

# 槲皮素对大马哈鱼复合香肠贮藏品质的影响

赵钜阳<sup>1</sup>, 袁惠萍<sup>2</sup>, 孙昕萌<sup>3</sup>, 徐一玮<sup>4</sup>

(1.哈尔滨商业大学 药物研究所博士后科研工作站, 黑龙江 哈尔滨 150030;

2.郑州科技学院 食品科学与工程学院, 河南 郑州 450064;

3.江苏旅游职业学院 烹饪科技学院, 江苏 扬州 225000;

4.哈尔滨商业大学 旅游烹饪学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:** 为了开发大马哈鱼产品, 延长其保质期, 添加外源成分抑制加工过程中食品腐败变质是当前研究热点。以大马哈鱼作为香肠主要原料制做大马哈鱼猪肉复合香肠, 以色泽、菌落总数、硫代巴比妥酸值(TBARS)、过氧化值(POV)、挥发性盐基氮(TVB-N 值)、pH 值为指标, 对室温条件下贮藏 0、1、3、5、7 天的大马哈鱼猪肉复合香肠测定, 研究槲皮素对其保鲜抗菌效果。结果表明槲皮素添加量在 250 mg/kg 时保鲜效果最为显著 ( $P<0.05$ )。槲皮素能有效抑制微生物繁殖和 pH 下降, 保护香肠色泽稳定, 延缓香肠腐败, 减少脂质氧化, 延长香肠的保质期。

**关键词** 大马哈鱼; 大马哈鱼香肠; 加工工艺; 槲皮素; 贮藏品质

## Effect of Quercetin on Storage Quality of Salmon Compound Sausage

Zhao Juyang<sup>1</sup>, Yuan Huiping<sup>2</sup>, Sum Xinmeng<sup>3</sup>, Xu Yiwei<sup>4</sup>

(1. Postdoctoral Programme of Meteria Medical Institute, Harbin University of Commerce, Harbin 150030, China;

2. School of Food Science and Engineering, Zhengzhou University of Science and Technology, Zhengzhou 450064, China;

3. Institute of Culinary Technology, Jiangsu Vocational College of Tourism, Jiangsu Yangzhou 225000, China;

4. College of Tourism and Cuisine, Harbin University of Commerce, Harbin 150030, China)

**Abstract:** In order to develop salmon products and prolong their shelf life, it is a current research hotspot to add exogenous ingredients to inhibit food spoilage during processing. The salmon-pork compound sausage was made from salmon as the main raw material. The color, total number of colonies, TBARS, POV, TVB-N and pH value were used as indexes to determine the effect of quercetin on salmon-pork compound sausage stored at room temperature for 0,1,3,5,7 days.

**Results:** The results showed that the fresh-keeping effect was most significant when quercetin was added at 250 mg/kg ( $P<0.05$ ). Quercetin can effectively inhibit microbial reproduction and pH

drop, protect the color stability of sausage, delay the spoilage of sausage, reduce lipid oxidation and prolong the shelf life of sausage.

**Keywords:** salmon; salmon sausage; processing technology; quercetin; storage quality

大马哈鱼以肉质鲜美、营养丰富而闻名,是黑龙江特产的珍贵淡水鱼,其不仅含有多种矿物质和维生素,还有氨基酸和不饱和脂肪酸,可预防心血管疾病的发生,深受广大消费者的喜爱<sup>[1-2]</sup>。为了提高大马哈鱼的利用价值,丰富大马哈鱼糜制品风味,以大马哈鱼与猪肉为原料,添加辅料后进行风干烘烤煮制,制成大马哈鱼猪肉复合香肠,其肉质富有弹性,口感脆软鲜嫩,并且较好地保存了大马哈鱼原有的风味和营养,具有浓郁的鱼肉风味与细嫩的肉质口感,色泽呈玫瑰红色令人食欲大增。但香肠制品容易滋生微生物和发生脂肪氧化而丧失食用和营养价值,必须添加防腐剂或抗氧化剂。目前食品中常用的抗氧化剂(如丁基羟基苯甲醚、丁基羟基甲苯和叔丁基对苯二酚)对人体有一定副作用,因此开发天然抗氧化剂具有重要意义<sup>[3-4]</sup>。目前将槲皮素用于大马哈鱼香肠制作的研究几乎为空白,仅有利用洋葱槲皮素与生姜提取物的协同作用将二者复配起来作为哈尔滨风干肠的保鲜剂的研究<sup>[5]</sup>,因此研究大马哈鱼香肠产品的制作与保鲜都具有十分重要的意义,拓宽槲皮素的应用。

本文以大马哈鱼为研究对象,用猪瘦肉与猪肥肉作配料制作出肉糜灌肠,研究不同槲皮素添加量的香肠的贮藏品质变化情况,为开发新型大马哈鱼香肠制品、促进大马哈鱼精深加工提供了理论基础,推动了我国大马哈鱼制品的发展,同时为其他水产加工品高值化提高参考意见和帮助。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

本实验所用实验材料见表 1。

表 1 实验材料表

| 材料名称                          | 生产公司            |
|-------------------------------|-----------------|
| 大马哈鱼                          | 哈尔滨龙德食品有限公司     |
| 猪后腿肉                          | 哈尔滨福润食品有限公司     |
| 猪背膘                           | 哈尔滨福润食品有限公司     |
| 调味料(糖、食盐、料酒、调馅料粉、味精)          | 佛山市海天调味食品股份有限公司 |
| 添加剂(复合磷酸盐、红曲粉、 $\beta$ -环状糊精) | 河北吉捷生物科技有限公司    |

|        |                |
|--------|----------------|
| 木薯淀粉   | 河南宣丰生物科技有限公司   |
| 大豆分离蛋白 | 成都万象宏润生物科技有限公司 |
| 胶原蛋白肠衣 | 顺平县溢发肠衣有限公司    |
| 蒸馏水    | 哈尔滨市文景蒸馏水经销部   |

本实验所用试剂见表 2。

**表 2 实验试剂表**

| 材料名称 | 纯度   | 生产公司             |
|------|------|------------------|
| 槲皮素  | ≥98% | 合肥博美生物公司         |
| 甲醇   | 分析纯  | 天津市富宇精细化工有限公司    |
| 氯化钠  | 分析纯  | 天津市风船化学试剂科技有限公司  |
| 氯化钡  | 分析纯  | 天津市天力化学试剂科技有限公司  |
| 硫酸亚铁 | 分析纯  | 天津市巴斯夫化工有限公司     |
| 硫氰酸铵 | 分析纯  | 天津市风船化学试剂科技有限公司  |
| 氢氧化钠 | 分析纯  | 天津市风船化学试剂科技有限公司  |
| TBA  | 分析纯  | 阿拉丁试剂            |
| 三氯乙酸 | 分析纯  | 天津市巴斯夫化工有限公司     |
| 盐酸   | 分析纯  | 天津市风船化学试剂科技有限公司  |
| 氯仿   | 分析纯  | 哈尔滨市南岗区百大试验器具经销部 |
| 琼脂   | 分析纯  | 北京双旋微生物培养基制品厂    |
| 葡萄糖  | 分析纯  | 北京双旋微生物培养基制品厂    |
| 酵母浸膏 | 分析纯  | 北京双旋微生物培养基制品厂    |
| 蛋白胨  | 分析纯  | 北京双旋微生物培养基制品厂    |

## 1.2 仪器与设备

本实验所用仪器设备见表 3。

**表 3 实验仪器表**

| 仪器名称    | 型号      | 生产公司            |
|---------|---------|-----------------|
| 均质机     | T18DS25 | 德国 IKA          |
| 立式低速离心机 | L535-1  | 湖南湘仪实验室仪器开发有限公司 |

|           |                               |                                     |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 实验室用 pH 计 | PHS-3C                        | 上海虹益仪器仪表有限公司                        |
| 电热恒温鼓风干燥箱 | DGG-9140A                     | 上海永仪科学仪器股份有限公司                      |
| 质构仪       | TMS-Touch250N                 | 美国 Food Technology Corporation(FTC) |
| 分析天平      | JD200-3                       | 沈阳天平仪器有限公司                          |
| 色差仪       | CM-600d                       | 日本 KONICA MINOLTA 有限公司              |
| 高压蒸汽灭菌器   | LD2X-30KA                     | 上海申安医疗器械厂                           |
| 紫外分光光度计   | UV-800                        | 上海元析仪器有限公司                          |
| 电热恒温水浴锅   | DK-9S-II                      | 天津市泰斯仪器有限公司                         |
| 真空包装机     | DZ-600/2S                     | 中国诸城市技工机械厂                          |
| 恒温培养箱     | Mj-160B-II                    | 上海精宏实验设备有限公司                        |
| 美的电磁炉     | WK2102                        | 美的集团                                |
| 旋涡震荡仪     | VORTEX3                       | 德国 IKA                              |
| 移液枪       | 5-50 $\mu$ L 100-1000 $\mu$ L | 大龙兴创实验仪器北京有限公司                      |
| 全自动定氮仪    | KJELTEC2300                   | 瑞典福斯特卡托公司                           |

### 1.3 方法

#### 1.3.1 工艺流程

根据刘浩等做出适当修改<sup>[9]</sup>, 原材料选择→清洗→腌制斩拌→配料→灌肠→风干→烘烤→煮制→冷却

选择新鲜的大麻哈鱼和猪肉, 按 1: 1 比例将猪背膘与猪瘦肉混合, 用斩拌机斩拌绞成肉糜状, 绞制过程中将温度控制在 2~4℃, 减少杂菌增殖, 按表 4 的含量比例添加腌制剂(食盐、复合磷酸盐、红曲粉), 混合均匀后用保鲜膜包好储存于温度 2~4℃的冰箱中腌制 24 h。腌制好后, 加入表中的大豆分离蛋白、淀粉、不同含量的槲皮素, 斩拌 3 min, 把剩余调味料加水调匀加入斩拌机混合搅拌均匀, 温度控制在 2~4℃, 灌装于 26 mm 的肠衣中, 长度控制在每节 10~12 cm, 直径 2-3 cm, 灌装均匀。将灌好的肠室温下自然风干 1 d, 在 80℃的烘箱内烘干 45 min, 取出时肠体较干燥, 肠肉呈现深红色。煮制温度 80℃、30 min, 肠衣出现气泡时用针扎破, 待香肠熟后捞出迅速用冰水冷却, 晾干后贮藏在室温下。

**表 4 每节香肠的含量表**

| 名称 | 含量 (g) | 名称  | 含量 (g) |
|----|--------|-----|--------|
| 淀粉 | 4      | 红曲粉 | 0.15   |

|               |     |              |        |
|---------------|-----|--------------|--------|
| 大麻哈鱼肉         | 50  | 复合磷酸盐        | 0.1    |
| 猪肉（猪背膘与猪瘦肉合重） | 35  | 大豆分离蛋白       | 4      |
| 糖             | 2   | 调馅料          | 0.2    |
| 食盐            | 2   | $\beta$ 环状糊精 | 0.3    |
| 料酒            | 2   | 冰水           | 4      |
| 味精            | 0.1 | 总计           | 103.85 |

### 1.3.2 色泽测定<sup>[7]</sup>

使用分光测色计测定大马哈鱼复合香肠颜色，分别为大马哈鱼复合香肠表面的亮度值（L\*）、红度值（a\*）、黄度值（b\*），测定前对色差仪进行校准，在样品表面随机取三个点，测得数据取其平均值。

### 1.3.3 pH 测定<sup>[8]</sup>

取 1 g 香肠肉切碎加入十倍质量的去离子水中，均质后用 pH 计测定，平行测 3 次。

### 1.3.4 菌落总数测定<sup>[9]</sup>

按照 GB4789.2—2016《食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数测定》规定的方法测定，结果以对数值表示。

### 1.3.5 TVB-N 值测定

参考陈伟玲<sup>[10]</sup>的方法测定香肠的 TVB-N 值。

### 1.3.6 TBARS 值测定

参照彭晶<sup>[11]</sup>的方法，称取 0.5 g 样品，加入 3 mL 的硫代巴比妥酸溶液和 17 mL 三氯乙酸-盐酸溶液，混合后于恒温混合水浴锅中沸水浴 30 min，取出冷却后取 5 mL 样品，再加入等体积的氯仿，混匀后在 4 °C、3000 r/min 的条件下离心 10 min。离心后取其上层清液在 532 nm 处测其吸光值，每组测吸光值前用等量蒸馏水代替样品进行标准样比对，分别测其储藏第 0、1、3、5、7 天的吸光值，根据公式计算其硫代巴比妥酸值，每个样品测三次取其平均值。

计算公式：

$$TBARS(mg/kg) = \frac{A_{532}}{w \times 9.48}$$

其中  $A_{532}$ ：溶液的吸光值。 $w$ ：样品的重量（g）。9.48：常数。

### 1.3.7 POV 值测定<sup>[12]</sup>

称取 2 g 样品，加入 15 mL 氯仿-甲醇溶液，11000 r/min 高速匀质 30 s，然后加入 3 mL

浓度为 0.5 %氯化钠溶液，在 4 °C、4000 g 的条件下离心 5 min，离心管后样品分两相，取下层清液 5 mL，再向加入 5 mL 氯仿-甲醇溶液，旋涡 30 s，再加入 25  $\mu$ LFe<sup>2+</sup>溶液和 25  $\mu$ L 硫氰酸铵溶液，旋涡 30 s，静置 5 min 后取清液，在 500 nm 处测其吸光值，用等量蒸馏水代替样品进行标准样比对，分别测其储藏第 0、1、3、5、7 天的吸光值。使用还原铁粉制作标准曲线，将测得吸光值代入标准曲线得到吸光值对应铁的质量，根据公式计算其过氧化值，每个样品测三次取其平均值。

计算公式如下：

$$X = \frac{c - c_0}{m \times 55.84 \times 2 \times \frac{V_2}{V_1}}$$

其中 X:过氧化值含量，meq/kg，C：标准曲线查得的铁的质量，C<sub>0</sub>：标准曲线查得的零管铁的质量，V<sub>1</sub>：样品稀释总体积，mL，V<sub>2</sub>：取样体积，mL，m：样品质量，g。55.84：Fe 原子量。2：换算因子。

### 1.3.8 数据分析

所有实验平行 3 次，数据用平均值±标准差表示。标准差用 Excel 计算，折线图由 SigmaPlot 11.0 完成，显著性差异由 Statistix 8 完成，字母 abc 不同表示差异显著（P<0.05）。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同槲皮素添加量对大马哈鱼香肠色泽的影响

在贮藏期间，所有实验组的亮度值都小于对照组。贮藏前期 L\*值略有增长（P>0.05），槲皮素添加量为 0 和 200 mg/kg 的香肠样品的 L\*值在前期甚至有略微下降，可能是由于测定时间间隔过短造成了误差。随着贮藏时间延长，各槲皮素添加量香肠的 L\*值都呈上升趋势，可能是由于腌制剂发色效果随贮藏时间逐渐减退或是产品出油出水导致香肠肉组织变亮。其次，对照组与槲皮素添加量为 100、150、300 mg/kg 实验组的 a\*在贮藏 3 天后都显著下降（P<0.05），可能是由于在贮藏期间，香肠肌红形态发生改变，造成红度值下降<sup>[13]</sup>。而槲皮素添加量为 250 和 300mg/kg 的实验组的红度值未有明显变化（P>0.05），说明槲皮素添加量为 250 mg/kg 和 300mg/kg 时对红度降低具有较好的抑制效果。对照组的 b\*值在贮藏 3 天后上升趋势显著（P<0.05），而各实验组添加槲皮素后 b\*值的增加趋势变得不再显著（P>0.05），说明槲皮素对抑制香肠黄度值增加具有一定效果，可保护香肠色泽。曾亮等<sup>[14]</sup>研究发现随着贮藏时间的延长儿茶素能明显的改变鸭胸肉的亮度、红度和黄度。

表 5 不同槲皮素添加量对贮藏期间香肠色泽的影响

| 槲皮素添加量 (mg/kg) | 色差         | 0 天                     | 1 天                     | 3 天                      | 5 天                      | 7 天                     |
|----------------|------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                |            | <i>L</i> *              | 59.89±0.07 <sup>c</sup> | 59.75±0.27 <sup>c</sup>  | 60.27±0.29 <sup>c</sup>  | 61.65±0.47 <sup>b</sup> |
| 0              | <i>a</i> * | 17.19±0.25 <sup>a</sup> | 17.20±0.11 <sup>a</sup> | 17.03±0.63 <sup>a</sup>  | 16.85±0.31 <sup>b</sup>  | 16.67±0.26 <sup>c</sup> |
|                | <i>b</i> * | 14.78±0.76 <sup>b</sup> | 14.93±0.13 <sup>b</sup> | 15.07±0.51 <sup>b</sup>  | 15.46±0.12 <sup>a</sup>  | 15.73±0.09 <sup>a</sup> |
|                | <i>L</i> * | 56.54±0.29 <sup>a</sup> | 56.56±0.35 <sup>a</sup> | 57.16±0.31 <sup>a</sup>  | 57.53±0.56 <sup>a</sup>  | 57.77±1.17 <sup>a</sup> |
| 150            | <i>a</i> * | 17.43±0.04 <sup>a</sup> | 17.39±0.16 <sup>a</sup> | 17.11±0.11 <sup>ab</sup> | 16.87±0.11 <sup>b</sup>  | 16.72±0.10 <sup>b</sup> |
|                | <i>b</i> * | 13.85±0.53 <sup>a</sup> | 13.89±1.14 <sup>a</sup> | 14.08±0.29 <sup>a</sup>  | 14.16±1.13 <sup>a</sup>  | 14.21±0.58 <sup>a</sup> |
|                | <i>L</i> * | 56.26±0.13 <sup>c</sup> | 56.23±0.24 <sup>c</sup> | 56.84±0.36 <sup>b</sup>  | 57.05±0.27 <sup>b</sup>  | 57.51±0.19 <sup>b</sup> |
| 200            | <i>a</i> * | 18.82±0.26 <sup>a</sup> | 18.73±0.35 <sup>a</sup> | 18.42±0.17 <sup>ab</sup> | 18.11±0.07 <sup>b</sup>  | 18.02±0.13 <sup>b</sup> |
|                | <i>b</i> * | 13.13±0.15 <sup>a</sup> | 13.24±0.52 <sup>a</sup> | 13.61±0.17 <sup>a</sup>  | 13.76±0.24 <sup>a</sup>  | 13.87±0.11 <sup>a</sup> |
|                | <i>L</i> * | 56.16±0.42 <sup>a</sup> | 56.28±0.22 <sup>a</sup> | 56.48±0.51 <sup>a</sup>  | 56.96±0.67 <sup>a</sup>  | 57.15±0.54 <sup>a</sup> |
| 250            | <i>a</i> * | 18.74±0.24 <sup>a</sup> | 18.82±0.65 <sup>a</sup> | 18.61±0.53 <sup>a</sup>  | 18.45±0.31 <sup>a</sup>  | 18.27±0.28 <sup>a</sup> |
|                | <i>b</i> * | 13.11±0.88 <sup>a</sup> | 13.13±0.56 <sup>a</sup> | 13.26±0.21 <sup>a</sup>  | 13.41±0.12 <sup>a</sup>  | 13.54±0.15 <sup>a</sup> |
|                | <i>L</i> * | 56.33±0.11 <sup>b</sup> | 56.45±0.15 <sup>b</sup> | 56.72±0.27 <sup>b</sup>  | 57.09±0.41 <sup>ab</sup> | 57.61±0.15 <sup>a</sup> |
| 300            | <i>a</i> * | 17.10±0.21 <sup>a</sup> | 17.04±0.14 <sup>a</sup> | 16.68±0.09 <sup>ab</sup> | 16.43±0.20 <sup>b</sup>  | 16.28±0.16 <sup>b</sup> |
|                | <i>b</i> * | 15.28±0.23 <sup>a</sup> | 15.37±0.07 <sup>a</sup> | 15.81±1.07 <sup>a</sup>  | 15.83±0.71 <sup>a</sup>  | 16.04±0.31 <sup>b</sup> |

注：abc 代表显著性差异，同行字母不同者表示差异显著 (P<0.05)

## 2.2 不同槲皮素添加量对大马哈鱼香肠 pH 的影响

pH 表示香肠中游离氢离子浓度的负对数，表示香肠样品的有效酸度，对香肠的色泽、风味和贮藏稳定性具有影响。从图 1 可知：在贮藏期的前 3 天内对照组和实验组的 pH 无明显变化，因为此时香肠中的微生物未进入对数生长期，繁殖速度较慢。另外前 3 天有略微上升的波动趋势，可能是肉组织中某些酶类分解蛋白质生成胺类物质使 pH 上升，同时也发生着脂肪氧化分解产生游离脂肪酸的反应，导致 pH 变化出现波动，总体变化范围小。随着贮

藏时间增加，槲皮素添加量为 0、150、300 mg/kg 的样品的 pH 值均明显下降 ( $P<0.05$ )，但添加量 200 和 250 mg/kg 的实验组 pH 值并无明显下降趋势，可推测槲皮素添加量为 200 mg/kg 和 250 mg/kg 有助于维持 pH 的稳定。贮藏时间增加 pH 下降的原因是微生物在香肠中繁殖，将蛋白质分解为氨基酸，分解淀粉等碳水化合物发酵生成乳酸、醋酸等有机酸产物 [15]。

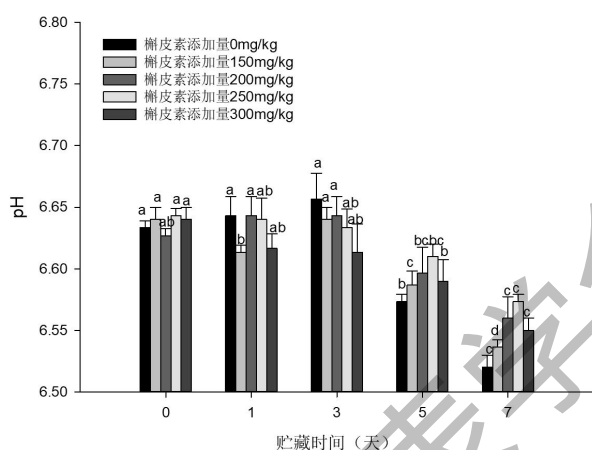


图 1 不同槲皮素添加量对香肠 pH 的影响

注：abc 代表显著性差异，字母不同者表示差异显著 ( $P<0.05$ )

### 2.3 不同槲皮素添加量对大马哈鱼香肠菌落总数的影响

从图 2 可知，随着贮藏时间延长，对照组菌落总数先开始缓慢上升，这是因为香肠的制作并没有达到完全无菌状态，那些能够适应真空和室温环境的微生物利用香肠中的蛋白质和碳水化合物等营养物质进行生长繁殖，菌落总数上升速度变快，从而曲线变得陡峭。槲皮素添加量在 0-250 mg/kg 范围内时槲皮素添加量越高抑菌效果越好，而槲皮素添加 250 mg/kg 与 300 mg/kg 的抑菌效果差别不大，此结果与励建荣等 [16] 的研究结果相似。陈媚依等 [17] 研究发现菌落总数均随着贮藏时间的增加而增大，添加鹧鸪茶多酚提取物后能有效地抑制鱼糜制品细菌生长。



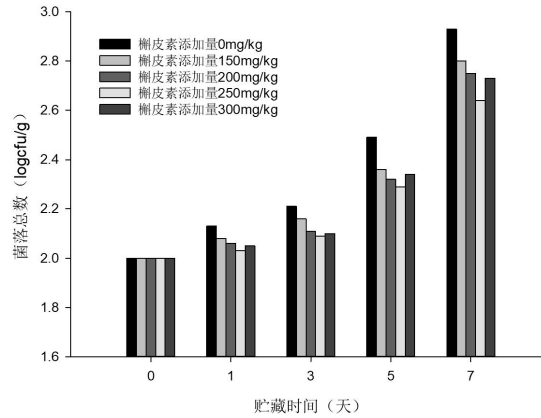


图2 不同槲皮素添加量对香肠贮藏期间菌落总数的影响

## 2.4 不同槲皮素添加量对大马哈鱼香肠 TVB-N 值的影响

TVB-N 值反映的是产品中蛋白质在酶和细菌、霉菌、酵母菌等微生物的作用下分解产生氨和胺类化合物等碱性含氮物质，含量越高证明产品腐败越严重。从图 3 可以看到所有组的 TVB-N 值都呈现逐渐上升的趋势，因为香肠中残存的微生物开始利用蛋白质生长繁殖，蛋白质的分解产物碱性含氮物质越来越多，所以 TVB-N 值持续上升。与对照组相比，添加槲皮素的实验组的 TVB-N 值上升的速度缓慢，其说明槲皮素可以显著抑制由微生物分解蛋白质引起的 TVB-N 值增加。槲皮素添加量为 250 mg/kg 与 300 mg/kg 的样品的 TVB-N 值相差不大，说明一定量的槲皮素可以抑制香肠 TVB-N 值升高，从而达到保鲜目的。林娇芬等<sup>[18]</sup>研究发现随着贮藏时间的增加，虾肉的 TVB-N 值逐渐增加，并且 0.2% 红毛藻多酚提取物能显著降低 TVB-N 值。

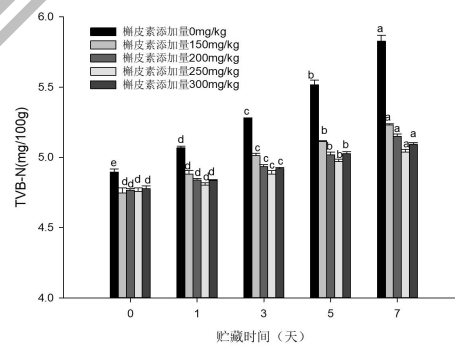


图3 不同槲皮素添加量对香肠贮藏期间 TVB-N 值的影响

## 2.5 不同槲皮素添加量对大马哈鱼香肠 TBARS 值的影响

TBARS 涵盖了大部分由氧化产生的醛酮类物质，其中最具代表性的产物是丙二醛，这些物质都由不饱和脂肪酸发生氧化反应而产生，能与 TBA 发生颜色反应生成红色物质，因

此 TBARS 值是常被用作衡量肉制品中脂质氧化产物含量的指标。从图 4 可知对照组 TBARS 值变化范围在 0.35 到 0.42 mg/100g，变化程度不大，并且明显有波动性，原因是香肠肉中的可溶性蛋白和外部添加的大豆分离蛋白能包裹住脂肪微粒，从而使脂肪不容易被氧化或是被微生物利用<sup>[19]</sup>，也有学者认为是脂肪氧化产生丙二醛的同时，丙二醛也在与蛋白质反应，变成结合态丙二醛<sup>[20]</sup>。但对照组的 TBARS 值在整个贮藏期间都显著高于实验组 ( $P<0.05$ )，但实验组的 TBARS 值变化趋势与槲皮素添加量之间没有显著差异，其表明槲皮素可以起到良好的抗氧化的作用。Fan 等<sup>[21]</sup>研究发现所有香肠的 TBARS 在整个贮藏期间都有所增加。

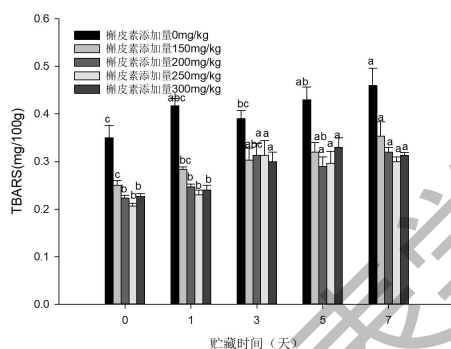


图 4 不同槲皮素添加量对香肠贮藏期间 TBARS 值的影响

注：abc 代表显著性差异，字母不同者表示差异显著 ( $P<0.05$ )

## 2.6 不同槲皮素添加量对大马哈鱼香肠 POV 值的影响

POV 是油脂初始氧化产物的含量指标。从图 5 可知所有组的 POV 值在前 3 天呈现明显上升趋势 ( $P<0.05$ )，超过 3 天后，上升趋势不再明显，原因是氢过氧化物不稳定，裂解成了小分子醛、酮类物质，使过氧化物量减少。由此可知，槲皮素能显著降低香肠产品的过氧化值，添加量为 250 mg/kg 防腐效果最佳。袁晨阳等<sup>[22]</sup>研究发现壳聚糖涂膜处理在贮藏后期能有效抑制羊肉香肠 POV 值的增加。

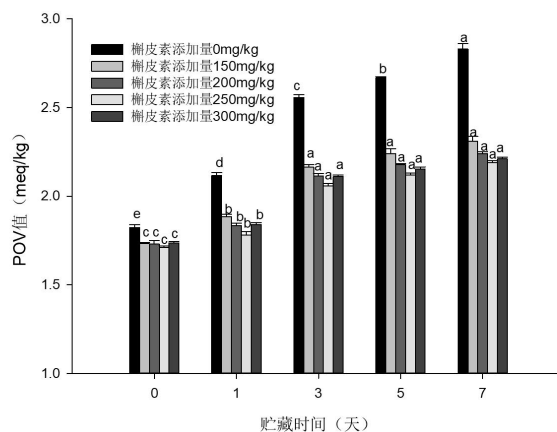


图 5 不同槲皮素添加量的香肠贮藏期间 POV 值的影响

注：abc 代表显著性差异，字母不同者表示差异显著（ $P < 0.05$ ）

### 3 结论

添加槲皮素的香肠比对照组具有较好的色泽，并且细菌总数、TBARS 值、POV 值、TVB-N 值都低于对照组，并且 pH 下降的趋势也明显比对照组平缓，证明槲皮素具有明显的抑菌作用和较强的抗氧化作用，能延缓香肠的腐败变质。香肠中槲皮素添加量在 250 mg/kg 时抑菌和抗氧化作用较佳。未来还可研究添加不同发酵剂对大马哈鱼发酵香肠的品质影响，探究发酵工艺参数；探索更有效或更适合大马哈鱼香肠的抗菌剂等。

#### 参考文献:

- [1] KRISTJANSSON Ó H,GJERDE B,ØDEGARD J,et al.Quantitative Genetics of Growth Rate and Filet Quality Traits in Atlantic Salmon inferred from A Longitudinal Bayesian Model for The Left-Censored Gaussian Trait Growth Rate[J].Frontiers in Genetics,2020,11:3364-3372.
- [2] KENTARO H,KOTARO S,Komatsu S J,et al.Sea-Entry Conditions of Juvenile Chum Salmon *Oncorhynchus Keta* that Improve Post-Sea-Entry Survival:A Case Study of The 2012 Brood-Year Stock Released from the Kushiro River,Eastern Hokkaido, Japan[J].Fisheries Science,2020,86(5): 783-792.
- [3] BENSID A,NARIMAN E A,HOUICHER A,et al.Antioxidant and Antimicrobial Preservatives: Properties,Mechanism of Action and Applications in Food-A Review[J].Critical Reviews in Food Science and Nutrition,020(1):11-17.
- [4] NASEER B,SANAULLAH I, NAMRAH W,et al. Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Potential of Rutin in Combination with Butylated Hydroxytoluene in Cheddar Cheese[J].Journal of Food Processing and Preservation,2020,45(1):1-22.
- [5] 刘俊新.生姜提取物和洋葱槲皮素结合对哈尔滨风干肠抑菌保鲜作用的研究[J].中国食品添加剂,2018(09):178-182.
- [6] 刘浩,吴叶,张建萍,等.混合菌辅助发酵羊肉香肠研制及产品质量分析[J].中国调味品,2021, 46(09):69-73.
- [7] 郑云,韩齐,李艳青.燕麦麸添加量和烘干时间对猪肉脯品质的影响[J].中国调味品,2021, 46(09):28-32.
- [8] 李韬,邹伟,赵兴秀,等.食用菌添加对自贡冷吃牛肉品质与风味影响研究[J].中国调味品,

2021,46(08):24-28.

- [9]侯智勇,杨静,卢雪松,等.温度对四川醉虾品质的影响研究[J].中国调味品,2021,46(09):37-41.
- [10]陈伟玲,周乐丹,龙姣丽,等.4℃贮藏下黄田扣肉品质变化及贮藏期的研究[J].食品研究与开发,2020,41(20):78-83.
- [11]彭晶.菜籽蛋白的制备及其对白鲢鱼糜凝胶特性的影响[D].武汉:华中农业大学,2017:48.
- [12]张皖君,蓝蔚青,胡旭敏,等.竹叶提取物流化冰与迷迭香提取物流化冰处理对鲈鱼贮藏期间抗氧化活性及微生物作用影响[J].中国食品学报,2020,20(07):151-159.
- [13]白婷,周星辰,何丹,等.天然植物提取物对四川腊肉产品特性的影响研究[J].中国调味品,2021,46(06):77-82.
- [14]曾亮,黄建安,唐书泽,等.儿茶素对鸭肉色泽和鲜度的影响[J].食品与机械,2008(01):55-59.
- [15]汤敏,黄俊逸,李聪,等.冷藏过程中不同包装德州扒鸡的微生物及理化特性[J].食品科技,2020,45(06):122-129.
- [16]励建荣,林毅,朱军莉,等.茶多酚对梅鱼鱼丸保鲜效果的研究[J].中国食品学报,2009,9(06):128-132.
- [17]陈媚依,杨宏.鹧鸪茶提取物对鲢鱼鱼糜制品保鲜作用的研究[J].食品科技,2020,45(11):131-137.
- [18]林娇芬,叶丽珠,苏秋芳,等.红毛藻多酚提取物对冷藏中国对虾品质的影响[J].包装与食品机械,2020,38(03):28-33.
- [19]孟少华,傅琳秋,王令建,等.低温熏煮香肠的贮藏特性研究[J].现代食品科技,2010,26(03):244-246.
- [20]CARDENIA V,RODRIGUEZ M T,CUMELL F,et al.Oxidative Stability of Pork Meat Lipids as Related to High-Oleic Sunflower Oil and Vitamin E Diet Supplementation and Storage Conditions[J].Meat Science,2011,88(2):271-279.
- [21]FAN Wenjiao,ZHANG Yongkui,CHEN Yunchuan,et al.TBARS Predictive Models of Pork Sausages Stored at Different Temperatures[J].Meat Science,2014,96(1):1-4.
- [22]袁晨阳,曹阳东,高惠,等.壳聚糖涂膜处理对低温羊肉香肠贮藏品质的影响[J].肉类研究,2019,33(06):44-48.

中国仪器仪表学会