中图分类号：R932；R284.1；R286.0　　文献标志码：A　　文章编号：1006－4931(2024)19－0071－05
doi:10.3969/j.issn.1006－4931.2024.19.015

复方川芎美白淡斑乳膏的制备工艺研究及质量评价

宋　娟，于绪东，张　嵩，孙雪艳，张志勤，王　栋

（辽宁省大连市皮肤病医院，辽宁 大连　116021）

摘要：目的　制备复方川芎美白淡斑乳膏并进行质量评价。**方法**　按川芎－益母草－白芷－当归质量比 4∶3∶2∶1 制备中药提取液，以酪氨酸酶的抑制率及 1，1－二苯基－2－三硝基苯肼（DPPH）自由基的清除率为评价指标确定中药提取液的最佳质量浓度。采用机械法制备复方川芎美白淡斑乳膏；采用目测法观察外观；采用生物显微镜观察粒度；采用 pH 计测定 pH；采用高效液相色谱法测定阿魏酸的含量，色谱柱为 Elite－ODS 柱（200 mm×4.6 mm，5 μm），流动相为甲醇－1% 冰醋酸（30∶70，*V*/*V*），流速为 1.0 mL/min，柱温为 30 ℃，检测波长为 321 nm，进样量为 10 μL；对制备样品的微生物限度及初步稳定性进行考察。**结果**　中药提取液的质量浓度在 1～50 mg/mL 和 1～10 mg/mL 范围内分别与酪氨酸酶的抑制率及 DPPH 自由基的清除率呈显著正相关（$P<0.01$）。制备的复方川芎美白淡斑乳膏质地均匀、细腻、有光泽、硬度适中，易于挑起、涂抹；粒径小于 2 μm，且分布均匀；pH 为 6.8。阿魏酸的质量浓度在 1.53～30.69 μg/mL 范围内与峰面积线性关系良好（$r=0.999\,4$，$n=5$）；精密度、稳定性、重复性试验结果的 *RSD* 均小于 2.0%；阿魏酸低、中、高质量浓度（88，132，176 μg/mL）平均回收率分别为（99.51±0.97）%，（100.08±0.51）%，（100.97±0.73）%，*RSD* 分别为 0.97%，0.51%，0.73%（$n=3$）；3 批样品中阿魏酸的含量分别为 179.63，185.38，179.30 μg/g。微生物限度检测结果显示，样品中需氧菌总数为 20 cfu/g，未检出霉菌和酵母菌。耐寒试验及耐热试验后，复方川芎美白淡斑乳膏的外观仍均匀、细腻，无油水分层现象，涂抹在皮肤上无粗颗粒；离心试验后，外观、性状无明显改变，且无油水分层现象。**结论**　所建立的制备工艺操作简便，制备样品的质量稳定，可用于复方川芎美白淡斑乳膏的制备和质量控制。

关键词：复方川芎美白淡斑乳膏；阿魏酸；微生物限度；稳定性；制备工艺；质量评价

Preparation Process and Quality Evaluation of Compound Ligusticum Chuanxiong Whitening Cream

SONG Juan, YU Xudong, ZHANG Song, SUN Xueyan, ZHANG Zhiqin, WANG Dong

(Dalian Dermatosis Hospital, Dalian, Liaoning, China　116021)

Abstract: Objective　To prepare the Compound Ligusticum Chuanxiong Whitening Cream (LW－C), and to evaluate its quality. **Methods**　A traditional Chinese medicine extract was prepared with a mass ratio of Chuanxiong Rhizoma ∶ Leonuri Herba ∶ Angelicae Dahuricae Radix ∶ Angelicae Sinensis Radix of 4 ∶ 3 ∶ 2 ∶ 1. The optimal concentration of the extract was determined with the inhibition rate of tyrosinase and the clearance rate of 1,1－diphenyl－2－trinitrophenylhydrazine (DPPH) free radicals as evaluation indexes. LW－C was prepared by the mechanical approach. The appearance was observed by the visual inspection method, the particle size was measured by the biological microscope, and the pH of LW－C was measured by the pH meter. The content of ferulic acid was determined by the high－performance liquid chromatography (HPLC) method, the chromatographic

第一作者：宋娟，女，博士研究生，副主任药师，研究方向为中药纳米制剂，（电子信箱）347971977@qq.com。

2021, 32(7): 1801－1812.

[21] REITEROVÁ J, TESAŘ V. Autosomal Dominant Polycystic Kidney Disease: From Pathophysiology of Cystogenesis to Advances in the Treatment[J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(6): 3317.

[22] TRILLINI M, CAROLI A, PERICO N, et al. Effects of Octreotide－Long－Acting Release Added－on Tolvaptan in Patients with Autosomal Dominant Polycystic Kidney Disease: Pilot, Randomized, Placebo－Controlled, Cross－Over Trial[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2023, 18(2): 223－233.

[23] TODOROVA P, ARJUNE S, HENDRIX C, et al. Interaction Between Determinants Governing Urine Volume in Patients With ADPKD on Tolvaptan and its Impact on Quality of Life[J]. Kidney Int Rep, 2023, 8(8): 1616－1626.

[24] TARABZUNI O. The Effect of Dietary Intervention on Autosomal－Dominant Polycystic Kidney Disease (ADPKD) Patients on Tolvaptan and Their Quality of Life[J]. Cureus, 2022, 14(5): e25045.

[25] NOWAK KL, STEELE C, GITOMER B, et al. Overweight and Obesity and Progression of ADPKD[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2021, 16(6): 908－915.

[26] LU Y, SUN YZ, LIU ZH, et al. Activation of NRF2 ameliorates oxidative stress and cystogenesis in autosomal dominant polycystic kidney disease[J]. Sci Transl Med, 2020, 12(554): eaba3613.

[27] SENUM SR, LI YSM, BENSON KA, et al. Monoallelic IFT140 pathogenic variants are an important cause of the autosomal dominant polycystic kidney－spectrum phenotype[J]. Am J Hum Genet, 2022, 109(1): 136－156.

（收稿日期：2024－02－27；修回日期：2024－04－23）

column was Elite ODS column (200 mm × 4.6 mm, 5 μm), the mobile phase was methanol - 1% glacial acetic acid (30 : 70, *V* / *V*), the flow rate was 1.0 mL / min, the column temperature was 30 ℃, the detection wavelength was 321 nm, and the injection volume was 10 μL. The microbial limits and preliminary stability of the prepared samples were investigated. **Results** The mass concentrations of traditional Chinese medicine extract in the ranges of 1 - 50 mg / mL and 1 - 10 mg / mL were significantly positively correlated with the inhibition rate of tyrosinase and the clearance rate of DPPH free radicals ($P < 0.01$), respectively. The prepared LW - C was uniform, delicate, glossy texture, moderate hardness, and it was easy to pick up and apply. The particle size was less than 2 μm and evenly distributed. The pH was 6.8. The linear range of ferulic acid was 1.53 - 30.69 μg / mL ($r = 0.999\ 4$, $n = 5$). The *RSD*s of precision, stability, and repeatability test results were all lower than 2.0%. The average recoveries of low - , medium - , and high - concentrations of ferulic acid (88, 132, 176 μg / mL) were (99.51 ± 0.97)%, (100.08 ± 0.51)%, and (100.97 ± 0.73)%, respectively, with *RSD*s of 0.97%, 0.51%, and 0.73% ($n = 3$). The content of ferulic acid in three batches of samples was 179.63 μg / g, 185.38 μg / g, and 179.30 μg / g, respectively. The microbial limit test results showed that the total number of aerobic bacteria in the sample was 20 cfu / g, and no mold or yeast was detected. After the cold and heat resistance tests, the appearance of the LW - C remained uniform and delicate, without oil - water stratification, and there were no coarse particles on the skin when applied. After centrifugation test, there was no significant change in appearance and properties, and there was no oil - water stratification phenomenon. **Conclusion** The established preparation process is simple to operate, and the quality of the prepared samples is stable. It can be used for the preparation and quality control of LW - C.

Key words: Ligusticum Chuanxiong Whitening Cream; ferulic acid; microbial limit; stability; preparation process; quality evaluation

调查显示，80%的亚洲女性期待自己的肌肤白皙莹润[1-3]。因此，美白祛斑类化妆品的产品及其功能性原料具有广阔的开发前景。目前，常见美白祛斑类原料主要包括化学类、生物类和天然植物类，但多数化学类美白剂均有一定的细胞毒性或在一定程度上损伤机体，生物类美白剂又存在生产周期较长、产率低、成本高的缺陷。天然植物类以其资源丰富、毒副作用小等优点，已成为近年来的研究热点[4-9]。川芎和当归均为常用美白中药，川芎能行气活血，当归能补血生肌，两者均可促进血液循环，增加体内营养输送，达到美白及防衰的功效。研究发现，当归和川芎的主要成分阿魏酸能抑制酪氨酸酶(TYR)的活性，延长其反应迟滞时间，从而达到美白效果[10-12]；白芷为伞形科植物白芷或杭白芷的干燥根，其挥发油中的双键类化合物可抑制TYR的活性，其美白养颜的功效被历代医家所认可[13-15]；益母草含有硒和锰等微量元素，有抗氧化、防衰老、美白养颜的功效[16]。在前期研究的基础上，本研究中通过提取当归、川芎、白芷及益母草4味中药材的有效成分，获得中药提取物，以此为原料制备复方川芎美白淡斑乳膏，并评价其质量。现报道如下。

1 仪器与试药

1.1 仪器

TU-1905型双光束紫外可见光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)；PB-10型pH计，BS110S型电子天平(精度为0.1 mg)，LP 220S型电子天平(精度为10 mg)，均购自北京赛多利斯科学仪器有限公司；Eclipse E 400型生物显微镜(日本Nikon公司)；UltiMate3000型高效液相色谱仪(美国Thermo Fisher Scientific公司)，配有UltiMate3000型泵、UltiMate 3000型紫外检测器、Chromeleon Console色谱工作站；DF-101S型集热式磁力加热搅拌器(江苏金怡仪器股份有限公司)；0.2~10 mL移液器(天玻玻璃仪器有限公司)。

1.2 试药

川芎(产地为四川彭州，批号为2221023)，当归(产地为甘肃定西，批号为1221215)，白芷(产地为安徽亳州，批号为1221126)，益母草(产地为安徽亳州，批号为2221126)，均购自芍花堂国药股份有限公司；白凡士林(南昌白云药业有限公司，批号为2023080201)；硬脂酸(湖南芙蓉制药有限公司，批号为220401)；十六十八醇(江苏阿尔法高科药业有限公司，批号为20230502)；二甲基硅油(自贡鸿鹤制药有限责任公司，批号为20220904)；丙二醇(山东海科新源材料科技股份有限公司，批号为YF01230327)；甘油(浙江遂昌感康药业有限公司，批号为GY20221111)；尿囊素(湖南九典宏阳制药有限公司，批号为T202205H02)；单硬脂酸甘油酯(批号为105620211201)，十二烷基硫酸钠(批号为20210101)，均购自湖南尔康高科药业有限公司；乙醇(大连川连酒厂，批号为220316)；羟苯乙酯(台山市新宇制药有限公司，批号为103620220302)；TYR(批号为RH423359)，*L*-酪氨酸(批号为RH413352)，均购自罗恩试剂有限公司；阿魏酸对照品(中国食品药品检定研究院，批号为110773-201614，纯度为99.0%)；磷酸氢二钾、氢氧化钠、甲醇、三乙醇胺均为分析纯，水为纯化水。

2 方法与结果

2.1 中药提取液制备与质量浓度确定

中药提取液制备：取川芎、益母草、白芷、当归药材，粉碎，过80目筛，按质量比4∶3∶2∶1取上述中药材细粉共10 g，加10倍量70%乙醇，加热回流1 h，过滤，

滤液减压浓缩至 10 mL，即得中药提取液，备用。

TYR 活性抑制率测定：采用移液器分别吸取 *L* - 酪氨酸、pH 6.8 磷酸盐缓冲液（PBS）、TYR、不同质量浓度（1，2，5，10，20，50 mg / mL）中药提取液，分别置离心管（T_1，T_2，T_3，T_4）中，按表 1 加入各反应液，混匀，37 ℃恒温反应 30 min，采用紫外可见分光光度计在 475 nm 波长处测定吸光度，计算 TYR 的活性抑制率。活性抑制率（%）= [（$A_1 - A_2$）-（$A_3 - A_4$）] /（$A_1 - A_2$）× 100%，式中，A_1 为仅加 TYR 的反应液的吸光度，A_2 为未加样品及 TYR 的反应液的吸光度，A_3 为加样品及 TYR 的反应液的吸光度，A_4 为仅加样品的反应液的吸光度。由图 1 A 可知，中药提取液对 TYR 的抑制作用随质量浓度的增加而逐渐增加，质量浓度分别为 1，50 mg / mL 的中药提取液对 TYR 的抑制率分别为（34.77 ± 1.00）%和（93.74 ± 0.21）%，表明中药提取液的质量浓度在 1 ~ 50 mg / mL 范围内与 TYR 的抑制率呈显著正相关（$P < 0.01$）。

表 1 反应液体积（mL）

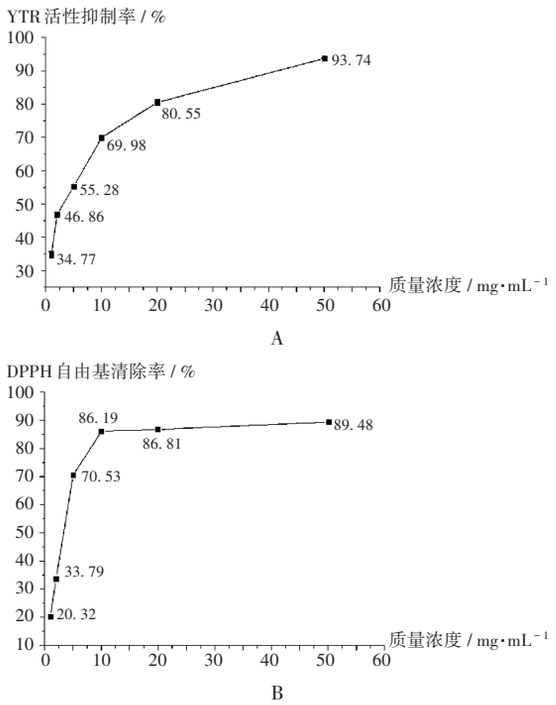
Tab. 1 Volume of reaction solution（mL）

反应液	T_1	T_2	T_3	T_4
L - 酪氨酸	0.5	0.5	0.5	0.5
pH 6.8 PBS	2.0	2.5	1.5	2.0
TYR	0.5	0	0.5	0
中药提取液	0	0	0.5	0.5

1，1 - 二苯基 - 2 - 三硝基苯肼（DPPH）自由基清除率测定：将 1 mL 中药提取液与 2 mL DPPH 乙醇溶液加入同一离心管中，混匀，避光静置 30 min，采用紫外可见分光光度计在 517 nm 波长处测定吸光度，计算清除率。清除率（%）= [1 -（$A_2 - A_3$）/ A_1] × 100%，式中，A_1 为 1 mL 中药提取液的吸光度，A_2 为 1 mL 中药提取液和 2 mL DPPH 乙醇溶液混合后的吸光度，A_3 为 1 mL 中药提取液与 2 mL 无水乙醇混合后的吸光度。由图 1 B 可知，当中药提取液的质量浓度分别为 1，10，50 mg / mL 时，DPPH 自由基的清除率分别为（20.32 ± 0.05）%，（86.19 ± 0.05）%，（89.48 ± 0.05）%，表明中药提取液的质量浓度在 1 ~ 10 mg / mL 范围内与 DPPH 自由基的清除率呈显著正相关（$P < 0.01$）。

2.2 复方川芎美白淡斑乳膏制备

按表 2 取单硬脂酸甘油酯、二甲基硅油、硬脂酸、白凡士林及十六十八醇，加热至 80 ℃，保温，得油相；另取甘油、丙二醇、尿囊素、十二烷基硫酸钠、羟苯乙酯，加水至 100 g，加热至 80 ℃，保温，得水相。将油相加入水相中，搅拌，超声处理（功率为 600 W）2 min，得乳膏基质。搅拌条件下，每 100 g 基质中加入中药提取液 5 mL（以中药材计质量浓度为 1 g / mL），继续搅拌至 35 ℃，即得复方川芎美白淡斑乳膏样品（批号分别为 230329 - 1，230329 - 2，230329 - 3）。



A. TYR 活性抑制率 B. DPPH 自由基清除率

图 1 不同质量浓度中药提取液 TYR 活性抑制率与 DPPH 自由基清除率

A. TYR activity inhibition rate B. DPPH free radical clearance rate

Fig. 1 TYR activity inhibition rate and DPPH free radical clearance rate of traditional Chinese medicine extracts with different concentrations

表 2 复方川芎美白淡斑乳膏的基质配方用量（g）

Tab. 2 Dosage of matrix formula for LW - C（g）

油相成分	用量	水相成分	用量
单硬脂酸甘油酯	4.0	甘油	5.0
硬脂酸	5.0	丙二醇	5.0
十六十八醇	4.0	尿囊素	0.3
白凡士林	5.0	十二烷基硫酸钠	0.4
二甲基硅油	2.0	羟苯乙酯	0.15

2.3 样品鉴别

外观：采用目测法观察制备样品的外观发现，其质地均匀、细腻、有光泽，硬度适中，易于挑起、涂抹。详见图 2 A。

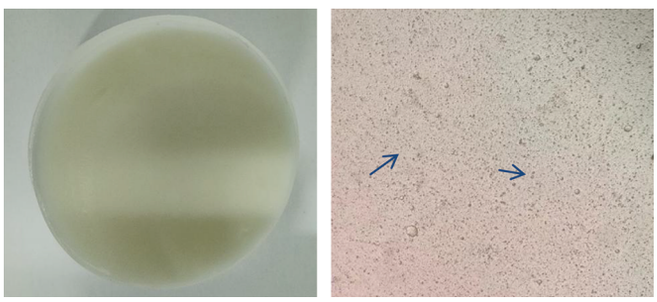
粒径：取样品，加水稀释，混匀，采用显微镜观察粒径。结果样品的粒径 < 2 μm，且分布均匀。详见图 2 B。

pH：取样品 1 g，加水稀释至 100 mL，混匀，采用 pH 计测定。结果样品的 pH 为 6.8，在国家相关标准规定润肤膏霜 pH（4.0 ~ 8.5）范围内，适宜直接涂抹于皮肤。

2.4 样品中阿魏酸含量测定

2.4.1 色谱条件

色谱柱：Elite - ODS 柱（200 mm × 4.6 mm，5 μm）；



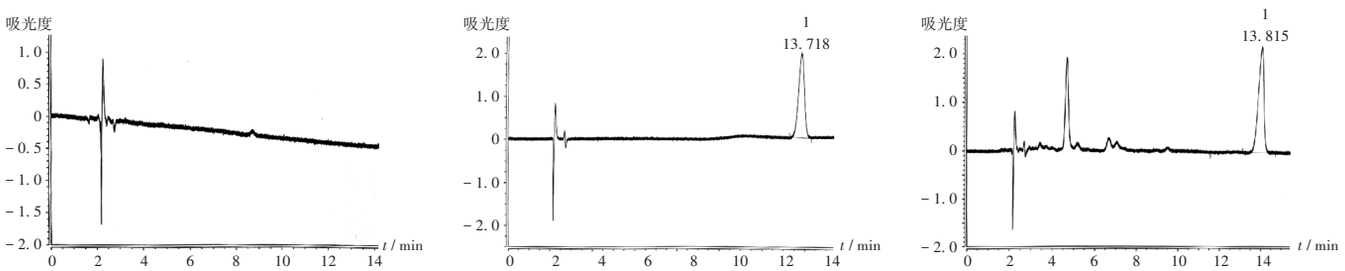
A B

A. 外观 B. 粒径(× 40)

图 2 复方川芎美白淡斑乳膏的外观与粒径

A. Appearance B. Particle size (× 40)

Fig. 2 Appearance and particle size of LW - C



1. 阿魏酸

A. 阴性对照品溶液 B. 对照品溶液 C. 供试品溶液

图 3 高效液相色谱图

1. Ferulic acid

A. Negative reference solution B. Reference solution C. Test solution

Fig. 3 HPLC chromatograms

流动相:甲醇 - 1% 冰醋酸(30∶70,*V* / *V*);流速:1. 0 mL / min;检测波长:321 nm;柱温:30 ℃;进样量:10 μL。

2. 4. 2 溶液制备

取阿魏酸对照品 3. 1 mg,精密称定,置 10 mL 容量瓶中,加 70% 甲醇溶解并定容,摇匀,即得对照品贮备液;精密量取 0. 25 mL,置 10 mL 容量瓶中,加甲醇稀释并定容,即得对照品溶液。取样品 1. 0 g,精密称定,置 25 mL 容量瓶中,加 70% 甲醇适量,加热使溶解,加 70% 甲醇定容,取上清液,0. 45 μm 微孔滤膜滤过,即得供试品溶液。按 2. 1 项下方法制备不含当归和川芎的阴性对照中药提取液,再按 2. 2 项下制备工艺制备不含阿魏酸的阴性对照乳膏,按供试品溶液制备方法制备阴性对照品溶液,即得。

2. 4. 3 方法学考察

专属性试验:精密量取 2. 4. 2 项下 3 种溶液各 10 μL,按 2. 4. 1 项下色谱条件进样测定,记录色谱图。结果阴性对照无干扰,表明方法专属性良好。详见图 3。

线性关系考察:分别精密量取 2. 4. 2 项下对照品贮备液 0. 05,0. 10,0. 25,0. 50,1. 00 mL,分别置 10 mL 容量瓶中,加 70% 甲醇稀释并定容,摇匀,制成系列质量浓度的对照品溶液,按 2. 4. 1 项下色谱条件进样测定,以阿魏酸的质量浓度(*C*,μg / mL)为横坐标、峰面积(*A*)为纵坐标进行线性回归,得回归方程 $A = 0.083\ 3\ C + 0.076\ 5$($r = 0.999\ 4$, $n = 5$)。结果表明,阿魏酸的质量浓度在 1. 53 ~ 30. 69 μg / mL 范围内与峰面积线性关系良好。

精密度试验:精密量取对照品溶液(质量浓度为 0. 31 μg / mL)10 μL,按 2. 4. 1 项下色谱条件重复进样测定 5 次,记录峰面积。结果阿魏酸峰面积的 *RSD* 为 1. 00%($n = 5$),表明仪器精密度良好。

稳定性试验:精密量取供试品溶液 10 μL,分别于 4 ℃放置 0,48 h 时按 2. 4. 1 项下色谱条件进样测定,记录峰面积。结果供试品溶液放置 48 h 时阿魏酸峰面积的 *RSD* 为 1. 70%,表明供试品溶液在 4 ℃下放置 48 h 内稳定性良好。

重复性试验:取样品,按 2. 4. 2 项下方法平行制备供试品溶液 6 份,按 2. 4. 1 项下色谱条件进样测定,记录峰面积,并计算样品含量。结果阿魏酸的含量为(18. 15 ± 0. 31)μg / g,*RSD* 为 1. 68 %($n = 6$),表明方法重复性良好。

加样回收试验:取阴性对照乳膏 1. 0 g,精密称定,共 9 份,置 25 mL 容量瓶中,分别加入低、中、高质量浓度(88,132,176 μg / mL)的阿魏酸对照品溶液,各 3 份,涡旋 30 s,加 70% 甲醇适量,加热使溶解,加 70% 甲醇定容,取上清液,0. 45 μm 微孔滤膜滤过,按 2. 4. 1 项下色谱条件进样测定,记录峰面积,并计算回收率。结果低、中、高质量浓度的平均回收率分别为(99. 51 ± 0. 97)%,(100. 08 ± 0. 51)%,(100. 97 ± 0. 73)%,*RSD* 分别为 0. 97%,0. 51%,0. 73%($n = 3$),表明方法准确度良好。

2. 4. 4 样品含量测定

取 3 批样品(批号分别为 230329 - 1,230329 - 2,

230329－3）各 1.0 g，按 2.4.2 项下方法制备供试品溶液，按 2.4.1 项下色谱条件进样测定，记录峰面积。结果 3 批样品中阿魏酸的含量分别为 179.63，185.38，179.30 μg/g。

2.5 微生物限度检测

取样品 10 g，精密称定，加 100 mL 含 5% 聚山梨酯 80 的 0.9% 无菌氯化钠溶液，溶解，摇匀，制成 1∶10（*m*/*V*）的供试液。取供试液 1 mL，置平皿中，倾入胰酪大豆胨琼脂培养基，混匀，置 30～35 ℃培养箱中培养 3 d，点记需氧菌菌落数；倾入沙氏葡萄糖琼脂培养基，混匀，置 20～25 ℃培养箱中培养 5 d，点记霉菌、酵母菌菌落数。结果供试液中需氧菌总数为 20 cfu/g，未检出霉菌和酵母菌。

2.6 初步稳定性考察

耐寒与耐热性试验：取样品 15 g，精密称定，置药用乳膏盒中，分别进行耐寒试验（－20 ℃温度下放置 24 h 后恢复室温）和耐热试验（50 ℃温度下放置 6 h），肉眼观察样品的色泽和状态，以及均匀涂抹在皮肤上是否出现粗颗粒。结果显示，样品在 2 种试验条件下的外观仍均匀、细腻，且无油水分层现象，涂抹在皮肤上无粗颗粒，表明复方川芎美白淡斑乳膏能耐寒、耐热。

离心稳定性试验：取样品 5 g，精密称定，离心（转速为 3 000 r/min）15 min，肉眼观察样品有无油水分层现象。结果显示，样品的外观、性状无明显改变，且无油水分层现象，表明样品的离心稳定性良好。

3 讨论

3.1 中药提取液质量浓度确定

本研究中以美白功效（TYR 的抑制作用及 DPPH 自由基的清除作用）为考察指标，考察了不同质量浓度中药提取液与美白功效的关系。由图 1 A 可知，中药提取液的质量浓度与美白功效呈正相关，当中药提取液的质量浓度为 1 mg/mL 时，对 TYR 的抑制作用及 DPPH 自由基的清除率均较低；当中药提取液的质量浓度为 50 mg/mL 时，该提取液的美白功效明显增加。同时，在预试验中测定 50 mg/mL 中药提取液对·O_2^- 自由基和 OH·自由基的抑制率发现，该中药提取液对上述 2 种自由基均有一定抑制作用（抑制率分别为 60.89% 和 71.68%），表明其可通过抑制 TYR 的活性及抗氧化作用达到美白淡斑的效果。

3.2 样品质量评价

乳膏剂的粒径大小及稳定性对药物的疗效有显著影响，粒径越小，稳定性越好，越能在短时间内透过表皮到达炎性部位，并延长作用时间。本研究中采用机械法制备样品，得到的乳膏质地均匀、细腻、有光泽、硬度适中，易于挑起、涂抹；粒径较小，分布均匀；pH 为 6.8，适宜直接涂抹于皮肤。3 批样品中阿魏酸的含量测定结果均符合要求，样品中需氧菌总数为 20 cfu/g，未检出霉菌和酵母菌，均符合 2020 年版《中国药典（四部）》通则中对微生物限度的要求[17]。耐寒试验及耐热试验后，复方川芎美白淡斑乳膏外观仍均匀、细腻，无油水分层现象，涂抹在皮肤上无粗颗粒。离心试验后，外观性状无明显改变，且无油水分层现象。

3.3 方法学评价

本研究中建立的复方川芎美白淡斑乳膏制备工艺操作简便，制备样品的质量稳定，可用于该制剂的制备和质量控制。

参考文献

[1] 黄媛媛，高　平，王秀桥，等. 浅议祛斑美白类化妆品中功效成分及其检测技术研究进展[J]. 当代化工研究，2023（19）：32－34.
[2] 李金洲，唐和斌，李玉桑. 平卧菊三七复方制剂美白祛斑的效应机制研究[J]. 中国药师，2023，26（10）：1－11.
[3] 唐子澈，王　艳，叶小花，等. “四白”中药复方醇提液的安全性及护肤作用研究[J]. 中药新药与临床药理，2023，34（9）：1219－1226.
[4] 黄湘鹭，刘　敏，邢书霞，等. 全球化妆品法规中祛斑美白类产品的相关规定[J]. 香料香精化妆品，2020（6）：91－96.
[5] 张凤兰，吴　景，王钢力，等. 祛斑美白类化妆品中美白功效成分使用现状调查[J]. 中国卫生检验杂志，2017，27（20）：3012－3015.
[6] 耿　莉，张守亮，王杰琼，等. 中医药治疗皮肤色素沉着的研究进展[J]. 时珍国医国药，2023，34（7）：1711－1714.
[7] 王　鹏，郭若曦，李海超，等. “以白养白”理念下常用白色中药的美白机理探析[J]. 中国美容医学，2022，31（11）：122－125.
[8] 曹畅畅，贾国贺，汪　思，等. 国产中药护肤品分析与发展前景展望[J]. 山东化工，2023，52（4）：82－85.
[9] 张国哲，刘平平，季禹乔，等. 不同中药乙醇提取物对酪氨酸酶抑制活性的比较[J]. 中国医药导报，2020，17（16）：34－36.
[10] 严子军，韦寿莲，汪洪武，等. 川芎、白芷、益母草在化妆品中的应用[J]. 肇庆学院学报，2013，34（5）：29－32.
[11] 王继龙，陈方圆，刘晓霞，等. 当归提取物及其活性成分在化妆品中的应用[J]. 香料香精化妆品，2021（3）：101－104.
[12] 周立慧，张晓媛，卢　丹. 基于数据挖掘探讨中医古籍中美白组方规律[J]. 中国美容医学，2023，32（7）：167－172.
[13] 朱　琪，程红稜，谭敏慧，等. 白芷美白凝胶的制备及其体外透皮吸收[J]. 邵阳学院学报，2022，19（6）：110－116.
[14] 马　畅，李　妍. 白芷、白芍水和乙醇提取物对酪氨酸酶的抑制效应[J]. 香料香精化妆品，2023（2）：54－58.
[15] 俎龙辉，周　倩，王　萌. 基于数据挖掘的中药美容方用药特点分析[J]. 辽宁中医杂志，2023，50（3）：152－156.
[16] 周亚茹. 中医美容方剂数据挖掘及益母草的化妆品开发研究[D]. 成都：电子科技大学，2022.
[17] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典（四部）[M]. 北京：中国医药科技出版社，2020：1105－1107.

（收稿日期：2023－11－08；修回日期：2024－06－23）