

青岛魁蚶软体部营养成分分析及评价

王颖 吴志宏 李红艳 刘天红 李晓 孙元芹 郑永允*

(山东省海水养殖研究所, 青岛 266002)

摘要 对青岛魁蚶软体部的营养成分进行了分析, 并对其营养品质进行了评价。结果表明, 魁蚶软体部干样中, 粗蛋白、粗脂肪、总糖和灰分的质量分数分别为 72.67%、1.23%、4.44% 和 11.73%; 软体部含有 18 种氨基酸, 总量为 719.75 mg/g (干重), 其中 8 种必需氨基酸(EAA)总量是 251.23 mg/g, 占氨基酸总量的 34.91%, 其必需氨基酸的构成比例符合 FAO/WHO 的标准。魁蚶软体部各必需氨基酸平均得分为 107.86 分, 第一限制性氨基酸为缬氨酸, 第二限制性氨基酸为色氨酸; 魁蚶软体部脂肪酸中 ω -3PUFA 质量分数为 33.32%; 含有丰富的水溶性维生素 V_C 、 V_{B2} 、 V_{B3} 和 V_{B5} , 并富含钙、铁、锌、硒等多种无机元素。魁蚶中重金属含量极低, 无重金属污染和六六六、滴滴涕残留, 食用安全性高。研究认为, 魁蚶是一种高蛋白、低脂肪、氨基酸含量丰富且均衡, 营养价值较高的贝类。

关键词 魁蚶 软体部 营养成分 营养评价

中图分类号 Q501 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2013)01-0133-07

Analysis and evaluation of nutrition composition in soft tissue of *Anadara uropygimelana*

WANG Ying WU Zhi-hong LI Hong-yan LIU Tian-hong
LI Xiao SUN Yuan-qin ZHENG Yong-yun*

(Mariculture Institute of Shandong Province, Qingdao 266002)

ABSTRACT In order to understand the nutritive quality and nutritional components in the edible part of *Anadara uropygimelana*, the contents of 18 common amino acids, protein, lipids as well as vitamins and mineral ions in the soft tissue of *A. uropygimelana* were analyzed in this research. The results showed that the content of crude protein, crude fat, total carbohydrate and crude ash in the dry meat of *A. uropygimelana* were 72.67%, 1.23%, 4.44% and 11.73% respectively. Eighteen common amino acids were found in the tissue of *A. uropygimelana* and the total content of amino acids was 719.75mg/g in dry sample. The content of EAA was 251.23mg/g (dry weight) and the ratio of total essential amino acids to total amino acids was 34.91%, which met the FAO/WHO standards. According to nutrition evaluation in amino acids score (AAS) and chemical score (CS), the AAS of the edible part of *A. uropygimelana* was 107.86 with the first limiting amino acid as Val and the second limiting amino acid as Trp.

现代农业产业技术体系建设专项资金-贝类产业技术体系(CARS-48)资助

* 通讯作者。E-mail: zyy19541201@163.com, Tel: (0532)82677800

收稿日期: 2012-05-13; 接受日期: 2012-07-26

作者简介: 王颖(1971-), 女, 研究员, 主要从事水产品加工研究。E-mail: yzsshipin@126.com, Tel: (0532)82683040

The content of ω -3PUFA in fatty acids was 33.32%, which was much higher than most bivalves. The results also indicated that the edible part of *A. uropygimelana* was rich in water-soluble vitamins (B2, B3, B5 and C) and mineral ions such as Ca, Zn, Fe, Se, etc. The contents of heavy metals in the edible part of *A. uropygimelana* was low and no benzene hexachloride or DDT was detected in the sample, indicating that *A. uropygimelana* is safe to eat. In conclusion, the edible part of *A. uropygimelana* was of high nutritional value and good for human health.

KEY WORDS *Anadara uropygimelana* Edible part Nutritional component
Nutritional evaluation

魁蚶 *Anadara uropygimelana* 俗称赤贝、血贝等,生活于水深 3~60 m 处的泥质或泥沙质海底,是一种大型海洋底栖经济贝类,广泛分布于太平洋西北部日本海、黄海、渤海及东海海域(毕庶万等 1989)。魁蚶成体个大体肥,肉质鲜美,经济价值很高,是北方沿海重要的经济贝类之一。

目前国内对魁蚶的研究主要集中于魁蚶的育苗、增养殖技术及生物生态学上(栾希波等 2003;唐启升等 1994;陈琳琳等 2005),迄今未见有关其软体部的基本营养成分、氨基酸、脂肪酸、无机盐和微量元素含量的报道。本研究通过对魁蚶进行全面的营养成分分析和营养评价,旨在提高人们对魁蚶的认识,为全面、科学、合理地开发和利用魁蚶资源提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

魁蚶活体于 2011 年 3 月采自山东省青岛市即墨海区 77 渔区。样品采集后,用游标卡尺(精度 0.01 mm)逐个测量魁蚶壳长、壳宽和壳高,电子天平(精度 0.001 g)称量湿重,每组样品测量 80 个个体。青岛即墨样本平均壳长、壳宽、壳高和体重分别为 56.78 mm(39.60~83.30 mm)、32.77 mm(23.30~54.20 mm)、42.21 mm(29.70~65.90 mm)和 36.91 g(9.16~159.20 g)。

分析测定时,样品去壳取其软体部,用去离子水冲洗后,于筛绢网上沥水,吸干样品表面水分,测定软体部水分含量;随机取 20 个魁蚶的软体部合并成 1 个样,以此制备 3 个平行样,粉碎打浆后用于成分测定。

1.2 检测与数据处理方法

1.2.1 营养成分分析

水分、粗蛋白、粗脂肪、总糖和灰分:分别参照 GB 5009.3-2010 直接干燥法、GB 5009.5-2010 凯氏定氮法、GB/T 5009.6-2003 索氏抽提法、GB/T 9695.31-2008 直接滴定法、GB 5009.4-2010 食品中灰分的测定法进行测定。

氨基酸成分测定:样品经 6 mol/L HCl 水解,水解时充氮气 24h,采用安米诺西斯 A200 氨基酸分析仪测定 17 种氨基酸。另取样品用 5mol/L NaOH 水解后,采用同机测定其色氨酸含量。

脂肪酸成分:参照 AOAC 996.06 Fat (Total, saturated, and unsaturated in foods),样品经酸水解后,加入甘油三酯和 C_{11:0} 作为内标,以乙醚萃取脂质,然后于甲醇中以 BF₃ 转化为脂肪酸甲酯,气相色谱(安捷伦 GC6890)分析。

脂溶性维生素 V_A:根据 GB/T 5009.82-2003 食品中维生素 A 和维生素 E 的测定,皂化后,由乙醚萃取,经洗涤浓缩,液相色谱(安捷伦 1100)分析。

维生素 V_{B1}、V_{B2}、V_{B3}、V_{B5}、V_{B6}:分别参照 GB 5413.11、GB 5413.12、GB 5413.15、GB 5413.17、GB 5413.13-2010,样品经前处理后,0.45 μ m 膜过滤,液相色谱(安捷伦 1100)分析。

维生素 C:参照 GB/T 5009.159-2003 食品中还原型抗坏血酸的测定,采用固蓝盐比色法测定还原型抗坏血酸。

钙、铁、锌、镉、铜、铅、甲基汞:分别参照 GB/T 5009.92、GB/T 5009.90、GB/T 5009.14、GB/T 5009.15、GB/T 5009.13、GB/T 5009.17-2003、GB 5009.12-2010,采用(石墨炉)原子吸收分光光度法(岛津原子吸收分光光度计 AA-6300C)测定。

钠:参照 GB/T 5009.91-2003 食品中钾、钠的测定,采用火焰发射光谱法(上海精科 FP6410)测定。

硒、无机砷:参照 GB 5009.93-2010、GB/T 5009.11-2003,采用氢化物原子荧光光谱法(海光 AFS-2000)测定。

六六六,滴滴涕:参照 GB/T 5009.19-2008 食品中有机氯农药多组分残留量的测定进行。

1.2.2 氨基酸分及化学分计算方法

将所测得必需氨基酸换算成每克蛋白质中含氨基酸毫克数,与 1973 年 FAO/WHO 暂定氨基酸的计分模式和以鸡蛋蛋白质作为理想蛋白质进行比较,并按下式计算氨基酸分(Amino acid score, AAS)和化学分(Chemical score, CS)。

$$AAS = \frac{\text{每克待评蛋白质中必需氨基酸含量(mg)}}{\text{FAO/WHO 模式中每克蛋白质相应必需氨基酸含量(mg)}} \times 100$$

$$CS = \frac{\text{每克待评蛋白质中必需氨基酸含量(mg)}}{\text{每克鸡蛋蛋白质中相应必需氨基酸含量(mg, 每克鸡蛋为标准)}} \times 100$$

1.2.3 生物质量评价方法

评价方法采用生物质量指数(酆桂芬 1989),即用公式 $P_i = C_i / C_{si}$ 进行评价。式中, P_i 为第 i 种污染物的生物质量指数; C_i 为第 i 种污染物的实测值; C_{si} 为第 i 种污染物的标准值。评价标准采用中国海岸带和海涂资源综合调查中关于贝类的标准(表 1):当 $P_i \leq 1.0$ 时,生物质量符合标准;当 $P_i > 1.0$ 时,生物质量超出标准。

表 1 海洋生物质量评价标准

Table 1 Assessment criteria for the marine animal quality (mg/kg wet weight)

污染物种类 Contaminant	Cd	Pb	As	Hg	Cu
评价标准 Assessment criteria	5.5	10.0	10.0	0.3	100

1.2.4 数据处理

实验数据采用 SPSS 13.0 处理,文中所有数据均用平均值±标准差表示。

2 结果与讨论

2.1 主要营养成分

魁蚶软体部主要营养成分分析结果显示,粗蛋白含量较高,占干重的 72.67%;粗脂肪、总糖和灰分分别占软体部干重的 1.23%、4.44% 和 11.73%。与其他双壳贝类相比(表 2),魁蚶的粗蛋白含量显著高于文蛤(关志强等 2003)和近江牡蛎(迟淑艳等 2007),明显高于毛蚶(孙同秋等 2009)、泥蚶(张永普等 2002)、橄榄蚶(吴爱春等 2009),仅次于马氏珠母贝(张永普 2002);粗脂肪含量远远低于其他双壳贝类;灰分含量低于泥蚶、近江牡蛎和小菱蛎,高于毛蚶、橄榄蚶和文蛤。魁蚶软体部的主要营养成分突出体现了双壳贝类共有的高蛋白、低脂肪的特点。

2.2 氨基酸含量及营养评价

对魁蚶软体部的氨基酸分析结果表明,魁蚶软体部氨基酸种类齐全,共检测出 18 种氨基酸,干品中氨基酸总量为 719.75 mg/g;必需氨基酸总量为 251.23 mg/g,占氨基酸总量的 34.91%;呈鲜味的特征氨基酸天冬氨

酸和谷氨酸,分别占氨基酸总量的 10.98%和 17.50%;呈甘味的特征氨基酸丙氨酸和甘氨酸,分别占氨基酸总量的 6.26%和 6.00%;与甘味有关的丝氨酸和脯氨酸分别占氨基酸总量的 4.03%和 2.74%。所有氨基酸中谷氨酸的含量最高,为 125.93 mg/g;色氨酸的含量较低,为 5.56 mg/g。

表 2 魁蚶与其他双壳贝类主要营养成分含量(干重)的比较

Table 2 The main nutritional components (dry weight) of *Anadara uropygimelana* comparing with other bivalve shellfish (%)

种类 Bivalve species	水分 Moisture	蛋白质 Crude protein	脂肪 Crude fat	总糖 Total carbohydrate	灰分 Crude ash
魁蚶 <i>Anadara uropygimelana</i>	83.8±0.78	72.67±0.32	1.23±0.07	4.44±0.12	11.73±0.38
毛蚶 <i>Scapharca subcrenata</i>	81.4	61.7	3.3	—	3.11
泥蚶 <i>Tegillarca granosa</i>	82.15	62.74	4.7	6	15.46
橄榄蚶 <i>Estellarca olivacea</i>	81.36	63.64	10.95	13.55	8.97
文蛤 <i>Meretrix Linnaeus</i>	76.90	59.3	3.7	26	10.8
近江牡蛎 <i>Crassostrea rivularis</i> Gould	83.09	52.94	5.84	—	13.82
马氏珠母贝 <i>Pinctada martensii</i>	80.9	74.9	6.5	6.6	12.6

表 3 魁蚶氨基酸组成及其含量

Table 3 Amino acid contents of *A. uropygimelana*

氨基酸 Amino acids	含量 Content (mg/g sample)	含量 Content (mg/g protein)	氨基酸 Amino acids	含量 Content (mg/g sample)	含量 Content (mg/g protein)
天门冬氨酸 Asp*	79.01±0.69	108.73	苯丙氨酸 Phe#	26.54±0.12	36.53
苏氨酸 Thr#	35.19±0.21	48.42	组氨酸 His	22.84±0.14	31.43
丝氨酸 Ser	29.01±0.17	39.92	色氨酸 Trp#	5.56±0.07	7.64
谷氨酸 Glu*	125.93±0.93	173.28	赖氨酸 Lys#	55.56±0.36	76.45
脯氨酸 Pro	19.75±0.20	27.18	精氨酸 Arg	65.43±0.27	90.04
甘氨酸 Gly*	43.21±0.25	59.46	氨基酸总量 TAA	719.75±2.39	
丙氨酸 Ala*	45.06±0.19	62.01	必需氨基酸总量 EAA	251.23±1.47	
缬氨酸 Val#	21.60±0.16	29.73	呈味氨基酸总量 FAA	293.21±1.24	
胱氨酸 Cys-Cys	15.43±0.15	21.24	支链氨基酸总量 BCAA	109.26±0.48	
蛋氨酸 Met#	19.14±0.22	26.33	芳香族氨基酸总量 AAA	54.94±0.27	
异亮氨酸 Ile#	30.86±0.31	42.47	支/芳比 BCAA/AAA	1.99	
亮氨酸 Leu#	56.79±0.43	78.15	EAA/TAA	34.91	
酪氨酸 Tyr	22.84±0.18	31.43	FAA/TAA	40.74	

注: # 表示必需氨基酸; * 表示呈味氨基酸

Notes: # essential amino acid, * flavour amino acid

必需氨基酸的含量与组成特点是评价食物营养价值的最重要指标,根据 FAO/WHO 的理想模式,质量较好的蛋白质,其氨基酸组成中必需氨基酸占总氨基酸的比值为 35.38%左右(李晓英等 2010)。魁蚶的必需氨基酸与氨基酸的比值(34.91%)与 FAO/WHO 的理想模式较为接近,是质量较好的蛋白质。动物蛋白质的鲜美在一定程度上取决于呈鲜味的天冬氨酸和谷氨酸、呈甘味的甘氨酸和丙氨酸以及与甘味有关的脯氨酸和丝氨酸等 6 种氨基酸的含量(吴爱春等 2009),魁蚶软体部呈味氨基酸占氨基酸总量的 40.74%,使得魁蚶明显具备了海产贝类的鲜美品质。

氨基酸评分(Amino acid score, AAS)是目前广泛使用的一种评价食物营养价值的方法。从魁蚶软体部的必需氨基酸得分可以看出(表 4),赖氨酸的得分最高为 139.00 分,大多数氨基酸得分超过 FAO/WHO 理想模式,各必需氨基酸的平均得分为 107.86 分,说明魁蚶蛋白质易被人体均衡吸收,蛋白质的营养价值较高。根据

AAS 可知,缬氨酸得分最低,为 59.46 分,其次色氨酸得分为 76.40。因此,魁蚶蛋白质的第一限制性氨基酸为缬氨酸,第二限制性氨基酸为色氨酸。根据 CS 可知,色氨酸得分最低,为 44.94 分,其次缬氨酸得分为 55.06 分。因此,色氨酸为第一限制性氨基酸,缬氨酸为第二限制性氨基酸。可见,魁蚶软体部的限制性氨基酸主要为缬氨酸和色氨酸。

表 4 魁蚶必需氨基酸组成的评价

Table 4 Evaluation of essential amino acids in edible part of *A. uropygimelana*

必需氨基酸 EAA(mg/g)	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	赖氨酸 Lys	半胱氨酸+蛋氨酸 Cys+Met	苏氨酸 Thr	色氨酸 Trp	缬氨酸 Val	酪氨酸+苯丙氨酸 Tyr+Phe
魁蚶 <i>A. uropygimelana</i>	42.47	78.15	76.45	47.57	48.42	7.64	29.73	67.95
FAO 模式 FAO evaluation mode	40	70	55	35	40	10	50	60
氨基酸得分 Amino acid score (AAS)	106.18	111.64	139.00	135.91	121.05	76.40	59.46	113.26
鸡蛋蛋白质 Egg protein	49	66	66	47	45	17	54	86
化学分 Chemical score (CS)	86.67	118.41	115.83	101.21	107.60	44.94	55.06	79.02

2.3 脂肪酸组成与含量

虽然魁蚶的粗脂肪含量并不高,但其脂肪酸种类比较丰富。魁蚶软体部的不饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸和 ω -3 系列多不饱和脂肪酸(ω -3PUFA) 分别占脂肪酸的 61.90%、19.05%、42.85% 和 33.32%。由表 5 可以看出,魁蚶软体部脂肪的不饱和脂肪酸含量高于其余几种食用双壳贝类,尤其是 ω -3PUFA 含量显著高于其他食用双壳贝类。 ω -3PUFA 具有抑制血栓形成、降血压、降低甘油三脂、增高高密度蛋白胆固醇、降低低密度蛋白胆固醇、延缓动脉粥样硬化、抑制肿瘤的生长和转移等作用(吴爱春等 2009),因而魁蚶的脂肪酸具有较高的营养价值。

表 5 魁蚶脂肪酸组成及与其他双壳贝类的比较

Table 5 Fatty acid composition of *A. uropygimelana* compared with other bivalves shellfish

(%)

脂肪酸含量 Fatty acids contents	魁蚶 <i>A. uropygimelana</i>	泥蚶 <i>T. granosa</i>	橄榄蚶 <i>E. olivacea</i>	近江牡蛎 <i>C. rivularis</i> Gould
饱和脂肪酸 Saturated fatty acids(SFA)	38.10±0.77	55.67	58.14	33.33
单不饱和脂肪酸 Mono-unsaturated fatty acids(MUFA)	19.05±0.28	5.98	23.06	30.05
多不饱和脂肪酸 Poly-unsaturated fatty acids(PUFA)	42.85±0.56	38.35	18.25	21.60
ω -3 脂肪酸 ω -3 PUFA	33.32±0.42	20.10	10.54	—
ω -6 脂肪酸 ω -6 PUFA	3.76±0.15	13.52	5.72	—
ω -9 脂肪酸 ω -9 PUFA	5.77±0.24	4.75	14.93	30.50

2.4 维生素含量

魁蚶软体部的水溶性维生素含量较为丰富(表6)。其中,含量最高的是 V_C ,其次为 V_{B3} ,此外还含有 V_{B5} 和 V_{B2} , V_A 、 V_{B1} 和 V_{B6} 含量低于检测限,未检出。水溶性维生素种类较多,其结构和生理功能各异,其中绝大多数都是通过组成酶的辅酶而对生物体代谢产生影响。含量较高的 V_{B5} 是脂肪和糖类转变成能量时不可缺少的物质,主要存在于动物的肝脏,包括烟酸和烟酰胺。烟酸在体内转变为烟酰胺后才具有活性,后者是辅酶 I (NAD) 和辅酶 II (NADP) 的组成成分,在体内氧化还原反应中发挥重要作用(杨建敏等 2003),因此,从生理角度来看,魁蚶具有较强的代谢和适应能力。

表6 魁蚶的维生素含量
Table 6 Content of vitamins in *A. uropygimelana* (mg/kg)

维生素 Vitamins	V_C	V_{B1}	V_{B2}	V_{B3}	V_{B5}	V_{B6}	V_A
含量 Content	86.8 ± 1.7	nd*	0.3 ± 0	13.5 ± 0.2	10.9 ± 0.2	nd*	nd*

注: * 未检出

Notes: * not detected

2.5 无机元素含量

由表7可知,魁蚶软体部含有丰富的矿物元素。与其他食用双壳贝类相比,魁蚶软体部除富含人体所需的Ca、Fe、Zn等无机元素外,Se的含量也较高。Se作为谷胱甘肽过氧化物酶的活性中心元素,参与机体的物质能量代谢,为人体生长发育所必需。研究发现,Se可以防治克山病、大骨节病,能增强机体的免疫能力,抑制心血管疾病的发病,可抗癌、防癌,预防老年病等(毛文君等 1996)。

表7 魁蚶中矿物质含量及与其他双壳贝类的比较
Table 7 Content of inorganic salt in *A. uropygimelana* compared with other bivalves (mg/kg)

含量 Content	Ca	Fe	Na	Zn	Se
魁蚶 <i>A. uropygimelana</i>	321 ± 11	65 ± 4	$4\ 150 \pm 57$	13 ± 2	6 ± 1
泥蚶 <i>T. granosa</i>	252.5	43.6	0.21	10.5	—
毛蚶 <i>S. subcrenata</i>	6 321	386.2	27 800	75.4	—
近江牡蛎 <i>C. rivularis</i> Gould	22 600	929	28 400	920	—
翡翠贻贝 <i>P. Perna viridis</i>	2 175	500.6	—	75.16	6.02

由表8可知,魁蚶中As、Cd、Pb、Cu、Hg等重金属的生物质量指数 P_i 均远小于1.0,小于马明辉等(1999)报道的文蛤、毛蚶、魁蚶及庆宁等(2000)报道的翡翠贻贝的各 P_i 值,完全符合环境质量评价标准。同时,魁蚶软体部中未检出六六六和滴滴涕的残留,说明魁蚶是一种较为纯净、安全的食品。

表8 魁蚶中重金属污染物浓度及与其他双壳贝类的比较
Table 8 The contents of heavy metals in *A. uropygimelana* comparing with other bivalves (mg/kg)

含量 Content	As	P_1	Cd	P_2	Pb	P_3	Cu	P_4	Hg	P_5
魁蚶 <i>A. uropygimelana</i>	0.04 ± 0	0.004	0.479 ± 0.025	0.087	0.034 ± 0.006	0.003	nd*	0	nd*	0
文蛤 <i>Meretrix</i> Linnaeus	3.11	0.311	1.20	0.22	0.10	0.01	1.31	0.01	0.003	0.01
毛蚶 <i>Scapharca subcrenata</i>	0.92	0.092	1.21	0.22	0.07	0.007	1.61	0.02	0.006	0.02
魁蚶 <i>A. uropygimelana</i>	1.24	0.124	1.16	0.21	0.07	0.007	0.69	0.007	0.004	0.01
翡翠贻贝 <i>Perna viridis</i>	—	—	0.5	0.09	6.7	0.67	37.8	0.378	—	—

注: * 未检出

Notes: * not detected

3 结语

青岛魁蚶软体部的蛋白质含量高达 72.67%,氨基酸总含量为 719.75 mg/g,且氨基酸种类齐全,8 种必需氨基酸约占总氨基酸的 34.91%,呈味氨基酸含量高达 40.74%,风味良好,营养均衡;魁蚶软体部脂肪酸中 ω -3PUFA 含量高达 33.32%,具有较高的食用价值;含有丰富的人体所需的无机盐和微量元素;其重金属含量极低,无重金属污染,无六六六和滴滴涕的残留,食用安全无风险。

魁蚶是一种良好的高蛋白、低脂肪食品,味道鲜美,营养均衡,具有较好的市场前景和开发利用价值。

参 考 文 献

- 马明辉,海志杰,冯志权,关春江,陈红星. 1999. 辽东湾双台子河海区动物体内污染物含量及时空分布. 海洋环境科学,18(1): 61-76
- 毛文君,管华诗. 1996. 紫贻贝和海湾扇贝生化成分中硒的分布特点. 中国海洋药物, 57(1):16-18
- 毕庶万,徐宗法. 1989. 黄渤海魁蚶资源的开发与合理利用. 水产科技情报, 16(6): 182-184
- 关志强,郑贤德,洪鹏志,张 静,谌素华,章超桦. 2003. 冻结对文蛤肉营养成分及质构的影响. 制冷, 22(1): 1-4
- 孙同秋,韩 松,鞠 东,崔 玥,王玉清,郑小东. 2009. 渤海南部毛蚶营养成分分析及评价. 齐鲁渔业, 26(8): 10-12
- 庆 宁,林岳光,金启增. 2000. 翡翠贻贝软体部营养成分的研究. 热带海洋学报, 19(1): 81-84
- 李晓英,李 勇,周淑青,阎斌伦. 2010. 两种淡水螺肉的营养成分分析与评价. 食品科学, 31(13): 276-279
- 迟淑艳,周歧存,周健斌,杨奇慧,董晓慧. 2007. 华南沿海 5 种养殖贝类营养成分的比较分析. 水产科学, 26(2): 79-83
- 张永普,贾守菊,应雪萍. 2002. 不同种群泥蚶肉营养成分的比较研究. 海洋湖沼通报, (2): 33-38
- 张永普. 2002. 小菱蛭肉营养成分的分析及评价. 动物学杂志, 37(6): 63-66
- 吴爱春,张永普,周化斌. 2009. 橄榄蚶软体部营养成分分析与评价. 动物学杂志, 44(1): 92-98
- 杨建敏,邱盛尧,郑小东,王如才,刘爱英. 2003. 美洲帘蛤软体部营养成分分析及评价. 水产学报, 27(5): 495-498
- 陈琳琳,孔晓瑜,周立石,陈丽梅,喻子牛. 2005. 魁蚶核糖体 DNA 基因转录间隔区的序列特征. 中国水产科学, 12(1): 104-108
- 栾希波,王 波,曲秀家. 2003. 魁蚶常温育苗高产技术研究. 齐鲁渔业, 20(3): 10-12
- 唐启升,王 俊,邱显寅,郭学武. 1994. 魁蚶底播增殖的试验研究. 海洋水产研究, 15: 79-86
- 酆桂芬. 1989. 环境质量评价. 北京:中国环境科学出版社, 36-44