

# 丁香提取物对真空包装冷藏肉饼品质的控制

陈洪生<sup>1</sup>, 刁静静<sup>2</sup>, 夏秀芳<sup>3</sup>, 孔保华<sup>3</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学食品学院, 黑龙江大庆 163319) (2. 黑龙江八一农垦大学国家杂粮工程技术研究中心, 黑龙江大庆 163319) (3. 东北农业大学食品学院, 黑龙江哈尔滨 150030)

**摘要:** 本文以未添加抗氧化剂和添加 0.10 g/kg 没食子酸丙酯 (propyl gallate, PG) 肉饼为对照, 研究添加 0.50 g/kg 和 1.00 g/kg 丁香提取物 (Clove Extract, CE) 肉饼在真空包装 4 °C 条件下, 贮藏 0、4、8、12、24 d 时品质的变化情况, 检测指标包括: 肉饼蛋白羰基含量、硫代巴比妥酸值 (Thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)、肉饼的蒸煮损失、硬度和弹性、肉饼的色差和感官评定等。结果表明: 真空包装冷藏条件下, 添加丁香提取物能够显著地降低肉饼蛋白的羰基含量 ( $p < 0.05$ ), 降低了肉饼的 TBARS 值, 减少了肉饼的蒸煮损失, 控制了肉饼酸败味的增加进程, 抑制了贮藏中肉饼硬度的增加, 控制了色差指标 L\* 值和 b\* 值的增加, 延缓了贮藏中肉饼红度值 (a\*) 的下降, 改善了肉饼产品的弹性和感官特性, 为丁香提取物在肉类工业中的应用提供了理论基础。

**关键词:** 丁香提取物; 冷藏; 真空包装; 肉饼; 品质

文章编号: 1673-9078(2017)2-153-159

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.2.024

## Effect of Clove Extracts on the Quality of Vacuum-packaged Pork Patties Stored at 4 °C

CHEN Hong-sheng<sup>1</sup>, DIAO Jing-jing<sup>2</sup>, XIA Xiu-fang<sup>3</sup>, KONG Bao-hua<sup>3</sup>

(1. College of Food Science, Heilongjiang BaYi Agricultural University, Daqing 163319, China) (2. National Coarse Cereals Engineering Research Center, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China) (3. College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** Using pork patties without and with 0.1 g/kg propyl gallate (PG) as controls, changes in the quality of vacuum-packaged pork patties supplemented with 0.50 and 1.00 g/kg clove extract (CE) were studied after storage at 4 °C for 0, 4, 8, 12, and 24 d. The measured indices included the patty protein carbonyl content, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value, the patty cooking loss, hardness and springiness, sensory evaluation, and color difference. The results indicated that when the sample was vacuum packaged and stored under chilled conditions, the addition of clove extract significantly decreased the carbonyl content ( $p < 0.05$ ), decreased the TBARS value, reduced the cooking loss, inhibited the development of rancid odor, inhibited the increase in the values of hardness, L\* and b\*, postponed the decrease of a\*, and improved the sensory score and springiness of pork patties. These results provide a theoretical basis for the application of clove extract in the meat processing industry.

**Key words:** clove extract; chilled storage; vacuum packaging; pork patties; quality

肉品中脂肪和蛋白质氧化引起的品质劣变, 已经成为食品研究人员重点关注的问题之一。脂肪和蛋白质氧化会导致必需脂肪酸和维生素的损失, 导致风味、质构和颜色的劣变, 从而降低了食品的营养价值和感官特性。目前为了控制肉品质的氧化劣变, 主要是通过向肉制品中添加抗氧化剂或采用真空包装的方式, 抗氧化剂一般包括人工抗氧化剂和天然的植物提取

收稿日期: 2016-02-12

基金项目: 黑龙江省应用技术与开发计划重大项目 (GA15B302); 黑龙江八一农垦大学校内培育项目 (XZR2014-09)

作者简介: 陈洪生 (1979-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 畜产品加工

通讯作者: 夏秀芳 (1973-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 畜产品加工

物, 但从食品安全性的角度考虑, 人工合成抗氧化剂的应用已经受到限制, 因此, 研究和开发天然植物来源的抗氧化剂, 以取代人工合成抗氧化剂具有十分重要的意义。Krishnan 等<sup>[1]</sup>研究发现, 将丁香、桂皮、牛至和黑芥子提取物添加到生鲜鸡肉中, 能够有效地抑制微生物的生长, 降低脂肪氧化, 提高感官特性, 并且延长了冷藏的货架期。Shan 等<sup>[2]</sup>研究发现, 将桂皮, 牛至, 丁香, 石榴果皮和葡萄籽等天然提取物应用于生鲜猪肉中, 能够降低菌落总数, 抑制室温贮藏肉品的脂肪氧化, 且丁香提取物表现出了最有效的抗微生物特性和最强的抗氧化活性。本研究是在前期对丁香提取物 (Clove Extract, CE) 抑制肌原纤维蛋白

(myofibrillarprotein, MP) 氧化引起的蛋白结构劣变和改善蛋白流变学特性<sup>[3]</sup>的基础上, 进一步研究 CE 对冷藏真空包装肉饼品质的控制作用, 旨在为 CE 在真空包装肉制品中的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

猪背最长肌、猪背部脂肪和丁香购于大庆新玛特超市; 没食子酸丙酯 (propyl gallate, PG)、2,4-二硝基苯肼、三氯乙酸、冰乙酸、氯仿和 2-硫代巴比妥酸等化学试剂, 购于 Sigma 公司均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

N-1000 型真空旋转蒸发仪, 上海爱朗仪器有限公司; T18 型高速匀浆机, 德国 IKA 公司; ZE6000 色差计, 日本色电工业株式会社; 酶标仪, Biorad 公司; TA-XT plus 型质构分析仪, 英国 Stable Micro System 公司; 真空包装机, 中宇包装有限公司; FW12 型绞肉机, 广东韶关市食品机械厂。

### 1.3 丁香提取物和肉饼的制备

#### 1.3.1 丁香提取物的制备

参照 Zhang 等<sup>[4]</sup>的提取过程, 具体如下: 首先将购买的丁香置于鼓风干燥箱中 45 °C 烘干, 然后经超微细粉碎机粉碎, 准确称取 50 g 干粉置于 500 mL 烧瓶中, 加 400 mL、95% 食用酒精与其充分混合, 然后在 55 °C 恒温摇床(100 r/min)振荡提取 12 h, 用 Whatman No.2 滤纸过滤, 取下残渣加入 200 mL 食用酒精再次提取 12 h 后再过滤。合并所有滤液后, 在旋转蒸发仪中 50 °C 浓缩, 取出浓缩液 40 °C、0.07 MPa 条件下进行真空干燥 24 h, 最后将提取物冷冻干燥, 得到终产物为胶黏状半固体, 再保存于 -20 °C 冰箱中备用。

#### 1.3.2 肉饼的制备和实验设计

肉饼的制备按照 Jia 等<sup>[5]</sup>的方法并稍做改动, 在 4 °C 冷库中进行, 基本配方为: 90% 瘦肉、10% 脂肪和 2% 食盐。去除猪肉背最长肌上的脂肪和筋膜, 切成 30 mm 厚的小块, 用绞肉机绞碎。首先将 1800 g 瘦肉、200 g 脂肪和 40 g 食盐混合均匀, 分成 4 等份, 分别作为对照组、CE 处理组和 PG 处理组。第 1 份为对照组, 不加任何抗氧化剂, 向第 2~3 份肉糜分别加入 0.25 g 和 0.50 g CE, 使提取物在肉糜中的最终含量为 0.50 g/kg 和 1.00 g/kg, 第 4 份加入 0.05 g PG, 使 PG 在肉糜中的终含量为 0.10 g/kg。将每组肉糜充分

混合均匀, 制成 50 g 重的肉饼, 直径约 7 cm, 厚度约 1 cm, 每个肉饼放入一个真空袋中, 用真空包装机封好, 4 °C 日光灯照射贮藏, 在第 0、4、8、12、24 d 测定各项品质指标。

### 1.4 测定指标

#### 1.4.1 羰基含量的测定

羰基含量的测定根据 Chen 等<sup>[3]</sup>的方法, 即: 取 1 mL 浓度为 2 mg/mL 的 MP 溶液置于塑料离心管中, 每管中加入 1 mL 2,4-二硝基苯肼浓度为 10 mM, 室温下反应 1 h, 期间每 5 min 旋涡振荡一次, 然后添加 1 mL、20% 三氯乙酸, 10000 r/min 离心 5 min, 弃清液, 用 1 mL 乙酸乙酯:乙醇 (1:1) 清洗沉淀 3 次除去未反应的试剂, 加 3 mL、6 mol/L 的盐酸胍溶液, 置于 37 °C 水浴保温 15 min 以溶解沉淀, 再 10000 r/min 下离心 3 min 后除去不溶物质, 所得物在 370 nm 下测吸光值。用  $22000 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  作为摩尔消光系数计算羰基含量, 羰基含量表示为 nmoL/mg MP; 蛋白含量用双缩脲法测定。

#### 1.4.2 肉饼硫代巴比妥酸值的测定

硫代巴比妥酸值 (Thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) 的测定依据 Jia 等<sup>[5]</sup>的方法, 并稍作修改。准确称取 2.00 g 肉饼样品于试管中, 加入 1.50 mL 硫代巴比妥酸溶液和 7.50 mL 三氯乙酸-盐酸溶液, 混匀后置于沸水浴中反应 30 min, 然后取出冷却, 取 5 mL 样品加入 5 mL 氯仿, 1000 r/min 离心 10 min, 于 532 nm 处读取吸光值。TBARS 值以每 kg 脂质氧化样品中丙二醛的 mg 数表示。计算公式如下:

$$\text{TBARS}(\text{mg}/\text{kg}) = A_{532}/W \times 9.48$$

式中,  $A_{532}$  为溶液的吸光值; W 为称量样品的质量 (g); 9.48 为常数。

#### 1.4.3 肉饼蒸煮损失的测定

肉饼蒸煮损失的测定根据 Xia 等<sup>[6]</sup>的方法进行, 精确称取试验肉样 50 g, 放入 100 °C 的沸水中煮制, 用热电偶测温仪测量肉饼样品的中心温度, 待中心温度达到 70 °C 时, 将肉样取出冷却后精确称重, 蒸煮损失用蒸煮前后肉的重量的变化来计算:

$$\text{蒸煮损失}(\%) = \frac{\text{蒸煮前肉重} - \text{蒸煮后肉重}}{\text{蒸煮前肉重}} \times 100\%$$

#### 1.4.4 肉饼质构特性的测定

根据 Huang 等<sup>[7]</sup>的方法进行质构 (Texture Profile Analysis, TPA) 测试, 具体为, 将待检测肉饼在 100 °C 蒸制 30 min, 待冷却至室温后, 采用 P/50 探头, 每个样做 10 个平行样, 取其平均值。质构仪的参数设定: 测试前速率为 3 mm/s, 测试和返回速率均为 2 mm/s,

测定模式为“strain”，测试前用高度校正。测试时样品高度压缩到原来高度的50%。

### 1.4.5 肉饼色差的测定

选用色差计反射模式。仪器经自检及调零、标准校正后，将肉饼试样铺满样品池底部，放置于载样台上进行测量，注意样品池底部不能有空隙。测定时，将样品池沿一个方向旋转三次，测定三次得到的值为平均值。

### 1.4.6 肉饼产品感官指标的测定

参照 Huang 等<sup>[7]</sup>的方法稍作修改，具体如下：由本课题组的教师和研究生组成 16 人感官评定小组，男女各半，将待检测肉饼产品在 100 °C 蒸制 30 min 后，切成 0.50 cm 的小块进行感官评定。采用双盲法进行检验，即对样品进行秘密编号（本试验采用三位随机数字），待测样品也随机化。在评定前首先品尝某样品进行“热身”训练。评定时评定成员相互不接触交流，单独进行，样品品评之前用清水漱口。评定指标包括质地、多汁性、酸败味和总体可接受性。评价指标采用 7 分制。对于质地，1=口感粗糙；7=口感光滑；对于多汁性，1=干燥，7=多汁；对于酸败味，1=感觉不到，7=严重的刺激气味；对于整体接受性，1=低，7=高。

## 1.5 统计分析

所得数据均为三次重复的平均值，结果表示为平均数±标准差。采用 Statistix 8.1（分析软件，St Paul, MN）软件包中 Linear Models 程序进行数据统计分析，平均数之间显著性差异 ( $p < 0.05$ ) 分析使用 Tukey HSD 程序，采用 Sigmaplot 9.0 软件作图。

## 2 结果与讨论

### 2.1 丁香提取物对肉饼羰基含量的影响

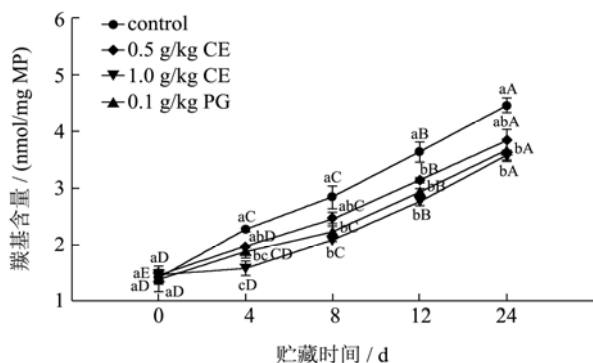


图 1 丁香提取物对真空包装冷藏肉饼羰基含量的影响

Fig.1 Influence of CE on the carbonyl content of vacuum-packaged pork patties during chilled storage

注：字母 a-d 相同表示同一冷藏时间下，不同处理间差异不显著 ( $p > 0.05$ )，不同表示差异显著 ( $p < 0.05$ )；字母 A-D 相同表示同一处理下，不同贮藏时间间差异不显著 ( $p > 0.05$ )，不同表示差异显著 ( $p < 0.05$ )；(下同)。

如图 1 所示，各组肉饼样品中的羰基含量均随贮藏时间的增加而显著增加 ( $p < 0.05$ )，抗氧化剂的添加不同程度地控制了羰基含量的增加，控制羰基增加效果的顺序为：1.00 g/kg CE > 0.10 g/kg PG > 0.50 g/kg CE。对照组肉饼第 0 d 的羰基含量为 1.49 nmol/mg 蛋白，贮藏至 24 d 后羰基含量达到 4.45 nmol/mg 蛋白，相同时间下，添加 1.00 g/kg CE、0.10 g/kg PG 和 0.50 g/kg CE 组样品的羰基含量分别降低了 20.20%、17.80% 和 13.50%，CE 的添加显著地控制了蛋白氧化的速度 ( $p < 0.05$ )。由此可见，CE 对蛋白羰基在贮藏中的氧化增加具有显著的控制作用。肉饼贮藏中产生的促氧化因子主要是脂肪氧化后产生的自由基和过氧化物，随着贮藏时间的延长脂肪氧化产物积累增加，使得蛋白质接触氧化因子的机会增加，从而导致了羰基含量的急剧上升<sup>[8]</sup>。CE 能够通过清除自由基作用和螯合金属离子作用来控制氧化的进程，也可以通过控制脂肪氧化来抑制脂肪氧化产物的积累，进而控制了蛋白羰基的增加。

Jongberg 等<sup>[9]</sup>在气调包装条件下，将白葡萄提取物添加到冷藏牛肉饼中发现提取物显著地抑制了牛肉饼中蛋白羰基含量和 TBARS 值的增加。Jia 等<sup>[5]</sup>研究了黑加仑提取物在猪肉饼贮藏中的作用，发现黑加仑提取物具有很好的抗氧化作用，并且在肉饼贮藏中，具有较好的控制羰基含量和 TBARS 值增加的作用。这些结果与本研究结果相一致，说明 CE 在肉饼贮藏中能够有效地控制蛋白质的氧化劣变。

### 2.2 丁香提取物对肉饼 TBARS 值的影响

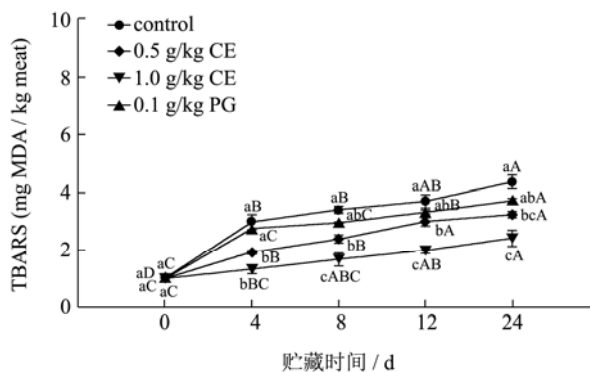


图 2 丁香提取物对真空包装冷藏肉饼 TBARS 值的影响

Fig.2 Influence of CE on the TBARS values of vacuum packaged pork patties during chilled storage

如图 2 所示, 各组肉饼样品的 TBARS 值均随贮藏时间的延长而显著增加( $p<0.05$ )。抗氧化剂的添加显著地控制了 TBARS 值的增加( $p<0.05$ ), 控制 TBARS 值增加效果的顺序为: 1.00 g/kg CE>0.50 g/kg CE>0.10 g/kg PG。对照组肉饼第 0 d 的 TBARS 值为 0.96 mg MDA/kg 肉, 贮藏至 24 d 后达到 4.32 mg/kg, 相同时间下, 添加 1.00 g/kg CE、0.50 g/kg CE 和 0.10 g/kg PG 组样品 TBARS 值分别降低了 44.40%、25.70% 和 14.40%, CE 的添加显著地抑制了肉饼贮藏中脂肪氧化的速度( $p<0.05$ )。整体来看 TBARS 值的增加速度并不明显, 这主要是由于肉饼采用真空包装, 较大程度地控制了脂肪的氧化。Jongberg 等<sup>[10]</sup>在研究绿茶和迷迭香提取物对 bologna 香肠影响时发现, 这两种提取物均能够有效地抑制 TBARS 值和羰基含量的增加。Jia 等<sup>[5]</sup>研究了黑加仑提取物在猪肉饼贮藏中的作用, 发现黑加仑提取物具有较强的抗氧化作用, 且在肉饼贮藏中具有较好的控制 TBARS 值和羰基含量增加的作用。Lund 等<sup>[11]</sup>报道的用迷迭香提取物等抗氧化剂, 结合无氧包装有效地抑制了冷藏牛肉饼中蛋白和脂肪的氧化, 这与本研究结果相一致。

### 2.3 丁香提取物对肉饼蒸煮损失的影响

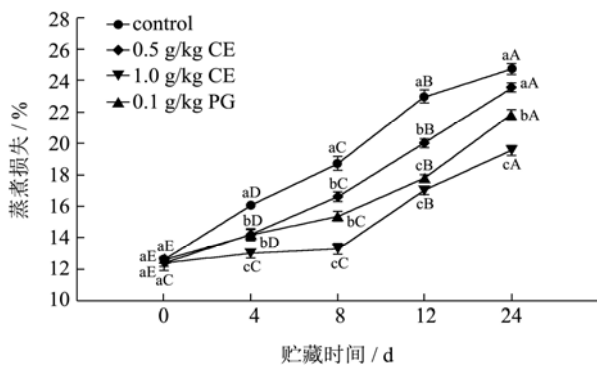


图 3 丁香提取物对真空包装冷藏肉饼蒸煮损失的影响

Fig.3 Influence of CE on the cooking loss of vacuum packaged pork patties during chilled storage

蒸煮损失是反映肌肉保水性的一个重要指标。肌肉的保水性直接影响肉的滋气味、颜色、多汁性、营养成分和嫩度等食用品质。由图 3 可以看出, 各组样品的蒸煮损失均随贮藏时间的延长而显著增加( $p<0.05$ )。抗氧化剂的添加均能够显著地控制蒸煮损失的增加( $p<0.05$ ), 未添加抗氧化剂肉饼第 0 d 的蒸煮损失为 12.80%, 第 24 d 的蒸煮损失增加了 1.98 倍, 添加 0.50 g/kg、1.00 g/kg CE 和 0.10 g/kg PG 组样品第 24 d 的蒸煮损失分别增加了 1.88、1.56 和 1.74 倍, CE 的添加显著地控制了蒸煮损失的增加( $p<0.05$ )。Xia 等<sup>[12]</sup>报道了反复冻融不但会引起猪背最长肌蛋白质的

氧化, 而且会增加肌肉的蒸煮损失, 并提出增加的蒸煮损失, 通常与肌球蛋白的变性有关, 另外, 也可能是氧化引起的蛋白降解, 从而弱化了肌原纤维晶格间的作用力所致。CE 的添加能够明显地抑制蒸煮损失的增加, 这主要是由于 CE 保护了能够形成凝胶空间网络结构的肌原纤维蛋白, 使其免受氧化因子的攻击, 从而保留了较好的凝胶形成能力。

### 2.4 丁香提取物对肉饼硬度和弹性的影响

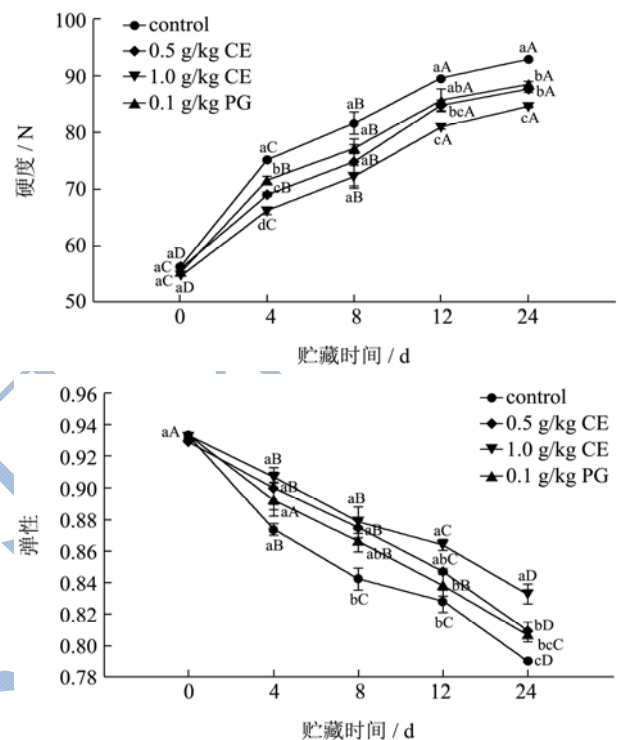


图 4 丁香提取物对真空包装冷藏肉饼硬度和弹性的影响

Fig.4 Influence of CE on the hardness and springiness of vacuum packaged pork patties during chilled storage

图 4 表示的是 CE 对真空冷藏肉饼硬度和弹性的影响。如图所示, 所有样品的硬度均随贮藏时间的延长而增加, 弹性则随贮藏时间的延长而下降, 添加抗氧化剂显著地抑制了肉饼产品硬度的增加和弹性的下降( $p<0.05$ )。第 0 d 对照组样品的硬度为 54.30 N, 弹性为 0.93, 贮藏 24 d 后, 硬度值增加了 1.74 倍, 弹性值下降了 15.05%; 添加 1.00 g/kg CE 组样品表现出最好的质构特性, 贮藏 24 d 后, 其硬度值增加了 1.58 倍, 弹性值下降了 10.75%。这些数据说明添加 1.00 g/kg CE 显著地控制了氧化引起的肉饼产品硬度增加和弹性降低, 说明 CE 能够有效控制蛋白氧化引起的结构变化, 进而控制凝胶形成的品质。真空包装肉饼产品的硬度较高, 弹性较差, 这可能是由于真空包装导致的滴水损失增加, 使肌纤维内部结构松散, 接触氧化因子的表面积增加, 易于受到自由基的攻击, 从

而形成了品质较差的凝胶结构。

多酚化合物能够抑制蛋白的氧化, 主要是通过抑制脂肪氧化的发生, 进而抑制蛋白质的氧化变性, 也可能是通过与蛋白分子结合, 并与其形成稳定的复合物而起作用<sup>[13]</sup>。Estévez 等<sup>[13]</sup>将迷迭香精油添加到法兰克福香肠中, 考察其对蛋白氧化的影响, 发现迷迭香

精油能够抑制蛋白质的氧化, 抑制贮藏中硬度的增加, 并能控制贮藏中弹性的下降, 这与本研究的结果相一致。

## 2.5 丁香提取物对肉饼颜色的影响

表 1 丁香提取物对真空包装冷藏肉饼色差值的影响

Table 1 Influence of CE on the L\*, a\*, and b\* values of vacuum-packaged pork patties during chilled storage

试验组	贮藏时间/d	色差		
		L*	a*	b*
对照	0	41.10±0.30 <sup>dA</sup>	16.70±0.10 <sup>aA</sup>	9.40±0.00 <sup>dA</sup>
	4	45.50±0.30 <sup>cA</sup>	11.40±0.20 <sup>bB</sup>	10.90±0.10 <sup>cA</sup>
	8	46.70±0.30 <sup>bA</sup>	10.10±0.10 <sup>cD</sup>	11.00±0.00 <sup>cA</sup>
	12	48.90±0.10 <sup>aA</sup>	9.30±0.40 <sup>cdC</sup>	11.70±0.10 <sup>bA</sup>
	24	49.60±0.30 <sup>aA</sup>	9.10±0.10 <sup>dB</sup>	12.70±0.20 <sup>aA</sup>
0.50 g/kg CE	0	41.20±0.20 <sup>dA</sup>	16.50±0.30 <sup>aA</sup>	9.50±0.20 <sup>cA</sup>
	4	41.70±0.20 <sup>dc</sup>	11.40±0.20 <sup>bB</sup>	9.90±0.10 <sup>cC</sup>
	8	43.10±0.20 <sup>cB</sup>	11.10±0.20 <sup>bcC</sup>	10.00±0.10 <sup>bcD</sup>
	12	44.90±0.10 <sup>bc</sup>	10.30±0.20 <sup>cdBC</sup>	10.60±0.10 <sup>bb</sup>
	24	46.30±0.10 <sup>ac</sup>	10.10±0.10 <sup>dA</sup>	11.20±0.20 <sup>ab</sup>
1.00 g/kg CE	0	41.40±0.20 <sup>dA</sup>	16.50±0.40 <sup>aA</sup>	9.50±0.10 <sup>dA</sup>
	4	41.70±0.20 <sup>dc</sup>	12.70±0.40 <sup>bA</sup>	10.00±0.00 <sup>cC</sup>
	8	43.70±0.20 <sup>cB</sup>	12.50±0.20 <sup>bA</sup>	10.30±0.00 <sup>bcC</sup>
	12	45.10±0.20 <sup>bc</sup>	11.40±0.10 <sup>cA</sup>	10.70±0.10 <sup>bb</sup>
	24	46.00±0.10 <sup>ac</sup>	10.00±0.10 <sup>dA</sup>	11.20±0.20 <sup>ab</sup>
0.10 g/kg PG	0	41.40±0.30 <sup>eA</sup>	16.60±0.10 <sup>aA</sup>	9.40±0.10 <sup>dA</sup>
	4	44.10±0.10 <sup>dB</sup>	12.70±0.30 <sup>bA</sup>	10.30±0.10 <sup>cB</sup>
	8	45.80±0.20 <sup>cA</sup>	11.80±0.10 <sup>cB</sup>	10.50±0.10 <sup>cB</sup>
	12	46.50±0.00 <sup>bb</sup>	10.30±0.20 <sup>dB</sup>	11.00±0.20 <sup>bb</sup>
	24	48.10±0.10 <sup>ab</sup>	10.10±0.10 <sup>dA</sup>	12.20±0.20 <sup>aA</sup>

注: 字母 a~d 相同表示同一处理下, 不同冷藏时间间差异不显著 ( $p>0.05$ ), 不同表示差异显著 ( $p<0.05$ ); 字母 A~D 相同表示同一贮藏时间下, 不同处理间差异不显著 ( $p>0.05$ ), 不同表示差异显著 ( $p<0.05$ ) (下同)。

表 1 列出了贮藏中各组肉饼 L\*值、a\*值和 b\*值的变化。所有样品的 a\*值均随贮藏时间的增加而下降。第 0 d 时, 对照、0.50 g/kg CE、1.00 g/kg CE 和 0.10 g/kg PG 组的 a\*值分别为 16.40、16.50、16.50 和 16.70, 贮藏至 24 d 后, 各组样品 a\*值分别为 9.10、10.10、10.00 和 10.10, 抗氧化剂的添加显著地抑制了肉饼颜色的劣变( $p<0.05$ ), 但整体来看 a\*值均较低, 这主要是由于真空包装条件下肉饼没有形成较多的氧化肌红蛋白所致。与此相反, L\*值和 b\*值随着贮藏期的延长逐渐增加。但抗氧化剂的添加不同程度地抑制了 L\*值和 b\*值的增加, 以 0.50 g/kg CE 和 1.00 g/kg CE 控制效果最为显著( $p<0.05$ )。肉颜色的劣变, 主要是由于肉中的肌红蛋白被氧化, 形成高铁肌红蛋白的结果,

另外, 脂肪的氧化产物与氨发生的非酶褐变反应, 也是导致肉颜色变差的一个主要途径<sup>[8]</sup>。Faustman 等<sup>[14]</sup>提出脂肪氧化的一级产物和二级产物与高铁肌红蛋白的积累呈正相关, 说明脂肪氧化也会导致肉颜色的劣变, 这与 TBARS 值的结果是一致的。Yu 等<sup>[15]</sup>也发现, 蒸煮鸡肉红度值的下降和黄度值的增加与脂肪氧化是相关的。Ganhão 等<sup>[16]</sup>发现富含花色苷的黑草莓能够改善蒸煮肉饼的颜色。这些结果与本研究结果相一致。

## 2.6 丁香提取物对肉饼感官指标的影响

CE 对肉饼产品感官品质的影响如表 2 所示, 随着贮藏时间的延长, 肉饼产品的质地、多汁性和整体接受性均发生了显著的下降 ( $p<0.05$ ), 酸败味呈显著

增加趋势 ( $p<0.05$ )。就肉饼产品质地而言, 贮藏到 24 d 时, 对照样评分为 4.09、0.50 g/kg CE 组为 4.24、1.00 g/kg CE 组为 4.33、0.10 g/kg PG 组为 4.17、1.00 g/kg CE 组评分最高, 但各组样品的质地均变粗糙; 这与肉饼产品贮藏中凝胶性下降的结果是一致的; 就多汁性而言, 贮藏 24 d 时对照样评分为 3.54、0.50 g/kg CE 组为 3.89、1.00 g/kg CE 组为 4.14、0.10 g/kg PG 组为 4.08, 肉饼多汁性的下降会引起肉制品发干、粗糙、缺少滑润感, 这个结果与肉饼产品的凝胶性下降和蒸煮损失增加的结果是一致的; 就酸败味来说, 贮藏 24 d 时对照样评分为 3.44、0.50 g/kg CE 组为 3.19、1.00 g/kg CE 组为 2.71、0.10 g/kg PG 组为 2.80, 肉制品的酸败味与脂肪氧化的程度 (TBARS) 密切相关,

随着贮藏时间的延长, 肉饼中的脂肪逐渐发生氧化, 终产物通常包括醛类或酮类物质, 这些物质在贮藏中产生酸败味, 使评分呈增加趋势; 添加 CE 的肉饼产品酸败味明显下降, 这与 TBARS 的结果相吻合; 就整体接受性而言, 贮藏 24 d 时对照样评分为 4.18、0.50 g/kg CE 组为 4.34、1.00 g/kg CE 组为 4.57、0.10 g/kg PG 组为 4.56。说明 CE 的添加显著地提高了肉饼产品的总体可接受性 ( $p<0.05$ )。Jongberg 等<sup>[9]</sup>研究了白葡萄提取物对冷藏牛肉饼感官品质的影响, 发现白葡萄提取物能够显著地抑制贮藏中酸败味和 TBARS 值的增加。本研究的感官指标结果与质构结果以及蒸煮损失的结果是一致的。

表 2 丁香提取物对真空包装冷藏肉饼感官指标的影响

Table 2 Influence of CE on the sensory evaluation of vacuum-packaged pork patties during chilled storage

试验组	贮藏时间/d	感官品质			
		质地	多汁性	酸败味	总体接受性
对照	0	6.47±0.16 <sup>aA</sup>	6.34±0.05 <sup>aA</sup>	1.05±0.07 <sup>dA</sup>	6.55±0.04 <sup>aA</sup>
	4	6.22±0.02 <sup>aAB</sup>	6.05±0.06 <sup>bA</sup>	1.22±0.02 <sup>dA</sup>	6.29±0.02 <sup>bB</sup>
	8	5.68±0.08 <sup>bB</sup>	5.57±0.05 <sup>cA</sup>	1.58±0.04 <sup>cA</sup>	5.57±0.04 <sup>cC</sup>
	12	5.35±0.06 <sup>bB</sup>	4.08±0.05 <sup>dB</sup>	2.01±0.08 <sup>bA</sup>	4.81±0.03 <sup>dC</sup>
	24	4.09±0.06 <sup>cB</sup>	3.54±0.05 <sup>eB</sup>	3.44±0.04 <sup>aA</sup>	4.18±0.03 <sup>cC</sup>
0.50 g/kg CE	0	6.54±0.16 <sup>aA</sup>	6.36±0.01 <sup>aA</sup>	1.05±0.07 <sup>eA</sup>	6.57±0.02 <sup>aA</sup>
	4	6.35±0.03 <sup>aA</sup>	6.20±0.04 <sup>aA</sup>	1.12±0.03 <sup>dAB</sup>	6.34±0.04 <sup>bB</sup>
	8	5.82±0.08 <sup>bAB</sup>	5.68±0.08 <sup>bA</sup>	1.51±0.01 <sup>cA</sup>	5.73±0.01 <sup>cB</sup>
	12	5.50±0.05 <sup>bAB</sup>	4.44±0.04 <sup>cA</sup>	1.72±0.02 <sup>bB</sup>	4.97±0.07 <sup>dBC</sup>
	24	4.24±0.05 <sup>cAB</sup>	3.89±0.04 <sup>dA</sup>	3.19±0.07 <sup>aB</sup>	4.34±0.07 <sup>eB</sup>
1.00 g/kg CE	0	6.71±0.01 <sup>aA</sup>	6.51±0.07 <sup>aA</sup>	1.05±0.03 <sup>dA</sup>	6.62±0.04 <sup>aA</sup>
	4	6.01±0.01 <sup>bBC</sup>	6.22±0.11 <sup>aA</sup>	1.11±0.01 <sup>dB</sup>	6.59±0.04 <sup>aA</sup>
	8	6.05±0.06 <sup>bA</sup>	5.74±0.10 <sup>bA</sup>	1.34±0.07 <sup>cB</sup>	5.88±0.07 <sup>bA</sup>
	12	5.59±0.01 <sup>cA</sup>	4.68±0.10 <sup>cA</sup>	1.49±0.02 <sup>bC</sup>	5.20±0.07 <sup>cA</sup>
	24	4.33±0.01 <sup>dA</sup>	4.14±0.09 <sup>dA</sup>	2.71±0.04 <sup>cC</sup>	4.57±0.07 <sup>dA</sup>
0.10 g/kg PG	0	6.55±0.14 <sup>aA</sup>	6.38±0.08 <sup>aA</sup>	1.00±0.07 <sup>eA</sup>	6.61±0.01 <sup>aA</sup>
	4	5.95±0.11 <sup>bC</sup>	6.25±0.07 <sup>aA</sup>	1.12±0.03 <sup>dAB</sup>	6.59±0.01 <sup>aA</sup>
	8	5.87±0.11 <sup>bAB</sup>	5.74±0.10 <sup>bA</sup>	1.41±0.01 <sup>cB</sup>	5.81±0.07 <sup>bAB</sup>
	12	5.43±0.05 <sup>cAB</sup>	4.62±0.07 <sup>cA</sup>	1.63±0.02 <sup>bBC</sup>	5.19±0.08 <sup>cAB</sup>
	24	4.17±0.05 <sup>dAB</sup>	4.08±0.07 <sup>cA</sup>	2.80±0.03 <sup>aC</sup>	4.56±0.09 <sup>dA</sup>

### 3 结论

将丁香提取物应用于真空包装冷藏肉饼的试验中发现, 提取物能够显著地降低蛋白羰基的含量, 降低了肉饼的 TBARS 值、蒸煮损失和酸败味, 抑制了贮藏中硬度值、L\*值和 b\*值的增加, 增加了弹性值和 a\*值, 提高了产品的多汁性和总体可接受性。这些结论为丁香提取物在肉类工业中的应用提供理论依据。

### 参考文献

- [1] Krishnan K R, Babuskin S, Babu P A S, et al. Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat [J]. International Journal of Food Microbiology, 2014, 171(2): 32-40
- [2] Shan B, Cai Y Z, Brooks J D, et al. Antibacterial and antioxidant effects of five spice and herb extracts as natural

- preservatives of raw pork [J]. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 2009, 89(11): 1879-1885
- [3] Chen H S, Diao J J, Li Y Y, et al. The effectiveness of clove extracts in the inhibition of hydroxyl radical oxidation-induced structural and rheological changes in porcine myofibrillar protein [J]. *Meat Science*, 2016, 111: 60-66
- [4] Zhang H Y, Kong B H, Xiong Y L, et al. Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4 °C [J]. *Meat Science*, 2009, 81(4): 686-692
- [5] Jia N, Kong B H, Liu Q, et al. Antioxidant activity of black currant (*Ribes nigrum L.*) extract and its inhibitory effect on lipid and protein oxidation of pork patties during chilled storage [J]. *Meat Science*, 2012, 91(4): 533-539
- [6] Xia X F, Kong B H, Liu J, et al. Influence of different thawing methods on physicochemical changes and protein oxidation of porcine longissimus muscle [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2012, 46(1): 280-286
- [7] Huang L, Liu Q, Xia X, et al. Oxidative changes and weakened gelling ability of salt-extracted protein are responsible for textural losses in dumpling meat fillings during frozen storage [J]. *Food Chemistry*, 2015, 185: 459-469
- [8] Lund M N, Heinonen M, Baron C P, et al. Protein oxidation in muscle foods: A review [J]. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2011, 55(1): 83-95
- [9] Jongber S, Skov S H, Tøngren M A, et al. Effect of white grape extract and modified atmosphere packaging on lipid and protein oxidation in chill stored beef patties [J]. *Food Chemistry*, 2011, 128(2): 276-283
- [10] Jongber S, Tøngren M A, Gunvig A, et al. Effect of green tea or rosemary extract on protein oxidation in Bologna type sausages prepared from oxidatively stressed pork [J]. *Meat Science*, 2013, 93(3): 538-546
- [11] Lund M N, Hviid M S, Skibsted L H. The combined effect of antioxidants and modified atmosphere packaging on protein and lipid oxidation in beef patties during chill storage [J]. *Meat Science*, 2007, 76(2): 226-233
- [12] Xia X, Kong B, Liu Q, et al. Physicochemical change and protein oxidation in porcine longissimus dorsi as influenced by different freeze-thaw cycles [J]. *Meat Science*, 2009, 83(2): 239-245
- [13] Estévez M, Ventanas S, Cava R. Protein oxidation in Frankfurters with increasing levels of added rosemary essential oil: effect on color and texture deterioration [J]. *Journal of Food Science*, 2005, 70(7): c427-c432
- [14] Faustman C, Sun Q, Mancini R, et al. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control [J]. *Meat Science*, 2010, 86(1): 86-94
- [15] Yu L H, Lee E S, Jeong J Y, et al. Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles [J]. *Meat Science*, 2005, 71(2): 375-382
- [16] Ganhão R, Morcuende D, Estévez M. Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage [J]. *Meat Science*, 2010, 85(3): 402-409