

紫苏提取物对鲣鱼鱼柳的抗菌和抗脂质氧化作用研究

周 伟, 羊欢欢, 黄苏红, 通旭婷, 唐 艳, 胡 熠, 张进杰*

(宁波大学海洋学院, 宁波 315211)

摘 要: **目的** 利用紫苏改进鲣鱼鱼柳制作工艺, 研究紫苏叶提取物对鲣鱼鱼柳冷藏过程中的抑菌和抗脂质氧化作用。**方法** 在 4 °C 冷藏条件下对比 4 种预制鲣鱼鱼柳, 即 CK 对照组(蒸煮液不添加抗氧化剂)、R(蒸煮液中添加 100 mg/L 迷迭香酸)、E(蒸煮液添加 98.5 mg/L 紫苏醇提物)和 W(蒸煮液添加 96.3 mg/L 紫苏水提物)的 pH、菌落总数、感官评定、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值、共轭二烯(conjugated diene, CD)值、过氧化值(peroxide value, POA)和游离脂肪酸(free fatty acid, FFA)含量变化, 研究紫苏叶提取物对鲣鱼鱼柳冷藏过程中的抑菌和抗脂质氧化作用。**结果** 在 12 d 的冷藏过程中, 各样品的 pH 值均显著降低($P<0.05$), 且 E 和 W 组样品的 pH 值无显著性差异($P>0.05$); E 和 W 样品组的菌落总数均显著性低于对照组样品; 对照样品的 TBA 值和 FFA 含量显著增加($P<0.05$), R、E 和 W 样品组的 TBA 值均较低, 这表明迷迭香酸对鲣鱼鱼柳的脂质氧化有一定的抑制作用, 紫苏叶的醇提物、水提物更具脂质抗氧化作用。冷藏期间经紫苏提取物处理的样品 CD 值均低于对照组。在整个贮藏过程中, E 和 W 组的 POV 值均不断增加, 均未出现与对照组样品 POV 值先增加后降低的变化趋势, 这表明紫苏叶的醇提物和水提物对氢过氧化物的降解具有抑制作用。**结论** 紫苏叶水提取物能有效抑制鲣鱼鱼柳贮藏过程中的脂质氧化和腐败微生物的生长, 并改善鲣鱼鱼柳感官品质。

关键词: 紫苏叶; 抗氧化剂; 脂质氧化; 鲣鱼鱼柳

Antimicrobial and anti-lipid oxidation effects of *Perilla* leaf extract on the bonito fish fillet

ZHOU Wei, YANG Huan-Huan, HUANG Su-Hong, TONG Xu-Ting, TANG Yan, HU Yi, ZHANG Jin-Jie*

(College of Marine Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the antimicrobial and anti-lipid oxidation effects of *Perilla* leaf extract during refrigeration storage, so as to use *Perilla* leaf extract to improve the bonito fish fillet production process. **Methods** The content variation of pH, total plate count, sensory evaluation, thiobarbituric acid, conjugated diene (CD), peroxide value (POA) and free fatty acid (FFA) of fresh precooked bonito processed by 4 kinds of treatment including control (no antioxidants in the cooking solution), R (100 mg/L rosemary acid added in the cooking solution),

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2014BAD04B01)、浙江省自然科学基金项目(LY15C200008)

Fund: Supported by National Science and Technology Support Program of China (2014BAD04B01) and Natural Science Foundation of Zhejiang Province of China (LY15C200008)

*通讯作者: 张进杰, 博士, 讲师, 主要研究方向为水产品加工与功能食品研发。E-mail: jackace@163.com

*Corresponding author: ZHANG Jin-Jie, Ph.D, Lecturer, College of Marine Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China. E-mail: jackace@163.com

E (98.5 mg/L *Perilla* leaf ethanol extract added in the cooking solution), and W (96.3 mg/L *Perilla* leaf water extract added in the cooking solution) stored at 4 °C were compared, and then the antimicrobial and anti-lipid oxidation effects were studied. **Results** The pH of samples decreased observably ($P<0.05$), and there was no significant difference between E and W samples of pH value ($P>0.05$). Samples treated with E and W presented lower total bacterial count than that of the control samples through the whole storage for 12 d. TBA values and FFA increased considerably ($P<0.05$) during storage. The TBA value of R, E and W were lower than that of control samples, which meant rosemary acid had the ability of anti-lipid oxidation in precooked bonito fish fillet, while the anti-lipid oxidation ability of *Perilla* leaf ethanol extract and *Perilla* leaf water extract were better than that of rosemary acid. All treatments had lower concentration of CD ($P<0.05$) compared with control samples. The POV of the control increased and reached the maximum value at a certain storage time and decreased thereafter, while POV of E and W group increased all along the storage time, which meant *Perilla* leaf ethanol extract and *Perilla* leaf water extract had inhibition on the degradation of hydrogen peroxide. **Conclusion** The *Perilla* leaf water extract exhibits a protective effect against lipid oxidation and spoiled microbial growth in precooked bonito fish fillet during storage, which can also improve the sensory quality.

KEY WORDS: *Perilla* leaf; antioxidants; lipid oxidation; bonito fish fillet

1 引言

食品腐败变质的主要原因之一是其中的油脂被氧化生成过氧化物。油脂酸败后的食品不仅品质低劣,而且具有毒性。为了抑制和防止食品氧化变质,通常需要使用抗氧化剂。抗氧化剂能够延缓甚至阻遏食品由于空气氧化而引发的食品氧化腐败,并对维生素类和必需氨基酸等一些易氧化的营养成分起保护作用。然而传统的合成抗氧化剂如丁基羟基茴香醚(butyl hydroxy anisole, BHA)、二丁基羟基甲苯(butylated hydroxytoluene, BHT)与特丁基对苯二酚(tertiary butylhydroquinone, TBHQ)等虽然经济高效,但被证明有累积性致癌作用^[1,2]。因此,筛选出高效无毒且经济的天然抗氧化剂是防止脂肪氧化的发展趋势。

天然抗氧化剂是从天然可食用的食品中提取出来的具有抗氧化活性的物质,具有安全性高、抗氧化能力强、无副作用和防腐保鲜等优点^[2,3]。国内外学者的研究发现,香料特别是药草型的紫苏科植物具有强烈的抗氧化作用,如迷迭香、鼠尾草、百里香、马玉兰和紫苏等,紫苏也具有这种作用^[4]。近年来,随着对紫苏叶含有的营养成分和活性物质的深入研究,发现紫苏是一种使用安全、价格低廉且抗氧化效果好的新型天然抗氧化剂资源。

紫苏(*Perilla frutescens* (L.) Britt)属唇形科一年生草本植物,主要分布于中国、印度、日本、朝鲜等国,在我国已有2000多年的栽培历史,是国家卫生部首批颁布的既是食品又是药品的60种中药之一^[5]。紫苏叶别称苏叶,含多种营养成分以及迷迭香酸、多酚、黄酮、紫苏醛、“ α -亚麻酸等多种生物活性物质”^[6,7],具有抗过敏、抗氧化、抗癌、降血脂清热解毒、抗菌等功效^[8-13]。《中国药典》记录,紫苏

根、茎、叶、花萼、及果实均可入药,有散寒、理气、解鱼蟹毒的作用,同时用紫苏叶煮鱼蟹,可增加香气和滋味,并且规定紫苏籽、紫苏叶、紫苏梗的指标性成分是迷迭香酸^[5]。赵茜等^[14]研究发现,各紫苏部位中以紫苏叶中迷迭香酸含量最高。中华美食文化中很早就有在淡水鱼制品烹饪过程中添加紫苏叶进行去腥增味的烹饪习惯,但未见紫苏在鲢鱼鱼柳制作过程中的抗油脂氧化和抗菌的应用报道。

本研究基于企业鲢鱼鱼柳制作过程中添加紫苏叶蒸煮鲢鱼的工艺,以研究迷迭香酸为阳性对照,研究紫苏叶的醇提物和紫苏叶的热水提物对产品鲢鱼鱼柳品质的改善作用,以 pH、菌落总数、感官评定、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值、共轭二烯(conjugated diene, CD)值、过氧化值(peroxide value, POA)和游离脂肪酸(free fatty acid, FFA)含量等为指标,考察紫苏叶提取物的添加对在4 °C冷藏过程中对鲢鱼鱼柳的微生物和脂肪氧化的抑制作用,以期紫苏叶在水产品精深加工中的应用提供理论基础。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

紫苏叶, 采自浙江龙泉; 冷冻鲢鱼由宁波蛟龙水产有限公司提供; 乙醇、迷迭香酸(分析纯, 上海国药集团化学试剂有限公司)。

2.2 仪器与设备

Waters 2695-2998 高效液相色谱仪(美国 Waters 公司); JE502 电子天平(上海浦春计量仪器有限公司); TDL-5 型台

式离心机(四川蜀科仪器有限公司); UV5500PC 可见分光光度计(上海元析仪器有限公司); Mettler Toledo 320-S pH 计(瑞士梅特勒-托利多公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 蒸煮液的制备

(1)Ck: 蒸馏水。

(2)R: 迷迭香酸浓度为 100 mg/L 的水溶液。

(3)E: 参照胡华军等^[15]采用微波辅助醇提法提取紫苏功能性成分, 得紫苏叶醇提物质, 经检测迷迭香酸含量为 9.85%。将紫苏叶醇提物质按照 1:1000 的比例溶于蒸馏水, 得混合溶液的迷迭香酸浓度为 98.5 mg/L。

(4)W: 50 g 紫苏鲜叶, 1000 mL 水, 参照胡华军等^[15]采用超声波辅助水提紫苏活性成分, 料液比为 1:20 (*m*:*V*), 超声波输出功率为 300 W, 提取时间为 90 min, 提取温度为 75 °C。在此工艺条件下得到提取液的迷迭香酸浓度为 96.3 mg/L。

2.3.2 蒸煮鲮鱼柳的制备

挑选体态均一、重量为(3±0.2) kg 的鲮鱼 50 条, 解冻去头和内脏(鱼体温度 0~4 °C), 经各蒸煮液在 100 °C 条件蒸煮 12 min(鱼体中心温度低于(60±5) °C)下蒸煮成熟的鲮鱼置于不锈钢晾架沥水, 自然降温至 40 °C 时进, 去皮、剔骨和整形, 得到 9 cm×3 cm×2.5 cm 的鲮鱼鱼柳(重(65±5) g), 用无菌 PE 袋无氧包装, 在(4±1) °C 下贮藏 12 d, 每隔 2 d 分别测定样品的 pH、菌落总数、色泽、TBA 值、CD 值、POV 和 FFA。

2.3.3 样品分析

(1) 测定 pH 值

称取 5.0 g 样品, 加入 20 mL 双蒸水, 均质 60 s, 直接测定样品溶液的 pH 值。

(2) 测定菌落总数

称取 10.0 g 样品, 在无菌操作下移入灭菌后的烧杯中, 加入 100 mL 0.1%蛋白胨水, 将样品均质 2 min, 均质液取出后再用 0.1%蛋白胨水 (1:10, *V*:*V*)稀释, 取 0.1 mL 稀释液置于平板中, 加入平板计数琼脂, 在 35 °C 下培养 48 h。结果以 lg CFU/g 鱼肉样来表示。

(3) 感官评定

在每次抽样时(0、2、4、6、8、10 和 12 d), 由 7 名专家组成的评价小组对鲮鱼鱼柳进行感官评价。每次取出一块完整鱼柳样品(65 g)单独提供给专家小组, 样品置于塑料杯, 杯上加盖并标有随机号码。感官评定在专用独立的感官评定室进行, 控制光线强弱、环境温度和湿度等因素。

感官评定小组要求对鱼柳的气味、色泽和质地进行品评, 采用 0~10 分制, 8~10: 优秀品质; 6~8: 可接受品质; 4~6: 不合格品质, 但可容忍实验进行; 0~4: 低于 4 分的样品定为不可接受样品, 产生异味, 或挤压肌肉回复度超过一半, 或生成黏液, 或肌肉变色。

(4) 硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)^[16]

采用硫代巴比妥酸法测定鱼肉脂质氧化程度。TBA 值以 mg MDA(丙二醛)/kg 鱼肉表示。

(5) CD 值

参考 Kulkarni 等^[17]的方法, 取 0.5 g 鱼肉样品, 加入到 5 mL 蒸馏水中, 匀浆。取 0.5 mL 悬浮液, 加入 5 mL 萃取液(正己烷:异丙醇=3:1, *V*:*V*)萃取 1 min。2000 r/min 下离心 5 min, 在 233 nm 下测上清液的吸光度。共轭二烯的浓度采用摩尔消失系数测定, 结果用 μmol/mg 样品表示。

(6) POV 和 FFA

采用氯仿:甲醇(2:1, *V*:*V*)溶液萃取样品中的脂肪, 脂肪萃取物经旋转蒸发浓缩后, 根据 AOAC 法^[8]测定萃取物中的 POV 值。FFA 的测定参照 Morrison 等^[18]的方法。

2.4 数据分析

每个样品设 3 个平行, 采用 Origin 8.0 和 SPSS 16.0 软件进行数据分析。测定结果以均值±标准差表示。实验数据采用 ANOVA 进行邓肯氏(Duncan's)差异分析, 以 $P<0.05$ 为显著。

3 结果与分析

3.1 样品色谱图结果

R(100 mg/L 迷迭香酸水溶液)、E(98.5 mg/L 紫苏醇提物)和 W(96.3 mg/L 紫苏水提物)3 种蒸煮液的液相色谱图见图 1。

3.2 不同蒸煮液处理的鲮鱼鱼柳随贮藏时间对 pH 的影响

不同蒸煮液处理的鲮鱼鱼柳在 12 d 的冷藏过程中 pH 的变化如图 2 所示。整个冷藏期, 对照组和 R 组的 pH 低于 E 和 W 组样品; E 和 W 组样品的 pH 值在整个冷藏期间整体变化量小, 且 E 和 W 组样品的 pH 变化趋势相同, E 组样品下降更低。紫苏叶的提取物成分作为抗氧化剂可以减缓样品冷藏期间 pH 值的下降, 稳定样品的 pH; 在稳定鲮鱼鱼柳 pH 值的作用上 W 效果最好; E 和 W 优于 R。

3.3 不同蒸煮液处理的鲮鱼鱼柳随贮藏时间对菌落总数的影响

随着贮藏时间的延长, 鱼体内微生物增长和繁殖促使鱼肉中的蛋白质和氨基酸等物质分解产生尸胺、腐胺、组胺、硫化物、醇类、醛类等小分子产物。鱼肉随之逐渐产生腐败恶臭气味。因此, 在贮藏期间, 检测鱼肉中菌落总数的变化能有效地反应鱼肉的新鲜程度^[19]。

不同处理的鲮鱼鱼柳样品在 12 d 的冷藏过程中菌落总数变化如图 3 所示。经高温蒸煮制得的鲮鱼鱼柳样品细菌很少, 但由于有人工去皮和整形处理工序, 在冷藏至 3 d 以后各样品的菌落总数均逐渐增加, 尤其是对照组微生物滋生最快, 由 2.03 lg CFU/g 增长至 6.15 lg CFU/g; R、E 和

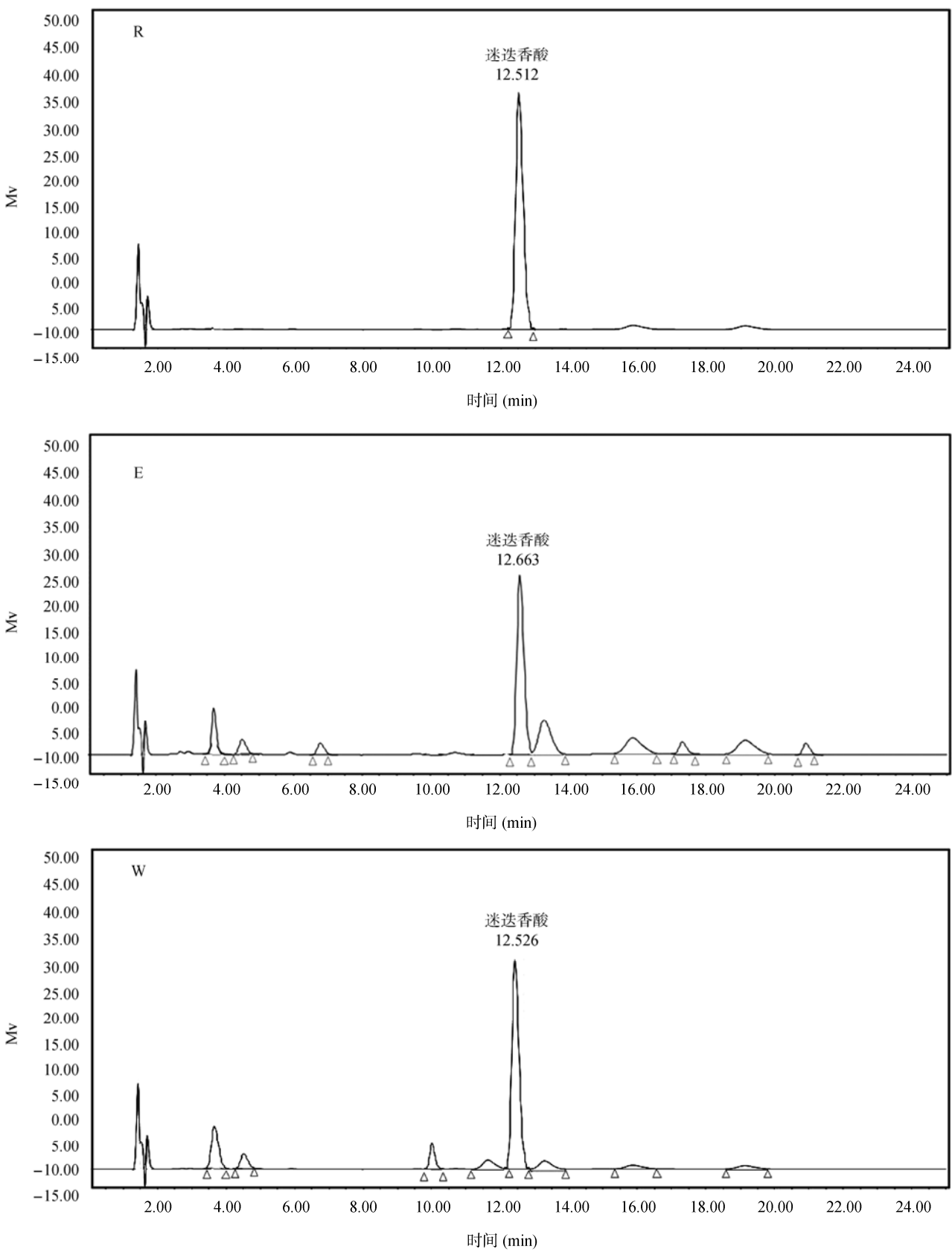


图 1 R(100 mg/L 迷迭香酸水溶液)、E(98.5 mg/L 紫苏醇提取物)和 W(96.3 mg/L 紫苏水提取物)的色谱图
Fig. 1 Chromatograms of R (100 mg/L rosemary acid), E (98.5 mg/L *Perilla* leaf ethanol extract) and W (96.3 mg/L *Perilla* leaf water extract)

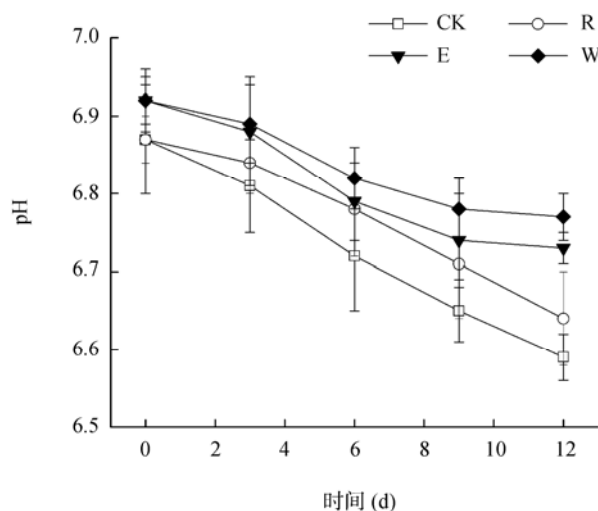


图 2 不同蒸煮液处理的鲳鱼鱼柳随贮藏时间对 pH 的影响($n=3$)
Fig. 2 Effects of different storage time on pH value of bonito tuna precooked with different cooking solutions ($n=3$)

W 3 组样品的蒸煮处理液均含有相似浓度的迷迭香酸, 12 d 贮藏结果表明, R 样品组的总菌落数略低于对照组; 而 E 和 W 样品组的菌落总数均显著性低于对照组样品, 这表明紫苏叶的功能性成分迷迭香酸一定程度上抑制鲳鱼鱼柳中微生物的生长, 而包括迷迭香酸的紫苏叶乙醇提取物和紫苏叶水提物能有效地抑制鲳鱼鱼柳中微生物的生长。

紫苏叶醇提取物中含有大量的包括小分子萜类和酚类的抗菌化合物, 小分子萜类化合物和酚类化合物具有亲脂的特性, 能在细菌细胞膜中聚集并抑制细菌的生长, 所以紫苏叶的醇提取物是一类潜在的天然食品保鲜剂^[20]。紫苏叶的水提液不仅包含小分子萜类和酚类, 还包含有紫苏精油成分, 这些抗菌物质相互协作显著提高了混合物的抗菌性, 这解释了 W 组样品表现出最优的抗菌效果。由此可得, 以紫苏叶水提液作为蒸煮液处理鲳鱼鱼柳在冷藏的鲳鱼鱼柳产品中具有较好的抑菌作用。

3.4 感官评定

各个样品在低温贮藏期间的感官评定结果如图 4 所示。随着冷藏时间的延长, 经不同蒸煮液蒸煮的各组样品的感官评定分值均显著降低($P<0.05$), 尤其在储藏后期, 感官变化及组间的差异更显著($P<0.05$)。

不同蒸煮液蒸煮制得的鲳鱼鱼柳色泽无明显差异。随贮藏时间的延长, 对照组的色泽品质大幅度下降, 第 4 d 就低于 8 分(优质鱼柳色泽阈值 >8 分), 第 8 d 降至 6 分(可接受鱼柳色泽 6~8 分), 第 12 d 时鱼柳色泽暗淡, 已达不可接受分值(<4 分)。而 R、E 和 W 组样品的色泽衰减率均小于 CK 组样品, R 组样品的色泽冷藏至第 10 d 仍在可接受范围(6.03 分); 经紫苏叶水提液蒸煮的鲳鱼鱼柳可保值高品质色泽至第 8 d; E 和 W 组样品在整个 12 d 的冷藏期的色泽品质均在可接受范围(>6 分)。

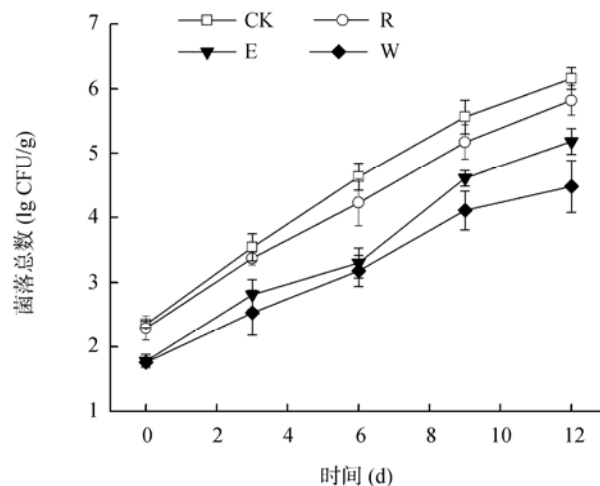


图 3 不同蒸煮液处理的鲳鱼鱼柳随贮藏时间对菌落总数的影响($n=3$)
Fig. 3 Effects of different storage time on total bacterial count of bonito tuna precooked with different cooking solutions ($n=3$)

经紫苏叶水提液蒸煮的鲳鱼鱼柳的气味显著性优于蒸馏(CK)、迷迭香酸溶液(R)和紫苏叶醇提取物溶液(E)的气味分值, 冷藏至第 8 d 仍具有高品质鱼柳气味品质(>8 分), 12 d 仍在接受范围。迷迭香酸溶液(R)和紫苏叶醇提取物溶液(E)蒸煮的鲳鱼鱼柳可使鲳鱼鱼柳在冷藏条件下第 10 d 仍具可接受的气味品质, 而蒸馏水蒸煮的鲳鱼鱼柳第 8 d 以后就降至气味不可接收范围。

4 种处理鲳鱼鱼柳随着冷藏时间的延长口感品质均逐渐下降, 以对照组下降速率最快, 第 8 d 降至不可接受分值(6 分); R 和 E 组处理可延长冷藏条件下鲳鱼鱼柳口感品质货架期至第 10 d, W 处理组的样品口感品质为 12 d。

3.5 硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid value, TBA)

鱼肉类食品中脂质的氧化通常采用 2-硫代巴比妥酸试验法(即 TBA 值法)进行评价, TBA 值是指动物性油脂中不饱和脂肪酸氧化分解所产生的衍生物如丙二醛等与 TBA 反应的结果。TBA 值的高低表明脂肪二级氧化产物即最终生成物的多少。这种方法相对比较简单, 而且一般与感官分析的数据有很好的相关性, 是最广泛的用于评价脂肪氧化程度的实验之一^[21,22]。因此, TBA 是检测动物和植物油脂等氧化酸败的重要方法, 已经被广泛应用于测量鱼肉脂肪氧化酸败程度, 是判断鱼肉脂肪中氧化程度的重要指标之一^[23]。

不同处理的鲳鱼鱼柳在冷藏 12 d 的过程中 TBA 值的变化如图 5 所示。延长贮藏时间会促进鱼柳样品中的脂质氧化, 样品中的 TBA 值上升。含迷迭香酸、紫苏醇提取物和紫苏水提物的蒸煮液处理的样品组的 TBA 值均较低。由图 5 可知, E 与 W 具有相同的抗脂质氧化效果, 虽然蒸煮液中

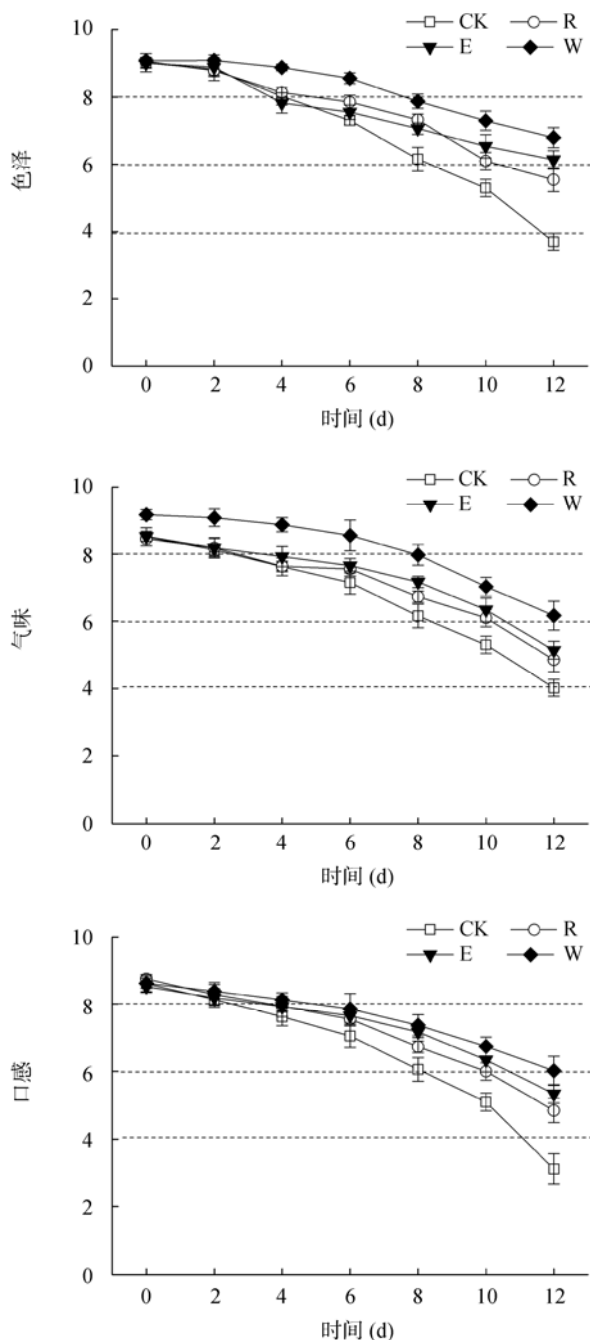


图 4 不同蒸煮液处理的鲣鱼鱼柳随贮藏时间对感官品质的影响 ($n=3$)

Fig.4 Effects of different storage time on sensory scores of bonito tuna precooked with different cooking solutions ($n=3$)

含有相似浓度的迷迭香酸, 但 E 和 W 比 R 对脂质氧化的抑制效果比抗坏血酸好, 这表明迷迭香酸对鲣鱼鱼柳的脂质氧化有一定的抑制作用, 但紫苏的醇提取物、水提取物更具脂质抗氧化性。Sheard 等^[24]将脂质过氧化产物丙二醛 (malondialdehyde, MDA) 浓度为 0.5 mg/kg 作为食品脂质氧化腐败的阈值。按照这个标准, 对照组在第 10 d 就已经腐

败, 仅含迷迭香酸蒸煮液的 R 样品组的 TBA 值第 12 d 才达到腐败阈值; E 和 W 处理组的 TBA 值在整个贮藏过程中都未超过 0.5 mg/kg。

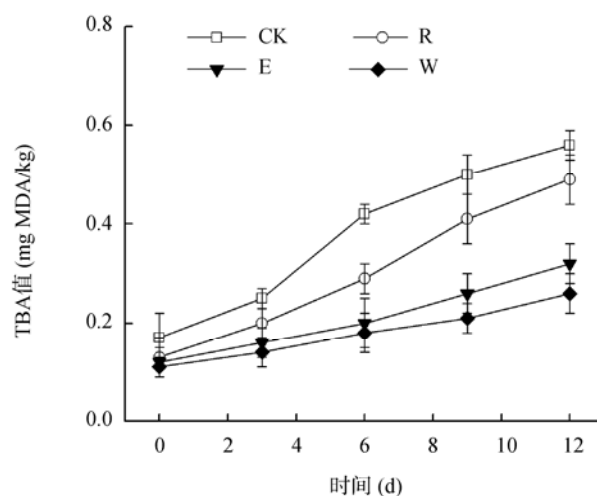


图 5 不同蒸煮液处理的鲣鱼鱼柳随贮藏时间对 TBARS 值的影响 ($n=3$)

Fig. 5 Effects of different storage time on TBARS value of bonito tuna precooked with different cooking solutions ($n=3$)

3.6 共轭二烯(conjugated diene, CD)值

不饱和脂肪酸中的双键是由亚甲基断裂而形成。不饱和脂肪酸氧化生成过氧化物后, 非共轭双键转变成共轭双键, 在 232~234 nm 有最大吸收值。共轭二烯氢过氧化物分解产生二级产物。共轭二烯的形成与氢过氧化物的生成有关, 且主要发生在脂质氧化的初期^[25,26]。如图 6 所示, 冷藏期间经紫苏提取物抗氧化剂处理的样品 CD 值均低于对照组。在贮藏第 1 d, 对照组和 R 处理组样品的 CD 值高于 E 和 W 处理组。储藏的第 0~3 d, 各样品组的 CD 值显著增加, 且以对照组的 CD 值变化最大, 3 d 之后 CD 值开始下降。CD 值逐渐下降的主要是因为共轭氢过氧化物降解成二级脂质氧化产物造成^[26]。Pena-Ramos 等^[27]将生姜、乳清和大豆蛋白水解液加入猪肉馅饼中, 其 CD 值在第 1 d 显著升高, 随后也逐渐减小。

3.7 过氧化值(peroxide value, POA)

POV 表示脂质氧化初期氢过氧化物的含量, 过氧化物性质一般不稳定, 在贮藏过程中容易发生降解^[25]。脂肪氧化不仅会加速冷却肉表面褪色, 而且会产生氧化异味, 使肉的可接受性变差^[24]。脂肪氧化初级产物都是氢过氧化物尤其是过氧化氢。POV 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^[21,22]。过氧化值高表明脂质氧化的中间产物积累的多。POV 是判断油样酸败的重要指标, 也是用来判断油脂是否氧化或者氧化程度的重要指标。不同紫苏提取物处理的鲣鱼鱼柳冷藏期间的 POV 值变化如图 7 所示。

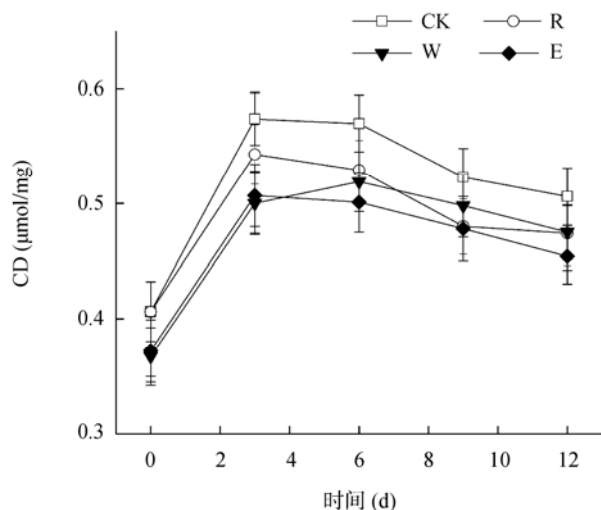


图 6 不同蒸煮液处理的鲣鱼鱼柳随贮藏时间对共轭二烯值的影响($n=3$)

Fig. 6 Effects of different storage time on CD value of bonito tuna precooked with different cooking solutions ($n=3$)

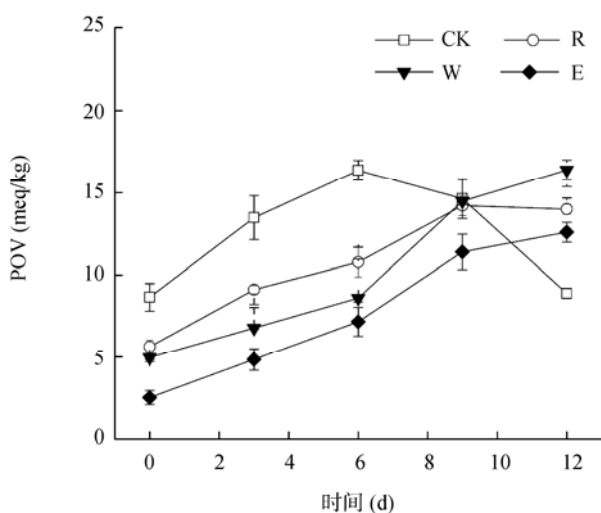


图 7 不同蒸煮液处理的鲣鱼鱼柳随贮藏时间对过氧化值的影响($n=3$)

Fig. 7 Effects of different storage time on POV of bonito tuna precooked with different cooking solutions ($n=3$)

不同蒸煮液处理的鲣鱼鱼柳在储藏第 1 d 的 POV 值差异较大(2.51~8.58), 经含紫苏叶醇提取物和紫苏水提液蒸煮处理的样品的 POV 值明显低于对照组。冷藏前 6 d, 对照组的 POV 值不断增加, 之后呈现下降趋势, 这说明冷藏一定时期之后, 氢过氧化物的降解速度高于其新生成速度。E 和 W 组的 POV 值在整个贮藏过程中均不断增加, 均未出现与对照组样品组 POV 值先增加后降低的变化趋势, 这表明抗氧化剂对氢过氧化物的降解具有抑制作用。储藏至第 6 d 时, 对照组的 POV 值比 R、W 和 E 组的 POV 值高。这

表明了抗氧化剂均能有效抑制氢过氧化物的形成。其中, E 和 W 比 R 有更好的抑制氢过氧化物形成的效果。Barbut 等^[28]将迷迭香应用于火鸡肉香肠中, Georgantelis 等^[29]将迷迭香应用于新鲜猪肉香肠中, 结果表明迷迭香酸有抑制肉制品中油脂氢过氧化物形成的效果。

3.8 游离脂肪酸(free fatty acid, FFA)含量

游离脂肪酸是评价脂质氧化程度的重要指标。如图 8 所示, 随着冷藏时间的延长, 鲣鱼鱼柳 FFA 含量均呈逐渐上升的趋势。对照组的 FFA 增加速率明显高于经保鲜剂处理的样品组。这表明, 蒸煮液中添加紫苏叶提取物能有效降低鲣鱼鱼柳中 FFA 的生成。由图 8 可知, W 组比 E 组抑制 FFA 形成的效果好, 在贮藏第 12 d, 对照组的 FFA 最高, 而经 E 处理的样品 FFA 含量最低。因此, 紫苏叶醇提取物和水提物均具有抗脂质氧化的活性, 这可能是与紫苏叶提取物中的黄酮类和酚酸类物质所具有的清除游离自由基能力有关。

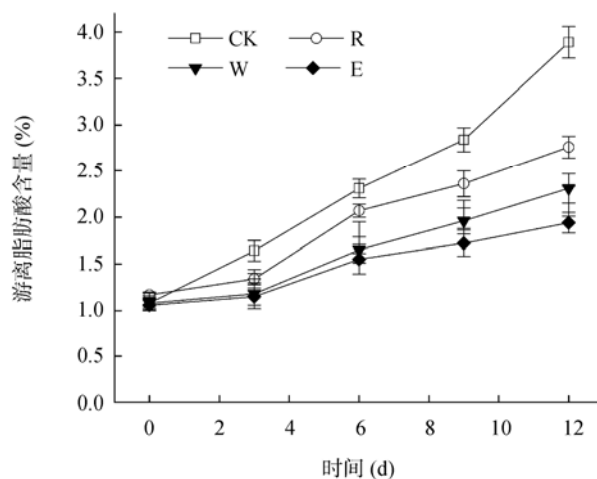


图 8 不同蒸煮液处理的鲣鱼鱼柳随贮藏时间对游离脂肪酸的影响($n=3$)

Fig. 8 Effects of different storage time on FFA of bonito tuna precooked with different cooking solutions ($n=3$)

4 结 论

经含迷迭香酸、紫苏醇提取物和紫苏水提物的蒸煮液蒸煮处理的鲣鱼鱼柳在 4 °C 条件下有效抑制鱼柳中微生物生长、降低脂质氧化速率, 延长鱼柳的货架期。从迷迭香酸、紫苏醇提取物和紫苏水提物的抑菌和抗脂质氧化效果和对鲣鱼鱼柳感官色泽影响进行综合考虑, 以紫苏水提物蒸煮鲣鱼制得的鱼柳品质最佳。紫苏叶水提液作为一种纯天然保鲜剂在鱼柳制品增味保鲜中的应用具有良好的前景。有关紫苏叶醇提取物、紫苏叶水提取物中各酚类化合物在鱼柳保鲜中的单独或协同作用还需作进一步研究。

参考文献

- [1] Halliwell B, Aeschbach R, Löliger J, *et al.* The characterization of antioxidants [J]. Food Chem Toxicol, 1995, 33(7): 601–617.
- [2] 肖雷, 姚菁华, 朱红菊, 等. 茶多酚防腐机理及其在肉制品加工中的应用[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(6): 160–162.
- Xiao L, Yao JH, Zhu HJ, *et al.* Antiseptic mechanism of tea polyphenol and its applications in meat products [J]. Food Res Dev, 2009, 30(6): 160–162.
- [3] 郝婕, 董金皋. 天然抗氧化剂的提取分离及功能研究[J]. 河北林果研究, 2005, 20(4): 369–372.
- Hao J, Dong JG. Extraction and function analysis of natural antioxidants [J]. Hebei J Forestry Orchard Res, 2005, 20(4): 369–372.
- [4] 黄恺婷, 王根女. 微波辅助提取紫苏叶中酚类成分的研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(5): 515–518.
- Huang KT, Wang GN. Microwave-assisted extraction of polyphenolics from perilla [J]. Mod Food Sci Technol, 2010, 26(5): 515–518.
- [5] 卫生部药典委员会. 中国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.
- Chinese Pharmacopoeia Commission. Chinese pharmacopoeia [M]. Beijing: Chinese Medical Science and Technology Press, 2015.
- [6] 张洪, 黄建韶, 赵东海. 紫苏营养成分的研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(2): 41–43.
- Zhong H, Huang JS, Zhao DH. Investigation of the nutritional contents of parilla [J]. Food Mach, 2006, 22(2): 41–43.
- [7] 史月姣, 王瑛, 朱惠照, 等. LC-MS 快速分析紫苏水煎液中的主要化学成分[J]. 药物分析杂志, 2015, 35(8): 1417–1423.
- Shi YJ, Wang Y, Zhu HZ, *et al.* Characterization of constituents in Perilla frutescens decoction by liquid chromatography coupled with mass spectrometry [J]. Chin J Pharm Anal, 2015, 35(8): 1417–1423.
- [8] Guo R, Pittler MH, Ernst E. Herbal medicines for the treatment of allergic rhinitis: A systematic review [J]. Ann Allergy, Asthma Immunol, 2007, 99(6): 483–595.
- [9] Carbonera F, Bonafe EG, Martin CA, *et al.* Effect of dietary replacement of sunflower oil with perilla oil on the absolute fatty acid composition in Nile tilapia (GIFT) [J]. Food Chem, 2014, 148: 230–234.
- [10] Banno N, Akihisa T, Tokuda H, *et al.* Triterpene acids from the leaves of Perilla-frutescens and their anti-inflammatory and antitumor-promoting effects [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2004, 68(1): 85–90.
- [11] Ueda H, Yamazaki C, Yamazaki M. Inhibitory effect of Perilla leaf extract and luteolin oil mouge skin tumorpromotion [J]. Biol Pharm Bull, 2003, 26(4): 560–563.
- [12] 王雨, 刘佳, 高敏, 等. 紫苏子对高脂血症大鼠血脂水平的影响[J]. 贵州医学院学报, 2006, 31(4): 336–338.
- Wang Y, Liu J, Gao M, *et al.* Experimental study of the effect of perilla frutescens seed on hyperlipoidemia model rats [J]. J Guiyang Med Coll, 2006, 31(4): 336–338.
- [13] Yamamoto H, Ogawa T. Antimicrobial activity of perilla seed polyphenols against oralpathogenic bactefia [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2002, 66(4): 921–924.
- [14] 赵茜, 邹素兰. HPLC 法测定紫苏不同来源不同部位中迷迭香酸的含量[J]. 广西植物, 2014, 34(6): 865–868.
- Zhao Q, Zou SL. Determination of rosmarinic acid in different populations and parts of perilla frutescens by HPLC [J]. Guihaia, 2014, 34(6): 865–868.
- [15] 胡军华, 刘莉莉, 张艳军, 等. HPLC 法同时测定不同产地紫苏叶和荆芥中咖啡酸和迷迭香酸[J]. 中草药, 2015, 46(14): 2155–2159.
- Hu JH, Liu LL, Zhang YJ, *et al.* Determination of cafferic acid and rosmarinic acid in *Perilla frutescens* leaves and *Schizonepeta tenuifolia* by HPLC [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2015, 46(14): 2155–2159.
- [16] Witte VC, Krause GF, Bailey ME. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage [J]. J Food Sci, 1970, 35(5): 582–585.
- [17] Kulkarni S, Desantos FA, Kattamuri S, *et al.* Effect of grape seed extract on oxidative,color and sensory stability of a pre-cooked, frozen, re-heated beef sausage model system [J]. Meat Sci, 2011, 88(1): 139–144.
- [18] Morrison WR, Smith LM. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride methanol [J]. J Lipid Res, 1964, 5: 600–608.
- [19] Emborg J, Laursen BG, Dalgaard P. Significant formation in tuna (*Thunnus albacares*) at 2°C: Effect of vacuum-and-modified atmosphere-packing on psychrotolerant bacteria [J]. Food Microbiol, 2004, (101): 263–229.
- [20] 黄丹, 严芳, 钟世荣, 等. 超声波辅助水提紫苏活性成分工艺优化研究[J]. 中国食品添加剂, 2010, 4: 161–164.
- Huang D, Yan F, Zhong SR, *et al.* Studies on the ultrasonic technology assisted water extraction of perilla active components [J]. China Food Addit, 2010, 4: 161–164.
- [21] Coupland JN, McClements DJ. Lipid oxidation in food emulsions. [J]. Trends Food Sci Technol., 1996, 7(3): 83–91.
- [22] 王 璋. 食品化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- Wang Z. Food Chem [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2002.
- [23] Czerniak A, Kubiak P, Bialas W, *et al.* Improvement of oxidative stability of menhaden fish oil by microencapsulation within biocapsules formed of yeast cells [J]. J Food Eng, 2015, 167: 2–11.
- [24] Sheard PR, Enser M, Wood JD, *et al.* Shelf life and quality of pork and pork products with raised *n*-3 PUFA [J]. Meat Sci, 2000, 55(2): 213–221.
- [25] Marmesat S, Morales A, Velasco J, *et al.* Relationship between changes in peroxide value and conjugated dienes during oxidation of sunflower oils with different degree of unsaturation [J]. Grasas Aceites, 2009, 60(2): 155–160.
- [26] Juntachote J, Berghofer E, Siebenhandl S, *et al.* The antioxidative properties of Holy basil and Galangal in cooked ground pork [J]. Meat Sci, 2006, 72(3): 446–456.
- [27] Pena-Ramos EA, Xiong YL. Whey and soy protein hydrolysates inhibit lipid oxidation in cooked pork patties [J]. Meat Sci, 2003, 64(3): 259–263.
- [28] Barbut S, Josephson DB, Maurer AJ. Antioxidant properties of rosemary oleoresin in turkey sausage [J]. J Food Sci, 1985, 50(5): 1356–1359.
- [29] Georgantelis D, Ambrosiadis I, Katikou P, *et al.* Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4 °C [J]. Meat Sci, 2007, 73(1): 172–181.

(责任编辑: 姚 菲)

作者简介



周 伟, 硕士, 主要研究方向为水产品加工与功能食品研发。
E-mail: 1072233476@qq.com



张进杰, 讲师, 主要研究方向为水产品加工与功能食品研发。
E-mail: jackace@163.com

《食品无损检测技术专题》征稿函

食品的品质是关系到人民生命安全和国民经济发展的重大问题。无损检测技术作为一种新兴的检测技术, 在食品品质的变化、流通环节的质量变化等过程中, 可起到保证食品质量与安全的作用, 其在线检测可实现高通量样品的食用安全性筛查和品质分级。

鉴于此, 本刊特别策划“食品无损检测技术”专题。由中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所王静研究员担任专题主编。专题将围绕(1)高光谱图像检测技术、激光拉曼光谱、近红外光谱、X 射线图像、荧光光谱、磁共振成像技术、人工嗅觉与人工味觉的传感器技术等食品无损检测新技术和装备; (2)产品品质、外观、口感等方面的实用性无损检测技术等或您认为该领域有意义的话题展开讨论。计划在 2017 年 5 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 王静研究员和主编吴永宁研究员特邀请您为本专题撰写稿件, 综述、研究论文、研究简报均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在 2017 年 3 月 15 日前通过网站或 Email 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部