

不同包装方式对金枪鱼保鲜效果的分析比较

雷志方^{1,2}, 谢晶^{1,2}, 李彦妮², 邓添^{1,2}, 刘爱芳^{1,2}

(1. 上海水产品加工与贮藏工程技术研究中心, 上海 201306) (2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要: 为改善金枪鱼在常规冷藏中颜色褐变快, 汁液流失严重, 货架期短等情况, 实验以空气包装为对照组, 采用真空包装, 气调包装 (60% CO₂+10% O₂+30% N₂), 生物抗氧化剂 (姜精油) 结合气调包装 (60% CO₂+10% O₂+30% N₂) 对金枪鱼在 (0±1) °C 冷藏条件下进行保鲜实验, 通过对金枪鱼感官、色差、汁液流失率、高铁肌红蛋白百分含量、K 值、挥发性盐基氮 (TVB-N) 菌落总数和硫代巴比妥酸值 (TBA) 的测定, 发现生物抗氧化剂结合气调包装能较好地保持金枪鱼品质, 冷藏至 8 d 时, 金枪鱼的菌落总数为 3.74 logCFU/g, TVB-N 值为 21.3 mg/100 g, 仍在金枪鱼生食标准范围内, 与其他组相比, 尤其是能有效的延缓金枪鱼颜色变化和减少汁液流失, 并明显延长架期。

关键词: 金枪鱼; 气调包装; 生物抗氧化剂; 姜精油

文章编号: 1673-9078(2016)8-233-239

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.8.035

Fresh-keeping Effects of Different Packaging Treatment on Tuna (*Thunnus thynnus*)

LEI Zhi-fang^{1,2}, XIE Jing^{1,2}, LI Yan-ni², DENG Tian^{1,2}, LIU Ai-fang^{1,2}

(1. Shanghai Engineering Research Center of Aquatic Product Processing & Preservation, College of Food Science and Technology, Shanghai 201306, China) (2. Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: To slow browning, reduce drip loss, and extend shelf life during cold storage of tuna (*Thunnus obesus*), fresh-keeping experiments were conducted during cold storage (0±1 °C) involving air packaging (control), vacuum packaging, modified atmosphere packaging (MAP; 60% CO₂+10% O₂+30% N₂), and biological antioxidants combined with MAP (60% CO₂+10% O₂+30% N₂). Sensory evaluation was conducted, and the values of redness (a*), metmyoglobin content, drip loss, K-value, total volatile base nitrogen (TVB-N), 2-thiobarbituric acid, and total viable count (TVC) were measured. Results indicated that the biological antioxidants combined with MAP maintained tuna quality better than the other methods. After 8 d of storage, the TVC and TVB-N values were 3.74 log CFU/g and 21.3 mg/100 g, respectively, which were still lower than the limit for eating raw tuna. Compared with other MAP groups, biological antioxidants combined with MAP were capable of effectively delaying browning and reducing drip loss, thereby extending the shelf life of tuna during storage at 0±1 °C.

Key words: biological antioxidant; ginger essential oil; modified atmosphere packaging; tuna

金枪鱼又名吞拿鱼, 其肉质细腻味道鲜美、无污染, 是典型的高蛋白低脂肪食品, 被推崇为现代健康食品。随着生活水平提高, 金枪鱼消费需求不断上升。然而, 与其他新鲜水产品相比, 金枪鱼极易变色、腐败, 不能满足人们对其在常规冷藏条件下的货架期要求, 因此, 为满足市场对金枪鱼新鲜消费的需求, 必须进一步改进金枪鱼冷藏温度下的保鲜方法, 延长金枪鱼货架期。在市场作用机制的调整下, 包装技术在

收稿日期: 2015-08-02

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)

作者简介: 雷志方 (1988-), 男, 研究方向: 水产品保鲜

通讯作者: 谢晶 (1968-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 食品物流

过去十年得到了快速发展, 尤其是气调包装, 与传统包装相比, 气调包装能够抑制细菌生长, 减缓脂肪氧化, 延长货架期, 从而使商品更具有竞争性。

在气调保鲜中气体的组成和比例是保鲜效果主要的影响因素, 气调保鲜中气体的组成和比例的选择与产品对氧, 二氧化碳的敏感性, 对颜色的要求及稳定性相关。在水产品的气调保鲜中, 最常见的气体是氮气、二氧化碳和氧气, 在很多多脂鱼的气调保鲜研究中, 为了减少好氧微生物的生长和脂质氧化, 通常采用无氧气调包装, 与此同时, 在许多气调包装中也必须考虑厌氧微生物生长。金枪鱼不同于其他鱼, 其鱼肉颜色鲜红, 需一定的氧气通过氧合肌红蛋白来保持鱼肉颜色, 金枪鱼肉质颜色是影响消费者购买的决定性因素, 所以在金枪鱼气调保鲜延长货架期的同时应

很好地控制其颜色。

汤元睿等^[1]研究了冷链物流中包装方式对金枪鱼品质的影响,发现在超低温冷链物流过程中,气调包装(60% CO₂+15% O₂+25% N₂)能减缓金枪鱼 TVB-N 值的上升和抑制微生物的生长繁殖,有利于维持金枪鱼的品质,但文章同时指出该气调方法存在汁液流失严重等问题。

夏征^[2]对比研究了金枪鱼经两种不同气体比例包装的保鲜效果,其研究发现,在 4 °C 贮藏条件下气体比例为 5% O₂+35% CO₂+60% N₂ 的包装对金枪鱼的保鲜效果优于气体比例为 15% O₂+50% CO₂+35% N₂ 的包装,且与对照组相比气调包装能明显抑制微生物的生长,延长其货架期 3~4 d。

单纯含氧气调包装虽然在一定程度上改善了金枪鱼品质,但对于维持金枪鱼色泽,延缓脂质氧化,其效果不明显,且单纯气调包装存在汁液流失严重等问题,而生物抗氧化剂对维持金枪鱼色泽,抑制脂肪氧化具有显著效果^[3],同时生物抗氧化剂还具有一定的抑菌效果。气调结合生物抗氧化剂可弥补单纯气调包的不足,发挥气调包装和生物抗氧化剂之间的协同作用,从不同方面维持金枪鱼品质,从而进一步延长金枪鱼货架期。本研究拟选择可食用姜精油作为生物抗氧化剂,其主要成分为姜辣素、挥发油和二苯基庚烷化合物三大类,其中辣姜素对食品中的微生物具有广谱抗菌作用,同时,辣姜素中的姜酚、姜酮等成分因具有较强的供氢能力,而表现出很强的抗氧化活性。

目前对于姜精油结合气调包装对金枪鱼保鲜效果的研究国内未见报道,因此本研究为选择姜精油喷淋结合气调包装对金枪鱼进行保鲜实验,旨在为金枪鱼的保鲜提供新的参考。

1 材料与方法

1.1 原料与仪器

实验采用大目金枪鱼背肉,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,泡沫箱保温条件下运回实验室进行实验。

姜精油,购于德国 TAOASIS 公司,5 mL 食用级。

仪器:混气机(PBI Densensor-MAP mix 9000,丹麦 PBI Densensor 集团公司)、气调包装机(DQB-360W 型,上海青浦食品包装机械厂)、高效液相色谱仪(LC-2010C HT,岛津公司)、FOSS 全自动凯氏定氮仪(Kjeltec 8400,福斯分析仪器公司)、色差计(ZE-2000,日本尼康公司)、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)、紫外可见分光光度计(UV-1102,上海天美科技仪器有限公司)、电子分析天平等。

1.2 试验方法

1.2.1 样品处理

将真空包装的金枪鱼于 4 °C 空气解冻 6 h 后切成小块,称重,并精确记录下每块金枪鱼的重量(每块约 70 g),将金枪鱼块随机分为 4 组,装入聚偏氯乙烯真空包装袋,用气调包装机进行气调包装,其中抗氧化剂+气调组在气调包装前用 2% (将 2 mL 姜精油用 20% 的乙醇溶液定容至 100 mL,乙醇溶液用无菌水配制)的姜精油进行喷淋处理,于 0 °C 贮藏,按一定时间间隔测定金枪鱼块的感官、色差、汁液流失率、高铁肌红蛋白百分含量、K 值、TBA、TVB-N 和菌落总数等理化指标。实验设计如表 1

表 1 实验组设计

Table 1 Design for experimental groups

组别	空气组	真空组	气调组	抗氧化剂+气调组
处理方式	敞口包装	真空包装	10% O ₂ +60% CO ₂ +30% N ₂	2%姜精油+10% O ₂ +60% CO ₂ +30% N ₂
测定时间间隔	1 d	2 d	2 d	2 d

表 2 金枪鱼生鱼片感官评价标准

Table 2 Criteria for sensory evaluation of tuna

指标	好(5分)	较好(4分)	一般(3分)	较差(2分)	差(1分)
外观	包装袋清晰透明,无汁液流失	包装袋较清晰透明,汁液流失较少	包装袋稍有模糊,能看见鱼肉,汁液流失较多	包装袋模糊不清,汁液大量流失	包装袋模糊不清,鱼肉变形,汁液大量流失
色泽	鱼肉呈鲜红色	鱼肉呈红色	鱼肉呈暗红色	鱼肉呈褐色	鱼肉呈棕褐色
气味	浓郁鱼香味	鱼香味稍淡	鱼香味消失无异味	稍带鱼腥味	有较大鱼腥味

1.2.2 感官评分表

参考《S/CT 3117-2006 生食金枪鱼》和汤元睿等^[1]的方法。感官评定由 6 名受过专门训练的人首先对

未拆包装的金枪鱼的外观进行评价,之后再对金枪鱼块取出对金枪鱼的色泽和气味进行评价。各评价项目分为好(5分)、较好(4分)、一般(3分)、较差(2

分)和很差(1分)五个级别,评定结果由感官综合得分表示,当综合感官得分为2.8分时视为消费者可接受阈值,其中,感官综合得分=(外观平均得分+色泽平均得分+气味平均得分)/3。评价标准如表2。

1.2.3 色差

将鱼肉切成6 mm×6 mm×5 mm的方块,选用直径5 mm的透镜,采用色差计反射法测定样品,每个样品正反两面均进行测定,每面进行三次测定取平均值,依据红度值a*反映鱼肉肉色变化。

1.2.4 高铁肌红蛋白

参考Thiansilakul等^[4]的方法利用磷酸缓冲液进行提取,最后用分光光度计在525、545、565和572 nm波长处,测定其吸光度A,并进行计算,公式如下:

$$\text{Met Mb} = (-2.514R_1 + 0.777R_2 + 0.800R_3 + 1.098) \times 100\%$$
 其中: $R_1 = A_{572}/A_{525}$; $R_2 = A_{565}/A_{525}$; $R_3 = A_{545}/A_{525}$ 。

1.2.5 TBA

参考Salih等^[5]取5 g剁碎鱼肉加入20%的三氯乙酸(TCA)溶液25 mL匀浆后静置1 h并离心,取上清液用蒸馏水定容50 mL,吸取5 mL滤液加入0.02

$$K = (\text{WHxR} + \text{WHx}) / (\text{WATP} + \text{WADP} + \text{WAMP} + \text{WIMP} + \text{WHxR} + \text{WHx}) \times 100\%$$

其中WHxR、WHx、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。

1.2.8 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》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》测定菌落总数,每个稀释度做两个平行组。

1.3 数据处理和分析

利用Origin 9.0软件绘制曲线,用excel 2010和SPSS进行实验数据处理。

2 结果与分析

2.1 感官评分变化

金枪鱼在贮藏过程中的感官评价结果如表3所示,由表3可知各个组的感官指标均出现不同程度下降,新鲜金枪鱼肉色鲜红具有光泽,富有弹性,从表3中数据可知,对照组综合感官得分急速下降从初始值4.81到第4 d时下降至2.15,已超过消费者可接受阈值,此时对照组金枪鱼颜色褐变严重,汁液大量流失,与其它处理组同期相比差异显著($p < 0.05$)。气调

mol/L 硫代巴比妥水溶液5 mL,沸水浴反应20 min后用流动水冷却5 min,在532 nm测吸光度A,根据吸光度值A和标准曲线计算:

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

1.2.6 汁液流失率

实验前将解冻后的鱼块称重并记下鱼块初始重量 W_0 (精确至0.001 g),实验时将鱼块从包装中取出用滤纸吸干鱼块表明水分后称重 W_1 。

$$\text{汁液流失率} = (W_0 - W_1) / W_0 \times 100\%。$$

1.2.7 K值

参考Yoloyama等^[6]的方法略有修改准确称取5 g剁碎的鱼肉用高氯酸于低温下多次提取最后将提取的上清液合并,并调节pH至6.5,于50 mL容量瓶定容,用0.22 μm膜过滤待用。

HPLC条件:色谱柱VP-CDSC18(46 mm×150 mm),采用pH 6.7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:

组与真空组相比在贮藏前2 d差异并不显著,在第2~10 d差异显著且真空组感官优于气调组,在第10~14 d差异显著但真空组感官出现急剧下降从3.75下降至1.05,劣于气调组,这与真空组在第10 d后高铁肌红蛋白百分含量急剧上升有关。姜精油气调组的综合感官得分明显高于其他组,尤其是在贮藏后期其感官优势更为明显,直到实验结束其综合感官得分为3.75仍在消费者可接受范围内,结果表明姜精油气调处理有利于维持金枪鱼的感官品质。

2.2 不同包装对肉色影响

金枪鱼肉色的变化与鱼肉中去氧肌红蛋白和氧合肌红蛋白及高铁肌红蛋白的形成有关,通常情况下肌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亚铁离子不易被氧化,当鱼肉环境发生改变时亚铁离子极易被氧化而生成高铁肌红蛋白,从而使鱼肉发生褐变。贮藏过程中不同包装方式金枪鱼红度值a*的变化如图1所示,新鲜金枪鱼的红度值a*为14.4,由图1可知在整个贮藏过程中金枪鱼红度值a*呈下降趋势,在贮藏初期红度值a*下降较快,其中对照组红度值a*下降最快,到第4天时红度值a*下降至2.2,即金枪鱼颜色暗淡开始褐变,此时,真空

组、姜精油气调组的红度值 a^* 分别为 6.3 和 6.0 金枪鱼仍呈现出红色, 从整个贮藏过程来看, 真空组和姜精油气调组金枪鱼的红度值 a^* 显著 ($p < 0.05$) 高于对照组和气调组, 到第 10 d 时气调组、真空组、姜精油气调组的红度值 a^* 分别为 1.5、3.5、3.6, 这是因为真空组包装袋内缺少氧气, 亚铁离子不能进一步氧化生成高铁肌红蛋白所致。而姜精油气调组红度值 a^* 明显高于气调组, 这是可能因为姜精油具有很强的抗氧化特性, 能及时清除自由基^[7], 从而抑制高铁肌红蛋白的形成, Giménez 等^[8]曾报道天然抗氧化剂对红度值 a^* 有一定的保护作用。从整个贮藏过程中不同实验组金枪鱼红度值 a^* 的变化情况可以得出, 气调包装结合姜精油喷淋对金枪鱼红度值 a^* 保护效果最佳, 同时, 有氧气调包装对金枪鱼红度值 a^* 有一定保护作用, 但其效果不如真空包装。

表 3 金枪鱼感官评价结果

Table 3 Sensory evaluation score of tuna

时间/d	对照组	真空组	气调组	姜精油气调组
0	4.81±0.36 ^a	4.81±0.36 ^a	4.81±0.36 ^a	4.81±0.36 ^a
1	3.52±0.71	-	-	-
2	3.25±0.35 ^c	4.11±0.32 ^b	4.02±0.35 ^b	4.53±0.22 ^a
3	3.25±0.35	-	-	-
4	2.15±0.21 ^d	3.75±0.14 ^b	3.04±0.14 ^c	4.25±0.35 ^a
5	2.53±0.70	-	-	-
6	1.75±0.35 ^d	4.12±0.49 ^b	3.01±0.33 ^c	4.25±0.34 ^a
7	1.11±0.14	-	-	-
8	-	3.55±0.32 ^a	2.65±0.21 ^b	3.64±0.14 ^a
10	-	3.75±0.53 ^a	2.12±0.07 ^c	3.35±0.21 ^b
12	-	1.85±0.25 ^c	2.35±0.17 ^b	3.35±0.49 ^a
14	-	1.05±0.16 ^c	2.06±0.07 ^b	3.75±0.31 ^a

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 ($p < 0.05$); “-”表示未测定。

图 2 为贮藏过程中金枪鱼高铁肌红蛋白百分含量的变化, 从图 2 可知新鲜金枪鱼的高铁肌红蛋白含量为 2.6%, 贮藏过程中在第 10 d 前真空组和姜精油气调组高铁肌红蛋白含量的积累显著 ($p < 0.05$) 低于对照组和气调组, 冷藏至第 10 d 时气调组、真空组、姜精油气调组的高铁肌红蛋白含量分别为 34.3%、22.2%、20.2%, 其中对照组在第 7 d 时高铁肌红蛋白含量就已达到 37.2%, 这一结果印证了上述真空组和姜精油气调组红度值 a^* 较高的原因。研究过程同时也发现, 真空组在第 10 d 后红度值 a^* 快速下降, 高铁肌红蛋白含量急剧上升, 到第 14 d 时红度值 a^* 和高铁肌红蛋白含量分别为 1.8 和 59.5%, 这可能与真

空组在第 10 d 后脂肪氧化快速上升有关, 有研究^[9]表明, 脂肪氧化过程产生的自由基能攻击肌红蛋白的亚铁离子使从而产生高铁肌红蛋白, 即高铁肌红蛋白百分含量与脂肪氧化程度正相关, 这一点从图 3 中真空组 TBA 值的变化也能得到印证。

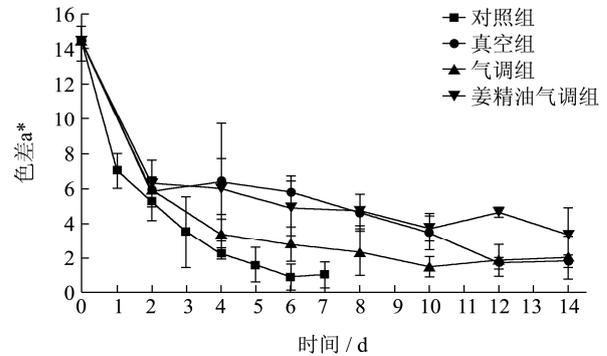


图 1 贮藏期间金枪鱼 a^* 值的变化

Fig.1 Changes in a^* value of tuna during storage

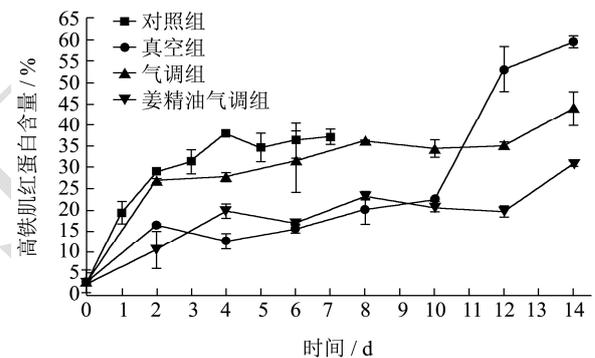


图 2 贮藏期间金枪鱼高铁肌红蛋白含量的变化

Fig.2 Changes in metmyoglobin of tuna during storage

2.3 不同包装对硫代巴比妥酸 (TBA) 的影响

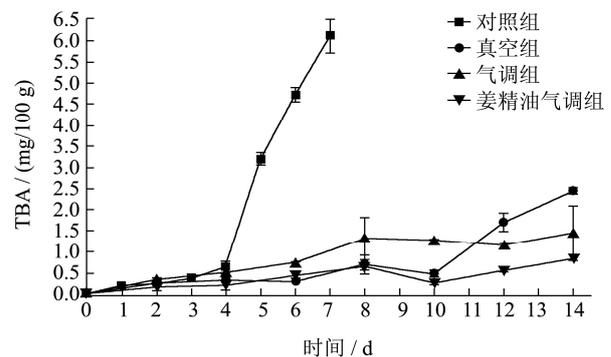


图 3 贮藏期间金枪鱼 TBA 值的变化

Fig.3 Changes in TBA value of tuna during storage

脂肪氧化是水产品在贮藏过程中品质变化关注的重要指标, 对于不饱和脂肪酸含量高的鱼类来说, 在贮藏过程中容易发生脂肪自动氧化, 而产生不良气味, 引起食品劣变。实时监测 TBA 值能真实客观的反应在贮藏过程中水产品脂肪的氧化情况。金枪鱼不饱和

脂肪酸含量高,在整个贮藏过程中脂肪氧化明显,其变化如图3所示,新鲜金枪鱼测得TBA值为0.02 mg/(100 g),由图可知整个贮藏过程中对照组脂肪氧化程度最大,尤其是第4 d后TBA值急剧上升,从第4 d 0.63 mg/(100 g)到第7 d时上升至6.11 mg/(100 g),这是因为空气中大量的氧气能激活脂肪自动氧化,这与Thiansilakul等^[4]的研究结果一致,而其他三组与之相比TBA值变化相对平缓。

气调组对比对照组:气调组TBA值显著($p<0.05$)低于对照组,这可能是因为一方面气调组控制了金枪鱼肉所处环境氧的含量,直接抑制了金枪鱼脂肪的氧化,另一方面是因为气调包装中充入了大量CO₂气体,抑制了革兰氏阴性菌的生长,减少了因微生物代谢而产生的脂肪氧化,这说明气调包装有利于减缓金枪鱼脂质氧化。姜精油气调组的实验表明:姜精油气调组的脂肪氧化值低于单纯气调组,这是因为姜精油中的姜酚类物质具有极强的抗氧化能力,能及时清除脂质自动氧化所产生的自由基,从而终止由自由基引起的自动氧化过程,说明,姜精油气调组中姜精油和充气包装从两方面抑制了金枪鱼的脂肪氧化,这与Maria等^[10]利用天然抗氧化剂结合气调包装延缓鳕鱼片脂肪氧化的研究结果相符。真空包装组:研究同时发现真空组脂肪氧化值较低,这可能是因为,真空组缺少氧气而无法激活脂肪氧化反应所致,但在实验末期真空组TBA值出现较大幅度升高,且高于气调组,这可能是因为到贮藏后期真空组鱼肉彻底腐败,厌氧菌大量繁殖,出现爆发式增长所致。

综合上述分析,可以得出4种不同处理方式对抑制贮藏过程中金枪鱼脂质氧化的效果顺序为:姜精油气调组>真空组>气调组>对照组,且在实验后期姜精油气调组TBA值显著低于其它实验组。

2.4 不同包装对汁液流失率的影响

在贮藏过程中,由于金枪鱼块品质劣变,使金枪鱼持水力下降,从而导致汁液流失,一方面,汁液流失导致食品营养蛋白(主要包括水溶性蛋白和肌浆蛋白)流失,另一方面,汁液流失影响食品风味、口感。贮藏过程中金枪鱼汁液流失率如图4所示,在整个贮藏过程中,对照组、气调组和真空组汁液流失率增加明显,其中,气调组和对照组汁液流失最为严重,且气调组汁液流失率略高于对照组,在冷藏至6天时对照组的汁液流失率分别为6.0%和6.9%汁液流失严重,是姜精油气调组的3~4倍,这是因为在储藏过程中CO₂气体溶解于金枪鱼肉,导致鱼肉pH下降,从而使鱼肉蛋白质分子多肽链使结合更为紧密,

分子间距缩小,从而减弱鱼肉的持水力^[11]导致汁液流失。这也从另一方面说明了,与对照组和气调组相比,真空组有利于减少金枪鱼汁液流失率,同时研究中发现,在整个贮藏过程中姜精油气调组金枪鱼汁液流失率显著($p<0.05$)低于其他三组,到冷藏14 d时其汁液流失率仅为2.0%而此时气调组和真空组的汁液流失率分别为8.3%和6.3%,这可能是因为姜精油具有较强的抗氧化功能,能与不同的有机过氧化物结合,及时清除细胞膜上的自由基,阻断自由基链式反应,维持细胞的完整性,防止金枪鱼汁液渗出^[12]。另一方面可能是,姜精油喷淋造鱼肉细胞周围渗透压的改变,从而减少了细胞液的渗出。因此得出的结论是,姜精油喷淋能有效地改善金枪鱼在冷藏过程中汁液流失严重的问题。

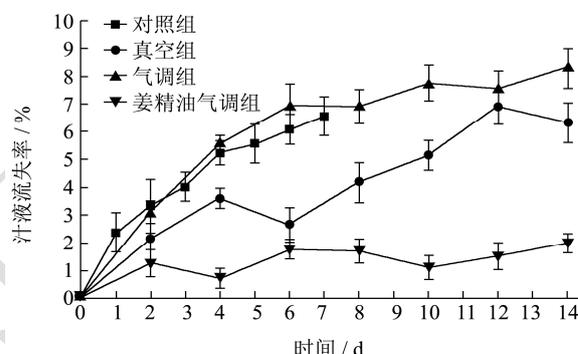


图4 贮藏期间金枪鱼汁液流失率的变化

Fig.4 Change in drip loss of tuna during storage

2.5 不同包装对菌落总数的影响

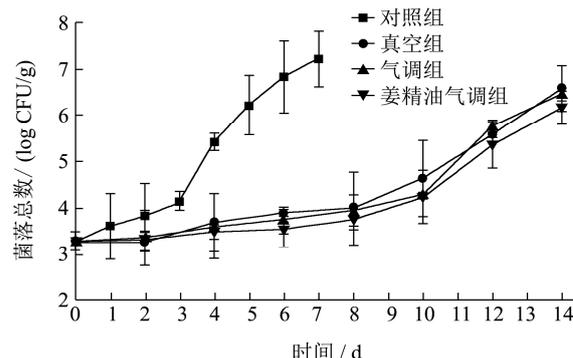


图5 贮藏期间金枪鱼菌落数的变化

Fig.5 Changes in aerobic plate count of tuna during storage

不同包装金枪鱼贮藏过程中菌落总数变化如图5所示,对照组菌落总数上升较快,从初始值3.2 log CFU/g到第4天时上升至4.1 log CFU/g已超过《S/CT 3117-2006 生食金枪鱼》规定上限(4.0 log CFU/g),到第7天时菌落总数达到7.2 log CFU/g金枪鱼已完全腐败。其它三组菌落总数变化相对平缓,到第8 d时真空组、气调组和姜精油气调组的菌落总数分别为

3.99 log CFU/g、3.94 log CFU/g 和 3.74 log CFU/g 尚未达到生食金枪鱼规定上限。与对照组相比真空组、气调组和姜精油气调组均表现出显著的抑菌效果, 这可能是因为真空组中缺少 O_2 抑制了部分需氧微生物的生长从而使真空组菌落总数低于对照组; 而气调组则是因为包装中含有高浓度的 CO_2 气体, 能有效的抑制鱼肉中革兰氏阴性菌的生长繁殖, Thiansilakul 等^[4]曾报道革兰氏阴性菌为冰藏金枪鱼的主要腐败菌种, 且高浓度 CO_2 气调包装的金枪鱼菌落总数较少, 其结果与本文结论相符, 另一方面气调包装中充入了少量 O_2 能在一定程度上抑制厌氧微生物的生长从而进一步抑制了金枪鱼在贮藏过程中的菌落数; 姜精油气调组中添加了姜精油, 而姜精油中的辣姜素对微生物具有一定抑制作用^[13], 因此与气调组相比姜精油气调组表现出更强的抑菌效果。综上所述, 气调包装能有效的抑制微生物的生长繁殖, 姜精油对微生物的生长具有抑制作用, 与气调结合能起到协同作用, 延长金枪鱼货架期, 三种经不同包装的抑菌效果顺序为: 姜精油气调组>气调组>真空组。

2.6 不同包装对 TVB-N 的影响

TVB-N 值反映的是金枪鱼在贮藏过程中蛋白质的降解情况, 其含量越高表示金枪鱼腐败程度越大, 贮藏过程中金枪鱼 TVB-N 值的变化如图 6 所示, 新鲜金枪鱼的 TVB-N 值为 9.9 mg/(100 g), 由图 6 可知贮藏过程中对照组 TVB-N 值上升最快, 冷藏至第 2 天时 TVB-N 值上升至 14.46 mg/(100 g) 已超过《S/CT 3102-2010 鲜、冻带鱼》一级鲜度指标 13 mg/(100 g), 而其它三组 TVB-N 值变化相对缓慢且差异性并不显著 ($p>0.05$), 到实验结束时气调组、真空组和姜精油气调组的 TVB-N 值分别为 24.7 mg/(100 g)、24.5 mg/(100 g) 和 22.5 mg/(100 g) 仍未超过《S/CT 3117-2006 生食金枪鱼》规定上限(25 mg/100 g), 这是因为金枪鱼在贮藏过程中 TVB-N 值的变化和金枪鱼中微生物的变化紧密相关, 真空组由于缺少氧气从而抑制了好氧菌的生长, 气调组和姜精油气调组由于包装中含有高浓度的二氧化碳气体能够有效的抑制金枪鱼中大多数微生物的生长, 从而延缓了金枪鱼因微生物生长繁殖而导致蛋白质的分解, 这也与上述金枪鱼贮藏过程中菌落总数变化相符。同时从气调组和姜精油气调组结果看, 姜精油的添加也对蛋白质的分解起到了一定的抑制作用, 但其效果不明显。从整个贮藏过程中 4 组实验 TVB-N 值的变化情况可以看出真空包装、气调包装和姜精油结合气调包装均能有效的抑制金枪鱼贮藏过程中蛋白质分解。

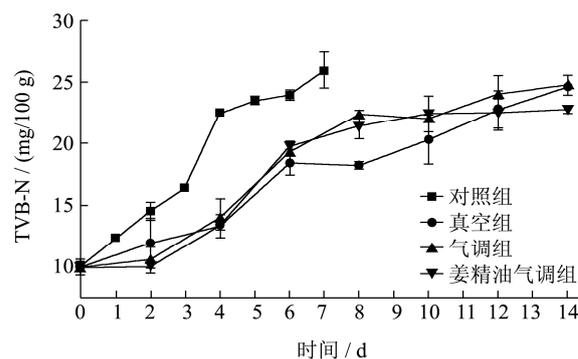


图 6 贮藏期间金枪鱼 TVB-N 值的变化

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

2.7 不同包装对 K 值的影响

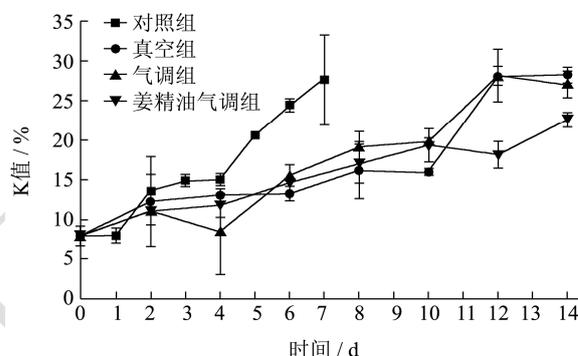


图 7 贮藏期间金枪鱼 K 值的变化

Fig.7 Changes in K-value of tuna during storage

鲜度指标 K 值是反应鱼体新鲜度的重要指标, K 值越大表明鱼肉越不新鲜, 一般认为 $K \leq 20\%$ 为特别新鲜可作为生食, K 值在 $20\% \sim 40\%$ 为二级鲜度, K 值大于 60% 认为鱼肉开始腐败^[14]。贮藏过程中金枪鱼 K 值变化如图 7 所示, 在整个贮藏过程中金枪鱼 K 值逐渐上升, 对照组 K 值上升最快且差异显著 ($p < 0.05$), 到第 5 天时从初始值 7.8% 上升至 20.6% 已超过 20% 不可用于生食, 其它三组 K 值变化相对平缓, 但在第 10 天后, 气调组和真空组 K 值急剧上升与姜精油气调组相比出现较大差异, 这可能是因为气调组和真空组金枪鱼细胞液大量溶出汁液流失严重, ATP 在自身酶的作用下加速分解所致。到第 12 d 时对照组、真空组和姜精油气调组的 K 值分别为 28.2%、28.1% 和 18.1%, 其中姜精油气调组到实验结束 14 d 时 K 值为 22.5% 仍处于较低水平。从上述分析中表明, 与对照组相比真空包装、气调包装、姜精油结合气调包装均能显著抑制贮藏过程中金枪鱼 ATP 的分解, 这是因为 ATP 的降解主要与微生物和鱼体自溶酶相关, 真空组因为包装中缺少氧气从而抑制了鱼肉中好氧菌的生长, 气调组和姜精油气调组包装中含有高浓度 CO_2 有效的抑制鱼肉中革兰氏阴性菌的生长繁殖, 从而间接地抑制了

ATP 的分解。同时从图 7 可知,在贮藏期 0~10 d 3 种不同处理方式对 ATP 抑制效果差别不明显,但在贮藏后期姜精油气调组的抑制效果明显优于真空组和气调组。其中原因可能是姜精油中姜酚类物质具有较强抗氧化作用,能有效的清除细胞膜上自由基,维持细胞的完整性,从而减少了鱼肉细胞中因细胞液渗出而带来的自溶酶,直接抑制了金枪鱼 ATP 的分解。

3 结论

3.1 60% CO₂+10% O₂+30% N₂ 的气调包装和真空包装均能有效地抑制 0 °C 贮藏的金枪鱼微生物的生长,延缓蛋白质的降解。两者相比气调包装抑菌效果略优于真空包装,但气调包装在金枪鱼汁液流失率,脂肪氧化程度和护色效果方面不如真空包装。

3.2 60% CO₂+10% O₂+30% N₂ 结合 2% 姜精油包装的金枪鱼不仅能有效的抑制 0 °C 贮藏的金枪鱼微生物的生长,延缓蛋白质的降解,而且金枪鱼汁液流失少,脂肪氧化维持在较低水平,并且能很好的维持金枪鱼色泽,尤其是在贮藏后期,其保鲜效果明显优于气调组和真空组,生物抗氧化剂结合气调包装既能更好地维持金枪鱼感官品质又能延长其货架期。

参考文献

- [1] 汤元睿,谢晶,徐慧文,等.冷链物流中包装方式对金枪鱼品质的影响[J].现代食品科技,2014,30(7):187-192
TANG Yuan-rui, XIE Jing, XU Hui-wen, et al. Effect of different packaging on quality of Tuna (*Thunnus obesus*) in cold Chain logistics [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(7): 187-192
- [2] 夏征.低温气调包装延长金枪鱼货架寿命的工艺研究[J].包装世界,2012,6:26-29
XIA Zheng. Research on technology of modified atmosphere packaging on prolonging the shelf-life of tuna in low temperature [J]. Packaging World, 2012, 6: 26-29
- [3] Elena T, Pier A C, Silvana C, et al. Effect of modified atmosphere and active packaging on the shelf-life of fresh bluefin tuna fillets [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 105 (3): 429-435
- [4] Thiansilakul Y, Benjakul S, Richards M P. Effect of phenolic compounds in combination with modified atmosphere packaging on inhibition of quality losses of refrigerated Eastern little tuna slices [J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 50(1): 146-152
- [5] Salih A M, Smith D M, Price J F, et al. Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry [J]. Poultry Science, 1987, 66: 1483-1488
- [6] Yokoyama Y, Sakaguchi M, Kawai F, et al. Changes in concentration of ATP-related compounds in various tissues of oyster during ice storage [J]. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 1992, 58: 2125-2125
- [7] 鲁昊浩,焦睿,黄雪松,等.6-姜酚与 6-姜酚脒抗氧化性质的比较研究[J].现代食品科技,2015,31(9):106-111
LU Hao-hao, JIAO Rui, HUANG Xue-song, et al. Comparison of the antioxidant activity between gingerol oxime and gingerol [J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 31(9): 106-111
- [8] Giménez B, Pedro Roncalés P, Beltrán J A. The effects of natural antioxidants and lighting conditions on the quality of salmon (*Salmo salar*) fillets packaged in modified atmosphere [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85(6): 1033-1040
- [9] Faustman C, Sun Q, Mancini R, et al. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control [J]. Meat Science, 2010, 86(1): 86-94
- [10] Maria M C, Gioacchino B, Giuseppe R, et al. Effect of natural antioxidants and modified atmosphere packaging in preventing lipid oxidation and increasing the shelf-life of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) fillets [J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 62(1): 271-277
- [11] Rosnes J T, Kleiberg G H, Sivertsvik M, et al. Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the shelf-life of farmed ready-to-cook spotted wolf-fish (*Anarhichas minor*) [J]. Packaging Technology and Science, 2006, 19(6): 325-333
- [12] 谢华.冷却猪肉汁液流失及控制技术[D].咸阳:西北农林科技大学,2006
XIE Hua. Research on juice loss of chilled pork and controlling methods thereof [D]. Xian-yang: Northwest A & F University, 2006
- [13] 钟瑞敏,肖仔君,刘健南,等.二种可食用精油的抗菌活性研究[J].现代食品科技,2011,27(3):250-253
ZHONG Rui-min, XIAO Zi-jun, LIU Jian-nan, et al. Antimicrobial activities of two edible essential oils [J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(3): 250-253
- [14] Saito T, Arai K, Matsuyoshi M. A new method for estimating the freshness of fish [J]. Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries, 1959, 24: 749-750