

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240613002

# 高效液相色谱法同时测定人参中人参皂苷 F<sub>2</sub> 和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 的含量

罗功才\*, 蒲长军

[纽斯葆广赛(广东)生物科技股份有限公司, 广州 510920]

**摘要:** **目的** 建立反相高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)同时测定人参中人参皂苷 F<sub>2</sub> 和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 含量的分析方法。**方法** 样品经高温高压蒸汽灭菌处理后, 以 0.4%磷酸水溶液:乙腈(90:10, V:V)为流动相, 梯度洗脱, 样品经 C<sub>18</sub> 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm)分离, 并于 203 nm 波长检测。**结果** 人参皂苷 F<sub>2</sub> 在质量浓度 8.46~84.56 μg/mL 之间呈现良好的线性关系,  $r^2=1.0000$ , 加标回收率为 97.54%~104.28%, 相对标准偏差为 2.4%; 人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 在质量浓度 18.61~139.60 μg/mL 之间呈现良好的线性关系,  $r^2=0.9999$ , 加标回收率在 96.42%~102.25%之间, 相对标准偏差为 2.0%。**结论** 该方法前处理简捷、快速, 色谱分析又能同时测定人参(药材)中人参皂苷 F<sub>2</sub> 和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 含量, 提高检测效率, 可用于实验室对人参中人参皂苷 F<sub>2</sub> 和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 的批量检测。

**关键词:** 高温高压; 高效液相色谱法; 人参皂苷 F<sub>2</sub>; 人参皂苷 Rg<sub>3</sub>

## Simultaneous determination of the content of ginsenoside F<sub>2</sub> and ginsenoside Rg<sub>3</sub> in ginseng by high performance liquid chromatography

LUO Gong-Cai\*, PU Chang-Jun

[Nuspower Greatsun (Guangdong) Biotechnology Co., Ltd., Guangzhou 510920, China]

**ABSTRACT: Objective** To establish a method for the simultaneous determination ginsenoside F<sub>2</sub> and ginsenoside Rg<sub>3</sub> in ginseng by antiphase high performance liquid chromatography (HPLC). **Methods** The sample was subjected to high-temperature and high-pressure steam after sterilization treatment. Using 0.4% phosphoric acid water: acetonitrile (90:10, V:V) as mobile phase, gradient elution was performed. The sample was separated by C<sub>18</sub> column (250 mm×4.6 mm, 5 μm) and detected at 203 nm wavelength. **Results** Ginsenoside F<sub>2</sub> had a good linear relationship in range of 8.46~84.56 μg/mL ( $r^2=1.0000$ ), the recoveries for spiked samples were 97.54%~104.28%, with the relative standard deviation of 2.4%. Ginsenoside Rg<sub>3</sub> had a good linear relationship in range of 18.61~139.60 μg/mL ( $r^2=0.9999$ ), the recoveries for spiked samples were 96.42%~102.25%, with the relative standard deviation of 2.0%. **Conclusion** This method has simple and fast preprocessing, and chromatographic analysis can simultaneously determine the content of ginsenoside F<sub>2</sub> and ginsenoside Rg<sub>3</sub> in ginseng (medicinal material), improving detection efficiency. It can be used for batch detection of ginsenoside F<sub>2</sub> and ginsenoside Rg<sub>3</sub> in ginseng in the laboratory.

基金项目: 广州市地方产业发展关联项目

Fund: Supported by the Local Industry Development Related Projects in Guangzhou

\*通信作者: 罗功才, 主管药师, 主要研究方向为药品、保健食品(含食品)和化妆品的质量标准和质量检测。E-mail: 2743197630@qq.com

\*Corresponding author: LUO Gong-Cai, Pharmacist, Nuspower Greatsun (Guangdong) Biotechnology Co., Ltd., Guangzhou 510920, China. E-mail: 2743197630@qq.com

**KEY WORDS:** high temperature and high pressure; high performance liquid chromatography; ginsenoside F<sub>2</sub>; ginsenoside Rg<sub>3</sub>

## 0 引言

近年来,随着保健品行业的快速发展,人们对药、食两用药材人参的功效作用的应用开发力度不断加大,由开发普通皂苷逐渐转变为向稀有皂苷如人参皂苷 F<sub>2</sub> 和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 的开发。由于人参皂苷 F<sub>2</sub> 和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 对人体有安神益智、复脉固脱、补气益血、抗衰老、提高免疫力<sup>[1]</sup>,尤其是人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 有抗肿瘤的作用<sup>[2-7]</sup>,人参皂苷 F<sub>2</sub> 有抗炎、改善胰岛素抵抗作用<sup>[8-9]</sup>,同时,两种皂苷在人体的生物利用度较大,更利于人体对其营养成分的吸收<sup>[10-15]</sup>,因此,药、食两行业均加大了对稀有皂苷功效作用的研究和开发,如通过直接加工人参,将人参粉与菌种混合进行发酵,做成营养价值更大、食用更方便的保健饮品,市场前景可观。

由于人参被广泛用作保健食品的原料,监测其功效指标人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 和人参皂苷 F<sub>2</sub> 的含量对评价保健食品的营养价值具有重要参考意义。然而,中华人民共和国药典(2020 年版一部)、中华人民共和国国家标准(GB/T 22996—2008《人参中多种人参皂甙含量的测定 液相色谱-紫外检测法》)和中华人民共和国农业行业标准(NY/T 1842—2010《人参皂苷的测定》)均没有关于两种皂苷的检测方法。目前,对人参中这两种皂苷含量同时测定或分离的文献报道也不多。因此本研究拟开发一种用高效液相色谱法同时测定人参中人参皂苷 F<sub>2</sub> 和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 的含量的分析方法<sup>[16-21]</sup>,以期为人参药材的质量控制提供可靠、准确的检测手段,并为食品、药品安全提供有力保障。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

人参[纽斯葆广赛(广东)生物科技股份有限公司]。

人参皂苷 F<sub>2</sub>(含量 99.95%,批号 180025-202203)、人参皂苷 Rg<sub>3</sub>(含量 98.38%,批号 180053-202111)(上海鸿永生物科技有限公司);甲醇、乙腈(色谱纯,美国科鲁德公司);磷酸(分析纯,广州化学试剂厂)。

### 1.2 仪器与设备

Waters e2695 高效液相色谱仪(自配二极管阵列检测器或紫外检测器,美国 Waters 有限公司);L9 紫外可见分光光度计(上海仪电分析有限公司);ES125SM 十万分之一天平(精度 0.01 mg,瑞士 Precisa 仪器有限公司);1.2L 破壁机(日本松下电器产业株式会社);LDZX-75L 立式高压蒸汽灭菌器(上海申安医疗器械厂);8-9 号药典检验筛(绍兴市上虞华丰五金仪器有限公司);XR-C<sub>18</sub> 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm,

福州中谱科技有限公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 样品前处理

取药材适量,用破壁机进行细胞破壁<sup>[22]</sup>,碎成 150~200 目的极细粉<sup>[23]</sup>;精密称取混匀的极细粉 2.00 g 置 50 mL 容量瓶中,加入甲醇 40 mL,混匀,置入高压蒸汽灭菌器中,在温度为 121 °C、压力为 0.11 Mpa 下灭菌 30 min 后,放冷至室温,取出,用甲醇定容至刻度,摇匀,滤过,弃去初滤液,用 0.45 μm 有机滤膜过滤续滤液,转入进样瓶,上机进样。

#### 1.3.2 标准系列溶液的配制

##### (1)标准储备液的配制

人参皂苷 F<sub>2</sub> 标准储备液(845.6 μg/mL):精密称取人参皂苷 F<sub>2</sub> 标准品 8.46 mg,于 10 mL 的容量瓶中,加入适量甲醇超声溶解,放冷至室温并定容至刻度,摇匀,即得,备用。

人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 标准储备液(930.7 μg/mL):精密称取人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 标准品 9.46 mg,于 10 mL 的容量瓶中,加吡啶 5 mL 振荡使溶解(必要时超声),用甲醇定容至刻度,摇匀,即得,备用。

##### (2)混合标准溶液的配制

从人参皂苷 F<sub>2</sub> 标准储备液和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 标准储备液中分别准确吸取 1.00 mL、2.00 mL 置于同一 25 mL 容量瓶中,加甲醇定容至刻度,摇匀,用 0.45 μm 有机滤膜过滤后,上机进样。

#### 1.3.3 液相色谱系统条件

色谱柱:XR-C<sub>18</sub> 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm);柱温:30 °C;检测器:二极管阵列检测器或紫外检测器;波长:203 nm;流动相:以 0.4%磷酸水溶液:乙腈(90:10, V:V),梯度洗脱;流速:1.0 mL/min;进样量:10 μL;运行时间:120 min<sup>[24-29]</sup>。梯度洗脱程序见表 1。

表 1 梯度洗脱程序表  
Table 1 Gradient elution program table

时间/min	0.4%磷酸水溶液/%	乙腈/%
0.00~30.00	90~90	10~10
30.00~36.00	90~70	10~30
36.00~45.00	70~65	30~35
45.00~70.00	65~69	35~31
70.00~80.00	69~50	31~50
80.00~110.00	50~40	50~60
110.00~115.00	40~90	60~10
115.00~120.00	90~90	10~10

## 1.4 数据处理

用 Waters 液相色谱仪自带 EmPower<sup>®</sup> 3 色谱工作站系统自动采集数据和定性、定量分析; 仪器配套的电脑 Windows 7 专业版系统自带 Excel 2020 软件进行数据计算、自带截图工具绘制图形。

## 2 结果与分析

### 2.1 方法优化

#### 2.1.1 波长的选择

分别取 1.3.2 项下的人参皂苷 F<sub>2</sub> 标准储备液和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 标准储备液, 在紫外可见分光光度计上, 于 190~300 nm 波长范围内进行扫描, 发现两种溶液均在 203 nm 波长处有最大吸收, 故选择 203 nm 作为样品的分析波长。详见人参皂苷 F<sub>2</sub> 和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 波长扫描图(图 1)。

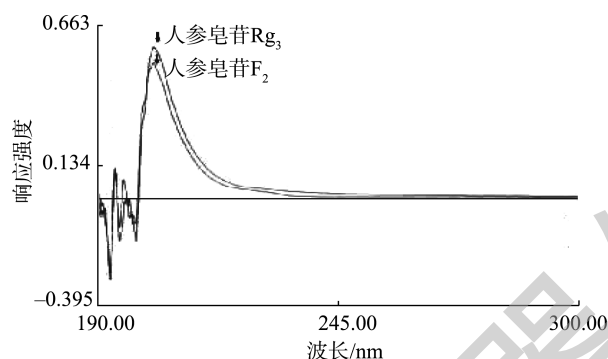


图1 两种标准品的紫外光谱扫描图

Fig.1 Ultraviolet spectra scans of two kinds of standard samples

#### 2.1.2 色谱柱的选择

按照测试方法中的色谱条件, 本研究比较了 3 种不同生产商的用于液相色谱检测的 C<sub>18</sub> 分析柱, 即峰辉公司的 AQ 系列 01864-1001 (250 mm×4.6 mm, 5 μm)、安捷伦公司的 Agilent ZORBAX SB-Aq (250 mm×4.6 mm, 5 μm) 和中谱科技的 XR-C<sub>18</sub> (250 mm×4.6 mm, 5 μm), 前 2 种色谱柱基本上能达到分离效果, 峰辉公司的色谱柱分离度虽大于 1.5, 但显得稍小, 安捷伦公司的色谱柱价格较高, 中谱科技的 XR-C<sub>18</sub> 既能达到分离效果, 价格又较低, 故选择中谱科技的 XR-C<sub>18</sub> (250 mm×4.6 mm, 5 μm) 作为分析柱, 并分别对人参皂苷 F<sub>2</sub> 和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 标准溶液在 203 nm 波长处进行色谱分析, 结果得到两种标准溶液分别在 81.703 min 和 87.539 min 出现目标峰, 详见人参皂苷 F<sub>2</sub> 和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 标准液色谱图(图 2)。

#### 2.1.3 流动相梯度洗脱程序的优化

前期曾试用过乙腈与水不同洗脱程序的流动相方案进行测试, 结果显示人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 与杂质不能完全分离。本研究方法的流动相洗脱程序可以将人参皂苷 F<sub>2</sub>、人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 与杂质完全分离, 且基线分离。故采用 0.4% 磷酸水溶液: 乙腈(梯度洗脱程序)为流动相, 效果良好。

### 2.2 专属性实验

取不含人参药材粉的甲醇溶液即阴性样品、含两种皂苷的人参样品, 按样品溶液制备项下方法操作, 测定阴性样品溶液、人参样品液, 以考察阴性样品及用于样品处理的相关试剂在同样条件下对目标峰的干扰情况。实验结果表明: 阴性样品溶液在人参皂苷 F<sub>2</sub> 和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 色谱峰的保留时间处未出现色谱峰, 详见阴性样品溶液色谱图(图 3), 人参样品溶液中均有两种皂苷的色谱峰, 详见样品溶液色谱图(图 4), 说明阴性样品无干扰, 表明该方法有良好的专属性。

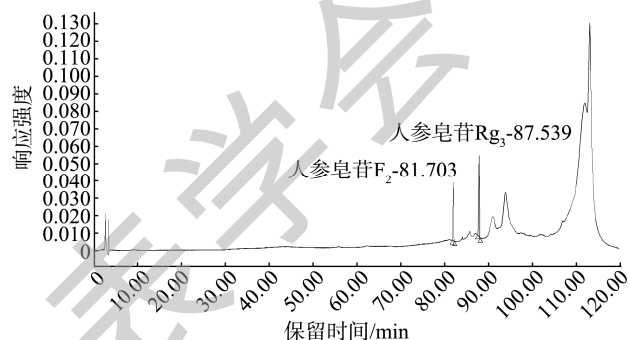


图2 混合标准品的液相色谱图

Fig.2 Chromatogram of mixed standard samples

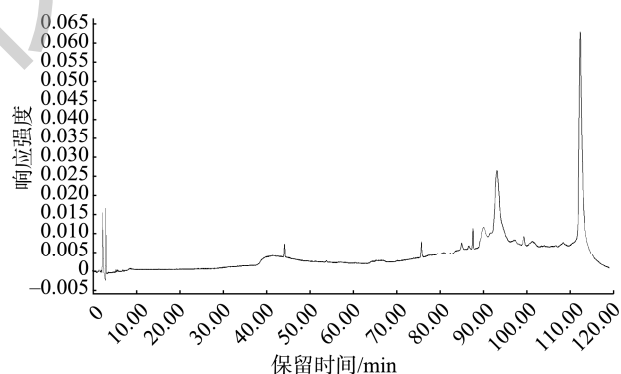


图3 阴性样品的色谱图

Fig.3 Chromatogram of the negative samples

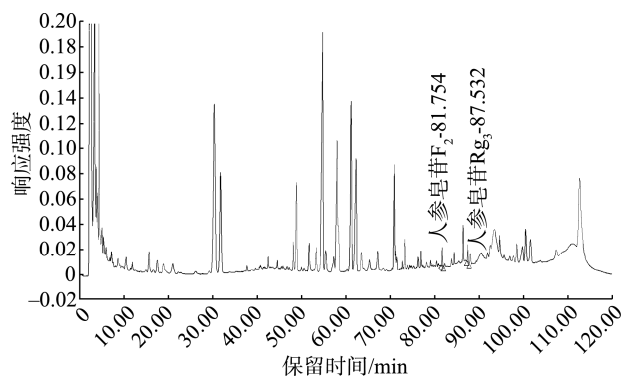


图4 人参样品的色谱图

Fig.4 Chromatogram of the ginseng samples

### 2.3 线性实验

分别精密吸取 1.3.2 项下的人参皂苷  $F_2$  标准储备液 1.0、2.0、4.0、6.0、10.0 mL 于 5 只 100 mL 量瓶中,再准确吸取 1.3.2 项下的人参皂苷  $Rg_3$  标准储备液 2、5、8、11、15 mL 到与之对应的 5 只 100 mL 量瓶中,用甲醇定容至刻度,摇匀,装入进样瓶进样,绘制标准曲线,得到人参皂苷  $F_2$ 、人参皂苷  $Rg_3$  的线性方程分别为  $Y=3909.1X+334.27$ 、 $Y=2802X-1300.9$ , 相关系数  $r^2$  分别为 1.0000、0.9999, 由此可知, 人参皂苷  $F_2$  在质量浓度 8.46~84.56  $\mu\text{g/mL}$  范围内, 线性关系良好; 人参皂苷  $Rg_3$  在质量浓度 18.61~139.60  $\mu\text{g/mL}$  范围内, 线性关系良好, 符合检测要求。

### 2.4 检出限和定量限

取 1.3.2 项下的混合标准溶液, 分别按 3 倍信噪比 ( $S/N=3$ ) 和 10 倍信噪比 ( $S/N=10$ ) 逐级稀释成对应的浓度溶液, 上机进样, 计算稀释溶液的浓度即为待测物的检出限 (limit of detection, LOD) 和定量限 (limit of quantitation, LOQ)。测得结果为: 人参皂苷  $F_2$  和人参皂苷  $Rg_3$  的检出限分别为 24.90  $\mu\text{g}/100\text{g}$ 、44.13  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , 定量限分别为 83.01  $\mu\text{g}/100\text{g}$  和 147.10  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , 满足检测的要求。

### 2.5 稳定性实验

取同批样品, 按照 1.3.1 项下的方法制得供试品溶液, 按照 1.3.3 项下的色谱条件, 分别在 0、1、4、8、12、24 h 测定, 6 次测定峰面积的相对标准偏差 (relative standard deviation, RSD) 分别为 1.1%、1.0%, 数据显示供试品溶液中的人参皂苷  $F_2$  和人参皂苷  $Rg_3$  在 24 h 内均较稳定。

### 2.6 精密度实验

精密称取 6 份样品, 按 1.3.1 项下操作, 计算 6 份样品中人参皂苷  $F_2$  含量和人参皂苷  $Rg_3$  含量及其 RSD, 实验结果见表 2、3。6 份样品中人参皂苷  $F_2$  含量和人参皂苷  $Rg_3$  含量结果的 RSDs 分别为 2.7% 和 3.9%, 故该方法具有良好的精密度。

### 2.7 回收率实验

精密称取 6 份已知含量的样品, 分成 3 组, 分别精密加入高、中、低 3 个不同浓度的标准品, 按 1.3.1 项下方法制得 6 份供试品溶液, 测定峰面积, 计算各试样中人参皂苷  $F_2$  和人参皂苷  $Rg_3$  的含量。根据添加量, 计算回收率, 结果见表 4、5。根据实验结果, 在 3 个不同添加水平下, 人参皂苷  $F_2$  回收率范围为 97.54%~104.28%、人参皂

表 2 人参皂苷  $F_2$  精密度实验结果 ( $n=6$ )  
Table 2 Precision experiment results of ginsenoside  $F_2$  ( $n=6$ )

序号	称样量/g	稀释体积/mL	浓度/(mg/100 mL)	测定结果/(mg/100 g)	平均含量/(mg/100 g)	RSD/%
1	2.0154	50	0.17658	4.381	4.36	2.7
2	2.0138		0.17963	4.460		
3	2.0473		0.18475	4.512		
4	2.0951		0.18181	4.339		
5	1.9961		0.16947	4.245		
6	2.1307		0.17932	4.208		

表 3 人参皂苷  $Rg_3$  精密度实验结果 ( $n=6$ )  
Table 3 Precision experiment results of ginsenoside  $Rg_3$  ( $n=6$ )

序号	称样量/g	稀释体积/mL	浓度/(mg/100 mL)	测定结果/(mg/100 g)	平均含量/(mg/100 g)	RSD/%
1	2.0154	50	0.28683	7.116	6.91	3.9
2	2.0138		0.28149	6.989		
3	2.0473		0.29293	7.154		
4	2.0951		0.29591	7.062		
5	1.9961		0.26090	6.535		
6	2.1307		0.28210	6.620		

表 4 人参皂苷  $F_2$  回收率实验结果 ( $n=3$ )  
Table 4 Experimental results on the recovery rates of ginsenoside  $F_2$  ( $n=3$ )

取样量/g	样品底物含量/ $\mu\text{g}$	添加量/ $\mu\text{g}$	测得量/ $\mu\text{g}$	回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
1.0254	44.91	21.14	66.00	99.76	100.0	2.4
1.0037	43.96	21.14	64.58	97.54		
1.0585	46.36	42.28	90.45	104.28		
0.9994	43.77	42.28	85.12	97.80		
1.0705	46.89	63.42	110.81	100.79		
1.0911	47.79	63.42	111.16	99.92		

表 5 人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 回收率实验结果(n=3)  
Table 5 Experimental results on the recovery rates of ginsenoside Rg<sub>3</sub> (n=3)

取样量/g	样品底物含量/μg	添加量/μg	测得量/μg	回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
1.0254	70.86	32.58	103.22	99.32	99.3	2.0
1.0037	69.36	32.58	101.50	98.65		
1.0585	73.14	65.14	138.60	100.49		
0.9994	69.06	65.14	131.87	96.42		
1.0705	73.97	97.72	170.23	98.51		
1.0911	75.4	97.72	175.32	102.25		

苷 Rg<sub>3</sub> 的回收率范围为 96.42%~102.25%; RSD 分别为 2.4%、2.0%。由此可知, 本研究所建立的方法用于人参样品中人参皂苷 F<sub>2</sub> 含量和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 含量的测定具有较高的准确度。

### 3 结论与讨论

本研究建立了破壁机粉碎药材成极细粉(150~200 目), 经高温高压蒸汽处理样品, 用高效液相色谱法同时测定人参中人参皂苷 F<sub>2</sub> 和人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 含量的方法, 该方法突破了传统方法对一般药材前处理步骤繁多, 如粉碎、反复提取(回流加萃取或超声)、蒸干、溶解、定容<sup>[30]</sup>, 且只能逐一检测两种皂苷的的烦琐过程, 再以 0.4%磷酸水溶液:乙腈(90:10, V:V)为流动相进行梯度洗脱, 实验结果显示, 该方法灵敏度高、结果准确, 与现行的常规处理方法比较, 简单快捷, 缩短了检测时间, 成本低, 效率高, 可在实验室推广使用。

(1)因人参药材杂质较多, 色谱分析时间较长, 本研究前期曾试用几款小规格的分析柱, 但分离效果都不好, 本研究方法采用的分析柱分离度好, 但分析时间仍然较长, 有待进一步探索、优化, 提高测定效率。

(2)本研究前期曾试用蒸发光散射检测器代替紫外检测器, 更换色谱系统, 实验结果显示分离效果不佳, 成本也较高, 难以在实验室推广, 未被采纳。

(3)本研究方法中样品前处理用到了高压蒸汽灭菌锅, 简单、快速, 要求实验员严格遵循安全操作规程, 可尝试改用微波消解仪代替高压蒸汽灭菌锅实验, 以杜绝操作安全风险。

### 参考文献

- [1] 马传贵, 张志秀, 王琦. 人参皂苷抗肿瘤及免疫调节作用的研究应用进展[J]. 特种经济动植物, 2024, 27(3): 182-185.  
MA CG, ZHANG ZX, WANG Q. Research and application progress on the anti-tumor and immunomodulatory effects of ginsenosides [J]. Spec Econom Anim Plant, 2024, 27(3): 182-185.

- [2] 乔雪涵, 岳丽玲, 朱文斌, 等. 人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 的抗肿瘤作用研究现状[J]. 中国临床药理学杂志, 2021(10): 1272-1276.  
QIAO XH, YUE LL, ZHU WB, *et al.* Research progress of ginsenoside Rg<sub>3</sub> in anticancer effects [J]. Chin J Clin Pharmacol, 2021(10): 1272-1276
- [3] 刘晓瑞, 张坤峰, 李鑫. 人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 抗肿瘤纳米给药系统研究进展[J]. 中草药, 2023, 54(22): 7577-7587.  
LIU XR, ZHANG KF, LI X. Ginsenoside Rg<sub>3</sub> anti-tumor nanoparticle delivery progress in pharmaceutical system research [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2023, 54(22): 7577-7587.
- [4] 李美乐, 金凯, 唐婷. 人参皂苷调控非编码 RNA 抗肿瘤的研究进展[J]. 中国癌症防治杂志, 2023, 15(5): 576-580.  
LI ML, JIN K, TANG T. Ginsenoside regulates non coding RNA resistance tumor research progress [J]. Chin J Oncol Prev Treat, 2023, 15(5): 576-580.
- [5] 姜楠美, 张源. 人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 抑制肿瘤微血管形成的研究进展[J]. 特产研究, 2023, 45(5): 165-169.  
JIANG NM, ZHANG Y. Ginsenoside Rg<sub>3</sub> inhibits tumor microvasculature research progress in formation [J]. Special Wild Economic Anim Plant Res, 2023, 45(5): 165-169.
- [6] 赵璐, 许佳豪, 张玲. 人参皂苷抗肿瘤作用机制的研究进展[J]. 中国现代应用药学, 2023, 40(14): 2016-2022.  
ZHAO L, XU JH, ZHANG L. Research progress on the anti-tumor mechanism of ginsenosides [J]. Chin J Mod Appl Pharm, 2023, 40(14): 2016-2022.
- [7] 赵涵, 邹珺瑶, 何勇, 等. 人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 激活 MAPK/ERK 信号通路促进 T 细胞功能的抗肿瘤机制[J]. 中国药理学通报, 2023, 39(8): 1430-1437.  
ZHAO H, ZOU JY, HE Y, *et al.* The anti-tumor mechanism of ginsenoside Rg<sub>3</sub> activating the MAPK/ERK signaling pathway to promote T cell function [J]. Chin Pharmacol Bull, 2023, 39(8): 1430-1437.
- [8] 牛志强, 李琦, 刘亚男. 人参皂苷 F<sub>2</sub> 对 LPS 诱导 RAW264.7 细胞炎症反应的改善作用[J]. 现代食品科技, 2024, 40(1): 27-33.  
NIU ZQ, LI Q, LIU YN. Improving effect of ginsenoside F<sub>2</sub> on LPS induced inflammatory response in RAW264.7 cells [J]. Mod Food Sci Technol, 2024, 40(1): 27-33.

- [9] 韩胜强, 谢元, 李甫. 人参皂苷 F<sub>2</sub> 通过 PI3K/Akt 途径改善 3T3-L1 脂肪细胞胰岛素抵抗[J]. 现代食品科技, 2022, 38(5): 8-15.  
HAN SQ, XIE Y, LI F. Ginsenoside F<sub>2</sub> improves insulin resistance in 3T3-L1 adipocytes through the PI3K/Akt pathway [J]. Mod Food Sci Technol, 2022, 38(5): 8-15.
- [10] 李雅晨, 盛格格, 吴基良, 等. 人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 对乳腺癌骨转移大鼠疼痛的缓解作用及机制研究[J]. 现代肿瘤医学, 2024, 32(8): 1397-1401.  
LI YC, SHENG GG, WU JL, *et al.* The study of ginsenoside Rg<sub>3</sub> relieving pain in rats with bone metastasis of breast cancer and its mechanism [J]. Mod Oncol Med, 2024, 32(8): 1397-1401.
- [11] 王建新, 王琳茜, 朱波, 等. 人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 通过调控 E2F1 对人胃癌 SGC-7901 细胞生物行为学的影响[J]. 中国药理学通报, 2024, 40(5): 853-858.  
WANG JX, WANG LQ, ZHU B, *et al.* Ginsenoside Rg<sub>3</sub> regulates E2F1 through regulation Biological effects on human gastric cancer SGC-7901 cells the influence of behaviorism [J]. Chin Pharmacol Bull, 2024, 40(5): 853-858.
- [12] 莫秀丽, 陈石生, 李涛, 等. 人参皂苷协同增效的研究进展[J]. 现代药物与临床, 2023, 38(12): 3174-3180.  
MO XL, CHEN SS, LI T, *et al.* Synergistic effects of ginsenosides research progress [J]. Drugs Clinic, 2023, 38(12): 3174-3180.
- [13] 韩宁, 李秋实, 王鑫洋. 人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 抑制肺癌细胞增殖和侵袭的作用及机制[J]. 中国临床药理学杂志, 2023, 39(20): 2942-2945.  
HAN N, LI QS, WANG XY. The inhibitory effect and mechanism of ginsenoside Rg<sub>3</sub> on the proliferation and invasion of lung cancer cells [J]. Chin J Clin Pharmacol, 2023, 39(20): 2942-2945.
- [14] 郭佳龙, 刘畅, 王瑶. 稀有人参皂苷的应用基础与开发利用研究进展[J]. 中国中药杂志, 2024, 49(2): 304-305.  
GUO JL, LIU C, WANG Y. Research progress on the application basis and development and utilization of rare ginsenosides [J]. China J Chin Mater Med, 2024, 49(2): 304-305.
- [15] 黄琳, 李彬, 胡作为. 人参皂苷 Rg<sub>3</sub> 通过抑制 mTOR 通路介导的磷酸戊糖途径对肺癌细胞的放射增敏作用[J]. 天津医药, 2023, 51(8): 791-796.  
HUANG L, LI B, HU ZW. Ginsenoside Rg<sub>3</sub> exerts radiosensitization on lung cancer cells by inhibiting the mTOR pathway mediated pentose phosphate pathway [J]. Tianjin Med J, 2023, 51(8): 791-796.
- [16] 王瑞, 周亭亭, 王一凯. 人参不同部位皂苷组分在土壤中降解转化研究[J]. 北方园艺, 2023(23): 100-107.  
WANG R, ZHOU TT, WANG YK. Study on the decomposition and transformation of saponin components from different parts of ginseng in soil [J]. North Hortic, 2023(23): 100-107.
- [17] 辛宇, 邱智东, 陈天丽, 等. 人参-虫草双向固体发酵过程中人参皂苷含量变化研究[J]. 中国酿造, 2022, 41(5): 124-130.  
XIN Y, QIU ZD, CHEN TL, *et al.* Study on changes in ginsenoside content during bidirectional solid fermentation of ginseng cordyceps [J]. Chin Brew, 2022, 41(5): 124-130.
- [18] 张思敏, 张也, 伍红年, 等. 不同产地竹节参中 7 种皂苷含量测定及化学计量学评价[J]. 食品与机械, 2022(3): 65-70.  
ZHANG SM, ZHANG Y, WU HN, *et al.* Determination and chemometric evaluation of seven saponins in bamboo ginseng from different regions [J]. Food Mach, 2022(3): 65-70.
- [19] 胡建刚, 刘镇, 周建弟. 液相色谱-串联质谱法同时测定黄酒中 20 种多酚含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(2): 218-220.  
HU JG, LIU Z, ZHOU JD. Simultaneous determination of 20 kinds of polyphenols in Chinese rice wine by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14(2): 218-220.
- [20] 姚建花, 邵国健, 余娟, 等. 超高效液相色谱-三重四极杆/复合线性离子阱质谱法快速测定动物源性食品中 5 种硝基咪唑类药物残留[J]. 中国食品卫生杂志, 2022, 34(6): 1212-1217.  
YAO JH, SHAO GJ, YU J, *et al.* Rapid determination of five nitroimidazole residues in animal derived foods using ultra performance liquid chromatography triple quadrupole/composite linear ion trap mass spectrometry [J]. Chin J Food Hyg, 2022, 34(6): 1212-1217.
- [21] 郑嘉, 陈玉汝, 王允, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法检测花生中 18 种塑化剂[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(9): 158-166.  
ZHENG J, CHEN YR, WANG Y, *et al.* Detection of 18 plasticizers in peanuts by ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2024, 15(9): 158-166.
- [22] 任志斌, 邓鹏, 尹雷, 等. 酶法破壁提取蜂花粉功能成分的工艺优化及抗氧化活性分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(9): 278-286.  
REN ZB, DENG P, YIN L, *et al.* Process optimization and antioxidant activity analysis of enzymatic wall breaking extraction of functional components from bee pollen [J]. J Food Saf Qual, 2024, 15(9): 278-286.
- [23] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2020 年四部. 凡例总则)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.  
Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China (2020 edition IV. general provisions) [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.
- [24] 张艳萍, 郭海滨, 黄婉锋. UPLC-MS/MS 法分析人参、红参、西洋参中人参皂苷成分差异性研究[J]. 今日药学, 2024, 34(3): 187-195.  
ZHANG YP, GUO HB, HUANG WF. UPLC-MS/MS method analysis of differences in ginsenoside components among ginseng, red ginseng, and American ginseng [J]. Pharm Today, 2024, 34(3): 187-195.
- [25] 温秀萍, 翁艳鸿, 陈祖倩. UPLC-MS/MS 法同时测定绞股蓝中 16 个皂苷类成分的含量[J]. 药物分析杂志, 2022, 42(2): 198-210.  
WEN XP, WENG YH, CHEN ZQ. UPLC-MS/MS method Simultaneous determination of 16 saponin components in gynostemma pentaphyllum [J]. Chin J Pharm Anal, 2022, 42(2): 198-210.
- [26] 胡杨, 李先芝, 毛琼丽, 等. 高效液相色谱法测定人参保健酒中 11 种人参皂苷含量[J]. 中国酿造, 2024(3): 229-233.  
HU Y, LI XZ, MAO QL, *et al.* Determination of 11 ginsenosides in

- ginseng health wine by high performance liquid chromatography [J]. *Chin Brew*, 2024(3): 229–233.
- [27] 李雅新, 张文生, 梁慧珍, 等. 基于 UPLC-QAMS 同时测定参鹿酒中 7 种人参皂苷含量[J]. *中国酿造*, 2023(6): 251–256.
- LI YX, ZHANG WS, LIANG HZ, *et al.* Simultaneous determination of seven ginsenosides in Shenlu wine based on UPLC-QAMS [J]. *Chin Brew*, 2023(6): 251–256.
- [28] 张慧, 曹慧, 王瑾, 等. 高效液相色谱-三重四极杆串联质谱法分析奶酪中 5 种生物胺[J]. *食品与机械*, 2023, 39(10): 80–86.
- ZHANG H, CAO H, WANG J, *et al.* Analysis of five bioamines in cheese by high performance liquid chromatography triple quadrupole tandem mass spectrometry [J]. *Food Mach*, 2023, 39(10): 80–86.
- [29] 姚涵雅, 闫国跃, 高慧, 等. 超高效液相色谱-四极杆-静电场轨道离子阱高分辨质谱法检测 2 种金花茶叶化学成分[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(24): 8091–8100.
- YAO HY, YAN GY, GAO H, *et al.* Detection of two chemical components in Jinhua tea by ultra performance liquid chromatography quadrupole electrostatic field orbital ion trap high-resolution mass spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(24): 8091–8100.
- [30] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2020 年版一部. 人参)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- National Pharmacopoeia Committee. *Pharmacopoeia of the People's Republic of China (2020 edition I. ginseng)* [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.

(责任编辑: 于梦娇 蔡世佳)

## 作者简介

罗功才, 主管药师, 主要研究方向为药品、保健食品(含食品)和化妆品的质量标准和质量检测。

E-mail: 2743197630@qq.com