

墨氏胸刺水蚤营养价值的评价

奚秀秀, 张群飞, 邓 吕, 张进杰, 徐大伦*, 杨文鸽

(宁波大学 食品科学系, 浙江 宁波, 315211)

摘要: 为衡量墨氏胸刺水蚤作为一种水产食品资源的开发价值, 利用现代生化手段以及蛋白质营养价值的化学评价, 对墨氏胸刺水蚤的基本营养成分、矿物质元素、氨基酸组成和脂肪酸组成进行全面分析。结果表明, 墨氏胸刺水蚤粗蛋白质质量分数 64.64% (干重), 矿物质含量丰富, Fe, Zn 和 Ca 质量分数分别达到 339.28、97.91 mg/kg 和 3316.47mg/kg, 且墨氏胸刺水蚤粗脂肪和总糖的质量分数较低; 墨氏胸刺水蚤中必需氨基酸指数(EAAI)为 80.51, 共测出 15 种氨基酸, 其中 7 种必需氨基酸(EAA)占 39.55%, 8 种非必需氨基酸(NEAA)占 60.45%, 谷氨酸和天冬氨酸这两种鲜味氨基酸含量最高, 分别为 7.65%和 5.81%。墨氏胸刺水蚤含 19 种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸分别占脂肪酸质量分数 40.65%, 16.05%和 42.09%, EPA 和 DHA 共占脂肪酸质量分数 27.32%。因此, 墨氏胸刺水蚤是一种具开发潜质的海洋水产食品资源。

关键词: 墨氏胸刺水蚤; 营养价值; 评价

中图分类号: S 917.4 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2015)01—0028—06

Analysis and Evaluation of the Nutritional Value about *Centropages mcmurrichi*

XI Xiuxiu, ZHANG Qunfei, DENG Lv, ZHANG Jinjie, XU Dalun*, YANG Wenge

(Faculty of Food Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The study were conducted to evaluate the commercial potential of *Centropages mcmurrichi* as aquatic food resources after a comprehensive analysis of its basic nutritional constituents, part of the minerals, Amino acid compositions and various fatty acid components of lipids via modern research methods of biochemistry. The determination results indicated that *Centropages mcmurrichi* (dry weight) contained a high level of crude protein (64.64%) as well as abundant minerals which consisted of Fe(339.28 mg/kg), Zn(97.91 mg/kg) and Ca(3316.47mg/kg) respectively. In addition, it was not richer in the average percentage of fatty acid composition or the content of total sugar when compared with other marine copepods like *Acartia clausi*. The essential amino acids index (EAAI) was 80.51. Thirty-nine point fifty five percent of the total fifteen types of amino acids comprised of essential amino acids of which Leucine, Lysine and Valine were the most prevalent, and 60.45% were non-essential amino acids, Glutamic acid, Asparagine and Alanine. And

收稿日期: 2014-04-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(31201284); 浙江省大学生科技创新活动计划暨新苗人才计划项目(2013R405028); 浙江省科技兴企助农项目(2013C32109); 宁波市农业创新创业重点项目(2011C92015, 2012C92016)。

* 通信作者: 徐大伦(1971—), 男, 浙江舟山人, 副教授, 主要从事水产品加工与贮藏研究。E-mail: xudalun@nbu.edu.cn

Centropages mcmurricchi had special seafood flavor because of the five delicious amino acids in which glutaminic acid(7.65%) and aspartic acid(5.81%) made up a higher percentage. Fatty acid profiles of *Centropages mcmurricchi* showed that 40.65% saturated fatty acid, 16.05% monounsaturated and 42.09% polyunsaturated fatty acids occupied the total fatty acids, respectively. Among this detected eighteen different types of fatty acids, docosahexaenoic acid (DHA; 22:6n-3) and eicosapentaenoic acid (EPA; 20:5n-3) were the predominant fatty acids of *Centropages mcmurricchi*, which constituted 27.32% of total fatty acids. Therefore, *Centropages mcmurricchi* were exploitable as one of the high-quality marine aquatic resources.

Keywords: *Centropages mcmurricchi*, nutritional quality, evaluation

海洋桡足类动物俗称水蚤、虾籽,是一种小型、低等的甲壳动物,主要分布在海洋、淡水和半咸水中,是水域浮游动物的重要组成部分,同时也是鱼类和其他动物良好的天然饵料。因其高含量高质量的蛋白质、多不饱和脂肪酸和氨基酸等营养物质,作为人类、家畜和家禽的食料也具有很高的经济意义^[1-3]。

墨氏胸刺水蚤(*Centropages mcmurricchi*),属于节肢动物门桡足纲哲水蚤目胸刺水蚤科胸刺水蚤属中小型生物,是宁波象山港桡足类春季优势种之一^[4],主要分布在黄海北部 36°N 以北,密集中心是在渤海海湾以外和山东半岛以北^[5]。墨氏胸刺水蚤在宁波象山港因大量繁殖,资源丰富,最初多被当地渔民作为生物饵料供海洋鱼幼体生长,但因其适时的培养难以与幼体衔接,所以并没有得到广泛的利用^[4]。而早在 20 世纪 30 年代,我国奉贤渔民已大量捕捞浮游甲壳动物,经加工后,制成虾酱,其中就有大量的桡足类^[6]。直接利用鱼籽制作的酱产品如鲟鱼籽酱因其营养价值高、味道鲜美在西方被称为“黑色黄金”,但由于原材料鱼籽价格高昂且不易获得,大大限制了鱼籽酱的消费市场^[7]。国内对草鱼下脚料制作鱼味酱的研究也是对水产资源综合利用的探索^[8]。因此,将墨氏胸刺水蚤加工成为继鱼籽酱、虾酱和鱼味酱之后的新型酱产品成为合理开发此种海洋生物的有效途径。有关该蚤的环境因子与摄食生态等研究已有相关报道^[4],但其营养成分表和营养价值分析至今未见详细报道。鉴于此,作者通过对墨氏胸刺水蚤营养组成的分析,明确其主要营养成分,评价其营养价值,为综合开发和利用海洋桡足类资源提供基础资料,进一步推动海洋水产养殖业和加工业的发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料

取宁海县唐龙食品有限公司提供的冰冻墨氏胸刺水蚤,在流动水下冲洗沥干后统一真空包装处理,置于 4℃ 恒温贮藏,每包墨氏胸刺水蚤约 100 g。检测时,随机抽取。

1.2 试验方法

1.2.1 一般营养成分检测 依据 GB/T 5009.3—2010^[9],直接干燥法测定水分质量分数;依据 GB/T 5009.5—2010^[10],采用 KJELTEC 2300 自动定氮仪测定粗蛋白质量分数;依据 GB/T 5009.6—2010^[11],利用索氏提取法测定粗脂肪质量分数;依据 GB/T 5009.4—2010^[12],马弗炉 550℃ 高温灼烧法测定灰分质量分数;依据 GB/T 5009.8—2008^[13],直接滴定法测定总糖质量分数。

1.2.2 氨基酸组成分析 依据 GB/T 5009.124—2003^[14],样品经酸水解后,采用日立 L-8800 氨基酸自动分析仪测定氨基酸组成及质量分数。

1.2.3 蛋白质营养价值的化学评价 采用 1985 年 FAO/WHO 推荐的蛋白质营养价值的必需氨基酸模式为标准,对墨氏胸刺水蚤蛋白的营养价值进行氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS),计算必需氨基酸指数(EAAI)来评价食物的蛋白质营养价值。

1.2.4 矿物质含量的检测 样品经前处理后,采用原子吸收光谱法测定 Na、Fe、Ca、Cu、Zn 的质量分数^[15]。

1.2.5 脂肪酸组成分析 样品提取油脂后,采用超高效液相色谱法测定油脂中脂肪酸的组成与分布^[16]。

1.3 数据分析

用微软 Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件进行数据分析。所有实验均作 3 次重复,测定结果以均值±标

准差表示。实验数据采用 ANOVA 进行邓肯氏 (Duncan) 差异分析, 以 $P < 0.05$ 为显著性差异。

2 结果与分析

2.1 一般营养成分分析

蛋白质、脂肪是食品营养价值的重要指标, 不同的桡足类生物由于不同的遗传特性以及生存环境的影响, 营养成分具有一定的差异性。经检测, 墨氏胸刺水蚤的一般营养成分见表 1。墨氏胸刺水蚤水分质量分数较高 (88.76%); 粗蛋白质质量占干重总质量的 64.64% (以下均已干重计), 虽然稍低于已经投入市场的虾籽酱的原材料中国毛虾 (72.9%)^[17],

但其比具有“黑色黄金”之称的鲟鱼籽酱中原材料史氏鲟鱼籽^[18] (57.01%) 的粗蛋白质质量分数高。墨氏胸刺水蚤中无机盐及矿物质离子丰富, 含有 22.15% 灰分, 是同为生物饲料喂养尖吻鲈幼虫的克氏纺锤水蚤^[19] (7.09%) 的 3 倍多; 墨氏胸刺水蚤的粗脂肪含量为 5.21%, 比史氏鲟鱼籽 (30.37%)^[18] 和中国毛虾 (6.40%)^[17] 的粗脂肪质量分数都低; 墨氏胸刺水蚤的总糖含量为 6.94%, 高于史氏鲟鱼籽和中国毛虾, 但只有克氏纺锤水蚤总糖含量的一半左右。结果表明, 墨氏胸刺水蚤具有高蛋白质、低脂肪和低糖的特点。

表 1 墨氏胸刺水蚤的一般营养成分

Table 1 Basic nutritional components of *Centropages mcmurricchi*

质量分数/% (平均值±标准差)

生物体	水分	粗蛋白质	粗脂肪	总糖	灰分
墨氏胸刺水蚤	88.76±2.84	64.64±2.46	5.21±0.16	6.94±0.17	22.15±0.49
克氏纺锤水蚤 ^[19]	81.25±0.33	60.12±0.98	17.65±0.27	13.04±0.25	7.09±0.32
史氏鲟鱼籽 ^[18]	54.40±1.14	57.01±2.63	30.37±1.76	1.01±0.03	4.50±0.24
中国毛虾 ^[17]	77.14±2.31	73.52±1.39	6.40±0.40	0.54±0.01	19.0±0.78

2.2 矿物质分析

关于桡足类微量元素, Tien-Hsi Fang 和 Jiang-Shiou Hwang^[20] 的研究中早已报道了台湾海峡北部海洋中桡足类所含微量金属的浓度范围, 郑重等^[6] 关于水生生物学的研究中还指出桡足类生物矿物质含量与环境因子、温度和盐度关系不大, 但是与海盐中微量元素含量有关。实验中测得墨氏胸刺水蚤中矿物质元素含量如表 2。表 2 中墨氏胸刺水蚤中除了含有较为丰富的 Na 外, 还含有非常丰富的 Ca, 含量为 3 316.47 mg/kg, 相比之下是史氏鲟鱼籽^[18] (6.18 mg/kg) 的 500 多倍, Ca 有强健骨骼和牙齿的作用, 还是人体 200 多种酶的激活剂, 保证人体器官正常运行。因此, 墨氏胸刺水蚤具有良好的补钙功能。微量元素 Fe 和 Zn 含量分别为 339.28 mg/kg 和 97.91 mg/kg, 远高于邵东宏测定的鳙鱼籽^[21] (Fe: 14.80 mg/kg, Zn: 23.32 mg/kg) 和饶秋华等^[18] 测定的史氏鲟鱼籽中 Fe 和 Zn 的含量 (Fe: 22.07 mg/kg, Zn: 18.00 mg/kg)。微量元素 Fe 和 Zn 是人体多种酶活性中心的微量元素, 对核酸、蛋白质的合成以及提高免疫系统功能都有直接或间接作用^[22]。墨氏胸刺水蚤 Cu 含量为 3 316.47 mg/kg, 微量元素铜是动物生长必需的重要微量元素之一, 在机体造

血、新陈代谢、生长繁殖和增强机体抵抗力方面有不可代替的作用^[23]。因此, 墨氏胸刺水蚤可以作为 Fe、Zn 和 Cu 的良好来源, 用于补充人体所需。

表 2 墨氏胸刺水蚤的部分矿物质质量分数

Table 2 Part of the minerals of *Centropages mcmurricchi*

元素	质量分数/(mg/kg)
钠	19 310.8±1 042.78
铁	339.2±20.69
铜	15.84±0.87
钙	3316.4±212.25
锌	97.9±61.68

2.3 氨基酸组成分析和蛋白质的营养评价

2.3.1 氨基酸组成分析 氨基酸种类的组成和含量, 决定着蛋白质品质的优劣。墨氏胸刺水蚤的水解氨基酸见表 3。墨氏胸刺水蚤除色氨酸外共测出 15 种, 其中必需氨基酸 (EAA) 7 种, 非必需氨基酸 (NEAA) 8 种。氨基酸的总量 (TAA) 为 60.51%, 比饶秋华等^[17] 测定的史氏鲟鱼籽中的氨基酸总量 (54.76%) 高; 必需氨基酸为 23.93%, 占氨基酸总量的 39.55%, 由于色氨酸除外, 所以基本上符合 FAO/WHO 标准规定的 40%^[24]; EAA 与 NEAA 的比值为 65.42%, 也符合 FAO/WHO 标准规定的超过 60% 的

标准^[24]。墨氏胸刺水蚤中5种鲜味氨基酸总量为25.68%,其中谷氨酸含量最高,其次是天冬氨酸,含量分别为7.65%和5.81%,这两种氨基酸被称为呈鲜味特征最强的氨基酸,从而决定了墨氏胸刺水蚤具有独特的海鲜风味。

表3 墨氏胸刺水蚤的氨基酸组成及成分

Table 3 Amino acid compositions in fully vitellogenic oocyte of *Centropages mcmurricchi*

质量分数/%			
氨基酸	氨基酸名称	氨基酸(鲜重)	粗蛋白质(鲜重)
必需氨基酸(EAA)	异亮氨酸	3.00±0.23	4.64±0.20
	亮氨酸	4.67±0.19	7.22±0.33
	赖氨酸	4.54±0.25	7.02±0.77
	甲硫氨酸	1.51±0.05	2.34±0.096
	苯丙氨酸	2.71±0.03	4.19±0.26
	苏氨酸	3.28±0.05	5.07±0.17
	缬氨酸	4.22±0.17	6.53±0.14
非必需氨基酸(NEAA)	天冬氨酸*	5.81±0.11	8.99±0.51
	丝氨酸	2.79±0.21	4.32±0.11
	谷氨酸*	7.65±0.16	11.83±0.69
	甘氨酸*	3.17±0.22	4.90±0.20
	丙氨酸*	5.58±0.06	8.63±0.34
	精氨酸*	3.47±0.13	5.37±0.19
	酪氨酸	5.28±0.09	8.17±0.17
	组氨酸	2.83±0.29	4.38±0.21
EAA	23.93	EAA/NEAA	65.42
NEAA	36.58	EAA/TAA	39.55
DAA	25.68	DAA/TAA	42.44

注: *: 鲜味氨基酸; DAA: 鲜味氨基酸含量; TAA: 总氨基酸含量。

2.3.2 蛋白质营养评价 墨氏胸刺水蚤的氨基酸评分和化学评分如表4所示,根据蛋白质的氨基酸评分(AAS),可知第一限制性氨基酸为蛋氨酸和胱氨酸,除蛋氨酸和胱氨酸外其他氨基酸的氨基酸评分都大于100,即限制性氨基酸只有一种;根据化学评分(CS),可知第一限制性氨基酸是蛋氨酸和胱氨酸,第二限制性氨基酸为亮氨酸。同时,墨氏胸刺水蚤中赖氨酸的含量相当丰富,FAO/WHO模式中氨基酸评分为128,因此墨氏胸刺水蚤是高营养价值的蛋白质源,可以弥补谷物食品中赖氨酸含量的不足,来补充人体所缺乏的赖氨酸和缬氨酸,从而提

高人体对蛋白质的利用率。必需氨基酸指数(EAAI)是评价食物的蛋白质营养价值的最常用指标之一,通过计算,墨氏胸刺水蚤中必需氨基酸指数(EAAI)为80.51,表明墨氏胸刺水蚤是一种营养价值较高的食物蛋白。

表4 墨氏胸刺水蚤的氨基酸评分和化学评分

Table 4 Amino acid score (AAS) and Chemical score (CS) of *Centropages mcmurricchi*

必需氨基酸	氨基酸含量/(mg/g)	FAO评分模式	鸡蛋蛋白/(mg/g)	AAS	CS
苏氨酸	50.72	40	65	127	78
缬氨酸	65.28	50	96	131	68
赖氨酸	70.24	55	104	128	68
异亮氨酸	46.41	40	80	116	58
亮氨酸	72.25	70	136	103	53**
苯丙氨酸+酪氨酸	123.61	60	154	206	80
蛋氨酸+胱氨酸	23.47	35	94	67*	25*
总量	451.98	350	729		

注: * 为第一限制性氨基酸; ** 为第二限制性氨基酸。

2.4 脂肪酸的组成分析

从墨氏胸刺水蚤中分离出了19种脂肪酸(表5),其中饱和脂肪酸占总量的40.65%,单不饱和脂肪酸占脂肪酸总量的16.05%,多不饱和脂肪酸占总量的42.09%。和史氏鲟鱼鱼籽的脂肪酸组成比较结果,墨氏胸刺水蚤中脂肪酸的种类和质量分数都非常丰富,其中多不饱和脂肪酸质量分数(42.09%)远远高于史氏鲟鱼籽(16.3%),多不饱和脂肪酸在脂类的代谢、基因表达调控等方面起着重要作用^[25]。此外,墨氏胸刺水蚤多不饱和脂肪酸中二十二碳六烯酸(DHA)和二十碳五烯酸(EPA)含量较为丰富,分别占总脂肪酸含量的11.25%和16.07%,DHA和EPA是人类不可缺少且不能自身合成的营养物质,DHA是大脑的必需脂肪酸,对提高记忆力,预防老年痴呆有一定效果;EPA能促进血液中胆固醇和甘油三酯的代谢,调节血脂平衡,能有效预防高血压冠心病等心血管疾病的发生^[26]。墨氏胸刺水蚤中单不饱和脂肪酸中十六碳一烯酸含量最高,达到了11.17%,近年研究表明,在血脂代谢的调节、血管内皮的保护和降低血液高凝状态等方面都缺少不了单不饱和脂肪酸的作用^[27]。

表 5 墨氏胸刺水蚤的脂肪酸组成及成分
Table 5 Fatty acid composition of lipids from *Centropages mcmurricchi*

脂肪酸	脂肪酸种类	质量分数/%
饱和脂肪酸	十一碳酸 C11:0	0.20±0.02
	十三碳酸 C13:0	1.15±0.04
	肉豆蔻酸 C14:0	8.69±0.34
	十五碳酸 C15:0	1.92±0.07
	棕榈酸 C16:0	22.84±0.79
	硬脂酸 C18:0	5.85±0.34
单不饱和脂肪酸	棕榈油酸 C16:1n-7	11.17±0.51
	油酸 C18:1n-9	4.54±0.21
	芥酸 C22:1n-9	0.34±0.02
多不饱和脂肪酸	9,12-十六碳二烯酸 C16:2	1.75±0.020
	6,9,12-十六碳三烯酸甲酯 C16:3	2.55±0.08
	6,9,12,15-十六碳四烯酸甲酯 C16:4	2.49±0.14
	亚油酸 C18:2n-6	1.64±0.07
	十八碳四烯酸 C18:4n-3	3.00±0.12
	二十碳三烯酸 C20:3n-3	0.23±0.01
	花生四烯酸 C20:4n-6	0.93±0.06
	二十碳五烯酸 C20:5n-3	16.07±0.52
	二十二碳五烯酸 C22:5n-3	2.18±0.13
	二十二碳六烯酸 C22:6n-3	11.25±0.38

3 结 语

墨氏胸刺水蚤的营养价值分析评价表明,其粗

蛋白质质量分数高达 64.64%,蛋白质中共测出 15 种氨基酸,其中 7 种必需氨基酸(EAA)占 23.93%,8 种非必需氨基酸(NEAA)占 36.58%,必需氨基酸指数(EAAI)为 80.51,符合 FAO/WHO 的标准,可以作为良好的食物蛋白源;矿物质含量丰富,Fe,Zn 和 Ca 质量分数分别达到 339.28、97.91 mg/kg 和 3 316.47 mg/kg,其中 Fe 含量比一般的鱼籽高;墨氏胸刺水蚤含 19 种脂肪酸,其中饱和脂肪酸占总质量的 40.65%,单不饱和脂肪酸占脂肪酸总质量的 16.05%,多不饱和脂肪酸占总质量的 42.09%,EPA 和 DHA 共占脂肪酸总质量的 27.32%。

国内外许多学者对海洋桡足类的分布、生活习性和化学成分的组成进行了相关的研究,如国外 Jan Ove Evjemo 和 Kjell Inge Reitan 等^[28]早已测定部分北大西洋沿岸桡足类的营养价值,但作为生物饵料的桡足类的发育期以及生长周期并非与海洋鱼幼体的生长周期完全一致,因此大量的生物资源因得不到充分利用而浪费。通过对桡足类中资源丰富的墨氏胸刺水蚤营养价值的分析评价,显示桡足类除作为生物饵料外也能作为水产食品资源,而且墨氏胸刺水蚤高含量的鲜味氨基酸谷氨酸和天冬氨酸,为桡足类精深加工尤其制成海洋酱类产品提供了依据。

参考文献:

[1] 程家骅,姜哑洲. 海洋生物资源增殖放流回顾与展望[J]. 中国水产科学,2010,17(3):610-617.
CHENG Jiahua, JIANG Yazhou. Marine stock enhancement: Review and prospect[J]. **Journal of Fishery Science of China**, 2010, 17(3): 610-617. (in Chinese)

[2] 赵青松,王春琳,郑肥拓,等. 海水育苗活饵料——桡足类的采捕与运输技术[J]. 中国水产,2002(11):69.
ZHAO Qingsong, WANG Chunlin, ZHENG Feituo, et al. The sea seedling live bait-harvesting and transport technology in copepods[J]. **China Fisheries**, 2002(11): 69. (in Chinese)

[3] 赵文. 水生生物学[M]. 北京:中国农业出版社,2011.

[4] 林霞,朱艺峰,赵崖. 几种环境因子对墨氏胸刺水蚤摄食的影响[J]. 海洋湖沼通报,2002(4):38-43.
LIN Xia, ZHU Yifeng. Effects of some environmental factors on the feeding behavior of *centropages mcmurricchi*[J]. **Transactions of Oceanology and Limnology**, 2002(4): 38-43. (in Chinese)

[5] 武文魁. 墨氏胸刺水蚤在黄海的生态特点[J]. 动物学杂志,1991,26(3):1-4.
WU Wenkui. Ecological characteristics of *centropages mcmurricchi* live in yellow sea[J]. **Zoological Journal**, 1991, 26(3): 1-4. (in Chinese)

[6] 郑重,刘少菁. 海洋桡足类生物学[M]. 福建:厦门大学出版社,1992:297-300.

[7] 林连升,方辉,潘咏平,等. 我国鲟鱼籽酱加工产业化开发[J]. 渔业科学进展,2010,31(5):117-120.
LIN Lianshen, FANG Hui, PANG Yongping, et al. Discussion on industrialization development of sturgeon caviar processing in China[J]. **Marine Fisheries Research**, 2010, 31(5): 117-120. (in Chinese)

[8] 高玉静,张慙,陈卫平. 以草鱼下脚料为原料的鱼味酱加工工艺[J]. 食品与生物技术学报,2012,31(10):1031-1037.

- GAO Yujing,ZHANG Min,CHEN Weiping. Study on processing of fish paste with waste of grass carp [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2012,31(10):1031-1037.(in Chinese)
- [9] 卫生部食品卫生监督检验所. GB/T5009.3—2010,食品中水分的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2010:25-29.
- [10] 卫生部食品卫生监督检验所. GB/T5009.5—2010,食品中蛋白质的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2010:37-41.
- [11] 卫生部食品卫生监督检验所. GB/T 5009.6—2010,食品中脂肪的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2010:45-46.
- [12] 卫生部食品卫生监督检验所. GB/T 5009.4—2010,食品中灰分的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2010:1-2.
- [13] 卫生部食品卫生监督检验所. GB/T 5009.8—2008,食品中蔗糖的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2008:1-5.
- [14] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. GB/T5009.124—2003,食品中氨基酸的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2003:115-119.
- [15] 王晓丽,夏栋,陆利霞,等. 食品中金属元素的检测方法[J]. 食品研究与开发,2007,128(5):115-117.
WANG Xiaoli,XIA Dong,LU Lixia. Determination of metal element in food [J]. **Food Research and Development**, 2007,128(5):115-117. (in Chinese)
- [16] 邢朝宏,李进伟,王兴国,等. 利用色谱技术测定油茶籽油脂脂肪酸组成及维生素E质量浓度[J]. 食品与生物技术学报,2011,30(6):838-841.
XING Chaohong,LI Jinwei,WANG Xingguo,et al. Determination of fatty acid composition and vitamin E content of camellia oleifera oil by chromatographic technique[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2011,30(6):838-841.(in Chinese)
- [17] 曹文红,章超桦,谌素华,等. 中国毛虾营养成分分析与评价[J]. 福建水产,2001,3(1):9-13.
CAO Wenhong,ZHANG Chaohua,CHEN Suhua,et al. Analysis and evaluation on nutrition of the acetes *Chinensis hansen*[J]. **Journal of Fujian Fisheries**,2001,3(1):9-13.(in Chinese)
- [18] 饶秋华,罗士炎. 史氏鲟鱼籽营养成分分析及评价[J]. 农学学报,2011,1(5):30.
RAO Qiuhua,LUO Shiyang. Analysis and evaluation on nutritional components of *acipenser schrenckii* roe [J]. **Journal of Agriculture**,2011,1(5):30. (in Chinese)
- [19] Rajkumar M,Kumaraguru vasagam K P. Suitability of the copepod,*Acartia clausi* as a live feed for Seabass larvae (*Lates calcarifer* Bloch):Compared to traditional live-food organisms with special emphasis on the nutritional value [J]. **Aquaculture**, 2006,261(2):649-658.
- [20] Tien-Hsi Fang,Jiang-Shiou Hwang,Shih-Hui Hsiao,et al. Trace metals in seawater and copepods in the ocean outfall area off the northern Taiwan coast[J]. **Marine Environmental Research**, 2006,61(2):224-243.
- [21] 邵东宏. 鳙鱼籽营养成分分析[J]. 农业科技与信息,2010(9):57.
SHAO Donghong. Analysis in nutritional components of sturgeon [J]. **Information of Agricultural Science and Technology**, 2010(9):57.(in Chinese)
- [22] 赵晓娟. 人体必需矿物质与营养强化剂[J]. 广州化工,2011,39(5):29.
ZHAO Xiaolan. Essential minerals and nutrition enhancer[J]. **Guangzhou Chemical Industry**,2011,39(5):29.(in Chinese)
- [23] 任素兰. 微量元素铜的营养生理作用[J]. 现代农业,2013(1):15.
REN Sulan. Nutrition physiological function in trace elements copper[J]. **Modern Agriculture**,2013(1):15.(in Chinese)
- [24] FAO/WHO. Energy and protein requirements[J]. **FAO Nutrition Meeting Report Series**,1974,18(3):329-332.
- [25] 邱斌,徐同成,王青,等. 反式脂肪酸与内皮细胞凋亡研究进展[J]. 食品与生物技术学报,2013,32(5):149-151.
QIU Bin,XU Tongcheng,WANG Qing et al. Researches on trans fatty acids and endothelial apoptotic [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2013,32(5):149-151.(in Chinese)
- [26] 朱路英,张学成,宋晓金,等. n-3 多不饱和脂肪酸 DHA、EPA 的研究进展[J]. 海洋科学,2007,31(11):78-79.
ZHU Luying,ZHANG Xuecheng,SONG Xiaojin,et al. Advances in n-3 polyunsaturated fatty acids DHA and EPA [J]. **Marine Sciences**,2007,31(11):78-79.(in Chinese)
- [27] 刘跟升,徐贵发. 单不饱和脂肪酸对心血管的保护作用[J]. 卫生研究,2006,35(3):357-359.
LIU Genfa,XU Guifa. Protective effect of dietary monounsaturated fatty acid on cardiovascular system [J]. **Journal of Hygiene Research**,2007,31(11):78-79.(in Chinese)
- [28] Jan Ove Evjemo,Kjell Inge Reitan,Yngvar Olsen. Copepods as live food organisms in the larval rearing of halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) with special emphasis on the nutritional value[J]. **Aquaculture**,2003,227(1-4):191-210.