

不同干燥方式对人参果浆中稀有皂苷生成的影响

莫秀丽¹, 任红红^{2#}, 高晴晴³, 闫永涛², 程天宇³, 李晓敏^{2*}, 赵余庆^{1*}

1. 延边大学 长白山天然药物研究教育部重点实验室, 吉林 延吉 133002

2. 完美(广东)日用品有限公司, 广东 中山 528402

3. 沈阳药科大学, 辽宁 沈阳 110016

摘要: **目的** 研究采不同干燥方法对人参 *Panax ginseng* 果浆中原型皂苷降解和稀有皂苷生成的影响。**方法** 采用 HPLC 建立了同步检测 11 种人参皂苷含量的分析方法, 对采用冷冻、电热、汽热 3 种方法干燥的人参果浆样品中原型皂苷和稀有皂苷的含量进行了测定。**结果** 与未干燥处理的人参果浆进行对比, 冷冻干燥样品中 11 种人参皂苷含量变化较小; 人参果浆电热干燥和汽热干燥样品中原型皂苷发生降解, 稀有皂苷生成出现不同程度增加。**结论** 人参果浆经电热干燥和汽热干燥后原型人参皂苷 Re、Rg₁、Rb₁、Rc、Rb₂、Rb₃ 发生降解, 稀有人参皂苷 F₁、Rh₁、Rg₃、Rk₁、Rh₂ 含量增加。

关键词: 人参; 人参果浆; 冷冻、电热、汽热干燥; 稀有皂苷; 人参皂苷 Re; 人参皂苷 Rg₁; 人参皂苷 Rb₁; 人参皂苷 Rc; 人参皂苷 Rb₂; 人参皂苷 Rb₃; 人参皂苷 F₁; 人参皂苷 Rh₁; 人参皂苷 Rg₃; 人参皂苷 Rk₁; 人参皂苷 Rh₂

中图分类号: R286.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2023)24-8200-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.24.024

Effect of different drying methods on production of rare saponins in *Panax ginseng* pulp

MO Xiu-li¹, REN Hong-hong², GAO Qing-qing³, YAN Yong-tao², CHENG Tian-yu³, LI Xiao-min², ZHAO Yu-qing¹

1. Yanbian University, Changbaishan Key Laboratory of Natural Medicine Research of Ministry of Education, Yanji 133002, China

2. Perfect (Guangdong) Commodity Co., Ltd., Zhongshan 528402, China

3. Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China

Abstract: Objective To investigate the effects of freezing, electric heating and steam drying methods on the degradation of prototype saponins and the formation of rare saponins in Renshen (*Panax ginseng* C. A. Mey.) pulp. **Methods** HPLC was used to establish an analytical method for the simultaneous detection of the content of 11 ginsenosides, and the contents of prototype saponins and rare saponins in the dried samples of *P. ginseng* pulp were determined. **Results** Compared with the undried *P. ginseng* pulp, the content of 11 ginsenosides in freeze-dried samples changed little. The prototype saponins were degraded in the samples of *P. ginseng* pulp electrothermal drying and steam drying, and the production of rare saponins increased to varying degrees. **Conclusion** After electric drying and steam drying, the prototype ginsenosides Re, Rg₁, Rb₁, Rc, Rb₂ and Rb₃ were degraded, and the contents of rare ginsenosides F₁, Rh₁, Rg₃, Rk₁ and Rh₂ increased.

Key words: *Panax ginseng* C. A. Mey.; *P. ginseng* bpulp; freezing, electro-thermal and steam-thermal drying method; rare ginsenosides; ginsenoside Re; ginsenoside Rg₁; ginsenoside Rb₁; ginsenoside Rc; ginsenoside Rb₂; ginsenoside Rb₃; ginsenoside F₁; ginsenoside Rh₁; ginsenoside Rg₃; ginsenoside Rk₁; ginsenoside Rh₂

人参 *Panax ginseng* C. A. Mey. 的成熟果实的形状 种子, 其成熟前的生长过程中呈深度不一的绿色, 七、小而圆, 属于浆果类型, 果实的内部含有 2 粒圆形的 八月时种子成熟时果实呈鲜红色, 成熟后脱去浆果干

收稿日期: 2023-05-06

基金项目: 高等教育学科创新项目 (D18012)

作者简介: 莫秀丽 (2000—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为药学。

*通信作者: 赵余庆 (1957—), 男, 教授, 研究方向为药食同源品功效物质发现与健康食品研发。E-mail: zyzq2022@126.com

李晓敏 (1971—), 女, 高级工程师, 研究方向为健康食品、化妆品研发。

#共同第一作者: 任红红 (1981—), 女, 工程师, 研究方向为化妆品、健康食品研发。

燥后的皮壳,就是人参种子。具有“益气、强身、延缓衰老”的作用,是我国特有的种质资源之一。人参果实是我国的主要产地为吉林省,每年人参果实产量可达到 800 余吨,其原料价格较人参性价比高。

近年来,多种化学成分从人参果肉中被分离出来,包括人参皂苷类^[1-4]、多糖类^[5]、氨基酸类^[6-7]、无机元素^[8-9]等,与人参根具有相似性^[10-12],使人参果也具有多种药理作用,包括提高免疫力^[13-14]、保护心肌^[15]、治疗糖尿病^[16-17]、抑制癌细胞增殖^[18-19]、减轻脑损伤^[20]、抗疲劳^[21]等。

文献报道人参果中富含人参皂苷,原型人参皂苷含量高^[22],其中总皂苷含量约为人参根的 4 倍,人参皂苷 Re 为人参果中含量最高的皂苷单体,约为人参根的 30 倍;人参果与人参根部共同含有的人参皂苷有人参皂苷 Rb₁、人参皂苷 Rb₂、人参皂苷 Rc、人参皂苷 Rd、人参皂苷 Re、人参皂苷 Rg₁ 等,这些人参皂苷主要为原型人参皂苷。本课题组前期从人参果中分离得到多种稀有人参皂苷,如人参皂苷 Rg₃、人参皂苷 Rg₂、三醇组稀有皂苷元原人参三醇(protopanaxatriol, PPT),以及具有显著抗肿瘤活性的新稀有皂苷元 R 型 AD-1、25-OCH₃-PPT、20-OCH₃-AD-2、20,25-2OCH₃-PPD 等^[23-26]。

干燥处理^[27]是鲜人参制成药材的关键步骤,使其易于保存和药用。现代研究证明,人参加热后原生皂苷发生降解^[28-31],产生活性更强的稀有人参皂苷^[32]。研究表明,人参果浆含有与人参根类似的皂苷类成分和生物活性,然而人参果浆易腐败,不易保存,导致化学成分发生变化,拟通过干燥处理以延长人参果浆的储存期。目前,未见有人参果浆干燥处理的文献报道,本研究通过研究不同干燥方式对人参果浆中原型皂苷降解和稀有皂苷生成的影响,优选人参果浆的干燥处理方法,为人参果浆收集、存储和资源的合理利用提供依据。

1 仪器与材料

BSA124S 型电子分析天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司),UV-2800 型紫外可见分光光度计(尤尼柯(上海)仪器有限公司),WB-2000 型水浴锅(郑州长城科工贸有限公司),202-2AB 型电热恒温干燥箱(天津市泰斯特仪器有限公司),FD-1B-50 型真空冷冻干燥机(北京博医康实验仪器有限公司),DTA-27J 型超声波清洗器(济宁科源超声波设备有限公司),L-2200 型高效液相色谱仪(株式会社日立制作所)。

人参皂苷 Re (PRF20092701)、Rg₁ (PRF22040803)、F₁ (PRF20070943)、Rh₁ (PRF21072101)、Rb₁ (PRF22030402)、Rc (PRF10021945)、Rb₂ (PRF21091822)、Rb₃ (PRF21042043)、Rg₃ (PRF21040801)、Rk₁ (PRF20061501)、Rh₂ (PRF21032601) 质量分数均>98%,成都普瑞法科技发展有限公司,乙腈、甲醇(色谱纯,天津市永大化学试剂有限公司),其他溶剂均为分析纯,实验用水为娃哈哈纯净水。

人参果浆于 2022 年 8 月购买于中国吉林集安市清河镇参果加工厂(批号 20220816)。

2 方法与结果

2.1 人参果浆的干燥处理方法

将人参果浆样品摇晃均匀,称取适量的人参果浆样品,分为冷冻干燥人参果浆组(FGF)、电热干燥人参果浆组(EGF)、汽热干燥人参果浆组(SGF),每组分别称取 3 份,具体干燥流程如下。

(1) FGF: 置于真空冷冻干燥机内-70 ℃冷冻干燥 24 h。

(2) EGF: 置于蒸发皿中于恒温电热干燥箱内,加热温度为 100 ℃,干燥时间为 3 h。

(3) SGF: 置于蒸发皿中,置于水浴锅上,加热温度为 100 ℃,干燥时间为 3 h。测定结果表明,3 种干燥方式的人参果浆失水率分别为 94.2%、94.5%、94.5%。

失水率=(鲜质量-干质量)/鲜质量

2.2 不同干燥样品中人参皂苷成分测定

2.2.1 不同干燥方式供试品溶液的制备 精密称量人参果浆 3 g、FGF 组为 0.165 3 g、EGF 组为 0.165 0 g、SGF 组为 0.174 5 g(由失水率计算,3 组约为人参果浆 3 g),分别用 20 倍量 75%乙醇超声提取 2 次,每次 30 min,静置,滤过,合并 2 次滤液,减压回收溶剂,干燥后样品用色谱甲醇溶解,定容至 10 mL 量瓶,过 0.45 μm 有机系滤头,待测。

2.2.2 对照品溶液的制备 精确称取人参皂苷对照品于 1 mL 量瓶中,用色谱甲醇溶解,定容至刻度线,摇匀,用 0.45 μm 有机系滤头滤过,得到含 28.220 mg/mL 人参皂苷 Re、10.000 mg/mL 人参皂苷 Rg₁、0.105 mg/mL 人参皂苷 F₁、0.950 mg/mL 人参皂苷 Rh₁、0.500 mg/mL 人参皂苷 Rb₁、0.500 mg/mL 人参皂苷 Rc、0.500 mg/mL 人参皂苷 Rb₂、2.700 mg/mL 人参皂苷 Rb₃、0.515 mg/mL 人参皂苷 Rg₃、0.575 mg/mL 人参皂苷 Rk₁、0.500 mg/mL 人参皂

昔 Rh₂ 的混合对照品溶液。

2.2.3 色谱条件 高效液相色谱配备 UV 检测器; 色谱柱为 Agela Promosil C₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 体积流量 1.0 mL/min; 进样体积 20 μL; 柱温 30 ℃; 检测波长 203 nm; 流动相为乙腈 (A)-水 (B), 梯度洗脱: 0~10 min, 22~27%A; 10~15 min, 27%A~30%A; 15~35 min, 30~32%A; 35~40 min, 32%~35%A; 40~43 min, 35~40%A; 43~48 min, 40~46.9%A; 48~50 min, 46.9~47.6%A; 50~65 min,

47.6~48.5%A; 65~68 min, 48.5~53%A; 68~73 min, 53~65%A; 73~78 min, 65%~85%A; 78~83 min, 85%A; 83~85 min, 85~22%A; 85~95 min, 22%A。

2.2.4 线性关系考察 将混合对照品溶液, 逐级稀释到 6 个不同质量浓度, 按色谱条件进样分析, 以各对照品的质量浓度为横坐标 (X), 与之对应的峰面积为纵坐标 (Y), 绘制各人参皂苷对照品的标准曲线, 并进行回归计算, 得到线性回归方程、线性范围和相关系数 (r), 详见表 1。

表 1 11 种人参皂苷的线性方程

Table 1 Linear equation of 11 kinds of ginsenosides

化合物	线性方程	线性范围/(mg·mL ⁻¹)	r
人参皂苷 Rb ₁	$Y=6 \times 10^8 X+6\ 723.3$	0.050~0.500	0.999 3
人参皂苷 Rc	$Y=6 \times 10^6 X+3\ 235.4$	0.050~0.600	0.999 6
人参皂苷 Rb ₂	$Y=2 \times 10^6 X-2557$	0.050~0.600	0.999 4
人参皂苷 Rb ₃	$Y=608\ 626 X+9\ 809.6$	0.270~2.70	0.999 2
人参皂苷 Rg ₃	$Y=2 \times 10^7 X-50\ 240$	0.051 5~0.617 4	0.999 2
人参皂苷 Rh ₂	$Y=2 \times 10^8 X-25\ 032$	0.050~0.600	0.999 5
人参皂苷 Rk ₁	$Y=322\ 155 X+2\ 174.7$	0.066~0.660	0.999 4
人参皂苷 Re	$Y=332\ 601 X+67549$	2.822~28.220	0.999 0
人参皂苷 Rg ₁	$Y=267\ 289 X-7\ 173.7$	0.040~10.000	0.999 6
人参皂苷 F ₁	$Y=4 \times 10^6 X+1\ 988.4$	0.010 5~0.105 0	0.999 1
人参皂苷 Rh ₁	$Y=222\ 193 X+718.83$	0.095~0.950	0.999 3

2.2.5 精密度试验 取混合对照品溶液, 连续进样 6 次, 测定 11 种皂苷色谱峰的峰面积。人参皂苷 Rb₁、Rc、Rb₂、Rb₃、Rg₃、Rh₂、Rk₁、Re、Rg₁、F₁、Rh₁ 峰面积的 RSD 值分别为 1.53%, 1.55%, 1.42%, 0.96%, 1.54%, 1.68%, 1.09%, 1.22%, 1.79%, 1.01%, 0.97%。各人参皂苷的 RSD 值均小于 2%, 表明仪器精密度良好。

2.2.6 稳定性试验 取一份电热干燥的人参果浆样品供试品溶液, 分别在配制好后 0、2、4、8、16、24 h 进样测定, 计算供试品溶液中 11 种人参皂苷 Rb₁、Rc、Rb₂、Rb₃、Rg₃、Rh₂、Rk₁、Re、Rg₁、F₁、Rh₁ 峰面积的 RSD 值, 分别为 2.21%, 2.34%, 2.95%, 2.46%, 2.67%, 1.83%, 2.35%, 2.56%, 2.38%, 2.49%, 2.61%。各人参皂苷的 RSD 值均小于 3%, 表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

2.2.7 重复性试验 平行制备 6 份电热干燥人参果浆样品供试品溶液, 按色谱条件, 进样检测分析, 计算供试品溶液中 11 种人参皂苷 Rb₁、Rc、Rb₂、Rb₃、Rg₃、Rh₂、Rk₁、Re、Rg₁、F₁、Rh₁ 峰面积的 RSD 值, 分别为 2.21%, 2.34%, 2.95%, 2.46%, 2.67%, 1.83%, 2.35%, 2.56%, 2.38%, 2.49%, 2.61%。各人参皂苷的 RSD 值均小于 3%, 表明供试品溶液

制备方法重复性良好。

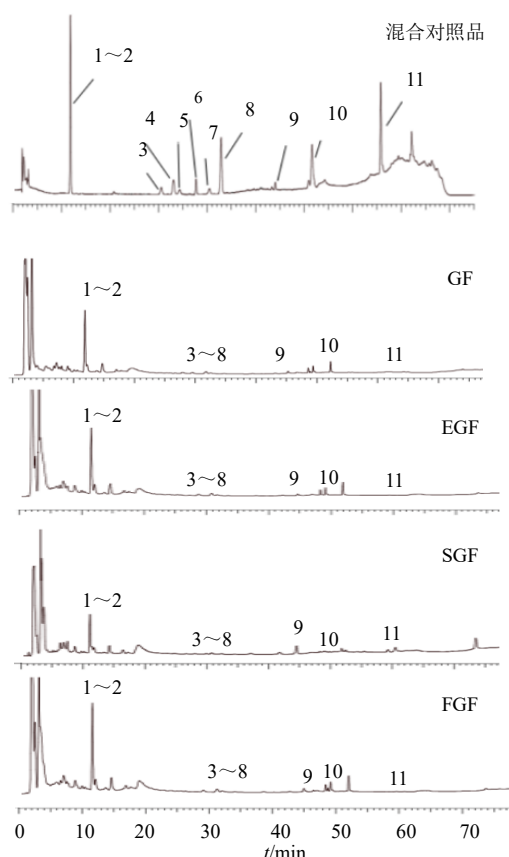
2.2.8 加样回收率试验 称取人参果浆电热干燥样品 0.165 g, 共 6 份。分别加入与样品中 11 种人参皂苷含量相当的对照品溶液, 按照供试品制备方法制备成加样供试品溶液。测定 11 种人参皂苷的含量, 计算加样回收率。人参皂苷 Rb₁、Rc、Rb₂、Rb₃、Rg₃、Rh₂、Rk₁、Re、Rg₁、F₁、Rh₁ 的加样回收率分别为 99.13%、98.23%、100.48%、102.18%、101.32%、99.05%、98.69%、97.32%、100.65%、99.78%、101.35%, RSD 值分别为 1.26%、1.03%、1.12%、1.35%、0.89%、0.91%、1.32%、0.98%、0.86%、1.16%、1.48%。

2.2.9 人参皂苷含量测定 按“2.2.3”项色谱条件测定“2.2.1”项下制备的供试品溶液中 11 种皂苷的含量。每个样品重复进样 3 次, 取平均峰面积根据线性方程计算不同干燥处理方式人参果浆样品中的 11 种人参皂苷的含量。

2.3 人参皂苷含量测定结果

人参皂苷对照品混合溶液、GF、FGF、EGF 及 SGF 的 HPLC 色谱图见图 1, 11 种人参皂苷的含量见表 2。

如表 2 所示, 在加热条件下, 原型皂苷可以转化为稀有皂苷, 人参果浆经过处理后, 原型皂苷人



1-人参皂苷 Re 2-人参皂苷 Rg₁ 3-人参皂苷 Rb₁ 4-人参皂苷 Rh₁ 5-人参皂苷 Rc 6-人参皂苷 Rb₂ 7-人参皂苷 Rb₃ 8-人参皂苷 F₁ 9-人参皂苷 Rg₃ 10-人参皂苷 Rk₁ 11-人参皂苷 Rh₂
1-ginsenoside Re 2-ginsenoside Rg₁ 3-ginsenoside Rb₁ 4-ginsenoside Rh₁ 5-ginsenoside Rc 6-ginsenoside Rb₂ 7-ginsenoside Rb₃ 8-ginsenoside F₁ 9-ginsenoside Rg₃ 10-ginsenoside Rk₁ 11-ginsenoside Rh₂

图 1 人参皂苷混合对照品和 GF、FGF、EGF、SGF 样品 HPLC 色谱图

Fig. 1 HPLC Chromatogram of 11 kinds of ginsenosides, GF, FGF, EGF, SGF

表 2 混合对照品和 GF、FGF、EGF 和 SGF 样品中的 11 种人参皂苷含量

Table 2 Content of 11 kinds of ginsenosides in GF, FGF, EGF and SGF

样品	质量分数/(mg·g ⁻¹)										
	人参皂苷 Re	人参皂苷 Rg ₁	人参皂苷 Rb ₁	人参皂苷 Rc	人参皂苷 Rb ₂	人参皂苷 Rb ₃	人参皂苷 F ₁	人参皂苷 Rh ₁	人参皂苷 Rg ₃	人参皂苷 Rk ₁	人参皂苷 Rh ₂
GF	74.984	13.395	0.106	0.077	0.044	1.667	0.134	1.038	0.026	0.086	0.904
FGF	65.304	18.608	0.437	0.084	0.016	0.299	0.079	1.099	0.010	0.049	1.501
EGF	52.021	22.314	0.394	0.033	0.038	0.711	0.104	3.624	0.022	0.081	2.110
SGF	51.984	26.921	0.361	0.147	0.028	0.525	0.107	3.444	0.013	1.871	0.772

与未经过处理的人参果浆相比, 经过 3 种干燥方式后, 11 种人参皂苷含量都有下降趋势, 人参皂苷 Re 含量的变化量最大, 相比较于其它干燥方式, 冷冻干燥对其影响最小, 电热干燥处理后 11 种人参皂苷含量最低, 降解程度较大。经过汽热干燥后, 5 种

人参皂苷 Re 变化最为明显, 其次是人参皂苷 Rg₁, 除人参皂苷 Rh₂ 外, EGF、SGF 的稀有皂苷含量都明显高于 FGF。如图 2 所示, FGF 与 GF 中 11 种人参皂苷的含量变化较小; EGF 中 11 种人参皂苷的总含量最低, 降解程度较高。

如图 3 所示, 4 组人参果浆样品中稀有人参皂苷 F₁、Rh₁、Rg₃、Rk₁ 和 Rh₂ 的含量由高到低分别为 SGF>EGF>FGF>GF; 5 种稀有皂苷中人参皂苷 Rh₁ 和人参皂苷 Rh₂ 的含量较高。

3 讨论

本实验分别采用冷冻干燥、电热干燥、汽热干燥等 3 种干燥方法对人参果浆进行处理, 采用高效液相色谱法对新鲜果浆以及处理后的样品中的 11 种人参皂苷 Re、Rg₁、F₁、Rh₁、Rb₁、Rc、Rb₂、Rb₃、Rg₃、Rk₁、Rh₂ 进行定性和定量分析。3 种干燥处理的人参果浆样品 (FGF、EGF 及 SGF) 与 GF 的原型人参皂苷和稀有人参皂苷含量对比分析的结果显示, FGF 与 GF 中原型人参皂苷总含量接近。EGF 及 SGF 样品在高温加热条件下, 原型人参皂苷发生降解, 稀有皂苷生成量不同程度的增加。人参皂苷 Rb₁、Rb₂、Rb₃ 和 Rc 可在高温加热条件下发生降解和转化, 产生人参皂苷 Rd。人参皂苷 Rd 的 C-20 位葡萄糖基的进一步降解产生人参皂苷 Rg₃, 人参皂苷 Rg₃ 在 C-20 位的脱水产生人参皂苷 Rk₁, 在 C-20 处为失去一个葡萄糖成为人参皂苷 Rh₂^[34-35]。同理, Re 可以通过脱去葡萄糖和鼠李糖转化为人参皂苷 Rh₁, 人参皂苷 Rg₁ 和人参皂苷 Rg₂, Rg₁ 也可以进一步转化成人参皂苷 Rh₁。另一方面, 人参皂苷 Rg₁ 和人参皂苷 Rg₂ 可以进一步转化为人参皂苷 F₁, 而最终人参皂苷 F₁ 和人参皂苷 Rh₁ 可转化为 PPT^[35]。

稀有皂苷含量较高, 其中人参皂苷 Rh₁、人参皂苷 Rk₂ 占比最高。

冷冻干燥可减少高温对人参果浆中人参皂苷的降解, 但干燥成本较高; 汽热干燥和电热干燥操作简便, 设备成本低, 得到的人参果浆干燥品中含有

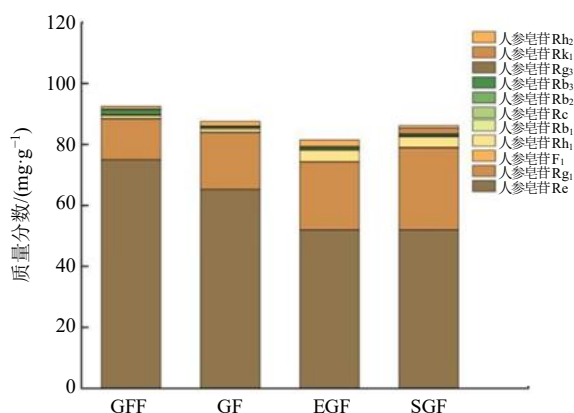


图 2 GF、FGF、EGF 和 SGF 中 11 种人参皂苷总含量
Fig. 2 Total content of 11 kinds of ginsenosides in GF, FGF, EGF and SGF

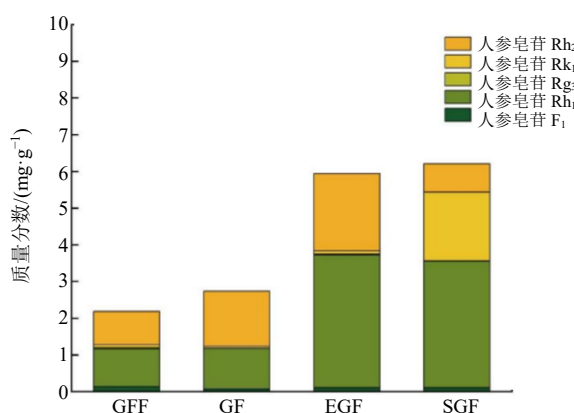


图 3 GF、FGF、EGF 和 SGF 中 5 种稀有人参皂苷总含量
Fig. 3 Total content of five rare ginsenosides in GF, FGF, EGF and SGF

生物活性较强的稀有人参皂苷，适用于产地及生产企业大量加工处理，可为人参果浆的保存及开发应用提供参考。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Yang W Z, Ye M, Qiao X, *et al.* A strategy for efficient discovery of new natural compounds by integrating orthogonal column chromatography and liquid chromatography/mass spectrometry analysis: Its application in *Panax ginseng*, *Panax quinquefolium* and *Panax notoginseng* to characterize 437 potential new ginsenosides [J]. *Anal Chim Acta*, 2012, 739: 56-66.
- [2] 于雪妮, 冯小刚, 张建民, 等. 人参化学成分与药理作用研究新进展 [J]. *人参研究*, 2019, 31(1): 47-51.
- [3] 徐梦丹, 张雪晶, 刘小康, 等. 基于趁鲜切制与传统切

制工艺的人参饮片质量评价分析 [J]. *中草药*, 2023, 54(8): 2437-2445.

- [4] 于明, 赵余庆. 人参果中三萜类成分的化学研究 [J]. *中草药*, 2004, 35(11): 1221-1223.
- [5] 张彬, 林瑞超, 冯芳. 人参多糖的研究概况 [J]. *中国药事*, 2004, 18(9): 566-569.
- [6] 李珊珊, 祝贺, 祁玉丽, 等. 人参果多糖的分离纯化及体外抗氧化活性研究 [J]. *食品工业科技*, 2018, 39(4): 73-76.
- [7] 孙伟娜, 王继彦. 人参果肉的氨基酸成分分析 [J]. *长春中医药大学学报*, 2009, 25(1): 25-26.
- [8] 王继彦, 李向高, 许传莲, 等. 人参果中挥发油和无机元素的分析 [J]. *吉林农业大学学报*, 2004, 26(1): 53-56.
- [9] 赵相, 王作华, 林春竹, 等. 小红参、人参果等中药微量元素含量及其临床意义探讨 [J]. *中西医结合杂志*, 1988, 8(7): 419-420.
- [10] Attele A S, Zhou Y P, Xie J T, *et al.* Antidiabetic effects of *Panax ginseng* berry extract and the identification of an effective component [J]. *Diabetes*, 2002, 51(6): 1851-1858.
- [11] 陶丽, 李珂珂, 李东霞, 等. 人参果中皂苷类化学成分研究 [J]. *中国现代中药*, 2018, 20(8): 928-935.
- [12] 徐敏, 占扎君, 章小永. 人参果的化学成分研究 [J]. *中草药*, 2007, 38(5): 667-669.
- [13] Choi J, Nam J H, Rod-In W, *et al.* Korean ginseng berry polysaccharide enhances immunomodulation activities of peritoneal macrophages in mice with cyclophosphamide-induced immunosuppression. [J]. *J Microbiol Biotechnol*. 2023 28;33(6): 840-847.
- [14] Wang Y Y, Huang M Y, Sun R L, *et al.* Extraction, characterization of a Ginseng fruits polysaccharide and its immune modulating activities in rats with Lewis lung carcinoma [J]. *Carbohydr Polym*, 2015, 127: 215-221.
- [15] Liu M Y, Liu J Y, Zhang L J, *et al.* Antidepressant-like effects of ginseng fruit saponin in myocardial infarction mice [J]. *Biomedicine Pharmacother*, 2019, 115: 108900.
- [16] Chen Q L, Zhu L, Tang Y N, *et al.* Preparation-related structural diversity and medical potential in the treatment of diabetes mellitus with ginseng pectins [J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2017, 1401(1): 75-89.
- [17] Kim S T, Kim H B, Lee K H, *et al.* Steam-dried ginseng berry fermented with *Lactobacillus plantarum* controls the increase of blood glucose and body weight in type 2 obese diabetic db/db mice [J]. *J Agric Food Chem*, 2012, 60(21): 5438-5445.
- [18] Zhao J M, Li N, Zhang H, *et al.* Novel dammarane-type saponin from *Panax ginseng* berry and their biological activities [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2011, 21(3): 1027-

- 1031.
- [19] Wang W, Wang H, Rayburn E R, *et al.* 20(S)-25-methoxyl-dammarane-3 β , 12 β , 20-triol, a novel natural product for prostate cancer therapy: Activity *in vitro* and *in vivo* and mechanisms of action [J]. *Br J Cancer*, 2008, 98(4): 792-802.
- [20] Liu Y B, Sun D Z, Chen K C, *et al.* Based on molecular docking to evaluate the protective effect of saponins from ginseng berry on D-gal-induced brain injury via multiple molecular mechanisms in mice [J]. *J Funct Foods*, 2022, 97: 105224.
- [21] Jiao Y, Chen J J, Hao F Q, *et al.* Ginseng pectin WPGA alleviates exercise-induced fatigue by enhancing gluconeogenesis [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2022, 2022: 7973380.
- [22] Yahara S, Kaji K, Tanaka O. Further study on dammarane-type saponins of roots, leaves, flower-buds, and fruits of *Panax ginseng* C. A. Meyer [J]. *Chem Pharm Bull*, 1979, 27(1): 88-92.
- [23] 赵余庆, 袁昌鲁, 吕浩然. 人参果中抗癌活性成分 20(R)-人参皂甙-Rh₂ 的分离与鉴定 [J]. 中国中药杂志, 1991, 16(11): 678-679.
- [24] 于明, 赵余庆. 人参果中一对构型异构体的分离与鉴定 [J]. 中草药, 2002, 33(5): 404-405.
- [25] 高海燕, 辛艳飞, 李巍, 等. LC-MS/MS 法测定 Beagle 犬血浆中人参果抗肿瘤活性成分 25-OCH₃-PPD [J]. 中药新药与临床药理, 2012, 23(3): 312-315.
- [26] 赵余庆, 袁昌鲁, 吕浩然. 人参果化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 1993, 18(5): 296-297.
- [27] 张昊, 刘伟, 朱亮亮, 等. 人参产地趁鲜切制技术对人参有效成分含量的影响 [J]. 吉林农业大学学报, 2012, 25: 1-13.
- [28] Wang L J, Yang X S, Yu X N, *et al.* Evaluation of antibacterial and anti-inflammatory activities of less polar ginsenosides produced from polar ginsenosides by heat-transformation [J]. *J Agric Food Chem*, 2013, 61(50): 12274-12282.
- [29] Jang H J, Han I H, Kim Y J, *et al.* Anticarcinogenic effects of products of heat-processed ginsenoside Re, a major constituent of ginseng berry, on human gastric cancer cells [J]. *J Agric Food Chem*, 2014, 62(13): 2830-2836.
- [30] Cho J G, Lee D Y, Shrestha S, *et al.* Three new ginsenosides from the heat-processed roots of *Panax ginseng* [J]. *Chem Nat Compd*, 2013, 49(5): 882-887.
- [31] Shin M S, Song J H, Choi P, *et al.* Stimulation of innate immune function by *Panax ginseng* after heat processing [J]. *J Agric Food Chem*, 2018, 66(18): 4652-4659.
- [32] Bae E A, Han M J, Choo M K, *et al.* Metabolism of 20(S)- and 20(R)-ginsenoside Rg₃ by human intestinal bacteria and its relation to *in vitro* biological activities [J]. *Biol Pharm Bull*, 2002, 25(1): 58-63.
- [33] Han B H, Park M H, Han Y N, *et al.* Degradation of ginseng saponins under mild acidic conditions [J]. *Planta Med*, 1982, 44(3): 146-149.
- [34] Liu Z, Xia J, Wang C Z, *et al.* Remarkable impact of acidic ginsenosides and organic acids on ginsenoside transformation from fresh ginseng to red ginseng [J]. *J Agric Food Chem*, 2016, 64(26): 5389-5399.
- [35] 李想. 热加工对人参花及人参果肉中酚类成分、抗氧化活性及皂苷转化机制的影响 [D]. 北京: 北京林业大学, 2018.

[责任编辑 时圣明]