

# 不同制法和工艺对地黄中油类成分影响及性效关联性研究

李宁<sup>1</sup>,李红伟<sup>1,2,3</sup>,张玉梅<sup>1</sup>,张壹明<sup>1</sup>,刘梦云<sup>1</sup>,康乐<sup>1</sup>,曹彦刚<sup>1</sup>,李凯<sup>1,2,3</sup>,朱建光<sup>1</sup>,冯卫生<sup>1</sup>

(1. 河南中医药大学药学院,河南 郑州 450046;2. 豫药全产业链研发河南省协同创新中心,河南 郑州 450046;  
3. 河南省中药特色炮制技术工程研究中心,河南 郑州 450046)

**摘要:**目的 考察不同炮制方法和工艺对地黄中油类成分的影响,明晰方法、工艺和所含成分与制品的药性的关联性,为地黄炮制研究和临床应用提供指导。方法 挥发油提取参照2020年版《中华人民共和国药典》中挥发油测定法甲法提取,索氏法提取脂肪油,气相色谱-质谱联用技术(Gas Chromatography-Mass Spectrometry,GC-MS)鉴定油类成分及其相对含量,热图分析明晰不同制方法和工艺对油类成分影响的特点,结合文献探讨制法、工艺-成分-性效关联性。结果 地黄不同炮制品中油成分主要是脂肪酸类;脂肪油提取率为鲜地黄>生地黄>酒蒸≈酒炖>九制>清蒸,挥发油提取率为酒炖>酒蒸>九制>生地黄≈清蒸>鲜地黄。脂肪油和挥发油热图均显示酒炖和九制熟地黄聚为一类。结论 油类成分种类和相对含量改变和调整,是熟地黄药性和功能主治差异的重要物质基础;加入辅料酒、砂仁和增加蒸晒次数有助于降低地黄的寒滑之性和熟地黄的滋腻之性,增强熟地黄温补作用;挥发油成分是熟地黄“气微”的物质基础。

**关键词:**熟地黄;炮制;脂肪油;挥发油;GC-MS

**中图分类号:**R285.5

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673-7717(2025)12-0079-09

## Influence of Different Preparation and Processing Methods on Oil Components in Dihuang (Rehmanniae Radix) and Correlation between Properties and Effects

LI Ning<sup>1</sup>, LI Hongwei<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Yumei<sup>1</sup>, ZHANG Yiming<sup>1</sup>, LIU Mengyun<sup>1</sup>, KANG Le<sup>1</sup>,  
CAO Yangang<sup>1</sup>, LI Kai<sup>1,2,3</sup>, ZHU Jianguang<sup>1</sup>, FEEN Weisheng<sup>1</sup>

(1. School of Pharmacy, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, Henan, China;

2. Collaborative Innovation Center of Research and Development on the Whole Industry Chain of Yu-Yao, Zhengzhou 450046, Henan, China;

3. Henan Research Center for Special Processing Technology of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, Henan, China)

**Abstract:** *Objective* To investigate the effects of preparation and processing methods on the contents of oil components in Dihuang (Rehmanniae Radix) and clarify the correlation between oil components with medicinal properties, in order to provide guidance for processing research and clinical application. *Methods* The extraction of volatile oil refers to the volatile oil determination method A in the 2020 edition of *Chinese Pharmacopoeia*, and the Soxhlet method was used to extract fatty oil. Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) was used to identify the oil components and their relative contents. Thermographic analysis was used to clarify the characteristics of the influence of different preparation and processing methods on oil components. Combined with literature review, the correlation of processing, preparation, components and properties was discussed. *Results* The oil components were mainly fatty acids. The order of the extraction rate of fatty oil was fresh Dihuang (Rehmanniae Radix) > raw Dihuang (Rehmanniae Radix) > steaming with wine ≈ stewing with wine > steaming and exposing nine times with Sharen (Amomi Fructus) > steaming without ingredients, and the order of the volatile oil extraction rate was stewing with wine > steaming with wine > steaming and exposing nine times with Sharen (Amomi Fructus) > raw Dihuang (Rehmanniae Radix) ≈ steaming without ingredients > fresh Dihuang (Rehmanniae Radix). The heat map analysis of fatty oil and volatile oil showed that Shudihuang (Rehmanniae Radix Praeparata) stewing with wine and that steaming and exposing nine times with Sharen (Amomi Fructus) were clustered one category. *Conclusion* The changes and adjustments of the types and relative contents of oil components were important material basis for the differences in medicinal property of Dihuang (Rehmanniae Radix) processed products. Adding wine, Sharen (Amomi Fructus) or increasing steaming and exposing times were helpful in reducing the cold nature of Dihuang (Rehmanniae Radix), and the greasy nature of Shudihuang (Rehmanniae Radix Praeparata), and enhance the warming-reinforcing effect. The volatile oil components in different products of Dihuang (Rehmanniae Radix) were the material basis of their “Qiwei”.

**Keywords:** Dihuang (Rehmanniae Radix); processing; fatty oil; volatile oil; GC-MS

**基金项目:**国家自然科学基金面上项目(82474099);河南省科技攻关项目(232102311214,242102310542);河南省科技研发计划联合基金(优势学科培育类)项目(232301420073)

**作者简介:**李宁(1998-),女,山东潍坊人,硕士在读,研究方向:中药炮制机理及饮片标准化。

**通讯作者:**李红伟(1979-),男,河南长葛人,副教授,硕士研究生导师,博士,研究方向:中药炮制机理及饮片标准化。E-mail: lhw20091068@sina.com。

冯卫生(1960-),男,河南林州人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向:中药药效物质基础研究及新药开发。E-mail: fwsh@hactem.edu.cn。

地黄为玄参科植物地黄 *Rehmannia glutinosa* Libosch. 的新鲜或干燥块根,始载于《神农本草经》,被列为上品,因其功效显著而作为对症之要药一君药。《中华人民共和国药典》2020年版收载地黄3种炮制品—鲜地黄、生地黄和熟地黄,三者药性和功能主治迥异<sup>[1]</sup>。现有研究表明无论从化学成分的含量,还是从种类来说三者都具有明显差别<sup>[2-3]</sup>。

地黄及其炮制品中化学成分的研究,先前多集中于环烯醚萜、苯乙醇苷、酚酸、糖类等,而油类成分的研究相对较少<sup>[4-7]</sup>。倪慕云等最早研究发现地黄及其炮制品中含有脂肪酸类成分<sup>[8-10]</sup>,陈旭等从鲜地黄中分离得到十七烷酸甲酯等油类成分<sup>[11]</sup>,李孟等对鲜地黄、生地黄和熟地黄中脂肪油类成分的种类和相对含量进行分析,明确三者之间的差异<sup>[12]</sup>。挥发油成分最早发现于干地黄中,并初步进行了定性鉴别<sup>[13]</sup>。目前,地黄不同制品中油类成分研究亟待解决两方面的科学问题:一是熟地黄炮制品存在多种炮制方法和工艺,不同炮制方法和工艺对其油类成分的影响和变化规律并不明确;二是地黄各炮制品中油类成分的变化与其药性和功能主治的关联性未得到科学的阐释。因此,本研究基于气相色谱-质谱联用技术(Gas Chromatography-Mass Spectrometry, GC-MS)和聚类热图分析,全面和系统性地地黄3种炮制品中油类成分(脂肪油和挥发油)进行定量和定性分析,明晰制法和工艺对油类成分的影响,探讨制法和工艺-油类成分-药性-功能主治的关联性,从油类成分角度阐明地黄不同制品的性效关联性,以及熟地黄炮制方法和工艺的科学内涵。

## 1 材料

1.1 仪器 GC-2010Uira型气相色谱-质谱仪(日本岛津公司);色谱柱为HP-FFAP(30 mm×0.25 mm×0.25 μm)。7890/7000B型三重串联四极杆GC-MS仪(美国Agilent公司);色谱柱为HP-5(30 mm×0.25 mm×0.1 μm)。LGJ-10D型冷冻干燥机(北京四环科学仪器厂有限公司);SHSL型电热套(上海树立仪器仪表有限公司);114B摇摆式粉碎机(瑞安市永历制药机械有限公司);HH-6数显恒温水浴锅(上海力辰邦西仪器科技有限公司);N-1100旋转蒸发器(日本东京理化器械株式会社);HWL-125型电热恒温干燥箱(天津市莱玻特瑞仪器设备有限公司)。

1.2 试剂 石油醚(批号20230515)及甲醇(批号20230212),天津市富宇精细化工有限公司;正己烷(批号2020091801),山东禹王和天下新材料有限公司;无水硫酸钠(批号S112268),阿拉丁试剂有限公司;氢氧化钾(批号20140601),天津市致远化学试剂有限公司;三氟化硼甲醇络合物(批号C10006531),上海麦克林生化科技有限公司;黄酒(批号20211013A),绍兴柯桥第三酒厂。

1.3 试药 鲜地黄、生地黄产自河南焦作,砂仁产自广东阳春,经河南中医药大学药学院董诚明教授鉴定为玄参科地黄属植物地黄 *R. glutinosa* Libosch. 的新鲜块根与干燥块根以及姜科植物阳春砂 *Amomum villosum* Lour. 的干燥成熟果实。

## 2 方法

2.1 炮制品制备 鲜地黄:取鲜地黄原药材,除去杂质,洗净,切厚片,冷冻干燥<sup>[12]</sup>。

生地黄:取鲜地黄药材,置于烘箱中75℃干燥,取出,稍闷,放凉,干燥,即得<sup>[12]</sup>。

九制熟地黄:取生地黄,参照《河南省中药饮片炮制规范》2022版方法制备;加入黄酒和砂仁蒸制九次,晾至外皮黏液稍干时,切厚片,干燥。(100 kg生地黄用黄酒50 kg、砂仁粉0.9 kg)

清蒸熟地黄:取生地黄,蒸制12 h,闷12 h后,上下翻动1

次,如此反复蒸闷2次,70℃干燥,取出,放凉<sup>[14]</sup>。

酒蒸熟地黄:取生地黄,加入黄酒。蒸制12 h,闷12 h后,上下翻动1次,如此反复蒸闷2次,70℃干燥,取出,放凉。(100 kg生地黄用黄酒40 kg)<sup>[14]</sup>。

酒炖熟地黄:取生地黄,加入黄酒拌匀,闷润至酒吸尽,在陶瓷罐里隔水,连续炖制48 h后,70℃干燥,取出,放凉(100 kg生地黄用黄酒40 kg)<sup>[14]</sup>。

2.2 挥发油与脂肪油供试品制备 挥发油提取参照2020年版《中华人民共和国药典》中挥发油测定法甲法,分别取100.00 g地黄不同炮制品,粉碎,加10倍量蒸馏水,保持微沸提取8 h,收集挥发油,无水硫酸钠脱水干燥即得<sup>[15]</sup>。

脂肪油提取,分别取地黄不同炮制品20.0 g,粉碎,加入200 mL石油醚索氏回流提取8 h,减压干燥即得。所得脂肪油进一步进行甲酯化反应,得到脂肪油供试品<sup>[15]</sup>。

计算得率为 $y = a/b \times 100\%$ ,其中 $y$ 为脂肪油或挥发油得率, $a$ 为各制品脂肪油或挥发油质量, $b$ 为各炮制品质量。

2.3 GC-MS分析条件 脂肪油:HP-5型石英毛细管柱(30 mm×0.25 mm,0.1 μm);高纯氦气(99.999%),1.0 mL·min<sup>-1</sup>;进样口温度为240℃;进样量为1.0 μL;2:1分流;升温程序为80℃保持2 min,按10℃·min<sup>-1</sup>升温至155℃并保持35 min,再按10℃·min<sup>-1</sup>升温至190℃并保持2 min,然后再以2℃·min<sup>-1</sup>升温至230℃并保持10 min;气化室温度为280℃;接口温度为240℃。离子源为电子轰击源,温度为230℃,电子能量为70 eV;扫描范围为质荷比( $m \cdot z^{-1}$ )30~600;溶剂延迟时间为4.5 min,接口温度为240℃。

挥发油:HP-FFAP型石英毛细管柱(30 mm×0.25 mm×0.25 μm),高纯氦气(99.999%),流速:1.0 mL·min<sup>-1</sup>,进样口温度:250℃。进样量:1.0 μL,分流比:40:1。升温程序:初始温度80℃并保持0.5 min,以30℃·min<sup>-1</sup>的速度升温至165℃并保持1 min,再以4℃·min<sup>-1</sup>的速度升温至175℃并保持5 min,再以3℃·min<sup>-1</sup>的速度升温至190℃并保持5 min,再以4℃·min<sup>-1</sup>的速度升温至210℃并保持8 min,然后再以4℃·min<sup>-1</sup>升温至220℃并保持2 min。离子源为电子轰击源,温度为200℃,电子能量为70 eV;扫描范围为质荷比35~1000  $m \cdot z^{-1}$ ;溶剂延迟时间为2 min,接口温度为220℃。

2.4 定性分析与数据处理 运用GC-MS分析鲜地黄与生地黄及炮制品的挥发油、脂肪油成分,得到的总离子流图在NIST11、NIST17质谱数据库(匹配度为90%以上)中检索,并查阅文献进行定性分析,采用峰面积归一化法计算各挥发性成分的相对含量。统计学方法采用TBtools v1.120软件绘制热图。

## 3 结果

3.1 GC-MS 鲜地黄脂肪油、挥发油总离子流图见图1和图2,成分种类及相对含量检测结果见表1、表2。生地黄不同炮制品中的脂肪油和挥发油类成分主要是脂肪酸类,其次是萜类、芳香族类、醇、醛和酮等。

3.2 脂肪油 脂肪油提取率为鲜地黄>生地黄>酒蒸≈酒炖>九制>清蒸,表明鲜地黄→生地黄→熟地黄,脂肪油提取率、检出成分种类和鉴定成分种类均逐渐降低或减少;熟地黄不同炮制工艺中,加辅料酒炮制熟地黄脂肪油提取率高于清蒸炮制。脂肪油所含不饱和脂肪酸的相对含量大小顺序为生地黄>鲜地黄>酒蒸>九制>酒炖>清蒸。见表1、表3。

3.3 挥发油 挥发油提取率为酒炖>酒蒸>九制>生地黄≈清蒸>鲜地黄,酒炖由于密闭性相对较好,其挥发油提取率最

高,表明酒炖炮制利于挥发性成分的保留;九制熟地黄挥发油提取率相对清蒸熟地黄高,可能与添加富含挥发油的砂仁有关,因九制熟地黄挥发油中检测出砂仁挥发油中成分—乙酸异

龙脑酯和蓝桉醇<sup>[16]</sup>。挥发油成分以脂肪酸为主,其中所提取不饱和脂肪酸的相对含量大小顺序为鲜地黄 > 生地黄 > 酒炖 > 九制 > 酒蒸 > 清蒸。见表2和表3。

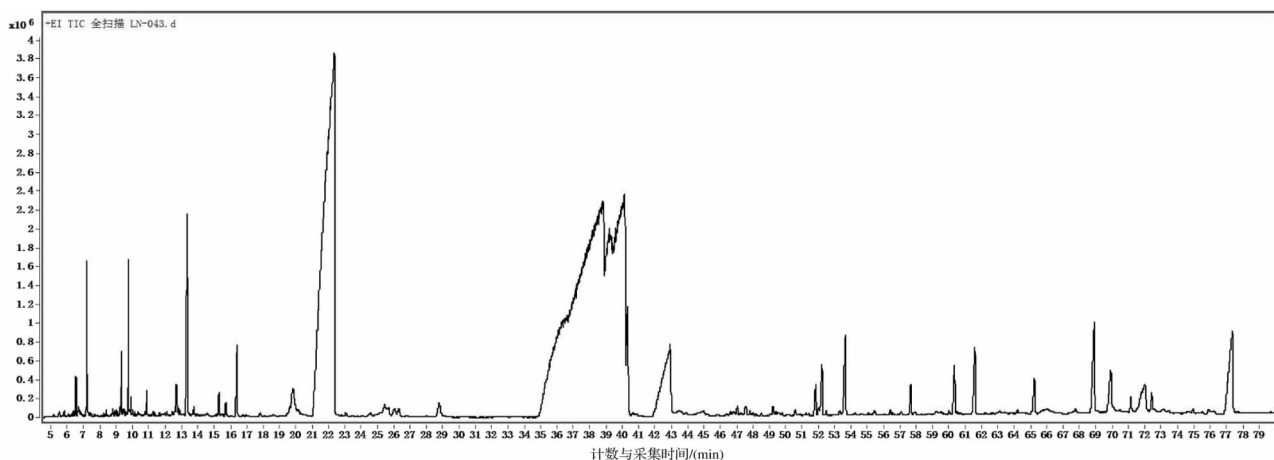


图1 鲜地黄脂肪油总离子流图

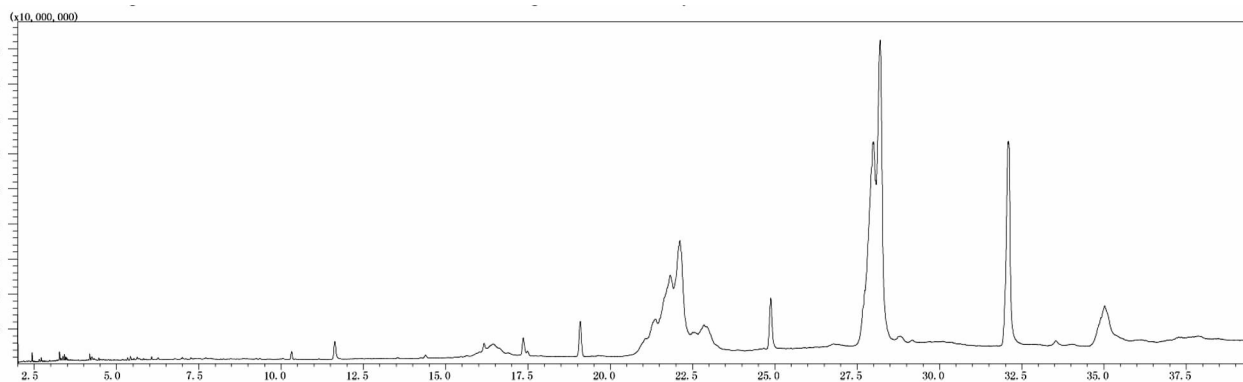


图2 鲜地黄挥发油总离子流图

表1 各样品脂肪油成分及相对含量(n=3)

单位:%

序号	$t_R$ / (min)	成分	分子式	鲜地黄	生地黄	熟地黄			
						清蒸	酒蒸	酒炖	九制
1	5.468	草蒿脑	$C_{10}H_{12}O$	0.05	-	0.31	0.19	0.07	0.69
2	5.781	壬酸甲酯	$C_{10}H_{20}O_2$	0.03	0.02	0.10	-	-	-
3	6.334	正十四烷	$C_{14}H_{30}$	0.02	0.03	-	-	-	-
4	6.039	3-甲基-5-丙基壬烷	$C_{13}H_{28}$	-	0.01	-	-	-	-
5	6.509	4,6-二甲基十二烷	$C_{14}H_{30}$	0.16	0.14	-	0.16	2.80	0.45
6	6.334	6-乙基-3-草酸正丁酯	$C_{18}H_{34}O_4$	-	-	0.06	-	-	-
7	6.504	2,7,10-三甲基十二烷	$C_{15}H_{32}$	-	-	0.27	-	-	-
8	6.670	茴香脑	$C_{10}H_{12}O$	0.04	0.05	0.45	0.04	-	-
9	7.153	癸酸甲酯	$C_{11}H_{22}O_2$	0.30	0.50	0.37	0.36	0.28	0.23
10	7.977	肉桂酸甲酯	$C_{10}H_{10}O_2$	-	-	-	0.04	-	-
11	8.189	正十二烷	$C_{12}H_{26}$	-	-	-	-	-	0.09
12	8.990	2,6,10-三甲基十四烷	$C_{17}H_{36}$	0.02	0.07	0.79	0.04	1.13	0.60
13	8.935	2,6-双(1,1-二甲基乙基)-2,5-环己烯-1,4-二酮	$C_{14}H_{20}O_2$	-	-	0.63	-	-	-
14	9.239	正十七烷	$C_{17}H_{36}$	0.04	0.04	-	-	-	-
15	9.289	正十六烷	$C_{16}H_{34}$	0.17	0.13	0.59	0.26	0.32	0.67
16	9.678	肉豆蔻醚	$C_{11}H_{12}O_3$	0.04	-	-	-	-	-
17	9.740	月桂酸甲酯	$C_{13}H_{26}O_2$	0.40	0.41	0.36	0.58	0.35	0.33
18	9.860	2,6,11,15-四甲基十六烷	$C_{20}H_{42}$	0.05	0.07	0.18	-	-	-
19	10.837	5,9-二甲基-三环[6.3.0.0(1,5)]十一碳-2-烯-4-酮	$C_{13}H_{18}O$	-	-	-	0.09	-	-
20	10.841	3,3,4,6-四甲基-2,3-2H-苯并呋喃-2-酮	$C_{12}H_{14}O_2$	-	0.07	-	-	-	-

续表1 各样品脂肪油成分及相对含量( $n=3$ )

单位:%

序号	$t_R$ / (min)	成分	分子式	鲜地黄	生地黄	熟地黄			
						清蒸	酒蒸	酒炖	九制
21	11.200	正十三烷酸甲酯	$C_{14}H_{28}O_2$	0.01	-	-	-	-	-
22	11.624	2,6,10-三甲基十五烷	$C_{18}H_{38}$	-	-	0.06	-	0.05	-
23	11.628	2,6,11-三甲基十二烷	$C_{15}H_{32}$	-	-	-	-	0.03	-
24	12.402	12-甲基十三烷酸甲酯	$C_{15}H_{30}O_2$	-	-	0.11	0.05	0.05	0.10
25	12.793	2,6,10,14-四甲基十五烷	$C_{19}H_{40}$	0.01	-	0.05	-	-	-
26	13.249	肉豆蔻酸甲酯	$C_{15}H_{30}O_2$	5.99	1.33	1.06	2.51	1.87	1.71
27	13.719	2,6,10,15-四甲基十七烷	$C_{21}H_{44}$	0.13	-	0.30	-	0.31	0.38
28	13.783	正二十一烷	$C_{21}H_{44}$	0.04	0.01	-	-	-	-
29	14.174	正十一烷环己烷	$C_{17}H_{34}$	-	-	0.02	-	-	-
30	14.584	正十四烷酸	$C_{14}H_{28}O_2$	0.06	-	-	-	-	-
31	15.280	顺-5-月桂烯酸甲酯	$C_{13}H_{24}O_2$	0.10	0.13	-	-	-	-
32	15.505	正十八烷	$C_{18}H_{38}$	0.02	0.02	-	-	-	-
33	15.708	(9Z)-9-油酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	0.13	0.09	-	0.21	-	-
34	16.012	1,2-环氧十六烷	$C_{16}H_{32}O$	0.01	-	-	-	-	-
35	16.404	正十五烷酸甲酯	$C_{16}H_{32}O_2$	0.68	0.51	0.52	0.76	0.84	1.39
36	16.725	2-甲基二十六烷	$C_{27}H_{56}$	0.01	-	-	-	-	-
37	16.937	植酮	$C_{18}H_{36}O$	0.02	0.01	-	-	-	-
38	17.779	植醇	$C_{20}H_{40}O$	-	0.01	-	-	-	0.24
39	17.807	顺-9-棕榈油酸	$C_{16}H_{30}O_2$	-	0.03	-	-	-	-
40	17.817	棕榈醛	$C_{16}H_{30}O$	0.02	-	-	-	-	-
41	19.051	17-炔-十八酸甲酯	$C_{19}H_{34}O_2$	0.02	0.01	-	0.03	-	0.26
42	19.064	14-甲基十五烷酸甲酯	$C_{17}H_{34}O_2$	-	-	-	0.05	-	-
43	19.708	顺-7-十六碳烯酸甲酯	$C_{17}H_{32}O_2$	-	-	0.52	0.02	-	2.55
44	19.850	(9Z)-9-棕榈油酸甲酯	$C_{17}H_{32}O_2$	1.07	0.54	0.22	1.12	1.93	-
45	20.763	3,5-双(1,1-二甲基乙基)-4-羟基-苯丙酸甲酯	$C_{18}H_{28}O_3$	-	-	1.47	-	-	0.76
46	22.296	棕榈酸甲酯	$C_{17}H_{34}O_2$	22.76	23.77	7.58	25.30	23.45	21.34
47	23.029	2,6,10,14-四甲基十六烷	$C_{20}H_{42}$	0.04	0.03	-	0.02	-	-
48	24.520	月桂醛二甲缩醛	$C_{14}H_{30}O_2$	0.03	0.05	-	-	-	-
49	25.418	棕榈酸	$C_{16}H_{32}O_2$	-	0.19	-	0.06	-	-
50	25.566	(9Z,12Z)-9,12-亚油酸	$C_{18}H_{32}O_2$	0.14	-	-	0.03	-	-
51	25.795	(9Z,12Z)-9,12-亚麻酰氯	$C_{18}H_{31}ClO$	0.16	0.11	-	0.13	-	-
52	26.317	顺-10-十七碳烯酸甲酯	$C_{18}H_{34}O_2$	0.13	0.07	-	-	-	-
53	26.781	2-己基-环丙烷辛酸甲酯	$C_{18}H_{34}O_2$	0.03	0.01	-	0.12	0.05	-
54	27.843	正十五烷醛	$C_{15}H_{30}O$	-	-	0.20	0.05	0.08	0.12
55	27.983	硬脂烷醛	$C_{18}H_{36}O$	0.03	-	-	-	-	-
56	28.01	1,2-环氧十八烷	$C_{18}H_{36}O$	-	0.01	-	-	-	-
57	28.556	正十七烷酸甲酯	$C_{18}H_{36}O_2$	0.35	0.25	-	0.38	0.33	0.31
58	28.557	15-甲基十六烷酸甲酯	$C_{18}H_{36}O_2$	-	-	0.12	-	-	-
59	32.674	(3Z)-3-十七碳烯-5-炔	$C_{17}H_{30}$	-	-	-	0.03	-	-
60	38.766	(9Z,12Z)-9,12-亚油酸甲酯	$C_{19}H_{34}O_2$	43.26	39.99	4.71	26.36	26.59	29.32
61	39.203	(9Z,12Z,15Z)-9,12,15-亚麻酸甲酯	$C_{19}H_{32}O_2$	2.80	5.95	1.05	4.99	6.09	6.52
62	39.834	(9E)-9-油酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	8.85	10.75	2.06	15.45	8.78	-
63	40.170	(11E)-11-油酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	2.39	0.83	3.84	4.83	1.61	14.13
64	40.548	(9Z)-9-油酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	0.04	0.02	-	-	-	-
65	38.686	3,8-二甲基十一烷	$C_{13}H_{28}$	-	-	0.09	-	-	-
66	38.912	2-甲基二十四烷	$C_{25}H_{52}$	-	-	-	0.02	-	-
67	40.486	硬脂酸甲酯	$C_{19}H_{38}O_2$	2.73	3.38	1.71	3.47	2.00	2.38
68	44.411	(11Z)-11-油酸	$C_{18}H_{34}O_2$	0.03	0.14	-	-	-	-
69	46.63	棕榈酰胺	$C_{16}H_{33}NO$	-	0.04	-	-	-	-
70	47.008	1,1-二甲氧基十八烷	$C_{20}H_{42}O_2$	0.07	-	-	-	-	-
71	47.233	1-三十七烷醇	$C_{37}H_{76}O$	-	0.01	-	-	-	-
72	47.486	顺-9-反-11-油酸甲酯	$C_{19}H_{34}O_2$	0.09	-	-	-	-	-
73	47.786	顺-10-十九烯酸甲酯	$C_{20}H_{38}O_2$	0.02	0.03	-	-	-	-

续表1 各样品脂肪油成分及相对含量(n=3)

单位:%

序号	$t_R$ / (min)	成分	分子式	鲜地黄	生地黄	熟地黄			
						清蒸	酒蒸	酒炖	九制
74	47.984	顺-9,10-环丙基十九烷酸甲酯	$C_{20}H_{38}O_2$	0.02	-	-	-	-	-
75	48.368	乙酸二十烷酯	$C_{22}H_{44}O_2$	0.06	0.01	0.35	-	0.75	0.38
76	49.056	(7Z,12Z)-7,12-十八碳二烯酸甲酯	$C_{19}H_{34}O_2$	0.03	-	-	-	-	-
77	49.063	花生四烯酸甲酯	$C_{21}H_{34}O_2$	-	-	-	0.16	-	-
78	49.215	正十九烷酸甲酯	$C_{20}H_{40}O_2$	0.07	0.07	-	0.06	-	-
79	49.782	(5Z,8Z,11Z,14Z,17Z)-5,8,11,14,17-二十碳五烯酸甲酯	$C_{21}H_{32}O_2$	0.04	-	-	0.25	-	-
80	50.737	(6Z,9Z,12Z)-6,9,12-十八碳三烯酸甲酯	$C_{19}H_{32}O_2$	0.01	-	-	-	-	-
81	51.243	顺-6,9-反-11-十八碳三烯酸甲酯	$C_{19}H_{32}O_2$	0.01	0.01	-	0.04	-	-
82	51.253	顺-9-反-11,13-十八碳三烯酸甲酯	$C_{19}H_{32}O_2$	0.02	0.01	-	-	-	-
83	51.692	顺-11,14-二十碳二烯酸甲酯	$C_{21}H_{38}O_2$	0.17	0.24	-	0.16	-	-
84	51.696	(9Z,12Z)-9,12-亚麻醇	$C_{18}H_{34}O$	-	-	-	-	0.11	-
85	52.184	顺-11-二十碳烯酸甲酯	$C_{21}H_{40}O_2$	0.24	0.42	-	0.50	-	-
86	52.473	顺-13-二十碳烯酸	$C_{20}H_{38}O_2$	-	0.03	-	-	-	-
87	53.469	正二十烷酸甲酯	$C_{21}H_{42}O_2$	0.76	-	-	-	0.89	0.64
88	53.470	18-甲基-十九烷酸甲酯	$C_{21}H_{42}O_2$	-	-	-	0.92	-	-
89	54.103	(9Z)-9-油酸酰胺	$C_{18}H_{35}NO$	0.01	-	-	-	-	-
90	54.259	(9Z,12Z)-9,12-十八碳二烯酸丁酯	$C_{22}H_{40}O_2$	-	0.01	-	-	-	-
91	54.591	顺-11-十八碳烯酸	$C_{18}H_{34}O_2$	-	0.01	-	-	-	-
92	56.526	正二十七烷	$C_{27}H_{56}$	0.02	0.02	-	-	2.65	0.23
93	56.925	乙酸二十二烷酯	$C_{24}H_{48}O_2$	0.03	-	-	-	-	-
94	57.015	(9Z)-8-甲基-9-十四碳烯酸甲酯	$C_{15}H_{28}O_2$	-	-	-	0.11	-	-
95	57.571	正二十一烷酸甲酯	$C_{22}H_{44}O_2$	0.16	0.23	-	0.17	0.14	-
96	60.014	顺-13,16-二十碳二烯酸甲酯	$C_{23}H_{42}O_2$	-	0.03	-	-	-	-
97	60.229	芥酸	$C_{22}H_{42}O_2$	-	-	-	0.10	-	-
98	60.273	(13Z)-13-芥酸甲酯	$C_{23}H_{44}O_2$	0.04	0.41	-	-	-	-
99	60.44	正二十一烷	$C_{21}H_{44}$	0.03	0.20	-	-	1.08	-
100	60.484	正二十五烷	$C_{25}H_{52}$	0.02	-	-	-	-	-
101	61.453	山嵛酸甲酯	$C_{23}H_{46}O_2$	0.41	0.65	-	1.01	2.15	0.98
102	64.200	11-(1-乙基丙基)-二十一烷	$C_{26}H_{54}$	-	0.02	-	-	-	-
103	65.160	正二十三烷酸甲酯	$C_{24}H_{48}O_2$	0.23	0.30	-	0.28	-	-
104	66.060	2,2-二甲基-3-(3,7,16,20-四甲基-3,7,11,15,19-二十碳戊烯基)-环氧乙烷	$C_{29}H_{48}O$	-	0.18	-	-	-	-
105	68.741	正二十四烷酸甲酯	$C_{25}H_{50}O_2$	0.47	1.04	0.45	1.48	3.16	1.24
106	69.704	(13Z)-13-芥酸酰胺	$C_{22}H_{43}NO$	0.22	0.58	0.59	-	-	-
107	69.714	(9Z)-9-油酸酰胺	$C_{18}H_{35}NO$	-	-	-	0.06	-	-
108	70.399	(1E,6E,10E,14E,18E,22E)-2,6,10,15,19,23-六甲基-1,6,10,14,18,22-二十碳六烯-3-醇	$C_{30}H_{50}O$	0.03	-	8.76	2.81	-	-
109	71.099	2,3-环氧角鲨烯	$C_{30}H_{50}O$	-	-	-	0.04	-	-
110	71.150	角鲨烯	$C_{30}H_{50}$	0.10	0.13	-	-	-	-
111	71.582	正二十八烷酸甲酯	$C_{29}H_{58}O_2$	0.52	0.85	42.96	-	3.29	2.87
112	72.356	正二十五烷酸甲酯	$C_{26}H_{52}O_2$	-	0.15	-	0.11	-	-
113	73.175	$\beta$ -谷甾醇	$C_{29}H_{50}O$	-	-	2.90	-	-	-
114	73.459	正二十二烷二酸二甲酯	$C_{24}H_{46}O_4$	-	0.02	-	-	-	-
115	76.950	蜡酸甲酯	$C_{27}H_{54}O_2$	0.59	1.99	-	1.38	0.12	-

注:“-”表示未检出。

表2 各样品水蒸气蒸馏提取挥发油成分及相对含量(n=3)

单位:%

序号	$t_R$ / (min)	成分	分子式	鲜地黄	生地黄	熟地黄			
						清蒸	酒蒸	酒炖	九制
1	2.179	正十四烷	$C_{14}H_{30}$	-	-	-	0.01	-	-
2	2.279	2,6,10-三甲基十五烷	$C_{18}H_{38}$	-	-	-	0.02	-	-
3	2.320	4-甲基十二烷	$C_{13}H_{28}$	-	-	-	0.01	-	-
4	2.395	4,6-二甲基十二烷	$C_{14}H_{30}$	-	-	-	0.02	-	-
5	2.437	正十六烷	$C_{16}H_{34}$	0.14	-	0.03	0.23	0.04	0.02

续表2

各样品水蒸气蒸馏提取挥发油成分及相对含量( $n=3$ )

单位:%

序号	$t_R$ / (min)	成分	分子式	鲜地黄	生地黄	熟地黄			
						清蒸	酒蒸	酒炖	九制
6	2.475	正十八烷	$C_{18}H_{38}$	-	-	-	0.01	-	-
7	2.525	5-丁基壬烷	$C_{13}H_{28}$	-	-	-	0.01	-	-
8	2.740	2-异丙基-5-甲基-1-庚醇	$C_{11}H_{24}O$	0.02	-	-	-	-	-
9	2.855	2,2,6-三甲环己酮	$C_9H_{16}O$	0.01	-	0.01	-	-	-
10	2.956	异丙基十四烷基醚	$C_{17}H_{36}O$	-	-	-	0.02	-	-
11	3.165	正十七烷	$C_{17}H_{36}$	-	-	-	0.03	-	-
12	3.195	2-甲基二十八烷	$C_{29}H_{60}$	0.01	-	-	-	-	-
13	3.198	正十九烷	$C_{19}H_{40}$	-	-	-	0.02	-	-
14	3.265	正二十烷	$C_{20}H_{42}$	0.18	-	0.02	0.30	0.01	-
15	3.365	正二十一烷	$C_{21}H_{44}$	-	-	-	0.05	-	-
16	3.375	$\beta$ -环柠檬醛	$C_{10}H_{16}O$	0.04	-	-	-	-	-
17	3.595	壬基十四烷基醚	$C_{23}H_{48}O$	-	-	-	0.01	-	-
18	3.986	乙酸异龙脑酯	$C_{12}H_{20}O_2$	-	-	-	-	-	0.02
19	4.279	$\alpha$ -二氢蒎品醇	$C_{10}H_{20}O$	-	-	-	0.09	-	-
20	4.330	6-甲基-1,2,3,5,8,8a-六氢萘	$C_{11}H_{16}$	0.02	-	-	-	-	-
21	4.525	藏花烷	$C_{20}H_{42}$	-	-	-	0.02	-	-
22	5.426	正二十九烷	$C_{29}H_{60}$	-	-	-	0.04	-	-
23	5.526	月桂酸乙酯	$C_{14}H_{28}O_2$	-	-	-	0.08	0.04	-
24	5.530	二十二烷酸乙酯	$C_{24}H_{48}O_2$	-	-	0.01	-	-	-
25	5.534	十一烷酸乙酯	$C_{13}H_{26}O_2$	-	0.01	-	-	-	-
26	5.627	顺式茴香脑	$C_{10}H_{12}O$	0.05	0.05	-	-	-	-
27	5.695	11-(1-乙基丙基)-二十一烷	$C_{26}H_{54}$	-	-	-	0.02	-	-
28	5.705	顺式香叶基丙酮	$C_{13}H_{22}O$	0.02	0.01	0.01	-	-	-
29	5.820	正二十四烷	$C_{24}H_{50}$	0.01	-	0.01	0.02	-	-
30	5.895	3-(1,5-二甲基己-4-烯基)-2,2-二甲基-环五烷-3-烯-1-醇	$C_{15}H_{26}O$	-	-	-	-	-	0.01
31	5.897	2-甲基十二烷	$C_{13}H_{28}$	-	-	-	0.01	-	-
32	6.070	6-甲基-6-(5-甲基呋喃-2-基)庚烷-2-酮	$C_{13}H_{20}O_2$	0.03	0.01	0.02	-	-	-
33	6.245	3-[[呋喃-2-甲基]氨基]甲基]-4a-羟基-5-甲氧基-5-十氢萘并[2,3-b]呋喃-2-酮	$C_{21}H_{31}NO_5$	-	-	-	-	-	0.02
34	7.105	肉豆蔻酸甲酯	$C_{15}H_{30}O_2$	-	0.03	0.04	-	-	-
35	7.270	植酮	$C_{18}H_{36}O$	-	-	-	0.03	0.01	-
36	7.275	2-十五烷酮	$C_{15}H_{30}O$	-	-	0.02	-	-	-
37	7.290	丁香酚甲醚	$C_{11}H_{14}O_2$	-	0.01	-	-	-	-
38	7.375	13-甲基-十四醛	$C_{15}H_{30}O$	-	-	-	0.02	-	-
39	7.376	十四烷醛	$C_{14}H_{28}O$	-	-	0.01	-	-	-
40	7.570	肉豆蔻酸乙酯	$C_{16}H_{32}O_2$	-	0.07	0.03	0.57	0.27	0.12
41	8.079	蓝桉醇	$C_{15}H_{26}O$	-	-	-	-	-	0.03
42	8.475	十五烷酸甲酯	$C_{16}H_{32}O_2$	-	0.01	0.01	-	-	-
43	9.060	十五烷酸乙酯	$C_{17}H_{34}O_2$	-	-	0.01	0.09	0.05	0.03
44	9.480	(9Z)-9-十五碳烯酸乙酯	$C_{17}H_{32}O_2$	-	-	-	0.03	0.02	-
45	9.992	二十二烷	$C_{22}H_{46}$	-	-	-	0.14	-	-
46	10.315	棕榈酸甲酯	$C_{17}H_{34}O_2$	0.16	0.56	1.02	0.19	0.08	0.16
47	10.945	(9Z)-9-棕榈油酸甲酯	$C_{17}H_{32}O_2$	-	0.01	0.05	-	-	-
48	11.210	棕榈酸乙酯	$C_{18}H_{36}O_2$	-	0.52	0.71	10.27	4.71	2.23
49	11.631	正癸酸	$C_{10}H_{20}O_2$	0.54	0.09	0.12	0.17	0.10	0.05
50	11.800	(9E)-9-棕榈油酸乙酯	$C_{18}H_{34}O_2$	-	-	0.03	0.41	0.20	0.08
51	11.835	(9E)-9-棕榈油酸甲酯	$C_{17}H_{32}O_2$	-	0.02	-	-	-	-
52	12.375	(5E)-1,5-十二碳二烯	$C_{12}H_{22}$	-	-	0.02	-	-	-
53	12.380	2-甲基二十四烷	$C_{25}H_{52}$	-	-	-	0.13	-	-
54	12.821	2,4-二叔丁基苯酚	$C_{14}H_{22}O$	-	-	-	0.12	-	-
55	13.824	十七烷酸乙酯	$C_{19}H_{38}O_2$	-	-	-	0.06	0.03	-
56	14.245	法尼基丙酮	$C_{18}H_{30}O$	-	0.11	0.31	0.16	0.06	0.12
57	15.155	正二十一烷	$C_{21}H_{44}$	-	-	-	0.11	-	-

续表2

各样品水蒸气蒸馏提取挥发油成分及相对含量( $n=3$ )

单位:%

序号	$t_R$ / (min)	成分	分子式	鲜地黄	生地黄	熟地黄			
						清蒸	酒蒸	酒炖	九制
58	15.680	硬脂酸甲酯	$C_{19}H_{38}O_2$	-	0.05	0.08	-	-	-
59	16.153	(9E)-9-油酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	0.16	0.53	1.15	0.13	0.05	0.11
60	16.415	(11E)-11-油酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	-	0.04	0.11	-	-	-
61	16.670	硬脂酸乙酯	$C_{20}H_{40}O_2$	-	0.04	0.05	0.78	0.39	0.13
62	17.150	(9Z)-9-油酸乙酯	$C_{20}H_{38}O_2$	-	-	0.64	-	-	1.30
63	17.200	(9E)-9-油酸乙酯	$C_{20}H_{38}O_2$	-	0.42	-	8.78	3.83	-
64	17.355	月桂酸	$C_{12}H_{24}O_2$	0.59	0.18	0.57	-	-	0.62
65	17.485	(9Z,12Z)-9,12-亚油酸甲酯	$C_{19}H_{34}O_2$	0.12	0.42	1.02	0.29	0.12	0.17
66	18.610	(9Z,12Z)-9,12-亚油酸乙酯	$C_{20}H_{36}O_2$	-	0.37	0.68	4.41	1.91	0.97
67	19.675	(9Z,12Z,15Z)-9,12,15-亚麻酸甲酯	$C_{19}H_{32}O_2$	-	0.11	0.30	-	0.03	-
68	20.925	(9Z,12Z,15Z)-9,12,15-亚麻酸乙酯	$C_{20}H_{34}O_2$	-	0.91	0.20	1.99	0.82	0.36
69	21.375	(9E)-9-油酸	$C_{18}H_{34}O_2$	1.65	0.60	-	-	2.60	-
70	21.820	(9Z)-9-油酸	$C_{18}H_{34}O_2$	27.06	2.33	0.81	0.19	6.72	-
71	22.335	(13Z)-13-芥酸	$C_{22}H_{42}O_2$	-	0.14	-	-	-	-
72	22.500	(9Z)-9-十六碳烯醛	$C_{16}H_{30}O$	1.68	-	-	-	-	-
73	22.910	(13Z)-13-油酸	$C_{18}H_{34}O_2$	-	0.41	-	-	-	-
74	22.940	(10Z)-10-十七碳烯酸	$C_{17}H_{32}O_2$	-	0.40	0.39	-	-	-
75	23.350	(11Z)-11-油酸	$C_{18}H_{34}O_2$	-	1.11	-	-	1.17	1.32
76	24.875	肉豆蔻酸	$C_{14}H_{28}O_2$	2.00	0.87	3.51	2.91	0.92	3.28
77	28.000	(9Z,12Z)-9,12-亚油酸	$C_{18}H_{32}O_2$	41.95	52.36	3.92	3.74	48.07	45.79
78	28.160	正十五烷酸	$C_{15}H_{30}O_2$	-	2.16	7.42	2.46	0.03	0.04
79	29.135	(6Z)-6-油酸	$C_{18}H_{34}O_2$	-	-	0.11	0.44	-	0.78
80	29.145	2-羟基环十五烷酮	$C_{15}H_{28}O_2$	-	0.86	0.70	-	-	-
81	29.171	(9Z)-9-十八碳烯醛	$C_{18}H_{34}O$	0.08	-	-	-	-	-
82	29.438	(9E,12E)-9,12-亚油酸	$C_{18}H_{32}O_2$	-	3.04	-	-	-	-
83	32.080	棕榈酸	$C_{16}H_{32}O_2$	12.21	14.35	71.11	57.86	12.84	28.43
84	33.550	(9E)-9-棕榈油酸	$C_{16}H_{30}O_2$	0.12	-	-	-	-	-
85	33.555	(9Z)-9-棕榈油酸	$C_{16}H_{30}O_2$	-	0.21	2.91	1.51	0.71	1.45
86	34.105	(11Z)-11-棕榈油酸	$C_{16}H_{30}O_2$	-	-	-	-	0.03	-
87	35.025	$\alpha$ -亚麻酸	$C_{18}H_{30}O_2$	3.12	9.64	0.87	-	8.83	12.01
88	35.620	(8Z,11Z,14Z)-8,11,14-二十碳三烯酸	$C_{20}H_{34}O_2$	-	1.59	-	-	-	-
89	36.810	十七烷酸	$C_{17}H_{34}O_2$	-	-	0.35	-	0.03	-
90	36.752	硬脂酸	$C_{18}H_{36}O_2$	-	-	-	0.12	0.20	-
91	36.545	(9E,12E)-9,12-亚油酸甲酯	$C_{19}H_{34}O_2$	-	1.03	-	-	-	0.11

注:“-”表示未检出。

表3 地黄不同炮制品脂肪油、挥发油提取率及种类、相对含量比较

单位:%

指标	油类	鲜地黄	生地黄	熟地黄			
				清蒸	酒蒸	酒炖	九制
提取率	脂肪油	0.470±0.030	0.360±0.010	0.026±0.004	0.043±0.005	0.043±0.002	0.041±0.001
	挥发油	0.008±0.003	0.010±0.001	0.010±0.001	0.019±0.006	0.025±0.003	0.017±0.009
不饱和脂肪酸	脂肪油	22(59.63)	22(59.75)	6(12.40)	16(54.36)	5(45.00)	5(52.78)
	挥发油	7(74.18)	21(75.69)	15(13.19)	11(21.92)	15(75.11)	12(64.45)
饱和脂肪酸	脂肪油	22(36.66)	20(35.68)	13(55.75)	19(39.05)	16(39.72)	13(33.90)
	挥发油	5(15.50)	13(18.94)	15(85.04)	12(75.56)	13(19.69)	10(35.09)
烷烃	脂肪油	17(0.86)	14(0.80)	9(2.35)	5(0.50)	8(8.37)	6(2.42)
	挥发油	4(0.34)	-	3(0.06)	18(1.18)	2(0.05)	1(0.02)
酮	挥发油	3(0.06)	4(0.99)	6(1.07)	2(0.19)	2(0.07)	2(0.14)
其他	脂肪油	12(0.75)	11(1.24)	8(15.31)	10(3.48)	3(0.26)	4(1.81)
	挥发油	6(1.89)	2(0.06)	2(0.03)	6(0.28)	-	3(0.06)

注:“-”表示未检出。

3.4 聚类热图分析 为探究不同炮制品中油类全成分的差异,采用聚类热图分析。以鉴定出化合物峰面积为变量,采用样品间连接平方欧式测度的方法进行聚类分析,并绘制聚类热图,

见插图XXIII图3,图中每一行代表一个化合物,每一列代表一个样品,暖色调红色代表峰面积较大,冷色调蓝色代表峰面积较小<sup>[17]</sup>。由插图XXIII图3可知,各样品聚类热图红色部分为其独

有成分,即各炮制品间的特异性物质。脂肪油聚类热图(插图 XVIII 图 3A)中生地黄和鲜熟地黄聚为一类,酒炖和九制熟地黄聚为一类,表明以上炮制品中脂肪油类成分相似度较高。挥发油聚类热图(插图 XVIII 图 3B)中酒炖和九制熟地黄聚为一类。

#### 4 讨论

4.1 油类成分与“气微”关联性 《中华人民共和国药典》2020年版载“气微”为鲜地黄、生地黄和熟地黄三者的共性,通过本研究表明,三者制品所含的挥发油类共有成分包括棕榈酸及其甲酯、(9Z,12Z)-9,12-亚油酸及其甲酯、肉豆蔻酸,以上共有成分总相对含量均超过 56.00% 以上,说明共有成分不仅是三者共性“气微”的重要物质基础,也是三者药性和功能主治共性的物质基础。现有文献研究可知,肉豆蔻酸及其甲酯无气味,棕榈酸及其甲酯具有脂肪味,而(9Z,12Z)-9,12-亚油酸微弱的脂肪味,其余成分的含量和气味多无气味或脂肪味,进一步说明不同制品“气微”的科学性。

4.2 制法和工艺、油类成分与其药性-功能主治关联性 鲜地黄味甘、苦,性寒,炮制加工成生地黄,寒性和苦味减弱;生地黄加工成熟地黄,苦味消失,寒转微温,功能由清转补。从油类成分角度阐释,油类具有润肠通便或致泻等作用,其主要成分为长链脂肪酸类。熟地黄,鲜地黄和生地黄中含一定量的长链脂肪酸类成分,如棕榈酸、(9Z,12Z)-9,12-亚油酸和肉豆蔻酸等<sup>[18]</sup>。中医认为生地黄之寒,往往致大腹之泻,不可不慎用也。《本草新编》载:“久则脾胃太凉,必至泄泻”。本研究结果表明,鲜地黄→生地黄→熟地黄炮制后,脂肪油提取率显著降低,以及调整脂肪油成分的种类和相对含量,从而减少或消除鲜地黄和生地黄的苦寒滑肠致泻不良反应,增强熟地黄的温补作用。

4.3 熟地黄“相恶为制”降腻关联性 目前,熟地黄炮制并无统一、规范的炮制方法和工艺,究其重要原因中医药学者忌惮其滋腻之性,并以“相恶为制”为制则,通过添加黄酒、砂仁辅料,以及增加蒸晒次数等法来降低其滋腻之性,如《本草害利》载:“盖熟地性泥,得之香窜砂仁,合和五脏冲和之气,归宿丹田,故用好酒入砂仁末在内,拌蒸晾九蒸九晾乃止,入药为良。”<sup>[14,19-22]</sup>李娟等研究表明,在熟地黄不同炮制品中,以清蒸熟地黄的滋腻之性最强,加入辅料酒、砂仁,以及蒸晒次数有助于降低滋腻之性<sup>[14]</sup>。现代研究表明,挥发油多属辛“能行能散”,兴奋胃肠蠕动,排除胃肠积气呆滞,消除胸腹痞满之效<sup>[23]</sup>。本研究结果表明,相对于清蒸熟地黄,加入辅料酒、砂仁,以及蒸晒次数能提高熟地黄中脂肪油和挥发油的提取率及二者不饱和脂肪酸的相对含量,这可能是熟地黄“相恶炮制”降低滋腻之性的原因之一。脂肪油和挥发油热图均显示酒炖和九制熟地黄聚为一类,清蒸熟地黄明显区别于地黄其他炮制品,进一步表明加入辅料酒、砂仁以及增加蒸晒次数是熟地黄“相恶为制”降腻的炮制机制。

同时,九制熟地黄挥发性成分中含有相对其他制品的独有成分:乙酸异龙脑酯和蓝桉醇,二者是砂仁中原有挥发性成分,因此,二者可以作为砂仁降低熟地黄滋腻之性的重要标志性成分<sup>[24-25]</sup>。

综上所述,本研究明晰了地黄不同制品“气微”的物质基础;降低脂肪油提取率,有利于降低鲜地黄和生地黄的寒滑之性,增强熟地黄的温补性能;加入辅料酒、砂仁,以及增加蒸晒次数有利于挥发油提取率升高,是降低熟地黄滋腻之性的原因之一;确立了九制熟地黄的标志性成分,为加辅料酒和砂仁炮制降低熟地黄滋腻之性下一步研究提供思路和研究方向。

#### 参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:中国

医药科技出版社,2020:141.

- [2] 解杨,钟凌云,王卓,等. 地黄炮制历史沿革及现代研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志,2022,28(2):273-282.
- [3] 张登峰,王泰愚,王响,等. 地黄的临床应用及其用量探究[J]. 辽宁中医杂志,2024,51(9):23-26.
- [4] 祁昱彤,张森,刘建勋,等. 中药地黄的现代研究进展及其质量标志物(Q-marker)预测分析[J]. 中华中医药学刊,2023,41(12):176-184.
- [5] 张月月,王君明,巫晓慧. 基于以梓醇为主要成分的地黄环烯醚萜苷生物活性研究[J]. 中华中医药学刊,2022,40(12):75-77.
- [6] 纪玉华,王文丽,杨赞,等. 基于特征图谱和色彩图像技术的生地黄与熟地黄的差异比较研究[J]. 中药材,2023,46(8):1912-1918.
- [7] 陈坤,刘伟,宋梦娇,等. 基于中红外光谱技术对怀地黄中糖类成分的定量分析[J]. 中华中医药学刊,2025,43(5):196-201.
- [8] 倪慕云,边宝林,王宏生. 干地黄化学成分的研究[J]. 中国中药杂志,1992,17(5):297-298.
- [9] 边宝林,倪慕云,王宏杰. 地黄及其炮制品石油醚提取物中酸性成分的分离、鉴定和比较[J]. 中国中药杂志,1991,16(6):339-341.
- [10] 孙瑞霞,冯精兰,李怡帆,等. 气相色谱-质谱法测定怀地黄中的有机成分[J]. 药物分析杂志,2009,29(12):2154-2161.
- [11] 陈旭,曹彦刚,张宇涵,等. 太圣鲜地黄化学成分及生物活性研究[J]. 中华中医药杂志,2023,38(9):4315-4320.
- [12] 李孟,杨颖,邓晓颜,等. 怀中1号地黄不同炮制品中脂溶性成分比较及体外抗氧化活性研究[J]. 中国药房,2022,33(5):563-568,574.
- [13] 袁文杰,曾伟成. 干地黄挥发油 GC-MS 测定[J]. 中药材,1999,22(11):577.
- [14] 李娟,汪庆飞,王新新,等. 地黄不同炮制品对苦寒泻下合并劳倦过度型脾虚大鼠胃肠运动功能的影响[J]. 中草药,2018,49(24):5843-5848.
- [15] 李红伟,徐若颖,宋梦娇,等. 5种炮制方法对小茴香中油类成分组成和相对含量的影响[J]. 中华中医药学刊,2022,40(11):46-54.
- [16] 豆市蓉,曹彦刚,李凯,等. 不同炮制方法对大皂角和猪牙皂中油类成分的影响[J]. 中药材,2022,45(1):137-143.
- [17] 班梦梦,范紫颖,张丹雁,等. 不同产地阳春砂挥发油标志性差异成分分析[J]. 中成药,2024,46(6):1809-1818.
- [18] DEOL P, RUEGGER P, LOGAN G D, et al. Diet high in linoleic acid dysregulates the intestinal endocannabinoid system and increases susceptibility to colitis in Mice[J]. Gut Microbes, 2023, 15(1):2229945.
- [19] 雷星,王小平,张艳,等. 基于 UPLC-Q-TOF-MS 的建昌帮砂仁陈皮制熟地黄适宜炮制时间分析[J]. 中国实验方剂学杂志,2023,29(4):134-143.
- [20] 刘俊杰,王金平,弓铭,等. 熟地滋腻碍胃辨析[J]. 辽宁中医杂志,2019,46(3):509-511.
- [21] 孙小霞,张冰,张晓蒙. 补虚类中药饮片安全问题分析与用药警戒思考[J]. 中华中医药杂志,2016,31(8):3183-3190.
- [22] 陈青垚,王小平,雷星,等. 辅料砂仁、陈皮对熟地黄炮制前后化学成分的影响研究[J]. 中草药,2021,52(20):6168-6177.
- [23] 王雅琪,杨园珍,伍振峰,等. 中药挥发油传统功效与现代研究进展[J]. 中草药,2018,49(2):455-461.
- [24] SONE M, KOMATSU K, ZHU S, et al. Essential oil components in the seed masses of Amomum xanthioides and its related species from Southeast Asia and China[J]. J Nat Med, 2022, 76(2):435-450.
- [25] 陈啸天,肖雪,钱沉鱼,等. 全二维气相色谱-四级杆飞行时间质谱对不同产地砂仁挥发油成分的分析[J]. 中国调味品,2021,46(2):142-148.

# 不同制法和工艺对地黄中油类成分影响及性效关联性研究

(正文见 79 - 86 页)

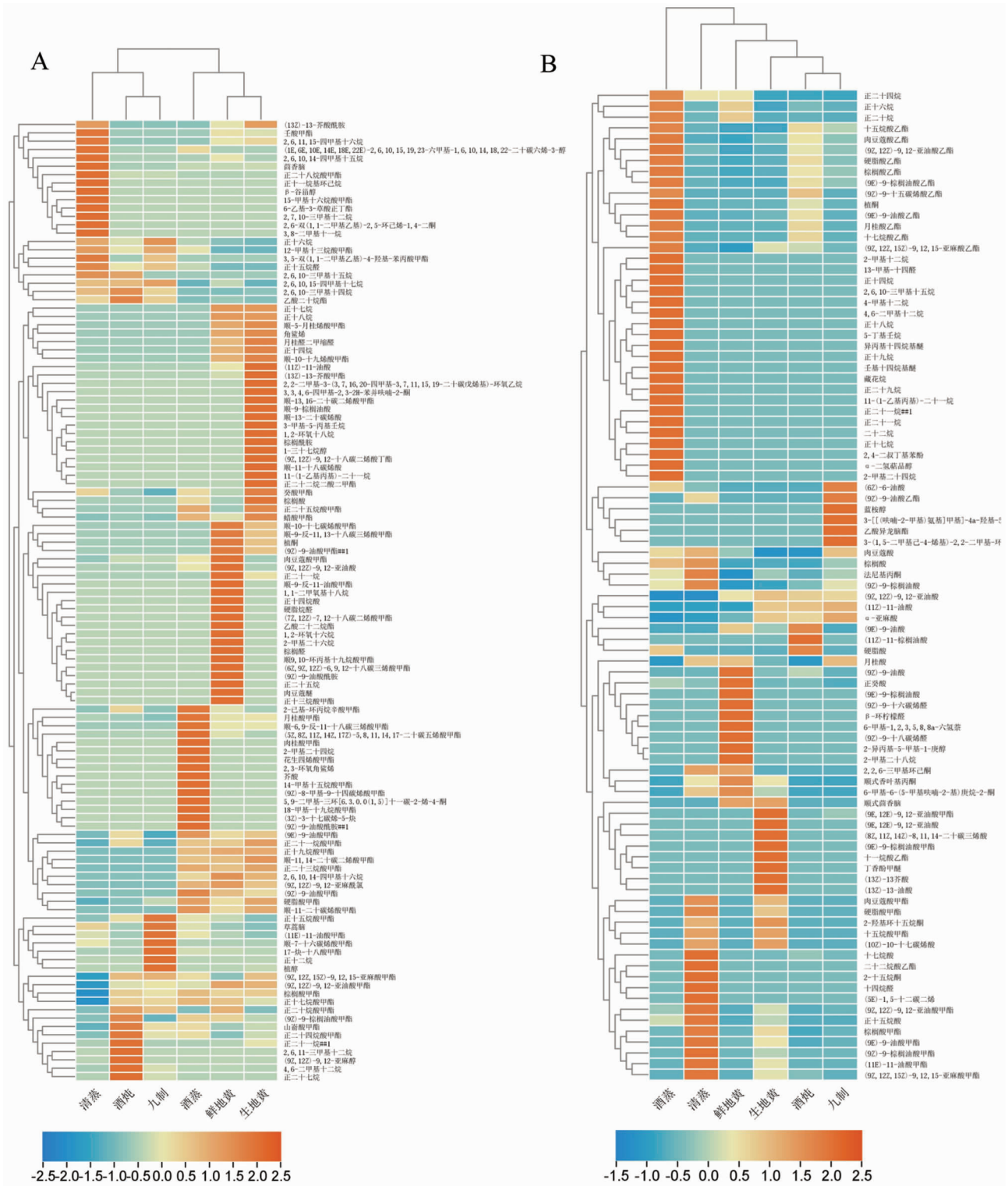


图3 各样品脂肪油(A)和挥发油(B)成分聚类热图分析