

# 竹叶黄酮对泡椒鸭掌辐照异味的去除及抗氧化研究

乔宇, 廖李, 雷琪, 陈玉霞, 邱建辉, 程薇

(湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所/湖北省农产品辐照工程技术研究中心, 湖北武汉 430064)

**摘要:** 为了去除泡椒鸭掌的辐照异味和抑制鸭掌的氧化, 本文探讨了水分含量、竹叶黄酮添加量、辐照剂量对泡椒鸭掌异味去除及抗氧化的效果。确定最佳工艺条件为: 含水量 50%、竹叶黄酮添加量 0.5%、辐照剂量 5 kGy。经过电子鼻分析, 此条件下泡椒鸭掌的气味与新鲜泡椒鸭掌的气味最为接近, 相似度为 86.9%。同时测定了此条件处理后的泡椒鸭掌在 37 °C 下贮藏 60 d 过程中汁液流失率、色度、硬度、pH、TBARS 值、TVB-N 值以及菌落总数等指标的变化。结果表明: 在整个贮藏期内, 经竹叶黄酮和脱水处理的泡椒鸭掌其鸭掌的 TBARS 值、TVB-N 值、pH 值、汁液流失率显著低于辐照对照组 ( $p < 0.05$ ), 硬度无显著性差异 ( $p > 0.05$ ); 0d 辐照对照组和 60 d 处理组两组的 TBA 值没有显著差异 ( $p > 0.05$ ), 这说明竹叶黄酮和脱水处理能有效抑制辐照泡椒鸭掌的氧化, 可以有效去除辐照后鸭掌的异味, 并提高其贮藏过程中的品质。

**关键词:** 辐照异味; 泡椒鸭掌; 竹叶黄酮; 品质

文章编号: 1673-9078(2016)3-79-85

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.3.014

## Removal of Irradiation-derived Off-flavor of Duck Web with Pickled Pepper by Bamboo Leaf Flavone and Its Antioxidant Activity

QIAO Yu, LIAO Li, LEI Qi, CHEN Yu-xia, QIU Jian-hui, CHEN Wei

(Research Institute of Agricultural Products Processing and Nuclear-Agricultural Technology, Hubei Academy of Agricultural Sciences/Agricultural Products Processing Subcenter of Hubei Agricultural Science & Technology Innovation Center, Wuhan 430064, China)

**Abstract:** Several moisture levels, amounts of added bamboo leaf flavone, and irradiation doses were tested in an attempt to remove the irradiation-derived off-flavor and prevent the oxidation of duck web with pickled peppers. The optimum processing conditions were as follows: moisture content: 50%; amount of added bamboo leaf flavone: 0.5%; irradiation dose: 5 kGy. The electronic nose showed that the flavor of the duck web treated under the optimal condition was most similar to that of the fresh duck web, with a similarity of 86.9%. The changes in drip loss, chroma, firmness, pH, thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) value, total volatile base-nitrogen (TVB-N) value, and total number of colonies of the duck web treated under the optimal condition were measured after 60 days of storage at 37 °C. The results showed that during the storage period, the TBARS value, TVB-N value, pH value, and drip loss of the duck web treated with bamboo leaf flavone and dehydration (treatment group) were significantly lower than those of the irradiation control group ( $p < 0.05$ ), and no significant differences in firmness were observed ( $p < 0.05$ ). There was no significant difference in TBARS value between the 0-day irradiation control group and 60-day treatment group ( $p > 0.05$ ), suggesting that bamboo leaf flavone and dehydration treatment can effectively inhibit the oxidation of irradiated duck web with pickled peppers, remove irradiation-derived off-flavor, and enhance quality during the storage period.

**Key words:** irradiation-derived off-flavor; duck web with pickled pepper; bamboo leaf flavone; quality

鸭掌是鸭加工的副产品, 为低脂高蛋白制品, 脂肪含量只有 1.9%, 蛋白质含量高达 26%, 以胶原蛋白为主。在国内, 鸭掌目前最常见的加工形式是酱卤制品, 如经小米椒、朝天椒等泡制发酵后, 具有清香味

收稿日期: 2015-04-22

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2014BAA03B05); 公益性行业 (农业) 科研专项经费 (201103007) 资助

作者简介: 乔宇 (1981-), 女, 副研究员, 研究方向: 农产品加工

通讯作者: 程薇 (1962-), 女, 研究员, 研究方向: 辐照加工

嫩、爽口开胃的特点<sup>[1]</sup>。过去泡椒类食品比如泡椒凤爪大多数是现做现卖, 但随着市场需求量加大, 为延长产品保质期, 常采用真空包装、高温杀菌、加入防腐剂等措施来控制产品的含菌量。然而高温高压杀菌会使泡椒凤爪软烂, 弹性降低, 汁液流失严重, 为克服高温杀菌所带来的缺陷, 目前同类产品大多数采用的低温冷杀菌方法是辐照杀菌<sup>[2,3]</sup>。

辐照杀菌是一种冷杀菌工艺, 可以较好的保持产品原有的色、香、味, 减少营养物质损失, 提高食用

品质。但是对含水率高的食品来说,会残留有辐照异味,这是因为辐照过程中水的主要辐射降解产物羟自由基会进攻食品中的蛋白质和脂肪组分,加速氧化从而产生异味,特别是高剂量辐照后异味会加重<sup>[4,5]</sup>。在猪肉、板鸭、鸡肉等辐照灭菌的应用中,都发现了脂肪氧化和辐照异味产生的问题。猪肉辐照后产生的异味可能来源于脂肪氧化产生的一些醛类化合物,也可能来源于蛋白质中含硫氨基酸氧化产生的硫化物<sup>[6-7]</sup>。板鸭辐照味主要来源于板鸭肌肉蛋白中的水溶性蛋白质部分,与羰基化合物、挥发性硫化物及胺等有关,其含量随剂量的加大而增加<sup>[8,9]</sup>。目前最常用的手段是通过添加抗氧化剂来抑制氧化和去除辐照异味<sup>[10-12]</sup>。李新等将冷鲜肉浸泡在1 g/L TBHQ油溶液中并进行真空包装,经2.4 kGy辐照后,辐照冷鲜肉产生的异味达到不可察觉程度,并能较好地抑制脂肪氧化<sup>[13]</sup>。耿胜荣等发现添加茶多酚和芝麻酚的干粉和溶液可以有效去除辐照猪肉的异味<sup>[14]</sup>。

本实验以鸭掌为原料,主要研究通过控制鸭掌含水量和添加抗氧化剂减缓脂肪氧化和减轻异味,并通过测定37℃加速贮藏过程中汁液流失率、菌落总数、色度、硬度、TBA、TVB-N、pH等指标,分析泡椒鸭掌贮藏过程中品质变化,以期提供泡椒鸭掌辐照灭菌工艺提供新思路。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 原料

鸭掌、醋、白砂糖、盐、花椒、姜、料酒、小米椒,购于超市。

### 1.2 试剂和仪器

2-硫代巴比妥酸;营养琼脂培养基均为生化试剂;浓盐酸、冰醋酸、氯化钠、液体石蜡、氧化镁、乙醇、甲基红、次甲基蓝均为分析纯;竹叶黄酮为食品级,纯度为75%;3802型紫外可见分光光度计(上海尤尼科仪器有限公司);SC-80C型全自动色差计(北京康光仪器有限公司);SW-CJ-IFD型单人单面净化工作台(苏州净化设备有限公司);集热式恒温加热磁力搅拌器DF-101S(郑州长城科工贸有限公司);真空包装机DZ-280/2SD(东莞市金桥科技电器制造有限公司);pH计(Sartorius仪器有限公司);LDZX-75KB立式压力蒸汽灭菌器(上海申安医疗器械厂);HPX-9082 MBE型电热恒温培养箱(上海博讯实业有限公司医疗设备厂);TA-XT Plus质构仪(英国Stable Micro Systems公司);FOX4000电子鼻(法国AlphaMOS

公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 泡椒鸭掌工艺流程

鸭掌解冻→焯熟→晾干→脱水→泡制→晾干→真空包装→辐照杀菌→37℃保藏

其中泡制液按照参考配方:鸡爪5 kg、水5 kg、盐500 g、冰糖400 g、花椒20 g、姜500 g、料酒150 g、小米椒1000 g、I+G 30 g配制,辐照杀菌是将真空包装好的鸭掌放在泡沫保温盒中,加冰块,待辐照。

#### 1.3.2 辐照处理

将真空包装好的鸭掌立即送到湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所辐照中心进行辐照,辐照源为<sup>60</sup>Co $\gamma$ 射线,源活度 $1.21\times 10^{16}$  Bq,辐照剂量设定为0 kGy、1 kGy、3 kGy、5 kGy,所有处理均3次重复,动态辐照。为确保辐照的均匀性,辐照过程中将样品翻转。

#### 1.3.3 指标测定

汁液流失率:包装前将泡制好的鸭掌称重,质量为 $m_1$ 。辐照后每次测定前将包装袋剪开,取出鸭掌用滤纸去水分称,质量为 $m_2$ 。汁液流失率公式为: $(m_1-m_2)/m_1\times 100\%$

pH值:取10.0 g鸭掌样品,剪碎,加入去离子水100 mL,搅匀后静置30 min。过滤,取滤液50 mL,用pH计测定。

色度:用 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 色彩系统表示。 $L^*$ 为亮度变量,测量范围0-100,表示由暗到亮的程度; $a^*$ 和 $b^*$ 是色度坐标, $a^*$ 呈正值时偏红色,负值时偏绿色; $b^*$ 呈正值时偏黄色,负值时偏蓝色。每个样品平行测定5次。

硬度:采用P2探头,测试模式:压缩,测试速度:0.2 mm/s,测试前速度2.0 mm/s,测试后速度:10.00 mm/s,测试距离:2 mm,触发应力:10 g,取点频率:200 pps。以最大峰值表示硬度。

硫代巴比妥酸(TBARS):取10 g绞碎的鸭掌于凯氏蒸馏瓶中,加入20 mL蒸馏水搅拌混合均匀,再加入2 mL 50%盐酸溶液及2 mL液体石蜡,采用水蒸气蒸馏,收集50 mL蒸馏液。取5 mL蒸馏液与5 mL硫代巴比妥酸-醋酸溶液(0.2883 g硫代巴比妥酸溶于100 mL 90%冰醋酸)于25 mL比色管中充分混合,100℃水浴加入35 min后冷却10 min,在535 nm处测吸光度A。以蒸馏水取代蒸馏液为空白样。

计算公式:TBARS值= $A\times 7.8\times 10^2$  mg/g

挥发性盐基氮(TVB-N):按GB/T5009.44-2003进行操作。

菌落总数测定：按照GB/T4789.17-2003进行操作<sup>[15]</sup>。

### 1.3.4 感官评定和电子鼻测定

感官评定标准以 DB50/294-2008 中的感官标准为准。由 10 人组成感官评定小组，分别对泡椒鸭掌的

色泽，香气，滋味，形态四方面总体可接受性进行综合感官评定，总分 5 分。综合评价分为色、香、味、形这四项评定分所占的权重进行计算，其中色泽与形态权重系数为 20%，香气与滋味权重系数为 30%。评定标准见表 1。

表 1 感官评定标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation

项目	评分标准	分值
色泽(20%)	白色略带黄色、色泽均匀、有光泽	4~5
	白色带深黄色、色泽较为均匀、略带光泽	2~3
	色泽发暗，不均匀，光泽性差	0~1
香气(30%)	具泡椒产品特有的酸辣香气，略带鸭肉清香味，香气自然醇厚	4~5
	具一定泡椒产品特有的酸辣香气和鸭肉香气，香气较为自然	2~3
	有辐照之后的异味，泡椒味与鸭肉香气特征味不突出	0~1
滋味(30%)	有泡椒特有的酸辣风味，肉质脆爽，有良好的咀嚼和弹性	4~5
	无明显的辐照异味，肉质较为脆爽，仍有一定的咀嚼和弹性	2~3
	有明显辐照异味，口感粗糙，咀嚼和弹性差	0~1
形态(20%)	表层皮质致密无裂口，保持鸭掌完好结构，肉质与骨头结合紧密	4~5
	能保持鸭掌完好结构，表层皮质致密有一定裂口	2~3
	外观出现组织塌陷，表层皮质的裂口明显	0~1
综合评价	根据各项的指标得分，按其对应的加权系数进行计算。	

电子鼻分析参数：5 g 鸭掌于 10 mL 顶空瓶中，加盖密封。载气（合成干燥空气）流速 150 mL/min，顶空产生时间 1200 s，顶空产生温度 60 °C，进样体积 4.5 mL，进样速度 2.5 mL/s，数据采集时间 120 s，延滞时间 360 s。记录 18 个金属氧化物传感器的信号，根据传感器采集的原始数据采用 DFA 判别因子分析。

### 1.3.5 数据处理

图以 EXCEL 软件绘制。显著性差异采用 Duncan 新复极差法进行分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 泡椒鸭掌辐照工艺的优化

#### 2.1.1 正交试验

新泡制的鸭掌含水量在 65%~80%，经过热风干燥不同的时间后，得到不同含水量的鸭掌。以含水量、竹叶黄酮添加量及辐照剂量三个因素，进行 L<sub>9</sub>(3<sup>3</sup>)正交实验，正交实验与结果如表 2 所示。由表 2 可知，鸭掌感官评分的影响因素：含水量>竹叶黄酮添加量>辐照剂量。A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> 组的感官评分值最高，即含水量 45%、竹叶黄酮添加量 0.1%、辐照剂量 1kGy 的条件下，泡制出的鸭掌在色泽、香气、滋味、形态等方面的感官品质最为人所接受。鸭掌 TBARS 值的影响因素：辐照剂量>含水量>竹叶黄酮添加量。A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub> 组

的 TBARS 值最低，但未包含在 9 组试验中，因此要做验证试验，最终确定最优组合。

表 2 感官评分和 TBARS 值的正交实验分析

Table 2 Orthogonal experimental analysis of sensory evaluation and TBARS value

试验号	因素			结果	
	A(含水量/%)	B(竹叶黄酮添加量/%)	C(辐照剂量/kGy)	a 感官评分	b TBARS 值
1	A1 (45)	B1 (0.1)	C1 (1)	4.34	12.1
2	A1 (45)	B2 (0.2)	C2 (3)	3.44	13.3
3	A1 (45)	B3 (0.5)	C3 (5)	3.38	8.3
4	A2 (50)	B1 (0.1)	C2 (3)	3.08	10.7
5	A2 (50)	B2 (0.2)	C3 (5)	2.62	6.4
6	A2 (50)	B3 (0.5)	C1 (1)	2.46	7.6
7	A3 (55)	B1 (0.1)	C3 (5)	3.08	6.9
8	A3 (55)	B2 (0.2)	C1 (1)	3.22	13.3
9	A3 (55)	B3 (0.5)	C2 (3)	3.04	12.5
极差 a	1.0	0.5	0.3		
极差 b	3.0	1.5	5.0		
优选项 a	A1	B1	C1		
优选项 b	A2	B3	C3		

需要进行验证试验的组合有 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>，并且添加一组空白组（未脱水处理、未添加竹叶黄酮且未经过 5 kGy 辐照），一组辐照对照组（未脱水处理、

未添加竹叶黄酮但经过 5 kGy 辐照) 进行对照试验。在此条件下进行验证试验得到验证结果如表 3 所示, A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub> 组合的 TBARS 值为 5.5 mg/kg, 低于其他组合, 感官评分为 3.37 分。

由于本研究的目的在于去除泡椒鸭掌的“辐照味”及延长泡椒鸭掌的贮藏时间, 虽然组合 A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> 是感官评分最高的组合, 但由于 TBARS 值是衡量食品脂肪氧化的一个重要指标, 脂肪的氧化是辐照异味产生的主要原因之一, 会严重影响产品的品质, 甚至是商品价值。因此, 选择 TBARS 值最低的组合 A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>, 即干燥时间为 1.0 h、竹叶黄酮添加量为 0.5%、辐照剂量 5 kGy 为最优工艺条件, 进行后续实验。

表 3 验证实验结果表

Table 3 Results of the verification test

实验组	空白组	辐照对照组	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>
TBARS(mg/kg)	6.6	11.1	6.4	5.5

### 2.1.2 电子鼻分析泡椒鸭掌的气味

为了进一步验证上述工艺条件去除辐照异味的效果, 采用电子鼻分析了空白组 (0)、辐照对照组 (1)、处理组 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub> (2)、A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub> (3) 的各样品的气味, 图 1 为泡椒鸭掌样品对比的雷达指纹图谱, 从图中我们可以清晰的看到四个样品气味在传感器在 LY2/GH、LY2/G、LY2/AA、LY2/gCTL 上响应值差别相对比较明显, 在其他传感器上差别不明显。

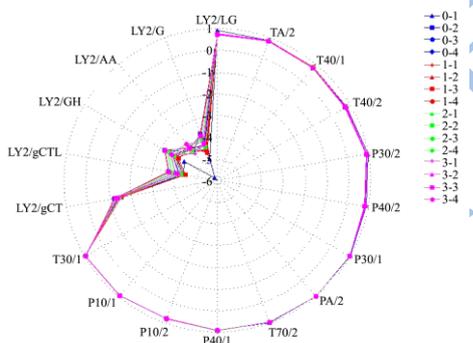


图 1 泡椒鸭掌样品对比的雷达指纹图谱

Fig.1 Radar fingerprint of duck web with pickled pepper samples

注: 0-空白组、1-辐照对照组、2-处理组 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>、3-A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>。

四个泡椒鸭掌样品的电子鼻的判别分析见图 2。判别因子分析是一种通过重新组合传感器数据来优化区分性的分类技术, 它的目的是使各个组间的重心距离最大同时保证组内差异最小, 在充分保存现有信息的前提下, 使同类数据间的差异性尽量缩小, 不同类数据间的差异尽量扩大。在 DFA 图中, 可以清楚看到处理组样品的数据点与对照组最接近, 辐照组样品的数据点与对照组最远, 可以用相似度表示样品间区分

程度的大小。通过分析计算, 辐照对照组、处理组 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub> 的泡椒鸭掌气味, 与空白组的气味的相似度分别为 7.74%、84.69%和 86.9%, 辐照对照组与空白组的相似度最低, 表明辐照后鸭掌的气味发生了很大变化, 处理组 A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub> 与空白组的相似度最高, 说明二者的气味最接近, 表明经过脱水处理和添加竹叶黄酮可以较好的保持泡椒鸭掌原有的风味。结合正交试验的结果, A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub> 是 TBARS 值最低的组合, 故确定鸭掌最佳工艺组合为 A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>, 即含水量 50%、竹叶黄酮添加量为 0.5%、辐照剂量 5 kGy, 进行后续试验。

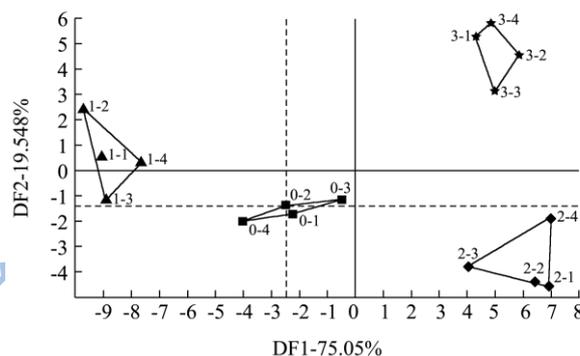


图 2 泡椒鸭掌样品的 DFA 图

Fig.2 DFA graph of duck web with pickled pepper samples

注: 0-空白组、1-辐照对照组、2-处理组 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>、3-A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>。

### 2.2 贮藏期品质变化

以含水量 50%、竹叶黄酮添加量为 0.5%、辐照剂量 5 kGy 为“处理组”, 以未脱水处理、未添加竹叶黄酮、但经过 5 kGy 辐照处理的样品作为“辐照对照组”进行泡椒鸭掌在 37 °C 加速贮藏条件下品质变化的研究。

#### 2.2.1 汁液流失率的变化

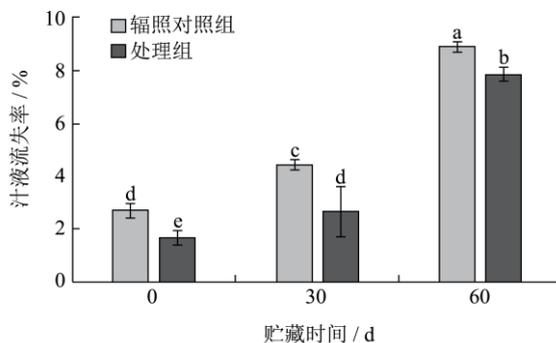


图 3 贮藏过程中汁液流失率的变化

Fig.3 Change in b\* value during the storage period

注: 图中相同字母表示差异不显著 (p>0.05), 不同字母表示有显著性差异 (p<0.05)。

汁液流失往往造成营养成分大量流失, 影响产品

的最终质量。这种现象发生的原因是蛋白质胶体发生了不可逆的水解，使细胞组织结构松散，细胞内水分逐步向外扩散，从而使水分不能继续保持在凝胶结构中而流出到组织外部<sup>[16]</sup>。从图3发现在贮藏过程中汁液流失率逐渐增大，这表明辐照在一定程度上改变了肉的质构，引起了脂肪氧化，破坏了蛋白质的高级结构，影响了肌肉组织的保水能力。而添加了竹叶黄酮的处理组的汁液流失率显著低于辐照对照组 ( $p < 0.05$ )，这可能是由于竹叶黄酮起到了抗氧化作用，保护肌肉组织结构，对持水性破坏作用小，可以有效减少泡椒鸭掌的汁液流失<sup>[17]</sup>。

### 2.2.2 色度的变化

根据预实验的初步感官评定，L\*值和a\*值这两个色度参数对鸭掌的颜色无显著影响，b\*值是此次实验鸭掌色度的主要判断依据。图4为泡椒鸭掌在37℃贮藏过程中色度b\*的变化情况，可以看出，在贮藏前3周过程中，b\*值无显著性差异 ( $p > 0.05$ )。到第60d时，辐照处理组的b\*值有了显著升高 ( $p < 0.05$ )，黄色加深，对照组的b\*值与贮藏初期无明显差异 ( $p > 0.05$ )。这表明添加竹叶黄酮对鸭掌的色泽无显著影响，可以很好的保持泡椒鸭掌的色泽。

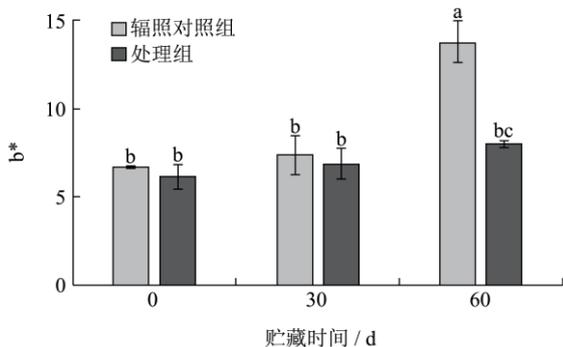


图4 贮藏过程中色度 b\* 值的变化

Fig.4 Change in b\* value during the storage period

注：图中相同字母表示差异不显著 ( $p > 0.05$ )，不同字母表示有显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

### 2.2.3 贮藏时间对 pH 值的影响

pH 值是评价肉品质的重要指标。从图5可以看出，在贮藏过程中 pH 变化波动不是很大，贮藏期一直处于 4.5~5.6 之间，这与王晓霞等对泡椒凤爪在37℃贮藏的研究结果一致<sup>[18]</sup>。随着贮藏时间的延长，pH 值有显著性升高 ( $p < 0.05$ )，这是由于在贮藏过程中蛋白质被微生物作用分解成有机碱，会使肉的 pH 值有回升。处理组的 pH 值在贮藏过程中显著低于辐照对照组 ( $p < 0.05$ )，这也表明竹叶黄酮对微生物的繁殖有一定的抑制作用。

### 2.2.4 贮藏时间对 TBARS 值的影响

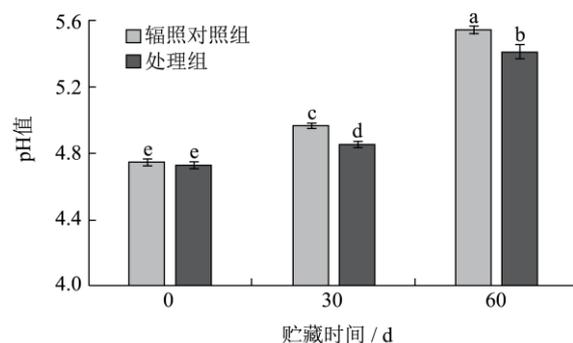


图5 贮藏过程中 pH 值的变化

Fig.5 Change in pH value during the storage period

注：图中相同字母表示差异不显著 ( $p > 0.05$ )，不同字母表示有显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

辐照产生的自由基会引起自由基反应链式传递，加速脂肪氧化。肉类脂肪经辐照后发生酸败反应，分解产生醛、酮类的化合物，丙二醛是其中的1种产物，TBARS 值可以反映丙二醛 (MDA) 含量，由此可以推断脂肪氧化程度<sup>[19]</sup>。一般而言 TBARS 值越大表示脂肪氧化程度越高，因而产生的异味也越多，样品的质量下降越严重<sup>[20]</sup>。从图6可以看出，TBARS 值随着贮藏时间的延长逐渐升高，贮藏60d后，两组的TBARS 值均有显著升高 ( $p < 0.05$ )，脂肪氧化明显加剧。竹叶黄酮处理组在贮藏过程中的TBARS 值均显著低于辐照对照组 ( $p < 0.05$ )，这表明添加竹叶黄酮在贮藏过程中能有效抑制泡椒鸭掌的氧化，而辐照空白组在0d和处理组贮藏60d时的TBARS 值没有显著性差异 ( $p > 0.05$ )，这同样也表明了竹叶黄酮可以延缓泡椒鸭掌在贮藏过程中的氧化。

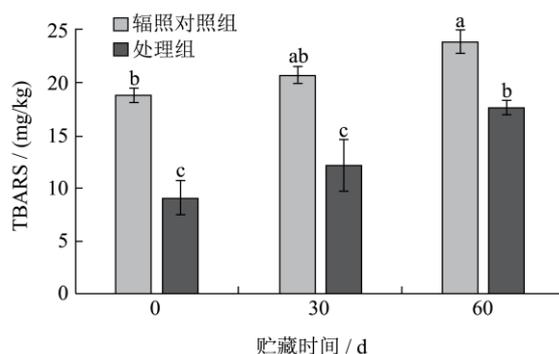


图6 贮藏过程中 TBARS 值的变化

Fig.6 Change in TBARS value during the storage period

注：图中相同字母表示差异不显著 ( $p > 0.05$ )，不同字母表示有显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

### 2.2.5 贮藏时间对 TVB-N 值的影响

TVB-N 是评价畜禽肉新鲜度的重要指标。肉类由于自身内源酶或外界微生物污染分解胞外酶所产生的脱胺、脱羧等作用，致使蛋白质分解而形成氮及胺类

等碱性含氮物质<sup>[21]</sup>。按国家卫生标准规定<sup>[22]</sup>：一级鲜肉 TVB-值 $\leq 15.0$  mg/100 g，二级鲜肉  $15.0$  mg/100 g $<$  TVB-N 值 $\leq 20.0$  mg/100 g，腐败肉 TVB-N 值 $> 25.0$  mg/100 g。如图 7 所示，辐照对照组和处理组 TVB-N 值均随贮藏时间的延长而增加，后期升高速度加快 ( $p < 0.05$ )，而且处理组鸭掌的 TVB-N 值要显著低于辐照对照组 ( $p < 0.05$ )。这两组在贮藏 3 周时的 TVB-N 值 $\leq 15.0$  mg/100 g，均属于一级鲜肉标准，而辐照对照组在 60 d 时 TVB-N 值均大于  $20.0$  mg/100 g，对照组小于  $20.0$  mg/100 g，这表明脱水处理和竹叶黄酮的添加起到了一定的抑菌作用，致使处理组的 TVB-N 值低于辐照对照组。

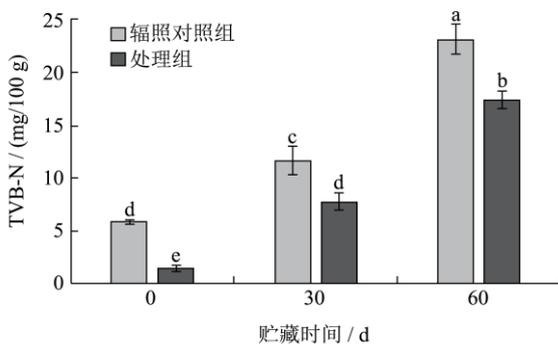


图 7 贮藏过程中 TVB-N 值的变化

Fig.7 Change in TVB-N value during the storage period

注：图中相同字母表示差异不显著 ( $p > 0.05$ )，不同字母表示有显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

2.2.6 硬度的变化

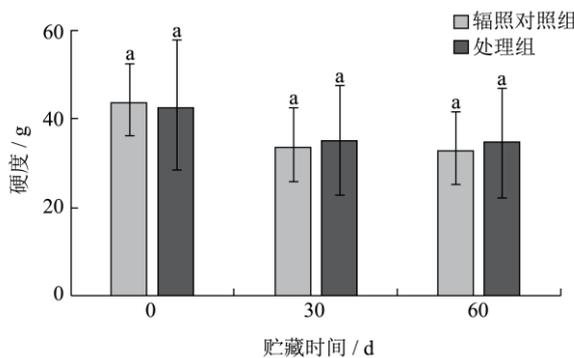


图 8 贮藏过程中硬度的变化

Fig.8 Change of firmness during the storage

注：图中相同的字母表示差异不显著 ( $p > 0.05$ )，字母不同表示有显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

从图 8 中可以看出，辐照对照组和处理组的鸭掌随着贮藏时间的延长硬度下降，但是无显著性差异 ( $p < 0.05$ )，这说明鸭掌在贮藏过程中没有明显的组织软化现象。由于鸭掌带骨，而且鸭掌的组织较薄，不能对其弹性进行很好的测试，在试验中选择了无骨的部分进行穿刺测定硬度，此方法还有待进一步改进以便

能更真实的反应鸭掌的质构特性。

2.2.7 贮藏时间对菌落总数的影响

辐照对照组菌落总数在贮存 60 d 后为  $1.0 \times 10^4$  CFU/g，仍未超过国家标准中所规定的“销售菌落总数小于  $5.0 \times 10^4$  CFU/g”的指标<sup>[23]</sup>，而处理组的菌落总数未检出，从而证明添加竹叶黄酮有较好的抑菌作用，对泡椒鸭掌的保藏有很好的效果。

表 4 椒鸭掌在贮藏过程中菌落总数的变化

Table 4 Change in the total amount of bacteria in duck webs with pickled pepper

菌落总数(CFU/g)	0 d	30 d	60 d
辐照对照组	0	0	10000
处理组	0	0	0

3 结论

研究了水分含量、竹叶黄酮添加量、辐照剂量对泡椒鸭掌异味去除及抗氧化的效果以及泡椒鸭掌在贮藏过程中品质的变化。通过正交实验，依据感官评价、TBARS 值为指标筛选出最优组合，得出最佳工艺为：含水量 50%、竹叶黄酮添加量 0.5%、辐照剂量 5 kGy。经过电子鼻分析，采用该工艺制备的泡椒鸭掌与空白组的相似度达到了 86.9%，通过该工艺处理的鸭掌经真空包装（处理组）与辐照对照组在 37 °C 条件下加速贮藏，测定 TBARS 值、TVB-N 值、pH 值、汁液流失率、质构、色度以及菌落总数等指标来比较贮藏期的品质变化。结果表明：处理组鸭掌的 TBARS 值、TVB-N 值、pH 值汁液流失率显著低于空白对照组，硬度无显著性差异 ( $p > 0.05$ )；在菌落总数方面，处理组处于无菌状态，而辐照对照组呈缓慢上升的趋势，在 60 d 时的菌落总数为  $1.0 \times 10^4$  cfu/g，没有超过规定标准 ( $5.0 \times 10^4$  cfu/g)。添加竹叶黄酮结合脱水处理的泡椒鸭掌处理可以有效去除辐照后鸭掌的异味，延长鸭掌的保质期并提高其贮藏过程中的品质，而关于水分含量和抗氧化剂对辐照异味的影响机理还有待进一步研究。

参考文献

[1] 史奎春,侯增跃,阎跃文.野山椒泡鸭掌加工工艺研究[J].肉类研究,2009,7:37-39  
 SHI Kui-chun, HOU Zeng-yue, YAN Yue-we. The study on processing techniques of duck webs with pickled rod chillis in flexible package [J]. Meat Research, 2009, 7: 37-39

[2] 翟建青,刘芝平,曹宏,等.泡椒凤爪辐照保质研究初探[J].江苏农业科学,2013,3(41):226-227  
 ZHAI Jian-qing, LIU Zhi-ping, CAO Hong, et al. Preliminary

- study on storage of chicken feet with pickled peppers [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2013, 3(41): 226-227
- [3] 高鹏,王艳,黄敏,等.辐照对软罐头包装凤爪的杀菌作用和品质的影响[J].核农学报,2011,25(3):502-505  
GAO Peng, WANG Yan, HUANG Min, et al. Effect of irradiation on sterilization and sensory quality of soft can packaged chicken feet [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2011, 25(3): 502-505
- [4] 侯铮迟,孙大宽,秦宗英,等.高剂量辐照猪肉的挥发物、脂氧化和感官特征分析[J].辐射研究与辐射工艺学报, 2005, 23(1):35-39  
HOU Zheng-chi, SUN Da-kuan, QIN Zong-ying, et al. Analysis of volatile organic compounds and sensory characteristics of pork loinsamples irradiated to high doses [J]. J. Radiat. Res. Radiat. Process, 2005, 23(1): 35-39
- [5] 张海伟,哈益明,王锋.辐照处理肉及其制品的脂肪氧化效应研究[J].食品科学,2005,26(9):605-611  
ZHANG Hai -wei1, HA Yi -ming, WANG Feng. A review on lipid oxidization of irradiated meat and meat products [J]. Food Science, 2005, 26(9): 605-611
- [6] Kim Y H, Nam KC, Ahn D U. Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species [J]. Meat Science, 2002, 61: 257-265
- [7] AHN D U, LEE E J. Production of off-odor volatiles from liposome-containing amino acid homopolymers by irradiation [J]. Journal of Food Science, 2002, 67(7): 2659-2665
- [8] 李宗菊,陈宗道.辐照板鸭产生异味的初步研究[J].科技通报,1992,8(5):300-303  
LI Zong-jun, CHEN Zong-dao. Preliminary study on off-flavor of pressed salted duck by irradiation [J]. Bulletin of Science and Technology, 1992, 8(5): 300-303
- [9] LEE E J, LOVE J, AHN D U. Effect of antioxidants on consumer acceptance of irradiated turkey meat [J]. Journal of Food Science, 2003, 68(5): 1659-1664
- [10] 王丽,黎庆涛,牛德宝.BHA 对调理鸡柳贮藏过程中抗氧化效果的研究[J].现代食品科技,2012,28(6):639-642  
WANG Li, LI Qing-tao, NIU De-bao. Antioxidant effects of BHA on prepared chicken breast strips during cold storage [J]. Modern Food Science & Technology, 2012, 28(6): 639-642
- [11] Hyun-Joo Kim, Samooel Jung, Hae In Yong. Improvement of microbiological safety and sensorial quality of pork jerky by electron beam irradiation and by addition of onion peel extract and barbecue flavor [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2014, 98: 22-28
- [12] Iulia Movileanu, Myuri T. Núñez de González, Brian Hafley, et al. Comparison of dried plum puree, rosemary extract, and BHA/BHT as antioxidants in irradiated ground beef patties [J]. International Journal of Food Science, 2013, Article ID 360732, 7 page
- [13] 李新,林若泰,熊光权,等.冷鲜肉辐照异味和脂肪氧化控制技术的研究[J].核农学报,2010,24(5):1001-1005  
LI Xin, LIN Ruo-tai, XIONG Guang-quan, et al. Controlling technology of off-odor and lipid oxidation of irradiated pork [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2010, 24(5): 1001-1005
- [14] 耿胜荣,程薇,林若泰,等.抗氧化剂及壳聚糖对减轻辐照猪肉异味的影响[J].核农学报,2006,20(6):508-510.  
GENG Sheng-rong, CHENG Wei, LIN Ruo-tai, et al. Effect of antioxidants and chitosan on reducing off-odor of irradiated raw pork [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2006, 20(6): 508-510
- [15] GB/T4789.17-2003:食品卫生微生物学检验肉与肉制品检验 [S].
- [16] 欧丽娟,李立,杨辉,等.复合壳聚糖保鲜液膜对冷鲜牛肉保鲜的研究[J].包装工程,2015,36(5):21-25  
OU Li-juan, LI Li, YANG Hui, et al. Preservative effect of treatment with different composite chitosan coatings on storage of chilled beef [J]. Packaging Engineering, 2015, 36(5): 21-25
- [17] 顾可飞.电子束辐照对冷藏猪脊肉品质特性的影响[J].现代食品科技,2013,29(3):498-501  
GU Ke-fei. Changes in quality characteristics of chilled pork fillet by electronic beam irradiation [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(3): 498-501
- [18] 王晓霞,徐宁,秦晓杰,等.不同贮藏温度泡椒凤爪品质变化及货架期预测[J].食品科学,2013,34(22):315-321  
WANG Xiao-xia, XU Ning, QIN Xiao-jie, et al. Studies on quality changes and shelf life prediction of chicken feet with pickled peppers stored at the different temperatures [J]. Food Science, 2013, 34(22): 315-321
- [19] Umit Gengel. Changes in some physicochemical properties and fatty acid composition of irradiated meatballs during storage [J]. Food Sci. Technol., 2013, 50(3): 505-513
- [20] Zhu M J, Lee E J, Mendonca A, et al. Effect of irradiation on the quality of turkey ham during storage [J]. Meat Science, 2003, 66(1): 63-68
- [21] 李阳,汪超,廖李,等.低剂量辐照和 Vc 对鸡肉冷藏品质的影响[J].现代食品科技,2014,30(7):211-217  
LI Yang, WANG Chao, LIAO Li, et al. Effects of low-dose irradiation and Vc on preservation and storage quality of

chicken [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(7): 211-217

[22] GB 2710-1996.鲜(冻)禽肉卫生标准[S].北京:中国标准出版社,1996

[23] GB/T 14891.1-1997 辐照熟畜禽肉类卫生标准[S].北京:中国标准出版社,1998

