结果作为重复使用的竹纤维密胺餐具的合规性判定依据^[11,18];上述迁移规律提示第3次迁移试验结果并不能代表该

类产品长期使用时的实际迁移情形,其稳定性和安全性评价方式仍需进一步系统研究。

综合竹纤维密胺餐具中三聚氰胺和甲醛的迁移情况,为了更好地管控此类产品的安全风险,促进行业健康发展,首先,建议相关企业应积极通过原料把控、配方调整、工艺改进等方式提升产品质量,并在此基础上根据产品安全性能做好风险提示,如标识是否可用于婴幼儿、不宜接触酸性食品、不可用于高温蒸煮等特殊使用要求;其次,建议标准管理部门针对该类产品的迁移特性开展系统研究和风险评估,并在此基础上提出针对性管理措施;最后,本次研究采集的样品中仍存在违规使用脲醛树脂生产食品接触材料的情况,该产品不符合食品安全国家标准的规定,相关部门应加强过程监管,杜绝类似产品的出现。

参考文献

- [1] 严欣,冉文生,李漫江,等.密胺餐具中甲醛、重金属的迁移量研究及风险分析[J].包装工程,2019,40(13):86-90.
YAN X, RAN W, LI M, et al. Formaldehyde and heavy metal migration of melamine tableware and its risk analysis[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(13): 86-90.
- [2] 孙梦捷,石鑫杰,李文慧,等.密胺及含竹纤维密胺餐具质

- 量安全比较研究[J]. 食品工业, 2022, 43(3): 261-264.
SUN M J, SHI L J, LI W H, et al. Comparative study on the quality and safety risks of melamine and melamine containing bamboo fiber tableware[J]. The Food Industry, 2022, 43(3): 261-264.
- [3] 刘丽霞, 杨丽, 季文华, 等. 真假密胺餐具中有害物质的迁移规律研究[J]. 广东化工, 2017, 44(23): 51-52.
LIU L X, YANG L, JI W H, et al. Study of migration rule of hazardous substance in melaminoplastic tablewares[J]. Guangdong Chemical Industry, 2017, 44(23): 51-52.
- [4] 卞疆, 孟禹彦, 游京晶, 等. 市售密胺餐具的安全性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(23): 8157-8163.
BIAN J, MENG Y Y, YOU J J, et al. Study on safety of melamine tableware in market[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(23): 8157-8163.
- [5] 李洁君, 孙梦捷, 赵镭. 网购密胺餐具的质量分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(22): 8400-8405.
LI J J, SUN M J, ZHAO L. Quality analysis of melamine tableware purchased online[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(22): 8400-8405.
- [6] Bundesinstitut für Risikobewertung. Fillable articles made from melamine formaldehyde resin, such as coffee-to-go cups sold as 'bambooware', may leak harmful substances into hot foods, BfR opinion No. 046/2019 issued 25 Nov. 2020[EB/OL]. (2020-11-25) [2022-10-07]. <https://www.bfr.bund.de/cm/349/fillable-articles-made-from-melamine-formaldehyde-resin.pdf>.
- [7] Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Gesundheitliche Risiken bei 'Coffee-to-go'-Bechern [EB/OL]. (2019-11-26) [2022-10-07]. https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/01_lebensmittel/2019/2019_11_26_PI_Jahresressenkonferenz_2019.html.
- [8] European Commission, RASFF Window: Version 2.2.1 [EB/OL]. [2022-09-12]. <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/index.cfm?event=searchResultList>.
- [9] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验通则: GB 31604.1—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
National Health and Family Planning Commission. China national food safety satandard-General requirements of migration test for food contact materials and articles: GB 31604.1—2015[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [10] 王珊珊, 王佳祥. 密胺餐具中三聚氰胺迁移量影响因素分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(24): 6406-6409.
WANG S S, WANG J X. Analysis of factors affecting migration of melamine in melamine tableware[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2018, 9(24): 6406-6409.
- [11] 庞淑婷, 刘颖. 密胺餐具的国内外安全要求及风险分析[J]. 中国标准化, 2022(5): 215-218.
PANG S T, LIU Y. Analysis of safety requirements and risks of melamine tableware at home and abroad[J]. China Standardization, 2022(5): 215-218.
- [12] Center for Food Safety and Applied Nutrition Food and Drug Administration, Guidance for Industry: Preparation of Premarket Submissions for Food Contact Substances (Chemistry Recommendations) [EB/OL]. (2018-09-20) [2022-12-28]. <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/guidance-industry-preparation-premarket-submissions-food-contact-substances-chemistry#iid1c>.
- [13] 杨雪娇, 黎群娣, 黄伟, 等. 傅里叶红外光谱法分析密胺餐具、脲醛餐具及其表面涂层[J]. 化学分析计量, 2015, 24(4): 26-28.
YANG X J, LI Q D, HUANG W, et al. Analysis of melamine-formaldehyde ware, urea-formaldehyde ware and covering coat of ware by FTIR spectrometry[J]. Chemical Analysis and Meterage, 2015, 24(4): 26-28.
- [14] 广东省质量技术监督局. 广东省地方标准 氨基模塑制品中脲醛树脂的材质鉴定方法 红外光谱法: DB44/T 1855—2016[S]. 广东: 广东省标准化研究院, 2016.
Guangdong Provincial Bureau of Quality and Technical Supervision. Guangdong local standard-Method for material identification of urea-formaldehyde resin in amino molded products-Infrared spectroscopy: DB44/T 1855—2016[S]. Guangdong: Guangdong Standardization Institute, 2016.
- [15] 王蓉佳, 张芳芳, 刘小慧. 密胺餐具的鉴别及其三聚氰胺和甲醛迁移风险调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2017, 29(5): 584-587.
WANG R J, ZHANG F F, LIU X H. Melamine identification and investigation of the migration risk of 2, 4, 6-triamino-1, 3, 5-triazine and formaldehyde from melamine food container[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2017, 29(5): 584-587.
- [16] JOHANSSON C, BRAS J, MONDRAGON I, et al. Renewable fibers and bio-based materials for packaging applications - A review of recent developments[J]. BioResources, 2012, 7(2): 2506-2552.
- [17] 张显, 蔡明, 孙宝忠. 植物纤维增强复合材料的湿热老化研究进展[J]. 材料导报, 2022, 36(5): 226-236.
ZHANG X, CAI M, SUN B Z. Research progress of hygrothermal aging of plant fiber reinforced composites[J]. Materials Reports, 2022, 36(5): 226-236.
- [18] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品接触用塑料材料及制品: GB 4806.7—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission. Shipin anquan guojia biao zhun shipin jiechu yong suliao cailiao ji zhipin: GB 4806.7—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.