

香辛料提取物对罐装预制菜低温油炸肉丝抗氧化性能的影响

陈逸玉, 徐朔, 赵钜阳^{*},

(哈尔滨商业大学 旅游烹饪学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 过添加具有抗氧化活性和较高安全性的香辛料提取物, 解决中式肉类菜肴的软罐头食品中变色、风味变差以及脂肪氧化酸败等问题。向低温油炸肉丝软罐头中添加不同添加量的迷迭香、肉桂和 VE 提取物以及 2 种人工合成抗氧化剂丁基羟基茴香醚(butyl hydroxy anisid, BHA)和没食子酸丙酯(propylgallate, PG), 测定其对软罐头菜肴产品在贮藏过程中硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid-reactivesubstances, TBARS 值)、过氧化物值(peroxide value, POV 值)和色差值的影响。添加的 3 种共 9 组天然抗氧化剂中, 迷迭香提取物抑制初级氧化产物氢过氧化物和次级氧化产物丙二醛的效果最好($P<0.05$)。添加 300 mg/kg 迷迭香、90 mg/kg PG 和 120 mg/kg BHA 的 3 组处理组在 21 d 冷藏期内, 其 POV 值和 TBARS 值显著小于其他各组($P<0.05$), 说明添加 300 mg/kg 迷迭香可以替代人工抗氧化剂。低温油炸肉丝软罐头中添加 300 mg/kg 迷迭香提取物, 可以减缓脂肪氧化速度, 进而延长产品的货架期。

关键词: 香辛料提取物; 肉丝软罐头; 抗氧化; 抗氧化剂

Effects of spice extracts on antioxidative ability of soft canning of deep-fried shredded meat

Chen Yiyu, Xu Shuo, Zhao Juyang^{*}

(College of Tourism and Cuisine, Harbin University of Commerce, Harbin 150030, China)

Abstract: To solve the problems such as discoloration, flavor variation and fat oxidation and acid failure of canned food in Chinese meat dishes by adding flavoring extracts with antioxidant activity and high safety. Different additions of rosemary extracts, cinnamon, vitamin E extracts and 2 kinds of artificially synthesized antioxidants of butyl hydroxy anisid (BHA) and propylgallate (PG) were added to the soft canning of deep-fried shredded meat, and the thiobarbituric acid-reactive substances (TABARS) value, peroxide (POV) value and color values were determined. In addition, totally 3 kinds of 9 groups of natural antioxidants were added, and rosemary extract inhibited the effects of primary oxidation products of hydrogen peroxide and secondary oxidation products of malondialdehyde ($P<0.05$). The POV value and TBARS value of 3 treatment groups of 300 mg/kg rosemary extracts, 90 mg/kg PG and 120 mg/kg BHA were significantly lower than those of other groups during 21 days of storage ($P<0.05$). That was to say, the natural antioxidants (300 mg/kg rosemary extracts) could replace the artificially synthesized antioxidants to some extent. The soft canned shredded pork with 300 mg/kg rosemary extracts has the ability to delay

lipid oxidation, so as to prolong the shelf life.

Keywords: spice extracts; soft canned shredded pork; antioxidative ability; antioxidant

1 引言

近年来随着科技的进步、食品加工工业化及相关技术的迅猛发展,以家庭自制为主的菜肴消费的格局正在被打破,中式传统菜肴方便食品应运而生,并逐渐出现在我国方便食品市场的舞台上^[1]。然而,目前市面出售的中式菜肴生产出的方便食品往往存在变色、风味变差以及食品保鲜等问题,一些肉类方便食品在贮藏过程中脂肪氧化酸败问题严重。这也是制约我国中式菜肴方便食品发展的问题^[2]。

当有光、热、金属离子等存在下,脂肪可产生非酶促氧化即自动氧化,遵循游离基反应机制,包括引发、传递、终止3个阶段^[3]。抗氧化剂能够通过提供氢质子而终止链式反应的传递,或是通过清除氧、螯合金属离子而起到延缓油脂的自动氧化过程^[4]。能防止或延缓含油脂成分的食品氧化分解、变质,提高食品的稳定性和延长贮存期。抗氧化剂分为人工合成抗氧化剂和天然抗氧化剂。

人工合成抗氧化剂是长久以来食品中最常使用的抗氧化剂,根据GB 2760-2014规定我国允许使用的人工合成抗氧化剂共有15种,其中在肉制品中较为常见的是丁基羟基茴香醚(butyl hydroxy anisole, BHA)、二丁基羟基甲苯(butylated hydroxytoluene, BHT)以及没食子酸丙(propylgallate, PG)。天然抗氧化剂是指从植物、动植物内直接分离或提取的具有抗氧化作用的物质^[5]。天然抗氧化剂的作用效果虽然不及人工合成的,但是随着近年来各种食品及合成抗氧化剂安全问题的发生,人们越来越倾向于使用安全性较高的天然抗氧化剂,如生育酚(vitamin E, VE)、多酚类化合物及各种香辛料提取物等^[6]。

香辛料提取物是指从植物组织中所提取的具有赋予食品特殊的风味及调节生理功能的香辛料物质^[7]。近年来许多研究表明香辛料提取物具有抑菌防腐、抗氧化作用。其含有的多酚类化合物及其衍生物、二烷基亚硫酸盐、萜烯类化合物、不饱和醛类化合物,能够抑制多种腐败微生物,具有一定的抗菌活性^[8]。早在1982年Inatani等^[9]就研究了迷迭香叶提取物对猪油和亚油酸油的抗氧化作用,结果显示迷迭香叶提取物抑制脂肪氧化能力是BHT和BHA的4倍,其主要作用物质为酚类二萜类化合物。Shah等^[10]研究发现,迷迭香、葡萄籽、松树皮、石榴、荨麻和肉桂提取物具有较强的抗氧化能力,可以作为天然抗氧化剂应用在肉制品,特别是红肉中。Zhang等^[11]发现,再生鸡肉中添加迷迭香和丁香提取物后表现出较强的DPPH清除能力,并且在15d冷藏期内,添加1%的丁香和1%的迷迭香提取物其硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid-reactive substances, TBARS值)、细菌总数和菌落总数均显著小于对照组($P<0.05$)。此外Piñeros等^[12]研究发现,由于迷迭香

较强的抑制脂肪氧化能力，可以与木薯淀粉一起作为新型可食用膜应用在肉制品中。此外添加 50 mg/kg 的迷迭香提取物可以抑制富含 *n*-3 脂肪酸的肉制品的脂肪氧化程度，减少其初级和次级氧化产物，并提高其 O/W 型乳状液的乳化稳定性。

根据本课题组前期的试验结果^[13]本研究选择抗氧化活性较高的几种香辛料提取物迷迭香、肉桂和 VE 提取物添加到真空包装的肉丝菜肴中，在 4 °C 的冷藏过程中比较其对肉丝抗氧化的作用效果，并筛选出作用效果最强的香辛料提取物与市售的 2 种人工抗氧化剂 (BHA 和 PG) 作用效果进行比较，通过测定过氧化物值(PV 值)、硫代巴比妥酸值(TBARS 值)和颜色(L^* 、 a^* 值)，评价其在低温油炸肉丝软罐头中的作用效果，优化出可作为天然抗氧化剂的香辛料提取物的种类与添加量。通过本试验的研究有望拓展我国对于香辛料资源的利用，解决中式肉类菜肴的软罐头食品中变色、风味变差以及脂肪氧化酸败等问题，进而推动中式肉类菜肴方便食品的发展。

2 材料与方法

2.1 试验材料

猪里脊肉：哈尔滨市家乐福超市；PG、BHA：购于哈尔滨市道外区亿人食品添加剂公司；香辛料：迷迭香(rosemary)、肉桂(cassia)购于哈尔滨市宝丰药店；2-硫代巴比妥酸、三氯乙酸、95%食用酒精、氯仿、甲醇、硫氰酸铵、三氯乙酸、盐酸等试剂购于哈尔滨市万太生物药品公司

2.2 仪器

电子天平(沈阳天平仪器有限公司)；冷冻离心机(德国 BECKMAN 公司)；电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器股份有限公司)；YZ-1531 多功能油炸锅(广东友田家用电器有限公司)；TU-1800 紫外可见光分光光度计(北京普析仪器公司)；冷冻干燥机(上海田枫实业有限公司)。

2.3 试验方法

2.3.1 低温油炸肉丝软罐头制作工艺及要点

低温油炸肉丝的加工：肉丝的预处理→肉丝上浆→油炸锅预油炸→肉丝→冷却→包装→杀菌→肉丝成品。

猪里脊肉洗净切成 0.4 cm×0.6 cm×8 cm 的肉丝，加入淀粉、水、食盐、料酒和香辛料提取物后进行上浆，上浆后的肉丝，4 °C 放置 30 min，即醒浆 30 min。上浆后的肉丝 140 °C 油炸处理 30 s，加热后的肉丝采用高温蒸煮袋进行真空包装，100 °C 杀菌 10 min，并迅速用冷水冲洗冷却，置于 4 °C 贮存。

2.3.2 香辛料提取物的提取

天然抗氧化剂(香辛料提取物)的制备方法参照陈璐等^[14]的试验方法并作适当改动。

将香辛料置于恒温干燥箱中，在 45 °C下烘干 8 h，之后利用超微细粉碎机进行捣碎处理并称取 50 g 的香辛料粉末，将粉末加入至 500 mL烧杯中并缓缓注入 400 mL 95% 的食用酒精。利用恒温水浴电子搅拌器在 55 °C条件下搅拌12 h，所得滤液用Whatman 2 号滤纸进行过滤，剩余残渣可再加 200 mL相同酒精进行重提12 h 并再次过滤。将 2 次所得的滤液在 50 °C用旋转蒸发仪蒸发浓缩，浓缩液利用真空冷冻干燥器-50 °C条件下进行冻干处理，真空度为7 Pa。最后将冻干物在-20 °C的冰箱中保存待用。

2.3.3 添加抗氧化剂对肉丝软罐头的脂肪抗氧化效应的作用

合成的抗氧化剂进行比较。抗氧化剂各处理组的添加量参考 GB2760-2014 进行添加，其中 BHA 的最大限量为 200mg/kg，根据预实验的结果当 BHA 的添加量过大(≥ 120 mg/kg)时，与上浆配方混合后的溶解性较差，因此将BHA 的最大添加量设置为 120 mg/kg，并且 PG 添加的最大限量为 100 mg/kg，为了便于 PG 和 BHA 各处理添加量具有对比性，因此抗氧化剂各处理组的添加量设置如表 2 所示。抗氧化剂同料酒混合后与其他上浆配方一起上浆到肉丝上。并按照 2.3.1 的加工工艺进行制作低温油炸肉丝软罐头。每组试验肉丝用量为 25 g。测定肉丝在 21 d储藏期内的 POV、TBARS、色差，分别在 0、7 和 21 d时测定各指标。

本试验在肉丝软罐头中添加不同种类及浓度的抗氧化剂，研究肉丝软罐头在贮藏期间的氧化情况，根据 GB2760-2014 设置抗氧化剂的添加种类及浓度。

(1) 天然抗氧化剂对肉丝软罐头脂肪氧化的影响

不同天然抗氧化剂的各处理组的添加量如表 1 所示。天然抗氧化剂同料酒混合后与其他上浆配方一起上浆到肉丝上。并按照 2.3.1 的加工工艺进行制作低温油炸肉丝软罐头。

表 1 不同天然抗氧化剂的添加量		
Table 1 The addition of different natural antioxidants		
处理组	抗氧化剂	添加量(mg/kg)
con	对照组	0
C1	肉桂	100
C2	肉桂	200
C3	肉桂	300
R1	迷迭香	100
R2	迷迭香	200
R3	迷迭香	300
VE1	VE	100
VE2	VE	200
VE3	VE	300

每组试验肉丝用量为 25 g。测定肉丝在 21 d 储藏期内的 POV、TBARS、色差，分别在 0、7 和21 d 时测定各指标。

(2) 天然抗氧化剂和人工抗氧化剂对肉丝软罐头脂肪氧化的影响

将 2.3.3（1）试验中筛选的最佳天然抗氧化剂与人工

表 2 不同抗氧化剂的添加量
Table 2 The addition of different antioxidants

处理组	抗氧化剂	添加量(mg/kg)
con	对照组	0
R1	迷迭香	100
R2	迷迭香	200
R3	迷迭香	300
P1	PG	30
P2	PG	60
P3	PG	90
B1	BHA	60
B2	BHA	90
B3	BHA	120

2.4 测定指标

2.4.1过氧化物(POV)值的测定

POV 值的测定参考 Varelzis 等^[15]的方法， 并作适当修改。取 2 g 样品放入 50 mL 离心管中， 加入贮藏于 4 °C 的 15 mL 氯仿:甲醇(2:1， V:V)混合物高速均质(11000 r/min， 30 s)， 加入 3 mL 浓度为 0.5% 的氯化钠溶液， 然后将此离心管于 4 °C 条件下 4000 g 离心 5 min， 样品分为两相， 从下层液相中取 5 mL 溶液并转入洁净的试管中， 并向其中加入 4 °C 的 5 mL 氯仿:甲醇(2:1， V:V)溶液， 漩涡混合 3 s， 再加入 25 μL 含有 Fe²⁺溶液和 25 μL NH₄SCN 溶液漩涡混合 3s 并静置 5 min， 然后在 500 nm 处测定其吸光值， 标准曲线的制作用还原性铁粉作为标准样， 单位为毫克当量每千克(meq/kg)。

2.4.2 硫代巴比妥酸(TBARS)值的测定

TBARS 值的测定参考 Varelzis 等^[15]的方法， 并作适当的修改。将 0.3 g 的样品放入试管中， 加入 3 mL 的 TBA(2-硫代巴比妥酸)溶液， 17 mL 的 TCA-HCl 溶液(三氯乙酸-盐酸)， 将混合溶液漩涡混合 3 s 后， 至于 100 °C 水浴 30 min 并冷却， 取 4 mL 冷却后的溶液加入 4 mL 氯仿， 混匀后于 3000 r/min 条件下离心 10 min， 取上层清液在 532nm 处测定其吸光度。TBARS 值以每千克氧化后的油脂样品溶液中含有的次级氧化产物(丙二醛)的毫克数计算， 计算公式如下：

$$TBARS\ (mg/kg)=A_{532}/\omega\times9.48$$

式中: A₅₃₂—溶液的吸光值; ω—样品的重量(g); 9.48—常数。

2.4.3 色差的测定

用 ZE6000 色差计测定待测肉丝的表面颜色。白板 X 为 90.18， Y 为 95.08， Z 为 103.29。采用 D65 光源， 2° 视角， 30 mm 聚光镜测定。样品重复 3 次， 取平均值。

2.5 数据处理

每次试验每组试验， 设置 3 个平行样， 最后的结果用平均数±sd 表示。数据分析采用 Statistix 8.1(分析软件 StPaul.MN)软件包中 Linear Models 程序分析。差异显著性采用 Sigmaplot 9.0 软件进行作图。

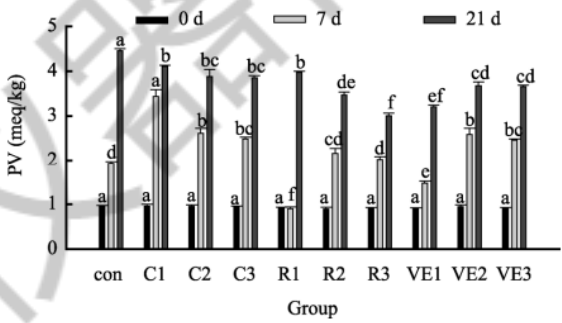
3 结果与讨论

3.1 天然抗氧化剂对肉丝软罐头脂肪氧化作用的影响

抑制食品中脂肪氧化最有效的方法就是添加抗氧化剂， 近年来人们对于香辛料的研究发现， 其不仅具有抑菌防腐的作用， 而且还含有高效的抗氧化成份。本试验研究将香辛料的提取物用于真空包装肉丝中， 与市售化学合成的防腐抗氧化剂的抗氧化效果进行比较， 替代或降低化学防腐抗氧化剂的用量， 增强食品的贮藏稳定性， 提高食用安全性， 延长产品的货架期。

3.1.1 添加天然抗氧化剂对肉丝软罐头 POV 值的影响

脂肪可通过以下 2 种途径发生氧化: 一是水解反应:脂肪在贮藏过程中其中的水、不饱和和脂肪酸类物质和甘油酸酯类物质会水解， 其水解产物会使其酸价上升， 表现为异常的滋、气味; 二是氧化反应: 由于脂肪中含有不饱和双键， 极易被氧气氧化， 因此在贮藏过程中会缓慢地发生自发氧化。另外细胞受挤压变形、破裂， 释放出氧化酶、促氧化剂及其底物， 亦会加速氧化过程^[16]。添加肉桂、迷迭香、VE 到肉丝中， 对过氧化物值的影响如图 1 所示， 结果表明， 随着贮藏天数的增加， 过氧化物值均逐渐增加， 说明脂肪氧化程度随贮藏天数增加而升高， 储藏 21 d 时， 添加肉桂、迷迭香、VE 的各组样品过氧化物值显著低于对照组($P<0.05$)， 说明这几种物质对脂肪氧化有显著的抑制作用， 但是在贮藏第 7 d 时， 一些处理组的 POV 值显著高于对照组($P<0.05$)， 这是因为有研究表明， 随



注: 图中不同字母表示相同贮藏天数不同香辛料提取物之间差异显著, $P<0.05$ 。

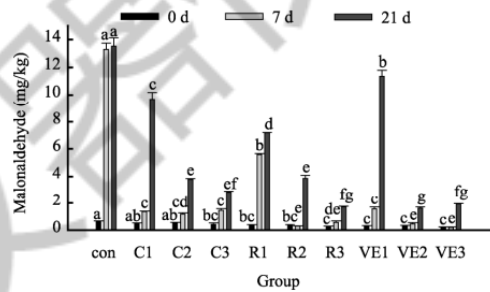
图 1 添加不同香辛料提取物对肉丝 POV 值的影响
Fig. 1 Influence of different spice extracts on peroxide value of shredded meat

着贮藏时间的延长， POV 值的变化主要为先增加再减小再增加的趋势， 7 d 时， 由于对照组肉丝发生脂肪氧化程度较大， 一些初级氧化产物会进一步氧化为次级氧化产物， 使

得此时对照组的POV 值反而比其他各组的POV 值小。第21 d 时， R3组的POV 值显著低于除VE1 以外的其他各组($P<0.05$)， 说明添加 300 mg/kg 的迷迭香和 100 mg/kg 的VE 对初级氧化产物的抑制效果较好。

3.1.2 添加几种天然抗氧化剂对肉丝 TBARS 值的影响

图 2 描述了不同处理组肉丝在冷藏过程中 TBARS 值的变化情况。从图 2 中可以看出， 随贮藏时间的延长， 各处理组的 TBARS 值均呈上升趋势。在第 0 d 时， 各处理组的 TBARS 值与对照组差异并不显著($P>0.05$)。而贮藏到第 7 d 时， 各处理组显著小于对照组且 R2、R3、VE2、VE3 组的 TBARS 显著小于对照组及其他各组($P<0.05$)， 说明添加肉桂、迷迭香、VE 这几种物质对脂肪氧化有显著的抑制作用。肉桂、迷迭香在相同储藏时间内， 其TBARS 值均随着其浓度的增加而降低， 这与陈璐等^[14]的研究一致， 说明脂肪氧化程度随抗氧化剂浓度的增加而降低， 但是 VE 并不呈现此种趋势， 这可能是因为 VE 是脂溶性维生素， 在肉丝预油炸过程中VE 会溶于食用油介质中， 使VE 的有效抗氧化作用量改变。在贮藏至第 21 d 时 R3、VE2、VE3 组的TBARS 显著小于其他各组($P<0.05$)， 极显著小于对照、C1、R1 组和 VE1 组($P<0.01$)。这说明添加迷迭香、VE 在较高浓度(200 mg/kg 和 300 mg/kg)下对脂肪氧化有显著的抑制作用， 其中添加 300 mg/kg 的迷迭香和 300 mg/kg 的VE 对脂肪抑制作用最好($P<0.05$)。张慧芸等^[17]将 0.05% 丁香、迷迭香、桂皮提取物添加到生、熟肉糜中， 发现添加香辛料提取物的处理组在冷藏过程中能显著抑制脂肪的氧化， 其中以添加丁香、迷迭香提取物的效果最佳， 不但对感官评定无不良影响， 还可以延缓腐败。因此综合 POV 的测定结果， 在 3 种天然抗氧化剂中浓度为 300 mg/kg 的迷迭香对预油炸肉丝脂肪氧化抑制作用较好($P<0.05$)。



注：图中不同字母表示相同贮藏天数不同香辛料提取物之间差异显著, $P<0.05$ 。

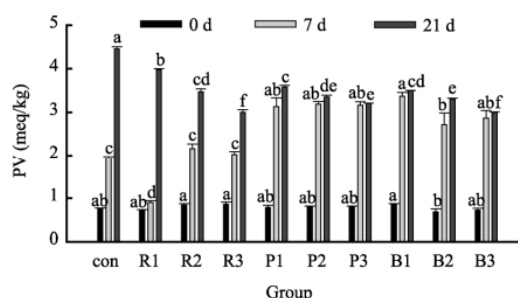
图 2 添加不同香辛料提取物对肉丝 TBARS 值的影响

Fig. 2 Influence of different spice extracts on TBARS value of shredded meat

3.2 天然抗氧化剂和人工抗氧化剂对肉丝软罐头脂肪氧化作用的影响

3.2.1 迷迭香、PG、BHA 对肉丝 POV 值的影响

图3是不同处理组肉丝在贮藏过程中过氧化物值的变化。可以看出随着贮藏时间的延长, 各处理组肉丝的过氧化物值呈上升趋势, 第7~21 d, 除对照组和R1组以外, 各处理组POV值上升趋势变缓, 这是因为在储藏末期时初级氧化产物如氢过氧化物分解为次级氧化产物丙二醛, 一定程度上降低了氢过氧化物的含量。对照组在第21 d时达到4.46 meq/kg, 各处理组肉丝的POV值均明显低于对照组($P<0.05$)。对于不同添加量的迷迭香而言, 添加量越大, 抑制效果越强, 即以添加300 mg/kg迷迭香提取物的处理组效果最好,



注: 图中不同字母表示相同贮藏天数不同香辛料提取物之间差异显著, $P<0.05$ 。

图3 迷迭香、PG、BHA对肉丝POV值的影响

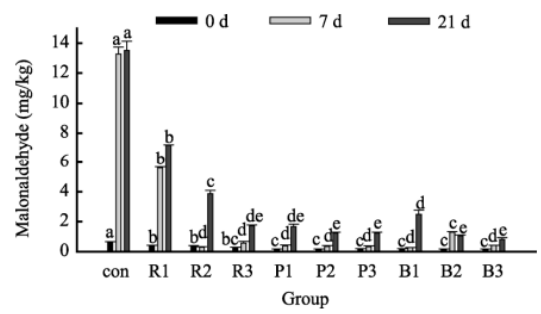
Fig. 3 Influence of rosemary, PG and BHA on POV value of shredded meat

且除了120 mg/kg的BHA处理组外, 显著小于其他各浓度的处理组($P<0.05$)。说明高浓度迷迭香提取物对抑制脂肪氧化初级产物生成的效果较好, 且能够在一定程度上替代人工抗氧化剂, 进而抑制软罐头肉丝的脂肪氧化。

3.2.2 迷迭香、PG、BHA对肉丝TBARS值的影响

图4描述了不同处理组肉丝软罐头在冷藏过程中TBARS值的变化情况。从图4中可以看出, 随贮藏时间的延长, 各处理组的TBARS值均呈上升趋势。在第0 d时, 各处理组的TBARS值显著低于对照组, 且PG组和BHA组的TBARS值显著低于R1组($P<0.05$)。贮藏到第7 d时, 各处理组的TBARS值极显著小于R1组及其他各组($P<0.01$), 说明3种浓度下的PG、BHA对次级氧化产物的抑制作用强于低浓度(100 mg/kg)的迷迭香。PG、BHA在相同储藏时间内, 其TBARS值随着其浓度的增加而略微降低, 但降低趋势不明显, 这可能是因为当PG和BHA是同上浆配方一同上浆至肉丝中, 当它们的添加量过大时, 其在上浆液中的溶解性也会变差, 因此在肉丝预油炸过程中会部分溶于食用油介质中, 进而使它们的有效抗氧化作用量改变。在贮藏至第21 d时B1、B2、P1和P2组的TBARS显著小于R1和R2组($P<0.05$)。这也证明了在较低浓度下人工抗氧化剂对脂肪氧化的抑制作用较天然抗氧化剂好^[18]。添加迷迭香在较高浓度(300 mg/kg)下对脂肪氧化有显著的抑制作用, 与高浓度的人工抗氧化剂(90 mg/kg PG和120 mg/kg BHA)无显著性差异($P\geq 0.05$), 且优于较低浓度的人工抗氧化剂(30 mg/kg PG和60 mg/kg BHA)。若从对于初、次级氧化产物抑制作用的总体效果来看, 人工抗氧化剂对脂肪氧化

的抑制作用较天然抗氧化剂更好。其中， B3 组在第 7 d 时， 其 TBARS 值显著小于B2 组 ($P<0.05$)， 而在第21 d 时， 其 TBARS 值与PG3 组无显著性差异($P\geq0.05$)。综上所述， 添加较高浓度的迷迭香提取物可以适当的替代人工抗氧化剂的使用， 其中当迷迭香提取物添加量为 300 mg/kg 时可以具有良好的抑制脂肪氧化的作用。



注：图中不同字母表示相同贮藏天数不同香辛料提取物之间差异显著, $P<0.05$ 。

图 4 迷迭香、PG、BHA 对肉丝 TBARS 值的影响
Fig. 4 Influence of rosemary, PG and BHA on TBARS value of shredded meat

3.3 天然抗氧化剂和人工抗氧化剂对肉丝色差的影响

肉的颜色本身对肉的营养价值和风味并无多大影响， 但是它是影响消费者购买力的最重要因素。测定肉质的色度值并与其他组进行比较， 可以反映肉制品的颜色变化情况， 其中 L^* 值代表亮度值， L^* 值越大， 样品颜色越亮; a^* 值为红度值， a^* 值越大， 样品颜色越红; b^* 值为黄度值， 黄度越高， 样品颜色越黄。在贮藏过程中， 肉的颜色会由于一系列反应的发生而发生变化， 例如脂肪氧化和色素降解反应等[19]。表 3 是添加不同浓度的肉桂、迷迭香、VE、PG、BHA 的肉丝在贮藏期间的 L^* 、 a^* 值变化情况， 由表 3 可知， 第 0 d 迷迭香提取物各组(R1、R2、R3)、VE3、P2、B2 与对照组 L^* 、 a^* 值有显著差异， 其他各组与对照组无显著性差异($P>0.05$)。说明添加迷迭香提取物对肉丝颜色有一定的影响， 但是感官评价结果显示添加迷迭香提取物对肉丝无肉眼可见的显著性差异($P>0.05$)。对照组与其他各处理 组在贮藏期 L^* 、 a^* 值的变化趋势大体相同， 在贮藏过程中， a^* 值均呈下降趋势， 且差异显著($P<0.05$)， 可能是由于贮藏期间， 脂肪氧化过程产生的过氧化物会与氧合肌红蛋白反应， 形成高铁肌红蛋白， 使肉变成褐色。对照组 a^* 值降低的程度最大。在贮藏末期低浓度的天然抗氧化剂(浓度均为100 mg/kg 的肉桂、迷迭香、VE 提取物)以及添加 BHA 的各处理组与对照组的 a^* 值均无显著性差异($P>0.05$)， 其他各处理组的 a^* 值均高于对照组($P<0.05$)。这一结果表明适当浓度的天然抗氧化剂和 PG 在贮藏期间对肉丝可以起到一定的护色作用。

表 3 几种抗氧化剂对肉丝 L^* 值、 a^* 值的影响

注：同一列不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

	0 d		21 d	
	L^*	a^*	L^*	a^*
con	56.95±1.00 ^{ef}	6.21±0.19 ^a	55.23±1.92 ^{efg}	2.66±0.12 ^{ef}
C1	58.22±0.14 ^{def}	6.07±0.28 ^{ab}	56.15±0.77 ^{defg}	2.67±0.18 ^{ef}
C2	58.96±0.09 ^{cde}	6.32±0.43 ^{ab}	58.11±0.52 ^{cdef}	5.75±0.44 ^{ab}
C3	61.15±0.31 ^{bcde}	5.91±0.42 ^{ab}	60.70±0.38 ^{bcd}	4.71±0.06 ^{abcd}
R1	52.98±1.20 ^f	5.56±0.50 ^{ab}	52.61±1.63 ^g	3.31±0.43 ^{cde}
R2	64.05±2.75 ^{abc}	4.61±0.37 ^{bc}	64.45±1.00 ^{ab}	3.96±0.74 ^{b^{cde}}
R3	69.33±0.62 ^a	3.93±0.11 ^c	64.39±2.79 ^{ab}	1.39±0.18 ^f
VE1	59.01±1.70 ^{cde}	5.94±0.22 ^{ab}	55.67±0.38 ^{efg}	2.66±0.33 ^{ef}
VE2	59.59±0.86 ^{cde}	5.67±0.64 ^{ab}	66.89±0.04 ^{cdefg}	5.74±0.41 ^{ab}
VE3	66.08±1.72 ^{ab}	5.19±0.27 ^{abc}	66.89±0.04 ^a	2.14±0.79 ^{ef}
P1	61.11±1.52 ^{bcde}	6.48±0.40 ^a	58.06±0.96 ^{cdef}	6.10±0.92 ^a
P2	62.84±1.13 ^{bcd}	5.62±0.84 ^{ab}	57.96±1.29 ^{cdef}	4.88±0.28 ^{abc}
P3	62.32±2.04 ^{bcde}	6.20±0.16 ^a	54.70±0.65 ^{fg}	5.60±0.33 ^{ab}
B1	62.61±0.59 ^{bcde}	6.22±0.03 ^a	61.00±0.82 ^{bc}	3.21±0.22 ^{cdef}
B2	62.82±0.88 ^{bcd}	6.15±0.08 ^a	59.68±1.03 ^{bcde}	3.24±0.30 ^{cdef}
B3	61.54±2.47 ^{bcde}	6.21±0.16 ^a	57.80±1.33 ^{cdef}	2.89±0.69 ^{def}

4 结论

香辛料提取物具有一定脂肪氧化抑制作用。研究表明，在低温油炸肉丝软罐头中添加的3种共9组天然抗氧化剂(迷迭香、肉桂和VE)中，迷迭香提取物抑制初级氧化产物氢过氧化物和次级氧化产物丙二醛的效果最好。人工抗氧化剂PG和BHA对脂肪氧化的抑制作用优于3种天然抗氧化剂的抑制作用。但添加300 mg/kg迷迭香处理组在21 d冷藏期内，其POV值和TBARS值与人工抗氧化剂组相比无显著性差异，说明添加300 mg/kg迷迭香可以替代人工抗氧化剂。

参考文献：

- [1] 袁嫦静. 2013年度方便食品行业的十大创新趋势发布[J]. 食品工业科技, 2013, 19: 43.
- [2] 赵钜阳, 孔保华, 刘骞, 等. 中式传统菜肴方便食品研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(4): 1342-1349.
- [3] Schaich K, Pryor WA. Free radical initiation in proteins and amino acids by ionizing and ultraviolet radiations and lipid oxidation-Part III: Free radical transfer from oxidizing lipids [J]. Crit

Rev Food Sci Nutr, 1980, 13(3): 189-244.

- [4] Alenisan MA, Alqattan HH, Tolbah LS, et al. Antioxidant properties of dairy products fortified with natural additives: A review [J]. J Ass Arab Univ Basic Appl Sci, 2017, on line.
- [5] Aguiar J, Costa R, Rocha F, et al. Design of microparticles containing natural antioxidants: Preparation, characterization and controlled release studies [J]. Powder Technol, 2017, 313:287-292.
- [6] 吴月德, 沈旭丹, 吴俊斌, 等. 香辛料在肉类食品中抗氧化效应的研究进展[J]. 中国调味品, 2015(4): 134-136.
- [7] 刘骞, 陈璐, 孔保华. 香辛料提取物对冷藏牛肉丸微生物变化和抗氧化效应的研究[J]. 食品科技, 2013(4): 112-120.
- [8] Vardar-unlu G, Yagmuroglu A, Ünlü M. Evaluation of in vitro activity of carvacrol against *Candida albicans* strains [J]. Nat Prod Res, 2010, 24(12): 1189-1193.
- [9] Inatani R, Fuwa H, Seto H, et al. Structure of a new antioxidative phenolic diterpene isolated from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) [J]. Agric Biol Chem, 1982, 46(6): 1661-1666.
- [10] Shah MA, Bosco SJ, Mir SA. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products [J]. Meat Sci, 2014, 98(1): 21-33.
- [11] Zhang H, Wu J, Guo X. Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on raw chicken meat quality [J]. Food Sci Hum Wellness, 2016, 5(1): 39-48.
- [12] Piñeros HD, Medina JC, López CA, et al. Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging [J]. Food Hydrocolloid, 2017, 63: 488-495.
- [13] 张慧芸, 孔保华, 孙旭. 香辛料提取物对熟肉糜的抗氧化作用[J]. 食品工业, 2009(1):44-45.
- [14] 陈璐, 孔保华, 刘骞, 等. 香辛料提取物对速冻牛肉丸脂肪氧化控制的研究[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 281-285.
- [15] Varelz P, Hultin HO, Autio WR. Hemoglobin-mediated lipid oxidation of protein isolates obtained from cod and haddock white muscle as affected by citric acid, calcium chloride and Ph [J]. Food Chem, 2008, (108): 64-74.
- [16] 柴佳丽, 张德权, 田建文, 等. 迷迭香提取物在肉制品中应用的研究进展[J]. 肉类研究, 2016(2): 31-34.
- [17] 张慧芸, 孔保华, 孙旭. 香辛料提取物抗氧化活性及其作用模式的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(5): 111-115.
- [18] 黄晨, 龙淼. 天然抗氧化剂对动物肉品的作用[J]. 肉类研究, 2015(3): 30-32.
- [19] Wang LL, Xiong YL. Inhibition of lipid oxidation in cooked beef patties by hydrolyzed potato

protein is related to its reducing and radical scavenging ability [J]. J Agric Food Chem, 2005, 53: 9186-9192.

中国仪器仪表学会