

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250107002

引用格式: 杜建章, 张金景, 杨芮, 等. 一次性竹木筷中过氧化氢残留风险分析研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(14): 308–314.

DU JZ, ZHANG JJ, YANG R, *et al.* Risk analysis of hydrogen peroxide residue in disposable bamboo and wood chopsticks [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(14): 308–314. (in Chinese with English abstract).

一次性竹木筷中过氧化氢残留风险分析研究

杜建章^{1*}, 张金景¹, 杨芮², 张玉芳¹, 许书珍¹, 马迎辉¹, 贾岩¹

(1. 河南省产品质量检验技术研究院, 郑州 450047; 2. 河南省食品和盐业检验技术研究院, 郑州 450000)

摘要: **目的** 通过对一次性竹木筷中过氧化氢残留检测分析, 评估其潜在的质量安全风险。**方法** 本研究模拟一次性竹木筷在实际使用条件进行过氧化氢迁移实验, 采用分光光度法测定蒸馏水中过氧化氢的迁移量, 按照危害识别、危害特征描述、暴露量评估和风险表征 4 个步骤, 评估其安全性。**结果** 一次性竹木筷中过氧化氢迁移量为 40~110 mg/kg, 常规人群(非婴幼儿)的膳食暴露风险系数为 $3.3 \times 10^3\%$ ~ $9.1 \times 10^3\%$, 远超国际默认安全阈值(20%), 一次性竹木筷中过氧化氢残留可能会对人体造成一定的健康风险。**结论** 风险评估结论说明一次性竹木筷中过氧化氢残留已构成显著暴露风险, 长期使用可能存在安全隐患, 亟需纳入食品安全重点监控范畴, 建议加强生产管控、完善行业标准、强化市场监管并提高公众认知, 竭力保障公众人身健康安全。**关键词:** 一次性竹木筷; 过氧化氢残留; 风险分析; 安全评估

Risk analysis of hydrogen peroxide residue in disposable bamboo and wood chopsticks

DU Jian-Zhang^{1*}, ZHANG Jin-Jing¹, YANG Rui², ZHANG Yu-Fang¹, XU Shu-Zhen¹,
MA Ying-Hui¹, JIA Yan¹

(1. Henan Institute of Product Quality Inspection Technology, Zhengzhou 450047, China;
2. Henan Institute of Food and Salt Industry Inspection Technology, Zhengzhou 450000, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the potential quality and safety risks of disposable bamboo and wooden chopsticks by detecting and analyzing hydrogen peroxide residues. **Methods** This study simulated the migration of hydrogen peroxide in disposable bamboo and wooden chopsticks under actual usage conditions. The migration amount of hydrogen peroxide in distilled water was measured using spectrophotometry, and its safety was evaluated through 4 steps: Hazard identification, hazard characteristic description, exposure assessment and risk characterization. **Results** The migration amount of hydrogen peroxide in disposable bamboo and wooden chopsticks was 40–110 mg/kg, and the dietary exposure risk factor for the general population (excluding infants and young children) was $3.3 \times 10^3\%$ – $9.1 \times 10^3\%$, far exceeding the international default safety threshold (20%). The residual hydrogen peroxide in disposable bamboo and wooden chopsticks might pose certain health risks to the human body. **Conclusion** The conclusion of the risk assessment indicates that the residual hydrogen peroxide in

收稿日期: 2025-01-07

第一作者/*通信作者: 杜建章(1974—), 男, 工程师, 主要研究方向为产品质量安全风险分析研究。E-mail: djz001@126.com

disposable bamboo and wooden chopsticks poses a significant exposure risk, and long-term use may pose safety hazards. It is urgent to include it in the key monitoring scope of food safety. It is recommended to strengthen production control, improve industry standards, strengthen market supervision, and enhance public awareness to ensure the health and safety of the public.

KEY WORDS: disposable bamboo and wood chopsticks; hydrogen peroxide residue; risk analysis; safety assessment

0 引言

随着我国经济的快速发展,人们的生活节奏加快,外出就餐和外卖市场不断扩大。在这个过程中,一次性竹木筷凭借其方便、卫生、成本低等优势,被广泛应用于餐饮行业,成为人们日常生活中不可或缺的餐具之一^[1-3]。尤其是随着外卖市场的迅速发展,一次性竹木筷的使用量更是呈指数增长,其庞大的市场需求推动了生产行业的快速发展。但近年来,一次性竹木筷给人们带来便利的同时,却频频因为质量问题引发广大消费者的担忧^[4],过氧化氢残留便是其中备受关注的焦点。在一次性竹木筷的生产过程中,部分企业为了降低成本,使筷子外观更洁白、提升卖相,采用工业过氧化氢(H₂O₂,俗称双氧水)进行漂白处理^[5-6]。过氧化氢作为一种强氧化剂,具有较强的漂白能力,能够有效去除竹木筷表面的污渍和杂质,使其颜色更加鲜亮。但部分企业生产设备陈旧落后,缺乏精确的生产控制手段,在使用过氧化氢对一次性竹木筷进行漂白时,无法准确控制用量和处理时间,直接影响过氧化氢的反应和分解速度,导致过氧化氢残留在筷子表面^[4]。当人们使用这些残留过氧化氢超标的竹木筷时,尤其是在接触高温食物或饮品时,残留的过氧化氢可能会迁移到食物中。一旦摄入过量的过氧化氢,会对人体的呼吸道黏膜、肺等造成损伤,引发咳嗽、呼吸困难等症状。如果使用的是工业用过氧化氢,还可能伴随着重金属超标的风险,这些重金属在人体内不断积累,会对神经系统、免疫系统造成严重损害,对消费者的人体健康构成潜在威胁^[5-8]。

本研究通过对市场上不同品牌、不同批次的一次性竹木筷进行广泛采样,采用分光光度法检测过氧化氢迁移量,同时综合考虑一次性竹木筷的使用场景、消费者的使用习惯以及过氧化氢的迁移特性等因素,量化评估过氧化氢残留对人体健康的潜在风险,对过氧化氢残留可能存在的危害因素进行系统分析,以期构建“生产-流通-消费”全链条监管体系提供决策支持。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

从超市、便利店以及餐饮批发市场等销售领域随机采集 50 批次不同品牌、不同包装规格、不同价格区间一次性

竹木筷样品,每个批次的样品数量 100 双。

钼酸铵四水合物(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);硫酸(纯度 98%,分析纯,上海阿拉丁生化科技股份有限公司);过氧化氢标准溶液(标准物质,浓度≥30%,中国计量科学研究院);磷酸二氢钾(基准试剂,纯度≥99.5%,天津科密欧化学试剂有限公司);实验用水(一级水,符合 GB/T 6682)。

1.2 仪器与设备

UV765 紫外可见分光光度计(波长精度±1 nm,光度精度±0.3% T,上海佑科仪器有限公司);ME204E 分析天平[精度 0.1 mg,梅特勒-托利多(中国)有限公司];HH-6 数显恒温水浴锅(温度波动±0.5 °C,常州国华电器有限公司);石英比色皿(光径 1 cm,透射比误差≤0.5%,上海精密科学仪器有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 迁移实验

本研究一次性竹木筷中过氧化氢迁移实验按照 GB 31604.1—2023《食品接触材料及制品迁移试验通则》和 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》进行,准备 500 mL 具塞锥形瓶,准确量取 300 mL 蒸馏水加入其中。按照样品与蒸馏水的接触面积与体积比(S/V)为 6 dm²/L 的要求,准确取一定质量的一次性竹木筷样品,确保其与蒸馏水充分接触。考虑到用餐食物温度通常介于 40~70 °C,为模拟实际使用场景,将装有样品和蒸馏水的具塞锥形瓶放入 HH-6 型数显恒温水浴锅中,将水浴锅温度设定为 70 °C,开始计时 2 h。然后将具塞锥形瓶从恒温水浴锅中取出,冷却至室温。用滤纸对迁移后的溶液进行过滤,去除可能存在的竹木碎屑等杂质,得到澄清的迁移液。

1.3.2 迁移量测定

过氧化氢标准溶液配制:根据需要,将过氧化氢标准溶液用实验用水稀释成 0.1、0.5、1.0、2.0、5.0 mg/L 等不同质量浓度的标准工作溶液。

硫酸溶液配制:将浓硫酸缓慢加入水中,配制成浓度为 1 mol/L 的硫酸溶液,冷却后备用。

钼酸铵溶液配制:称取一定量的钼酸铵四水合物,

用温水浴搅拌溶解, 配制成质量浓度为 50 g/L 的钼酸铵溶液, 冷却至室温。

显色反应: 分别取适量的标准溶液和处理后的迁移液于一系列比色管中, 加入一定量的硫酸溶液调节酸度, 再加入适量的钼酸铵溶液, 摇匀, 反应 15 min, 使过氧化氢与钼酸铵充分反应生成黄色络合物。

吸光度测定: 以空白溶液按照与迁移液相同的操作步骤, 使用紫外可见分光光度计在波长 430 nm 处测定标准溶液和迁移液的吸光度。

标准曲线绘制: 以过氧化氢标准溶液的浓度为横坐标, 对应的吸光度为纵坐标, 绘制标准曲线。

过氧化氢迁移量计算: 根据迁移液的吸光度, 从标准曲线上查得对应的过氧化氢浓度, 再根据迁移液的稀释倍数等因素计算出迁移液中过氧化氢的迁移量。

1.4 数据处理

重复测定空白迁移液 11 次, 计算吸光度标准偏差, 迁移液测试重复测定 3 次取平均值, 应用 Microsoft Excel 2013 软件进行数据汇总和统计分析。

2 结果与分析

2.1 过氧化氢迁移量

对 50 批次一次性竹木筷样品进行过氧化氢迁移量测定, 数据如表 1 所示。可能是由于不同生产厂家在生产工艺、生产条件、过氧化氢使用量及后续处理等方面存在差异, 产品中过氧化氢残留情况也参差不齐。

从数据分布来看(表 2), 一次性竹木筷过氧化氢迁移量检出率为 100%, P_{50} 值为 68.35 mg/kg, P_{95} 值为 91.26 mg/kg。

表 1 一次性竹木筷样品过氧化氢迁移量测定值

Table 1 Determination value of the migration amount of hydrogen peroxide in disposable bamboo and wood chopstick samples

样品编号	3 次测定值/(mg/kg)			平均值/(mg/kg)	RSDs/%	样品编号	3 次测定值/(mg/kg)			平均值/(mg/kg)	RSDs/%
1#	73.3	72.6	74.1	73.3	1.0	26#	61.9	63.0	62.6	62.5	0.9
2#	52.9	52.0	53.5	52.8	1.4	27#	61.6	60.4	59.9	60.6	1.4
3#	60.9	61.6	61.0	61.2	0.6	28#	91.9	90.6	91.1	91.2	0.7
4#	77.4	76.6	76.1	76.7	0.8	29#	59.6	58.5	57.9	58.7	1.5
5#	63.2	64.0	63.0	63.4	0.8	30#	86.6	85.8	84.7	85.7	1.1
6#	57.4	57.9	58.2	57.8	0.7	31#	52.7	53.3	51.5	52.5	1.7
7#	45.0	45.7	46.2	45.6	1.3	32#	72.2	73.4	72.9	72.8	0.8
8#	69.0	68.0	68.7	68.6	0.7	33#	62.7	64.4	63.8	63.6	1.4
9#	82.7	81.9	82.1	82.2	0.5	34#	47.6	49.5	48.8	48.6	2.0
10#	70.7	71.3	71.9	71.3	0.8	35#	111.6	110.4	108.7	110.2	1.3
11#	59.8	58.6	59.0	59.1	1.0	36#	61.1	60.4	59.7	60.4	1.2
12#	82.3	81.0	81.8	81.7	0.8	37#	52.3	50.7	51.1	51.4	1.6
13#	69.1	67.5	68.0	68.2	1.2	38#	63.1	62.8	64.6	63.5	1.5
14#	58.6	59.3	59.3	59.1	0.7	39#	60.2	62.3	59.8	60.8	2.2
15#	74.4	75.6	75.1	75.0	0.8	40#	91.2	92.0	90.8	91.3	0.7
16#	101.9	103.3	102.5	102.6	0.7	41#	91.6	89.4	90.8	90.6	1.2
17#	71.8	70.6	71.1	71.2	0.8	42#	81.6	80.0	79.1	80.2	1.6
18#	69.0	68.1	68.4	68.5	0.7	43#	57.7	60.3	58.0	58.7	2.4
19#	73.1	72.8	73.9	73.3	0.8	44#	75.3	77.0	76.4	76.2	1.1
20#	47.4	48.2	48.0	47.9	0.9	45#	88.7	89.3	90.0	89.3	0.7
21#	88.1	89.3	88.6	88.7	0.7	46#	67.0	65.5	68.6	67.1	2.3
22#	79.6	80.2	78.8	79.5	0.9	47#	89.7	87.3	89.0	88.7	1.4
23#	51.3	52.0	51.8	51.7	0.7	48#	57.4	55.7	56.2	56.4	1.5
24#	88.4	87.2	87.7	87.8	0.7	49#	79.9	77.3	78.1	78.4	1.7
25#	39.3	40.2	40.7	40.1	1.8	50#	56.3	58.1	56.9	57.1	1.6

注: 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)。

表 2 一次性竹木筷样品过氧化氢迁移量统计表

Table 2 Statistical table of the migration amount of hydrogen peroxide in disposable bamboo and wood chopstick samples

样品数量 /批次	检出数量 /批次	检出率 /%	均值 /(mg/kg)	标准差 /(mg/kg)	P_{50} /(mg/kg)	P_{95} /(mg/kg)	最大值 /(mg/kg)	最小值 /(mg/kg)
50	50	100	69.68	15.37	68.35	91.26	110.2	40.1

其主要原因可能是生产企业在用过氧化氢进行漂白处理时,对过氧化氢用量和处理时间控制不好,导致过氧化氢残留量较高;还有一些企业生产条件简陋,对生产环境的温度、湿度等因素控制不佳,也会影响过氧化氢的分解,造成产品中的过氧化氢残留量较大。这些数据充分说明,一次性竹木筷生产行业在过氧化氢使用和残留控制方面存在较大问题,亟待采取有效措施加以解决。

2.2 安全评估

2.2.1 评估方法

本研究采用欧洲食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)《食品包装材料中化学物质的暴露评估:综述》中的方法,按照危害识别、危害特征描述、暴露量评估和风险表征 4 个步骤^[9],对一次性竹木筷中过氧化氢残留进行安全评估。在评估过程中,为了全面且保守地评估风险,本研究做出了一系列假设。假设所有食品均与包装材料接触,且拟评估物质(过氧化氢)的污染情况为所有食品包装均含有该物质,且其迁移量以实测最大迁移量(M_{\max})计。这一假设充分考虑了最不利的情况,确保评估结果能够涵盖可能存在的最大风险。

再假设体重 60 kg 的常规人群(非婴幼儿)每天摄入 1 kg 包装食品。即可按照公式(1)计算出特定物质每人每天膳食摄入量估计值(estimated daily intake, EDI)^[10]。

$$EDI = M_{\max} \times 1 \text{ kg} \div 60 \text{ kg/人} \quad (1)$$

例如,若一次性竹木筷中过氧化氢的实测最大迁移量为 110 mg/kg,则根据公式(1)可计算出该常规人群每人每天对过氧化氢的膳食摄入量估计值 $EDI = 110 \text{ mg/kg} \times 1 \text{ kg} \div 60 \text{ kg/人} \approx 1.83 \text{ mg/kg} \cdot \text{bw/day}$ 。这种计算方法基于合理的假设,能够较为准确地反映出常规人群通过使用一次性竹木筷可能摄入的过氧化氢量,可为后续风险评估提供重要的数据基础^[11]。

然后按照 GB 15193.18—2015《食品安全国家标准 健康指导值》计算其健康指导值(health-based guidance values, HBGV),根据公式(2)计算该物质的风险系数,通过风险系数评估其在预期使用条件下的安全风险。当风险系数不超过 20%时(国际默认食品包装材料的风险分配系数为 20%),通常认为在预期使用条件下,产品中拟评估物质的迁移量对人体带来的健康风险较小。这种评估方法充分考虑了多种因素,能够较为全面地评估一次性竹木筷中过氧化氢残留对人体健康的潜在风险。

$$\text{风险系数}/\% = EDI/HBGV \times 100\% \quad (2)$$

2.2.2 危害识别

在危害识别环节,本研究引用了澳大利亚国家工业化学品申报评估署(National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme, NICNAS)发布的评估报告中关于过氧化氢重复剂量毒性实验研究数据。该数据显示,在对雄性 Wistar 大鼠进行的实验中,让其通过管饲服用

0、6、10、20、30、60 mg/kg · bw/day 剂量浓度的过氧化氢,持续 100 d。实验结果表明,在 30 mg/kg · bw/day 剂量下,发现血浆中过氧化氢酶减少。据此,确定无观测不良效应水平(no observed adverse effect level, NOAEL)为 20 mg/kg · bw/day^[12]。这一数据为后续的风险评估提供了重要的参考依据,明确了在一定剂量范围内,过氧化氢对生物体产生不良影响的界限。通过对这些数据的分析,可以更准确地了解过氧化氢的毒性特征,为评估其对人体健康的潜在危害提供科学支持。

2.2.3 危害特征描述

为了获取更保守的安全评估结论,本研究采用了较小的 NOAEL 值,即 20 mg/kg · bw/day。根据拟评估物质的毒理学资料,按照 GB 15193.18—2015 计算其 HBGV,详见公式(3)。

$$HBGV = \text{POD}/\text{UFs} \quad (3)$$

式中:POD 为起始点,NOAEL 为常用起始点,可从亚慢性毒性实验、生殖和发育毒性实验、慢性毒性实验和致癌实验中获得;UFs 为不确定系数,将动物资料外推到人通常以 100 倍的不确定系数作为起点,即物种间差异 10 倍,和人群内易感性差异 10 倍。

在本次评估中,取动物资料外推到人以 100 倍的不确定系数作为起点,在此基础上,再增加时间外推系数 10。经过计算,得出过氧化氢的 HBGV 为 0.02 mg/kg · bw/day。这一计算过程充分考虑了多种因素,确保了 HBGV 的科学性和保守性^[13],为评估一次性竹木筷中过氧化氢残留对人体健康的风险提供了关键的参考指标。

2.2.4 暴露量评估

根据一次性竹木筷中过氧化氢在 70 °C 条件下的蒸馏水中迁移 2 h 的迁移量结果(40~110 mg/kg),将其作为全类别食品模拟物迁移量结果。采用 EFSA 评估方法,计算过氧化氢常规人群(非婴幼儿)的 EDI,以获取其对应人群的膳食暴露量。具体计算结果如表 3 所示。

表 3 过氧化氢常规人群的 EDI 值汇总表
Table 3 Summary table of EDI values of hydrogen peroxide for the general population

物质名称	迁移量/(mg/kg)	常规人群(非婴幼儿) EDI/(mg/kg · bw/day)
过氧化氢	40	0.67
	110	1.83

表 3 数据直观地反映了不同迁移量情况下,常规人群通过使用一次性竹木筷可能摄入的过氧化氢量,为后续的风险表征提供了具体的数据支持,有助于准确评估一次性竹木筷中过氧化氢残留对人体健康的潜在风险^[14]。

2.2.5 风险表征

将拟评估物质的 EDI 与安全限量[日耐受摄入量

(tolerable daily intake, TDI)/日容许摄入量(acceptable daily intake, ADI)/HGBV]进行比较,从而得到该物质的风险系数。在本研究中,按照公式(2)来计算风险系数。通过风险系数,可以直观地评估物质在预期使用条件下的安全风险。综合危害识别、危害特征描述和暴露量评估的结果,为了获取更保守的安全评估结论,本研究采用对应人群中数值相对较大的 EDI 来计算过氧化氢的风险系数,以确定一次性竹木筷中过氧化氢对人体健康的风险程度,具体结果如表 4 所示。

表 4 过氧化氢风险系数表
Table 4 Table of the risk coefficient of hydrogen peroxide

物质名称	迁移量 (mg/kg)	HBGV (mg/kg·bw/day)	常规人群(非婴幼儿)	
			EDI (mg/kg·bw/day)	风险系数 /%
过氧化氢	40	0.02	0.67	3.3×10^3
	110		1.83	9.1×10^3

由表 4 可知,将一次性竹木筷在 70 °C 条件下的蒸馏水中迁移 2 h 的过氧化氢迁移量结果作为全类别食品模拟物迁移量结果的条件,常规人群(非婴幼儿)的风险系数高达 $3.3 \times 10^3\% \sim 9.1 \times 10^3\%$,远远超过 20%(国际默认食品包装材料的风险分配系数为 20%)。这表明一次性竹木筷中过氧化氢迁移量(40~110 mg/kg)可能会对人体造成一定的健康风险,一次性竹木筷中过氧化氢残留问题不容忽视,亟需采取有效措施加以解决,以保障公众的健康安全。

3 讨论与结论

3.1 讨论

3.1.1 过氧化氢残留对人体健康存在潜在风险

一次性竹木筷中过氧化氢残留可经由呼吸道、消化道及皮肤接触途径对人体造成多维度健康威胁^[15],具体而言:

呼吸暴露风险:挥发性过氧化氢气体被人体吸入,会直接刺激呼吸道黏膜,引发咳嗽、气喘、呼吸困难等症状,可诱发黏膜刺激性炎症反应(如急性喉炎、灼烧性支气管炎等疾病)。患者会表现出剧烈咳嗽,甚至可能出现咳血的状况^[12]。对哮喘患者等敏感人群具有显著诱发效应,过氧化氢残留的危害更为严重,可能诱发疾病发作或加重病情^[6]。

消化道损伤:迁移至食品的过氧化氢随着食物进入口腔、食道和肠胃,可导致口腔溃疡及消化道黏膜氧化应激损伤^[15](口腔溃疡、食道炎症等),还可能引发胃痛、胃胀、恶心、呕吐等症状。长期或大量接触过氧化氢残留,严重时可能引发消化系统疾病,如胃炎、胃溃疡等^[16],对人体消化系统的正常功能产生极大的影响。

接触性危害:皮肤接触高浓度残留过氧化氢可能会导致皮肤出现红肿、瘙痒、疼痛等过敏症状^[12]。若接触到眼睛,会引起刺痛、流泪、畏光等不适症状,严重时可能

损伤眼角膜,影响视力^[16]。

值得注意的是,过氧化氢的神经毒性及免疫抑制效应虽在动物模型中已被证实^[12],但人体长期低剂量暴露的慢性影响仍需进一步研究。

3.1.2 标准体系缺陷与监管困境

我国现行标准体系对竹木筷过氧化氢残留的规制存在显著漏洞:

标准缺失:原国家质量监督检验检疫总局《关于食品添加剂对羟基苯甲酸丙酯等 33 种产品监管工作的公告》(2011 年第 156 号公告)明确规定,自该公告发布之日起,各省级质量技术监督局不再受理对过氧化氢作为食品添加剂进行生产许可申请,食品添加剂企业禁止生产过氧化氢,已生产的过氧化氢禁止作为食品添加剂出厂销售,食品生产企业禁止使用过氧化氢^[17]。我国现行的 GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》,已删除过氧化氢作为食品添加剂使用的规定,明确禁止其在食品中作为添加剂使用。但 GB/T 19790.1—2021《一次性筷子 第 1 部分:木筷》和 GB/T 19790.2—2005《一次性筷子 第 2 部分:竹筷》未规定过氧化氢限量值。国家标准之间形成的监管断层,使得企业在生产过程中存在过氧化氢被滥用的趋势^[18]。

加工助剂滥用:尽管标准 GB 2760—2014 表 C.1 中允许加工助剂残留豁免,但竹木筷生产缺乏有效去除工艺,而且在一次性竹木筷生产过程中,过氧化氢主要用于漂白、消毒,不符合“技术必要性”原则^[19],但目前标准对此没有明确的禁止性规定。

执法依据模糊:现有法规对“食品接触材料”中过氧化氢的定性存在争议,156 号公告和 GB 2760—2014 明确禁止其在食品中作为添加剂使用,GB 9685—2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品用添加剂使用标准》又规定过氧化氢在食品接触材料领域可作为塑料、黏合剂、纸和纸板材料添加剂使用,监管部门在执法过程中缺乏明确的依据。

3.2 结论

3.2.1 研究结论

本研究通过迁移实验和风险评估证实:市售一次性竹木筷过氧化氢迁移量为 40~110 mg/kg,导致常规人群膳食暴露风险系数达 $3.3 \times 10^3\% \sim 9.1 \times 10^3\%$,远超国际安全阈值(20%)。现有标准对食品中过氧化氢的使用界定比较模糊,生产企业利用标准漏洞规避法律约束,在一次性竹木筷的生产加工过程中,使用过氧化氢对一次性竹木筷进行漂白处理比较普遍。

3.2.2 综合治理对策

构建“生产-监管-消费”三维风险防控体系:

生产企业:构建完善的质量管理体系,加强生产管理,严格原料采购与验收,确保原材料的质量安全^[20-21]。优化

生产工艺,采用更科学、更环保的生产工艺,如紫外线/臭氧协同灭菌工艺(杀菌率 $\geq 99.9\%$)。建立危害分析与关键控制点(hazard analysis critical control point, HACCP)体系对生产过程的全链条危害分析控制,引进高精度、高灵敏度的检测仪器,采用更科学的检测方法,对有害物质残留进行逐批次严格检测,确保每一批次的产品质量符合安全标准^[22-25]。

市场监管部门:修订一次性竹木筷的国家标准,解决现行标准与生产工艺存在不相适应的问题^[26-27],明确规定过氧化氢等有毒有害物质的限量。严格监管食品添加剂的使用,确保其在安全范围内使用^[28],加大对一次性竹木筷的风险监测力度,建立常态化的监测机制^[29],及时发现存在的食品安全风险,采取有效措施进行处理。开发基于区块链的质量追溯平台,督促企业对原材料采购、生产过程、质量检测等环节进行详细记录^[30-31],强化企业主体责任落实,实现产品质量的可追溯目的^[32]。

消费者:加强宣传教育,通过各种媒体渠道,向消费者普及食品安全常识^[33],讲解一次性竹木筷中过氧化氢残留的危害以及正确的选用方法,引导消费者增强自我保护意识,尽可能避免或减少一次性竹木筷的使用,选择更安全、环保的餐具。必须使用一次性竹木筷时,可以用沸水浸泡一会以降低其残留过氧化氢的迁移量,从而减轻对人体健康的不利影响^[17]。

3.2.3 研究局限与展望

本研究的局限性体现在:(1)迁移实验未模拟真实膳食矩阵。只模拟了一次性竹木筷在实际使用中的部分条件,但实际使用中,竹木筷可能会接触到各种不同温度、不同酸碱度、不同油脂含量的食物,这些因素可能会对过氧化氢的迁移产生协同影响;(2)风险评估具有一定的局限性。由于缺乏明确的国家标准作为参考,评估结果的准确性和权威性有待进一步提高。

未来研究方向建议:在实验研究中,应进一步拓展研究范围,全面考虑实际使用中可能遇到的各种复杂因素,更真实地模拟一次性竹木筷在不同使用场景下的过氧化氢迁移情况。在风险评估领域,期待国家尽快出台明确的一次性竹木筷过氧化氢残留限量标准,为风险评估提供更科学、准确的依据。结合大数据分析和人工智能技术,建立更完善的风险评估模型,综合考虑多种因素,实现对过氧化氢残留风险的精准评估。针对生产环节,还需进一步加强研究,不断探索更安全、更环保的一次性竹木筷处理方法和替代产品,以满足人们对健康和环保的需求。

参考文献

[1] 王洪艳,郝向阳,杨柳,等.竹木筷二氧化硫·重金属和塑化剂含量检测研究[J].安徽农业科学,2023,51(13):177-181,197.
WANG HY, HAO XY, YANG L, *et al.* Study on content detection of sulfur dioxide, heavy metals and plasticizers in bamboo and wood chopsticks [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2023, 51(13):

177-181, 197.
[2] 潘争光,陈丰云,贺磊,等.一次性竹木筷产品质量安全风险分析[J].食品安全质量检测学报,2018,9(24):6390-6394.
PAN ZG, CHEN FY, HE L, *et al.* Quality and safety risk analysis of disposable bamboo chopsticks [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2018, 9(24): 6390-6394.
[3] 程吉祥,罗敏婷.一次性竹木筷子中二氧化硫的检测及风险分析[J].广东化工,2020,47(19):163-164.
CHENG JX, LUO MT. Detection and risk analysis of sulfur dioxide in disposable bamboo chopsticks [J]. Guangdong Chemical Industry, 2020, 47(19): 163-164.
[4] 胡晓楠,张瑞华,郭文丽,等.分散固相萃取结合高效液相色谱-串联质谱法检测一次性筷子中5种杀菌剂[J].食品安全质量检测学报,2024,15(3):183-189.
HU XN, ZHANG RH, GUO WL, *et al.* Determination of 5 types of fungicides in disposable chopsticks by dispersed solid phase extraction combined with high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(3): 183-189.
[5] 郝向阳,袁少飞,王洪艳,等.竹木工艺筷重要性能评价研究及发展趋势[J].竹子学报,2020,39(4):40-47.
HAO XY, YUAN SF, WANG HY, *et al.* The development trend of important performance evaluation of bamboo and wooden craft chopsticks [J]. Journal of Bamboo Research, 2020, 39(4): 40-47.
[6] 杨永前,张雪仑,何凤,等.慈竹竹片漂白机理及其工艺研究[J].农村科学实验,2020(8):100-103.
YANG YQ, ZHANG XL, HE F, *et al.* Study on bleaching mechanism and technology of *Neosinocalamus* [J]. Rural Scientific Experiment, 2020(8): 100-103.
[7] 岳晓庆,王宇婷,王军.食品接触用竹木制品中杀菌剂的研究进展[J].食品工业科技,2023,44(2):477-486.
YUE XQ, WANG YT, WANG J. Advances in the study of fungicides in bamboo and wood products for food contact [J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(2): 477-486.
[8] 方正杰,石丽珠,吴路明.筷子中有害物质分析及检测方法研究进展[J].食品安全质量检测学报,2020,11(18):6494-6503.
FANG ZJ, SHI LZ, WU LM. Research progress on the analysis and detection of harmful substances in chopsticks [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(18): 6494-6503.
[9] MARIA FP, TIMOTHY H. Exposure assessment of chemicals from packaging materials in foods: A review [J]. Trends in Food Science & Technology, 2007, 18(4): 219-230.
[10] 张京伟,王丽倩,李倩,等.不同材质的一次性生物基餐具中22种元素迁移及其安全风险分析[J].食品安全质量检测学报,2024,15(6):288-296.
ZHANG JW, WANG LQ, LI Q, *et al.* Analysis of migration and safety risk of 22 kinds of elements in disposable biobased tableware made of different materials [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(6): 288-296.
[11] 徐君.淮安市食品安全风险识别与评估体系构建研究[J].食品安全导刊,2025(1):24-26.
XU J. Research on construction of food safety risk Identification and Assessment system in Huai'an City [J]. China Food Safety Magazine, 2025(1): 24-26.

- [12] National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme. IMAP single assessment report hydrogen peroxide (H₂O₂): Human health tier II assessment [EB/OL]. (2014-11-27) [2025-03-16]. https://www.nicnas.gov.au/chemical-information/imap-assessments/imap-assessment-details?assessment_id=1404
- [13] 刘昊. 食品安全风险评估及监测方法研究[J]. 现代食品, 2024(10): 196–198.
LIU H. Research on food safety risk assessment and monitoring methods [J]. Modern Food, 2024(10): 196–198.
- [14] 刘丽丽. 食品安全监管中的风险评估与风险管理[J]. 中国食品, 2024(10): 68–70.
LIU LL. Risk assessment and risk management in food safety regulation [J]. China Food, 2024(10): 68–70.
- [15] 李武, 韩英振, 牛友元, 等. 双氧水生产过程中的安全及有害因素分析[J]. 氯碱工业, 2021, 57(2): 41–45.
LI W, HAN YZ, NIU YY, *et al.* Hazards analysis in hydrogen peroxide production [J]. Chlor-Alkali Industry, 2021, 57(2): 41–45.
- [16] 贾健松. 食品级双氧水的应用范围及过氧化物使用方法[J]. 现代食品, 2023, 29(2): 201–203.
JIA JS. Application scope and peroxide method of food grade hydrogen peroxide [J]. Modern Food, 2023, 29(2): 201–203.
- [17] 国家质量监督检验检疫总局. 关于食品添加剂对羟基苯甲酸丙酯等33种产品监管工作的公告[EB/OL]. (2011-11-04) [2025-02-11]. https://www.cqn.com.cn/zj/content/2011-11/11/content_1385618.htm
General Administration of Quality Supervision. Announcement on the supervision work of 33 products such as propyl p-hydroxybenzoate, a food additive [EB/OL]. (2011-11-04) [2025-02-11]. https://www.cqn.com.cn/zj/content/2011-11/11/content_1385618.htm
- [18] 方正杰, 吴路明, 孙滕, 等. 竹木筷中过氧化氢在食品模拟物中迁移量的测定及其迁移规律的研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(18): 57–63.
FANG ZJ, WU LM, SUN T, *et al.* Determination of hydrogen peroxide migration amount from bamboo and wooden chopsticks to food simulants and its migration law [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(18): 57–63.
- [19] 李振华. 浅谈食品工业用加工助剂的界定及使用[J]. 中外食品工业, 2024(1): 42–44.
LI ZH. A brief discussion on the definition and use of processing aids in the food industry [J]. Sino-foreign Food Industry, 2024(1): 42–44.
- [20] 杨小琴. 基于风险评估的食品安全质量管理对策研究[J]. 食品安全导刊, 2024(36): 10–12.
YANG XQ. Research on food safety and quality management countermeasures based on risk assessment [J]. China Food Safety Magazine, 2024(36): 10–12.
- [21] 熊茂平. 食品行业质量管理中的持续改进方法与实践探索[J]. 现代食品, 2024(17): 36–38.
XIONG MP. Continuous improvement methods and practical exploration in food industry quality management [J]. Modern Food, 2024(17): 36–38.
- [22] 李锋. 食品安全监管中的风险评估与应对策略[J]. 食品安全导刊, 2024(16): 35–37.
LI F. Risk assessment and response strategy analysis in food safety supervision [J]. China Food Safety Magazine, 2024(16): 35–37.
- [23] 吕熠. 浅谈食品安全的重要性及管控措施[J]. 中国食品工业, 2021(24): 48–49.
LV Y. A brief discussion on the importance of food safety and its control measures [J]. China Food, 2021(24): 48–49.
- [24] 蓬静, 胡伟峰, 陈成. 食品质量管理体系的影响因素及其优化策略分析[J]. 食品安全导刊, 2024(31): 61–63.
QU J, HU WF, CHEN C. Analysis of influencing factors and optimization strategies of food quality management system [J]. China Food Safety Magazine, 2024(31): 61–63.
- [25] 乔裕龙. 食品质量安全风险控制策略研究[J]. 中国食品工业, 2022(1): 122–125.
QIAO YL. Research on risk control strategies for food quality and safety [J]. China Food Industry, 2022(1): 122–125.
- [26] 巫洁雯, 蔡晓君, 卢雯, 等. 过氧化氢检测方法及其作为探针的应用[J]. 广东化工, 2023, 50(17): 144–146.
WU JW, CAI XJ, LU W, *et al.* Hydrogen peroxide detection method and its application as probes [J]. Guangdong Chemical Industry, 2023, 50(17): 144–146.
- [27] 杨欣, 隋玲, 候新彤, 等. 塑料食品包装中受限物质检测研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(14): 20–30.
YANG X, SUI L, HOU XT, *et al.* Research progress in the detection of restricted substances in plastic food packaging [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(14): 20–30.
- [28] 李文博, 胡海, 汪建明, 等. 食品添加剂与食品安全问题分析[J]. 农产品加工, 2023, 7(579): 87–89, 94.
LI WB, HU H, WANG JM, *et al.* Analysis of food additives and food safety [J]. Farm Products Processing, 2023, 7(579): 87–89, 94.
- [29] 王芳. 食品生产安全管理与风险评估研究[J]. 现代食品, 2024(4): 157–159.
WANG F. Research on food production safety management and risk assessment [J]. Modern Food, 2024(4): 157–159.
- [30] 李赫然, 于歌, 孙迪. 食品质量安全风险控制策略研究[J]. 食品安全导刊, 2022(11): 7–9.
LI HR, YU G, SUN D. Study on food quality and safety risk control strategy [J]. China Food Safety Magazine, 2022(11): 7–9.
- [31] 欧阳国强. 食品质量安全问题与生产质量管理研究[J]. 食品安全导刊, 2022(18): 21–23.
OUYANG GQ. Research on food quality and safety problems and production quality management [J]. China Food Safety Magazine, 2022(18): 21–23.
- [32] 娜仁图雅, 马柄坤. 食品安全背景下食品企业管理创新路径研究[J]. 食品安全导刊, 2025(5): 4–6.
NA RTY, MA BK. Research on management innovation path of food enterprises under the background of food safety [J]. China Food Safety Magazine, 2025(5): 4–6.
- [33] 苏燕. 食品安全事件中的食品添加剂风险评估与管理[J]. 食品安全导刊, 2024(24): 26–28, 45.
SU Y. Risk Assessment and management of food additives in food safety incidents [J]. China Food Safety Magazine, 2024(24): 26–28, 45.

(责任编辑: 于梦娇 蔡世佳)