

# 白鲢鱼鳔营养成分分析与评价

汪安利, 祖晋锋, 时文强, 谭彬凤, 李香兰, 陆剑锋, 林 琳\*

(合肥工业大学食品与生物工程学院, 安徽省农产品精深加工重点实验室, 合肥 230009)

**摘 要:** **目的** 测定并分析白鲢鱼鳔营养成分。**方法** 通过气相色谱质谱联用(gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS)、氨基酸分析等方法对白鲢鱼鳔的基本化学组成、氨基酸和脂肪酸组成及矿物质含量进行测定, 并与其他鱼种的鱼鳔的组成进行比较分析, 评价白鲢鱼鳔的营养价值和开发前景。**结果** 鱼鳔的粗蛋白含量为 20.23%(湿基), 其中主要以胶原蛋白为主。鱼鳔氨基酸中呈味氨基酸(谷氨酸、甘氨酸、天门冬氨酸、丙氨酸)含量丰富。鱼鳔中共检出 13 种脂肪酸, 其中不饱和脂肪酸占比达 66.1%, 饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的比例接近 1:1:1。鱼鳔中维生素 E 含量为 1.63 mg/100 g, 矿物质中钙和锌含量较丰富。

**结论** 白鲢鱼鳔是一种营养丰富的食品资源, 具有很好的开发价值和发展前景。

**关键词:** 白鲢; 鱼鳔; 化学组成; 营养价值

## Analysis and evaluation of the nutritional components in swim bladder of silver carp

WANG An-Li, ZU Jin-Feng, SHI Wen-Qiang, TAN Cheng-Feng, LI Xiang-Lan,  
LU Jian-Feng, LIN Lin\*

(School of Food and Biology Engineering, Hefei University of Technology, Key Laboratory for Agriculture Products Processing of Anhui Province, Hefei 230009, China)

**ABSTRACT: Objective** To determine and analyze the nutrient composition of silver carp swim bladder. **Methods** The content of general nutritional components, the compositions of amino acids and fatty acids, and the content of minerals in the swim bladder of silver carp were determined by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and amino acid automatic analyzer, etc. The composition of silver carp swim bladder was compared with swim bladder of other fish species, and its nutritive value and development prospect were evaluated. **Results** The crude protein content of swim bladder was 20.23% (wet basis), and the main protein was collagen. The flavor amino acids (glutamic acid, glycine, aspartic acid, and alanine) were abundant in swim bladder. Thirteen fatty acids were detected in swim bladder, and the unsaturated fatty acids content was 66.1%. The ratio of saturated, mono-unsaturated and poly-unsaturated fatty acids was 1:1:1. The content of vitamin E was 1.63 mg/100 g. Furthermore, there was rich in calcium and zinc contents in swim bladder. **Conclusion** The swim bladder of silver carp is a kind of food resource with high nutritional value, which has good value and prospect for development.

**KEY WORDS:** *Hypophthalmichthys molitrix*; swim bladder; chemical composition; nutritional value

基金项目: 合肥工业大学 2018 年省级大学生创新创业训练计划项目(2018CXCYS192)、安徽省水产产业技术体系项目(NYCYTX-2016-84)

**Fund:** Supported by the Provincial Undergraduate Training Program for Innovation and Entrepreneurship, Hefei University of Technology (2018CXCYS192) and Anhui Provincial Modern Agro-industry Technology Research System (NYCYTX-2016-84)

\*通讯作者: 林琳, 博士, 副教授, 主要研究方向为水产品加工副产物综合利用。E-mail: linlin@hftu.edu.cn

\*Corresponding author: LIN Lin, Ph.D, Associate Professor, School of Food and Biology Engineering, Hefei University of Technology, No. 193, Tunxi Road, Baohe District, Hefei 230009, China. E-mail: linlin@hftu.edu.cn

## 1 引言

鱼鳔, 俗称鱼肚, 是鱼体重要的比重调节器官, 约占鱼体重量的 2% 左右<sup>[1]</sup>。《本草纲目》中记载: 鱼鳔具有破伤风痉, 止呕血, 散瘀血, 消肿毒等功效。据文献记载, 鱼鳔具有滋阴养血、止血补血、补肾益精等功能<sup>[2]</sup>。现代中药学认为鱼鳔甘、咸、平, 入肾、肝二经, 具有扶正固本、大补真元、强身健体之药效, 同时有提高免疫力, 调节内分泌失调等功能, 能降低胆固醇、高血脂和高血糖<sup>[3]</sup>。此外, 鱼鳔还可烹调成各种美食, 如怀凤鱼肚、荔枝鱼肚、鱼肚炖白鸽等<sup>[2]</sup>。

目前, 鱼鳔干品是加工鱼鳔的主要产品形式, 在广东、福建、海南、香港等地市场深受消费者喜爱, 又称鱼胶、花胶、鱼肚, 但加工过程简单, 产品形式单一, 附加值不高。传统的鱼胶主要由大中型鱼类的鳔加工而成, 较著名的有鳘鱼肚、黄唇肚、鳗鱼肚、黄鱼肚、鲟鱼肚等<sup>[4]</sup>。

白鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*), 又叫水鲢、跳鲢、鲢子, 属于鲤形目鲤科鲢属的一种鱼类, 是我国淡水四大家鱼之一, 也是主要的淡水养殖鱼类。白鲢鱼生长快、疾病少、产量高, 多与草鱼、鲤鱼混养, 养殖范围广, 肉质鲜嫩, 营养丰富。2017 年我国鲢鱼产量 385.3 万吨, 位居养殖淡水鱼产量第 2 位<sup>[5]</sup>。鲢鱼除鲜活销售外, 主要用于加工淡水冷冻鱼糜和鱼糜制品, 在鲢鱼加工过程中, 产生约 60% 的加工副产物, 包括鱼皮、鱼骨、鱼头、内脏、鱼鳔等, 这些副产物通常被加工成附加值不高的鱼粉甚至直接丢弃, 造成了资源的浪费和对环境的污染<sup>[6]</sup>。目前, 对鱼鳔成分和活性成分的研究一般以名贵鱼种如黄鱼<sup>[1]</sup>、鳗鱼<sup>[7]</sup>等海水鱼为主, 淡水白鲢鱼鳔的组成分析方面的研究还比较少。本研究对白鲢鱼鳔的营养成分进行分析和评价, 以期对淡水鱼鱼鳔的精深加工和高值化利用提供理论参考。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料与仪器

新鲜白鲢鱼鳔购于合肥市蜀山区芙蓉菜市场。鱼鳔取自 3 kg 左右的白鲢鱼内脏中, 体积约占鱼体的 5% 左右, 单个鱼鳔重量约 25 g, 长度约 22 cm, 宽度约 3.5 cm。鱼鳔为浅黄色, 卵形, 内部鼓起成囊状, 壁薄, 稍有光泽。新鲜鱼鳔首先用水进行清洗, 清洗后剖开, 除去血管及粘膜, 剪碎。取一部分新鲜鱼鳔用于基本成分测定, 剩余部分经冷冻干燥后, 放置于冰箱 -20 °C 冷冻保存。

氢氧化钠、乙酸镁、浓硫酸、无水乙醚、硫酸铜、磺基水杨酸、盐酸、氢氧化钾、甲醇、氯化钠、无水硫酸钠等(分析纯, 上海国药集团化学试剂有限公司); 正己烷(色谱纯, 上海星可高纯溶剂有限公司); 硝酸、高氯酸(优级纯,

上海国药集团化学试剂有限公司)。

QP-2012 气相-质谱联用仪(日本岛津公司); CT16RT 台式高速冷冻离心机(上海天美生化仪器设备工程有限公司); DRZ-4 马弗炉(上海实验电炉厂); JA1003 型分析天平(Max=100 g, e=10 mg, d=1 mg)(上海民桥精密科学仪器有限公司); DHG-9123J 精密恒温鼓风干燥箱(上海三发科学仪器有限公司); K9840 自动凯氏定氮仪(济南海能仪器有限公司); L-8901 氨基酸全自动分析仪(日本日立公司); AFS-3100 原子荧光分光光度计(北京科创海光仪器有限公司); Waters Alliance-e2695 高效液相色谱仪(美国 Waters 公司)。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 鱼鳔基本组成成分分析

水分含量依据 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》<sup>[8]</sup>方法进行测定; 灰分含量依据 GB 5009.4-2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》<sup>[9]</sup>方法进行测定; 粗脂肪含量依据 GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》<sup>[10]</sup>方法进行测定; 粗蛋白含量依据 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》<sup>[11]</sup>方法进行测定; 总糖含量依据 SN/T 4260-2015 苯酚-硫酸法进行测定<sup>[12]</sup>。

#### 2.2.2 鱼鳔蛋白质氨基酸组成分析

精密称取经冷冻干燥后的鱼鳔样品 0.1 g, 放入 10 mL 安瓿瓶中, 加入 6 mol/L HCl 5 mL, 向安瓿瓶中充满氮气, 用酒精喷灯快速密封安瓿瓶, 并将其置于 130 °C 的烘箱中水解 3~4 h, 冷却后将溶液移至 100 mL 容量瓶中, 用少量蒸馏水洗涤安瓿瓶, 残液转移到容量瓶中, 反复 3 次, 定容, 得到水解液。取水解液 1 mL, 冷冻干燥后加入 0.02 mol/L HCl 1 mL 溶解, 然后用孔径为 0.22 μm 微孔滤膜过滤溶液, 保留滤液, 用氨基酸全自动分析仪测定样品氨基酸组成。

#### 2.2.3 鱼鳔脂肪酸组成分析

采用气相色谱质谱联用法(gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS)对鱼鳔脂肪酸组成进行测定。

脂肪的提取: 根据 Floch 等<sup>[13]</sup>的方法稍作修改。取样品 10 g, 加入体积比 2:1 的氯仿-甲醇溶液 30 mL, 静置 1 h 后过滤, 取滤渣再用氯仿-甲醇溶液浸泡、过滤, 合并 2 次滤液, 加入 6 mL 含 7.3 g/L NaCl 和 0.5 g/L CaCl<sub>2</sub> 的混合溶液, 30000 r/min 下离心 15 min, 取清液用旋转蒸发仪 40 °C 蒸干, 得到提取的粗脂肪, 放入 -20 °C 冰箱冷藏备用。

样品的甲酯化参考张伟等<sup>[14]</sup>的方法: 称取 0.5 g 粗脂肪置于具塞试管中, 加入 1 mol/L KOH-CH<sub>3</sub>OH 溶液 4 mL, 塞上瓶塞, 置于 60 °C 水浴锅上皂化 30 min 至油珠完全消失, 冷却后加入 40 mL 12.5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-CH<sub>3</sub>OH 溶液, 于 60 °C 水浴上酯化 5 min 后冷却, 并移至分液漏斗中, 加入蒸馏水 45 mL, 再加入 3 mL 正己烷, 振荡混匀, 静置 10 min, 移除下层水相, 加入饱和 NaCl 水溶液 4 mL 洗涤 3

次, 移取上清液, 再加入 1.0 g 无水  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  除水, 5000 r/min 离心 10 min, 取上清液用 0.22  $\mu\text{m}$  微孔过滤膜过滤, 待 GC-MS 分析。

GC 分析条件: 色谱柱为 DB-5 石英毛细管柱(30 mm  $\times$  0.2 mm, 0.259  $\mu\text{m}$ ); 进样温度: 210  $^{\circ}\text{C}$ , 分流比 20:1, 分流进样, 样流速 1 mL/min; 色谱柱程序升温: 170  $^{\circ}\text{C}$ 保留 4 min, 以 2  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 210  $^{\circ}\text{C}$ , 保留 16 min; 载气为氮气, 总流速 70 mL/min。

MS 分析条件: 接口温度 200  $^{\circ}\text{C}$ ; 离子源温度 200  $^{\circ}\text{C}$ ; 电离能量 70 eV; 电离方式 EI; 检测器电压 1.0 kV; 测定方式: 全扫描; 扫描范围: 40~500 Amu/s。通过对 NIST 谱库检索, 对脂肪酸进行定性, 并用面积归一化法确定其相对百分含量。

2.2.4 鱼鳔中脂溶性维生素含量分析

按照国家标准(GB 5009.82-2016)<sup>[15]</sup>, 对鱼鳔中的维生素 A、D、E 含量进行测定。样品经皂化、提取、洗涤、浓缩等处理后, 采用 HPLC 色谱分析法测定样品中的维生素 A、D、E。

2.2.5 鱼鳔中矿物质含量测定

参照以下国标进行测定: 食品中镁的测定(GB 5009.241-2017)<sup>[16]</sup>; 食品中锰的测定(GB 5009.241-2017)<sup>[17]</sup>; 食品中钙的测定(GB 5009.92-2016 滴定法)<sup>[18]</sup>; 食品中锌的测定(GB 5009.14-2017)<sup>[19]</sup>; 食品中硒的测定(GB 5009.93-2017)<sup>[20]</sup>; 食品中铜的测定(GB 5009.13-2017)<sup>[21]</sup>; 食品中钾、钠的测定(GB 5009.91-2017)<sup>[22]</sup>。

3 结果与分析

3.1 鱼鳔的基本组成成分

对白鲢鱼鳔的基本组成成分进行分析, 结果见表 1。由表 1 可知, 鱼鳔中水分含量较高, 粗蛋白含量为 20.23%, 粗脂肪含量 1.53%。

白鲢鱼鳔粗蛋白含量高于文献报道的鲢鱼肌肉的含量, 粗脂肪含量低于肌肉的含量<sup>[26]</sup>。白鲢鱼、小黄鱼、草

鱼、海鳗等几种鱼鳔都含有丰富的蛋白质, 海鳗鱼蛋白质含量最多, 为 24.63%。除小黄鱼外, 白鲢鱼、草鱼、海鳗鱼这几种鱼的鱼鳔蛋白质含量差别不大, 但从市场售价来看, 这几种鱼鳔的价格差异却很大, 其中以海鳗鱼鱼鳔的价格最高, 白鲢鱼鱼鳔较为便宜。这一结果表明低价格的鲢鱼鱼鳔具有更高的附加值, 同时也为鱼鳔的高值化利用提供了依据。小黄鱼鱼鳔的粗脂含量明显高于其他鱼类, 同时海水鱼要高于淡水鱼。灰分代表了鱼鳔中无机盐的含量, 由表 1 可知, 白鲢鱼鳔的灰分含量最高, 有着更加丰富的矿质元素。白鲢鱼鳔中总糖含量为 0.21%, 稍低于海鳗鱼, 鱼鳔中所含有的多糖赋予鱼鳔一定的保健功能, 丰富的多糖含量使得白鲢鱼更具有开发价值。

3.2 鱼鳔的氨基酸组成

除因酸解法导致色氨酸分解未被检出外, 共检出 17 种氨基酸, 结果见表 2。由表 2 可知, 在鱼鳔中检出的 17 种氨基酸中, 甘氨酸含量最高, 为 11.61 g/100 g, 谷氨酸含量其次(9.07 g/100 g), 再次为脯氨酸(6.05 g/100 g)。根据鱼鳔蛋白质的氨基酸组成中甘氨酸、谷氨酸和脯氨酸含量较高, 可以推测鱼鳔中的蛋白质主要是胶原蛋白。胶原蛋白具有良好的生物学特性, 可作为组织的支持物, 对细胞、组织乃至器官行使正常功能并对外伤修复有重大影响, 而甘氨酸在生物体内通过氨基化或转氨基作用可合成非必需氨基酸, 并具有神经活动抑制性的递质作用, 对生物体内代谢调节起重要作用<sup>[24]</sup>。另外, 白鲢鱼鳔中谷氨酸、天冬氨酸、苯丙氨酸、丙氨酸、甘氨酸和酪氨酸等 6 种呈味氨基酸含量高达 36.4 g/100 g, 占氨基酸总量的 53.17%, 表明鱼鳔还可以作为生产调味料的原料。袁初蕾等<sup>[1]</sup>测得的鲐鱼和带鱼鱼鳔中呈味氨基酸所占比例分别为 40.39%和 53.65%, 说明白鲢鱼鱼鳔与带鱼鱼鳔的呈味氨基酸占比接近, 而比鲐鱼具有更良好的风味品质, 曾少葵等<sup>[24]</sup>测得的鳗鱼鱼鳔中的呈味氨基酸占总氨基酸比例为 52.4%, 与白鲢鱼鳔的差异不明显。

表 1 不同鱼鳔的基本组成成分(% , 湿基)  
Table 1 The general composition of different swim bladders (% , wet basis)

| 样品                    | 含量         |           |            |            |           |
|-----------------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
|                       | 水分         | 灰分        | 粗脂肪        | 粗蛋白        | 总糖        |
| 白鲢鱼鳔                  | 76.50±4.73 | 1.88±0.11 | 1.53±0.26  | 20.23±1.24 | 0.21±0.05 |
| 小黄鱼鱼鳔 <sup>[23]</sup> | 76.18±0.13 | 1.15±0.16 | 14.63±0.10 | 4.26±0.09  | -         |
| 海鳗鱼鱼鳔 <sup>[24]</sup> | 72.05      | 1.22      | 2.02       | 24.63      | 0.25      |
| 草鱼鱼鳔 <sup>[25]</sup>  | 79.94      | 0.66      | 0.38       | 18.85      | 0.11      |
| 白鲢鱼肉 <sup>[26]</sup>  | 77.69      | 1.13      | 3.42       | 17.65      | -         |

表 2 白鲢鱼鳔蛋白质的氨基酸组成

| Table 2 The composition of amino acids in swim bladder of silver carp |             |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|
| 氨基酸种类                                                                 | 干样(g/100 g) |
| 蛋氨酸 Met                                                               | 1.64±0.14   |
| 异亮氨酸 Ile                                                              | 1.85±0.14   |
| 亮氨酸 Leu                                                               | 3.58±0.26   |
| 缬氨酸 Val                                                               | 2.27±0.18   |
| 苏氨酸 Thr                                                               | 3.03±0.22   |
| 赖氨酸 Lys                                                               | 3.36±0.25   |
| 苯丙氨酸 Phe                                                              | 2.28±0.15   |
| 必需氨基酸总量                                                               | 17.99±1.32  |
| 组氨酸 His                                                               | 0.99±0.10   |
| 精氨酸 Arg                                                               | 5.38±0.43   |
| 半必需氨基酸总量                                                              | 6.37±0.47   |
| 谷氨酸 Glu                                                               | 9.07±0.68   |
| 天冬氨酸 Asp                                                              | 5.82±0.43   |
| 丙氨酸 Ala                                                               | 5.67±0.43   |
| 甘氨酸 Gly                                                               | 11.61±0.89  |
| 酪氨酸 Tyr                                                               | 1.95±0.17   |
| 半胱氨酸 Cys                                                              | 0.86±0.09   |
| 丝氨酸 Ser                                                               | 3.06±0.23   |
| 脯氨酸 Pro                                                               | 6.05±0.44   |
| 非必须氨基酸总量                                                              | 44.10±3.23  |
| WEAA/WTAA                                                             | 0.26        |
| WEAA/WNEAA                                                            | 0.41        |

注: WTAA: 氨基酸总量; WEAA: 必需氨基酸总量; WNEAA: 非必需氨基酸总量。

3.3 鱼鳔的脂肪酸组成

将鱼鳔样品采用 GC-MS 方法测定脂肪酸组成和相对含量。由表 3 可知, 鱼鳔中共检出 13 种脂肪酸, 其中十七碳一烯酸、二十二碳五烯酸和十五碳酸分别列鱼鳔中脂肪酸含量前 3 位。鱼鳔中含有大量的不饱和脂肪酸(66.1%), 其中单不饱和脂肪酸含量高于鱼头、鱼眼、鱼尾和肌肉中的含量, 而多不饱和脂肪酸则低于鱼头、鱼眼、鱼尾和肌肉中的含量<sup>[27]</sup>。研究表明, 单不饱和脂肪酸能降低血清胆固醇、低密度脂蛋白和甘油三酯浓度, 并降低血浆胆固醇转移蛋白的浓度, 具有降血脂、预防动脉粥样硬化和心血管疾病的作用<sup>[28]</sup>。与带鱼、鲈鱼和大黄鱼等海水鱼鱼鳔的脂肪酸组成<sup>[1]</sup>相比, 白鲢鱼鳔中的脂肪酸比例更接近 FAO/WHO 推荐的膳食脂肪酸平衡模式(饱和脂肪酸: 单不饱和脂肪酸: 多不饱和脂肪酸=1:1:1)<sup>[29]</sup>。

表 3 鱼鳔中的脂肪酸组成和相对含量

| Table 3 The composition and contents of fatty acids in swim bladder of silver carp |       |             |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| 脂肪酸名称                                                                              | 代号    | 样品中含量/%     |
| 辛酸甘油三酯                                                                             | C8:0  | 0.84±0.20   |
| 十一碳酸甘油三酯                                                                           | C11:0 | 0.68±0.75   |
| 十三碳酸甲酯                                                                             | C13:0 | 2.03±0.50   |
| 肉豆蔻酸                                                                               | C14:0 | 0.52±0.08   |
| 十五碳酸甘油三酯                                                                           | C15:0 | 14.58±2.37  |
| 银杏酸                                                                                | C15:1 | 5.81±1.26   |
| 十七碳酸                                                                               | C17:0 | 4.36±0.69   |
| 十七碳烯酸甘油三酯                                                                          | C17:1 | 27.86±5.64  |
| 十八碳酸                                                                               | C18:0 | 4.53±0.70   |
| 二十碳酸                                                                               | C20:0 | 5.07±0.40   |
| 二十碳二烯酸甲酯                                                                           | C20:2 | 1.88±0.35   |
| 二十碳四烯酸                                                                             | C20:4 | 9.04±3.24   |
| 二十二碳五烯酸                                                                            | C22:5 | 21.51±8.20  |
| 饱和脂肪酸(SFA)                                                                         |       | 32.38±2.34  |
| 不饱和脂肪酸(UFA)                                                                        |       | 66.10±4.60  |
| 单不饱和脂肪酸(MUFA)                                                                      |       | 33.67±6.88  |
| 多不饱和脂肪酸(PUFA)                                                                      |       | 32.43±11.13 |

3.4 鱼鳔中脂溶性维生素含量

鱼鳔中维生素 A(VA)、维生素 D(VD)、维生素 E(VE) 含量测定结果见表 4。由表 4 可以看出, 鱼鳔中维生素 E 含量最为丰富, 其次为维生素 D, 维生素 A 含量较低。白鲢鱼鳔中脂溶性维生素含量与海鳗鱼鳔<sup>[24]</sup>相近。维生素 E 具有较强的抗氧化、防衰老作用, 同时还有维护机体正常免疫功能的作用<sup>[30]</sup>, 因此白鲢鱼鳔具有一定的抗衰老, 增强免疫力功效。

表 4 鱼鳔中的脂溶性维生素含量(mg/100 g)

| Table 4 Fat soluble vitamin contents in swim bladder of silver carp(mg/100 g) |                              |                              |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------|
| 维生素种类                                                                         | VA                           | VD                           | VE        |
| 含量                                                                            | (1.19±0.06)×10 <sup>-2</sup> | (1.50±0.05)×10 <sup>-2</sup> | 1.63±0.11 |

3.5 鱼鳔中矿物质含量

对鱼鳔中 Ca、K、Mg、Zn、Mn、Cu、Se 的含量进行测定, 结果见表 5。由表 5 可以看出, 鱼鳔中钙含量最高, 其次为钾和镁, 微量元素中锌含量丰富。白鲢鱼鳔中 Ca、K、Mg、Zn 含量高于鲤鱼鱼鳔中的含量<sup>[31]</sup>, 与海鳗<sup>[24]</sup>和大黄鱼<sup>[1]</sup>鱼鳔相比, 白鲢鱼鳔中的矿物质含量偏低, 这可能与动物生长环境和饲料组成有关。白鲢鱼鳔中 Zn 的含量高于美国鲢鱼肉<sup>[32]</sup>。

表 5 鱼鳔矿物质的含量  
Table 5 Mineral content in swim bladder of silver carp

| 矿物质       | Ca         | K          | Mg        | Zn        | Mn        | Cu        | Se        |
|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 含量/(μg/g) | 31.71±3.97 | 16.52±0.79 | 8.84±0.71 | 1.98±0.26 | 0.21±0.03 | 0.04±0.02 | 0.02±0.02 |

4 结 论

白鲢鱼鳔中粗蛋白含量为 20.2%(湿基), 蛋白质氨基酸组成中, 甘氨酸、谷氨酸和脯氨酸含量较高, 同时, 鱼鳔中呈味氨基酸的含量也较高。构成鱼鳔的脂肪酸中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的比例接近 1:1:1, 比例合理。另外, 鱼鳔中还含有丰富的维生素 E 和钙、锌等矿物质。总体而言, 白鲢鱼鳔是一种高蛋白食品资源, 营养丰富, 食用价值高, 具开发利用价值和发展前景。

参考文献

[1] 袁初蕾, 邓尚贵, 励建荣, 等. 养殖大黄鱼鱼鳔的营养及安全评价[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(2): 217–222.  
Yuan CL, Deng SG, Li JR, *et al.* Evaluation of nutrition and safety of raised large yellow croaker swim bladders [J]. Food Ferment Ind, 2018, 44(2): 217–222.

[2] 段振华, 汪菊兰, 殷安齐, 等. 几种鱼鳔的营养成分分析与评价[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(10): 62–65.  
Duan ZH, Wang JL, Yin AQ, *et al.* Analysis and evaluation of several swim-bladders nutrition components [J]. Food Res Dev, 2007, 44(2): 217–222.

[3] 章丽莉, 谢润筹, 陈永东, 等. 食用鱼胶的制备和功效研究[J]. 海洋与渔业, 2017, (6): 76–77.  
Zhang LL, Xie RC, Chen YD, *et al.* Preparation and efficacy of edible fish gum [J]. Ocean Fish, 2017, (6): 76–77.

[4] 段振华. 鱼鳔加工应用的研究进展[J]. 中国食物与营养, 2009, (6): 34–36.  
Duan ZH. Progress on processing and application of fish swim bladder [J]. Food Nutr China, 2009, (6): 34–36.

[5] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2018 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018.  
Ministry of Agriculture, Fisheries and Fisheries Administration, National Aquatic Technology Promotion Station, China Fisheries Society. China fisheries statistical yearbook of 2018 [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2018.

[6] 陈善飞, 伍久林, 苗静, 等. 鲢鱼皮胶原蛋白的提取及性质分析[J]. 食品工业, 2012, 33(9): 10–12.  
Chen SF, Wu JL, Miao J, *et al.* Extraction and characterization of collagen from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) skin [J]. Food Ind, 2012, 33(9): 10–12.

[7] 段振华, 殷安齐, 尚军, 等. 海南鳊鱼鱼鳔营养成分分析与评价[J]. 中国食物与营养, 2006, (11): 43–45.  
Duan ZH, Yin AQ, Shang J, *et al.* Analysis and evaluation of nutrient composition of swim bladder in Hainan eel [J]. Food Nutr China, 2006, (11): 43–45.

[8] GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].  
GB 5009.3-2016 National food safety standard-Determination of moisture in foods [S].

[9] GB 5009.4-2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S].  
GB 5009.4-2016 National food safety standard-Determination of ash in food [S].

[10] GB 5009.6-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].  
GB 5009.6-2016 National food safety standard-Determination of fat in food [S].

[11] GB 5009.5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].  
GB 5009.5-2016 National food safety standard-Determination of protein in food [S].

[12] SN/T 4260-2015 出口植物源食品中粗多糖的测定 苯酚-硫酸法[S].  
SN/T 4260-2015 Determination of crude polysaccharides in plant source foods for export-Phenol-sulfuric acid colorimetry [S].

[13] Folch J, Lees M, Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue [J]. J Biol Chem, 1957, 226(1): 497–509.

[14] 张伟伟, 陆剑锋, 焦道龙, 等. 钾法提取斑点叉尾鲷内脏油的工艺研究[J]. 食品科学, 2009, 30(24): 42–46.  
Zhang WW, Lu JF, Jiao DL, *et al.* Extraction of fish oil from viscera of channel catfish through potassium-method [J]. Food Sci, 2009, 30(24): 42–46.

[15] GB 5009.82-2016 食品安全国家标准 食品中维生素 A、D、E 的测定[S].  
GB 5009.82-2016 National food safety standard-Determination of vitamin A, D, E in food [S].

[16] GB 5009.241-2017 食品安全国家标准 食品中镁的测定[S].  
GB 5009.241-2017 National food safety standard-Determination of magnesium in food [S].

[17] GB 5009.242-2017 食品安全国家标准 食品中锰的测定[S].  
GB 5009.242-2017 National food safety standard-Determination of manganese in food [S].

[18] GB 5009.92-2016 食品安全国家标准 食品中钙的测定[S].  
GB 5009.92-2016 National food safety standard-Determination of calcium in food [S].

[19] GB 5009.14-2017 食品安全国家标准 食品中锌的测定[S].  
GB 5009.14-2017 National food safety standard-Determination of zinc in food [S].

[20] GB 5009.93-2017 食品安全国家标准 食品中硒的测定[S].  
GB 5009.93-2017 National food safety standard-Determination of selenium in food [S].

[21] GB 5009.13-2017 食品安全国家标准 食品中铜的测定[S].  
GB 5009.13-2017 National food safety standard-Determination of copper in food [S].

[22] GB 5009.91-2017 食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定[S].  
GB 5009.91-2017 National food safety standard-Determination of potassium and sodium in food [S].

- [23] 许丹, 丁国芳, 方益, 等. 7 种海产品不同部位营养成分分析与评价[J]. 营养学报, 2018, 40(4): 409–411, 414.  
Xu D, Ding GF, Fang Y, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional components in different parts of seven species of seafood [J]. ACTA Nutr Sin, 2018, 40(4): 409–411, 414.
- [24] 曾少葵, 林洪, 杨萍, 等. 海鳗鱼鳔营养成分分析及鱼鳔营养液的研制[J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(40): 473–476.  
Zeng SK, Lin H, Yang P, *et al.* Study of food nutrient contents and preparation of nutrient liquid of swim bladder in *Muraenesox cinereus* [J]. J Shanghai Fish Univ, 2006, 15(4): 473–476.
- [25] 张宝, 陈运中, 徐颖, 等. 草鱼鱼鳔胶原性质的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(1): 58–62.  
Zhang B, Chen YZ, Xu Y, *et al.* Characterization of collagens from swim bladders of grass carp [J]. Food Sci, 2010, 31(1): 58–62.
- [26] 于琴芳, 邓放明. 鲢鱼 小黄鱼 鳕鱼和海鳗肌肉中营养成分分析及评价[J]. 农产品加工·学刊, 2012, (9): 11–14.  
Yu QF, Deng FM. Analysis and evaluation of nutritional composition in muscle of silver carp, small yellow croaker, *Gadus macrocephalus* and *Muraenesox cinereus* [J]. Acad Period Farm Prod Process, 2012, (9): 11–14.
- [27] 邹舟, 王琦, 于刚, 等. 鲢鱼各部位磷脂组分及脂肪酸组成分析[J]. 食品科学, 2014, 35(24): 105–109.  
Zou Z, Wang Q, Yu G, *et al.* Lipid classes and fatty acid composition of phospholipids from different parts of silver carp [J]. Food Sci, 2014, 35(24): 105–109.
- [28] 张立坚, 杨会邦, 蔡春. 3 种淡水鱼油脂脂肪酸的含量分析[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(4): 115–117.  
Zhang LJ, Yang HB, Cai C. The profile of fatty acids in the fish oil of 3 kind of freshwater [J]. Food Res Dev, 2011, 32(4): 115–117.
- [29] 蔡妙颜, 李冰, 袁向华. 膳食中的脂肪酸平衡[J]. 粮油食品科技, 2003, 11(2): 37–39.  
Cai MY, Li B, Yuan XH. Fatty acid equilibrium in diet [J]. Sci Technol Cere Oils Foods, 2003, 11(2): 37–39.
- [30] 孙远明. 食品营养学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2010.  
Sun YM. Food nutrition [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2010.
- [31] 宋春梅, 贾镭, 杨中万, 等. 鱼鳔中无机盐含量测定分析[J]. 第四军医大学吉林军医学院学报, 2001, 23(3): 158–159.  
Song CM, Jia L, Yang ZW, *et al.* Determination and analysis of content of inorganic salts in swim bladders [J]. J JL Mil Med Coll FMMU, 2001, 23(3): 158–169.
- [32] 马旭婷, 钱攀, 戴志远. 美国鳙鱼和鲢鱼的营养成分分析与评价[J]. 中国食品学报, 2016, 16(11): 273–280.  
Ma XT, Qian P, Dai ZY. Analysis and quality evaluation of nutritional components in the muscle of *Hypophthalmichthys nobilis* and *Hypophthalmichthys molitrix* [J]. Sci Technol Cere Oils Foods, 2016, 16(11): 273–280.

(责任编辑: 武英华)

## 作者简介



汪安利, 主要研究方向为水产品加工与贮藏。  
E-mail: 1833840089@qq.com



林琳, 博士, 副教授, 主要研究方向为水产品加工副产物综合利用。  
E-mail: linlin@hfut.edu.cn