

不同冷藏条件下大黄鱼质构和风味变化的研究

徐军方, 牟柏林, 李鹏全

(宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 为探讨贮藏温度和储藏时间对大黄鱼质构和风味变化的影响, 运用电子鼻和顶空固相微萃取气质谱联用法(HS-SPME-GC-MS)分析在 4, -20, -80 °C 的 3 种条件下, 储藏不同时间(1, 3, 5, 7, 30, 60, 90 d)时大黄鱼肉的挥发性风味变化, 并应用质构仪测定大黄鱼肌肉质构特征参数. 结果发现, 4 °C 条件下贮藏 3~7 d, 其质构参数值明显相对于 -20 °C 条件偏大(主要为硬度、韧性、回复性和黏着性差异显著); -20 °C 和 -80 °C 条件下储藏 30~90 d, -80 °C 条件下贮藏大黄鱼肉质构特性优于 -20 °C 条件; 而且, 随着贮藏温度降低, 大黄鱼挥发性物质种类减少. 在 -20 °C 和 -80 °C 条件下, 大黄鱼挥发性成分相对较少, 且各成分占总峰面积的相对含量变化不明显, 主要挥发性物质为烃类和醛类; 在 4 °C 条件下贮藏的鱼肉, 其挥发性组分复杂且相对含量变化明显. 结果表明, 低温冻藏能有效保留大黄鱼肉质构特性和风味.

关键词: 大黄鱼; 质构; 风味; 冷藏

中图分类号: S986.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2018) 05-0012-06

大黄鱼(*Pseudosciaena crocea* Richardson)属硬骨鱼纲(Osteichthys), 鲈形目(Perciformes), 石首鱼科(Sciaenidae), 黄鱼属(*Pseudosciaena*). 大黄鱼肉质细嫩鲜美, 营养丰富, 是我国重要的海产经济鱼类^[1-2]. 从传统的海洋捕捞到如今人工养殖, 养殖大黄鱼年产量已达 10 万吨, 其中大部分被低温冷藏销售, 在储藏过程中, 大黄鱼质构和风味也发生着变化. 质构是鱼类产品综合质量和是否被消费者所接受的关键属性, 该属性受鱼肉结缔组织和肌原纤维的影响. 结缔组织的主要成分是胶原蛋白, 具有较强的拉伸能力, 而肌球蛋白和肌动蛋白则是肌原纤维的主要成分^[3]. 除与口感相关以外, 质构与鱼肉品质变化具有良好的相关性, 通过测定鱼肉的质构来评价鱼体新鲜度是一种可靠的方法^[4]. 戴志远等^[5]研究了大黄鱼的质构变化受贮藏温度和储藏时间等因素的影响, 表明冻藏温度影响大黄鱼的质构变化. 屠冰心等^[6]研究了在冻藏条件下, 随着储藏时间的延长, 大黄鱼硬度呈现下降趋势.

低温保鲜可最大限度地抑制微生物和酶的活性, 也能最大程度地保持鱼肉的鲜度和品质^[7]. 微生物代谢产物会导致异味的形成, 而主要原因则是芳香活性物质, 尽管其浓度极低, 但仍能引起异味, 并在相应的食品中密集^[8], 因此挥发性风味成分是大黄鱼质量的重要指标之一. 杨华等^[9]研究了超高压处理对大黄鱼风味及品质的影响, 张晶晶^[10]对不同新鲜度养殖大黄鱼特征性挥发物进行研究, 但低温贮藏下大黄鱼挥发性风味物质变化的研究未见报道. 本文研究了 3 种低温贮藏条件下, 不同贮藏时间质构及挥发性风味成分的变化, 以期为大黄鱼加工和贮藏提供理论依据.

1 材料和方法

1.1 实验材料

从宁波象山养殖场购买新鲜养殖大黄鱼, 个体重 250~350 g, 体长 24~30 cm. 将运回实验室的鲜活养殖大黄鱼采用缺氧致死, 冷水冲洗干净, 沥干后用塑料袋包装, 置于 4, -20, -80 °C 条件下冷

藏. 分别在 1, 3, 5, 7, 30, 60, 90 d 取样, 采取每次随机方式取样.

1.2 方法

1.2.1 电子鼻分析大黄鱼挥发性成分

分别称取贮藏于 4, -20 和 -80 °C 条件下的大黄鱼样品 5.0 g, 置于 15 mL 螺纹口样瓶中, 旋紧瓶盖, 每个样品做 5 个重复, 60 °C 水浴中加热 10 min, 使之达到顶空平衡后, 依次用电子鼻进行检测 (PEN3, 德国 AIRSENSE 公司). 电子鼻数据采集时间 200 s, 清洗时间 600 s, 进气量 300 mL·min⁻¹.

1.2.2 SPME-GC-MS 分析大黄鱼挥发性成分

(1)样品处理. 分别称取 5.0 g 绞碎的大黄鱼于 15 mL 螺纹口样品瓶中, 旋紧瓶盖, 放入 50 °C 恒温箱中恒温 30 min. 将老化好的萃取头(65 μm 聚二甲基硅氧烷/二乙烯基苯, 美国 Supelco 公司)插入样品瓶中, 推出纤维头, 在 60 °C 水浴中吸附 30 min 后取下, 插入气质联用仪(GCMS-7890A, 美国安捷伦公司)进行测定.

(2)色谱条件. 色谱柱: DB-5MS 色谱柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm); 载气: He, 流速 0.3 mL·min⁻¹; 不分流模式进样, 恒流模式; 进样口温度 220 °C; 程序升温: 起始柱温 50 °C 保持 5 min, 以 5 °C·min⁻¹ 升至 160 °C, 保持 5 min, 再以 10 °C·min⁻¹ 升至 250 °C, 保持 2 min.

(3)质谱条件. 离子源: 电子轰击源(EI); 电子能量: 70 eV; 离子源温度: 230 °C; 传输线温度

220 °C, 扫描质量范围: 40~400 u.

1.2.3 鱼肉质构(TPA)测定方法

取鱼背部肌肉, 去皮, 切成 20 mm×20 mm×10 mm 肉块. 测试前将样品在室温下放置 30 min. 采用 TA-XT.plus 质构分析仪, 每个样品平行测定 10 次, 测定参数: 测试前速率 1.00 mm·s⁻¹, 测试速率 2.00 mm·s⁻¹, 测试后速率 10.00 mm·s⁻¹, 压缩程度 50%, 停留时间间隔 5 s, 触发模式 Auto(Force), 触发力 5.0 g, 测试探头为 P0.5S.

1.3 数据分析

电子鼻数据利用 Winmuster 软件进行主成分分析(PCA), GC-MS 数据通过计算机检索, 同时利用 NIST 08 和 WILEY 09 谱库相互匹配进行定性分析, 定量分析采用峰面积归一化法. 质构数据用 SPSS 19.0 和 Excel 软件进行显著性分析和处理. 质构测定结果以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示, 并运用 LSD 法进行单因素方差多重比较.

2 实验结果

2.1 质构测定结果

短期储藏过程中大黄鱼质构参数变化见表 1. 在 4 °C 条件下储藏 3~7 d, 大黄鱼的硬度、韧性、内聚性、咀嚼性和黏着性均显著增加, 回复性显著下降. -20 °C 条件下储藏 3~7 d, 内聚性显著增加, 回复性显著下降, 硬度和咀嚼度增长不显著, 黏着性和韧性无明显差异. 4 °C 条件相对于 -20 °C 条件,

表 1 4 °C 和 -20 °C 贮藏下大黄鱼的质构变化

质构参数	贮藏温度/°C	参数值		
		贮藏 3 d	贮藏 5 d	贮藏 7 d
硬度	4	288.672±77.538 ^{bc}	431.875±100.109 ^{ab}	472.757±102.298 ^a
	-20	313.066±57.582 ^{bc}	325.036±72.107 ^{bc}	364.916±64.809 ^b
韧性	4	280.845±76.725 ^b	444.605±146.674 ^a	459.467±106.039 ^a
	-20	305.902±57.747 ^b	323.999±89.915 ^b	327.579±57.337 ^b
内聚性	4	88.062±19.159 ^b	131.082±39.353 ^{ab}	153.371±41.589 ^a
	-20	104.198±19.005 ^b	111.982±37.132 ^{ab}	146.637±38.757 ^a
咀嚼性	4	28.332±7.705 ^b	35.294±8.917 ^{ab}	42.210±10.633 ^a
	-20	30.298±6.186 ^b	28.611±7.699 ^b	35.463±7.664 ^{ab}
回复性	4	0.320±0.034 ^a	0.305±0.039 ^{bc}	0.281±0.047 ^b
	-20	0.292±0.042 ^{ab}	0.261±0.031 ^{bc}	0.246±0.029 ^c
黏着性	4	-1.056±1.213 ^b	-1.079±1.587 ^b	-4.696±8.027 ^c
	-20	-1.272±0.976 ^b	-0.427±0.689 ^a	-0.645±0.861 ^{ab}

注: 数据上标中字母不同表示差异显著(P<0.05), 下表同.

表2 -20℃和-80℃冻藏下大黄鱼的质构变化

质构参数	贮藏温度/℃	参数值		
		贮藏 30 d	贮藏 60 d	贮藏 90 d
硬度	-20	336.177±60.325 ^b	336.153±53.407 ^b	320.271±26.252 ^b
	-80	421.565±82.666 ^a	407.956±88.280 ^{ab}	349.037±69.022 ^b
韧性	-20	333.283±64.960 ^{ab}	286.364±33.554 ^b	283.359±32.900 ^b
	-80	370.401±78.753 ^a	342.723±90.139 ^{ab}	275.655±43.856 ^b
内聚性	-20	116.613±32.756 ^a	147.700±40.429 ^a	138.070±48.317 ^a
	-80	149.663±39.421 ^a	150.029±34.746 ^a	140.469±50.512 ^a
咀嚼性	-20	29.185±6.718 ^b	35.017±7.399 ^{ab}	35.670±8.259 ^{ab}
	-80	41.729±12.322 ^a	36.080±7.531 ^{ab}	36.853±10.753 ^{ab}
回复性	-20	0.254±0.030 ^b	0.242±0.026 ^b	0.268±0.037 ^{ab}
	-80	0.278±0.026 ^a	0.243±0.029 ^b	0.268±0.023 ^{ab}
黏着性	-20	-0.554±0.792 ^a	-0.420±0.895 ^a	-0.657±0.407 ^a
	-80	-1.334±1.559 ^{ab}	-1.362±1.534 ^{ab}	-1.272±1.131 ^{ab}

大黄鱼肉质构参数值明显偏大,主要表现为硬度、韧性、回复性和黏着性差异显著。

长期储藏期间大黄鱼的质构变化情况见表2。结果表明,在-80℃条件下储藏大黄鱼的质构优于-20℃条件。冰结晶的形成以及脂肪的氧化产物是蛋白质变性的主要原因^[11],而冰结晶的生长和肌原纤维的变化是冻藏期间大黄鱼质构变化的重要因素。张廷序^[12]对鱼在冷冻冷藏中肌肉组织学的变化进行研究,发现鱼肉在较低温度下冷冻时,肌肉纤维间形成的冰晶体较小,间距亦小,可以较好地保持纤维的完整性。在较高温度冷冻(如-20℃以上),纤维之间形成大的冰晶体后,挤压附近的纤维,使之发生不同程度的歪曲,在解冻后,从肌肉组织中流出较多的液汁,从而降低冻鱼的营养价值。这也是-80℃条件下储藏大黄鱼质构优于-20℃的主要原因。

2.2 大黄鱼的电子鼻分析结果

主成分分析方法(PCA)广泛应用于图像识别领域,是模式识别技术中经典的特征提取和降维技术之一^[13]。不同贮藏温度下大黄鱼挥发性成分的主成分分析(PCA)如图1所示,图中每个椭圆代表同批次大黄鱼风味的数据采集点。基于相关系数矩阵的主成分分析,第一(PC1)和第二(PC2)主成分表示总成分,分别为96.73%和1.97%。观察图1,3d样品和60d样品被清晰分离。

大黄鱼在4、-20、-80℃下贮藏,挥发性气味

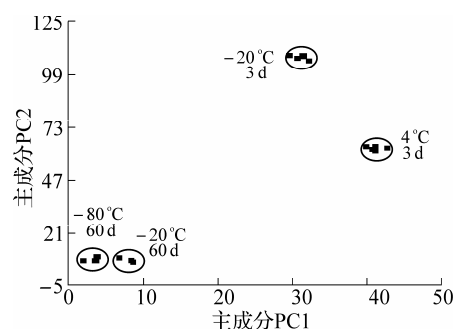


图1 不同贮藏温度下的大黄鱼主成分分析

在电子鼻有不同的响应,样品在二维坐标图上呈现不同的分布规律如图2所示。

4℃贮藏下,大黄鱼的气味变化分布规律如图2(a)所示,PC1轴的贡献率为98.07%。储藏5~7d,沿着PC1轴向左分布。如图2(b)所示,-20℃条件下,第一主成分(PC1)的贡献率为87.70%,第二主成分(PC2)的贡献率为8.21%。储藏7~30d,方向改变,沿着PC1轴向左变为向右,沿着PC2轴向下变为向上,表明储藏7~30d,大黄鱼的挥发性气味发生明显变化。储藏30~90d,从分布区域看,60d和90d的样品气味分布相近,30d距离较远。-80℃冻藏条件下大黄鱼气味特征呈三角分布,如图2(c)所示,表明储藏30d、60d与90d的大黄鱼气味特征差异明显。储藏30~90d大黄鱼挥发性物质变化趋势为沿着PC1轴先小幅向左后向右,PC2轴先下降后上升。从PC1轴上分布距离看,60~90d挥发性气味变化显著。

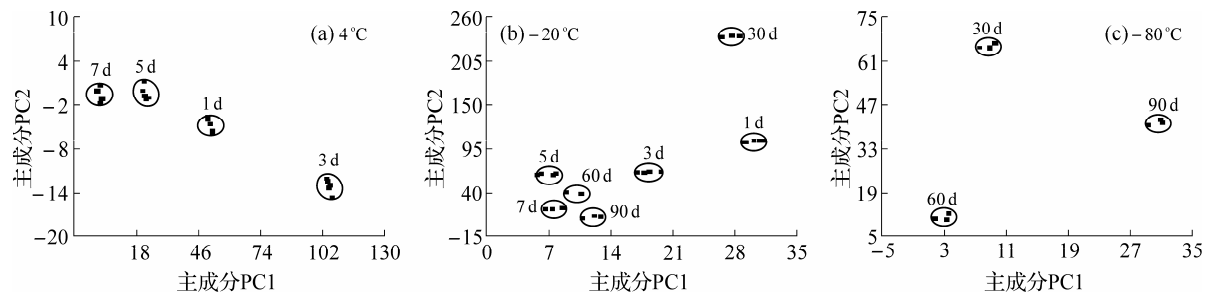


图 2 在 4℃、-20℃与-80℃条件下, 贮藏的大黄鱼挥发性气味在不同储藏时间内的主成分分析

表 3 大黄鱼肉中挥发性物质相对含量随贮藏时间的变化 %

贮藏温度	化合物种类	相对含量							平均值
		新鲜	1 d	3 d	5 d	7 d	14 d	30 d	
4℃	烃类	69.63	68.19	85.51	84.26	80.14	67.94	16.26	67.05
	醛类	23.78	25.39	9.39	11.95	5.83	4.25	2.57	9.90
	酮类	0.54	1.63	0.91	1.66	4.83	5.62	3.26	2.99
	醇类	5.10	2.53	2.29	1.68	1.72	9.65	9.53	4.57
	酯类	0.36	0.00	0.00	0.45	1.67	2.66	3.86	1.44
	其他	0.59	2.26	1.89	0.00	5.83	9.89	64.48	14.06
-20℃	烃类	69.63	77.90	82.98	81.71	76.31	80.63	73.74	78.88
	醛类	23.78	20.12	15.06	11.19	15.15	11.94	20.64	15.68
	酮类	0.54	1.03	1.27	1.40	3.16	2.23	2.97	2.01
	醇类	5.10	0.95	0.00	1.57	3.02	5.21	0.74	1.92
	酯类	0.36	0.00	0.69	3.38	2.38	0.00	0.71	1.19
	其他	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.20
-80℃	烃类	69.63	89.66	89.41	91.20	86.81	89.09	76.21	87.06
	醛类	23.78	7.66	8.73	4.95	7.13	6.94	18.48	8.98
	酮类	0.54	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.06
	醇类	5.10	0.00	0.00	2.81	4.90	3.98	3.43	2.52
	酯类	0.36	2.69	0.00	1.04	0.00	0.00	1.86	0.93
	其他	0.59	0.00	1.86	0.00	0.82	0.00	0.00	0.45

在不同的贮藏温度下, 电子鼻数据能描述传感器系统响应大黄鱼质量衰减, 经过主成分分析, 可以清晰地将样品分离结果显示在二维坐标图上.

2.3 大黄鱼挥发性物质的鉴定及变化

2.3.1 大黄鱼挥发性物质的变化

通过 GC-MS 分析, 从新鲜大黄鱼中鉴定出 46 种挥发性成分, 其相对含量为烃类 69.63%、醛类 23.78%、酮类 0.54%、醇类 5.10%、酯类 0.36%和其他类 0.59%. 贮藏温度降低, 大黄鱼挥发性物质种类减少. 各组分相对含量具体数据见表 3.

低温贮藏过程中, 大黄鱼肉中挥发性成分主要包括烃类、醛类、酮类、醇类、酯类、芳香类和

其他类, 其中烃类物质居多, 醛类物质次之(图 3).

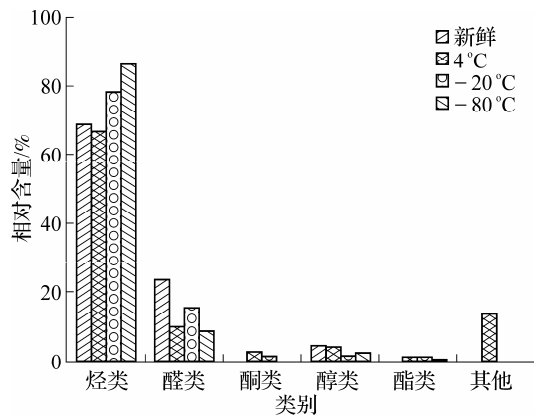


图 3 不同贮藏温度下大黄鱼挥发性成分的相对含量

2.3.2 不同贮藏温度下大黄鱼的特征性挥发性物质

(1)醛类化合物. 醛类化合物阈值通常比其他化合物的阈值低, 此类物质对鱼肉的整体风味有重要贡献^[14]. 大黄鱼在低温条件下贮藏, 具有清香气味的烯醛类物质相对含量由12.22%减少至4, -20, -80℃条件下的2.84%、2.30%和1.29%, 而具腥味的饱和直链醛如己醛、壬醛和辛醛等相对含量无明显变化, 已经证实己醛是 ω -6-脂肪酸过氧化物降解的主要产物, 辛醛、壬醛是油酸氧化的产物^[15].

(2)酮类. 酮类物质的阈值比醛类要高, 主要呈现脂肪味和焦燃味. 在4, -20, -80℃条件下贮藏的大黄鱼肉中, 分别鉴定出20种(2.99%)、5种(2.01%)和1种(0.06%)酮类物质. 酮类物质可能由相关酶将多不饱和脂肪酸降解、氨基酸降解或微生物氧化产生^[16], 因此随着贮藏温度降低, 酮类物质产生得到抑制.

(3)酯类. 酯类物质被认为是发酵或脂质代谢产物生成的羧酸和醇的酯化作用产物^[17], 因其在新鲜大黄鱼肉中相对含量较低, 对风味形成贡献不大. 在新鲜大黄鱼肉中鉴定出1种酯类物质——草酸烯丙基庚酯, 相对含量为0.36%. 贮藏过程中, 4, -20, -80℃条件下分别鉴定出10种(1.44%)、8种(1.19%)和2种(0.93%)酯类物质.

(4)醇类. 新鲜大黄鱼肉中鉴定的醇类物质相对含量较大的是2-甲基-1-十一烷醇(2.03%)和2-乙基-4-甲基-1-戊醇(1.23%). 一般来说, 新鲜鱼肉中挥发性醇表现的气味较为柔和, 具有淡淡的醇香. 醇类的风味阈值较醛酮类高, 其中直链饱和醇的香味对于肉品的风味贡献非常小, 但随着碳链的增长, 香味增加, 可产生清香、木香和脂肪香^[17]. 1-辛烯-3-醇(蘑菇味、泥土味)由于其极低的气味阈值, 是异味的重要贡献者, 同时, 1-辛烯-3-醇被建议作为冷冻储存过程中脂质氧化发生的标志性挥发性化合物之一^[19].

(5)烃类. 烃类在大黄鱼鱼肉中鉴定出主要挥发性组分相对含量最高. 新鲜、4℃、-20℃和-80℃条件下分别占69.63%、67.05%、78.88%和87.06%, 其中烷烃化合物占主要比例. 大黄鱼肉中烷烃化合物主要集中于(C6~C19), 烷烃是由长链脂肪酸的氧化而形成, 广泛存在于甲壳类和鱼类的挥发物中, 对鱼肉风味的形成直接贡献不大, 但高浓度

形式存在下, 可能有助于鱼肉整体风味的提高.

3 讨论与结论

在4℃条件下短期储藏时, 大黄鱼硬度、韧性、内聚性、咀嚼性和黏着性均显著增加, 回复性显著下降. 可能原因是肌动蛋白和肌球蛋白在ATP的存在下形成肌动球蛋白, 使得肌肉收缩. 同时, 大黄鱼在体内蛋白酶和外源细菌酶联合作用下, 结缔组织不断降减, 从而引起鱼肉的回复性下降, 黏着性增加. 在-20℃条件下短期储藏时, 大黄鱼体内酶活性和微生物生长繁殖得到抑制, 其肌肉纤维间水分子凝结为冰结晶, 质构变化相对不显著.

电子鼻会根据挥发性气味的变化有不同的响应, 对储藏不同时间下的大黄鱼进行检测, 电子鼻所得结果差距明显. 大黄鱼在储藏过程中挥发性气味检测结果有明显变化, 表明电子鼻能灵敏地响应大黄鱼质量的衰减. 因此, 建立适当的模型后可用于不同贮藏温度下大黄鱼新鲜度的快速鉴定.

鱼类富含不饱和脂肪酸, 在冻藏期间鱼体容易发生脂质的氧化. 通过顶空固相微萃取气质联用法对其挥发性组分分析可知, 在4℃条件下, 贮藏的大黄鱼挥发性组分复杂, 且相对含量变化明显, 而在-20℃和-80℃条件下, 贮藏的大黄鱼挥发性成分相对较少, 挥发性组分相对含量变化不明显. 主要原因跟脂质氧化有关, 包括氢过氧化物的形成和二次脂质氧化产物挥发性物质如醛、酮或醇的产生.

采用电子鼻和顶空固相微萃取气质谱联用法(HS-SPME-GC-MS)研究了新鲜大黄鱼在不同冷藏条件下挥发性成分的变化, 并结合质构仪来检测质构特性的变化. 结果表明, 低温冻藏下大黄鱼的挥发性成分相对较少、挥发性组分含量变化不明显, 且其质构特性优良, 表明低温冻藏能有效保留大黄鱼肉质特性和风味. 本研究结果可在保证大黄鱼肉质品质的前提下为大黄鱼的低温保藏方法及其新鲜度的检测等提供理论依据.

参考文献:

- [1] 吴靖娜, 许永安, 刘智禹, 等. 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] 周阳, 王友发, 沈伟良, 等. 大黄鱼肝脏的显微及超微结构[J]. 宁波大学学报(理工版), 2017, 30(1):42-46.

- [3] Wu D, Sun D W, He Y. Novel non-invasive distribution measurement of texture profile analysis (TPA) in salmon fillet by using visible and near infrared hyperspectral imaging[J]. Food Chemistry, 2014, 145(4):417-426.
- [4] 何其, 林向东, 鹿常胜, 等. 基于质构参数的低温保藏罗非鱼片品质评价方法[J]. 包装与食品机械, 2013(6): 1-6.
- [5] 戴志远, 崔雁娜, 王宏海, 等. 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):188-190.
- [6] 屠冰心, 姜永江, 刘永固, 等. 低温速冻处理对养殖大黄鱼冻藏品质的影响[J]. 渔业科学进展, 2014, 35(1): 55-59.
- [7] 高志立, 谢晶. 水产品低温保鲜技术的研究进展[J]. 广东农业科学, 2012, 39(14):98-101.
- [8] Zierler B, Siegmund B, Pfannhauser W. Determination of off-flavor compounds in apple juice caused by micro-organisms using headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry[J]. Analytica Chimica Acta, 2004, 520(1/2):3-11.
- [9] 杨华, 陆森超, 张慧恩, 等. 超高压处理对养殖大黄鱼风味及品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(16):244-249.
- [10] 张晶晶. 不同新鲜度养殖大黄鱼肉中特征性挥发物的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(10):79-84; 96.
- [11] 李汴生, 朱志伟, 阮征, 等. 不同温度冻藏对脆肉鲩鱼片品质的影响[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2008, 36(7):134-139.
- [12] 张廷序. 鱼在冷冻冷藏中肌肉组织学的变化[J]. 渔业科学进展, 1981(2):57-68.
- [13] 赵丽红, 张西礼, 徐心和, 等. 基于二维对称主成分分析的人脸识别[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(6):1290-1294.
- [14] 郑平安, 黄健, 苏秀榕, 等. HS-SPME 结合 GC-MS 法分析鲑鱼肉加热前后挥发性成分变化[J]. 食品科学, 2012, 33(14):242-246.
- [15] 王雪锋, 涂行浩, 戴志远, 等. 草鱼的营养评价及关键风味成分分析[J]. 中国食品学报, 2014, 14(12):182-189.
- [16] Fratini G, Lois S, Pazos M, et al. Volatile profile of Atlantic shellfish species by HS-SPME GC/MS[J]. Food Research International, 2012, 48(2):856-865.
- [17] 俞海峰, 何芳, 周浙良. 水产品的风味研究进展[J]. 现代渔业信息, 2009, 24(3):14-16.
- [18] 孙静, 黄健, 苏秀榕, 等. 顶空固相微萃取-气质联用分析大眼金枪鱼肉的挥发性成分[J]. 食品科学, 2011, 32(22):230-233.
- [19] Iglesias J, Medina I, Bianchi F, et al. Study of the volatile compounds useful for the characterisation of fresh and frozen-thawed cultured gilthead sea bream fish by solid-phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry[J]. Food Chemistry, 2009, 115(4):1473-1478.

Changes of texture and aroma of *Pseudosciaena crocea* muscle under different frozen storage conditions

XU Jun-fang, MOU Bo-lin, LI Peng-quan

(School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: In order to investigate the effects of the temperature and time in storage on texture and aroma of *Pseudosciaena crocea*, the change of the volatile compounds of *Pseudosciaena crocea* was analyzed under the 4, -20, -80 °C and 1, 3, 5, 7, 30, 60, 90 day, respectively, using electronic nose and HS-SPME-GC-MS. The texture analyzer was also used to get the textural information about the *Pseudosciaena crocea*. The results showed that the volatile compounds decreased with the decrease of temperature and the textures in -80 °C were better than those in -20 °C. Therefore, it can be concluded that the cold refrigeration can effectively preserve the texture and flavor of *Pseudosciaena crocea*.

Key words: *Pseudosciaena crocea*; texture; aroma; refrigeration

(责任编辑 章踐立)