

# 不同茶叶提取物对广式腊肠品质的影响

邱舒娴<sup>1</sup>, 聂春霖<sup>2</sup>, 阳运军<sup>1\*</sup>, 孙为正<sup>2\*</sup>, 郑丹纯<sup>1</sup>, 席向阳<sup>1</sup>, 王新光<sup>1</sup>

(1. 广州酒家集团利口福食品有限公司, 广东广州 511442)

(2. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

**摘要:** 天然多酚提取物, 如茶叶提取物常用于替代肉制品中的合成抗氧化剂。该研究通过测定水分含量、水分活度、硫代巴比妥酸反应物 (Thiobarbituric Acid Reactants, TBARS) 含量、以及质构、色差、低场核磁共振波谱和感官鉴定探究不同茶叶提取物对广式腊肠品质的影响。结果表明, 添加提取物的广式腊肠 TBARS 值由 9.83 mmol MDA/g 降低至 2.32 mmol MDA/g 以下, 挥发性盐基氮含量 (Total Volatile Basic Nitrogen, TVB-N) 由 0.17 mg/100 g N 降低至 0.07 mg/100 g N 以下。茶叶提取物的添加显著降低了广式腊肠的水分含量, 但对水分活度和水分组成无显著影响。在广式腊肠质构特性上, 绿茶、黄茶和乌龙茶提取物显著降低了腊肠硬度。色差上, 绿茶提取物的添加使腊肠红度由 16.10 上升至 18.89。感官特性上, 添加绿茶提取物的腊肠各项感官评分最高, 但大部分感官指标无显著差异。因此, 添加茶叶提取物可作为抑制广式腊肠加工过程中脂质氧化的有效手段, 绿茶提取物在感官和色度上最适合作为腊肠的天然抗氧化剂。

**关键词:** 广式腊肠; 茶叶提取物; 抗氧化; 质构

文章编号: 1673-9078(2023)07-170-176

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.7.1106

## Effects of Different Tea Extracts on the Quality of Cantonese Sausage

QIU Shuxian<sup>1</sup>, NIE Chunlin<sup>2</sup>, YANG Yunjun<sup>1\*</sup>, SUN Weizheng<sup>2\*</sup>, ZHENG Danchun<sup>1</sup>, XI Xiangyang<sup>1</sup>,  
WANG Xinguang<sup>1</sup>

(1. Guangzhou Restaurant Enterprises Group Likofu Foodstuff Co. Ltd., Guangzhou 511442, China)

(2. College of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Natural polyphenol extracts (e.g., tea extracts) are often used in place of synthetic antioxidants in meat products. The effects of different tea extracts on the quality of Cantonese sausage were examined through determining the water content, water activity, TBARS value, as well as texture, color difference, low-field Nuclear Magnetic Resonance spectra and sensory scores. The results showed that the TBARS value of the Cantonese sausage added with an extract decreased from 9.83 mmol MDA/g to the values lower than 2.32 mmol MDA/g, with their TVB-N values decreasing from 0.17 mg/100 g N to the values lower than 0.07 mg/100 g N. The addition of a tea extract significantly reduced the water content of the sausage, though having an insignificant effect on water activity or water composition. For the texture characteristics, green tea, yellow tea and oolong tea extract significantly reduced the hardness of the sausage. As for the color difference, the addition of green tea extract increased the redness of sausage from 16.10 to 18.89. In terms of sensory characteristics, the sausages with green tea extract had the highest sensory scores for all the sensory indices, though most of the indices showed insignificant difference. Therefore, tea extract can be used as an effective method to inhibit lipid oxidation during Cantonese sausage processing, and green tea extract is the most suitable natural antioxidant for Cantonese sausage considering sensation and color.

**Key words:** Cantonese sausage; tea extracts; antioxidation; texture

引文格式:

邱舒娴, 聂春霖, 阳运军, 等. 不同茶叶提取物对广式腊肠品质的影响[J]. 现代食品科技, 2023, 39(7): 170-176.

QIU Shuxian, NIE Chunlin, YANG Yunjun, et al. Effects of different tea extracts on the quality of cantonese sausage [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(7): 170-176.

收稿日期: 2022-09-04

基金项目: 国家重点研发项目 (2016YFD0401504-02); 广州市科技计划项目 (202206070052); 企事业委托项目 (利口福(合)-31-C-2020-026)

作者简介: 邱舒娴 (1996-), 女, 本科, 助理工程师, 研究方向: 食品加工与肉制品开发, E-mail: 594551388@qq.com

通讯作者: 阳运军 (1973-), 男, 专科, 助理工程师, 研究方向: 食品加工与肉制品开发, E-mail: 3091576351@qq.com; 共同通讯作者: 孙为正 (1983-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 农产品加工与贮藏, E-mail: fewzhsun@scut.edu.cn

茶是由茶树叶子制成的世界范围内分布最广泛的饮料。根据发酵程度的不同,茶可分为不发酵茶、半发酵茶和全发酵茶,如绿茶、乌龙茶和红茶。儿茶素类化合物是茶中的主要抗氧化活性物质,主要包括儿茶素、表儿茶素、表没食子儿茶素及表没食子儿茶素没食子酸酯等<sup>[1]</sup>。在发酵过程中,茶叶中的多酚氧化酶等氧化酶诱导发生酶促褐变反应,使儿茶素类化合物发生氧化聚合,生成茶黄素、茶红素等聚合物和衍生物<sup>[2]</sup>。

腊肠起源于南北朝前,记载于北魏《齐民要术》的“灌肠法”,并流传至今。广式腊肠发源于唐宋时期,是岭南地区特有的腊肠制品,其主要特点为外形美观、口感醇厚、色泽鲜艳等<sup>[3,4]</sup>。但广式腊肠的脂肪含量较高,在加工和储存过程中容易发生脂肪的降解和氧化<sup>[5]</sup>。添加抗氧化剂是抑制脂肪氧化的有效手段。近十几年来,考虑到合成抗氧化剂的潜在毒性,天然抗氧化剂如茶多酚等在食品中得到了广泛的应用<sup>[6-8]</sup>。然而,相对于合成抗氧化剂,天然抗氧化剂,特别是含有邻苯二酚结构的多酚在肉制品中的应用依然存在一定的问题,如茶多酚通过多酚-肌原纤维蛋白相互作用造成肉的乳化性、持水力和凝胶特性降低<sup>[9]</sup>,迷迭香提取物会导致香肠的酸味增加<sup>[10]</sup>。茶的发酵程度会影响茶叶提取物中多酚的结构,不同结构的多酚和肌原纤维蛋白的相互作用存在差异,不同的茶叶提取物对肉制品的影响也可能存在差异。因此,本文评价了绿茶、黄茶、乌龙茶和红茶提取物对广式腊肠质构和理化特性的影响,以探究含有不同结构多酚的茶叶水提取物在广式腊肠中的应用可行性。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料与试剂

绿茶、黄茶、红碎茶,广东鸿雁茶业有限公司;乌龙茶,崇德茶业有限公司;53度白酒,北京七星酒业有限责任公司;白糖,广州华侨制糖厂;食盐,广东省广盐集团有限公司;亚硝酸钠,四川金山制药有限公司;胶原蛋白肠衣,梧州神冠蛋白肠衣有限公司;猪肥膘、猪后腿肉,华南理工大学后勤集团;福林酚,国药集团化学试剂有限公司;其余试剂均为化学纯,购于天津市大茂化学试剂厂。

### 1.2 设备与仪器

FW100 高速粉碎机,天津市泰斯特仪器有限公司;Tenfly12 型绞肉机,腾辉电器有限公司;7L 灌肠机,瑞安市广丰机械厂;DGX-9843B-2 电热鼓风干燥

箱,上海福玛实验设备有限公司;UV1800 紫外可见分光光度计,日本岛津公司;TA-XT plus 物性测定仪,英国稳定微系统有限公司;Decagon Aqualab Series 4TE Duo 温控型高精度水活度仪测试仪,培安有限公司;WSC-2B 便携式精密色差仪,上海仪电分析仪器有限公司;NMI20-040H-I 核磁共振成像分析仪,苏州纽迈分析仪器有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 茶叶提取物的制备

茶叶提取物的制备参照付晓风<sup>[11]</sup>的方法,使用高速粉碎机将四种茶叶(绿茶、黄茶、乌龙茶和红茶)粉碎后,过40目筛,取筛下茶粉于-20℃冷冻备用。使用水为溶剂,在料液比1:30、80℃的条件下提取30min。提取液在8000g、4℃条件下离心20min,收集上清液备用。以没食子酸为标准品,使用福林酚法<sup>[12]</sup>测定水提取物中的茶多酚含量。

#### 1.3.2 广式腊肠的制备

广式腊肠的制备参照陈瑞霞<sup>[4]</sup>的配方,每350g猪后腿肉和150g猪肥膘中加入17.5g食盐,60g糖,0.6g味精,0.1g亚硝酸钠和20g白酒,空白组(blank)加入100g水,其余处理组分别加入一定体积的绿茶(Green Tea, GT)、黄茶(Yellow Tea, YT)、乌龙茶(Oolong Tea, OT)、红茶(Black Tea, BT)水提取物,使茶多酚最终浓度为300mg/kg肉,同时控制水和水提取物的总质量为100g。将配料混匀后灌肠、扎绳,于50℃烘干3h后,降低温度至45℃再烘干69h。

#### 1.3.3 水分含量和水分活度的测定

广式腊肠的水分含量参照GB 5009.3-2016《食品安全国家标准食品中水分的测定》<sup>[13]</sup>中的第一法直接干燥法进行测定。广式腊肠的水分活度使用水分活度仪进行测定。

#### 1.3.4 TBARS 值的测定

广式腊肠中TBARS值的测定参照孙为正<sup>[14]</sup>和Wang等<sup>[15]</sup>的方法,并作适当的改进。广式腊肠在加工过程中脂质氧化产生的丙二醛与硫代巴比妥酸(Thiobarbituric Acid, TBA)会在加热条件下生成粉色复合物,其最大吸收波长为532nm。但广式腊肠中添加的蔗糖和TBA试剂反应,从而对测定结果产生干扰,因此分别测定反应液450、532和600nm的吸光值,并根据各产物的摩尔吸光系数,扣除蔗糖-TBA复合物的干扰后计算样品的TBARS值。

#### 1.3.5 挥发性盐基氮的测定

参照GB 5009.228-2016《食品安全国家标准食品中挥发性盐基氮的测定》<sup>[16]</sup>中的第一法(半微量凯氏

定氮法)测定广式腊肠的TVB-N值。

### 1.3.6 低场核磁共振波谱的测定

使用 NMI20-040H-I 核磁共振成像分析仪测定了广式腊肠的横向弛豫时间( $T_2$ )。将广式腊肠切成 2 cm 高的圆柱体后放入核磁管中,使用 40 mm 探头,CPMG 模式测定广式腊肠的  $T_2$  弛豫时间,参数设置为  $W=200$  kHz,  $TW=7\ 000$  ms,  $NS=8$ ,  $TE=0.200$  ms,  $NECH=4\ 000$ 。每个实验组重复测定 8~12 次。

### 1.3.7 广式腊肠质构特性的测定

将广式腊肠切成 2 cm 高的圆柱体进行质构特性的测定。使用 TA-XT plus 物性测定仪测定广式腊肠的质构特性。选择 P36R 探头和 TPA 模式进行测定。测定参数为:测前速度 1.0 m/s,测中速度和测后速度均为 2.0 m/s,压缩比为 30%。每个实验组重复 8~12 次。

### 1.3.8 广式腊肠色差的测定

由于广式腊肠存在完整的肥丁,为避免取样不均匀带来的干扰,使用高速粉碎机将广式腊肠粉碎 30 s 后,使用色差仪测定广式腊肠肉末的亮度( $L^*$ )、红度( $a^*$ )和黄度( $b^*$ )值。

### 1.3.9 感官评价

广式腊肠经温水洗净后蒸汽加热 15 min,取出后切片备用。选取 11 名具有感官分析经验的科研人员对 5 种广式腊肠的感官特性进行评价。将不添加茶叶提取物的样品作为 5 分标准品,对其他样品进行 0~10 分的打分。感官分析指标主要为外观(红度、黄度、亮度和组织状态)、气味(酒香腊香、肉腥味和异味)、口味(咸味、甜味、异味和茶味)以及口感(多汁性、硬度和咀嚼性)。

### 1.3.10 数据分析

使用 SPSS 21 对实验数据进行方差分析,使用 Duncan 检验比较实验结果在  $P<0.05$  水平上的显著差异。每组实验至少三次平行。使用 Origin 2021 进行图形绘制。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同茶叶提取物的茶多酚含量

使用福林酚法测定不同茶叶提取物中的茶多酚含量,绿茶、黄茶、乌龙茶和红茶提取物中的茶多酚含量分别为 4.00、5.69、2.81 和 3.24 mg/mL。

### 2.2 不同茶叶提取物对广式腊肠水分含量与水分活度的影响

不同茶叶提取物对广式腊肠水分含量和水分活度的影响如表 1 所示,茶叶提取物显著降低了广式腊肠的水分含量,如添加绿茶提取物的腊肠水分含量由 12.27% 降低至 11.08%,但未对广式腊肠的水分活度造成显著影响。其中,添加绿茶提取物的处理组水分含量最低,这可能是由于绿茶提取物中儿茶素类化合物含量较高,这类具有邻二羟基结构的多酚在氧化条件下和肌原纤维蛋白的巯基和氨基发生迈克尔加成反应,降低肌原纤维蛋白的凝胶和持水性<sup>[9]</sup>,导致广式腊肠水分含量的降低。黄茶、乌龙茶和红茶在焖黄或发酵过程中,儿茶素类化合物发生氧化聚合,生成了如茶黄素、茶红素和茶褐素等多聚物<sup>[2]</sup>,其邻酚二羟基结构被破坏,与蛋白的共价相互作用变弱,对肉制品中肌原纤维蛋白持水性的影响更小。

表 1 不同茶叶提取物对广式腊肠水分含量、水分活度的影响

Table 1 Effects of different tea extracts on water content and water activity of Cantonese sausage

组别	blank	GT	YT	OT	BT
水分含量/%	12.27±0.72 <sup>b</sup>	11.08±0.49 <sup>a</sup>	11.26±0.73 <sup>ab</sup>	11.24±0.33 <sup>ab</sup>	11.60±0.15 <sup>ab</sup>
水分活度/(×10 <sup>-2</sup> )	62.36±0.24 <sup>a</sup>	61.56±0.18 <sup>a</sup>	62.16±0.07 <sup>a</sup>	62.11±0.56 <sup>a</sup>	62.29±0.81 <sup>a</sup>

注:同行右肩不同的小写字母表示具有显著差异( $P<0.05$ )。下表同。

### 2.3 不同茶叶提取物对广式腊肠脂质氧化的影响

不同茶叶提取物对广式腊肠脂质氧化的影响如图 1 所示,所有添加茶叶提取物的处理组 TBARS 值显著降低,由空白组的 9.83 mmol MDA/g 降低至低于 2.32 mmol MDA/g 证明多酚具有良好的抗氧化能力,能够阻断脂质氧化的链式反应<sup>[7]</sup>。Jayawardana 等<sup>[17]</sup>也发现绿茶和红茶提取物可以显著降低猪肉肠的 TBARS

值。添加不同的茶叶提取物处理组的 TBARS 值没有显著差异,这可能是由于添加不同茶叶提取物的腊肠所添加的酚浓度是相等的。向荣<sup>[5]</sup>的研究也表明桑葚多酚的添加降低了储藏期间广式腊肠的 TBARS 值。

### 2.4 不同茶叶提取物对广式腊肠蛋白质分解的影响

TVB-N 值反映广式腊肠加工过程中蛋白质的分解程度,与肉制品的新鲜程度相关。不同茶叶提取物对广

式腊肠蛋白质分解的影响如下图 2 所示,所有添加茶叶提取物的处理组 TVB-N 值显著降低,添加不同的茶叶提取物的广式腊肠 TVB-N 值没有显著差异,这也可能和其相同的多酚添加量有关。一方面,多酚可以抑制微生物的生长,抑制微生物产生的外源蛋白酶降解肉制品蛋白<sup>[18]</sup>。另一方面,茶多酚对内源性蛋白酶也可能具有抑制作用<sup>[19]</sup>。Xiang 等<sup>[20]</sup>的研究也发现桑葚多酚能抑制广式腊肠中微生物的生长,稳定腊肠的 TVB-N 值。

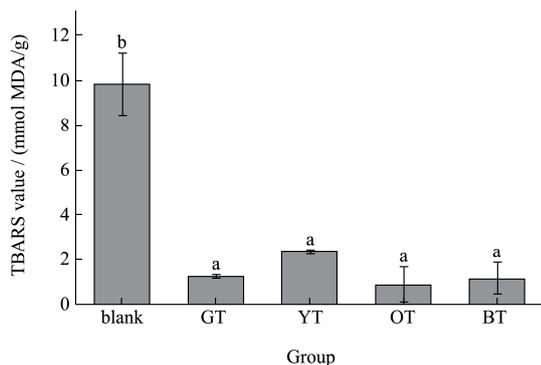


图 1 不同茶叶提取物对广式腊肠 TBARS 值的影响

Fig.1 Effects of different tea extracts on TBARS value of Cantonese sausage

注:图中小写字母表示具有显著差异 ( $P < 0.05$ )。图 2 同。

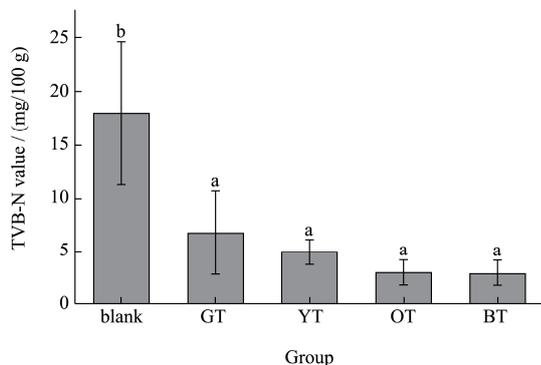


图 2 不同茶叶提取物对广式腊肠 TVB-N 值的影响

Fig.2 Effects of different tea extracts on TVB-N value of Cantonese sausage

表 2 添加不同茶叶提取物的广式腊肠  $T_2$  弛豫时间峰点位置和峰面积占比

Table 2 The  $T_2$  relaxation time peak position and peak area ratio of Cantonese sausage with different tea extracts

项目	$T_{21}/ms$	$T_{22}/ms$	$T_{23}/ms$	$P_{21}/%$	$P_{22}/%$	$P_{23}/%$
blank	1.77±0.27 <sup>a</sup>	68.76±7.17 <sup>c</sup>	425.54±59.61 <sup>a</sup>	40.16±7.19 <sup>a</sup>	59.28±7.18 <sup>a</sup>	0.55±0.11 <sup>a</sup>
GT	2.32±0.54 <sup>ab</sup>	63.05±3.79 <sup>ab</sup>	372.37±33.16 <sup>a</sup>	37.57±4.23 <sup>a</sup>	61.76±4.20 <sup>a</sup>	0.68±0.16 <sup>a</sup>
YT	1.83±0.52 <sup>a</sup>	65.67±4.12 <sup>bc</sup>	391.98±41.08 <sup>ab</sup>	38.06±6.76 <sup>a</sup>	61.40±6.67 <sup>a</sup>	0.58±0.12 <sup>a</sup>
OT	2.00±0.35 <sup>ab</sup>	59.35±3.05 <sup>a</sup>	357.75±41.20 <sup>a</sup>	39.31±7.72 <sup>a</sup>	60.05±7.63 <sup>a</sup>	0.64±0.16 <sup>a</sup>
BT	2.32±0.54 <sup>b</sup>	63.74±4.03 <sup>b</sup>	386.72±40.18 <sup>ab</sup>	39.50±7.02 <sup>a</sup>	59.90±6.92 <sup>a</sup>	0.60±0.16 <sup>a</sup>

2.6 不同茶叶提取物对广式腊肠质构特性的影响

2.5 不同茶叶提取物对广式腊肠水分分布的影响

低场核磁共振波谱可以反映食品中的水分分布。添加不同茶叶提取物的广式腊肠低场核磁波谱图及峰信息见表 2 和图 3。在图 3 中,每个样品可以观察到 3 个峰,这三个峰分别表征:结合水 ( $T_{21}$ ),不易流动水 ( $T_{22}$ ) 和游离水 ( $T_{23}$ )<sup>[21]</sup>。广式腊肠烘干过程水分丧失,导致表征自由水的  $T_{23}$  的峰面积占比很小。在峰点时间上,除黄茶提取物外,添加茶叶提取物的广式腊肠其  $T_{21}$  的弛豫时间变长,由 1.77 ms 增加至 2.00 ms 以上,说明腊肠中其结合水的结合强度变弱,  $T_{22}$  的峰点时间变短,由说明其不易流动水的结合变强<sup>[22]</sup>。这可能是因为蛋白-多酚相互作用破坏了广式腊肠中肌原纤维蛋白结构,导致其凝胶特性降低,蛋白与水的结合能力减弱<sup>[23]</sup>。而在峰面积占比上,所有的实验组不存在显著差异,证明茶叶提取物的添加并没有显著改变广式腊肠的水分组成,与水分活度的结果一致。

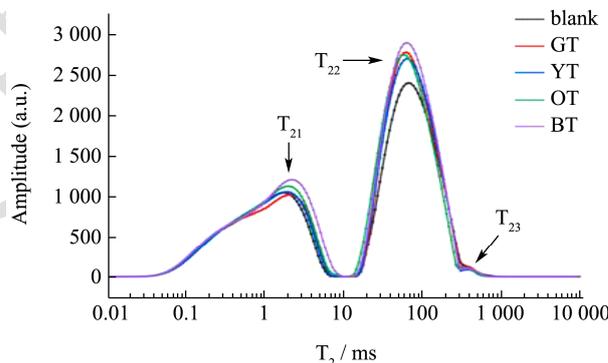


图 3 添加不同茶叶提取物的广式腊肠低场核磁波谱

Fig.3 The low-field nuclear magnetic resonance spectroscopy of Cantonese sausage with different tea extracts

多酚可以通过蛋白-多酚的相互作用影响肌原纤维蛋白的凝胶特性,进而影响肉制品的品质<sup>[24]</sup>。添加不同茶叶提取物的广式腊肠质构特性如表 3 所示。茶叶提取物的添加没有显著改变广式腊肠的弹性、内聚

力和回复性,显著降低了广式腊肠的硬度和咀嚼性。其中,绿茶提取物对广式腊肠的质构特性影响最大,添加绿茶提取物的广式腊肠硬度最低和咀嚼性最低,硬度由 11 239.25 g 下降至 9 139.73 g,而咀嚼性由 4 244.15 g 降低至 3 362.49 g。红茶提取物对广式腊肠的质构特性和空白组最相似,可能是因为红茶属于全发酵茶,儿茶素类化合物在发酵过程中转变为茶黄素、茶红素等聚合多酚,和肌原纤维蛋白巯基、氨基反应的能力减弱,进而对肉制品质构特性影响更小。曹云刚<sup>[25]</sup>也发现添加茶多酚会降低乳化香肠的质构特性。Zhou 等<sup>[26]</sup>的研究也表明,绿茶多酚会显著降低西式烟熏火腿的硬度,但富含花青素的葡萄籽提取物不会对腊肠的质构产生显著影响,证明多酚的结构和其对

肉制品质构特性的影响有关<sup>[27]</sup>。

## 2.7 不同茶叶提取物对广式腊肠色差的影响

不同茶叶提取物对广式腊肠色差的影响如表 4 所示,绿茶提取物显著降低了广式腊肠的亮度,并且提高了广式腊肠的红度,降低了广式腊肠的黄度。曹云刚<sup>[25]</sup>、Fan 等<sup>[18]</sup>也发现添加茶多酚可以通过降低亮度和增加红度来改善猪肉香肠的色差,这可能是由于儿茶素类化合物在加工过程中氧化聚合生成茶黄素、茶红素等聚合色素<sup>[28]</sup>。添加红茶提取物的广式腊肠的红度最低,这可能是由于红茶提取物中的茶红素等红色色素在加工中进一步氧化,生成茶褐素和其他聚合物,导致了红度的降低<sup>[29]</sup>。

表 3 不同茶叶提取物对广式腊肠质构特性的影响

Table 3 The effects of different tea extracts on texture of Cantonese sausage

项目	硬度/g	弹性	内聚力	咀嚼性/g	回复性
blank	11 239.25±1 093.34 <sup>c</sup>	0.75±0.04 <sup>a</sup>	0.50±0.03 <sup>a</sup>	4 244.15±605.45 <sup>b</sup>	0.15±0.01 <sup>a</sup>
GT	9 139.73±1 129.58 <sup>a</sup>	0.77±0.06 <sup>a</sup>	0.48±0.04 <sup>a</sup>	3 362.49±611.075 <sup>a</sup>	0.14±0.01 <sup>a</sup>
YT	10 056.27±1 139.76 <sup>ab</sup>	0.77±0.02 <sup>a</sup>	0.49±0.05 <sup>a</sup>	3 844.66±662.53 <sup>b</sup>	0.14±0.02 <sup>a</sup>
OT	10 115.95±1 563.49 <sup>ab</sup>	0.77±0.05 <sup>a</sup>	0.50±0.06 <sup>a</sup>	3 877.32±706.03 <sup>b</sup>	0.15±0.03 <sup>a</sup>
BT	10 766.98±1 335.45 <sup>bc</sup>	0.76±0.04 <sup>a</sup>	0.50±0.03 <sup>a</sup>	4 134.55±568.18 <sup>b</sup>	0.15±0.02 <sup>a</sup>

表 4 不同茶叶提取物对广式腊肠色差的影响

Table 4 The effects of different tea extracts on color variance of Cantonese sausage

项目	亮度 (L)	红度 (a*)	黄度 (b*)
blank	16.54±0.22 <sup>c</sup>	16.10±0.51 <sup>a</sup>	5.64±0.51 <sup>b</sup>
GT	11.71±0.84 <sup>a</sup>	18.89±0.66 <sup>b</sup>	5.45±0.37 <sup>a</sup>
YT	16.00±0.09 <sup>c</sup>	16.53±0.73 <sup>a</sup>	5.84±0.09 <sup>bc</sup>
OT	16.79±0.92 <sup>c</sup>	16.29±0.75 <sup>a</sup>	6.31±0.48 <sup>c</sup>
BT	14.77±0.18 <sup>b</sup>	15.94±0.74 <sup>a</sup>	7.01±0.40 <sup>d</sup>

表 5 不同茶叶提取物对广式腊肠感官特性的影响

Table 5 The effects of different tea extracts on sensory characteristic of Cantonese sausage

感官	GT	YT	OT	BT	
外观	瘦肉红度	5.00±1.57 <sup>a</sup>	5.05±1.35 <sup>a</sup>	6.45±1.68 <sup>ab</sup>	7.32±2.31 <sup>b</sup>
	肥肉黄度	5.18±1.72 <sup>a</sup>	5.14±0.84 <sup>a</sup>	5.14±1.79 <sup>a</sup>	5.77±1.17 <sup>a</sup>
	亮度	4.88±1.22 <sup>b</sup>	4.95±0.96 <sup>b</sup>	3.64±1.36 <sup>a</sup>	3.23±1.08 <sup>a</sup>
	组织状态	5.00±1.10 <sup>a</sup>	4.64±0.67 <sup>a</sup>	4.59±1.46 <sup>a</sup>	4.68±1.19 <sup>a</sup>
气味	酒香腊香	4.74±0.93 <sup>a</sup>	5.21±1.14 <sup>a</sup>	5.05±1.06 <sup>a</sup>	5.18±1.54 <sup>a</sup>
	肉腥味	4.91±0.70 <sup>a</sup>	4.27±1.35 <sup>a</sup>	4.82±1.08 <sup>a</sup>	4.91±1.22 <sup>a</sup>
	异味	4.55±1.21 <sup>a</sup>	4.55±1.21 <sup>a</sup>	4.64±1.21 <sup>a</sup>	4.64±1.21 <sup>a</sup>
口味	咸味	5.95±1.01 <sup>a</sup>	5.27±0.90 <sup>a</sup>	5.59±1.43 <sup>a</sup>	6.23±1.08 <sup>a</sup>
	甜味	4.42±1.25 <sup>a</sup>	4.91±1.38 <sup>a</sup>	4.68±0.84 <sup>a</sup>	4.27±1.01 <sup>a</sup>
	异味	4.55±1.21 <sup>a</sup>	4.64±1.20 <sup>a</sup>	4.73±1.27 <sup>a</sup>	4.73±1.27 <sup>a</sup>
	茶味	5.23±1.08 <sup>a</sup>	5.64±1.29 <sup>ab</sup>	5.95±1.11 <sup>ab</sup>	6.36±1.36 <sup>b</sup>
口感	多汁性	4.50±1.02 <sup>ab</sup>	4.94±1.02 <sup>b</sup>	3.95±1.31 <sup>ab</sup>	3.68±1.31 <sup>a</sup>
	硬度	5.64±1.12 <sup>a</sup>	5.91±0.94 <sup>a</sup>	6.41±0.92 <sup>a</sup>	6.68±1.79 <sup>a</sup>
	咀嚼性	5.27±1.35 <sup>a</sup>	5.86±1.14 <sup>a</sup>	5.41±1.96 <sup>a</sup>	5.41±2.01 <sup>a</sup>

## 2.8 不同茶叶提取物对广式腊肠感官特性的影响

不同的多酚可能给肉制品品质带来不同的影响,不同的茶叶提取物对广式腊肠的感官特性影响见表5。结果表明,红茶提取物和乌龙茶提取物在感官上显著地提高了广式腊肠瘦肉的红度,这与色差测定的结果不一致,这可能是由于色差测定时测定的样品为肉末,以及仪器测定和感官上的差异所致<sup>[30]</sup>。感官评价的黄度结果与色差测定一致。在多汁性上添加红茶提取物的广式腊肠评分最低,而绿茶评分最高。最后,添加红茶提取物的广式腊肠的茶味最强烈,说明红茶具有一定的制作红茶风味广式腊肠的潜力。在其余指标上不同广式腊肠的感官评分并没有显著差异,没有带来其他异味。说明茶叶提取物在抑制广式腊肠脂质氧化和蛋白分解的同时,并没有显著改变广式腊肠的感官特性。

## 3 结论

添加茶叶提取物可以显著抑制广式腊肠中的脂质氧化和蛋白分解,降低了其TBARS值和TVB-N值。同时,茶叶提取物的添加降低了广式腊肠的含水率,其中添加绿茶提取物的广式腊肠含水率最低,但并没有改变广式腊肠的水分活度。低场核磁共振波谱的结果表明茶叶提取物的降低了广式腊肠结合水结合强度,但各类水分的峰面积占比没有显著变化,说明不同组别的广式腊肠水分组成没有显著变化,与水分活度结果一致。对于广式腊肠的质构特性,茶叶提取物没有显著改变广式腊肠的回复性和内聚力,但绿茶提取物降低了广式腊肠质构特性,显著降低其硬度和咀嚼性,而红茶提取物对广式腊肠的质构特性影响最小。在色差上,绿茶提取物可以显著提高广式腊肠的红度,同时降低了广式腊肠的亮度,红茶提取物显著增加了广式腊肠的黄度。在感官特性上,茶叶提取物的添加对大部分感官指标没有显著影响,其中添加红茶提取物的广式腊肠红茶风味最显著。综合感官和色度各项指标,绿茶提取物更适合作为腊肠的天然抗氧化剂。

## 参考文献

[1] Khan N, Mukhtar H. Tea polyphenols in promotion of human health [J]. *Nutrients*, 2019, 11(1): 39.  
 [2] Da Silva Pinto M. Tea: A new perspective on health benefits [J]. *Food Research International*, 2013, 53(2): 558-567.  
 [3] 李微.基于鱼蛋白多肽开发的低钠盐及其在广式腊肠中的

应用研究[D].广州:华南理工大学,2019.

[4] 陈瑞霞.淘汰蛋鸡蛋白咸味增强肽的制备及其在广式腊肠中的应用研究[D].烟台:烟台大学,2020.  
 [5] 向荣.桑椹多酚对广式腊肠品质及其蛋白质氧化调控机理研究[D].广州:华南理工大学,2020.  
 [6] Chen G, Wang S, Feng B, et al. Interaction between soybean protein and tea polyphenols under high pressure [J]. *Food Chemistry*, 2019, 277: 632-638.  
 [7] Shahidi F, Ambigaipalan P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - A review [J]. *Journal of Functional Foods*, 2015, 18: 820-897.  
 [8] Papuc C, Goran G V, Predescu C N, et al. Plant polyphenols as antioxidant and antibacterial agents for shelf-life extension of meat and meat products: Classification, structures, sources, and action mechanisms [J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2017, 16(6): 1243-1268.  
 [9] Jongberg S, Terkelsen L D S, Miklos R, et al. Green tea extract impairs meat emulsion properties by disturbing protein disulfide cross-linking [J]. *Meat Science*, 2015, 100: 2-9.  
 [10] Jongberg S, Tornegren 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] 付晓风.鲜绿茶叶中茶多酚的提取和纯化研究[D].南昌:南昌大学,2012.  
 [12] 李丹,曹永,王华,等.茶叶提取物体外抗氧化活性与其功能性成分含量的相关性研究[J]. *食品与机械*,2018,34(6):163-168.  
 [13] GB 5009.3-2016,水分含量的测定[S].  
 [14] 孙为正.广式腊肠加工过程中脂质水解、蛋白质降解及风味成分变化研究[D].广州:华南理工大学,2011.  
 [15] Wang Q, Jia L, Shi D, et al. Effects of extracellular ATP on local and systemic responses of bean (*Phaseolus vulgaris* L) leaves to wounding [J]. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2019, 83(3): 417-428.  
 [16] GB 5009.228-2016,食品中挥发性盐基氮的测定[S].  
 [17] Jayawardana B C, Warnasooriya V B, Thotawattage G H, et al. Black and green tea (*Camellia sinensis* L.) extracts as natural antioxidants in uncured pork sausages [J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2019, 43(2): e13870.  
 [18] Fan W, Chen Y, Sun J, et al. Effects of tea polyphenol on quality and shelf life of pork sausages [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2014, 51(1): 191-195.  
 [19] Saito M, Saito K, Kunisaki N, et al. Green tea polyphenols

- inhibit metal loproteinase activities in the skin, muscle, and blood of rainbow trout [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50(24): 7169-7174.
- [20] Xiang R, Cheng J, Zhu M, et al. Effect of mulberry (*Morus alba*) polyphenols as antioxidant on physicochemical properties, oxidation and bio-safety in Cantonese sausages [J]. *LWT*, 2019, 116: 108504.
- [21] Zhang Z, Xiong Z, Lu S, et al. Effects of oxidative modification on the functional, conformational and gelling properties of myofibrillar proteins from *Culter alburnus* [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 162: 1442-1452.
- [22] Li J, Chen Y, Dong X, et al. Effect of chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein isolate on the heat-induced gelation properties of pork myofibrillar protein [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2021, 101(5): 2108-2116.
- [23] 彭林,马良,戴宏杰,等.多酚与肌原纤维蛋白相互作用机制及其对蛋白特性的影响研究进展[J].*食品科学*,2020,41(11): 239-246.
- [24] Guo A, Xiong Y L. Myoprotein-phytophenol interaction: Implications for muscle food structure-forming properties [J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2021, 20(3): 2801-2824.
- [25] 曹云刚.植物多酚对肉蛋白氧化稳定性和功能特性的影响机理及应用[D].无锡:江南大学,2016.
- [26] Zhou Y, Wang Q, Wang S. Effects of rosemary extract, grape seed extract and green tea polyphenol on the formation of N-nitrosamines and quality of western-style smoked sausage [J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2020, 44(6): e14459.
- [27] Guo A, Jiang J, True A D, et al. Myofibrillar protein cross-linking and gelling behavior modified by structurally relevant phenolic compounds [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2021, 69(4): 1308-1317.
- [28] Kusano R, Matsuo Y, Saito Y, et al. Oxidation mechanism of black tea pigment theaflavin by peroxidase [J]. *Tetrahedron Letters*, 2015, 56(36): 5099-5102.
- [29] 滑金杰,袁海波,姚月凤,等.温度对茶发酵叶色泽及茶色素含量的影响[J].*农业工程学报*,2018,34(12):300-308.
- [30] Farouk M M, Hall W K, Harrison M, et al. Instrumental and sensory measurement of beef patty and sausage texture [J]. *Journal of Muscle Foods*, 1999, 10(1): 17-28.