

# Experimental Teaching Reform and Practice on Extracting Caffeine from Tea

Feng Zhu<sup>1\*</sup>, Yueteng Lai<sup>1</sup>, Yin Hong<sup>1</sup>, Xin Chen<sup>1,2</sup>, Fei Zeng<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Foshan City Engineering & Technology Research Center for Bioactive Natural Products & Functional Chemicals, School of Environment & Chemical Engineering, Foshan University, Foshan Guangdong

<sup>2</sup>Hanlan Environment Institute, Foshan University, Foshan Guangdong

<sup>3</sup>Hanlan Environment Institute, Grandblue Environment Co. Ltd., Foshan Guangdong

Email: zhufeng@fosu.edu.cn

Received: Aug. 20<sup>th</sup>, 2019; accepted: Oct. 3<sup>rd</sup>, 2019; published: Oct. 10<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

The experiment of Extracting Caffeine from Tea is an important experiment item in the course of Organic Chemistry Experiment. According to the concept of new engineering education, combined with many years of experimental teaching experience, the teaching content of the experiment project was re-designed in this paper. Experiment on the properties of caffeine was added, and an open extracurricular experiment was conducted to analyze the spectral properties of caffeine. Especially, some of the experimental methods in the experiment project were also improved. At the same time, the teaching hours were increased from the original 4 class hours to 8 class hours. The results of practical teaching show that the reform of experimental teaching content can greatly improve students' interest, enhance their practical ability, broaden their knowledge and cultivate their creative ability.

## Keywords

Tea, Caffeine, Extraction, Properties

---

# 茶叶中咖啡因的提取实验教学改革与实践

朱峰<sup>1\*</sup>, 赖悦腾<sup>1</sup>, 洪茵<sup>1</sup>, 陈忻<sup>1,2</sup>, 曾飞<sup>3</sup>

<sup>1</sup>佛山科学技术学院环境与化学工程学院佛山市活性天然产物与功能化学品工程技术研究中心, 广东 佛山

<sup>2</sup>佛山科学技术学院瀚蓝环境学院, 广东 佛山

<sup>3</sup>瀚蓝环境股份有限公司瀚蓝环境学院, 广东 佛山

Email: zhufeng@fosu.edu.cn

收稿日期: 2019年8月20日; 录用日期: 2019年10月3日; 发布日期: 2019年10月10日

\*通讯作者。

## 摘要

“从茶叶中提取咖啡因”实验是《有机化学实验》课程开出的一个重要实验项目。根据新工科教育理念，结合多年的实验教学经验，本文对该实验项目教学内容重新进行了设计，增加了咖啡因的性质实验，并增加了课外开放实验用以分析咖啡因的光谱性质，并对部分实验方法进行了改进。同时，教学课时由原来的4学时增加到8学时。实践教学结果表明，实验教学内容进行改革后，可以极大提高学生的实验兴趣，增强学生实验动手能力，并且拓宽学生知识面和培养学生创新能力。

## 关键词

茶叶，咖啡因，提取，性质

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

以培养适应新经济发展需求的创新型科技工程技术人才的新工科教育理念，要求针对快速发展的新兴产业，改革创新工科教育的理念和思路，首要任务便是课堂教学内容改革创新。“从茶叶中提取咖啡因”历来是国内一些高校为相关专业学生开出的《有机化学实验》课程中的一个比较经典的实验项目。开设该实验项目的目的是使学生通过从茶叶中提取咖啡因掌握从中草药中提取生物碱的原理和方法，了解虹吸、升华的原理和意义并练习升华操作。多年来，国内许多同行从茶叶品种选择[1][2]、提取方法和提取工艺等各方面[3]-[9]对该实验项目进行了研究，并且对该实验进行了绿色化和微型化研究[2]，将实验教学和现代仪器分析教学相结合[10][11]，分别取得了良好的教学效果。也有从教育学生注重实验细节[12]和提高学生兴趣[13]入手，对该实验课堂教学进行精心设计以取得较好实验效果。该实验项目也一直是我校化学实验教学中心为化学化工类专业和生命科学类相关专业学生开出的经典实验项目之一，在培养学生学习从中草药中提取生物碱的原理并掌握相关实验技能等方面起到了重要作用。在长期的实验教学改革与创新过程中[14][15][16][17]，本着对经典实验教学内容进行升级改造，以适用新时期创新型科技工程技术人才培养需求的目的，本文对该实验项目教学内容进行了重新设计，改进了升华操作方法，增加了咖啡因的性质实验，增设了课外开放实验。将升级改造后的实验项目用于2016级以后的《有机化学实验》课程教学，取得了优异的教学效果。

## 2. 教学实验内容设计

### 2.1. 茶叶中咖啡因的提取

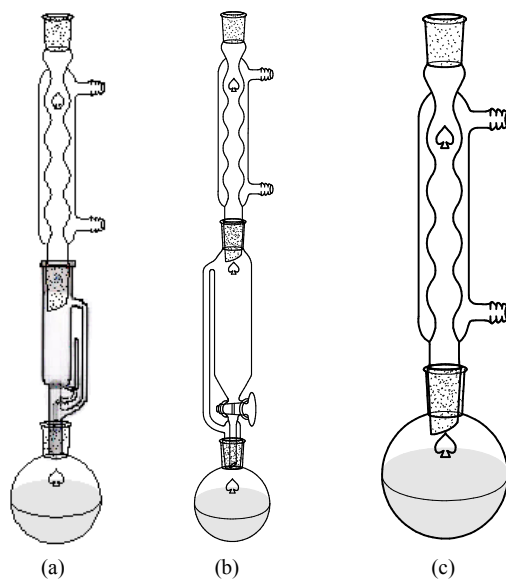
#### 2.1.1. 咖啡因的提取

索氏提取法(图1(a))：称取茶叶末10g，装入索氏提取器的滤纸套筒内，在烧瓶中加入1~2粒沸石，安装好索氏提取器，从索氏提取器上口分批加入95%乙醇进入索氏提取器，待乙醇全部被虹吸到烧瓶后，再加入20mL 95%乙醇到索氏提取器中，安装球形冷凝管，接通冷凝水，用电热套加热至沸腾。连续提取2~3小时(虹吸7~8次)，待最后一次冷凝液刚刚虹吸下去时，立即停止加热。改装成蒸馏装置，回收

提取液中的大部分乙醇。然后把残液倾入蒸发皿中，加入 4 g 生石灰粉，在 100℃ 以下用控温电热套直接加热焙干，使水分全部除去，冷却后，擦去沾在边上的粉末，以免升华时污染产物。

连续渗漉提取法(图 1(b))：称取茶叶末 10 g，装入筒形恒压漏斗内，在烧瓶中加入 1~2 粒沸石，安装好恒压漏斗，从恒压漏斗上口加入 95%乙醇，旋开恒压漏斗旋塞，让乙醇进入烧瓶至不超过烧瓶容积的 2/3，然后关上漏斗旋塞，套上球形冷凝管，接通冷凝水，用加热套加热至沸腾。打开漏斗旋塞，调节使乙醇从冷凝管进入恒压漏斗的速度和从恒压漏斗进入烧瓶的速度一致，待提取液颜色变淡或无色时，停止加热。改装成蒸馏装置，回收提取液中的大部分乙醇。然后把残液倾入蒸发皿中，加入 4 g 生石灰粉，在 100℃ 以下用控温电热套直接加热焙干，使水分全部除去，冷却后，擦去沾在边上的粉末，以免升华时污染产物。

回流提取法(图 1(c))：称取茶叶末 10 g 装入 250 mL 圆底烧瓶内，再加入 150 mL 95%乙醇，然后加入 1~2 粒沸石，安装好球形冷凝管，接通冷凝水，用加热套加热，保持沸腾 30 min，然后趁热抽滤。滤渣再重复提取一次。两次滤液合并，通过蒸馏回收提取液中的大部分乙醇。然后把残液倾入蒸发皿中，加入 4 g 生石灰粉，在 100℃ 以下用控温电热套直接加热焙干，使水分全部除去，冷却后，擦去沾在边上的粉末，以免升华时污染产物。



**Figure 1.** Caffeine extraction device: (a) Soxhlet extraction; (b) Continuous percolation extraction; (c) Reflux immersion extraction

**图 1.** 咖啡因的提取装置：(a) 索氏提取；(b) 连续渗漉提取；(c) 回流浸泡提取

### 2.1.2. 咖啡因的升华

取一只合适的短颈玻璃漏斗，罩在隔以刺有许多小孔的滤纸的蒸发皿上，从漏斗颈部插入一支温度计，温度计穿过滤纸，使水银球没入在样品粉末中，用控温电热套上小心加热升华，控制升华温度在 180℃~190℃。当纸上出现白色针状结晶时，要适当的控制加热温度，尽可能使升华速度放慢，提高结晶纯度。升华完毕，停止加热。自然冷却至 100℃ 左右后，揭开漏斗和滤纸，仔细地把附在纸上及器皿周围的咖啡因结晶用小刀刮下。残渣经搅拌后，重新放好滤纸和漏斗，再加热升华一次。合并两次升华收集的咖啡因，测定熔点，称重，计算提取率。

## 2.2. 咖啡因的性质

### 2.2.1. 咖啡因的反应

氧化反应：取一支试管，加 8 滴咖啡因饱和水溶液、1 滴 0.5%高锰酸钾水溶液和 3 滴 5%碳酸钠水溶液，摇动试管，放在沸水浴中加热一下，观察溶液的变化。

沉淀反应：取一支试管，加 1 mL 5%盐酸和少许咖啡因，用力振摇，使其溶解呈清亮溶液，如果实在不溶，就将清亮溶液倾倒入，以清亮溶液做实验。再滴加 1~2 滴碘化汞钾溶液，摇动试管并注意溶液的变化。

颜色反应：取极微量的咖啡因与浓盐酸数滴混匀，再加入氯酸钾结晶少许，蒸发至干，残渣遇氨蒸气立即出现紫色为正反应。另外取咖啡因的饱和水溶液，加碘试剂，不发生沉淀，但再加稀盐酸 3 滴，即产生红棕色沉淀，此沉淀能在稍过量的氢氧化钠溶液中溶解。

### 2.2.2. 咖啡因水杨酸盐衍生物的制备

在试管中加入 50 mg 咖啡因、37 mg 水杨酸和 4 mL 甲苯，在水浴上加热振摇使其溶解，然后加入约 1 mL 石油醚(60℃~90℃)，在冰浴中冷却结晶。如无晶体析出，可用玻璃棒或刮刀摩擦管壁。吸滤收集产物，测定熔点。

## 2.3. 课外开放实验

咖啡因红外光谱、紫外光谱、核磁共振波谱测试分析，并与标准品谱图对照。

## 3. 教学效果分析与讨论

### 3.1. 茶叶原料的选择

不同品种茶叶，其咖啡因含量也不同[1] [18]。有研究表明，红茶咖啡因含量高于乌龙茶和绿茶。我们的实验结果也证实红茶咖啡因含量高于绿茶。因此，为了获得更好的实验效果，建议本实验选用红茶为原料。

### 3.2. 咖啡因的提取方法

从茶叶中提取咖啡因，一般有“水提 - 有机溶剂萃取”法和“醇提 - 升华”法两种方法。人们不仅研究了这 2 种提取方法的工艺条件和影响因素[19] [20] [21]，还对该实验进行微量化和绿色化改革以减少原料使用[2] [22]，而且还将微波提取[23] [24] [25] [26]、超声提取[27]、超临界萃取[28]等先进提取法用于咖啡因的提取。但更多的研究还是集中在提取装置的改变方面。传统的实验方法是用 95%乙醇通过索氏提取法提取咖啡因[29] [30]。不少研究者用恒压漏斗替代索氏提取器改成连续渗漉提取装置[31] [32] [33]，取得了良好的提取效果，而且还缩短了提取时间。

微波提取、超声提取、超临界萃取等方法难以普及为大规模的学生课堂实验教学。因本实验设计还包括咖啡因的性质实验，需求咖啡因产品较多，故将本实验改为微型实验也不合适。作为传统的学生课堂实验项目，让学生掌握常规仪器装置及其使用方法是学生实验的一个重要目的。因此，本实验采用常量法用 95%乙醇提取咖啡因。但是在实际课堂教学中将全班学生分成三个组别，分别用索氏提取、恒压漏斗连续渗漉提取和回流浸泡提取[34]三种实验装置(图 1)。让学生互相对比，看谁的咖啡因提取率高，极大地提高了学生的兴趣。

### 3.3. 咖啡因的升华方法

咖啡因的升华是实验成败的关键[31] [35] [36]。传统的方法是将蒸发皿中焙干的粉末罩上一张刺有许

多小孔的滤纸，然后用颈部塞有疏松棉花的漏斗盖住，再加热升华。这个方法存在 2 个致命问题。一是用电炉或酒精灯加热，升华温度难以控制；二是没有温度显示，观察不到升华温度。而学生又是初次做这个实验，没有经验，要么升华温度不够，要么升华温度太高，往往使得升华实验失败。

本实验借鉴王辉[35]的经验，从漏斗颈部插入一支温度计，使温度计水银球插入到物料中(图 2)，便于观察物料升华温度。同时，改进加热方式，采用控温电热套很好地控制升华温度在 180℃~190℃。结果取得了良好的升华实验效果，升华实验 100%成功，极大地保证了教学质量和教学效果。

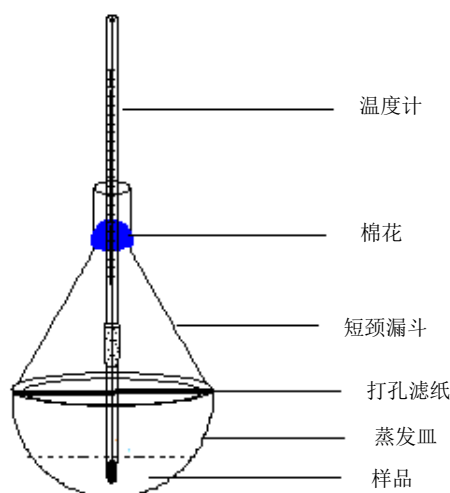


Figure 2. Improved caffeine sublimation device

图 2. 改进后的咖啡因升华装置

### 3.4. 咖啡因的性质实验

在传统的实验教学中，学生用 4 学时从茶叶中提取得到咖啡因产品后，本实验就结束了。学生意犹未尽，没能进一步认识所得咖啡因产品的性质。本实验教学增加了实验内容，让学生进一步测定咖啡因的熔点，通过咖啡因的性质实验(氧化反应、沉淀反应和颜色反应)深入了解生物碱类化合物的性质。同时，通过制备咖啡因水杨酸盐产品进一步验证实验产品。另外，设置课外开放实验，让学生进一步对咖啡因产品进行红外光谱、紫外光谱、核磁共振波谱测试分析，并与标准谱图对照进行验证。既可以使学生学习 and 掌握波谱技术，又可以提高实验中心大型仪器设备的使用效益。

## 4. 结论

本实验选用红茶为原材料，分别用三种实验装置用 95%乙醇提取咖啡因，采用改进的升华装置进行升华，增加了咖啡因的性质实验，并设置了咖啡因波谱测试分析课外开放实验，共四大实验环节。实验名称相应改为“茶叶中咖啡因的提取与性质”。课堂实践结果表明，该实验项目经创新设计和改革后，可以极大提高学生的实验兴趣，增强学生实验动手能力，并且在拓宽学生知识面和培养学生创新创业能力方面取得了良好效果。

本实验总计耗时约需 8 学时，建议设置课内实验教学学时为 8 学时。

## 致 谢

本项目受广东省本科高校教学质量与教学改革工程建设项目产业学院立项建设专项资助(粤教高函[2018]179 号)。

## 参考文献

- [1] 李凡姝, 张焕丽, 马慧, 崔晓彤, 王霞, 刘娣, 肖志刚. 不同茶叶中咖啡因的提取[J]. 农产品加工, 2016(8): 33-35.
- [2] 蔡毅飞, 商洪涛, 周娟, 罗金鸣. “茶叶中咖啡因提取”实验方法的绿色优化研究[J]. 科技资讯, 2014, 12(19): 186.
- [3] 赵卫星, 姜红波, 冯国栋. 茶叶中咖啡因的提取研究进展[J]. 化学与生物工程, 2010, 27(9): 17-20.
- [4] 盛贻林. 茶叶中咖啡因提取实验方法的比较及改进[J]. 生物学杂志, 2007, 24(1): 75-76.
- [5] 陈忠平, 陈君华, 黎少君, 宋常春, 赵大友. 茶叶中提取咖啡因方法的改进[J]. 安徽技术师范学院学报, 2005, 19(1): 46-48.
- [6] 薛艳, 赖小伟. 改进茶叶中提取咖啡因的有效方法[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2009, 37(4): 161-163.
- [7] 曹雅丽. 茶叶中咖啡因提取方法的比较研究[J]. 现代园艺, 2018(23): 13-14+16.
- [8] 李慧敏, 牛东攀, 陈晓光. 茶叶中提取咖啡因的工艺研究进展[J]. 化工管理, 2017(5): 200.
- [9] 韩亭亭, 祁玥, 王立宁. 从茶叶中提取咖啡因的实验研究进展[J]. 广州化工, 2017, 45(1): 28-30.
- [10] 李静, 王惠泽, 刘艳红, 房川琳, 李桂英. 茶叶中提取咖啡因实验教学改革探索与实践[J]. 实验技术与管理, 2015, 32(1): 54-56.
- [11] 王虹, 王军. “从茶叶中提取咖啡因”综合性有机化学实验设计[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(6): 166-169.
- [12] 李东芳, 吴亚丽, 李强, 王志平. “从茶叶中提取咖啡因”实验中影响咖啡因产量的主要因素[J]. 教育教学论坛, 2017(6): 268-269.
- [13] 班大明. 有机化学实验教学中咖啡因提取实验的思考[J]. 广州化工, 2013, 41(11): 279-280.
- [14] 朱峰, 赖悦腾, 洪茵. 槐花米中芦丁的提取实验教学内容创新设计[J]. 创新教育研究, 2017, 5(3): 233-237.
- [15] 朱峰, 赖悦腾, 洪茵. 乙酸乙酯的制备实验教学内容设计[J]. 广东化工, 2017, 44(18): 204-205.
- [16] 宋照风, 刘弋璐, 王春燕, 赖悦腾, 张俊敏, 朱峰. 高校化学实验教学中心仓库安全管理控制探究[J]. 广州化工, 2018, 46(23): 180-181.
- [17] 朱峰, 赖悦腾, 宋照风, 翁诗曼, 陈佳敏, 吴思敏, 黄耿昌, 卢超文, 林思琪. “生物油脂的提取与精制”实验研究与实践[J]. 创新教育研究, 2019, 7(2): 189-193.
- [18] 闫洪军, 郑择, 李涵文, 周迎春. 茶叶中咖啡因的提取及条件优化[J]. 安徽化工, 2018, 44(4): 36-37.
- [19] 张生明. 茶叶中提取咖啡因方法的研究[J]. 青海民族大学学报(教育科学版), 2010, 30(5): 45-47.
- [20] 王玉兰. 茶叶中提取咖啡因实验方法的研究[J]. 内蒙古石油化工, 2011, 37(20): 97.
- [21] 刁晓菊, 高峰. 从茶叶中提取咖啡因不同实验方法对照研究[J]. 徐州医学院学报, 2010, 30(3): 165-166.
- [22] 胡庆华, 张蔚萍, 陶春元, 喻国贞, 贺刚. 茶叶中咖啡因提取的微型化实验设计[J]. 实验室科学, 2010, 13(2): 53-55.
- [23] 刘亚红. 茶叶中咖啡因的提取[J]. 化工时刊, 2016, 30(2): 29-32.
- [24] 黄攀豪. 茶叶中咖啡因的提取和分析[J]. 佛山科学技术学院学报(自然科学版), 2008, 26(2): 48-49.
- [25] 刘晓庚, 朱珊, 李佩昕. 茶叶中咖啡因提取方法的比较[J]. 中国食品添加剂, 2010(4): 83-87.
- [26] 李楠, 孙晶晶, 杨静, 张俊稳. 微波提取茶叶中咖啡因工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(10): 27-29.
- [27] 黄飞. 正交试验法从茶叶中提取咖啡因的工艺研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2014, 26(5): 63-66.
- [28] 韩佳宾, 陈静, 王静康, 封顺祥. 超临界二氧化碳萃取咖啡因的研究进展[J]. 现代化工, 2003, 23(3): 25-27.
- [29] 刘艳霞, 李文娟. 从茶叶中提取咖啡因[J]. 广东化工, 2013, 40(1): 53.
- [30] 李玉贤, 张佳乐, 刘金浩. 正交实验法优化咖啡因提取实验工艺研究[J]. 实验室科学, 2011, 14(2): 105-107.
- [31] 吕守茂, 祝巨, 俞远志, 章小峰. 茶叶中提取咖啡因实验装置的改进[J]. 实验室研究与探索, 2009, 28(5): 32-33.
- [32] 杨祖幸, 汤洁, 孙群, 赖春霞, 陈家驹. 从茶叶中提取咖啡因实验方法及装置的改进[J]. 实验室研究与探索, 2008, 27(3): 43-44.
- [33] 郭叶, 郝鹤. 从茶叶中提取咖啡因实验改进[J]. 包头医学院学报, 2017, 33(4): 111-112.
- [34] 凌晓青. 茶叶中咖啡因提取方法的研究[J]. 科技与企业, 2011(15): 183.
- [35] 王辉. 茶叶中提取咖啡因改进研究[J]. 科技信息, 2011(27): 440.
- [36] 邵振羽, 吴舜, 季卫刚. 咖啡因提取实验减压升华装置的设计[J]. 广东化工, 2014, 41(13): 253-254.