

# 金丝皇菊茶总黄酮浸泡工艺及抗氧化活性研究

詹永, 廖霞\*, 罗杨, 李娟, 杨勇

重庆市中药研究院, 重庆 400065

**摘要:**为研究金丝皇菊茶总黄酮最佳浸泡工艺及其体外抗氧化活性,在单因素试验基础上,应用 Box-Behnken 中心组合法进行 3 因素 3 水平试验设计,以总黄酮含量为响应值,进行响应面分析,并通过测定 DPPH、ABTS 自由基清除能力和铁还原力进一步研究茶汤体外抗氧化活性。结果表明,金丝皇菊最佳浸泡工艺为料液比 1:64 g/mL、浸泡时间 22 min、浸泡温度 94 °C,在该条件下,总黄酮含量为 57.56 mg RE/g,茶汤 DPPH、ABTS 自由基清除力和铁还原力 IC<sub>50</sub> 值分别为 36.32、0.44、90.02 μg/mL。表明金丝皇菊茶具有较好的抗氧化活性,同时为金丝皇菊茶饮的开发及研究提供参考。

**关键词:**金丝皇菊茶;总黄酮;浸泡工艺;抗氧化活性

中图分类号:TS201

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2020)Suppl-0125-08

DOI:10.16333/j.1001-6880.2020.S.018

## Soaking process and antioxidant activity of total flavonoids from *Imperial Chrysanthemum* tea

ZHAN Yong, LIAO Xia\*, LUO Yang, LI Juan, YANG Yong

Chongqing Academy of Chinese Materia Medica, Chongqing 400065, China

**Abstract:** In order to optimize soaking process of total flavonoids from *Imperial Chrysanthemum* tea and antioxidant activity of the tea infusion. Based on the results of single-factor tests, Box-Behnken center composite design was carried out with the content of total flavonoids as the response values. Furthermore, the DPPH and ABTS radical scavenging ability and reducing force of tea infusion were studied. The results showed that the process of optimum extraction were the solid-liquid ratio of 1:64 g/mL, soaking time of 22 min, soaking temperature of 94 °C. Under these conditions, the content of total flavonoids was 57.56 mg RE/g, and the IC<sub>50</sub> values of DPPH and ABTS radical scavenging capacity and reducing power were 36.32, 0.44, 90.02 μg/mL. These results indicated that *Imperial Chrysanthemum* tea showed good antioxidant activity and provided a reference for further development and research.

**Key words:** *Imperial Chrysanthemum* tea; total flavonoids; soaking process; antioxidant activity

金丝皇菊为菊科(Asteraceae)植物菊(*Chrysanthemum morifolium* Ramat.)的干燥头状花序,是我国传统的常用中药材之一,除具有很高的观赏和药用价值外,食用价值也极高<sup>[1,2]</sup>。据《神农本草经》记载,皇菊性辛,味甘苦,性微寒,归肺、肝经,能疏散风热、清热解毒、清肝明目,主治风头眩、肿痛、目涩、恶风、湿痹<sup>[3]</sup>。用金丝皇菊作为茶饮,其气味芳香,回口甘甜,可消暑生津、润喉解酒。皇菊中含有黄酮、

多糖、氨基酸、维生素、色素、微量元素和挥发油等多种活性成分<sup>[4,5]</sup>,大部分能泡饮渗透到水中,具有抗氧化、降压降糖、抗肿瘤、抗诱变、抗癌、抑菌等生物活性<sup>[6-8]</sup>,长期饮用能预防骨质疏松、调节心肌功能、降低胆固醇<sup>[9]</sup>。金丝皇菊茶因其色美、口感佳、营养丰富,成为一种理想的休闲饮品。

目前,国内外关于金丝皇菊的研究报道较少,且内容大多是关于金丝皇菊的栽培<sup>[10,11]</sup>技术,鲜见对于黄酮类物质的研究。黄酮类物质是一类具有抗氧化<sup>[12]</sup>、抗衰老<sup>[13]</sup>、保肝<sup>[14]</sup>、保护心脑血管<sup>[15]</sup>等多种生物学功能特性的物质,是当前学术界的研究热点之一。本研究从金丝皇菊茶作为茶饮的角度出发,模拟传统茶饮冲泡方法,对金丝皇菊茶的浸泡工艺

收稿日期:2019-11-20 接受日期:2020-06-17

基金项目:重庆市科技局重点产业共性关键技术创新专项(cstc2017zdcy-zdyfX0013);重庆市科技局鲁渝科技协作项目(cstc2019jsex-lyzxX0002)

\* 通信作者 E-mail:lx\_food@163.com

和总黄酮含量以及体外抗氧化活性进行研究,为提高金丝皇菊茶黄酮类物质利用率和进一步开发金丝皇菊实用价值提供理论依据与技术参考。

## 1 材料与仪器

### 1.1 材料与试剂

金丝皇菊,购自贵州普定县天兴茶厂;芦丁(分析纯,中国食品药品检定研究院);DPPH(分析纯,山东西亚化学股份有限公司);ABTS(分析纯,美国Sigma公司);硝酸铝(分析纯,成都市科龙化工试剂厂);亚硝酸钠、氢氧化钠、过硫酸钾、铁氰化钾、三氯乙酸、三氯化铁、抗坏血酸等(分析纯,山东西亚化学工业有限公司)。

### 1.2 仪器与设备

752 紫外可见分光光度计(上海舜宇恒平科技仪器有限公司);HH-S 型数显恒温水浴锅(巩义市予华仪器有限责任公司);AUW220D 分析天平(日本岛津公司);TD-6M 低速离心机(四川蜀科仪器有限公司)。

## 2 实验方法

### 2.1 单因素试验

#### 2.1.1 料液比

准确称取 3.0 g 金丝皇菊茶于三角瓶中,分别按料液比 1:40、1:50、1:60、1:70、1:80、1:90,用 90 °C 水浸泡 18 min(水浴锅中操作),过滤除去残渣,收集茶汤备用,测定料液比对总黄酮含量的影响。

#### 2.1.2 浸泡时间

准确称取 3.0 g 金丝皇菊茶于三角瓶中,料液比为 1:70,用 90 °C 水浸泡,浸泡时间分别为 9、12、15、18、21、24 min,过滤除去残渣,收集茶汤备用,测定浸泡时间对总黄酮含量的影响。

#### 2.1.3 浸泡温度

准确称取 3.0 g 金丝皇菊茶于三角瓶中,料液比为 1:70,分别用 50、60、70、80、90、100 °C 水浸泡 18 min,过滤除去残渣,收集茶汤备用,测定浸泡温度对总黄酮含量的影响。

### 2.2 金丝皇菊茶总黄酮含量测定

标准曲线制备<sup>[16]</sup>:精确称取芦丁标准品 10 mg,置于 10 mL 容量瓶中,用甲醇溶解,定容至刻度线,摇匀,即得 1.0 mg/mL 的芦丁标准溶液。吸取上述芦丁标准液,用 30% 乙醇水稀释,分别配制成 0、10、20、30、40、50、60、70 μg/mL 的芦丁标液。取 5 mL 标准液加入试管中,分别加入 0.3 mL 5% 亚硝酸钠,摇匀,静置 6 min,再加入 0.3 mL 5% 硝酸铝,摇

匀,静置 6 min,再加入 4 mL 4% 氢氧化钠、0.4 mL 30% 乙醇水溶液,摇匀,放置 12 min 后于 510 nm 处测定吸光度值。以芦丁浓度为横坐标(x),吸光度值为纵坐标(y),绘制标准曲线,得回归方程为: $y = 0.005x + 0.012 (R^2 = 0.9990)$ 。

总黄酮含量测定:取 5 mL 茶汤样品(可作适当稀释),置于试管中,后续操作与标准曲线制备相同。然后根据式(1)计算总黄酮含量。

$$\text{总黄酮含量}(\text{mg RE/g}) = [\text{总黄酮浓度}(\text{mg/mL}) \times \text{体积}(\text{mL})] / \text{原料质量}(\text{g}) \quad (1)$$

### 2.3 响应面优化试验

根据单因素实验结果,采用 Box-Behnken 进行响应面设计,优化金丝皇菊茶浸泡工艺。以总黄酮含量为响应值(Y),液料比(A)、浸泡时间(B)、浸泡温度(C)为自变量,选取 5 个中心点共 17 个试验点进行响应面试验。利用 Design Expert. 8.0.6 软件处理数据,对实验结果进行回归拟合分析。

### 2.4 体外抗氧化活性试验

#### 2.4.1 DPPH 自由基清除能力试验

参考 Cheung 等<sup>[17]</sup>方法测定,配制 0、5、10、20、40、60、80、100 μg/mL 的样液,分别吸取 1 mL 不同浓度样液加入 5 mL 0.1 mmol/L DPPH 溶液,混匀,室温条件下避光静置 50 min,以抗坏血酸为对照,然后于 517 nm 波长处测定样品的吸光度  $A_i$ ;以水作空白对照,测定其吸光度  $A_j$ 。根据式(2)计算样品 DPPH 自由基清除率。

$$\text{DPPH 自由基清除率} = (1 - \frac{A_i}{A_j}) \times 100\% \quad (2)$$

#### 2.4.2 ABTS 自由基清除能力试验

参考 Soong 等<sup>[18]</sup>方法测定,将 5 mL 7 mmol/L ABTS 溶液和 88 μL 140 mmol/L 过硫酸钾溶液混合,在室温、避光条件下静置过夜(12 ~ 16 h),形成 ABTS 储备液。将生成的 ABTS 储备液用 10 mmol/L pH 7.4 的磷酸盐缓冲液稀释,使其在室温条件下于 734 nm 波长处吸光度为  $0.70 \pm 0.02$ ,得到 ABTS 工作液。将茶汤做相应稀释后,取 3 mL 的 0.0、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2 μg/mL 不同浓度茶汤样液和 1 mL ABTS 工作液于 10 mL 试管中,以抗坏血酸为阳性对照,混匀后 30 °C 水浴反应 6 min,然后于 734 nm 波长处测定吸光度  $A_i$ ,以水作空白对照,测定空白对照样吸光度  $A_j$ 。按公式(3)计算样品 ABTS 自由基清除率。

$$\text{ATBS 自由基清除率} = (1 - \frac{A_i}{A_j}) \times 100\% \quad (3)$$

### 2.4.3 还原能力试验

参考 Ardestani 等<sup>[19]</sup>方法测定,配制 0、10、20、40、60、80、100、120  $\mu\text{g/mL}$  茶汤样液,分别吸取 1 mL 不同浓度样液,加入 2.5 mL 0.2 mol/L 的磷酸盐缓冲液,2.5 mL 1%  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  溶液,置于 50  $^\circ\text{C}$  水浴 20 min,冷却,加入 2.5 mL 10% 三氯乙酸,3 500 rpm 离心 10 min,取 2.5 mL 上清液,加入 2.5 mL 去离子水和 0.5 mL 0.1%  $\text{FeCl}_3$ ,混匀后于 700 nm 测定吸光度,以抗坏血酸作阳性对照。

## 2.4 统计分析

实验中每个处理重复 3 次,利用 Excel 2007 软件绘制图表,采用 Design Expert 8.06 和 Origin 8.6 软件进行响应面设计及其结果分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 单因素试验结果

#### 3.1.1 料液比对金丝皇菊茶总黄酮含量的影响

料液比对金丝皇菊茶总黄酮含量的影响结果如图 1 所示。从图中可以看出,金丝皇菊茶总黄酮含量随着料液比的增加呈现先增加后降低的趋势。适当增加料液比,可以使更多的物质溶解于溶液中,从而有助于提高总黄酮含量,当料液比超过 1:60 g/mL 时,总黄酮含量呈现下降趋势,这可能是加水量太多导致体系比热容增大,加剧对黄酮结构的破坏,影响总黄酮含量<sup>[20]</sup>。因此,选择最优料液比为 1:60 g/mL。

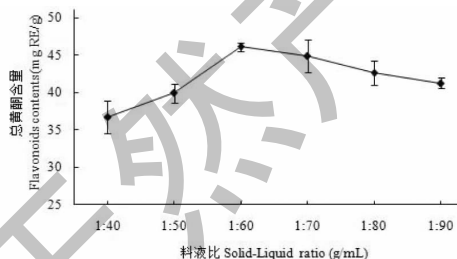


图 1 料液比对金丝皇菊茶总黄酮含量的影响  
Fig. 1 Effect of solid-liquid ratio on the content of total flavonoids from *Imperial Chrysanthemum* tea

#### 3.1.2 浸泡时间对金丝皇菊茶总黄酮含量的影响

浸泡时间对金丝皇菊茶总黄酮含量的影响结果如图 2 所示。在 12 ~ 21 min 时金丝皇菊茶总黄酮含量随浸泡时间增加而增加,超过 21 min 时,随着时间延长,总黄酮含量开始缓慢下降。这可能是由于浸泡时间延长,一方面导致黄酮分解,另一方面可

能因为随着浸泡时间增长,其它物质溶出,阻碍了黄酮的溶解,影响总黄酮含量<sup>[21]</sup>。因此,选择最佳浸泡时间 21 min。

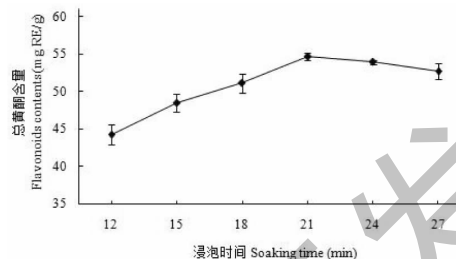


图 2 浸泡时间对金丝皇菊茶总黄酮含量的影响  
Fig. 2 Effect of soaking time on the content of total flavonoids from *Imperial Chrysanthemum* tea

#### 3.1.3 浸泡温度对金丝皇菊茶总黄酮含量的影响

浸泡温度对金丝皇菊茶总黄酮含量的影响结果如图 3 所示。由图可知,随着浸泡温度升高金丝皇菊茶总黄酮含量增加,当温度超过 80  $^\circ\text{C}$  时,总黄酮含量增加速度较为缓慢,与姜慧等研究结果一致<sup>[22]</sup>。考虑温度过高,茶中抗氧化成分易分解,因此选择 90  $^\circ\text{C}$  进行后续实验。

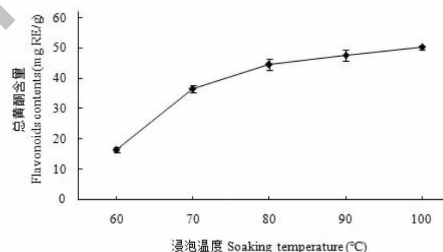


图 3 浸泡温度对金丝皇菊茶总黄酮含量的影响  
Fig. 3 Effect of soaking temperature on the content of total flavonoids from *Imperial Chrysanthemum* tea

## 3.2 响应面工艺优化结果

### 3.2.1 响应面优化设计与试验结果

为进一步确定金丝皇菊茶浸泡的最佳工艺,以单因素实验结果为依据,采用 Box-behnken 的中心组合设计原理,对料液比(A)、浸泡时间(B)、浸泡温度(C)三个水平进行编码,确定响应面分析试验的因素和水平,见表 1。

### 3.2.2 回归方程的建立与显著性检验

对表 2 中的试验数据进行多元二次多项式回归拟合,得到的二次多项方程为: $Y = 56.48 + 1.28A + 1.84B + 2.44C - 0.16AB - 0.61AC - 1.15BC - 1.20A^2 - 2.32B^2 - 2.43C^2$ ,决定系数  $R^2 = 0.9787$ ,

表 1 响应面试验因素水平及编码

Table 1 Factors and levels in RSM

水平 Level	因素 Factor		
	A 料液比 Solid-liquid ratio(g/mL)	B 浸泡时间 Soaking time(min)	C 浸泡温度 Soaking temperature(℃)
-1	1:50	18	80
0	1:60	21	90
1	1:70	24	100

表 2 响应面试验设计及结果

Table 2 Response surface design arrangement and experimental results

试验号 No.	A	B	C	总黄酮含量 Total flavonoids contents (mg RE/g)
1	0	-1	-1	46.28
2	0	0	0	56.58
3	1	-1	0	52.08
4	0	0	0	57.32
5	-1	-1	0	50.17
6	-1	0	-1	48.05
7	0	0	0	56.58
8	1	1	0	55.44
9	0	1	1	54.88
10	0	1	-1	52.26
11	1	0	-1	52.82
12	-1	0	1	54.11
13	0	-1	1	53.52
14	-1	1	0	54.18
15	0	0	0	55.67
16	1	0	1	56.43
17	0	0	0	56.26

校正系数  $R_{Adj}^2=0.9512$ , 表明该模型能解释响应值变化的 95.12%, 精密度为 19.17 大于 4, 变异系数为 1.29%, 说明模型的重现性较好, 表明该回归模型拟合程度较好。

对该模型进行方差分析, 结果见表 5, 可知, 模型  $P$  值小于 0.0001, 该模型显著, 表明回归模型达到显著水平, 失拟项不显著 ( $P > 0.05$ ), 因此模型建立有效<sup>[23]</sup>。由方差分析可知, 影响金丝皇菊茶总黄酮含量的因素主次顺序为: 浸泡温度 > 浸泡时间 > 料液比, 在一次项的检验中, 自变量  $A$ 、 $B$ 、 $C$  对该模型影响极显著; 二次项检验中  $A^2$ 、 $B^2$ 、 $C^2$  影响极显

著; 交互项  $BC$  影响显著, 而其他交互项未达到显著效果, 表明实验因素对响应值不是简单的线性关系, 而是一种非线性关系。

### 3.2.3 响应面分析

金丝皇菊茶浸泡工艺中料液比、浸泡时间、浸泡温度三因素之间交互作用对总黄酮含量的影响如图 4 所示。响应曲面坡度越陡峭, 表明总黄酮含量对于操作条件的改变越敏感, 反之曲面坡度越平缓, 操作条件的改变对总黄酮含量的影响也就越小<sup>[24]</sup>。比较模型响应曲面陡峭程度, 浸泡温度对黄酮含量的影响最为显著, 表现为曲线较陡, 其次为浸泡时间

表3 回归模型方差分析结果

Table 3 Analysis of variance for the fitted regression model

误差源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F	P	显著性 Significance
模型 Model	154.02	9	17.11	35.68	<0.000 1	**
A	13.17	1	13.17	27.45	0.001 2	**
B	27.06	1	27.06	56.42	0.000 1	**
C	47.71	1	47.71	99.47	< 0.000 1	**
AB	0.11	1	0.11	0.22	0.651 5	
AC	1.49	1	1.49	3.11	0.121 1	
BC	5.34	1	5.34	11.13	0.012 5	*
A <sup>2</sup>	6.05	1	6.05	12.61	0.009 3	**
B <sup>2</sup>	22.59	1	22.59	47.09	0.000 2	**
C <sup>2</sup>	24.87	1	24.87	51.85	0.000 2	**
残差 Residual	3.36	7	0.48			
失拟项 Lack of fit	1.92	3	0.64	1.79	0.289 1	
纯误差 Pure error	1.44	4	0.36			
总和 Cor total	157.37	16				

注: \*\*  $P < 0.01$  为极显著; \*  $P < 0.05$  为显著。

Note: \*\*  $P < 0.01$ , extremely significant difference; \*  $P < 0.05$ , significant difference.

和料液比,表现为曲线较平缓。等高线的形状可反映出交互作用的强弱,若等高线的形状与接近于圆形,则其两因子的交互作用越不显著;反之,若等高线的形状为椭圆形,且越扁,则说明两因子的交互作用越显著<sup>[25]</sup>。由图4可知,浸泡温度因素与浸泡时间因素相互作用得到的等高线为椭圆形,表明BC交互作用显著,与模型的方差分析结果一致。

### 3.2.4 验证实验及结果

经 Design Expert 8.0.6 统计软件优化,考虑实际操作可行性,将得到的最佳工艺参数条件调整为料液比 1:64 g/mL,浸泡时间 22 min,浸泡温度 94 °C,理论总黄酮含量为 57.48 mg RE/g。重复3次进行验证,最终得到总黄酮含量为 57.43 mg RE/g,与模型理论值相近,说明该模型能较好地用于优化金丝皇菊茶的浸泡工艺。

## 3.3 金丝皇菊茶体外抗氧化活性试验结果

### 3.3.1 DPPH 自由基清除能力

DPPH 自由基清除力是评价化合物抗氧化能力的最常用方法之一,原理是 DPPH· 稳定并在 517 nm 波长处有强吸收,若有孤对电子配对,吸光度降低,测得清除效果<sup>[26]</sup>。由图5可知,金丝皇菊茶具有较好的抗氧化活性,在一定浓度范围内,清除 DPPH 自由基能力随总黄酮浓度增加而增加,超过一定

浓度时,增加速度趋于缓慢。计算可知金丝皇菊茶的半数抑制浓度 ( $IC_{50}$  值) 为  $36.32 \pm 1.27 \mu\text{g/mL}$ ,抗坏血酸为  $19.50 \pm 0.33 \mu\text{g/mL}$ 。

### 3.3.2 ABTS 自由基清除能力

ABTS 能被氧化剂氧化生成蓝绿色阳离子,而抗氧化物质可使体系颜色退去,根据吸光度的变化可以测定抗氧化能力<sup>[27]</sup>。从图6可以看出,随着金丝皇菊茶总黄酮浓度增加,ABTS 自由基清除能力增强。金丝皇菊茶  $IC_{50}$  值为  $0.44 \pm 0.02 \mu\text{g/mL}$ ,抗坏血酸  $IC_{50}$  值为  $0.66 \pm 0.03 \mu\text{g/mL}$ ,可见金丝皇菊茶清除 ABTS 自由基能力明显强于抗坏血酸,是一种天然抗氧化剂来源。

### 3.3.3 铁还原能力

铁还原力的测定实质上是检验样品是否为良好的电子供应者的过程,抗氧化物质可将  $\text{Fe}^{3+}$  还原  $\text{Fe}^{2+}$ ,再利用  $\text{Fe}^{2+}$  形成普鲁士蓝,在 700 nm 处有强响应,吸光度值越大,说明抗氧化能力越强<sup>[28]</sup>。金丝皇菊茶的铁还原能力结果如图7所示,可知,金丝皇菊茶铁还原能力与总黄酮浓度呈正相关,但金丝皇菊茶的还原力弱于抗坏血酸。金丝皇菊茶  $IC_{50}$  值为  $90.02 \pm 1.35 \mu\text{g/mL}$ ,抗坏血酸  $IC_{50}$  值为  $65.62 \pm 1.67 \mu\text{g/mL}$ ,表明金丝皇菊茶具有一定的还原能力。

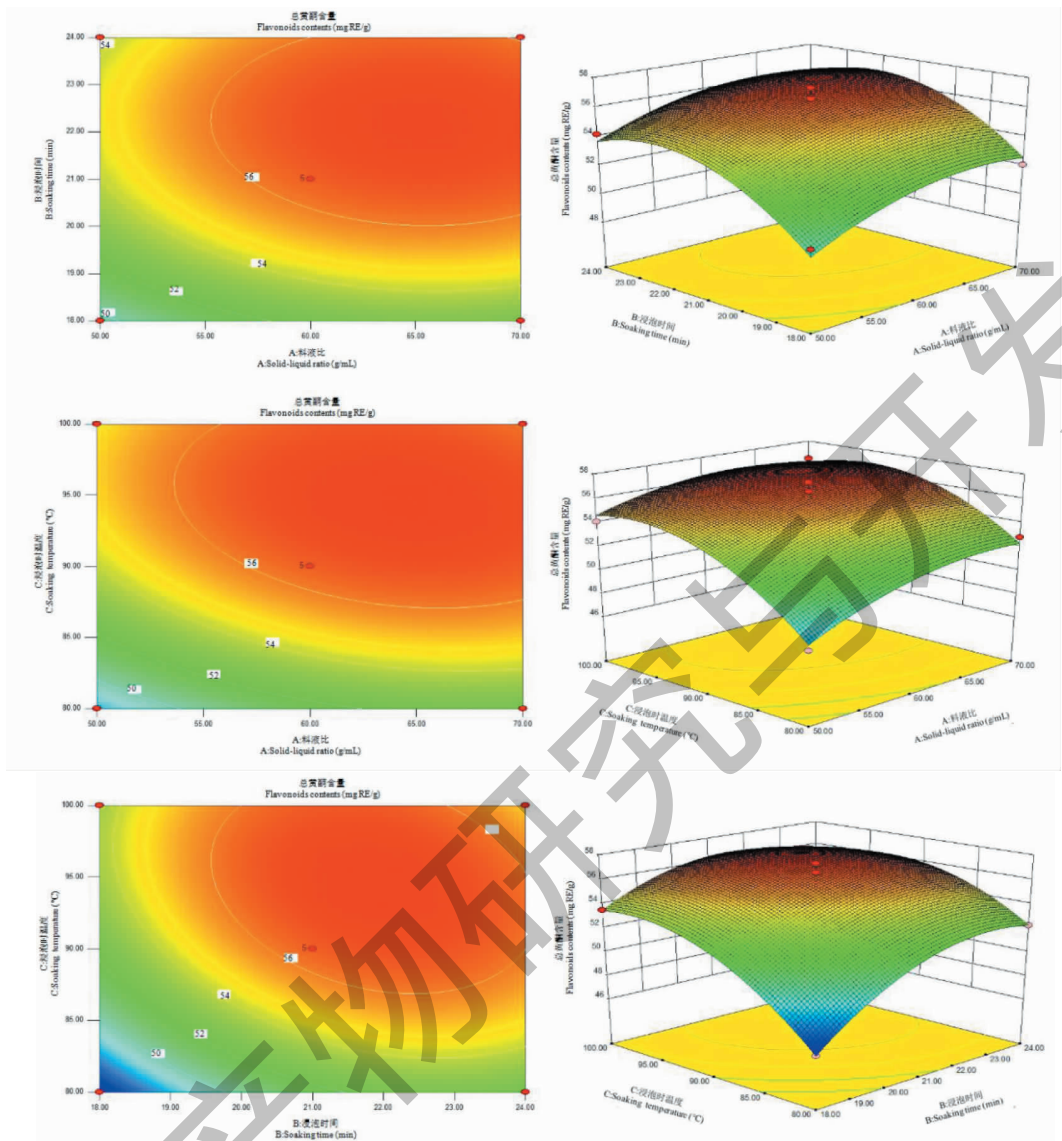


图 4 等高线及响应曲面图

Fig. 4 4 Contour plots and response surface

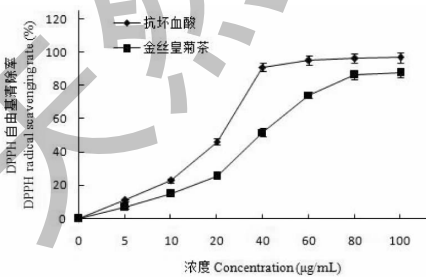


图 5 金丝皇菊茶 DPPH 自由基清除能力  
Fig. 5 DPPH radical scavenging activity of *Imperial Chrysanthemum* tea

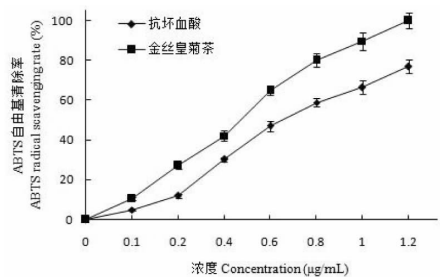


图 6 金丝皇菊茶 ABTS 自由基清除能力  
Fig. 6 ABTS radical scavenging activity of *Imperial Chrysanthemum* tea

#### 4 结论

本实验采用传统茶饮冲泡方式,以总黄酮含量

为评价指标,通过响应面法优化金丝皇菊茶浸泡工艺,并测定其抗氧化活性。结合实际操作,确定了最

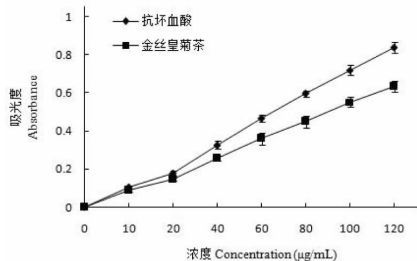


图7 金丝皇菊茶铁还原能力

Fig. 7 Reducing power of *Imperial Chrysanthemum tea*

佳浸泡工艺条件为:料液比 1:64 g/mL、浸泡时间 22 min、浸泡温度 94 °C,总黄酮含量为 57.56 mg RE/g。对该浸泡工艺进行验证,实验结果与响应面模型预测结果基本相符,表明实验可靠。抗氧化活性实验结果表明,金丝皇菊茶具有较好的 DPPH、ABTS 自由基清除能力和铁还原能力,其 IC<sub>50</sub> 值分别为 36.32、0.44、90.02 μg/mL,其中 ABTS 自由基清除能力明显强于抗坏血酸,说明金丝皇菊茶具有较强的抗氧化活性。该研究在一定程度上提高了金丝皇菊茶总黄酮的利用率,为开发天然、无毒、无副作用植物性功能食品奠定了基础,具有广阔的开发应用前景。今后,还需进一步研究金丝皇菊茶中黄酮的有效单体成分和具体功效。

#### 参考文献

- 1 Wu GH. Planting and processing technology of chrysanthema in Xiuning area[J]. *Modern Agr Sci Technol* (现代农业科技), 2018, 1:138.
- 2 Hu WJ, Xu ZR, Lu SQ, et al. Chemical components of volatile oils from yellow *Chrysanthemum morifolium* during flower development stages and their antioxidant activity [J]. *Bull Bot Res* (植物研究), 2016, 36:942-948.
- 3 Chen WH, Zheng XW, Wang F, et al. SPME-GC-MC analysis of chemical components of essential oil from tianmeng mountain *Imperial Chrysanthemum* [J]. *Shandong Sci* (山东科学), 2017, 30(6):19-25.
- 4 Meng J. Research on the extraction, separation, structure and biological activity of polysaccharide from *Imperial Chrysanthemum* [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology (天津科技大学), 2018.
- 5 Liu S, Xu ZH, Liu J, et al. Analysis of the beneficial components and edibility of the *Imperial Chrysanthemum* [J]. *J Anhui Agr Sci* (安徽农业科学), 2014, 42:10905-10906.
- 6 Zhu ZY, Pan LC, Tang Y, et al. Structural analysis and antioxidant activity of the glycoside from *Imperial Chrysanthemum*

- mum* [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2018, 28:1581-1590.
- 7 Hu JF. Purification, analysis of components and α-glucosidase inhibitory activity of water-soluble pigments from *Chrysanthemum* [D]. Jiangxi: Jiangxi Agricultural University (江西农业大学), 2016.
- 8 Wang ZB, Luo HL, Cao JF. Effects of different phosphorus fertilizer application on physiological and active components of *Chrysanthemum* [J]. *J Agr Sci* (农业科学研究), 2018, 39(2):74-77.
- 9 Hu JF, Hong YP, Liu YZ, et al. Study on resin purification process and stability of water-soluble pigments from *Chrysanthemum* [J]. *Sci Technol Cereals Oils Foods* (粮油食品科技), 2017, 25(2):44-50.
- 10 Leng CX, Ping GW, Li XR, et al. Pollution free cultivation technology of *Chrysanthemum morifolium* in Xiushui [J]. *China Agr Tech Ext* (中国农技推广), 2017, 33(9):39-40.
- 11 Mei ZS, Ke XH, Zhang ZJ. High yield cultivation techniques of *Chrysanthemum morifolium* in Yangtze River Basin [J]. *Ke Xue Zhong Yang* (科学种养), 2019, 30(5):29-30.
- 12 Wang DS, Huang YM, Shi Y, et al. Research progress on chemical constituent and pharmacological action of *Chrysanthemum* [J]. *J Anhui Agr Sci* (安徽农业科学), 2018, 46(23):9-11.
- 13 Li MR, Zhou YZ, Du GH, et al. Research progress about the anti-aging effect and mechanism of flavonoids from traditional Chinese medicine [J]. *Acta Pharm Sin* (药学学报), 2019, 54:1382-1391.
- 14 He GX, Chen HG, Deng QF, et al. Research progress of hepatoprotective mechanism of flavonoids [J]. *Chin J Mod Appl Pharm* (中国现代应用药学), 2019, 36:1583-1591.
- 15 Fan ZY, Hu FR, He QS. The protective effect and mechanism of flavonoids in traditional Chinese medicine on cerebral ischemia injury [J]. *J Guiyang Univ Chin Med* (贵阳中医学科学院学报), 2019, 41(4):91-95.
- 16 Lu XX, Chen J, Tang JZ. Study on antioxidant activity of four kinds of tea flowers [J]. *Food Res Dev* (食品研究与开发), 2006, 27(8):22-25.
- 17 Cheung LM, Cheung PCK, Ooi VEC. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts [J]. *Food Chem*, 2003, 81:249-255.
- 18 Soong YY, Barlow PJ. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds [J]. *Food Chem*, 2004, 88:411-417.
- 19 Ardestani A, Yazdanparast R. Antioxidant and free radical scavenging potential of *Achillea santolina* extracts [J]. *Food Chem*, 2007, 104(1):21-29.