

草乌药材的 HPLC 指纹图谱研究

程汉鹏¹ 赵静峰²

1. 迪庆州检验检测院 云南迪庆藏族自治州 674499

2. 云南大学 云南昆明 650091

摘要: 目的 以草乌甲素为对照, 利用高效液相色谱法建立草乌药材 HPLC 指纹图谱的分析方法。方法 色谱柱 WATERS Symmetry ShieldTMRP18 (4.6 x 250mm 5 μm), 检测波长 260nm, 柱温 30℃, 进样量 10 μl, 乙腈 - 磷酸三乙胺缓冲溶液 (0.025mol/l 磷酸: 0.1% 三乙胺 3:1) 梯度洗脱, 流速 0.8ml/min。结果 通过利用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 2012A 版”对不同产地的十批次草乌药材高效液相色谱图进行导入处理, 最终标定出了 17 个共有色谱峰, 并生成相应的对照指纹图谱。十批草乌药材色谱峰之间的相似度均达到 0.87 以上, 十批草乌药材与对照图谱作比较, 相似度在 0.917 ~ 0.984 之间; 并对实验分析方法进行了专属性实验、重现性实验、精密度实验、和稳定性实验等方面的方法学考察。结论 十批草乌药材的化学成分基本一致, 且较稳定, 但各批次间的各成分含量上存在显著差异; 该分析方法专属性强、重现性较好、精密度高、稳定性好, 符合指纹图谱要求, 该方法能为草乌药材 HPLC 指纹图谱质量研究提供基础性参考。

关键词: 草乌; 草乌甲素; 相似度评价; HPLC 指纹图谱

1 概述

草乌为毛茛科植物北乌头 *Aconitum kusnezoffii* Reichb. 的干燥块根^[1], 是我国传统中药。在我国草乌的中药材资源十分丰富, 大约有 200 多个品种且分布广泛, 古籍《神农本草经》对其使用有最早的相关记载, 草乌可用于风寒湿痹等的治疗, 已被广泛应用于临床。药理学研究表明草乌中的乌头碱类成分有抗炎镇痛和免疫抑制等作用^[2-3]。其中草乌甲素除了具有显著的抗炎镇痛外, 其不良反应相对较低, 临床上主要用于治疗风湿性关节炎、肩周炎、腰肌劳损、四肢扭伤、挫伤等症。由于疗效确切, 不良反应少, 草乌甲素原料及其制剂在临床上得到了广泛应用, 对草乌甲素的需求也不断增长^[4-6]。

中药指纹图谱技术是中药质量评价的重要手段, 是目前国际公认的质控可行模式^[7], 本文尝试对草乌药材中的草乌甲素的提取分离方法进行优化, 对提取得到的草乌甲素进行结构鉴定确认^[8-12], 通过建立草乌药材高效液相指纹图谱质量分析方法对 10 批草乌药材进行测定记录, 以草乌甲素峰作为参照峰, 来得出不同产地的草乌 HPLC 指纹图谱^[13-16]。

2 试验部分

2.1 草乌甲素的提取分离与鉴定

2.1.1 仪器和耗材:

旋转蒸发器(阿道夫)、Bruker AV 600MHz 核磁共振仪, 打粉机、紫外灯箱、柱色谱硅胶、GF254 高效硅胶板、

2.1.2 试药试剂

CDCl₃、醋酸乙酯、石油醚、氨水、三乙胺、盐酸、乙醇、二氯甲烷

2.1.3 提取分离与鉴定

取约 1000g 已风干的草乌药材(产地: 西藏)进行打粉处理, 用 75% 乙醇适量分 3 次浸提, 滤过, 合并滤液, 将滤液减压浓缩。加入适量 0.5% 盐酸溶液使浓缩液分散溶于盐酸水溶液中, 再加入适量的氨水, 调节 PH 至 11 左右, 用二氯甲烷进行萃取, 得到生物碱提取物。

取总提取物, 经硅胶柱, 以石油醚 - 醋酸乙酯 - 三乙胺 (60:1:0.2 → 10:1:0.2) 为洗脱剂, 进行梯度洗脱, 并收集目标产物, 完成第一步洗脱。又以石油醚 - 丙酮 - 三乙胺 (20:1:0.1 → 8:1:0.1) 为洗脱剂, 进行第二次梯度洗脱, 得到化合物 1 (约 20mg)。

化合物 1 为无定形粉末, 以 CDCl₃ 为溶剂, 经核磁共振仪分析得到数据:

^1H NMR(400MHz, CDCl_3) δ 1.05(t, $J=7.3$, 7.3Hz, 3H), 1.29(s, 3H), 1.80-2.13(m, 4H), 2.28(d, $J=11.2$ Hz, 2H), 2.33-2.48(m, 2H), 2.53(q, $J=7.9$, 7.9, 7.6Hz, 2H), 2.83(d, $J=9.0$ Hz, 3H), 2.96(s, 2H), 3.06(d, $J=6.9$ Hz, 1H), 3.11 (s, 3H), 3.20(s, 3H), 3.24(s, 3H), 3.34(t, $J=7.4$, 7.4Hz, 1H), 3.49(s, 4H), 3.60 (d, $J=8.8$ Hz, 1H), 3.65-3.76 (m, 1H), 3.82 (s, 3H), 3.87 (s, 1H), 3.98 (d, $J=6.6$ Hz, 1H), 4.82 (d, $J=5.0$ Hz, 1H), 6.88 (d, $J=8.4$ Hz, 2H), 7.96 (d, $J=8.4$ Hz, 2H). ^{13}C NMR (101 MHz, CDCl_3) δ 13.30, 21.61, 33.53, 35.16, 39.55, 40.72, 43.13, 44.65, 47.17, 47.36, 48.64, 48.80, 50.14, 55.42, 55.83, 57.76, 58.75, 59.08, 61.68, 71.27, 74.71, 78.45, 82.19, 83.06, 83.46, 85.50, 113.74, 122.47, 131.65, 163.42, 166.01, 169.88.

由以上核磁数据结果可以得到化合物 1, 其分子式为 $\text{C}_{35}\text{H}_{49}\text{NO}_{11}$, 结构式如图 1, 它与文献^[17]中报道的草乌甲素 (crassicauline A) 一致, 故鉴定化合物 1 为草乌甲素。

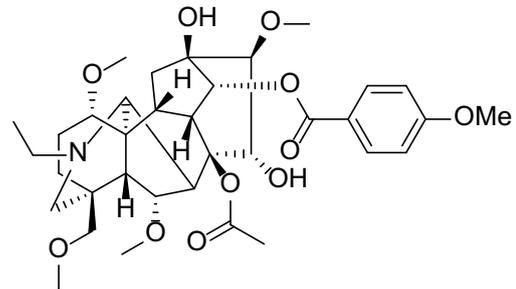


图 1 化合物 1 (草乌甲素) 结构式

2.2 HPLC 指纹图谱的建立

2.2.1 样品 本实验材料来源于西藏、迪庆、文山、丽江、维西、大理等地, 共 10 份样品, 均经品种鉴定为草乌。

编号	CW001	CW002	CW003	CW004	CW005	CW006	CW007	CW008	CW009	CW010
产地	西藏	丽江	丽江	文山	文山	迪庆	迪庆	大理	维西	维西
人工/野生	人工	野生	人工							

2.2.2 仪器设备

METTLER TOLEDO 分析天平、紫外灯箱、超声波清洗机、安捷伦 1260 高效液相色谱仪 (VWD 紫外检测器)、旋转蒸发仪 (阿道夫)、抽滤装置 (津腾);

2.2.3 试剂

色谱纯: 乙腈; 分析纯: 醋酸乙酯、异丙醇、氨水、石油醚、三乙胺、磷酸、盐酸、乙醇、二氯甲烷; 纯净水 (娃哈哈); 草乌甲素 (由 2.1 提取分离得到)。

2.2.4 HPLC 色谱条件:

色谱柱为 WATERS Symmetry Shield TMRP18 (4.6 × 250mm 5 μm), 检测波长 260nm, 柱温 30 $^{\circ}\text{C}$, 进样量 10 μl , 流动相: 乙腈-磷酸三乙胺溶液 (0.025mol/l 磷酸: 0.1% 三乙胺 3:1), 流速 0.8ml/min, 按表 2 进行梯度洗脱;

表 2 梯度洗脱时间序列列表

时间\通道	A (乙腈)	B (磷酸三乙胺溶液)
0 → 10	10 → 18	90 → 82
10 → 30	18	82
30 → 45	18 → 32	82 → 68
45 → 60	32 → 95	68 → 5
60 → 65	95	5
65 → 70	95 → 10	5 → 90
70 → 75	10	90

2.2.5 对照品溶液制备:

精密称取草乌甲素对照品 0.0010g, 加入乙腈 (色谱纯) 配制成每 1ml 含草乌甲素为 30 μg 的草乌甲素对照品溶液, 作为对照品溶液 (取用前用 0.45 μm 微孔滤膜进行过滤处理)。

2.2.6 供试品溶液制备:

草乌药材进行打粉后取约 2.5g 样品, 取 3ml 三乙胺进行润湿后, 精密量取加入 50ml 的醋酸乙酯-异丙醇 (1:1) 混合溶液, 称重, 静置 4 小时, 在 25 $^{\circ}\text{C}$ 以下水温中进行 30 分钟的超声处理 (300W, 40KHZ), 放冷, 称重, 用前述混合溶液补足减少重量, 滤过, 精密量取 30ml 的续滤液, 利用旋转蒸发仪于 40 $^{\circ}\text{C}$ 以下水温中, 进行减压蒸馏至干, 取残渣, 精密加入 5ml 乙腈 (色谱纯) 使溶解, 摇匀, 滤过, 取续滤液作为供试品溶液 (取用前用 0.45 μm 微孔滤膜进行过滤处理)。

3 方法学考察

3.1 专属性考察

待仪器运行稳定后, 按上述色谱条件 (2.2.4), 对空白溶剂、供试品溶液和草乌甲素对照品溶液分别进样, 记录相应的色谱图 (图 3、图 4、图 5) 如下:

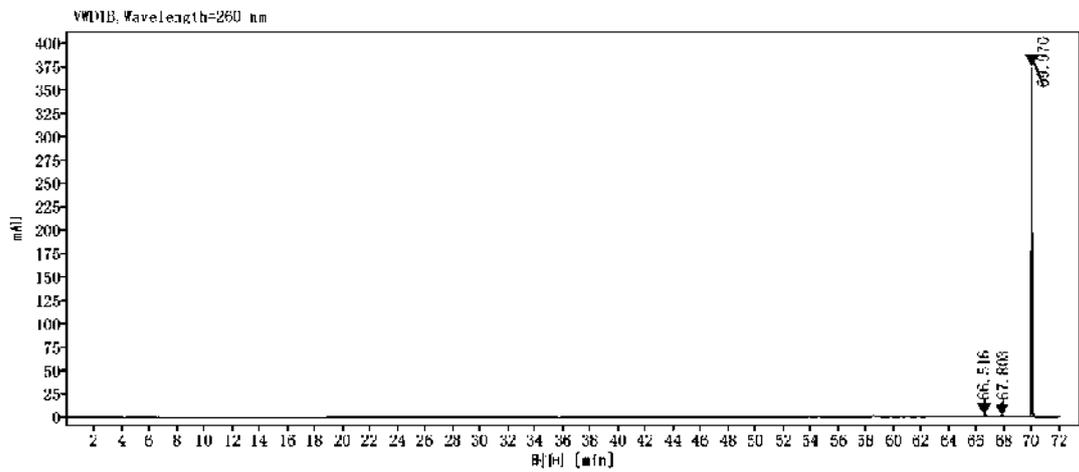


图3 空白溶剂 HPLC 图谱

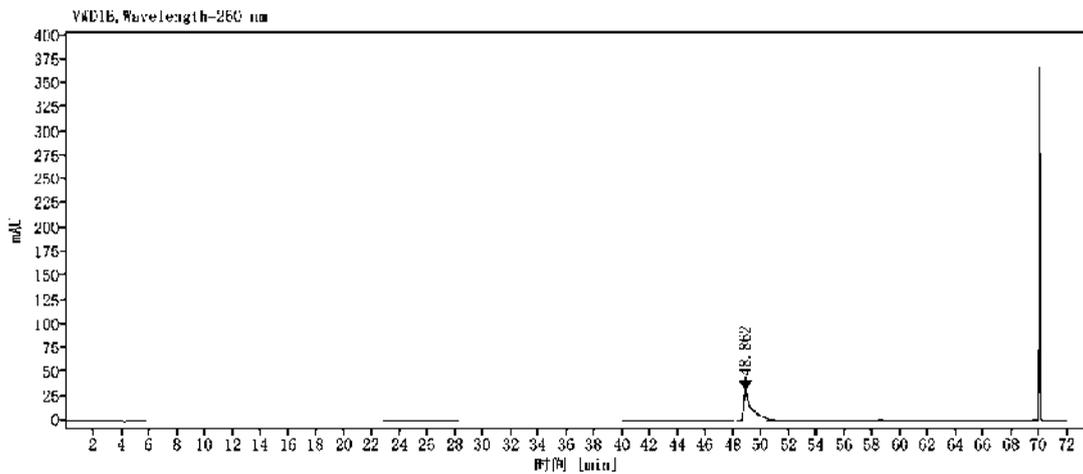


图4 草乌甲素对照品溶液 HPLC 图谱

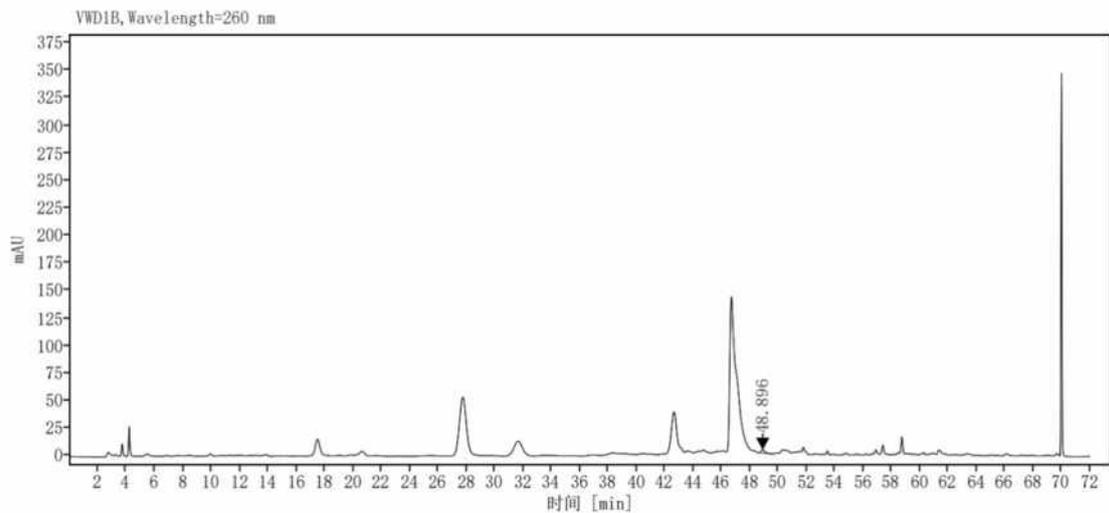


图5 草乌供试品溶液 HPLC 图谱

在上述(2.2.4)色谱条件下进样后,草乌甲素对照品色谱峰理论塔板数为15000,对图谱结果进行分析可知,图3为空白溶剂样品,66 min后出现背景峰。除66 min后的背景峰外,空白溶剂和流动相中没有杂质因素干扰样品结果的分析。由于样品HPLC图谱中,除66分钟后的溶剂背景峰外未积出其他色谱峰,故后续指纹图谱处理过程中以0~66min作为指纹图谱考察的时间范围。由图4和图5可知,在与草乌甲素对照品色谱峰的保留时间(约48.46min)处供

试品溶液色谱图中有相应的色谱峰出现,供试品溶液图谱中的分离度合适(草乌甲素峰分离度大于1.5)且各色谱峰的峰形较为良好,符合色谱分析相关要求。结果表明,该色谱条件对草乌药材分析的适用性良好。

3.2 精密度试验:

取同一份按(2.2.6)制备好的草乌药材供试品溶液,于上述HPLC色谱条件(2.2.4)下,进行连续五次进样,记录相应的HPLC色谱图(图6)。

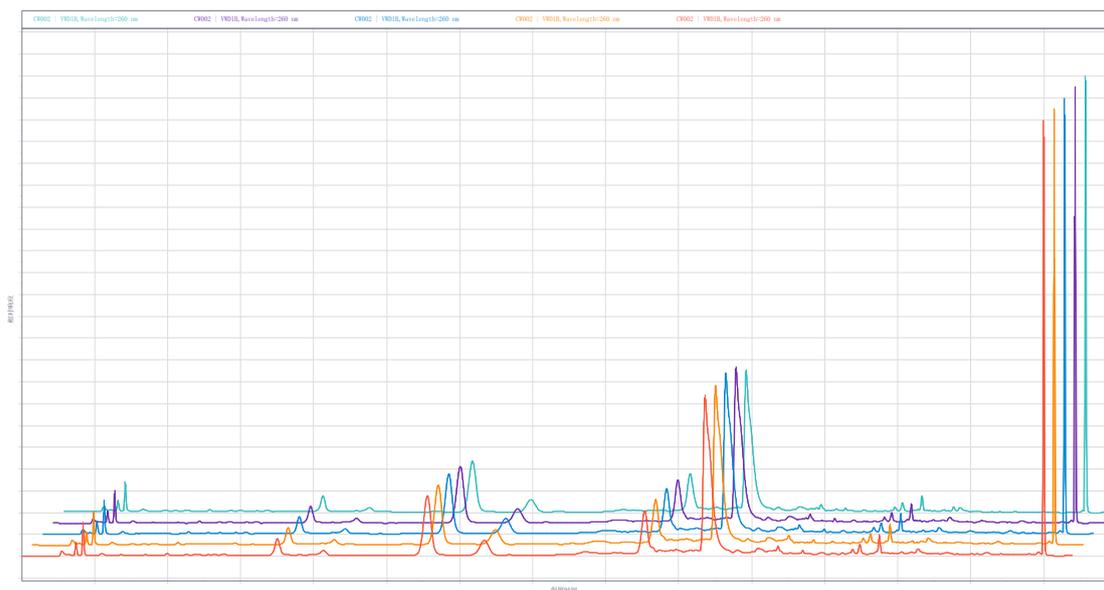


图6 草乌精密度试验 HPLC 重叠图谱

将图谱结果导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统2012A版”软件,以草乌甲素峰作为参照峰进行评价、分析和计算,五次进样的色谱图之间的相似度大于0.986(表3);各共有峰的相对峰面积的RSD < 1.4%,各共有峰的相对保留时间的RSD < 0.3%;说明仪器精密度良好。

表3 草乌精密度试验相似度计算结果表

精密度试验相似度计算结果						
	S1	S2	S3	S4	S5	对照指纹图谱
S1	1.000	0.996	1.000	0.989	0.988	0.994

S2	0.996	1.000	1.000	0.986	1.000	0.991
S3	1.000	1.000	1.000	0.987	0.986	0.996
S4	0.989	0.986	0.987	1.000	1.000	0.988
S5	0.988	1.000	0.986	1.000	1.000	0.993
对照指纹图谱	0.994	0.991	0.996	0.988	0.993	1.000

3.3 稳定性试验

取同一份按(2.2.6)制备好的草乌药材供试品溶液,于上述HPLC色谱条件(2.2.4)下,在0h、6h、12h、18h和24h时分别进行进样检测,记录相应的HPLC色谱图(图7)。

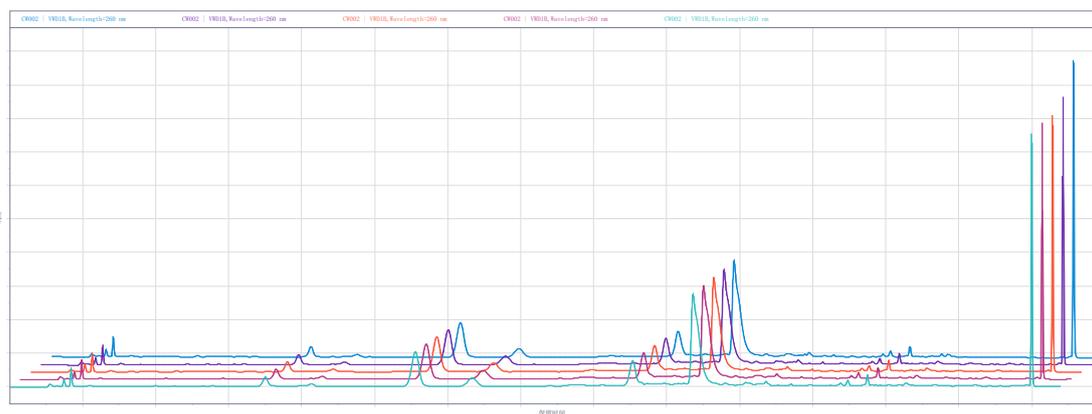


图 7 草乌稳定性试验 HPLC 重叠图谱

将结果导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 2012A 版”软件，以草乌甲素峰作为参照峰，进行评价、分析和计算，结果各不同时间段间样品色谱图之间的相似度大于 0.963（表 3.3.1）；供试品各共有峰的相对峰面积的 RSD < 2.2%；供试品各共有峰的相对保留时间的 RSD < 0.3%，说明供试品溶液在 0 ~ 24h 之间较为稳定。

表 4 草乌稳定性试验相似度计算结果表

稳定性试验相似度计算结果						
	S1	S2	S3	S4	S5	对照指纹图谱
S1	1.000	0.974	0.981	0.976	0.969	0.978
S2	0.974	1.000	0.968	0.972	0.981	0.969
S3	0.981	0.968	1.000	0.963	0.966	0.976
S4	0.976	0.972	0.963	1.000	0.982	0.968
S5	0.969	0.981	0.966	0.982	1.000	0.987
对照指纹图谱	0.978	0.969	0.976	0.968	0.987	1.000

S1	1.000	0.974	0.981	0.976	0.969	0.978
S2	0.974	1.000	0.968	0.972	0.981	0.969
S3	0.981	0.968	1.000	0.963	0.966	0.976
S4	0.976	0.972	0.963	1.000	0.982	0.968
S5	0.969	0.981	0.966	0.982	1.000	0.987
对照指纹图谱	0.978	0.969	0.976	0.968	0.987	1.000

3.4 重现性试验：

取相同批次的样品（2.2.6）制得五份供试品溶液，在上述色谱条件（2.2.9）下进行色谱进样测定，记录相应的 HPLC 色谱图（图 8）。

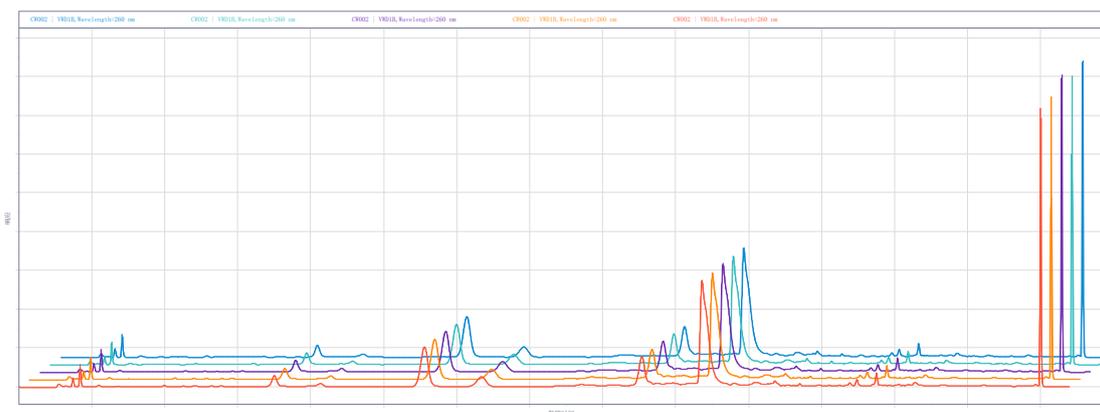


图 8 草乌重现性试验 HPLC 重叠图谱

将结果导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 2012A 版”软件，以草乌甲素峰作为参照峰，进行评价、分析和计算，结果五份供试品间的相似度大于 0.982（表 5），五份供试

品各共有峰的相对峰面积的 RSD < 3.1%；五份供试品各共有峰的相对保留时间的 RSD < 0.5%，说明样品重现性较好，该方法稳定可靠。

表 5 草乌重现性试验相似度计算结果表

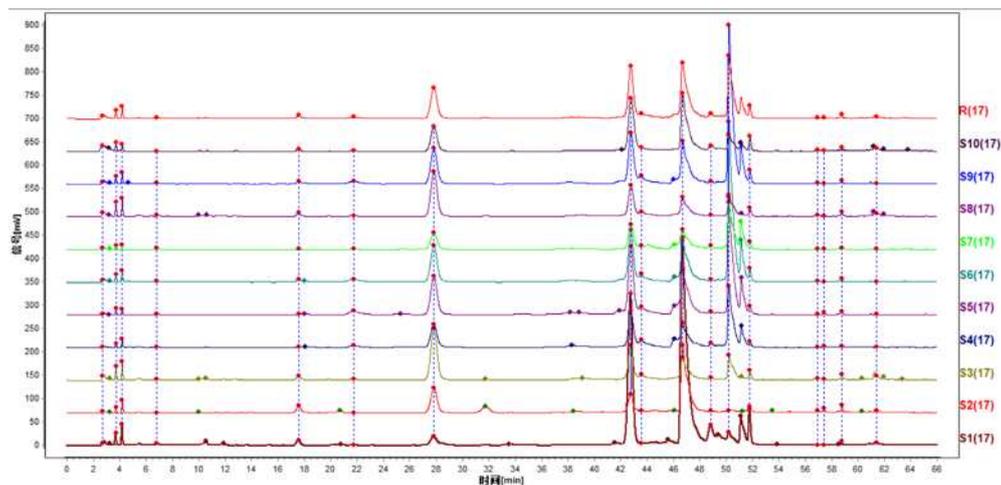
重现性试验相似度计算结果						
	S1	S2	S3	S4	S5	对照指纹图谱
S1	1.000	0.982	0.985	0.986	0.982	0.987
S2	0.982	1.000	0.988	0.993	0.991	0.991
S3	0.985	0.988	1.000	0.982	1.000	0.985
S4	0.986	0.993	0.982	1.000	0.985	0.984
S5	0.982	0.991	1.000	0.985	1.000	0.986
对照指纹图谱	0.987	0.991	0.985	0.984	0.986	1.000

4 指纹图谱的研究

将所收集的十批草乌药材（分别编号为：S1、S2、S3、S4、S5、S6、S7、S8、S9、S10），按 2.2.6 的制备方法进行

处理，并于 2.2.4 的色谱条件下进行进样测定，记录各批草乌样品的色谱图。对图谱进行处理后，利用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 2012A 版”软件，将样品 S1 的色谱图作为参照图谱进行处理、分析和评价，设定时间窗宽度为 0.10、按中位数法，经多点校正处理，进行 Mark 峰识别等操作后，生成相应的对照指纹图谱（图 9、图 10）。

由图 9 和图 10 可知，从十批草乌药材的图谱中识别出 17 个（图 9 中以虚线连接的峰）共有峰，主要特征峰集中于四个区域，分别是：（1）保留时间 2 ~ 8min 的区域，（2）保留时间 16 ~ 30min 的区域，（3）保留时间 42 ~ 52min 的区域和（4）保留时间 56 ~ 62min 的区域，草乌甲素峰在（3）区域，约 48.85min 处。



（S1 ~ S10 为不同批次的草乌样品，R 为草乌对照指纹图谱）

图 9 10 批次草乌 HPLC 指纹图谱

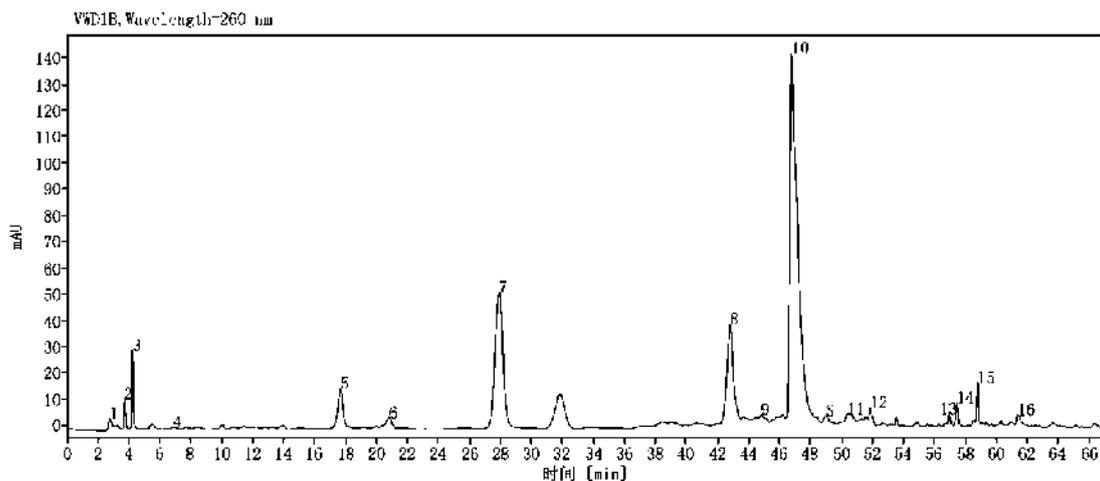


图 10 草乌 HPLC 特征峰图谱

以草乌甲素峰为参照峰 S, 可分别计算出十批草乌样品指纹图谱中其余 16 个共有峰相对于草乌甲素峰的相对保留时间为: 1 (0.055 ~ 0.058), 2 (0.075 ~ 0.076), 3 (0.085 ~ 0.086), 4 (0.136 ~ 0.139), 5 (0.358 ~ 0.361), 6 (0.439 ~ 0.442), 7 (0.567 ~ 0.571), 8 (0.871 ~ 0.876), 9 (0.891 ~ 0.914), 10 (0.953 ~ 0.956), 11 (1.026 ~ 1.029), 12 (1.058 ~ 1.062), 13 (1.164 ~ 1.171), 14 (1.177 ~ 1.182), 15 (1.202 ~ 1.208), 16 (1.254 ~ 1.259)

以草乌甲素峰为参照峰 S, 可分别计算出十批草乌样品指纹图谱中其余 16 个共有峰相对于草乌甲素峰的相对峰面积为: 1(0.269 ~ 3.421), 2(0.309 ~ 3.075),

3 (0.374 ~ 3.799), 4 (0.133 ~ 0.188), 5 (0.417 ~ 6.769), 6(0.205 ~ 8.448), 7(1.396 ~ 74.336), 8(13.270 ~ 65.354), 9(0.498 ~ 28.011), 10(9.772 ~ 84.612), 11(0.607 ~ 74.83), 12 (0.558 ~ 5.741), 13(0.451 ~ 1.029), 14(0.315 ~ 1.788), 15(0.193 ~ 2.385), 16(0.760 ~ 32.266)

利用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 2012A 版”软件, 对各样品图谱的相似度进行计算、处理和分析(表 4.1), 可知十批草乌药材色谱峰之间的相似度均达到 0.87 以上, 十批草乌药材与对照图谱作比较, 相似度在 0.917 ~ 0.984 之间。

表 6 10 批草乌药材相似度计算结果

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	R
S1	1	0.916	0.873	0.882	0.886	0.898	0.876	0.881	0.934	0.897	0.917
S2	0.916	1	0.894	0.912	0.882	0.938	0.924	0.947	0.919	0.991	0.981
S3	0.873	0.894	1	0.937	0.967	0.893	0.994	0.898	0.972	0.949	0.947
S4	0.882	0.912	0.937	1	0.962	0.980	0.975	0.959	0.893	0.947	0.949
S5	0.886	0.882	0.967	0.962	1	0.956	0.896	0.998	0.923	0.894	0.954
S6	0.898	0.938	0.893	0.980	0.956	1	0.977	0.954	0.942	0.921	0.984
S7	0.876	0.924	0.994	0.975	0.896	0.977	1	0.914	0.899	0.956	0.949
S8	0.881	0.947	0.898	0.959	0.998	0.954	0.914	1	0.894	0.939	0.944
S9	0.934	0.919	0.972	0.893	0.923	0.942	0.899	0.894	1	0.952	0.942
S10	0.897	0.991	0.949	0.947	0.894	0.921	0.956	0.939	0.952	1	0.968
R	0.917	0.981	0.947	0.949	0.954	0.984	0.949	0.944	0.942	0.968	1

综合上述, 结合十批次草乌药材的共有峰相对峰面积、共有峰相对保留时间和共有峰相似度计算分析结果来看, 结果表明: 各批次草乌药材均显示了基本相同的 17 个特征峰, 共有峰的相对保留时间差异较小, 一致性良好; 但各批样品共有峰的峰面积之间存在较大差异, 各成分含量的相对比值存在差异, 甚至于同一产区的草乌样品间, 各成分含量也存在显著的差异, 这可能是由不同产区, 不同采收季节、不同的加工和储存方式以及人工与野生种植间的差异性等方面因素所导致。

5 结果与讨论

在对草乌甲素成分的提取过程中, 曾尝试利用单次梯度洗脱将目标成分分离出来, 但由于目标成分在总体成分中含量低且有相近极性的成分同时被洗脱出来, 故对洗脱体系和洗脱方式进行了优化, 最后分两阶段梯度洗脱得到了目标产物, 这一优化手段可为相关成分的提取分离提供一定的参考。

在建立草乌指纹图谱 HPLC 方法的试验过程中, 对流动

相、色谱柱型号、检测波长、洗脱方式、流速等均进行了考察。洗脱方式考察发现等度洗脱条件下不能达到各成分间的有效分离目的, 故选择使用梯度洗脱来进行分析; 对流动相的考察主要以乙腈-0.1% 三乙胺体系、乙腈-磷酸三乙胺缓冲液体系和乙腈-水三种体系来做考察, 最终乙腈-磷酸三乙胺缓冲液体系较其他两种体系而言, 基线较为平稳能对各成分能达到较好的分离效果同时可以得到较为完整的 HPLC 图谱; 实验过程中对 Agilent Eclipse XDB-C18 4.6*250mm 5 μm 和 WATERS Symmetry Shield TMRP18 4.6*250mm 5 μm 两种型号色谱柱进行考察, 发现 WATERS 的色谱柱在成分分离上效果更加显著, 且稳定性良好, 峰形较佳; 在流速设定问题上以 0.5ml/min、0.8ml/min 和 1ml/min 来进行比较考察, 发现在流速为 0.8ml/min 条件下, 柱压适中, 色谱峰分离较好, 总体耗时适中; 检测波长在查阅相关文献基础上以 235nm、245nm、260nm 三个波长作为考察对象, 发现 245nm 处草乌甲素吸收较弱, 几乎测不出色谱峰, 235nm 和 260nm 波长下, 色谱峰的峰高、峰面积无明显差异, 但 260nm 较 235nm 而

言基线波动较小,整体峰形较佳。

通过指纹图谱的建立和分析,发现不同批次的草乌样品相似度良好,成分类别差异不大,但各批次各成分含量存在显著差异,结合样品收集的相关信息,初步认为各成分含量的差异性主要是由产地、采收季节、加工方式、储存方式以及人工种植品和野生品间差异等因素引起,此一问题有待于下一步通过定量分析等相关手段做深入研究后确证。

经方法学验证考察,本次试验所建立的 HPLC 指纹图谱分析方法专属性良好、重现性较佳、稳定性较好,适用于草乌药材的指纹图谱研究,可以为进一步做草乌质量研究和控制提供基础性依据。

参考文献:

[1] 国家药典委员会. 中国药典·一部[S]. 北京:人民卫生出版社,2020:247.

[2] 袁梅,马晓霞,杨树德,周志宏,杨竹雅. 滇西乌头化学成分研究[J]. 中药材,1001-4454.2013.06.028

[3] 林彦君,宋流东. 草乌甲素的研究进展[J]. 中国民族民间医药,2021,30(20):58-62.

[4] 薛文翰,苗春兰. 裴正学用川乌、草乌治疗类风湿性关节炎[J]. 天津中医,2000(3):2.

[5] 陈筱云,夏晓玲,熊济民,等. 草乌甲素片镇痛抗炎作用134例临床观察[J]. 云南中医中药杂志,1996,17(3):54-55.

[6] 张源潮,杨清锐,尹宏恩,等. 草乌甲素治疗骨关节炎及类风湿性关节炎临床观察[J]. 中药药理与临床,2000,16(2):43-45.

[7] 王东晗,梁宇飞,张欣欣,等. 不同产地五加皮药材 UPLC 指纹图谱分析[J]. 中国实验方剂学杂志,2020,26(6):138-

143.

[8] 徐丹. 草乌生物碱提取分离、指纹图谱分析及生物活性研究[D]. 长春:长春中医药大学,2013.

[9] 胡文波,高敏,何军民,等. 草乌总生物碱的提取工艺研究[J]. 中华中医药学刊,2010,28(9):1993.

[10] 随志刚,陈明玉,刘志强,等. 草乌中乌头类生物碱提取方法比较研究[J]. 时珍国医国药,2009,20(3):513.

[11] 彭劭. 草乌中生物碱类化学成分的研究[D]. 长春:吉林大学,2014.

[12] 付彬彬,龚爽,龚云麒,刘军锋. 草乌甲素杂质——滇乌碱的制备与应用[J]. 云南化工,2024,51(05):35-38.

[13] 罗才琴,肖素芸,吕冬,曲媛,崔秀明,段卿环. 三乌胶丸 HPLC 指纹图谱及多指标成分定量分析研究[J]. 云南大学学报(自然科学版),2022,44(1):150-159.

[14] 阳长明. 乌头碱类成分中药制剂质量控制探讨[J]. 药品评价,2011,8(10):23.

[15] 王朝虹,何毅,张继宗,胡春华. 高效液相色谱法测定草乌中乌头碱含量[J]. 刑事技术,1008-3650.2003.01.004

[16] 蒙天琛,李鑫,隆海鸣. 液相色谱特征图谱用于草乌成分定量[J]. 化学分析计量,1008-6145.2022.01.008

[17] 龚元,李咏梅,赵静峰,羊晓东,李良. 丽江紫乌头中的二萜生物碱[J]. 云南大学学报(自然科学版),2012,34(05):566-569.

作者简介:

程汉鹏(1988—),男,藏族,云南省迪庆州香格里拉市,藏族,本科,工作单位:迪庆藏族自治州检验检测院,职称:主管中药师,研究方向为中药、民族药检验检测。