

虚拟仿真在畜产品加工实训中的应用研究

王冬钰 李翔宇 王薇 张业清 张雷

(云南农业职业技术学院 云安农文旅产业学院, 云南安宁, 650300)

版权说明: 本文是根据知识共享署名 - 非商业性使用 4.0 国际许可协议进行发布的开放获取文章。允许以任何方式分享与复制, 只需要注明原作者和文章来源, 并禁止将其用于商业目的。

摘要: 畜产品加工课程作为食品科学与工程专业的实践核心模块, 受限于设备资源稀缺、操作环境复杂及安全风险高等因素, 学生实践机会有限且理论应用脱节。虚拟仿真技术的引入, 通过构建数字化加工环境, 突破时空限制, 使学生在安全可控的条件下反复练习乳化肠加工关键操作, 提升学习兴趣和工艺理解。研究以乳化肠加工为例, 系统探讨虚拟仿真技术在畜产品加工实训中的应用路径, 提出基于虚拟仿真的阶梯式实训教学模式, 开发标准化畜产品加工虚拟仿真系统, 显著提升学生专业技能与资源利用效率。

关键词: 虚拟仿真; 食品专业; 实训教学; 教育创新; 教学效果

DOI: <https://doi.org/10.62177/apesd.v1i3.736>

一、引言

(一) 研究背景与意义

畜产品加工工艺这门课程是食品科学与工程学生的核心实验课程之一, 对于学生的工艺理解和动手操作影响都比较大。而传统实训教学受到硬件设施资源短缺、实训操作空间狭小、工艺危险性等限制, 实验机会较少, 学生在实践中很难将理论知识与实践实际有机结合起来。利用虚拟仿真软件解决传统实训教学中设备稀缺问题, 为学生建立虚拟的、现代化的食品加工环境, 让学生在安全可控的情况下, 能够反复练习核心操作动作, 提升学生的学习兴趣和工艺理解能力。

(二) 国内外研究现状

在虚拟仿真实训教学应用于食品类专业学生实训教学手段的研究中, 对于食品类专业虚拟仿真实训教学研究呈现出多样化发展的态势, 从国内学者的研究现状来看, 对于虚拟仿真技术如何应用在实训教学过程中的探究, 并且也开展了一些实证研究, 并针对实训教学中的成效研究进行分析。如, 在疫情期间虚拟仿真技术的教学研究, 探讨在医学免疫学实训教学中如何开展虚拟仿真实习教学, 基于虚拟现实技术构建线上实训教学过程的“免疫细胞治疗细胞制品质量控制”等综合性实训教学单元的设计, 以此教学模式达到开放性的教学内容, 以及更高承载的教学资源, 提升教学效果^[1]。这些研究也能应用于食品类专业学生实训教学, 并能够为在食品类专业学生开展实训教学方法研究提供指导, 提出的实训教

学具有目标问题的驱动,可以迁移至食品类专业实训教学的食品检测、食品加工等实训教学中,加深食品类专业学生的操作技能,注重在完成该实验过程中如何进行操作。国内学者围绕“虚拟仿真教学能否在提高学生对于实训教学积极性,能否对实践知识以及技能进行掌握”方面开展评估性研究。

国际上对虚拟仿真实训应用研究开始较早,工程技术、医学类学科领域亦有相对成熟的应用经验。ESTACA 工程学院与 ESI-GROUP 开发的 PamMedysa2G 软件融合车辆整体运动学建模和局部有限元分析,进行车辆悬架系统多层次仿真优化的跨学科研究^[2],提示食品类专业的虚拟仿真课程可以借鉴此跨学科经验,基于食品加工设备或者加工设施与工艺系统的动态仿真,实现相关运行参数或者工艺条件等参数可视化的展示。虚拟仿真类技术在国外还被广泛应用于实训操作对职业素养的培养方面,通过研究开发 VR 环境下的听力障碍学习体验,帮助医学生通过 VR 情境交互体验患者的感受,提高医学生对患者的同理心和沟通能力。此经验也可以用于食品类专业涉及食品安全沟通、消费者行为分析等教学实训部分,帮助学生在虚拟情境下体验可能面对的突发公共卫生事件或者产品投诉情景,增强其职业敏感性和应对危机能力。

从技术手段的角度看,国外学者的研究重点着眼于虚拟仿真技术与课程教学的融合。“在解决电路分析课程中关于实验操作不易理解的问题上,基于 Multisim 仿真软件,构建出 RLC 串联谐振电路的虚拟实验,并且能够实时地调节相应参数而直接显示出电路变化的状态与规律。”^[4]这一技术可为食品类专业仿真实训提供借鉴,如食品化学反应及微生物生长曲线的模拟过程均可借助虚拟仿真动态的展现原理,分析实验过程中重点变量(温度, pH 值)对实验的影响,从而有效克服食品类实训中有限的装置及耗时长等难点。另外,国外学者的研究普遍重视虚拟仿真的虚拟性,即“应采用‘虚实结合’形式对各项教学内容进行分类递进”。这一与国内提出的“产教结合”的理念不谋而合,能够为食品类专业仿真实训教学方式的“改革”提供指导依据。

国内外文献在技术和应用两个方面都追求交互性和逼真性。国外文献中的虚拟仿真教学系统具有三维模型、实时互动功能等,国内文献更强调在国内教学资源的本地化以及国内教学实践需求的个性化。如在计算机网络技术教学上如何实现虚拟仿真技术,重视虚拟仿真实训场景克服了地点的限制,可以在一个物理地点完成需要空间距离较长、涉及环节复杂的实训项目,如冷链物流的模拟、一个食品工厂全过程的管理等,对食品类专业来说也同样存在这些情况。未来研究可以通过本土化和国际化的相互取长补短,找到更有利于食品类专业的虚拟仿真技术教学融合。

(三) 研究方法与创新点

本文以乳化肠制作这一生产流程为例,将虚拟仿真技术综合应用于乳化肠制作的具体实训过程中,综合应用分析法揭示虚拟仿真软件在实训中所起的作用及操作方法,实验法验证应用虚拟仿真技术是否达到事半功倍的效果。具体应用亮点为:应用虚拟仿真的阶梯化实训教学方式,研制规范化的畜产品加工虚拟仿真软件,在软件的实操实训与线下实训中运用的数据对教学环节进行反馈。

二、专业相关理论

(一) 食品类专业实训教学理论

专业实训是食品类专业教学理论的重要内容,核心任务在于让学生获得一定的技能性并结合具体进行实际操作,使自身对食品加工、检测和食品安全生产等方面有深刻的认识,从而能够具备较强的技能和职业素质。主要能够在岗位工作中迅速发现问题,并开展合理的解决手段,解决相应的问题并完成自身的成长^[5]。一方面在内容方面,实训教学包括针对食品原料的处理以及食品加工、质量检测 and 食品安全检查等方面,强调理论和实际的结合,对学生具备良好的设备和仪器运用能力和一定的实践能力,

从而要求学生在理化检测和微生物检测方面具有相应的操作、化学检测与物理检测的全面技能，并与微生物学加以对比，引导学生掌握食品检测技术这一环节的重要意义，在检测实践过程中认识到科学运用质量检测数据对于实现对产品质量问题的有效掌控的意义。

过去传统的实习教学方式是以“教师带班学生动手实习”、“学生参观”等方式进行，但部分教学实际不能达到这一效果，其原因有多种。一方面实验仪器有限，很多学生不可能按照自己的实际操作方式进行反复训练和操作，尤其是在食品大中型设备实训操作或有大型原材料情况下^[7]；另一方面部分实训内容可能不安全，例如食品的高温、高压食品实训或使用化学试剂，直接操作实际现场存在一定的事故风险，影响教学的有效性和安全性能^[8]；再者部分实际无法达到教学的要求，例如食品发酵阶段的温度、湿度等操作条件，比如食品安全应急事件事故等状况下，学生可能得不到实际工作中的真实感觉^[9]，所以部分实习教学方式对实际生产环境或复杂和特殊生产环境的实际操作项目，在实际教学过程中具有一定局限性，导致实际教学方面不够深入细致，从而影响了学生在实习过程中综合技能与创新能力。

虚拟仿真教学取代传统的操作实训。虚拟仿真技术让学生在虚拟的实验环境中真实进行实践和操作，虚拟仿真教学平台中能够复原食品类专业中的一些复杂操作的场景，如安全控制生产线的食品加工工艺流程和食品安全危害因子识别等，从而解决了学生实践操作教学的设备不够用，同时又实现了操作和过程的安全，反复实践的困难；在操作中通过虚拟互动功能提升学生对课程理论的理解和学习。在“粮食储藏”课程教学时，虚拟仿真实验室可以通过虚拟的三维环境再现不同储藏环境下的粮食发生的变化，让学生观察到粮食发生的相应变化，理解温度、湿度对粮食品质变化的作用，从而在虚拟环境中，对粮食储藏的相关理论有更加清晰准确的理解^[11]。同时通过虚拟仿真教学中的一整套评价标准对学生操作和过程决策进行实时记录，以便让教师可以准确掌握学生虚拟仿真教学实训课程的表现，从而制定更加精准的教学目标和教学方案，使课堂教学的效率和学习效果能够进一步提高，从而培养学生今后工作所需的素养。

（二）畜产品加工工艺学基础

肉类加工技术是从事动物食品原材料加工处理到肉食品生产的加工过程、加工理论及加工实践技术科学；是现代食品制造体系的重要内容之一。前处理过程主要包括洗涤、分档、分割、整理、腌制等环节。洗涤是为了去除表面泥沙、灰尘和部分污染源，同时将生肉原料中所携带的微生物数量降到一定范围内。分割、整理主要用于成型和外观。腌制作用是利用食盐和香辛料以及发色剂等物质对肉类进行腌渍处理，从而通过增加产品的风味和着色能力，并提高食品的耐储存时间。腌制的物理化学反应过程包括传质动力学和蛋白质的变性。

肉制品的乳化成型主要包括原料混合、细刀斩拌或斩拌、乳化、成型定性等过程，最终依靠机械力、热能等手段，将原料中的脂肪、水和蛋白质等形成稳定的乳化液，影响最终产品的黏弹性和持水能力和切片率；乳化后包装成型、模压成型或挤压成型，获得预期的外形及内部结构和组织形态。

最后一步是杀菌和包装工序，是维持产品安全性和商品性的最后保障步骤。可以结合产品的性质选择巴氏杀菌、灭菌、超高压等非热和热力杀菌方法杀灭致病菌和腐败菌，同时最大限度地保留产品的营养物质与感官特征；包装可以起到缓冲、防护、防气、抗氧等保护作用，同时运用真空、气调等抑菌、抗氧化技术最大限度地延长货架期，保全产品的商品价值。

畜产品加工工艺学把食品化学、微生物学、流体力学、机械工程等多学科内容融于一体，是一项系统性强，技术含量高的综合集成性技术。

（三）职业教育实训教学理论

虚拟仿真教育技术能够为职业教育实训教学提供较坚实的学理基础，也为职业教育实训教学模式的创新发展提供了重要的理论指引。做中学理论由杜威实用主义教育观演变而来，其认为学习是基于真实实践发生的过程，该学说肯定了学习实践中手脑并用在知识内化、技能构建中的重要意义，而虚拟仿真以其拟实操作、情景化交互等特征，将学习者置于模拟真实职业环境的场景内自主探究并操作实践，使其能够进一步完善感性认知到理性认知的发展。情景学习是由莱夫和温格提出的，认为知识不是抽象的符号，而是通过具体的生活情境中社会互动、文化实践活动过程中逐渐构建形成的；虚拟仿真能够提供丰富、真实的作业场景，学生可以基于协作完成角色扮演及任务实现，有助于默会知识的掌握与迁移。PBL 教学法（Problem-Based Learning）是以真实的现实工作情境中典型问题为载体，让学生在虚拟的情境中主动分析、调试参数、诊断及故障排除，系统提升综合问题的解决及批判性思维能力。

三、乳化肠加工虚拟仿真实验设计

（一）实验模块架构

虚拟仿真实验根据乳化肠加工全程生产流程设计多层次交互式虚拟仿真实验模块，包括工序流程互动实验模块——动态模拟关键工序，设备结构互动学习模块——实物三维立体建模，关键工序综合设计模块——着力乳化、成型等关键工序工艺设计实践和能力培养，人机协同检测模块——将虚拟传感技术与机器视觉识别技术相结合，构建人机协同检测智能评估体系。

（二）核心功能实现

人机交互界面分为功能模块化与人机合理交互，在交互界面通过三维仿真技术设计高相似度的虚拟教学场景，过程仿真程序中采用 Unity 技术和物理计算方法设计由 12 个关键步骤组成的动态工序流程；参数控制模块设计多向参数表，学生能在多方向设定参数进行试验，采用机器训练模型来生成质量估计模型。

（三）教学资源整合

根据乳化肠加工工艺生产流程，建构理论、演示、实训三阶段教学资源。工艺生产过程视频通过三维虚拟建模技术，建立全过程动态演示系统，实训指导手册建立起理论与实践一体化体系，考核测试系统形成教学评价智能平台，建构从“课前一课中—课后”教学闭合链，实现教学资源精准投放。

四、虚拟仿真软件应用效果分析

（一）学生技能提升效果

在仿真系统中培养学生的专业技能，即专业核心能力中工艺设计能力、质量控制能力、故障排障能力综合能力全面且有效培养。工艺设计能力培养过程中配方配比和工艺参数调整成功率达 62%，方案可行验证成功率达 65%。质量控制能力培养过程中质量控制点识读合格率由 51% 提升到 73%，异常点处理合格率为 63%。故障排障能力培养过程中排障训练量提高了 9 倍，发现排障时间减少了 41%。

（二）资源利用效率优化

虚拟仿真教学技术能明显提高教学资源利用率。虚拟仿真技术节省原材料，在教学过程中因操作不当造成原材料的浪费现象，也消除了因设备故障导致原材料的浪费。节约了设备损耗，虚拟仿真教学模式在教学时设备不实际消耗能量和产生损耗，设备年维修经费支出下降了 40% 左右。节约了教学空间利用率，虚拟化的教学教学系统不受时间和空间约束，可有效解决高校实训教学设备场地有限等条件造成的压力。

（三）安全风险防控成效

安全风险防控措施和技术的可推广性，是虚拟仿真技术的生命力所在。运用此技术解决了传统实操实训风险高的问题，降低了使用虚拟仿真技术后的设备误操作、添加试剂过量添加、交叉感染等主要风险点的误操作率约 237%。没有出现任何物理性安全事故，而传统实操实训组每年平均有设备受损的事件 2.8 个 / 百人及轻度烫伤事件 1.5 个 / 百人。

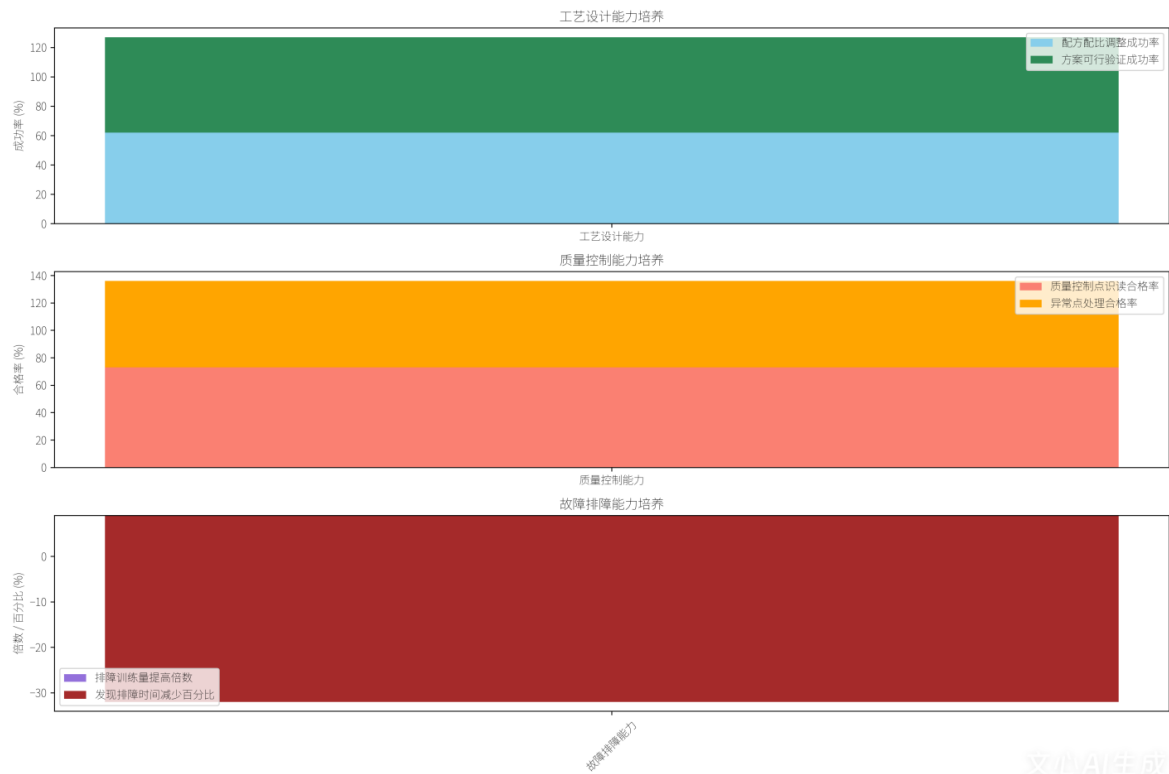


图 1 学生技能提升效果图

五、虚拟仿真实训教学模式创新

(一) 个性化学习路径设计

在仿真技术基础上形成个性化的学习路径设计模型，运用自适应学习和针对性任务布置两个方面辅助，提高学生的实训教学效率。其中自适应学习通过对学习者属性数据的分析产生智能化的报告反馈，针对性任务布置是个性化的学习路径的深层次教学设计；根据试验统计结果，个性化的学习路径下的学生在工艺数据理解的正确率、操作的正确性比中继了 27.6%、34.2%。

(二) 团队协作能力培养策略

借助虚拟仿真环境来构建多维情景交互，包括角色任务处理与分配，并提出科学的小组合作性成果评定框架。角色任务处理与分配在乳化肠加工生产工艺流程基础上设定重要的加工环节进行任务情景设计，合作性的交互设计中通过进度显示任务的协同流程、设置合作权限、任务提示看板等功能构建小组合作性任务的支持。小组合作性任务的评定可采用形成性测试评定、总结性测试评定，可构建包含交流与协作性、任务完成度、问题处理能力、角色适合度等 4 种纬度的量规评定。

(三) 创新实践能力激发方法

构建多维度实习环境，充分调动学生的创意思想，以发挥学生的畜产品深加工创新能力。学生在确定工艺参数优化设计实验方案后，可自行选择确定几个主要参数进行组合实验，实现不同参数的组合实验数据实时模拟出产品指标，同时新产品的开发任务运行流程中涉及全流程实训模块，要求学生参考消费者偏好数据库和具体行业标准要求，设计一款有竞争力的乳化肠产品。

六、结论与展望

（一）研究结论

虚拟仿真实训教学能够弥补畜产品加工实践教学中存在的时间与空间限制,更加方便地实现在任何时间、任何地点接受实训课程的感官和认知的训练;虚拟仿真技术可以在一定程度上节省原材料和实训设备等的损耗;还可以提高知识传授的针对性和灵活性,通过三重交互的设计体现;运用数据化的手段来提高教学管理的效率,并且实现对教学资源的动态管理与优化;构成“虚实结合、以虚补实”的教学模式,有效解决传统教学实训教学瓶颈。

（二）未来展望

未来虚拟仿真技术能够与畜产品加工实训教学深度融合,在“产品加工”实训教学基础上,运用人工智能、物联网等技术实现全产业链教学场景应用,构建原料收验、工艺控制、质量检测、产品贮运等全产业链虚拟实训应用场景,发挥虚拟仿真实训与实践实训互补性机制作用,建立“院校-企业-技术供应商”协同联动教学服务平台,保障教学内容与产业需求一致化,虚拟仿真技术实现对创新创业的辅助和引导,并提供学生“创新创业”的自主机会,培养学生的创新实践能力。

利益冲突

作者声明,在发表本文方面不存在任何利益冲突。

参考文献

- [1] 陈瑾 基于虚拟仿真技术的医学免疫学线上综合性实验教学研究——以免疫细胞治疗细胞制品质控实验教学为例 中国免疫学杂志 2021 10.3969/j.issn.1000-484X.2021.19.018
- [2] JeanChristophe Walrick;JC Walrick Optimisation numérique d’une suspension de véhicule en sollicitation dynamique Mechanics & Industry 2007 10.1051/meca:2007002
- [3] 陈丽霞,李敏,范士勇.基于虚拟仿真技术的电路分析教学研究与实验[J].黑龙江科学,2020,11(05):44-45.
- [4] 张建珍,李晋超.基于虚拟仿真技术的计算机网络技术专业教学研究[J].教育理论与实践,2025,45(09):56-59.
- [5] 卢加元.新工科建设背景下审计虚拟仿真实验教学项目建设的思考[J].商业会计,2021,(02):118-121.
- [6] 刘霞,李小斌.虚拟仿真实验在工程能力教学中的应用[J].高教学刊,2020,(05):115-117.DOI:10.19980/j.cn23-1593/g4.2020.05.036.
- [7] H Maulana. Implementation Mirror Technique 3D Objects for Interactive Learning Media “Circulatory System” Virtual Reality-Based. Journal of Physics: Conference Series, 2019.
- [8] 袁超.虚拟仿真软件在机械专业教学中的应用[J].湖北农机化,2020,(13):97-98.
- [9] 高文曦.虚拟仿真实验教学项目应用研究[J].软件导刊,2022,21(09):184-189.
- [10] 吴维艳.虚拟仿真技术在职高电子元器件与电路基础教学中的实践应用[J].职业教育(中旬刊),2015,(09):18-21.
- [11] 杨丽娟,张连江,吴殿秀,等.医学虚拟仿真软件在基础医学实验教学中的应用——以《家兔失血性休克及微循环观察》实验项目为例[J].中国医学教育技术,2019,33(01):79-82.DOI:10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201901019.
- [12] Davis, Lesley; L Davis. Evaluating and Selecting Simulation Software Using the Analytic Hierarchy Process. Integrated Manufacturing Systems, 1994.