

返青箬叶中铜向不同食品迁移的模拟研究

罗宏泉, 刘立萍*, 沈宏桂, 王宁, 谌海群, 蔡爱君, 谢建建
(怀化市检验检测中心, 湖南 怀化 418000)

摘要: **目的** 测定返青箬叶中铜在不同食品模拟物中的迁移量, 评估其食品安全风险。 **方法** 将返青箬叶置于不同食品模拟物中, 在 100 °C 下保温 24 h, 使其中的铜向食品模拟物充分迁移, 用微波消解-原子吸收光谱法测定返青箬叶在迁移模拟试验前后铜的含量, 并计算迁移量, 以分析迁移规律。 **结果** 返青箬叶中的铜在 50 g/L 碳酸氢钠溶液中未发生迁移, 在其他 5 种食品模拟物中发生了不同程度的迁移, 在大豆油中的迁移量最大。当五水硫酸铜浸泡液的质量浓度为 5 g/L 时, 所制备的冷冻返青箬叶和冷鲜返青箬叶中的铜含量分别为 1 119.2、548.2 mg/kg, 向大豆油中的迁移量分别为 6.1、2.8 mg/L。返青箬叶中的铜含量越高, 铜向食品模拟物中迁移的量越大。 **结论** 除碱性食品外, 将返青箬叶用作食品内包装材料存在一定的食品安全风险, 冷冻返青箬叶的风险远高于冷鲜返青箬叶。

关键词: 返青箬叶; 食品模拟物; 铜; 迁移量

中图分类号: TS201.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2023)23-0135-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.23.016

Simulation on the Migration of Copper from Regreened *Indocalamus* Leaves to Different Food

LUO Hong-quan, LIU Li-ping*, SHEN Hong-gui, WANG Ning,
CHEN Hai-qun, CAI Ai-jun, XIE Jian-jian

(Huaihua Inspection & Testing Center, Hunan Huaihua 418000, China)

ABSTRACT: The work aims to measure the migration of copper from regreened *indocalamus* leaves to different food simulants, and evaluate the food safety risks. Regreened *indocalamus* leaves were placed in different food simulants and kept at 100 °C for 24 hours so that the copper in the leaves could migrate to the food simulants fully. The content of copper in regreened *indocalamus* leaves was measured by microwave digestion-Flame Atomic Absorption Spectrometry (AAS) to evaluate the migration of copper from regreened *indocalamus* leaves to food simulants before and after the simulation migration test. Finally, the migration amount was calculated, and the migration regularities of copper were analyzed. The copper in regreened *indocalamus* leaves did not migrate in 50 g/L sodium bicarbonate solution but migrated in other 5 food simulants varying in degrees. The largest amount of copper migration was measured in soybean oil. When the mass concentration of copper sulfate pentahydrate solution was 5 g/L, the copper contents of the prepared frozen and cold fresh regreened *indocalamus* leaves were 1 119.2 mg/kg and 548.2 mg/kg respectively, and the migration amount of copper from the leaves to soybean oil was 6.1 mg/L and 2.8 mg/L respectively. The copper in regreened *indocalamus* leaves does not migrate in alkaline food, but it migrates in other five kinds of food varying in degrees, and the migration amount is the largest in soybean oil. The higher the copper content in regreen *indocalamus* leaves, the greater the amount of copper migration to food simulants. The use of regreened *indocalamus* leaves as food packaging materials has great

收稿日期: 2023-01-02

基金项目: 湖南省自然科学基金 (2022JJ90058)

*通信作者

food safety risks, and the risk of frozen regreened *indocalamus* leaves is much higher than that of cold fresh ones.

KEY WORDS: regreened *indocalamus* leaves; food simulants; copper; amount of migration

箬叶(*Indocalamus leaves*)作为传统的包装材料,它具有韧性好、耐蒸煮、视觉佳等优点,通常给人以生态环保、传统典雅、芳草芬香的感觉,因此在食品加工和日常生活中应用广泛,供不应求,但其优劣并存。食品包装材料中含有的化学物质和重金属在与食品接触过程中会向食品中迁移,从而影响食品安全。返青箬叶,通常是无良商家在处理箬叶时加入工业硫酸铜,使已经失去绿色的箬叶返青,与正常鲜箬叶无感官区别。返青箬叶中的大量重金属铜会迁移到被其包裹的食品中,存在食品安全风险。人长期过量摄入重金属铜会引起铜中毒,产生代谢紊乱和神经系统疾病^[1-3],严重时可致癌,甚至危及生命^[4]。目前,关于工业食品接触材料与制品中重金属迁移的研究较多^[5-11],而对天然植物食品包装材料的相关报道很少^[12-14],研究得不够全面和深入。石艳等^[13]和陈召桂等^[14]对影响返青箬叶铜迁移的因素考虑得较少,未考虑其包裹食品性质的稳定性,对返青箬叶的用量、加热时间和加热介质未进行量化。针对返青箬叶中重金属铜的迁移是否会对食品安全造成影响,我国至今也未发布风险评估数据,未制定相关技术标准^[15]。虽然文献^[16-17]对返青箬叶中铜和锌及其他重金属的迁移量做了较客观、准确的测定,但研究仍不深入、不全面。由此可见,不断深入研究返青箬叶中铜的迁移规律意义重大。

文中拟选择使用最广的阔叶箬竹叶制备返青箬叶,结合民间和食品工业应用实际,参照文献^[16]选用超纯水、氯化钠溶液、乙酸溶液、碳酸氢钠溶液、白砂糖溶液和大豆油等 6 种物质为食品模拟物,模拟 6 种不同性质的食品,进一步研究返青箬叶中重金属铜含量水平对其向不同食品迁移的影响,评估其食品安全风险。

1 实验

1.1 材料和试剂

主要材料:阔叶箬竹叶,于 2022 年 6 月 17 日采自怀化市鹤城区盈口乡,采用冷冻($-13\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$)或冷藏($2\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$)保存,或立即加工成返青箬叶;白砂糖、一级大豆油,购于本地生活超市。

主要试剂:铜元素标准溶液,1 000 $\mu\text{g/mL}$,国家标准物质研究中心;茶叶标准物质,GBW 10016a (GSB-7a),中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所;硝酸,赛默飞世尔科技(中国)有限公司;五水硫酸铜,分析纯,国药集团化学试剂有限公司;碳酸氢钠、氯化钠,优级纯,天津市科密欧化学试剂

有限公司;乙酸,色谱纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;水,超纯水;五水硫酸铜溶液,1、2、3、4、5 g/L;氯化钠溶液,25 g/L;体积分数为 4%的乙酸溶液;碳酸氢钠溶液,50 g/L;体积分数为 2%的硝酸溶液;白砂糖溶液,100 g/L。

1.2 仪器和设备

主要仪器和设备:ICE 3500 型原子吸收分光光度计,赛默飞世尔科技(中国)有限公司;ETHOS UP 型高效微波消解仪,北京莱伯泰科仪器股份有限公司;VB24PLUS 型智能样品处理器,天津博纳艾杰科技有限公司;FW100 型高速粉碎机,天津市泰斯特仪器有限公司;GZX-9140MBE 型电热恒温干燥箱,天津市泰斯特仪器有限公司;Milli-Q 型超纯水处理系统,美国 Millipore 公司。

1.3 方法

选择阔叶箬竹叶,通过改变五水硫酸铜溶液的浓度,制备铜含量水平不同的返青箬叶,并进行迁移试验。参照文献^[16]中返青箬叶重金属铜迁移量的测定方法,分析返青箬叶中铜在不同食品模拟物中的迁移量变化情况。

1.3.1 返青箬叶的制备

称取冷冻箬叶 5 份,去掉叶柄和焦黄部分,每份质量为 1 kg,按料液比 1:10 (kg/L),分别浸入质量浓度为 1、2、3、4、5 g/L 的五水硫酸铜溶液中,在 24 h 后捞出,洗去箬叶表面残余的硫酸铜,沥干,制得冷冻返青箬叶,分别记为 1~5 号。同时,分别取适量返青箬叶烘干和粉碎,并过 28 目标准筛,备用。

按照上述方法,称取 1 份冷鲜箬叶 1 kg,按料液比 1:10 (kg/L) 将其浸入 5 g/L 五水硫酸铜溶液中,在 24 h 后捞出,洗去箬叶表面残余的硫酸铜,沥干,制得冷鲜返青箬叶,记为 6 号。取适量返青箬叶烘干和粉碎,并过 28 目标准筛,备用。

1.3.2 样品消解

按文献^[16]的方法对试样进行微波消解,以标准曲线方法测定样品中铜的含量。

1.3.3 迁移实验

根据文献^[16]的方法并稍作调整,把返青箬叶均剪成 $4\sim 9\text{ cm}^2$ 的碎片,称取 60 g 放入规格为 2 L、带磨口塞的广口瓶中,加入超纯水(2 L)、氯化钠溶液(25 g/L)、乙酸溶液(体积分数 4%)、碳酸氢钠溶液(50 g/L)、白砂糖溶液(100 g/L)和大豆油(1.8 L),使返青箬叶完全浸没于上述食品模拟物中,盖紧磨口

塞, 在 100 ℃下保温 24 h, 测定返青箬叶中铜的迁移量, 计算见式 (1)。

$$M=(C_0-C_1)m(1-F)/V$$
 (1)

式中: M 为铜的迁移量, mg/L; C_0 为迁移试验前样品的铜含量, mg/kg; C_1 为迁移试验后样品的铜含量, mg/kg; m 为样品质量, kg; F 为样品脱水率, %; V 为模拟物体积, L。

2 结果与分析

2.1 标准曲线绘制

按照文献[16]的方法, 以标准系列铜的质量浓度为横坐标, 以相应的吸光度为纵坐标, 绘制标准曲线。在曲线范围 0.1~1.0 μg/mL 内, 得到曲线方程 $y = 0.127\ 15x - 0.000\ 144\ 33$, 相关系数 $r=1.000$, 标准曲线方法符合技术要求。

2.2 五水硫酸铜溶液的浓度对返青箬叶铜含量的影响

按照 1.3.1 节的方法制备的返青箬叶的铜含量测定结果如图 1 所示。结果表明, 1~5 号冷冻返青箬叶中铜的测定结果分别为 450.3、619.0、979.0、1 106.4、1 119.2 mg/kg。随着五水硫酸铜溶液质量浓度的升高, 返青箬叶中铜的含量逐渐增加。当硫酸铜的质量浓度增至 4 g/L 时, 趋于稳定。通过比较 5 号和 6 号试样的测定结果发现, 五水硫酸铜溶液的质量浓度相同, 所得冷冻返青箬叶和冷鲜返青箬叶的铜含量差别较大, 冷冻返青箬叶的铜含量约是冷鲜返青箬叶的 2 倍。

制备返青箬叶, 是箬叶中叶绿素与硫酸铜溶液中铜结合形成铜代叶绿素的过程。硫酸铜溶液的浓度和箬叶中叶绿素的含量直接影响返青箬叶中铜的含量,

同一箬叶质量一定, 硫酸铜溶液质量浓度越高, 箬叶细胞内外铜离子达到平衡时, 返青箬叶中铜的含量越高。当浓度达到一定时, 叶绿素镁离子与铜离子的交换量达到极限, 则返青箬叶中铜的含量趋于稳定。硫酸铜溶液浓度相同时, 制得冷冻返青箬叶中铜的含量大于冷鲜返青箬叶。这可能是因冷冻使箬叶细胞受损, 甚至造成细胞死亡, 细胞的通透性增加, 而冷鲜叶细胞完好, 细胞膜对铜离子进出细胞有一定的控制作用。

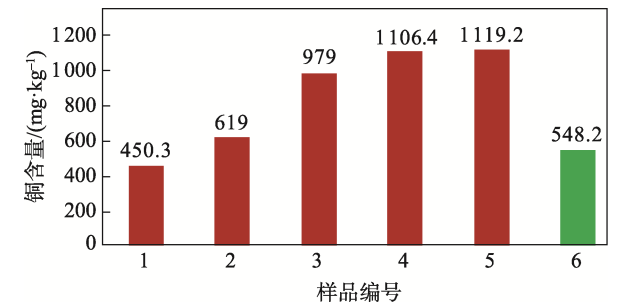


图 1 不同返青箬叶中铜的测定结果
Fig.1 Measured results of copper contents in different regreened indocalamus leaves

2.3 返青箬叶中铜在不同性质食品模拟物中的迁移结果

2.3.1 返青箬叶铜在不同性质食品模拟物中的迁移试验情况

称取 5 号和 6 号返青箬叶 (脱水率均为 50%), 按 1.3 节的方法, 以茶叶标准物质铜含量测定为质控方式, 用 6 种食品模拟物开展迁移模拟试验, 计算迁移量, 每个样品进行再现试验 1 次, 结果如表 1。

表 1 返青箬叶铜在不同食品模拟物中迁移情况
Tab.1 Migration of copper from regreened indocalamus leaves to different food simulants mg/L

样品	试验序号	分析项目	迁移 试验前	不同食品模拟物处理后的返青箬叶					
				超纯水	氯化钠溶液 (25 g/L)	乙酸溶液 (4%)	碳酸氢钠溶液 (50 g/L)	白砂糖溶液 (100 g/L)	大豆油
5 号冷冻 返青箬叶	1	铜含量/(mg·kg ⁻¹)	1 003.4	778.8	871.0	636.2	1 009.2	796.7	614.7
		铜迁移量/(mg·L ⁻¹)		3.4	2.0	5.5	<0.2	3.1	6.4
	2	铜含量/(mg·kg ⁻¹)	1 119.2	882.8	882.9	769.5	1 203.2	831.0	771.6
		铜迁移量/(mg·L ⁻¹)		3.5	3.5	5.2	<0.2	4.3	5.8
		铜平均迁移量 (mg·L ⁻¹)		3.4	2.8	5.4	<0.2	3.7	6.1
6 号冷鲜 返青箬叶	3	铜含量/(mg·kg ⁻¹)	548.2	439.6	498.8	453.9	567.4	456.4	367.8
		铜迁移量/(mg·L ⁻¹)		1.6	0.8	1.4	<0.2	1.4	3.0
	4	铜含量/(mg·kg ⁻¹)	471.0	367.4	430.8	369.8	495.7	391.0	320.0
		铜迁移量/(mg·L ⁻¹)		1.6	0.6	1.5	<0.2	1.2	2.5
		铜平均迁移量 (mg·L ⁻¹)		1.6	0.7	1.4	<0.2	1.3	2.8
茶叶质控样铜含量/ (mg·kg ⁻¹)					8.4				

注: 在茶叶标准物质中铜的认定值与不确定度为(8.3±0.5)mg/kg。

如表1所示,铜离子在大豆油中的迁移量高达6.4 mg/L,而在碳酸氢钠溶液中的迁移量低于0.2 mg/L。GB 5009.13—2017《食品安全国家标准 食品中铜的测定》^[18]中规定,采用火焰原子吸收光谱法的检出限为0.2 mg/L,如果检测结果低于0.2 mg/L,则认为未发生铜迁移。冷冻返青箬叶中铜的迁移量远大于冷鲜返青箬叶中铜的迁移量。无论是冷冻返青箬叶,还是冷鲜返青箬叶,其铜离子在大豆油中的迁移量均最大,说明植物油有利于铜离子的迁移,碱性食品会阻止铜迁移,此结果与文献[14]的结果一致。

2.3.2 铜含量不同的返青箬叶在不同食品模拟物中的迁移

取1~5号冷冻返青箬叶(脱水率均为50%),按照1.3节的方法,选择除50 g/L碳酸氢钠溶液以外的其他5种食品模拟物开展迁移模拟试验,结果如表2。

表2的结果与表1类似,铜在大豆油中的迁移量最大;返青箬叶中铜的含量越高,它向食品模拟物迁移的量越大。由于每个返青箬叶样品的月龄和生理状况不一定完全相同,因此存在不均匀性。叶片的营养状况越好、叶绿素含量越高,其铜代叶绿素的含量越高,向食品模拟物中迁移的铜离子越多,迁移量越高。

铜是人体必需的微量元素,过量摄入铜会引起人

体代谢紊乱^[1],甚至造成铜中毒^[2]。GB 28050—2011《食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则》^[19]规定,在食品中铜的营养参考值为1.5 mg,即成人每日膳食营养素铜的适宜摄入量为1.5 mg。如果成人每天食用1 kg返青箬叶所包裹的食品,那么根据表1和表2的结果可知,将返青箬叶用作食品内包装材料存在很大的食品安全风险,且冷冻返青箬叶的风险更大。

3 讨论

3.1 返青箬叶样品和食品模拟物用量的选择

根据1.3节的方法,将样品全部浸没于食品模拟物中。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》^[20]规定,食品接触材料及制品试样接触面积与食品模拟物体积之比为6 dm²/L,试样厚度小于0.5 mm时取单片面积。此次试验称取单片面积为4~9 cm²的箬叶碎片60 g,测得其厚度小于0.5 mm。3份60 g试样的单面平均面积为30 dm²,是标准规定值的2.5倍(在大豆油中为标准规定值的2.8倍),此条件比国家标准^[20]严苛。

表2 铜含量不同的返青箬叶在不同食品模拟物中铜迁移量的测定结果
Tab.2 Measured migration amount of copper from regreened *indocalamus* leaves with different copper contents to different food simulants

样品 序号	迁移模拟试验前返青箬叶中 铜含量/(mg·kg ⁻¹)	不同食品模拟物处理后的返青箬叶					mg/L
		超纯水	氯化钠溶液 (25 g/L)	乙酸溶液 (4%)	白砂糖溶液 (100 g/L)	大豆油	
1	铜含量	450.3	328.6	393.8	401.7	282.4	301.9
	铜迁移量		1.8	0.8	0.8	2.5	2.4
2	铜含量	619.0	516.6	561.0	520.2	461.6	328.2
	铜迁移量		1.5	0.9	1.5	2.4	4.8
3	铜含量	979.0	804.3	804.6	663.1	671.7	629.2
	铜迁移量		2.6	2.6	4.7	4.6	5.8
4	铜含量	1 106.4	899.4	848.6	828.1	742.7	819.0
	铜迁移量		3.1	3.9	4.2	5.4	4.8
5	铜含量	1 119.2	882.8	882.8	769.5	797.6	771.6
	铜迁移量		3.5	3.5	5.2	4.8	5.8
平均迁移量			2.5	2.3	3.3	3.9	4.8
茶叶质控样铜含量/(mg·kg ⁻¹)				8.4			

注:茶叶标准物质中铜的认定值与不确定度为(8.3±0.5)mg/kg。

3.2 食品模拟物种类和迁移试验条件的选择

日常采用箬叶包裹的原味粽、肉粽、碱水粽、蒿菜粿、盐菜粿等食品,多以水为介质蒸煮加工而成,含有碱、油、盐、糖、酸等物质。民间煮粽子的时间最长达 20 h,此次选择的 6 种食品模拟物符合实际要求,也符合 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》^[21]的规定。

国家标准规定现有食品接触用搪瓷制品^[22]、陶瓷制品^[23]和玻璃制品^[24]的重金属迁移温度和时间选择条件:烹饪,120 min,98 ℃;可微波炉使用的制品,15 min,100 ℃;其他常温条件使用的制品,24 h,22 ℃。由此可知极限时间为 24 h,极限温度为 100 ℃。此次迁移条件不低于以上 3 个国家标准的规定。

3.3 重金属铜迁移量测定方法的选择

国内外重金属迁移测试方法基本相似,包括火焰原子吸收光谱法^[25-27]、石墨炉原子吸收光谱法^[25-26,28-29]、氢化物原子荧光光谱法^[29-30]、电感耦合等离子体发射光谱法^[25-31]、电感耦合等离子体质谱法^[25-31]等,这几种方法各有优势和特点。目前,原子吸收光谱法使用较广泛,在检测过程中受到的限制较小,检测成本较低;电感耦合等离子体发射光谱法和电感耦合等离子体质谱法的灵敏度高、效率高,不足之处是受基体的影响较大、仪器价格昂贵、维护费高,在工业企业和检测机构未普及。原子吸收光谱法是重金属铜测定最经典的方法,原子吸收光谱仪是测定金属元素常用的仪器,在工业企业和检测机构中应用广泛。由此,在返青箬叶中铜迁移的测定方法首选原子吸收光谱法。

返青箬叶中铜的含量较高,而它在食品模拟物中的含量较低,且基质复杂。如 25 g/L 的氯化钠和 50 g/L 的碳酸氢钠溶液均为高盐基质,直接测定食品模拟物中铜的迁移量受到限制,而测定返青箬叶中铜含量的变化可间接计算铜迁移量,方法较优,限制较少。

4 结论

返青箬叶铜在碱性食品模拟物中未发生迁移,在其他食品模拟物中发生了不同程度的迁移,并且在大豆油中的迁移量最大。返青箬叶中铜的含量越高,它向食品模拟物中迁移的量越大。将返青箬叶用作食品内包装材料存在很大的食品安全风险,且使用冷冻箬叶加工的返青箬叶比用冷鲜箬叶加工的返青箬叶的风险更大,应当禁止。影响返青箬叶中铜向食品中迁移的其他因素还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 蒋珊珊. 真空包装肉粽中铜和油脂氧化的风险评估[D]. 厦门:集美大学,2019: 8-9.
JIANG Shan-shan. Risk Assessment of Copper and Oil Oxidation in Vacuum-Packed Meat Dumplings[D]. Xiamen: Jimei University, 2019: 8-9.
- [2] GAETKE L M, CHOW-JOHNSON H S, CHOW C K. Copper: Toxicological Relevance and Mechanisms[J]. Archives of Toxicology, 2014, 88(11): 1929-1938.
- [3] YU Hai-tao, WANG Dian, ZOU Liang-yu, et al. Proteomic Alterations of Brain Subcellular Organelles Caused by Low-Dose Copper Exposure: Implication for Alzheimer's Disease[J]. Archives of Toxicology, 2018, 92(4): 1363-1382.
- [4] 李静,周仕林,王璐,等. 粽叶中铜含量测定实验的预处理过程优化研究[J]. 实验室科学, 2017, 20(3): 9-11.
LI Jing, ZHOU Shi-lin, WANG Lu, et al. Optimization of Pretreatment Process of Determination of Copper Content in the Indocalamus Leaves[J]. Laboratory Science, 2017, 20(3): 9-11.
- [5] 朱晨,蒋鑫. 陶瓷包装容器中铅、镉、铜、锌向食醋迁移的研究[J]. 现代食品, 2020(18): 208-211.
ZHU Chen, JIANG Xin. Migration of Lead, Cadmium, Copper and Zinc from Ceramic Food Packaging Materials into Vinegar[J]. Modern Food, 2020(18): 208-211.
- [6] BITEI I S, LEVITSKII I A, ZAYATS N I. Migration of Harmful Substances from Colored Glazes into Model Media[J]. Glass and Ceramics, 2007, 64(5/6): 201-205.
- [7] REBENIAK M, WOJCIECHOWSKA-MAZUREK M, MANIA M, et al. Exposure to Lead and Cadmium Released from Ceramics and Glassware Intended to Come into Contact with Food[J]. Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny, 2014, 65(4): 301-309.
- [8] 熊晓通,刘明,尤小龙,等. 应用 ICP-MS 对玻璃酒瓶 8 种金属元素迁移量对比分析研究[J]. 酿酒科技, 2018(10): 38-43.
XIONG Xiao-tong, LIU Ming, YOU Xiao-long, et al. Comparative Analysis of the Migration of 8 Metal Elements in Glass Bottle by ICP-MS[J]. Liquor-Making Science & Technology, 2018(10): 38-43.
- [9] 喻俊磊,戴瑞平,陈林,等. 电感耦合等离子体质谱法测定食品接触材料及制品中钡、钴、铜、铁、锂、锰的迁移量[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(10): 3280-3286.
YU Jun-lei, DAI Rui-ping, CHEN Lin, et al. Determina-

- tion of Barium, Cobalt, Copper, Iron, Lithium and Manganese Migration in Food Contact Materials and Products by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(10): 3280-3286.
- [10] 陈永康, 张笑旻, 张丽琪. ICP-AES 法快速测定不锈钢食具容器中重金属的迁移量[J]. 化学分析计量, 2016, 25(3): 26-29.
CHEN Yong-kang, ZHANG Xiao-min, ZHANG Li-qi. Rapid Determination of Heavy Metals Migration from Stainless Steel Food Containers by ICP-AES[J]. Chemical Analysis and Meterage, 2016, 25(3): 26-29.
- [11] 董占华, 肖黎. 陶瓷食品接触材料釉层中铅和镉迁移研究进展[J]. 包装工程, 2019, 40(21): 51-60.
DONG Zhan-hua, XIAO Li. Research Progress on Migration of Lead and Cadmium in Glaze Layer of Ceramic Food Contact Materials[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(21): 51-60.
- [12] 洪凰, 周黎霞, 邵铭, 等. 粽子国家标准中关键指标的研究[J]. 食品工程, 2015(2): 34-37.
HONG Huang, ZHOU Li-xia, SHAO Ming, et al. Research on Critical Indicators in Rice Dumplings National Standard[J]. Food Engineering, 2015(2): 34-37.
- [13] 石艳, 章发盛. 硫酸铜浸泡箬叶包裹粽子实验中铜离子迁移分析[J]. 食品安全导刊, 2017(19): 68-70.
SHI Yan, ZHANG Fa-sheng. Analysis of Copper Ion Migration in the Experiment of Wrapping Rice Dumplings with Copper Sulfate Soaked in Bamboo Leaves[J]. China Food Safety Magazine, 2017(19): 68-70.
- [14] 陈召桂, 朱玲琳, 张路. 微波消解-原子吸收法测定不同条件下返青箬叶中铜离子的迁移情况[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(9): 2791-2794.
CHEN Zhao-gui, ZHU Ling-lin, ZHANG Lu. Determination of Copper Ion Migration in Regreen Indocalamus Leaves under Different Conditions by Microwave Digestion and Atomic Absorption Spectrometry[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(9): 2791-2794.
- [15] 刘立萍, 陈慧, 罗宏泉, 等. 怀化市食品包装用箬叶所属物种调查和 7 种元素含量测定[J]. 包装工程, 2022, 43(5): 122-129.
LIU Li-ping, CHEN Hui, LUO Hong-quan, et al. Species Survey and Seven Elements Determination of Indocalamus Leaves for Food Packaging in Huaihua[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(5): 122-129.
- [16] 刘立萍, 沈宏桂, 罗宏泉, 等. 返青箬叶中铜和锌在不同食品模拟物中迁移情况[J]. 包装工程, 2021, 42(21): 72-78.
LIU Li-ping, SHEN Hong-gui, LUO Hong-quan, et al. Migration of Copper and Zinc of Regreen Indocalamus Leaves in Different Food Simulants[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(21): 72-78.
- [17] 刘立萍, 罗宏泉, 沈宏桂, 等. 箬叶中重金属在不同食品模拟物中的迁移情况[J]. 中国野生植物资源, 2021, 40(11): 11-15.
LIU Li-ping, LUO Hong-quan, SHEN Hong-gui, et al. The Situation of Heavy Metal Migration from Indocalamus Tessellatus Leaves to Different Food Simulants[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2021, 40(11): 11-15.
- [18] GB 5009.13—2017, 食品安全国家标准 食品中铜的测定[S].
GB 5009.13-2017, National Standard for Food Safety Determination of Copper in Food[S].
- [19] GB 28050—2011, 食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则[S].
GB 28050-2011, National Standard for Food Safety, General Rules for Nutrition Labelling of Prepackaged Foods[S].
- [20] 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 Standard for Food Safety General Rules for Pretreatment Methods of Migration Test of Food Contact Materials and Products[S].
- [21] 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 Standard for Food Safety General Rules for Migration Test of Food Contact Materials and Products[S].
- [22] GB 4806.3—2016, 食品安全国家标准 搪瓷制品[S].
GB 4806.3-2016, National Standard for Food Safety, Enamel Products[S].
- [23] GB 4806.4—2016, 食品安全国家标准 陶瓷制品[S].
GB 4806.4-2016, National Standard for Food Safety, Ceramic Products[S].
- [24] GB 4806.5—2016, 食品安全国家标准 玻璃制品[S].
GB 4806.5-2016, National Standard for Food Safety, Glass Products[S].
- [25] GB 31604.24—2016, 食品安全国家标准 食品包装材料及制品 镉迁移量的测定[S].
GB 31604.24-2016, National Standard for Food Safety, Food Packaging Materials and Products, Determination

- of Cadmium Migration[S].
- [26] GB 31604.34—2016, 食品安全国家标准 食品包装材料及制品 铅的测定和迁移量的测定[S].
GB 31604.34-2016, National Standard for Food Safety, Food Packaging Materials and Products, Determination of lead and migration[S].
- [27] GB 31604.42—2016, 食品安全国家标准 食品包装材料及制品 锌迁移量的测定[S].
GB 31604.42-2016, National Standard for Food Safety, Food Packaging Materials and Products, Determination of zinc migration[S].
- [28] GB 31604.25—2016, 食品安全国家标准 食品包装材料及制品 铬迁移量的测定[S].
GB 31604.25-2016, National Standard for Food Safety, Food Packaging Materials and Products, Determination of Chromium Migration[S].
- [29] GB 31604.41—2016, 食品安全国家标准 食品包装材料及制品 锑迁移量的测定[S].
GB 31604.41-2016, National Standard for Food Safety, Food Packaging Materials and Products, Determination of antimony migration[S].
- [30] GB 31604.38—2016, 食品安全国家标准 食品包装材料及制品 砷的测定和迁移量的测定[S].
GB 31604.38-2016, National Standard for Food Safety, Food Packaging Materials and Products, Determination of Arsenic and Its Migration[S].
- [31] GB 31604.49—2016, 食品安全国家标准 食品包装材料及制品 砷、镉、铬、铅的测定和砷、镉、铬、镍、铅、锑、锌迁移量的测定[S].
GB 31604.49-2016, National Standard for Food Safety, Food Packaging Materials and Products, Determination of Arsenic, Cadmium, Chromium and Lead and Migration of Arsenic, Cadmium, Chromium, Nickel, Lead, Antimony and Zinc[S].

责任编辑: 彭颀