

贮藏温度对草鱼片冰温保鲜的影响

蔡广来^{1,2}, 万金庆^{1,2,3*}, 童 年⁴

(1. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306; 2. 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306;
3. 农业部水产品贮藏保鲜质量安全风险评估实验室(上海), 上海 201306; 4. 安徽宜康高新农业科技有限公司, 霍山 237200)

摘 要: 为了延长冰温贮藏草鱼片的贮藏期, 通过盐浸和冰温真空脱水的方法降低鱼肉冰点, 从而降低冰温贮藏温度。将新鲜草鱼片用 4% 盐水在 -0.5°C 下浸渍 10 h, 然后冰温真空脱水至 $60\% \pm 1\%$ 含水率 (冰点为 -4.2°C), 设定了 2 组冰温组, T1 组贮藏温度设定为 $(-0.5 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$; T2 组为 $(-3.5 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$, 以 4°C 冷藏组 CT 作为对照。在贮藏期间定期测定其 pH 值、菌落总数 (TBC)、硫代巴比妥酸值 (TBA)、游离氨基酸和挥发性盐基氮 (TVB-N), 并进行相应的感官评价, 探究贮藏温度对草鱼片品质变化的影响。结果表明, 通过降低冰点的方法降低贮藏温度, 能够减缓草鱼片 TBC、TBA 和 TVB-N 的上升速度, 显著延长贮藏期。 -0.5°C 与 -3.5°C 冰温贮藏的样品贮藏期分别为 50 d 和 60 d, 冷藏的样品贮藏期只有 30 d。综合分析, -3.5°C 贮藏的草鱼片保鲜效果最优, 感官最好, 其次是 -0.5°C 。

关键词: 草鱼; 冰温保鲜; 贮藏温度; 盐浸; 冰温脱水

中图分类号: TS254.4; S983.02

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2020)03-0380-06

Effect of storage temperature on ice temperature preservation of grass carp fillets

CAI Guanglai^{1,2}, WAN Jinqing^{1,2,3}, TONG Nian⁴

(1. College of Food and Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 2. Shanghai Engineering Research Center of Aquatic-Product Processing & Preservation, Shanghai 201306; 3. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Aquatic Products on Storage and Preservation (Shanghai), Ministry of Agriculture, Shanghai 201306; 4. Anhui Yikang Gaoxin Agricultural Technology Limited Company, Huoshan 237200)

Abstract: In order to prolong the controlled freezing-point storage period of grass carp fillets, salt soaking and vacuum dehydration at ice temperature were used to reduce the freezing point of fish for further reducing the temperature of ice storage. In the experiment, fresh grass carp fillets were immersed at -0.5°C for 10 h with 4% saline, and then dehydrated to $60\% \pm 1\%$ water content (freezing point was -4.2°C) by ice temperature and vacuum. Two groups of ice temperature groups, group T1 of $(-0.5 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ and group T2 of $(-3.5 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$, were set up, and CT of the refrigerated group at 4°C was used as the control. The pH value, total number of colonies (TBC), thiobarbituric acid value (TBA), free amino acids and volatile base nitrogen (TVB-N) were periodically measured, and the corresponding sensory evaluation was conducted during storage, to explore the effect of storage temperature on the quality change of grass carp fillets. The results revealed that reducing the storage temperature by reducing the freezing point could slow down the rising rate of TBC, TBA and TVB-N, prolonged the storage period significantly. The storage period of samples stored at -0.5°C and -3.5°C on ice temperature was 50 and 60 days, respectively. The storage period of the refrigerated samples was only 30 days. According to the comprehensive analysis, the grass carp fillets stored at -3.5°C has the best preservation effect, and the sensory is the best, followed by -0.5°C .

Key words: grass carp; ice temperature preservation; storage temperature; salt leaching; ice temperature dehydration

草鱼是中国四大家鱼之一, 肉质鲜美, 深受消费者的喜爱。鱼肉中蛋白质和水分含量高, 且含有

多种不饱和脂肪酸, 所以在保藏运输销售过程中损耗特别大, 特别容易腐败变质。另外随着人们的消

收稿日期: 2019-03-12

基金项目: 国家自然科学基金 (31171764) 资助。

作者简介: 蔡广来, 硕士研究生。E-mail: 15316965876@163.com

* 通信作者: 万金庆, 博士, 教授。E-mail: jqwan@shou.edu.cn

费水平不断提高,对鲜度的要求也越来越严格,所以,草鱼的防腐保鲜措施必不可少。关于水产品冰温保鲜技术的研究也越来越多,与其他保鲜技术相比,冰温保鲜能避免冰晶对组织的损害,使水产品的贮藏期延长^[1]。

冰温是 0℃ 到冻结点之间的温度区间。冰温贮藏有两个特点,一是将食品的贮藏温度维持在冰温带内,来维持其细胞的活体状态,这样不仅有效抑制了食品中微生物的生长,还增加了食品中的风味物质,并且还能减少挥发性含氮物质的生成^[2-3];二是如果食品的冰点较高,也可以人为添加一些有机物、无机物质来使其冰点降低,扩大冰温带^[4]。目前市场上温控设备的控制精度一般在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,不能满足冰温贮藏的要求,并且专用冰温设备成本较高,所以降低水产品的冰点更有利于冰温贮藏的实现^[5]。Hamidi 和 Tsuruta^[6]采用微波真空干燥法对金枪鱼、牡蛎和鲭鱼进行了部分脱水再进行冷冻保藏,结果发现脱水可以降低冰点,对食品的风味影响几乎没有,还可以减少冰晶体对食品的损害;龚婷等^[7]研究了冰温结合气调包装的方法保鲜草鱼片,货架期能够延长到 40 d,但是采用 3% 柠檬酸溶液浸渍鱼片,可能影响鱼肉原有风味,高含量 CO_2 降低了蛋白质的持水能力,会造成贮藏过程中汁液流失的成倍增加^[8]。胡焯等^[9]研究了冰点调节剂对大黄鱼品质的影响,添加盐含量 5% 左右,鱼肉的质量分数最大,将大黄鱼块脱水至 60%,鱼肉具有良好的感官品质,冰点调节剂对鱼肉的质构特性几乎没有影响。另外,石建喜等^[10]研究发现盐含量在 3% 至 5% 范围内对鲢鱼的品质影响不显著。

目前含盐量低于 6%、含水率在 40% 以上的水产品仍属于高含水率鲜品,需冷冻储藏^[11-12]。本研究提出将盐浸和冰温真空脱水结合来调节冰点的方法,将新鲜草鱼片用 4% 盐水浸渍,然后冰温真空脱水至 $60\% \pm 1\%$ 含水率(此时冰点降为 -4.2°C),分为 3 个组贮藏于 $(4 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 、 $(-0.5 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 和 $(-3.5 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 3 种条件下,研究不同贮藏温度对草鱼片冰温保鲜效果的影响,以期在实际应用打下基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试材料 草鱼(约 $2.5 \text{ kg} \cdot \text{条}^{-1}$,充氧水中暂养)购于上海市浦东新区古棕路农工商超市。

1.1.2 试剂 氯化钠、轻质氧化镁、95% 乙醇、硼酸、盐酸、甲基化指示剂、溴甲酚绿指示剂、三氯乙酸、2-硫代巴比妥酸购于上海国药化学集团有限公司,平

板计数琼脂购于青岛海博生物技术有限公司。

1.1.3 仪器 EX124 电子分析天平,上海泰坦科技股份有限公司; 34970A 温度采集仪,安捷伦公司; 雷磁 PHS-3C pH 计,上海仪电科学仪器股份有限公司; 754PC 紫外分光光度计,上海菁华科技仪器有限公司; DK-S22 电热恒温水浴锅,上海精宏实验设备有限公司; FOSS2300 型自动凯氏定氮仪,济南来宝医疗器械有限公司; TA-XT1i 型质构分析仪,英国 STABLE MI-CROSYSTEMS 公司; BPS-250CB 恒温恒湿箱(3 台),上海一恒科学仪器有限公司; 冰温真空干燥实验机,自主研制^[13]。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 鲜活草鱼杀死,去头去尾,去内脏,清洗干净后用刀取出脊背肉切成 $0.5 \sim 0.8 \text{ cm}$ 厚的鱼片。新鲜鱼片放入 4% 食盐水中,放于恒温恒湿箱(温度设定为 -0.5°C ,湿度设定为 75%) 中浸渍 10 h,再用冰温真空干燥实验机(温度设定为 $(0 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 、真空压力区间为 $1\ 000 \sim 1\ 200 \text{ Pa}$) 轻微脱水至鱼肉含水率为 $60\% \pm 1\%$ 结束,分组取样真空包装,放入 3 个恒温恒湿箱中,温度分别设定为 $(4 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 、 $(-0.5 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 和 $(-3.5 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$,湿度均设定为 60%。上述实验样品分组为 CT、T1 和 T2。

1.2.2 鱼肉冰点的测定 将新鲜和脱水到一定水分的鱼片,用温度采集仪热电偶插入鱼片表下 $1/2$ 厚度处固定。放入 -24°C 冰箱,采样每次间隔为 30 s,采集时间为 2 h,将采集到的数据绘制鱼片冻结曲线,根据冻结曲线的拐点判定鱼片的冰点,每个样做 3 个平行。

1.2.3 pH 的测定 依据 GB 5009.237—2016,将 5 g 用研钵弄碎的鱼肉放入烧杯中,加入 45 mL 去离子水,搅拌混匀 30 min 后,静置过滤,取滤液用 pH 计测定^[14]。

1.2.4 感官评定 选取鱼片的色泽、质地、气味、滋味为评价指标进行感官评定,选取 6 名受过训练的人员,评分标准见表 1。具体步骤:将鱼片放入白色瓷盘内,在自然光下观察,根据鱼片表面的颜色、质地、气味进行打分,然后将鱼片洗干净放入不锈钢碗中,在沸水锅中蒸 15 min,让评价人员再根据熟鱼片的滋味、汤汁浑浊度进行总体打分。根据评价人员对各个指标的敏感程度,确定每个指标的权重分别为 0.4、0.3、0.2 和 0.1,计算加权平均分。当鱼片有明显腥臭味,外表色泽暗淡,切面没有光泽,组织没有弹性,汤汁浑浊则评定为腐败,评分终点为 2 分^[15]。

表 1 草鱼感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard for grass carp

评价标准/分 Evaluation index	色泽 Color	质地 Texture	气味 Odor	滋味 Flavor
5	色泽正常, 光泽自然, 肌肉内切面富有光泽	肌肉组织致密完整, 纹理很清晰, 富有弹性	草鱼片固有的香味, 清新	正常青草味、鲜味浓郁, 无异味、腥味
4	色泽正常, 光泽自然, 肌肉内切面有光泽	肌肉组织致密, 纹理较清晰, 有弹性	固有的香味, 较清新	正常青草味、鲜味较浓郁, 无异味、腥味
3	色泽稍暗淡, 肌肉内切面稍有光泽	肌肉组织不紧密, 但不松散, 较有弹性	固有的香味清淡, 略带异味	青草味、鲜味清淡, 腥味明显, 略带异味, 金属涩味
2	色泽较暗淡, 肌肉内切面无光泽	肌肉组织不紧密, 局部松散, 稍有弹性	固有香味消失, 有腥臭味或氨臭味	有异味, 腥味, 金属涩味
1	色泽暗淡, 肌肉内切面无光泽	肌肉组织不紧密, 松散, 没有弹性	有强烈的腥臭味或氨臭味	有明显异味, 金属涩味, 腥臭味

1.2.5 挥发性盐基氮 (TVBN) 测定 依照 GB 5009.228—2016 中的自动凯氏定氮仪法测定, 使用自动凯氏定氮仪, 称取 5 g 样品至 FOSS 消化管, 加入 0.5 g 左右的轻质氧化镁作为催化剂, 上机测定^[16]。

1.2.6 硫代巴比妥酸值 (TBA) 的测定 TBA 的测定选用直接法, 依照 GB/T25252—2017 进行测定^[17]。

1.2.7 菌落总数的测定 依照 GB4789.2—2016 进行菌落总数测定。

1.2.8 游离氨基酸的提取与检测 参照文献[18]中的方法并稍做修改, 每个样品取 5 g 左右, 然后加入 5% 的三氯乙酸 20 mL, 匀浆后静置 2 h, 用冷冻离心机 (4℃, 10 000 r·min⁻¹, 15 min) 离心, 结束后取 10 mL 上清液用 3 mol·L⁻¹ NaOH 调 pH 至 2.0, 然后定容至 50 mL, 接着用 0.45 μm 的水相滤膜过滤, 然后取样用氨基酸自动分析仪检测。

1.3 数据分析方法及软件

所有实验重复测量 3 次, 取其平均值; 用 Excel 结合 SPSS.19 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 草鱼片的冰点

图 1 是新鲜及盐浸脱水后的草鱼片冻结曲线。由图 1 可以确定新鲜草鱼片冰点为 -1.1℃, 盐浸脱水后鱼片的冰点为 -4.2℃。所以草鱼片贮藏前盐水浸渍及冰温干燥的过程均在 -0.5℃ 条件下进行。处理好的样品根据测得的冰点选择 3 个贮藏温度, 4℃ 低温贮藏、-0.5℃ 与 -3.5℃ 冰温贮藏。

2.2 冰温贮藏温度对草鱼片 pH 的影响

草鱼死后在贮藏期会经历僵直和自溶两个阶段, pH 一般在僵直阶段由于 ATP 及糖原的分解下降, 在自溶阶段由于碱性物质的生成逐渐上升^[19]。本研究中的各组样品 pH 变化情况 (图 2) 显示, pH 在 3 种贮藏条件下均是先下降后上升, 贮藏温度越

低, 样品下降和上升的幅度越小, CT 组冷藏样品 pH 值第 5 天达到最低, 而后由于鱼体内胺类物质的积累逐渐上升; T1 与 T2 两组冰温贮藏样品差异不显著, pH 值下降和上升的幅度远低于 CT 组样品, 这是由于贮藏温度越低, 肌体内源酶活性和微生物的作用就会越弱, 胺类等碱性物质生成速度也会被抑制, 所以 pH 的变化就越小。此结果与高志立等^[20]研究不同贮藏条件对带鱼品质变化的 pH 变化趋势一致, 表明冰温能有效减缓 pH 的变化。

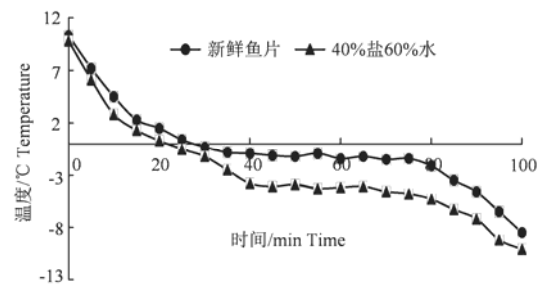


图 1 草鱼片冻结曲线

Figure 1 Freezing curve of grass carp

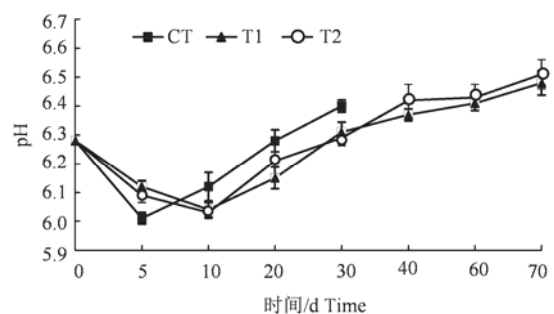


图 2 冰温贮藏温度对草鱼片 pH 变化的影响

Figure 2 Effects of ice temperature storage on the changes of pH values in grass carp fillets

2.3 冰温贮藏温度对草鱼片感官品质的影响

鱼片的感官评分结果 (图 3) 显示, 随着保存时间的增加, 感官评分持续下降。从第 5 天开始, CT

组与 T1、T2 组差异显著, 感官评分下降最快, 第 30 天时, CT 组评分为 2.3, 已经接近腐败终点; 第 40 天开始, T1 与 T2 组差异显著, 在第 60 天时, T1 组评分为 1.5 分, 鱼片超过腐败限值; 而 T2 组鱼片下降趋势最慢, 在第 60 天评分为 2.3, 仍处于可食用范围, 到 70 d 超过腐败终点。说明调节冰点使其贮藏温度降低, 能显著抑制鱼片的腐败, 延长鱼片的贮藏期。

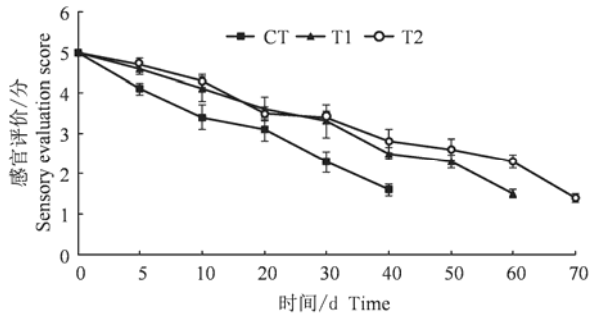


图 3 冰温贮藏温度对草鱼片感官品质变化的影响

Figure 3 Effect of ice temperature storage on sensory quality of grass carp fillets

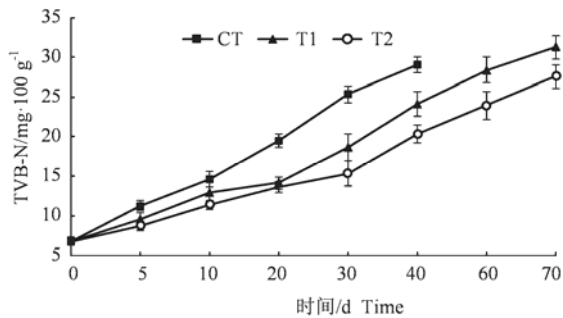


图 4 草鱼片挥发性盐基氮 (TVB-N) 的变化

Figure 4 Changes of volatile basic nitrogen (TVB-N) in grass carp tablets

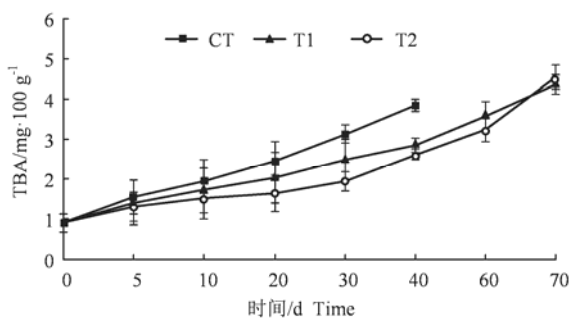


图 5 草鱼片硫代巴比妥酸值 (TBA) 的变化

Figure 5 Changes of turmeric barbituric acid (TBA) in grass carp fillets

2.4 草鱼片挥发性盐基氮 (TVB-N) 的变化

挥发性盐基氮是指水产品腐败过程中, 由于酶和微生物的作用, 使蛋白质分解产生了氨及胺类等碱性含氮物质, 可以反映水产品的鲜度变化情况^[21]。根

据 GB10136-2015 规定, 腌制生食动物性水产品 TVB-N 值不得超过限量值 $25 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 。本研究中, 不同贮藏温度下草鱼片 TVB-N 的变化曲线 (图 4) 显示, 随着贮藏时间的延长, TVB-N 不断变大, 这与国内外学者研究也都得到鱼类在贮藏期内 TVB-N 不断上升的结论一致^[22]。CT 样品在 10 d 时 TVB-N 值达到 $14.64 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, 超过淡水产品一级鲜度 TVB-N 值 $13 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, 在 20 d 时 TVB-N 达到 $19.47 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, 接近二级鲜度 $20 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, 第 30 天超过腐败限值, 失去食用价值^[23]。T1 组样品第 20 天超过一级鲜度, 在第 60 天左右 TVB-N 超过限量值; T2 组样品第 40 天刚刚超过二级鲜度, 在 60 d 时 TVB-N 值还没有超过其安全食用范围。CT 组样品 TVB-N 上升最快, 与冰温贮藏的 T1、T2 组差异显著。这可能是由于贮藏温度较低的缘故, 有效抑制了微生物的生长繁殖。徐晨等^[24]研究了 TVB-N 与贮藏时间和温度的关系, 结果也显示贮藏温度越低, TVB-N 值增加越缓慢, 这与本试验结果类似。

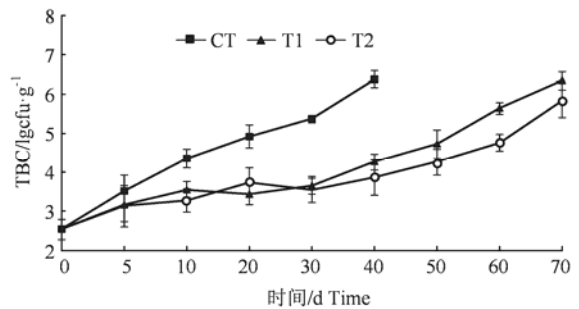


图 6 草鱼片菌落总数的变化

Figure 6 Changes in the total number of colonies of grass carp fillets

2.5 草鱼片硫代巴比妥酸值 (TBA) 的变化

在草鱼片的贮藏过程中由于脂肪的水解和不饱和脂肪酸的自动氧化会使油脂的酸值过高, 还会产生一些异味物质, 导致水产品腐败。TBA 值可以反应鱼肉中脂肪氧化的程度, 图 5 是不同贮藏温度下草鱼片的 TBA 的变化情况。由图 5 可知, 初始草鱼片的 TBA 为 $0.89 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 左右, 3 种条件下草鱼片的 TBA 值随着时间延长逐渐增大; 贮藏前期氧化比较缓慢, 后期氧化速率加快, 第 20 天开始, CT 组 TBA 值明显高于 T1 和 T2 组, 差异显著。第 70 天时, T2 组 TBA 值最高, 增加到 $4.52 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, 而一般认为, TBA 值高于 $20 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 时, 鱼肉不可食用^[25], 因此冰温显著的抑制了鱼片的脂肪氧化。此外, 真空包装也能抑制脂肪氧化^[26]。3 组实验样品贮藏末期的 TBA 值仍然很小, 表明草鱼片腐

败变质的主要原因不是脂肪氧化。

2.6 菌落总数 (TBC) 的变化

菌落总数是水产品最重要的品质评价指标之一,水产品中微生物的生长和繁殖是水产品腐败的主要原因,由微生物生长和新陈代谢所造成的水产品损失可达 30%左右,草鱼食用标准提出菌落总数的上限为 $6 \lg (\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1})$ [27]。由图 6 可以发现,腌干后草鱼片的初始 TBC 在 $2.53 \lg (\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1})$ 左右,随着贮藏时间的增加,TBC 越来越大。CT 组菌落总数上升最快,在第 40 天已经达到 $6.38 \lg (\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1})$,远远超过限定值。其余 2 组样品抑菌效果显著,T1 组样品到第 70

天才超过了国家规定的标准 $6 \lg (\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1})$,T2 组样品 TBC 增长最为缓慢,货架期结束 TBC 始终在 $6 \lg (\text{CFU} \cdot \text{g}^{-1})$ 以下。杨华等[28]的研究也表明了贮藏温度越低,菌落总数与贮藏时间的相关性越低。Sivertsvik 等[29]研究了气调包装结合超冷 (-2°C) 保藏和低温 (4°C) 保藏对大西洋鲑鱼片中微生物的影响,结果显示超冷保持贮藏期为 24 d,而冷藏条件下只有 10 d。说明冰温腌干与贮藏温度对微生物的影响显著,此外,真空包装对微生物的生长也会有一定的抑制作用[30]。

表 2 鱼片中游离氨基酸的变化 (湿基)
Table 2 Changes on free amino acid of grass carp fillets (wet basis)

组别 Group	时间/d Time	Asp /mg·100 g ⁻¹	Glu /mg·100 g ⁻¹	Gly /mg·100 g ⁻¹	Ile /mg·100 g ⁻¹	Leu /mg·100 g ⁻¹	His /mg·100 g ⁻¹	氨基酸总量/mg·100 g ⁻¹ Total content of amino acids	增幅/% Percent of increase
CT	0	0.77±0.12	3.86±0.97	81.13±0.23	4.21±0.65	5.72±0.64	8.11±1.32	316.51±2.76	0.00
	5	1.02±0.06	5.13±0.85 ^b	90.45±1.64 ^b	6.23±1.29 ^c	6.78±0.47 ^b	11.73±0.62 ^b	325.17±3.85	2.73
	10	1.13±0.21 ^a	6.84±1.39 ^{ab}	97.56±2.84	5.23±2.18 ^c	8.88±1.69 ^c	17.81±3.91 ^b	343.72±7.35 ^a	8.59
	20	0.91±0.13 ^a	7.77±0.34	108.67±0.67 ^c	4.21±0.85 ^c	12.45±3.28 ^b	20.37±2.93 ^c	371.71±4.69 ^a	17.44
	30	0.82±0.04 ^b	8.85±0.12	117.67±0.35 ^c	4.03±0.47	14.58±1.39 ^b	22.71±1.47	396.47±8.73 ^b	25.26
T1	0	0.76±0.12	3.72±0.97	79.15±0.23	4.19±0.65	5.63±0.64	8.03±1.32	309.76±2.76	0.00
	5	1.15±2.12	4.56±1.52 ^a	85.77±2.82 ^a	3.82±3.15 ^b	6.22±1.21 ^a	9.02±0.48 ^a	331.25±0.75	6.93
	10	1.21±0.28 ^c	6.89±0.35 ^b	96.81±1.35	2.78±0.83 ^b	7.32±1.96 ^a	12.71±1.84 ^a	372.68±6.59 ^b	20.31
	20	1.2±0.77 ^b	7.65±0.14	106.06±0.52 ^b	3.56±0.57 ^a	9.79±0.81 ^a	16.35±1.66 ^b	383.32±1.23 ^{ab}	23.74
	40	1.35±3.21	8.18±0.74	116.79±1.36	4.72±1.13	11.37±0.73	18.47±0.58	405.32±10.58	30.84
T2	0	0.81±0.12	3.82±0.97	80.14±0.23	4.07±0.65	5.78±0.64	8.18±1.32	312.62±2.76	0.00
	5	0.98±0.31	4.72±0.27 ^a	86.19±0.47 ^a	3.09±0.39 ^a	6.97±1.35 ^b	9.13±0.39 ^a	331.36±3.95	5.99
	10	1.09±0.18 ^{ab}	6.47±1.17 ^a	94.92±0.35	4.51±3.41 ^a	7.99±0.29 ^b	11.35±0.91 ^a	356.23±0.58 ^{ab}	13.95
	20	1.45±0.57 ^c	8.01±3.17	97.59±1.62 ^a	3.96±1.08 ^b	9.02±0.61 ^a	12.74±0.77 ^a	413.25±1.35 ^b	32.19
	40	1.24±0.68	8.35±1.95	122.53±2.54	4.32±0.34	14.33±1.23	15.24±1.63	405.32±7.39	29.65
	60	1.04±0.03	9.12±0.43	133.53±1.34	6.71±0.59	17.88±1.05	14.32±1.35	424.65±12.19	35.83
	70	1.02±0.08	9.51±0.18	144.89±2.77	4.13±0.19	20.11±0.35	17.23±2.31	441.36±4.12	41.18

注: 同列字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: The data followed by different letters in the same column represent significant difference at the 0.05 level

2.7 冰温贮藏温度对草鱼片游离氨基酸的影响

表 2 是草鱼片湿基中 6 种主要呈味游离氨基酸含量以及 18 种游离氨基酸总量的增幅变化情况。鱼片在贮藏过程中未见汁液渗出,可能是由于其脱水处理的缘故。天冬氨酸 (Asp)、谷氨酸 (Glu) 和甘氨酸 (Gly) 主要赋予鱼肉鲜味和甜味,而异亮氨酸 (Ile)、亮氨酸 (Leu) 和组氨酸 (His) 赋予鱼肉苦味,组氨酸 (His) 还能赋予肉香的特征,从而形鱼肉独特的风味[31]。

天冬氨酸 (Asp) 和谷氨酸 (Glu) 是主要的鲜味物质。从表 2 中 3 组数据可以发现,贮藏温度越低,Asp 和 Glu 增幅越大。而 3 种苦味游离氨基酸虽然能

赋予鱼肉苦味,但是远低于阈值,所以对鱼肉的风味影响不明显。另外,贮藏温度降低对游离氨基酸总量的影响比较大。从表 2 中可以看出,T1 和 T2 两组鱼片游离氨基酸总量的增幅显著,从品质指标分析冷藏的草鱼片贮藏期为 30 d, -0.5°C 贮藏的样品贮藏期为 50 d 以上, -3.5°C 的样品贮藏期为 60 d 以上,草鱼片腐败前,3 组样品游离氨基酸总量增幅分别为 25.26%、36.79%和 41.18%,贮藏温度越低,游离氨基酸增幅越大。日本学者山根昭美研究发现,冰温贮藏的金枪鱼,风味游离氨基酸约为 5°C 冷藏的 2 倍[32],含量显著上升。这有可能是冰温贮藏中存在的生物体

防御反应,促进了氨基酸的生成,提升了鱼肉口感^[33]。

3 结论

本研究发现,将盐浸和冰温脱水结合来降低草鱼冰点,降低冰温贮藏的温度,对草鱼片的腐败变质有显著的抑制效果,并能提升鱼片的口感。贮藏温度越低,越能有效减缓草鱼片菌落总数、TBRAS 和 TVB-N 的上升速度,抑制脂肪氧化,显著延长贮藏期,同时也有利于游离氨基酸的生成,增强草鱼的风味。综合各种指标分析,冷藏草鱼片的贮藏期为 30 d 以上,−0.5℃冰温贮藏的样品贮藏期为 50 d 以上,延长了 1.6 倍,而−3.5℃冰温贮藏的样品贮藏期可以达到 60 d,延长了 2 倍,达到了预期的目的。需要说明的是,本文的研究对象虽然是草鱼,但是其保鲜效果同样适用于海水鱼及其他水产品,有着良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 雷志方,谢晶. 水产品冰温保鲜技术研究现状[J]. 广东农业科学, 2014, 41(19): 112-117.
- [2] DUUN A, RUSTAD T. Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets[J]. Food Chem, 2007, 105(3): 1067-1075.
- [3] GALLART-JORNET L, RUSTAD T, BARAT J M, et al. Effect of superchilled storage on the freshness and salting behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets [J]. Food Chem, 2007, 103(4): 1268-1281.
- [4] 石文星,彦启森,马灵芝,等. 冰温技术及其在食品工业中的应用[J]. 天津商学院学报, 1999, 19(3): 39-44.
- [5] MURASE N. Physical chemistry of water at low-temperatures and its biological implications.[J]. J Food Sci Tech, 1994, 41(9): 646-651.
- [6] HAMIDI N, TSURUTA T. Improvement of freezing quality of food by pre-dehydration with microwave-vacuum drying [J]. JTST, 2008, 3(1): 86-93.
- [7] 龚婷,熊善柏,陈加平,等. 冰温气调保鲜草鱼片加工过程中的减菌化处理[J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(1): 111-115.
- [8] 陈椒,周培根,吴建中,等. 不同 CO₂ 气调包装对冷藏青鱼块质量的影响[J]. 上海水产大学学报, 2003, 12(4): 331-337.
- [9] 胡焯,何建东,王朋,等. 养殖大黄鱼冰点调节剂研制[J]. 中国食品学报, 2013, 13(1): 51-60.
- [10] 石建喜,许艳顺,姜启兴,等. 混合菌种和盐含量对发酵鲢鱼肉品质的影响研究[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(11): 1219-1224.
- [11] 张晓艳,杨宪时,李学英,等. 辐照和保鲜剂对淡腌大黄鱼保鲜效果的研究[J]. 现代食品科技, 2012, 28(7): 768-771, 839.
- [12] 王雪峰. 低盐高水分草鱼的风味品质变化研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2015.
- [13] 厉建国,万金庆,赵彦峰,等. 冰温真空干燥系统的设计与实现[J]. 食品与机械, 2017, 33(11): 89-91, 156.
- [14] 凌萍华,谢晶,赵海鹏,等. 冰温贮藏对南美白对虾保鲜效果的影响[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(4): 828-832.
- [15] 徐晨,廖涛,陈文艳,等. 鱼精蛋白结合壳聚糖对草鱼片的冷藏保鲜效果[J]. 食品工业科技, 2018, 39(5): 296-300.
- [16] 钟京芝. 应用 Kjeltac 8400 全自动定氮仪测定鸡腿肉中挥发性盐基氮[J]. 食品安全导刊, 2016(33): 114.
- [17] 祁红学,刘秀萍,安静. 硫代巴比妥酸法测定鱼体肌肉中脂质过氧化物含量的方法优化[J]. 安徽农业科学, 2017, 45 (10): 91-92.
- [18] 付娜,王锡昌,陶宁萍,等. 蒸制和煮制中华绒螯蟹 4 个部位中游离氨基酸含量差异性分析[J]. 食品科学, 2013, 34(24): 178-181.
- [19] MANJU S, JOSE L, SRINIVASA GOPAL T K, et al. Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of Pearls spot (*Etroplus suratensis*) during chill storage[J]. Food Chem, 2007, 102(1): 27-35.
- [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] ARASHISAR S, HISAR O, KAYA M, et al. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets[J]. Int J Food Microbiol, 2004, 97(2): 209-214.
- [22] CAKLI S, KILINC B, CADUN A, et al. Quality differences of whole gutted sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) while stored in ice [J]. Food Control, 2007, 18(5): 391-397.
- [23] 陈椒,周培根,吴建中,等. 不同 CO₂ 气调包装对冷藏青鱼块质量的影响[J]. 上海水产大学学报, 2003, 12(4): 331-337.
- [24] 徐晨,耿胜荣,白婵,等. TVB-N 与生鲜草鱼片储藏时间和温度的关系[J].湖北农业科学, 2016, 55(23): 6204-6207.
- [25] 王文娟,汪水平,刘云,等. 在不同贮藏温度下鲢肌肉鲜度的变化[J]. 淡水渔业, 2012, 42(2): 80-83.
- [26] 王亚楠,何丽,侯温甫,等. 不同切割方式的冷鲜草鱼制品贮藏期间理化性质的变化[J]. 淡水渔业, 2015, 45(6): 75-79.
- [27] 林琳,高艳艳,吕顺,等. 草鱼低温贮藏过程中的品质变化特性[J]. 食品科学, 2009, 30(24): 433-435.
- [28] 杨华,李敏,揭珍,等. 美国红鱼贮藏过程中品质变化动力学模型研究[J]. 食品科技, 2012, 37(11): 136-140, 148.
- [29] SIVERTSVIK M, ROSNES J T, KLEIBERG G H. Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the microbial and sensory quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets [J]. J Food Sci, 2003, 68(4): 1467-1472.
- [30] 陈美花,覃媚,林启斌,等. 包装方式对冷藏金鲳鱼肉品质的影响[J]. 钦州学院学报, 2017, 32(3): 11-15.
- [31] 邓捷春,王锡昌,刘源,等. 鱼肉风味研究进展[J]. 食品工业科技, 2010, 31(6): 375-378, 383
- [32] 山根昭美,山根昭彦. 冰点以下温度非冷冻保藏食品或类似物的方法[P]. 日本: CN1178450, 1998-04-08.
- [33] 服部國彦. 提高食品新鲜度及口味的冰温技术[C]//中国制冷空调工业协会. 第 3 届中国食品冷藏链新设备、新技术论坛论文集. 天津, 2007: 66-71.