

包装方式对养殖大黄鱼冻藏品质的影响

Effects of different packaging methods on the quality changes of frozen large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*)

张艳霞¹ 谢成民² 周 纷¹ 王锡昌¹

ZHANG Yan-xia¹ XIE Cheng-min² ZHOU Fen¹ WANG Xi-chang¹

(1. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306; 2. 复旦附中青浦分校, 上海 201700)

(1. College of Food Science & Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. The High School Affiliated to Fudan University Qingpu Campus, Shanghai 201700, China)

摘要:以养殖大黄鱼为研究对象,以感官特性、色差、持水力、质构、K 值、挥发性盐基氮(Total volatile basic nitrogen, TVB-N 值)、硫代巴比妥酸(Thiobarbituric acid value, TBA 值)为评价指标,研究在冻藏 120 d 镀冰衣、真空包装和无包装对养殖大黄鱼品质的影响。结果表明:随着冻藏时间的延长养殖大黄鱼的感官综合评分、质构、持水力均逐渐降低,3 种包装处理下养殖大黄鱼 TVB-N 值、TBA 值均随时间延长而增加,K 值与 TVB-N 变化一致。与镀冰衣组和无包装组相比,真空包装下的养殖大黄鱼 TVB-N 值、TBA 值和 K 值增加较缓慢。综合各指标变化,冻藏条件下真空包装有利于保持养殖大黄鱼较好新鲜度及冻藏品质。

关键词: 大黄鱼; 冻藏; 包装; 品质

Abstract: The sensory characteristics, color difference, water holding capacity, texture, K value, total volatile basic nitrogen (TVB-N value), thiobarbituric acid (TBA value) were used as evaluation indexes. The effects of 3 packaging treatments on the quality of cultured *Pseudosciaena crocea* during 120 d of frozen storage were studied. The results showed that the sensory comprehensive score, texture and water holding capacity of cultured *Pseudosciaena crocea* decreased gradually with the prolongation of frozen storage time. The TVB-N and TBA values of cultured *Pseudosciaena crocea* increased with time under three packaging treatments. The results of K value analysis were consistent with those of TVB-N. Compared with the ice-coated group and the unpackaged group, the TVB-N, TBA and K values of cultured *Pseudosciaena crocea* under vacuum packaging increased slowly.

According to the changes of various indicators, vacuum packaging under frozen storage conditions is conducive to maintaining better freshness and frozen storage quality of cultured *Pseudosciaena crocea*, and the results of this study can provide data support and reference basis for the quality preservation of cultured *Pseudosciaena crocea*.

Keywords: *Pseudosciaena crocea*; frozen storage; packaging; quality

大黄鱼营养价值高,肉质鲜嫩,具有滋补身体的功效,深受消费者的喜爱^[1]。据统计^[2],2017 年中国大黄鱼养殖产量 $1.776 4 \times 10^5$ t,比 2016 年增加了 11.35%。随着大黄鱼养殖产量剧增,生鲜滞销问题渐渐突出。

冻藏保鲜货架期一般比冷藏、冰藏货架期长。但研究^[3]表明,鱼肉在冻藏过程中仍发生一系列的理化反应,不适当的冻藏条件会导致鱼肉冻藏期间发生脂质氧化、蛋白质变性、干耗、汁液流失、风味物质损失等品质变化。目前大黄鱼主要以冰鲜、冻品销售为主,冻藏条件下大黄鱼肌肉发生蛋白变性、色泽变暗、组织弹性变差,严重失去食用品质^[4],因此冻藏条件的选择对冻藏期养殖大黄鱼品质变化的研究较为重要。合理有效的包装能延缓水产品贮藏期间品质下降,延长其货架期,同时也能提高对经营生鲜电商和物流公司的物流时效,促进运输销售。镀冰衣保鲜是将水产品体温降低至冻结点以下,快速经过冰衣液,由于温度差而使水产品体表形成一层冰衣的一种保鲜手段,其特点可有效防止贮藏期干耗的发生,延长货架期。真空包装是通过隔绝水产品在贮藏过程中与空气的接触,抑制耗氧型微生物的生长速率,同时减缓氧化反应的进行,从而达到延长货架期的目的^[5]。李艳等^[6]研究了冰衣对冷冻南美白对虾贮藏品质的影响,结果发现,与无冰衣相比,镀冰衣明显延缓了南美白对虾的品质劣变,延长了货架期。王真真等^[7]研究得出,与空气

基金项目:福建省海洋经济发展补助资金项目(编号:2019hj05)

作者简介:张艳霞,女,上海海洋大学在读硕士研究生。

通信作者:王锡昌(1964—),男,上海海洋大学教授,博士。

E-mail: xcwang@shou.edu.cn

收稿日期:2018-12-17

包装对比,真空包装延长了冰温贮藏大黄鱼货架期 6~7 d,且保持较好的品质。戴志远等^[8]研究-18℃和-50℃冻藏条件下养殖大黄鱼鱼肉质构的变化,发现随冻藏时间的延长,养殖大黄鱼的质构在下降,且-18℃条件下大黄鱼质构下降更明显。李娟等^[4]对比了-20,-40,-80℃冻藏温度对大黄鱼品质的影响,得出冻藏温度越低大黄鱼色泽、感官、质构和抗氧化性指标变化越缓慢。孙丽霞^[9]研究气调包装结合茶多酚、Nisin 复合壳聚糖生物保鲜剂对冷藏大黄鱼保鲜作用,发现这种复合保鲜技术能有效抑制腐败菌的生长繁殖,延长大黄鱼保质期。戴志远等^[10]发现冷藏条件下,气调气体配比为 75% CO₂/25% N₂时,可使大黄鱼货架期长达 15 d,气调包装抑菌效果好,较好保持水产品色泽,但操作繁琐,成本较高。

综上所述,目前气调包装结合低温保藏(冰温、冷藏等)、冻藏温度以及冻藏时间对大黄鱼保鲜的研究较多。但关于包装方式结合冻藏条件对养殖大黄鱼品质的影响鲜有报道,尤其是镀冰衣包装对养殖大黄鱼冻藏期间品质变化的研究。试验以养殖大黄鱼为研究对象,分别经镀冰衣、真空包装及无包装处理且在-20℃进行冻藏,探究不同冻藏时间对其感官特性、色差、持水力、质构分析(TPA)、K 值、TVB-N 值以及 TBA 值的影响。同时比较了相同冻藏时间下不同包装方式对养殖大黄鱼品质的影响,以期找到保鲜效果较好、低损耗的包装方式,为养殖大黄鱼在运输,销售中的冻藏方式的改进提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

养殖大黄鱼:2018 年 3 月 7 日采购于福建省宁德市齐民农工商有限公司普通网箱养殖基地,约 200 条,体重为(256.86±27.42) g,体长为(24.15±0.89) cm;

三磷酸腺苷(ATP)、二磷酸腺苷(ADP)、单磷酸腺苷(AMP)、肌苷酸(IMP)、次黄嘌呤核苷(HxR)、次黄嘌呤(Hx)标准品:纯度≥99%,美国 Sigma 公司;

其他试剂:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

酶标仪:Microplate Reader SH-1000 型,上海天美仪器有限公司;

高效液相色谱仪:Water e2695 型,美国 Waters 公司;

物性测试仪:TA.XT Plus 型,英国 Stable Micro System 公司;

色差计:CR-400 型,日本 Knicca Minolta Sensing 公司;

全自动凯氏定氮仪:FOSS Kjelttec8400 型,丹麦 FOSS 中国上海有限公司;

高速冷冻离心机:H2050R 型,湘仪离心机仪器有限公司;

数显高速分散均质机:FJ200-SH 型,上海标本模型厂;

电子天平:FA 型,上海安普仪器有限公司;

电热恒温水浴锅:HWS-24 型,上海一恒科学仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 样品包装贮藏及处理 养殖大黄鱼捕捞上岸,立即加冰运回,分选后随机分 3 组:

① 镀冰衣处理:将冰鲜大黄鱼平整摆盘,立即在-30℃下进行速冻至中心温度达到-18℃结束速冻,待冻结完成后立即快速浸过干净的冰水中使鱼体表面镀上约 10%的冰衣后装入聚乙烯保鲜袋内;

② 真空包装处理:将冰鲜大黄鱼摆盘-30℃下速冻至中心温度达到-18℃,完成后用包装机对其进行抽真空及封口处理(每袋 1 条),整排装箱并置于-20℃的冷库中进行贮藏;

③ 无包装处理(空白组):每隔 30 d 取 1 次样品进行各项指标测定。

样品处理:隔袋流水解冻,拆除包装进行感官评定后去鳞、去头、去内脏、去皮、取肉,测定前鱼肉用食品加工搅碎机绞碎为均匀肉糜,持水力和质构测定样品按要求切成大小不同的鱼肉块。

1.3.2 感官评定 参照文献^[11]和 SC/T 3101—2010《鲜大黄鱼、冻大黄鱼、鲜小黄鱼、冻小黄鱼》。筛选 8 位经过培训的优秀感官员分别同时对 3 种不同处理的大黄鱼外观形色、气味、组织形态、组织弹性 4 个指标进行打分,其中权重分别占 0.3,0.2,0.2,0.3,总分 10 分,最终感官综合评分为加权平均数分值。

1.3.3 色差测定 取绞碎后的样品放入直径 4 cm,高度 2 cm 的无盖透明圆柱体模具中,将色差仪垂直置于样品表面,迅速测定 L^* 、 a^* 和 b^* 值,平行 6 次。

1.3.4 持水力的测定 根据文献^[12],修改如下:取 5 g 解冻后大黄鱼背部肌肉块(精确到 0.000 1 g),用滤纸包裹好置入离心管中,5 000 r/min 离心 15 min 取出称量离心后的肉块重量,每组样品做 3 次平行。按式(1)计算持水力。

$$c = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

c ——持水力,%;

m_1 ——离心后肉的重量,g;

m_2 ——离心前肉的重量,g。

1.3.5 质构分析 取大黄鱼背部肌肉,切 2 cm×2 cm×1 cm 小块,测试前将样品放置室温下 30 min。测试条件

表 1 养殖大黄鱼的感官评价标准
Table 1 Sensory evaluation standard of
Pseudosciaena crocea

感官指标	评价标准	得分
外观形色	色泽光亮,呈金黄色,眼球饱满	10
	色泽光亮,眼球平坦	8
	色泽略暗,眼球微陷	6
	色泽较暗,眼球凹陷略有浑浊	4
	色泽暗淡,眼球凹陷,浑浊严重	2
气味	特有鱼香味(较浓郁)	10
	固有鱼香味(浓郁)	8
	略带有腥异味	6
	较重腥臭味	4
	刺鼻腥臭味或氨味	2
组织形态	组织紧密,完整,纹理清晰	10
	组织紧密较完整,纹理较清晰	8
	不紧密,但不松软	6
	不紧密,局部松软	4
	松软,有黏性	2
组织弹性	弹性强,按压后凹陷立即恢复	10
	韧实有弹性,按压后凹陷恢复较快	8
	较有弹性,按压后凹陷恢复较慢	6
	稍有弹性,按压后凹陷恢复较慢	4
	无弹性,按压后凹陷无恢复	2

为:探头型号 P/50,测试前速率 2.00 mm/s,测试速率 1.00 mm/s,测试后速率 1.00 mm/s,压缩变形率 30%,探头两次测定间隔时间 5.00 s。触发形式为自动,触发力 5 N,平行 8 次。

1.3.6 K 值测定 根据文献[13],修改如下:分别准确称取 5 g 样品(精确到 0.000 1 g)加入 10 mL 经过预冷的 10%高氯酸(PCA),均浆后超声 5 min,在 10 000 r/min、4 ℃离心 15 min,取上清液,沉淀用 5 mL 5% 的 PCA,再次离心取上清液,最后合并两次上清液,用 6 mol/L KOH 和 1 mol/L KOH 溶液调节 pH 至 6.5,静置 30 min 后取全部上清液定容至 50 mL,摇匀,用水相 0.22 μm 的滤膜打入进样瓶,待上机测定,整个过程均在 0~4 ℃下操作,每组样品做 3 次平行。K 值按式(2)计算。

$$K = \frac{HxR + Hx}{ATP + ADP + IMP + HxR + HX} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

K——次黄嘌呤核苷和次黄嘌呤之和与三磷酸腺苷及其分解物总量之比的百分率,%;

ATP——三磷酸腺苷含量,μmol/g;

ADP——二磷酸腺苷含量,μmol/g;

AMP——腺苷酸含量,μmol/g;

IMP——肌苷酸含量,μmol/g;

Hx——次黄嘌呤含量,μmol/g;

HxR——次黄嘌呤核苷含量,μmol/g。

1.3.7 TVB-N 值测定 按 GB 5009.228—2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》执行,每组样品做 3 次平行。

1.3.8 TBA 值测定 根据文献[14]修改如下,精准取 5 g (精确到 0.000 1 g)绞碎样品,加入 20%三氯乙酸溶液 25 mL,均浆 1 min(每隔 30 s 停 1 次),4 ℃、8 000 r/min 离心 15 min,过滤,取全部上清液用超纯水定容至 50 mL,摇匀取 5 mL 置于比色管,加入 0.02 mol/L TBA 溶液 5 mL,90 ℃水浴 20 min 冷却,取显色后样品 100 μL 点入 96 孔板,采用酶标仪测定 532 nm 处吸光度值,平行 3 次。根据式(3)计算 TBA 值。

$$TBA = A \times 7.8, \quad (3)$$

式中:

TBA——TBA 值,mg MDA/100 g;

A——532 波长下吸光值。

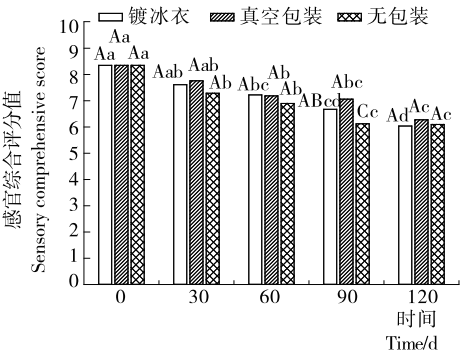
1.4 数据分析

数据以(平均值±标准差)表示,采用 SPSS 19.0 软件进行数据统计分析,采用 Sigma Plot 12.5 作图。

2 结果与讨论

2.1 对养殖大黄鱼冻藏期感官品质的影响

由图 1 可知,不同包装条件下的养殖大黄鱼在冻藏期间感官综合评分均随冻藏时间的延长而降低,其中镀冰衣组在第 60 天出现明显下降(P<0.05);真空包装组在第 120 天出现明显下降(P<0.05);无包装组在第 30 天和第 90 天存在显著性差异(P<0.05)。各组之间的差异性在第 90 天表现为无包装组显著低于镀冰衣组和真空包装组,而镀冰衣组和真空包装组间无显著差异,真空包装



大写字母不同表示组间差异显著(P<0.05),小写字母不同表示组内间差异显著(P<0.05)

图 1 包装方式对养殖大黄鱼冻藏期感官品质的影响
Figure 1 Effect of packaging method on sensory quality of cultured large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) during frozen storage (n=8)

组养殖大黄鱼感官品质最好,外观仍明亮,无腥臭味,纹理较清晰,不松软。冻藏过程中真空包装感官品质整体下降速率最慢,镀冰衣组次之,无包装组下降速率最快。这主要是因为镀冰衣和真空包装隔绝了鱼体与空气接触,减少了空气腐败菌的干扰及氧气的影响,从而延缓了养殖大黄鱼冻藏期的品质变化。

2.2 对养殖大黄鱼冻藏期色差的影响

由表 2 可知,随冻藏时间的延长,3 种包装的养殖大黄鱼肉 L^* 值呈上升趋势,镀冰衣组 L^* 值分别在 0~30 d 和 60~90 d 存在显著差异($P<0.05$),真空包装组 L^* 值在 0~60 d 无显著差异($P<0.05$),90 d 后呈现显著上升,无包装组 L^* 值在 0~120 d 均呈显著上升趋势。从第 30 天开始组间差异性表现为镀冰衣组和真空包装组显著

低于无包装组($P<0.05$)。3 种包装下的养殖大黄鱼肉 b^* 值呈上升趋势,镀冰衣组 b^* 值在贮藏后期变化不明显,真空包装组和无包装组 b^* 值呈显著增加趋势。整个冻藏期间,相比于真空包装组,镀冰衣组的 L^* 、 b^* 值均较高,可能是冻藏期冰晶的形成造成持水力改变,解冻后导致大黄鱼自由水增多,从而增强了对光的反射率,使 L^* 值增大,蛋白质变性 & 氧化会使 b^* 值增大^[15]。本结果与宋敏等^[16]研究冻结方式对鲷鱼片品质影响结果一致。3 种包装组 a^* 值均整体呈先上升后下降趋势,其中在第 30 天时无包装组 a^* 值显著低于镀冰衣组和真空包装组,而镀冰衣组和真空包装组之间无差异。冻藏后期真空包装组 a^* 值高于镀冰衣组和无包装组。这可能是肌红蛋白的降解,使鱼肉红度值减弱。

表 2 包装方式对养殖大黄鱼冻藏期色度的影响[†]

Table 2 Effects of packaging methods on chroma of cultured *Pseudosciaena crocea* during frozen storage ($n=6$)

指标	包装方式	0 d	30 d	60 d	90 d	120 d
L^*	镀冰衣	56.90±1.70 ^A _c	64.06±2.35 ^C _b	67.32±6.03 ^C _b	72.38±1.48 ^B _a	72.10±2.26 ^B _a
	真空包装	56.90±1.70 ^A _c	58.29±2.98 ^B _c	59.52±4.22 ^B _c	65.29±1.02 ^B _a	66.52±3.09 ^C _b
	无包装	56.90±1.70 ^A _c	65.75±1.51 ^A _d	70.09±0.90 ^A _c	73.89±3.21 ^A _b	77.37±1.31 ^A _a
a^*	镀冰衣	0.29±0.14 ^A _c	1.49±0.53 ^A _a	1.31±0.13 ^A _a	0.77±0.17 ^B _b	0.56±0.26 ^B _b
	真空包装	0.29±0.14 ^A _c	1.75±0.32 ^A _a	1.09±0.28 ^B _b	1.15±0.04 ^A _b	1.31±0.31 ^A _b
	无包装	0.29±0.14 ^A _d	0.54±0.09 ^B _c	0.77±0.23 ^C _b	0.73±1.09 ^B _b _c	0.54±0.27 ^A _a
b^*	镀冰衣	2.07±0.71 ^A _b	8.81±2.18 ^A _a	8.44±0.40 ^A _a	9.90±0.45 ^A _a	11.31±0.59 ^B _a
	真空包装	2.07±0.71 ^A _d	9.19±0.96 ^A _b	7.11±0.32 ^B _c	8.97±0.28 ^B _b	10.31±0.74 ^A _a
	无包装	2.07±0.71 ^A _d	6.61±0.63 ^B _c	8.04±1.20 ^A _b	10.39±1.03 ^C _a	11.57±0.98 ^B _b

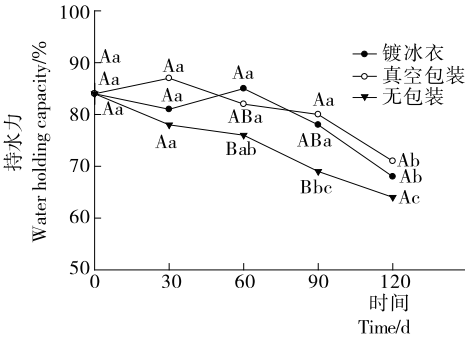
[†] 大写字母不同表示同一指标组间的差异显著($P<0.05$),小写字母不同表示同一指标组内差异显著($P<0.05$)。

2.3 对养殖大黄鱼冻藏期持水力的影响

由图 2 可知,随冻藏时间的延长,3 组包装条件下的养殖大黄鱼肉持水力在 0~90 d 时下降趋势均不显著,90~120 d 内持水力显著降低。第 60 天和第 90 天时,无包装组的持水力分别显著低于镀冰衣组和真空包装组($P<0.05$),但镀冰衣组和真空包装组之间的持水力无显著性差异。结果显示贮藏过程中无包装组持水力最差,可能是真空包装隔绝了空气,阻断了外界微生物与鱼体的接触,减缓了鱼肉腐败速率。同时鱼体表面的冰衣缓解了冻藏期间温度波动,减少了冰晶的溶解与再形成对细胞的破坏,从而减缓了持水力的下降^[6]。

2.4 对养殖大黄鱼冻藏期质构特性的影响

由表 3 可知,随冻藏时间的延长,3 种包装组硬度均呈下降趋势,其中镀冰衣下降较为缓慢,无包装组下降速率较快。镀冰衣组、真空包装组和无包装组分别在第 120 天、第 90 天和第 60 天出现显著下降,并且三者在第 30 天存在显著性差异($P<0.05$)。这可能是真空包装机



大写字母不同表示组间差异显著($P<0.05$),小写字母不同表示组内差异显著($P<0.05$)

图 2 包装方式对养殖大黄鱼冻藏期持水力的影响
Figure 2 Effect of packaging method on water holding capacity of cultured *Pseudosciaena crocea* during frozen storage ($n=3$)

衣减缓了冻藏期温度的波动,避免反复冻融形成较大冰晶对组织细胞机械损伤,与赵启蒙等^[17]结果相似。

表 3 显示,各组的弹性均随时间的推移呈现波动性

表 3 包装方式对养殖大黄鱼冻藏期的硬度、弹性、咀嚼性的影响[†]
Table 3 Effect of packaging methods on hardness, elasticity and chewiness of cultured *Pseudosciaena crocea* during frozen storage (n=6)

指标	单位	包装方式	0 d	30 d	60 d	90 d	120 d
硬度	N	镀冰衣	352.90±43.33 ^{Aa}	352.14±13.63 ^{Aa}	313.36±12.32 ^{Aab}	303.67±6.79 ^{Aab}	283.46±23.16 ^{Ab}
		真空包装	352.90±43.33 ^{Aa}	338.06±12.28 ^{ABa}	331.89±10.42 ^{Aa}	292.29±22.15 ^{Ab}	259.48±11.20 ^{Bbc}
		无包装	352.90±43.33 ^{Aa}	324.71±12.01 ^{Ba}	270.21±19.42 ^{Bb}	232.40±11.37 ^{Bb}	230.34±5.09 ^{Cb}
弹性	mm	镀冰衣	0.76±0.02 ^{Aa}	0.73±0.05 ^{Aab}	0.76±0.03 ^{Aa}	0.70±0.02 ^{Ab}	0.71±0.02 ^{Ab}
		真空包装	0.76±0.02 ^{Aa}	0.69±0.04 ^{Ab}	0.72±0.01 ^{ABab}	0.74±0.02 ^{Aa}	0.73±0.03 ^{Aab}
		无包装	0.76±0.02 ^{Aa}	0.68±0.01 ^{Ab}	0.70±0.02 ^{Bbc}	0.66±0.02 ^{Bc}	0.64±0.05 ^{Bc}
咀嚼性	mJ	镀冰衣	170.21±22.83 ^{Aa}	149.12±9.08 ^{Ab}	146.41±6.91 ^{ABbc}	134.92±4.65 ^{Abc}	134.31±2.01 ^{Abc}
		真空包装	170.21±22.83 ^{Aa}	126.96±7.81 ^{Bb}	158.58±5.3 ^{Aa}	121.93±13.04 ^{ABb}	126.11±15.02 ^{Ab}
		无包装	170.21±22.83 ^{Aa}	139.77±10.20 ^{ABb}	138.29±7.54 ^{Bb}	107.40±6.21 ^{Bc}	108.11±9.01 ^{Bd}

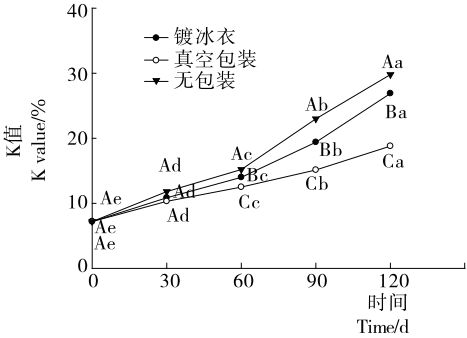
[†] 同列大写字母不同表示表示包装组间的差异显著(P<0.05),同行小写字母不同表示每种包装组随冻藏时间质构参数的差异显著(P<0.05)。

下降。0~30 d时真空包装组弹性下降速率显著快于镀冰衣组,接近于无包装组,3组的弹性值从第60天开始出现显著性差异(P<0.05)。这可能是冰衣的存在使鱼体表温度保持更低,从而抑制体内蛋白酶及ATP酶的活性,降低了肌纤维蛋白的水解变性,因而肌肉间结合力较大,弹性下降缓慢。

咀嚼性反映肌肉硬度、弹性,是细胞间黏聚性变化的综合性评价结果^[18]。表3可看出,随冻藏时间的延长,3组咀嚼性均平缓下降,真空包装组呈现波动性下降。整体结果显示镀冰衣组咀嚼性略高于真空包装及无包装组,与硬度结果相似。综上所述,随冻藏时间的延长鱼肉口感下降,但镀冰衣相对于真空包装更有利于减缓养殖大黄鱼冻藏质构特性的劣变,更好地维持了口感。

2.5 对养殖大黄鱼冻藏期 K 值的影响

K值作为评价水产品新鲜度指标之一,一般K值小于20%为一级鲜度;20%~40%为二级鲜度;大于60%进入腐败不能食用^[19]。如图3所示,大黄鱼肉初期K值为7.20%,与欧阳芳芳等^[20]对新鲜草鱼背部肌肉K值为7.72%的结果相近。随冻藏时间的延长,3组K值均呈上升趋势,其中无包装组上升速率高于镀冰衣组和真空包装组。镀冰衣组及真空包装组第90天的K值分别为19.40%,15.80%,仍处于一级鲜度范围内,而无包装组K值为23.0%进入二级鲜度。随冻藏时间的延长,冻藏后期3种处理组新鲜度出现显著性差异(P<0.05),与TVB-N趋势相吻合。此外,-20℃冻藏期间真空包装组K值始终低于镀冰衣组和无包装组,可能是冻藏温度较低抑制了酶的活性,同时真空包装内外形成压力差阻碍了冻藏过程中鱼体体积膨胀,减少细胞破碎自溶酶随汁液的流出量,另外真空包装因缺乏O₂使得冻藏期间微生物数量减少,从而降低了养殖大黄鱼腐败速率。因此,相



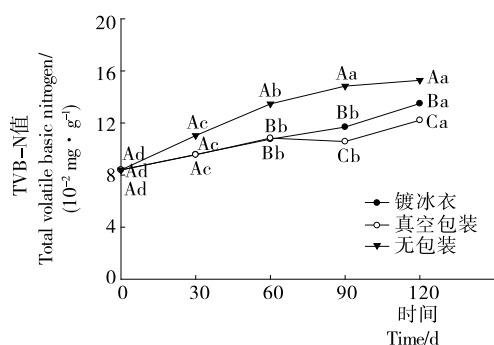
大写字母不同表示组间差异显著(P<0.05),小写字母不同表示组内差异显著(P<0.05)

图 3 包装方式对养殖大黄鱼冻藏期 K 值的影响
Figure 3 Effect of packaging method on K value of cultured *Pseudosciaena crocea* during frozen storage (n=3)

比于镀冰衣,真空包装更有利于抑制养殖大黄鱼冻藏期ATP的降解。

2.6 对养殖大黄鱼冻藏期 TVB-N 值的影响

根据GB 2733—2015及SC/T 3101—2010规定:一级品TBV-N值≤13 mg/100 g,二级品TBV-N值≤20 mg/100 g、合格品TBV-N值≤30 mg/100 g。由图4可知,新鲜的鱼肉TVB-N值为(8.39±0.36) mg/100 g,属于一级鲜度。随冻藏时间的延长不同包装条件下的TVB-N值均呈上升趋势,无包装组的TVB-N值上升速率快于其他包装组,且在整个冻藏周期无包装组的TVB-N值也均高于其他包装组。随冻藏期的延长,第60天时无包装组的TVB-N值显著高于镀冰衣组和真空包装组(P<0.05),而镀冰衣组和真空包装组间无显著性差异。第90天和第120天时3组的TVB-N值均显示为无包装组显著高于镀冰衣组,且镀冰衣组显著高于真空包装组



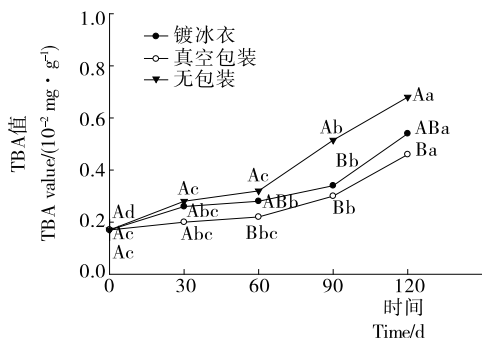
大写字母不同表示组间差异显著 ($P < 0.05$), 小写字母不同表示组内差异显著 ($P < 0.05$)

图 4 包装方式对养殖大黄鱼冻藏期 TVB-N 值的影响
Figure 4 Effect of packaging method on TVB-N in frozen period of cultured *Pseudosciaena crocea* ($n = 3$)

($P < 0.05$)。冻藏至第 90 天时镀冰衣组和真空包装组均未超出一级鲜度, 而无包装组已进入二级鲜度, 与沈秋霞等^[21]研究包装方式对三文鱼贮藏品质的影响结果相似。综上所述, 冻藏期间真空包装更有利于鱼体表面微生物及内源酶的活动, 降低了蛋白质的分解, 抑制 TVB-N 值的增加。

2.7 对养殖大黄鱼冻藏期 TBA 值的影响

从图 5 可知, 随冻藏时间的延长, 各组 TBA 值显著上升, 但均未超过 1 mg MDA/100 g。镀冰衣组在 30~90 d 时上升速率平稳, 90 d 以后出现显著性极速上升; 真空包装组在冻藏初期 (0~90 d) TBA 值无明显上升, 第 90 天加速上升; 无包装组在第 60 天出现显著上升趋势。冻藏至 120 d 时, 镀冰衣、真空包装 TBA 值分别增至为 0.54, 0.46, 0.68 mg MDA/100 g。3 种包装组的 TBA 值在冻藏 60~120 d 时出现显著性差异 ($P < 0.05$), 其中冻



大写字母不同表示组间差异显著 ($P < 0.05$), 小写字母不同表示组内差异显著 ($P < 0.05$)

图 5 包装方式对养殖大黄鱼冻藏期 TBA 值的影响
Figure 5 Effect of packaging method on TBA of frozen cultured *Pseudosciaena crocea* during frozen storage ($n = 3$)

藏至第 90 天时无包装组显著高于镀冰衣组和真空包装组, 而镀冰衣组和真空包装组间差异不显著; 冻藏至第 60 天和第 120 天时真空包装组的 TBA 值均显著低于镀冰衣组和无包装组, 而镀冰衣组和无包装组间差异不显著。在整个冻藏期间真空包装组 TBA 值始终最低, 镀冰衣组次之, 无包装组最高。在第 90 天开始无包装组显著高于其他组, 是因为真空环境隔绝了氧气与鱼体的接触, 阻碍了脂肪氧化反应进行, 同时抑制微生物的活动。综上, 真空包装能更好地抑制冻藏期养殖大黄鱼脂肪氧化酸败, 维持良好的鲜度品质。

3 结论

试验研究了冻藏期不同包装方式 (镀冰衣、真空包装、无包装) 对养殖大黄鱼品质的影响。与对照组相比, 镀冰衣和真空包装均能延缓冻藏期养殖大黄鱼肉质感官品质的劣变, 保持良好的色泽、持水能力和质构特性, 减缓脂肪氧化, 延缓 TVB-N 值和 K 值的变化, 具有一定的保鲜效果。除了真空包装组养殖大黄鱼肌肉质地略差于镀冰衣组, 其他指标均高于其他组。说明冻藏期间, 真空包装更有利于养殖大黄鱼品质的保持。

试验未对养殖大黄鱼经不同包装处理后冻藏期间相关品质变化机理进行研究, 后续将开展进一步的试验深入研究冻藏过程中包装方式对养殖大黄鱼菌落总数及内源酶的影响, 从而更好地展现包装方式对冻藏期养殖大黄鱼品质变化的影响机制。

参考文献

- [1] 吴靖娜, 许永安, 刘智禹. 养殖大黄鱼鱼肉营养成分的分析及评价[J]. 营养学报, 2013, 35(6): 610-612.
- [2] 农业部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴[Z]. 北京: 中国农业出版社, 2018: 21-37.
- [3] SOOTTAWAT B, NUNTAPOL S. Muscle changes in hard and soft shell crabs during frozen storage[J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(3): 723-729.
- [4] 李娟, 桑卫国. 冻藏温度对大黄鱼色泽、质构和抗氧化性的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(13): 338-342, 346.
- [5] 林婉玲, 丁莫, 王锦旭, 等. 包装方式和材料对调理脆肉鲩鱼片冷藏过程品质的影响[J]. 农业工程学报, 2018, 34(2): 284-291.
- [6] 李燕, 方艺达, 罗永康, 等. 冰衣对冷冻南美白对虾贮藏品质的影响[J]. 肉类研究, 2018, 32(5): 39-44.
- [7] 王真真. 大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*) 冰温气调保鲜技术的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009: 33-40.
- [8] 戴志远, 崔雁娜, 王宏伟. 不同冻藏条件下养殖大黄鱼肉质构变化的研究[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(8): 188-191.
- [9] 孙丽霞. 气调包装结合生物保鲜剂对冷藏大黄鱼品质及菌相的研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2013: 22-32.

(下转第 160 页)

- 赖性前列腺癌[D]. 上海: 复旦大学, 2004: 20-21.
- [35] 王小倩, 刘忠义, 余元善, 等. 叶绿素镁钠盐对液态食品中 *Staphylococcus aureus* 的光动力杀菌研究[J]. 现代食品科技, 2013, 19(3): 463-466.
- [36] LUKSIENE Z, PASKEVICIUTE E. Microbial control of food-related surfaces: Na-Chlorophyllin-based photosensitization[J]. Journal of Photochemistry & Photobiology B Biology, 2011, 105(1): 69-74.
- [37] BUCHOVEC I, LUKSEVICIUTE V, KOKSTAITE R, et al. Inactivation of Gram (—) bacteria *Salmonella enterica* by chlorophyllin-based photosensitization: Mechanism of action and new strategies to enhance the inactivation efficiency[J]. Journal of Photochemistry & Photobiology B Biology, 2017, 172(5): 1-10.
- [38] APONIENE K, LUKSIENE Z. Effective combination of LED-based visible light, photosensitizer and photocatalyst to combat Gram (—) bacteria[J]. J Photochem Photobiol B, 2015, 142(12): 257-263.
- [39] HATCHER H, PLANALP R, CHO J, et al. Curcumin: from ancient medicine to current clinical trials[J]. Cellular & Molecular Life Sciences (CMLS), 2008, 65(11): 1 631-1 652.
- [40] 沃兴德, 洪行球, 高承贤, 等. 姜黄素长期毒性试验[J]. 浙江中医药大学学报, 2000, 24(1): 61-65.
- [41] HAUKVIK T, BRUZELL E S, TONNESEN H H. Photokilling of bacteria by curcumin in different aqueous preparations: Studies on curcumin and curcuminoids XXXVII[J]. Pharmazie, 2009, 64(10): 666-673.
- [42] QIAN Ting-ting, WANG Mei, WANG Jiao, et al. Transient spectra study on photo-dynamics of curcumin[J]. Spectrochimica Acta Part A Molecular & Biomolecular Spectroscopy, 2016, 166: 38-43.
- [43] 许川山, LEUNG A W N. 中药姜黄素的光谱学特性研究[J]. 激光杂志, 2005, 26(4): 86-88.
- [44] PENHA C B, BONIN E, SILVA A F D, et al. Photodynamic inactivation of foodborne and food spoilage bacteria by curcumin [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 76(2): 198-202.
- [45] APONIENE K, PASKEVICIUTE E, REKLAITIS I, et al. Reduction of microbial contamination of fruits and vegetables by hypericin-based photosensitization: Comparison with other emerging antimicrobial treatments[J]. Journal of Food Engineering, 2015, 144(1): 29-35.
- [46] ERCAN D, COSSU A, NITIN N, et al. Synergistic interaction of ultraviolet light and zinc oxide photosensitizer for enhanced microbial inactivation in simulated wash-water[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2016, 33(9): 240-250.
- [47] DE OLIVEIRA E F, COSSU A, TIKEKAR R V, et al. Enhanced antimicrobial activity based on a synergistic combination of sublethal levels of stresses induced by UV-A light and organic acids[J]. Applied & Environmental Microbiology, 2017, 83(11): 317-383.
- [48] 邓丽莉, 袁梓泮, 尹保凤, 等. LED 光照处理对乙烯褪绿蜜橘果实着色的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(3): 127-133.
- [49] GANG Ma, ZHANG Lan-cui, KATO M, et al. Effect of the combination of ethylene and red LED light irradiation on carotenoid accumulation and carotenogenic gene expression in the flavedo of citrus fruit [J]. Postharvest Biology & Technology, 2014, 99(99): 99-104.
-
- (上接第 126 页)
- [10] 戴志远, 翁丽萍, 王宏海. 养殖大黄鱼气调包装保鲜工艺研究[J]. 中国食品学报, 2010, 10(5): 204-211.
- [11] 吴行印, 谢晶, 王旭. 不同贮藏温度下小黄鱼货架期预测模型的建立和评价[J]. 包装工程, 2016, 37(19): 84-90.
- [12] 郭丽, 王鹏, 姜喆, 等. 透明质酸涂膜对鲫鱼微冻贮藏保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(12): 120-124.
- [13] 陈剑岚, 施文正, 陈舜胜, 等. 不同贮藏温度对草鱼肉滋味和鲜度的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(5): 329-333.
- [14] SALIH A M, SMITH D M, PRICE J F, et al. Modified extraction thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry[J]. Poultry Science, 1987, 66(9): 1 483-1 488.
- [15] TIRONI V, DE L M, LEBAIL A. Quality changes during the frozen storage of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) muscle after pressure shift freezing and pressure assisted thawing[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2010, 11(4): 565-573.
- [16] 宋敏, 许艳顺, 夏文水, 等. 冻结方式对鲢鱼片品质的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(8): 154-159.
- [17] 赵启蒙, 许澄, 黄雯, 等. 不同冻藏温度下镀冰衣处理对鲢鱼品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(12): 307-310.
- [18] CAI Lu-yun, WU Xiao-sa, DONG Zhi-jian, et al. Physicochemical responses and quality changes of red sea bream (*Pagrosomus major*) to gum arabic coating enriched with ergothioneine treatment during refrigerated storage [J]. Food Chemistry, 2014, 160(11): 82-89.
- [19] 邱伟强, 陈刚, 陈舜胜, 等. 离子对反相高效液相色谱法同时检测水产品中 6 种 ATP 关联化合物[J]. 水产学报, 2011, 35(11): 1 745-1 752.
- [20] 欧阳芳芳, 王建辉, 陈奇, 等. 草鱼贮藏期间肌肉 ATP 关联物及 K 值的动态变化[J]. 食品与机械, 2016, 32(3): 137-140, 159.
- [21] 沈秋霞, 李明元, 胡永正, 等. 包装方式对三文鱼片贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(6): 133-138.