

白蕉鲈鱼鱼骨架基本营养成分分析

陈雄^{1,2}, 余以刚^{1,2}, 张友胜³, 曾萍^{2,3}, 张晓元^{1,4}

(1. 韶关市华工高新技术产业研究院, 广东韶关 512000) (2. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640) (3. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 农业农村部功能食品重点实验室, 广东广州 510610) (4. 华南理工大学工业技术研究总院, 广东广州 510640)

摘要: 本实验以白蕉鲈鱼鱼骨架为原料, 对鱼骨架基本营养成分进行了分析。结果表明: 鱼骨架中含有大量的鱼肉 (33.17%)、蛋白含量高 (16.65%), 脂肪含量低 (3.03%), 鱼骨架中的钙磷比接近 2:1, 易于人体吸收。肌原纤维蛋白为鱼骨架中主要蛋白 (45.22%), 其次是肌浆蛋白 (24.61%)、碱溶性蛋白 (15.55%)、碱不溶性蛋白 (9.46%) 和非蛋白氮 (5.15%)。鱼骨架中的脂肪是一种主要以不饱和脂肪酸 (USFA, 69.86%) 为主的优质脂肪, 其中不饱和脂肪酸中单不饱和脂肪酸 (MUFA, 30.193%) 和多不饱和脂肪酸 (PUFA, 30.14%) 之间含量无明显差异 ($p>0.05$)。鱼骨架中共检测出 13 种游离氨基酸, 其中必须氨基酸 5 种, 非必须氨基酸 8 种。从单个氨基酸的含量来看, 含量最高的是牛磺酸 (131.02 ng/ μ L), 其次为丙氨酸 (45.21 ng/ μ L)、甘氨酸 (35.68 ng/ μ L)、谷氨酸 (27.50 ng/ μ L)。综合而言, 白蕉鲈鱼鱼骨架是一种具有较大开发利用价值的水产品副产物。

关键词: 白蕉鲈鱼; 鱼骨架; 营养成分; 评价

文章编号: 1673-9078(2019)09-265-270

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.9.034

Analysis of Basic Nutrients Composition of Fish Skeleton of Bai Jiao Bass

CHEN Xiong^{1,2}, YU Yi-gang^{1,2}, ZHANG You-sheng³, ZENG Ping^{2,3}, ZHANG Xiao-yuan^{1,4}

(1. Research Institute of Shaoguan Huagong High-tech Industry, Shaoguan 512000, China)

(2. School of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(3. Sericulture & Agri-food Research Institute Guangdong Academy of Agricultural Sciences/ Key Laboratory of Functional Foods, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangzhou 510610, China)

(4. Industrial Technology Research Institute, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: In this work, the basic nutrients composition of the fish skeleton of the Bai Jiao Bass were analyzed. The results showed that the fish skeleton contain of mass flesh (33.17%), high protein content (16.65%) and low fatty content (3.03%). The ratio of calcium and phosphorus was nearly 2:1, which is easy to be absorbed by human body. Myofibrillar protein was the main protein in fish skeleton (45.22%), followed by sarcoplasmic protein (24.61%), alkali-soluble protein (15.55%), alkali-insoluble protein (9.46%) and non-protein nitrogen (5.15%). The fat in fish skeleton is a kind of high-quality fat mainly composed of unsaturated fatty acids (USFA, 69.86%), among which there is no significant difference in the content of monounsaturated fatty acids (MUFA, 30.193%) and polyunsaturated fatty acids (PUFA, 30.14%) in unsaturated fatty acids ($p>0.05$). A total of 13 free amino acids was detected in the fish skeleton, including 5 essential amino acids and 8 non-essential amino acids. In terms of the content of individual amino acids, the highest content was taurine (131.02 ng/ μ L), followed by alanine (45.21 ng/ μ L), glycine (35.68 ng/ μ L), and glutamate (27.50 ng/ μ L). On the whole, the skeleton of Baijiao bass is a kind of by-product of aquatic products with great development value.

Key words: Bai Jiao bass; fish skeleton; nutrients composition; evaluation

白蕉鲈鱼是珠海市斗门区白蕉镇 (东经 113°05' 至 113°25', 北纬 21°59' 至 22°25' 之间) 地理标志产品, 喜栖于珠江入海河口咸淡水交汇处, 生长环境既不同
收稿日期: 2019-04-23

基金项目: 广东省重点领域研发计划项目 (2019B020212003); 广州市科技计划项目 (201803020024); 韶关市农业科技项目 (韶财工[2017]82 号)

作者简介: 陈雄 (1995-), 男, 在读硕士, 研究方向: 食品加工

通讯作者: 张晓元 (1964-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食品加工

于在盐度 2% 以下的咸水中生长的海鲈, 又不同于在淡水中生长的淡水鲈鱼, 白蕉鲈鱼适合在盐度 1‰~5‰ 之间的咸淡水中生长, 入海河口咸淡水交汇处环境正好适宜其生长。白蕉鲈鱼生长迅速, 个体大, 年生长量一般为 1.5~2.5 kg, 最大个体可达 15 kg 以上。其肉佳美, 鳃、肉都可入药。其鳃性味甘、平, 有止咳化痰之功效, 可用以治疗小儿百日咳; 其肉性味甘、温, 有健脾益气之功效, 常用于治疗慢性胃痛、脾虚

泄泻、小儿疳积、消化不良、消瘦等症；若手术后食用亦能促进伤口生肌愈合^[1]。白蕉鲈鱼为一种稀有的具有保健功能的水产原料。

近年来，随着水产养殖技术的进步和养殖面积的扩大，白蕉镇的平均亩产由 0.5 t 提升到了 4 t，年产量已经超过了 10 万 t（截止到 2017 年底）^[2]。大量白蕉鲈鱼不断上市销售，在鲜销和冷冻条鱼销售的基础上，约有 50% 新鲜白蕉鲈鱼常加工成鱼柳、鱼丸、鱼肠等鱼肉制品上架售卖，制作过程中产生了大量的白蕉鲈鱼鱼骨架（包括鱼头和鱼骨以及余留在鱼骨上的鱼肉）副产物^[3]。就鲈鱼鱼肉而言，包括海水鲈鱼和淡水鲈鱼的营养价值研究均有报道，如吴燕燕^[4]和李冰^[5]分别对海水和淡水的鲈鱼营养成分作了比较分析，结果认为海水鲈鱼综合营养价值要高于淡水鲈鱼，矿物质钙和锌方面二者含量都较为丰富，而在无机盐、蛋白含量、微量元素方面海水鲈鱼均优于淡水鲈鱼。曹湛慧等^[6]对淡水和海水花鲈营养成分做了比较，认为海水花鲈在粗蛋白含量上比淡水养花鲈高 2.17%，而在粗脂肪方面比淡水花鲈低 34.00%，矿物质含量差异不大。研究同样表明，不同区域养殖的鲈鱼营养成分也有一定的差异。王远红等^[7]对威海、舟山、福州、厦门、北海 5 个沿海野生群体中国花鲈的肌肉营养成分进行了比较，认为其都富含蛋白质，必须氨基酸种类齐全但营养成分呈现出由北向南逐步递增的趋势。另一方面，鲈鱼骨营养成分的分析研究及其骨浆性能评价尚不全面。2014 年，马国红等^[8]对鲈鱼骨进行营养成分的分析和评价，认为鲈鱼骨营养价值较高，氨基酸含量和胶原蛋白的含量较为丰富。白蕉鲈鱼鱼骨架是鱼产品加工副产物，原料本身包括鱼头和鱼骨以及附在鱼骨上的鱼肉，目前尚未见其整体营养成分研究和鱼骨浆基本性能评价的报道。为此本研究对白蕉鲈鱼鱼骨架的营养成分分布以及鱼骨浆的基本性能进行分析和评价，旨在丰富白蕉鲈鱼鱼骨架营养学，评估鱼骨架开发利用的价值。

1 材料及方法

1.1 材料及试剂

白蕉鲈鱼鱼骨架，广东珠海诚汇丰农业科技有限公司；三氯乙酸，上海阿拉丁生化科技股份有限公司；乙二胺四乙酸，上海阿拉丁生化科技股份有限公司；5-磺基水杨酸，上海阿拉丁生化科技股份有限公司；钙指示剂，上海源叶生物科技有限公司；亚甲基蓝，溴甲酚绿，天津光复精细化工研究所；甲基红，上海化学试剂总厂；37 种脂肪酸甲酯混合标准品，上海安

谱实验科技股份有限公司；上述试剂均为分析纯。

1.2 主要设备和仪器

D-37520 型高速离心机，德国 Sterode 公司；L-8900 型全自动氨基酸测试分析仪，日本 Hitachi 公司；PHBJ-260 型便携式 pH 计，上海雷磁；Agilent 6890N 气相色谱质谱仪，美国 Agilent 公司；K8400 型蛋白质自动分析仪，瑞典 Foss Analytical；TGL-16M 冷冻高速离心机，湖南湘仪实验室仪器开发公司；TA-XT.Plus 质构仪，英国 SMS。

1.3 实验方法

1.3.1 白蕉鲈鱼鱼骨架制备工艺

新鲜白蕉鲈鱼→碎冰覆盖→冻昏→宰杀去血→去鳞、内脏→清洗→去鱼柳（去腹部和背部两块鱼肉）→肉骨分离→鱼骨架（含鱼头）→-38℃速冻→-20℃贮藏→备用

1.3.2 样品制备

取储藏于-20℃冷库中的白蕉鲈鱼鱼骨架（含鱼头）5 kg，置于水盆中，加入一定量的常温水（20±1℃），以淹没鱼骨并超过 10 cm 为准。解冻时间为 2 h，解冻后用水冲洗干净。沥干鱼骨架表面水分后，直接用斩拌机进行斩拌 30 min。之后以每 100 g 装袋密封，包装若干袋，放入-80℃冰柜储存备用。

1.3.3 鱼骨架中鱼肉所占比例测定

将完整的鱼骨架（含鱼头）原料从-20℃冷库中取出，常温解冻。用专用剔鱼小刀将鱼骨上鱼肉和鱼骨分离，分别称重。并根据如下公式计算鱼肉在鱼骨架中所占比例。

$$W(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

式中：W 为鱼肉百分比；W₁ 为鱼骨架总质量；W₂ 为鱼骨质量。

1.3.4 鱼骨架中水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分、总钙和磷含量

鱼骨架中水分含量测定参考 GB 5009.3-2016 中 105℃干燥恒重法；粗蛋白含量测定参考 GB 5009.5-2016 自动凯氏定氮仪法；粗脂肪含量测定参考 GB 5009.6-2016 索氏抽提法；灰分含量测定参考 GB 5009.4-2016 中 550℃马弗炉干法灰化法；总钙含量测定参考 GB 5009.92-2016 EDTA 滴定法；磷含量测定参考 GB 5009.87-2016 分光光度法。

1.3.5 鱼骨架中蛋白组分的分离及测定

取 1.3.2 中制备的鱼骨架样品进行蛋白组分的分离及测定。蛋白的分离参考 Wonnop Visessanguan^[9]和孙为正^[10]方法并略做修改：取 2 g 左右样品，加入 30

mL的A液(其中含2.215 g/L Na_2HPO_4 和0.476 g/L KH_2PO_4), 放于磁力搅拌器上混匀后离心(8000 r/min, 4 °C, 15 min), 重复两次, 合并上清液, 定容至30 mL。加入TCA(三氯乙酸), 控制TCA浓度为10%左右, 离心(8000 r/min, 4 °C, 15 min)得上清液为非蛋白氮, 沉淀为肌浆蛋白。取沉淀于另一离心管, 加入30 mL B液(其中含2.215 g/L Na_2HPO_4 、0.476 g/L KH_2PO_4 和33.548 g/L KCl), 磁力搅拌器上混匀后进行冷冻离心(8000 r/min, 4 °C, 15 min), 重复两次, 合并两次上清液得到肌原纤维蛋白, 沉淀为总基质蛋白。沉淀再加入0.1 M NaOH, 4 °C提取4 h, 离心(8000 r/min, 4 °C, 15 min), 上清液为碱溶性蛋白, 沉淀为碱不溶性蛋白。各部分中蛋白测定方法均参考GB 5009.5-2016自动凯氏定氮仪法。

1.3.6 鱼骨架中脂肪酸含量及组成测定

鱼骨架中脂肪的提取: 参考GB 5009.6-2016索氏抽提法并略作修改。取1.3.2制备的样品20 g置于索氏提取中, 加入150 mL石油醚, 提取2 h, 重复提取一次, 合并提取液, 旋转蒸发去掉石油醚, 得到鱼骨架脂肪。

脂肪酸的测定: 参考GB 5009.168-2016中归一化法和Xu^[11]等并作修改。样品甲酯化参考文献^[12]: 准确称取0.5 g鱼脂肪于10 mL具塞玻璃试管中, 加入5.0 mL 0.5 mol/L氢氧化钠-甲醇溶液, 涡旋混合20 s, 每5 min摇匀一次, 使其充分混匀, 室温下反应40 min, 加入5.00 mL正己烷, 摇匀, 静置分层, 取上层清液加入1 g无水硫酸钠干燥, 用0.22 μm 过滤器过滤后供GC-MS分析。其中, GC检测条件为色谱柱: J&W 122-7032毛细管色谱柱(30 m \times 0.25 mm, 0.25 μm); 进样口温度260 °C; 进样量1.0 μL , 分流比为20:1; 载气为高纯氦气, 流速为1.0 mL/min; 程序升温: 初始

温度45 °C, 保持1 min, 以12 °C/min升温速率升至140 °C, 保持5 min; 3 °C/min 升温速率升至230 °C, 保持11 min, 运行时间49.92 min。MS检测条件为电子电离(electron ionization, E)离子源, 电子能量70 eV; 离子源温度230 °C; 四极杆温度150 °C; 传输线温度280 °C; 质量范围10~450 u, 全扫描方式; 溶剂延迟3 min。

1.3.7 游离氨基酸的测定

参考文献^[13]并修改: 取1.3.2制备的样品30 g, 用离心机5000 r/min离心15 min, 普通定性滤纸过滤; 取1 mL过滤液加入4 mL 10 g/100 mL的5-磺基水杨酸, 振荡混匀, 4 °C静置30 min; 用高速离心机(11000 r/min, 4 °C)离心15 min, 上清液经0.22 μm 的水溶性滤膜过滤后使用氨基酸自动分析仪测定。根据氨基酸标准物质的质量浓度与峰面积的关系, 用外标法定量样品中的氨基酸组分及含量, 进样量(测试液)为每针20 μL , 含量单位以ng/ μL 表示。测试条件为: 855-350型色谱柱(4.6 mm \times 60 mm); 柱温134 °C; 双通道紫外检测波长为440 nm(VIS1)、570 nm(VIS2); 进样量为20 μL ; 保留时间148 min。

1.3.8 数据处理

所有分析测试均采用三次平行处理, 每项测试三次独立重复。采用SPSS 19.0软件对测试数据进行数据处理分析, 应用单因素方差进行数据统计分析, 组间差异采用S-N-K法, 显著性水平 $p < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 鱼骨架的基本营养成分组成

表1 不同鱼骨架基本营养成分比较(%, 湿重)

Table 1 Basic nutrients comparison of different fish skeleton

鱼骨	鱼肉质量占比	水分	粗蛋白	粗脂肪	灰分	总钙	磷
白蕉鲈鱼骨*	33.17 \pm 2.35	59.75 \pm 0.70	16.65 \pm 1.70	3.03 \pm 0.44	8.37 \pm 0.74	8.46 \pm 0.13	3.89 \pm 0.11
鲭鱼骨	-	4.40	26.13	47.18	21.24	14.30	8.60
鲑鱼骨*	-	4.96	29.20	38.12	14.70	13.50	8.10
虹鳟鱼骨	-	5.20	31.40	34.37	26.55	14.70	8.70
竹荚鱼骨	-	2.62	27.02	22.61	46.30	23.30	11.10
鳕鱼骨*	-	12.42	20.67	18.71	35.36	19.00	11.30
金枪鱼骨	-	-	57.20	8.20	33.10	5.27	2.89
罗非鱼骨*	-	20.10	15.29	3.51	20.13	26.50	-

注: *代表所测原料为湿重, 其余参考文献中未作说明。

白蕉鲈鱼鱼骨架是一种比较特殊的原料, 主要是在生产白蕉鲈鱼鱼柳过程中产生的副产物。为保证鱼柳的完整性和美观性, 有大量鱼肉尤其是紧靠鱼头和

鱼尾部位的鱼肉残留在鱼骨架上。由表1可以看出, 鱼骨架中含有大量的鱼肉(33.17%)、其蛋白含量(16.65%)与罗非鱼骨(15.29%)类似, 粗脂肪(3.03%)

含量明显低于其他鱼骨, 钙(8.46%)、磷(3.89%)含量高于金枪鱼骨却低于其他鱼骨, 灰分含量(8.46%)也相对较低, 水分含量(59.75%)远远高于其他鱼骨水分含量。另外, 鱼骨架中的钙磷比为2.17:1, 与竹荚鱼骨相近(2.10:1), 较符合人体吸收的最佳比例^[14-16]。

2.2 鱼骨架的蛋白质组分分析

鱼骨架中非蛋白氮是指去除蛋白质N之外的含氮部分, 而蛋白质N可以分为细胞内蛋白N(肌浆蛋白和肌原纤维蛋白)和细胞外蛋白N(碱性蛋白和碱

不溶性蛋白)。其中肌浆蛋白包括由肌红蛋白和参与肌肉收缩功能的酶蛋白; 肌原纤维蛋白包括支撑肌肉运动的结构蛋白; 碱性蛋白和碱不溶性蛋白是指由于肌原纤维蛋白的溶解和变性从而生成溶于碱性溶液和不溶于碱性溶液的蛋白部分^[17-19]。由表2可以看出, 白蕉鲈鱼鱼骨架中所含的蛋白以肌原纤维蛋白为主, 占所含蛋白中的45.22%, 其次是肌浆蛋白(24.61%)、碱性蛋白(15.55%)、碱不溶性蛋白(9.46%)和非蛋白氮(5.15%)。白蕉鲈鱼鱼骨架中所含蛋白种类和比例与其它鱼肉种类和比例基本一致^[14], 其原因在于白蕉鲈鱼鱼骨架中蛋白主要来源于余留的大量鱼肉。

表2 白蕉鲈鱼鱼骨架中蛋白组分(%, 湿重)

Table 2 Protein component of fish skeleton of Bai Jiao bass

蛋白种类	非蛋白氮	肌浆蛋白	肌原纤维蛋白	碱性蛋白	碱不溶性蛋白
含量/%	1.16±0.21 ^e	5.54±0.40 ^b	10.18±0.46 ^a	3.50±0.83 ^c	2.13±0.62 ^d
占总蛋白百分比/%	5.15 [*]	24.61 [*]	45.22 [*]	15.55 [*]	9.46 [*]

注: 不同字母表示各组分之间在 $p < 0.05$ 水平上的差异; *代表不同组分占总蛋白的百分比。

表3 白蕉鲈鱼鱼骨架中脂肪酸组成及含量

Table 3 Fatty acid component of fish skeleton of Bai Jiao bass

脂肪酸	相对含量 RC/%	脂肪酸	相对含量 RC/%
月桂酸 C12:0	0.04±0	油酸 C18:1n9t	18.10±0
十三烷酸 C13:0	0.02±0.01	亚油酸 C18:2n6c	24.40±0.03
肉豆蔻酸 C14:0	2.82±0.08	亚麻酸 C18:3n3	4.69±0.1
十五烷酸 C15:0	0.36±0.01	顺-11,14-二十碳二烯酸 C20:2	0.17±0.1
棕榈酸 C16:0	25.74±0	顺-8,14-二十碳二烯酸 C20:2	0.46±0
十七烷酸 C17:0	0.43±0.03	顺-8,11,14-二十碳三烯酸 C20:3n6	0.49±0
硬脂酸 C18:0	0.01±0	顺-8,11,14,17-二十碳四烯酸 C20:4n6	0.69±0
花生酸 C20:0	0.44±0.01	顺-5, 8, 11, 14-二十碳四烯酸 C20:4n6	0.80±0
山萘酸 C22:0	0.25±0.01	EPA C20:5n3	0.39±0.02
棕榈油酸 C16:1	10.15±0	DPA C22:5n3	0.95±0
十七碳烯酸 C17:1	0.49±0	DHA C22:6n3	4.06±0.01
二十碳烯酸 C20:1	1.78±0	USFA	69.86±0.2
芥酸 C22:1	0.24±0.02	SFA	30.14±0.1b
顺-7,10-十六碳二烯酸 C16:2	0.56±0	MUFA	30.19±0.2b
顺-9,12-十六碳二烯酸 C16:2	0.21±0	PUFA	37.16±0.2a

注: 1.不同字母表示 SFA、MUFA、PUFA 三者之间在 $p < 0.05$ 水平上的差异; 2.SFA 表示饱和脂肪酸; USFA 表示不饱和脂肪酸, 为单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸之和; MUFA 表示单不饱和脂肪酸; PUFA 表示多不饱和脂肪酸; 3.EPA 是指顺-5、8、11、14、17-二十碳五烯酸(C20:5n3), DPA 是指顺-7、10、13、16、19-二十二碳五烯酸(C22:5n3), DHA 是指顺-4、7、10、13、16、19-二十二碳六烯酸(C22:6n3)。

2.3 鱼骨架中脂肪酸的组成及含量

由表3可以看出, 白蕉鲈鱼鱼骨架中的脂肪是一种主要以不饱和脂肪酸(USFA, 69.86%)为主的优质脂肪, 其中不饱和脂肪酸中单不饱和脂肪酸(MUFA, 30.193%)和多不饱和脂肪酸(PUFA,

30.14%)之间含量无明显差异($p > 0.05$)。有研究结果表明, 单不饱和脂肪酸在胆固醇、动脉粥样硬化和其他心血管疾病上具有良好的预防作用, 而多不饱和脂肪酸具有调节细胞构型和细胞膜通透性的作用, 同时可以转化为一些具有保护功能的代谢产物^[20]。在多不饱和脂肪酸中, 亚油酸的含量较高(24.40%), EPA

(C20:5n3)、DPA (C22:5n3) 和 DHA (C22:6n3) 的含量也相对较多。有研究指出, EPA 和 DHA 对胎儿的视觉神经生长发育中具有重要的作用^[21], DPA 具有调节血脂、软化血管、降低血液黏稠度的作用^[22]。总的来说摄食白蕉鲈鱼鱼骨架中的脂肪可以保证单、多不饱和脂肪酸的平衡摄食, 因此在后续的实验中, 可以进一步进行开发和利用。

2.4 鱼骨架中游离氨基酸的种类及含量

游离氨基酸是指游离存在于原料细胞胞间层和细胞质中的氨基酸, 游离氨基酸的种类和含量决定了原料的鲜味。由表 4 中可知, 白蕉鲈鱼鱼骨架中共检测出 13 种游离氨基酸, 其中必须氨基酸 5 种, 非必须氨基酸 8 种。从游离氨基酸的总量来看, 相较于白鲢鱼骨, 白蕉鲈鱼鱼骨架中游离氨基酸含量居于较高水平^[23], 但质量一般, 因为 EAA/TAA 比值 (0.16) 较低, 游离氨基酸主要以非必需氨基酸为主。从单个氨基酸的含量来看, 含量最高的是牛磺酸 (131.02 ng/ μ L), 其次为丙氨酸 (45.21 ng/ μ L)、甘氨酸 (35.68 ng/ μ L)、谷氨酸 (27.50 ng/ μ L)。尽管牛磺酸为非必需氨基酸, 但众多研究表明其具有提高神经传导和视觉功能, 防止心血管疾病的功能^[24], 对人体具有较好的保健作用。

表 4 白蕉鲈鱼鱼骨架中的游离氨基酸含量[质量浓度 / (ng/ μ L)]

Table 4 Free amino acid of fish skeleton of Bai Jiao bass

氨基酸	含量
Val*缬氨酸	12.29±0.11
Met*甲硫氨酸	6.04±0.31
Ile*异亮氨酸	2.68±0.19
Leu*亮氨酸	9.38±0.12
Phe*苯丙氨酸	26.67±1.27
Glu 谷氨酸	27.50±0.90
Gly 甘氨酸	35.68±0.33
Ala 丙氨酸	45.21±0.23
P-Ser 磷酸丝氨酸	12.40±0.96
Tau 牛磺酸	131.02±0.25
a-ABA a-氨基正丁酸	14.58±0.12
Orn 鸟氨酸	1.45±0.28
Pro 脯氨酸	27.04±0.10
EAA/TAA	0.16±0.02
UEAA/TAA	0.84±0.06
TAA	351.94±5.8

注: 1, 加*为必须氨基酸, 其余为非必需氨基酸; 2, EAA 为必需氨基酸, UEAA 为非必需氨基酸, TAA 为氨基酸总量。

3 结论

白蕉鲈鱼鱼骨架是一种具有高蛋白、低脂肪、矿物质元素较多的食用资源。其中粗蛋白含量为 16.65%, 粗脂肪含量为 3.03%, 总灰分含量为 8.37%。蛋白质组分中, 肌原纤维蛋白和肌浆蛋白的含量较高, 分别为 10.18%和 5.54%。脂肪酸种类丰富, 单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的含量差异不大 ($p<0.05$)。饱和脂肪酸中主要以十六烷酸 (25.74%) 为主, 多不饱和脂肪酸以亚油酸 (24.4%) 为主。游离氨基酸中非必须氨基酸的含量较多, 其中牛磺酸的含量最高 (131.02 ng/ μ L), 具有较好的保健作用。综合而言, 白蕉鲈鱼鱼骨架是一种具有较大开发利用价值的水产品副产品。

参考文献

- [1] Kim S, Pallela R. Chapter 1-Medicinal Foods From Marine Animals: Current Status and Prospects [M]. Kim S. Advances in Food and Nutrition Research. Academic Press, 2012: 1-9
- [2] 罗茵. 多管齐下助海鲈“游”得更远[J]. 海洋与渔业, 2018, 10:58-59
- [3] LUO Yin. The multipronged approach helped the sea bass swim farther [J]. Oceans and Fisheries, 2018, 10: 58-59
- [4] 叶川, 闫虹, 范选娇, 等. 富钙白鲢鱼糜凝胶的制备及其营养分析[J]. 现代食品科技, 2016, 32(2):227-234
- [5] YE Chuan, YAN Hong, FAN Xuan-jiao, et al. Preparation and nutritional analysis of calcium-rich silver carp surimi gel [J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(2): 227-234
- [6] 吴燕燕, 李冰, 朱小静, 等. 养殖海水和淡水鲈鱼的营养组成比较分析[J]. 食品工业科技, 2016, 37(20):348-352
- [7] WU Yan-yan, LI Bing, ZHU Xiao-jing, et al. Comparative analysis of nutrient composition of cultured sea and freshwater perch [J]. Food Industry Technology, 2016, 37(20): 348-352
- [8] 李冰. 鲈鱼腌制工艺与货架期预测模型研究[D]. 大连: 大连海洋大学, 2016
- [9] LI Bing. Research on curing technology and shelf life prediction model of sea bass [D]. Dalian: Dalian Ocean University, 2016
- [10] 曹湛慧, 黄和, 操玉涛, 等. 淡水和海水养殖花鲈营养成分的比较[J]. 食品与机械, 2014, 30(3):44-48
- [11] CAO Zhan-hui, HUANG He, CAO Yu-tao, et al. Comparison of nutritive composition between freshwater and mari-culture anemone [J]. Food and Machinery, 2014, 30(3): 44-48

- [7] 王远红,吕志华,高天翔,等. 不同海域中国花鲈营养成分的比较研究[J]. 青岛海洋大学学报(自然科学版),2003,4:531-536
WANG Yuan-hong, LYU Zhi-hua, GAO Tian-xiang, et al. Comparative study on the nutritive composition of sea bass in different sea areas in China [J]. Journal of Qingdao Ocean University (Natural Science Edition), 2003, 4: 531-536
- [8] 马国红,张延华,宋理平. 鲈鱼骨营养价值的分析与评价[J]. 大连海洋大学学报,2014,29(6):646-649
MA Guo-hong, ZHANG Yan-hua, SONG Li-ping. Analysis and evaluation of bone nutritional value of sea bass [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2014, 29(6): 646-649
- [9] Visessanguan W, Benjakul S, Riebroy S, et al. Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to nham characteristics [J]. Meat Science, 2004, 66(3): 579-588
- [10] 孙为正. 广式腊肠加工过程中脂质水解、蛋白质降解及风味成分变化研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011
SUN Wei-zheng. Study on lipid hydrolysis, protein degradation and flavor composition changes in Cantonese sausage processing [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011
- [11] Xu Y, Li L, Regenstein J M, et al. The Contribution of Autochthonous microflora on free fatty acids release and flavor development in low-salt fermented fish [J]. Food Chemistry, 2018, 256: 259-267
- [12] 杨春英,刘学铭,陈智毅. 15 种食用植物油脂肪酸的气相色谱-质谱分析[J]. 食品科学,2013,34(6):211-214
YANG Chun-ying, LIU Xue-ming, CHEN Zhi-yi. Gas chromatography-mass spectrometry analysis of fatty acids in 15 edible vegetable oils [J]. Food Science, 2013, 34(6): 211-214
- [13] 刘子放,张岩,李俊,等. 湿法超微粉碎程度对新鲜桑果浆理化特性及活性成分含量的影响[J]. 蚕业科学,2017,43(3): 472-478
LIU Zi-fang, ZHANG Yan, LI Jun, et al. Effects of wet ultra-fine grinding degree on the Physicochemical properties and active component content of fresh mulberry pulp [J]. Silkworm Science, 2017, 43(3): 472-478
- [14] 何云,包建强. 关于鱼骨成分分析的研究进展[J]. 上海农业科技,2017,4:28-31
HE Yun, BAO Jian-qiang. Research progress on fish bone composition analysis [J]. Shanghai Agricultural Science and Technology, 2017, 4:28-31
- [15] 贾建萍,周彦钢,林赛君,等. 金枪鱼骨营养成分分析[J]. 食品工业科技,2013,34(10):334-337
JIA Jian-ping, ZHOU Yan-gang, LIN Sai-jun, et al. Nutritional composition analysis of tuna bone [J]. Food Industry Science and Technology, 2013, 34(10): 334-337
- [16] 易美华,杨仕生,谢福美. 罗非鱼骨制备活性钙的技术研究[J]. 食品研究与开发,2008,29(12):85-88
YI Mei-hua, YANG Shi-sheng, XIE Fu-mei. Preparation of activated calcium from tilapia bone [J]. Food Research and Development, 2008, 29(12): 85-88
- [17] 朱志伟,李汴生,阮征,等. 脆肉鲩鱼肉与普通鲩鱼鱼肉理化特性比较研究[J]. 现代食品科技,2008,24(2):109-112
ZHU Zhi-wei, LI Bian-sheng, RUAN Zheng, et al. Comparative study on the physicochemical characteristics of the flesh of crisped grass carp and common grass carp [J]. Modern Food Science and Technology, 2008, 24(2): 109-112
- [18] 刘洋涛,陆利霞,林丽军,等. 热处理对鱼肉品质的影响研究进展[J]. 安徽农业科学,2012,40(32):15891-15893
LIU Yang-tao, LU Li-xia, LIN Li-jun, et al. Research progress on the effect of heat treatment on fish quality [J]. Anhui Agricultural Science, 2012, 40(32): 15891-15893
- [19] 李学鹏,李聪,王金厢,等. 中国对虾冷藏过程中肌肉蛋白质的降解规律[J]. 中国食品学报,2015,15(6):59-68
LI Xue-peng, LI Cong, WANG Jin-xiang, et al. Degradation of muscle protein in Chinese prawn during cold storage [J]. Chinese Journal of Food Science, 2015, 15(6): 59-68
- [20] 刘永祥,刘艳丽,姜东风,等. 共轭亚油酸和鱼油组合对雄性肉鸡屠体性状、肌肉脂肪酸组成和脂质过氧化状态的影响[J]. 动物营养学报,2015,27(8):2517-2526
LIU Yong-xiang, LIU Yan-li, JIANG Dong-feng, et al. Effects of conjugated linoleic acid and fish oil combination on carcass traits, muscle fatty acid composition and lipid peroxidation state of male broilers [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2015, 27(8): 2517-2526
- [21] Olloqui E J, Ovando A C, López E C, et al. Encapsulation of fish oil into low-cost alginate beads and EPA-DHA release in a rumino-intestinal *in vitro* digestion model [J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2018,120(9): 1-9
- [22] 蔡伟江,张喜金,苏昭仑. 气相色谱法测定鱼油中的二十碳五烯酸、二十二碳六烯酸和二十二碳五烯酸[J]. 食品安全质量检测学报, 2015,6(5):1924-1928
CAI Wei-jiang, ZHANG Xi-jin, SU Zhao-lun. Determination of eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid and docosahexaenoic acid in fish oil by gas chromatography [J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2015, 6(5): 1924-1928