

不同低温条件下三文鱼的品质变化

张新林, 谢晶*, 郝楷, 赵宏强

(上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要: 本实验为研究三文鱼在不同低温贮藏条件下的品质变化, 分别对在 -2°C 微冻低温下、 0°C 和 4°C 常规冷链低温下贮藏12 d的三文鱼肉进行品质和生化分析, 通过感官评分和测定细菌总数、pH、硫代巴比妥酸(TBA)值、挥发性盐基氮(TVB-N)值、色差值(亮度值 L^* 和红度值 a^*)、组胺、K值和硬度值来确定品质变化关键指标。随着贮藏时间的延长, 各个实验组的感官评分和硬度值出现显著下降, 而细菌总数、TBA值、TVB-N值、亮度值 L^* 、组胺和K值均呈现上升的趋势; pH和红度值 a^* 在不同的低温贮藏温度下并没有受到明显的差异, 但有相同的变化趋势。TBA的初始值较低, 为 0.0729 mg/kg , 在12 d的贮藏期后, -2°C 、 0°C 和 4°C 分别增长了6倍、11倍和13倍。对不同指标的数据进行分析发现, 微生物数量、TVB-N值、组胺、K值和硬度值可以清晰地反映三文鱼的品质变化, 同时也发现 0°C 和 4°C 下货架期分别为10 d和8 d, -2°C 下货架期大约在13 d。本研究为三文鱼贮藏保鲜方案的选择提供了参考。

关键词: 微冻, 冷链, 三文鱼, 品质, 细菌总数, 红度值

Effects of different cold storage conditions on quality of salmon

ZHANG Xin-lin, XIE Jing*, HAO Kai, ZHAO Hong-qiang

(Shanghai Engineering Research Center of Aquatic Product Processing and Preservation,
College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: To explore quality changes of salmon under different cold storage conditions, quality and biochemical changes of salmons stored for 12 days under super-chilled temperature (-2°C) and conventional cold chain temperature (0°C , 4°C) were measured. Sensory scores, total number of bacteria, pH, TBA, TVB-N, color value (brightness value L^* and redness value a^*), histamine, K value and hardness value were measured to analyze the quality changes of the salmons. With the extension of storage time, the sensory scores and hardness of each experimental group were significantly declined, while the total number of bacteria, TVB-N, brightness value L^* , TBA, histamine and K value were rose. And the changes of pH and a^* were not significantly affected by the treatment of different storage temperature, but the same trend was emerged. The initial value of TBA was a little low, only 0.0729 mg/kg . After 12 days of storage under -2 , 0 and 4°C respectively, the value rose by 6, 11 and 13 times. Upon the analysis of different index data in this experiment, salmon's quality changes could be clearly reflected by total number of bacteria, TVB-N, histamine, K value and hardness value. Meanwhile, the research showed that the shelf life under 0 and 4°C were 10 days and 8 days respectively, and about 13 days under -2°C . The results provide a reference for selecting a suitable method to preserve salmon in the future.

Key words: super-chilled; cold chain; salmon; quality; total number of bacteria; redness value

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)17-0316-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.17.053

三文鱼(Salmon), 又名大马哈鱼或鲑鱼, 广泛分布在北半球高纬度地区, 属于硬骨鱼纲鲑形目, 为冷水域洄游鱼类, 肉质鲜美, 口感好, 是制作刺身的优质原料^[1]。贮藏温度是影响三文鱼保鲜效果的关键因素, 三文鱼的贮藏温度决定了其品质劣变的速度和程度, 对其货架期有直接影响。为获取高品质的生鲜三文鱼肉, 我们应充分考虑影响食用的各种可能因素, 如原始菌落数、外源细菌污染、鱼体死后变

化、脂肪氧化、蛋白质变性等对鲜度品质的影响, 以及其他物理、化学因素引起的鲜度品质变化等。

低温保鲜技术是最早和最广用于维持三文鱼原有生物学特性的保鲜方式, 常见的为冻藏保鲜、冷藏保鲜、微冻保鲜。包海蓉等^[2]研究表明冷藏下的三文鱼品质劣变速度随着温度的上升而加快。张宁等^[3]通过模拟4种不同的物流过程并对三文鱼肉生化指标进行测定, 表明三文鱼的品质在冷藏物流过程

收稿日期: 2016-02-01

作者简介: 张新林(1990-), 男, 硕士, 研究方向: 食品科学与工程, E-mail: zxl465308208@163.com。

* 通讯作者: 谢晶(1968-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 食品工程, E-mail: jxie@shou.edu.cn。

基金项目: 国家重点研发项目课题(2016YFD0400106); 上海市科委项目(14dz1205101)。

表1 三文鱼感官评分标准
Table 1 Sensory scores of Salmon

感官描述	分值	评分标准
色泽	5	(5) 色泽正常, 肌肉切面富有光泽; (4) 色泽正常, 肌肉切面有光泽; (3) 色泽稍暗淡, 肌肉切面稍有光泽; (2) 色泽较暗淡, 肌肉切面无光泽; (1) 色泽暗淡, 肌肉切面无光泽
气味	5	(5) 本种类固有的香味清新; (4) 固有香味较清晰; (3) 固有香味清淡, 略带异味; (2) 香味消失有腥臭味或胺味; (1) 有强烈腥臭味或胺味
组织形态	5	(5) 肌肉组织致密完整, 纹理清晰; (4) 肌肉组织紧密, 纹理较清晰; (3) 肌肉组织不紧密但不松散; (2) 肌肉组织不紧密, 局部松散; (1) 肌肉组织不紧密, 松散
组织弹性	5	(5) 坚实富有弹性, 手指压后凹陷立即消失; (4) 坚实有弹性, 手指压后凹陷较快消失; (3) 较有弹性, 手指压后凹陷消失较慢; (2) 稍有弹性, 手指压后凹陷消失很慢; (1) 无弹性, 手指压后凹陷不消失

中受到温度影响很大;在贮运过程中维持 0 ℃ 能使三文鱼肉保持较好的品质。为更好的维持食品品质,获得较新鲜食品,微冻保鲜技术在食品中的应用一直是低温保鲜研究领域的热点^[4]。微冻是将贮藏温度控制在生物体冰点(冻结点)及冰点以下 1~2 ℃ 温度带的保鲜技术,让样品表面有一层冻结层,能有效延长食品的保质期^[5];也可减少产品的冷冻和解冻程序,大大减少加工中运输成本与环境因素的影响^[6]。Kaale 等^[7]研究微冻条件下三文鱼持水力和汁液流失率,显示第 3 d 到第 14 d 的数据波动不大。Duun 等^[8]发现在-1.4 和-3.6 ℃ 下微冻保鲜的三文鱼可以将货架期延长到冷藏保鲜三文鱼货架期的两倍。Gallart-Jornet 等^[9]对比冷藏组和微冻组三文鱼的硬度、蛋白溶解度和游离氨基酸浓度,发现第 9 d 的微冻组和第 2 d 的冷藏组结果相似,表明微冻更适用于三文鱼的保鲜。

学者们已经对冷藏条件下三文鱼的品质变化进行了研究,虽然微冻保鲜相对于常规冷链温度(0 和 4 ℃)既有效抑制了酶的活性和微生物的生长繁殖,又解决了传统冻藏保鲜汁液流失率严重的问题,且-2 ℃ 下贮藏可显著降低冰晶体的形成对三文鱼的损伤,但现有的研究未全面对比微冻贮藏(-2 ℃)和常规冷链物流温度(0 和 4 ℃)对三文鱼鱼肉各个潜在关键指标的差异性,通过全面的对比去观测出不同冷藏温度下的品质变化是需要的^[10]。本实验研究旨在探究不同低温贮藏条件下三文鱼的品质变化,分别对在-2 ℃ 微冻低温下、0 和 4 ℃ 常规冷链低温下贮藏 12 d 内的三文鱼肉进行品质、生化变化比较和分析。同时通过测定感官评分、细菌总数、pH、TBA、TVB-N、色差值(L^* 和 a^*)、组胺、K 值和硬度值确定三文鱼品质变化关键指标。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

三文鱼 芦潮港海鲜市场,鱼体铺满碎冰后置于 0 ℃ 的冷藏箱内运回实验室;
Color Meter ZE-2000 色差计 日本尼康公司;AUW320 分析天平 日本岛津公司;H-2050R 台式高速冷冻离心机 湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;UV-2100 紫外-可见分光光度计 美国尤尼柯仪器有限公司;TA.XT Plus 质构仪 英国 Stable Micro System 公司;FA25 高剪切分散乳化机 上海 FLUKO

弗鲁克流体机械制造有限公司;VS-1300L-U 型超净台 苏净安泰集团;Kjeltec8400 凯氏定氮仪 丹麦 FOSS 公司;LDZX-50KBS 蒸汽灭菌器 上海申安公司;Sartorius PB-10 精密数显酸度计 赛多丽斯科学仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品预处理 将新鲜的三文鱼去头去尾去内脏,用蒸馏水洗净,沥干,切成 7~8 cm 长的鱼段,随机装入保鲜袋中,分成 3 组,分别置于-2、0 和 4 ℃ 恒温冰箱中贮藏 12 d。

1.2.2 感官评分 将三文鱼鱼肉切成 8 cm×3 cm×1 cm 的生鱼片,由 6 名受专门培训的感官评定员对生鱼片的色泽、气味、组织形态和组织弹性 4 个方面进行评分,取 4 项分数总分为感官评分结果,低于 8 分则视为感官评价不可接受,评定标准见表 1。

1.2.3 细菌总数计数 参照《GB 4789.2-2010 食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数》方法。

1.2.4 pH 的测定 参考 Ruiz-Capillas 等^[11]方法,称取 5 g 肉糜,加入 45 mL 蒸馏水搅拌并静置 1 h 后用 pH 测定仪测定其 pH。

1.2.5 硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值的测定 参考 Salih 等^[12]测定硫代巴比妥酸值的方法进行测定。用天平准确称取剁碎的三文鱼鱼肉 5.00 g 加入 50 mL 离心管,然后加入 25 mL 20% (w/v) 的三氯乙酸,并均质 1 min,静置 1 h 后放入 8000 r/min 的冷冻离心机中离心 10 min,过滤,用蒸馏水定容至 50 mL,取滤液 5 mL 加入 0.02 mol/L 的 TBA 溶液 5 mL 混匀,在沸水浴中煮沸 20 min 进行显色反应,冷却后的溶液在 532 nm 处用分光光度计测量其吸光度(A)值。绘制标准曲线,根据吸光度(A),按照公式(1)进行计算,结果以 mg/100 g 表示。

公式(1):

$$TBA \text{ 值} = A \times 7.8 \text{ mg}/100 \text{ g}$$

1.2.6 挥发性盐基氮(TVB-N)值的测定 参照《SC/T 3032-2007 水产品中挥发性盐基氮的测定》方法。

1.2.7 色差值的测定 参考 Thiansilakul 等^[13]方法,选用直径 10 mm 的透镜,采用色差计反射法测定样品,对鱼块的 6 个外表面以及生鱼片的正反两面进行测定。

1.2.8 组胺的测定 参考金高娃等^[14]方法,采用高效液相色谱-紫外检测法(HPLC-UV)测定组胺含量。

准确称取 2.00 g 肉糜,加入 10 mL 0.4 mol/L 高氯酸溶液,振荡旋涡 60 s,超声 10 min 后,在 10000 r/min 下离心 10 min,重复 2 次取上清液定容至 25 mL。经丹磺酰氯衍生后测定。色谱条件:色谱柱为 Athena C18-WP(4.6 mm×150 mm,5 μm);流动相为 10 mmol/L 乙腈、醋酸铵水溶液(体积比 72:28);紫外检测器波长 254 nm;柱温 35 ℃;流速 1 mL/min;进样量 10 μL。

1.2.9 K 值的测定 参考万建荣《水产食品化学分析手册方法》^[15],称取 5 g 打碎鱼肉,加 10% (体积分数)高氯酸(PCA)10 mL,在 0 ℃下匀浆,浆液离心分离(10000 r/min,15 min),取上清液;沉淀物用冷却(4 ℃)的 5% (体积分数)的 PCA 10 mL 洗涤,离心,重复 3 次;最后合并上清液,加入 15 mL 冷却纯净水,用 10 和 1 mol/L 的 KOH 溶液调节上清液 pH 至 6.5,静置 30 min,定容至 50 mL,最后用 0.45 μm 的膜过滤,滤液贮存于-20 ℃冰箱待测。

1.2.10 质构的测定 参考李念文等^[16]方法,将鱼肉置于恒定温度 20 ℃下快速切成 10 mm×10 mm×10 mm 的方块。测试条件如下:采用平底柱形探头 P/6;测前速率 3 mm/s,测试速率 1 mm/s,测后速率 1 mm/s,压缩程度 50%,停留间隔 5 s;负重探头类型为 Auto-5 g;数据收集率:200。样品平放于测试台,每组对 6 个样品的硬度进行测定。

1.3 数据处理方法

用 SPSS 19.0 进行实验数据处理,采用 Duncans 法进行多重比较。利用 origin Pro V8.5 软件绘制曲线。

2 结果和分析

2.1 感官评价

食品质量的好坏首先表现在感官的变化上,贮藏 12 d 内的三文鱼肉的感官评价结果如表 2 所示。随着贮藏时间延长,低温贮藏下各组感官评价均呈明显的下降趋势,但不同温度下趋势有较大的差异。随着贮藏温度的升高,感官评分下降趋势会越来越明显。4 ℃下贮藏的三文鱼肉在 8 d 就已达到感官不可接受程度的评分值 8,达到 12 d 的鱼肉有刺激性的腐臭味。0 ℃下贮藏的三文鱼鱼肉在第 10 d 也达到感官不可接受程度,虽然气味和色泽仍处于可接受值,但组织弹性和组织形态已不能被消费者所接受,这与 Hozbor 等^[17]研究中“0 ℃下的三文鱼货架期低于十天”的结论相一致。-2 ℃微冻贮藏下的三文鱼鱼肉在第 12 d 仍处于可接受值,其形态和色泽相当于 0 ℃和 4 ℃下贮藏 6 d 的鱼肉,但已接近感官不可接受程度的评分值 8,这与 Duun 等^[8]确定微冻条件下三文鱼的货架期约为 15 d 相符。从感官的角度,微冻贮藏明显延长了三文鱼肉货架期。

2.2 细菌总数

菌落总数是评价水产品微生物污染程度的常用指标,根据国际食品微生物委员会(ICMSF)规定^[18],以及地方标准《DB46/118-2008 生食三文鱼、龙虾卫生标准》,用于生食的三文鱼肉菌落总数不得高于 10⁵ CFU/g。由图 1 可知各实验组的初始菌落总数为

表 2 不同低温条件下三文鱼感官评价结果

Table 2 Sensory quality changes of Salmon under different temperature

贮藏天数 (d)	感官评分		
	-2 ℃	0 ℃	4 ℃
0	20.00 ± 0.00 ^a	20.00 ± 0.00 ^a	20.00 ± 0.00 ^a
2	18.33 ± 0.33 ^b	17.33 ± 0.33 ^b	18.33 ± 0.33 ^b
4	17.33 ± 0.67 ^b	17.00 ± 0.00 ^b	15.33 ± 0.33 ^c
6	14.00 ± 0.00 ^c	12.33 ± 0.67 ^c	12.00 ± 0.58 ^d
8	12.33 ± 0.58 ^d	9.67 ± 0.33 ^d	6.00 ± 0.58 ^e
10	11.00 ± 0.58 ^e	8.00 ± 0.33 ^e	5.67 ± 0.33 ^e
12	8.67 ± 0.33 ^f	6.67 ± 0.33 ^f	4.00 ± 0.00 ^f

注:表中数据为各组样品“感官评分平均值±标准差”(n=6);同行的不同字母表示差异性显著(p<0.05)。

3.28 logCFU/g,这主要取决于实验原料的采购和运输过程中的贮藏条件。-2 ℃下贮藏的三文鱼鱼肉在第 12 d 仍未达到 5 logCFU/g,而 0 和 4 ℃下贮藏的三文鱼肉分别在第 7 和 5 d 超过生食规定这一生食指标上限。就微生物指标而言,微冻贮藏组使三文鱼的货架期比贮藏于 0 和 4 ℃明显延长,低温能够抑制微生物的生长,-2 ℃贮藏下的三文鱼鱼肉上微生物的生长速率明显低于 0 和 4 ℃贮藏的实验组。在 0 和 4 ℃下细菌总数和贮藏时间呈现良好的线性关系。与感官评分的结果一致。

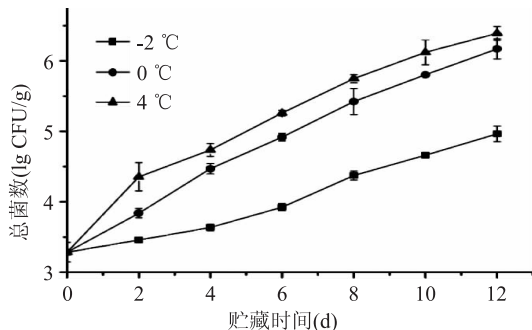


图 1 不同低温条件下细菌总量的变化情况

Fig.1 Microbial counts of Salmon under different temperature

2.3 pH

pH 的变化情况如图 2 所示,每个实验组贮藏前期会出现小幅度的降低,这是因为鱼死亡后发生糖原的无氧酵解,产生乳酸、磷酸积聚和 ATP 酶活力增强,造成鱼肉的 pH 降低。4 ℃组在第 2 d 达到最低 pH6.225,但各组前期的下降趋势呈现显著性差异(p<0.05)。随着贮藏时间的延长,鱼肉中的蛋白质在一些酶的作用下被分解,产生氨基酸和其他碱性物质,与此同时微生物利用这些物质产生氨和胺类,从而导致 pH 上升。在 4 ℃贮藏下的三文鱼鱼肉相对于其他两组出现较大的波动,同时在贮藏末期的值也明显的高于其他两组。温度越高越适合微生物的生长,pH 升高越快。微冻贮藏组明显延长了 pH 下降的僵硬期,从而延长了货架期。

2.4 硫代巴比妥酸(TBA)值

TBA 值通常用于测定脂质含量高的食品,TBA

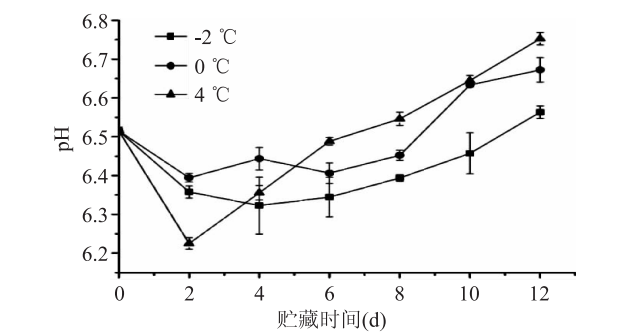


图2 不同低温条件下 pH 的变化情况
Fig.2 The pH value of Salmon under different temperature

实验是用不饱和脂肪酸氧化分解产生的丙二醛,在一定的条件下能与硫代巴比妥酸(TBA)缩合产生红色化合物的原理来检测样品中脂质氧化程度的方法。三文鱼是一种不饱和脂肪酸含量很高的海水鱼,在低温贮藏的过程中,鱼肉逐步发生氧化酸败,鱼肉品质逐渐降低。贮藏期间三文鱼 TBA 值变化如图 3 所示,随着贮藏时间延长,各组 TBA 均呈上升趋势。0 和 4 °C 贮藏下的实验组丙二醛的含量变化明显,且两者变化趋势相比不显著($p > 0.05$)。TBA 的初始值较低,为 0.0729 mg/kg,在 12 d 的贮藏期后,-2、0 和 4 °C 分别增长了 6、11 和 13 倍,0 和 4 °C 实验组在贮藏末期的差异性并不显著($p > 0.05$);微冻组的变化最小,其氧化缓慢主要是因为低温抑制了氧化酶的活性,说明微冻抑制脂质氧化的效果很明显。

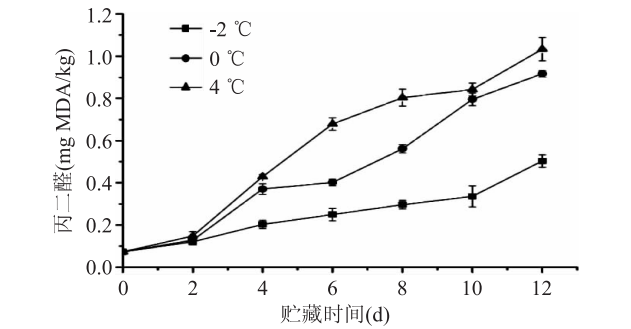


图3 不同低温条件下丙二醛含量的变化情况
Fig.3 The MDA content of Salmon under different temperature

2.5 挥发性盐基氮 (TVB-N) 值

挥发性盐基氮(TVB-N)是判断水产品鲜度的一项重要指标,是指由于酶和细菌的作用,水产品贮藏过程中蛋白质分解产生的氨和胺类等碱性的含氮挥发性物质。不同低温贮藏下三文鱼的 TVB-N 变化如图 4。随着贮藏时间的延长,TVB-N 值逐渐升高,且和时间呈现出良好的线性关系($p > 0.05$)。各实验组中,4 °C 贮藏下呈现最高氧化速度,0 °C 次之,-2 °C 下最低。温度对 TVB-N 值的影响较大,温度越高蛋白质的氧化速率越快,鱼肉腐败越快。一般在低温有氧条件下,鱼类挥发性盐基氮含量达到 30 mg/100 g 时,即认为是变质的标志,在 12 d 的贮藏期内,只有贮藏在 4 °C 下的实验组超过了这一标准。实验结果表明,低温条件下微冻贮藏对蛋白质氧化速率有更好的抑制效果。

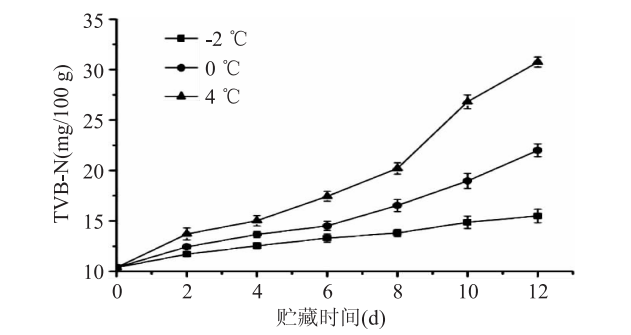


图4 不同低温条件下 TVB-N 含量的变化情况
Fig.4 The TVB-N value of Salmon under different temperature

2.6 色差值

贮藏在不同低温条件下的三文鱼色差值中的亮度 L^* 和红度值 a^* 如表 3、表 4 所示。在整个贮藏过程中,贮藏在-2 和 0 °C 的三文鱼鱼肉亮度值和红度值有波动,整体稍有下降。从感官评分的色泽上来看,品质的变化对色差值影响较小。这与 Erikson 等^[19]研究结果一致,低温条件下不同的贮藏条件对三文鱼肉质没影响。4 °C 实验组的亮度值贮藏前期升高较快,在末期出现较大的降低而肉色转变为暗色,红度值下降的原因是橙色的显色物质虾青素等类胡萝卜素物质因氧化而被破坏。

表 3 不同低温条件下亮度值(L^*)的变化			
Table 3 The L^* value of Salmon under different temperature			
贮藏天数 (d)	-2 °C	0 °C	4 °C
0	44.54 ± 0.21 ^d	44.54 ± 0.21 ^e	44.54 ± 0.21 ^e
2	44.68 ± 0.17 ^d	45.60 ± 0.17 ^d	46.69 ± 0.24 ^f
4	45.38 ± 0.21 ^c	46.41 ± 0.42 ^c	48.56 ± 0.59 ^e
6	46.13 ± 0.12 ^b	47.18 ± 0.24 ^b	51.37 ± 0.59 ^d
8	46.28 ± 0.22 ^b	47.86 ± 0.13 ^b	53.80 ± 0.48 ^c
10	46.76 ± 0.38 ^{ab}	49.21 ± 0.14 ^a	48.05 ± 0.29 ^b
12	47.41 ± 0.01 ^a	49.15 ± 0.28 ^a	47.82 ± 0.30 ^a

注:表中数据为各组样品“亮度值平均值 ± 标准差”(n = 9);同行的不同字母表示差异性显著($p < 0.05$)。

表 4 不同低温条件下红度值(a^*)的变化			
Table 4 The a^* value of Salmon under different temperature			
贮藏天数 (d)	-2 °C	0 °C	4 °C
0	17.61 ± 0.21 ^a	17.61 ± 0.21 ^a	17.61 ± 0.21 ^a
2	17.98 ± 0.06 ^b	16.58 ± 0.32 ^{bc}	16.12 ± 0.08 ^c
4	16.53 ± 0.06 ^c	16.67 ± 0.07 ^c	16.08 ± 0.10 ^c
6	16.62 ± 0.17 ^{cd}	15.54 ± 0.08 ^d	17.39 ± 0.09 ^a
8	16.17 ± 0.08 ^{de}	16.12 ± 0.07 ^c	16.91 ± 0.20 ^b
10	15.86 ± 0.11 ^e	16.84 ± 0.05 ^b	15.16 ± 0.07 ^d
12	15.87 ± 0.07 ^e	17.05 ± 0.02 ^b	14.95 ± 0.04 ^d

注:表中数据为各组样品“红度值平均值 ± 标准差”(n = 6);同行的不同字母表示差异性显著($p < 0.05$)。

2.7 组胺含量

为保障水产品的食用安全,不同国家或组织对

水产品中的生物胺,尤其是组胺的安全限量作出了规定。美国食品与药品监督局(FDA)要求进出口水产品组胺的含量不得超过 50 mg/kg。如图 5 所示,组胺含量随着贮藏时间的延长而升高,不呈现显著相关性($p > 0.05$)。4℃下的实验组与贮藏在-2和0℃的实验组相比,从第4d开始组胺的增长呈现显著的差异性($p < 0.05$),增长速率在贮藏后期越来越高,主要是因为三文鱼鱼肉微生物增殖而许多微生物体内都含有组氨酸脱羧酶从而加速了三文鱼中组胺的生成,同时前期较低的 pH 使组织蛋白酶活力增强,降解鱼肌肉蛋白质形成更多的多肽和氨基酸,经氨基酸脱羧酶作用后产生更多的生物胺,组胺含量也随着增多^[20]。

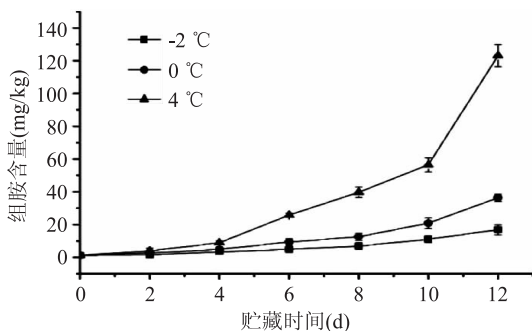


图5 不同低温条件下组胺含量的变化情况

Fig.5 The Histamine content of Salmon under different temperature

2.8 K值

K值是以核苷酸的分解产物作为指标的鱼类鲜度判定方法,也是最能反映鱼类鲜度变化的一个指标。一般即杀的鱼K值在10%以下,推荐作为生鱼片的新鲜鱼K值在20%以下,20%~40%为二级鲜度,60%~80%为初期腐败鱼^[21]。在不同低温贮藏条件下K值的变化情况如图6所示,所有实验组K值的变化都和时间都呈现良好的线性关系($p > 0.05$)。随着贮藏时间延长K值增大,温度越低变化越缓慢。在-2、0和4℃下贮藏12d后,K值从初始的13.00%分别达到30.85%、36.59%和48.38%,且分别在第2、4和6d时超过生食的标准限制的20%。贮藏的温度越高ATP分解速率越快则鲜度下降越快。在前期贮藏中K值的变化主要是IMP的急剧减小导致,后期K值变化受到三文鱼肌肉中自溶性酶的影响,ATP的大量减少和Hx的大量生成,使得K值升高^[22]。

2.9 硬度值

硬度值是第一次压缩时出现的最大峰值。多数样品的硬度值出现在最大变形处。在不同低温贮藏条件下三文鱼硬度值的变化情况如表5所示。这种质构变化随着贮藏温度的降低,变化速度也变得缓慢。在冷藏过程中,由于生化变化使结缔组织的机械强度下降,结果导致鱼肉的软化,硬度值的下降。到贮藏末期,4℃实验组的硬度值从初始值的12.36变为4.48,在微生物的快速生长和氧化作用的促进下,硬度值出现明显的降低,与贮藏在-2和0℃下相比,贮藏前期自溶反应的组织蛋白酶的活性较高。

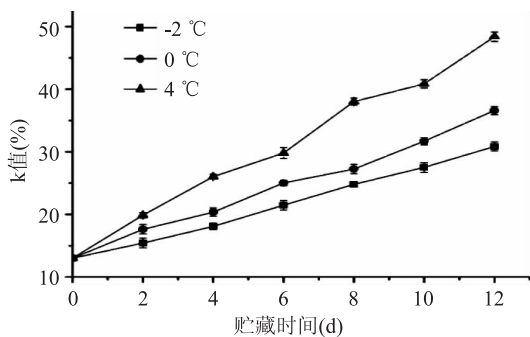


图6 不同低温条件下K值的变化情况

Fig.6 The K value of Salmon under different temperature

硬度值的降低是部分冻结的组织损害和自溶作用的软化所导致^[19]。冷藏温度越低,越能减缓脂肪氧化,越能维持三文鱼硬度值。

表5 不同低温条件下三文鱼硬度变化情况

Table 5 The hardness value of Salmon under different temperature

贮藏天数 (d)	硬度(N)		
	-2℃	0℃	4℃
0	12.36 ± 1.62 ^a	12.36 ± 1.62 ^a	12.36 ± 1.62 ^a
2	11.14 ± 0.89 ^{ab}	10.72 ± 0.68 ^{ab}	8.90 ± 0.30 ^b
4	10.20 ± 0.29 ^{bc}	10.18 ± 0.41 ^{bc}	8.18 ± 0.04 ^{bc}
6	9.22 ± 0.01 ^{bcd}	8.50 ± 0.79 ^{cd}	7.43 ± 0.24 ^{bcd}
8	8.92 ± 0.47 ^{cd}	7.72 ± 0.26 ^d	6.81 ± 0.40 ^{cd}
10	8.35 ± 0.11 ^{cd}	7.50 ± 0.29 ^d	6.02 ± 0.31 ^{de}
12	7.55 ± 0.55 ^d	7.07 ± 0.27 ^d	4.48 ± 0.29 ^e

注:表中数据为各组样品“硬度值平均值±标准差”(n=6);同行的不同字母表示差异性显著($p < 0.05$)。

3 结论

本实验通过全面的生化指标分析了不同低温条件下三文鱼肉的品质变化规律。研究表明,随着贮藏时间的延长,贮藏在不同低温条件下的三文鱼肉均出现品质的劣变。与之前研究^[2,19]相同,不同温度对品质变化影响不同,温度越高劣变速率越快,0和4℃下货架期分别为10和8d,-2℃下货架期大约在13d。从不同温度下细菌总数等参数对比来看,-2℃微冻贮藏明显抑制了微生物的生长,减缓了蛋白质和脂肪氧化,较好地维持三文鱼的品质,延长了货架期。

随着贮藏时间的延长,各个实验组的感官评分和硬度值出现显著下降,4℃实验组降低最快;同时,细菌总数、TBA值、TVB-N值、亮度值 L^* 、组胺值和K值均呈现上升的趋势,其中微冻组的变化趋势明显低于其他组,经12d的-2℃微冻贮藏后较多的生化指标仍在可接受的范围内,但从K值来看,已不允许生食;不同的低温贮藏温度对pH和红色值 a^* 的变化没有明显影响,但都呈现出相同的变化趋势。

本次实验通过对不同指标数据进行分析,结果表明微生物数量、TVB-N值、组胺含量、K值和硬度值能清晰地反映三文鱼肉的品质变化,能为之后的实验和检测技术提供参考。

参考文献

[1] 邓林,李华,江建军.挪威三文鱼的营养评价[J].食品工业科技,2012,8:377-379.

[2] 包海蓉,张奎.不同冷藏温度对生鲜三文鱼品质变化的影响[J].食品工业科技,2012,14:344-347.

[3] 张宁,谢晶,李志鹏,等.冷藏物流过程中温度变化对三文鱼品质的影响[J].食品与发酵工业:1-8.

[4] 蔡青文,谢晶.微冻保鲜技术研究进展[J].食品与机械,2013,6:248-252.

[5] 田超群,王继栋,盘鑫,等.水产品保鲜技术研究现状及发展趋势[J].农产品加工:创新版,2010,08:17-21+25.

[6] 胡玥,吴春华,姜晴晴,等.微冻技术在水产品保鲜中的研究进展[J].食品工业科技,2015,09:384-390.

[7] Kaale L D, Eikevik TM, Rustad T, et al. Changes in water holding capacity and drip loss of Atlantic salmon (Salmosalar) muscle during superchilled storage [J]. LWT- Food Science and Technology, 2014, 55 (2) : 528-535.

[8] Duun A S, Rustad T. Quality of superchilled vacuum packed Atlantic salmon (Salmosalar) fillets stored at -1.4 and -3.6 °C [J], Food Chemistry, 2008, 106 (1) : 122-131.

[9] Gallart - Jornet L, Rustad L, Barat J M, et al. Effect of superchilled storage on the freshness and salting behaviour of Atlantic salmon (Salmosalar) fillets [J], Food Chemistry, 2007, 103 (4) : 1268-1281.

[10] Erikson U, Misimi E, Gallart - Jornet L. Super chilling of nested Atlantic salmon: Different chilling strategies and effects on fish and fillet quality [J]. Food Chemistry, 2011, 127 (4) : 1427-1437.

[11] Ruiz- Capillas C, Moral A. Sensory and biochemical aspects of quality of whole bigeye tuna (Thunnusobesus) during bulk storage in controlled atmospheres [J]. Food chemistry, 2005, 89 (3) : 347-354.

(上接第 315 页)

食品科技, 2000, 8 (4) : 12-14.

[17] Pascual A, Llorca I, Canut A. Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities [J]. Trends in Food Science & Technology, 2007, 18 (1) : S29-S35.

[18] 林爱红, 饶健, 秦彦珉, 等. 臭氧杀菌效果的影响因素分析[J]. 湖北预防医学杂志, 2002, 13 (6) : 7-8.

[19] 李燕, 戴桂芝, 刘鲁红. 果蔬产品变色原因分析及其控制[J]. 农产品加工工科学刊, 2006, 2 (2) : 75-77.

[20] 殷涌光, 刘静波, 林松毅. 食品无菌加工技术与设备[M] 北京: 化学工业出版社, 2006, 161-162.

[12] Salih A, Smith D, Preec J, et al. Modified extraction 22 thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry [J]. Poultry Science, 1987, 66: 1483-1488.

[13] Thiansilakul Y, Benjakul S, Richards MP. The effect of different atmospheric condition on the changes in myoglobin and colour of refrigerated Eastern little tuna muscle [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91 (6) : 1103-1110.

[14] 金高娃, 蔡友琼, 于慧娟, 等. 柱前衍生高效液相色谱法测定鱼罐头中的组胺 [J]. 色谱, 2010, 28 (11) : 1099-1102.

[15] 万建荣. 水产食品化学分析手册 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1993: 3-4.

[16] 李念文, 汤元睿, 谢晶, 等. 物流过程中大眼金枪鱼 (Thunnusobesus) 的品质变化 [J]. 食品科学, 2013, 34 (14) : 319-323.

[17] Hozbor M C, Saiz A I, Yeannes M I, et al. Microbiological changes and its correlation with quality indices during aerobic iced storage of sea salmon (Pseudopericissemifasciata), LWT- Food Science and Technology [J], 2006, 39 (2) : 99-104.

[18] International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF) (1986). Sampling plans for fish and shellfish. Microorganisms in foods 2, sampling for microbiological analysis: principles and specific applications [S].

[19] Erikson U, Misimi E, Gallart - Jornet L. Superchilling of rested Atlantic salmon: Different chilling strategies and effects on fish and fillet quality, Food Chemistry [J], 2011, 127 (4) : 1427-1437.

[20] 谢超, 王阳光, 邓尚贵. 水产品中组胺产生机制及影响因素研究概述 [J]. 肉类研究, 2009, 04: 74-78.

[21] 励建荣, 李婷婷, 李学鹏. 水产品鲜度品质评价方法研究进展 [J]. 北京工商大学学报: 自然科学版, 2010, 06: 1-8.

[22] 靳春秋, 迟海, 杨宪时, 等. 冰藏三文鱼品质变化及菌相分析 [J]. 食品与发酵工业, 2013, 04: 220-226.

[21] 徐怀德, 王云阳. 食品杀菌新技术 [M] 北京: 科学技术文献出版社, 2005, 106-118.

[22] Kashinagi Y, WetaT, Suchiya YT, et al. Studies on sterilization with ozone gas [R] Annu. Rpt. Tokyo Metropolitan Res. Lab. Of public Heath, 1987, 38: 22-27.

[23] Sarig P, Zahavi T, Zutkhi Y, et al. Ozone for control of post-harvest decay of table grapes caused by rhizopus stolonifer [J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 1996, 48 (6) : 403-415.

[24] 赵家丽, 张慙, 孙金才. FD 蔬菜块后续臭氧杀菌工艺 [J]. 食品与生物技术学报, 2009, 28 (3) : 310-314.

一套《食品工业科技》在手，
纵观食品工业发展全貌