

# 中药黄酮抗氧化作用及其在化妆品中的应用研究

张瑜芯, 赵梦佳, 尹梓在, 姚熙霖, 金丽霞, 宋腾蛟\*

浙江中医药大学, 浙江 杭州  
Email: 1178784847@qq.com

收稿日期: 2021年4月11日; 录用日期: 2021年5月6日; 发布日期: 2021年5月13日

## 摘要

皮肤氧化与年龄增长生理代谢功能变弱、氧化应激、外界环境的刺激(如紫外线辐照等)密切相关。中药黄酮具有抗氧化、抗衰老、抗菌和抗炎等广泛的药理活性, 在新型化妆品研发中具有一定的潜在优势。本文结合皮肤老化机制, 概述了中药黄酮抗氧化机制, 发现中药黄酮能够清除自由基, 阻断自由基反应, 提高超氧化物歧化酶(Superoxide-Dismutase, SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(Glutathione peroxidase, GSH-Px)、过氧化氢酶(Catalase from micrococcus, CAT)等抗氧化酶和金属硫蛋白等抗氧化蛋白活性, 调节关键因子Nrf2和激活丝氨酸激酶(phos-phoinositide 3-kinase, PI3K)信号传导通路、AMP依赖的蛋白激酶(Adenosine 5'-monophosphate activated protein kinase, AMPK)信号传导通路和抑制丝裂原活化蛋白激酶(mitogen-activated protein kinases, MAPK)等信号通路, 缓解氧化应激状态, 起到抗氧化的作用。进一步地, 综述了中药黄酮在抗氧化面膜、乳霜和防晒剂等护肤品中的应用及相关产品开发, 比较此类产品的抗氧化机制与效果。

## 关键词

中药黄酮, 抗氧化, 氧化应激, 化妆品

# Study on Antioxidant Effect of Chinese Traditional Medicine Flavonoids and Its Application in Cosmetics

Yuxin Zhang, Mengjia Zhao, Zizai Yin, Xilin Yao, Lixia Jin, Tengjiao Song\*

Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou Zhejiang  
Email: 1178784847@qq.com

Received: Apr. 11<sup>th</sup>, 2021; accepted: May 6<sup>th</sup>, 2021; published: May 13<sup>th</sup>, 2021

\*通讯作者。

文章引用: 张瑜芯, 赵梦佳, 尹梓在, 姚熙霖, 金丽霞, 宋腾蛟. 中药黄酮抗氧化作用及其在化妆品中的应用研究[J]. 药物资讯, 2021, 10(3): 78-84. DOI: 10.12677/pi.2021.103011

## Abstract

Skin oxidation is closely related to the decreasing of physiological and metabolic function of aging, oxidative stress and external environmental stimulation (such as ultraviolet radiation). Flavonoids of traditional Chinese medicine has a wide range of pharmacological activities, such as anti-oxidation, anti-aging, anti-bacterial and anti-inflammatory, and has certain potential advantages in cosmetics. Based on the mechanism of skin aging, the flavonoids of traditional Chinese medicine shows efficient antioxidant activity, by eliminating free radicals to blocked the chain reaction of free radicals, improving the activity of antioxidant enzymes and metal sulfur proteins, including Superoxide-Dismutase (SOD), Glutathione peroxidase (GSH-Px), Catalase from micrococcus (CAT), etc., adjusting the key factor Nrf2, the phos-phoinositide 3-kinase (PI3K) signaling pathways, Adenosine 5'-monophosphate activated protein kinase (AMPK) signaling pathways, inhibiting the mitogen-activated protein kinases (MAPK) signaling pathways and relieving the oxidative stress. Furthermore, the application of Chinese traditional medicine flavonoids in anti-oxidation facial mask, cream, sunscreen and other skin care products and the development of related products were reviewed, and the anti-oxidation mechanism and effect of these products were compared.

## Keywords

Flavonoids of Traditional Chinese Medicine, Antioxidation, Oxidative Stress, Cosmetic

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

皮肤氧化与机体细胞内自由基过量累积造成氧化应激相关, 在外观特征上可表现为红斑、鳞屑、皮肤变薄、表面粗糙、弹性降低、起皱、色斑等[1], 影响人们的心理健康和生活质量。随着生活水平的提高, 人们对皮肤的重视程度不断提高, 对于抗氧化、抗衰老护肤品的需求也日益增长。相较于以过氧化氢、氯化氨基汞以及各种酚类衍生物为主要成分的传统化妆品, 天然活性化妆品具有低腐蚀性、低细胞毒性和低过敏性[2]。天然植物提取物中, 中药黄酮具有广泛的生物活性, 其提取物具有抗氧化、抑菌、抗炎、抗衰老等药理作用, 对皮肤刺激性小、安全性高[3]。中药黄酮提取物能够通过直接捕获清除自由基、清除链引发阶段自由基、阻断自由基链反应等方式有效清除自由基, 同时还可调节 MAPK、NF- $\kappa$ B、PI3K/Akt、SIRT1、mTOR、AMPK 等相关信号传导通路, 显著提升抗氧化酶系的活性, 增强细胞抗氧化应激能力, 达到较好的抗氧化效果[4], 在美白、祛斑、防晒等美容护肤品中应用广泛, 市面上已有抗氧化面膜粉、抗氧化啫喱面膜、抗氧化高分子面膜、淡斑妆前乳、防晒剂等各类商品。但由于中药种类繁多, 所得黄酮提取物成分结构复杂、活性多样, 其抗氧化作用机制尚未完全明确, 仍需结合分子生物学等技术进一步开展抗氧化机制研究。综上, 本文概述了中药黄酮抗氧化作用机制的国内外研究进展, 总结了中药黄酮提取物在化妆品中的应用现状及存在问题, 为进一步探索中药黄酮开发利用的新方向提供基础。

## 2. 中药黄酮抗氧化作用机制

细胞内高自由基浓度能引起脂质过氧化、代谢物的异常积累, 最终导致细胞和组织的氧化应激, 致

使细胞乃至整个生命体衰老[5]。美国衰老研究权威 Sohal 教授曾提出“自由基 - 氧化应激学说”，认为在人体各种内因、外因共同作用下，产生大量自由基，体内过多的自由基超出了人体抗氧化能力而导致氧化应激。通过诱导过氧化过程发生，自由基可加快蛋白质交联变性，使细胞核及线粒体 DNA 受损，从而引起细胞损伤，而细胞损伤的不断累积最终引起各种老化性症状的产生[6]。因此，皮肤氧化与自由基密切相关。

中药黄酮通过清除或抑制自由基，继而抑制皮肤氧化，其抗氧化作用机制主要包括 3 个方面：通过自身结构直接清除自由基、通过活化抗氧化蛋白清除自由基、通过调节关键因子抑制自由基的产生。

### 2.1. 中药黄酮通过自身结构直接清除自由基

直接清除自由基是中药黄酮抗氧化的一个重要机制。黄酮类化合物可通过直接吸收紫外线，起到抑制 UVB 诱导的过氧化作用，且能够有效降低丙二醛的生成，以达到减少紫外线诱导的氧化应激的目的[7][8]。同时，黄酮类化合物可以同时链引发阶段的自由基与自由基反应链中的自由基(如 DPPH、·OH 等)进行直接清除，使得自由基链反应被阻断，以达到预防和断链的共同作用。

现有研究表明，多种中药黄酮可起到清除自由基的作用。徐彬人等[9]研究发现淡豆豉异黄酮能够起到清除 DPPH 自由基的作用，且自由基清除能力随着溶液中异黄酮浓度增加而增加。程蕾等[10]研究发现随着明月草总黄酮浓度的增加，对 DPPH 自由基清除率也会升高。明月草自然晾干总黄酮、热风干燥总黄酮和冷冻干燥总黄酮的 DPPH 自由基清除活性均逐渐升高。闫旭宇等[11]研究得出银杏叶总黄酮对羟自由基(·OH)的清除率能够随浓度的增加而增加，羟自由基清除能力与浓度存在一定的量效关系。在相同浓度下，银杏叶总黄酮对·OH 的清除率高于 V<sub>C</sub>。刘基等[12]研究发现湖北海棠总黄酮具有很好的 DPPH 自由基清除作用，湖北海棠总黄酮在 10~1000 μg/mL 浓度范围内，DPPH 清除率为 36.98~96.43%，IC<sub>50</sub> 为 19.00 μg/mL；湖北海棠总黄酮浓度为 1000 μg/mL 的时，ABTS 自由基清除率达到 66.31%左右，IC<sub>50</sub> 为 303.94 μg/mL，得出湖北海棠黄酮具有很好的 ABTS 自由基清除作用；当湖北海棠总黄酮浓度在 10 μg/mL 时，清除超氧离子自由基能力为 22.06%左右，IC<sub>50</sub> 为 3.71 mg/mL，并且清除率随着总黄酮浓度的增大而增加，可以看出湖北海棠总黄酮清除超氧离子自由基能力成浓度依赖性。另外，秦晶晶等[13]研究发现菟丝子总黄酮对 DPPH 自由基、羟自由基和超氧阴离子的 IC<sub>50</sub> 分别为 0.067 mg/mL、7.209 mg/mL、0.290 mg/mL，得出菟丝子总黄酮对 DPPH 自由基具有较强清除能力，对羟自由基、超氧阴离子具有一定的清除能力。

中药黄酮结构中的酚羟基等结构对自由基的清除起到重要作用。黄酮分子中的酚羟基数目与自由基清除率呈正相关，酚羟基可与活性自由基结合成酚自由基，酚自由基的稳定性可以降低自动氧化链反应的传递速度，从而抑制脂类进一步被氧化，例如丙二醇(MDA) [14]。杨栩等[3]研究证明黄酮类化合物清除自由基最主要机制是通过酚羟基与自由基反应生成较稳定的半醌式自由基，与螯合金属离子形成较稳定的中间体，使抗氧化活性增强，其物质能够清除引发链反应的活性自由基，捕捉链传递阶段产生的过氧自由基，从而终止自由基链式反应，达到抗氧化效果。此外，酚羟基的位置也对黄酮分子的抗氧化能力有一定影响。李淑敏[15]对比黄芩两种主要黄酮类成分黄芩苷和黄芩素发现，黄芩苷 7 位的葡萄糖在空间结构上对 6 位的酚羟基产生影响，阻挡了 6 位酚羟基电离，导致其还原能力减弱，因而黄芩素比黄芩苷表现出了更强的自由基清除能力，即较强的抗氧化能力。

### 2.2. 中药黄酮通过活化抗氧化蛋白清除自由基

人抗氧化蛋白是人体内重要的过氧化物酶，能起到清除过氧化物、保护机体免受抗氧化损伤和参与信号传导等作用[16]。抗氧化蛋白主要由超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物

酶(GSH-Px)、硫氧还蛋白和硫氧还蛋白还原酶组成,通过支持一种 ROS 依赖的转录因子 Nrf2,引发细胞保护和抗氧化基因的转录,使细胞免受 ROS 的干扰,起到保护皮肤细胞的作用[17]。

大量研究表明,中药黄酮类化合物可以显著提升抗氧化蛋白的活性,达到抗氧化效果。高超[18]研究发现款冬叶黄酮对小鼠血清、肝脏组织、脑组织和心脏组织中 T-AOC、SOD、GSH-Px 活性有显著提高作用,同时抑制 MDA 的生成,显著降低 MDA 的含量,且与对照组差异极显著( $P < 0.01$ ),具有较强的抗氧化活性。雷杰豪等[19]发现山奈黄酮可以促进金属硫蛋白、CAT 和 SOD 等抗氧化蛋白表达,增强细胞抗氧化应激能力。此外,山奈黄酮可降低  $H_2O_2$  诱导的脂质过氧化,还可以促进氧化还原反应相关基因的表达,包括硫氧还蛋白还原酶 1 及硫氧还蛋白。辛敏通等[20]研究发现黄酮类、酚酸类化合物对胶原酶、弹性酶和透明质酶产生强大的抑制作用,进而抑制这些酶对胶原弹性蛋白和透明质酶等构成血管内壁重要物质的破坏作用,还可保护透明质酶的完整性,从而保护血管内皮细胞,增强细胞内抗氧化防御体系,使其免遭氧化。此外,刘基[12]等研究发现湖北海棠总黄酮有着抑制酪氨酸酶活性的作用,并且随着总黄酮浓度的增大而提升,当总黄酮浓度在  $1000 \mu\text{g/mL}$  时,抑制率达到  $44.06\%$  左右, $IC_{50}$  为  $1.16 \text{ mg/mL}$ ,表明湖北海棠总黄酮有良好抑制酪氨酸酶的作用,从而达到抗氧化效果。

### 2.3. 中药黄酮通过调节关键因子抑制自由基的产生

中药黄酮可通过与金属离子络合来清除自由基,从而达到抗氧化的作用。如芦丁(Rutin)可通过螯合过渡金属离子  $Fe^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ ,通过 Fenton 反应阻止羟基自由基的生成,从而发挥抗氧化作用[18]。林华婷等[21]研究发现随着乙酸锌溶液浓度的增大,鼠草类黄酮金属络合转化率呈极显著上升趋势,当乙酸锌溶液浓度增至  $10 \text{ mg/mL}$ ,鼠草类黄酮金属络合转化率达到峰值,值为  $85\%$  左右。鼠草类黄酮及其锌络合物清除羟自由基的  $IC_{50}$  为  $0.369 \text{ mg/mL}$  与  $0.260 \text{ mg/mL}$ ,具有抗氧化作用。

外界环境刺激如紫外光辐照会上调蛋白激酶(MAPK),激活核因子  $\kappa\text{B}$  (NF- $\kappa\text{B}$ )、激活蛋白 1 (AP-1) 和与丝裂原激活蛋白(MAP)依赖性信号激酶相关的因子,包括 ERK1/2 和依赖氧化还原电位的转录因子,如 Nrf2 [2] [12]。中药黄酮类物质主要通过调节细胞中关键因子(如 Nrf2)和调控信号通路,如激活丝氨酸激酶(phos-phoinositide 3-kinase, PI3K)信号转导通路、AMP 依赖的蛋白激酶(Adenosine 5'-monophosphate AMP-activated protein kinase, AMPK)信号转导通路和抑制丝裂原活化蛋白激酶(mitogen-activated protein kinases, MAPK)信号通路等,从而保护细胞免受自由基损伤,以减弱细胞氧化损伤,达到抗氧化效果。

刘蕊[22]等研究发现陈皮、柑橘等芸香科柑橘属植物果实中主要的黄酮类化合物为橙皮苷(hesperidin, Hsd)和橙皮素(hesperetin, Hst),其主要抗氧化机制为: Keap1-Nrf2-ARE 信号通路首先被激活,通过提高 GSH 水平和表达 SOD、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽转移酶(GST)、谷胱甘肽还原酶(GR)等抗氧化酶,使 NF- $\kappa\text{B}$  通路失活,继而下调诱导型一氧化氮合酶(iNOS)和环氧化酶-2 (COX-2)的表达,下调过氧亚硝基离子(ONOO<sup>-</sup>)的水平,最终起到清除自由基、抗氧化作用。Zhang R 等[23]研究发现转录因子 NF-E2 的相关因子 2 (Nrf2)通过与抗氧化响应元件(ARE)结合来调控 Mn SOD 基因的表达,是细胞防御氧化应激的重要调节因子之一。黄酮能够激活 Nrf2 号,Zhang R [23]等通过用 sirna 介导的 Mn SOD 的下调,发现 butin 对 HO 诱导的细胞损伤的细胞保护作用被抑制。证实 butin 通过 PI3K/Akt 信号通路激活 Nrf2 介导的 Mn SOD 诱导,从而减轻氧化应激。同时发现紫柳黄酮能激活 PI3K/Akt 信号通路,进而影响 Nrf2 介导的 Mn SOD 基因表达,上调 SOD 蛋白表达,从而减弱线粒体氧化应激反应; Ali T 等[24]发现花青素通过激活 PI3K/Akt/Nrf2 信号转导通路进而降低 ROS 水平,减轻氧化应激引起的细胞损伤。此外,李萌茹等[25]发现 AMPK 能增加  $NAD^+$  浓度进而激活 SIRT1, SIRT1 随即激活其下游分子,其中  $NAD^+$  浓度增加会减缓氧化应激反应。

### 3. 中药黄酮提取物在抗氧化化妆品中的应用

中药黄酮可以通过自身结构直接清除自由基、通过活化抗氧化蛋白清除自由基、通过调节关键因子抑制自由基的产生等方式减弱细胞氧化损伤,达到良好抗氧化效果,因此在抗氧化类化妆品中有较多的应用(见表 1)。

**Table 1.** Application of Chinese traditional medicine flavonoids in antioxidative skincare

**表 1.** 中药黄酮在抗氧化护肤品中的应用

护肤品种类	中药	主要提取物	主要机制	参考文献
面膜	黄蜀葵花	金丝桃苷、槲皮素-3-O- $\beta$ -D-葡萄糖苷、异槲皮苷等	活化抗氧化蛋白,抑制酪氨酸酶活性,从而清除自由基	[26]
	山刺玫果	山刺玫果总黄酮、VC 等	抑制自由基生成,防止脂质过氧化反应[27]	[28]
	化橘红	柚皮苷、野漆树苷、枳属苷、新橙皮苷等	提高 SOD、GSH-PX 活力,降低 MDA 含量,清除自由基[29]	[30]
	红薯叶	红薯叶总黄酮	切断链式反应,直接清除自由基	[31]
乳霜	黑枸杞、沙棘果、蜂蜜、冬虫夏草	花青素、异鼠李素、异鼠李素-3-O- $\beta$ -D-葡萄糖苷、异鼠李素-3-O- $\beta$ -芸香糖苷、芸香苷、紫云英苷、槲皮素和山柰酚为甙元的低糖甙等	活化抗氧化蛋白、降低脂质过氧化,减轻金属离子对机体造成的氧化应激反应[32]	[33]
	甘草	甘草总黄酮	调节 Nrf2、Caspase-3、Bax 等因子,抑制氧化应激[34]	[35]
	黄芩	黄芩黄酮、棕榈酰三肽-5 等	降低 ROS 及过氧化脂质水平	[36]
防晒	甘草	甘草总黄酮	通过转录因子 GADD153/CHOP、激酶 ASK1/JNK 以及 caspases 的激活三条途径调节相关因子,以抵抗氧化应激[37]	[38]
	苦荞	芦丁、槲皮素等	直接吸收紫外线	[39]

利用天然植物提取物作为主要成分,相较人工化学合成成分,能够减少添加剂的添加,具有较高的安全性,刺激性也相对较低,满足了当前大众对绿色安全化妆品的需求[40]。且中药黄酮具有良好的抗氧化、抗炎、抑菌等活性,其提取物所制化妆品具有较好的抗氧化、抗衰老等功效。基于上述优点,中药黄酮已被应用于多种化妆品的开发,但中药黄酮提取物研制的化妆品在提取方式、提取物种类、产品种类等方面仍有许多研究空缺与市场空缺,具有良好的研究空间与发展潜力。

### 4. 结论与展望

中药黄酮通过清除自由基,阻断自由基反应,提高抗氧化蛋白活性,调节关键因子 Nrf2 和激活 PI3K 信号转导通路、AMPK 信号转导通路及抑制 MAPK 等信号通路等,起到抗氧化的作用。但在现阶段,国内外科研工作者对中药黄酮抗氧化活性天然成分的研究还远远不够。中药黄酮种类众多且有效成分复杂多样,要搞清它们的作用机理是一个庞大的工程。随着对中药黄酮的研究不断深入,中药黄酮的抗氧化机制正在将逐渐完善。针对中药黄酮的较好的抗氧化和抗炎功效,现已研发出防晒剂、面膜和乳霜等各类化妆品。中药黄酮抗氧化化妆品因其成分为天然物质,对皮肤刺激伤害小,作用温和且品种单一的特点在未来具有广阔的发展市场,在预防衰老和相关皮肤损伤方面有进一步开发的潜力。

## 基金项目

2020 年国家级大学生创新创业训练计划项目(202010344042); 2020 年度浙江省新苗人才计划项目(2020R410024)。

## 参考文献

- [1] Park, M.J. and Bae, Y.S. (2016) Fermented *Acanthopanax koreanum* Root Extract Reduces UVB- and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Induced Senescence in Human Skin Fibroblast Cells. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, **26**, 1224-1233. <https://doi.org/10.4014/jmb.1602.02049>
- [2] 张白浪. 化妆品中美白功效成分前沿进展[J]. 现代商贸工业, 2016, 37(34): 498-499.
- [3] 杨栩, 刘安军. 一种具有抗氧化活性的复合黄酮及其制备方法和应用[P]. 中国专利, CN201810736197.3. 2018-11-06.
- [4] 李萌茹, 周玉枝, 杜冠华, 秦雪梅. 中药黄酮类化合物抗衰老作用及其机制研究进展[J]. 药学学报, 2019, 54(8): 1382-1391.
- [5] Yin, S.G., Wang, Y., Liu, N.X., Yang, M.F., Hu, Y., Li, X.J., Fu, Y., Luo, M.Y., Sun, J. and Yang, X.W. (2019) Potential Skin Protective Effects after UVB Irradiation Afforded by an Antioxidant Peptide from *Odorrana andersonii*. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **120**, Article ID: 109535. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.109535>
- [6] 林荣锋. 广藿香油对 UV 所致小鼠皮肤光老化模型保护作用的实验研究[D]: [博士学位论文]. 广州: 广州中医药大学, 2015.
- [7] Shin, S.W., Jung, E., Kim, S., Kim, J.-H., Kim, E.-G., Lee, J., et al. (2013) Antagonizing Effects and Mechanisms of Afzelin against UVB-Induced Cell Damage. *PLoS ONE*, **8**, e61971. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061971>
- [8] Li, M., Lin, X.-F., Lu, J., Zhou, B.-R. and Luo, D. (2016) Hesperidin Ameliorates UV Radiation-Induced Skin Damage by Abrogation of Oxidative Stress and Inflammatory in HaCaT Cells. *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology*, **165**, 240-245. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.10.037>
- [9] 徐彬人, 黄林艳, 杨翠萍, 许丽婷, 陈海宁, 郭金洲, 等. 淡豆豉异黄酮的提取分离及对 DPPH 自由基清除能力的研究[J]. 贵阳中医学院学报, 2020, 42(3): 91-94.
- [10] 程蕾, 刘竹青, 朴美子. 干燥方式对明月草叶片中黄酮类化合物抗氧化活性的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版). 2018, 35(2): 138-143.
- [11] 闫旭宇, 李玲. 银杏叶总黄酮超声辅助提取条件优化及其清除羟自由基能力[J]. 食品工业科技, 2020, 41(9): 200-204, 224.
- [12] 刘基. 湖北海棠总黄酮体外抗氧化活性评价及脂质体乳液研究[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 陕西中医药大学, 2019.
- [13] 秦晶晶, 钱慧琴, 魏婧, 高利, 袁铁峰, 闫福林. 菟丝子总黄酮提取工艺及其抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2019, 40(23): 151-157.
- [14] 顾饶胜, 范红艳, 王艳春, 沈楠, 常影, 任旷. 大豆异黄酮对 D-半乳糖所致衰老大鼠的影响[J]. 吉林医药学院学报, 2013, 34(3): 161-164.
- [15] 李淑敏. 黄芩苷和黄芩素提取分离工艺研究及抗氧化活性评价[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 郑州大学, 2017.
- [16] 颜晟. 人抗氧化蛋白 Peroxiredoxin 1 和 2 的表达、纯化及功能研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [17] Gęgotek, A., Ambrożewicz, E., Jastrząb, A., Jarocka-Karpowicz, I. and Skrzydlewska, E. (2019) Rutin and Ascorbic Acid Cooperation in Antioxidant and Antiapoptotic Effect on Human Skin Keratinocytes and Fibroblasts Exposed to UVA and UVB Radiation. *Archives of Dermatological Research*, **311**, 203-219. <https://doi.org/10.1007/s00403-019-01898-w>
- [18] 高超. 款冬叶黄酮的抗氧化活性研究[J]. 轻工学报, 2020, 35(2): 17-23.
- [19] 雷杰豪, 许爱娥. 中草药黄酮类提取物对白癜风抗氧化应激作用机制的研究进展[J]. 中国中西医结合皮肤性病学期杂志. 2018, 17(3): 281-284.
- [20] 辛敏通. 以氧化电位评价含黄酮类、酚酸类成分中药抗氧化活性的研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国中医研究院, 2005.
- [21] 林华婷. 鼠曲草类黄酮制备及其抗氧化抑菌活性研究[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建农林大学, 2016.

- [22] 刘蕊, 李晓丹. 柑橘属黄酮类化合物橙皮苷和橙皮素的抗氧化和抗炎特性分子机制综述[J]. 中国医药导刊, 2019, 21(12): 749-752.
- [23] Zhang, R., Chae, S., Lee, J.H. and Hyun, J.W. (2012) The Cytoprotective Effect of Butin against Oxidative Stress Is Mediated by the Up-Regulation of Manganese Superoxide Dismutase Expression through a PI3K/Akt/Nrf2-Dependent Pathway. *Journal of Cellular Biochemistry*, **113**, 1987-1997. <https://doi.org/10.1002/jcb.24068>
- [24] Ali, T., Kim, T., Rehman, S., Khan, M.S., Amin, F.U., Khan, M., Ikram, M. and Kim, M.O. (2018) Natural Dietary Supplementation of Anthocyanins via PI3K/Akt/Nrf2/HO-1 Pathways Mitigate Oxidative Stress, Neurode Generation, and Memory Impairment in a Mouse Model of Alzheimer's Disease. *Molecular Neurobiology*, **55**, 6076-6093. <https://doi.org/10.1007/s12035-017-0798-6>
- [25] 李萌茹, 周玉枝, 杜冠华, 秦雪梅. 中药黄酮类化合物抗衰老作用及其机制研究进展[J]. 药理学报. 2019, 54(8): 1382-1391
- [26] 安徽云指智数据科技有限公司. 一种黄蜀葵花晒后修护凝胶睡眠面膜及其制备方法[P]. 中国专利, CN201911338713.8. 2020-04-03.
- [27] 姜虹, 焦淑萍, 丁宁. 山刺玫果对 D-半乳糖致衰小鼠心肌线粒体能量代谢的影响[J]. 中国老年学杂志, 2008, 28(18): 1858-1859.
- [28] 中国科学院沈阳应用生态研究所. 一种山刺玫果抗氧化面膜粉[P]. 中国专利, CN108096118A. 2018-06-01.
- [29] 吕安雯, 张雅男, 舒尊鹏, 匡海学, 王秋红. 化橘红多糖对环磷酰胺所致免疫损伤小鼠脾脏抗氧化能力的影响[J]. 化学工程师, 2018, 32(12): 79-81
- [30] 彭颖. 一种化橘红抗氧化啫喱面膜的制备方法[P]. 中国专利, CN201710264049.1. 2018-11-02.
- [31] 延永, 高园, 杨蓉蓉. 红薯叶面膜制备及其性能研究[J]. 商洛学院学报, 2019, 33(2): 29-34.
- [32] Vidyashankar, S., Varma, R.S. and Patki, P.S. (2013) Quercetin Ameliorate Insulin Resistance and Up-Regulates Cellular Antioxidants during Oleic Acid Induced Hepatic Steatosis in HepG2 Cells. *Toxicology in Vitro*, **27**, 945-953. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2013.01.014>
- [33] 青海初心商贸有限责任公司. 一种抗氧化护肤品[P]. 中国专利, CN201811032303.6. 2018-12-28.
- [34] 李想, 李冀. 甘草提取物活性成分药理作用研究进展[J]. 江苏中医药, 2019, 51(5): 81-86.
- [35] 周丽. 一种甘草黄酮淡斑妆前乳[P]. 中国专利, CN201510804378.1. 2017-05-31
- [36] 暨南大学. 一种具有皮肤修复抗衰老作用的组合物及其护肤品[P]. 中国专利, CN201911398840.7. 2020-04-17.
- [37] 宁舒鹏, 杨桂兰, 王佳媚, 白景瑞, 龙朝钦, 罗洋. 甘草黄酮对小鼠光老化皮肤中 caspase-3、caspase-12 表达的影响[J]. 西北国防医学杂志, 2012, 33(3): 234-236.
- [38] 陈家欢, 王婴, 陈雅灵, 陈文兵, 冯承恩. 含甘草黄酮有效成分的防晒霜制备工艺的研究[J]. 广东化工, 2015, 42(22): 53-54.
- [39] 方向, 周小理, 张婉萍. 苦荞萌发物中黄酮的防晒性研究[J]. 日用化学工业, 2013, 43(5): 362-366.
- [40] 余涛, 钟汉宁, 陈圻宇. 天然植物提取物在母婴洗护用品中的应用现状[J]. 中国洗涤用品工业, 2020(6): 144-147.