

# 火龙果茎抗氧化活性分析及其保湿、防晒功效

刘 瑞<sup>1</sup>, 于章龙<sup>2\*</sup>, 杨运良<sup>2</sup>, 孙元琳<sup>1</sup>, 周素梅<sup>3</sup>

<sup>1</sup>运城学院生命科学系; <sup>2</sup>山西省农业科学院棉花研究所, 运城 044000 <sup>3</sup>中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100193

**摘要:**本研究以芦荟为对照,对红心和白心两种火龙果茎的  $\text{Fe}^{3+}$  还原能力、DPPH 和 ABTS 自由基清除能力,以及多酚含量进行了分析,并以保湿和防晒效果对其护肤霜产品进行了评价。结果表明,红皮红心火龙果茎总体抗氧化活性最高,其 ABTS、DPPH 自由基清除能力分别为 0.18 mmol/g Trolox 当量和 0.14 mmol/g Trolox 当量,  $\text{Fe}^{3+}$  还原能力为 0.17 mmol/g Trolox 当量,且总酚物质含量为 8.69 mgGAE/g。红皮红心火龙果茎凝胶汁护肤霜具有良好保湿效果,且能够有效抵抗 270、300、320 nm 的紫外线。综上分析,火龙果茎开发前景广阔,且本研究为火龙果茎的深度开发利用提供了理论参考和技术依据。

**关键词:**火龙果茎;抗氧化;总酚;保湿;防晒

中图分类号:TQ658.2

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2019) Suppl-0125-06

DOI:10.16333/j.1001-6880.2019.S.022

## Analysis of antioxidant activity of pitaya stem and development of skin cream

LIU Rui<sup>1</sup>, YU Zhang-long<sup>2\*</sup>, YANG Yun-liang<sup>2</sup>, SUN Yuan-lin<sup>1</sup>, ZHOU Su-mei<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Life Sciences, Yuncheng University;

<sup>2</sup>Cotton Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Yuncheng 044000, China;

<sup>3</sup>Institute of Agro-products Processing, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China

**Abstract:** As natural resources of food, medicine and chemical products, the development and utilization prospects of pitaya stems are broad. In order to explore the antioxidant activity and skin cream effects of red pitaya stems and white pitaya stems, the study took aloe as the control to examine their  $\text{Fe}^{3+}$  reducing power, the ability to remove DPPH and ABTS free radicals, and their total polyphenols content. Meanwhile the moisturizing and sun-protecting effects of the skin cream were evaluated. The results showed that the overall antioxidant activity of the stem of red pitaya was the highest. Its radical scavenging rates of ABTS and DPPH are 0.18 mmol/g Trolox and 0.14 mmol/g Trolox equivalent, respectively, the  $\text{Fe}^{3+}$  reducing power is 0.17 mmol/g Trolox equivalent, and the total polyphenols is 8.69 mgGAE/g. The skin cream made from Stem of red pitaya gel has a good effect of moisturizing, and it can effectively resist ultraviolet light in 270, 300 and 320 nm. Based on above analysis, the development of the pitaya stem has a promising prospect, and this research could provide theoretical reference and technical basis for the deep development and utilization of the pitaya stem.

**Key words:** pitaya stem; antioxidant; total polyphenols; moisturizing; sun-protecting

火龙果 (*Hylocereus undatus*) 学名红龙果、青龙果、仙蜜果等,是仙人掌科三角柱属多年生攀援性的多肉植物。茎呈深绿色,粗壮、三棱状且边缘有刺,花呈漏斗状,浆果为红色长球形,果肉有红色、白色<sup>[1]</sup>。火龙果原产于墨西哥和中美洲的热带森林地区<sup>[2]</sup>,现如今世界各地广泛栽培,我国的海南、贵

州、广东、广西、云南等地有大面积种植。火龙果作为一种经济植物,其花和果实已经得到了较为充分的利用,但对其茎的利用和研究报道较少。然而,火龙果生长过程中要修剪掉大量的茎条,这些茎条中含有丰富矿物质、维生素 E、多种植物甾醇、植物多糖和其他多种活性成分<sup>[3-5]</sup>。经作者前期研究,红心火龙果茎中钾、钙、镁、铁、锌含量分别为 437.6、411.2、134.6、0.61、0.314 mg/100 g,经 GC-MS 检测出 22 种有机物。植物甾醇是一类对皮肤有很高渗透性的生理活性的物质,从而保持皮肤表面的水分,

收稿日期:2019-01-28 接受日期:2019-03-27

基金项目:运城学院应用研究项目(CY-2017018);山西省重点学科建设经费资助(FSKSC);山西省“1331”工程重点学科项目(098-091704)

\*通信作者 Tel:86-359-2508575; E-mail:thebest69@126.com

促进皮肤的新陈代谢,并具有一定的防晒效果。研究表明,火龙果茎中植物甾醇在茎干品中平均含量高达 0.311%<sup>[6,7]</sup>, $\beta$ -谷甾醇、豆甾醇、菜油甾醇、菜籽甾醇等为其主要成分<sup>[8]</sup>。另外,火龙果茎中含丰富的植物性多糖,占干品的 7% 左右,具有特殊而又重要的生物学功能,且具有美白、保湿、抗氧化等多种活性作用<sup>[9-11]</sup>。因此,火龙果茎的开发利用前景广阔,潜在应用价值高,已成为科研工作者研究的热点。本研究以红皮红心、红皮白心火龙果茎为研究对象,以芦荟作对照,对火龙果茎的抗氧化能力及总酚含量进行了分析,并探究了其护肤霜的保湿和防晒功效,为火龙果茎的深度开发利用提供理论参考和技术依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

红皮红心、红皮白心火龙果鲜茎:采自山西运城火龙果种植基地。库拉索芦荟:采自辽宁鞍山市荟丰农产品开发有限公司荟丰芦荟种植基地。ABTS (2,2-联氮-(3-乙基-苯并噻唑啉-6-磺酸)二铵盐)、TPTZ (2,4,6-三吡啶基三嗪)、Trolox (奎诺二甲基丙烯酸酯)、DPPH (1,1-二苯代苦味酰基自由基)、没食子酸,均为分析纯,上海阿拉丁生化科技股份有限公司;Folin-Ciocalteu phenol reagent,分析纯,西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司;果胶酶,食品级,河南圣斯得实业有限公司;其他均为分析纯常用试剂。

### 1.2 仪器与设备

Scient2-ND 系列真空冷冻干燥机,宁波新芝生物科技股份有限公司;TG16G 台式高速离心机,天津广丰科技有限公司;KS-100AL 数控超声波清洗器;深圳市洁康洗净电器有限公司;UN-9000S 型双光束紫外-可见分光光度计,上海元析仪器有限公司;BSA22S 分析天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;PHS-550 酸度计,杭州市陆恒生物科技有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品预处理

将红心火龙果茎、白心火龙果茎、芦荟洗净晾干,去刺、去皮(火龙果茎去木质部)后切成 2~3 mm 厚切片,将切片样品冷冻干燥处理,然后研磨粉碎装入密封袋放入冰箱冷冻备用。

#### 1.3.2 抗氧化活性测定

##### 1.3.2.1 抗氧化成分提取

提取方法参考文献<sup>[12]</sup>的方法并加以改进:采用

50% 乙醇-水溶液为提取溶剂,料液比为 1:30 (w/v),超声提取 30 min,以 8 000 rpm 离心 15 min,取上清液分析抗氧化活性。

##### 1.3.2.2 ABTS 自由基清除能力测定<sup>[13]</sup>

准确称取 ABTS 0.192 0 g,用蒸馏水定容至 50 mL,浓度为 7 mmol/L;称取过硫酸钾 3.784 5 g,用蒸馏水定容至 100 mL,浓度为 140 mmol/L;取 50 mL 7 mmol/L 的 ABTS 溶液和 880  $\mu$ L 140 mmol/L 的过硫酸钾溶液,混合均匀,在室温下避光处放置 12~16 h。然后,将配置好的 ABTS 工作液用无水乙醇稀释,使得在 734 nm 波长处吸光度为  $0.7 \pm 0.02$ 。取 0.04 mL 的待测液加入到 4.0 mL 稀释后的 ABTS 溶液中( $0.7 \pm 0.02$ ),在室温下避光处反应 10 min,然后测定在 734 nm 处吸光值。ABTS 自由基清除率由以下方式计算:

$$\text{清除率}(\%) = 100 \times (A_0 - A) / A_0 \quad (1)$$

式中: $A_0$  为未加待测样品反应后的吸光度, $A$  为加入待测样品反应后测得的吸光度。标准曲线采用 Trolox 溶液浓度及清除率来建立,Trolox 溶液浓度范围是 0~2 mmol/L,待测样品的 ABTS 自由基清除能力以基于清除率的 Trolox 当量表示。

##### 1.3.2.3 DPPH 自由基清除能力测定<sup>[14]</sup>

将 0.1 mL 待测液加入到 3.9 mL  $6 \times 10^{-5}$  mol/L DPPH 乙醇溶液中(即 0.002 5 g DPPH/100 mL 乙醇,现用现配),在室温下避光处反应 30 min,然后测定其在 517 nm 处吸光度。DPPH 自由基清除率由以下方式计算:

$$\text{清除率}(\%) = 100 \times (A_0 - A) / A_0 \quad (2)$$

式中: $A_0$  为未加待测样品反应后的吸光度, $A$  为加入待测样品反应后测得的吸光度。标准曲线采用 Trolox 溶液浓度及清除率来建立,Trolox 溶液浓度范围是 0~1 mmol/L,待测样品的 DPPH 自由基清除能力以基于清除率的 Trolox 当量表示。

##### 1.3.2.4 FRAP $\text{Fe}^{3+}$ 还原能力测定<sup>[15]</sup>

FRAP 工作液配置:称取 0.540 6 g  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,用蒸馏水定容至 100 mL 容量瓶,浓度 20 mmol/L;称取 0.312 3 g TPTZ 用无水乙醇配置 100 mL 溶液,浓度为 10 mmol/L,0.3 mol/L 醋酸钠缓冲液(pH=3.6),按 1:1:10 的体积比混合均匀,置于 37  $^{\circ}\text{C}$  水浴中备用(现用现配)。向每支试管中加入 100  $\mu$ L 的待测溶液和 300  $\mu$ L 的蒸馏水,再加入 3 mL 的 FRAP 工作液。混匀后在 37  $^{\circ}\text{C}$  水浴锅中反应 10 min,然后在 593 nm 波长下测吸光度。

FRAP  $\text{Fe}^{3+}$  还原能力由  $\Delta A$  表示,并通过下式进行计算:

$$\Delta A = A - A_0 \quad (3)$$

式中: $A_0$  为未加待测液反应后的吸光度,  $A$  为加入待测样品反应后测得的吸光度。以 Trolox 溶液浓度及  $\Delta A$  标准曲线, Trolox 溶液浓度范围是 0 ~ 1 mmol/L, 待测样品的 FRAP  $\text{Fe}^{3+}$  还原能力根据  $\Delta A$  表示为 Trolox 当量。

### 1.3.3 总酚含量测定

#### 1.3.3.1 绘制标准曲线

采用参考文献<sup>[16]</sup>中的福林酚法并加以改进,对样品中总酚类化合物含量进行测定。精确称取 0.1 g 干燥的没食子酸,用蒸馏水溶解并定容至 100 mL 容量瓶。精密吸取 0、0.5、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、8.0 mL 分别定容于 10 mL 容量瓶内。从各溶液中吸取 100  $\mu\text{L}$  加入到 10 mL 容量瓶内,先加入 5 mL 蒸馏水摇匀,再加入 0.5 mL Folin-酚试剂,充分摇匀 30 s 后,加入 1.5 mL 10% 碳酸钠溶液摇匀,再加入蒸馏水定容摇匀。然后在室温下避光放置 2 h,测量在 765 nm 处的吸光度。纵坐标为吸光度,标准溶液浓度为横坐标,绘制标准曲线。

#### 1.3.3.2 总酚的测定

准确称取 0.25 g 红心火龙果茎、白心火龙果茎、芦荟叶肉的冻干粉,置于 10 mL 具塞试管中,加入 7.5 mL 50% 乙醇,置于超声波清洗机中进行超声提

取 30 min,于 8 000 rpm 离心 15 min,取上清液进行多酚类物质含量测定,按 1.3.3.1 中方法,在 765 nm 处测定吸光度值,再根据标准曲线求得各样品中多酚类物质的含量,计算公式为:

$$\text{总酚含量}(\text{mgGAE/g}) = \frac{C \times V}{M} \quad (4)$$

式中: $C$  为样品液中总酚浓度( $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ ); $V$  为样品提取液总体积(mL); $M$  为样品的质量(g)。

### 1.3.4 火龙果茎及芦荟的护肤霜研发及保湿、防晒功效测定

#### 1.3.4.1 样品预处理

取新鲜的红心、白心火龙果茎和芦荟,洗净晾干后去刺去皮(火龙果茎去木质部),分别加入 1:1( $m:v$ )去离子水,0.05%的果胶酶、0.03%的护色剂,搅拌机搅拌榨汁;然后把各自汁液 45  $^{\circ}\text{C}$  水浴 60 min 后 85  $^{\circ}\text{C}$  灭酶处理;样品恢复室温后,将其通过粗纱布过滤,滤液在 5 000 rpm 下离心 10 min,取上清液。加入 2% 活性炭 60  $^{\circ}\text{C}$  水浴脱色 30 min 后抽滤,对滤液做防腐的处理(加入 0.05% 山梨酸),即可得到凝胶汁,存放于试剂瓶备用<sup>[17]</sup>。

#### 1.3.4.2 护肤霜的制备

油相:十六醇;医用凡士林。

乳化剂:单硬脂酸甘油酯;吐温-60。

按照表 1 进行配制。配方及凝胶汁的添加量参考文献<sup>[18]</sup>中的方法,并加以改进。

表 1 护肤霜样品成分表

Table 1 The ingredients of skin cream sample

配方及用量 Formula and dosage 原料名称 Raw material	1	2	3	4
去离子水 (g/100 g)	78	39	39	39
红心火龙果茎凝胶汁 Red pitaya stem gel (g/100 g)	0	39	0	0
白心火龙果茎凝胶汁 White pitaya stem gel (g/100 g)	0	0	39	0
芦荟凝胶汁 Aloe vera gel (g/100 g)	0	0	0	39
油相 Oleic phase (g/100 g)	14	14	14	14
乳化剂 Emulsifier (g/100 g)	8	8	8	8

首先将油相和乳化剂分别在 90  $^{\circ}\text{C}$  水浴锅中加热至溶化,充分搅拌后混合均匀,然后继续在 90  $^{\circ}\text{C}$  水浴中加热 10 min,当温度降至 85  $^{\circ}\text{C}$  时加入样品,不断搅拌直至其完全乳化,生成乳白色膏状,待冷却后即成品<sup>[19]</sup>。

#### 1.3.4.3 防晒效果的测定

准确称取 0.10 g 上述护肤霜产品,均匀涂抹在

石英比色皿的表面。用紫外分光光度计测量产品在三种波长下的防晒效果:UVC(270 nm)、UVB(300 nm)、UVA(320 nm)。根据吸光度的大小对防晒性能进行测定,吸光值越大防晒性能越好,从而对产品的防晒性进行评价<sup>[20]</sup>。

#### 1.3.4.4 保湿效果测定

选用适当大小的载玻片,分别称取各护肤霜样

品 0.40 g 置于载玻片上,然后置于 25 °C 恒温箱中,每隔 4 小时称重一次并记录,根据以下公式计算失水率:

$$R_L(\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M} \times 100\% \quad (5)$$

式中: $R_L$  为样品的失水率(%); $M_1$  为实验前样品和载玻片质量(g); $M_2$  为规定时间间隔后样品和载玻片的质量(g); $M$  为称量瓶质量(g)<sup>[21]</sup>。

### 1.3.5 数据分析

每组数据至少进行 3 次平行实验,将数据汇总取平均值,并用 SPSS 22.0 中的 Duncan 方差分析比较处理组间的差异显著性,显著性水平为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 火龙果茎及芦荟的抗氧化能力分析

由于不同抗氧化剂测定的理论基础不同,单一的抗氧化活性研究难以真正反映样品的抗氧化能力。因此,本研究以芦荟为对照,采用 3 种方法来反映火龙果茎的抗氧化活性。为了便于比较,本研究中抗氧化能力结果以 Trolox 当量来表示。Trolox 当量值越高,表示抗氧化能力越强。Trolox 是一种维生素 E 的类似物,具有和维生素 E 相近的抗氧化能力,用作其它抗氧化物总抗氧化能力的参考。不同样品对 ABTS、DPPH 自由基清除能力和 FRAP  $Fe^{3+}$  还原能力结果见图 1。

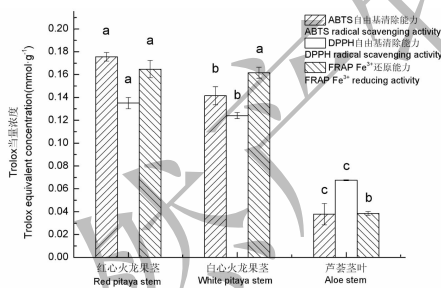


图 1 不同样品的抗氧化能力

Fig. 1 The antioxidant activity of different samples

注:不同字母代表同一指标具有差异显著性,显著性水平  $P < 0.05$ 。

Note: Different letters represent the significant differences of the same index, significant level  $P < 0.05$ .

由图 1 可知,三种样品对 ABTS、DPPH 自由基的清除能均为红心火龙果茎 > 白心火龙果茎 > 芦荟茎叶,且差异显著( $P < 0.05$ )。其中红心火龙果茎提取液 ABTS、DPPH 自由基清除能力分别为 0.18 和 0.14 mmol/g Trolox 当量;白心火龙果茎提取液的 ABTS、DPPH 自由基清除能力分别为 0.14 和

0.12 mmol/g,仅次于红心火龙果茎;而芦荟茎叶提取液 ABTS、DPPH 自由基清除能力分别为 0.04 和 0.07 mmol/g Trolox 当量,其清除能力与火龙果样品相比较小。总体分析,红心火龙果茎有较强的自由基清除能力。

图 1 结果显示,对于铁离子还原能力,红心火龙果茎还原力高于白心火龙果茎且显著高于芦荟茎叶肉,但红心火龙果茎与白心火龙果茎还原能力差别不显著( $P > 0.05$ )。红心火龙果茎提取液对铁离子的还原能力为 0.17 mmol/g Trolox 当量,略高于白心火龙果茎提取液的还原力(0.16 mmol/g Trolox 当量),而芦荟茎叶肉提取液的还原力仅为 0.04 mmol/g Trolox 当量。分析其原因可能与火龙果茎多糖和其他活性物质的还原力有关<sup>[10,22,23]</sup>。FRAP 还原能力结果与不同样品自由基清除能力的测定结果趋势相同。

### 2.2 火龙果茎及芦荟的总酚含量比较

多酚类化合物的主要功能特性是作为许多酶体系的抑制剂或激活剂、金属螯合剂以及自由基清除剂<sup>[24]</sup>。多酚类化合物是医药、食品、化妆品中很有前景的一类天然抗氧化剂和自由基清除剂<sup>[25]</sup>。如图 2 所示,不同样品中总酚含量不同,红心火龙果茎的总酚类物质含量最高,含量为 8.69 mgGAE/g;其次为白心火龙果茎,含量为 7.38 mgGAE/g,而芦荟茎叶中的总酚类物质含量较低为 5.25 mgGAE/g,且不同样品的总酚含量差异显著( $P < 0.05$ )。因此,火龙果茎中总酚类物质含量较高,具有很高的应用价值。此结果与上述抗氧化活性强弱规律一致。

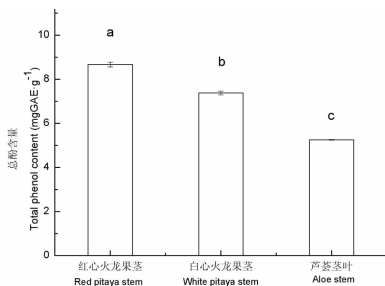


图 2 不同样品总酚含量

Fig. 2 The total phenol contents of different samples

注:不同字母表示差异显著性,显著性水平  $P < 0.05$ 。

Note: Different letters represent the significant differences, significant level  $P < 0.05$ .

### 2.3 火龙果茎及芦荟护肤霜防晒、保湿功效检测分析

#### 2.3.1 火龙果茎及芦荟防晒能力分析

火龙果茎及芦荟防晒能力结果见表 2。空白对

照组、红心、白心火龙果茎和芦荟这三种原料的凝胶汁制作的护肤霜对 270、300、320 nm 的紫外线都有一定的吸收作用,表明都具有防晒的功能。尤其在 UVA(320 nm) 的波长下,红心、白心火龙果茎凝胶汁制作的护肤霜的吸收值分别为 1.07、1.05,而芦

荟凝胶汁制作的样品的吸收值仅为 0.74,显著低于两种火龙果茎护肤霜的吸光值。由于在各波段的紫外线吸收值越大防晒能力越好,所以火龙果茎凝胶汁制作的护肤霜具有较好的防晒能力。

表 2 不同护肤霜样品的防晒性能评价

Table 2 Evaluation of sunscreen performance of different skin cream samples

波长 Wave length 样品 Samples	UVC (270 nm)	UVB (300 nm)	UVA (320 nm)
空白 Control	0.78 ± 0.004 4 <sup>a</sup>	0.76 ± 0.002 8 <sup>a</sup>	0.73 ± 0.002 8 <sup>a</sup>
红心火龙果茎 Red pitaya stem	1.15 ± 0.001 9 <sup>b</sup>	1.12 ± 0.003 7 <sup>b</sup>	1.07 ± 0.003 0 <sup>d</sup>
白心火龙果茎 White pitaya stem	1.15 ± 0.006 6 <sup>b</sup>	1.13 ± 0.000 2 <sup>c</sup>	1.05 ± 0.017 0 <sup>c</sup>
芦荟 Aloe	1.15 ± 0.000 7 <sup>b</sup>	1.12 ± 0.003 8 <sup>b</sup>	0.74 ± 0.000 8 <sup>b</sup>

注:不同字母代表同列具有差异显著性,显著性水平  $P < 0.05$ 。

Note: Different letters represent the significant differences, significant level  $P < 0.05$ .

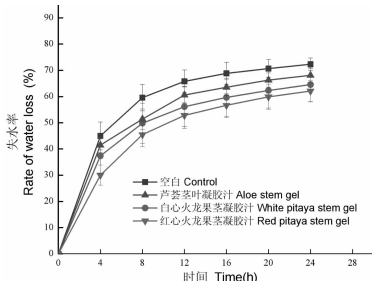


图 3 不同护肤霜样品的保湿能力

Fig. 3 The moisture-retaining capacity of different skin cream samples

### 2.3.2 火龙果茎及芦荟保湿效果分析

由图 3 可知,红心、白心火龙果茎和芦荟这三种原料的凝胶汁制作的护肤霜,与空白样品相比,具有一定的保湿效果,且红心火龙果茎保湿效果最好,白心火龙果茎次之。随着时间增长,失水率呈升高趋势,前 4 h 失水最快,16 h 后失水趋于平缓。这是因为样品凝胶初始含水量较高且多为自由水,而随着加热失水,自由水蒸发后,结合水不易蒸发。空白样品在 25 °C 放置 4 h 时失水率最大为 44.97%,24 h 时达到 72.32%。其他样品的失水率都小于空白样品,25 °C 保温放置 24 h 时,红心火龙果茎的失水率最低为 62.08%,其次为白心火龙果茎为 64.08%,再者芦荟样品为 68.10%。因此,红心火龙果茎的护肤霜保湿效果较好。

综合分析可知,用火龙果茎凝胶汁制作护肤霜具有较好的防晒和保湿功能。

## 3 结论

为了解火龙果茎的抗氧化活性,本文探究了火

龙果茎的还原能力、对 DPPH 和 ABTS 两种自由基的清除能力。实验结果表明火龙果茎的抗氧化活性整体高于芦荟的抗氧化活性,且红心火龙果茎抗氧化能力最强,其 ABTS 自由基清除能力、DPPH 自由基清除能力和 FRAP  $Fe^{3+}$  还原能力分别为 0.18 mmol/g Trolox 当量、0.14 mmol/g Trolox 当量和 0.17 mmol/g Trolox 当量。经福林酚法对火龙果茎及芦荟茎中的总酚含量进行测定,结果显示红心火龙果茎总酚含量最高,为 8.69 mgGAE/g,也进一步证实了上述抗氧化活性能力。

通过对火龙果茎凝胶汁护肤霜研制,并测定其防晒和保湿效果,结果显示,火龙果茎制作的护肤霜具有很好的防晒和保湿的功能,具有开发高级护肤产品的空间。

## 参考文献

- Li S. Study on the distinction and characteristics of morphology and biology of different varieties on pitaya[D]. Nanning: Guangxi University(广西大学),2014.
- Wong YM, Siow LF. Effects of heat, pH, antioxidant, agitation and light on betacyanin stability using red-fleshed dragon fruit(Hylocereus polyrhizus) juice and concentrate as models[J]. J Food Sci Technol,2015,52:3086-3092.
- Zhou LP, Guo XH. The biological active substances of the stem of pitaya and its potential applications[J]. Food Res Dev(食品研究与开发),2007,28:169-172.
- Guo XH, Dai WJ, Liang B, et al. AlCl<sub>3</sub> spectrophotometric determination of flavonoids in pitaya stems[J]. China Food Add(中国食品添加剂),2010,2:210-213.

- 5 Zhou LP, Cao M. HPLC determination of tocopherol in the stems of pitaya [J]. Food Res Dev (食品研究与开发), 2010, 31: 140-143.
- 6 Dai WJ. Isolation, analysis and antioxidant activity of flavonoids from the stems of pitaya [D]. Guangdong: South China University of Technology (华南理工大学), 2010.
- 7 Li GS, Yao QG, Zhang WM. Study on the antioxidative activity of flavonoids from pitaya flower [J]. North Horticult (北方园艺), 2016, 2: 121-125.
- 8 Liang B. Separation and analysis of sterol from pitaya stem [D]. Guangdong: South China University of Technology (华南理工大学), 2010.
- 9 Li P. Preliminary study on stem gel and polysaccharide of pitaya fruit [D]. Beijing: Capital Normal University (首都师范大学), 2009.
- 10 Ma RY, Li YM, Deng ZY, et al. Effect of macroporous resin on decolorization and deproteinization technology and antioxidant activity of polysaccharide from red pulp *Hylocereus undatus* stem [J]. Chin J Trop Crops (热带作物学报), 2018, 39: 1297-1303.
- 11 Wilson GJ, Lin CY, Webster RD. Significant differences in the electrochemical behavior of the  $\alpha$ ~,  $\beta$ ~,  $\gamma$ ~, and  $\delta$ ~ tocopherols (vitamin E) [J]. J Physical Chem B, 2006, 110: 11540-11548.
- 12 Yilmaz Y, Toledo RT. Oxygen radical absorbance capacities of grape/wine industry byproducts and effect of solvent type on extraction of grape seed polyphenols [J]. J Food Compos Anal, 2006, 19(1): 41-48.
- 13 Re R, Pellegrini N, Proteffente A, et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay [J]. Free Radical Biol Med, 1999, 26: 1231-1237.
- 14 Williams WB, Cuerehier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity [J]. LWT-Food Sci Technol, 1995, 28(1): 25-30.
- 15 Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay [J]. Anal Biochem, 1996, 239(1): 70-76.
- 16 Jiang WW, Ma M, Guo Y, et al. Variation of the total phenolics content and antioxidant activity of *Capparis spinosa* [J]. Acta Bot Boreali-Occident Sin (西北植物学报), 2012, 3: 555-558.
- 17 Li P, He CF, Dong YM, et al. Extraction of stem gel juice from pitaya fruit and test of its cosmetic effect [C]. Proceedings of the 7<sup>th</sup> conference on cosmetic industry in China (第七届中国化妆品学术研讨会论文集), 2008: 301-307.
- 18 Wang MH, Jiang XF, Huang PD. Preparation of aloe's moisturizing and sunscreen cream [J]. Chem Prod Technol (化工生产与技术), 2003, 1: 9-10.
- 19 Ma HX. Preparation of a moisturizing sunscreen of aloe [J]. Sichuan Chem Ind (四川化工), 2015, 3: 1-3.
- 20 Zhang Y, Wang LQ, Jiang X, et al. Development of aloe skin care cream [J]. Liaoning Chem Ind (辽宁化工), 2014, 43: 828-830.
- 21 Chen DY, Dong PC. Aloe's humectant in cosmetic [J]. J Shantou Univ: Nat Sci Ed (汕头大学学报: 自科版), 2008, 23(4): 42-46.
- 22 Geng JZ, Liang JM, Xu LL, et al. The physiological functions of phytosterol and its development prospects [J]. Beverage Ind (饮料工业), 2015, 18(5): 70-73.
- 23 Nes WD. Biosynthesis of cholesterol and other sterols [J]. Chem Rev, 2011, 111: 6423-6451.
- 24 Chen XX, Xu SY. Study on the antioxidant activities of polyphenols extracted from blackberry pomaces [J]. Food Ind (食品工业), 2007, 3: 3-6.
- 25 Li GS, Zhang WM. Antioxidant activity of pitaya flower polyphenol compounds [J]. Chin J Trop Agric (热带农业科学), 2016, 36(2): 5-10.