

肉桂的化学成分、药理作用及综合应用研究进展^Δ

陈旭^{1*},刘畅¹,马宁辉¹,张彤¹,丁越²,张永^{1,2#}(1.上海中医药大学中药学院,上海 201203;2.上海中医药大学教学实验中心,上海 201203)

中图分类号 R282 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2018)18-2581-04
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2018.18.29

摘要 目的:为肉桂的进一步开发利用提供参考。方法:以“肉桂”“化学成分”“药理作用”“应用”“*Cinnamomi cortex*”“Chemical ingredient”“Pharmacology”“Use”等为关键词,组合查询PubMed、Google Scholar、中国知网、万方、维普等数据库中收录的于2000—2018年发表的相关文献,就肉桂化学成分、药理作用及综合应用等方面的研究进展进行综述。结果与结论:共检索到相关文献173篇,其中有效文献56篇。肉桂的主要化学成分为挥发油、多糖类成分、多酚类成分、黄酮类成分及微量元素等,具有扩张血管、抗胃溃疡、抑菌、抗氧化等多种药理作用。肉桂作为我国一味传统的药食两用中药材,临床上主要以中药复方的形式应用于心血管疾病、胃肠道疾病、糖尿病、肾病及风湿类疾病、妇科疾病等方面的治疗。此外,肉桂的深加工应用主要集中在食品防腐剂及香料、日用化工产品(抑菌剂、杀虫剂等)、功能材料产品等领域;桂皮醛还可作为中间体,合成苯甲醛、肉桂醇、氯化肉桂酸、肉桂酸、苯甲酸等多种衍生物,进而应用于香精、医药、农药等多个领域。

关键词 肉桂;化学成分;药理作用;综合应用

肉桂为樟科植物肉桂(*Cinnamomum cassia* Presl)的干燥树皮,也称菌桂、牡桂,在国内主要产于广西、广东、海南等地^[1]。肉桂呈槽状或卷筒状,表面粗糙,易折断,气香浓烈;多于秋季剥取后阴干;生用,用时捣碎;其味辛、甘,性大热,归肾、脾、心、肝经,主要功效有温煦气血、补火助阳、散寒止痛,中医常用于治疗肾阳虚证、寒凝痛证、月经不调、痛经闭经以及虚阳上浮等^[2]。目前对肉桂的有效成分已有多方面的研究,与之相关的临床药理作用研究也不在少数,但大多较为冗杂。笔者以“肉桂”“成分”“药理作用”“应用”“*Cinnamomi cortex*”“Chemical ingredient”“Pharmacology”“Use”等为关键词,在PubMed、Google Scholar、中国知网、万方、维普等数据库中组合查询2000—2018年发表的相关文献。结果,共检索到相关文献173篇,其中有效文献56篇。现就肉桂的化学成分、药理作用及综合应用的研究进展作一综述,旨在为其在医疗及工业领域的进一步开发利用提供参考。

1 肉桂的化学成分研究

近年来研究表明,肉桂中的化学成分分为挥发性和非挥发性成分,其中挥发性成分(挥发油)为其主要的活性成分。肉桂中挥发油的含量约为2%,其中桂皮醛的相对质量分数高达87%^[3]。桂皮醛为黄色黏稠状液体,是一种天然活性成分,具有抗氧化^[4]、抗炎^[5]、解热镇痛^[6]、抗肿瘤^[7]、抗菌^[8]、降糖^[9]、抗肥胖^[10]和神经保护^[11]等多种药理作用,对心血管疾病也有一定的治疗作用,作为预

Δ 基金项目:中药重点产品行业标准制定计划项目(No.国中医药法监函[2017]17号-ZYY-2017-131)

* 学士。研究方向:中药质量标准。电话:021-51322332。E-mail:1354766921@qq.com

通信作者:实验师,硕士研究生。研究方向:中药质量标准及药物代谢。电话:021-51322332。E-mail:zhangyong_zhongyao@126.com

防保健的天然药物具有较好的临床和市场潜力^[12]。除桂皮醛外,肉桂油中挥发性成分还有邻甲氧基肉桂醛^[13]、肉桂酸、苯甲醛、苯丙醛、肉桂醇、咕巴烯、乙酸肉桂醛、石竹烯、杜松烯和杜松醇^[14],相对含量均较高。

肉桂中的非挥发性成分主要有多糖类、多酚类、黄酮类及其他成分^[15]。有研究采用柱前衍生化气相色谱-质谱联用法(GC-MS)测定肉桂多糖,共鉴别出6种化合物,其中以D-吡喃葡萄糖含量最高^[16]。肉桂中的多酚类成分主要有儿茶素、原儿茶酸等^[17-18],黄酮类成分主要为芹菜素、山柰酚、槲皮素、荜花素等^[19-20],其他成分还包括香豆素及一些无机元素等^[15]。

2 肉桂的药理作用研究

肉桂具有多种药理作用,对心血管系统、消化系统等具有保护作用,主要表现为扩张血管、抗胃溃疡、抑菌、抗氧化等方面。

在心血管系统保护作用方面,肉桂在中医上有“助心阳”一说,药理研究表明,其指标性成分桂皮醛能够扩张外周血管、改善血管末梢血液循环,同时能改善心肌供血,有一定的抗休克作用^[2]。另有研究显示,肉桂酸预处理后能够减少大鼠的心肌缺血再灌注损伤,起到保护心肌功能的作用^[21];单体香豆素也可预防静脉或动脉血栓形成,提高离体心脏的冠脉血流量^[22]。

在消化系统保护作用方面,肉桂对胃肠道有温和的刺激作用,能加强消化功能,疏通消化道积气,缓解胃肠痉挛,可制成肉桂粉用以治疗胃气胀、胃寒痛;肉桂水提液能增加胃黏膜的血流量、改善循环,从而预防胃溃疡的发生^[23]。

在抑菌作用方面,肉桂对体内外细菌均有一定的抑制作用。顾仁勇等^[24]通过抑菌试验证明肉桂精油可同时抑制细菌、真菌和酵母菌,且作用较强。南洋等^[25]研

究认为,肉桂醇提取物对6种肉品中的常见致病菌及腐败菌都有一定的抑菌活性。

在抗氧化作用方面,肉桂中有天然亲脂性的萜烯类化合物,可起到抗氧化作用;其热水提取物能够有效消除或抑制与衰老、炎症、癌症、动脉硬化、糖尿病等有关的活性氧自由基^[26]。李旷代等^[27]研究表明,桂皮醛能通过提高胰腺组织抗氧化酶的活性,抑制活性氧自由基等的产生,起到保护线粒体功能和胰腺细胞的作用,进而明显降低小鼠血糖水平。

另有研究证实,桂皮中的总酚类物质、槲皮苷、山柰酚等在体内和体外试验中均被证明具有良好的抗肿瘤作用^[28]。姚平安等^[29]研究表明,肉桂能显著降低糖尿病大鼠的肝脏指数,对糖尿病肝损伤具有一定的保护作用。肉桂醛和多酚类等成分可通过抑制炎性介质一氧化氮(NO)的合成,从而发挥解热、抗炎等药理作用^[12]。此外,肉桂还有神经保护、止咳祛痰、升高白细胞水平及壮阳等作用^[2,12]。

3 肉桂的综合应用研究

肉桂作为我国药食同源的传统药物及香料,既可供临床治疗使用,亦可作食品调料使用。而随着技术发展和研究深入,肉桂越来越多地被加工成医药中间体、香精及饲料的辅料等。

3.1 肉桂在中药复方中的应用

肉桂作为一味具有温里作用的传统中药,始载于《神农本草经》并被列为上品,在《新修本草》《太平惠民和剂局方》等也均有记录。2015年版《中国药典》(一部)收录了肉桂的皮、枝及枝叶提取的挥发油,分别命名为肉桂、桂枝、肉桂油。其中,肉桂油为常用的驱风药及健胃药,桂枝和肉桂则常应用于很多传统中药复方中,如保元汤、右归丸、八味丸、桂附杜仲汤等。传统中医认为,肉桂味辛、甘,性大热,归肾、脾、心、肝经,常用于治疗虚阳上浮、命门火衰、肾阳虚弱、脘腹冷痛、冲任虚寒的闭经及痛经等证^[30]。其在传统中医复方中起到温煦的作用,如右归丸、金匮肾气丸等,可用于心血管疾病、胃肠道疾病、糖尿病、肾病、风湿类疾病及妇科疾病等的治疗。

3.1.1 在治疗心血管疾病方面的应用 肉桂归心、肝经,温补气血,常在治疗心血管疾病的中药方剂中作为臣药,发挥益气助阳的功效。有临床研究表明,以肉桂为臣药的保元汤可用于治疗慢性心力衰竭^[31]、冠心病^[32]、缓慢性心律失常^[33]等心血管疾病,疗效确切;以桂皮醛为主要成分制成的气雾剂可治疗寒证心痛症^[34];含有肉桂成分的复方龙氏加味温胆汤^[35]、柏子养心丸^[36]对心血管神经症有一定的功效。

3.1.2 在治疗胃肠道疾病方面的应用 肉桂中含有的挥发油对胃肠道有温和的刺激作用,可加强消化功能、增强食欲。研究证实,肉桂五味散对胃病有一定的治疗作用,能够有效控制功能性消化不良的症状^[37]。戴艳

等^[38]使用肉桂散作为外用介质进行推拿,可助小儿调和脾胃、治疗厌食症。肉桂亦可添加入动物饲料,以加强其胃肠道运动、增进其食欲并促进生长^[39]。

3.1.3 在治疗糖尿病方面的应用 肉桂常以单味药或复方中的佐使药的形式用于糖尿病及其并发症的治疗。以肉桂为佐药的金匱肾气丸内服可用于治疗阴阳两虚型2型糖尿病,有效率达91.7%^[34]。此外,口服单味肉桂亦可改善2型糖尿病患者的血糖、三酰甘油、低密度脂蛋白和总胆固醇水平^[40-41]。张玉芬^[42]采用含肉桂的中药对糖尿病患者进行足浴治疗,发现其对糖尿病足疗效显著,总有效率达到90.91%。

3.1.4 在治疗肾病及风湿类疾病方面的应用 肉桂具有助阳、散寒及通脉的功效,主要以君药或臣药的形式用于肾病及风湿类相关疾病的治疗。张爱国^[43]研究发现,温阳补肾汤(以肉桂为主药)对治疗脾肾阳虚型病症具有确切疗效。张振中等^[44]使用肾康敷剂(以肉桂为主药)治疗肾病综合征40例,结果显示患者尿蛋白及血浆白蛋白水平有明显改善。以桂皮醛为主要成分的阳和胶囊,可用于治疗风湿、类风湿疾病^[45]。

3.1.5 在治疗妇科疾病方面的应用 肉桂味辛,性大热,具温通经脉之效,常用于配伍补益气血药治疗痛经、闭经及产后腹痛等疾病。痛经一般分为原发性痛经和继发性痛经,含肉桂的中药复方在防治原发性痛经方面有显著的效果,如痛消饮^[46]。罗广云^[47]研究发现,使用肉桂粉敷贴神阙穴并配合温针灸对痛经的效果显著。

3.1.6 其他方面的应用 肉桂油可兼内外使用,常用于风湿及皮肤瘙痒、脾胃阳脱、肢冷脉微、脘腹冷积、腹痛泄泻、寒疝奔豚等证;另可配于万金油、红花油中,有散寒止痛及消炎等作用^[48]。

3.2 肉桂的深加工

肉桂作为一种药食两用的药材,常作为食品添加剂和调味品使用;加之其具有杀菌、保鲜、除臭等功能以及良好的持香作用,常被研发成新型的食品防腐剂、香料、抑菌剂和杀虫剂等。

3.2.1 加工成食品防腐剂及香料 由于肉桂中的肉桂醛具有保鲜、防腐、防霉的作用,常作为防腐剂用于方便面、口香糖、槟榔等休闲食品及面包、蛋糕等焙烤食品中;肉桂有良好的保留香气作用,常用于配制樱桃、杏、蜂蜜等型香料^[49]。黄飞等^[50]利用肉桂酸和环己醇,用微波协同稀土固体超强酸 $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2/\text{La}^{3+}$ 催化合成了肉桂酸环己酯,可作为食用香料使用。

3.2.2 加工成日用化工产品 (1)抑菌剂。肉桂醛有极佳的抑菌和除臭效果,常被应用于药膏、口气清新剂等,同时其对大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、变形链球菌、黏性放线菌、黄曲霉、烟曲霉、黑曲霉等亦有良好的抑制作用^[5,51]。研究表明,添加了肉桂醛的漱口水可使唾液及舌后的厌氧菌数量显著减少^[52]。(2)杀虫剂。梁靖涵等^[53]使用石油醚萃取的肉桂醇提取物进

行杀灭离体多子小瓜虫实验,最终分离纯化得到具有抑杀多子小瓜虫活性的化合物,并鉴定出其杀虫活性成分为肉桂醛。国外已有申请过专利的杀虫剂成品,用肉桂油驱虫天然无害、值得推广。肉桂油还可作生发剂及口香糖香料等,能起到生发和保健等作用^[49]。

3.2.3 制成功能材料产品 聚乙烯醇肉桂酸酯是由桂皮醛的衍生物肉桂酰氯与聚乙烯醇反应制成的化合物,其感光功能良好,广泛应用于集成电路等领域^[54]。

3.2.4 作为制备其他化合物的中间体 肉桂油经过进一步的纯化,可得到反式肉桂醛,即桂皮醛,以它为原材料可加工出其他产物。(1)制备苯甲醛。苯甲醛是一类重要的食品添加剂,可通过桂皮醛采用直接氧化法和催化氧化法制得^[49]。杨祖金等^[55]利用 β -环糊精功能化碳纳米管对肉桂油进行高效催化氧化,以制备苯甲醛,而后者可用于制备樱桃、可可、香子兰、杏仁香精等。(2)制备肉桂醇。桂皮醛在一定反应条件下加氢,可制得肉桂醇粗品,再经蒸馏可得精制化合物^[49],后者可用于配制水果型香精、化妆品香精和皂用香精。(3)制备氢化肉桂酸。桂皮醛通过钨催化剂和加压加氢,再经过硝酸钠及相关氧化反应,精制后可得到纯度为99.9%的氢化肉桂酸^[56],后者可用作香料的定香剂、医药中间体等。(4)制备肉桂酸或苯甲酸。桂皮醛以钴、锰等催化剂经过氧化反应可制得肉桂酸及苯甲酸,其中肉桂酸作为重要的有机合成中间体,广泛用于医药、香料、农药、塑料和感光树脂等精细化工生产,并可衍生出肉桂酸甲酯、肉桂酸乙酯、肉桂酸丙酯、肉桂酸异丙酯等化合物^[57]。

4 结语

我国肉桂资源丰富,到目前为止,对肉桂的中药性味功效、中医方剂应用已有较为成熟的知识理论,且对其主要的化学成分及药理作用都有一定的研究。肉桂的主要化学成分为挥发油、多糖类成分、多酚类成分、黄酮类成分及微量元素等,具有扩张血管、抗胃溃疡、抑菌、抗氧化等多种药理作用。然而其作为常用中药在临床上的应用,只占很少的一部分,其主要是作为香料来使用。正是由于肉桂具有药食两用特性,近年来关于其对预防和遏制糖尿病的发生发展及抗肿瘤作用的报道^[7,9,27,30]也逐渐增多。但目前对肉桂药理作用机制研究还不够充分,如关于其抗炎活性机制具体是通过抑制何种炎性介质而发挥作用,各类文献的说法不一、没有定论。未来应系统地研究肉桂各种药理作用的具体机制,完善其理论基础。

在肉桂的临床应用方面,国外使用单味肉桂进行临床试验,得出的结论能很清楚地反映肉桂的医药价值;而国内大多使用含肉桂的中药复方进行研究,其临床效果虽较为显著,但却难以证明肉桂在治疗中是否起到关键作用。另外,在肉桂综合应用方面,国外药物、香料及化工产品基本制定有严格的标准,而我国一些肉桂相关的简易日用品则主要以民间配方制备,如采用肉桂醛制

成杀虫剂是我国传统习用产品,缺乏规范化的质量标准,因此今后还有待深入、系统地研究,进而发展规范化、标准化的相关制品生产。

参考文献

- [1] 高学敏. 中药学[M]. 2版. 北京: 中国中医药出版社, 2007: 240.
- [2] 梁晓艳, 郭占京, 罗佩卓, 等. 肉桂的药理作用研究概况[J]. 现代医药卫生, 2013, 29(10): 1501-1503.
- [3] 周峰, 籍保平, 李博, 等. 肉桂油有效成分提取、纯化及鉴定研究[J]. 食品科学, 2006, 27(4): 59-61.
- [4] WONDRAK GT, VILLENEUVE NF, LAMORE SD, et al. The cinnamon-derived dietary factor cinnamic aldehyde activates the Nrf2-dependent antioxidant response in human epithelial colon cells[J]. *Molecules*, 2010, 15(5): 3338-3355.
- [5] 赵美林, 黄萍, 杨霞, 等. 中药桂皮醛体外抑菌和抗炎活性的研究[J]. 口腔疾病防治, 2008, 16(10): 441-443.
- [6] 马悦颖, 李沧海, 李兰芳, 等. 桂皮醛解热镇痛抗炎作用的实验研究[J]. 中国临床药理学与治疗学, 2006, 11(12): 1336-1339.
- [7] OHDE C, LIMBERG C. From surface-inspired oxovanadium silsesquioxane models to active catalysts for the oxidation of alcohols with O₂: the cinnamic acid/metavanadate system[J]. *Chemistry*, 2010, 16(23): 6892-6899.
- [8] KANG BH, RACICOT K, PILKENTON SJ, et al. Evaluation of the in vitro anti-hyperglycemic effect of Cinnamomum cassia derived phenolic phytochemicals, via carbohydrate hydrolyzing enzyme inhibition[J]. *Plant Foods Hum Nutr*, 2014, 69(2): 155-160.
- [9] 陆婷, 盛宏光, 谢鹏珺, 等. 肉桂降糖作用的研究进展[J]. 江苏大学学报(医学版), 2013, 23(4): 366-368.
- [10] 王芳, 侯霖芯, 马明杰, 等. 桂皮醛对高脂喂养小鼠糖脂代谢影响的实验研究[J]. 现代生物医学进展, 2015, 15(35): 6822-6825.
- [11] 李希哲, 黄海燕, 赵威, 等. 桂枝化合物的分离与鉴定及神经保护作用[J]. 沈阳药科大学学报, 2016, 33(1): 14-19.
- [12] 张利青, 张占刚, 付岩, 等. 桂皮醛药理作用的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(23): 4568-4572.
- [13] 马玉翠, 吴翠, 王尉, 等. 肉桂醛标准样品的研制[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(8): 67-71.
- [14] 董岩, 魏兴国, 刘明成. 肉桂挥发油化学成分的GC/MS分析[J]. 齐鲁药事, 2004, 23(3): 34-35.
- [15] 吴诗云, 钟益宁. 肉桂非挥发部分研究进展[J]. 亚太传统医药, 2016, 12(23): 43-45.
- [16] 李莉, 石俊英. 气相色谱-质谱联用分析肉桂多糖及脂类成分[J]. 中药材, 2013, 36(4): 578-580.
- [17] ANDERSON RA, BROADHURST CL, POLANSKY MM, et al. Isolation and characterization of polyphenol type-A polymers from cinnamon with insulin-like biological activity[J]. *J Agric Food Chem*, 2004, 52(1): 65-70.
- [18] DUGOUA JJ, SEELY D, PERRI D, et al. From type 2 dia-

- betes to antioxidant activity: a systematic review of the safety and efficacy of common and cassia cinnamon bark [J]. *Can J Physiol Pharmacol*, 2007, 85(9):837-847.
- [19] 钟益宁, 吴诗云, 张炎, 等. 肉桂非挥发部分总黄酮含量测定的研究[J]. 时珍国医国药, 2016, 27(3):604-607.
- [20] CHEN FC, PENG CF, TSAI IL, et al. Antitubercular constituents from the stem wood of *Cinnamomum kotoense* [J]. *J Nat Prod*, 2005, 68(9):1318-1323.
- [21] 郝霁萍, 高宇勤, 贺少辉, 等. 肉桂酸预处理对大鼠心肌缺血再灌注损伤的影响及机制[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2016, 8(7):800-803.
- [22] 刘亚静, 张仲. 中药肉桂的药理作用研究进展[J]. 现代中西医结合杂志, 2011, 20(23):2989-2990.
- [23] 李艳, 苗明三. 肉桂的化学、药理及应用特点[J]. 中医学报, 2015, 30(9):1335-1337.
- [24] 顾仁勇, 傅伟昌, 银永忠. 丁香和肉桂精油联合抗菌作用初步研究[J]. 食品科学, 2008, 29(10):115-117.
- [25] 南洋, 徐鹏, 高宁, 等. 肉桂的化学成分及抑菌作用探索[J]. 中国调味品, 2016, 41(3):158-160.
- [26] 黄宏妙, 郭占京, 罗佩卓, 等. 肉桂水提液对大鼠全脑缺血再灌注损伤的保护作用[J]. 中成药, 2011, 33(10):1788-1789.
- [27] 李旷代, 常柏, 顾志敏, 等. 肉桂醛对db/db小鼠胰腺抗氧化能力的影响[J]. 中国糖尿病杂志, 2016, 24(8):738-741.
- [28] PRASAD KN, YANG B, DONG X, et al. Flavonoid contents and antioxidant activities from *Cinnamomum* species [J]. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 2009, 10(4):627-632.
- [29] 姚平安, 崔肖华, 卫克昭, 等. 肉桂对糖尿病大鼠肝损伤的保护作用[J]. 上海中医药杂志, 2017, 51(7):76-79.
- [30] 宁佳. 辨桂枝与肉桂之异同[J]. 河南中医, 2016, 36(5):912-913.
- [31] 张文娜. 保元汤加减治疗老年气虚型慢性心力衰竭临床研究[J]. 辽宁中医药大学学报, 2014, 16(9):175-176.
- [32] 王莉萍, 冯寒. 保元汤合血府逐瘀汤加减干预冠心病PCI术后再狭窄临床疗效[J]. 中华中医药学刊, 2014, 32(2):444-445.
- [33] 李禾花. 保元汤加味治疗窦性心动过缓58例临床观察[J]. 中国中医急症, 2012, 21(6):963-964.
- [34] 陈家源, 牙启康, 卢文杰, 等. 中药肉桂的研究概况[J]. 广西医学, 2009, 31(6):872-874.
- [35] 蒋文波. 龙氏加味温胆汤治疗心血管神经症30例[J]. 吉林中医药, 2014, 34(2):145-147.
- [36] 李海军, 李晶尧, 张大生. 柏子养心丸为主治疗心血管神经症的疗效观察[J]. 中国中医药咨讯, 2011, 3(15):106.
- [37] 李英格. 蒙药肉桂五味散治疗功能性消化不良30例[J]. 中国民族医药杂志, 2007, 13(7):14.
- [38] 戴艳, 张建波, 郝娜. 肉桂散配合推拿手法治疗脾胃气虚型小儿厌食症的效果[J]. 武警医学, 2015, 26(7):684-686.
- [39] 莫慧诚, 杨燕宁, 林鸿. 大蒜油和肉桂醛复合物对奶牛物质体外消化率、血清尿素氮以及葡萄糖的影响[J]. 中国饲料, 2018, 1(2):34-37.
- [40] KHAN A, SAFDAR M, ALI KHAN MM, et al. Cinnamon improves glucose and lipids of people with type 2 diabetes[J]. *Diabetes Care*, 2003, 26(12):3215-3218.
- [41] ALLEN RW, SCHWARTZMAN E, BAKER WL, et al. Cinnamon use in type 2 diabetes: an updated systematic review and meta-analysis[J]. *Ann Fam Med*, 2013, 11(5):452-459.
- [42] 张玉芬. 中药足浴治疗糖尿病足随机平行对照研究[J]. 实用中医内科杂志, 2014, 28(11):56-57.
- [43] 张爱国. 温阳补肾汤治疗脾肾阳虚型肾病综合征随机平行对照研究[J]. 实用中医内科杂志, 2014, 28(5):55-56.
- [44] 张振中, 岳军. 肾康敷剂治疗原发性肾病综合征40例[J]. 中医外治杂志, 2000, 9(2):12-13.
- [45] 李启艳, 朱日然. GC测定阳和胶囊中桂皮醛的含量[J]. 中成药, 2006, 28(1):150-151.
- [46] 司晴, 张铁征, 高淑兰. 中药痛消饮治疗痛经的临床应用进展[J]. 中医学报, 2016, 31(3):446-448.
- [47] 罗广云. 肉桂粉敷贴神阙配合温针灸治疗寒凝滞型痛经64例[J]. 中国现代药物应用, 2016, 10(9):253-255.
- [48] MAEDA M, NAKAO M, FUKAMI H. *Composition for external use*. US, US7781409 B2[P]. 2010.
- [49] 贺均林, 李宁, 何丽萍, 等. 肉桂油及其深加工产品的综合利用[J]. 中国食品添加剂, 2013, 1(3):216-224.
- [50] 黄飞, 屈飞强, 任晓琼, 等. 微波协同固体超强酸催化合成香料肉桂酸环己酯[J]. 食品工业科技, 2015, 36(9):204-208.
- [51] 贾安峰, 邹胜龙, 石林, 等. 肉桂醛的抑菌作用及其生物安全性[J]. 中国猪业, 2015, 10(12):58-63.
- [52] 柯静霞. 四种抑菌剂在漱口液中的应用[J]. 牙膏工业, 2009, 19(2):22-24.
- [53] 梁靖涵, 张其中, 付耀武, 等. 肉桂活性成分肉桂醛杀灭离体多子小瓜虫效果[J]. 水产学报, 2014, 38(3):457-463.
- [54] 蒋卫华, 孟启. 肉桂酸及其衍生物的应用与开发[J]. 香料香精化妆品, 2012(5):53-55.
- [55] 杨祖金, 张侠, 方岩雄, 等. β -环糊精功能化碳纳米管高效催化氧化肉桂油制备天然苯甲醛[J]. 催化学报, 2016, 37(12):2086-2097.
- [56] 汪敦佳, 王国宏, 刘建平. 催化氧化肉桂醛制备肉桂酸[J]. 石油化工, 2002, 31(11):922-924.

(收稿日期:2017-12-21 修回日期:2018-07-02)

(编辑:段思怡)