

表没食子儿茶素没食子酸酯保持冷藏草鱼鱼片的新 鲜度

黄渊¹, 曹琼琚¹, 刘琛¹, 熊善柏^{1,2}, 杜红英^{1,2}

(1. 华中农业大学食品科学技术学院, 湖北武汉 430070)

(2. 国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心(武汉), 湖北武汉 430070)

摘要: 表没食子儿茶素没食子酸酯(Epigallocatechin gallate, EGCG)作为茶多酚中活性最高的多酚类物质,具有优异的抗氧化和抑菌性质。本实验采用感官评价、色度、pH、质构,挥发性盐基氮(Total volatile basic nitrogen, TVB-N)作为鲜度指标研究了不同浓度(0.1%、0.2%、0.3%)EGCG对草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)片在4℃冷藏条件下的保鲜效果。结果表明,EGCG处理能有效提高草鱼肉的保鲜效果,EGCG处理组的感官评价始终高于对照组,基于最低12分的感官可接受分值,EGCG处理至少延长了3d鱼片的货架期至12d;EGCG组白度值始终显著($p<0.05$,除第6、9d)高于对照组,但 a^* 和 b^* 值无明显差异($p>0.05$);处理组挥发性盐基氮值始终低于对照组,且低于国家鲜冻水产品标准值的20mg/100g;第15d对照组鱼片硬度下降幅度为78.77%,而高剂量组仅为59.76%;此外,EGCG处理可减缓鱼片pH变化,达到了减缓草鱼片腐败变质的效果。

关键词: 表没食子儿茶素没食子酸酯;草鱼;鱼片;冷藏;保鲜效果

文章编号: 1673-9078(2020)04-98-104

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.4.013

Freshness Maintenance of Grass Carp Fillets during Cold Storage by using EGCG

HUANG Yuan¹, CAO Qiong-ju¹, LIU Chen¹, XIONG Shan-bai^{1,2}, DU Hong-ying^{1,2}

(1.College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

(2.National R&D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing (Wuhan), Wuhan 430070, China)

Abstract: As the most active component in tea polyphenols, Epigallocatechin gallate (EGCG) has excellent antioxidant and bacteriostatic properties. In this experiment, the freshness-keeping effect of grass carp fillet treated with different concentrations (0.1%, 0.2%, 0.3%) of EGCG at 4℃ was obtained by sensory evaluation, chrominance, pH, texture and total volatile basic nitrogen (TVB-N). The results showed that EGCG treatment could effectively improve the fresh-keeping effect of grass carp meat. The sensory evaluation value of the EGCG treatment group was always higher than that of the control group. Based on the acceptable sensory score of the lowest 12 points, the EGCG treatment extended the shelf life of the fish fillet from at least 3 days to 12th days. The whiteness value of the EGCG group was always significantly higher ($p<0.05$, except for the 6, 9 d) than the control group, but there was no significant difference between the a^* and b^* values ($p>0.05$). The volatile salt nitrogen value of the treatment group was always lower than that of the control group and the standard value of national fresh frozen aquatic products of 20 mg/100 g. On the 15th day, the hardness of the fish fillets in the control group decreased by 78.77%, while that in the high dose group was only 59.76%. In addition, EGCG treatment can reduce the pH change of fish fillets and achieve the effect of slowing down the spoilage of grass fillets.

Key words: epigallocatechin gallate; grass carp; fillet; cold storage; preservative effect

引文格式:

黄渊,曹琼琚,刘琛,等.EGCG对冷藏草鱼鱼片新鲜度品质的影响[J].现代食品科技,2020,36(4):98-104

HUANG Yuan, CAO Qiong-ju, LIU Chen, et al. Effect of EGCG on preservation of grass carp fillets during cold storage [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(4): 98-104

收稿日期: 2019-10-24

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31772047); 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-45-27)

作者简介: 黄渊(1992-),男,博士生,研究方向:水产品加工与贮藏

通讯作者: 杜红英(1978-),女,博士,副研究员,研究方向:水产品加工、贮藏及生物大分子互作等科学

草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*), 又名鲢鱼, 属鲤形目鲤科草鱼属, 是我国淡水鱼中代表性鱼种, 2018年养殖产量达到 550.43 万吨, 占我国淡水养殖鱼类总产量的 21.63%, 是我国养殖产量最大的鱼种^[1]。草鱼价格便宜且营养价值高, 富含人体必需氨基酸、多不饱和脂肪酸等营养因子, 是优质食品的重要来源之一。近年来随着人们消费形式的转变, 草鱼片因其鲜美嫩滑的口感越来越受到消费者的欢迎。但是由于草鱼具有肉质细嫩, 水分含量高, 内源蛋白酶活跃等特点, 非常容易腐败变质, 严重制约其在加工、流通等相关产业的发展。因此, 草鱼片的保鲜贮藏变得尤为重要。鱼类的常见保鲜方法是低温保鲜, 根据温度的不同可分为冷藏 (4 °C 左右)、冰藏 (0 °C 左右)、微冻 (冰点至 -5 °C) 和冻藏 (-18 °C 以下), 由于冻藏能耗大且会造成鱼体的破坏, 所以目前主要采用的是冷藏保鲜技术, 辅以添加天然或合成的防腐剂或抗氧化剂^[2,3]。

茶多酚也称茶鞣质, 是茶叶中多酚类化合物的总称, 含量约占鲜茶叶干质量的 15%~25%, 具有广谱的抗菌作用, 已有研究表明茶多酚可作为生物保鲜剂应用到水产品保鲜中^[4,5]。表没食子儿茶素没食子酸酯 (Epigallocatechin gallate, EGCG) 是茶多酚中主要的生物活性物质, 具有优良的抗菌性和抗氧化活性, 可有效清除自由基, 具备优异的生物保鲜剂的潜质^[5]。目前, EGCG 在保鲜领域的研究相对较少, 赵永强等通过 SDS-PAGE 和质谱技术研究了 EGCG 对尼罗罗非鱼肌原纤维蛋白降解的抑制作用^[6]; 杨坤等研究了不同浓度 EGCG 对金鲳鱼鱼片的保鲜效果^[7], 其结果表明低浓度 EGCG 处理就可以达到良好的保鲜效果; 说明 EGCG 在鱼肉保鲜中已展现一定的优势。本文拟以 EGCG、草鱼片为研究对象, 通过感官评价和测定色泽、pH 值、质构, 挥发性盐基氮 (TVB-N) 等鲜度指标, 系统研究 EGCG 对草鱼片在 4 °C 下冷藏的保鲜

效果, 期望能为草鱼生物保鲜剂的研究提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

草鱼 (质量 6~7 kg), 购于华中农业大学菜市场; 表没食子儿茶素没食子酸酯 (BR, ≥95%), 大连美仑生物技术有限公司; 其他试剂均为分析纯, 实验用水均为 2 次去离子水。

1.2 仪器与设备

BCD215KA 型冰箱, 海尔集团; 721 型紫外可见分光光度计, 上海精密科学仪器有限公司; J-26XP 型高速冷冻离心机, 美国 Beckman 公司; FE-20K 型 pH 计, Mettler Toledo; CR-400 型色度计, 英国 TA 公司; TA-XT2i/25 型物性测试仪, 英国 Stable Micro System 公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

将鲜活草鱼预冷至 4 °C 左右, 击头致死, 去除鳞片和内脏, 沿脊背剖为两半, 剥皮后取脊背肉, 为避免在颜色测定中鱼肉本身所含红色素对测定产生的误差, 去除鱼肉中的红肉后切成 6 cm×2 cm×1 cm 左右的鱼片, 分成若干份^[8]。样品分为对照组和保鲜组, 分别放入装有同等体积的蒸馏水和以蒸馏水配置的 0.1% (W/V)、0.2% (W/V)、0.3% (W/V) 多酚溶液^[7]的自封袋 (鱼块质量与处理液体积比为 1:1, 自封袋大小为 8 cm×12 cm) 中浸泡 5 min, 取出室温沥干后装入自封袋中, 放入 4±1 °C 的冰箱中贮藏。样品于第 0、3、6、9、12、15 d 进行鲜度指标测定。

1.3.2 感官评价

表 1 草鱼片感官评分标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation of grass carp filets

项目	好 (5分)	较好 (4分)	一般 (3分)	较差 (2分)	差 (1分)
色泽	色泽正常, 呈正常鱼片白色, 肌肉切面富有光泽	色泽正常, 鱼片偏白, 肌肉切面有光泽	色泽略暗淡, 呈少许黄绿色, 肌肉切面有光泽	色泽较暗淡, 呈现黄绿色, 肌肉切面无光泽	色泽暗淡, 呈现明显黄绿色, 肌肉切面无光泽
气味	固有鱼肉香味浓郁, 清新	固有鱼肉香味清淡, 较清新	固有鱼肉香味消失, 无异味	固有鲜味消失, 有较淡氨臭味出现	有强烈氨臭味出现
肌肉形态	肌肉组织致密完整, 纹理清晰; 表面湿润清爽, 无汁液渗出	肌肉组织较致密完整, 纹理较清晰; 表面较湿润清爽, 无汁液渗出	肌肉组织不紧密但不松散; 表面略粘腻, 有少量汁液渗出	肌肉组织不紧密, 局部松散; 表面较粘腻, 有较多汁液渗出	肌肉组织不紧密且松散; 表面粘腻, 有大量汁液渗出

转下页

接上页

肌肉弹性	坚实富有弹性, 手指轻压后凹陷不裂, 放手后迅速恢复	坚实有弹性, 手指轻压后凹陷不裂, 放手后迅速恢复	较有弹性, 手指轻压后凹陷边缘松散, 放手后恢复较慢	稍有弹性, 手指轻压后凹陷有裂痕, 放手后恢复很慢	无弹性, 手指轻压后凹陷有裂痕, 放手后凹陷不恢复
------	----------------------------	---------------------------	----------------------------	---------------------------	---------------------------

参考 GB 2733-2015 食品安全国家标准鲜、冻动物性水产品^[9]感官要求并结合王者等^[10]的评价方法对草鱼片进行感官评价, 感官评定小组由 20 名受过专业训练的合格感官评定员组成, 分别从草鱼的色泽、气味、肌肉形态、肌肉弹性 4 个方面进行打分, 每项总分均为 5 分。各项指标打分标准见表 1, 感官总得分=色泽得分+气味得分+组织形态得分+弹性得分。

1.3.3 色度测定

采用 CR-400 型色度仪测定鱼块的亮度值 L*、红绿值 a* 和黄蓝值 b*, 每个浓度三个平行, 每块鱼片选取 6 个点, 白度 W 计算公式^[11]为:

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

1.3.4 质构测定

用 TA-XT2i 型质构仪测定质构参数。测定时将鱼片切成 2×2×1 cm 的规格。测定条件为: 探头型号, P36/R; 测前速率, 1.00 mm/s; 测试速率, 0.50 mm/s; 测后速率, 0.50 mm/s; 压缩变形率, 30%; 探头 2 次测定间隔时间, 5.00 s; 数据采集速率, 200.00 pps; 触发类型, 自动; 触发力, 5 g^[12]。

1.3.5 pH 测定

参考 GB 5009.237-2016 食品安全国家标准食品 pH 的测定^[13]和李婷婷^[14]方法并略作修改: 取 3 g 绞碎鱼肉, 加入 9 倍体积 (V/W) 新煮沸冷却蒸馏水, 摇匀, 震荡, 静置 30 min 后, 在 8000 r/min 离心 10 min, 测定上清液的 pH。

1.3.6 TVB-N 值测定

TVB-N 含量的测定参考 GB 5009.228-2016 食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定^[15], 采用半自动凯氏定氮仪进行指标测量。

1.4 数据分析

实验中每个梯度设置 3 个平行, 数据采用 IBM SPSS 22.0 进行处理, 采用 Origin 9.0 进行作图, 实验结果显示为平均值±SD, 显著性差异采用 Duncan 模型进行比较检验分析。

2 结果与讨论

2.1 不同浓度 EGCG 处理对贮藏草鱼片感官

评价的影响

本实验设置的感官评分体系, 当感官评分低于 12 分, 产品的感官品质已经不能被消费者所接受^[16]。贮藏期间草鱼片的感官评价价值变化趋势如图 1 所示, 草鱼片感官评分随着贮藏时间延长均呈现降低的趋势, 其中对照组的感官评分明显低于 EGCG 处理组。第 6 d, 对照组感官评分低于 12 分, 为 11.60 分, 说明此时对照组鱼片质量明显下降, 腐败严重, 已经无法被消费者接受, 但是 EGCG 处理组感官评分仍大于 15 分, 仅 0.1% EGCG 溶液处理组出现轻微腐败和少量腥臭味。第 9 d 时, 0.1% EGCG 溶液处理组感官评分为 12.00, 此时鱼片品质已不能被感官评定人员所接受, 而 0.2% 和 0.3% EGCG 溶液处理组感官评分仍然大于 12 分。到第 12 d, 鱼片已完全腐败变质, 各组评分都低于 12 分, 但处理组评分依然高于对照组。

在相同感官评价标准体系中, Zhang 等人^[16]评价了不同温度下贮藏草鱼的感官评价价值, 在 3 °C 下, 草鱼片感官评价价值随着贮藏时间延长不断下降, 第 9 d 时感官评分略高于 12 分, 第 12 d 时降低到 12 分以下, 结果显示感官评分降低幅度与贮藏温度密切相关。在本实验中贮藏温度为 4 °C, 未处理组鱼片的感官评分符合报道中的鱼片感官变化规律, 结合处理组鱼片感官评分数据, 可以得到 EGCG 处理能明显减缓草鱼片感官评分下降的速率, 延缓其腐败变质。

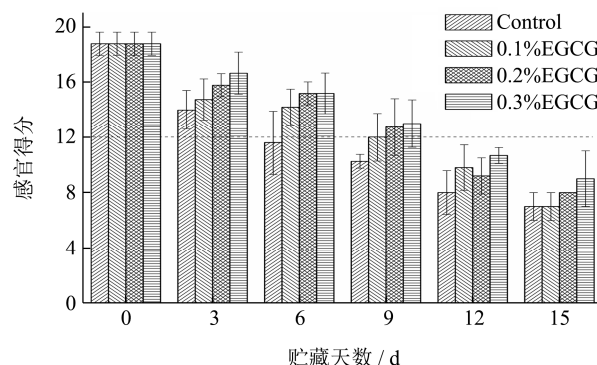


图 1 不同浓度 EGCG 处理对草鱼片贮藏过程中感官评价价值的影响

Fig.1 Effects of different concentrations EGCG treatment on sensory evaluation of grass carp fillets during storage

2.2 不同浓度 EGCG 处理对贮藏草鱼片颜色的影响

鱼肉的颜色可以通过亮度 (L*)、红绿值 (a*) 和黄蓝值 (b*) 来表征^[17,18]。贮藏期间不同浓度 EGCG 处理鱼片的 L*、a*、b* 变化如表 1 所示, 鱼肉初始 L* 值为 40.89, a* 值为 0.22, b* 值为 0.45, W 值为 40.88, 鱼肉整体呈白色, 并带微弱红色。在贮藏期间内, 对照组和 EGCG 处理组 (0.1%、0.2%、0.3%) 的 W 值都呈现递增趋势, 冷藏至 15 d, 增幅分别为 29.64%、31.59%、32.73%、33.54%。对照组 L* 值从 40.887 增加到 53.01, EGCG 处理组 L* 值显著高于对照组

($p < 0.05$, 除第 6, 9 d), 并且与 EGCG 浓度正相关。Shi 等^[19]采用葡萄籽和丁香提取物作为冷藏期间鱼片的抗氧化保鲜剂, 发现在两种不同多酚提取物处理后, 处理组鱼片 L* 值也始终高于对照组, 但 L* 值随时间没有显著变化 ($p > 0.05$)。

贮藏期间, 对照组和处理组草鱼片红绿值 a* 随贮藏天数显著降低 ($p \leq 0.05$), 对照组与处理组对比鱼片 a* 变化不显著 ($p > 0.05$)。a* 值由正值变为负值, 即鱼片颜色由偏红色转变到偏绿色, 与感官评价中肉眼观察鱼片颜色变化一致。推测草鱼片 a* 值降低归因于鱼肉色素氧化的联合作用, 如鲜红色的肌红蛋白被氧化为棕色的肌红蛋白^[20,21], 其值变化也与相关报道中的 a* 值随贮藏时间降低的结果类似^[19,21]。

表 2 不同浓度 EGCG 处理对草鱼片贮藏过程中亮度 (L*)、红绿值 (a*) 和黄蓝值 (b*) 的影响

Table 2 Effects of different concentrations EGCG treatment on lightness (L*), red-green indice (a*), and yellow-blue indice (b*) of grass carp fillets during storage

carp fillets during storage					
参数	天数/d	Control	0.1% EGCG	0.2% EGCG	0.3% EGCG
L*	0	40.89±1.73 ^{Ad}	40.89±1.73 ^{Ae}	40.89±1.73 ^{Ad}	40.89±1.73 ^{Ad}
	3	42.93±0.97 ^{Cc}	43.50±1.31 ^{Cd}	44.53±1.38 ^{Bc}	45.74±1.20 ^{Ac}
	6	44.93±2.14 ^{Ab}	45.19±0.86 ^{Ac}	45.44±0.28 ^{Ac}	46.16±0.41 ^{Ac}
	9	51.72±1.58 ^{Aa}	52.05±1.23 ^{Ab}	52.11±1.38 ^{Ab}	52.71±1.61 ^{Ab}
	12	52.58±0.69 ^{Ba}	53.06±0.64 ^{ABab}	53.57±0.71 ^{ABa}	53.06±0.59 ^{Ab}
	15	53.01±0.31 ^{Ba}	53.81±0.32 ^{ABa}	54.28±0.75 ^{Aa}	54.60±1.07 ^{Aa}
a*	0	0.22±0.34 ^{Aa}	0.22±0.34 ^{Aa}	0.22±0.34 ^{Aa}	0.22±0.34 ^{Aa}
	3	0.016±0.32 ^{Aa}	-0.12±0.46 ^{ABa}	-0.31±0.36 ^{Bb}	-0.42±0.35 ^{Bb}
	6	-0.61±0.28 ^{Abc}	-0.96±0.31 ^{Bb}	-0.82±0.099 ^{ABc}	-0.78±0.32 ^{ABb}
	9	-0.82±0.43 ^{Ac}	-1.41±0.24 ^{Bc}	-0.78±0.38 ^{Ac}	-1.32±0.50 ^{Bc}
	12	-0.55±0.42 ^{Abc}	-0.72±0.46 ^{Ab}	-0.56±0.61 ^{Abc}	-0.63±0.56 ^{Ab}
	15	-0.41±0.47 ^{Ab}	-0.72±0.81 ^{Ab}	-0.82±0.30 ^{Ac}	-0.52±0.13 ^{Ab}
b*	0	0.38±0.71 ^{Aa}	0.38±0.71 ^{Aab}	0.38±0.71 ^{Ab}	0.38±0.71 ^{Ab}
	3	0.50±0.44 ^{Aa}	0.039±0.80 ^{ABab}	-0.36±0.52 ^{BCb}	-0.70±0.71 ^{Cc}
	6	0.30±0.57 ^{Aa}	-0.21±1.12 ^{Aab}	-0.37±1.05 ^{Ab}	-0.40±0.45 ^{Ac}
	9	0.47±0.48 ^{Ba}	0.49±0.99 ^{Ba}	1.58±0.99 ^{Aa}	1.40±1.06 ^{Aa}
	12	0.47±1.14 ^{Aa}	-0.54±0.56 ^{Ab}	-0.15±1.05 ^{ABb}	0.66±0.72 ^{Ab}
	15	0.45±0.55 ^{Aa}	-0.22±0.91 ^{Aab}	0.52±0.45 ^{Ab}	0.57±0.41 ^{Ab}
W	0	40.88±1.73 ^{Ad}	40.88±1.73 ^{Ae}	40.88±1.73 ^{Ad}	40.88±1.73 ^{Ad}
	3	42.93±0.97 ^{Cc}	43.50±1.31 ^{Cd}	44.52±1.38 ^{Bc}	45.74±1.99 ^{Ac}
	6	44.92±2.14 ^{Ab}	45.17±0.86 ^{Ac}	45.42±0.27 ^{Ac}	46.15±0.41 ^{Ac}
	9	51.71±1.58 ^{Aa}	52.02±1.22 ^{Ab}	52.07±1.36 ^{Ab}	52.67±1.58 ^{Ab}
	12	52.56±0.69 ^{Ba}	53.05±0.64 ^{ABab}	53.55±0.71 ^{Aa}	53.05±0.58 ^{ABb}
	15	53.00±0.31 ^{Ba}	53.79±0.33 ^{ABa}	54.27±0.75 ^{Aa}	54.59±1.06 ^{Aa}

注: 同列标记小写字母不同表示组内显著差异 ($p < 0.05$); 同行标记大写字母不同表示组间显著差异 ($p < 0.05$)。

在本实验中, b* 值在 0.4 左右变化, 各实验组之间变化不显著 ($p > 0.05$), b* 值整体还是呈现一个上升的趋势, 但由于 EGCG 自身及其氧化产物的颜色, 对

处理组 b* 值的观察造成一定影响^[21]。草鱼片 W 呈现与亮度 L* 相同的变化规律, 推测可能是因为 W 值计算公式和 a*、b* 数值较小。有学者^[22]报道了草鱼在微

冻和冷藏保鲜中白度变化, 贮藏期间, 鱼肉白度值随贮藏时间逐渐增加, 并且在贮藏前期白度增加迅速, 贮藏后期白度增加趋势放缓, 这与本文结果相似。

2.3 不同浓度 EGCG 处理对贮藏草鱼片质构的影响

质构仪可以通过模拟人口腔咀嚼运动对样品进行两次压缩, 对鱼片硬度变化进行准确表征^[23,24]。贮藏期间不同浓度 EGCG 处理草鱼片的硬度变化如图 2 所示, 草鱼片初始硬度是 1951.53 g, 在整个贮藏周期, 不同处理方式下草鱼片硬度都呈现下降趋势, 对照组下降幅度显著高于 EGCG 处理组 ($p < 0.05$, 除第 6 d)。不同浓度 EGCG 处理组硬度下降幅度随着贮藏时间延长也存在显著性差异 ($p < 0.05$)。第 15 d 对照组的硬度已下降为 414.42, 下降幅度达到 78.77%, 而 0.1%、0.2%、0.3% EGCG 处理组第 15 d 下降幅度仅为 73.32%、67.48%、59.76%。说明 EGCG 处理对维持草鱼片品质具有良好效果, 并与浓度值呈现正相关 ($p < 0.05$)。

贮藏期间鱼片质地的软化, 即鱼片硬度的降低与多种因素有关, 如温度、pH、致死方式等, 其中以内源性蛋白酶为主, 包括细胞基质钙蛋白酶、溶酶体组织蛋白酶和由弹性蛋白酶及胶原酶组成的结缔组织蛋白酶^[25,26]。Xu 等研究了几种多酚对鱼片硬度的影响, 发现羟基数量多的儿茶素和茶多酚的效果优于柠檬酸钠和没食子酸^[25]。而 EGCG 是茶多酚中主要活性物质, 羟基数量丰富, 可以有效维持鱼片质地。

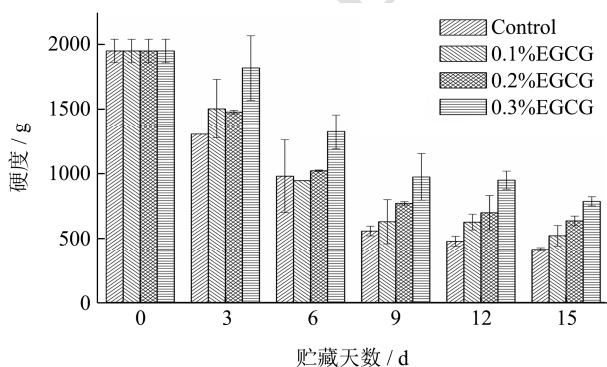


图 2 不同浓度 EGCG 处理对贮藏草鱼片硬度影响

Fig.2 Effects of different concentrations EGCG treatment on hardness of grass carp fillets during storage

2.4 不同浓度 EGCG 处理对贮藏草鱼片 pH 的影响

贮藏期间草鱼鱼片的 pH 变化如图 3 所示, 所有

样品的 pH 都呈现先升高, 后降低, 再升高的趋势。实验前期 pH 的升高可能与鱼肉内含氮物质的代谢有关, 这与报道的冷藏草鱼片 pH 变化规律相似^[27,28]。贮藏期间, pH 降低主要与鱼体内部糖原及 ATP 降解产生磷酸和乳酸有关, 而 pH 增加可归因于微生物与内源蛋白酶降解蛋白质产生的碱性物质^[29,30]。本实验中鱼片的初始 pH 为 6.71, 在整个贮藏期间(除第 6 d), 对照组与处理组的 pH 之间存在显著性差异 ($p < 0.05$)。与处理组相比, 对照组的 pH 变化幅度更大, 说明对照组鱼片腐败变化程度更大, EGCG 处理可有效维持鱼片品质, 降低 pH 变化。随着 EGCG 浓度的升高, 鱼片 pH 变化越不显著(除第 15 d), 并且处理组之间的 pH 无显著性差异 ($p > 0.05$), 说明在实验条件下 EGCG 浓度与鱼片 pH 变化无显著相关性。pH 变化与 TVB-N 值变化密切相关, 在贮藏后期对照组 TVB-N 值明显提高, 对照组 pH 也显著升高。Wu 等^[31]研究了壳聚糖和溶菌酶的食用涂料对贮藏大黄鱼的 pH 影响, 也发现对照组与处理组的 pH 有着显著性差异, 而不同处理组间没有观察到显著差异性, 这与本实验得到结果相似。推测可能是因为 EGCG 的抑菌及抗氧化作用降低了鱼片蛋白质氧化降解程度, 或 EGCG 自身降解产生的酸性物质促使 pH 降低。

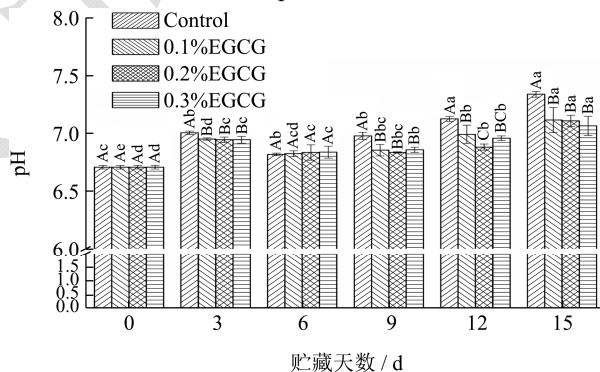


图 3 不同浓度 EGCG 处理对贮藏草鱼片 pH 影响

Fig.3 Effects of different concentrations EGCG treatment on pH of grass carp fillets during storage

注: 同列标记小写字母不同表示组内显著差异 ($p < 0.05$); 同行标记大写字母不同表示组间显著差异 ($p < 0.05$)。

2.5 不同浓度 EGCG 处理对贮藏草鱼片 TVB-N 值的影响

总挥发性盐基氮 (TVB-N) 是评估水产品贮藏期间质量的重要指标之一, 根据我国 GB 2733-2015 规定, 淡水鱼虾中 TVB-N 值应不超过 20 mg/100 g^[9]。草鱼片在贮藏期间的 TVB-N 值变化如图 4 所示。随着贮藏时间延长, 对照组和 EGCG 处理组 TVB-N 值

逐渐增加,草鱼片初始 TVB-N 值为 4.11 mg/100 g, 0~6 d 时,各处理组 TVB-N 值增长速度较为缓慢,对照组与 EGCG 处理组的 TVB-N 值无显著性差异 ($p>0.05$); 6~15 d 时,各处理组 TVB-N 值增长速度加快,其中对照组增长速度最快,并且对照组 TVB-N 值与 EGCG 处理组有差异性显著 ($p<0.05$)。第 12 d,对照组 TVB-N 值已达到 20.57 mg/100 g,超过了国家规定的淡水鱼虾 TVB-N 值标准,EGCG 处理组在第 15 d 时 TVB-N 值分别为 19.86 mg/100 g、18.25 mg/100 g、16.79 mg/100 g,仍然低于国家标准限值。说明 EGCG 处理对于降低鱼片腐败变质过程中含氮挥发物产生具有显著效果 ($p<0.05$)。贮藏期间 TVB-N 的积累与腐败菌和自溶酶对鱼体的分解作用紧密相关, Sun 等^[21]研究了苹果多酚对冷藏草鱼的保鲜效果,发现苹果多酚可有效降低贮藏期间草鱼片的 TVB-N 值; Li 等^[32]研究了茶多酚和迷迭香酸提取物结合壳聚糖对大黄鱼的保鲜效果,也发现类似的抑制 TVB-N 增长的效果,对比本文 EGCG 处理组效果,发现 EGCG 处理优于茶多酚处理,延长了货架期。

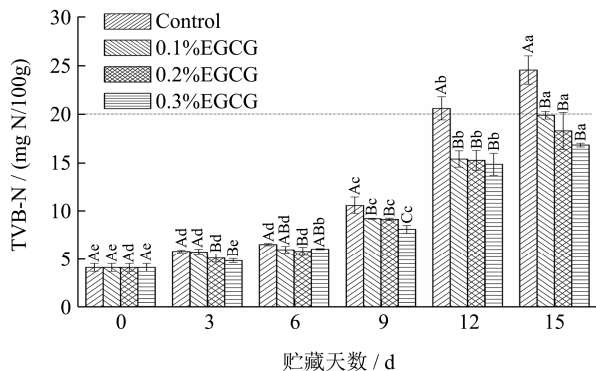


图 4 不同浓度 EGCG 处理对贮藏草鱼片 TVB-N 影响

Fig.4 Effects of different concentrations EGCG treatment on TVB-N of grass carp fillets during storage

注: 同列标记小写字母不同表示组内显著差异 ($p<0.05$);

同行标记大写字母不同表示组间显著差异 ($p<0.05$)。

3 结论

本实验通过感官评价,并测定色度、质构、pH 和 TVB-N 等保鲜指标,研究了不同浓度 EGCG 浸泡处理对冷藏草鱼片保鲜效果的影响。结果表明,实验设置的 EGCG 浓度中 0.3% EGCG 处理组保鲜能力最好,EGCG 处理可有效提高草鱼片感官评价价值、白度值和硬度值等表观属性,提高消费者对贮藏鱼片的可接受度;同时减缓了鱼片 pH 值和 TVB-N 增长趋势,降低鱼片腐败变质程度。EGCG 可以有效维持鱼片的新鲜品质,延长其货架期,期望为淡水鱼加工或其它水产品贮藏提供新思路及理论依据。

参考文献

- [1] 农业部渔业局.中国渔业年鉴[M].北京:中国农业出版社,2019
Bureau of Fisheries of the Ministry of Agriculture. China Fishery Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2019
- [2] 葛黎红.内源蛋白酶在低温保鲜草鱼质构劣化中的作用与控制研究[D].无锡:江南大学,2017
GE Li-hong. Study on correlation of endogenous proteases with texture deterioration of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) during chilled storage and quality control [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2017
- [3] 欧阳芳芳,王建辉,陈奇,等.草鱼贮藏期间肌肉 ATP 关联物及 K 值的动态变化[J].食品与机械,2016,32(3):137-140,159
OUYANG Fang-fang, WANG Jian-hui, CHEN Qi, et al. Study on dynamics of ATP-related compounds and freshness of grass carp muscles of during storage [J]. Food & Machinery, 2016, 32(3): 137-140, 159
- [4] 沈玫,胡江滨,闫超.绿茶中茶多酚的分析方法研究进展[J].药物评价研究,2013,36(5):389-393
SHEN Mei, HU Jiang-bin, YAN Chao. Research progress on analytical methods of tea polyphenols in green tea [J]. Drug Evaluation Research, 2013, 36(5): 389-393
- [5] 陈文慧,徐莉,禰开智.茶多酚在水产品保鲜中的应用研究[J].粮食与油脂,2018,31(4):12-15
CHEN Wen-hui, XU Li, XUAN Kai-zhi. Application of tea polyphenols in aquatic products [J]. Cereals & Oils, 2018, 31(4): 12-15
- [6] 赵永强,杨贤庆,李来好,等. EGCG 对尼罗罗非鱼肌原纤维蛋白降解的抑制作用[J].水产学报,2018,42(8):1307-1314
ZHAO Yong-qiang, YANG Xian-qing, LI Lai-hao, et al. Inhibition of EGCG on the degradation of Nile tilapia myofibrillar protein [J]. Journal of Fisheries of China, 2018, 42(8): 1307-1314
- [7] 杨坤,魏佩宇,王祺,等. EGCG 对冷藏金鲳鱼鱼片新鲜度品质的影响[J].食品工业科技,2017,38(17):255-259
YANG Kun, WEI Pei-yu, WANG Qi, et al. Influence of EGCG on preservation of golden pompano fillets during cold storage [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(17): 255-259
- [8] Qin N, Li D, Hong H, et al. Effects of different stunning methods on the flesh quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets stored at 4 °C [J]. Food Chemistry, 2016, 201: 131-138

- [9] 国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准鲜、冻动物性水产品:GB 2733-2015[S]
State Food and Drug Administration. National Standard for Food Safety, Fresh and Frozen Animal Aquatic Products: GB 2733-2015 [S]
- [10] 王者,关荣发,刘振峰,等.溶菌酶脂质体对冷藏金鲳鱼保鲜效果的影响[J].食品科学,2018,39(11):227-232
WANG Zhe, GUAN Rong-fa, LIU Zhen-feng, et al. Effect of lysozyme liposomes on *Trachinotus ovatus* preservation [J]. Food Science, 2018, 39(11): 227-232
- [11] 陈东清.草鱼片调理处理及其贮藏过程中的品质变化研究[D].武汉:华中农业大学,2015
CHEN Dong-qing. Study on the processing technology of prepared grass carp fillets and changes or quality during storage [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2015
- [12] 曹云刚.植物多酚对肉蛋白氧化稳定性和功能特性的影响机理及应用[D].无锡:江南大学,2016
CAO Yun-gang. Effect of plant-derived polyphenols on oxidative stability and functional properties of meat proteins: Mechanism and application [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016
- [13] 国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准 食品 pH 值的测定:GB 5009.237-2016[S]
National Health and Family Planning. National Food Safety Standard Food pH Determination: GB 5009.237-2016 [S]
- [14] 李婷婷.大黄鱼生物保鲜技术及新鲜度指示蛋白研究[D].杭州:浙江工商大学,2013
LI Ting-ting. Studies on bio-preservation techniques and protein indicators of freshness in large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) during refrigerated storage [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2013
- [15] 国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定:GB 5009.228-2016[S]
National Health and Family Planning. National Food Safety Standard Determination of Volatile Base Nitrogen in Food: GB 5009.228-2016 [S]
- [16] Zhang L, Li X, Lu W, et al. Quality predictive models of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) at different temperatures during storage [J]. Food Control, 2011, 22(8): 1197-1202
- [17] Sun X, Guo X, Ji M, et al. Preservative effects of fish gelatin coating enriched with CUR/ β CD emulsion on grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during storage at 4 °C [J]. Food Chemistry, 2019, 272: 643-652
- [18] Huang Z, Liu X, Jia S, et al. Antimicrobial effects of cinnamon bark oil on microbial composition and quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during chilled storage [J]. Food Control, 2017, 82: 316-324
- [19] Shi C, Cui J, Yin X, et al. Grape seed and clove bud extracts as natural antioxidants in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during chilled storage: Effect on lipid and protein oxidation [J]. Food Control, 2014, 40: 134-139
- [20] Wetterskog D, Undeland I. Loss of redness (a*) as a tool to follow hemoglobin-mediated lipid oxidation in washed cod mince [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(24): 7214-7221
- [21] Sun L, Sun J, Thavaraj P, et al. Effects of thinned young apple polyphenols on the quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) surimi during cold storage [J]. Food Chemistry, 2017, 224: 372-381
- [22] 刘大松.草鱼肉在微冻和冰藏保鲜中的品质变化及其机理[D].无锡:江南大学,2012
LIU Da-song. Quality changes of grass carp muscle during partial-frozen and iced storage [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2012
- [23] 林婉玲,丁莫,王锦旭,等.包装方式和材料对调理脆肉鲩鱼片冷藏过程品质的影响[J].农业工程学报,2018,34(2): 284-291
LIN Wan-ling, DING Mo, WANG Jin-xu, et al. Effects of packaging methods and materials on quality of prepared crisp grass carp (*Ctenopharyngodon idellus* C. et V) fillets during cold storage [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(2): 284-291
- [24] 李汭生,俞裕明,朱志伟,等.QIM 和理化指标综合评价南方鲢鱼片冷藏新鲜度[J].华南理工大学学报(自然科学版),2007(12):126-131
LI Bian-sheng, YU Yu-ming, ZHU Zhi-wei, et al. Freshness evaluation of refrigerated southern sheatfish (*Silurus meridionalis*) fillets using quality index method (QIM) and physicochemical parameters [J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2007, 12: 126-131
- [25] Xu Y, Jiang X, Ge L, et al. Inhibitory effect of edible additives on collagenase activity and softening of chilled grass carp fillets [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2017, 41(2): e12836