

探究不同材质杯子在不同液体残留下的最佳清洗频率

董柏霖，张展搏，孙敏涵

2025 年 9 月 17 日

摘要

目录

1	引言	3
2	材料与方法	3
2.1	材料与试剂	3
2.2	实验方法	3
2.3	数据处理方法	4
2.3.1	数据清洗	5
2.3.2	数据预处理	5
3	结果与讨论	6
3.1	结果	6
3.1.1	单一材料比较数据	6
3.1.2	同种液体比较数据	7
3.1.3	综合比较	8
3.2	分析与讨论	8
3.2.1	最佳承装液体	8
3.2.2	最佳承装容器	8
3.2.3	原因分析	8
4	结论与创新点	9
4.1	结论	9
4.2	创新点	9
5	问题与反思	9
5.1	现有问题	9
5.2	反思与改进方案	10
5.3	未来展望	10
6	收获	10

1 引言

在日常生活中，我们常听到“不要喝隔夜水”的建议，也屡见媒体报道因水杯清洁不当引发的卫生问题。例如，2025 年 1 月 6 日，美国净水器制造商 Water Filter Guru 发布的一项调查显示，如果未能认真清洗，一个可重复使用的水瓶中平均可检出 2080 万个细菌菌落形成单位（CFU），约为电脑鼠标细菌数量的 5 倍；其中带有运动壶嘴的水瓶菌落数甚至可高达 3000 万 CFU，污染程度可能超过马桶座圈。这一数据突显了日常饮水容器中微生物污染的严重性与潜在健康风险。

饮用容器使用后放置，内壁易残留水分、有机物及微生物，形成生物膜，成为细菌、霉菌等滋生的温床。尤其在常温环境下，某些材质的杯体表面更易附着和积累微生物，增加饮用者发生肠道感染或其他健康问题的概率。目前，公众对水杯清洁频率、材质选择及盛放液体类型的影响仍缺乏科学、系统的认知，相关行为多基于经验或习惯，亟须通过实验研究提供理论依据与实践指导。

本研究旨在通过模拟日常使用条件，对不同材质水杯（不锈钢、陶瓷）中微生物的生长规律进行定性、定量分析，明确其菌落数量随时间的变化情况，进而确定合理的清洗周期；同时，比较不同材质表面对微生物吸附及增殖的影响，为选择安全性更高的水杯材料提供依据；此外，还将探讨常见饮品（如清水、茶、糖饮料等）对微生物生长的影响差异。通过上述研究，我们希望建立科学的水杯使用与清洁策略，从源头上减少因细菌污染导致的健康风险，提升公众日常饮水卫生水平。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

2.2 实验方法

实验前，将乌龙茶、沁葡水及无菌水分装于若干小锥形瓶中，陶瓷片与不锈钢片以报纸包裹，连同培养皿、小试管等实验器材经高压蒸汽灭菌后转移至无菌室。同时配制 1 L 牛肉膏蛋白胨培养基，装于锥形瓶中灭菌后，于无菌室内分装至培养皿并密封，避免污染。

为模拟杯壁液体残留情形，在无菌室内对操作环境及实验者进行酒

材料	参数	用途
不锈钢片	20 × 20 × 2mm	菌落附着材料
陶瓷片	20 × 20 × 2mm	菌落附着材料
无菌水	/	实验液体
乌龙茶	/	实验液体
沁葡水	/	实验液体
牛肉膏蛋白胨培养基	牛肉膏蛋白胨培养基	配置培养基

表 1: 实验材料参数及用途表

精消毒后，将灭菌后的材质薄片置于无菌培养皿中。使用移液枪精准量取三种液体各 1 mL，分别滴加于不锈钢片和陶瓷片表面，并标注材质、液体类型与放置时间（如：不锈钢-水-1 天）。每种材质与液体的组合均设置 5 个时间梯度（1、2、3、4、5 天），以获取连续时间段的微生物生长数据。处理后的样品置于室温阴凉环境中培养，模拟未彻底清洗的容器表面残留液体的真实环境。

到达预定时间后，将样品密封带回无菌室，经表面消毒后，使用经酒精灼烧并冷却的镊子取样品薄片，置入装有 10mL 无菌水的小试管中涡旋搅拌，制备原液。随后进行 10 倍系列梯度稀释，每个稀释度取 500 μ L 菌液涂布于牛肉膏蛋白胨平板，每个样品做三个平行，确保实验数据的准确性。涂布后的平板置于恒温培养箱中，于 37℃ 下培养一周。

培养结束后，对平板上生长的菌落进行拍照记录，进行菌落计数与形态学初步鉴定，以统计不同条件下的微生物残留量。为控制环境变异，所有样品放置起始时间尽量统一设定于周一，若遇特殊情况则予以顺延，未及时处理的样品其洗涤液保存于无菌室 4℃ 冰箱中，以抑制微生物生长并减少外部干扰。

另外的，对于实验使用过后的样品，如已拍照记录过的含菌培养基，需及时清理，消毒、进入循环使用。

2.3 数据处理方法

由于种种原因，实验获得的数据不能直接作为分析的对象，因此，对数据进行相关预处理是十分必要的。

2.3.1 数据清洗

在我们获取的数据中，包含许多异常数据与缺失值，我们主要采用添加偏置的方法修正一组异常项；同时使用函数拟合的方式填补缺失值。

偏置项 引入原因：由于本实验分批次完成（1-2 天一组，3-5 天一组），故每一组的初始条件（初始菌落数）不同，对于 3-5 天这组，我们会通过对其添加偏置项来修正它的初始菌落数目，从而得出较为合理的数据。

即对于某一组菌落数据 $x = x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ ，经过修正后的数据则表示为： $x_{cor} = x_1, x_2, x_3 + \theta, x_4 + \theta, x_5 + \theta$ （ θ 为偏置项）

引入方法：大部分偏置项的确定依赖于 1-2 天（即正常组）的培养情况，确保在调整后图像光滑；

函数拟合 引入原因：由于缺少部分数据，导致我们只能通过函数拟合的方式预测可能的缺失数据。而由于缺失数据周围有正常数据，所以拟合的结果具有一定的可信度。

对于铁片组数据有如下函数（ x 代表天数， y 代表带菌量）：

1. 铁片-无菌水： $y = 100.43x^2 - 240.36x + 203.13$
2. 铁片-沁葡水： $y = 29.35 \times e^{0.96x}$ ，以第 3 天为 $x = 0$
3. 铁片-乌龙茶： $y = 352 \times e^{-0.64 \times (x-2)}$ （以第 2 天为起点开始衰减）

2.3.2 数据预处理

为了分析的简便，我们事先对数据进行了预处理，主要是对数据进行 Min-Max 归一化，将数据线性映射到 $[0, 1]$ 空间内。公式表达为：

$$\hat{x} = \frac{x - \min(X)}{\max(X) - \min(X)}, \hat{x} \in [0, 1] \quad (1)$$

其中， \hat{x} 表示归一化后的数据， X 为同种材料、同种饮料的数据集。

3 结果与讨论

3.1 结果

3.1.1 单一材料比较数据

铁片

控制天数相同，而承装液体不同，可以得到：初期（1-2 天）：水组带菌量较少，而乌龙茶、沁葡水带菌量均较高。

中期（2-3 天）：沁葡水组、乌龙茶组出现降低，水组持续升高。但由于沁葡水的异常降低，乌龙茶带菌量最大，水次之，沁葡水最小。

长期（4-5 天）：乌龙茶组持续减低，而沁葡水组暴增，水组持续上升。沁葡水带菌量最多，无菌水次之，乌龙茶最小。

故在长期的时间中，可能抑菌的效果大于原本所含营养物质的增殖效果，导致了最终的下降。2. 沁葡水组在长期下给菌落生长提供适宜条件，使其暴增。

总结：结合数据，我们不难得到，对于用不锈钢杯子短时间承装，我们推荐盛开水，这种类似经过高压杀菌过的水，而长期肯定是具有抑菌性的茶类比较适合。

控制承装液体相同，天数不同 1. 水组：持续增长，且增幅持续变大。

可能原因：无菌水经过实验室净水器净化和高压灭菌，环境较为单一，可以实现菌落面积和数量的稳定增长。

2. 沁葡水组：有异常下降，但大体上升，在长期中会突增。

可能原因：1. 异常减少可能是随着放置天数增加，部分细菌不适应低水分高糖环境。而暴增可能因为沁葡水的糖分给菌落提供养分，支持生长。

3. 乌龙茶组：持续下降。原因与上述分析一致。

总结：若要用不锈钢杯子长期放置，推荐茶类，尽量减少含糖饮料、水的放置天数。

陶瓷片

控制天数相同，而承装液体不同 在初期，由于大部分数据缺失，不能得到很好的比较关系，不过同对铁片时的分析，我们应该可以得到相似的结论。

在中期，沁葡水的带菌量最高，乌龙茶次之，水最低。

在后期，沁葡水带菌量最多，无菌水次之，乌龙茶最小。

总结：对于在陶瓷杯中短期放置，依旧推荐灭菌过的水，长期放置时，乌龙茶所含菌量大概最少。而尽量不要存放含糖饮料。

控制承装液体相同，天数不同 水组：整体呈现下降趋势。

沁葡水组：总体呈现上升，且增量、总量均较大。沁葡水中的含糖物质是微生物生长的良好培养基，通常会大幅促进菌落生长。

乌龙茶组：先上升后下降。在短期中营养物质对于菌落生长的影响占主导，而长期中，乌龙茶所含的茶多酚对菌落的抑制占主导。

3.1.2 同种液体比较数据

无菌水 根据数据，不难得出，在承装无菌水时，铁片与陶瓷的带菌总量差距并不大，但由于陶瓷片分析时采用增加偏置项的方法，而铁片采用拟合预算的方法。所以实际上，难以得出大小关系。故对于水的承装，两种材料均可，并无影响。

沁葡水 在承装沁葡水代表的含糖饮料中，陶瓷的带菌量远高于铁片。一部分时增加偏置项导致的，但陶瓷-沁葡水的实际值总和也是远高于铁片-沁葡水的。

故，对于含糖饮料的承装，更推荐表面光滑的不锈钢杯子。但仍然不适宜放置过久，其优势在 1-5 天时间内，这种物理抑菌存在的。但如果时间无限延长，残存的少量微生物依然会利用糖分缓慢繁殖，最终形成数量大的菌落。

乌龙茶 虽然对于柱状图中，陶瓷片带菌量占比大于铁片，但不可忽视的是，陶瓷片数据采用偏置项的方法。则再比较实际值，并预测。所以实际上铁片的带菌量也确实小于陶瓷片。

但不锈钢并非完全惰性。茶叶中的茶多酚、鞣酸等成分可能会与金属离子发生微弱的反应，或被金属表面催化氧化，导致茶汤颜色变深、变暗，

甚至产生一种金属味。[1]

而陶瓷杯则化学性质稳定，其坯体和表面的釉（指无彩绘的透明釉）经过高温烧制后，形成了一种非常稳定、致密的玻璃态物质，使得它不会与茶叶中的茶多酚、鞣酸、咖啡中的酸性物质等发生化学反应。

故综合来看，我们更推荐使用陶瓷杯承装茶类、不锈钢杯子承装大部分无糖饮料。

3.1.3 综合比较

3.2 分析与讨论

3.2.1 最佳承装液体

3.2.2 最佳承装容器

3.2.3 原因分析

单一材料的原因分析

可能原因：实验所用水为无菌水，无菌水本身不含营养，微生物生长缓慢；乌龙茶与含糖饮料（沁葡水）都为微生物提供了丰富的碳源和能量，通常会促进菌落大量生长。

可能原因：乌龙茶、沁葡水等饮料中的营养成分多样，因此环境较为复杂，而无菌水的环境成分单一，较为稳定，因此无菌水稳定增长。

可能原因：. 乌龙茶含有抑制菌落生长的物质。在查阅资料后，我们发现，茶类中所含的多酚是一种生物活性成分，起着主要的抑菌作用，[2]

单一饮料的原因分析

可能原因：不锈钢片相较于陶瓷片，拥有表面光滑度，即其经过抛光后，可以形成极其光滑、无孔的表面。这意味着微生物（细菌、霉菌）和营养物（如糖分）难以嵌入或附着在表面的微观缺陷中。没有稳定的附着点，微生物就很难形成难以清除的生物膜。光滑的表面使得在初始滴加时，液体更容易以“液滴”形式存在，而非铺展开并渗入材质内部。在后续的转移或操作中，可能更易抖落，实际残留的糖分量可能略少于陶瓷。而且不锈钢片更少的附着点使得细菌需要附着在表面才能更好地生长繁殖。不锈钢提供的附着点远少于陶瓷，使得细菌更多是悬浮在残留的液滴中，而非牢固地附着在材质上。这种不稳定的状态会抑制其形成规模化的菌落。

4 结论与创新点

4.1 结论

综上所述，我们根据实验数据与严谨的处理、分析过程后得出如下结论：

- 结论 1
- 结论 2
- 结论 3

4.2 创新点

在我们的研究中，我们实现了如下创新：

- 创新点 1
- 创新点 2
- 创新点 3

5 问题与反思

5.1 现有问题

在本次研究中，出现了如下问题，可能会导致实验数据偏差从而得出错误的结论，包括但不限于：

1. 在本次实验中，我们没有很好地控制变量，在进行实验时，部分材料的 1,2,3 天与 4, 5 天的样本分开进行了采集，因此难以排除气候以及其他两次实验中由于操作或其他原因导致的误差。并且拍照采样的时间并不准确，没有精确到 24 小时以及 48 小时等时间点，这可能导致细菌在培养基内培养的时间不长，引起了菌落面积的一定误差。

2. 本次实验样本较少，部分样品由于实验过程中的原因产生了损耗，导致原本稀少的样品更少了，这会导致实验结果可能不具备可复现性，以及实验的结果可能并不具备说服力。另外，本次实验的材料种类过少，原定为 4 种材料进行交叉比对，然而由于时间有限，导致实验流程被大大压缩，所以只实验了三种材料，种类过少可能不能精确找到最佳抑菌材料。

5.2 反思与改进方案

针对如上问题 5，我们提出了如下解决方案：

1. 对于问题 1，应该尽量合理地安排实验流程，将同种材料的实验放在尽量相近并且同时的时间进行，并且精确化采样时间和培养时长，以确保实验结果的准确性。
2. 对于问题 2，可以对于同一天数同一材料同一饮料的实验样品多次重复并留出一定的冗余，并且丰富化材料种类，从真正市面上的保温杯以及咖啡杯上进行采样，确保实验的真实可靠。

5.3 未来展望

针对以上问题及解决方案，我们希望未来能够进一步跟进研究，得出更多可靠、更完备的结论，包括但不限于：

- 希望基于以上更为丰富完善的实验流程得到市面上同种饮料盛装于各种材质制作而成的水杯中，随着时间天数变化的菌落面积和数量曲线，以此来选出具有最佳抑菌效果的水杯材料。
- 针对不同饮料营养成分以及不同材质的水杯得到理论的必要清洗频率以及最佳清洗频率，以避免不频繁的清洗导致菌落数量大幅增长或者是过于频繁的清洗。

6 收获

致谢

本论文的顺利完成，离不开众多师长、同学和亲友的鼎力支持与帮助。在此，我们谨向他们致以最诚挚的谢意。

首先，我要衷心感谢我的导师张阳老师。从论文的选题、框架设计到具体内容的修改完善，张老师都倾注了大量心血，给予了我悉心的指导和无私的帮助。张老师严谨的治学态度、深厚的学术素养和诲人不倦的师者风范，令我受益匪浅，并将激励我在未来的学习和工作中不断前进。

感谢在学习期间所有为我授业解惑的老师，他们的精彩课程为我打下了坚实的专业基础，拓宽了我的学术视野。

感谢实验室的各位同门和同学们，在论文写作过程中，我们相互探讨、共同进步，你们的陪伴和支持让我在科研道路上不再孤单。

感谢参与本论文评审和提出宝贵意见的各位专家学者，他们的真知灼见为论文的完善提供了重要指导。

最后，我要向我的家人表示最深切的感谢。你们的理解、支持和鼓励是我能够安心完成学业和论文写作的坚强后盾。

由于本人学识水平有限，论文中难免存在疏漏和不足之处，恳请各位老师和专家批评指正。

参考文献

- [1] 明珠, 吴云海, and 阿依妮尔·艾尔肯. 茶汤与金属离子络合反应的研究. 环境科技, 28(04):5-11, 2015.
- [2] 蔡静, 叶润, 贾凯, 孙伟, and 赵丽平. 茶多酚的提取及抑菌活性研究综述. 化学试剂, 42(02):105-114, 2020.