

“定量测定”更有助于高中生科学思维习惯的养成

——以“比较过氧化氢在不同条件下的分解”探究实践为例

吴春孟, 季琳欣, 焦成瑾*

天水师范大学生物工程与技术学院, 甘肃 天水

收稿日期: 2026年8月18日; 录用日期: 2026年10月14日; 发布日期: 2026年10月26日

摘要

针对现行高一生物教材“比较过氧化氢在不同条件下的分解”探究实践中基于定性观察氧气产生来判断不同条件下过氧化氢的分解效率, 本教学通过优化操作, 将过氧化氢分解场所和产生的氧气量化测定集中于一次性注射器, 将这一定性观察的探究活动转变为定量测定的探究活动, 使原来基于现象观察的估计转变为基于数据比较的判断, 学生思考推理由定性分析上升为量化比较, 使实验结论更准确、可重复, 有助于学生科学思维习惯的养成。

关键词

过氧化氢, 定量, 数据证据, 科学思维

“Quantitative Determination” Is More Conducive to Cultivating High School Students’ Habits of Scientific Thinking

—Taking the Inquiry-Based Experiment “Comparing the Decomposition of Hydrogen Peroxide under Different Conditions” as an Example

Chunmeng Wu, Linxin Ji, Chengjin Jiao*

School of Bioengineering and Technology, Tianshui Normal University, Tianshui Gansu

Received: August 18, 2026; accepted: October 14, 2026; published: October 26, 2026

*通讯作者。

文章引用: 吴春孟, 季琳欣, 焦成瑾. “定量测定”更有助于高中生科学思维习惯的养成[J]. 创新教育研究, 2026, 14(10): 469-477. DOI: 10.12677/ces.2026.1410811

Abstract

In the current inquiry practice of “Comparing Decomposition of Hydrogen Peroxide under Different Conditions” in the first-year high school biology textbook, the decomposition efficiency is conventionally judged by qualitative observation of oxygen production. This teaching design optimizes the procedure by integrating the site of hydrogen peroxide decomposition and the quantitative measurement of evolved oxygen into a single disposable syringe, thereby transforming the original qualitative observation-based inquiry into a quantitative measurement-based one. As a result, the original estimation based on phenomenological observation is elevated to judgment grounded in comparative data, and students’ reasoning is advanced from qualitative analysis to quantitative comparison. This modification yields more accurate and reproducible experimental conclusions, which in turn helps foster the development of scientific thinking habits.

Keywords

Hydrogen Peroxide, Quantification, Data Evidence, Scientific Thinking

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来，教育部联合多个部委先后出台了加强中小学科学与科技教育的相关文件，强调科学与科技教育对学生核心素养培养的重要性[1][2]。基础教育如何全面落实新课标，加快提升学生核心素养，尤其是科学思维习惯的养成应体现在每堂课、每个教学环节[3]。

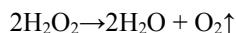
生命科学的发展表明，生物学早已不是曾经单纯的“描述性科学”，而是与数学、物理、化学以及计算机科学等学科已深度融合的综合性学科，其标志性特征之一是“定量”，只有定量，“让数据说话”，才更有利于揭示生命的本质特征。“比较过氧化氢在不同条件下的分解”是人教版普通高中生物学必修1《分子与细胞》第5章第1节的一个“探究实践”活动，通过比较 H_2O_2 溶液在常温、加热、无机催化剂、生物催化剂条件下放出氧气的多少和速度，验证酶的高效性，判断方法为观察试管中气泡冒出的多少和卫生香复燃。出于不同教学目标，这一探究活动已有不少的优化[4]-[8]，既然是比较，若将这一探究活动稍作优化，由“定性观察”改进为“定量分析”，突出数据比较，不但能提高探究效果，而且能帮助学生从“模糊估计”的思考转变为“精确判断”，帮助提升学生的科学思维。

本实验优化教学案例仅采用一次性注射器代替教材中的敞口试管，将分解产物——氧气密封在注射器中，实现了关键参数——氧气的“定量”，通过一定反应时间读取注射器氧气体积即可比较不同条件下的氧气释放效率；同时，除了使用鸡肝，选择几种学生生活中常见的其他生物材料如校园植物，家用干酵母等与鸡肝对比，使学生进一步认识过氧化氢酶在生物中的分布及活性的差异，帮助学生理解生命的统一性和多样性。

教师指导学生通过教材内容解读，实验方案讨论，实验步骤确定，分组实验，过程指导，结果交流，总结反思等环节，学生切身体会到定量研究的规范性以及研究结果对逻辑推理和现象判断的重要性。

2. 实验原理

H_2O_2 在常温下可以缓慢分解为水和氧气，但在加热条件下和催化剂的作用下分解速率会显著加快。催化剂分为无机催化剂和生物催化剂，无机催化剂，如 FeCl_3 溶液，其中的 Fe^{3+} 能降低反应活化能，加速分解；生物材料中的过氧化氢酶，如新鲜猪肝、鸡肝中的过氧化氢酶也能催化该反应，并且催化效率更高。反应方程式如下：



3. 实验材料与器具

3.1. 材料与试剂

新鲜鸡肝、安琪牌高活性干酵母粉、酵母片、苹果、木兰叶片、女贞叶片、牡丹叶片、冬青叶片、红叶石楠叶片、 H_2O_2 溶液、 FeCl_3 、石英砂、纯净水。

3.2. 实验器材

20 ml 一次性注射器、普通针头、试管、量筒、注射器密封胶帽、试管架、研钵、烧杯、玻璃棒、胶头滴管、脱脂纱布、卫生香、恒温水浴锅、凡士林、分析天平、标签纸等。

3.3. 注射器准备

本探究中， H_2O_2 溶液盛放及分解反应、氧气收集及其体积测量均在注射器中，因此，一方面注射器的活塞移动要有很小的阻力，确保产生的氧气在常压下能推动活塞移动，另一方面要确保注射器的气密性，前者可通过在注射器活塞表面涂抹少量凡士林以减少摩擦来解决，后者通过选择注射器专用橡胶堵头来解决。若涂有凡士林并套紧堵头后，推拉活塞后能迅速回到原位，说明注射器可以用于实验。同法准备多个类似推拉阻力小、密封性好的注射器备用。

3.4. 溶液配制



1. 木兰叶，2. 牡丹叶，3. 女贞叶，4. 冬青叶，5. 红叶石楠叶。

Figure 1. Leaves of several campus plant species

图 1. 几种校园植物叶片

1) 3% H_2O_2 溶液：量取 10 ml 新购置的 30% H_2O_2 溶液，用纯净水定容至 100 ml，或直接使用未拆封的新鲜医用 3% H_2O_2 溶液。

2) 3.5% FeCl_3 溶液：称取 5.8 g 六水合三氯化铁($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)，溶于适量水中，定容至 100 ml。

3) 20% 鸡肝研磨液：称 2.0 g 新鲜鸡肝，放入研钵，加 5 ml 纯净水和少许石英砂研磨至匀浆后，隔 2 层纱布吸取上清液转移至 10 ml 容量瓶，再加 5 ml 水于研钵中继续研磨片刻，同法将上清液再转移至同

一量筒中，再补加少许水定容至 10 mL。

4) 干酵母溶液：分别称取 2.0 g 新购置的安琪高活性酵母粉和干酵母片，按 3) 的方法，分别配制 20% 的高活性酵母溶液和 20% 干酵母溶液。

5) 树叶与苹果研磨液：先去掉叶主脉，然后分别称取 2.0 g 校园中采集的新鲜木兰叶片、牡丹叶片、女贞叶片、冬青叶片、红叶石楠叶片(图 1)，同 3) 方法研磨配制相应的 20% 的叶片溶液，苹果先去皮后，称 2.0 g 果肉，同法制得 20% 苹果溶液。

4. 实验步骤

4.1. H_2O_2 自然分解

用准备好的注射器先吸入 4 mL 3% 的 H_2O_2 溶液，再小心吸入 2 mL 纯净水，迅速去掉针头套上注射器堵头，竖直置于试管架上，计时 10 min，观察注射器活塞移动情况。

4.2. H_2O_2 加热分解

用准备好的注射器先吸入 4 mL 3% 的 H_2O_2 溶液，再小心吸入 2 mL 纯净水，迅速去掉针头套上注射器堵头，竖直置于 90℃ 水浴中，计时 10 min，观察注射器活塞移动情况。同时，另取准备好的注射器直接吸入 6 mL 纯净水(作为组内对照)，同法密封后置于水浴中，观察因加热气泡的发生情况。

4.3. H_2O_2 在 FeCl_3 溶液中的分解

用准备好的注射器先吸入 4 mL 3% 的 H_2O_2 溶液，再小心吸入 2 mL 准备好的 FeCl_3 溶液，同 4.1 方法观察注射器活塞移动情况。

4.4. H_2O_2 在鸡肝研磨液中的分解

用准备好的注射器先吸入 4 mL 3% 的 H_2O_2 溶液，再小心吸入 2 mL 准备好的鸡肝研磨液，同 4.1 方法观察注射器活塞移动情况。

4.5. H_2O_2 在树叶和苹果研磨液中的分解

用准备好的注射器先吸入 4 mL 3% 的 H_2O_2 溶液，再小心分别吸入 2 mL 准备好的不同树叶研磨液，同 4.1 方法分别观察注射器活塞移动情况。

4.6. 注射器中氧气的检验与体积记录

各处理 10 min 计时结束后，先记录注射器中氧气的体积(mL)，后小心去掉注射器堵头，检验放出的气体能否让带火星的卫生香复燃。

4.7. 数据分析

所有处理产生的氧气体积(mL)为至少三次重复实验的平均值，不同处理之间平均值的显著性差异通过 ANOVA 检测(95%置信区间)。实验的原始数据见附表 1。

5. 结果与分析

5.1. H_2O_2 在自然及加热下的分解速度极慢

H_2O_2 在自然及加热下的分解速度非常慢，两种处理在 10 min 内，注射器的活塞几乎未动，注射器内也无气柱形成，不过水浴中的注射器内有少量气泡出现，这些少量气泡不是释放的氧气，而是加热由水

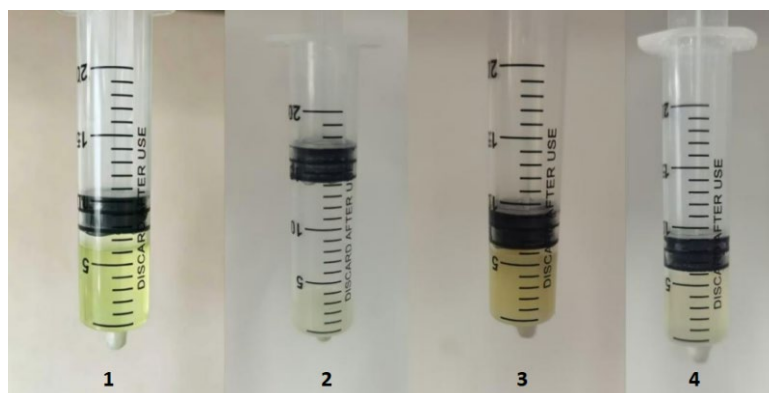
中溢出的空气，不能使带火星的卫生香复燃。事实上，在 90℃ 下，即接近水沸点时，注射器中的水溶液会产生气泡，这些少量气泡产生的压力不足以推动注射器活塞移动。

5.2. H_2O_2 在鸡肝研磨液中的分解速度极快

不同于自然及加热状态下 H_2O_2 的慢速分解，在鸡肝研磨液中， H_2O_2 的分解速度非常快。2 mL 的新鲜鸡肝研磨液与 4 mL 的过氧化氢溶液混合后，注射器活塞立刻移动，1 分钟内，产生的氧气体积大于 17 mL，将加入的新鲜鸡肝研磨液减少为 0.5 mL，与 1 mL 的过氧化氢溶液反应，10 分钟产生的氧气体积为 9.5 mL。去掉注射器堵头，释放出的气体立刻使带火星的卫生香复燃，说明鸡肝中过氧化氢酶活性非常高。

5.3. H_2O_2 在 FeCl_3 溶液及其它溶液中的分解

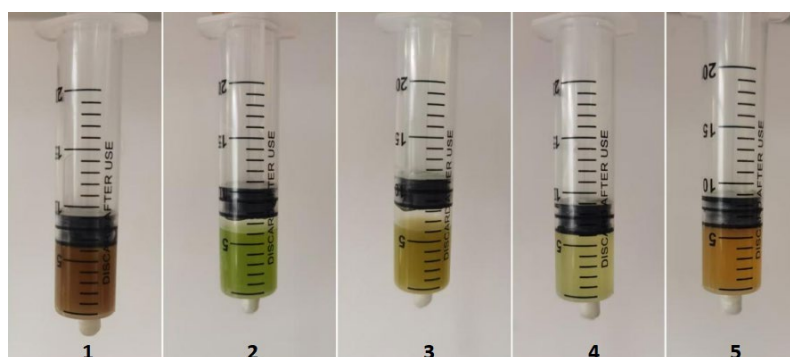
如图 2、图 3， FeCl_3 溶液及生物组织提取液使 H_2O_2 的分解速度明显比自然分解快，各处理的注射器活塞均发生不同程度的移动。



1. FeCl_3 溶液；2. 高活性干酵母研磨液；3. 酵母片研磨液；4. 苹果研磨液。

Figure 2. Movement of the syringe piston following treatment with different solutions

图 2. 不同溶液处理使注射器活塞移动情况



1. 木兰叶研磨液；2. 牡丹叶研磨液；3. 女贞叶研磨液；4. 冬青叶研磨液；5. 红玉石楠叶研磨液。

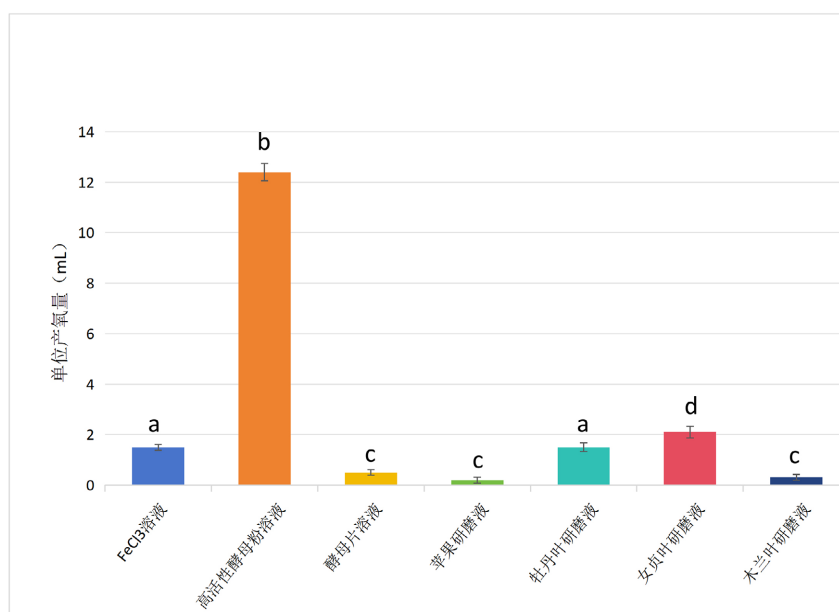
Figure 3. Displacement of the syringe piston following treatment with different plant-leaf homogenates

图 3. 不同植物叶片研磨液处理后注射器活塞移动情况

FeCl_3 溶液处理组产生细小气泡，使活塞缓慢移动，10 min 产生氧气的体积为 1.5 ml (图 4)； H_2O_2 溶

液与安琪高活性干酵母溶液混合的瞬间就产生大量气泡，分解剧烈，说明高活性酵母粉溶液中过氧化氢酶活性也非常高，10 min 产生的氧气体积为 12.2 ml。然而，含酵母片溶液的注射器中产生少量气泡，活塞只有微弱移动，10 min 产生的氧气体积只有 0.5 ml；苹果研磨液组产生的气泡极少，活塞几乎不动，10 min 产生的氧气体积仅 0.2 ml；木兰叶片研磨液组气泡极少，10 min 的氧气体积为 0.3 ml；冬青叶研磨液组也产生了少量的气泡，但注射活塞基本未移动；牡丹叶研磨液组产生的氧气体积为 1.5 ml，和 FeCl_3 溶液的大致相当；女贞叶片研磨液组持续产生气泡，10 min 产生的氧气体积为 2.1 ml，红叶石楠叶片研磨液组几乎未产生气泡，10 min 内注射器活塞未见移动。

综上，在本研究条件下，以 FeCl_3 组 (1.5 mL) 为基准，计算其他组的相对产氧活性(10 分钟总产量比值)：高活性酵母为 8.1 倍(12.2/1.5)，酵母片为 0.33 倍，苹果为 0.13 倍，木兰为 0.2 倍，牡丹为 1.0 倍，女贞为 1.4 倍，红叶石楠接近 0。由于鸡肝组在 1 分钟内产氧已超过 17 mL，但未记录其 10 分钟总量，其相对活性需进一步测定，但显然远高于其他组。



柱状图上方不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平不同溶液处理产生的氧气体积平均值存在显著差异。

Figure 4. Volume of oxygen produced from the decomposition of H_2O_2 by different treatment solutions under the present experimental conditions

图 4. 本实验条件下不同处理液使 H_2O_2 分解产生的氧气体积

6. 实验优化特点

6.1. 实验量化与对照

尽管是比较实验，但教材中给出的实验步骤并未严格量化。本实验优化仅采用一支 20 ml 注射器完成不同处理所产生的氧气量化，操作简单，不同处理产生的氧气多少可以从注射器活塞移动形成的气柱体积反应出来，量的多少可直接读取，然后从氧气量的多少来衡量不同处理中 H_2O_2 的分解快慢，据此学生可明确判断自然和实验组之间产生氧气机制的不同，使学生的思维和推理建立在具体数据证据的基础之上，而不是观察“冒气泡”的模糊现象，这种由“定性”观察到“定量”测定使学生的判断有本质差别，数据证据具体明了，据此的推理过程确凿，结论可靠，有助于培养学生“让数据说话”的科学思维习

惯。因此,根据教材探究内容,像本探究实践,能量化的实验操作应尽量设计量化,获取数据证据,培养学生定量思维的习惯,从而有效提升学生的核心素养。

从教材步骤可知, H_2O_2 自然状态下分解是所有其它实验组的对照,然而,在加热条件下 H_2O_2 的分解速度也很慢,加热处理中虽然有少量气泡冒出,但量太少不足以使卫生香复燃。需要注意的是在加热至 90°C 时,不管处理液是否有氧气放出都会“冒泡”,所以,在这里增加一例对照,可以帮助学生区分单纯水加热的“冒泡”和 H_2O_2 溶液加热分解“冒泡”的区别,由此提示学生灵活设置实验对照的重要性。

6.2. 实验条件的一致性

针对教材中使用敞口试管不便进行氧气的量化,本实验优化使用了一次性注射器,并在其活塞表面涂了凡士林减少活塞移动阻力,操作时,所有材料均使用同一注射器,即一种材料做完再进行下一种材料,这样保证测量工具的一致性,尽量减少因不同注射器和不同活塞阻力在不同实验材料之间造成的实验误差。此外,所有实验均在 $25\pm 1^\circ\text{C}$ 的室温条件下进行,以减少温度波动对酶活性和气体体积的影响。

6.3. 实验材料的广泛性

教材设计中仅用了猪肝或鸡肝作为酶源,事实上,过氧化氢酶是几乎所有细胞的重要酶类,不同生物、不同细胞酶的活性差别很大。在学生认知范围,适当扩大酶的取材范围,如生活中常见的酵母和校园植物,不但有利于学生理解生命的统一性和多样性,而且有利于学生联系生活实际,帮助学生“学以致用”,为应用生物学知识解释自然现象积累“专业见识”。

6.4. 规范的实验数据处理

量化思维的基础是数据的有效性,实验数据是否有效,不同处理之间的数量差异是否为误差所致,还是确实存在本质差异,一般只有通过数据处理才能判断,本实验中涉及的数据处理为简单的方差分析,具体方法不要求学生掌握,教师可指导学生仅借助 Excel 的简单操作即可完成,这样基于处理后的数据,学生对不同处理的判断才是科学的、准确的,对学生科学思维习惯的养成至关重要。

7. 教学反思

7.1. 科学思维必须基于有效的证据

不管是定性研究还是定量研究,科学思维与推理必须基于有效证据,生物学许多实验涉及参数测定与数据收集,基于这些数据进行科学推理,进而得出结论。只有有效的数据才有可能是一结论的有效证据,这就是常被人们称道的“让数据说话”。测定数据的有效性基于实验方案的科学合理与实验过程的规范。本实验优化正是基于此,对照和处理实验操作保持严格的一致性和规范性,这样得到的数据才能真实反应内部发生的不同机制,在此基础上,通过对比便知不同处理在分解 H_2O_2 上的差异。

如图 4,将不同处理产生的氧气进行量化,帮助学生明确判断不同生物材料中过氧化氢酶活性的高低,并进一步理解不同生物组织和细胞中这一酶的活性差异,为学生树立生命的多样性和统一性奠定实验基础。同时,培养学生基于量化数据证据的思维习惯。

7.2. 让学生参与实验方案确定

本实验为教材中的“探究·实践”类教学内容,实验结果具有一定的不确定性和开放性,即便这样,也不能放任学生“随便”去做,教师应该指导学生首先完成实验方案的确定。在此实验优化过程中,教师已预先操作了主要实验过程,学生提出的实验方案中有许多不完善的地方,如几乎所有实验小组方案并未想到在加热处理中设置对照,注射器活塞涂凡士林等,这些细节说明学生参与和教师指导的重要性,

学生参与方案的确定本身就是学习的过程,学生只有自己参与方案设计,才能体会到教师纠正和补充的意义,完善探究中的思考方法,促进科学思维的养成。

7.3. 强调实验细节的重要性

俗话说“细节决定成败”,这一点在生物学实验中尤为重要。本实验探究中的许多细节学生很难提前注意到,比如,如何保持鸡肝的新鲜?如何有效研磨才能最大程度的提取植物组织中的酶?叶片的用量和加水量等等。类似的操作细节必须在实验方案的补充与完善中注明,同时,应适时提醒学生在操作时如何避免不必要的实验误差。不少实验小组就是由于注射器密封不严,计时不准导致实验结果误差太大,难以准确判断不同处理之间的区别。

7.4. 实验局限性与改进方向

本优化方案虽实现了定量测定,但仍存在一些局限性。首先,本实验未对不同生物材料进行蛋白定量,因此不同材料间的酶活性比较是基于单位鲜重而非单位酶蛋白,这可能导致活性差异部分源于材料中酶含量的不同而非酶本身的催化效率。后续研究建议对提取液进行蛋白归一化处理,以更准确地比较酶活性。其次,反应温度仅控制在室温,未精确恒温,未来实验可以使用恒温水浴或恒温箱严格控温。再者,本实验用“10 min 总产氧量”代表反应速率,在反应较快时可能低估真实活性,后续可记录前 1~2 min 的产氧量或连续记录多个时间点,绘制产氧量-时间曲线,求取初始斜率作为反应速率。

参考文献

- [1] 教育部等十八部门关于加强新时代中小学科学教育工作的意见[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202305/content_6883615.htm, 2023-05-17.
- [2] 教育部等七部门关于加强中小学科技教育的意见[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A06/jcys_jyzb/202511/t20251111_1419878.html, 2025-10-29.
- [3] 普通高中生物学课程标准(2017年版 2025年修订)[S]. 北京:人民教育出版社, 2025.
- [4] 黎兴, 李晓晴, 朱明启, 等. “比较过氧化氢在不同条件下的分解”实验材料优化[J]. 生物学通报, 2022, 57(7): 53-54.
- [5] 唐小敏, 何韬. “比较过氧化氢在不同条件下的分解”实验改进[J]. 中学生物教学, 2022(9): 55-56.
- [6] 于德玲, 王昌留. 过氧化氢酶的研究进展[J]. 中国组织化学与细胞化学杂志, 2016, 25(2): 189-194.
- [7] 陈丽芳. “比较过氧化氢在不同条件下的分解”实验改进[J]. 生物学通报, 2024, 59(11): 55-58.
- [8] 王雨薇. “比较过氧化氢在不同条件下的分解”实验改进[J]. 实验教学与仪器, 2023, 40(1): 65-66.

附 录

Table A1. Oxygen-volume readings, means and standard deviations from H₂O₂ decomposition by different treatments under the present experimental conditions

附表 1. 本实验条件下不同处理液使 H₂O₂ 分解的产氧量、均值、标准差

底物	材料	产氧量(三次) (ml)	平均值(ml)	标准差
3%过氧化氢溶液	FeCl ₃ 溶液	1.3	1.5	0.2
		1.5		
		1.7		
	高活性酵母粉溶液	11.8	12.4	0.6
		12.4		
		13		
	酵母片溶液	0.3	0.5	0.2
		0.5		
		0.7		
	苹果研磨液	0	0.2	0.2
		0.2		
		0.4		
	牡丹叶研磨液	1.2	1.5	0.3
		1.5		
		1.8		
	女贞叶研磨液	1.7	2.1	0.4
		2.1		
		2.5		
	木兰叶研磨液	0.1	0.3	0.2
		0.3		
		0.5		