

气调包装军曹鱼片在冰温保鲜期间的品质变化分析

吴燕燕¹, 孙继英^{1,2}, 杨贤庆¹, 马海霞¹, 黄卉¹, 岑剑伟¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部水产品加工重点实验室, 广东广州 510300)

(2. 大连海洋大学食品科学与工程学院, 辽宁大连 116023)

摘要: 为了探明气调包装军曹鱼片在冰温保鲜期间的品质变化, 本文以空气包装和真空包装为对照, 研究了气调包装军曹鱼片在冰温贮藏期间的K值、细菌总数、TVB-N、pH值、持水性、汁液流失率、感官评价、质构等品质指标的变化规律。结果表明: 气调包装鱼片的鲜度指标K值达到初期腐败值60%和细菌总数的最大限值 10^6 CFU/g是18 d, 比空气包装和真空包装分别延长了6 d和2 d, 达到TVB-N含量最大限值0.30 mg/g是23 d, 比空气组和真空组延长了9 d和7 d。气调包装样品的汁液流失率、pH值升高速度较对照组缓慢; 气调包装鱼片的持水性、感官品质、质构参数、色泽的变化较对照组小。综合比较表明, 冰温气调包装军曹鱼片比空气包装和真空包装分别延长了8~10 d和2~6 d的贮藏期, 说明冰温气调包装具有较明显的延缓军曹鱼片的腐败变质, 更适合应用于高品质军曹鱼片的保鲜贮藏。

关键词: 军曹鱼片; 冰温; 气调包装; 品质

文章编号: 1673-9078(2014)8-117-124

Analysis of Quality on Modified Atmosphere Packaged Cobia Fillet during Freezing-point Storage

WU Yan-yan¹, SUN Ji-ying^{1,2}, YANG Xian-qing¹, MA Hai-xia¹, HUANG Hui¹, CEN Jian-wei¹

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Lab of Aquatic Product Processing of Ministry of Agriculture, Guangzhou 510300, China) (2. College of Food Science and Engineering, Dalian Ocean University, Dalian, 116023, China)

Abstract: Changes in quality of cobia fillet in freezing-point storage with modified atmosphere packaging (MAP), air packaging (AP) and vacuum packaging (VP) were studied. During the experimental process, some quality indexes such as K value, total bacterial number, TVB-N value, pH value, water holding capacity, drip loss, sensory quality, texture indexes and color were measured. The results showed that, under the MAP condition, it cost 18 d for K value arrive 60% of early corruption by 10^6 CFU/g of the total number of bacteria, comparing to AP or VP 6d and 2 d were extended respectively. It is 23 d for TVB - N content arrive 0.30 mg/g storing under MAP condition, comparing to AP or VP, 9d and 6 d were extended respectively. Drip loss and pH value of the cobia fillet with MAP increased slowly than with AP or VP. Change rate of water holding capacity, sensory quality, texture and color with MAP was slower than control samples. After the comprehensive comparison of the conclusion: MAP cobia fillet could has a 8~10 days and 2~6 days longer storage time than AP or VP, which showed that MAP cobia fillet during freezing-point storage has the obvious delay the deterioration. It is more suitable for application in high quality cobia fillet storage.

Key words: Cobia fillet; freezing-point; modified atmosphere packaging; quality

军曹鱼 (cobia, *Rachycentron canadum* Linnaeu) 隶属鲈形目, 军曹鱼科, 俗称罔鱼、海鲷、海龙鱼, 为暖水性海洋鱼类。军曹鱼由于摄食量大、消化力强、生长速度快, 成为深海网箱养殖的主要鱼类。近年来, 广东省的军曹鱼网箱养殖发展迅速, 产量占全国军曹

收稿日期: 2014-03-21

项目资助: 广东省海洋渔业科技推广专项 (A201101F02), 国家自然科学基金项目 (31371800), 广东省教育部产学研结合项目 (2011B0903000002)

作者简介: 吴燕燕 (1969-), 女, 研究员, 主要从事水产品加工与质量安全研究

鱼产量的64%。军曹鱼体似圆桶状, 无肌间刺, 肉质细腻, 味道鲜美, 营养丰富。因肉质极像三文鱼, 故有“黑三文鱼”之美称, 在欧美, 日本, 台湾, 东南亚一带主要作为高档鱼食用, 常用作生鱼片材料^[1], 所以对其鲜度的要求很高。气调包装是近年来兴起的一种保鲜技术, 通过对食品包装袋内的气体配比进行一次性的人为调控来达到对食品保鲜的目的, 该技术中起关键作用的气体是CO₂, 它的存在可以有效的抑制包装环境内微生物的生长, 减慢食品腐败速度, 改善产品质量并延长其货架期^[2], 目前, 国内外对军曹

鱼的贮藏保鲜方面的研究并不多见,这严重影响了军曹鱼市场的扩展和产业的发展。本研究将气调包装技术应用于军曹鱼片,将其在冰温状态下贮藏,并以空气包装和真空包装作为对照,通过跟踪测定冰温贮藏过程中军曹鱼片的K值、细菌总数、挥发性盐基氮(TVB-N)、持水性、pH值、汁液流失率、感官品质、质构和色差等评价鲜度的指标,了解气调包装军曹鱼片的品质变化规律,以期为消费者提供高品质的军曹鱼,并为军曹鱼加工保鲜的应用推广提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 实验材料

军曹鱼,15±2斤,鱼体肥瘦均匀,购于广东省茂名市军曹鱼养殖场,鲜活。

N₂、CO₂,广州市君多气体有限公司;高氯酸、硼酸、盐酸、氯化钠、柠檬酸,广州化学试剂厂;TTC营养琼脂,广东环凯微生物科技有限公司;无水乙醇,天津市富士精细化工有限公司。试剂均为分析纯;所有用水均为蒸馏水。

1.1.2 主要仪器设备

MDF-U333 冷冻柜、精密低温培养箱,日本 Sanyo 公司;Agilent 1100 高效液相色谱仪,美国 Agilent 公司;SQ510C 灭菌锅,重庆雅马拓科技有限公司出品;明鉴 SPX 型智能生化培养箱,宁波江南仪器厂出品;Kjeltel2300 凯氏定氮仪,丹麦 FOSS 仪器有限公司;DZ-400/2L 多功能真空包装机,南通彩星公司;MAP-D400 复合气调包装机,苏州森瑞公司;SK-30 低温超速离心机,美国 Sigma 公司;UltraTurraxT25B 型均质机,德国 IKA 工业设备公司;QTS 25 型质构仪,天津市德盟科技有限公司出品;SC-80C 全自动测色色差计,北京康光光学仪器有限公司出品。

1.2 实验方法

1.2.1 冰点的测定

参照文献^[3]对军曹鱼冰点进行测定。

1.2.2 样品包装及贮藏

将鲜活军曹鱼,清洗,取鱼肉切片,随机对样品进行包装,实验组样品使用复合气调包装机进行包装,充气气体配比比例为 50% N₂+50% CO₂,对照组为真空包装和空气包装,真空包装样品使用多功能真空包装机对样品进行包装。

鱼片样品包装后冰温贮藏,贮藏期间随机取样跟踪测定 K 值、细菌总数、TVB-N 含量、pH 值、持水

性、汁液流失率、感官评价、质构参数、色差几个鲜度指标。

1.2.3 K 值的测定

参照文献^[4]进行测定。

1.2.4 细菌总数的测定

参照 GB/T 4789.2-2010^[5]进行测定。

1.2.5 挥发性盐基氮(TVB-N)含量的测定

参照 SC/T 3032-2007^[6]进行测定。

1.2.6 pH 值的测定

称取绞碎混匀的军曹鱼肉 5.0 g,加入 45 mL 新煮沸的冷却超纯水,使用均质机使其混合均匀,静置 3 min 后取上清液用 pH 计进行测定。

1.2.7 持水性的测定

参照文献^[7]采用加热低速离心法对鱼肉持水力进行测定,称取绞碎混匀的鱼肉 30 g 左右放入离心管内,70 °C 水浴加热 20 min,使用离心机 1500 r/min 低速离心 3 min,离心结束后尽快测定离心后鱼肉的质量。

计算公式为:

持水力(%)=[1-(离心前鱼肉质量-离心后鱼肉质量)/离心前鱼肉质量×含水量]×100%

1.2.8 汁液流失率的测定

参照文献^[8]进行测定。

1.2.9 感官品质的测定

参照文献^[9]测定,稍作修改,感官评分标准表如下,以评分 4 分作为感官的限值。

1.2.10 质构测定

在贮藏期间对军曹鱼片进行质构参数的测定,取鱼背部肌肉,切成 2 cm×2 cm×1 cm 的方块。采用质地剖面分析 TPA(Texture Profile Analysis)模式模拟口腔的咀嚼运动,通过对样品的 2 次压迫^[10]对鱼片进行测定,实验参数参照文献^[11-12]设置为触发力 5 g,测试速度 30 mm/min,下压缩距离 0.3 cm,停留时间间隔 0 s,记录鱼肉的硬度、弹性、凝聚力、咀嚼性、咀嚼指数和粘结力几个质构参数,每组样品测定 6 个平行,最终求取平均值。

1.2.11 差测定

几组样品色差测定所用鱼肉为差不多大小的军曹鱼片尾部鱼肉,进行包装后在测定当天同一时间拿出,每次测定隔着包装袋随机选取鱼肉白面的 3 个点,快速测定后放回冰箱内。参照文献^[1]测定样品的亮度 L*、红绿色值 a* 和黄蓝色值 b*。并由此计算出色度 H 和饱和度 C。

1.2.12 数据分析

实验数据使用 Excel 进行处理分析并使用 SPSS 软件进行单因素方差分析和多重比较。

表1 军曹鱼片感官评分标准表
Table 1 Cobia fillet sensory evaluation standards

品质描述	10分	8分	6分	4分	2分	0分
色泽	鱼肉白, 有光泽, 肉色正常	鱼肉白, 肉色正常	鱼肉白, 肉色稍暗淡	鱼肉灰白, 肉色暗淡	肉色暗黄	肉色为黄/绿色
气味	鲜鱼正常气味	气味正常, 无异味	气味略有变化	气味有所变化, 有异味	有腐败气味	有强烈的腐败臭味
弹性	肉质坚实, 有弹性, 指压立即平复	弹性好, 指压回复较快	开始变软, 指压回复速度一般	弹性较差, 回复速度慢	弹性较差, 指压回复速度较慢	无弹性, 肉质软烂
肌肉纹理	切面纹理清晰, 肌肉结构致密	切面纹理较清晰, 肌肉结构较致密	切面纹理较清晰, 肌肉结构松散	切面纹理不清晰, 肌肉结构较松散	切面纹理难辨, 肌肉结构较松散	切面纹理不可辨

2 结果与分析

2.1 冰点的测定

由文献^[3]可知, 军曹鱼的冰点为-1.01, 本实验在冰温带-1.01~0 范围内贮藏。

2.2 K 值的变化

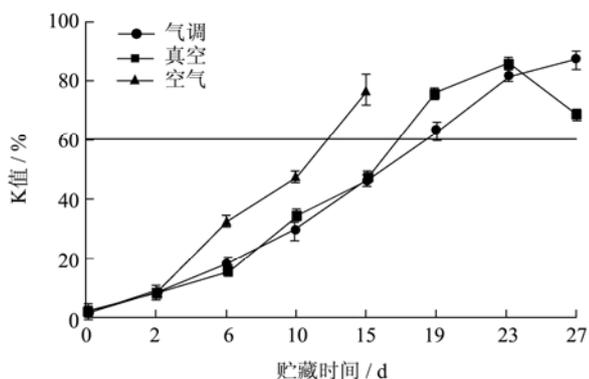


图1 不同贮藏方式下军曹鱼片K 值的变化

Fig.1 Variation of K value in cobia fillet during different kinds of storage conditions

K 值的生长反应了鱼体肌肉组织内部 ATP 及其关联生成物的消长情况, 主要表现为鱼类贮藏前期, 在酶的作用下蛋白质降解所造成的生化变化, 所以在贮藏初期, K 值是衡量鱼体鲜度的一个重要指标, 一般认为 K 值越小, 说明鱼肉的鲜度越好, K 值大于 60% 的鱼体已经开始初期腐败^[13]。图 1 为冰温贮藏期间样品的 K 值随着贮藏时间的变化情况, 实验 K 值初始值为 2.19%, 属于高新鲜度鱼, 可做生鱼片的原材料食用。贮藏过程中, 实验组和对照组鱼片的 K 值随着贮藏时间的延长而有显著性增加, 各比较组间鱼片的 K 值增长有显著性差异 ($p < 0.05$), 其中空气包装鱼片增加最快, 样品 K 值最先(12 d)达到初期腐败值 60%,

随后真空包装和气调包装鱼片的 K 值分别在 16.5 d 和 18 d 的时候达到初期腐败值。

2.3 细菌总数的变化

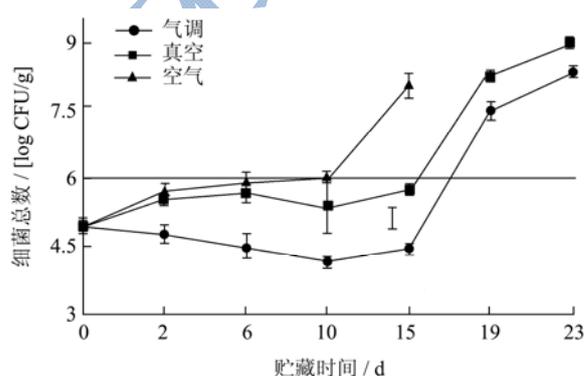


图2 不同贮藏方式下军曹鱼片细菌总数的变化

Fig.2 Variation of total bacterial number in cobia fillet during different kinds of storage conditions

高品质鱼类细菌总数的最大限值为 10^6 CFU/g^[14]。图 2 为鱼片随贮藏时间的延长细菌总数的变化, 鱼片细菌总数初始值为 4.93 lg(CFU/g)。气调包装袋内所含的 CO_2 气体会一定程度的抑制微生物的生长, 所以在贮藏期间该组鱼片的细菌总数值呈现先下降后增加的趋势, 并且气调包装鱼片细菌总数较对照组鱼片增加缓慢, 并且组间鱼片的细菌总数变化速度有显著性差异 ($p < 0.05$), 空气包装、真空包装和气调包装鱼片细菌总数值分别在冰温贮藏 10 d、16 d 和 18 d 左右达到高品质鱼类的最大限值 6 lg(CFU/g), 这说明气调包装可以有有效的抑制微生物的生长, 从而减缓样品腐败。

2.4 TVB-N 含量的变化

TVB-N 含量是反应鱼肉鲜度的一个重要指标, 国标 GB 2733-2005 规定海水鱼类的 TVB-N 含量最大限值为 0.30 mg/g, 在鱼肉贮藏后期, TVB-N 的主要来

源是蛋白质等含氮化合物在微生物的作用下降解生成的各种胺类化合物。实验初始 TVB-N 含量为 6.34×10^{-2} mg/g, 冰温贮藏期间 TVB-N 含量的变化趋势如图 3 所示, 几组样品的 TVB-N 值随着贮藏时间的延长呈现持续上升的趋势, 其中对照组中空气包装鱼片的 TVB-N 含量增长明显较快, 气调包装鱼片的 TVB-N 含量增长最缓慢, 贮藏 3 d 之后气调包装鱼片 TVB-N 含量以及增长速度 (除第 11 d 之外) 显著低于对照组 ($p < 0.05$)。空气包装、真空包装和气调包装鱼片 TVB-N 含量在冰温贮藏期间达到最大限值的时间分别在 14 d、17 d 和 23 d 左右, 这说明气调包装袋内的 CO_2 气体抑制了微生物的生长, 从而有效的减缓了蛋白质的降解, 降低了 TVB-N 含量的升高速度, 使鱼片的品质下降缓慢。

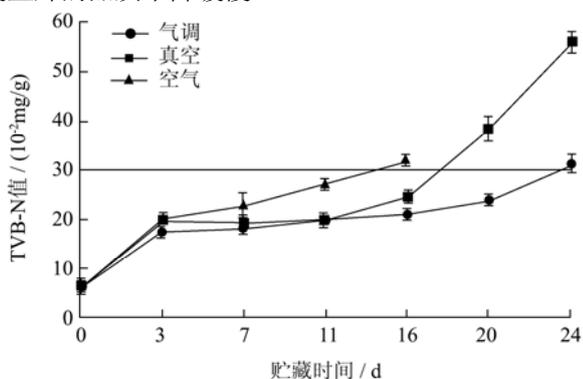


图 3 不同贮藏方式下军曹鱼片 TVB-N 含量的变化

Fig.3 Variation of TVB-N value in cobia fillet during different kinds of storage conditions

2.5 pH 值的变化

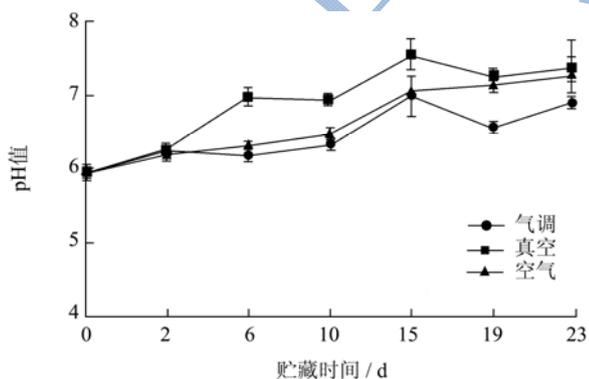


图 4 不同贮藏方式下军曹鱼片 pH 值的变化

Fig.4 Variation of pH value in cobia fillet during different kinds of storage conditions

从图 4 中可以看出, 冰温贮藏期间, 军曹鱼肉的 pH 值变化范围不是很大, pH 在 5.94~7.55 之间波动。随着贮藏时间的延长, 几组样品的 pH 值分别有不同程度的升高, 其中真空包装鱼片的 pH 值在贮藏期间

升高幅度显著快于另外两组样品 ($p < 0.05$), 而空气包装和气调包装鱼片的 pH 值增长则无显著性差异 ($p > 0.05$, 15 d 和 23 d 时除外)。鱼肉 pH 值的变化和其组织内的酶和微生物的变化有一定关系, 一般情况下, 鱼体刚死后其肌肉的 pH 值会由于糖原等的分解而有所下降, 随后随着微生物的大量生长, 肌肉内蛋白质、氨基酸等又在酶类和细菌的共同作用下分解生成一些碱性物质, 从而造成 pH 值的上升。几组样品 pH 值的不断升高, 说明在冰温贮藏过程中军曹鱼鱼肉内蛋白质不断降解, 造成鱼肉 pH 值由微酸性逐渐向中性和弱碱性方向转移, 同时鱼肉的品质在不断的下降。气调包装鱼片的 pH 值上升最慢, 在 5.94~6.93 之间变动, 表明气调包装有效的减缓了鱼肉蛋白质的降解。pH 值的变化通常受到包装处理方式、鱼的种类和生长环境等多种因素的影响, 因此虽然 pH 值在一定程度上体现出了鱼肉内微生物的生长状况, 但在说明鱼肉的新鲜度方面还缺少准确性^[15], 并不能准确的反映其鲜度变化程度, 所以鱼肉的 pH 值只能作为一个辅助性指标来反映鱼肉的品质。

2.6 持水性的变化

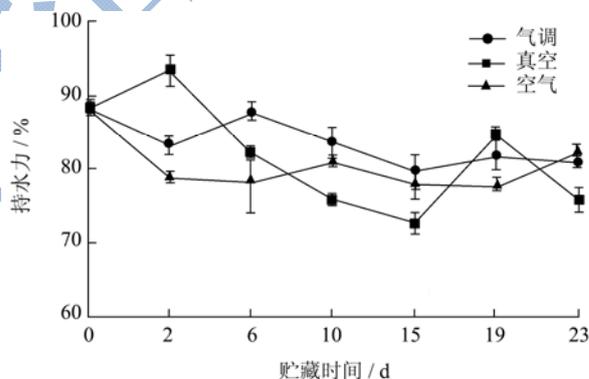


图 5 不同贮藏方式下军曹鱼片持水性的变化

Fig.5 Variation of water holding capacity in cobia fillet during different kinds of storage conditions

持水性指标在反应肉的食用品质如颜色、多汁性和嫩度等方面具有重要的经济意义^[16], 较低的持水性会影响食品的感官品质, 所以食品的持水性也是评价食品品质的一个重要性指标, 是肉类研究者研究的热点。从图 5 中可以看出, 鱼片的持水性基本上是随着贮藏时间延长而不断下降的 (真空包装第 2、19 d 除外), 气调包装鱼片的持水率下降速度要较对照组鱼片慢, 这说明气调包装可以有效的延缓鱼片持水性的下降, 从而延缓鱼片的感官品质下降速度。

2.7 汁液流失率的变化

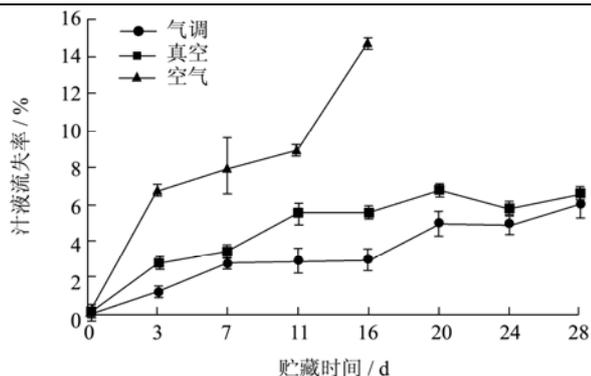


图 6 不同贮藏方式下军曹鱼片汁液流失率的变化

Fig.6 Variation of drip loss in cobia fillet during different kinds of storage conditions

食品在贮藏过程中的汁液流失状况也是评定食品品质的一个重要指标, 汁液流失与样品的肉质、适口性密切相关, 并且大量的汁液流失会严重影响到食品的商业价值。样品冰温贮藏期间汁液流失率的变化如图 6 所示, 随着贮藏时间的延长, 鱼肉的蛋白质持水能力逐渐降低, 会有大量的汁液流出, 所以样品的汁液流失率是不断升高的, 贮藏期间组间样品之间的汁液流失率增加速度有显著性差异 ($p < 0.05$), 并且贮藏期间各包装方式下的汁液流失率随着贮藏时间延长有显著性的增加 ($p < 0.05$), 其中对照组鱼片的汁液流失率增加速度明显快于实验组, 说明气调包装可以有效减缓鱼肉蛋白质持水能力的快速下降, 减少汁液的流失。在贮藏 11 d 时空气包装、真空包装和气调包装鱼片汁液流失率可分别达到 8.96%、5.50% 和 2.97%, 随后真空包装和气调包装鱼片的汁液流失率增加速度相对趋缓。

表 2 不同贮藏方式下军曹鱼片质构指标的变化

Table 2 Variation of texture indexes in cobia fillet during different kinds of storage conditions

指标	贮藏时间/天	组别		
		空气包装	真空包装	气调包装
硬度/g	0	316.00±22.53 ^a	316.00±22.53 ^a	316.00±22.53 ^a
	3	279.33±33.49 ^c	300.60±54.73 ^b	300.00±51.50 ^b
	7	288.50±28.31 ^b	188.20±33.17 ^d	265.25±82.00 ^e
	11	286.17±17.44 ^{bc}	284.40±29.59 ^c	284.60±50.34 ^c
	16	171.67±49.80 ^d	289.20±33.74 ^c	272.40±17.64 ^d
	20	140.83±20.96 ^e	184.80±49.20 ^d	251.33±48.30 ^f
弹性/mm	0	1.88±0.09 ^a	1.88±0.09 ^a	1.88±0.09 ^a
	3	1.75±0.08 ^c	1.83±0.11 ^{ab}	1.79±0.10 ^b
	7	1.83±0.10 ^{ab}	1.80±0.14 ^b	1.70±0.22 ^c
	11	1.76±0.12 ^c	1.73±0.10 ^d	1.77±0.10 ^b
	16	1.79±0.14 ^{bc}	1.82±0.06 ^{ab}	1.84±0.07 ^a
	20	1.76±0.13 ^c	1.77±0.11 ^{bc}	1.82±0.12 ^{ab}

转下页

2.8 感官品质的变化

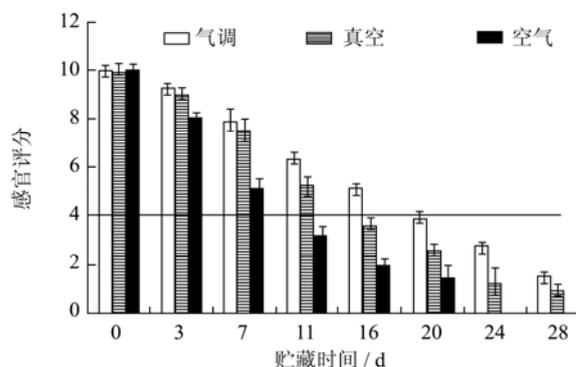


图 7 不同贮藏方式下军曹鱼感官品质的变化

Fig.7 Variation of sensory quality in cobia during different kinds of storage conditions

感官品质评分反映出了消费者借助于视觉、嗅觉、触觉和味觉等几大感觉综合得出的对食品的购买欲望值。由图 7 可以得出, 实验组和对照组样品的感官评分均随着贮藏时间的延长呈现显著性下降的趋势 ($p < 0.05$), 其中气调包装鱼片的感官评分最高, 下降速度最慢, 感官评分下降最快的是空气包装鱼片, 这可能和汁液流失率的下降速度有关, 持水性下降, 汁液流失率过高, 品质劣变严重, 会严重影响样品的感官形态。结合感官评分标准表可以得出, 空气包装、真空包装和气调包装鱼片分别在第 9 d、15 d 和 19 d 左右达到人们所不能接受的限值, 说明相同的贮藏时间下, 气调包装军曹鱼片更能为消费者所能接受。

2.9 质构参数的变化

接上页				
凝聚力/-	0	0.59±0.03	0.59±0.03	0.59±0.03
	3	0.60±0.03	0.58±0.03	0.57±0.04
	7	0.60±0.04	0.60±0.03	0.56±0.07
	11	0.59±0.04	0.54±0.04	0.57±0.04
	16	0.59±0.06	0.58±0.04	0.58±0.04
	20	0.59±0.03	0.58±0.04	0.55±0.06
咀嚼性/(g/mm)	0	310.58±32.03 ^a	310.58±32.03 ^a	310.58±32.03 ^a
	3	286.57±49.64 ^c	307.46±62.92 ^a	260.89±49.35 ^e
	7	298.49±17.70 ^b	216.60±22.39 ^d	242.36±19.05 ^f
	11	290.69±43.90 ^{bc}	258.85±67.45 ^c	269.10±71.93 ^{de}
	16	210.61±35.52 ^d	294.48±78.38 ^b	295.36±10.78 ^b
	20	151.03±32.90 ^e	202.36±45.57 ^e	273.60±22.76 ^d
咀嚼指数/-	0	97.17±14.49 ^a	97.17±14.49 ^a	97.17±14.49 ^a
	3	95.52±16.55 ^a	83.25±26.91 ^b	86.91±31.47 ^b
	7	76.93±44.49 ^b	80.70±7.345 ^b	80.68±19.50 ^c
	11	78.33±49.03 ^b	78.56±26.46 ^b	81.10±24.03 ^{bc}
	16	70.09±41.61 ^b	77.37±32.39 ^b	94.35±32.38 ^a
	20	50.34±10.97 ^c	60.33±20.85 ^c	91.20±45.28 ^{ab}
粘结力/g	0	-2.75±0.83 ^a	-2.75±0.83 ^a	-2.75±0.83 ^a
	3	-4.33±0.94 ^b	-4.67±1.11 ^b	-4.00±1.41 ^b
	7	-5.67±1.25 ^c	-4.33±1.49 ^b	-5.17±1.60 ^c
	11	-5.50±0.96 ^c	-5.67±0.75 ^c	-5.00±1.15 ^c
	16	-5.83±3.02 ^{cd}	-7.00±1.09 ^e	-6.50±1.38 ^d
	20	-6.17±0.69 ^d	-5.00±1.63 ^c	-6.67±1.49 ^d

注:表中同一指标同列上标相同小写字母或无上标表示差异不显著($P>0.05$),同列上标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下表同。

质构的测定在产品开发和质量控制方面有很多的应用,可以反映肉质的弹性以及软硬程度的变化,是体现水产品品质的重要指标^[17-18]。本实验测定的质构参数有硬度、弹性、凝聚力、咀嚼性、咀嚼指数和粘结力,见表2。硬度反应了食品保持原有形状的内部结合力^[19],决定了肉的商业价值^[20]。几组样品的硬度在冰温贮藏期间呈现显著性下降($p<0.05$),在贮藏过程中,随着贮藏时间的延长,鱼体肌肉组织在酶和微生物的作用下不断分解,使得鱼肉变软,硬度降低,对照组中的空气包装组鱼肉硬度下降速度较真空包装和气调包装鱼片快,这也反映了空气包装鱼片贮藏时腐败速度较快这一现象。样品的弹性体现为在外力的作用下的恢复程度^[19],鱼片的弹性在贮藏期间和初始值相比呈现降低的趋势,随着贮藏时间的延长,蛋白质的大量变性导致肌肉间结合力的下降,从而造成鱼肉弹性的下降,这也间接的反映出了鱼肉品质的下降。样品的凝聚力在整个贮藏期间有一定程度的下降,但是变化不显著($p>0.05$),此结论与方静^[21]和戴志远

^[22]的研究结果不相符,可能与鱼的种类有关。咀嚼性和咀嚼指数是一个对鱼肉质地的综合评价参数,二者的变化和感官评分结果密切相关,与硬度和弹性也有直接关系,戴志远^[22]也研究表明大黄鱼咀嚼性指标的变化由肌肉的硬度、细胞间凝聚力和肌肉弹性综合作用所得到的结果,本研究中冰温贮藏的鱼片随着贮藏时间的延长两种指标均呈现下降的趋势,其中气调包装鱼片的咀嚼性和咀嚼指数下降速度均慢于对照组。粘结力也反应出肌肉细胞间结合力的大小,在贮藏过程中是显著下降的($p<0.05$)趋势。总的来看,在冰温贮藏过程中,几组样品的几种质构指标均随着贮藏时间的延长呈现下降的趋势,说明军曹鱼片的品质在不断的下降,但是单个的TPA指标并不能完全反应出食品的品质,要结合感官评定以及其他鲜度指标共同来说明贮藏期间样品品质的变化。

2.10 色泽的变化

军曹鱼片在冰温贮藏过程中,鱼肉的色泽发生了

很大的变化, 这种变化和感官变化有较强的相关性。

表3 不同贮藏方式下军曹鱼片色泽的变化

Table 3 Variation of color in cobia fillet during different kinds of storage conditions

项目	贮藏时间 /d	组别		
		空气包装	真空包装	气调包装
亮度 L*	0	53.33±1.35 ^d	55.37±1.64 ^d	55.43±1.89 ^c
	3	59.26±1.72 ^a	58.96±1.30 ^{bc}	57.62±1.72 ^b
	7	58.21±4.10 ^{ab}	59.13±2.69 ^b	60.12±0.49 ^a
	11	58.97±4.44 ^a	61.23±1.66 ^a	58.75±5.31 ^{ab}
	16	53.95±0.75 ^d	58.17±3.27 ^c	59.38±1.10 ^a
	20	57.60±1.86 ^b	60.17±1.44 ^{ab}	57.55±3.28 ^b
	24	56.26±1.35 ^c	59.82±3.06 ^b	56.93±3.29 ^b
红绿色值 a*	0	5.82±0.32 ^a	4.89±1.56 ^a	3.95±0.54 ^b
	3	2.04±0.13 ^d	3.41±0.95 ^b	4.89±1.65 ^a
	7	1.81±0.94 ^d	3.22±0.11 ^b	2.50±0.24 ^c
	11	2.88±1.32 ^{cd}	2.06±0.25 ^c	3.51±1.05 ^b
	16	4.46±1.13 ^b	3.57±1.45 ^b	3.06±0.66 ^b
	20	3.00±0.67 ^c	3.40±0.53 ^b	3.79±1.39 ^b
	24	4.17±1.67 ^b	2.28±0.44 ^c	3.50±1.51 ^b
黄蓝色值 b*	0	8.25±0.25 ^e	8.52±0.78 ^c	8.19±0.32 ^d
	3	8.71±0.26 ^e	10.01±0.97 ^a	9.83±1.00 ^c
	7	9.93±1.44 ^d	10.23±0.83 ^a	10.50±0.49 ^c
	11	11.15±0.96 ^c	9.90±0.36 ^a	11.95±0.59 ^b
	16	14.39±0.11 ^b	10.23±0.41 ^a	14.11±0.17 ^a
	20	14.58±0.39 ^b	9.81±0.77 ^{ab}	13.03±1.17 ^a
	24	16.16±1.46 ^a	8.97±1.06 ^{bc}	13.55±1.03 ^a
色度 H	0	1.53±0.08 ^f	1.74±0.09 ^c	1.71±0.32 ^d
	3	4.29±0.25 ^{cd}	3.01±0.94 ^b	2.38±0.04 ^{cd}
	7	6.67±3.34 ^a	3.01±0.02 ^b	4.72±0.71 ^a
	11	5.80±4.22 ^b	5.35±0.80 ^a	3.88±1.30 ^{ab}
	16	2.79±0.48 ^e	4.94±2.71 ^a	4.63±0.79 ^a
	20	4.91±1.43 ^c	2.99±0.66 ^b	2.66±0.80 ^c
	24	3.40±1.21 ^d	3.30±1.84 ^b	2.85±0.46 ^c
饱和度 C	0	9.89±0.31 ^{de}	9.82±0.74	8.91±0.44 ^d
	3	9.12±0.26 ^c	10.46±0.64	13.20±0.39 ^b
	7	10.75±1.36 ^{cd}	10.59±0.63	11.29±0.98 ^c
	11	11.60±0.78 ^c	10.08±0.35	12.84±0.46 ^{bc}
	16	15.54±0.18 ^b	10.69±0.60	14.84±0.72 ^a
	20	14.86±0.52 ^b	10.41±0.58	15.40±1.92 ^a
	24	17.09±1.48 ^a	10.68±0.05	15.44±0.35 ^a

由表3可以看出, 几组样品的亮度值L*随着贮藏时间的延长不断增加, 说明鱼片的颜色越来越亮, 这主要是因为贮藏后期汁液流失率的不断升高, 从而导致了鱼肉表明对光的反射效果增强^[23], 所以L*值会逐

渐升高, 而陈韬也研究发现较高的汁液流失率会导致鱼肉的肉色发白, 使L*值增大^[24], 其中气调包装样品的L*值升高幅度最小。几组样品a*值的变化随着贮藏时间的延长呈现不同程度的减小(气调包装组第3天时除外), 这说明军曹鱼片随着贮藏时间的延长肉色在不断往绿色偏移, 而气调包装鱼片的a*值降低幅度低于对照组, 说明气调包装可以有效的抑制肉色的变绿。冰温贮藏过程中b*值与贮藏初期相比是有显著性升高的, 说明军曹鱼片的肉色逐渐变黄, 表明鱼肉逐渐腐败, 而对对照组中的空气包装鱼片b*值上升最快, 也从侧面反映了空气包装军曹鱼片的腐败速度快于其他组别的现象, 而真空包装鱼片的b*值变化幅度最小。H值越高说明肉色越偏黄, 贮藏期间几组样品的H值均有显著性的升高(p<0.05), 这说明军曹鱼片的肉色随着贮藏时间的延长逐渐变黄, 这和b*值的表现是相符的, 其中气调包装鱼片的H值上升幅度最小。饱和度C值表明了肉色的深浅程度^[25], 贮藏过程中除真空包装鱼片外, 空气包装和气调包装样品的C值显著增加, 说明军曹鱼片的肉色随着贮藏时间的延长越来越深, 其中空气包装样品C值随着贮藏时间的延长上升幅度最大, 气调包装样品的C值上升幅度稍低。总的来说, 几组样品的军曹鱼片肉色在冰温贮藏期间有不断的变黄、变绿的趋势, 这严重影响了食品的感官品质, 其中对照组中的空气贮藏样品的色泽变化幅度最大, 气调包装样品色泽变化幅度总体最小, 这和感官评分的下降趋势是相吻合的, 说明气调包装与对照组相比色泽变化较小, 有一定的优越性。

3 结论

冰温气调包装军曹鱼片的鲜度指标K值达到初期腐败值60%和细菌总数的最大限值10⁶ CFU/g是18 d, 比空气包装和真空包装分别延长了6 d和2 d, 达到海水鱼类所要求的TVB-N含量最大限值(0.30 mg/g)是23 d, 比空气包装和真空包装分别延长了9 d和7 d。鱼片冰温贮藏过程, 汁液流失率、pH值升高, 气调包装鱼片的升高速度较对照组缓慢; 鱼片的持水率、感官品质、质构参数(硬度、咀嚼性、咀嚼指数、粘结力和弹性指标)随贮藏时间的延长而逐渐下降, 但气调包装鱼片的下降速度较缓慢; 鱼片在贮藏过程色差指标中的亮度L*、红绿色值a*、黄蓝色值b*、色度H和饱和度C均呈现上升趋势, 但气调包装样品的色泽变化较对照组小。综合比较表明, 冰温气调包装军曹鱼片比空气包装和真空包装分别延长了8~10 d和2~6 d的贮藏期, 说明冰温气调包装具有较明显的延缓军曹鱼片的腐败变质, 更适合应用于高品质军曹鱼

片的保鲜贮藏。

参考文献

- [1] 孙继英,吴燕燕,杨贤庆,等.臭氧水对军曹鱼片的减菌效果和品质的影响[J].南方水产科学,2013,9(6):66-71
SUN Ji-ying, WU Yan-yan, YANG Xian-qing, et al. Sterilization and quality effects of ozone water on cobia fillets [J]. South China Fisheries Science, 2013, 9(6): 66-71
- [2] 彭城宇,岑剑伟,李来好,等.气体比例对气调包装罗非鱼片货架期的影响研究[J].南方水产,2009,5(6):1-7
PENG Cheng-yu, CEN Jian-wei, LI Lai-hao, et al. Effects of gas ratio on shelf-life of tilapia fillets with modified atmosphere packaging [J]. South China Fisheries Science, 2009, 5(6): 1-7
- [3] 孙继英,吴燕燕,杨贤庆,等.冰点调节剂对军曹鱼冰点的控制研究[J].南方水产科学,2014,10(2):86-91
SUN Ji-ying, WU Yan-yan, YANG Xian-qing, et al. Research of controlling freezing point of cobia by using freezing point regulators [J]. South China Fisheries Science, 2014, 10(2): 86-91
- [4] YOKOYAMA Y, SAKAGUCHI M, KAWAI F, et al. Changes in concentration of ATP-related compounds in various tissues of *Oyster* during ice storage [J]. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 1992, 58: 2125-2136
- [5] GB/T 4789.2-2010食品安全国家标准,食品微生物学检验:菌落总数测定[S].北京,中国标准出版社,2010
GB/T 4789.2-2010.National food safety standard, food microbiological examination: aerobic plate count [S]. Beijing: Standards Press of China, 2010
- [6] SC/T 3032-2007水产品挥发性盐基氮的测定[S].北京:中国农业出版社,2008
SC/T 3032-2007 Determination of the total volatile basic nitrogen in fishery products [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2008
- [7] 曹效海.影响牦牛肉保水性能的因素及其嫩度的研究[J].黑龙江畜牧兽医,2001,9:1-3
CAO Xiao-hai. Study of Effects on water-holding capacity and tender-ness of yak meat [J]. Heilongjiang Journal of Animal Science and Veterinary Medicine, 2001, 9: 1-3
- [8] 尹忠平,夏延斌,李智峰,等.冷却猪肉pH值变化与肉汁渗出的关系研究[J].食品科学,2005,26(7):86-88
YIN Zhong-ping, XIA Yan-bin, LI Zhi-feng, et al. Study on relationship between postmortem pH change and purge loss in chilled pork meat [J]. Food Science, 2005, 26(7): 86-88
- [9] 刁石强,陈培基,李来好,等.臭氧冰对凡纳滨对虾保鲜效果的研究[J].南方水产,2008,2(4):53-57
DIAO Shi-qiang, CHEN Pei-ji, LI Lai-hao, et al. Research on the application of ozone ice in *litopenaeus vannamei* preservation [J]. South China Fisheries Science, 2008, 2(4): 53-57
- [10] HATAE K, YOSHIMATSU F, MATSUMOTO J J. Role of muscle fibers in contributing firmness of cooked fish [J]. Journal of Food Science, 1990, 55(3): 693-696
- [11] 孙彩玲,田纪春,张永祥.TPA质构分析模式在食品研究中的应用[J].实验科学与技术,2007,5(2):1-4
SUN Cai-ling, TIAN Ji-chun, ZHANG Yong-xiang. Application of TPA test mode in the study of food [J]. Experiment Science and Technology, 2007, 5(2): 1-4
- [12] 方静,黄卉,李来好,等.不同致死方式对罗非鱼片品质的影响[J].南方水产科学,2013,9(5):13-18
FANG Jing, HUANG Hui, LI Lai-hao, et al. Effect of different slaughter methods on quality of *oreochromis* sp. Fillets [J]. South China Fisheries Science, 2013, 9(5): 13-18
- [13] 李卫东,陶妍,袁骥,等.南美白对虾在微冻保藏期间的鲜度变化[J].食品与发酵工业,2008,48-52
Li Wei-dong, Tao Yan, Yuan Qi, et al. Changes in freshness of *penaeus vannamei* during partial freezing storage [J]. Food and Fermentation Industries, 2008, 48-52
- [14] 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]. Packag. Technol. Sci., 2006, 19(6): 325-333
- [15] 林琳,高艳艳,吕顺,等.草鱼低温贮藏过程中的品质变化特征[J].食品科学,2009,30(24):433-435
LIN Lin, GAO Yan-yan, LU Shun, et al. Quality change of grass carp during chilled storage [J]. Food Science, 2009, 30(24): 433-435
- [16] 李红民,陈韬,卢杰,等.肉及肉制品持水性测定方法的研究进展[J].肉类研究,2009,3:54-58
Li Hong-min, CHEN Tao, LU Jie, et al. Review of the techniques for measuring water-holding capacity of meat and meat products [J]. Meat Research, 2009, 3: 54-58
- [17] HYLDIG G, NIELSEN D. A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle [J]. J. Texture Stud., 2001, 32(3): 219-242
- [18] COPPES Z, PAVLISKO A, De VECCHI S. Texture measurements in fish and fish products [J]. J. Aquat. Food Prod. Technol., 2002, 11(1): 89-105
- [19] 李里特.食品物性学[M].北京:中国农业出版社,1998
LI Li-te. Study of food physical property[M]. Beijing: China

- Agriculture Press, 1998
- [20] CHAMBERS E N, BOWERS J R. Consumer perception of sensory quality in muscle foods [J]. Food Technol, 1993, 47(11): 116-120
- [21] 方静,朱金虎,黄卉,等.冰藏中凡纳滨对虾的质构变化研究[J].南方水产科学,2012,8(6):80-84
- FANG Jing, ZHU Jin-hu, HUANG Hui, et al. Texture changes of penaeus vannamei muscle during iced storage [J]. South China Fisheries Science, 2012, 8(6): 80-84
- [22] 戴志远,崔雁娜,王宏海.不同冻藏条件下养殖大黄鱼鱼肉质构变化的研究[J].食品与发酵工业,2008,34(8):188-191
- Dai Zh-yuan, Cui Yan-na, Wang Hong-hai. Changes of textural properties of cultured *Pseudosciaena crocea* muscle under different frozen storage conditions [J]. Food and Fermentation Industries, 2008, 34(8): 188-191
- [23] PEARSON D H, DUTSON T R. Advances in meat research [M]. Westport CT: AVT Publishing Company, 1985: 185-218
- [24] 陈韬,周光宏,徐幸莲.不同持水性冷却肉的品质比较和蛋白质的DSC测定[J].食品科学,2006,6(27):31-34
- CHEN Tao, ZHOU Guang-hong, XU Xing-lian. Comparison of meat quality with different water holding capacity and determining of porcine muscle proteins with DSC [J]. Food Science, 2006, 6(27): 31-34
- [25] BEKHIT A E D, GEESINK G H, MORTON J D, et al. Metmyoglobin reducing activity and colour stability of ovine longissimus muscle [J]. Meat Science, 2001, 57:427-435