

真空包装青石斑鱼片在0℃贮藏时的品质变化特性

宣伟, 励建荣*, 李学鹏, 朱军莉

(浙江工商大学食品与生物工程学院,浙江省食品安全重点实验室,浙江 杭州 310035)

摘要:以感官特性、细菌总数、理化参数(基本营养组成、质构、色差、pH、TBA、TMA-N、TVB-N、K值、Ca²⁺-ATPase活性、SDS-PAGE)为指标,考察了真空包装的青石斑鱼片在0℃贮藏过程中的品质变化情况。结果表明,青石斑鱼片是一类高蛋白低脂肪的食品;气味和口感与贮藏时间均有显著正相关性($r=0.94$ 和 0.98),且口感评分比气味评分增加得快,但未达到阈值3分;细菌总数随贮藏时间呈显著递增($r=0.97$),在第12天仍没有超过4 Log CFU/g,保持着一级鲜度,在第15天达到4.34 Log CFU/g,处于二级鲜度;硬度($r=-0.89$)、胶黏性($r=-0.73$)、咀嚼性($r=-0.87$)与时间显著负相关;随着肌肉的老化, L^* 值和 C_{ab} 值随贮藏时间显著下降($r=-0.91$ 和 -0.95),而 b^* 值与贮藏时间呈显著正相关性($r=0.99$),肌肉逐渐呈灰色调、变暗、彩度明显下降;pH、TBA值在贮藏期变化不大,与贮藏时间弱相关,因此,不适合用于作为反映青石斑鱼片品质变化的指标;在贮藏期末,TVB-N与TMA-N与贮藏时间呈显著线性相关($r=0.86$ 和 0.99),其含量分别达到12.94 mg N/100 g和0.75 mg N/100 g,均低于腐败水平阈值;SDS-PAGE显示肌动蛋白球重链和肌动蛋白呈连续性的水解;Ca²⁺-ATPase活性下降速度较快,且与贮藏时间显著相关($r=-0.96$);K值随贮藏时间延长而显著增加($r=0.98$),贮藏末期达到54.91%,呈中等新鲜水平。因此,0℃真空包装下,其细菌总数增长缓慢,保持较好的感官品质及延缓TVB-N等理化指标的变化及和蛋白质的水解。感官指标、细菌总数、质构(硬度、粘附性和咀嚼性)、色度(L^* 、 b^* 和 C_{ab} 值)、TVB-N、TMA-N、Ca²⁺-ATPase活性和K值在贮藏期内变化显著,且与贮藏时间显著相关,可考虑作为反映青石斑鱼片腐败的合适指标,但货架期的评定,需综合上述参数而定。

关键词:青石斑鱼;鱼片;冷藏;真空包装;品质变化

中图分类号:TS 205.7

文献标识码:A

青石斑鱼(*Epinephelus awoara*)属于鲈形目(Perciformes),鲷科(Serranidae),石斑鱼亚科(Epinephelinae),石斑鱼属(*Epinephelus*)海洋珊瑚礁鱼类,为沿海暖水性中下层鱼类,分布于北太平洋西部,在我国主要产于南海及东海南部^[1]。青石斑鱼营养价值极高,据研究分析,它的肌肉氨基酸组成与人类氨基酸组成较为接近,富含蛋白质以及钙、磷、铁和维生素等多种营养成分,味道鲜美,为上等海产名贵鱼类之一,经济价值高,畅销海内外。近几年,其人工养殖在我国的浙江、广东、福建等南方沿海地区发展较快^[2]。目前,单

一的活鱼销售方式很难满足青石斑鱼产量快速增长的要求,青石斑鱼的保鲜与加工已成为水产加工业面临的一个重要问题。然而,青石斑鱼宰杀后贮藏期间的肌肉品质变化特性的研究至今未见报道。鉴于此,本研究以感官评价、细菌总数、理化参数(基本营养组成、质构、色差、pH、TBA、TMA-N、TVB-N、K值、Ca²⁺-ATPase活性、SDS-PAGE)为指标,考察了真空包装下青石斑鱼片在0℃贮藏过程中的品质变化特性及规律,旨在为青石斑鱼的保鲜与加工提供理论依据。

收稿日期:2010-04-06

修回日期:2010-06-06

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2007AA091806)

通讯作者:励建荣, Tel/Fax:0571-88056656, E-mail:lijianrong@mail.zjgsu.edu.cn

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

青石斑鱼购于浙江省杭州市近江水产品市场。

ATP 关联物 ATP、ADP、AMP、IMP、HxR、Hx 标准品均由 sigma 公司生产。甲醇、乙腈为色谱纯;其余试剂为分析纯。

1.2 仪器与设备

DZD-400/2S 真空包装机:江苏腾通包装机械有限公司;Agilent 1100 LC 液相仪:美国 Agilent 公司;CHROMA METER CR400 色差仪:日本 KONICA MINOLTA 公司;KJELTEC2300 全自动定氮仪:瑞典福斯特卡托公司;CM-14 斩拌机:西班牙 MAINCA 公司;UV-2550 紫外可见分光光度计:日本 SHIMADZU 公司;TA-XT2i 型质构分析仪:英国 Stable Micro Systems 公司。数显恒温水浴锅:常州国华电器有限公司;YP6001 电子天平:杭州谱仪科技有限公司;LRH-250A 生化培养箱:广东省医疗器械厂;JXT-10-250 恒温冷藏箱:东莞市昊昕仪器设备有限公司;西门子冰箱 BCD-277:博西华家用电器有限公司。

1.3 方 法

青石斑鱼片处理 青石斑鱼在去头、去尾、去磷及内脏后浸入冰水中,后双蒸水清洗、切成宽 1 cm 长 6 cm 厚 1 cm 的鱼片、沥干后称重并真空包装。包装好的鱼片置于 0 °C 冰箱中贮藏,样品于第 0、3、6、9、12、15 天进行分析。

鱼肉基本营养成分 水分含量按照国标 GB 5009.3—85 中直接干燥法测定,在 105 °C 下干燥至恒重;用凯氏定氮法测蛋白质含量,蛋白质系数选择 6.25;脂肪含量按国标 GB/T 5009.6—2003 中酸水解法测定;灰分含量按国标 GB/T 5009.4—2003 测定。

感官评定 参考 Kostaki 等^[3]的方法,将鱼块在微波中加热 5 min,样品随即置于评点人员前(5 人),对气味和口感进行评定打分。1 分表示无异味,参考样。2 分表示轻微异味,无腐败。3 分表示明显异味,分数为 3 的人数在 3 人以上为腐败,参考样为冻藏于 -80 °C 的鱼块。

细菌总数测定 按 GB 4789.2—2008 进行测定,采用平板倾注法记数测定。

质构和色度的测定 采用 TA-XT2i 质构

分析仪,使用平底柱形探头 p/5(5 mm 直径),对鱼样进行 2 次压缩质构仪质地多面剖析(TPA)模式测试^[4]。使用色差计对鱼片的肌肉测定, L^* (lightness), a^* (redness/greenness), b^* (yellowness/blueness), $C_{ab} = (a^2 + b^2)^{1/2}$ 表示肌肉组织的彩度。

pH、TBA、TMA-N、TVB-N 的测定 按照 Arashisar 等^[5]的方法取 10 g 鱼肉于蒸馏水中均质后,用 pH 计测得 pH。分别按照 Tarladgis 等^[6]和周德庆^[7]的方法测定 TBA (mg MDA/kg) 和 TMA-N (mg/100 g)。使用 FOSS KJELTEC2300 全自动定氮仪,参考“FOSS 应用子报”《鲜鱼和冻鱼中挥发性盐基氮(TVB-N)的测定》^[8]测定鱼肉中的 TVB-N 值(mg/100 g)。

Ca²⁺-ATPase 活性的测定 根据 Benjakul 等^[9]的方法,取 1 mL 肌动球蛋白稀释液加入 0.6 mL 0.5 mol/L Tris-maleate, pH 7.0,再加 10 mmol/L CaCl₂ 至 9.5 mL,然后加 0.5 mL 20 mmol/L ATP 在 25 °C 下 8 min。然后加 5 mL 冷却 15% TCA 终止反应。反应物 3 500 × g 离心 5 min。采用钼蓝比色法^[10]对上述反应物中磷进行定量。Ca²⁺-ATPase 活性用 μg Pi/(min · mg) 表示。

SDS-PAGE 利用 SDS-PAGE 来研究肌球蛋白重链及肌动蛋白在贮藏期间的变化。根据 Choi 等^[11]的方法,取鱼肉 3 g,在 95 °C 的 5% SDS 中均质,使得终体积为 30 mL。然后在 80 °C 下水浴 1 h,后在 8 000 × g 下离心 20 min,所得上清液冷冻用于后期电泳。一系列标准分子量混合物为:兔肌球蛋白(205),大肠杆菌 β-半乳糖苷酶(116 ku),兔磷酸化酶 B(97 ku),兔果糖-6-磷酸激酶(84 ku),牛血清白蛋白(66 ku),谷氨酸脱氢酶(55 ku),鸡卵白蛋白(45 ku),兔 3-磷酸甘油醛脱氢酶(36 ku)。

K 值的测定 按照 Saito 等^[12]的方法,青石斑鱼片 ATP 关联物的提取:取 5 g 鱼肉加入 25 mL 冷却的高氯酸(10 g/100 mL),匀浆后 1 500 × g 下离心 10 min 去沉淀,取上清液 10 mL,用 1 mol/L KOH 调节 pH 至 6.5 ~ 6.8。静置 15 min 后于 1 500 × g 下离心 10 min 去除沉淀,将上清液冷冻用于后期检测。整个过程均在 0 ~ 4 °C 下操作;ATP 关联物高效液相色谱(HPLC)检测条件:色谱柱 BDS C18(250 mm × 4.6 mm),用 0.04 mol/L 磷酸二氢钾、0.06 mol/L 磷酸氢二钾混和

液平衡、洗脱。上样量 1 μL , 流速 1 mL/min, 柱温 37 °C, 260 nm 检测; $K(\%) = 100 \times (HxR + Hx) / (ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx)$ 。

1.4 数据分析

采用 Origin 8.0 绘图, SPSS 13.0 进行方差分析。显著性水平设置为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 青石斑鱼片基本营养成分

青石斑鱼片的水分含量为 74.04%、粗脂肪含量为 4.17%、粗蛋白含量高达 19.34%, 灰分为 1.39%。与黎祖福等^[13]测得的鞍带石斑鱼肌肉营养成分相比(水分 70.50%、蛋白质含量 19.50%、粗脂肪含量 7.69%、灰分 1.01%), 显然, 青石斑鱼片是一类低脂肪高蛋白的食品, 具有开发应用价值。

2.2 感官分析

图 1 为贮藏期内青石斑鱼片煮熟时的气味和口感变化情况。由图 1 可知, 气味和口感与贮藏时间均有显著正相关性($r = 0.94$ 和 0.98)。贮藏初期, 鱼片具有很好的口感和气味新鲜特征。在贮藏期末, 鱼片的气味值为 1.8, 而口感已经达到 2.4, 但都低于 3, 表明仍在可接受范围内。一般而言, 口感是比气味为更重要的因素^[3]。因此, 在感官评价中, 口感值一般作为感官货架期的决定性因素。

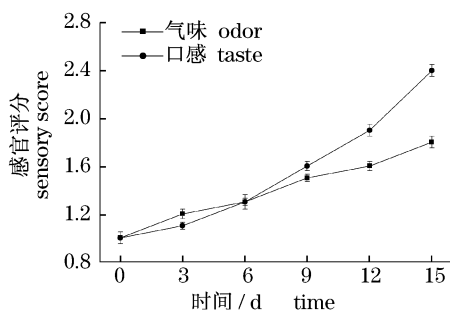


图 1 真空包装青石斑鱼片在 0 °C 贮藏过程中感官评分
Fig.1 Sensory attributes of *E. awoara* fillets stored at 0 °C under vacuum packaging

2.3 细菌总数

图 2 为贮藏期内青石斑鱼片细菌总数的变化情况。由图 2 得知, 青石斑鱼片中的细菌总数随着时间变化呈显著性递增趋势($r = 0.97$), 初始菌落为 2.70 Log CFU/g, 说明鱼的质量很好^[14], 青石斑鱼片在第 12 天的细菌对数没有超过 4 Log

CFU/g, 保持着一级鲜度, 在第 15 天达到了 4.34 Log CFU/g, 保持着二级鲜度。与 Arkoudelos 等^[15]的研究结果相似, 其研究的养殖鳗鱼在 0 °C 下真空包装一级鲜度维持在 12 d 左右, 二级鲜度超过 25 d, 而王真真等^[16]研究真空包装的大黄鱼在冰温下至 30 d 还保持着二级鲜度。

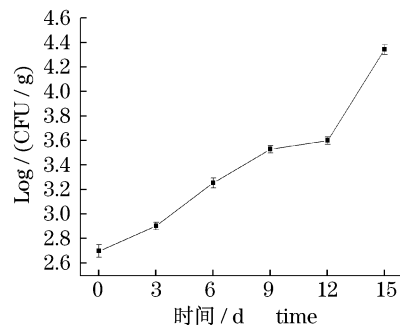


图 2 真空包装青石斑鱼片在 0 °C 贮藏过程中细菌总数的变化

Fig.2 Changes of total bacterial count in *E. awoara* fillets stored at 0 °C under vacuum packaging

2.4 质构

表 1 为在贮藏期内青石斑鱼片的质构分析。鱼的肌肉组织依赖于大量的内在生物因素, 与胶原蛋白含量、脂肪及肌纤维密度有关。鱼在死后, 自身的自动降解和微生物作用使得鱼体变的更加柔软、弹性下降^[17]。由表 1 可以看出, 青石斑鱼片的硬度($r = -0.89$)、胶黏性($r = -0.73$)、咀嚼性($r = -0.87$)与时间有显著负相关。而黏附性、凝聚性、弹性、恢复性在贮藏期的变化与时间成弱相关。硬度指的是使食品达到一定变形所需要的力, 即食品保持形状的内部结合力。咀嚼性等同于咬劲, 是肌肉硬度降低, 肌肉细胞间凝聚力降低, 肌肉弹性减小等综合作用的结果。胶黏性是用于反应半固态食品在一定力作用下流动性, 可以由硬度和凝聚性的乘积来表示^[18]。因此胶黏性、咀嚼性随着时间降低可能是由于硬度与时间的强负相关性而引起的。硬度的降低是由于在贮藏期间肌动球蛋白质变性等引起的^[19]。

2.5 色度

表 2 为在贮藏期内青石斑鱼片的色度变化情况。在表 2 中, b^* ($r = 0.99$) 随着贮藏天数的增加呈显著上升, 表明青石斑鱼片在贮藏过程中伴随着肌肉的老化在逐渐呈灰色调。 L^* ($r = -0.91$)、 C_{ab} ($r = -0.95$) 随着天数的增加显著下

降说明鱼肌肉逐渐变暗、彩度明显下降。这可能是由于鱼肉在贮藏过程中发生了褐变, Richards 等^[20]证明了在贮藏过程中鱼肉中的血红蛋白和

肌红蛋白等血组蛋白与空气中的氧气反应从而导致了鱼肉色泽的下降。

表 1 真空包装青石斑鱼片在 0 °C 贮藏过程中质构分析
Tab. 1 Instrumental texture analysis for *E. awoara* fillets stored at 0 °C under vacuum packaging

	时间(d) time						<i>r</i>
	0	3	6	9	12	15	
硬度(g) hardness	118.00 ± 2.83 ^a	98.40 ± 2.26 ^b	93.65 ± 0.49 ^c	90.52 ± 0.74 ^{cd}	86.55 ± 0.78 ^d	85.65 ± 0.78 ^d	-0.89*
胶黏性 gumminess	60.68 ± 0.51 ^a	53.75 ± 0.71 ^b	57.99 ± 0.19 ^c	47.06 ± 1.63 ^d	50.32 ± 0.29 ^e	50.94 ± 0.11 ^e	-0.73*
黏附性(g·s) adhesiveness	-1.56 ± 0.08 ^a	-1.86 ± 0.05 ^b	-1.96 ± 0.08 ^b	-1.67 ± 0.04 ^a	-1.58 ± 0.04 ^a	-2.05 ± 0.04 ^b	-0.34
凝聚性 cohesiveness	0.53 ± 0.01 ^a	0.55 ± 0.01 ^a	0.61 ± 0.01 ^b	0.52 ± 0.01 ^a	0.59 ± 0.01 ^b	0.58 ± 0.01 ^b	-0.42
咀嚼性 chewiness	51.05 ± 0.21 ^a	46.50 ± 0.42 ^b	43.19 ± 0.43 ^c	37.55 ± 0.14 ^d	21.66 ± 0.51 ^e	22.66 ± 0.12 ^f	-0.87*
弹性 springiness	0.86 ± 0.01 ^a	1.03 ± 0.07 ^b	0.97 ± 0.02 ^{ab}	0.95 ± 0.02 ^{ab}	0.88 ± 0.04 ^a	0.87 ± 0.04 ^a	-0.33
恢复性 resilience	0.24 ± 0.04 ^a	0.35 ± 0.06 ^a	0.34 ± 0.01 ^a	0.30 ± 0.01 ^a	0.29 ± 0.04 ^a	0.21 ± 0.04 ^a	-0.36

注:1. 表中数据为平均值 ± 标准差;2. 同一排数据右上角字母不同表示显著差异($P < 0.05$);3. *r* 表示相关性;4. * 表示线性相关($P < 0.05$);下同。

Notes:1. Each data is the mean ± S. D; 2. Data within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$); 3. *r* means correlation value; 4. * indicates a significant correlation ($P < 0.05$). the below is same.

表 2 真空包装青石斑鱼片在 0 °C 贮藏过程中色度测定
Tab. 2 Color measurements for *E. awoara* fillets stored at 0 °C under vacuum packaging

	时间(d) time						<i>r</i>
	0	3	6	9	12	15	
亮度 L^* lightness	59.10 ± 2.47 ^a	57.82 ± 3.03 ^a	53.32 ± 3.10 ^{ab}	50.99 ± 1.34 ^{ab}	44.98 ± 0.38 ^b	48.96 ± 3.20 ^b	-0.91*
红度 a^* a red value	-1.21 ± 0.59 ^a	-0.74 ± 0.01 ^a	-0.72 ± 0.16 ^a	-0.84 ± 0.14 ^a	-1.18 ± 0.03 ^a	-1.21 ± 0.14 ^a	-0.32
黄度 b^* a yellow value	-3.40 ± 0.28 ^a	-2.55 ± 0.09 ^b	-1.93 ± 0.09 ^c	-1.23 ± 0.18 ^d	-0.25 ± 0.05 ^e	-0.14 ± 0.01 ^e	0.99*
彩度 C_{ab} a chroma value	3.64 ± 0.07 ^a	2.65 ± 0.09 ^b	2.06 ± 0.14 ^c	1.49 ± 0.07 ^d	1.21 ± 0.04 ^d	1.22 ± 0.14 ^d	-0.95*

2.6 pH 值

图 3 为贮藏期内青石斑鱼片 pH 值的变化情况,本文中鱼肉 pH 初始值为 6.65,呈弱酸性。这可能是跟动物在处死前高度的刺激有关联^[21-23]。在贮藏期内,pH 变化不大,在 6.65 ~ 6.77 之间波动。与细菌总数之间无显著相关性 ($P > 0.05$),说明 pH 值不能反映青石斑鱼片在储藏期间质量的变化情况。这与 Scott^[24], Simeonidou^[25], Arkoudelos^[15], Sankar^[26] 等的结果一致。

2.7 挥发性盐基氮

图 4 为青石斑鱼片在贮藏期内的挥发性盐基氮的变化情况,鱼肉中的挥发性盐基氮 (TVB-N) 常用于评价鱼在贮藏期间的腐败水平^[27]。文中青石斑鱼片的挥发性盐基氮初始值随着贮藏时间的增加而显著增加,其与细菌总数显著线性相关 ($r = 0.86, P < 0.05$)。在贮藏期末,挥发性盐基氮值达到 12.94 mg N/100 g,远低于 Gimenez 等^[28]报道的鱼腐败水平值 (25 mg N/100 g),具有较高的可接受度。

2.8 TBA 值

图 5 为青石斑鱼片在贮藏期内的 TBA 值的变化情况, TBA 值通常用于描述脂肪氧化程度的一个指标^[29]。一般情况下, 鱼肌肉中的 TBA 值达到 1~2 mg MDA/kg 以上便产生难以接受的气味^[30]。文中 TBA 值在 0.30~0.43 mg MDA/kg 之间, 远低于上述阈值。其与细菌总数呈弱相关性($P > 0.05$), 且在贮藏期间变化显著性差异不大, 这可能是因为丙二醛还可以与核苷、核酸、蛋白质、磷脂氨基酸以及脂肪氧化的终产物醛类反应。因此, TBA 值不能很好地反应脂肪氧化的真实速率^[31]。

2.9 三甲胺

三甲胺是由细菌的腐败和酶作用对氧化三甲胺分解产生的^[32], 鱼肌肉中的 TMA-N 值达到 1 mg/100 g 时, 鱼开始早期腐败^[33], 在贮藏期间,

TMA-N 值一直保持偏低。同样, Papadopoulos 等^[34]报道鱼肌肉中的 TMA-N 含量偏低。三甲胺含量随时间显著增加, ($P < 0.01$), 且呈线性相关 ($r = 0.99$), 与细菌总数显著相关 ($P < 0.05$) (图 6)。在贮藏期末, 其含量达到了 0.75 mg N/100 g, 低于上述阈值, 表明鱼片仍在可接受范围内。

2.10 SDS-PAGE

图 7 为在贮藏期内青石斑鱼片的 SDS-PAGE 图谱, 由图 7 可以看出肌动蛋白重链和肌动蛋白随着时间的增加而呈连续性的水解, 但显著性差异不大。这是由于在贮藏期间, 一方面, 鱼肉中蛋白质受到了自身蛋白酶的分解^[35], 另一方面是细菌蛋白酶的作用, 细菌进入鱼肉组织使得在肌纤维和肌内膜附近的纤维层之间发生蛋白水解^[36]。

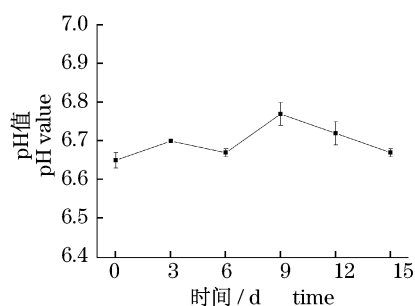


图 3 真空包装青石斑鱼片在 0 °C 贮藏过程中的 pH 变化

Fig. 3 Changes of pH in *E. awoara* muscle stored at 0 °C under vacuum packaging

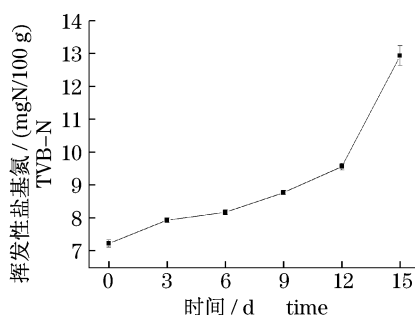


图 4 真空包装青石斑鱼片在 0 °C 贮藏过程中 TVB-N 值的变化

Fig. 4 Changes in TVB-N value of *E. awoara* fillets stored at 0 °C under vacuum packaging

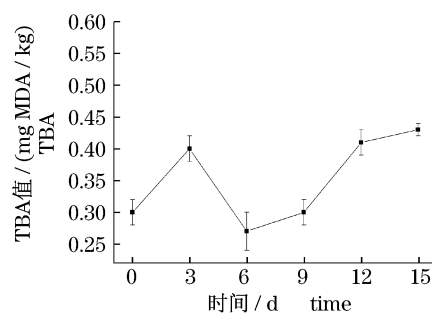


图 5 真空包装青石斑鱼片在 0 °C 贮藏过程中 TBA 值的变化

Fig. 5 Changes in thiobarbituric acid (TBA) of *E. awoara* fillets stored at 0 °C under vacuum packaging

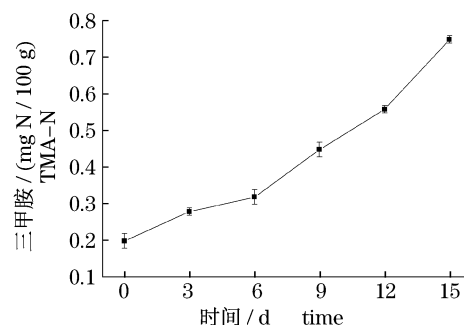


图 6 真空包装青石斑鱼片在 0 °C 贮藏过程中 TMA-N 值的变化

Fig. 6 Changes in trimethylamine nitrogen (TMA-N) of *E. awoara* fillets stored at 0 °C under vacuum packaging

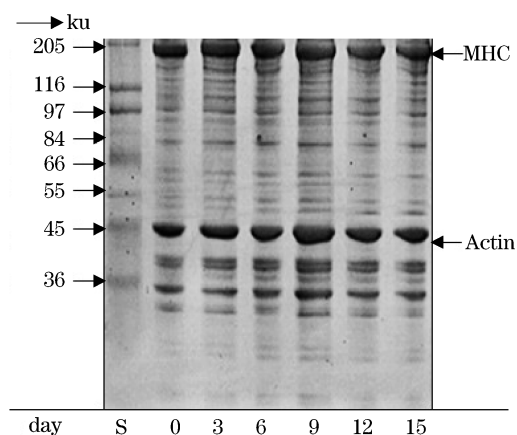


图7 真空包装青石斑鱼片0 °C贮藏过程中的 SDS-PAGE 图谱(MHC:肌球蛋白重链;S:标准分子量)
Fig.7 SDS-PAGE of *E. awoara* fillets stored at 0 °C under vacuum packaging (MHC:myosin heavy chain; S:standard molecular weight)

2.11 Ca^{2+} -ATPase 活性

图8为在贮藏期内青石斑鱼片的 Ca^{2+} -ATPase活性变化情况。 Ca^{2+} -ATPase活性反应的是肌肉组织水解以 Ca^{2+} 形式存在的ATP的能力^[37]。从图8中可以看出, Ca^{2+} -ATPase活性在随着时间的增加显著下降($r = -0.96, P < 0.05$),由第0天的 $0.25 \mu\text{g Pi}/(\text{min} \cdot \text{mg})$ 降至第15天的 $0.07 \mu\text{g Pi}/(\text{min} \cdot \text{mg})$ 。Yongsawatdigul等^[38]指出 Ca^{2+} -ATPase活性的下降是由于肌浆球蛋白在贮藏期间发生了构象变化。

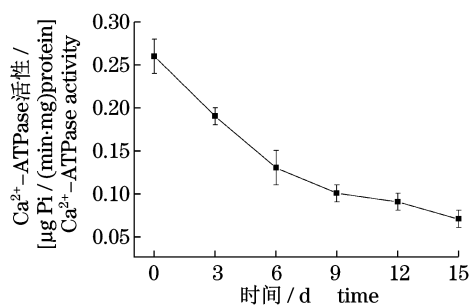


图8 真空包装青石斑鱼片在0 °C贮藏过程中 Ca^{2+} -ATPase活性的变化

Fig.8 Changes in Ca^{2+} -ATPase activity of *E. awoara* fillets stored at 0 °C under vacuum packaging

2.12 K值变化

图9为在贮藏期内青石斑鱼片K值的变化情况。ATP分解过程中产生的 $\text{HxR} + \text{Hx}$ 的量与ATP关联物总量的比值为K值。K值越小表示鲜度越好,K值越大则鲜度越差。由图9可以得

知,K值随贮藏时间的延长显著增加($P < 0.05$),且与时间呈显著相关性($r = 0.98$)。Saito等^[12]指出鱼类产品中的K值 $\leq 20\%$ 为很新鲜; $\leq 50\%$ 为中等新鲜; $\geq 70\%$ 为腐败。文中青石斑鱼片第0天的K值为4.27%,而第3天就达到21.63%,至第6天达到31.45%,第9天达到42.35%,第12天达到49.36%,第15天达到了54.91%。由此可以得知,鱼片在贮藏期末为中等新鲜水平。

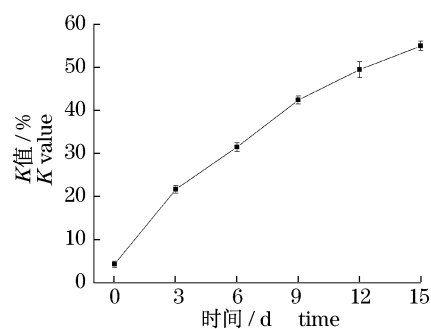


图9 真空包装青石斑鱼片在0 °C贮藏过程中K值的变化

Fig.9 Changes in K value of *E. awoara* fillets stored at 0 °C under vacuum packaging

3 结论

(1) 本次实验研究结果表明,0 °C真空包装下细菌总数的增长缓慢,保持了较好的感官品质、延缓TVB-N等理化指标的变化,由SDS-PAGE图谱可以看出,在贮藏期内蛋白质的降解缓慢,但在贮藏期内, Ca^{2+} -ATPase活性显著下降,K值的显著上升,且与时间呈显著相关性。这就表明,在冷藏过程中,蛋白质的活性下降严重及ATP分解较快。

(2) 在贮藏期间,pH、TBA随着贮藏天数的增加,变化不大,无显著性差异。因此,不能用于作为反映青石斑鱼片品质变化特性的指标。质构(硬度、胶黏性、咀嚼性)、色度(L^* 、 b^* 和 C_{ab} 值)、 Ca^{2+} -ATPase活性、TVB-N、TMA-N、K值对时间的变化显著,且与贮藏时间显著相关,能较好反映了青石斑鱼片在贮藏期间的品质变化的情况,可考虑作为反映青石斑鱼片腐败的合适指标。但评价青石斑鱼片的货架期,需综合上述参数并结合具体的感官评定而定。

(3) 根据细菌总数、TVB-N、TMA-N等理化指标的变化结合感官评定的综合分析,冷藏至第

12 天,青石斑鱼片仍处于 1 级鲜度内,在第 15 天处于二级鲜度。

参考文献:

- [1] 董秋芬,刘楚吾,郭昱,等. 青石斑鱼微卫星标记的筛选及群体多态性分析[J]. 水产学报,2007,31(6):841-847.
- [2] 陈波,罗海忠,付荣兵. 青石斑鱼生物特性及其人工繁育技术[J]. 河北渔业,2006,2:29-31.
- [3] Kostaki M, Giatrakou V, Savvaidis I N, et al. Combined effect MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Food Microbiology, 2009, 26: 475-482.
- [4] 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,2008,34:188-191.
- [5] Arashisar S, Hisar O, Kayb M, et al. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets [J]. Food Microbiology,2004,97:209-214.
- [6] Tarladgis B G, Watts B M, Yonathan M. Distillation method for the determination of malonaldehyde in rancid foods [J]. Chemistry Society, 1960, 37 (1) : 44-48.
- [7] 周德庆. 水产品质量安全与检验检疫实用技术 [M]. 北京:中国计量出版社,2007:187-188.
- [8] Foss 公司. ASN 3140 鲜鱼和冻鱼中挥发性盐基氮 (TVBN) 的测定 [J]. FOSS 应用学报,2002:8-16.
- [9] Benjakul S, Seymour T A, Morrissey M T, et al. Physicochemical change in pacific whiting muscle proteins during iced storage [J]. J Food Science, 1997,62(4):729-733.
- [10] 梁运江,谢修鸿,许广波,等. 磷钼蓝比色法合适工作波长及线性范围的探讨 [J]. 中国环境监测,2007,23(1):35-37.
- [11] Choi Y J, Lin T M, Tomlinson K, et al. Effect of salt concentration and temperature of storage water on the physicochemical properties of fish proteins [J]. Food Science and Technology,2008,41(3):460-468.
- [12] Saito T, Arai K, Matsuyoshi M. A new method for estimating the freshness of fish [J]. Scientific Fisheries,1959,24:749.
- [13] 黎祖福,付倩倩,张以顺. 鞍带石斑鱼肌肉营养成分及氨基酸含量分析 [J]. 南方水产,2008,4(5):61-64.
- [14] Dawson P L, Vollet H H, Clardy L M, et al. Film oxygen transmission rate effects on ground chicken meat quality [J]. Pollution Science, 1995, 14: 1381-1387.
- [15] Arkoudelos J, Stamatis N, Samaras F. Quality attributes of farmed eel (*Anguilla anguilla*) stored under air, vacuum and modified atmosphere packaging at 0 °C [J]. Food Microbial,2007,24:728-735.
- [16] 王真真,董士远,刘尊英,等. 冰温下包装方式对大黄鱼的保鲜效果研究 [J]. 水产科学,2009,28(8):431-434.
- [17] Olafsdottir G, Nesvadba P, Natale C D, et al. Multisensors for fish quality determination [J]. Food Science and Technology,2004,15(2):86-93.
- [18] 李里特. 食品物性学 [M]. 北京:中国农业出版社,1998:107-109.
- [19] Hultmann L, Rustad T. Iced storage of Atlantic salmon (*Salmo salar*)-effects on endogenous enzymes and their impact on muscle proteins and texture [J]. Food Chemistry,2004,87:31-41.
- [20] Richards M P, Modra A M, Li R. Role of deoxyhemoglobin in lipid oxidation of washed cod muscle mediated by trout, poultry and beef hemoglobins [J]. Meat Science,2002,62:157-163.
- [21] Azam K, Mackie I M, Smith J. The effect of slaughter method on the quality of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) during storage on ice [J]. Food Science and Technology,1989,24(1):69-79.
- [22] Marx H, Brunner B, Weinzierl W, et al. Methods of stunning freshwater fish, impact on meat quality and aspects of animal welfare [J]. Food Research and Technology,1997,204(4):282-286.
- [23] Van de Vis J V, Oehlenschlager J, Kuhlmann H, et al. Effect of commercial and experimental slaughter of eels (*Anguilla anguilla*) on quality and welfare [M] // Kestin S C, Warriss P D. Farmed Fish Quality. Oxford: Fishing News Books, 2001: 234-248.
- [24] Scott D N, Fletcher G C, Charles J C, et al. Spoilage changes in the deep water fish, smooth oreodory during storage in ice [J]. Food Science and Technology,2007,27(5):577-587.
- [25] Simeonidou S, Govaris A, Varelziz K. Quality assessment of seven Mediterranean fish species during storage on ice [J]. Food Research International,1998,30(7):479-484.
- [26] Ravi Sankar C N, Lalitha K V, Jose L. Effect of

- packaging atmosphere on the microbial attributes of pearlspot (*Etroplus suratensis* Bloch) stored at 0 °C – 2 °C [J]. Food Microbiology, 2008, 25 (3): 518 – 528.
- [27] Cobb B F, Venderzont G. Development of a chemical test for shrimp quality[J]. J Food Science, 1975, 40(1): 121 – 124.
- [28] Gimenez B, Roncales P, Beltran J A. Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout[J]. Journal of Food Science and Agriculture, 2002, 84: 1154 – 1159.
- [29] Ozogul Y, Ozogul F, Kuley E, *et al.* Biochemical, sensory and microbiological attributes of wild turbot (*Scophthalmus maximus*), from the Black Sea, during chilled storage[J]. Food Chemistry, 2006, 99: 752 – 758.
- [30] Connell J J. Methods of assessing and selecting for quality [M] // Control of Fish Quality. Berlin: Springer, 1990.
- [31] Auburg S P. Review: interaction of malondialdehyde with biological molecules—new trends about reactivity and significance [J]. Journal of Food Science and Technology, 1993, 28: 323 – 335.
- [32] Hebard C E, Flick G, Martin R E. Occurrence and significance of trimethylamine oxide and its derivatives in fish and shellfish [J]. Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products, 1982: 149 – 304.
- [33] Chouliara I, Savvaidis I N, Panagiotakis N, *et al.* Preservation of salted, vacuum-packaged, refrigerated sea bream (*Sparus aurata*) fillets by irradiation: microbiological, chemical and sensory attributes [J]. Food Microbiology, 2004, 21: 351 – 359.
- [34] Papadopoulos V, Chouliara I, Badeka A, *et al.* Effect of gutting on microbiological, chemical, and sensory properties of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice [J]. Food Microbiology, 2003, 20: 411 – 420.
- [35] 郝淑贤, 吴燕燕, 李来好, 等. 加工条件下对淡水鱼肌原纤维 Ca^{2+} -ATPase 稳定性的影响 [J]. 食品科学, 2005, 26: 79 – 81.
- [36] Gill C O, Penney N. Bacteria penetration of muscle tissue [J]. Food Science, 1982, 47: 690 – 691.
- [37] Chan J K, Gill T A, Thompson J W, *et al.* Herring surimi during low temperature setting, physicochemical and textural properties [J]. J Food Science, 1995, 60(6): 1248 – 1253.
- [38] Yongsawatdigul J, Park J W. Biochemical and conformational changes of actomyosin from threadfin bream stored in ice [J]. J Food Science, 2002, 67 (3): 985 – 990.

Quality changes of yellow grouper (*Epinephelus awoara*) fillets stored under vacuum packaging at 0 °C

XUAN Wei, LI Jian-rong*, LI Xue-peng, ZHU Jun-li

(Food Safety Key Lab of Zhejiang Province, College of Food Science and Biotechnology,
Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310035, China)

Abstract: Sensory attributes, total number of bacteria, physical and chemical parameters (proximate composition, texture analysis, color measurements, pH, TBA, TMA-N, TVB-N, *K*-value, Ca^{2+} -ATPase activity, SDS-PAGE) changes of yellow grouper (*Epinephelus awoara*) stored under vacuum packaging at 0 °C were investigated. The results showed that yellow grouper was a fish with low level of fat but high level of protein. During the storage, sensory attributes (odor and taste) exhibited significant variations and correlations in storage time ($r = 0.94$ and 0.98 , respectively). Taste score increased faster than the odor score, however, neither of them reached the reject limit of 3 scores. There were significant linear increases in total viable counts (TVC) in the storage ($r = 0.97$). TVC on the 12th day was lower than 4 Log CFU/g, indicating the fillets kept at first grade of freshness, and was 4.34 Log CFU/g at the end of 15 days storage, kept at second grade of freshness. With regards to the texture profile, hardness ($r = -0.89$), gumminess ($r = -0.73$), chewiness ($r = -0.87$) showed a significant and negative correlation with storage time. L^* and the chroma values decreased, and b^* values increased, reflecting the colour changes experienced by the fillets over time. No significant differences were found in pH and TBA concentrations during the storage and they displayed a weak correlation with time, so they may not be the suitable indicators for reflecting the quality changes of yellow grouper fillets during the storage. The amount of TVB-N and TMA-N significantly increased with time, at the final of storage, TVB-N and TMA-N reached 12.94 mg N/100 g and 0.75 mg N/100 g respectively, and both of them were lower than limit. The proteolytic degradation of muscle protein was observed by SDS-PAGE, the results showed that MHC and Actin were hydrolyzed continuously throughout storage. Ca^{2+} -ATPase activity declined fast from the initial value of 0.25 $\mu\text{g Pi}/(\text{min} \cdot \text{mg})$ to the final value of 0.07 $\mu\text{g Pi}/(\text{min} \cdot \text{mg})$. *K* value increased fast with time ($r = 0.98$) and reached 54.91% at the end of storage, keeping the middle level of freshness. The results suggested that total viable counts (TVC) increased slowly under vacuum packaging at 0 °C, and it kept good sensory characters, inhibited the changes of the parameters (TVB-N value, etc.) and hydrolysis of protein. The sensory attributes, microbiological counts, texture (hardness, cohesiveness and chewiness), colour (L^* , b^* , and Cab), TVB-N, TMA-N, Ca^{2+} -ATPase activity and *K* value exhibited strong correlations with storage time and were sensitive. Therefore, they may be considered as good indicators for evaluating yellow grouper spoilage during the storage under vacuum packaging at 0 °C for 15 days, but the consideration of shelf-life should be combined with all those indicators.

Key words: yellow grouper (*Epinephelus awoara*); fillets; storage; vacuum packaging; quality changes

Corresponding author: LI Jian-rong. E-mail: lijianrong@zjgsu.edu.cn