

# 金钱鱼肌肉营养成分的分析和评价

施永海,张根玉,张海明,谢永德,徐嘉波,陆根海

(上海市水产研究所,上海市水产技术推广站,上海 200433)

**摘要:**为了解金钱鱼(*Scatophagu sargus*)肌肉的营养价值,采用生化分析手段对生态养殖的2龄金钱鱼进行肌肉营养成分分析和品质评价。结果显示,金钱鱼的肌肉水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量分别为72.99%、18.63%、5.13%和1.29%。18种被检出的常见氨基酸中含量最高的4种氨基酸依次分别为谷氨酸、天冬氨酸、赖氨酸和亮氨酸;肌肉干样中氨基酸总量(TAA)、必需氨基酸(EAA)、半必需氨基酸(HEAA)和鲜味氨基酸(DAA)分别为68.99%、26.92%、6.13%和25.38%;EAA/TAA(39.01%)和EAA/NEAA(74.88%)接近于FAO/WHO模式中高质量蛋白质对EAA/TAA的要求(40%左右)和大大超过对EAA/NEAA的要求(60%以上);DAA/TAA为36.80%;根据氨基酸评分(AAS),第一、第二限制性氨基酸分别是缬氨酸和异亮氨酸,而根据化学评分(CS),其第一、第二限制性氨基酸分别是色氨酸和缬氨酸;其必需氨基酸指数(EAAI)、支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值(F值)分别为61.41和2.22。肌肉干样中检出7种饱和脂肪酸(SFA)、6种单不饱和脂肪酸(MUFA)和11种多不饱和脂肪酸(PUFA); $\sum$ SFA、 $\sum$ MUFA、 $\sum$ PUFA、 $\sum$ n3PUFA、EPA+DHA和 $\sum$ n6PUFA分别为38.27%、34.63%、27.09%、10.11%、7.30%和15.45%, $\sum$ SFA/ $\sum$ UFA和 $\sum$ n3PUFA/ $\sum$ n6PUFA分别为0.62和0.65。研究表明,金钱鱼是一种营养价值较高、味道鲜美的优质鱼类,且有一定的保健作用。

**关键词:**金钱鱼,肌肉,营养成分,氨基酸,脂肪酸

## Evaluation of nutritive quality and nutrient components in muscle of *Scatophagu sargus*

SHI Yong-hai, ZHANG Gen-yu, ZHANG Hai-ming, XIE Yong-de, XU Jia-bo, LU Gen-hai

(Shanghai Fisheries Research Institute, Shanghai Fisheries Technical Extension Station, Shanghai 200433, China)

**Abstract:** In order to understand the nutritive value of *Scatophagu sargus* muscle, the nutritional composition and quality in muscle of ecological cultured *S. sargus* (2-age) in the winter were analyzed and evaluated by biochemical analysis methods. The results showed that the moisture, crude protein, crude fat, and crude ash contents of fresh muscles of *S. sargus* were 72.99%, 18.63%, 5.13%, and 1.29%, respectively. Glutamic acid, aspartic acid, lysine, and leucine were the highest contents in 18 kinds of found amino acids in muscles. Total amino acid (TAA), total essential amino acid (EAA), total half-essential amino acid (HEAA), and total delicious amino acid (DAA) contents of dry muscles were 68.99%, 26.92%, 6.13%, and 25.38%, respectively. The EAA/TAA, EAA/NEAA, and DAA/TAA were 39.01%, 74.88%, and 36.80%, respectively. These met the Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO) standards. According to nutrition evaluation in amino acids score (AAS) and chemical score (CS), the first limited amino acid was Val, the second limited amino acid was Ile, while according to nutrition evaluation in chemical score (CS), the first limited amino acid was Trp, the second limited amino acid was Val. The essential amino acid index (EAAI) and the ratio of branched chain amino acid to aromatic amino acid (F value) were 61.41 and 2.22, respectively. 7 saturated fatty acids (SFA), 6 mono-unsaturated fatty acids (MUFA), and 11 poly-unsaturated fatty acids (PUFA) were found in the dry muscle. The  $\sum$ SFA,  $\sum$ MUFA,  $\sum$ PUFA,  $\sum$ n3PUFA, EPA+DHA, and  $\sum$ n6PUFA were 38.27%, 34.63%, 27.09%, 10.11%, 7.30%, and 15.45%, respectively. The  $\sum$ SFA/ $\sum$ UFA and  $\sum$ n3PUFA/ $\sum$ n6PUFA were 0.62 and 0.65, respectively. Therefore, *S. sargus* was a kind of high nutritional value, delicious, and high quality fish, the muscle had certain health care function.

**Key words:** *Scatophagu sargus*; muscle; nutrient composition; amino acid; fatty acid

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)06-0346-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.06.067

收稿日期: 2014-05-12

作者简介: 施永海(1975-),男,硕士研究生,副研究员,主要从事水产养殖、水环境监测及繁殖生物学方面的研究。

基金项目: 上海市科技兴农重点攻关项目(沪农科攻字(2011)第1-4号);上海长江口主要经济水生动物人工繁育工程技术研究中心(13DZ2251800)。

金钱鱼 (*Scatophagus sargus* Linnaeus 1766) 隶属于鲈形目 (Perciformes)、刺尾鱼亚目 (Acanthuroidei)、金钱鱼科 (Scatophagidae)、金钱鱼属 (*Scatophagus*), 俗称金鼓鱼, 原产于印度尼西亚、菲律宾、泰国等地的江河入海口的咸淡水交融水域, 我国分布于东海南部至南海及北部湾区域<sup>[1]</sup>。其体形优美、色彩斑斓、性情温顺、肉质鲜美, 是一种具有观赏和食用价值的名贵海水经济鱼类<sup>[1-2]</sup>。金钱鱼环境适应性和抗病抗逆性极强, 而且是典型的杂食性鱼类, 其不仅能在海水和咸淡水中生长发育, 而且也适宜淡水养殖, 是我国南方沿海池塘和网箱养殖的重要种类, 经济价值极高<sup>[1-2]</sup>。目前无论国内还是国外, 金钱鱼繁殖生物学研究资料极少, 主要集中于生物学<sup>[1-2]</sup>、性腺发育及催产<sup>[3-5]</sup>、生长及养殖<sup>[6-7]</sup>等方面的研究, 对金钱鱼肌肉营养成分的研究未见报道, 本文对池塘生态养殖的2龄金钱鱼进行肌肉营养成分分析、品质评价与比较, 旨在全面地掌握养殖金钱鱼肌肉营养特征, 为人工养殖该鱼提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

实验用金钱鱼 混养于刀鲚生态养殖池塘, 养殖用水盐度为5~15, 金钱鱼不投喂饲料, 主要摄食刀鲚池塘中的大型水藻、浮游动物等, 经过两年人工仿生态养殖, 2龄成鱼规格为体长(13.26±0.69)cm、体重(123.43±20.70)g, 共25尾; 盐酸、乙醚、乙醇、氢氧化钠、硫酸铜等 均为分析纯, 上海国药集团化学试剂有限公司; L-色氨酸(色谱纯99%) 上海瑞玉光电材料有限公司。

Kjeltec8400 凯氏定氮仪 瑞典 FOSS 公司; Biochrom30型氨基酸自动分析仪 英国Biochrom公司; Agilent6890型气相色谱仪 美国Agilent公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 取样方法 将25尾成鱼随机分成5份, 即5个重复, 用清水将实验鱼洗净, 擦干体表水分, 去鳞, 尽量取出每尾鱼的背部两侧肌肉, 整个操作在冰浴条件下进行。取5尾鱼的肌肉组成1个样本, 每个样品鲜重约100g, 样品制备后置于-20℃冰箱保存待测。测量时, 将样品真空冷冻干燥至恒重, 然后碾磨、混匀, 再将样品分为两份, 一份做一般营养成分测定, 另一份做氨基酸和脂肪酸组成的测定。

1.2.2 测量方法 按照GB/T 5009.3-2003 105℃烘干法测定水分; 按照GB/T 5009.4-2003 550℃灼烧法测定粗灰分含量; 按照GB/T 6432-1994凯氏定氮法测定粗蛋白含量; 按照氯仿甲醇法测定粗脂肪含量; 先按GB/T 15399-1994氧化酸解法前处理样品, 然后按GB/T 18246-1994的方法使用Biochrom 30型氨基酸自动分析仪测定胱氨酸含量; 采用GB/T 18246-2000碱水解法前处理, 反相高效液相色谱法测定色氨酸含量; 按GB/T 5009.124-2003盐酸水解法前处理, 使用Biochrom 30型氨基酸自动分析仪测定除胱氨酸和色氨酸外的16种氨基酸含量; 按氯仿甲醇法提取粗脂肪, 脂肪的皂化和衍生见国标GB/T 22223-2008食品中总脂肪、饱和脂肪(酸)、不饱和脂肪(酸)的测

定, 以脂肪酸甲酯做标准定性, 以色谱峰峰面积归一法计算出各脂肪酸相对含量, 仪器为Agilent 6890型气相色谱仪。

1.2.3 营养品质评价方法 依据WHO/FAO1973建议的必需氨基酸评分标准模式(% , dry)<sup>[8]</sup>和全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸模式(% , dry)<sup>[9]</sup>分别计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAADI)<sup>[10]</sup>, 公式如下:

AAS=样品某氨基酸含量/(FAO/WHO标准模式中同种氨基酸含量)<sup>[11]</sup>;

CS=样品某氨基酸含量/(全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量)<sup>[9]</sup>;

EAADI=[(100A/AE)×(100B/BE)×(100C/CE)×…×(100H/HE)]<sup>[10]</sup>。

式中:n为比较的必需氨基酸个数; A、B、C、…、H为样品中各必需氨基酸含量(% , dry); AE、BE、CE、…、HE为全鸡蛋蛋白质相对应的必需氨基酸含量(% , dry)<sup>[10-11]</sup>。

F值是支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值, 公式如下:

F值=(缬氨酸+亮氨酸+异亮氨酸)/(苯丙氨酸+酪氨酸)<sup>[11]</sup>。

### 1.3 数据处理和统计

所有数据用Mean±SD表示, 用SPSS 13.0作统计处理。

## 2 结果与讨论

### 2.1 一般营养成分

金钱鱼的肌肉水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量分别为72.99%、18.63%、5.13%和1.29%(表1)。养殖金钱鱼肌肉粗蛋白含量相对适中(18.63%), 低于鲮鱼(*Mugil cephalus*)<sup>[12]</sup>、点篮子鱼(*Siganus guttatus*)<sup>[13-14]</sup>、野生黄斑篮子鱼(*Siganus oramin*)<sup>[15]</sup>、养殖驼背鲈(*Cromileptes altivelis*)<sup>[16]</sup>和野生银鲳(*Pampus argenteus*)<sup>[17]</sup>, 接近于养殖大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)<sup>[18]</sup>, 但高于养殖梭鱼(*Liza haematocheila*)<sup>[19]</sup>、养殖黑鲷(*Sparus macrocephalus*)<sup>[20]</sup>和养殖斜带髯鲷(*Hapalogenys nitens*)<sup>[20]</sup>(表1); 其粗脂肪含量较高(5.13%), 高于大多数海水鱼类: 养殖梭鱼<sup>[19]</sup>、点篮子鱼<sup>[13-14]</sup>、野生黄斑篮子鱼<sup>[15]</sup>、养殖大黄鱼<sup>[18]</sup>、养殖黑鲷<sup>[20]</sup>、养殖斜带髯鲷<sup>[20]</sup>和养殖驼背鲈<sup>[16]</sup>, 接近于鲮鱼<sup>[12]</sup>和野生银鲳<sup>[17]</sup>(表1); 另外金钱鱼肌肉水分含量与前面提到的海水鱼类相比处于最低水平(表1); 其粗灰分含量低于野生点篮子鱼<sup>[14]</sup>, 均高于其他一些海水鱼类(表1)。

### 2.2 氨基酸组成

金钱鱼肌肉中的18种常见氨基酸中含量最高的4种氨基酸依次分别为谷氨酸、天冬氨酸、赖氨酸和亮氨酸(表2), 这与养殖点篮子鱼<sup>[13]</sup>、野生黄斑篮子鱼<sup>[15]</sup>和养殖驼背鲈<sup>[16]</sup>相一致, 也相似于养殖梭鱼<sup>[19]</sup>、养殖鲮鱼<sup>[12]</sup>和野生鲮鱼<sup>[12]</sup>。

肌肉蛋白质的营养价值高低取决于其氨基酸组成及含量, 含必需氨基酸种类多、含量高的蛋白质营养价值相对较高。本研究中, 金钱鱼肌肉干样中氨基

酸总量和必需氨基酸总量(分别为68.99%和26.92%)均低于养殖梭鱼(82.51%和33.14%)<sup>[19]</sup>、养殖鲮鱼(75.03%和31.37%)<sup>[12]</sup>、野生鲮鱼(72.46%和30.11%)<sup>[12]</sup>、养殖点篮子鱼(89.03%和34.26%)<sup>[13]</sup>、野生点篮子鱼(74.57%和31.72%)<sup>[14]</sup>和养殖驼背鲈(97.49%和39.24%)<sup>[9]</sup>,接近于野生黄斑篮子鱼(68.33%和30.40%)<sup>[15]</sup>和野生银鲳(60.32%~65.14%和25.47%~27.32%)<sup>[17]</sup>;必需氨基酸与氨基酸总量比率(EAA/TAA)和必需氨基酸与非必需氨基酸比率(EAA/NEAA)(39.01%和74.88%)虽然低于养殖的梭鱼(40.18%和78.40%)<sup>[19]</sup>、野生点篮子鱼(42.54%和90.45%)<sup>[14]</sup>、养殖驼背鲈(49.78%和99.14%)<sup>[16]</sup>和野生黄斑篮子鱼(44.48%和96.35%)<sup>[15]</sup>,但高于养殖点篮子鱼(38.49%和73.68%)<sup>[13]</sup>,也接近于FAO/WHO模式中高质量蛋白质对EAA/TAA的要求(40%左右),远超过对EAA/NEAA的要求(60%以上)<sup>[18]</sup>。

动物蛋白质的鲜美可口主要决定于鲜味氨基酸含量及比率,金钱鱼肌肉干样中的鲜味氨基酸总量以

及鲜味氨基酸与氨基酸总量比率(DAA/TAA)(25.38%和36.80%)低于养殖梭鱼(32.80%和39.75%)<sup>[19]</sup>、养殖点篮子鱼(33.97%和38.15%)<sup>[13]</sup>和养殖驼背鲈(37.37%和38.33%)<sup>[16]</sup>接近于野生点篮子鱼(25.41%和34.01%)<sup>[14]</sup>、野生黄斑篮子鱼(24.36%和35.66%)<sup>[15]</sup>和野生银鲳(22.29%~24.18%和36.81%~37.60%)<sup>[17]</sup>。

### 2.3 营养品质评价

根据氨基酸评分(AAS),金钱鱼肌肉第一、第二限制性氨基酸分别是缬氨酸和异亮氨酸,而根据化学评分(CS),其第一、第二限制性氨基酸分别是色氨酸和缬氨酸。金钱鱼肌肉的必需氨基酸指数(EAID)(61.41)(表3)低于养殖点篮子鱼(75.44)<sup>[13]</sup>、野生点篮子鱼(69.77)<sup>[14]</sup>和野生银鲳(65.78~72.74)<sup>[17]</sup>,高于养殖梭鱼(59.63)<sup>[19]</sup>和野生黄斑篮子鱼(61.07)<sup>[15]</sup>。

支链氨基酸具有降低胆固醇和保肝控癌等功能,人类的正常支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值(F值)范围为3.0~3.5,当肝脏受到损伤时,其值范围降为1.0~1.5<sup>[11]</sup>。本研究金钱鱼肌肉的F值为2.22,明显

表1 金钱鱼的肌肉一般营养成分与其它海水鱼类比较(n=5,鲜重基础)

Table 1 Comparison of common nutrient composition in muscle between *S. sargus* and some other seawater fish (n=5, flesh weight basis)

种类	水分(%)	粗蛋白(%)	粗脂肪(%)	粗灰分(%)
养殖金钱鱼	72.99±1.00	18.63±0.25	5.13±0.95	1.29±0.04
养殖鲮鱼 <sup>[12]</sup>	73.96	20.45	4.94	0.99
野生鲮鱼 <sup>[12]</sup>	73.82	19.21	6.91	1.05
养殖点篮子鱼 <sup>[13]</sup>	75.17	22.33	1.96	0.60
野生点篮子鱼 <sup>[14]</sup>	74.27	21.20	2.79	1.60
野生黄斑篮子鱼 <sup>[15]</sup>	74.52	19.64	4.71	1.09
养殖驼背鲈 <sup>[16]</sup>	77.28	19.20	1.20	1.10
野生银鲳 <sup>[17]</sup>	72.02~74.58	19.95~22.08	4.33~4.92	0.79~0.88
养殖大黄鱼 <sup>[18]</sup>	75.30	18.90	3.11	0.95
养殖梭鱼 <sup>[19]</sup>	80.90	17.25	0.86	0.83
养殖黑鲷 <sup>[20]</sup>	81.18	13.12	2.53	1.21
养殖斜带髯鲷 <sup>[20]</sup>	80.25	13.86	2.03	1.11

表2 金钱鱼肌肉的氨基酸组成及含量(n=5,%)

Table 2 Amino acid composition and content in muscle of *S. sargus* (n=5, %)

氨基酸	干重为基础	鲜重为基础	氨基酸	干重为基础	鲜重为基础
天冬氨酸 Asp△	7.16±0.20	2.00±0.04	赖氨酸 Lys *	6.70±0.24	1.87±0.04
苏氨酸 Thr *	3.03±0.08	0.85±0.02	精氨酸 Arg**	4.34±0.16	1.21±0.02
丝氨酸 Ser	2.79±0.06	0.78±0.02	脯氨酸 Pro	3.07±0.17	0.86±0.02
谷氨酸 Glu△	10.11±0.35	2.82±0.06	色氨酸 Trp*	0.74±0.04	0.21±0.02
甘氨酸 Gly△	3.75±0.18	1.05±0.02	胱氨酸 Cys	2.29±0.24	0.64±0.05
丙氨酸 Ala△	4.36±0.14	1.22±0.02	氨基酸总量 TAA	68.99±2.58	19.26±0.33
缬氨酸 Val*	3.43±0.14	0.96±0.01	必需氨基酸 EAA	26.92±1.12	7.52±0.19
蛋氨酸 Met*	1.57±0.27	0.44±0.07	半必需氨基酸 HEAA	6.13±0.22	1.71±0.03
异亮氨酸 Ile*	3.01±0.12	0.84±0.01	非必需氨基酸 NEAA	35.94±1.28	10.04±0.12
亮氨酸 Leu*	5.49±0.19	1.53±0.03	鲜味氨基酸 DAA	25.38±0.80	7.09±0.10
酪氨酸 Tyr	2.41±0.10	0.67±0.02	EAA/TAA	39.01±0.34	39.01±0.34
苯丙氨酸 Phe*	2.95±0.15	0.82±0.03	EAA/NEAA	74.88±1.11	74.88±1.11
组氨酸 His**	1.79±0.06	0.50±0.01	DAA/TAA	36.80±0.22	36.80±0.22

注:TAA为氨基酸总量,EAA为必需氨基酸总和,HEAA为半必需氨基酸总和,NEAA为非必需氨基酸总和,DAA为鲜味氨基酸总和;△为鲜味氨基酸,\*为必需氨基酸,\*\*半必需氨基酸。

表3 金钱鱼肌肉必需氨基酸组成的评价(mg/g, 以N为基础)

Table 3 Evaluation of essential amino acid composition in muscle of *S. sargus* (mg/g, On N basis)

必需氨基酸	金钱鱼	FAO评分模式	鸡蛋蛋白	评价	
				AAS	CS
异亮氨酸Ile	1.88	2.50	3.31	0.75 <sup>2</sup>	0.57
亮氨酸Leu	3.43	4.40	5.34	0.78	0.64
赖氨酸Lys	4.19	3.40	4.41	1.23	0.95
苏氨酸Thr	1.90	2.50	2.92	0.76	0.65
缬氨酸Val	2.14	3.10	4.10	0.69 <sup>1</sup>	0.52 <sup>2</sup>
色氨酸Trp	0.46	0.60	0.99	0.77	0.47 <sup>1</sup>
蛋氨酸+胱氨酸Met+Cys	2.41	2.20	3.86	1.09	0.62
苯丙氨酸+酪氨酸Phe+Tyr	3.35	3.80	5.65	0.88	0.59
必需氨基酸指数EAAI	61.41				
F值	2.22				

注: 1表示第一限制性氨基酸; 2表示第二限制性氨基酸。AAS表示氨基酸评分, CS表示化学评分, EAAI表示必需氨基酸指数, F值表示支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值。

高于人体肝脏受伤时的水平, 因此, 对患肝病的病人来说, 金钱鱼肌肉有良好的保健功能。

### 2.4 脂肪酸组成及含量

检测了C<sub>6</sub>~C<sub>24</sub>的37种脂肪酸, 金钱鱼肌肉干样中共检测到24种脂肪酸, 分别为7种饱和脂肪酸(SFA)(38.27%)、6种单不饱和脂肪酸(MUFA, 34.63%)和11种多不饱和脂肪酸(PUFA, 27.09%)(表4)。其中Σn3PUFA、Σn6PUFA和EPA+DHA分别为10.11%、15.45%和7.30%。高含量的多不饱和脂肪酸(PUFA)能增加食物加热时产生的香味, 同时PUFA还具有明显的降血脂、降血压、抗肿瘤等功能, 能明显降低心血管疾病的发生率<sup>[11]</sup>。金钱鱼肌肉的PUFA(27.09%)低于养殖梭鱼(34.30%)<sup>[19]</sup>, 接近于野生黄斑篮子鱼

(28.28%)<sup>[15]</sup>, 高于野生银鲳(13.03%~23.08%)<sup>[17]</sup>。PUFA中的EPA和DHA已被誉为人类和动物生长发育所必需的脂肪酸<sup>[11]</sup>; 金钱鱼肌肉的EPA+DHA含量(7.30%)高于养殖梭鱼(4.32%)<sup>[19]</sup>低于野生黄斑篮子鱼(21.15%)<sup>[15]</sup>和野生银鲳(9.55%~13.34%)<sup>[17]</sup>。可见金钱鱼肌肉含有丰富的PUFA(特别是EPA和DHA), 有很好的保健作用。

### 3 结论

养殖金钱鱼肌肉水分含量低, 粗蛋白含量适中, 脂肪含量较高; EAA/TAA(39.01%)接近于FAO/WHO模式中高质量蛋白质对EAA/TAA的要求(40%左右), EAA/NEAA(74.88%)大大超过对高质量蛋白质的EAA/NEAA要求(60%以上); 根据氨基酸评分(AAS), 第一、第二限制性氨基酸分别是缬氨酸和异亮氨酸, 而根据化学评分(CS), 其第一、第二限制性氨基酸分别是色氨酸和缬氨酸; 其必需氨基酸指数(EAAI)、支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值(F值)分别为61.41和2.22; 肌肉干样中检测到24种脂肪酸, 多不饱和脂肪酸(PUFA)及EPA+DHA含量较高, 分别为27.09%和7.30%。因此, 金钱鱼是一种营养价值较高、味道鲜美的优质鱼类, 且有一定的保健功能, 适合推广养殖。

### 参考文献

- [1] 兰国宝, 阎冰, 廖思明, 等. 金钱鱼生物学研究及回顾[J]. 水产科学, 2005, 24(7): 39-41.
- [2] 蔡泽平, 王毅, 胡家玮, 等. 金钱鱼繁殖生物学及诱导产卵实验[J]. 热带海洋学报, 2010, 29(5): 180-185.
- [3] Barry T P, Castanos M T, Macahilig M P S C, et al. Gonadal maturation and spawning induction in female spotted scat (*Scatophagus argus*) [J]. Journal of Aquaculture in the Tropics, 1993(8): 121-130.
- [4] 崔丹, 刘志伟, 刘南希, 等. 金钱鱼性腺发育及其组织结构观察[J]. 水产学报, 2013, 37(5): 696-704.
- [5] 张敏智, 邓思平, 朱春华, 等. 温度对金钱鱼卵巢发育的影响[J]. 中国水产科学, 2013, 20(3): 599-606.
- [6] Thangaraja M, Ramamoorthi K. On the developmental stages

表4 金钱鱼肌肉脂肪酸组成及含量(n=5, %)

Table 4 Fatty acid composition and content in muscle of *S. sargus* (n=5, %)

脂肪酸	含量	脂肪酸	含量
C14:0	2.15±0.14	C18:3n3	1.58±0.04
C15:0	0.33±0.03	C18:3n6	0.60±0.04
C16:0	29.80±0.23	C20:3n6	0.96±0.04
C17:0	0.33±0.02	C20:3n3	0.30±0.02
C18:0	5.37±0.16	C20:4n6	0.58±0.05
C20:0	0.29±0.01	C20:5n3 (EPA)	1.48±0.10
C24:0	0.00±0.00	C22:5n3 (DPA)	0.92±0.05
C16:1	6.27±0.24	C22:6n3 (DHA)	5.82±0.40
C17:1	0.16±0.09	ΣSFA	38.27±0.22
C18:1n9c	24.26±0.77	ΣMUFA	34.63±0.76
C20:1n9	3.52±0.21	ΣPUFA	27.09±0.90
C22:1n9	0.39±0.02	EPA+DHA	7.30±0.50
C24:1n9	0.04±0.06	Σn3PUFA	10.11±0.57
C18:2n6c	13.31±0.30	Σn6PUFA	15.45±0.42
C20:2	1.32±0.04	ΣSFA/ΣUFA	0.62±0.01
C22:2	0.20±0.19	Σn3PUFA/Σn6PUFA	0.65±0.03

注: SFA为饱和脂肪酸, MUFA为单不饱和脂肪酸, PUFA为多不饱和脂肪酸, UFA为不饱和脂肪酸。

of *Scatophagus argus* (Linnaeus) (*Scatophagidae*: *Pisces*) [J]. Proceedings of the symposium on Coastal Aquaculture, 1984 (3): 787-790.

[7] 张邦杰, 梁仁杰, 毛大宁, 等. 金钱鱼的生长特性与咸水池塘驯养[J]. 现代渔业信息, 1999, 14(10): 8-12.

[8] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Energy and protein requirements[M]. Rome: FAO Nutrition Meeting Report Series, 1973: 52.

[9] 蔡完其(译). 养鱼饲料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1980: 114-115.

[10] 庄平, 宋超, 章龙珍. 长江口安氏白虾与日本沼虾营养成分比较[J]. 动物学报, 2008, 54(5): 822-829.

[11] 施永海, 张根玉, 刘永士, 等. 野生及养殖哈氏仿对虾肌肉营养成分的分析与比较[J]. 水产学报, 2013, 37(5): 768-776.

[12] 李来好, 陈培基, 杨贤庆, 等. 鲮鱼营养成分的研究[J]. 营养学报, 2001, 23(1): 91-93.

[13] 宋超, 章龙珍, 刘鉴毅, 等. 池塘低盐养殖点篮子鱼肌肉营养成分的分析与评价[J]. 海洋渔业, 2012, 34(4): 444-450.

[14] 赵峰, 章龙珍, 宋超, 等. 点篮子鱼肌肉的营养成分分析与评价[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(3): 308-313.

[15] 庄平, 宋超, 章龙珍, 等. 黄斑篮子鱼肌肉营养成分与品质的评价[J]. 水产学报, 2008, 32(1): 77-83.

[16] 区又君, 李加儿. 驼背鲈肌肉营养成分的分析与评价[J]. 台湾海峡, 2010, 29(4): 503-509.

[17] 赵峰, 庄平, 施兆鸿, 等. 银鲳4野生群体肌肉营养成分的比较分析与评价[J]. 动物学杂志, 2009, 44(5): 117-123.

[18] 全成干, 王军, 丁少雄, 等. 养殖大黄鱼生化组份的分析[J]. 台湾海峡, 2000, 19(2): 197-200.

[19] 王建新, 酃旭文, 张成锋, 等. 梭鱼肌肉营养成分与品质的评价[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(2): 60-66.

[20] 张纹, 苏永全, 王军, 等. 5种常见养殖鱼类肌肉营养成分分析[J]. 海洋通报, 2001, 20(4): 26-31.

(上接第341页)

### 3 结论

采用 Box-Behnken 的中心组合设计及响应面 (RSM) 分析, 在单因素实验的基础上, 建立三种复合生物保鲜剂与细菌总数之间的二次多项式数学模型, 经验证该模型是合适可行的, 能用于分析和预测南美白对虾冷藏6d后的细菌总数。通过模型的响应曲面图及其等高线, 对不同生物保鲜剂及其相互作用进行了探讨, 得到复合生物保鲜剂的最佳用量和配比为 Nisin 0.04g/100mL、ε-PL 0.48g/100mL 和 TP1.06g/100mL, 细菌总数理论值为  $1.81 \times 10^3$  CFU/g, 三次平行验证实验中细菌总数最多的一次为  $1.98 \times 10^3$  CFU/g, 与理论值较接近, 误差仅为 9.39%。因此, 利用响应面分析法优化南美白对虾复合生物保鲜剂最佳用量和配比的方法是可行的, 不仅可以避免盲目增加保鲜剂的用量, 降低成本, 还可以明显延长南美白对虾的货架期, 有利于促进对虾贸易的发展。

### 参考文献

[1] K V Lalitha, P K Surendran. Microbiological changes in farm reared freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) in ice[J]. Food Control, 2006, 17(10): 802-807.

[2] López-Caballero M E, Martínez-Alvarez O, Gómez-Guillén M C, et al. Quality of thawed deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) treated with melanosis-inhibiting formulations during chilled storage[J]. Journal of Food Science, 2007, 42(9): 1029-1038.

[3] 龚婷, 陆利霞, 熊晓辉. 生物保鲜技术在水产品保鲜中的应用研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(4): 311-313.

[4] Nuran Bradley. The response surface methodology[D]. America: Indiana University of South Bend, 2007: 1-6.

[5] Olfa Ghorbel-Bellaaj, Noomen Hmidet, Kemel Jellouli, et al. Shrimp waste fermentation with *Pseudomonas aeruginosa* A2: Optimization of chitin extraction conditions through Plackett-Burman and response surface methodology approaches [J].

International Journal of Biological Macromolecules, 2011, 48(4): 596-602.

[6] Fabienne Guerard, Maria Teresa Sumaya-Martinez, Delphine Laroque, et al. Optimization of free radical scavenging activity by response surface methodology in the hydrolysis of shrimp processing discards [J]. Process Biochemistry, 2007, 42(11): 1486-1491.

[7] 宋丹. 丹皮酚体外抑菌作用研究[J]. 医药导报, 2012, 31(9): 1135-1137.

[8] GB 4789.2—2010, 食品微生物学检验菌落总数测定[S].

[9] R F Weskaa, J M Moura, L M Batista, et al. Optimization of deacetylation in the production of chitosan from shrimp wastes: Use of response surface methodology [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80(3): 749-753.

[10] Stanley Brul, Peter Coote, Suus Oomes, et al. Physiological actions of preservative agents: prospective of use of modern microbiological techniques in assessing microbial behaviour in food preservation [J]. International Journal of Food Microbiology, 2002, 79(1-2): 55-64.

[11] Masataka Narukawa, Chiaki Noga, Yohei Ueno, et al. Evaluation of the bitterness of green tea catechins by a cell-based assay with the human bitter taste receptor hTAS2R39 [J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2011, 405(4): 620-625.

[12] Guoyi Chi, Shuangquan Hu, Yanhui Yang, et al. Response surface methodology with prediction uncertainty: A multi-objective optimisation approach [J]. Chemical Engineering Research and Design, 2012, 90(9): 1235-1244.

[13] Seyed Mehdi Razavi Rohani, Mehran Moradi, Tooraj Mehdizadeh, et al. The effect of nisin and garlic (*Allium sativum* L.) essential oil separately and in combination on the growth of *Listeria monocytogenes* [J]. LWT—Food Science and Technology, 2011, 44(10): 2260-2265.

[14] GB 2733—2005, 鲜、冻动物性水产品卫生标准[S]. 2005.