

Construction of a Multidisciplinary Integration Model for the “Food Microbiological Detection Technology” Course from the Perspective of Emerging Engineering Education

Yanyang Xu Weiru Li Peng Xu Meiqi Chen

Food Science and Engineering College in Jilin University, Changchun, Jilin, 130062, China

Abstract

Under the background of Emerging Engineering Education, the traditional “Food Microbiological Detection Technology” course faces problems including theory-practice disconnect, insufficient interdisciplinary integration, outdated technology, and lack of intelligent equipment. Guided by Emerging Engineering concepts, this paper constructs a “Theory-Technology-Application” integrated curriculum system, breaks disciplinary barriers among molecular biology, immunology, food science and engineering, modern information technology (AI, nanotechnology), and quality management, forming a three-dimensional knowledge framework of “detection technology + process optimization + intelligent analysis.” It integrates cutting-edge resources including PCR, biosensors, metagenomic sequencing, and AI to build an AI-based microbial detection data analysis platform, and explores an “industry-academia-research-application” collaborative education model to strengthen full-chain practical abilities. This paper aims to provide theoretical reference and practical path for curriculum reform.

Keywords

emerging engineering education; food microbiological detection technology; multidisciplinary integration; curriculum system; industry-academia-research-application

新工科视域下“食品微生物检测技术”课程多学科融合模式构建

徐艳阳 李薇茹 许鹏 陈美琪

吉林大学食品科学与工程学院, 中国·吉林 长春 130062

摘要

在新工科建设背景下,传统“食品微生物检测技术”课程面临理论与行业实践脱节、学科交叉不足、技术更新滞后、智能化设备缺失等突出问题。本文以新工科理念为引领,构建“理论—技术—应用”三位一体课程体系,打破分子生物学、免疫学、食品科学与工程、现代信息技术(AI、纳米技术)和质量管理之间的学科壁垒,形成“检验技术+工艺优化+智能分析”立体化知识框架;整合PCR检测、生物传感器、宏基因组测序和AI技术等前沿资源,构建AI微生物检测数据分析平台;探索“产学研用”协同育人模式,强化“样品前处理—检测操作—数据分析—报告编制”全链条实践能力。本文旨在为食品微生物检测技术课程教学改革提供理论参考与实践路径。

关键词

新工科; 食品微生物检测技术; 多学科融合; 课程体系; 产学研用

1 引言

1.1 新工科背景与教育诉求

当前我国食品工业正处于转型升级关键期,2025年全国食品工业总产值已突破15万亿元,但微生物污染仍是食

品安全的首要因素,每年因食源性疾病造成的直接经济损失高达数百亿元。新工科建设强调以产业需求为导向、以学科交叉为路径、以实践创新能力为核心,对食品类专业人才培养提出了新要求。然而,传统“食品微生物检测技术”课程以传统培养法为主,缺乏与食品工艺、质量管理和数据分析的有机整合,学生难以解决复杂食品安全问题。据调查,食品检测类企业普遍反映毕业生需要6-12个月的岗位再培训才能独立工作,反映出学校教育与行业需求之间的显著差距。因此,对该课程进行多学科融合重构具有重要价值。

【基金项目】吉林大学本科教育教学改革研究项目(项目编号:25CG226)。

【作者简介】徐艳阳(1972-),女,博士,副教授,硕士生导师,从事食品营养与安全研究。

1.2 课程现状与主要问题

近年来各高校进行了有益探索：王华等^[1]采用项目式课程设计，合肥工业大学^[2]实施“三元耦合、四维协同”模式，江南大学^[3]构建“食一生一医一智”学科交叉专业链。但仍存在突出问题：1. 理论与行业实践脱节：以理论灌输为主，缺乏企业真实场景下的检验流程训练。调研显示，约65%的学生认为课堂所学与企业实际检测要求存在较大差距；2. 学科交叉不足：食品科学、数据分析、质量控制、信息技术、生物技术等需有机整合，微生物检验与食品工艺设计分离。现行课程中，仅有不到20%的课时涉及跨学科知识应用；3. 技术更新滞后：快速检测技术覆盖率不足30%，未覆盖CRISPR、全基因组测序和AI辅助菌落识别等新技术。行业调研表明，80%的规模化食品企业已部分或全部采用快速检测技术，而教学中仍以传统培养法为主；4. 智能化检测设备缺失：学生操作技能培养不足。全国食品类高校中，配备高通量测序仪的比例不足10%，配备全自动微生物鉴定系统的不足25%。因此，本文的研究目标是：第一，构建以实践应用能力为核心的“理论—技术—应用”三位一体课程体系，培养具备跨学科食品微生物检验技术、数据分析能力、质量管理意识和创新思维的复合型人才；第二，开展多学科融合，打破分子生物学、免疫学、食品科学与工程、现代信息技术（AI、纳米技术）和质量管理之间的学科壁垒，形成“检验技术+工艺优化+智能分析”立体化知识框架；第三，整合PCR检测、生物传感器、宏基因组测序和AI技术等前沿资源，构建AI数据分析平台，探索“产学研用”协同育人模式，强化“样品前处理—检测操作—数据分析—报告编制”全链条实操能力。

2 课程体系重构：从“单一知识传授”到“理论—技术—应用”三位一体

2.1 传统课程体系的困境

传统教学面临多重困境：知识体系跨学科性强但教学重点模糊，学生难以构建系统性知识网络；实验教学依赖标准化操作，缺乏智能模拟，实践深度不足；课程设计层次浅，高阶思维训练不足，学生从技术操作到科研创新的能力跃迁困难；教学评价以静态考试为主，难以衡量综合能力。

2.2 “理论—技术—应用”三位一体课程体系设计

构建“理论—技术—应用”三位一体课程体系，以实践应用能力为核心，将课程内容划分为三个有机衔接的模块：

理论模块：以微生物学基础知识为根基，讲授食源性致病微生物的生物学特性、致病机制，以及分子生物学、免疫学、生物传感器等检测技术的原理。通过问题导向设计引导学生理解技术背后的科学逻辑。例如，讲授PCR技术时，以“如何从一杯巴氏奶中检测出极微量的单增李斯特菌”为驱动问题，引导学生思考引物设计、抑制物去除、内参设置

等关键环节。

技术模块：聚焦检测技术的系统掌握，涵盖传统培养法、分子生物学检测法、免疫学检测法、生物传感器、宏基因组测序以及CRISPR/Cas检测系统等。采用“方法对比—原理分析—操作实践”的教学路径，设计技术对比实验：针对同一样品，同时采用传统培养法、PCR法和ELISA法进行检测，比较检测周期、检出限、灵敏度和成本，帮助学生在实践中形成技术选择的决策能力。

应用模块：以真实检测场景为载体，围绕乳制品、肉制品、即食食品等典型食品基质，设计涵盖“样品采集—前处理—检测—数据分析—报告编制”完整流程的综合性项目。把检测技术与食品工艺优化、质量管理进行关联。例如，“巴氏杀菌乳微生物检测”项目要求学生完成菌落总数和大肠菌群检测、结合生产工艺分析污染来源、提出工艺改进建议。

三个模块以螺旋上升的方式相互支撑：理论模块为技术应用提供原理支撑，技术模块为实践应用提供方法工具，应用模块检验和深化理论理解与技术掌握。

2.3 多学科知识整合路径

以“微生物检测技术”为主线，将分子生物学、免疫学、食品科学、现代信息技术和质量管理五个学科的知识进行有机整合，如分子生物学的PCR、测序、CRISPR原理用于检测技术的分子机制；免疫学的抗原抗体反应、ELISA用于免疫检测方法设计；食品科学的基质特性、工艺参数，用于样品前处理与结果解读；信息技术/AI的数据分析、图像识别用于检测数据处理与智能判读；纳米技术的纳米探针、信号放大用于生物传感器灵敏度提升；质量管理的ISO 17025、过程控制用于检测全流程质量控制。

在理论模块中，将分子生物学知识作为理解现代检测技术的基础，将食品科学知识嵌入食品基质分析，将信息技术引入数据解读，将质量管理贯穿全流程，将纳米技术融入生物传感器教学。在应用模块中，以项目为载体，让学生在解决具体问题中综合运用多学科知识，形成“检验技术+工艺优化+智能分析”的立体化知识框架。

3 多学科融合的技术资源整合与平台构建

3.1 前沿检测技术教学资源整合

整合前沿技术：在分子检测中纳入多重和数字PCR、重组酶聚合酶扩增；在测序技术中引入高通量测序和纳米孔测序，涵盖食源性致病微生物的快速筛查和溯源分析；生物传感器方面，整合酶传感器、免疫传感器、核酸传感器，介绍纳米材料在信号放大中的作用，如金纳米颗粒标记的免疫层析试纸条可将检测限降低100倍；AI辅助检测方面，引入菌落自动计数系统用于检测结果分类和风险预测。

建立以技术原理为主线、以应用场景为驱动的模块化教学体系。按检测速度（快速筛查<1小时、常规检测

2-6小时、确证检测1-5天)、灵敏度(检出限CFU/mL)、特异性(交叉反应率)和成本(单样本试剂成本)等维度建立技术对比矩阵,帮助学生根据不同的检测目的(现场快检、实验室确证、定量分析)选择合适的方法组合。每个技术模块配套虚拟仿真实验,使学生在理解原理的同时掌握实际操作要点。

3.2 人工智能微生物检测数据分析平台构建

构建基于AI的微生物检测数据智能分析平台,包含四大功能模块:

数据采集与预处理模块:支持从PCR仪(扩增曲线Ct值)、高通量测序仪(FASTQ格式)、生物传感器(时间-电流曲线)等采集原始数据,自动完成数据清洗(去除异常值、基线校正)、格式转换和质量评估(如测序数据的Q30过滤)。

AI辅助分析模块:集成多种机器学习算法。图像识别方面,采用卷积神经网络(CNN)进行菌落自动计数、菌落形态分类和可疑菌落标记,模型在标准数据集上准确率达95%以上;模式识别方面,使用支持向量机(SVM)进行检测结果分类和异常检测(如区分真实扩增与引物二聚体);预测建模方面,利用长短期记忆网络(LSTM)预测微生物生长趋势,结合随机森林进行食品安全风险评估。

可视化与报告生成模块:将分析结果以柱状图、热力图、扩增曲线叠加图、PCA降维图等形式直观呈现,支持一键生成符合CNAS/CMA要求的检测报告,报告模板参照GB 4789系列标准要求,自动填入检测数据、判定依据和结论。

教学实训模块:提供开放的微生物检测数据集,如不同食品基质中致病菌的PCR原始数据、平板菌落图像库、传感器响应数据集和预训练模型,供学生进行数据挖掘、模型微调和参数优化,在实战中培养数据分析思维。

平台借鉴江南大学FoodSeek大模型^[4]经验,初期采用Python/TensorFlow/PyTorch开源框架搭建原型,逐步积累教学数据和模型。通过平台使用,学生可完成常规检测数据处理,还可尝试运用机器学习算法优化检测方法的判读阈值,培养数据驱动的科学思维。

3.3 虚实结合的实验教学体系

构建“虚实结合”的立体化实验教学体系^[5]。采用“线上+线下+虚拟仿真”三位一体教学模式:课前学生通过线上平台预习和虚拟实验练习,熟悉操作流程;课中先进行虚拟仿真实验测评(准入考核),再完成线下实体实验操作;课后利用虚拟平台进行拓展实验和数据分析。形成“课前预习—课上仿真—实操巩固—课后拓展”的完整闭环,既保障实验教学的安全性,又强化实践体验和自主探究能力。

4 “产学研用”协同育人模式的构建

4.1 校企协同育人机制设计

设计“产学研用”协同育人机制,包含四大核心要素:

产教融合平台共建,与第三方检测机构(华测检测)、食品生产企业(伊利、蒙牛)共建实习实训基地,实现“实战化”运作。吉林省质检院承接数百项微生物检测任务,学生在真实检测任务中锻炼技能,毕业后可直接上岗。企业真实案例进课堂,将行业典型检测案例如肉制品单增李斯特菌检出案例转化为教学资源,建立案例库,每个案例配套讨论问题和解决方案设计。“双导师”制,聘请企业技术骨干担任产业导师^[6],与校内教师共同指导学生完成综合实训项目和毕业设计,产业导师负责传授实践经验和行业标准,校内教师负责理论指导和学术规范。

4.2 全链条实践能力培养路径

构建“样品前处理—检测操作—数据分析—报告编制”全链条实践能力培养路径。样品前处理:掌握不同食品基质(乳品、果蔬、即食食品)的前处理技术,通过对比实验体会不充分均质或增菌时间不足导致的假阴性结果。检测操作:涵盖从传统培养法到现代分子技术的多层次训练,要求掌握质量控制设置(阴性、阳性、空白对照)。数据分析:依托AI平台^[7]和统计软件(SPSS),培养学生解读识别异常结果如非特异性扩增、进行统计分析和趋势预测如过程控制图中微生物数量波动分析的能力。报告编制:参照GB/T 27025标准,训练规范化检测报告撰写。核心理念是“以终为始”,从最终报告使用者和质量决策者视角倒推培养重点,使学生理解每个操作环节对最终结论的实际意义,避免陷入“会操作不会判断”的技能断层。

4.3 真实案例与虚拟仿真的融合教学

真实案例与虚拟仿真深度融合。真实案例涵盖:食品安全突发事件如美国花生酱沙门氏菌暴发事件、典型检测异常如PCR假阳性原因分析、企业内部质量管控如生产线环境监控方案设计。每个案例配套讨论问题,如“如果你是检测负责人,如何优化流程避免漏检?”

虚拟仿真适用于三类场景:高危致病菌检测训练(炭疽芽孢杆菌BSL-3实验室)、大型精密仪器操作训练如全自动微生物鉴定系统VITEK、检测方案优化设计。教学流程为“案例导入—虚拟预演—实操验证—案例复盘”:教师以真实案例导入检测任务(如“某超市即食沙拉检出疑似单增李斯特菌”),学生在虚拟平台进行方案设计和预演(选择检测方法、设计实验流程),在实体实验室完成关键操作(增菌、分离培养、PCR鉴定),最后回到案例进行结果分析和反思总结。这一流程实现理论与实践、安全与体验、效率与深度的多重平衡。

5 教学改革中的问题解决路径

5.1 理论与行业实践脱节的应对策略

建立课程内容同步更新机制,邀请企业专家参与课程内容评审,确保教学内容紧跟行业发展;鼓励学生寒暑假进入企业实习,将课堂所学与岗位实践对接,形成“学中做、

做中学”的良性循环。

5.2 学科交叉融合不足的破解方案

从课程体系、教学资源和师资队伍三个层面破解。课程层面,以“技术串引”实现学科知识系统化组织,将各学科知识嵌入相应的检测技术模块。建立“课程组”制度,开展“学科交叉教学工作坊”,组织跨学科教学研讨,促进教师之间的知识流动和教学协同。

5.3 技术更新滞后的解决途径

安排教师参加行业技术培训和新课标学习培训、前沿论坛。将前沿科研成果转化为教学案例,以“科研反哺教学”,如将课题组开发的基于RPA-CRISPR的沙门氏菌快速检测方法转化为本科生创新实验项目。构建模块化检测技术体系,每个技术模块独立成单元,新型检测技术的引入可在不破坏整体教学框架的前提下实现模块替换和补充。

5.4 智能化检测设备缺失的弥补措施

采取虚实互补、多方协同的措施。建设智能化检测设备的虚拟仿真操作平台,覆盖微生物鉴定系统VITEK设备,通过3D建模和交互式操作,使学生熟悉设备操作界面、使用设置。与第三方检测机构、食品企业共建共享实验室,将社会资源纳入教学体系。吉林省质检院联合吉林大学开设“微生物智检”基地,实现校检协同培养。

6 结论

第一,“理论—技术—应用”三位一体的课程体系是多学科融合的有效载体。该体系以螺旋上升方式整合理论知识、技术方法和应用场景,避免了知识点的机械堆叠和学科壁垒的固化,能够为复合型人才提供结构性支撑。第二,前沿技术资源的整合与AI数据分析平台的构建,可以解决技术更新滞后、智能化设备缺失的问题。通过引入纳米生物传感、宏基因组测序和AI辅助分析等内容,使前沿技术覆

盖率提升。第三,“产学研用”协同育人模式通过校企协同、案例驱动和全链条实践能力培养,使教育供给与产业需求的精准对接。

未来可采用多学科融合课程改革,从单一课程向课程群乃至专业层面推广,形成“食品微生物检测技术”“食品工艺学”“食品安全控制”等课程群的协同改革效应,探索“食品检测+数据分析+质量管理”微专业建设路径。

总之,新工科视域下食品微生物检测技术课程的多学科融合模式构建是一项系统工程,需要课程理念更新、教学资源整合、教学模式创新和评价体系配套共同发力。只有打通“课程—平台—机制”三个层面的改革通道,才能真正实现从“单一知识传授”到“复合能力培养”的范式转型,为食品产业高质量发展输送具备跨学科素养和实践创新能力的高素质复合型人才。

参考文献

- [1] 王华,张鹏娟,孙蕾,等.新工科视域下食品微生物检验课程建设的理论与实践探索[J].微生物学通报,2025,52(4):1903-1914.
- [2] 合肥工业大学.聚焦产业需求培育卓越工程师[N].中国教育报,2025-04-22.
- [3] 江南大学.江南大学牢固树立大食物观,培养食品专业卓越人才[N].人民日报,2026-03-12.
- [4] 秦妤菲,陈彬.全球首个食品学科专用大模型FoodSeek发布[N].中国食品安全报(2025-07-12).
- [5] 沈阳农业大学.我校首次获批教育部“高等学校虚拟仿真教学创新实验室项目”[EB/OL].(2025-08-06).
- [6] 何靖柳,张清,董赟,等.新工科背景下基于岗位需求为导向的“食品微生物检验”课程教学改革探索与实践[J].食品与发酵科技,2024,60(6):159-163.
- [7] 董华,李占东,于洪梅.人工智能在食品微生物检验技术课程教学中的应用[J].农产品加工,2026,(4):144-147.