

浸渍冻结对调理草鱼块冻藏过程中品质的影响

林婉玲, 杨贤庆, 宋莹, 胡晓, 李来好, 魏涯, 杨少玲, 郝淑贤, 吴燕燕, 黄卉

(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, 农业部水产品加工重点实验室, 广东广州 510300)

摘要: 本文以质构、pH值、脂肪氧化、蛋白质含量、水分含量、挥发性盐基氮、色泽及感官评价为考察指标, 结合冻结曲线, 研究浸渍冻结和静止空气冻结对调理草鱼块品质特性的影响。结果表明: 采用浸渍冻结和静止空气冻结的调理草鱼块通过最大冰晶生成带的时间分别为 3.0 min 和 19.5 min; 冻藏期间浸渍冻结的调理草鱼块的硬度、弹性和咀嚼性、蛋白质含量和水分含量均高于静止空气冻结的, 但两种冻结方式的鱼块的均显著性下降; pH值、脂肪氧化值、挥发性盐基氮含量和色泽均低于静止空气冻结的, 说明冻藏过程蛋白质逐渐变性, 品质变差。感官评价进一步显示两种冻结方式处理的调理草鱼块的组织、风味、外观和口感四方面有不同程度的下降, 浸渍冻结的调理草鱼块的感官综合评分均比静止空气冻结的高。结果揭示浸渍冻结比静止空气冻结能够更好的保持冻藏过程调理草鱼块的品质。

关键词: 浸渍冷冻; 调理草鱼; 冻藏; 品质

文章编号: 1673-9078(2014)10-80-87

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.10.015

The Effects of Immersion Chilling and Freezing on Prepared Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*) Fillet Quality during the Freezing Process

LIN Wan-ling, YANG Xian-qing, SONG Ying, HU Xiao, LI Lai-hao, WEI Ya, YANG Shao-ling, HAO Shu-xian, WU Yan-yan, HUANG Hui

(South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, National Research and Development Center for Aquatic Product Processing, Key Laboratory of Aquatic Product Processing, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510300, China)

Abstract: In this study, the effects of immersion chilling and freezing (ICF) and static air freezing (SAF) on the quality of prepared grass carp fillets (PGCFs) were examined using texture, pH, lipid oxidation, protein content, water content, total volatile basic nitrogen (TVB-N), color, and sensory evaluation as indices, combined with an examination of the freezing curve. The results indicated that maximum ice crystal formation in PGCFs frozen by ICF and SAF required 3.0 min and 19.5 min, respectively. The hardness, springiness, chewiness, protein content, and water content of PGCFs frozen by both techniques showed significant decreases; however, these variables showed higher values for PGCFs frozen by ICF than for those frozen by SAF. In contrast, pH, lipid oxidation, TVB-N content, and color were lower for PGCFs frozen by ICF than by SAF. These results showed that PGCF proteins denatured and their quality gradually decreased during frozen storage. The results of a sensory evaluation further indicated that the structure, flavor, appearance, and taste of PGCFs frozen by ICF and SAF declined by various degrees. The sensory evaluation scores of PGCFs frozen by ICF were higher than those of PGCFs frozen by SAF. In summary, the quality of PGCFs was better maintained using ICF than SAF during frozen storage.

Key words: immersion chilling and freezing; prepared grass carp; frozen storage; quality

冷冻调理食品是以新鲜蔬菜、畜禽肉类、水产类

收稿日期: 2014-07-02

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAD28B00); 广东省科技计划重点项目(2011A020102005)

作者简介: 林婉玲(1979-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 水产品加工与质量安全

通讯作者: 杨贤庆(1963-), 男, 研究员, 研究方向: 水产品加工与质量安全

为主要原料, 添加适量的调味料或辅料, 运用恰当的工艺方法加工成的速冻食品, 这类食品只需经过简单的加热即可食用^[1]。冷冻调理食品具有食用方便、营养均衡、干净卫生和附加值高等特点, 符合现代人的消费习惯, 具有广阔的市场前景。目前, 冷冻调理食品大部分采用常规的冻结方法, 如风冷冻结法和平板式冻结法, 这两种冻结方法冻结速率相对较慢, 冻结过程中产生的冰晶相对较大, 对调理食品的质量产生

影响,特别是对于水分含量比较高、组织结构容易被破坏的水产类调理食品的影响更大。这类食品容易由于冰晶过大,组织结构被破坏,并且还更容易由此引起蛋白质变性,肉质变差,并且解冻后汁液的流失会使风味改变。因此,如何提高冻结速率,减少冻结技术对调理食品品质的影响,成为亟待解决的问题。

浸渍冷冻(Immersion Chilling and Freezing, ICF)是一种冻结速率快、能耗低、冻结均匀、干耗小的冷冻加工技术^[2]。浸渍冻结的冻结速度很快,其速率是空气冻结的7~10倍^[3]、1.54倍^[4],能大大提高冷冻产品的质量,是一种具有广阔前景的冷冻技术。

草鱼是一种生长快、产量高、价格低的淡水鱼,很受市场欢迎。但是草鱼的加工程度低,主要以鲜活销售为主,深加工产品的种类少。因此,本研究以调理草鱼块的研究对象,采用浸渍冻结和静止空气冻结技术分别对调理草鱼块进行冻结,研究冻藏过程中两种冻结方式对调理草鱼块品质的影响,探讨适合调理草鱼块的冷冻加工技术,为了进一步开拓草鱼的深加工产品、促进草鱼的养殖业的发展提供有利的理论依据。

1 材料与方法

1.1 主要材料与仪器

新鲜草鱼、食盐、白砂糖、生抽、白酒、姜、葱,购于广州华润万家超市;甘草,购于广州老百姓大药房;高氯酸、硼酸磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、邻苯二酚、氯化钾、硫代巴比妥酸、三氯乙酸、EDTA、酒石酸钾、碘化钾等,均为分析纯;总蛋白测定试剂盒,购于南京建成生物工程研究所。

Brookfield QTS-25 质构仪,美国博勒飞科学仪器公司;DC-P3 全自动色差计,北京市兴光测试仪器公司;IKA T50 高速匀浆机,德国艾卡仪器公司;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;PB-10 型精密 pH 计,德国 Sartorius 公司;735-2 温度测量仪,德国德图仪器公司;BCD-196T XZ 冰箱,中国青岛海尔公司。

1.2 实验方法

1.2.1 调理草鱼块的制作

在前期研究的基础,以筛选出最佳的配方和工艺作为本研究中调理草鱼块的浸渍液和工艺^[5]。草鱼调理鱼块最佳的浸渍液配方为:食盐 2 g/100 g、白砂糖 1 g/100 g、生抽 2 mL/100 g、白酒 1 mL/100 g、葱:姜:

甘草(质量比 2:1:1) 36 g/100 g。具体工艺见文献^[5]。

1.2.2 预处理

将浸渍调理后的草鱼块,进行真空包装,分为 A、B 两组。A 组用于浸渍冻结, B 组用于静止空气冻结, A 组经真空包装后置于-40 °C 低温冷冻液中浸渍冻结,至中心温度达到-18 °C 后取出,置于-18 °C 条件下贮藏; B 组经真空包装后直接置于静止空气冻结设备中冻至中心温度为-18 °C,然后置于-18 °C 条件下贮藏。测定前取出解冻后进行测定。

1.2.3 冻结曲线的测定

将温度计探头插入调理草鱼块的中心,温度计探头的另一端与温度测量仪连接,分别记录鱼块在-40 °C 低温冷冻液及静止空气冻结设备中冻结过程的温度。温度测量仪设置选择温度-时间模式,启动后自动连续记录鱼块中心温度,至鱼块中心温度降至-20 °C 时停止记录。

1.2.4 质构的测定

选取鱼背侧靠近头部的肌肉,切成厚 10 mm,长宽均为 20 mm 的小块,采用 P/5 平底圆柱形探头。测定条件如下:测前速度 30 mm/min;测试速度 30 mm/min;测后速度 30 mm/min;压缩程度为 50%;停留间隔 5 s;负重 5 g。每组实验重复 10 次。去除异常值后求平均值。

1.2.5 色泽的测定

测定时,选取鱼背侧靠近头部的肌肉,采用 DC-P3 全自动色差计定量测定颜色,得到 L^* 、 a^* 、 b^* 三个值。每组实验重复 5 次,去除异常值后求平均值。

1.2.6 pH 的测定

称取预处理后的调理草鱼块样品 10 g 左右,加入 90 mL 蒸馏水,均质 30 s,室温下静止 30 min 后,4500 r/min 冷冻离心 10 min,取上清液测其 pH,每个样品做三次平行^[6]。

1.2.7 水分含量的测定

依据 GB 5009.3-2010 中的直接干燥法测定水分。

1.2.8 挥发性盐基氮的测定

称取预处理后的调理草鱼块样品 5 g 左右,剁碎后置于均质杯中,再加入 45 mL 高氯酸溶液,13000 r/min 均质 2 min 后,用滤纸过滤,将所得滤液通过全自动凯氏定氮仪滴定。每个样品做三次平行。

1.2.9 脂肪氧化值的测定

称取预处理后的调理草鱼块样品 10 g 左右,加入 50 mL 7.5% 的三氯乙酸(含 0.1% EDTA),均质 30 s 后震荡 30 min,过滤后取 5 mL 上清液加入 5 mL 0.02 M 的 2-硫代巴比妥酸溶液沸水浴 30 min,冷却至室温,5000 r/min 离心 10 min,取上清液加 5 mL 氯仿摇匀,

静置分层后取上清液在 532 nm、600 nm 处测定吸光度,按公式 1 计算得到调理草鱼块样品的脂肪氧化值。每个样品做三次平行。

$$TBA(mg/100g) = \frac{A_{532} - A_{600}}{155 \times 10} \times 72.61 \times 100 \quad (1)$$

1.2.10 总蛋白的测定

称取预处理后的调理草鱼块样品 10 g 左右,加入 90 mL 的生理盐水,冰水浴条件机械匀浆,2500r/min,离心 10 min,取上清液用生理盐水按 1:9 稀释成 1% 组织匀浆,按蛋白定量测试盒说明书进行测定。

1.2.11 感官评价^[7]

表 1 调理草鱼块(生)感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation criteria for uncooked prepared grass carp fillets

感官指标	标准	分值
外观 (40)	鱼肉完整,无破碎,色泽新鲜白皙有光泽	30~40
	鱼肉较完整,有少量破碎,表面有一定色泽	15~30
	鱼肉破碎,不完整,表面暗淡或发黑	0~15
风味 (30)	具有草鱼腌渍后特有的鱼香味	25~30
	特有的鱼香味清淡,有些许异味	15~25
	鱼香味较淡,有浓重的酸败气味	0~15
组织 (30)	肉质嫩滑紧致,坚实有弹性	25~30
	肉质较坚实,指按后缓慢复原	15~25
	肉质松软,没有弹性,指按后不易复原	0~15
综合评价	肉质细腻紧致、有弹性,香气适中,五味调和	100

表 2 熟调理草鱼块感官评定标准

Table 2 Sensory evaluation criteria for cooked prepared grass carp fillets

感官指标	标准	分值
口感 (40)	肉质嫩滑紧致,口感细腻,有弹性,咸香适中	30~40
	肉质较嫩,较有弹性,咸香味较重	15~30
	肉质偏老,没有弹性,咸香味过重	0~15
风味 (30)	风味香气浓郁,具有草鱼特有的鱼香味	25~30
	香气较浓,略有鱼腥味	15~25
	香气较淡,鱼腥味浓重	0~15
外观 (30)	外观鱼肉完整,无破碎,色泽新鲜白皙	25~30
	鱼肉较完整,有少量破碎,表面有一定色泽	15~25
	鱼肉破碎,不完整,表面暗淡或发黑	0~15
综合评价	肉质细腻紧致、口感嫩滑,香气适中,五味调和	100

生的调理草鱼块的感官评价以外观、风味和组织为检验项目,而蒸制后的调理草鱼块的感官评价标准以口感、风味和外观为检验项目。评价人员根据国标 GB/T16291.1-2012 进行培训,具体的评价指标、方法参见表 1-2。为了避免评价小组成员因各自不同嗜好等因素造成对产品的偏见,对样品及样品顺序采取了

三位数字代码(查阅随机数表)进行盲标。生的感官评价样品在送呈评价员之前置于 4 °C 的条件下,而熟的样品置于 45 °C 的条件下。每次评价由每个评价员单独进行,不互相交流。对于熟的样品,在每个样品评价之间用清水漱口,排除上一个样品对下个样品的影响。

1.3 数据分析与处理

用统计软件 SPSS16.0 对测定数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 两种冻结方式的调理草鱼块冻结曲线

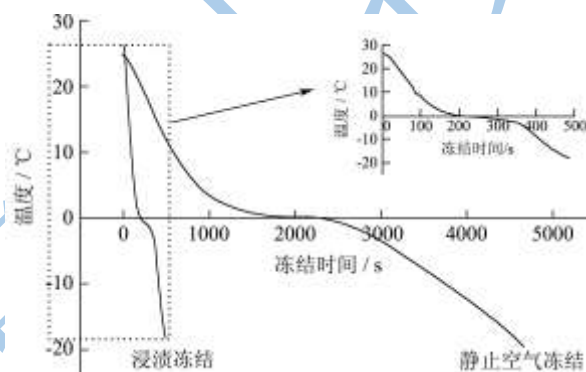


图 1 调理草鱼块冻结曲线

Fig.1 Freezing curves for prepared grass carp fillets

冻结速度是影响鱼肉品质的主要因素之一,冻结速度越快,鱼肉的品质越好。从图 1 中可以看出,浸渍冻结与静止空气冻结的调理草鱼块的冻结速率有较大差别。在鱼块中心温度从 25 °C 冻至 -18 °C 的过程中,浸渍冻结只需 8 min,而静止空气冻结需 75 min。从图 1 中还可以明显看到,浸渍冻结的调理草鱼块通过 0 °C ~ -5 °C 的最大冰晶生成带的时间为 3.0 min,静止空气冻结的鱼块通过最大冰晶生成带的时间为 19.5 min。结果显示,浸渍冻结能使调理草鱼块快速地通过最大冰晶生成带,提高调理草鱼块的冻结速率,对调理草鱼块的品质影响更小。由此,为了进一步研究浸渍冻结对调理草鱼块冻藏过程中品质的影响,本研究对调理草鱼块的理化特性、颜色及感官特性作进一步的研究,探讨浸渍冻结对调理草鱼块冻藏过程中品质的影响。

2.2 质构的变化

质构是肌肉的主要特征之一,是评价鱼肉的品质变化的指标之一。鱼类肌肉质构与肌纤维的微观结构、脂肪、胶原蛋白等内在因素密切相关,同时,鱼体死亡引起的自溶以及微生物的变化也会导致肌肉质构发

生变化,如鱼体变软、弹性降低^[8]。因此,质构可作为冻藏过程中鱼肉质量变化的检验指标之一。

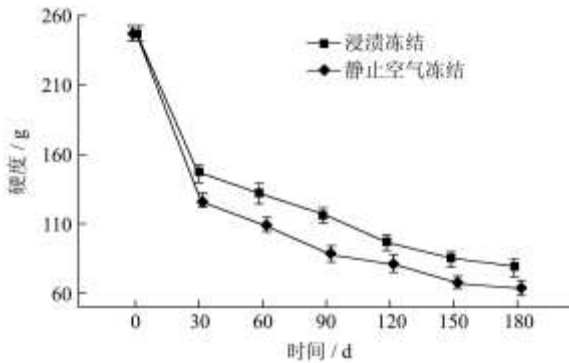


图2 不同冻结方式的调理草鱼块冻藏期间硬度变化

Fig.2 Changes in the hardness of prepared grass carp fillets for each freezing method during frozen storage

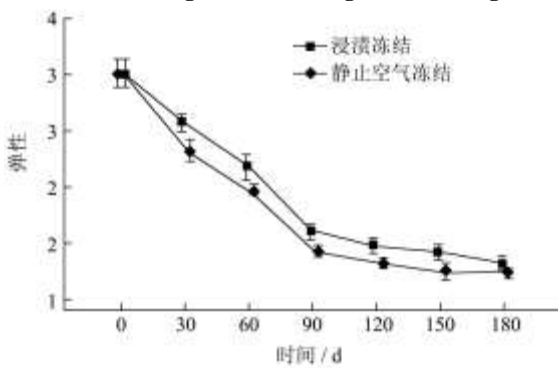


图3 不同冻结方式的调理草鱼块冻藏期间弹性变化

Fig.3 Changes in the springiness of prepared grass carp fillets for each freezing method during frozen storage

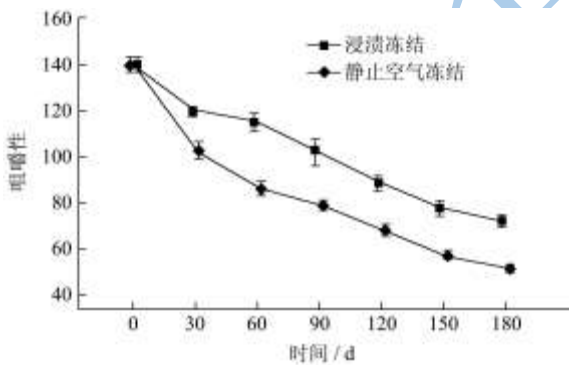


图4 不同冻结方式的调理草鱼块冻藏期间咀嚼性变化

Fig.4 Changes in the chewiness of prepared grass carp fillets for each freezing method during frozen storage

从图2~4中可以看出,随着冻藏时间的增加,两种冻结方式下调理草鱼块的硬度均不断下降,变化趋势基本一致。在贮藏的前30d内,两种冻结方式下的调理草鱼的硬度、弹性和咀嚼性均大幅下降,其中静止空气冻结的草鱼下降幅度更大。硬度、弹性和咀嚼性在贮藏过程中的变化程度却不一致。从图2中可知,30d之后,两种冻结方式的草鱼硬度的下降趋势均有

所减缓,而对于弹性来说,前90d内,两种冻结方式下的调理草鱼的弹性下降趋势较大,在90d到180d内,下降趋势较为平缓。但是,总的来说,浸渍冻结处理的调理草鱼块的硬度、弹性和咀嚼性均大于静止空气冻结的调理草鱼块。这主要与冻结速度有关。从图1可知,采用浸渍冻结的调理鱼块的中心温度从25℃冻至-18℃所用的时间只有静止空气冻结的10.6%,通过最大冰晶生成带的时间大大缩短,形成的冰晶更小,对鱼肌肉的损伤也更小。有研究表明,冻藏过程中鱼肉硬度下降主要是由于冻结过程中冰晶的形成使鱼肉肌原纤维变形,严重时会导致鱼块肌肉断裂并对细胞造成机械损伤^[9]。同时,肌原纤维蛋白是使鱼肉具有弹性的主要成分,而冻藏过程会引起鱼肉蛋白质的冷冻变性,肌原纤维蛋白在蛋白酶和微生物的作用下发生不断的降解,肌原纤维蛋白结构疏松,凝胶强度下降,弹性下降,而咀嚼性是一项综合评价参数,它是肌肉细胞间凝聚力、肌肉硬度、弹性等综合作用的结果。由于浸渍冻结的速率快,形成的冰晶小,对肌纤维的破坏程度较低,对细胞的损伤更小,使冻藏过程中的蛋白质变性程度减弱,从而使经过浸渍冻结的调理草鱼块的硬度、弹性及咀嚼性均比经过静止空气冻结的高。

2.3 pH 的变化

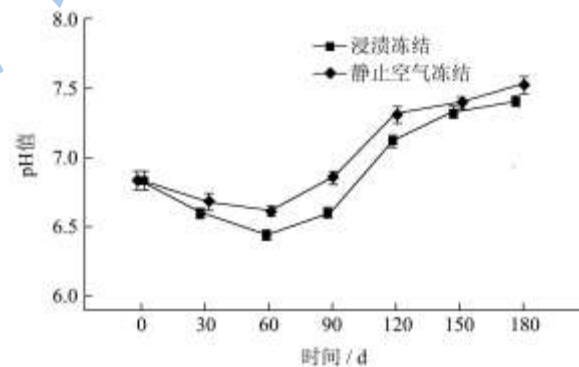


图5 不同冻结方式的调理草鱼块冻藏期间 pH 值变化

Fig.5 Changes in the pH values of prepared grass carp fillets for each freezing method during frozen storage

pH与鱼类品质密切相关,可反映鱼肉的品质。有研究证明冻藏初期鱼肉pH出现轻微的下降低主要是由于大气中的二氧化碳溶解于鱼肉组织中、鱼肉中糖原的分解产生乳酸以及脂肪水解产生的游离脂肪酸所致^[10],而随后pH值的上升主要是由于鱼肉中腐败细菌的分解作用所产生的挥发性胺类物质所致^[11]。由图5可知,随着冻藏时间的增加,两种冻结方式下调理草鱼的pH均呈先下降后上升的趋势。本实验中,新鲜草鱼的pH约为6.78,冻藏前60d,浸渍冻结和静止

空气冻结的调理草鱼块的 pH 分别降至 6.45 和 6.62, 下降幅度较大。可能是由于调理过程中呈酸性的浸渍液渗入到鱼肉组织中, 对鱼肉 pH 的降低起一定作用。在冻藏 60 d 至 180 d 内, 两种冻结方式下调理草鱼的 pH 均逐渐增大, 而浸渍冻结的调理草鱼块的 pH 始终低于静止空气冻结的调理草鱼块的。在冻藏期间, 鱼肌肉体内的蛋白质及氨基酸不断分解成氨、三甲胺、吲哚、组胺等碱性物质, 蛋白质不断降解, 使鱼肌肉的 pH 不断增加, 鱼肉品质下降。但由于浸渍冻结的鱼肌肉蛋白降解相对较慢, 使得其品质保持相对较好, pH 上升较慢。

2.4 脂肪氧化值的变化

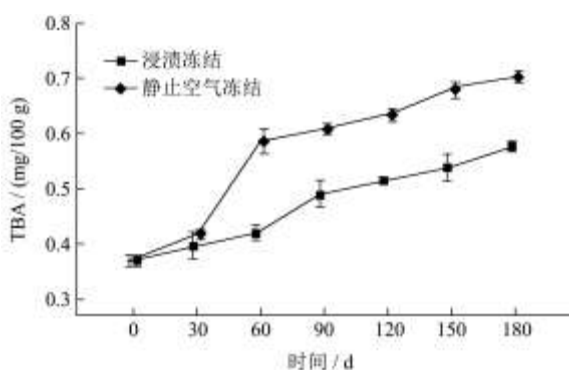


图 6 不同冻结方式的调理草鱼块冻藏期间脂肪氧化值变化
Fig.6 Changes in the lipid oxidation values of prepared grass carp fillets for each freezing method during frozen storage

脂肪氧化是肉类制品冻藏过程经常发生的化学变化, 脂肪氧化的程度会影响鱼肉的品质。从图 6 中可知, 随着冻藏时间的延长, 两种冻结方式的 TBA 值不断增加, 并且经静止空气冻结的调理草鱼块的 TBA 值始终高于浸渍冻结, 结果说明了在冻藏过程中, 浸渍冻结的调理草鱼块的脂肪氧化程度比静止空气冻结的低。在冻藏过程中, 脂肪逐渐发生氧化和水解, 而这些产物与蛋白质相互作用加剧蛋白质的变性从而使肌肉的质构发生改变^[2]。对于浸渍冻结的调理草鱼块来说, 脂肪氧化程度相对于静止空气冻结鱼块的低, 脂肪氧化产物相对少, 与蛋白质的相互作用减弱, 从而肌肉的质构特性保持较好 (见图 2~4)。

2.5 水分含量的变化

水分含量是衡量冻藏食品质量的重要指标, 是冻藏食品物料品质下降的重要原因之一。由图 7 可知, 随着冻藏时间的延长, 两种冻结方式下的调理草鱼块的水分含量均不断减少, 其中浸渍冻结、静止空气冻结的调理草鱼块的水分含量分别比新鲜鱼肉降低了 12.95%、15.24%, 但浸渍冻结的调理草鱼块的水分含

量始终高于静止空气冻结的。主要是由于浸渍冻结速度快, 冻结过程中鱼肉组织内部形成的冰晶小且分布更均匀, 解冻后的水分含量更高, 初步反映了浸渍冻结的鱼肉中蛋白质的变性程度较低。

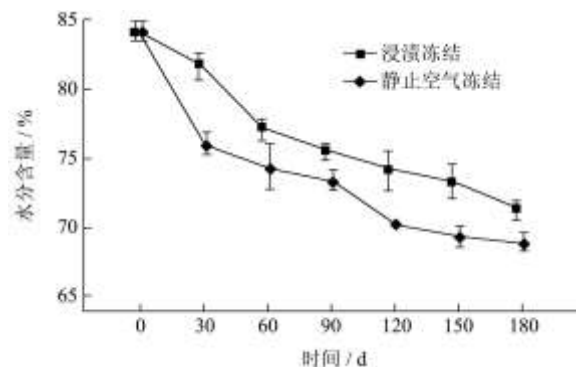


图 7 不同冻结方式的调理草鱼块冻藏期间水分含量变化
Fig.7 Changes in the water content of prepared grass carp fillets for each freezing method during frozen storage

2.6 蛋白质溶解性的变化

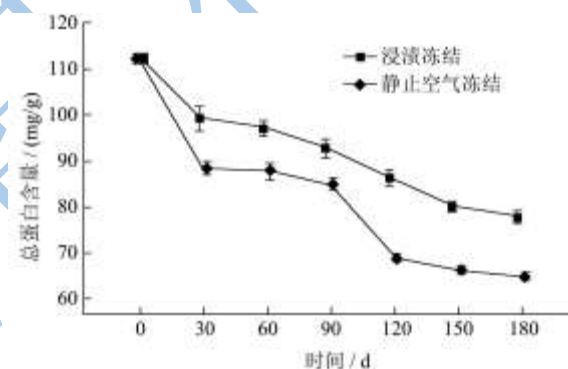


图 8 不同冻结方式的调理草鱼块冻藏期间蛋白质含量变化
Fig.8 Changes in the protein content of prepared grass carp fillets for each freezing method during frozen storage

在冻藏过程中, 冰晶的生成和失水使肌肉组织中的盐浓度增加及 pH 值发生变化, 而盐浓度的增加和 pH 值的变化会使肌肉蛋白质变性, 蛋白质的持水力下降。前面研究已经证明了浸渍冻结有利于减少调理草鱼块的 pH 变化、脂肪氧化和保持水分含量。为了进一步研究浸渍冻结对调理草鱼块蛋白质变性的影响, 在本研究中考察了蛋白质含量的变化。由图 8 可知, 冻藏期间两种冻结方式的调理草鱼块的蛋白含量均不断增加降低, 而静止空气冻结的调理草鱼块的蛋白含量始终低于浸渍冻结, 新鲜草鱼的蛋白含量约为 112 mg/g, 冻藏 180 d 浸渍冻结的调理草鱼块的总蛋白含量约为 77.8 mg/g, 而静止空气冻结的调理草鱼块的蛋白含量仅为 64.8 mg/g。蛋白质溶解性的大小是肌肉蛋白质在冻藏过程中冷冻变性程度大小的指标之一, 在冻藏过程中蛋白质溶解性越小说明蛋白质的变性程度

越大。在鱼肌肉的冻藏过程中，蛋白质中的结合水和自由水同时结冰，使蛋白质的立体结构发生变化，另外由于水的结晶使肌肉的盐类被浓缩而导致肌肉蛋白结构发生部分改变，同时肌肉细胞外生成的冰晶对肌肉组织造成破坏，从而使肌肉中的蛋白质结构发生改变而变性，蛋白质的水化程度降低。由于浸渍冻结技术的冻结速率大大提高，形成的冰晶较小，对肌肉组织破坏较轻，从而能更有效抑制调理草鱼块在冻藏期间的蛋白变性。

2.7 挥发性盐基氮的变化

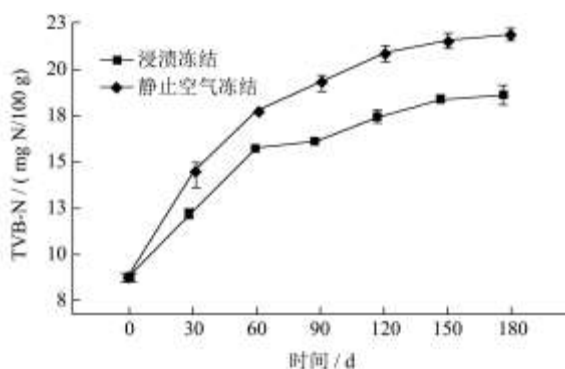


图9 不同冻结方式的调理草鱼块冻藏期间挥发性盐基氮含量变化

Fig.9 Changes in the TVB-N content of prepared grass carp fillets for each freezing method during frozen storage

为了进一步研究浸渍冻结对冻藏过程中调理草鱼的鲜度影响，本研究选取挥发性盐基氮作为鲜度变化的主要研究指标。挥发性盐基氮(TVB-N)是指动物性食品在肌肉中的内源酶或细菌的作用下,其中的蛋白质分解而产生的氨、胺类等碱性含氮挥发性物质^[13]，是国际上通用的判断水产品肉质鲜度的重要指标。根据当前针对典型淡水鱼种食品卫生标准（GB2733-2005）的规定，供人们食用的TVB-N值的限制水平是20 mg/100 g。由图9可知，冻藏期间两种冻结方式的调理草鱼块的TVB-N值不断增加，而浸渍冻结的调理草鱼块的TVB-N值始终低于静止空气冻结的，浸渍冻结的调理草鱼块的TVB-N值在冻藏180d后为18.59 mg/100 g，而静止空气冻结的调理草鱼块的TVB-N值在冻藏120d后已达到20.83 mg/100 g，180 d后为21.84 mg/100 g。这是由于浸渍冻结的冻结速度较快，降低了鱼肉体内的蛋白质分解速度，另一方面，浸渍冻结形成冰晶小，对鱼肉组织细胞的破坏较小，更有利于保持调理草鱼块的品质，因此经浸渍冻结的调理草鱼块在冻藏期间具有较低的TVB-N值，说明了浸渍冻结更有利于调理草鱼块的保藏。

2.8 色泽的变化

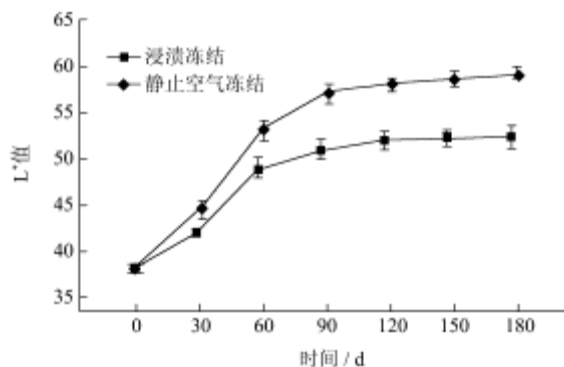


图10 不同冻结方式的调理草鱼块冻藏期间L*值变化

Fig.10 Changes in the L* value of prepared grass carp fillets for each freezing method during frozen storage

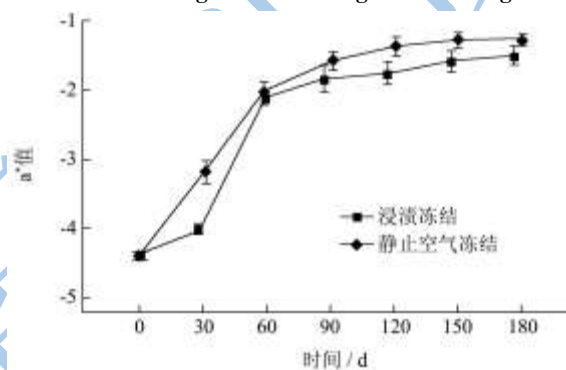


图11 不同冻结方式的调理草鱼块冻藏期间a*值变化

Fig.11 Changes in the a* value of prepared grass carp fillets for each freezing method during frozen storage

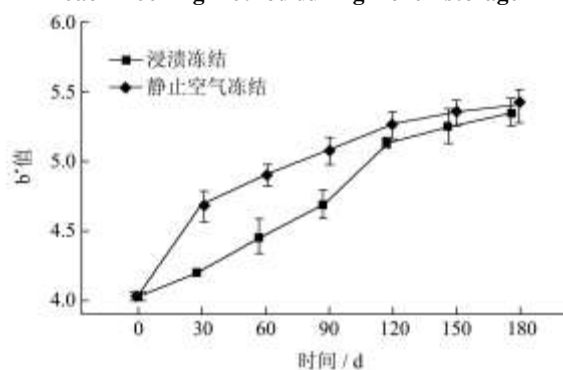


图12 不同冻结方式的调理草鱼块冻藏期间b*值变化

Fig.12 Changes in the b* value of prepared grass carp fillets for each freezing method during frozen storage

鱼肉的色泽是影响鱼肉食品可接受性的一个重要参数，也是鱼肉品质变化的间接指标。由图10-12可知，随着贮藏时间的增加，两种冻结方式下调理草鱼的L*、a*、b*均呈上升趋势，其中经静止空气冻结的调理草鱼块的L*、a*、b*的值均始终高于经浸渍冻结的调理草鱼块。L*值逐渐增大，可能是调理草鱼块中肌红蛋白被降解，使得肉色发白。a*值与b*值逐渐增

大,这与冻藏过程中鱼肉脂肪氧化有关^[4]。随着贮藏时间的延长,鱼肉脂肪氧化程度不断提高,氧化产生的羰基化合物(如醛和酮)逐渐增多,这些化合物能够与游离氨基酸或肽发生非酶促褐变反应,从而导致了鱼肉色泽的变化^[9]。

2.9 感官指标的变化

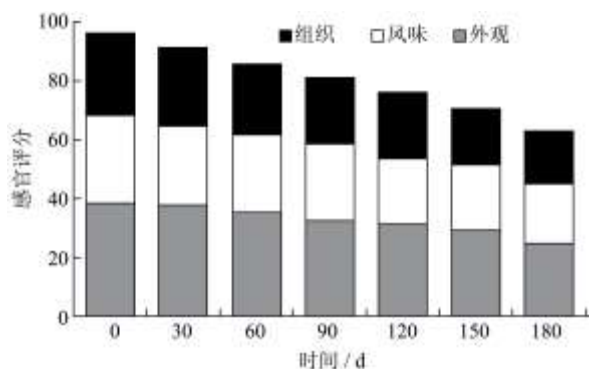


图 13 浸渍冻结调理草鱼块(生)冻藏期间感官评分变化

Fig.13 Changes in the sensory evaluation results of uncooked prepared grass carp fillets subjected to ICF during frozen storage

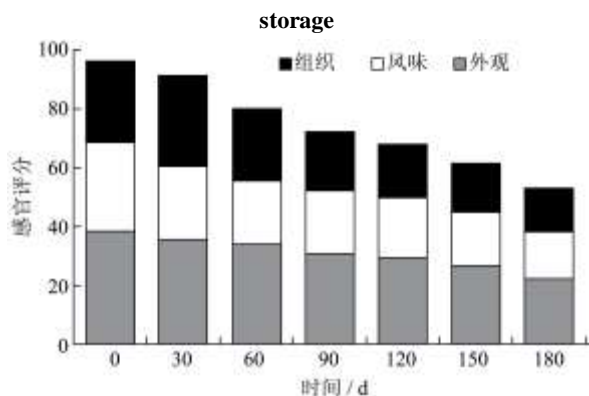


图 14 静止空气冻结调理草鱼块(生)冻藏期间感官评分变化

Fig.14 Changes in the sensory evaluation results of uncooked prepared grass carp fillets subjected to static air freezing during frozen storage

感官评价是鱼肉品质的最终表现,是进一步反映食品品质的指标。前面结果已经证明了浸渍冻结更有利于调理草鱼块冻藏过程中质量的保持。因此,为了进一步验证浸渍冻结对调理草鱼块冻藏过程质量的影响,本研究采用感官评定法对生、熟调理草鱼块的品质进行了评定。由图 13~14 可知,冻藏期间静止空气冻结的调理草鱼块(生)的感官评分始终低于浸渍冻结的,其中浸渍冻结的调理草鱼块(生)在冻藏前 90 d 内感官总分始终高于 80 分,而静止空气冻结的调理草鱼块(生)在冻藏 60 d 后感官总分已降到 80 分以下,说明冻藏期间两种冻结方式的调理草鱼块(生)的品质均在不断下降,且浸渍冻结比静止空气冻结能

够更好的保持调理草鱼块的品质。对于熟调理草鱼块来说(见图 15~16),冻藏期间静止空气冻结的调理草鱼块(熟)的感官评分也始终低于浸渍冻结,且两种冻结方式的调理草鱼块(熟)感官评分均在 60 d 后降幅增大,其中浸渍冻结的调理草鱼块(熟)在冻藏第 90 d 时感官总分为 80.6 分,而静止空气冻结的调理草鱼块(熟)在冻藏第 90 d 时感官总分已降至 75 分,结果说明,冻藏期间两种冻结方式的调理草鱼块(熟)的品质均在不断下降,但浸渍冻结比静止空气冻结能够更好的保持调理草鱼块的品质。

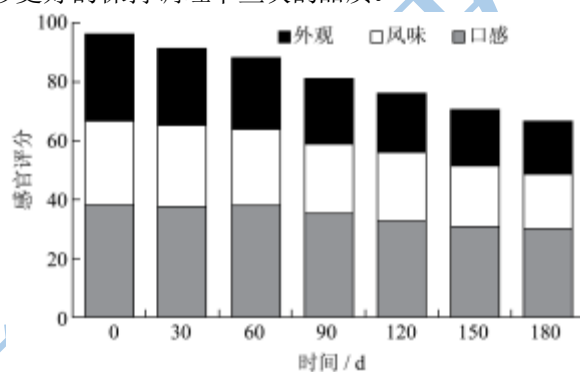


图 15 浸渍冻结调理草鱼块(熟)冻藏期间感官评分变化

Fig.15 Changes in the sensory evaluation results of cooked prepared grass carp fillets subjected to ICF during frozen storage

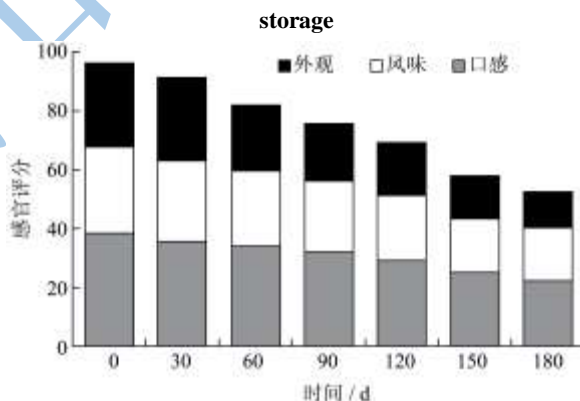


图 16 静止空气冻结调理草鱼块(熟)冻藏期间感官评分变化

Fig.16 Changes of sensory evaluation of cooked prepared grass carp fillets with air freezing during frozen storage

3 结论

3.1 调理草鱼块是一种经过前处理,解冻后热处理即可食用的食品。在调理草鱼块的冻结过程中,鱼块中心温度从 25 °C 降至 -18 °C 的过程中,浸渍冻结只需 8 min,而静止空气冻结需 75 min,并且通过最大冰晶生成带的时间分别为 3.0 min 和 19.5 min。

3.2 在 -18 °C 的冻藏过程中,两种冻结方式下的调理草鱼的硬度、弹性和咀嚼性均大幅下降,但浸渍冻结的草鱼块的质构指标保持得比静止空气冻结的好。采

用浸渍冻结的调理草鱼块的 pH 值及脂肪氧化程度均低于静止空气冻结的, 蛋白质含量和水分含量均比静止空气冻结的高, 并且两种冻结方式之间的含量具有显著性差异 ($p < 0.05$), 其中脂肪氧化程度随着冻藏时间的延长而显著增加, 水分含量和蛋白质含量随着贮藏时间的延长而显著减少, 进一步说明了浸渍冻结更有利减少冻藏过程蛋白质的变性; 挥发性盐基氮含量随着冻藏时间的延长而显著增大, 采用浸渍冻结的调理草鱼块的低于采用静止空气冻结的, 并且 L^* 、 a^* 、 b^* 均呈上升趋势, 其中经静止空气冻结的调理草鱼块的 L^* 、 a^* 、 b^* 的值均始终高于经浸渍冻结的。挥发性盐基氮和色泽的结果说明了浸渍冻结更有利于冻藏过程调理草鱼块的鲜度的保持。感官评定结果进一步说明了两种冻结方式处理的调理草鱼块的组织、风味、外观和口感有不同程度的下降, 浸渍冻结的调理草鱼块的感官综合评分均比静止空气冻结的高, 揭示浸渍冻结比静止空气冻结能够更好的保持调理草鱼块冻藏过程的品质。

参考文献

- [1] 刘兴艳, 陈安均, 蒲彪. 国内外冷冻冷藏预制食品产业现状及发展前景[J]. 食品科学, 2011, 32(15): 323-328
LIU Xing-yan, CHEN An-jun, PU Biao. Market status and prospects of chilled and frozen prepared foods [J]. Food Science, 2011, 32(15): 323-328
- [2] 林婉玲, 曾庆孝, 朱志伟. 直接浸渍冷冻在食品加工中的应用现状与前景[J]. 食品工业科技, 2008, 29(7): 256-260
LIN Wan-ling, ZENG Qing-xiao, ZHU Zhi-wei. Present situation and application prospect of immersion chilling and freezing in food processing [J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 29(7): 256-260
- [3] Fellows P. Freezing in food processing technology: principles and practices [M]. Ellis Horwood: Chichester, 1990: 375-400
- [4] 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
DENG Ming, ZHU Zhi-wei. Effect of different freezing way on the quality characteristics of grass carp cubes [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(1): 55-58, 76
- [5] 杨贤庆, 宋莹, 林婉玲, 等. 草鱼调理食品加工工艺[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(1): 101-106
YANG Xian-qing, Song Ying, LIN Wan-ling, et al. The processing technology of grass carp (*Ctenopharynodon idellus*) [J]. Food and Fermentation Industries, 2014, 40(1): 101-106
- [6] 武华, 阴晓菲, 罗永康, 等. 腌制鳊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
WU Hua, YIN Xiao-hui, LUO Yong-kang, et al. Quality changes of bighead carp (*aristichthys nobilis*) fillets treated with salt during storage at 4 °C [J]. South China Fisheries Science, 2013, 9(4): 69-74
- [7] 侯温甫, 文丽, 王亚楠, 等. 鲜切草鱼片的鲜度变化及微生物生长规律研究[J]. 肉类研究, 2013, 27(3): 5-8
HOU Wen-pu, WEN Li, WANG Ya-nan, et al. Freshness Changes and Microbial Growth in Fresh Grass Carp Fillets during Chilled Storage [J]. Meat Research, 2013, 27(3): 5-8
- [8] Olafsdottir G, Nesvadba P, Di Natale C. Multisensor for fish quality determination [J]. Trends in Food Science & Technology, 2004, 15(2): 86-93
- [9] Rahman M S. State diagram of date flesh using differential scanning calorimetry (DSC) [J]. International Journal of Food Properties, 2004, 7(3): 407-428
- [10] Song Y, Liu L, Shen H. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*) [J]. Food Control, 2011, 22(3): 608-615
- [11] Nakagawa R, Noto H, Yasokawa D, et al. Microbiological and chemical changes during the industrial soft-drying process of Migaki-Nishin herring (*Clupea pallasii*) [J]. Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology, 2007, 54(1): 26-32
- [12] Badii F, Zhdan P, Howell N K. Elucidation of protein aggregation in frozen cod and haddock by transmission electron microscopy/immunocytochemistry, light microscopy and atomic force microscopy [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2004, 84(14): 1919-1928
- [13] 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
- [14] Hernández M D, López M B, Álvarez A, et al. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage [J]. Food Chemistry, 2009, 114(1): 237-245