

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.07.009

鮠鱼肌肉和副产物营养成分分析及评价

Analysis and evaluation of nutrient compositions of *Miichthys Miiuy* muscle and by-products

孙素玲¹ 李 雪¹ 顾小红² 张 玉¹

SUN Su-ling¹ LI Xue¹ GU Xiao-hong² ZHANG Yu¹

王君虹¹ 朱作艺¹ 王 伟¹

WANG Jun-hong¹ ZHU Zuo-yi¹ WANG Wei¹

(1. 浙江省农业科学院农产品质量标准化研究所, 浙江 杭州 310021;

2. 江南大学食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214122)

(1. Institute of Quality and Standard for Agricultural Products, Zhejiang Academy of Agricultural Science, Hangzhou, Zhejiang 310021, China; 2. State Key Laboratory of Food Science & Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

摘要:对鮠鱼肌肉和副产物营养成分进行测定, 鮠鱼肌肉和副产物水分含量分别为 79.65% 与 69.15%, 蛋白质含量分别为 18.65% 与 19.36%, 粗脂肪含量分别为 0.24% 与 3.90%, 灰分含量分别为 1.15% 与 3.75%。鮠鱼肌肉和副产物的氨基酸总量 (TAA) 分别为 18.58% 与 15.47%, 必需氨基酸 (EAA) 质量分数分别为 7.65% 与 5.52%, 但只有鮠鱼肌肉的 EAA/TAA (41.17%) 与 EAA/非必需氨基酸 (69.99%) 符合 FAO/WHO 优质蛋白质标准。氨基酸评分和化学评分的结果表明鮠鱼肌肉和副产物的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸。鮠鱼肌肉必需氨基酸指数 (EAAD) 为 89.07, 副产物的 EAAI 为 61.78。鮠鱼肌肉和副产物都含有丰富的丁酸、棕榈油酸、油酸、神经酸、二十二碳六烯酸、Mg、Ca、K 和 Fe。鮠鱼肌肉和副产物是高质量、低脂肪、富含矿物质的食品源。

关键词: 鮠鱼; 副产物; 氨基酸; 脂肪酸; 矿物质

Abstract: To determine the nutrients contents in *Miichthys miiuy* muscle and by-products. The contents of moisture in *Miichthys miiuy* muscle and by-products were 79.65%, 69.15%; crude protein were 18.65%, 19.36%; crude fat were 0.24%, 3.90%; and crude ash were 1.15%, 3.75%, respectively. Total amino acids (TAA) contents of *Miichthys miiuy* muscle and by-products were 18.58%, 15.47%, and essential amino acids

(EAA) contents were 7.65%, 5.52%, respectively. However, only EAA/TAA (41.17%) and EAA/non essential amino acids (NEAA, 69.99%) of *Miichthys miiuy* muscle met FAO/WHO standard for protein profile. According to amino acid score (AAS) and chemical score (CS), methionine was the first limited amino acid in *Miichthys miiuy* muscle and by-products. The essential amino acids index (EAAI) of *Miichthys miiuy* muscle and by-products was 89.07, 61.78, respectively. The contents of butyric acid, palmitoleic acid, oleic acid, nervonic acid, docosahexaenoic acid (DHA), magnesium (Mg), calcium (Ca), potassium (K) and iron (Fe) were high in *Miichthys miiuy* muscle and by-products. *Miichthys miiuy* muscle and by-products are kinds of nutrition rich food source with high content of protein, low content of fat and high contents of mineral.

Keywords: *Miichthys miiuy*; by-products; amino acids; fatty acids; mineral

鮠鱼俗称米鱼、蟹鱼, 属硬骨鱼纲、鲈形目、石首鱼科、鮠鱼属^[1]。鮠鱼主要分布在中国浙江、台湾、福建、山东和江苏等省, 其中浙江舟山群岛的产量最大, 舟山市每年鮠鱼的捕获量约 2~3 万 t^[2]。鮠鱼肉厚、味鲜、骨松、刺少, 因此鮠鱼肉是制作鱼丸、鱼饼、鱼面的上等原料, 在温州颇负盛名。鮠鱼制品加工过程中会产生约 25% 的鮠鱼副产物。

近年来, 鮠鱼和鮠鱼副产物的加工应用研究有鮠鱼提取物对鲜红虾保鲜效果^[3]、鮠鱼鱼松加工工艺^[4]、鮠鱼胶炖品加工技术^[5]和鮠鱼鱼胶抗氧肽^[6]等。而鮠鱼和鮠

基金项目: 浙江省重点研发计划项目 (编号: 2018C02048)

作者简介: 孙素玲, 女, 浙江省农业科学院讲师, 博士。

通信作者: 王伟 (1979—), 男, 浙江省农业科学院研究员, 博士。

E-mail: wangwei5228345@126.com

收稿日期: 2020-03-17

鱼副产品的精深加工产品种类较少,主要原因在于对鳊鱼和鳊鱼副产品的营养价值认识度不高。但目前关于鳊鱼肌肉和副产品的氨基酸、脂肪酸和矿物质含量、营养价值评价还未见报道,仅郭慧^[2]分析了鳊鱼肌肉中水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分含量。研究拟分析鳊鱼肌肉和副产品的营养成分并评价其营养价值,以期为鳊鱼尤其是鳊鱼副产品的资源开发与利用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

鳊鱼和鳊鱼副产物(鱼皮和鱼骨):收集自浙江省舟山市,鳊鱼取肌肉与鳊鱼副产物分别经绞碎后,立即测定水分含量,剩下的分别塑封、备用;

37 种脂肪酸甲酯混标标准品:美国 Nu-chek 公司;

氨基酸混标标准品:美国 Sigma 公司;

矿物质元素标准品:中国计量科学研究院;

其他试剂均为色谱纯或分析纯。

1.2 仪器与设备

氨基酸分析仪:SYKAM 433D 型,德国 Sykam 公司;

气相色谱仪:Trace GC Ultra 型,美国 Thermo Fisher 公司;

原子荧光光度计:AFS-8220 型,上海吉天仪器有限公司;

原子吸收分光光度计:AA-6300C 型,日本岛津制造所。

1.3 方 法

1.3.1 基本营养组分(水分含量、粗蛋白含量、粗脂肪含量和粗灰分含量)的测定 参照文献^[7]。

1.3.2 氨基酸的测定 参照文献^[8]。

$$IT = \frac{C_{14:0} + C_{16:0} + C_{18:0}}{0.5 \times \sum MUFA + 0.5 \times \sum \omega_6 PUFA + 3 \times \sum \omega_3 PUFA + \frac{\omega_3}{\omega_6}}, \quad (5)$$

式中:

IA——动脉粥样硬化指数;

MUFA——单不饱和脂肪酸,%;

PUFA——多不饱和脂肪酸,%;

IT——动脉粥样硬化指数;

ω_3 —— ω_3 多不饱和脂肪酸含量,%;

ω_6 —— ω_6 多不饱和脂肪酸含量,%。

1.3.6 矿物质元素分析 鳊鱼肌肉和副产物微波消解后,硒和砷的测定采用原子荧光法^[11],钾、钠、铅、铜、锌、铁、钙、镁、锰、铬、镉的测定采用原子吸收法^[12]。

1.3.7 数据统计 采用 SPSS 16.0 软件独立样品 *t* 检验法分析鳊鱼肌肉和副产物间差异性, $P < 0.05$ 表示差异显著。所有的数据都用 $\bar{x} \pm s$ 表示。

1.3.3 脂肪酸的测定 参照文献^[8]。

1.3.4 氨基酸营养评价 参照章杰等^[9]的方法,利用化学评分、氨基酸评分和必需氨基酸指数 3 种方法对鳊鱼肌肉和副产物的氨基酸营养进行评价,计算公式:

$$CS = \frac{W_1}{W_2}, \quad (1)$$

$$AAS = \frac{W_1}{W_3}, \quad (2)$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100a}{A} \times \frac{100b}{B} \times \frac{100c}{C} \times \dots \times \frac{100i}{I}}, \quad (3)$$

式中:

CS——化学评分;

W_1 ——被测样品每克氮中氨基酸的含量,mg/g;

W_2 ——全鸡蛋蛋白模式每克氮中氨基酸的含量,mg/g;

AAS——氨基酸评分;

W_3 ——FAO/WHO 评分模式每克氮中氨基酸的含量,mg/g;

EAAI——必需氨基酸指数;

n ——所比较的必需氨基酸个数;

$a \sim i$ ——被测样品每克氮中必需氨基酸的含量,mg/g;

$A \sim I$ ——全鸡蛋蛋白质每克氮中相应必需氨基酸的含量,mg/g。

1.3.5 脂肪酸品质评价 参照 Ulbricht 等^[10]的方法,利用动脉粥样硬化指数和血栓指数 2 种方法对鳊鱼肌肉和副产物的脂肪酸品质进行评价,计算公式:

$$IA = \frac{C_{12:0} + 4 \times C_{14:0} + C_{16:0}}{\sum MUFA + \sum PUFA}, \quad (4)$$

2 结果与分析

2.1 鳊鱼肌肉和副产物基本营养成分

由表 1 可知,鳊鱼肌肉的水分含量显著大于鳊鱼副产物($P < 0.05$),鳊鱼肌肉的粗脂肪和粗灰分含量明显低于鳊鱼副产物($P < 0.05$),可能是因为鳊鱼副产物含有大量的鱼骨导致灰分含量较高,而鳊鱼皮下脂肪导致鳊鱼副产物脂肪含量高。鳊鱼肌肉的蛋白质含量稍低于鳊鱼副产物但两者之间没有统计学差异,可能是由鳊鱼肌肉的水分含量大于鳊鱼副产物导致的。

2.2 鳊鱼肌肉和副产物氨基酸组成

如表 2 所示,鳊鱼肌肉和副产物的谷氨酸含量最高(3.07%,2.30%),较高的是天冬氨酸(2.05%,1.56%)。谷氨酸和天冬氨酸都是呈鲜味氨基酸^[13],因此鳊鱼味道

表 1 鳊鱼肌肉和副产物基本营养成分的质量分数[†]

Table 1 Nutrient contents of *Miichthys miiuy* muscle and by-products %

样品	水分	蛋白质	粗脂肪	灰分
鳊鱼肌肉	79.65±0.15 ^a	18.65±0.15 ^a	0.24±0.04 ^b	1.15±0.00 ^b
鳊鱼副产物	69.15±0.05 ^b	19.36±0.50 ^a	3.90±0.00 ^a	3.75±0.05 ^a

† 同列上标字母不同表示鳊鱼肌肉和副产物间差异显著(P<0.05)。

表 2 鳊鱼肌肉和副产物氨基酸质量分数[†]

Table 2 Amino acid contents of *Miichthys miiuy* muscle and by-products %

样品	Asp	Thr [*]	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala
鳊鱼肌肉	2.05±0.09 ^a	0.95±0.03 ^a	0.85±0.04 ^a	3.07±0.04 ^a	0.69±0.00 ^b	0.82±0.02 ^b	1.16±0.03 ^a
鳊鱼副产物	1.56±0.09 ^a	0.71±0.01 ^a	0.70±0.02 ^a	2.30±0.04 ^b	0.93±0.02 ^a	1.48±0.05 ^a	1.19±0.03 ^a
样品	Val [*]	Met [*]	Ile [*]	Leu [*]	Try	Phe [*]	His
鳊鱼肌肉	0.92±0.03 ^a	0.58±0.02 ^a	0.90±0.01 ^a	1.57±0.04 ^a	0.59±0.01 ^a	0.82±0.00 ^a	0.53±0.02 ^a
鳊鱼副产物	0.72±0.01 ^a	0.42±0.02 ^b	0.63±0.01 ^b	1.13±0.01 ^b	0.37±0.01 ^b	0.61±0.01 ^b	0.43±0.01 ^a
样品	Lys [*]	Arg	EAA	NEAA	TAA	EAA/TAA	EAA/NEAA
鳊鱼肌肉	1.92±0.01 ^a	1.17±0.01 ^a	7.65±0.13 ^a	10.93±0.13 ^a	18.58±0.01 ^a	41.17±0.00 ^a	69.99±0.01 ^a
鳊鱼副产物	1.33±0.02 ^b	1.01±0.02 ^b	5.52±0.04 ^b	9.95±0.27 ^a	15.47±0.31 ^b	35.69±0.46 ^b	55.51±1.10 ^b

† * . 必需氨基酸;同列上标字母不同表示鳊鱼肌肉和副产物间差异显著(P<0.05)。

很鲜美。鳊鱼肌肉含有较高的赖氨酸、亮氨酸、精氨酸和丙氨酸,组氨酸含量最低;鳊鱼副产物含有较高的甘氨酸、赖氨酸、丙氨酸、亮氨酸和精氨酸,酪氨酸含量最低。赖氨酸具有激活脂肪代谢、增强机体免疫功能并促进人体矿物质吸收及骨骼生长的作用^[14],因此,鳊鱼是优质的功能食品源。鳊鱼肌肉的必需氨基酸(EAA)含量为7.65%,总氨基酸(TAA)含量为18.58%,均高于舟山小黄鱼(6.78%与15.71%)^[15]。鳊鱼副产物的EAA和TAA含量分别为5.52%与15.47%,明显低于鳊鱼肌肉。鳊鱼肌肉的EAA/TAA和EAA/非必需氨基酸(NEAA)的含量分别为41.17%,69.99%。鳊鱼副产物的EAA/TAA和EAA/NEAA的含量分别为35.69%,55.51%。根据FAO/WHO的标准,EAA/TAA≥40%和EAA/NEAA>60%的蛋白质为优质蛋白质,因此鳊鱼肌肉是优质蛋白质源。鳊鱼副产物的EAA/TAA和EAA/NEAA比值也与评判标准较接近,甚至高于东海中华小公鱼^[8]。

2.3 鳊鱼肌肉和副产物氨基酸营养评价

如表3所示,鳊鱼肌肉除苯丙氨酸+半胱氨酸的AAS<1以外,其余氨基酸的AAS≥1,符合WHO/FAO推荐标准;鳊鱼副产物除赖氨酸的AAS>1以外,其他氨基酸的AAS为0.61~0.91,均低于鳊鱼肌肉的AAS,但高于镰状真鲨和大青鲨全翅和翅尖的AAS^[16]。鳊鱼肌肉除缬氨酸和苯丙氨酸+半胱氨酸的CS分别为0.76与0.50外,其他氨基酸的CS都在1.00左右,较接近全鸡蛋蛋白质参比标准;鳊鱼副产物的CS<1,最低的是苯丙氨

表 3 鳊鱼肌肉和副产物的化学评分及氨基酸评分

Table 3 Nutritional evaluation of amino acids in *Miichthys miiuy* muscle and by-products

氨基酸	CS		AAS	
	鳊鱼肌肉	鳊鱼副产物	鳊鱼肌肉	鳊鱼副产物
Thr	1.09	0.78	1.27	0.91
Val	0.76	0.57	1.00	0.75
Met+Cys	0.50	0.35	0.88	0.61
Ile	0.91	0.61	1.20	0.81
Leu	0.97	0.67	1.19	0.83
Lys	1.46	0.97	1.89	1.26
Phe+Tyr	0.83	0.56	1.24	0.83

酸+半胱氨酸(0.35)。鳊鱼肌肉和副产物的AAS和CS均以赖氨酸评分最高,鳊鱼肌肉和副产物的第一限制性氨基酸都是蛋氨酸,表明鳊鱼肌肉和副产物的含硫氨基酸略显不足。鳊鱼肌肉的EAAI为89.07;而鳊鱼副产物的EAAI只有61.78,但高于野生大黄鱼的47.30^[17]。

2.4 鳊鱼肌肉和副产物脂肪酸组成及品质评价

由表4可知,鳊鱼肌肉共检测出26种脂肪酸;而鳊鱼副产物共检测出24种脂肪酸,辛酸和癸酸因含量太低未被检测到。特别是,鳊鱼肌肉和副产物均含有丰富的短链脂肪酸——丁酸(C_{4:0})和神经酸(C_{24:1}),鳊鱼肌肉的丁酸和神经酸相对含量(9.84%,12.84%)均显著高于鳊鱼副产物(3.45%,9.48%)(P<0.05)。丁酸能提高生长速度^[18],并具有降压^[19]、促进肠道α-防御素分泌^[20]和抑制紫外线诱导的促炎因子IL-6的产生^[21]等作用。神经

酸能改善阿尔茨海默病、精神病和抑郁症、脱髓鞘病、心血管病和慢性肾病等疾病^[22]。鳊鱼肌肉和副产物均含有大量的不饱和脂肪酸, MUFA 分别占脂肪酸总量的 37.70% 和 40.81%, 两者差异显著 ($P < 0.05$); 而两者之间的 PUFA 的相对百分含量之间无统计学差异 (7.71%, 6.27%)。鳊鱼肌肉和副产物 IA 分别为 0.88 与 0.92, IT 分别为 0.93 与 1.00, 均无统计学差异。IA 和 IT 越高, 患心血管疾病的风险越高。鳊鱼肌肉和副产物 IA 低于东海小公鱼^[8], 其 IT 接近牛肉, 而鳊鱼肌肉和副产物还含有丰富的能有效改善心血管疾病的神经酸。综合可知, 鳊鱼肌肉和副产物均对人体健康具有一定的增强作用。

2.5 鳊鱼肌肉和副产物矿物质元素分析

鳊鱼肌肉和副产物都含有丰富的 Mg、Na 和 K, 还有较高的 Ca 和 Fe。饮食中微量元素的摄入量与抑郁症、血脂异常、高血压和心脏病等疾病有关, 其中 Mg 的摄入能减小肥胖的女性患高血压的风险^[23], 钾的摄入能加强血管功能^[24], Ca 的摄入能降低食管鳞状细胞癌的发病率^[25]。如表 5 所示除 Na、K、Cr 和 Se 外, 鳊鱼副产物的 Cu、Zn、Cd、Fe、Ca、Mg 和 Mn 含量都明显高于鳊鱼肌肉 ($P < 0.05$), 这可能与鳊鱼副产物含有较多的鱼骨有关。

鳊鱼肌肉和副产物的 Se 含量分别为 0.42, 0.39 mg/kg, 达到了富 Se 标准^[26], 因此可以作为 Se 食物来源。鳊鱼肌肉和副产物均没有检出铅, 只有鳊鱼副产物检测出 0.07 mg/kg 的总 As, 但低于国家标准规定的 As 限量标准 ($As \leq 0.5 \text{ mg/kg}$)^[27]; 此外, 鳊鱼肌肉和副产物的 Cd 含量也低于国家标准要求的限量标准 ($Cd < 0.1 \text{ mg/kg}$)^[27]。因此, 鳊鱼肌肉和副产物都是食用安全、富含 Mg、Na、K、Ca、Fe 和 Se 的食品源。

3 结论

对鳊鱼肌肉和副产物营养成分与价值进行分析及评价。鳊鱼肌肉和副产物都是高蛋白和低脂肪的食品源。鳊鱼肌肉和副产物均含所测的 17 种氨基酸, 鳊鱼肌肉符合 FAO/WHO 优质蛋白质标准, 而鳊鱼副产物接近 FAO/WHO 优质蛋白质标准。氨基酸评分和化学评分的结果表明鳊鱼肌肉和副产物的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸。鳊鱼肌肉 EAAI 高于副产物, 鳊鱼肌肉是优良的食品蛋白质源。除鳊鱼副产物未检出辛酸和癸酸外, 鳊鱼肌肉和副产物都检出 24 种脂肪酸, 并且两者都含有丰富的丁酸、棕榈油酸、油酸、神经酸、二十二碳六烯酸。

表 4 鳊鱼肌肉和副产物脂肪酸相对含量[†]

Table 4 Nutritional contents and evaluation of fatty acids in *Miichthys miuuy* muscle and by-products %

样品	C _{4:0}	C _{6:0}	C _{8:0}	C _{10:0}	C _{12:0}	C _{14:0}	C _{15:0}
鳊鱼肌肉	9.84±0.10 ^a	0.96±0.09 ^a	0.02±0.00	0.03±0.00	0.33±0.00 ^a	2.61±0.01 ^a	0.62±0.01 ^b
鳊鱼副产物	3.45±0.10 ^b	0.42±0.06 ^b	—	—	0.31±0.00 ^a	3.23±0.09 ^a	1.07±0.02 ^a
样品	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{17:0}	C _{17:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2} * *
鳊鱼肌肉	29.11±0.22 ^b	8.76±0.10 ^b	1.15±0.04 ^b	0.53±0.02 ^b	6.73±0.03 ^a	14.82±0.15 ^a	1.61±0.03 ^a
鳊鱼副产物	30.28±0.14 ^a	14.01±0.17 ^a	1.80±0.02 ^a	1.08±0.02 ^a	7.14±0.10 ^a	15.13±0.13 ^a	0.99±0.00 ^b
样品	C _{18:3} *	C _{20:0}	C _{20:1}	C _{20:2}	C _{20:3} *	C _{22:0}	C _{22:1}
鳊鱼肌肉	0.29±0.01 ^a	0.32±0.01 ^b	0.66±0.01 ^a	0.15±0.01 ^b	2.20±0.06 ^b	0.05±0.01 ^b	0.10±0.01 ^b
鳊鱼副产物	0.35±0.00 ^a	0.47±0.01 ^a	0.88±0.00 ^a	0.35±0.00 ^a	2.73±0.03 ^a	0.09±0.00 ^a	0.23±0.00 ^a
样品	C _{23:0}	C _{24:0}	C _{20:5} *	C _{24:1}	C _{22:6} *	ΣMUFA	ΣPUFA
鳊鱼肌肉	2.68±0.07 ^b	0.14±0.00 ^b	0.17±0.02 ^b	12.84±0.10 ^a	3.29±0.07 ^a	37.70±0.01 ^b	7.71±0.01 ^a
鳊鱼副产物	4.45±0.02 ^a	0.22±0.00 ^a	0.32±0.00 ^a	9.48±0.01 ^b	1.54±0.39 ^a	40.81±0.04 ^a	6.27±0.26 ^a

† * . ω-3 系列多不饱和脂肪酸; * * . ω-6 系列多不饱和脂肪酸; —. 未检出; 同列上标字母不同表示鳊鱼肌肉和副产物间差异显著 ($P < 0.05$)。

表 5 鳊鱼肌肉和副产物矿物质元素含量

Table 5 The mineral elements contents in *Miichthys miuuy* muscle and by-products mg/kg

样品	Cu	Zn	Fe	Na	K	Ca	Se
鳊鱼肌肉	0.05±0.00 ^b	4.70±0.10 ^b	6.20±0.15 ^b	1 334.86±16.20 ^a	4 158.07±21.80 ^a	40.60±1.65 ^b	0.42±0.04 ^a
鳊鱼副产物	0.76±0.05 ^a	8.90±0.10 ^a	15.80±0.70 ^a	1 373.25±80.95 ^a	2 602.05±88.15 ^b	7 593.00±26.00 ^a	0.39±0.02 ^a
样品	Mg	Mn	Cr	Cd	Pb	As	
鳊鱼肌肉	345.50±10.50 ^b	0.188±0.170 ^b	0.41±0.03 ^a	0.001 3±0.000 2 ^b	—	—	
鳊鱼副产物	549.00±20.00 ^a	3.830±0.110 ^a	0.21±0.02 ^b	0.007 6±0.000 3 ^a	—	0.07±0.02	

鲢鱼肌肉和副产物都含有丰富的 Mg、Ca、K 和 Fe, 同时, 还都是富硒食品源。综上可知, 鲢鱼副产物的营养价值稍低于鲢鱼肉, 也是一种优良的食品蛋白质源; 鲢鱼副产物可被生产成鱼露、蛋白粉和生物活性肽等, 不仅减少资源浪费, 同时还可解决环境污染问题, 具有显著的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] 郭昶畅. 中国沿海石首鱼科鱼类的鉴定、分类和分子系统发育研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2017: 30-35.
- [2] 郭慧. 不同贮藏温度条件下海洋鱼类生物胺变化规律研究及特征生物胺分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2015: 5.
- [3] 卢江. 鲢鱼提取物对鲜红虾保鲜效果的研究[J]. 农村经济与科技, 2017, 28(7): 70-72.
- [4] 李庆玲, 霍健聪, 邓尚贵. 响应面法优化鲢鱼鱼松的加工工艺[J]. 食品工业, 2015, 36(6): 101-104.
- [5] 郑晓杰, 李燕, 赖爱招, 等. 鲢鱼胶炖品加工关键技术研究[J]. 食品工业, 2013, 34(3): 75-78.
- [6] CAI Shi-ying, WANG Yu-mei, ZHAO Yu-qin, et al. Cytoprotective effect of antioxidant pentapeptides from the protein hydrolysate of swim bladders of miiuy croaker (*Michthys miiuy*) against H₂O₂-mediated human umbilical vein endothelial cell (HUVEC) injury[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2019, 20(21): 1-14.
- [7] 周芬, 张艳霞, 张龙, 等. 冰鲜大黄鱼不同副产物中滋味成分差异分析[J]. 食品科学, 2019, 40(16): 193-199.
- [8] 叶蕾, 张文, 阎洁, 等. 东海中华小公鱼的营养成分分析及营养评价[J]. 营养学报, 2018, 40(5): 512-514.
- [9] 章杰, 何航, 揭晓蝶, 等. 四川白鹅氨基酸组成分析及营养评价[J]. 食品与机械, 2018, 34(9): 62-67.
- [10] ULBRICHT T L V, SOUTHGATE D A T. Coronary heart-disease: 7 dietary factors [J]. Lancet, 1991, 338 (8 773): 985-992.
- [11] 马娜, 顾雪, 张灵火, 等. 微波消解—原子荧光光谱法测定植物样品种的和和硒[J]. 化学分析计量, 2020, 29(1): 9-11.
- [12] 李华, 邓林. 大西洋鲑肌肉中 9 种矿物质元素含量的测定及营养评价[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 62-64, 96.
- [13] 武彦文, 欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的呈味作用[J]. 中国调味品, 2001(1): 19-22.
- [14] 王一冰, 蒋守群, 苟钟勇, 等. 赖氨酸的生物学功能及肉鸡营养需要量的研究[J]. 广东畜牧兽医科技, 2018, 43(6): 17-20.
- [15] 朱羽庄, 梅光明, 严忠雍, 等. 舟山小黄鱼的营养成分测定与分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(5): 1 184-1 190.
- [16] 杨少玲, 戚勃, 李来好, 等. 鲨鱼肌肉与鱼翅营养价值的比较[J]. 食品科学, 2019, 40(15): 184-191.
- [17] 杨华, 娄永江. 养殖大黄鱼营养成分及组织结构分析[J]. 中国食品学报, 2013, 13(6): 240-248.
- [18] NAVID N, ALI G H. Growth performance, nutrient digestibility, bone mineralization, and hormone profile in broilers fed with phosphorus-deficient diets supplemented with butyric acid and *Saccharomyces boulardii*[J]. Poultry Science, 2020, 99(2): 926-935.
- [19] MAKSYMILIAN O, MARTA G K, PIOTR K, et al. Butyric acid, a gut bacteria metabolite, lowers arterial blood pressure via colon-vagus nerve signaling and GPR41/43 receptors[J]. Pflügers Archiv; European Journal of Physiology, 2019, 471(11/12): 1 441-1 453.
- [20] TAKAKUWA A, NAKAMURA K, KIKUCHI M, et al. Butyric acid and leucine induce alpha-defensin secretion from small intestinal paneth cells[J]. Nutrients, 2019, 11 (11): 1-14.
- [21] KESHARI S, BALASUBRAMANIAM A, MYAGMARD-OLOONJIN B, et al. Butyric acid from probiotic *Staphylococcus epidermidis* in the skin microbiome down-regulates the ultraviolet-induced pro-inflammatory IL-6 cytokine via short-chain fatty acid receptor[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2019, 20(18): 1-14.
- [22] LI Qi, CHEN Jia, YU Xiu-zhu, et al. A mini review of neronic acid: Source, production, and biological functions[J]. Food Chemistry, 2019, 301: 125286.
- [23] CHOI Mi-kyeong, BAE Yun-jun. Association of magnesium intake with high blood pressure in Korean adults: Korea national health and nutrition examination survey 2007—2009[J]. Plos One, 2015, 10(6): 1-12.
- [24] TANG Xi-xiang, WU Bing-yuan, LUO Yan-ting, et al. Effect of potassium supplementation on vascular function: A meta-analysis of randomized controlled trials[J]. International Journal of Cardiology, 2017, 228: 225-232.
- [25] MARYAM H, HOSSEIN P, CHRISTIAN C A, et al. Dietary intake of minerals and risk of esophageal squamous cell carcinoma: Results from the golestan cohort study[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 2015, 102(1): 102-108.
- [26] 江西省质量技术监督局. DB 36/T 566—2017 富硒食品硒含量分类标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017: 3-4.
- [27] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 2762—2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017: 2-9.