

# 米炒党参炮制过程中党参炔苷、5-HMF 和 党参多糖含量动态变化研究

王梅<sup>1,2</sup>, 王越欣<sup>2</sup>, 武英茹<sup>1,2</sup>, 李宁<sup>2</sup>, 郭富贵<sup>1,2</sup>, 兰子君<sup>2</sup>, 郝旭亮<sup>3</sup>, 倪艳<sup>2\*</sup>

(1. 山西中医药大学中药与食品工程学院, 晋中 030619; 2. 山西省中医药研究院, 太原 030012;  
3. 山西中医药大学附属医院, 太原 030024)

**摘要:** **目的** 研究不同米炒党参在炮制过程中党参炔苷、5-羟甲基糠醛(5-hydroxymethylfurfural, 5-HMF)和党参多糖的动态变化。**方法** 高效液相色谱法测定党参炔苷、5-HMF 含量, 紫外-可见分光光度法测定党参多糖含量动态变化过程。**结果** 随着炒制时间的延长, 党参炔苷含量均呈先上升后下降趋势; 在相同时间间隔点, 小米炒党参炔苷含量较高; 随着炒制时间的延长, 5-HMF 含量均呈显著上升趋势; 在相同时间间隔点, 小米炒党参 5-HMF 含量较低; 随着炒制时间的延长, 党参多糖含量均呈先上升后下降趋势。在相同的时间间隔点, 炒制时间为 5.5 min 之前的样品中小米炒党参多糖含量均高于大米炒党参, 炒制时间为 5.5 min 之后的样品中小米炒党参多糖含量均略低于大米炒党参。**结论** 党参分别采用小米、大米炒制后, 3 种成分均发生了显著变化, 但小米炒党参和小米炒党参变化趋势不一致。

**关键词:** 米炒党参; 党参炔苷; 5-羟甲基糠醛; 党参多糖; 动态变化

## Study on dynamic changes of lobetyolin, 5-HMF and *Codonopsis pilosula* polysaccharides content in rice fried *Codonopsis pilosula* during processing

WANG Mei<sup>1,2</sup>, WANG Yue-Xin<sup>2</sup>, WU Ying-Ru<sup>1,2</sup>, LI Ning<sup>2</sup>, GUO Fu-Gui<sup>1,2</sup>,  
LAN Zi-Jun<sup>2</sup>, HAO Xu-Liang<sup>3</sup>, NI Yan<sup>2\*</sup>

(1. Institute of Pharmaceutical and Food Engineering, Shanxi University of Traditional Chinese Medicine, Jinzhong 030619, China; 2. Shanxi Academy of Chinese Medicine, Taiyuan 030012, China; 3. The Hospital of Shanxi University of Chinese Medicine, Taiyuan 030024, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the dynamic changes of lobetyolin, 5-hydroxymethylfurfural(5-HMF) and *Codonopsis pilosula* polysaccharide during the processing of different rice fried *Codonopsis pilosula*. **Methods** The content of lobetyolin and 5-HMF in *Codonopsis pilosula* was determined by high performance liquid

**基金项目:** 山西省中医药中老年健康产业技术创新联盟项目(JKCY201904)、山西中医药大学中药与食品工程学院中药药理与毒理研究学科建设项目(1008Z4)、2020年山西中医药大学校级研究生创新项目(2020CX039)、2020年度山西省研究生教育创新项目(2020SY460)

**Fund:** Supported by the Shanxi Middle Aged and Elderly Health Industry Technology Innovation Alliance Project of Traditional Chinese Medicine (JKCY201904), the Department of Pharmacology and Toxicology of Traditional Chinese Medicine, School of Traditional Chinese Medicine and Food Engineering, Shanxi University of Traditional Chinese Medicine Construction Project (1008Z4), University Level Postgraduate Innovation Project of Shanxi University of Traditional Chinese Medicine in 2020 (2020CX039), and Postgraduate Education Innovation Project of Shanxi Province in 2020 (2020SY460)

\*通信作者: 倪艳, 主任药师, 主要研究方向为中药化学及药效物质基础研究。E-mail: niyan\_01@hotmail.com

\*Corresponding author: NI Yan, Chief Pharmacist, Shanxi Academy of Chinese Medicine, Taiyuan 030012, China. E-mail: niyan\_01@hotmail.com

chromatography, and the dynamic change process of polysaccharide content in *Codonopsis pilosula* was determined by UV-Vis spectrophotometry. **Results** With the extension of frying time, the content of lobetyolin increased first and then decreased; At the same time interval, the content of lobetyolin in *Codonopsis pilosula* fried with millet was higher. With the increase of frying time, the content of 5-HMF increased significantly. At the same time interval, the content of 5-HMF in *Codonopsis pilosula* fried with millet was lower. With the extension of frying time, the content of *Codonopsis pilosula* polysaccharide increased first and then decreased. At the same time interval, the polysaccharide content of *Codonopsis pilosula* fried with millet before 5.5 min was higher than that of *Codonopsis pilosula* fried with rice, and the polysaccharide content of *Codonopsis pilosula* fried with millet after 5.5 min was slightly lower than that of *Codonopsis pilosula* fried with rice. **Conclusion** After the *Codonopsis pilosula* is fried with millet and rice respectively, the three components have changed significantly, but the changing trends of *Codonopsis pilosula* fried with millet and *Codonopsis pilosula* fried with rice are different.

**KEY WORDS:** fried *Codonopsis pilosula* with rice; lobetyolin; 5-HMF; *Codonopsis pilosula* polysaccharide; dynamic change

## 0 引言

党参是常用补益类中药,具有健脾益肺、养血生津之功,米炒党参是党参的常用炮制品,也被纳入《中国药典》2020年版中<sup>[1]</sup>。党参及“米”炒党参的化学成分主要包括多糖类、炔萜类等。现代药理研究表明,党参可调节机体免疫力、保护胃肠道黏膜、促进造血机能、调节血糖、抗疲劳等<sup>[2-3]</sup>,经米炒后,能增强机体免疫力和胃肠道保护功能<sup>[4-5]</sup>。通过查阅古籍、文献及各地炮制规范中对米炒党参的记载,发现米炒最早使用的“米”是小米、糯米(即大米的一种)<sup>[6]</sup>,而目前米炒党参则多以粳米(即大米)为炮制辅料<sup>[7]</sup>。小米和大米在性味上并不相同,小米性凉,味甘、咸<sup>[8]</sup>,而大米性平,味甘<sup>[7]</sup>。中药经炮制后,会对药物的性味、化学成分及功效产生一定的影响;若炮制辅料不同,对药物的作用趋势必也不同。因此推测党参经过小米炒制与大米炒制后的物质基础可能不同。

为了探讨党参分别用小米和大米炒制过程中党参炔萜、5-羟甲基糠醛(5-hydroxymethylfurfural, 5-HMF)和党参多糖的含量变化,采用高效液相色谱法和紫外-可见分光光度法监测3种成分的动态变化,以期考证最佳炮制辅料,为其质量控制和完善炮制规范提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

生党参饮片由山西振东道地药材开发有限公司提供,由山西省中医药研究院倪艳教授鉴定为党参[*Codonopsis pilosula*(Franch.)Nannf.]的干燥根。

### 1.2 主要仪器设备与试剂

Agilent 1100型高效液相色谱仪(美国Agilent公司); UItiMate 3000 HPLC 高效液相色谱仪(美国赛默飞世尔

科技有限公司); 依利特 Diamonsil<sup>®</sup>C<sub>18</sub>(2) 色谱柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm, 大连依利特有限责任公司); TU-1901 双光束紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限公司); SE402F 奥豪斯型电子分析天平(十分之一,奥豪斯仪器上海有限公司); FW-100 型高速万能粉碎机(北京中兴伟业仪器有限公司); HH-1 型电热恒温水浴锅(北京科伟永兴仪器有限公司); DZF-6050 真空干燥箱(南京沃环科技实业有限公司); LC-300B 型数控超声波清洗机(功率:300 W, 频率:25 KHz, 山东济宁鲁超超声设备有限公司)。

党参炔萜(97L2-H5VH, 99.45%, 中国食品药品检定研究院); 5-HMF(AF7120722, 99.45%, 成都埃法生物科技有限公司); D-无水葡萄糖标准品(批号:110833-201506, 国药集团化学试剂有限公司); 硫酸(批号:20121217, 成都市克隆化工试剂厂); 苯酚(批号:XK13-011-00018, 天津市申泰化学试剂有限公司); 无水乙醇、甲醇(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 水(自制超纯水)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 炮制品制备

小米炒党参和小米炒党参炮制工艺参考《中华人民共和国药典》2020年版一部<sup>[1]</sup>和陈江鹏等<sup>[9]</sup>的研究结果,将炒锅温度预热1 min使锅底温度至130℃,将小米/大米20 g倒入锅中,按50次/min的翻炒频率炒制40 s至小米/大米颜色加深,投入生党参饮片100 g,维持温度,按50次/min频率翻炒,分别于2、3.5、4、4.5、4.75、5、5.5、6.5、8 min时间点间隔取样,筛去小米/大米,放凉,粉碎,过40目筛,备用。

#### 1.3.2 不同米炒党参炔萜含量测定<sup>[10]</sup>

##### (1) 色谱条件

色谱柱 Diamonsil<sup>®</sup>C<sub>18</sub>(2)(4.6 mm×250 mm, 5 μm), 流动相乙腈-水(27:73, V:V), 流速1.0 mL/min, 柱温25℃, 进样量10 μL, 检测波长267 nm。

### (2)标准曲线的制备

精密称取党参炔苷对照品 1.10 mg 于 10 mL 容量瓶中, 加甲醇定容, 摇匀, 配成质量浓度为 0.11 mg/mL 对照品溶液。精密吸取对照品溶液 1、2、5、10、15、20  $\mu$ L 依 1.3.1 项下方法测定, 并记录党参炔苷对照品的峰面积, 以党参炔苷的浓度为横坐标( $X$ , mg/mL)、峰面积为纵坐标( $Y$ )绘制标准曲线。

### 1.3.3 不同米炒党参 5-HMF 含量测定<sup>[11]</sup>

#### (1)色谱条件

色谱柱 Diamonsil<sup>®</sup>C<sub>18</sub>(2)(4.6 mm $\times$ 250 mm, 5  $\mu$ m), 流动相乙腈-水(5:95, V:V), 体积流量为 1.0 mL/min, 柱温 30  $^{\circ}$ C, 进样量 10  $\mu$ L, 检测波长 284 nm。

#### (2)标准曲线的制备

精密称取 5-HMF 对照品 6.1 mg 于 5 mL 容量瓶中, 加甲醇定容, 摇匀。精密移取 1 mL 定容至 10 mL 量瓶中配成质量浓度为 0.12 mg/mL 对照品溶液。精密吸取对照品溶液 1、2、5、10、15、20  $\mu$ L 依 2.3.1 项下方法测定, 并记录 5-HMF 对照品的峰面积, 以 5-HMF 的浓度为横坐标( $X$ , mg/mL)、峰面积为纵坐标( $Y$ )绘制标准曲线。

### 1.3.4 不同米炒党参多糖含量测定

党参多糖含量测定参考郝艳艳<sup>[12]</sup>和孔庆龙等<sup>[13]</sup>方法进行, 以葡萄糖质量浓度为横坐标( $X$ , mg/mL)、吸光度值为纵坐标( $Y$ )绘制葡萄糖标准曲线。

## 2 结果与分析

### 2.1 线性关系、精密度、回收率

党参炔苷对照品、5-HMF、葡萄糖对照品标准曲线的线性回归方程分别为:  $Y=14884X+9.0017(r=1.000)$ 、 $Y=209.74X-0.1146(r=0.9998)$ 、 $Y=55.663X-0.0194(r=0.9994)$ , 分别在线性范围 0.011~0.220、0.012~0.240、0.0013~0.0126 mg/mL 内线性关系良好。

党参炔苷的方法学考察结果为: 精密度实验、重复性实验、稳定性实验的相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)分别为 1.4%、0.5%、2.9%; 加样回收率为 100.44%, RSD 为 3.6%, 满足检测的要求。

5-HMF 的方法学考察结果为: 精密度实验、重复性实验、稳定性实验的 RSD 分别为 0.7%、2.8%、3.7%, 加样回收率为 96.50%, RSD 为 4.6%, 符合检测的要求。

党参多糖的方法学考察结果为: 精密度实验、重复性实验、稳定性实验的 RSD 分别为 0.3%、3.0%、1.8%; 加样回收率为 98.69%, RSD 为 3.7%, 满足检测的要求。

### 2.2 不同炒制时间样品中党参炔苷含量

分别采用小米和大米作为炮制辅料, 在炒制过程中间隔取样, 各样品党参炔苷含量见表 1, 色谱图见图 1, 动态变化折线图见图 2。由图 2 可知, 0 min 是生党参中党参炔苷的含量, 在

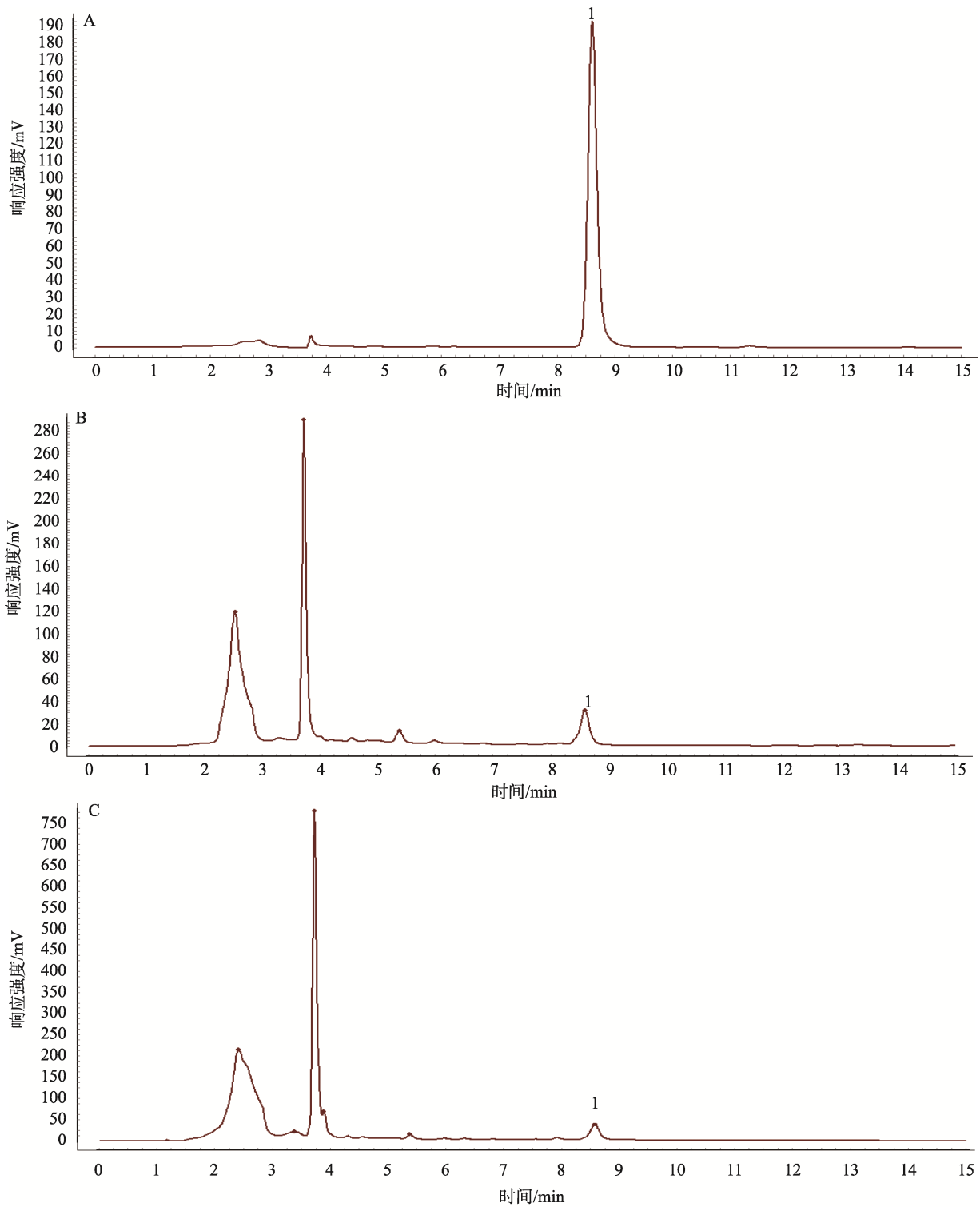
分别用小米炒制和小米炒制过程中, 党参炔苷含量整体均呈先上升后下降趋势; 在相同的时间间隔点, 小米炒党参炔苷含量均略高于大米炒党参; 小米炒党参在炒制至 4.50 min 时, 党参炔苷含量最高, 为 0.198 mg/g, 大米炒党参在炒制至 4.75 min 时, 党参炔苷含量最高, 为 0.189 mg/g。

### 2.3 不同炒制时间样品的 5-HMF 含量

分别采用小米和大米作为炮制辅料, 在炒制过程中间隔取样, 各样品 5-HMF 含量见表 2, 色谱图见图 3, 动态变化折线图见图 4。由图 4 可知, 生党参几乎不含 5-HMF, 随着炒制时间的延长, 小米炒党参和小米炒党参 5-HMF 含量均呈显著上升趋势; 在相同的时间间隔点, 小米炒党参 5-HMF 含量均低于大米炒党参。

表 1 米炒党参不同炒制时间党参炔苷含量  
Table 1 Content of lobetyolin in rice stir-fried  
*Codonopsis pilosula* at different times

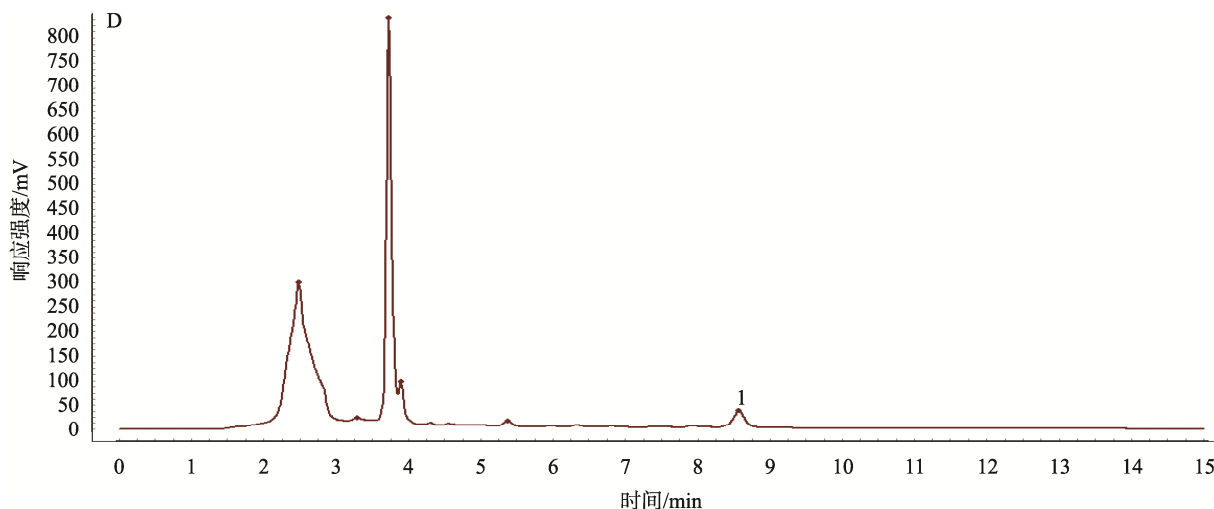
名称	炒制时间/min	含量/(mg/g)
小米炒党参	0.00	0.167
	2.00	0.169
	3.50	0.195
	4.50	0.198
	4.75	0.197
	5.00	0.159
	5.50	0.186
	6.50	0.185
	8.00	0.169
	0.00	0.167
大米炒党参	2.00	0.169
	3.50	0.154
	4.50	0.174
	4.75	0.189
	5.00	0.155
	5.50	0.176
	6.50	0.165
	8.00	0.155



注: A: 5-HMF 标准品; B: 生党参样品; C: 小米炒党参样品;。

图1 党参及其炮制品党参炔苷的 HPLC 图

Fig.1 HPLC chart of *Codonopsis* and its processed products lobetyolin



注: D: 大米炒党参样品; 1: 党参炔苷。

图 1(续) 党参及其炮制品党参炔苷的 HPLC 图

Fig.1 HPLC chart of *Codonopsis* and its processed products lobetyolin

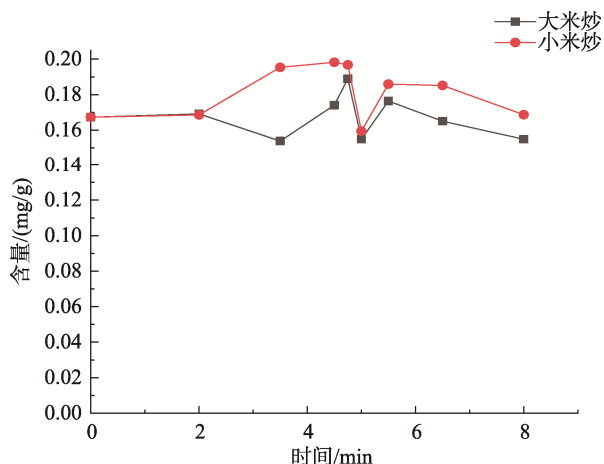


图 2 米炒党参不同炒制时间党参炔苷含量动态变化折线图

Fig.2 Line graph of dynamic changes of lobetyolin content in rice-fried *Codonopsis pilosula* at different frying time

2.4 不同炒制时间样品党参多糖含量

分别采用小米和大米作为炮制辅料, 在炒制过程中间隔取样, 各样品党参多糖含量见表 3, 动态变化折线图见图 5。由图 5 可知, 0 min 是生党参多糖含量, 在分别用小米炒制和小米炒制过程中, 党参多糖含量整体均呈先上升后下降趋势; 在相同的时间间隔点, 炒制时间为 5.5 min 之前的样品中小米炒党参多糖含量均高于大米炒党参, 炒制时间为 5.5 min 之后的样品中小米炒党参多糖含量均略低于大米炒党参; 小米炒党参和大米炒党参均在炒制时间为 5 min 时党参多糖含量最高, 分别为 52.74%、22.08%。

3 结论与讨论

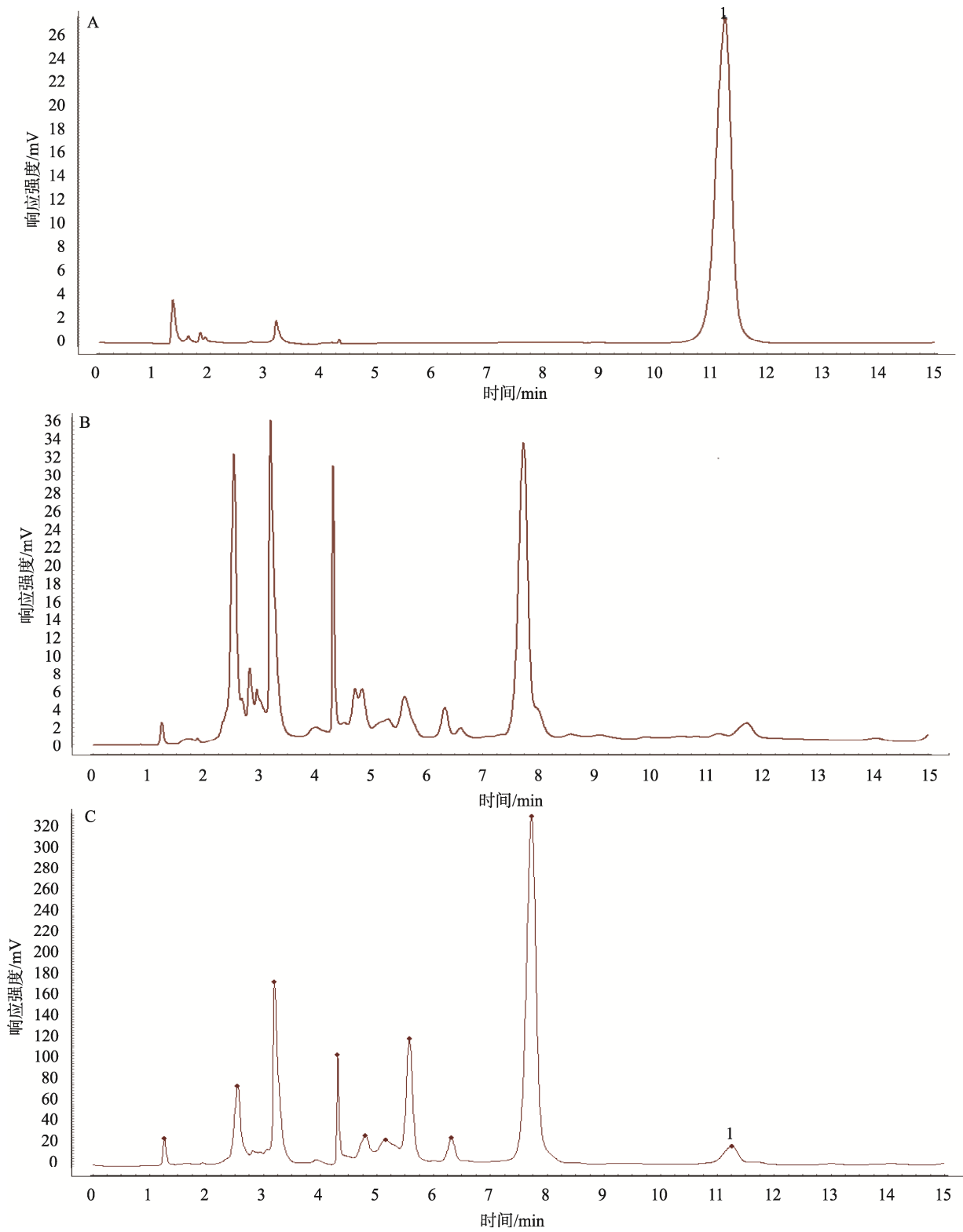
党参分别采用小米、大米炒制后, 3 种成分均发生了

显著变化, 但两者变化趋势不一致。

党参炔苷是《中华人民共和国药典》2020 年版一部中党参药材及饮片薄层鉴别的化学成分<sup>[1]</sup>, 对党参炔苷炮制前后含量变化进行研究, 有助于区分不同米炒党参及其质量标准的制定。党参多糖是党参的主要活性成分之一, 米炒前后多糖含量的变化与药效变化有着密切的联系。本研究中, 小米炒党参和小米炒党参党参炔苷、党参多糖含量在炒制过程中均呈先上升后下降趋势, 在最高点处, 小米炒党参含量较高。

表 2 米炒党参不同炒制时间 5-HMF 含量  
Table 2 Content of 5-HMF in rice stir-fried *Codonopsis pilosula* at different times

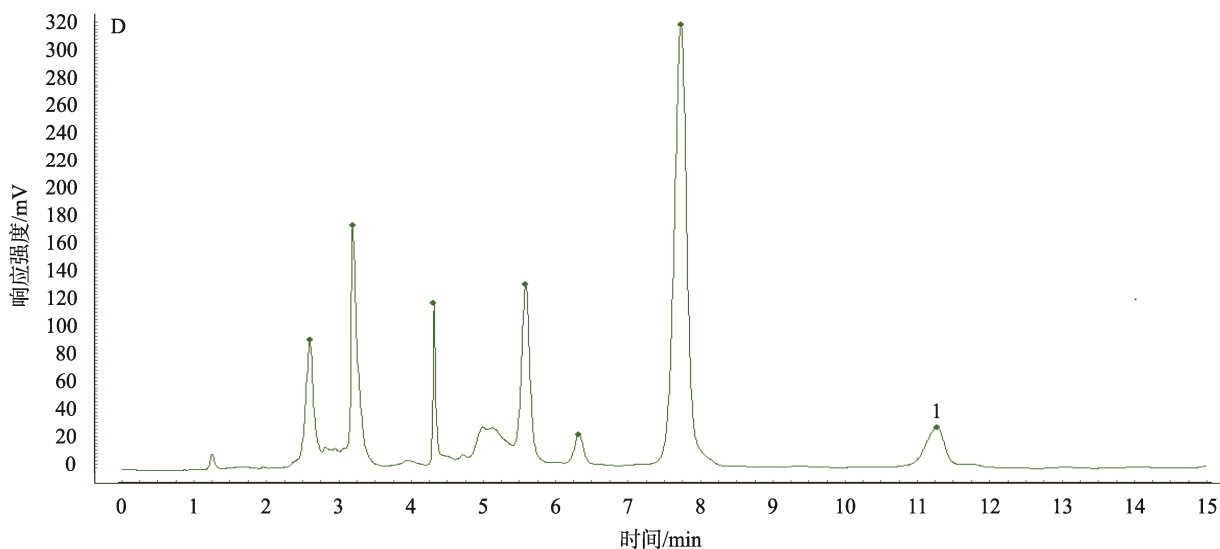
名称	炒制时间/min	含量/(mg/g)
小米炒党参	0.00	0.000
	2.00	0.000
	3.50	0.184
	4.50	0.510
	4.75	0.846
	5.00	1.440
	5.50	2.104
	6.50	2.462
	8.00	10.172
	大米炒党参	0.00
2.00		0.196
3.50		0.613
4.50		0.607
4.75		0.937
5.00		2.154
5.50		3.766
6.50		3.086
8.00		11.436



注: A: 5-HMF 标准品; B: 生党参样品; C: 小米炒党参样品;。

图3 党参及其炮制品 5-HMF 的 HPLC 图

Fig.3 HPLC chart of *Codonopsis* and its processed products 5-HMF



注: D:大米炒党参样品; 1: 5-HMF。

图 3(续) 党参及其炮制品 5-HMF 的 HPLC 图

Fig.3 HPLC chart of *Codonopsis* and its processed products 5-HMF

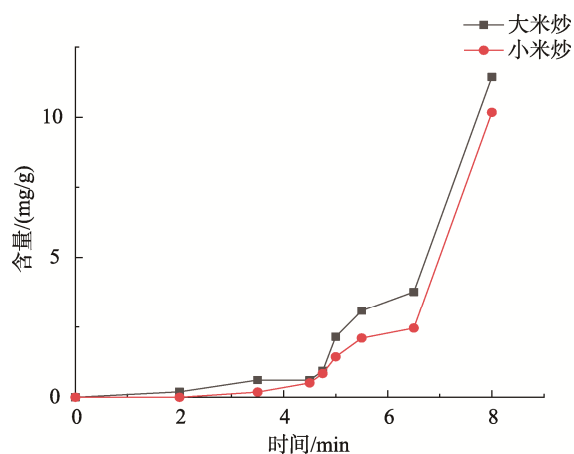


图 4 米炒党参不同炒制时间 5-HMF 含量动态变化折线图

Fig.4 Line graph of dynamic changes of 5-HMF content in rice-fried *Codonopsis pilosula* at different frying time

党参是山西地道药食同源药材, 小米是山西特色杂粮, 可以用于开发改善人体胃肠道功能、提高机体免疫力的功能食品, 同时可以充分利用山西地道药材及特产, 发挥本地资源优势, 促进功能食品行业发展。

表 3 米炒党参不同炒制时间党参多糖含量  
Table 3 Content of *Codonopsis pilosula* polysaccharide in rice stir-fried *Codonopsis pilosula* at different times

名称	炒制时间/min	含量/%
小米炒党参	0.00	19.31
	2.00	21.65
	3.50	27.83
	4.50	37.62
	4.75	49.52
	5.00	52.74
	5.50	20.67
	6.50	13.44
	8.00	11.69
	0.00	19.27
大米炒党参	2.00	16.04
	3.50	18.72
	4.50	17.64
	4.75	19.56
	5.00	22.08
	5.50	20.40
	6.50	21.76
	8.00	14.29

5-HMF 是炒制过程中产生的新成分, 呈上升趋势, 且小米炒党参 5-HMF 含量略低。经查阅文献发现, 5-HMF 是中药在炮制过程中发生美拉德反应, 即葡萄糖等单糖化合物在弱酸或高温等条件下脱水产生醛类化合物, 其广泛存在于含有糖类化合物的中药中<sup>[14-15]</sup>。但 5-HMF 具有广泛的药理作用同时具有一定的毒副作用, 因此通常被定义为限量成分<sup>[16]</sup>。本研究结果提示, 后续研究应将体外和体内实验相结合, 充分了解 5-HMF 在炮制中的意义。

从本研究可以看出小米炒党参和大米炒党参炮制品应各有特点, 这也势必会对党参功效产生不同程度的影响, 后续研究应结合谱效学、血清药物化学等手段, 进一步明确药效物质基础, 满足临床需求, 从而确定“米”炒党参的最佳炮制辅料, 完善米炒党参炮制规范。

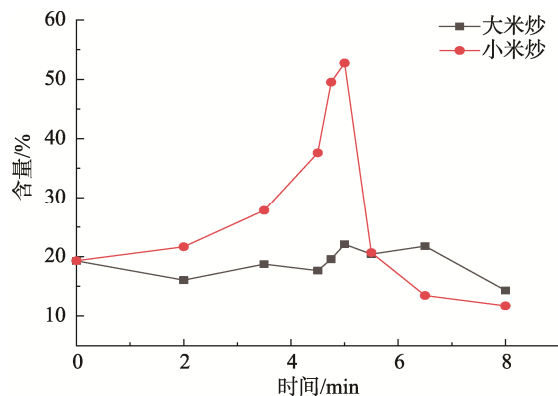


图5 米炒党参不同炒制时间党参多糖含量动态变化折线图

Fig.5 Line graph of dynamic changes of *Codonopsis pilosula* polysaccharide content in rice-fried *Codonopsis pilosula* at different frying time

## 参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.  
State Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the people's Republic of China: Volume I [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.
- [2] LIU W, LV X, HUANG W, *et al.* Characterization and hypoglycemic effect of a neutral polysaccharide extracted from the residue of *Codonopsis pilosula* [J]. *Carbohydr Polym*, 2018, 197: 215–226.
- [3] 黄圆圆, 张元, 康利平, 等. 党参属植物化学成分及药理活性研究进展 [J]. *中草药*, 2018, 49(1): 239–250.  
HUANG YY, ZHANG Y, KANG LP, *et al.* Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Codonopsis* [J]. *Chin Herb Med*, 2018, 49(1): 239–250.
- [4] 邹利, 邱炳勋, 刘珂, 等. 党参米炒前后党参多糖与5-羟甲基糠醛的变化及其对胃肠平滑肌运动的影响 [J]. *中草药*, 2017, 48(1): 149–154.  
ZOU L, QIU BX, LIU K, *et al.* Changes of *Codonopsis pilosula* polysaccharide and 5-hydroxymethylfurfural before and after stir frying with rice and their effects on gastrointestinal smooth muscle movement [J]. *Chin Herb Med*, 2017, 48(1): 149–154.
- [5] 刘佳, 杨显朝, 刘娟. 党参炮制品对脾虚家兔胃肠激素、免疫功能及环核苷酸水平的影响 [J]. *中国兽医学报*, 2020, 40(3): 620–624, 659.  
LIU J, YANG XC, LIU J. Effects of Dangshen processed products on gastrointestinal hormones, immune function and cyclic nucleotide levels in rabbits with spleen deficiency [J]. *Chin J Veter Med*, 2020, 40(3): 620–624, 659.
- [6] 朴钟旭. 中药炮制中固体辅料炮制的发展衍变研究 [D]. 北京: 中国科学院中药研究所/中国中医科学院/中国中医研究院中药研究所, 2004.  
PU ZX. Research on the development and evolution of solid excipients processing in traditional Chinese medicine processing [D]. Beijing: Institute of Traditional Chinese Medicine, Chinese Academy of Traditional Chinese Medicine, Institute of Traditional Chinese Medicine, Chinese Academy of Traditional Chinese Medicine, 2004.
- [7] 王清浩, 王云, 张雪, 等. 米炒法中辅料大米的质量标准研究 [J]. *中国中药杂志*, 2019, 44(9): 1814–1821.  
WANG QH, WANG Y, ZHANG X, *et al.* Study on the quality standard of rice as an excipient in rice stir-frying [J]. *Chin J Chin Mater Med*, 2019, 44(9): 1814–1821.
- [8] 王军锋, 周显青, 张玉荣. 小米的营养特性与保健功能及产品开发 [J].

粮食加工, 2012, 37(3): 60–63.

- WANG JF, ZHOU XQ, ZHANG YR. The nutritional properties and health functions of millet and product development [J]. *Food Proc*, 2012, 37(3): 60–63.
- [9] 陈江鹏, 戴俊东, 裴纹萱, 等. 基于功效成分与形性指标相关性分析的米炒党参炮制工艺标准化研究 [J]. *中国中药杂志*, 2018, 43(12): 2543–2551.  
CHEN JP, DAI JD, PEI WX, *et al.* Research on the standardization of the processing technology of rice-fried *Codonopsis* based on the correlation analysis of functional components and shape indexes [J]. *Chin J Chin Mater Med*, 2018, 43(12): 2543–2551.
  - [10] 郭振宇, 张毅, 张正锋, 等. 星点设计-响应面法优化川党参产地加工炮制一体化工艺研究 [J]. *中药新药与临床药理*, 2019, 30(11): 1385–1390.  
GUO ZY, ZHANG Y, ZHANG ZF, *et al.* Centralized design-response surface method to optimize the processing and processing integrated process of *Codonopsis radiata* [J]. *New Drug Clin Pharmacol Chin Mater Med*, 2019, 30(11): 1385–1390.
  - [11] 吴翠, 徐靓, 马玉翠, 等. 党参走油与色泽、水分、5-羟甲基糠醛的相关性研究 [J]. *中药材*, 2019, 42(4): 782–784.  
WU C, XU L, MA YC, *et al.* Study on the correlation between *Codonopsis pilosula* oil and color, moisture and 5-hydroxymethyl furfural [J]. *Chin Med Mater*, 2019, 42(4): 782–784.
  - [12] 郝艳艳. 党参不同炮制品化学成分和健脾益气作用的差异及机制研究 [D]. 太原: 山西省中医药研究院, 2019.  
HAO YY. Study on the difference and mechanism of the chemical composition of different processed products of *Codonopsis pilosula* and the effect of invigorating the spleen and qi [D]. Taiyuan: Shanxi Academy of Traditional Chinese Medicine, 2019.
  - [13] 孔庆龙, 余汪平, 郭冬梅, 等. 苯酚-硫酸法测定三七枸杞酒中多糖含量 [J]. *食品安全质量检测学报*, 2017, 8(6): 2267–2271.  
KONG QL, YU WP, GUO DM, *et al.* Determination of polysaccharides in *Panax notoginseng* wolfberry wine by phenol-sulfuric acid method [J]. *J Food Saf Qual*, 2017, 8(6): 2267–2271.
  - [14] FALLICO B, ARENA E, ZAPPALA M. Degradation of 5-hydroxymethylfurfural in honey [J]. *J Food Sci*, 2008, 73(9): 625–631.
  - [15] CAO G, CAI H, CAI B, *et al.* Effect of 5-hydroxymethylfurfural derived from processed *Cornus officinalis* on the prevention of high glucose-induced oxidative stress in human umbilical vein endothelial cells and its mechanism [J]. *Food Chem*, 2013, 140(1–2): 273–279.
  - [16] 王梅, 王越欣, 武英茹, 等. 5-羟甲基糠醛在中药加工过程中的变化及药理作用研究概况 [J]. *药物评价研究*, 2020, 43(11): 2319–2327.  
WANG M, WANG YX, WU YR, *et al.* The changes and pharmacological effects of 5-hydroxymethylfurfural during the processing of traditional Chinese medicine [J]. *Drug Eval Res*, 2020, 43(11): 2319–2327.

(责任编辑: 于梦娇)

## 作者简介

王梅, 硕士, 主要研究方向为中药制剂与质量控制分析研究。

E-mail: 896462730@qq.com

倪艳, 主任药师, 主要研究方向为中药化学及药效物质基础研究。

E-mail: niyan\_01@hotmail.com