

[饮片炮制]

11 个品种来源陈皮中多甲氧基黄酮的测定

罗琥捷^{1,2}, 杨宜婷^{1,2}, 李晓伟^{1,2}, 罗美霞¹, 胡坪君¹, 陈 浩¹, 郑国栋^{1*}

[1. 广州医科大学药学院, 广东 广州 511436; 2. 无限极 (中国) 有限公司, 广东 广州 510663]

摘要: **目的** 测定 11 个品种来源陈皮 *Citri Reticulatae Pericarpium* 中多甲氧基黄酮的含有量。**方法** HPLC 法筛选提取溶剂 (甲醇、无水乙醇、95% 乙醇、乙酸乙酯、石油醚)。紫外-可见分光光度法测定 18 批样品中该类成分的含有量, 以川陈皮素为对照品, 检测波长 330 nm。**结果** 乙酸乙酯提取效果最好, 故选择其作为提取溶剂。川陈皮素在 3.024 ~ 13.104 $\mu\text{g/mL}$ 范围内线性关系良好 ($R^2 = 0.999\ 8$), 平均加样回收率 101.37%, RSD 1.34%。不同品种来源样品中多甲氧基黄酮含有量有明显差异, 以茶枝柑、大红袍、福橘、芦柑、南丰蜜橘、砂糖桔为高, 均在 0.4% 以上。**结论** 该方法简单准确, 可有效克服其他黄酮类成分的干扰, 适用于陈皮中多甲氧基黄酮含有量的测定。

关键词: 陈皮; 品种来源; 多甲氧基黄酮; 紫外-可见分光光度

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2017)03-0565-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2017.03.026

Determination of polymethoxylated flavones in *Citri Reticulatae Pericarpium* from eleven cultivar origins

LUO Hu-jie^{1,2}, YANG Yi-ting^{1,2}, LI Xiao-wei^{1,2}, LUO Mei-xia¹, HU Ping-jun¹, CHEN Hao¹, ZHENG Guo-dong^{1*}

[1. School of Pharmaceutical Sciences, Guangzhou Medical University, Guangzhou 511436, China; 2. Infinitus (China) Co., Ltd., Guangzhou 510663, China]

ABSTRACT: **AIM** To determine the contents of polymethoxylated flavones in *Citri Reticulatae Pericarpium* from eleven cultivar origins. **METHODS** HPLC was applied to screening extraction solvents (methanol, anhydrous ethanol, 95% ethanol, ethyl acetate and petroleum ether). Ultraviolet-visible spectrophotometry was adopted in the content determination of polymethoxylated flavones in eighteen batches of samples, nobiletin was taken as a reference substance, and the detection wavelength was set at 330 nm. **RESULTS** Ethyl acetate exhibited the best extraction effect, so it was selected as extraction solvent. Nobiletin showed a good linear relationship within the range of 3.024 – 13.104 $\mu\text{g/mL}$ ($R^2 = 0.999\ 8$), whose average recovery was 101.37% with the RSD of 1.34%. The contents of polymethoxylated flavones had obvious differences among samples from different cultivar origins, which were relatively high from *Citrus reticulata* ‘Chachi’, *Citrus reticulata* ‘Dahongpao’, *Citrus reticulata* ‘Tangerina’, *Citrus reticulata* ‘Ponkan’, *Citrus reticulata* ‘Kinokuni’ and *Citrus reticulata* ‘Shiyueju’ (more than 0.4%). **CONCLUSION** This simple and accurate method can effectively eliminate the interference of another flavonoids, which is suitable for the content determination of polymethoxylated flavones in *Citri Reticulatae Pericarpium*.

KEY WORDS: *Citri Reticulatae Pericarpium*; cultivar origins; polymethoxylated flavones; ultraviolet-

收稿日期: 2016-09-20

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目 (31401613); 2014 年广东省高校优秀青年培养计划项目 [粤教师函 (2014) 145]; 广州
市属高校科研计划项目 (2012C210); 2015 年广州医科大学学生课外科研项目 (2015B018)

作者简介: 罗琥捷 (1979—), 男, 硕士, 工程师, 从事中药保健食品开发研究。Tel: (020) 80734750, E-mail: Richard.Luo@infinitus-int.com

* **通信作者:** 郑国栋 (1979—), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 从事天然产物活性成分与中药资源研究。Tel: (020) 37103256, E-mail: gtd200237@126.com

visible spectrophotometry

陈皮为芸香科柑橘属植物橘 *Citrus reticulata* Blanco 及其栽培变种的干燥成熟果皮，其药材可分为陈皮及广陈皮^[1]，具有理气健脾、和胃止呕、燥湿化痰等多种功效^[2]。陈皮主要含有黄酮类成分，一类是黄酮苷类，主要为二氢黄酮类成分，如橙皮苷等；一类是多甲氧基黄酮类，主要有川陈皮素、橘皮素等^[3]。课题组前期^[4]曾采用快速高分辨液相色谱-电喷雾串联质谱(RRLC-ESI-MS/MS)法对陈皮中的化合物进行了分析，共鉴定出41种化学成分，其中有19种为多甲氧基黄酮。由于该类成分结构独特，而且具有良好的抗肿瘤^[5]、抗炎^[6]、抗氧化^[7]、抗菌^[8]及心血管保护^[9]等活性，已成为研究热点。

由于陈皮中这两类黄酮成分之间的紫外吸收存在相互干扰，故尚无理想方法对多甲氧基黄酮类成分的含有量进行测定，当前研究^[10-12]也多是采用HPLC法针对陈皮中其单体成分含有量进行测定和比较。因此，本实验建立紫外-可见分光光度法对不同品种来源陈皮中多甲氧基黄酮的含有量进行测定，以期陈皮质量的合理控制提供一定参考。

1 仪器、材料和试药

1.1 仪器 Shimadzu LC-20AT 高效液相色谱仪，配置四元梯度泵、自动进样器、柱温箱、自动脱气机、SPD-20A 检测器、色谱工作站（日本岛津公司）；UV 2300 紫外-可见分光光度计（上海天美科学仪器有限公司）；MS205DU 分析天平（十万分之一，瑞士梅特勒-托利多公司）；KQ-800KDE 超声波清洗机（昆山市超声仪器有限公司）。

1.2 材料 陈皮对照药材于2014年10月采自广东省江门市新会区罗坑镇，待测药材于2013年10月至2015年12月采自全国各柑橘主产地，均由广州医科大学药学院郑国栋副教授鉴定为正品。样品信息见表1。

1.3 试药 橙皮苷（批号 MUST-15070211，含有量≥98%）、川陈皮素（批号 MUST-15110911，含有量≥98%）对照品均购自成都曼思特生物科技有限公司。乙腈为色谱纯（美国霍尼韦尔公司）；石油醚、乙酸乙酯、无水乙醇、95%乙醇等均为分析纯；水为超纯水。

2 方法与结果

2.1 HPLC 法筛选提取溶剂

2.1.1 供试品溶液制备 精密称取对照药材粉末

表 1 样品信息

Tab. 1 Information of samples

| 编号 | 品种 | 产地 | 采收时间 |
|-----|-------------|------------|--------------|
| S1 | 广陈皮(茶枝柑) | 广东江门新会区三江镇 | 2015. 11. 05 |
| S2 | 广陈皮(茶枝柑) | 广东江门新会区三江镇 | 2015. 12. 23 |
| S3 | 广陈皮(茶枝柑) | 广东江门新会区古井镇 | 2015. 10. 11 |
| S4 | 广陈皮(茶枝柑) | 广东肇庆怀集县 | 2015. 11. 26 |
| S5 | 广陈皮(茶枝柑) | 广东惠州龙门县 | 2015. 11. 10 |
| S6 | 广西陈皮(温州蜜柑) | 广西桂林临桂县 | 2013. 10. 03 |
| S7 | 湖南陈皮(石门柑橘) | 湖南常德石门县 | 2014. 11. 30 |
| S8 | 湖南陈皮(石门柑橘) | 湖南常德石门县 | 2015. 10. 21 |
| S9 | 湖南陈皮(石门柑橘) | 湖南常德石门县 | 2015. 11. 30 |
| S10 | 湖北陈皮(宜昌蜜橘) | 湖北宜昌点军区 | 2015. 10. 11 |
| S11 | 湖北陈皮(宜昌蜜橘) | 湖北宜昌点军区 | 2015. 12. 11 |
| S12 | 江西陈皮(南丰蜜橘) | 江西抚州南丰县 | 2015. 10. 10 |
| S13 | 四川陈皮(成都蜜橘) | 四川成都蒲江县 | 2015. 10. 15 |
| S14 | 四川陈皮(大红袍) | 四川成都蒲江县 | 2015. 10. 17 |
| S15 | 福建陈皮(福橘) | 福建福清东张镇 | 2015. 12. 24 |
| S16 | 福建陈皮(芦柑) | 福建泉州永春县 | 2015. 12. 07 |
| S17 | 浙江陈皮(临海蜜橘) | 浙江台州临海涌泉镇 | 2014. 10. 15 |
| S18 | 广东其他陈皮(砂糖桔) | 广东肇庆怀集县 | 2015. 11. 26 |

(过3号筛)0.5 g，置于100 mL锥形瓶中，加入提取溶剂50 mL，超声提取(320 W、40 kHz)30 min，精密吸取滤液10 mL，置于25 mL量瓶中，提取溶剂稀释至刻度，摇匀，即得供试品溶液1(第1次提取液)，4℃下避光保存备用，同法得供试品溶液2(第2次提取液)。进样前，0.22 μm微孔滤膜过滤，取续滤液进样。

2.1.2 对照品溶液制备 精密称取橙皮苷、川陈皮素对照品适量，甲醇溶解并定容，配制含橙皮苷480 μg/mL、川陈皮素200 μg/mL的对照品贮备液，4℃下避光保存备用。临用前，甲醇将其稀释到适当浓度，即得。

2.1.3 色谱条件 DIKMA Diamonsil C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 mm，5 μm)；流动相水(A)-乙腈(B)，梯度洗脱(0~15 min，15%~40% B；15~35 min，40%~50% B；35~40 min，50%~75% B；40~50 min，75%~85% B)；检测波长283 nm(橙皮苷)和330 nm(川陈皮素)；柱温25℃；体积流量1.0 mL/min；进样量20 μL。色谱图见图1，可知两种黄酮成分分离度良好。

2.1.4 提取溶剂筛选 按“2.1.1”项下方法制备供试品溶液，在“2.1.3”项色谱条件下以外标法计算含有量。比较了甲醇、无水乙醇、95%乙醇、乙酸乙酯、石油醚(60~90℃)对橙皮苷及川陈皮素提取得率(实际提取质量/药材质量×

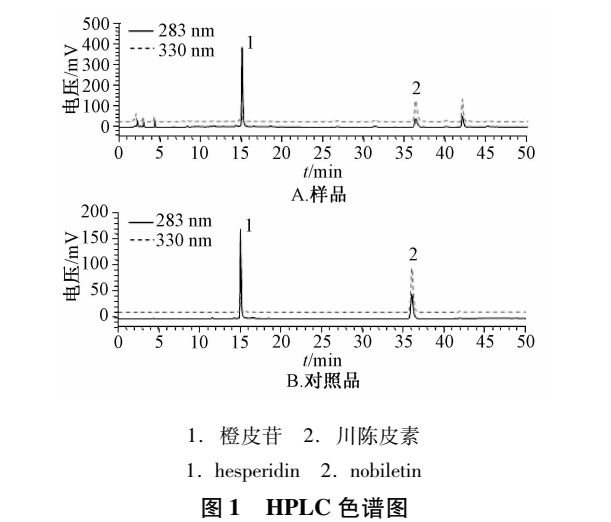


Fig. 1 HPLC chromatograms

100%) 的影响。结果, 乙酸乙酯对川陈皮素的提取得率最高, 而对橙皮苷很低 (按甲醇提取橙皮苷得率计算, 仅为 1.32%), 表明乙酸乙酯对多甲氧基黄酮有很好的选择性, 可有效克服其他黄酮成分的干扰, 故选择乙酸乙酯作为最佳提取溶剂。具体见表 2。

表 2 提取得率测定结果 (n=3)

| 提取溶剂 | 橙皮苷提取得率/% | | | 川陈皮素提取得率/% | | |
|--------|-----------|-------|-------|------------|-------|-------|
| | 第 1 次 | 第 2 次 | 总计 | 第 1 次 | 第 2 次 | 总计 |
| 甲醇 | 3.375 | 0.176 | 3.551 | 0.578 | 0.014 | 0.592 |
| 无水乙醇 | 0.471 | 0.395 | 0.866 | 0.492 | 0.026 | 0.518 |
| 95% 乙醇 | 0.370 | 0.254 | 0.624 | 0.532 | 0.025 | 0.557 |
| 乙酸乙酯 | 0.032 | 0.015 | 0.047 | 0.489 | 0.127 | 0.616 |
| 石油醚 | 0.018 | 0.007 | 0.025 | 0.217 | 0.035 | 0.252 |

2.2 UV 法测定多甲氧基黄酮含量

- 2.2.1 供试品溶液制备 精密称取对照药材粉末 (过 3 号筛) 0.5 g, 置于 100 mL 锥形瓶中, 加入乙酸乙酯 50 mL, 超声提取 (320 W、40 kHz) 2 次, 每次 30 min, 合并提取液, 抽滤, 取 20 mL, 置于 50 mL 量瓶中, 乙酸乙酯定容, 摇匀, 再从中量取 4 mL, 置于 10 mL 量瓶中, 乙酸乙酯定容, 摇匀, 即得, 4 ℃ 下避光保存备用。进样前, 0.22 μm 微孔滤膜过滤, 取续滤液进样。
- 2.2.2 对照品溶液制备 精密称取川陈皮素对照品适量, 乙酸乙酯溶解并定容, 配制成含 100.8 μg/mL 该成分的对照品贮备液, 4 ℃ 下避光保存备用。临用前, 用甲醇将贮备液稀释到适当浓度, 即得。
- 2.2.3 检测波长选择 精密吸取供试品溶液适量, 以乙酸乙酯空白溶液为对照, 在 200~400 nm 波长

范围进行扫描, 发现供试品溶液在 330 nm 波长处有最大吸收。另外, 参考文献 [13], 多甲氧基黄酮单体成分 (如川陈皮素等) 的最大吸收波长也在 330 nm 左右, 故最终确定检测波长为 330 nm。

2.2.4 线性关系考察 精密吸取对照品贮备液 300、500、700、900、1 100、1 300 μL, 乙酸乙酯定容于 10 mL 量瓶中, 配制成 6 个质量浓度水平的对照品溶液。采用紫外-可见分光光度法, 在 330 nm 波长下测定吸光度。以对照品溶液质量浓度为横坐标 (X), 吸光度为纵坐标 (Y) 进行回归, 得回归方程 $Y = 0.061\ 2X + 0.024$ ($R^2 = 0.999\ 8$), 在 3.024~13.104 μg/mL 范围内线性关系良好。

2.2.5 精密度试验 取对照品溶液高 (13.104 mg/mL)、中 (7.056 mg/mL)、低 (3.024 mg/mL) 3 个质量浓度。在 330 nm 波长下测定吸光度, 平行 6 次, 测得其 RSD 分别为 0.14%、0.21%、0.32%, 表明仪器精密度良好。

2.2.6 重复性试验 取对照药材 6 份, 按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液, 在 330 nm 波长下测定吸光度, 测得多甲氧基黄酮含量 RSD 为 0.56%, 表明该方法重复性良好。

2.2.7 稳定性试验 取对照药材适量, 按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液。于 0、2、4、6、8、10、12、24、48 h 进样, 在 330 nm 波长下测定吸光度, 测得其 RSD 为 0.78%, 表明供试品溶液在 48 h 内稳定性良好。

2.2.8 加样回收率试验 取对照药材 6 份, 每份 0.25 g, 精密加入川陈皮素 2.5 mg, 按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液, 在 330 nm 波长下测定吸光度, 计算加样回收率, 结果见表 3。

表 3 加样回收率试验结果 (n=6)

| 成分 | 取样量/ g | 原有量/ mg | 加入量/ mg | 测得量/ mg | 回收率/ % | 平均回收 率/% (RSD/%) |
|------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------------------|
| | | | | | | |
| 川陈皮素 | 0.250 4 | 2.749 | 2.530 | 5.341 | 102.45 | 101.37 (1.34) |
| | 0.250 3 | 2.748 | 2.540 | 5.310 | 100.86 | |
| | 0.250 7 | 2.753 | 2.520 | 5.342 | 102.75 | |
| | 0.250 5 | 2.750 | 2.520 | 5.264 | 99.76 | |
| | 0.250 3 | 2.748 | 2.530 | 5.276 | 99.92 | |
| | 0.250 2 | 2.747 | 2.510 | 5.319 | 102.46 | |

2.2.9 样品含量测定 取 18 批 11 个品种来源的样品, 按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液, 采用紫外-可见分光光度法, 以川陈皮素为对照, 在 330 nm 波长下测定其吸光度, 外标法计算多甲

氧基黄酮含有量，结果见表 4。

表 4 含有量测定结果 (n=3)

Tab. 4 Results of content determination (n=3)

| 编号 | 品种 | 含有量/% |
|-----|-------------|-------|
| S1 | 广陈皮(茶枝柑) | 0.507 |
| S2 | 广陈皮(茶枝柑) | 0.440 |
| S3 | 广陈皮(茶枝柑) | 0.608 |
| S4 | 广陈皮(茶枝柑) | 0.896 |
| S5 | 广陈皮(茶枝柑) | 0.647 |
| S6 | 广西陈皮(温州蜜柑) | 0.199 |
| S7 | 湖南陈皮(石门柑橘) | 0.120 |
| S8 | 湖南陈皮(石门柑橘) | 0.227 |
| S9 | 湖南陈皮(石门柑橘) | 0.192 |
| S10 | 湖北陈皮(宜昌蜜橘) | 0.116 |
| S11 | 湖北陈皮(宜昌蜜橘) | 0.137 |
| S12 | 江西陈皮(南丰蜜橘) | 1.514 |
| S13 | 四川陈皮(成都蜜橘) | 0.225 |
| S14 | 四川陈皮(大红袍) | 1.095 |
| S15 | 福建陈皮(福橘) | 0.813 |
| S16 | 福建陈皮(芦柑) | 0.735 |
| S17 | 浙江陈皮(临海蜜橘) | 0.068 |
| S18 | 广东其他陈皮(砂糖桔) | 0.862 |

由表可知，不同品种来源样品中多甲氧基黄酮的含有量存在较大差异，在 0.068% ~ 1.514% 范围内。除浙陈皮（温州蜜柑）外，2015 版《中国药典》收载的 3 个主要品种来源—广陈皮（茶枝柑）、川陈皮（大红袍）、建陈皮（福橘），以及江西陈皮（南丰蜜橘）、福建陈皮（芦柑）、广东其他陈皮（砂糖桔）含有量较高，均在 0.4% 以上，而温州蜜柑、石门柑橘、宜昌蜜橘、成都蜜橘及临海蜜橘皮含有量较低。

3 讨论

陈皮主要含有黄酮类成分，含有量最高的为二氢黄酮苷类成分，如橙皮苷（3% ~ 10%），其最大吸收波长在 283 nm 左右，其次为多甲氧基黄酮类成分，如川陈皮素（0.03% ~ 1.0%）、橘皮素（0.02% ~ 1.0%）等，其最大吸收波长在 330 nm 左右^[3]。由于橙皮苷含有量最高，而且在 330 nm 左右仍存在较大吸收（图 1），会对多甲氧基黄酮含有量的测定带来较大干扰，故至今尚无理想方法对其含有量进行测定。

杨宜婷等^[14]曾以 70% 乙醇为提取溶剂，橘皮素为对照品，初步建立了 UV 法测定不同贮存年限广陈皮中多甲氧基黄酮的含有量。但本实验发现，以乙醇为溶剂时，对橙皮苷仍有较大的提取得率，会对多甲氧基黄酮含有量测定带来一定干扰。因此，通过 HPLC 分析，选择乙酸乙酯作为提取溶剂，进一步优化并建立了紫外-可见分光光度法测

定陈皮中多甲氧基黄酮含有量，该方法简单、灵敏、准确，并且实验结果与前期以 HPLC 法所测该成分单体含有量一致^[15]。

陈皮品种繁多，2015 版《中国药典》收载了 4 个主要品种，分别为广陈皮（茶枝柑）、川陈皮（大红袍）、浙陈皮（温州蜜柑）、建陈皮（福橘）。实验结果表明，不同品种来源陈皮中多甲氧基黄酮的含有量存在较大差异，除浙陈皮（温州蜜柑）外，其他 3 个主要品种均有较高的含有量，表明传统陈皮药材品种的选择有一定合理性，并与多甲氧基黄酮含有量存在相关性。

值得注意的是，结合前期研究结果^[15]，除《中国药典》规定的陈皮质量控制指标成分橙皮苷外，传统上不作为陈皮用途的芦柑皮和砂糖桔皮中多甲氧基黄酮含有量也很高，甚至均高于传统道地药材广陈皮（茶枝柑），表明两者也可考虑作为陈皮的品种来源。由于陈皮来源多、分布广，故在后续实验中将进一步加大采样量进行分析，以更全面、客观地评价陈皮的质量。

致谢 衷心感谢新会区人民政府、新会陈皮行业协会等单位在样品采集及基地建设方面对本项目工作的大力支持和帮助。

参考文献：

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：2015 年版一部[S]. 北京：中国医药科技出版社，2015：191.

[2] 薛芳，许占明. 中国药物大全（中药卷）[M]. 北京：人民卫生出版社，2005：290.

[3] 郑国栋. 岭南特色药材广陈皮化学成分及其质量评价研究[D]. 广州：中山大学，2009.

[4] Zheng G D, Zhou P, Yang H, et al. Rapid resolution liquid chromatography electrospray ionisation tandem mass spectrometry method for identification of chemical constituents in *Citri Reticulatae Pericarpium* [J]. *Food Chem*, 2013, 136 (2): 604-611.

[5] Lai C S, Tsai M L, Cheng A C, et al. Chemoprevention of colonic tumorigenesis by dietary hydroxylated polymethoxyflavones in azoxymethane-treated mice[J]. *Mol Nutr Food Res*, 2011, 55(2): 278-290.

[6] Guo S S, Qiu P J, Xu G, et al. Synergistic anti-inflammatory effects of nobiletin and sulforaphane in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 cells[J]. *J Agric Food Chem*, 2012, 60 (9): 2157-2164.

[7] Stuetz W, Prapamontol T, Hongsibsong S, et al. Polymethoxylated flavones, flavanone glycosides, carotenoids, and antioxidants in different cultivation types of tangerines (*Citrus reticulata* Blanco cv. Sainampueng) from Northern Thailand[J]. *J Agric Food Chem*, 2010, 58(10): 6069-6074.

[8] Liu L, Xu X Y, Cheng D, *et al.* Preparative separation of polymethoxylated flavones from Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco cv. Ponkan) peel by high-speed countercurrent chromatography and their antifungal activities against *Aspergillus niger*[J]. *Eur Food Res Technol*, 2012, 235(4): 631-635.

[9] Green C O, Wheatley A O, McGrowder D A, *et al.* Citrus peel polymethoxylated flavones extract modulates liver and heart function parameters in diet induced hypercholesterolemic rats[J]. *Food Chem Toxicol*, 2012, 51(1): 306-309.

[10] 魏莹, 李文东, 杨武亮. HPLC 法测定不同贮存年限广陈皮药材中主要活性成分的含量[J]. 中国药房, 2016, 27(15): 2131-2134.

[11] 杨秀梅, 王瑾, 黄勤挽, 等. “一测多评”法测定陈皮中 3 种黄酮类成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(11): 45-49.

[12] 杨洁, 孙婷, 姚华, 等. RP-HPLC-DAD 法测定陈皮中 3 种多甲氧基黄酮的质量分数[J]. 吉林大学学报: 理学版, 2014, 52(2): 348-352.

[13] 郑国栋, 蒋林, 杨得坡, 等. HPLC 法同时测定不同产地广陈皮中 5 种活性黄酮成分[J]. 中草药, 2010, 41(4): 652-655.

[14] 杨宜婷, 罗璇捷, 叶勇树, 等. 不同储存年限广陈皮的多甲氧基黄酮提取研究[J]. 食品工业科技, 2011(9): 258-260.

[15] Zheng G D, Yang D P, Wang D M, *et al.* Simultaneous determination of five bioactive flavonoids in *Pericarpium Citri Reticulatae* from China by high performance liquid chromatography with dual wavelength detection[J]. *J Agric Food Chem*, 2009, 57(15): 6552-6557.

明矾及其炮制品中活性铝的体外消化

黎勇坤, 杨晓梅, 马莎*
(云南中医学院中药学院, 云南昆明 650500)

摘要:目的 研究明矾及其炮制品〔清半夏(自制和市购)、姜半夏、制天南星〕中活性铝在模拟人工胃肠液的透膜情况。**方法** 分别采用人工胃肠连续消化和胃/肠分步消化试验处理样品, 离心后, 分离消化液中的活性铝, 微乳液-8-羟基喹啉分光光度法测定其含量。**结果** 胃肠连续消化试验显示, 与明矾相比, 其炮制品均更容易溶出活性铝, 其含量在制天南星中最高(40.39%), 姜半夏中最低(1.77%), 但透膜活性铝均很少。胃/肠分步消化试验显示, 胃消化液中存在大量溶出活性铝, 并且大多是透膜活性铝, 其含量均在制天南星中最高(66.09%和54.88%), 清半夏(市购)最低(11.85%和10.13%); 经肠液消化后, 活性铝转化成 Al(OH)₃, 含量明显下降, 难以透膜; 但胃渣中又有少量活性铝溶出, 也以透膜活性铝为主。**结论** 人工胃液和肠液均能从明矾及其炮制品中溶出活性铝, 但其形态和含量差异较大。模拟肠壁生物膜可以防止大量活性铝透膜, 但与 8-羟基喹啉结合的不稳定铝可能通过其他方式进入, 需引起关注。

关键词: 明矾; 清半夏; 姜半夏; 制天南星; 活性铝; 体外消化

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2017)03-0569-04

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2017.03.027

In vitro digestion of active Al in alum and alum-processed products

LI Yong-kun, YANG Xiao-mei, MA Sha*
(School of Traditional Chinese Medicine, Yunnan University of Traditional Chinese Medicine, Kunming 650500, China)

KEY WORDS: alum; *Pinelliae Rhizoma praeparatum cum Alumine*; *Pinelliae Rhizoma praeparatum cum Zingibere et Alumine*; *Arisaematis Rhizoma preparatum*; active Al; *in vitro* digestion

铝对人体的潜在危害性已普遍受到重视, 而清半夏和制天南星的明矾用量较大, 2010 年版《中

收稿日期: 2016-05-12

基金项目: 云南省教育厅重点研究基金(2013Z006)

作者简介: 黎勇坤(1973—), 男, 硕士, 讲师, 从事天然产物化学、分析化学研究。

* 通信作者: 马莎(1975—), 女, 硕士, 副教授, 从事分析化学研究。E-mail: yunnanmasha@126.com