

### 3 种木本植物油的品质、抗氧化和防紫外线活性研究

陈江燕<sup>1,2</sup>, 顾庆慧<sup>2</sup>, 罗兰<sup>2</sup>, 李亚<sup>2</sup>, 田云才<sup>3,4</sup>, 田勇<sup>3,4</sup>, 张文环<sup>3,4</sup>, 赵鑫<sup>3,4</sup>, 吴明一<sup>2</sup>

(1. 昆明医科大学药学院暨云南省天然药物药理重点实验室, 昆明 650500; 2. 中国科学院昆明植物研究所植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室, 昆明 650201; 3. 上海致臻志臣科技有限公司, 上海 200200; 4. 上海臻臣化妆品有限公司, 上海 201400)

**摘要:**为了评价美藤果油、牡丹籽油和青刺果油的品质及其开发为功效性护肤品的应用价值, 对其品质指标、抗氧化及防紫外线活性进行比较分析。结果表明: 3 种木本植物油的酸值、碘值与不饱和脂肪酸含量差别较大, 其中美藤果油的酸值最低, 而其碘值、多不饱和脂肪酸含量和总多酚含量最高(分别达 181.32 g/100 g、88.78% 和 70.29 mg/100 g); 3 种植物油的 DPPH 自由基清除能力顺序为美藤果油 > 牡丹籽油 > 青刺果油, 且美藤果油的 DPPH 自由基清除能力强于维生素 E 的; 3 种植物油均具有一定的防紫外线活性, 其中美藤果油的紫外吸收能力最强, 美藤果油和牡丹籽油对 UVB 照射后的人角质形成细胞(HaCaT 细胞)保护能力及防护其 DNA 损伤效果较优。综上, 美藤果油的品质最优, 抗氧化和防紫外线活性最强, 可以用于抗氧化及防晒系列功效性护肤品的开发。

**关键词:**美藤果油; 牡丹籽油; 青刺果油; 理化性质; 抗氧化活性; 防紫外线活性

中图分类号: TS222+.1; TS227 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2025)02-0108-07

### Qualities, antioxidant and anti-UV activities of three woody plant oils

CHEN Jiangyan<sup>1,2</sup>, GU Qinghui<sup>2</sup>, LUO Lan<sup>2</sup>, LI Ya<sup>2</sup>, TIAN Yuncai<sup>3,4</sup>,  
TIAN Yong<sup>3,4</sup>, ZHANG Wenhuan<sup>3,4</sup>, ZHAO Xin<sup>3,4</sup>, WU Mingyi<sup>2</sup>

(1. School of Pharmaceutical Sciences and Yunnan Key Laboratory of Pharmacology for Natural Products, Kunming Medical University, Kunming 650500, China; 2. State Key Laboratory of Phytochemistry and Plant Resources in West China, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China; 3. Shanghai Zhi Zhen Zhi Chen Technology Co., Ltd., Shanghai 200200, China; 4. Shanghai A&H International Cosmetics Co., Ltd., Shanghai 201400, China)

**Abstract:** In order to evaluate the qualities of three woody plant oils (*Plukenetia volubilis* oil, *Paeonia suffruticosa* seed oil and *Prinsepia utilis* oil) and their potential to be effective skin care product, their quality indexes, antioxidant and anti-UV activities were studied and compared. The results showed that their acid value, iodine value and unsaturated fatty acid content had great difference, among which the acid value of *P. volubilis* oil was the lowest, while its iodine value, polyunsaturated fatty acid content and total polyphenol content were the highest (up to 181.32 g/100 g, 88.78% and 70.29 mg/100 g, respectively). The scavenging ability of DPPH free radicals was ranked as *P. volubilis* oil > *P.*

*suffruticosa* seed oil > *P. utilis* oil, and the antioxidant ability of *P. volubilis* oil in DPPH free radicals scavenging was better than that of vitamin E. All three plant oils had certain anti-UV activities, among which the UV absorption capacity of *P. volubilis* oil was the strongest, and *P. volubilis* oil and *P. suffruticosa* seed oil were more effective in the protection of human

收稿日期: 2024-01-08; 修回日期: 2024-10-16

基金项目: 云南省基础研究专项——杰出青年项目 (202301AV070008)

作者简介: 陈江燕(1999), 女, 硕士研究生, 研究方向为天然产物(E-mail)2484583797@qq.com。

通信作者: 吴明一, 研究员(E-mail)wumingyi@mail.kib.ac.cn。

keratinocytes (HaCaT) and the protection of their DNA damage after UVB irradiation. In conclusion, *P. volubilis* oil has the best quality and the strongest antioxidant and anti-UV activities, and can be used in the development of antioxidant and sunscreen series of efficacious skin care products.

**Key words:** *Plukenetia volubilis* oil; *Paeonia suffruticosa* seed oil; *Prinsepia utilis* oil; physicochemical property; antioxidant activity; anti-UV activity

天然植物油是从植物的果实、种子或胚芽中得到的油脂,是人类必需的营养物质<sup>[1]</sup>。美藤果、牡丹和青刺果为新型木本油料植物,在云南均有分布,其油脂的营养物质丰富且不饱和脂肪酸含量较高<sup>[2-4]</sup>,具有较高的食用和保健价值<sup>[5-6]</sup>。油脂作为化妆品基质原料,兼具保湿、柔润、抗氧化、肤感调节等多种作用<sup>[7]</sup>。近年来,美藤果油、牡丹籽油和青刺果油逐渐应用于功效性护肤品和日用化妆品的开发中,如:美藤果油用于防妊娠纹、保湿、晒后护理、手足部护理和按摩精油等美容护肤品,牡丹籽油应用于面膜、护肤乳霜和防晒产品等多种类型护肤品<sup>[8]</sup>,而青刺果油用于针对儿童的预防红屁股、保湿、预防婴幼儿皮肤龟裂等功效性护肤油。然而,3种特色木本植物油的理化性质、脂肪酸组成以及生物活性等未进行系统的对比研究,在化妆品领域使用时尚难以辨别其品质与功效。

本文对美藤果油、牡丹籽油和青刺果油的理化性质、脂肪酸组成、总多酚含量、DPPH 自由基清除能力及防紫外活性进行比较研究,以期为 3 种木本植物油在化妆品中的进一步开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 原料与试剂

美藤果果实,产自云南省西双版纳;牡丹籽,产自陕西省合阳县;青刺果果实,产自云南省丽江市。

噻唑兰(MTT),北京索莱宝科技有限公司;磷酸盐缓冲液(PBS),武汉塞维尔生物科技有限公司;甲基叔丁基醚、福林酚、异辛烷,分析纯,上海麦克林生化科技股份有限公司;甲醇,分析纯,天津市富宇精细化工有限公司;乙醇,食品级,云南利妍科技有限公司;硫酸氢钠,分析纯,天津市风船化学试剂科技有限公司;氢氧化钾,分析纯,天津市大茂化学试剂厂;RPMI 1640 培养液,Gibco Life Technologies 公司;碘化丙啶(PI),Thermo Fisher 公司;人角质形成细胞(HaCaT 细胞),中国科学院细胞库;胰酶(0.25%),Gibco 公司。

#### 1.1.2 仪器与设备

JA5003B 万分之一电子天平,上海天美天平仪

器有限公司;美香 K28C 榨油机;Multiskan FC 酶标仪,赛默飞世尔(上海)仪器有限公司;气相色谱-质谱联用仪,美国 Agilent 公司;202-DOA 电热干燥箱,沪鑫电炉烘箱厂;VOR76X-6 旋涡振荡器,海门市其林贝尔仪器制造有限公司;UV2600 紫外可见分光光度计,日本岛津有限公司;BIO-SUN 紫外辐照仪,法国 Vilber 公司;LSM900 激光共聚焦显微镜,德国 Carl zeiss AG 公司;PowerPac™ 电泳仪,美国 Bio-Rad 公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 油脂的制备

调节榨油机温度至 180℃ 预热 6 min,将预先干燥去壳的牡丹籽、美藤果、青刺果置于榨油机中压榨制油,压榨饼重复榨取 2 次,将收集的油离心(4 000 r/min,15 min)后得到原油。向原油中加 5% 活性白土,室温搅拌 30 min,静置 2 h,离心(4 000 r/min,30 min),吸取上清液,分别得到牡丹籽油、美藤果油和青刺果油。

#### 1.2.2 3 种植物油理化指标测定

酸值的测定参照 GB 5009.229—2016;碘值的测定参照 GB/T 5532—2008;过氧化值的测定参照 GB 5009.227—2016 中的第一法;水分及挥发物的测定参照 GB 5009.236—2016 中的第二法。

#### 1.2.3 3 种植物油脂肪酸组成及含量测定

参照 GB 5009.168—2016 采用气相色谱-质谱法(GC-MS)测定 3 种植物油的脂肪酸组成及含量。

GC 条件:DB-WAX 毛细管色谱柱(0.25 mm × 60 m × 0.25 μm);进样器温度 250℃;升温程序为初始温度 80℃ 保持 1 min,以 20℃/min 速率升温至 180℃,以 10℃/min 速率升温至 220℃,以 1℃/min 速率升温至 240℃,保持 5 min;载气为氮气;分流比 40:1;进样量 1.0 μL;流速 1 mL/min;检测条件应满足理论塔板数至少 2 000 m<sup>-1</sup>,分离度(R)至少 1.25。

MS 条件:电离方式 EI;电子能量 70 eV;传输线温度 290℃;离子源温度 230℃;四极杆温度 150℃;质量扫描范围(m/z)50~600。

#### 1.2.4 3 种植物油总多酚含量的测定

参照 LS/T 6119—2017《粮油检验 植物油中多

酚的测定 分光光度法》测定 3 种植物油的总多酚含量,其中以没食子酸为标准品绘制的标准曲线方程为  $y = 0.0091x + 0.0390$ ,  $R^2 = 0.9944$  (式中:  $y$  为吸光度,  $x$  为没食子酸质量浓度)。

### 1.2.5 3种植物油 DPPH 自由基清除能力的测定

DPPH 溶液配制:称取 3.2 mg DPPH,加入 4 mL 无水乙醇-甲基叔丁基醚(体积比 1:1)混合溶液,超声 5 min,涡旋振荡使其充分溶解,放入 4℃ 冰箱中避光保存,临用前稀释 10 倍,得到 0.2 mmol/L 的 DPPH 溶液。

油脂样品溶液的配制:取 1 mL 油脂(质量为 925 mg),加入 2 mL 无水乙醇-甲基叔丁基醚(体积比 1:1),稀释混匀即得溶液原始油脂样品溶液,其质量浓度为 462.5 mg/mL。

取 100  $\mu$ L 上述原始油脂样品溶液,加入 300  $\mu$ L 无水乙醇-甲基叔丁基醚(体积比 1:1)进行稀释,以此类推,逐步稀释后共获得 5 个质量浓度梯度。

样品测定:以无水乙醇-甲基叔丁基醚(体积比 1:1)作为阴性对照,维生素 E 作为阳性对照,取上述已稀释好的各油脂样品及阴性和阳性对照样品 100  $\mu$ L 加入 96 孔板中,排枪加入 100  $\mu$ L DPPH 溶液,避光反应 30 min,于 517 nm 波长处测定吸光度。为了排除样品自身颜色干扰,同时测定 100  $\mu$ L 样品加入 100  $\mu$ L 溶剂混合后的吸光度。样品 DPPH 自由基清除率( $x$ )按公式(1)计算。绘制 DPPH 自由基清除率与样品溶液质量浓度对数的拟合曲线,获得各样品的半抑制率质量浓度( $IC_{50}$ 值)。

$$x = [A_c - (A_s - A_d)] / A_c \times 100\% \quad (1)$$

式中: $A_c$ 为 100  $\mu$ L 溶剂+100  $\mu$ L DPPH 溶液反应 30 min 后的吸光度; $A_s$ 为 100  $\mu$ L 样品+100  $\mu$ L DPPH 溶液反应 30 min 后的吸光度; $A_d$ 为 100  $\mu$ L 样品+100  $\mu$ L 溶剂混合后的吸光度。

### 1.2.6 3种植物油防紫外线活性测定

#### 1.2.6.1 紫外吸收能力的测定

各取 1 mL 美藤果油、牡丹籽油和青刺果油于试管中,分别加入 9 mL 环己烷,摇匀溶解,稀释 4 倍后,使用紫外可见分光光度计测定 200~400 nm 波长处的吸光度。

#### 1.2.6.2 对 UVB 照射 HaCaT 细胞的保护作用的测定

样品配制:量取 500  $\mu$ L 油脂并称其质量,加入 200  $\mu$ L 二甲基亚砜(DMSO)溶解,配制成油脂母液,临用前,使用含有 10% 胎牛血清和 1% 青霉素-链霉素双抗的 RPMI 1640 细胞培养液配制成质量浓度为 5 mg/mL 的溶液,过 0.2  $\mu$ m 滤膜后,-20℃ 保

存。实验前,将其质量浓度稀释至 0.5 mg/mL。

细胞培养:从液氮中取出 HaCaT 细胞后,于 37℃ 水浴复温 2 min,立即加入 2 mL 培养基混匀,800 r/min 离心 5 min,去掉上清液,加入 10 mL 含有 10% 胎牛血清和 1% 青霉素-链霉素双抗的 RPMI 1640 细胞培养液培养细胞,次日换液,待细胞长至 80% 左右,进行后续实验。

细胞处理:细胞以  $8 \times 10^4$  个/mL 浓度加入 96 孔板中,每孔加入 200  $\mu$ L 含有 10% 胎牛血清和 1% 青霉素-链霉素双抗的 RPMI 1640 细胞培养液,24 h 后,加入 200  $\mu$ L 0.5 mg/mL 的油脂溶液预处理 2 h,以 5 J/cm<sup>2</sup> 的 UVB 剂量照射细胞,照射结束后,细胞于 37℃、5% CO<sub>2</sub> 的培养箱中培养 20 h,弃掉上清液,加入 100  $\mu$ L 0.5 mg/mL MTT 溶液,放入 37℃、5% CO<sub>2</sub> 的培养箱中继续孵育 4 h,吸去培养液后,加入 150  $\mu$ L DMSO,振荡 10 min,采用酶标仪于 490 nm 处测定其吸光度。同时进行空白组(不加样品,不做 UVB 照射处理)和模型组(不加样品,以 5 J/cm<sup>2</sup> 的 UVB 剂量照射细胞)实验。

以各组吸光度与空白组吸光度比值计算细胞存活率。

#### 1.2.6.3 对 UVB 照射后 HaCaT 细胞 DNA 损伤保护作用的测定

样品配制及细胞培养:同 1.2.6.2。

细胞处理:细胞以  $2 \times 10^5$  个/mL 浓度加入 12 孔板中,每孔 2 mL;待细胞贴壁 24 h 后,加入 200  $\mu$ L 0.5 mg/mL 的油脂溶液预处理 2 h,以 5 J/cm<sup>2</sup> 的 UVB 剂量照射细胞,照射结束后,细胞继续培养 20 h,加入 2 mL 胰酶后放入细胞培养箱中消化 8 min,收集细胞悬液后,离心去除上清。所得细胞用冰浴预冷的 PBS 洗涤一次,离心收集细胞沉淀,加入适量 PBS 重悬使细胞密度为  $1 \times 10^6$  个/mL。分别使用正常熔点琼脂糖和低熔点琼脂糖-细胞悬液在载玻片上制备第一层和第二层凝胶(第一层凝胶为 1% 正常熔点琼脂糖凝胶,第二层为含有细胞悬液的低熔点琼脂糖凝胶)。将载玻片置于 10 cm 培养皿中,加入 10 mL 预冷的裂解液(9 mL Lysis Buffer 加入 1 mL DMSO)淹没凝胶和载玻片,于 4℃ 裂解 1.5 h,取出载玻片用 PBS 漂洗 3 min,之后将载玻片置于 4℃、25 V 电泳条件下电泳 20 min。电泳后将载玻片置于平皿内,加入中性缓冲液,将载玻片没入,于 4℃ 中和 1~3 次,每次 5~10 min,弃去中性缓冲液,在载玻片上滴加约 20  $\mu$ L PI,避光染色 15 min,激光共聚焦显微镜下观察并拍照,采用 Open-Come 软件分析每个样品条带的拖尾长度(细胞拖尾越长,

DNA 损伤越严重)。

同时做空白组(不经  $5 \text{ J/cm}^2$  的 UVB 剂量照射细胞)和模型组(不加样品,以  $5 \text{ J/cm}^2$  的 UVB 剂量照射细胞)实验。

## 2 结果与分析

### 2.1 3 种植物油的理化指标

美藤果油、青刺果油和牡丹籽油的酸值、碘值、过氧化值、水分及挥发物含量如表 1 所示。

表 1 3 种植物油的理化指标

Table 1 Physicochemical indexes of 3 kinds of vegetable oils

植物油	酸值 (KOH)/(mg/g)	碘值/(g/100 g)	水分及挥发物含量/%	过氧化值/(g/100 g)
美藤果油	$0.59 \pm 0.03$	$181.32 \pm 6.48$	$0.07 \pm 0.02$	$0.02 \pm 0.00$
牡丹籽油	$1.74 \pm 0.01$	$167.33 \pm 0.67$	$0.08 \pm 0.00$	$0.01 \pm 0.00$
青刺果油	$3.61 \pm 0.10$	$63.71 \pm 2.82$	$0.11 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.00$

酸值是油脂品质好坏的重要指标,酸值越小表示游离脂肪酸含量越低,油脂越不易酸败。由表 1 可看出,3 种植物油中,美藤果油的酸值最低,而青刺果油的酸值最高。碘值是油脂不饱和程度的标志,碘值越高表明不饱和程度越高。3 种植物油中美藤果油的碘值最高,达  $181.32 \text{ g/100 g}$ ,而青刺果油的碘值仅约为美藤果油的  $1/3$  ( $63.71 \text{ g/100 g}$ )。3 种植物油中牡丹籽油的过氧化值最低 ( $0.01 \text{ g/100 g}$ )。3 种植物油的水分及挥发物含量相近且较低。

### 2.2 3 种植物油的脂肪酸组成及含量

3 种植物油的脂肪酸组成及含量如表 2 所示。

表 2 3 种植物油的脂肪酸组成及含量

Table 2 Fatty acid composition and content of

脂肪酸	3 kinds of vegetable oils			%
	美藤果油	牡丹籽油	青刺果油	
十四烷酸(C14:0)	-	$0.05 \pm 0.02$	-	
棕榈酸(C16:0)	$3.33 \pm 0.47$	$5.08 \pm 0.34$	$17.34 \pm 0.39$	
硬脂酸(C18:0)	$2.10 \pm 0.42$	$1.34 \pm 0.19$	$5.27 \pm 0.59$	
油酸(C18:1)	$5.79 \pm 0.48$	$27.00 \pm 1.31$	$39.04 \pm 1.04$	
亚油酸(C18:2)	$38.29 \pm 0.93$	$20.68 \pm 0.51$	$37.02 \pm 0.05$	
亚麻酸(C18:3)	$50.50 \pm 0.44$	$45.58 \pm 1.40$	$0.74 \pm 0.01$	
棕榈油酸(C16:1)	-	$0.09 \pm 0.02$	$0.21 \pm 0.02$	
二十烷酸(C20:0)	-	$0.18 \pm 0.04$	$0.39 \pm 0.05$	
饱和脂肪酸	$5.42 \pm 0.89$	$6.65 \pm 0.60$	$22.99 \pm 1.04$	
不饱和脂肪酸	$94.58 \pm 0.89$	$93.35 \pm 0.60$	$77.01 \pm 1.04$	
单不饱和脂肪酸	$5.79 \pm 0.48$	$27.09 \pm 1.38$	$39.25 \pm 1.02$	
多不饱和脂肪酸	$88.78 \pm 1.37$	$66.26 \pm 1.97$	$37.76 \pm 0.05$	

由表 2 可看出,3 种植物油主要含有棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸,美藤果油所含脂肪酸种类最少,而牡丹籽油和青刺果油还检测到少量棕榈油酸及二十烷酸。3 种植物油中,青刺果油棕榈酸、硬脂酸与油酸含量最高,分别为  $17.34\%$ 、 $5.27\%$  和  $39.04\%$ ;美藤果油中亚油酸和亚麻酸含

量最高,分别为  $38.29\%$  和  $50.50\%$ 。3 种植物油中,青刺果油的饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸含量最高,不饱和脂肪酸含量最低。美藤果油的主要脂肪酸亚麻酸、亚油酸和油酸含量与陈佳等<sup>[9]</sup>的研究结果(三者含量分别为  $47.4\%$ 、 $37.5\%$  和  $7.81\%$ )有一定差异;青刺果油的油酸和亚油酸含量与杜萍等<sup>[10]</sup>的研究结果(油酸和亚油酸含量均为  $38\%$ )基本一致。

### 2.3 3 种植物油的总多酚含量

3 种植物油的总多酚含量见表 3。

表 3 3 种植物油的总多酚含量

Table 3 Total polyphenol contents of 3 kinds of vegetable oils

植物油	总多酚含量/(mg/100 g)
美藤果油	$70.29 \pm 0.75$
牡丹籽油	$57.15 \pm 0.39$
青刺果油	$24.75 \pm 2.19$

由表 3 可看出,美藤果油总多酚含量最高,为  $70.29 \text{ mg/100 g}$ ,牡丹籽油次之,青刺果油总多酚含量最低。Fanali 等<sup>[11]</sup>采用 HPLC - PDA/ESI - MS 测得美藤果油中总多酚类含量为  $62 \text{ mg/kg}$ ,与本文研究结果相差较大,可能与美藤果产地有关;宁二娟等<sup>[12]</sup>测得不同提取工艺下的牡丹籽油总多酚含量在  $3.23 \sim 8.82 \text{ mg/kg}$  之间,与本文结果差异较大,这可能与加工工艺及品种有关。

### 2.4 3 种植物油的 DPPH 自由基清除能力

3 种植物油的 DPPH 自由基清除能力见图 1。

通过 DPPH 自由基的清除能力来判断受试物的抗氧化能力是一种常用的实验室方法。由图 1a 可看出,3 种植物油均具有显著的 DPPH 自由基清除能力。由图 1b 可看出,阳性对照维生素 E 的  $IC_{50}$  值为  $4.69 \text{ mg/mL}$ ,美藤果油、牡丹籽油、青刺果油的  $IC_{50}$  值则分别为  $3.70$ 、 $12.12$ 、 $31.81 \text{ mg/mL}$ 。根据  $IC_{50}$  值越小, DPPH 自由基清除能力越强,得出 3 种

植物油的 DPPH 自由基清除能力大小顺序为美藤果油 > 牡丹籽油 > 青刺果油。经显著性分析,美藤果

油的 DPPH 自由基清除能力显著高于维生素 E 的 ( $p < 0.01$ )。

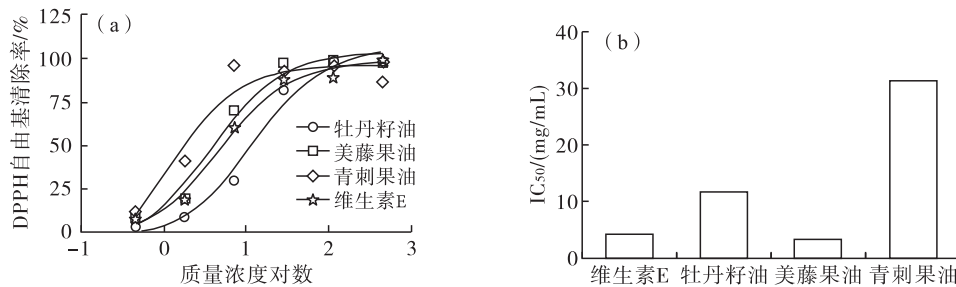


图1 3种植物油的 DPPH 自由基清除能力

Fig. 1 DPPH scavenging ability of 3 kinds of vegetable oils

### 2.5 3种植物油的防紫外线活性

波长为 200 ~ 400 nm 处的紫外线是阳光对人体皮肤造成伤害的主要波长段<sup>[7]</sup>。按照紫外光对皮肤损伤程度可分为三个波段:波长 200 ~ 280 nm 段(UVC 区),此波长段紫外线对人体皮肤损伤最大,但由于其穿透能力差,到达地面的量极少,不是防晒产品研发重点关注的波段;波长 280 ~ 320 nm 段(UVB 区),该波长段紫外线能够穿透真皮层导致皮肤出现发红、起泡等,属于防晒伤的关键波段;波长 320 ~ 400 nm 段(UVA 区),此波长段紫外线可直接穿透皮肤真皮层,导致皮肤黑色素沉积,属于防晒黑的关键波段<sup>[13-15]</sup>。鉴于紫外线对皮肤的潜在伤害,市售防晒剂被设计来提供针对不同波长紫外线的防护,市售防晒剂可分为物理的紫外线屏蔽剂和化学的紫外线吸收剂。紫外线吸收剂也称有机防晒剂,可吸收有伤害作用的紫外辐射,将吸收的能量转化为无害的热能等形式释放出去<sup>[16]</sup>。图 2 为 3 种植物油紫外全波长扫描曲线。

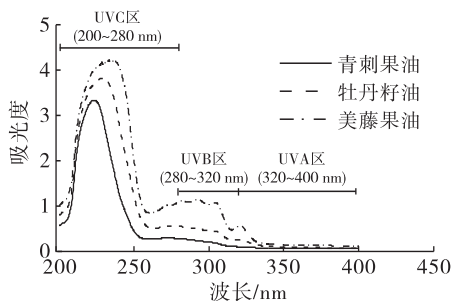


图2 3种植物油紫外全波长扫描曲线

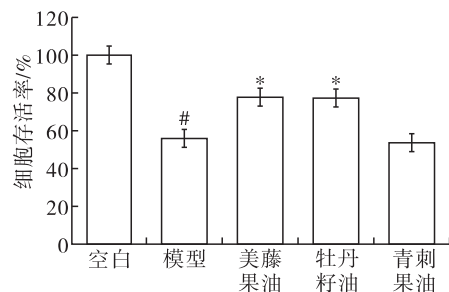
Fig. 2 UV full wavelength scanning curves of 3 kinds of vegetable oils

由图 2 可看出:在 200 ~ 400 nm 的波长范围内,美藤果油的紫外吸光度最高,其次是牡丹籽油和青刺果油;且在主要防晒伤区 UVB 区,美藤果油吸光度显著高于其他 2 种植物油;在 320 ~ 400 nm 波长

范围内,3 种植物油的吸光度均趋于平稳,但美藤果油仍略高于其他 2 种植物油。综上,美藤果油在 200 ~ 400 nm 波长范围内的紫外线吸收能力均较优,这提示美藤果油作为抗紫外线基底油,应用于防晒护肤品的开发,具有重要的推广应用价值。

### 2.6 3种植物油对 UVB 照射后 HaCaT 细胞存活率的影响

HaCaT 细胞对皮肤抵御外界刺激发挥着重要的作用,作为皮肤细胞类群中的重要组成部分,在机体内通过分裂分化最终形成角质层,因此其增殖能力下降是皮肤光老化的特征之一<sup>[17]</sup>。图 3 是 3 种植物油对 UVB 照射后 HaCaT 细胞存活率的影响。



注: # 代表模型组与空白组相比具有显著性差异 ( $p < 0.05$ ), \* 代表与模型组相比具有显著性差异 ( $p < 0.05$ )。下同

Note: #. Compared to the blank group with the model group  $p < 0.05$ ; \*. Compared to the model group  $p < 0.05$ . The same below

图3 3种植物油对 UVB 照射 HaCaT 细胞存活率的影响  
Fig. 3 Effect of 3 kinds of vegetable oils on HaCaT cell survival after UVB irradiation

由图 3 可看出,UVB 照射 HaCaT 细胞后,与空白组相比,模型组的细胞存活率仅为 55%,加入青刺果油后细胞存活率略低于模型组,而在加入美藤果油与牡丹籽油后,HaCaT 细胞存活率均提高至 77% 左右,较模型组有显著增加 ( $p < 0.05$ )。这说明青刺果油对 UVB 照射后 HaCaT 保护作用不显

著,而美藤果油与牡丹籽油则对其具有较为突出的保护作用,可恢复细胞的增殖能力。这可能与美藤果油与牡丹籽油的 UVB 段的紫外吸光度较大(图 3),DPPH 自由基清除能力较强(图 2),能有效抑制 UVB 诱导的氧化应激从而达到防止紫外线损伤 HaCaT 细胞的作用有关。

### 2.7 3 种植物油对 UVB 照射后 HaCaT 细胞 DNA 损伤的保护作用

较低剂量的紫外线照射可启动皮肤细胞的自身修复功能以应对外界损伤,但一旦紫外线辐射过量,则会穿透皮肤直接引起 HaCaT 细胞 DNA 损伤或诱导活性氧的产生,这些活性氧可攻击细胞内脂质、蛋白质和 DNA,导致 HaCaT 细胞等的功能障碍<sup>[18]</sup>,并激活加速皮肤老化的信号通路,且损伤一旦超过机体自身的修复能力,则会引起皮肤衰老等<sup>[19-20]</sup>。图 4 为 3 种植物油处理的 UVB 照射 HaCaT 细胞拖尾长度。

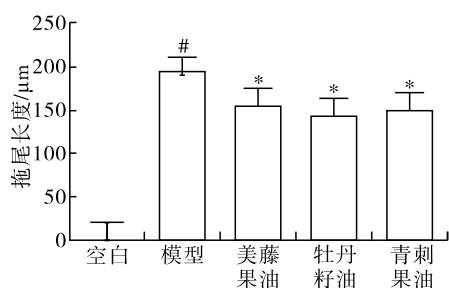


图 4 3 种植物油处理的 UVB 照射 HaCaT 细胞拖尾长度

Fig. 4 Drag length of UVB - irradiated HaCaT cells treated with 3 kinds of vegetable oils

由图 4 可看出,空白组细胞拖尾长度为 2.42  $\mu\text{m}$ ,以 5 J/cm 的 UVB 剂量照射 HaCaT 细胞后,模型组的细胞拖尾长度为 196.17  $\mu\text{m}$ ,而在加入 3 种植物油后,HaCaT 细胞拖尾长度均显著缩短,说明 3 种植物油均对 UVB 照射后 HaCaT 细胞具有突出的保护作用,可以减少 UVB 照射后 HaCaT 细胞的 DNA 损伤。综合 2.6 结果得出,在较高剂量的紫外线照射时,美藤果油和牡丹籽油在防止紫外线损伤 HaCaT 细胞和对 UVB 照射后对 HaCaT 细胞 DNA 损伤的保护作用均较优。

### 3 结 论

本文对比分析了 3 种特色木本植物油(美藤果油、青刺果油、牡丹籽油)的理化性质与脂肪酸组成,结果显示,3 种植物油的酸值、碘值与不饱和脂肪酸含量差别较大,其中,美藤果油的酸值最低,而青刺果油的最高,美藤果油的碘值、多不饱和脂肪酸含量和总多酚含量最高。进一步的抗氧化与防紫外

线活性研究显示,3 种植物油均具有一定的 DPPH 自由基清除能力和防紫外线能力,其中:美藤果油的 DPPH 自由基清除能力最强,且强于维生素 E 的;美藤果油和牡丹籽油对 UVB 照射后的 HaCaT 细胞保护能力及其 DNA 损伤的保护作用较佳。综上,美藤果油作为天然抗氧化剂防紫外线物质,在抗氧化、防紫外线、防晒美白等功效性护肤品开发方面具有广阔的应用前景。

### 参考文献:

- [1] ZHOU Y, ZHAO W, LAI Y, et al. Edible plant oil: Global status, health issues, and perspectives [J/OL]. *Front Plant Sci*, 2020, 28 (11): 1315 [2024 - 01 - 08]. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01315>.
- [2] SILALAH M. In Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Its potential as foodstuff and traditional medicine [J]. *Biol Pharm Sci*, 2022, 18(3): 213 - 218.
- [3] CHANG M, WANG Z, ZHANG T, et al. Characterization of fatty acids, triacylglycerols, phytosterols and tocopherols in peony seed oil from five different major areas in China [J/OL]. *Food Res Int*, 2020, 137: 109416 [2024 - 01 - 08]. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109416>.
- [4] 孙航, 徐娟, 刘祥义, 等. 丽江野生植物油的脂肪酸组成及氧化稳定性研究 [J]. *中国油脂*, 2017, 42 (1): 40 - 42, 69.
- [5] WANG S, ZHU F, KAKUDA Y. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses [J]. *Food Chem*, 2018, 265: 316 - 328.
- [6] CHAUHAN K, BHALLA P, CHITME H R, et al. Exploring the therapeutic potential of *Prinsepia utilis* Royle seed oil: A comprehensive study on chemical composition, physicochemical properties, anti - inflammatory, and analgesic activities [J/OL]. *J Ethnopharmacol*, 2024, 319: 117312 [2024 - 01 - 08]. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.117312>.
- [7] VAUGHN A R, CLARK A K, SIVAMANI R K. Natural oils for skin - barrier repair: Ancient compounds now backed by modern science [J]. *Am J Clin Dermatol*, 2018, 19(1): 103 - 117.
- [8] 刘向慧, 张岩松, 袁铭, 等. 牡丹不同部位的护肤功效研究进展 [J]. *山东化工*, 2020, 49(23): 71 - 73.
- [9] 陈佳, 谢蓝华, 杨勇福, 等. 美藤果油提取工艺优化及理化特性分析 [J]. *食品工业*, 2022, 43(3): 14 - 17.
- [10] 杜萍, 单云, 孙卉, 等. 丽江野生青刺果油营养成分分析 [J]. *食品科学*, 2011, 32(20): 217 - 220.
- [11] FANALI C, DUGO L, CACCIOLA F, et al. Chemical characterization of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil [J]. *J Agric Food Chem*, 2011, 59 (24): 13043 - 13049.

(下转第 120 页)

- [24] XU Z, HUA N, GODBER J S. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and *gamma*-oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2, 2'-azobis(2-methylpropionamide) dihydrochloride[J]. J Agric Food Chem, 2001, 49(4): 2077-2081.
- [25] MEHER L, VIDYASAGAR D, NAIK S. Technical aspects of biodiesel production by transesterification: A review[J]. Renew Sust Energ Rev, 2006, 10(3): 248-268.
- [26] HOANG A T, TABATABAEI M, AGHBASHLO M, et al. Rice bran oil-based biodiesel as a promising renewable fuel alternative to petrodiesel: A review[J/OL]. Renew Sust Energ Rev, 2021, 135: 110204 [2023-07-11]. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110204>.
- [27] WESTSTRATE J A, MEIJER G W. Plant sterol-enriched margarines and reduction of plasma total- and LDL-cholesterol concentrations in normocholesterolaemic and mildly hypercholesterolaemic subjects [J]. Eur J Clin Nutr, 1998, 52(5): 334-343.
- [28] ONSAARD W, KATE-NGAM S, ONSAARD E. Physicochemical and antioxidant properties of rice bran protein hydrolysates obtained from different proteases [J]. J Food Meas Charact, 2023, 17(3): 2374-2385.
- [29] SHARMA N, SAHIL, MADHUMITA M, et al. Ultrasonic modulated rice bran protein concentrate: Induced effects on morphological, functional, rheological, and thermal characteristics[J/OL]. Innov Food Sci Emerg Technol, 2023, 85: 103332 [2023-07-11]. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103332>.
- [30] ZHANG L, MIAO J, GUO J, et al. Two novel angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides from rice (*Oryza sativa* L.) bran protein[J]. J Agric Food Chem, 2023, 71(9): 4153-4162.
- [31] MODUPALLI N, THANGARAJU S, NAIK G M, et al. Assessment of physicochemical, functional, thermal, and phytochemical characteristics of refined rice bran wax [J/OL]. Food Chem, 2022, 396: 133737 [2023-07-11]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133737>.
- [32] RODRIGUES C E C, GONÇ BNÇALVES C B, MARCON E C, et al. Deacidification of rice bran oil by liquid-liquid extraction using a renewable solvent[J]. Sep Purif Technol, 2014, 132: 84-92.
- [33] TOMITA K, MACHMUDAH S, WAHYUDIONO, et al. Extraction of rice bran oil by supercritical carbon dioxide and solubility consideration [J]. Sep Purif Technol, 2014, 125: 319-325.
- [34] ZULLAIKAH S, LAI C C, VALI S R, et al. A two-step acid-catalyzed process for the production of biodiesel from rice bran oil [J]. Bioresour Technol, 2005, 96(17): 1889-1896.
- [35] DUJJANUTAT P, SRIHANUN N, MUANRUKSA P, et al. Transesterification and hydrotreating reactions of rice bran oil for bio-hydrogenated diesel production[J/OL]. Energies, 2023, 16(3): 1347 [2023-07-11]. <https://doi.org/10.3390/en16031347>.
- 
- (上接第 113 页)
- [12] 宁二娟, 陈玲, 王学方, 等. 不同提取工艺牡丹籽油功能成分及抗氧化活性研究[J]. 粮食与油脂, 2023, 36(1): 62-66, 91.
- [13] KRUTMANN J. Ultraviolet a radiation-induced biological effects in human skin: Relevance for photoaging and photodermatitis [J]. J Dermatol Sci, 2000, 23 (Suppl 1): 22-26.
- [14] BATTIE C, JITSUKAWA S, BERNERD F, et al. New insights in photoaging, UVA induced damage and skin types[J]. Exp Dermatol, 2014, 23(Suppl 1): 7-12.
- [15] WÖLFLE U, SEELINGER G, BAUER G, et al. Reactive molecule species and antioxidative mechanisms in normal skin and skin aging[J]. Skin Pharmacol Physiol, 2014, 27(6): 316-332.
- [16] 陈光勇, 陈旭冰, 刘光明. 紫外线和防晒化妆品[J]. 山东化工, 2006, 35(4): 17-20.
- [17] XIE J, ZHENG Y. Myricetin protects keratinocyte damage induced by UV through IκB/NFκb signaling pathway[J]. J Cosmet Dermatol, 2017, 16(4): 444-449.
- [18] LEE Y, JEONG D Y, JEUN Y C, et al. Preventive and ameliorative effects of potato exosomes on UVB-induced photodamage in keratinocyte HaCaT cells [J/OL]. Mol Med Rep, 2023, 28(3): 167 [2024-01-08]. <https://doi.org/10.3892/mmr.2023.13054>.
- [19] KAMMEYER A, LUITEN R M. Oxidation events and skin aging[J]. Ageing Res Rev, 2015, 21: 16-29.
- [20] WOODBY B, PENTA K, PECORELLI A, et al. Skin health from the inside out [J]. Annu Rev Food Sci Technol, 2020, 25(11): 235-254.