

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.04.018

脲醛树脂餐具与密胺树脂餐具中甲醛迁移行为的研究^{*}

黎群娣,杨雪娇,黄伟

(东莞出入境检验检疫局,广东东莞 523072)

摘要:为了探明脲醛树脂餐具、密胺树脂餐具及脲醛树脂与密胺树脂混合餐具中甲醛迁移行为的规律,采用乙酰丙酮比色法测定了不同条件下的甲醛迁移量,研究了浸泡液类型、浸泡温度、浸泡时间、密封程度、加热方式、使用次数及表面覆盖纯密胺树脂涂层对于脲醛树脂餐具、密胺树脂餐具及脲醛树脂与密胺树脂混合餐具中甲醛迁移量的影响。结果表明,酸性溶液对餐具中的甲醛迁移影响最大;温度升高则甲醛的迁移量增大;浸泡时间延长则甲醛迁移量相应增加,在密闭环境中浸泡则甲醛迁移量剧烈增长;水浴加热的餐具的甲醛迁移量相对于烘箱加热稍大;使用次数增加,脲醛树脂餐具、脲醛树脂与密胺树脂混合餐具的甲醛迁移量增大。在餐具表面热附纯密胺树脂涂层对甲醛有很好的防护作用。脲醛树脂餐具、脲醛树脂与密胺树脂混合餐具中甲醛的迁移规律与密胺树脂餐具中甲醛的迁移规律基本一致,但是同种工艺条件下,脲醛树脂餐具、脲醛树脂与密胺树脂混合树脂餐具更易析出甲醛,对人体的危害性更大。

关键词:脲醛树脂餐具;密胺树脂餐具;甲醛;迁移

中图分类号: TQ322.4+1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)04-0087-05

Study of Migration Rule of Formaldehyde in Urea-Formaldehyde Resin Tableware and Melamine-Formaldehyde Resin Tableware

Li Qundi, Yang Xuejiao, Huang Wei

(Dongguan Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Dongguan 523072, China)

Abstract : To explore the migration rule of formaldehyde in melamine-formaldehyde resin(MF) tableware, urea-formaldehyde resin(UF) tableware and MF and UF mixture tableware. The influences of different marinating solution, temperature, time, sealing, heating method, use times and the pure MF coating to MF, UF and MF and UF mixture tableware were analyzed through acetyl acetone colorimetric method. Formaldehyde migrates more in the acid solution than in other solutions ; and the formaldehyde migrates more when the temperature rise up ; the formaldehyde migrates more when the experimental time expanded, and rose violently if the tableware is sealed ; the formaldehyde migrates more by water bath heating method than by oven heating method ; and the formaldehyde migrates more when the use times increases to UF tableware and MF and UF mixture tableware ; the formaldehyde is prevented to escape because of the pure MF cover in the face of the tableware. UF tableware and MF and UF mixture tableware are more harmful to people's health than MF tableware because the formaldehyde migrates more in UF tableware and MF and UF mixture tableware than in MF tableware though the rule was basically the same.

Keywords : urea-formaldehyde resin tableware ; melamine-formaldehyde resin tableware ; formaldehyde ; migration

目前我国市场上大量存在脲醛树脂(脲醛-甲醛树脂)餐具和密胺树脂(三聚氰胺-甲醛树脂)餐具鱼龙混杂的情况。脲醛树脂餐具是以尿素、甲醛为基材,加入填料和各种助剂热压模塑成型制得,密胺树脂餐具则是以三聚氰胺和甲醛为主要原料热压模塑成型制成^[1]。密胺树脂餐具的生产成本高于脲醛树脂,但是其耐热性、耐水性、力学强度、电性能等性能优于脲醛树脂餐具。我国对于密胺树脂餐具具有专门的标准要求,如 GB 9690-2009《食品容器、包装材料用三聚氰胺-甲醛成型品卫生标准》,

QB 1999-1994《密胺塑料餐具》等。但是对于脲醛树脂餐具则存在标准缺失的现象,某些生产企业为了牟取暴利,会利用消费者肉眼难以辨别区分脲醛树脂餐具和密胺树脂餐具的特点,以次充好^[2-3]。

由于脲醛树脂餐具和密胺树脂餐具的原料中都有甲醛,在生产过程中会因工艺的原因产生游离的甲醛。如果甲醛从餐具中溢出进入食品被带入体

^{*} 广东出入境检验检疫局科技项目 (2013GDK08)

联系人: 杨雪娇,高级工程师,主要从事食品接触材料检验工作

收稿日期: 2015-01-12

内,对人体将造成健康危害。甲醛不仅会对人体的肝脏、肾脏造成损害,其致癌性也已在国际癌症研究中心(IARC)的致癌物质分类名单中确认,10 g 甲醛即可引起人死亡。

虽然密胺树脂餐具和脲醛树脂餐具都含有甲醛原料,但是在实际使用过程中甲醛的迁移规律不尽相同。笔者模拟消费者的使用习惯,对两种餐具中的甲醛迁移规律进行研究,为消费者提供非常实用的使用指南。

目前检测甲醛迁移量的方法有:乙酰丙酮比色法、变色酸法、高效液相色谱法。变色酸法中使用浓硫酸,危险性高;高效液相色谱法的前处理复杂,仪器要求高;相对而言,乙酰丙酮比色法方便、安全且检测成本低,检测限可低至 1.0 mg/kg。笔者使用乙酰丙酮比色法进行检测。

1 实验部分

1.1 主要原材料

脲醛树脂餐具(碗)、密胺树脂餐具(碗):可盛装液体 600 mL,生产工艺条件一致。按照基材不同可分为:密胺树脂餐具、密胺树脂餐具表面覆盖纯透明密胺树脂涂层、脲醛树脂餐具、脲醛树脂餐具表面覆盖纯透明密胺树脂涂层、密胺树脂与脲醛树脂混合餐具(简称混合树脂餐具)以及混合树脂餐具表面覆盖纯透明密胺树脂涂层,东莞万善美耐皿制品有限公司;

甲醛标准溶液:分析纯,浓度为 10.0 mg/mL,国家标准物质研究中心;

乙酰丙酮、乙酸铵、乙酸、乙醇、异辛烷:均为分析纯,广州化学试剂厂;

乙酸铵显色剂:称取 150 g 乙酸铵溶于适量水中,吸取 3 mL 乙酸和 2 mL 乙酰丙酮,用蒸馏水定容至 100 mL;

蒸馏水:自制。

1.2 主要仪器与设备

紫外可见分光光度计:Varian Cary50 型,美国瓦里安公司。

1.3 实验方法

模拟消费者的使用习惯,在餐具中倒入 600 mL 浸泡液(蒸馏水、3% 乙酸水溶液、15% 乙醇水溶液及异辛烷),保持一定温度及时间后,取 5 mL 浸泡液至比色管中,加 20 mL 水和 5 mL 乙酸铵显色剂,于 60℃ 水浴中加热 10 min 后迅速冷却,在波长 413 nm 处用紫外-可见分光光度计进

行检测,同时作空白实验,并制作 1.50,6.0,10.0,15.0,30.0,60.0 mg/kg 等浓度的标准工作曲线。如浸泡液中甲醛的浓度过高,则稀释至曲线线性范围内进行比色。实验步骤及结果计算参考欧盟标准 DD CEN/TS 13130-23:2005。

2 结果与讨论

2.1 浸泡液对甲醛迁移量的影响

模拟消费者的使用习惯,选取蒸馏水、3% 乙酸水溶液、15% 乙醇水溶液及异辛烷作为浸泡液,分别替代日常生活中使用的水性食品、酸性溶液(如碳酸饮料等)、有机溶液(如酒等)及油脂类食品。在 70℃ 下分别浸泡 0.5,2 h,按实验方法对甲醛的迁移量进行检测,结果见表 1。

浸泡液	脲醛树脂餐具		密胺树脂餐具		混合树脂餐具	
	0.5 h	2 h	0.5 h	2 h	0.5 h	2 h
蒸馏水	2.86	50.6	ND	2.69	2.88	48.9
3% 乙酸水溶液	11.7	108.4	ND	6.97	12.6	98.7
15% 乙醇水溶液	2.58	49.8	ND	2.48	2.34	46.4
异辛烷	2.15	20.3	ND	ND	1.98	19.8

注:ND 表示未检出,即测定结果小于 1.0 mg/kg。

由表 1 可见,3 种餐具在乙酸水溶液中的甲醛迁移量远远大于在蒸馏水、乙醇水溶液及异辛烷中的迁移量。

这是因为极性相近物质相容,甲醛更容易迁移到极性的水基浸泡液中,而在极性低的有机浸泡液中,甲醛的溶解度降低,其迁移量变小。由表 1 可知,在 4 种浸泡液中,甲醛的迁移量大小顺序是:3% 乙酸水溶液>蒸馏水>15% 乙醇水溶液>异辛烷。

因为密胺树脂是在弱碱性条件下由三聚氰胺、甲醛加成生成羟甲基后,再缩合生成的,所以在中性或弱碱性浸泡液的浸泡下,密胺树脂餐具较为稳定,表面密度受影响较小^[4]。而在酸性条件下,密胺树脂餐具表面遭受腐蚀,表面密度降低。所以在中性或弱碱性液浸泡条件下,产品内部的游离甲醛的迁移较在酸性浸泡液浸泡条件下弱。脲醛树脂餐具、混合树脂餐具的生产工艺相同,同样存在酸性条件下迁移量大的情况。

在相同的生产工艺条件下,脲醛树脂餐具中的甲醛迁移量比密胺树脂餐具高,这是因为脲醛树脂中尿素、甲醛树脂的结合相对比较松散,耐湿热及酸碱性能较表面密度高且化学性能稳定的密胺树脂餐具差,所以脲醛树脂餐具、混合树脂餐具中的甲醛更易迁移至浸泡液中。

由于酸性物质对密胺树脂餐具、脲醛树脂餐具

和混合树脂餐具中甲醛迁移量的影响最大,故选取 3% 乙酸水溶液为浸泡液进行研究。

2.2 浸泡温度对甲醛迁移量的影响

选取 3% 乙酸水溶液为浸泡液,在不同温度下浸泡 0.5, 2 h, 分析不同浸泡温度对甲醛迁移量的影响, 结果见表 2。

表 2 浸泡温度对甲醛迁移量的影响

浸泡温度 / °C	mg / kg					
	脲醛树脂餐具		密胺树脂餐具		混合树脂餐具	
	0.5 h	2 h	0.5 h	2 h	0.5 h	2 h
4(冷藏)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
40	1.40	3.33	ND	ND	1.08	2.28
60	4.96	20.8	ND	4.45	4.44	17.3
70	11.7	108.4	ND	6.97	12.6	98.7
80	57.7	269.5	2.58	10.5	57.4	229.7
90	78.3	559.8	7.87	38.5	88.8	409.5
100	109.2	798.6	23.1	69.8	98.5	730.2

注: ND 表示未检出, 即测定结果小于 1.0 mg / kg。

由表 2 可知, 浸泡温度对餐具中甲醛迁移量的影响非常大。在冷藏 (4℃) 条件下, 3 种餐具基本无甲醛单体迁移。在 40℃ 条件下, 3 种餐具的甲醛迁移量低于 5 mg / kg, 在国家和欧盟地区的规定限量 15 mg / kg 内。随着浸泡温度的不断升高, 甲醛的迁移量越来越大。脲醛树脂餐具在 60℃, 0.5 h 条件下使用时, 甲醛的迁移量小于规定限量, 而在 60℃, 2 h 条件下使用时, 甲醛的迁移量超出规定限量; 在 70℃, 0.5 h 条件下使用时, 甲醛的迁移量接近规定限量, 而在 70℃, 2 h 条件下使用时, 甲醛的迁移量大大超出规定限量; 在 80℃ 及以上温度条件下使用时, 甲醛的迁移量大大超出规定限量。随着浸泡温度的升高, 其迁移量突跃式增大。密胺树脂餐具在浸泡温度高于 80℃ 时, 甲醛的迁移量呈现突跃式增大, 在 100℃ 时达到最大。

对于密胺树脂, 虽然其生产过程是一不可逆的反应过程, 但在加成反应过程中会产生一定量的游离甲醛, 同时在成型过程中由于固化成型的时间、压力、温度、抛光打磨工艺等因素影响游离甲醛的残留量。残留的游离甲醛随着浸泡温度的升高, 活化能升高, 迁移到极性相似的浸泡液中的量增大; 而在低温下, 游离甲醛的活化能低, 迁移量小甚至不迁移。

对于脲醛树脂餐具和混合树脂餐具, 除了上述原因外, 其耐候性比较差, 在高温时会发生分解。随着浸泡温度的升高, 解离度升高, 表面密度降低, 光泽减退, 在显微镜下会看到凹凸不平的细孔, 产品内部的甲醛将随着浸泡温度升高而溢出, 导致酸性水溶液中甲醛的浓度升高。

2.3 浸泡时间对甲醛迁移量的影响

选取 3% 乙酸水溶液为浸泡液, 分别在 70℃ 和室温 (20 ~ 25℃) 条件下, 分析浸泡时间对甲醛迁移量的影响, 结果见表 3。

表 3 浸泡时间对甲醛迁移量的影响

浸泡时间 / h	mg / kg					
	脲醛树脂餐具		密胺树脂餐具		混合树脂餐具	
	70℃	室温	70℃	室温	70℃	室温
0.5	16.7	1.11	ND	ND	15.6	1.03
1	24.9	1.54	ND	ND	24.4	1.11
2	108.4	2.87	6.97	ND	98.7	2.65
4	205.5	4.56	8.24	1.21	199.3	3.54
6	354.4	6.76	11.6	2.34	356.6	6.00
8	578.8	10.4	17.5	4.56	564.6	11.7
24	1232.2	20.7	20.6	8.56	1210.2	20.8
240	—	200.6	—	34.8	27.6	205.6

注: “—” 表示测定结果远超出限量值。

由表 3 可知, 浸泡时间是影响餐具中甲醛迁移量的重要因素, 随着浸泡时间的不断延长, 甲醛的迁移量逐渐增大。实验表明, 脲醛树脂餐具在 70℃ 或以上温度的高温长时间使用后, 其表面由白色变成黄色, 且出现粉状物, 有刺激性的尿氨气味。

即使是化学性能稳定的密胺树脂在生产过程中也会因各种原因产生游离甲醛, 但这种游离甲醛是定量的, 是未与三聚氰胺加成的甲醛。因为三聚氰胺、甲醛的加成反应是不可逆的反应, 且在 220℃ 以下使用时, 密胺树脂不会发生降解而再游离出甲醛^[5]。当这种树脂用于制成密胺树脂餐具后, 在 220℃ 以下使用时, 其内部的游离甲醛是定量的。由于甲醛含量一定, 当使用温度高至甲醛能够活化迁移时 (一般在 40℃ 以上), 随着浸泡时间的延长, 在非饱和平衡状态下, 定量的甲醛会不断地向极性相似浸泡液中迁移直至完全释放。所以, 浸泡时间越长, 浸泡液中甲醛的含量越大。

对于脲醛树脂餐具、混合树脂餐具, 由于其作为基材的脲醛树脂、脲醛树脂-密胺树脂混合料的化学性能不稳定, 耐湿热性能差, 耐酸碱性能差。除了生产过程中产生的未与尿素加成的游离甲醛外, 其产品本身在使用过程中, 在室温长时间或更高温下 (70℃ 及以上) 使用时, 表面受浸泡液的腐蚀, 密度降低, 浸泡液渗透其内部, 树脂分解产生甲醛, 随着连续使用时间的延长, 即浸泡时间的延长, 脲醛树脂餐具、混合树脂餐具不断分解, 甲醛不断产生, 尿素分解, 产生尿氨气味。

实验表明, 密胺树脂餐具、脲醛树脂餐具及混合树脂餐具不适宜长时间连续使用, 尤其是脲醛树脂餐具不适宜在高温条件下长时间使用。

2.4 密封程度对甲醛迁移量的影响

分别在 100℃,0.5 h 和 70℃,2 h 条件下,用 3% 乙酸水溶液浸泡餐具,一组采用聚乙烯薄膜密封,另一组直接敞口不密封,分析密封程度对甲醛迁移量的影响,结果见表 4。

表 4 密封程度对甲醛迁移量的影响				mg/kg
使用条件	脲醛树脂餐具	密胺树脂餐具	混合树脂餐具	
100℃,0.5 h,密封	109.2	23.1		98.5
100℃,0.5 h,敞口	12.4	2.30		12.20
70℃,2 h,密封	108.4	6.97		98.7
70℃,2 h,敞口	24.8	0.65		15.8

由表 4 可知,在浸泡温度和时间相同的情况下,当餐具密封时,其浸泡液中的甲醛含量明显比敞口时高。浸泡温度越高,密封餐具的浸泡液中的甲醛含量与敞口餐具的浸泡液中的甲醛含量差异越显著,最大可达 10 倍。

因甲醛易溶于水,在密闭环境下,餐具中析出的甲醛无法扩散到空气中,将溶解于溶液中。如果消费者长期密闭式使用上述餐具盛装高温液体,将对身体有较大的危害。建议尽量敞口使用此类餐具。

2.5 加热方式对甲醛迁移量的影响

对 24 款餐具分别进行水浴加热、烘箱加热,检测甲醛的迁移量。分别将同一 3% 乙酸水溶液浸泡液预热到 70,100℃,并加入相同体积的 3% 乙酸水溶液浸泡液,用同一盒的聚乙烯薄膜覆盖以防止蒸发。12 款餐具分别放入 70℃的水浴锅或烘箱中加热 2 h,另 12 款餐具放入 100℃的水浴锅或烘箱中加热 0.5 h,所得结果如表 5 所示。

表 5 加热方式对甲醛迁移量的影响							mg/kg
使用条件	脲醛树脂餐具		密胺树脂餐具		混合树脂餐具		
70℃,2 h,水浴加热	113.7	93.8	7.99	6.27	104.5	106.3	
70℃,2 h,烘箱加热	108.4	87.4	6.97	5.91	98.7	102.2	
100℃,0.5 h,水浴加热	115.9	104.8	28.4	15.3	103.3	94.0	
100℃,0.5 h,烘箱加热	109.2	99.8	23.1	12.0	98.5	89.5	

由表 5 可知,采用烘箱加热,甲醛迁移量相对于水浴加热时略低。

由于烘箱加热方式相当于空气浴加热,其传热能力不及水浴。预热的浸泡液在倒入餐具过程中,其温度会下降,烘箱中的浸泡液温度实际上需要一段较长时间才能达到烘箱设定的温度,导致浸泡液的浸泡时间低于预设定的时间,而且餐具在烘箱中加热,空气对流引起的空气温度波动会对浸泡液的温度造成影响。而采用水浴加热时,浸泡液的温度

可在几分钟内达到水浴锅设定的温度,并保持恒定。所以餐具的水浴加热时间比烘箱的加热时间长,最终导致水浴加热方式的甲醛迁移量比烘箱加热方式高。同时也说明此类产品的甲醛迁移过程中,浸泡液温度的偏差会带来最终结果的偏差。因此在检测过程中,选用某种加热方式及对加热温度的精确控制对甲醛迁移量有重要的影响。

2.6 浸泡次数对甲醛迁移量的影响

在 70℃,0.5 h 条件下,进行多次重复浸泡,所得结果如表 6 所示。

表 6 浸泡次数对甲醛迁移量的影响				mg/kg
浸泡次数	脲醛树脂餐具	密胺树脂餐具	混合树脂餐具	
1	16.7	6.97		15.6
2	18.4	5.34		18.6
3	20.4	4.23		23.4
4	35.5	4.21		37.7
5	50.6	3.34		55.5
10	119.7	3.26		108.7
15	——	3.24		——

注:“——”表示测定结果远超出限量值。

由表 6 可知,对于脲醛树脂餐具和混合树脂餐具,随着浸泡次数的增加,甲醛迁移量逐渐增大。实验证实,多款脲醛树脂餐具和混合树脂餐具均在使用多次后,其甲醛迁移量明显增加,而且其物理性质也发生变化,颜色发黄,表面显得粗糙,此时已经不宜继续使用。由于脲醛树脂的聚合密度不够紧密,且耐酸碱性不强,经高温反复浸泡,酸性溶液的腐蚀导致脲醛树脂餐具表面的结构变得疏松,表面密度降低,材料间的缝隙增大,酸性物质的不断渗透,导致树脂分解,使甲醛更易迁移。

对于密胺树脂餐具,随着浸泡次数的增加,甲醛的迁移量却略有减少。这是由于原料、工艺良好的密胺产品充分固化,聚合物非常稳定,表面致密,耐酸、碱性强,在一定条件下,不会因树脂分解而析出甲醛,在生产过程中产生的游离甲醛随着浸泡使用次数的增多而越来越少,最终溶出的量趋于稳定。最初 3 次使用的甲醛迁移量衰减最大,之后随着使用次数的增加,甲醛迁移量达到相对稳定,变化不大。但是使用次数过多后,随着酸碱物质日积月累的渗透,产品表面会变得无光泽,表面不再致密,甚至有损痕,此时,餐具中的甲醛容易迁移到溶液中。所以当密胺树脂餐具表面产生变化或损坏后,应不再使用。

2.7 表面涂层对甲醛迁移量的影响

在密胺树脂餐具或脲醛树脂餐具加工过程中,

部分生产商为保证外表光泽及部分残留物质不溶出,在餐具初步加工成型后都会热附一层纯密胺树脂涂层。在实际使用过程中,是纯密胺树脂涂层在接触食品。

对于脲醛树脂餐具、密胺树脂餐具或混合树脂餐具,一组在初步加工成型后热附一层厚度小于1 mm的纯密胺树脂涂层,另一组则不热附,在相同实验条件下,分别检测其中的甲醛迁移量,结果见表7。

表7 纯密胺树脂涂层对甲醛迁移量的影响 mg/kg

使用条件	脲醛树脂餐具	密胺树脂餐具	混合树脂餐具
100℃,0.5 h,有涂层	10.5	10.6	12.0
100℃,0.5 h,无涂层	109.2	23.1	98.5
70℃,2 h,有涂层	6.76	6.43	6.29
70℃,2 h,无涂层	108.4	6.97	98.7

由表7可见,对于质量较好的密胺树脂餐具,当使用条件为70℃,2 h时,热附涂层与否对甲醛的迁移趋势变化不大,但随着使用温度升高到100℃,甲醛的溶出量有所增大。对于脲醛树脂餐具或混合树脂餐具,热附纯密胺树脂涂层后甲醛迁移量则明显减少。

这是由于热附的纯密胺树脂涂层质地致密,在餐具表面形成了网状结构,可以耐酸、耐碱,且纯密胺树脂的甲醛残留量比餐具原料模塑粉的低。在温度较低的情况下,其结构稳定,不易分解,可以牢固地覆盖内部的模塑粉基材,从而大幅度降低了内部游离甲醛的释放量。所以,纯密胺树脂涂层对于脲醛树脂餐具或混合树脂餐具起到了较好的保护作用。

一些商家在脲醛树脂餐具或混合树脂餐具成型后热附一层纯密胺树脂涂层,将产品冒充密胺树脂餐具销售给消费者,但是表面的纯密胺树脂涂层非常薄,厚度不到1 mm,若长期重复使用,经洗刷、刮蹭,将导致餐具表面涂层磨损,内部材料外露,这样餐具中的有毒物质将溢出,对消费者健康造成损害。

3 结论

由于脲醛树脂餐具、密胺树脂餐具及混合树脂餐具的原料中都含有甲醛,在日常使用过程中都存在甲醛释放到食品中的风险。主要研究了这3类餐具中甲醛迁移的规律。脲醛树脂餐具、混合树脂餐具与密胺树脂餐具中甲醛的迁移规律基本趋于一致,

实验表明,酸性溶液对于脲醛、混合树脂餐具

中的甲醛迁移影响最大;温度对于甲醛的迁移有重要影响,脲醛、混合树脂餐具在70℃以上,密胺树脂餐具在90℃以上使用时,甲醛的迁移量有突跃性增长;随着浸泡时间的增加,甲醛迁移量逐渐增大;在密封环境中,浸泡液中的甲醛迁移量剧烈增长;相对于烘箱加热方式,水浴加热方式的甲醛迁移量稍大;随着使用次数的增加,密胺树脂餐具的甲醛迁移量逐渐减少,脲醛、混合树脂餐具的甲醛迁移量逐渐增大;在餐具表面热附纯密胺树脂涂层,对甲醛的迁移量有很好的防护作用。

由于脲醛树脂的结合不够紧密,其中的甲醛更容易溢出,特别是在高温、密闭的酸性条件下,甲醛的迁移量有突跃性增长。所以建议消费者谨慎使用脲醛树脂餐具。部分脲醛树脂餐具表面热附了纯密胺树脂涂层,虽然可以短时间防止甲醛的外溢,但是使用次数多,表面涂层会发生剥落或破裂,导致甲醛大量迁移,对人体健康产生危害。

参考文献

- [1] 杨克龙. 密胺塑料餐具成型工艺及模具[J]. 塑料科技, 2003, 156(4):64-66.
Yang Kelong. Mould and processing for melamine plastic tableware[J]. Plastics Science and Technology, 2003, 156(4):64-66.
- [2] 孙世或. 浅析国内外对于“仿瓷餐具”技术要求的差异[J]. 塑料工业, 2011, 39(4):7-10.
Sun Shiyu. Difference of technical requirements for the melamine and urea-formaldehyde tableware at home and abroad[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(4):7-10.
- [3] 胡云, 严志刚, 张林. 密胺树脂餐具中甲醛和三聚氰胺单体的迁移率研究进展[J]. 包装工程, 2011, 32(6):112-115.
Hu Yun, Yan Zhigang, Zhang Lin. Progress of research of formaldehyde and tripolycyanamide monadelphous migration rate in melamine tableware[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(6):112-115.
- [4] 商贵芹, 魏洪兵, 寇海娟, 等. 三聚氰胺-甲醛成型品甲醛迁移量与生产工艺关系的研究[J]. 包装工程, 2013, 34(13):20-22.
Shang Guiqin, Wei Hongbing, Kou Haijuan, et al. Relationship between formaldehyde migration of melamine-formaldehyde moulded product and production technology[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(13):20-22.
- [5] 吴晓红. 食品接触材料安全监管与高关注有害物质检测技术[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2013.
Wu Xiaohong. Food contact materials with high safety supervision focus on harmful substances detection methods[M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2013.