

高中生物学“检测生物组织中的糖类、脂质和蛋白质”实验的试剂盒化研究

王梅艳, 蒋红富, 李宜任, 殷根深*

昆明学院农学与生命科学学院, 云南 昆明

收稿日期: 2026年4月6日; 录用日期: 2026年5月8日; 发布日期: 2026年5月14日

摘要

传统高中生物学“检测生物组织中的糖类、脂质和蛋白质”实验存在试剂配制备繁杂、操作容错率低、结果可比性差等问题, 制约了其核心教学价值的实现。为解决此问题, 本研究开发了一套适用于中学教学场景的集成化实验试剂盒。基于“需求分析-原型设计-教学试做-迭代优化”路径, 试剂盒采用了固体试剂预分装、标准化生物样本、量化塑料耗材及图示化流程引导等系统性设计。通过三轮共计1200人次的教学实践验证, 该方案使教师的课前准备时间缩短约85%, 学生操作失误率减少75%, 核心实验环节的平均显色成功率从58%提升至92%以上。研究结果表明, 试剂盒化方案在提升教学效率、保障实验安全、降低资源门槛及促进操作标准化方面成效显著, 有效支撑了从验证性实验向探究性活动的平稳过渡。本研究为“技术降维适配”教育需求、推动中学生物实验教学的规范化与公平化提供了具有借鉴价值的技术路径与实践范式。

关键词

生物组织, 糖类, 脂质, 蛋白质, 实验改进, 试剂盒, 中学实验教学

Research of Kits for the High School Biology Experiment “Detection of Sugars, Lipids and Proteins in Biological Tissues”

Meiyan Wang, Hongfu Jiang, Yiren Li, Genshen Yin*

College of Agricultural and Life Sciences, Kunming University, Kunming Yunnan

Received: April 6, 2026; accepted: May 8, 2026; published: May 14, 2026

*通讯作者。

文章引用: 王梅艳, 蒋红富, 李宜任, 殷根深. 高中生物学“检测生物组织中的糖类、脂质和蛋白质”实验的试剂盒化研究[J]. 教育进展, 2026, 16(5): 818-825. DOI: 10.12677/ae.2026.165925

Abstract

The traditional high school biology experiment “Detection of Sugars, Lipids and Proteins in Biological Tissues” faces challenges such as cumbersome reagent preparation, low operational fault tolerance, and poor result comparability, which hinder the realization of its core pedagogical value. To address these issues, this study developed an integrated experimental kit suitable for secondary school teaching scenarios. Following a “needs analysis-prototype design-pilot teaching-iterative optimization” framework, the kit incorporates systematic designs including pre-packaged solid reagents, standardized biological samples, quantitative plastic consumables, and illustrated procedural guides. Through three rounds of teaching practice involving a total of 1200 participants, the kit-based approach reduced teachers’ pre-class preparation time by approximately 85%, decreased student operation error rates by 75%, and improved the average success rate of the core color development step from 58% to over 92%. The results demonstrate that the kit-based solution is highly effective in improving teaching efficiency, ensuring experimental safety, lowering resource barriers, and promoting operational standardization. It effectively supports a smoother transition from verification experiments to inquiry-based activities. This study provides a valuable technical pathway and practical paradigm for “technology downscaling and adaptation” to educational needs, and for promoting standardization and equity in middle school biology experiment teaching.

Keywords

Biological Tissues, Sugars, Lipids, Proteins, Experiment Improvement, Kit, Middle School Experiment Teaching

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. 研究背景与问题驱动

1.1. 实验的教学价值与课程标准定位

“检测生物组织中的还原糖、脂肪和蛋白质”实验是高中生物学必修课程“分子与细胞”模块中的一项基础且重要的实验教学活动的。该实验利用斐林试剂、双缩脲试剂等特异性显色反应，将抽象的有机物组成转变为直观的颜色变化，是学生建立“细胞由多种多样的分子组成”这一生命观念的重要感性基础，有效连接了分子水平的知识与宏观生物现象[1]。

《普通高中生物学课程标准(2017年版 2025年修订)》在“教学提示”中明确将本实验列为帮助学生理解核心概念的关键教学活动，要求学生在动手实践中掌握原理与方法[2]。从培育生物学核心素养的视角看，其价值体现在四个方面：第一，在生命观念层面，有助于进一步形成“结构与功能观”、“物质与能量观”；第二，在科学思维层面，训练观察、比较、归纳等科学思维方法；第三，在科学探究层面，引导学生经历从设计到分析的基本实践过程；第四，在社会责任层面，通过带领学生理解该技术在食品安全、医疗诊断等领域的应用，从而帮助认识科学、技术与社会的关系[3]。因此，该实验是实现课程目标、促进学生核心素养发展的重要载体。

当前，大量研究从探究式学习设计的角度，为该类实验的优化提供了理论指引。例如，Duran 等(2004)提出的 5E 教学模式(Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate)强调利用可操作的实验工具支持学生的

主动探究过程[4]; Hodson 也指出, 经过精心设计的“脚手架”式实验工具有助于降低学生的操作认知负荷, 使其能够将更多认知资源集中于科学概念的建构与探究思维的培养[5]。这些理论观点为本研究从工具化设计的角度提升该实验的教学质量, 提供了坚实的学理支撑。

1.2. 传统实验教学的困境与改进需求

尽管传统实验设计本身具有明确的教学目标, 但其在基层教学的具体实施中, 却暴露出若干系统性问题, 严重制约了教育价值的充分实现。该困境贯穿于实验准备、操作实施与结果评估的整个流程之中。

首先, 在实验准备阶段, 教师面临耗时与繁琐的双重压力。不仅需要预先配制多种标准溶液(如葡萄糖、可溶性淀粉等)与检测试剂(如斐林试剂、双缩脲试剂), 且部分生物材料(如苹果、梨)的处理步骤繁杂, 耗时费力[6]。此外, 试剂储存条件苛刻(如斐林试剂需现配现用)、部分材料易褐变或具有干扰色等问题, 进一步增加了准备工作的复杂性与不确定性, 挤占了教师宝贵的备课时间[7]。

其次, 在实验操作阶段, 步骤严格且容错空间小, 与学生技能水平形成矛盾。例如, 还原糖检测要求斐林试剂甲、乙液等量混合后立即使用, 并需在特定温度范围内水浴加热; 蛋白质检测中双缩脲试剂 A 液与 B 液的添加顺序与比例均有严格要求。中学生操作熟练度不足, 极易在试剂添加、加热控制等环节出现偏差, 导致显色反应失败(如砖红色沉淀不典型、脂肪染色对比不明显)。实验成功率的不稳定, 不仅直接影响教学目标的达成, 更可能挫伤学生的探究热情与自信心[8]。

最后, 在资源与条件保障层面, 实验对基础器材(如试管、量筒、恒温水浴设备)的数量与规格有一定要求。在教育资源相对薄弱的地区或学校, 可能面临器材老化、配备不足等现实约束, 难以支撑全员高质量的同步实践。同时, 缺乏统一的材料处理标准、试剂浓度规范与操作细则, 也导致不同教学单元的实验结果可变性大, 难以进行有效比较与评估[9]。

上述问题相互交织, 共同导致了传统实验教学效率不高、效果参差、学生体验不佳的困境。在当前教育变革强调实践育人与核心素养发展的背景下, 对该实验进行系统性教学改进, 成为一项紧迫而必要的任务[10][11]。然而, 现有研究多聚焦于对单一操作步骤或环节的局部优化。因此, 致力于开发一种能够系统性整合多环节问题、具备集成化特征的实践工具, 具有重要的实践应用与理论构建意义。

1.3. 试剂盒化改进的理论依据与实践优势

针对上述困境, 推动实验的“试剂盒化”是一条符合现代实验教学发展趋势的优化路径。其核心思路在于, 将科研与工业中强调的“标准化”、“量化”理念进行教育化转化, 通过集成设计降低操作门槛, 同时保障实验的科学性与可重复性。

试剂盒化并非简化知识内涵, 而是对教学流程进行重构。其核心实践优势体现在: (1) 能够极大提高教学效率。通过固体试剂的预分装与集成化器材设计, 教师可实现“开盒即用”, 将繁琐的课前准备时间极大缩短, 显著减轻备课负担[12]。(2) 优化资源成本。固体试剂稳定性高、保质期长, 避免了液体试剂的频繁配制与变质浪费; 而一次性塑料耗材成本低、不易破损, 降低了学校的长期维护成本与安全风险。(3) 保障操作安全。避免学生直接接触浓酸、浓碱等原装试剂, 并通过减少玻璃器材的使用, 从根本上降低了实验过程中的安全风险。(4) 实现过程的标准化。统一规格的预分装试剂与定量加样工具, 确保了试剂浓度与添加量的精确一致, 使得不同学生、不同班级乃至不同学校的实验结果具有可比性, 为教学评价与反馈提供了可靠依据。

因此, 通过“试剂盒”这一具体载体, 可以系统性地解决“检测生物组织中的糖类、脂肪和蛋白质”实验在基层教学中的实践难题, 为其高效、规范、安全地开展提供一套可行的技术支持方案, 从而真正释放该实验在培养学生生物学核心素养方面的潜在价值。

2. 试剂盒的整体设计思路

2.1. 设计思路与核心指标

本试剂盒以系统解决传统实验在准备繁琐、操作容错率低、结果可比性差等方面的核心痛点为设计导向。通过“需求分析-原型设计-教学试做-迭代优化”的闭环路径，最终打造一款高度集成、开盒即用、现象稳定、安全经济的教学套件，使其能可靠地在45分钟课堂内完成，并成为学生开展探究的坚实基础。

2.2. 试剂盒的整体结构与原理

试剂盒采用一体化集成设计，将传统实验分散的器材、试剂、材料进行重组与简化，共包括4个单元，分别是：(1) 器材单元。使用定制安全塑料耗材(如定量滴管、微孔反应板)，替代大部分玻璃器皿，降低破损风险与操作门槛。(2) 试剂单元。核心检测试剂(如斐林试剂、双缩脲试剂关键成分)以预分装、定量化的固体片剂或颗粒形式提供，性质稳定，即溶即用，从根源上杜绝了配制误差与储存难题。(3) 样本单元。提供标准化的预处理生物组织干粉或稳定样液作为“基础验证样本”，确保首次实验成功率。同时，设计预留了“自主检测”接口，鼓励学生使用盒内试剂检验自带食材，实现从验证到探究的过渡。(4) 引导单元。配备图示化、步骤化的操作指南，将关键原理、安全事项与操作步骤可视化，降低认知负荷。

2.3. 迭代优化过程

原型开发后，通过多轮教师访谈与学生试做，收集反馈并迭代。优化重点始终围绕教学的易用性与现象的可靠性。例如，调整试剂形态以加快溶解速度，简化流程图并增加图示以杜绝操作混淆，优化样本处理工艺以消除颜色干扰等。这一过程确保了最终产品紧密贴合真实的课堂场景与师生需求。

3. 具体设计措施

基于上述整体设计思路，该试剂盒从试剂样本、实验器材、操作流程与实验标准四个具体方面进行了系统性设计。

3.1. 试剂与样本的技术改进

摒弃传统实验的液体试剂现配现用模式，采用固体试剂预分装设计，将斐林试剂和双缩脲试剂的关键成分制成固体片剂，采用食品级塑料瓶(PET)独立包装；稀碘液采用10 ml小瓶装(图1)。此设计从根本上解决了液体试剂运输泄漏、储存变质(如斐林试剂需现配现用)以及浓度配制误差的问题。

提供标准化的冻干生物组织样本(如葡萄糖、可溶性淀粉、花生匀浆冻干片)，见图1，确保首次实验的高成功率与现象一致性，克服了传统实验中材料易褐变、处理繁琐的难题。

为落实新课标对科学探究的要求(探究情境下“检测生物组织中的糖类、脂肪和蛋白质”实验拓展教学活动设计)，试剂盒明确设计并预留了“自主检测”空间。除标准样本外，提供空白样本管或建议清单，强烈鼓励并引导学生使用盒内标准化试剂，检测自带的生活化材料(如不同水果、豆浆、牛奶等)。这既保证了课堂效率，又将验证性实验自然过渡为探究性实验，培养学生“提出问题、设计实验”的能力。

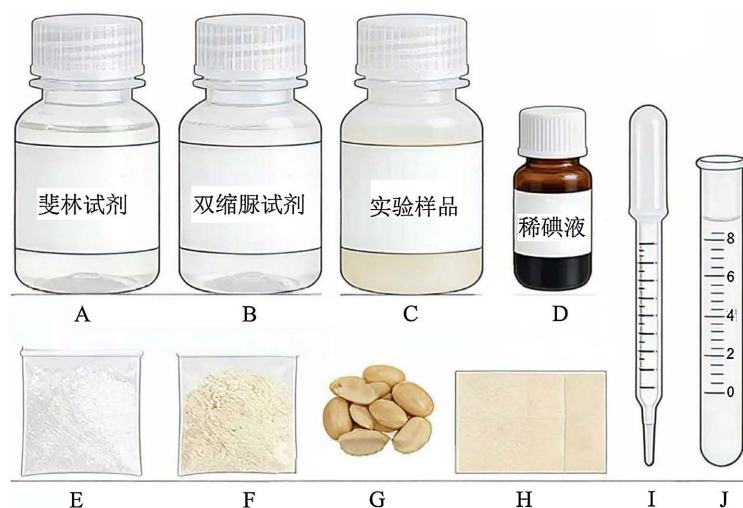
此外，试剂盒内标配阴性对照(如蒸馏水)与阳性对照(如已知浓度的葡萄糖溶液)样本。从而使学生能够进行严谨的对比分析，强化科学思维。

3.2. 实验器材的优化设计

采用定制化的食品级塑料专用器材(如定量滴管、带刻度专用试管)替代大部分传统玻璃器皿。这一设

计显著降低了器材破损风险和学生操作伤害风险，同时实现了试剂的定量、精准添加，减少了因操作不当导致的误差。

考虑到“水浴加热”条件在部分学校的实施难度，本设计在提供标准水浴方案的同时，对试剂配方进行了优化测试，力求在更宽泛的温度范围内也能产生明显显色现象，并探索配套简易恒温装置(如特定温度保温杯)的可能性，以提升试剂盒在不同办学条件学校的适应性。



A. 斐林试剂; B. 双缩脲试剂; C. 装葡萄糖、淀粉等实验样品的试剂瓶; D. 稀碘液; E. 葡萄糖; F. 淀粉; G. 花生; H. 花生匀浆制片; I. 定量滴管; J. 定量试管。

Figure 1. Items included in the kit

图 1. 试剂盒内包含物品

3.3. 操作流程的标准化简化

基于试剂盒的集成化设计，将传统繁琐的操作流程精简为 6 步核心操作：(1) 器材组装；(2) 样本制备；(3) 定量添加试剂；(4) 水浴加热；(5) 观察记录现象；(6) 整理器材。流程配有图示化、步骤化的操作指南，极大降低了操作难度。在“观察记录”步骤之后，明确增加“对比分析与结论推导”环节。在配套的引导单元中，设计问题提示(例如：“比较你自带样品与标准阳性对照的颜色深浅，尝试推断样品中还原糖的大致含量”)，从而将操作流程从技能训练提升为思维训练的载体。

3.4. 实验标准的制定

为试剂盒制定统一的操作与结果判定标准，明确规定试剂用量、反应时间及显色特征，打破了传统实验依赖个人经验的现状。从而引导学生根据显色深浅进行半定量分析，探讨颜色与物质含量的可能关系。这直接对接了“构建从定性到定量的探究实验课堂”的教学前沿理念，培养了学生的数据分析与科学论证能力。

通过以上四个维度的协同设计，本试剂盒方案不仅追求“做得出、做得对”，更致力于支撑学生“懂得为何做、学会如何思”，从而系统性地解决传统实验的痛点，并为其赋能核心素养培育提供了坚实的技术与教学支架。

4. 应用效果评估

为系统评估试剂盒化方案的实际教学成效，本研究通过多所学校(包括城市与乡镇样本)的教学实践，

收集了课堂观察记录、学生实验成果及教师反馈等多维度实证数据。评估主要从教学效率、操作质量、成本效益及素养发展四个方面展开，并与传统实验方法进行对比。

4.1. 教学效率与成本效益分析

试剂盒的集成化设计从根本上重构了实验的准备工作，其效率提升体现在两个关键环节：

(1) 教师备课效率。教师课前准备时间(涵盖试剂配制、器材分装与清洗)从传统方法的 1~2 小时大幅缩短至 10~15 分钟，效率提升约 85%，显著降低了教师的非教学负担。

(2) 课堂时间分配。传统实验中，器材分发、试剂配制等准备环节平均占用课堂有效时间的 2/3；使用试剂盒后，该环节占比降至 1/6 以下。学生用于核心操作、现象观察与小组讨论的探究性时间得到充分保障。

在成本方面，虽然一次性耗材会产生直接成本，但固体试剂稳定性高、保质期长，避免了液体试剂的频繁配制浪费与变质损失。此外，塑料器材的低破损率也减少了长期的器材更换费用。综合计算生均单次实验成本可控，且在资源薄弱地区，其降低实验开设门槛的“公平性价值”显著。

4.2. 实验操作成功率的量化对比

通过对超过 3 个轮次，共计 1200 人次学生操作的跟踪统计，试剂盒在操作可靠性上展现出显著优势(见表 1)。

Table 1. Comparison of operational performance between traditional methods and kit methods

表 1. 传统方法与试剂盒法操作效果对比

评估指标	传统分散式方法	一体化试剂盒方法	提升效果
平均显色成功率	约 58%	92% 以上	提升约 34 个百分点
显色效果稳定性	差异大，易受操作影响	98% 的反应达到预期显色标准	现象高度一致
学生操作失误率	平均每实验 3.2 次	降至平均 0.8 次	减少约 75%

注：操作失误主要指滴加过量/不足、试剂顺序错误等关键步骤错误；试剂盒组的失误多集中于加热时间控制等非关键步骤。

与统计学检验结果对照，效应量计算表明，以上各项指标的改善幅度极大，具有显著的教育意义。特别是操作成功率的提升幅度远超常规教学法迭代改进的预期范围，表明试剂盒方案提供了一种教育技术路径上的变革。这种改变不仅体现在统计显著性上，更在于其实践层面上能为教学目标(技能习得、知识内化)的稳定达成提供可靠保障。

因此，试剂盒通过预分装定量试剂与图示化流程引导，能有效消除了传统实验中最主要的误差来源，使实验从“难以成功”变为“可重复的成功”，为教学目标的达成提供了稳定基础。

4.3. 对学生科学探究与核心素养影响的观察

除了上述可量化指标，本研究通过课堂观察和课后反馈，重点关注试剂盒对学生学习过程与科学态度形成的影响。

课后问卷显示，超过 85% 的学生反馈“更愿意动手”，理由是“步骤更清楚、不怕做错”。课堂观察也印证了这一点，学生主动观察和小组讨论的时间比传统方法显著增加，初期普遍的畏难情绪明显减少。

在探究延伸方面，完成基础验证实验后，多数学习小组会主动利用试剂盒中的空白样本管检测自带食材，教师并未对此进行专门引导。这说明，操作门槛的降低并没有压缩学生的探究空间，反而提供了

一个可以放心试错的工具基础。

在思维层面,学生在对比标准样本与自带样品的显色深浅时,开始主动讨论“颜色深浅与含量的关系”,并尝试使用比色卡进行半定量估算。这些讨论大多由学生自发发起,教师介入较少。

需要说明的是,本研究在自然教学情境中进行,未能对班级原有学习氛围、教师教学风格等变量进行随机化控制,因此上述观察结果只能作为相关性依据,而非因果证据。后续研究可通过随机对照设计进一步检验这一方案的净效果。

5. 结论

将“检测生物组织中的糖类、脂质和蛋白质”这一经典实验进行试剂盒化改造,构建从定性到定量的实验课堂[13],是教学实践中一条有效且可行的技术路径。

结果表明,这套方案在教学效率提升、成本控制、安全保障与操作标准化四个维度均取得了实质性改善,基本解决了该实验在一线课堂长期存在的主要问题。这一过程揭示了一个值得关注的方向,将科研领域的专业检测技术引入基础教育,不能只靠“技术移植”,而需要经历一个“降维适配”的再设计过程——用教学逻辑去约束和改造技术逻辑。

开发经历表明,诸如试剂盒这类源于高专业度应用场景的技术,经过恰当的改造与设计,完全有能力在基础教育阶段的探究与验证环节中发挥重要作用,从而拓展了教育技术应用的可能和边界。

总体而言,本研究在三方面提供了实践参考。首先,为中生物实验教学改革提供具体可操作的技术路径示范;其次,为基础教育装备的研发创新,提供以真实教育需求为导向、技术降维适配的模式思路;第三,为推动基础教育资源均衡、促进教育公平,提供成本可控且可行性高的实践方案。这种融合模式能够有效弥合理论构想与教学实际之间的鸿沟,其形成的认知框架与实践路径,为未来在相关领域开展更具深度与广度的教育创新研究提供了可资借鉴的方向与启示。

基金项目

云南省大学生创新创业项目(中学生物实验的试剂盒化处理与应用的研究, S202411393047),昆明学院校级思政课程(生物课程与教学论),昆明学院校级一流课程(生物课程与教学论)。

参考文献

- [1] 吴依妮. 基于深度学习的“检测生物组织中的还原糖、脂肪和蛋白质”实验教学实践[J]. 生物学教学, 2024, 49(3): 58-60.
- [2] 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.
- [3] 王健. 《普通高中生物学课程标准日常修订版(2017年版 2025年修订)》解读[J]. 基础教育课程, 2025(12): 61-64.
- [4] Duran, L.B., et al. (2004) The 5E Instructional Model: A Learning Cycle Approach for Inquiry-Based Science Teaching. *The Science Education Review*, 3, 49-58.
- [5] Hodson, D. (2014) Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different Goals Demand Different Learning Methods. *International Journal of Science Education*, 36, 2534-2553. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>
- [6] 马妍, 刘俊亮, 刘玲, 张长河. “检测生物组织中的糖类、脂肪和蛋白质”若干问题的探究[J]. 生物学教学, 2022, 47(5): 64-65.
- [7] 苏晓芬, 李韶山. “检测生物组织中的还原糖”实验改进与拓展[J]. 生物学通报, 2017, 52(9): 43-44.
- [8] 程珊, 毕诗秀, 林月明. 关于检测生物组织中糖类和蛋白质的跨学科探究[J]. 生物学通报, 2024, 59(12): 66-69+95.
- [9] 李福玉. “检测生物组织中的糖类、脂肪和蛋白质”实验的问题及改进策略[J]. 生物学通报, 2019, 54(10): 40-42.
- [10] 王永旭. 高中生物实验教学面临的问题及改进策略[J]. 新课程研究, 2023(23): 40-42.

- [11] 毛卫伟. 自主·探究·合作·互动——创新高中生物学实验教学的实践研究[J]. 中学生物教学, 2020(8): 24-25.
- [12] 王冠. 生物实验试剂盒的应用[J]. 当代教研论丛, 2019, 61(1): 50-51.
- [13] 王雪峦. 从定性到定量构建生物学探究实验课堂——以“检测生物组织中的糖类、脂肪和蛋白质”为例[J]. 实验教学与仪器, 2025, 42(2): 51-54.