

福建海域短蛸性腺基本营养成分分析

冯晓梅¹, 钟宏², 刘楚怡¹, 李八方³

(1. 中国海洋大学医药学院, 山东青岛 266003; 2. 福建东山博广天兴食品股份有限公司, 福建东山 363400; 3. 青岛海洋生物医药研究院, 山东青岛 266071)

摘要 [目的]分析福建海域短蛸性腺基本营养成分。[方法]以福建海域的短蛸为研究对象,对其雌雄性腺分别进行营养成分和氨基酸组分分析与评价。[结果]雌性性腺的粗蛋白、粗脂肪、粗多糖含量分别为 73.40%、6.72%、8.14%,雄性性腺中分别为 75.70%、11.96%、2.38%;氨基酸分析表明必需氨基酸和支链氨基酸含量雌性中分别为 25.71%和 15.05%,雄性中分别为 20.29%和 10.60%。牛磺酸、亮氨酸、赖氨酸在雌性性腺组织中含量分别为 6.87%、5.26%和 2.51%,雄性中分别为 4.66%、4.55%和 4.26%,与同类的水产生物相比,均含量比较高。[结论]短蛸性腺是优质的蛋白质源和天然牛磺酸源,具有开发成保健食品的潜力。

关键词 短蛸性腺;营养成分;氨基酸;催乳食品

中图分类号 S917.4 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)17-0207-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.17.059



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis of Basic Nutritional Components in the Gonad of Short Octopus in Fujian SeasFENG Xiao-mei¹, ZHONG Hong², LIU Chu-yi¹ et al (1. School of Medicine, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266003; 2. Fujian Dongshan Boguang Tianxing Food Co., Ltd., Dongshan, Fujian 363400)

Abstract [Objective] The research aimed to analyze the basic nutritional components of the gonad of short octopus in Fujian Seas. [Method] Taking the short octopus in the Fujian Seas as the research object, the nutritional composition and amino acid composition of male and female sex glands of octopus in Fujian Seas were analyzed and evaluated. [Result] The contents of crude protein, crude fat and crude polysaccharide in female gonad were 73.40%, 6.72%, 8.14%, for male gonad were 75.70%, 11.96%, 2.38%. Amino acid analysis showed that the content of essential amino acid and branched chain amino acid was higher in females than in males, 25.71% and 15.05% in females, 20.29% and 10.60% in males. The contents of taurine, leucine and lysine in female tissues were 6.87%, 5.26% and 2.51%, respectively, and those in male tissues were 4.66%, 4.55% and 4.26%. Compared with similar water products, the contents were relatively high. [Conclusion] The gonads of octopus is a good source of protein and taurine and has potential to be used as health food.

Key words Gonad of octopus; Nutritional composition; Amino acid; Lactation food

短蛸属于软体动物门、头足纲、八腕目、蛸科^[1],别称“小章鱼”,广泛分布于中国渤海、黄海、东海、南海海域。我国福建沿海是短蛸类章鱼的主要经济产区,有大量的章鱼加工企业,短蛸性腺(生殖腺)是加工过程中产生的下脚料部分,是蛸的卵巢和精巢,呈卵圆形,类白色,成熟的雌性性腺较大,雄性性腺较小,外部有膜包被,不易破裂。目前章鱼加工企业主要是将这部分下脚料简单加工成鱼粉或者提取粗鱼油。这些下脚料中含有牛磺酸、多糖、脂肪酸等多种生物活性物质,如将其加以精深加工,作为食用、药用生物活性物质资源进行开发,将会提高章鱼的整体利用价值^[2]。国内许多研究对章鱼不同部位的营养成分、氨基酸、脂肪酸等进行了全面分析^[3]。但是对于短蛸成熟雌雄性腺营养成分的分类分析鲜见报道。笔者对福建东山海域捕捞的短蛸成熟雌雄性腺分别进行营养成分以及氨基酸组分分析,目的在于提高短蛸加工废弃物的附加值,为以短蛸性腺为原料的保健食品开发提供参考依据。

1 材料与与方法**1.1 材料**

1.1.1 试材。短蛸性腺由福建东山博广天兴食品股份有限公司提供,原料为冷冻品,成熟雌雄性腺分别置于-18℃下冰箱中待用。

1.1.2 试剂。盐酸、浓硫酸、硼酸、乙醚、石油醚、硫酸铜、硫

酸钾、氢氧化钠、苯酚,均为分析纯试剂,国药集团化学试剂有限公司;氨基酸混标溶液 H 型,柠檬酸-柠檬酸钠系列缓冲溶液、茚三酮显色试剂,均为色谱纯试剂,和光纯药工业株式会社;碱性蛋白酶、中性蛋白酶,南宁庞博生物工程有限公司;甲基红、溴甲酚绿,天津市光复精细化工研究所;葡萄糖标准品、牛磺酸标准品,上海安谱实验科技股份有限公司。

1.1.3 仪器设备。SKD-100 凯氏定氮仪,上海沛欧分析仪器有限公司;UV-5500 型紫外可见分光光度计,上海元析仪器有限公司;FD-1A-50 型冻干机,北京博医康实验仪器有限公司;SZF-06A 型脂肪测定仪,上海昕瑞仪器仪表有限公司;DL-2020 低温冷却液循环泵,上海比朗仪器有限公司;GLG-L777 食物料理机,上海格力高食品有限公司;L-8900 型全自动氨基酸分析仪,天美科学仪器有限公司;ME204E 型分析天平,梅特勒-托利多仪器公司。

1.2 试验方法

1.2.1 样品处理。短蛸成熟雌雄性腺组织,使用前在室温下放置 6 h 解冻,清洗去杂,晾干水分,匀浆后冷冻干燥,干燥后固体粉末待用做基本营养成分分析。

1.2.2 常规营养成分的测定。水分含量测定参照国标 GB/T 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》第一法进行;灰分含量测定参照国标 GB/T 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》第一法进行;蛋白质含量的测定参照国标 GB/T 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》第一法进行;脂肪含量的测定参照国标 GB/T 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测

定》第一法进行。

1.2.3 粗多糖的测定。取短蛸雌雄性腺冷冻品,化冻后清洗晾干水分,称取 50 g,按照 1:5 的量加水匀浆,调 pH 10.5,按照底物浓度的 1% 加入碱性蛋白酶,水浴温度 55 ℃,反应 4 h 后,取出放冷后,调整 pH 7.0,按照底物浓度的 1% 加入中性蛋白酶,50 ℃ 反应 4 h,取出。沸水浴灭酶 10 min,4 200 r/min 离心取上清^[4-5]。上清液按照 4:1 的量加入 Seavage 试剂除蛋白^[6],搅拌 30 min 后,4 200 r/min 离心取上清。上清液加入适量活性炭脱色,脱色后溶液过滤作为待测溶液。苯酚硫酸法测定待测液中粗多糖含量。

1.2.4 氨基酸的测定。17 种氨基酸按照 GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》中的酸水解法,使用日立 L-8900 型氨基酸自动分析仪测定。

1.2.5 牛磺酸含量的测定。采用丹磺酰氯柱前衍生法,参照 GB 5009.169—2016《食品安全国家标准 食品中牛磺酸的测定》第二法进行。

1.2.6 氨基酸评价方法。参照 FAO/WHO 提出的氨基酸计分模式、中国预防医学科学院和营养与食品卫生研究所提出的鸡蛋蛋白模式进行比较^[7-8]。氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)、必需氨基酸指数(EAAI)公式如下:

$$AAS = \frac{\text{蛋白质氨基酸含量 (mg/g)}}{\text{FAO/WHO 评分模式中同种氨基酸含量 (mg/g)}} \quad (1)$$

$$CS = \frac{\text{蛋白质氨基酸含量 (mg/g)}}{\text{鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量 (mg/g)}} \quad (2)$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{P_{\text{Thr}} \times P_{\text{Val}} \times \dots \times P_{\text{Lys}}}{S_{\text{Thr}} \times S_{\text{Val}} \times \dots \times S_{\text{Lys}}}} \times 100 \quad (3)$$

式中, n 为比较的氨基酸个数, P 为被检测的氨基酸(mg/g), S 为鸡蛋蛋白的氨基酸(mg/g)。

2 结果与分析

2.1 短蛸性腺的一般营养成分组成及评价 从短蛸性腺一般营养成分(表 1)可以看出,新鲜性腺组织中雌性水分含量低(69.5%),雄性含量高(83.4%)。2 种性腺组织干基中,灰分差别不大。蛋白含量差别也不大,蛋白含量均占干基的 70% 以上。由此可见,性腺是一种高蛋白的生物组织。脂肪含量雄性(11.90%)高于雌性(6.72%),差别较大,脂肪在性腺发育过程起到重要的营养调控作用,雌雄成熟性腺中脂肪含量的差异与其生理作用机制有关^[9]。McGurk 等^[10]对雌雄鲱鱼性腺的研究显示,精巢比卵巢的脂肪、水分含量均明显要高,推测可能是因为成熟卵巢在产卵时消耗能量多,导致脂肪和水分含量少,雄性个体因为脂肪含量高,使其比雌性个体成熟快。粗多糖含量在 2 种性腺组织中差别也较大,雌性组织(8.14%)远远大于雄性组织(2.83%)。性腺多糖可增强机体的体液免疫和细胞免疫,具有免疫调节功能^[11]。

2.2 短蛸性腺中牛磺酸的含量评价 比较牛磺酸的测定结果以及与其他水产类软体动物中牛磺酸含量(表 2)发现,在短蛸成熟性腺组织中,雄性中牛磺酸的含量(4.26%)高于雌性的含量(2.51%),雄性性腺中牛磺酸含量高于其他海洋生

物^[12-13],是一种比较好的天然牛磺酸源。

表 1 短蛸性腺常规营养成分

性腺种类 Species	水分* Moisture	灰分 Ash	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗多糖 Polysaccharide
雌性 Female	69.5	9.52	75.4	6.72	8.14
雄性 Male	83.4	9.30	73.7	11.90	2.83

注:* 水分含量是指新鲜的性腺组织,未经干燥处理的样品
Note:* Moisture content refers to fresh gonadal tissue samples that have not been dried

牛磺酸广泛分布于人和动物的体内,有多种生理功能,是人体内不能缺少的功能营养物质。有研究表明,牛磺酸对催乳素和生长激素的分泌有一定的促进作用^[14]。牛磺酸可通过对激素的影响增加催乳素分泌,促进乳汁产生和分泌,同时母乳中的牛磺酸对于后代的发育有重要作用^[15]。

表 2 短蛸性腺中牛磺酸含量与其他水产生物中牛磺酸含量的比较

Table 2 Comparison of taurine content in gonads of short octopus with that in other aquatic organisms

种类 Species	牛磺酸 Taurine//%	参考文献 Reference
短蛸雌性性腺 Gonad of short octopus female	2.51	该研究
短蛸雄性性腺 Gonad of short octopus male	4.26	该研究
真蛸 Octopus vulgaris	3.50	[12-13]
红鲂鱼 Red snapper	0.16	[12-13]
枪乌贼 Squid	0.34	[12-13]
太平洋牡蛎 Pacific oyster	3.30	[12-13]

2.3 短蛸性腺中氨基酸组成及评价 短蛸成熟雌雄性腺的氨基酸含量分析结果见表 3。在测定过程中,色氨酸因水解被破坏,无法检出;除此之外共检出 17 种氨基酸。其中,雌性性腺的氨基酸总量为 60.15%,必需氨基酸含量为 26.09%,半必需氨基酸和非必需氨基酸分别占性腺组织干重的 6.24% 和 27.82%;雄性性腺的氨基酸总量为 54.74%,必需氨基酸含量为 20.69%,半必需氨基酸和非必需氨基酸分别占性腺组织干重的 6.43% 和 27.62%。2 种性腺组织中,雌性性腺的必需氨基酸与总氨基酸的比值 EAA/TAA 为 43.37%,必需氨基酸与非必需氨基酸含量的比值 EAA/NEAA 为 93.78%,雄性性腺的 EAA/TAA 为 37.80%,EAA/NEAA 为 74.90%。根据 FAO/WHO 的理想模式,质量较好的蛋白质,其组成氨基酸的 EAA/TAA 为 40% 左右,EAA/NEAA 为 60% 以上^[7-8]。说明 2 种性腺氨基酸组成比例均符合 FAO/WHO 的理想模式要求,氨基酸具有良好的平衡性,属于优质的蛋白质。

在性腺组织的氨基酸中,谷氨酸作为一种呈味氨基酸,含量最高,分别为 9.50% (雌)、8.05% (雄);呈味氨基酸(天门冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸和甘氨酸)总含量占干基总量的 19.14% (雌) 和 19.82% (雄),分别占总氨基酸的 32% 和 36%,在雌雄性腺中差别不大。

表 3 中的数据 displays,短蛸性腺组织中支链氨基酸的含量比较高。雌性性腺中支链氨基酸 BCAAs 总量占干基的 15.05%,雄性 BCAAs 总量占干基的 10.60%。高 BCAA 值说

明性腺组织是一种比较好的补充支链氨基酸食物。

表 3 短蛸性腺氨基酸组成及含量

Table 3 Amino acid composition and content in the gonad of short octopus

topus	%	
Amino acid	Female	Male
天门冬氨酸 Asp [△]	5.58	5.78
苏氨酸 Thr [*]	2.83	2.45
丝氨酸 Ser	2.89	2.65
谷氨酸 Glu [△]	9.50	8.05
甘氨酸 Gly [△]	1.81	2.99
丙氨酸 Ala [△]	2.25	3.00
胱氨酸 Cys	0.89	0.71
缬氨酸 Val ^{**}	4.06	2.94
蛋氨酸 Met [*]	0.43	0.44
亮氨酸 Leu ^{**}	6.87	4.66
异亮氨酸 Ile ^{**}	4.12	3.00
酪氨酸 Tyr	2.31	1.71
苯丙氨酸 Phe [*]	2.52	2.65
组氨酸 His ^{&}	2.25	2.77
赖氨酸 Lys [*]	5.26	4.55
精氨酸 Arg ^{&}	3.99	3.66
脯氨酸 Pro	2.59	2.73
必需氨基酸 EAA	26.09	20.69
半必需氨基酸 SEAA	6.24	6.43
非必需氨基酸 NEAA	27.82	27.62
氨基酸总量 TAA	60.15	54.74
EAA/TAA	43.37	37.80
EAA/NEAA	93.78	74.90
支链氨基酸 BCAA	15.05	10.60
芳香族氨基酸 AAA	4.83	4.36
呈味氨基酸 DAA	19.14	19.82

注:△呈味氨基酸; *必需氨基酸;& 半必需氨基酸;★支链氨基酸

Note:△delicious amino acid; * Essential amino acid;&Semi-essential amino acid;★branched chain amino acid

表 4 是雌性腺氨基酸组成中 AAS 和 CS 的分析结果,按照 FAO/WTO 评分标准,2 种性腺组织氨基酸组成的 6 种必需氨基酸 AAS 均超过参考模式标准(>1)^[16]。按照鸡蛋

蛋白质的评定标准,CS 值均大于 0.6,说明氨基酸平衡效果较好,属于优质的人体所需蛋白质。必需氨基酸指数(EAAI)能反映必需氨基酸含量与标准蛋白质(鸡蛋蛋白)相比接近的程度^[17],雌性 EAAI 指数为 92.5,接近鸡蛋蛋白的必需氨基酸模式,雄性 EAAI 指数为 81.4,比雌性稍低。必需氨基酸中亮氨酸和赖氨酸含量最高,雌性分别为 116.5 和 89.1 mg/g,雄性分别 86.76 和 84.71 mg/g,这 2 种氨基酸均与乳腺上皮细胞泌乳功能有关。有研究显示,亮氨酸(0.9 mmol/L)可以通过促进奶牛乳腺上皮细胞相关基因(S6K1、JAK2、STAT5、CSN3)表达^[18],且在营养缺乏的条件下,补充亮氨酸可促进 kappa 酪蛋白基因表达。陈璐等^[19]研究显示赖氨酸 Lys 对奶牛乳腺上皮细胞(BMECs)内乳蛋白合成相关基因表达的促进效果呈剂量依赖关系,以浓度为 1.0~2.0 mmol/L 时较好,高浓度(16.0 mmol/L)Lys 抑制乳蛋白合成相关基因的表达,Lys 可能通过 JAK2/STAT5 和 mTOR 信号通路促进乳蛋白合成相关基因的表达。

在我国南方福建沿海,民间常用章鱼干煲汤,对于产妇产后气血亏虚、乳汁不足等成效显著。该研究结果不仅为民间催乳偏方提供了科学依据,也为章鱼性腺作为催乳食品的研制提供了理论依据。

3 结论

通过对短蛸雌性腺中常规营养成分分析和氨基酸组成分析,得到如下结论:雄性性腺组织中水分和脂肪含量较雌性组织高,粗多糖含量在雌性性腺组织中大于雄性组织;蛋白质含量在 2 种性腺中相差不大,均占干基的 70%以上;2 种性腺组织中必需氨基酸占比均符合 FAO/WHO 和 CS 参考模式标准,说明氨基酸平衡效果较好,属于优质的人体所需蛋白质。支链氨基酸含量较高,有望开发成支链氨基酸营养补充剂。雄性组织中牛磺酸、亮氨酸、赖氨酸含量较高,可以开发具有催乳功能的保健食品。以上研究显示短蛸性腺营养丰富,具有较高的利用价值,为短蛸性腺高值化利用提供新思路。

表 4 短蛸性腺组织蛋白质必需氨基酸组成与评分

Table 4 Essential amino acid composition and score in the gonad of short octopus

氨基酸 Amino acid	FAO/WHO mg/g	Egg 蛋白 mg/g	雌性(F)			雄性(M)		
			含量 mg/g	AAS	CS	含量 mg/g	AAS	CS
亮氨酸 Leu	70	88	116.5	1.664	1.324	86.76	1.239	0.986
异亮氨酸 Ile	40	66	69.86	1.746	1.058	55.86	1.397	0.846
苏氨酸 Thr	40	49.8	47.99	1.199	0.964	45.80	1.145	0.920
赖氨酸 Lys	55	64	89.1	1.620	1.392	84.71	1.540	1.324
缬氨酸 Val	50	74.2	68.8	1.376	0.927	54.73	1.095	0.738
胱氨酸+蛋氨酸 Cys+Met	35	54.8	22.37	0.639	0.408	21.41	0.612	0.391
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	60	100.8	81.9	1.365	0.813	81.17	1.353	0.805
EAAI				92.5			81.4	

参考文献

[1] 管华诗,王曙光.中华海洋本草图鉴:第 2 卷[M].上海:上海科学技术出版社,2015:308.
[2] 张育荣.章鱼加工下脚料资源化开发研究探讨[J].中国科技信息,2007(24):64-65.

[3] 薛静,马继民,张信祥,等.两种海洋蛸类营养成分分析与评价[J].中国食品学报,2015,15(12):203-211.
[4] 于运海,周大勇,孙黎明,等.虾夷扇贝脏器硫酸酯多糖的制备及性质研究[J].食品科学,2009,30(6):68-71.

(1)、 $U_{rel}(2)$ 、 $U_{rel}(3)$ 、 $U_{rel}(4)$ 、 $U_{rel}(5)$ 、 $U_{rel}(6)$ 、 $U_{rel}(7)$ 、 $U_{rel}(8)$ (表 4)组成的镉的总相对合成标准不确定度,各分量之间彼此独立或不相关。因此, $U(\bar{X})=\sqrt{\sum_{i=1}^n(U_{rel}(i))^2}=3.69\times 10^{-2}$, 式中, n 为不确定度分量个数, $n=8$ 。

表 4 各分量的相对标准不确定度

Table 4 Relative standard uncertainty of each component

序号 No.	分量 Component	相对标准不确定度 Relative standard uncertainty
1	测量重复性 $U_{rel}(1)$	7.89×10^{-3}
2	样品称量 $U_{rel}(2)$	6.52×10^{-4}
3	消化液定容 $U_{rel}(3)$	6.02×10^{-4}
4	标准溶液配制 $U_{rel}(4)$	7.85×10^{-3}
5	样品空白 $U_{rel}(5)$	3.33×10^{-3}
6	标准曲线拟合 $U_{rel}(6)$	2.26×10^{-2}
7	消解回收率 $U_{rel}(7)$	2.68×10^{-2}
8	仪器稳定性 $U_{rel}(8)$	7.50×10^{-3}

2.3.10 扩展不确定度评定镉测定的合成标准不确定度。由以上分析得出 $U_{rel}(\bar{X})\times\bar{X}=3.69\times 10^{-2}\times 0.142=0.00524$ 。置信概率取 $P=95\%$ 时,包含因子 $k=2$,则扩展不确定度为 $U=0.00524\times 2=0.0105$ 。

2.3.11 测定结果。样品镉浓度 $C_{\text{镉}}$ 最终测定结果为 $C_{\text{镉}}=(0.142\pm 0.0105)\text{mg/kg}(k=2)$ 。

3 结论与讨论

影响测定结果的不确定度主要来源于样品消解回收率

和标准曲线拟合 2 个方面,测量重复性、仪器稳定性、标准溶液的配制、样品空白也对检测结果有较大影响,样品称量和消化溶液定容引入的不确定度相对较小。所以样品消解过程中应控制好样品量,选好消解升温程序,控制好赶酸温度,既要保证样品消解完全,又要保证待测物质不损失;尽量选用国家有证标准物质,定期做好期间核查,配制标准溶液要选用经过检定的 A 级玻璃量器;测量过程中必须认真做好每个环节的质量控制,做好精密度、稳定性、重复性和加标回收试验,确保检测结果的准确可靠。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品中镉的测定:GB 5009.15—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2014.
- [2] 环境保护部,国土资源部. 全国土壤污染状况调查公报[EB/OL]. (2014-04-17)[2018-12-20]. http://www.gov.cn/foot/2014-04/17/content_2661768.htm.
- [3] 邓新,温璐璐,迟鑫妹. 镉对人体健康危害及防治研究进展[J]. 中国医疗前沿,2010,5(10):4-5.
- [4] 刘烨潼,陈秋生,张强,等. 食用菌重金属污染对人体的健康风险分析[J]. 湖北农业科学,2015,54(2):440-443.
- [5] 李倩. 浅谈测量不确定度的意义及其在实验室质量管理中的应用[J]. 科技创新与应用,2015(14):176-177.
- [6] 中国实验室国家认可委员会. 化学分析中不确定度的评估指南[M]. 北京:中国计量出版社,2002:4-5.
- [7] 苏祖俭,胡曙光,蔡文华,等. 高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱法测定大米中无机砷的不确定度评定[J]. 食品安全质量检测学报,2018,7(14):3603-3610.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 测量不确定度评定与表示:JJF 1059.1—2012[S]. 北京:中国标准出版社,2013.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 常用玻璃量器检定规程:JJG 196—2006[S]. 北京:中国计量出版社,2007.

(上接第 209 页)

- [5] 赵巧灵. 紫贻贝多糖提取分离、结构鉴定及其生物活性的初步研究[D]. 杭州:浙江工商大学,2010:33.
- [6] 李莉. 文蛤多糖的提取纯化、结构分析及抗氧化、免疫活性初步研究[D]. 无锡:江南大学,2015:8-9.
- [7] 赵亭亭,张岩,陈超,等. 3 种养殖石斑鱼的肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 渔业科学进展,2018,39(6):89-96.
- [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] 周海. 脂肪在中华鳄鱼性腺发育过程中的作用及其相关机制研究[D]. 武汉:华中农业大学,2018:15.
- [10] MCGURK M D, GREEN J M, MCKONE W D, et al. Condition indices energy density and water lipid content of Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) of southeastern Newfoundland Canada[J]. Can Tech Rep Fish Aquat Sci, 1980, 958: 1-41.
- [11] 王竹清,张凯,侯虎,等. 皱纹盘鲍性腺多糖的提取及其体内免疫调节活性研究[J]. 中国海洋药物,2015,34(2):34-38.
- [12] 马之明,徐实怀,陈怡飏,等. 真鲷肌肉营养成分及氨基酸含量分析[J]. 安徽农业科学,2011,39(2):1059-1061.
- [13] 谭乐义,章超桦,薛长湖,等. 牛磺酸的生物活性及其在海洋生物中的分布[J]. 湛江海洋大学学报,2000,20(3):75-79.
- [14] NISHIGAWA T, NAGAMACHI S, CHOWDHURY V S, et al. Taurine and β -alanine intraperitoneal injection in lactating mice modifies the growth and behavior of offspring[J]. Biochemical and biophysical research communications, 2018, 495(2): 2024-2029.
- [15] LI M, REYNOLDS C M, SLOBODA D M, et al. Maternal taurine supplementation attenuates maternal fructose-induced metabolic and inflammatory dysregulation and partially reverses adverse metabolic programming in offspring[J]. The journal of nutritional biochemistry, 2015, 26(3): 267-276.
- [16] 佩利特 P L, 扬 V R. 蛋白质食物的营养评价[M]. 北京:人民卫生出版社,1984:35-70.
- [17] 周建设,王万良,朱挺兵,等. 黑斑原肌肉营养成分与品质评价[J]. 水产科学,2018,37(6):775-780.
- [18] 代文婷,李爱军,郑楠,等. 亮氨酸水平对奶牛乳腺上皮细胞增殖及 κ -酪蛋白合成相关基因表达的影响[J]. 动物营养学报,2015,27(5): 1559-1566.
- [19] 陈璐,赵艳丽,郭晓宇,等. 赖氨酸对奶牛乳腺上皮细胞内乳蛋白合成相关基因表达和蛋白磷酸化的影响[J]. 动物营养学报,2018,30(8): 3142-3150.