

鲰鱼微冻和冰藏过程中品质的变化

许艳顺, 曹雪, 蒋晓庆, 姜启兴, 夏文水*

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 为了解冰藏和微冻两种贮藏方式对重要经济鱼类鲰鱼品质的影响, 开发适用的贮藏保鲜技术, 分别对其理化、微生物、质构相关指标进行测定。结果表明: 两种贮藏方式下鲰鱼肉中 pH 变化不显著, 而 TVB-N 含量和微生物数量均呈逐渐上升趋势, 且冰藏条件下增加速度更快。持水力、硬度、弹性均随贮藏时间的延长呈下降趋势, 肌纤维间隙逐渐变大, 且微冻过程中下降速度更快。综合分析, 冰藏和微冻条件下鲰鱼的货架期分别是 13 d 和 19 d, 微冻比冰藏较好延缓鲰鱼生化品质劣变。

关键词: 鲰鱼; 冰藏; 微冻; 品质

中图分类号: TS 254.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2017)02-0143-06

Changes in the Quality of *Leiocassis longirostris* Fillets during Ice and Superchilling Storages

XU Yanshun, CAO Xue, JIANG Xiaoqing, JIANG Qixing, XIA Wenshui*

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: In order to understand the influence of ice-storage and superchilling on the quality of *Leiocassis longirostris* fillets and develop appropriate storage technology, changes in physicochemical, microorganism and texture indexes during storage were investigated. Results indicated that pH value didn't change significantly for two storage methods, whereas the total volatile basic nitrogen (TVB-N) and the microbial population increased gradually with extended storage and superchilling more effectively delayed the changes than ice storage. Water holding capacity (WHC), hardness and springness all declined under both storage conditions and myofiber gaps gradually enlarged in the meantime. Ice storage more effectively slowed down these changes of physical properties. The shelf life of iced and superchilled channel catfish fillets was 13 days and 19 days, respectively, and as a whole superchilling storage could more effectively inhibit biochemical deterioration than ice storage.

Keywords: *Leiocassis longirostris*, ice storage, superchilling, quality

长吻鲢 (*Leiocassis longirostris*), 属鲢形目, 鲢科, 鲢属。俗称鲰鱼, 其肉多刺少, 营养丰富, 易于加

工, 已成为我国一种重要的淡水经济鱼类, 2013 年养殖产量达 2.47×10^8 kg^[1]。但是, 目前我国鲰鱼主要

收稿日期: 2015-03-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(31301508); 苏北富民强县项目(BN2015118)。

作者简介: 许艳顺(1981—), 男, 河南兰考人, 工学博士, 副研究员, 主要从事水产品加工及贮藏研究。E-mail: xuys@jiangnan.edu.cn

* 通信作者: 夏文水(1958—), 男, 江苏高淳人, 教授, 博士研究生导师, 主要从事水产品加工研究。E-mail: Xiaws@jiangnan.edu.cn

引用本文: 许艳顺, 曹雪, 蒋晓庆, 等. 鲰鱼微冻和冰藏过程中品质的变化[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(02): 143-148.

以冷冻鱼片加工出口为主,品种单一,深加工产品少,极易受到国外市场和国际贸易的冲击,因此迫切需要开发鲷鱼贮运保鲜技术和适合国内消费需求的产品,以稳定鲷鱼产业发展和带动渔农增收。

随着社会经济的发展和水平的提高,人们对新鲜、营养、安全、方便的低温调理保鲜水产品的需求日益增加。微冻和冰藏保鲜能有效减缓冻结贮藏导致的蛋白质变性、质构劣化和不良风味的产生,并且其货架期是传统冷藏的1.5~4倍,因而受到国内外研究者的广泛关注^[2-4]。国外研究者对微冻或冰藏保鲜鲭鱼^[5-6]、大西洋鲑鱼片^[7]、海鲷^[8]、阿拉斯加鳕鱼片^[9]等海水鱼类的保鲜效果已开展了大量研究工作,近年来国内研究人员对草鱼^[3]、鲤鱼^[10]、团头鲂^[11]、鳊鱼^[12]、鲈鱼^[13]、罗非鱼^[14]等淡水鱼进行了微冻和冰温保鲜研究。但目前国内外仅对鲷鱼的冻结保鲜进行了研究^[15],对鲷鱼微冻和冰藏保鲜技术研究较少。了解鱼肉在不同低温条件下的物理、化学及微生物指标变化,对控制产品品质和开发适用的贮藏保鲜技术具有重要意义。因此,本文中以pH值、挥发性盐基氮(TVB-N)、微生物以及持水力、质构、组织微观结构等为指标,系统研究鲷鱼片在冰藏和微冻两种贮藏条件下的品质变化规律,旨在为淡水鱼的保鲜利用提供指导。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器设备

鲜活斑点叉尾鲷,质量(2.00±0.25) kg/条,购自无锡市雪浪农贸市场。

TA-XT2i型质构仪,英国Stable Micro Systems公司产品;CR-400型色差仪,日本Konica Minolta公司产品;EL20型pH计,梅特勒-托利多仪器上海有限公司产品;DM2000型生物显微镜,RM2235石蜡切片机,德国Leica microsystems CMS GmbH公司产品;4K-15型高速冷冻离心机,Sigma公司产品;PL2002型电子天平,梅特勒-托利多仪器上海有限公司产品;立式台式杀菌锅,超净工作台,恒温培养箱,恒温干燥箱,上海跃进医疗器械厂产品;塑料薄膜封口机,温州兴业器械设备有限公司产品。

1.2 试验方法

1.2.1 样品处理与贮藏试验 将鲜活鲷鱼宰杀后去头、去内脏,用冷水冲洗干净,沿鱼体侧线取鱼背

肉,并将鱼肉切成均匀大小鱼块(3 cm×3 cm×2 cm),随机分装入袋封口(处理过程控制鱼肉温度不高于10℃)。然后将样品分别置于碎冰冰藏和(-3±0.5)℃冰盐水微冻贮藏,在贮藏过程中定时更换碎冰和冰盐水,以确保贮藏温度控制在预设值。贮藏过程中定期取样进行理化、微生物和质构相关指标分析。

1.2.2 pH值和TVB-N测定 准确称取10.00 g鱼肉,加入90 mL蒸馏水后用均质机进行均质,用pH计直接测定;挥发性盐基氮的测定采用微量扩散法^[16]。

1.2.3 持水力测定 准确称取5.00 g碎肉,用滤纸包裹后放入离心管中,记录滤纸质量 w_1 ,离心管、滤纸和鱼肉的总质量 w_2 ,在4℃、210 g条件下离心15 min。离心结束后取出滤纸,记录离心管和鱼肉总质量 w_3 。每个样品重复3次。持水力按以下公式计算:

$$P=[1-(w_2-w_1-w_3)/(5 \times w)] \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中 w 为鱼肉中的水分质量分数(%),采用105℃干燥法测得; P 为持水力。

1.2.4 微生物测定 无菌取样10 g,加入90 mL无菌水,磨碎后混匀,吸取1 mL上清液,依次进行10倍梯度稀释,选择3个合适的稀释浓度,每个稀释度作3个重复,采用涂布平板法在不同的选择性培养基上培养计数。细菌总数采用PCA培养基,37℃培养48 h;肠道菌采用VRBG琼脂培养基,37℃双层培养24 h;腐败希瓦氏菌采用铁琼脂培养基,30℃下培养48 h。

1.2.5 全质构分析 将鱼肉切成2 cm×2 cm×1 cm的小块,采用TA-XT2i型质构仪测定鲷鱼肉的硬度、弹性、内聚性、粘着性、胶黏性和咀嚼性。测试条件:采用p/35测试探头,下压方向与肌肉纤维的走向垂直,压缩形变50%,触发力5 g(1 g=9.8 mN),测试前速度10 mm/s,测试速度2 mm/s,测后速度10 mm/s。每个样品至少重复5次。

1.2.6 微观组织结构的分析 将鱼肉按横向和纵向切成3 mm×3 mm×2 mm的小块,用体积分数10%甲醛固定48 h,然后经乙醇梯度脱水、浸蜡、冷却、包埋,再用切片机切成10 μm薄片。将薄片置于载玻片上,60℃干燥2 h,再经乙醇脱水、伊红染色、二甲苯透明制成样品,用电子显微镜对鱼肉微观结构进行观察。

1.3 数据处理

所有数据采用Excel作图,采用SPSS软件对数据进行统计分析,用Duncan's多重分析进行组间

显著性检验,显著水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 pH 和 TVB-N

由图 1 可知, 鲢鱼 pH 在冰藏前 5 d 呈现缓慢下降的趋势, 而后缓慢增加。在微冻贮藏过程中鲢鱼 pH 呈现缓慢下降的趋势, 但无论是冰藏和微冻, 鱼肉 pH 在贮藏过程中变化都不显著, 这与草鱼^[3]、鳙鱼^[2]、鲈鱼^[3]等冰藏和微冻过程中 pH 变化趋势相似。

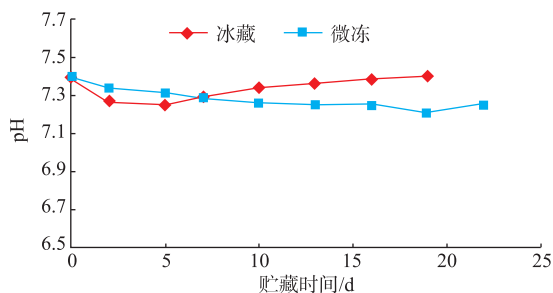


图 1 鲢鱼在冰藏和微冻贮藏过程中 pH 的变化

Fig. 1 Changes in pH of channel catfish fillets during ice and superchilling storage

TVB-N 值是反映鱼肉新鲜度的一个重要指标。如图 2 所示, 微冻和冰藏两种贮藏条件下的鲢鱼肉 TVB-N 值均随贮藏时间的延长而逐渐增加。与微冻相比, 冰藏条件下鱼肉中 TVB-N 显著加快, 在第 7 天达到了 12.4 mg/hg, 接近淡水鱼一级鲜度的标准界限值(13 mg/hg); 在贮藏的第 16 天增至 23.5 mg/hg, 超过淡水鱼二级鲜度的标准界限值(20 mg/hg)。而微冻 13 d 时鱼肉中 TVB-N 达到 12.36 mg/hg, 在 22 d 时达到 18.2 mg/hg, 仍低于二级鲜度的标准值。这主要是由于低温抑制了鱼肉中内源酶活性和微生物的生长代谢, 减缓了对鱼肉蛋白的降解作用^[5]。草鱼片在 -3°C 和 0°C 下贮藏 21 d 时 TVB-N 仍低于 20 mg/hg^[3]。

2.2 微生物

鱼死后体内微生物生长繁殖是引起鱼肉腐败变质的一个主要因素^[17]。由图 3 可以看出, 鲢鱼贮藏初期细菌总数为 4.3 lg(cfu/g), 随着贮藏时间的延长, 微冻及冰藏条件下的细菌总数均呈明显增加趋势, 冰藏 19 d 和微冻 22 d 时均超过 7 lg(cfu/g), 表明微冻贮藏较冰藏能更有效抑制鱼肉中微生物的生长。宋永令等^[10]研究发现团头鲂微冻 46 d 仍未达到 7 lg(cfu/g)。贮藏过程中细菌总数增长趋势可能

与初始细菌数量和处理方式有关。

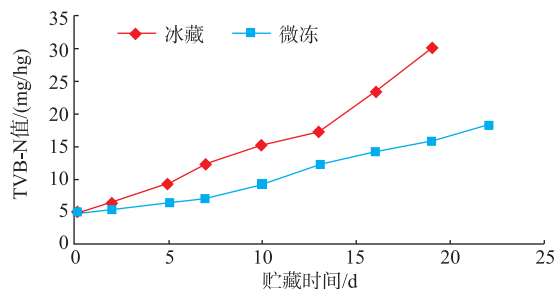
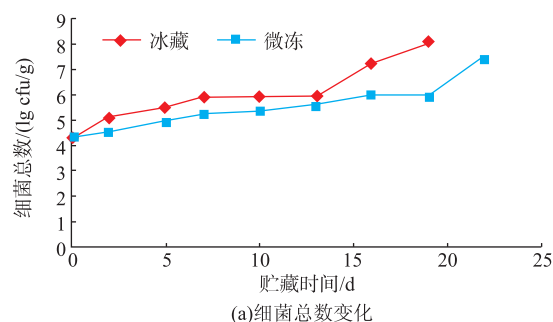
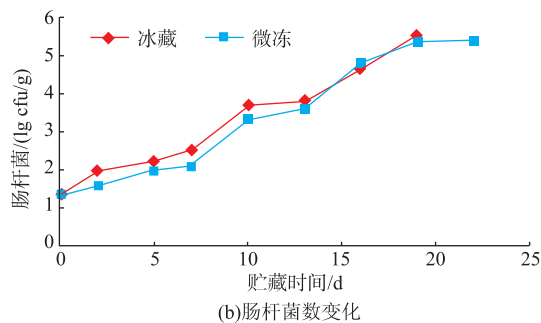


图 2 鲢鱼在冰藏和微冻贮藏过程中 TVB-N 变化

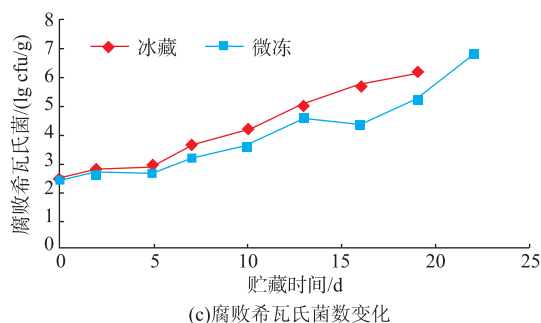
Fig. 2 Changes in TVB-N of channel catfish fillets during ice and superchilling storage



(a) 细菌总数变化



(b) 肠杆菌数变化



(c) 腐败希瓦氏菌数变化

图 3 鲢鱼在冰藏和微冻贮藏过程中微生物变化

Fig. 3 Microbiological changes of channel catfish fillets during the ice and superchilling storage

由图 3 可知, 鲢鱼初始的肠杆菌及腐败希瓦氏菌数量分别为 1.4 lg(cfu/g) 和 2.5 lg(cfu/g), 随着贮

藏时间的延长, 鲮鱼的肠杆菌和腐败希瓦氏菌的数量呈逐渐上升趋势, 其中冰藏条件下增长快于微冻条件下, 其变化趋势与细菌总数趋势基本一致。贮藏终期腐败希瓦氏菌数量显著高于肠杆菌数, 也表明腐败希瓦氏菌对贮藏过程中鱼肉变质起到较大作用。有研究表明, 鲮鱼在冷藏过程中的主要优势腐败菌为 H_2S 菌和假单胞菌, 且微冻贮藏能较显著抑制其生长^[13]。

2.3 持水力

持水性是表征鱼肉品质变化的重要指标之一。肌肉中自由水存在于结缔组织和肌原纤维间的网络结构中, 在贮藏过程中肌肉组织结构发生改变引起鱼肉中的自由水流失^[18]。

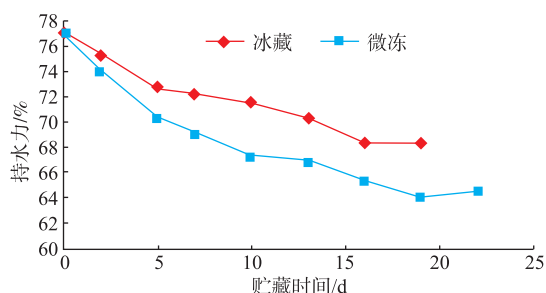


图4 鲮鱼在冰藏和微冻贮藏过程中持水力变化

Fig. 4 Changes in WHC of channel catfish fillets during ice and superchilling storage

图4表明, 在微冻和冰藏两种贮藏条件下, 鲮鱼肉的持水力均随贮藏时间延长而降低, 且微冻条件下降低趋势比冰藏下显著。这与草鱼^[3]、大西洋鲑鱼^[7]、鳕鱼^[19]低温贮藏过程中持水力变化趋势一致。

2.4 全质构

质构特性是评价水产品品质的重要指标。由表

1可知, 冰藏和微冻贮藏期间鲮鱼肉的硬度和弹性都随时间的延长呈下降趋势, 这主要是因为微冻和冰藏过程中并不能完全抑制内源酶以及微生物作用, 鱼肉蛋白在内源酶和微生物作用下发生不同程度的降解, 肌肉细胞骨架和细胞外基质结构破坏, 肌纤维间以及肌纤维与肌隔间发生不同程度的解离, 导致肌肉纤维结构发生不同程度的改变, 鱼片硬度、弹性下降, 质构变软^[7,20]。但尽管微冻条件下内源性蛋白酶和微生物作用较冰藏抑制作用更强, 但微冻条件下硬度和弹性下降较冰藏条件下更快, 冰藏条件下的鲮鱼片质构明显优于微冻鲮鱼片, 这与微冻条件下冰晶对肌肉细胞的机械损伤有关^[2]。

2.5 不同贮藏条件对鲮鱼肉微观组织结构的影响

鲮鱼肉微冻和冰藏条件下横截面和纵切面微观组织结构的变化, 见图5。

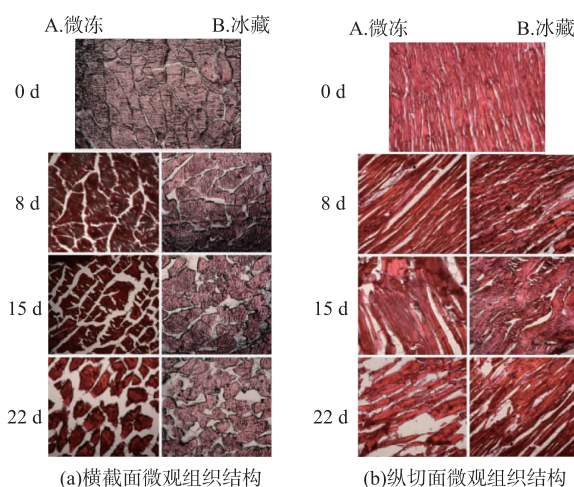


图5 鲮鱼在冰藏和微冻贮藏期过程中微观结构变化

Fig. 5 Changes in the microstructure of channel catfish fillets during ice and superchilling storage

表1 鲮鱼在冰藏和微冻贮藏过程中质构变化

Table 1 Changes in texture properties of channel catfish fillets during ice and superchilling storage

时间/d	冰藏		微冻	
	硬度/g	弹性	硬度/g	弹性
0	7 409.02±436.57 ^a	0.73±0.04 ^a	7 409.02±436.57 ^a	0.73±0.04 ^a
2	6 144.18±321.21 ^b	0.71±0.11 ^{ab}	5 413.09±535.53 ^b	0.64±0.05 ^{ab}
5	5 609.97±230.33 ^{bc}	0.56±0.05 ^{ab}	4 768.55±529.10 ^{bc}	0.61±0.08 ^{bc}
7	5 196.47±602.44 ^{cd}	0.71±0.05 ^{ab}	4 423.09±479.72 ^{cd}	0.58±0.04 ^{bcd}
10	5 118.84±293.89 ^{cd}	0.70±0.14 ^{bc}	4 016.93±705.07 ^{cd}	0.54±0.05 ^{bcd}
13	4 762.36±326.27 ^{de}	0.58±0.03 ^c	4 389.78±159.80 ^{cd}	0.56±0.09 ^{bcd}
16	4 701.21±239.03 ^{de}	0.56±0.05 ^c	3 700.46±143.95 ^{cd}	0.53±0.05 ^{cd}
19	4 431.05±164.65 ^e	0.48±0.02 ^c	3 866.34±785.39 ^d	0.51±0.04 ^{cd}
22	ND	ND	3 710.20±258.68 ^d	0.50±0.06 ^d

注: 字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同; ND 表示没有测定。

可知,两种贮藏条件下鲮鱼肉组织结构的变化趋势相似,随着贮藏时间的延长肌纤维内部间隙逐渐增大,贮藏的第 22 天肌纤维内部出现较大间隙,且肌纤维发生部分断裂,但微冻条件下肌肉组织结构变化较冰藏鱼肉更显著。草鱼片在微冻和冰藏贮藏过程中也出现相似的现象^[3]。与冰藏相比,微冻对肌肉组织结构的损伤更大,这与质构指标变化结果一致。微冻条件下肌肉组织结构的破坏不仅与蛋白质降解有关^[8],部分冰晶的形成也使得肌肉组织结

构产生一定程度的损失^[2,20]。

3 结 语

微冻和冰藏两种贮藏方式对鲮鱼 pH 的影响并不显著。与冰藏相比,微冻能更好地抑制微生物的增长和 TVB-N 的积累,但微冻对鱼肉组织结构影响更显著,冰藏较微冻能更好地保持鱼肉质构品质。根据微生物和 TVB-N 值推测鲮鱼肉在冰藏和微冻条件下的保质期分别为 13 d 和 19 d。

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, 2014.
- [2] KAALE L D, EIKEVIK T M, RUSTAD T, et al. Superchilling of food: A review[J]. *Journal of Food Engineering*, 2011, 107(2): 141-146.
- [3] LIU D S, LIANG L, XIA W S, et al. Biochemical and physical changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillets stored at -3 and 0 degrees C[J]. *Food Chemistry*, 2013, 140(1-2): 105-114.
- [4] ZHANG Min, XIAO Gongnian. Development of the preservation and keeping-alive of aquatic products in the world[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2002, 21(1): 104-105. (in Chinese)
- [5] ORBAN E, NEVIGATO T, DI L G, et al. Total volatile basic nitrogen and trimethylamine nitrogen levels during ice storage of European hake (*Merluccius merluccius*): A seasonal and size differentiation[J]. *Food Chemistry*, 2011, 128(3): 679-682.
- [6] ALFARO B, HERNANDEZ I, BALINO Z L, et al. Quality changes of Atlantic horse mackerel fillets (*Trachurus trachurus*) packed in a modified atmosphere at different storage temperatures[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2013, 93(9): 2179-2187.
- [7] ERIKSON U, MISIMI E, GALLART J L. Superchilling of rested atlantic salmon: different chilling strategies and effects on fish and fillet quality[J]. *Food Chemistry*, 2011, 127(4): 1427-1437.
- [8] AYALA M D, GIL F, VAZQUEZ J M, et al. Structural changes in marinated fillets of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) during vacuum storage at refrigerated temperature[J]. *Journal of Food Science*, 2011, 76(4): C626-632.
- [9] DUUN A, RUSTAD T. Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets[J]. *Food Chemistry*, 2007, 105(3): 1067-1075.
- [10] HU Sumei, ZHANG Lina, LUO Yongkong, et al. Study on the quality changes of common carp during chilled storage and partial-freezing storage[J]. *Fishery Modernization*, 2010, 37(5): 38-42. (in Chinese)
- [11] SONG Yongling, LUO Yongkang, ZHANG Lina, et al. Study on bream (*Megalobrama amblycephala*) quality variation during storage under different temperatures[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2010, 15(4): 104-110. (in Chinese)
- [12] HONG Hui, ZHU Sichao, LUO Yongkang, et al. Quality changes of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) during chilled and partial freezing storage[J]. *South China Fisheries Science*, 2011, 7(6): 7-12. (in Chinese)
- [13] WANG Huimin, WANG Qingli, ZHU Junli. Quality and dominated spoilage organisms changes of *Lateolabrax japonicus* during partially frozen storage[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2013, 30(20): 330-335. (in Chinese)
- [14] ZHANG Qiang, LI Yuanyuan, LIN Xiangdong. Fresh-keeping technology for tilapia fillets by vacuum packaging followed by partial freezing[J]. *Food Science*, 2011, 32(4): 232-236. (in Chinese)
- [15] RODEZNO L A E, SUNDARARAJAN S, SOLVAL K M, et al. Cryogenic and air blast freezing techniques and their effect on the quality of catfish fillets[J]. *Lwt-Food Science and Technology*, 2013, 54(2): 377-382.
- [16] XU Y S, XIA W S, YANG F, et al. Effect of fermentation temperature on the microbial and physicochemical properties of silver carp sausages inoculated with *Pediococcus pentosaceus*[J]. *Food Chemistry*, 2010, 118: 512-518.
- [17] LAN Weiqing, XIE Jing, SHI Jianbing, et al. Bacterial species changes in pampus argenteus during chilled storage [J]. *Journal of*

- Food Science and Biotechnology**, 2013, 32(11): 1141-1148. (in Chinese)
- [18] OLSSON G B, OFSTAD R, LODEMEL J B, et al. Changes in water-holding capacity of halibut muscle during cold storage[J]. **LWT-Food Science and Technology**, 2003, 36(8): 771-778.
- [19] LAUZON H L, MAGNUSSON H, SVEINSDOTTIR K, et al. Effect of brining, modified atmosphere packaging, and superchilling on the shelf life of Cod (*Gadus morhua*) loins[J]. **Journal of Food Science**, 2009, 74(6): M258-267.
- [20] BAHUAUD D, MØRKØRE T, LANGSRUD Ø, et al. Effects of -1.5 °C Super-chilling on quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) pre-rigor Fillets: Cathepsin activity, muscle histology, texture and liquid leakage[J]. **Food Chemistry**, 2008, 111(2): 329-339.

会 议 消 息

会议名称(中文): 第十三届细胞生物学青年论坛

所属学科: 细胞生物学

开始日期: 2017-04-22

所在国家: 中华人民共和国

所在城市: 上海市 松江区

具体地点: 东华大学松江校区图文信息中心二楼第一报告厅

主办单位: 上海市细胞生物学学会

承办单位: 东华大学

会议主席: 上海市细胞生物学学会理事长 陈正军研究员

联系人: 季艳艳 杨瑾

联系电话: 021-54922856/54922891

传真: 021-54922891

E-MAIL: cell@sscb.org.cn

会议网站: <http://www.cscb.org.cn/news/20161213/2449.html>

会议背景介绍: 为培养上海地区细胞生物学青年学子的成长, 激励青年学子在细胞生物学领域走得更高更远, 并且为青年学者搭建一个展示自己工作成果、促进同龄人之间交流的平台, 学会自 2005 年开始创办细胞生物学青年论坛, 至今已成功举办十二届。论坛主要面对细胞生物学领域内的青年学者(面向 38 周岁以下的青年科技工作者、在读研究生、本科生和对细胞生物学感兴趣的高中生), 通过全市各科研院所及高校推荐和公开征集的方式征集报告候选人, 经学术工作委员会甄选后决定报告人选, 第十三届青年论坛将于 2017 年 4 月 22 日在东华大学松江校区举办。