

4 种品牌银鳕鱼品质分析与比较

Quality analysis and comparison of four brands of silver cod

封池 张淼 胡俊生 贾洪锋

FENG Chi ZHANG Miao HU Jun-sheng JIA Hong-feng

(四川旅游学院食品学院, 四川 成都 610100)

(College of Food Science and Technology, Sichuan Tourism University, Chengdu, Sichuan 610100, China)

摘要:目的:分析对比市场销量较高的4种品牌银鳕鱼的品质。方法:利用感官分析、色差仪、质构仪和气相色谱质谱联用仪对4种品牌银鳕鱼的感官品质、白度、质构以及挥发性风味物质进行检测。结果:4种品牌的银鳕鱼中,BS的银鳕鱼感官评分最高,BI与WH次之,ILU最低;BS色泽最好、其次为BI与WH,ILU最差;ILU的硬度和咀嚼性显著高于其他3种品牌,BS的弹性显著低于其他3种品牌,4种品牌银鳕鱼的内聚性无显著差异;4种品牌的银鳕鱼共检出122种挥发性物质(不含内标物),其中烃类、醇类、酯类含量较高,是鳕鱼的主体风味物质,分别为53,20,17种,检出的挥发性物质中有24种在4种品牌中均有检出,ILU、BI、BS、WH分别共检出85,63,53,53种挥发性物质,各自独有的挥发性物质分别有40,6,10,5种。结论:BS的感官品质和色泽最好,但弹性稍差,ILU的硬度和咀嚼性最好,且整体风味明显优于其他3种品牌,BI、BS与WH的各类挥发性风味物质的种类和含量均比较接近。

关键词:银鳕鱼;色泽;质构;风味物质

Abstract: Objective: This study aimed to analyze and compare the quality of four brands of silver cod that have high market sales.

Methods: The sensory quality, whiteness, texture and volatile flavor substances of four brands of silver cod were detected by sensory analysis, colorimeter, texture analyzer and gas chromatography-mass spectrometry. **Results:** Among the four brands of silver cod, BS had the highest sensory score, followed by BI and WH, and ILU had the lowest. BS had the best whiteness, followed by BI and WH, while ILU had the worst. ILU had significantly higher hardness and chewiness than the

other three brands, and BS had significantly lower elasticity than the other three brands, and there was no significant difference in the cohesion of the four brands of silver cod. A total of 122 kinds of volatile substances (excluding internal standards) were detected in the four brands of silver cod, of which hydrocarbons, alcohols and esters were at a high level and were the main flavoring substances of cod, accounting for 53, 20 and 17 respectively. 24 kinds of volatile substances detected were found in all four brands, and a total of 85, 63, 53 and 53 volatile substances were detected in ILU, BI, BS and WH respectively, with 40, 6, 10 and 5 kinds of volatile substances unique to each. **Conclusion:** BS had the best sensory quality and colour but slightly less elasticity, and ILU had the best hardness, chewiness and a significantly better overall flavor than the other three brands. BI, BS and WH were relatively similar in terms of type and content of various volatile flavor substances.

Keywords: silver cod; color; texture; flavor substances

银鳕鱼,学名又叫裸盖鱼,银鳕鱼作为深水底栖经济鱼类,体型大、肉质白嫩、营养丰富,具备极高的经济价值^[1],银鳕鱼含有大量的不饱和脂肪酸、丰富的蛋白质、多种必需氨基酸、维生素A、维生素D等多种维生素以及钙、镁、硒等营养元素^[2]。其中维生素A可以促进婴幼儿的视力发育,维生素D能帮助钙吸收,促进婴幼儿牙齿、骨骼的生长;银鳕鱼中富含的DHA,是婴幼儿视网膜的重要组成部分,又是公认的益智与促进婴幼儿大脑发育的重要元素,还具备抗过敏、增强免疫作用,是婴幼儿增强体质,提高记忆力必不可少的营养元素;银鳕鱼还含有丰富的EPA,可以预防脑血栓、脑淤血等心血管疾病。银鳕鱼的必需氨基酸指数比较高,其氨基酸组成比较全面、平衡而且风味良好^[3]。

由于银鳕鱼价格高昂,且在市场上基本是以鱼块、鱼片或者鱼段的形式进行售卖,因此市场上命名混乱及以次充好的现象时有发生^[4-5]。而目前对于银鳕鱼的研究主要集中在脱腥、保鲜及加工方面,而对于其品质鉴别的

基金项目:国家级大学生创新创业科研项目(编号:202111552070);肉类加工四川省重点实验室(编号:21-R-19)

作者简介:封池,女,四川旅游学院在读本科生。

通信作者:张淼(1984—),女,四川旅游学院副教授,硕士。

E-mail:414137715@qq.com

收稿日期:2022-07-21 **改回日期:**2022-10-27

研究并不多^[6-7],且未见不同品牌银鳕鱼品质分析与比较相关的研究报道。

研究拟通过感官分析与现代仪器分析相结合的手段,对市场上销售量较大的4种品牌(ILU、BI、BS和WH)的银鳕鱼肉进行感官评定、白度、质构特性和风味物质等与品质相关的指标进行测定,并对其品质进行分析比较,以期为消费者正确选取银鳕鱼提供客观、科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

ILU(产地法国)、BI(产地法国)、BS(产地挪威)、WH(产地法国);京东商城;

2,4,6-三甲基吡啶(8 809.02 mg/L):分析纯,成都罗恩化学试剂。

1.2 试验仪器

气质联用仪:GCMS-QP2010Ultra型,日本岛津公司;

食品物性分析仪:TMS-PRO型,美国FTC公司;

便携式色差仪:3nh型,深圳市唯品精密仪器有限公司。

1.3 样品制备

将4种不同品牌的冷冻银鳕鱼置于5℃环境解冻6h后取出,去皮,切成边长为25mm的正方体,于沸水上蒸制10min,待样品冷却至室温后进行测定。

1.4 检测方法

1.4.1 感官评价 先对未进行蒸制处理的生银鳕鱼进行外观与弹性的感官评价,再对蒸制后的样品进行感官评定,将准备好的样品放入大小、形状均相同的盘子中,对样品进行编号后,由10名具有感官评定储备知识以及相关经验的食物专业同学进行感官评价。参考刘春胜等^[8]对银鳕鱼外观特征及相关参数的描述,任范伟等^[9]对秋刀鱼肉质感官评价指标,从外观、弹性、组织状态和口感5个指标对银鳕鱼进行感官评定,满分50分。具体评定标准见表1。

表1 银鳕鱼感官评定标准
Table 1 Sensory assessment criteria for silver cod

分值	外观		弹性	组织形态	口感
	鱼皮	鱼肉			
8~10	鱼皮光滑,鱼皮发白或灰白,色淡,鱼鳞小而紧密规则,磷纹清晰	切面大呈椭圆形,肉色呈乳白色,肉色均匀无杂质和淤点	坚实富有弹性,手指压后凹陷立即消失	肌肉组织致密完整,纹理清晰	入口即化,肉质细腻,具有奶香味
5~7	鱼皮柔滑,鱼皮呈黑灰色,鱼鳞小而锋利	切片大呈椭圆形,肉色呈白色	较有弹性,手指压后凹陷消失较慢	肌肉组织不紧密,但也不松散	肉质较硬,口感一般
0~4	鱼皮粗糙,鱼皮呈青黑色,色泽较深,鱼鳞偏大,有网格状	切片小而狭长,肉色偏黄,肉上带有红线	稍有弹性,手指压后凹陷消失慢	肌肉组织不紧密,出现松散	肉质粗糙,口感油腻

1.4.2 色泽测定 采用便携式色差仪,分别对4种不同品牌银鳕鱼样品进行色泽测定,记录 L^* (白度值)、 a^* (红度值)、 b^* (黄度值)值,每种样品测量3次^[10]。

1.4.3 质构测定 采用食品物性分析仪测定。参数设置:选择直径12mm的平底柱形探头,测试前速度为30mm/min,测试速度为60mm/min,测试后速度为60mm/min,压缩程度为50%,测试时间间隔为5s^[11]。将4种不同品牌银鳕鱼放在质构仪柱形探头下方,每种样品测量3次。

1.4.4 GC-MS分析

(1) 样品前处理:称取混匀的样品3.00g,于10.0mL顶空瓶中,准确加入20μL内标:2,4,6-三甲基吡啶(8 809.02 mg/L),60℃水浴平衡10min,顶空萃取20min。插入GC进样口中,热解析5min。

(2) 色谱条件:Rtx-WAX柱(30m×0.32mm×0.25μm),载气为氦气,载气流速0.8mL/min,不分流。进样口温度230℃。升温程序:起始温度40℃,保持2min,以10℃/min的升温速率升温至90℃,以4℃/min的升温速率升温至160℃,保持1min,以8℃/min的升温速率升温至230℃,保持5min^[12]。

(3) 质谱条件:电离方式为电子轰击(EI源),电子能量70eV;灯丝发射电流200μA;传输杆温度250℃,离子源温度200℃,检测器电压350V;质量扫描范围33~350(m/z)^[12]。

(4) 定性分析:挥发性成分通过与NIST2.0数据库检索定性,选取匹配度高于80%的物质。

(5) 定量分析:以2,4,6-三甲基吡啶作为内标物进行定量分析,以待测挥发性风味物质与内标物的峰面积之

比求得待测物的绝对含量,计算式见式(1)^[13]。

$$M_i = \frac{S_i}{S_b} \times \frac{m}{M} \times 1\,000,$$

(1)

式中:
 M_i ——挥发性风味物质绝对含量,μg/g;
 S_i ——挥发性风味物质的峰面积;
 S_b ——内标物的峰面积;
 m ——内标物的质量,μg;
 M ——样品质量,g。

1.5 数据分析

采用 Excel 2016 进行数据处理,用 SPSS 20.0 统计分析软件进行显著性分析,结果均以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 感官品质对比分析

由图 1 可知,4 种品牌的银鳕鱼感官得分具有显著性差异($P<0.05$),BS 的感官评分最高,其次为 BI 与 WH,ILU 的感官评分较低,BS 与 BI 的外观均呈现良好的感官状态,ILU 与 WH 的鱼皮颜色略深,磷纹略显模糊,WH 的肉色有少部分淤点与杂质,ILU 肉色偏黄并带有少部分杂质和淤点;4 种品牌的银鳕鱼在弹性与组织形态上均呈现良好的感官状态,坚实富有弹性,手指压后凹陷立即消失,肌肉组织致密完整,纹理清晰。口感上差异不大,BS 与 BI 的银鳕鱼口感较 ILU 和 WH 的稍好。

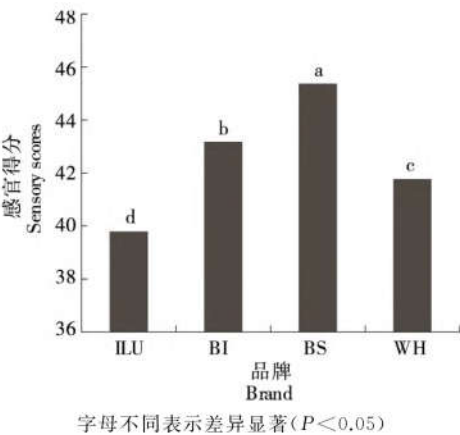


图 1 4 种品牌银鳕鱼的感官得分

Figure 1 Sensory scores of four different brands of cod

2.2 色泽对比分析

由表 2 可知,4 种品牌银鳕鱼的 L^* 值具有显著差异($P<0.05$),其中 BS 的最大,BI 与 WH 的次之,ILU 的最小,即 BS 的透光性最好,色泽最浅,BI 与 WH 的次之,ILU 的透光性最差,色泽最深;4 种品牌银鳕鱼的 a^* 值,ILU 和 WH 无显著差异($P>0.05$),BI 和 BS 无显著差异($P>0.05$),而 ILU、WH 与 BI、BS 差异显著($P<0.05$);

表 2 4 种品牌银鳕鱼的色泽[†]

Table 2 Whiteness of four different brands of cod

品牌	L^*	a^*	b^*
ILU	40.97±0.66 ^d	9.29±0.51 ^a	14.48±0.57 ^a
BI	50.12±0.88 ^b	6.72±0.17 ^b	10.32±0.24 ^b
BS	52.26±0.40 ^a	7.05±0.25 ^b	6.05±0.90 ^d
WH	45.90±0.51 ^c	9.50±0.53 ^a	8.90±0.27 ^c

† 同列字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

4 种品牌银鳕鱼的 b^* 值具有显著差异($P<0.05$),其中 ILU 的最大,BI 与 WH 的次之,BS 的最小,即 ILU 相比于其他 3 种品牌的银鳕鱼色泽偏黄。由此可见,4 种品牌银鳕鱼的色泽有比较明显的差异,其中 BS 的色泽最好,BI 与 WH 的次之,ILU 的最差。

2.3 质构对比分析

由表 3 可知,ILU 的硬度最大,BS 与 BI 的次之,WH 的最小,且 ILU 与其他 3 种品牌具有显著差异($P<0.05$),WH 与其他 3 种品牌具有显著差异($P<0.05$),BI 仅与 WH 具有显著差异($P<0.05$);4 种品牌的银鳕鱼内聚性无显著差异($P>0.05$);ILU、BI、WH 3 种品牌的银鳕鱼弹性无显著差异($P>0.05$),BS 的弹性显著低于其他 3 种品牌的($P<0.05$);ILU 的咀嚼性最好,BS、BI、WH 3 种品牌的银鳕鱼咀嚼性无显著差异($P>0.05$),ILU 与其他 3 种品牌的具有显著差异($P<0.05$),ILU 的咀嚼性显著高于其他 3 种品牌的。综上,ILU 的硬度和咀嚼性最好,BS 的弹性和内聚性最差。

表 3 4 种品牌银鳕鱼的质构[†]

Table 3 Textures of four different brands of cod

品牌	硬度/N	内聚性	弹性	咀嚼性
ILU	3.06±0.30 ^a	0.20±0.06	2.04±0.16 ^a	2.06±0.59 ^a
BI	1.76±0.28 ^{bc}	0.14±0.02	2.16±0.20 ^a	0.95±0.25 ^b
BS	2.17±0.35 ^b	0.20±0.04	1.46±0.18 ^b	0.60±0.20 ^b
WH	1.30±0.36 ^c	0.21±0.09	1.96±0.12 ^a	0.70±0.24 ^b

† 同列字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

2.4 挥发性风味物质对比分析

4 种品牌的银鳕鱼共检出 123 种(含内标物)挥发性物质,其中 ILU、BI、BS、WH 分别检出 85、63、53、53 种,详见表 4 和表 5。

2.4.1 醇类物质 醇类化合物一般由脂肪酸的二级过氧化物降解产生或者来源于羰基化合物的还原^[14]。醇类化合物具有的风味比较柔和,可以赋予银鳕鱼甜香和植物香^[15]。ILU、BI、BS、WH 4 种品牌的银鳕鱼中均检出 2-乙基-1-己醇和 1-辛醇。2-乙基-1-己醇具有蘑菇的味道,在 ILU、BI、BS、WH 中的含量分别为 30.95、47.60、143.86、122.65 μg/g。1-辛醇有强烈的柑橘果香^[16],在 ILU、BI、

表 4 4 种品牌银鳕鱼的挥发性物质及含量
Table 4 Volatile substances and absolute content of four different brands of cod

种类	保留时间/ min	名称	含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)			
			ILU	BI	BS	WH
醇类	2.291	乙醇	62 146.73	47 314.64	36 805.23	36 895.19
	4.241	2-丁基-1-辛醇	46.42	0.00	0.00	0.00
	4.435	2-甲基-1-丙醇	15.47	0.00	0.00	0.00
	4.902	2-甲基-1-辛醇	92.85	0.00	0.00	0.00
	5.016	1-丁醇	92.85	0.00	0.00	33.45
	5.172	1-戊烯-3-醇	0.00	83.30	33.20	0.00
	5.900	3-甲基-1-丁醇	123.80	0.00	0.00	0.00
	6.787	4-(1-甲基乙烯基)-1-环己烯-1-甲醇	0.00	0.00	22.13	0.00
	7.497	(E)-2-戊烯-1-醇	0.00	0.00	33.20	0.00
	7.508	(Z)-2-戊烯-1-醇	46.42	47.60	0.00	33.45
	8.110	1-己醇	139.27	23.80	22.13	0.00
	10.589	2-乙基-1-己醇	30.95	47.60	143.86	122.65
	12.013	1-辛醇	30.95	23.80	33.20	44.60
	13.275	(E)-2-辛烯-1-醇	0.00	35.70	0.00	22.30
	14.042	二甲基硅烷二醇	2 321.22	1 082.91	597.56	1 282.24
	14.350	1-壬醇	0.00	0.00	0.00	11.15
	16.988	3,7,11-三甲基-1-十二醇	0.00	23.80	77.46	55.75
	17.195	4,8-二甲基-1-壬醇	0.00	0.00	0.00	22.30
	17.215	2-丙基-1-戊醇	0.00	11.90	0.00	0.00
	28.689	丙三醇	572.57	71.40	177.05	100.35
酯类	1.960	乙酸乙酯	557.09	0.00	0.00	0.00
	4.495	苯乙酸 6-乙基-3-辛酯	61.90	0.00	0.00	0.00
	4.730	戊酸乙酯	154.75	0.00	0.00	0.00
	6.349	己酸乙酯	7 366.00	440.30	243.45	367.95
	7.846	羟基丙酸乙酯	711.84	59.50	0.00	0.00
	9.177	己酸丁酯	46.42	0.00	0.00	0.00
	9.576	辛酸乙酯	263.07	23.80	11.07	0.00
	10.046	己酸异戊酯	46.42	0.00	0.00	0.00
	10.141	硅酸二乙酯双(三甲基硅基)酯	46.42	0.00	0.00	0.00
	13.303	己酸己基酯	123.80	0.00	0.00	0.00
	16.694	三甲基甲硅烷醇三硅甲烷氧基水杨酯	30.95	0.00	0.00	0.00
	16.985	乙酸,3,7,11,15-四甲基十六酯	46.42	0.00	0.00	0.00
	17.081	N-羟基苯甲酰亚胺酸甲酯	1 330.83	452.20	232.38	579.80
	18.946	十二酸乙酯	15.47	0.00	0.00	0.00
	23.916	十四酸乙酯	46.42	11.90	11.07	0.00
烷烃类	28.467	十六酸乙酯	247.60	95.20	77.46	66.90
	31.465	2-羟基戊酸甲酯	15.47	0.00	0.00	0.00
	1.560	4-甲基辛烷	0.00	0.00	55.33	0.00
	3.012	十一烷	0.00	0.00	154.92	44.60
	3.682	4,6-二甲基-十二烷	201.17	0.00	0.00	0.00
	3.693	2-甲基癸烷	0.00	107.10	0.00	0.00
	3.783	3-甲基-癸烷	46.42	0.00	0.00	0.00
	4.203	3-甲基-辛烷	61.90	0.00	0.00	0.00

续表 4

种类	保留时间/ min	名称	含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)			
			ILU	BI	BS	WH
烷烃类	4.320	3,8-二甲基-十一烷	61.90	0.00	0.00	0.00
	4.388	3,7-二甲基-癸烷	15.47	0.00	0.00	0.00
	5.111	4-甲基-十二烷	15.47	0.00	0.00	0.00
	5.195	2,2,3,3,5,6,6-庚甲基-庚烷	0.00	0.00	0.00	111.50
	5.305	3-甲基-十一烷	201.17	23.80	99.59	0.00
	5.915	十二烷	2 336.69	178.50	398.37	133.80
	6.857	7-亚丙基双环[4.1.0]庚烷	77.37	0.00	0.00	0.00
	6.944	二甲氧基二甲基硅烷	711.84	428.40	0.00	278.75
	7.386	十六烷	0.00	0.00	0.00	44.60
	7.397	十三烷	0.00	71.40	66.40	0.00
	7.398	6-甲基-十六烷	30.95	0.00	0.00	0.00
	9.060	十四烷	92.85	59.50	77.46	66.90
	9.836	2,6,10-三甲基十三烷	0.00	226.10	121.73	178.40
	11.025	2-甲基四烷	46.42	0.00	0.00	0.00
	11.026	十五烷	0.00	214.20	210.25	122.65
	12.488	3-甲基-十五烷	30.95	11.90	11.07	0.00
	13.269	2,6,10-三甲基-十五烷	0.00	0.00	22.13	0.00
	15.074	2,6,10,14-四甲基-十五烷	6 932.70	2 986.92	6 418.23	5 597.28
	15.323	3,3,5-三乙氧基-1,1,1,7,7-六甲基-5-(三甲基硅氧基)四硅氧烷	46.42	23.80	22.13	44.60
	18.121	2-甲基十八烷	15.47	0.00	0.00	0.00
	20.132	1,1,1,3,5,7,9,11,11,11-十甲基-5-(三甲基硅氧基)六硅氧烷	15.47	11.90	11.07	22.30
	21.225	3-异丙氧基-1,1,1,7,7-六甲基-3,5,5-三(三甲基硅氧基)四硅氧烷	15.47	11.90	0.00	33.45
	21.225	3-异丙氧基-1,1,1,7,7-六甲基-3,5,5-三(三甲基硅氧基)四硅氧烷	15.47	0.00	0.00	0.00
	23.281	3-乙氧基-1,1,1,7,7-六甲基-3,5,5-三(三甲基硅氧基)四硅氧烷	15.47	0.00	0.00	11.15
	27.087	1,1,3,3,5,5,7,9,9,11,11,13,13,15-十六甲基-八硅氧烷	15.47	0.00	0.00	0.00
	27.666	十六甲基七硅氧烷	46.42	11.90	0.00	22.30
	34.507	4-七氟丁基氧正癸烷	15.47	0.00	0.00	0.00
烯类	4.215	1,3-顺式,5-顺式-辛三烯	0.00	119.00	0.00	0.00
	4.425	1,3,6-辛三烯	0.00	23.80	0.00	0.00
	5.018	3,4-二甲基-1-癸烯	0.00	35.70	0.00	0.00
	5.730	D-柠檬烯	0.00	35.70	33.20	0.00
	6.102	(Z)-1,4,9-癸三烯	154.75	0.00	0.00	0.00
	6.543	苯乙烯	0.00	178.50	88.53	122.65
	10.464	3,5,5-三甲基-2-己烯	154.75	130.90	44.26	78.05
	12.850	10s,11s-喜马偕拉-3(12),4-二烯	0.00	11.90	0.00	11.15
	17.225	3,7,11,15-四甲基-2-十六烯	0.00	0.00	22.13	0.00
	22.491	新植二烯	0.00	0.00	11.07	0.00
	35.421	角鲨烯	46.42	0.00	0.00	0.00

续表 4

种类	保留时间/ min	名称	含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)			
			ILU	BI	BS	WH
芳香烃类	3.394	甲苯	2 352.17	1 249.51	1 195.12	1 884.34
	4.693	对二甲苯	170.22	59.50	0.00	211.85
	4.485	乙苯	0.00	35.70	0.00	33.45
	4.827	1,3-二甲基-苯	61.90	95.20	11.07	55.75
	5.354	邻二甲苯	46.42	83.30	0.00	0.00
	6.105	1-乙基-2-甲基-苯	0.00	35.70	0.00	0.00
	6.835	1,2,3-三甲基-苯	0.00	0.00	0.00	11.15
炔烃类	14.842	1-十二烯-3-炔	0.00	95.20	0.00	66.90
	18.612	3-十二炔	0.00	23.80	0.00	11.15
酸类	6.942	苯甲酰甲酸	0.00	0.00	320.91	0.00
	9.650	醋酸	123.80	0.00	0.00	0.00
	18.732	己酸	1 268.93	119.00	0.00	0.00
	32.281	(Z,Z)-9,12-十八碳二烯酸	15.47	0.00	0.00	0.00
	32.970	十三烷酸	15.47	0.00	0.00	0.00
	34.115	十四酸	804.69	95.20	99.59	122.65
	34.619	Z-7-十四烯酸	92.85	0.00	0.00	0.00
	35.340	十五烷酸	15.47	0.00	0.00	0.00
	36.744	正十六酸	170.22	59.50	66.40	234.15
醛类	37.270	棕榈烯酸	294.02	0.00	0.00	0.00
	3.952	己醛	139.27	83.30	66.40	66.90
	5.516	庚醛	92.85	0.00	88.53	100.35
	7.072	辛醛	77.37	154.70	132.79	100.35
	8.754	壬醛	247.60	452.20	553.30	479.45
	10.750	癸醛	92.85	59.50	66.40	100.35
	10.990	苯甲醛	77.37	0.00	0.00	0.00
	13.055	十三醛	0.00	0.00	11.07	0.00
酮类	7.590	2-甲基-3-辛酮	15.47	0.00	0.00	0.00
	8.667	2-壬酮	15.47	0.00	0.00	0.00
	12.073	3,5-辛二烯-2-酮	15.47	11.90	0.00	0.00
	12.918	2-十一烷酮	0.00	35.70	0.00	22.30
	18.957	6,10-二甲基-(E)-5,9-十一二烯-2-酮	0.00	0.00	11.07	0.00
	24.630	4-羟基-5-甲基-3(2H)-呋喃酮	30.95	47.60	0.00	0.00
含氮化合物	6.430	2,6-二甲基吡啶	0.00	345.10	309.85	211.85
	7.649	2,4-二甲基-吡啶	603.52	868.70	863.14	858.55
	8.303	2,4,6-三甲基吡啶	58 726.80	58 726.80	58 726.80	58 726.80
	8.494	2,3,6-三甲基-吡啶	882.06	1 261.41	1 438.57	1 371.44
	8.869	3,5-二甲基-吡啶	0.00	71.40	88.53	89.20
	12.699	苯甲腈	46.42	59.50	44.26	55.75
	21.092	异噻啉	30.95	35.70	44.26	33.45
其他类	10.698	苯并呋喃	61.90	59.50	77.46	78.05
	12.854	(4aR,8aS)-4a-甲基-1-亚甲基-7-(2-亚丙基)十氢萘	0.00	0.00	22.13	0.00
	22.230	苯酚	15.47	0.00	0.00	0.00

表 5 4 种品牌银鲑鱼的挥发性物质种类及含量

Table 5 Types and absolute contents of volatile substances of four different brands of silver cod

种类	ILU		BI		BS		WH	
	数量	含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	数量	含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	数量	含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	数量	含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)
醇类	12	65 659.51	11	48 766.45	10	37 945.01	11	38 623.44
酯类	17	11 110.89	6	1 082.90	5	575.42	3	1 014.65
烷烃	24	11 064.47	14	4 367.32	13	7 668.68	14	6 712.27
烯烃类	3	355.92	7	535.50	5	199.19	3	211.85
芳香烃类	4	2 630.71	6	1 558.91	2	1 206.18	5	2 196.54
炔烃类	0	0.00	2	119.00	0	0.00	2	78.05
酸类	9	2 800.94	3	273.70	3	486.90	2	356.80
醛类	6	727.31	4	749.70	6	918.47	5	847.40
酮类	4	77.37	3	95.20	1	11.07	1	22.30
含氮化合物	4	1 562.95	6	2 546.61	6	2 700.08	6	2 531.04
其他类	2	77.37	1	59.50	2	99.59	1	78.05
总计	85	96 067.45	63	60 250.01	53	51 899.13	53	52 761.58

BS、WH 中的含量分别为 30.95、23.80、33.20、44.60 $\mu\text{g/g}$ 。1-戊烯-3-醇仅在 BI 与 BS 的银鲑鱼中检出，其含量分别为 83.30、33.20 $\mu\text{g/g}$ ，具有水果香气，可以给银鲑鱼带来较好的风味^[16]。在 ILU、BI、BS、WH 4 种品牌银鲑鱼中检出的乙醇含量分别为 32 146.73、47 314.64、36 805.23、36 895.19 $\mu\text{g/g}$ ，远高于烯醇，而银鲑鱼中挥发性物质的含量与其风味特征之间并没有直接关系，银鲑鱼的风味主要由醛类和烯醇组成，乙醇等饱和醇对银鲑鱼的风味贡献比较小^[17]。因此，醇类对银鲑鱼的风味贡献并不大。

2.4.2 酮、醛、酸类物质 酮、醛、酸类物质具有浓郁原生的香味，ILU、BI、BS、WH 4 种品牌银鲑鱼中酮类物质含量分别为 77.37、95.20、11.07、22.30 $\mu\text{g/g}$ ，醛类物质含量分别为 727.31、749.70、918.47、847.40 $\mu\text{g/g}$ ，酸类物质含量分别为 2 800.94、273.70、486.90、356.80 $\mu\text{g/g}$ 。4 种品牌的银鲑鱼中酮、醛、酸类物质含量并不高，但其阈值比较低，对银鲑鱼的整体气味贡献较醇类的大^[14]。银鲑鱼具有的挥发性醛类和酮类是其体内腥味物质的主要来源^[17-18]。酸类物质在 ILU 银鲑鱼中有较高的含量，在其他 3 种品牌的银鲑鱼中含量比较低。酸类物质具有刺激性气味，一般只起到调和风味的作用^[19]。

酮类物质一般具有甜的花香和果香风味^[15]。3,5-辛二烯-2-酮仅在 ILU 与 BI 的银鲑鱼中检出，其含量分别为 15.47、11.90 $\mu\text{g/g}$ ，为银鲑鱼腥味作出重要贡献^[20]。ILU、BI、BS、WH 4 种品牌的银鲑鱼中被检出的辛醛、己醛、壬醛、癸醛等饱和直链醛类，通常呈现辛辣和刺激性气味特征，可能对于银鲑鱼的香气具有重要的贡献。在 ILU、BI、BS、WH 4 种品牌的银鲑鱼中己醛含量分别为 139.27、83.30、66.40、66.90 $\mu\text{g/g}$ ，是亚油酸氧化的基本产物，具有强烈的青香、蔬菜和水果香气；壬醛含量分别为

247.60、452.20、553.30、479.45 $\mu\text{g/g}$ ，具有强烈的脂肪气息，释放时具有橙子及玫瑰香调^[12]；癸醛含量分别为 92.85、59.50、66.40、100.35 $\mu\text{g/g}$ ，具有甜的醛香和柑桔香气，其阈值很低，对银鲑鱼风味的贡献较大^[14]。在 ILU、BS、WH 3 种品牌银鲑鱼中检出的庚醛含量分别为 92.85、88.53、100.35 $\mu\text{g/g}$ ，具有强烈的油脂气息，低浓度具有类似坚果、甜杏的香气^[14]；在 ILU 银鲑鱼中检出的苯甲醛含量仅为 77.37 $\mu\text{g/g}$ ，具有强烈的甜橙气息和类似炒花生的香气^[16]；醛类物质的阈值一般比较低，可以与芳香族化合物等产生重叠的风味效应^[21]，所以醛类物质对银鲑鱼肉香的形成很重要。

2.4.3 烃类物质 烃类物质可能来自于烷基自由基的自氧化或者类胡萝卜素的分解^[22]，一般都有较高的芳香阈值，对银鲑鱼的风味贡献比较小，主要用于提高银鲑鱼的整体风味^[23]。炔烃类和烯烃类物质在一定条件下可以形成酮类和醛类物质，是银鲑鱼腥味物质的潜在来源^[24]。在 ILU、BI、BS、WH 4 种品牌的银鲑鱼挥发性物质中均检出 2,6,10,14-四甲基-十五烷，其含量分别为 6 932.70、2 986.92、6 418.23、5 597.28 $\mu\text{g/g}$ ，可以赋予银鲑鱼清香甜香^[25]；在 ILU、BI、BS、WH 4 种品牌银鲑鱼挥发性物质中检出含有苯环的化合物含量分别为 2 630.71、1 558.91、1 206.18、2 196.54 $\mu\text{g/g}$ ，其含量比较高，这些化合物会导致鱼肉产生异味，可能是从环境中转移到银鲑鱼体内的^[16]，在一定程度上反映 WH 和 ILU 的银鲑鱼其来源环境可能没有其他两种品牌的银鲑鱼好。

2.4.4 酯类物质 酯类物质的来源一般是经发酵或脂质代谢产生的羧酸和醇酯化^[26]。酯类物质的香味具有易感受、散发快、香味清、持久的特点，还可以提高其他风味物质对银鲑鱼风味的贡献^[19]。酯类物质中，4 种品牌的银

鲑鱼中均检出 *N*-羟基苯甲酰亚胺酸甲酯、己酸乙酯和十六酸乙酯,其中 *N*-羟基苯甲酰亚胺酸甲酯和己酸乙酯两种物质含量之和在酯类物质中的占比,ILU、BI、BS、WH 分别为 78.27%,82.42%,82.69%,93.41%,是酯类物质中的主要成分,可以赋予银鲑鱼果香^[15]。

2.4.5 含氮化合物 ILU、BI、BS、WH 4 种品牌的银鲑鱼的含氮化合物含量分别为 1 562.95,2 546.61,2 700.08,2 531.04 $\mu\text{g/g}$,是特征性挥发性物质,吡啶等含氮化合物一般具有烤香、坚果香、肉香^[27],而且吡啶类物质在低浓度时可以提供令人愉快的芳香味^[14]。

2.4.6 其他类物质 ILU、BI、BS、WH 4 种品牌的银鲑鱼中苯并呋喃含量分别为 61.90,59.50,77.46,78.05 $\mu\text{g/g}$,其香气阈值极低,可以为银鲑鱼提供强烈的肉香^[19]。仅在 ILU 的银鲑鱼中检出的苯酚含量为 15.47 $\mu\text{g/g}$,可以为银鲑鱼带来木香、焦香和烟熏香气^[22]。

3 结论

通过对 4 种品牌银鲑鱼的感官质量、白度、质构特性和风味物质等品质的分析发现,BS 的感官得分最高,BI 与 WH 的次之,ILU 的由于肉色偏黄并带有少部分杂质和淤点,因此感官得分和色泽最差,BS 的色泽最好,BI 与 WH 次之;ILU 的硬度和咀嚼性最好,BS 的弹性和内聚性最差。4 种品牌的银鲑鱼共检出 122 种挥发性物质,其中烃类、醇类、酯类含量较高,是鲑鱼的主题风味物质,BI、BS 与 WH 的各类挥发性风味物质的种类和含量均比较接近,ILU 的整体风味明显优于其他 3 种品牌。试验所选择的银鲑鱼仅为市场销量较高的 4 个品牌,下一步应增加检测的市售银鲑鱼品牌,同时结合电子鼻、电子舌等分析检测技术,采集更大量的数据样本,建立银鲑鱼肉风味识别模型和品质识别库,以保障烹饪加工原料的品质,维护消费者的个人健康和利益。

参考文献

- [1] SUMAILA U R, VOLPE J, LIU Y. Potential economic benefits from sablefish farming in British Columbia [J]. Marine Policy, 2007, 31(2): 81-84.
- [2] XIONG X, LISA G, MARIA J, et al. DNA barcoding reveals substitution of Sablefish (*Anoplopoma fimbria*) with Patagonian and Antarctic Toothfish (*Dissostichus eleginoides* and *Dissostichus mawsoni*) in online market in China: How mislabeling opens door to IUU fishing [J]. Food Control, 2016, 70: 380-391.
- [3] 刘长琳, 陈四清, 王有廷, 等. 裸盖鱼 (*Anoplopoma fimbria*) 肌肉的营养成分分析及评价 [J]. 渔业科学进展, 2015, 36(2): 133-139.
- LIU C L, CHEN S Q, WANG Y T, et al. The analysis and evaluation of the nutritive composition of the muscles of sablefish (*Anoplopoma fimbria*) [J]. Progress in Fishery Sciences, 2015, 36(2): 133-139.
- [4] 李栋. 揭秘鲑鱼市场乱象命名混乱缺乏标准 品种不同价差十倍 [J]. 广西质量监督导报, 2016(7): 31-32.
- LI D. Uncover the chaos of the cod market naming confusion lack of standard varieties of different spreads [J]. Guangxi Quality Supervision Report, 2016(7): 31-32.
- [5] 李富威, 张舒亚, 任硕, 等. 鲑鱼成分的实时荧光 PCR 检测方法 [J]. 中国生物工程杂志, 2012, 32(12): 80-85.
- LI F W, ZHANG S Y, REN S, et al. Detection of gadiformes by real-time PCR assay [J]. Chinese Journal of Bioengineering, 2012, 32(12): 80-85.
- [6] 伍尚森, 张娟. 鲑鱼及其制品真伪属性鉴别的调查分析 [J]. 现代食品, 2021(20): 207-209.
- WU S S, ZHANG J. Investigation and analysis of cod fish and its products authentication [J]. Modern Food, 2021(20): 207-209.
- [7] 鲑鱼及其制品中裸盖鱼、油鱼和南极犬牙鱼源性成分检测 BJS 201907 [J]. 中国食品卫生杂志, 2019, 31(2): 105, 115, 158.
- Detection of source components of *Anoplopoma fimbria*, *Lepidocybium flavobrunneum*, *Ruvettus pretiosus* and *Dissostichus eleginoides*, *Dissostichus mawsoni* in cod and its products BJS 201907 [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2019, 31(2): 105, 115, 158.
- [8] 刘春胜, 陈四清, 王有廷, 等. 1~2 龄裸盖鱼形态特征及其相关参数分析 [J]. 渔业现代化, 2015, 42(2): 23-27.
- LIU C S, CHEN S Q, WANG Y T, et al. Analysis on morphological characteristics and related parameters of 1~2 years old naked cod [J]. Fishery Modernization, 2015, 42(2): 23-27.
- [9] 任范伟, 朱兰兰, 周德庆. 秋刀鱼肉质感官评价与质构的相关性分析 [J]. 南方农业学报, 2016, 47(11): 1 932-1 938.
- REN F W, ZHU L L, ZHOU D Q. Correlation between meat quality sensory evaluation and texture of *Cololabis saira* [J]. Journal of Southern Agriculture, 2016, 47(11): 1 932-1 938.
- [10] 唐建华, 张秀南, 何小龙, 等. 加热温度对草鱼肉理化性质、质构与微观结构的影响 [J]. 美食研究, 2020, 37(4): 62-67.
- TANG T H, ZHANG X N, HE X L, et al. Effects of heating temperature on the physical and chemical properties, texture profiles and microstructure of grass carp [J]. Journal of Researches on Dietetic Science and Culture, 2020, 37(4): 62-67.
- [11] 叶繁, 陈康, 陶美洁, 等. 5 种市售鲑鱼肠品质比较及风味分析 [J]. 南方水产科学, 2019, 15(6): 96-105.
- YE F, CHEN K, TAO M J, et al. Comparison of quality and volatile components among five brands of cod sausages [J]. South China Fisheries Science, 2019, 15(6): 96-105.
- [12] 田迪英, 焦慧, 陶崑, 等. 5 种海鱼挥发性风味成分分析 [J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(10): 155-159.
- TIAN D Y, JIAO H, TAO W, et al. Analysis of volatile flavor components of five kinds of marine fish [J]. Food and Fermentation Industries, 2015, 41(10): 155-159.
- [13] 王悦齐, 李春生, 李来好, 等. 基于 GC-MS 联用技术分析传统鱼露发酵过程中挥发性风味成分和脂肪酸组分变化 [J]. 水产学报, 2018, 42(6): 984-995.
- WANG Y Q, LI C S, LI L H, et al. Analysis of the

- changes of volatile flavor compounds and fatty acids in traditional fish sauce during fermentation by GC-MS[J]. Journal of Fisheries, 2018, 42(6): 984-995.
- [14] 焦慧. 海鱼及其制品挥发性风味的研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2012: 29.
- JIAO H. Study on flavor of seawater fish meat and its products[D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2012: 29.
- [15] 姚芳, 赵延胜, 王海蓝, 等. 银杏果酶解发酵前后风味成分的变化及主成分分析[J]. 现代食品科技, 2021, 37(6): 251-265.
- YAO F, ZHAO Y S, WANG H L, et al. Changes and principal component analysis of flavor components in ginkgo seed before and after enzymolysis-fermentation[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(6): 251-265.
- [16] 蔺佳良, 繆芳芳, 蔡江佳, 等. 中华绒螯蟹不同部位挥发性物质的研究[J]. 核农学报, 2014, 28(2): 259-269.
- LIN J L, MIAO F F, CAI J J, et al. Volatile substances in different parts of female eriocheir sinensis[J]. Journal of Nuclear Agricultural, 2014, 28(2): 259-269.
- [17] 黄骆镡, 黄克, 肖如武. 水产品腥臭物质形成机理的研究进展[J]. 广东化工, 2009, 36(9): 146-150.
- HUANG L L, HUANG K, XIAO R W. Advances on the formational theory of fishy odor for aquatic product[J]. Guangdong Chemical Industry, 2009, 36(9): 146-150.
- [18] 杜国伟, 夏文水. 鲢鱼糜脱腥前后及贮藏过程中挥发性成分的变化[J]. 食品工业科技, 2007(9): 76-80.
- DU G W, XIA W S. Changes of volatile components in silver carp surimi before and after deodorization and during storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2007(9): 76-80.
- [19] 冯杰, 詹晓北, 周朝晖, 等. 两种膜过滤生产的纯生酱油风味物质比较[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 29(1): 33-39.
- FENG J, ZHAN X B, ZHOU Z H, et al. Comparative analysis of flavor compounds in draft soy sauce origin from two different membranes[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2010, 29(1): 33-39.
- [20] 丁媛, 周君, 郑平安, 等. 基于 SPEM-GC-MS 和电子鼻研究温度对毛蚶挥发性物质的影响[J]. 核农学报, 2013, 27(12): 1 873-1 880.
- DING Y, ZHOU J, ZHENG P A, et al. Analysis of flavor compounds of the scapharca subcrenata at different temperatures by SPEM-GC-MS combined with chemical sensors[J]. Journal of Nuclear Agricultural, 2013, 27(12): 1 873-1 880.
- [21] 吴丹. GC/MS 方法研究天然挥发性风味物质[D]. 上海: 复旦大学, 2006: 79.
- WU D. Study on natural volatile flavor compounds by GC/MS[D]. Shanghai: Fudan University, 2006: 79.
- [22] 杨红菊, 乔发东, 马长伟, 等. 脂肪氧化和美拉德反应与肉品风味质量的关系[J]. 肉类研究, 2004(1): 25-28.
- YANG H J, QIAO F D, MA C W, et al. Effect of lipid oxidation and maillard reaction on flavor meat[J]. Meat Research, 2004(1): 25-28.
- [23] EDWARDS R A, ORDONEZ JA, DAINITY R H, et al. Characterization of the headspace volatile compounds of selected Spanish dry fermented sausages[J]. Food Chemistry, 1999, 64(4): 461-465.
- [24] 孙金龙, 师希雄, 岳建伟, 等. 金鲢鱼鱼体不同部位挥发性成分的检测[J]. 食品与发酵科技, 2018, 54(4): 91-96.
- SUN J L, SHI X X, YUE J W, et al. Volatile component analysis of different parts of golden trout[J]. Food and Fermentation Sciences and Technology, 2018, 54(4): 91-96.
- [25] 张娜, 袁信华, 过世东, 等. 中华绒螯蟹挥发性物质的研究[J]. 食品与发酵工业, 2008(3): 141-144.
- ZHANG N, YUAN X H, GUO S D, et al. Study on volatile substances of Chinese mitten crab[J]. Food and Fermentation Industry, 2008(3): 141-144.
- [26] 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.
- YU H F, HE F, ZHOU Z L. Progress in research of flavor of aquatic products[J]. Modern Fisheries Information, 2009, 24(3): 14-16.
- [27] 刘玉平, 陈海涛, 孙宝国. 鱼肉中挥发性成分提取与分析的研究进展[J]. 食品科学, 2009, 30(23): 447-451.
- LIU Y P, CHEN H T, SUN B G. Recent advances in extraction and analysis of volatile components in fish[J]. Food Science, 2009, 30(23): 447-451.

(上接第 54 页)

- [18] AGRESTI A. An introduction to categorical data analysis, 2nd edition[M]. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2007: 24-37.
- [19] GELMAN A, CARLIN J B, STERN H S, et al. Bayesian data analysis[M]. Boca Raton, FL: CRC Press, 2013: 63-78.
- [20] 唐振柱. 广西居民膳食营养与健康状况报告(2010—2015)[M]. 南宁: 广西人民出版社, 2018: 6-12.
- TANG Z Z. Report on dietary nutrition and health status of Guangxi residents (2010—2015)[M]. Nanning: Guangxi People's Publishing House, 2018: 6-12.
- [21] 中国统计出版社. 广西统计年鉴 2021[EB/OL]. (2020-04-15) [2022-07-25]. <http://tjj.gxzf.gov.cn/tjsj/tjnj/material/tjnj20200415/2021/zk/indexch.htm>.
- China Statistics Press. Guangxi Statistical Yearbook 2021[EB/OL]. (2020-04-15) [2022-07-25]. <http://tjj.gxzf.gov.cn/tjsj/tjnj/material/tjnj20200415/2021/zk/indexch.htm>.
- [22] 中国政府网, 新华社. 国务院印发《关于调整城市规模划分标准的通知》[EB/OL]. (2014-11-20) [2022-08-13]. http://www.gov.cn/xinwen/2014-11/20/content_2781156.htm.
- China Government Network, Xinhua News Agency. The State Council printed and distributed the notice on adjusting the criteria for dividing the size of cities[EB/OL]. (2014-11-20) [2022-08-13]. http://www.gov.cn/xinwen/2014-11/20/content_2781156.htm.