



人参、西洋参和三七不同部位的丙二酰人参皂苷Rb3含量研究

崔晓雪, 王迎夏, 周广鑫, 黄孝宇, 王留明, 刘晓

The content research on malonyl-ginsenoside Rb3 in different tissues of *Panax ginseng*, *P. quinquefolium* and *P. notoginseng*

CUI Xiaoxue, WANG Yingxia, ZHOU Guangxin, HUANG Xiaoyu, WANG Liuming, LIU Xiao

在线阅读 View online: <http://yxsj.smmu.edu.cn/cn/article/doi/10.12206/j.issn.2097-2024.202410049>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

核磁共振磷谱法测定磷酸氢钙咀嚼片中药物含量

Determination of phosphorus content in calcium hydrogen phosphate tablets by ^{31}P -qNMR

药学实践与服务. 2024, 42(9): 399-401, 406 DOI: 10.12206/j.issn.2097-2024.202404063

HPLC-MS/MS测定当归六黄汤中4种不同成分的含量

Determination of four different components in Danggui Liu Huang decoction by HPLC-MS/MS

药学实践与服务. 2024, 42(6): 248-252, 266 DOI: 10.12206/j.issn.2097-2024.202305007

血通胶囊提取工艺优化及质量控制研究

Extraction process optimization and quality control of Xuetong capsules

药学实践与服务. 2025, 43(2): 82-86, 91 DOI: 10.12206/j.issn.2097-2024.202409003

基于超高效液相质谱联用技术分析不同产地桔梗皂苷类成分的差异

Differential analysis of saponins in *Platycodon grandiflorus* from different origins based on ultra-high performance liquid chromatography-mass spectrometry

药学实践与服务. 2026, 44(4): 189-199, 208 DOI: 10.12206/j.issn.2097-2024.202506026

毛鸡骨草药材的质量评价

Quality evaluation of *Abri Mollis* Herba

药学实践与服务. 2025, 43(5): 251-258 DOI: 10.12206/j.issn.2097-2024.202410021

滴眼液中抑菌剂硫柳汞的HPLC含量测定方法研究

Determine antimicrobial preservatives thimerosal in eye drops by HPLC

药学实践与服务. 2025, 43(6): 293-297 DOI: 10.12206/j.issn.2097-2024.202404059



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

· 论著 ·

人参、西洋参和三七不同部位的丙二酰人参皂苷 Rb3 含量研究

崔晓雪^{a,b}, 王迎夏^{a,b}, 周广鑫^{a,b}, 黄孝宇^{a,b}, 王留明^{a,b}, 刘 晓^a (北京中医药大学: a. 北京中医药研究院中药现代研究中心, b. 中药学院, 北京 102488)

[摘要] **目的** 比较人参、西洋参和三七植株不同部位(根、茎、叶、花)中丙二酰人参皂苷 Rb3(MG-Rb3)含量差异,并探索恒温干燥和真空冷冻干燥两种干燥方式对其含量的影响。**方法** 以酶催化 Rb3 丙二酰基化产物为对照,采用 HPLC 法比较人参、西洋参和三七植株中 MG-Rb3 的含量差异。**结果** 人参和西洋参的花蕾和叶中 MG-Rb3 的含量相对较高,分别约为其根中的 7.3 ~ 18.1 倍和 2.8 ~ 4.3 倍,茎中含量最低;三七花蕾中 MG-Rb3 的含量约为叶中的 31.2 倍。经恒温干燥处理的花蕾中 MG-Rb3 的含量约为真空冷冻干燥的 1 ~ 1.1 倍。**结论** 人参和三七均为花蕾中 MG-Rb3 含量最高,西洋参的叶中 MG-Rb3 含量最高,并且经恒温干燥处理后花蕾中 MG-Rb3 的含量略高于真空冷冻干燥。

[关键词] 人参;西洋参;三七;丙二酰人参皂苷 Rb3;含量测定;处理方法

[文章编号] 2097-2024(2026)09-0463-05

[DOI] 10.12206/j.issn.2097-2024.202410049

The content research on malonyl-ginsenoside Rb3 in different tissues of *Panax ginseng*, *P. quinquefolium* and *P. notoginseng*

CUI Xiaoxue^{a,b}, WANG Yingxia^{a,b}, ZHOU Guangxin^{a,b}, HUANG Xiaoyu^{a,b}, WANG Liuming^{a,b}, LIU Xiao^a (a. Modern Research Centre for Traditional Chinese Medicine, Beijing Research Institute of Chinese Medicine, b. School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 102488, China)

[Abstract] **Objective** To compare the contents of malonyl-ginsenosides Rb3 (MG-Rb3) in different parts, including roots, stems, leaves and flowers, of *Panax ginseng*, *P. quinquefolium* and *P. notoginseng* and explore the effects of two drying methods, constant temperature drying and vacuum freeze drying on their contents. **Methods** The contents of MG-Rb3 in *P. ginseng*, *P. quinquefolium* and *P. notoginseng* were compared based on HPLC analysis, using enzymatically synthesized MG-Rb3 as the reference standard. **Results** The buds of *P. ginseng* and *P. quinquefolium* exhibited relatively high levels of MG-Rb3, which were approximately 7.3-18.1 times and 2.8-4.3 times higher than those found in the roots, respectively, and the lowest contents were detected in the stems. The content of MG-Rb3 in *P. notoginseng* flower buds was about 31.2 times higher than that in leaves. The content of MG-Rb3 in the buds treated by constant temperature drying was about 1-1.1 times that of using vacuum freeze drying. **Conclusion** The highest content of MG-Rb3 was detected in the flower buds of *P. ginseng* and *P. notoginseng*, and the content of MG-Rb3 in leaves of *P. quinquefolium* was the highest. Content of MG-Rb3 in the buds after constant temperature drying was slightly higher than that of using vacuum freeze drying.

[Key words] *Panax ginseng*; *Panax quinquefolium*; *Panax notoginseng*; malonyl-ginsenoside Rb3; content determination; treatment methods

人 参 (*Panax ginseng* C. A. Mey.)、西 洋 参 (*Panax quinquefolius* L.)、三 七 (*Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen) 均为五加科人参属植物^[1], 具有

心血管保护、免疫调节、抗氧化、抗肿瘤和抗炎等作用^[2-3], 被广泛应用于药物、膳食补充剂、食品、化妆品等方面, 具有很大的市场价值^[4-6]。人参皂苷为人参属植物主要活性成分, 根据苷元结构主要分为 4 种类型: 原人参二醇型皂苷(PPD 型)、原人参三醇型皂苷(PPT 型)、齐墩果酸型皂苷(OA 型)和 Ocotillol 型皂苷(OT 型)^[7]。根据人参皂苷的酸碱性可以分为酸性皂苷和中性皂苷, 其中, 酸性皂苷主要为丙二酰人参皂苷(malonyl-ginsenoside, MG)。

在人参、西洋参及三七新鲜药材中, 丙二酰人参皂苷的含量约能占总皂苷含量的 35% ~ 60%^[8-9],

[基金项目] 国家重点研发计划资助(2024YFC3506400); 国家自然科学基金(82173922, 81402809); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(2023-JYB-JBQN-054); 北京中医药大学研究生自主科研课题(ZJKT2024028)

[作者简介] 崔晓雪, 硕士研究生, 研究方向: 中药活性成分发现及合成生物学研究, Email: cuixiaoxue@bucm.edu.cn

[通信作者] 刘 晓, 博士, 研究员, 研究方向: 中药活性成分发现及合成生物学研究, Email: liuxiao@bucm.edu.cn

是人参属植物中广泛存在、结构多样性丰富的一类天然原生苷。目前已从人参属植物中检测到百余个丙二酰人参皂苷类成分,以丙二酰人参皂苷 Rb1, 丙二酰人参皂苷 Rb2 和丙二酰人参皂苷 Rc 为主要代表成分。近年来,围绕人参属植物中 MG 的检测方法、结构解析及提取工艺的研究已有报道^[10-12],但稀有的 MG 在不同人参属植物中的含量还有待深入研究,如丙二酰人参皂苷 Rb3(malonylginsenoside Rb3, MG-Rb3)。MG-Rb3 为人参皂苷 Rb3 在葡萄糖 6 位上发生丙二酰基化的产物,研究表明,其对 DPPH 自由基表现出良好的清除能力^[13],也可通过肝脏与骨骼肌中胰岛素受体底物 1/磷脂酰肌醇 3-激酶/蛋白激酶 B 和葡萄糖转运蛋白 4 信号通路来降低小鼠的血糖水平^[14],但由于该化合物在传统提取分离过程中易降解,来源途径受限,对照品缺乏。因此,很大程度上限制了对其药理活性及其在人参属不同植物中分布等方面的深入研究。

课题组前期从植物中克隆鉴定了一个丙二酰基转移酶 CtMaT1^[15],并成功构建可原位循环利用丙二酰辅酶 A 的“一锅法”反应体系^[16],该体系可催化人参皂苷 Rb3 生成对应的丙二酰基化产物 MG-Rb3,为针对性研究 MG-Rb3 在不同人参属植物样本中的含量提供了对照。本实验在此基础上通过 HPLC 法比较 3 种人参属植株的根、茎、叶和花蕾 4 个部位中 MG-Rb3 的含量差异,并进一步比较恒温干燥和真空冷冻干燥两种干燥处理方式对花蕾中 MG-Rb3 含量的影响,以期对不同部位 MG-Rb3 的含量差异以及人参属植物的前期处理方式提供理论依据。

1 仪器、材料与试剂

1.1 仪器

Agilent 1260 分析型高效液相色谱仪(美国安捷伦科技公司);LCMS-IT-TOF 液质联用仪(岛津企业管理有限公司);超声波清洗器(南京垒君达超声电子设备有限公司);Talpha 2-4 LD plus 冷冻干燥机、EZ-2 真空离心浓缩仪(德采实仪器设备有限公司);电热恒温鼓风干燥箱(上海申贤恒温设备厂);电子天平(梅特勒托利多科技有限公司);旋转蒸发器(瑞士步琦有限公司)。

1.2 材料与试剂

MG-Rb3 对照品为实验室自制(HPLC $\geq$ 98%);乙腈、甲酸为色谱纯(Fisher Scientific);纯水(杭州娃哈哈集团有限公司);甲醇为分析纯(天津市致远化学试剂有限公司)。

人参和西洋参均为 4 年生栽培植株,于 2024 年 6 月采自中国吉林省抚顺市抚松县,三七为两年生栽培植株,于 2024 年 7 月采自中国云南省文山州文山县,经北京中医药大学中药现代研究中心刘晓研究员鉴定为五加科人参属植物人参(*P. ginseng*)、西洋参(*P. quinquefolius*)、三七(*P. notoginseng*)。

2 方法

2.1 样品的制备

2.1.1 植物样本处理

将新鲜采摘的人参、西洋参和三七植株分为根、茎、叶和花 4 个部分,用纯净水洗净表面泥土,吸干水分,作为新鲜植物样本。将 3 种植株 4 个部位的新鲜植物样本于 50℃ 条件下恒温干燥后,研钵研磨至粉末状,作为恒温干燥处理后的植物样本。将 3 种植株 4 个部位的新鲜植物样本于-64℃ 冷冻干燥后,研钵研磨至粉末状,作为真空冷冻干燥处理后的植物样本。

2.1.2 供试品溶液的制备

称取上述不同处理方式的植物样本,按照质量(g)/体积(ml)=1:20 的比例加入 80% 甲醇冷浸 20 h 后常温超声 30 min,重复提取 3 次,高速离心后获得提取液,将提取液于 37℃ 下减压蒸干,残渣按 0.2 g/ml 浓度比例用 80% 甲醇复溶,所得溶液经 0.45 μ m 有机滤膜过滤,用于检测。

2.1.3 色谱条件

采用 HPLC 法比较 3 种人参属植物测定 4 个部位中 MG-Rb3 的含量差异。使用 Agilent 1260 HPLC 进行检测,色谱条件如下:色谱柱 CAPCELL PAK C₁₈ COLUMN(4.6 mm $\times$ 250 mm, MG III, 5 μ m),流动相 A 为 0.1% 甲酸水溶液,流动相 B 为乙腈。梯度洗脱程序为 0~5 min, 5%~20% B; 5~8 min, 20%~30% B; 8~38 min, 30%~34% B; 38~58 min, 34%~43% B; 58~68 min, 43%~100% B; 68~77 min, 100% B。检测器为蒸发光散射检测器,漂移管温度设置为 80℃,雾化器载气为高纯氮,载气流速为 1.6 ml/min,增益值为 4,流量体积为 1.0 ml/min,柱温 30℃,进样量为 10 μ l。

利用岛津离子阱飞行时间质谱仪 LCMS-IT-TOF 进行高分辨质谱分析确定产物。色谱柱、液相条件及进样体积同上。质谱为电喷雾离子源(ESI),质谱分析条件参数分别为:正、负离子模式,自动多级 MS¹、MS²、MS³ 全扫描;干燥气体为 N₂,压力为 100 MPa;雾化气体为 N₂,流速为 1.5 ml/min;检测

器电压为 1.58 kV; 离子阱真空度为 1.9×10^{-2} Pa; 曲线脱溶剂管温度为 200 °C; 加热器温度为 200 °C; 冷却气体和碰撞诱导解离的碰撞气体为高纯氦气。碰撞诱导解离的碰撞能量设为 50%; 离子积累时间为 100 ms。用软件 LCMS solution Version 3 (Shimadzu) 进行数据处理。

2.2 酶催化 MG-Rb3 的生成

CtMaT1 基因的异源表达及重组蛋白分离纯化步骤参考文献^[15]。酶促反应体系如下: 0.4 mmol/L 人参皂苷 Rb3, 1.5 mmol/L 辅酶 A, 3 mmol/L 丙二酸, 3 mmol/L ATP, 1 mmol/L DTT, 5 mmol/L $MgCl_2$, 60 μg CtMaT1, 60 μg AtMatB, K_2HPO_4 - KH_2PO_4 缓冲液(pH 6.0)补充至 100 μl , 30 °C 反应过夜, 加 200 μl 甲醇终止反应, 4 °C, 14 000 r/min 离心 30 min, 取上清液按照“2.1.3”项下色谱条件进行检测。

2.3 方法学考察

2.3.1 线性关系考察

精密称取 MG-Rb3 对照品少许, 并用 DMSO 配制成对照品溶液, 依次稀释成含量分别为 72.81、145.63、291.25、582.50、1 165.00、2 330.00、4 660.00 $\mu g/ml$ 的对照品溶液, 按“2.1.3”项下色谱条件测定, 记录数据。

2.3.2 精密度实验

配制浓度为 447.00 $\mu g/ml$ 的对照品溶液, 按“2.1.3”项下色谱条件连续进样 6 次测定 MG-Rb3 的含量, 并记录数据。

2.3.3 重复性实验

取同产地同一批人参新鲜花蕾 0.8 g, 按“2.1.2”项下方法制备 6 份供试品溶液, 按“2.1.3”项下色谱条件测定 MG-Rb3 的含量, 记录数据。

2.3.4 稳定性实验

取人参新鲜花蕾约 0.8 g, 按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液, 分别于制备后 0、4、8、12、16、24 h 按“2.1.3”项下色谱条件检测 24 h 内 MG-Rb3 的含量。

2.3.5 加样回收率实验

按照称样量减半称取同产地同一批人参新鲜花蕾约 0.4 g, 按“2.1.2”项下方法平行制备 6 份供试品溶液, 以 1:1 的比例加入定量 MG-Rb3 对照品溶液后, 按“2.1.3”项下色谱条件测定 MG-Rb3 的含量, 记录数据。

3 结果

3.1 MG-Rb3 在酶促反应产物及不同植物样本中的检测

3.1.1 酶催化 MG-Rb3 的生成及人参属植物不同组织部位中 MG-Rb3 的检测

CtMaT1 可以催化人参皂苷 Rb3 发生丙二酰基化反应生成 MG-Rb3, 可作为工具酶应用于本实验。将纯化的 CtMaT1 和 AtMatB 蛋白与人参皂苷 Rb3 共同孵育反应并利用 HPLC 和 LC-MS 检测产物, 检测结果如图 1 所示。酶催化反应结果显示, 人参皂苷 Rb3 发生丙二酰基化反应后在 t_R =

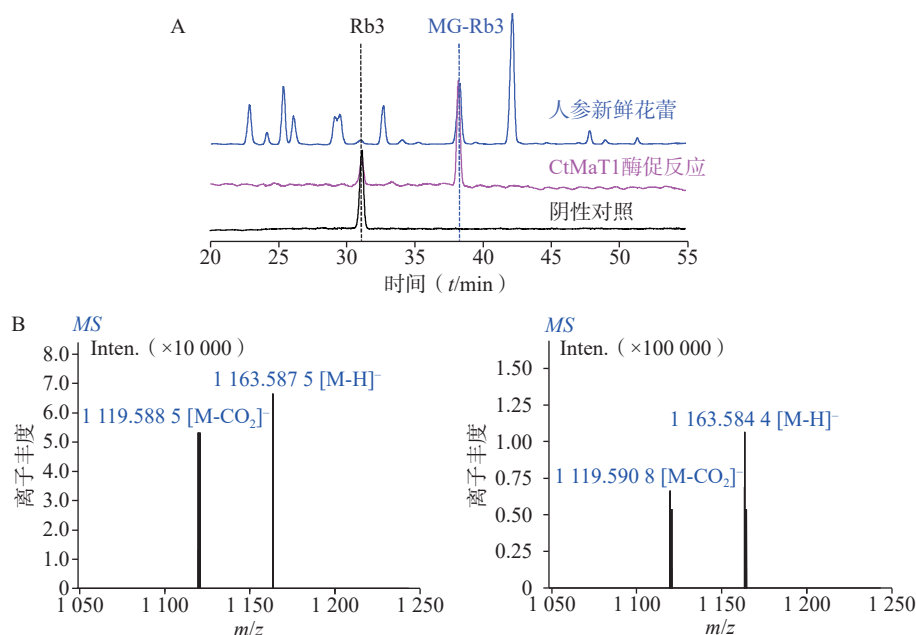


图 1 酶催化反应及植物样本中化合物 MG-Rb3 的检测

A. CtMaT1 催化 Rb3 丙二酰基化反应及人参花蕾提取物 HPLC 色谱图; B. 酶反应产物(左)和人参新鲜花蕾(右)中 MG-Rb3 在负离子模式下的 MS 谱图

38.33 min 检测到产物色谱峰, 高分辨质谱分析对应检测到 1 163.587 5 [M-H]⁺ 的分子离子峰。而在相同液相条件下对人参、西洋参及三七 3 种植物各自根、茎、叶、花 4 个部位的提取物进行液相色谱分析, 检测到同样保留时间下的液相色谱峰(图 1A, 以人参新鲜花蕾样品色谱图为例), 其一级分子离子峰为 1 163.584 4 [M-H]⁺, 预测分子式为 C₅₆H₉₂O₂₅ (1 163.585 5 [M-H]⁺), 同时与酶催化反应产物峰相同, 其质谱裂解均检测到丙二酰基化产物特征性中性丢失 CO₂ 碎片(分子量 43.989 8, 图 1B), 可以确定该化合物为 MG-Rb3。

3.1.2 线性关系考察

按“2.3.1”项下方法测定, 以对照品溶液峰面积的 Log 对数为纵坐标(Y), 对照品溶液浓度的 Log 对数为横坐标(X), 绘制标准曲线得到线性回归方程为 $Y=1.454\ 8X-0.950\ 9$, $R^2=0.994\ 6$, 表明 MG-Rb3 在 72.81 ~ 4 660.00 μg/ml 浓度范围内与峰面积呈良好线性关系。

3.1.3 精密度

按“2.3.2”项下方法得到 MG-Rb3 的含量分别为 4.59、4.43、4.32、4.44、4.64 和 4.38 μg, RSD 为 2.74%($n=6$), 表明仪器精密度良好。

3.1.4 重复性

按“2.3.3”项下方法得到 MG-Rb3 的含量分别为 7.60、7.58、7.69、7.63、7.60 和 7.62 μg, RSD 为 0.50%($n=6$), 表示方法重复性良好。

3.1.5 稳定性

按“2.3.4”项下方法得到 MG-Rb3 的含量分别为 7.32、7.25、7.53、7.54、7.76 和 7.90 μg, RSD 为 3.31%($n=6$), 表示样品稳定性良好。

3.1.6 加样回收率实验

按“2.3.5”项下方法得到 MG-Rb3 的加样回收率分别为 102.86%、97.77%、99.76%、97.10%、98.21% 和 96.44%, RSD 为 2.36%($n=6$), 表示方法准确度良好。

3.2 人参、西洋参、三七不同部位(根、茎、叶、花)中 MG-Rb3 含量差异

根据酶反应产物 MG-Rb3 的保留时间($t_R=38.33$ min), 对 3 种植物中不同部位样品的色谱峰进行观察, 并记录相应的 MG-Rb3 峰面积, 根据线性关系计算其含量用于后续的差异比较, 以两组数据间的差异 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。用软件 GraphPad Prism 8.4.3 进行数据处理。

3.2.1 新鲜人参不同部位 MG-Rb3 含量差异

如图 2 所示, 人参花蕾中 MG-Rb3 的含量最

高, 叶次之, 根中含量较低, 而茎中未检测到 MG-Rb3。花蕾和叶中 MG-Rb3 的含量分别约为根中 MG-Rb3 含量的 18.1 倍和 7.3 倍, 其中, 根和花蕾, 茎和花蕾, 叶和花蕾之间 MG-Rb3 的含量差异极显著($P<0.01$), 茎和叶之间差异显著($P<0.05$)。

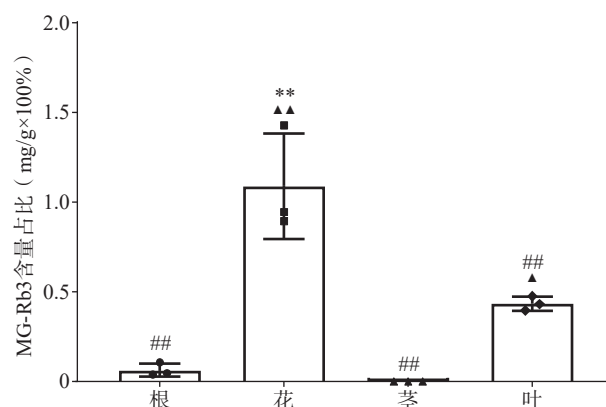


图 2 新鲜人参不同部位中 MG-Rb3 含量

** $P<0.01$, 与根比较; ## $P<0.01$, 与花比较;
▲ $P<0.05$, ▲▲ $P<0.01$, 与茎比较。

3.2.2 新鲜西洋参不同部位 MG-Rb3 含量差异

如图 3 所示, 西洋参叶中 MG-Rb3 的含量最高, 其次分别为花与根, 茎中未检测到 MG-Rb3。叶中 MG-Rb3 的含量分别约为花蕾和根中 MG-Rb3 含量的 1.5 倍和 4.3 倍, 花蕾中 MG-Rb3 的含量约为根中 MG-Rb3 含量的 2.8 倍, 其中, 根、花蕾、茎和叶两两之间 MG-Rb3 含量存在显著差异($P<0.01$)。

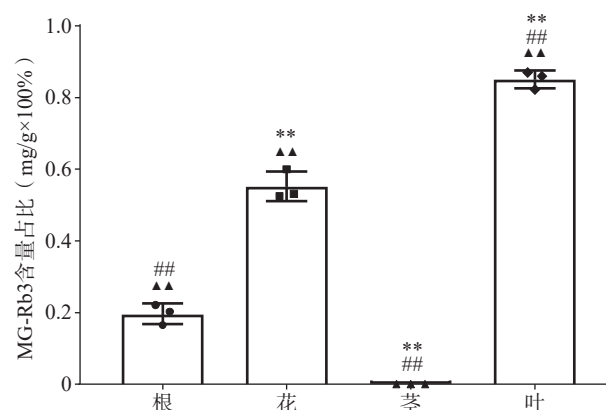


图 3 新鲜西洋参不同部位中 MG-Rb3 含量

** $P<0.01$, 与根比较; ## $P<0.01$, 与花比较; ▲▲ $P<0.01$, 与茎比较。

3.2.3 新鲜三七不同部位 MG-Rb3 含量差异

如图 4 所示, 三七花蕾中 MG-Rb3 的含量最高, 叶次之, 根和茎中均未检测到 MG-Rb3。花蕾中 MG-Rb3 的含量约为叶的 31.2 倍, 其中, 根和花蕾、花蕾和茎、花蕾和叶之间 MG-Rb3 含量存在显著差异($P<0.01$)。

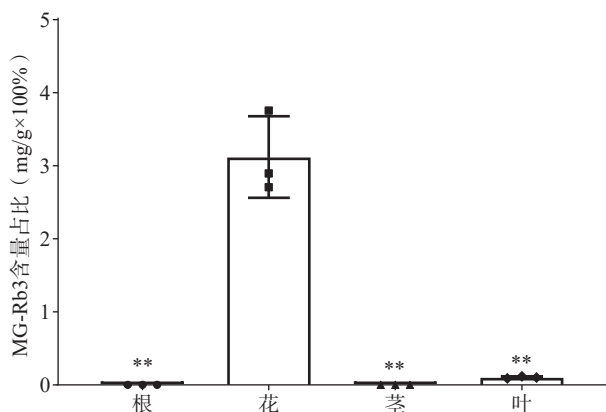


图 4 新鲜三七不同部位中 MG-Rb3 含量
** $P < 0.01$, 与花比较。

3.3 恒温干燥和真空冷冻干燥两种干燥方式对花蕾中 MG-Rb3 的影响

从上述结果来看, 人参、西洋参及三七均在新鲜花蕾中检测到了较高含量的 MG-Rb3。由于丙二酰人参皂苷类化合物在提取过程中不稳定, 易发生降解, 因此人参属植物药材中 MG 的含量随着处理方式的不同会有很大的差异。有研究显示, 对新鲜人参进行干燥处理可以提高 MG 的含量^[17], 本研究选择恒温干燥和真空冷冻干燥两种常见的干燥处理方式对 MG-Rb3 含量较高的花蕾进行探索, 结果如图 5 所示。恒温干燥处理后人参花蕾中 MG-Rb3 的含量与真空冷冻干燥处理后存在显著差异 ($P < 0.05$), 经恒温干燥处理的花蕾 MG-Rb3 的含量略高于真空冷冻干燥处理样本, 前者约为后者的 1.1 倍。

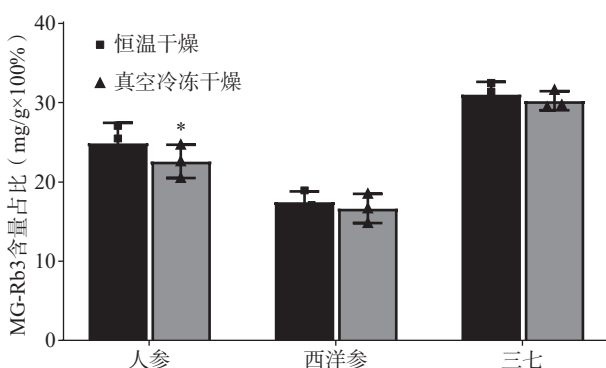


图 5 两种干燥处理方式下人参、西洋参及三七植物花蕾中 MG-Rb3 含量差异
* $P < 0.05$, 与恒温干燥比较。

4 讨论

人参、西洋参和三七均为重要的常用中药材, 对心血管系统、中枢神经系统、代谢和免疫系统方面的疾病均有积极的治疗作用^[18], 其主要成分为中

性皂苷和酸性皂苷, 酸性皂苷主要为 MG。MG 可激活 II 型糖尿病的新靶点 AMPK $\alpha 2\beta 1\gamma 1$ ^[18], 是一种具有潜在抗糖尿病活性的化合物^[19]。做为丙二酰人参皂苷的代表之一, MG-Rb3 具有抗氧化和降糖活性, 但由于天然来源的丙二酰人参皂苷在传统提取分离过程中易降解, 故缺乏可用的分析对照品。本研究利用酶催化 Rb3 丙二酰基化产物作为对照色谱峰, 比较分析了人参、西洋参和三七的根、茎、叶和花蕾 4 个部位中 MG-Rb3 的含量, 发现西洋参中 MG-Rb3 分别在叶和花中含量较高; 而在人参和三七两种植物的花蕾中, MG-Rb3 的含量均较高, 叶次之, 根和茎中最少。由于花蕾并非传统入药部位, 在应用方面, 它被广泛用于冲泡代茶饮等保健品中; 在研究方面, 关于其化学成分以及药理活性的研究也远远不如其他部位, 忽视了其药用价值, 造成了资源浪费。因此, 加深入参属植物花蕾的化学成分及药理活性研究, 对全面认识人参属植物的药效物质基础也会有重要意义。

MG 在高温、酸碱条件下易发生降解, 转变为乙酰基人参皂苷或中性人参皂苷, 这也就导致人参属植物药材的不同加工品中 MG 的含量变化较大, 因此, 研究适合人参属植物的加工处理方式是十分必要的。Xu 等^[17]发现高山栽培人参经冻干处理后 MG 的含量高于自然风干的含量; 张单丽等^[20]发现当 MG 水溶液以 100℃ 的温度加热 8 h, MG 全部降解; 当 MG 粉末以微波加热 120℃ 高温蒸制时, 短时间内均有降解为中性皂苷或稀有皂苷的现象; 当 MG 粉末以烘焙的形式加热时, 即使是高温也未发生降解。李芳等^[21]发现 MG 的降解率随着烘干温度的升高而升高。由此可见, MG 不同的存在形式也会影响其自身的降解, 当以水溶液形式存在时, 降解率随着温度的升高而升高, 但人参属药材入药及提取分离过程中不可避免地会以水溶液及混合物的形式存在, 所以对于人参属药材中 MG 降解因素的研究应以药材本身为材料以及以药材的前期处理方式内容为内容。本研究以 MG 代表成分 MG-Rb3 为研究对象, 围绕其在人参、西洋参及三七不同部位(根、茎、叶、花)中的含量差异及恒温干燥和真空冷冻干燥两种干燥处理方式对该化合物的提取含量进行了分析, 发现花蕾中 MG-Rb3 含量较高且恒温干燥的效果略高于真空冷冻干燥, 提示针对人参属植物中 MG 提取分离或成分分析的研究可以花蕾为材料, 采用温度为 50℃ 的

(下转第 482 页)

- [3] MIRAGLIA D, MIGUELL A, ALONSO W. The evolving role of esmolol in management of pre-hospital refractory ventricular fibrillation; a scoping review[J]. *Arch Acad Emerg Med*, 2020, 8(1): e15.
- [4] 肖小武, 程奇珍, 熊蔚, 等. 盐酸艾司洛尔注射液中杂质的分离、合成与结构鉴定 [J]. *药物分析杂志*, 2011, 31(1): 138-140.
- [5] LEE YC, ALAM AS, BAASKE DM. High-performance liquid chromatographic method for the determination of esmolol hydrochloride[J]. *J Pharm Sci*, 1984, 73(11): 1660-1661.
- [6] 章为, 蒋涛, 刘雁鸣, 等. 盐酸艾司洛尔注射液的有关物质及其质量评价研究 [J]. *中南药学*, 2022, 20(11): 2611-2615.
- [7] HAMEEDAT F, HAWAMDEH S, ALNABULSI S, et al. High performance liquid chromatography(HPLC) with fluorescence detection for quantification of steroids in clinical, pharmaceutical, and environmental samples: a review[J]. *Molecules*, 2022, 27(6): 1807.
- [8] 崔萍, 商少华, 曹庆丰. 高效液相色谱法测定盐酸普萘洛尔中同分异构体杂质 β -普萘洛尔的含量 [J]. *中南药学*, 2024, 22(9): 2415-2419.
- [9] PAPATHEOCHARIDOU C, SAMANIDOU V. Two-dimensional high-performance liquid chromatography as a powerful tool for bioanalysis: the paradigm of antibiotics[J]. *Molecules*, 2023, 28(13): 5056.
- [10] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典二部 [S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 1063-1064.
- [11] 胡昌勤, 张夏. 化学药品杂质谱控制的现状与展望 [J]. *药学学报*, 2019, 54(12): 2214-2231.
- [12] 敖玲玲. 高效液相色谱法测定盐酸艾司洛尔的含量及有关物质 [J]. *中国医药指南*, 2013, 11(29): 328-329.
- [13] 丁洁, 王杰. 高效液相色谱法测定盐酸艾司洛尔及注射液的含量 [J]. *药物分析杂志*, 1997, 17(3): 191-192.
- [14] 刘健, 章为. HPLC 法测定盐酸艾司洛尔注射液含量的改进 [J]. *中国药师*, 2018, 21(1): 180-182.
- [15] United States Pharmacopeial Convention. United States Pharmacopeia-National Formulary [USP 47-NF 42]. Rockville, MD: United States Pharmacopeial Convention; 2024. Esmolol Hydrochloride Injection Monograph.
- [收稿日期] 2025-09-28 [修回日期] 2025-12-02
[本文编辑] 李春德

(上接第 467 页)

恒温干燥处理方式, 上述结果为后续围绕 MG-Rb3 的相关研究提供了有益借鉴。

【参考文献】

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典—部: 2020 年版 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 8.
- [2] CHEN C F, CHIOU W F, ZHANG J T. Comparison of the pharmacological effects of *Panax ginseng* and *Panax quinquefolium*[J]. *Acta Pharmacol Sin*, 2008, 29(9): 1103-1108.
- [3] LIU H B, LU X Y, HU Y, et al. Chemical constituents of *Panax ginseng* and *Panax notoginseng* explain why they differ in therapeutic efficacy[J]. *Pharmacol Res*, 2020, 161: 105263.
- [4] 李伟, 李佳慧, 王建强. 人參食品开发现状与发展趋势 [J]. *吉林农业大学学报*, 2023, 45(6): 656-663.
- [5] 李家磊, 卢淑雯, 任传英, 等. 鲜西洋参饮料加工工艺的研究 [J]. *中国酿造*, 2015, 34(8): 82-85.
- [6] 梁慧慧, 张世亮. 基于网络药理学探究人參-三七药对改善无症状性心肌缺血作用机制 [J]. *世界中医药*, 2022, 17(2): 167-171.
- [7] PIAO X M, ZHANG H, KANG J P, et al. Advances in saponin diversity of *Panax ginseng*[J]. *Molecules*, 2020, 25(15): 3452.
- [8] LI X, LIU J, ZUO T T, et al. Advances and challenges in ginseng research from 2011 to 2020: the phytochemistry, quality control, metabolism, and biosynthesis[J]. *Nat Prod Rep*, 2022, 39(4): 875-909.
- [9] QI L W, WANG C Z, YUAN C S. Isolation and analysis of ginseng: advances and challenges[J]. *Nat Prod Rep*, 2011, 28(3): 467-495.
- [10] SHI X J, YANG W Z, QIU S, et al. An in-source multiple collision-neutral loss filtering based nontargeted metabolomics approach for the comprehensive analysis of malonyl-ginsenosides from *Panax ginseng*, *P. quinquefolius*, and *P. notoginseng*[J]. *Anal Chim Acta*, 2017, 952: 59-70.
- [11] WANG Y S, JIN Y P, GAO W, et al. Complete (1) H-NMR and (13) C-NMR spectral assignment of five malonyl ginsenosides from the fresh flower buds of *Panax ginseng*[J]. *J Ginseng Res*, 2016, 40(3): 245-250.
- [12] 孙光芝, 王继彦, 刘志, 等. 正交试验优选人參中丙二酰基人參皂苷的提取工艺研究 [J]. *中草药*, 2006(8): 1194-1195.
- [13] BAI Y X, CAI G Z, GUO N, et al. UHPLC-MS/MS based saponins profiling of three morphological regions in American ginseng (*Panax quinquefolium* L.) and their correlation with the antioxidant activity[J]. *Food Sci Biotechnol*, 2023, 33(7): 1685-1696.
- [14] 李嘉欣. 西洋参花蕾中丙二酰基人參皂苷对 2 型糖尿病小鼠降糖作用及机制研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2021.
- [15] LIU X, LIU Y Y, XU X P, et al. Molecular characterization and structure basis of a malonyltransferase with both substrate promiscuity and catalytic regiospecificity from *Cistanche tubulosa*[J]. *Acta Pharm Sin B*, 2024, 14(5): 2333-2348.
- [16] LIU Y Y, WANG X H, MO T, et al. Identification and functional application of a new malonyltransferase NbMaT1 towards diverse aromatic glycosides from *Nicotiana benthamiana*[J]. *RSC Adv*, 2017, 7(34): 21028-21035.
- [17] XU X F, XU S Y, ZHANG Y, et al. Chemical comparison of two drying methods of mountain cultivated ginseng by UPLC-QTOF-MS/MS and multivariate statistical analysis[J]. *Molecules*, 2017, 22(5): 717.
- [18] QIU S, YANG W Z, YAO C L, et al. Malonylginsenosides with potential antidiabetic activities from the flower buds of *Panax ginseng*[J]. *J Nat Prod*, 2017, 80(4): 899-908.
- [19] QIU S, YANG W Z, YAO C L, et al. Nontargeted metabolomic analysis and “commercial-homophyletic” comparison-induced biomarkers verification for the systematic chemical differentiation of five different parts of *Panax ginseng*[J]. *J Chromatogr A*, 2016, 1453: 78-87.
- [20] 张单丽, 李梦瑶, 王东升, 等. 不同加热方式对丙二酰基人參皂苷降解的影响及抗氧化活性的变化 [J]. *吉林农业大学学报*, 2023, 45(6): 773-780.
- [21] 李芳, 李乔, 宋丹, 等. 不同干燥方法对人參花和西洋参花皂苷类成分的影响 [J]. *中草药*, 2015, 46(19): 2937-2942.
- [收稿日期] 2024-10-28 [修回日期] 2025-07-23
[本文编辑] 李春德