

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2012.04.006

## 舟山海域厚壳贻贝软体部分营养成分分析与评价

何建瑜, 赵荣涛, 刘慧慧

(浙江海洋学院海洋科学学院, 国家海洋设施养殖工程技术研究中心, 浙江 舟山 316004)

**摘要:** 为评估舟山海域厚壳贻贝 (*Mytilus coruscus*) 的营养水平、确定其食用价值和养殖开发前景, 采用常规营养指标测定方法对厚壳贻贝软体部分营养成分进行了评价。结果显示, 厚壳贻贝软体部分(鲜样)中的水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分的质量分数分别为 74.20%、11.12%、3.10% 和 1.70%。共检出 17 种常见的氨基酸, 包括 7 种人体必需氨基酸和 4 种鲜味氨基酸, 分别占氨基酸总量的 37.2% 和 37.9%; 第一限制性氨基酸为异亮氨酸 (Ile) 和苏氨酸 (Thr), 氨基酸指数 (EAAI) 为 45.27, 必需氨基酸的构成比例基本符合 FAO/WHO 模式。矿物质元素中钠 (Na) 质量分数最高, 其次为钾 (K) 和钙 (Ca); 微量元素中锌 (Zn) 质量分数最高, 其次为铁 (Fe), 铜 (Cu)、Fe、Zn 之间的比值合理。结果表明厚壳贻贝是营养价值较高的海水经济贝类, 具有较高的食用价值、广阔的养殖前景和市场开发潜力。

**关键词:** 厚壳贻贝; 软体部分; 营养分析

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2012)04-0037-06

## Analysis and evaluation of nutritional composition of *Mytilus coruscus* in Zhoushan sea area

HE Jianyu, ZHAO Rongtao, LIU Huihui

(National Engineering Research Center of Marine Facilities Aquaculture, Marine Science School of Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China)

**Abstract:** By using routine methods, we evaluated the nutritional components in soft part of *Mytilus coruscus* to evaluate the nutritional and dietary value as well as developmental prospects in its breeding. Results show that the content of water, crude protein, crude fat and ash in soft part of *M. coruscus* is 74.20%, 11.12%, 3.10% and 1.70%, respectively; seventeen common amino acids are detected in its muscle, including 7 essential amino acids required for human body (37.2%) and 4 delicious amino acids (37.9%). The first limiting amino acids are Ile and Thr; the essential amino acid index (EAAI) is 45.27; the constituent ratio of essential amino acids meets the FAO/WHO pattern. For mineral elements, the content of Na is the highest, followed by K and Ca. For trace elements, the content of Zn is the highest, followed by Fe. The ratio among Cu, Fe and Zn is reasonable. The results indicate that *M. coruscus* is a kind of marine mollusca with relatively high nutritional and dietary value, broad breeding prospects and market developmental potential.

**Key words:** *Mytilus coruscus*; soft part; nutritional analysis

厚壳贻贝 (*Mytilus coruscus*) 隶属于软体动物门、瓣鳃纲、贻贝目、贻贝科、贻贝属, 俗称青口、海红, 其干制品称为淡菜, 为温水性种, 北至中国辽宁大连, 南至福建东山均有分布, 以浙江沿海资源

收稿日期: 2012-01-09; 修回日期: 2012-03-29

资助项目: 国家科技支撑计划项目(2011BAD13B08); “海洋渔业科学与技术”省重中之重学科开放课题(20110215); 浙江海洋学院大学生科技创新资助项目“厚壳贻贝 *vasa* 基因的克隆及其表达特征研究”

作者简介: 何建瑜(1991-), 男, 本科生, 从事生物技术研究。E-mail: xiaolonghjy@126.com

通讯作者: 刘慧慧, E-mail: liuhuihui\_77@163.com

量最大,是舟山海区特有的贻贝品种之一。由于厚壳贻贝生长繁殖能力强、出肉率高、营养丰富、味道鲜美,现已逐步推广到世界各地,成为数量极大的海洋底栖动物种类。目前很多学者已经开展对贻贝多糖<sup>[1-2]</sup>、生物活性物质<sup>[2]</sup>、抗菌物质<sup>[3]</sup>和足丝蛋白<sup>[4]</sup>等基础成分以及脂肪酸等营养成分的季节性变化<sup>[5]</sup>的研究,但关于厚壳贻贝的营养成分的报道较少,仅苏秀榕等<sup>[6]</sup>对大连海域的厚壳贻贝进行了营养成分分析,目前尚未见分布于其主产地(舟山海域)的相关报道。文章对舟山海域厚壳贻贝软体部分营养成分进行了较为全面的分析,旨在了解厚壳贻贝的营养特征,为其人工养殖提供理论指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

2011年9月从浙江省舟山市水产品市场采集厚壳贻贝,去壳取软体部,滤纸吸干多余水分,其中一部分置于105℃恒温箱中烘干至恒质量,用于一般营养成分分析;另一部分样品于-20℃冰箱中保存备用,进行厚壳贻贝的氨基酸、维生素和矿物质元素的测定。

### 1.2 方 法

1.2.1 常规的营养成分测定 水分用常压恒温干燥法(GB/T 5009.3-2003)测定;粗蛋白采用凯氏定氮法(GB/T 5009.5-2003)测定;粗脂肪采用索氏抽提法(GB/T 5009.6-2003)测定;灰分采用马福炉550℃灼烧重量法(GB/T 5009.4-2003)测定。

1.2.2 氨基酸的测定 参照GB/T 5009.124-2003,采用盐酸(HCl)水解法对样品进行预处理,将烘干后的样品用索氏抽提法进行脱脂,粉碎后置

于试管,加入6 mol·L<sup>-1</sup> HCl后封管,110℃水解24 h,氨基酸自动分析仪检测各氨基酸质量分数;另取样品用5 mol·L<sup>-1</sup>氢氧化钠(NaOH)水解,分光光度计检测色氨酸(Trp)质量分数,Excel软件计算厚壳贻贝软体部分蛋白质的氨基酸评分(amino acid score, AAS)、化学评分(chemical score, CS)和必需氨基酸指数(EAAI)<sup>[7]</sup>。

$$AAS = \frac{\text{实验蛋白质氨基酸质量分数}}{\text{FAO/WHO 评分标准模式氨基酸质量分数}}$$

$$CS = \frac{\text{实验蛋白氨基酸质量分数}}{\text{鸡蛋蛋白质中同种氨基酸质量分数}}$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{AA_{1p}}{AA_{1e}} \times \frac{AA_{2p}}{AA_{2e}} \times \dots \times \frac{AA_{np}}{AA_{ne}}} \times 100$$

式中AA<sub>p</sub>为样品中某必需氨基酸质量分数(mg·g<sup>-1</sup>);AA<sub>e</sub>为鸡蛋蛋白质中相应必需氨基酸质量分数(mg·g<sup>-1</sup>)。

1.2.3 维生素的测定 维生素A(V<sub>A</sub>)和维生素E(V<sub>E</sub>)参照GB/T 5009.82-2003用高效液相色谱法测定,维生素B<sub>2</sub>(V<sub>B2</sub>)和维生素PP(V<sub>PP</sub>)采用荧光法测定<sup>[8]</sup>;维生素C(V<sub>C</sub>)参照GB/T 5009.86进行测定。

1.2.4 矿物质和微量元素分析 铜(Cu)、铁(Fe)、锌(Zn)、钙(Ca)、镁(Mg)及锰(Mn)采用火焰原子吸收光谱法(GB/T 14609-2008),钾(K)和钠(Na)用火焰发射光谱法(GB/T 5009.91-2003)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 常规营养成分

厚壳贻贝软体部分的水分、粗蛋白、粗脂肪及灰分质量分数经3个平行样检测后取平均值,结果见表1。

表1 厚壳贻贝营养成分与其他双壳类比较(鲜质量)

Tab. 1 Comparison of nutrition composition between *M. coruscus* and other mussels (fresh weight)

成分 nutrition composition	w(粗蛋白质) crude protein	w(粗脂肪) crude fat	w(灰分) ash	w(水分) moisture
厚壳贻贝( <i>Mytilus coruscus</i> )	11.12	3.10	1.70	74.20
紫贻贝( <i>M. edulis</i> ) <sup>[9]</sup>	15.82	6.08	2.89	71.32
青蛤( <i>Cyclina sinensis</i> ) <sup>[10]</sup>	11.55	1.86	4.91	77.23
文蛤( <i>Meretrix meretrix</i> ) <sup>[10]</sup>	15.54	1.07	2.86	76.39
翡翠贻贝( <i>Perna viridis</i> ) <sup>[11]</sup>	9.27	2.43	1.51	82.27
美洲帘蛤( <i>Mercenaria mercenar</i> ) <sup>[12]</sup>	10.40	0.96	3.22	82.87
马氏珠母贝( <i>Pinctada martensii</i> ) <sup>[13]</sup>	14.30	1.25	2.40	80.90
企鹅珍珠贝( <i>Pteria penguin</i> ) <sup>[14]</sup>	13.70	0.78	1.28	83.10
太平洋牡蛎( <i>Crassostrea gigas</i> ) <sup>[15]</sup> ( $\bar{X} \pm SD$ )	11.52 ± 0.18	1.95 ± 0.44	2.72 ± 0.26	77.15 ± 1.23

与常见的双壳贝类相比, 厚壳贻贝软体部水分质量分数较低, 约占 74.20%, 仅高于紫贻贝<sup>[9]</sup>; 灰分占 1.70%, 高于翡翠贻贝和企鹅珍珠贝; 蛋白质质量分数与青蛤<sup>[10]</sup>相当, 高于翡翠贻贝<sup>[11]</sup>和美洲帘蛤<sup>[12]</sup>, 但低于其他双壳类; 脂肪质量分数较高, 占 3.10%, 仅低于紫贻贝<sup>[9]</sup>, 可能与试验所取的样品正处于生殖季节和性腺组织发达有关, 该结果与大连海域厚壳贻贝<sup>[6]</sup>类似。厚壳贻贝主要营养组成体现出双壳贝类共有的高蛋白低脂肪的特点, 说明厚壳贻贝是一种营养价值较好的优质海产品。

## 2.2 氨基酸组成分析

厚壳贻贝的氨基酸构成比较完整, 含有常见的 17 种氨基酸, 其中包括 7 种必需氨基酸 (Trp 因水解未检出), 占总氨基酸的比例为 37.2%, 2 种半必需氨基酸 [组氨酸 (His) 和精氨酸 (Arg)], 8 种非必需氨基酸 (表 2)。必需氨基酸的总质量分数略低于疣荔枝螺 (*Thais clavigera*) (37.48%)<sup>[16]</sup>, 但略高于紫贻贝 (37.0%)<sup>[9]</sup> 和橄榄蚶 (*Estellarca olivacea*) 软体部 (36.1%)<sup>[17]</sup>, 明显高于翡翠贻贝的软体部 (33.2%)<sup>[11]</sup>、马氏珠母贝 (35.6%)<sup>[12]</sup>、黄口荔枝螺 (*Thais luteostoma*) (35.57%)<sup>[16]</sup>、单齿螺 (*Monodonta labio*) (35.20%)<sup>[18]</sup> 和波纹巴非蛤 (*Paphia undulate*) (34.7%)<sup>[19]</sup>。此外, 厚壳贻贝中具有谷氨酸 (Glu)、天冬氨酸 (Asp) 等 4 种鲜味氨基酸 (DAA), 其占总氨基酸的 37.9%, 低于单齿螺 (47.36%)<sup>[18]</sup>。Glu 和 Asp 为呈鲜味的特征氨基酸, 分别占总氨基酸的 13.94% 和 11.78%, 甘氨酸 (Gly) 和缬氨酸 (Val) 是呈甘味的特征氨基酸, 分别占总氨基酸的 5.49% 和 5.46%。

Glu 是一种鲜味较其他氨基酸强、在机体脑组织生化活动和生理代谢中担任重要功能的氨基酸, 参与多种生理活性物质的合成, 如在血液中 Glu 能够转化为谷氨酰胺, 而谷氨酰胺是作为蛋白质和肽类化合物重要的组成成分, 并且还是肝糖原异生的重要底物, 具有促进体内蛋白的合成、提高自身的免疫功能、调节机体的酸碱平衡以及保护肠黏膜屏障等多种功能<sup>[20]</sup>, 而厚壳贻贝中的  $w$  (Glu) 最高, 明显高于黄口荔枝螺 (9.46%)<sup>[16]</sup> 和疣荔枝螺 (10.90%)<sup>[16]</sup>, 因此, 厚壳贻贝的鲜味较足, 并且有利于大脑的生化代谢过程和维持体内的生理代谢。此外, 厚壳贻贝中赖氨酸 (Lys) 的质量分数也较高, 仅次于 Glu 和 Asp, 占总氨基酸的 8.07%。

一般来说, 人们常食用的大米、小麦等植物性食物中 Lys 都比较缺乏, 因此, Lys 被列为人体主要的限制性氨基酸<sup>[21]</sup>, 而厚壳贻贝中  $w$  (Lys) 相对较高, 一定程度上多食可以补充植物性食物引起的 Lys 缺乏, 从而使机体对蛋白质的利用率得到有效提高, 维护机体内氨基酸代谢的动态平衡。

表 2 厚壳贻贝的氨基酸组成

Tab. 2 Composition of amino acids in *M. coruscus*

氨基酸 amino acid	占鲜质量比 proportion in fresh weight	占干质量比 proportion in dry weight
天冬氨酸** Asp	17.9	69.5
苏氨酸* Thr	6.3	24.3
丝氨酸 Ser	6.2	24.0
谷氨酸** Glu	21.2	82.3
甘氨酸** Gly	8.4	32.4
丙氨酸** Ala	10.2	39.3
半胱氨酸 Cys	2.3	8.8
缬氨酸* Val	8.3	32.2
甲硫氨酸* Met	5.2	20.2
异亮氨酸* Ile	6.3	24.5
亮氨酸* Leu	11.5	44.6
酪氨酸 Tyr	5.0	19.5
苯丙氨酸* Phe	6.7	25.9
赖氨酸* Lys	12.3	47.6
组氨酸 His	3.2	12.4
精氨酸 Arg	11.2	43.4
丝氨酸 Pro	10.1	39.2
色氨酸* Trp	-	-
TAA	152.3	590.2
EAA/TAA (%)	37.2	37.2
EAA/NEAA (%)	59.1	59.1
DAA/TAA (%)	37.9	37.9

注: \*. 必需氨基酸; \*\*. 鲜味氨基酸; TAA. 总氨基酸; EAA. 必需氨基酸; NEAA. 非必需氨基酸; DAA. 鲜味氨基酸

Note: \*. essential amino acids; \*\*. delicious amino acids; TAA. total amino acids; EAA. essential amino acids; NEAA. unessential amino acids; DAA. delicious amino acids

## 2.3 氨基酸营养评价

食物中蛋白质的营养价值主要取决于其所含必需氨基酸的种类、质量分数以及各氨基酸之间的比例。厚壳贻贝中氨基酸指数 (EAAI) 为 45.27, 根据 1973 年 FAO/WHO 推荐的蛋白质模式<sup>[22]</sup>, 计算出厚壳贻贝肉蛋白质的氨基酸分和化学分 (表 3)。由 AAS 可知, 甲硫氨酸 (Met) + 半胱氨酸 (Cys) 的评分最高为 0.97, 而异亮氨酸 (Ile) 和苏氨酸 (Thr)

最低为0.61,其中Trp未检出,可能与试验过程中被水解有关,故厚壳贻贝软体部分第一限制性氨基酸为Ile和Thr,与杂色蛤(*Ruditapes variegata*)<sup>[23]</sup>的第二限制性氨基酸一致,但与青蛤<sup>[11]</sup>、翡翠贻贝<sup>[12]</sup>、美洲帘蛤<sup>[13]</sup>的第一限制性氨基酸有差异。此外,Lys的AAS也比较高,从另一方面说明了厚壳贻贝氨基酸组成较为突出,具有较高的营养价值。一般质量较好的蛋白质中组成氨基酸的EAA/

NEAA在60%以上,EAA/TAA为40%左右<sup>[24]</sup>,厚壳贻贝的氨基酸模式基本符合FAO/WHO的理想模式,说明厚壳贻贝的蛋白质营养价值较高,是人类较为理想的优质蛋白。由此表明厚壳贻贝蛋白质的必需氨基酸组成比较合理,接近FAO/WHO推荐模式,因此,这种蛋白质较能被人体均衡吸收,营养价值较高。

表3 厚壳贻贝氨基酸评价

Tab.3 Evaluation of amino acids in *M. coruscus*mg·g<sup>-1</sup>

氨基酸 amino acid	FAO/WHO 模式 FAO/WHO pattern	鸡蛋模式 egg standard	厚壳贻贝 <i>M. coruscus</i>	氨基酸评分 AAS	化学评分 CS
异亮氨酸 Ile	250	331	153	0.61*	0.46*
亮氨酸 Leu	440	534	279	0.63	0.52
赖氨酸 Lys	340	441	297	0.87	0.67
甲硫氨酸 + 半胱氨酸 Met + Cys	220	386	214	0.97	0.55
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	380	565	360	0.94	0.63
苏氨酸 Thr	250	292	152	0.61*	0.52
色氨酸 Trp	60	99	-	-	-
缬氨酸 Val	310	410	202	0.65	0.49

注: -, 未检出; \*, 第一限制性氨基酸

Note: -, undetected; \*, the first limiting amino acid

## 2.4 维生素质量分数

厚壳贻贝软体部分含有丰富的维生素,主要包括2种脂溶性维生素(V<sub>A</sub>和V<sub>E</sub>)和3种水溶性维生素B族元素(V<sub>B1</sub>、V<sub>B2</sub>和V<sub>PP</sub>),脂溶性维生素中w(V<sub>A</sub>)高,水溶性维生素以w(V<sub>PP</sub>)最高(表4)。与

其他常见的双壳贝类比较发现,厚壳贻贝的w(V<sub>A</sub>)显著高于其他海产贝类,因此,在一定程度上可以有效防止V<sub>A</sub>缺乏症。厚壳贻贝的w(V<sub>PP</sub>)略高于海湾扇贝(*Argopectens irradians*),而其他维生素质量分数则低于美洲帘蛤等双壳贝类。

表4 厚壳贻贝与其他贝类维生素质量分数的比较

Tab.4 Comparison of vitamin content between *M. coruscus* and other musselsmg·kg<sup>-1</sup>

维生素 vitamin	维生素 A V <sub>A</sub>	维生素 B <sub>1</sub> V <sub>B1</sub>	维生素 B <sub>2</sub> V <sub>B2</sub>	维生素 PP V <sub>PP</sub>	维生素 E V <sub>E</sub>
厚壳贻贝 ( <i>Mytilus coruscus</i> )	550.000	0.600	1.000	30.00	13.20
美洲帘蛤 ( <i>Mercenaria mercenar</i> ) <sup>[12]</sup>	2.000	4.300	25.200	-	-
杂色蛤 ( <i>Ruditapes variegata</i> ) <sup>[23]</sup>	1.300	-	7.500	-	29.50
海湾扇贝 ( <i>Argopectens irradians</i> ) <sup>[25]</sup>	-	-	6.400	11.20	202.30
大獭蛤 ( <i>Lutraria maxima</i> ) <sup>[26]</sup>	2.600	4.000	24.300	-	-

## 2.5 矿质元素和微量元素质量分数

矿质元素是维持生命和机体正常代谢活动不可缺少的一类物质,由于不能在人体内有效合成,食品中矿质元素质量分数就显得尤其重要。此外,矿质元素在体内的作用具有多样性,如参与人体骨骼的形成、调节体内酸碱平衡、增强免

疫功能、影响造血、酶活性化过程等<sup>[27]</sup>。厚壳贻贝的矿质元素和微量元素较为丰富,厚壳贻贝中w(Na)最高(265.00 × 10<sup>-2</sup> mg·g<sup>-1</sup>),w(K)次之(227.00 × 10<sup>-2</sup> mg·g<sup>-1</sup>),w(Ca)(20.10 × 10<sup>-2</sup> mg·g<sup>-1</sup>)与翡翠贻贝<sup>[11]</sup>相当,而较其他经济贝类低(表5)。

表5 厚壳贻贝和其他贝类常量 and 微量元素质量分数比较

Tab. 5 Comparison of content of mineral and trace elements between *M. coruscus* and other musselsmg·kg<sup>-1</sup>

矿物元素 mineral element	钠 Na	钾 K	镁 Mg	钙 Ca	铝 Al	锌 Zn	铁 Fe	铜 Cu	锰 Mn
厚壳贻贝 ( <i>Mytilus coruscus</i> )	2 650.0	2 270.0	477.0	201.0	3.000	22.10	21.00	3.700	1.300
翡翠贻贝 ( <i>Perna viridis</i> ) <sup>[11]</sup>	-	-	331.5	217.5	-	7.50	50.10	3.800	4.100
企鹅珍珠贝 ( <i>Pteria penguin</i> ) <sup>[14]</sup>	-	-	408.0	421.0	-	435.00	41.60	1.200	2.500
波纹巴非蛤 ( <i>Paphia undulate</i> ) <sup>[19]</sup>	2 755.0	3 407.0	807.0	991.0	-	16.50	142.00	1.600	3.700
大獭蛤 ( <i>Lutraria maxima</i> ) <sup>[26]</sup>	3 842.5	2 405.0	755.8	308.3	-	32.20	21.00	1.900	10.500

微量元素在人体中需求量低,但作用大,其中 Zn 作为机体的必需微量元素之一,具有参与蛋白质的代谢,促进皮肤、大脑、性器官和生殖细胞的正常发育,维持细胞代谢活动等许多重要的生理功能,特别是针对儿童的伤口愈合、免疫功能及智力发育具有极其重要的作用<sup>[13,27]</sup>。厚壳贻贝微量元素中  $w(\text{Zn})$  最高 ( $2.21 \times 10^{-2} \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ), 略高于翡翠贻贝<sup>[11]</sup> 和波纹巴非蛤<sup>[19]</sup>, 但低于企鹅珍珠贝<sup>[14]</sup>;  $w(\text{Fe})$  ( $2.10 \times 10^{-2} \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ) 与大獭蛤<sup>[26]</sup> 相当,但低于其他贝类;  $w(\text{Mg})$  高于翡翠贻贝<sup>[11]</sup> 和企鹅珍珠贝<sup>[14]</sup>, 但是明显低于波纹巴非蛤<sup>[19]</sup> 和大獭蛤<sup>[26]</sup>;  $w(\text{Cu})$  ( $0.37 \times 10^{-2} \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ) 仅低于翡翠贻贝<sup>[11]</sup>; 厚壳贻贝软体部分还含有微量的  $w(\text{Mn})$  ( $0.13 \times 10^{-2} \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ), Mn 能刺激免疫器官中的细胞增殖,提高巨噬细胞的成活率,从而增强细胞的防御功能。有报道认为,理化性质相似的元素,其生物学功能是相互拮抗的,这种拮抗作用通常发生在  $\text{Zn}/\text{Cu} > 10$  以及  $\text{Zn}/\text{Fe} > 1$  时<sup>[28]</sup>, 厚壳贻贝的  $\text{Zn}/\text{Cu}$  为 5.97,  $\text{Zn}/\text{Fe}$  为 1.05, 由此可见,厚壳贻贝中 Cu、Fe、Zn 的比值较为合理,生物学功能的相互拮抗不明显。

### 3 结语

厚壳贻贝中含有相对较高的粗蛋白和粗脂肪,氨基酸种类丰富,组成合理,包括 7 种人体必需氨基酸,其构成比例基本符合 FAO/WHO 模式; 4 种鲜味氨基酸质量分数丰富,其中  $w(\text{Glu})$  最高,是厚壳贻贝鲜味足的内在因素; Lys 含量丰富,多食还可以弥补植物性食物所带来的 Lys 缺乏,从而提高机体对蛋白质的利用率,维护机体的动态平衡。厚壳贻贝矿质元素及微量元素的质量分数和比例均衡, Cu、Fe、Zn 的比值合理,没有明显的生物学拮抗; 相比其他双壳贝类具有更高的  $V_A$ , 可以有

效地防止  $V_A$  的缺乏。综合以上分析表明,厚壳贻贝是一种营养价值较高的海产贝类,是补充人体营养物质的理想食品,具有理想的养殖前景和市场开发价值。

### 参考文献:

- [1] 姚滢, 魏江洲, 王俊, 等. 厚壳贻贝多糖的提取和免疫学活性研究[J]. 第二军医大学学报, 2005, 26(8): 896-899.  
YAO Ying, WEI Jiangzhou, WANG Jun, et al. Extraction of *Mytilus coruscus* polysaccharides and study on their immunoactivities [J]. Acad J Second Mil Med Univ, 2005, 26(8): 896-899. (in Chinese)
- [2] 周文丽. 东海厚壳贻贝多糖的抗衰老生物学活性研究[D]. 上海: 第二军医大学, 2009: 12-15.  
ZHOU Wenli. Research on the antiaging activity of polysaccharide from *Mytilus coruscus* [D]. Shanghai: Second Military Medical University, 2009: 12-15. (in Chinese)
- [3] 刘梅, 武梅, 周世权, 等. 基于厚壳贻贝 Mytilin-1 的抗菌肽设计、固相合成及抗菌谱分析[J]. 生物工程学报, 2010, 26(4): 550-556.  
LIU Mei, WU Mei, ZHOU Shiquan, et al. Designation, solid-phase synthesis and antimicrobial activity of Mytilin derived peptides based on Mytilin-1 from *Mytilus coruscus* [J]. Chin J Biotechnol, 2010, 26(4): 550-556. (in Chinese)
- [4] LI Nannan, TAN Liang, YANG Lin, et al. Purification, cDNA clone and recombinant expression of foot protein-3 from *Mytilus coruscus* [J]. Protein Pept Lett, 2011, 18(12): 1265-1272.
- [5] LI Guipu, LI Jiong, LI Duo. Seasonal variation in nutrient composition of *Mytilus coruscus* from China [J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(13): 7831-7837.
- [6] 苏秀榕, 李太武, 丁明进. 美洲帘蛤软体部营养成分分析与评价[J]. 中国海洋药物, 1998(2): 30-32.  
SU Xiurong, LI Taiwu, DING Mingjin. Studies on the nutritive contents of the mussel *Mytilus edulis* and *Mytilus coruscus* [J]. Chin J Mar Drugs, 1998(2): 30-32. (in Chinese)
- [7] WEN Jing, HU Chaoqun, FAN Sigang. Chemical composition and nutritional quality of sea cucumbers [J]. J Sci Food Agric, 2010, 90(14): 2469-2474.
- [8] 刘志峰, 李桂生. 紫贻贝营养成分的分析及重金属的检测[J].

- 烟台大学学报: 自然科学与工程版, 2002, 15(2): 147-150.  
LIU Zhifeng, LI Guisheng. Analysis of nutrition composition and heavy metals of mussel *Mytilus edulis* [J]. J Yantai Univ: Natural Science and Engineering Edition, 2002, 15(2): 147-150. (in Chinese)
- [9] BARAMPAMA Z, SIMARD R E. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, *in-vitro* starch digestibility and nutritive value of common beans [J]. Plant Foods Hum Nutr, 1995, 48: 349-365.
- [10] 李晓英, 董志国, 阎斌伦, 等. 青蛤与文蛤的营养成分分析与评价[J]. 食品科学, 2010, 31(23): 366-370.  
LI Xiaoying, DONG Zhiguo, YAN Binlun, et al. Analysis and evaluation of nutritional components in *Cyclina sinensis* and *Meretrix meretrix* [J]. Food Sci, 2010, 31(23): 366-370. (in Chinese)
- [11] 庆宁, 林岳光, 金启增. 翡翠贻贝软体部营养成分的研究[J]. 热带海洋, 2000, 19(1): 81-84.  
QING Ning, LIN Yueguang, JIN Qizeng. Studies on nutritive compositions of soft part in mussel *Perna viridis* [J]. Tropic Oceanol, 2000, 19(1): 81-84. (in Chinese)
- [12] 杨建敏, 邱盛尧, 郑小东, 等. 美洲帘蛤软体部营养成分分析与评价[J]. 水产学报, 2003, 2(5): 495-498.  
YANG Jianmin, QIU Shengyao, ZHENG Xiaodong, et al. Analysis and evaluation of nutritive composition in edible part of *Merccenaria mercenaria* [J]. J Fish China, 2003, 2(5): 495-498. (in Chinese)
- [13] 章超桦, 吴红棉, 洪鹏志, 等. 马氏珠母贝肉的营养成分及其游离氨基酸组成[J]. 水产学报, 2000, 24(2): 180-184.  
ZHANG Chaohua, WU Hongmian, HONG Pengzhi, et al. Nutrients and composition of free amino acid in edible part of *Pinctada martensii* [J]. J Fish China, 2000, 24(2): 180-184. (in Chinese)
- [14] 吴晓萍, 周春霞, 章超桦, 等. 企鹅珍珠贝全脏器的营养成分分析与评价[J]. 食品科学, 2007, 28(7): 385-387.  
WU Xiaoping, ZHOU Chunxia, ZHANG Chaohua, et al. Analysis and evaluation on nutrients of whole viscera from *Pteria penguin* [J]. Food Sci, 2007, 28(7): 385-387. (in Chinese)
- [15] CRUZ-ROMERO M C, KERRY J P, KELLY A L. Fatty acids, volatile compounds and colour changes in high-pressure-treated oysters (*Crassostrea gigas*) [J]. Innovat Food Sci Emerg Tech, 2008, 9(1): 54-61.
- [16] 朱爱意, 谢佳彦, 杨运琪. 舟山东极岛潮间带两种荔枝螺的营养成分分析[J]. 海洋学研究, 2008, 26(1): 80-84.  
ZHU Aiyi, XIE Jiayan, YANG Yunqi. Nutritional composition of two species of *Thais* in intertidal zone of Dongji Island [J]. J Mar Sci, 2008, 26(1): 80-84. (in Chinese)
- [17] 吴爱春, 张永普, 周化斌. 橄榄蚶软体部营养成分分析与评价[J]. 动物学杂志, 2009, 44(1): 92-98.  
WU Aichun, ZHANG Yongpu, ZHOU Huabin. Analysis and evaluation of the nutritive components in the edible part of *Estellarca olivacea* [J]. Chin J Zool, 2009, 44(1): 92-98. (in Chinese)
- [18] 张建设, 朱爱意, 吴常文. 单齿螺肉营养成分分析与评价[J]. 食品科学, 2011, 32(17): 353-356.  
ZHANG Jianshe, ZHU Aiyi, WU Changwen. Nutritional composition analysis and evaluation of *Monodonta labio* muscle [J]. Food Sci, 2011, 32(17): 353-356. (in Chinese)
- [19] 王茵, 刘淑集, 苏永昌, 等. 波纹巴非蛤的形态分析与营养成分评价[J]. 南方水产科学, 2011, 7(6): 19-25.  
WANG Yin, LIU Shuji, SU Yongchang, et al. Morphological analysis and nutrition evaluation of *Paphia undulate* [J]. South China Fish Sci, 2011, 7(6): 19-25. (in Chinese)
- [20] 黎祖福, 付倩倩, 张以顺. 鞍带石斑鱼肌肉营养成分及氨基酸含量分析[J]. 南方水产, 2008, 4(5): 61-64.  
LI Zufu, FU Qianqian, ZHANG Yishun. An analysis of the nutritive composition and the contents of amino acids in muscle of *Epinephelus lanceol* [J]. South China Fish Sci, 2008, 4(5): 61-64. (in Chinese)
- [21] 陈学存. 应用营养学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1984: 8-14.  
CHEN Xuecun. Applied nutrition [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1984: 8-14. (in Chinese)
- [22] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Energy and protein requirements [R]. FAO Nutrition Meeting Report Series, 1973, 52: 40-73.
- [23] 董辉, 王颀, 刘亚琼, 等. 杂色蛤软体部营养成分分析及评价[J]. 水产学报, 2011, 35(2): 276-282.  
DONG Hui, WANG Jie, LIU Yaqiong, et al. Analysis and evaluation of nutritive composition in edible part of *Ruditapes variegata* [J]. J Fish China, 2011, 35(2): 276-282. (in Chinese)
- [24] 朱爱意, 赵向炯, 杨运琪. 东极海区管角螺软体部的营养成分分析[J]. 南方水产, 2008, 4(2): 63-68.  
ZHU Aiyi, ZHAO Xiangjiong, YANG Yunqi. Analysis of the nutritive composition in visceral mass of *Hemifusus tuba* in sea area of Dongji [J]. South China Fish Sci, 2008, 4(2): 63-68. (in Chinese)
- [25] 李伟青, 王颀, 孙剑锋. 海湾扇贝营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2011, 33(6): 630-632.  
LI Weiqing, WANG Jie, SUN Jianfeng, et al. The nutrients analysis and evaluation of *Argopectens irradians* [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2011, 33(6): 630-632. (in Chinese)
- [26] 潘英, 秦小明, 潘红平. 大赖蛤软体部营养成分的分析与评价[J]. 广东海洋大学学报, 2007, 27(3): 78-81.  
PAN Ying, QIN Xiaoming, PAN Hongping. Analysis and evaluation of nutritive composition in edible part of *Lutraria maxima* [J]. J Guangdong Ocean Univ, 2007, 27(3): 78-81. (in Chinese)
- [27] 刘慧慧, 常抗美, 郑孝亮. 舟山海域鳎鱼营养成分分析[J]. 营养学报, 2011, 33(6): 624-626.  
LIU Huihui, CHANG Kangmei, ZHENG Xiaoliang. Analysis of the nutritive composition in *Ilisha elongata* of Zhoushan [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2011, 33(6): 624-626. (in Chinese)
- [28] 张炳, 柳琪, 藤箴春. 中华倒鳖氨基酸和微量元素的分析研究[J]. 氨基酸和生物资源, 1995, 17(1): 18-21.  
ZHANG Bing, LIU Qi, TENG Zhenchun. Measuring amino acid of agricultural samples by HPLC [J]. Amino Acids & Biotic Resour, 1995, 17(1): 18-21. (in Chinese)