

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2024.60093

复合红参膏制备工艺优化及体外美白作用研究

唐盼盼 崔承弼 姜欣 齐欣

(延边大学农学院, 吉林 延吉 133002)

摘要: [目的] 优化复合红参膏的制作工艺, 提高其美白效果。[方法] 通过正交试验优化复合红参膏的制备工艺条件, 并检测其活性成分含量、抗氧化性能、对酪氨酸酶活性的抑制作用以及对 B16 小鼠黑色素瘤细胞黑色素生成的抑制效果。[结果] 复合红参膏的制作条件为料液比 1:6 (g/mL), 乳酸菌接种量 1%, 37 °C 发酵 2 d。复合红参膏中总皂苷、总黄酮、多糖含量分别为 15.5, 8.2, 331.5 mg/g; 复合红参膏清除 DPPH 自由基、ABTS 自由基和 PTIO 自由基的 IC₅₀ 值分别为 561.5, 423.1, 512.1 μg/mL, 复合红参膏抑制酪氨酸酶、抑制 B16 小鼠黑色素瘤细胞内黑色素的 IC₅₀ 分别为 721.2, 497.2 μg/mL。[结论] 红参膏的最佳制作工艺为 1:6 (g/mL) 料液比, 接种 1% 乳酸菌, 37 °C 下发酵 2 d, 该条件下制备的红参膏具有一定的美白效果。

关键词: 红参; 膏; 美白

Optimization of the preparation process of compound *Panax ginseng* cream and its in vitro whitening effects

TANG Panpan CUI Chengbi JIANG Xin QI Xin

(College of Agriculture, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China)

Abstract: [Objective] This study aimed to optimize the production process of composite red ginseng cream to enhance its whitening effects. [Methods] The preparation process conditions of the composite *Panax ginseng* cream were optimized using orthogonal tests, assessing active ingredient content, antioxidant capacity, tyrosinase inhibition, and suppression of melanin production in B16 mouse melanoma cells. [Results] The optimal conditions for preparing the composite red ginseng cream were material-liquid ratio 1:6 (g/mL), inoculation of lactic acid bacteria 1%, and fermentation at 37 °C for 2 d. Under the control of these conditions, the cream contained 15.5 mg/g of total saponins, 8.2 mg/g of total flavonoids, and 331.5 mg/g of polysaccharides. The IC₅₀ values for DPPH free radicals, ABTS free radicals, and PTIO free radicals were 561.5, 423.1, and 512.1 μg/mL, respectively. While the IC₅₀ values for inhibiting tyrosinase activity and melanin production in B16 mouse melanoma cells were 721.2 and 497.2 μg/mL, respectively. [Conclusion] The optimized preparation of red ginseng cream, using a material-liquid ratio of 1:6 (g/mL), 1% lactic acid bacteria, and 2 d fermentation at 37 °C, achieved effective whitening properties through antioxidant and melanin-inhibitory actions.

Keywords: red ginseng; cream; whitening

红参是栽培 5 年以上的五加科植物人参 (*Panax ginseng* C.A.Meyer) 经蒸制后的干燥根和根茎加工而成的^[1], 含有多种有效成分, 如人参皂苷、多糖类物质、挥发油以及少量的微量元素。现代医学和药理学的研究发现, 红参具有抗氧化^[2]、抗疲劳^[3]、调节免疫力^[4]、降血脂^[5]、抗肿瘤^[6]等生理功能。

红景天是景天科多年生植物或灌木植物^[7], 含有红景

天苷、酪醇、黄酮类、酚类、鞣质、微量挥发油、氨基酸和丰富的维生素等 40 多种有效成分^[8]。红景天具有显著的抑制酪氨酸酶和清除自由基能力, 能够减少黑色素的生成, 具有良好的美白祛斑功效^[9]。

研究拟探索红参和红景天在化妆品中应用的可能性, 验证红参和红景天的抗氧化与美白功效, 为开发含有天然草药成分的功能性护肤品提供试验依据。

基金项目: 吉林省科技创新专项资金 (编号: 2023YY06); 延边大学校企合作项目 (编号: ydxq202302)

通信作者: 齐欣 (1992—), 女, 延边大学讲师, 博士。E-mail: 0000007918@ybu.edu.cn

崔承弼 (1968—), 男, 延边大学教授, 博士。E-mail: cuichengbi@ybu.edu.cn

收稿日期: 2024-06-20 **改回日期:** 2024-09-08

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;仪器

1.1.1 材料与amp;试剂

红参、红景天:延边韩工坊健康食品有限公司;

1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH):英骏生物技术有限公司;

3-乙基-苯并噻唑啉-6-磺酸二铵盐(ABTS):美国 Fluka 公司;

2-苯基-4,4,5,5-四甲基咪唑啉-3-氧代-1-氧(PTIO):北京翰隆达科技发展有限公司;

维生素 C(V_c):北京化学试剂公司;

L-酪氨酸(L-tyrosine, Tyr):美国 Sigma 公司;

酪氨酸酶(EC 1.14.18.1, tyrosinase, TYR):酶活 $\geq 500 \mu\text{g/mL}$, 诺维信(中国)生物技术有限公司;

小鼠黑色素瘤细胞(B16):中国科学院上海细胞库;

CCK-8:碧云天生物有限公司;

PBS(pH 7.4):美国 Gibco 公司;

胎牛血清:美国 Gibco 公司;

青链霉素、胰蛋白酶(酶活 $\geq 250 \mu\text{mg}$):北京索莱宝公司;

芦丁标准品:上海源叶生物科技有限公司;

硝酸铝、亚硝酸钠、香草醛:天津市科密欧化学试剂有限公司;

其他试剂均为分析纯。

1.1.2 仪器与amp;设备

CO₂培养箱:MCO-5AC 型,日本 SANYO 公司;

水浴锅:OSB-2100-C 型,东京理化器械株式会社;

立式鼓风干燥箱:DHG-9620A 型,上海百典仪器设备有限公司;

荧光倒置显微镜:Olympus IX73 型,奥林巴斯(中国)有限公司;

冷冻干燥机:LyoQuest-85 实验型,西班牙 Telstar 集团;

电子分析天平:JJ-BC 型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;

酶标仪:BK-EL10C 型,美国 Thermo Fisher 公司;

离心机:TG16-II 型,湖南凯达科学仪器有限公司;

电子天平:Scout SE-SE202F 型,奥豪斯仪器(常州)有限公司。

1.2 方法

1.2.1 红参和红景天预处理 将红参和红景天分别用蒸馏水清洗干净,40℃烘箱烘干 72 h、粉碎过 80 目筛备用。

1.2.2 复合红参膏原料配比优化 以 DPPH 自由基清除率作为筛选条件,将红参与红景天按不同配比进行复配,

选出抗氧化性最高的原料配比。

1.2.3 复合红参膏制备工艺优化

(1) 单因素试验设计:分别考察料液比、乳酸菌接种量、发酵时间对复合红参膏清除 DPPH 自由基能力的影响,并确定各因素的最佳水平。每个因素的不同水平包括:料液比为 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8 (g/mL), 乳酸菌接种量为 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 发酵时间为 1, 2, 3, 4, 5 d。试验中各因素的固定条件为料液比 1:5 (g/mL)、乳酸菌接种量 1.0%、发酵时间 2 d。

(2) 正交试验设计:以料液比、乳酸菌添加量和发酵时间为试验因素,以 DPPH 自由基清除能力为评价指标,通过正交试验来优化结果。

1.2.4 复合红参膏稀释液制备 精密称取复合红参膏 2 g,用无水乙醇稀释至 50 mL,将复合红参膏稀释液倒入分液漏斗,用 50 mL 无水乙醚振荡萃取,分层后丢弃上层,剩余液体依次加入 25, 20, 20 mL 水饱和正丁醇溶液萃取,合并萃取液后再加入 50 mL 蒸馏水水洗一次,蒸干,最后用甲醇溶解并定容至 10 mL,此时得到的复合红参膏稀释液为发酵后的样品组。

1.2.5 复合红参膏总皂苷含量测定

(1) 标准曲线绘制:根据邢艺缤等^[10]的方法,并稍做修改,称取 50.00 mg 人参皂苷 Re 对照品,用甲醇溶解后放入 50 mL 容量瓶中摇匀,以横坐标为人参皂苷 Re 含量,纵坐标为吸光值,得到标准曲线方程为: $y=4.303 2x+0.002 8$, $R^2=0.999 4$ 。

(2) 总皂苷含量测定:从制备好的复合红参膏稀释液中准确移取 50 μL 于 10 mL 具塞比色管,用酶标仪测量 544 nm 处各组的吸光值,代入标准曲线并计算人参总皂苷含量。

1.2.6 复合红参膏总黄酮含量测定

(1) 标准曲线绘制:根据刘钊含等^[11]的方法,并稍做修改,称取 0.005 0 g 芦丁标准品用 95% 乙醇溶解,定容至 50 mL 摇匀,以芦丁含量为横坐标,吸光值为纵坐标得到标准曲线回归方程 $y=2.979 9x+0.084 2$, $R^2=0.962 7$ 。

(2) 总黄酮含量测定:准确量取 5.0 mL 复合红参膏稀释液放入 10 mL 容量瓶内,在 507 nm 处测定吸光度。按式(1)计算复合红参膏中的总黄酮含量。

$$C = \frac{A - 0.084 2 \times 2 500}{2.979 9 \times 5}, \quad (1)$$

式中:

C——总黄酮含量,mg/g;

A——复合红参膏稀释度在 507 nm 的吸光度。

1.2.7 复合红参膏粗多糖含量测定 采用苯酚—硫酸法^[12]。

1.2.8 复合红参膏抗氧化性测定

(1) DPPH 自由基清除能力:根据屠万倩等^[13]的方法,并略作修改。取不同浓度样品 20 μL ,加入配制好的 DPPH 溶液 180 μL ,以 V_c 作为阳性对照,同时以未发酵的红参与红景天制成的复合红参膏做对比。在摇床 450 r/min 避光反应 20 min 后,测量 560 nm 处各组的吸光值。按式(2)计算 DPPH 自由基清除率。

$$R = \left(1 - \frac{A - A_1}{A_0}\right) \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

R ——自由基清除率,%;

A ——试验组的吸光度;

A_1 ——阴性对照组的吸光度;

A_0 ——空白组的吸光度。

(2) ABTS 自由基清除能力:根据刘爽等^[14-15]的方法,并略作修改。取不同浓度的复合红参膏稀释液 20 μL ,加入配制好的 ABTS 溶液 270 μL ,以 V_c 作为阳性对照,以未发酵的红参与红景天制成的复合红参膏做对比。反应 10 min 后,在 405 nm 处测定吸光度。按式(2)计算 ABTS 自由基清除率。

(3) PTIO 自由基清除能力:根据王循浩等^[16]的方法,并稍做修改。取不同浓度的复合红参膏稀释液 0.2 mL,加入配制好的 PTIO 溶液和 PBS 溶液,以 V_c 作为阳性对照。37 $^{\circ}\text{C}$ 水浴避光反应 3 h,在 557 nm 处测各组吸光值。按式(3)计算 PTIO 自由基清除率。

$$R = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\%, \quad (3)$$

式中:

R ——PTIO 自由基清除率,%;

A ——试验组的吸光度;

A_0 ——空白组的吸光度。

1.2.9 复合红参膏对酪氨酸酶的抑制作用测定 根据韩雨迪等^[17]的方法并做出如下修改,在 475 nm 处测定吸光值,按式(4)计算酪氨酸酶抑制率。

$$R = \frac{(A - B) - (C - D)}{A - B} \times 100\%, \quad (4)$$

式中:

R ——酪氨酸酶抑制率,%;

A ——A 管反应液的吸光度值;

B ——B 管反应液的吸光度值;

C ——C 管反应液的吸光度值;

D ——D 管反应液的吸光度值。

1.2.10 细胞培养与传代 培养基按照 1% 双抗、10% FBS、89% DMEM 进行配制;无菌条件下,将 B16 细胞接种于培养基的培养瓶中,于 CO_2 培养箱中 37 $^{\circ}\text{C}$ 、5% CO_2 的

饱和湿度环境中培养,当细胞数量增长至 80% 以上时,用 PBS 漂洗 3 次,加入 1 mL 的胰酶消化,然后加入培养基终止消化进行传代^[18]。

1.2.11 复合红参膏对 B16 小鼠黑色素瘤细胞的生长抑制作用 将复合红参膏用培养基稀释至质量浓度分别为 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 mg/mL。接种于 96 孔板,放入 37 $^{\circ}\text{C}$ 的 5% CO_2 细胞培养箱中孵育 24, 48, 72 h,孵育后弃去原有培养基,加入新鲜培养基,并在各孔加入 10 μL CCK-8 在 37 $^{\circ}\text{C}$ 孵育 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 h、测定 450 nm 处的吸光值。按式(5)计算细胞活力。

$$V = \frac{A_1 - A_0}{A_2 - A_0} \times 100\%, \quad (5)$$

式中:

V ——细胞活力,%;

A_1 ——试验组(含有细胞和样品)的吸光值;

A_2 ——对照组(不含样品)的吸光值;

A_0 ——空白组(不含细胞)的吸光值。

1.2.12 复合红参膏对 B16 小鼠黑色素瘤细胞内黑色素抑制作用的测定 将复合红参膏用培养基稀释至质量浓度分别为 25, 50, 100, 250, 500, 1 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 备用。取对数期的 B16 黑色素瘤细胞计数后接种于 96 孔板,孵育过夜后弃去原有培养基,加入配好的样品溶液,以熊果苷为阳性对照。48 h 后吸去培养液用胰酶消化,1 500 r/min 离心 5 min,加入 500 μL 含 10% DMSO 的 NaOH(1 mol/L)溶液,震荡 5 min,分别于 490, 570 nm 处测量各孔吸光值^[19-22]。按式(6)计算样品对黑色素合成的抑制率。

$$R = \left(1 - \frac{AD}{BC}\right) \times 100\%, \quad (6)$$

式中:

R ——黑色素合成的抑制率,%;

A ——样品孔在 490 nm 处吸光度值;

B ——样品孔在 570 nm 处吸光度值;

C ——对照孔在 490 nm 处吸光度值;

D ——对照孔在 570 nm 处吸光度值。

1.2.13 数据处理 试验中所得数据使用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析,采用单因素方差分析法, $P < 0.05$ 表示具有显著性差异, $P < 0.01$ 表示具有极显著性差异。

2 结果与分析

2.1 复合红参膏制备工艺优化

2.1.1 复合红参膏配比确定 红参与红景天中都含有多种具有抗氧化活性成分。当两者以一定比例混合时,这些成分之间存在协同作用,从而增强整体的抗氧化效果。由表 1 可知,红参质量分数为 80% 时对 DPPH 自由基的半数抑制质量浓度(IC_{50} 值)为 869.42 $\mu\text{g}/\text{mL}$,此时的抗氧化性最强。

表 1 原料配比对 DPPH 自由基清除率的影响

Table 1 Effect of raw material ratios on the scavenging rate of DPPH radicals

红参质量分数/%	红景天质量分数/%	IC ₅₀ /(μg·mL ⁻¹)
60	40	934.23
70	30	1 093.91
80	20	869.42
90	10	1 225.06

2.1.2 复合红参膏制备工艺优化

(1) 单因素试验:由图 1 可知,随着红参和红景天添加量的增加,DPPH 自由基的清除率呈先升高后下降的趋势,这是因为随着水的添加量逐渐增加到 1:6 (g/mL)时,复合红参膏中的皂苷能够得到进一步释放,从而表现出较强的抗氧化性能。因此,选择料液比为 1:6,1:7,1:8 (g/mL)进正交优化试验。

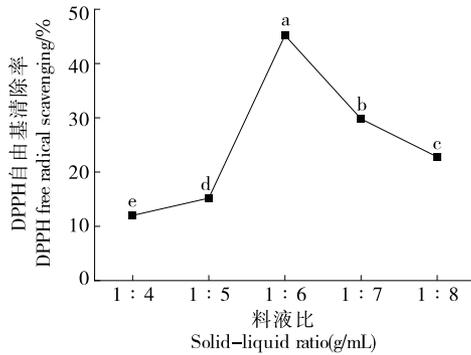


图 1 料液比对复合红参膏清除 DPPH 自由基能力的影响

Figure 1 Effects of solid-liquid ratio on the scavenging ability of compound red ginseng cream to scavenge DPPH radicals

由图 2 可知,当乳酸菌接种量为 1%时复合红参膏对 DPPH 自由基的清除率达到最高值;超过 1%时清除率明显下降。这可能是乳酸菌添加量较大时,会导致乳酸菌积累,从而抑制乳酸菌的生长和代谢。因此,选择乳酸菌接种量为 0.5%,1.0%,1.5%。

由图 3 可知,DPPH 自由基清除率在发酵 2 d 时达到峰值,之后显著下降。这是因为发酵初期底物丰富导致发酵迅速,但随着发酵时间的增加对 DPPH 自由基清除率下降。因此,选择发酵时间为 1,2,3 d 进行正交试验。

(2) 正交试验:正交试验因素水平设计见表 2,试验结果见表 3。由表 3 可知,影响复合红参膏的工艺条件依次为料液比>乳酸菌接种量>发酵时间。从表 4 可以看出,料液比对复合红参膏的整体抗氧化性有显著影响 ($P <$

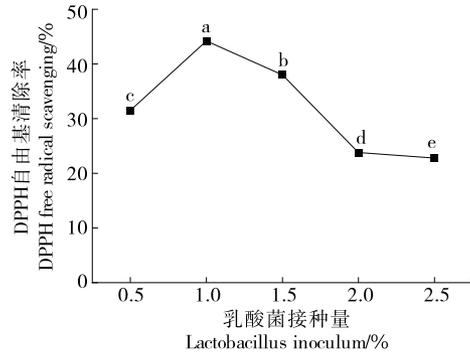


图 2 乳酸菌接种量对复合红参膏清除 DPPH 自由基能力的影响

Figure 2 Effects of Lactobacillus inoculation on the scavenging ability of DPPH radical scavenging of composite red ginseng cream

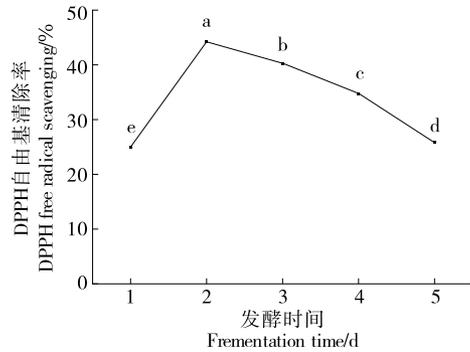


图 3 发酵时间对复合红参膏清除 DPPH 自由基能力的影响

Figure 3 Effects of fermentation time on the scavenging ability of DPPH radical scavenging of composite red ginseng cream

0.05)。表 5 的多重比较结果显示,料液比的水平 1 与水平 2,3 有显著差异,水平 2 与水平 3 无显著差异,最优料液比为 A 组 1:6 (g/mL)。因素 B 和 C 各水平之间差异不显著,可任选一合适水平,因此综合多重比较结果,且为了试验条件的可行性,选择制作复合红参膏的条件为料液比 1:6 (g/mL),接种量 1%,在 37 °C 发酵 2 d。

表 2 复合红参膏正交试验因素水平表

Table 2 Level table of factors in orthogonal test of compound red ginseng cream

水平	A 料液比(g/mL)	B 接种量/%	C 发酵时间/d
1	1:6	0.5	2
2	1:7	1.0	3
3	1:8	1.5	4

表3 正交试验结果

Table 3 Orthogonal test results

序号	A	B	C	IC ₅₀ /(μg·mL ⁻¹)
1	1	1	1	803.26
2	1	2	2	786.35
3	1	3	3	859.74
4	2	1	2	948.25
5	2	2	3	901.38
6	2	3	1	958.19
7	3	1	3	1 005.39
8	3	2	1	974.91
9	3	3	2	1 042.38
k ₁	816.45	918.97	934.61	
k ₂	935.94	887.55	925.66	
k ₃	1 007.56	953.44	922.17	
R	191.11	65.89	12.44	

表4 方差分析表[†]

Table 4 Variance analysis

方差来源	平方和	自由度	F值	显著性
A	55 930.317	2	23.705	0.001*
B	6 516.889	2	0.346	0.721
C	296.514	2	0.014	0.986

† *表示P<0.05,代表差异显著。

表5 多重比较结果

Table 5 Multiple comparison results

因素A	IC ₅₀ /(μg·mL ⁻¹)	差异显著性 α=0.05
1	816.45	c
2	935.94	b
3	1 007.56	a

2.2 复合红参膏有效成分含量

复合红参膏中总皂苷、总黄酮及多糖含量见表6。

2.3 复合红参膏抗氧化活性

由表7可知,复合红参膏具有良好的抗氧化性能,其

表6 复合红参膏中总皂苷、总黄酮及多糖含量

Table 6 Total saponins, total flavonoids and polysaccharide content in compound red ginseng cream

项目	试验次数	平均吸光度	含量/(mg·g ⁻¹)
总皂苷	3	0.133	8.2
总黄酮	3	0.672	15.5
总多糖	3	0.741	331.5

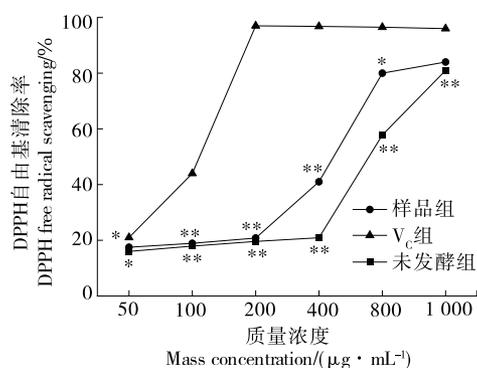
对ABTS自由基的清除能力优于对DPPH自由基和PTIO自由基的。

表7 抗氧化试验结果

Table 7 Results of antioxidant test

项目	线性回归方程	R ²	IC ₅₀ /(μg·mL ⁻¹)
DPPH自由基	y=0.087 5x+0.867 8	0.983 1	561.5
ABTS自由基	y=0.094 4x+10.063	0.958 7	423.1
PTIO自由基	y=0.091 7x+3.037 6	0.987 4	512.1

由图4可知,在测试质量浓度范围内,DPPH自由基清除率与复合红参膏稀释液的质量浓度呈显著正相关,并能够有效地清除DPPH自由基。进一步分析发现,经过乳酸菌发酵后的红参与红景天制成的复合红参膏,在DPPH自由基清除方面表现出了优于未发酵组的效果。这是由于乳酸菌发酵过程中产生了某些代谢产物或酶类,这些物质有助于提升红参与红景天中抗氧化成分的活性和稳定性。同时,发酵还改变了原料的理化性质,使其更易于被人体吸收利用,从而增强了抗氧化效果。



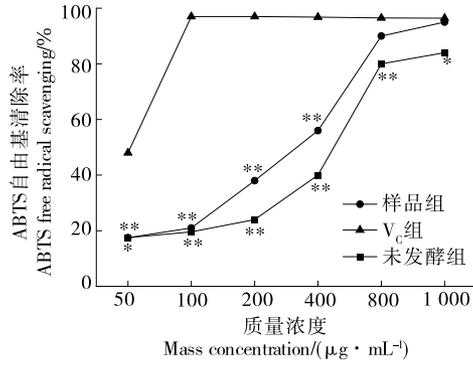
*表示与V_c组之间差异显著(P<0.05);**表示与V_c组之间差异极显著(P<0.01)

图4 不同样品对DPPH自由基的清除能力

Figure 4 Scavenging capacity of different samples for DPPH radicals

由图5可知,在试验范围内,ABTS自由基清除率与复合红参膏稀释液浓度正相关。在1 000 μg/mL的质量浓度下,复合红参膏清除ABTS自由基的IC₅₀为423.1 μg/mL。而且样品组的ABTS自由基清除效果比未发酵组高。说明经过乳酸菌发酵后的红参与红景天制成的复合红参膏清除ABTS自由基的效果更好。

由图6可知,随着复合红参膏质量浓度的增加,PTIO自由基清除率呈上升趋势,且样品组对PTIO自由基的清除效果略高于未发酵组。李秋阳等^[23]研究发现,乳酸菌发酵过程能够显著提升红参与红景天中的总酚含量。因此,推测发酵后总酚含量的增加直接增强了复合红参膏

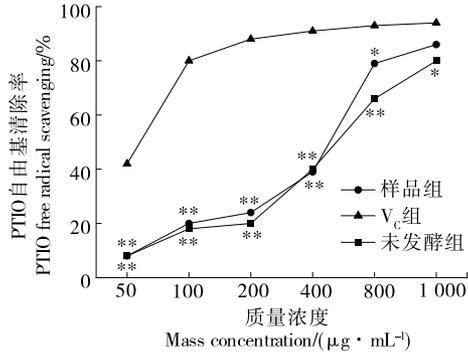


*表示与 V_c组之间差异显著 ($P < 0.05$); **表示与 V_c组之间差异极显著 ($P < 0.01$)

图 5 不同样品对 ABTS 自由基的清除能力

Figure 5 Scavenging capacity of different samples for ABTS free radicals

的抗氧化能力,使其在清除 PTIO 自由基方面表现出更优异的性能。此外,乳酸菌发酵还可以通过其他途径促进复合红参膏的抗氧化效果。例如,发酵过程中产生的某些代谢产物或酶类能够增强抗氧化成分的活性和稳定性,使其更易于在生物体内发挥作用。同时,发酵还能改善复合红参膏的溶解性和生物利用度,使抗氧化成分能够更有效地被人体吸收和利用。



*表示与 V_c组之间差异显著 ($P < 0.05$); **表示与 V_c组之间差异极显著 ($P < 0.01$)

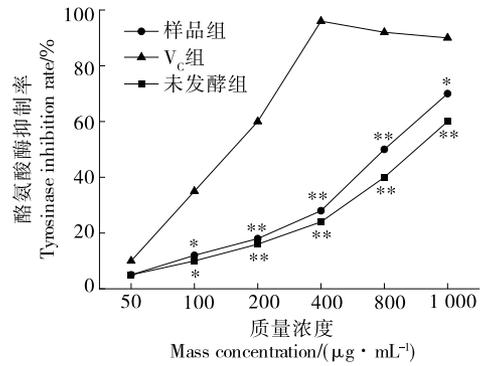
图 6 不同样品对 PTIO 自由基的清除能力

Figure 6 Scavenging capacity of different samples for PTIO radicals

2.4 复合红参膏对酪氨酸酶的抑制作用

人的表皮基层细胞间广泛分布黑色素细胞,含有的酪氨酸酶可以将酪氨酸氧化成多糖,酪氨酸酶活性增加会导致产生的黑色素增多,酪氨酸酶决定了皮肤黑色素合成的速率^[24]。如图 7 所示,随着样品质量浓度的增加,其对酪氨酸酶的抑制作用明显增加,呈剂量依赖型增长。结果显示复合红参膏抑制酪氨酸酶显著高于韩雨迪等^[17]的研究。黑色素的生成过程依赖于细胞内的氧化还原状

态。如果氧化条件不足,酪氨酸酶的活性会受到影响,从而减缓或阻止黑色素的形成。复合红参膏对酪氨酸酶活性的抑制是因其较强的抗氧化作用所致。



*表示与 V_c组之间差异显著 ($P < 0.05$); **表示与 V_c组之间差异极显著 ($P < 0.01$)

图 7 不同样品对酪氨酸酶的抑制能力

Figure 7 Inhibition of tyrosinase by different samples

2.5 复合红参膏对 B16 小鼠黑色素瘤细胞的生长抑制

由图 8 可知,复合红参膏质量浓度为 0.2~1.4 mg/mL,作用时间为 24, 48 h 时,细胞存活率均在 90% 以上,具有一定的黑色素合成抑制率^[25],而在质量浓度为 1.4 mg/mL 时细胞存活率已经低于 80%,证明此时的质量浓度已对细胞的生长产生明显的抑制作用,因此为了保证细胞的存活率不会影响试验结果,后续细胞试验中复合红参膏可选用的最大质量浓度为 1.2 mg/mL。

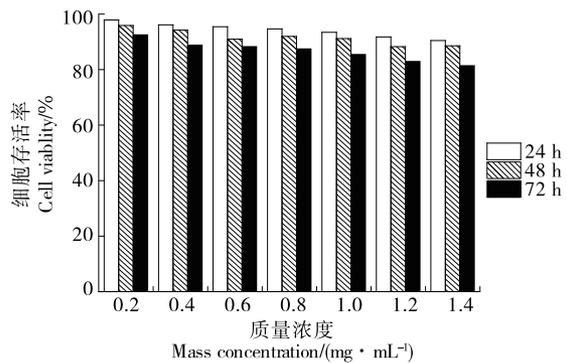
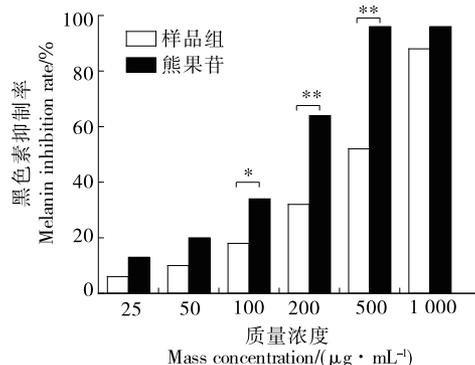


图 8 复合红参膏对 B16 小鼠黑色素瘤细胞存活率的影响
Figure 8 Effects of composite red ginseng cream on the survival of melanoma cells in B16 mice

2.6 复合红参膏对 B16 小鼠黑色素瘤细胞内黑色素的抑制作用

由图 9 可知,与阳性对照熊果苷对黑色素的抑制效果相比较,样品组虽没有熊果苷抑制作用显著但仍呈剂量依赖式增强。说明复合红参膏在 25~1 000 μg/mL 的质量浓度区间内有一定的抑制细胞内黑色素生长的效果。周

妍等^[24]的研究也表明,在一定质量浓度范围内,红景天提取物对细胞黑色素合成具有一定的抑制作用。经过计算,复合红参膏对B16小鼠黑色素瘤细胞内黑色素抑制作用的线性回归方程为: $y=0.0847x+7.8911$, R^2 为0.9807, IC_{50} 为497.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。



*表示样品组和熊果苷组之间差异显著($P<0.05$);**表示样品组和熊果苷组之间差异极显著($P<0.01$)

图9 复合红参膏对B16小鼠黑色素瘤抑制率的影响

Figure 9 Effects of composite red ginseng cream on the inhibition rate of melanoma in B16 mice

3 结论

复合红参膏的最佳制作工艺为料液比1:6 (g/mL), 乳酸菌接种量1%, 在37℃下发酵2 d, 该条件制得的红参膏具有一定的美白效果。该研究在综合分析红参及其提取物在抗氧化与美白领域已有研究的基础上展开, 进一步拓展了复合红参膏的应用领域。通过引入乳酸菌发酵工艺, 不仅提高了红参膏中活性成分的含量, 还提高了其美白效果, 这是对已有相关研究的延续与深化。研究揭示了复合红参膏的美白潜力, 但仍需通过体内试验验证其安全性和有效性, 并进一步探讨长期使用的稳定性和活性成分间的相互作用; 未来应开展动物模型和临床试验以促进其实际应用。

参考文献

[1] 王怀瑞. 生晒参和红参的感官、皂苷成分及抗 α 淀粉酶活性比较研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2021: 8-12.
WANG H R. Comparative study on sensory, saponin components, anti- α -amylase activity of white ginseng and red ginseng[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2021: 8-12.

[2] 曲孟, 常艳秋, 齐欣, 等. 辐照对红景天提取物活性成分及降血糖作用的影响[J]. 食品与机械, 2022, 38(11): 160-167.
QU M, CHANG Q Y, QI X, et al. Effect of irradiation on active components of *Rhodiola rosea* extracts and their hypoglycemic ability[J]. Food & Machinery, 2022, 38(11): 160-167.

[3] 张方毅, 郭遂成. 红参水提液抗疲劳作用及机制研究[J]. 国际中医中药杂志, 2020, 42(12): 1 132-1 136.
ZHANG F Y, GUO S C. Anti-fatigue effect and mechanism of red ginseng aqueous extract[J]. International Traditional Chinese Medicine, 2020, 42(12): 1 132-1 136.

[4] 王亚杰. 景参麦咀嚼片的开发及免疫调节作用研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2022: 36-42.
WANG Y J. Study on the development and immune regulation of Jingshenmai chewable tablet[D]. Changchun: Journal of Changchun University of Chinese Medicine, 2022: 36-42.

[5] 牛俊刚, 邵国平. 发酵红参原液在抗氧化、美白和改善皱纹方面的应用[J]. 中国化妆品, 2022(增刊1): 114-118.
NIU J G, SHAO G P. Application of fermented red ginseng stock solution in antioxidant, whitening and wrinkle improvement[J]. China Cosmetics, 2022(Suppl 1): 114-118.

[6] 尤晓颜, 刘慧, 段续, 等. 人参皂苷Rb1脂质体的制备及对脂肪细胞中脂滴积聚的抑制作用[J]. 食品与机械, 2024, 40(7): 1-6, 80.
YOU X Y, LIU H, DUAN X, et al. Investigating the inhibitory effect of B-Rb1-Lipon lipid droplet accumulation in 3T3-L1 adipocytes[J]. Food & Machinery, 2024, 40(7): 1-6, 80.

[7] 尹雅婷, 刘丽, 程康, 等. 基于网络药理学探究红景天的皮肤功效及潜在作用机制[J]. 日用化学品科学, 2023, 46(12): 21-30.
YIN Y T, LIU L, CHENG K, et al. Research on the efficacy and mechanism of *Rhodiola rosea* on skin based on network pharmacology[J]. China Detergent & Cosmetics, 2023, 46(12): 21-30.

[8] 刘存芳, 魏玲玲, 王乙颖, 等. 玫瑰红景天醇提物不同溶剂萃取物的生物活性[J]. 食品与机械, 2021, 37(4): 160-164, 225.
LIU C F, WEI L L, WANG Y Y, et al. Bioactivities of different solvents extracts from the ethanol extract of *Rhodiola rosea*[J]. Food & Machinery, 2021, 37(4): 160-164, 225.

[9] 于英杰, 耿宏侠, 吴亚男, 等. 红景天美白凝胶的制备及质量标准[J]. 中国药师, 2022, 25(4): 720-723.
YU Y J, GENG H M, WU Y N, et al. Preparation and quality standards of *Rhodiola rosea* whitening gel[J]. Chinese Pharmacist, 2022, 25(4): 720-723.

[10] 邢艺缤, 王馨悦, 王慕尧, 等. 人参不定根总皂苷的提取工艺优化及其抗氧化与抗疲劳作用[J]. 食品工业科技, 2024, 45(6): 193-201.
XING Y B, WANG X Y, WANG M Y, et al. Optimization of the extraction process of ginseng indeterminate root saponins and their antioxidant and anti-fatigue effects[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(6): 193-201.

[11] 刘钊含, 杨同香, 许韩山, 等. 干燥方式对百香果皮理化、功能及抗氧化特性的影响[J]. 食品与机械, 2023, 39(10): 166-174.
LIU Z H, YANG T X, XU H S, et al. The influence of drying methods on the physicochemical, functional, and antioxidant

- properties of passion fruit peel[J]. Food & Machinery, 2023, 39(10): 166-174.
- [12] 曾露露, 丁传波, 赵婷, 等. 不同产地黑参化学成分含量测定及质量评价[J]. 营养学报, 2017, 39(5): 498-503.
ZENG L L, DING C B, ZHAO T, et al. Composition analysis and quality evaluation of black ginsengs from different habitats [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2017, 39(5): 498-503.
- [13] 屠万倩, 张留记, 夏曼玉, 等. 杜仲叶清除 DPPH 自由基动力学特性及抗氧化活性成分筛选[J]. 中国药理学杂志, 2022, 57(4): 264-268.
TU W Q, ZHANG L J, XIA M Y, et al. DPPH kinetic characteristics and identification of antioxidant compounds in *Eucommia ulmoides* leaves[J]. Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences, 2012, 57(4): 264-268.
- [14] 刘爽, 崔承弼, 金敏淇, 等. 富硒大米的饮料制作工艺及其抗氧化作用研究[J]. 延边大学农学学报, 2023, 45(4): 54-63.
LIU S, CUI C B, JIN M Q, et al. Research on the beverage production process and antioxidant effect of selenium-rich rice [J]. Journal of Agricultural Science Yanbian University, 2023, 45(4): 54-63.
- [15] 王佰灵, 罗伦, 邱婧然, 等. 景天三七总多酚提取工艺的优化及活性研究[J]. 化学研究与应用, 2021, 33(8): 1 485-1 493.
WANG B L, LUO L, QIU J R, et al. Optimization of extraction process of total polyphenol from *Sedum aizoon* L. and activities study[J]. Chemical Research and Application, 2021, 33(8): 1 485-1 493.
- [16] 王循浩, 尹楠翔, 李倩, 等. 不同提取及测定方法对中药紫草组方抗氧化性比较[J]. 广州化工, 2020, 48(23): 83-86, 123.
WANG X H, YIN N X, LI Q, et al. Comparison of antioxidant activity with different extraction and determination methods for arnebiae[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2020, 48(23): 83-86, 123.
- [17] 韩雨迪, 金莉英, 孙熙洽, 等. 人参红景天乳液的制作及其抗氧化、美白作用研究[J]. 日用化学工业(中英文), 2023, 53(6): 665-672.
HAN Y D, JIN L Y, SUN X H, et al. Preparation of a lotion containing *Rhodiola rosea* and *Panax ginseng* and its antioxidant and whitening effects[J]. China Surfactant Detergent & Cosmetics (in Chinese and English), 2023, 53(6): 665-672.
- [18] 张彪, 滕聪, 杨修仕, 等. 热转化西洋参茎叶皂苷的抗氧化及美白活性[J]. 现代食品科技, 2022, 38(9): 254-263.
ZHANG B, TENG C, YANG X S, et al. Antioxidant and whitening activities of heat-transformed american ginseng stem-leaf saponins[J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(9): 254-263.
- [19] 刘蜀坤, 景林, 孟晓. 白藜芦醇对小鼠黑色素瘤细胞 B16 黑色素生成的影响及其机制研究[J]. 现代预防医学, 2017, 44(22): 4 147-4 150.
LIU S K, JING L, MENG X. Study on the effect and mechanism of resveratrol on melanogenesis in mouse melanoma cells B16[J]. Modern Preventive Medicine, 2017, 44(22): 4 147-4 150.
- [20] 王昭维, 王惠嘉, 高恩, 等. GHK 对 B16 细胞内黑色素合成的抑制作用[J]. 香料香精化妆品, 2019(3): 29-32, 44.
WANG Z W, WANG H J, GAO E, et al. Inhibition effect of GHK on melanin formation in B16 murine melanoma cells[J]. Flavor Fragrance Cosmetics, 2019(3): 29-32, 44.
- [21] HANA J H, BANGA J S, CHOIBY J. Anti-melanogenic effects of oyster hydrolysate in UVB-irradiated C57BL/6J mice and B16F10 melanoma cells via downregulation of cAMP signaling pathway[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2019, 229: 137-144.
- [22] LEE C S, NAM G, BAE I H, et al. Whitening efficacy of ginsenoside F1 through inhibition of melanin transfer in cocultured human melanocytes/keratinocytes and three dimensional human skin equivalent[J]. Journal of Ginseng Research, 2019, 43: 300-304.
- [23] 李秋阳, 唐金鑫, 刘士伟, 等. 人参炮制品发酵前后功能性成分变化对比[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(1): 40-46.
LI Q Y, TANG J X, LIU S W, et al. Comparative study on functional components of ginseng processed products before and after fermentation[J]. Food Research and Development, 2023, 44(1): 40-46.
- [24] 周妍, 韩蕊娜. 红景天提取物的护肤功效及安全性评价研究[J]. 日用化学工业(中英文), 2023, 53(10): 1 180-1 185.
ZHOU Y, HAN R N. Study on the skincare efficacy and safety evaluation of *Rhodiola rosea* extract[J]. China Surfactant Detergent & Cosmetics (in Chinese and English), 2023, 53(10): 1 180-1 185.
- [25] 刘有停, 刘宇红. 红景天提取液生化与细胞水平的美白功效研究[J]. 轻工学报, 2016, 31(4): 39-43.
LIU Y T, LIU Y H. Study on whitening efficacy of rhodiola crenulata extract on the biochemistry and cell level[J]. Journal of Light Industry, 2016, 31(4): 39-43.