

[ 科研报道 ]

# 葛根麸煨工艺优化及其药效学研究

王 晶<sup>1,2</sup>, 赵重博<sup>1,2\*</sup>, 唐家琪<sup>1</sup>, 邹俊波<sup>1</sup>, 张小飞<sup>1</sup>, 王昌利<sup>1,2</sup>

(1. 陕西中医药大学, 陕西 咸阳 712046; 2. 陕西省中药饮片工程技术研究中心, 陕西 咸阳 712046)

**摘要:** 目的 优化葛根麸煨工艺, 并研究其药效学。方法 以外观性状及总黄酮、葛根素、大豆苷、大豆苷元含量的总评“归一值”(OD值)为评价指标, 投药锅温度、麦麸用量、麸煨时间为影响因素, 正交试验优化麸煨工艺。考察葛根麸煨前后大鼠心脏质量及血清AST、Mb、cTnI水平变化。结果 最佳条件为投药锅温度120℃, 麦麸用量50%, 麸煨时间30min, OD值为0.95, 所得麸煨品质量稳定。麸煨品对于心肌缺血大鼠的疗效优于生品。结论 葛根麸煨后药效增强, 有利于该药材生产和质量控制。

**关键词:** 葛根; 麸煨工艺; 正交试验; 心肌缺血

**中图分类号:** R283

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1001-1528(2022)02-0532-06

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1528.2022.02.036

葛根为豆科植物野葛 *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi 的干燥根, 习称野葛, 普遍生长在亚热带和温带地区, 在我国各省均有分布, 尤以河南、浙江、四川等地盛产, 秋、冬二季采挖, 趁鲜切成厚片或小块后干燥, 有疏散退热、透疹、升阳止泻、生津止渴、通经活络、解酒毒之功<sup>[1]</sup>, 始载于《神农本草经》, 因其丰富的营养价值和药用价值而获得“千年人参”的美誉<sup>[2]</sup>。临床研究表明, 葛根以治疗糖尿病、改善心脑血管疾病、防治骨质疏松等为主, 异黄酮类物质为其主要活性成分, 给药后在血中可检测到葛根素、大豆苷、大豆苷元等成分<sup>[3]</sup>, 其中葛根素具有扩张冠状动脉, 改善心肌代谢, 改善微循环, 抗心律失常, 降血压等作用<sup>[4]</sup>。

葛根药材产地加工时可采取鲜切成块或片的操作方法, 目前在市场上葛根的主流饮片规格为葛根块和麸煨葛根块, 葛根片由于受产地鲜切等影响市场占有率较少, 其中煨葛根根据工艺分为麦麸煨、湿纸煨和滑石粉煨, 又以麦麸煨的工艺研究最多。目前, 关于葛根麸煨的工艺研究均描述为麦麸冒烟后倒入葛根块, 或描述为麸炒葛根<sup>[4]</sup>, 与传统认为的麸煨法操作存在差异。本实验以外观性状、总黄酮、葛根素、大豆苷和大豆苷元含量综合值为指标优化葛根麦麸煨制工艺<sup>[4-6]</sup>, 并以盐酸异丙肾上腺素背部多点注射复制心肌缺血模型评价麸煨前后疗效差异, 以期为该药材临床应用提供借鉴。

## 1 材料

1.1 仪器 FA2004N型电子天平(上海民桥精密科学仪器有限公司); KH-400-KDE型高功率数控超声波清洗机(昆山市超声仪器有限公司); 瑞利UV-2100型紫外可见分

光光度仪(日本岛津公司); 戴安UltiMate 3000型液相色谱仪、Chromeleon工作站(美国Thermo Fisher Scientific公司); DT8380型红外测温仪(深圳查尔孟科技有限公司); WK-800A型高速药物粉碎机(青州市精诚机械有限公司)。

1.2 试剂与药物 葛根(批号20180615, 陕西兴盛德药业有限责任公司), 由陕西中医药大学药学院王昌利教授鉴定为豆科植物野葛 *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi 的干燥根切成的块。芦丁(批号Z29D6L8101)、葛根素(批号YM0510YA14)、大豆苷(批号Y18J8H40159)、大豆苷元(批号C06N6Y5504)对照品及盐酸异丙肾上腺素均购自上海源叶生物科技有限公司, 纯度均≥98%。cTnI(心肌肌钙蛋白)、AST(天冬氨酸转氨酶)、MB(肌红蛋白)ELISA试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。乙腈、甲醇为色谱纯; 95%乙醇、氢氧化钠、甲醇、磷酸为分析纯; 水为纯化水。

1.3 动物 SPF级雄性SD大鼠48只, 体质量(180±20)g, 购自成都达硕生物科技有限公司, 实验动物生产许可证号SCXK(川)2013-0024, 在标准实验条件下适应性饲养7d。

## 2 方法与结果

2.1 麸煨品制备 将生品与麦麸同时放入锅中, 文火加热不断翻动, 炒至表面焦黄色时筛去麦麸, 放凉, 即得。

### 2.2 总黄酮含量测定

2.2.1 对照品溶液制备 精密称取芦丁对照品15.30mg, 40%乙醇溶解并定容至50mL, 即得(质量浓度为0.306mg/mL)。

2.2.2 供试品溶液制备 精密称取生品或麸煨品粉末(过

收稿日期: 2020-03-12

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(81803732); 陕西省科技厅自然科学基金基础研究计划项目(2018JQ8022); 陕西省创新人才推进计划-科技创新团队项目(2018TD-005); 陕西中医药大学科学研究计划项目(2017PY31)

作者简介: 王 晶(1989—), 女, 博士, 副教授, 从事中药制剂研究。E-mail: 245505581@qq.com

\* 通信作者: 赵重博(1987—)男, 博士, 副教授, 从事中药炮制工艺研究。E-mail: 549536693@qq.com

3号筛) 2 g, 加 25 倍量 40% 乙醇溶解, 超声 (200 W、50 ℃) 提取 60 min, 滤过, 取续滤液, 即得。

2.2.3 线性关系考察 吸取“2.2.1”项下对照品溶液 0、1、2、3、4、5、6 mL, 置于 25 mL 量瓶中, 加 1 mL 5% 亚硝酸钠溶液摇匀, 放置 5 min, 加 1 mL 10% 硝酸铝溶液摇匀, 放置 5 min, 加 10 mL 4% 氢氧化钠溶液, 40% 乙醇定容至刻度, 摇匀, 放置 15 min, 于 510 nm 波长处测定吸光度。以芦丁质量浓度为横坐标 (X), 吸光度为纵坐标 (A) 进行回归, 得方程为  $A = 11.898X - 0.0692$  ( $r = 0.9985$ ), 在 0.012 24~0.073 44 mg/mL 范围内线性关系良好。

2.2.4 精密度试验 精密吸取“2.2.1”项下对照品溶液, 测定吸光度 6 次, 测得其 RSD 为 0.89%, 表明仪器精密度良好。

2.2.5 重复性试验 称取 6 份麸煨品, 按“2.2.2”项下方法制备供试品溶液, 测定吸光度, 测得其 RSD 为 1.37%, 表明该方法重复性良好。

2.2.6 稳定性试验 取同一批麸煨品, 按“2.2.2”项下方法制备供试品溶液, 于 0、1、2、4、6、8 h 测定吸光度, 测得其 RSD 为 1.66%, 表明溶液在 8 h 内稳定性良好。

2.2.7 加样回收率试验 精密称取各成分含量已知的麸煨品 9 份, 分别按 80%、100%、120% 水平精密加入对照品溶液, 按“2.2.2”项下方法制备供试品溶液, 测定吸光度, 计算回收率。结果, 芦丁平均加样回收率为 96.90%, RSD 为 1.37%。

### 2.3 葛根素、大豆苷、大豆苷元含量测定

2.3.1 色谱条件 参考文献 [7] 报道。Thermo C<sub>18</sub> 色谱柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相甲醇 (A) -0.4% 磷酸 (B), 梯度洗脱 (0~20 min, 30%~40% A; 20~25 min, 40%~60% A; 25~30 min, 60%~65% A; 30~31 min, 65%~30% A; 31~45 min, 30%~30% A); 体积流量 0.8 mL/min; 柱温 30 ℃; 检测波长 250 nm; 进样量 10 μL。色谱图见图 1。

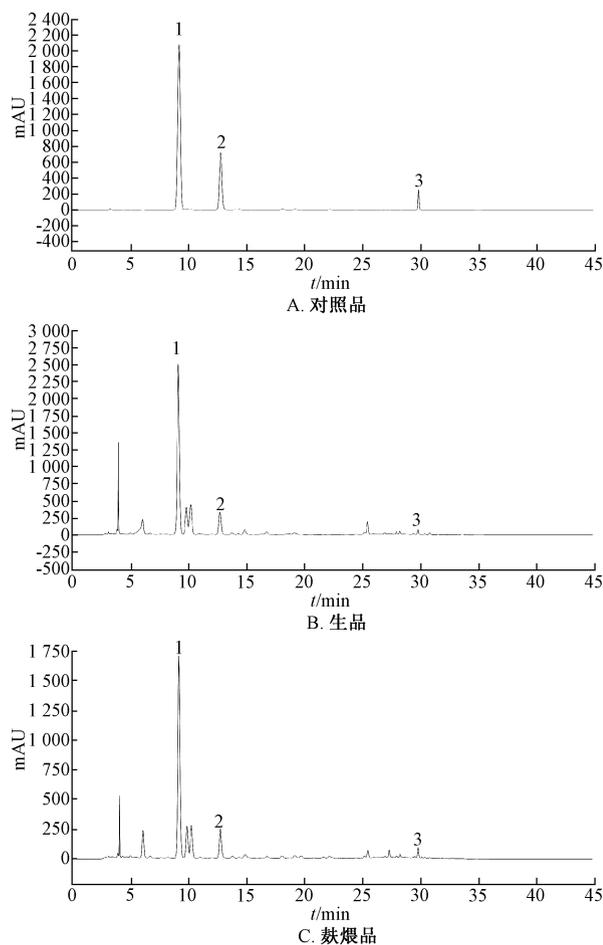
2.3.2 对照品溶液制备 精密称取葛根素、大豆苷、大豆苷元对照品适量, 甲醇溶解定容至刻度, 即得 (各成分质量浓度分别为 1.62、0.54、0.072 mg/mL)。

2.3.3 供试品溶液制备 精密称取生品或麸煨品 (过 3 号筛) 3 g, 加 150 mL 30% 乙醇, 称定质量, 回流提取 30 min, 放冷, 30% 乙醇补足减失的质量, 摇匀, 滤过, 即得。

2.3.4 线性关系考察 吸取“2.3.2”项下对照品溶液, 逐步稀释, 在“2.3.1”项色谱条件下进样测定。以对照品质量浓度为横坐标 (X), 峰面积为纵坐标 (Y) 进行回归, 结果见表 1, 可知各成分在各自浓度范围内线性关系良好。

表 1 各成分线性关系

成分	回归方程	r	线性范围/(mg·mL <sup>-1</sup> )
葛根素	$Y = 569.42X + 17.807$	0.999 2	0.050 6~1.620 0
大豆苷	$Y = 596.55X + 3.246 4$	0.999 0	0.016 8~0.540 0
大豆苷元	$Y = 729.42X - 0.966$	0.999 3	$2.25 \times 10^{-3}$ ~0.072 0



1. 葛根素 2. 大豆苷 3. 大豆苷元

图 1 各成分 HPLC 色谱图

2.3.5 精密度试验 取同一份供试品溶液, 在“2.3.1”项色谱条件下进样测定 6 次, 测得葛根素、大豆苷、大豆苷元峰面积 RSD 分别为 0.61%、1.40%、0.98%, 表明仪器精密度良好。

2.3.6 重复性试验 称取 6 份麸煨品, 按“2.3.3”项下方法制备供试品溶液, 在“2.3.1”项色谱条件下进样测定, 测得葛根素、大豆苷、大豆苷元峰面积 RSD 分别为 1.21%、1.59%、1.33%, 表明该方法重复性良好。

2.3.7 稳定性试验 取同一批麸煨品, 按“2.3.3”项下方法制备供试品溶液, 于 0、1、2、4、6、8 h 在“2.3.1”项色谱条件下进样测定, 测得葛根素、大豆苷、大豆苷元峰面积 RSD 分别为 0.81%、1.34%、1.12%, 表明溶液在 8 h 稳定性良好。

2.3.8 加样回收率试验 取各成分含量已知的麸煨品 1.5 g, 共 9 份, 随机分为 3 组, 分别按 80%、100%、120% 水平精密加入对照品溶液, 按“2.3.3”项下方法制备供试品溶液, 在“2.3.1”项色谱条件下进样测定, 计算回收率, 结果见表 2。

### 2.4 正交试验

2.4.1 因素水平 在单因素试验基础上, 选择投药锅温度

表2 各成分加样回收率试验结果 (n=9)

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/%
葛根素	1.505 3	48.32	38.52	86.50	99.12	98.14	1.26
	1.506 2	48.35	38.52	87.22	100.92		
	1.508 1	48.41	38.52	86.13	97.93		
	1.504 6	48.30	48.15	95.36	97.73		
	1.502 2	48.22	48.15	95.18	97.52		
	1.503 5	48.26	48.15	95.53	98.18		
	1.501 7	48.20	57.78	104.63	97.66		
	1.509 4	48.45	57.78	104.83	97.58		
	1.503 8	48.27	57.78	104.07	96.58		
大豆苷	1.505 3	9.93	7.92	17.53	95.93	95.38	1.57
	1.506 2	9.94	7.92	17.61	96.85		
	1.508 1	9.95	7.92	17.61	96.73		
	1.504 6	9.93	9.90	19.58	97.49		
	1.502 2	9.91	9.90	19.13	93.10		
	1.503 5	9.92	9.90	19.23	94.00		
	1.501 7	9.91	11.88	21.21	95.12		
	1.509 4	9.96	11.88	21.12	93.96		
	1.503 8	9.93	11.88	21.24	95.26		
大豆苷元	1.505 3	1.20	0.96	2.20	103.23	102.17	2.78
	1.506 2	1.20	0.96	2.22	105.45		
	1.508 1	1.21	0.96	2.19	102.18		
	1.504 6	1.20	1.20	2.48	106.18		
	1.502 2	1.20	1.20	2.41	100.83		
	1.503 5	1.20	1.20	2.44	103.38		
	1.501 7	1.20	1.43	2.62	99.52		
	1.509 4	1.21	1.43	2.66	101.69		
	1.503 8	1.20	1.43	2.59	97.05		

(A)、麦麸用量(B)、麸煨时间(C)作为影响因素,外观性状及总黄酮、葛根素、大豆苷、大豆苷元含量的总评“归一值”(OD值)作为评价指标,因素水平见表3。

表3 因素水平

水平	因素		
	A 投药锅温度/℃	B 麦麸用量	C 麸煨时间/min
1	100	1:0.5	20
2	120	1:1.0	30
3	140	1:1.5	40

2.4.2 麸煨品制备 净选大小均匀的成品9份,每份50g,置于麸煨锅中,按“2.1”项下方法结合表3因素水平制备,即得。

2.4.3 评价指标测定 取“2.4.2”项下麸煨品适量,粉碎后过3号筛,分别按“2.2.2”“2.3.3”项下方法制备供试品溶液,测定总黄酮、葛根素、大豆苷、大豆苷元含量。同时,按炮制不及和炮制太过及文献[4]报道的方法进行外观性状评分,标准见表4。

对外观性状及总黄酮、葛根素、大豆苷、大豆苷元含量计算总评“归一值”(OD值)<sup>[8]</sup>,采用Hassan法进行归一

化,归一值  $d_i = (y_i - y_{\min}) / (y_{\max} - y_{\min})$ , OD值 =  $(d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_k) / k$ ,其中y为指标,  $y_{\min}$ 为最小值,  $y_{\max}$ 为最大值,  $i=1, 2, 3, \dots, k$ , k为指标数,结果见表5。

表4 外观性状评分标准

颜色	完整度	有无焦斑	灰屑量	评分/分
焦黄色	完整	无焦斑	很少	100
焦黄色	完整	无焦斑	较少	80
黄色或焦褐色	较完整	略有焦斑	少	60
黄色或焦褐色	不完整者 1/3	有焦斑	较多	40
黄白色或焦黑色	不完整者 1/4	有焦斑	多	20

表5 各评价指标测定结果

样品	外观性状/分	总黄酮/%	葛根素/%	大豆苷/%	大豆苷元/%
1	70	5.95	3.21	0.85	0.09
2	90	8.15	5.88	0.76	0.08
3	70	5.27	3.32	0.55	0.07
4	100	8.76	6.09	0.87	0.11
5	60	7.31	4.37	0.82	0.12
6	70	8.24	5.71	0.54	0.06
7	70	4.86	2.76	0.37	0.04
8	80	5.85	3.78	0.62	0.05
9	70	5.43	3.91	0.56	0.06

2.4.4 结果及方差分析 见表6~7。由此可知,各因素影响程度依次为A(投药锅温度)>C(麸煨时间)>B(麦麸用量),其中因素A有显著影响( $P<0.05$ ),B、C无显著影响( $P>0.05$ )。考虑到节约能耗,选择50%作为麦麸用量,最优工艺为 $A_2B_1C_2$ ,即投药锅温度120℃,麦麸用量50%,麸煨时间30 min。

表6 试验设计与结果

试验号	因素				OD值
	A	B	C	D(误差)	
1	1	1	1	1	0.42
2	1	2	2	2	0.71
3	1	3	3	3	0.24
4	2	1	2	3	0.92
5	2	2	3	1	0.56
6	2	3	1	2	0.48
7	3	1	3	2	0.05
8	3	2	1	3	0.31
9	3	3	2	1	0.26
$K_1$	1.37	1.39	1.21	1.24	—
$K_2$	1.96	1.58	1.89	1.24	—
$K_3$	0.62	0.98	0.85	1.47	—
R	1.34	0.60	1.04	0.23	—



图2 样品外观性状

表8 验证试验结果 (n=3)

样品	外观性状/分	总黄酮/%	葛根素/%	大豆苷/%	大豆苷元/%	OD值
麸煨品1	100	8.57	6.02	0.82	0.10	0.91
麸煨品2	90	8.81	6.21	0.91	0.11	0.95
麸煨品3	100	8.71	6.17	0.84	0.12	0.99
麸煨品平均值	96.66	8.69	6.13	0.85	0.11	0.95
生品1	—	6.45	4.49	0.54	0.02	—
生品2	—	6.32	4.38	0.57	0.02	—
生品3	—	6.18	4.51	0.58	0.02	—
生品平均值	—	6.31	4.46	0.56	0.02	—

2.5.3 标本采集 实验第7天大鼠禁食12 h,给药、测定心电图后眼眶采血,静置30 min,4 000 r/min离心10 min,分离血清,在-20℃下冷冻。大鼠取血后处死,立即摘取心脏并称定质量。

2.5.4 指标检测 采用ELISA法检测血清心肌肌钙蛋白(cTnI)、天冬氨酸转氨酶(AST)、肌红蛋白(MB)水平。

2.5.5 统计学分析 通过GraphPad Prism软件进行处理,组间比较采用两独立样本非参数检验、Mann-Whitney U检验。 $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2.5.6 结果分析 麸煨品、生品水提液中葛根素含量分别

表7 方差分析

来源	离均差平方和	自由度	F值	P值
A	0.301	2	25.17	<0.05
B	0.063	2	5.33	>0.05
C	0.186	2	15.50	>0.05
D(误差)	0.012	2	—	—

注: $F_{0.05}(2,2)=19.00, F_{0.01}(2,2)=99.00$ 。

2.4.5 验证试验 称取生品3份,每份500 g,按“2.4.4”项下优化工艺制备3批麸煨品。另取3份生品,观察它和麸煨品的外观性状,测定总黄酮、葛根素、大豆苷、大豆苷元含量,结果见图2、表8。由此可知,该工艺合理可行,所得麸煨品质量稳定,并且麸煨后黄酮类成分含量明显升高。

### 2.5 药效学

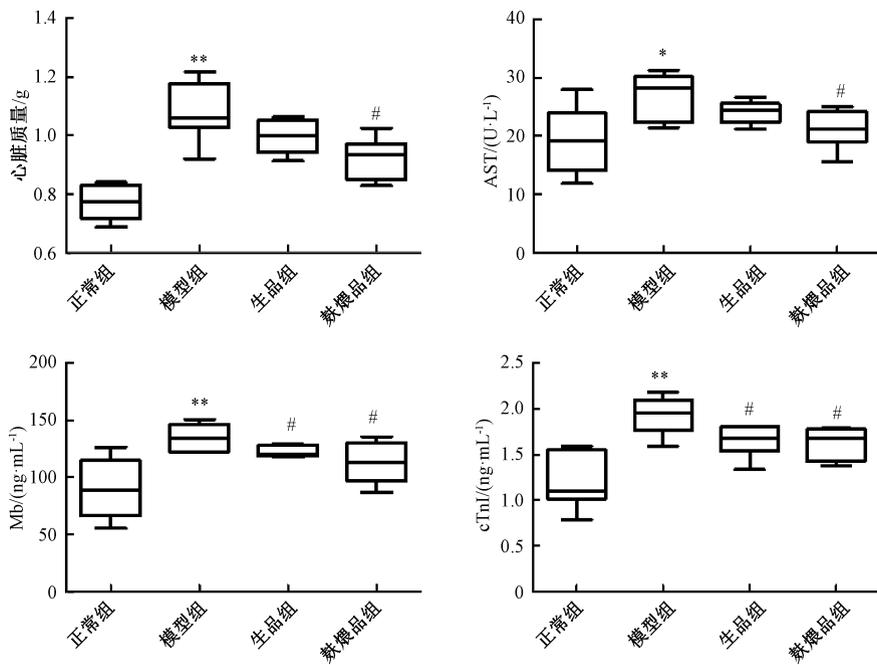
2.5.1 水提液制备 称取生品、麸煨品各13.5 g,加10倍量纯净水浸泡0.5 h后煎煮2次,每次1 h,滤过,合并2次滤液,浓缩至100 mL,即得。

2.5.2 分组、造模与给药 48只大鼠随机分为正常组、模型组、生品组、麸煨品组,根据临床用量,确定水提液剂量为1.35 g/kg,每组大鼠灌胃给药7 d,每天1次,正常组、模型组大鼠灌胃给予等量纯净水。在5~7 d给药后30 min,大鼠背部多点皮下注射异丙肾上腺素(85 mg/kg)<sup>[9]</sup>。

为2.66%、2.54%,大豆苷含量分别为0.48%、0.42%,大豆苷元含量分别为0.18%、0.05%。图3显示,与正常组比较,模型组大鼠心脏质量及血清AST、Mb、cTnI水平升高( $P<0.05, P<0.01$ );与模型组比较,麸煨品组大鼠心脏质量及血清AST、Mb、cTnI水平降低( $P<0.05$ ),而生品组大鼠仅血清cTnI、Mb水平降低( $P<0.05$ ),心脏质量、血清AST水平无明显变化( $P>0.05$ )。

### 3 讨论

异丙肾上腺素建立心肌缺血动物模型已广泛应用于抗心肌缺血药物的筛选研究,异丙肾上腺素是β受体激动剂,



注：与正常组比较，\*  $P < 0.05$ ，\*\*  $P < 0.01$ ；与模型组比较，#  $P < 0.05$ 。

图3 麸煨前后大鼠心脏质量及血清AST、Mb、cTnI水平变化

可以使心肌收缩力增强，心率加快，心输出量和心肌耗氧量增加；使血管舒张、舒张压降低、脉压变大、冠脉流量减少<sup>[10]</sup>。心肌损伤的血液生化标志物已从早先的以酶活性为主的检测（如AST、LD及其同工酶、CK及其同工酶等）发展到心肌损伤标志物尤其是心肌肌钙蛋白（cTnI）和肌红蛋白（Mb），cTnI、Mb均为细胞内蛋白，在心肌受损的情况下逸出而导致其在血清中浓度增高<sup>[10]</sup>。

麦麸煨法的炮制目的主要是除去药物中部分挥发油及刺激性成分，降低副作用和缓和药性，同时增强止泻作用<sup>[11]</sup>。目前《中药炮制学》教材和部分文献对麸煨葛根的表达介于麸炒法和麸煨法，中火加热麦麸冒烟后投入葛根的方法趋于麸炒法，但是麦麸用量及将葛根埋于麦麸内部的操作又趋于麸煨法。而2020年版《中国药典》四部中药炮制通则及部分地方炮制规范如陕西省、安徽省、四川省等对麸煨葛根的炮制方法的操作表述为将药物与麸皮同置炒制容器内，用文火炒至规定程度取出，放凉。这种操作与传统认为的麦麸煨法更加接近。本实验所选指标包括与火候严格相关的饮片的外观颜色，也包括影响葛根内在质量的化学成分。其中葛根素、大豆苷元和大豆苷等黄酮类成分是报道较多的葛根治疗癌症、心肌缺血等疾病模型的药效物质<sup>[12-14]</sup>，其在炮制过程中含量变化与饮片的质量密切相关。考虑到这些指标对麸煨品质量同等重要，故对多项指标进行归一化后直接计算其平均值作为总评值（OD值）进行模型的优化。

葛根为太阳阳明“解肌”之药，有“疗肌解表，乾葛先而柴胡次之”的说法，故治疗表证不应炮炙，麸煨葛根为了除去表散作用，而使其入里补胃气而止泻<sup>[15]</sup>，以此分析葛根治疗心肌缺血应以生品为先。现代药理研究表明葛

根所含总黄酮及葛根素能扩张冠脉，缓解血管高压，改善微循环而治疗心肌缺血<sup>[16]</sup>。实验结果表明葛根经麸煨后黄酮类成分明显增多，在治疗心肌缺血时部分指标的效果优于生品且有显著性差异，为临床用药提供了一定的借鉴。

#### 参考文献：

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：2020年版一部[S]. 北京：中国医药科技出版社，2020：347.
- [2] 杨旭东，王爱勤，何龙飞. 葛根种质资源及其开发利用研究进展[J]. 中国农学通报，2014，30(24)：11-16.
- [3] 孙华，李春燕，薛金涛. 葛根的化学成分及药理作用研究进展[J]. 新乡医学院学报，2019，36(11)：1097-1101.
- [4] 钟凌云，潘亮亮，马冰洁，等. 多指标正交试验法优化葛根麦麸煨制工艺[J]. 中国中医药信息杂志，2014，21(8)：89-92.
- [5] 孔馨逸，刘妍如，唐志书，等. 响应面法优化葛根超微粉的制备工艺及活性成分测定研究[J]. 中草药，2018，49(13)：2993-3000.
- [6] 钟凌云，马冰洁，龚千锋. 葛根不同炮制品止泻作用研究[J]. 江西中医药大学学报，2015，27(2)：75-76；90.
- [7] 徐炜锋，杜春燕，徐书宇，等. HPLC测定四川梓潼产葛根和粉葛中四种异黄酮含量的分析[J]. 湖北农业科学，2019，58(9)：114-116；167.
- [8] 赵重博，王晶，吴博，等. Box-Behnken效应面法优化陕西法制天南星提取工艺及抗肿瘤药效研究[J]. 中医药导报，2019，25(6)：69-73.
- [9] 牛子冉，徐晓娜，陈俞材，等. 丹酚酸A对异丙肾上腺素致小鼠心肌缺血的保护作用及其机制[J]. 中国药理学通报，2015，31(12)：1667-1674.
- [10] 刘伟，张鑫铃，张瑜. cTnI、MB和CK-MB联合检测在诊断急性心肌梗死中的应用价值[J]. 当代医药论丛，

- 2017, 15(23): 179-180.
- [11] 夏开华. 中药炮制煨法探讨[J]. 实用中医药杂志, 2012, 28(7): 605-606.
- [12] 董林娟, 熊沙沙, 刘鑫华, 等. 葛根提取物在正常及心肌缺血大鼠体内药物代谢动力学研究[J]. 中南药学, 2015, 13(10): 1054-1057.
- [13] 刘新义, 蒋中标, 罗洁, 等. 葛根素 PEG-PLGA 纳米胶束的体外评价、细胞摄取及抗急性心肌缺血的研究[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(11): 2244-2250.
- [14] 闫浩, 刘潇潇, 宋红霞, 等. 基于系统药理学和分子对接探讨葛根抗肿瘤作用机制[J]. 化学与生物工程, 2020, 37(4): 28-33.
- [15] 张炳鑫. 中药炮制品古今演变评述[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011: 300-301.
- [16] 楚纪明, 马树运, 李海峰, 等. 葛根有效成分及其药理作用研究进展[J]. 食品与药品, 2015, 17(2): 142-146.

## 无花果粗多糖脱色工艺优化及其吸附性能研究

曾杰<sup>1</sup>, 房海灵<sup>1\*</sup>, 梁呈元<sup>1\*</sup>, 亓希武<sup>1</sup>, 郭强<sup>2</sup>

(1. 江苏省中国科学院植物研究所, 江苏南京 210014; 2. 句容市虎耳山无花果专业合作社, 江苏镇江 212013)

**摘要:** 目的 优化无花果粗多糖脱色工艺, 并研究其吸附性能。方法 考察不同大孔吸附树脂对无花果多糖脱色效果和多糖保留率的影响, 单因素试验结合响应面法优化影响脱色率和多糖保留率的因素, 分析树脂解吸和再生性。结果 D301 型大孔吸附树脂脱色效果最好, 最优脱色工艺条件为 pH 4.2, 脱色温度 32 ℃, 树脂用量 4 g/50 mL, 上样质量浓度 5.5 mg/mL, 脱色时间 2 h, 脱色率为 86.18%, 多糖保留率 88.41%。60% 乙醇对色素、多糖分子解吸时, 可实现树脂再生及循环利用, 两者解吸率均在 90% 以上。结论 D301 型大孔吸附树脂可用于无花果粗多糖的脱色工艺。

**关键词:** 无花果粗多糖; 脱色工艺; 吸附性能; 大孔吸附树脂; 单因素试验; 响应面法

**中图分类号:** R284.2      **文献标志码:** B      **文章编号:** 1001-1528(2022)02-0537-06

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1528.2022.02.037

无花果 *Ficus carica* L. 为桑科榕属多年生落叶灌木, 因花隐藏于花托内, 只见果不见花而得名<sup>[1]</sup>, 是人类最早驯化栽培的果树之一, 具有抗氧化、抑菌、抗癌、降血糖血脂功效, 可治疗胃癌、表皮癌、肝癌、糖尿病、高血症等, 是一种极具开发潜力的药食同源型水果<sup>[2-4]</sup>, 多糖是其活性成分之一<sup>[5]</sup>。目前, 常用的多糖提取方法为水提醇沉法, 但含有色素、蛋白质等杂质, 严重影响了其功效<sup>[6]</sup>。为了更好地对无花果多糖进行开发应用, 有必要寻找一种适合的纯化方法对其进行脱色。

目前, 常用的多糖脱色方法有活性炭法、过氧化氢法、大孔树脂吸附法, 其中活性炭法耗时长, 活性炭难以去除<sup>[7]</sup>; 过氧化氢法氧化强度高, 会导致多糖结构破坏<sup>[8]</sup>; 大孔树脂吸附法利用树脂与被吸附分子之间范德华

引力的强弱而达到多糖纯化目的, 具有操作简便、吸附效果好、不改变多糖性质等优点, 被广泛应用于多糖脱色工艺<sup>[9]</sup>。因此, 本实验在筛选大孔树脂类型的基础上, 采用单因素试验结合响应面法优化影响无花果粗多糖中色素吸附效果的因素, 并考察树脂解吸性质, 分析其再生功能, 以期为该成分的进一步开发利用提供技术支撑。

### 1 材料

1.1 药材 无花果为采自句容市虎耳山无花果专业合作社的“玛斯义陶芬”成熟果实, 经江苏省中国科学院植物研究所刘启新研究员鉴定为桑科榕属植物无花果 *Ficus carica* L. 的果实, 洗净自然晾干后切成 0.5 cm 厚片, -50 ℃ 真空冷冻干燥机中干燥, 粉碎后过 40 目筛备用。

1.2 试剂与药物 D941、XDA-1、AB-8、D3520、D301 型

**收稿日期:** 2020-08-01

**基金项目:** 江苏省林业科技创新与推广项目 (LYKJ [2018] 35); 江苏省农业科技自主创新资金项目 [CX (18) 3030]

**作者简介:** 曾杰 (1995—), 男, 硕士生, 研究方向为植物资源评价及功能性成分。Tel: 18944051119, E-mail: zeng2020j@163.com

\* **通信作者:** 房海灵 (1983—), 女, 博士, 副研究员, 研究方向为植物资源和开发利用。Tel: 18724014065, E-mail: fanghailing2013@163.com

梁呈元 (1972—), 男, 博士, 研究员, 研究方向为植物功能性成分。Tel: 13951603152, E-mail: liangcy618@cnbg.net

**网络出版日期:** 2021-06-07

**网络出版地址:** <https://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1368.R.20210604.1724.002.html>