

# 淡竹叶黄酮和藤茶黄酮生物活性的研究

张晓军<sup>1</sup>, 常洁<sup>2</sup>, 范莹<sup>2</sup>, 许虎君<sup>2\*</sup>

(1. 无锡戴可思生物科技有限公司, 江苏无锡, 214028;

2. 江南大学化工与材料工程学院, 江苏无锡, 214122)

DOI:10.61369/CDCST.2026010006

**摘要:** 测定了淡竹叶黄酮溶液和藤茶黄酮溶液的紫外吸收能力、酪氨酸酶活性抑制能力及 DPPH 自由基清除能力, 评价其生物活性能力。结果表明: 淡竹叶黄酮溶液和藤茶黄酮溶液在浓度大于 10 mg/mL 时, 对 UVA 和 UVB 波段的紫外光线均表现出较强的吸收能力。淡竹叶黄酮溶液对 UVA 和 UVB 波段的紫外光均有较好的吸收能力, 浓度在 10 mg/mL 时紫外透过率即可达到 5% 以下; 藤茶黄酮溶液对 UVA 波段的紫外光吸收能力稍弱, 但溶液浓度在 2 mg/mL 时即可完全吸收 UVB 波段的紫外光。淡竹叶黄酮和藤茶黄酮对酪氨酸酶活性均有较好的抑制能力, 在溶液浓度为 20 mg/mL 时, 酪氨酸酶活性抑制率分别达到 70.97% 和 93.85%。淡竹叶黄酮和藤茶黄酮均有较强的抗氧化能力, 在溶液浓度为 20 mg/mL 时, DPPH 清除率分别达到 97.67% 和 69.77%。结合紫外吸收能力、酪氨酸酶活性抑制能力及 DPPH 自由基清除能力, 淡竹叶黄酮和藤茶黄酮具有较好的生物活性。



张晓军

**关键词:** 淡竹叶黄酮; 藤茶黄酮; 紫外吸收; 酪氨酸酶抑制; 抗氧化

**第一作者简介:** 张晓军, 工程师, 研究方向: 化妆品技术。E-mail: Dexter@dexterbaby.com。

**通讯作者简介:** 许虎君, 教授, 博士, 研究方向: 日用化工。E-mail: xu6209@163.com。

○

紫外线辐射是从太阳散发到地球的能量, 通常 UVA 是指波长在 320~400 nm、UVB 是指波长在 280~320 nm 的紫外线。UVB 的波长比 UVA 短, 大部分 UVB 会被皮肤的表皮细胞吸收, 难以到达深层, 但 UVB 的能量很高, 容易导致皮肤表面的应激反应, 如发红肿胀和水泡等。UVA 的波长较长, 可以穿透皮肤表面, 进而导致皮肤老化、下垂和皱纹。UVA 和 UVB 都会导致人体产生自由基, 破坏细胞中的 DNA, 进而致癌, 危害人体健康, 同时激发酪氨酸酶活性, 产生黑色素, 改变皮肤颜色<sup>[1]</sup>。

防晒霜能够保护人们免受紫外线的伤害, 其中典型防晒成分包括二苯甲酮类、樟脑衍生物和肉桂酸酯衍生物等。为了减少防晒霜中防晒成分引起的皮肤损伤及刺激性, 同时国家规定婴童类防晒化妆品禁止使用化学类防晒剂, 天然植物成分的使用得到更多的关注。其中黄酮类化合物起着主导作用, 因为它们可以吸收波长在 200~400nm 之间的紫外线, 并且具有抑制酪氨酸酶活性及抗氧化等作用<sup>[2]</sup>, 所以研究开发具有植物生物活性成分及其化妆品具有很好的潜在市场需求。

藤茶黄酮和淡竹叶黄酮的黄酮含量较高, 同时具有溶解性好的优点, 并且二者均在国家化妆品原料允许使用名录中。本文通过紫外分光光度法, 测定了藤茶黄酮溶液和淡竹叶黄酮溶液的紫外吸收能力、酪氨酸酶活性抑制能力及 DPPH 自由基清除能力, 评价其生物活性, 为其应用于化妆品中提供一定的理论支持。

## 1. 材料与方法

### 1.1 实验材料、试剂与仪器

藤茶黄酮, 市售, 质量分数 ≥ 98%, 长沙上禾生物科技有限公司; 淡竹叶黄酮, 市售, 质量分数为 24%, 扶风斯诺特生物科技有限公司; 2,2-二苯基-1-苦肼基 (DPPH), 质量分数 ≥ 98%, 成都乐美天医药科技有限公司; 酪氨酸酶, 25 KU, 上海宝曼生物科技有限公司; L-多巴, 质量分数 ≥ 99%, 上海宝曼生物科技有限公司; PBS 磷酸盐缓冲液片剂, 国药集团; 乙醇, 质量分数 ≥ 99%, 国药集团。

TU-1950 型双光束紫外分光光度计 (北京普析通用仪器有限公司); HHS-3 型数显恒温水浴锅 (上海力辰仪器科技有限公司); JF1004 电子分析天平 (武汉格莱莫检测设备有限公司)。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 紫外吸收能力的测定

分别用水及乙醇将淡竹叶黄酮和藤茶黄酮配制成浓度为 5~20 mg/mL 的溶液, 并分别以水和乙醇作为空白溶液, 在 280~420 nm 的波长范围内测定不同浓度样品溶液的紫外透过率 ( $T, \%$ )。

#### 1.2.2 酪氨酸酶活性抑制能力的测定

酪氨酸酶是一种双功能多酚氧化酶, 能够催化两种不同的反应: 一种是将单酚 (如 L-酪氨酸) 羟基氧化为

邻醌，另一种是酪氨酸酶将邻二酚（L-多巴）氧化为邻醌<sup>[3]</sup>。本文选用 L-多巴作为反应底物，经酪氨酸酶催化氧化产生的多巴色素，在475 nm处有最大吸收。通过紫外分光光度法检测待测液在475 nm处的吸光度，计算样品对酪氨酸酶活性抑制率。

#### 1.2.2.1 磷酸缓冲溶液的配制

由于酪氨酸酶活性与所处环境的 pH 有关，当 pH 小于 4 或大于 8 时，其活性大幅度降低。为保证实验结果的准确性，需控制反应体系 pH 处于 6~8 之间。取一片 PBS 磷酸盐缓冲液片剂充分溶解于 100 mL 水中，配制成 pH=7.4 的磷酸缓冲溶液，于 4℃ 的冰箱中冷藏保存并用于后续实验。

#### 1.2.2.2 酪氨酸酶溶液的配制

使用电子分析天平精确称取 0.8 mg 酪氨酸酶，将其溶解于 25 mL 磷酸缓冲溶液中，配制成浓度为 33.4 μg/mL 的酪氨酸酶磷酸缓冲溶液，置于 4℃ 的冰箱中冷藏保存并用于后续实验。

#### 1.2.2.3 底物溶液的配制

使用电子分析天平精确称取 0.0098 g L-多巴，将其溶解于 25 mL 磷酸缓冲溶液中，配制成浓度为 5 mmol/mL 的 L-多巴磷酸缓冲溶液。此溶液使用时需现配。

#### 1.2.2.4 样品对酪氨酸酶活性抑制能力的测试

使用去离子水分别配制淡竹叶黄酮和藤茶黄酮样品溶液，使其测试时终浓度为 5~20 mg/mL。控制总反应体系 4000 μL，按照表 1 分别向试管移取一定量的磷酸缓冲溶液、样品溶液及底物溶液。将上述混合体系置于 37℃ 的水浴锅中孵育 10 min，向试管中加入 800 μL 酪氨酸酶溶液，迅速测定溶液在 475 nm 的吸光度。酪氨酸酶活性抑制率由式（1）计算。

表 1 测试酪氨酸酶活性反应液的组成

反应成分	V/μL			
	体系 1	体系 2	体系 3	体系 4
底物	400	400	400	400
磷酸缓冲溶液	3600	2800	1200	400
样品溶液	0	0	2400	2400
酪氨酸酶溶液	0	800	0	800

$$\text{酪氨酸酶活性} = \frac{A_4 - A_3}{A_2 - A_1} \times 100\% \quad (1)$$

公式（1）中：A<sub>1</sub> 为体系 1 的吸光度值；A<sub>2</sub> 为体系 2 的吸光度值；A<sub>3</sub> 为体系 3 的吸光度值；A<sub>4</sub> 为体系 4 的吸光度值。

#### 1.2.3 DPPH 自由基清除能力的测定

DPPH 是一种稳定的自由基，具有单一电子，其醇溶液在 517 nm 处产生最大吸收，呈现紫色色调。抗氧化剂存在时，与 DPPH 的孤电子配对，导致其在 517 nm 处的吸光度降低，溶液的紫色减淡。本研究将 0.0010 g DPPH 溶解在 25 mL 的 50 vt% 乙醇中，配制成浓度为 0.1 mmol/mL 的 DPPH 溶液。以 50 vt% 乙醇为溶剂，配制不同浓度的淡竹叶黄酮和藤茶黄酮样品溶液，使其测试时终浓度为 5~20 mg/mL。控制总反应体系 4000 μL，按照表 2 分别向试管移取一定量的 50 vt% 乙醇、样品溶液及 DPPH 溶液。将上述混合体系避光孵育 30 min 后测定溶液在 517 nm 处的吸光度。DPPH 自由基清除率由式（2）计算<sup>[4]</sup>。

表 2 测试 DPPH 清除能力反应液的组成

反应成分	V/μL		
	体系 1	体系 2	体系 3
样品溶液	2000	2000	0
DPPH 溶液	2000	0	2000
50 vt% 乙醇	0	2000	2000

$$\text{DPPH 清除率} = [1 - \frac{A_1 - A_2}{A_3}] \times 100\% \quad (2)$$

公式（2）中：A<sub>1</sub> 为体系 1 的吸光度值；A<sub>2</sub> 为体系 2 的吸光度值；A<sub>3</sub> 为体系 3 的吸光度值。

## 2. 结果与讨论

### 2.1 淡竹叶黄酮和藤茶黄酮对紫外线的吸收能力

图 1 展示了不同浓度的淡竹叶黄酮溶液和藤茶黄酮溶液在 280~420 nm 内对紫外光的透过率。从图中可以看出，随着黄酮浓度的增大，紫外光的透过率逐渐降低，表明高浓度的淡竹叶黄酮和藤茶黄酮溶液对紫外光线有更好的吸收能力。淡竹叶黄酮溶液对 UVA 和 UVB 波段的紫外光均有较好的吸收能力，浓度在 10 mg/mL 时紫外透过率即可达到 5% 以下；藤茶黄酮溶液对 UVA 波段的紫外光吸收能力稍弱，但溶液浓度在 2 mg/mL 时即可完全吸收 UVB 波段的紫外光。总体而言，淡竹叶黄酮溶液和藤茶黄酮溶液在浓度大于 10 mg/mL 时，对 UVA 和 UVB 波段的紫外光线均表现出较强的吸收能力。这是因为淡竹叶黄酮和藤茶黄酮作为黄酮类化合物，以苯基色原酮为基本母核，其独特的多酚结构能够有效吸收紫外线，但其黄酮的不同结构可导致具有不同的紫外吸收效果<sup>[5]</sup>。

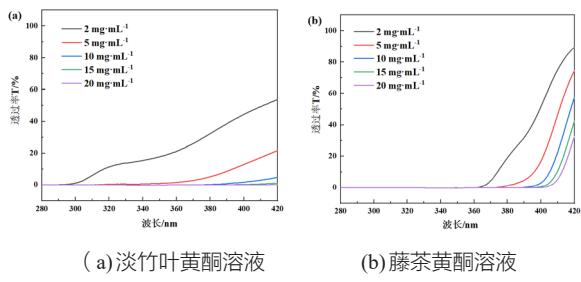


图1 不同浓度的淡竹叶黄酮溶液和藤茶黄酮溶液对紫外光线的吸收能力

## 2.2 淡竹叶黄酮和藤茶黄酮对酪氨酸酶活性的抑制能力

由皮肤生理学可知，人体皮肤的颜色深浅主要由体内的黑色素数量和类型所决定的<sup>[6-8]</sup>。皮肤黑色素细胞是树突状细胞，它源自于胚胎外层神经嵴细胞并且在胚胎形成时迁移到眼睛、耳朵、中枢神经系统和皮肤。黑色素位于表皮层中的基底层，黑色素体形成后会被转移到中角质细胞中，从而在皮肤表面形成黑色素。黑色素的合成路径是酪氨酸酶首先将酪氨酸催化氧化为多巴，随后又催化多巴生成多巴醌，多巴醌自发地重排成环后形成氯化多巴色素进而被氧化成多巴色素。多巴色素在多巴色素异构酶的作用下氧化为5,6-二羟吲哚羧酸(DHICA)或自发氧化脱羧形成5,6-二羟基吲哚(DHI)，DHI与DHICA分别在DHI氧化酶和DHICA氧化酶的催化氧化下生成不溶性DHI-黑素和棕色难溶性DHICA-黑素<sup>[9]</sup>。

黑色素合成路径中主要有三种酶参与反应：酪氨酸酶、多巴色素异构酶(Dopachrome isomerase)和5,6-二吲哚羧酸(DHICA)氧化酶。其中酪氨酸酶属于氧化还原酶，是整个黑色素合成生物过程中的主要限速酶，其活性的强弱对于皮肤黑色素的含量起决定性作用。多巴色素异构酶又称为酪氨酸酶相关蛋白-2(TYR-2)，能使多巴色素重排形成5,6-二羟吲哚羧酸(DHICA)。5,6-二吲哚羧酸(DHICA)氧化酶与多巴色素异构酶由三个不同的基因表达且具有同源性，它不但会参与黑色素的生成，还会影响黑色素细胞的生长、凋谢<sup>[10,11]</sup>。

图2展示了不同浓度的淡竹叶黄酮溶液和藤茶黄酮溶液对酪氨酸酶活性的抑制能力。从图中可以看出，随着黄酮浓度的增大，酪氨酸酶活性抑制率逐渐升高，表明高浓度的淡竹叶黄酮和藤茶黄酮溶液对酪氨酸酶活性有更好的抑制能力。藤茶黄酮的抑制能力更强，在溶液浓

度为20 mg/mL时，酪氨酸酶活性抑制率达到93.85%。淡竹叶黄酮对酪氨酸酶活性的抑制效果弱于藤茶黄酮，但在浓度为20 mg/mL时，抑制率仍可达到70.97%，二者的使用浓度提高到一定数值时，其效果提高幅度并不很大，同时影响到化妆品膏体的外观色泽。总体而言，淡竹叶黄酮和藤茶黄酮对酪氨酸酶活性均有较好的抑制能力。

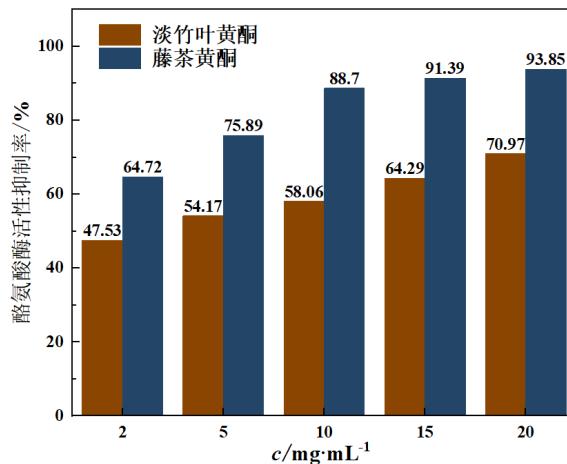


图2 不同浓度的淡竹叶黄酮溶液和藤茶黄酮溶液对酪氨酸酶活性的抑制能力

淡竹叶黄酮和藤茶黄酮对酪氨酸酶活性的抑制能力归因于其结构中的羟基。酚类化合物中的羟基可以在酪氨酸酶的活性位点形成氢键，导致空间位阻或构象改变，降低了酪氨酸酶的活性<sup>[12]</sup>，抑制了黑色素的产生，从而可对皮肤起到美白效果。

## 2.3 淡竹叶黄酮和藤茶黄酮对DPPH自由基的清除能力

皮肤是人体的首道屏障，也是最早能反映机体衰老的组织。造成皮肤衰老的因素有很多，除遗传因素外，来自外界环境如阳光紫外线、空气、辐射等影响而产生自由基造成了皮肤氧化，从而导致细胞氧化产生自由基，加速皮肤衰老、出现色斑、皮肤暗黄等，甚至导致皮肤癌的发生<sup>[13]</sup>。

减少自由基的产生和清除老化代谢产物已成为延缓皮肤衰老、增强皮肤抵抗力和皮肤水润有光泽的有效方法<sup>[14]</sup>。

图3展示了不同浓度的淡竹叶黄酮溶液和藤茶黄酮溶液对DPPH自由基的清除能力。从图中可以看出，随着黄酮浓度的增大，DPPH自由基清除率逐渐升高，表明高浓度的淡竹叶黄酮和藤茶黄酮溶液对DPPH自由基有更好的

清除能力。淡竹叶黄酮的清除能力更强，在溶液浓度为20 mg/mL时，DPPH清除率达到97.67%。藤茶黄酮对酪氨酸酶活性的抑制效果弱于淡竹叶黄酮，但在浓度为20 mg/mL时，抑制率仍可达到69.77%。总体而言，淡竹叶黄酮和藤茶黄酮对DPPH自由基均有较好的清除能力，具有较好的抗氧化性能。植物清除DPPH自由基的效果与植物中多酚含量有显著相关性，多酚的酚羟基结构对环境中的氧、活性氧等具有很强的捕捉能力，这使多酚具有较强的抗氧化性以及清除自由基的能力。这归因于黄酮类化合物结构中可以贡献电子从而中和自由基的产生<sup>[15]</sup>。

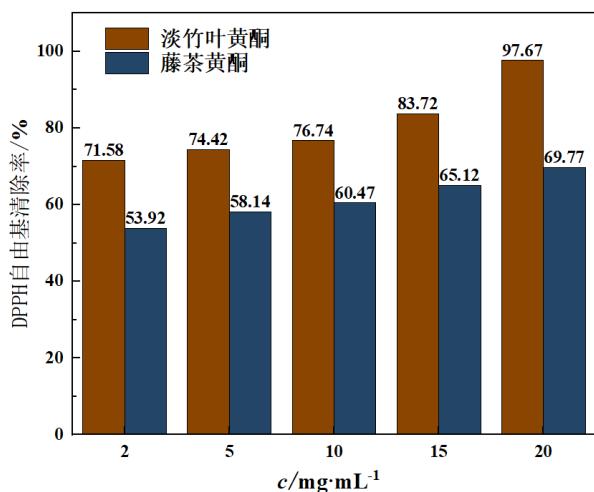


图3 不同浓度的淡竹叶黄酮溶液和藤茶黄酮溶液对DPPH的清除作用

### 3. 结论

本研究发现，淡竹叶黄酮溶液和藤茶黄酮溶液在浓度大于10 mg/mL时，对UVA和UVB波段的紫外光线均表现出较强的吸收能力。淡竹叶黄酮和藤茶黄酮对酪氨酸酶活性均有较好的抑制能力，藤茶黄酮的抑制能力更强，在溶液浓度为20 mg/mL时，酪氨酸酶活性抑制率达到93.85%。同时淡竹叶黄酮和藤茶黄酮均有较强的抗氧化能力。结合产品的紫外外吸收能力、酪氨酸酶活性抑制能力及DPPH自由基清除能力，淡竹叶黄酮和藤茶黄酮具有较好的生物活性，可作为良好的天然植物成分应用于化妆品的配方中。

### 参考文献

- [1] 王雪梅,侯晓薇,王永智.植物紫外吸收剂的筛选研究[J].日用化学工业,2005,35(3): 164-166.
- [2] 文燕,王星,高盼奇,等.18种天然药食植物防晒能力的比较[J].湖北农业科学,2020,59(14): 149-152.
- [3] Zolghadri S, Bahrami A, Khan M T, et al. A comprehensive review on tyrosinase inhibitors[J]. J. EIMC 2019, 34: 279-309.
- [4] Baliyan S, Mukherjee R, Priyadarshini A, et al. Determination of antioxidants by DPPH radical scavenging activity and quantitative phytochemical analysis of ficus religiosa[J]. Molecules, 2022, 27: 1326-1328.
- [5] 马晓原,赵永红,刘慧民.天然植物油在防晒化妆品中的功效研究进展[J].油脂化工,2021,46(1): 71-75.
- [6] Bonaventure J, Domingues M J, Larue L. Cellular and molecular mechanisms controlling the migration of melanocytes and melanoma cells[J]. Pigment Cell and Melanoma Research, 2013, 26(3): 316-325.
- [7] 宁岭.皮肤的美白[J].日用化学工业,1998(3): 24-27.
- [8] 陶丽莉,刘洋,吴金昊,等.化妆品美白功效评价方法研究进展[J].日用化学品科学,2015,3(3): 15-21.
- [9] 贾爱群,孙洋,王建新.美白剂的发展现状及其黑色素抑制机理的研究进展[J].日用化学工业,2001,31(1): 41-44.
- [10] 陈卓仪,刘晓英,郑雅婷,等.皮肤黑色素形成机理与干预机制[J].日用化学工业,2019,49(2): 113-117.
- [11] 郭跃跃,杜站宇,宋兴超,等.酪氨酸酶转运对黑色素生成影响研究进展[J].动物医学进展,2017,38(3): 110-114.
- [12] Srisupap S, Chaicharoenpong C. In vitro antioxidant and antityrosinase activities of manilkara kauki[J]. Acta pharmaceutica, 2021, 71(1): 153-162.
- [13] 王娟.草莓多酚的提取及其在美白化妆品中的应用研究[D].暨南大学,2017:3-18.
- [14] 付思美,畅芬芬,车影,等.维生素C磷酸酯镁的稳定性及其清除超氧离子自由基的动力学[J].化学研究,2013,15(2): 180-184.
- [15] 方芳.紫外线对皮肤的影响及防晒制品[J].香料香精化妆品,1996, 1:28-30.
- [16] 彭俊瑛,李宜宣,陈来成,等.化妆品防晒剂研究进展及其在儿童防晒应用的展望[J].广东化工,2015, 42(13):115-124.
- [17] 任倩倩,孙旭,李楠,等.化妆品植物原料—在防晒化妆品中的研究与开发[J].日用化学工业,2021, 51(1):10-16.
- [18] 王雪梅,侯晓薇,王永智.植物紫外吸收剂的筛选研究[J].日用化学工业,2005,35(3):164-166.
- [19] 刘慧民,王万绪,杨跃飞,等.具有紫外线防护性能的植物提取物研究[J].香精香料化妆品,2019, 6:58-64.

## Study on the Biological Activity of Bamboo Leaves Flavone and Tengcha Flavone

Zhang Xiao-jun<sup>1</sup>, Chang Jie<sup>2</sup>, Fan Ying<sup>2</sup>, Xu Hu-jun<sup>2\*</sup>

(Guangzhou Natuspace Biotechnology Co., Ltd.,Gangdong, Guangzhou, 511300)

**Abstract :** The tyrosinase inhibitory activity, and DPPH free radical scavenging ability of bamboo leaves flavone solution and Tengcha flavone solution were determined by UV spectrophotometry, aiming to evaluate their biological activity. The results showed that both the bamboo leaves flavone solution and the Tengcha flavone solution possess strong absorption for UVA and UVB radiation when their concentration exceeds 10 mg/mL. For the Bamboo leaves flavone solution, the UV transmittance can reach less than 5% when the concentration is 10 mg/mL. As to the Tengcha flavone solution, the absorption capacity to UVA radiation is slightly weak, but it can completely absorb UVB radiation when the concentration is larger than 2 mg/mL. Both the bamboo leaves flavone and Tengcha flavone have good tyrosinase inhibitory activity, with an inhibition activity value of 70.97% and 93.85% at the 20 mg/mL concentration for the bamboo leaves flavone and Tengcha flavone, respectively.. Moreover, the bamboo leaves flavone and Tengcha flavone had strong antioxidant capacity, and the DPPH free radical scavenging rate reached 97.67% and 69.77% at the concentration of 20 mg/mL, respectively. Therefore, considering the good UV absorption ability, tyrosinase inhibitory activity, and DPPH free radical scavenging ability, bamboo leaves flavone and Tengcha flavone have good sun protection effects.

**Keywords :** bamboo leaves flavone; tengcha flavone; uv absorption; antityrosinase activity; antioxidation

