

# 丁香提取物对冷藏肉饼品质的控制作用

陈洪生<sup>1</sup>, 刁静静<sup>2</sup>, 孔保华<sup>3\*</sup>, 张瑞红<sup>1</sup>, 贺旺林<sup>1</sup>

<sup>1</sup>黑龙江八一农垦大学食品学院, 大庆 163319; <sup>2</sup>黑龙江八一农垦大学国家杂粮工程技术研究中心, 大庆 163319; <sup>3</sup>东北农业大学食品学院, 哈尔滨 150030

**摘要:** 为了控制冷藏肉饼贮藏中品质的劣变, 本研究按 0.5 g/kg 和 1.0 g/kg 将丁香提取物和 0.1 g/kg 没食子酸丙酯添加到肉饼中, 以未添加抗氧化剂肉饼作对照, 采用托盘包装 4 °C 贮藏, 研究肉饼在贮藏 0、4、8、12 d 后品质的变化情况, 包括: 羰基含量、硫代巴比妥酸值、蒸煮损失、质构、色差、感官评定和肉饼中水分的相态分布等。结果表明: 添加丁香提取物显著地降低了肉饼蛋白的羰基含量 ( $P < 0.05$ ), 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, 延缓了  $a^*$  值的下降, 改善了产品的弹性和感官特性, 缩短了  $T_{21}$  弛豫时间, 说明丁香提取物能够有效地控制肉饼冷藏中的品质劣变。

**关键词:** 丁香提取物; 冷藏; 肉饼; 品质

中图分类号: TS251

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.3.022

## Effectiveness of Clove Extracts on Inhibiting the Quality Deterioration of Pork Patties Stored at 4 °C

CHEN Hong-sheng<sup>1</sup>, DIAO Jing-jing<sup>2</sup>, KONG Bao-hua<sup>3\*</sup>, ZHANG Rui-hong<sup>1</sup>, HE Wang-lin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> College of Food Science, Heilongjiang BaYi Agricultural University, Daqing 163319, China;

<sup>2</sup> National Coarse Cereals Engineering Research Center, Heilongjiang BaYi Agricultural University,

Daqing 163319, China; <sup>3</sup> College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China

**Abstract:** In order to inhibit the quality deterioration of pork patties, it was added with 0.5, 1.0 g/kg clove extract and 0.1 g/kg propyl gallate and stored at 4 °C for 0, 4, 8 and 12 d, respectively. Then the carbonyl content, TBARS value, cooking loss, TPA, color, sensory evaluations and water distribution were determined to evaluate the quality change. The clove extract treatments significantly decreased the TBARS value, carbonyls conformation, and reduced the cooking loss and tapinoma-odor, inhibited the increase of hardness,  $L^*$  and  $b^*$ , postponed the decrease of  $a^*$ , improved springness and sensory score, decreased the  $T_{21}$  relaxation time of pork patties. These results suggested that the clove extract effectively controlled the quality deterioration of pork patties at 4 °C.

**Key words:** clove extract; chilled storage; 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, 甚至会产生有毒化合物, 从而降低了食品的营养价值和感官特性<sup>[1]</sup>。肉品中脂肪氧化劣变带来的品质问题早已有许多研究报道, 近年来, 关于蛋白质氧化对肌肉食品影响的研究, 已成为肉品领域的研究热点。在模拟体系中开展的一些研究已经证实氧化过程会导致肌肉蛋白发生聚合、降解或导致蛋白溶解性、功能性、颜色和质构的变

化<sup>[2]</sup>。Estévez 等<sup>[3]</sup>也已经阐明了蛋白氧化对颜色和质构的消极影响。Krishnan 等<sup>[4]</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>[5]</sup>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, 抑制室温贮藏期间的脂肪氧化, 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。

冷却肉饼产品是欧美等发达国家消费量最大的肉制品之一, 近年来在我国也呈现逐年上升的趋势。本研究是在前期对丁香提取物 (Clove Extract, CE) 抑制肌原纤维蛋白 (myofibrillar protein, MP) 氧化引

起的蛋白结构劣变的基础上<sup>[6]</sup>,进一步研究 CE 对冷藏肉饼品质的控制作用,旨在为 CE 在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、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 型真空旋转蒸发器,上海爱朗仪器有限公司;Mq-20 低场核磁共振分析仪,德国布鲁克公司;ZE6000 色差计,日本色电工业株式会社;Nano ZS 动态光散射仪,马尔文仪器有限公司;TA-XT plus 型质构分析仪,英国 Stable Micro System 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>[7]</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 ℃ 烘干,然后经超微粉碎机粉碎,用 95% 食用酒精与其充分混合,提取,用真空旋转蒸发器浓缩,最后将提取物冷冻干燥,该方法的提取率约为 28.37%,得到终产物为胶黏状半固体保存于 -20 ℃ 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>[8]</sup>的方法并稍做改动,在 4 ℃ 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,每份肉重约为 500 g,分别作为对照组、两个 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 份肉饼分别加入 0.25 g 和 0.5 g CE,使提取物在肉饼中的最终含量为 0.5 g/kg 和 1.0 g/kg,第 4 份加入 0.05 g PG,使 PG 在肉饼中的终含量为 0.1 g/kg。将每组肉饼充分混合均匀,制成 50 g 重的肉饼,直径约 7 cm,厚度约 1 cm,每个肉饼放入一个托盘中,用保鲜膜封好,4 ℃ 日光灯照射贮藏,在第 0、4、8、12 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 Oliver 等<sup>[9]</sup>的方法稍作修

改,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。最后将所得物在 370 nm 下测吸光值。用 22000 /M·cm 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>[8]</sup>的方法,并稍作修改。准确称取 2.0 g 肉饼样品于试管中,加入 1.5 mL 硫代巴比妥酸溶液和 7.5 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 rpm 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>[10]</sup>的方法进行,精确称取试验肉样 50 g,放入 100 ℃ 的沸水中煮制,用热电耦测温仪测量肉饼样品的中心温度,待中心温度达到 70 ℃ 时,将肉样取出冷却后精确称重,煮制损失用煮制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>[11]</sup>的方法进行质构(Texture Profile Analysis, TPA)测试,具体为:将生肉饼于 80 ℃ 加热 30 min 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>[11]</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 0.5 cm 的小块进行感官评定。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。

#### 1.4.7 低场核磁测定肉饼中水分分布

按照 Aursand 等<sup>[12]</sup>的方法,将猪肉饼样品置于测定试管中(直径 1.8 cm,高度 18 cm)进行低场核磁水分分布的测定。低场核磁共振分析仪的磁场强度设置为 0.47 T,质子共振频率为 20 MHz。使用 Carr-Purcell-Meiboom-Gill (CPMG) 程序测定肉饼内芯中的弛豫时间  $T_2$ 。对每一个样品,测定时会自动扫描 16 次,每次扫描重复的时间间隔为 2 s。测定后每个样品的  $T_2$ ,采用 CONTIN 软件进行反演,反映出相应样品的弛豫时间( $T_{21}$  和  $T_{22}$ )及峰面积( $A_{21}$  和  $A_{22}$ )。

#### 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

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:1.0 g/kg CE > 0.1 g/kg PG > 0.5 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 12 d 后达到 5.32 nmol/mg 蛋白,相同时间下,添加 1.0 g/kg CE、0.1 g/kg PG、0.5 g/kg CE 组样品的羰基含量分别降低了 23.87%、19.4% 和 8.8%,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过氧化物以及自由基<sup>[13]</sup>,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。这个

结果与前期研究 CE 对单纯 MP 氧化控制的结果基本一致<sup>[6]</sup>。

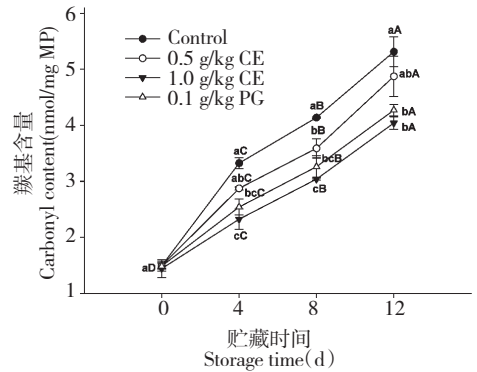


图 1 丁香提取物对冷藏肉饼羰基含量的影响

Fig. 1 Effect of CE on carbonyl content of meat paste during chilled storage

注:字母 A-D 不相同表示同一处理下,不同贮藏时间间差异显著;字母 a-d 不相同表示同一冷藏时间下,不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )(下图同)。

Note: Uppercase letters (A-D) indicated significant differences between storage time for the same treatment, and lowercase letters (a-d) indicated significant differences between treatments at the same time point ( $P < 0.05$ ). Same as below.

### 2.2 丁香提取物对肉饼 TBARS 值的影响

如图 2 所示,各组肉饼样品中的 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:1.0 g/kg CE > 0.5 g/kg CE > 0.1 g/kg PG。对照组肉饼第 0 d 的 TBARS 值为 0.96 mg MDA/kg 肉,贮藏至 12 d 后达到 8.15 mg/kg,相同时间下,添加 1.0 g/kg CE、0.5 g/kg CE、0.1 g/kg PG 组样品 TBARS 值分别降低了 71.8%、67.5% 和 34.4%,CE 的添加显著地抑制了

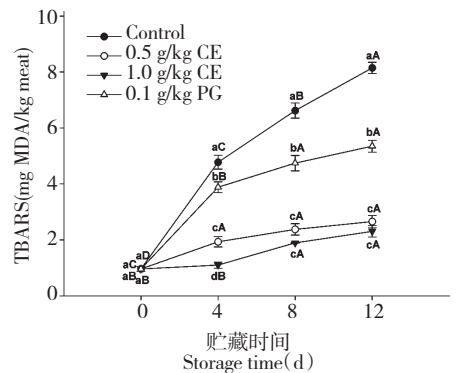


图 2 丁香提取物对冷藏肉饼 TBARS 值的影响

Fig. 2 Effect of CE on TBARS values of meat paste during chilled storage

肉饼贮藏中脂肪氧化的速度( $P < 0.05$ ),这些数据也表明 CE 抑制肉饼脂肪氧化的能力要强于 PG。本课题组前期研究了黑加仑提取物在猪肉饼贮藏中的应用,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碳基含量和 TBARS 值增加的作用<sup>[8]</sup>,这与本研究的结论是一致的。

### 2.3 丁香提取物对肉饼蒸煮损失的影响

由图 3 可知,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 12.8%,第 12 d 的蒸煮损失增加了 1.59 倍,添加 0.5 g/kg、1.0 g/kg CE 和 0.1 g/kg PG 组样品第 12 d 的蒸煮损失分别增加了 1.39、1.46 和 1.43 倍,CE 的添加显著地控制了蒸煮损失的增加( $P < 0.05$ ),但数据显示,三个处理组肉饼的蒸煮损失之间并没有显著的差异( $P > 0.05$ ),说明这两组 CE 的添加浓度,对产品的蒸煮损失影响不大。Xia 等<sup>[14]</sup>报道了反复冻融会引起蛋白质的氧化,从而增加了肌肉的蒸煮损失。CE 的添加显著地抑制了蛋白质的氧化,从而更好地保持了肌原纤维蛋白的凝胶形成能力。

### 2.4 丁香提取物对肉饼硬度和弹性的影响

图 4 分别表示的是 CE 对肉饼产品贮藏中硬度和弹性的影响。如图所示,所有样品的硬度均随贮藏

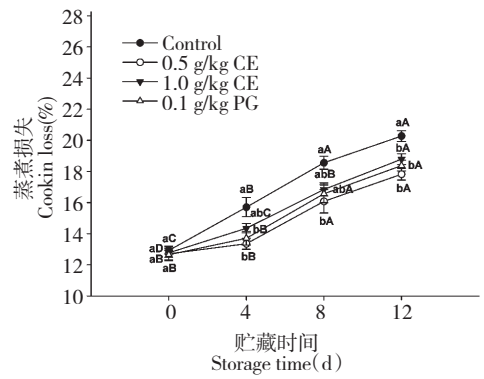


图 3 丁香提取物对冷藏肉饼蒸煮损失的影响

Fig. 3 Effect of CE on cooking loss of meat paste during chilled storage

时间的延长而增加,而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 54.3 N,弹性为 0.93,贮藏 12 d 后,硬度值增加了 1.62 倍,弹性值下降了 9.68%;添加 1.0 g/kg CE 组样品表现出最好的质构特性,贮藏 12 d 后,其硬度值增加了 1.22 倍,弹性值下降了 5.91%。这些数据说明添加 1.0 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,该结果与前期流变学的研究结果相一致<sup>[6]</sup>,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。

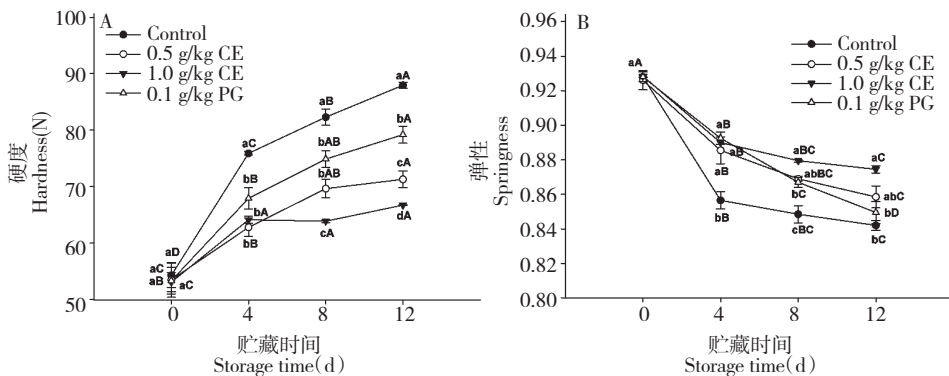


图 4 丁香提取物对冷藏肉饼硬度(A)和弹性(B)的影响

Fig. 4 Effect of CE on hardness(A) and springiness(B) of meat paste during chilled storage

### 2.5 丁香提取物对肉饼颜色的影响

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、0.5 g/kg CE、1.0 g/kg CE 和 0.1 g/kg PG 组的  $a^*$  值分别为 16.4、16.5、16.5、

16.7,贮藏至 12 d 后,各组样品  $a^*$  值分别为 10.6、11.9、12.2、11.3,分别下降了 35.37%、27.88%、26.06%、32.33%,0.5 g/kg CE 和 1.0 g/kg CE 的添加显著地抑制了肉饼颜色的劣变( $P < 0.05$ )。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 0.5 g/kg CE 和 1.0 g/kg CE 控制效果最为显著( $P < 0.05$ )。Yu 等<sup>[15]</sup>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。Jia

等<sup>[8]</sup>采用黑加仑提取物添加到猪肉饼中,抑制了红度值的下降,降低了 TBARS 值,这与本研究的结果相一致。

表 1 丁香提取物对冷藏肉饼色差值的影响

Table 1 Effect of CE on  $L^*$ 、 $a^*$  and  $b^*$  values of meat paste during chilled storage

组别 Group	贮藏时间 Day	颜色 Color		
		$L^*$	$a^*$	$b^*$
对照 Control	0	45.4 ± 0.0 <sup>aD</sup>	16.4 ± 0.3 <sup>aA</sup>	9.5 ± 0.4 <sup>aD</sup>
	4	48.6 ± 0.1 <sup>aCA</sup>	13.4 ± 0.2 <sup>bB</sup>	11.1 ± 0.1 <sup>aC</sup>
	8	49.7 ± 0.2 <sup>aB</sup>	11.6 ± 0.5 <sup>bC</sup>	12.5 ± 0.1 <sup>aB</sup>
	12	51.6 ± 0.4 <sup>aA</sup>	10.6 ± 0.3 <sup>bC</sup>	13.8 ± 0.1 <sup>aA</sup>
0.5 g/kg CE	0	45.4 ± 0.6 <sup>aB</sup>	16.5 ± 0.3 <sup>aA</sup>	9.8 ± 0.0 <sup>aC</sup>
	4	46.6 ± 0.4 <sup>eB</sup>	14.4 ± 0.2 <sup>aB</sup>	10.0 ± 0.1 <sup>bB</sup>
	8	49.1 ± 0.2 <sup>aA</sup>	12.4 ± 0.3 <sup>abC</sup>	10.5 ± 0.1 <sup>eA</sup>
	12	49.2 ± 0.2 <sup>bcA</sup>	11.9 ± 0.1 <sup>aC</sup>	10.6 ± 0.0 <sup>eA</sup>
1.0 g/kg CE	0	45.6 ± 0.1 <sup>aC</sup>	16.5 ± 0.4 <sup>aA</sup>	9.5 ± 0.1 <sup>aB</sup>
	4	47.2 ± 0.1 <sup>bcB</sup>	14.4 ± 0.3 <sup>aB</sup>	9.6 ± 0.0 <sup>eAB</sup>
	8	48.1 ± 0.1 <sup>bA</sup>	13.7 ± 0.2 <sup>aB</sup>	9.7 ± 0.1 <sup>dAB</sup>
	12	48.3 ± 0.1 <sup>eA</sup>	12.2 ± 0.2 <sup>aC</sup>	9.8 ± 0.0 <sup>dA</sup>
0.1 g/kg PG	0	45.3 ± 0.1 <sup>aC</sup>	16.7 ± 0.4 <sup>aA</sup>	9.7 ± 0.1 <sup>aD</sup>
	4	48.1 ± 0.1 <sup>abB</sup>	13.6 ± 0.2 <sup>abB</sup>	10.2 ± 0.1 <sup>bC</sup>
	8	49.5 ± 0.2 <sup>aA</sup>	12.0 ± 0.2 <sup>bC</sup>	11.3 ± 0.1 <sup>bB</sup>
	12	50.0 ± 0.3 <sup>ba</sup>	11.3 ± 0.3 <sup>abC</sup>	11.7 ± 0.1 <sup>aB</sup>

注:字母 A-D 不相同表示同一处理下,不同贮藏时间间差异显著;字母 a-d 不相同表示同一冷藏时间下,不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )(下表同)。

Note: Uppercase letters (A-D) indicated significant differences between storage time for the same treatment, and lowercase letters (a - d) indicate significant differences between treatments at the same time point ( $P < 0.05$ ). Same as below.

## 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 12 d 时,对对照样评分下降了 17.52%、0.5 g/kg CE 组下降了 16.28%、1.0 g/kg CE 组下降了 15.13%、0.1 g/kg PG 组下降了 15.73%,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相一致;就多汁性而言,对对照样下降了 20.98%、0.5 g/kg CE 组下降了 17.95%、1.0 g/kg CE 组下降了 17.85%、0.1 g/kg PG 组下降了 17.32%,肉饼多汁性的下降也会引起肉制品发干、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,对对照样增加了 4.5 倍、0.5 g/kg CE 组增加了 4.3

倍、1.0 g/kg CE 组增加了 3.8 倍、0.1 g/kg PG 组增加了 4.1 倍,肉制品的酸败味是与脂肪氧化的程度(TBARS)密切相关的,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 的肉饼产品酸败味分数明显下降,这个结果与 TBARS 的结果相吻合;就整体接受性而言,对对照样下降了 20.27%、0.5 g/kg CE 组下降了 18.45%、1.0 g/kg CE 组下降了 16.77%、0.1 g/kg PG 组下降了 18.00%,总体接受性是与质地、多汁性、风味等感官指标密不可分的一个综合性的评价指标,该指标的下降与质地、多汁性的下降和酸败味增加的变化趋势是一致的。Jongberg<sup>[16]</sup>等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。感官指标的结果与质构结果和

蒸煮损失的结果是一致的。

表2 丁香提取物对冷藏肉饼感官指标的影响

Table 2 Effect of CE on sensory evaluations of meat paste during chilled storage

组别 Group	贮藏时间 Day	感官品质 Sensory quality			
		质地 Texture	多汁性 Juiceness	酸败味 Tapinoma-odor	总体接受性 Total acceptability
对照 Control	0	6.45 ± 0.11 <sup>aA</sup>	6.34 ± 0.07 <sup>aA</sup>	1.05 ± 0.07 <sup>aD</sup>	6.56 ± 0.04 <sup>aA</sup>
	4	6.24 ± 0.03 <sup>ba</sup>	5.93 ± 0.02 <sup>bb</sup>	1.26 ± 0.05 <sup>aC</sup>	6.04 ± 0.01 <sup>eb</sup>
	8	5.74 ± 0.02 <sup>bb</sup>	5.26 ± 0.03 <sup>cC</sup>	1.74 ± 0.07 <sup>aB</sup>	5.56 ± 0.03 <sup>cC</sup>
	12	5.32 ± 0.01 <sup>cC</sup>	5.01 ± 0.01 <sup>cD</sup>	4.76 ± 0.04 <sup>aA</sup>	5.23 ± 0.01 <sup>cD</sup>
0.5 g/kg CE	0	6.51 ± 0.12 <sup>aA</sup>	6.35 ± 0.03 <sup>aA</sup>	1.05 ± 0.07 <sup>aD</sup>	6.56 ± 0.04 <sup>aA</sup>
	4	6.40 ± 0.07 <sup>aA</sup>	6.01 ± 0.07 <sup>bb</sup>	1.27 ± 0.04 <sup>aC</sup>	6.20 ± 0.07 <sup>aB</sup>
	8	5.91 ± 0.07 <sup>aB</sup>	5.33 ± 0.03 <sup>bcC</sup>	1.66 ± 0.07 <sup>bb</sup>	5.69 ± 0.03 <sup>bc</sup>
	12	5.45 ± 0.04 <sup>bc</sup>	5.21 ± 0.07 <sup>bd</sup>	4.51 ± 0.07 <sup>ba</sup>	5.35 ± 0.03 <sup>bd</sup>
1.0 g/kg CE	0	6.61 ± 0.03 <sup>aA</sup>	6.50 ± 0.04 <sup>aA</sup>	1.05 ± 0.07 <sup>aD</sup>	6.62 ± 0.04 <sup>aA</sup>
	4	6.46 ± 0.04 <sup>aB</sup>	6.17 ± 0.04 <sup>aB</sup>	1.39 ± 0.11 <sup>aC</sup>	6.11 ± 0.01 <sup>bb</sup>
	8	5.94 ± 0.06 <sup>aC</sup>	5.52 ± 0.04 <sup>aC</sup>	1.54 ± 0.02 <sup>cb</sup>	5.91 ± 0.01 <sup>bc</sup>
	12	5.61 ± 0.01 <sup>aD</sup>	5.34 ± 0.01 <sup>aC</sup>	4.03 ± 0.04 <sup>ca</sup>	5.51 ± 0.07 <sup>aD</sup>
0.1 g/kg PG	0	6.55 ± 0.14 <sup>aA</sup>	6.35 ± 0.08 <sup>aA</sup>	1.01 ± 0.07 <sup>aD</sup>	6.61 ± 0.01 <sup>aA</sup>
	4	6.45 ± 0.04 <sup>aA</sup>	6.16 ± 0.06 <sup>aA</sup>	1.21 ± 0.07 <sup>aC</sup>	6.12 ± 0.00 <sup>bb</sup>
	8	5.95 ± 0.04 <sup>aB</sup>	5.44 ± 0.06 <sup>abB</sup>	1.56 ± 0.03 <sup>cb</sup>	5.84 ± 0.02 <sup>aC</sup>
	12	5.52 ± 0.04 <sup>abC</sup>	5.25 ± 0.05 <sup>abB</sup>	4.12 ± 0.03 <sup>ca</sup>	5.42 ± 0.03 <sup>abD</sup>

## 2.7 丁香提取物对肉饼中水分存在状态的影响

表3表示的是肉饼在贮藏至12 d时的水分变化情况。水分的自由程度用弛豫时间来表示,各形式的水分含量采用峰面积表示。这些数据表明,贮藏12 d后,1.0 g/kg CE处理组的 $T_{21}$ 弛豫时间显著加快( $P < 0.05$ ),说明添加1.0 g/kg CE促进了不易流动水结合程度的增强,同时 $T_{21}$ 峰面积也显著高于

其他处理组,说明添加一定浓度CE后,肉饼的水分可能发生了相态的转化,即:从结合水和自由水向不易流动水转化,不易流动水含量的增加通常与肉饼制品的持水性呈正相关,这个结果与蒸煮损失的测定结果是一致的。各组样品的 $T_{2b}$ 峰面积之间存在较小的差异,说明这部分水(结合水)的结合程度并没有发生迁移。1.0 g/kg CE处理组的 $T_{22}$ 弛豫时间

表3 丁香提取物对冷藏12 d肉饼低场核磁 $T_2$ 弛豫时间和峰面积的影响

Table 3 Effect of CE on  $T_2$  relaxation time and peak area of meat paste during 12 days chilled storage

弛豫时间和峰面积 Relaxation time and Peak area	组别 Group			
	对照 Control	0.5 g/kg CE	1.0 g/kg CE	0.1 g/kg PG
$T_{2b}$ 弛豫时间 $T_{2b}$ relaxation time (ms)	0.6 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.02 <sup>a</sup>
$T_{21}$ 弛豫时间 $T_{21}$ relaxation time (ms)	43.5 ± 0.5 <sup>a</sup>	44.0 ± 0.3 <sup>a</sup>	38.0 ± 0.3 <sup>b</sup>	44.2 ± 0.4 <sup>a</sup>
$T_{22}$ 弛豫时间 $T_{22}$ relaxation time (ms)	210.0 ± 8.4 <sup>a</sup>	210.0 ± 10.3 <sup>a</sup>	180.0 ± 7.6 <sup>c</sup>	190.0 ± 8.6 <sup>b</sup>
$T_{2b}$ 峰面积 $T_{2b}$ peak area	149.0 ± 5.3 <sup>b</sup>	148.0 ± 10.3 <sup>b</sup>	153.2 ± 5.3 <sup>a</sup>	152.0 ± 6.2 <sup>a</sup>
$T_{21}$ 峰面积 $T_{21}$ peak area	277.0 ± 18.0 <sup>d</sup>	344.6 ± 18.9 <sup>b</sup>	346.0 ± 17.1 <sup>a</sup>	327.2 ± 17.6 <sup>c</sup>
$T_{22}$ 峰面积 $T_{22}$ peak area	20.0 ± 0.6 <sup>a</sup>	15.0 ± 0.5 <sup>b</sup>	15.0 ± 0.3 <sup>b</sup>	15.0 ± 0.7 <sup>b</sup>

注:同一行中,字母a-d不相同表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Means with different lowercase letters (a-d) differed significantly in the same line ( $P < 0.05$ ).

显著减小( $P < 0.05$ ),说明这部分水(自由水)的结合程度有所增加, $T_{22}$ 峰面积显著低于对照组( $P <$

0.05),说明部分纤维外自由流动的水,转化到了纤维的内部形成了不易流动水。通常  $T_{22}$  峰面积与肉饼产品持水力之间是呈负相关的,这与蒸煮损失和感官多汁性的结果是一致的。McDonnell 等<sup>[17]</sup>报道了保水性和  $T_2$  的关系,发现当保水性下降时,  $T_{21}$  弛豫时间增加,肉的保水性通常与  $T_{21}$  面积呈正相关,与  $T_{22}$  面积呈负相关,这与本实验得到的结果是一致的。

### 3 结论

将丁香提取物应用于冷藏肉饼的实验中发现,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,缩短了  $T_{21}$  弛豫时间,提高了肉饼中不易流动水的含量。由此可见,丁香提取物能够有效地控制冷藏肉饼的品质劣变。

#### 参考文献

- Morrissey PA, Sheehy PJA, Galvin K, et al. Lipid stability in meat and meat products. *Met Sci*, 1998, 49(5): S73-S86.
- Howell NK, Herman H, Li-Chan EC. Elucidation of protein-lipid interactions in a lysozyme-corn oil system by Fourier transform Raman spectroscopy. *J Agric Food Chem*, 2001, 49: 1529-1533.
- 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 Food Sci*, 2005, 70: c427-c432.
- Krishnan KR, Babuskin S, Babu PAS, et al. Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat. *Int J Food Microbiol*, 2014, 171(2): 32-40.
- Shan B, Cai YZ, Brooks JD, et al. Antibacterial and antioxidant effects of five spice and herb extracts as natural preservatives of raw pork. *J Sci Food Agric*, 2009, 89: 1879-1885.
- Chen HS, Diao JJ, Li YY, et al. The effectiveness of clove extracts in the inhibition of hydroxyl radical oxidation-induced structural and rheological changes in porcine myofibrillar protein. *Met Sci*, 2016, 111: 60-66.
- Zhang HY, Kong BH, Xiong YL, 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. *Met Sci*, 2009, 81: 686-692.
- Jia N, Kong BH, 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. *Met Sci*, 2012, 91: 533-539.
- Oliver CN, Ahn B, Moerman EJ, et al. Age-related changes in oxidized proteins. *J Bio Chem*, 1987, 262: 5488-5491.
- Xia X, Kong B, Liu J, et al. Influence of different thawing methods on physicochemical changes and protein oxidation of porcine longissimus muscle. *LWT-Food Sci Technol*, 2012, 46: 280-286.
- 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. *Food Chem*, 2015, 185: 459-469.
- Aursand IG, Lorena GJ, Ulf E, et al. Water distribution in brine salted cod (*Gadus morhua*) and salmon (*Salmo salar*): a low-field <sup>1</sup>H NMR study. *J Agr Food Chem*, 2008, 56: 6252-6260.
- Lund MN, Heinonen M, Baron CP, et al. Protein oxidation in muscle foods: A review. *Mol Nutr Food Res*, 2011, 55: 83-95.
- Xia XF, Kong BH, Liu Q, et al. Physicochemical change and protein oxidation in porcine longissimus dorsi as influenced by different freeze-thaw cycles. *Met Sci*, 2009, 83: 239-245.
- Yu LH, Lee ES, Jeong JY, et al. Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles. *Met Sci*, 2005, 71: 375-382.
- Jongber S, Skov SH, Tørrngren MA, et al. Effect of white grape extract and modified atmosphere packaging on lipid and protein oxidation in chill stored beef patties. *Food Chem*, 2011, 128: 276-283.
- McDonnell C, Allen P, Duggan E. The effect of salt and fiber direction on water dynamics, distribution and mobility in pork muscle: A low field NMR study. *Met Sci*, 2013, 95: 51-58.