

不同生境福寿螺 (*Pomacea canaliculata*) 的营养成分及其利用价值*

罗 渡¹ 牟希东¹ 宋红梅¹ 顾党恩¹ 杨叶欣¹ 汪学杰¹ 罗建仁¹ 胡隐昌^{1**} 章家恩²

(¹ 中国水产科学研究院珠江水产研究所 农业部热带亚热带水产资源利用与养殖重点实验室, 广州 510380; ² 华南农业大学热带亚热带生态研究所, 广州 510642)

摘 要 为比较不同生境和不同肉色福寿螺的营养成分组成差异以探讨其在综合防治中的潜在利用价值, 分析了鱼塘、沟渠和水田 3 种生境福寿螺以及黑白肉色福寿螺的一般营养成分和氨基酸组成。结果表明: 鱼塘福寿螺的水分和粗脂肪含量最高, 沟渠福寿螺的灰分含量最高, 水田福寿螺的水分、粗脂肪和粗蛋白含量最低, 沟渠和鱼塘福寿螺的粗蛋白含量都高于 13%, 鱼塘福寿螺的总氨基酸、必需氨基酸、呈味氨基酸含量和必须氨基酸指数均最高, 但必需氨基酸的比例最低; 水田福寿螺的必需氨基酸和呈味氨基酸含量高于沟渠福寿螺, 必需氨基酸指数依次是鱼塘>水田>沟渠, 白肉福寿螺的总体营养价值较黑肉福寿螺高, 福寿螺的总体必需氨基酸组成与鱼粉 (CP 53.5%) 较为接近; 在利用中应充分考虑不同生境和不同肉色福寿螺营养组成存在的差异。

关键词 福寿螺; 鱼塘; 沟渠; 水田; 肉色

中图分类号 S93; Q142 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2012)8-2004-07

Nutritional components and utilization values of golden apple snails (*Pomacea canaliculata*) in different habitats. LUO Du¹, MU Xi-dong¹, SONG Hong-mei¹, GU Dang-en¹, YANG Ye-xin¹, WANG Xue-jie¹, LUO Jian-ren¹, HU Yin-chang^{1**}, ZHANG Jia-en² (¹Key Laboratory of Tropical and Subtropical Fishery Resource Application and Cultivation, Ministry of Agriculture, Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou, 510380, China; ²Institute of Tropica and Subtropical Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2012, **31**(8): 2004–2010.

Abstract: This paper analyzed the nutritional components and amino acids composition of black and white flesh-colored golden apple snails (*Pomacea canaliculata*) collected from different habitats (fish pond, ditch, and paddy field), aimed to compare the differences in the nutritional components of these snails and explore the potential utilization values of the snails during the process of integrated control. The snails in fish pond had the highest contents of water and crude fat, those in ditch had the highest ash content, while those in paddy field had the lowest contents of water, crude fat, and crude protein. The crude protein content of the snails in ditch and pond was higher than 13%, and the snails in pond had the highest contents of total amino acids, essential amino acids, and flavor amino acids and the highest index of essential amino acids, but the proportion of essential amino acids was the lowest. The snails in paddy field had higher contents of essential amino acids and flavor amino acids than the snails in ditch, and the index of the essential amino acids of the snails in different habitats was in the order of fish pond > paddy field > ditch. Overall, white flesh snails had higher nutritional values than black flesh ones, and the nutritional composition of the snails essential amino acids was similar to that of fish meal (CP 53.5%). It was suggested that in the utilization of golden apple snails, their flesh color and origin should be fully considered.

Key words: *Pomacea canaliculata*; fish pond; ditch; paddy field; flesh color.

* 国家自然科学基金-广东联合基金项目 (U1131006) 和农业部外来入侵生物防治项目 (2130108) 资助。

** 通讯作者 E-mail: huyc22@163.com

收稿日期: 2012-02-10 接受日期: 2012-05-15

淡水螺类是水生动物的重要饵料来源之一,也是动物和人类重要的蛋白来源(李晓英等,2010)。福寿螺在20世纪80年代曾一度在中国南方地区大面积养殖,在因市场不好而遭弃养后,由于其适应性强、繁殖速度快、缺少天敌等原因而在自然界大量繁殖,严重危害水稻等农作物,造成大量的经济损失。据统计,2008年仅广东省经济损失就高达100亿元,国家环保总局将其列为首批16种恶性外来入侵物种之一(宋红梅等,2009;杨叶欣等,2010)。目前福寿螺在中国的南方大部分地区建立了稳定的种群,并向东北和西南方向扩展蔓延(Lv *et al.*, 2009)。在综合防治福寿螺的过程中,鉴于福寿螺是中华鳖(成丽萍,2009)、金钱龟(成春到,2009)和黄喉拟水龟(周维官和覃国森,2008)等的优良饲料,是虾的优质蛋白源(Bombero-Tuburan *et al.*, 1995),也可作为鸭、青鱼、鲤鱼、桂花鱼、淡水白鲳等的饲料(王志高等,2009),利用福寿螺作为饲料发展养殖业是“变废为宝”的可行途径之一。何铭谦等(2011a)研究表明,在汕头地区人工捡螺出售作饲料是近5年来福寿螺数量锐减的主要原因,此外人工捡螺活动已越来越普遍地成为当地农民增收的一条途径。

福寿螺是一种变异性较大的入侵物种(Cazzaniga *et al.*, 2002),目前入侵中国的福寿螺在分类、形态及分布上都存在多样性。宋红梅等(2010)认为,中国大陆的福寿螺至少存在2个种,但是数量上以*Pomacea canaliculata*为主。福寿螺的壳色和肉色形态在不同地区往往呈现不同的类型(徐建荣等,2008;孙志坚等,2011)。入侵中国大陆的福寿螺主要存在黑色、黄色两种壳色类型,也存在少量灰色福寿螺,而在肉色上福寿螺普遍存在黑色和白色2种类型(刘生兴,2010)。另外,福寿螺在水渠、水田和旱地3种不同生境中的分布密度存在显著差异(何铭谦等,2011a),由于长期贮水且水流缓慢,沟渠和鱼塘往往成为福寿螺迁移繁衍的场所和天然螺源地(刘生兴,2010)。

已有一些关于福寿螺营养成分的报道(陈元晓等,2010),但主要是把福寿螺作为食品而加以研究,只是对福寿螺肌肉部分的营养成分加以测定(沈忠明和钟显华,2001;赵东海等,2005)。然而,在实际应用当中,特别是作为饲料原料使用时,获得福寿螺整个软体部的营养成分组成显得尤为重要。此外,如若福寿螺的饵料不同,其肌肉品质就会不同

(赵东海等,2004)。因此,不同生境、不同肉色类型福寿螺软体部总体营养组成的研究尤显重要。此外,福寿螺能大范围入侵的一个重要原因就是其较强的适应能力,能在不同生境生存并且大量繁殖,如何科学利用不同生境和不同肉色的福寿螺是其综合防治的一个重要方面,但是至今一直没有关于不同生境和不同肉色福寿螺营养组成差异的报道。本研究试图通过比较分析不同生境以及不同肉色福寿螺的营养组成差异,探讨福寿螺在综合防治过程中的潜在利用价值,以期促进福寿螺的科学利用和科学防治。

1 材料与方法

1.1 材料

实验所用福寿螺样品分别于福寿螺繁殖盛期采集于珠江水产研究所和华南农业大学实验基地的鱼塘、沟渠和水田(珠江水产研究所:113°13'22"E, 23°3'56"N,华南农业大学试验基地:113°22'6"E, 23°9'52"N)。每组样品至少采集30个以上个体,带回实验室用于基础数据的测量和营养成分分析。3种生境福寿螺的个体平均质量分别为(31.33 ± 8.48) g(鱼塘)、(18.51 ± 2.93) g(沟渠)和(8.23 ± 1.45) g(水田)。用于比较分析不同肉色营养成分组成差异的福寿螺采集于同一鱼塘,按照不同的肉色分别测试其营养成分的组成。所有样品采集带回实验室,于室温条件下在加清水的泡沫箱中(55 cm×40 cm×30 cm,水深5 cm)暂养48 h后用于实验,期间每隔8 h换水一次,加盖以防止外逃。样品前处理时,随机捞取福寿螺吸干表面水分后,测量外部形态并称量螺体质量;剪碎螺壳、完整地取出软体部并用吸水纸吸干表面的水分后称量软体部的质量,测定前的样品在-20℃条件下的冰箱中保存(海尔BC/BD-519HAN,青岛),分别将每种样品的多个福寿螺匀浆后取其中一部分用于营养成分测定,营养成分的测定在中国广州分析测试中心进行。

1.2 研究方法

1.2.1 一般营养成分测定 粗脂肪含量的测定采用重量法(GB/T 5009.6-2003 第一法),蛋白质含量的测定采用容量法[GB 5009.5-2010/第一法(蛋白质=含氮量×6.25)],灰分含量的测定采用重量法(GB 5009.4-2010),水分的测定采用重量法(GB 5009.3-2010 第一法)。含量测定的计量单位皆为g·100g⁻¹。

1.2.2 氨基酸组成分析 氨基酸含量的组成分析采用《实用食物营养成分分析手册》水解氨基酸的测定方法(杨月欣和王光亚,2002),含量测定的计量单位为 $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ 。

1.2.3 营养价值评价 以世界卫生组织/联合国粮农组织(WHO/FAO)1973年推荐的氨基酸评分标准模式和全蛋模式(% ,干基)为参考标准(RS),分别按以下公式计算氨基酸评分(SAA)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(IEAA)(李晓英等,2010;颜孙安等,2010):

$$SAA = [\text{实验样品中某一氨基酸含量}(\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1})] / [\text{FAO/WHO 评分标准模式中同种氨基酸含量}(\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1})] \times 100$$

$$CS = [\text{待测蛋白质中某一必需氨基酸的相对含量}(\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1})] / [\text{全蛋模式中相应必需氨基酸的相对含量}(\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1})] \times 100$$

$$IEAA = \sqrt[n]{\frac{100a}{a_e} \times \frac{100b}{b_e} \times \frac{100c}{c_e} \times \dots \times \frac{100j}{j_e}}$$

式中:CS 较低者为限制性氨基酸, n 为比较的必需氨基酸个数; a, b, c, \dots, j 为试验样品的必需氨基酸含量(% ,干基); $a_e, b_e, c_e, \dots, j_e$ 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量(% ,干基)。

利用价值评价:按照 1 : 1 : 1 (鱼塘:沟渠:水田)的质量比计算福寿螺的总体营养组成,对比中华圆田螺(李晓英等,2010)、栉孔扇贝(杨凤影和张弼,2009)、革胡子鲶(黄仁春等,2004)等水产品以及玉米、米糠、棉籽、鱼粉(熊本海等,2009)等饲料原料的必需氨基酸组成,比较分析福寿螺的营养价值并探讨其作为饲料原料的可行性。

1.3 数据处理

应用 Microsoft Office Excel 2003 软件的 AVERAGE、SUM、STDEV 等函数对所得数据进行统计。

2 结果与分析

2.1 不同生境福寿螺主要营养成分

鱼塘、沟渠和水田福寿螺软体部的主要营养成分成分如表 1 所示。3 种生境福寿螺软体部的水分含量都>81.0% ,灰分含量>2.0% ,粗脂肪和粗蛋白含量分别在 1.3% 和 13.0% 左右。其中鱼塘福寿螺和沟渠福寿螺软体部的水分含量几乎相同,而水田福寿螺的水分含量是 3 种生境中最低的;灰分含量的大小顺序则是沟渠>水田>鱼塘,且 3 种生境下灰分含量都在2.0% 以上;粗脂肪的含量在鱼塘、沟

表 1 不同来源福寿螺软体部的主要营养成分(%)
Table 1 Main nutrients percentage of golden apple snails from different sources

来源	水分	灰分	粗脂肪	粗蛋白
鱼塘	83.2	2.0	1.5	13.2
沟渠	83.2	3.0	1.3	13.2
水田	81.1	2.3	1.1	12.7
黑肉	83.2	2.1	1.4	12.7
白肉	83.1	1.7	1.8	14.0

渠、水田 3 种生境中呈现递减的趋势;鱼塘福寿螺和沟渠福寿螺的粗蛋白含量相同而水田福寿螺的粗蛋白含量低于其他 2 种生境的福寿螺。

2.2 不同生境福寿螺蛋白质氨基酸组成

如表 2 所示,3 种生境下福寿螺蛋白质的氨基酸组成各不相同,但是各氨基酸含量的大小顺序基本一致。谷氨酸(Glu)在所有氨基酸中含量最高,最高时达 $10.14\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (干基);鱼塘、沟渠和水田中总氨基酸含量分别为 56.93、44.64 和 49.21 $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$;3 种生境福寿螺的蛋白质氨基酸含量存在较大差异,其中鱼塘福寿螺的蛋白质氨基酸含量最高,达50% 以上。沟渠福寿螺的蛋白质氨基酸含

表 2 不同来源福寿螺蛋白质的氨基酸组成($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$)
Table 2 Amino acid composition of golden apple snails from different sources

氨基酸	鱼塘	沟渠	水田	黑肉	白肉
天冬氨酸(Asp)	6.23	5.06	5.34	5.89	6.45
谷氨酸(Glu)	10.14	7.74	8.47	9.82	10.30
丝氨酸(Ser)	2.97	2.50	2.54	2.86	3.02
甘氨酸(Gly)	4.21	3.21	2.86	4.17	4.20
苏氨酸(Thr)	2.91	2.38	2.59	2.74	2.96
组氨酸(His)	1.01	0.89	1.06	0.95	1.07
丙氨酸(Ala)	3.50	2.92	3.07	3.33	3.55
精氨酸(Arg)	4.45	3.51	3.81	4.23	4.62
酪氨酸(Tyr)	1.84	1.49	1.69	1.79	1.83
缬氨酸(Val)	2.97	2.56	2.86	2.86	3.02
蛋氨酸(Met)	1.07	0.60	0.95	1.13	1.07
苯丙氨酸(Phe)	2.43	1.96	2.38	2.32	2.49
异亮氨酸(Ile)	2.61	2.02	2.33	2.44	2.66
亮氨酸(Leu)	4.74	3.69	4.34	4.52	4.91
赖氨酸(Lys)	3.26	2.80	3.39	3.10	3.37
脯氨酸(Pro)	2.67	1.07	1.32	3.04	2.49
总和(Total)	56.93	44.64	49.21	55.36	57.99
必需氨基酸(EAA)	19.98	16.01	18.84	19.11	20.47
必须氨基酸比例(E/T)	35.10	35.87	38.28	34.52	35.31
必需氨基酸指数(IEEA)	50.11	40.91	47.16	47.65	51.26
呈味氨基酸(FAA)	24.08	18.93	19.74	23.21	24.50
呈味氨基酸比例(D/T)	42.29	42.40	40.11	41.94	42.24

测定的氨基酸以水解氨基酸为准,计算干基蛋白质氨基酸含量;呈味氨基酸为:谷氨酸(Glu)、甘氨酸(Gly)、天冬氨酸(Asp)、丙氨酸(Ala)。

表 3 不同来源福寿螺的氨基酸评价指标

Table 3 Amino acid evaluation of the golden apple snails from different sources

		必需氨基酸(EAA)						
		Ile	Leu	Lys	Met+Cys *	Phe+Tyr	Thr	Val
氨基酸评分 (SAA)	鱼塘	65.23	67.77	59.30	30.50	71.16	72.64	59.30
	沟渠	50.60	52.72	50.87	17.01	57.54	59.52	51.19
	水田	58.20	61.98	61.57	27.21	67.90	64.81	57.14
	黑肉	61.01	64.63	56.28	32.31	68.45	68.45	57.14
	白肉	66.57	70.16	61.32	30.43	71.99	73.96	60.36
化学评分 (CS)	鱼塘	48.32	55.16	46.59	18.73	45.91	61.82	44.93
	沟渠	37.48	42.91	39.97	10.44	37.12	50.66	38.78
	水田	43.11	50.45	48.37	16.71	43.81	55.16	43.29
	黑肉	45.19	52.60	44.22	19.84	44.16	58.26	43.29
	白肉	49.31	57.11	48.18	18.69	46.45	62.95	45.72
参考标准 (RS)	WHO/FAO 标准	40	70	50	35	60	40	50
	鸡蛋蛋白模式	54	86	70	57	93	47	66

* 仅为蛋氨酸(Met)。

量最低。鱼塘福寿螺的总氨基酸含量、必需氨基酸含量、必须氨基酸指数和呈味氨基酸含量虽然都最高,但是必需氨基酸的比例却最低,呈味氨基酸比例也较低。

2.3 不同生境福寿螺蛋白质的营养价值评价

不同生境福寿螺蛋白质的氨基酸评价指标如表 3 所示,结果表明,只有亮氨酸(Leu)和含硫氨基酸(Met+Cys)的氨基酸评分(SAA)低于 WHO/FAO 标准;而在化学评分(CS)上只有异亮氨酸(Ile)和苏氨酸(Thr)高于鸡蛋蛋白模式($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$)的评分。福寿螺的总体必需氨基酸指数(IEAA)为 46.08。

2.4 不同肉色福寿螺的营养成分组成差异

相同生境下,两种不同肉色福寿螺主要营养成分组成除水分含量以外,都存在一定差异(表 1)。黑肉福寿螺的灰分含量大于白肉福寿螺,而在粗蛋白和粗脂肪的含量上白肉福寿螺明显高于黑肉福寿螺。黑肉福寿螺的氨基酸含量除了蛋氨酸(Met)和

脯氨酸(Pro)稍高于白肉福寿螺以外,其他氨基酸含量都低于白肉福寿螺,总氨基酸含量也较小。白肉福寿螺的必需氨基酸含量、必须氨基酸比例、必需氨基酸指数、呈味氨基酸含量、呈味氨基酸比例都高于黑肉福寿螺(表 2)。相应地,在福寿螺的氨基酸评价指标中只有蛋氨酸(Met)的氨基酸评分(SAA)和化学评分(CS)稍高于白肉福寿螺。白肉福寿螺的其他营养价值评价指标都大于黑肉福寿螺(表 3)。

2.5 福寿螺与其他产品蛋白质的必需氨基酸组成比较

由图 1 所知,福寿螺各种必需氨基酸的含量总体上与中华圆田螺相当,其中异亮氨酸(Ile)和缬氨酸(Val)含量较高,而其他氨基酸含量较低。除了赖氨酸(Lys)含量稍低以外,福寿螺的组成成分和鱼粉(CP 53.5%)极为相似。必需氨基酸含量总体略低于栉孔扇贝和革胡子鲶,也低于玉米和棉籽,但是远高于米糠。

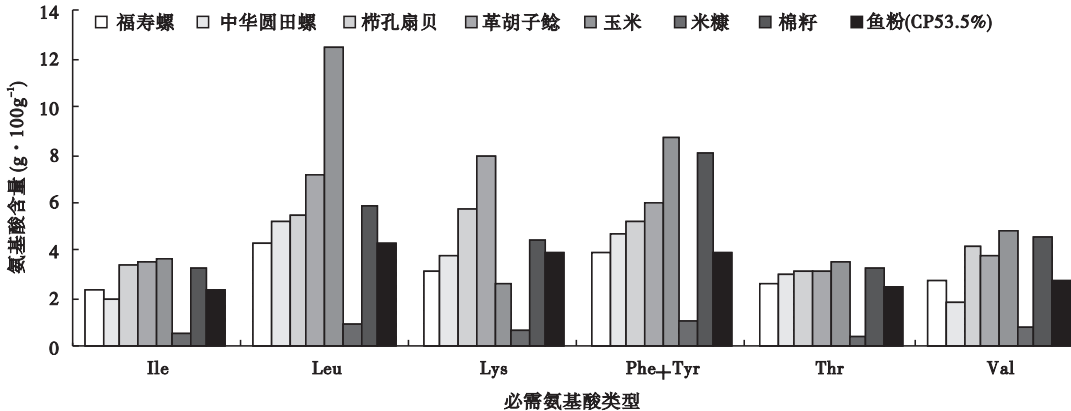


图 1 福寿螺与其他水产品以及饲料原料的必需氨基酸组成比较
Fig.1 Comparison of essential amino acid components between golden apple snails and other feed products

3 讨论

3.1 不同生境对福寿螺营养组成的影响

动物对生境的选择是对多种资源进行权衡并受多种因子共同作用的结果(孙守甲等,2011)。研究表明,3种生境下福寿螺软体部的水分含量均大于81%,而中华圆田螺和铜锈环棱螺的水分含量分别为76.43%和78.30%(李晓英等,2010),福寿螺的水分含量相对较高。不同生境福寿螺的灰分含量存在较大差异,同一物种灰分含量差异较大的现象在栉孔扇贝中也有发现(杨凤影和张弼,2009)。在中华绒螯蟹中,养殖方式显著影响肌肉的灰分含量(张彤晴等,2006),而粪便排泄量少,矿物质相对浓缩会使动物粪便的灰分含量升高(赵霖等,2004),据此推测食源的差异可能是造成福寿螺灰分含量不同的一个重要原因。粗脂肪和粗蛋白的含量从鱼塘、沟渠到水田呈现逐渐下降的趋势,可能是由于鱼塘生境中福寿螺密度较低、螺体较大、稳定生长时间较长而更接近于自然生长环境,沟渠和水田中往往密度较大更接近于养殖环境(何铭谦等,2011a),而养殖福寿螺的粗蛋白含量会显著低于自然种群(赵东海等,2004),所以沟渠和水田中福寿螺粗蛋白含量较低。此外,粗脂肪含量的高低可能与福寿螺的个体大小有一定的相关性(尹绍武和许芳,2001)。不同生境条件下同种规格福寿螺的营养成分含量差异还有待进一步研究。

研究表明,除甘氨酸(Gly)含量稍高于水田福寿螺以外,沟渠福寿螺的各项氨基酸含量都较低,这可能是沟渠福寿螺的密度较大,食物、空间不充足造成的。大量的研究发现,沟渠福寿螺的密度是各个生境中最高的(何铭谦等,2011a,2011b),而随着种群密度的增加生境质量将下降(颜忠诚和陈永林,1998)。鱼塘福寿螺的总氨基酸含量高于其他2种生境,这可能与鱼塘福寿螺本身粗蛋白含量高、积累时间长有一定关系,因为研究发现自然种群的鲜味氨基酸含量和必需氨基酸含量均比养殖种群高(赵东海等,2004)。氨基酸评分和化学评分也呈现出类似的规律,不同生境福寿螺的氨基酸含量存在差异。

动物为了维持自身的生命活动,必须从外界环境中摄取所需要的各种营养物质或含有这些营养物质的饲料(计成,2008)。福寿螺是主要在水环境下生活的软体动物,食性广泛但以鲜绿多汁的植物为

主,尤其是水生维管束植物(敖鑫如,1990)。鱼塘、沟渠和水田3种生境的植物组成、群体密度和水环境都各不相同,而生境因子会综合影响动物的采食选择(童杰等,2012),软体部的营养成分组成与其生存环境有着密切的关系(赵东海等,2004)。而且福寿螺与生境之间有强烈的相互作用(Carlsson *et al.*, 2004), Ca^{2+} 浓度和pH都会影响福寿螺的生长和分布(Glass *et al.*, 2009),此外雌螺摄食率显著高于雄螺(徐武兵等,2011)。可见,不同生境福寿螺的营养成分组成差异可能是食源、水质、空间以及性别比例等多种因素共同作用导致的。

3.2 不同肉色福寿螺的营养组成差异

研究表明,福寿螺肉质依肉色不同而不同。根据孙志坚等(2011)的研究,福寿螺肉色不同的原因主要是黑色颗粒的有无和沉积数量的多少。在水分含量几乎相同的情况下,白肉福寿螺的灰分含量低于黑肉福寿螺,但是粗脂肪和粗蛋白含量高于黑肉福寿螺。水分含量接近的现象与它们生活的环境相同是一致的,粗蛋白含量的不同可能也就导致了其氨基酸含量的不同。但是在粗蛋白较少的情况下,黑肉福寿螺的蛋氨酸(Met)和脯氨酸(Pro)含量多于白肉福寿螺,表明黑肉福寿螺在某些氨基酸含量上可能具有一定的特异性。作为禽畜饲料或饲料原料过程中,应依据肉色不同采取不同的利用方式。

3.3 福寿螺的营养价值评价

从食品营养学角度来看,蛋白质的质量在评价食品营养时十分重要。蛋白质是氨基酸的聚合物,蛋白质营养价值的大小在很大程度上取决于其内的含氮化合物所含的必需氨基酸及比例(戴聪杰等,2005)。研究显示,福寿螺的总体营养价值略低于中华圆田螺、栉孔扇贝和革胡子鲶肌肉的营养价值,也低于植物性原料玉米和棉籽的营养价值,但是远高于米糠。从必需氨基酸的组成看,福寿螺与鱼粉(CP 53.5%)的成分极为接近,这显示了福寿螺作为饲料或饲料原料的可行性。

3种生境福寿螺的营养价值各不相同,虽然沟渠福寿螺的营养价值最低,但是由于沟渠福寿螺种群密度大、生物量大,加之扩散迅速,是福寿螺防治的重点,自然也是利用的重点。而鱼塘和水田福寿螺有较高的营养价值,应该合理加以利用。黑肉福寿螺虽然营养价值不如白肉福寿螺,但是蛋氨酸(Met)和脯氨酸(Pro)等氨基酸含量较白肉福寿螺丰富,而蛋氨酸一般为家禽的第一限制性氨基酸。

这对于在生物防治过程中利用福寿螺作为家禽饲料有重要意义。由于化学含量的评价往往与生物效价存在一定的差异,依据氨基酸含量与参考蛋白质相比接近的程度来评价营养价值大小还不能准确说明相关物质的总体作用,福寿螺作为饲料是否完全满足龟鳖、鱼类以及家禽的营养需求还有待进一步深入研究。

3.4 福寿螺在综合防治中的潜在利用价值

土地利用方式的不同是造成冬季不同地区福寿螺种群密度差异的主要原因之一,控制和治理主要生境是非常重要的防治福寿螺的措施(何铭谦等,2011b)。总体来讲,福寿螺是一种脂肪含量较低的优质蛋白源,可以将其制成干粉饲料,其养殖效果堪比鱼粉饲料(宋红梅等,2009),如鲢鱼、鲑鱼和鳙鱼饲料。喂养试验表明,鱼体的增长率和蛋白质蓄积率比鱼粉高 18.0%、21.0% 和 22.5% (郑建平,1996;张平远,2007),可见福寿螺可代替鱼粉作水产饲料的蛋白源。对福寿螺加以利用,不仅实现了新的动物蛋白来源还可以为控制福寿螺提供经济驱动力。在动物蛋白饲料来源日益紧张的情况下,应在更大范围内积极探索福寿螺作为鱼粉等蛋白饲料替代品的可能性(李小慧等,2009)。在福寿螺综合防治的过程中,应充分考虑福寿螺的潜在利用价值,开发新的利用方式(Viriya-Empikul *et al.*,2010),并根据不同生境以及不同肉色福寿螺的差异科学合理地利用以实现其价值最大化。

参考文献

敖鑫如. 1990. 福寿螺的生活习性 & 养殖试验. 江西大学学报(自然科学版), **14**(2): 30-34.

陈元晓, 陈英杰, 张 闻, 等. 2009. 云南省 4 种淡水贝类的营养成分和经济价值. 四川解剖学杂志, **17**(2): 28-30.

成春到. 2006. 福寿螺是金钱龟的优良饲料. 渔业致富指南, (6): 18.

成丽萍. 2009. 中华鳖与福寿螺的种间关系. 安徽农学通报, **15**(6): 37.

戴聪杰, 何剑锋, 王桂忠, 等. 2005. 南极长城湾南极帽贝的营养组成及评价. 极地研究, **17**(4): 279-284.

何铭谦, 罗明珠, 章家恩, 等. 2011b. 广东福寿螺暴发危害状况调查及防治对策. 贵州农业科学, **39**(1): 100-104.

何铭谦, 宋春秀, 章家恩, 等. 2011a. 广东省典型地区福寿螺越冬后的种群密度调查研究. 中国农学通报, **27**(1): 428-432.

黄仁春, 余丙基, 朱勇夫, 等. 2004. 大口鲶、土鲶、革胡子鲶肌肉营养成份比较. 内陆水产, (10): 22.

计 成. 2008. 动物营养学. 北京市: 高等教育出版社.

李小慧, 胡隐昌, 宋红梅, 等. 2009. 中国福寿螺的入侵现状及防治方法研究进展. 中国农学通报, **25**(14): 229-232.

李晓英, 李 勇, 周淑青, 等. 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.

刘生兴. 2010. 福寿螺危害及其防治技术. 新农村(黑龙江), (5): 75.

沈忠明, 钟显华. 2001. 大瓶螺肉干营养成分研究. 重庆水产, (3): 35-37.

宋红梅, 胡隐昌, 牟希东, 等. 2009. 外来入侵生物福寿螺的生物学特性、危害与防治现状. 广东农业科学, (5): 106-108, 110.

宋红梅, 胡隐昌, 王培欣, 等. 2010. 福寿螺线粒体 DNA CO I 基因序列测定及分类地位. 动物学杂志, **45**(1): 1-7.

孙守甲, 戴 琦, 戴宗兴, 等. 2011. 后河自然保护区周边地区细痣疣螺资源及夏季生境选择. 生态学杂志, **30**(11): 2534-2539.

孙志坚, 曾清香, 张 波, 等. 2011. 中国不同品系福寿螺主要形态比较. 中国人兽共患病学报, **27**(3): 184-189.

童 杰, 刘丙万, 刘松涛, 等. 2012. 内蒙古达赉湖地区蒙原羚冬季采食生境选择. 生态学杂志, **31**(4): 939-942.

王志高, 谭济才, 刘 军, 等. 2009. 福寿螺综合防治研究进展. 中国农学通报, **25**(12): 201-205.

熊本海, 庞之洪, 罗清尧. 2009. 中国饲料成分及营养价值表(2009年第20版)制订说明. 中国饲料, (21): 29-43.

徐建荣, 沈 辉, 李旭光, 等. 2008. 不同品系福寿螺壳色性状的遗传规律分析. 江苏农业科学, (4): 210-212.

徐武兵, 钟秋华, 李林峰, 等. 2011. 雌雄福寿螺取食和对异性选择行为的差异. 生态学杂志, **30**(11): 2528-2533.

颜孙安, 林香信, 钱爱萍, 等. 2010. 化学分析法的理想参考蛋白模式及其化学生物价研究. 中国农学通报, **26**(23): 101-107.

颜忠诚, 陈永林. 1998. 动物的生境选择. 生态学杂志, **17**(2): 43-49.

杨凤影, 张 弼. 2009. 不同地理种群栉孔扇贝营养成分的比较分析. 安徽农业科学, **31**(9): 4073-4075.

杨叶欣, 胡隐昌, 李小慧, 等. 2010. 福寿螺在中国的入侵历史、扩散规律和危害的调查分析. 中国农学通报, **26**(5): 245-250.

杨月欣, 王光亚. 2002. 实用食物营养成分分析手册. 北京: 中国轻工业出版社.

尹绍武, 许 芳. 2001. 福寿螺实用养殖技术. 北京: 金盾出版社.

张平远. 2007. 用福寿螺粉代替鱼粉作水产饲料蛋白源. 现代渔业信息, **22**(11): 35.

张彤晴, 周 刚, 秦 钦, 等. 2006. 不同增殖养殖水体中华绒螯蟹肌体矿物元素比较分析. 淡水渔业, **36**(2): 13-17.

- 赵霖, Windisch W, Roth FX. 2004. 松花粉对粪便特性与肠道菌群影响的实验动物研究//中国营养学会. 中国营养学会第九次全国营养学术会议论文摘要汇编. 北京: 144.
- 赵东海, 王云, 张建平. 2005. 大瓶螺肌肉营养成分分析. 湖北农业科学, (5): 105–107.
- 赵东海, 王京仁, 李淑红. 2004. 苹果螺2种群肌肉营养品质的比较. 水产科学, **23**(6): 34–35.
- 郑建平. 1996. 福寿螺的人工养殖及其干粉代替鱼粉饲喂肉鸡的试验. 粮食科技与经济, (2): 39–42.
- 周维官, 覃国森. 2008. 不同饵料养殖黄喉拟水龟效果的研究. 四川动物, **27**(2): 283–286.
- Bombero-Tuburan I, Fukumoto S, Rodriguez EM. 1995. Use of the golden apple snail, cassava, and maize as feeds for the tiger shrimp, *Penaeus monodon*, in ponds. *Aquaculture*, **131**: 91–100.
- Carlsson NOL, Brönmark C, Hansson L. 2004. Invading Herbivory: The golden apple snail alters ecosystem functioning in Asian wetlands. *Ecology*, **85**: 1575–1580.
- Cazzaniga NJ. 2002. Old species and new concepts in the taxonomy of *Pomacea* (Gastropoda: Ampullariidae). *Biocell*, **26**: 71–81.
- Glass N, Darby P. 2009. The effect of calcium and pH on Florida apple snail, *Pomacea paludosa* (Gastropoda: Ampullariidae), shell growth and crush weight. *Aquatic Ecology*, **43**: 1085–1093.
- Lu S, Zhang Y, Liu HX, et al. 2009. Invasive snails and an emerging infectious disease: results from the first national survey on *Angiostrongylus cantonensis* in China. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, **3**: e368.
- Viriya-Empikul N, Krasae P, Puttasawat B, et al. 2010. Waste shells of mollusk and egg as biodiesel production catalysts. *Bioresource Technology*, **101**: 3765–3767.
-
- 作者简介** 罗渡,男,1985年生,硕士,研究实习员,主要从事外来水生生物监测预警研究. E-mail: luodu2012@163.com
- 责任编辑** 李凤芹
-