

艺[J]. 中草药, 2018, 49(16): 3829-3834.

[16] 李 江, 陈凌云, 李 军. AHP-CRITIC 结合 Box-Behnken 和 D-Optimal 设计优选芪龙愈创凝胶的制备工艺[J]. 中药材, 2020, 43(10): 2510-2515.

[17] 王永洁, 孙铭忆, 邓莉莉, 等. 基于 AHP-CRITIC 的 D-最

优混料设计优化复方黄芪乳膏处方[J]. 中国实验方剂学杂志, 2020, 26(3): 110-116.

[18] 吴晓鸾, 马建芳, 任飞亮, 等. 普罗雌烯乳膏流变学性质质量控制方法的建立[J]. 中国医药工业杂志, 2019, 50(2): 220-225.

3 种离子液体对超声辅助水蒸气蒸馏提取马齿苋挥发油的影响

扈本荃, 唐一梅, 郑立昊, 王 娜, 白鲁源, 王程峰
(西安医学院药学院, 陕西 西安 710021)

摘要: **目的** 考察 1-丁基-3-甲基咪唑溴 ([BMIM] Br)、1-己基-3-甲基咪唑溴 ([HMIM] Br)、1-辛基-3-甲基咪唑溴 ([OMIM] Br) 离子液体对超声辅助水蒸气蒸馏提取马齿苋挥发油的影响。**方法** 以离子液体与水比例为 1: 60 提取挥发油, GC-MS 法分析成分。**结果** 3 种离子液体提取所得挥发油的提取率均比水提取高, 其中 [HMIM] Br、[OMIM] Br 提取后成分也多于水提取。**结论** 1-烷基-3-甲基咪唑溴类离子液体有助于马齿苋挥发油提取。**关键词:** 马齿苋; 挥发油; 超声辅助水蒸气蒸馏提取; 1-丁基-3-甲基咪唑溴 ([BMIM] Br) 离子液体; 1-己基-3-甲基咪唑溴 ([HMIM] Br) 离子液体; 1-辛基-3-甲基咪唑溴 ([OMIM] Br) 离子液体; GC-MS
中图分类号: R284. 2 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-1528(2023)05-1615-05
doi: 10. 3969/j. issn. 1001-1528. 2023. 05. 037

离子液体是一种由有机阳离子与无机或有机阴离子组成, 熔点一般低于 100 ℃, 是在室温或接近室温下呈液态的盐^[1], 具有溶剂与催化剂的双重功能, 有学者将其与超临界流体 CO₂、双水相合称为三大绿色溶剂^[2]。它可溶解纤维素, 在提取中草药时可破坏植物中的细胞壁, 与传统溶剂相比提取效率更高, 性质更稳定, 并且通常不与被提取成分发生反应^[3], 广泛应用于中药提取^[4-8]。

马齿苋功效清热解毒、止血凉血^[9], 具有抑菌、抗炎、抗氧化、降血脂等药理作用, 含黄酮、多糖、生物碱、挥发油等成分。前期报道, 马齿苋挥发油可显著影响辣椒素诱导的 Trpv1 通道过表达, 从而对湿疹瘙痒起到作用, 有望成为相关治疗的新靶点^[10], 如今该类成分不仅被广泛应用于各类护肤品中, 还在防治婴幼儿蚊虫叮咬、防痱止痒方面有着较好的功效^[11-12]。

目前, 马齿苋挥发油提取方法大多采用水蒸气蒸馏, 但提取率较低。本实验分别以 1-丁基-3-甲基咪唑溴 ([BMIM] Br)、1-己基-3-甲基咪唑溴 ([HMIM] Br)、1-辛基-3-甲基咪唑溴 ([OMIM] Br) 离子液体为溶剂, 采用超声辅助水蒸气蒸馏法提取马齿苋挥发油, 以期为该类成分进一步研究提供依据。

1 材料

1.1 仪器 Agilent 7890A-5975C 气相质谱联用仪 (美国

Agilent 公司); DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器 (郑州长城科工贸有限公司); MH-1000 调温型电热套 (北京科伟永兴仪器有限公司)。

1.2 试剂与药物 1-丁基-3-甲基咪唑溴 ([BMIM] Br)、1-己基-3-甲基咪唑溴 ([HMIM] Br)、1-辛基-3-甲基咪唑溴 ([OMIM] Br) 离子液体 (自制)。马齿苋购自药材市场, 经西安医学院药学院生药教研室张彦老师鉴定为正品。甲醇、正己烷为色谱纯 (天津市科密欧化学试剂有限公司); 其余试剂均为分析纯。

2 方法

2.1 挥发油提取 称取药材粗粉 80 g, 置于圆底烧瓶中, 分别以水、离子液体溶液 (1: 60) 为提取溶剂, 料液比为 1: 8, 在 40 ℃下超声提取 30 min, 浸泡 2 h, 水蒸气蒸馏法提取 10 h, 乙醚萃取并弃去下层, 无水硫酸钠除水, 减压旋蒸除去溶剂, 收集挥发油, 计算提取率, 公式为提取率 = $\frac{\text{挥发油质量}}{\text{药材质量}} \times 100\%$ 。

2.2 GC-MS 分析条件 参考文献 [13-14] 报道。

2.2.1 色谱 HP-5MS 石英毛细管柱 (30 m × 250 μm × 0.25 μm); 程序升温 (初始温度 50 ℃, 保持 2 min, 以 5 ℃/min 升至 140 ℃, 保持 3 min, 以 3 ℃/min 升至 220 ℃, 保持 5 min); 进样量 1.0 μL; 分流比 10: 1; 载气

高纯氦气；进样口温度 250 ℃。

2.2.2 质谱 电子轰击 (EI) 离子源；电子能量 70 eV；灯丝发射电流 200 μA；离子源温度 230 ℃；接口温度 280 ℃；四级杆温度 150 ℃；溶剂延迟 3 min；扫描质量范围 m/z 10~500。

2.3 供试品溶液制备 少量正己烷溶解挥发油，定容至 10 mL 量瓶中，摇匀，精密量取 500 μL，置于 10 mL 量瓶中，定容，无水硫酸钠除水，即得，进样前经 0.45 μm 微孔滤膜过滤，取 1.0 μL 续滤液进样测定。

3 结果

3.1 挥发油提取率 表 1 显示，[BMIM] Br 提取时提取率最高，[HMIM] Br、[OMIM] Br 次之，水最低，即离子液体提取效果优于水，可能是因为离子液体为可溶性盐，既存在亲水基团，也存在疏水基团，具有破坏纤维素、溶解细胞壁的能力，增加了挥发油溶解度，而且在提取过程中不会挥发，不影响提取成分；离子液体中阴离子基团均为 Br⁻；阳离子基团对提取率影响程度依次为 [BMIM]⁺< [HMIM]⁺< [OMIM]⁺，可能是因为随着 1-烷基-3-甲基咪唑中的烷基链加长，提取率逐渐升高，而 [OMIM] Br 中的烷基链最长，亲脂性最强，根据相似相溶原理，对挥发油的作用也最强。

表 1 挥发油提取率测定结果 (n=3)	
提取溶剂	挥发油提取率/(mg·g ⁻¹)
水	0.306
[BMIM] Br-水	0.349
[HMIM] Br-水	0.419
[OMIM] Br-水	0.511

3.2 挥发油成分分析 GC-MS 总离子流图见图 1，再采用 NIST 标准质谱图库进行分析，峰面积归一化法计算相对含量，结果见表 2~6。

表 2 水提取马齿苋挥发油 GC-MS 分析结果				
编号	保留时间/ min	化合物	分子式	相对含 量/%
1	11.156	戊基环丙烷	C ₈ H ₁₆	1.70
2	24.303	月桂酸	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0.41
3	25.159	新戊酸 6-烯酯	C ₁₅ H ₂₄ O ₂	0.68
4	27.399	十九烷	C ₁₉ H ₄₀	0.53
5	28.717	十四烷 c	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	1.11
6	30.355	3,7,11,15-四甲基-2-十六碳烯-1-醇	C ₂₀ H ₄₀ O	2.37
7	30.486	植酮	C ₁₈ H ₃₆ O	14.92
8	30.999	邻苯二甲酸(2-异丁基庚)酯	C ₁₉ H ₂₈ O ₄	1.03
9	31.223	法尼基丙酮	C ₁₈ H ₃₀ O	1.23
10	32.841	棕榈酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	51.11
11	35.369	二十一烷	C ₂₁ H ₄₄	0.74
12	35.982	亚油酸	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	3.63
13	36.105	亚麻酸乙酯	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	12.18
14	36.329	2,2'-亚甲基双(4-甲基-6-叔丁基)苯酚	C ₂₃ H ₃₂ O ₂	3.96
15	36.499	硬脂酸	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	2.38

由表 2 可知，水提取挥发油中共检测出 16 种成分，占总量的 97.98%，主要是酯类、脂肪酸类、酮类、醇类、烷

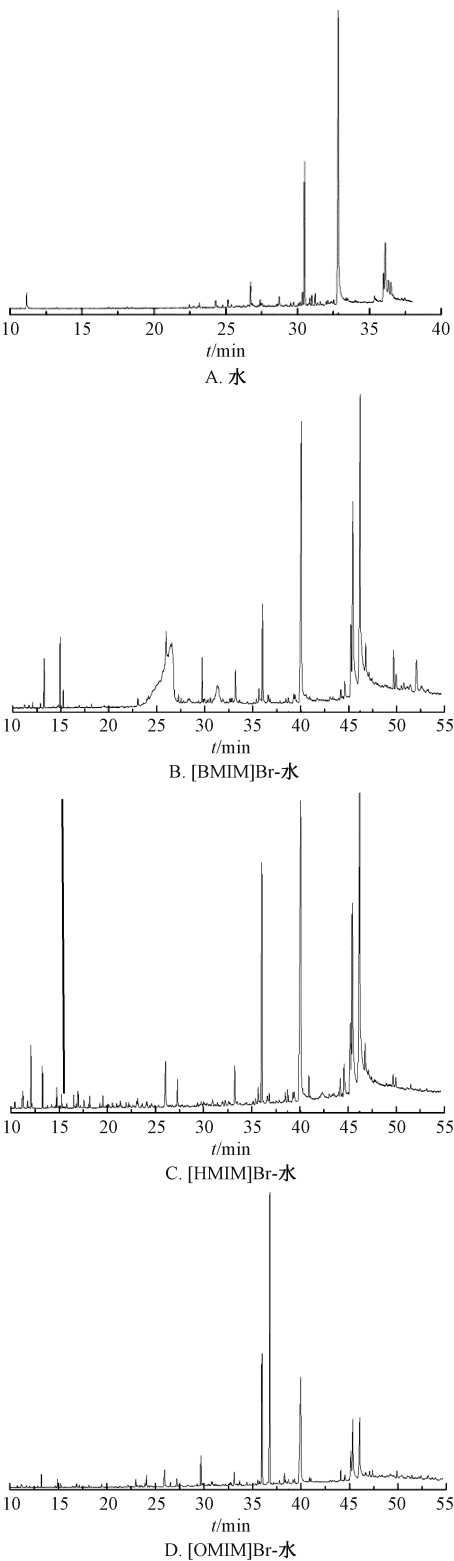


图 1 不同溶剂体系马齿苋挥发油 GC-MS 总离子流图

烃类、酚类，其中含量最高的是棕榈酸。由表 3 可知，[BMIM] Br-水提取挥发油中共检测出 11 种成分，占总量的 97.96%，主要是脂肪酸类、醇类、酯类、酮类、酚类，其中含量最高的是油酸。由表 4 可知，[HMIM] Br-水提取挥发油中共检测出 27 种成分，占总量的 98.01%，主要是

表 3 [BMIM] Br-水提取马齿苋挥发油 GC-MS 分析结果

编号	保留时间/ min	化合物	分子式	相对含 量/%
1	13.267	正辛酯	C ₈ H ₁₆ O ₂	1.37
2	14.922	α-松油醇	C ₁₀ H ₁₈ O	1.94
3	25.999	月桂酸	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	1.28
4	29.743	10,13-十八碳二炔酸甲酯	C ₁₅ H ₂₂ O ₂	2.07
5	33.214	木香烯内酯	C ₁₉ H ₄₀	1.76
6	36.028	植酮	C ₁₈ H ₃₆ O	9.56
7	40.078	棕榈酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	26.27
8	45.449	亚油酸	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	18.68
9	46.208	油酸	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	29.25
10	46.776	植物醇	C ₂₀ H ₄₀ O	2.66
11	52.074	硬脂酸酯乙烯基	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	3.12

脂肪酸类、醇类、酯类、酮类、酚类，其中含量最高的是

表 4 [HMIM] Br-水提取马齿苋挥发油 GC-MS 分析结果

编号	保留时间/min	化合物	分子式	相对含量/%
1	10.400	苯乙醛	C ₈ H ₈ O	0.16
2	12.059	芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O	0.89
3	14.741	α-松油醇	C ₁₀ H ₁₈ O	0.38
4	16.960	壬酸	C ₉ H ₁₈ O ₂	0.25
5	17.595	bicyclo[3.3.0]octan-2-one,7-neopentylidene-	C ₁₃ H ₂₀ O	0.23
6	18.190	4-乙烯基-2-甲氧基苯酚	C ₉ H ₁₀ O ₂	0.19
7	19.546	2-乙烯基萘	C ₁₂ H ₁₀	0.21
8	23.167	β-紫罗兰酮	C ₁₃ H ₂₀ O	0.20
9	24.148	5-戊基-1,3-苯二酚	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	0.17
10	26.045	月桂酸	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	1.59
11	27.274	E-环氧金合欢烯	C ₁₅ H ₂₄ O	0.58
12	33.233	肉蔻酸	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	1.22
13	35.665	i-propyl, 12-methyltetradecanoate	C ₁₈ H ₃₆ O	0.50
14	36.035	植酮	C ₁₈ H ₃₆ O	9.75
15	36.626	2-十五烷酮	C ₁₅ H ₃₀ O	0.24
16	36.811	邻苯二甲酸(2-异丁基庚)酯	C ₁₉ H ₂₈ O ₄	0.35
17	38.736	棕榈酸甲酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	0.46
18	40.086	棕榈酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	26.52
19	40.944	棕榈酸乙酯	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	0.74
20	42.316	11,14-二十碳二烯酸甲酯	C ₂₁ H ₃₈ O ₂	0.72
21	44.592	植物醇	C ₂₀ H ₄₀ O	1.24
22	45.237	亚油酸	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	3.94
23	45.445	油酸	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	15.53
24	46.206	硬脂酸	C ₁₈ H ₂₈ O ₂	27.40
25	46.779	19-去甲基-4-雄烯二醇	C ₁₈ H ₂₈ O	3.66
26	49.696	3-hydroxy-4-carboxy-2-methyl-6(7'-ethoxycarbonylheptyl)pyridine	C ₁₇ H ₂₅ NO ₅	0.62
27	49.955	二十三烷	C ₂₃ H ₄₈	0.27

4 讨论与结论

传统的挥发油分离方法以水为溶剂，在高温下通过水蒸气蒸馏将其与药材其他成分分离，虽然水对亲水性物质具有良好的分离能力，但不能对亲油性物质直接分离。离子液体具有难挥发、稳定性好、耐高温等优良性能，以其辅助水蒸气蒸馏时，可分离水难以分离的成分，并可利用破壁效应来改善挥发油提取效果。

前期报道，棕榈酸可抑制巨噬细胞介导的结直肠癌上皮间质转化，在体外以浓度依赖性方式降低了人前列腺癌

硬脂酸。由表 5 可知，[OMIM] Br-水提取挥发油中共检测出 30 种成分，占总量的 97.85%，主要是脂肪酸类、醇类、酯类、酮类、酚类，其中含量最高的是棕榈酸。

另外，以 [BMIM] Br-水为溶剂提取出的挥发油数量比以水为溶剂提取出的少，可能是因为 [BMIM] Br 离子液体烷基链过短，亲脂性不强，许多脂溶性成分未能溶出，两者共有成分有 4 种，分别为棕榈酸、植酮、亚油酸、月桂酸，其中前三者还是挥发油主要成分；随着 3 种离子液体加入及其阳离子基团中烷基链延长，所提取出的挥发油呈明显递增趋势，共有成分有 6 种，分别为棕榈酸、植酮、亚油酸、月桂酸、α-松油醇、植物醇，但相对含量有所差异；加入离子液体后，一些无法通过水提得到的挥发油也可被提取出。

细胞的外泌体的分泌^[15]；亚油酸可增加角质形成细胞的迁移程度，从而促进皮肤伤口愈合，抑制白血病细胞增殖^[16]；油酸能促进人脂肪间充质干细胞增殖，维持细胞免疫表型，并且提高细胞三系分化潜能^[17]；棕榈酸乙酯可通过降低肿瘤坏死因子和白介素-6 水平，降低肝脏组织核转录因子 NF-κB 表达，抑制髓过氧化物酶活性导致中性粒细胞浸润的减少，从而发挥抗炎作用来保护肝脏^[18]。本实验发现，提取溶剂不同，马齿苋挥发油成分组成及其含量、药理作用也有明显差异。研究挥发油成分的提取有利于挥

表 5 [HMIM] Br-水提取马齿苋挥发油 GC-MS 分析结果

编号	保留时间/min	化合物	分子式	相对含量/%
1	14. 899	α-松油醇	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	0. 10
2	16. 865	壬酸	C ₁₀ H ₁₈ O	0. 12
3	22. 988	benzene, 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-	C ₁₅ H ₂₂	0. 59
4	23. 928	β-没药烯	C ₁₃ H ₂₀ O	0. 19
5	24. 090	丁基羟基甲苯	C ₁₅ H ₂₄ O	1. 16
6	25. 934	月桂酸	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	1. 29
7	26. 548	4,6,6-三甲基-2-(3-甲基-1,3-二丙烯)-3-氧三环[5.1.0.0(2,4)]辛烷	C ₁₅ H ₂₂ O	0. 31
8	27. 207	E-环氧金合欢烯	C ₁₅ H ₂₄ O	0. 46
9	27. 497	azuleno[4,5-b]furan-2(3H)-one,3a,4,6a,7,8,9,9a,9b-octahydro-6-methyl	C ₁₅ H ₁₈ O ₂	0. 25
10	29. 679	芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O	2. 62
11	30. 761	β-没药烯	C ₁₅ H ₂₆ O	0. 23
12	32. 691	Z,E-2,13-actadecadien-1-ol	C ₁₈ H ₃₂ O	0. 15
13	33. 129	肉蔻酸	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0. 98
14	35. 561	i-propyl 12-methyltetradecanoate	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	0. 27
15	35. 767	醋酸植物酮	C ₂₂ H ₄₂ O ₂	0. 19
16	35. 982	植酮	C ₁₈ H ₃₆ O	11. 93
17	36. 787	棕榈酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	31. 19
18	38. 288	3,7,11,15-四甲基-2-十六碳烯-1-醇	C ₂₀ H ₄₀ O	0. 95
19	38. 413	法尼基丙酮1	C ₁₈ H ₃₀ O	0. 21
20	38. 684	14-甲基十五酸甲酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	0. 42
21	39. 364	异植醇	C ₂₀ H ₄₀ O	0. 43
22	39. 991	邻苯二甲酸二异丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	0. 28
23	40. 890	棕榈酸乙酯	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	20. 22
24	44. 123	二十一烷	C ₂₁ H ₄₄	0. 28
25	44. 525	植物醇	C ₂₀ H ₄₀ O	0. 60
26	45. 144	亚油酸	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	3. 55
27	46. 063	硬脂酸	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	9. 43
28	47. 075	3-乙基-5-(2-乙基丁基)-十八烷	C ₂₆ H ₅₄	8. 48
29	47. 383	乙酸正辛酯	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	0. 50
30	51. 440	棕榈酸油酰酯	C ₃₄ H ₆₄ O ₂	0. 47

表 6 不同提取溶剂中马齿苋挥发油共有成分相对含量 (%)

编号	化合物	水	[BMIM] Br-水	[HMIM] Br-水	[OMIM] Br-水
1	棕榈酸	51. 11	26. 27	26. 52	31. 19
2	植酮	14. 92	9. 56	9. 75	11. 93
3	硬脂酸	2. 38	—	27. 40	9. 43
4	亚油酸	3. 63	18. 68	3. 94	3. 55
5	亚麻酸乙酯	12. 18	—	—	—
6	3,7,11,15-四甲基-2-十六碳烯-1-醇	2. 37	—	—	0. 95
7	2,2'-亚甲基双(4-甲基-6-叔丁基)苯酚	3. 96	—	—	—
8	法尼基丙酮	1. 23	—	—	0. 21
9	月桂酸	0. 41	1. 28	1. 59	1. 29
10	二十一烷	0. 74	—	—	0. 28
11	异植醇	—	—	—	0. 43
12	α-松油醇	—	1. 94	0. 38	0. 10
13	木香烯内酯	—	1. 76	—	—
14	油酸	—	29. 25	15. 53	—
15	植物醇	—	2. 66	1. 24	0. 60
16	硬脂酸酯乙烯基	—	3. 12	—	—
17	芳樟醇	—	—	0. 89	2. 62
18	壬酸	—	—	0. 25	0. 17
19	E-环氧金合欢烯	—	—	0. 58	0. 46
20	肉蔻酸	—	—	1. 22	0. 98
21	棕榈酸乙酯	—	—	0. 74	20. 22

发油应用。

结果显示，以离子液体和水为混合溶剂时，前者可增加马齿苋挥发油提取率，其中〔OMIM〕Br⁻水所提取出的挥发油成分最多，有助于该类成分的提取。

参考文献：

[1] 徐雁南. 离子液体在有机合成中的拓展研究[D]. 上海：华东师范大学, 2010.

[2] 王昊迪. 离子液体的性质及研究进展[J]. 当代化工研究, 2019(1)：121-122.

[3] 冯 靖, 彭效明, 李翠清, 等. 离子液体在提取天然产物活性物质中的应用[J]. 应用化工, 2019, 48(4)：945-949.

[4] Lin H M, Zhang Y G, Han M, *et al.* Aqueous ionic liquid based ultrasonic assisted extraction of eight ginsenosides from ginseng root[J]. *Ultrason Sonochem*, 2013, 20(2)：680-684.

[5] 李兰杰, 李绪文, 丁 健, 等. 超声辅助结合离子液体双水相提取-高效液相色谱法测定三七中 5 种稀有人参皂苷的含量[J]. 高等学校化学学报, 2016, 37(3)：454-459.

[6] 卢彩会, 牟德华. 离子液体〔BMIM〕PF₆ 酶法辅助提取姜黄挥发油工艺优化及成分分析[J]. 食品科学, 2017, 38(10)：264-271.

[7] 冯 靖, 彭效明, 李翠清, 等. 离子液体在提取天然产物活性物质中的应用[J]. 应用化工, 2019, 48(4)：945-949.

[8] 周惠燕, 陈 珏, 徐蓓华. 离子液体提取金银花中绿原酸的研究[J]. 上海中医药杂志, 2018, 52(5)：83-86.

[9] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：2020 年版一部[S]. 北京：中国医药科技出版社, 2020：51.

[10] 胡一梅, 葛一漫, 王 华, 等. 马齿苋挥发油对辣椒素诱导瘙痒相关胞内通路的影响[J]. 世界科学技术 (中医药现代化), 2016, 18(7)：1199-1205.

[11] 李鹏飞, 苗明三. 马齿苋的现代研究及临床应用[J]. 中医学报, 2014, 29(9)：1342-1344.

[12] Jin T Y, Shen T, Zhou M X, *et al.* Chemical constituents from *Portulaca oleracea* and their bioactivities [J]. *J Chin Pharmaceut Sci*, 2016, 25(12)：898-905.

[13] 唐一梅, 张 博, 房海娜, 等. 离子液体辅助提取石菖蒲挥发油的工艺研究[J]. 西北大学学报 (自然科学版), 2018, 48(3)：393-398.

[14] 李 佳, 刘红燕, 张永清, 等. 顶空固相微萃取-气质色谱联用技术分析海州香薷与石香薷中挥发性成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(16)：118-122.

[15] de Araujo Junior R F, Eich C, Jorquera C, *et al.* Ceramide and palmitic acid inhibit macrophage-mediated epithelial-mesenchymal transition in colorectal cancer [J]. *Mol Cell Biochem*, 2020, 468(1-2)：153-168.

[16] Prommaban A, Utama-Ang N, Chaikitwattana A, *et al.* Linoleic acid-rich guava seed oil: Safety and bioactivity [J]. *Phytother Res*, 2019, 33(10)：2749-2764.

[17] 李锦灵, 林立龙, 李治寰. 不饱和脂肪酸对人脂肪间充质干细胞生物学特性的影响[J]. 生命科学研究, 2021, 25(1)：15-23；52.

[18] Saeed N M, El-Demerdash E, Abdel-Rahman H M, *et al.* Anti-inflammatory activity of methyl palmitate and ethylpalmitate in different experimental rat models[J]. *Toxicol Appl Pharmacol*, 2012, 264(1)：84-93.

HPLC 法同时测定枸杞配方颗粒中 4 种成分

毛琼丽^{1,2}, 胡 杨^{1,2}, 田有余¹, 刘 洋^{1,2}, 石 豪¹, 严 玲¹, 李先芝¹, 陈彦和^{1,2}
(1. 劲牌有限公司, 湖北 大冶 435112; 2. 中药保健食品质量与安全湖北省重点实验室, 湖北 大冶 435112)

摘要：目的 建立 HPLC 法同时测定枸杞配方颗粒中 4 种成分的含量。**方法** 该药物甲醇提取液的分析采用 Waters T3 色谱柱 (4. 6 mm×250 mm, 5 μm)；流动相乙腈-0. 1% 磷酸，梯度洗脱；体积流量 1. 0 mL/min；柱温 30 ℃；检测波长 270 nm。**结果** 5-羟甲基糠醛、对香豆酸、芦丁、肉桂酸在各自范围内线性关系良好 ($r>0. 999\ 9$)，平均加样回收率 100. 7%~102. 0%，RSD 0. 56%~1. 73%。**结论** 该方法重复性好，稳定可靠，可用于枸杞配方颗粒的质量控制。
关键词：枸杞配方颗粒；5-羟甲基糠醛；对香豆酸；芦丁；肉桂酸；HPLC
中图分类号：R927. 2 **文献标志码：**B **文章编号：**1001-1528(2023)05-1619-03
doi:10. 3969/j. issn. 1001-1528. 2023. 05. 038

收稿日期：2022-11-04
基金项目：湖北省重点研发计划项目 (2021ACA004)
作者简介：毛琼丽 (1982—)，女，执业药师，研究方向为产品质量控制。E-mail: 95358226@ qq. com