

中图分类号: R917; R927 文献标志码: A 文章编号: 1006-4931(2025)24-0100-04
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2025.24.021



超高效液相色谱法测定麦麸煨制前后生姜4种酚类成分含量*

张玉婷¹, 佟沫儒², 张伟², 李立华¹, 陈浩^{1△}

(1. 安徽中医药大学第一附属医院, 安徽 合肥 230031; 2. 安徽中医药大学药学院, 安徽 合肥 230013)

摘要:目的 探讨麦麸煨制前后生姜4种酚类成分含量的变化情况。方法 采用超高效液相色谱(UPLC)法测定10批生姜及(麦麸)煨姜中6-姜酚、8-姜酚、6-姜烯酚、10-姜酚的含量。色谱柱为ACQUITY HSS T3 UPLC柱(100 mm × 2.1 mm, 1.7 μm), 流动相为0.1%甲酸水溶液-乙腈(梯度洗脱), 流速为0.3 mL/min, 检测波长为280 nm, 柱温为40 °C, 进样量为2 μL。结果 煨姜中6-姜酚、8-姜酚、6-姜烯酚、10-姜酚质量浓度分别在81.88~2 620.00 μg/mL、15.63~50.00 μg/mL、27.15~868.74 μg/mL、24.74~791.52 μg/mL范围内与峰面积线性关系良好($R^2 \geq 0.9992$); 精密度、稳定性、重复性试验结果的RSD均小于3.0%; 平均加样回收率分别为98.52%, 97.28%, 99.62%, 99.50%, RSD分别为1.47%, 0.80%, 1.80%, 1.20% (n=6)。生姜中6-姜酚、8-姜酚、6-姜烯酚、10-姜酚平均含量分别为0.219, 0.035 1, 0.006 75, 0.153 mg/g, 煨姜中分别为0.176, 0.027 3, 0.024 9, 0.051 7 mg/g。

结论 与生姜比较, 煨姜中6-姜烯酚的含量更高, 而6-姜酚、8-姜酚、10-姜酚含量更低。临床可参考此结果按需选择生姜和煨姜。
关键词: 生姜; 煨姜; 超高效液相色谱法; 酚类成分; 含量测定

Content Determination of Four Phenolic Components in Ginger Before and After Simmering with Wheat Bran by UPLC

ZHANG Yuting¹, TONG Moru², ZHANG Wei², LI Lihua¹, CHEN Hao¹

(1. First Affiliated Hospital of Anhui University of Traditional Chinese Medicine, Hefei, Anhui, China 230031; 2. School of Pharmacy, Anhui University of Traditional Chinese Medicine, Hefei, Anhui, China 230013)

Abstract: Objective To investigate the changes in the content of four phenolic components in ginger before and after simmering with wheat bran. **Methods** Ultra-high performance liquid chromatography(UPLC) method was used to detect the contents of 6-gingerol, 8-gingerol, 6-shogaol, and 10-gingerol in 10 batches of ginger and (wheat bran) simmered ginger. The chromatographic column was ACQUITY HSS T3 UPLC column(100 mm × 2.1 mm, 1.7 μm), the mobile phase was 0.1% formic acid solution-acetonitrile(gradient elution), the flow rate was 0.3 mL/min, the detection wavelength was 280 nm, the column temperature was 40 °C, and the injection volume was 2 μL. **Results** For the simmered ginger, the linear ranges of 6-gingerol, 8-gingerol, 6-shogaol, and 10-gingerol were 81.88-2 620.00 μg/mL, 15.63-50.00 μg/mL, 27.15-868.74 μg/mL,

*基金项目: 全国中药特色技术传承人才培养项目[国中医药人教函[2023]96号]; 国家中医药管理局全国老药工传承工作室建设项目[国中医药人教函[2024]255号]; 安徽省卫健委省财政中医发展专项资金项目[皖中医药发展秘[2024]19号]; 安徽省“徽派中药炮制流派工作室”建设项目[皖中医药发展秘[2021]30号]。

第一作者: 张玉婷, 女, 硕士, 副主任中药师, 研究方向为中药炮制, (电子信箱)zhytpersonal@126.com。

△通信作者: 陈浩, 男, 大学本科, 主任中药师, 研究方向为中药炮制, (电子信箱)Chenhao071522@163.com。

- [8] 金 苏, 姚 昕, 陈庆华, 等. 预防性疫苗铝佐剂的药学相关问题及初步考虑[J]. 中国生物制品学杂志, 2020, 33(5): 603-607.
- [9] HEM S, HOGENESCH H. Relationship between physical and chemical properties of aluminum-containing adjuvants and immunopotentiality [J]. Expert Rev Vaccines, 2007, 6(5): 685-698.
- [10] 岳 卓, 赵玉秀, 王 辉. 铝佐剂的特性及其研究进展[J]. 中国生物制品学杂志, 2016, 29(12): 1349-1354.
- [11] 方 鑫, 梁争论. 人用疫苗佐剂作用机制的研究进展[J]. 中国生物制品学杂志, 2015, 28(8): 866-870.
- [12] 缪晨阳, 惠满军, 张炬美, 等. 磷酸铝佐剂性状表征的初步稳定性研究[J]. 国际生物制品学杂志, 2022, 45(5): 251-256.
- [13] 何 鹏, 胡忠玉. 铝佐剂效应的影响因素及铝佐剂疫苗改进的研究进展[J]. 中国生物制品学杂志, 2016, 29(6): 654-659.
- [14] 梁存军, 王 健, 吕凤林, 等. 铝佐剂作用机制及其在人用H5N1灭活疫苗中的辅佐作用[J]. 生物工程学报, 2008, 23(1): 8-14.
- [15] 梁存军, 王 健, 黎晓敏, 等. 高压高温灭菌前后纳米氢氧化铝佐剂理化性质的对比研究[J]. 中国生物工程杂志, 2007, 31(5): 81-84.
- [16] 赵晨燕, 黄维金. 铝佐剂理化特性及其吸附抗原后产物的质量控制研究进展[J]. 微生物学免疫学进展, 2018, 46(5): 86-90.
- [17] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(三部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 608-610.
- [18] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(四部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 287-288.
- [19] HASSETT K, COUSINS M, RABIA L, et al. Stabilization of a recombinant ricin toxin A subunit vaccine through lyophilization[J]. Eur J Pharm Biopharm, 2013, 85(2): 279-286.

(收稿日期: 2025-01-15; 修回日期: 2025-09-04)

and 24.74 - 791.52 $\mu\text{g} / \text{mL}$ ($R^2 \geq 0.9992$), respectively. The RSDs of precision, stability, and repeatability test results were all lower than 3.0% ($n = 6$). The average recoveries were 98.52%, 97.28%, 99.62% and 99.50%, with RSDs of 1.47%, 0.80%, 1.80%, and 1.20% ($n = 6$), respectively. The contents of 6 - gingerol, 8 - gingerol, 6 - shogaol, and 10 - gingerol in ginger were 0.219, 0.035 1, 0.006 75, 0.153 mg / g, and those in simmered ginger were 0.176, 0.027 3, 0.024 9, 0.051 7 mg / g.

Conclusion Compare with those in ginger, the contents of 6 - gingerol in simmered ginger was higher, while the contents of 8 - gingerol, 6 - shogaol, and 10 - gingerol in simmered ginger were lower. This result can be referenced to select ginger and simmered ginger as needed in clinic.

Key words: ginger; simmered ginger; UPLC; phenolic components; content determination

生姜 *Zingiber officinale* Rosc. 系姜科植物姜的新鲜根茎^[1], 性温味辛, 具解表散寒、温中止呕及化痰止咳等功效, 广泛应用于中医临床及食品工业领域^[2-3]。现代成分研究表明, 该药材富含挥发油(含柠檬醛等单萜类化合物)、姜辣素(以6 - 姜酚、8 - 姜酚、10 - 姜酚为特征性酚类物质)及二苯基庚烷类成分, 具有显著的抗氧化、调控脂代谢、抑制血小板聚集等生物活性, 其中姜酚类成分已被确立为生姜药材质量评价的关键指标^[4-5]。煨姜为生姜经麦麸煨制所得炮制品, 炮制后挥发性成分适度逸散, 药物刺激性降低, 功效重心由解表转化为温中止呕与固肠止泻^[6], 临床多用于脾胃虚寒型呕吐、泄泻等证候^[7-8]。然而, 现有研究虽已证实炮制可改变姜辣素类成分的构成^[9-10], 但尚未见麦麸煨制对多组分协同影响的系统研究。为此, 本研究中采用超高效液相色谱(UPLC)法, 定量分析生姜与麦麸煨姜中6 - 姜酚、8 - 姜酚、6 - 姜烯酚及10 - 姜酚含量的差异, 通过构建多维指标成分变化模型, 揭示炮制过程中成分 - 功效的关联规律, 为优化煨姜炮制工艺及临床应用提供依据。

1 材料

仪器: JY2003型电子天平(上海舜宇恒平科学仪器有限公司, 精度为1 mg), ACQUITY UPLC H - Class型超高效液相色谱仪(上海沃特世科技有限公司)。

试剂: 6 - 姜酚对照品、8 - 姜酚对照品、6 - 姜烯酚对照品、10 - 姜酚对照品(成都乐美天医药科技有限公司, 含量 $\geq 98\%$)。乙腈、甲醇和乙醚均为分析纯, 水为超纯水。

样品: 生姜购于安徽省安庆市潜山武庙乡, 经安徽中医药大学第一附属医院李立华和陈浩主任中药师鉴定为正品。选取大小一致、表皮完整, 无机械损伤及病害的新鲜生姜, 清洗, 备用。煨姜由课题组自行炮制, 过程如下。将麦麸按一定比例放入锅内, 上平铺同批购入生姜, 离锅边一定距离, 再覆盖1层麦麸, 中火加热, 煨制120 min, 至麦麸呈焦黄色。筛去麦麸, 取出煨姜, 放凉, 保存备用。

2 方法与结果

2.1 色谱条件

色谱柱: ACQUITY HSST3 UPLC柱(100 mm \times 2.1 mm,

1.7 μm); 流动相: 0.1%甲酸水溶液(A) - 乙腈(B), 梯度洗脱(0~2 min时2%B, 2~15 min时2%B \rightarrow 25%B, 15~25 min时25%B \rightarrow 50%B, 25~27 min时50%B \rightarrow 80%B); 流速: 0.3 mL/min; 检测波长: 280 nm; 柱温: 40 $^{\circ}\text{C}$; 进样量: 2 μL 。

2.2 溶液制备

混合对照品溶液: 分别取对照品6 - 姜酚、8 - 姜酚、6 - 姜烯酚、10 - 姜酚适量, 精密称定, 加甲醇制成分别含6 - 姜酚2.620 0 mg/mL、8 - 姜酚0.500 0 mg/mL、6 - 姜烯酚0.868 7 mg/mL、10 - 姜酚0.791 5 mg/mL的混合对照品溶液, 冷藏备用。

供试品溶液: 采用甲醇回流法^[11-12]。分别取生姜、煨姜样品适量, 各6份, 分别切成约2 mm小块, 每份样品各取1 g, 精密称定, 分别置100 mL烧瓶中, 加入甲醇50 mL后称定质量, 90 $^{\circ}\text{C}$ 水浴加热30 min, 放冷, 再次称定质量, 加甲醇补足减失质量, 摇匀, 滤过, 取续滤液, 即得供试品溶液1(生姜), 供试品溶液2(煨姜)。

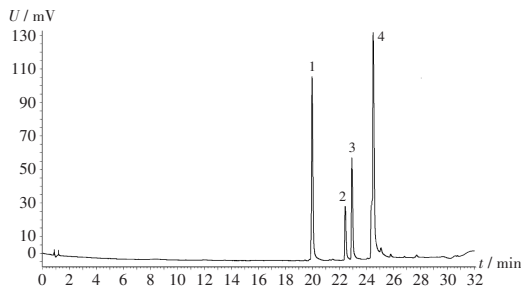
2.3 方法学考察

系统适用性试验: 取2.2项下3种溶液各适量, 按2.1项下色谱条件进样测定, 记录峰面积。结果显示, 供试品溶液1, 2色谱在与混合对照品溶液色谱保留时间相同处有相应色谱峰。详见图1。

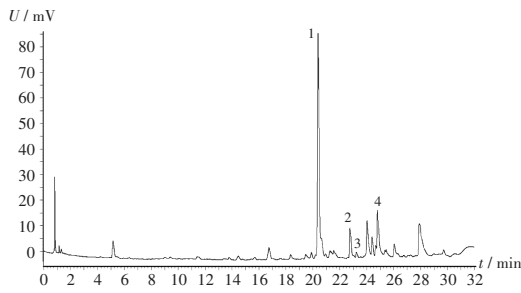
线性关系考察: 精密吸取2.2项下混合对照品溶液适量, 倍比稀释, 配制成系列混合对照品溶液, 按2.1项下色谱条件进样测定, 记录峰面积。以待测成分质量浓度($X, \mu\text{g} / \text{mL}$)为横坐标, 峰面积(Y)为纵坐标进行线性回归, 得回归方程和线性范围。结果见表1。

精密度试验: 精密量取2.2项下混合对照品溶液, 按2.1项下色谱条件连续进样测定6次, 记录峰面积, 结果6 - 姜酚、8 - 姜酚、6 - 姜烯酚、10 - 姜酚峰面积的RSD分别为1.58%, 1.09%, 0.87%, 0.66% ($n = 6$), 表明仪器精密度良好。

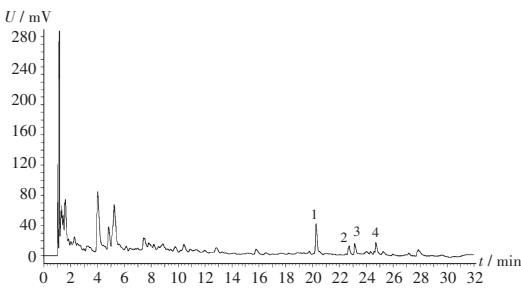
稳定性试验: 精密量取2.2项下供试品溶液2, 分别于室温放置0, 4, 8, 12, 16, 24 h时按2.1项下色谱条件进样测定, 记录峰面积, 结果6 - 姜酚、8 - 姜酚、6 - 姜烯酚、10 - 姜酚峰面积的RSD分别为1.18%, 1.92%,



A



B



C

1. 6-姜酚 2. 8-姜酚 3. 6-姜烯酚 4. 10-姜酚

A. 混合对照品溶液 B. 供试品溶液1 C. 供试品溶液2

图1 超高效液相色谱图

1. 6-姜酚 2. 8-姜酚 3. 6-姜烯酚 4. 10-姜酚

A. Mixed reference solution B. Test solution 1 C. Test solution 2

Fig. 1 UPLC chromatograms

表1 线性关系考察结果

Tab. 1 Results of the linear relation test

待测成分	回归方程	R ²	线性范围(μg/mL)
6-姜酚	$Y_1 = 3\ 107.8X_1 - 5\ 016$	0.999 8	81.88~2 620.00
8-姜酚	$Y_2 = 4\ 540.3X_2 - 51.388$	0.999 2	15.63~50.00
6-姜烯酚	$Y_3 = 5\ 005.8X_3 - 4\ 721.4$	0.999 6	27.15~868.74
10-姜酚	$Y_4 = 3\ 863.0X_4 + 111.64$	1.000 0	24.74~791.52

2.56%, 1.02% ($n = 6$), 表明供试品溶液室温放置24 h内相对稳定。

重复性试验: 取同一批煨姜样品适量, 各6份, 精密称定, 按2.2项下方法制备供试品溶液, 按2.1项下色谱条件进样测定, 记录峰面积, 结果6-姜酚、8-姜酚、6-姜烯酚、10-姜酚峰面积的RSD分别为1.22%, 2.51%, 1.70%, 1.53% ($n = 6$), 表明方法重复性良好。

加样回收试验: 称取已知含量的煨姜样品约1 g, 共6份, 精密称定, 分别精密加入一定量的对照品, 按

表2 加样回收试验结果($n = 6$)

Tab. 2 Results of the recovery test ($n = 6$)

待测成分	样品含量(mg)	加入量(mg)	测得量(mg)	回收率(%)	\bar{X} (%)	RSD(%)
6-姜酚	0.206 6	0.221	0.428 5	100.41	98.52	1.47
	0.201 1	0.221	0.420 3	99.19		
	0.206 7	0.221	0.419 9	96.47		
	0.206 3	0.221	0.421 3	97.29		
	0.208 5	0.221	0.428 2	99.41		
	0.209 3	0.221	0.426 7	98.37		
8-姜酚	0.034 64	0.031	0.065 14	98.39	97.28	0.80
	0.034 67	0.031	0.064 58	96.48		
	0.034 67	0.031	0.064 95	97.68		
	0.033 95	0.031	0.064 05	97.10		
	0.033 27	0.031	0.063 14	96.35		
	0.033 94	0.031	0.064 22	97.68		
6-姜烯酚	0.027 69	0.025	0.052 54	99.40	99.62	1.80
	0.028 45	0.025	0.053 05	98.40		
	0.028 27	0.025	0.054 05	103.12		
	0.028 14	0.025	0.052 68	98.16		
	0.028 05	0.025	0.052 91	99.44		
	0.028 25	0.025	0.053 05	99.20		
10-姜酚	0.053 95	0.052	0.104 8	97.79	99.50	1.20
	0.053 85	0.052	0.105 8	99.90		
	0.053 75	0.052	0.105 4	99.33		
	0.053 94	0.052	0.106 2	100.50		
	0.053 51	0.052	0.106 0	100.94		
	0.053 95	0.052	0.105 2	98.56		

2.2项下方法制备供试品溶液, 按2.1项下色谱条件进样测定, 记录峰面积, 计算加样回收率。结果见表2。

2.4 样品含量测定

按2.2项下方法, 分别制备供试品溶液1、供试品溶液2各10份, 分别标记为S1-S10及W1-W10。按2.1项下色谱条件进样测定, 记录峰面积, 计算生姜、煨姜样品含量。结果煨制后, 6-姜酚、8-姜酚、10-姜酚平均含量分别下降19.63%, 22.22%, 66.21%, 6-姜烯酚上升268.89%。详见表3。

3 讨论

煨姜为我院国医大师徐经世临床常用临方炮制品, 有温胃散寒、和中止呕功效, 尤其适用于脾胃不和、恶心呕吐等证^[14]。本研究中采用麦麸煨制生姜的方法, 旨在通过炮制降低生姜的辛燥刺激性, 增强其调和脾胃的作用。麦麸作为煨制辅料, 具有独特的物理化学特性, 既能有效吸附生姜中的挥发油及多余水分, 减少其对胃肠道的刺激, 还能通过均匀受热和温湿度控制, 确保炮制过程的稳定性和一致性。同时, 麦麸富含膳食纤维、蛋白质及酚类化合物等营养成分, 其中膳食纤维有助于调节肠道功能, 蛋白质为人体必需营养素, 酚类化合物则具有显著的抗氧化作用。在炮制过程中, 麦麸的

表3 样品含量测定结果(mg/g)

编号	6-姜酚	8-姜酚	6-姜烯酚	10-姜酚
S1	0.23	0.038	0.0079	0.15
S2	0.27	0.038	0.0082	0.20
S3	0.23	0.038	0.0078	0.16
S4	0.22	0.037	0.0077	0.15
S5	0.16	0.027	0.0051	0.13
S6	0.16	0.033	0.0051	0.13
S7	0.27	0.033	0.0080	0.18
S8	0.22	0.041	0.0076	0.16
S9	0.22	0.033	0.0051	0.13
S10	0.21	0.033	0.0050	0.14
\bar{X}	0.219	0.0351	0.00675	0.153
W1	0.19	0.031	0.027	0.053
W2	0.22	0.031	0.029	0.067
W3	0.20	0.030	0.027	0.053
W4	0.16	0.025	0.027	0.049
W5	0.13	0.023	0.019	0.045
W6	0.15	0.026	0.019	0.042
W7	0.20	0.026	0.030	0.067
W8	0.20	0.031	0.026	0.051
W9	0.15	0.025	0.022	0.044
W10	0.16	0.025	0.023	0.046
\bar{X}	0.176	0.0273	0.0249	0.0517

吸水性和吸附性使其能够有效去除生姜中的燥性成分,而其良好的流动性和分散性则确保了药物表面的均匀包裹,进一步增强了炮制效果。通过麦麸煨制,生姜的形态和性状发生显著变化,表现为表面颜色加深至焦黄色或深黄色,质地由脆嫩转为柔韧,辛香辛辣气味减弱,并产生独特的气味^[15-16]。这些变化与煨制过程中挥发油的散失及新化学成分的生成密切相关。

UPLC法具有分离效率、灵敏度高,检测速度快,适用范围广等优点,故本研究中采用此法对生姜和麦麸煨姜中的4种酚类成分进行定量分析。结果显示,煨制后6-姜酚、8-姜酚、10-姜酚含量的降低幅度及而6-姜烯酚含量的升幅均较大。这一变化可能与姜酚类成分在加热过程中发生逆羟醛缩合反应有关,推测6-姜酚在煨制过程中转化为6-姜烯酚^[17]。6-姜酚、8-姜酚、10-姜酚是姜辣素的主要特征性酚类物质,生姜经麦麸煨制后此类成分被麦麸吸收,所得煨姜辛辣刺激性降低,从而减少了对肠胃道的刺激,可发挥其功效。前期预试验中比较了超声提取法、渗漉法、浸提法、回流提取法等方法的提取效果,最终选取简单易行且提取率高的甲醇回流提取法对样品进行处理,确保了提取效率和分析结果的可靠性。

尽管本研究在麦麸煨制生姜的化学成分变化方面取得了一定进展,但仍存在一些局限性。如仅对4种酚

类成分进行了定量分析,其他色谱峰的成分尚未明确鉴定。此外,煨制过程中化学成分的具体转化途径和机制仍需进一步探讨。课题组后续将采用液质联用技术对煨制过程中的物质转化途径进行深入研究,并优化麦麸煨制工艺,开展药效学和药动学研究,以全面评估煨姜的临床应用价值,为生姜的进一步开发利用提供科学依据,推动传统中药的现代化应用。

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: 104.
- [2] LIU Y, LIU JC, ZHANG YQ, et al. Research progress on chemical constituents of *Zingiber officinale* roscoe [J]. BioMed Research International, 2019, 2019: 5370823.
- [3] KIYAMA R. Nutritional implications of ginger: Chemistry, biological activities and signaling pathways [J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2020, 8(6): 108486.
- [4] CAKIR U, TAYMAN C, SERKANT U, et al. Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) for the treatment and prevention of necrotizing enterocolitis [J]. Ethnopharmacol, 2018, 225(3): 297 - 308.
- [5] MAO QQ, XU XY, CAO SY, et al. Bioactive compounds and bioactivities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) [J]. Foods, 2019, 8(6): 185.
- [6] 康冰亚, 张辉, 董鹏永, 等. 中药生姜的临方炮制及其精准用药分析[J]. 中国医药导刊, 2022, 24(3): 258 - 262.
- [7] 罗婷, 王佳琪, 张春玲, 等. 煨姜与生姜的质量对比分析[J]. 中国调味品, 2020, 45(1): 160 - 164.
- [8] 李星, 敖明月, 罗婷, 等. 姜的炮制沿革及炮制品现代研究进展[J]. 成都中医药大学学报, 2021, 44(4): 84 - 92.
- [9] 万长江, 魏光强, 万长春. 基于HPLC法的生姜酚类成分分析及含量检测[J]. 中国调味品, 2021, 46(12): 141 - 143.
- [10] 崔秋兵, 张楠, 由耀辉, 等. 炮姜中5种姜辣素的HPLC含量测定[J]. 食品与发酵科技, 2022, 58(4): 144 - 147.
- [11] 胡亚平, 党珊. 生姜中姜酚的提取工艺及其生物活性研究[J]. 中国调味品, 2024, 49(9): 196 - 199.
- [12] 张皓然, 张琴, 文丽琼, 等. 利用¹H NMR测定姜中姜辣素与姜黄素[J]. 中国调味品, 2025, 50(1): 193 - 200.
- [13] 邹纯才, 鄢海燕. 我国中药色谱指纹图谱相似度评价方法30年(1988—2017年)研究进展与展望[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(10): 1969 - 1977.
- [14] 李娟, 张莉, 李永攀, 等. 生姜炮制历史沿革及国医大师徐经世煨生姜应用医案举隅[J]. 中医药临床杂志, 2021, 33(4): 620 - 623.
- [15] 郑郁清, 彭嘉玉, 郭静英, 等. 顶空气相色谱-质谱法结合相对气味活度值法分析谷糠、麦麸、蜜糠、蜜麸4种辅料的风味成分[J]. 中草药, 2024, 55(13): 4361 - 4372.
- [16] 郑京胜. 中药炮制辅料麦麸的质量标准研究[D]. 杭州: 浙江中医药大学, 2018.
- [17] 王学芹, 卜超, 顾从文, 等. 炮姜炮制过程中6-姜酚的转化规律及抗氧化活性变化研究[J]. 天然产物研究与开发, 2022, 34(8): 1352 - 1360.

(收稿日期: 2024-12-18; 修回日期: 2025-06-13)