

家用风冷冰箱微生物污染调查及铜材料抗菌效果研究

钱海雷^{1a}, 许慧慧^{1a}, 郭常义¹, 鲍宁², 高屹峰², 金奇昂^{1a}, 张曦^{1b}, 陈敏^{1b}

摘要: [目的] 通过家用风冷冰箱微生物污染调查及铜箔抗菌效果研究, 了解风冷冰箱中的主要微生物种类, 并验证铜材料对其抗菌性能。[方法] 通过社区卫生服务中心随机抽取 10 户家庭风冷冰箱进行金黄色葡萄球菌、蜡样芽孢杆菌、小肠结肠炎耶尔森氏菌、单增李斯特菌、沙门氏菌 5 种微生物的采样检验, 并参照 GB 21551.2—2010《家用和类似用途电器的抗菌、除菌、净化功能 抗菌材料的特殊要求》中的方法评价铜箔对其中 4 种微生物的抗菌效果。[结果] 家用风冷冰箱细菌总数总超标率为 8.7%; 其中风道口部位细菌总数超标率最高, 为 15.0%。真菌总数总超标率为 17.5%; 其中风流经处部位真菌总数超标率最高, 为 35.0%。蜡样芽孢杆菌总超标率为 17.5%; 其中储物箱背面蜡样芽孢杆菌超标率最高, 为 45.0%。37℃ 和 4℃ 培养下铜箔对 4 种常见微生物(蜡样芽孢杆菌、小肠结肠炎耶尔森氏菌、单增李斯特菌、沙门氏菌)的抗菌率均在 99% 以上。[结论] 受调查的家用风冷冰箱存在一定的微生物污染, 部分冰箱中条件致病菌有检出。铜箔对冰箱内 4 种常见微生物均具有抗菌效果。

关键词: 风冷冰箱; 微生物污染; 铜; 抗菌性能; 低温

Microbial Contamination in Household Air-Cooled Refrigerators and Antibacterial Effects of Copper
QIAN Hai-lei^{1a}, XU Hui-hui^{1a}, GUO Chang-yi¹, BAO Ning², GAO Yi-feng², JIN Qi-ang^{1a}, ZHANG Xi^{1b}, CHEN Min^{1b} (1.a.Department of Environmental Health b.Laboratory of Microbial Testing, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China; 2.International Copper Association Shanghai Office, Shanghai 200020, China). Address correspondence to XU Hui-hui, E-mail: xuhuihui@scdc.sh.cn • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To investigate the microbial contamination in household air-cooled refrigerators, identify major microbial species, and verify antibacterial effect of copper. [Methods] Ten household air-cooled refrigerators were selected randomly by a community health service center to collect samples for determination of five microbes including *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Versinia bacteria*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella*. Antibacterial effect of copper was evaluated referring to the national standard *Antibacterial and cleaning function for household and similar electrical appliances-Particular requirements of material* (GB 21551.2-2010). [Results] The disqualified rates for total bacterial count, total fungal count, and *Bacillus cereus* detected in the household air-cooled refrigerators were 8.7%, 17.5%, and 17.5%, separately. Highest disqualified rates for the above three indicators were found at air ducts (15.0%), places covered by cooled air (35.0%), and back of storage box (45.0%). The antibacterial rates of copper against four common microorganisms (*Bacillus cereus*, *Versinia bacteria*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella*) were all above 99% under 37℃ or 4℃ bacterial culturing. [Conclusion] The investigated household air-cooled refrigerators present microbial contamination. Opportunistic pathogens are detected in several refrigerators. Copper shows antibacterial effects on four common microorganisms found in refrigerators.

Key Words: air-cooled refrigerator; microbial contamination; copper; antibacterial effect; low temperature

随着人们对卫生和健康要求的不断提高, 人们对家用电冰箱的要求不再停留在仅仅对食品低温储存上, 而从食品的保鲜无菌角度, 对电冰箱提出了更高的质量需求。随着冰箱制冷技术的不断进步, 家用冰箱也发展出了更先进的具有无霜、温度均匀性好、温

控精准、冷却速度快等特性的风冷制冷冰箱, 成为市场的主流产品。既往研究显示铜对环境中的常见微生物具有明显的抑菌作用, 铜离子通过接触反应破坏微生物细胞膜影响细胞内酶的活性, 并通过光催化反应产生活性氧自由基而达到抗菌效果^[1], 但尚无铜在低温条件下抑菌效果的研究。既往研究的对象均为家用、医用或商用直冷冰箱, 部分研究仅涉及 1~2 种具体微生物或仅对细菌总数和真菌总数进行调查^[2-7], 研究家用风冷冰箱的微生物污染状况鲜见报道。本研究拟开展家用风冷冰箱中多种低温微生物的污染调查, 并在此基础上研究铜对风冷冰箱特征微生

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2015.15232

[作者简介] 钱海雷(1977—), 男, 博士, 主管医师; 研究方向: 环境危害因素与健康效应; E-mail: qianhailei@scdc.sh.cn

[通信作者] 许慧慧, E-mail: xuhuihui@scdc.sh.cn

[作者单位] 1. 上海市疾病预防控制中心 a. 环境卫生科 b. 微生物检测实验室, 上海 200336; 2. 国际铜专业协会上海代表处, 上海 200020

物常规37℃培养及模拟冰箱正常运行时4℃低温条件下培养后的抗菌效果,为了解家用风冷冰箱微生物的基本污染情况,为探索在家用风冷冰箱微生物易污染部位使用铜材料控制微生物污染提供依据。

1 对象与方法

1.1 样本采集

2014年2月由社区卫生服务中心询问就诊人员家用风冷冰箱使用情况,记录名单后由研究人员通过电话联系从自愿参与研究项目的家庭中,随机选取已使用1年以上铝管铝翅片蒸发器风冷无霜家用冰箱的10户家庭,对其家庭内使用的家用风冷冰箱冷藏室的不同部位(搁架背面、底部储物箱背面、风道口及一个风道流经处)进行微生物采样,每部位采集2个样品。

1.2 冰箱冷藏室微生物污染调查

1.2.1 微小气候检测 在现场风冷冰箱正常使用状态下使用VAISALA HM34C型数字式温湿度仪对风冷冰箱冷藏室空气进行温度和相对湿度检测,每台冰箱冷藏室分上、中、下3个部位各检测2次,计算平均值。

1.2.2 微生物检测 调查时取出冰箱内储存物品,保持冰箱正常使用情况下对冰箱冷藏室内部的储物箱背面、风道流经处、搁架背面和风道口4个采样部位表面一定面积(储物箱背面及风道流经处采样面积为5cm×5cm,搁架背面和风道口为全覆盖采样)进行涂抹采样,使用消毒棉签涂抹相应面积后放入10mL生理盐水管4℃采样箱保存,参考既往文献^[2-4,8],选定检测指标为细菌总数、真菌总数、金黄色葡萄球菌、蜡样芽孢杆菌、小肠结肠炎耶尔森氏菌、单增李斯特

菌、沙门氏菌7项指标。采集的样品在4h内送实验室接种培养平皿进行定性和定量检测。

1.3 铜抗菌效果实验

1.3.1 样品 检测样品:紫铜箔(由国际铜业协会上海办事处提供,含铜量99%);对照样品:高密度聚乙烯(HDPE,市场购买HDPE材质塑料瓶后裁剪消毒)。

1.3.2 指标 蜡样芽孢杆菌、小肠结肠炎耶尔森氏菌、单增李斯特菌、沙门氏菌4种特征微生物。

1.3.3 检测方法 参照GB 21551.2—2010《家用和类似用途电器的抗菌、除菌、净化功能 抗菌材料的特殊要求》中“附录A 抗菌性能试验方法1(贴膜法)及效果评价”方法进行^[9]。

此外,除根据上述标准在37℃温度条件下培养后洗脱再培养计数外,另设实验组和对照组在4℃温度条件下(模拟冰箱冷藏室温度)培养后洗脱再培养计数。

1.4 统计学分析

检测数据使用SPSS 17.0软件进行汇总及统计分析。连续数据呈非正态分布,故采用Mann-Whitney及Kruskal-Wallis非参数检验,率数据采用Fish精确概率法比较, α 均设定为0.05。综合既往文献报道^[5-7],以细菌总数小于5cfu/cm²、真菌未检出、致病菌未检出为合格标准。铜的抗菌率按标准GB 21551.2—2010中相应公式计算。

2 结果

2.1 冰箱冷藏室微小气候调查

调查显示,各台冰箱冷藏室温湿度波动范围较小,表明冰箱冷藏室在调查期间均运行正常。见表1。

表1 家用风冷电冰箱基础情况及冷藏室微小气候($\bar{x} \pm s$)

编号	品牌	使用年限	检测次数	温度(℃)	相对湿度(%)
1	海尔(Haier)	7.0	6	5.12±0.07	38.65±0.57
2	西门子(Siemens)	7.0	6	6.23±0.10	41.20±0.88
3	海尔(Haier)	5.5	6	5.55±0.10	40.93±0.81
4	夏普(Sharp)	2.5	6	6.88±0.07	39.10±0.40
5	博世(Bosch)	1.5	6	8.02±0.07	35.22±0.31
6	博世(Bosch)	4.5	6	7.42±0.07	36.88±0.38
7	卡萨帝(Casarte)	1.5	6	7.02±0.07	34.95±0.15
8	卡萨帝(Casarte)	4.0	6	5.08±0.07	33.88±0.12
9	松下(Panasonic)	1.0	6	6.12±0.04	89.00±0.09
10	伊莱克斯(Electrolux)	2.0	6	10.03±0.05	70.12±0.50

2.2 冰箱冷藏室内微生物污染调查

10台冰箱4个部位共80个样品的实验室微生物检验结果表明,冰箱内细菌、真菌均有检出。致病菌方面有蜡样芽孢杆菌的检出;金黄色葡萄球菌、小

肠结肠炎耶尔森氏菌、单增李斯特菌、沙门氏菌均未检出。表2表明,细菌总数、真菌总数、蜡样芽孢杆菌的总超标率分别为8.7%,17.5%,17.5%。按使用年限分为2组后可以发现,使用年限4年以下组

的细菌总数超标率要高于4年以上组；真菌超标率及腊样芽孢杆菌超标率差异无统计学意义。按部位分组后可以发现，储物箱背面的腊样芽孢杆菌超标率明显高于其他部位；细菌总数及真菌总数超标率在各部位间差异无统计学意义。表2还显示了细菌总数的中位数及上下四分位数水平。可以发现，使用年限分组中，4年以下组的细菌总数水平明显高

于4年以上组，与细菌总数不合格率的变化一致。按部位分组中，风道口的细菌总数水平高于其他3个部位。

2.3 铜抗菌效果试验

表3可见，无论是37℃还是4℃，铜对蜡样芽孢杆菌、小肠结肠炎耶尔森氏菌、单增李斯特菌和沙门氏菌的抗菌率均在99%以上。

表2 家用风冷电冰箱微生物污染情况

分组	件数	细菌总数 (cfu/cm ²) (中位数及上下四分位数)	细菌总数超标率 (%)	真菌总数超标率 (%)	蜡样芽孢杆菌超标率 (%)
年限					
<4年	48	0.09 (0.05~0.53)*	14.6*	20.8	12.5
>4年	32	0.05 (0.02~0.10)	0.0	12.5	25.0
部位					
储物箱背面	20	0.06 (0.02~0.10)	0.0	15.0	45.0*
风流经处	20	0.08 (0.02~0.11)	10.0	35.0	10.0
风道口	20	0.22 (0.09~0.53)*	15.0	10.0	5.0
搁架背面	20	0.06 (0~0.13)	10.0	10.0	10.0
合计	80	0.08 (0.03~0.24)	8.7	17.5	17.5

[注]*: 表示与其他分组相比, $P<0.05$ 。

表3 不同温度下铜箔对4种细菌的抗菌效果

细菌	温度	组别	细菌数 (cfu)				抗菌率 (%)
			实验1	实验2	实验3	均值	
蜡样芽孢杆菌	37℃	铜箔	0	1	2	1	99.99
		对照	4.1×10^5	4.2×10^5	2.2×10^6	1.0×10^6	
	4℃	铜箔	23	23	29	25	99.86
		对照	1.9×10^4	1.9×10^4	1.7×10^4	1.8×10^4	
小肠结肠炎耶尔森氏菌	37℃	铜箔	101	41	65	69	99.99
		对照	1.3×10^6	1.2×10^6	1.7×10^6	1.4×10^6	
	4℃	铜箔	4.5×10^3	750	750	2×10^3	99.88
		对照	1.6×10^6	1.5×10^6	1.9×10^6	1.7×10^6	
单增李斯特菌	37℃	铜箔	145	745	185	358	99.99
		对照	4.6×10^6	5.5×10^6	5.5×10^6	6.7×10^6	
	4℃	铜箔	1.7×10^3	1.7×10^4	1.8×10^3	7.1×10^3	99.34
		对照	8.8×10^5	1.2×10^6	1.1×10^6	1.1×10^6	
沙门氏菌	37℃	铜箔	1.8×10^4	1.5×10^3	1.1×10^4	1.0×10^4	99.97
		对照	2.6×10^7	3.5×10^7	4.5×10^7	3.5×10^7	
	4℃	铜箔	3	0.5	0	1.2	99.99
		对照	3.5×10^5	1.7×10^6	1.1×10^6	1.1×10^6	

3 讨论

随着生活水平的提高,冰箱已成为家庭生活中必不可少的电器之一,在保鲜和预防食物变质等方面起到了重要作用,冰箱中的食物也常被认为是“最干净”的。Dugleux等^[10]对11个患败血症病人病因研究发现,致病原是储存在冰箱中的肠胃营养添加剂中出现了阴沟肠杆菌的污染。由此可见,家用冰箱中存在较高的致病风险,对人体的潜在威胁不容小觑。羊宋贞等^[11]从家庭冰箱中分离得到微生物158株,其中致病菌18株,约占11.39%。致病菌中有14株为细菌,构

成了家庭冰箱中的主要致病菌。本次研究针对风冷冰箱特点,在研究内容中加入了出风口和风道流经处的微生物采样检测。

冰箱在调查期间均为正常运行状态,确保采样是在符合家庭实际使用条件的情况下进行。各冰箱的使用年限为1年到7年,基本覆盖了目前家用风冷电冰箱的使用年限,有一定的代表性。调查时发现被调查家庭在风冷冰箱中储存的常见物品为包装食品、饮料、调料、厨房剩菜(有包装)等。

冰箱内微生物污染调查结果表明,家用风冷电冰

箱存在微生物污染,部分冰箱中条件致病菌有检出。按使用年限分为4年以下组和4年以上组后比较发现,4年以下组的细菌总数超标率高于4年以上组。初步推测可能原因与冰箱的清洁情况有关。在使用年限较长后,用户会注意对冰箱的清洁,而使用年限较少的冰箱用户反而会忽视了对冰箱的清洁。由于本次调查的家用风冷无霜电冰箱数量相对较少,仍不足以全面分析冰箱使用年限对微生物污染水平的影响,上述调查结果的原因分析仍具有偶然性。此外,本次调查中冰箱用户无法通过回忆精确量化冰箱清洗情况方面的调查信息,因此也难以做出进一步分析。

按冰箱不同部位分组后可以发现,储物箱背面的蜡样芽孢杆菌超标率明显高于其他部位,提示该部位可能为冰箱内蜡样芽孢杆菌污染的重点区域。而出风口的细菌总数水平高于其他部位,提示风冷电冰箱循环风内存在细菌污染,其来源很可能是风冷冰箱的散热器表面,需要进一步研究加以证明。

本次调查研究未在冰箱冷藏室中检出金黄色葡萄球菌、小肠结肠炎耶尔森氏菌、单增李斯特菌、沙门氏菌等致病菌,特别是相关文献报道在冷藏冷冻食品中常见的单增李斯特菌、小肠结肠炎耶尔森氏菌、沙门氏菌等^[3-4,8],可能原因是冰箱所处的环境中及用户在冰箱冷藏室中所保存的常见物品上不存在相关微生物,未能引起冰箱冷藏室的污染。冰箱用户在调查中均表示外购食品原材料在放入冰箱冷藏室前均进行清洗并/或另行包装密封,这也可能是微生物污染偏少的原因。此外,本次调查研究冰箱数量较少,且为一次性采样检测,也可能导致上述致病菌的检出率低。

家用风冷无霜电冰箱属于家用电器,因此本研究参照GB 21551.2—2010《家用和类似用途电器的抗菌、除菌、净化功能 抗菌材料的特殊要求》中“附录A抗菌性能试验方法1(贴膜法)及效果评价”这一方法进行。同时,考虑到冰箱冷藏室工作温度低这一特点,本项目还进行了模拟冰箱冷藏室温度条件下(4℃)铜对上述相关微生物的抗菌性能研究。

铜抗菌试验的结果表明,金属铜接触相关微生物24h能有效抑制其生长繁殖并杀灭存活的微生物,极大减少其表面的微生物浓度水平,按照GB 21551.2—2010标准方法进行抗菌试验得到铜对相关微生物的抗菌率均在99.9%以上;即使是模拟冰箱冷藏室4℃低温培养,铜对相关微生物的抗菌率也在99%以上。已有研究报道铜材料表面接触微生物后能抑制其繁殖^[12]。本次研究表明铜是一种良好的抗菌材料,即使

应用在冰箱等具备低温环境的电器中也能有效地发挥其抗菌作用,降低材料接触表面相关微生物的浓度水平,保持家用电器的卫生状况,保障使用者的健康。

本研究的局限性在于调查对象较少,缺乏冰箱清洗周期、存储物品种类的详细调查以及对冰箱温湿度和微生物的持续性调查,检测的微生物种类尚不全面,希望后续能针对上述情况开展进一步的研究,为保障冰箱食品安全提供更充分的依据。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] 沈成灵,李原芳,祁文静,等.氧化亚铜纳米颗粒与金黄色葡萄球菌的相互作用[J].中国科学B辑:化学,2008,38(12):1100-1104.
- [2] 郝庆功,孙玉伟,赵山庆,等.对不同用户家用电冰箱的卫生细菌学实验研究与探讨[J].中国卫生检验杂志,1993,3(3):179-180,188.
- [3] 刘振,吴旭东,刘宗东.冷冻食品中小肠结肠炎耶尔森氏菌检测[J].中国公共卫生,2005,21(11):1322.
- [4] 樊凉萍.冷冻食品微生物危害现状及预防措施分析[J].中国保健营养,2013(2):511-512.
- [5] 崔万吉,杨德隆,辛桂芬,等.冰箱细菌污染及消毒效果观察[J].消毒与灭菌,1989(4):238.
- [6] 王亦平,刘守仁,王文德,等.家用冰箱细菌与真菌污染调查[J].中国消毒学杂志,1995,12(2):121.
- [7] 王玲,杨会,陈艺,等.加强医院冰箱管理降低医院感染调查[J].中国误诊学杂志,2008,8(26):6552.
- [8] 张丽萍,高涛,张克俭,等.食品中单增李斯特菌检验方法的应用研究[J].中国卫生检验杂志,2014,24(3):366-371.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB 21551.2—10 家用和类似用途电器的抗菌、除菌、净化功能 抗菌材料的特殊要求[S].北京:中国标准出版社,2011.
- [10] Dugleux G, Coutour X L, Hecquard C, et al. Septicemia caused by contaminated parenteral nutrition pouches: the refrigerator as an unusual cause[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 1991, 15(4): 474-475.
- [11] 羊宋贞,冯广达,姚青,等.家庭冰箱中的微生物种类调查[J].生物技术通报,2013(2):195-200.
- [12] 钱海雷,沈春琳,金奇昂,等.公交客车空调铜、铝翅片散热器抑菌性能对比分析[J].环境卫生学杂志,2011,1(1):33-35,39.

(收稿日期:2014-10-20)

(英文编辑:汪源;编辑:洪琪;校对:丁瑾瑜)