

植酸和茶多酚复合抗氧化剂对辐照卤制鸡翅品质的影响

龙明秀¹, 刘敏², 田竹希¹, 何扬波¹, 石彬¹, 梁倩¹, 李咏富^{1,*}

(1.贵州省农业科学院现代农业发展研究所, 贵州 贵阳 550006; 2.贵州大学酿酒与食品工程学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要:为减缓辐照卤制鸡翅氧化变质, 延长其贮藏期, 探讨天然抗氧化剂对提高辐照卤制鸡翅4℃条件下贮藏过程中氧化稳定性的作用效果与机制。对比7种抗氧化剂对·OH和1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基的清除率, 分析不同植酸和茶多酚复配比例的协同处理效果。结果表明: 植酸对·OH表现出较强的清除作用, 当达最高质量浓度0.06 g/100 mL时, 清除率达63%; 茶多酚对DPPH自由基清除作用较强, 在最高质量浓度0.06 g/100 mL时, 清除率达94%; 植酸和茶多酚按1:1比例(0.01 g/100 mL植酸+0.01 g/100 mL茶多酚)复配时, 样品pH值、过氧化值、酸价和硫代巴比妥酸值变化最小, 协同抗氧化效果最佳, 且样品的感官品质和色泽保持较好; 采用电子鼻对卤制鸡翅的总体气味进行检测可知, 不添加天然抗氧化剂且无辐照处理组与植酸和茶多酚配比1:1处理组的差异较大, 其结果与理化指标测定结果相一致, 说明最佳抗氧化组合为0.01 g/100 mL植酸和0.01 g/100 mL茶多酚配比1:1, 其能较好地保持辐照卤制鸡翅的品质和风味。

关键词:天然抗氧化剂; 辐照; 卤制鸡翅; 品质

Effects of Natural Antioxidant Combinations of Phytic Acid and Tea Polyphenols on the Quality of Irradiated Marinated Chicken Wings

LONG Mingxiu¹, LIU Min², TIAN Zhuxi¹, HE Yangbo¹, SHI Bin¹, LIANG Qian¹, LI Yongfu^{1,*}

(1. Institute of Modern Agricultural Development, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China;

2. School of Liquor and Food Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: In order to alleviate the oxidative deterioration and prolong the storage period of irradiated marinated chicken wings, we investigated the effect and underlying mechanism of natural antioxidants in improving the oxidative stability of irradiated marinated chicken wings stored at 4℃. Seven antioxidants were evaluated for their effect on scavenging of hydroxyl and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radicals. The synergism between phytic acid and tea polyphenols at different ratios was evaluated. The results showed that phytic acid exhibited potent hydroxyl radical scavenging activity with a percentage scavenging of 63% at 0.06 g/100 mL while tea polyphenols had powerful DPPH radical scavenging activity with a percentage scavenging of 94% at 0.06 g/100 mL. The best synergistic antioxidant effect was observed with a 1:1 mixture of phytic acid and tea polyphenols (0.01 g/100 mL each), and minimal changes in pH value, peroxide value (POV), acid value (AV) and thiobarbituric acid (TBA) value of chicken wings were observed with this mixture; the sample maintained good sensory quality and color. There was a significant difference in odor profile as assessed by electronic nose as well as physicochemical properties between the unirradiated control without natural antioxidant and irradiation plus addition of the antioxidant mixture, suggesting this antioxidant mixture was optimal for quality and flavor maintenance of irradiated marinated chicken wings.

Keywords: natural antioxidants; irradiation; marinated chicken wings; quality

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190111-009

中图分类号: TS251.6

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2019) 02-0064-08

收稿日期: 2019-01-11

基金项目: 贵州省科研机构服务企业行动计划项目(黔科合平台人才[2016]5712号);

贵州省科技支撑计划项目(黔科合支撑[2018]2307); 贵州省星火计划项目(黔科合成转字[2015]5330-1);

贵州省工程技术研究中心建设项目(2016GZ67305); 贵州省农业科学院专项(黔农科院院专项[2014]022号)

第一作者简介: 龙明秀(1987—)(ORCID: 0000-0002-5163-2169), 女, 助理研究员, 硕士, 研究方向为农产品加工与贮藏保鲜。E-mail: 692825923@qq.com

*通信作者简介: 李咏富(1985—)(ORCID: 0000-0002-0990-1265), 男, 副研究员, 博士, 研究方向为农产品质量与食品安全。E-mail: liyongfu1985@163.com



引文格式:

刘明秀, 刘敏, 田竹希, 等. 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对辐照卤制鸡翅品质的影响[J]. 肉类研究, 2019, 33(2): 64-71.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190111-009. <http://www.rlyj.pub>

LONG Mingxiu, LIU Min, TIAN Zhuxi, et al. Effects of natural antioxidant combinations of phytic acid and tea polyphenols on the quality of irradiated marinated chicken wings[J]. Meat Research, 2019, 33(2): 64-71. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-

20190111-009. <http://www.rlyj.pub>

卤制鸡翅的肉质鲜嫩、富有弹性、咀嚼感强, 含有丰富的蛋白质, 具有独特的风味品质和口感, 深受消费者喜爱和追捧, 是最受消费者喜爱的卤肉制品之一^[1]。卤制鸡翅是经预煮、浸泡、卤制等工艺使鸡翅中心温度达75~85℃, 并在贮藏、运输及销售过程中保持0~4℃低温条件的一种低温肉制品^[2]。由于卤肉制品熟化与杀菌温度较低, 易残留微生物, 加之蛋白质等营养成分充足、水分含量高, 腐败微生物易大量繁殖, 导致产品腐败变质^[3], 要提高产品的保藏性能, 则还需要在包装后进行二次杀菌。高温杀菌是常用的杀菌手段, 但高温杀菌对卤肉制品的营养价值、感官品质等影响较大, 故人们在不断探寻肉制品的冷杀菌技术。

低温肉制品所采用的杀菌技术不仅仅是为了杀灭产品中残留的腐败微生物, 同时也是保证良好产品品质的基本前提。因此, 冷杀菌技术是一类用物理方式在非热条件下进行杀菌的新技术, 主要包括超高压杀菌、微波杀菌、放射线杀菌、臭氧杀菌、超高压脉冲电场杀菌、脉冲强光杀菌和辐照杀菌等^[4-5]。其中, 辐照杀菌技术是公认的杀灭或减少肉中的食源性致病微生物和寄生虫的最佳方式, 但辐照处理也会带来不良的影响, 加速脂肪氧化, 导致肉制品感官品质变差。为增加辐照的效果及减轻辐照产生的不良影响, 可通过添加抗氧化剂的方法来控制辐照肉制品中的脂肪氧化^[6-7]。抗氧化剂是能够有效阻止或延缓脂类化合物发生氧化变质、提高产品稳定性和延长贮藏期的食品添加剂, 目前所采用的抗氧化剂包括人工合成抗氧化剂(丁基羟基茴香醚、二丁基羟基甲苯和特丁基对苯二酚等)和天然抗氧化剂(茶多酚、生育酚和抗坏血酸钠等)两大类。天然抗氧化剂具有安全高效、无毒副作用和较强的抗氧化能力等特点, 不仅能够延长产品贮藏期, 而且还能有效抑制或减缓辐照产生的自由基氧化。因此, 采用辐照技术和抗氧化剂结合对卤制鸡翅杀菌工艺和保藏技术进行研究, 对提高产品的保藏性能具有极其重要的意义。

本研究采用辐照技术与天然抗氧化剂相结合的方式控制辐照肉制品中的脂肪氧化, 延长其保质期。通过对风味卤制鸡翅贮藏期间的pH值、过氧化值(peroxide value, POV)、酸价(acid value, VA)及硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值等脂质氧化及总体风味变化指标进行分析, 探讨不同抗氧化剂结合辐照技术处理

风味卤制鸡翅贮藏期间的品质及风味变化, 以期卤制鸡翅的加工应用和市场开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鸡翅、卤料 贵阳市花溪区合力超市; 天然抗氧化剂: 抗坏血酸(VC)、生育酚(VE)、植酸、迷迭香、茶多酚、丁香酚、竹叶提取物、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) 美国Sigma公司; 硫酸亚铁、乙酸钠、三氯化铁、乙二胺四乙酸(elhylene diamine tetraacetic acid, EDTA)二钠、过氧化氢、三氯乙酸、TBA 慕为美科技有限公司。

1.2 仪器与设备

NH310色差仪 上海卡罗卡超仪器有限公司; PEN3电子鼻 北京盈盛恒泰科技有限公司; UV-2006紫外分光光度计 尤尼柯(上海)科学仪器有限公司; GL124-1SCN分析天平 德国赛多利斯公司; 雷磁PHS-25酸度计 上海仪电科学仪器股份有限公司; XT-400D单室真空包装机 上海星田机械有限公司。

1.3 方法

1.3.1 抗氧化剂的筛选和复配

1.3.1.1 抗氧化剂的筛选

参考周向军等^[8]的方法。将抗坏血酸(VC)、生育酚(VE)、植酸、迷迭香、茶多酚、丁香酚及竹叶提取物7种抗氧化剂配制成质量浓度均为0.2 g/100 mL的溶液, 分别吸取0.05、0.10、0.15、0.20、0.25、0.30 mL样品溶液, 配制成质量浓度分别为0.01、0.02、0.03、0.04、0.05、0.06 g/100 mL的溶液, 测定7种天然抗氧化剂的DPPH自由基清除率和·OH清除能力, 以筛选抗氧化活性最佳的2种天然抗氧化剂进行复配实验。

1.3.1.2 抗氧化剂复配实验

将筛选出的2种最佳天然抗氧化剂根据GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》的要求, 以0.02%为最大添加量, 按照表1比例进行复配后, 喷洒于样品表面, 以不添加天然抗氧化剂作为对照; 样品真空包装后进行辐照灭菌, 辐照剂量4 kGy^[9], 于4℃条件下贮藏。每隔5 d对样品的感官、pH值、POV、TBA值、色差、AV及挥发性成分进行测定。

表1 复合抗氧化剂的配比方式
Table 1 Various antioxidant combinations

组别	1	2	3	4	5	6	7
植酸:茶多酚	1:0	0:1	1:1	3:7	7:3	辐照、不添加天然抗氧化剂 (CK2)	不辐照、不添加天然抗氧化剂 (CK1)

1.3.2 风味卤制鸡翅制作工艺

原料筛选及清洗→预煮→卤制→晾干→添加抗氧化剂→晾干→真空封装→辐照杀菌→成品

操作要点: 1) 原料筛选及清洗: 选择大小均匀、无损伤、完整的鸡翅, 用清水洗净; 2) 预煮: 沸水中焯3 min, 去除腥味和异味; 3) 卤制: 按卤水与鸡翅质量比1:1, 将鸡翅煮制3 min后静置2 h, 再大火煮25 min, 捞出晾干; 4) 添加抗氧化剂: 抗氧化剂按比例溶解后均匀喷洒于鸡翅表面并晾干; 5) 辐照: 将经真空封装好的卤制鸡翅于4 kGy剂量下进行辐照杀菌。

1.3.3 指标测定

1.3.3.1 DPPH自由基清除率

参考周向军^[8]、Mohsen^[10]的方法。将抗坏血酸(VC)、生育酚(VE)、植酸、迷迭香、茶多酚、丁香酚及竹叶提取物配制成质量浓度均为0.2 g/100 mL的溶液, 分别吸取0.05、0.10、0.15、0.20、0.25、0.30 mL样品溶液, 配制成质量浓度分别为0.01、0.02、0.03、0.04、0.05、0.06 g/100 mL的溶液, 测定其DPPH自由基清除率。

1.3.3.2 •OH清除能力

参考许丹等^[11]的方法。将7种抗氧化剂配制成质量浓度均为0.2 g/100 mL的溶液, 分别吸取0.05、0.10、0.15、0.20、0.25、0.30 mL样品溶液, 配制成质量浓度分别为0.01、0.02、0.03、0.04、0.05、0.06 g/100 mL的溶液, 测定其•OH清除率。

1.3.3.3 pH值

参照GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品中pH值的测定》。

1.3.3.4 POV

参照GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》。

1.3.3.5 AV

参照GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》。

1.3.3.6 TBA值

参考李媛媛等^[12]的方法, 略做修改。取0.3 g卤制鸡翅, 加入3 mL TBA, 磨浆后加入17 mL三氯乙酸-盐酸溶液, 沸水浴反应30 min; 冷却后取5 mL样品溶液, 加入等体积三氯甲烷后3 000 r/min离心10 min; 取上清液于532 nm波长处比色。按下式计算样品TBA值。

$$\text{TBA值}/(\text{mg/kg}) = \frac{A_{532\text{ nm}}}{m} \times 9.48$$

式中: $A_{532\text{ nm}}$ 为样品在532 nm波长处的吸光度; m 为样品质量/g。

1.3.3.7 色差值

使用NH310便携式色差仪测定风味卤制鸡翅的亮度值(L^*)、红度值(a^*)和黄度值(b^*), 每个样品平行测定6次, 取平均值。

1.3.3.8 感官评价

参考GB 2726—2016《食品安全国家标准 熟肉制品》的酱卤肉类标准制定感官评价标准, 请10位食品专业的专业人员, 从卤制鸡翅的色泽、气味、滋味和组织状态方面进行感官评分, 考察贮藏期间辐照和天然抗氧化剂对卤制鸡翅的影响。具体评价标准如表2所示。

表2 卤制鸡翅的感官评分标准

分值	色泽	气味	滋味	组织状态
1~4分	卤色浅, 光泽感差	卤风味淡, 有明显异味	滋味欠佳, 口感差	组织不紧密, 弹性差, 汁液大量流出
5~7分	卤色稍浅, 具有一定光泽	卤风味稍淡, 无明显异味	卤肉制品特有滋味不浓郁, 口感一般	组织较紧密, 弹性较好, 汁液流出较少
8~10分	卤色适中, 富有光泽	卤风味浓郁, 无异味	卤肉制品特有滋味浓郁, 口感好	肉质紧密、有弹性

1.3.3.9 电子鼻测定总体风味

取5 g样品放入电子鼻专用顶空瓶内, 采用手动顶空进样法对风味卤制鸡翅的挥发性风味物质进行测定。以干燥空气为载气, 流速400 mL/min, 样品采样时间80 s, 清洗时间60 s, 采样间隔时间5 s, 自动调零时间10 s。

1.4 数据处理

采用Microsoft Excel 2016软件对实验数据进行分析及制图, 并采用SPSS 20、DPS 7.5等软件对数据进行逐步回归等多元统计分析。

2 结果与分析

2.1 7种抗氧化剂的抗氧化特性分析

2.1.1 7种抗氧化剂的•OH清除率

•OH是活性氧中氧化势最强的一种, 几乎可与细胞内的一切有机物发生反应, 表现为使核酸断裂、多糖裂解及不饱和脂肪酸氧化等, 从而导致遗传突变、膜损伤及酶失活等, 进而使细胞的结构和功能损伤, 人体摄入•OH含量高的食物, 会增加患癌症和心血管疾病的风险^[13-14]。

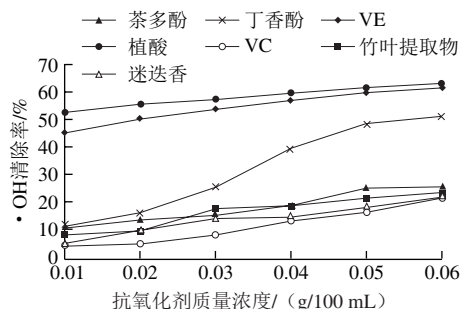


图1 不同抗氧化剂的•OH清除率

Fig. 1 Scavenging effect of different antioxidants on hydroxyl radical

由图1可知, 7种抗氧化剂的 $\cdot\text{OH}$ 清除率随其质量浓度的增加逐渐增加, 植酸和VE在较低质量浓度时具有较强的清除率。7种抗氧化剂的 $\cdot\text{OH}$ 清除能力大小为: 植酸 $>$ VE $>$ 丁香酚 $>$ 茶多酚 $>$ 竹叶提取物 $>$ 迷迭香 $>$ VC。植酸对 $\cdot\text{OH}$ 清除率较强, 因此选择植酸进行后续的复配实验。

2.1.2 7种抗氧化剂的DPPH自由基清除率

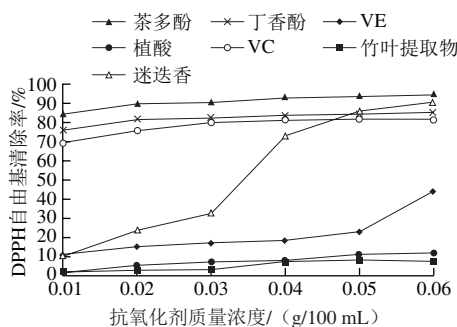


图2 不同抗氧化剂的DPPH自由基清除率

Fig. 2 Scavenging effect of different antioxidants on DPPH radical

由图2可知, 7种抗氧化剂对DPPH自由基的清除率不同。随着抗氧化剂质量浓度的增加, DPPH自由基清除率逐渐增加, 其中茶多酚、丁香酚、VC在低质量浓度下具有较好的DPPH自由基清除效果, 且茶多酚的清除能力最强; 竹叶提取物和植酸对DPPH自由基的清除效果不明显, 二者的最大清除率小于10%; 迷迭香对DPPH自由基清除率的增幅最大, 特别是当其质量浓度大于0.03 g/100 mL后, DPPH自由基清除率从32.3%增加到90.5%。7种抗氧化剂对DPPH自由基的清除率大小依次为茶多酚、丁香酚、VC、迷迭香、VE、竹叶提取物和植酸。其中, 茶多酚对DPPH自由基的清除作用较强, 为卤制鸡翅的抗氧化剂之一。

经抗氧化剂的筛选实验, 植酸对 $\cdot\text{OH}$ 清除率较高、茶多酚对DPPH自由基的清除率较高。根据GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》, 植酸在酱卤肉制品中的最大使用量为0.2 g/kg, 茶多酚的最大使用量为0.3 g/kg。根据GB 2760—2014附录A中食品添加剂的使用规定, 同一功能的食品添加剂(相同色泽着色剂、防腐剂、抗氧化剂)在混合使用时, 各自用量占其最大使用量的比例之和不应超过1, 因此二者复配的最大使用量为0.2 g/kg。

2.2 植酸和茶多酚复合抗氧化剂配比实验结果

2.2.1 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅色泽的影响

由图3~5可知, 抗氧化剂和辐照都能够影响卤制鸡翅的色泽。其中 L^* 和 b^* 随着贮藏时间的延长逐渐下降, 而 a^* 随时间的增加呈现先增加后减小的趋势, 在

贮藏20 d时达到最大值, 随后迅速下降。当植酸和茶多酚按1:1配比时, 样品的 L^* 、 a^* 和 b^* 总体变化较小, 能够较好地保持样品的色泽。Ahn等^[15]的研究表明, 2.5 kGy和5.0 kGy的辐照剂量可以使鸡胸肉的 a^* 增加, 这是由于辐照可以促进肌红蛋白形成一氧化氮肌红蛋白(nitrosomyoglobin, NO-Mb), 使 a^* 升高。贮藏20~30 d时, 卤制鸡翅 a^* 呈下降趋势, 这是由于鸡翅中肌红蛋白氧化形成高铁肌红蛋白(MbFe^{3+})所致。Brewer^[16]认为, 抗氧化剂可以缓解辐照对肉色的不利影响, 有效延缓脂肪氧化和蛋白质降解, 保护肉的色泽^[17]。

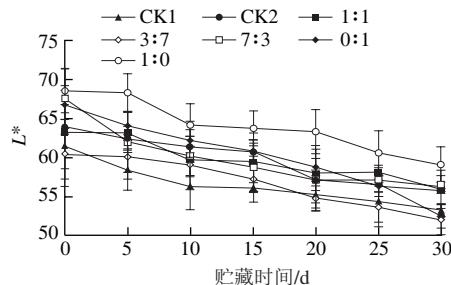


图3 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅 L^* 的影响

Fig. 3 Effect of phytic acid plus tea polyphenols on L^* of irradiated marinated chicken wings

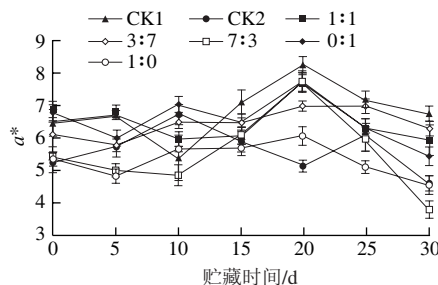


图4 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅 a^* 的影响

Fig. 4 Effect of phytic acid plus tea polyphenols on a^* of irradiated marinated chicken wings

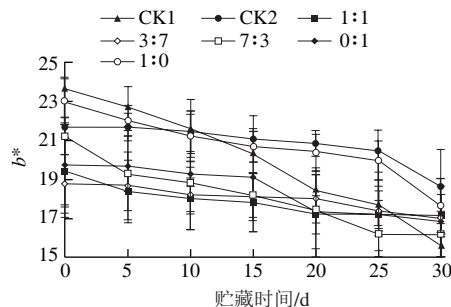


图5 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅 b^* 的影响

Fig. 5 Effect of phytic acid plus tea polyphenols on b^* of irradiated marinated chicken wings

2.2.2 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅pH值的影响

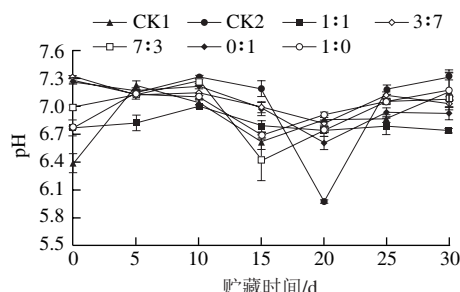


图6 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅pH值的影响

Fig. 6 Effect of phytic acid plus tea polyphenols on pH value of irradiated marinated chicken wings

由图6可知,贮藏10~20 d时,各处理组卤制鸡翅的pH值呈下降趋势,这主要是由于肉中的部分脂肪和蛋白质发生降解,形成低分子质量的醛、酮、酸,从而使肉制品发生酸败,导致pH值下降^[18-19]。贮藏20~25 d时,各处理组卤制鸡翅的pH值又呈上升趋势,直至平缓,这主要是由于在微生物及其分解产物的共同作用下,鸡肉中的蛋白质降解为多肽和氨基酸,释放出碱性基团,致使pH值回升^[4]。植酸和茶多酚配比为1:1时,卤制鸡翅的pH值总体变化相对较小,CK2组变化最大,其原因是样品中含有一定量的水和大量的脂肪及蛋白质,由于⁶⁰Co释放的 γ 射线能与水及肌肉发生相互作用,产生活化的原子或分子,使H⁺含量显著增加,导致pH值下降,这与何立超等^[20]的研究结果一致。

2.2.3 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅AV的影响

AV是衡量脂肪中游离脂肪酸含量多少的标志,是对含脂肪样品中的脂肪酸或游离羧基团数量的一个计量标准之一^[21]。AV越小,说明样品品质越好。肉在贮藏过程中易发生脂肪氧化和蛋白质降解,同时由于辐照产生的活化原子和分子加快了肉品中不饱和脂肪酸的氧化及蛋白质和饱和脂肪酸的裂解,导致肉品腐败;肉制品的AV与游离脂肪酸含量呈正比^[5,22]。

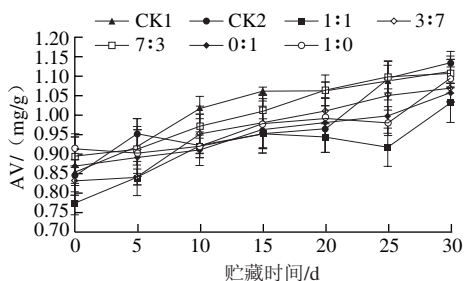


图7 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅AV的影响

Fig. 7 Effect of phytic acid plus tea polyphenols on AV of irradiated marinated chicken wings

由图7可知,随着贮藏时间的延长,样品的AV呈逐渐增加的趋势,这主要是由于样品经辐照和贮藏过程中,由于活化原子和分子以及某些微生物的共同作用,使样品中游离脂肪酸的含量升高,引起AV升高。贮藏过程中,CK1和CK2组卤制鸡翅的AV逐渐增大且处于较高水平,这可能是由于未添加抗氧化剂使脂肪进一步氧化分解所导致;AV处于次高水平的为7:3、0:1、1:0和3:7处理组,贮藏30 d后的AV分别为1.10、1.05、1.09、1.11 mg/g;植酸和茶多酚配比1:1组的AV较低,为1.03 mg/g。在合适的复合抗氧化剂作用下,自由基被淬灭,同时,复合抗氧化剂有抑菌作用,能增强杀菌的效果,防止脂肪酸氧化^[23]。

2.2.4 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅TBA值的影响

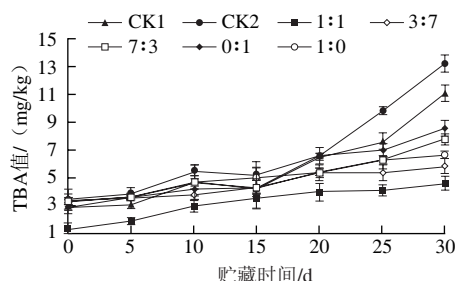


图8 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅TBA值的影响

Fig. 8 Effect of phytic acid plus tea polyphenols on TBA value of irradiated marinated chicken wings

TBA值通常用来评价动物性食品中脂肪氧化分解的程度,是脂肪分解所产生的衍生物,如丙二醛等与TBA反应的值,其能够反应脂肪氧化程度。由图8可知,随着贮藏时间的延长,CK2组卤制鸡翅的TBA值最大,这主要是由于辐照作用产生更多的自由基,使脂肪氧化分解;植酸和茶多酚配比1:1组在贮藏过程的TBA值低于其他组,且贮藏30 d后的TBA值仅为4.61 mg/g,其次含量相对较低的是植酸和茶多酚配比3:7组和1:0组,贮藏30 d后其TBA值分别为5.85、6.70 mg/g,说明在贮藏过程中添加抗氧化剂有利于降低卤制鸡翅的TBA值。茶多酚是良好的电子供体,能够阻止脂肪氧化过程中反应链的延长,同时,茶多酚还起着清除活性氧、螯合金属离子和结合氧化酶的作用。当茶多酚与其他天然保鲜剂复合使用时,抗氧化效果更好^[24]。

2.2.5 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅POV的影响

POV是反映脂质氧化程度的指标之一,表明样品中不饱和脂肪酸中的双键被氧化程度,是氧化生成产物的量化指标^[25]。由图9可知,随着贮藏时间的延长,卤制鸡翅的POV总体呈上升趋势。0~10 d,不同组间的POV差异较小,10 d后,各组差异较大,其中CK1和CK2组卤制鸡翅的POV相对较高,30 d后分别为0.145、

0.098 g/100 g, 这主要是由于卤制鸡翅中含有大量水分, 而水分受辐照产生的大量自由基^[26], 诱导脂质氧化, 使POV增大; 植酸和茶多酚配比1:1组和植酸组的POV相对较低, 在贮藏30 d后, 其POV分别为0.057、0.061 g/100 g, 说明经抗氧化剂处理能有效降低辐照后卤制鸡翅中脂质的氧化分解。

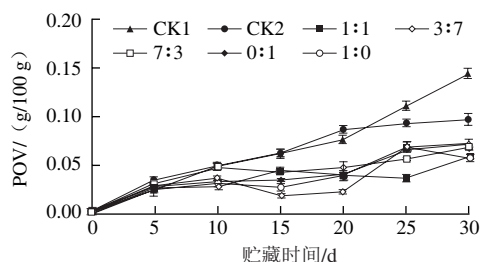


图9 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅POV的影响

Fig. 9 Effect of phytic acid plus tea polyphenols on POV of irradiated marinated chicken wings

2.2.6 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅感官品质的影响

表3 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅感官品质的影响

Table 3 Effect of phytic acid plus tea polyphenols on sensory quality of irradiated marinated chicken wings

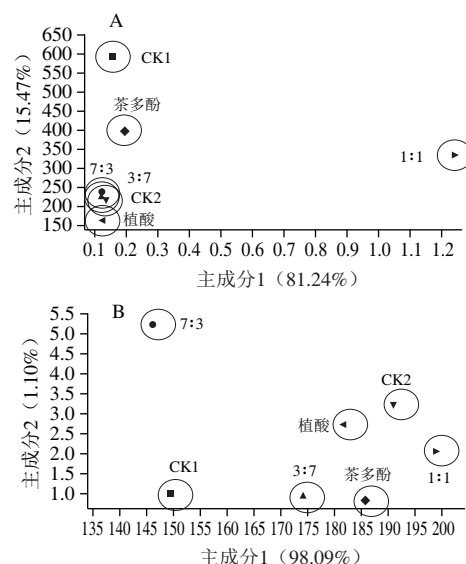
指标	贮藏时间/d	感官评分						
		CK1	CK2	1:1	3:7	7:3	0:1	1:0
香气	0	8.0±0.5	8.0±0.3	8.5±0.1	8.0±0.2	8.0±0.2	8.2±0.3	8.0±0.1
	5	7.3±0.3	8.0±0.0	8.2±0.2	8.0±0.1	7.8±0.2	8.0±0.2	7.5±0.3
	10	7.0±0.2	7.0±0.1	7.8±0.3	7.9±0.3	7.8±0.3	7.9±0.3	7.1±0.2
	15	6.2±0.3	7.3±0.3	7.4±0.1	7.8±0.3	7.5±0.2	7.2±0.1	6.4±0.3
	20	6.1±0.2	6.8±0.3	6.7±0.2	6.8±0.2	6.8±0.1	6.8±0.2	7.2±0.2
	25	5.8±0.3	6.7±0.5	6.5±0.3	6.7±0.4	6.5±0.2	6.5±0.1	6.5±0.1
	30	4.8±0.4	6.3±0.3	6.4±0.2	6.5±0.2	6.2±0.1	6.2±0.3	6.0±0.2
色泽	0	8.2±0.1	8.0±0.2	8.0±0.3	7.8±0.2	8.0±0.3	8.0±0.2	8.0±0.2
	5	8.0±0.2	6.8±0.3	8.0±0.2	7.5±0.3	7.5±0.2	7.9±0.2	7.8±0.3
	10	7.3±0.1	6.5±0.3	7.6±0.2	7.2±0.2	7.2±0.3	7.8±0.1	7.2±0.2
	15	6.5±0.3	6.2±0.2	7.4±0.3	6.4±0.3	7.2±0.4	7.2±0.3	7.0±0.3
	20	6.0±0.2	6.0±0.4	7.0±0.2	6.3±0.1	7.0±0.1	6.8±0.1	6.8±0.2
	25	5.5±0.3	5.8±0.2	6.5±0.3	6.2±0.2	6.5±0.3	6.3±0.2	5.8±0.1
	30	5.2±0.2	5.2±0.3	6.2±0.1	5.6±0.3	6.5±0.2	6.2±0.1	5.2±0.2
组织状态	0	8.0±0.3	8.0±0.3	9.0±0.1	7.5±0.1	7.2±0.2	8.0±0.2	8.0±0.2
	5	8.0±0.4	7.5±0.2	7.8±0.2	7.2±0.3	7.2±0.3	8.0±0.1	7.3±0.1
	10	7.3±0.2	7.4±0.2	7.2±0.1	7.2±0.2	7.0±0.2	7.5±0.3	7.3±0.1
	15	4.3±0.3	6.5±0.1	6.3±0.1	6.2±0.3	6.3±0.1	6.3±0.1	6.0±0.2
	20	7.2±0.2	7.1±0.3	6.9±0.2	7.2±0.3	7.0±0.2	7.3±0.1	7.1±0.3
	25	6.6±0.3	6.8±0.1	6.8±0.1	6.8±0.2	7.0±0.1	7.3±0.2	6.8±0.3
	30	5.8±0.2	6.8±0.2	6.5±0.3	6.5±0.2	6.5±0.2	6.8±0.3	6.3±0.1
滋味	0	8.0±0.3	7.0±0.3	7.5±0.2	7.0±0.2	7.0±0.3	7.2±0.2	7.8±0.1
	5	7.2±0.2	7.0±0.2	7.2±0.1	7.0±0.2	7.0±0.2	7.1±0.3	7.1±0.2
	10	7.0±0.3	6.8±0.3	7.0±0.1	6.8±0.3	7.0±0.2	7.0±0.2	6.7±0.1
	15	6.5±0.1	6.8±0.2	7.0±0.3	6.7±0.1	6.8±0.3	6.9±0.3	6.5±0.1
	20	6.0±0.2	6.8±0.1	6.7±0.2	6.5±0.1	6.7±0.2	6.7±0.1	6.3±0.1
	25	5.8±0.2	6.8±0.4	6.5±0.2	6.2±0.1	6.3±0.4	6.5±0.2	6.2±0.3
	30	5.8±0.1	6.4±0.2	6.2±0.1	5.2±0.3	6.1±0.1	6.2±0.1	6.2±0.1

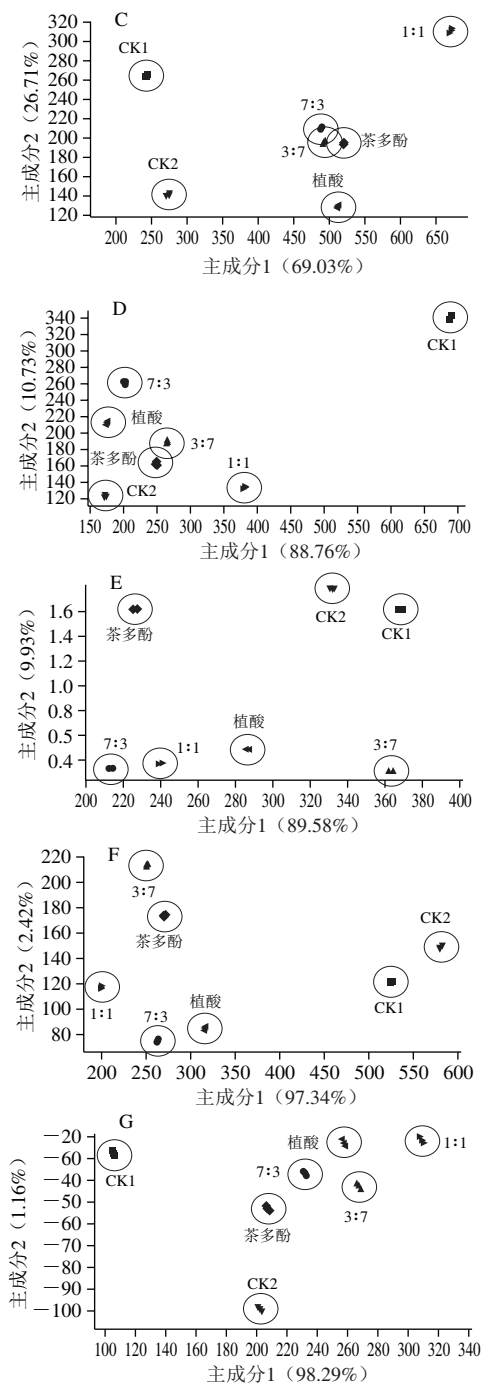
样品经辐照后可以有效杀灭或减少肉中的有害微生物和寄生虫, 但同时也会影响样品的滋味、色泽、香气和组织状态等感官品质。通过添加抗氧化剂可以有效清除肉品辐照过程中产生的各种自由基, 进而控制辐照肉品中蛋白质、脂质的氧化, 从而有效控制辐照异味的形成^[5]。

由表3可知: 随着贮藏时间的延长, 卤制鸡翅的滋味、色泽、香气和组织状态评分呈逐渐下降的趋势, 其中植酸和茶多酚配比1:1组及0:1组的香气评分较高, CK1组最低, 贮藏30 d后为(4.8±0.4)分, 显著低于其他处理组; CK1组的色泽在贮藏30 d后评分最低, 为(5.2±0.2)分; 植酸和茶多酚配比3:7、1:1及0:1组的色泽评分较高, 这与色差的测定结果一致; CK1组贮藏30 d后组织状态最差, 仅为(5.8±0.2)分; CK2组贮藏30 d后的滋味评分最高, 为(6.4±0.2)分, 植酸和茶多酚配比1:1、0:1、1:0组次之, CK1组的滋味评分最低, 仅为(5.8±0.1)分, 表明辐照和抗氧化剂对滋味有一定的影响。综合上述分析可知, 植酸和茶多酚配比1:1组和茶多酚组卤制鸡翅的滋味、香气、组织状态及色泽都保持地较好, 与各理化指标测定结果相一致。

2.2.7 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅总体风味的影响

主成分分析(principal component analysis, PCA)是一种定性检验工具, 用来可视化样本之间可能的模式、聚类或趋势^[27]。在PCA中, 总贡献率越大越能较全面地反映试样整体信息^[28], 根据样品在横、纵坐标轴上的距离及第1主成分和第2主成分所占的权重或贡献率判断样品之间的差异性, 横坐标上的第1主成分贡献率越大, 说明样品之间的差异越明显; 而纵坐标上的距离即使很大, 由于第2主成分的贡献率(或权重)较小, 样品之间的实际差异可能较小^[29]。





A. 0 d; B. 5 d; C. 10 d; D. 15 d; E. 20 d; F. 25 d; G. 30 d.

图10 植酸和茶多酚复合抗氧化剂对卤制鸡翅挥发性风味成分的影响
Fig. 10 Effect of phytic acid plus tea polyphenols on volatile flavor components of irradiated marinated chicken wings

采用PCA分析不同处理组卤制鸡翅贮藏不同时间时的风味物质变化关系。由图10可知, 贮藏0、5、10、15、20、25、30 d时的总贡献率分别为96.71%、99.19%、95.74%、99.49%、99.51%、99.76%和99.45%, 均大于85.00%, 可以反应样品整体信息。贮藏0 d时, 植酸和茶多酚配比1:1组与其他6组卤制鸡翅的风味差异较

显著, 除植酸和茶多酚配比1:1组、0:1组和CK1组能够完全区分外, 其余4个处理组和CK2组均有部分重叠, 这可能是由于其气味相似, 或气味达到一个平衡状态而引起的^[30]; 贮藏5 d时, 各处理组能被完全分开, 其中, 植酸和茶多酚配比7:3组和CK1组与其他5组挥发性成分差异较大; 贮藏10 d时, 除植酸和茶多酚配比7:3组、3:7组和0:1组重叠外, 其余4组能被完全分开, 其中, 植酸和茶多酚配比1:1组与CK1、CK2组差异较大; 贮藏15 d时, CK1组与CK2组挥发性成分差异较大; 贮藏20、25、30 d时, 各组均能被完全分开, 其中差异较大的均为CK1和CK2组与植酸和茶多酚配比1:1组。综合以上分析可知, 使用电子鼻技术, 通过PCA能较好区分不同处理组间的样品, 且不同处理组间差异较大的为CK组与植酸和茶多酚配比1:1组。

3 结论

通过对7种抗氧化剂的抗氧化特性进行分析可知, 植酸对·OH的清除率和茶多酚对DPPH自由基的清除率均优于其他5种抗氧化剂, 其抗氧化性能随着质量浓度的增加而增加。植酸与茶多酚复配实验结果表明: 随着贮藏时间的延长, CK组卤制鸡翅的 L^* 、 b^* 、AV、TBA值和POV逐渐增加, 总体风味差异较大, 30 d后感官品质变差; 茶多酚与植酸按1:1复配时, 协同抗氧化效果最佳, 能有效阻止脂肪进一步氧化分解, 使样品的pH值、AV、TBA值和POV较低, 较好地保持样品的感官品质和色泽; 使用电子鼻风味检测技术, 通过PCA能较好区分不同处理组间样品的风味, 30 d后CK1组与植酸和茶多酚配比1:1组总体风味差异明显, 其结果与理化指标测定结果相一致。

参考文献:

- [1] 姜颖. 真空包装烤肠货架期预测及保鲜技术研究[D]. 烟台: 烟台大学, 2012: 3-4.
- [2] 赵爽. 低温肉制品保鲜新技术研究进展及展望[J]. 现代化农业, 2018(4): 51-54. DOI:10.3969/j.issn.1001-0254.2018.04.026.
- [3] 袁先群. 酱卤类低温肉制品品质变化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012: 4-5.
- [4] 田昕. 不同杀菌方式对真空包装盐焗鸡翅保鲜品质的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013: 28-29.
- [5] 李成梁, 靳国锋, 马素敏, 等. 辐照对肉品质影响及控制研究进展[J]. 食品科学, 2016, 37(21): 291-298. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201621046.
- [6] POKOMY J. Are natural antioxidants better and safer than synthetic antioxidants[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2007, 109(8): 629-642. DOI:10.1002/ejlt.200700064.
- [7] 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(7): 211-217. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.07.041.



- [8] 周向军, 周健, 冯进兵, 等. 4 种模式美拉德反应条件及其产物抗氧化作用[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(6): 27-36. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2014.06.019.
- [9] 李娜, 骆琦, 薛丽丽, 等. 辐照对烧鸡贮藏期品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(8): 183-187. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2017.08.043.
- [10] MOHSEN S M, AMMAR A S M. Total phenolic contents and antioxidant activity of corn tassel extracts[J]. Food Chemistry, 2009, 112(3): 595-598. DOI:10.1016/j.foodchem.2008.06.01.
- [11] 许丹, 龚燕丹, 沈燕飞, 等. 反应温度对鸡骨蛋白酶解液美拉德产物光谱特性和抗氧化活性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(7): 126-129. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201507023.
- [12] 李媛媛, 潘玲, 张燕. 天然抗氧化剂联合作用对花生油氧化稳定性及风味特性的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(5): 241-249. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2018.05.046.
- [13] 章银良, 蔡亚玲, 李鑫. 多指标评价L-赖氨酸-D-阿拉伯糖美拉德反应产物抗氧化活性[J]. 食品科技, 2018(1): 267-271. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2018.01.048.
- [14] SAKAI T, IMAI J, ITO T, et al. The novel antioxidant TA293 reveals the role of cytoplasmic hydroxyl radicals in oxidative stress-induced senescence and inflammation[J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2017, 482(4): 1183-1189. DOI:10.1016/j.bbrc.2016.12.009.
- [15] AHN D U, LEE E J. Mechanisms and prevention of off-odor production and color changes in irradiated meat[J]. American Chemical Society Symposium Series, 2004, 875: 43-46. DOI:10.1021/bk-2004-0875.ch004.
- [16] BREWER S. Irradiation effects on meat color : a review[J]. Meat Science, 2004, 68(1): 1-17. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.02.007.
- [17] KIM M S J, CHO A R, HAN J. Antioxidant and antimicrobial activities of leafy green vegetable extracts and their applications to meat product preservation[J]. Food Control, 2013, 29(1): 112-120. DOI:10.1016/j.foodcont.2012.05.060.
- [18] 朱雪蕊, 季慧, 杨颖, 等. 复合生物保鲜剂对延长低温肉制品货架期的研究[J]. 中国调味品, 2017, 42(4): 23-25. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2017.04.006.
- [19] 程述震, 刘伟, 冯晓琳, 等. 电子束辐照对冷鲜猪里脊肉品质及蛋白特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017(3): 155-160. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201703027.
- [20] 何立超, 李成梁, 马素敏, 等. 辐照对猪肉火腿肠风味与品质的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(9): 34-39. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201709006.
- [21] ZHANG Wenle, LI Na, FENG Yuyuan, et al. A unique quantitative method of acid value of edible oils and studying the impact of heating on edible oils by UV-vis spectrometry[J]. Food Chemistry, 2015, 185: 326-332. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.04.005.
- [22] 尚志远. 超高压处理与天然抗氧化剂对马鹿肉品质影响的研究[D]. 吉林: 吉林农业大学, 2011: 34-35.
- [23] 章林, 黄明, 周光宏. 天然抗氧化剂在肉制品中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 299-303.
- [24] 沈晓峰. 天然抗氧化剂和可食性膜对腌腊肉制品抗氧化效果的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010: 6-7.
- [25] 郭淑珍, 哈益明, 刘书亮, 等. 不同抗氧化剂对辐照熟五花肉脂肪氧化的影响[J]. 核农学报, 2008, 22(2): 203-205.
- [26] 彭玲, 徐远芳, 张祺玲, 等. ^{60}Co γ 射线辐照对酱卤鸡爪杀菌效果及品质的影响[J]. 食品与机械, 2017(12): 116-120. DOI:CNKI:SUN:SPJX.0.2017-12-024.
- [27] JOLAYEMI O S, TOKATLI F, BURATTI S, et al. Discriminative capacities of infrared spectroscopy and E-nose on Turkish olive oils[J]. European Food Research and Technology, 2017, 243(11): 2035-2042. DOI:10.1007/s00217-017-2909-z.
- [28] ZHOU Chunli, MI Li, HU Xueyan, et al. Evaluation of three pumpkin species: correlation with physicochemical, antioxidant properties and classification using SPME-GC-MS and E-nose methods[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017, 54(10): 1-14. DOI:10.1007/s13197-017-2748-8.
- [29] 谢同平. 稻谷储藏品质电子鼻快速判定技术研究[D]. 南京: 南京财经大学, 2012: 59-60.
- [30] 柴春祥, 施婉君, 蔡悦, 等. 电子鼻检测鸡肉新鲜度的研究[J]. 食品科学, 2008, 30(9): 444-447. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2008.09.102.