

新鲜带鱼营养成分及风味物质的研究

揭 珍, 徐大伦*, 杨文鸽

(宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 通过测定新鲜带鱼肌肉的一般营养成分、脂肪酸组成、游离氨基酸、挥发性风味成分, 分析了带鱼的营养及风味特性。结果表明: 带鱼肌肉中不饱和脂肪酸占脂肪酸总质量的 60.57%, 其中多不饱和脂肪酸占 31.98%, DHA(二十二碳六烯酸)和 EPA(二十碳五烯酸)含量较高; 带鱼肌肉中游离氨基酸以赖氨酸、组氨酸和丙氨酸为主, 质量分数分别为 1.02、0.35、0.28 g/kg; 带鱼肌肉中共检测出 38 种挥发性化合物, 其中主要以三甲胺和醇类化合物相对含量较高, 是构成带鱼腥味的主要物质。

关键词: 带鱼; 营养成分; 风味物质; 气质联用

中图分类号: TS 254.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2016)11—1201—05

Analysis of Nutritional and Flavor Components in the Fresh *Trichiurus lepturus* Muscle

JIE Zhen, XU Dalun*, YANG Wenge

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

Abstract: To characterize the nutritional and flavor components of the vinasse hairtail, general nutrients, total fatty acids, free amino acids and volatiles in the muscle of fresh hairtail were determined by GC-MS. Results showed that unsaturated fatty acids and polyunsaturated acids accounted for 60.57% and 31.98% in the total fatty acids, respectively, and the muscle was abundant in DHA and EPA. The free amino acids mainly included lysine, histidine and alanine with their contents being 1.02, 0.35 g/kg and 0.28 g/kg, respectively. Among 38 volatiles trimethylamine and alcohol compounds had the highest percentages, which contributed largely to the fishy odor.

Keywords: *Trichiurus lepturus*, nutritional composition, flavor substance, GC-MS

带鱼(*Trichiurus lepturus*)又叫刀鱼、牙带鱼, 属硬骨鱼纲鲈形目带鱼科, 是中国著名大宗海产鱼类之一, 年产量近百万吨。带鱼具有较高的营养保健价值, 其脂肪含量高于一般鱼类, 且多为不饱和脂肪酸, 具有降低胆固醇的作用; 带鱼全身的鳞和银白色油脂层中还含有一种抗癌成分 6-硫代鸟嘌呤;

经常食用带鱼, 具有补益五脏的功效。

目前, 国内外关于带鱼及其加工制品的研究报道较多。娄永江等^[1]对单冻带鱼的保鲜技术进行了研究; 陈丽娇等^[2]应用栅栏技术确定了带鱼软罐头的杀菌工艺; 张晓敏^[3]对带鱼下脚料进行酶解, 以制备水解蛋白; 厉望^[4]利用带鱼蛋白酶解物来制备抗

收稿日期: 2015-01-03

基金项目: 国家海洋局海洋公益性行业科研专项(201305013)

* 通信作者: 徐大伦(1971—), 男, 浙江舟山人, 副教授, 主要从事水产品加工保鲜研究。E-mail: xudalun@nbu.edu.cn

氧化活性肽;孙京新等人^[9]向带鱼鱼糜中添加转谷氨酰胺酶,研究其对带鱼鱼糜制品的影响。而对带鱼的营养成分和风味方面的研究很少,其中刘安军等^[6]对带鱼不同部位脂肪酸组成进行了分析;丁丽雨等^[7]研究分析了咸带鱼加工过程中挥发性风味成分的变化情况;张进杰等^[8]研究了糟醉带鱼制作过程中营养成分和呈味物质的变化;而对新鲜带鱼游离氨基酸及挥发性成分的研究未见报道。作者以一般营养成分、脂肪酸组成、游离氨基酸、挥发性成分为检测指标,对带鱼肌肉营养成分及挥发性成分进行初步分析,旨在为进一步研究带鱼加工制品的风味形成及其影响因子分析提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

带鱼:新鲜东海带鱼,2013年3月购自宁波水产批发市场,每尾质量(200±20)g。去头、尾、内脏,合并各部分的肌肉,-40℃冻藏备用。

脂肪酸甲酯标准品:Supelco公司产品;其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

GC-2010气相色谱仪、QP-2010气质联用仪和SCL-10AVP液相色谱仪:日本岛津公司产品;A200氨基酸分析仪:德国Aminosys公司产品。

1.3 方法

1.3.1 营养成分测定 水分:105℃常压干燥法,按GB/T5009.3—2003《食品中水分的测定》方法测定^[9];粗蛋白含量:微量凯氏定氮法,按GB/T5009.5—2003《食品中蛋白质的测定》方法测定^[10];总糖含量:蒽酮比色法测定^[11];灰分:按GB/T5009.4—2003《食品中灰分的测定》方法测定^[12];脂肪含量:氯仿甲醇法测定^[13]。

1.3.2 游离氨基酸测定 样品处理方法参照GB/T5009.124—2003《食品中的氨基酸测定》^[14]。利用氨基酸分析仪检测。4mm×125mm锂盐专用氨基酸分析柱,流动相流量0.18mL/min,柱温118℃,双波长440nm、570nm检测。

1.3.3 脂肪酸测定 采用Folch等^[5]方法浸提鱼肉中的脂肪,脂肪进一步甲酯化后利用气相色谱(GC)分析,与脂肪酸甲酯标准品GC图谱比较。色谱柱:DM-Wax柱(30m×0.25mm,0.25μm),进样口温度250℃,分流比:1:50,进样量1μL;检测器:氢火焰

离子化检测器(FID);检测器温度:280℃;脂肪酸定量分析:外标法计算。

1.3.4 挥发性风味成分测定 将鱼肉低温绞碎,超低温冷冻干燥,液氮研碎。精确称取0.200g干燥样品于4mL顶空样品瓶,60℃水浴平衡20min,65μm PDMS/DVB(聚二甲基硅氧烷/二乙烯基苯)萃取头吸附30min,取出萃取头,进行GC-MS分析。

色谱条件:Vocol挥发性色谱柱(60m×0.25mm,1.8μm);进样口温度210℃;程序升温:柱初温35℃,保持3min,以3℃/min上升到40℃,保持1min,再以5℃/min上升到210℃,保持40min;载气(He)流量1.29mL/min。质谱条件:EI电离源,温度200℃;电子能量70eV;扫描质量范围 m/z 33~500。

气质联用分析鉴定:将萃取头针管插入到进样口,于210℃解吸5min,采用GC-MS分析鉴定,经NIST和WILEY谱图库检索,并与质谱图库中的标准谱图对照、复合,进行人工谱图解析确认鱼肉中的挥发性成分(仅报道相似指数大于800的鉴定结果)。按面积归一化法进行定量分析,求得各化学成分在鱼肉气味物质中的相对质量分数。

1.4 数据分析

用Excel 2003和SPSS 11.5.0软件进行数据分析。所有试验均作3次重复,测定结果以均值±标准差表示。

2 结果与讨论

2.1 带鱼肌肉的一般营养成分分析

带鱼是一种高蛋白、多脂肪的鱼类。经测定其蛋白质质量分数为17.57%,脂肪质量分数为5.16%。水分、灰分和总糖质量分数分别为75.71%、1.17%和0.11%。与海鳗肌肉相比^[15],水分、粗蛋白、灰分质量分数相当,而脂肪质量分数相对较高,总糖质量分数较低。

2.2 带鱼肌肉的脂肪酸组成

带鱼肌肉中的脂肪酸组成见表1。

原料带鱼肌肉中共检测出23种脂肪酸,其中主要脂肪酸为DHA(C_{22:6})、棕榈酸(C_{16:0})、棕榈油酸(C_{16:1})和油酸(C_{18:1})。总脂肪酸中不饱和脂肪酸质量分数(UFA)占60.57%,其中DHA、棕榈油酸、油酸和花生四烯酸(C_{20:4})质量分数较高。多不饱和脂肪酸(PUFA)占脂肪酸总质量的31.98%,其中DHA和

EPA 含量占脂肪酸总质量的 16.95%。刘安军等^[6]研究报道带鱼肌肉中的不饱和脂肪酸总质量分数 57.51%,其中主要脂肪酸为 DHA (C_{22:6})14.32%、棕榈酸 (C_{16:0})21.99%、棕榈油酸 (C_{16:1})17.23% 和油酸 (C_{18:1})24.2%等,与作者研究结果基本一致。与海鳗^[16]肌肉相比,带鱼肌肉中不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸占脂肪酸总质量的比例均高于海鳗 (51.84%、11.06%),带鱼高含量的 ω -3 脂肪酸提示其具有更好的益智健脑、预防心脑血管疾病、抑制肿瘤生长、减少癌症发病率等作用;同时可能导致进一步的加工中,脂质降解产生的醛、酮、酸等挥发性小分子物质对制品的风味形成具有重要的作用。

表 1 带鱼肌肉的脂肪酸组成及质量分数

Table 1 Composition and contents of fatty acids in the muscle of *Hairtail*

脂肪酸	质量分数/(mg/g)
C _{14:0}	4.45
C _{14:1}	2.25
C _{15:0}	2.97
C _{15:1}	2.44
C _{16:0}	10.74
C _{16:1}	8.21
C _{17:0}	3.36
C _{17:1}	3.07
C _{18:0}	6.48
C _{18:1n-7}	7.41
C _{18:2n-7}	2.90
C _{18:3n-6}	2.52
C _{18:3n-3}	2.65
C _{20:0}	2.59
C _{20:1}	2.62
C _{20:2}	2.58
C _{20:3n-6} +C _{21:0}	2.70
C _{20:4}	4.26
C _{20:5}	2.87
C _{22:0}	2.51
C _{23:0}	2.93
C _{24:0}	3.41
C _{22:6}	14.08
UFA/总 FA	60.57%
PUFA/总 FA	31.98%
DHA+EPA/总 FA	16.95%

注:UFA.不饱和脂肪酸;FA.脂肪酸;PUFA.多不饱和脂肪酸。

2.3 带鱼肌肉的游离氨基酸

游离氨基酸是滋味物质中非挥发性含氮物的主要成分,当某些游离氨基酸以足够高的浓度存在于鱼的肌肉时,能够独立于其他成分对鱼的风味起作用^[17]。游离氨基酸测定可以得到海洋鱼产品中必需氨基酸的组成,也代表着该海产品的营养价值。氨基酸自动分析仪的原理是氨基酸在酸性条件下形成阳离子,在阳离子交换柱中进行保留从而达到分离的目的,分离后的氨基酸用茚三酮衍生化为紫色衍生物,最终通过紫外检测器对紫色衍生物进行检测。带鱼肌肉中游离氨基酸质量分数及组成见表2。

表 2 带鱼肌肉中游离氨基酸的质量分数

Table 2 Contents of free amino acids in the muscle of *Hairtail*

氨基酸名称	质量分数/(g/kg)	呈味阈值/(g/kg)
天冬氨酸	0.04	0.03
苏氨酸	0.41	2.60
丝氨酸	0.37	1.50
谷氨酸	0.41	0.05
甘氨酸	0.29	1.30
丙氨酸	1.15	0.60
缬氨酸	0.33	0.40
蛋氨酸	0.25	0.30
异亮氨酸	0.25	0.90
亮氨酸	0.49	1.90
酪氨酸	0.16	ND
苯丙氨酸	0.25	0.90
组氨酸	1.44	0.20
赖氨酸	4.20	0.50
精氨酸	ND	0.50
游离氨基酸总量	9.88	

注:呈味阈值参考文献^[18];ND:未检出。

带鱼肌肉中共检测到 14 种游离氨基酸,总质量分数达 9.88 g/kg,其中赖氨酸(4.20 g/kg)最为丰富,其次是组氨酸(1.44 g/kg)和丙氨酸(1.15 g/kg),超过呈味阈值的氨基酸包括天冬氨酸、丙氨酸、谷氨酸、组氨酸和赖氨酸,表明它们对带鱼的风味影响较大,其中天冬氨酸、丙氨酸、谷氨酸主要构成了带鱼肉的鲜味,而高含量的赖氨酸和组氨酸可能构成了带鱼的腥味^[19]。

带鱼在进一步的加工过程中,其游离氨基酸与还原糖和脂肪自动氧化产生的羰基化合物发生美拉德反应产生醛类及含硫化合物均是肉制品的风

味物质^[19]。可见游离氨基酸及其经化学反应所得到的物质对带鱼及其加工制品的风味都将起着重要的作用。

2.4 带鱼肌肉挥发性成分分析

利用固相微萃取-GC-MS 分离鉴定带鱼肌肉的挥发性成分，经 NIST 和 WEILERY 谱图库检索，分析并鉴定出 38 种化合物，结果见表 3。

表 3 带鱼肌肉中挥发性成分的组成

Table 3 Composition of volatiles in the muscle of hairtail

类别	化合物名称	相对质量分数/%
烃类	环氧丙烷	0.11
	甲苯	0.4
	二甲苯	0.33
	4,7-二甲基十一烷	0.35
	甘菊环烃	0.15
	十八烷	0.41
	十五烷	1.37
	十七烷	1.39
	2,6,10,14-四甲基十五烷	2.37
醇类	乙醇	0.21
	1-戊烯-3-醇	0.61
	2,3-丁二醇	0.16
	3,4-己二醇	0.17
	2-乙基-1-己醇	0.17
	α,α-二甲基苯甲醇	12.76
醛类	2,4-戊二烯醛	0.91
	(E)-2-己烯醛	0.32
	庚醛	0.2
	辛醛	0.23
	(E,E)-2,4-庚二烯醛	0.26
	壬醛	0.65
	癸醛	0.17
酮类	1-戊烯-3-酮	0.22
	2,3-戊二酮	0.52
	3-羟基-2-丁酮	0.11
	4,5-二甲基 1,3-间二氧杂环戊烯-2-酮	0.02
	3,5-辛二烯-2-酮	0.83
酯类	2-甲基-2-丙烯酸甲酯	0.19
	苯甲酸-2-甲基丙酯	0.17
	邻苯二甲酸二甲酯	0.85
其他	三甲胺	66.71
	二甲基甲酰胺	0.26
	2,3,5-三甲基吡啶	0.07
	尿素	0.35
	3-环己烯-1-腈	0.11
	苯并噻唑	4.82
	1-甲基萘	0.1
	2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚(BHT)	0.97

由表 3 可知，带鱼中相对含量最高的挥发性化合物为三甲胺，海产动物体内广泛存在氧化三甲胺，由于带鱼捕捞之后采用冻藏的方式进行贮存，受微生物等影响，氧化三甲胺被还原生产三甲胺，使之带有海水鱼特有的鱼腥味。另外相对含量较高的是醇类化合物，其中二甲基苯甲醇含量最高，贡献花香味，其次是 1-戊烯-3-醇，产生鱼腥味。

在带鱼肌肉中共检测到 12 种羰基化合物，其中醛类 7 种，酮类 5 种。醛类物质的阈值一般都很低，通常具有青香、果香、脂香、坚果香，对鱼肉的香气贡献较大，主要是由脂类氧化生成。带鱼肌肉中醛类以 2,4-戊二烯醛、壬醛质量分数较高，尤其是 2,4-戊二烯醛相对质量分数高达 33.21%，其具有肉汤香味，常用于食品香料，对于带鱼风味有较大的正面作用；壬醛是油脂氧化的产物，构成了带鱼的腥味。带鱼肉中酮类化合物相对质量分数要低于醛类物质，但其阈值则远高于同分异构的醛，通常具有果香、脂香，通过含有多个不饱和键的脂肪酸热氧化降解、氨基酸降解或微生物氧化产生。带鱼肌肉中的酮类以 3,5-辛二烯-2-酮和 2,3-戊二酮为主，贡献带鱼的奶油气味。

原料带鱼肌肉中含有的烃类化合物种类较多，但由于其阈值较高，对风味影响小。芳香烃一般是苯环氨基酸的降解产物或来自海域污染物，其中一些含苯化合物如苯、甲苯等会给鱼肉带来令人不愉快的风味。

3 结 语

新鲜带鱼具有较高的营养价值，其中粗蛋白质和粗脂肪质量分数较高，分别达到 17.57% 和 5.16%。带鱼肌肉中 UFA 为其主要脂肪酸，而且 PUFA 含量较高，DHA 和花生四烯酸(C20:4)为两种主要的 PUFA。带鱼肌肉中游离氨基酸以赖氨酸、组氨酸和丙氨酸为主，对带鱼呈味贡献较大的为天冬氨酸、丙氨酸、谷氨酸、组氨酸和赖氨酸，这些氨基酸通常为带鱼呈现甜鲜味。带鱼肌肉中共检测出 38 种挥发性化合物，其中主要以三甲胺和醇类化合物相对含量较高，是构成带鱼腥味的主要物质；而醛酮类中的 2,4-戊二烯醛、壬醛、3,5-辛二烯-2-酮和 2,3-戊二酮等对带鱼肉的风味具有较大的正面作用。

参考文献:

- [1] 娄永江,王杨,杨文鸽.单冻带鱼保鲜技术研究[J].食品科学,2000,21(11):59-61.
LOU Yongjiang,WAG Yang,YANG Wenge. Study on preservation techniques of frozen dressed belt fish [J]. **Food Science**, 2000,21(11):59-61. (in Chinese)
- [2] 陈丽娇,郑明锋.应用栅栏技术确定带鱼软罐头杀菌工艺的研究[J].农业工程学报,2004,20(2):196-198.
CHE Lijiao,ZHENG Ming. Sterilizing technology for the hairtail soft can using hurdle technology [J]. **The journal of Agricultural Engineering**,2004,20(2):196-198.(in Chinese)
- [3] 张晓敏.带鱼下脚料水解蛋白的制备及其利用研究[D].重庆:西南大学,2008.
- [4] 厉望.带鱼蛋白酶解制备抗氧化活性肽的研究[D].杭州:浙江大学,2013.
- [5] 孙京新,徐幸莲,汤晓艳,等.转谷氨酰胺酶制剂对带鱼鱼糜制品质构特性的影响[J].中国食品学报,2004,4(1):35-38.
SUN Jingxin,XU Xinglian,TANG Xiaoyan,et al. Effece of transglutaminase product of texture profiles of beltfish meat emulsionproduct[J]. **Chinese Food Science and Technology**,2004,4(1):35-38.(in Chinese)
- [6] 刘安军,杨书文,曹东旭,等.两种鱼中各部位脂肪酸的GC分析[J].粮油加工,2007(1):57-59
LIU Anjun,YANG Wenshu,CAO Dongxu,et al. Analysis of Fatty Acid in Two Kinds of Fish Oils by GC [J]. **Journal of Grain Processing**,2007(1):57-59.(in Chinese)
- [7] 丁丽丽,吴燕燕,李来好,等.咸带鱼加工过程挥发性风味成分的变化[J].食品科学,2011,32(22):208-212.
DING Lili,WU Yanyan,LI Laihao,et al. Changes of volatile flavor conmmounds during salted hairtail processing [J]. **Food Science**,2011,32(22):208-212.(in Chinese)
- [8] 张进杰,徐大伦,杨文鸽,等.糟醉带鱼制作过程中营养、呈味物的变化[J].中国食品学报,2014,14(9):224-231.
ZHANG Jinjie,XU Dalun,YANG Wenge,et al. Changes of proximate composition and taste components in vinasse hairtail during processing[J]. **Chinese Food Science and Technology**,2014,14(9):224-231.(in Chinese)
- [9] GB/T5009.3—2003 食品中水分的测定[S].
- [10] GB/T5009.5—2003 食品中蛋白质的测定[S].
- [11] 吴谋成.食品分析与感官评定[M].北京:中国农业出版社,2002.
- [12] GB/T 5009.4-2003 食品中灰分的测定方法[S].
- [13] FOLCH J,LEES M,STANLEY G H S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues[J]. **Journal of Biological Chemistry**,1957,226:497-509.
- [14] GB/T5009.124-2003 食品中的氨基酸测定[S].
- [13] 曾少葵,章超桦,蒋志红.海鳗肌肉及鱼头营养成分的比较研究[J].海洋科学,2002,26(5):13-15.
ZENG Shaokui,ZHANG Chaoye,JIANG Zhihong. Study on the comparation of the food nutrient contents between the muscle and head of Muraenesox Cinereus[J]. **Marine Science**,2002,26(5):13-15.(in Chinese)
- [15] 章银良,夏文水.海鳗肌肉脂肪酸组成及干燥对其影响[J].中国粮油学报,2008,23(2):111-113.
ZHANG Yinliang,XIA Wenshui. Fatty acid composition of pike eel muscle and drying effect [J]. **Jorunal of the Chinese Cereals and Oils Association**,2008,23(2):111-113.(in Chinese)
- [16] 莫意平,娄永江,薛长湖.水产品风味研究综述[J].水利渔业,2005,25(1):82-84.
MO Yiping,LOU Yongjiang,XUE Changhu. Study on the cooking of aquatic products [J]. **Reservoir Fisheries**,2005,25(1):82-84.(in Chinese)
- [17] 窦窘.腐乳基本滋味及其呈味物质研究[D].北京:中国农业大学,2005:24.
- [18] 惠心怡,王锡昌,陶宁萍.构成白鲢鱼肉土腥味的可溶性风味成分分析[J].中国食品学报,2006(6):189-194.
HUI Xinyi,WANG Xichang,TAO Ningping. Analysis on water-soluble components of off-flavor in silver carp meat[J]. **Chinese Food Science and Technology**,2006(6):189-194.(in Chinese)
- [19] 刘云,张瑶.发酵肉制品风味物质的研究进展[J].肉类工业,2009(4):51-53.
LIU Yun,ZHANG Yao. Studies on flavor of fermented meat products[J]. **MEAT Industry**,2009(4):51-53.(in Chinese)
- [20] 傅樱花.腊肉制品风味形成的探讨[J].食品工业科技,2004,25(3):143-144.
FU Yinghua. Study on the flavor formation of Chinese bacon [J]. **Science and Technology of Food Industry**,2004,25(3):143-144.(in Chinese)