

# 茶多酚协同冰温保鲜对牛肉抗氧化的护色效果

付丽<sup>1</sup>, 胡晓波<sup>1</sup>, 高雪琴<sup>1</sup>, 马路石<sup>2</sup>

(1. 河南牧业经济学院食品与生物工程学院, 河南郑州 450046)

(2. 河南伊赛牛肉股份有限公司, 河南焦作 454450)

**摘要:** 为控制冷鲜牛肉贮藏期间表面氧化褐变, 有效延长其货架期。本试验以冷鲜牛肉为研究对象, 将不同浓度的茶多酚与冰温(-1℃)保鲜协同处理牛肉, 测定贮藏第1、3、5及7d时肉样的硫代巴比妥酸值(TBARS)值、滴水损失、硬度、色差值及感官指标, 以经无菌蒸馏处理且4℃保藏的肉样为对照1组, 以经无菌蒸馏处理且-1℃保藏的肉样为对照2组, 研究茶多酚与冰温保鲜协同对冷鲜牛肉的抗氧化护色效果。结果表明: 采用0.20%的茶多酚与冰温保鲜协同处理对牛肉的抗氧化护色效果显著优于对照组( $p < 0.05$ ), 贮藏第7d时,  $L^*$ 值为34.91,  $a^*$ 值为18.25, 滴水损失为0.35%, 硬度为4359g, TBARS为0.24mg/kg, 且感官特性良好。因此, 采用茶多酚与冰温保鲜协同对牛肉具有较好的抗氧化作用, 在贮藏期间有利于维持肉色的稳定。

**关键词:** 鲜牛肉; 冰温保鲜; 护色; 茶多酚; 抗氧化

文章编号: 1673-9078(2019)07-211-217

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.7.029

## Synergism Between Tea Polyphenols and Chilling in Preserving the Antioxidant Activity and Colour of Beef

FU Li<sup>1</sup>, HU Xiao-bo<sup>1</sup>, GAO Xue-qin<sup>1</sup>, MA Lu-shi<sup>2</sup>

(1. College of Food and Biological Engineering, Henan University of Animal Husbandry and Economy, Zhengzhou 450046, China) (2. Henan Yisai Beef Co. Ltd., Jiaozuo 454450, China)

**Abstract:** In order to control the oxidative browning on the surface of beef during ice-temperature storage and extend effectively the shelf life of beef, this study used the chilled beef as the research object, and treated the beef with tea polyphenols at different concentrations in synergy with ice-temperature (-1℃) preservation. The thiobarbituric acid-reactive substance (TBARS) value, drip loss, hardness, color difference and sensory indices of beef after storage for 1, 3, 5 and 7 days were determined. Using beef treated by aseptic distillation and stored at 4℃ as Control 1, and beef treated by aseptic distillation and stored at -1℃ as Controlled 2, the synergistic effect of tea polyphenols and ice-temperature preservation on the antioxidant activity and color of chilled beef were examined. The results showed that the tea polyphenols at 0.20% worked synergetically with ice-temperature preservation to provide significantly ( $p < 0.05$ ) greater protection on the antioxidant activity and colour of beef compared to the Controls. On the 7th day of storage, the beef had the highest score, with  $L^*$  value,  $a^*$  value, drip loss, hardness and TBARS value were 34.91, 18.25, 0.35%, 4359 g and 0.24 mg/kg, respectively. Therefore, the use of tea polyphenols in combination with ice-temperature preservation could synergistically exert a good antioxidation effect on chilled beef, and facilitated the color stability of beef during storage.

**Key words:** fresh beef; ice-temperature preservation; color protection; tea polyphenols; antioxidant

肉的颜色是消费者对肉类质量的第一印象, 也是消费者对肉品质量进行评价的主要依据, 肌红蛋白(myoglobin, Mb)占肉中色素的80%~90%, 是

收稿日期: 2018-12-02

基金项目: 河南省科技攻关项目(182102110006; 142102210439); 河南省教育厅科技重点项目(12B550016); 河南牧业经济学院“食品科学与工程专业核心课程教学团队”项目; 河南牧业经济学院科技创新团队项目(HUAHE2015010)

作者简介: 付丽(1971-), 女, 副教授, 研究方向: 畜产品加工及品质控制

通讯作者: 高雪琴(1978-), 女, 博士, 研究方向: 畜产品加工及品质控制

决定肉色的关键物质和主要因素<sup>[1-3]</sup>, 肌红蛋白通常是以几种化学形式共存且相互转化<sup>[4]</sup>, 因此, Mb、氧合肌红蛋白(oxymyoglobin, MbO<sub>2</sub>)与高铁肌红蛋白(methemoglobin, MetMb)三种肌红蛋白在肉中所占的比例和分布决定了鲜肉的颜色。鲜肉贮藏期间受到光照、温度、pH、氧分压、微生物等诸多因素的影响, Mb会被缓慢氧化生成MetMb, 一般认为MetMb的含量达到30%左右就会呈现稍暗的颜色, 当其含量达到60%以上就可以用肉眼观察到肉色褐变<sup>[5]</sup>。

肉类的氧化会导致其颜色、气味、风味、质地和潜在有毒物质的形成。抗氧化物质可以提高肉色稳定性,但人工合成的抗氧化剂存在较多的安全隐患<sup>[6,7]</sup>,使用过量的BHT和BHA会增大动物的肝脏,甚至有致癌的可能性。天然抗氧化剂不仅安全性高、无毒副作用,而且抗氧化能力强,同时还具有一定的保鲜作用,因此越来越受到人们的青睐;早在2010年欧盟就开始将天然抗氧化剂作为食品添加剂使用。天然抗氧化剂可以提高肉色的稳定性,其中酚类化合物的抗氧化机理已被广泛研究<sup>[8]</sup>。茶多酚(tea polyphenols, TP)是茶叶中多酚类物质的总称,其中儿茶素占60%~80%,结构中富含酚羟基,可提供活泼氢且能终止自由基的连锁反应,具有很好的抗氧化和清除自由基的能力<sup>[9]</sup>,对于贮藏期保持肉色具有很好的作用;另外,近年来,冰温保鲜技术也广泛应用于食品保鲜。

本试验以冷鲜牛肉为研究对象,将不同浓度的茶多酚与冰温保鲜协同,测定肉样贮藏期间L\*和a\*、滴水损失、硬度以及硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid-reactive substance, TBARS)的变化,并结合感官评价,研究茶多酚与冰温保鲜协同对冷鲜牛肉的抗氧化护色效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

原料牛肉(小黄瓜条),购于河南伊赛牛肉股份有限公司,冷却分割肉,采用大块真空包装并于0~4℃下2h内运至实验室。

茶多酚,安徽红星药业股份有限公司;三氯乙酸、乙二胺四乙酸二钠、2-硫代巴比妥酸等,均为分析纯,购于河南华丰试剂有限公司。

### 1.2 主要仪器

冰温保鲜库,南京金陵鸿博环境科技发展有限公司;20629型温度记录仪,美国Delta Trak公司;CR-400色差计,日本柯尼卡美能达投资有限公司;CT-3型质构仪,美国布鲁克菲尔德公司;BlueStar B型分光光度计,北京莱伯泰科仪器股份有限公司;SHA-B型水浴恒温振荡器,金坛市杰瑞尔电器有限公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 肉样处理

开启无菌室紫外灯照射30min,用无菌剪刀剪开

包装袋取出原料牛肉,剔除其表面多余的脂肪与结缔组织,并将表面层去掉,分割成方形肉块,每块约100g。共计72块,分成6个组。

#### 1.3.2 不同浓度的茶多酚协同冰温贮藏对牛肉抗氧化效果的研究

首先取4个干净的250mL烧杯,倒入0.05%、0.10%、0.15%、0.20%的茶多酚溶液(现用现配)各200mL,将处理好的肉样分别放入浸泡1min取出,沥干。取洁净的塑料保鲜盒,用75%的乙醇擦拭消毒,编号。将浸泡过茶多酚溶液的肉样放于其中间位置,加盖,送入-1℃的冰温库内货架上贮藏一定时间<sup>[10]</sup>。再取2个干净的250mL的烧杯,分别加入200mL的无菌蒸馏水,同样的方法处理肉样。以蒸馏水浸泡且4℃贮藏的肉样为对照1组,以蒸馏水浸泡且冰温贮藏的肉样为对照2组。测定肉样贮藏第1、3、5、7d的L\*值、a\*值、滴水损失、硬度、硫代巴比妥酸值(TBARS),并结合贮藏第7d肉样的感官评价,以研究茶多酚协同冰温贮藏对牛肉的抗氧化及护色效果。

#### 1.3.3 检测指标

##### 1.3.3.1 L\*值和a\*值测定

色泽是肉制品质量分级标准中非常重要的一项评价指标。采用色差计进行肉样L\*值和a\*值的测定,每个肉样平行测定5次取其平均值,记录相应的L\*值、a\*值<sup>[11]</sup>。新鲜牛肉的L\*值在30~45之间,a\*值在10~25之间<sup>[12]</sup>。

##### 1.3.3.2 滴水损失测定

滴水损失的多少可以用来评定牛肉的保水性。牛肉保水性是评定其食品品质及加工品质的重要指标,当牛肉中蛋白质及脂质在贮藏期发生氧化时,其保水性会受到影响<sup>[13]</sup>,直接影响产品的感官、嫩度以及颜色。将肉样切成3cm×1cm×1cm大小的肉块,用塑料袋套住后放于冰鲜库货架上悬挂,24h后取出,再用滤纸吸干表面水分后准确称量其质量,即为滴水后质量。两次质量之差占滴水前肉样质量的百分数即为滴水损失(%)。

##### 1.3.3.3 质构(硬度)测定

肉样的硬度以剪切力来表示。采用Chen等<sup>[14]</sup>的方法并稍作改动。取肉样的肌肉部分,切成3cm×2cm×1cm的肉条,用质构仪测定其剪切力。夹具为TA-SBA剪切刀片,探头为TA7/TA-VBJ,测试速度为1mm/s,每个样重复做3次,取平均值。

##### 1.3.3.4 硫代巴比妥酸值(TBARS)测定

当TBARS值大于0.5mg/kg时,就会产生因脂肪氧化而产生的酸败味<sup>[15]</sup>。测定方法依据GB 5009.181-

2016<sup>[16]</sup>中的分光光度法及 Martnez<sup>[17]</sup>的方法,以丙二醛(MDA)当量表示。

### 1.3.3.5 感官评定

感官评定小组由 8 位食品专业人员组成,以贮藏第 7 d 肉样的色泽、气味、黏度及汁液量为评定指标,每项指标均采用 10 分制,具体的评分标准见表 1<sup>[18]</sup>。

贮藏第 7 d 肉样的色泽、气味、黏度及汁液量为评定指标,每项指标均采用 10 分制,具体的评分标准见表 1<sup>[18]</sup>。

表 1 感官评分标准

Table 1 Sensory score table of beef

指标	感官评分/分				
	1	2~3	4~5	6~8	9~10
色泽	灰褐	暗红	稍变暗红	浅红	红色均匀
气味	腐败臭味	有异味	稍有异味	无异味	正常牛肉味
黏度	非常粘手	粘手	稍黏	顺滑	无黏度
汁液量	很多水	较多水	少量水	稍有水	无

表 2 贮藏期间牛肉 L\*值的变化

Table 2 Change in L\* value of beef during storage

质量分数	贮存时间/d				
	0	1	3	5	7
对照 1	37.44±0.23 <sup>AA</sup>	31.58±0.43 <sup>BD</sup>	31.84±0.67 <sup>BC</sup>	30.87±0.53 <sup>BE</sup>	29.44±0.49 <sup>CD</sup>
对照 2	37.31±0.44 <sup>AA</sup>	33.26±0.59 <sup>C</sup>	35.75±0.43 <sup>BB</sup>	32.10±0.68 <sup>DD</sup>	31.18±0.35 <sup>DC</sup>
0.05%	36.65±0.48 <sup>AA</sup>	33.37±0.43 <sup>BC</sup>	35.81±0.64 <sup>AB</sup>	33.50±0.44 <sup>BC</sup>	32.65±0.53 <sup>BB</sup>
0.10%	36.66±0.26 <sup>AA</sup>	35.31±0.36 <sup>BB</sup>	35.79±0.48 <sup>AB</sup>	32.84±0.26 <sup>BCD</sup>	32.69±0.64 <sup>BB</sup>
0.15%	37.47±0.35 <sup>AA</sup>	35.65±0.49 <sup>BB</sup>	36.05±0.44 <sup>BB</sup>	34.07±0.54 <sup>CB</sup>	33.53±0.42 <sup>CB</sup>
0.20%	37.73±0.53 <sup>AA</sup>	37.54±0.42 <sup>AA</sup>	37.64±0.49 <sup>AA</sup>	35.66±0.29 <sup>BA</sup>	34.91±0.53 <sup>BA</sup>

注:小写字母不同表示同一处理组不同贮藏期间差异显著;大写字母不同表示同一贮藏期不同处理组间差异显著。表 3 同。

## 1.4 数据分析与处理

每个试验均重复 3 次,数据以平均数±SD 表示。采用 Sigmaplot 13.0 进行图表绘制,采用 SAS 9.4 邓肯式多重比较分析进行显著性分析,显著水平为 0.05。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度的茶多酚对牛肉 L\*值和 a\*值的影响

肉样 L\*值与其表面水分含量相关。由表 2 可知,第 0 d 时,各组肉样用水溶液浸泡后表面水分多产生对光的反射使其 L\*值较高,但各组间无显著差异 ( $p>0.05$ )。对照 1 组肉样的 L\*值最低 ( $p<0.05$ ),第 5 d 时已接近 30,第 7 d 时已低于 30,这说明 4 °C 贮藏并不能完全保持鲜肉品质,同时也说明冰温贮藏能很好地抑制牛肉品质的劣变。0.05% 处理组肉样的 L\*值在贮藏前 3 d 时与对照 2 组差异显著 ( $p>0.05$ ),第 3 d 时分别为 35.81 和 35.75,但贮藏 5 d 后其值为 33.50,显著优于对照 2 组的 32.10 ( $p<0.05$ ),这说明茶多酚对于维持肉样的亮度具有一定的作用;尤其是

0.20% 处理组肉样的 L\*值显著高于对照 2 组及其他处理组 ( $p<0.05$ ),且随着贮藏时间的延长其值基本上没有显著变化 ( $p>0.05$ ),贮藏第 7 d 时为 34.91。

贮藏期间牛肉 a\*值的变化见表 3。由表 3 可见,第 0 d 时,对照 1 组肉样 a\*值与对照 2 组无显著差异 ( $p>0.05$ ) 且显著高于茶多酚处理组 ( $p<0.05$ );随着贮藏时间的延长,肉样的 a\*值呈不断下降的趋势,说明肉样中 MbO<sub>2</sub> 含量在不断减少,而 MetMb 含量在不断增多,原因是好氧菌的生长降低了肌肉表面的氧分压,促进了 MetMb 的生成,这与李若绮等<sup>[19]</sup>的研究结果是一致的。对照 1 组肉样的 a\*值在贮藏第 3 d 开始显著低于对照 2 组及茶多酚处理组 ( $p<0.05$ ),第 7 d 时已低于 10,原因是牛肉贮藏温度直接影响肉色,低温贮藏可以抑制 MetMb 还原酶的活力以及 MbO<sub>2</sub> 的氧化速度,这说明冰温贮藏对于牛肉的保鲜及护色均有较好的作用,这与 Bertelsen 等<sup>[5]</sup>研究得出鲜肉在 3~5 d 内发生褐变现象的结论不太一致,可能是由于原料肉来源、贮藏条件及包装形式的不同;对照 2 组肉样的 a\*值与 0.05% 茶多酚处理组间无显著差异 ( $p>0.05$ ),原因是茶多酚浓度低抗氧化效果并不明显;0.15% 处理组和 0.20% 处理组肉样的 a\*值差异不显著 ( $p>0.05$ ),贮藏第 7 d 时分别为 17.77 和 18.25,

但均显著优于其他组 ( $p < 0.05$ ), 原因是酚类物质可络合  $Fe^{2+}$  离子, 从而抑制肉色的褐变<sup>[20]</sup>; 另外, 酚类物

质还可以抑制  $MbO_2$  的自动氧化从而提高肉色的稳定性<sup>[21]</sup>。

表 3 贮藏期间牛肉 a\* 值的变化

Table 3 Change in a\* value of beef during storage

质量分数	贮存时间/d				
	0	1	3	5	7
对照 1	21.54±0.32 <sup>aA</sup>	18.77±0.87 <sup>bB</sup>	16.18±0.52 <sup>cB</sup>	15.28±0.58 <sup>cC</sup>	9.14±0.86 <sup>dD</sup>
对照 2	21.21±0.44 <sup>aA</sup>	19.69±0.35 <sup>bB</sup>	19.59±0.54 <sup>bA</sup>	16.76±0.41 <sup>cB</sup>	13.18±0.39 <sup>dC</sup>
0.05%	19.34±0.44 <sup>aB</sup>	19.78±0.54 <sup>aB</sup>	19.62±0.94 <sup>aA</sup>	16.63±0.31 <sup>bB</sup>	14.06±0.43 <sup>cC</sup>
0.10%	19.66±0.37 <sup>aB</sup>	19.81±0.52 <sup>aB</sup>	19.65±0.46 <sup>aA</sup>	17.63±0.41 <sup>bA</sup>	16.51±0.79 <sup>cB</sup>
0.15%	20.42±0.20 <sup>aB</sup>	21.20±0.20 <sup>aA</sup>	19.79±0.86 <sup>bA</sup>	18.09±0.47 <sup>cA</sup>	17.77±0.49 <sup>cA</sup>
0.20%	20.37±0.47 <sup>aB</sup>	21.34±0.54 <sup>aA</sup>	19.86±0.49 <sup>bA</sup>	18.94±0.26 <sup>bA</sup>	18.25±0.26 <sup>bA</sup>

## 2.2 不同浓度的茶多酚对牛肉滴水损失的影响

鲜具有很好的协同抑菌及抗氧化效果, 尤其是 0.20% 处理组肉样的滴水损失最少 ( $p < 0.05$ ), 贮藏第 7 d 时仅为 0.35%。

肉样贮藏期间滴水损失的变化见图 1。

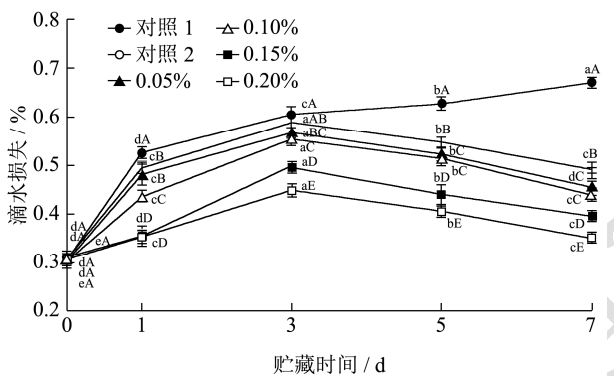


图 1 贮藏期间牛肉滴水损失的变化

Fig.1 Change in drop loss of beef during storage

注: 小写字母不同表示同一处理组不同贮藏期间差异显著; 大写字母不同表示同一贮藏期不同处理组间差异显著。下同。

由图 1 可见, 贮藏第 0 d 时各组肉样滴水损失无显著差异 ( $p > 0.05$ ); 贮藏 1 d 后, 对照 2 组及茶多酚处理组肉样的滴水损失显著低于对照 1 组 ( $p < 0.05$ ), 这也说明冰温贮藏牛肉能有效延长其货架期。随着贮藏时间的延长, 对照 1 组肉样的滴水损失呈不断上升的趋势 ( $p < 0.05$ ), 贮藏第 5 d 时为 0.63%, 第 7 d 时为 0.67%, 原因是 4 °C 下贮藏牛肉并不能完全抑制微生物的生长, 且脂质、蛋白质的氧化会导致肌肉组织破坏而造成保水性的下降<sup>[13]</sup>, 另外, 也有可能是宰后尸僵造成的。对照 2 组及茶多酚处理组肉样的滴水损失在贮藏前 3 d 呈先上升可能也是宰后尸僵的原因, 另外贮藏温度低也会使肉块变硬造成失水增多; 贮藏 3 d 后呈不断下降的趋势, 且茶多酚处理组肉样的滴水损失均低于对照 2 组 ( $p < 0.05$ ), 说明茶多酚与冰温保

## 2.3 不同添加量的茶多酚对牛肉硬度的影响

贮藏期间牛肉的硬度变化见图 2。

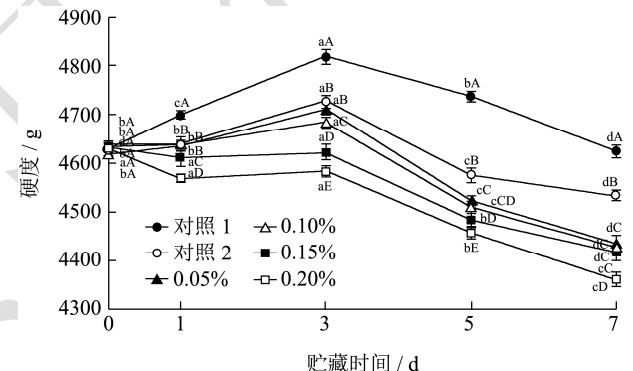


图 2 贮藏期间牛肉硬度的变化

Fig.2 Change in hardness of beef during storage

由图 2 可见, 贮藏第 0 d 时各组肉样硬度无显著差异 ( $p > 0.05$ )。随着贮藏时间的延长, 对照 1 组肉样硬度呈先上升后下降的趋势。贮藏 1 d 后, 对照 2 组与茶多酚处理组肉样硬度显著低于对照 1 组 ( $p < 0.05$ )。贮藏第 5 d 时, 对照 1 组肉样的硬度为 4738 g, 而对照 2 组在贮藏第 7 d 时为 4533 g。茶多酚处理组中, 随着茶多酚浓度的增加, 肉样的硬度值逐渐降低, 其中 0.20% 处理组肉样的硬度最低 ( $p < 0.05$ ), 贮藏前 3 d 变化不显著, 贮藏 3 d 后开始显著下降 ( $p < 0.05$ ), 贮藏 7 d 时为 4359 g, 原因是若肌肉蛋白被氧化则其保水保油能力下降<sup>[13]</sup>, 会使肌肉硬度增加; 若肌肉蛋白氧化受到抑制, 则肌肉蛋白仍具有较好的保水保油能力, 则其硬度下降。这说明处理组中 0.20% 的茶多酚与冰温保鲜协同对牛肉的保鲜、抗氧化效果最优。

## 2.4 不同添加量的茶多酚对牛肉 TBARS 值的

影响

肉样贮藏期间 TBARS 值的变化见图 3。

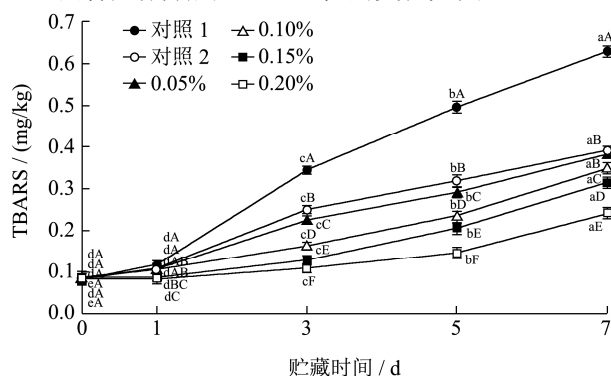


图 3 贮藏期间牛肉 TBARS 的变化

Fig.3 Change in TBARS of beef during storage

脂肪氧化与肌肉变色密切相关，脂肪氧化产生的自由基可破坏肌肉中的色素导致肉色褐变，而肉色褐变后产生的  $Fe^{3+}$  又可催化脂肪氧化，两者之间相互影响。由图 3 可见，随着贮藏时间的延长，肉样 TBARS 值呈不断上升的趋势 ( $p < 0.05$ )。贮藏第 0 d 时，各组肉样 TBARS 值间无显著差异 ( $p > 0.05$ )；贮藏第 3 d

表 4 贮藏第 7 d 时肉样的感官评分

Table 4 Sensory score of specimens stored at the 7th day

指标	对照 1	对照 2	0.05%	0.10%	0.15%	0.20%
色泽	1.41±0.04 <sup>d</sup>	5.14±0.23 <sup>c</sup>	5.15±0.24 <sup>c</sup>	5.24±0.21 <sup>c</sup>	6.25±0.30 <sup>b</sup>	6.73±0.24 <sup>a</sup>
气味	2.36±0.19 <sup>c</sup>	5.86±0.11 <sup>b</sup>	5.88±0.21 <sup>b</sup>	6.08±0.30 <sup>b</sup>	7.66±0.34 <sup>a</sup>	7.86±0.54 <sup>a</sup>
黏度	2.79±0.18 <sup>c</sup>	6.67±0.26 <sup>b</sup>	6.56±0.29 <sup>b</sup>	6.46±0.23 <sup>b</sup>	7.34±0.21 <sup>a</sup>	7.54±0.26 <sup>a</sup>
汁液量	2.45±0.18 <sup>b</sup>	6.46±0.33 <sup>a</sup>	6.36±0.21 <sup>a</sup>	6.57±0.31 <sup>a</sup>	6.34±0.20 <sup>a</sup>	6.37±0.26 <sup>a</sup>

注：同一感官指标中，小写字母不同表示不同处理组间差异显著 ( $p < 0.05$ )。

## 3 讨论

茶叶提取物中茶多酚不仅具有较强的抗氧化性和护色作用，且属天然提取物，还具有一定的保健功效，近年来其在食品中得到了广泛使用<sup>[22,23]</sup>。Jongberg 等<sup>[8]</sup>采用 0.05% 的茶多酚有效地抑制了博洛尼亚香肠中 TBARS 和蛋白羰基的形成。李若琦<sup>[19]</sup>采用含 0.13% 茶多酚的复合抗氧化剂能有效抑制 MetMb 的生成并使其含量降低到 27.45%。苏晓琴<sup>[21]</sup>研究表明 0.02% 的茶多酚能有效抑制 MetMb 的生成从而提高肉色的稳定性。Valencia 等<sup>[24]</sup>等研究发现添加 0.02% 的绿茶提取物可有效的抑制鱼肉肠中脂质的氧化。Ccarthy 等<sup>[25]</sup>研究发现烹调可使肉饼的 TBARS 值增加 4 倍，而 0.25% 茶提取物可显著减少其生成。这些研究结论与本试验的研究结果基本一致，说明一定浓度的茶多酚

开始，对照 1 组肉样的 TBARS 值显著高于对照 2 组和茶多酚处理组 ( $p < 0.05$ )，第 7 d 时已超过 0.50 mg/kg，说明冰温贮藏能有效地抑制脂肪的氧化，从而有效延缓肉色褐变；另外，茶多酚处理组中，0.20% 处理组肉样的 TBARS 值在贮藏 7 d 内均显著低于其他组 ( $p < 0.05$ )，贮藏第 7 d 时仅为 0.24 mg/kg，原因是茶多酚不仅可以阻止脂质过氧化反应，还具有清除活性酶和自由基的作用，1 mg 茶多酚清除自由基的能力相当于 9 mg 的氧化物歧化酶(SOD)。试验表明，0.20% 茶多酚与冰温保鲜协同对牛肉贮藏期间保鲜及抗氧化作用比较理想。

## 2.5 不同添加量的茶多酚对牛肉感官指标的

影响

贮藏第 7 d 时肉样感官评分情况见表 4。由表 4 可见，对照 1 组肉样的感官评分显著低于其他组 ( $p < 0.01$ )。对照 2 组肉样的感官评分与 0.05% 处理组、0.10% 处理组差异不显著 ( $p > 0.05$ )，但均显著高于对照 1 组，说明冰温保鲜在牛肉贮藏 7 d 内能有效地延缓其感官特性劣变，其中 0.20% 处理组肉样的感官评分较高 ( $p < 0.05$ )。

对脂肪氧化及 MetMb 生成均具有很好的抑制作用，这也进一步证实了本试验的研究结果；但在研究结论上与本文存在一定的差异，可能是茶多酚的来源及纯度不同造成的。

庄谦谦<sup>[26]</sup>添加 0.15% 茶黄素和脂溶性茶多酚使牛肉货架期延长为 20 d 且具有显著的保质护色效果。邢淑婕与刘开华<sup>[27]</sup>研究发现 1.0 mg/mL 茶多酚与 0.1 mg/mL Vc 对冷鲜牛肉中沙门氏菌的抑制率达 98.06%。齐文等<sup>[28]</sup>采用含有 0.2% 茶多酚的复合涂膜有效地抑制了冷鲜牛肉贮藏期间 pH 的上升及菌落总数增加，并延长其保质期达 8 d。黄明焜<sup>[29]</sup>等采用含 0.15% 的茶多酚的天然复合保鲜剂将冷却牛肉货架期延长了 25 d 以上。这些研究表明茶多酚还具有广谱抑菌性，对腐败菌、食源菌和致病菌均有很好的抑菌活性<sup>[30,31]</sup>。本文主要是在冰温保鲜条件下进行茶多酚抗

氧性的研究,关于茶多酚的抑菌作用本试验未做深入探讨,今后还需要进一步研究。另外,王海燕<sup>[9]</sup>等研究发现单独使用茶多酚提取液会使肉样失色,有关这一方面在本研究尚未发现,可能是使用浓度及方法不同。

#### 4 结论

采用不同浓度的茶多酚与冰温保鲜协同对牛肉进行抗氧化护色效果的研究,发现 0.20%的茶多酚与冰温保鲜具有优良的协同抗氧化效果,且显著优于对照组 ( $p<0.05$ )。贮藏第 7 d 时, L\*值为 34.91, a\*值为 18.25, 滴水损失为 0.35%, 硬度为 4359 g, 硫代巴比妥酸值 (TBARS) 为 0.24 mg/kg, 且具有很好的感官特性。本研究为天然抗氧化剂对肉色稳定性的研究提供了一定的理论依据。但多项研究表明茶多酚与其他天然植物提取物结合使用会对其抗氧化性以及抑菌作用起到很好的增效作用,有关这一方面还需进一步研究。

#### 参考文献

- [1] 周光宏.肉品加工学[M].北京:中国农业大学出版社,2013  
ZHOU Guang-hong. Meat Science and Technology [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2013
- [2] Aberle E D, Forrest J. C, Cerrard D. E, et al. Principles of Meat Science (Fourth Edition) [M]. Dubuque Iowa USA: Kendall/Hunt Publishing Company, 2001
- [3] Bekhit A E D, Faustman C. Metmyoglobin reducing activity [J]. Meat Science, 2005, 71(3): 407-439
- [4] Mckenna D R, Mies P D, Baird B E, et al. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles [J]. Meat Science, 2005, 70(4): 665-682
- [5] Bertelsen G, Jakobsen M, Juncher D, et al. Oxidation, shelf-life and stability of meat and meat products [C]. ICOMST Congress: Meat Diversifies Meals. 2000: 516-524
- [6] Zamuz S, Barba F J, Lorenzo J M, et al. Application of hull, bur and leaf chestnut extracts on the shelf-life of beef patties stored under MAP: Evaluation of their impact on physicochemical properties, lipid oxidation, antioxidant, and antimicrobial potential [J]. Food Research International, 2018, 112: 263-273
- [7] Shah M A, Bosco S J D, Mir S A. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products [J]. Meat Science, 2014, 98(1): 21-33
- [8] Jongberg S, Tørmgren 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
- [9] 王海燕,刘焕云,韩帅.茶多酚在冷却牛肉保鲜中的应用研究[J].河北科技大学学报,2011,32(2):197-200  
WANG Hai-yan, LIU Huan-yun, HAN Shuai. Study on application of tea polyphenols extracts in preservation of chilling beef [J]. Journal of Hebei University of Science and Technology, 2011, 32(2): 197-200
- [10] 付丽,胡晓波,马微,等.迷迭香提取物协同冰鲜对牛肉的抗氧化效果[J].食品研究与开发,2018,39(18):20-26  
FU Li, HU Xiao-bo, MA Wei, et al. Antioxidant effect of rosemary extract and controlled freezing point technique on beef [J]. Food Research and Development, 2018, 39(18): 20-26
- [11] 郭新颖,刘程惠,尤晓宏,等.壳寡糖对冷鲜牛肉保鲜效果的影响[J].食品与发酵工业,2016,42(10):204-209  
GUO Xin-ying, LIU Cheng-hui, YOU Xiao-hong, et al. Effects of chitosan oligosaccharide on preservation of cold fresh beef [J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(10): 204-209
- [12] NY/T 2793,肉的食用品质客观评价方法[S]  
NY/T 2793, Objective Evaluation Method of Meat Quality [S]
- [13] 胡忠良,严璐,邹玉峰,等.氧化对肌原纤维蛋白加工特性的影响[J].食品与发酵工业,2011,37(10):128-133  
HU Zhong-liang, YAN Lu, ZOU Yu-feng, et al. Contradictory role of oxidation on functional properties of myofibrillar proteins [J]. Food and Fermentation Industries, 2011, 37(10): 128-133
- [14] CHEN L, ZHOU G H, ZHANG W G. Effects of high oxygen packaging on tenderness and water holding capacity of pork through protein oxidation [J]. Food Bioprocess Technology, 2015, 8(11): 2287-2297
- [15] 郭擎.迷迭香抗氧化剂的提取及在油脂中的应用研究[D].天津:天津科技大学,2017  
GUO Qing. Study on extraction of rosemary antioxidant and its application in oil [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2017
- [16] GB 5009.181,食品安全国家标准 食品中丙二醛的测定[S]  
GB 5009.181, National Standards for Food Safety Determination of Malondialdehyde in Food [S]
- [17] Martnez J. Influence of *in vitro* gastrointestinal digestion and/or grape seed extract addition on antioxidant capacity of meat emulsions [J]. LWT - Food Science and Technology, 2014, 59(2): 834-840

- [18] 孙凯旋,陶乐仁,姜云北.微冻保鲜对牛肉贮藏品质的影响[J].食品与发酵科技,2015,51(6):22-26  
SUN Kai-xuan, TAO Le-ren, JIANG Yun-bei. Influences of superchilling preservation technology on beef [J]. Food and Fermentation Technology, 2015, 51(6): 22-26
- [19] 李若绮.宰后冷藏过程中牛肉肉用品质变化及抗氧化物质对肉色稳定性影响[D].兰州:甘肃农业大学,2015  
LI Ruo-qi. Changes in meat quality and effect of antioxidants on color stability of beef during the postmortem cold storage [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2015
- [20] Leopoldini M, Marino T, Russo N, et al. Antioxidant properties of phenolic compounds: H-atom versus electron transfer mechanism [J]. The Journal of Physical Chemistry A, 2004, 108(22): 4916-4922
- [21] 苏晓琴,李兆亭,申基雪,等.异抗坏血酸钠、茶多酚、迷迭香酸和鼠尾草酸对冷鲜肉肉色稳定性的影响[J].食品科技,2017,42(9):112-118  
SU Xiao-qin, LI Zhao-ting, SHEN Ji-xue, et al. Effect of sodium erythorbate, tea polyphenols, rosmarinic acid and carnosic acid on the stability of chilled meat flesh-color [J]. Food Science and Technology, 2017, 42(9): 112-118
- [22] 姚波.茶黄素和脂溶性茶多酚对加工肉制品的抗氧化护色作用[D].杭州:浙江大学,2016  
YAO Bo. Antioxidant and color-protecting effect of theaflavins and lipid-soluble tea polyphenols on processed meat products [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016
- [23] Senanayake N S P J. Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications-a review [J]. Journal of Functional Foods, 2013, 5(4): 1529-1541
- [24] Valencia I, O'grady M N, Ansorena D, et al. Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants [J]. Meat Science, 2008, 80(4): 1046-1054
- [25] CCarthy T L M, Kerry J P, Kerry J F, et al. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties [J]. Meat Science, 2001, 58(1): 45-52
- [26] 庄谦谦,姚波,蒋晓翠.茶黄素和脂溶性茶多酚对牛肉棒的抗氧化护色作用[J].食品科技,2017,42(2):127-131  
ZHUANG Qian-qian, YAO Bo, JIANG Xiao-cui. Antioxidant and color-protecting effect of theaflavins and lipid-soluble tea polyphenols on beef stick [J]. Food Science and Technology, 2017, 42(2): 127-131
- [27] 邢淑婕,刘开华.茶多酚与维生素C联合抑制牛肉干沙门氏菌研究[J].食品科技 2008,33(11):118-119,149  
XING Shu-jie, LIU Kai-hua. Study on the inhibitive effect of mixture of tea polyphenol and vitamin C on *S.typhimurium* in beef jerky [J]. Food Science and Technology, 2008, 33(11): 118-119, 149
- [28] 齐文,高阳,林颖,等.冷鲜肉复合涂膜配方优化及质构变化分析[J].食品工业科技,2018,39(17):52-57  
QI Wen, GAO Yang, LIN Ying, et al. Optimization of compound coating formulation and analysis of texture change for cold-fresh beef [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(17): 52-57
- [29] 黄明焜,师振强,李志成,等.乳源抗菌肽复合生物保鲜剂对冷却牛肉货架期的影响[J].食品科学,2018,11:1-14  
HUANG Ming-kun, SHI Zhen-qiang, LI Zhi-cheng, et al. Effects of compound and biological preservatives containing antimicrobial peptides derived from casein on the shelf-life of chilled beef [J]. Food Science, 2018, 11: 1-14
- [30] FAN Wen-jiao, CHEN Yun-chuan, SUN Jun-xie, et al. Effects of tea polyphenol on quality and shelf life of pork sausages [J]. J Food Science Technology, 2014, 51(1): 191-195
- [31] Jose M L, Jorge S, Isabel R, et al. Influence of natural extracts on the shelf life of modified atmosphere packaged pork patties [J]. Meat Science, 2014, 96: 526-534