科学探究视域下高中生物学项目式实验实践

——以“羽毛角蛋白降解微生物的筛选”为例

何 斌

（江苏省苏州实验中学，江苏苏州 215011）

摘 要：随着我国家禽业的迅猛发展，羽毛角蛋白废弃物引发的环境污染问题日益严峻。为将人教版高中生物学选择性必修3《生物技术与工程》中“微生物的培养技术及应用”模块的相关知识融入真实情境，可开展“羽毛角蛋白降解微生物的筛选”项目式实验，借此探索科学探究视角下提升学生核心素养的教学路径。该实验严格遵循“取样—富集培养—稀释分离—平板分离—降解活性初筛—摇瓶复筛—形态鉴定”的科研流程。实施结果表明，筛选获得的A-4菌株具有高效降解羽毛角蛋白的能力，经形态学初步鉴定为链霉菌。该研究将教材知识嵌入真实情境，回应环境治理需求，能有效提升学生的实验操作能力、科学探究与数据分析能力，同时强化环保意识与社会责任感，为高中生物学项目式教学的实施与核心素养的落实提供了可借鉴的实践范例。

关键词：项目式实验；高中生物学；科学探究；微生物筛选；羽毛角蛋白；降解微生物；链霉菌

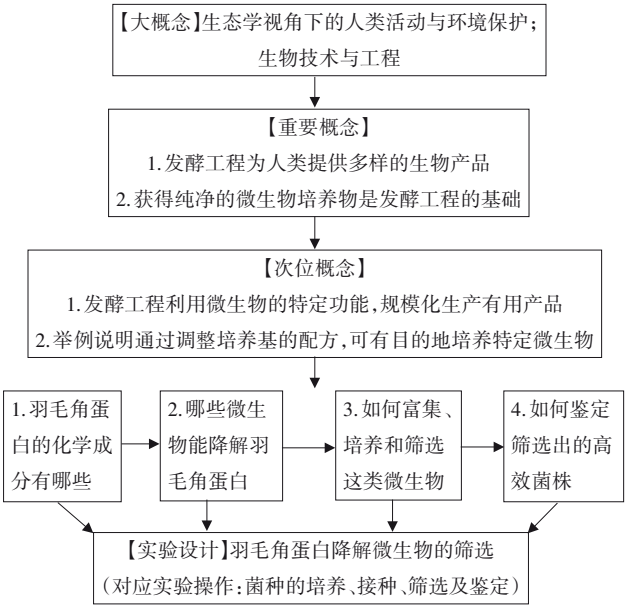
DOI：10.19935/j.cnki.1004-2326.2026.10.008

引用格式：何斌.科学探究视域下高中生物学项目式实验实践：以“羽毛角蛋白降解微生物的筛选”为例[J].实验教学与仪器，2026，43(10)：30-33.

高中生物学实验教学当下正处在一场范式转变之中，这场转变从“验证”走向“探究”。这一转变的关键在于将以往以验证已知结论为主的传统模式，转变为以解决实际问题为目标的项目式学习。其重要的意图是要推动学生从单纯的知识被动接受者转变为主动建构者，以提升学生的生物学核心素养。

《普通高中生物学课程标准（2017年版2020年修订）》着重指出，生物学教学既要有实践性，更要尝试探究式学习、合作学习以及项目式学习等多种教学形式[1]。在这些形式中，项目式学习能够促使学生在教师所创设的情境中针对真实且复杂的生物学问题，依照“提出问题—研究问题—解决问题”的思路展开探究活动。通过科学思维的系统运用，学生的创新素质与实践能力得到充分锻炼和提升，最终实现生物学核心素养的培养目标。

基于此，笔者以人教版高中生物学选择性必修3《生物技术与工程》第一章第二节“微生物的培养技术及应用”涵盖的实验内容为研究对象，系统构建“羽毛角蛋白降解微生物的筛选”项目（图1），以期进一步落实教学目标。该项目既能帮助学生深化对教材基础知识的理解，提升实验操作能力，也能强化环境保护意识；同时，也有助于教师拓展教学的广度，挖掘教学的深度。



注：图中概念内容严格依据《普通高中生物学课程标准（2017年版2020年修订）》编制，实验设计为本项目原创。

图1 项目式实验框架概念图

1 “羽毛角蛋白降解微生物的筛选”项目设计

1.1 立足真实问题，确立探究主题

规模化养殖家禽产生的羽毛废弃物，既是环境问题，

也可转化为具有现实意义的生物学教学情境。对此，教师引导学生借助“物质与能量观”审视资源循环：全球每年产生约800万吨家禽羽毛，利用率不足20%，这意味着大量角蛋白资源被浪费。面对这一问题，教师引导学生运用科学思维，比较分析不同处理方案的优缺点。与机械粉碎、强酸碱水解等传统方法相比，微生物降解法不易产生二次污染，且产物营养价值更高，是落实“社会责任”与“可持续发展”理念的优选路径。

1.2 围绕核心知识，深化概念理解

以高中生物学核心素养为导向的筛选高效角蛋白降解微生物的实验活动，为学生搭建了一个多维学习平台。在科学探究维度，学生通过自主设计富集培养基、开展分离纯化、筛选高效菌株等一系列实验，促进理论与实践的有机融合，既加深了对知识的理解，又提升了解决实际问题的能力与素养。在科学思维与生命观念维度，教师借助该实验引导学生运用“结构与功能观”“进化与适应观”阐释微生物的降解机制，深化其对生命观念的理解。在了解羽毛角蛋白废弃物处理现状与研究进展的基础上，学生提出并优化解决方案，为地方环境治理提供参考，从而增强社会责任感。

1.3 实施合作探究，推进项目开展

（1）实验一：菌种的初步筛选。

为筛选高效降解角蛋白的菌种，笔者到江苏省苏州市某家禽养殖场长期堆放羽毛废弃物的区域采集土样。在每个采样点去除表层杂物后，采集0~10 cm深度的土壤。将采集的样本置于以羽毛角蛋白为唯一氮源的培养基中，于30 ℃、120 r/min富集培养4~10 d，选取羽毛明显崩解的试管，吸取0.1 mL培养液进行梯度稀释，采用稀释涂布平板法分离纯化。

依据角蛋白的组成特点，采用试管液体培养法进行初筛：用接种环挑取2环候选菌，接种于装有15 mL羽毛分解测试培养基的试管中，于30 ℃恒温培养10 d，每天手动振荡10~15次。在此期间，定期观察羽毛腐烂程度，并按常规方法采用双缩脲试剂（A液：0.1 g/mL NaOH；B液：0.01 g/mL $CuSO_4$）检测[2]：取2 mL培养液，加A液1 mL，摇匀，再加B液4滴，通过观察紫色深浅判断蛋白质水解产物情况，以羽毛崩解率≥30%且双缩脲反应呈明显紫色为初筛标准，由此获得18株具有角蛋白降解能力的真菌和50株放线菌。

为进一步筛选高效降解菌株，根据初筛结果，从中挑取降解能力较强的6株放线菌和4株真菌，进行摇瓶复筛。当所有实验结束后，接触过生物样品的废弃物均经121 ℃、0.1 MPa高压蒸汽灭菌20~30 min处理，以防环境污染。

（2）实验二：高效降解菌的深度筛选与鉴定[3]。

为将菌种（接种量5%，菌液浓度约10^8 CFU/mL）接种于含2%羽毛粉的角蛋白筛选培养基中（250 mL锥形瓶装液50 mL），在30 ℃、125 r/min条件下振荡培养5 d。当发酵结束后，发酵液经滤纸过滤，滤渣于105 ℃烘干至恒重后称重，每组设2个独立平行培养，对照组为未接种的含2%羽毛粉角蛋白筛选培养基。失重率计算公式如下。

$$失重率=\frac{W_1-W_2}{W_1}\times 100\%。$$

其中，W_1为培养前羽毛粉干重，W_2为培养后滤渣干重。复筛结果如表1所示。

表1 降解羽毛角蛋白菌株复筛结果

菌株编号	第一次发酵W_1/g	第二次发酵W_1/g	第一次发酵W_2/g	第二次发酵W_2/g	平均失重率/%±半极差/%
对照	1	1	0.826 4	0.877 4	14.81±2.55
A-4	1	1	0.310 5	0.315 8	68.70±0.27
A-1	1	1	0.354 6	0.362 5	64.10±0.40
A-3	1	1	0.390 1	0.385 5	61.20±0.23
A-2	1	1	0.404 5	0.400 8	59.70±0.19
B-1	1	1	0.609 1	0.635 8	37.80±1.34
B-2	1	1	0.621 1	0.673 3	35.30±2.61

实验结果显示，菌株A-4的平均失重率最高（68.7%），降解效能最优，是处理羽毛废弃物的潜在高效菌种。根据微生物分类学常规鉴定流程，对筛选出的优势菌株进行形态学鉴定。将该菌株接种于高氏Ⅰ号培养基，于30 ℃条件下培养5 d后，形成淡粉色菌落；菌落边缘呈丝状，表面干燥，菌丝丰满健壮，易于挑取（图2）。

采用插片培养法观察菌丝形态[4-5]：取活化好的A-4菌株孢子，用无菌生理盐水制备孢子悬浮液（浓度约为10^8 CFU/mL），取0.1 mL均匀涂布于高氏Ⅰ号琼脂平板。用无菌镊子取单面无菌盖玻片，以与平板平面成30°~45°夹角并斜插入琼脂，插入深度约为盖玻片长度的1/3~1/2，每个平板对称插入2片。将平板倒置于30 ℃恒温培养箱中培养5 d。待气生菌丝丰满、孢子丝分化明显后，小心取出盖玻片，有菌面朝下置于滴有蒸馏水的载玻片上，于光学显微镜下观察并拍照记录。

镜检显示，孢子丝形态多样，孢子多为球形，表面光



图2 A-4高氏I号培养基培养的菌落照片(30 ℃,5 d)

滑,外层包被一层鞘膜结构(图3)。综合菌落宏观形态与孢子链、孢子的微观形态特征,初步鉴定该菌株为链霉菌属(*Streptomyces*)。

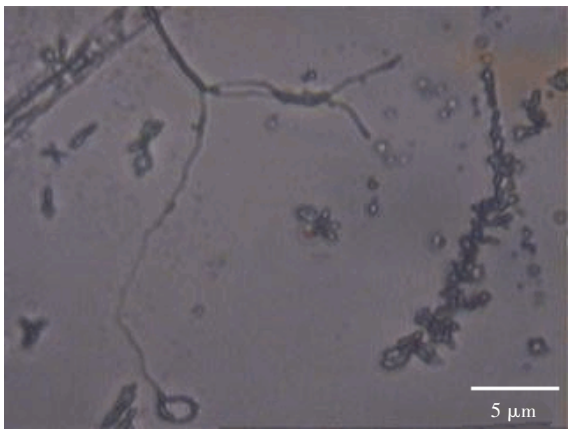


图3 A-4菌丝和孢子照片(30 ℃,5 d,×100)

2 项目总结

2.1 项目总结

对于该项目,建议总课时为8~10课时,以4~6人为一组,每组设组长1人,确保每位学生都能参与关键操作;要求学生掌握微生物分离纯化、计数、无菌操作等基础知识和基本实验技能。学校实验室需配备超净工作台、恒温培养箱等设备,实验过程必须严格遵守生物安全规范。

在教学实践中,曾出现学生操作不熟练导致灭菌不彻底、接种污染、计数偏差较大、实验记录不完整等问题。针对上述问题,实验前须加强无菌操作、血细胞计数板计数等规范操作的培训;同时设计项目式学习过程性评价量表(表2),对学生的自主学习、合作与探究能力进行评价,鼓励学生撰写完整的实验日志,并建议拍摄操作视频留存。

表2 “羽毛角蛋白降解微生物的筛选”表现性评价量表

维度(分值)	评价要点	自评	互评	师评
认知(25分)	1.能阐述羽毛角蛋白结构、降解的生物学原理及其环保意义 2.能准确描述微生物富集、分离、筛选的实验流程与技术要点 3.能解释链霉菌等高效降解菌的筛选依据与鉴定方法			
思维(25分)	1.能基于真实问题(羽毛废弃物污染)提出科学假设 2.能设计梯度化实验方案(初筛—复筛—初步鉴定),体现科研逻辑 3.能结合统计学方法对数据(如失重率、双缩脲反应)进行处理、分析 4.能提出优化实验或拓展应用的创新思路			
动作(25分)	1.能规范完成采样、培养基配制、无菌操作、涂布分离等实验步骤 2.能熟练操作显微镜观察菌落与孢子形态 3.能合作完成摇瓶复筛、失重测定等复杂实验任务 4.能规范处理实验废弃物,遵守生物安全规程			
情感(25分)	1.能主动参与小组协作,承担相应的角色任务 2.能撰写完整的实验日志,记录过程与反思 3.认同微生物技术在资源循环与环保中的价值 4.表现出对科学探究的持续兴趣与社会责任感			

通过“问题提出—假设建立—实验设计—数据分析—结论推导”这一完整科学探究流程,学生能够系统掌握生物分离、培养与筛选的核心方法。在项目中,学生通过文献调研,运用“进化与适应观”等生命观念剖析微生物的降解机制,借助“结构与功能观”阐释角蛋白酶的作用原理,并依托“物质与能量观”追踪碳氮元素的循环路径。这种多维度的概念关联,有助于学生构建完整的生物学认知框架,并有效锻炼其系统性思维。

2.2 问题讨论

当学生通过实验成功筛选出能高效降解羽毛的微生物A-1菌株后,探究不应止于对宏观现象的观察,而应引导学生探究其背后的生物化学机制。这是实现深度学习、培养科学思维的关键一步。教师可提出递进式问题链供学生思考:①A-1菌株降解羽毛的效率显著高于其他菌株,其优势可能源于何种物质基础?②该类物质(如角蛋白酶)降解角蛋白的分子机制是什么?③如何设计实验验证该降解机制?基于上述问题的探讨,可初步推测A-1菌株高效降解羽毛的可能机制(图4)。

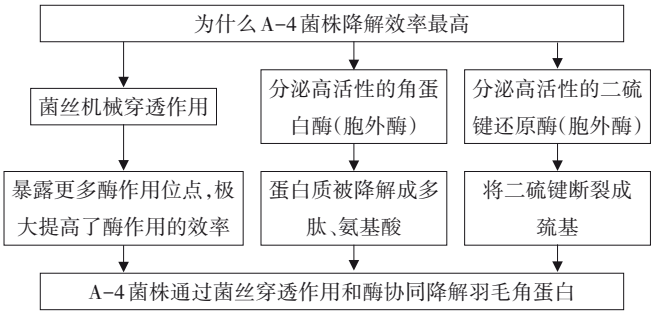


图4 A-4菌株高效降解角蛋白可能的机制

3 教学优化建议

笔者以“羽毛角蛋白降解微生物筛选”实验为载体，以真实情境驱动、跨学科融合与梯度化探究设计为核心创新点，显著突破了传统高中生物学实验的局限。实验围绕废弃羽毛资源化利用这一环保热点展开，实现了环境保护与生物技术的有机结合；采用梯度化任务设计，既保留了科研的真实性，又兼顾了高中学生的操作能力与学习兴趣。

该研究在保留角蛋白降解微生物筛选科研核心的同时，简化操作步骤、降低实施难度，使之匹配高中教学实际，为具备一定实验条件的高中开展项目式实验提供了可借鉴的教学案例。

后续研究可向分子生物学层面拓展：引入PCR菌种鉴定、酶学分析[6]等现代生物学技术，构建从宏观现象贯通至微观机理的完整研究体系；着重提升学生在实验设计、数据分析与创新应用等方面的综合素养，从而助力高中生物学教学从知识本位向素养本位转变。

作者简介：何斌(1984—)，男，一级教师，研究方向：高中生物学教育教学、命题与考试、实验教学，E-mail：hebin1411@126.com。

参考文献

[1] 中华人民共和国教育部.普通高中生物学课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京：人民教育出版社，2020.
[2] 李如亮.生物化学实验[M].武汉：武汉大学出版社，1998.
[3] 涂国全，黎开金，王睿勇，等.羽毛角蛋白分解菌的富集培养和分离筛选[J].江西农业大学学报，1994，16(01)：66-73.
[4] 钱存柔，黄仪秀.微生物学实验教程[M].北京：北京大学出版社，2013.
[5] 赵亚华.生物化学实验技术教程[M].上海：华东理工大学出版社，2000.
[6] 姚淑敏，颜振兰.羽毛角蛋白酶生产菌的选育及产酶条件研究[J].曲阜师范大学学报，2001，27(03)：81-83.

(上接第29页)

立体、动态的分析工具。学生在“模仿—探究—创新”的实践中，经历了像科学家一样开展工程设计的完整过程，学会了权衡利弊、进行系统性思考、基于证据做出决策。在展示环节，学生能运用专业术语，像工程师一样自信地阐述自己的设计方案。

压强的复习自然地融入了地理、工程、技术、环境教育等多学科内容。学生在探究中深刻体会到科技创新对国家发展的推动作用，以及工程师严谨务实、精益求精的职业精神，实现了知识学习与立德树人的统一。

5 结语

以“钱江三桥重建”为情境，建构“情境—知识—实践—素养”四维融合的大单元教学模式，是对初中物理教学范式的一次有力革新。该教学模式成功地将抽象的物理概念结合国家成就，将零散的知识点融进完整的任务链条中，将简单的验证实验“升级”为富有挑战的工程探究，将核心素养的培育“落地”在可见、可评的学习成果之中。四维融合的教学模式不仅适用于“压强”单元，也为光学、电磁继电器等单元的复习教学提供了可借鉴的范本。笔者将继续挖掘更多与中国重大科技工程、社会发展前沿相结合的优质情境，让物理课堂真正成为培养学生科学素养、积蓄科技强国建设后备力量的创新摇篮。

作者简介：柴海霞(1983—)，女，一级教师，研究方向：初中物理教育教学，E-mail：43008521@qq.com。

参考文献

[1] 中华人民共和国教育部.义务教育物理课程标准(2022年版)[S].北京：北京师范大学出版社，2022.
[2] 雷浩，崔允漷.核心素养评价的质量标准：背景、内容与应用[J].中国教育学刊，2020(03)：87-92.
[3] 夏雪梅，陈柏因.核心素养导向的科学教材分析：一种单元分析框架的建立和应用[J].全球教育展望，2024，53(06)：42-55.
[4] 盛锐.暂别三桥：听一座桥与一座城的对话[N].钱江晚报，2025-12-31(002).
[5] 吕振强.现代桥梁抗风理论及其应用[J].黑龙江交通科技，2014，37(08)：138-139.