

“纳米乳液的制备、表征及粒径调控”实验的课程思政设计

聂海瑜, 张晨辉, 杜凤沛*

中国农业大学理学院, 北京 100193

摘要: 将化学竞赛成果转化具有农业特色的实验项目“纳米乳液的制备、表征及粒径调控”, 并引入到物理化学实验教学中。通过实验使学生掌握纳米乳液的制备表征方法并研究制备因素对性质的影响, 推动了农科和理科的融合渗透, 培养了学生的跨学科思维, 提高了科学素养。引导学生深刻认识纳米乳液对于减少农药使用量、保护生态环境的重要意义, 关注国家粮食安全和食品安全等战略需求, 加强了学生的绿色发展意识, 激发了学生服务三农的责任感。

关键词: 物理化学实验; 纳米乳液; 制备表征; 课程思政; 实验设计

中图分类号: G64; O6

Ideological and Political Design for the Preparation, Characterization and Particle Size Control Experiment of Nanoemulsion

Haiyu Nie, Chenhui Zhang, Fengpei Du *

College of Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China.

Abstract: An achievement of the chemistry contest has been successfully transformed into an experimental project with agricultural characteristics, “preparation, characterization and particle size control experiment of nanoemulsion”. It's introduced into the physical chemistry experiment teaching. Through- the experiment, students can master the preparation and characterization methods of nanoemulsion and study the influence of preparation factors on properties. That can promote the integration and infiltration of agricultural and scientific knowledge, cultivate students' interdisciplinary thinking and improve their scientific literacy. Students are guided to deeply realize the importance of nanoemulsion in reducing pesticide use and environmental protection and pay attention to the major strategic needs of national food security and food safety. The experiment can strengthen students' awareness of green development and stimulate their sense of responsibility to serve the national development of agriculture, rural areas and farmers.

Key Words: Physical chemistry experiment; Nanoemulsion; Preparation and characterization; Ideological and political education; Design of experiment

1 引言

在新农科背景下, 传统物理化学实验存在以下问题: 与科研前沿脱节, 难以引导学生与时俱进; 教学内容与农业结合不紧密; 缺乏思政元素, 缺乏对学生知农爱农情怀的引领, 未能与三农发展等国家战略对接, 没有达到课程思政与专业教育协同育人的效果等^[1,2]。为了解决这些问题, 我们将曾获得第十一届北京市大学生化学实验竞赛一等奖, 具有农业特色的作品“相转变组分法制备10%咪

收稿: 2023-06-27; 录用: 2023-08-18; 网络发表: 2023-08-28

*通讯作者, Email: dufp@cau.edu.cn

基金资助: 2018–2022 年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会课题(H20220202); 教育部新农科研究与改革实践项目

鲜胺纳米乳液”转化为物理化学实验项目“纳米乳液的制备、表征及粒径调控”^[3,4],并进一步挖掘思政元素,引导学生认识纳米乳液^[5-8]对于提高农药利用率、降低农药使用量、减少环境污染的意义,使学生深刻领悟生态文明理念,激发他们服务于国家粮食安全和食品安全战略的社会责任感,树立“知农爱农”情怀,取得了良好的育人效果。

2 课程思政案例的设计与实施

2.1 案例的导入

保护粮食安全、食品安全和生态环境是我国的国家战略。习总书记强调“绿水青山就是金山银山”,强调在发展中保护,在保护中发展^[3]。农药的使用虽然能有效提高粮食产量,但也会造成环境污染,影响粮食安全和食品安全。而提高农药使用效率,减少农药使用量,在保证粮食增产的同时减少农药对环境的污染,是当今农业人的重要使命担当。2021年中央一号文件强调“要持续推进农药减量增效,推广农作物病虫害绿色防控产品和技术”。

在农药的制备和使用过程中,乳化剂是不可缺少的成分之一。乳化剂可以明显改善农药的润湿、铺展、分散、滞留和渗透性能,提高农药的生物活性,更好地发挥农药药效^[9]。近些年来,利用纳米技术改善农药制剂理化性能已成为农药剂型研发的前沿领域,并被国际纯粹与应用化学联合会列为“将改变世界的十大化学发明”的首位^[10]。纳米乳化技术是其中一项重要的前沿技术。纳米乳化技术因其具有尺寸拓扑效应、高反应活性、多修饰手段等优势,可有效改善难溶性农药的分散性、稳定性和生物活性,促进药液在靶标表面的黏附沉积,延长农药的持效期,从而降低农药的使用量,提高农药利用率,减少农药在环境中的残留,提高对施药者的安全保护^[11-13],对我国粮食增产和粮食安全、三农发展具有重要意义。

2.2 实验的创新设计

2.2.1 具体方案设计

一、实验仪器和试剂

实验仪器:数显恒温加热搅拌器、恒温水浴、Nano-ZS90动态光散射仪、离心机、恒压漏斗、50 mL圆底烧瓶、离心管;

实验试剂:司班80(Span80)、吐温80(Tween80)、氯化钠(A.R)、硫酸钠(A.R)、氯化铝(A.R)、液体石蜡(A.R)

二、实验步骤

(一) 基础实验部分

为了保证实验的安全性,本实验采用无毒无味的液体石蜡进行实验。

(1) 液体石蜡纳米乳液的制备。

将恒温水浴设定为实验温度,如50 °C。在50 mL圆底烧瓶中将3 g混合表面活性剂(Span80 : Tween80的质量比为0.44 : 0.56)溶解在3 g液体石蜡中,磁力搅拌2 min。恒温继续搅拌,将24 g水相用恒压漏斗以固定的速率(1滴/2 s)缓慢滴加至含有乳化剂的油溶液中。乳化完成后,停止搅拌,在室温下放置冷却,即得30 g液体石蜡纳米乳液。

(2) 水相滴加速率对液体石蜡纳米乳液制备的影响。

改变水的滴加速率,如1滴/1 s等,也可采用其他滴加速率进行实验。

(3) 外加电解质对液体石蜡纳米乳液制备的影响。

配制0.2 mol·L⁻¹的NaCl、Na₂SO₄、AlCl₃溶液各50 mL,固定搅拌速率,分别在70 °C将其作为水相,重复步骤(1)制备液体石蜡纳米乳液。

(4) 液体石蜡纳米乳液粒径及 ζ 电势的测量。

将以上得到的所有液体石蜡纳米乳液各取0.01 mL加水稀释至10 mL,使用Nano-ZS90动态光散射仪对其粒径、粒径分布和 ζ 电势进行测量。

(5) 液体石蜡纳米乳液离心稳定性研究。

取每个液体石蜡纳米乳液4 mL于离心机中以4000 r·min⁻¹转速离心15 min, 观察评价其析水/析油或分层等物理稳定性。

(二) 拓展实验部分

(1) 按照基础实验部分的步骤(1), 分别在100、200、300、400 r·min⁻¹的搅拌速度下, 将水相以固定的速率(1滴/1 s)缓慢滴加至含有乳化剂的油溶液中, 研究搅拌速率对乳化效果的影响。

(2) 按照基础实验部分的步骤(1), 改变混合表面活性剂Span80:Tween80的用量(3%、5%、7%), 研究乳化剂用量对乳化效果的影响。

(3) 按照基础实验部分的步骤(3), 改变外加电解质的浓度(0.2、0.5、1.0 mol·L⁻¹), 研究电解质用量对乳化效果的影响。

三、实验数据处理与讨论

(1) 根据所测粒径、粒径分布和 ζ 电势、离心稳定性等指标列表对基础实验部分的步骤(1)制备的纳米乳液进行评价。

(2) 根据上述指标分析三种不同无机盐对液体石蜡纳米乳液性质的影响规律及原因。

(3) 根据上述指标分析滴加速率对液体石蜡纳米乳液性质的影响规律及可能机制。

(4) 根据上述指标分析乳化温度对液体石蜡纳米乳液性质的影响规律及可能机制。

(5) 根据实验结果分析搅拌速率、乳化剂用量、不同电解质浓度对液体石蜡纳米乳液性质的影响规律及可能原因。

2.2.2 创新设计

(1) 采用绿色、环保、价格低廉且安全高效的非离子表面活性剂Span80和Tween80作为原料, 用相转变组合法制备纳米乳液, 合成装置简单, 合成和表征操作方便、高效、无高危高毒操作, 符合绿色化学和环保理念;

(2) 改变制备条件, 考察液体滴加速率、温度、电解质、表面活性剂的配比、搅拌速率等对纳米乳液的性能影响, 可以培养学生研究科学问题的思维; 通过分组同时实验, 共享结果, 可以在提高实验效率的同时培养学生的协作精神;

(3) 学生以小组为单位, 预先查阅资料, 研究“什么样的农药活性成分适合制备纳米乳液”以及“如何提高纳米乳液的稳定性”。学生在课前设计一个实验方案, 并在课后结合实验结果进行拓展讨论, 激发学生挑战科研难题的勇气, 培养学生的爱农情怀。

2.3 案例的实施

2.3.1 学生自主预习

学生依托实验教学平台所提供的实验视频资源(图1)和文字材料, 在课前针对实验原理和实验操作进行实验预习, 学习相关仪器的使用操作, 了解实验流程的关键点和注意事项, 提高学生实验操作的标准化和规范化水平。预习将课堂讲授部分转移到线上进行, 将传统的教师课堂讲授、学生听课的被动模式转化为以学生为主体的教学模式, 提高了学生的自主学习能力和实验课程效率。

实验开始前, 以教师抽查学生回答问题, 其余学生进行补充, 师生共同讨论的方式检查预习情况, 对学生的预习情况进行评价, 促使学生积极主动预习、主动思考。

教师提供农药学科发展历史相关资料, 要求学生课前完成学习。

2.3.2 课堂讲授融入学科史

学生以小组为单位在课上展示农药学科发展历史, 教师进行点评, 使学生深刻理解乳液在农药发展中的重要作用, 感受到老一辈农药人在艰难的环境中不断克服困难研发农药乳剂, 提高农药效率, 为我国粮食增产做出重要贡献的精神, 激发学生面对挫折坚韧不拔的精神和服务国家重大需求的使命担当。



图1 实验视频资源

2.3.3 团队实验形式

学生组成2人一个小组。一个实验安排3-4组同学选用不同的实验条件同时进行实验，在各自独立完成实验的基础上共享数据，对不同实验条件下得到的结果进行分析讨论。团队实验有助于加深学生对纳米乳液制备影响因素的认识，并培养学生的分工合作能力以及团队意识，增强生生交流。

2.3.4 诚信科研教育

教师巡查实验过程，评价学生操作的科学性和规范性，督导学生真实、科学地记录实验现象和数据。发现学生出现严重的不诚信行为，本次实验记零分，促使学生养成良好的实事求是的科研习惯和认真严谨的科学态度。

2.3.5 实验报告撰写

要求每名学生在课后以科研论文形式完成实验报告的撰写。要求学生正确处理实验数据，根据所测粒径、粒径分布和 ζ 电势、离心稳定性等性能指标对不同反应条件如搅拌速率、混合表面活性剂的不同配比、温度、外加不同电解质等对纳米乳液性质的影响进行评价，总结归纳反应条件对纳米乳液性能的影响规律，解释内在机制，培养学生分析和综合评价实验结果、进行科学思维的能力；对比实验数据和文献数据，正确评价并做出预测，培养学生信息加工能力。要求学生对实验结果进行分析讨论，提高报告的逻辑性、条理性、科学性。鼓励学生大胆思考，对实验现象和数据提出自己的见解，培养学生的科学思维能力。

2.4 课后拓展

课后学生还需要完成以下内容：

(1) 说明除了纳米乳液外还有哪些类型的乳液，阐述不同乳液之间的区别和联系，加深对乳液知识的了解。

(2) 对课前设计的实验方案进行拓展讨论，总结如何提高纳米乳液的稳定性，从而更好地应用于农药生产，提高农药效率，减少环境污染。

(3) 结合实验结果和相关文献，总结什么样的农药活性成分适合制备成纳米乳液，阐述纳米乳液在农药领域应用的进展并预测发展趋势，提升综合评价、批评创新的能力。

内容以小组报告形式单独提交。

3 实施建议与效果考核

本实验的教学目的不仅是传授专业知识，更多地在于对学生实验操作技能、科学思维、严谨求实的科学态度、创新能力，以及发现、分析和解决问题能力等进行综合训练。为了考核实验教学效果，我们设计了多元化考核方式，并制订了相关评价标准，按照产出导向的理念对课程思政教育目标的达成情况进行考核(表1)。

表1 课程思政教学目标达成度的考核设计

课程思政教学目标	考核形式	考核标准
科学素养: 积极做好实验前的预习工作, 对实验心中有数	预习报告和预习回答问题评分	能清晰表达实验原理和操作要点以及注意事项, 回答老师的问题, 积极参与讨论
科学素养: 勇于挑战科研难题的精神	课前实验方案设计评分	完整设计实验方案, 有可行性, 逻辑清晰
科学素养: 认真严谨的实验习惯、实事求是的科研态度	实验过程中的操作和记录情况评分	操作规范, 完成实验; 真实、完整、科学记录实验现象和数据
团队精神: 分工明确、协调合作的精神	实验过程的合作情况评分	两人分工明确, 不推诿, 共同分析、解决问题, 完成实验
科学素养: 撰写规范, 具有深度, 逻辑清晰, 条理分明, 对数据信息能正确归纳总结	课后实验报告	报告严格按照学术论文格式撰写, 分析讨论有深度有逻辑有条理, 从实验现象中能总结归纳规律, 能正确评价数据, 做出信息预测
服务国家: 知农爱农情怀、环保意识	课后实验报告、小组报告	能够阐述提高纳米乳液稳定性的方法, 了解纳米乳液在农药生产中的应用, 以及对于粮食安全的意义
服务国家: 面向国家战略需求——粮食安全、食品安全, 三农发展	课后实验报告、小组报告	能够总结适用于农药生产的纳米乳液成分, 了解乳液在农药领域中的应用情况, 了解行业情况, 思考当前存在的问题, 激发为三农发展服务的责任感

结果显示, 该实验较好地激发了学生的实验兴趣, 使学生对纳米乳液在提高农药效率、降低环境风险中的重要性有了更深的认识, 培养了学生严谨的科研态度, 提高了学生的实验素养和综合能力, 进一步强化了学生的绿色发展理念以及关注国家粮食安全和食品安全的意识, 激发了学生为三农服务的社会责任感。

4 结语

本实验案例将化学竞赛成果转化为具有农业特色的物理化学实验项目, 充分体现了农科和理科知识的深度融合, 培养了学生的跨学科思维能力; 实验聚焦前沿纳米技术, 与时俱进, 内容有趣实用, 激发了学生的学习和探究兴趣; 实验过程中强化了诚信教育, 有助于培养学生的科研诚信态度, 提高了学生的科学素养。实验通过团队合作, 增强了学生的分工合作能力和沟通协作能力; 实验内容与环境保护、粮食安全和食品安全等国家战略紧密衔接, 树立了学生知农爱农情怀, 加强了学生的绿色环保意识和社会责任感, 也提升了学科自信; 课程思政的设计, 达到了价值塑造、知识传授和能力培养三位一体的教学效果。

参 考 文 献

- [1] 吕游, 赵其祥. 教育教学论坛, 2021, 9 (39), 38.
- [2] 阿布力克木·吾布力达, 张欣茜, 陈燕勤. 山东化工, 2021, 50 (5), 239.
- [3] 聂海瑜, 张晨辉, 高玉霞, 杜风沛. 大学化学, 2022, 37 (8), 2207005.
- [4] Lei, J. M.; Gao, Y. X.; Hou, X.; Sheng, Z. Z.; Zhang, C. H.; Du, F. P. *Soft Matter* 2020, 16, 5650.
- [5] 康波, 齐军茹, 杨晓泉, 廖劲松. 中国食品添加剂, 2008, No. 3, 102.
- [6] 姚云霞, 李云, 李媛, 张艳华, 孙华, 李明媛. 军事医学, 2021, 45 (6), 473.
- [7] 于力, 张钧寿, 周建平. 药学进展, 2006, 30 (11), 491.
- [8] 张国生, 郑瑞琴. 精细与专用化学品, 2003, No. 14, 3.

- [9] 郭勇飞, 张小军. 世界农药, **2021**, *43* (4), 1.
- [10] 闫硕, 蒋沁宏, 沈杰. 植物保护学报, **2022**, *49* (1), 366.
- [11] 张航航, 陈慧萍, 曹冲, 赵鹏跃, 李凤敏, 黄啟良, 曹立冬. 农药学学报, **2022**, *24* (6), 134.
- [12] 孙长娇, 王琰, 赵翔, 崔博, 张亮, 曾章华, 崔海信. 农药学学报, **2020**, *22* (2), 205.
- [13] Zhao, X.; Zhu, Y. Q.; Zhang, C. H.; Lei, J. M.; Ma, Y.; Du, F. P. *RSC Adv.* **2017**, *7*, 48586.