

HS-SPME-GC-MS 分析山楂及其制品的挥发性成分

刘天琪, 江汉美, 李书帆

(湖北中医药大学药学院, 湖北省药用植物研发中心, 湖北武汉 430065)

摘要: 对山楂及其制品的挥发性成分进行分析和比较。使用顶空固相微萃取法(HS-SPME)与气质联用技术(GC-MS)相结合来分析鉴定山楂、炒山楂和焦山楂的挥发成分, 用面积归一化法计算各成分的相对百分含量, 并进行主成分分析(PCA)。共检测出 76 种成分, 鉴定出 72 种成分, 从山楂中检测出 34 个峰, 鉴定出 29 个成分, 占挥发性成分的 98.35%; 从炒山楂中检测出 41 个峰, 鉴定出 33 个成分, 占挥发性成分的 97.15%; 从焦山楂中检测出 48 个峰, 鉴定出 36 个成分, 占挥发性成分的 84.78%。三者的共有挥发性成分有 5 种, 但共有成分的含量有所不同。并且, 3 种剂型的 PCA 综合得分具有较大的差异, 生山楂和炒山楂挥发性成分的综合得分较高, 其次为焦山楂。山楂的挥发性成分组成和含量经过炮制后发生了明显的变化, 其中炒山楂的药用价值较大。

关键词: 山楂; 炮制品; 主成分分析; 顶空固相微萃取; 气质联用技术; 挥发性成分

文章编号: 1673-9078(2021)05-250-255

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.5.1026

Analysis of Volatile Components in *Crataegus pinnatifida* and its Processed Products by HS-SPME-GC-MS

LIU Tian-qi, JIANG Han-mei, LI Shu-fan

(School of Pharmacy, Hubei University of Traditional Chinese Medicine/Research and Development Center of Medicinal Plant in Hubei Province, Wuhan 430065, China)

Abstract: To analyze and compare the volatile components in raw *Crataegus pinnatifida* and its processed products (i.e., its fried and charred products), headspace solid phase microextraction together with gas chromatography-mass spectrometry was used. Area normalization was used to calculate the relative contents of volatile components as percentages. In addition, principal component analysis (PCA) was performed. In total, 76 components were detected, among which 72 components were identified. Thirty-four peaks were detected and 29 components were identified from raw *C. pinnatifida*, accounting for 98.35% of the volatile components present. In the fried products, 41 peaks were detected and 33 components were identified. These accounted for 97.15% of the volatile components present. Lastly, 48 peaks were detected and 36 components were identified from the charred products, accounting for 84.78% of the volatile components present. There are five common volatile components in the three products, but the contents of these components are different in the products. Meanwhile, the PCA comprehensive scores of the three products varied significantly. Raw and fried products scored higher than charred products. The composition and content of volatile components in *C. pinnatifida* have changed considerably after processing, and the medicinal value of fried *C. pinnatifida* is relatively high.

Key words: *Crataegus pinnatifida*; processed food; principal component analysis; headspace solid phase microextraction; GC-MS; volatile components

引文格式:

刘天琪,江汉美,李书帆.HS-SPME-GC-MS 分析山楂及其制品的挥发性成分[J].现代食品科技,2021,37(5):250-255, +331

Liu Tian-qi, Jiang Han-mei, Li Shu-fan. Analysis of volatile components in *Crataegus pinnatifida* and its processed products by HS-SPME-GC-MS [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(5): 250-255, +331

收稿日期: 2020-11-06

基金项目: 湖北省技术创新专项重大项目 (2016ACA146)

作者简介: 刘天琪 (1997-), 女, 硕士, 研究方向: 中药及其天然药物活性成分

通讯作者: 江汉美 (1964-), 女, 教授, 研究方向: 中药及其天然药物活性成分

山楂为蔷薇科植物山里红 (*Crataegus pinnatifida* Bge var *major* NE Br.) 或山楂 (*Crataegus pinnatifida* Bge.) 的干燥成熟果实, 始载于唐代的《新修本草》, 具有消食健胃、行气散瘀、化浊降脂之功效, 临床用于肉食积滞、胃脘胀满、瘀血经闭、心腹刺痛、胸痹心痛、高脂血症等证。现代研究表明, 山楂含有大量的

有机酸、黄酮、三萜类化合物及多种微量元素, 主要具有调节血脂、保肝、降压、助消化、强心、抗氧化、抗肿瘤、抗菌等作用^[1,2]。2015 版药典收载山楂的炮制品, 为炒山楂和焦山楂^[3], 山楂经炮制后, 其化学成分和含量发生了变化, 从而改变了山楂性味和疗效^[4], 其中挥发性成分就是山楂中一类重要的化学成分, 也是有效成分之一, 在临床上具有一定的药理作用。固相微萃取 (SPME) 技术作为一项新颖的样品前处理与富集技术, 适合易挥发性化合物的检出, 且具有操作简单、携带方便、操作费用低廉等优点, 是最常用的样品前处理方法之一^[5]。主成分分析法 (PCA) 已普遍应用于中药质量标准研究数据的统计分析中, 通过对数据降维、变量提取与压缩、确定中药资源的分类和聚类, 并从中获取能用于中药分析鉴别的有用信息^[6]。目前国内已发表关于山楂果肉挥发性成分分析的文献, 其中对挥发性成分贡献最大的为酯类^[7], 但在国内外文献中还没有运用 HS-SPME-GC-MS 对山楂及其制品的挥发性成分进行分析及对比的有关研究报道, 故这次研究是第一次使用 HS-SPME-GC-MS 对山楂及其制品的挥发性成分来分析以及比较, 讨论炮制对于山楂的挥发性成分的影响, 旨在从挥发性成分的角度为临床合理用药提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 原料

1.1.1 药材

山楂药材 (批号: 20200913) 购于国药控股湖北有限公司, 经湖北中医药大学药教研室杨红兵教授鉴定为蔷薇科植物山楂 (*Crataegus pinnatifida* Bge.) 的干燥成熟果实。

1.1.2 山楂炮制品的制备

参照 2015 年版《中国药典》(四部) 炮制通则中的炮制方法: 取净山楂 30 g, 照清炒法炒至色变深, 为炒山楂; 取净山楂 30 g, 照清炒法炒至表面焦褐色, 内部黄褐色, 为焦山楂。

1.2 仪器

手动固相微萃取 (SPME) 进样装置, 德国 IKA 公司; Agilent6890/5973 型气相-质谱-计算机联用仪, 美国 Hewlett-Packard 公司; 顶空瓶 (15 mL); 65 μm 聚二甲基硅氧烷-二乙烯基苯 (PDMS/DVB) 萃取纤维头, 美国 Supelco 公司; ALC-210.2 型电子天平 ($d=0.01$ g), 北京赛多利斯天平有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 顶空固相微萃取条件

取山楂样品 0.40 g, 置于 15 mL 顶空瓶中, 插入装有 65 μm PDMS/DVB 萃取纤维头的手动进样器, 在 80 $^{\circ}\text{C}$ 下平衡 10 min 后, 再压缩手柄伸出萃取头萃取 30 min, 取出, 立即插入气相色谱仪进样口 (温度 230 $^{\circ}\text{C}$) 解析 3 min。山楂炮制品实验条件同上。

1.3.2 GC-MS 色谱与质谱条件

GC 条件: 色谱条件 HP-5MS 石英毛细管柱 (30 $\text{m}\times 0.25$ mm, 0.25 μm); 升温程序: 从 50 $^{\circ}\text{C}$ 开始, 以 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 230 $^{\circ}\text{C}$; 载气: 高纯度 He (99.99%), 柱流速: 0.80 mL/min, 进样口温度: 230 $^{\circ}\text{C}$; 不分流进样。

MS 条件: EI 源; 离子源温度 230 $^{\circ}\text{C}$, 电离电压 70 eV; 四级杆温度 150 $^{\circ}\text{C}$; 扫描质量范围 35~550 m/z 。

1.3.3 数据处理

采用峰面积归一化法计算各组分的相对百分含量, 并通过 NIST08 质谱数据库对所出峰的质谱图进行检索, 以鉴定各组分。通过 SPSS 21.0 软件对山楂及其制品的挥发性成分及其含量进行 PCA。

2 结果与讨论

2.1 山楂及其制品的挥发性成分分析

依照上述条件对山楂及其制品的挥发性成分进行 GC-MS 分析, 分别得到总离子流图 (见图 1、图 2、图 3)。分析可知, 在山楂中鉴定出了 29 种成分, 占挥发性成分总量的 98.35%, 其中主要为烯类化合物, 占山楂总挥发性成分的 88.05%。在山楂中占挥发性成分含量最高的为柠檬烯, 占挥发性成分的 52.63%, 其次主要为 γ -萜品烯 (26.68%)、月桂烯 (1.80%)、 β -蒎烯 (1.30%) 等; 在炒山楂中鉴定出了 33 种成分, 占挥发性成分总量的 97.15%, 其中主要为烯类化合物, 占炒山楂总挥发性成分的 63.71%。炒山楂中挥发性成分含量最高的柠檬烯, 占挥发性成分 36.40%, 其次主要为 γ -萜品烯 (23.10%)、桉叶油醇 (7.60%)、4-萜烯醇 (0.60%) 等; 在焦山楂中鉴定出了 36 种成分, 占挥发性成分总量的 84.78%, 其中主要为醛类化合物, 占焦山楂总挥发性成分的 41.05%。焦山楂中挥发性成分含量最高的为糠酸甲酯, 占挥发性成分 15.13%, 其次主要为 5-羟甲基糠醛 3-糠醛 (14.95%)、5-甲基-5-己烯-2-酮 (7.75%)、丁香酚 (1.13%) 等。具体信息见表 1。

表1 山楂及其制品的挥发性成分

Table 1 Volatile components of hawthorn and its processed products

序号	保留时间/min	中文名称	英文名称	分子式	相对百分含量/%		
					生山楂	炒山楂	焦山楂
1	1.91	偏二甲基肼	1,1-Dimethylhydrazine	C ₂ H ₈ N ₂	-	0.30	0.31
2	2.37	硅烷二醇二甲酯	dimethylsilanediol	C ₂ H ₈ O ₂ Si	-	-	0.61
3	2.45	氟乙酰胺	Fluoroacetamide	C ₂ H ₄ FNO	-	0.60	-
4	3.73	糠醛	Furfural	C ₅ H ₄ O ₂	-	3.84	-
5	3.75	3-糠醛	3-Furaldehyde	C ₅ H ₄ O ₂	-	-	14.95
6	3.99	糠醇	Furfuryl alcohol	C ₅ H ₆ O ₂	-	0.26	1.02
7	4.17	当归内酯	a-Angelic lactone	C ₅ H ₆ O ₂	-	0.28	0.68
8	4.35	2-甲基丁酸-1-甲基乙酯	2-methyl-butanoic acid 1-methylethyl ester	C ₈ H ₁₆ O ₂	-	0.24	-
9	4.37	1-乙酰环己烯	1-acetyl-1-cyclohexene	C ₈ H ₁₂ O	0.35	-	-
10	4.55	2-正丁基呋喃	2-Butylfuran	C ₈ H ₁₂ O	-	0.34	-
11	4.73	2-乙酰基呋喃	2-Acetylfuran	C ₆ H ₆ O ₂	-	0.35	0.90
12	4.79	2(5H)-呋喃酮	2(5H)-Furanone	C ₄ H ₄ O ₂	-	-	0.34
13	4.95	3-丁烯	3-Thujene	C ₁₀ H ₁₆	0.26	-	-
14	5.05	2-蒎烯	α-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	-	0.24	-
15	5.06	蒎烯	(1R)-(+)-a-pinene	C ₁₀ H ₁₆	0.55	-	-
16	5.3	(-)-蒎烯	(-)-camphene	C ₁₀ H ₁₆	0.55	-	-
17	5.47	5-甲基呋喃醛	5-Methyl furfural	C ₆ H ₆ O ₂	-	2.07	7.80
18	5.65	2-氨基嘧啶	2-Aminopyrimidine	C ₄ H ₅ N ₃	-	2.45	-
19	5.68	2,4-二羟基-2,5-二甲基-3(2H)-呋喃-3-酮	2,4-dihydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furan-3-one	C ₆ H ₈ O ₄	-	-	9.56
20	5.7	β-蒎烯	beta-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	1.30	-	-
21	5.81	月桂烯	β-myrcene	C ₁₀ H ₁₆	1.80	1.22	-
22	5.93	反式-2,4-庚二烯醛	(E,E)-2,4-Heptadienal	C ₇ H ₁₀ O	0.16	-	-
23	5.99	正辛醛	octanal	C ₈ H ₁₆ O	0.36	0.50	-
24	6.26	异松油烯	Terpinolene	C ₁₀ H ₁₆	0.39	-	-
25	6.44	右旋萜二烯	(+)-Limonene	C ₁₀ H ₁₆	-	-	0.90
26	6.47	柠檬烯	limonene	C ₁₀ H ₁₆	52.63	36.4	-
27	6.51	桉叶油醇	Cineole	C ₁₀ H ₁₈ O	-	7.60	-
28	6.61	3-戊炔-1-醇	3-Pentyn-1-ol	C ₅ H ₈ O	-	-	0.37
29	6.67	(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-十八烷三烯	(Z)-β-ocimene	C ₁₀ H ₁₆	1.80	1.62	-
30	6.68	苯乙醛	Phenylacetaldehyde	C ₈ H ₈ O	-	-	0.53
31	6.78	4-甲基-1,5-庚二烯	4-methylhepta-1,5-diene	C ₈ H ₁₄	0.19	-	-
32	6.83	2-辛炔	2-Octyne	C ₈ H ₁₄	-	-	0.19
33	6.88	γ-萜品烯	g-Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	26.68	23.10	0.17
34	7.01	正辛醇	1-Octanol	C ₈ H ₁₈ O	0.45	-	-
35	7.15	5-甲基-5-己烯-2-酮	5-methylhex-5-en-2-one	C ₇ H ₁₂ O	-	1.77	7.75
36	7.34	双环[4.1.0]庚-2-烯, 4,7,7-三甲基-	Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 4,7,7-trimethyl-	C ₁₀ H ₁₆	3.23	4.64	-
37	7.35	糠酸甲酯	Methyl 2-furoate	C ₆ H ₆ O ₃	-	-	15.13

转下页

接上页

38	7.51	壬醛	1-Nonanal	C ₉ H ₁₈ O	1.67	1.70	1.67
39	7.63	(-)- α -侧柏酮	α -Thujone	C ₁₀ H ₁₆ O	1.39	1.64	-
40	7.63	环戊烯	Cyclopentene	C ₅ H ₈	-	-	0.21
41	7.76	3-氨基-4-叠氮呋喃	3-Amino-4-azidofurazan	C ₂ H ₂ N ₆ O	-	-	0.67
42	8.14	十甲基环五硅氧烷	Decamethylcyclopentasiloxane	C ₁₀ H ₃₀ O ₅ Si ₅	-	0.47	-
43	8.25	樟脑	(\pm)-Camphor	C ₁₀ H ₁₆ O	0.49	0.86	-
44	8.35	反式-2-壬烯醛	(2E)-2-Nonenal	C ₉ H ₁₆ O	-	0.22	-
45	8.5	1-溴-8-(四氢吡喃氧基)辛烷	2-(8-bromooctoxy)oxane	C ₁₃ H ₂₅ BrO ₂	-	0.26	-
46	8.59	冰片	borneol	C ₁₀ H ₁₈ O	0.27	-	-
47	8.71	4-萜烯醇	Terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	0.55	0.60	0.30
48	8.78	N-甲基-2-吡咯甲醛	N-Methylpyrrole-2-carboxaldehyde	C ₆ H ₇ NO	-	-	0.48
49	9	癸醛	Decanal	C ₁₀ H ₂₀ O	0.39	0.48	1.21
50	9.39	5-乙酰氧基甲基-2-呋喃醛	(5-Formyl-2-furyl)methyl acetate	C ₈ H ₈ O ₄	-	-	1.21
51	9.47	5-羟甲基糠醛	5-hydroxymethylfurfura	C ₆ H ₆ O ₃	-	0.82	12.69
52	10.22	α -紫罗兰酮	α -ionone	C ₁₃ H ₂₀ O	-	-	0.73
53	10.24	左旋乙酸冰片酯	1-Bornyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	0.68	0.91	-
54	10.31	黄樟素	Safrole	C ₁₀ H ₁₀ O ₂	-	-	0.27
55	10.47	紫苏醇	Perilla alcohol	C ₁₀ H ₁₆ O	-	-	0.20
56	10.52	5-乙酰氧基甲基-2-呋喃醛	(5-Formyl-2-furyl)methyl acetate	C ₈ H ₈ O ₄	-	-	0.51
57	10.62	十二甲基环六硅氧烷	Dodecamethylcyclohexasiloxane	C ₁₂ H ₃₆ O ₆ Si ₆	0.21	0.24	0.38
58	11.2	立方烯	α -Cubebene	C ₁₅ H ₂₄	-	0.20	0.14
59	11.31	丁香酚	Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	0.23	-	1.13
60	11.64	(-)- α -蒎烯	α -copaene	C ₁₅ H ₂₄	0.23	-	0.25
61	11.8	十四烷	Tetradecane	C ₁₄ H ₃₀	-	-	0.24
62	12.38	β -石竹烯	β -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0.75	0.63	-
63	12.71	丹皮酚	Paeonol	C ₉ H ₁₀ O ₃	0.13	-	-
64	12.76	(E)- β -金合欢烯	trans- β -farnesene	C ₁₅ H ₂₄	0.12	-	0.58
65	14.03	Δ -杜松烯	(+)-delta-cadinene	C ₁₅ H ₂₄	-	-	0.18
66	16.62	1-十六烯	1-Hexadecene	C ₁₆ H ₃₂	-	0.30	-
67	16.76	己二酸二异辛酯	Bis(2-ethylhexyl) adipate	C ₂₂ H ₄₂ O ₄	-	-	0.52
68	17.96	2-烯丙基-4-甲基苯酚	2-Allyl-4-methylphenol	C ₁₀ H ₁₂ O	0.54	-	-

注：“-”表示成分不存在。

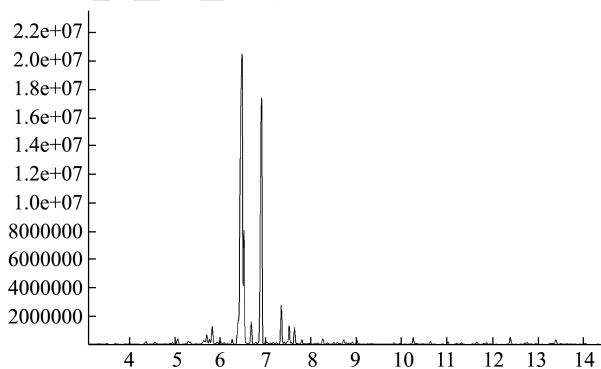


图1 生山楂挥发性成分总离子流图

Fig.1 Total ion current diagram of volatile components in raw

hawthorn

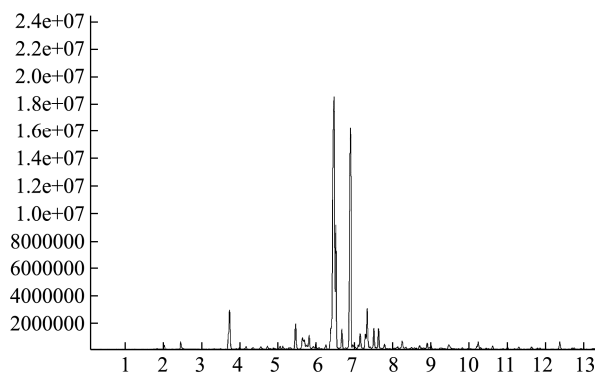


图2 炒山楂挥发性成分总离子流图

Fig.2 Total ion current diagram of volatile components in fried

hawthorn

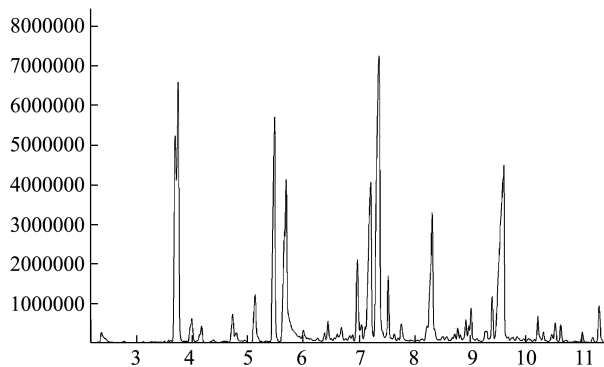


图3 焦山楂挥发性成分总离子流图

Fig.3 Total ion current diagram of volatile components in Hawthorn

2.2 山楂及其炮制品挥发性成分种类和相对质量分析

表2 山楂及其炮制品挥发性成分种类和相对质量分析

Table 2 Variety and relative quality analysis of volatile components in hawthorn and its processed products

类别	山楂		炒山楂		焦山楂	
	数量/个	相对质量分数/%	数量/个	相对质量分数/%	数量/个	相对质量分数/%
烯类	13	88.05	8	63.71	8	2.7
醛类	4	2.58	7	9.63	9	41.05
酮类	2	1.88	3	4.27	4	18.38
醇类	3	1.27	3	8.46	4	1.89
酯类	1	0.68	3	1.43	4	16.94
烷类	1	0.21	3	0.97	2	0.62
酚类	3	0.9	0	0	1	1.13
其他	2	3.49	6	8.68	4	2.07

2.3 山楂及其制品挥发性成分主成分分析

表3 主成分的特征值及其贡献率

Table 3 The eigenvalues of the principal components and their contribution rate

成份	初始特征值		
	合计	方差/%	累积/%
1	1.246	41.529	41.529
2	1.031	34.352	75.880

表4 山楂及其炮制品挥发性成分主成分得分和综合得分

Table 4 Principal component scores and comprehensive scores of volatile components of hawthorn and its processed products

	成份1	成份2	合计
生山楂	0.812	0.014	0.826
炒山楂	0.500	0.759	1.259
焦山楂	0.580	-0.674	-0.094

由表1可见,3种剂型的挥发性成分含量数据离

从表2中可以看到山楂及其制品中挥发性成分主要是烯类、醛酮类、醇类。三者的共有挥发性成分有5种,分别为 γ -萜品烯、壬醛、4-萜烯醇、癸醛、十二甲基环六硅氧烷,共有成分分别占山楂、炒山楂和焦山楂挥发性成分总量的29.50%、26.12%、3.73%。说明生品与炮制品的主要挥发性成分含量和种类具有较大的差异。山楂生品中,烯类化合物占山楂挥发性成分的86.21%,醛类化合物占2.06%,经炮制后,炒山楂中烯类成分占挥发性成分的62.78%,醛类化合物占6.02%,焦山楂中烯类成分占挥发性成分的1.71%,醛类化合物占41.19%,这可能是由于烯类成分经过氧化反应转变成醛类成分造成的。而在新鲜山楂中,酯类种类最多、相对含量达到78.41%,结合它们的香气特征可知它们赋予了新鲜山楂果肉的香气特征^[7],说明新鲜山楂与药材山楂的挥发性成分已有所不同。

散,通过SPSS 21.0软件对山楂及其炮制品的72种挥发性成分及其含量进行PCA,得特征值和贡献率见表3。由表3可得,第1主成分的贡献率为43.752%,第2主成分的贡献率为33.352%,2个主成分的累计贡献率达到77.11%,能反映样品的整体信息,故取这2个主成分作为数据分析的有效成分。各特征向量挥发性成分相对含量数据再通过SPSS 21.0软件标准化后,各主成分得分见表4。由表4可知,主成分综合评价中,生品和炮制品挥发性成分之间的PCA综合评分具有较大差异,生山楂和炒山楂挥发性成分的综合得分较高,其次为焦山楂。

2.4 山楂及其制品临床应用分析

山楂中的柠檬烯具有明显的促胃肠动力作用^[8],其在生品中的含量为52.63%,炒制中为36.40%,焦制中没有,说明在胃肠推进作用上,推进进度最大的就是生山楂,所以临床上具有消积化滞作用的山楂

丸、山楂内消丸、小儿消食健胃丸、肥儿丸等中成药处方中,均使用净山楂,用以增强药物消食能力^[9]。但柠檬烯有一定的刺激性副作用^[10],经炮制后,柠檬烯含量减少,较之生品药性缓和,减少了对脾胃的刺激,临床多用于消肉食积滞。同时炒山楂中的桉叶油醇具有抗菌、杀虫等作用^[11],月桂烯有镇痛、显著的抗炎和抗分解代谢作用^[12],增强了山楂的药理活性。焦山楂中的丁香酚具有抗菌作用和一定的健胃作用^[13],因此临床上多用焦山楂治疗伴有食积的泻痢,但因焦山楂消食作用不如生山楂,药理活性不如炒山楂,所以临床使用的山楂饮片多为生山楂和炒山楂。

3 结论

通过 PCA 结果可知,生山楂和炒山楂挥发性成分的综合得分较高,其次为焦山楂;通过挥发性成分的角度来看,生山楂和炒山楂的药理活性更丰富;就山楂的炮制品来看,炒山楂的药用价值较大。本研究首次采用 HS-SPME-GCMS 技术和 PCA 对山楂及其炮制品的挥发性成分进行分析鉴定,为山楂的临床应用提供了一定的科学依据,为中医药治疗疾病方面做出一点贡献。

参考文献

- [1] 史国玉,武卫红,商庆节,等.药食两用山楂的药理作用及保健应用研究进展[J].现代食品,2020,15:126-128
SHI Guo-yu, WU Wei-hong, SHANG Qing-jie, et al. The research progress of pharmacological effects and health care application of hawthorn for medicine and food [J]. Modern Food, 2020, 15: 126-128
- [2] 封若雨,朱新宇,张苗苗.近五年山楂药理作用研究进展[J].中国中医基础医学杂志,2019,25(5):715-718
FENG Ruo-yu, ZHU Xin-yu, ZHANG Miao-miao. Research progress in the pharmacological effects of hawthorn in the past five years [J]. Chinese Journal of Basic Medicine in Traditional Chinese Medicine, 2019, 25(5): 715-718
- [3] 国家药典委员会.中华人民共和国药典 2015 年版(一部)[M].北京:中国医药科技出版社,2015
National Pharmacopoeia Commission. The Pharmacopoeia of the People's Republic of China 2015 Edition (Part One) [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2015
- [4] 张良,姜思凡,万军,等.炮制对山楂主要化学成分的影响[J].长春中医药大学学报,2014,30(1):31-34
ZHANG Liang, JIANG Si-fan, WAN Jun, et al. The effect of processing on the main chemical components of hawthorn [J]. Journal of Changchun University of Traditional Chinese Medicine, 2014, 30(1): 31-34
- [5] 黄晶玲,江汉美,肖宇硕,等.顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用分析不同品牌艾柱及艾条挥发性成分[J].国际药学研究杂志,2018,45(4):308-313
HUANG Jing-ling, JIANG Han-mei, XIAO Yu-shuo, et al. Analysis of volatile components of different brands of moxa sticks and moxa sticks by headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry [J]. International Journal of Pharmaceutical Research, 2018, 45(4): 308-313
- [6] 孔浩,郭庆梅,王慧慧,等.主成分分析法在中药质量评价中的应用[J].辽宁中医杂志,2014,41(5):890-892
KONG Hao, GUO Qing-mei, WANG Hui-hui, et al. Application of principal component analysis method in quality evaluation of traditional Chinese medicine [J]. Liaoning Journal of Traditional Chinese Medicine, 2014, 41(5): 890-892
- [7] 高婷婷,韩帅,刘玉平,等.固相微萃取结合 GC-MS 分析鲜山楂果肉中的挥发性成分[J].食品科学,2013,34(20):144-147
GAO Ting-ting, HAN Shuai, LIU Yu-ping, et al. Analysis of volatile components in fresh hawthorn pulp by solid phase microextraction combined with GC-MS [J]. Food Science, 2013, 34(20): 144-147
- [8] 孙希良,陈岩松,张晓菲,等.李中宇教授应用凉膈散治疗胆汁反流性胃炎临床经验[J].中国中西医结合消化杂志,2020,28(10):796-798
SUN Xi-liang, CHEN Yan-song, ZHANG Xiao-fei, et al. Professor LI Zhong-yu's clinical experience in treating bile reflux gastritis with Liangge powder [J]. Chinese Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine on Digestion, 2020, 28(10): 796-798
- [9] 孙立艳.不一样的“山楂”[J].开卷有益-求医问药,2018,9:53-55
SUN Li-yan. A different "hawthorn" [J]. Opening a Volume is Beneficial-Seeking Medical Advice, 2018, 9: 53-55
- [10] 张斌.柑橘精油纯化柠檬烯及其制剂与皮肤抗炎研究[D].杭州:浙江工业大学,2014
ZHANG Bin. Study on the purification of citrus essential oil and its preparation and skin anti-inflammatory [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2014

(下转第 331 页)