

食品及接触介质中 SARS-CoV-2 存活的影响因素、风险评估及预防的研究进展

齐人杰¹, 刘弘²

1. 复旦大学公共卫生学院, 上海 200032

2. 上海市疾病预防控制中心食品安全科, 上海 200336

摘要:

本文简述了2019冠状病毒病(COVID-19)的暴发过程和症状,介绍了引起该疾病的严重急性呼吸综合征-冠状病毒-2(SARS-CoV-2)的检验方法和传播方式,总结了SARS-CoV-2在不同介质和不同理化条件下存活时间的长短,以及病毒长期存活的影响因素。本文还归纳了目前各国对于SARS-CoV-2食品安全问题的风险评估,并参考最新研究,认为SARS-CoV-2食品安全问题风险很低,但还需要预防。最后本文提出了一些针对食品中SARS-CoV-2的预防方法,为以后政策措施的制定提供依据。

关键词: 严重急性呼吸综合征-冠状病毒-2; 2019冠状病毒病; 食品安全; 风险评估; 预防

Research progress on factors, risk assessment, and prevention strategies associated with SARS-CoV-2 survival in food and media Qi Renjie¹, Liu Hong² (1.School of Public Health, Fudan University, Shanghai 200032, China; 2.Department of Food Safety, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China)

Abstract:

This paper presented a brief introduction to the outbreak process and symptoms of coronavirus disease 2019 (COVID-19), elucidated the detection methods and transmission modes of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) that caused the disease, and summarized the survival time of SARS-CoV-2 in different media and different physical and chemical conditions and factors that could affect the long-term survival of the virus. This paper also summed up current risk assessments of SARS-CoV-2 in food safety conducted in various countries, and concluded that the risk of SARS-CoV-2 to food safety is very low, but preventive measures are still in need after referring to latest research. Finally, some methods to prevent SARS-CoV-2 contamination in food were introduced, aiming to provide a basis for the formulation of policy measures in the future.

Keywords: severe acute respiratory syndrome coronavirus 2; coronavirus disease 2019; food safety; risk assessment; prevention

2019年12月,在中国湖北省武汉市发生了新型冠状病毒肺炎,该病可以迅速传播,并成为全球共同关注的卫生问题。2020年1月7日,导致该疾病的病毒从患者的咽拭子样本中发现,该病毒后被世界卫生组织(World Health Organization, WHO)正式命名为严重急性呼吸综合征-冠状病毒-2(severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2)^[1]。该疾病也被WHO命名为2019冠状病毒病(2019 coronavirus disease, COVID-19)。1月30日,WHO宣布SARS-CoV-2暴发为国际关注的突发公共卫生事件^[2]。此后,COVID-19不断传播并造成大流行。

COVID-19在临床上可表现为多种症状,从无、轻度症状到严重的疾病,甚至可致死亡。常见症状包括咳嗽、呼吸急促、喉咙痛、肌肉痛、发烧、虚弱、不适,少见的症状包括呼吸窘迫、味觉和(或)气味丧失^[3-5]。对于COVID-19的诊断,临床上常采用两种方法:一种是病毒检测,采取方式多为鼻咽拭子,原理

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2021.21027

基金项目

上海市公共卫生体系建设三年行动计划(GWV-1.1)

作者简介

齐人杰(1997—),男,硕士生;
E-mail: 20211020201@fudan.edu.cn

通信作者

刘弘, E-mail: liuhong@scdc.sh.cn

伦理审批 不需要

利益冲突 无申报

收稿日期 2021-01-17

录用日期 2021-04-14

文章编号 2095-9982(2021)08-0915-06

中图分类号 R12

文献标志码 A

引用

齐人杰, 刘弘. 食品及接触介质中SARS-CoV-2存活的影响因素、风险评估及预防的研究进展[J]. 环境与职业医学, 2021, 38(8): 915-920.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2021.21027

Funding

This study was funded.

Correspondence to

Liu Hong, E-mail: liuhong@scdc.sh.cn

Ethics approval Not required

Competing interests None declared

Received 2021-01-17

Accepted 2021-04-14

To cite

Qi Renjie, Liu Hong. Research progress on factors, risk assessment, and prevention strategies associated with SARS-CoV-2 survival in food and media[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2021, 38(8): 915-920.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2021.21027

为利用聚合酶链式反应 (polymerase chain reaction, PCR) 技术, 将样品中病毒的 RNA 提取后进行逆转录 PCR, 可以判断患者是否感染 COVID-19^[6]; 另一种是抗体检测 (血清学检测), 通过检测血液样品中 IgA、IgM、IgG, 判断对象是否对这种病毒有适应性免疫, 即是否有过感染^[7]。

SARS-CoV-2 传播方式主要为人传人, 途径包括气溶胶传播、手接触口鼻腔和眼黏液传播^[8], 也包括粪便传播^[9]。病毒的传播也可能通过患者周围的各种环境介质进行传播, 例如 Fini 等^[10] 研究说明, 在牙科手术中由于直接交流和各种体液污染空气和工具, 医生可能会有感染风险。在 Kampf 等^[11] 的研究中, 病毒可以在烟雾中存活长达 96 h。此外, 通过食品上附着的病毒进行传播感染也成为最近关注的重点。我国已经多次报道进口食品或其包装上分离出病毒核酸, 如北京在厄瓜多尔进口的南美白虾, 深圳在巴西进口的冻鸡翅上都检测出 SARS-CoV-2 病毒核酸阳性。而在食品包装上直接分离病毒方面, 在青岛 2020 年 9 月的疫情中, 研究者从鳕鱼外包装的表面拭子样品中分离出 SARS-CoV-2, 表明冷链运输的冷冻食品会输入 SARS-CoV-2^[12]。本文就食品及相关环境介质中 SARS-CoV-2 存活的影响因素、风险评估进行讨论, 并对预防食品 SARS-CoV-2 的传播感染提出建议。

1 食品及接触介质中 SARS-CoV-2 存活的影响因素

SARS-CoV-2 可以通过多种途径进行传播, 其中食品及其接触介质因其流通性和普遍性而使食品传播途径成为近期研究的热点。SARS-CoV-2 通过食品传播的具体途径尚不明晰, 但通过对比其他对呼吸道病毒的研究结果, 可以估计 SARS-CoV-2 存在食品传播的可能性。以往研究证明, 包括严重急性呼吸综合征冠状病毒 (severe acute respiratory syndrome coronavirus, SARS-CoV) 和流感在内的呼吸道病毒可以通过食品这一传播途径进行传播^[13]。一项研究表明, 冠状病毒可以在环境介质中长期存在, 这可能增加了通过接触食品包装传播的可能性^[14]。在另一项研究中, 研究者通过快速反应评估, 判断由于受污染食品的正常商业进口而导致的人感染埃博拉病毒的风险很小^[15]。此外, 一些研究表明, 禽流感通过家禽产品和水传播可能性小, 但仍是可能的^[16-18]。

根据已有研究可以确定, SARS-CoV-2 可以通过

环境的间接接触传播, 特别是在不洗手而接触受污染的表面并随后接触嘴巴、鼻子或眼睛时^[19]。因此, SARS-CoV-2 通过食品途径传播的方式, 可能是病毒附着在食品中及包装上并长期存活, 人在接触病毒污染的介质后造成感染。有研究对 SARS-CoV-2 与 SARS-CoV、中东呼吸综合征冠状病毒 (Middle East respiratory syndrome coronavirus, MERS-CoV) 进行对比, 得出 SARS-CoV-2 可以在不同条件下存活在不同的介质上, 且存活时间长短和温度、介质种类等因素有关^[20]。因此 SARS-CoV-2 在介质中的存活时间长短主要取决于它所在的介质种类和所处的理化条件, 表 1 列举了一些研究中 SARS-CoV-2 存活时间的影响因素。

表 1 SARS-CoV-2 在食品及介质中存活的影响因素

Table 1 Factors affecting the survival of SARS-CoV-2 in food and media

影响因素	效果	存活时间评价	参考文献
介质种类			
食品接触介质			
塑料、不锈钢、纸板	塑料、不锈钢上存活 72 h, 纸板上存活 24 h	较长	[21]
塑料、玻璃	塑料上存活 4 d, 玻璃上保持传染性 2 d	较长	[22]
铜、氮化铝、氮化硅	暴露 1 min 后失活	较短	[23]
食品介质			
鸡肉、猪肉、三文鱼	存活 3 周	较长	[24]
理化条件			
温度 - 冷	存活 14 d (4°C)	较长	[22]
温度 - 热	5 min 灭活 (70°C)	较短	[22]
pH 3~10	稳定	较长	[22]
pH<3 或 >10	灭活	较短	[22]
日光、紫外线	灭活	较短	[25]

1.1 介质种类

SARS-CoV-2 可以在多种介质中存活, 而其中一些介质构成了食品生产、包装、运输环境或者本身就是食品。SARS-CoV-2 在一些介质中存活时间较长, 例如 van Doremalen 等^[21] 的研究表示, 在 21~24°C、相对湿度为 40% 的实验环境中, SARS-CoV-2 在塑料和不锈钢上存活 72 h, 在纸板上存活 24 h。在 Chin 等^[22] 的研究中, SARS-CoV-2 病毒在室温和 65% 相对湿度的塑料表面上可以存活 4 d, 在室温和相对湿度为 65% 的玻璃上仍可保持传染性 2 d。而该病毒在另一些介质中存活时间较短, 活性会被抑制。据 Pezzotti 等^[23] 的研究, 铜、氮化铝、氮化硅均对 SARS-CoV-2 有抑制作用, 在暴露 1 min 后均无法检测 SARS-CoV-2 病毒的 RNA, 证明其已失活。此外, 由于食品介质一般处于冷藏或常

温保存状态,病毒在其上的存活时间较长。据Fisher等^[24]的研究,将SARS-CoV-2接种到三种食品中,在21 d内对传染性病毒进行定量,通过有限稀释确定病毒滴度,在4、-20、-80℃的储存温度下,接种病毒的鸡肉、猪肉和三文鱼片中病毒的滴度没有明显下降,提示了病毒可能可以在不同温度的食品中存活3周。SARS-CoV-2在不同介质中的存活时间长短,为食品生产、加工、包装、运输过程中材质选用以预防SARS-CoV-2污染和传播提供了参考。

1.2 理化条件

呼吸道病毒在不同理化条件下具有不同的活性,如MERS-CoV。在一项研究中, van Doremalen等^[26]研究了MERS-CoV在4℃或22℃下不同类型的奶(骆驼、山羊和牛奶)中的存活率。在4℃下存放72 h后,骆驼奶、山羊奶、牛奶中的MERS-CoV滴度的几何平均值降低37%、64%、56%。而在22℃下储存时,则观察到病毒滴度的几何平均值下降了88%、99%、98%,表示储存在22℃的样品比储存在4℃的样品表现出更大的传染性损失。SARS-CoV-2在抗冷冻性方面与MERS-CoV类似。据Rabenau等^[27]研究,SARS-CoV在4℃可以不损失感染滴度,而据Chin等^[22]研究,在4℃、14 d的运输介质中传染性SARS-CoV-2的减少量很少,由于研究时间所限,推测病毒在冷藏温度下的介质中可能存活更久。例如Liu等^[12]的研究说明,从欧洲进口冷链运输的冷冻食品,到达青岛后其外包装仍有病毒存活。在食品中,因为冷冻为日常生活中保存食物的通常方法而非灭活病毒的方法,所以SARS-CoV-2可能会在日常生活的冷冻食品中较久地存活。例如,据Fisher等^[24]的研究,在4、-20、-80℃的储存温度下,接种病毒的鸡肉、猪肉和三文鱼片中病毒的滴度21 d内没有下降,提示了病毒可以存活3周。而在抗热方面,SARS-CoV-2能力很弱。据Chin等^[22]研究,在70℃下热处理5 min后,SARS-CoV-2即可灭活。此外,法国食品、环境、职业健康与安全局(French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety, ANSES)^[28]对于食品充分加热进行考虑,认为将食物在63℃加热4 min可以灭活SARS-CoV-2。据英国食品标准局(Food Standards Agency UK, FSA)^[29]进行的定性风险评估虽然仍有一些不确定性,但食品烹饪时的温度足以灭活病毒。在室温条件下,SARS-CoV-2可以在pH 3~10中保持稳定,在酸性pH (<3)或碱性pH (>12)^[22],以及在日光和紫外线中均

会被灭活^[25]。

2 食品中SARS-CoV-2的风险评估

微生物食品安全风险评估分为危害识别、暴露评估、危害特征描述和风险特征描述四步^[30]。为了评估食品链上的病毒与其危害的风险,并对其采取恰当的措施,国际机构建议使用风险评估技术^[31],例如我国研究者使用定量微生物风险评估(quantitative microbial risk assessment, QMRA)用于评估导致食源性疾病暴发的致病微生物对消费者的风险,但目前多应用于评估细菌^[32]。风险评估的方法主要有两种:一种为自上而下法,即从疾病数据开始向食品中的危害发展的流行病学方法;另一种自下而上法,即从食品中的危害开始向疾病概率估计发展的食物链方法^[33]。由于食品中SARS-CoV-2的危害尚不完全明晰,目前对于食品中SARS-CoV-2的风险评估方法多为自上而下法。当使用模型来链接不同的风险评估步骤时,由于风险数值化,可以应用定量风险评估;而当不使用模型时,常用定性风险评估^[34]。由于食品中SARS-CoV-2的风险评估研究较少,尚无较好的评估模型,对于食品中SARS-CoV-2风险评估多为定性风险评估。截至2020年12月,已有多家食品安全机构或部门对食品、食品包装及食品接触介质是否对SARS-CoV-2有关的食品安全构成潜在风险进行了风险评估。

英国FSA^[29]发布了《食品或食品接触材料作为SARS-CoV-2传播途径的风险的定性风险评估》,他们认为通过途径A(动物源性食品)评估英国消费者通过食用食品或处理食品接触材料或包装而感染SARS-CoV-2的可能性可以忽略不计,而通过途径B(受污染的食品)评估的感染可能性很低(非常稀少,但不能排除),总体风险非常低。

欧洲食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)^[35]则表示其目前尚未参与对SARS-CoV-2爆发的应对,因为尚未确定食物是该病毒的可能来源或传播途径。

美国食品药品监督管理局(U.S. Food and Drug Administration, FDA)^[36]认为,目前尚无证据表明SARS-CoV-2(呼吸道病毒)是通过食品或食品包装传播的,并且认为食品无须由于COVID-19的原因召回或从市场上撤回。

WHO认为当前没有证据表明人们可以从食品或食品包装中捕获COVID-19^[37]。COVID-19是一种呼吸

道疾病,其传播途径是通过人与人之间的接触以及与被感染者咳嗽或打喷嚏时产生的呼吸道飞沫的直接接触。

爱尔兰食品安全局 (Food Safety Authority of Ireland, FSAI) [38] 发布了《双壳类软体动物消费对 COVID-19 发展的定性风险评估》,其中对危害特征和暴露评估中概述的可用证据的总体评估表明,食用活的或煮熟的双壳贝类软体动物而感染 COVID-19 的风险很低。但是,该结论的不确定性很高,因为除了暴露途径的各种复杂因素之外,缺乏关于 SARS-CoV-2 持久性的数据和通过摄入被污染食物引起感染的信息。在胃肠道的感染作用和通过胃肠道感染人所必需的 SARS-CoV-2 的浓度也是未知的。

我国国家卫生健康委食品安全标准与监测评估司印发了《冷链食品生产经营新冠病毒防控技术指南》《冷链食品生产经营过程新冠病毒防控消毒技术指南》,旨在基于国内 SARS-CoV-2 控制良好的环境下,防止国外 SARS-CoV-2 输入。两份指南表明,冷链食品外包装上可以分离到 SARS-CoV-2 活病毒,可能会感染无保护的易感接触者。因此应加强冷链生产经营过程中从业人员的健康监测、货物源头管控、生产经营过程防控和从业人员防护。

根据多项结果,全球的共识是没有证据直接证明 SARS-CoV-2 具有食品安全风险。从危害风险的角度看,从食品或食品包装中感染 SARS-CoV-2 的总潜在风险很低。此外虽然食品中 SARS-CoV-2 对人体的详细感染机制尚不清楚,但可能不止通过呼吸系统和皮肤黏膜的途径,也可能通过消化系统这一潜在途径。据 Lamers 等 [39] 的研究, SARS-CoV-2 受体血管紧张素转换酶 2 (angiotensin converting enzyme 2, ACE2) 在分化的肠上皮细胞中高度表达,肠上皮细胞产生感染性病毒颗粒,表示肠上皮支持 SARS-CoV-2 复制。据 Zhang 等 [40] 的研究, SARS-CoV-2 进入受体 ACE2 在肺上层和层状上皮细胞以及回肠和结肠上皮肠细胞中表达。但是 SARS-CoV-2 很难在酸性条件下存活,如何通过酸性环境的胃部尚不清楚。上述研究揭示了可能存在的感染途径,一些案例报道和研究也提示食品包装会携带 SARS-CoV-2 并使人感染。这些研究可能会影响 SARS-CoV-2 食品安全风险评估。

3 食品中 SARS-CoV-2 的预防措施

SARS-CoV-2 在多种介质表面上可以存活,因此食

品及食品包装上也很可能存在。对于食品包装上的 SARS-CoV-2 的预防措施,主要有避免直接接触,接触后清洗,消毒,加热等方法。避免直接接触方面,生产者需要戴口罩和手套,以减少食品及食品包装被生产工人污染的风险。消费者应尽量戴口罩和手套处理食品包装和食品,以防直接接触。接触后清洗主要针对消费者,在处理完食品及其包装后,需用清水和消毒剂洗手,以免病毒经触摸口鼻腔或眼黏膜后感染 [25]。WHO 目前的指南中表示,用水和清洁剂彻底清洁环境表面并使用医院常用的消毒剂(如次氯酸钠)是充分有效的 [37],且也有研究证明洗手剂和表面消毒剂是有效的 [41]。消毒包括生产者的工业消毒和消费者对食品包装的消毒,是应用最广的预防食品包装 SARS-CoV-2 的方式。加热是消费者对食品中 SARS-CoV-2 灭活的较有效的方式,多个机构表示加热可以快速灭活病毒,且 Chin 等 [22] 的研究表示,加热可以快速减少病毒量。此外,强酸性或碱性消毒、紫外线虽然可以有效灭活病毒达到预防效果,但并不能推广使用。铜可以抑制病毒,但作为食品生产介质的有效作用有待进一步研究。

我国印发《冷链食品生产经营新冠病毒防控技术指南》《冷链食品生产经营过程新冠病毒防控消毒技术指南》,主要是针对食品的生产运输环节进行防控,包括从业人员新冠病毒防控健康管理,生产运输过程中食品和设备的查验和消毒。其中对于原料和半成品外包装,指南中有明确的要求,包括:来自新冠肺炎疫情高风险地区(国家)的冷链食品原料和半成品进入企业或者入库前,外包装进行严格、有效消毒;用于搬运冷链食品原料或半成品的工器具,每次使用后应及时清洗消毒;对来自国外疫区经检测受到新冠病毒污染的食品原料、半成品,应当按照《关于加强冷链食品新冠病毒核酸检测等工作的紧急通知》(联防联控机制综发〔2020〕220号)中的新冠病毒核酸阳性食品处置指南处理。

4 结论

总体来看,尽管目前未有直接证据证明 COVID-19 是食源性疾病,但不可否认的是,由于 SARS-CoV-2 可以在食品及其包装上附着并存活,食品及其包装确实可能是 SARS-CoV-2 感染人体的潜在途径,不加防范的直接接触有一定风险,尽管风险很低。因此对于生产者,需要做好从业人员的个人防护和生产设备的

频繁消毒, 以免食品及包装上存在 SARS-CoV-2 ; 对于运输者, 需要做好运输人员的个人防护和食品外包装、运输介质的频繁消毒, 避免食品外包装上存在 SARS-CoV-2 并通过运输介质扩大传播, 必要时可用对 SARS-CoV-2 活性有相对抑制性的材料作运输介质 ; 对于消费者, 需要做好个人防护并尽可能消毒食品包装, 充分加热食品, 以达到预防的效果。

参考文献

- [1] GORBALENYA AE, BAKER SC, BARIC RS, et al. Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus : The species and its viruses – a statement of the Coronavirus Study Group [EB/OL] . [2021-01-01] . <https://doi.org/10.1101/2020.02.07.937862>.
- [2] BURKI T K. Coronavirus in China [J] . Lancet Respir Med, 2020, 8 (3) : 238.
- [3] LOVATO A, DE FILIPPIS C, MARIONI G. Upper airway symptoms in coronavirus disease 2019 (COVID-19) [J] . Am J Otolaryngol, 2020, 41 (3) : 102474.
- [4] KAUL D. An overview of coronaviruses including the SARS-2 coronavirus – Molecular biology, epidemiology and clinical implications [J] . Curr Med Res Pract, 2020, 10 (2) : 54-64.
- [5] DO NASCIMENTO IJ, CACIC N, ABDULAZEEM HM, et al. Novel Coronavirus Infection (COVID-19) in Humans : a scoping review and meta-analysis [J] . J Clin Med, 2020, 9 (4) : 941.
- [6] CORMAN VM, LANDT O, KAISER M, et al. Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR [J] . Euro Surveill, 2020, 25 (3) : 2000045.
- [7] LEE CY, LIN RT, RENIA L, et al. Serological approaches for COVID-19 : epidemiologic perspective on surveillance and control [J] . Front Immunol, 2020, 11 : 879.
- [8] RIOU J, ALTHAUS CL. Pattern of early human-to-human transmission of Wuhan 2019 novel coronavirus (2019-nCoV), December 2019 to January 2020 [J] . Euro Surveill, 2020, 25 (4) : 2000058.
- [9] NASERGHANDI A, ALLAMEH SF, SAFFARPOUR R. All about COVID-19 in brief [J] . New Microbes New Infect, 2020, 35 : 100678.
- [10] FINI MB. What dentists need to know about COVID-19 [J] . Oral Oncol, 2020, 105 : 104741.
- [11] KAMPF G, TODT D, PFAENDER S, et al. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents [J] . J Hosp Infect, 2020, 104 (3) : 246-251.
- [12] LIU P, YANG M, 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] . Biosaf Health, 2020, 2 (4) : 199-201.
- [13] KLEIN G. Spread of viruses through the food chain [J] . Dtsch Tierarztl Wochenschr, 2004, 111 (8) : 312-314.
- [14] GELLER C, VARBANOV M, DUVAL RE. Human coronaviruses : insights into environmental resistance and its influence on the development of new antiseptic strategies [J] . Viruses, 2012, 4 (11) : 3044-3068.
- [15] BERGERON JG, MANN EM, FARNHAM MW, et al. Rapid-response risk evaluation of Ebola spread via the food system [J] . IBM J Res Dev, 2016, 60 (5/6) : 3 : 1-3 : 12.
- [16] GOLDEN NJ, SCHLOSSER WD, EBEL ED. Risk assessment to estimate the probability of a chicken flock infected with H5N1 highly pathogenic avian influenza virus reaching slaughter undetected [J] . Foodborne Pathog Dis, 2009, 6 (7) : 827-835.
- [17] SÁNCHEZ-VIZCAÍNO F, PEREZ A, LAINEZ M, et al. A quantitative assessment of the risk for highly pathogenic avian influenza introduction into Spain via legal trade of live poultry [J] . Risk Anal, 2010, 30 (5) : 798-807.
- [18] SCHIJVEN JF, TEUNIS PF, DE RODA HUSMAN AM. Quantitative risk assessment of avian influenza virus infection via water [EB/OL] . [2020-12-15] . <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/703719012.pdf>.
- [19] DUDA-CHODAK A, LUKASIEWICZ M, ZIĘĆ G, et al. COVID-19 pandemic and food : Present knowledge, risks, consumers fears and safety [J] . Trends Food Sci Technol, 2020, 105 : 145-160.
- [20] 黄虞远, 张思慧, 周娟, 等. 新型冠状病毒在环境中的存活潜力和感染风险 [J] . 疾病监测, 2021, 36 (1) : 16-22.
- [20] HUANG YY, ZHUANG SH, ZHOU J, et al. Survival potential and infectiousness of SARS-CoV-2 in environment [J] . Dis Surveill, 2021, 36 (1) : 16-22.
- [21] VAN DOREMALEN N, BUSHMAKER T, MORRIS DH, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1 [J] . N Engl J Med, 2020, 382 (16) : 1564-1567.

- [22] CHIN A W, CHU J T, PERERA M R, et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions [J]. *Lancet Microbe*, 2020, 1 (1) : e10.
- [23] PEZZOTTI G, OHGITANI E, SHIN-YA M, et al. Instantaneous “catch-and-kill” inactivation of SARS-CoV-2 by nitride ceramics [J]. *Clin Transl Med*, 2020, 10 (6) : e212.
- [24] FISHER D, REILLY A, ZHENG A K, et al. Seeding of outbreaks of COVID-19 by contaminated fresh and frozen food [EB/OL]. [2021-01-01]. <https://doi.org/10.1101/2020.08.17.255166>.
- [25] ANELICH L E, LUES R, FARBER J M, et al. SARS-CoV-2 and risk to food safety [J]. *Front Nutr*, 2020, 7 : 580551.
- [26] VAN DOREMALEN N, BUSHMAKER T, KARESH W B, et al. Stability of middle east respiratory syndrome coronavirus in milk [J]. *Emerg Infect Dis*, 2014, 20 (7) : 1263-1264.
- [27] RABENAU H F, CINATL J, MORGENSTERN B, et al. Stability and inactivation of SARS coronavirus [J]. *Med Microbiol Immunol*, 2005, 194 (1/2) : 1-6.
- [28] French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety. ANSES OPINION on an urgent request regarding certain risks associated with COVID-19 [EB/OL]. [2020-12-15]. <https://www.anses.fr/en/system/files/SABA2020SA0037-1EN.pdf>.
- [29] Food Standards Agency UK. Qualitative risk assessment on the risk of food or food contact materials as a transmission route for SARS-CoV-2 [EB/OL]. [2020-12-15]. <https://www.food.gov.uk/research/research-projects/qualitative-risk-assessment-on-the-risk-of-food-or-food-contact-materials-as-a-transmission-route-for-SARS-CoV-2>.
- [30] LAMMERDING A M, FAZIL A. Hazard identification and exposure assessment for microbial food safety risk assessment [J]. *Int J Food Microbiol*, 2000, 58 (3) : 147-157.
- [31] BOSCH A, GKOGKA E, LE GUYADER F S, et al. Foodborne viruses : detection, risk assessment, and control options in food processing [J]. *Int J Food Microbiol*, 2018, 285 : 110-128.
- [32] DONG Q L, BARKER G C, GORRIS L G, et al. Status and future of Quantitative Microbiological Risk Assessment in China [J]. *Trends Food Sci Technol*, 2015, 42 (1) : 70-80.
- [33] ZWIETERING M H, VAN GERWEN S J. Sensitivity analysis in quantitative microbial risk assessment [J]. *Int J Food Microbiol*, 2000, 58 (3) : 213-221.
- [34] NAUTA M J. Separation of uncertainty and variability in quantitative microbial risk assessment models [J]. *Int J Food Microbiol*, 2000, 57 (1/2) : 9-18.
- [35] European Food Safety Authority. Novel coronavirus – where to find information [EB/OL]. [2020-12-15]. <https://www.efsa.europa.eu/en/news/novel-coronavirus-where-find-information>.
- [36] US Food and Drug Administration. Food safety and the coronavirus disease 2019 (COVID-19) [EB/OL]. [2020-12-15]. <https://www.FDA.gov/food/food-safety-during-emergencies/food-safety-and-coronavirus-disease-2019-COVID-19>.
- [37] World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19) : Food safety for consumers [EB/OL]. [2020-12-15]. <https://www.WHO.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-COVID-19-food-safety-for-consumers>.
- [38] Food Safety Authority Of Ireland. Qualitative risk assessment on the development of COVID-19 illness from the consumption of bivalve molluscs [EB/OL]. [2020-12-15]. https://www.FSAi.ie/news_centre/COVID19_risk_assessment_03072020.html.
- [39] LAMERS M M, BEUMER J, VAN DER VAART J, et al. SARS-CoV-2 productively infects human gut enterocytes [J]. *Science*, 2020, 369 (6499) : 50-54.
- [40] ZHANG H, KANG Z, GONG H, et al. The digestive system is a potential route of 2019-nCov infection : a bioinformatics analysis based on single-cell transcriptomes [EB/OL]. [2021-01-01]. <https://doi.org/10.1101/2020.01.30.927806>.
- [41] KAPOOR A, SAHA R. Hand washing agents and surface disinfectants in times of Coronavirus (COVID-19) outbreak [J]. *Indian J Community Health*, 2020, 32 (2 Supp) : 225-227.

(英文编辑：汪源；责任编辑：王晓宇)