

# 冻藏对牛肉品质及氟喹诺酮类药物残留的影响

赵瑞<sup>1</sup>, 韩宇<sup>1</sup>, 包欣怡<sup>1</sup>, 王靖<sup>2</sup>, 梁丽雅<sup>1,3</sup>, 闫师杰<sup>1,3\*</sup>

(1. 天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300384; 2. 天津农学院动物科学与动物医学学院, 天津 300384; 3. 天津市农副产品深加工技术工程中心, 天津 300384)

**摘要:** **目的** 研究冻藏对牛肉品质和氟喹诺酮类药物残留的影响。**方法** 将原料肉绞碎, 分为空白组和加标组, 真空包装, 冻藏 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后进行主要营养成分、pH、TBARS、菌落总数、钙铁锌和氟喹诺酮类药物残留量的测定。**结果** 在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冻藏过程中, 添加沙拉沙星(Sarafloxacin, SAR)和双氟沙星(Difloxacin, DIF)标品组和对照组牛肉水分含量随时间延长呈波动趋势, 灰分含量逐渐上升, 粗蛋白含量变化无规律; 三项指标加标组和空白组差异显著( $P<0.05$ )。pH值随着贮藏时间的延长先下降后趋于平缓。加标组TBARS值在贮藏初期迅速下降, 之后趋于平缓且低于空白组。铁、锌元素含量逐渐上升, 钙含量在8~10周达到最大后开始下降。冻藏对牛肉中SAR和DIF含量的影响不显著。**结论** 冻藏对本实验牛肉样品中氟喹诺酮类药物残留影响较小, 实验牛肉样品符合卫生指标的贮藏时间是冻藏6周。

**关键词:** 牛肉; 冻藏; 氟喹诺酮; 食物品质

## Effects of frozen storage on quality and fluoroquinolones residues of beef

ZHAO Rui<sup>1</sup>, HAN Yu<sup>1</sup>, BAO Xin-Yi<sup>1</sup>, WANG Qian<sup>2</sup>, LIANG Li-Ya<sup>1,3</sup>, YAN Shi-Jie<sup>1,3\*</sup>

(1. College of Food Science and Biotechnology, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China; 2. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China; 3. Tianjin Engineering and Technology Research Center of Agricultural Products Processing, Tianjin 300384, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the influence on qualities and fluoroquinolones residues in beef by frozen storage. **Methods** Beef samples were cut into small pieces, then divided into the blank group and standard group, and followed by vacuum packing. The samples were stored at  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Then the nutritional components, pH, TBARS, the total bacteria count, Ca, Fe, and Zn of beef and the residues of fluoroquinolones were determined. **Results** Under the frozen storage  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  condition, water content fluctuated with increasing storage time. Ash content increased gradually, but the protein content changed unregularly. These 3 indexes of 2 groups were significantly different ( $P<0.05$ ). The pH value of spiked beef fell with the extension of time at first and then became constant. The TBARS value of standard group decreased rapidly during the early storage, and then tend to be stable and lower than that of the blank group. The content of Fe and Zn

基金项目: 天津市大学生创新创业训练计划项目(201410061070)、2014天津农学院大学生科技创新活动项目“牛肉中喹诺酮类兽残的快速检测与毛细管电泳检测方法的比较研究”

**Fund:** Supported by Innovation and Entrepreneurship Training Project for College Students in Tianjin(201410061070), 2014 Science and Technology Innovation Activities of College Students in Tianjin Agricultural University “Comparison of Quinolone Residues Detection Methods of in Beef: Rapid Detection and Capillary Electrophoresis Method”

\*通讯作者: 闫师杰, 教授, 主要研究方向为食品质量与安全、果蔬贮藏保鲜。E-mail: yanshijie@126.com

\*Corresponding author: YAN Shi-Jie, Professor, College of Food Science and Biotechnology, Tianjin Agricultural University, Tianjin Engineering and Technology Research Center of Agricultural Products Processing, Tianjin 300384, China. E-mail: yanshijie@126.com

increased gradually, and that of Ca decreased after reached the maximum in 8~10 wk. Effects of frozen storage conditions on Sarafloxacin (SAR) and Difloxacin (DIF) content of beef were not significant. **Conclusion** Frozen storage had a little impact on fluoroquinolone residues in beef. The storage time which the samples safety indicators can meet the need of standards was 6 wk.

**KEY WORDS:** beef; frozen storage; fluoroquinolones; food quality

## 1 引言

氟喹诺酮类药物(FQs)是目前畜禽养殖中经常使用的一类广谱抗菌药,也是近些年各国主要开发的药物方向。其中沙拉沙星(SAR)和双氟沙星(DIF)是美国FDA批准的可用于动物食品的首要FQs类药物。但该类药物在动物体内易产生残留,对人体产生危害<sup>[1]</sup>。

我国是世界第三大牛肉生产国,牛肉产品的质量安全问题日益受到关注。对牛肉制品来讲,冷冻储藏是最方便、最有效储藏原料肉的方法之一。冷冻的低温条件能使肉和环境中的大部分微生物体内的酶活性受到抑制,延缓牛肉品质下降的速度,从而可以延长货架期,大幅度的提高肉制品消费的机动性和市场的可支配性,所以,冷冻肉是现代肉制品加工的一个重要方向<sup>[2-4]</sup>。冻藏在对肉品质产生影响的同时还会对农兽药残留产生影响。如 Abou-Arab<sup>[5]</sup>通过在番茄中添加6种有机磷农药各1.0 mg/kg,经-10℃冷冻贮藏(1、3、6、12 d)后,这几种农药的降解率约为10%左右,即低温可以有效降低农药的降解率。但是关于冻藏对牛肉中FQs残留是否有所影响还鲜见报道。SAR和DIF作为现在养殖中允许使用且有最高残留限量规定的FQs类药物,这2种药物在肌肉中的最高残留量分别为10 μg/kg和400 μg/kg,研究其在牛肉及其制品中的检出限和定量限,以及探讨贮藏和加工条件对其在牛肉及制品中的影响,为人们日常生活中安全食用牛肉及其制品和进行牛肉贮藏和加工提供理论依据。因此,本实验以宰后新鲜牛肉为研究对象,采用加标回收的方法,测定了在冻藏-18℃±1℃条件下牛肉中两种氟喹诺酮类药物残留、营养成分及品质等指标,分析在冻藏条件-18℃±1℃下,SAR和DIF与营养成分及品质指标的变化关系,从而确定-18℃±1℃冷藏条件下牛肉的适宜贮藏期。

## 2 材料与方法

### 2.1 仪器与试剂

P/ACE-MDQ 型高效毛细管电泳仪(美国 Beckman 公司); AA-6300 原子吸收分光光度计(日本岛津); UDK142 自动凯氏定氮仪(Italy Velp); RE-2000 旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂); FA25 高速乳化分散机(上海弗鲁克机械制造有限公司); ST40R 低速大容量离心机(美国索福有限公司); UV-LS-30 紫外可见分光光度计(龙尼柯上海仪器有限公司); DZQ500×2S 真空包装机(上海申越包装机械制造有限公司); PB-10 酸度计(赛多利斯科学仪器有限公司)。

沙拉沙星、盐酸二氟沙星标准品(纯度≥99.6%,中国兽医药品监察所); 乙腈、正己烷(色谱级,美国 fisher 公司); 溴甲酚绿、甲基红、硫酸钾(分析纯,天津市北方天医化学试剂厂); 三氯乙酸(TCA)(分析纯,天津光复精细化工研究所); 钙、铁、锌标准溶液(国家有色金属及电子材料分析测试中心)。

### 2.2 样品处理方法

实验流程为:原料肉购买→绞碎→加标→真空包装→冻藏→指标测定。

1) 绞肉:用滚筒挤压式绞肉机进行绞肉。绞肉机使用前用沸水冲洗3遍,降低微生物感染。

2) 加沙拉沙星和二氟沙星混标标品:每5g肉里加0.4 mL 10 μg/mL 的氯霉素标品,浸泡6 h。以不加标样品作为空白对照。

3) 真空包装:分别将牛肉定量分装入0.16 mm 的聚酯真空袋内,用真空包装机包装,做好标记。

4) 冻藏:将包装好的牛肉置于-18℃±1℃的冰箱冷藏。(加标组d 0的指标在添加标品6 h后测定,之后分别在冻藏的每2周进行各项指标的测定)。

## 2.3 测定方法

### 2.3.1 营养成分的测定

蛋白质<sup>[6]</sup>、水分<sup>[7]</sup>、灰分<sup>[8]</sup>的测定参照国标方法。

### 2.3.2 pH 值的测定

参照孔保华<sup>[9]</sup>的方法, 做适当修改。精确称取样品 2.0 g 于 50 mL 烧杯中, 加入蒸馏水 18 mL, 用高剪切乳化分散机乳化(B 档, 即 13000 r/min) 30 s, 放置 10 min 后用 pH 计测定。

### 2.3.3 脂肪氧化值(TBARS)的测定

TBARS 值的测定参照 Vyncké<sup>[10]</sup>和 Sørensen<sup>[11]</sup>的方法, 并作适当修改。准确称取 5.0000 g 肉样放入具塞刻度试管中, 加入 15 mL 包括 7.5% 三氯乙酸(TCA)、0.1% 丁基羟基茴香醚(BHA)和 0.1% EDTA 的混合溶液, 用高速剪切乳化机(13000 r/min)均质 30 s 后, 用 Φ11 cm 定性滤纸进行过滤, 吸取滤液 2.5 mL 与 2.5 mL 0.02 mol/L 的 2-硫代巴比妥酸(TBA)在沸水浴中反应 40 min 后, 迅速用冰将其冷却, 再加 5 mL 氯仿, 12000 r/min 离心 10 min, 吸取上清液(粉红色的丙二醛 MDA)在 532 nm 处测定其吸光度。

计算公式如下:

$$TBARS(mg/kg) = (A \times V \times M) / (\epsilon \times l \times m)$$

式中:  $A$  是吸光度;  $V$  是样品体积(mL);  $M$  是丙二醛分子量 72.063;  $\epsilon$  是摩尔吸光系数 156000;  $l$  是光程 1(cm);  $m$  是肉样质量(g)。

### 2.3.4 钙、铁、锌含量的测定

#### (1) 标准曲线的制作

按照 GB/T 5009.92-2003<sup>[12]</sup>、GB/T 5009.90-2003<sup>[13]</sup>、GB/T 5009.14-2003<sup>[14]</sup>方法, 分别制作测定 Ca、Fe、Zn 含量的标准曲线方程。

#### (2) 样品的测定

准确称取 0.0500 g 灰分, 滴 2~3 滴浓硝酸(优级纯)让灰分充分溶解, 之后用 0.05 mol/L 硝酸定容到 50 mL。将定容后的灰分溶液过滤膜, 用注射器吸取、过 0.45 μm 膜, 收集滤液于 50 mL 的离心管中, 实验重复 3 次。钙含量直接取上述溶液测定。铁含量取 5 mL 上述溶液, 定容到 25 mL 进行测定。锌含量取 1.5 mL 上述溶液, 定容到 25 mL 进行测定。

### 2.3.5 细菌总数的测定

细菌总数的测定参考国标 GB 4789.2-2010<sup>[15]</sup>。

### 2.3.6 沙拉沙星和二氟沙星的提取及测定方法

参照王艳红<sup>[16]</sup>方法, 并做了适当的修改。最佳测定条件: 35 mmol/L 硼酸硼砂缓冲液(pH 8.8); 运行电

压: 25 kV; 运行温度: 22 °C; 检测波长 275 nm; 进样压力: 0.5 psi; 进样时间: 4 s。两次进样间分别用 0.1 mol/L NaOH、超纯水、缓冲液清洗 5 min、5 min、2 min。

## 2.4 数据处理

WPS 2010 计算各指标平均值和标准偏差, Statistix 8.1 进行数据分析, 平均数之间显著性差异 ( $P < 0.05$ ) 通过 Turkey test 程序进行, 用 Sigmaplot 10.0 作图。

## 3 结果与分析

### 3.1 冻藏对牛肉中主要营养成分的影响

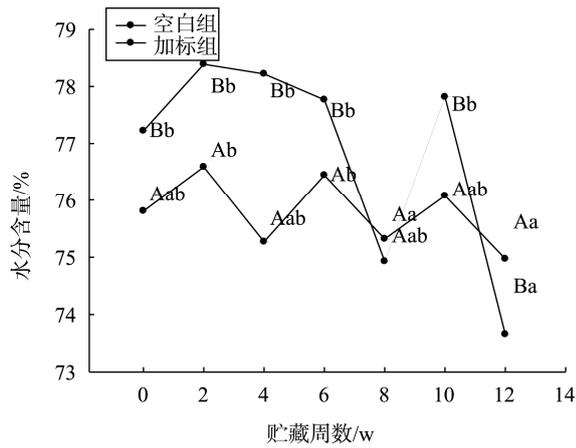
实验牛肉中的水分、蛋白质、灰分含量的测定结果见图 1 所示。由图可以看出, 在冻藏期间, 两组牛肉水分、蛋白质和灰分含量变化趋势基本一致。水分和蛋白质含量差异性较大 ( $P < 0.05$ ), 牛肉水分含量范围在 73.53%~78.35% 之间, 随着贮藏期的延长, 空白组与加标组水分含量均呈现大体下降趋势, 且两处理间数据差异性显著 ( $P < 0.05$ )。加标组牛肉样品在贮藏初期水分含量高于空白组, 而在整个贮藏期内蛋白质含量低于空白组。空白组牛肉的灰分含量随着贮藏时间的延长先降低后升高, 而加标组牛肉的灰分含量逐渐上升, 在 8、10 周时两组差异性不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 3.2 冻藏对牛肉 pH 值的影响

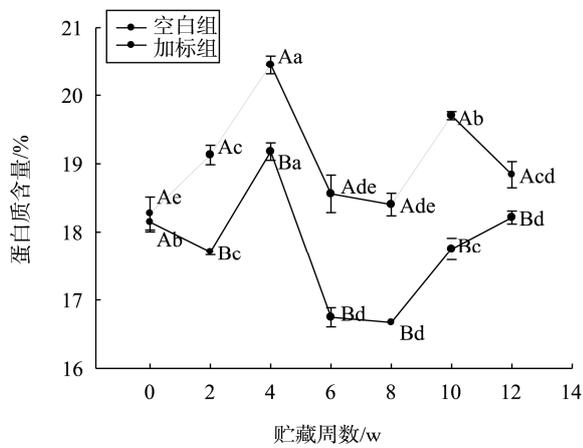
冻藏过程中牛肉的 pH 值随冻藏时间变化的曲线如图 2 所示。随着冻藏时间的增加, 牛肉的 pH 值随着冻藏时间先降后升, 然后趋于平缓。牛宰后其体内的肌糖元会通过酵解途径生成乳酸, 随着乳酸的积累, 其肌肉的 pH 值就会下降<sup>[17]</sup>, 达到极限 pH 后, 随着贮藏期间肌肉内 ATP 的分解, 释放出  $-NH_2$  而开始有所上升<sup>[18]</sup>。

### 3.3 冻藏对牛肉中 TBARS 的影响

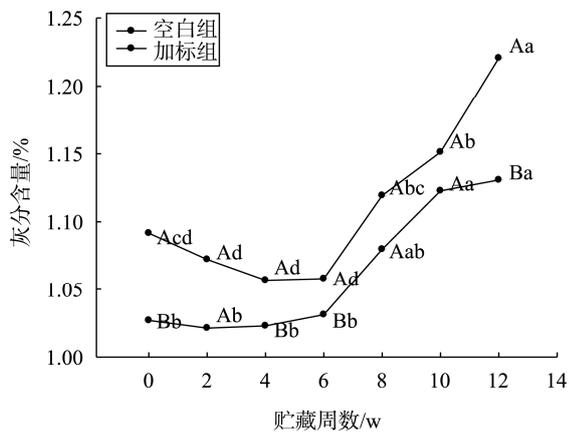
TBARS 值是评价贮藏期间肉中脂肪氧化程度的常用指标。两组牛肉样品的 TBARS 随冻藏时间的变化情况如图 3 所示。Daias<sup>[19]</sup>的研究表明, 低温可以降低环境和肉中酶的活性, 从而抑制微生物的生长, 但仍无法阻止脂肪氧化的发生, 进一步影响其食用品质和营养特性。由图 3 可看出, 在冻藏期间, 牛肉的 TBARS 值变化范围为 0.10~0.23 mg/kg, 在加标 d 0, 牛肉的 TBARS 值迅速上升, 之后迅速下降趋于平缓



1) 水分



2) 蛋白质



3) 灰分

图1 冻藏对牛肉水分、蛋白质、灰分含量的影响

Fig. 1 Effects of refrigerate storage on moisture, protein and ash content of beef

注: 不同大写字母(A、B、C等)表示同一贮藏期间处理间差异显著( $P < 0.05$ ); 不同小写字母(a、b、c等)表示同一处理不同贮藏期间差异显著( $P < 0.05$ )

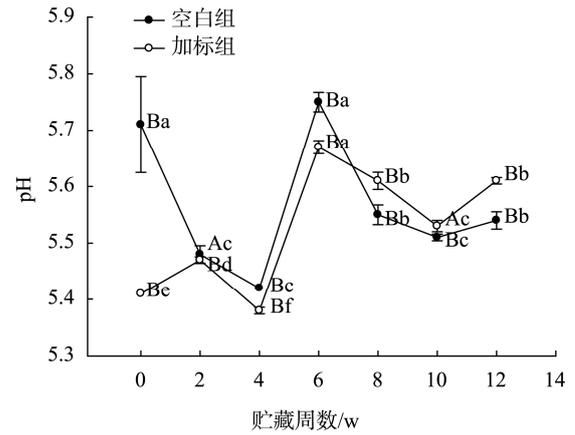


图2 冻藏对牛肉 pH 值的影响

Fig. 2 Effects of frozen storage on pH value of beef

注: 不同大写字母(A、B、C等)表示同一贮藏期间处理间差异显著( $P < 0.05$ ); 不同小写字母(a、b、c等)表示同一处理不同贮藏期间差异显著( $P < 0.05$ )

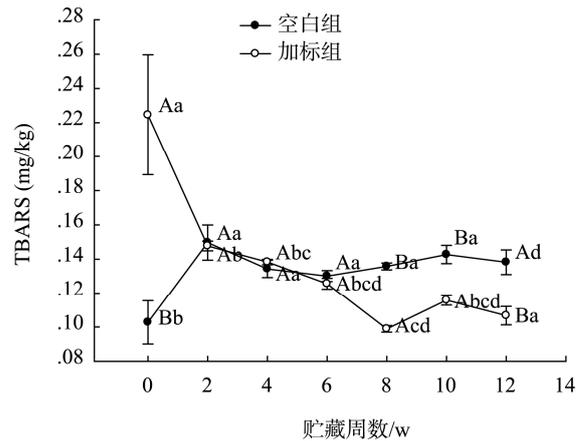


图3 冻藏对牛肉 TBARS 的影响

Fig. 3 Effects of frozen storage on TBARS of beef

注: 不同大写字母(A、B、C等)表示同一贮藏期间处理间差异显著( $P < 0.05$ ); 不同小写字母(a、b、c等)表示同一处理不同贮藏期间差异显著( $P < 0.05$ )

且数值低于空白组, 这表明氟喹诺酮类药物的添加很好的抑制了牛肉脂肪的氧化。与冷藏处理组相比, 冻藏组牛肉的 TBARS 值下降变化范围更小, 进一步说明冻藏条件有利于延缓肉脂肪氧化速度。

### 3.4 冻藏对钙、铁、锌含量的影响

由图4可以看出, 牛肉中钙含量在贮藏前期逐渐上升, 这是因为低温会使肉蛋白发生变性, 导致其不断释放  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  及无机离子到肌浆中<sup>[20]</sup>, 到 8 wk 之

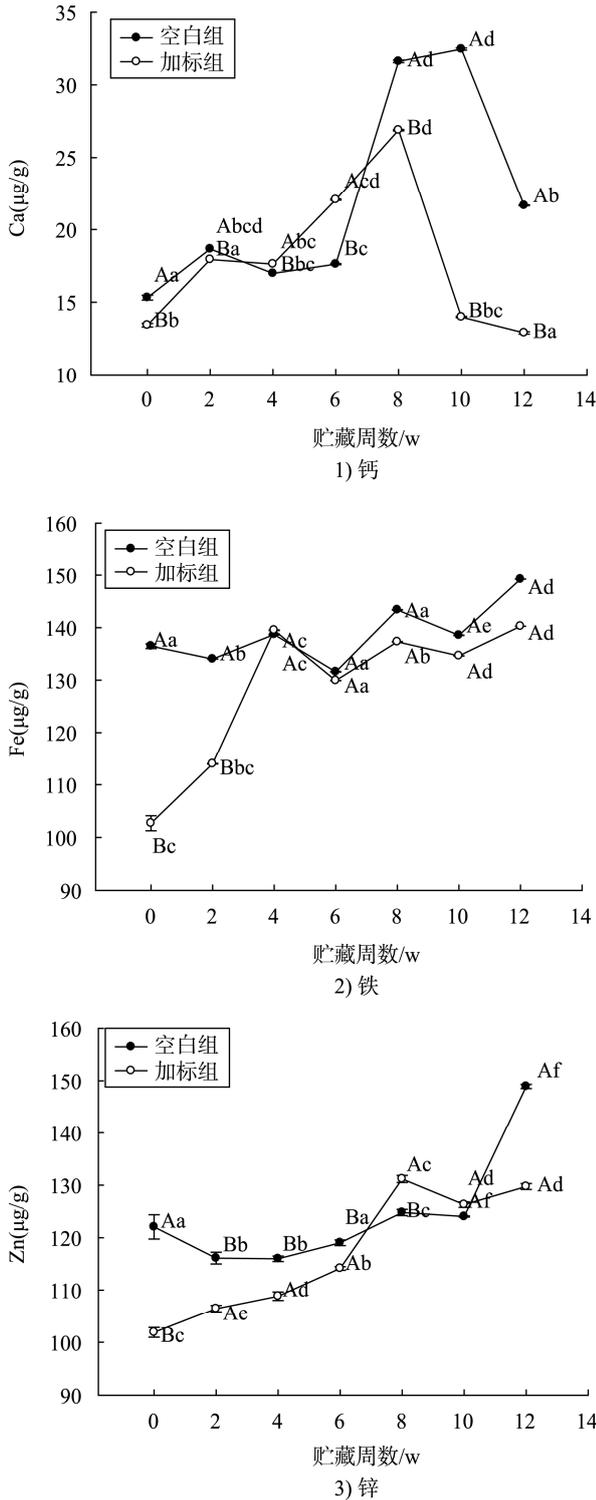


图 4 冻藏对牛肉中钙、铁、锌含量的影响

Fig. 4 Effects of frozen storage on Zn, Fe, and Ca content of beef

注: 不同大写字母(A、B、C等)表示同一贮藏期间处理间差异显著( $P < 0.05$ ); 不同小写字母(a、b、c等)表示同一处理不同贮藏期间差异显著( $P < 0.05$ )

后, 可能由于解冻后牛肉的汁液损失较大, 肌浆中的  $Ca^{2+}$  较多的残留于损失汁液中而导致含量略有下降。本实验中牛肉铁、锌含量略高于相关参考文献<sup>[21]</sup>, 这是由于本试验所选取的实验材料为牛后臀肌, 脂肪含量较少所致。

### 3.5 冻藏对牛肉中细菌总数的变化

由下图 5 可看出, 在冻藏期间, 细菌总数有所下降, 周国艳<sup>[22]</sup>等之前有研究报道解释为冻藏出现了中细菌冷休克现象。从整体来看, 冻藏期间牛肉的细菌总数逐渐下降, 且加标组低于空白组, 这很好地说明了氟喹诺酮类药物的抑菌作用。两组牛肉的菌落总数都符合我国对无公害畜禽肉菌落总数的要求(细菌总数  $1 \times 10^6$  cfu/g<sup>[23]</sup>)。

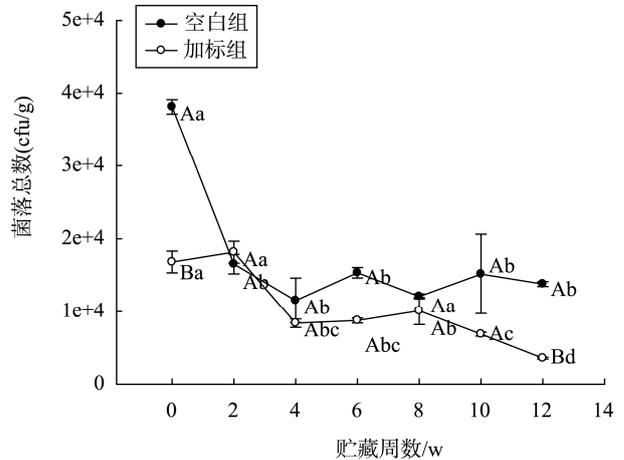


图 5 冻藏中牛肉菌落总数的变化

Fig. 5 Changes of frozen storage on total bacterial counts of beef

注: 不同大写字母(A、B、C等)表示同一贮藏期间处理间差异显著( $P < 0.05$ ); 不同小写字母(a、b、c等)表示同一处理不同贮藏期间差异显著( $P < 0.05$ )

### 3.6 冻藏对牛肉中氟喹诺酮类药物残留量的影响

表 1 显示出冻藏对牛肉中氟喹诺酮类药物残留量的影响。结果表明, 在冻藏 2 周后, SAR 的降解率变化较小, 4 wk 以后其降解率达到 6.25%, 之后一直在 6.00%~7.50%间波动且差异性不显著( $P > 0.05$ )。在整个冻藏期间, DIF 降解率的变化差异性不显著( $P > 0.05$ )。两种药物在该贮藏条件下的降解率变化无明显规律。这与 Panagiotis<sup>[24]</sup>等的研究贮藏条件对苹果和柠檬中农药降解速率结果相似, 即低温储藏可以明显的降低农药降解速率。

表1 冻藏对牛肉中 SAR 和 DIF 残留量的影响  
Table 1 Effects of frozen storage on SAR and DIF residual of beef

贮藏时间/w	SAR		DIF	
	含量 $\mu\text{g/mL}$	降解率%	含量 $\mu\text{g/mL}$	降解率%
Blank	0.00	0.00	0.00	0.00
0	3.87 $\pm$ 0.03 <sup>Aa</sup>	3.25	3.95 $\pm$ 0.02 <sup>Aa</sup>	1.25
2	3.75 $\pm$ 0.11 <sup>Ba</sup>	6.25	3.95 $\pm$ 0.04 <sup>Ab</sup>	1.25
4	3.72 $\pm$ 0.10 <sup>Ba</sup>	7.00	3.94 $\pm$ 0.05 <sup>Ab</sup>	1.50
6	3.76 $\pm$ 0.01 <sup>Ba</sup>	6.00	3.90 $\pm$ 0.06 <sup>Ab</sup>	2.50
8	3.71 $\pm$ 0.02 <sup>Ba</sup>	7.25	3.93 $\pm$ 0.07 <sup>Aa</sup>	1.75
10	3.70 $\pm$ 0.02 <sup>Ba</sup>	7.50	3.90 $\pm$ 0.04 <sup>Ab</sup>	2.50
12	3.74 $\pm$ 0.01 <sup>Ba</sup>	6.50	3.89 $\pm$ 0.03 <sup>Aa</sup>	2.75

注: 不同大写字母(A、B、C等)表示同种药物在不同冻藏天数差异显著( $P<0.05$ ); 不同小写字母(a、b、c等)表示同一冻藏天数不同药物差异显著( $P<0.05$ )。

## 4 讨论

1) 本实验对冻藏期间牛肉品质及氟喹诺酮类药物残留变化进行测定。食品的冻结即在较短的时间内, 将食品的温度降低到冻结点之下, 从而减少可用于生命活动的水分, 抑制微生物代谢, 延缓食品的生理生化活动<sup>[25]</sup>。但冻藏过程中产生的冰晶会对肌肉细胞产生机械损害, 导致肉的嫩度下降, 可溶性蛋白减少, 进而降低肉的品质。冻藏在对肉品质产生影响的同时还会对农兽药残留产生影响。

2) 通过实验可知, 牛肉的基本营养成分中蛋白质和灰分含量变化不显著, 而水分含量变化显著, 这与冻藏对未加标的牛肉变化大体一致, 说明 SAR 和 DIF 对牛肉中的基本营养成分有影响。其中 TBARS 值的变化显示, 牛肉中的氧化速率减慢, 极好的证明了氟喹诺酮类药物的抑菌作用。

3) 相比冷藏, 牛肉在冻藏期间氟喹诺酮类药物残留的降解率降低至 1.25%~7.5%, 低于 Abou-Arab 在-10 °C 条件下冷藏(1、3、6、12 d)对番茄中添加 HCB(六氯苯)、林丹等 6 中有机氯农药各 1.0 mg/kg 后可降解 10%左右农药的实验结果, 这是由于本试验所选取的贮藏温度低于 Abou-Arab 所采用的贮藏温度。分析得出低温可以较好的保藏牛肉, 但牛肉中的药物残留有小幅度的降解, 选取适宜的储藏期对保障消费者安全可起到关键作用。

## 5 结论

在冻藏-18 °C $\pm$ 1 °C 条件下, 加标后牛肉中水分含量总体呈下降趋势; 灰分含量逐渐升高, 蛋白含量变化无规律。两组牛肉 pH 值变化趋势类似, 在 4 wk 时降至最低, 之后趋于平缓。加标组牛肉中矿质元素钙、铁、锌含量变化无规律, 但变化趋势与空白组一致。两组牛肉的细菌总数均为下降后处于平衡, 且加标组的细菌总数低于空白组; 空白组 TBARS 值逐渐上升后趋于平缓, 而加标组的 TBARS 值在首次测量时较大, 之后迅速降低。冻藏-18 °C $\pm$ 1 °C 贮藏条件对本实验牛肉中的 SAR 和 DIF 含量的影响不显著。综合以上指标得出, 在-18 °C 冻藏条件下, 本实验牛肉样品的适宜贮藏天数为 6 wk, 卫生指标符合国家要求。

## 参考文献

- [1] 刘儒彪, 胡晓飞, 张改平, 等. 沙拉沙星 ELISA 快速检测试剂盒的研制及性能鉴定[J]. 食品与发酵工业, 2015, (2): 189-194. Liu RB, Hu XF, Zhang GP, *et al.* Development and Application of Rapid Test ELISA Kit in Sarafloxacin [J]. Food Ferment Ind, 2015, (2): 189-194.
- [2] Fernández PP, Sanza PD, Molina-García AD, *et al.* Conventional freezing plus high pressure-low temperature treatment: Physical properties, microbial quality and storage stability of beef meat [J]. Meat Sci, 2007, 77(4): 616-625.

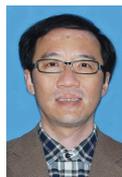
- [3] Martino MN, Otero L, Sanz PD, *et al.* Size and location of ice crystals in pork frozen by high-pressure-assisted freezing as compared to classical methods [J]. *Meat Sci*, 1998, 50(3): 303–313.
- [4] Farouk MM, Wieliezko KJ, Merts I. Ultra-fast freezing and low temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef [J]. *Meat Sci*, 2003, (66): 171–179.
- [5] Abou-Arab AAK. Effect of ras cheese manufacturing on the stability of DDT and its metabolites [J]. *Food Chem*, 1997, 59(1): 115–119.
- [6] GB/T 5009.5-2010 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].  
GB/T 5009.5-2010 National food safety standard-Determination of protein in foods [S].
- [7] GB/T 5009.3-2010 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].  
GB/T 5009.3-2010 National food safety standard-Determination of moisture in foods [S].
- [8] GB/T 5009.4-2010 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S].  
GB/T 5009.4-2010 National food safety sandard-Determination of ash in foods [S].
- [9] 孔保华, 耿欣, 高兴华, 等. 不同漂洗方法对鲢鱼肉保水性及蛋白质含量的影响[J]. *肉类研究*, 1999, (1): 18–20.  
Kong BH, Gen X, Gao XH, *et al.* The effect of various washing conditions on the water holding capacity and protein loss of silver carp mince [J]. *Meat Res*, 1999, (1): 18–20
- [10] Vyncke WE. Valuation of the direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel [J]. *Fette Seifen Anstrichmittel*, 1975, (77): 239–240.
- [11] Sørensen G, Jørgensen SS. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products [J]. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 1996, (202): 205–210.
- [12] GB/T 5009.92-2003 食品中钙的测定[S].  
GB/T 5009.92-2003 National food safety sandard-Determination of calcium in foods [S].
- [13] GB/T 5009.90-2003 食品中铁、镁、锰的测定[S].  
GB/T 5009.90-2003 National food safety standard-Determination of Iron, magnesium, manganese in foods [S].
- [14] GB/T 5009.14-2003 食品中锌的测定[S].  
GB/T 5009.14-2003 National food safety sandard-Determination of Zinc in foods [S].
- [15] GB 4789.2-2010 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].  
GB 4789.2-2010 National food safety standard-Food microbiological examination: Aerobic plate count [S].
- [16] 王艳红. 鸡肉中氟喹诺酮类残留 MSPD-HPCE 检测方法研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2008.  
Wang YH. Determination of fluoroquinolones multiresidue in chicken muscle by MSPD-HPCE [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2008.
- [17] 周明, 王井亮, 吴义师, 等. 酵母培养物和黄霉素对育肥猪饲用效果的比较研究[J]. *经济动物学报*, 2011, 15(3): 129–133.  
Zhou Mi, Wang JL, Wu YS, *et al.* Effects of Yeast culture and flavomycin on finishing pigs [J]. *J Econ Ani*, 2011, 15(3): 129–133.
- [18] 金颖, 董玉影, 李官浩, 等. 成熟期间不同部位延边黄牛肉嫩度及质构特性的相关性分析[J]. *肉类研究*, 2015, (3): 10–13.  
Jin Y, Dong YY, Li GH, *et al.* Correlation analysis of beef quality parameters of different parts of yanbian yellow cattle during chilled storage [J]. *Meat Res*, 2015, (3): 10–13.
- [19] Daiais J, Nunes ML, Mendes R. Effect of frozen storage on the chemical and physical properties of black and silver scabbard fish [J]. *J Sci Food Agric*, 1994, 66(3): 327–335.
- [20] 郭园园, 孔保华. 冷冻贮藏引起的鱼肉蛋白质变性及其物理化学特性的变化[J]. *食品科学*, 2011, 32(7): 335–340.  
Guo YY, Kong BH. Advances in the research of denaturation and change in physico-chemical properties of fish proteins during frozen storage [J]. *Food Sci*, 2011, 32(7): 335–340.
- [21] 王军鹏, 曹丽玲. 猪肉和牛肉中铁锌含量的研究[J]. *医学动物防制*, 2011, (5): 488–490.  
Wang JP, Cao LL. Study on iron and zinc content in pork and beef [J]. *J Med Pest Control*, 2011, (5): 488–490.
- [22] 周国艳, 郭堂鹏. 鲢鱼鱼糜在储藏过程中新鲜度和盐溶性蛋白质变化研究[J]. *食品科技*, 2008, (8): 240–243.  
Zhou GY, Guo TP. Study on the change of silver carp surimi freshness and salt- soluble protein during the storage [J]. *Food Sci Technol*, 2008, (8): 240–243.
- [23] GB/T 18406.3-2001 农产品安全质量 无公害畜禽肉安全要求[S].  
GB/T 18406.3-2001 Safety qualification for agricultural product-safety requirements for non-environmental pollution meat and other animal products [S].
- [24] Panagiotis E, Athanasopoulos, Christos P. Effect of fruit acidity and storage conditions on the rate of degradation of azinphos methyl on apples and lemons [J]. *Food Chem*, 2000, (69): 69–72.
- [25] 李金平. 冷藏时间和反复冻融对牛肉品质影响的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2009.  
Li JP. Effects of frozen time and freeze-thaw cycles on beef quality [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2009.

(责任编辑: 白洪健)

## 作者简介



赵 瑞, 硕士研究生, 主要研究方向  
为动物源性食品营养与安全。  
E-mail: 534034288@qq.com



闫师杰, 教授, 主要研究方向为食品  
质量与安全、果蔬贮藏保鲜。  
E-mail: yanshijie@126.com

---

## “现代分析仪器在食品检测中的应用”专题征稿函

“民以食为天, 食以安为先”。食品不仅是维持人体生命活动所必需的各种营养物质和能量的最主要来源, 而且以其色、香、味、质地及口感给人们以愉悦的感官享受。随着食品工业和食品科学技术的不断发展, 民众对食品品质和卫生要求也越来越高。因此, 对食品质量的控制与安全保障尤为重要, 而这在很大程度上依赖于先进的分析检测技术。现代仪器分析技术在生命科学、环境科学、材料科学等领域发挥着越来越重要的作用, 在食品科学和食品安全领域同样有着不可替代的重要作用。

鉴于此, 《食品安全质量检测学报》特别策划了“现代分析仪器在食品检测中的应用”专题, 聘请北京大学刘虎威教授担任专题主编, 拟于 2015 年 12 月正刊发表。本专题将围绕气相色谱、液相色谱、离子色谱、质谱、原子光谱、红外光谱、拉曼光谱、表面等离子共振等现代分析仪器在食品检测与质量安全控制领域的应用, 阐述现代仪器的原理、特点、适用范围、优势与局限性, 展示这些仪器技术在食品安全检测中的应用实例。

鉴于您在现代仪器与食品安全检测方面丰富的研究经历和突出的学术造诣, 本刊特邀请您撰稿, 综述、研究论文、研究简报等稿件形式均可。我们相信, 您的文章将推动现代仪器在食品检测与质量安全控制领域的推广应用。请您通过网站投稿系统或 Email 投稿, 截稿日期为 2015 年 11 月 30 日。对于您的来稿, 我们将快速处理并优先发表。

**投稿方式:**

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)

E-mail: [jfoodsq@126.com](mailto:jfoodsq@126.com)

《食品安全质量检测学报》编辑部