

# 复配药材对眼部光氧化应激的预防作用

刘焱杰<sup>1</sup>, 刘莹<sup>1</sup>, 李丽维<sup>2</sup>, 周王谊<sup>2</sup>, 徐阎<sup>2</sup>, 王玥<sup>2</sup>, 徐咏全<sup>2</sup>, 王浩<sup>1\*</sup>

(1. 天津科技大学食品科学与工程学院, 天津 300457; 2. 天士力研究院, 天津 300410)

**摘要:** **目的** 探讨各复配组方对眼睛的保护作用。**方法** 以光损伤小鼠为模型, 分别用熟地黄+枸杞子、熟地黄+菊花、熟地黄+铁皮石斛和熟地黄+枸杞子+菊花 4 种复配粗提物对小鼠进行干预, 连续 8 周后强光造模, 进行视网膜电图(electroretinogram, ERG)检测并采集视网膜进行抗氧化检测。**结果** ERG 结果显示, 与模型组比较, 药物干预组 b 波振幅均升高( $P < 0.05$ )。与两两复配组比较, 熟地黄+枸杞子+菊花组 b 波振幅高于两两复配组。视网膜抗氧化结果显示, 与模型组比较, 复配药物干预均可降低小鼠视网膜丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量( $P < 0.05$ ), 升高超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)和谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)活力( $P < 0.05$ ), 且熟地黄+枸杞子+菊花组的抗氧化效果优于两两复配组。**结论** 与模型组比较, 各复配物均能够提高 ERG 的 b 波振幅和视网膜抗氧化能力, 复配粗提物可能对氧化应激诱导的视疲劳等眼部疾病的发生具有缓解作用。

**关键词:** 熟地黄; 枸杞子; 菊花; 铁皮石斛; 复配; 抗氧化

## Preventive effect of compound herbal medicine on photo-oxidative stress of eyes

LIU Yao-Jie<sup>1</sup>, LIU Ying<sup>1</sup>, LI Li-Wei<sup>2</sup>, ZHOU Wang-Yi<sup>2</sup>, XU Yan<sup>2</sup>, WANG Yue<sup>2</sup>,  
XU Yong-Quan<sup>2</sup>, WANG Hao<sup>1\*</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Tianjin University of Science & Technology, City Post Code, Tianjin 300457, China; 2. Tasly Academy, City Post Code, Tianjin 300410, China)

**ABSTRACT: Objective** To explore the protective effect of compound prescription on eyes. **Methods** Photodamaged mice were used as models. Four kinds of crude extracts of Prepared rehmannia root + Fructus lycii, Prepared rehmannia root + Chrysanthemum, Prepared rehmannia root + Dendrobium candidum, and Prepared Rehmannia root + Fructus lycii + Chrysanthemum were employed to interfere with the model of light injury in mice. After 8 weeks, the model was designed by strong light. The electroretinogram (ERG) was detected and the retina was collected for antioxidant detection. **Results** The results of ERG showed that the amplitude of b-wave in the drug intervention group was higher than that in the model group ( $P < 0.05$ ). Compared with the pairwise group, the amplitude of b wave in the Prepared rehmannia root + Fructus lycii + Chrysanthemum group was higher than that in the pairwise group. The results of retinal antioxidation indicated that compared with the model group, compound drugs could decrease the content of malondialdehyde (MDA) and increase the activities of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GSH-Px) in retina of mice, and the antioxidant effect of Prepared rehmannia root + Fructus lycii + Chrysanthemum group was better than that of compound group. **Conclusion**

\*通讯作者: 王浩, 副教授, 主要研究方向为功能因子活性分离。E-mail: wanghao@tust.edu.cn

\*Corresponding author: WANG Hao, Associate Professor, Tianjin University of Science and Technology, No.29 the Thirteenth Street, Binhai New Area, Tianjin 300457, China. E-mail: wanghao@tust.edu.cn

Compared with the model group, all the compounds can improve the b-wave amplitude of ERG and the antioxidant capacity of retina, and the compound crude extract may alleviate the occurrence of ocular diseases, such as visual fatigue induced by oxidative stress.

**KEY WORDS:** *Prepared rehmannia root*; *Fructus lycii*; *Chrysanthemum*; *Dendrobium candidum*; compound; antioxidant

## 1 引言

枸杞子(*Fructus lycii*)、菊花(*Chrysanthemum*)、熟地黄(*Prepared rehmannia root*)、铁皮石斛(*Dendrobium candidum*)都是常见的中草药,有着悠久的历史<sup>[1-4]</sup>。刘雨萌等<sup>[5,6]</sup>发现枸杞子具有抗氧化、预防视网膜损伤的作用,具有很高的潜在利用价值。谢占芳等<sup>[7]</sup>发现菊花中的黄酮类物质是菊花中起主要抗氧化功能的活性物质。付昊等<sup>[8]</sup>发现熟地黄中水溶性多糖具有增强机体抗氧化能力和促进内皮细胞增殖等作用。张珊珊等<sup>[9]</sup>发现铁皮石斛中多糖是主要的功能活性因子,具有抗氧化的功能。但总的来说,如何利用这些原料,更好的发挥其经济效益,仍是当下研究的重点课题。

视疲劳是一种眼部综合症,氧化应激是诱导视疲劳发生的主要内因<sup>[10]</sup>。Song 等<sup>[11]</sup>研究显示持续的光照会引起眼球内自由基明显增多,引起视网膜细胞发生过度的脂质过氧化,造成视网膜细胞功能损伤。Kumar 等<sup>[12]</sup>研究发现,当光进入细胞后,立即被线粒体中的细胞色素 c 氧化酶吸收,导致呼吸链反应增加,引发氧化应激和炎症反应。谷炎培等研究显示长时间强光照射会导致视觉功能的下降,导致视网膜细胞代谢出现失衡<sup>[13]</sup>。现代研究表明熟地黄<sup>[3]</sup>、枸杞子<sup>[14]</sup>、菊花<sup>[15]</sup>、铁皮石斛<sup>[16]</sup>具有缓解视疲劳、抑制视网膜光感受器细胞损伤、保护视网膜等功效,而在眼科学研究方面以复配物为研究对象的相对较少。为了探究复配中药材对视疲劳的缓解作用,本研究以光损伤小鼠为模型,以复配粗提物为原料,通过视网膜电流图(electroretinogram, ERG)检测和相关抗氧化的指标来评价复配粗提物对氧化应激诱导的视疲劳的缓解作用,以期为视力保护产品的开发提供科学依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料、试剂与仪器

基础饲料、实验小鼠[斯贝福(北京)生物技术有限公司]。

光损伤模型(model, MOD)、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、氧化氢酶(catalase, CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)、二喹啉甲酸(bicinchoninic acid disodium, BCA)试剂盒(南京建成生物工程研究所);水合氯醛(AR>99%)(上海麦克林生化科

技术有限公司);硫酸阿托品滴眼液(深圳市荟美欧品商贸有限公司);氧氟沙星眼膏(沈阳兴齐眼药股份有限公司)。

LED 灯(深圳市爱图仕影像器材有限公司);U-3900 型紫外分光光度计(日本 HITACHI 公司);Phoenix Micron IV(美国 phoenix 研究实验室);ERG 仪器(德国罗兰公司)。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 提取物来源

称取熟地黄、菊花、枸杞子、铁皮石斛[均符合 2015 版《中华人民共和国药典》标准]<sup>[4]</sup> 种药材,其中熟地黄和枸杞子采用水提醇沉的方式制备,分别得到熟地黄提取物和枸杞子提取物,菊花和铁皮石斛采用水提方式制备,分别得到菊花提取物和铁皮石斛提取物(每克熟地黄提取物、枸杞子提取物、菊花提取物、铁皮石斛提取物分别相当于熟地黄生药 3.14 g、菊花生药材 4.255 g、枸杞子生药材 3.488 g、铁皮石斛生药材 4.384 g)。

#### 2.2.2 实验动物

健康雄性 C57BL/6J 小鼠,6 周龄, (18±1) g, 来自于斯贝福(北京)生物技术有限公司,许可证号为 SCXK(京)2016-0002,饲养于实验动物中心[(23±2) °C,相对湿度 55%~75%]。小鼠被置于白色塑料笼中,每笼 4 只,每组 3 笼。动物房从早上 7 点至晚上 7 点给予正常光照,其余时间无光照,并且为动物提供充足的食物和水。本研究的所有实验程序均按照天津科技大学动物实验伦理委员会批准的方案进行。

#### 2.2.3 动物分组及光损伤模型制备

实验动物被分成正常对照组(normal, NOR)、MOD、熟地黄+枸杞子组(S+G)、熟地黄+菊花组(S+J)、熟地黄+铁皮石斛组(S+T)、熟地黄+枸杞子+菊花组(GJS),每组 12 只,所有动物均采用灌胃的给药方式给予相应的受试物,正常组和模型组小鼠给予等量的溶媒(无菌生理盐水),每次灌胃 0.2 mL,连续给药 8 周。根据前期预实验结果,给药剂量见表 1。

给药结束后进行强光造模,整个过程在无自然光干扰的情况下进行。在光照前对小鼠眼球进行涂抹眼药处理,避免眼球表面由于长时间光照引起脱水。将光照器悬挂于小鼠顶端 50 cm 处,采用垂直照射方式照射,照射期间控制温度为(23±2) °C,排除温度升高引起小鼠眼球光热损伤的可能。给药结束后,除正常对照组外,其余 5 组小鼠从第九周开始,在(9000±500) Lux 光强条件下,每天照射 4 h,

连续照射 7 d, 光照期间正常进食与饮水。光损伤造模结束后, 对小鼠相关指标进行检测。

表 1 实验给药剂量  
Table 1 Experimental dose

分组	剂量/(mg/kg-bw)			
	熟地黄	枸杞子	菊花	铁皮石斛
S+G	450	460		
S+J	450		380	
S+T	450			30
GJS	450	460	380	

### 2.2.4 体重及摄食量记录

体重及摄食量自给药开始后记录, 其体重每周称量一次, 共计 8 周, 摄食量每天测量一次并记录。

### 2.2.5 ERG 检测

小鼠在检查前进行避光处理 12 h。配制 5%的水合氯醛溶液, 采用 0.01 mL/g 体重的剂量对小鼠进行腹腔注射, 麻醉后用 0.1 mg/mL 硫酸阿托品滴眼液进行散瞳处理。整个实验过程在红光下进行, 记录视网膜电图, 记录电极为角膜环形电极, 参考电极接近眼的面部皮肤, 接地电极接

尾部。实验结束后对小鼠眼球表面涂抹氧氟沙星眼膏, 防止眼球长时间干燥引起小鼠眼球脱水。

### 2.2.6 视网膜组织中相关抗氧化能力指标检测

参照陈春艳等<sup>[17]</sup>的研究方法, 取各组小鼠眼球, 体式显微镜下分离视网膜, 按照体积重量比为 9:1(生理盐水体积分, mL; 视网膜重量, g)的比例稀释并进行研磨, 制备视网膜组织匀浆。匀浆过程在冰浴中进行, 分别对其蛋白浓度和酶活指标进行测定并计算, 具体操作步骤根据试剂盒的说明进行。

## 2.3 统计学分析

本实验统计方法采用 SPSS 22.0 软件进行统计学处理, 结果以  $\bar{x} \pm s$  表示,  $P < 0.05$  表示具有统计学差异。

## 3 结果与分析

### 3.1 体重与摄食量

各组小鼠体重自开始给药时进行记录。如表 2 所示, 初始体重结果显示, S+G、S+J、S+T、GJS 组与 MOD 组比较没有统计学差异 ( $P > 0.05$ )。从各组小鼠的最终体重上看, S+G、S+J、S+T、GJS 组较 MOD 组体重没有统计学差异 ( $P > 0.05$ )。各组摄食量的结果显示, 各给药组相较于 MOD 组没有统计学差异 ( $P > 0.05$ )。

表 2 体重与摄食量  
Table 2 Body weight and food intake in each group

分组	初始体重/g	最终体重/g	摄食量/(g/d)
NOR	22.15±2.17 <sup>a</sup>	32.04±2.13 <sup>a</sup>	4.70±0.31 <sup>a</sup>
MOD	21.91±2.32 <sup>a</sup>	30.21±3.11 <sup>a</sup>	4.60±0.22 <sup>a</sup>
S+G	21.13±2.92 <sup>a</sup>	31.12±2.19 <sup>a</sup>	4.66±0.28 <sup>a</sup>
S+J	22.04±2.18 <sup>a</sup>	30.86±2.58 <sup>a</sup>	4.57±0.35 <sup>a</sup>
S+T	21.86±2.51 <sup>a</sup>	30.88±2.62 <sup>a</sup>	4.58±0.31 <sup>a</sup>
GJS	22.00±1.96 <sup>a</sup>	30.55±1.88 <sup>a</sup>	4.47±0.32 <sup>a</sup>

注: 表中上标字母表示显著性, 若任意两组字母不同, 说明两组之间具有统计学差异 ( $P < 0.05$ )。

### 3.2 ERG 结果分析

ERG 实验结果如表 3 所示, ERG 的振幅越高, 说明小鼠眼球对光的反应越敏感<sup>[18]</sup>。0.01 b 波的结果显示, 与 NOR 组小鼠比较, MOD 组小鼠 0.01 b 波振幅明显下降 ( $P < 0.05$ ), 提示模型小鼠制作成功。与 MOD 组小鼠比较, S+G、S+J、S+T 和 GJS 组小鼠 0.01 b 波振幅均明显升高, 分别升高 21.64%、23.52%、19.94%和 34.00% ( $P < 0.05$ ), 且 GJS 组小鼠视网膜 0.01 b 波振幅优于两两复配组。

3.0 b 波的结果显示, 与 NOR 组小鼠比较, MOD 组小鼠 3.0 b 波振幅明显下降 ( $P < 0.05$ )。与 MOD 组小鼠比较, S+G、S+J、S+T 和 GJS 组模型小鼠 3.0 b 波振幅明显升高 ( $P < 0.05$ ), 升高率分别为 14.20%、18.90%、15.95%和 27.26%, 且 GJS

组小鼠视网膜 3.0 b 波振幅优于两两复配组。

表 3 视网膜电生理 b 波振幅  
Table 3 ERG b-wave amplitude of retina in each group

分组	0.01 b/ $\mu$ V	3.0 b/ $\mu$ V
NOR	138.69±15.66 <sup>a</sup>	174.24±20.14 <sup>a</sup>
MOD	98.94±8.66 <sup>c</sup>	124.68±13.54 <sup>c</sup>
S+G	120.35±15.29 <sup>b</sup>	142.38±15.62 <sup>b</sup>
S+J	122.21±13.67 <sup>b</sup>	148.24±13.24 <sup>b</sup>
S+T	118.67±14.58 <sup>b</sup>	144.57±14.57 <sup>b</sup>
GJS	132.58±14.79 <sup>ab</sup>	158.67±17.84 <sup>ab</sup>

注: 表中上标字母 a、b 和 c 表示显著性, 若任意两组字母不同, 说明两组之间具有统计学差异 ( $P < 0.05$ )。

### 3.3 复配物对小鼠视网膜组织中 MDA 含量的影响

在过量光照环境中视网膜会发生脂质过氧化, 使视网膜的脂类受到不可逆损伤。测定结果如表 4 所示。视网膜 MDA 含量测定结果表明, 与 NOR 组比较, MOD 组小鼠 MDA 含量明显上升 ( $P < 0.05$ )。与 MOD 组比较, S + G、S + J、S + T 和 GJS 组模型小鼠视网膜中 MDA 含量明显下降 ( $P < 0.05$ ), 降低率分别为 25.43%、30.78%、32.31% 和 55.26%, 且 GJS 组 MDA 含量明显低于两两复配组。

### 3.4 复配物对小鼠视网膜组织中 SOD 活力的影响

SOD 作为一种抗氧化酶, 对视网膜具有一定的保护作用。表 4 结果表明, 与 NOR 组相比, MOD 组小鼠视网膜组织中 SOD 活力明显下降 ( $P < 0.05$ )。与 MOD 组小鼠比较, S + G、S + J、S + T 和 GJS 组小鼠视网膜中 SOD 活力明显升高 ( $P < 0.05$ ), 升高率分别为 49.05%、46.01%、37.26% 和 57.03%, 且 GJS 组 SOD 活力优于两两复配组。

### 3.5 复配物对小鼠视网膜组织中 CAT 活力的影响

CAT 具有抑制自由基损伤关键性亚细胞结构的作用。如表 4 所示, NOR 组和 MOD 组 CAT 酶活力分别为 (26.39±2.33) U/mg 和 (16.11±1.65) U/mg, 显示 MOD 组小鼠 CAT 活力显著下降 ( $P < 0.05$ ), 下降率为 38.95%。与 MOD 组比较, S + G、S + J、S + T 和 GJS 组模型小鼠视网膜 CAT 活力被显著提高 ( $P < 0.05$ ), 各组的升高率分别为 19.55%、26.51%、30.54% 和 46.37%, 且 GJS 组 CAT 活力高于两两复配组。

### 3.6 复配物对小鼠视网膜组织中 GSH-Px 活力的影响

GSH-Px 活力的高低反映了机体清除氧自由基的能力。表 4 结果表明, NOR 组和 MOD 组 GSH-Px 酶活力分别为 (10.22±1.22) U/mg 和 (6.14±0.54) U/mg, 提示光损伤可显著降低视网膜清除自由基能力 ( $P < 0.05$ )。与模型组比较, S + G、S + J、S + T 和 GJS 组 GSH-Px 活力显著升高 ( $P < 0.05$ ), 升高率分别为 34.53%、35.83%、37.95% 和 49.84%, 且 GJS 组的效果优于两两复配组。

## 4 讨论

水提和水提醇沉的方法是中药活性成分提取的常用方法, 得到的粗提物成分繁杂, 逐一测定具有较大难度。研究表明, 枸杞多糖和熟地黄多糖<sup>[8]</sup>具有抗氧化的作用, 水提得到的菊花粗提物和铁皮石斛粗提物中的黄酮和多糖类物质具清除自由基的作用, 这可能是本实验中复配粗提物在体内发挥作用的重要因素之一<sup>[19-21]</sup>。

ERG 是判断视觉功能是否正常的常用方法。研究发现<sup>[11]</sup>, 过强的光照能够引起小鼠眼球内自由基含量的上升, 造成 ERG 振幅以及相关抗氧化酶活力的下降, 这与实验结果一致的。ERG 结果显示, 与 MOD 组比较, 复配组小鼠的振幅明显高于 MOD 组。与两两复配组比较, GJS 组小鼠视网膜 0.01 b 波和 3.0 b 波振幅均优于两两复配组。视网膜 SOD、CAT 和 GSH-Px 是维持视觉功能正常的抗氧化酶, MDA 是脂质过氧化产生的有害物质。视网膜抗氧化的结果显示, 与 NOR 组比较, GJS 组的 CAT 和 GSH-Px 活力无明显变化。与 MOD 组相比, 复配药物的使用明显降低了视网膜组织中 MDA 含量, 升高了 SOD、CAT 和 GSH-Px 3 种抗氧化酶的活力。与两两复配组比较, GJS 组小鼠视网膜 SOD、CAT、GSH-Px 活力和 MDA 含量均优于两两复配组。

## 5 结论

本研究通过比较 4 种复配粗提物的抗氧化活性, 并通过 ERG 等指标对复配粗提物的抗氧化活性进行了综合的评价。研究结果显示, 4 种粗提复配物均能够增强小鼠视网膜的抗氧化能力, 并对视觉功能具有改善作用。综合评价发现, 枸杞子+菊花+熟地黄组的抗氧化和对视力的保护效果明显高于两两复配组。

随着现在人们生活节奏的不断加快, 对眼睛的保护开始逐渐引起人们的重视。通过比较 4 种不同复配物对视力的保护效果, 不仅能够加深人们对枸杞子、菊花、熟地黄和铁皮石斛的认识, 也可以为视疲劳类眼部保护产品的开发提供科学依据。

表 4 视网膜 MDA 含量和 SOD、CAT、GSH-Px 活力测定结果  
Table 4 The result of retinal MDA content and SOD, CAT and GSH-Px activity

分组	NOR	MOD	S+G	S+J	S+T	GJS
MDA/(nmol/mg)	1.62±0.22 <sup>c</sup>	5.23±0.47 <sup>a</sup>	3.9±0.33 <sup>b</sup>	3.62±0.34 <sup>bc</sup>	3.54±0.38 <sup>c</sup>	2.34±0.25 <sup>d</sup>
SOD/(U/mg)	10.28±1.14 <sup>a</sup>	5.26±0.62 <sup>d</sup>	7.84±0.66 <sup>b</sup>	7.68±0.71 <sup>bc</sup>	7.22±0.69 <sup>c</sup>	8.26±0.88 <sup>b</sup>
CAT/(U/mg)	26.39±2.33 <sup>a</sup>	16.11±1.65 <sup>d</sup>	19.26±1.88 <sup>c</sup>	20.38±2.31 <sup>c</sup>	21.03±2.33 <sup>c</sup>	23.58±3.02 <sup>b</sup>
GSH-Px/(U/mg)	10.22±1.22 <sup>a</sup>	6.14±0.54 <sup>d</sup>	8.26±0.78 <sup>c</sup>	8.34±0.84 <sup>c</sup>	8.47±0.76 <sup>c</sup>	9.2±0.86 <sup>b</sup>

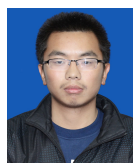
注: 表中上标字母 a、b、c、d 和 e 表示显著性, 若任意两组字母不同, 说明两组之间具有统计学差异 ( $P < 0.05$ )。

## 参考文献

- [1] 付文昊, 于梅. 枸杞子的研究进展[J]. 世界最新医学信息文摘, 2017, 17(98): 104.  
Fu WH, Yu M. Research progress of *Fructus lycii* [J]. World Latest Med Inform, 2017, 17(98): 104.
- [2] 袁慧杰, 赖志辉, 管艳艳, 等. 野菊花主要活性成分的药理作用研究进展[J]. 中华中医药学刊, 2018, 36(3): 651–653.  
Yuan HJ, Lai ZH, Guan YY, et al. Pharmacology study of active constituents from *Chrysanthemum indicum* [J]. Chin Arch Tradit Chin Med, 2018, 36(3): 651–653.
- [3] 申文玲, 彭相君, 于丽萍. 熟地黄活性成分药理作用的相关研究[J]. 临床医药文献电子杂志, 2019, 6(85): 194.  
Shen WL, Peng XJ, Yu LP. Studies on the pharmacological effects of the active components of prepared *Rehmannia* root [J]. Electronic J Clin Med Literat, 2019, 6(85): 194.
- [4] 王云威, 王景雪. 铁皮石斛多糖对 2 型糖尿病小鼠降糖降脂的作用[J]. 食品科学, 2020, 26(2): 1–10.  
Wang YW, Wang JX. Effect of *Dendrobium officinale* polysaccharide on hypoglycemic and lipid-lowering effects in type 2 diabetic mice [J]. Food Sci, 2020, 26(2): 1–10.
- [5] 刘雨萌. 枸杞子多糖的降血糖和抗疲劳活性评价及片剂制备研究[D]. 长春: 吉林大学, 2016.  
Liu YM. Study on activities of antidiabetics and anti-fatigue of *Lycium Barbarum* and dablets preparation [D]. Changchun: Jilin University, 2016.
- [6] 张超. 硒化枸杞多糖的制备、抗氧化及保肝作用研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019.  
Zhang C. Study of preparation, antioxidation and liver protection of selenizing *Lyceum barbarum* polysaccharide [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2019.
- [7] 谢占芳. 八种菊花挥发性成分及其抑菌活性研究[D]. 开封: 河南大学, 2016.  
Xie ZF. Chemical components and antibacterial activity of essential oils from eight kinds of chrysanthemum [D]. Kaifeng: Henan University, 2016.
- [8] 付昊, 龙虎, 蔡自建, 等. 熟地黄多糖的体内抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(4): 57–61.  
Fu H, Long H, Cai ZJ, et al. Antioxidant capacities *in vivo* of polysaccharide from *Rehmannia glutinosa* [J]. Food Res Dev, 2019, 40(4): 57–61.
- [9] 张珊珊, 童微, 胡婕伦, 等. 铁皮石斛多糖不同分级组分对小鼠免疫调节及肠道健康的影响[J]. 中国食品学报, 2019, 19(12): 14–21.  
Zhang SS, Tong W, Hu JL, et al. Effects of different fractions of *Dendrobium officinale* polysaccharides on immune regulation and intestinal health in mice [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2019, 19(12): 14–21.
- [10] 朱卉, 段国方, 王艳丽. 视疲劳患者血清 NO、SOD、MDA 水平检测结果分析[J]. 实用医药杂志, 2013, 30(6): 516–517.  
Zhu H, Duan GF, Wang YL. Serum of patients with visual fatigue NO, SOD, MDA analysis of horizontal detection results [J]. Prac J Med Pharm, 2013, 30(6): 516–517.
- [11] Song D, Song J, Wang C, et al. Berberine protects against light-induced photoreceptor degeneration in the mouse retina [J]. Exp Eye Res, 2016, 145(11): 1–9.
- [12] Kumar RN, George BP, Chandran R, et al. The influence of light on reactive oxygen species and NF- $\kappa$ B in disease progression [J]. Antioxidants (Basel, Switzerland), 2019, 8(12): 640.
- [13] 谷炎培, 韩建欣, 姜春鹏, 等. 植物提取物延缓皮肤光老化作用的研究进展[J]. 精细化工, 2020, 37(2): 217–221, 241.  
Gu YP, Han JX, Jiang CP, et al. Research progress on plant extracts delaying photoaging of skin [J]. Fine Chem, 2020, 37(2): 217–221, 241.
- [14] 李燕君, 谭梅, 张凤萍, 等. 枸杞沙棘浓浆缓解视疲劳作用研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(19): 175–179.  
Li YJ, Tan M, Zhang FP, et al. Study on the alleviating effect of goji berry and sea buckthorn concentration on asthenopia [J]. Food Res Dev, 2018, 39(19): 175–179.
- [15] 翟鹏贵, 赵珺彦, 周大兴, 等. 万寿菊提取物缓解视疲劳作用的人体试食试验效果观察[J]. 中国预防医学杂志, 2012, 13(4): 267–270.  
Zhai PG, Zhao JY, Zhou DX, et al. Clinical observation of effect of marigold extract on asthenopia relief [J]. Chin Prev Med, 2012, 13(4): 267–270.
- [16] 金茹娜, 张腾, 陈瑜. 石斛有效成分在眼科疾病治疗中的实验研究进展[J]. 中国中医眼科杂志, 2018, 28(3): 199–202.  
Jin RN, Zhang T, Chen Y. Experimental progress on application of *Dendrobium*-derived bioactive components in treatment of ophthalmic diseases [J]. J Tradit Chin Ophthalmol, 2018, 28(3): 199–202.
- [17] 陈春艳, 钱彩虹. 桑椹提取物与叶黄素联合干预对视网膜光损伤小鼠抗氧化能力的影响[J]. 中国食物与营养, 2016, 22(5): 65–68.  
Chen CY, Qian CH. Effect of continuous supplement of lutein on lutein level and antioxidant capacity of body [J]. Food Nutr China, 2016, 22(5): 65–68.
- [18] 刘克高, 白凤阁, 陈长喜, 等. 根据 ERG 分类的视锥细胞营养不良患者外层视网膜结构特征[J]. 眼科, 2019, 28(5): 359–363.  
Liu KG, Bai FG, Chen CX, et al. Characteristics of outer retinal structure in cone dystrophy based ERG [J]. Ophthalmol CHN, 2019, 28(5): 359–363.
- [19] 刘青, 李永, 盛世美, 等. 枸杞多糖改善衰老小鼠学习记忆的作用[J]. 兰州大学学报, 2020, 46(3): 38–42.  
Liu Q, Li Y, Sheng SM, et al. Effects of *Lycium barbarum* polysaccharide on learning and memory of aging mice [J]. J Lanzhou Univ, 2020, 46(3): 38–42.
- [20] 肖开心, 朱滢嘉, 陈瑞, 等. 铁皮石斛药理作用研究进展[J]. 河南中医, 2020, 40(5): 788–792.  
Xiao KX, Zhu YJ, Chen R, et al. Advances in pharmacological action of *dendrobium officinale* [J]. Henan Tradit Chin Med, 2020, 40(5): 788–792.
- [21] 雷康藤, 龙娟娟, 杨琳妹, 等. 菊花黄酮化合物组成、抗氧化活性及相关性分析[J]. 山东化工, 2020, 49(1): 53–55.  
Lei KT, Long JJ, Yang LL, et al. Composition, antioxidant activity and correlation analysis of flavonoids in *Chrysanthemum morifolium* [J]. Shandong Chem Ind, 2020, 49(1): 53–55.

(责任编辑: 王 欣)

## 作者简介



刘焱杰, 硕士研究生, 主要研究方向为食品添加剂与功能配料。  
E-mail: 2421247809@qq.com



王 浩, 副教授, 主要研究方向为功能因子活性分离。  
E-mail: wanghao@tust.edu.cn