

# 鳀鱼营养成分分析与评价

凌胜男<sup>1</sup>, 刘特元<sup>1\*</sup>, 陈雪叶<sup>1</sup>, 王红丽<sup>2</sup>, 王锡昌<sup>2</sup>, 施文正<sup>2</sup>

(1. 劲仔食品集团股份有限公司, 湖南长沙 410000) (2. 上海海洋大学食品学院, 上海 200000)

**摘要:** 为了进一步了解鳀鱼的营养价值, 提高鳀鱼的附加值, 该研究对其主要营养成分、氨基酸、脂肪酸以及矿物质含量进行了检测分析, 并对其营养价值进行了评价。结果表明: 鳀鱼水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分质量分数分别为 75.67%、16.38%、5.05% 和 2.31%。鳀鱼中共检测出 17 种氨基酸, 必需氨基酸与氨基酸总量组成比例 (EAA/TAA)、必需氨基酸与非必需氨基酸的组成比例 (EAA/NEAA) 分别为 40.49% 和 68.06%, 完全符合 FAO/WHO 的推荐标准 (EAA/TAA 在 40% 左右, EAA/NEAA > 60%)。鳀鱼中共检测出 37 种脂肪酸, 其中二十碳五烯酸 (EPA) 和二十二碳六烯酸 (DHA) 两者含量达 31.74%, n-3/n-6 值 (5.58) 远高于 FAO/WHO 推荐的日常膳食 (0.1~0.2)。鳀鱼常量元素含量最高的是 Ca (744.23 mg/100 g), 微量元素含量最高的是 Fe (2.24 mg/100 g)。综上, 鳀鱼是一种高蛋白低脂肪、氨基酸、脂肪酸和矿物质元素丰富、比例均衡、营养价值丰富的鱼类资源。该研究可为鳀鱼加工、运输及产品开发提供理论基础。

**关键词:** 鳀鱼; 营养成分; 氨基酸; 脂肪酸; 矿物质

文章编号: 1673-9078(2022)03-41-48

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.3.0706

## Nutritional Components Analysis and Evaluation of Anchovy (*Engraulis encrasicolus*)

LING Shengnan<sup>1</sup>, LIU Teyuan<sup>1\*</sup>, CHEN Xueye<sup>1</sup>, WANG Hongli<sup>2</sup>, WANG Xichang<sup>2</sup>, SHI Wenzheng<sup>2</sup>

(1. Jinzai Food Group Co. Ltd., Changsha 410000, China)

(2. College of Food Sciences & Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 200000, China)

**Abstract:** In order to further understand the nutritional value of the anchovy and improve its added value, the contents of its main nutritional components, amino acids, fatty acids and mineral elements were hereby detected and analyzed, and its nutritional value was also evaluated. The results showed that the contents of moisture, crude protein, crude fat and ash in anchovy were 75.67%, 16.38%, 5.05%, and 2.31%, respectively. A total of 17 amino acids were detected in anchovy, and the proportions of essential amino acids to total amino acids (EAA/TAA) and essential amino acids to non-essential amino acids (EAA/NEAA) were 40.49% and 68.06%, respectively, which fully met the recommended standards of FAO/WHO (EAA/TAA at around 40%, EAA/NEAA > 60%). 37 fatty acids were detected in anchovy, of which eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) were 31.74%, and the n-3/n-6 value (5.58) was much higher than the daily diet recommended by FAO/WHO (0.1~0.2). The highest major element of anchovy was Ca (744.23 mg/100 g) and the highest trace element was Fe (2.24 mg/100 g). To sum up, anchovy is a high protein and low-fat fish resource, with rich and balanced proportion of amino acids, fatty acids and mineral elements and high nutritional value. This study can provide a theoretical basis for processing, transportation and product development of anchovy.

**Key words:** anchovy; nutritional components; amino acids; fatty acids; minerals

引文格式:

凌胜男, 刘特元, 陈雪叶, 等. 鳀鱼营养成分分析与评价[J]. 现代食品科技, 2022, 38(3): 41-48

LING Shengnan, LIU Teyuan, CHEN Xueye, et al. Nutritional components analysis and evaluation of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(3): 41-48

收稿日期: 2021-07-07

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFD0901006)

作者简介: 凌胜男 (1992-), 女, 工程师, 研究方向: 食品加工、食品质量与安全, E-mail: sanlsn@163.com

通讯作者: 刘特元 (1976-), 男, 本科, 研究方向: 食品加工, E-mail: 570390859@qq.com

鳀鱼 (*Engraulis encrasicolus*) 属于鲱形目, 鳀科, 鳀属, 主要分布在南北半球的温带海域, 是一种常见的低值海产品且是世界范围内产量最高的单种经济鱼类<sup>[1]</sup>。鳀鱼在我国东海和黄海分布广泛, 在渤海和南海区域也有鳀科鱼<sup>[2]</sup>。近十年来我国鳀鱼年捕捞量为 70 万 t 左右, 它蛋白质含量高 (15%~20%), 多不饱和脂肪酸和矿物质丰富, 含有各种必需氨基酸, 营养价值较高<sup>[3]</sup>。肌肉组成决定鱼的鲜美程度, 通过对海水鱼的营养成分进行分析和评价, 不仅为广大消费者提供一个切实可行的依据, 也为其深加工提供基础<sup>[4]</sup>。

目前关于鱼肉营养成分的研究报道较多, 主要集中在基本营养成分、氨基酸和脂肪酸组成及营养评价、矿物元素含量等方面的研究<sup>[5-7]</sup>。鳀鱼虽产量高但加工利用率较低, 目前主要集中研究调味鳀鱼制品<sup>[8]</sup>、麻辣休闲制品<sup>[9]</sup>、冻藏过程中鳀鱼品质变化<sup>[10]</sup>等方面, 而对其营养成分的分析报道相对较少<sup>[3,11]</sup>。蒋定文等<sup>[11]</sup>对鳀鱼营养成分进行了分析和评价; 刘海珍等<sup>[3]</sup>研究了不同生长阶段的鳀鱼的营养品质, 表明成鱼的肌肉营养质量最优, 但以上主要是针对鳀鱼干制品。因此, 为了进一步了解鳀鱼的营养价值和经济价值, 并对其品质进行详细分析和综合评价, 本研究以成鱼鳀鱼鲜样为研究对象, 利用氨基酸自动分析仪、电感耦合等离子体质谱仪、气相色谱仪等手段分析其常规营养成分、氨基酸和脂肪酸组成及金属离子的含量, 旨在为鳀鱼的生产、精深加工及市场开发提供基础理论数据参考, 从而为人群提供更为优质的食物来源。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

鳀鱼 2020 年 12 月份捕捞于中国南海海域, 捕捞后 12 h 内速冻, 第二天冷链环境下 (-20±1 °C) 运输到上海海洋大学食品学院, 立即置于冷库中用电锯进行分装 (质量: 489.21±34.67 g; 体积: 753.75±4.21

cm<sup>3</sup>), 贮藏在 -20±1 °C。

石油醚、硫酸铜、硫酸钾、硼酸、盐酸、浓硫酸、三氯乙酸、NaOH (均为分析纯), 正己烷、三氟化硼-甲醇 (均为色谱级), 国药集团化学试剂有限公司; 17 种氨基酸混合标准品, 美国 Sigma Aldrich 公司; 37 种脂肪酸甲酯标准品、C19:0 脂肪酸标准品、C19:0 脂肪酸甲酯标准品, 上海安谱科技股份有限公司。

### 1.2 仪器与设备

L-8800 氨基酸自动分析仪, 日本 Hitachi 公司; TRACE GC ULTRA 气象色谱仪, 美国 Thermo Fisher 公司; SENCO GC17 型旋转蒸发器, 德国 IKA 集团; XseriesII 电感耦合等离子体质谱仪, Thermo Fisher USA; Soxtec2050 全自动索氏脂肪浸提仪, 上海瑞芬国际贸易有限公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 样品前处理

将样品从 -20 °C 冰箱中取出去包装后, 样品放在白色搪瓷托盘中, 置于 4±1 °C 冰箱中解冻, 将温度传感器的探头插入鱼体中心部位, 每秒记录 1 个读数, 直至鱼体中心温度达到 4 °C, 记为解冻终点, 解冻时间为 22 h, 立即进行相关指标的测定。

#### 1.3.2 主要营养成分的测定

水分含量的测定: 采用直接干燥法, 参照 GB 5009.3-2016《食品中水分的测定》方法;

灰分含量的测定: 采用马弗炉灰化法, 参照 GB 5009.4-2016《食品中灰分的测定》方法;

粗脂肪含量的测定: 采用索氏抽提法, 参照 GB 5009.6-2016《食品中脂肪的测定》方法;

粗蛋白含量的测定: 采用凯氏定氮法, 参照 GB 5009.5-2016《食品中蛋白质的测定》方法。

#### 1.3.3 总氨基酸含量测定及营养价值评价

参照国标 GB 5009.124-2016《食品中氨基酸的测定》方法采用全自动氨基酸分析仪进行测定。

$$\text{氨基酸评分(AAS)} = \frac{\text{样品蛋白质中氨基酸含量(mg/g N)}}{\text{FAO/WHO评分标准模式中相应必需氨基酸含量(mg/g N)}} \quad (1)$$

$$\text{化学评分(CS)} = \frac{\text{样品蛋白质中氨基酸含量(mg/g N)}}{\text{鸡蛋相应必需氨基酸含量(mg/g N)}} \quad (2)$$

$$\text{氨基酸指数(EAAI)} = \sqrt[n]{\frac{\text{赖氨酸}_t \times \text{亮氨酸}_t \times \dots \times \text{缬氨酸}_t \times \text{色氨酸}_t}{\text{赖氨酸}_s \times \text{亮氨酸}_s \times \dots \times \text{缬氨酸}_s \times \text{色氨酸}_s}} \quad (3)$$

式中:

$n$ ——比较的必需氨基酸数目,  $n=7$ ;

$t$ ——实验蛋白质的氨基酸含量, mg/g;

$s$ ——鸡蛋蛋白质的氨基酸含量, mg/g。

$$HI = C_{4.0} + C_{6.0} \quad (4)$$

$$AI = \frac{C_{12.0} + 4 \times C_{14.0} + C_{16.0}}{\sum MUFA + \sum PUFA} \quad (5)$$

$$TI = \frac{C_{14.0} + C_{16.0} + C_{18.0}}{0.5 \times \sum MUFA + 0.5 \times \sum PUFA(n-6) + 3 \times \sum PUFA(n-3) + \frac{\sum PUFA(n-3)}{\sum PUFA(n-6)}} \quad (6)$$

式中:

MUFA (monounsaturated fatty acids) ——单不饱和脂肪酸;

PUFA (polyunsaturated fatty acids) ——多不饱和脂肪酸。

参照联合国粮食及农业组织/世界卫生组织 (Food and Agriculture Organization/World Health Organization, FAO/WHO) 建议的氨基酸评分标准和鸡蛋蛋白的氨基酸模式计算氨基酸评分 (amino acids score, AAS)、化学评分 (chemical score, CS) 和必需氨基酸指数 (essential amino acid index, EAAI) 进行比较<sup>[12,13]</sup>。

### 1.3.4 脂肪酸含量测定及营养价值评价

按照 Folch 法<sup>[14]</sup>提取总脂。准确称取样品 10.0 g (精确到 0.001 g) 于 500 mL 锥形瓶中, 分别加入氯仿-甲醇 (2:1, V/V) 溶液 200 mL, 搅拌均匀后在 4 °C 静置 24 h 后过滤残渣。滤液中加入 30 mL 0.9% NaCl 溶液, 振荡 2 min 后静置 3 h, 静置分层后去除上层甲醇溶液。添加无水硫酸钠除水过滤, 将下层脂肪提取液置于圆底烧瓶中, 40 °C 水浴条件下旋转蒸发浓缩, 除去氯仿得到总脂肪。加入 5 mL 0.5 mol/L NaOH-CH<sub>3</sub>OH、100 μL 10 mg/mL 十九烷酸, 振摇均匀。100 °C 水浴振摇 10 min; 加入 3 mL 14% BF<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>OH, 100 °C 水浴振摇 5 min; 加入 2 mL 正己烷, 100 °C 水浴振摇 2 min; 迅速加入 10 mL 饱和 NaCl 溶液, 充分振荡, 分层澄清后吸取上清液, 用 0.22 μm 有机相滤膜过滤于进样瓶, 待气相色谱分析。

气相色谱条件: 色谱柱为 Agilent SP-2560 毛细管柱 (100 m×0.25 mm×0.2 μm), 升温程序起始 70 °C, 以 50 °C/min 升至 140 °C 保持 1 min, 4 °C/min 升至 180 °C, 保持 1 min, 3 °C/min 升至 225 °C, 保持 30 min; 进样口温度 260 °C; 进样量 1 μL, 分流比 45:1, 柱流量 1 mL/min, 载气为氮气。

通过 37 种脂肪酸甲酯混合标准品与样品对比保留时间进行定性分析, 定量分析则使用内标法。采用高胆固醇血症指数 (Index of Hypercholesterolemic index, HI)、致动脉粥样化指数 (Index of Atherogenic, AI) 和血栓形成指数 (Index of Thrombogenic, TI) 三个指标评价鳀鱼脂肪酸对人类心血管疾病发生的影响<sup>[15,16]</sup>。

### 1.3.5 矿物质元素含量的测定

矿物元素测定参照 GB 5009.268-2016, 采用四极

电感耦合等离子体质谱 (Inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS) 进行分析。采用微波消解法通过外标法对目标矿物质元素进行定量分析。

表 1 鳀鱼及其它鱼类主要营养成分的比较

Table 1 Comparison of nutrient composition of anchovy and other fish (% , fresh flesh weight)

种类	水分	灰分	粗脂肪	粗蛋白
鳀鱼	75.67±0.43	2.31±0.39	5.05±0.21	16.38±2.29
草鱼 <sup>[17]</sup>	80.07±0.81	1.17±0.05	0.53±0.14	20.07±1.33
罗非鱼 <sup>[4]</sup>	76.42±0.12	1.30±0.04	4.49±0.16	17.25±0.20
黄花鱼 <sup>[18]</sup>	71.64±0.44	1.23±0.04	9.44±0.29	18.56±0.29
黑鲷 <sup>[18]</sup>	75.87±0.88	1.19±0.02	4.45±0.17	20.25±0.21
小黄鱼 <sup>[19]</sup>	76.41	1.43	1.78	15.24
金鲳鱼 <sup>[20]</sup>	68.77±0.62	1.20±0.25	10.38±0.87	19.65±0.45
大菱鲆 <sup>[21]</sup>	76.55	1.16	0.57	17.72

## 1.4 数据处理

用 Excel 进行数据处理, 实验数据以至少 3 个平行样品的平均值±标准差表示, 采用 Origin 2021 (Origin Lab Corp, Hampton, USA) 软件绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 鳀鱼主要营养成分分析

水产品的主要营养成分 (水分、灰分、粗脂肪和粗蛋白) 是衡量水产品肌肉营养和品质的重要指标<sup>[22]</sup>。将鳀鱼的主要营养成分与淡水鱼 (草鱼、罗非鱼) 及海水鱼 (黄花鱼、黑鲷、小黄鱼、金鲳鱼和大菱鲆) 进行比较如表 1 所示。由表 1 可知, 鳀鱼肌肉主要营养成分水分含量最高 (75.67%), 高于黄花鱼 (71.64%)<sup>[18]</sup> 及金鲳鱼 (68.77%)<sup>[20]</sup> 肌肉水分含量, 低于小黄鱼 (76.41%)<sup>[19]</sup>、大菱鲆 (76.55%)<sup>[21]</sup> 等海水鱼的水分含量。鳀鱼中常规营养成分第二种含量较多的是粗蛋白 (16.38%), 高于小黄鱼 (15.24%)<sup>[18]</sup> 但低于黑鲷 (20.25%)<sup>[18]</sup>、黄花鱼 (18.56%)<sup>[18]</sup>、金鲳鱼 (19.65%)<sup>[20]</sup> 和大菱鲆 (17.72%)

[21]等海水鱼的粗蛋白含量。与其它鱼类相比, 鳀鱼中灰分(2.31%)和粗脂肪(5.05%)含量相对较高。可能由于鳀鱼在12月份进行捕捞, 经过春、夏、秋三个季节迅速成长后脂肪在体内迅速积累的结果, 这与方林[6]的测定不同季节对草鱼基本营养成分的影响结果一致, 研

究发现草鱼背肉(1.73%)、腹肉(13.26%)和红肉(24.22%)脂肪均在秋季达到最大值。总体而言, 鳀鱼肌肉具有高蛋白低脂肪的特点。

## 2.2 鳀鱼氨基酸组成及营养价值评价

表2 鳀鱼总氨基酸组成及含量

Table 2 Composition and content of total amino acids in anchovy

项目	名称	含量/(mg/100 g)	比例/%
必需氨基酸 (EAA)	苏氨酸 (Thr)	169.98±48.46	4.62
	缬氨酸 (Val)	194.32±51.30	5.28
	甲硫氨酸 (Met)	126.41±35.27	3.44
	异亮氨酸 (Ile)	175.11±48.23	4.76
	亮氨酸 (Leu)	322.33±93.80	8.76
	苯丙氨酸 (Phe)	165.90±47.68	4.51
	赖氨酸 (Lys)	315.62±52.19	8.58
非必需氨基酸 (NEAA)	天冬氨酸 (Asp)	367.37±96.53	9.98
	丝氨酸 (Ser)	151.96±44.11	4.13
	谷氨酸 (Glu)	516.84±12.92	14.05
	甘氨酸 (Gly)	192.12±39.15	5.22
	丙氨酸 (Ala)	247.29±63.71	6.72
	酪氨酸 (Tyr)	138.06±40.38	3.75
	组氨酸 (His)	130.37±34.36	3.54
	精氨酸 (Arg)	243.23±65.73	6.61
	脯氨酸 (Pro)	151.03±31.37	4.10
	半胱氨酸 (Cys)	21.11±3.67	0.57
总氨基酸 (TAA)		3679.62±51.16	100

表3 鳀鱼氨基酸与鸡蛋蛋白、FAO/WHO 氨基酸标准模式比较

Table 3 Comparison of anchovy amino acids with egg protein and FAO/WHO amino acid standard models

必需氨基酸	FAO/WHO 氨基酸模式/(mg/g)	鸡蛋蛋白质含量/(mg/g)	AAS	CS
异亮氨酸	40	49	0.72±0.20	0.59±0.16
亮氨酸	70	81	0.75±0.22	0.65±0.19
赖氨酸	55	66	0.94±0.16	0.78±0.13
甲硫氨酸+半胱氨酸	35	47	0.69±0.23	0.51±0.17
苯丙氨酸+酪氨酸	60	86	0.83±0.24	0.58±0.17
苏氨酸	40	45	0.70±0.20	0.62±0.18
缬氨酸	50	54	0.64±0.17	0.59±0.16
EAAI		0.47		

由表2可知, 鳀鱼肌肉中共检测出17种氨基酸, 其中7种必需氨基酸(EAA)和10种非必需氨基酸(NEAA), 氨基酸总量(TAA)达到3679.62 mg/100 g, 鳀鱼的氨基酸种类齐全。必需氨基酸中亮氨酸占比最高(8.88%), 其次为赖氨酸(8.70%), 研究表明亮氨酸能够促进骨骼肌和脂肪中蛋白质的形成, 并且具有调节血糖的功能[23]。呈甜味的非必需氨基酸中谷氨酸含量最高(516.84 mg/100 g), 这与罗非鱼(164 mg/g 蛋白质)和

白乌鱼(186.30 mg/g 蛋白质)[24]、草鱼(2.91 g/100 g)[17]的检测结果一致, 同时海水鱼黄花鱼(2.83 g/100 g)、黑鲷(3.02 g/100 g)、紫红笛鲷(3.02 g/100 g)[18]含量最高的非必需氨基酸也均为谷氨酸。优质食品蛋白不仅所含必需氨基酸种类要齐全, 而且EAA之间的比例也要适宜。FAO/WHO推荐人体必需氨基酸均衡标准模式EAA/TAA在40%左右、EAA/NEAA在60%以上的蛋白质质量较好[12]。本研究中EAA/TAA、EAA/NEAA分别

为 40.49%和 68.06%，说明鳀鱼属于优质蛋白，该结果略高于戴梓茹等<sup>[20]</sup>研究的金鲳鱼的 EAA/TAA (37.97%)，且高于金鲳鱼 EAA/NEAA (61.22%) 的值。

如表 3 所示，鳀鱼肌肉中必需氨基酸的 AAS 大于 0.6，CS 大于 0.5，低于陈晓婷等<sup>[25]</sup>研究的暗纹鱼肉的 AAS (>0.98)，但与暗纹东方鲀 CS (>0.56) 相近。说明必需氨基酸的组成相对均衡且含量丰富，可以提供全面且较为优质的蛋白质。综合 AAS 及 CS，鳀鱼肌肉中第一限制性氨基酸为缬氨酸、甲硫氨酸+半胱氨酸，因此，在食用鳀鱼时应适当和缬氨酸、甲硫氨酸+半胱氨酸来源充足的膳食一起食用，可以提高鳀鱼的氨基酸利用率，同时养殖时也可以在饲料中添加一些物质<sup>[26]</sup>以补充缬氨酸、甲硫氨酸+半胱氨酸，从而解决限制性氨基酸造成的氨基酸利用不足的问题。赖氨酸的 AAS 最接近 1，而其它氨基酸则小于 1，表明鳀鱼中赖氨酸最接近人体营养需要。

### 2.3 鳀鱼脂肪酸组成及评价

表 4 鳀鱼脂肪酸的组成及含量

Table 4 Fatty acid composition and content of anchovy (mg/g)

脂肪酸	含量	脂肪酸	含量
C4:0	0.01±0.00	C22:0	0.09±0.03
C12:0	0.07±0.01	C20:3N6	0.06±0.01
C13:0	0.03±0.00	C22:1N9	0.04±0.00
C14:0	3.09±0.24	C20:3N3	0.12±0.00
C14:1	0.01±0.00	C20:4n6 (ARA)	0.64±0.04
C15:0	0.41±0.03	C23:0	0.03±0.01
C16:0	9.78±0.53	C22:2	0.18±0.01
C16:1	3.60±0.21	C24:0	0.09±0.02
C17:0	0.41±0.03	C20:5 (EPA)	4.62±0.20
C17:1	0.23±0.13	C24:1	0.25±0.01
C18:0	2.64±0.15	C22:6NS (DHA)	7.12±0.30
C18:1N9T	0.03±0.01	ΣSFA	18.51±1.28
C18:1N9C	1.59±0.20	ΣMUFA	4.26±0.36
C18:2N6T	0.02±0.02	ΣPUFA	14.22±0.80
C18:2N6C	0.53±0.06	ΣUFA	18.48±1.15
C20:0	0.20±0.01	ΣFA	36.98±2.44
C18:3N6	0.10±0.02	n-6 PUFA	1.35±0.34
C20:1	0.12±0.00	n-3 PUFA	7.51±0.15
C18:3N3	0.27±0.04	n-3/n-6	5.58±0.27
C21:0	0.02±0.01	AI	0.70 ± 0.08
C20:2	0.56±0.10	TI	0.50 ± 0.06
EPA+DHA	11.74±0.50	HI	0.10 ± 0.00

注：ΣUFA 表示不饱和脂肪酸总含量；ΣFA 表示脂肪酸总含量；表中仅列出含量大于 10 μg/g 的脂肪酸。

由表 4 可知，鳀鱼含有 37 种脂肪酸，包括 17 种饱和脂肪酸 (SFA)、9 种单不饱和脂肪酸 (MUFA)、11 种多不饱和脂肪酸 (PUFA)。SFA、MUFA、PUFA 占总脂肪酸的百分比分别为 50.05%、11.52% 和 38.44%。鳀鱼中含量最高的脂肪酸为棕榈酸 (C16:0)，与刘海珍等<sup>[3]</sup>研究的鳀鱼和戴梓茹等<sup>[20]</sup>研究的金鲳鱼的结果一致。有文献表明 PUFA 具有降血脂、预防心脑血管疾病、促进生长发育等功效<sup>[27]</sup>，同时，PUFA 能增加鳀鱼肌肉香味，增强肌肉多汁性口感<sup>[3]</sup>。与其它鱼类相比，鳀鱼的 PUFA 含量 (38.44%) 远高于暗纹东方鲀 (19.0%)<sup>[28]</sup>，略高于淡水石斑鱼 (35.86%)<sup>[29]</sup>，但略低于鳗鲡 (41.92%~48.27%)<sup>[30]</sup>。而鳀鱼的 PUFA 以 DHA (C22:6NS) 和 EPA (C20:5) 为主，占总脂肪酸的比例分别为 19.24% 和 12.50%。其中 DHA 含量远高于澳洲金鲈鱼 (2.10%)<sup>[31]</sup> 和大黄鱼 (5.54%)<sup>[32]</sup>，EPA 含量远高于大黄鱼 (3.08%)<sup>[32]</sup>。鳀鱼 n-3/n-6 值为 5.58，远高于 FAO/WHO 推荐的日常膳食 n-3/n-6 (0.1~0.2)<sup>[33]</sup>，因此鳀鱼可以作为 n-6 系和 n-3 系脂肪酸的重要膳食来源。鳀鱼肌肉 AI、TI 和 HI 分别为 0.70、0.50 和 0.10，远低于牛肉和羊肉的 AI 和 TI (AI: 0.72 和 1.00; TI: 1.06 和 1.58)<sup>[34,35]</sup>，说明鳀鱼脂肪酸不饱和度较高，具有调节血脂、软化血管、抑制动脉粥样硬化和血栓形成的作用。

### 2.4 鳀鱼矿物质含量及营养评价

作为人体必需的七大营养素之一矿物质是构成生物体组织和维持正常生理功能必需的物质，与生物体各项生理机能密切相关，在体内过多和缺乏对人体健康都不利。矿物质因其在体内不能合成，所以必须通过膳食由外界环境供给<sup>[17]</sup>。

如图 1 所示，鳀鱼中矿物质含量丰富，含量最高的常量元素为 Ca (744.23 mg/100 g)，其次依次为 K (359.51 mg/100 g)、Na (271.00 mg/100 g) 和 Mg (56.55 mg/100 g)，而淡水鱼草鱼、鲫鱼中含量最高的常量元素均为 K (317.29 mg/100 g 和 1162.42 mg/100 g)<sup>[17,36]</sup>，且海水鱼黄花鱼和黑鲷中含量最高的常量元素也均为 K (574.58 mg/100 g 和 559.20 mg/100 g)<sup>[18]</sup>，与本研究结果不太一致。而中华草龟鱼肉含量最高的常量元素为 Ca (32.62 mg/100 g)<sup>[37]</sup>，与本研究结果相符。水产品矿物质含量的不同可能与其生长的环境相关。鳀鱼肌肉中微量元素 (图 2) 含量最高的 Fe (2.24 mg/100 g)，与鲫鱼 (5.48 mg/100 g)<sup>[36]</sup>、菲律宾蛤仔 (3.52 mg/100 g)<sup>[38]</sup>、海水鱼紫红笛鲷 (5.40 mg/100 g)<sup>[18]</sup>、青点鹦嘴鱼 (3.01 mg/100 g)<sup>[18]</sup> 等微量元素结果保持一致，而海水鱼鮫鳐鱼含量最多的微量元素为

Zn (8.09 mg/g)<sup>[39]</sup>。鳀鱼中 Zn 的含量 (1.72 mg/100 g) 高于草鱼 (0.89 mg/100 g)<sup>[17]</sup>, 但低于鲫鱼含量 (2.61 mg/100 g)<sup>[36]</sup>, 而 Mn 的含量 (0.37 mg/100 g) 高于其它两种鱼类。刘海珍等<sup>[3]</sup>在成年鳀鱼肌肉中测得 Zn 的含量为 7.98±0.62 μg/g, 与本次实验结果相符。此外, 鳀鱼中还检测出微量元素 Se (0.03 mg/100 g) 和 Cu (0.04 mg/100 g)。硒能增强人体免疫力和预防癌症, 而铜参与造血功能影响铁的吸收利用。因此, 经常食用鳀鱼有利于补充 Fe、Zn 和 Se 等微量元素, 可作为补充人体微量元素的良好来源, 减少营养失衡的现象。

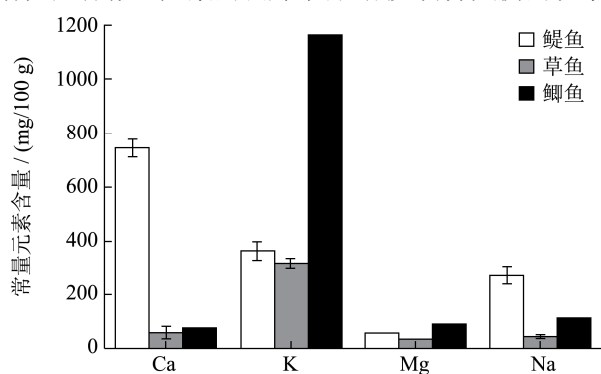


图1 鳀鱼与其它鱼类常量元素含量的比较

Fig.1 Comparison of constant elements of anchovy and other fish

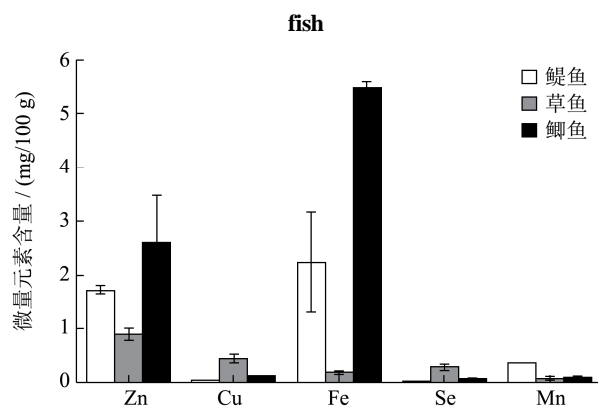


图2 鳀鱼与其它鱼类微量元素含量的比较

Fig.2 Comparison of trace elements of anchovy and other fish

### 3 结论

3.1 冷冻鳀鱼是优质蛋白源, 粗蛋白含量为 16.38%±2.29%, 富含 17 种氨基酸, 包括 7 种 EAA, 必需氨基酸种类要齐全, 而且 EAA 之间的比例也要适宜。EAA/TAA、EAA/NEAA 分别为 40.49%和 68.06%, 构成比例符合 FAO/WHO 规定的优质蛋白标准。

3.2 冷冻鳀鱼共检测出 37 种脂肪酸, 包括 11 种 PUFA, 脂肪酸含量排序为 SFA>PUFA>MUFA, 且 EPA 和 DHA 占总脂肪酸的比例分别为 19.24%和 12.50%, AI、TI 和 HI 分别为 0.70、0.50 和 0.10, 对人体膳食脂肪健康与平衡具有积极影响。

3.3 冷冻鳀鱼矿物质和微量元素含量也较丰富, 其中常量元素中钙的含量最高 (32.62 mg/100 g), 同时含有人体必需的微量元素铁、锌、硒等。

3.4 鳀鱼是一种营养成分丰富齐全且营养价值较高的水产品, 值得进一步研究开发。

### 参考文献

- [1] Shiriskar D A, Khedkar G D, Sudhakara N S. Preparation of boiled and dried products from anchovies (*Stolephorus* sp) and studies on quality changes during storage [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2010, 34: 73-86
- [2] Hata H, Motomura H. *Stolephorus continentalis*, a new anchovy from the northwestern south China sea, and redescription of *Stolephorus chinensis* (Günther 1880) (Clupeiformes: Engraulidae) [J]. Ichthyological Research, 2018, 65(3): 374-382
- [3] 刘海珍, 罗琳, 蔡德陵, 等. 不同生长阶段鳀鱼肌肉营养成分分析与评价[J]. 核农学报, 2015, 29(11): 2150-2157  
LIU Haizhen, LUO Lin, CAI Deling, et al. Analysis and evaluation of anchovy muscle nutrients in different growth stages [J]. Journal of Nuclear Agriculture, 2015, 29(11): 2150-2157
- [4] 王志芳, 郭忠宝, 罗永巨, 等. 淡水石斑鱼与 3 种罗非鱼肌肉营养成分的分析比较[J]. 南方农业学报, 2018, 49(1): 164-171  
WANG Zhifang, GUO Zhongbao, LUO Yongju, et al. Nutrient compositions in muscle of *Cichlasoma managuense* and three tilapia species [J]. Journal of Southern Agriculture, 2018, 49(1): 164-171
- [5] 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
- [6] 方林. 草鱼滋味物质及品质变化的影响因素研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2018  
FANG Lin. Study on taste components and quality variation of grass carp meat [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2018
- [7] Cai L, Tong F L, Tang T, et al. Comparative evaluation of nutritional value and flavor quality of muscle in triploid and diploid common carp: application of genetic improvement in fish quality [J]. Aquaculture, 2021, 541(7): 736780
- [8] 齐慧林. 护色剂对调味鱼杀菌及储藏过程中颜色品质的影响研究[D]. 无锡: 江南大学, 2020

- QI Huilin. Study on the effect of color retention agent on the color quality of seasoned fish during sterilization and storage [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2020
- [9] 陈君,霍健聪.麻辣鳀鱼休闲食品的研制[J].食品工业,2011,32(9):80-82
- CHEN Jun, HUO Jiancong. Study on instant food of spicy-hot flavor anchovy [J]. Food Industry, 2011, 32(9): 80-82
- [10] Aydin I, Gokoglu N. Effects of temperature and time of freezing on lipid oxidation in anchovy (*Engraulis encrasicolus*) during frozen storage [J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2014, 116(8): 996-1001
- [11] 蒋定文,林梦,沈先荣,等.鳀鱼的营养分析与评价[J].中国海洋药物,2010,29(4):50-54
- JIANG Dingwen, LIN Meng, SHEN Xianrong, et al. Nutrient analysis and nutritive evaluation of *Engraulis japonicus* [J]. Chinese Journal of Marine Drugs, 2010, 29(4): 50-54
- [12] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Energy and Protein Requirements [M]. Rome: FAO Nutrition Meeting Report Series, 1973: 52
- [13] Pellet P L, Young V R. Nutritional evaluation of protein foods [J]. Food & Nutrition, 1980, 4: 26-29
- [14] Folch J M, Lee S, Sloane-Stanley G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues [J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 22(6): 24-36
- [15] Dincer, Mehmet, Tolga, et al. Comparing proximate composition and fatty acid profile changes of *Jinga* shrimps (*Metapenaeus affinis*, H. Milne Edwards, 1837) after frying [J]. Deutsche Lebensmittel Rundschau, 2016, 112(12): 547-552
- [16] Küükgülmez A, Yanar Y, Çelik M, et al. Fatty acids profile, atherogenic, thrombogenic, and polyene lipid indices in golden grey mullet (*Liza aurata*) and gold band goatfish (*Upeneus moluccensis*) from Mediterranean sea [J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2018, 27(8): 912-918
- [17] 王广军,吴敬荣,于凌云,等.‘金草鱼’和普通草鱼肌肉营养成分比较分析及其营养价值评价[J].甘肃农业大学学报,2017,52(5):121-126
- WANG Guangjun, WU Jingrong, YU Lingyun, et al. Comparison and evaluation of nutrition composition in the muscles of gold grass carp and common grass carp [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2017, 52(5): 121-126
- [18] 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
- [19] 高学慧,张小军,余海霞,等.小黄鱼和棘头梅童鱼肌肉营养成分分析及品质评价[J].浙江大学学报(理学版),2020,47(3):362-369
- GAO Xuehui, ZHANG Xiaojun, YU Haixia, et al. Analysis and evaluation of the nutritional components in the muscle of *Pseudosciaena polyactis* and *collichthys* [J]. Journal of Zhejiang University (Science Edition), 2020, 47(3): 362-369
- [20] 戴梓茹,钟秋平,林美芳,等.金鲳鱼营养成分分析与评价[J].食品工业科技,2013,34(1):347-350
- DAI Zirui, ZHONG Qiuping, LIN Meifang, et al. Nutritional component analysis and quality evaluation of golden pompano [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(1): 347-350
- [21] 马爱军,陈四清,雷霖霖,等.大菱鲆鱼体生化组成及营养价值的初步探讨[J].海洋水产研究,2003,1:11-14
- MA Aijun, CHEN Siqing, LEI Jilin, et al. The preliminary study on the biochemical composition and its nutritionvalue of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. Marine Fisheries Research, 2003, 1: 11-14
- [22] 程辉辉,谢从新,李大鹏,等.种青养鱼模式下的草鱼肌肉营养成分和品质特性[J].水产学报,2016,40(7):1050-1059
- CHENG Huihui, XIE Congxin, LI Dapeng, et al. The study of muscular nutritional components and fish quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) in ecological model of cultivating grass carp with grass [J]. Journal of Fisheries of China, 2016, 40(7): 1050-1059
- [23] Li F, Yin Y, Bie T, et al. Leucine nutrition in animals and humans: mTOR signaling and beyond [J]. Amino Acids, 2011, 41(5): 1185-1193
- [24] 柯欢,李慧,熊伟,等.白乌鱼与罗非鱼的营养物质比较分析[J].农产品加工,2020,1:47-49
- KE Huan, LI Hui, XIONG Wei, et al. Comparison of nutrients in white mullet (*Opiniocephalus argus* var *kimmra*) and tilapia meat (*Sarotherodon nilotica*) [J]. Farm Products Processing, 2020, 1: 47-49
- [25] 陈晓婷,吴靖娜,许旻,等.四种河鲢鱼皮和鱼肉的营养成分分析与评价[J].现代食品科技,2020,36(1):69-77
- CHEN Xiaoting, WU Jingna, XU Min, et al. Analysis and

- evaluation of the nutritional components in fish skin and fish meat of four species of puffer fish [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2020, 36(1): 69-77
- [26] Bonvini E, Bonaldo A, Parma L, et al. Feeding European sea bass with increasing dietary fibre levels: impact on growth, blood biochemistry, gut histology, gut evacuation [J]. *Aquaculture*, 2018, 494: 1-9
- [27] 杭晓敏,唐涌濂,柳向龙.多不饱和脂肪酸的研究进展[J].*生物工程进展*,2001,4:18-21  
HANG Xiaomin, TANG Yonglian, LIU Xianglong. Progress in the research on polyunsaturated fatty acids [J]. *Advances in Bioengineering*, 2001, 4: 18-21
- [28] 顾曙余,赵清良,赵强,等.野生与养殖暗纹东方鲀(*Fugu obscurus*)脂肪酸组成和含量的初步研究[J].*南京师大学报(自然科学版)*,1999,2:78-81,86  
GU Shuyu, ZHAO Qingliang, ZHAO Qiang, et al. Comparison of the composition and contents of the fatty acids between wild and cultured *Fugu obscurus* [J]. *Journal of Nanjing Normal University (Natural Science)*, 1999, 2: 78-81, 86
- [29] 黄海,杨宁,张希.淡水石斑鱼含肉率和肌肉营养成分分析[J].*水产科技情报*,2012,39(2):87-91  
HUANG Hai, YANG Ning, Zhang Xi. Analysis of freshwater grouper meat percentage and muscle nutrient composition [J]. *Aquatic Science and Technology Information*, 2012, 39(2): 87-91
- [30] 罗鸣钟,关瑞章,靳恒.五种鳗鲡的含肉率及肌肉营养成分分析[J].*水生生物学报*,2015,39(4):714-722  
LUO Mingzhong, GUAN Ruizhang, JIN Heng. Analysis on the ratio of flesh content and the nutritional composition in the muscle of five species of eel [J]. *Acta Hydrobiology Sinica*, 2015, 39(4): 714-722
- [31] 罗钦,黄敏敏,任丽花,等.澳洲金鲈鱼种肌肉中氨基酸与脂肪酸组成的分析[J].*食品安全质量检测学报*,2020,11(11): 3607-3613  
LUO Qin, HUANG Minmin, REN Lihua, et al. Analysis on the amino acids and fatty acids compositions in muscle of juvenile Australian golden perch [J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2020, 11(11): 3607-3613
- [32] 张艳霞,谢成民,周纷,等.两种养殖模式大黄鱼肌肉营养价值评价及主体风味物质差异性分析[J].*食品科学*,2020,41(8):220-227  
ZHANG Yanxia, XIE Chengmin, ZHOU Fen, et al. Evaluation of muscle nutritional value and differences in main flavor substances of *Pseudosciaena crocea* in two cultivation modes [J]. *Food Science*, 2020, 41(8): 220-227
- [33] Todd, Joanne. FAO/WHO consultation on dietary recommendations on total fat and fatty acids [J]. *Peppermint Press*, 2010, 10(3): 12-13
- [34] Ulbricht T, Southgate D. Coronary heart disease: seven dietary factors [J]. *Lancet*, 1991, 338(8773): 985-992
- [35] Sari M, Sisman T, Onk K, et al. Effects of different fattening systems on technological properties and fatty acid composition of goose meat [J]. *European Poultry Science*, 2015, 79(18): 1-2
- [36] 孙博.几种水产品营养成分分析[D].大连:辽宁师范大学, 2011  
SUN Bo. The analysis of nutrients in several aquatic products [D]. Dalian: Liaoning Normal University, 2011
- [37] 徐莹莹,赖年悦,石扬,等.中华草龟肉的营养成分分析及品质评价[J].*肉类工业*,2017,5:27-35  
XU Yingying, LAI Nianyue, SHI Yang, et al. Nutritional components analysis and quality evaluation of *Chinemys reevesii* tortoise meat [J]. *Meat Industry*, 2017, 5: 27-35
- [38] 杨金兰,李刘冬,黄珂,等.菲律宾蛤仔全脏器的营养成分分析与评价[J].*中国渔业质量与标准*,2014,4(2):26-31  
YANG Jinlan, LI Liudong, HUANG Ke, et al. Analysis and evaluation on nutrients in whole viscera of *Ruditapes philippines* [J]. *Chinese Fishery Quality and Standards*, 2014, 4(2): 26-31
- [39] 田笑笑,王丰雷,张文,等.鮫鲸鱼肌肉和鱼骨的营养成分分析及评价[J].*浙江海洋大学学报(自然科学版)*,2019,38(4): 316-321  
TIAN Xiaoxiao, WANG Fenglei, ZHANG Wen, et al. Analysis and evaluation of nutritive composition in muscles and bones of *Lophius litulon* [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2019, 38(4): 316-321