

# 罗非鱼下脚料营养成分的分析及评价

苏永昌, 刘淑集, 刘智禹, 刘秋凤, 王 茵

(福建省水产研究所, 国家海水鱼类加工技术研发分中心(厦门), 福建省海洋生物增殖与高值化利用重点实验室, 福建省海洋生物资源开发利用协同创新中心, 福建厦门 361013)

**摘要:**通过测定罗非鱼下脚料的各组分营养成分, 对罗非鱼下脚料进行营养分析与评价。结果表明, 罗非鱼下脚料占整鱼质量的56.3%, 其中水分、粗蛋白、粗脂肪、碳水化合物和粗灰分的含量分别为60.5%、18.4%、10.6%、0.9%、8.8%; 罗非鱼下脚料中氨基酸含量达26.38% (干重), 其中, 必需氨基酸占总氨基酸的比例( $W_{EAA}/W_{TAA}$ )为36%, 呈味氨基酸占总氨基酸的比例( $W_{FAA}/W_{TAA}$ )为45%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比例( $W_{EAA}/W_{NEAA}$ )为55%, 必需氨基酸指数(EAAI)为83.16, 生物价(BV)为78.95, 表明罗非鱼下脚料中的必需氨基酸的构成比例符合FAO/WHO的标准; 罗非鱼下脚料不饱和脂肪酸(UFA)占脂肪酸总量的50.8%; 矿物质元素中钙含量最高, 达43600 mg/kg。因此, 罗非鱼下脚料是一种富含蛋白质、脂肪酸和矿物质元素的水产生物资源, 有待进一步开发利用。

**关键词:**罗非鱼下脚料, 营养成分, 营养评价

## Analysis and evaluation of nutritional components in tilapia byproduct

SU Yong-chang, LIU Shu-ji, LIU Zhi-yu, LIU Qiu-feng, WANG Yin

(Fisheries Research Institute of Fujian, National Research and Development Center for Marine Fish Processing(Xiamen), Key Laboratory of Cultivation and High-value Utilization of Marine Organisms in Fujian Province, Fujian Collaborative Innovation Center for Exploitation and Utilization of Marine Biological Resources, Xiamen 361013, China)

**Abstract:** Nutritional components of tilapia byproduct were analyzed and nutritive quality was evaluated. The results showed that tilapia byproduct accounted for 56.3% of the whole fish body. The contents of crude protein, crude fat, polysaccharose and crude ash of tilapia byproduct were 60.5%, 18.4%, 10.6%, 0.9% and 8.8% respectively. In dry sample, the total content of amino acids was 26.38%, among which essential amino acids and delicious amino acids accounted for 36% and 45%. The ratio of essential amino acids to non-essential amino acids was 55%. The amino acids index (EAAI) and the biological valence (BV) were 83.16 and 78.95 respectively. The constitutional rate of the essential amino acids accorded with the FAO/WHO Standard. The unsaturated fatty acids accounted for 50.8% of the total fatty acids. Calcium (Ca) was the most predominant mineral element and its content was 43600 mg/kg. In conclusion, tilapia byproduct is a valuable marine biology resource rich in protein, fatty acids and mineral elements, which should be fully utilized.

**Key words:** tilapia byproduct; nutritional components; nutritive evaluation

中图分类号: TS254.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)14-0285-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.14.056

我国幅员辽阔, 水产资源特别是鱼类资源十分丰富。近年来, 鱼类加工产业发展迅速, 为人们提供了多种多样的鱼类精深加工产品<sup>[1]</sup>。在鱼类加工过程中, 产生大量的鱼类加工下脚料, 包括鱼头、鱼排、内脏和鱼鳞等。这些下脚料一般可占整鱼比例的20%~50%, 有些鱼下脚料比重甚至可达70%<sup>[2]</sup>。目前, 鱼类下脚料的主要开发利用途径为开发饲料鱼粉、鱼骨粉、鱼油、胶原蛋白等, 而多数鱼类下脚料则

作为废弃物进行处理<sup>[3]</sup>。

我国是世界最大的罗非鱼养殖生产国, 罗非鱼加工产品以冻罗非鱼和冻罗非鱼片为主, 因此, 罗非鱼加工下脚料产量巨大<sup>[4]</sup>。罗非鱼下脚料占罗非鱼的40%~50%, 是一类优质的蛋白质资源<sup>[5]</sup>。此外, 罗非鱼下脚料中还含有胶原蛋白、不饱和脂肪酸、各种微量元素等营养元素, 具有丰富的营养价值, 可作为水产保健食品的原料进行开发利用<sup>[6]</sup>。本实验对

收稿日期: 2016-10-11

作者简介: 苏永昌(1982-), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事海洋天然活性物质开发利用方面的研究, E-mail: suyongchang5@126.com。

基金项目: 国家海洋经济创新发展区域示范项目(2014FJPT01); 福建省海洋高新产业发展专项项目([2013]026); 福建省省属公益类科研院所基本科研专项(2016R1003-12); 厦门南方海洋研究中心项目(14PZY017NF17)。

罗非鱼下脚料进行营养成分测定和评价分析,为罗非鱼下脚料的充分开发利用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

鱼下脚料 市售罗非鱼(853 ± 124) g/尾、鲢鱼(1540 ± 254) g/尾、草鱼(1844 ± 320) g/尾、大黄鱼(357 ± 159) g/尾、鲤鱼(705 ± 135) g/尾、蓝圆鲈(131 ± 43) g/尾、鲫鱼(685 ± 158) g/尾、鲈鱼(726 ± 189) g/尾,洗净后,沥干,参照 SCT3037-2006 冻罗非鱼片加工技术规范分离鱼片及下脚料,将鱼下脚料绞碎后,分装冷冻保存;盐酸、氢氧化钠、乙醚等试剂均为国产分析纯。

BSA224S 分析天平 德国赛多利斯;M200 PRO 多功能酶标仪 瑞士 Tecan;L-8800 型氨基酸自动分析仪 日本日立;6890 型气相色谱 美国安捷伦;AA 6200 型原子吸收光谱分析仪 日本岛津。

### 1.2 测定方法

1.2.1 常规营养成分检测 取鱼下脚料,分别参照 GB/T 5009.3-2010 测定罗非鱼下脚料中的水分;罗非鱼下脚料中的粗蛋白、粗脂肪、总糖和灰分分别参照国家标准测 GB/T 5009.5-2010、GB/T 5009.6-2003、GB/T 9695.31-2008、GB/T 5009.4-2010 进行测定。

1.2.2 氨基酸组成分析 参照 GB/T 5009.124-2003 的方法,取鱼下脚料,经盐酸水解后,测定水解液中的氨基酸组分及含量;而色氨酸采用荧光分光光度法进行测定。

1.2.3 脂肪酸组成分析 取鱼下脚料,进行索氏抽提提取脂肪酸,参照依据 GB/T 9695.2-2008 的方法,分析脂肪酸的组成及含量。

1.2.4 矿物质含量检测 取鱼下脚料,分别参照 GB/T 5009.13-2003 的方法对碘(I)、硒(Se)、铁(Fe)、锰(Mn)、镁(Mg)、钠(Na)、锌(Zn)、钙(Ca)、钾(K)等元素进行测定。

### 1.3 氨基酸评价方法

将鱼下脚料氨基酸组成按照 FAO/WHO 建议的氨基酸评分标准模式进行评价,进行蛋白质的氨基酸评分(AAS);与全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式进行化学评分(CS),并计算必需氨基酸指数(EAAI)和生物价(BV),计算公式为<sup>[7]</sup>:

$$\text{AAS} = \frac{\text{待评蛋白质中某种必需氨基酸含量 (mg/gN)}}{\text{FAO 评分模式中某种必需氨基酸含量 (mg/gN)}} \quad \text{式(1)}$$

$$\text{CS} = \frac{\text{待评蛋白质中某种必需氨基酸含量 (mg/gN)}}{\text{鸡蛋蛋白质中某种必需氨基酸含量 (mg/gN)}} \quad \text{式(2)}$$

$$\text{EAAI} = \frac{\sqrt[n]{\frac{\text{赖氨酸}_t}{\text{赖氨酸}_s} \times \frac{\text{亮氨酸}_t}{\text{亮氨酸}_s} \times \frac{\text{缬氨酸}_t}{\text{缬氨酸}_s} \times \frac{\text{缬氨酸}_t}{\text{缬氨酸}_s}}{100} \quad \text{式(3)}$$

其中,n:氨基酸数目;t:样品氨基酸;s:鸡蛋氨基酸。

$$\text{BV} = 1.09 \times \text{EAAI} - 11.7 \quad \text{式(4)}$$

## 2 结果与分析

### 2.1 罗非鱼下脚料与其他几种鱼类比较

分别将罗非鱼和其他鱼类参照鱼片加工技术规范分离出鱼片及下脚料。其中,下脚料包括鱼头、鱼排、鱼皮、鱼鳞等部分。对 8 种鱼类进行分析,结果如表 1 所示。8 种鱼下脚料比例均值为 48.3%,蛋白质含量均值达 18.1%,表明鱼下脚料是一类蛋白质含量丰富的加工副产物。其中,罗非鱼下脚料占整鱼比例的 56.3%,其中蛋白质含量达 18.4%,略高于该 8 种鱼下脚料蛋白质含量均值 18.1%。罗非鱼下脚料中鱼头和鱼排是下脚料的主要部分,分别占罗非鱼下脚料的 62.2% 和 24.7%。结果表明,罗非鱼下脚料是罗非鱼加工过程中的重要副产物,具有较高的开发利用价值。

### 2.2 罗非鱼下脚料主要营养成分

对罗非鱼下脚料中一般营养成分进行测定,并与罗非鱼肌肉进行比较,结果如表 2 所示。罗非鱼水分含量为 60.5%,略低于罗非鱼鱼片的 72.6%。罗非鱼下脚料干物质主要由蛋白质、脂肪、碳水化合物和灰分组成。其中下脚料中蛋白质含量为 18.4%,占下脚料干重的 46.6%;碳水化合物为 0.9%,低于罗非鱼鱼片 2.9%,但下脚料中脂肪含量为 10.6%,高于罗非鱼鱼片的脂肪含量,表明罗非鱼中的脂肪主要集中于下脚料中。此外,下脚料中的灰分含量较高,可能与下脚料中的鱼骨含量较高有关。测定结果表明,罗非鱼下脚料是一种高蛋白质、高脂肪的水产加工副产物,对其进行精深开发利用,可有效地提高罗非鱼加工产业的经济附加值<sup>[8]</sup>。

表 1 几种鱼类下脚料比较所占的比重

Table 1 Proportion of byproduct in some kinds of fish

鱼类	鱼片(%)	下脚料				质量占比例(%)	蛋白质含量(%)
		鱼头(%)	鱼排(%)	鱼皮(%)	鱼鳞(%)		
罗非鱼	43.7	35.0	13.9	4.0	3.4	56.3	18.4
鲢鱼	46.2	41.7	8.4	2.5	1.3	53.9	18.5
草鱼	57.5	23.0	10.3	5.9	3.4	42.6	19.1
大黄鱼	51.5	28.1	11.5	7.8	1.0	48.4	13.8
鲤鱼	50.3	28.8	10.7	5.5	4.8	49.8	16.2
蓝圆鲈	56.4	25.8	10.7	6.1	0.9	43.5	21.7
鲫鱼	56.0	21.7	12.5	3.6	6.3	44.1	17.8
鲈鱼	52.4	30.1	12.7	3.7	1.2	47.7	19.1

表2 罗非鱼下脚料主要营养成分测定

Table 2 Main nutritional components in tilapia byproduct

主要营养成分	罗非鱼下脚料	罗非鱼肌肉
水分(%)	60.5	72.6
蛋白质(%)	18.4	20.7
脂肪(%)	10.6	1.6
碳水化合物(%)	0.9	2.9
灰分(%)	8.8	2.2

### 2.3 罗非鱼下脚料氨基酸组成分析

对罗非鱼下脚料进行水解,对氨基酸组成与含量进行测定,结果如表3所示。罗非鱼下脚料中检测氨基酸17种,氨基酸总量(TAA)为26.38%(干重),其中,谷氨酸(Glu)含量最高,达为4.25%,其次分别为天门冬氨酸(Asp)、丙氨酸(Ala)的2.63%和2.43%;罗非鱼下脚料中含量最低的氨基酸为胱氨酸(Cys)、甘氨酸(Gly)和色氨酸(Trp),分别为0.41%、0.41%和0.03%。

罗非鱼下脚料中必需氨基酸(EAA)含量为9.39%。此外,罗非鱼下脚料氨基酸 $W_{EAA}/W_{TAA}$ 为36%, $W_{EAA}/W_{NEAA}$ 为55%,与罗非鱼肌肉 $W_{EAA}/W_{TAA}$ 40.07%, $W_{EAA}/W_{NEAA}$ 66.87%接近<sup>[9]</sup>。参照FAO/WHO的理想模式,氨基酸组成 $W_{EAA}/W_{TAA}$ 为40%左右, $W_{EAA}/W_{NEAA}$ 大于60%,蛋白质营养质量较高<sup>[10]</sup>。罗非鱼下脚料氨基酸组成比例接近评价标准,表明罗非鱼下脚料蛋白质含量较高,蛋白质营养质量较高。

罗非鱼下脚料口感与呈味氨基酸(Flavour amino acids, FAA)的构成与比例有关<sup>[11]</sup>。罗非鱼下脚料FAA的总量占氨基酸总量的45%,与罗非鱼鱼片的 $W_{FAA}/W_{TAA}$ 的45%相同<sup>[8]</sup>,略低于大黄鱼 $W_{FAA}/W_{TAA}$ 的49.30%<sup>[10]</sup>,表明罗非鱼下脚料呈味氨基酸较为丰富,具有较鲜美滋味,因此,具有开发为调味产品的原料的潜质。

### 2.3 氨基酸营养评价

氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)是进行食品中氨基酸构成与营养评价的重要指标<sup>[12]</sup>。将罗非鱼下脚料中氨基酸组成与FAO/WHO氨基酸评分标准和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式进行比较,并计算出罗非鱼下脚料的AAS和CS,结果见表4。由表4可知,罗非鱼下脚料中EAA含量为2493 mg/g N,略高于FAO/WHO标准(2250 mg/g N),低于鸡蛋蛋白标准(3066 mg/g N);罗非鱼下脚料中的氨基酸中Ile、Leu、Val的AAS评分接近1,而Met + Cys、Phe + Tyr、Thr、Lys则大于1,表明罗非鱼下脚料中该三种氨基酸(Ile、Leu、Val)最接近人体营养需要<sup>[13]</sup>;罗非鱼下脚料中的Thr、Lys的CS评分大于1,表明罗非鱼下脚料中Thr、Lys与鸡蛋蛋白氨基酸含量接近。以AAS为标准时,罗非鱼下脚料的第一限制氨基酸为Ile,第二限制氨基酸为Val;以CS为标准时,罗非鱼下脚料的第一限制氨基酸为Met + Cys,第二限制氨基酸为Ile。

必需氨基酸指数(EAAI)是蛋白质营养价值的常用指标之一,反映的是EAA与标准蛋白相接近的

表3 罗非鱼下脚料氨基酸组分测定

Table 3 Amino acid composition of tilapia byproduct

氨基酸类型	氨基酸	含量 (%,干重)
必需 氨基酸	蛋氨酸(Met)	0.68
	色氨酸(Trp)	0.03
	赖氨酸(Lys)	2.05
	缬氨酸(Val)	1.27
	异亮氨酸(Ile)	1.01
	亮氨酸(leu)	1.97
	苯丙氨酸(Phe)	1.09
	苏氨酸(Thr)	1.29
	胱氨酸(Cys)	0.41
	酪氨酸(Tyr)	0.76
	天门冬氨酸(Asp)	2.63
	丝氨酸(Ser)	1.27
	谷氨酸(Glu)	4.25
	甘氨酸(Gly)	0.41
	组氨酸(His)	0.66
	精氨酸(Arg)	2.23
	非必需 氨基酸	丙氨酸(Ala)
脯氨酸(Pro)		1.97
氨基酸总量(TAA)		26.38
必需氨基酸总量(EAA)		9.36
半必需氨基酸总量(HEAA)		1.16
非必需氨基酸总量(NEAA)	17.01	
鲜味氨基酸总量(FAA)	11.95	
	$W_{EAA}/W_{TAA}$	0.36
	$W_{EAA}/W_{NEAA}$	0.55
	$W_{FAA}/W_{TAA}$	0.45

程度,而生物价(BV)是反映食物蛋白质消化吸收后,被机体利用程度的指标<sup>[11]</sup>。罗非鱼的肌肉必需氨基酸指数(EAAI)范围为79.55~83.97<sup>[14]</sup>。本实验中罗非鱼下脚料的必需氨基酸指数(EAAI)为83.16,生物价(BV)为78.95,与罗非鱼肌肉EAAI相近<sup>[9]</sup>,略低于大黄鱼的95.07(EAAI)和91.92(BV)<sup>[11]</sup>,表明罗非鱼下脚料中必需氨基酸含量丰富,组成与鸡蛋蛋白相近,其蛋白质品质较高,易被机体吸收利用。

### 2.4 罗非鱼下脚料脂肪酸的组成

罗非鱼下脚料中脂肪含量较高,对罗非鱼进行鱼油提取。对罗非鱼加工下脚料中的粗鱼油中脂肪酸组成进行测定,结果如表5所示。罗非鱼加工下脚料中粗鱼油主要由 $C_{12} \sim C_{22}$ 脂肪酸组成,其中有4种饱和脂肪酸,6种不饱和脂肪酸。饱和脂肪酸含量占总脂肪酸的39.8%,其中棕榈酸( $C_{16:0}$ )含量最高,达27.9%;罗非鱼下脚料的不饱和脂肪酸总量达50.8%,与吉弘武等研究结果相近<sup>[15]</sup>。其中,不饱和脂肪酸以单不饱和脂肪酸含量较高,为36.5%,其中以油酸( $C_{18:1}$ )含量最高,达32.0%;多不饱和脂肪酸为14.3%,EPA和DHA含量分别为0.2%和1.0%。罗非鱼下脚料中脂肪含量高达10.6%,并且以不饱和脂肪酸为主,具有开发高价值的鱼油制品的潜力<sup>[16]</sup>。

表4 罗非鱼下脚料的氨基酸评分

Table 4 Amino acid evaluation indices of tilapia byproduct

氨基酸种类	EAA							总量
	Ile	Leu	Met + Cys	Phe + Tyr	Thr	Val	Lys	
罗非鱼下脚料(mg/g N)	240	467	258	437	306	300	485	2493
FAO/WHO模型(mg/g N)	250	440	220	380	250	310	340	2250
鸡蛋蛋白质模型(mg/g N)	331	534	386	565	292	411	441	3066
氨基酸评分(AAS)	0.96	1.06	1.17	1.15	1.22	0.97	1.43	1.11
化学评分(CS)	0.72	0.88	0.67	0.77	1.05	0.73	1.10	0.82
必需氨基酸指数(EAAI)	83.16							
生物价(BV)	78.95							

表5 罗非鱼下脚料主要脂肪酸组成

Table 5 Composition of main fatty acids in tilapia byproduct

脂肪酸	含量(%)	脂肪酸	含量(%)
C <sub>12:0</sub> 月桂酸(Lauric acid)	0.2	C <sub>18:3</sub> 亚麻酸(Linolenic)	2.1
C <sub>14:0</sub> 肉豆蔻酸(Myristic acid)	3.1	C <sub>20:5</sub> 二十碳五烯酸(Eicosapentaenoic)	0.2
C <sub>16:0</sub> 棕榈酸(Palmitic acid)	27.9	C <sub>22:6</sub> 二十二碳六烯酸(Docosahexaenoic)	1.0
C <sub>16:1</sub> 棕榈油酸(Palmitoleic)	4.5	其它	9.4
C <sub>18:0</sub> 硬脂酸(Stearic acid)	8.6	饱和脂肪酸	39.8
C <sub>18:1</sub> 油酸(Oleic)	32.0	单不饱和脂肪酸	36.5
C <sub>18:2</sub> 亚油酸(Linoleic)	11.0	多不饱和脂肪酸	14.3

## 2.5 矿物质元素含量

对罗非鱼加工下脚料中的微量元素含量进行测定,结果如表6所示。罗非鱼加工下脚料中含有许多重要的矿物质,除了钾、钙、钠、镁之外,铁、锌、锰、硒、碘在罗非鱼下脚料中也一应俱全。罗非鱼加工下脚料由于含有鱼骨等成分,因此钙含量高,达43600 mg/kg。其次,罗非鱼下脚料中的钾、钠、镁含量分别达1560、1380、504 mg/kg,分别是罗非鱼肌肉中钾、钠、镁含量的8.0、17.2和11.2倍。因此,罗非鱼下脚料具有开发成补充人体钙、钾、钠、镁等微量元素的功能食品潜力<sup>[17]</sup>。

表6 罗非鱼下脚料矿物质含量(mg/kg)

Table 6 Mineral content in tilapia byproduct(mg/kg)

矿物质元素	罗非鱼下脚料	罗非鱼肌肉
碘(I)	2.3	0
硒(Se)	0.2	24.2
铁(Fe)	26	3.8
锰(Mn)	12	0.2
镁(Mg)	504	45
钠(Na)	1380	80.3
锌(Zn)	34	0.8
钙(Ca)	43600	62
钾(K)	1560	196

## 3 结论

综合分析研究结果可知,罗非鱼下脚料是一类高蛋白、高脂肪含量的水产加工副产物。同时,罗非鱼下脚料中氨基酸种类齐全,含有较丰富的必需氨基酸和呈味氨基酸。氨基酸营养评价表明,罗非鱼下脚料必需氨基酸指数(EAAI)为83.16,生物价BV

为78.95,表明罗非鱼下脚料氨基酸比例与人体营养需求接近,罗非鱼下脚料蛋白质营养质量较高。罗非鱼下脚料脂肪含量高,不饱和脂肪酸总量达50.8%。此外,罗非鱼下脚料中还含有丰富的钙、钾、钠、镁等矿物质元素。因此,罗非鱼下脚料是一类有待深入开发利用的优质水产资源。目前,我国鱼类加工下脚料的开发利用水平不高,技术含量低,尚有许多关键技术亟待解决<sup>[18]</sup>。随着食品科技的发展,特别是水产精深加工技术的逐渐进步,鱼类下脚料作为水产加工中的重要组成部分,必将受到高度的重视和高值化的开发利用<sup>[19]</sup>。罗非鱼下脚料作为水产加工产业中大宗的加工副产物,具有高蛋白、高脂肪、高钙等特点,具有良好的市场开发前景,可开发出各类罗非鱼食品、功能食品和生物制品,不仅能实现罗非鱼下脚料的高值化利用,还能减少加工废弃物的环境污染问题,具有较好的社会和生态效益<sup>[20]</sup>。

## 参考文献

- [1]薛长湖,翟毓秀,李来好,等.水产养殖产品精制加工与质量安全发展战略研究[J].中国工程科学,2016,18(3):43-48.
- [2]陈海光,黄东雨,Felicia kow.海洋鱼类废弃物功能成分提取的研究[J].食品与机械,2010,26(3):173-176.
- [3]陈晓婷,吴靖娜,陈艺晖,等.中上层鱼类及加工副产品高值化利用的研究进展[J].食品安全质量检测学报,2016,7(3):1126-1232.
- [4]代云云,袁永明,袁媛,等.中印罗非鱼产品出口竞争力的比较-基于美国市场的分析[J].中国农学通报,2015,31(29):15-22.
- [5]吴涛.淡水鱼下脚料的研究与利用进展[J].长江大学学报自然科学版:农学卷,2009,6(3):79-83.

(下转第293页)

- Clin Pathol, 2003, 56(1): 17-25.
- [3] Kovacic P, Jacinth JD. Reproductive toxins: pervasive theme of oxidative stress and electron transfer[J]. Curr Med Chem, 2001, 8(7): 863-892.
- [4] 潘杰, 秦雪征, 唐雯, 等. 肥胖的经济学研究: 文献综述[J]. 经济与管理研究, 2015, 36(10): 88-96.
- [5] Yoshida N, Numano M, Nagasaka Y, et al. Study on health hazards through medicines purchased on the Internet; a cross-sectional investigation of the quality of anti-obesity medicines containing crude drugs as active ingredients[J]. BMC Complement Altern Med, 2015, 15(1): 430.
- [6] Bengmark S. Curcumin, an atoxic antioxidant and natural NF-kappaB, cyclooxygenase-2, lipooxygenase, and inducible nitric oxide synthase inhibitor: a shield against acute and chronic diseases[J]. Jpn, 2006, 30(1): 45-51.
- [7] Hatcher H, Planalp R, Cho J, et al. Curcumin: from ancient medicine to Current clinical trials[J]. Cell Mol Life Sci, 2008, 65(11): 1631-1652.
- [8] 李然, 刘晓红, 孔天. 姜黄素的安全性毒理学评价[J]. 卫生研究, 2011(6): 747-749.
- [9] Shakibaei M, Schulze-Tanzil S, John T, et al. Curcumin protects human chondrocytes from IL-11 beta-induced inhibition of collagen type II and beta1-integrin expression and activation of caspase-3: An immunomorphological study[J]. Ann Anat, 2005, 187(5-6): 487-497.
- [10] Kuttan G. Antitumor, anti-invasion, and antimetastatic effects of curcumin[J]. Adv Exp Med Biol, 2007, 595(8): 173-184.
- [11] Munkácsy E, Khan MH, Lane RK, et al. DLK-1, SEK-3 and PMK-3 Are Required for the Life Extension Induced by Mitochondrial Bioenergetic Disruption in *C.elegans* [J]. Plos Genet, 2016, 12(7): e1006133.
- [12] Kim C, Sunq S, Lee J. Internal genomic regions mobilized for telomere maintenance in *C. elegans* [J]. Worm, 2016, 5(1): e1146856.
- [13] Chenfei Gao, Zhanguo Gao, Frank L. Greenway. Oat consumption reduced intestinal fat deposition and improved health span in *Caenorhabditis elegans* model[J]. Nutr Res, 2015, 35(9): 834-843.
- [14] McGhee JD, Sleumer MC, Bilenky M, et al. The ELT-2 GATA-factor and the global regulation of transcription in the *C.elegans* intestine[J]. Dev Biol, 2007, 302(2): 627-645.
- [15] Leung MC, Williams PL, Benedetto A, et al. *Caenorhabditis elegans*: an emerging model in biomedical and environmental toxicology[J]. Toxicol Sci, 2008, 106(1): 5-28.
- [16] 何露, 李中, 韦睿, 等. 姜黄素类化合物提高线虫的抗氧化应激能力[J]. 中国病理生理杂志, 2014, 30(1): 154-158.
- [17] 屈长青, 徐林丽. 罗勒水提物对秀丽隐杆线虫脂肪沉积的影响[J]. 中国生化药物杂志, 2012, 33(2): 165-166.
- [18] 师思. 咖啡因对秀丽隐杆线虫脂肪代谢的影响[D]. 长春: 吉林大学, 2012: 8-10.
- [19] 姬云涛, 王亦舒, 李星辰, 等. 秀丽隐杆线虫体内脂滴的油红O染色观察[J]. 中国生化药物杂志, 2011, 32(2): 141-142.
- [20] 夏世钧, 吴中亮. 分子毒理学基础[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2001.
- [21] Ourique GM, Finamor IA, Saccol EM, et al. Resveratrol improves sperm motility, prevents lipid peroxidation and enhances antioxidant defences in the testes of hyperthyroid rats [J]. Reproductive Toxicology, 2013, 37: 31-39.
- [22] 胡忠泽. 姜黄素对淮南王鸡脂肪沉积的影响[J]. 畜牧与饲料科学, 2009, 30(5): 24-25.
- [23] 于燕, 颜虹, 胡森科, 等. 姜黄素对单纯性肥胖大鼠的减肥作用及其机制研究[J]. 西安交通大学学报, 2006, 27(4): 387-390.
- [24] 于冬青, 邓华聪. 姜黄素对糖尿病大鼠糖、脂代谢及氧化应激的影响[J]. 重庆医学, 2005, 34(1): 37-39.
- [25] 夏世钧, 吴中亮. 分子毒理学基础[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2001.
- [26] Ourique GM, Finamor IA, Saccol EM, et al. Resveratrol improves sperm motility, prevents lipid peroxidation and enhances antioxidant defences in the testes of hyperthyroid rats [J]. Reproductive Toxicology, 2013, 37: 31-39.
- [27] 王舒然. 姜黄素对大鼠调节血脂及抗氧化作用的研究[J]. 卫生研究, 2000, 29(4): 240-242.
- [13] 郝淑贤, 李来好, 杨贤庆, 等. 5种罗非鱼营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2007, 29(6): 614-615, 618.
- [14] 陈文治, 郭忠宝, 单丹, 等. 6种不同罗非鱼品种的肌肉营养成分分析[J]. 南方农业学报, 2015, 46(7): 1303-1309.
- [15] 吉宏武, 洪鹏志, 章超桦, 等. 罗非鱼油的制备及其脂肪酸组成分析[J]. 福建水产, 2005, 27(2): 51-57.
- [16] 白洋, 高晓东, 罗光炯, 等. 罗非鱼下脚料提取鱼油工艺及市场讨论[J]. 广西轻工业, 2010, 26(9): 1-2.
- [17] 张崧, 朱志伟, 曾庆孝. 鱼骨利用的研究现状[J]. 食品研究与开发, 2008, 28(9): 182-185.
- [18] 励建荣, 马永钧. 中国水产品加工业的现状与发展[J]. 食品科技, 2008, 33(1): 1-4.
- [19] 苑艳辉. 水产品下脚料综合利用研究之进展[J]. 水产科技情报, 2004, 31(1): 44-48.
- [20] 李晶. 水产品下脚料高值化利用技术研究现状[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(22): 11435-11437.

(上接第288页)

- [6] 邱松山, 姜翠翠, 海金萍. 罗非鱼加工中废弃物的综合利用探讨[J]. 食品与发酵科技, 2010, 46(3): 22-24.
- [7] 颜孙安, 林香信, 钱爱萍, 等. 学分析法的理想参考蛋白模式及其化学生物价研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(23): 101-107.
- [8] 陈胜军, 李来好, 杨贤庆, 等. 罗非鱼综合加工利用与质量安全控制技术的研究进展[J]. 南方水产科学, 2011, 7(4): 85-90.
- [9] 缪凌鸿, 刘波, 何杰, 等. 吉富罗非鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(5): 635-641.
- [10] 刘露, 施文正, 王锡昌, 等. 鲑鱼不同部位的营养评价及风味物质分析[J]. 现代食品科技, 2016, 32(4): 210-217.
- [11] 吴婧娜, 许永安, 刘智禹. 养殖大黄鱼鱼肉营养成分的分析及评价[J]. 营养学报, 2013, 35(6): 610-612.
- [12] 吴坤主编. 营养与食品卫生学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2003: 16.