食品流通与包装

食品接触用纸中高锰酸钾消耗量指标的适用性

钱荣敬[1]，赵金尧[1]，文明[1]，刘红梅[1]，谭细生[2]
（1.湖南省产商品质量监督检验研究院，长沙 410007；2.中国轻工业长沙工程有限公司，长沙 410114）

摘要：目的 分析高锰酸钾消耗量指标在食品接触用纸及纸制品中的适用性，为企业生产和行业监管提供客观依据。**方法** 纵观国内外食品接触材料及产品标准状况，结合食品接触用纸及纸制品中高锰酸钾消耗量检测存在的现实问题，分析食品接触用纸及纸制品中高锰酸钾消耗量的来源，展望未来科研工作和标准化工作的趋势。**结果** 我国标准对食品接触用纸及纸制品的高锰酸钾消耗量限定较为严苛；测试方法中浸泡液的取样量、加热温度的控制、加入草酸的时机会不同程度地影响测试结果；纸张中的木质素、半纤维素、淀粉等天然成分对高酸酸钾消耗量的贡献率较高。**结论** 根据 GB 31604.2—2016 可进一步规范操作步骤，如加热温度的控制、加入草酸的时机、取样量或稀释操作等，以减少实验误差、降低误判风险；应根据纸制品中各组分对高锰酸钾消耗量的贡献率，进一步评估高锰酸钾消耗量指标的适用性，以及与食品安全风险的关联性。

关键词：高锰酸钾；消耗量；食品接触用纸；食品安全；标准
中图分类号：TB487 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2021)01-0096-06
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.01.013

Applicability of Consumption Indicators for Potassium Permanganate in Food-contact Paper

QIAN Rong-jing[1], *ZHAO Jin-yao*[1], *WEN Ming*[1], *LIU Hong-mei*[1], *TAN Xi-sheng*[2]
(1.Hunan Quality Supervision and Inspection Institute, Changsha 410007, China;
2.China CEC Engineering Cooperation, Changsha 410114, China)

ABSTRACT: The work aims to provide objective basis for industry production and supervision via analyzing the applicability of consumption indicators for potassium permanganate in food-contact paper and paper products. Through reviewing the status of domestic and foreign standards on food-contact materials and product, combining with the practical problems in the detection of potassium permanganate consumption in food-contact paper and paper products, the sources of potassium permanganate consumption in food-contact paper and paper products were analyzed. The future trends of scientific research and standardization work were prospected. It was found that the consumption limit of potassium permanganate in food-contact paper and paper products was strict in China. The sampling amount of soaking solution, the control of heating temperature and the opportunity of oxalic acid addition in the test method affected the test results. The contribution rate of lignin, hemicellulose, starch and other natural components to potassium acid consumption was high. The standard GB 31604.2—2016 can further standardize the operation steps, such as the control of heating temperature, the timing of oxalic acid addition, sample volume or dilution operation, etc., to reduce the experimental error and misjudgment risk. The applicability of potassium permanganate consumption index and its correlation with food safety risk

收稿日期：2020-06-16
基金项目：湖南省市场监管局科技计划（2019KJJH08）
作者简介：钱荣敬（1985—），女，硕士，工程师，主要研究方向为食品接触材料的质量与安全。

should be further evaluated according to the contribution rate of each component in paper products to potassium permanganate consumption.

KEY WORDS: potassium permanganate; consumption; food contact paper; food safety; standards

随着生活水平的稳步提高，食品安全问题越来越受到人们的关注，作为直接接触食品的包装纸，其质量安全水平与食品安全紧密相关。高锰酸钾消耗量作为一个重要的安全指标，在食品接触用纸及纸制品中有一定的限量要求，业界对于其在食品接触用纸及纸制品中的适用性有一些不同的声音。为使国家标准更加科学公正，在保证食品安全和人体健康的基础上，保障企业的合法权益，引领行业健康可持续发展，有必要对食品接触用纸及纸制品中高锰酸钾消耗量指标进行更加科学全面的认识。

1　国内外标准状况

高锰酸钾消耗量作为我国食品接触材料及制品的一个重要的指标，能反映从食品接触材料迁移到浸泡液中能被高锰酸钾氧化物质的含量。

GB 4806 系列标准[1—4]规定了食品接触用塑料材料及制品、橡胶材料及制品、奶嘴的高锰酸钾消耗量不应超过 10 mg/kg，食品接触用纸和纸板材料及制品的高锰酸钾消耗量不应超过 40 mg/kg。我国最早对纸制品高锰酸钾的消耗量进行限量的标准为 GB 19305—2003《植物纤维类食品容器卫生标准》，该标准已被 GB 4806.8—2016《食品安全国家标准 食品接触用纸和纸板材料及制品》替代。关于食品接触用纸及纸制品卫生标准中高锰酸钾消耗量的标准沿革见表 1，我国各类食品接触用纸及纸制品产品标准中关于高锰酸钾消耗量的技术要求见表 2。

分析食品接触用纸及纸制品的各产品标准可知，在 GB 4806.8—2016 等一系列食品安全新国标出台之前，食品接触用纸及纸制品的卫生标准主要引用 GB 11680—1989，GB 9687—1988 及 GB 19305—2003，未淋膜的食品包装纸和纸板不需要进行高锰酸钾消耗量的测试，纸餐具和纸容器则根据内层材料的种类应分别符合 GB 19305—2003，GB 9687—1988，GB 9688—1988，GB 13113—1991 的限量要求。在一系列食品安全新国标出台之后，上述旧标准均被替代，尤其是 GB 11680—1989 被 GB 4806.8—2016 替代，按照新标准，预期直接接触液态食品、表面有游离水或游离脂肪的纸和纸板材料及制品都需要进行高锰酸钾消耗量测试，这提高了食品接触用纸和纸板材料的标准要求。

国外食品接触材料及制品安全标准中对高锰酸钾消耗量也有类似规定，主要是对塑料和橡胶制品进行了限量，对纸制品没有要求[5—9]。其他国家和地区对食品接触用纸制品的技术要求见表 3。国际上食品接触用纸制品的标准法规主要侧重有害化学物质的残留和迁移的限定，不同国家规定的物质种类有一定差异。

2　检测方法及存在的问题

2.1　高锰酸钾消耗量的检测方法

食品接触用纸及纸制品中高锰酸钾消耗量的检测，主要分为 2 个步骤：迁移浸泡液的获取；迁移浸泡液的滴定。浸泡液的获取依据 GB 4806.8—2016《食品安全国家标准 食品接触用纸和纸板材料及制品》进行，采用水浸泡方式，浸泡温度为 60 ℃，浸泡时间为 2 h，浸泡的面积/体积比（S/V）依据 GB 5009.156—2016[10]《食品安全国家标准 食品接触材

表 1　我国食品接触用纸卫生标准中高锰酸钾消耗量的技术要求
Tab.1 Technical requirements for consumption of potassium permanganate in Chinese hygienic standard on food-contact paper

标准名称	标准状态	适用范围	技术要求	检测方法
GB 11680—1989《食品包装用原纸卫生标准》	已废止	适用于直接接触食品的各种原纸，包括食品包装纸、糖果纸、冰棍纸等。	无要求	
GB 19305—2003《植物纤维类食品容器卫生标准》	已废止	适用于以植物纤维（苇、木）浆和淀粉类为主要原料，并配以一定助剂组成特定配方加工制成（纤维板模塑和纤维浆模塑），用于盛放、包装食品的容器和包装材料。	纤维板模塑：≤30 mg/L 纤维浆模塑：≤40 mg/L	GB/T 5009.60
GB 4806.8—2016《食品安全国家标准 食品接触用纸和纸板材料及制品》	现行有效	预期直接接触液态食品、表面有游离水或游离脂肪的纸和纸板材料及制品。	≤40 mg/kg	GB 31604.2

表 2 各类产品标准中关于高锰酸钾消耗量的技术要求

Tab.2 Technical requirements for consumption of potassium permanganate in product standards

产品标准	引用的卫生标准	高锰酸钾消耗量的要求
GB/T 25436—2010 热封型茶叶滤纸	GB 11680—1989	不适用
QB/T 4032—2010 纸杯原纸	GB 11680—1989	不适用
QB/T 1014—2010 食品包装纸	GB 11680—1989	不适用
QB/T 4819—2015 食品包装用淋膜纸和纸板	GB 11680—1989 GB 9687/GB9688/ GB13113	≤10 mg/L
GB/T 36392—2018 食品包装用淋膜纸和纸板	GB 4806.7—2016 GB 4806.8—2016	≤10 mg/kg
GB/T 31123—2014 固体食品包装用纸板	GB 11680—1989	不适用
GB/T 31122—2014 液体食品包装用纸板	GB 11680—1989	不适用
QB/T 4763—2014 纸浆模塑餐具	GB 19305—2003 GB 11680—1989（砷）	≤30 mg/L 或≤40 mg/L
GB/T 36787—2018 纸浆模塑餐具	GB 4806.8—2016	≤40 mg/kg
GB/T 27590—2011 纸杯	GB 11680—1989 GB 9687—1988	淋膜杯≤10mg/L 涂蜡杯不适用
GB/T 27591—2011 纸碗	GB 11680—1989 GB 9687—1988	≤10 mg/L
QB/T 2898—2007 餐用纸制品	QB/T 2898—2007 GB 9687—1988	聚乙烯涂层、聚乙烯膜 ≤10 mg/L

表 3 国外对食品接触用纸制品的技术要求

Tab.3 Technical requirements for food-contact paper products in foreign countries

国家/地区	相关标准	技术要求
欧盟	RESOLUTION AP(2002)1	PCP 多氯苯酚、钙、铅、汞
美国	21CFR176.170	可溶性氯仿提取物 化学物质“正面清单”
日本	JPA 食品接触用纸/纸板行业自愿性标准	化学物质“负面清单” 重金属及有害物质卫生标准
台湾	食品器具容器包装卫生标准	荧光增白剂、蒸发残渣、重金属、甲醛等
韩国	食品器具、容器、包装标准与规范	蒸发残渣、PCBs、特定迁移（砷、铅、甲醛、荧光增白剂）等

料及制品迁移试验预处理通则》进行确定：已知或可预见的实际接触食品面积及体积时，依据实际的面积/体积比（S/V）进行浸泡迁移，实际接触食品的面积或体积不可预见时，按照 6 dm^2 接触面积对应 1 L 浸泡液进行浸泡迁移。浸泡结束后，对浸泡液进行滴定，滴定方法依据 GB 31604.2—2016[11]《食品安全国家标准 食品接触材料及制品高锰酸钾消耗量的测定》进行。基本原理是试样浸泡液在酸性条件下，用高锰酸钾标准溶液滴定，根据样品消耗滴定液的体积，计算试样中高锰酸钾消耗量。

2.2 检测方法存在的问题

2.2.1 适用范围

依据 GB 4806.8—2016《食品安全国家标准 食品接触用纸和纸板材料及制品》，预期接触液态食品及表面有游离水或游离脂肪的食品接触用纸及纸制品，需要进行高锰酸钾消耗量的检测。由于纸张本身防水性能较差，未经淋膜处理的食品接触用纸及纸制品一

般不接触液态食品。纸包装应用在快餐行业是比较普遍的，如盛装薯条、炸鸡等油炸小吃的纸盒、纸袋，烘焙用纸、汉堡包装纸，一般都是使用未经淋膜处理的纸和纸板。这些纸制品在正常使用的情况下，仅接触表面有少量油或水的食品，依据 GB 4806.8—2016《食品安全国家标准 食品接触用纸和纸板材料及制品》标准要求，应采用 60 ℃的水浸泡 2 h 后，进行高锰酸钾消耗量的测定，这样的浸泡条件过于严苛。另外，未经淋膜的纸和纸制品在浸泡过程中通常会出现浸湿、变形、发软、溶胀等现象，不能满足 GB 31604.1—2015[12]《食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验通则》中 3.5 项“迁移试验不应导致检验样品发生正常使用条件下不会发生的物理性能改变（如变形、融化、溶胀）”的规定。严格来讲，不接触液体食品的非淋膜纸和纸制品不适用标准规定的检测条件（水，60 ℃，2 h）。

2.2.2　温度的影响

GB 31604.2—2016 规定，先在浸泡液中加入硫酸和高锰酸钾，准确煮沸 5 min 后，趁热加入 10 mL 草酸标准溶液。此处涉及 2 个温度：加热的炉温、加入草酸时的温度。一般来讲，在沸腾前，应选择较高的炉温，使溶液尽快沸腾，减少蒸发带来的损失，沸腾后，应尽量调低炉温，使溶液保持沸腾并避免爆沸。合适的加热温度，对于待测液体积较小（如 < 25 mL）的样品更为必要。加入草酸时，样品的温度对结果有一定程度的影响，因为过高的温度会使草酸部分挥发或分解，从而导致结果偏低，温度过低时，草酸和高锰酸钾反应减慢甚至不充分，同样导致测试结果偏低。实验表明，将样品溶液在电炉上取下，静置 3 min 后样品温度为 80~90 ℃，此时加入草酸，再用高锰酸钾标准溶液滴定，滴定完成时溶液温度在 70 ℃以上，有效保证氧化还原反应的充分进行[13—16]。

2.2.3　取样量的影响

依据 GB 31604.2—2016 给出的实验步骤，笔者实验室研究了不同取样量对食品接触用纸高锰酸钾消耗量结果的影响（S/V 以 6 dm^2 试样接触 1 L 浸泡液计），见表 4。样品 1 和样品 2 的高锰酸钾消耗量基本不受浸泡液取样量的影响，样品 3 和样品 4 浸泡液取样量分别为 100，50，25 mL 时，高锰酸钾消耗量结果呈倍数关系，继续减少取样量至 5 mL，高锰酸钾消耗量与取样量为 25 mL 时没有显著差异。

分析出现这种状况的原因可能有以下 2 个方面：样品的差异，样品 1 和样品 2 高锰酸钾消耗量的测定值在 10 mg/kg 左右，远低于 GB 4806.8—2016 规定的 40 mg/kg，在此情况下取样量在实验范围内变化，不会影响高锰酸钾消耗量的测定结果；样品 3 和样品 4 高锰酸钾消耗量的测定值较大，为 32.1~135.9 mg/kg，接近或超出 GB 4806.8—2016 的限量值；对标准的理解程度不同，GB 31604.2—2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品高锰酸钾消耗量的测定》规定，“准确吸取 100 mL 水浸泡液（可依据实际情况调整取样量）”进行后续滴定操作。这里提到“可依据实际情况调整取样量”可以理解为，由于一些样品尺寸过小，按照规定的 S/V 浸泡后，浸泡液不足 100 mL，因此

表 4　取样量不同时样品高锰酸钾消耗量的检测结果

Tab.4 Test results of potassium permanganate consumption with different sample quantities

样品编号	浸泡液总体积/mL	浸泡接触面积/dm^2	浸泡液取样量/mL	消耗的高锰酸钾溶液体积/mL	高锰酸钾消耗量/($mg \cdot kg^{-1}$)
1	365	2.19	180	5.95	10.4
			100	3.25	10.3
			50	1.60	10.1
			25	0.85	10.7
2	365	2.19	180	5.35	9.4
			100	2.90	9.2
			50	1.45	9.2
			25	0.70	8.8
3	180	1.07	100	10.15	32.1
			50	10.30	65.1
			25	9.85	124.5
			5	2.05	129.6
4	180	1.07	100	10.20	32.2
			50	9.95	62.9
			25	10.05	127.0
			5	2.15	135.9

只能减少取样量进行滴定。也可理解为，当浸泡液取样量较大，消耗的高锰酸钾溶液体积为 10 mL 左右时，需要减少取样量。

经过对测试过程中产生的现象进行分析，进一步理解了高锰酸钾消耗量的测定原理。由此可知，在滴定过程中，在加入草酸前浸泡液应该维持高锰酸钾的紫色不褪去，否则说明样品的高锰酸钾消耗量过高，应减少浸泡液的取样量，直至高锰酸钾的紫色不褪去，再进行后续的滴定操作。由于该方法的原理是一个反滴定的过程，必须保证先加入的 10 mL 高锰酸钾标准溶液是过量的，才能保证测试结果的准确性，因此该方法的标准可以对测试原理进行更加详细的解释，对滴定时出现的高锰酸钾变色情况给出应对措施，使其更适用于纸制品等高锰酸钾消耗量较高的样品测试，同时提高标准本身的可操作性和严谨性。

3　检测数据分析

在日常工作中的一些食品接触用纸及纸制品高锰酸钾消耗量的数据见图 1。

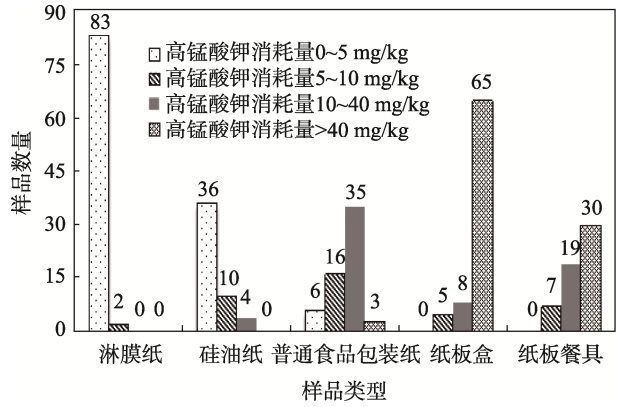

图 1　食品接触用纸的高锰酸钾消耗量数据统计

Fig.1 Statistics of potassium permanganate consumption in food-contact paper

由图 1 可知，淋膜纸制品的高锰酸钾消耗量最低。因为在测试过程中，根据实际使用的情形，仅对预期接触食品的淋膜面进行测试，淋膜层的材料以聚乙烯（PE）为主，聚乙烯能有效地阻隔水浸泡液，所以淋膜纸制品的高锰酸钾消耗量反应的是对淋膜层材料的测试值。硅油纸（烘焙纸）的高锰酸钾消耗量也比较低，小于 5 mg/kg 的占 72%，未出现不符合 GB 4806.8—2016 的情况。普通食品包装纸的高锰酸钾消耗量较高，数值在 10~40 mg/kg 的占 53.8%，65 个样品中有 3 个样品不符合 GB 4806.8—2016。纸板盒和纸板餐具的高锰酸钾消耗量最高，多数样品都超出了 GB 4806.8—2016 的限量值（40 mg/kg），尤其是纸板盒，不符合率高达 83.3%。这是由于食品接触用纸板盒（未经淋膜、覆膜、镀铝等处理）的原材料一般是白卡纸，白卡纸在生产过程中一般会进行施胶、涂布处理。施胶剂和涂料中存在淀粉等易溶于水的有机物，在测试过程中这些有机物会溶解在浸泡液中并与高锰酸钾发生反应，导致样品的高锰酸钾消耗量偏高。部分纸板餐具采用淋膜原纸进行加工，淋膜原纸的高锰酸钾消耗量不如白卡纸高，所以纸板餐具合格率高于纸板盒。

4　食品接触用纸高锰酸钾消耗量的来源分析

4.1　植物纤维原料

纸张的主要成分为植物纤维，植物纤维原料除主要成分纤维素外，还含有部分无机盐类、糖、植物碱、环多醇、单宁、色素以及多糖类物质（果胶、植物粘液、淀粉、果胶质、多乳糖等）。纸张经过水浸泡，其纤维中含有的多糖类物质会部分进入浸泡液，对检测结果造成干扰。另外，以机械浆为原料生产的纸张含有较多的木质素，木质素本身可消耗高锰酸钾（纸浆高锰酸钾消耗值表示残留在纸浆中的木素和其他还原性物质的相对含量）[17—18]。可见，植物纤维本身可能含有较多可消耗高锰酸钾的成分，这些成分是天然的植物成分，一般对健康无害。

4.2　添加剂

在抄纸过程中，会使用施胶剂、增强剂、助留助滤剂、分散剂等添加剂。这些添加剂一般包括有机物，如淀粉、松香、聚丙烯酰胺、胶乳、聚乙烯醇等。朱丽娴等[19]证实了淀粉、松香、丁苯胶乳、聚乙烯醇可消耗较多的高锰酸钾，食品接触用纸的高锰酸钾消耗量有部分是浸泡液中的淀粉造成的，淀粉的存在会造成食品接触用纸高锰酸钾消耗量结果偏大。由于淀粉一般对人体无害，因此由其带来的高锰酸钾消耗量不能作为纸制品有害性的依据。

5　结语

基于食品接触用纸及纸制品中高锰酸钾消耗量的特性，建议进一步研究浸泡液中各组分对高锰酸钾消耗量的贡献，有效评估该指标与食品安全风险的关联性，科学论证该指标在食品接触用纸及纸制品中的适用性。如需继续保留该指标，应对方法和标准进行完善，考虑忽略天然无害成分对高锰酸钾消耗量的贡献值，进一步规范操作步骤，如加热温度的控制、加入草酸的时机、取样量及稀释操作的规定等，使该标准更适用于食品接触用纸及纸制品产品，同时避免因理解和操作偏差造成的误判。

参考文献：

[1] GB 4806.8—2016, 食品安全国家标准食品接触用纸和纸板材料及制品[S].
GB 4806.8—2016, National Food Safety Standard Food Contact Paper and Cardboard Materials and Products[S].

[2] GB 4806.2—2015, 食品安全国家标准奶嘴[S].
GB 4806.2—2015, National Food Safety Standard-Pacifier[S].

[3] GB 4806.7—2016, 食品安全国家标准食品接触用塑料材料及制品[S].
GB 4806.7—2016, National Food Safety Standard Plastic Materials and Products for Food Contact[S].

[4] GB 4806.11—2016, 食品安全国家标准食品接触用橡胶材料及制品[S].
GB 4806.11—2016, National Food Safety Standard Rubber Materials and Products for Food Contact[S].

[5] 370—2003, 日本食品卫生法[S].
370-2003 Japanese Food Sanitation Law [S].

[6] 2020—43, 韩国食品器具 容器和包装的标准[S].
2020—43, Korean Kood Utensils, Containers and Packaging Standards[S].

[7] FDA 21 CFR 176.170, Indirect Food Additives: Paper and Paperboard Component[S].

[8] EU 10/2011, Plastic Materials and Articles Intended to Come into Contact with Food[S].

[9] 食字第 1021300776 号令, 台湾食品器具容器包装卫生标准[S].
No. 1021300776, Taiwan Food and Appliance Packaging Hygiene Standards[S].

[10] 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 Methods for Migration Tests of Food Contact Materials and Products[S].

[11] GB 31604.2—2016, 食品安全国家标准 食品接触材料及制品 高锰酸钾消耗量的测定[S].
GB 31604.2—2016, National Food Safety Standard Food Contact Materials and Products Determination of Potassium Permanganate Consumption[S].

[12] 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].

[13] 杨丽, 王娟, 黎群娣. 食品接触塑料制品高锰酸钾消耗量测定影响因素探讨[J]. 食品工程, 2012(1): 41—43.
YANG Li, WANG Juan, LI Qun-di. Study on Influencing Factors of Potassium Permanganate Consumption Determination of Food Contacting Plastic Products[J]. Food Engineering, 2012(1): 41—43.

[14] 臧一瑾, 王佳祥, 王珊珊. 浅析不同加热条件对高锰酸钾消耗量的影响[J]. 哈尔滨职业技术学院学报, 2019(4): 116—118.
ZANG Yi-jin, WANG Jia-xiang, WANG Shan-shan. A Brief Analysis of the Influence of Different Heating Conditions on Potassium Permanganate Consumption[J]. Journal of Harbin Vocational and Technical College, 2019(4):116—118.

[15] 沈霞, 李洁君, 夏铭德. 食品接触用纸制品高锰酸钾消耗量测定中不同取样量对测定结果的影响[J]. 中华纸业, 2019, 40(10): 53—56.
SHEN Xia, LI Jie-jun, XIA Ming-de. Influence of Different Sample Quantities on the Determination Results of Potassium Permanganate Consumption of Food-contact Paper Products[J]. China Pulp and Paper Industry, 2019, 40(10): 53—56.

[16] 于坤, 赵娜, 时丽艳, 等. 食品接触塑料制品高锰酸钾消耗量能力验证中测量不确定度评定[J]. 中国标准化, 2018(5): 218—222.
YU Kun, ZHAO Na, SHI Yan-li, et al. Evaluation of Measurement Uncertainty in Verifying the Consumption Ability of Potassium Permanganate in Food Plastics[J]. Chinese Standardization, 2018(5): 218—222.

[17] 石淑兰, 何福望. 制浆造纸分析与检测[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2008: 29.
SHI Shu-lan, HE Fu-wang. Analysis and Testing of Pulp and Paper[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2008: 29.

[18] GB/T 1546—2018, 纸浆 卡伯值的测定[S].
GB/T 1546—2018, Determination of Pulp Kappa Number [S].

[19] 朱丽娴, 林勤宝, 朱红梅, 等. 食品接触用纸高锰酸钾消耗量来源分析[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(7): 257—261.
ZHU Li-xian, LIN Qin-bao, ZHU Hong-mei, et al. Source Analysis of Potassium Permanganate Consumption in Food Contact Paper[J]. Food and Fermentation Industry, 2019, 45(7): 257—261.