

巴沙鱼片和龙利鱼片营养和风味成分对比分析

李运燕¹, 王萍亚², 薛静¹, 何欣³, 赵巧灵², 沈清¹, 陈康^{1*}

(1. 浙江工商大学 海洋食品精深加工关键技术省部共建协同创新中心, 浙江省水产品加工技术研究联合重点实验室, 海洋食品研究院, 浙江 杭州 310012; 2. 舟山市食品药品检验检测研究院, 浙江 舟山 316012; 3. 杭州市农业科学研究院实验中心, 浙江 杭州 310012)

摘要: 为从营养成分和风味物质差异方面研究巴沙鱼片和龙利鱼片的鉴定方法, 该试验对两种鱼片的基本成分、氨基酸组成、脂肪酸、质构、色泽和风味物质进行分析。研究结果表明, 龙利鱼肉相对于巴沙鱼肉蛋白质含量高而脂肪含量低。龙利鱼中风味氨基酸的比例(18.29%)略高于巴沙鱼(15.47%), 表明龙利鱼较美味、食用价值较高。根据测得的脂肪酸结果可知, 龙利鱼中含有更多对健康有益的多不饱和脂肪酸, 其中二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)和二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)总量龙利鱼(19.02%)高于巴沙鱼(2.39%)。通过质构和色差分析发现, 巴沙鱼有更高的硬度和弹性, 但透明度和亮度较低。在风味特征方面, 巴沙鱼风味主体为醛类物质, 具有较浓的土腥味, 而龙利鱼中风味主体为鱼腥物质。该研究结果表明脂肪酸和风味成分可作为巴沙鱼片和龙利鱼片鉴定的潜在指标。

关键词: 巴沙鱼; 龙利鱼; 品种鉴别; 基本成分; 风味物质

Comparative of Nutrition and Flavor Components in *Pangasius bocouti* Fillets and *Cynoglossus semilaevis* Fillets

LI Yunyan¹, WANG Pingya², XUE Jing¹, HE Xin³, ZHAO Qiaoling², SHEN Qing¹, CHEN Kang^{1*}

(1. Collaborative Innovation Center of Seafood Deep Processing, Zhejiang Province Joint Key Laboratory of Aquatic Products Processing, Institute of Seafood, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310012, Zhejiang, China; 2. Zhoushan Institute of Food & Drug Control, Zhoushan 316012, Zhejiang, China; 3. Hangzhou Academy of Agricultural Sciences, Testing Centre, Hangzhou 310012, Zhejiang, China)

Abstract: To study the difference in nutrition and flavor components of *Pangasius bocouti* fillets and *Cynoglossus semilaevis* fillets, the basic composition, amino acid composition, fatty acid, texture, color, and flavor substances were analyzed. The results showed that the flesh of *Cynoglossus semilaevis* had higher protein content and lower fat content than that of *Pangasius bocouti*. The proportion of flavor amino acids in *Cynoglossus semilaevis* (18.29%) was slightly higher than that of *Pangasius bocouti* (15.47%), indicating that *Cynoglossus semilaevis* was more delicious and had higher edibleness. In addition, according to the measurements of fatty acids, *Cynoglossus semilaevis* enjoyed more polyunsaturated fatty acids, which were good for health. Specifically, the total amount of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) in *Cynoglossus semilaevis* (19.02%) was higher than those in *Pangasius bocouti* (2.39%). Through texture and color analysis, it was found that the *Pangasius bocouti* had higher hardness and elastic properties, but lower transparency and brightness. In terms of flavor characteristics, *Pangasius bocouti* mainly presents aldehydes and a strong earthy odor, while *Cynoglossus semilaevis* mainly presents fishy odor. The results of this study showed that fatty acids and flavor components could be used as potential indicators for the identification of *Pangasius bocouti* fillets and *Cynoglossus semilaevis* fillets.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(32172304); 浙江省市场监督管理局“雏鹰计划”培育项目(CY20222322); 杭州市科技发展计划项目(20201203B94)

作者简介: 李运燕(1998—), 女(汉), 硕士研究生, 研究方向: 食品安全。

*通信作者: 陈康(1986—), 男(汉), 助理研究员, 硕士, 研究方向: 水产品质量安全。

Key words: *Pangasius bocouti*; *Cynoglossus semilaevis*; authentication; basic component; flavor substances

引文格式:

李运燕,王萍亚,薛静,等.巴沙鱼片和龙利鱼片营养和风味成分对比分析[J].食品研究与开发,2024,45(3):22-28.

LI Yunyan, WANG Pingya, XUE Jing, et al. Comparative of Nutrition and Flavor Components in *Pangasius bocouti* Fillets and *Cynoglossus semilaevis* Fillets[J]. Food Research and Development, 2024, 45(3): 22-28.

随着居民生活水平的不断提升和消费结构逐步优化和改善,水产品 in 膳食结构中的比重得到了大幅度的增加,需求的持续增长推动水产品总产量的不断提升^[1]。消费市场上水产品的质量安全问题是水产品市场和行业可持续发展的关键。

龙利鱼是一种具有重要商业价值的海水鱼类,因其蛋白质含量高、鱼肉无刺等优质特性而深受消费者喜爱。同时,龙利鱼含有丰富的具有生物活性的多不饱和脂肪酸,广泛存在于大脑、精子、视网膜和神经组织中,具有有效降低人体胆固醇含量、预防心血管疾病、调节人体脂质代谢、抗衰老等生理功能^[2-3]。巴沙鱼是东南亚国家重要的淡水养殖品种,是一种重要的经济淡水鱼类,通常被用作冷冻鱼片出口销售^[4]。巴沙鱼具有生长迅速、个体大、产量高、易饲养、刺少、易加工等诸多优点^[5]。巴沙鱼片肉质、颜色和外观上和龙利鱼非常相似,消费者在购买时经常混淆。目前,国内外对巴沙鱼和龙利鱼鉴别方面的研究并不多。姜鹏飞等^[6]对巴沙鱼和龙利鱼的营养成分和药物残留进行了分析比较,发现两种鱼都是丰富的营养和蛋白来源。Shen 等^[7]将电子手术刀(iKnife)与快速蒸发电离质谱(rapid evaporation ionization mass spectrometry, REIMS)相结合,开发了一种高通量技术,筛选出导致巴沙鱼和龙利鱼脂质组学图谱产生差异的主要贡献离子,用于原位和实时鉴定这两种鱼类。

本研究对巴沙鱼和龙利鱼的基本营养成分、氨基酸、质构、色差和风味进行分析和比较,以期对巴沙鱼片和龙利鱼片的鉴别提供方便快捷的检测方法。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

巴沙鱼、龙利鱼:市售;乙酸镁、浓硫酸、氢氧化钠、氯仿、甲醇、15%三氟化硼-甲醇溶液(均为分析纯):国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

Trace DSQ II 气相色谱-质谱联用仪:美国 Thermo Fisher Scientific 公司;K-360 凯氏定氮仪:瑞士 Buchi 公司;S-433D 全自动氨基酸分析仪:德国 Sykam(赛卡姆)公司;7890A 型气相色谱仪:美国 Agilent 公司;

TMS-PRO 食品物性分析仪:美国 FTC 公司;Color Quest XE 型色差仪:美国 HunterLab 公司。

1.3 方法

1.3.1 基本成分的测定

水分含量参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的直接干燥法测定。

灰分含量参照 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》测定。

粗蛋白含量参照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法测定。

粗脂肪含量参照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中的索氏抽提法测定。

1.3.2 游离氨基酸含量的测定

鱼肉切碎,称取 2.0 g 样品,加入 8.0 mL 水,混合均匀静置 24 h 后离心(10 000×g, 10.0 min)。取 5.0 mL 上清液,加入 5.0 mL 5% 磺基水杨酸混合后 6 000 ×g 离心 10.0 min,吸取 9.0 mL 上清液旋蒸干燥,最后加入 1.0 mL 的柠檬酸钠缓冲液溶解后过 0.22 μm 膜。采用全自动氨基酸分析仪测定游离氨基酸含量。

1.3.3 脂肪酸的测定

鱼肉切碎,采用 Folch 法提取油脂并甲酯化^[8-9]。取 0.2 mL 油脂加入 2.0 mL 0.5 mol/L NaOH-甲醇溶液,混匀后于 65 °C 水浴 30 min。冷却至室温后加入 2.0 mL 15% 三氟化硼-甲醇溶液并摇匀,65 °C 水浴 3 min。冷却后加入 2 mL 正己烷提取,2.0 mL 饱和 NaCl 淋洗取上层,无水 Na₂SO₄ 脱水,0.22 μm 过膜,采用气相色谱法分析脂肪酸组成。

1.3.4 质构和色差的测定

将巴沙鱼和龙利鱼鱼肉切成尺寸为 2 cm×2 cm×1 cm 的矩形,解冻后用滤纸吸干表面水分。采用全质构分析(texture profile analysis, TPA)方法,5 mm 球形探头,穿刺速度 60 mm/min,形变量 70%。选取鱼肉背部位置一致、颜色稳定的部分采用色差仪分析样品中的 L*(亮度)、a*(+a, 红色;-a, 绿色)、b*(+b, 黄色;-b, 蓝色)值。

1.3.5 风味的测定

鱼肉切碎,称取 2.5 g 样品置于顶空进样瓶中,密封后用气相色谱-质谱联用(gas chromatography-mass

spectrometry, GC-MS)测定分析风味物质^[10]。

顶空固相微萃取条件:萃取头为DVB/CAR/PDMS涂层,样品于60℃平衡10 min后,插入萃取头于60℃吸附30 min,取出后进入GC进样口于250℃解吸3 min。

气相色谱条件:TR-35ms(30 m×0.25 mm,0.25 μm);载气为高纯氮;无分流;注射口温度250℃;升温程序:初始温度为40℃,保持3 min后以5℃/min的速度升至90℃,然后以10℃/min的速度升至230℃,保持7 min后降温。

MS条件:传输线温度250℃;探测器温度280℃;电子轰击离子源(electron ionization source, EI)温度为200℃;电子能量70 eV;质量扫描范围为m/z 30~500。

1.3.6 风味成分的确定

采用Xcalibur软件处理图谱,采用NIST 2.0标准图谱(MS)进行对比,获得的化合物分子的正反匹配度均大于800。同时在相同试验条件下,分析C5~C25的正构烷烃出峰时间计算保留指数(retention index, RI)。以MS和RI值结合确定挥发性风味物质的成分。采用相对气味活度值(relative odor active value, ROAV)^[11]评价各成分的香味贡献值。

1.4 数据处理

采用Excel 2013和SPSS 22进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 基本营养成分

巴沙鱼和龙利鱼鱼肉组织中的基本营养成分见表1。

表1 巴沙鱼和龙利鱼鱼肉组织中基本营养成分的组成

Table 1 Basic components in the flesh tissues of *Pangasius bocouti* and *Cynoglossus semilaevis*

样品	粗蛋白 含量/%	粗脂肪 含量/%	水分 含量/%	灰分 含量/%
巴沙鱼	10.84±2.98	1.49±0.45	86.02±3.31	1.40±0.09
龙利鱼	15.89±2.12	0.78±0.37	79.34±5.05	1.22±0.18

由表1可知,虽然巴沙鱼和龙利鱼的各项基本成分有所差异,但差异较小,表明两种鱼类的基本组成非常相似,从基本营养成分方面无法区分两种鱼肉产品。这与淡水鱼和海水鱼的总体基本成分差异相一致^[12-13]。

2.2 游离氨基酸组成的分析和评估

表2为巴沙鱼和龙利鱼的游离氨基酸组成。

由表2可知,巴沙鱼和龙利鱼包含8种必需氨基酸和8种非必需氨基酸。游离氨基酸通常由多肽和蛋白质水解产生,在新鲜鱼肉中含量较低,但其是重要的风味活性物质,巴沙鱼和龙利鱼的总游离氨基酸含量分别为279.25 μg/g和204.25 μg/g,是作为食品滋味的重要组成部分^[14-15]。游离氨基酸根据滋味不同可分为

表2 巴沙鱼和龙利鱼鱼肉组织中氨基酸的组成

Table 2 Amino acids composition in the flesh tissues of *Pangasius bocouti* and *Cynoglossus semilaevis*

滋味	氨基酸名称	游离氨基酸含量/(μg/g)	
		巴沙鱼	龙利鱼
鲜味	天冬氨酸 Asp	2.83	4.21
	谷氨酸 Glu	4.54	6.42
	苏氨酸 Thr	6.96	10.24
甜味	丝氨酸 Ser	6.26	8.18
	甘氨酸 Gly	1.55	4.53
	丙氨酸 Ala	6.55	3.13
苦味	缬氨酸 Val	17.6	8.87
	蛋氨酸 Met	48.62	72.47
	异亮氨酸 Ile	44.68	32.71
	亮氨酸 Leu	12.25	12.22
	苯丙氨酸 Phe	8.90	3.12
	组氨酸 His	4.67	4.29
	赖氨酸 Lys	82.56	4.98
	精氨酸 Arg	6.54	2.72
	酪氨酸 Tyr	10.71	14.59
酸味	胱氨酸 Cys	14.03	11.57
TFAA		279.25	204.25
BFAA		236.53	155.97
(BFAA/TFAA)/%		84.70	76.36
UFAA		7.37	10.63
(UFAA/TFAA)/%		2.64	5.20
SFAA		21.32	26.08
(SFAA/TFAA)/%		7.63	12.77
FFAA		35.08	36.00
(FFAA/TFAA)/%		12.56	17.63

注:TFAA为总游离氨基酸(total free amino acids);BFAA为苦味游离氨基酸(bitter free amino acids);UFAA为鲜味游离氨基酸(umami free amino acids);SFAA为甜味游离氨基酸(sweet free amino acids);FFAA为呈味游离氨基酸(flavored free amino acids)。

苦味、鲜味、甜味、酸味,而谷氨酸、天冬氨酸、苯丙氨酸、丙氨酸、甘氨酸、酪氨酸称为呈味氨基酸^[16]。由表2可知,巴沙鱼的苦味氨基酸含量整体比龙利鱼略高,而龙利鱼的鲜味和甜味氨基酸整体高于巴沙鱼,这表明龙利鱼的肉质较巴沙鱼鲜甜,而巴沙鱼口感较苦。同时,虽然龙利鱼的呈味氨基酸相对含量高于巴沙鱼,但其绝对含量差异较小,这也表明在实际食用时,两种鱼肉的滋味较为接近,消费者无法通过品尝滋味的方式对两种鱼类进行区分。

2.3 脂肪酸的组成分析

鱼类脂质是人类饮食中能量和必需脂肪酸的良好来源^[17]。表3为两种鱼肉脂质中脂肪酸种类和相对含量。

由表3可知,巴沙鱼肉中检出15种脂肪酸,其中

表 3 巴沙鱼和龙利鱼肌肉组织的脂肪酸组成
Table 3 Fatty acid composition of the muscle tissue of *Pangasius bocouti* and *Cynoglossus semilaevis*

脂肪酸种类	相对含量/%	
	巴沙鱼	龙利鱼
C12:0	0.46	-
C13:0	-	3.91
C14:0	3.43	2.26
C15:0	-	1.07
C16:0	31.72	21.99
C17:0	-	1.52
C18:0	7.33	11.54
C22:0	0.90	-
C24:0	0.99	1.04
SFA	44.83	43.33
C14:1	0.15	0.12
C16:1	2.14	11.30
C17:1	-	5.07
C18:1 cis	37.98	0.76
C24:1	-	4.32
MUFA	40.27	21.58
C18:2 cis	9.39	-
C18:3n3	1.36	-
C18:3n6	0.58	-
C20:2	0.73	-
C20:4	-	8.97
C20:3n6	-	3.69
EPA+DHA	2.39	19.02
PUFA	14.45	31.68

注:-表示未检测出;SFA 为饱和脂肪酸(saturated fatty acids);MUFA 为单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acids);EPA 为二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid);DHA 为二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid);PUFA 为多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid)。

包括 6 种饱和脂肪酸、3 种单不饱和脂肪酸和 6 种多不饱和脂肪酸。龙利鱼肉中检出 16 种脂肪酸,包括 7 种饱和脂肪酸、5 种单不饱和脂肪酸和 4 种多不饱和脂肪酸。巴沙鱼和龙利鱼的 SFA 含量较为接近,而 MUFA 和 PUFA 的含量差异较大,巴沙鱼的 MUFA 含量较高,而龙利鱼的 PUFA 含量较高。龙利鱼的 EPA+DHA 相对含量为 19.02%,远远高于巴沙鱼(2.39%)。相关研究表明,多不饱和脂肪酸可以通过减少心律失常、血压、甘油三酯浓度和血小板聚集等风险因素,预防多种疾病的发生,尤其是可以显著降低心血管疾病的发病率^[18-20]。因此,食用龙利鱼产品具有较好地预防心血管疾病的效应,而巴沙鱼则效果较差。巴沙鱼和龙利鱼脂肪酸含量差异最大的为 C18:1 cis,巴沙鱼肉中含量为 37.98% 而龙利鱼中含量为 0.76%。因此,EPA+DHA 含量和 C18:1 cis 可作为区别巴沙鱼和龙

利鱼的潜在脂肪酸组分。

2.4 质构和色差分析

食品的质地和颜色特性是食品的一种重要的感官特性,巴沙鱼和龙利鱼的质构特性如表 4 所示。

表 4 巴沙鱼和龙利鱼的物性参数
Table 4 Physical property of *Pangasius bocouti* and *Cynoglossus semilaevis*

样品	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	硬度/N	弹性/mm	黏性/N	咀嚼性/mJ
巴沙鱼	45.97±0.61	-1.04±0.11	-1.60±0.15	2.39±0.01	2.49±0.09	0.97±0.09	2.47±0.13
龙利鱼	50.36±1.18	1.08±0.12	6.35±0.81	2.08±0.12	1.89±0.25	0.95±0.08	2.11±0.11

研究表明,当鱼肉含有更多结缔组织时硬度会升高,而弹性与蛋白质-脂质和蛋白质-蛋白质之间的相互作用密切相关^[21]。由表 4 可知,巴沙鱼的硬度和弹性都高于龙利鱼,这表明巴沙鱼相对于龙利鱼肉质更为紧密,脂质含量也相对更高,这同基本成分的差异情况相似。巴沙鱼的咀嚼性虽然高于龙利鱼,但差异较小,而黏性也基本相同。

颜色是影响消费者对肉类和肉制品购买决策中的重要标准,肉制品颜色取决于肌红蛋白浓度及其氧化程度,同时也和肉的结构相关^[22]。由表 4 可知,龙利鱼肉相对于巴沙鱼肉偏红黄,颜色也较亮,相对较鲜艳。尽管巴沙鱼和龙利鱼的色泽有所差异,但以人眼观察差异较小,难以体现显著差异。

2.5 风味物质的分析

挥发性风味化合物是水产品的典型特征之一,也是影响消费者接受度的重要因素。研究水产品中挥发性风味物质的组成,对于评价水产品的质量,指导水产品的深加工具有重要的现实意义^[23]。表 5 为巴沙鱼和龙利鱼鱼肉中检测出挥发性成分的名称及相对含量。

表 5 巴沙鱼和龙利鱼的挥发性成分和相对含量
Table 5 Volatile components and their contents of *Pangasius bocouti* and *Cynoglossus semilaevis*

化合物种类	挥发性化合物	%	
		巴沙鱼	龙利鱼
醛类	壬醛	22.15	5.84
	己醛	10.24	11.14
	癸醛	5.05	1.70
	庚醛	4.97	2.71
	苯乙醛	3.65	-
	苯甲醛	2.81	4.87
	辛醛	1.89	2.48
	戊醛	0.84	0.93
	醛类总含量	51.60	29.67

续表 5 巴沙鱼和龙利鱼的挥发性成分和相对含量

Continue table 5 Volatile components and their contents of *Pangasius bocouti* and *Cynoglossus semilaevis*

化合物种类	挥发性化合物	巴沙鱼	龙利鱼
醇类	1-辛烯-3-醇	0.57	22.40
	(R)-(-)-2-氨基-1-丙醇	0.53	-
	叔十六硫醇	0.40	-
	1-戊烯-3-醇	-	4.29
醇类总含量		1.50	26.69
酮类	2-庚酮	2.02	3.71
	2,3-辛二酮	1.76	-
	2-壬酮	0.97	-
	2-辛酮	0.57	0.46
	2-十三酮	-	0.46
	2-戊酮	-	1.28
	2,3-戊二酮	-	1.04
	3-辛酮	-	2.13
	2-癸酮	-	0.35
		5.32	9.44
酮类总含量		5.32	9.44
烃类	苯乙烯	5.32	4.45
	乙苯	3.34	2.13
	甲苯	2.11	2.36
	正二十七烷	1.71	-
	十四烷	1.49	-
	4-异丙基甲苯	1.10	-
	十三烷	0.92	-
	萘	0.75	13.50
	癸烷	0.44	-
	邻二甲苯	-	1.70
其它化合物	对二甲苯	-	4.06
		17.18	28.20
	N-甲基牛磺酸	12.40	-
	3-环己烯-1-腈	9.36	-
	dl-丙氨酸	1.63	-
	邻苯二甲酸二正丁酯	1.01	-
	反式-13-十八烯酸	-	0.19
	正己酸乙烯酯	-	5.80
		24.40	5.99
	其它化合物总含量	24.40	5.99

注:-表示未检测出。

由表 5 可知,醛、醇、酮、烯烃等化合物相对含量的差异共同构成了巴沙鱼和龙利鱼的不同风味。巴沙鱼中检测到 28 种挥发性物质,包括醛类 8 种、醇类 3 种、酮类 4 种、烃类 9 种以及其它类 4 种。在龙利鱼中检测到 24 种挥发性物质,包括醛类 7 种、醇类 2 种、酮类 7 种、烯烃类 6 种以及其它类 2 种。

巴沙鱼和龙利鱼鱼肉中挥发性成分基本相同,主要为醛类、醇类、酮类和烃类。其中,醛类化合物在巴沙鱼和龙利鱼中占比最大。醛类化合物是鱼肉中不良

风味的主要组成部分,其主要来源于脂质氧化降解和氨基酸降解^[24]。醛类化合物的感觉阈值较低,因此对整体风味影响有重要作用,当含量较低时,呈现出淡淡的香气和坚果香气,而含量较高时,呈现出有刺鼻的气味或鱼腥味^[25]。巴沙鱼属于淡水鱼,淡水鱼中腥味物质的主要来源为低分子量的 C4-C7 类醛类物质,壬醛、辛醛和戊醛等长链醛类物质被认为是水产品中重要的腥味来源^[26]。由表 5 可知,巴沙鱼中壬醛的相对含量为 22.15%,远高于龙利鱼中壬醛的含量(5.84%),同时巴沙鱼中的醛类总量(51.60%)远远高于龙利鱼(29.67%),表明巴沙鱼具有更浓郁的腥味,因此腥味的醛类物质可作为鉴别巴沙鱼肉和龙利鱼肉的重要依据。巴沙鱼中醇类物质含量(1.50%)低于龙利鱼中醇类化合物含量(26.69%)。鱼肉中的醇类化合物是由多不饱和脂肪酸发生氧化降解产生,其中不饱和醇类的感觉阈值更低,其特征气味一般表现为蘑菇味、金属味,对鱼肉香味的形成有一定作用^[27]。1-戊烯-3-醇是鱼油中重要的不饱和醇类化合物,普遍存在于淡水鱼和海水鱼的挥发性物质中,可作为评价鱼油氧化程度的参考化合物,且具有鱼腥味等特征风味^[28-30]。酮类化合物是在不饱和脂肪酸与脂肪氧化酶作用下产生的。巴沙鱼和龙利鱼中酮类化合物含量并不高,差异不大,其感觉阈值较低,对鱼的整体风味有增强作用^[31]。酮类化合物多表现为鱼腥味、油脂味和花香味等。巴沙鱼中烃类总含量(17.18%)低于龙利鱼(28.20%)。烃类化合物大部分是由烷基自由基的自氧化作用产生,是鱼油中含量最高的挥发性物质。挥发性物质的风味特征与其相对含量没有直接关系,总体风味的贡献度需要结合相对含量和感觉阈值共同分析,进一步确定巴沙鱼和龙利鱼的主体风味成分,通过查询文献将可知阈值的组分与相对含量进行 ROAV 计算^[32-34],研究巴沙鱼与龙利鱼的整体风味情况,结果如表 6 所示。

表 6 巴沙鱼和龙利鱼挥发性成分的感觉阈值和 ROAV

Table 6 Threshold and ROAV of the volatile components in *Pangasius bocouti* and *Cynoglossus semilaevis*

化合物种类	挥发性化合物	阈值/ ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	风味描述	ROAV/%	
				巴沙鱼	龙利鱼
醛类	壬醛	0.10	油脂味、青草味	100.00	26.08
	己醛	0.45	鱼腥味、青草味	10.27	11.05
	癸醛	0.20	蜡香、脂肪香	11.40	3.81
	庚醛	0.30	鱼腥味、鱼干味	7.48	4.03
	苯乙醛	0.40	花香、玫瑰香	4.12	-

续表 6 巴沙鱼和龙利鱼挥发性成分的感觉阈值和 ROAV
Continue table 6 Threshold and ROAV of the volatile components in *Pangasius bocouti* and *Cynoglossus semilaevis*

化合物种类	挥发性化合物	阈值/ ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	风味描述	ROAV/%	
				巴沙鱼	龙利鱼
	苯甲醛	0.30	苦杏仁	4.24	7.26
	辛醛	0.07	油脂味、青草味	12.21	15.81
	戊醛	2.00	果香、面包香	0.19	0.21
醇类	1-辛烯-3-醇	0.10	蘑菇香、泥土味	2.58	100.00
	1-戊烯-3-醇	40.00	鱼腥味	-	0.05
酮类	2-庚酮	14.00	奶酪味、中药味	0.07	0.12
	2-壬酮	0.50	皂香、花香	0.87	-
烃类	苯乙烯	73.00	树脂、花香	0.03	0.03
	乙苯	2.90	芳香味	0.52	0.33
	萘	6.00	香辛味、烟味	0.06	1.00
	对二甲苯	45.00	油味、天竺葵香	-	0.04

注:-表示未检测出。

由表 6 可知,巴沙鱼的主体风味成分由醛类组成,主要风味贡献者[壬醛(100.00%)、辛醛(12.21%)、癸醛(11.40%)]均呈现脂肪味和青草味,这与巴沙鱼脂肪含量较高有关。龙利鱼的主体风味成分由 1-辛烯-3-醇(100.00%)、壬醛(26.08%)、辛醛(15.81%)组成,1-辛烯-3-醇在水产品中广泛存在,主要呈现鱼腥味^[35]。主体风味成分表明巴沙鱼具有较重的脂肪味和青草味,而龙利鱼鱼腥味较重,这与巴沙鱼解冻后具有较重的土腥味相一致。从挥发性成分的相对含量和主体风味成分可知,巴沙鱼和龙利鱼的具有明显的差异,可以作为区分两种鱼的依据,具有进一步研究的价值。

3 讨论与结论

巴沙鱼和龙利鱼的基本成分略有差异,同时两者的肉质相近、色泽相似。巴沙鱼的苦味氨基酸含量比龙利鱼略高,鲜味和甜味氨基酸低于龙利鱼。虽然巴沙鱼呈味氨基酸相对含量低于龙利鱼,但其绝对含量差异较小,表明 2 种鱼肉的滋味较为接近。由于巴沙鱼和龙利鱼肉质相近、滋味相似,消费者很难通过简单的感官方式对两种鱼类进行区分。龙利鱼 EPA+DHA 含量远远高于巴沙鱼,具有更高的营养价值。龙利鱼和巴沙鱼中 EPA+DHA 含量和 C18:1 cis 差异较大,可作为区别巴沙鱼和龙利鱼的潜在脂肪酸组分,值得进一步的研究和应用。在巴沙鱼中检测到 28 种挥发性物质,在龙利鱼中检测到 24 种挥发性物质,包括醛

类 8 种、醇类 4 种、酮类 9 种、烃类 11 种以及其它类 6 种。从挥发性成分的相对含量和主体风味成分可知,巴沙鱼和龙利鱼的具有明显的差异。龙利鱼和巴沙鱼中 EPA+DHA 含量和 C18:1 cis 差异较大,并且主体风味分别为鱼腥味和土腥味,具有明显差异,可作为区别巴沙鱼和龙利鱼的研究对象。研究表明,巴沙鱼和龙利鱼肉质和口感相似,而脂肪酸和风味成分可作为两者区分的潜在指标,有待进一步研究。

参考文献:

[1] 刘玉,刘彦随,陈玉福,等.京津冀都市圈城乡复合型农业发展战略[J]. 中国农业资源与区划, 2010, 31(4): 1-6.
LIU Yu, LIU Yansui, CHEN Yufu, et al. Urban-rural agriculture development strategy of urban circle around beijing-tianjin-hebei [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2010, 31(4): 1-6.

[2] 肖玫,欧志强.深海鱼油中两种脂肪酸(EPA 和 DHA)的生理功效及机理的研究进展[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 522-526.
XIAO Mei, OU Zhiqiang. Research progress of the physiological function and mechanism of two kinds of fatty acid (EPA and DHA) in the fish oil of deep sea[J]. Food Science, 2005, 26(8): 522-526.

[3] 郭玉华,李钰金.水产品中 EPA 和 DHA 的研究进展[J]. 肉类研究, 2011, 25(1): 82-86.
GUO Yuhua, LI Yujin. Research poggess of EPA and DHA from aatic[J]. Meat Research, 2011, 25(1): 82-86.

[4] CACOT P, LEGENDRE M, DAN T Q, et al. Induced ovulation of *Pangasius bocourti* (Sauvage, 1880) with a progressive HCG treatment[J]. Aquaculture, 2002, 213(1/4): 199-206.

[5] 沈校,龚明,邹峥嵘,等.巴沙鱼胶原蛋白的提取、组成及变性温度研究[J]. 中国海洋药物, 2017, 36(4): 41-46.
SHEN Xiao, GONG Ming, ZOU Zhengrong, et al. Study on extraction, composition and denaturation temperature of collagen from *Pangasius haniltoa* skin[J]. Chinese Journal of Marine Drugs, 2017, 36(4): 41-46.

[6] 姜鹏飞,郭敏强,祁立波,等.巴沙鱼与龙利鱼肌肉中营养成分分析及安全性评价[J]. 大连工业大学学报, 2018, 37(5): 340-344.
JIANG Pengfei, GUO Minqiang, QI Libo, et al. The nutrients analysis and safety evaluation in muscles of *Pangasius bocouti* and *Cynoglossus robustus*[J]. Journal of Dalian Polytechnic University, 2018, 37(5): 340-344.

[7] SHEN Q, LU W B, CUI Y W, et al. Detection of fish frauds (basa catfish and sole fish) via iKnife rapid evaporative ionization mass spectrometry: An *in situ* and real-time analytical method[J]. Food Control, 2022, 142: 109248.

[8] 徐祖东,戴志远,陈康,等.3 种即食鱼豆腐营养成分分析及凝胶性能评价[J]. 食品科学, 2017, 38(18): 93-98.
XU Zudong, DAI Zhiyuan, CHEN Kang, et al. Nutritional components and gelling properties of three brands of commercial ready-to-eat fish tofu[J]. Food Science, 2017, 38(18): 93-98.

[9] FOLCH J, LEES M, SLOANE STANLEY G H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues[J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 226(1): 497-509.

[10] 张蒙娜,宋恭帅,彭茜,等.精制沙丁鱼油品质及挥发性风味成分分析[J]. 中国油脂, 2018, 43(4): 48-52.
ZHANG Mengna, SONG Gongshuai, PENG Xi, et al. Quality and volatile flavor components of refined sardine oil[J]. China Oils and Fats, 2018, 43(4): 48-52.

[11] 王珏,林亚楠,马旭婷,等.鲈鱼干制过程中风味物质及风味活

- 性物质分析[J]. 中国食品学报, 2019, 19(9): 269-278.
- WANG Jue, LIN Yanan, MA Xuting, et al. Analysis of volatile compounds and odor-active compounds in dried mackerel[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(9): 269-278.
- [12] 刘芳芳, 杨少玲, 林婉玲, 等. 七种海水鱼背部肌肉营养成分及矿物元素分布与健康评价[J]. 水产学报, 2019, 43(11): 2413-2423.
- LIU Fangfang, YANG Shaoling, LIN Wanling, et al. Nutritional components and mineral element distribution and health evaluation of back muscle of seven marine fishes[J]. Journal of Fisheries of China, 2019, 43(11): 2413-2423.
- [13] 王玉林, 林婉玲, 李来好, 等. 4目13种淡水鱼肌肉基本营养成分分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(11): 277-283.
- WANG Yulin, LIN Wanling, LI Laihao, et al. Basic nutrient composition analysis of freshwater fish muscles based on four orders and thirteen species[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(11): 277-283.
- [14] 黄百祺, 黄创成, 吴巨贤, 等. 4种龟肉酶解液的氨基酸及呈味特性比较[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(8): 12-17.
- HUANG Baiqi, HUANG Chuangcheng, WU Juxian, et al. Comparison of amino acids and taste characteristics in four kinds of Emydidae meat enzymatic hydrolysate[J]. Food Research and Development, 2021, 42(8): 12-17.
- [15] ARMENTEROS M, ARISTOY M C, BARAT J M, et al. Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts[J]. Meat Science, 2012, 90(2): 361-367.
- [16] BELITZ H D, GROSCH W, SCHIEBERLE P. Food chemistry[M]. 3rd ed. Berlin: Springer, 2004.
- [17] PAL J, SHUKLA B N, MAURYA A K, et al. A review on role of fish in human nutrition with special emphasis to essential fatty acid[J]. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 2018, 6(2): 427-430.
- [18] CALDER P C. Marine omega-3 fatty acids and inflammatory processes: Effects, mechanisms and clinical relevance[J]. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids, 2015, 1851(4): 469-484.
- [19] WATANABE Y, TATSUNO I. Omega-3 polyunsaturated fatty acids for cardiovascular diseases: Present, past and future[J]. Expert Review of Clinical Pharmacology, 2017, 10(8): 865-873.
- [20] ZIRPOLI H, CHANG C L, CARPENTIER Y A, et al. Novel approaches for Omega-3 fatty acid therapeutics: Chronic versus acute administration to protect heart, brain, and spinal cord[J]. Annual Review of Nutrition, 2020, 40: 161-187.
- [21] YU X N, LI L Q, WANG H H, et al. Lipidomics study of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and salmon (*Oncorhynchus tshawytscha* and *Salmo salar*) using hydrophilic interaction chromatography and mass spectrometry[J]. LWT - Food Science and Technology, 2020, 121: 108988.
- [22] DE HUIDOBRO F R, MIGUEL E, BLÁZQUEZ B, et al. A comparison between two methods (Warner - Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat[J]. Meat Science, 2005, 69(3): 527-536.
- [23] 杨昭, 梁瑞进, 何春兰, 等. 牡蛎挥发性风味成分研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(11): 196-203.
- YANG Zhao, LIANG Ruijin, HE Chunlan, et al. Progress in characterizing the volatile flavor components of oyster products[J]. Food Research and Development, 2021, 42(11): 196-203.
- [24] FENG L, TANG N C, LIU R J, et al. The relationship between flavor formation, lipid metabolism, and microorganisms in fermented fish products[J]. Food & Function, 2021, 12(13): 5685-5702.
- [25] JIMÉNEZ-MARTÍN E, GHARSALLAOUI A, PÉREZ-PALACIOS T, et al. Volatile compounds and physicochemical characteristics during storage of microcapsules from different fish oil emulsions[J]. Food and Bioprocess Processing, 2015, 96: 52-64.
- [26] 曹静, 张凤桦, 杨欣怡, 等. 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用分析养殖长吻鲢肌肉挥发性风味成分[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(7): 160-165.
- CAO Jing, ZHANG Fengping, YANG Xinyi, et al. Determination of volatile flavor components of *Leiocassis longirostris* muscle by head space solid phase micro-extraction and gas chromatography-mass spectrometry[J]. Food and Fermentation Industries, 2015, 41(7): 160-165.
- [27] ALASALVAR C, ANTHONY TAYLOR K D, SHAHIDI F. Comparison of volatiles of cultured and wild sea bream (*Sparus aurata*) during storage in ice by dynamic headspace analysis/gas chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(7): 2616-2622.
- [28] 朱文慧, 宦海珍, 步营, 等. 不同解冻方式对秘鲁鲑鱼肌肉品质和风味特性的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(18): 84-89.
- ZHU Wenhui, HUAN Haizhen, BU Ying, et al. Effects of different thawing methods on quality and flavor characteristics of *Dosidicus gigas*[J]. Food Research and Development, 2019, 40(18): 84-89.
- [29] 宋恭帅, 张蒙娜, 俞喜娜, 等. 5种提取方法对甲鱼油品质的影响[J]. 核农学报, 2019, 33(9): 1789-1799.
- SONG Gongshuai, ZHANG Mengna, YU Xina, et al. Effects of five extraction methods on the quality of turtle oil[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2019, 33(9): 1789-1799.
- [30] LU F S H, BRUHEIM I, HAUGSGJERD B O, et al. Effect of temperature towards lipid oxidation and non-enzymatic browning reactions in krill oil upon storage[J]. Food Chemistry, 2014, 157: 398-407.
- [31] 宿小杰, 王珊珊, 崔青曼, 等. 不同蛋白酶对红鳍笛鲷鱼排酶解液风味影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(21): 29-35.
- SU Xiaojie, WANG Shanshan, CUI Qingman, et al. Effect of different proteases on the flavor of enzymatic hydrolysate of crimson snapper frame[J]. Food Research and Development, 2021, 42(21): 29-35.
- [32] BHATHENA S, BERLIN E, JUDD J, et al. Effects of ω 3 fatty acids and vitamin E on hormones involved in carbohydrate and lipid metabolism in men[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1991, 54(4): 684-688.
- [33] 王雪峰. 低盐高水分草鱼的风味品质变化研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2015.
- WANG Xuefeng. Study on flavor and quality variation during process of dried grass carp with low-salt and high-water content[D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2015.
- [34] 翁丽萍. 养殖大黄鱼和野生大黄鱼风味的研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2012.
- WENG Liping. Research on flavor of breeding large yellow croaker and wild large yellow croaker[D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2012.
- [35] 马旭婷. 两种金枪鱼罐头加工中营养和风味变化研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2017.
- MA Xuting. Study on the changes in nutrition and flavor of two kinds of tunas during canned processing[D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2017.

责任编辑:张璐
收稿日期:2022-10-18