

虎杖药材的 HPLC-DAD-ELSD 指纹图谱研究

杨航¹, 尹春梅^{1*}, 焦连庆^{1,2*}, 曹扬¹, 于敏²

1. 吉林农业大学中药材学院, 吉林 长春 130118

2. 吉林省中医药科学院植物化学所, 吉林 长春 130112

摘要: 目的 建立虎杖药材的 HPLC-DAD-ELSD 指纹图谱, 对 10 个不同产地的虎杖药材进行质量评价。方法 使用 Luna C₁₈ (2) 色谱柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm), 乙腈-水为流动相进行梯度洗脱, 体积流量 1.0 mL/min, 柱温 35 °C, 检测波长 254 nm, 进样量 10 μL。蒸发光检测器漂移管温度 109 °C, 载气体积流量 3.0 L/min。结果 通过 10 批虎杖药材建立了指纹图谱的共有模式, 其中 HPLC-DAD 指纹图谱共有峰 19 个, 相似度为 0.938~0.993; HPLC-ELSD 指纹图谱共有峰 14 个, 相似度为 0.905~0.999。确认了虎杖苷、白藜芦醇、大黄素-8-*O*-β-*D*-葡萄糖苷、大黄素甲醚-8-*O*-β-*D*-葡萄糖苷、大黄素和大黄素甲醚。结论 方法准确、稳定, 为客观评价虎杖药材的质量提供了科学依据。

关键词: 虎杖; 指纹图谱; 高效液相色谱法-二极管阵列检测器-蒸发光检测器; 虎杖苷; 白藜芦醇

中图分类号: R286.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2015)12-1830-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.12.023

Study on HPLC-DAD-ELSD fingerprint of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix*

YANG Hang¹, YIN Chun-mei¹, JIAO Lian-qing^{1,2}, CAO Yang¹, YU Min²

1. College of Chinese Medicine Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China

2. Jilin Academy of Chinese Traditional Medicine, Changchun 130112, China

Abstract: Objective To establish the chromatography fingerprint of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix* with hyphenated technique of HPLC-DAD-ELSD and to evaluate *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix* from 10 different origins. **Methods** Luna C₁₈ (2) column (250 mm × 4.6 mm, 5 μm) was used. Mobile phase was acetonitrile-H₂O; Flow speed was 1.0 mL/min; Temperature of column was set at 35 °C; Detective wavelength was at 254 nm; Injection volume was 10 μL. The temperature of drift tube was 109 °C and the flow speed was 3.0 L/min. **Results** The chromatography fingerprint of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix* from 10 different origins was established. In the chromatography fingerprint with HPLC-DAD of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix*, 19 common peaks were demarcated and the similarities of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix* were between 0.938—0.993. In the chromatography fingerprint with HPLC-ELSD of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix*, 14 common peaks were demarcated and the similarities of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix* were between 0.905—0.999. Polydatin, resveratrol, emodin-8-*O*-β-*D*-glucoside, physcion-8-*O*-β-*D*-glucoside, emodin, and physcion were identified. **Conclusion** The method is accurate and stable, which can be used as the evidence for the quality evaluation of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix*.

Key words: *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc.; chromatography fingerprint; HPLC-DAD-ELSD; polydatin; resveratrol

虎杖 *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix* 为蓼科 (Polygonaceae) 植物虎杖 *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc. 的干燥根及根茎, 主要化学成分为蒽醌及蒽醌苷、二苯乙烯类、黄酮类及酚性成分等, 具有抗菌、抗肿瘤、抗氧化及调节代谢等作用^[1-2]。

已有虎杖药材指纹图谱研究报道^[3-7], 但采用高效液相色谱法-二极管阵列检测器-蒸发光检测器 (HPLC-DAD-ELSD) 联用技术进行虎杖药材指纹图谱的研究尚未见报道。HPLC-DAD-ELSD 联用技术弥补了 HPLC-DAD 只能检测到对紫外有吸收的化

收稿日期: 2015-01-26

基金项目: 吉林省科技厅课题“虎杖有效部位治疗高脂型糖尿病的研究”(201307026YY)

作者简介: 杨航 (1989—), 女, 吉林长春人, 硕士在读, 从事天然产物化学研究。Tel: 13578794072 E-mail: yanghang0601@126.com

*通信作者 焦连庆, 男, 博士, 研究员, 从事天然产物化学研究。Tel: 18686602593 E-mail: jilq51@tom.com

尹春梅, 女, 硕士, 教授, 硕士生导师, 从事药用植物栽培学研究。Tel: 18943009604 E-mail: 18943009604@163.com

合物的缺点,同时补充了对药材中各化学成分量的宏观了解。本实验研究了10批虎杖药材的HPLC-DAD-ELSD指纹图谱,相似度均大于0.90,表明建立的指纹图谱方法准确、稳定、重复性好,为虎杖药材的质量控制提供了科学依据。

1 材料与仪器

1.1 仪器

LC-20A 高效液相色谱仪,SPD-M20A 二极管阵列检测器,SIL-10AF 自动进样器,LC-15C 二元梯度泵,LC-solution 色谱工作站(日本岛津公司),蒸发光散射检测器(Alltech ELSD2000),XWK-III 空气泵(天津市华生分析仪器厂),AK-400A 粉碎机(温岭市奥力中药机械有限公司),BT-25S 天平(德国赛多利斯),HH-4 数显恒温水浴锅(常州中捷实验仪器制造有限公司)。

1.2 试剂

大黄素对照品(批号D-029-140728-1)购自成都瑞芬思生物科技有限公司,大黄素甲醚(批号D-004-140728-1)、大黄素-8-*O*- β -*D*-葡萄糖苷(批号D-055-140728)、大黄素甲醚-8-*O*- β -*D*-葡萄糖苷(批号D-056-140728),虎杖苷(批号H-012-140729),白藜芦醇(B-002-140727)均购自成都瑞芬思生物科技有限公司,质量分数均大于98%,纯净水为超纯水,乙腈为色谱纯,其余均为分析纯。

1.3 药材

10批虎杖药材产地依次为四川、山东、安徽、湖北、陕西、贵州、福建、云南、河南、江西,依次编号为S1~S10,由吉林省中医药科学院牛志多研究员鉴定为蓼科植物虎杖 *Polygonum cuspidatum* Sied. et Zucc. 的干燥根茎。

2 方法

2.1 色谱条件

Luna C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μ m),流动相为乙腈(A)-水(B),梯度洗脱,0~8 min, 13%~23% A, 8~14 min, 23% A, 14~34 min, 23%~50% A, 34~46 min, 50%~80% A, 46~51 min, 80%~13% A, 51~56 min, 13% A。体积流量1 mL/min,柱温35 $^{\circ}$ C,进样量10 μ L,检测波长254 nm,蒸发光检测器漂移管温度为109 $^{\circ}$ C,载气体积流量3.0 L/min。

2.2 溶液的配制

2.2.1 对照品溶液的制备 分别称取虎杖苷、白藜芦醇、大黄素、大黄素甲醚、大黄素-8-*O*- β -*D*-葡萄糖苷及大黄素甲醚-8-*O*- β -*D*-葡萄糖苷适量,甲醇溶

解,配制成质量浓度分别为20.2、19.4、3.2、29.2、43.6、55.5 μ g/mL。

2.2.2 供试品溶液的制备 精密称定虎杖药材粉末(过60目)1.0 g,置于50 mL圆底烧瓶中,70%乙醇30 mL,称质量,加热回流提取0.5 h,冷却至室温,补足减失的质量,用0.45 μ m微孔滤膜滤过,续滤液备用。

2.3 HPLC-DAD-ELSD 指纹图谱的方法学考察

2.3.1 精密度试验 取S3药材供试品溶液,连续进样5次,进样量为10 μ L,统计并计算所得谱图的相似度及RSD。结果表明,HPLC-DAD指纹图谱的相似度均大于0.99,相似度RSD小于0.33%;HPLC-ELSD指纹图谱的相似度均大于0.99,相似度的RSD均小于0.26%。

2.3.2 稳定性试验 取S3药材按供试品溶液方法制备,室温放置,分别于0、2、4、6、12、24 h进样,进样量为10 μ L,统计并计算所得谱图的相似度及RSD。结果表明,HPLC-DAD指纹图谱的相似度均大于0.98,相似度RSD小于1.5%;HPLC-ELSD指纹图谱的相似度均大于0.98,相似度的RSD小于0.83%,表明仪器精密度良好。

2.3.3 重复性试验 取S3药材粉末5份,按供试品溶液方法制备,按上述条件测定,统计并计算所得谱图的相似度及RSD。结果表明,6份样品的HPLC-DAD指纹图谱相似度大于0.98,相似度RSD小于1.0%;6份样品的HPLC-ELSD指纹图谱的相似度均大于0.98,相似度的RSD小于0.04%,证明此方法重复性良好。

3 结果与分析

3.1 虎杖药材 HPLC-DAD 指纹图谱的建立

运用中药指纹图谱相似度软件(2004A版)对10批不同产地的虎杖药材指纹图谱数据进行处理,以S3样品为参照谱图,时间窗宽度为0.50,采用多点校正的方法生成指纹图谱。为保证不同批次虎杖药材指纹图谱匹配时校正时间的准确性,选择了主要色谱峰作为校正的Mark峰。10批药材的HPLC-DAD指纹图谱见图1。采用中位数法生成10批不同产地虎杖药材的对照谱图(图2),建立HPLC-DAD指纹图谱的共有模式。

10批虎杖药材经HPLC-DAD分离得到70多个色谱峰,比较所测定的色谱图,获得19个共有峰。共有峰经与对照品比对,保留时间和紫外吸收光谱均与对照品一致,18号共有峰(大黄素)峰面积超

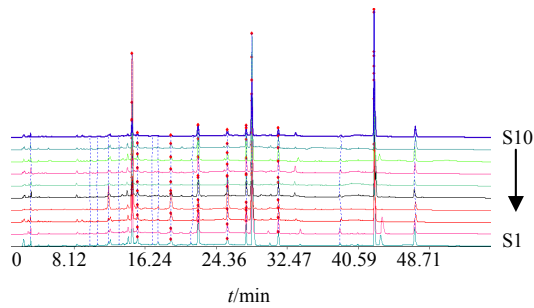
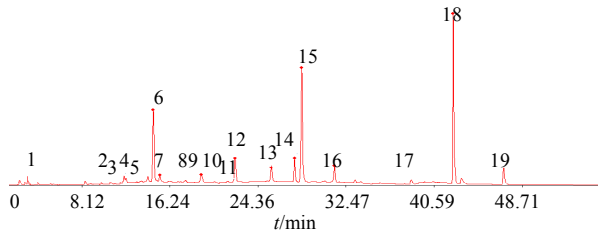


图1 10批虎杖药材的HPLC-DAD指纹图谱

Fig. 1 HPLC-DAD fingerprint of 10 batches of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix*

6-虎杖苷 13-白藜芦醇 15-大黄素-8-O-β-D-葡萄糖苷 16-大黄素甲醚-8-O-β-D-葡萄糖苷 18-大黄素 19-大黄素甲醚
6-polydatin 13-resveratrol 15-emodin-8-O-β-D-glucoside
16-phycion-8-O-β-D-glucoside 18-emodin 19-phycion

图2 10批虎杖药材的HPLC-DAD指纹图谱的对照图谱

Fig. 2 HPLC-DAD control fingerprint of 10 batches of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix*

过总峰面积的10%，且结构稳定，因此选大黄素作为参比峰，计算各共有峰的相对保留时间和相对峰面积（表1和表2）。测得S1~S10 10批虎杖药材与共有模式间的相似度依次为0.958、0.971、0.993、0.983、0.980、0.945、0.979、0.950、0.938、0.956，相似度均大于0.90，表明10批不同产地的药材具有良好的相关性。

3.2 虎杖药材 HPLC-ELSD 指纹图谱的建立

虎杖药材 HPLC-ELSD 指纹图谱软件处理技术参数与 HPLC-DAD 指纹图谱一致，10批药材的 HPLC-ELSD 指纹图谱见图3。采用中位数法生成10批不同产地虎杖药材的对照图谱见图4，建立 HPLC-ELSD 指纹图谱的共有模式。

10批虎杖药材经 HPLC-ELSD 分离得到40多个色谱峰，比较所测定的色谱图，获得14个共有峰，峰面积占总峰面积90.372%~99.206%，能够代表10批药材 HPLC-ELSD 指纹图谱的主要特征。共有峰经与对照品比对，保留时间与紫外吸收光谱均与对照品一致。10批药材中二苯乙烯类峰面积占总峰面积约22%，蒽醌类峰面积占总峰面积约28%。大黄素峰面积超过总峰面积的10%，且结构稳定。因此选作参比峰，计算各共有峰的相对保留时间和相对峰面积（表3、4）。测得10批虎杖药材与共有

表1 10批药材 HPLC-DAD 指纹图谱共有峰相对保留时间

Table 1 Relative retention time of common peaks of HPLC-DAD fingerprint from 10 batches of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix*

峰号	共有峰相对保留时间										RSD/%
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
1	0.075	0.075	0.075	0.075	0.074	0.073	0.075	0.075	0.075	0.075	0.900
2	0.234	0.234	0.237	0.236	0.232	0.231	0.235	0.236	0.238	0.235	0.915
3	0.254	0.254	0.257	0.255	0.251	0.250	0.254	0.256	0.258	0.256	0.983
4	0.284	0.284	0.286	0.285	0.281	0.280	0.284	0.286	0.287	0.285	0.775
5	0.312	0.312	0.315	0.313	0.308	0.307	0.312	0.314	0.315	0.313	0.861
6	0.348	0.348	0.351	0.349	0.345	0.344	0.348	0.349	0.351	0.350	0.664
7	0.363	0.363	0.366	0.363	0.357	0.356	0.362	0.364	0.366	0.364	0.932
8	0.403	0.403	0.406	0.403	0.395	0.393	0.401	0.404	0.406	0.404	1.093
9	0.419	0.419	0.422	0.419	0.411	0.410	0.417	0.420	0.423	0.419	1.018
10	0.455	0.455	0.458	0.454	0.444	0.442	0.452	0.455	0.459	0.455	1.233
11	0.510	0.510	0.512	0.511	0.504	0.472	0.510	0.511	0.515	0.511	2.457
12	0.531	0.531	0.525	0.525	0.522	0.520	0.524	0.529	0.529	0.525	0.714
13	0.605	0.605	0.610	0.606	0.599	0.597	0.604	0.606	0.610	0.607	0.690
14	0.655	0.654	0.655	0.656	0.654	0.654	0.656	0.655	0.659	0.655	0.228
15	0.676	0.684	0.668	0.669	0.667	0.666	0.668	0.672	0.671	0.668	0.812
16	0.742	0.740	0.742	0.743	0.743	0.742	0.743	0.742	0.743	0.743	0.128
17	0.908	0.907	0.911	0.910	0.907	0.907	0.909	0.909	0.911	0.910	0.178
18	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
19	1.108	1.108	1.112	1.111	1.109	1.109	1.110	1.108	1.112	1.111	0.146

表 2 10 批药材 HPLC-DAD 指纹图谱共有峰相对峰面积

Table 2 Relative areas of common peaks of HPLC-DAD fingerprint from 10 batches of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix*

峰号	共有峰相对峰面积										RSD/%
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
1	0.046	0.023	0.028	0.036	0.011	0.013	0.025	0.040	0.058	0.021	49.338
2	0.022	0.010	0.011	0.026	0.018	0.009	0.006	0.021	0.027	0.012	46.540
3	0.035	0.024	0.016	0.020	0.019	0.010	0.014	0.039	0.029	0.010	46.563
4	0.053	0.039	0.040	0.060	0.044	0.031	0.027	0.057	0.056	0.023	30.813
5	0.062	0.021	0.022	0.023	0.035	0.014	0.016	0.029	0.032	0.018	51.494
6	0.695	0.371	0.049	0.057	0.441	0.292	0.282	0.634	0.752	0.170	67.877
7	0.168	0.076	0.101	0.116	0.104	0.065	0.067	0.171	0.155	0.053	40.963
8	0.030	0.014	0.030	0.025	0.024	0.012	0.019	0.027	0.043	0.018	37.662
9	0.093	0.046	0.067	0.032	0.004	0.034	0.030	0.057	0.075	0.010	63.369
10	0.141	0.082	0.127	0.101	0.109	0.067	0.062	0.098	0.168	0.024	42.675
11	0.044	0.021	0.003	0.043	0.031	0.015	0.020	0.040	0.073	0.013	67.261
12	0.057	0.361	0.194	0.266	0.278	0.105	0.166	0.534	0.477	0.140	61.401
13	0.150	0.136	0.191	0.090	0.146	0.129	0.101	0.165	0.124	0.093	24.420
14	0.265	0.206	0.126	0.245	0.195	0.106	0.114	0.304	0.369	0.080	47.427
15	1.453	0.985	0.886	1.169	0.991	0.524	0.596	1.552	1.880	0.510	43.868
16	0.172	0.169	0.127	0.170	0.191	0.115	0.102	0.225	0.216	0.087	30.237
17	0.029	0.057	0.037	0.084	0.035	0.023	0.034	0.041	0.063	0.021	46.765
18	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
19	0.268	0.174	0.097	0.205	0.107	0.087	0.105	0.306	0.277	0.130	47.452

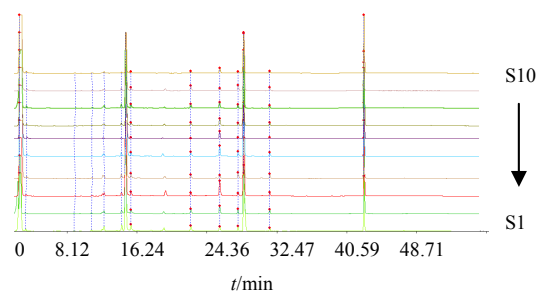
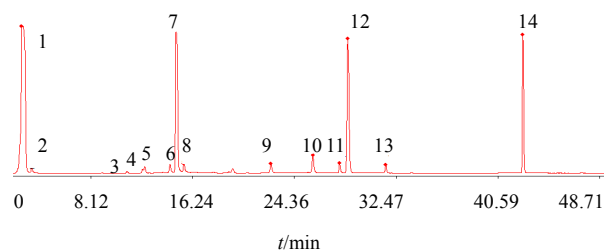


图 3 10 批虎杖药材的 HPLC-ELSD 指纹图谱

Fig. 3 HPLC-ELSD fingerprint of 10 batches of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix*



7-虎杖苷 10-白藜芦醇 12-大黄素-8-O-β-D-葡萄糖苷 13-大黄素甲醚-8-O-β-D-葡萄糖苷 14-大黄素
7-polydatin 10-resveratrol 12-emodin-8-O-β-D-glucoside 13-phycion-8-O-β-D-glucoside 14-emodin

图 4 10 批虎杖药材的 HPLC-ELSD 指纹图谱的对照图谱

Fig. 4 HPLC-ELSD control fingerprint of 10 batches of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix*

模式间的相似度依次为 0.905、0.958、0.995、0.997、0.999、0.976、0.996、0.977、0.993、0.968，相似度均大于 0.90，表明 10 批不同产地的药材具有良好的相关性。此外，14 个共有峰中未包涵大黄素甲醚，原因为产地为 S3、S5、S6 的药材中大黄素甲醚积分面积过小（小于 10 000），在其余 7 个产地药材中其积分面积适中（大于 10 000），且峰面积比例范围为 0.039%~0.106%。

4 讨论

分别对超声、回流 2 种提取方法；甲醇及 50%、70%、90%乙醇 4 种不同溶剂；0.5、1、2 h 3 种提取时间进行考察，表明 70%乙醇回流提取效率高，提取完全，3 种提取时间无显著性差异，故选择提取 0.5 h。

同一供试品溶液分别在 254、286、306、430 nm 检测波长下各色谱峰的色谱分离结果表明，254 nm 波长下色谱峰数量较多（52 个），分布均匀，各色谱峰均能达到基线分离，峰形对称；286 nm 波长下色谱峰数量较少（47 个），10、31 号色谱峰出现明显拖尾现象；306 nm 是二苯乙烯类化合物的最适波长，虎杖苷与白藜芦醇色谱峰分离效果佳，色谱峰数量少（29 个），11、16 号色谱峰仍存在拖尾现象；430 nm 波长下，只有蒽醌类物质有明显色谱峰

表 3 10 批药材 HPLC-ELSD 指纹图谱共有峰相对保留时间

Table 3 Relative retention time of common peaks of HPLC-ELSD fingerprint from 10 batches of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix*

峰号	共有峰相对保留时间										RSD/%
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
1	0.062	0.063	0.062	0.060	0.060	0.060	0.061	0.060	0.060	0.061	1.804
2	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.000
3	0.211	0.211	0.215	0.212	0.207	0.206	0.211	0.213	0.215	0.213	1.417
4	0.258	0.258	0.261	0.259	0.255	0.253	0.258	0.260	0.261	0.259	0.981
5	0.292	0.292	0.295	0.292	0.287	0.284	0.291	0.293	0.294	0.293	1.146
6	0.340	0.340	0.342	0.339	0.344	0.332	0.338	0.340	0.341	0.340	0.922
7	0.349	0.349	0.352	0.350	0.346	0.346	0.350	0.351	0.353	0.352	0.684
8	0.366	0.365	0.369	0.336	0.360	0.359	0.365	0.367	0.368	0.367	2.670
9	0.532	0.533	0.527	0.527	0.524	0.523	0.526	0.531	0.531	0.527	0.653
10	0.606	0.606	0.612	0.608	0.600	0.599	0.606	0.608	0.611	0.609	0.696
11	0.656	0.656	0.657	0.657	0.656	0.656	0.657	0.656	0.660	0.657	0.198
12	0.677	0.685	0.669	0.669	0.668	0.668	0.670	0.673	0.671	0.670	0.791
13	0.743	0.741	0.743	0.744	0.744	0.744	0.745	0.743	0.744	0.744	0.139
14	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000

表 4 10 批药材 HPLC-ELSD 指纹图谱共有峰相对峰面积

Table 4 Relative areas of common peaks of HPLC-ELSD fingerprint from 10 batches of *Polygoni Cuspidati Rhizoma et Radix*

峰号	共有峰相对峰面积										RSD/%
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
1	2.445	1.512	2.850	3.666	3.188	3.410	2.744	4.040	5.680	2.972	33.84
2	0.078	0.018	0.036	0.070	0.095	0.098	0.053	0.069	0.070	0.064	37.69
3	0.012	0.006	0.005	0.018	0.005	0.004	0.005	0.014	0.012	0.005	57.54
4	0.038	0.022	0.018	0.024	0.014	0.005	0.011	0.035	0.030	0.006	57.12
5	0.119	0.057	0.070	0.065	0.091	0.037	0.032	0.096	0.070	0.029	44.23
6	0.181	0.082	0.092	0.111	0.098	0.030	0.060	0.133	0.116	0.023	51.29
7	0.219	1.469	1.673	2.152	1.599	1.249	1.334	2.267	3.080	0.746	50.80
8	0.224	0.105	0.102	0.119	0.111	0.046	0.067	0.179	0.122	0.039	50.99
9	0.205	0.108	0.088	0.101	0.118	0.021	0.064	0.135	0.193	0.042	55.27
10	0.131	0.156	0.353	0.085	0.252	0.182	0.148	0.189	0.095	0.113	47.52
11	0.102	0.075	0.052	0.116	0.085	0.029	0.043	0.094	0.169	0.025	56.16
12	2.042	1.282	1.359	1.698	1.412	0.644	0.960	1.930	2.799	0.705	44.58
13	0.067	0.071	0.068	0.092	0.081	0.032	0.052	0.079	0.112	0.036	35.43
14	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.00

(10 个), 选择 430 nm 作为检测波长不具代表性。应用 DAD 检测器, 通过不同波长的比较确定检测波长为 254 nm 可较好地体现虎杖中各化学成分的特征。

HPLC-ELSD 指纹图谱中 1 号 (占总峰面积的

20%~50%)、5 号 (占总峰面积 0.466%~1.124%) 和 6 号 (占总峰面积 0.396%~1.709%) 色谱峰, 在 HPLC-DAD 指纹图谱中未检测到信号, 且 1 号峰经过确认为非溶剂峰。因此, 证明了应用 DAD 与 ELSD 串联技术研究虎杖药材指纹图谱的必要性。

同时 HPLC-DAD 指纹图谱中 4、10、17、19 号（大黄素甲醚）色谱峰在 HPLC-ELSD 指纹图谱中并未检测到，表明上述 4 种成分在虎杖中量较低或者属于易挥发性成分。

参考文献

- [1] 孔晓华, 周玲芝. 中药虎杖的研究进展 [J]. 中医药导报, 2009, 15(5): 107-110.
- [2] 夏爱军, 张 海, 贾 静, 等. 虎杖多指标成分测定及质量控制方法研究 [J]. 中草药, 2011, 42(9): 1761-1765.
- [3] 雷海民, 毕 葳, 李 强, 等. 虎杖药材指纹图谱研究 [J]. 中草药, 2006, 37(7): 1084-1086.
- [4] 张明昶, 彭小冰, 苗旭辉, 等. 中药虎杖特征指纹图谱研究 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(1): 53-55.
- [5] 王如峰, 王 敏, 安燕南, 等. HPLC 指纹图谱法评价市售虎杖饮片的质量一致性 [J]. 中药材, 2013, 36(4): 549-552.
- [6] 袁 萍, 高俊飞, 袁 晓. HPLC-DAD 测定虎杖中八种成分含量及指纹图谱研究 [J]. 中国现代应用药学, 2013, 30(1): 20-24.
- [7] 成守玲, 廖彩震, 郑太华, 等. 虎杖药材的高效液相指纹图谱研究 [J]. 世界中西医结合杂志, 2014, 9(2): 165-168.
- [8] 于 澎, 张 虹. HPLC-ESI-MS 法同时测定虎杖提取物中的 17 种成分 [J]. 沈阳药科大学学报, 2011, 28(12): 963-968.