

论著

冷冻食品包装材料表面病毒采样方法的有效性评价研究

赵东云, 李凤琴, 王佳慧

(国家食品安全风险评估中心 国家卫生健康委员会食品安全风险评估重点实验室, 北京 100021)

摘要:目的 优化冷冻食品包装材料表面污染的病毒采样方法,并通过模拟冷冻食品包装材料表面被病毒污染的不同场景,对不同材质的包装材料表面污染的病毒回收率进行研究。方法 在不同场景下,将实验用模式病毒均匀涂抹到不同材质的包装材料表面,使用目前实验室及商品化试剂中可用的几种病毒采样缓冲液,应用不同的采样方式进行样品采集,检测采集到的病毒半数组织培养感染剂量(TCID₅₀)并计算回收率。结果 3种采样缓冲液中,Hank's平衡盐溶液对病毒的回收率最高,其次为PBS缓冲液和MEM培养基。5种采样方法中,湿棉棒每涂抹待采物品表面一次后旋转棉签位置再进行下一次涂抹的采样方法获得的病毒回收率最高。利用优化后的采样方法在室温条件下对病毒污染后的不同材质的包装材料表面进行病毒采样,结果显示,光滑塑料和金属材质表面的活病毒回收率分别为10.47%和3.55%,而从硬质塑料、厚纸板、牛皮纸及木板材料表面无法回收活病毒。而对食品冷冻前后及不同场景的研究表明,光滑塑料表面在食品冷冻前后污染的病毒回收率分别为92.03%和4.83%,金属表面则分别为1.27%和4.94%;而硬质塑料表面仅在食品冷冻前被病毒污染的场景下可回收活病毒,回收率为2.26%;厚纸板材料仅在食品冷冻后被病毒污染的场景下可回收活病毒,回收率为1.27%。结论 从物体表面回收活病毒情况依物表基质不同而异,该方法适用于较光滑的“硬质包装材料表面”污染活病毒的采集。利用上述优化的采样方法可有效回收冷冻食品硬质包装材料表面污染的活病毒。

关键词:病毒;冷链食品;包装材料;采样;评价

中图分类号:R155

文献标识码:A

文章编号:1004-8456(2022)03-0404-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2022.03.002

Effectiveness evaluation of virus sampling method on the surface of different packaging materials for frozen food

ZHAO Jianyun, LI Fengqin, WANG Jiahui

(National Health Commission Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment, China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100021, China)

Abstract: Objective The sampling method of virus on food packaging surfaces was optimized. The virus recovery rate on different material surfaces was studied by simulating different scenes of virus contamination on the surfaces of frozen food packaging materials. **Methods** The virus was evenly coated on the surfaces of different materials in different scenarios. Different buffers and different sampling methods were used for sampling residual virus. The virus recovery rate was calculated by virus titer (TCID₅₀). **Results** Among the three sample buffers, Hank's balanced salt solution had the highest virus recovery rate, followed by PBS buffer and MEM media. Among the five sampling methods, the highest recovery was to apply the wet swab once on the surface and then rotated for the next swabbing. Using the optimized sampling method to sample virus from the surfaces of different materials, the recovery rates of smooth plastic surface and metal surface were 10.47% and 3.55%, while the living virus of hard plastic surface, thick cardboard surface, kraft paper and wood surface could not be collected. The virus recovery rates of contaminated food on smooth plastic surface before and after frozen were 92.03% and 4.83%, and that of and metal surface were 1.27% and 4.94%. In addition, the recovery rate of hard plastic surface was 2.59% in contaminated food before frozen, and the recovery rate of thick cardboard surface was 1.27% only in the contaminated food after frozen. **Conclusion** The virus recovery rates varies depending on the substrate of surfaces. This sampling method is suitable for collecting virus from smooth "hard surfaces". The residual virus on frozen food packaging surfaces can be effectively collected by the sampling method optimized above as well.

收稿日期:2022-05-03

作者简介:赵东云 女 助理研究员 研究方向为食品微生物学 E-mail: zhaojianyun@cfsa.net.cn

通信作者:王佳慧 女 副研究员 研究方向为食品微生物学 E-mail: wangjiahui@cfsa.net.cn

Key words: Virus; cold chain food; packaging materials; sampling; evaluation

新型冠状病毒肺炎(Coronavirus disease 2019, COVID-19)是由严重急性呼吸综合征病毒2号(Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2)引起的急性呼吸道疾病,已成为影响全球卫生安全的重大突发公共卫生事件,该疾病主要通过呼吸道飞沫传播和密切接触传播^[1]。

目前,尽管没有直接证据表明 SARS-CoV-2 可以通过被污染的食品传播,但近期发生的一系列 COVID-19 事件提示,冷链食品有可能作为 SARS-CoV-2 远距离传播的载体。2020年6月12日,北京发生与新发地批发市场经营的进口冷冻水产品相关的 COVID-19 暴发事件,并在处理进口三文鱼的砧板上检测到了 SARS-CoV-2^[2]。2020年7月至2021年6月,我国至少报道了9起与进口冷链食品相关的 COVID-19 暴发事件,且在食品的外包装中均检测到 SARS-CoV-2。进一步的溯源调查发现,被 SARS-CoV-2 污染的白虾和鳕鱼等进口冷链食品外包装是事件的源头。尤其值得注意的是,首次从引发山东青岛 COVID-19 暴发的进口冷冻鳕鱼外包装中分离得到活的 SARS-CoV-2 病毒。以上事件提示,在未经严格防护的情况下,高风险人群反复长时间接触被病毒污染的进口冷链食品有可能被 SARS-CoV-2 感染而患病^[3],因此提高冷链食品外包装中 SARS-CoV-2 的检出率,对及时切断病毒的传播途径、采取有效控制措施降低后续疫情暴发意义重大。

与其他病毒不同,SARS-CoV-2 在离开宿主后仍可以存活一段时间,且病毒离开宿主后的存活时间与病毒自身特性、物体表面的材质特性及环境条件(如光照、温度、湿度等)等有关^[4]。冷冻食品根据加工类型不同,其使用的外包装材料各异,广泛使用的外包装材料包括塑料、纸板、模压纸浆、不锈钢或铝制品等,其中最常见塑料材质中又有聚乙烯(Polyethylene, PE)、聚丙烯(Polypropylene, PP)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(Polyethylene terephthalate, PET)等^[5]。目前有关 SARS-CoV-2 在食品包装材料表面存活能力及存活时间的研究报道很少。有研究表明,病毒在纸板、纸和织物等“软包装材料表面”上的存活时间相对较短,而在塑料和钢铁等“硬质包装材料表面”上的存活时间较长^[6]。目前,我国食品及食品包装材料表面 SARS-CoV-2 病毒采样方法以《农贸(集贸)市场新型冠状病毒环境监测技术规范》和《食品及食品包装表面中新型冠状病毒采样与实时荧光 RT-PCR 检测方法》为依据实施,但文件中对食品及其包装表面的病毒采样方法仅提出指

导性意见,未针对冷冻条件下食品及其包装材料表面的病毒采样方法做出具体技术规定^[7-8]。为评估不同采样方式和目前市售的病毒采集缓冲液对冷链食品包装材料表面污染的病毒回收率的影响,优化出最佳病毒采样方法,本研究开展不同场景下冷链食品包装材料表面污染的病毒采样方法有效性评价研究,研究结果将为规范我国冷链食品包装材料表面病毒的采集、提高病毒检出率、及时采取有效控制措施提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 病毒与细胞株

本研究选用与 SARS-CoV-2 具有相似病毒结构、基因同源性较高的冠状病毒科冠状病毒属小鼠肝炎病毒(Mouse hepatitis virus, MHV)作为实验用模式毒株,替代 SARS-CoV-2 进行相关研究,该毒株购于武汉菌种保藏中心^[9]。病毒宿主细胞为小鼠神经瘤母细胞 Nero-2a,购自北京绿源伯德生物科技有限公司,涉及上述病毒与细胞的试验操作均在二级生物安全实验室完成。

1.1.2 主要仪器与试剂

MEM 培养基、胎牛血清(Fetal bovine serum, FBS)、胰蛋白酶(美国 Gibco 公司)、PBS 缓冲液、Hank's 平衡盐溶液(合肥兰杰柯科技有限公司)、96 孔板、细胞培养瓶(美国 Corning 公司)、一次性无菌涂菌棒、棉棒;选取的食品包装材料包括光滑塑料袋、硬质塑料盒、金属盒子、木板箱、厚纸板箱和牛皮纸袋。

二氧化碳培养箱(赛默飞世尔,美国),倒置显微镜(奥林巴斯,日本),离心机(艾本德,德国)。

1.2 方法

1.2.1 病毒悬液制备与滴度测定

将 MHV 病毒接种于 Nero-2a 细胞,置于 5% CO₂ 培养箱中 37 °C 条件下培养,当 80% 以上的细胞出现细胞病变效应(Cytopathic effect, CPE)时,将细胞反复冻融 3 次,回收病毒悬液储存于 -80 °C 作为病毒原液备用^[10-11]。

病毒半数组织培养感染剂量(Tissue culture infective dose, TCID₅₀)测定:将上述病毒悬液用 MEM 培养基进行 10 倍系列稀释后,加到铺有 Nero-2a 细胞的 96 孔板中,每孔 100 μL,37 °C 培养 1 h 后,再向每孔加入 100 μL 含 2% FBS 的 MEM 培养基,72 h 后测定 TCID₅₀。当 TCID₅₀ 达到 10⁵/mL 以

上,可用于后续实验。

1.2.2 食品外包装材料表面病毒采样及方法优化

以表面非常光滑的塑料袋(简称光滑塑料袋)、质地坚硬表面凹凸不平的塑料盒(简称硬质塑料盒)、表面光滑的金属盒子(简称金属盒子)、用粗糙木板定制的箱子(简称木板箱)、厚纸板箱和牛皮纸袋6种不同材质的食品包装材料为研究对象,模拟3个场景进行实验。

场景一:室温条件下,取100 μL 滴度为 $\text{TCID}_{50}=10^5/\text{mL}$ 的病毒悬液滴加到标记范围为 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 的6种包装材料表面,用涂菌棒涂抹均匀,待液体晾干后对上述材料表面污染病毒的部位进行采样。

场景二:室温条件下,将常温猪肉用不同包装材料包装(或置于不同包材容器内),分别取150 μL 滴度为 $\text{TCID}_{50}=10^5/\text{mL}$ 的病毒悬液滴加到标记范围为 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 的包装材料表面,用涂菌棒涂抹均匀后,置于 $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 储存过夜,次日取出并于室温下解冻20 min后对包装材料表面污染病毒的部位进行采样。

场景三:室温条件下,将常温猪肉用不同包装材料(或置于不同包材容器内)包装后,置于 $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 冷冻过夜,次日取出后,将150 μL 滴度为 $\text{TCID}_{50}=10^5/\text{mL}$ 的病毒悬液滴加到标记范围为 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 的包装材料表面,用涂菌棒涂抹均匀后,再次置于 $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 中储存过夜,次日取出并于室温下解冻20 min后,对包装材料表面污染病毒的部位进行采样。

1.2.3 样品采集

分别选取目前市售适于病毒采样用的PBS缓冲液、MEM培养基、Hank's平衡盐溶液3种商品化病毒采样缓冲液,按照表1中设计的5种采样方法进行病毒采样。

取样完成后,将上述棉签折去多余的木柄,将

表1 不同食品包装材料表面病毒的采样方法设计

Table 1 Design of virus sampling methods on the surface of different packaging materials

方法编号	棉签干/湿 ^a	棉签采样时旋转/不旋转	棉签覆盖面积
1	干	旋转 ^b	全覆盖 ^d
2	湿	旋转 ^b	全覆盖 ^d
3	湿	旋转 ^c	全覆盖 ^e
4	湿	不旋转	全覆盖 ^d
5	湿	不旋转	全覆盖 ^e

注:^a:湿棉签是将棉签在采样缓冲液中沾湿后再采样;^b:在待采物品表面从左到右、自上而下涂抹,涂抹时边旋转棉签边涂抹;^c:在待采物品表面从左到右依次有序涂抹,让整个棉签头尽可能全部接触待采物品表面,每涂抹1次后旋转棉签位置再进行下一次涂抹;^d:为保障待采物品表面的每个位点都被涂抹到,用棉签对每个位点进行反复、多次涂抹;^e:棉签在待采物品表面只涂抹1次,不可反复、多次涂抹

棉签头置于含1 mL采样缓冲液的采样管中,在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下500 r/min震荡20 min,继而再涡旋震荡15 s后,将缓冲液通过 $0.22\text{ }\mu\text{m}$ 的滤膜过滤到新的离心管中,立刻测定缓冲液中病毒的 TCID_{50} 。

2 结果

2.1 不同采样缓冲液对病毒回收效果的评价

以光滑塑料袋作为试验用包装材料,按场景一的染毒方式,分别使用表1中的采样方法2和3对塑料包材表面的病毒进行采样,样品采集后分别置于不同的采样缓冲液中并计算病毒的回收率,结果见表2。由表2可见,无论应用采样方法2还是3,以Hank's平衡盐溶液作为采样缓冲液时病毒的回收率均最高,分别为23.44%和25.12%;其次为PBS缓冲液,病毒回收率分别为7.24%和4.17%,用MEM培养基作为采样缓冲液的病毒回收率最低。

表2 不同采样缓冲液对塑料包装材料表面污染病毒的回收情况比较

Table 2 Comparison of virus recovery rates on plastic packaging surface using different sampling buffers

采样缓冲液	采样方法2		采样方法3	
	TCID_{50} 平均值/(/mL)	病毒回收率/%	TCID_{50} 平均值/(/mL)	病毒回收率/%
Hank's	$10^{3.37}$	23.44	$10^{3.40}$	25.12
PBS	$10^{2.86}$	7.24	$10^{2.62}$	4.17
MEM培养基	—	—	—	—

注:—代表 TCID_{50} 值太低无法计算。表中的数字为每组实验重复3次,取平均值

2.2 不同采样方法对病毒回收效果的评价

选取光滑塑料袋为试验用包装材料,按场景一的染毒方式,应用2.1优化出的高病毒回收率的Hank's平衡盐溶液作为采样缓冲液,开展5种不同的采样方法对病毒回收率的影响研究,结果见表3。由表3可见,用采样方法3对包装材料表面污染的病毒进行采样获得的病毒回收率最高,为10.47%;其次为方法5、方法4和方法2,三者的病毒回收率

表3 不同采样方法对塑料包装材料表面污染的病毒回收情况比较

Table 3 Comparison of virus recovery rates on plastic packaging surface using different sampling methods

采样方法	TCID_{50} 平均值/(/mL)	病毒回收率/%
方法1	—	—
方法2	$10^{2.33}$	2.14
方法3	$10^{3.02}$	10.47
方法4	$10^{2.45}$	2.82
方法5	$10^{2.55}$	3.55

注:—代表 TCID_{50} 值太低无法计算,表中的数字为每组实验重复3次,取平均值

近似,分别为 3.55%、2.82%、2.14%;采用方法 1 干棉签采样获得的病毒回收率最低。

2.3 不同材质表面病毒回收效果评价比较

应用 Hank's 平衡盐溶液作为采样缓冲液,采取 2.2 中优化出的方法 3 对 6 种不同材质包装材料表面污染的病毒进行采样,并计算回收病毒的 TCID₅₀ 值与病毒回收率,结果见表 4。由表 4 可见,从物体表面回收活病毒情况依物表基质不同而异,场景一中,光滑塑料袋与金属材质表面污染的活病毒回收率分别为 10.47% 和 3.55%,而硬质塑料盒、木板箱、厚纸板箱和牛皮纸袋材质表面的回收的活病毒 TCID₅₀ 值太低无法计算,因此常温条件下,光滑塑料包装材料表面一旦被病毒污染,比其他材质表面更容易采集并检出活病毒;场景二中,活病毒回收率由高到低依次为光滑塑料袋(92.03%)>硬质塑料盒(2.26%)>金属盒子(1.27%),而从木板箱、厚纸

板箱和牛皮纸袋表面的回收的活病毒 TCID₅₀ 值太低无法计算,说明无论冷冻还是常温条件下,光滑塑料和金属表面由于表面光滑,一旦被病毒污染即容易被采集和回收,该情况在场景三中进一步得到证实,两种材质包装表面的病毒回收率分别为 4.83% 和 4.94%。因此,光滑塑料表面和金属表面一旦被病毒污染,于 3 个场景下活病毒回收率均较高,其中以光滑塑料表面在场景二下的活病毒回收率最高(92.03%),其次是场景一(10.47%)和场景三(4.83%)。金属表面被病毒污染后,采样检测结果显示病毒回收率从高到低依次为场景三(4.94%)>场景一(3.55%)>场景二(1.27%)。硬质塑料盒仅在场景二下的活病毒回收率较高(2.26%),厚纸板箱仅在场景三下有活病毒的回收(1.27%)。木板箱与牛皮纸袋表面在任何场景下即使被病毒污染,采样后也无法检测到活病毒。

表 4 在不同场景下各种材质包装材料表面污染病毒的采样和 TCID₅₀ 测定情况

Table 4 Sampling and TCID₅₀ determination of viruses on different packaging material surfaces under different scenarios

材料	场景一 ^a		场景二 ^b		场景三 ^c	
	TCID ₅₀ 平均值/(/mL)	病毒回收率/%	TCID ₅₀ 平均值/(/mL)	病毒回收率/%	TCID ₅₀ 平均值/(/mL)	病毒回收率/%
光滑塑料袋	10 ^{3.02}	10.47	10 ^{4.14}	92.03	10 ^{2.86}	4.83
硬质塑料盒	—	—	10 ^{2.53}	2.26	—	—
金属盒子	10 ^{2.55}	3.55	10 ^{2.28}	1.27	10 ^{2.87}	4.94
木板箱	—	—	—	—	—	—
厚纸板箱	—	—	—	—	10 ^{2.28}	1.27
牛皮纸袋	—	—	—	—	—	—

注:一代表 TCID₅₀ 值太低无法计算,表中的数字为每组实验重复 3 次,取平均值;^a场景一:常温条件涂抹病毒,^b场景二:常温条件涂抹病毒后冷冻,^c场景三:冷冻条件涂抹病毒后再冷冻

3 讨论

目前因我国对新冠肺炎感染防控采取了人物同防的控制策略,国产食品及其包装材料受 SARS-CoV-2 污染的几率极低,且全国疾控系统组织的对冷链食品及其生产经营场所中 SARS-CoV-2 污染的监测结果表明,SARS-CoV-2 大多存在于进口冷链食品的外包装表面或者食品表面,因此认为污染事件极有可能发生在冷链食品出口国的生产、运输等全链条的卸货、搬运等环节^[12]。相关研究表明,与被病毒污染的表面间接接触是呼吸道病毒的重要传播途径之一^[13-14]。因此,对进口冷链食品或其包装表面进行 SARS-CoV-2 的污染监测十分必要。本研究结果也为进一步完善《农贸(集贸)市场新型冠状病毒环境检测技术规范》和《食品及食品包装表面中新型冠状病毒采样与实时荧光 RT-PCR 检测方法》中对食品及包装表面采样方法的修订,提高病毒的检出率提供依据。

本研究结果显示,市售的商品化病毒采样液

中,以 Hank's 平衡盐溶液作为采样缓冲液对病毒的回收率最高,其次为 PBS 缓冲液,而 MEM 培养基无法有效回收食品包装材料表面污染的病毒。究其原因,可能是由于 Hank's 平衡盐溶液构建的中性环境有助于增加病毒的生存时间和感染稳定性,因此实际工作中建议不采用 MEM 培养基作为病毒采样缓冲液。本研究模拟的 5 种采样方法中,将棉签用 Hank's 平衡盐溶液沾湿,在待采物品表面涂抹一次后旋转棉签位置再进行下一次涂抹的方式回收的病毒量最高,这是因为这种采样方法可扩大棉签与物表的接触面积,促使材料表面污染的病毒尽可能多地被吸附于棉签头上;另外采样时在待采物品表面只涂抹一次,不反复、多次涂抹,可以降低棉签上的病毒因反复涂抹而重新黏附到被采物品表面导致的病毒损失。尽管本研究已对食品包装材料表面的病毒采样方法进行优化,但病毒回收率仍然较低,分析认为主要由以下两点原因导致:病毒涂抹、棉签吸附、对病毒采样缓冲液过滤等步骤

均会造成病毒的损失;其次,本研究中的病毒检测方法采取的是分离培养法,病毒滴度的测定采用TCID₅₀法,该方法仅可反映分析时采样缓冲液中仍具有感染活性病毒的量,并不包括溶液中死亡的病毒。而目前我国对于样本的检测方法主要是采取RT-qPCR方法,该方法虽然灵敏度高,检测的是采样缓冲液中包括死亡及存活所有病毒的核酸片段,并不能反映悬液中的活病毒情况及活病毒的量。

为了评价不同包装材料表面污染病毒后的采样效果,本研究选取光滑塑料袋、硬质塑料盒、金属盒子、木板箱、厚纸板箱和牛皮纸袋6种不同材质的食品包装材料表面来评价开展实验。结果显示,光滑塑料与金属表面污染病毒后,采用优化出的采样方法可有效回收活病毒,其中光滑塑料表面的病毒回收率最高,而硬质塑料、木板、厚纸板和牛皮纸材料表面无法计算病毒TCID₅₀值。CHIN等^[15]的研究结果表明,常温下SARS-CoV-2在塑料表面和不锈钢表面的存活时间相较纸质文件、钞票和邮件包装纸上存活时间长。此外,纸质、木头这类“软包装材料”表面不光滑且干燥,因此较易吸附悬液中的病毒而导致无法有效回收;而硬质塑料表面凹凸不平,棉签头采样时较难与凹处接触,造成存在于凹处的病毒用棉签无法有效采集到。以上是导致这些食品包装材料表面病毒回收率低的重要原因。

为模拟冷冻食品外包装表面在卸货、搬运等流通环节被病毒污染的不同场景,本研究分别设置了食品包装材料表面在常温下被病毒污染后冷冻,以及冷冻条件下污染病毒再冷冻的2个场景,之后进行采样。结果显示,木板与牛皮纸材料表面在2个场景下均无法有效回收病毒。常温污染后再进行冷冻,从光滑塑料、硬质塑料以及金属材质表面均可有效回收活病毒。其中光滑塑料材质表面的病毒回收率最高,达92.03%,明显高于冷冻食品包装材料表面污染病毒后再冷冻,这可能是因为冷冻前污染病毒,病毒可均匀分布于包装材料表面,且采样时光滑塑料表面的病毒液经20 min解冻后完全变为液体,极易采集。而在冷冻食品包装材料表面污染病毒,虽然从金属材料、光滑塑料和厚纸板材料表面均可回收到活病毒,但回收率均低于5%。其中,厚纸板材料表面可以回收到活病毒,推测是由于在冷冻条件下,病毒悬液未被材料完全吸收,并且经20 min解冻后,材料表面结霜,因此有助于材料表面活病毒的采集回收。需要指出的是,虽然物表在室温条件被病毒污染的场景下,从硬质塑料、厚纸板、牛皮纸和木板材质物体表面没有回收到有感染性的活病毒,但可通过RT-qPCR方法检测

到病毒核酸片段。并且实际工作中从用上述材质包装的冷冻或冷藏食品的外包装涂抹样品常检测到病毒核酸片段,这是因为这些材质物表的吸水性较强,病毒极易被物表所吸收,表面干燥而导致不易采集病毒;或物体表面凹凸不平病毒极易进入凹陷的表面空隙中,从而导致活病毒采集分离困难。而核酸片段的检测远比活病毒分离简单,既包括了活病毒,也包括了死亡状态的病毒,因此检测阳性结果的概率远高于活病毒分离。

本研究比较了不同病毒采样方法对污染了活病毒的样本中病毒回收效果的影响,且对不同包装材料上的活病毒采样效果进行了定量评价,最终优化出适用于不同食品包装材料上污染病毒的高效采样方法。结果表明该方法适用于较光滑的“硬质包装材料表面”污染活病毒的采集,且可有效回收冷冻食品硬质包装材料表面污染的活病毒,为科学评估SARS-CoV-2病毒通过冷链食品包装材料传播到人的风险提供技术支持。

参考文献

- [1] 李凤琴, 李宁. 新型冠状病毒经冷链食品经营活动引入和传播: 现状与防控对策[J]. 中国食品卫生杂志, 2022, 34(1): 1-6.
LI F Q, LI N. Introduction and transmission of SARS-CoV-2 via producing and trading activities of cold chain food: Current situation and countermeasures [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2022, 34(1): 1-6.
- [2] HAN J, ZHANG X, HE S S, et al. Can the coronavirus disease be transmitted from food? A review of evidence, risks, policies and knowledge gaps [J]. Environmental Chemistry Letters, 2021, 19(1): 5-16.
- [3] LIU P P, YANG M J, ZHAO X, et al. Cold-chain transportation in the frozen food industry may have caused a recurrence of COVID-19 cases in destination: Successful isolation of SARS-CoV-2 virus from the imported frozen cod package surface [J]. Biosafety and Health, 2020, 2(4): 199-201.
- [4] HOSEINZADEH E, SAFOURA JAVAN, FARZADKIA M, et al. An updated min-review on environmental route of the SARS-CoV-2 transmission [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2020, 202: 111015.
- [5] 田陆川, 姜红. 食品塑料包装材料的检验研究进展[J]. 安徽化工, 2021, 47(1): 4-7.
TIAN L C, JIANG H. Study progress on the identification of food plastic packaging materials [J]. Anhui Chemical Industry, 2021, 47(1): 4-7.
- [6] VAN DOREMALEN N, BUSHMAKER T, MORRIS D H, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1 [J]. New England Journal of Medicine, 2020, 382(16): 1564-1567.
- [7] 国家卫生健康委员会. 农贸: WS/T 776—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.

- Specification for environmental monitoring of SARS-CoV-2 in agriculture product markets and trade markets: WS/T 776—2021[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- [8] 中国质量检验协会. 食品及食品包装表面中新型冠状病毒采样与实时荧光 RT-PCR 检测方法: T/CAQI 159—2020[S]. 北京: 中国质检出版社, 2020.
- China Association for Quality Inspection. Sampling and real-time RT-PCR assay for detection of SARS-CoV-2 in food packaging surface[S]. Beijing: China Quality Press, 2020.
- [9] CASE J B, LI Y Z, ELLIOTT R, et al. Murine hepatitis virus nsp14 exoribonuclease activity is required for resistance to innate immunity[J]. Journal of Virology, 2017, 92(1): e01531-e01517.
- [10] WANG Y, SUN Y, WU A D, et al. Coronavirus nsp10/nsp16 methyltransferase can be targeted by nsp10-derived peptide *in vitro* and *in vivo* to reduce replication and pathogenesis [J]. Journal of Virology, 2015, 89(16): 8416-8427.
- [11] CUI L, WANG H Y, JI Y X, et al. The nucleocapsid protein of coronaviruses acts as a viral suppressor of RNA silencing in mammalian cells[J]. Journal of Virology, 2015, 89(17): 9029-9043.
- [12] 张玮珊, 胡新玲, 律娜, 等. 新型冠状病毒对冷链运输食品质量安全的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(17): 6735-6742.
- ZHANG W S, HU X L, LV N, et al. Influence of SARS-CoV-2 on the quality and safety of cold chain transportation food [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(17): 6735-6742.
- [13] BOONE S A, GERBA C P. Significance of fomites in the spread of respiratory and enteric viral disease [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2007, 73(6): 1687-1696.
- [14] BRANKSTON G, GITTERMAN L, HIRJI Z, et al. Transmission of influenza A in human beings [J]. The Lancet Infectious Diseases, 2007, 7(4): 257-265.
- [15] CHIN A W H, CHU J T S, PERERA M R A, et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions [J]. The Lancet Microbe, 2020, 1(1): e10.

《中国食品卫生杂志》顾问及第五届编委会名单

顾 问: 陈君石、黄璐琦、江桂斌、李林、沈建忠、吴清平、Jianghong Meng(美国)、Patrick Wall(爱尔兰)、Samuel Godfrey(加拿大)、Gerald Moy(美国)、Paul Brent(澳大利亚)、Marta Hugas(比利时)、Yukikko Yamada(日本)、Tom Heilandt(德国)、Andreas Hensel(德国)、Christopher Elliott(英国)、Christine Nelleman(丹麦)

主任委员: 卢江

副主任委员: 王竹天、李宁、孙长颢、王涛、谢剑炜、应浩、丁钢强、张峰、张永慧

主 编: 吴永宁

编 委(按姓氏笔画排序)

丁钢强(中国疾病预防控制中心营养与健康所)
于 洲(国家食品安全风险评估中心)
于维森(青岛市疾病预防控制中心)
马 宁(国家食品安全风险评估中心)
马会来(中国疾病预防控制中心)
马群飞(福建省疾病预防控制中心)
王 君(国家食品安全风险评估中心)
王 茵(浙江省医学科学院)
王 涛(浙江清华长三角研究院)
王 硕(南开大学医学院)
王 慧(上海交通大学公共卫生学院)
王永芳(国家卫生健康委员会卫生健康监督中心)
王竹天(国家食品安全风险评估中心)
王松雪(国家粮食和物资储备局科学研究院)
王晓英(中国动物疫病预防控制中心)
计 融(国家食品安全风险评估中心)
邓小玲(广东省疾病预防控制中心)

应 浩(中国科学院上海营养与健康所)
张 丁(河南省疾病预防控制中心)
张 峰(中国检验检疫科学研究院)
张卫兵(南通市疾病预防控制中心)
张立实(四川大学华西公共卫生学院)
张永慧(广东省疾病预防控制中心)
张旭东(国家卫生健康委员会医院管理研究所)
张剑峰(黑龙江省疾病预防控制中心)
张朝晖(中国海关检验检疫技术中心)
张惠媛(中国海关检验检疫技术中心)
张遵真(四川大学华西公共卫生学院)
陈 波(湖南师范大学化学化工学院)
陈 颖(中国检验检疫科学研究院)
陈卫东(广东省市场监督管理局)
邵 兵(北京市疾病预防控制中心)
武爱波(中国科学院上海营养与健康所)
赵 舰(重庆市疾病预防控制中心)