

紫苏水提物联合蒸煮处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程中品质的影响

林婉玲¹, 丁 莫¹, 杨贤庆¹, 王锦旭¹, 李来好^{1,2,*}, 翟红蕾¹, 吴燕燕¹, 马学军³

(1.中国水产科学研究院南海水产研究所, 国家水产品加工技术研发中心,

农业农村部水产品加工重点实验室, 广东 广州 510300; 2.广东省渔业生态环境重点实验室, 广东 广州 510300;

3.广东省中山食品水产进出口集团有限公司, 广东 中山 528403)

摘要: 为了研究蒸煮处理及紫苏水提物对脆肉鲩鱼片冻藏品质的影响, 以紫苏水提物浸泡的生鱼片(生鱼片组)、紫苏水提物浸泡再进行蒸煮制备的熟鱼片(熟鱼片组)、蒸馏水浸泡的生鱼片(对照组)为研究对象, 研究这3组鱼片在冻藏过程中质构、持水性、盐溶性蛋白含量、Ca²⁺-ATPase活性、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值、挥发性盐基氮(total volatile base-nitrogen, TVB-N)含量和感官评分的变化。结果表明: 熟鱼片及生鱼片组通过最大冰晶生成带的时间比对照组长; 与对照组和生鱼片相比, 熟鱼片在冻藏过程中一直维持较高的硬度、弹性、咀嚼性、TBA值和较低的持水力、盐溶性蛋白含量、TVB-N含量; 与对照组相比, 生鱼片组的质构特性、持水力、盐溶性蛋白含量和Ca²⁺-ATPase活力更高, 而TBA值和TVB-N含量更低, 冻藏300 d后, 生鱼片TBA值是贮藏初始时的3.85倍, TVB-N含量低于20 mg/100 g; 感官评价结果进一步表明, 3组样品感官品质在冻藏过程中不断下降, 其质地、口感以及汤汁浑浊度评分从高到低依次是熟鱼片、生鱼片和对照组。研究结果证明了紫苏水提物联合蒸煮处理更有利于冻藏过程中脆肉鲩鱼片品质的维持。

关键词: 脆肉鲩; 蒸煮处理; 紫苏水提物; 品质

Effect of Steam Cooking Combined with Water Extract from *Perilla* Leaves on the Quality of Prepared Crisp Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus* C. et V) Fillets during Frozen Storage

LIN Wanling¹, DING Mo¹, YANG Xianqing¹, WANG Jinxu¹, LI Laihao^{1,2,*}, ZHAI Honglei¹, WU Yanyan¹, MA Xuejun³

(1. National Research and Development Center for Aquatic Product Processing, Key Laboratory of Aquatic Product Processing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, South China Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;

2. Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment of Guangdong Province, Guangzhou 510300, China;

3. Guangdong Zhongshan Foodstuffs and Aquatic Import & Export Group Co. Ltd., Zhongshan 528403, China)

Abstract: In order to explore the effect of steam cooking and water extract from *Perilla* leaves on the quality of frozen crisp grass carp (CGC) fillets, the texture, water-holding capacity (WHC), salt-soluble protein (S-SP) content, Ca²⁺-ATPase activity, total volatile base-nitrogen (TVB-N) content, thiobarbituric acid (TBA) value and sensory evaluation of raw fish fillets with soaking in the extract (raw group), steam cooked fish fillets with soaking in the extract (cooked group) and raw fish fillets with soaking in distilled water (control group) were investigated during frozen storage. Results indicated that the time of passing through maximum ice crystal formation zone for cooked and raw fillets were longer than that for the control group. Compared with the control and raw groups, the cooking group had higher hardness, springiness, chewiness and lower WHC, S-SP content and TVB-N content during frozen storage. The textural characteristics, WHC, S-SP content, and Ca²⁺-ATPase activity of the raw group were superior, whereas the TBA value and TVB-N content were inferior compared with the control group. After frozen storage for 300 d, the TBA value of the raw group was 3.85 times higher compared with

收稿日期: 2018-07-06

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2016YFD0400201-6); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-46);

“扬帆计划”引进创新创业团队专项(2015YT02H109); 广东省省级科技计划项目(2015A020209040)

第一作者简介: 林婉玲(1979—)(ORCID: 0000-0001-6745-2798), 女, 副研究员, 博士, 研究方向为水产品加工与贮藏。

E-mail: lwlscsf@163.com

*通信作者简介: 李来好(1963—)(ORCID: 0000-0001-9371-9230), 男, 研究员, 博士, 研究方向为水产品加工与贮藏。

E-mail: laihaoli@163.com

the initial value and the TVB-N content was lower than 20 mg/100 g. Furthermore, the sensory evaluation showed that the sensory quality of all three groups continuously declined. The sensory scores for texture, taste, and broth turbidity of the three groups followed the decreasing order of cooked fillets, raw fillets, and control. Overall, steam cooking combined with water extract from *Perilla* leaves maintained better quality of CGC during frozen storage.

Keywords: crisp grass carp; steam cooking; water extract from *Perilla* leaves; quality

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180706-086

中图分类号: TS254.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2019) 13-0237-08

引文格式:

林婉玲, 丁莫, 杨贤庆, 等. 紫苏水提物联合蒸煮处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程中品质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(13): 237-244. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180706-086. <http://www.spkx.net.cn>

LIN Wanling, DING Mo, YANG Xianqing, et al. Effect of steam cooking combined with water extract from *Perilla* leaves on the quality of prepared crisp grass carp (*Ctenopharyngodon idellus* C. et V) fillets during frozen storage[J]. Food Science, 2019, 40(13): 237-244. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180706-086. <http://www.spkx.net.cn>

脆肉鲩 (*Ctenopharyngodon idellus* C. et V) 是鲩鱼通过改喂蚕豆后形成, 其肉质从松软、鲜嫩变为坚硬、爽脆, 并久煮不烂, 深受消费者喜爱, 已成为特色淡水鱼养殖品种^[1]。目前脆肉鲩主要是以鲜活销售为主, 一般集中在冬季出塘销售, 由于受到销售方式和季节限制, 脆肉鲩产业发展缓慢, 同时, 随着脆肉鲩的养殖量和需求量的增加, 对脆肉鲩深加工技术和贮藏保鲜技术的研究亟待进行。

冷冻保藏是食物保鲜的较好方法之一, 广泛应用于水产品的加工、运输、贮藏和销售等过程中, 在我国是重要的水产品加工方式, 占加工总量的51.4%^[2-3]。但是, 随着冻藏的进行, 水产品出现冷冻变性、产品品质下降及解冻后出现哈喇味等问题; 因此, 减缓冻藏过程中水产品冷冻变性及其品质下降是一直以来亟待解决的问题。提高冻结速率是减缓冻藏过程中品质变化过快的主要方法之一。超低温速冻可使水产品肌肉内部组织部分玻璃化, 解冻后可恢复到接近原来的新鲜状态, 因此在水产品加工领域越来越受到重视^[4]。浸渍冻结是一种超低温快速冻结技术, 主要是将被冻食物放入低温冷冻液中, 使被冻食物与冷冻液直接接触, 达到快速冻结的目的, 该技术具有传热迅速、冻结速率快、产品品质好、成本低的优点^[5-6]。在浸渍冻结过程中, 由于被冻食物与冷冻液直接接触, 冻结速率快, 被冻水产品通过最大冰晶生成带的时间缩短, 冰晶在肌肉组织内形成的体积小, 从而对冻藏过程中肌肉组织的伤害小, 胞内酶溶出少, 进而降低蛋白质变性及脂肪氧化程度^[7-8], 能够较好地保持冻藏过程中水产品的质量; 但是在冻藏过程中, 脆肉鲩的脆性会随着冻藏时间的延长而下降。在冻藏过程中, 脆肉鲩肌肉的Ca²⁺-ATPase活性以及巯基含量下降、表面疏水性上升, 导致肌肉蛋白冷冻变性^[9], 从而使脆肉鲩的脆性发生了变化。但目前关于如何解决脆肉鲩冻藏过程中特殊脆性改变问题的研究很少。在前期的研究中发现,

脆肉鲩鱼片的特殊脆性体现在蒸煮处理后口腔中的综合感觉, 体现为硬度、弹性增加和咀嚼性增强等质构特性的改变, 而这种质构特性的改变与肌纤维空隙之间的结缔组织凝固^[10]有关; 但有关脆肉鲩经过蒸煮处理后, 其特殊脆性在冻藏过程中的变化情况鲜见研究。

在冻藏过程中, 脂肪氧化是水产品冻藏中另一个影响品质的主要问题。随着冻藏时间的延长, 脂肪氧化问题会更加突出。脆肉鲩由于脂肪含量比较高, 在冻藏过程中很容易发生脂肪氧化。因此如何解决或延缓冻藏过程中脂肪氧化是目前脆肉鲩冻藏过程的另一个主要的问题。

紫苏 (*Perilla frutescens* (L.) Britt) 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。紫苏叶具有特殊香味, 常作为辅料添加到淡水鱼制品烹饪过程中, 能够有效地祛除腥味, 同时增强风味。目前, 主要是利用紫苏水提物应用在水产品的加工中。研究发现, 紫苏水提物可明显地减缓水产品冷藏过程脂肪氧化和腐败微生物的生长, 延长冷藏水产品的货架期^[11-12]。但是, 目前紫苏水提物对水产品冻藏过程品质的影响的研究很少, 尤其是对脆肉鲩鱼片冻藏品质影响的研究更少。

因此, 本研究以新鲜脆肉鲩背肌为对象, 通过紫苏水提物浸渍脆肉鲩鱼片, 结合蒸煮处理研究脆肉鲩鱼片冻藏过程品质的变化, 为脆肉鲩的加工保鲜提供理论依据及脆肉鲩产业的发展提供技术支撑。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

新鲜脆肉鲩 (约4~5 kg) 购自广州黄沙水产市场。

食用盐 广州市华润万家超市; 干燥紫苏叶 广州老百姓大药房; 氯化钾、高氯酸、氢氧化钠、硫代巴比妥酸 (thiobarbituric acid, TBA)、三氯甲烷、乙二

胺四乙酸 (ethylenediamine tetraacetic acid, EDTA)、氢氧化钾 (均为分析纯) 广州化学试剂厂; Ca^{2+} -ATPase试剂盒 南京建成生物工程研究所。

1.2 仪器与设备

QTS-25质构仪 美国博勒飞科学仪器公司; DW-86L386超低温冰箱 青岛海尔股份有限公司; 735-2温度测量仪 德国德图仪器公司; TES 1310温度计探头 台湾泰仕电子工业股份有限公司; Sigma3K-30高速冷冻离心机 德国Sigma仪器公司; UV-3000pc紫外-可见分光光度计 上海美谱达有限公司; 容积式风冷低温机组 深圳德尔制冷设备有限公司。

1.3 方法

1.3.1 紫苏水提物的制备与质量浓度的测定

紫苏水提物制备参考常通等^[13]的方法略作修改。称取干紫苏叶约100 g, 加入20倍体积的蒸馏水, 采用水浴浸泡提取, 浸泡温度为75℃, 时间为6 h, 重提2次, 过滤后合并滤液, 静置去沉淀, 备用。

紫苏水提物质量浓度以其所含的迷迭香酸质量浓度计, 按照丁莫等^[12]的方法进行测定。

1.3.2 样品处理与分组

将新鲜的脆肉鲩宰杀后, 清洗干净并取背部肌肉, 切成一定规格(6 cm×3 cm×2 cm), 分成3组。第1组(生鱼片组): 鱼片用0.2 g/L紫苏水提物(含质量分数10%的盐)对鱼片进行浸泡腌制(1:4, *m/m*) 15 min, 沥干后真空包装; 第2组(熟鱼片组): 鱼片浸泡腌制操作同第一组, 腌制完成后蒸煮5 min, 待样品冷却后真空包装; 第3组(对照组): 鱼片腌制方法同第一组样品, 用蒸馏水(含质量分数10%的盐)代替紫苏水提物浸泡腌制, 沥干后真空包装。3组样品置于-40℃的低温冷冻液中浸渍冻结, 冻至鱼片中心温度达到-18℃后取出, 然后于-18℃条件下冻藏。样品每间隔60 d测一次品质变化相关指标。

1.3.3 冻结曲线的测定

采用温度测量仪对冻结过程中的温度变化进行测定^[14]。将温度计探头插入脆肉鲩鱼片中心, 记录3组样品冻结过程的温度变化。温度测量仪选择温度-时间模式, 自动连续记录脆肉鲩鱼片的中心温度, 鱼片中心温度降至-18℃时停止记录。

1.3.4 持水力测定

参照程琳丽等^[15]的方法, 采用冷冻离心法测定持水力。取绞碎的脆肉鲩鱼片5.0 g放入离心管, 3 000 r/min、4℃离心60 min, 倒掉水分, 称取质量。按式(1)计算持水力。

$$\text{持水力}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad (1)$$

式中: m_1 表示离心前鱼片质量/g; m_2 表示离心后鱼片质量/g。

1.3.5 质构测定

质构测定参照杨少玲等^[16]的方法, 采用质构仪测定。测定条件: 探头为6 mm圆柱形不锈钢探头; 测试速率30 mm/min; 压缩距离4 mm; 测试模式为TPA; 触发力5 g; 循环2次, 间隔5 s; 压缩比50%; 触发类型为自动。

1.3.6 盐溶性蛋白含量测定

准确称取两份各4.00 g的样品, 一份加入40 mL 0.6 mol/L KCl溶液(4℃、pH 7.0), 均质4 min, 然后离心20 min(4℃、5 000 r/min), 取上清液, 加入120 mL去离子冷却水, 使肌动球蛋白沉淀, 然后同样条件再次离心20 min后取沉淀, 向沉淀中加入40 mL 1.2 mol/L KCl溶液(4℃、pH 7.0), 混合均匀后离心20 min(4℃、5 000 r/min), 取上清液用于测定高盐溶液中的蛋白含量; 一份加入40 mL 0.06 mol/L KCl溶液(4℃、pH 7.0), 均质4 min, 然后离心20 min(4℃、5 000 r/min), 取上清液用于测定低盐溶液中的蛋白含量。最后再分别采用考马斯亮蓝法测定蛋白含量^[17]。盐溶性蛋白含量按式(2)计算。

$$\text{盐溶性蛋白含量}/(\text{mg/g}) = \text{高盐溶液中蛋白含量}/(\text{mg/g}) - \text{低盐溶液中蛋白含量}/(\text{mg/g}) \quad (2)$$

1.3.7 Ca^{2+} -ATPase活力测定

Ca^{2+} -ATPase活力根据吴燕燕等^[18]的方法进行。称取搅碎的脆肉鲩鱼片10 g左右, 加入温度为4℃的生理盐水90 mL, 在4℃的条件下进行匀浆, 2 500 r/min、4℃的条件下离心10 min。取上清液用4℃的生理盐水稀释成质量分数为1%的组织匀浆, 最后按 Ca^{2+} -ATPase试剂盒的说明书进行测定。

1.3.8 TBA值测定

TBA值参考武华等^[19]的方法进行测定, 略有改动。准确称取样品5.00 g, 加入25 mL、质量分数7.5%三氯乙酸溶液(含质量分数0.1% EDTA), 振荡30 min后用滤纸过滤两次。取5 mL上清液, 加入5 mL 0.02 mol/L的2-硫代巴比妥酸溶液, 然后沸水浴反应40 min后, 迅速冷却至室温, 加入5 mL纯三氯甲烷, 充分混匀后静置, 待溶液分层后取上清液在532 nm波长处测吸光度。以5 mL、质量分数7.5%三氯乙酸溶液(含质量分数0.1% EDTA)代替上清液作为空白对照。

1.3.9 TVB-N含量测定

挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)含量参照邹明辉等^[20]的方法进行测定。

1.3.10 感官评定

将鱼片置于沸水中蒸煮5 min, 待鱼片冷却后进行感官评定, 评价人员共8名, 均经过专业培训且随机选择,

每次评价由每个评价员单独进行,不互相交流。分别对脆肉鲩鱼片的色泽、质地和口感、汤汁浑浊度进行感官评定,具体评分标准如表1所示。

表1 脆肉鲩鱼片感官评价标准

项目	特征	分数
色泽	肉色透明或乳白色,颜色均一	4
	肉色稍暗,呈乳白色	3
	肉色稍暗,整块颜色深浅不一	2
	变色严重	1~0
质地、口感	弹性好,有嚼劲,入口爽脆	4
	弹性较好,嚼劲一般,较爽脆	3
	弹性一般,嚼劲差,无爽脆感	2
	弹性差,无嚼劲,无爽脆感	1~0
汤汁浑浊度	汤汁很清晰,汤内无碎肉	4
	汤汁较清晰,汤内有少量碎肉	3
	汤汁较浑浊,汤内有少量碎肉	2
	汤汁浑浊,汤内有大量碎肉	1~0

1.4 数据处理与分析

实验数据均用Excel 2010软件进行统计分析和作图,数据均以平均值±标准差表示,采用*t*检验对数据进行差异显著性分析, $P<0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 调理脆肉鲩鱼片冻结过程温度变化曲线

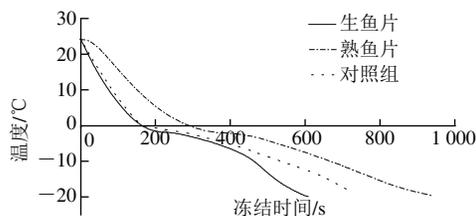


图1 脆肉鲩鱼片冻结过程温度变化曲线

Fig. 1 Freezing curves of crisp grass carp fillets

冻结速率是决定鱼片品质的重要因素之一,冻结速率越快,鱼片的品质越好。由图1可知,第1组和第3组的中心温度从24℃降至-18℃分别需要10.0 min和11.7 min,差别不明显,而第2组则需要16.0 min。但是,3组样品通过最大冰晶生成带(食品内部大部分水冻结成冰晶的温度带,温度范围为-1~-5℃,是影响冻结食品品质的一个主要参数^[21])的时间却差异性不明显,生鱼片、熟鱼片和对照组鱼片通过最大冰晶生成带的时间分别为3.0、3.4 min和2.8 min。在冻结过程中,细胞间隙中的水分先形成冰晶,随后由外到里自由水逐渐结冰,结合水一般不会冻结成冰晶。在冻结过程中,冻结速率取决于导热系数、热导率等。对于熟鱼片来说,加热处

理后自由水含量降低,结合水与鱼肉中的蛋白质、脂肪等物质结合得更加紧密^[22],热导率下降,从而使脆肉鲩熟鱼片的冻结速率变慢。同时,由于自由水含量的降低,熟脆肉鲩鱼片在冻结过程中形成的大冰晶会减少,从而减少冰晶对肌纤维组织的损害。但是,冻藏过程中熟脆肉鲩鱼片品质发生哪些变化,而且紫苏水提取物怎样联合蒸煮对脆肉鲩鱼片冻藏过程品质进行影响还需进一步的研究。

2.2 不同处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程中持水力的影响

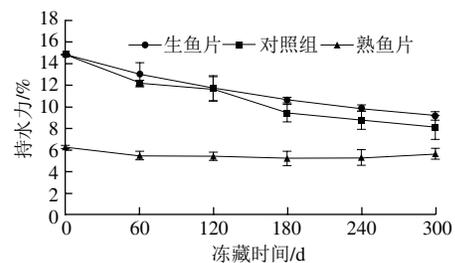


图2 不同处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程中持水力的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on water-holding capacity of crisp grass carp fillets during frozen storage

前面研究发现,蒸煮后的脆肉鲩鱼片冻结速率比生脆肉鲩鱼片的慢,而冻结速率的快慢与肌肉中的水分状态密切相关。为了进一步研究水分对脆肉鲩鱼片的影响,对冻结过程的持水力进行了研究。从图2可以看出,熟鱼片的持水力明显低于生鱼片组和对照组,冻结后熟鱼片的持水力分别比生鱼片和对照组低57.63%和57.57%;冻藏180 d后,熟鱼片的持水力分别比生鱼片和对照组低51.03%和44.59%。熟鱼片在冻藏过程中持水力下降速度缓慢,贮藏结束时,与0 d相比只下降了10.16%,而生鱼片和对照组分别下降了38.33%和45.12%。持水力是指肌肉组织通过物理方式截留大量水而阻止水渗出的能力,持水力越大,表明肌肉组织的损伤越小^[23]。结果说明未经过蒸煮的鱼片的持水力在冻藏过程中下降非常明显,而脆肉鲩熟鱼片的持水力无明显变化。

熟鱼片在蒸煮过程中,水分流失,剩余的大部分水分已经与蛋白质等成分结合而凝结在一起,因而在冻藏过程中,鱼肉中的水分状态发生变化很少。对于生鱼片来说,由于冻结后,大量自由水形成了大冰晶,在冻藏过程中,由于冻藏温度的波动以及冰晶对肌肉组织的破坏和损伤,冰晶融化的水不能重新与蛋白质分子结合而分离出来^[24],使更多的水流出。因此,随着冻藏时间的延长,生鱼片和对照组的持水力逐渐下降。但是,对于生鱼片组和对照组来说,经过紫苏水提取物浸泡的脆肉鲩鱼片,在冻藏过程中持水力一直高于未经过紫苏水提取物浸泡的对照组,冻藏第300天,生鱼片组的持水力比对照组高12.52%。结果进一步证明了紫苏水提取物和蒸煮有利于脆肉鲩鱼片冻藏过程中持水力的保持。

2.3 不同处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程中质构的影响

表2 不同处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程质构特性的影响
Table 2 Effects of different treatments on textural characteristics of crisp grass carp fillets during frozen storage

指标	组别	贮藏时间/d					
		0	60	120	180	240	300
硬度/g	生鱼片	306.50±7.01 ^a	281.83±13.33 ^b	218.67±20.21 ^{bc}	210.00±10.83 ^{bc}	176.83±5.19 ^c	149.67±6.96 ^c
	熟鱼片	402.00±11.73 ^a	301.83±8.92 ^b	285.17±8.73 ^b	242.00±9.01 ^c	237.83±23.65 ^c	203.50±5.97 ^c
	对照组	305.17±8.73 ^a	261.17±20.93 ^b	215.17±12.75 ^b	194.00±16.81 ^{bc}	154.00±10.61 ^{cd}	126.67±3.66 ^d
弹性/mm	生鱼片	0.92±0.01 ^a	0.87±0.02 ^b	0.86±0.01 ^{bc}	0.83±0.01 ^{cd}	0.83±0.01 ^{cd}	0.81±0.01 ^d
	熟鱼片	0.94±0.01 ^a	0.90±0.01 ^b	0.89±0.02 ^{bc}	0.88±0.01 ^{bc}	0.87±0.01 ^{bc}	0.86±0.01 ^c
	对照组	0.92±0.02 ^a	0.87±0.01 ^b	0.84±0.01 ^{ab}	0.83±0.01 ^{bc}	0.82±0.03 ^{cd}	0.79±0.02 ^d
咀嚼性/g	生鱼片	3.64±0.02 ^a	3.28±0.64 ^a	3.11±0.08 ^a	3.05±0.14 ^a	2.79±0.19 ^b	2.09±0.03 ^b
	熟鱼片	5.30±0.16 ^a	4.54±0.15 ^b	3.98±0.45 ^{bc}	3.81±0.19 ^{bc}	3.75±0.19 ^{bc}	3.54±0.12 ^c
	对照组	3.61±0.11 ^a	3.08±0.19 ^b	2.85±0.19 ^b	2.23±0.01 ^c	1.98±0.11 ^c	1.95±0.03 ^c

注：同行肩标小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。表3同。

肉质坚硬、爽脆和久煮不烂是脆肉鲩最主要的特征，与硬度、咀嚼性、弹性等密切相关。因此，质构特征是反映脆肉鲩品质变化的主要指标。由表2可知，调理脆肉鲩鱼片冻藏过程中硬度、弹性和咀嚼性均显著降低 ($P < 0.05$)。冻藏300 d后，生鱼片、熟鱼片和对照组鱼片的硬度分别比新鲜鱼片降低了51.17%、49.38%和58.49%，弹性分别降低了12.0%、8.5%和14.1%，咀嚼性分别降低了42.6%、33.2%和46.0%。结果表明，在冻藏过程中，熟脆肉鲩鱼片的硬度、弹性和咀嚼性保持得最好。对于熟脆肉鲩鱼片，蒸煮过程会使鱼肉脱水，自由水含量减少，肌肉组织中形成的大冰晶减少，对细胞造成的机械损伤更小，同时结合水与脆肉鲩肌肉中的蛋白质、脂肪等物质形成紧密的结构，质构变化更少。对于生脆肉鲩鱼片，自由水存在于肌细胞间隙和细胞中，这些自由水在冻结过程形成大冰晶以及冻藏过程的冻融会对肌纤维的机械损伤，从而导致生鱼片的质构特性变差。另外，对于经过紫苏水提物浸泡的脆肉鲩鱼片来说，冻藏300 d后，生鱼片和熟鱼片的硬度、弹性和咀嚼性分别比对照组高18.2%、2.5%、7.2%和60.7%、8.9%和81.6%。结果进一步说明紫苏水提物有利于保持脆肉鲩的质构特性。紫苏水提物的主要成分是迷迭香酸，迷迭香酸属于一种酚酸类物质，可与蛋白发生反应，可能使蛋白质的结构发生变化^[25]，从而降低脆肉鲩肌肉蛋白在冻藏过程中的变性程度，保持较好的口感。

2.4 不同处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程中盐溶性蛋白溶解度的影响

盐溶性蛋白溶解度是反映鱼肉蛋白质变性的主要指标之一，鱼肉蛋白的冷冻变性越严重，其盐溶性蛋白的溶解性越差^[26]。由图3可知，随冻藏时间延长，3组鱼片的盐溶性蛋白含量均呈现明显的下降趋势，说明鱼肉蛋白变性程度在增加。在冻藏60 d后，熟脆肉鲩鱼片盐溶性蛋白含量下降了6.34%，而生鱼片组和对照组的盐溶性

蛋白含量分别下降了6.70%和11.79%。在冻藏240 d后，熟鱼片的盐溶性蛋白含量下降了58.74%，生鱼片组和对照组分别下降了54.26%和65.60%。在整个冻藏过程中，熟脆肉鲩鱼片盐溶性蛋白含量均比生鱼片组和对照组的低。鱼片蒸煮后，蛋白质变性，表面电荷状态变化，溶解度降低，并且发生热凝固^[22]。因此，熟脆肉鲩鱼片的蛋白质在冻藏之前已经发生了热变性，热变性及其持水性的变化导致其产生特有的质构特性，从而使熟脆肉鲩鱼片在冻藏过程中维持较好的质构特性。

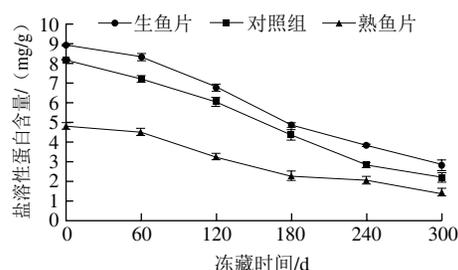


图3 不同处理方式对脆肉鲩鱼片冻藏过程中盐溶性蛋白含量的影响
Fig. 3 Effects of different treatments on salt-soluble protein content of crisp grass carp fillets during frozen storage

对于生脆肉鲩鱼片来说，在冻结过程中，内部水分会不断冻结形成冰晶，冰晶膨胀破坏了鱼片肌肉组织的空间结构，引起了蛋白质变性。同时在冻藏过程中，冻融使肌肉组织的空间结构进一步被破坏，蛋白质变性进一步加剧，同时蛋白质分子间形成超大分子的不溶性凝聚体，蛋白质的溶解度下降^[27]。冻藏300 d后，生鱼片组的盐溶性蛋白含量比对照组高30.98%，说明紫苏水提物对脆肉鲩鱼片的蛋白的空间结构有一定的保护作用，使生鱼片组的盐溶性蛋白溶解度下降缓慢，变性程度降低。结果进一步证明了紫苏水提物有利于维持鱼肌肉蛋白结构的稳定性，从而使脆肉鲩在冻藏过程中保持较好的质构特性。

2.5 不同处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程中Ca²⁺-ATPase活力的影响

Ca²⁺-ATPase位于肌球蛋白的头部，其活力可表征肌球蛋白的完整性^[28]，通常用来衡量蛋白质的冷冻变性程度。因此，为了进一步了解紫苏水提物联合蒸煮处理对脆肉鲩鱼片冻藏品质的影响，对脆肉鲩鱼片冻藏过程中的Ca²⁺-ATPase活力进行了研究。由于熟鱼片是经过蒸煮冻结后进行冻藏的，Ca²⁺-ATPase已经在蒸煮过程中被钝化而失活；因此熟鱼片组的Ca²⁺-ATPase活力没有测出。从图4可以看出，冻藏120 d后，生鱼片和对照组的Ca²⁺-ATPase活力分别降低19.70%和21.56%；冻藏180 d后，生鱼片和对照组Ca²⁺-ATPase活力降低加快，与贮藏初始相比分别降低29.19%和34.96%，结果说明经过紫苏水提液浸泡后的脆肉鲩鱼片Ca²⁺-ATPase活性维持

得更好。在冻藏过程中,肌球蛋白头部的构象发生变化及聚合使 Ca^{2+} -ATPase活力下降^[9,29],最终使肌原纤维蛋白的完整性被破坏,盐溶性蛋白溶解性下降,蛋白质冷冻变性加剧。在冻藏过程中,生鱼片组的 Ca^{2+} -ATPase活力均高于对照组,进一步证明了紫苏水提取物有利于保持肌球蛋白头部的构象稳定性,从而维持冻藏过程中 Ca^{2+} -ATPase的活力,使脆肉鲩鱼片冷冻变性减缓,从而保持脆肉鲩鱼片的特殊脆性。

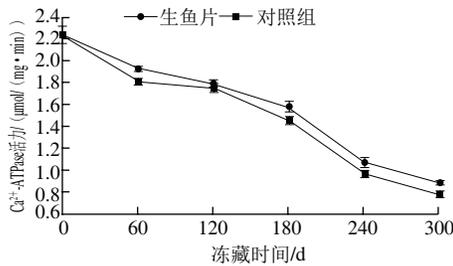


图4 不同处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程 Ca^{2+} -ATPase活力的影响

Fig. 4 Effects of different treatments on Ca^{2+} -ATPase activity of crisp grass carp fillets during frozen storage

2.6 不同处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程中TBA值的影响

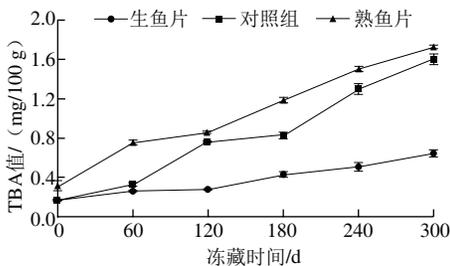


图5 不同处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程TBA值的影响

Fig. 5 Effects of different treatments on TBA value of crisp grass carp fillets during frozen storage

脂肪氧化是水产品冻藏过程中经常发生的化学变化,脂肪氧化过程产生的酮类、醛类、醇类和酸类等物质使水产品的风味发生变化,严重影响鱼肉的品质,同时促进了蛋白质的氧化并使其进一步变性^[30]。由图5可以看出,随着冻藏时间的延长,所有组鱼片的TBA值呈上升趋势,且熟鱼片组在整个冻藏过程中TBA值最高,冻藏240 d后,熟鱼片组的TBA值分别比生鱼片组和对照组高0.995 mg/100 g和0.205 mg/100 g。对于熟脆肉鲩鱼片,蒸煮处理使鱼片中的脂肪发生氧化,氧化产物丙二醛含量增加^[31],因此鱼片在冻藏过程中进一步氧化。冻藏300 d后,生鱼片组(0.643 mg/100 g)和对照组(1.599 mg/100 g)的TBA值分别是初始(0.167 mg/100 g)的3.85倍和9.57倍,且生鱼片的TBA值均低于对照组,说明紫苏水提取物能有效抑制脆肉鲩鱼片在贮藏期间的脂质氧化。紫苏水提取物中的迷迭香酸可

通过提高抗氧化酶活性清除自由基,从而减少氧化脂质的生成^[32]。可以得出,经过紫苏水提取物处理的生鱼片,在整个冻藏过程中丙二醛的生成速度比较缓慢,而没经过紫苏水提取物处理的对照组,丙二醛的生成速度很快,进一步说明了紫苏水提取物可以降低脂质二级氧化产物的生成,抑制冻藏过程中脂肪氧化。

冻藏过程中脂肪氧化产生的自由基、氢过氧化物和次级代谢产物(如丙二醛)可与蛋白质结合,使蛋白质的结构发生变化而变性^[30],从而使盐溶性蛋白的含量降低^[33]。没经过紫苏水提取物处理的脆肉鲩鱼片的盐溶性蛋白含量和 Ca^{2+} -ATPase活力均比经过紫苏水提取物处理的生鱼片低,进一步证明了脂肪氧化产物的生成可降低肌肉盐溶性蛋白的含量,从而使蛋白质变性程度严重。因此,本研究结果进一步证明了紫苏水提取物可以抑制脆肉鲩鱼片冻藏过程脂肪氧化,从而减缓脆肉鲩蛋白的冷冻变性。

2.7 不同处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程中TVB-N含量的影响

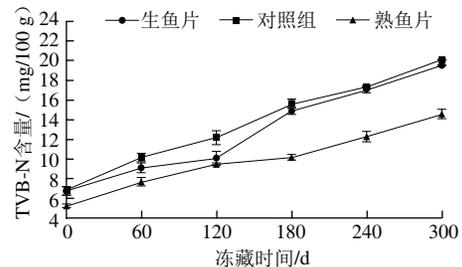


图6 不同处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程TVB-N含量的影响

Fig. 6 Effects of different treatments on TVB-N content of crisp grass carp fillets during frozen storage

TVB-N是食品中的蛋白质在内源酶或细菌的作用下分解成氨类等碱性含氮挥发性物质^[34],其含量是衡量动物性食品新鲜度的一个重要指标^[35]。从图6可知,3组脆肉鲩鱼片的TVB-N含量随冻藏时间延长呈现上升趋势,但熟脆肉鲩鱼片增长速度最慢。在冻藏120 d时,熟鱼片的TVB-N含量分别比生鱼片和对照组的低5.85%和22.07%;冻藏300 d时,熟鱼片的TVB-N含量分别比生鱼片和对照组低25.58%和27.43%。通过蒸煮5 min后,脆肉鲩肌肉细胞的内源酶已经被钝化或失活,导致蛋白质被内源酶分解而产生的氨类等碱性含氮挥发性物质含量相应减少;因此,熟脆肉鲩鱼片在冻藏过程中TVB-N含量总体较低。冻藏300 d后的熟脆肉鲩鱼片的TVB-N含量仍未超过GB 2733—2015《食品安全国家标准 鲜、冻动物性水产品》限量标准(20 mg/100 g),说明蒸煮不但有利于脆肉鲩冻藏过程中质构特性的保持,还有利于卫生品质的保持。

与新鲜鱼相比,冻藏120 d后的生鱼片组的TVB-N含量由6.786 mg/100 g增长到10.081 mg/100 g,增长

了48.56%，对照组前120 d增长了79.49%，该阶段TVB-N含量的增长主要由内源酶的作用决定；冻藏300 d时，生鱼片组TVB-N含量与新鲜鱼相比明显增加，达到19.578 mg/100 g，仍未超过GB 2733—2015规定的限量标准。对照组冻藏300 d后TVB-N含量达到20.078 mg/100 g，超过GB 2733—2015规定的限量。在冻藏的后期，微生物增长很可能处于稳定期，蛋白质分解速率加快，从而使TVB-N含量增长加快。因此，对于脆肉鲩鱼片来说，紫苏水提取物对冻藏过程中的鱼片有一定的抑菌作用，这与有研究发现紫苏水提取物对食品中常见的污染菌具有广谱高效的抗菌活性的结论^[36]相符。

2.8 不同处理对脆肉鲩鱼片冻藏过程中感官品质的影响

脆肉鲩特殊脆性是人体口腔中的综合感觉，而感官评定具有简单、易操作、直观等特点，是最能直接反映食品品质的方法。因此，为了进一步研究冻藏过程中脆肉鲩品质的变化，采用感官评价对冻藏过程中脆肉鲩品质变化做进一步的研究。

表3 不同处理方式对脆肉鲩鱼片冻藏过程感官评分的影响
Table 3 Effects of different treatments on sensory evaluation of crisp grass carp fillets during frozen storage

项目	组别	贮藏时间/d					
		0	60	120	180	240	300
色泽	生鱼片	3.50±0.25 ^a	3.50±0.29 ^a	3.25±0.25 ^{ab}	2.75±0.25 ^{bc}	2.50±0.29 ^c	2.50±0.29 ^c
	熟鱼片	3.50±0.29 ^a	3.25±0.25 ^{ab}	3.00±0.25 ^{bc}	2.25±0.25 ^{bc}	2.25±0.25 ^{bc}	2.00±0.41 ^f
	对照组	3.75±0.29 ^a	3.00±0.41 ^{ab}	2.75±0.25 ^{bc}	2.00±0.41 ^{cd}	1.75±0.25 ^{cd}	1.50±0.29 ^d
质地、口感	生鱼片	3.75±0.25 ^a	3.50±0.29 ^{ab}	3.25±0.25 ^{bc}	2.75±0.25 ^{bc}	2.50±0.50 ^{bc}	2.00±0.41 ^f
	熟鱼片	3.75±0.25 ^a	3.50±0.29 ^{ab}	3.25±0.25 ^{bc}	3.00±0.41 ^{bc}	2.75±0.48 ^{bc}	2.50±0.29 ^d
	对照组	3.75±0.25 ^a	3.25±0.48 ^{ab}	2.75±0.63 ^{bc}	2.25±0.25 ^{bc}	2.00±0.41 ^{bc}	1.75±0.48 ^e
汤汁浑浊度	生鱼片	3.00±0.41 ^a	2.75±0.48 ^{ab}	2.50±0.29 ^{bc}	2.00±0.41 ^{bc}	1.75±0.25 ^{cd}	1.50±0.29 ^d
	熟鱼片	3.50±0.29 ^a	3.25±0.48 ^{ab}	2.75±0.25 ^{bc}	2.25±0.48 ^{bc}	2.00±0.41 ^c	1.75±0.25 ^d
	对照组	3.00±0.41 ^a	2.75±0.48 ^{ab}	2.25±0.25 ^{bc}	2.00±0.41 ^{bc}	1.75±0.48 ^{bc}	1.50±0.29 ^d

由表3可知，随冻藏时间延长，各组脆肉鲩鱼片各项指标的感官评分均呈下降趋势。生鱼片色泽下降较为缓慢，熟鱼片的脂肪氧化比生鱼片组和对照组严重，而脂肪氧化会导致颜色发黄等变化，由此也使熟鱼片在冻藏过程中颜色逐渐变黄；同时由于熟鱼片和生鱼片组均有紫苏水提取物处理，而紫苏水提取物具有一定的抗氧化作用，从而使这两组鱼片在冻藏过程中维持着较好的色泽。对照组的鱼片由于浸泡腌制时未添加紫苏水提取物，所以其颜色较好，呈乳白色，但冻藏过程颜色下降比较严重，冻藏60 d时色泽评分为3.00，且从60 d后色泽评分一直低于熟鱼片组和生鱼片组。

3组鱼片冻藏初期质地和口感保持一致，但随着贮藏时间的延长，熟鱼片弹性保持较好，180 d后，熟鱼片质地和口感评分一直高于生鱼片和对照组；冻藏末期，生鱼片、熟鱼片和对照组质地和口感评分分别为2.00、2.50和1.75，主要原因是生鱼片和对照组水分含量高，在

内源性酶和外源微生物作用下，鱼片组织结构变得松散，加热后其弹性和咀嚼性均不及熟鱼片，这与2.3节质构分析结果相符。熟鱼片的汤汁浑浊度高于生鱼片组和对照组，而生鱼片组和对照组鱼片的汤汁浑浊度差异不大。

结合色泽、质地和口感的结果来看，经过蒸煮和紫苏水提液处理的脆肉鲩鱼片品质更好，进一步证明了蒸煮和紫苏水提液处理更有利于冻藏过程中脆肉鲩品质的维持。

3 结论

经过紫苏水提液处理及蒸煮联合处理的熟鱼片组在冻藏过程中一直维持较高的硬度、弹性和咀嚼性；由于蒸煮处理使鱼片水分损失并且蛋白质发生热变性和热凝固，在冻藏过程中熟鱼片组的持水力、盐溶性蛋白含量和Ca²⁺-ATPase活力均较低，脂肪氧化程度较高，但TVB-N含量较低，感官评分较高。对于生鱼片，经过紫苏水提液处理的生鱼片组的TBA值、TVB-N含量均低于对照组，感官评分比对照组高。综上，蒸煮处理和紫苏水提液处理更有利于冻藏过程中脆肉鲩品质的维持，而且紫苏水提取物能够有效抑制冻藏期间调理脆肉鲩鱼片品质的变化，延长脆肉鲩鱼片的货架期。

参考文献:

- [1] 伍芳芳, 林婉玲, 李来好, 等. 草鱼脆化过程中肌肉品质变化[J]. 南方水产科学, 2014, 10(4): 70-77. DOI:10.3969/j.issn.2095-0780.2014.04.012.
- [2] 励建荣, 马永钧. 中国水产品加工业的现状与发展[J]. 食品科技, 2008, 33(1): 1-4. DOI:10.3969/j.issn.1005-9989.2008.01.001.
- [3] ZHANG J J, YAN Q P, JI R X, et al. Isolation and characterization of a hepcidin peptide from the head kidney of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*[J]. Fish and Shellfish Immunology, 2009, 26(6): 864-870. DOI:10.1016/j.fsi.2009.03.014.
- [4] 胡亚芹, 胡庆兰, 杨水兵, 等. 不同冻结方式对带鱼品质影响的研究[J]. 现代食品科技, 2014, 30(2): 23-30. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.02.020.
- [5] 韩光赫, 陈斌, 曾庆孝, 等. 乙醇、丙二醇、氯化钠与水构成载冷剂溶液的热扩散系数与Pr数[J]. 现代食品科技, 2010, 26(9): 917-920. DOI:10.3969/j.issn.1673-9078.2010.09.002.
- [6] 邓敏, 朱志伟. 不同冻结方式对草鱼块品质特性的影响[J]. 现代食品科技, 2013, 29(1): 55-58; 76. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2013.01.039.
- [7] 林婉玲, 杨贤庆, 李来好, 等. 浸渍冻结对调理草鱼冻藏过程中肌原纤维蛋白特性的影响[J]. 南方水产科学, 2016, 12(3): 67-73. DOI:10.3969/j.issn.2095-0780.2016.03.009.
- [8] 马晓斌. 浸渍冻结对脆肉鲩品质影响的研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2015: 4.
- [9] 荣建华, 甘承露, 丁玉琴, 等. 低温贮藏对脆肉鲩鱼肉肌球蛋白特性的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 273-276.
- [10] LIN W L, YANG X Q, LI L H, et al. Effect of ultrastructure on changes of textural characteristics between crisp grass carp (*Ctenopharyngodon Idellus* C. et V) and grass carp (*Ctenopharyngodon Idellus*) inducing heating treatment[J]. Journal of Food Science, 2016, 81(2): E404-E411. DOI:10.1111/1750-3841.13189.

- [11] 周伟, 羊欢欢, 黄苏红, 等. 紫苏提取物对鲢鱼鱼柳的抗菌和抗脂质氧化作用研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(1): 41-49.
- [12] 丁莫, 林婉玲, 李来好, 等. 紫苏叶水提取物对调理脆肉鲩鱼片冷藏过程中品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(23): 250-255. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.23.046.
- [13] 常通, 田超, 王虹. 对两种紫苏叶提取物抗氧化能力的研究分析[J]. 山东化工, 2016, 45(21): 7-9. DOI:10.3969/j.issn.1008-021X.2016.21.004.
- [14] 林婉玲, 杨贤庆, 宋莹, 等. 浸渍冻结对调理草鱼块冻藏过程中品质的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(10): 80-87. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.10.015.
- [15] 程琳丽, 马海霞, 李来好. 几种保水剂对冻罗非鱼片的保水效果[J]. 广东农业科学, 2014, 41(7): 101-105. DOI:10.3969/j.issn.1004-874X.2014.07.027.
- [16] 杨少玲, 戚勃, 李来好, 等. 脆肉鲩鱼肉硬度特性测定方法的优化[J]. 食品工业科技, 2014, 35(2): 97-99. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.02.076.
- [17] 倪明龙, 朱志伟, 曾庆孝. 直接浸渍冻结草鱼块冻藏过程中品质变化研究[J]. 食品科学, 2010, 31(20): 448-452.
- [18] 吴燕燕, 游刚, 李来好, 等. 无磷品质改良剂对阿根廷鲑鱼冷冻变性的影响[J]. 南方水产科学, 2013, 9(5): 19-24. DOI:10.3969/j.issn.2095-0780.2013.05.004.
- [19] 武华, 阴晓菲, 罗永康, 等. 腌制鲮鱼片在冷藏过程中品质变化规律的研究[J]. 南方水产科学, 2013, 9(4): 69-74. DOI:10.3969/j.issn.2095-0780.2013.04.012.
- [20] 邹明辉, 李来好, 郝淑贤, 等. 凡纳滨对虾虾仁在冻藏过程中品质变化研究[J]. 南方水产科学, 2010, 6(4): 37-42. DOI:10.3969/j.issn.1673-2227.2010.04.007.
- [21] 廖媛媛. 不同冻结方式对大黄鱼品质影响的研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2014: 9.
- [22] 徐靖彤. 蒸煮热处理技术对鲢鱼鱼肉品质的影响研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2016: 6.
- [23] 欧阳杰, 谈佳玉, 沈建, 等. 浸渍冻结大黄鱼贮藏期间品质变化研究[J]. 南方水产科学, 2013, 9(6): 72-77. DOI:10.3969/j.issn.2095-0780.2013.06.012.
- [24] ZHU S, RAMASWAMY H S, SIMPSON B K. Effect of high-pressure versus conventional thawing on color, drip loss and texture of Atlantic salmon frozen by different methods[J]. LWT-Food Science and Technology, 2004, 37(3): 291-299. DOI:10.1016/j.lwt.2003.09.004.
- [25] 兰欣, 汪东风, 徐莹, 等. 食品中酚类成分及其与其它成分相互作用研究进展[J]. 食品与机械, 2012, 28(3): 250-254. DOI:10.3969/j.issn.1003-5788.2012.03.068.
- [26] BOONSUMREJ S, CHAIWANICH SIRI S, TANTRATIAN S, et al. Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80(1): 292-299. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2006.04.059.
- [27] 曾名勇, 黄海, 李八方. 不同冻藏温度对鲈鱼肌肉蛋白质生化特性的影响[J]. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 2003, 33(4): 525-530. DOI:10.3969/j.issn.1672-5174.2003.04.004.
- [28] RAWDKUEN S, JONGJAREONRAK A, PHATCHARAT S, et al. Assessment of protein changes in farmed giant catfish (*Pangasianodon gigas*) muscles during refrigerated storage[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2010, 45(5): 985-994. DOI:10.1111/j.1365-2621.2010.02217.x.
- [29] OKADA T, INOUE N, AKIBA M. Electron microscopic observation and biochemical properties of carp myosin B during frozen storage[J]. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 1986, 52(2): 345-353. DOI:10.2331/suisan.52.345.
- [30] 李鹏鹏, 关志强, 李敏, 等. 水产品冻藏过程中脂肪氧化对蛋白质变性影响的研究进展[C]// 广州: “食品工业新技术与新进展”学术研讨会暨2014年广东省食品学会年会论文集, 2014: 221-225.
- [31] AL-SAGHIR S, THURNER K, WAGNER K H, et al. Effects of different cooking procedures on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52: 5290-5296. DOI:10.1021/jf0495946.
- [32] 姚慧. 紫苏中迷迭香酸的提取及其在肉制品中的应用[D]. 天津: 天津科技大学, 2010: 12.
- [33] DE ABREU D A P, LOSADA P P, MAROTO J, et al. Evaluation of the effectiveness of a new active packaging film containing natural antioxidants (from barley husks) that retard lipid damage in frozen Atlantic salmon (*Salmo solar* L.) [J]. Food Research International, 2010, 43: 1277-1282. DOI:10.1016/j.foodres.2010.03.019.
- [34] GOULAS A E, KONTOMINAS M G. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes[J]. Food Chemistry, 2005, 93(3): 511-520. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.09.040.
- [35] RUIZ-CAPILLAS C, MORAL A. Changes in free amino acids during chilled storage of hake (*Merluccius merluccius* L.) in controlled atmospheres and their use as a quality control index[J]. European Food Research and Technology, 2001, 212(3): 302-307. DOI:10.1007/s002170000232.
- [36] 黄丹, 刘达玉. 紫苏提取物抑菌特性研究[J]. 食品工业, 2007, 28(3): 11-13.