

- blood circulation to remove blood stasis[J]. *J Ethnopharmacol*, 2023, 317: 116697.
- [21] Shen W J, Jin B, Han Y G, et al. The effects of *Salvia miltiorrhiza* on reproduction and metabolism in women with polycystic ovary syndrome: A systematic review and Meta-analysis[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2021, 2021: 9971403.
- [22] 薛倩倩, 甘佳攀, 陆绍铭, 等. 基于中药配方颗粒标准参考物的丹参配方颗粒质量控制与评价[J]. *中草药*, 2024, 55(16): 5459-5469.
- [23] 孙娥, 陈玲玲, 贾晓斌, 等. 药材品种与受热时间对淫羊藿饮片中主要黄酮类成分的影响规律研究[J]. *中药材*, 2012, 35(9): 1402-1407.
- [24] 白洋, 王英哲, 姜大成, 等. 不同产地朝鲜淫羊藿的土壤因子与药材质量相关性分析[J]. *时珍国医国药*, 2022, 33(1): 215-218.
- [25] 张倩, 韩星星, 毛春芹, 等. 中药复方制剂开发的机遇与挑战: 古代经典名方研究开发的问题分析[J]. *中国中药杂志*, 2019, 44(19): 4300-4308.
- [26] 彭梅梅, 郭爽, 王璐, 等. 经典名方黄连汤的物质基准量值传递分析[J]. *中国中药杂志*, 2022, 47(2): 313-323.
- [27] 马启风, 张森, 王艺霏, 等. 经典方剂大青龙汤物质基准量值传递分析[J]. *药物分析杂志*, 2024, 44(11): 1863-1874.

UHPLC-QTRAP-MS 法同时测定助阳护心膏中 12 种成分的含量

仇雪^{1,2}, 何其睿², 王协和³, 朱尧¹, 张淑洁¹, 李长印¹, 蒋卫民^{1*}, 谭喜莹^{1*}

(1. 南京中医药大学附属医院, 江苏南京 210000; 2. 南京中医药大学第一临床医学院, 江苏南京 210000; 3. 江阴天江药业有限公司, 江苏江阴 214434)

摘要: 目的 建立超高效液相色谱-三重四极杆/复合线性离子阱质谱 (UHPLC-QTRAP-MS) 法同时测定助阳护心膏中毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花素、芒柄花苷、毛蕊异黄酮、莪术二酮、次乌头碱、苯甲酰次乌头原碱、芍药内酯苷、槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖-7-O- β -D-龙胆双糖苷、红景天苷、山柰酚、芍药苷的含量。方法 分析采用 Poroshell EC-C₁₈ 色谱柱 (100 mm×2.1 mm, 1.9 μ m); 流动相乙腈 (含 0.1% 甲酸)-水 (含 0.1% 甲酸), 梯度洗脱; 体积流量 0.3 mL/min; 柱温 35 $^{\circ}$ C; 电喷雾离子源; 正负离子扫描; 多反应监测模式。结果 12 种成分在各自范围内线性关系良好 ($r \geq 0.9950$), 平均加样回收率 94.60%~109.47%, RSD 2.26%~4.95%。结论 该方法简便、准确、可靠, 可用于助阳护心膏的质量控制。

关键词: 助阳护心膏; 化学成分; 含量测定; 超高效液相色谱-三重四极杆/复合线性离子阱质谱 (UHPLC-QTRAP-MS)

中图分类号: R927.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2026)03-0721-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2026.03.002

Simultaneous content determination of twelve constituents in Zhuyang Huxin Ointment by UHPLC-QTRAP-MS

QIU Xue^{1,2}, HE Qi-rui², WANG Xie-he³, ZHU Yao¹, ZHANG Shu-jie¹, LI Chang-yin¹, JIANG Wei-min^{1*}, TAN Xi-ying^{1*}

(1. Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210000, China; 2. The First Clinical Medical College of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210000, China; 3. Jiangyin Tianjiang Pharmaceutical Co., Ltd., Jiangyin 214434, China)

收稿日期: 2025-11-11

基金项目: 江苏省中医药科技发展计划专题研究项目 (ZT202104); 江苏省中医药领军人才项目 (SLJ0326); 南京药学会常州四药医院药学科研基金 (2024YX005)

作者简介: 仇雪 (1987—), 女, 硕士, 副主任中药师, 研究方向为中药临床药学。E-mail: 1137109111@qq.com

* 通信作者: 蒋卫民 (1967—), 男, 博士, 主任中医师, 研究方向为中西医结合防治心血管疾病。E-mail: jwm0410@njucm.cn

谭喜莹 (1981—), 女, 博士, 主任药师, 研究方向为中药临床药学。E-mail: txy5204@sina.com

ABSTRACT: AIM To establish a ultra-performance liquid chromatography-triple quadrupole/composite linear ion trap mass spectrometry (UHPLC-QTRAP-MS) method for the simultaneous content determination of calycosin-7-glucoside, formononetin, ononin, calycosin, curdione, hypaconitine, benzoylhypaconitine, albiflorin, quercetin 3-*O*- β -*D*-glucose-7-*O*- β -*D*-gentiobioside, salidroside, kaempferol and paeoniflorin in Zhuyang Huxin Ointment. **METHODS** The analysis was performed on a 35 °C thermostatic Poroshell EC-C₁₈ column (100 mm×2.1 mm, 1.9 μ m), with the mobile phase comprising of acetonitrile (containing 0.1% formic acid) -water (containing 0.1% formic acid) flowing at 0.3 mL/min in a gradient elution manner, and electron spray ionization source was adopted in positive and negative ion scanning with multiple reaction monitoring mode. **RESULTS** Twelve constituents showed good linear relationships within their own ranges ($r \geq 0.9950$), whose average recoveries were 94.60%–109.47% with the RSDs of 2.26%–4.95%. **CONCLUSION** This simple, accurate and reliable can be used for the quality control of Zhuyang Huxin Ointment.

KEY WORDS: Zhuyang Huxin Ointment; chemical constituents; content determination; ultra-high performance liquid chromatography-triple quadrupole/linear ion trap mass spectrometry (UHPLC-QTRAP-MS)

慢性心力衰竭是由多种原因导致心脏结构和(或)功能异常改变,使心室收缩和(或)舒张功能发生障碍的心血管疾病终末阶段^[1],目前西医治疗本病的“金三角”“新四联”方案在临床上广泛应用^[2-3],但仍未改善高死亡率的临床结局^[4]。中医药凭借其多成分、多靶点的协同作用,在改善心功能、延缓疾病进展方面体现出独特优势,从而提升了其在慢性心力衰竭治疗中的地位^[5-6]。

助阳护心膏为江苏省中医院蒋卫民教授结合经典治法和多年临床经验研制的协定膏方,由黄芪、制附片、莪术、红景天、白芍、干姜、葶苈子、猪苓组成,可减轻压力超负荷大鼠心肌肥厚程度,提升左室射血分数(LVEF)^[7]。虽然2025年版《中国药典》中有对助阳护心膏中单味药的定量分析,但尚无全方含量测定的报道,难以全面反映其质量。超高效液相色谱-三重四极杆/线性离子阱质谱(UHPLC-QTRAP-MS)是一种准确灵敏、分离能力强的数据采集技术^[8],本实验首次采用该方法同时测定助阳护心膏中毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花素、芒柄花苷、毛蕊异黄酮、莪术二酮、次乌头碱、苯甲酰次乌头原碱、芍药内酯苷、槲皮素-3-*O*- β -*D*-葡萄糖-7-*O*- β -*D*-龙胆双糖苷、红景天苷、山柰酚、芍药苷的含量,旨在为该方质量标准制定提供依据,也为其他中药复方多指标质量控制提供技术参考。

1 材料

1.1 仪器 LC-30A型超高效液相色谱仪(日本岛津公司);AB Sciex 4500 QTRAP型三重四极杆线性离子阱质谱仪、Analyst[®] TF 1.6.3型数据采集工作站(美国AB Sciex公司);KQ-250E型超声波

清洗器(昆山市超声仪器有限公司);XPR2/A型电子分析天平(百万分之一,瑞士梅特勒-托利多公司);ME204E型电子分析天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司];TGL-16C型高速台式离心机(上海安亭科学仪器厂)。

1.2 试剂与药物 芍药苷(批号110736-202407,纯度98.1%)、毛蕊异黄酮葡萄糖苷(批号111920-201606,纯度97.6%)、芒柄花素(批号111703-201504,纯度100%)对照品均购于中国食品药品检定研究院;芒柄花苷(批号ST08800120MG,纯度98.0%)、毛蕊异黄酮(批号ST08810120/6126,纯度98.0%)对照品均购于上海诗丹德生物技术有限公司;红景天苷(批号B20504,纯度 $\geq 98\%$)、槲皮素-3-*O*- β -*D*-葡萄糖-7-*O*- β -*D*-龙胆双糖苷(批号B20528,纯度 $\geq 98\%$)、芍药内酯苷(批号B21149,纯度 $\geq 98\%$)、山柰酚(批号B21126,纯度 $\geq 98\%$)对照品均购于上海源叶生物科技有限公司;苯甲酰次乌头原碱(批号B412648,纯度98%)、次乌头碱(批号H464954,纯度97%)、莪术二酮(批号C418576,纯度98%)对照品均购于上海阿拉丁生化科技股份有限公司。助阳护心膏来源于江苏省中医院(批号20240104、20240205、20240508)。甲醇、乙腈(色谱纯,美国Thermo Fisher Scientific公司);甲酸(质谱级,上海阿拉丁生化科技股份有限公司);水为蒸馏水(香港屈臣氏集团有限公司)。

2 方法与结果

2.1 色谱条件 Poroshell EC-C₁₈色谱柱(100 mm×2.1 mm, 1.9 μ m);流动相乙腈(含0.1%甲酸)(A)-0.1%甲酸(B),梯度洗脱,程序见表1;体

表1 梯度洗脱程序

Tab. 1 Gradient elution programs

时间/min	A 乙腈(含0.1%甲酸)/%	B 0.1%甲酸/%
0~2	7	93
2~20	7~14	93~86
20~40	14~26	86~74
40~52	26~45	74~55
52~65	45~90	55~10

积流量 0.3 mL/min; 柱温 35 ℃; 进样量 0.7 μL。

2.2 质谱条件 电喷雾离子源 (ESI); 正负离子扫描; 多反应监测 (MRM) 模式; 离子化电压 (IS) 5 500、-4 500 V; 离子源温度 (TEM) 550 ℃; 喷雾气 (GS1) 为 55 psi (1 psi = 6.895 kPa); 辅助

气 (GS2) 55 psi (接口持续加热, 全程通入氮气); 气帘气 (CUR) 35 psi; 碰撞气 (CAD) 9 psi。其他参数见表 2。

2.3 对照品溶液制备 精密称取毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花素、芒柄花苷、毛蕊异黄酮、莪术二酮、次乌头碱、苯甲酰次乌头原碱、芍药内酯苷、槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-β-D-龙胆双糖苷、红景天苷、山柰酚、芍药苷对照品适量, 甲醇溶解, 制成储备液, 精密吸取适量, 置于同一量瓶中, 甲醇定容至刻度, 摇匀, 即得 (各成分质量浓度分别为 9.93、4.26、7.87、2.96、0.85、0.017、0.075、23.19、1.36、71.65、4.04、92.80 μg/mL)。

表2 各成分质谱参数

Tab. 2 Mass spectrometry parameters for various constituents

成分	保留时间/	相对分子	母离子 m/z	子离子 m/z	去簇电压/	碰撞电压/
	min	质量			V	eV
毛蕊异黄酮葡萄糖苷	19.48	446.40	447.1 [M+H] ⁺	285.1 [M+H-C ₆ H ₁₀ O ₅] ⁺	81	28
芒柄花素	44.81	268.26	269.1 [M+H] ⁺	197.0 [M+H-CH ₃ -HCO-CO] ⁺	111	53
芒柄花苷	30.01	430.40	431.2 [M+H] ⁺	269.1 [M+H-C ₆ H ₁₀ O ₅] ⁺	273	29
毛蕊异黄酮	34.24	284.26	285.0 [M+H] ⁺	270.0 [M+H-CH ₃] ⁺	102	33
莪术二酮	53.18	236.35	237.2 [M+H] ⁺	135.1 [M+H-C ₆ H ₁₀ O ₂] ⁺	84	21
次乌头碱	43.87	615.71	616.3 [M+H] ⁺	338.2 [M+H-C ₇ H ₈ O-CH ₃ COOH-2CH ₃ OH-CH ₃ OH] ⁺	100	54
苯甲酰次乌头原碱	34.53	573.67	575.3 [M+H] ⁺	543.3 [M+H-OCH ₃] ⁺	82	48
芍药内酯苷	10.61	480.46	479.1 [M-H] ⁻	120.9 [M-H-C ₁₆ H ₂₃ O ₉] ⁻	-40	-32
槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-β-D-龙胆双糖苷	6.27	788.66	787.2 [M-H] ⁻	463.1 [M-H-C ₁₂ H ₂₀ O ₁₀] ⁻	-95	-54
红景天苷	3.32	300.30	299.1 [M-H] ⁻	118.9 [M-H-C ₆ H ₁₂ O ₆ -H ₂ O] ⁻	-81	-19
山柰酚	40.07	286.24	285.1 [M-H] ⁻	116.9 [M-H-C ₈ H ₈ O ₄] ⁻	-117	-61
芍药苷	12.61	480.46	479.1 [M-H] ⁻	121.0 [M-H-C ₁₆ H ₂₃ O ₉] ⁻	-80	-30

2.4 供试品溶液制备 取本品约 0.3 g, 精密称定, 置于具塞锥形瓶中, 精密加入 20 mL 50% 甲醇, 密塞, 称定质量, 超声 (功率 250 W, 频率 40 kHz) 处理 30 min, 放冷, 50% 甲醇补足减失的质量, 摇匀, 过滤, 取续滤液, 即得。

2.5 阴性样品溶液制备 按照工艺和处方, 分别制成缺黄芪、缺莪术、缺制附子、缺红景天、缺白芍、缺葶苈子的阴性样品, 按“2.4”项下方法制备, 即得。

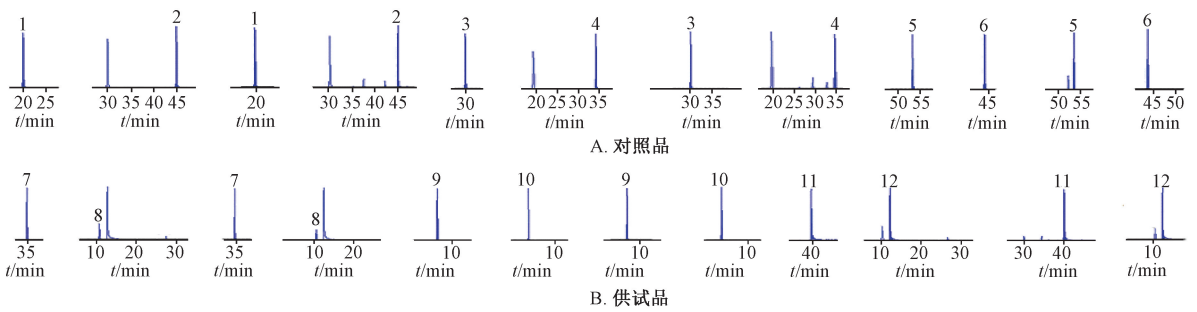
2.6 专属性试验 取空白溶剂及对照品、供试品、阴性样品溶液适量, 在“2.1”“2.2”项条件下进样测定, 结果见图 1~2。由此可知, 各成分色谱峰之间无干扰, 分离效果理想, 阴性样品不影响测定结果, 表明该方法专属性良好。

2.7 线性关系考察 精密吸取“2.3”项下对照品溶液适量, 甲醇稀释成系列质量浓度溶液, 在“2.1”“2.2”项条件下进样测定。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, 并以 S/N ≥ 10、S/N ≥ 3 分别为定量限、检测限, 结果见表 3, 可知各成分在各自范围内线性关系良好。

2.8 精密度试验 按“2.4”项下方法制备供试品溶液, 在“2.1”“2.2”项条件下进样测定 6 次, 测得毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花素、芒柄花苷、毛蕊异黄酮、莪术二酮、次乌头碱、苯甲酰次乌头原碱、芍药内酯苷、槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-β-D-龙胆双糖苷、红景天苷、山柰酚、芍药苷峰面积 RSD 分别为 2.05%、1.56%、2.55%、1.49%、2.54%、2.21%、2.38%、2.22%、4.10%、4.91%、1.51%、2.41%, 表明仪器精密度良好。

2.9 重复性试验 按“2.4”项下方法平行制备 6 份供试品溶液, 在“2.1”“2.2”项条件下进样测定, 测得毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花素、芒柄花苷、毛蕊异黄酮、莪术二酮、次乌头碱、苯甲酰次



1. 毛蕊异黄酮葡萄糖苷 2. 芒柄花素 3. 芒柄花苷 4. 毛蕊异黄酮 5. 莪术二酮 6. 次乌头碱 7. 苯甲酰次乌头原碱 8. 芍药内酯苷
9. 槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-β-D-龙胆双糖苷 10. 红景天苷 11. 山柰酚 12. 芍药苷
1. calycosin-7-glucoside 2. formononetin 3. ononin 4. calycosin 5. curdione 6. hyaconitine 7. benzoylhypaconitine 8. albiflorin
9. quercetin 3-O-β-D-glucose-7-O-β-D-gentiobioside 10. salidroside 11. kaempferol 12. paeoniflorin

图1 各成分MRM色谱图

Fig. 1 MRM chromatograms of various constituents

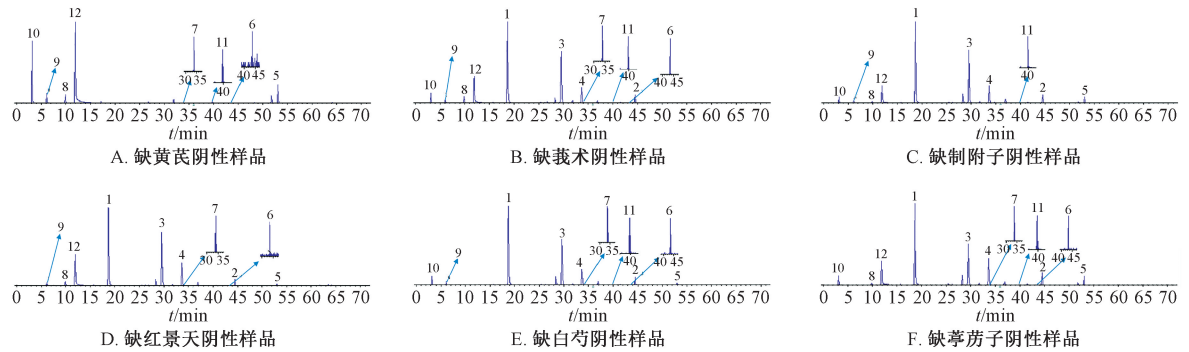


图2 阴性样品MRM色谱图

Fig. 2 MRM chromatograms of various negative samples

表3 各成分线性关系

Tab. 3 Linear relationships of various constituents

成分	回归方程	r	线性范围/ ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	定量限/ ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	检测限/ ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)
毛蕊异黄酮葡萄糖苷	$Y=4\ 150\ 031.653\ 9X+3\ 736\ 923.076\ 9$	0.997 7	0.993~9.93	0.993	0.000 72
芒柄花素	$Y=1\ 371\ 119.694\ 8X+660\ 869.565\ 2$	0.995 1	0.426~4.26	0.426	0.000 062
芒柄花苷	$Y=5\ 530\ 637.185\ 5X+4\ 731\ 464.968\ 2$	0.998 3	0.787~7.87	0.787	0.000 061
毛蕊异黄酮	$Y=5\ 455\ 857.050\ 7X+1\ 366\ 153.846\ 2$	0.998 1	0.296~2.96	0.296	0.000 054
莪术二酮	$Y=8\ 540\ 926.821\ 7X+54\ 769.230\ 8$	0.999 6	0.085~0.85	0.085	0.000 43
次乌头碱	$Y=3\ 471\ 820.199\ 8X+578.264\ 2$	0.999 6	0.001 7~0.017	0.001 7	0.000 025
苯甲酰次乌头原碱	$Y=3\ 744\ 544.650\ 8X-4\ 723.076\ 9$	0.999 4	0.007 5~0.075	0.007 5	0.000 011
芍药内酯苷	$Y=54\ 484.748\ 9X-35\ 692.307\ 7$	0.997 1	2.319~23.19	2.319	0.006 17
槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-β-D-龙胆双糖苷	$Y=190\ 224.776\ 6X-407.414\ 1$	0.997 0	0.136~1.36	0.136	0.003 28
红景天苷	$Y=41\ 299.726\ 7X+93\ 481.982\ 0$	0.996 2	7.164~71.64	7.164	0.004 49
山柰酚	$Y=111\ 459.043\ 6X-12\ 684.615\ 4$	0.999 8	0.404~4.04	0.404	0.001 21
芍药苷	$Y=74\ 087.508\ 1X+282\ 369.811\ 3$	0.998 1	9.280~92.80	9.28	0.000 63

乌头原碱、芍药内酯苷、槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-β-D-龙胆双糖苷、红景天苷、山柰酚、芍药苷峰面积RSD分别为3.20%、3.25%、4.66%、4.62%、4.45%、5.38%、4.54%、2.44%、3.81%、4.35%、3.26%、2.96%，表明该方法重复性良好。

2.10 稳定性试验 按“2.4”项下方法制备供试品溶液，于0、3、6、9、12、18、24 h在“2.1”“2.2”项条件下进样测定，测得毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花素、芒柄花苷、毛蕊异黄酮、莪术二酮、次乌头碱、苯甲酰次乌头原碱、芍药内酯苷、

槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-β-D-龙胆双糖苷、红景天苷、山柰酚、芍药苷峰面积 RSD 分别为 2.25%、2.57%、4.35%、2.90%、4.73%、4.64%、4.92%、3.46%、4.99%、5.42%、2.51%、4.24%，表明溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.11 加样回收率试验 精密称取各成分含量已知的本品（批号 20240104）6 份，每份 0.15 g，置于具塞锥形瓶中，加适量对照品，按“2.4”项下方法制备供试品溶液，在“2.1”“2.2”项条件下进样测定，计算回收率。结果，毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花素、芒柄花苷、毛蕊异黄酮、莪术二酮、次乌头碱、苯甲酰次乌头原碱、芍药内酯苷、

槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-β-D-龙胆双糖苷、红景天苷、山柰酚、芍药苷平均加样回收率分别为 95.73%、94.60%、104.36%、98.71%、95.95%、109.47%、105.81%、97.84%、98.42%、103.77%、103.62%、97.57%，RSD 分别为 3.46%、3.14%、3.33%、3.11%、2.49%、4.35%、2.85%、4.95%、4.80%、4.62%、2.26%、3.93%。

2.12 样品含量测定 取 3 批样品，每批 0.3 g，按“2.4”项下方法平行制备 3 份供试品溶液，在“2.1”“2.2”项条件下进样测定，计算含量，结果见表 4。

表 4 各成分含量测定结果 (mg/g, n=3)

Tab. 4 Results for content determination of various constituents (mg/g, n=3)

成分	20240104	20240205	20240508	平均值
毛蕊异黄酮葡萄糖苷	0.88	0.82	0.84	0.85
芒柄花素	0.35	0.33	0.35	0.34
芒柄花苷	0.40	0.41	0.42	0.41
毛蕊异黄酮	0.20	0.19	0.19	0.19
莪术二酮	0.053	0.054	0.055	0.054
次乌头碱	0.001 24	0.001 29	0.001 34	0.001 29
苯甲酰次乌头原碱	0.003 0	0.003 1	0.003 1	0.003 1
芍药内酯苷	1.8	1.8	1.7	1.8
槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-β-D-龙胆双糖苷	0.19	0.18	0.20	0.18
红景天苷	5.2	5.1	5.7	5.3
山柰酚	0.25	0.25	0.26	0.25
芍药苷	7.6	7.9	8.0	7.9

3 讨论

3.1 指标成分选择 针对中药复方质量控制需兼顾药效物质基础与安全性的原则，本实验选择毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花素、芒柄花苷、毛蕊异黄酮、莪术二酮、次乌头碱、苯甲酰次乌头原碱、芍药内酯苷、槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-β-D-龙胆双糖苷、红景天苷、山柰酚、芍药苷进行含量测定，涵盖了方中大部分药味的活性物质或药效成分，其中黄芪 4 种，制附片 2 种，白芍 2 种，葶苈子 2 种，莪术 1 种，红景天 1 种，能较全面地控制该方质量。方中黄芪作为君药，其所含的毛蕊异黄酮葡萄糖苷是药材质量标志物^[9]；黄芪和葶苈子所含的黄酮类化合物（毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花素、芒柄花苷、槲皮素双糖苷、山柰酚）具有改善心肌细胞活性、减少心肌细胞凋亡等作用^[10-12]；制附片所含的双酯型生物碱（次乌头碱）与单酯型生物碱（苯甲酰次乌头原碱）的毒性-药效平衡是质量控制核心，其中次乌头碱在煎煮过程中降解率低、稳定性强，而苯甲酰次乌头原碱作为

其脱乙酰产物，既可表征炮制工艺有效性，又能反映制剂安全性^[13-16]，选择两者作为质量标志物时能确保该类成分的安全性和有效性；红景天苷和芍药总苷功效抗炎、抗氧化、减轻心肌炎性损伤、改善心肌肥厚^[17-20]，其协同作用揭示了全方温阳护心的分子机制。

3.2 色谱条件优化 本实验首先分别考察了 C₁₈、HSST3、Poroshell EC-C₁₈ 色谱柱，发现 Poroshell EC-C₁₈ 色谱柱因其核壳结构（孔径 2.7 nm）及小粒径（1.9 μm）^[21] 而理论塔板数有所增加，对极性、非极性成分均有较好的分离度和峰形。再分别考察了甲醇、乙腈及不同添加剂（甲酸、乙酸铵）对分离效果的影响，最终选择乙腈（含 0.1% 甲酸）-水（0.1% 甲酸）作为流动相进行梯度洗脱，此时甲酸能促进电离，提供质子化条件，并可有效抑制峰拖尾。

4 结论

本实验建立 UHPLC-QTRAP-MS 法同时测定助阳护心膏中毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花素、芒柄

花苷、毛蕊异黄酮、莪术二酮、次乌头碱、苯甲酰次乌头原碱、芍药内酯苷、槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-β-D-龙胆双糖苷、红景天苷、山柰酚、芍药苷的含量,该方法快速灵敏,准确度高,可为该方质量控制提供参考。

参考文献:

[1] 中华医学会心血管病学分会, 中国医师协会心血管内科医师分会, 中国医师协会心力衰竭专业委员会, 等. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2024[J]. 中华心血管病杂志, 2024, 52(3): 235-275.

[2] 葛均波, 霍 勇, 杨杰孚, 等. 慢性心力衰竭“新四联”药物治疗临床决策路径专家共识[J]. 中国循环杂志, 2022, 37(8): 769-781.

[3] 李 萌, 雷 帅, 张陈平, 等. 心力衰竭药物治疗的研究进展[J]. 中国医科大学学报, 2022, 51(5): 455-458.

[4] 《中国心血管健康与疾病报告 2021》编写组. 《中国心血管健康与疾病报告 2021》概述[J]. 中国心血管病研究, 2022, 20(7): 577-596.

[5] Cheang I, Yao W M, Zhou Y L, *et al.* The traditional Chinese medicine Qiliqiangxin in heart failure with reduced ejection fraction: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial[J]. *Nat Med*, 2024, 30(8): 2295-2302.

[6] 肖 阳. 益气活血复方治疗气虚血瘀型慢性心衰的临床疗效评价[D]. 沈阳: 辽宁中医药大学, 2017.

[7] 黄晶晶. 益气温阳方对 TAC 压力超负荷诱导心力衰竭的干预作用和机制研究[D]. 南京: 南京中医药大学, 2019.

[8] 张 薇, 李楚源, 王德勤, 等. 心脉安的 UHPLC-Q-Exactive-Orbitrap-MS 定性分析和 UHPLC-QTRAP-MS/MS 含量测定[J]. 中草药, 2023, 54(6): 1743-1756.

[9] 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: 315.

[10] 施 敏, 魏佳明, 袁 惠, 等. 黄芪活性成分治疗心力衰竭作用机制的研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2024, 30(3): 208-217.

[11] 白 月, 王红芳, 黄怀鹏. 芒柄花素药理作用的研究进展[J]. 现代药物与临床, 2022, 37(2): 425-432.

[12] 杨雅钧, 韦卫宁, 吴港圆, 等. 附子的现代研究进展[J]. 壮瑶药研究, 2023(1): 19-22; 308.

[13] Zhang M, Li Y C, Wang Y Q, *et al.* Quercetin inhibition of myocardial fibrosis through regulating MAPK signaling pathway via ROS[J]. *Pak J Pharm Sci*, 2019, 32 (3 Special): 1355-1359.

[14] 龚又明, 邓广海, 郑显辉, 等. 生附子煎煮过程中生物碱含量变化及水解机理[J]. 中国药业, 2017, 26(4): 9-15.

[15] 孙 兰, 周海燕, 赵润怀, 等. HPLC 法同时测定附子中 6 种单酯和双酯型生物碱[J]. 中草药, 2009, 40(1): 131-134.

[16] 王 倩, 杨祖凡, 赵 晴, 等. 基于 UHPLC-DAD 技术测定附子生品及炮制品酯类生物碱含量及急性毒性评价[J]. 青海科技, 2023, 30(6): 52-59.

[17] 王明燕, 宣清清, 许 玲. 红景天苷介导 p38 MAPK 信号通路抑制脂多糖诱导的心肌细胞凋亡及氧化损伤[J]. 广东医学, 2023, 44(10): 1216-1222.

[18] 陈森娟, 李新东, 王妮妮. 山柰酚对慢性心力衰竭模型大鼠心脏功能的影响及机制[J]. 解剖科学进展, 2023, 29(1): 18-20; 24.

[19] 郑亚萍, 康红钰. Wnt/β-catenin 信号通路在白芍总苷干预大鼠心肌肥厚中的作用[J]. 中成药, 2018, 40(1): 194-197.

[20] 王秋艳, 王世新, 隋方宇, 等. 白芍活性成分、药理作用及成分变化的影响因素研究进展[J]. 中草药, 2025, 56(5): 1817-1829.

[21] 汤 丹, 曹东敏, 谭兰芳, 等. 基于核壳色谱技术的黄芪中 8 种异黄酮活性成分的快速定量分析[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(7): 1410-1415.