

• 高校生物学教学 •

高校本科生天然药物化学实验教学探索

刘文宝, 刘玉峰

辽宁大学 药学院, 辽宁 沈阳 110036

刘文宝, 刘玉峰. 高校本科生天然药物化学实验教学探索. 生物工程学报, 2022, 38(3): 1248-1256.

LIU WB, LIU YF. Exploration of the experiment teaching of natural medicinal chemistry for undergraduates. Chin J Biotech, 2022, 38(3): 1248-1256.

摘要: 天然药物化学是药学专业的重要必修课程之一。其实验课以培养高校本科生的综合实验技能和创新能力为主,并在其中发挥重要作用。针对天然药物化学实验教学中存在的问题,辽宁大学以毕业生就业方向为导向,充分结合多年的实际教学经验,对天然药物化学实验中同步理论课与实验课教学、培养学生的实验安全意识以及改进实验教学方法等3个方面进行了改革探索。实践结果表明,改革获得了良好的教学效果,建立了一套能够实现实验课与理论课同步、培养学生的实验安全意识并且实验课教学方式多样、教学效果良好的教学体系,为提高高校本科生天然药物化学实验课程的教学效果和质量,培养适应中药与天然药物研究发展机遇、符合从业要求的药学专业人才奠定了基础。

关键词: 天然药物化学; 实验教学; 本科生; 基于问题的学习; 药品生产质量管理规范

Exploration of the experiment teaching of natural medicinal chemistry for undergraduates

LIU Wenbao, LIU Yufeng

College of Pharmacy, Liaoning University, Shenyang 110036, Liaoning, China

Abstract: Natural medicinal chemistry is one of the important courses for students in pharmacy majors. Its experimental teaching focuses on fostering comprehensive experimental skills and innovative

Received: August 5, 2021; **Accepted:** October 17, 2021; **Published online:** November 2, 2021

Supported by: National Natural Science Foundation of China for Young Scholars (81403177); Program for the Innovative Talents of Higher Learning Institutions of Liaoning, China (LR2018047); Research Project on Construction of High-quality Online Courses and Comprehensive Reform of Teaching Mode for Postgraduates of Liaoning University, China (YJG202002035)

Corresponding author: LIU Yufeng. Tel/Fax: +86-24-62202469; E-mail: liuyufeng@bjmu.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金 (81403177); 辽宁省高等学校创新人才支持计划 (LR2018047); 辽宁大学研究生优质在线课程建设与教学模式综合改革研究 (YJG202002035)

abilities of undergraduates. Liaoning University has explored ways to promote the experimental teaching of natural drug chemistry based on the graduate employment and practical teaching experience in the past decade. These explorations include three aspects, such as synchronizing experimental teaching with theoretical teaching, fostering students' awareness of experimental safety, and improving experimental teaching methods in natural drug chemistry experiments. The practices showed that the reform has achieved a good effect. A teaching system that can achieve the three expected aspects has been established, which improved the teaching effect and quality of natural medicinal chemistry experimental courses for undergraduates. Furthermore, these explorations may facilitate fostering pharmacy specialists who can meet the opportunities of developing Chinese medicine and natural drug research and meet the requirements of employment.

Keywords: natural medicinal chemistry; experiment teaching; undergraduate student; problem-based learning; good manufacturing practice

近几年, 中药和天然药物研究迎来了前所未有的发展机遇。屠呦呦因青蒿素研究先后获得 2015 年诺贝尔生理学或医学奖和 2016 年国家最高科学技术奖, 使国内外医药领域专家看到了中药和天然药物发展的巨大潜力。2015 年至今, 国内外科学家针对中药与天然药物在国际权威期刊上发表了大量的科学研究成果^[1]。中共中央、国务院于 2016 年印发的《“健康中国 2030”规划纲要》为中医药单设一章, 将国内中药和天然药物的发展提到了前所未有的高度^[2]。

天然药物化学作为中药和天然药物研究的基础学科之一, 是一门运用现代科学理论与方法研究天然药物化学成分的学科。该学科是本科阶段药学专业的重要必修课程之一, 具有知识更新快、实践性和操作性强等特点, 在教学中发挥着极其重要的作用^[3]。

辽宁大学作为国家“世界一流学科”建设高校、国家“211 工程”重点建设大学, 已开设天然药物化学实验多年。随着天然药物化学学科的快速发展和实验教学活动的不断开展, 遇到了一些影响教学效果和质量的问题。对此, 我校在天然药物化学实验教学中进行了以下 3 个

方面的改革与探索。

1 同步实验课与理论课教学

由于实验课所涉及的理论内容为实验课的开展提供了依据和指导, 因此理想情况下的教学安排是理论课与实验课同步进行。这样的安排有助于学生在构建天然药物化学知识体系时, 自然地将理论课上的专业知识与其在实际中的应用联系起来, 从而既可以巩固强化理论知识的理解与掌握, 又可以提高学生“理论联系实际”和“解决实际问题”的能力^[4]。但是, 多数高校在开设天然药物化学课程时, 虽然能够实现天然药物化学的理论课和实验课在同一学期开设, 但往往会存在实验课进度与理论课进度脱节的问题。

造成这一问题的主要原因是: 首先, 药学专业本身需要生物学、化学、医学等大量的基础学科课程作为理论基础, 而天然药物化学作为一门重要的药学专业课程, 又需要以药用植物学、中药学等学科为基础^[5], 也就是说, 天然药物化学课程需要在药学专业涉及的所有基础学科课程和部分药学专业课程授课完毕后才能开展教学活动。据此并根据辽宁大学的实际

情况, 我校为药学院所有专业的学生所开设的天然药物化学理论课和实验课被安排在三年级的春季学期。其次, 大量的药学专业课程同样需要在药学专业涉及的所有基础学科课程和部分药学专业课程授课完毕后陆续开设, 并且其中多数理论课程需要辅以相应的实验课程, 然而学生的上课时间却是十分有限的。

为了实现实验课与理论课同步, 各高校可以根据教学的实际情况和条件采取合适的措施。在此结合本校的实际教学经验, 提供几点建议: (1) 尽量合理安排各门理论课程与其实验课程的开课时间和顺序。首先, 尽量确保理论课与实验课同步进行。如若不能, 则应至少确保实验课安排在相应理论课章节授课完毕之后, 最大限度地保证学生建构天然药物化学知识体系的完整性。(2) 在实验课内容对应的理论课教学中, 专门为实验课内容设置学时。首先将实验课内容录制成短视频或设置成虚拟仿真实验, 然后当理论课教学涉及实验课内容时, 可以在理论课上利用实验短视频和虚拟仿真实验等手段向学生展示实验课内容并对其进行详细讲解, 这样可以间接实现实验课与理论课同步。

2 培养学生的实验安全意识

安全始终是教育事业不断发展、学生成长成才的基本保障。近年来, 高校实验室安全事故时有发生, 并造成了严重的人员伤亡和重大的财产损失。对此, 教育部于2019年6月印发了《关于加强高校实验室安全工作的意见》, 明确强调: “深刻吸取事故教训, 切实增强高校实验室安全管理能力和水平, 保障校园安全稳定和师生生命安全”^[6]。

虽然全国高校实验室已经积极贯彻并落实了意见精神, 但由于多数实验室安全事件发生

在承担科研任务的研究型实验室, 因此, 本科实验课程在对实验安全意识培养中的重要地位和作用尚未得到各高校的足够重视^[7]。

目前, 大部分高校在本科阶段针对实验室安全所采取的主要措施包括, 为学生统一安排实验室安全与消防安全课程, 在实验室醒目位置张贴实验室安全的相关制度和应急处理方案, 并且在实验课授课过程中, 由授课教师讲授实验注意事项。尽管这一套组合拳确实能够有效地降低甚至是消除本科实验室安全事故的发生风险, 但对于本科实验课程来说, 这样还远远不够。因为本科阶段设置的实验不仅需要为未来从事实验相关工作的准从业人员提供实验技能培训, 还应该培养其良好的职业习惯和安全意识。

为此, 除学校统一安排的实验安全课程以及消防安全课程外, 结合本校的实验教学经验, 建议在天然药物化学实验课程前和课程中, 向学生重申并进一步强调天然药物化学实验所涉及的实验室安全问题, 特别是与危险化学品(如强酸、强碱等)、仪器(冷凝管、烧瓶、试管等)、设备(粉碎机、旋转蒸发仪等)以及消防安全相关的安全问题。并且随着实验课程的不断推进, 采用“由教师主述向教师启发生叙述, 再到学生主述”的安全意识培养模式, 最终培养学生建立自觉的实验安全意识并养成自觉的实验安全习惯, 将实验安全意识深植于心。

3 改进实验课的教学方法

长期以来, 传统的天然药物化学实验课程教学模式和方法均比较单调: 在学生实验开始前, 由授课教师对实验的目的、原理、内容以及注意事项进行统一讲解; 在学生实验期间, 学生严格按照实验讲义中所描述的步骤进行操作, 对实验过程和结果进行记录, 并最终撰写

一份实验报告,而授课教师在该过程中负责指导学生完成上述各环节,并对学生实验中遇到的实际问题进行实时解答。这种教学模式和方法虽然可以锻炼学生的部分实操能力,但经过多年的教学实践证明,其难以调动学生主动学习的积极性,同时也难以培养学生整体的科研思维和创新意识。事实上,实验是为解决理论猜想和实际问题服务的,而天然药物化学作为一门运用现代科学理论与技术研究天然药物中所含生物活性成分的学科,兼具理论性与实践性,因此,天然药物化学实验教学过程应该以解决天然药物化学学科中的实际问题为出发点,启发学生从解决实际问题的角度出发,整体且全面地参与到天然药物化学实验中来。

天然药物化学实验的完整过程应该包括实验的设计、准备、实施和总结等环节^[8-9]。与上述的传统教学模式和方法相比,建议在各个环节采用不同的实验教学方法。

3.1 实验设计环节:采用 PBL 教学法

PBL (problem-based learning) 教学法是美国神经病学专家 Barrows 于 1969 年在加拿大的 McMaster University 首创的一种以问题为基础的教学方法,该方法是以教师设计的实际问题为导向,以学生自主学习为中心^[10-13]。在实际问题的发现、提出与分析以及实验的设计等环节,可以采用 PBL 教学法^[14-18]。

首先,可以在与实验课间接同步的理论课教学过程中,由任课教师启发学生发现并提出实验课程要解决的实际问题,同时可以在采用短视频或虚拟仿真实验的过程中,按照实验内容的逻辑顺序,由任课教师启发学生提出具体实验情境中的实际问题,在该过程中鼓励学生发现问题并提出问题。以“槐米中芦丁的提取分离、精制与鉴定”为例,按照实验内容的逻辑顺序安排了如下问题:(1) 为什么在提取过程中加

入硼砂?(2) 为什么可以采用碱溶酸沉法从槐米中提取芦丁?(3) 为什么采用石灰乳作为碱液,是否可以采用其他碱代替?(4) 酸沉时,能否将 pH 值调为 1?(5) 为什么可以采用醇-水重结晶法进行精制?

其次,安排学生以实验小组为单位,在课下对这一实际问题进行文献调研并形成综述和实验设计方案,同时安排一定的理论课时组织学生汇报小组调研结果和实验设计方案。在该过程中,由教师引导学生对问题进行分析,对各小组汇报进行指导,最终形成实验方案,并将小组汇报列入天然药物化学课程的考核体系。

在实验设计环节采用 PBL 教学法,能够激发学生参与实验的主动性和积极性,同时不仅能够培养学生发现问题、提出问题、分析问题和解决问题的科学逻辑思维方式,还能够培养学生之间的团队合作意识和能力。

3.2 实验准备环节:组织学生参与准备

实验准备环节包括试剂与材料的准备以及预实验的开展。在实际的科研或生产研发活动中,实验准备过程是非常基础和重要的环节。实验准备是连接实验设计与实验实施的纽带,它既为实验设计的实现提供物质基础和可行性判断,也为实验实施提供物质保障和前期基础。另外,在每年的天然药物化学实验教学中,都会有学生提出与实验准备环节相关的问题,例如,鉴别实验的显色剂是如何配制的,提取实验的中药材粉末是如何制备的等。因此,组织学生参与到实验准备环节中,既是培养学生实验思维和能力的客观需要,也是学生的主观需求。但多数高校很难让学生参与到天然药物化学实验的准备中来,其主要原因包括:(1) 天然药物化学实验的实施环节用时较长,操作较为复杂烦琐,而实验课时又相对有限;(2) 传统的天然药物化学实验课程教学模式以机械地按照

实验讲义完成实验步骤为主。

考虑到上述原因,建议安排学生以组为单位,利用课余时间,在实验教师的指导下参与到实验课的准备中来,例如,标准品、鉴别试剂与显色剂的配制、中药材的打粉与分装以及预实验。这样不仅使学生的动手能力得到了锻炼,还可以使其深切体会到实验准备工作的必要性和重要性,从而使学生在今后从事实验相关工作时重视实验准备环节。

3.3 实验实施环节:采用对照比较法

天然药物化学实验主要包括天然药物的提取、分离、精制和鉴别等内容^[19]。在实际的天然药物研发生产过程中,提取、分离、精制等内容均涉及相关技术及设备的选择,工艺参数的探索和优化等环节,最终确定最优的天然药物制备方法。然而,传统的天然药物化学实验教学并不符合上述的实际研发生产过程,而是存在诸如实验设计单一化、实验过程流程化、实验结果趋同化等问题^[20]。虽然这种以验证性实验为主的实验模式可以一定程度上培养学生的实验动手操作能力,但是,本科阶段设置的实验不仅承担着为未来从事实验相关工作的准从业人员提供实验技能培训和职业习惯,还应该培养其良好的科研思维和钻研精神。因此,建议在实验实施环节采用对照比较法^[20-21],举例如下。

(1) 提取实验的对照比较设计:在槐米中芦丁的提取实验中采用水提酸沉法和用碱溶酸沉法进行对照比较,将学生分成水提酸沉组和碱溶酸沉组,同时进行提取操作。除提取原理不同外,其他过程均相同。各组分别对各自的实验过程和结果进行观察和记录,称重并计算2种方法的芦丁提取产率。结果表明:采用碱溶酸沉法提取芦丁的平均产率高于水提酸沉法组的平均产率。这一实验结果与理论课中对应的内容一致。学生会自发产生疑问:为什么碱溶酸沉

法的芦丁提取产率会更高?教师启发并引导学生找到问题的答案:芦丁结构中的酚羟基呈酸性,因此碱液中能溶解更多的芦丁。通过提取实验的对照比较设计,使学生意识到提取方法的选择在天然药物提取中的重要性,并使其掌握选择提取方法的基本方式,即通过对照比较实验。

(2) 分离实验的对照比较设计:在补骨脂中补骨脂素与异补骨脂素的分离实验中采用干法和湿法进行装柱,比较分析纯化效果。将学生分成干法装柱组和湿法装柱组,同时进行分离。除装柱方法外,其他过程均相同。各组分别对各自的实验过程和结果进行观察和记录,称重并计算两种装柱方法的补骨脂素与异补骨脂素分离效果和产率。通过分离实验的对照比较设计,学生在操作其中一种方法的同时,可以观察比较另一种方法,从而使其掌握更多的实验技能和知识。

(3) 精制实验的对照比较设计:在槐米中芦丁的精制实验中采用醇-水重结晶法和乙醇重结晶法进行对照比较。将学生分成醇-水重结晶组和乙醇重结晶组,同时进行重结晶。除重结晶溶剂不同外,其他过程相同。各组分别对各自的实验过程和结果进行观察和记录,称重并计算芦丁结晶的产率。实验教师对所有的实验数据进行收集和统计,对两种重结晶方法进行对比和总结。通过精制实验的对照比较设计,使学生既可以了解重结晶溶剂的选择依据,也可以掌握天然药物精制工艺的优化方法和思路。

(4) 鉴别实验的对照比较设计:在补骨脂中补骨脂素与异补骨脂素的鉴别实验中采用不同的展开剂比例进行对照比较。该鉴别试验中所用的展开剂由石油醚和乙酸乙酯组成,将学生按照展开剂中石油醚与乙酸乙酯比例的不同分为2:3组和1:2组。除展开剂比例不同外,其他过程均相同。各组分别对各自的实验过程

和结果进行观察和记录,计算补骨脂素与异补骨脂素的比移值和分离度。实验对比结果显示,乙酸乙酯比例较高的展开剂呈现出更大的比移值,这是因为以硅胶为固定相的薄层板为正相色谱,展开剂的极性越大,其洗脱能力越强,比移值也就越大。而乙酸乙酯的极性大于石油醚,所以展开剂中乙酸乙酯的比例越高,硅胶薄层板上补骨脂素和异补骨脂素的比移值就越大。通过鉴别实验的对照设计,使学生能够更形象且深刻地了解到展开剂组成在薄层板鉴别中所发挥的重要作用,同时掌握硅胶薄层板鉴别的基本原理及其展开剂选择的方法。

3.4 实验总结环节,丰富总结的形式与内容

根据本校的实际就业情况,从事与药学实验相关工作的药学专业本科生就业主要集中在检验、生产和研发等方向。因此,除了沿用传统教学模式的实验总结方式(撰写实验记录和实验总结)外,可以以学生的就业为出发点,从检验、生产和研发等3个就业方向,丰富学生参与实验总结环节的形式和内容。

(1) 针对检验方向,可以将天然药物化学实验中涉及天然产物鉴定的验证性实验部分设置成模拟的检验环节。模拟药企质量控制(quality control, QC)部门的要求,设计符合药品生产质量管理规范(good manufacturing practice, GMP)要求的检测实验记录和报告,指导学生填写。

(2) 针对生产方向,可以将天然药物化学实验中涉及天然产物提取、分离和精制等环节的验证性实验部分设置成模拟的生产环节,模拟药企生产部门的要求,设计符合GMP要求的日常生产记录和报告,指导学生填写。

(3) 针对研发方向,可以将利用对照比较方法开展的天然药物化学综合性实验设置成研发环节。模拟企事业单位研发部门的要求,设计符合药物非临床研究质量管理规范(good laboratory

practice, GLP)要求以及药品通用技术文件(common technical document, CTD)格式的实验记录和总结报告,指导学生填写。

在实验总结环节中,采取上述举措可以使 学生熟悉符合本行业工作要求的药学实验相关记录与总结的撰写方式,了解并掌握GLP、GMP和CTD格式等与实际药品生产和研发相关的重要概念,从而培养学生从事本行业工作的良好职业习惯。

4 教学改革效果评价

我们以教学改革前后的两届辽宁大学制药工程专业毕业年满一年的毕业生为研究对象(教学改革前为2019届毕业生,共89人;教学改革后为2020届毕业生,共61人),在毕业满一年后采用问卷调查^[22]的方式针对改革前后天然药物化学实验教学是否有助于毕业后从事实验相关工作(包括但不限于从事生产、研发以及读研等)的毕业生开展实验工作进行了调研。此次调查共发放调查问卷150份(2019届89份,2020届61份),即研究对象每人一份;共收回150份,问卷回收率为100%;由于本次问卷调查的对象为毕业后从事过与实验相关工作的毕业生,因此排除毕业后没有从事过与实验相关工作的毕业生,此次调查的有效问卷共103份(2019届54份,2020届49份),总体有效率为68.67%(2019届为60.67%,2020届为80.32%),这表明近两年超过60%的我校制药工程专业毕业生在毕业后选择了与实验相关的工作。

本次调查比较了改革前后天然药物化学实验教学对毕业后从事实验相关工作的毕业生在实验工作中形成安全意识(Q1)、开展新项目调研工作(Q2)、实验设计工作(Q3)、实验准备工作(Q4)、对比实验工作(Q5)、实验记录工作(Q6)以及快速适应GMP和/或GLP(Q7)

等 7 个方面的影响, 主要结果见图 1。结果表明教学改革获得了良好的效果。

由图 1 可知, 改革后认为实验课程对这 7 个方面内容有帮助 (非常同意+同意) 的毕业生占比均为 80%左右, 其中认为非常有帮助 (非常同意) 的毕业生占比均为 50%左右, 二者均比改革前有所提高。这表明, 改革后的天然药物化学实验课程更有助于毕业后从事实验相关工作的毕业生在实验工作中形成安全意识 (Q1)、开展新项目调研工作 (Q2)、实验设计工作 (Q3)、实验准备工作 (Q4)、对比实验工作 (Q5)、实验记录工作 (Q6) 以及快速适应 GMP

和/或 GLP (Q7)。

在本次调查的 7 个方面中, 认为实验课程对工作中开展新项目调研工作 (Q2)、实验设计工作 (Q3)、实验准备工作 (Q4)、对比实验工作 (Q5) 和快速适应 GMP 和/或 GLP (Q7) 等有帮助 (非常同意+同意) 的毕业生从改革前的不超过 50%增加至改革后的 80%左右。这表明, 改进实验课的教学方法后 (即实验设计环节采用 PBL 教学法、实验准备环节组织学生参与准备、实验实施环节采用对照比较法、实验总结环节丰富总结的形式与内容) 获得了更好的教学效果。

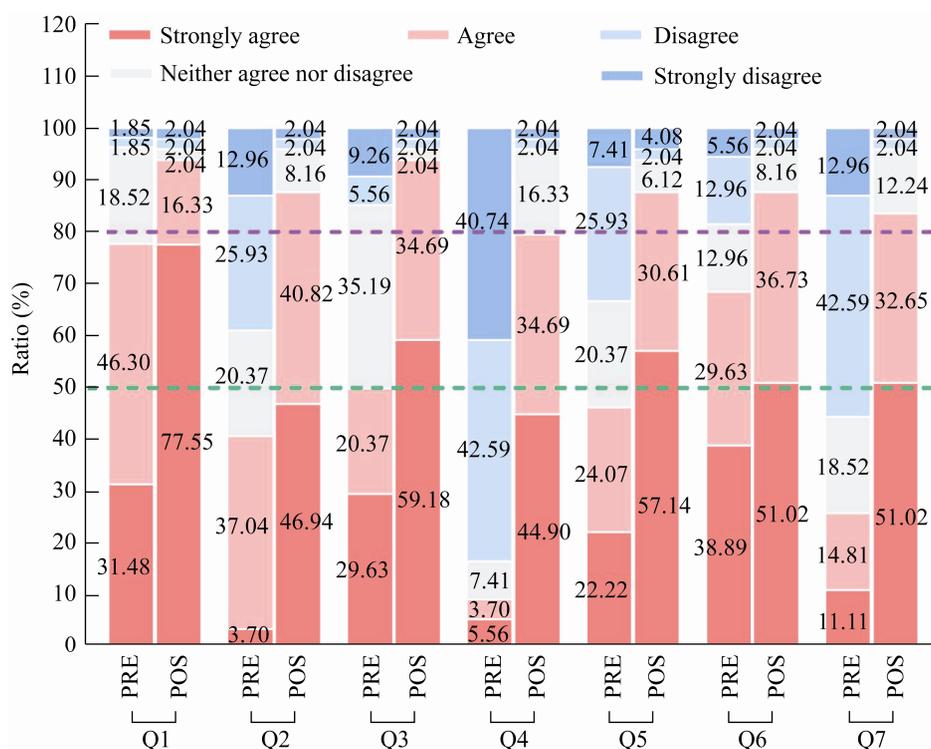


图 1 “天然药物化学实验”教学改革前后对毕业生工作影响的调查与比较

Figure 1 Investigation and comparison of pre- and post-reform experimental teaching effects of natural medicinal chemistry on graduate's working. The experiment teaching is useful for graduates that used to work/have been working in an experiment-related job for the first year after graduation either in 2019 (having learned the pre-reform course, PRE; $n=54$) or in 2020 (having learned the post-reform course, POS; $n=49$): Q1: to form an awareness of the experimental safety in the job; Q2: to investigate before starting a new project in the job; Q3: to design an experiment in the job; Q4: to perform an experimental preparation in the job; Q5: to conduct a comparative experiment in the job; Q6: to record the results according to the requirement of the job; Q7: to quickly adapt to the job under GMP and/or GLP.

在这7个方面中,改革前后认为有帮助(非常同意+同意)的毕业生占比增幅最大的两个方面为实验准备工作(Q4)和快速适应GMP和/或GLP(Q7),分别为759.59%和222.74%。这表明,在教学中首次安排学生参与实验准备和预实验以及首次将GMP和GLP融入实验教学的做法填补了改革前实验教学在这两方面的空白,获得了良好的教学效果。

在这7个方面中,改革前后认为有帮助(非常同意+同意)的毕业生占比增幅最小的两个方面为安全意识形成(Q1)和实验记录工作(Q6),分别为20.70%和28.08%,其主要原因是改革前认为课程有助于这两方面的毕业生占比已经高达70%左右。这说明,改革前的课程已经获得了很好的效果。尽管如此,教学改革后仍将70%左右的占比提升至80%以上。这表明,在培养学生的实验安全意识和丰富实验总结的形式与内容方面所进行的改革仍获得了不错的效果。

由此得出结论,本次天然药物化学实验教学探索有助于毕业后从事实验相关工作的毕业生开展实验工作,并且获得了良好的效果。

5 总结

综上所述,面对这一中药与天然药物研究发展的历史机遇期,开设药学专业的国内高校作为培养药学专业人才的前沿阵地,应承担起输送高质量药学专业毕业生的重任。我校以此为出发点,以毕业生就业方向为导向,充分结合多年的实际教学经验,对天然药物化学实验教学内容方式和不断改革、探索与总结,建立了一套能够实现实验课与理论课同步、培养学生实验安全意识并且实验课教学方式多样、教学效果良好的教学体系,为提高高校本科生天然药物化学实验课程的教学效果和质量,培养适应中药与天然药物研究发展机遇、符合从业要求的药学专业人 才奠定了良好的基础。

REFERENCES

- [1] 陈士林, 孙奕, 万会花, 等. 中药与天然药物 2015—2020 年研究亮点评述. 药学学报, 2020, 55(12): 2751-2776.
Chen SL, Sun Y, Wan HH, et al. Highlights on the progress of traditional Chinese medicine and natural drugs during 2015–2020. *Acta Pharm Sin*, 2020, 55(12): 2751-2776 (in Chinese).
- [2] 赵维婷. 中共中央、国务院印发《“健康中国 2030”规划纲要》建设健康中国须充分发挥中医药独特优势. 中医药管理杂志, 2016, 24(21): 174.
Zhao WT. CPC Central Committee and State Council issue Outline of “Healthy China 2030”—to build a healthy China, TCM must give full play to its unique advantages. *J Tradit Chin Med Manag*, 2016, 24(21): 174 (in Chinese).
- [3] 赵杰, 吕洁丽, 张涛, 等. “天然药物化学”实验教学过程中科研反哺教学的实践——以冬凌草甲素的提取、分离和结构鉴定为例. 科教导刊, 2021(5): 95-96, 101.
Zhao J, Lv JL, Zhang T, et al. Practice of research feedback teaching in experimental teaching of natural medicinal chemistry—take the extraction, isolation and structure identification of oridonin as an example. *Guid Sci Educ*, 2021(5): 95-96, 101 (in Chinese).
- [4] 白红妍, 刘笑甫, 杨扬. 药学专业天然药物化学实验教学改革的思考. 广州化工, 2021, 49(9): 189-190.
Bai HY, Liu XF, Yang Y. Experimental teaching reform on natural products chemistry for pharmacy majors. *Guangzhou Chem Ind*, 2021, 49(9): 189-190 (in Chinese).
- [5] 李骅, 邱鹏程, 毕琳琳, 等. 高等医药院校天然药物化学教学改革与思考. 中国医药导报, 2020, 17(28): 60-63.
Li H, Qiu PC, Bi LL, et al. Reformation and cogitation of teaching of medicinal chemistry of natural products in medical universities. *China Med Her*, 2020, 17(28): 60-63 (in Chinese).
- [6] 教育部关于加强高校实验室安全工作的意见 [EB/OL]. [2019-05-22]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3336/201905/t20190531_383962.html (in Chinese)
- [7] 李晓玲. 高校本科教学实验室建设的探索与研究. 教育现代化, 2020, 7(20): 50-52.
Li XL. Exploration and research on construction of undergraduate teaching laboratory. *Educ Mod*, 2020, 7(20): 50-52 (in Chinese).
- [8] 王廷璞, 焦成瑾, 刘艳梅, 等. 基于科教融合的生物科学特色专业创新人才培养与实践. 教育教学论坛, 2018(33): 187-189.

- Wang TP, Jiao CJ, Liu YM, et al. Practice for training of innovative talent in characteristic specialty for biosciences based on combination of education and research. *Educ Teach Forum*, 2018(33): 187-189 (in Chinese).
- [9] 肖丙秀, 乐燕萍, 刘琼, 等. 生物化学与分子生物学实验室开放的实践与思考. *中国高等医学教育*, 2020(4): 29-30.
Xiao BX, Yue YP, Liu Q, et al. Practices and thoughts on Biochemistry and Molecular Biological laboratory opening. *China High Med Educ*, 2020(4): 29-30 (in Chinese).
- [10] 齐伟辰, 朱妮娜, 张天柱, 等. 《药用植物学》多重实践教学平台的构建. *中国实验方剂学杂志*, 2017, 23(16): 28-31.
Qi WC, Zhu NN, Zhang TZ, et al. Construction of multiple practice teaching platform for pharmaceutical botany. *Chin J Exp Tradit Med Formulae*, 2017, 23(16): 28-31 (in Chinese).
- [11] 赵培, 孟丹, 李炳娟, 等. PBL 教学法在生物化学实验教学中的设计研究. *生命的化学*, 2020, 40(4): 628-632.
Zhao P, Meng D, Li BJ, et al. Design and research of PBL teaching in Biochemistry Experiment. *Chem Life*, 2020, 40(4): 628-632 (in Chinese).
- [12] 王冰岚, 周向东. PBL 教学法在天然药物化学实验课程中的实践研究. *教育现代化*, 2019, 6(98): 203-204.
Wang BL, Zhou XD. Study on practice of PBL teaching method in experimental course of Natural Medicine Chemistry. *Educ Mod*, 2019, 6(98): 203-204 (in Chinese).
- [13] 邹登峰, 陈素一. PBL 教学模式在天然药物化学实验中的应用. *教育教学论坛*, 2016(31): 273-274.
Zou DF, Chen SY. Application of PBL teaching model in Natural Medicine Chemistry experiment. *Educ Teach Forum*, 2016(31): 273-274 (in Chinese).
- [14] 徐媛媛. PBL 教学模式在药理学实验课的研究与实践. *教育教学论坛*, 2020(24): 387-388.
Xu YY. Research and practice of PBL model in Pharmacology experiment teaching education and teaching forum. *Educ Teach Forum*, 2020(24): 387-388 (in Chinese).
- [15] 贾克利, 尤亚睢, 王卫芳, 等. 在临床生物化学检验实验课中采用 PBL 教学方法的应用研究. *教育教学论坛*, 2020(14): 286-287.
Jia KL, You YS, Wang WF, et al. Application of PBL teaching method in Clinical Biochemistry Test. *Educ Teach Forum*, 2020(14): 286-287 (in Chinese).
- [16] 殷明月. 营养学基础实验课 PBL 教学效果分析. *贵州医科大学学报*, 2019, 44(09): 1113-1116.
Yin MY. Analysis on teaching effect of PBL in the basic experiment course of Nutrition. *J Guizhou Med Univ*, 2019, 44(09): 1113-1116 (in Chinese).
- [17] 李开, 陈峰, 袁艺标, 等. 基于 PBL 模式的法医实验课教学改革探索. *教育教学论坛*, 2019(23): 265-266.
Li K, Chen F, Yuan YB, et al. Exploring teaching reform of Forensic Experiment course based on PBL model. *Educ Teach Forum*, 2019(23): 265-266 (in Chinese).
- [18] 王李卓, 凌烈峰, 徐蕾, 等. PBL 教学法在生物化学实验课教学中的应用. *皖南医学院学报*, 2019, 38(02): 190-192.
Wang LZ, Ling LF, Xu L, et al. Application of problem-based learning approach to biochemistry experiment instruction. *J Wannan Med Coll*, 2019, 38(02): 190-192 (in Chinese).
- [19] 王彧博, 于玲, 王亚娟. 以创新为导向的天然药物化学实验教学探索. *卫生职业教育*, 2020, 38(15): 94-95.
Wang YB, Yu L, Wang YJ. Exploration on innovation-oriented experimental teaching of Natural Medicine Chemistry. *Heal Vocat Educ*, 2020, 38(15): 94-95 (in Chinese).
- [20] 李鹏, 张永红, 马新华. 天然药物化学实验多样化教学方法的探讨与实践. *生物学杂志*, 2019, 36(1): 123-125, 129.
Li P, Zhang YH, Ma XH. Exploration and practice of diversified modes of experimental teaching of natural medicinal chemistry. *J Biol*, 2019, 36(1): 123-125, 129 (in Chinese).
- [21] 杨宇婷, 王冰辉. 对比法在天然药物化学实验教学中的应用. *中国中医药现代远程教育*, 2013, 11(23): 103.
Yang YT, Wang BH. Application of contrast method in experimental teaching of Natural Medicine Chemistry. *Chin Med Mod Distance Educ China*, 2013, 11(23): 103 (in Chinese).
- [22] 毛露甜, 黄雁, 王晓晗, 等. 基于多维度育人的食品微生物检验专题实验的教学探索与实践. *微生物学通报*, 2019, 46(12): 3497-3506.
Mao LT, Huang Y, Wang XH, et al. Teaching exploration and practice of special experiment of food microbiological detection based on multi-dimensional education. *Microbiol China*, 2019, 46(12): 3497-3506 (in Chinese).

(本文责编 陈宏宇)