

3种植物多酚对鱼糜制品储藏品质的影响

程 荻¹ 李 维¹ 杨 宏^{1,2,3}

1. 华中农业大学食品科学技术学院, 武汉 430070;
2. 湖南文理学院水产高效健康生产湖南省协同创新中心, 常德 415000;
3. 华中农业大学环境食品学教育部重点实验室, 武汉 430070

摘要 分别将茶多酚(tea polyphenols, TP)、苹果多酚(apple polyphenols, AP)和葡萄多酚(grape polyphenols, GP)添加到鱼糜中并经两段式加热制成鱼糜制品,在4℃分别冷藏0、5、10、15、20 d,以鱼糜制品的白度值、持水性、凝胶强度、TBARS值、TVB-N值、菌落总数等为指标考察3种植物多酚对鱼糜制品储藏品质的影响。结果显示:添加多酚会降低鱼糜制品的白度值,在储藏过程中GP组白度值无显著变化,TP组和AP组白度值呈现先轻微下降后趋于平缓的趋势;多酚能提升鱼糜制品的持水性和凝胶强度,并且在储藏期间能显著延缓持水性与凝胶强度的下降;添加多酚的鱼糜制品TBARS与TVB-N值的升高速度显著低于对照组;添加多酚能抑制或杀死腐败菌。以上结果表明,将植物多酚应用于鱼糜制品中能较好改善鱼糜制品的储藏品质,3种多酚中,以TP储藏效果最好,GP和AP效果次之。

关键词 茶多酚; 苹果多酚; 葡萄多酚; 鱼糜; 保鲜; 储藏品质

中图分类号 TS 254.9 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2019)01-0119-06

鱼糜制品是以鱼肉为原料,制作成糊状,再经成形、加热成熟后制成的一种优质、营养、方便的高蛋白水产加工食品^[1]。鱼糜制品广受消费者喜欢,颇具发展前景,也是多数发达国家水产品加工行业的主流^[2-3]。由于鱼糜制品富含蛋白质和多不饱和脂肪酸,其较畜禽动物更容易腐败变质^[4-6]。淡水鱼的贮藏保鲜方法主要有低温贮藏、防腐保鲜剂处理、辐射保鲜以及气调保鲜等^[7],其中防腐保鲜剂处理包括了化学保鲜剂和天然保鲜剂处理两类,传统的化学保鲜剂处理虽然对淡水鱼贮藏有一定效果,但化学保鲜剂的残留给人体健康和环境带来一定负面影响^[7],天然保鲜剂由于具有高效性、高安全性等优点受到了广泛的关注。植物多酚作为天然防腐剂因其天然的抗氧化活性在肉制品保鲜和品质提升中起到积极作用^[8]。我国植物多酚来源丰富,果渣、果皮及植物的籽中均可提取,经济价值较高。植物多酚按其来源可分为茶多酚、苹果多酚、葡萄多酚、柑橘多酚、石榴多酚等^[9],其中以茶多酚、苹果多酚及葡萄多酚最为常见。目前茶多酚在水产品抗氧化方面的

应用较为广泛^[10],如刘焱等^[11]、姜佳星等^[12]研究了茶多酚对鱼糜保鲜作用的影响,发现茶多酚可以明显降低冷藏鱼糜的酸价、过氧化值、TVB-N值,并能显著地延缓鱼糜凝胶强度的降低。张世涛等^[13]、彭雪萍等^[14]将苹果多酚与BHT复配后加入灌肠及腊肉中,发现加入复配物的灌肠和腊肉的保鲜期分别延长了半年和1个月。刘以娟等^[15]发现葡萄籽提取物能有效抑制游离脂肪酸氧化,并且对猪肉有很好的护色效果。虽然部分文献报道了多酚对肉制品具有很好的抗氧化效果,但是其在肉制品或水产品中的研究仍然很欠缺。尤其是不同来源的多酚与不同肉类蛋白作用规律不同,产生的效果也相差甚远。本研究分别以茶多酚(tea polyphenols, TP)、苹果多酚(apple polyphenols, AP)、葡萄多酚(grape polyphenols, GP)为添加物,考察3种植物多酚对冷藏期鲢鱼糜制品的白度、持水性、凝胶强度、TBARS、TVN-B含量、菌落总数的指标影响,旨在为植物多酚在鱼糜制品储藏中的应用提供一定的参考。

收稿日期: 2018-05-16

基金项目: “十二五”科技支撑计划项目(2012BAD27b03)

程 荻, 硕士研究生, 研究方向: 水产品加工与贮藏, E-mail: 673338737@qq.com

通信作者: 杨 宏, 博士, 教授, 研究方向: 食品加工, E-mail: yangh@mail.hzau.edu.cn

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

冷冻鲢鱼糜购于洪湖市井力水产食品股份有限公司,AAA 级,放置 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存;茶多酚(98.96%)、苹果多酚(76.11%)、葡萄多酚(81.50%)购于西安冰草化工有限公司;碳酸钠、氢氧化钠、氯化钠、酒石酸钾钠、硫酸铜、尿素、EDTA、盐酸胍、氯仿、硼酸、氧化镁均购于国药集团化学试剂有限公司;TCA、 β -巯基乙醇购于上海化学试剂有限公司;DTNB 购于瑞士 Fluka 公司;Tris-base 购于 Amresco 公司;福林酚购于 Sigma 公司;甘氨酸购于 Blosharp 公司,以上试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

HR7625 食物调理机,中国香港飞利浦家用电器有限公司;TA-XT Plus 物性测试仪,美国 Texture Technologies 有限公司;XHF-DY 型高速分散器,宁波新之生物科技股份有限公司;Avanti J-E 高速离心机,美国 Beckman Colter 有限公司;SIM-F140AY65 制冰机,三洋电机国际贸易有限公司;Ultra Scan XE 色度仪,美国 Hunterlab 公司;UV-1800 紫外分光光度计,日本岛津公司。

1.3 试验方法

1)鱼糜凝胶的制备。将冷冻鱼糜置于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱解冻 12 h,称取 200.0 g 鱼糜,切成 $2\text{ cm}\times 2\text{ cm}\times 2\text{ cm}$ 左右的小块,放入调理机中空斩 1 min,加入质量分数 2.5% 的氯化钠盐斩 1 min,分别加入不同植物多酚,控制总酚含量为 0.1% (按鱼糜质量计算, m/m),同时加入冰水将鱼糜含量调节为 80%,继续斩拌 2 min。将斩拌好的鱼糜溶胶灌入直径为 20 mm 的肠衣中,两端封口后先 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水浴煮制 60 min,然后 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 煮制 30 min,待加热完成后放置冰水中冷却 20 min,再放入 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱储藏,分别于当天以及储藏 5、10、15、20 d 后取样。

2)白度值的测定。将鱼糜凝胶在室温下平衡 2 h,剥去肠衣,切成高 20 mm 的圆柱体,用色度仪(Ultra Scan XE)测定其 L^* 、 a^* 与 b^* 。其中, L^* 值表示样品的亮度, a^* 值表示红绿值, b^* 表示黄蓝值。白度值 W 按以下公式进行计算:

$$W=100-\sqrt{(100-L^*)^2+(a^*)^2+(b^*)^2}$$

3)持水性的测定。采用离心法测定鱼糜凝胶的持水力,称取 2.00 g 鱼糜凝胶样品(m_1 ,g)置于 2 层滤纸间,包裹好后放入 50 mL 离心管中离心(3 000

r/mim, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$)15 min,取出样品称其质量(m_2 ,g),按以下公式计算鱼糜凝胶持水力(WHC)。

$$W=\frac{m_2}{m_1}\times 100\%$$

4)凝胶穿刺性能的测定。将鱼糜凝胶样品从 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷藏柜中取出,待鱼肠温度平衡至室温,将样品切成 20 mm 高的圆柱体,用配有探头 P/0.25s 的质构仪(TA-XT Plus)进行穿刺实验。实验参数为:触发力 5 g,压缩比 40%,测前、测中、测后速度分别为 5、1、5 mm/s,穿刺距离为 15 mm。

5)硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid re-active substances, TBARS)含量的测定。参考文献[16]的方法测定。

6)挥发性盐基氮(total volatile base-nitrogen, TVB-N)含量的测定。参照 GB 5009.228—2016 食品中挥发性盐基氮的测定,稍作修改。称取 5.0 g 样品加入 50 mL 三氯乙酸,均质,浸提 1 h,后续过程与 GB 5009.228—2016 食品中挥发性盐基氮一致。

7)菌落总数的测定。参照 GB 4789.2—2016 食品微生物菌落总数测定方法进行。

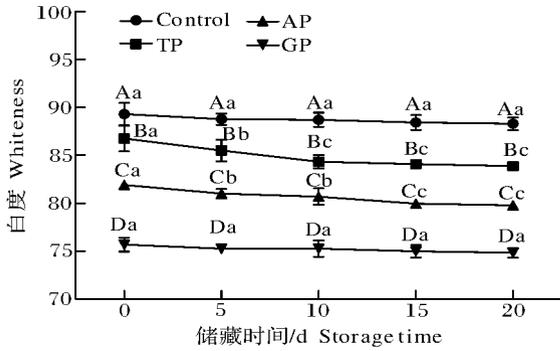
1.4 数据处理

采用 SPSS 软件进行数据分析,用 GraphPad Prism 5 软件绘图,所有数据均为 3 次重复试验数据的平均值。

2 结果与分析

2.1 3 种植物多酚对冷藏鱼糜制品白度值的影响

3 种植物多酚对冷藏鱼糜制品白度值的影响如图 1 所示。由图 1 可知,添加 3 种植物多酚会显著降低鱼糜凝胶的白度值($P<0.05$),白度值大小排序为 $TP>AP>GP$,这是因为 3 种多酚本身具有一定颜色,TP 处理呈红棕色,AP 处理为黄褐色,GP 处理为紫红色,由于 GP 处理颜色最深,因此,GP 处理对白度值的影响最大。在储藏期间,对照组和 GP 组白度值无显著变化($P>0.05$),TP 组和 AP 组的白度值在储藏期间呈轻微下降趋势,而随着储藏时间的增加,白度值趋于平缓。储藏 0 d 时,对照组、TP 组、AP 组、GP 组的白度值分别为 89.32、86.75、81.90 和 75.68,储藏 20 d 时,4 组鱼糜制品的白度值分别为 88.32、83.89、79.79 和 74.83。总体来看,GP 组在储藏期间能很好地保持其色泽,TP 组和 AP 组的白度值虽呈下降趋势,但下降幅度较小,在可接受范围内。



大写字母表示不同植物多酚间存在极显著差异,小写字母表示不同贮藏时间存在显著差异,下同。Different uppercase letters indicated the mean values were significantly different by different plant polyphenols, different lowercase letters indicated the mean values were significantly different between different refrigerated period, the same as follows.

图 1 3 种植物多酚对冷藏鱼糜制品白度的影响

Fig.1 Effect of three plant polyphenols on whiteness of surimi products during cold storage

2.2 3 种植物多酚对鱼糜制品凝胶持水性的影响

不同植物多酚对冷藏鱼糜制品持水性的影响如图 2 所示。添加 3 种多酚后能一定程度提升鱼糜凝胶的持水性,推测可能是因为多酚含有丰富的活性羟基,能够与鱼糜蛋白较好地结合,截留更多水分。在储藏过程中,前 5 d 各组持水性略有下降,添加多酚的鱼糜制品持水性差异不大,储藏 10 d 后,鱼糜制品持水能力开始急速下降,但是添加多酚后鱼糜凝胶持水性的下降速度始终低于对照组。储藏 20 d,与储藏 0 d 比,对照组、TP 组、AP 组和 GP 组持水性分别下降了 12.31%、6.61%、10.23% 和 8.29%,表明添加多酚能抑制鱼糜凝胶持水性的下降,TP 组保水效果最好,GP 组和 AP 组的持水性仅次于 TP 组,也拥有较好的保水效果。

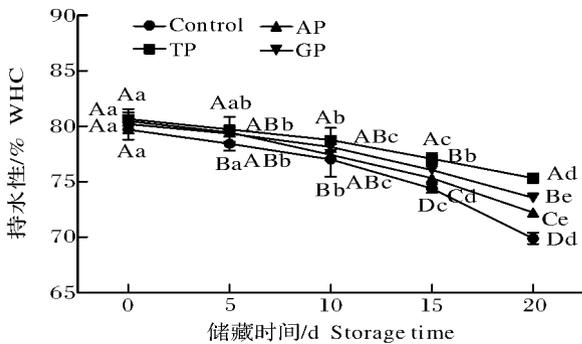


图 2 3 种植物多酚对冷藏鱼糜制品持水性的影响

Fig.2 Effect of three plant polyphenols on water holding capacity of surimi products during cold storage

2.3 3 种植物多酚对鱼糜制品凝胶强度的影响

3 种植物多酚对冷藏鱼糜制品凝胶强度的影响如图 3 所示。凝胶强度是衡量鱼糜品质的重要指标之一,在一定范围内,凝胶强度越大,说明鱼糜凝胶的品质越好。从储藏当天可看出,与对照组比,TP、AP、GP 的添加使凝胶强度分别增加了 22.77%、6.46%、6.31%,说明添加这 3 种植物多酚能显著提升鱼糜凝胶的凝胶强度($P < 0.05$)。随着储藏时间的延长,鱼糜凝胶强度呈现下降趋势,到储藏 20 d 时,对照组、TP 组、AP 组和 GP 组的凝胶强度分别为 311.78、418.15、376.72 和 350.22 $g \cdot cm$,与储藏当天比,凝胶强度分别下降了 28.36%、21.74%、18.70% 和 24.31%,说明多酚能延缓鱼糜凝胶强度的下降,添加多酚后鱼糜凝胶品质明显优于对照组,而延缓鱼糜凝胶强度下降的能力大小依次为 $AP > TP > GP$ 。

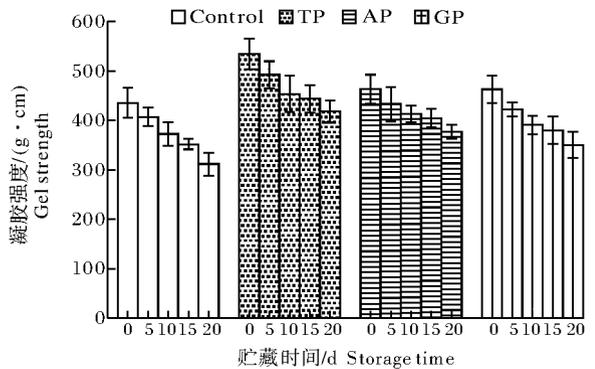


图 3 3 种植物多酚对冷藏鱼糜制品凝胶强度的影响

Fig.3 Effect of three plant polyphenols on gel strength of surimi products during cold storage

2.4 3 种植物多酚对鱼糜制品 TBARS 值的影响

3 种植物多酚对冷藏期鱼糜制品 TBARS 值的影响如图 4 所示。由图 4 可知,储藏前 5 d,各组 TBARS 值上升趋势较为平缓且比较均衡,储藏 5~10 d,对照组与实验组的 TBARS 值的升高趋势开始呈现明显的差异性,前 10 d,对照组、TP 组、AP 组和 GP 组的 TBARS 值分别升高了 36.18%、25.74%、31.80% 和 26.51%,而储藏 10~20 d 各组 TBARS 值分别升高 144.49%、79.68%、109.57% 和 94.74%。可以看出对照组的 TBARS 值上升速度显著高于实验组($P < 0.05$),且随着储藏时间的延长差异越来越明显,这说明多酚的添加能有效地抑制脂肪的酸败。不同多酚之间抑制效果呈现显著差异($P < 0.05$),抑制效果最好的是 TP 处理,在储藏期间 TP 组 TBARS 值上升了 121.25%,上升

速率比对照组低 59.42%，其次是 GP 处理和 AP 处理。

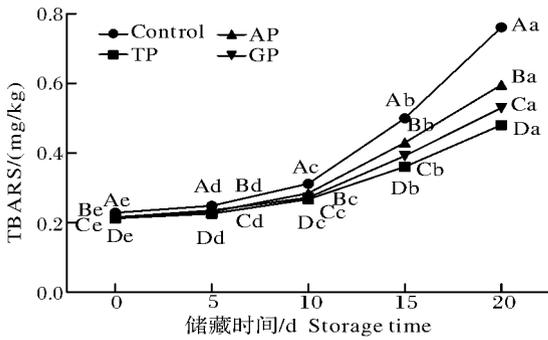


图 4 3 种植物多酚对冷藏鱼糜制品 TBARS 含量的影响

Fig.4 Effect of three plant polyphenols on TBARS content of surimi products during cold storage

2.5 3 种植物多酚对鱼糜制品 TVB-N 值的影响

3 种植物多酚对冷藏鱼糜制品 TVB-N 值的影响如图 5 所示。由图 5 可知,在整个储藏期间鱼糜 TVB-N 值呈现先缓慢上升后加速上升的趋势,前 10 d,4 组鱼糜制品的 TVB-N 值上升较为缓慢,而储藏 10 d 后,TVB-N 值迅速增加,结合持水性和 TBARS 指标可看出鱼糜制品的品质从储藏 10 d 前后开始呈现明显恶化的趋势。实验组的 TVB-N 值显著低于对照组 ($P < 0.05$),储藏 20 d,对照组的 TVB-N 值为 18.67 mg/100 g,而 TP 组、AP 组、GP 组 TVB-N 值分别为 11.67、14.47、13.11 mg/100 g,说明植物多酚的添加能够有效抑制鱼糜中蛋白质的变质,一定程度上延缓鱼糜制品的腐败,3 种植物多酚作用效果为 TP>GP>AP。

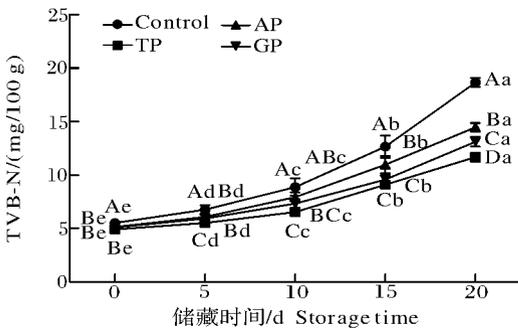


图 5 3 种植物多酚对冷藏鱼糜制品 TVB-N 含量的影响

Fig.5 Effect of three plant polyphenols on TVB-N content of surimi products during cold storage

2.6 3 种植物多酚对鱼糜制品中菌落总数的影响

3 种植物多酚对冷藏鱼糜制品中菌落总数的影响如图 6 所示。在储藏 0 d 时,对照组、TP 组、AP 组和 GP 组鱼糜制品初始的菌落总数分别为 3.34、

3.09、3.24、3.14 cfu/g。储藏 10 d 后,菌落总数呈现剧烈升高的趋势,储藏 20 d,对照组、TP 组、AP 组和 GP 组鱼糜制品的菌落总数分别为对照组>AP 组>GP 组>TP 组。

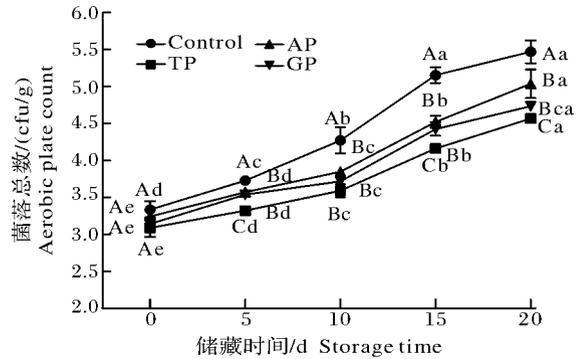


图 6 3 种植物多酚对冷藏鱼糜制品菌落总数的影响

Fig.6 Effect of three plant polyphenols on aerobic plate count of surimi products during cold storage

3 讨论

通过研究 TP、AP、GP 对 4 °C 冷藏期(0~20 d)鱼糜制品白度值、持水性、凝胶强度、TBARS 值及 TVB-N 值的影响,发现 3 种植物多酚能很好地延缓鱼糜制品的腐败变质,综合来看,3 种植物多酚的保鲜效果以 TP 最好,其次是 GP,最后是 AP。

添加 3 种植物多酚会显著降低鱼糜凝胶的白度值。Devatkal 等^[17]研究发现,添加适量的金诺橘粉和石榴粉可用来控制肉制品颜色的变化。因此,多酚本身的颜色可以作为一种很好的天然色素或是护色剂调节鱼糜的颜色,这为开发品种多样的鱼糜制品提供了新的思路。鱼糜凝胶的持水性与凝胶强度是衡量鱼糜制品凝胶品质的重要指标,添加多酚后鱼糜凝胶的持水性与凝胶强度高于对照组,这可能是因为多酚能与鱼糜中的盐溶性蛋白结合形成致密的三维网状结构,提升了其凝胶强度,也能截留更多水分提升其保水能力,这与 Shitole 等^[18]的研究结果一致。在储藏 10 d 后,鱼糜凝胶的持水性呈现迅速下降的趋势,毕海丹等^[19]认为鱼糜水分含量的降低直接与鱼糜中盐溶蛋白的含量以及肌原纤维蛋白的变性程度密切相关。在冷藏期间内,随着时间的增加,鱼糜凝胶强度呈现下降趋势,可能是因为脂肪氧化和蛋白质的冷冻变性,削弱了蛋白质之间的结合力。添加植物多酚能延缓鱼糜制品凝胶强度的下降,推测可能是多酚类化合物含有丰富的活性羟基,可与蛋白质络合,也可与脂肪中的游离基结合,减少

了微生物对蛋白质的破坏作用,在一定程度上减少了蛋白质氧化对鱼糜凝胶三维网状结构的不利影响。

鱼糜中由于水分含量高且富含不饱和脂肪酸,容易发生脂质氧化,在储藏 10 d 时, TBARS 值呈现急速上升趋势。Rui 等^[20]研究发现鱼糜制品长时间在低温条件下贮藏,肌原纤维结构会受到破坏,脂肪氧化产生的氢过氧化物会进一步分解产生二次氧化产物如醛类、酮类,这些脂质氧化产物又会加剧制品的腐败变质。添加植物多酚的鱼糜制品能很好地抑制 TBARS 值的升高,这可能是因为多酚能提供大量的活性羟基,对脂质中的游离自由基有很强的抑制作用或清除作用,有效地抑制了脂肪的进一步酸败,延长其货架期。王丹丹等^[21]研究发现, TP 能有效地抑制带鱼片脂肪的氧化酸败,这与本研究结果一致。GP 与 AP 对脂肪的抑制效果虽不如 TP,但是也展现了很好的防腐能力。添加植物多酚能很好地抑制 TVN-B 值的升高,即植物多酚能抑制鱼糜中蛋白质的变质。魏胜华等^[22]研究发现黄酮类化合物对微生物的抑制作用会导致其脱胺、脱羧反应的大量减少,从而使其挥发性盐基氮含量减少。Ramirez 等^[23]也报道过抗氧化剂能够与蛋白质结合,从而减缓蛋白质的降解和氧化。这 3 种植物多酚均含有丰富的黄酮类化合物,所以添加多酚会抑制微生物对蛋白质的破坏,或是多酚与蛋白质的结合抑制了微生物的生长,对蛋白质起到了一定的保护作用。植物多酚能抑制菌落总数的增加,可能是因为多酚能够与微生物中的蛋白质等发生一系列作用,从而影响腐败菌的生长与代谢。Yi 等^[24]得出了相似的结论,称 TP 可通过破坏铜绿假单胞菌细胞膜来杀死菌。单静敏等^[25]发现 2 种来源的原花青素都能有效抑制 2 种菌的生长,尤其是葡萄籽原花青素,在质量浓度达 1.00 mg/mL 及以上时,能显著抑制菌的产酸能力。

植物多酚作为天然的食品添加剂不仅在防腐方面具有突出的效果,在抗氧化活性方面也表现突出,在储藏方面更是具有广阔的应用前景^[26]。茶多酚目前在肉制品中的应用较多,而其他植物多酚应用很少,其原因有两点:一方面是茶多酚作用效果较其他多酚显著且高效,另一方面是直接从生物体内分离提取到的某些天然保鲜剂的化学成分、有效组分和作用机理尚不清楚。在本研究中,发现了除 TP 外的其他植物多酚(AP 和 GP)在鱼糜制品储藏

中的应用潜力,在今后的研究中可以探究更多不同类型的多酚在水产品储藏中的应用。

参 考 文 献

- [1] 仪淑敏.茶多酚对鱼糜制品的冷藏保鲜作用及抑菌机理[D].杭州:浙江工商大学,2011.
- [2] 秦影,欧昌荣,汤海青,等.鱼糜制品凝胶特性研究进展[J].核农学报,2015,29(9):1766-1773.
- [3] 吴乐乐,周军辉,刘春娥,等.茶多酚对三文鱼保鲜效果研究[J].食品研究与开发,2016,37(13):173-176.
- [4] 关宏,丁玉琴,尤娟,等. pH 值对添加 L-精氨酸的草鱼糜凝胶特性的影响[J].华中农业大学学报,2018,37(5):110-116.
- [5] SHAHIDI F,JKV A,JEON Y J.Food applications of chitin and chitosans[J].Trends in food science & technology,1999,10(2):37-51.
- [6] 王瑞,陈波伟,杨晓萍,等.食物基质对模拟消化茶多酚含量及抗氧化活性的影响[J].华中农业大学学报,2017,36(6):105-112.
- [7] 陈丽娇,刘杨,程艳,等.气调包装结合臭氧预处理保鲜鲟鱼片[J].渔业研究,2012,34(1):26-30.
- [8] 马力,陈永忠.植物多酚的生物活性研究进展[J].农业机械,2012(21):119-122.
- [9] 王珏,王锡昌,刘源.植物多酚在肉制品加工中的应用[J].肉类研究,2013,27(2):37-41.
- [10] 陈小雷,胡王,周蓓蓓,等.天然抗氧化剂茶多酚对水产品的抗氧化研究[J].安徽农业科学,2016,44(1):112-114.
- [11] 刘焱,娄爱华,丁玉珍,等.茶多酚对淡水鱼糜脂类及蛋白质的影响[J].食品工业科技,2009(7):291-293.
- [12] 姜佳星,刘焱,阮林浩,等.茶多酚对冷藏鱼糜保鲜作用的研究[J].茶叶通讯,2013(2):6-8.
- [13] 张世涛,刘艳芳,彭雪萍,等.苹果多酚对灌肠的抗氧化性能研究[J].安徽农业科学,2007,35(31):10049.
- [14] 彭雪萍,马庆一,王花俊,等.苹果多酚对腊肉的抗氧化性能研究[J].肉类研究,2007(12):18-19.
- [15] 刘以娟,王芳兵,唐玲,等.葡萄籽提取物对冷却猪肉糜抗脂质氧化的研究[J].食品与发酵工业,2011,37(11):141-145.
- [16] 彭品.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.
- [17] DEVATKAL S K,NARSAIAH K,BORAH A.The effect of salt,extract of kinnow and pomegranate fruit by-products on colour and oxidative stability of raw chicken patties during refrigerated storage[J].Journal of food science and technology,2011,48(4):472-477.
- [18] SHITOLE S S,BALANGE A K,GANGAN S S. Use of seaweed (*Sargassum tenerrimum*) extract as gel enhancer for lesser sardine (*Sardinella brachiosoma*) surimi[J].International aquatic research,2014,6(1):1-11.
- [19] 毕海丹,崔旭海,王占一,等.茶多酚和乳清蛋白对冷藏鱼糜保鲜效果的影响[J].食品科学,2016,37(10):272-277.

- [20] RUI G, ESTÉVEZ M, MORCUENDE D. Suitability of the TBA method for assessing lipid oxidation in a meat system with added phenolic-rich materials[J]. *Food chemistry*, 2011, 126(2): 772-778.
- [21] 王丹丹, 李婷婷, 刘焯, 等. 茶多酚对冷藏带鱼品质及抗氧化效果的影响[J]. *食品科学*, 2015, 36(2): 210-215.
- [22] 魏胜华, 陶玉贵, 孟娜, 等. 黄酮类化合物对银鱼的保鲜效果的研究[J]. *安徽农学通报*, 2013, 19(7): 155-156.
- [23] RAMIAREZ J A, MARTIAN-POLO M O, BANDMAN E. Fish myosin aggregation as affected by freezing and initial physical state[J]. *Journal of food science*, 2000, 65(4): 556-560.
- [24] YI S M, ZHU J L, FU L L, et al. Tea polyphenols inhibit *Pseudomonas aeruginosa* through damage to the cell membrane[J]. *International journal of food microbiology*, 2010, 144(1): 111.
- [25] 单静敏, 曹雁平, 肖俊松, 等. 葡萄籽和苹果原花青素对变形链球菌和金黄色葡萄球菌的抑制作用[J]. *食品科学*, 2011, 32(17): 123-127.
- [26] 韩强. 天然抑菌剂的定向筛选及其在鱼糜制品防腐保鲜中的功效评价[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2011.

Effects of three plant polyphenols on preservation quality of surimi products

CHENG Di¹ LI Wei¹ YANG Hong^{1,2,3}

1. College of Food Science & Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Hunan Collaborative Innovation Center for Aquatic Efficient Health Production, Hunan University of Arts and Science, Changde 415000, China;

3. Key Laboratory of Environment Correlative Dietology, Ministry of Education, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract To study the effects of plant polyphenols including tea polyphenols (TP), apple polyphenols (AP) and grape polyphenols (GP) on the preservation of surimi quality during cold storage, surimi product was stored at 4 °C and tested for whiteness, water-holding capacity (WHC), gel strength, TBA, TVB-N and aerobic plate count at different storage times including 0, 5, 10, 15, 20 days. The results showed that the whiteness of surimi products was decreased with adding polyphenols, while the whiteness value of GP group changed insignificantly during the preservation process. The whiteness value of TP and AP groups showed a tendency of decreasing slightly first and then tending to be gentle. The addition of polyphenol improved the water holding capacity and gel strength of surimi products. Compared with the control group, the addition of polyphenols significantly inhibited the decrease of WHC and gel strength and the increase of TBA and TVB-N. It inhibited or killed spoilage bacteria, indicating that polyphenols had a positive effect on surimi products during cold storage. The effect order of three experimental groups was TP>AP>GP.

Keywords tea polyphenols; apple polyphenols; grape polyphenols; surimi; fresh preservation; preservation quality

(责任编辑:陆文昌)