

“AI识曲霉”赋能食品微生物学：教学改革与应用探索

蔡振东 邵佳琪 何俊 蓝航镇 吴振 曾小群 潘道东

宁波大学食品科学与工程学院，中国·浙江 宁波 315800

摘要：食品微生物学是普通高等学校本科食品类专业的核心基础课程，曲霉识别是课程核心教学内容，传统教学存在微观结构呈现不足、实验资源受限、评价维度单一等短板，难以匹配当前人才培养的相关要求。本文首先明确 AI 识曲霉在课程教学中的价值定位，梳理其在曲霉形态观察、检测实验、学生自主探究三类教学场景的具体应用实践路径，最终针对性提出配套的教学改革优化策略。研究成果可为食品类专业微生物课程数字化教学资源建设提供参照，助力提升教学精准度，强化学生理论认知与实践能力的协同发展。

关键词：AI 识曲霉；食品微生物学；实验教学；数字化教学资源

"AI-Enabled Aspergillus Identification" Empowering Food Microbiology: Teaching Reform and Application Exploration

Cai Zhendong, Shao Jiaqi, He Jun, Lan Hangzhen, Wu Zhen, Zeng Xiaqun, Pan Daodong

College of Food Science and Engineering, Ningbo University, China Zhejiang Ningbo 315800

Abstract: Food microbiology is a core foundational course for undergraduate food-related majors in regular colleges and universities. The identification of Aspergillus is a key teaching content in this course. Traditional teaching methods have shortcomings such as insufficient presentation of microscopic structures, limited experimental resources, and a single evaluation dimension, which are difficult to meet the current requirements for talent cultivation. This paper first clarifies the value positioning of AI-based Aspergillus identification in course teaching, sorts out the specific application paths in three types of teaching scenarios: Aspergillus morphology observation, detection experiments, and student self-exploration, and finally proposes targeted teaching reform and optimization strategies. The research results can provide a reference for the construction of digital teaching resources for microbiology courses in food-related majors, helping to improve teaching accuracy and strengthen the coordinated development of students' theoretical cognition and practical abilities.

Keywords: AI-based aspergillus identification; Food microbiology; Experimental teaching; Digital teaching resources

0 引言

食品微生物学是普通高等学校本科食品类专业的核心基础课程，曲霉识别与检测是霉菌教学模块的核心内容，直接关联学生后续食品微生物检测、食品质量安全管控等相关技能的养成。传统曲霉相关教学环节中，理论教学部分微观结构具象化呈现不足，学生易形成主观认知偏差，实验教学部分受样本培养周期、实验室开放时长、样本保有量等多重因素限制，学生实操练习时长不足，识别操作反馈效率偏低，难以匹配当前人才培养质量提升的相关要求。普通高等学校本科食品类专业教学质量国家标准明确提出，要强化食品类课程数字化教学资源建设，丰富实验教学数字化供给，为智能化教学工具的融合应用提供了明确的政策指引。探讨 AI 识曲霉在食品微生物学教学中的定位、实践路径与优化策略，对完善课程数字化教学体系，提升实践育人成效具有重要的现实参考价值。

1 “AI 识曲霉”在食品微生物学教学中的价值定位

1.1 “AI 识曲霉”对食品微生物学教学内容的补充作用

传统食品微生物学课程中的曲霉识别教学，大多依赖光学显微镜下的肉眼观察，主观判断存在一定误差，部分微观结构的细节难以通过常规教学手段直观传递给学生。《普通高等学校本科食品类专业教学质量国家标准》明确要求，强化食品微生物类课程的数字化教学资源建设，优化理论教学的具象化呈现效果，契合当前食品类专业教学内容升级的核心需求。AI 识曲霉是借助图像识别技术对曲霉的各类形态特征进行识别的数字化工具，能够把传统教学中难以清晰展示的分生孢子头以及足细胞等微观结构进行高还原度的呈现。相关内容补充了原有教学内容中具象化展示不足的部分，拓展了教学内容的维度，能够帮助学生

逐步建立曲霉识别的统一科学参照标准,为后续开展相关实验以及产业应用相关的内容学习打下更为扎实的理论认知基础。

1.2 “AI 识曲霉”对食品微生物学实验教学的赋能价值

《普通高等学校本科食品类专业教学质量国家标准》明确提出要丰富实验教学数字化资源供给,提升实践类课程的指导精度,契合食品类专业实践育人的核心导向。传统曲霉相关实验教学环节,可用活体样本保有量较为有限,样本培养周期较长,单次实验能够分配给每名学生的观察练习时长相对有限,识别操作的反馈效率也偏低。AI 识曲霉是借助图像识别技术完成曲霉形态特征匹配判定的数字化工具,能够提供覆盖不同生长周期、不同培养条件的标准化曲霉图像资源,支持学生随时开展识别练习,不受实验室样本存量与开放时间的限制。运用这类工具开展实验教学的过程中,学生完成识别操作后即可即时获得结果反馈,工具会把识别偏差对应的形态特征点进行标注,有效提升实验过程的互动性以及指导的精准性。这类智能化的辅助支持,能够帮助学生在反复实操练习中逐步形成标准化的识别逻辑,对学生科学思维养成以及实践能力提升能够形成正向的支撑作用。

2 “AI 识曲霉”在食品微生物学教学中的应用实践

2.1 AI 识曲霉辅助曲霉形态观察的教学实践

在食品微生物学的形态观察教学情境中, AI 识曲霉宜被当作可视化认知与反馈矫正的双重媒介,用以把微观形态转译为可判读的结构线索,推动学生在统一术语与统一标准中构建识别图式。基于此,教学组织需要设置分层观察任务、关键特征清单与多阶段图像库的三位一体结构,安排学生完成标准图像对读、样片上传识别与共性误差讲评的连续链条,并把系统标注与教师点评进行紧密耦合,使形态认知在反复比对与即时反馈中逐步减少主观偏差。

在“食品微生物学”(第三版,高等教育出版社,2021)本科二年级第三章霉菌的形态与鉴定第三节“曲霉的识别与检测”实验课中,教学实践围绕形态可视化与误差纠偏两条线索展开,旨在把学生的观察注意从笼统描述引导到聚焦关键部位与结构关系的细读。课堂导入阶段,教师借助 AI 识曲霉连续呈现黑曲霉与黄曲霉在不同生长时序下的典型图像,把颜色、头形、囊泡、瓶梗与足细胞五个维度建立为共同语言,并在屏幕上对比展示黑曲霉分生孢子头的致密放射状构型与深色颗粒质感,提示其囊泡多

见近球形、瓶梗常见双层排列、足细胞较为粗壮且与菌丝成一定角度;相应地,黄曲霉被呈现为黄绿色调的松散头部,部分标本出现由放射状向短柱状过渡的形态,囊泡相对更大,瓶梗在不同阶段呈现单层或双层的变化,分生孢子表面粗糙度与堆积密度在图像上被清晰标注。进入学生操作阶段,教师要求每名学生在自制的曲霉玻片图像上传到系统,系统在标准参照下自动叠加标注顶囊、瓶梗层次、分生孢子链密度与足细胞位置,并给出形态相似性的判读与偏差提示,学生据此再进行二次观察与记录。互动讲评阶段,教师聚焦高频误区进行追问与纠偏,例如把菌丝隔膜的水平线条误当足细胞、把塌缩的分生孢子头误读为柱状头、在焦面单一的情况下忽略瓶梗层次的变化,以及在早期生长图像中用后期特征进行判断等,随即调用系统中的同类对比图像,把焦平面调整、色阶变化与结构边界的判定要点逐一对照说明。随着“标准图像—学生样片—系统标注—教师讲评”的闭环推进,学生对囊泡与瓶梗关系、头部构型的成长性变化以及足细胞的判别门槛形成更为稳定的经验,课堂小结把错判成因与修正路径进行归纳,强调从整体色调与头形入手再落到关键结构的层层核验,从而在统一的描述框架中提高观察的一致性与可沟通性。

2.2 AI 识曲霉支持曲霉检测实验的教学实践

基于食品微生物学实验教学的真实性要求,检测环节的教学设计应把 AI 识曲霉嵌入为贯穿式支持,从样本图像的规范采集、系统识别与报告解读,到传统方法的复核与差异归因,构成闭环。教学组织需要设置标准化拍摄参数、报告阅读框架和误差分类词表,把双轨验证与集体讲评固定化,促使学生在可追溯的证据链中形成检测判断的序列逻辑,并把效率与准确度的关系置于持续反思之中。

在食品微生物学第三版 高等教育出版社 2021 年版本科二年级 第三章霉菌的形态与鉴定 第三节曲霉的识别与检测实验课中,教师把检测实践设置为分步推进的任务链。教师组织学生完成花生制品与发酵酱样本的分离培养,在二十八摄氏度条件下观察菌落长势,引导学生依据教材所列特征把深色致密的放射状头部与黄绿色松散头部分别标注为疑似黑曲霉与疑似黄曲霉,随后在统一光源与尺度卡下完成俯视与侧视拍摄,并把图像连同样品来源与培养时间上传至 AI 识曲霉。教师要求学生阅读系统给出的检测报告,该报告列出前三候选种与相似度区间,并把菌落正反面色调、边缘形态、分生孢子头构型与瓶梗层次标注为依据,学生据此完成初判记录。教师随即安排传统镜检复核,指导学生描记囊泡大小、瓶梗层次与足细胞取向,并把镜

检结果与系统报告逐项对照,围绕种间相近形态的判断门槛展开讨论。教师把差异归因为生长时序、样本混生与焦面选择等因素进行梳理,例如早期黄曲霉头形偏放射状引发分歧,或黑曲霉分生孢子堆积造成颜色判读偏暗。在收束环节,教师督促小组整合检测记录,把AI初判、镜检复核与差异说明汇入一页式报告,并在点评中强调证据链条与语词统一,使学生在一次完整实践中把AI辅助检测的流程运转清楚,并在重复操作中体会到时间成本的降低与错误率的收敛。

2.3 AI 识曲霉促进学生自主探究的教学实践

在以学生为中心的实验教学转向中,自主探究被界定为学生围绕真实问题开展样本获取、实验验证、证据整合与学术表达的学习方式。教学组织把AI识曲霉嵌入问题提出、数据采集、判读与讨论的全链条,设置分层问题框架、明确证据标准与记录规范,并把数据共享与同伴评议常态化,使学生在持续的假设与验证循环中逐步形成可复现的研究步骤与反思意识,进而把零散观察上升为结构化判断。

立足食品微生物学第三版高等教育出版社二〇二一版本科二年级第三章霉菌的形态与鉴定第三节曲霉的识别与检测实验课,教学组织把探究主题聚焦为不同食品基质中的曲霉分布差异,要求每组在校园售卖的切片面包与带壳花生中各取两批样本,完成分离培养并在二十八摄氏度条件下培养四十八至七十二小时。教学组织规定拍摄在统一冷光源与尺度卡条件下进行,必须给出菌落正面与反面俯视照片以及显微下的分生孢子头像面,随后把图像连同批次信息上传至AI识曲霉生成识别结果。面向黑曲霉与黄曲霉两类高概率候选,教学组织要求学生依据系统标注对囊泡大小、瓶梗层次、分生孢子头致密度与足细胞取向进行二次核验,并把相似度区间、形态证据与判读不确定性写入记录表。在数据整合环节,教学组织引导各组以样本类别为单位统计曲霉阳性率与物种构成比例,用柱状图呈现面包与花生中黑曲霉与黄曲霉的相对占比,并把生长时序与焦面选择对头形呈现的影响写入方法学说明。课堂交流中,教学组织把共性偏差归类为早期黄曲霉头形偏放射状导致误判、培养基色阶干扰对颜色解读的影响、混生导致分生孢子堆积密度偏高三类,再调用系统图库中的时序对照图强化证据链条。在结题报告撰写环节,教学组织要求各组把研究问题、样本来源、识别路径、统计结果与局限性整合于一页式文本,并在汇报中说明食品水分活度与油脂含量可能影响曲霉生长的推断依据,使学生把形态识别、数据论证与方法反思贯通为一体的探究经验。

3 “AI 识曲霉” 赋能食品微生物学教学改革 的优化策略

3.1 完善 AI 识曲霉教学资源库, 强化内容适配性

当前AI识曲霉配套教学资源存在样本覆盖范围较窄的问题,多集中于常见的曲霉种类,罕见曲霉以及不同生长条件下的非典型形态样本留存较少,同时部分资源内容与食品微生物学常规教学知识点的匹配度不足,难以完全适配不同阶段的教学节奏需求。结合食品微生物学课程的教学内容设置需求,需重点开展资源库的扩容与适配调整工作。拓展资源收集的维度,覆盖不同污染来源、不同培养条件、不同生长周期的各类曲霉图像,补充稀缺的罕见曲霉样本相关内容,丰富资源库的内容梯度。依托食品微生物学课程的章节体系,完成资源库内容与对应知识点的绑定匹配,将曲霉形态识别相关的资源对应到霉菌形态相关的教学模块,将曲霉检测相关的资源对应到食品微生物检测相关的教学模块,方便不同教学环节调用适配的资源内容。建立常态化的资源更新机制,定期把最新的曲霉分类研究成果以及AI图像识别技术的优化进展融入资源库,及时调整资源的呈现形式与内容框架,契合教学对资源时效性与适配性的相关要求,为不同场景下的教学活动开展提供稳定的内容支撑。

3.2 构建 AI 识曲霉教学评价体系, 提升教学有效性

传统食品微生物学教学评价多以终结性考核结果为核心参考,难以覆盖AI工具辅助下学生的全过程学习状态,也无法充分衡量AI技术融入教学后的实际应用效能。结合AI识曲霉的应用特性与食品微生物学的教学目标,可构建多维度的教学评价体系,从知识掌握、技能提升以及能力发展三个层面设置具体评价指标。知识掌握维度侧重考察学生对曲霉形态特征、分类标准等核心知识点的理解程度,参考曲霉识别的准确率开展相关研判。技能提升维度聚焦学生实验操作的规范性,覆盖样本制备、图像采集、镜检操作等多个实验环节的完成质量。能力发展维度重点关注学生自主探究意识与问题解决能力的养成情况。评价过程运用过程性评价与终结性评价相结合的方式,系统记录学生在AI系统中的练习时长、识别偏差类型、修正频次等全链路数据,同时结合学生提交的探究报告完成质量开展综合研判。终结性评价侧重组织实践操作考核,考察学生脱离AI辅助时的曲霉识别与检测能力。相关评价结果完成系统性梳理后,可挖掘教学环节中存在的薄弱点,动态调整AI工具的调用场景与资源适配方向,逐步优化AI识曲

霉在不同教学环节的应用方式,推动整体教学效能的稳步提升。

3.3 加强 AI 识曲霉教师培训,保障应用持续性

当前不少一线食品微生物学教师对 AI 识曲霉的技术逻辑不够熟悉,操作熟练度存在不足,也未完全掌握工具与不同教学环节的适配方法,导致工具的教学价值未能得到充分释放。基于教师数字化教学能力提升的现实需求,需定期组织 AI 识曲霉技术的专题培训活动,邀请技术开发团队的相关人员讲解工具的基础运行逻辑以及不同功能模块的操作方法,同时融入工具在理论教学、实验教学以及自主探究环节的应用技巧讲解,帮助教师快速掌握工具的核心使用方法。进一步来看,可邀请已经积累了成熟应用经验的一线骨干教师共同开发适配不同教学场景的标准化教学应用范式,并且定期开展经验分享活动,把实操过程中的问题解决方法以及优化技巧传递给更多教师。搭建专属的教师线上交流平台,安排技术人员定期入驻答疑,同时每季度组织一次线下的 AI 教学应用研讨活动,推动不同院校教师的经验共享以及共性问题的协同解决。借助持续性的分层培训与交流机制,逐步提升教师的数字化工具应用能力,为 AI 识曲霉在食品微生物学教学中的长期稳定应用提供充足的人力支撑。

4 结语

智能化教学工具融入专业课程教学,是食品类专业数字化教学体系建设的核心方向之一。AI 识曲霉在食品微生物学曲霉相关教学环节的应用,既能够补足传统教学的内容短板,拓展教学资源的覆盖维度,也能够为学生提供随时可及的练习资源与即时反馈,助力学生理论认知与实践

能力的协同提升。AI 识曲霉的应用推广是一项长期的系统性工程,需要持续做好教学资源库的迭代更新,适配不同阶段的教学需求,完善多维度的教学评价体系,动态调整工具的应用场景,同时做好一线教师的专项培训,全面提升教师数字化教学能力。后续可进一步拓展工具的应用场景,探索其在更多微生物品类教学中的适配路径,为食品类专业教学质量持续提升提供更多支撑。

参考文献:

- [1] 刘倩,赵娜,杨晓沁等.人工智能赋能临床微生物学检验微课初探[J].中国真菌学杂志,2025,20(02):198-201.
- [2] 崔晓文,李壹,熊晓辉.生成式人工智能赋能新工科专业课程教学——食品分析与检验[J].化学教育(中英文),2025,46(12):83-88.
- [3] 刘畅,胡珏,卢芳国等.“人工智能+教育”时代背景下医学教育教学改革与发展研究——以免疫学基础与病原生物学为例[J].中国免疫学杂志,2025,41(06):1315-1319.
- [4] 刘丽艳,姜文勇.科研成果转化为食品微生物学综合实验的教学探索[J].实验室研究与探索,2025,44(12):134-140.
- [5] 李超,肖领平,王彩印等.AI赋能“色彩学”课程内容从线性结构到多核心体系的转型[J].印刷与数字媒体技术研究,2025,(03):149-155+192.

基金项目:宁波大学教研项目:“AI 识曲霉”赋能食品微生物学:教学改革与应用探索(JYXM2026113)。

作者简介:蔡振东(1985-),男,汉族,安徽淮北市,博士,副教授,研究方向:食品微生物。