

龟足营养成分分析及评价

陈 宁, 林 岗, 饶小珍, 张殿彩

(福建省发育与神经生物学重点实验室 福建师范大学生命科学院, 福建 福州 350108)

摘要: 测定了龟足 *Pollicipes mitella* 柄部肌肉的营养成分, 并对其营养价值进行综合评价。结果表明龟足柄部肌肉含粗蛋白 19.28%、粗脂肪 2.54%、灰分 1.47%、水分 74.47% 和无氮浸出物 (NEF) 2.24%。17 种水解氨基酸总量为 18.08%, 其中 7 种必需氨基酸为 6.63%, 必需氨基酸指数为 82.63, 鲜味氨基酸为 6.77%。多不饱和脂肪酸的含量占总脂肪酸的 39.77%, 其中二十碳五烯酸 (EPA)、二十二碳六烯酸 (DHA) 分别占总脂肪酸的 13.37% 和 20.67%。龟足含有十分丰富的 Mg、Ca、Fe、Zn、Se, 含量分别为 1 625.49、679.82、38.89、112.25 和 1.78 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。因此龟足肌肉具有较高的食用价值与保健作用。

关键词: 龟足 *Pollicipes mitella*; 营养成分; 营养评价

中图分类号: Q501; S917 文献标识码: A 文章编号: 1009-5470(2009)06-0117-06

Analysis and evaluation on nutritive components of *Pollicipes mitella*

CHEN Ning, LIN Gang, RAO Xiao-zhen, ZHANG Dian-cai

(Key Laboratory of Developmental Biology and Neurobiology College of Life Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: The nutritive components of *Pollicipes mitella* were determined, and its nutritional quality was also evaluated systematically. The crude protein, crude fat, ash, moisture, and Nitrogen Free Extract (NFE) of the fresh muscle were 19.28%, 2.54%, 1.47%, 74.47%, and 2.24%, respectively. On the basis of fresh matter of the muscle, the amount to hydrolytic amino acids was 18.08%, in which the content of essential amino acids was 6.63%, the EAAI was 82.63, and the amount of total delicious amino acids was 6.77%. The fatty acids contained 39.77% high unsaturated fatty acids (HUFA), in which the content of EPA and DHA were 13.37% and 20.67%, respectively. There was a high content of minerals in the muscle of *Pollicipes mitella*. Especially for Mg, Ca, Fe, Zn, and Se, their contents were 1 625.49, 679.82, 38.89, 112.25, and 1.78 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, respectively. In conclusion, the muscle of *Pollicipes mitella* has very high nutritive and care value.

Key words: *Pollicipes mitella*; nutritive components; nutritive evaluation

龟足 *Pollicipes mitella* 又名笔架、石砌, 隶属于甲壳纲 (Crustacea) 蔓足亚纲 (Cirripedia) 龟足属 (*Pollicipes*)^[1]。广泛分布于我国长江口以南沿海中、高潮区, 是一种重要的经济水产品资源。龟足形态奇特, 柄部肌肉发达, 肉质细嫩, 味道鲜美, 属上等佳肴, 深受消费者喜爱, 并有利尿安神的药效^[2], 具有较高的经济价值, 属福建省名特优海产品之一。国内对龟足的研究仅在分类、地理分布、生态特点上有过报道^[1], 繁殖方面主要见林岗等^[3]有过一些研究。国外对龟足属的生态、繁殖有过一些研究报道^[4], 但尚未见对龟足营养成分进行研究

的报道。目前龟足来源都是靠采捕野生个体, 数量逐渐减少, 为了更好地开发利用龟足资源, 进行人工增殖研究已显得十分必要。本文拟对龟足的各种营养成分进行较全面的测定分析, 并与其它常见经济品种进行比较, 为其进一步开发利用提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

实验材料分别于 2007 年 4、5 和 6 月采自福州

收稿日期: 2007-11-15; 修订日期: 2007-12-27。刘学东编辑

基金项目: 福建省科技厅重点项目 (2006N0066)

作者简介: 陈 宁 (1982—), 男, 四川省仁寿县, 硕士研究生, 主要从事水产动物生物技术研究。

通信作者: 林 岗。E-mail: lgffz@fjnu.edu.cn

市连江县筱埕镇定海中、高潮区的岩岸荫蔽处与石缝间。每次挑选约100只柄部完整、峰吻径大于1.1cm的新鲜龟足个体,取其柄部肌肉,一部分105℃烘干,用于一般营养成分、氨基酸和矿质元素的测定;另取一部分60℃烘干,用于脂肪酸测定。

1.2 测定方法

水分、灰分、蛋白质、粗脂肪分别按照国家标准(GB/T5009.3-85; GB/T5009.4-85; GB/T5009.5-85; GB/T5009.6-85)提供的方法测定。氨基酸用盐酸水解法(国家标准:GB/T14965.94)进行水解,使用安捷伦1100型液相色谱仪,按JY/T019-1996提供的方法测定肌肉氨基酸组成。脂肪酸按国家标准GB/T17376-1998提供的方法,从肌肉中提取脂类,并在三氟化硼存在下进行甘油脂的皂化和游离脂肪酸的酯化,进Trace MS气相色谱仪,用面积归一化法测其组成。按GB12396-12398-90、GB/T14962-94方法,用SpectrAA220/220Z型原子吸收光谱仪,测定常量及微量元素。无氮浸出物按差减法计算。重复测定3次。

1.3 营养品质评价方法

根据FAO/WHO1973年建议的氨基酸评分标准模式^[5]和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式^[6],分别按以

下公式计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)。

$$AAS = \frac{a_a}{A_A(\text{FAO/WHO})}$$

$$CS = \frac{a_a}{A_A(\text{Egg})}$$

$$EAAI = n \sqrt{\frac{100A}{A_E} \times \frac{100B}{B_E} \times \frac{100C}{C_E} \times \dots \times \frac{100I}{I_E}}$$

公式中 a_a 为实验样品氨基酸含量(%), A_A (FAO/WHO)为FAO/WHO评分标准模式中同种氨基酸含量(%), $A_A(\text{Egg})$ 为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(%), n 为比较的必需氨基酸个数, A 、 B 、 C 、 \dots 、 I 为龟足肌肉蛋白质中的必需氨基酸含量(%), A_E 、 B_E 、 C_E 、 \dots 、 I_E 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量(%).

2 结果

2.1 一般营养成分的含量

龟足一般营养成分的测定结果见表1。由表1可知龟足柄部肌肉的含水量为74.47%,粗蛋白为19.28%(占干重的75.5%),粗脂肪占2.54%,灰分占1.47%,无氮浸出物占2.24%。

表1 龟足肌肉一般营养成分含量与其它几种食品的比较

%,鲜重

Tab.1 Comparison of nutritive components in muscle of *Pollicipes mitella* and other foods

%, fresh matter

	水分	蛋白质	脂肪	灰分	无氮浸出物
龟足	74.47±1.41	19.28±0.28	2.54±0.12	1.47±0.02	2.24±0.71
鲤鱼	76.7	17.6	4.1	1.1	0.5
对虾	76.5	18.6	0.8	1.3	2.8
梭子蟹 <i>Neptunus</i>	77.5	15.9	3.1	2.6	0.9
牡蛎 <i>Ostrea</i>	82.0	5.3	2.1	2.4	8.2
鸡蛋	75.8	12.7	9.0	1.0	1.5

注:表中其它数据引自文献[7]。

2.2 氨基酸组成与含量

龟足肌肉干样的水解氨基酸共检测出17种(色氨酸因酸水解被破坏未检测),其中必需氨基酸7种,非必需氨基酸10种。氨基酸总量为18.08%,

必需氨基酸含量为6.63%,占氨基酸总量的36.67%。鲜味氨基酸总量为6.77%(表2)。从单一氨基酸来看,含量最高的谷氨酸为3.06%,其次是精氨酸为1.67%,含量最低的是胱氨酸为0.17%。

表2 龟足肌肉氨基酸的组成和含量

Tab.2 Composition and contents of amino acids in the muscle of *Pollicipes mitella*

	占鲜重/(g·100g ⁻¹)	变异系数/%	占蛋白质/(g·100g ⁻¹)	变异系数/%
天冬氨酸 Asp·	1.64	2.35	8.53	0.50
丙氨酸 Ala·	1.13	2.32	5.84	0.51
谷氨酸 Glu·	3.06	1.07	15.90	0.39
甘氨酸 Gly·	0.94	3.47	4.88	0.73
组氨酸 His	0.40	2.36	2.09	0.61
精氨酸 Arg	1.67	3.67	8.65	0.52

续上表

酪氨酸 Tyr	0.84	5.91	4.35	0.49
丝氨酸 Ser	0.76	3.19	3.94	0.72
脯氨酸 Pro	0.85	4.54	4.38	0.71
胱氨酸 Cys	0.17	17.32	0.09	0.24
苏氨酸 Thr*	0.87	3.29	4.51	0.72
缬氨酸 Val*	1.03	1.83	5.33	0.47
蛋氨酸 Met*	0.54	2.31	2.78	0.22
赖氨酸 Lys*	1.29	0.02	6.69	0.40
异亮氨酸 Ile*	0.80	1.77	4.16	0.38
亮氨酸 Leu*	1.45	1.17	7.55	0.52
苯丙氨酸 Phe*	0.65	1.45	3.37	0.47
氨基酸总量(TAA)	18.08	2.21	92.06	0.22
必需氨基酸总量(EAA)	6.63	1.23	34.85	1.19

注：‘*’为必需氨基酸；‘.’为鲜味氨基酸。

2.3 脂肪酸的含量

龟足肌肉主要含有 19 种脂肪酸，其中饱和脂肪酸(SFA)8 种，单不饱和脂肪酸(MUFA)4 种，多不饱和脂肪酸(PUFA)7 种(表 3)。脂肪酸中以棕榈酸含量最高，占总脂肪酸的 25.13%；木焦油酸最

低，占 0.27%。不饱和脂肪酸(UFA)占 58.2%，高于 SFA(41.8%)。而 UFA 中的 PUFA 占 39.77%。其中二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)的含量分别为 13.37%和 20.67%。

表 3 龟足肌肉的脂肪酸组成及含量

Tab.3 Composition and contents of fatty acids in the muscle of *Pollicipes mitella*

脂肪酸	含量/%	脂肪酸	含量/%
C _{14:0}	5.40±0.20	C _{20:1}	1.83±0.15
C _{15:0}	0.97±0.06	∑MUFA	18.40±0.35
C _{16:0}	25.13±0.25	C _{18:2}	1.57±0.06
C _{17:0}	1.40±0.00	C _{18:3}	1.70±0.00
C _{18:0}	7.73±0.16	C _{20:2}	0.80±0.00
C _{20:0}	0.80±0.00	C _{20:4} (AA)	1.20±0.00
C _{22:0}	0.43±0.06	C _{20:5} (EPA)	13.37±0.16
C _{24:0}	0.27±0.06	C _{22:5}	0.93±0.06
∑SFA	41.80±0.20	C _{22:6} (DHA)	20.67±0.06
C _{16:1}	6.70±0.00	∑PUFA	39.77±0.40
C _{18:1}	8.90±0.30	EPA+DHA	34.03±0.25
C _{22:1}	0.97±0.06		

2.4 常量及微量元素

龟足肌肉含有丰富的常量及微量元素(表 4)。常量元素含量依次为 P>Na>Mg>K>Ca，微量元素

中 Zn 的含量最高，其次从大到小依次为 Fe、Se、Cu。值得一提的是，龟足肌肉的 Mg、Ca、Fe、Zn、Se 含量十分丰富。

表 4 龟足肌肉矿质元素含量与其它几种食物的比较

μg·g⁻¹鲜重

Tab.4 Comparison of the contents of some minerals in the muscle of *Pollicipes mitella* and other foods

μg·g⁻¹fresh matter

	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Se
龟足	2 050.91 ±100.17	894.55 ±40.00	1 889.22 ±190.53	679.82 ±55.08	1 625.49 ±98.66	38.89 ±4.59	112.25 ±11.20	1.26 ±0.14	1.78 ±0.12
鲤鱼	2 040	3 340	537	500	330	10	20.8	0.6	0.15
对虾	2 280	2 150	1 652	620	430	15	23.8	3.4	0.34
梭子蟹	1 520	2 080	4 814	2 800	650	25	55	12.5	0.91
牡蛎	1 150	2 000	4 621	1 310	650	71	93.9	81.3	0.87
鸡蛋	1 300	1 540	1 315	560	100	20	11	1.5	0.14

注：表中其它数据引自文献[7]。

3 讨论

为了更好地评价龟足肌肉的营养价值, 本文选择了鲤鱼、对虾、梭子蟹、牡蛎和鸡蛋几种常见食品与龟足的各种营养成分进行比较分析。

3.1 一般营养成分分析

龟足柄部肌肉的一般营养成分与其它几种食物的比较见表 1, 从表中可知其蛋白质含量高于鸡蛋、鲤鱼、对虾、梭子蟹和牡蛎, 脂肪含量高于对虾和牡蛎, 低于鲤鱼、梭子蟹和鸡蛋, 灰分含量高于鲤鱼、对虾和鸡蛋, 低于梭子蟹和牡蛎, 无氮浸出物含量高于鲤鱼、梭子蟹和鸡蛋, 低于对虾和牡蛎。结果表明龟足肌肉是一种蛋白质含量高、脂肪含量低、富含矿物质的优质食物。

3.2 龟足营养价值评价

对龟足柄部肌肉进行了 17 种氨基酸含量检测(色氨酸未进行检测)。含量最高的是谷氨酸, 其次是精氨酸, 谷氨酸不仅使肌肉味道鲜美, 还是脑组织生化代谢中的重要氨基酸, 参与多种生理活性物质的合成^[8]。Seifter^[9]研究表明, 精氨酸是创伤后的必需氨基酸, 创伤后增加精氨酸的摄入量可降低氮的损失, 从而促进创伤的愈合。因此龟足有较好的保健功能。

对膳食营养的评价一般最关注的是必需氨基酸的含量和比例。将龟足必需氨基酸占鲜重的含量与其他几种常见的食物进行比较(表 5), 可知龟足的必需氨基酸总量比其他 5 种常见食物都高。龟足肌肉除赖氨酸的含量低于鲤鱼、蛋+胱氨酸略低于对虾外, 其他必需氨基酸含量均高于另外几种食物。可见龟足鲜肉中的必需氨基酸含量非常丰富。

表 5 龟足肌肉必需氨基酸含量与其他几种食品的比较

mg · 100g⁻¹ 鲜重

Tab.5 Comparison of essential amino acids contents in the muscle of *Pollicipes mitella* and other foods

mg · 100g⁻¹ fresh matter

	龟足	鲤鱼	对虾	梭子蟹	牡蛎	鸡蛋
异亮氨酸	800	745	757	614	222	619
亮氨酸	1 450	1 270	1 451	1 076	357	1 030
赖氨酸	1 290	1 432	457	1 000	366	837
苏氨酸	870	693	732	666	225	568
缬氨酸	1 030	863	841	745	248	688
蛋+胱氨酸	710	681	708	554	204	598
苯丙+酪氨酸	1 490	1 177	1 366	1 080	410	1 096
必需氨基酸总量	7 640	6 861	6 312	5 735	2 032	5 436
EAAI	82.63	80.89	68.71	75.49	80.25	89.68

注: 表中其它氨基酸数据引自文献[7], EAAI 由文献[7]计算而来。

将表 2 的数据换算成每克氮含氨基酸的毫克数, 并与鸡蛋蛋白的氨基酸模式和 1973 年 WHO/FAO 制定的蛋白质评价的标准模式进行比较, 并计算其氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)(表 6)。从表 6 可以看出, 根据化学评分(CS)龟足的第一限制性氨基酸是蛋+胱氨酸, 第二限制性氨基酸是

苯丙+酪氨酸。氨基酸评分均大于 1, 化学评分除蛋+胱氨酸(0.59)外均大于 0.78。龟足 EAAI 为 82.63, 与另外几种食物比较可知(表 5), 除小于鸡蛋外均大于另外 5 种食物的数值。表明龟足肌肉不仅必需氨基酸含量丰富而且比例均衡。

表 6 龟足肌肉必需氨基酸组成的评价

mg · g⁻¹ 氮

Tab.6 Evaluation of essential amino acids composition in the muscle of *Pollicipes mitella*

mg · g⁻¹ 氮

	龟足	鲤鱼	对虾	梭子蟹	牡蛎	鸡蛋
异亮氨酸	800	745	757	614	222	619
亮氨酸	1 450	1 270	1 451	1 076	357	1 030
赖氨酸	1 290	1 432	457	1 000	366	837
苏氨酸	870	693	732	666	225	568
缬氨酸	1 030	863	841	745	248	688
蛋+胱氨酸	710	681	708	554	204	598
苯丙+酪氨酸	1 490	1 177	1 366	1 080	410	1 096
必需氨基酸总量	7 640	6 861	6 312	5 735	2 032	5 436
EAAI	82.63	80.89	68.71	75.49	80.25	89.68

味道鲜美的程度与肌肉中鲜味氨基酸的组成和含量有关，氨基酸呈鲜味物质有：谷氨酸、天冬氨酸、丙氨酸、甘氨酸。其中以谷氨酸的鲜味最强。从表 7 可以看出龟足的谷氨酸含量高于另外 5 种食

品。鲜味氨基酸总量低于对虾，高于鲤鱼、牡蛎、梭子蟹和鸡蛋。表明龟足不仅营养价值高，而且味道也较鲜美。

表 7 龟足肌肉中鲜味氨基酸含量与其他几种食品的比较

mg · 100g⁻¹ 鲜重Tab.7 Comparison of delicious amino acids contents in the muscle in *Pollicipes mitella* and other foodsmg · 100g⁻¹ fresh matter

	龟足	AAS	CS	鸡蛋蛋白	WHO/FAO 模式
异亮氨酸	259.59	1.04	0.78	331	250
亮氨酸	471.09	1.07	0.88	534	440
赖氨酸	417.97	1.23	0.95	441	340
苏氨酸	283.83	1.14	0.97	292	250
缬氨酸	332.82	1.07	0.81	411	310
蛋+胱氨酸	230.62	1.05	0.59	386	220
苯丙+酪氨酸	481.77	1.27	0.85	565	380

注：表中其他数据引自文献[7]。

3.3 脂肪酸营养价值分析

脂肪酸中以 PUFA 的生理功能最为重要，PUFA 对于稳定细胞膜功能、调控基因表达、维持细胞因子和脂蛋白平衡、抗心血管疾病以及促进生长发育等方面起着重要作用^[10]。将龟足的 PUFA 与其他几种食物比较(表 8)，可知其 PUFA 总量比其他

5 种食物都高。PUFA 中以 $\omega-3$ 系列包括 EPA 与 DHA 最为重要，它们具有抗氧化、抗衰老、健脑补脑，提高记忆力及思维能力等的作用，人体不能合成它们，必需从食物中摄取^[10]。龟足的 DHA+EPA 总量远高于其他 5 种食物的含量(表 8)。说明龟足是一种优质的保健食品。

表 8 龟足肌肉多不饱和脂肪酸组成和含量与其它几种食品的比较

%

Tab.8 Comparison of the contents of PUFA among *Pollicipes mitella* and other foods

%

	龟足	鲤鱼	对虾 ^[7]	梭子蟹	牡蛎	鸡蛋
C _{18:2}	1.57	14.2	9.0	1.1	2.1	14.2
C _{18:3}	1.70	3.9	4.2	0.3	7.8	0.1
C _{20:2}	0.80	-	3.9	0.8	1.7	-
C _{20:4} (AA)	1.20	0.5	-	0.5	1.1	-
C _{20:5} (EPA)	13.37	0.2	6.6	10.0	10.4	-
C _{22:4}	-	-	2.2	0.7	4.3	0.7
C _{22:5}	0.93	0.2	0.1	2.1	1.5	-
C _{22:6} (DHA)	20.67	0.5	4.0	13.0	3.8	-
DHA+EPA	34.03	0.7	10.6	23.0	26.55	-
总和	39.77	20.2	30.0	28.5	32.7	15.0

注：表中其他数据引自文献[7]；‘-’表示未检出。

3.4 常量及微量元素分析

龟足含有丰富的人体正常生长发育所必需的和起保健作用的矿物质，尤其是 Mg、Ca、Fe、Zn 和 Se 的含量十分丰富。结果表明龟足除了 Ca 含量低于牡蛎和梭子蟹，Fe 含量低于牡蛎外，其 Mg、Ca、Fe、Zn 和 Se 都高于另外几种的含量(表 4)。Mg 在许多必需的酶反应中作为辅助离子，参与遗传信息的传递和表达，在神经肌肉的传导和活动中起重要作用；Ca 是构成骨骼和牙齿的核心部分，具有维持神经与肌肉活动等作用；Fe 参与二氧化

碳和氧的转运、交换，对呼吸和能量代谢有重要作用等；Zn 能调节细胞分化和基因表达，作为酶的组成部分，促进食欲，影响人的认知能力和创口的愈合等作用；Se 具有抗氧化、促进生长、保护视觉器官和心血管、抗肿瘤、解毒等作用^[11]。值得一提的是龟足的硒含量异常丰富，是目前所有已知天然食物中含量最高的^[7]，因此龟足是很好的补硒食品。由于硒的中毒剂量只有适宜摄入量的 10 倍左右，根据中国居民膳食营养素参考摄入量之推荐摄入量(RNIs)和可耐受摄入量(ULs)^[12]，儿童每天摄

入龟足肌肉以 20g 左右为宜, 不宜超过 135g。成人每天摄入 28g 左右为宜, 不宜超过 225g。

4 结 论

龟足蛋白质含量丰富, 占鲜重的 19.28%, 占干重 75.5%; 氨基酸种类齐全, 必需氨基酸含量丰富, 比例均衡。鲜味氨基酸含量丰富, 因此味道鲜美。脂肪含量虽然较低, 但不饱和脂肪酸含量较高, 达 58.2%, 尤其是 EPA 和 DHA 含量高达 34.3%。龟足富含各种矿质元素, 其中 Mg、Ca、Fe、Zn 和 Se 的含量高于许多其他食物。因此龟足是一种营养价值高、滋味鲜美、具有保健作用的优质食品, 具有很大的开发利用价值和广阔的市场前景。

参考文献:

- [1] 刘瑞玉, 任先秋. 中国近海的蔓足类 茗荷亚目[M]//海洋科学集刊. 北京: 科学出版社, 1985, 第 25 集, 179.
- [2] 浙江动物志编辑委员会. 浙江动物志: 甲壳类[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1991, 47.
- [3] 林 岗, 邱文仁, 齐秋贞. 福州沿海龟足的繁殖附着与生长[J]. 海洋学报, 1994, 16(6): 108—115.
- [4] Cardoso A C, Yule A B. Aspects of the reproductive biology of *Pollicipes* (Cirripedia; Lepadomorpha) from the south-west coast of Portugal[J]. 1995, 29(3—4): 391—396.
- [5] FAO/WHA Ad Hoc Expert Committee. Energy and protein requirement[M]. FAO Nutrition Meeting Report Series, 1973, (52): 40—73.
- [6] 桥本芳郎. 养鱼饲料学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1980, 114—115.
- [7] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌, 等. 中国食物成分表 2002[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2002, 135—157, 221—283, 283—326.
- [8] 张昌颖, 李 亮, 李昌甫, 等. 生物化学: 2 版[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1988, 305, 561.
- [9] SEIFTER E. Amino acid function in treatment[J]. Surgery, 1978, 84:224.
- [10] 田永全. 脂肪酸的营养功能[J]. 中国食物与营养, 2007, 8: 53—54.
- [11] 李菊花, 陈伟平, 华金中, 等. 公共营养学[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2005, 33—39.
- [12] 蔡 威, 沈秀华, 冯 一, 等. 食物营养学 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2006, 194—197.