



槟榔多酚提取物中总多酚和儿茶素类的含量测定

马江红, 王荣, 杜兴, 赵安鹏, 王子晗, 张浩波

Determination of total polyphenols and catechins in betel nut polyphenol extract

MA Jianghong, WANG Rong, DU Xing, ZHAO Anpeng, WANG Zihan, ZHANG Haobo

在线阅读 View online: <http://yxsj.smmu.edu.cn/cn/article/doi/10.12206/j.issn.1006-0111.202106013>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

复方首乌藤合剂的总多糖含量测定及单糖组分分析

Determination of total polysaccharide content and analysis of monosaccharide components in the caulis polygoni multiflori mixture
药学实践杂志. 2020, 38(2): 161-165 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.201908021

赶黄草中大环多酚类成分含量测定及其提取工艺

Content determination and extraction process of macrocyclic polyphenols from *Penthorum chinense* Pursh
药学实践杂志. 2021, 39(4): 309-312, 378 DOI: 10.12206/j.issn.1006-0111.202009048

紫外-可见分光光度法测定防暑清热饮中总黄酮和总多糖含量

Content determination of total flavones and polysaccharides in Fangshu Qingre mixture by UV-Vis spectrophotometry
药学实践杂志. 2020, 38(1): 63-66 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.201904019

共载阿霉素和依克立达的PLGA纳米粒的制备及表征

Preparation and characterization of co-delivery of doxorubicin and elacridar in nanoparticles
药学实践杂志. 2017, 35(3): 219-223,251 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.2017.03.007

大孔吸附树脂纯化紫茶总多酚的工艺优化研究

Optimization of total polyphenol purification from purple tea by macroporous resin
药学实践杂志. 2021, 39(1): 77-81 DOI: 10.12206/j.issn.1006-0111.202005041

HPLC法和UV法测定复方枣参片中斯皮诺素和总皂苷含量

Determination of spinosin and total saponins in compound Zaoshen tablet by HPLC and UV
药学实践杂志. 2017, 35(2): 134-137,173 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.2017.02.009



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

· 论著 ·

槟榔多酚提取物中总多酚和儿茶素类的含量测定

马江红^{1,2}, 王 荣², 杜 兴³, 赵安鹏², 王子晗^{1,2}, 张浩波¹ (1. 甘肃中医药大学药学院, 甘肃 兰州 730000; 2. 解放军联勤保障部队第九四〇医院药剂科, 甘肃 兰州 730050; 3. 甘肃省药品检验研究院, 甘肃 兰州 730070)

[摘要] 目的 建立槟榔多酚提取物中总多酚和儿茶素类含量的测定方法, 为槟榔多酚提取物的质量控制提供参考。方法 采用紫外分光光度法对槟榔提取物中总多酚的含量进行测定; 高效液相色谱法对儿茶素类物质进行含量测定。结果 紫外分光光度法测定槟榔提取物中总多酚含量在 9.8 ~ 58.8 $\mu\text{g/ml}$ 范围内线性关系良好, 平均加样回收率为 98.44%, RSD 为 1.4%; 在高效液相色谱测定中, 儿茶素、表儿茶素和原儿茶酸 3 种主要成分完全分离, 在各自范围内线性关系良好, 平均加样回收率为 99.17% ~ 101.67%, RSD 为 1.2% ~ 2.5%。结论 建立的含量测定方法简单、稳定可靠, 可用于槟榔多酚提取物的定量分析, 为槟榔多酚提取物的质量控制提供实验依据。

[关键词] 槟榔总多酚; 儿茶素类; 高效液相色谱法; 紫外分光光度法

[中图分类号] R917 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1006-0111(2022)03-0243-05

[DOI] 10.12206/j.issn.1006-0111.202106013

Determination of total polyphenols and catechins in betel nut polyphenol extract

MA Jianghong^{1,2}, WANG Rong², DU Xing³, ZHAO Anpeng², WANG Zihan^{1,2}, ZHANG Haobo¹ (1. School of Pharmacy, Gansu University of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China; 2. Department of pharmacy, No. 940 Hospital of Joint Logistics Support Force of the PLA, Lanzhou 730050, China; 3. Gansu Institute for Drug Control, Lanzhou 730070, China)

[Abstract] **Objective** To establish a method for the determination of total polyphenols and catechins in betel nut polyphenols extract, and provide reference for the quality control of betel nut polyphenols extract. **Methods** The content of total phenol in betel nut extract was determined by ultraviolet spectrophotometry. The content of catechins was determined by HPLC. **Results** The linear range of total polyphenols in betel nuts extract was 9.8 ~ 58.8 $\mu\text{g/ml}$. The three components of catechin, epicatechin and protocatechuic acid were completely separated by HPLC, and the linear relationship was good in their respective ranges, with the recoveries between 99.17% and 101.67%, the RSD between 1.2% and 2.5%. **Conclusion** The established method is simple, stable and reliable, which could be used for the quantitative analysis of betel polyphenol extract, and provide experimental basis for the quality control of betel polyphenol extract.

[Key words] betelnut total polyphenols; catechins; HPLC; UV spectrophotometry

槟榔为棕榈科植物槟榔的干燥成熟种子, 居“四大南药”之首, 入药最早记录在《李当之药录》中^[1], 具有行气利水, 消积杀虫, 截疟等功效, 用于治疗寄生虫病、关节炎、青光眼、水肿、脚气、疟疾等疾病^[2]。槟榔主要含生物碱、多酚、多糖、脂肪酸、鞣质、氨基酸、三萜类、矿物质、槟榔红色素、粗纤维、油脂、维生素等多种物质^[3-4]。药理研究表明其具有抗氧化、抗抑郁、抗炎、抗寄生虫、抗老化、清除自

由基、修护神经系统、抗疲劳、改善胃肠功能、治疗糖尿病、抑菌等作用^[5], 文献报道槟榔的抗氧化作用与其含有的多酚类物质有关^[6-12]。

课题组前期的研究发现, 槟榔醇提取物能显著增强 H9c2 细胞的耐缺氧能力^[13], 进行高原实地研究发现, 槟榔多酚能够显著改善高原实地缺氧大鼠的血气指标, 能提高其肝、肺、心组织中谷胱甘肽、超氧化物歧化酶活性, 降低其肝、肺、心组织中丙二醛的含量, 槟榔多酚提取物的抗缺氧作用与消除过量的氧自由基, 减轻脂质过氧化和氧化应激损伤有关^[14-15]。同时, 课题组进一步研究还发现, 槟榔多酚提取物能预防高原肺水肿的发生, 该作用与其减轻肺水肿、维持肺泡毛细血管通透性、改善氧化应激损伤及病理损伤有关^[16]。由此可见, 将槟榔多

[基金项目] 国家自然科学基金项目(81673508); 2020年中央高校创新团队项目(3192020009)

[作者简介] 马江红, 硕士研究生, 研究方向: 中药鉴定与品质评价, Email: 1558027798@qq.com

[通信作者] 张浩波, 博士, 副教授, 研究方向: 天然药物的分离分析研究, Email: haobozh@163.com

酚提取物开发为新的抗高原缺氧药物具有很大的潜力。槟榔多酚成分复杂,文献报道槟榔多酚中含有儿茶素、表儿茶素、原儿茶酸、没食子酸等,另外药理研究表明,儿茶素、表儿茶素、原儿茶酸具有抗氧化、抗炎等作用^[17-21],基于此,本研究采用紫外分光光度法对槟榔多酚提取物中总多酚的含量进行测定;并建立槟榔多酚提取物中儿茶素类成分的 HPLC 测定方法,以期对槟榔多酚提取物的质量控制和标准制定提供实验依据。

1 材料与仪器

1.1 材料

槟榔由联勤保障部队第九四〇医院药剂科中药房提供,没食子酸(上海源叶生物科技有限公司,批号 Y19M8C36143,质量分数 $\geq 98\%$)、儿茶素(中国食品药品检定研究院,批号 110877-201604,质量分数 99.2%)、表儿茶素(上海阿拉丁生化科技股份有限公司,批号 K2009336,质量分数 $\geq 98\%$)、原儿茶酸(成都曼思特生物科技有限公司,批号 MUST-20110310,质量分数 99.78%),甲醇、乙腈均为色谱纯;酒石酸钠钾、七水合硫酸亚铁、磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、无水乙醇、甲酸均为分析纯。

1.2 仪器

Ultimate 3000DGLC 高效液相色谱仪(赛默飞世尔科技)、超微量分光光度计 NP80(德国 IMPLIN 公司),电子分析天平(上海梅特勒-托利多有限公司),超声波清洗器(上海科导超声仪器有限公司),多功能动态热回流提取浓缩机(上海天巨源设备有限公司),电热恒温鼓风干燥箱(上海跃进医疗器械厂)。

2 方法与结果

2.1 槟榔多酚提取物的制备

取槟榔药材 20 kg,粉碎后过 3 号筛,分别加入 10 倍、8 倍、6 倍量的 80% 乙醇,80 °C 加热回流提取 3 次,时间分别为 2、1.5、1.5 h,合并提取液,过滤,滤液减压回收乙醇,得浸膏。浸膏加入等体积水悬浮,加入到已经处理好的 AB-8 大孔吸附树脂柱上,纯水洗脱除杂,20% 乙醇洗脱,收集 20% 洗脱液,减压回收乙醇得浸膏,真空 60 °C 干燥,制得干燥槟榔多酚提取物 1,命名为:BLDF202001。大孔吸附树脂经 80% 乙醇洗脱,收集洗脱液,减压回收乙醇得浸膏,真空 60 °C 干燥,制得干燥槟榔多酚提取物 2,命名为:BLDF202002。提取物 2 加水悬浮,加入到已经处理好的聚酰胺层析柱上,纯

水洗脱除杂,80% 乙醇洗脱,收集 80% 洗脱液,减压回收乙醇得浸膏,真空 60 °C 干燥,制得干燥槟榔多酚提取物 3,命名为:BLDF202003。

2.2 对照品及供试品溶液的制备

2.2.1 没食子酸对照品溶液

精密称取没食子酸对照品 5 mg,置于 5 ml 容量瓶中,加蒸馏水超声使其充分溶解,定容,配制成 1 mg/ml 的对照品溶液。

2.2.2 儿茶素、表儿茶素、原儿茶酸对照品溶液

分别精密称取各对照品适量,加甲醇制成含儿茶素 1.92 mg/ml、表儿茶素 2.46 mg/ml 和原儿茶酸 1.12 mg/ml 的单一对照品储备液。

2.2.3 槟榔多酚供试品溶液

精密称取槟榔多酚提取物 10 mg,置于 10 ml 容量瓶中,加乙醇超声,使其充分溶解,定容,配制成 1 mg/ml 的供试品溶液。

2.2.4 儿茶素、表儿茶素、原儿茶酸供试品溶液

精密称取槟榔提取物 50 mg,置于 10 ml 棕色容量瓶中,用甲醇超声使其充分溶解,定容,配制成浓度为 5 mg/ml 的供试品储备液。精密吸取供试品储备液 2 ml,置于 5 ml 容量瓶中,用 50% 的甲醇定容至刻度,摇匀,临用前过 0.22 μm 微孔滤膜,取续滤液,即得。

2.3 槟榔总多酚含量测定

2.3.1 线性关系

采用酒石酸亚铁法测定槟榔多酚的含量^[14],精密吸取“2.2.1”项下的没食子酸对照品溶液各 0.05、0.10、0.15、0.20、0.25、0.30 ml,置于 5 ml 容量瓶中,加蒸馏水至 1 ml,再加入酒石酸亚铁溶液 1 ml,用 pH 7.5 的磷酸缓冲溶液定容,混匀,静置 15 min,以蒸馏水为空白参照,在 540 nm 处测定吸光度值。以吸光度值(A)为纵坐标,浓度(X, $\mu\text{g/ml}$)为横坐标,绘制标准曲线,得没食子酸对照品的线性回归方程: $A=12.44X+0.0731$, $r=0.9994$,表明没食子酸对照品溶液在 9.8 ~ 58.8 $\mu\text{g/ml}$ 范围内线性关系良好。

2.3.2 精密度试验

精密吸取没食子酸对照品溶液 0.1 ml,按“2.3.1”项下方法测定吸光度,重复测定 6 次,没食子酸对照品溶液的吸光度 RSD 值为 0.40%,表明该方法精密度良好。

2.3.3 重复性试验

取同一供试品溶液(BLDF202001)6份,按“2.3.1”项下方法测定吸光度,槟榔提取物中总多酚的吸光度 RSD 值为 1.1%,表明该方法重复性良好。

2.3.4 稳定性试验

取同一供试品(BLDF202001)10 mg,精密称定,按“2.2.3”项下方法制备供试品溶液,分别在0、5、10、15、30 min和1、2、4、8、12、24 h后,按“2.3.1”项下方法测定吸光度,槟榔提取物中总多酚吸光度的RSD值为2.8%,表明该供试品在24 h内稳定性良好。

取同一供试品溶液(BLDF202001)0.1 ml,按“2.3.1”项下方法分别于7、9、11、13、15、17、21 min测定吸光度,槟榔提取物中总多酚吸光度的RSD值为0.93%。表明该供试品溶液在21 min内显色稳定,提示总多酚含量测定应等待7 min之后,在21 min之前完成。

2.3.5 加样回收率试验

取同一批(BLDF202001)已知含量的槟榔多酚提取物,平行6份,按“2.2.3”项下方法制备供试品溶液,取供试品溶液0.1 ml,置于5 ml棕色容量瓶中,加入没食子酸对照品溶液0.1 ml,按“2.3.1”项下方法测定吸光度,没食子酸的加样回收率为98.44%,RSD值为1.4%。

2.3.6 样品中总多酚的含量测定

吸取0.3 ml的供试品溶液,按“2.3.1”项下方法测定吸光度,平行测定3次,计算总多酚的含量。3批槟榔提取物中总多酚的含量见表1。

表1 3批槟榔多酚提取物中总多酚的含量(n=3)

批号	总多酚含量(%)
BLDF202001	51.45
BLDF202002	51.82
BLDF202003	52.70

2.4 HPLC测定槟榔多酚提取物中儿茶素、表儿茶素、原儿茶酸的含量

2.4.1 色谱条件

色谱柱:AcclaimRSLC120 C₁₈柱(3 mm×150 mm, 3 μm);流动相为:乙腈(A)-0.3%甲酸溶液(B),梯度洗脱程序见表2;检测波长:280 nm;流速:1.0 ml/min;柱温:35 °C;进样量:5 μl。

表2 梯度洗脱程序

时间(t/min)	流动相A(%)	流动相B(%)
0~5	5~10	95~90
5~7	10~15	90~85
7~9	15~20	85~80
9~12	20~5	80~95

2.4.2 专属性试验

分别精密吸取50%的甲醇,混合对照品溶液,供试品溶液各5 μl,按“2.4.1”项下色谱条件进样分析,记录色谱图。结果表明,各峰分离度均较好,各组分的分离度大于1.5,符合定量分析要求,理论板数以儿茶素计,不低于6 000。其中原儿茶酸、儿茶素、表儿茶素的保留时间分别为4.273、7.017和8.433 min,色谱图见图1。

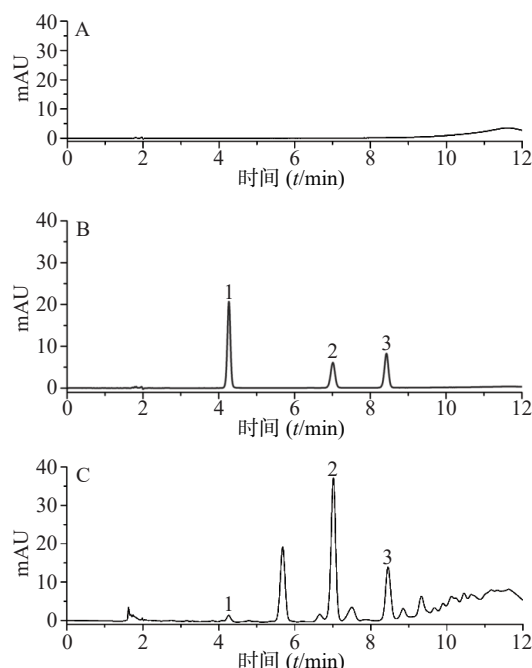


图1 各成分的HPLC色谱图

A.空白溶剂; B.混合对照品溶液; C.供试品溶液; 1.原儿茶酸; 2.儿茶素; 3.表儿茶素

2.4.3 线性关系

分别精密吸取“2.2.2”项下儿茶素对照品储备液0.010、0.025、0.05、0.1、0.2、0.4、0.8 ml;表儿茶素储备液0.010、0.025、0.05、0.1、0.2、0.4、0.6 ml;原儿茶酸储备液0.005、0.010、0.025、0.05、0.1、0.2、0.4 ml,用50%的甲醇定容于5 ml容量瓶中,配制成不同浓度的对照品溶液,按“2.4.1”项下的色谱条件进样,以对照品的浓度(X, μg/ml)为横坐标,峰面积(Y)为纵坐标进行线性回归,结果见表3,表明儿茶素、表儿茶素、原儿茶酸分别在相应的线性范围内线性关系良好。

表3 槟榔多酚提取物中儿茶素、表儿茶素、原儿茶酸的线性方程

成分	回归方程	r	线性范围(μg/ml)
儿茶素	$Y=0.0436X-0.0201$	0.9997	3.84~307.2
表儿茶素	$Y=0.0415X+0.0395$	0.9998	4.92~295.2
原儿茶酸	$Y=0.0833X+0.0113$	0.9977	1.12~89.6

2.4.4 精密度试验

取各成分浓度约为 20 $\mu\text{g/ml}$ 的混合对照品溶液,按“2.4.1”项下的色谱条件连续进样 6 次,记录峰面积。儿茶素、表儿茶素和原儿茶酸峰面积的 RSD 值分别为 0.65%、0.96%、2.3%,表明仪器精密度良好。

2.4.5 稳定性试验

取同一供试品溶液(BLDF202001)按“2.4.1”项下的色谱条件分别于 0、4、8、12、18 h 进样分析,记录峰面积。儿茶素、表儿茶素、原儿茶酸峰面积的 RSD 值分别为 1.1%、1.6%、1.1%,表明供试品溶液在 18 h 内稳定。

2.4.6 重复性试验

取槟榔多酚提取物(BLDF202001)约 50 mg,精密称定,平行 6 份,分别按“2.2.4”项下方法制备供试品溶液,按“2.4.1”项下的色谱条件测定,计算供试品中儿茶素、表儿茶素、原儿茶酸的质量分数分别为 5.9%、2.4%、0.10%,RSD 值分别为 1.0%、2.1%、2.1%,表明该方法的重复性良好。

2.4.7 加样回收率试验

精密称取已知含量的槟榔多酚提取物(BLDF202001)25 mg,置于 5 ml 容量瓶中,共 6 份,分别精密加入一定量的儿茶素、表儿茶、原儿茶酸对照品溶液,分别按“2.2.4”项下方法制备供试品溶液,按“2.4.1”项下的色谱条件测定,计算回收率和 RSD 值。儿茶素、表儿茶素、原儿茶酸的平均回收率为 99.17%、101.67%、101.18%;RSD 值分别为 2.5%、1.2%、1.8%,表明该方法准确度良好。

2.4.8 样品含量测定

取 3 批按“2.2.4”项下方法制备的供试品溶液,按“2.4.1”项下的色谱条件分别测定。3 个批号的供试品中儿茶素、表儿茶素、原儿茶酸的含量见表 4。

表 4 3 批槟榔多酚提取物中儿茶素、表儿茶素、原儿茶酸的百分含量(%, n=3)

批号	儿茶素	表儿茶素	原儿茶酸含量
BLDF202001	5.90	2.40	0.10
BLDF202002	0.52	0.43	/
BLDF202003	1.30	0.77	/

3 讨论

本研究比较了不同种类的流动相,首先参照文献采用乙腈-2% 乙酸溶液^[21-22],结果表儿茶素分离效果不好,且基线不平稳。后采用甲醇-2% 乙酸溶液,乙腈-0.2% 甲酸溶液,乙腈-0.3% 甲酸溶液 3 种

流动相系统,并比较了不同的柱温、流速、进样量等条件确定最佳的色谱条件。结果显示,采用柱温 35 $^{\circ}\text{C}$ 、乙腈-0.3% 甲酸溶液梯度洗脱,流速 1.0 ml/min,进样量 5 μl 时,3 种成分分离效果较好。

本实验采用酒石酸亚铁法测定槟榔多酚提取物中总多酚的含量,并建立了同时测定槟榔多酚提取物中儿茶素、表儿茶素和原儿茶酸的 HPLC 测定方法,该法准确度高、快速、简便,可为槟榔多酚的质量控制提供实验依据。

【参考文献】

- [1] 孔丹丹,李歆悦,赵祥升,等.药食两用槟榔的国内外研究进展[J].中国中药杂志,2021,46(05):1053-1059.
- [2] 栾剑,郭迪,周晓馥.槟榔致癌性和毒性的药理学研究进展[J].食品与机械,2019,35(02):185-189+236.
- [3] 杨雅蛟,孔维军,孙兰,等.槟榔化学成分和药理作用及临床应用研究进展[J].世界科学技术-中医药现代化,2019,21(12):2583-2591.
- [4] PENG W, LIU Y J, WU N, et al. Areca catechu L. (Arecaceae): A review of its traditional uses, botany, phytochemistry, pharmacology and toxicology[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2015, 164: 340-356.
- [5] 易攀,汤嫣然,周芳,等.槟榔的化学成分和药理活性研究进展[J].中草药,2019,50(10):2498-2504.
- [6] FERREIRA I C F R, BAPTISTA P, VILAS-BOAS M, et al. Free-radical scavenging capacity and reducing power of wild edible mushrooms from northeast Portugal: Individual cap and stipe activity[J]. Food chemistry, 2007, 100(4): 1511-1516.
- [7] WANG N, SONG JY, ZHOU G, et al. Mechanism of salidroside relieving the acute hypoxia-induced myocardial injury through the PI3K/Akt pathway[J]. Saudi Journal of Biological Sciences, 2020, 27(6): 1533-1537.
- [8] Lin ES, Li CC. Evaluation of superoxide radical scavenging capacity and reducing power of Areca flower extracts[J]. Journal of Medicinal Plants Research, 2010, 4: 975-981.
- [9] SARIEF, PRAYOGO GP, LOO YT, et al. Distinct phenolic, alkaloid and antioxidant profile in betel quids from four regions of Indonesia[J]. Scientific reports, 2020, 10(1): 16254.
- [10] 蒋晨凤.水解对槟榔多酚抗氧化活性的影响及多酚协同抗氧化特性研究[D].长沙:湖南农业大学,2016.
- [11] DSOUZA NG, FERNANDES J, D'SOUZA S, et al. In vitro antioxidant activity of leaves extracts of Areca catechu[J]. Research Journal of Pharmacy and Technology, 2019, 12(4): 1536.
- [12] CHAVAN YV, SINGHAL RS. Separation of polyphenols and arecoline from Areca nut (Areca catechu L.) by solvent extraction, its antioxidant activity, and identification of polyphenols[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2013, 93(10): 2580-2589.
- [13] 赵安鹏,靳婷,王荣.槟榔醇提取物对H9c2心肌细胞的抗缺氧保护作用[J].药学实践杂志,2019,37(04):294-298.

- [14] 宋晶燕. 槟榔多酚的提取分离及其抗高原缺氧药效学的研究[D]. 银川: 宁夏医科大学, 2020.
- [15] 靳婷. 槟榔提取物抗高原缺氧药效学及其机制研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2018.
- [16] 霍妍, 赵安鹏, 宋晶燕, 等. 槟榔多酚对大鼠高原肺水肿的预防作用[J]. *解放军医学杂志*, 2021, 46(10): 961-967.
- [17] GUO Y, PAN Y, ZHANG Z, et al. Study on the browning mechanism of betel nut (*Betel catechu L.*) kernel[J]. *Food Science & Nutrition*, 2020, 8(4): 1818-1827.
- [18] CHEN W, ZHANG C, HUANG Y, et al. The inhibiting activity of areca inflorescence extracts on human low density lipoprotein oxidation induced by cupric ion[J]. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2012, 63(2): 236-41.
- [19] ADEYANJU A A, ASEJEJE F O, MOLEHIN O R, et al. Protective role of protocatechuic acid in carbon tetrachloride-induced oxidative stress via modulation of proinflammatory cytokines levels in brain and liver of Wistar rats.[J]. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 2021, 3(18): 1-12.
- [20] BERNATONIENE J, KOPUSTINSKIENE D M. The role of catechins in cellular responses to oxidative stress[J]. *Molecules*, 2018, 23(4): 965.
- [21] QU Z, LIU A, LI P, et al. Advances in physiological functions and mechanisms of (-)-epicatechin[J]. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2021, 61(2): 211-233.
- [22] 王明月, 罗金辉, 李建国. HPLC法测定槟榔中的多酚类物质[J]. *天然产物研究与开发*, 2011, 23(01): 101-104.
- [收稿日期] 2021-06-03 [修回日期] 2022-04-26
[本文编辑] 崔俐俊

(上接第 201 页)

- [18] BORRELLI F, CAPASSO R, AVIELLO G, et al. Effectiveness and safety of ginger in the treatment of pregnancy-induced nausea and vomiting[J]. *Obstet Gynecol*, 2005, 105(4): 849-856.
- [19] PALATTY P L, HANIADKA R, VALDER B, et al. Ginger in the prevention of nausea and vomiting: a review[J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2013, 53(7): 659-669.
- [20] 卢咏梅. 丹参制剂的药理作用及临床应用[J]. *实用中医内科杂志*, 2012, 26(7): 71-72.
- [21] 黄明方, 侯建萍, 盖晓波. 生姜抗运动病研究进展[J]. *中华航海医学与高气压医学杂志*, 2006, 13(3): 192-194.
- [22] 董俊兴, 邹节明. 一种生姜酚类提取物软胶囊及其制备方法. CN104147557A[P]. 2014-11-19.
- [23] 董俊兴, 邹节明. 一种生姜酚类提取物质量检测方法. CN102680637A[P]. 2012-09-19.
- [24] SCHMÄL F. Neuronal mechanisms and the treatment of motion sickness[J]. *Pharmacology*, 2013, 91(3-4): 229-241.
- [25] TAL D, HERSHKOVITZ D, KAMINSKI-GRAIF G, et al. Vestibular evoked myogenic potentials and habituation to seasickness[J]. *Clin Neurophysiol*, 2013, 124(12): 2445-2449.
- [26] 张玲燕, 施开华. 晕动习服运动处方的构建研究[J]. *体育科技文献通报*, 2014, 22(3): 43, 84.
- [27] HELLING K, WESTHOFEN M. Experimental studies of motion sickness on board of a research ship[J]. *Hno*, 1994, 42(4): 214-249.
- [28] KRUEGER W W. Controlling motion sickness and spatial disorientation and enhancing vestibular rehabilitation with a user-worn see-through display[J]. *Laryngoscope*, 2011, 121(Suppl 2): S17-S35.
- [29] ISHAK S, BUBKA A, BONATO F. Visual occlusion decreases motion sickness in a flight simulator[J]. *Perception*, 2018, 47(5): 521-530.
- [30] CHU H, LI M H, JUAN S H, et al. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on motion sickness induced by rotary chair: a crossover study[J]. *J Altern Complementary Med N Y N Y*, 2012, 18(5): 494-500.
- [31] KESHAVARZ B, STELZMANN D, PAILLARD A, et al. Visually induced motion sickness can be alleviated by pleasant odors[J]. *Exp Brain Res*, 2015, 233(5): 1353-1364.
- [32] KESHAVARZ B, HECHT H. Pleasant music as a countermeasure against visually induced motion sickness[J]. *Appl Ergon*, 2014, 45(3): 521-527.
- [33] HORING B, WEIMER K, SCHRADE D, et al. Reduction of motion sickness with an enhanced placebo instruction: an experimental study with healthy participants[J]. *Psychosom Med*, 2013, 75(5): 497-504.
- [34] JARISCH R, WEYER D, EHLERT E, et al. Impact of oral vitamin C on histamine levels and seasickness[J]. *J Vestib Res*, 2014, 24(4): 281-288.
- [35] HOFFMAN T. Ginger: an ancient remedy and modern miracle drug[J]. *Hawaii Med J*, 2007, 66(12): 326-327.
- [36] YOUNI I, KHAN M A, UDDIN N, et al. Road disturbance estimation for the optimal preview control of an active suspension systems based on tracked vehicle model[J]. *Int J Automot Technol*, 2017, 18(2): 307-316.
- [37] ALJARBOUH A, FAYAZ M. Hybrid modelling and sliding mode control of semi-active suspension systems for both ride comfort and road-holding[J]. *Symmetry*, 2020, 12(8): 1286.
- [38] DIZIO P, EKCHIAN J, KAPLAN J, et al. An active suspension system for mitigating motion sickness and enabling reading in a car[J]. *Aerosp Med Hum Perform*, 2018, 89(9): 822-829.
- [收稿日期] 2021-01-13 [修回日期] 2021-06-10
[本文编辑] 李睿旻