

陵水暗罗根超临界CO₂萃取物的GC-MS分析及其体外生物活性评价^Δ

黄冬苑*,刘嘉炜#,李武国,林伟杰(广州中医药大学中药资源科学与工程研究中心/岭南中药资源教育部重点实验室,广州 510006)

中图分类号 R284.1;R917 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2016)01-0015-04

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2016.01.05

摘要 目的:提取、鉴定陵水暗罗根提取物中挥发性成分,并评价其体外生物活性。方法:采用超临界CO₂萃取法提取陵水暗罗根中的挥发性化学成分,气相色谱-质谱联用(GC-MS)法分析其化学成分组成;以0(空白对照)、5、10、20、30、40、50 μg(生药)/ml提取物培养人肝癌Huh-7细胞24 h后,采用MTT法测定其对细胞的抑制作用,计算相对细胞活力和半数抑制浓度(IC₅₀);分别采用纸片琼脂扩散法和肉汤稀释法测定其对金黄色葡萄球菌、耐甲氧西林金黄色葡萄球菌和粪肠球菌等菌株的体外抗菌活性。结果:从陵水暗罗根超临界CO₂萃取物中分离鉴定了40个化合物,主要成分为(Z,Z,Z)-9,12,15-octa-decatrien-1-ol、甘油、肉桂醛、棕榈酸和丁香酚等;与空白对照组比较,陵水暗罗根提取物在5 μg(生药)/ml以上质量浓度时对细胞生长有显著抑制作用(P<0.05),且随着质量浓度的增加抑制作用增强,IC₅₀值为5.2 μg(生药)/ml;两种抑菌试验均未检测出其具有抑菌活性。结论:超临界CO₂萃取法和GC-MS法能有效提取和鉴定陵水暗罗根超临界CO₂萃取物的挥发性成分;提取物表现出抑制细胞活力的作用,但无抗菌活性。

关键词 陵水暗罗;挥发性成分;超临界CO₂萃取;气相色谱-质谱联用;抑制作用;抗菌活性

GC-MS Analysis and Biological Activities *in vitro* of the Supercritical CO₂ Extracts from the Roots of *Polyalthia nemoralis*

HUANG Dongyuan, LIU Jiawei, LI Wuguo, LIN Weijie (Research Center of Medicinal Plant Resource Science and Engineering, Guangzhou University of TCM/Key Laboratory of Chinese Medicinal Resource from Lingnan, Ministry of Education, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT OBJECTIVE: To extract and identify the volatile components of the roots of *Polyalthia nemoralis*, and to evaluate its biological activity *in vitro*. METHODS: Supercritical CO₂ extraction (SFE-CO₂) was performed to extract volatile compounds from the roots of *P. nemoralis*, and the volatile components were separated and determined by GC-MS. Human hepatic cancer Huh-7 cells were cultured with 0(blank control), 5, 10, 20, 30, 40 and 50 μg(medicinal material)/ml extract for 24 h, and then MTT assay was used to detect the inhibitory effect of the extracts on cells. Relative cell viability and IC₅₀ were calculated. The anti-bacterial activities of extract to *Staphylococcus aureus*, *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* and other strain were determined by Kirby-bauer method and broth dilution method. RESULTS: Forty compounds were identified from the SFE-CO₂ extracts from the roots of *P. nemoralis*. The main constituents were (Z,Z,Z)-9,12,15-octa-decatrien-1-ol, glycerin, cinnamaldehyde, n-hexadecanoic acid and eugenol. Compared with blank control group, SFE-CO₂ extracts from the roots of *P. nemoralis* 5 μg(medicinal material)/ml and above showed significant inhibitory effect on cell growth (P<0.05), and the inhibitory effect was strengthened as the concentration of extracts increased, IC₅₀ values was 5.2 μg (medicinal material)/ml. However, the supercritical extract didn't showed antibacterial activity against three microorganisms in 2 kinds of antibacterial tests. CONCLUSIONS: SFE-CO₂ and GC-MS method can effectively extract and identify volatile components of the roots of *P. nemoralis*, and supercritical extracts can inhibit the viability of cells but have no antibacterial activity.

KEYWORDS *Polyalthia nemoralis*; Volatile components; Supercritical CO₂ extraction; GC-MS; Inhibitory effect; Antibacterial activity

陵水暗罗(*Polyalthia nemoralis* A. DC)为番荔枝科暗罗属多年生灌木或小乔木,主要分布在广东南部以及海南等地区^[1],可全年采收,又名黑皮根、落坎薯,以干燥根入药,具有补脾健

胃、补肾固精之效,主治慢性胃炎、食欲不振、四肢乏力、遗精等症^[2],岭南民间医学表明其可用于疟疾、肝炎、淋巴结炎、肺炎、梅毒等病症的治疗,其根的酒浸液也可用作滋补品。现代植物化学研究显示,陵水暗罗枝叶主要含有巯基吡啶类、阿朴

本栏目协办

北京安妮福克斯信息咨询有限公司

地址:北京市东城区宝珠寺6号C层
电话:4000008137 邮编:100005

Δ 基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.81373432);广州市科技计划项目(No.20104425120006)

* 硕士研究生。研究方向:天然药物化学。E-mail:453342979@qq.com

通信作者:副研究员,硕士生导师。研究方向:生物有机和天然药物化学。电话:020-39358547。E-mail:jiawei.liu@ymail.com

菲生物碱类、酚酸类、黄酮类、季胺生物碱类以及糖醇类化合物,具有较好的抗肿瘤、抗疟疾以及抗菌等药理活性^[9-5]。目前,关于陵水暗罗根部位的药效物质基础研究,特别是其挥发性活性成分鲜有文献报道。为了从多途径探索陵水暗罗根部位的药效物质基础,本试验将利用超临界CO₂萃取法提取陵水暗罗根的挥发性成分,以气相色谱-质谱(GC-MS)联用法分析鉴定其化学成分,并对其细胞抑制作用及抑菌活性进行考察,以期为陵水暗罗根药材药效物质基础研究及质量标准的建立提供参考。

1 材料

1.1 仪器

HA121-50-05型超临界流体萃取仪(江苏华安科研仪器有限公司);Voyager型GC-MS仪(美国Thermo公司);3111型CO₂细胞培养箱(美国Thermo Scientific公司);BDS200型倒置显微镜(重庆奥特光学仪器有限公司);TGL-16G型高速台式离心机(上海安亭科学仪器有限公司);Imark型酶标仪(美国Bio-Rad公司)。

1.2 药材与试剂

陵水暗罗根药材(批号:20131105)2013年11月采集于海南省昌江县霸王岭,经广州中医药大学中药资源科学与 Engineering 研究中心彭光天博士鉴定为番荔枝科暗罗属植物陵水暗罗(*Polalthia nemoralis* A.DC)的干燥根;DMEM培养液、磷酸盐缓冲液(PBS)、胎牛血清(FBS)、0.25%胰酶细胞消化液均购自美国Gibco公司;MH肉汤培养基(法国生物梅里埃公司);万古霉素(英国Oxid公司);其余试剂均为分析纯。

1.3 细胞株和菌株

人肝癌Huh-7细胞株由郑州大学医药科学研究院提供;粪肠球菌、金黄色葡萄球菌(MSSA)和3株耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(MRSA,除对所有β-内酰胺类耐药外,还对喹诺酮类、氨基糖苷类、大环内酯类、利福平和四环素等临床常用抗生素耐药)均由中山大学孙逸仙纪念医院微生物室分离、鉴定并提供。

2 方法

2.1 陵水暗罗根挥发性成分的提取^[6]

采用超临界CO₂萃取法提取陵水暗罗根中挥发性成分。取陵水暗罗根500g,制成粉末,过50目筛,装入超临界萃取釜中,加入一定量95%乙醇作为夹带剂,萃取压力为20MPa,萃取温度为45℃,萃取时间为2h。其中分离釜I的温度为45℃、压力为5.4MPa,分离釜II的温度为50℃、压力为5.4MPa。恒温恒压循环萃取,从分离釜I收集得到散发着特异香气的萃取物(黄褐色黏稠液体)2.7109g。计算陵水暗罗根萃取物的得率,得率(%)=所得陵水暗罗根萃取物质量/陵水暗罗根粉碎物质量×100%。经计算本次提取得率为0.54%。

2.2 样品处理

取适量萃取物,用乙醚制备成50mg(生药)/ml的溶液,加适量无水硫酸钠,脱水干燥,0.22μm微孔滤膜滤过,收集滤液,备用。

2.3 GC-MS分离条件^[6-7]

2.3.1 气相色谱条件 色谱柱:TG WAXMS石英毛细管(30m×0.25mm×0.25μm);程序升温:初始温度40℃、保持3min,然后以5℃/min升至200℃,再以10℃/min升至240℃、保持5min;进样口温度:220℃;载气:高纯氮气;载气体积流量:2ml/min,恒流模式;分流进样,分流比:15:1;进样量:1.0μl。

2.3.2 质谱条件 离子源温度:200℃;接口温度:240℃;电离源:电子轰击(EI)源,电子轰击能量:70eV;全谱图扫描(Scan),扫描速度:1975.50amu/s,扫描范围:19~450amu,溶

剂延迟时间:3min。

2.4 挥发性成分相对百分含量计算

各化学成分通过标准质谱图库NIST Search 2.0进行检索匹配,结合文献[8],人工解析质谱图谱,鉴定并确证化合物的结构,采用峰面积归一化法计算分离出的挥发性化学成分的相对百分含量。

2.5 体外细胞抑制作用测试^[7]

采用MTT法。体外培养人肝癌Huh-7细胞株,待细胞生长至约80%融合时,收集对数生长期的细胞,用0.25%胰酶消化后计数,在96孔板中每孔加入约10⁴个细胞,放入细胞培养箱中培养,24h后,吸弃培养液,然后将试验分为空白对照组和给药组。空白对照组每孔加入200μl含0.4% DMSO和10% FBS的DMEM培养液,给药组每孔加入200μl含10% FBS以及根据预试验设定的不同质量浓度(5、10、20、30、40、50μg/ml)陵水暗罗根超临界CO₂萃取物的DMEM培养液,每个质量浓度平行设置3个复孔。37℃、5% CO₂培养24h后,每孔加入20μl 0.5mg/ml MTT,继续培养4h,吸弃培养液。每孔加入150μl 0.4% DMSO,置于摇床上低速振荡10min。于酶标仪以490nm波长处测定其光密度(OD₄₉₀)值,并计算细胞相对活力(相对细胞活力=给药组OD₄₉₀均值/空白对照组OD₄₉₀均值),以相对细胞活力反映细胞的存活率。

2.6 抑菌活性测试^[9-10]

2.6.1 纸片琼脂扩散法 用无菌棉试纸分别蘸取已制备好的MSSA菌液、MRSA菌液和粪肠球菌菌液(均为0.5个麦氏单位)分别涂布于MH琼脂平板表面,在室温下干燥3~5min后,用无菌镊子将含陵水暗罗根提取物[3mg(生药)/ml]的滤纸片贴于琼脂平板上,并以万古霉素作为阳性对照,37℃培养箱内培养24h后,测量抑菌圈直径。

2.6.2 肉汤稀释法 取试验菌株MSSA、MRSA和粪肠球菌分别接种于MH肉汤培养基中,置于37℃恒温培养箱中培养18~24h,分别用无菌生理盐水校正成浓度为1×10⁸CFU/ml的菌悬液。陵水暗罗根提取物[初始质量浓度为5mg(生药)/ml]用MH肉汤培养基从1:8连续对倍稀释10个浓度梯度,使MH肉汤培养基含药质量浓度分别为625.0、312.5、156.3、78.1、39.1、19.5、9.8、4.9、2.5、1.3μg(生药)/ml,分别接种等量的菌液(1×10⁸CFU/ml)。以只加培养基者作为空白对照,并以万古霉素作为阳性对照药物,于37℃培养箱内培养24h后观察并计算药物的最低抑菌浓度(MIC)。

2.7 统计学分析

采用SPSS 16.0统计软件进行分析。数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用单因素方差分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3 结果

3.1 陵水暗罗根的挥发性成分

从陵水暗罗根超临界CO₂萃取物中,大概分离得到45个化合物,鉴定并确证了其中40个化合物(匹配度均大于70%以上),尚有5个化合物结构未能解析和确证。据目前所得化合物,其提取物的主要成分为(Z,Z,Z)-9,12,15-octa-decatrien-1-ol、甘油、肉桂醛、棕榈酸和丁香酚等,相对百分含量分别为8.2%、7.8%、6.6%、6.0%和5.5%。总离子流图谱见图1,GC-MS分析结果见表1。

3.2 体外细胞抑制作用测试结果

与空白对照组比较,5μg(生药)/ml提取物作用下细胞活力就开始明显降低($P < 0.05$);随着提取物质量浓度的增加,细胞活力相应降低,其IC₅₀值为5.2μg(生药)/ml。结果表明,陵

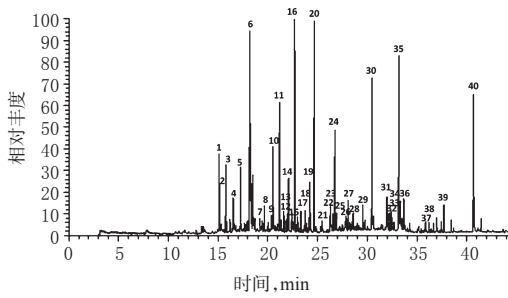


图1 陵水暗罗根超临界CO₂萃取物的总离子流图谱

Fig 1 TIC chromatogram of the SFE-CO₂ extracts from the roots of *P. nemoralis*

表1 陵水暗罗根超临界CO₂萃取物化学成分GC-MS分析结果
Tab 1 GC-MS analysis result of SFE-CO₂ extracts from the roots of *P. nemoralis*

峰号	保留时间, min	化合物名称	分子式	分子量	匹配度, %	相对百分含量, %
1	15.10	醋酸	C ₂ H ₄ O ₂	60	89.4	4.8
2	15.33	(3R-反)-4-烯基-4-甲基-3-(1-甲基乙基)-1-(1-甲基乙基)-环己烯	C ₁₆ H ₃₄	204	86.6	0.5
3	15.80	α-萜烯油烯	C ₁₅ H ₂₄	204	89.1	2.7
4	16.20	十五烷	C ₁₅ H ₃₂	212	87.2	0.6
5	17.25	2,3-丁二醇	C ₄ H ₁₀ O ₂	90	87.5	1.7
6	18.50	百里香酚甲醚	C ₁₀ H ₁₆ O	164	85.4	2.5
7	19.43	榄香烯	C ₁₅ H ₂₄	204	81.2	0.5
8	19.65	反式-2-癸烯醛	C ₁₀ H ₁₈ O	154	89.5	0.8
9	20.37	3-甲基-异戊酸	C ₆ H ₁₂ O ₂	102	75.3	0.5
10	20.52	(+)-瓦伦亚烯	C ₁₅ H ₂₄	204	70.5	3.5
11	21.18	β-蒎烯	C ₁₅ H ₂₄	204	92.0	5.0
12	21.35	α-蒎烯	C ₁₅ H ₂₄	204	90.1	0.7
13	21.61	香芹酮	C ₁₅ H ₂₄	150	90.2	0.5
14	22.09	γ-杜松烯	C ₁₅ H ₂₄	204	88.5	2.3
15	22.43	环十五烷醇	C ₁₅ H ₃₀ O	226	81.1	1.2
16	22.70	肉桂醛	C ₁₀ H ₁₂ O	148	87.1	6.6
17	23.33	1,E-11,Z-13-octadecatriene	C ₁₈ H ₃₄	248	83.4	0.6
18	23.75	茴香脑	C ₁₀ H ₁₂ O	148	87.1	1.0
19	24.21	己酸	C ₆ H ₁₂ O ₂	116	80.4	2.2
20	24.66	(Z,Z,Z)-9,12,15-octadecatrien-1-ol	C ₁₈ H ₃₂ O	264	82.0	8.2
21	25.46	α-二去氢萜烯	C ₁₅ H ₂₆	200	76.5	0.5
22	26.29	苯并噻唑	C ₈ H ₆ NS	135	86.5	1.3
23	26.56	麦芽酚	C ₆ H ₆ O ₃	126	78.9	0.6
24	26.74	石竹素	C ₁₅ H ₂₄ O	220	84.4	3.7
25	26.90	(E,E)-8-methyl-7-(1-methylethyl)-3,5,7-nonatrien-2-one	C ₁₅ H ₂₆ O	192	76.4	0.6
26	27.85	环氧蛇麻烯II	C ₁₅ H ₂₄ O	220	82.5	1.0
27	28.07	反-肉桂醛	C ₉ H ₈ O	132	89.9	0.9
28	28.23	4-(6,6-二甲基-1-环己烯-1-基)-3-丁烯-2-酮	C ₁₂ H ₁₈ O	178	71.7	0.6
29	29.56	匙叶桉油烯醇	C ₁₅ H ₂₄ O	220	89.9	0.7
30	30.48	丁香酚	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164	83.6	5.5
31	31.98	芳姜黄酮	C ₁₅ H ₂₀ O	216	80.0	1.7
32	32.12	乙醚丁香酚	C ₁₂ H ₁₄ O ₃	206	84.3	0.5
33	32.28	芍药醇	C ₆ H ₁₀ O ₃	166	77.7	0.5
34	32.44	乙烯二乙酯	C ₆ H ₁₀ O ₄	146	80.0	0.7
35	33.18	甘油	C ₃ H ₈ O ₃	92	84.5	7.8
36	33.69	乙酰氧基乙酸	C ₄ H ₆ O ₄	118	80.7	1.5
37	35.87	5-羟甲基-2-呋喃-2-酮	C ₅ H ₆ O ₃	116	89.3	0.6
38	36.97	3-羟基-4-甲氧基-苯甲醛	C ₈ H ₈ O ₃	152	87.9	0.5
39	37.71	3-(4-甲氧基苯基)-2-丙烯酸乙酯	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	206	89.8	0.6
40	40.68	棕榈酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	86.2	6.0

水暗罗根超临界CO₂萃取物在体外可明显抑制人肺癌Huh-7

细胞的活性,结果见图2。

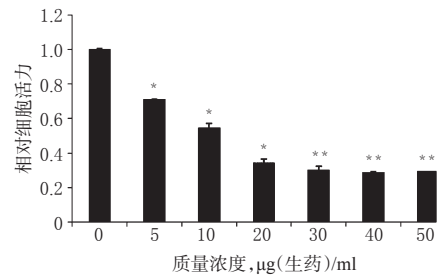


图2 陵水暗罗根超临界CO₂萃取物对细胞的抑制作用

注:与空白对照组比较,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$

Fig 2 Inhibitory effects of the supercritical extracts from roots of *P. nemoralis* against cells

Note: vs. blank control,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$

3.3 抑菌活性测试结果

纸片琼脂扩散法初步筛选测试显示,阳性对照药物万古霉素对3种试验菌抑菌圈直径大约为19 mm;而陵水暗罗根萃取物对MSSA、MRSA和粪肠球菌没有表现出抑制效果,其抑菌圈直径为6 mm,与纸片直径相当。然后进一步用肉汤稀释法评价和确认陵水暗罗根超临界萃取物的抑菌活性,试验结果显示,陵水暗罗根萃取物在最高测试质量浓度[625.0 μg(生药)/ml]作用下对MSSA、MRSA和粪肠球菌均没有表现出抑菌活性。两种不同抗菌活性测试结果均表明,陵水暗罗根CO₂超临界萃取物对MSSA、MRSA和粪肠球菌菌株无明显抑菌活性。

4 讨论

本试验采用超临界CO₂萃取法从陵水暗罗根中共分离检测到45个挥发性化学成分,鉴定并确证了其中40个成分。与传统植物化学分离鉴定方法相比,超临界CO₂萃取法联合GC-MS分析有利于发现和鉴定更多挥发性化学成分,能更全面地反映药材中的化学成分,有利于阐明陵水暗罗根的药效物质基础。细胞抑制作用考察和抑菌活性考察试验结果显示,陵水暗罗根超临界CO₂萃取物在体外对人肝癌Huh-7细胞活性有显著抑制作用,但未表现出抑菌活性。

陵水暗罗根超临界CO₂萃取物中质量分数较高的成分有肉桂醛(相对百分含量为6.6%),该化合物也是药用植物肉桂的主要活性成分。据相关研究报道,肉桂醛能上调凋亡相关因子(Fas/CD95)的表达,下调线粒体跨膜电位($\Delta\Psi_m$)的表达,从而诱导白血病细胞K562凋亡^[11]。文献报道结果提示,肉桂醛可能为陵水暗罗根的药效物质基础之一,故其作用值得进一步研究。

综上所述,陵水暗罗根超临界CO₂萃取物含有较丰富的挥发性小分子化合物,并表现出显著的抑制肿瘤细胞活力的作用。本试验对陵水暗罗根中挥发性成分的种类及其体外生物活性均进行了一定的考察,期望所得结果可为陵水暗罗根药材药效物质基础的研究和质量标准的建立提供参考数据,以便更好地开发和利用此药材。

参考文献

- [1] 袁媛,陈光英,王天山,等.暗罗属植物生物活性研究进展[J].解放军药学学报,2014,30(1):76.
- [2] 姚建忠,梁华清,廖时莹.陵水暗罗活性成分研究[J].药学学报,1994,29(11):845.
- [3] 吕子明,张庆建,陈若芸,等.陵水暗罗枝、叶中的化学成分[J].中国中药杂志,2011,36(8):1024.

中药汤剂煎药机加液量数学模型的初步研究^Δ

戴丽莉^{1,2*},葛朝伦²,孙奇²,聂继红^{2#},赵翡翠²(1.新疆医科大学中医学院,乌鲁木齐 830000;2.新疆医科大学附属中医医院,乌鲁木齐 830000)

中图分类号 R283 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2016)01-0018-05
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2016.01.06

摘要 目的:建立煎药机加液量数学模型,以利于采用煎药机制备中药汤剂时能准确计算加液量,从而保证中药汤剂煎煮质量。方法:测定使用频率高的代表性中药饮片的吸水率,依据与中药饮片吸水率密切相关的密度、大小、形状、水分指标对中药饮片的吸水性质进行聚类统计分析,将吸水性质相近的中药饮片归为一类,据此以代表性中药饮片的吸水率来估算所有单味中药饮片的吸水率;测量不同类型煎药机(电、天然气煎药机)的水分蒸发量、挤压出液量;结合上述参数结果建立不同类型煎药机制备中药汤剂的加液量数学模型,并采用实际的中药复方验证该数学模型。结果:影响加液量的因素有每味中药饮片的吸水率、水分的蒸发量及煎药机的挤压功能,建立的加液量数学模型为加液量=每味中药饮片的吸水率×饮片质量+蒸发量+所需出液量-煎药机挤压功能参数×处方中饮片总质量;验证试验中煎煮中药汤剂后实际出液量与所需出液量之间的百分比均在±5%以内。结论:本试验建立的加液量模型用于中药煎药机煎煮中药时可提高煎药加液准确性,保证中药汤剂煎煮质量。

关键词 煎药机;加液量;吸水率;数学模型;聚类分析

Preliminary Study on Mathematical Model of Liquid Volume Added of TCM Medicinal Broth Decoction Machine

DAI Lili^{1,2}, GE Chaolun², SUN Qi², NIE Jihong², ZHAO Feicui²(1.College of TCM, Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, China; 2.The Affiliated TCM Hospital, Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, China)

ABSTRACT OBJECTIVE: To establish mathematical model of liquid volume added of TCM medicinal broth decoction machine to accurately calculate liquid volume added in the process of medicinal herb decocting, so as to guarantee the quality of medicinal herb decocting. METHODS: The water absorption rate of representative TCM decoction piece with high use frequency were determined, and cluster analysis of water absorption rate of TCM decoction piece was conducted according to closely related index as density, size, shape, moisture. TCM decoction piece with similar water absorption rate were bracketed together, so that of single ingredient TCM decoction piece can be estimated by water absorption of representative TCM decoction piece; the quantity of water evaporation and liquid extrusion were determined among different types of decoction machine (powered by electric and gas); according to the above parameters, mathematical model of liquid volume of TCM medicinal broth prepared by different types of decoction machine had been established, and validated with TCM formula. RESULTS: Factors that affected the liquid volume added included the water absorption of each ingredient, the quantity of water evaporation and extrusion function. The mathematical model was liquid volume added=water absorption of each ingredient×quality of decoction piece+the quantity of water evaporation+required amount of liquid-parameters of extrusion function×total weight of decoction piece; in validation test, the percentage of the practical amount of liquid to required amount was within ±5%. CONCLUSIONS: Established model can promote the accuracy liquid volume added and guarantee the quality of TCM decoction when using TCM decoction machine.

KEYWORDS Decoction machine; Liquid volume added; Water absorption rate; Mathematical model; Cluster analysis

- =====
[4] 吕子明,张庆建,陈若芸,等.陵水暗罗枝、叶中的阿朴菲生物碱[J].中国中药杂志,2009,34(18):2343.
[5] 吕子明,戴胜军,陈若芸,等.陵水暗罗枝、叶中的硫基吡啶类化合物及其细胞毒活性研究[J].中国中药杂志,2010,35(1):53.
[6] 林大都,刘嘉伟,李武国,等.蒲桃茎超临界CO₂萃取物GC-MS分析[J].中国药房,2013,24(31):2946.
[7] 何紫凝,刘嘉伟,李武国,等.两面针根和茎超临界CO₂萃取物GC-MS比较分析及体外细胞毒活性评价[J].中国中药杂志,2014,39(4):710.
[8] 丛浦珠,李笋玉.天然有机质谱学[M].北京:中国医药科技出版社,2003:1329.
[9] 张利平,王平,高燕,等.8批银黄颗粒及其含药血清的体外抑菌作用[J].中国药房,2015,26(7):894.
[10] 叶玉珊,刘嘉伟,刘晓强,等.两面针根抗菌活性成分研究[J].中草药,2013,44(12):1546.
[11] Zhang JH, Liu LQ, He YL, et al. Cytotoxic effect of trans-cinnamaldehyde on human leukemia K562 cells[J]. *Acta Pharmacol Sin*, 2010, 31(7):861.

Δ 基金项目:新疆维吾尔自治区科技计划项目(No.201333103)
* 硕士研究生。研究方向:制剂研究。E-mail:446182188@qq.com

通信作者:主任药师,教授,硕士生导师。研究方向:中药质量标准、中药新药研究。电话:0991-5810646。E-mail:xjnh411@163.com

(收稿日期:2015-05-31 修回日期:2015-08-13)
(编辑:林静)