浙江庆元高山薄壳田螺品种鉴定及营养分析

陆红法[1]，郑善坚[1]，方美娟[1]，潘立新[1]，陈淑芬[2]
(1.浙江海洋学院萧山科技学院，浙江 杭州 311258；2.浙江省景宁畲族自治县水利局，浙江 丽水 323500)

摘 要：通过形态及分子学鉴定，生长于浙江丽水市庆元县合湖乡高海拔山区梯田的薄壳田螺疑似一个变种或新种。其蛋白质与脂肪的质量分数为(14.20±0.26)%和(0.70±0.03)%(鲜样)，属于高蛋白低脂肪食品。每克干基中总氨基酸为587.08mg、必需氨基酸(含半必需氨基酸)为280.08mg、缬氨酸(Val)为27.37mg、蛋氨酸(Met)为14.63mg、异亮氨酸(Ile)为26.02mg，明显高于中华圆田螺及铜锈环棱螺，苯丙氨酸(Phe)和赖氨酸(Lys)也高于中华圆田螺。第一限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸(Met+Cys)。不饱和脂肪酸占总脂肪酸的质量分数为44.18%，以18碳烯酸为主。每100g鲜样中钙和锌的质量分别达到(1762.667±36.074)mg和(5.017±0.076)mg，处于极高水平，可以作为钙和锌的主要补充食品。

关键词：高山薄壳田螺；品种鉴定；氨基酸；脂肪酸；矿物质和微量元素

Identification of Species and Nutritional Analysis of Alpine Thin-shelled *Cipangopaludina* from Qingyuan County, Zhejiang Province

LU Hong-fa[1]，ZHENG Shan-jian[1]，FANG Mei-juan[1]，PAN Li-xin[1]，CHEN Shu-fen[2]
(1. Xiaoshan College of Science and Technology, Zhejiang Ocean University, Hangzhou 311258, China；
2. Jingning She Nationality Autonomous County Water Conservancy Bureau, Lishui 323500, China)

Abstract：By morphological and molecular identifications, alpine thin-shelled *Cipangopaludina* was speculated as a variant or a novel species. Our determinations showed that the contents of crude protein and fat in a fresh sample were (14.20 ± 0.26)% and (0.70 ± 0.03)%, respectively. A total of 17 types of common amino acids were found in thin-shelled *Cipangopaludina* including 8 essential amino acids (EAA) and 2 semi-essential acids (SEAA). One gram of dried sample contained 587.08 mg of amino acids, 280.08 mg of EAA (including SEAA), 27.37 mg of Val, 14.63 mg of Met and 26.02 mg of Ile, which were significantly higher than the values reported for the dried samples of *C. cathayessis* and *B. aeruginosa*. Phe and Lys were also higher than in *C. cathayessis*. The first limiting amino acid was Met + Cys, and the second limiting amino acid was Val. Unsaturated fatty acid (UFA) accounted for 44.18% of the total fatty acids, of which the contents of $C_{18:1n-9}$, $C_{18:2n-6,9}$, $C_{18:3n-6,9,12}$ and $C_{18:3n-3,6,9}$ were 6.15%, 13.11%, 9.42% and 5.54%, respectively. Moreover, thin-shelled *Cipangopaludina* was rich in trace elements and minerals, especially Ca and Zn and their contents were up to (1762.667 ± 36.074) and (5.017 ± 0.076) mg/100 g in a fresh sample, respectively. Thin-shelled *Cipangopaludina*, therefore, could be used as a primary calcium and zinc supplement.

Key words：alpine thin-shelled *Cipangopaludina*；species identification；amino acid；fat acid；trace element and mineral
中图分类号：S963.16 文献标志码：A 文章编号：1002-6630(2013)17-0309-04
doi:10.7506/spkx1002-6630-201317065

螺类属于腹足纲(Gastropoda)，是动物界除昆虫纲外最大的一纲，全世界约有90000种[1]。在江南一带，田螺和螺蛳是餐桌上最常见的美味佳肴，在东南亚的一些发展中国家如越南、泰国等地，螺贝类还是蛋白质的重要来源[2]。但目前对于海水贝类的营养研究报道较多[3-4]，对淡水螺类的生态及营养学研究非常少，其形态及营养学方面的研究更少。一般淡水螺产地水域相对封闭，往往会形成一个地方品种。浙江省丽水市庆元县合湖乡平均海拔在1000m以上，地势高，温度低。农民以梯田种植水稻为主，梯田里生长着一种野生田螺，当地人把它叫做高山薄壳田螺。

目前高山薄壳田螺几乎只存在于丽水市高山地区，其他地方还没发现，与普通田螺相比，其肉质更加细腻，更加鲜美，在一定范围内享有较高的知名度，市场

收稿日期：2012-09-03
基金项目：浙江省自然科学基金项目(LY12C19006)
作者简介：陆红法(1969—)，男，讲师，硕士，研究方向为水产种质资源开发与利用。E-mail：luhongfa@163.com

欢迎程度远远高于普通田螺，价格也比普通田螺高出很多。由于未定种，所以以下文章中简称薄壳螺(thin-shelled *Cipangopaludina*)。本实验将对该螺的品种进行鉴定，并分析其营养成分。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

薄壳螺于2012年5月下旬取自浙江省庆元县合湖乡(27°46′34″N，119°17′24″E，海拔1108m)梯田中，共3kg，壳高(4.03±0.83)cm，壳宽(2.84±0.50)cm，高宽比1.40±0.06。平均个体质量为(4.26±0.42)g。

乙醚、盐酸、硫酸钾、硫酸、氢氧化钠等均为分析纯，国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

SYKAMS-433D 型氨基酸分析仪 德国赛卡姆公司；Agilent 6890N型气相色谱仪 美国安捷伦科技有限公司公司；KDN-2C型定氮仪 河南兄弟仪器公司；PE AA700型原子吸收光谱仪 美国珀金-埃尔默公司；TU-1901型紫外-可见分光光度计 北京普析通用仪器公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

取薄壳螺3kg，清水中养2d，排干净肠胃中食物和粪便，去壳及体内小田螺，螺肉用蒸馏水洗净，除分子学实验外，其余所有实验分3个平行组，数据用平均值。

1.3.2 品种鉴定

从外形和分子学两方面来鉴定，分子学采用COⅠ测序：

正向引物：GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG；反向引物：TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA。

扩增条件：95℃、5min；94℃、30s，52℃、30s，72℃、1min，35个循环；72℃、10min。使用天根*Taq* plus 扩增酶(具有3′→5′外切酶活性，保真性高)。产物经电泳检测后，直接测序，正反向测序。

1.3.3 常规营养成分测定

采用直接干燥法GB/T 5009.3—2010《食品中水分的测定》测定水分，凯氏定氮法GB/T 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》测定蛋白质，酸水解法GB/T 5009.6—2003《食品中脂肪的测定》测定脂肪。

1.3.4 氨基酸测定

17种氨基酸采用GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》；色氨酸采用碱水解法GB/T 18246—2000《饲料中氨基酸的测定》，共测定18种氨基酸。

1.3.5 脂肪酸测定

采用GB/T 17377—2008《动植物油脂 脂肪酸甲酯的气相色谱分析》测定脂肪酸。

1.3.6 矿物质和微量元素

原子吸收分光光度法GB/T 5009.92—2003《食品中钙的测定》测定钙；GB/T 5009.6—2003《食品中磷的测定》测定磷；原子吸收光谱法GB/T 5009.14—2003《食品中锌的测定》测定锌；GB/T 5009.90—2003《食品中铁、镁、锰的测定》测定铁。

1.3.7 营养价值评价

氨基酸计分(AAS)模式[5]见下式。

$$AAS=\frac{\text{被测蛋白质氨基酸的含量/(mg/g pro)}}{\text{在理想模式中氨基酸的含量/(mg/g pro)}}\times 100$$

2 结果与分析

2.1 薄壳田螺品种

外形上稍接近似瓶圆田螺，但似瓶圆田螺壳厚，壳口上方有一钝角，且在庆元没有分布[1]。高山薄壳田螺壳质非常薄，其壳厚与壳宽的比例大部分集中在0.05～0.09mm之间，而常规田螺的壳厚与壳宽比大多在0.1以上[6]，区别非常明显，食用时用牙齿轻轻一咬就能破壳，基因库中也没有似瓶圆田螺的相应序列可以对比，因此认定不是似瓶圆田螺。COⅠ测标本共8个，经美国国立生物技术信息中心(NCBI)的BLAST搜索分析(表1)，与滇池圆田螺(*Cipangopaludina dianchiensis*)相似度最高，达99%，与常见的中华圆田螺(*Cipangopaludina chinensis*)相似度98%。但从外形上与滇池圆田螺相差很大，因此认定不是滇池圆田螺，笔者认为这是一个新品种，暂定名字为合湖圆田螺(*Cipangopaludina hehuensis*)，还需要其他生物学方法来进一步确认。

表1 薄壳螺COI序列BLAST结果

Table 1 BLAST Results of thin-shelled *Cipangopaludina* COⅠ sequence

登陆号	说明	匹配分值	总体分值	覆盖度/%	*E*值	同源性/%
JN621284.1	*Cipangopaludina dianchiensis*	1053	1053	97	0.0	99
EU528474.1	*Cipangopaludina chinensis*	1042	1042	97	0.0	98
FJ710298.1	*Cipangopaludina chinensis*	1040	1040	97	0.0	98
EU528589.1	*Cipangopaludina chinensis*	1040	1040	97	0.0	98
GU198810.1	*Cipangopaludina longispira*	894	894	100	0.0	93

2.2 常规营养成分测定结果

表2 薄壳螺与其他几种水产动物常规营养成分比较

Table 2 Comparison of nutritional composition between thin-shelled *Cipangopaludina* and some other aquatic species

%

品种	薄壳螺	中华圆田螺[7]	铜锈环棱螺[7]	鳜鱼[8]
水分	75.70±0.26	77.30±0.52	78.34±0.62	79.03
粗蛋白	14.20±0.26	13.72±0.65	14.43±0.79	16.75
粗脂肪	0.70±0.03	0.60±0.25	0.78±0.35	1.50

注：以鲜样计。

由表2可见，薄壳螺的粗蛋白与粗脂肪的含量较中华圆田螺高，但比铜锈环棱螺(即江南经常食用的螺蛳)略少。与淡水中的珍贵鱼类鳜鱼相比，水分与粗蛋白质稍低，而粗脂肪只有鳜鱼的46.67%。说明薄壳螺是一种高蛋白、低脂肪的食物。

2.3 氨基酸组成分析

表3 薄壳螺中氨基酸含量及与中华圆田螺的比较

Table 3 Amino acid composition of the thin-shelled *Cipangopaludina* and *Cipangopaludina chinensis*

	氨基酸种类	薄壳螺	中华圆田螺[7]	铜锈环棱螺[7]
氨基酸含量/(mg/g干基)	天冬氨酸(Asp)	60.57±0.32	62.11±0.28	73.87±0.68
	苏氨酸(Thr)*	27.51±0.15	29.52±0.36	34.16±0.31
	丝氨酸(Ser)	27.37±0.13	29.96±0.42	31.86±0.29
	谷氨酸(Glu)	112.33±0.67	98.68±0.61	115.88±1.58
	甘氨酸(Gly)	35.64±0.17	33.40±0.26	38.78±0.29
	丙氨酸(Ala)	36.72±0.20	35.24±0.34	39.70±0.34
	缬氨酸(Val)*	27.37±0.13	18.94±0.24	22.62±0.67
	蛋氨酸(Met)*	14.63±0.18	11.45±0.19	12.93±0.23
	色氨酸(Trp)*	5.56±0.13	—	—
	异亮氨酸(Ile)*	26.02±0.14	20.26±0.34	24.47±0.34
	亮氨酸(Leu)*	50.81±0.25	51.98±0.59	59.10±0.29
	酪氨酸(Tyr)	18.29±0.40	27.31±0.19	32.32±0.62
	苯丙氨酸(Phe)*	21.14±0.41	18.94±0.21	24.01±0.63
	组氨酸(His)**	10.70±0.23	10.57±0.26	13.39±0.42
	赖氨酸(Lys)*	41.46±0.38	37.00±0.34	42.01±0.29
	精氨酸(Arg)**	54.88±0.37	45.37±0.47	51.71±0.51
	脯氨酸(Pro)	16.80±0.25	18.5±0.15	21.70±0.31
	胱氨酸(Cys)	—	—	—
	氨基酸总量(TAA)	587.80	561.67	653.28
	必需氨基酸总量(EAA，含半必需)	280.08	244.75	284.40
	非必需氨基酸总量(NEAA)	307.73	316.92	368.88
	甜味氨基酸总量(SAA)	72.36	68.64	78.48
	鲜味氨基酸总量(DAA)	172.90	160.79	189.75
	WEAA/ WTAA/%	47.65	43.58	43.53
	WEAA/WNEAA/%	91.01	77.23	77.10

注：*. 必需氨基酸，**. 半必需氨基酸，WTAA. 氨基酸总量占干基的质量分数；WEAA. 必需氨基酸总量占干基的质量分数；WNEAA. 非必需氨基酸总量占干基的质量分数；—. 未测出。

氨基酸的组成和含量是检测水产动物营养价值的重要指标。结果如表3所示，薄壳螺肉中共检测出17种氨基酸。氨基酸总量(TAA)为587.08mg/g，必需氨基酸(EAA，含半必需氨基酸)为280.08mg/g，两者都高于中华圆田螺，但均低于铜锈环棱螺。所有氨基酸中，谷氨酸(Glu)含量最高，达到总氨基酸质量的19.11%，其次为天冬氨酸(Asp)、精氨酸(Arg)、亮氨酸(Leu)、赖氨酸(Leu)。除胱氨酸(Cys)未检出外，色氨酸(Trp)最低，只有0.95%。Glu属于鲜味氨基酸，在脑组织生化代谢中也发挥重要的作用，因此Glu含量丰富对人体健康有利。人体必需氨基酸含量的高低和构成比例是决定蛋白质营养价值的重要因素[9]。与中华圆田螺相比，8种必需氨基酸中，除苏氨酸(Thr)、Leu略少，其余5种都比中华圆田螺高，最高的缬氨酸(Val)高出44.50%，异亮氨酸(Ile)高出28.43%，蛋氨酸(Met)也高出27.78%。研究表明，Val可能是通过抑制瘦素的表达进而减少TGF-β1的表达，起到抗肝纤维化的作用[10]，从而治疗肝功能衰竭。在铅处理的同时，给予Met，可有效阻止一些相应的生化参数(血ALDA和GSH、脑和肝脏脂质过氧化水平)的改变，降低铅在血液、肝脏及脑中的聚集[11]，可以去除铅等重金属及其他一些有害物质，Met还能帮助分解脂肪，能预防及治疗脂肪肝等[12]。

此外，食物的鲜味主要取决于蛋白质中的呈味氨基酸的组成和含量，其中Asp和Glu是鲜味的特征氨基酸；甘氨酸(Gly)和丙氨酸(Ala)是甘味的特征氨基酸，每克薄壳螺干基中鲜味氨基酸总量(DAA)和甜味氨基酸总量(SAA)分别为172.90mg和72.36mg，高于中华圆田螺的160.79mg和68.64mg。

2.4 蛋白质营养价值评价

表4 薄壳螺必需氨基酸组成的评价

Table 4 Evaluation of essential amino acid composition of the thin-shelled *Cipangopaludina*

必需氨基酸	必需氨基酸含量/(mg/g)		AAS		
	薄壳螺	FAO/WHO评价模式	薄壳螺	中华圆田螺[7]	铜锈环棱螺[7]
异亮氨酸(Ile)	26.02	40	65.05	51.00	61.00
亮氨酸(Leu)	50.81	70	72.59	74.00	84.00
赖氨酸(Lys)	41.46	55	75.38	68.00	77.00
苏氨酸(Thr)	27.51	40	68.78	74.00	85.00
缬氨酸(Val)	27.37	50	54.74	38.00	46.00
色氨酸(Trp)	5.56	10	56.90		
蛋氨酸+胱氨酸(Met+Cys)	14.63	35	41.80	112.00	118.00
苯丙氨酸+酪氨酸(Phe+Tyr)	39.43	60	77.37	76.00	93.00

由表4可知，薄壳螺与中华圆田螺肉中含有人体所需的全部8种必需氨基酸，中华圆田螺和铜锈环棱螺的第一限制氨基酸为缬氨酸(Val)，第二限制氨基酸均为异亮氨酸(Ile)，中华圆田螺对于这两种氨基酸的评分分别为38分和51分。因此蛋白质评分为38分。而薄壳螺的第一限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸(Met+Cys)，第二限制性氨基酸为缬氨酸(Val)，氨基酸评分为41.80和54.74，蛋白质评分为41.8分，说明薄壳螺的蛋白质明显优于中华圆田螺。

2.5 薄壳螺脂肪酸组成及含量

由表5可知，共测得脂肪酸13种，其中饱和脂肪酸(SFA)5种，不饱和脂肪酸(UFA)8种，单不饱和脂肪酸(MUFA)与多不饱和脂肪酸(PUFA)各4种，且所有不饱和脂肪酸全为顺式脂肪酸。饱和脂肪酸中主要为二十三碳酸($C_{23:0}$)、棕榈酸($C_{16:0}$)和硬脂酸($C_{18:0}$)。不饱和脂肪酸中，亚油酸($C_{18:2n\text{-}6,9}$)占鲜肉质量分数为0.0213%，γ-亚麻酸($C_{18:3n\text{-}6,9,12}$)为0.0153%，α-亚麻酸($C_{18:3n\text{-}3,6,9}$)为0.0090%。亚油酸和亚麻酸是人体必需脂肪酸，其中两种亚麻酸是所有ω-3和ω-6脂肪酸的母体。研究表明，亚麻酸具有抗脂质过氧化、降血脂及抗粥样硬化、抗肿瘤、抑制血栓形成、降血压、抗菌、抗炎、抑制溃疡、减肥、增强胰岛素、抗HIV感染等诸多重要保健功效作用[13-14]。

表5 薄壳螺脂肪酸组成及含量

Table 5 Fatty acid composition of the of thin-shelled Cipangopaludina

不饱和脂肪酸	含量/%	饱和脂肪酸	含量/%
$C_{14:1n-5}$	0.0010	$C_{14:0}$	0.0060±0.0010
$C_{16:1n-7}$	0.0040±0.001	$C_{15:0}$	0.0030
$C_{18:1n-9}$	0.0100	$C_{16:0}$	0.0300
$C_{18:2n-6,9}$	0.0213±0.0023	$C_{18:0}$	0.0167±0.0058
$C_{18:3n-6,9,12}$	0.0153±0.0015	$C_{23:0}$	0.0350±0.0050
$C_{18:3n-3,6,9}$	0.0090		
$C_{20:1n-9}$	0.0013±0.0002		
$C_{20:2n-6,9}$	0.0098±0.0003		
∑SFA/%	0.0907		
∑UFA/%	0.0718		
∑FA/%	0.1625		
∑UFA/∑FA/%	44.18		

注：ΣSFA为饱和脂肪酸总量；ΣUFA为不饱和脂肪酸总量；∑FA为总脂肪酸含量。以鲜样计。

虽然由于薄壳螺中本身所含脂肪少而导致脂肪酸总量只占鲜肉的0.1625%，但其不饱和脂肪酸占脂肪酸的比例并不低，达44.18%，大大高于黄斑篮子鱼28.28%[15]，中华倒刺鲃11.23%[16]，斑驳尖塘鳢28.41%[17]等名贵鱼类。

2.6 薄壳螺中矿物质和微量元素含量

表6 薄壳螺与其他水产品中矿物质及微量元素含量的比较

Table 6 Comparison of trace element and mineral contents between the thin-shelled *Cipangopaludina* and some other aquatic species

mg/100g

品种	钙	磷	锌	铁
薄壳螺	1762.667±36.074	176.667±6.110	5.017±0.076	5.263±0.172
螺蛳[18]	1426.9	84.76	0.451	7.818
黄蚬[18]	1185.8	92.85	0.206	5.902
花蛤[18]	698.1	151.5	0.234	16.85
蛏蛏[18]	87.75	182.2	0.357	19.49

注：表中数据以鲜样计。

由表6可知，与其他海淡水软体类与名贵鱼类相比，薄壳螺所含的钙明显高出很多，磷的含量比淡水中其他软体动物都高，与海水软体动物相差不大，每100g鲜样中所含的锌的质量大大超过所有品种，但铁的质量大大低于海水软体类动物。从营养学的角度来说，薄壳螺的钙、磷、锌含量特别是锌非常高，是一种很好的天然微量元素补充源。

3 结 论

薄壳螺所含的粗蛋白及粗脂肪较中华圆田螺高，蛋白质含量与鳜鱼[8]、鲟鱼[19]相差不大，而脂肪则不到上述鱼类一半。薄壳螺含有人体所需全部必需氨基酸，每克干基中必需氨基酸比中华圆田螺多26.13mg，其中Val、Met、Ile、Lys、Phe分别高出中华圆田螺8.43、3.18、5.76、4.46、2.2mg，其蛋白质评分为41.8分，比中华圆田螺高3.8分，说明薄壳螺的蛋白质营养价值要比中华圆田螺高。每克干基中鲜味氨基酸和甜味氨基酸也比中华圆田螺分别高出约12.11、3.72mg，这与平常食用时的味道感觉一致。薄壳螺的第一限制性氨基酸为Met+Cys，第二限制性氨基酸才Val，这与李阅兵等[20]大部分海水螺贝类与全部淡水螺贝类第一限制性氨基酸全为Val结果不同，且含Val的含量也要比一般螺类高得多。

薄壳田螺中脂肪酸含量比较低，但不饱和脂肪酸比例较高。所有不饱和脂肪酸都是顺式，油酸、亚油酸、α-亚麻酸、γ-亚麻酸占全部脂肪酸的比例分别为6.15%、13.11%、5.54%、9.42%。

锌可以通过影响DNA复制参与基因表达[21]，在人体中的作用非常大。薄壳螺矿物质及微量元素中钙锌的含量高出所有11种贝螺类[18]，也高过目前所知所有鱼类，其中锌的含量达5.017mg/100g，可作为很好的钙和锌的天然补充食物。

参考文献：

[1] 蔡如星, 黄惟灏. 浙江动物志(软体动物)[M]. 浙江: 浙江科学技术出版社, 1991: 41-42.

[2] FAUCONNEAU B. Health value and safety quality of aquaculture products[J]. Bordeaux Aquaculture, 2002, 153(5): 331-336.

[3] GOPALAKRISHNAN S, VIJAYAVEL K. Nutritional composition of three estuarine bivalve mussels, *Perna viridis*, *Donax cuneatus* and *Meretrix meretrix*[J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2009, 60(6): 458-463.

[4] 何晋浙. 香螺生物体内的微量元素分析及食用安全性[J]. 食品科学, 2010, 31(8): 181-184.

[5] 王红梅. 营养与食品卫生学[M]. 2版. 上海: 上海交通大学出版社, 2005: 12-13.

[6] 陆红法, 方美娟, 张晓锋. 高山薄壳田螺的引种试验[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2011, 30(5): 458-461.

[7] 郑汉丰, 李家乐. 浙江地区3种淡水贝类的营养成份分析与评价[J]. 中国农学通报, 2012, 28(2): 78-82.

[8] 梁银铨, 崔希群, 刘友亮. 鳜肌肉生化成分分析和营养品质评价[J]. 水生生物学报, 1998, 22(4): 386-388.

[9] USYDUS Z, SZLINDER-RICHERT J, ADAMCZYK M. Protein quality and amino acid profiles of fish products available in Poland[J]. Food Chemistry, 2009, 112(1): 139-145.

[10] 田慧, 师水生, 张舒静, 等. 缬氨酸对肝纤维化的影响[J]. 中国医疗前沿, 2011, 6(7): 18-19.

[11] FLORA G J S, SETH P K. Beneficial effects of *S*-adenosyl-*L*-methionine on aminolevulinic acid dehydratase, glutathione, and lipid peroxidation during acute lead-ethanol administration in mice[J]. Alcohol, 1999, 18(2/3): 103-108.

[12] 白宇鹏, 张武. 还原型谷胱甘肽联合蛋氨酸重酒石酸胆碱治疗酒精性脂肪肝具有良好的效果[J]. 实用医学杂志, 2009, 5(22): 3865-3866.

[13] 邢旭光, 郭国庆, 孙晗笑, 等. γ-亚麻酸的防病抗病作用[J]. 中国公共卫生, 2002, 18(12): 1513-1515.

[14] 董杰明, 吴瑞华, 袁昌鲁, 等. γ-亚麻酸的保健作用[J]. 卫生研究, 2003, 32(3): 299-301

[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] 邴旭文. 中华倒刺鲃和光倒刺鲃肌肉营养品质的比较[J]. 大连水产学院学报, 2005, 20(3): 233-237.

[17] 邴旭文, 张宪中. 斑驳尖塘鳢肌肉营养成分与品质的评价[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(1): 107-111.

[18] 何晋浙, 赵培城, 杨开, 等. 11种贝螺肉类27种微量元素的分析测试[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(9): 1720-1723.

[19] 郝淑贤, 石红, 李来好, 等. 鲟鱼肉营养成分分析及其应用技术[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 318-320.

[20] 李阅兵, 孙立春, 刘承初, 等. 几种海水和淡水贝类的大宗营养成份比较研究[J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(2): 297-303.

[21] BLANCHARD R K, MOORE J B, GREEN C L, et al. Modulation of intestinal gene expression by dietary zinc status: effectiveness of cDNA arrays for expression profiling of a single nutrient deficiency[J]. PNAS, 2001, 98(24): 13507-13513.