

# 脂溶性迷迭香抗氧化剂对油脂的抗氧化作用和生鲜猪肉的保鲜效果

吕雯雯<sup>1</sup>, 王文庆<sup>2</sup>, 吴 华<sup>3</sup>, 王春岭<sup>2</sup>, 陈晓迪<sup>1</sup>, 许 敏<sup>1</sup>, 肖俊松<sup>1</sup>

(1. 北京工商大学 食品与健康学院, 北京 100048; 2. 河南佳尚农业科技发展有限公司, 河南 平顶山 467300; 3. 北京工商大学 理学院, 北京 100048)

**摘要:**以氧化诱导时间为评价指标,研究了脂溶性迷迭香抗氧化剂对6种食用油的抗氧化作用,同时将脂溶性迷迭香抗氧化剂应用到生鲜猪肉中,研究其对生鲜猪肉的保鲜效果。结果表明:脂溶性迷迭香抗氧化剂对鱼油、亚麻籽油、葵花籽油、米糠油、山茶油和椰子油的抗氧化效果呈现剂量效应关系,0.70%脂溶性迷迭香抗氧化剂对6种食用油的抗氧化最好,强于0.02%BHT;脂溶性迷迭香抗氧化剂对椰子油的抗氧化效果最佳。将脂溶性迷迭香抗氧化剂添加到生鲜猪肉中,能有效减缓生鲜猪肉在储藏过程中TBA值的上升和pH的下降,抑制生鲜猪肉中微生物的生长,延缓其氧化和腐败变质。

**关键词:**脂溶性迷迭香提取物;抗氧化;食用油;生鲜猪肉

中图分类号:TS205;TS202

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2021)03-0142-07

## Effects of fat – soluble rosemary antioxidant on the antioxidant effect of edible oil and preservation of fresh pork

LÜ Wenwen<sup>1</sup>, WANG Wenqing<sup>2</sup>, WU Hua<sup>3</sup>, WANG Chunling<sup>2</sup>,  
CHEN Xiaodi<sup>1</sup>, XU Min<sup>1</sup>, XIAO Junsong<sup>1</sup>

(1. School of Food and Health, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;  
2. Henan Shangjia Agricultural Technology Development Co., Ltd., Pingdingshan 467300, Henan, China;  
3. School of Science, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

**Abstract:** The antioxidant effect of fat – soluble rosemary antioxidant on six kinds of edible oil were evaluated using oxidation induction time as evaluation index, and the effects of fat – soluble rosemary antioxidant on preservation of fresh pork were studied. The results showed that fat – soluble rosemary antioxidant showed a dose – dependent antioxidant effect on fish oil, flaxseed oil, sunflower seed oil, rice bran oil, oil – tea camellia seed oil and coconut oil, and adding 0.70% fat – soluble rosemary antioxidant showed the best antioxidant effect, and higher than 0.02% BHT. Fat – soluble rosemary antioxidant exhibited the highest antioxidant effects on coconut oil. The adding of fat – soluble rosemary antioxidant to fresh pork could effectively inhibit the increase of TBA, the decline of pH and the growth of microorganisms in fresh pork, and thus could delay the oxidation and spoilage of fresh pork.

**Key words:** fat – soluble rosemary extract; antioxidation; edible oil; fresh pork

收稿日期:2020-04-16;修回日期:2020-10-22

基金项目:国家科技支撑计划项目(2016YFD0400801);北京工商大学研究生院2020年研究生科研能力提升计划项目资助

作者简介:吕雯雯(1997),女,在读硕士,研究方向为天然产物的开发利用(E-mail)18811317024@163.com。

通信作者:肖俊松,副教授,博士(E-mail)xiaoj@s@btbu.edu.cn。

迷迭香(*Rosmarinus officinalis*)为唇形科多年生芳香灌木,原产于地中海地区<sup>[1]</sup>。脂溶性迷迭香提取物有良好的抗氧化性,其中主要抗氧化成分是鼠尾草酸和鼠尾草酚<sup>[2-3]</sup>。脂溶性迷迭香提取物作为

天然抗氧化剂,安全性高、高温稳定性好且无副作用<sup>[4-5]</sup>,抗氧化效果与合成抗氧化剂如丁基羟基茴香醚(BHA)、二丁基羟基甲苯(BHT)和叔丁基对苯二酚(TBHQ)等相当<sup>[6-8]</sup>。脂溶性迷迭香提取物具有一定的抑菌活性,在食品中可以同时起到抗氧化和防腐的效果<sup>[9-10]</sup>。因此,脂溶性迷迭香提取物具有替代合成抗氧化剂的潜力,且更受消费者欢迎。

油脂及含有油脂的食品在储藏过程中,其含有的不饱和脂肪酸极易发生氧化而使食品发生酸败,不但会导致食品质量下降,还可能具有毒性<sup>[11]</sup>。因此,油脂及含有油脂的食品通常通过添加抗氧化剂达到延缓其氧化提高保质期的目的。同种抗氧化剂对不同类型油脂的抗氧化能力不同,因此探讨研究脂溶性迷迭香抗氧化剂对哪种特点的油脂的抗氧化作用更好具有实际意义。鱼油为多不饱和脂肪酸含量高的动物性油脂<sup>[12]</sup>;葵花籽油为多不饱和脂肪酸含量高的植物油<sup>[13]</sup>;米糠油为谷物油脂,且单不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸比例约为1:2<sup>[14]</sup>;亚麻籽油含有大量不饱和脂肪酸,同时还是 $\omega-3$ 脂肪酸含量高的植物油<sup>[15]</sup>;山茶油是单不饱和脂肪酸含量高的植物油<sup>[16]</sup>;椰子油是饱和脂肪酸含量高的植物油<sup>[17]</sup>。上述6种油脂具有不同的特点和属性,探讨脂溶性迷迭香抗氧化剂对这6种食用油的抗氧化效果对其应用具有重要意义。

猪肉是我国居民肉食品的主要来源,而猪肉脂肪含有多不饱和脂肪酸,易发生氧化,使猪肉的品质下降,影响猪肉的销售及消费者的购买欲望<sup>[18]</sup>。在之前的研究中,我们发现迷迭香抗氧化剂具有护色和抑菌的作用,将其应用于肉制品中,可降低护色剂和防腐剂的使用量,提高消费者的接受度<sup>[9]</sup>。因此,本文将脂溶性迷迭香抗氧化剂应用到生鲜猪肉中,研究其对猪肉微生物及氧化稳定性的影响,同时探讨脂溶性迷迭香抗氧化剂对猪肉进行保鲜是否会影响到猪肉本身的颜色(脂溶性迷迭香提取物为粉末状,通常采用油脂溶解后添加至食品中。油脂溶解的脂溶性迷迭香提取物颜色呈墨绿色,易干扰食品颜色)。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 原料与试剂

脂溶性迷迭香提取物,河南佳尚农业科技发展有限公司;未添加抗氧化剂的米糠油和山茶油,江西好口福油脂有限公司;未添加抗氧化剂的椰子油、亚麻籽油及葵花籽油,益海嘉里食品营销有限公司;未添加抗氧化剂的鱼油,西安泽邦生物科技有限公司;

生鲜猪后腿肉,北京某超市;BHT,国药集团化学试剂有限公司;鼠尾草酚(HPLC)、鼠尾草酸(HPLC)、2-硫代巴比妥酸,上海源叶生物科技有限公司;甲醇,色谱纯;正己烷、三氯甲烷、无水乙醇、乙酸乙酯、磷酸,均为分析纯。

#### 1.1.2 仪器与设备

892专业型 Rancimat 油脂氧化稳定性分析仪, R-3型旋蒸仪,752N型紫外可见分光光度计, LHS-150SC型恒温恒湿箱,FE20-FiveEasy型pH计,CM-3700A型色差仪。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 脂溶性迷迭香抗氧化剂的制备

称取3.0g脂溶性迷迭香提取物,加入10g葵花籽油中,用120mL无水乙醇溶解,旋蒸,加入100mL正己烷,氮气环境下磁力搅拌60min,静置,取上清液,用正己烷浸提3次,合并上清液并旋蒸得到棕黄色油状澄清液体,即为脂溶性迷迭香抗氧化剂。

#### 1.2.2 脂溶性迷迭香抗氧化剂有效成分的测定

采用固相萃取的方法对脂溶性迷迭香抗氧化剂的有效成分进行提取。称量0.1g脂溶性迷迭香抗氧化剂,加入6mL正己烷溶解,置于固相萃取设备中,用3mL正己烷洗脱2次后,再用4mL正己烷-乙酸乙酯溶液(体积比90:10)进行洗脱,最后用10mL甲醇进行洗脱,收集洗脱液,用甲醇定容至25mL,备用。称取鼠尾草酸和鼠尾草酚标准品各0.0100g,加入甲醇溶解并稀释定容至100mL,使标准品质量浓度为100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。取适量标准品和样品溶液,用0.22 $\mu\text{m}$ 微孔滤膜过滤,待高效液相色谱分析。样品主要成分由标准品的保留时间定性,通过建立鼠尾草酸、鼠尾草酚标准品质量浓度与峰面积的标准曲线来进行定量。

高效液相色谱条件:Waters C18色谱柱(4.6mm $\times$ 150mm,5 $\mu\text{m}$ );流动相为甲醇-0.1%磷酸溶液(体积比60:40);等度洗脱,流速1.0mL/min;检测波长284nm;柱温25 $^{\circ}\text{C}$ ;进样量10 $\mu\text{L}$ 。

#### 1.2.3 油样的制备

分别向米糠油、山茶油、椰子油、亚麻籽油、葵花籽油、鱼油中添加一定量抗氧化剂(0.02% BHT, 0.10%、0.30%、0.50%、0.70%脂溶性迷迭香抗氧化剂),旋涡混合仪混匀,25 $^{\circ}\text{C}$ 下超声1min,即可制成油脂样品。

#### 1.2.4 油脂氧化诱导时间的测定及保护指数的计算

采用892专业型 Rancimat 油脂氧化稳定性分析仪测定油脂氧化诱导时间。称取3.0g油脂样

品,在气体流速 10 L/h 条件下,每 36 s 记录电导率的变化,分别在 120、140、160、180、200 °C 下进行测定,每个温度测定 3 次。按下式计算保护指数。

$$I = \frac{A_1}{A_2} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $I$  为保护指数; $A_1$  为添加了抗氧化剂组的温度-氧化诱导时间曲线的曲线下面积(氧化诱导时间对温度的积分); $A_2$  为空白组温度-氧化诱导时间曲线的曲线下面积。

### 1.2.5 猪肉样品的制备

将生鲜猪后腿肉洗净分割后搅碎,按质量均分为两组,即空白对照组(CK 组,不添加脂溶性迷迭香抗氧化剂)和添加 0.50% 脂溶性迷迭香抗氧化剂的处理组( $R_{0.5}$  组),每组均分为 20 份:5 份置于 0 °C 下储藏,分别记为  $CK_1$ 、 $R_{0.5-1}$ ;5 份置于 5 °C 下储藏,分别记为  $CK_2$ 、 $R_{0.5-2}$ ;5 份置于 10 °C 下储藏,分别记为  $CK_3$ 、 $R_{0.5-3}$ ;5 份置于 15 °C 下储藏,分别记为  $CK_4$ 、 $R_{0.5-4}$ 。每隔 24 h 取样测定硫代巴比妥酸(TBA)值。

另取生鲜猪后腿肉洗净分割后搅碎,按质量均分为空白对照组和脂溶性迷迭香抗氧化剂组(抗氧化剂添加量 0.50%),放入 4 °C 恒温箱,用日光灯进行照射,模拟超市环境存放,第 0、3、6、9、10 天取出测定色度、pH 和菌落总数。

### 1.2.6 猪肉品质的检测

#### 1.2.6.1 TBA 值的测定

按 GB 5009.181—2016 中的第二法分光光度法测定样品 TBA 值。

#### 1.2.6.2 色度的测定

使用 CM-3700A 型色差仪测定生鲜猪肉的颜色变化。色差仪用标准板校正(CIE 1931:  $Y=94.0$ ,  $x=0.3156$ ,  $y=0.3321$ )后,采用 D65 光源,8 mm 直径测量范围及 2° 视角测定猪肉表面的色度(亮度  $L^*$ 、红度  $a^*$ 、黄度  $b^*$ ),取生鲜猪肉上均匀分布的 4 个位置进行测定,测定时探头紧扣肉面,不能漏光。

#### 1.2.6.3 pH 的测定

按 GB/T 9695.5—2008 测定样品 pH。

#### 1.2.6.4 菌落总数测定

按 GB 4789.2—2016 测定样品菌落总数,结果以菌落总数的对数值表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 脂溶性迷迭香抗氧化剂的主要成分

根据标准品保留时间确定脂溶性迷迭香抗氧化剂主要成分为鼠尾草酚和鼠尾草酸,且保留时间分别为 3.45、7.65 min。经测定,脂溶性迷迭香提取物

中鼠尾草酚与鼠尾草酸的总含量为 18.1%,制成的脂溶性迷迭香抗氧化剂中鼠尾草酚与鼠尾草酸的总含量为 4.45%。

### 2.2 脂溶性迷迭香抗氧化剂对 6 种食用油氧化诱导时间的影响

#### 2.2.1 对鱼油氧化诱导时间的影响(见图 1)

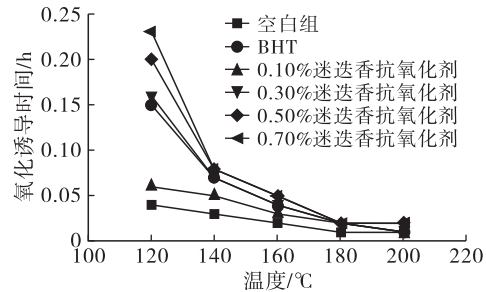


图 1 不同抗氧化剂在不同温度下对鱼油氧化诱导时间的影响

由图 1 可知:0.30% 脂溶性迷迭香抗氧化剂对鱼油的抗氧化效果与 BHT 相当,0.70% 脂溶性迷迭香抗氧化剂对鱼油的抗氧化效果最好;不同条件下鱼油的氧化诱导时间均随温度的升高而缩短,且随着温度升高,不同组别间氧化诱导时间差距减小,说明高温下脂溶性迷迭香抗氧化剂对鱼油的保护效果减弱。

#### 2.2.2 对亚麻籽油氧化诱导时间的影响(见图 2)

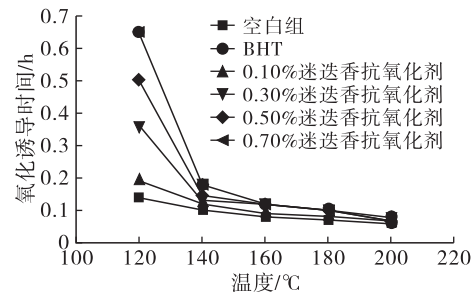


图 2 不同抗氧化剂在不同温度下对亚麻籽油氧化诱导时间的影响

由图 2 可知:脂溶性迷迭香抗氧化剂对亚麻籽油的抗氧化效果随其添加量的升高而升高,表现出剂量效应;0.70% 脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果与 BHT 相当,且抗氧化效果最好;不同条件下亚麻籽油的氧化诱导时间均随温度的升高而缩短,且随着温度升高,不同组别间氧化诱导时间差距减小,说明高温下脂溶性迷迭香抗氧化剂对亚麻籽油的保护效果减弱。

#### 2.2.3 对葵花籽油氧化诱导时间的影响(见图 3)

由图 3 可知:脂溶性迷迭香抗氧化剂对葵花籽油的抗氧化效果表现出剂量效应;0.10% 脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果与 BHT 相当,0.70% 脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果最好;不同条件

下葵花籽油的氧化诱导时间均随温度的升高而缩短,且随着温度升高,不同组别间氧化诱导时间差距减小,说明高温下脂溶性迷迭香抗氧化剂对葵花籽油的保护效果减弱。

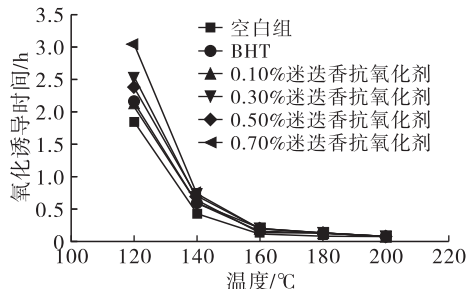


图3 不同抗氧化剂在不同温度下对葵花籽油氧化诱导时间的影响

#### 2.2.4 对米糠油氧化诱导时间的影响(见图4)

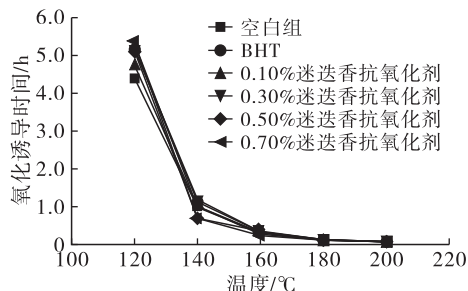


图4 不同抗氧化剂在不同温度下对米糠油氧化诱导时间的影响

由图4可知:脂溶性迷迭香抗氧化剂对米糠油的抗氧化效果表现出一定的剂量效应;0.50%脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果与BHT相当,0.70%脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果最好;不同条件下米糠油的氧化诱导时间均随温度的升高而缩短,且随着温度升高,不同组别间氧化诱导时间差距减小,说明高温下脂溶性迷迭香抗氧化剂对米糠油的保护效果减弱,但是不同条件下米糠油的氧化诱导时间与空白组相差不大,说明脂溶性迷迭香抗氧化剂对米糠油的抗氧化效果不理想,相关机制有待进一步研究。

#### 2.2.5 对山茶油氧化诱导时间的影响(见图5)

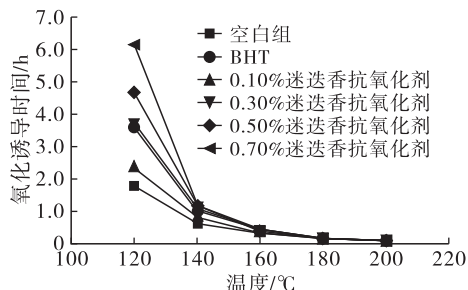


图5 不同抗氧化剂在不同温度下对山茶油氧化诱导时间的影响

由图5可知:脂溶性迷迭香抗氧化剂对山茶油的抗氧化效果表现出剂量效应;0.30%脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果与BHT相当,0.70%脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果最好;不同条件下山茶油的氧化诱导时间均随温度的升高而缩短,且随着温度升高,不同组别间氧化诱导时间差距减小,说明高温下脂溶性迷迭香抗氧化剂对山茶油的保护效果减弱。

#### 2.2.6 对椰子油氧化诱导时间的影响(见图6)

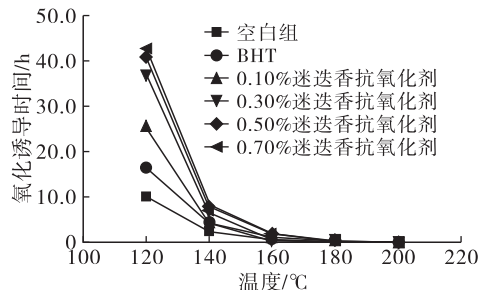


图6 不同抗氧化剂在不同温度下对椰子油氧化诱导时间的影响

由图6可知:脂溶性迷迭香抗氧化剂对椰子油的抗氧化效果表现出剂量效应;各脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果总体上都优于BHT,0.70%脂溶性迷迭香抗氧化剂对椰子油的抗氧化效果最好;不同条件下椰子油的氧化诱导时间均随温度的升高而缩短,且随着温度升高,不同组别间氧化诱导时间差距减小,说明高温下脂溶性迷迭香抗氧化剂对椰子油的保护效果减弱。

#### 2.3 脂溶性迷迭香抗氧化剂对6种食用油抗氧化效果的比较(见图7)

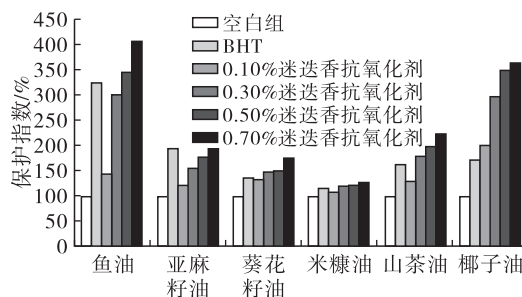


图7 不同抗氧化剂对6种食用油的保护指数

由图7可知:脂溶性迷迭香抗氧化剂对油脂的抗氧化效果均表现出剂量效应;脂溶性迷迭香抗氧化剂对6种食用油均有一定的抗氧化作用,且0.70%脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果最佳,均优于BHT。对于鱼油、葵花籽油和山茶油,低浓度脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果不明显,高浓度脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果较好,且抗氧化效果优于BHT;对于亚麻籽油和米糠油,低

浓度脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果不明显,而高浓度脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果与 BHT 相当,但各抗氧化剂对米糠油的保护效果均不明显;对于椰子油,脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果最明显,且各浓度迷迭香抗氧化剂抗氧化效果均优于 BHT,0.70% 脂溶性迷迭香抗氧化剂的保护指数约为 BHT 的 2 倍。亚麻籽油、葵花籽油、米糠油和山茶油都含有大量不饱和脂肪酸,脂溶性迷迭香抗氧化剂对这 4 种油脂的保护效果基本在同一水平。鱼油也富含不饱和脂肪酸,但是高浓度脂溶性迷迭香抗氧化剂对鱼油的保护效果约为这 4 种油脂的 2 倍,可能因为鱼油是动物性油脂,推测脂溶性迷迭香抗氧化剂对富含不饱和脂肪酸的动物性油脂有很好的抗氧化作用。椰子油富含饱和脂肪酸,高浓度脂溶性迷迭香抗氧化剂对椰子油的保护效果约为亚麻籽油、葵花籽油、米糠油、山茶油这 4 种油脂的 2 倍,推测脂溶性迷迭香抗氧化剂对富含饱和脂肪酸的油脂有很好的抗氧化作用。脂溶性迷迭香抗氧化剂对油脂的抗氧化效果强弱顺序为:富含饱和脂肪酸的植物性油脂 > 富含不饱和脂肪酸的动物性油脂 > 富含不饱和脂肪酸的植物性油脂。

脂溶性迷迭香提取物具有良好的抗氧化性,作为天然来源的抗氧化剂,具有安全性高、高温稳定性好且无副作用等优点。合成抗氧化剂 BHT 是公认的一种高温下较稳定的抗氧化剂。在本研究中,0.10%、0.30%、0.50% 和 0.70% 脂溶性迷迭香抗氧化剂对 6 种食用油(鱼油、亚麻籽油、葵花籽油、米糠油、山茶油和椰子油)在高温下均表现出较好的抗氧化效果,0.70% 脂溶性迷迭香抗氧化剂的抗氧化效果优于 0.02% BHT 的抗氧化效果。Kmiciek 等<sup>[19]</sup>研究发现在 180℃ 高温条件下,迷迭香提取物对菜籽油的抗氧化效果优于 BHT。刘凤霞等<sup>[20]</sup>发现在高温条件下,脂溶性迷迭香提取物鼠尾草酸与鼠尾草酚对椰子油的保护效果最好,抗氧化能力强于 BHT 与 BHA 复合抗氧化剂。这与本论文研究结

果相符,说明脂溶性迷迭香提取物高温下抗氧化效果较好,有替代 BHT 的潜力。

本研究显示,高温下脂溶性迷迭香抗氧化剂对油脂的保护效果随其浓度升高而升高,表现出剂量效应。其次,为加速反应,本研究测试温度在 120℃ 以上,结果显示随温度降低,保护效果增强。Chen 等<sup>[21]</sup>发现在 60℃ 条件下,0.02% 迷迭香提取物对葵花籽油的保护效果与合成抗氧化剂 BHT、BHA 相当。Gordon 等<sup>[22]</sup>发现在 80℃ 和 100℃ 条件下,迷迭香提取物对菜籽油的保护作用优于 BHT 和 BHA。这也进一步表明在低温条件下,迷迭香提取物抗油脂氧化的效果较好。因此,可以推测在常温下,各油脂的氧化诱导时间较高温条件还将显著增加,保护效果显著增强。

## 2.4 脂溶性迷迭香抗氧化剂对生鲜猪肉的保鲜效果

### 2.4.1 对 TBA 值的影响(见图 8)

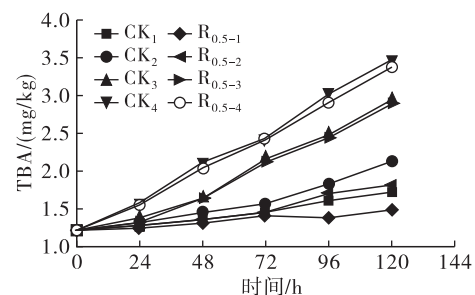
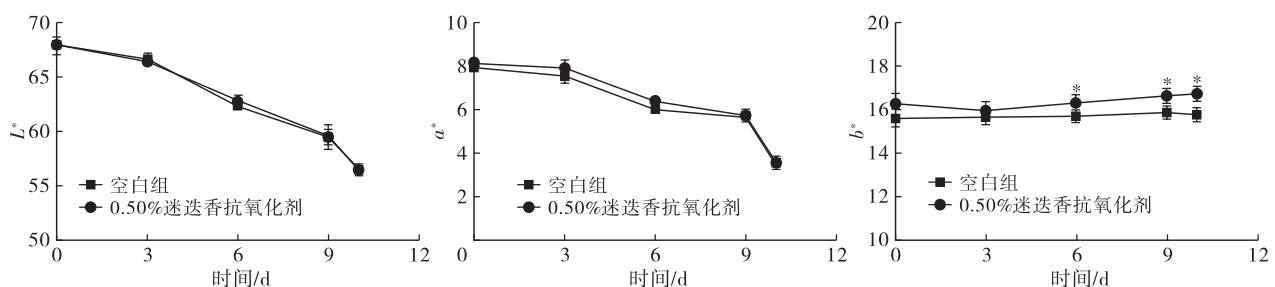


图 8 生鲜猪肉 TBA 值随储藏时间的变化

TBA 含量是评价脂肪氧化程度的重要指标,而脂肪氧化程度是影响生鲜猪肉质量的重要因素。由图 8 可知:TBA 值随着储藏温度升高和储藏时间延长而增加;添加 0.50% 脂溶性迷迭香抗氧化剂后,生鲜猪肉 TBA 值均降低。在 0℃ 和 5℃ 下,随着储藏时间的延长,脂溶性迷迭香抗氧化剂效果更加明显,而在 10℃ 和 15℃ 较高温度下,脂溶性迷迭香抗氧化剂的效果并不明显,说明低温条件下,脂溶性迷迭香抗氧化剂能抑制生鲜猪肉的氧化。

### 2.4.2 对色度的影响(见图 9)



注: \* 表示与空白组比较差异显著( $p < 0.05$ )。下同

图 9 生鲜猪肉色度随储藏时间的变化

由图9可知:在整个储藏期内,生鲜猪肉的 $L^*$ 值和 $a^*$ 值均呈现下降的趋势,但添加脂溶性迷迭香抗氧化剂组与空白组并无显著差异( $p > 0.05$ );生鲜猪肉的 $b^*$ 值在储藏期间变化趋势不明显,但在储藏6 d后,脂溶性迷迭香抗氧化剂组的 $b^*$ 值显著高于空白组( $p < 0.05$ )。血红蛋白中含有的 $Fe^{2+}$ 使猪肉呈现鲜艳的红色,随着储藏时间的延长, $Fe^{2+}$ 逐渐被氧化,猪肉的颜色逐渐呈现暗灰色。因此, $L^*$ 值和 $a^*$ 值均呈现逐渐下降的趋势,而脂溶性迷迭香抗氧化剂组生鲜猪肉的 $b^*$ 值较高,这与迷迭香抗氧化剂本身的颜色有关。

#### 2.4.3 对pH影响(见图10)

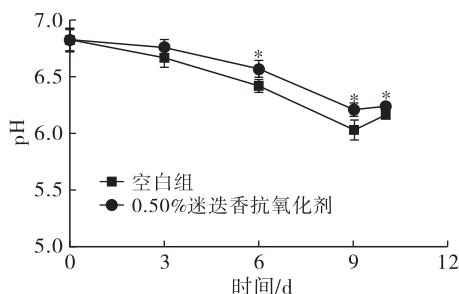
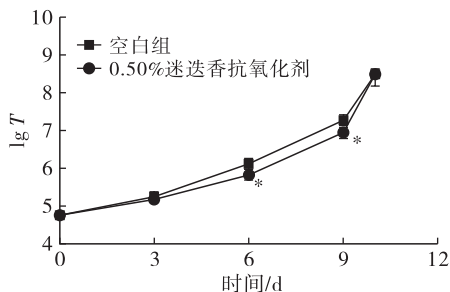


图10 生鲜猪肉pH随储藏时间的变化

由图10可知,在储藏期间生鲜猪肉的pH呈现先下降后轻微上升的趋势,同时脂溶性迷迭香抗氧化剂组的pH显著高于空白组。肌肉能量代谢使得剩余糖原转化为乳酸,导致 $H^+$ 积累,pH下降。而pH下降,会导致蛋白质变性,影响生鲜猪肉的品质<sup>[23-24]</sup>。图10说明脂溶性迷迭香抗氧化剂可以通过减缓pH的下降提高生鲜猪肉的品质。

#### 2.4.4 对菌落总数的影响(见图11)



注:T为菌落总数,CFU/g。

图11 生鲜猪肉菌落总数随储藏时间的变化

由图11可知:随着储藏时间的延长,菌落总数快速增长;在储藏时间为3 d时,脂溶性迷迭香抗氧化剂对生鲜猪肉的抑菌作用开始显现,6 d时脂溶性迷迭香抗氧化剂组的菌落总数显著低于空白组( $p < 0.05$ ),9 d时脂溶性迷迭香抗氧化剂组的菌落总数仍显著低于空白组( $p < 0.05$ ),而储藏时间达10 d时,脂溶性迷迭香抗氧化剂组的菌落总数与空

白组无显著差异( $p > 0.05$ )。说明在一定储藏时间内,脂溶性迷迭香抗氧化剂对于生鲜猪肉有一定的抑菌效果。

将脂溶性迷迭香抗氧化剂应用到生鲜猪肉中,一方面能有效减缓生鲜猪肉在储藏过程中的脂肪氧化,另一方面能有效抑制生鲜猪肉中微生物的生长,可能有助于减少其他防腐剂的使用,这两方面都有助于延长冷鲜畜禽肉的货架期。因此,迷迭香提取物有可能作为一种复合食品添加剂应用于食品中。周旭<sup>[11]</sup>发现迷迭香提取物、茶多酚棕榈酸酯与抗坏血酸棕榈酸酯复合用于葡萄籽油和核桃油,其抗氧化能力优于BHT与BHA,这也表明迷迭香提取物作为复合添加剂,与其他抗氧化剂协同作用下的抗氧化能力要优于BHT与BHA等合成抗氧化剂。迷迭香提取物应用的一个障碍是其特有的迷迭香香味,在其他食品中会干扰食品风味,而在畜禽肉制品中加入迷迭香抗氧化剂,气味和谐,不会对其风味造成负面影响。姜蕾等<sup>[25]</sup>发现添加0.03%迷迭香提取物增加了萨拉米不饱和脂肪酸的种类和含量,有利于提高萨拉米的风味与营养价值,而对萨拉米的感官评分不会造成不良影响,这进一步说明在畜禽类肉制品中添加迷迭香抗氧化剂不仅可以提高肉制品的品质,对其风味也不会造成负面影响。因此,畜禽鲜肉及其制品可能是脂溶性迷迭香抗氧化剂的主要应用领域。

### 3 结论

本研究以氧化诱导时间为指标评价了脂溶性迷迭香抗氧化剂对6种食用油的抗氧化作用,结果表明,0.10%、0.30%、0.50%和0.70%脂溶性迷迭香抗氧化剂对鱼油、亚麻籽油、葵花籽油、米糠油、山茶油和椰子油均有一定的抗氧化作用,且抗氧化效果呈现剂量效应关系。在6种食用油中,脂溶性迷迭香抗氧化剂对椰子油的抗氧化效果最佳。将脂溶性迷迭香抗氧化剂应用到生鲜猪肉中,能有效减缓生鲜猪肉在储藏过程中的脂肪氧化和pH的下降,可抑制生鲜猪肉中微生物的生长,延缓生鲜猪肉的氧化和腐败变质。

#### 参考文献:

- [1] OLIVEIRA J R D, CAMARGO S E A, OLIVEIRA L D D. *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) as therapeutic and prophylactic agent [J]. *J Biomed Sci*, 2019, 26 (5): 1-22.
- [2] 吕岱竹,王明月,袁宏球,等. 高效液相色谱法测定迷迭香超临界提取物中的鼠尾草酸和鼠尾草酚[J]. *分析测试学报*, 2006, 25(3): 109-111.

- [3] 梁钰. 迷迭香提取物中鼠尾草酸的分离纯化方法及变性机理研究[D]. 广州:华南师范大学, 2012.
- [4] TERPINC P, BEZJAK M, ABRAMOVIC H. A kinetic model for evaluation of the antioxidant activity of several rosemary extracts[J]. *Food Chem*, 2009, 115(2):740-744.
- [5] 刘普, 张丽娜, 张江磊, 等. 几种天然抗氧化剂对牡丹籽油氧化稳定性的影响[J]. *中国粮油学报*, 2019(7):54-61.
- [6] LEE J H, SHIN J A, LEE J H, et al. Production of lipase-catalyzed structured lipids from safflower oil with conjugated linoleic acid and oxidation studies with rosemary extracts[J]. *Food Res Int*, 2004, 37(10):967-974.
- [7] ZHANG Y, SMUTS J P, DODBIBA E, et al. Degradation study of carnosic acid, carnosol, rosmarinic acid and rosemary extract (*Rosmarinus officinalis* L.) assessed using HPLC[J]. *J Agric Food Chem*, 2012, 60(36):9305-9314.
- [8] 陈如, 翁新楚. 引进香料——迷迭香抗氧化活性的研究[J]. *上海大学学报(自然科学版)*, 2006, 12(1):78-83.
- [9] 吕雯雯, 王建林, 肖俊松, 等. 水分散型迷迭香抗氧化剂的制备及其在猪肉糜中的抗氧化效果的评价[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(4):234-241.
- [10] 凌洁. 迷迭香提取物抑菌效果的研究[D]. 天津:天津科技大学, 2011.
- [11] 周旭. 脂溶性天然抗氧化剂在葡萄籽油和核桃油中的应用研究[D]. 杭州:浙江大学, 2016.
- [12] 陈家玉. 迷迭香提取物抗鱼油氧化酸败及其抗自由基活性的研究[D]. 广州:广东工业大学, 2015.
- [13] 魏建林, 左文杰, 闵光, 等. 茶多酚棕榈酸酯和迷迭香提取物复合抗氧化剂对葵花籽油的抗氧化效果研究[J]. *粮食储藏*, 2018, 47(5):39-43.
- [14] 万苗, 周裔彬, 徐亚元, 等. 脂溶性迷迭香提取物对米糠油的抗氧化作用[J]. *中国油脂*, 2013, 38(9):52-54.
- [15] 李媛媛, 潘玲, 张燕. 天然抗氧化剂的联合增效作用对亚麻籽油氧化稳定性和感官特性的影响[J]. *中国油脂*, 2018, 43(3):118-123.
- [16] 毛方华, 王鸿飞, 周明亮. 山茶油的功能特性[J]. *食品科技*, 2010, 35(1):181-185.
- [17] 段岢君, 邓福明, 赵松林, 等. 椰子油的生理活性(III):抗氧化活性[J]. *热带农业科学*, 2013, 33(9):71-78.
- [18] 应丽莎, 赵东方, 傅阳, 等. 迷迭香对生鲜猪肉颜色变化与抗氧化稳定性的影响[J]. *食品科学*, 2012, 33(5):1-6.
- [19] KMIECIK D, KORCZAK J, RUDZIŃSKA M, et al. Stabilization of phytosterols in rapeseed oil by natural antioxidants during heating[J]. *Eur J Lipid Sci Technol*, 2009, 111(11):1124-1132.
- [20] 刘凤霞, 王莹, 薛刚, 等. 迷迭香脂溶性提取物在栀子油中的抗氧化性研究[J]. *中国油脂*, 2019, 44(1):108-111.
- [21] CHEN X, ZHANG Y, ZU Y, et al. Antioxidant effects of rosemary extracts on sunflower oil compared with synthetic antioxidants[J]. *Int J Food Sci Technol*, 2014, 49(2):385-391.
- [22] GORDON M H, KOURIMSKA L. The effects of antioxidants on changes in oils during heating and deep frying[J]. *J Sci Food Agric*, 1995, 68(3):347-353.
- [23] KIM Y H B, WARNER R D, ROSENVOLD K. Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: a review[J]. *Anim Prod Sci*, 2014, 54(4):375-395.
- [24] SWATLAND H J. How pH causes paleness or darkness in chicken breast meat? [J]. *Meat Sci*, 2008, 80(2):396-400.
- [25] 姜蕾, 范尚宇, 张万刚, 等. 迷迭香提取物对萨拉米品质的影响[J]. *肉类工业*, 2017(6):22-29.

·公益广告·

适度加工，营养更丰富！

《中国油脂》宣

