

不同冷藏温度条件下 金枪鱼保鲜效果的分析比较

雷志方, 谢晶*, 高磊, 王颖荣, 尹磊, 张宁, 尹乐

(上海水产品加工与保藏工程中心, 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要:为探究不同温度下金枪鱼的保鲜效果, 实验设置了-4℃微冻贮藏、-2℃冰温贮藏和4℃冷藏三组实验, 以pH、K值、组胺、挥发性盐基氮(TVB-N)、高铁肌红蛋白百分含量以及微生物等理化指标的变化为依据测定了金枪鱼在不同贮藏温度下的品质变化, 结果表明:随着贮藏时间的延长, 不同温度下金枪鱼的K值、组胺、TVB-N和高铁肌红蛋白含量以及菌落总数均出现不同程度的上升, 且温度越高上升速率越快, 微冻组和冰温组其TVB-N值到60h时分别为10.83 mg/100 g和12.77 mg/100 g < 15 mg/100 g(一级鲜肉指标值), 而4℃冷藏组在56h时TVB-N值达到17.12 mg/100 g超过一级鲜度肉指标, 且冷藏组组胺变化明显而微冻组和冰温组在整个贮藏过程中组胺变化平稳。综合各项理化及感官指标可知金枪鱼在微冻和冰温条件下保鲜效果明显优于冷藏。

关键词:金枪鱼, 微冻, 冰温, 冷藏, 品质变化

Effect of storage temperature on quality and the freshness of tuna

LEI Zhi-fang, XIE Jing*, GAO Lei, WANG Ying-rong, YIN Lei, ZHANG Ning, YIN Le

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

Abstract: The quality changes of tuna, storage in -4℃ (partial frozen), -2℃ (freezing temperature) and 4℃ (cold storage), was studied by sensory assessment, pH, K values, histamine concentration, total volatile basic nitrogen (TVB-N), met-myoglobin concentration and aerobic bacterial count. The results showed that the K values, histamine concentration, total volatile basic nitrogen (TVB-N), met-myoglobin concentration and aerobic bacterial count of tuna increased during storage, regardless of the storage temperature, increasing at a faster rate at higher storage temperatures, the TVB-N value stored for sixty hours at -4℃ and -2℃ were 10.83 mg/100 g and 12.77 mg/100 g respectively, however, it reached 17.12 mg/100 g and exceed the limit of 15 mg/100 g when tuna was store at 4℃ for fifty-six hours. The increase of histamine concentration was not evidence at both -2℃ and -4℃ throughout the storage, but it rose remarkably at 4℃. Compared with cold storage, the partial freezing and controlled freezing point condition would increase the shelf-life of tuna obviously.

Key words: tuna; partial frozen; freezing temperature; cold storage; quality changes

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)19-0312-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.19.055

金枪鱼又叫鲔鱼, 主要分布在大西洋、太平洋和印度洋中部, 属于高度洄游鱼类, 大多栖息在100~400米深水区域^[1]。金枪鱼含有丰富的优质蛋白, 能够为人体提供多种必需氨基酸, 同时金枪鱼多不饱和脂肪酸含量较高, 其中含量最高的为DHA和EPA^[2]。金枪鱼还被誉世界三大营养鱼类之一, 肉质鲜嫩、无污染且口感细腻, 因此常作为生鱼片的原料。

然而由于金枪鱼特殊的生物学特性使其极易腐败变质, 商业销售和运输中大多采用超低温冻藏保鲜。路昊等^[3]研究了不同冻藏温度下黄鳍金枪鱼腹部肌肉的脂质氧化速率, 认为温度越高金枪鱼脂质氧化速率越快。杨金生等^[4]比较了不同冻藏温度对金枪鱼肉色的影响, 结果表明温度越低越有利于保持金枪鱼肉的色泽。目前许多研究集中于金枪鱼冻藏保鲜, 该方式能耗大、成本高、食用不方便, 而对适

收稿日期: 2015-01-13

作者简介: 雷志方(1988-), 男, 硕士, 研究方向: 水产品保鲜, E-mail: leizhifang917@163.com。

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

基金项目: 2014年国家农业成果转化资金项目(2014GB2C000081); 上海市科委重点项目(14dz1205101)。

合短期贮藏的普通低温贮藏金枪鱼保鲜效果的研究较少,徐慧文^[5]等曾对比研究了冰藏和冷藏条件下金枪鱼的品质变化,得出的结论是冰藏的保鲜效果优于冷藏。但对于一些没有包装的金枪鱼块,冰藏使金枪鱼直接与冰块接触,可能会带入新的微生物从而影响金枪鱼的品质,另一方面冰藏过程中冰块融化使金枪鱼浸水可能影响金枪鱼的口感,且冰藏过程中冰块更换较为麻烦。近几十年来学者研究发现微冻和冰温条件下贮藏对食品组织结构破坏小,不仅能较好地保持食品品质而且还能改善食品风味,微冻和冰温贮藏将来可能成为商业普通低温贮藏的主要方式,因此本研究比较微冻、冰温及冷藏温度对金枪鱼的保鲜效果,为金枪鱼冷藏保鲜提供一定参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

金枪鱼购于浙江丰汇远洋渔业有限公司上海供应站,挑选色泽鲜亮无肌肉淤血的金枪鱼块(宰杀后经真空包装贮藏于 $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$),于泡沫箱保温条件下运回实验室立即实验。

琼脂培养基、轻质氧化镁、盐酸、硼酸、高氯酸、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、KOH、溴甲酚绿-甲基红混合指示剂、乙腈、氯化钠等试剂均为分析纯试剂均购于国药集团。

UV-1102型紫外可见分光光度计 上海天美科技仪器有限公司;LHS-100CL型恒温恒湿箱 上海一恒科学仪器有限公司;电热鼓风干燥箱 上海一恒科学仪器有限公司;BCD-252MHV*冰箱 苏州三星电子;ZE-2000色差计 日本尼康公司;高效液相色谱仪 LC-2010C HT,岛津公司;Sartorius PB-10精密数显酸度计 赛多丽斯科学仪器(北京)有限公司;台式高速冷冻离心机 H-2050R,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;FOSS全自动凯氏定氮仪 Kjeltac 8400,福斯分析仪器公司;移液枪,恒温培养箱、多点温度测定仪 Fluke-NetDAQ32,美国 Fluke 公司;匀浆仪、电子分析天平等。

1.2 实验方法

1.2.1 样品处理 将运回的金枪鱼常温空气解冻3 h

切成小块,将鱼块随机分为三组并装入保鲜袋,分别贮藏于微冻、冰温、冷藏条件下,定期取样测定其pH、高铁肌红蛋白含量、K值、TVB-N、组胺和微生物等理化指标并进行感官评定。其中微冻组和冰温组每12 h取一次样,冷藏组每8 h取一次样。实验组设计如表1。

表1 实验组设计

Table 1 Design for experimentation

组别	普通低温冷藏	冰温贮藏	微冻贮藏
处理方式	$(4\pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-4\text{ }^{\circ}\text{C}$

1.2.2 感官评定 参考 SC/T 3117-2006《生食金枪鱼》^[6]的感官要求结合徐慧文^[5]等对金枪鱼感官评价方法对金枪鱼感官进行评价,由3名受过专业训练的感官人员根据金枪鱼的外观、气味、肌肉组织、组织弹性为依据以10分制来评价金枪鱼,认为8~10分是好,6~8分一般,0~6分差。感官综合得分=(外观色泽平均得分+气味平均得分+肌肉组织平均得分+组织弹性平均得分)/4。

1.2.3 pH测定 称取5 g 剁碎的肉放入洗净的烧杯中,然后加入45 mL煮沸冷却后的蒸馏水并用玻璃杯搅拌均匀,静置30 min后用pH计测溶液pH。

1.2.4 色差 将鱼肉切成 $15\text{ mm}\times 15\text{ mm}\times 10\text{ mm}$ 的方块用于测定色差,将色差计经白板校正后,用D65光源透过8 mm的孔径,分别对样品的正反两面进行测定,每面测三次取平均值,依据红度值 a^* 和亮度 L^* 反映鱼肉肉色变化。

1.2.5 高铁肌红蛋白测定 参考 Thiansilakul 等^[7]方法称取3 g 剁碎的肉于离心管中,加入40 mmol/L磷酸缓冲液15 mL,匀浆后离心20 min取上清液,用分光光度计在525、545、565和572 nm波长处,分别测定其吸光度,并进行计算。

计算公式: $\text{Met Mb}(\%) = (-2.514R_1 + 0.777R_2 + 0.800R_3 + 1.098) \times 100$

其中: $R_1 = A_{572}/A_{525}$; $R_2 = A_{565}/A_{525}$; $R_3 = A_{545}/A_{525}$

1.2.6 K值 参考 Yoloyama 等^[8]略有修改,准确称取5 g 剁碎的肉加入10%的高氯酸10 mL于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下10000 r/min离心15 min,取上清液,再加入5%的高氯酸10 mL于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下10000 r/min离心10 min重

表2 带鱼感官评定表^[6]

Table 2 Criteria for sensory evaluation of tuna^[6]

指标	好(10分)	较好(8分)	一般(6分)	较差(4分)	差(2分)
外观色泽	色泽光亮,横切面富有油感光泽,鱼肉呈鲜红色	色泽光亮,横切面稍有油感光泽,鱼肉呈红色	色泽稍暗淡,横切面稍有光泽,鱼肉呈暗红色	色泽暗淡,横切面几乎无光泽,鱼肉呈褐色	色泽暗淡,横切面无光泽,鱼肉呈棕褐色
气味	金枪鱼特有浓郁鱼香味无异味	鱼香味较浓郁基本异味	鱼香味较淡,稍带鱼腥味	鱼香味消失,有较大鱼腥味或腥臭味	有强烈腥臭味或氨臭味
肌肉组织	肌肉组织紧密完整,肌纤维清晰	肌肉组织紧密完整,肌纤维较清晰	肌肉组织局部松软,但不松散	肌肉组织松软,局部松散	肌肉组织松软密,松散
组织弹性	肌肉组织韧实有弹性,手指按压立即恢复	肌肉组织韧实有弹性,手指按压恢复较快	较有弹性,手指按压恢复较慢	稍有弹性,手指按压恢复很慢	无弹性,手指压后凹陷不消失

复2次,最后合并上清液,并调节pH至6.5,于50 mL容量瓶定容,最后用0.22 μm膜过滤待用。

HPLC 条件: 色谱柱 VP-CDSC18 (46 mm × 150 mm), 采用 pH6.7 的 0.05 mol/L 磷酸缓冲液平衡洗脱, 样品进样量为 10 μL, 流速 1 mL/min, 柱温 30 °C, 检测波长 254 nm。按公式计算 K 值:

$$K(\%) = \text{WH}_x\text{R} + \text{WH}_x/\text{WATP} + \text{WADP} + \text{WAMP} + \text{WIMP} + \text{WH}_x\text{R} + \text{WH}_x \times 100$$

其中 WH_xR、WH_x、WATP、WADP、WAMP 和 WIMP 分别为次黄嘌呤核苷、次黄嘌呤、腺苷三磷酸、腺苷二磷酸、腺苷酸和肌苷酸的质量分数。

1.2.7 组胺 参考金高娃等^[9]的方法,先利用高氯酸对样品进行提取,再将提取液经丹酰氯衍生后,采用高效液相色谱法分离测定组胺含量。

1.2.8 挥发性盐基氮(TVB-N)的测定 参考《SC/T 3032-2007 水产品中挥发性盐基氮的测定》^[10]的方法,根据半微量凯氏定氮原理利用自动凯氏定氮仪进行测定。

1.2.9 菌落总数测定 参考《GB 47892-2010 食品微生物学检验 菌落总数测定》^[11]测定菌落总数,每个稀释度做两个平行组。

1.2.10 数据处理和分析 利用 Origin9.0 软件绘制曲线,用 SPSS 19.0 和 excel 2010 进行实验数据处理。

2 结果与分析

2.1 感官评定结果

感官是影响消费者购买力的主要因素,金枪鱼的感官综合评分如图1,微冻组、冰温组和冷藏组的综合感官评分随贮藏时间的延长下降,微冻组和冰温组得分相近差异性不显著($p > 0.05$),冷藏组得分下降较快,到40 h时综合得分仅为6.5,金枪鱼的感官综合出现较大程度的劣变,到56 h时感官综合得分仅为4.5,此时的金枪鱼感官品质较差,达到不可接受水平,与冷藏组相比微冻组的感官综合得分较高能较好地保持鱼肉的感官品质。

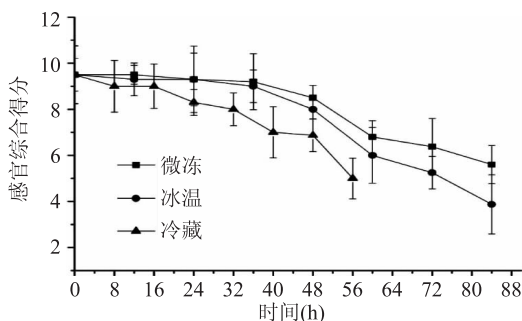


图1 贮藏期间金枪鱼感官得分的变化

Fig.1 Changes in Sensory evaluation score of tuna during storage

2.2 色差值

色差是反映鱼肉感官色泽的重要指标。金枪鱼由于富含肌红蛋白和血红蛋白^[12]而呈红色。由图2,图3可知,在整个贮藏过程中金枪鱼亮度L*和红度值a*呈下降趋势,说明金枪鱼在整个贮藏过程中鱼肉的鲜红色和鱼肉表面光泽均逐渐减弱而使鱼肉变

得暗淡无光泽,这可能是与鱼肉中的肌红蛋白和血红蛋白的氧化程度有关。与冷藏组相比微冻组和冰温组的红度值下降较为缓慢且差异显著($p < 0.05$),微冻组与冰温组相比同一时间微冻组红度值略高于冰温组,差异并不显著($p > 0.05$)。由图2,图3可知冷藏组金枪鱼的a*值和L*值下降明显,到56 h时分别从初始值10.09和54.46下降至2.3和28.76,而微冻组和冰温组到60 h时其a*值和L*值分别为4、3.6和42.25、31.47,说明低温更有利于金枪鱼的颜色稳定,这与徐慧文等^[5]的研究规律一致。

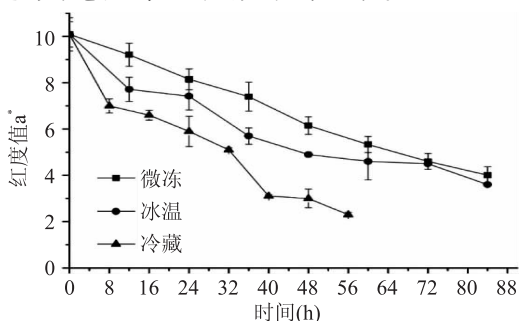


图2 贮藏期间金枪鱼a*值的变化

Fig.2 Changes in a* value of tuna during storage

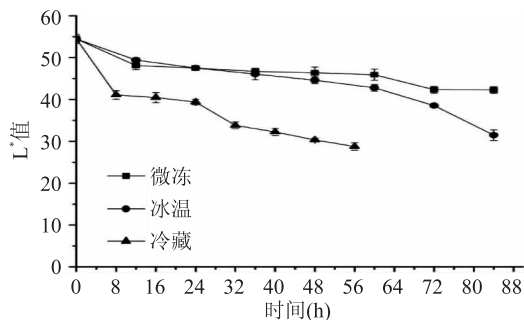


图3 贮藏期间金枪鱼L*值的变化

Fig.3 Changes in L* value of tuna during storage

2.3 高铁肌红蛋白

鱼肉中高铁肌红蛋白的百分含量反映了金枪鱼鱼肉中肌红蛋白和血红蛋白的氧化程度。通常情况下鱼肉中的肌红蛋白和血红蛋白与亚铁离子结合,由于肌红蛋白分子内部的疏水环境使血红素的亚铁离子不易被氧化而呈还原态,当鱼肉暴露在空气中或温度较高时亚铁离子被氧化形成高铁肌红蛋白而使鱼肉呈棕色^[13]。图4反映的是不同贮藏温度下高铁肌红蛋白含量的变化。由图可知温度越高高铁肌红蛋白的生成越快,其中微冻组和冰温组高铁肌红蛋白含量变化较为相近,到84 h时分别上升至29.4、32.0,而冷藏组上升较快在56 h内从1.48%上升至35.69,这与奚春蕊^[14]对金枪鱼生鱼片贮藏在0、4、8 °C时品质变化的研究规律一致。从整个实验过程来看,随贮藏时间的延长,高铁肌红蛋白的含量不断增加使鱼肉颜色从鲜红变为暗红甚至棕色,这与前面研究金枪鱼红度值a*的变化相一致。

2.4 pH变化

pH在一定程度上能反映鱼肉在贮藏过程中的品质变化,新鲜鱼肉贮藏初期由于糖酵解过程产生

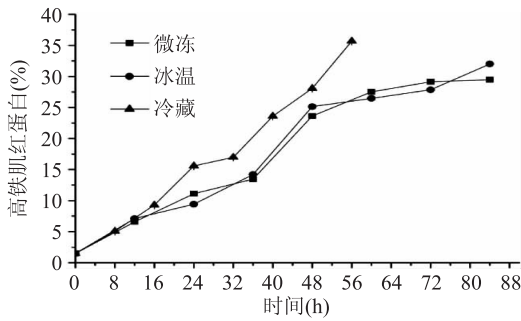


图4 贮藏期间金枪鱼高铁肌红蛋白含量的变化

Fig.4 Changes in met-myoglobin of tuna during storage

的丙酮酸在无氧条件下由 NADH 还原为乳酸造成鱼肉 pH 下降,由图 5 可知随着贮藏时间的延长 pH 出现增长趋势且在同一时间内冷藏条件下 pH 增长最快,这是由于随贮藏时间延长鱼体蛋白质等物质降解为胺类物质和氨,从而影响 pH,另一方面由于冷藏组温度高于微冻组和冰温组,在此条件下冷藏组分解蛋白质等物质的酶的活性高于另外两组,以及温度越高适合生长的微生物越多从而加速冷藏组 pH 的上升,这与李双双等^[15]茶多酚对冻藏金枪鱼保鲜效果研究的结果一致。

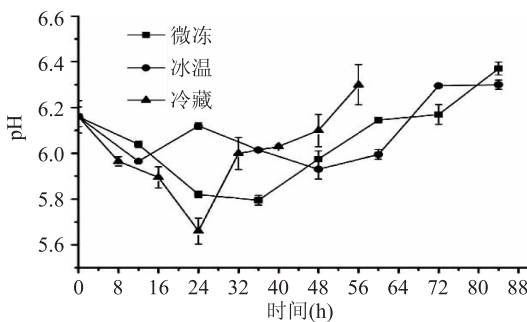


图5 贮藏期间金枪鱼 pH 的变化

Fig.5 Changes pH of tuna during storage

2.5 TVB-N

挥发性盐基氮 (TVB-N) 是水产品腐败过程中由于酶和细菌的作用使蛋白质分解为胺类物质和氨等碱性含氮物质,其含量越高表示氨基酸被破坏程度越大即鱼肉腐败程度越高,许多研究^[16-18]表明挥发性盐基氮的含量能很好地反映鱼肉的腐败程度。由图 6 可以看出各实验组 TVB-N 的初始含量为 7.71 mg/100 g,其中冷藏组 TVB-N 值上升速率最快 56 h 内从 7.71 mg/100 g 上升至 17.12 mg/100 g,而微冻组和冰温组贮藏至 60 h 时 TVB-N 值分别为 10.83 mg/100 g、12.77 mg/100 g 与微冻组和冰温组同期相比差异明显 ($p < 0.05$)。整个贮藏过程中各实验组 TVB-N 值均呈上升趋势,与 Satrijo Saloko 等^[19]的研究变化规律相似,且温度越高 TVB-N 值的上升越明显,说明温度越高蛋白质的分解速率越快,所生成的低级胺内物质越多,鱼肉腐败的速率越快。

2.6 K 值

K 值反映的是鱼体死亡后鱼肉中 ATP 的降解程度,许多研究^[20-22]表明 K 值能较好地反映鱼肉早期

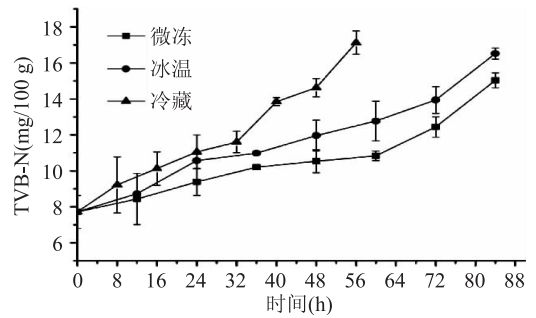


图6 贮藏期间金枪鱼 TVB-N 值的变化

Fig.6 Changes in TVB-N of tuna during storage

鲜度,一般认为 K 值 $< 20\%$ 时鱼肉新鲜度较好,当 K 值达到 50% 时达到鱼肉鲜度上限。由图 7 可知整个贮藏过程中 K 值处于上升趋势,且温度越高上升趋势越明显,16 h 后冷藏组 K 值显著高于微冻组和冰温组 ($p < 0.05$),这和 Nejb Guizani 等^[23]对金枪鱼的研究中 K 值的变化规律相符。K 值上升速度越快说明 ATP 分解速率越快即鱼肉鲜度下降越快。由图 7 可知各实验组初始值为 3.71 其 K 值较低,冷藏组在 56 h 内 K 值上升至 19.9,而微冻组和冰温组到 84 h 时 K 值分别为 18.83、21.01, K 值相当的情况下比冷藏组延长了 28 h,其原因可能是冷藏温度较高更适合于微生物生长,从而加速了 ATP 的分解。

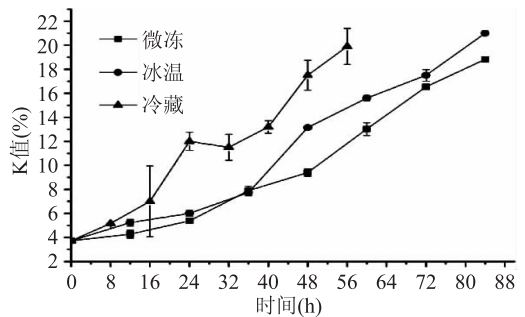


图7 贮藏期间金枪鱼 K 值的变化

Fig.7 Changes in K value of tuna during storage

2.7 总菌

总菌落数是评价肉类产品安全性的重要指标尤其对于生食鱼类其要求更为严格,根据国际食品微生物标准委员会规定,新鲜贮藏的鱼其菌落总数须 $\leq 10^6$ CFU/g。根据国内行业标准《SC/T3117-2006 生食金枪鱼》^[5]的规定生食金枪鱼的菌落总数须 $\leq 10^4$ CFU/g。由图 8 可知各实验组的初始菌落总数为 3.34 \log_{10} (cfu/g) 这与金枪鱼本身携带的微生物和实验过程中鱼肉所接触的实验器皿有关,冷藏组到 16 h 时为 4.04 \log_{10} (cfu/g) 已达到生食金枪鱼规定上限,而微冻组和冰温组到 48 h 时菌落总数分别为 4.16 \log_{10} (cfu/g)、4.06 \log_{10} (cfu/g) 也刚超过 4.0 \log_{10} (cfu/g),单纯从微生物指标来看微冻组和冰温组货架期比冷藏组货架期延长 32 h 为冷藏组的 3 倍。根据图 8 可知随着贮藏时间的延长各个实验组总菌数出现不同程度的增长,越到后期其增长速率越快,其中冷藏组菌落总数显著高于微冻组和冰温组 ($p < 0.05$)。其原因可能是低温抑制了微生物某

些酶的活性而对微生物生长起到抑制作用,而冷藏温度较高利于更多种类微生物的生长,到贮藏后期由于微生物基数增大,微生物的生长繁殖速率加快。

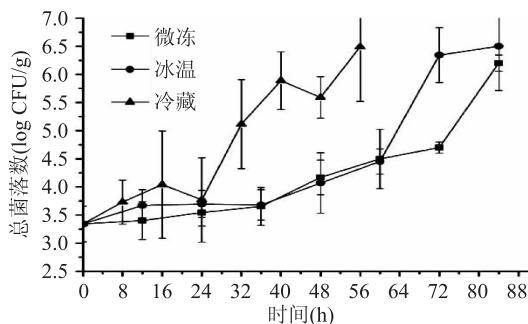


图8 贮藏期间金枪鱼菌落数的变化

Fig.8 Changes in aerobic plate count of tuna during storage

2.8 组胺

组胺是广泛存在于动物体内的生物胺,它是一种强烈的血管舒张物质,浓度过高可引起不适。组胺是组氨酸经组氨酸脱羧酶作用而形成的产物,金枪鱼肌肉中含有较多的组氨酸,容易形成组胺,是容易引起组胺中毒的鱼肉之一。根据国内行业标准《SC/T 3117-2006 生食金枪鱼》^[5]的规定生食金枪鱼的组胺需 ≤ 90 mg/kg。由图9知在整个贮藏过程中各个实验组中组胺含量均有不同程度上升,冷藏组的组胺含量上升速率显著高于微冻组和冰温组($p < 0.05$),从初始值 23.37 mg/kg 上升至 37.25 mg/kg。而微冻组和冰温组组胺含量在整个贮藏过程中变化不大分别从 23.37 mg/kg 上升至 26.60 mg/kg 和 28.84 mg/kg,两组组胺变化相似,这与刘书臣等^[24]对不同贮藏温度下大目金枪鱼鲜度及组胺变化的研究规律相近。其原因可能是因为冷藏组温度较高,组氨酸脱羧酶的活性较高,另一方面可能是冷藏组微生物较多而许多微生物体内都含有组氨酸脱羧酶从而加速了金枪鱼中组胺的生成。

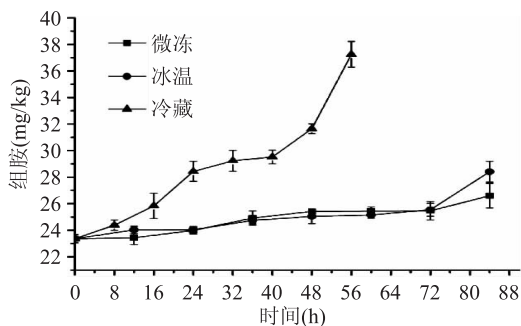


图9 贮藏期间金枪鱼组胺的变化

Fig.9 Changes in histamine of tuna during storage

3 结论

综合各种理化指标判断,随着贮藏时间的延长贮藏在不同温度下的金枪鱼品质均出现不同程度劣变,红度值 a^* 、亮度值 L^* 和感官综合得分均出现下降,且温度越高下降程度越大。K 值、组胺含量、TVB-N 值、菌落总数均呈现上升趋势,且冷藏组各项指标的变化速率显著高于微冻组和冰温组,而微冻组和冰温组各项指标变化相似。即低温更有利于金枪鱼

的贮藏,从金枪鱼组胺含量来看随贮藏时间延长冷藏组组胺含量有明显增加,而微冻组和冰温组则在整个贮藏过程中变化不大。

单从微生物指标来看微冻组和冰温组的货架期比冷藏组货架期延长了 32 h 为冷藏组的 3 倍,有效地抑制了微生物的生长,较好地保持了金枪鱼块的新鲜品质。但是微冻和冰温对贮藏设备控温精度要求高、所需设备投资较大,目前国内家用及销售冷柜均无法满足微冻和冰温贮藏条件,新型贮藏设备的研发是解决制约微冻和冰温保鲜的关键。

微冻组和冰温组相比,微冻组保鲜效果稍好于冰温组,但是微冻保鲜时会产生少量的冰晶,这会对金枪鱼细胞完整性有一定的影响。

参考文献

- [1] 陈雪忠,杨胜龙,张禹,等.热带印度洋大眼金枪鱼垂直分布空间分析[J].中国水产科学,2013,20(3):660-671.
- [2] 贾建萍,周彦钢,林赛君,等.金枪鱼骨营养成分分析[J].食品工业科技,2013,10(34):334-337.
- [3] 路昊,包建强.在不同冻藏温度下黄鳍金枪鱼腹部肌肉的脂质氧化和肌红蛋白氧化的动力学研究[J].食品科学,2007,28(11):63-66.
- [4] 杨金生,尚艳丽,夏松养.不同冻藏温度对金枪鱼肉肉色变化的影响[J].食品工业,2012,(1):39-41.
- [5] 徐慧文,谢晶,汤元睿,等.冰藏和冷藏条件下金枪鱼品质变化的研究[J].食品工业科技,2014,35(13):321-326.
- [6] SC/T 3117-2006 生食金枪鱼[S].
- [7] Thiansilakul Y, Benjakul S, Richards M P. Effect of phenolic compounds in combination with modified atmospheric packaging on inhibition of quality losses of refrigerated Eastern little tuna slices[J]. LWT - Food Science and Technology, 2013, 50(1): 146-152.
- [8] Yoloyama Y, Sakaguchi M, Kawai F, et al. Changes in concentration of ATP-related compounds in various tissues of oyster during ice storage[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1992, 58(11):2125-2136.
- [9] 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.
- [10] SC/T 3032-2007 水产品中挥发性基盐氮的测定[S].
- [11] GB 4789.2-2010 食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数[S].
- [12] Thiansil Y, Benjakul S, Richards M P. Characterisation and stability of myoglobin from Eastern little tuna (*Euthynnus affinis*) dark muscle[J]. Food Chemistry, 2011, 124(1): 254-261.
- [13] Renerre M. Biochemical basis of fresh meat color [C]. Yokohama; Proceedings of 45th ICoMST, 1999: 344-348.
- [14] 奚春蕊.金枪鱼生鱼片品质变化及快速评价方法建立[D].上海海洋大学,2013.
- [15] 李双双,夏松养,李仁伟.茶多酚对冻藏金枪鱼的保鲜效果研究[J].食品科技,2012,37(12):126-129.
- [16] 谢晶,杨胜平.生物保鲜剂结合气调包装对带鱼冷藏货架期的影响[J].农业工程学报,2011,27(1):376-381.
- [17] 李念文,汤元睿,谢晶,等.物流过程中大眼金枪鱼 (*Thunnus obesus*) 的品质变化[J].食品科学,2013,34(14):

319-323.

[18] 施建兵, 谢晶, 高志立, 等. 臭氧水浸渍后冰温贮藏提高鳕鱼块的保鲜品质[J]. 农业工程学报, 2013, 29(6): 274-279.

[19] Saloko S, Darmadji P, Setiaji B, et al. Antioxidative and antimicrobial activities of liquid smoke nanocapsules using chitosan and maltodextrin and its application on tuna fish preservation[J]. Food Bioscience, 2014: 71-79.

[20] 高志立, 谢晶, 施建兵, 等. 不同贮藏条件下带鱼品质的变化[J]. 食品科学, 2013, 34(16): 311-315.

[21] Guizani N, Al-Busaidy NA, Al-Belushi IM, et al. The effect of storage temperature on histamine production and the freshness of yellowfin tuna (Thunnus albacares) [J]. Food Research

International, 2004, 38(2005): 215-222.

[22] Kamalakanth CK, Ginson J, Bindu J, et al. Effect of high pressure on K-value, microbial and sensory characteristics of yellow fin tuna(Thunnus albacares) chunks in EVOH films during chill storage [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2011, (12): 451-455.

[23] 汤元睿, 谢晶, 徐慧文, 等. 冷链物流过程中温度变化对金枪鱼新鲜度的影响[J]. 食品工业科技, 2014, (13): 332-336.

[24] 刘书臣, 廖明涛, 赵巧灵, 等. 不同贮藏温度下大目金枪鱼鲜度及组胺变化[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(5): 213-217.

(上接第 303 页)

渐增加, 发酵后期, 发酵液中酒精度不再增加且略有下降的趋势; 发酵过程中发酵液中总糖含量逐渐降低, 发酵后期, 发酵液中总糖含量趋于稳定; 发酵过程中总酸的含量逐渐升高; 发酵过程中 Monacolin K 的含量逐渐增加, 发酵后期趋于稳定。红曲菠萝酒不仅色泽鲜艳、风味独特, 而且还含有一定含量的 Monacolin K 具有一定的保健功能。

采用有机溶剂萃取法, 通过 GC-MS 对红曲菠萝酒中的香味成分进行分析, 有效的鉴定出 53 种化学成分, 占总峰面积的 94.95%, 该方法可以作为研究红曲菠萝酒中香味成分有效的手段。醇类、酯类、酸类是红曲菠萝酒中相对含量最高的三类化合物, 占相对含量的 86.84%。醇类物质中的香味成分主要有: 苯乙醇、2-甲基丁醇、菠萝醇、4-羟基苯乙醇; 酯类物质中的香味成分主要有: 乙酸乙酯、丁酸乙酯、棕榈酸乙酯; 酸类物质中的香味成分主要有: 异丁酸、棕榈酸、丁酸。红曲菠萝酒的香气特征主要由醇类、酯类、酸类这三类物质同其他成分之间的共同作用, 赋予其独特的酒香和果香。红曲菠萝酒中含有的菠萝醇、菠萝酮是菠萝酒中所特有的。此外, 红曲菠萝酒中还含有 3 种酯类氨基酸, 这与其他报道的果酒有所不同。

参考文献

[1] 张秀梅, 杜丽清, 孙光明, 等. 3 个菠萝品种果实香气成分分析[J]. 食品科学, 2009, 30(22): 275-279.

[2] 郑华, 张汝国, 于连松, 等. 热脱附-相色谱-谱分析菠萝果实香气研究[J]. 广东农业科学, 2009(5): 122-124.

[3] 吴惠婵, 王秀杏, 宁正祥, 等. 发酵菠萝酒的风味及其稳定性研究[J]. 现代食品科技, 2012, 28(2): 191-194.

[4] 钟瑞敏, 谢思芸, 肖仔君, 等. 杨梅果汁、果酒和果醋芳香成分初步分析[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(3): 77-80.

[5] Carolina Muñoz González Juan J, Rodríguez-Bencomo M, Victoria Moreno-Arribas. Beyond the characterization of wine aroma compounds: looking for analytical approaches in trying to understand aroma perception during wine consumption [J]. Anal Bioanal Chem, 2011(401): 1497-1512.

[6] Violeta Ivanova, Marina Stefova, Borimir Vojnoski. Volatile Composition of Macedonian and Hungarian Wines Assessed by GC/MS[J]. Food Bioprocess Technol, 2013(6): 1609-1617.

[7] Violeta Ivanova, Marina Stefova, Borimir Vojnoski. Validation of a Method for Analysis of Aroma Compounds in Red Wine using Liquid-Liquid Extraction and GC-MS [J]. Food Anal. Methods, 2012(5): 1427-1434.

[8] 张庆庆, 张帝, 汤文晶, 等. 红曲霉液态发酵豆渣产红曲色素培养基的优化[J]. 中国饲料, 2013(23): 27-31.

[9] GB/T13662-2008 黄酒[S]. 2008.

[10] 张庆庆, 杨超, 汤文晶, 等. 超声提取红曲霉发酵液中的 Monacolin K [J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(4): 216-220.

[11] 汪正范. 色谱定性定量[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000: 11-122.

[12] 苏立强. 色谱分析法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009: 309-349.

[13] 孙宝国. 食用香料手册[M]. 北京: 中国石化出版社, 2004: 70-70.

[14] 马立志, 王瑞, 蔡竹, 等. 刺梨干酒香气成分的 GC/MS 分析[J]. 酿酒科技, 2008(2): 114-115.

[15] 张军翔, 冯长根, 李华. 不同萃取方法对葡萄酒香气成分的研究[J]. 酿酒, 2007(2): 69-71.

[16] 彭帮柱, 岳田利, 袁亚宏, 等. 气相色谱-质谱联用法分析苹果酒香气成分的研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2006, 34(1): 71-74.

[17] 卫春会, 边名鸿, 黄治国, 等. 桑椹酒香气成分的 HS-SPME-GC-MS 分析[J]. 食品与机械, 2013(3): 27-30.

[18] 李华, 王华, 刘拉平, 等. 爱格丽白葡萄酒香气成分的 GC-MS 分析[J]. 中国农业科学, 2005, 38(6): 1250-1254.

[19] 刘殿锋, 郭培军, 武模戈, 等. 番茄米酒香气成分的 GC-MS 分析[J]. 食品科技, 2013, 38(10): 289-291, 296.

[20] 何应对, 魏长宾, 李绍鹏, 等. 菠萝香气成分的 GC/MS 分析[J]. 福建分析测试, 2007(4): 1-4.

[21] 张晓梅, 艾娜丝, 孙宝国, 等. 马奶蒸馏酒中挥发性成分分析[J]. 中国食品学报, 2013, 13(11): 160-168.

[22] 陈娟, 阙健全, 杜木英, 等. 不同品种桑椹的蜂蜜发酵酒香气成分的 GC-MS 分析[J]. 食品科学, 2009, 30(4): 169-173.

[23] 陶伯旭, 陈亮, 王家利, 等. 猕猴桃琥珀酒和猕猴桃桃红酒的香气成分 GC-MS 分析[J]. 中国酿造, 2013, 32(3): 158-161.

[24] 陈静静, 孙志高. 苾烯的研究进展[J]. 湖南农业大学学报, 2007, 33: 114-117.