

猪牙皂的萃取方法研究及萃取成分的GC-MS分析[△]

邓泌莉*,董娜娜,王旭兰,罗成月,陈晓兰[#](贵州中医药大学药学院,贵阳 550025)

中图分类号 R284.2 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2020)20-2469-04

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2020.20.07

摘要 目的:建立猪牙皂的萃取方法并优化,同时分析鉴定萃取物的化学成分。方法:采用CO₂超临界流体萃取(SFE)法对猪牙皂进行萃取;在单因素试验的基础上,以萃取率为评价指标,萃取温度、萃取压强、萃取时间为考察因素,采用正交试验优化SFE工艺并进行验证。采用气质联用技术对萃取物的化学成分进行鉴定,并采用面积归一化法计算各成分的相对百分含量。结果:猪牙皂的最优SFE萃取工艺为萃取温度60℃、萃取压强300MPa、萃取时间15min;3次验证试验的平均萃取率为1.73%(RSD=1.78%,n=3)。共鉴定出猪牙皂萃取物中的48个成分,占萃取物总量的98.31%;其中,有机酸类成分最多,占总成分的36.99%;其次是生物碱类成分,占总成分的12.59%;主要成分包括棕榈酸(16.62%)、油酸(14.12%)、N-氨基四氢吡咯(9.79%)、2,6-二甲基辛烷-1,7-二烯-3-醇(5.95%)、四氢吡喃(3.83%)、香兰素(3.39%)等。结论:成功建立猪牙皂萃取的SFE法,萃取物主要为有机酸类成分。

关键词 猪牙皂;CO₂超临界流体萃取法;单因素试验;正交试验;气质联用技术

Study on the Extraction Technology of Fructus Gleditsiae Abnormalis and GC-MS Analysis of Extracted Components

DENG Bili, DONG Nana, WANG Xulan, LUO Chengyue, CHEN Xiaolan (College of Pharmacy, Guizhou University of TCM, Guiyang 550025, China)

ABSTRACT OBJECTIVE: To establish and optimize a extraction method of Fructus Gleditsiae Abnormalis, and to analyze and identify chemical components of the extract simultaneously. METHODS: Fructus Gleditsiae Abnormalis was extracted with CO₂ supercritical fluid extraction (SFE) method. Based on single factor tests, using extraction yield as index, extraction temperature, extraction pressure and extraction time as investigation factors, SFE technology was optimized with orthogonal test, and validation test was performed. Chemical components in the extract were identified by GC-MS. Relative percentage of each component was calculated with area normalization method. RESULTS: The optimal SFE extraction technology of Fructus Gleditsiae Abnormalis was extraction temperature of 60℃, extraction pressure of 300 MPa and pression time of 15 min. Average extraction of 3 times of validation tests was 1.73% (RSD=1.78%, n=3). The 48 components in the extracts of Fructus Gleditsiae Abnormalis were identified, which accounted for 98.31% of the total amount of the extracts. The extracts of Fructus Gleditsiae Abnormalis mainly included organic acids, accounting for 36.99%, followed by alkaloids, accounting for 12.59% in total. Main components were palmitic acid (16.62%), oleic acid (14.12%), N-aminotetrahydropyrrole (9.79%), 2,6-dimethyloctane-1,7-dien-3-ol (5.95%), tetrahydropyran (3.83%), vanillin (3.39%), etc. CONCLUSIONS: SFE method of Fructus Gleditsiae Abnormalis is established successfully, and the extract is mainly organic acids.

KEYWORDS Fructus Gleditsiae Abnormalis; CO₂ supercritical fluid extraction; Single factor test; Orthogonal test; GC-MS

猪牙皂 *Gleditsiae Fructus Abnormalis* 是豆科植物皂荚 *Gleditsia sinensis* Lam. 的干燥不育果实,具有祛痰开窍、消肿散结的功效^[1]。在临床上,单用猪牙皂可治疗脑中风后遗症昏迷不醒、中风口噤、关窍不通等症,配以鹅不食草和细辛制成通关散可治疗痰浊阻窍所致的气闭神昏、牙关紧闭、不省人事等症^[1]。现代药理研究发现,

猪牙皂对脑中中风后遗症尤其是脑缺血后遗症、高血脂后遗症有显著疗效^[2-4]。通过文献^[5-8]调研发现,近年来,学者对于猪牙皂的研究大多集中在其皂苷类、多糖类等极性较大的物质,而其中极性较小的成分则鲜有报道,根据该药在临床上吹鼻取嚏的使用方法,判断其小极性成分有一定的药理活性,故本试验欲提取猪牙皂中小极性成分。CO₂超临界流体萃取(SFE)法是一种萃取速度快、萃取效率高的萃取方法^[9-13],CO₂超临界流体兼有气体、液体双重特性,溶解能力强,流动性、传递性良好;该法萃取过程易调节、能耗低,不仅能萃取出挥发性物质,一些极性小且不易挥发的化学成分也能被萃取出^[14-16]。基于此,本研究采用SFE法对猪牙皂中的化学成分进行萃取,并对萃取工艺进行优化,再采用气质联用技术(GC-MS)分析萃取物中的化学成分及其含量,旨

[△] 基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.81860705);贵州省一流学科(中药学)建设项目(No.GNYL[2017]008号);贵阳中医学院一流专业(中药学)大学生创新创业训练计划项目(No.贵中医一流专业大创合字[2017]158号)

* 硕士研究生。研究方向:中药、民族药药物新制剂及新剂型。E-mail:1741798763@qq.com

[#] 通信作者:教授,硕士生导师,博士。研究方向:中药、民族药药物新制剂及新剂型。电话:0851-88233004。E-mail:chenxiaolan76@126.com

在为猪牙皂的深入研究和开发利用奠定理论基础。

1 材料

1.1 仪器

ASI型超临界萃取仪(环球分析测试仪器有限公司);Agilent 6890N-5975B型GC-MS仪[安捷伦科技(中国)有限公司];AE240万分之一电子天平[梅特勒托利多仪器(上海)有限公司];RRH-A500型高速多功能粉碎机(上海缘沃工贸有限公司)。

1.2 药材和试剂

猪牙皂药材(批号:20170408)由亳州市京皖中药饮片厂提供,经贵州中医药大学药学院钟可副教授鉴定为豆科植物皂荚 *G. sinensis* Lam.的干燥不育果实;CO₂和氦气(青岛合利气体有限公司,纯度:99.999%);氯化钠等其余试剂均为分析纯,水为超纯水。

2 方法与结果

2.1 SFE法萃取猪牙皂

SFE法的基本原理是利用超临界流体在超临界状态下的超常的溶解能力与该流体密度的关系,即利用压力与温度对其溶解能力的特殊影响而进行分离^[13, 17-18]。从上述原理可知,影响SFE法的主要因素有萃取温度、萃取压强和萃取时间。本研究首先采用单因素试验确定影响因素的水平,再采用正交试验对萃取工艺条件进行优化。

2.1.1 单因素试验

(1)萃取温度的考察:取猪牙皂药材适量,粉碎成粗粉,精密称取3份,每份约15 g,置于萃取釜中,控制萃取时间为15 min、萃取压强为300 MPa,分别在萃取温度为30、60、90 °C条件下进行萃取,采用挥发性成分密闭收集瓶于冰浴下收集萃取物。以萃取率为指标,考察萃取温度的影响。萃取率=萃取量/药材量×100%。结果,所得萃取物均为淡黄色粉末(下同);当萃取温度为60 °C时,萃取率最高,为1.45%,详见表1。

表1 萃取温度对猪牙皂萃取率的影响

Tab 1 Influence of extraction temperature on extraction yield of *Fructus Gleditiae Abnormalis*

萃取温度, °C	药材量, g	萃取量, g	萃取率, %
30	15.001 4	0.151 2	1.01
60	15.000 0	0.216 8	1.45
90	15.205 7	0.103 4	0.68

(2)萃取压强的考察:取猪牙皂药材适量,粉碎成粗粉,精密称取3份,每份约15 g,置于萃取釜中,控制萃取时间为15 min、萃取温度为60 °C,分别在萃取压强为250、300、350 MPa条件下进行萃取,同法收集萃取物并计算萃取率。结果,当萃取压强为300 MPa时,萃取率最高,为1.77%,详见表2。

(3)萃取时间的考察:取猪牙皂药材适量,粉碎成粗粉,精密称取5份,每份约15 g,置于萃取釜中,控制萃取温度为60 °C、萃取压强为300 MPa,分别萃取10、15、20

min,同法收集萃取物并计算萃取率。结果,当萃取时间为15 min时,萃取率最高,为1.77%,详见表3。

表2 萃取压强对猪牙皂萃取率的影响

Tab 2 Influence of extraction pressure on extraction yield of *Fructus Gleditiae Abnormalis*

萃取压强, MPa	药材量, g	萃取量, g	萃取率, %
250	15.000 0	0.265 2	1.76
300	15.001 7	0.266 2	1.77
350	15.002 0	0.051 4	0.34

表3 萃取时间对猪牙皂萃取率的影响

Tab 3 Influence of extraction time on extraction yield of *Fructus Gleditiae Abnormalis*

萃取时间, min	药材量, g	萃取量, g	萃取率, %
10	15.002 5	0.220 1	1.47
15	15.001 7	0.266 2	1.77
20	15.002 5	0.254 0	1.67

2.1.2 正交试验

在参考单因素试验结果和文献方法^[19]的基础上,以萃取率为指标,萃取温度(A, °C)、萃取压强(B, MPa)、萃取时间(C, min)为考察因素、以萃取率为评价指标,采用L₉(3⁴)表设计正交试验。因素与水平见表4,正交试验设计与结果见表5,方差分析结果见表6。

表4 因素与水平

Tab 4 Factors and levels

水平	因素		
	A, °C	B, MPa	C, min
1	30	250	10
2	60	300	15
3	90	350	20

表5 正交试验设计与结果

Tab 5 Orthogonal experiment design and results

序号	因素				萃取率, %
	A	B	C	D(空白)	
1	1	1	1	1	0.95
2	1	2	2	2	1.01
3	1	3	3	3	0.86
4	2	1	2	3	1.76
5	2	2	3	1	1.67
6	2	3	1	2	0.85
7	3	1	3	2	0.65
8	3	2	1	3	0.71
9	3	3	2	1	0.54
k1	0.94	1.12	0.84	1.05	
k2	1.43	1.13	1.10	0.84	
k3	0.63	0.75	1.06	1.11	
R	0.80	0.38	0.26	0.27	

表6 方差分析结果

Tab 6 Variance analysis results

因素	偏差平方和	自由度	F	F临界值	P
A	0.960	2	7.742	6.940	<0.05
B	0.281	2	2.266	6.940	>0.05
C	0.123	2	0.992	6.940	>0.05
D(误差)	0.125	2	1.008	6.940	>0.05

由表5、表6可见,各因素影响萃取率的大小排序为

A>B>C,其中因素A对猪牙皂萃取率有显著影响($P<0.05$),而因素B、C对猪牙皂萃取率没有显著影响($P>0.05$)。综合考虑,猪牙皂的最优SFE萃取工艺为A₂B₂C₂,即萃取温度60℃、萃取压强300MPa、萃取时间15min。

2.1.3 验证试验

精密称取猪牙皂粗粉3份,每份约15g,分别置于萃取釜中,按“2.1.2”项下筛选的最优萃取工艺进行操作,同法收集萃取物并计算萃取率。结果,萃取率分别为1.71%、1.75%、1.69%,平均萃取率为1.72%(RSD=1.78%, $n=3$),表明优化的萃取工艺稳定、可行。

2.2 GC-MS分析猪牙皂萃取物的化学成分

2.2.1 样品前处理

参考文献方法^[20-23],称取猪牙皂的萃取物适量,置于顶空瓶中,密封,于60℃下平衡30min,以固相微萃取针吸附60min,待萃取结束后,再于进样口解吸5min。

2.2.2 GC条件

色谱柱:HP-5MS毛细管柱(30m×0.25mm,0.25μm);升温程序:起始温度40℃,保持3min,以5℃/min的速率升至160℃,保持2min,再以8℃/min的速率升至220℃,保持3min;进样口温度:250℃;载气:氦气;载气流速:1.0mL/min;进样模式:不分流进样;进样量:1μL。

2.2.3 MS条件

电子轰击离子源;离子源温度:230℃;四极杆温度:180℃;接口温度:280℃;电子能量:70eV;溶剂延迟时间:3min;扫描范围:10~650amu;扫描模式:全扫描模式。

2.2.4 数据处理

取“2.2.1”项下经处理的样品,按“2.2.2”“2.2.3”项下条件进样分析,获得总离子流图,见图1。利用美国国家标准与技术局(NIST)2011谱库,对GC-MS测定所得到的质谱信息进行检索,通过比对、分析保留时间,初步确定萃取物中的化学成分,并利用面积归一化法分析各成分的相对百分含量。结果,从猪牙皂萃取物中鉴定出化学成分48种,占萃取物总量的98.31%。其中,包括有机酸类化合物7种,占总成分的36.99%;生物碱类化合物4种,占总成分的12.59%;酮类化合物10种(包括1种烯酮类),占总成分的11.64%;醛类化合物7种(包括3种萜烯醛类),占总成分的9.07%;烯醇类化合物3种,占总成分的8.71%;酯类化合物7种,占总成分的6.77%;烯炔类化合物5种,占总成分的4.04%;酚类化合物2种,占总成分的1.90%;以及3种苯环或杂环类化合物,占总成分的6.60%。主要成分包括棕榈酸(16.62%)、油酸(14.12%)、*N*-氨基四氢吡咯(9.79%)、2,6-二甲基辛烷-1,7-二烯-3-醇(5.95%)、四氢吡喃(3.83%)、香兰素(3.39%)等。猪牙皂萃取物中化学成分鉴定结果详见表7。

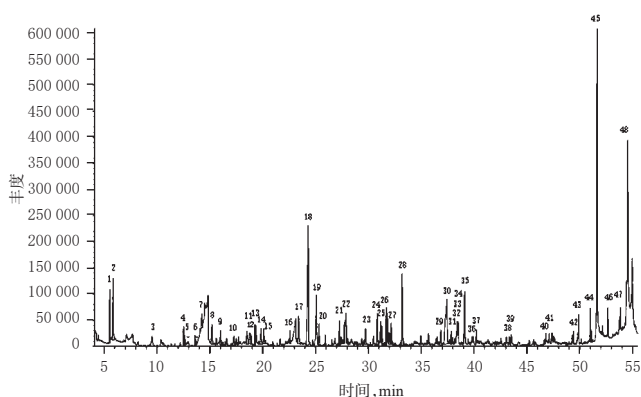


图1 猪牙皂萃取物的总离子流图

Fig 1 TIC diagrams of the extracts from Fructus Gleditiae Abnormalis

表7 猪牙皂萃取物中化学成分鉴定结果

Tab 7 Identification of chemical components in the extracts from Fructus Gleditiae Abnormalis

序号	保留时间, min	中文名	分子式	分子量	相对百分含量, %
1	5.535	1-己烯-3-醇	C ₈ H ₁₆ O	100.159	2.21
2	5.849	丁酸	C ₄ H ₈ O ₂	88.105	2.78
3	9.517	丙基丙二酸	C ₆ H ₁₀ O ₄	146.141	1.05
4	12.510	(<i>E</i>)-2-庚烯醛	C ₇ H ₁₂ O	112.170	0.88
5	12.607	苯甲醛	C ₇ H ₆ O	106.122	0.60
6	13.608	3-甲基-2-(5 <i>H</i>)-呋喃酮	C ₆ H ₈ O ₂	98.100	0.55
7	14.226	连三甲苯	C ₉ H ₁₂	120.192	0.84
8	15.205	吡咯-2-甲醛	C ₄ H ₅ NO	95.099	1.32
9	16.011	3-甲基-1,2-环戊二酮	C ₆ H ₁₀ O ₂	112.127	0.86
10	17.287	2,3,6-三甲基-1,5-庚二烯	C ₁₀ H ₁₈	138.250	0.81
11	18.523	2,6-二乙基吡嗪	C ₈ H ₁₂ N ₂	136.194	1.00
12	18.787	庚酸	C ₇ H ₁₄ O ₂	130.185	0.99
13	19.262	3,5-辛二烯-2-酮	C ₈ H ₁₄ O	124.180	0.98
14	19.834	3,5,5-三甲基环己烯	C ₉ H ₁₆	124.223	0.87
15	20.091	甲基麦芽酚	C ₆ H ₈ O ₃	126.110	0.77
16	22.580	环五聚二甲基硅氧烷	C ₁₀ H ₂₀ O ₅ Si ₅	370.770	0.54
17	23.404	萘	C ₁₀ H ₈	128.171	1.93
18	24.308	<i>N</i> -氨基四氢吡咯	C ₄ H ₉ N	86.136	9.79
19	25.098	四氢吡喃	C ₄ H ₈ O	86.130	3.83
20	25.338	苯并噻唑	C ₈ H ₆ NS	135.186	1.08
21	27.261	反式-2-癸烯醛	C ₁₀ H ₁₈ O	154.249	1.15
22	27.730	α -亚乙基-苯乙醛	C ₁₀ H ₁₆ O	146.186	1.06
23	29.733	<i>D</i> -异薄荷酮	C ₁₀ H ₁₆ O	152.233	1.07
24	30.831	1,2-环戊基酮	C ₆ H ₁₀ O	140.223	1.63
25	31.175	1-异丙基吡啶-2(1 <i>H</i>)-酮	C ₈ H ₁₁ NO	137.179	1.19
26	31.695	椰子醛	C ₈ H ₁₄ O ₂	156.222	1.92
27	32.159	3-甲基-2,6-二羟基苯乙酮	C ₉ H ₁₀ O ₃	166.174	0.99
28	33.200	香兰素	C ₈ H ₈ O ₃	152.147	3.39
29	36.862	2,2-二甲基-3-(2-甲基-1-丙基)环丙烷羟酸	C ₁₀ H ₁₇ NO ₂	183.107	0.85
30	37.429	2,6-二甲基辛烷-1,7-二烯-3-醇	C ₁₀ H ₁₈ O	154.249	5.95
31	37.846	邻苯基苯酚	C ₁₂ H ₁₀ O	170.207	0.71
32	38.327	1-(2,2-二甲基环戊基)乙酮	C ₈ H ₁₄ O	140.223	0.61
33	38.419	3,5-二羟基苯苯	C ₁₁ H ₁₀ O ₂	180.243	1.19
34	38.516	二氧蒎内酯	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	180.243	0.99
35	39.105	(顺式)1-8-甲基-3,4-羟基异色烯酮	C ₁₀ H ₁₆ O ₃	178.185	2.99
36	39.918	月桂酸	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	200.318	0.58
37	40.215	4-氨基尿嘧啶	C ₄ H ₅ N ₃ O ₂	127.101	0.72
38	43.328	3,7-二甲基-6-壬烯-1-醇	C ₁₁ H ₂₂ O	170.304	0.55

续表7

Continued tab 7

序号	保留时间, min	中文名	分子式	分子量	相对百分 含量,%
39	43.523	丁香醛	C ₉ H ₁₀ O ₂	182.173	0.67
40	46.790	1-甲基己酸乙酯	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	158.240	0.67
41	47.374	正十五烷	C ₁₅ H ₃₂	212.415	0.74
42	49.823	邻苯二甲酸正丁酯	C ₁₈ H ₂₆ O ₄	334.450	0.57
43	49.903	邻苯二甲酸二异丁酯	C ₁₈ H ₂₆ O ₄	278.344	0.97
44	50.996	棕榈酸甲酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270.451	0.93
45	51.642	棕榈酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256.424	16.62
46	52.666	1,2,3,4,5,6,7,8-八硫杂环辛烷	S ₈	256.520	1.08
47	53.828	油酸甲酯	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	296.488	0.72
48	54.549	油酸	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282.461	14.12

3 讨论

本研究采用单因素试验法考察了萃取温度、萃取压强、萃取时间对萃取率的影响,试验结果显示,各单影响因素各水平下的萃取率存在一定的差异。为了进一步探讨多因素多水平对萃取率的影响,本研究采用正交试验法进一步对提取工艺条件进行优化,结果显示,只有A因素对萃取率有显著的影响。综合上述试验结果,确定SFE最优提取工艺为:萃取温度为60℃、萃取压强为300 MPa、萃取时间为15 min。

本研究利用GC-MS对萃取物进行分析、鉴定,初步确定其化学成分和相对百分含量。结果显示,从猪牙皂的SFE萃取物中共鉴定出48个成分,占萃取物总量的98.31%。萃取物成分种类较多,其中含量最多的是有机酸类化合物(占36.99%),其次是生物碱类(占12.59%)。与已有文献报道的水蒸气蒸馏法萃取出的成分^[4]比较,两种方法萃取出来的成分存在较大差异,只有极少数相同的成分,如棕榈酸甲酯和苯甲醛等。水蒸气蒸馏法萃取出的大多为易挥发类成分,其成分之间分子量大小差异相对较小;而SFE法萃取出的成分一部分是挥发性成分,而大多数是不易挥发的成分,且成分之间分子量大小差异较大,两部分成分中均包括一些极性较小的成分,如分子量最小且极性较小的四氢吡喃,分子量仅为86.130,而分子量最大的环五聚二甲基硅氧烷,分子量达到370.770。由此说明SFE法不仅能萃取出分子量小、挥发性较强的成分,一些分子量较大、挥发性较弱的成分也可能被萃取出来。

综上所述,本文成功建立了猪牙皂萃取的SFE法,萃取物主要为有机酸类成分。本文为更全面地分析猪牙皂的有效成分奠定了基础。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 2015年版.北京:中国医药科技出版社,2015:318,1448-1449.
 [2] 孙永康,杨海燕,王新志.王新志应用猪牙皂治疗脑系疾病经验[J].中国中医基础医学杂志,2019,25(9):1238-1240.
 [3] 杨敬鸿,陈晓兰,杨晓梅,等.基于信息熵理论和方差分析比较猪牙皂不同组分对小鼠缺血缺氧及血脑屏障通透性影响[J].中药药理与临床,2018,34(6):83-86.

[4] 周力,黎明,李凤,等.猪牙皂挥发性成分GC-MS分析[J].中国实验方剂学杂志,2013,19(24):156-159.
 [5] 杨敬鸿,杨晓梅,谢浪,等.正交试验-联合星点设计法优选猪牙皂提取工艺[J].贵阳中医学院学报,2018,40(2):31-35.
 [6] 刘林华,许景薇,万玉英,等.猪牙皂正丁醇提取物体外对肝星状细胞活性的影响研究[J].抗感染药学,2015,12(6):832-834.
 [7] 张新军,梁瑞雪,赵渤年,等.猪牙皂总皂苷提取适宜醇浓度的研究[J].药学研究,2013,32(10):571-573.
 [8] 赵声兰,陈进伟,刘芳,等.猪牙皂多糖提取工艺及体外抗氧化活性的研究[J].云南中医学院学报,2010,33(4):15-18.
 [9] 廖彭莹,卢汝梅,邵敏敏,等.水蒸气蒸馏法和二氧化碳超临界流体萃取法提取柚寄生的挥发性成分[J].时珍国医国药,2013,24(5):1274-1276.
 [10] 廖金花,叶勇树,杨宜婷,等.广陈皮的超临界流体萃取和水蒸气蒸馏挥发油的比较分析[J].中国药房,2011,22(43):4079-4080.
 [11] 肖花艳,易延逵,更年安颗粒CO₂超临界流体萃取工艺与水蒸气蒸馏提取工艺的比较研究[J/CD].中华临床医师杂志:电子版,2011,5(14):4261-4263.
 [12] 贺东亮,张恒慧,李静舒,等.响应面法优化绿薄荷精油的超临界CO₂萃取工艺[J].食品研究与开发,2018,39(10):61-66.
 [13] 刘娜.超临界流体萃取技术在中药萃取的应用[J].广州化工,2017,45(24):31-33.
 [14] 丁仡,李源栋,刘秀明,等.超临界CO₂萃取印蒿精油工艺优化及成分分析[J].食品研究与开发,2019,40(24):167-172.
 [15] 张红英,姚元虎,颜雪明.超临界流体萃取分离技术及其应用[J].首都师范大学学报(自然科学版),2016,37(6):50-53.
 [16] 赵茹.超临界流体萃取技术在天然药物提取中的应用分析[J].化工管理,2019(36):17-18.
 [17] 邱采奕.超临界流体萃取技术及其在食品中的应用[J].科技经济导刊,2019,27(2):149-151.
 [18] 吴芳,李雄山,陈乐斌.超临界流体萃取技术及其应用[J].广州化工,2018,46(2):19-20.
 [19] 张雅,王一乔,马卓雅,等.药效学实验结合正交试验优选壮药柏金颗粒的水提醇沉工艺[J].中国药房,2020,31(8):919-925.
 [20] 杨锦玲,梅文莉,董文化,等.沉香GC-MS指纹图谱分析[J].中成药,2016,38(8):1765-1770.
 [21] 刘清茹,谭伟民,文诗泳,等.枳壳药材挥发油的GC-MS指纹图谱研究[J].中国药房,2018,29(4):461-465.
 [22] 李生茂,叶强,敖慧,砂仁挥发油GC-MS指纹图谱与其镇痛作用的关系[J].中成药,2016,38(2):346-350.
 [23] 张婷婷,郭夏丽,黄学勇,等.辛夷挥发油GC-MS分析及其抗氧化、抗菌活性[J].食品科学,2016,37(10):144-150.

(收稿日期:2019-12-30 修回日期:2020-08-18)
(编辑:邹丽娟)