

茶叶中含Fe量检测的实验教学改革探索*

龙威**, 陈曼玲, 康新平, 江依依, 金烈

(广东石油化工学院化学学院, 广东 茂名 525000)

摘要:以茶叶中微量元素含Fe量的定量检测为实例,进行实验教学改革,采用“单个必做”和“组队选做”相结合模式,结合已知和未知的实验因素分析,以提高学生的创新和实践能力.分析学生在不同模式的实验完成情况,统计比较改革前后学生的实验成绩,并进行实验满意度调查.结果表明:所有学生完成了单个必做实验,98.0%的学生完成了组队选做实验,60.0%的学生完成了其他因素分析实验;与改革前相比,改革后学生的总成绩提高了22分,学生的及格率和满意度分别达97.5%和95.0%,增幅分别达25.0%和20.6%.通过实验教学的革新,让冗长较难的实验变得通俗且易操作,调动了学生的兴趣爱好,培养了团队协作能力,实验效果好.这些创新可以更好地让学生掌握现代分析技术的原理和方法,夯实基础实验技能,提高综合实验设计和动手能力,提升学生满意度.

关键词:茶叶;含Fe量;分光光度法;实验教学;定量检测

中图分类号:G642.423;O615.4+5

DOI:10.19789/j.1004-9398.2021.03.009

0 引言

单质或化合物由元素组成,元素是物质组成的重要基础,元素分析相关的实验是基础化学实验课程的重要部分^[1].无机化学实验中,元素分析的实验较多,特别是不同样品中微量元素的定量检测,如食品、药品、人体或动植物等,是当今社会的科技应用热点^[2-3].对于应用化学、食品工程和环境科学等专业的本科生,熟练进行微量元素实验分析应是其必备专业技能.目前,高等教育关于实验教学的改革一直没有确定的标准或方案^[4-5],本文将尝试从微量元素含量分析进行实验教学改进.

食品中,茶叶的微量元素检测最为常见^[6],将茶叶的微量元素分析放入实验室进行实验探究,对于食品、材料和环境类专业的大一本科生来说,是非常有意义的工作,这也属本科教育的重要实验教学环节,在当代高校人才培养模式中有重要地位,作用不可忽视^[7].火焰原子吸收光谱法和分光光度法是茶叶中微量元素Fe检测的常用方法,前者选择性好、精密度高和分析速度快,缺点是制样复杂、操作难度高且费用昂贵^[8],后者制样和操作简单、费用低廉和测定快速等.因此,分光光度法更适合在实验

教学中应用.利用分光光度法分析食品中微量元素含量,是无机化学、分析化学2个学科的综合技能实验,其有利于低年级本科生拓展实验创新思维、培养实验兴趣爱好、锻炼独立思考及实验设计能力.传统的实验教学采用灌输式或照搬实验教材的常规教学法,学生被动式接受知识和一味模仿,缺少思考与创新,虽能及时完成任务但能力未真正提高.

茶叶中Fe的测定实验改革,国内报道大多集中在实验方法本身的改进上,如蒯世定和史建高^[9]通过分光光度法测定茶叶中的Fe、Al等,丰富了实际样品在教学中的应用,激发了学生通过实验探索物质组成的兴趣;乔金锁等^[10]通过以浓酸先后处理茶叶粉末,加饱和硫氰酸钾(KSCN)溶液,定性鉴定茶叶中的Fe、Ca的存在;孙永跃^[11]提出分光光度法测定含Fe量的数据可用excel软件完成吸光度曲线绘制,可增强excel的电化学教学效果,也对分光光度法测定Fe的实验教学进行拓展延伸;黄莉婷等^[12]使用邻二氮菲($C_{12}H_8N_2$)分光光度法测定鸡脑髓含Fe量,得到吸光度与浓度的线性曲线,进一步拓展了分光光度法的实验教学;肖雪梅等^[13]在分光光度法检测Fe的化学基础实验中提出,应改变常规的学生遵循教材思路,拓宽实验条件,激发学生的求知欲

收稿日期:2020-06-27

* 广东石油化工学院2018年成人教育教学与管理研究项目(Cj1802)

** 通信作者:usclw2013@163.com

及实现自主创新设计实验,提高学生的创造力,倡导将分光光度法测定Fe的实验进行全面革新。

已有的实验教学改革报道倾向强调实验方法改革,未有立足于师生共同体上,对实验的设计、内容、组织与实施进行变革。分析广东石油化工学院化学学院无机分析化学教研室2017—2019学年学生的此实验完成情况,显示:茶叶中Fe的定量测定耗时较长,从茶叶的预处理到数据处理,大部分学生1d内无法完成;茶叶中Fe的检测处理的实验时间过长,数据重复性不理想;实验涉及的仪器操作多且复杂,教师工作量大,学生接受难度高;影响实验结果的因素过多,逐个因素探究任务重;茶叶中Fe的定量检测实验分组难控制,实验失败的概率高;茶叶中Fe含量受不同种类及品质茶叶影响较大;实验结果的分析可比性较差,学生实验能力的评价难度增加等。这些充分表明,茶叶中Fe的测定实验教学从设计、组织和内容等应进行改革,以顺应当代高等教育人才实践技能培养的需要。

因此,本文拟以分光光度计法测定多种茶叶中Fe含量为研究对象,从实验内容或环节的创新设计、学生参与方式进行创新,提出采用“单个必做”和“组队选做”相结合模式开展实验教学,希望降低实验出错的概率,提高学生的基本技能,提升学生的主观能动性和团队协作兴趣,提高学生的综合实验设计和动手能力。本文争取从设计、内容和组织形式上挣脱传统教学模式的束缚,蕴育出新的、适应当代大学生培养的先进实验教学模式。

1 教学实验设计

1.1 实验原理

Fe的测量:取一定体积Fe标准溶液于容量瓶中,加入HAc-NaAc缓冲溶液调节至pH 2.2~2.8,再加10.0% $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 将 Fe^{3+} 全部还原成 Fe^{2+} ,加入一定体积1.2% $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2$ 溶液并定容,形成红色络合物(红色深浅与浓度大小有关),其原理如图1所示。取少许上述溶液于分光光度计上反复测定3次吸光度(A)求平均值,找出最适宜吸收波长。将待测样品在最适宜的吸收波长下反复测定3次,计算不同浓度(c)下A的标准曲线。取一定量的茶叶,依次进行干燥、研磨、灰化、溶解、过滤和制样,再次在相同条件下测量实际样品,推算茶叶中的Fe含量。

1.2 实验分组设计

为了更好地发挥学生的主观能动性,在规定时

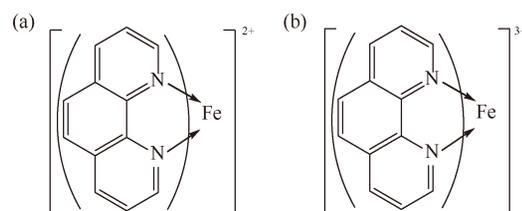


图1 邻二氮菲与铁离子形成的不同颜色络合物
(a)橙红色;(b)淡蓝色

间内完成实验,将36名学生分为2个批次,每批次6个小组,每3名学生自动组成1个小组,按照实验预习时产生的兴趣爱好进行分组,实验安排8学时,各小组同时展开实验。采用“单个必做”和“组队选做”相结合模式开展实验教学,其中:单个必做实验指每位学生均需进行吸光度测量及A-c曲线绘制实验,包括称量、标准溶液的配制、待测样品溶液的配制和A的检测等;组队选做实验指学生自行组队,进行影响因素的探究实验,每种因素由2组学生并行完成,可现场进行数据对比与分析,每班选择相同探究方向的数据有4组,分析比较组间数据。

本次教学实验的时间安排为:教师布置实验问题及任务(15 min),教学演示相关仪器操作方法(25 min),样品制备(90 min),样品检测(30 min),分组实验(150 min),数据记录及处理等(30 min)。整个实验时间大约为6 h。

1.3 实验内容

设定茶叶中Fe的定性、定量分析因素探究实验主要包括:溶液pH、灰化温度和不同品种茶叶Fe含量及其他未知因素的影响探究等。

溶液pH:以鸭屎香茶茶叶为研究对象,灰化温度为300℃,控制实验体系在酸性(pH 1.4~3.2),分析茶叶中Fe质量分数与溶液pH关系;灰化温度:以鸭屎香茶茶叶为研究对象,溶液pH 2.4,灰化温度为200~550℃,分析茶叶中Fe质量分数与灰化温度关系;不同品种茶叶:以12种茶叶(鸭屎香茶、碧螺春、铁观音、红茶、青茶、绿茶、黄茶和黑茶等)为研究对象,灰化温度为300℃,溶液pH 2.4,分析不同品种茶叶含Fe质量分数;其他因素:完成以上实验后,围绕茶叶的干燥时间、研磨程度、其他微量金属离子的干扰、 $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 和 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 添加量等因素,学生自主设计实验,分析其与茶叶中Fe质量分数的关系,因为实验课堂时间有限,实际开展中可保留样品和相关仪器到周末。

2 教学评价

2.1 学生成绩考核

以广东石油化工学院应用化学专业160名学生(4个班级)为调查对象,为了科学完整地评价实验过程,将学生的实验成绩评价依据设定为:实验预习、实验操作、实验报告、实验的清洁卫生和态度,各部分成绩满分分别为20、40、30和10分,共100分。部分环节成绩教师现场记录,突出重视实验过程的表现和参与。统计改革前和改革后不同模块所有学生得分平均值和不同分数段学生人数。

2.2 学生满意度调查

为了评价改革效果,依据每个学期学生对课程的评价方法原理,制作调查问卷,通过雨课堂互动评价问卷的方式,由任课老师进行推送,主要包括实验的准备、思路、现象、操作难度和数据分析等,由学生给予很好、好、一般和差的评价,统计改革前和改革后各等级人数,进行分析比较。

3 教学效果分析

3.1 实验效果

与改革前相比,改革后,学生均能在6h内完成所有的实验。其中所有学生均完成了单个必做实验,所测吸光度的最适宜波长为 (510.00 ± 0.02) nm,对应标准吸光度曲线的线性关系为 $A=0.17743c+0.00738$, $R^2=0.9974$,学生对实验时间的控制、实验误差和实验数据科学性分析等较佳;98.0%的学生都能组队完成选做实验部分,95.0%的学生均可测出鸭屎香茶叶的最佳pH 2.4、最佳灰化温度为300℃,12种茶叶的含Fe质量分数为 $(141.34 \pm 0.04) \sim (364.71 \pm 0.03)$ mg/kg。学生在队内分工配合良好,目标性强,无论选做哪个因素的实验,队员团结、充满信心、误差减少和有限时间内完成顺利。其他未知因素的影

响探究,60.0%的学生完成上述实验后,完成了其他未知因素测量,结果显示这些因素对吸光度影响不大,远不及上述讨论中的pH、灰化温度对测量结果的影响,但作为完整精准的定量探究性实验,培育全面考虑、综合分析的实验素养非常重要,也体现了实验过程的创新性。

3.2 学生成绩

分析和对比教学改革前后的实验报告完成质量情况,学生参与实验的积极性等,统计实验改革前后学生的实验不同模块得分情况,如表1所示。与改革前相比,改革后学生在4个实验模块的平均得分均得到一定程度提高,实验预习、实验操作、实验报告、实验的清洁卫生和态度与总成绩分别提高了5、10、6、1与22分。

表1 实验改革前后学生不同实验模块平均成绩

组别	人数	实验预习	实验操作	实验报告	实验的清洁卫生和态度	总成绩
改革前	160	13	22	21	6	62
改革后	160	18	32	27	7	84

学生在各个分数段的得分人数也有了较大的变化(表2)。与改革前相比,改革后90~100、80~89和70~79分的学生人数分别增加了21、24和22名,对应分别增加了13.1%、14.9%和13.8%;60~69、50~59和0~49分的学生人数分别减少了27、28和12名,对应分别降低了16.8%、17.5%和7.5%;学生及格率由72.5%增加至97.5%,增幅达25.0%。

3.3 学生满意度

实验改革前后学生的评价及满意度结果如表3所示。与改革前相比,学生给予“很好”评价的百分比由7.5%增加到27.5%,给予“一般”评价的百分比由40.6%下降到20.6%;学生满意度由74.4%上升至95.0%,增幅达20.6%。

表2 实验改革前后不同分数段学生人数变化情况

组别	0~49分		50~59分		60~69分		70~79分		80~89分		90~100分	
	人数	比例/%	人数	比例/%	人数	比例/%	人数	比例/%	人数	比例/%	人数	比例/%
改革前	13	8.1	31	19.4	54	33.7	32	20.0	22	13.8	8	5.0
改革后	1	0.6	3	1.9	27	16.9	54	33.8	46	28.7	29	18.1

4 改革特色分析

茶叶中Fe含量的测定曾是工业分析中开设的

必做实验。然而,该实验处理环节多,操作时间长,数据存在不一致等原因,部分高校无机或分析实验中,将茶叶中Fe含量的定量检测实验改为含Fe溶

表3 实验改革前后学生评价及满意度调查结果

组别	评价								满意度	
	很好		好		一般		差		人数	比例/%
	人数	比例/%	人数	比例/%	人数	比例/%	人数	比例/%		
改革前	12	7.5	42	26.3	65	40.6	41	25.6	119	74.4
改革后	44	27.5	75	46.9	33	20.6	8	5.0	152	95.0

液的分光光度法测定.分析可能原因,一方面是Fe含量以实际样品进行实验,对于新生来说难度较大,可能不利于学生兴趣的培养;另一方面是实验操作太耗时难以展开,需要组队团结协作,适当简化.近年来,陶涛等^[14]提出了项目牵引、案例启发、虚拟仿真、现场实践和多媒体云共同组建的以学生为本的“五位一体”创新实验教学方法,获得了实验教学的成功;李照等^[15]提出了现代仪器分析课程应从问题导入、知识形成、应用迁移和课堂反思4个方面进行综合创新与改革,能有效地提高学生的积极性、独立思考和解决问题的能力.从食品化学和微量元素的检测意义上来说,茶叶中Fe含量的检测是一个非常好的实验主题,笔者收集多年的实验教学改革实情,认为无论是设计还是效果上,实验教学改革均收到了较满意的结果.

4.1 设计特色分析

实际样品茶叶中Fe含量的测量,影响因素较多,为了简化实验,在降低实验难度的同时又能提升学生进行实际样品的检测能力,本文将探究影响因素部分引入到分组实验中,将学生分为3人/组,每组选择某一影响因素展开实验探究,均进行茶叶的制样和定量分析,即“单个必做”和“组队选做”.如此,既培养了学生组内团结协作能力,又节省了实验时间.

本实验要求提前1周告知学生查阅相关文献和资料,完成如下准备工作:(1)了解茶叶的有效成分,掌握微量元素的测量方法,实验原理及主要技术问题;(2)理解并掌握分光光度计的使用原则,包括校正与正确的测试步骤,熟悉溶液的配制及重要性;(3)理解朗伯-比尔定律,理解最适宜吸收波长及A-c的线性关系;(4)选择感兴趣的影响因素进行分组与实验设计,拟定初步实施方案,做好组内人员工作分配与协调准备.

为了避免学生模仿教材内容,教师将讲解内容进行简化,提出目标和问题,引导与鼓励学生进行适当的探索.同时,为了实验的顺利开展,强调学生必须预习实验后才能进入实验室,一方面掌握实验

所必需的理论知识及实验原理,让学生提前预习所用到仪器的具体操作;另一方面要求学生自愿组队,选择影响因素进一步设计实验.同时,本实验的实验报告设计上预留较多的空白区域让学生自主进行设计与制作.

4.2 效果特色分析

改革后,学生在不同实验模块的平均成绩均有提升,其中:实验操作模块平均分增幅最大达10分;在高分分数段(70~100分)的人数均明显大幅度增加,低分段(0~69分)学生人数迅速减少;学生满意度增幅比例达到20.6%,其中,学生给予很好评价的百分比增加了20.0%,给予一般评价的百分比下降了20.0%.这表明:通过实验改革,学生对待实验的自主准备和认识有了较大增强、动手实验兴趣大增,更加重视实验操作的过程训练,实验报告质量也有了较好的提升;实验改革激发了学生内心的学习潜能,整体上促进了学生自主探究实验兴趣爱好的形成,实验教学改革效果良好且明显;学生评价及满意度数据的增加,表明本次实验改革是成功的,提升了学生的主观能动性,顺应了当今时代高等教育教学改革的推进和发展^[16].

通过实验教学的改革,学生既能从教材上熟悉相关的实验原理,又能组队进行实验设计与拓展实施,极大地调动了学生实验学习的积极性.通过组内互相合作,从实验设计、实验方案、实验实施和结果分析等环节,做到以学生为主体,让学生发挥能动性探索真理.

不同品种茶叶Fe含量测量实验设计,不仅开阔了学生的眼界,而且锻炼了学生查阅、整理资料、设计实验和分组协作展开实验的能力.整个实验过程中,低年级本科生接触认识了鼓风干燥箱、马弗炉等加热设备,加强了容量瓶的使用和过滤、洗涤、移液和溶液配制等基本操作技能,也熟悉了分光光度计的使用及数据处理,学会了计算微量元素Fe的质量分数,分析影响实验结果的主要因素.

本实验的教学改革,与“五位一体”实验教学改革方法相比较^[14],本次实验设计更多地强调了低年

级本科学生的主观能动性的发挥,提倡训练“团队协作精神,专注于茶叶含Fe量的实验改进环节中;与现代仪器分析思维型教学模式相比较^[15],本次实验避开了大型现代仪器的分析,让学生能从简单操作仪器中掌握准确分析,突出脱离大型精密仪器也同样能获得较好实验效果的目的.这充分表明本实验的教学改革与目前国内其他几种实验教学改革是不同的,其更充分地结合了具体实验的内容,尊重学生的学习能动性与创新性,符合当今时代大学生的心理和教育特点,亦属于地方院校在特色课程构建与应用型人才培养中的先进探索与实践^[17]。

5 结束语

本文通过实验教学改革,通过分光光度法进

行茶叶中Fe含量的测定,结合“单个必做”和“组队选做”相结合的模式,既锻炼了学生的基本理论知识及实验动手能力,又增强了学生的团队协作意识和设计创新能力,提高了学生的基本实验素养,训练了解读谱图、数据处理、分析和绘图等能力.本实验教学改革实施后,得到了教研室其他老师的赞同与认可,让学生在有限的时间内,能完成并收获更多的知识,让复杂多变的实验体系变得简单明了又容易把控,得到了广大本科生的称赞.当今社会是科技高速发展的社会,高等教育的使命就是要紧跟科技、社会的发展需求,当前的科技人才需要从低年级培养团队合作的理念与意识.本实验的教学改革也充分地体现了这个方面的能力培养,希望能得到继续发扬与运用。

参 考 文 献

- [1] 马晓明,瞿洪明,杨林.国内外大学化学课程设置分析与比较:兼谈高校化学教学改革与创新[J].河南科技学院学报,2011(8):56-59.
- [2] 董泽芳,张继平.地方高校服务社会的价值取向[J].高校教育管理,2007,1(3):12-16.
- [3] 汤晓君.《无机化学实验》混合式教学探索[J].化工时刊,2019,33(6):56-57.
- [4] 陶丽,范美蓉.智慧课堂背景下的学生身份认同:内涵、特征与建构策略[J].教育与教学研究,2020,34(10):24-33.
- [5] 苏小红,赵玲玲,叶麟,等.基于MOOC+SPOC的混合式教学的探索与实践[J].中国大学教学,2015(7):60-65.
- [6] 刘新,张颖彬,潘蓉,等.我国茶叶加工过程的质量安全问题及对策[J].食品科学技术学报,2014,32(2):16-19.
- [7] 张立斌,陈华伟,洗春梅,等.新工科背景下地方新升本科院校人才培养模式研究[J].广东石油化工学院学报,2020,30(2):86-89.
- [8] 曹丽玲,任永红,王军.火焰原子吸收光谱法测定茶叶中的铁铜锌锰[J].现代预防医学,2010,37(22):4310-4311.
- [9] 蒯世定,史建高.关于茶叶实验的探究[J].化学教学,2004,26(10):10-12.
- [10] 乔金锁,李改仙,武艳峰.茶叶中铁、钙及蛋白质的定性检测[J].化学教育,2015,36(8):31-33.
- [11] 孙永跃.Excel在分析化学实验教学中的应用:以邻二氮菲分光光度法测定铁为例[J].广东化工,2017,44(17):180+183.
- [12] 黄莉婷,陈钰纯,张虹,等.邻二氮菲分光光度法测定鸡脑髓总铁含量[J].韩山师范学院学报,2019,40(6):16-20.
- [13] 肖雪梅,雷颖,杨松涛.高职高专化学基础实验教学改革探索:“邻二氮菲分光光度法测定铁含量”实验教学的改进[J].江西化工,2010(4):112-114.
- [14] 陶涛,于江华,黄琼,等.环境科学与工程“五位一体”实验教学方法刍议[J].教育与教学研究,2016,30(10):84-88.
- [15] 李照,张家珩,郝怡桐.现代仪器分析思维型教学模式创新与实践研究[J].首都师范大学学报(自然科学版),2020,41(4):85-90.
- [16] 周锡堂,周敏,黄妍.适应新形势、助力新发展:谈广东石油化工学院新工科专业建设与工程教育改革[J].广东石油化工学院学报,2020,30(2):79-81.
- [17] 冯和一.地方高校特色课程构建与教学实践探索:基于成都大学“成都通”课程[J].教育与教学研究,2020,34(6):48-56.

Experimental teaching innovate exploring of quantitative detection about Fe content in the tea

LONG Wei, CHEN Manling, KANG Xinping, JIANG Yiyi, JIN Lie

(College of Chemistry, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming Guangdong 525000)

Abstract: Based on the quantitative detection of Fe in the tea, an innovate experimental teaching is executed. The students innovate ability and practice performance can be developed by analysis of known and unknown experimental factors which is executed combine novel mode of "finish by oneself" and "selectivity finish by group". The experiment completion extent is analyzed in the different parts, the students' experimental results are compared in detail before and after the teaching reform, and the satisfaction of this experiment was investigated. The results show: all the students finished the single must done experimental part, 98.0% of the students have completed the team selected experimental part, and 60.0% of the students have completed the other factor analysis experiment. Compared with before the teaching reform, the total score of the students has increased by 22 points, the passing rate and satisfaction rate of the students was 97.5% and 95.0%, and the increase rate was 25.0% and 20.6% respectively after the teaching reform. Based on this experimental teaching innovation result, the long and difficult experiments have become demotic and easy to control, students' interests and hobbies are mobilized effectively, the ability of team cooperation is cultivated well, and the experimental effect is very good. These innovations can enable students to master the principles and methods of modern analytical technology better, consolidate the basic experimental skills, improve the comprehensive experimental design and hands-on ability, and improve students' satisfaction.

Keywords: tea; Fe content; spectrophotometry; experimental teaching; quantitative detection

(责任编辑:王 媛)