

# 天然抗氧化剂对辣椒鸡油抗氧化性能的影响

邱思<sup>1,2,3</sup>, 罗晓琴<sup>1</sup>, 郑喜<sup>1</sup>, 杜星妍<sup>1</sup>, 文贵凤<sup>1</sup>

(1. 成都师范学院 化学与生命科学学院, 成都 611130; 2. 成都师范学院 食品发酵研究所, 成都 611130;  
3. 特色园艺生物资源开发与利用四川省高等学校重点实验室, 成都 611130)

**摘要:** 为了筛选出适合辣椒鸡油的天然抗氧化剂, 以延长其保质期, 研究并比较了6种天然抗氧化剂(迷迭香提取物、维生素E、茶多酚、维生素C、槲皮素和硫辛酸)对辣椒鸡油酸值、过氧化值、DPPH自由基清除能力和总还原能力的影响。结果表明:6种天然抗氧化剂在辣椒鸡油中均具有一定的抗氧化能力;在抑制酸值方面, 槲皮素效果最佳, 维生素C最差;在抑制过氧化值方面, 槲皮素效果最佳, 维生素E最差;在DPPH自由基清除能力方面, 迷迭香提取物效果最佳, 硫辛酸最差;在总还原能力方面, 槲皮素效果最佳, 维生素E最差;槲皮素、迷迭香提取物和茶多酚在酸值、过氧化值、DPPH自由基清除能力和总还原能力方面均位于前三。综合考虑抗氧化效果、抗氧化剂稳定性、成本等因素, 可优先选择迷迭香提取物和茶多酚作为辣椒鸡油的抗氧化剂以提高其储藏性能。

**关键词:** 天然抗氧化剂; 辣椒鸡油; 酸值; 过氧化值; DPPH自由基清除能力; 总还原能力

中图分类号: TS202.3; TS225.1 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2024)06-0065-04

## Effect of natural antioxidant on antioxidant properties of chili chicken oil

QIU Si<sup>1,2,3</sup>, LUO Xiaoqin<sup>1</sup>, ZHENG Xi<sup>1</sup>, DU Xingyan<sup>1</sup>, WEN Guifeng<sup>1</sup>

(1. School of Chemistry and Life Sciences, Chengdu Normal University, Chengdu 611130, China;  
2. Food Fermentation Research Institute, Chengdu Normal University, Chengdu 611130, China;  
3. Sichuan Provincial Key Laboratory for Development and Utilization of Characteristic Horticultural Biological Resources, Chengdu 611130, China)

**Abstract:** In order to screen natural antioxidants suitable for chili chicken oil and extend its shelf life, the effects of six natural antioxidants (rosemary extract, vitamin E, tea polyphenols, vitamin C, quercetin and lipoic acid) on the acid value, peroxide value, DPPH radical scavenging capacity, and total reducing capacity of chili chicken oil were investigated and compared. The results showed that six natural antioxidants had certain antioxidant capacity in chili chicken oil; in inhibiting acid value, quercetin was the most effective and vitamin C was the worst; in inhibiting peroxide value, quercetin was the best and vitamin E was the worst; in terms of DPPH radical scavenging capacity, rosemary extract was the most effective and lipoic acid was the worst; in terms of total reducing capacity, quercetin was the most effective and vitamin E was the worst. Quercetin, rosemary extract and tea polyphenols were in the top three in terms of acid value, peroxide value, DPPH radical scavenging capacity and total reducing capacity. Considering the antioxidant effect, antioxidant stability and cost, rosemary extract and tea polyphenols can be preferred as antioxidants for chili chicken oil to improve its storage performance.

**Key words:** natural antioxidant; chili chicken oil; acid value; peroxide value; DPPH radical scavenging capacity; total reducing capacity

收稿日期: 2023-02-08; 修回日期: 2024-01-08

基金项目: 川菜发展研究中心项目(CC21Z11); 四川省大学生创新创业训练计划项目(S202214389101, S202214389103)

作者简介: 邱思(1987), 女, 助理研究员, 硕士, 研究方向为农产品加工与贮藏(E-mail)344967273@qq.com。

辣椒油是一种主要由植物油和辣椒制成的复合调味品, 常用于川菜、湘菜等中国西部菜系中<sup>[1]</sup>。传统辣椒油存在风味单一的问题, 而在传统辣椒油中添加鸡油制成的辣椒鸡油, 具有比传统辣椒油更

好的品质及香气。在储藏过程中,油脂会因空气、光等因素而发生自动氧化,从而影响其风味、口感及营养价值<sup>[2-3]</sup>。为了提高油脂的氧化稳定性,通常添加抗氧化剂以抑制其氧化,由于天然抗氧化剂较合成抗氧化剂更安全,向油脂中添加天然抗氧化剂已成为发展趋势<sup>[4]</sup>。

迷迭香提取物、维生素 E、茶多酚、维生素 C 是 4 种常见的天然抗氧化剂,可清除自由基,起到终止脂类自动氧化反应的作用,对动植物油脂均有较好抗氧化效果<sup>[5-9]</sup>。此外,硫辛酸因能螯合金属离子等而具有较强的抗氧化性<sup>[10]</sup>,在我国虽未被列入食品添加剂(GB 2760—2014),但在其他一些国家已被允许作为食品添加剂或补充剂使用;槲皮素是一种黄酮类化合物,能调节抗氧化酶等<sup>[11]</sup>,具有优良的抗氧化性能<sup>[12]</sup>,目前已有将其用于油脂氧化的相关报道<sup>[13]</sup>。

目前,关于辣椒鸡油的研究多集中在其工艺以及品质影响因素方面<sup>[14-15]</sup>,而对于辣椒鸡油的储存问题,特别是天然抗氧化剂在其中的应用鲜有报道。本文探究了 6 种天然抗氧化剂(迷迭香提取物、维生素 E、茶多酚、维生素 C、槲皮素和硫辛酸)对辣椒鸡油储藏过程中氧化稳定性的影响,比较其在辣椒鸡油中的使用效果,以期筛选出针对辣椒鸡油的抗氧化剂,为后续辣椒油产品的开发提供一定理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 原料与试剂

菜籽油,上海嘉里食品工业有限公司;鸡油,临沂新程金锣肉制品集团有限公司;小米椒、朝天椒、二荆条,陕西恒润食品有限公司;迷迭香提取物,河南豫中生物科技有限公司;茶多酚,味哆哆食品有限公司;槲皮素(98%),西安圣青生物科技有限公司;硫辛酸(99%),康美堂食品有限公司;维生素 E、维生素 C,湖北楚米生物科技有限公司。

三氯乙酸(TCA)、DPPH、石油醚、异丙醇、氢氧化钠、异辛烷、冰乙酸、碘化钾、硫代硫酸钠、可溶性淀粉、三氯化铁、铁氰化钾、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、无水乙醇,均为分析纯。

#### 1.1.2 仪器与设备

JA303P 天平,PHS-3E pH 计,UV-1200 分光光度计,PS-D40A 超声波清洗机,DH-600A 恒温培养箱,KDC-12 低速离心机。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 辣椒鸡油的制备

将新鲜二荆条、朝天椒、小米椒分别切至长 2~3

cm,用炒三炆二的方式炒制<sup>[16]</sup>,粉碎过 0.425 mm(40 目)筛,将二荆条、朝天椒、小米椒粉按质量比 1:0.3:0.35 混合,得到辣椒面,备用。

将菜籽油烧熟、冷却后,按菜籽油与鸡油质量比 1:0.07 加入鸡油,得到混合油。将混合油加热至 125℃左右,倒入备好的辣椒面(辣椒面与混合油质量比 1:5),静置 24 h,弃去辣椒渣,得辣椒鸡油。

#### 1.2.2 添加抗氧化剂辣椒鸡油的制备

准确称取 100 g 辣椒鸡油,分别加入 0.03 g 的迷迭香提取物、茶多酚、维生素 C、维生素 E、槲皮素和硫辛酸,将添加有各天然抗氧化剂的辣椒鸡油搅拌均匀后,在 30℃下超声处理 15 min 以辅助抗氧化剂溶解。

#### 1.2.3 油脂加速氧化实验

将油样放入 40℃的恒温培养箱中加速氧化 30 d,每 5 d 取样,测定酸值、过氧化值、DPPH 自由基清除能力和总还原能力。

#### 1.2.4 油样理化指标测定

酸值测定参照 GB 5009.229—2016 第二法;过氧化值测定参照 GB 5009.227—2016。

#### 1.2.5 DPPH 自由基清除能力测定

DPPH 自由基清除能力的测定参照文献<sup>[15]</sup>,将 0.5 mL 油样与 4.5 mL 60 μmol/L 的 DPPH-乙醇溶液充分混合,避光条件下静置 0.5 h,用乙醇调零分光光度计,测定样品在 517 nm 波长处的吸光度,按公式(1)计算 DPPH 自由基清除率(Y)。

$$Y = \left(1 - \frac{A_2 - A_1}{A_0}\right) \times 100\% \quad (1)$$

式中: $A_0$  为 DPPH-乙醇溶液的吸光度; $A_1$  为样品混合乙醇溶液的吸光度; $A_2$  为样品混合 DPPH-乙醇溶液的吸光度。

#### 1.2.6 总还原能力测定

总还原能力的测定参照文献<sup>[15]</sup>,取 0.5 mL 样品于试管中,依次加入 2.5 mL 0.2 mmol/L 磷酸盐缓冲液(pH 6.6)、1 mL 1% 铁氰化钾于油样中,充分混合后在 50℃下反应 20 min。立即快速冷却,再加入 2.5 mL 10% TCA 摇匀,3 500 r/min 离心 10 min。取 2.5 mL 上清液至试管中,加入 2.5 mL 双蒸水和 0.45 mL 0.1% FeCl<sub>3</sub>,充分混合,静置 10 min,测定 700 nm 波长处的吸光度,吸光度与总还原能力成正比。

#### 1.2.7 数据处理

每个样品均平行测定 3 次,实验结果用“平均值±标准差”表示,采用 SPSS 22.0 软件对实验数据进行方差分析,并在 0.05 显著性水平下进行 Duncan 多重比较,所得结果进一步用 Excel 2016 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同天然抗氧化剂对辣椒鸡油酸值的影响

储藏期间不同天然抗氧化剂对辣椒鸡油酸值的影响如表1所示。

由表1可知,随着储藏时间的延长,各辣椒鸡油样品的酸值呈现不同幅度的增长。储藏30 d时,添加6种天然抗氧化剂辣椒鸡油酸值都显著低于空白组(未添加抗氧化剂),说明各天然抗氧化剂均能在一定程度上抑制辣椒鸡油的氧化酸败。与储藏0 d

相比,储藏30 d时,添加槲皮素、茶多酚、迷迭香提取物、维生素E、硫辛酸、维生素C的辣椒鸡油酸值(KOH)分别增加了0.23、0.26、0.33、0.55、0.69、0.70 mg/g,其中以维生素C为抗氧化剂时,酸值增加最大,槲皮素的最小,表明槲皮素的抗氧化能力最强。6种抗氧化剂抑制辣椒鸡油酸值增长能力大小依次为槲皮素 > 茶多酚 > 迷迭香提取物 > 维生素E > 硫辛酸 > 维生素C。

表1 储藏期间不同天然抗氧化剂对辣椒鸡油酸值(KOH)的影响

抗氧化剂	酸值(KOH)/(mg/g)						
	0 d	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d
空白组	0.10 ± 0.01 <sup>Af</sup>	0.22 ± 0.05 <sup>Ae</sup>	0.25 ± 0.03 <sup>Ae</sup>	0.39 ± 0.04 <sup>Ad</sup>	0.53 ± 0.04 <sup>Ac</sup>	0.70 ± 0.02 <sup>Ab</sup>	1.08 ± 0.03 <sup>Aa</sup>
槲皮素	0.10 ± 0.01 <sup>Ad</sup>	0.14 ± 0.01 <sup>Bcd</sup>	0.23 ± 0.03 <sup>ABc</sup>	0.25 ± 0.04 <sup>CDb</sup>	0.27 ± 0.02 <sup>CDb</sup>	0.28 ± 0.06 <sup>Db</sup>	0.33 ± 0.03 <sup>Ea</sup>
维生素E	0.10 ± 0.01 <sup>Af</sup>	0.18 ± 0.02 <sup>ABe</sup>	0.21 ± 0.03 <sup>ABde</sup>	0.25 ± 0.05 <sup>CDcd</sup>	0.32 ± 0.03 <sup>Cc</sup>	0.39 ± 0.05 <sup>Cb</sup>	0.65 ± 0.04 <sup>Ca</sup>
维生素C	0.10 ± 0.01 <sup>Af</sup>	0.18 ± 0.04 <sup>ABe</sup>	0.27 ± 0.04 <sup>Ad</sup>	0.29 ± 0.08 <sup>BCd</sup>	0.40 ± 0.06 <sup>Bc</sup>	0.51 ± 0.04 <sup>Bb</sup>	0.80 ± 0.08 <sup>Ba</sup>
茶多酚	0.10 ± 0.01 <sup>Ac</sup>	0.14 ± 0.01 <sup>Bc</sup>	0.14 ± 0.01 <sup>Cc</sup>	0.20 ± 0.01 <sup>DEb</sup>	0.23 ± 0.04 <sup>Db</sup>	0.31 ± 0.01 <sup>Da</sup>	0.36 ± 0.05 <sup>Ea</sup>
硫辛酸	0.10 ± 0.01 <sup>Ad</sup>	0.13 ± 0.04 <sup>Bd</sup>	0.23 ± 0.06 <sup>ABc</sup>	0.32 ± 0.02 <sup>ABb</sup>	0.33 ± 0.04 <sup>Cb</sup>	0.39 ± 0.07 <sup>Cb</sup>	0.79 ± 0.05 <sup>Ba</sup>
迷迭香提取物	0.10 ± 0.01 <sup>Ad</sup>	0.17 ± 0.04 <sup>ABc</sup>	0.18 ± 0.01 <sup>BCc</sup>	0.18 ± 0.02 <sup>Ec</sup>	0.20 ± 0.03 <sup>Dc</sup>	0.31 ± 0.01 <sup>Db</sup>	0.43 ± 0.03 <sup>Da</sup>

注:同列不同大写字母表示组间具有显著差异( $p < 0.05$ );同行不同小写字母表示组内具有显著差异( $p < 0.05$ )。下同

### 2.2 不同天然抗氧化剂对辣椒鸡油过氧化值的影响

储藏期间不同天然抗氧化剂对辣椒鸡油过氧化值的影响如表2所示。

由表2可知,随储藏时间的延长所有油样的过氧化值均呈增加的趋势,但添加天然抗氧化剂辣椒鸡油的过氧化值绝大部分低于空白组,说明6种天然抗氧化剂均能抑制辣椒鸡油的氧化,且不同天然

抗氧化剂抗氧化能力各不相同。与储藏0 d相比,储藏30 d时,添加槲皮素、迷迭香提取物、茶多酚、硫辛酸、维生素C和维生素E的辣椒鸡油过氧化值分别增长了73.6%、145.8%、161.1%、281.9%、311.1%和343.1%,表明槲皮素具有较强的抗氧化能力。6种天然抗氧化剂抑制辣椒鸡油过氧化值增长能力大小依次为槲皮素 > 迷迭香提取物 > 茶多酚 > 硫辛酸 > 维生素C > 维生素E。

表2 储藏期间不同天然抗氧化剂对辣椒鸡油过氧化值的影响

抗氧化剂	过氧化值/(mmol/kg)						
	0 d	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d
空白组	0.72 ± 0.06 <sup>Af</sup>	1.48 ± 0.03 <sup>Ae</sup>	1.66 ± 0.10 <sup>Ae</sup>	2.02 ± 0.13 <sup>Ad</sup>	2.63 ± 0.11 <sup>Ac</sup>	3.23 ± 0.16 <sup>Ab</sup>	3.56 ± 0.18 <sup>Aa</sup>
槲皮素	0.72 ± 0.06 <sup>Ae</sup>	0.86 ± 0.12 <sup>Dde</sup>	1.00 ± 0.09 <sup>Bcd</sup>	1.08 ± 0.05 <sup>Bbc</sup>	1.09 ± 0.02 <sup>Fbc</sup>	1.16 ± 0.06 <sup>Fab</sup>	1.25 ± 0.09 <sup>Fa</sup>
维生素E	0.72 ± 0.06 <sup>Af</sup>	1.42 ± 0.02 <sup>ABe</sup>	1.61 ± 0.15 <sup>Ae</sup>	2.00 ± 0.15 <sup>Ad</sup>	2.37 ± 0.07 <sup>Bc</sup>	2.80 ± 0.10 <sup>Cb</sup>	3.19 ± 0.07 <sup>Ba</sup>
维生素C	0.72 ± 0.06 <sup>Ae</sup>	1.25 ± 0.20 <sup>ABd</sup>	1.53 ± 0.21 <sup>Ad</sup>	2.13 ± 0.15 <sup>Ae</sup>	2.44 ± 0.12 <sup>Bb</sup>	2.89 ± 0.09 <sup>Ba</sup>	2.96 ± 0.07 <sup>Ca</sup>
茶多酚	0.72 ± 0.06 <sup>Ad</sup>	0.93 ± 0.01 <sup>Dcd</sup>	0.90 ± 0.12 <sup>Bcd</sup>	1.11 ± 0.17 <sup>Bc</sup>	1.52 ± 0.08 <sup>Db</sup>	1.77 ± 0.16 <sup>Ea</sup>	1.88 ± 0.04 <sup>Ea</sup>
硫辛酸	0.72 ± 0.06 <sup>Ae</sup>	1.22 ± 0.16 <sup>BCd</sup>	1.40 ± 0.16 <sup>Ad</sup>	1.84 ± 0.20 <sup>Ae</sup>	2.16 ± 0.07 <sup>Cb</sup>	2.36 ± 0.07 <sup>Db</sup>	2.75 ± 0.05 <sup>Da</sup>
迷迭香提取物	0.72 ± 0.06 <sup>Ae</sup>	1.00 ± 0.08 <sup>CDd</sup>	0.96 ± 0.08 <sup>Bd</sup>	1.27 ± 0.16 <sup>Bc</sup>	1.32 ± 0.03 <sup>Ee</sup>	1.50 ± 0.15 <sup>Eb</sup>	1.77 ± 0.04 <sup>Ea</sup>

### 2.3 不同天然抗氧化剂对辣椒鸡油 DPPH 自由基清除能力的影响

添加不同天然抗氧化剂的辣椒鸡油的 DPPH 自由基清除率如图1所示。

由图1可知,随着储藏时间的延长,各辣椒鸡油的 DPPH 自由基清除率都出现不同程度的下降,储藏30 d时,6种天然抗氧化剂对辣椒鸡油 DPPH 自由基清除能力影响大小依次为迷迭香提取物 > 槲皮素 > 茶多酚 > 维生素C > 维生素E > 硫辛酸。

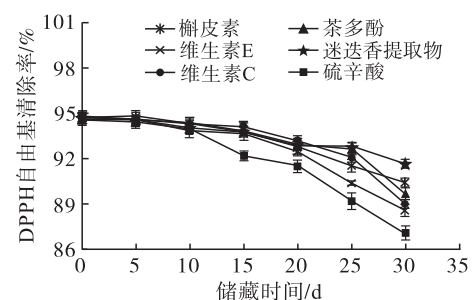


图1 添加不同天然抗氧化剂的辣椒鸡油的 DPPH 自由基清除率

## 2.4 不同天然抗氧化剂对辣椒鸡油总还原能力的影响

添加不同天然抗氧化剂的辣椒鸡油的总还原能力如图2所示。

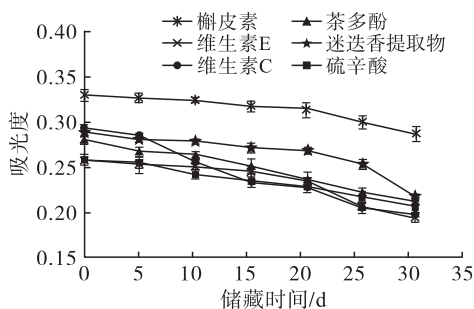


图2 添加不同天然抗氧化剂的辣椒鸡油的总还原能力

由图2可知,在加速氧化储藏过程中,各辣椒鸡油的总还原能力逐渐下降,说明随着储藏时间的延长,其抗氧化活性逐渐降低,但添加不同天然抗氧化剂的油样降低程度有所不同。储藏30 d时,添加槲皮素的油样仍具有较强的总还原能力,且明显优于其他抗氧化剂的,表明槲皮素在辣椒鸡油中具有较好的抗氧化活性。6种天然抗氧化剂对辣椒鸡油总还原能力影响大小依次为槲皮素>迷迭香提取物>茶多酚>硫辛酸>维生素C>维生素E。

综上,在酸值、过氧化值、DPPH自由基清除能力和总还原能力方面,槲皮素、迷迭香提取物和茶多酚均排名前三,对辣椒鸡油均表现出较好的抗氧化活性;而硫辛酸、维生素C和维生素E对辣椒鸡油的抗氧化效果较差。但槲皮素溶解性差、分离难、价格昂贵、不易获取,难以用于大规模生产实践;迷迭香提取物和茶多酚具有高效、应用范围广、易获取、性质稳定、不易挥发、耐高温等特点。综合成本及安全性,可优先选择将迷迭香提取物和茶多酚应用于辣椒鸡油中以延长其储藏期。

## 3 结论

本文从油脂品质和抗氧化活性两方面,考察了6种天然抗氧化剂(迷迭香提取物、维生素E、茶多酚、维生素C、槲皮素和硫辛酸)在辣椒鸡油中的抗氧化效果。结果表明:6种天然抗氧化剂在辣椒鸡油中均具有一定的抗氧化能力,在一定程度上能延长辣椒鸡油的储藏期,但不同抗氧化剂的抗氧化效果存在显著差异。从酸值和过氧化值来看,槲皮素的抑制效果最好,从抗氧化活性方面来看,添加迷迭香提取物的辣椒鸡油的DPPH自由基清除能力最强,添加槲皮素的辣椒鸡油的总还原能力最强。在酸值、过氧化值、DPPH自由基清除能力和总还原能

力方面,槲皮素、迷迭香提取物和茶多酚均排名前三,但鉴于槲皮素自身性质及各方面因素,优先选择迷迭香提取物和茶多酚作为辣椒鸡油的抗氧化剂。在今后的研究中,可进一步对天然抗氧化剂的添加量及各抗氧化剂之间的复配作用进行探讨。

## 参考文献:

- [1] 张雪春, 项晓月, 胡明明, 等. 棕榈油基风味辣椒油的生产工艺优化[J]. 食品科技, 2018, 43(7): 291-297.
- [2] 祝水兰, 冯健雄, 雷颂, 等. 花生制品中抗氧化剂的应用现状及发展趋势[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(11): 209-212.
- [3] 常馨月, 陈程莉, 龚娣, 等. 天然抗氧化剂抑制油脂氧化的研究进展[J]. 中国油脂, 2020, 45(4): 46-50.
- [4] 魏红艳, 张玉斌, 石岩. 3种天然抗氧化剂在双低菜籽油中的抗氧化效果[J]. 中国油脂, 2022, 47(3): 38-40.
- [5] 马嫒, 朱胜华, 胡春梅, 等.  $V_E$ 复合抗氧化剂在鸡油中的抗氧化性能研究[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(8): 48-51.
- [6] 杜纪权, 徐宏, 曹庸, 等. 迷迭香提取物在玉米油中的抗氧化作用研究[J]. 现代食品科技, 2011, 27(4): 400-403.
- [7] 田妹华, 李耀, 易发如, 等. 天然抗氧化剂在纯鸡油生产中的应用研究[J]. 中国调味品, 2013, 38(12): 42-46.
- [8] 马嫒, 朱胜华, 胡春梅, 等.  $V_E$ 复合抗氧化剂在猪油中的抗氧化性能研究[J]. 食品工业, 2012, 33(1): 48-50.
- [9] 何鑫, 张润光, 阮晓慧, 等. 天然抗氧化剂在食用油脂保藏中的研究进展[J]. 陕西农业科学, 2016, 62(10): 78-82.
- [10] 孙玉莹. 硫辛酸甾醇酯的酶促合成及生物活性研究[D]. 江苏镇江: 江苏大学, 2022.
- [11] 冯亚莉, 李浩, 刘娟, 等. 槲皮素研究进展[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(20): 5185-5193.
- [12] 吴亮亮. 花椒黄酮成分提取分离及抗氧化活性研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
- [13] 吴春, 孔琪, 许威, 等. 微胶囊槲皮素的制备及其在油脂中的抗氧化性能[J]. 食品工业, 2005, 26(3): 27-29.
- [14] 薛森, 何新益, 闫西纯. 调味辣椒鸡油制备工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(2): 120-124.
- [15] 薛森. 调味辣椒鸡油的研制及辣椒素对鸡油抗氧化效果研究[D]. 天津: 天津农学院, 2019.
- [16] 董道顺, 谷绒. 辣椒油制作最佳工艺条件研究[J]. 农产品加工: 学刊, 2014(22): 40-42, 45.