

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241011003

引用格式: 高惠惠, 赵亚雄, 韩张斌, 等. 高效液相色谱法同时测定 7 种药食同源物质功能成分[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(5): 127-133.

GAO HH, ZHAO YX, HAN ZB, *et al.* Simultaneous determination of functional components of 7 kinds of medicinal and food homologous substances by high performance liquid chromatography [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(5): 127-133. (in Chinese with English abstract).

高效液相色谱法同时测定 7 种药食同源 物质功能成分

高惠惠, 赵亚雄, 韩张斌, 李海恬, 杨成彦, 唐云*

(金徽酒股份有限公司, 陇南 742308)

摘要: **目的** 建立高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)同时测定药食同源性质葛根、槐花、金银花、肉苁蓉、罗汉果、人参、枳椇子提取物中功能成分的检测方法。**方法** 采用 Agilent Eclipse XDB-C₁₈ 色谱柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm), 以乙腈-0.1%磷酸为流动相梯度洗脱, 流速 0.6 mL/min, 柱温 30 °C, 检测波长 210 nm, 进样量 5 μL, 测定葛根素、芦丁、绿原酸、松果菊苷、毛蕊花糖苷、罗汉果甜苷 V、人参皂苷 Re 及二氢杨梅素的含量。**结果** 8 种功能成分在各自浓度范围内线性关系良好, 相关系数(r^2)>0.999, 检出限为 0.02~1.88 mg/L, 定量限为 0.08~3.62 mg/L, 精密密度实验结果为相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)<3%, 平均加标回收率为 95.49%~109.87%。**结论** 该方法简便快速, 准确度高, 可作为上述 7 种药食同源物质功能成分的定性定量分析方法。

关键词: 高效液相色谱法; 同时测定; 药食同源; 功能成分

Simultaneous determination of functional components of 7 kinds of medicinal and food homologous substances by high performance liquid chromatography

GAO Hui-Hui, ZHAO Ya-Xiong, HAN Zhang-Bin, LI Hai-Tian,
YANG Cheng-Yan, TANG Yun*

(Jinhui Liquor Co., Ltd., Longnan 742308, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the simultaneous determination of functional components in extracts from 7 kinds of medicinal and food homologous substances: *Pueraria lobata*, *Sophora japonica*, *Lonicera japonica*, *Cistanche deserticola*, *Siraitia grosvenorii*, *Panax ginseng* and *Hovenia dulcis* by high performance liquid chromatography (HPLC). **Methods** The analysis was conducted using an Agilent Eclipse XDB-C₁₈ column (4.6 mm×250 mm, 5 μm) with a mobile phase gradient elution of acetonitrile-0.1% phosphoric acid at a flow rate of 0.6 mL/min, a column temperature of 30 °C, a detection wavelength of 210 nm, and an injection volume of 5 μL. This method was

收稿日期: 2024-10-11

第一作者: 高惠惠(1998—), 女, 硕士, 主要研究方向为食品安全检测分析。E-mail: 18700245852@139.com

*通信作者: 唐云(1974—), 男, 主要研究方向为酿酒生产工艺与白酒质量管控。E-mail: ty@jinhuijiu.com

employed to quantify the content of puerarin, rutin, chlorogenic acid, echinacoside, verbascoside, mogroside V, ginsenoside Re and dihydromyricetin. **Results** The results demonstrated that 8 kinds of functional components exhibited excellent linear relationships within their respective concentration ranges, with correlation coefficients (r^2) exceeding 0.999. The limits of detection ranged from 0.02 to 1.88 mg/L, and the limits of quantification ranged from 0.08 to 3.62 mg/L. The precision experiment results showed that the relative standard deviation (RSD) was less than 3%, the average recoveries of spiked samples ranged from 95.49% to 109.87%. **Conclusion** This method is simple, rapid and highly accurate, making it suitable for the qualitative and quantitative analysis of the functional components in the aforementioned 7 kinds of medicinal and food homologous substances.

KEY WORDS: high performance liquid chromatography; simultaneous determination; medicinal and food homologous; functional components

0 引言

如今人们对健康的关注度日益提升,保健食品领域也随之蓬勃发展。药食同源物质因其功效丰富、来源广泛,在该领域中占据着重要地位^[1]。众多白酒企业敏锐地捕捉到这一趋势,将“药食同源”的中药材及其提取物作为主要生产原料,用于露酒、保健酒等功能性白酒的研发^[2]。随着消费者保健意识的增强,单一型白酒功能产品已难以满足市场需要,复合型多功能白酒逐步上市。为了使产品功能达到最优化,药食同源药材常常交互使用,葛根、槐花、金银花、肉苁蓉、罗汉果、人参、枳椇子等作为露酒及保健酒研发的常用原料,备受关注并得到了广泛的应用研究^[3]。

葛根具透疹、升阳止泻、通经活络之功效,含有黄酮、皂苷和三萜等成分^[4-5]。葛根素是从葛根中提取的黄酮类化合物,具有保护心脏、降低炎症^[6]、保护肝脏^[7]、改善心脑血管疾病^[8]的药理作用。槐花具有清肝、泻火之功效,芦丁是其发挥作用的重要成分,具有抗炎、降血脂的作用^[9]。金银花具有抗炎、解热之功效,含有绿原酸、木犀素、挥发油等多种药理成分,绿原酸是其重要的抗菌、抗氧化的有效成分^[10-11]。肉苁蓉具有“沙漠人参”之称,有补肾、增免之功效^[12],主要功能成分包括松果菊苷、毛蕊花糖苷和粗多糖等^[13]。罗汉果有清热润肺、滑肠通便之功效,对其多集中于甜苷类活性成分的研究^[14-15]。人参有滋元、补气、生津之功效^[16],皂苷是其发挥功效的主要活性成分^[17],功能成分人参皂苷 Re 在神经炎症、免疫调节中有重要作用^[18]。枳椇子是典型的解酒保肝中药材,含黄酮、生物碱等化合物^[19],二氢杨梅素作为一种重要活性成分,具有降压、抗菌等功效^[20]。

目前葛根素^[21-22]、芦丁^[23-24]、绿原酸^[25-26]、松果菊苷和毛蕊花糖苷^[27-28]、罗汉果甜苷 V^[15]、人参皂苷 Re^[17]、二氢杨梅素^[29-31]的检测方法优化、开发的文献较多,但多是基于单一成分测定方法的建立。随着复合型多功能产品的上市,需要一种可以快速检测常用多种药食同源原料的方法。现有的单一成分测定方法虽然可以用于特定成分的

分析,但其适用范围相对较窄,无法满足复合型产品多成分分析的需求。《中国药典》及其他相关标准[GB/T 22251—2008《保健食品中葛根素的测定》、T/CNHFA 111.178—2024《保健食品用原料 槐米》、GB/T 22250—2008《保健食品中绿原酸的测定》、GB 1886.77—2016《食品安全国家标准 食品添加剂罗汉果甜苷》、NY/T 1842—2010《人参皂苷的测定》]规定了葛根素、芦丁、绿原酸、松果菊苷、毛蕊花糖苷、罗汉果甜苷 V、人参皂苷 Re 是作为特定药材的重要的质量评价控制指标,明确了其检测方法(枳椇子中二氢杨梅素的测定方法尚未明确),但仍缺乏一种能够同时检测多种成分的标准方法用以对复合型保健食品中多种药食同源物质功能成分的含量测定分析。若仅依赖《中国药典》和现行标准方法对复合型产品进行测定,可能会出现检测成本高昂、耗时耗力,效率低等问题。

基于此,本研究旨在建立高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)实现对葛根素、芦丁、绿原酸、松果菊苷、毛蕊花糖苷、罗汉果甜苷 V、人参皂苷 Re 及二氢杨梅素这 8 种功能成分的同时测定,为中药材及其提取物的质量控制和品质评价提供更为便捷的技术手段。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂及仪器

葛根提取物葛根素、槐花提取物芦丁、金银花提取物绿原酸、肉苁蓉提取物松果菊苷和毛蕊花糖苷、罗汉果提取物罗汉果甜苷 V、人参提取物人参皂苷 Re 及枳椇子提取物二氢杨梅素均购自陕西华泽生物科技有限公司。

葛根素(含量 96.8%)、芦丁(含量 91.6%)、绿原酸(含量 96.3%)、松果菊苷(含量 91.8%)、毛蕊花糖苷(含量 97.6%)、罗汉果皂苷 V(含量 98.5%)、人参皂苷 Re(含量 96.9%)(中国食品药品检定研究院);二氢杨梅素(含量 98%,北京索莱宝科技有限公司);甲醇、乙腈(色谱纯,德国默克股份股份两合公司);磷酸(分析纯,国药集团化学试剂有限公司)。

1260 Infinity II 型高效液相色谱仪、Agilent Eclipse

XDB-C₁₈ (4.6 mm×250 mm, 5 μm)[安捷伦科技(中国)有限公司]; TU-1810 紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司); Milli-Q 型超纯水仪[默克化工技术(上海)有限公司]; SQP 十万分之一电子天平[赛多利斯科学仪器(北京)有限公司]; KQ5200 V 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 标准溶液的配制

单个标准储备液: 分别称取葛根素、芦丁、绿原酸、松果菊苷、毛蕊花糖苷、罗汉果甜苷 V、人参皂苷 Re 及二氢杨梅素标准品 10.00 mg 置于 10 mL 容量瓶中, 加甲醇超声溶解, 定容至刻度线, 制备成 1000 mg/L 的标准储备液。4 °C 冰箱保存, 有效期 1 个月。

混合标准使用液: 分别吸取 8 种标准储备液适量, 依次稀释, 配制成 5 个不同质量浓度的混合标准系列使用液。4 °C 冰箱保存, 有效期 7 d。

1.2.2 样品处理

称取金银花提取物绿原酸、枳椇子提取物二氢杨梅素、肉苁蓉提取物松果菊苷和毛蕊花糖苷各 5.00 mg, 加入 15 mL 甲醇超声溶解 30 min, 待冷却后用甲醇定容至 20 mL 容量瓶中, 摇匀; 称取葛根提取物葛根素、槐花提取物芦丁、人参提取物人参皂苷 Re、罗汉果提取物罗汉果甜苷 V 各 5.00 mg, 加入 20 mL 甲醇超声溶解 30 min, 待冷却后用甲醇定容至 25 mL 容量瓶中, 摇匀。试样经 0.22 μm 微孔滤膜过滤, 上机待测。

1.2.3 色谱条件

色谱柱: Agilent Eclipse XDB-C₁₈ (4.6 mm×250 mm, 5 μm); 紫外检测波长: 210 nm; 柱温: 30 °C; 流速: 0.6 mL/min; 进样量: 5 μL; 梯度洗脱程序详见表 1。

表 1 梯度洗脱程序

Table 1 Gradient elution procedure

时间/min	乙腈/%	0.1%磷酸水溶液/%
0	5	95
10.0	15	85
30.0	30	70
30.1	5	95
35.0	5	95

1.2.4 样品含量测定

在规定色谱条件下, 以混合标准品溶液在色谱图上的保留时间对 8 种功能成分进行定性分析, 以峰面积定量, 根据标准曲线得到各样品含量。

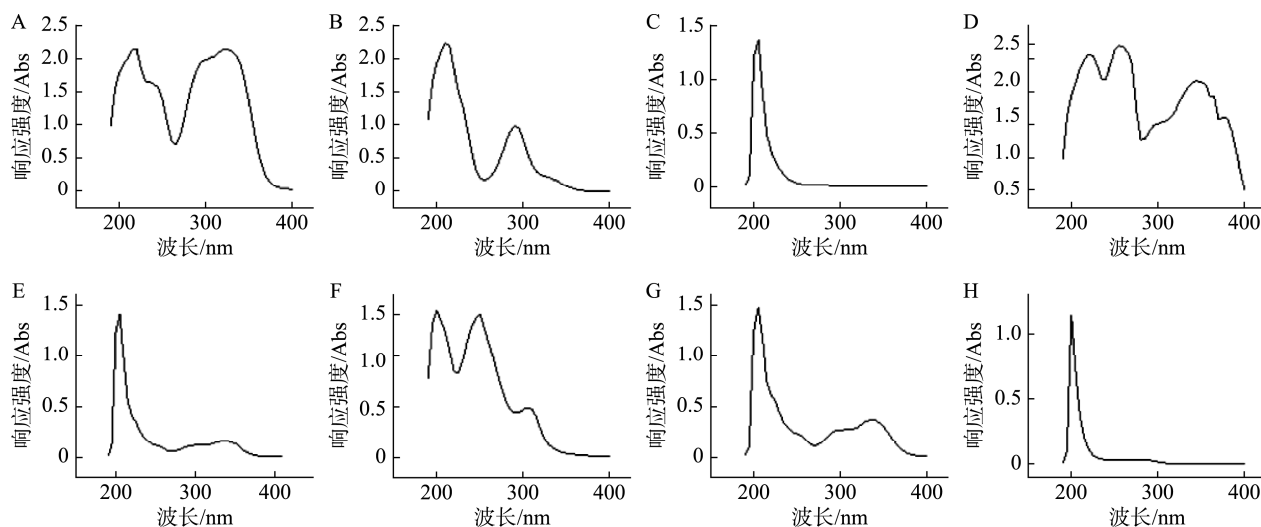
1.3 数据处理

使用 Excel 2016 软件对数据进行处理, Origin 2022 软件作图。

2 结果与分析

2.1 检测波长的选择

采用紫外检测器, 分别扫描上述 8 种标准品溶液在 190~400 nm 波长范围内的光谱图, 结果见图 1。实验发现葛根素和罗汉果甜苷 V 在 200 nm 处有最大吸收值, 响应最强; 毛蕊花糖苷、松果菊苷和人参皂苷 Re 在 205 nm 处有最大吸收值; 二氢杨梅素的最大吸收波长是 210 nm; 绿原酸和芦丁的最大吸收波长是 220 nm。综合选择在波长 210 nm 下同时测定葛根素、芦丁、绿原酸、松果菊苷、毛蕊花糖苷、罗汉果甜苷 V、人参皂苷 Re 及二氢杨梅素。



注: A. 绿原酸; B. 二氢杨梅素; C. 人参皂苷 Re; D. 芦丁; E. 松果菊苷; F. 葛根素; G. 毛蕊花糖苷; H. 罗汉果甜苷 V。

图 1 8 种功能成分的光谱扫描图

Fig.1 Spectral scanning images of 8 kinds of functional components

2.2 洗脱梯度的选择

本研究中进行了 14 次梯度优化, 考察了不同洗脱程序下各成分的分度、响应值、峰型、检测周期, 以确定最佳洗脱梯度参数。选择了实验中 4 个具有代表性的洗脱梯度, 用以说明优化效果。梯度洗脱程序见表 2, 洗脱效果见图 2。

表 2 梯度洗脱程序的优化
Table 2 Optimization of gradient elution program

梯度洗脱	时间 /min	流动相 A/%	流动相 B/%	梯度洗脱	时间 /min	流动相 A/%	流动相 B/%
	一	0	5		95	一	0
一	10	30	70	二	10	20	80
	30	35	5		30	25	75
	35	40	60		35	30	70
	40	5	95		40	5	95
	45	5	95		45	5	95
二	0	5	95	三	0	5	95
	10	15	85		10.0	15	85
	30	20	80		30.0	30	70
	35	25	75		30.1	5	95
	40	5	95		35.0	5	95
三	45	5	95	四	0	5	95
	10	15	85		10.0	15	85
	30	20	80		30.0	30	70
	35	25	75		30.1	5	95
	40	5	95		35.0	5	95

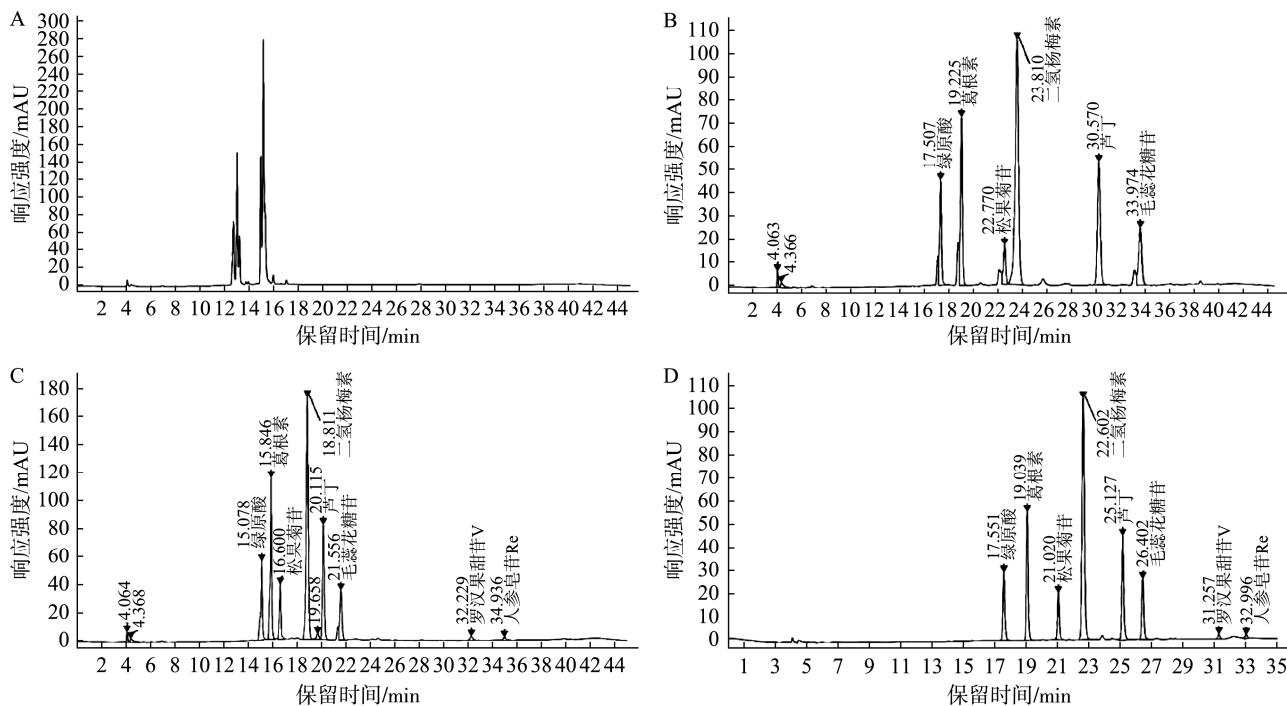
结果表明(图 2), 采用梯度一(图 2A)进行洗脱时, 观察到各成分峰形相互折叠, 不能有效分离, 应调整流动相

比例。采用梯度二(图 2B)洗脱时, 罗汉果甜苷 V 和人参皂苷 Re 未出峰未被洗脱出, 没有出现峰图。其余 6 种成分被洗脱出来, 且各成分之间有了一定程度的分离, 但绿原酸、葛根素、松果菊苷和毛蕊花糖苷洗脱效果不理想, 未被完全分离, 出现双峰, 无法进行定性定量, 仍需进一步优化洗脱程序。采用梯度三(图 2C)洗脱时, 8 种成分均被洗脱, 葛根素和松果菊苷峰型得到改善, 但毛蕊花糖苷仍为双峰, 绿原酸峰型较差。最后采用梯度四(图 2D)洗脱时, 所有成分完全分离, 且分离度高、峰型佳、对称性好, 满足定性定量分析要求, 检测时间缩短, 为最优洗脱梯度。

2.3 流动相的选择

本研究探究了甲醇-水、甲醇-0.1%磷酸水溶液、乙腈-水和乙腈-0.1%的磷酸水溶液 4 种流动相体系对上述 8 种成分的洗脱效果(图 3)。

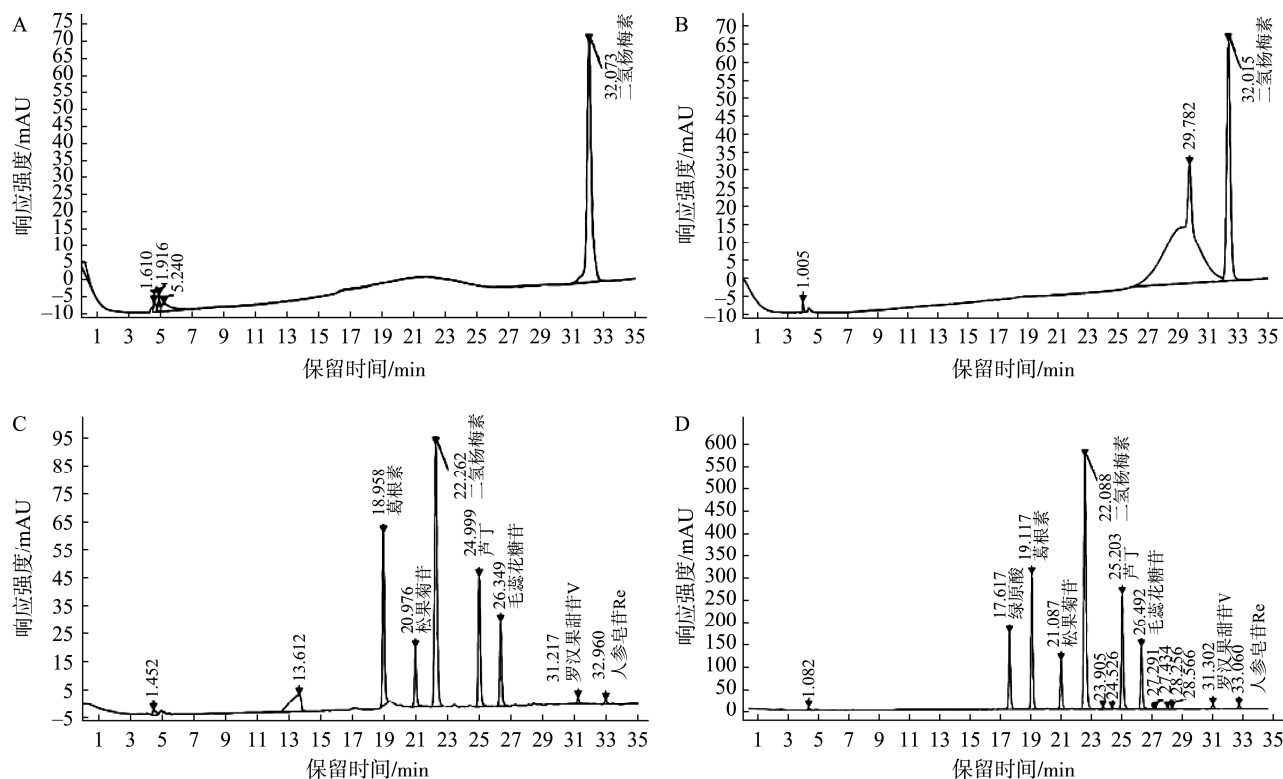
结果表明以甲醇-水为流动相时, 基线漂移, 仅有二氢杨梅素出峰; 以甲醇-0.1%磷酸水溶液为流动相时, 二氢杨梅素和绿原酸被洗脱出来, 其他成分均未出峰, 且绿原酸色谱峰型差, 无法进行定量分析; 以乙腈-水为流动相时, 除绿原酸外的 7 种成分均出峰, 说明相较于甲醇, 乙腈的洗脱能力更强。以乙腈-0.1%磷酸水溶液为流动相时, 葛根素、芦丁、绿原酸、松果菊苷、毛蕊花糖苷、罗汉果甜苷 V、人参皂苷 Re 及二氢杨梅素这 8 种功能成分均被洗脱出来, 基线平稳, 峰型较好, 且能完全分离, 分离度大于 1.5。因此选用乙腈-0.1%的磷酸水溶液作为流动相。



注: A. 梯度洗脱一; B. 梯度洗脱二; C. 梯度洗脱三; D. 梯度洗脱四。

图 2 4 种梯度洗脱的 HPLC 色谱图

Fig.2 HPLC chromatograms of 4 kinds of gradient elution



注: A. 甲醇-水溶液; B. 甲醇-0.1%磷酸水溶液; C. 乙腈-水; D. 乙腈-0.1%磷酸水溶液。

图 3 4 种流动相标准溶液 HPLC 色谱图

Fig.3 HPLC chromatograms of 4 kinds of mobile phase standard solutions

2.4 方法学考察

2.4.1 标准曲线、检出限、定量限和线性范围

按照“1.2.3”项下色谱条件, 将配制好的混合标准使用液依次进样, 以质量浓度为横坐标(X , mg/L), 峰面积为纵坐标(Y)绘制标准曲线, 得出线性回归方程。将 8 种功能成分标准品溶液进行适当稀释得到不同浓度溶液, 按照 3 倍信噪比(S/N)作为检出限, 10 倍信噪比作为定量限。线性范围、线性方程、方法检出限和定量限结果见表 3。结果表明 8 种功能成分在各自质量浓度范围内线性关系良好, 相

关系数(r^2)均大于 0.999, 检出限为 0.02~1.88 mg/L, 定量限为 0.08~3.62 mg/L, 满足检测要求。

2.4.2 精密度实验

按照“1.2.3”项下色谱条件, 取同一浓度的混合标准溶液连续进样 6 次, 记录峰面积, 测定结果见表 4。绿原酸、葛根素、松果菊苷、二氢杨梅素、芦丁、毛蕊花糖苷、罗汉果甜苷 V 及人参皂苷 Re 峰面积测定结果的 RSD 分别是 0.10%、0.11%、0.41%、0.18%、0.14%、0.16%、0.21%、0.11%, 均小于 3%, 得出数据较为一致, 离散程度低, 表明仪器精密度良好。

表 3 8 种功能成分的线性范围、线性方程、相关系数、检出限及定量限

Table 3 Linear ranges, linear equations, correlation coefficients, limits of detection and limits of quantification of 8 kinds of functional components

功能成分	线性范围/(mg/L)	线性方程	相关系数(r^2)	检出限/(mg/L)	定量限/(mg/L)
绿原酸	4.815~96.30	$Y=18.0171X-18.2149$	0.9996	0.04	0.10
葛根素	19.36~290.40	$Y=29.1162X+0.7483$	0.9998	0.03	0.14
松果菊苷	18.36~91.80	$Y=11.8842X-1.8745$	0.9999	0.19	0.64
二氢杨梅素	19.60~98.00	$Y=71.8638X+8.0685$	0.9997	0.02	0.08
芦丁	18.32~366.40	$Y=31.8854X-33.5051$	0.9995	0.03	0.10
毛蕊花糖苷	4.88~97.60	$Y=15.7228X-7.8008$	0.9998	0.08	0.23
罗汉果甜苷 V	19.70~197.00	$Y=1.2788X-0.8140$	0.9999	0.73	2.39
人参皂苷 Re	19.38~96.90	$Y=1.2285X-1.6321$	0.9992	1.88	3.62

表 4 8 种功能成分分析精密度实验结果
Table 4 Precision test results of analysis of 8 kinds of functional components

功能成分	RSD/%
绿原酸	0.10
葛根素	0.11
松果菊苷	0.41
二氢杨梅素	0.18
芦丁	0.14
毛蕊花糖苷	0.16
罗汉果甜苷 V	0.21
人参皂苷 Re	0.11

注: 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)。

2.5 样品含量测定及加标回收实验

按照“1.2.2”样品处理方法和“1.2.3”色谱条件, 测得金银花提取物绿原酸含量为 5.7570 mg/L、枳椇子提取物二氢杨梅素含量为 32.6869 mg/L、肉苁蓉提取物松果菊苷和毛蕊花糖苷含量分别为 23.8608 mg/L 和 6.7236 mg/L、葛根提取物葛根素含量为 79.1286 mg/L、槐花提取物芦丁含量为 92.5780 mg/L、罗汉果提取物罗汉果甜苷 V 含量为 50.6113 mg/L、人参提取物人参皂苷 Re 含量为 21.3980 mg/L。取 8 种制备的提取物试液, 按照提取物中各成分含量的低、中、高 3 个浓度水平, 按照体积比为 1:1 依次添加标准品溶液, 计算各功能成分的加标回收率, 结果见表 5。由表 5 可知,

表 5 8 种功能成分加标回收率测定结果

Table 5 Determination results of spiked recovery rates for 8 kinds of functional components

功能成分	加标量/(mg/L)	平均回收率/%
绿原酸	3.8720	102.78
	8.1730	
	11.1370	
二氢杨梅素	13.6340	105.63
	27.2680	
	59.9260	
	6.7120	
松果菊苷	22.5000	107.00
	42.4050	
	4.9020	
毛蕊花糖苷	8.8520	109.87
	11.3630	
	37.8104	
葛根素	79.6132	102.05
	160.9379	
	51.5597	
芦丁	114.6000	98.87
	224.1990	
	22.3079	
罗汉果甜苷 V	45.8516	104.43
	96.8513	
	9.1690	
人参皂苷 Re	18.1460	95.49
	36.3500	

各个功能成分的平均加标回收率分别是绿原酸 102.78%、二氢杨梅素 105.63%、松果菊苷 107.00%、毛蕊花糖苷 109.87%、葛根素 102.05%、芦丁 98.87%、罗汉果甜苷 V 104.43%、人参皂苷 Re 95.49%, 表明该测定方法具有可行性。

3 结论

本研究建立了 HPLC 同时测定药食同源性物质葛根提取物葛根素、槐花提取物芦丁、金银花提取物绿原酸、肉苁蓉提取物松果菊苷和毛蕊花糖苷、罗汉果提取物罗汉果甜苷 V、人参提取物人参皂苷 Re、枳椇子提取物二氢杨梅素的检测方法, 这 8 种功能成分在各自浓度范围内线性关系良好, 相关系数(r^2)>0.999, 检出限为 0.02~1.88 mg/L, 定量限为 0.08~3.62 mg/L, 精密度实验结果为 RSD<3%, 平均回收率为 95.49%~109.87%。该方法高效快速, 可在 35 min 内完成上述 8 种功能成分的同时检测, 解决了一些常用药食同源物质多个成分含量测定分析时耗时耗力、试剂消耗的问题, 降低了检测成本, 提高了检测效率, 具有较佳的实用价值, 可为药食同源性物质及其提取物质量控制和品质评价提供更为便捷的检测技术手段。

参考文献

- 安小雯, 李帅, 王玲玲, 等. 我国药食同源物质保健食品的发展现状 & 对策研究[J]. 中国果菜, 2024, 44(5): 15-19, 72.
AN XW, LI S, WANG LL, *et al.* The development status and countermeasures of medicine and food homologous substances for health food in China [J]. China Fruit & Vegetable, 2024, 44(5): 15-19, 72.
- 唐颂. 酒在中医药中的应用价值分析研究[J]. 酿酒科技, 2023(5): 128-132.
TANG S. Analysis of the application value of liquor in traditional Chinese medicine [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2023(5): 128-132.
- 朱美玲, 韩张斌, 赵江林, 等. 功能白酒常用原料药理及功能研究进展[J]. 酿酒, 2023, 50(5): 19-26.
ZHU ML, HAN ZB, ZHAO JL, *et al.* Research progress on pharmacology and function of common raw materials for functional Baijiu [J]. Liquor Making, 2023, 50(5): 19-26.
- 郑彩云, 戴亨纷, 陈莉娜. 葛根的药食功效和现代应用探析[J]. 中国现代中药, 2024, 26(10): 1-12.
ZHENG CY, DAI HF, CHEN LN. Medicinal and edible values and modern application of *Puerariae lobatae radix* [J]. Modern Chinese Medicine, 2024, 26(10): 1-12.
- 范春华, 常磊. 葛根的化学成分、生物活性及加工利用研究进展[J]. 中国果菜, 2022, 42(10): 36-40, 84.
FAN CH, CHANG L. Research progress on chemical constituents, biological activities and processing and utilization of *Puerariae lobatae radix* [J]. China Fruit & Vegetable, 2022, 42(10): 36-40, 84.
- 杨丽萍, 张国用, 周人杰, 等. 葛根素通过 TLR4/NF- κ B 信号通路对心力衰竭大鼠心肌炎症反应的影响[J]. 中国免疫学杂志, 2024, 40(5): 1042-1047.
YANG LP, ZHANG GY, ZHOU RJ, *et al.* Effect of puerarin on myocardial inflammation in rats with heart failure through TLR4/NF- κ B signaling pathway [J]. Chinese Journal of Immunology, 2024, 40(5): 1042-1047.
- WANG S, YANG FJ, SHANG LC, *et al.* Puerarin protects against high-fat

- high-sucrose diet-induced non-alcoholic fatty liver disease by modulating PARP-1/PI3K/AKT signaling pathway and facilitating mitochondrial homeostasis [J]. *Phytotherapy Research*, 2019, 33(9): 2347–2359.
- [8] ZHOU T, WANG Z, GUO M, *et al.* Puerarin induces mouse mesenteric vasodilation and ameliorates hypertension involving endothelial TRPV4 channels [J]. *Food & Function*, 2020, 1(11): 10137–10148.
- [9] 刘琳, 程伟. 槐花化学成分及现代药理研究新进展[J]. *中医药信息*, 2019, 36(4): 125–128.
- LIU L, CHENG W. Research progress in chemical constituents and modern pharmacology of *Sophora japonica* [J]. *Information on Traditional Chinese Medicine*, 2019, 36(4): 125–128.
- [10] YE HY, JIN J, JIN LW, *et al.* Chlorogenic acid attenuates lipopolysaccharide-induced acute kidney injury by inhibiting TLR4/NF- κ B signal pathway [J]. *Inflammation*, 2017, 40(2): 523–529.
- [11] 吴娇, 王聪, 于海川. 金银花中的化学成分及其药理作用研究进展[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2019, 25(4): 225–234.
- WU J, WANG C, YU HC. Chemical Constituents and pharmacological effect of *Lonicerae japonicae* flos [J]. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 2019, 25(4): 225–234.
- [12] 冯朵, 段昊, 吕燕妮, 等. 肉苁蓉在我国保健食品中的应用[J]. *食品科技*, 2021, 46(12): 76–81.
- FENG D, DUAN H, LV YN, *et al.* Application of *Cistanche deserticola* ma in functional food in China [J]. *Food Science and Technology*, 2021, 46(12): 76–81.
- [13] 周刚, 高家敏, 曹进. 肉苁蓉在保健食品中的应用[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(3): 898–903.
- ZHOU G, GAO JM, CAO J. Application of cistanche in health food [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2021, 12(3): 898–903.
- [14] 林婷, 张永敏, 许巧霞. 罗汉果甜苷研究进展综述[J]. *食品安全导刊*, 2023(10): 147–149.
- LIN T, ZHANG YM, XU QX. Research progress of *Siraitia grosvenorii* glycosides [J]. *China Food Safety Magazine*, 2023(10): 147–149.
- [15] 谭冬明, 石相莉, 吕新印. 高效液相色谱法测定罗汉果饮料中甜苷 V 的含量[J]. *中国食品添加剂*, 2015(6): 178–183.
- TAN DM, SHI XL, LV XY. Determination of mogrosin V in *Momordica grosvenorii* swingle drink by high performance liquid chromatography [J]. *China Food Additives*, 2015(6): 178–183.
- [16] 王立岩, 田义新, 李海涛, 等. 基于益气固脱功效的人参药材质量评价的探讨[J]. *中国中药杂志*, 2012, 37(13): 2030–2033.
- WANG LY, TIAN YX, LI HT, *et al.* Study on quality evaluation of *Panax ginseng* based on effects for replenishing Qi and preventing exhaustion [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2012, 37(13): 2030–2033.
- [17] 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, 43(3): 229–233.
- HU Y, LI XZ, MAO QL, *et al.* Determination of 11 ginsenosides in ginseng health wine by HPLC [J]. *China Brewing*, 2024, 43(3): 229–233.
- [18] 徐燕, 孟雪, 赵文学, 等. 人参皂苷 Re 对帕金森果蝇模型的神经保护作用机制[J]. *中国中药杂志*, 2023, 48(7): 1927–1935.
- XU Y, MENG X, ZHAO WX, *et al.* Neuroprotective effect of ginsenoside Re on drosophila model of Parkinson's disease [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2023, 48(7): 1927–1935.
- [19] 文晓萍, 龙小琴. 枳椇子现代研究进展[J]. *广东化工*, 2024, 51(12): 101–103.
- WEN XP, LONG XQ. Modern research progress of *Hovenia dulcis* [J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2024, 51(12): 101–103.
- [20] CHOI RY, WOO MJ, HAM JR, *et al.* Anti-steatotic and anti-inflammatory effects of *Hovenia dulcis* thunb. extracts in chronic alcohol-fed rats [J]. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2017, 90: 393–401.
- [21] 龙泽霞, 杨芳. 富硒葛根粉中葛根素含量的测定方法[J]. *食品安全导刊*, 2024(7): 50–52.
- LONG ZX, YANG F. Method for Determination of puerarin content in selenium-enriched pueraria powder [J]. *China Food Safety Magazine*, 2024(7): 50–52.
- [22] 赵昱玮, 盛雪, 唐超, 等. 高效液相色谱法测定保健食品五味子猴菇口服液液中葛根素的含量[J]. *中国医药科学*, 2020, 10(1): 39–42.
- ZHAO YW, SHENG X, TANG C, *et al.* Determination of puerarin in health food *Schisandrae hericium erinaceus* oral liquid by high performance liquid chromatography [J]. *China Medicine and Pharmacy*, 2020, 10(1): 39–42.
- [23] 夏虹, 彭茂民. 高效液相色谱法同时测定槐花中芦丁、槲皮素和山柰酚的含量[J]. *应用化工*, 2014, 43(10): 1919–1921.
- XIA H, PENG MM. Simultaneous determination of rutin, quercetin and kaempferol in flos sophorae by HPLC [J]. *Applied Chemical Industry*, 2014, 43(10): 1919–1921.
- [24] DAI YL, ROW KH. Determination of rutin from *Ginkgo biloba* L.; leaves by ultrasound-assisted extraction with natural deep eutectic solvent-based cellulose polymers and high-performance liquid chromatography (HPLC) [J]. *Analytical Letters*, 2022, 55(4): 566–579.
- [25] 王玉洁, 接伟光, 郭娜, 等. 高效液相色谱法同时检测金银花中绿原酸和总黄酮及其提取工艺[J]. *粮食与油脂*, 2022, 35(2): 157–162.
- WANG YJ, JIE WG, GUO N, *et al.* Simultaneous determination of chlorogenic acid and total flavonoids in honeysuckle by HPLC and their extraction process [J]. *Cereals & Oils*, 2022, 35(2): 157–162.
- [26] AGNESE S, SIMONE A, MARCO F, *et al.* Development of new analytical methods for the quantification of organic acids, chlorogenic acids and caffeine in espresso coffee by using solid-phase extraction (SPE) and high-performance liquid chromatography-diode array detector (HPLC-DAD) [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2024, 1: 125.
- [27] 许明君, 高如意, 邓辰辰, 等. HPLC 法同时测定复方中药保健酒中松果菊苷和毛蕊花糖苷的含量[J]. *食品与发酵科技*, 2020, 56(1): 100–105.
- XU MJ, GAO RY, DENG CC, *et al.* Simultaneous determination of echinacoside and acteoside in cistanche wine by HPLC [J]. *Food and Fermentation Science & Technology*, 2020, 56(1): 100–105.
- [28] ZHOU J, ZHANG Q, SUN BJ, *et al.* Two-phase hollow fiber liquid phase microextraction based on magnetofluid for simultaneous determination of echinacoside, tubuloside B, acteoside and isoacteoside in rat plasma after oral administration of *Cistanche salsa* extract by high performance liquid chromatography [J]. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2014, 1: 9430–9435.
- [29] 顾逸菲, 李江, 赵福权, 等. 发酵型枳椇子黄酒抗氧化能力及活性成分的分析[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(7): 368–375.
- GU YF, LI J, ZHAO FQ, *et al.* Analysis of antioxidant capacity and active components of Huangjiu fermented with *Hovenia dulcis* thunb [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2022, 43(7): 368–375.
- [30] 陈图锋, 高文华, 唐敏. 高效液相色谱法测定藤茶中二氢杨梅素和杨梅素含量[J]. *亚太传统医药*, 2015, 11(1): 28–30.
- CHENG TF, GAO WH, TANG M. Content determination of dihydromyricetin and myricetin in leaves of *Ampelopsis grossedentata* by HPLC [J]. *Asia-Pacific Traditional Medicine*, 2015, 11(1): 28–30.
- [31] JIN MY, DING Y, ZHANG T, *et al.* Simultaneous determination of dihydromyricetin and resveratrol in *Ampelopsis sinica* (Miq.) W.T. Wang by high-performance liquid chromatography coupled with a diode array detection method [J]. *Journal of Chromatographic Science*, 2014, 52(4): 339–343.

(责任编辑: 于梦娇 安香玉)