

## 以茴香脑为原料的纳米催化合成对甲氧基肉桂醛的研究 ——推荐一个本科生科研竞赛项目

李姝慧, 谭丹, 武芸杞, 唐海涛\*, 何权洲, 贾均松, 潘英明\*

广西师范大学化学与药学学院, 省部共建药用资源化学与药物分子工程国家重点实验室, 广西 桂林 541004

**摘要:** 为响应国家科教兴国、人才强国战略, 广西师范大学积极组织开展了“大学生创新创业训练计划”项目。本文介绍了广西师范大学一个本科生团队自主研究合成了一种新型多孔材料纳米催化剂并成功将其应用于以天然植物提取物茴香脑为原料合成高纯度香料对甲氧基肉桂醛的绿色环保路线, 并且参加“互联网+”创新创业大赛和“挑战杯”课外学术科技作品竞赛的例子, 包含从项目准备、研发过程、实践成果等, 希望能将该本科生团队的经验同其他化学专业的同学分享, 帮助他们更加高效地完成科研竞赛项目。

**关键词:** 茴香脑; 互联网+; 挑战杯; 对甲氧基肉桂醛; 纳米催化

**中图分类号:** G64; O6

## Nanocatalytic Synthesis of *p*-Methoxycinnamaldehyde Using Anethole as the Raw Material: A Recommended Undergraduate Research Competition Project

Shuhui Li, Dan Tan, Yunqi Wu, Haitao Tang\*, Quanzhou He, Junsong Jia, Yingming Pan\*

State Key Laboratory for Chemistry and Molecular Engineering of Medicinal Resources, School of Chemistry and Pharmaceutical Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, Guangxi, China.

**Abstract:** In alignment with the national strategy for rejuvenating the country through science and education and strengthening the nation through talent development, Guangxi Normal University has actively implemented the “College Students’ Innovation and Entrepreneurship Training Plan”. This paper presents a case study of an undergraduate team at Guangxi Normal University that independently researched and synthesized a novel porous nanocatalyst. They successfully employed this catalyst in a green and environmentally friendly process to synthesize high-purity *p*-methoxycinnamaldehyde from the natural plant extract anethole. The team participated in the “Internet Plus” innovation and entrepreneurship competition and the “Challenge Cup” extracurricular academic science and technology works competition. This paper outlines the project preparation, research and development process, and practical outcomes, with the aim of sharing the team’s experiences with other chemistry students to facilitate more efficient completion of research competition projects.

**Key Words:** Anethole; Internet Plus; Challenge Cup; *p*-Methoxycinnamaldehyde; Nanocatalysis

教育部为深化人才培养综合改革和全面推进素质教育, 引导各类学校主动服务创新驱动发展战略, 发布了《教育部关于举办首届中国“互联网+”大学生创新创业大赛的通知》(教高函[2015]4号)。

收稿: 2024-03-29; 录用: 2024-08-15; 网络发表: 2024-08-20

\*通讯作者, Emails: panym@mailbox.gxnu.edu.cn (潘英明); httang@gxnu.edu.cn (唐海涛)

基金资助: 国家级第二批一流本科课程线下一流课程“有机化学”; 广西壮族自治区级一流本科课程线下一流课程“有机化学”(桂教高教[2021]11号); 广西壮族自治区级课程思政示范课程“有机化学”(桂教高教[2022]52号); 2023年度广西高等教育本科教学改革工程项目(2023JGB133)

为响应科教兴国、人才强国战略，教育部将“互联网+”创新创业大赛作为提高学生的创新精神、创业意识和创新创业能力，培养具有科研探索精神、创新创业思维和社会责任感的本科人才的重要抓手。广西师范大学化学与药学学院全面支持开展本科生科研训练计划和创新创业培训计划，并为本科生项目给予仪器设备、实验场所以及资金等支持，鼓励本科生参与实验研究课题，并在专家、导师指导下进行项目孵化培育，以此培养本科生的科研实践能力和创新能力。通过鼓励支持本科生进行自主科研创新，不仅能提升本科生对专业知识的学习乐趣，还能引导本科生心系国家发展动态、学科发展前沿和化学研究热点<sup>[1,2]</sup>，将理论和实验相结合，更好地进行产学研合作和产教融合，争当有理想、敢担当、能吃苦、肯奋斗的新时代好青年。

本文介绍的“以新型多孔材料纳米催化剂绿色高效催化天然茴香脑合成对甲氧基肉桂醛”的研究就是我院本科生团队(后文称“项目团队”)参与“互联网+”创新创业大赛的科研竞赛项目成果。在项目过程中，项目团队将理论知识运用到实践当中，在大赛中取得了很好的成绩，也积攒了许多宝贵的科研经验，收获了丰富的竞赛经验。于此，本文将介绍整个大创科研项目的选题方案设计、实验研发过程和竞赛答辩准备等，希望能为其他参与“互联网+”创新创业大赛、“挑战杯”课外学术科技作品竞赛的本科生和指导教师提供借鉴参考，也可帮助对科研感兴趣的化学本科生更好地完成科研类创新创业项目。

## 1 项目选题及方案设计

广西师范大学所在地广西位处东经104°26'–112°04'、北纬20°54'–26°24'之间，其夏季高温多雨，冬季温和少雨，属于亚热带季风气候，适宜许多植物的生长，特别是香料作物的生长。广西地区生长着90余科600多种天然香料作物，是当之无愧的“天然香料的王国”，其中八角是广西的特优产品。但长期以来，广西的天然香料作物以直接原材料以及粗加工产品为主，这对优质的香料资源无疑是一种极大的浪费。因此，发展绿色合成天然级香料的新技术，进一步利用广西丰富的优质香料资源，合成具有更高附加值的香料产品对整个广西的香料产业发展具有重要意义，同时对我国香料业的意义也举足轻重。

目前，天然香料正逐步取代非天然香料，导致天然香精香料供不应求。因此，开发我国规模宏大的芳香植物资源，加强对香料新的提取技术及合成方法的研究，提高我国天然或者天然等同体香料产品的国际竞争力势在必行。基于广西特色香料资源，经过文献查阅，项目团队了解到对甲氧基肉桂醛(MCA)是植物八角的成分之一，是一种国家认可的食品级香料(编号为3567)，市场价格高且供不应求。其既可从天然食用香料八角中直接提取，也可通过人工合成制得单体化合物(与天然的MCA系同一物)。在植物香料八角等原料中对甲氧基肉桂醛的含量很低，且大量天然植物原料的使用势必会增加农副废料的生成，易造成资源浪费，且植物原料的收获周期长，人力资源耗费较高。面对国家日益增长的“需求侧”，发展合成对甲氧基肉桂醛天然等同体的途径具有潜在的经济价值。然而查阅专利数据库后发现，迄今为止有关高效低成本合成对甲氧基肉桂醛的报道较少，且合成路径完全绿色的更是无人报道。传统的合成方法以过渡金属催化为主<sup>[3,4]</sup>，催化剂昂贵且污染较大，不符合绿色发展的要求，还存在金属易脱落导致产品品质低等问题。

研发绿色高效合成对甲氧基肉桂醛的路线，需要解决两个问题，一是原料的选择，二是反应路线的绿色高效。项目团队从文献中选出了近百种含香料成分较多的本土植物，经过进一步筛选发现，广西地域优势植物八角的产量约占全国的80%。八角茴香油中的主要成分反式茴香脑(*trans*-Anethole)的含量为80%–85%<sup>[5]</sup>。因此，项目团队选择了采用富含茴香脑且能大量种植的天然八角作为绿色高效合成对甲氧基肉桂醛的原料。为了解决对甲氧基肉桂醛产率低、金属残留严重、污染较大等问题，在项目研发过程中项目团队合成了一种新型纳米催化剂PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>取代传统合成方法中的过渡金属催化剂。这种纳米金属化多孔有机聚合物不仅具有均相催化剂的“孤立活性位点”，

而且兼具多相催化剂易于循环使用的特点, 在应用上具有极大的潜力。同时, 项目团队还确定了氧化剂DDQ (2,3-二氯-5,6-二氰基-1,4-苯醌)的再生工艺, 只需要经过再氧化即可实现其高效回收再利用。通过前期的实验条件探寻和优化, 最终确定了茴香脑氧化的反应条件: 在常温下, 加入水、茴香脑、甲苯和DDQ, 利用PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>高效催化得到对甲氧基肉桂醛产物; 进一步通过硅胶柱纯化, 可以得到纯度高达99.7%的产品。反应中催化剂和氧化剂可以循环使用, 有效降低了反应成本。相比于已报道的传统合成路线, 本项目的合成路线更加绿色环保、高效高产, 具有巨大的工业化应用潜力。在该项目中, 项目团队结合广西本土优势香料资源, 以天然茴香脑为原料, 原料绿色天然且价格低廉, 可有效推动具有广西特色的香料绿色合成工业发展。

## 2 项目研究计划安排

在确定好项目研究内容及方案设计后, 项目团队按照项目实施需求制定了研究计划, 分为以下四个阶段:

- (1) 合成新型多孔材料纳米催化剂PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>;
- (2) 新型多孔材料纳米催化剂PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>的结构表征和催化性能研究;
- (3) 非均相条件下茴香脑氧化反应条件的优化研究;
- (4) 试车、生产调控并进行批次验证反应。

## 3 项目实验阶段

### 3.1 实验试剂与仪器

试剂: 反式茴香脑(南宁辰康生物科技有限公司); 1,2-二溴乙烷(上海麦克林生化科技有限公司); 镁粉(上海阿拉丁生化科技股份有限公司); 三氯化磷(山东西亚化学股份有限公司); 偶氮二异丁腈、二氯化钡(北京伊诺凯科技有限公司); 2,3-二氯-5,6-二氰基苯醌(上海易恩化学技术有限公司); 硅藻土、氢氧化钠、氯化铵、氯化钠、硫酸钠、乙酸乙酯、四氢呋喃、乙醇、甲苯、1,2-二氯乙烷、二氯甲烷、三氯甲烷、甲醇、乙腈、丙酮、*N,N*-二甲基甲酰胺(西陇科学股份有限公司)。以上试剂均为分析纯。

仪器: Avance III HD型核磁共振波谱仪(瑞士Bruker公司), Labsys Evo TG-DTA/DSC型热重分析仪(法国Setaram公司), Talos F200S型场发射透射电镜显微镜(美国Thermo Fisher Scientific公司), Gemini300型热场发射扫描电镜(日本日立公司), 6545 Q-TOF LC/MS型联用高分辨质谱仪(美国Agilent公司)。

### 3.2 研究流程

根据已有的报道, 项目团队首先探究了电化学条件下茴香脑的氧化反应。以铂片为阴极, 碳棒为阳极, 以高氯酸锂为电解质, 电流为10 mA, 在乙腈中直接电解茴香脑。1 h后原料茴香脑消耗完全, 以46%的产率得到对甲氧基肉桂醛(图1)。在电化学反应条件下, 茴香脑氧化为对甲氧基肉桂醛的产率相对较低, 因此项目团队设想能否通过非均相催化来实现茴香脑高产率氧化为对甲氧基肉桂醛。基于以上设想, 项目团队首先设计并合成了新型多孔材料纳米催化剂PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub> (图2)。

### 3.3 合成新型多孔材料纳米催化剂PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>

#### 3.3.1 合成三(4-乙烯基)苯基膦

(1) 将250 mL支口瓶置于150 °C烘箱中, 烘2 h。支口瓶冷却至室温后在氩气保护下, 加入1,2-二溴乙烷0.4 mL (4.6 mmol)、镁粉1.9 g (79.2 mmol)、四氢呋喃80 mL。

(2) 用吹风机加热使支口瓶内的液体微沸, 然后常温反应1 h, 制备格氏试剂。

(3) 转移支口瓶到-10 °C冷阱, 降温30 min。

(4) 配制PCl<sub>3</sub> (2.75 g, 20 mmol)的四氢呋喃(20 mL)溶液, 逐滴加入到支口瓶中, 20 min滴加完后继续搅拌反应30 min。

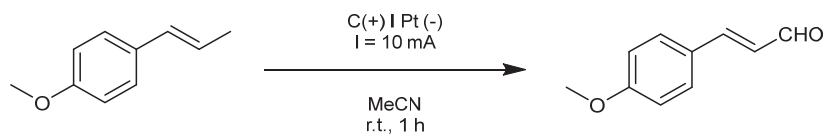
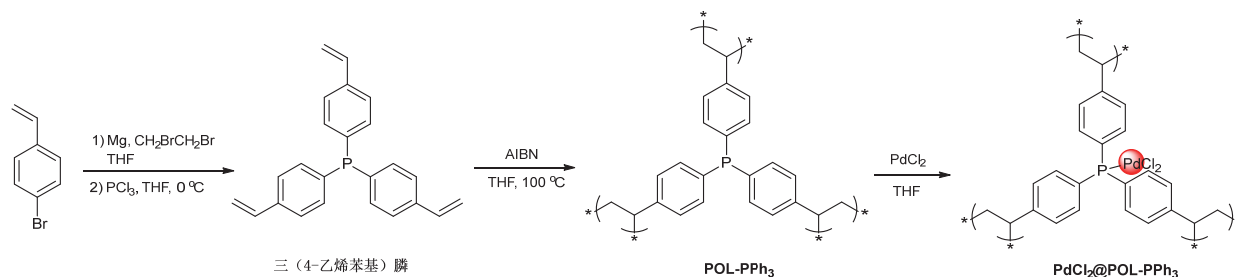


图1 电化学合成路线

图2 催化剂PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>的合成路线图

(5) 取出支口瓶常温搅拌过夜。加入饱和的NH<sub>4</sub>Cl溶液淬灭反应，乙酸乙酯萃取，无水Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>干燥，旋干溶剂。

(6) 用硅胶柱(300–400目)提纯产物(淋洗液为纯石油醚)，得到4.22 g白色的三(4-乙烯苯基)膦，产率为62%，纯度99.1%。<sup>1</sup>H NMR (500 MHz, Chloroform-d)  $\delta$  7.39 (dd,  $J = 8.2, 1.6$  Hz, 6H), 7.29 (t,  $J = 7.9$  Hz, 6H), 6.71 (dd,  $J = 17.6, 10.9$  Hz, 3H), 5.78 (dd,  $J = 17.6, 0.9$  Hz, 3H), 5.29 (dd,  $J = 10.9, 0.9$  Hz, 3H)。<sup>13</sup>C NMR (125 MHz, Chloroform-d)  $\delta$  138.3, 136.4, 134.1, 134.0, 126.5, 115.0。

### 3.3.2 制备POL-PPh<sub>3</sub>

(1) 氩气氛下，依次加入1 g三(4-乙烯苯基)膦、100 mg偶氮二异丁腈(AIBN)、10 mL无水四氢呋喃于25 mL密封管内。

(2) 让其聚合24 h(在100 °C条件下)，反应完毕冷却至室温后过滤。

(3) 过滤后固体用乙酸乙酯、乙醇进行洗涤，得到980 mg白色固体，产率为98%。均相溶液通过聚合反应得到的不溶白色固体即为聚合物POL-PPh<sub>3</sub>。

### 3.3.3 制备PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>

(1) 氩气氛下，依次加入500 mg POL-PPh<sub>3</sub>、25 mg PdCl<sub>2</sub>、5 mL无水四氢呋喃于25 mL密封管内。

(2) 让其在25 °C条件下反应过夜，反应完后过滤。

(3) 过滤后固体用乙酸乙酯、乙醇洗涤，得到518 mg黄色固体，产率为99%。

## 3.4 新型多孔材料纳米催化剂PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>催化性能和结构表征分析

为了检验新型材料纳米催化剂PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>的性能是否可真正适用于工业生产，项目团队对其进行了结构表征和性能研究。

首先测试的是催化剂的热稳定性(图3左)，由热重分析图结果可知380 °C下没有分解，催化剂的稳定性很好。继续对PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>的孔径分布进行了测试(图3右)，由孔径分布图可知催化剂的比表面积为951.25 m<sup>2</sup>·g<sup>-1</sup>。

随后项目团队对催化剂进行了高分辨-透射电镜测试(图4左)。测试表明将金属PdCl<sub>2</sub>负载在多孔有机聚合物催化剂上后，金属Pd没有在催化剂上发生团聚，这为催化剂的高活性提供了有力保障；催化剂的扫描电镜图(图4右)进一步验证了催化剂具有多级孔道，具有强的吸附能力，且为无定形的结构，更容易产生缺陷位，这些缺陷大多数都能成为催化反应的活性位点，这也成为催化剂PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>具有高活性的坚实保障。

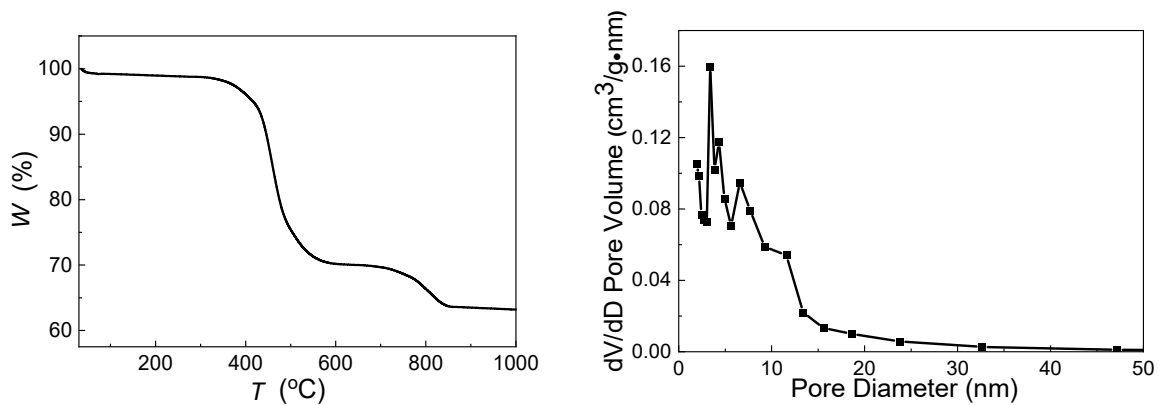


图3 PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>热重分析图(左)、孔径分布图(右)

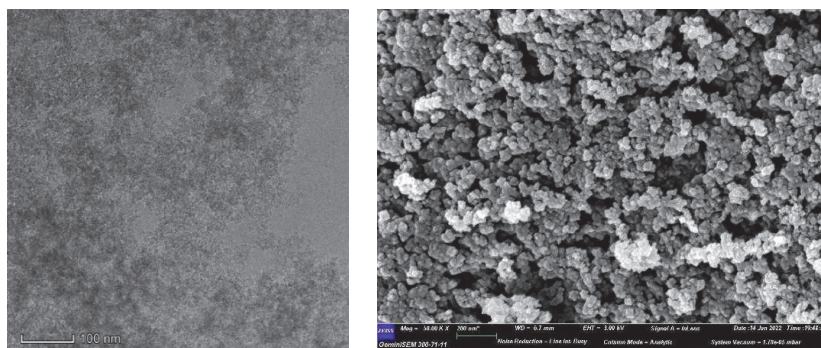


图4 PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>的高分辨-透射电镜图(左)、扫描电镜图(右)

通过EDS-Mapping图像(图5)可知元素C、P和Pd的分布,可以看出在POL-PPh<sub>3</sub>上金属Pd呈分散的纳米粒子状态,无明显团聚现象。

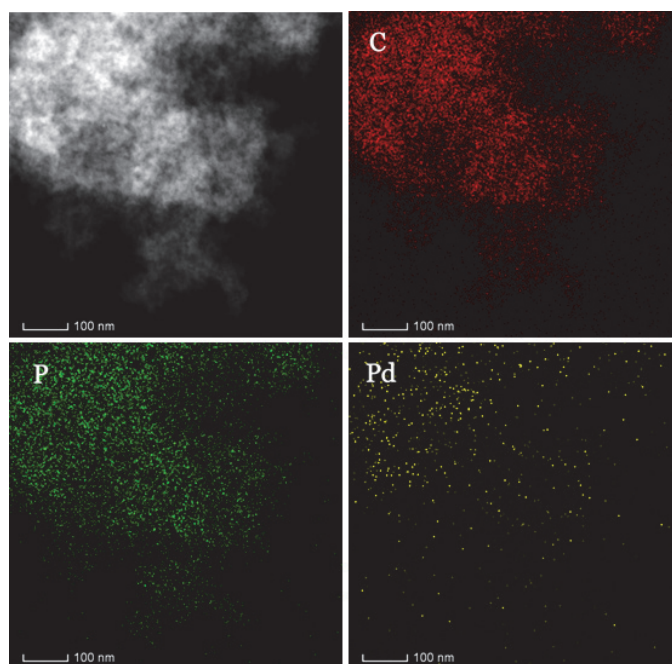
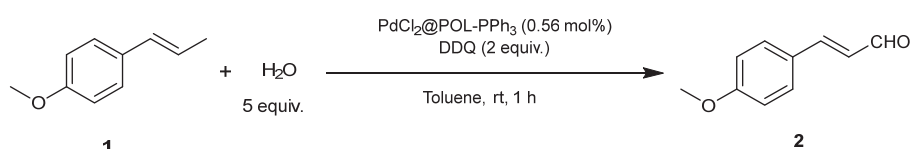


图5 PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>的EDS-Mapping元素分析图

### 3.5 非均相条件下茴香脑氧化反应的优化实验

通过实验条件的优化(表1),项目团队获得非均相条件下茴香脑氧化反应的最佳反应条件。优化反应条件后得到最终合成路线。先称取100 mg PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>置于250 mL圆底烧瓶中。再依次加入0.9 g (50 mmol) H<sub>2</sub>O、1.482 g (10mmol)茴香脑、50 mL甲苯,并搅拌均匀。称取4.54 g (20 mmol) DDQ,将其缓慢加入圆底烧瓶中。常温下反应1 h。反应液用硅藻土过滤。过滤得到的红棕色的滤液先用5% NaOH水溶液(3 × 100 mL)萃取。其后用100 mL饱和食盐水萃取一次。用无水Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>干燥后在真空条件下浓缩有机溶剂。最后用硅胶柱(300–400目)纯化产物(*V*<sub>石油醚</sub>:*V*<sub>乙酸乙酯</sub> = 10 : 1),得到淡黄色固体,产率为88%,纯度 > 99.7%。<sup>1</sup>H NMR (500 MHz, Chloroform-d) δ 9.65 (d, *J* = 7.7 Hz, 1H), 7.53 (d, *J* = 8.5 Hz, 2H), 7.43 (d, *J* = 15.8 Hz, 1H), 6.95 (d, *J* = 8.6 Hz, 2H), 6.62 (dd, *J* = 15.9, 7.7 Hz, 1H), 3.86 (s, 3H)。<sup>13</sup>C NMR (126 MHz, Chloroform-d) δ 194.0, 162.3, 153.0, 130.5, 126.9, 126.6, 114.7, 55.6。表1列举了项目团队反应条件优化实验的小部分内容。

表1 反应条件优化实验



Entry	<i>n</i> (H <sub>2</sub> O)/mol	<i>n</i> (DDQ)/mmol	溶剂	产率/%
1	30	20	DCE	47
2	30	15	DCE	29
3	30	25	DCE	43
4	30	20	DCM	53
5	30	20	CHCl <sub>3</sub>	33
6	30	20	toluene	78
7	30	20	THF	32
8	30	20	MeCN	8
9	30	20	MeOH	trace
10	30	20	DMF	15
11	10	20	toluene	58
12	50	20	toluene	88
13	80	20	toluene	82

最佳反应条件: 10 mmol 1, PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub> (100 mg), 5 equiv. H<sub>2</sub>O, 50 mL甲苯, 2 equiv.氧化剂, 在空气中常温反应1 h

### 3.6 非均相条件下茴香脑氧化反应机理

项目团队对反应机理进行了推测分析(图6),其反应机理可能为,首先POL-PPh<sub>3</sub>@PdCl<sub>2</sub>与反式茴香脑反应得到配位中间体A, H<sub>2</sub>O对中间体A的不同位置亲核进攻得到互变异构体B和C,产物C比B更容易生成。其次DDQ氧化C得到目标产物2。另外,还原消除得到的Pd<sup>0</sup>被DDQ氧化为Pd<sup>II</sup>,进入下一轮循环。

### 3.7 新型多孔材料纳米催化剂PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>的循环实验

每催化完成一次实验后分离出催化剂PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>,并用乙酸乙酯和乙醇各洗涤两次,然后常温风干。风干后继续进入下一轮催化循环,共循环5次。项目团队对使用后的催化剂也做了系列表征,结果发现催化剂在循环使用5次以后其结构几乎没有发生任何变化,金属Pd还是以较为分散的纳米颗粒分布在聚合物上,表明催化剂在循环使用5次以后依然保持较高的催化活性。

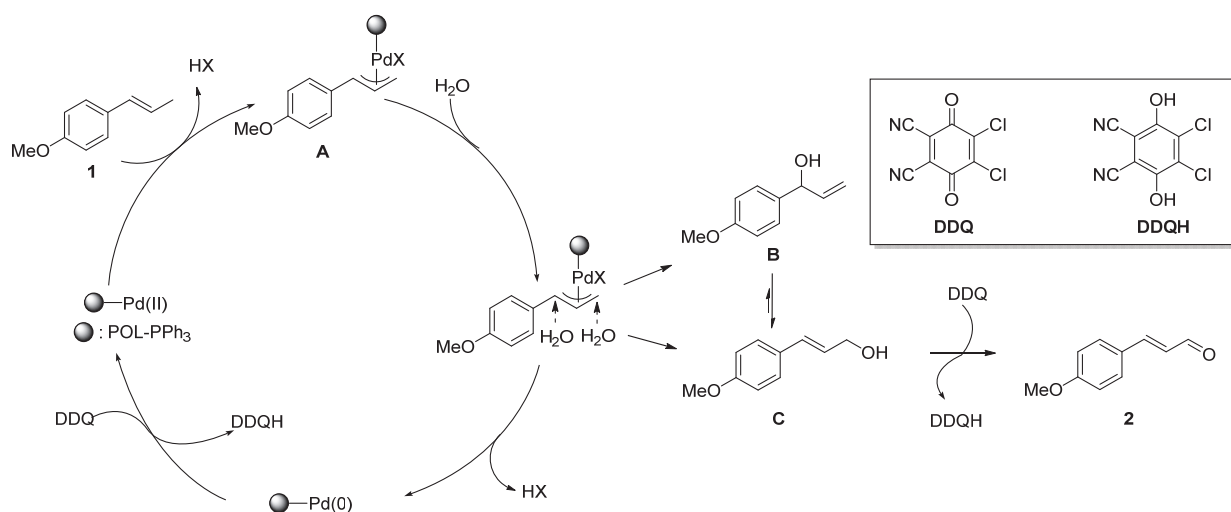


图6 反应机理图

### 3.8 实验阶段讨论

#### 3.8.1 新型多孔材料纳米催化剂PdCl<sub>2</sub>@POL-PPh<sub>3</sub>的合成研究

香料传统合成路线目前大多通过均相过渡金属催化合成，由于合成中使用了金属催化剂，不可避免地会出现金属原子脱落的问题，使得工艺的成本高、产率低、金属残留率大，不符合国家绿色化学发展要求。采用异相多孔材料纳米催化技术，金属原子不会脱落，产品金属含量低至0.001 mg·kg<sup>-1</sup>，相较于传统的金属残留率降低了100倍，提高了产品的品质，减少了原料浪费且降低了生产成本，适用于大规模的工业化生产。

#### 3.8.2 对甲氧基肉桂醛样品纯度检测

天然度可以用来表示食品或食品原料中天然物质所占的比例。来自石油、煤等原料合成的产品的天然度作为0；而来自天然原料的产品天然度作为100，简单通俗表达就是不添加化学成分的意思；两者混合物则介于0和100之间。

实验室所合成的对甲氧基肉桂醛产品经国家香料香精化妆品质量检验检测中心检测为合格(图7)。经过美国β实验室放射性碳(C14)检测，天然生物基碳含量达到99%。说明通过本项目自主设计路线合成的对甲氧基肉桂醛纯度很高，天然度可达99%，属于优质的“天然级”香料。

### 3.9 项目成果

本项目提供了一种以天然茴香脑为原料，用新型多孔有机聚合物纳米金属催化剂高效催化合成对甲氧基肉桂醛的方法。传统的对甲氧基肉桂醛合成路线，大多需要使用价格昂贵的均相金属催化剂，或者使用不环保的卤素原料等，不仅生产成本低、产率低，而且环境污染严重、环境治理成本高。本项目的合成线路，以价格低廉、绿色天然的茴香脑为原料，运用异相纳米催化技术，仅需一步就可合成高品质的对甲氧基肉桂醛，金属残留率低，不仅高效高产、环境友好，且中试条件与实验条件无差别，可适用于大规模的工业化生产。

本项目依托广西特色资源，选择特色经济作物八角作为原料直接蒸馏得到茴香脑原料，通过新型多孔材料纳米催化剂催化合成对甲氧基肉桂醛天然等同体，产品品质优异，性价比高。本团队开发的新型多孔材料纳米催化剂催化氧化合成草本香料的技术，可解决当下香料生产制造行业的一系列问题，促进广西香料产业发展的精深加工化、产业化，带动就业增收。

在实验内容和数据完善的基础上，项目团队对项目研究进行了专利申请，目前关于该项目技术已申请4项国家发明专利。同时，项目团队通过与广西壮族自治区林业科学院和南宁市辰康生物科技有限公司开展广泛的合作，积极将科技成果转化成为生产力。现今，该项目经57个批次调试和实验，

进行了33个批次验证反应，建成中试生产线1条(图8)，生产能力552.545 kg/月，产品产率稳定在88%左右，产品质量佳(图9)。

该研究项目获得2022年自治区级大学生创新创业训练计划的支持，并顺利完成项目验收。该项目在2023年春季学期参与本校第九届“互联网+”大学生创新创业大赛高教主赛道本科生创意组并荣获金奖，并被推荐参与中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛“数广集团杯”广西赛区选拔赛和第十一届“挑战杯”广西大学生课外学术科技作品竞赛，分别荣获银奖和一等奖。

项目	Q/NNCK 031-2021 要求	中试产品厂检	第三方检验结果*
外观	淡黄色结晶体粉末	符合要求	符合要求
香气	辛香料、花香香气	香气较纯正	香气较纯正
溶解度 (25℃)	1g 试样全溶于 9ml80% (体积分数) 乙醇中	符合要求	符合要求
熔点 Melting point	57.0-58.0℃	58.0	58
对-甲氧基肉桂醛含量 %	> 98	99.13	99.17
水分 Moisture	< 1.5	0.52	0.5
铅含量 mg/kg	< 10	/	符合要求
砷含量 mg/kg	< 2	/	符合要求
镉含量 mg/kg	< 1	/	符合要求
汞含量 mg/kg	< 1	/	符合要求

图7 产品检验结果

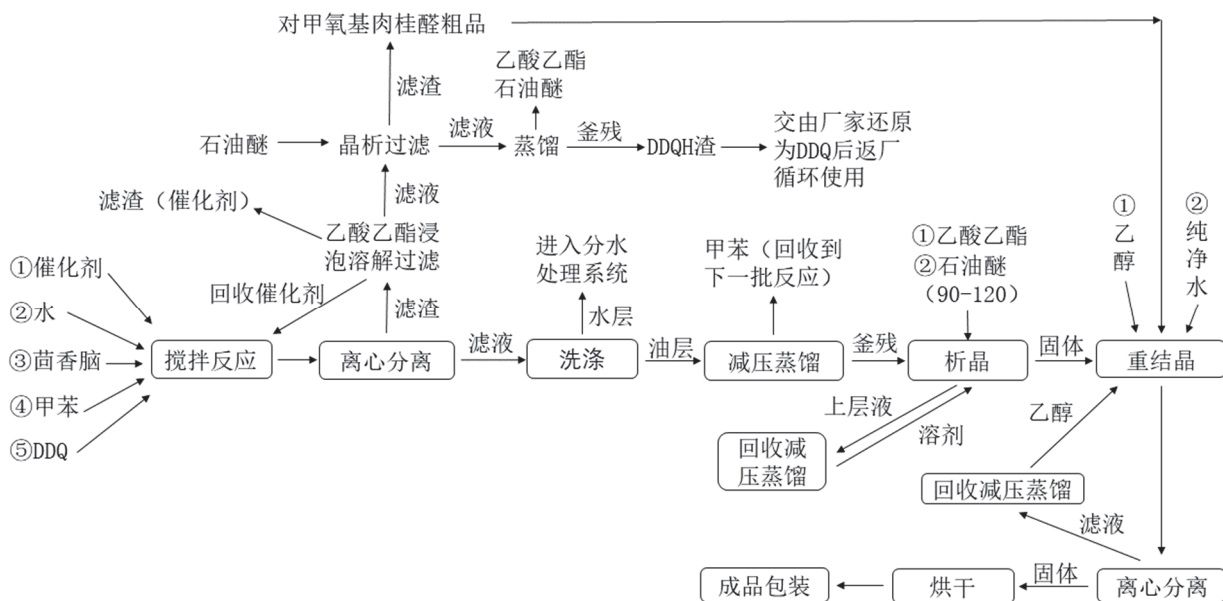


图8 中试工艺流程图



图9 产品性状图

## 4 项目收获

### 4.1 实验部分

科学技术是第一生产力，科技兴则国兴，科技创新与国家命运紧密相连。当代大学生正处于一个国家积极培养青年科研实践精神和创新创业能力的好时期。在整个项目开展的期间，该项目团队成员迎难而上、勇于探索、敢于实践、大胆创新，学到了很多课本之外的知识。

该项目团队的研究初衷在于利用广西丰富的香料作物资源，解决当下香料生产制造行业的一系列问题，打造一批具有广西特色的优良香料，推动广西草本香料的长足进步，提升广西香料品牌的影响力。在项目开展期间，团队成员了解到异相多孔材料纳米催化剂不仅能最大限度地提高金属弥散和原子利用效率，也是原子经济、金属资源合理利用中最具发展前景的材料。团队成员在项目实施过程中提出能否采用新型多孔材料纳米催化剂实现绿色高效催化合成草本香料这个方案。在实验过程中，团队成员通过查阅文献资料、更新实验方法，及与导师沟通交流，完善了实验内容，解决了实验中遇到的困难，取得了令人满意的结果。在整个项目开展的过程中，机遇和挑战总是同时发生的。在查阅文献做实验时也常常有结果不尽人意的时候，导师为项目提出新的拓展思路，而团队成员们也尽全力去完成好每一步操作，思考失败原因、总结经验，更好地完成后续的实验。当项目成功心中充满喜悦的同时，团队的每位成员也在思考这一路的收获，思考以后如何将科研竞赛项目做得更好。在分析问题、解决问题的过程中，也更加感悟到“失败乃成功之母”的道理。

在本项目中，项目团队对绿色合成的追求不仅仅体现在使用绿色天然的八角原料，还体现在对各种氧化剂、催化剂的选择上。项目团队通过工业上常用的绿色氧源，研究反应机理和设计合理的反应路线，采用直接选择性氧化法将天然茴香脑高效转化为对甲氧基肉桂醛天然等同体，并将方法应用于工业中，设计出了一条环保高效的工业化生产路线，从根本上解决了对甲氧基肉桂醛天然等同体生产供不应求的问题。

### 4.2 比赛部分

除了实验部分之外，本文还想分享的是比赛部分。在开展该项目后项目团队的成员们都选择假期留校前往实验室开展项目研究，充分利用假期时间让项目有了很大进展。在开学之后，学校下发了第九届“互联网+”大学生创新创业大赛和广西大学生第十一届“挑战杯”课外学术科技作品竞赛的通知。以参加第九届“互联网+”大学生创新创业大赛为例，大赛的主旨是顺应国家发展，深化高等教育综合改革，培养大学生的自主创新创业能力，提高高校毕业生创业就业质量。处在这样的时代下，青年学子在大学期间不应虚度光阴、碌碌无为，应当顺应时代发展、国家所需，积极参与大创比赛活动来锻炼自己的创新能力和实践能力。该团队成员合理分工合作，开始紧锣密鼓地进行数据整理和文章撰写，并通过参阅前几届比赛的材料，高效地完成了项目成果汇报。

在校赛开始之前，项目成员们不断地检查材料内容确保没有差错。同时，在答辩之前将路演稿背了一遍又一遍，以防到时说错词或者卡壳忘词，并思考答辩评委可能会问的问题以及该如何给出一个完美的答案。由于项目内容充实、资料完善，再加上路演答辩顺利，在校赛中该项目取得了不错的成绩。一次次的项目打磨，让成员们深入了解到有一个好的项目非常重要，但想要取得成功还需要完善好一个个细节，同时也需要大量的时间和耐心。不为惑乱，不为难惧，为实现目标竭尽全力的奋斗，这才是当代大学生应具有的精神态度。在这些科研训练及竞赛中所学习到知识和积攒的经验都将让团队中的每位成员受益终身。

## 5 结语

通过参加科研训练项目以及“互联网+”大学生创新创业大赛、“挑战杯”课外学术科技作品竞赛，不仅增强了本科生的科研创新创业能力和实践操作能力，也增强了他们的自信心和直面困难的勇气。回顾整个项目的开展历程，该项目团队总结了一些关于实验和竞赛答辩的经验，分享给对科研感兴趣的本科生。首先，对自己充满信心。即使作为本科生还未具备研究生那么完善的知识理论体系和充足完整的开展实验时间，但有经验丰富的专家、导师对项目进行耐心指导，学校提供设备齐全的科研平台作为后盾，相信万事皆有可能，本科生愿意花费时间和精力也可以做出优秀的科研成果。其次，要有抗压精神和良好的团队合作精神。本次科研竞赛项目中，每当遇到实验结果与所查阅文献不太相符时不断重复改进实验。在科研训练中，项目团队的成员会积极沟通项目进展，一起思考总结实验中的不足和失败原因。在比赛中，不要过分给自己施压，熟悉PPT内容和路演讲稿都能适当减少比赛的紧张感。再次，利用不同专业交叉相融。该项目团队成员不仅有化学专业，还有金融学、动画数字媒体专业的同学参与其中解决财务和设计方面的问题。最后，保持脚踏实地、持之以恒、迎难而上的精神。在该项目实验的过程中，经过大量查阅文献解决一些项目进展中所遇到的难题，团队成员集思广益后多次改进实验条件，逐步摸索出最佳实验方案，最终顺利完成项目的结题，同时取得竞赛的成功。虽然整个过程充满困难和挑战，但只要不气馁，保持迎难而上、持之以恒的决心，脚踏实地地进行项目研究，就能在培养科研创新精神的同时取得满意的结果。

## 参 考 文 献

- [1] 秦雨欣, 林天然, 李金莹, 覃思媛, 侯丽. 大学化学, **2020**, 35 (6), 110.
- [2] 李若璞, 徐一泽, 胡仁铭, 赖易欢, 徐大振. 大学化学, **2023**, 38 (1), 295.
- [3] 李伟光, 栗桂娇, 刘雄民, 梁红军. 化学世界, **2003**, No. 9, 464.
- [4] 李云艳, 李敏贤. 化工中间体, **2010**, 6 (1), 12.
- [5] 钟昌勇, 陈海燕, 刘虹. 林业科技开发, **2008**, No. 3, 89.