

# 枸杞叶黄酮提取物对复合羊肉糜冷藏期品质的影响

韩丽娜<sup>1</sup>, 沈浩<sup>1</sup>, 田建文<sup>2</sup>, 范艳丽<sup>1,\*</sup>

(1.宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021; 2.宁夏回族自治区科学技术厅, 宁夏 银川 750001)

**摘要:**以富含 $n-3$ 多不饱和脂肪酸的植物油和羊肉为原料,制成营养价值较高的复合羊肉糜,研究在4℃冷藏过程中不同添加量(质量分数0.5%、1.0%、1.5%)的枸杞叶黄酮提取物对该复合羊肉糜各项过氧化指标和质构特性的影响。结果显示:枸杞叶黄酮提取物能够显著抑制冷藏期羊肉糜pH值、酸价、过氧化值和挥发性盐基氮含量的增高( $P<0.05$ ),且呈剂量依赖关系;能够提高羊肉糜的硬度、胶黏性和咀嚼性( $P<0.05$ ),有效控制由腐败变质引起的羊肉糜质构特性变化,并使羊肉糜在冷藏过程中具有较稳定的感官评分。表明枸杞叶黄酮提取物能在富含 $n-3$ 多不饱和脂肪酸的羊肉糜中起到显著的抗氧化作用,为枸杞叶的深加工利用和开发富含 $n-3$ 多不饱和脂肪酸的羊肉制品提供方向和理论依据。

**关键词:**枸杞叶;黄酮类化合物; $n-3$ 多不饱和脂肪酸;羊肉糜

Effects of Flavonoids Extracted from *Lycium barbarum* Leaves on the Quality of Minced Mutton Mixture during Cold Storage

HAN Lina<sup>1</sup>, SHEN Hao<sup>1</sup>, TIAN Jianwen<sup>2</sup>, FAN Yanli<sup>1,\*</sup>

(1. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

2. Science and Technology Department of Ningxia, Yinchuan 750001, China)

**Abstract:** Minced mutton mixture with high nutritional value was made from vegetable oils rich in  $n-3$  polyunsaturated fatty acids and mutton. The effects of adding different amounts (0.5%, 1.0% and 1.5%) of flavonoids extracted from *Lycium barbarum* leaves on lipid peroxidation indexes and textural properties of minced mutton mixture were studied during refrigerated storage (4℃). The results showed that the flavonoids could significantly inhibit the increase of pH, acid value, peroxide value and total volatile basic nitrogen (TVB-N) content ( $P < 0.05$ ) in a dose-dependent manner. Meanwhile, the flavonoids could also increase hardness, gumminess and chewiness ( $P < 0.05$ ), and effectively control textural changes caused by spoilage. In addition, they could preserve the sensory quality of minced mutton during the whole storage period. These results indicated that the flavonoids extract from *Lycium barbarum* leaves could significantly inhibit lipid oxidation in minced mutton, which will provide a new direction and theoretical basis for the deep processing and utilization of *Lycium barbarum* leaves and the development of mutton products rich in  $n-3$  polyunsaturated fatty acids.

**Keywords:** *Lycium barbarum* leaves; flavonoids;  $n-3$  polyunsaturated fatty acids; minced mutton

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201807038

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2018)07-0256-07

引文格式:

韩丽娜, 沈浩, 田建文, 等. 枸杞叶黄酮提取物对复合羊肉糜冷藏期品质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(7): 256-262.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201807038. <http://www.spkx.net.cn>

HAN Lina, SHEN Hao, TIAN Jianwen, et al. Effects of flavonoids extracted from *Lycium barbarum* leaves on the quality of minced mutton mixture during cold storage[J]. Food Science, 2018, 39(7): 256-262. (in Chinese with English abstract)

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201807038. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2016-12-09

基金项目: 宁夏回族自治区“十三五”食品科学优势特色学科建设项目; 宁夏大学科学研究基金项目(ZR1437)

第一作者简介: 韩丽娜(1993—), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品的保鲜与加工。E-mail: hanlina\_296@163.com

\*通信作者简介: 范艳丽(1980—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为食品营养与特色农产品加工。E-mail: fanyanli\_fyl@163.com

羊肉作为宁夏特产,其营养成分丰富且易被人体吸收利用<sup>[1]</sup>。但羊肉脂肪中含有大量的饱和脂肪酸,摄入量过高可导致动脉粥样硬化<sup>[2]</sup>、血胆固醇升高<sup>[3]</sup>等,而体内的 $n-6/n-3$ 多不饱和脂肪酸物质的量之比为1:1时最有利于人体的健康<sup>[4]</sup>。脂肪作为能量来源和脂溶性维生素的载体,在肉糜体系的稳定中起到了重要作用,如减少烹饪损失、改善保水能力等<sup>[5]</sup>。因此,将富含 $n-3$ 多不饱和脂肪酸的植物油(如橄榄油、亚麻籽油等)与羊肉制成混合羊肉糜<sup>[2,6]</sup>,能够有效地提高羊肉糜的不饱和脂肪酸含量,有助于消费者健康饮食。但是,在处理、加工及贮藏过程中,肉制品中发生的氧化反应可导致营养价值损失;而营养价值的损失可能是脂质氧化产物和蛋白质之间互作的结果<sup>[7]</sup>,因此控制脂肪氧化显得尤为重要。目前,在肉制品中添加茶多酚、2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚(butylated hydroxytoluene, BHT)等抗氧化剂的报道较多,研究也较深入,但枸杞叶黄酮提取物对肉制品的影响却鲜见报道。枸杞叶黄酮作为枸杞叶中有效的生物活性物质之一,可降低胆固醇、清除氧自由基、防止组织细胞退化等<sup>[8-10]</sup>。Mocan<sup>[11]</sup>、Liu<sup>[12]</sup>等均已证明从枸杞叶中提取的黄酮类化合物具有抗氧化功效。因此本实验以枸杞叶黄酮提取物作为天然抗氧化剂,以BHT、茶多酚为阳性对照,研究其在4℃冷藏过程对羊肉糜的pH值、酸价、过氧化值(peroxide value, POV)、总挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)含量、质构、色泽等食用品质方面的影响,进一步揭示枸杞叶黄酮提取物的抗氧化活性功能,为枸杞叶的深加工利用和开发富含 $n-3$ 多不饱和脂肪酸的羊肉制品,如羊肉丸、肉馅等提供技术和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

枸杞叶黄酮为实验室自制<sup>[13]</sup>,总黄酮含量347.00 mg/g;羊肉为市售宁夏滩羊冷鲜肉。

BHT(食品级,纯度98%) 徐州广皓生物科技有限公司;茶多酚(食品级,纯度98%) 上海梦荷生物科技有限公司;亚麻籽油(食品级) 银川原源食品油有限公司;橄榄油(食品级) 益海嘉里食品营销有限公司;氯化钠、氢氧化钾、无水乙醇、冰乙酸等试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

AL204型电子天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;pH计 上海仪电科学仪器股份有限公司;凯氏定氮仪 北京长源实验设备厂;微量滴定管 天津市天玻玻璃仪器有限公司;TA-XT2i质构分析仪 英国Stable Micro Systems公司;CR-400色差计 日本Konica Minolta公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 复合羊肉糜的制备

取羊背最长肌和羊脂肪以2:1(m/m)混合,用绞肉机和斩拌机制成新鲜肉糜;将市购橄榄油和亚麻籽油按2:3(m/m)混合均匀。以83%(质量分数,下同)羊肉糜、10%混合油、2%食盐和5%饮用水搅拌混匀<sup>[14]</sup>,制成复合羊肉糜。

#### 1.3.2 实验分组

把建立好的羊肉糜分为6组:空白组、0.5%黄酮提取物处理组、1.0%黄酮提取物处理组、1.5%黄酮提取物处理组、0.02% BHT<sup>[15-16]</sup>处理组和0.02%茶多酚<sup>[17]</sup>处理组。按实验设计添加抗氧化剂(枸杞叶黄酮提取物、BHT和茶多酚),混合肉糜装入保鲜密封袋中,做好标记,4℃条件下冷藏存放。分别于实验第0、3、6、9、12、15、18天取样测定羊肉糜的食用品质指标。

#### 1.3.3 指标测定

##### 1.3.3.1 感官评定

按照GB/T 22210—2008《肉与肉制品感官评定规范》<sup>[18]</sup>,邀请具备感官评价知识食品科学专业学生及老师10人对样品进行感官评价。每人分别进行评分,最后取其平均值。感官评分表见表1。

表1 羊肉糜感官评分表  
Table 1 Criteria for sensory evaluation of minced mutton mixture

指标	性状	分值
色泽	肌肉色泽鲜红或深红,有光泽;脂肪呈乳白色或淡黄色	5
	肌肉色泽暗,表面尚有光泽	3
	脂肪呈灰色,浅绿色	2
弹性	指压后凹陷立即恢复	5
	指压后凹陷恢复慢,且不能完全恢复	3
	指压后凹陷不恢复	2
气味	具有新鲜正常气味	5
	稍有异味,有点酸腐味	3
	强烈腐臭味道,刺激性气味	2

##### 1.3.3.2 pH值的测定

按GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品pH值的测定》<sup>[19]</sup>测定。将10 g肉样研磨后加入90 mL蒸馏水,混匀振荡30 min。用pH计测定pH值,每个样重复测定3次,取平均值。

##### 1.3.3.3 酸价、POV、TVB-N含量的测定

按GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》<sup>[20]</sup>测定羊肉糜的酸价。按GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》<sup>[21]</sup>测定羊肉糜的TVB-N含量。按GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》中滴定法测定羊肉糜的POV<sup>[22]</sup>,结果用过氧化物相当于碘的质量分数表示肉样的POV,按下式计算。

$$\text{POV}/(\text{mg/g}) = \frac{(V_1 - V_2) \times c \times 0.1269}{m} \times 10$$

式中： $V_1$ 、 $V_2$ 分别为试样、空白试剂消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积/mL； $c$ 为硫代硫酸钠标准滴定溶液的浓度/(mol/L)； $m$ 为试样质量/g；0.126 9为与1.00 mL硫代硫酸钠标准滴定溶液相当的碘的质量。

#### 1.3.3.4 质构特性的测定

采用TA-XT2i质构分析仪，测定羊肉糜的硬度、弹性、黏着性、凝聚性、胶黏性、咀嚼度、回复性等指标。具体参数设定如下<sup>[23-24]</sup>：探头P/36 R，测前速率1 mm/s，测中速率5 mm/s，测后速率5 mm/s，间隔时间5 s，数据收集率200 点/秒；目标模式：位移10 mm，触发力5 g，触发类型auto。每组5 个重复，用软件Texture Exponent 32对测试结果进行处理。

#### 1.3.3.5 色泽的测定

参考Ros-Polski等<sup>[25]</sup>的方法并稍作修改，用色差仪测定肉样的 $L^*$ （亮度值）、 $a^*$ （红度值）、 $b^*$ （黄度值），色差计在使用前用白板进行校准，每组处理测定3 个样品，其平均值作为该羊肉糜的颜色值。

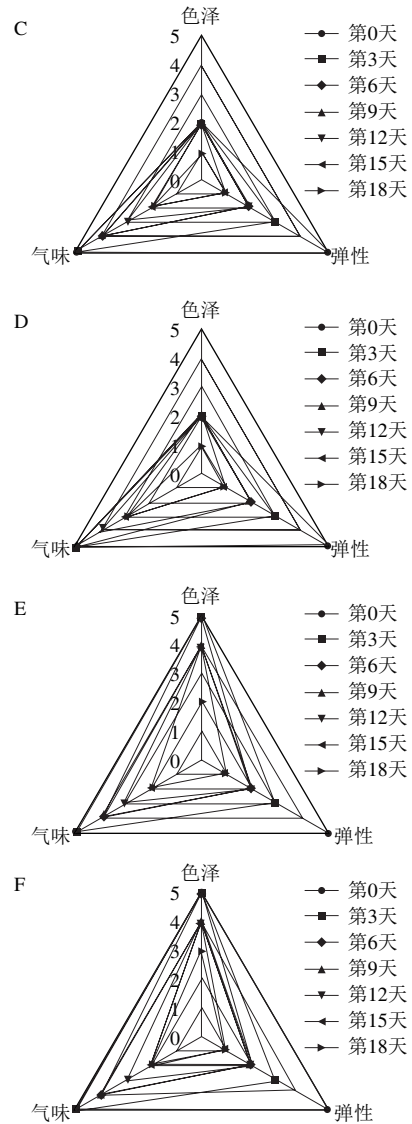
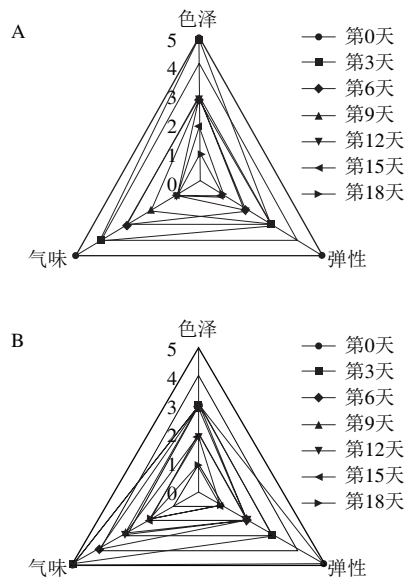
#### 1.4 数据统计分析

运用SPSS 19.0软件对实验数据进行单因素方差分析，采用Duncan's多重检验比较显著性水平（ $\alpha = 0.05$ ），数据结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示。雷达图和折线图均采用Excel 2007软件绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜感官评分的影响

不同处理组的羊肉糜在贮藏过程中色泽、气味及弹性的变化如图1所示。



A.空白组；B. 0.5%黄酮提取物；C. 1.0%黄酮提取物；D. 1.5%黄酮提取物；E. 0.02% BHT；F. 0.02%茶多酚；坐标轴刻度（1~5）表示感官评价得分。

图1 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜感官评分的影响

Fig. 1 Effect of flavonoids from *Lycium barbarum* leaves on sensory evaluation of minced mutton

由图1可知，“色泽”指标：空白组、BHT处理组、茶多酚处理组的羊肉糜色泽第0天最好，而添加枸杞叶黄酮提取物的羊肉糜由于枸杞叶自身的颜色，肉的起始色泽偏绿，但在贮藏过程中能够较长时间地维持这种颜色。枸杞叶黄酮提取物添加量越多，羊肉糜色泽越深，贮藏过程中色泽变化越不明显。“弹性”指标：羊肉糜的弹性在第0天时最好，但由于冷藏贮藏，第3天时羊肉糜的弹性明显下降，按压羊肉糜后，其恢复缓慢且不能完全恢复。“气味”指标：从第6天开始，空白组与其他5组羊肉糜的气味具有较大差异，空白组羊肉糜“气味”的感官得分在第12天时已降至最低，而其他处理组羊肉糜第18天时，“气味”的感官得分比空白组高。

## 2.2 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜pH值的影响

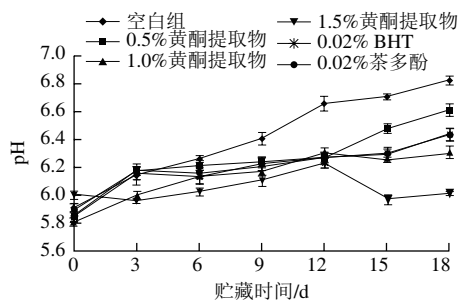


图2 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜pH值的影响

Fig. 2 Effect of flavonoids from *Lycium barbarum* leaves on pH of minced mutton

不同处理组的羊肉糜在贮藏过程中pH值的变化如图2所示。羊肉糜的pH值随着冷藏时间的延长而上升，主要是因为市售的冷鲜肉已处于尸僵状态，新鲜肉的pH值一般为5.8~6.6。冷藏过程中pH值上升的原因可能是随着贮藏期的延长，储存的葡萄糖耗尽，肉中蛋白质在内源蛋白酶及溶菌酶的作用下被分解为氨和胺类等碱性物质，导致pH值上升<sup>[26]</sup>。冷藏第9天时，空白组羊肉糜的pH值极显著高于其他处理组 ( $P<0.01$ )，15 d时，1.5%黄酮提取物处理组羊肉糜的pH值极显著低于其他处理组 ( $P<0.01$ )，表明枸杞叶黄酮提取物能抑制羊肉糜中蛋白质的分解，延缓羊肉糜pH值的上升。

## 2.3 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜酸价的影响

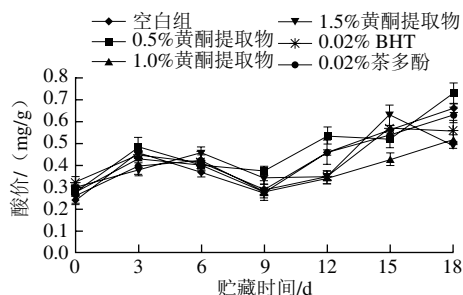


图3 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜酸价的影响

Fig. 3 Effect of flavonoids from *Lycium barbarum* leaves on acid value of minced mutton

酸价体现的是肉制品中游离脂肪酸的总量，游离脂肪酸总量越多酸价越高。肉制品中的游离脂肪酸主要来自于脂肪的酶促水解以及脂肪氧化过程中产生的一些低分子的脂肪酸<sup>[27]</sup>。不同处理组的羊肉糜在贮藏过程中酸价的变化如图3所示。羊肉糜的酸价随时间的延长呈上升趋势。第3天时，1.5%黄酮提取物处理组羊肉糜的酸价显著低于空白对照组 ( $P<0.05$ )，第12天时，1.0%黄酮提取物处理组、1.5%黄酮提取物处理组羊肉糜的酸价与0.02% BHT处理组差异不显著 ( $P>0.05$ )，且显著低于其他处理组 ( $P<0.05$ )。结果表明枸杞叶黄酮提取物能够抑制羊肉糜内游离脂肪酸的产生，且呈剂量依赖性。

## 2.4 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜POV的影响

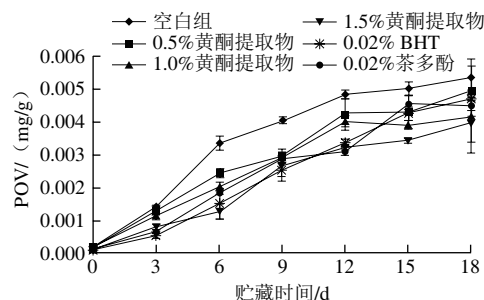


图4 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜POV的影响

Fig. 4 Effect of flavonoids from *Lycium barbarum* leaves on peroxide value of minced mutton

POV是衡量脂肪酸一级氧化产物——氢过氧化物的指标，主要用于测定系统中的过氧化氢含量，通常被用来测定肉类中脂类氧化程度，但只能表明脂肪酸初级氧化的程度<sup>[27]</sup>。不同处理组的羊肉糜在贮藏过程中POV的变化如图4所示。随时间的延长，羊肉糜的POV呈上升趋势，空白组的增长趋势最快，与其他处理组差异极显著 ( $P<0.01$ )，表明羊肉糜变质比较快，而添加抗氧化剂的羊肉糜的POV增长较缓慢。前12 d，1.5%黄酮提取物处理组羊肉糜的POV与0.02% BHT处理组和0.02%茶多酚处理组之间差异并不显著 ( $P>0.05$ )，12 d之后1.5%黄酮提取物处理组羊肉糜的POV明显低于0.02% BHT处理组和0.02%茶多酚处理组 ( $P<0.01$ )，表明枸杞叶黄酮作为天然抗氧化剂能延缓羊肉糜的变质，延迟货架期，且1.5%黄酮提取物添加量效果最佳。

## 2.5 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜TVB-N含量的影响

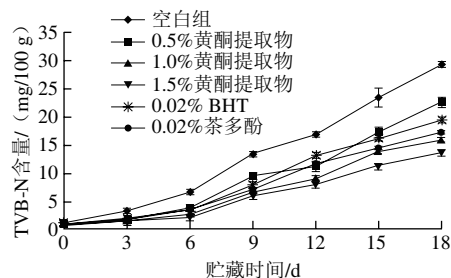


图5 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜TVB-N含量的影响

Fig. 5 Effect of flavonoids from *Lycium barbarum* leaves on TVB-N value of minced mutton

TVB-N是肉制品在贮藏过程中，在肌肉中内源酶和细菌的共同作用下，蛋白质分解而产生的氨及三甲胺等碱性含氮物质的含量，在贮藏过程中肉及肉制品的TVB-N含量会显著增加<sup>[28]</sup>。不同处理组的羊肉糜在贮藏过程中TVB-N含量的变化如图5所示。在4℃贮藏期间，空白组羊肉糜的TVB-N含量快速上升，与其他处理组差异极显著 ( $P<0.01$ )，而添加抗氧化剂处理的羊肉糜的TVB-N上升缓慢，且前6 d不同处理组组间差异不显著 ( $P>0.05$ )。GB 2707—2016《食品安全国家标准鲜

(冻)畜、禽产品》规定一级鲜度的冷却羊肉的TVB-N含量不超过15.0 mg/100 g<sup>[29]</sup>,空白组羊肉糜的TVB-N含量在第12天达到16.55 mg/100 g,而1.5%黄酮提取物处理组在第18天时才达到13.64 mg/100 g,说明枸杞叶黄酮提取物能达到延长冷却羊肉糜贮藏时间的效果。

## 2.6 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜质构特性的影响

表2 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜质构特性的影响  
Table 2 Effect of flavonoids from *Lycium barbarum* leaves on textural properties of minced mutton

贮藏时间/d	指标	空白组	0.5%黄酮提取物	1.0%黄酮提取物	1.5%黄酮提取物	0.02% BHT	0.02%茶多酚
0	硬度/N	374±50 <sup>a</sup>	432±87 <sup>ab</sup>	521±63 <sup>b</sup>	599±64 <sup>c</sup>	583±42 <sup>b</sup>	603±28 <sup>a</sup>
	黏附性	-44.99±1.07 <sup>a</sup>	-45.77±1.51 <sup>a</sup>	-45.43±0.85 <sup>a</sup>	-44.28±0.65 <sup>a</sup>	-43.26±0.66 <sup>a</sup>	-43.26±0.84 <sup>a</sup>
	弹性	0.291±0.049 <sup>a</sup>	0.213±0.012 <sup>b</sup>	0.249±0.016 <sup>b</sup>	0.223±0.006 <sup>b</sup>	0.213±0.011 <sup>b</sup>	0.206±0.005 <sup>b</sup>
	凝聚性	0.234±0.010 <sup>a</sup>	0.231±0.021 <sup>a</sup>	0.219±0.005 <sup>a</sup>	0.231±0.005 <sup>a</sup>	0.247±0.009 <sup>a</sup>	0.234±0.014 <sup>a</sup>
	胶黏性	87.96±13.45 <sup>a</sup>	93.33±12.11 <sup>a</sup>	114.34±14.77 <sup>ab</sup>	138.46±15.34 <sup>b</sup>	143.31±8.35 <sup>b</sup>	147.82±6.00 <sup>b</sup>
	咀嚼性	18.31±2.83 <sup>a</sup>	19.58±1.96 <sup>b</sup>	38.40±4.29 <sup>c</sup>	31.04±3.90 <sup>b</sup>	30.48±2.09 <sup>b</sup>	30.31±0.87 <sup>b</sup>
	回复性	0.068±0.004 <sup>a</sup>	0.073±0.006 <sup>a</sup>	0.063±0.002 <sup>a</sup>	0.067±0.002 <sup>a</sup>	0.071±0.003 <sup>a</sup>	0.071±0.003 <sup>a</sup>
3	硬度/N	463±27 <sup>a</sup>	630±53 <sup>ab</sup>	630±54 <sup>ab</sup>	799±77 <sup>c</sup>	714±107 <sup>b</sup>	784±33 <sup>a</sup>
	黏附性	-42.25±0.99 <sup>a</sup>	-43.20±0.81 <sup>a</sup>	-45.07±0.61 <sup>a</sup>	-44.58±0.25 <sup>a</sup>	-44.80±1.07 <sup>a</sup>	-43.80±0.82 <sup>a</sup>
	弹性	0.221±0.016 <sup>a</sup>	0.204±0.005 <sup>b</sup>	0.222±0.010 <sup>b</sup>	0.211±0.015 <sup>b</sup>	0.201±0.010 <sup>b</sup>	0.201±0.029 <sup>b</sup>
	凝聚性	0.212±0.012 <sup>a</sup>	0.222±0.011 <sup>a</sup>	0.207±0.021 <sup>a</sup>	0.209±0.008 <sup>a</sup>	0.225±0.006 <sup>a</sup>	0.223±0.018 <sup>a</sup>
	胶黏性	90.26±15.05 <sup>a</sup>	141.13±18.55 <sup>ab</sup>	129.99±16.28 <sup>ab</sup>	165.94±9.59 <sup>b</sup>	160.30±22.71 <sup>b</sup>	175.42±19.88 <sup>b</sup>
	咀嚼性	21.53±1.73 <sup>a</sup>	28.84±4.04 <sup>a</sup>	29.14±4.97 <sup>a</sup>	35.19±4.42 <sup>b</sup>	32.68±6.41 <sup>b</sup>	36.32±9.51 <sup>b</sup>
	回复性	0.065±0.009 <sup>a</sup>	0.061±0.007 <sup>a</sup>	0.060±0.002 <sup>a</sup>	0.063±0.004 <sup>a</sup>	0.060±0.001 <sup>a</sup>	0.058±0.003 <sup>a</sup>
6	硬度/N	605±130 <sup>a</sup>	746±95 <sup>a</sup>	767±101 <sup>a</sup>	852±57 <sup>b</sup>	878±47 <sup>b</sup>	913±257 <sup>a</sup>
	黏附性	-44.79±0.58 <sup>a</sup>	-43.81±1.45 <sup>a</sup>	-45.68±1.91 <sup>a</sup>	-43.20±1.47 <sup>a</sup>	-46.51±1.30 <sup>a</sup>	-44.41±1.66 <sup>a</sup>
	弹性	0.197±0.133 <sup>a</sup>	0.193±0.005 <sup>b</sup>	0.214±0.016 <sup>b</sup>	0.206±0.010 <sup>b</sup>	0.192±0.015 <sup>b</sup>	0.195±0.010 <sup>b</sup>
	凝聚性	0.202±0.014 <sup>a</sup>	0.212±0.005 <sup>a</sup>	0.203±0.021 <sup>a</sup>	0.205±0.009 <sup>a</sup>	0.202±0.006 <sup>a</sup>	0.216±0.017 <sup>a</sup>
	胶黏性	118.04±25.23 <sup>a</sup>	158.02±22.49 <sup>a</sup>	150.02±14.56 <sup>a</sup>	181.47±16.82 <sup>b</sup>	171.18±6.73 <sup>b</sup>	186.43±47.01 <sup>b</sup>
	咀嚼性	22.46±4.70 <sup>a</sup>	30.65±4.22 <sup>a</sup>	31.55±2.50 <sup>a</sup>	37.92±5.35 <sup>b</sup>	33.25±4.07 <sup>b</sup>	35.71±8.14 <sup>b</sup>
	回复性	0.066±0.004 <sup>a</sup>	0.068±0.002 <sup>a</sup>	0.067±0.006 <sup>a</sup>	0.065±0.002 <sup>a</sup>	0.059±0.004 <sup>a</sup>	0.064±0.006 <sup>a</sup>
9	硬度/N	724±136 <sup>a</sup>	837±120 <sup>ab</sup>	838±43 <sup>ab</sup>	970±58 <sup>ab</sup>	926±112 <sup>ab</sup>	1066±97 <sup>a</sup>
	黏附性	-45.97±4.45 <sup>a</sup>	-44.49±3.15 <sup>a</sup>	-42.26±1.02 <sup>a</sup>	-43.61±2.04 <sup>a</sup>	-42.40±0.95 <sup>a</sup>	-42.30±1.56 <sup>a</sup>
	弹性	0.191±0.008 <sup>a</sup>	0.188±0.012 <sup>a</sup>	0.209±0.008 <sup>a</sup>	0.196±0.009 <sup>a</sup>	0.183±0.006 <sup>a</sup>	0.186±0.009 <sup>a</sup>
	凝聚性	0.199±0.007 <sup>a</sup>	0.201±0.014 <sup>a</sup>	0.201±0.012 <sup>a</sup>	0.203±0.008 <sup>a</sup>	0.199±0.011 <sup>a</sup>	0.212±0.014 <sup>a</sup>
	胶黏性	147.94±31.34 <sup>a</sup>	165.04±19.60 <sup>a</sup>	170.34±14.05 <sup>a</sup>	197.13±12.51 <sup>b</sup>	184.66±23.88 <sup>b</sup>	229.05±28.16 <sup>b</sup>
	咀嚼性	27.41±5.40 <sup>a</sup>	30.84±3.75 <sup>ab</sup>	35.79±3.68 <sup>ab</sup>	38.82±3.77 <sup>ab</sup>	34.05±4.98 <sup>ab</sup>	41.85±4.18 <sup>b</sup>
	回复性	0.070±0.003 <sup>a</sup>	0.065±0.004 <sup>a</sup>	0.064±0.003 <sup>a</sup>	0.065±0.005 <sup>a</sup>	0.075±0.005 <sup>a</sup>	0.070±0.004 <sup>a</sup>
12	硬度/N	784±42 <sup>a</sup>	906±54 <sup>ab</sup>	953±32 <sup>ab</sup>	1263±44 <sup>b</sup>	1241±66 <sup>b</sup>	1207±50 <sup>b</sup>
	黏附性	-43.61±0.42 <sup>a</sup>	-45.35±0.88 <sup>a</sup>	-42.89±1.06 <sup>a</sup>	-43.74±0.43 <sup>a</sup>	-43.61±0.58 <sup>a</sup>	-42.88±0.70 <sup>a</sup>
	弹性	0.182±0.010 <sup>a</sup>	0.182±0.006 <sup>a</sup>	0.204±0.016 <sup>a</sup>	0.199±0.005 <sup>a</sup>	0.176±0.003 <sup>a</sup>	0.187±0.006 <sup>a</sup>
	凝聚性	0.196±0.006 <sup>a</sup>	0.194±0.006 <sup>a</sup>	0.208±0.011 <sup>a</sup>	0.204±0.005 <sup>a</sup>	0.196±0.010 <sup>a</sup>	0.209±0.009 <sup>a</sup>
	胶黏性	153.66±9.85 <sup>a</sup>	176.07±13.10 <sup>a</sup>	198.37±14.09 <sup>ab</sup>	257.56±11.07 <sup>b</sup>	245.50±23.72 <sup>b</sup>	254.34±20.61 <sup>b</sup>
	咀嚼性	27.98±2.17 <sup>a</sup>	31.83±1.38 <sup>ab</sup>	39.80±2.35 <sup>ab</sup>	51.26±2.29 <sup>b</sup>	43.33±4.56 <sup>b</sup>	47.98±5.26 <sup>b</sup>
	回复性	0.073±0.009 <sup>a</sup>	0.072±0.004 <sup>a</sup>	0.080±0.004 <sup>a</sup>	0.068±0.002 <sup>a</sup>	0.072±0.002 <sup>a</sup>	0.076±0.004 <sup>a</sup>
15	硬度/N	645±74 <sup>a</sup>	822±58 <sup>ab</sup>	737±104 <sup>ab</sup>	849±46 <sup>ab</sup>	913±93 <sup>a</sup>	917±103 <sup>a</sup>
	黏附性	-44.18±0.86 <sup>a</sup>	-45.40±1.74 <sup>a</sup>	-43.92±1.11 <sup>a</sup>	-46.39±3.28 <sup>b</sup>	-44.31±0.97 <sup>a</sup>	-44.06±0.46 <sup>a</sup>
	弹性	0.179±0.007 <sup>a</sup>	0.183±0.015 <sup>a</sup>	0.205±0.010 <sup>a</sup>	0.196±0.016 <sup>a</sup>	0.172±0.009 <sup>a</sup>	0.193±0.008 <sup>a</sup>
	凝聚性	0.191±0.010 <sup>a</sup>	0.197±0.023 <sup>a</sup>	0.205±0.006 <sup>a</sup>	0.198±0.174 <sup>a</sup>	0.187±0.008 <sup>a</sup>	0.210±0.013 <sup>a</sup>
	胶黏性	121.54±12.49 <sup>a</sup>	158.38±15.66 <sup>ab</sup>	152.98±25.70 <sup>ab</sup>	166.54±12.34 <sup>ab</sup>	172.95±23.22 <sup>ab</sup>	189.84±16.28 <sup>b</sup>
	咀嚼性	21.49±1.71 <sup>a</sup>	29.76±5.06 <sup>ab</sup>	32.07±6.28 <sup>ab</sup>	32.81±3.99 <sup>ab</sup>	29.88±4.73 <sup>ab</sup>	36.52±3.26 <sup>b</sup>
	回复性	0.063±0.001 <sup>a</sup>	0.067±0.006 <sup>ab</sup>	0.074±0.002 <sup>a</sup>	0.066±0.004 <sup>a</sup>	0.057±0.003 <sup>a</sup>	0.071±0.004 <sup>a</sup>
18	硬度/N	632±100 <sup>a</sup>	681±68 <sup>a</sup>	667±43 <sup>a</sup>	720±24 <sup>a</sup>	781±64 <sup>a</sup>	745±29 <sup>a</sup>
	黏附性	-44.02±0.50 <sup>a</sup>	-44.93±1.91 <sup>a</sup>	-42.39±1.06 <sup>a</sup>	-43.94±1.45 <sup>a</sup>	-45.75±0.45 <sup>a</sup>	-41.69±2.03 <sup>a</sup>
	弹性	0.174±0.016 <sup>a</sup>	0.184±0.006 <sup>a</sup>	0.208±0.009 <sup>a</sup>	0.199±0.005 <sup>a</sup>	0.176±0.014 <sup>a</sup>	0.181±0.008 <sup>a</sup>
	凝聚性	0.186±0.010 <sup>a</sup>	0.197±0.016 <sup>a</sup>	0.203±0.019 <sup>a</sup>	0.200±0.009 <sup>a</sup>	0.191±0.011 <sup>a</sup>	0.194±0.016 <sup>a</sup>
	胶黏性	117.31±18.92 <sup>a</sup>	131.02±8.08 <sup>a</sup>	136.45±18.55 <sup>a</sup>	143.46±4.57 <sup>a</sup>	146.99±7.32 <sup>a</sup>	144.77±12.59 <sup>a</sup>
	咀嚼性	20.82±4.56 <sup>a</sup>	24.09±1.47 <sup>a</sup>	28.47±4.22 <sup>a</sup>	28.55±0.72 <sup>a</sup>	25.88±2.33 <sup>a</sup>	26.23±2.47 <sup>a</sup>
	回复性	0.055±0.004 <sup>a</sup>	0.072±0.004 <sup>ab</sup>	0.082±0.002 <sup>a</sup>	0.068±0.008 <sup>a</sup>	0.068±0.004 <sup>a</sup>	0.065±0.006 <sup>a</sup>

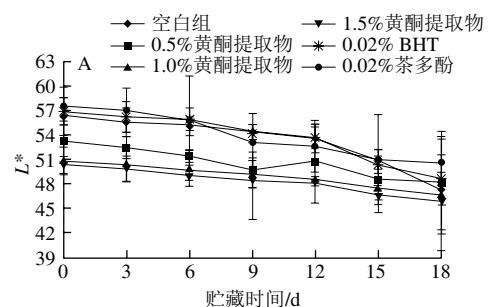
注:同行肩标字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。

采用质构仪分析了羊肉糜在贮藏过程中硬度、黏附性、弹性、凝聚性、胶黏性、咀嚼性以及回复性的变化,结果如表2所示。

食品的质构特性是消费者判断许多食品质量和新鲜度的主要标准之一<sup>[30]</sup>。结果显示,羊肉糜在4℃贮藏过程中其硬度、胶黏性、咀嚼性发生明显的变化,而弹性、凝聚性、黏附性和回复性变化不明显。由表2可知,羊肉糜的硬度、胶黏性、咀嚼性先增大,第12天达到最大值,而后降低;1.5%黄酮提取物处理组、BHT处理组、茶多酚处理组羊肉糜的硬度总体值和胶黏性总体值均大于其他3组,且这3个处理组羊肉糜间硬度和胶黏性差异不显著( $P>0.05$ ),空白组羊肉糜的硬度和胶黏性第12天最低,可能羊肉糜发生变质;1.5%黄酮提取物处理组和茶多酚处理组羊肉糜的咀嚼性高于其他4组,9~15 d期间与空白组具有显著差异( $P<0.05$ )。第0天时,空白组羊肉糜的弹性与其他处理组具有显著差异( $P<0.05$ ),但是与各个处理组间羊肉糜的凝聚性差异不显著( $P>0.05$ )。其原因可能是,羊肉糜在室温下处理,4℃条件下贮藏,致使其在第0天时硬度最低,弹性最高。同时表2也反映出:各个处理组羊肉糜的弹性和凝聚性在0~12 d贮藏期间随着硬度增加肉变硬,弹性和凝聚性降低;贮藏后期(12 d之后)由于微生物大量繁殖及羊肉糜不断失水,肉中蛋白质降解,保水性降低,肉质变软,硬度下降,使得各个处理组羊肉糜的弹性和凝聚性持续下降。而羊肉糜的黏附性、回复性是波动的,各个处理组的黏附性差异不显著( $P>0.05$ ),回复性在前12 d也没有显著性差异( $P>0.05$ ),可能原因是探头在第一次压缩样品后,样品粘在探头上,羊肉糜的重力不足以克服摩擦力,致使在第2次压缩前羊肉糜始终粘在探头上,探头一直受力;因此每组羊肉糜的黏附性和回复性在贮藏过程中变化不明显,且各处理组间的差异也不明显。

## 2.7 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜色泽的影响

肉的颜色主要是由肌肉组织中肌红蛋白成分所处的化学状态决定的,反映肌肉中肌红蛋白浓度和其氧化还原状态<sup>[31]</sup>。采用色差仪测定了羊肉糜在贮藏过程中颜色( $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ )的变化,结果见图6。



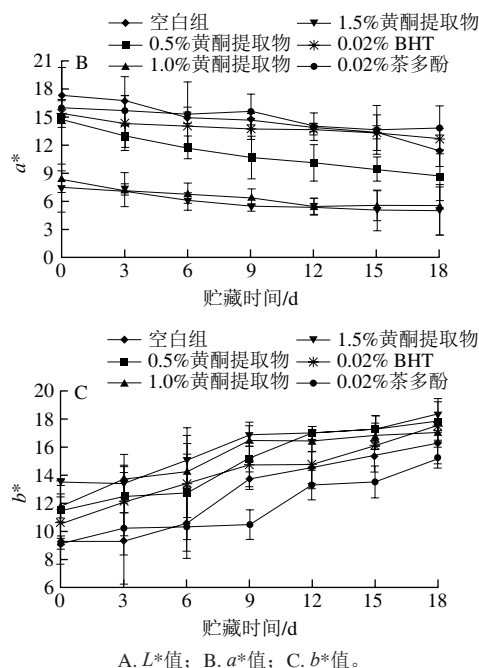


图6 枸杞叶黄酮提取物对羊肉糜色泽的影响

Fig. 6 Effect of flavonoids from *Lycium barbarum* leaves on color of minced mutton

肉的颜色是消费者用来衡量肉品品质和新鲜度的重要指标<sup>[32]</sup>,肉色的 $L^*$ 值代表肉样的亮度值,该值越大说明肉光泽度越好; $a^*$ 代表肉样红度值,该值越高说明肉颜色越好,肉样越新鲜; $b^*$ 代表肉样黄度值,该值越高说明肉越不新鲜<sup>[33]</sup>。由图6A~C可知,各组羊肉糜的 $L^*$ 、 $a^*$ 值均随贮藏时间的延长而逐渐降低, $b^*$ 值逐渐升高。空白组、BHT处理组、茶多酚处理组的起始 $L^*$ 、 $a^*$ 值较高,羊肉糜光泽度高,而添加枸杞叶黄酮的羊肉糜,由于枸杞叶黄酮本身呈黄绿色,导致羊肉糜起始颜色就发绿、偏暗,且枸杞叶黄酮添加量越多,绿色越深,其 $L^*$ 、 $a^*$ 值越低, $b^*$ 越高。1.0%和1.5%黄酮提取物处理组羊肉糜的 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值之间的差异不显著( $P>0.05$ )。Zhang Huiyun<sup>[26]</sup>和Biswas<sup>[34]</sup>等研究抗氧化物质对肉制品的色泽影响,其 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值的变化趋势与本实验一致。随着贮藏期的延长,羊肉糜发生褐变,肉组织中的肌红蛋白和氧合肌红蛋白被氧化生成高铁肌红蛋白(呈褐色),肉品质下降。同时在贮藏过程中水分的丧失和脂肪的氧化间接影响了肉品的光泽,使肉糜的 $a^*$ 值降低, $b^*$ 值升高<sup>[35]</sup>。

### 3 结论

本实验将枸杞叶黄酮提取物以不同添加量添加到由植物油和羊肉构建的复合羊肉糜中,通过检测冷藏期内体系的各项过氧化指标和质构特性变化,研究枸杞叶黄酮提取物作为天然抗氧化剂对羊肉糜品质的影响。结果

显示,枸杞叶黄酮提取物能够显著抑制冷藏期内羊肉糜pH值、酸价、POV和TVB-N含量的增加( $P<0.05$ ),且呈剂量依赖关系;能够提高羊肉糜的硬度、胶黏性和咀嚼性( $P<0.05$ ),有效控制由腐败变质引起的羊肉糜质构特性变化;虽然枸杞叶黄酮提取物呈黄绿色,导致羊肉糜的起始 $L^*$ 、 $a^*$ 值低, $b^*$ 值比其他处理组高,但其能够使羊肉糜在贮藏过程中始终具有较稳定的感官评分。综合实验结果,枸杞叶黄酮提取物对富含 $n-3$ 多不饱和脂肪酸的羊肉糜显示了较好的抗氧化效果,能够作为天然抗氧化剂应用于肉制品加工中。

### 参考文献:

- [1] 任国艳,曹利,王玉琴,等.不同烹调方式对羊肉品质的影响[J].食品科学,2016,37(19):24-30. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201619004.
- [2] ABUELFATAH K, ZUKI A B Z, GOH Y M, et al. Effects of enriching goat meat with  $n-3$  polyunsaturated fatty acids on meat quality and stability[J]. Small Ruminant Research, 2016, 136: 36-42. DOI:10.1016/j.smallrumres.2016.01.001.
- [3] RUIZ-NÚÑEZ B, DIJCK-BROUWER D A J, MUSKIEF F A J. The relation of saturated fatty acids with low-grade inflammation and cardiovascular disease[J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 2016, 36: 1-20. DOI:10.1016/j.jnutbio.2015.12.007.
- [4] SAFARINEJAD M R, SAFARINEJAD S. The roles of  $\omega-3$  and  $\omega-6$  fatty acids in idiopathic male infertility[J]. Asian Journal of Andrology, 2012, 14(4): 514-515. DOI:10.1038/aja.2012.46.
- [5] RATHER S A, MASOODI F A, AKHTER R, et al. Effects of guar gum as fat replacer on some quality parameters of mutton goshtaba, a traditional Indian meat product[J]. Small Ruminant Research, 2016, 137: 169-176. DOI:10.1016/j.smallrumres.2016.03.013.
- [6] 郎婧,石宝明,张宏宇,等.亚麻籽中 $n-3$ 多不饱和脂肪酸对猪肌体脂肪酸组成和肉品质的影响[J].中国饲料,2010(8):9-12. DOI:10.3969/j.issn.1004-3314.2010.08.004.
- [7] HEŞ M, WASZKOWIAK K, SZYMANDERA-BUSZKA K. The effect of iodine salts on lipid oxidation and changes in nutritive value of protein in stored processed meats[J]. Meat Science, 2012, 92(2): 139-143. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.04.025.
- [8] 李进,李淑珍,冯文娟,等.黑果枸杞叶总黄酮的体外抗氧化活性研究[J].食品科学,2010,31(13):259-262. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201013059.
- [9] WANG C C, CHANG S C, INBARAJ B S, et al. Isolation of carotenoids, flavonoids and polysaccharides from *Lycium barbarum* L. and evaluation of antioxidant activity[J]. Food Chemistry, 2010, 120(1): 184-192. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.10.005.
- [10] WU S H, WANG Y Y, GONG G L, et al. Adsorption and desorption properties of macroporous resins for flavonoids from the extract of Chinese wolfberry (*Lycium barbarum* L.)[J]. Food and Bioprocess Technology, 2015, 93: 148-155. DOI:10.1016/j.fbp.2013.12.006.
- [11] MOCAN A, VLASE L, VODNAR D C, et al. Polyphenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of *Lycium barbarum* L. and *Lycium chinense* Mill. leaves[J]. Molecules, 2014, 19(7): 10056-10073. DOI:10.3390/molecules190710056.
- [12] LIU S C, LIN J T, HU C C, et al. Phenolic compositions and antioxidant attributes of leaves and stems from three inbred varieties of *Lycium chinense* Miller harvested at various times[J]. Food Chemistry, 2017, 215: 284-291. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.06.072.

- [13] 范艳丽, 龚媛, 梁飞, 等. 微波辅助法提取枸杞叶黄酮的工艺研究[J]. 中国食品添加剂, 2013(4): 83-89. DOI:10.3969/j.issn.1006-2513.2013.04.005.
- [14] SÁNCHEZ-MUNIZ F J, OLIVERO-DAVID R, TRIKI M, et al. Antioxidant activity of *Hypericum perforatum* L. extract in enriched *n*-3 PUFA pork meat systems during chilled storage[J]. Food Research International, 2012, 48(2): 909-915. DOI:10.1016/j.foodres.2012.07.002.
- [15] KRISHNAN K R, BABUSKIN S, AZHAGU SARAVANA BABU P, 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: 32-40. DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2013.11.011.
- [16] DEVENDRA K, MANISH K C, RAGHVENDAR S, et al. Effects of incorporation of camel milk casein hydrolysate on quality, oxidative and microbial stability of goat meat emulsion during refrigerated ( $4 \pm 1$  °C) storage[J]. Small Ruminant Research, 2016, 144: 149-157. DOI:10.1016/j.smallrumres.2016.09.008.
- [17] 何碧烟, 欧光南. 茶多酚、BHT和TBHQ抗氧化活性的比较研究[J]. 集美大学学报(自然科学版), 1999, 4(3): 40-44.
- [18] 国家质量监督检验检疫总局. 肉与肉制品感官评定规范: GB/T 22210—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 3.
- [19] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品pH值的测定: GB 5009.237—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 2-4.
- [20] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中酸价的测定: GB 5009.229—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-4.
- [21] 卫生部. 肉与肉制品卫生标准的分析方法: GB/T 5009.44—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 354.
- [22] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定: GB 5009.227—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-3.
- [23] 丛懿洁. 加酶腌制对猪肉糜及猪肉脯品质的影响研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2014: 15.
- [24] CHOI Y S, CHOI J H, HAN D J, et al. Effects of *Laminaria japonica* on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat pork patties[J]. Meat Science, 2012, 91(1): 1-7. DOI:10.1016/j.meatsci.2011.11.011.
- [25] ROS-POLSKI V, KOUTCHMA T, DEFELIC C, et al. Effects of high hydrostatic pressure processing parameters and NaCl concentration on the physical properties, texture and quality of white chicken meat[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2015, 30: 31-42. DOI:10.1016/j.ifset.2015.04.003.
- [26] ZHANG Huiyun, WU Jingjuan, GOU Xinyu. Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on raw chicken meat quality[J]. Food Science and Human Wellness, 2016, 5(1): 39-48. DOI:10.1016/j.fshw.2015.11.003.
- [27] 牛云辉, 李改, 柳艳霞, 等. 贮藏条件对猪肉糜氧化效应的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(10): 309-312. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2013.10.067.
- [28] HUANG L, ZHAO J W, CHEN Q S, et al. Nondestructive measurement of total volatile basic nitrogen (TVB-N) in pork meat by integrating near infrared spectroscopy, computer vision and electronic nose techniques[J]. Food Chemistry, 2014, 145: 228-236. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.06.073.
- [29] 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准鲜(冻)畜、禽产品: GB 2707—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 2.
- [30] 田晓静, 王俊. 质构分析在肉制品检测中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(6): 1654-1660.
- [31] LIU H W, LI K, LV M B, et al. Effects of chestnut tannins on the meat quality, welfare, and antioxidant status of heat-stressed lambs[J]. Meat Science, 2016, 116: 236-242. DOI:10.1016/j.meatsci.2016.02.024.
- [32] 张宏博, 王贵印, 袁倩, 等. 巴美肉羊的食用品质[J]. 食品科学, 2013, 34(19): 18-22. DOI:10.7506/spkx.1002-6630-201319005.
- [33] 张春晖, 李侠, 李银, 等. 低温高湿变温解冻提高羊肉的品质[J]. 农业工程学报, 2013, 29(6): 267-273. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2013.06.033.
- [34] BISWAS A K, CHATLI M K, SAHOO J. Antioxidant potential of curry (*Murraya koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage[J]. Food Chemistry, 2012, 133(2): 467-472. DOI:10.1016/j.foodchem.2012.01.073.
- [35] 陈晓亮, 王世平, 刘欢. 冷却猪肉新鲜度的色差快速分析评价方法[J]. 食品科学, 2012, 33(4): 204-208.