

# 脆肉鲩鱼肉与普通鲩鱼鱼肉理化特性比较研究

朱志伟, 李汴生, 阮征, 蒙名燕, 曾庆孝

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东 广州 510640)

**摘要:** 本文从一般化学成分组分、肌肉蛋白质组成、质构特性、鱼肉氨基酸组成及营养价值评价等方面对脆肉鲩与普通鲩进行比较研究。结果发现脆肉鲩肌肉的水分含量低于普通草鱼的, 而粗蛋白、脂肪和灰分含量均比普通草鱼高; 脆肉鲩肌浆蛋白、肌原纤维蛋白和基质蛋白均高于普通草鱼; 脆肉鲩的硬度、咀嚼性、回复性和黏着性比普通草鱼的要高; 除了酪氨酸、精氨酸以及丝氨酸以外, 脆肉鲩肌肉的其它氨基酸含量均高于普通草鱼; 根据 AAS, 脆肉鲩和普通草鱼的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸+胱氨酸, 脆肉鲩的第二限制性氨基酸为缬氨酸, 而普通草鱼的第二限制性氨基酸为亮氨酸。

**关键词:** 脆肉鲩; 普通鲩; 理化特性

中图分类号: TS254.1; 文献标识码: A; 文章编号: 1673-9078(2008)02-0109-05

## Differences in the Physicochemical Characteristics between the muscles of *Ctenopharyngodon idellus* C. et V and *Ctenopharyngodon idellus*

ZHU Zhi-wei, LI Bian-sheng, RUAN Zheng, MENG Ming-yan, ZENG Qing-xiao

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** The differences in general chemical components, TPA value, muscle protein components, amino acid components and nutritional evaluation between muscles of *Ctenopharyngodon idellus* C. et V and *Ctenopharyngodon idellus* were investigated. The results showed that water content in *Ctenopharyngodon idellus* C. et V muscle was lower than that in *Ctenopharyngodon idellus* muscle, while the contents of protein, lipid and ash in the former were higher than those in the latter. Besides, the contents of sarcoplasmic protein, myofibrillar protein and stroma protein in *Ctenopharyngodon idellus* C. et V muscle were higher than those in *Ctenopharyngodon idellus* C. et V. And the hardness, chewiness, resilience and adhesiveness of *Ctenopharyngodon idellus* C. et V muscle were higher than those of *Ctenopharyngodon idellus*. Besides, the amino acids contents in *Ctenopharyngodon idellus* C. et V muscle were higher than those in *Ctenopharyngodon idellus* except Tyr, Arg and Ser. According to amino acid score, the first limiting amino acids in the two kinds of muscles were Met and Cys, while the second limiting amino acid was Val in *Ctenopharyngodon idellus* C. et V and Leu in *Ctenopharyngodon idellus*, respectively.

**Key words:** *Ctenopharyngodon idellus* C. et V; *Ctenopharyngodon idellus*; physicochemical qualities

草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*) 又名草根鲩鱼、草青等, 属于鲤形目、鲤科、草鱼属, 是我国四大家鱼 (青鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼) 之一。1973 年中山“五七”干校 (今长江管理区) 将草鱼脆化养殖, 即通过喂蚕豆使其肉质变脆, 脆化养殖成功的草鱼称“脆肉鲩”或“脆化鲩” (*Ctenopharyngodon idellus* C. et V)。脆肉鲩肉质紧密而脆, 鱼肉丝不易拉断。脆肉鲩是中国广东省特色产品, 广东省中山市东升镇被称为“中国脆肉鲩之乡”。

收稿日期: 2007-10-19

项目资助: 广州市科技计划项目 (2006C13G0171); 广东省科技计划项目 (2006B20401004)

作者简介: 朱志伟 (1974-), 男, 博士, 讲师, 主要从事食品科学与工程的研究

目前脆肉鲩一般以鲜活方式进行运输, 但随着脆肉鲩产量及市场需求的迅速增加, 急需对加工技术进行研究。脆肉鲩物性特征决定加工技术的运用, 而目前对脆肉鲩的物性 (蛋白质组成、质构特性及营养等) 方面的研究存在空白。本文对脆肉鲩和草鱼进行比较分析, 说明两者之间理化特性差异, 为加工技术的合理运用提供支持。

### 1 材料和方法

新鲜脆肉鲩, 鱼体平均体重 4.5 kg 左右; 新鲜草鱼, 体重 2.5 kg 左右, 均购自广州黄沙水产市场。

#### 1.1 一般化学成分的测定

水分含量测定采用常压烘箱干燥法, 依照 GB5009.3-2003<sup>[1]</sup>进行; 蛋白质含量测定采用微量凯氏

定氮法, 依照 GB5009.5-2003<sup>[2]</sup>进行; 脂肪含量测定采用索氏抽提法, 依照 GB5009.6-2003<sup>[3]</sup>进行; 灰分含量测定采用直接灰化法, 依照 GB5009.4-2003<sup>[4]</sup>进行。

### 1.2 蛋白质成分的分离和测定

参照 Hashimotok<sup>[5]</sup>等的测定方法, 测定含量均采用半微量凯氏定氮法。

### 1.3 氨基酸含量的测定

采用高效液相色谱法, 仪器: Waters 美国高效液相色谱; 分析柱: PIOC.TAG 氨基酸分析柱; 温度: 38 ℃; 检测波长: 254 nm; 流速: 1 mL/min。

### 1.4 质构特性的测定

采用 TA-XT2i 型质构仪 (英国 SMS 公司) 进行测定。测定时取鱼身背部的鱼片, 切成 2.0×2.0×1.0 cm 规格进行测定, 测定前将样品在室温下放置 0.5 h, 为剔除低温影响使样品充分回复。硬度值测定平行 5 次。测定条件为, 探头型号: P35; 测前速率: 1.00 mm/s; 测试速率: 1.00 mm/s; 测后速率: 1.00 mm/s; 测定距离: 鱼片厚度的 30%; 探头两次测定间隔时间: 5.00 s; 数据采集速率: 400.00 pps; 触发类型: 自动。

### 1.5 肌肉营养价值评价方法

根据 FAO/WHO (1973)<sup>[6]</sup>提出的氨基酸评分标准模式和鸡全卵蛋白质的氨基酸模式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):

$$AAS = \frac{\text{受试蛋白质氨基酸含量}}{\text{FAO/WHO评分标准式中同种氨基酸含量}}$$

$$CS = \frac{\text{受试蛋白质氨基酸含量}}{\text{鸡全卵蛋白质中同种氨基酸含量}}$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100 a}{ae} \times \frac{100 b}{be} \times \dots \times \frac{100 i}{ie}}$$

式中, n 为比较的必需氨基酸个数, a、b、c、……、i 为等评蛋白质的必需氨基酸含量 (mg/g Pro.), ae、be、ce、……、ie 为鸡全卵蛋白质的必需氨基酸含量 (mg/g Pro.)。

### 1.6 数据处理

采用 SPSS 12.0 for Windows 和 Excel 进行数据处理, 结果采取均值±标准差形式。指标内部的均值比较采用最小显著差异法 (least significant difference, LSD), 取 95% 置信度 (p<0.05) 或 99% 置信度 (p<0.01)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 肌肉的一般化学组分的组成与能值

由表 1 可以看出, 脆肉鲩、普通草鱼以及其它鱼类在肌肉化学组成上存在一定的差异。脆肉鲩的粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分含量均高于普通草鱼, 而水

分含量要低一些。脆肉鲩粗蛋白含量为 19.02%, 比普通草鱼高出 1.65%。普通草鱼脂肪含量较脆肉鲩脂肪含量低 0.27%。

表 1 脆肉鲩、草鱼和其他鱼类一般化学组分

Table 1 The general chemical components of *Ctenopharyngodon idellus* C. et V and *Ctenopharyngodon idellu*

名称	水分/%	粗蛋白/%	粗脂肪/%	粗灰分/%
草鱼	77.67±0.28	17.37±1.24	3.21±0.73	1.09±0.08
脆肉鲩	73.72±0.12	19.02±0.88	3.48±0.51	2.21±0.11

### 2.2 蛋白质组分分析

表 2 脆肉鲩和普通草鱼的蛋白质组分 (10<sup>-2</sup>g/g, 湿重)

Table 2 Muscles protein components of *Ctenopharyngodon idellus* C. et V and *Ctenopharyngodon idellus*

蛋白种类	脆肉鲩	普通草鱼
浸出蛋白	1.83	1.69
	9.62*	9.73*
肌浆蛋白	3.53	2.82
	18.56*	16.23*
肌原纤维蛋白	10.42	8.78
	54.78*	50.55*
碱溶性蛋白	2.46	3.28
	12.93*	18.88*
基质蛋白	0.74	0.46
	3.89*	2.65*

\*各种蛋白质组分占总蛋白的含量, %

由表 2 可知, 脆肉鲩和普通草鱼在蛋白质组成上均存在较大差异, 脆肉鲩的肌原纤维蛋白、基质蛋白、浸出物蛋白和肌浆蛋白含量均高于普通草鱼, 尤其是基质蛋白含量为普通草鱼的 1.6 倍, 脆肉鲩的肌原纤维蛋白含量较普通草鱼高 4.23%。

鱼肉蛋白质组分中, 浸出物蛋白是存在于肌肉浸出物中的低分子肽类、游离氨基酸、核苷酸及其相关物质、氧化三甲胺、尿素等含氮物质; 肌浆蛋白由肌原纤维细胞质中存在的蛋白质和代谢中的各蛋白酶以及色素等蛋白构成; 肌原纤维蛋白是支撑肌肉运动的结构蛋白质, 其中, 由肌球蛋白为主构成肌原纤维的粗丝, 由肌动球蛋白为主构成肌原纤维的细丝; 肌基质蛋白是由胶原蛋白、弹性蛋白和连接蛋白构成的结缔组织组成蛋白<sup>[7]</sup>。

脆肉鲩的肌原纤维蛋白占总蛋白的 54.78%, 基质蛋白占总蛋白的 3.89%; 普通草鱼的肌原纤维蛋白占总蛋白的含量的 50.55%, 基质蛋白含量占总蛋白的 2.65%。一般来说, 肌原纤维蛋白的含量越高, 鱼肉的嫩度、弹性较好; 基质蛋白含量多, 鱼肉的硬度较

高，而脆肉鲩的肌原纤维蛋白、基质蛋白均比普通草鱼的高，因此可以推测，蛋白质组分的变化是引起脆肉鲩鱼肉与普通草鱼口感上差异的原因之一。

### 2.3 脆肉鲩和普通草鱼肌肉的质构特性分析

由表 3 可知，脆肉鲩鱼肉和草鱼鱼肉的质构特性存在显著差异 ( $p < 0.05$ )。硬度定义为给定变形率下样品对于压缩的抵抗力；黏着性定义为食品表面与其接触物质的吸引力；耐咀性定义为食品从可咀嚼状态到可吞咽状态时所需的能量，是由硬度、内聚性与弹性的乘积获得。回复性定义为样品在第一次压缩过程中回弹的能力，是第一次压缩返回过程中样品所释放的弹性能与压缩时探头的耗能之比。

脆肉鲩的硬度、耐咀性和回复性比普通草鱼的分别高出 14.4%、10.6%、2.75%；黏着性的绝对值比普通草鱼的低 38.7%，而表 2 中数据表明，脆肉鲩的肌原纤维蛋白含量较普通草鱼高 4.23%，基质蛋白含量较普通草鱼高 1.24%，可以推测正是由于脆肉鲩与普通草鱼蛋白质结构组成的不同，导致两者在质构特性上表现出显著差异。

表 3 脆肉鲩和普通草鱼肌肉的 TPA 指标值

Table 3 TPA value of *Ctenopharyngodon idellus* C. et V and

*Ctenopharyngodon idellus*

样品	硬度/g	黏着性/g.s	咀嚼性/g.s	回复性/%
脆肉鲩	1137.1±78.23	-26.07±4.14	730.51±42.58	0.917±0.045
普通草鱼	973.5±92.33	-36.17±3.79	650.47±56.83	0.892±0.019

### 2.4 肌肉的氨基酸组成

由表 4 可以看出，脆肉鲩和草鱼在肌肉氨基酸含量上存在显著差异 ( $p < 0.05$ )，在 100 g 鲜样的脆肉鲩和草鱼肌肉中氨基酸的总量分别为 18.028 g 和 16.804 g，脆肉鲩总氨基酸含量比普通草鱼要高出 1.224 g。其中，在 100 g 鲜样的脆肉鲩和草鱼肌肉中人体必需氨基酸的含量分别为 7.22 g 和 6.324 g，脆肉鲩肌肉中的必需氨基酸含量比普通草鱼的要高出 0.896 g。除了酪氨酸、精氨酸以及丝氨酸以外，脆肉鲩的其它氨基酸含量均高于普通草鱼。

由表 4 可以看出，脆肉鲩中必需氨基酸占总氨基酸的比值 (EAA/TAA) 为 40.05%，必需氨基酸与非必需氨基酸的比值 (EAA/NEAA) 为 66.80%，较普通草鱼高 (37.634%，60.344%)。根据 FAO/WHO 的理想模式，质量较好的蛋白质其氨基酸组成为 EAA/TAA 40% 左右，而 EAA/NEAA 在 60% 以上<sup>[8]</sup>。该结果表明在脆肉鲩肌肉中 EAA 组成比例与 FAO/WHO 建议的需要模式基本一致，并且必需氨基酸总量均高于人体需要模式含量，脆肉鲩肌肉是一种营养价值较高的食

物蛋白。

表 4 脆肉鲩和草鱼氨基酸含量的比较 (10<sup>-2</sup>g/g, 湿重)

Table 4 Amino acid components of *Ctenopharyngodon idellus* C.

et V and <i>Ctenopharyngodon idellus</i>		
氨基酸	草鱼	脆肉鲩
异亮氨酸*	0.852	0.998
亮氨酸*	1.062	1.45
赖氨酸*	1.697	1.707
蛋氨酸*	0.406	0.578
胱氨酸	-	-
苯丙氨酸*	0.628	0.714
酪氨酸	0.594	0.428
苏氨酸*	0.904	0.944
色氨酸*	-	-
缬氨酸*	0.775	0.829
精氨酸	1.204	1.15
组氨酸	0.466	0.551
丙氨酸**	0.922	1.036
天冬氨酸**	1.536	1.727
谷氨酸**	3.061	3.107
甘氨酸**	0.946	1.177
脯氨酸	0.933	1.073
丝氨酸	0.818	0.559
TAA	16.804	18.028
EAA	6.324	7.22
EAA/TAA/%	37.634	40.049
EAA/NEAA/%	60.344	66.802
DTAA	6.465	7.047
DTAA/TAA/%	38.47	39.09

\*为人体必需的氨基酸；\*\*为鲜味氨基酸；TAA - 总氨基酸含量；EAA-必需氨基酸含量；NEAA-非必需氨基酸含量；DTAA-鲜味氨基酸总含量。

由表 4 可以看出，脆肉鲩的鲜味氨基酸含量为 7.047 g/100 g，比草鱼含量 (6.465 g/100 g) 高 9.0%，比青鱼的含量 (6.667 g/100 g) 高 5.7%。而四种鲜味氨基酸中，脆肉鲩谷氨酸最高，为 3.107 g/100 g，占总的鲜味氨基酸的 44.1%。鲜味氨基酸占氨基酸总量的比值 (DTAA/TAA)，脆肉鲩 (39.09%) 仅次于鲫鱼 (40.01%)<sup>[8]</sup>，比草鱼 (38.47) 的高 0.6 个百分点，比青鱼的高 2.7 个百分点。因此可以推测，氨基酸组分的变化是引起脆肉鲩鱼肉与草鱼口感上差异的另外一个原因。

### 2.5 肌肉营养价值评价

将表 4 中必需氨基酸的含量换算成每克蛋白质中

含氨基酸毫克数如表 5 所示。从表 6 和表 7 可知, 根据 CS, 脆肉鲩和普通草鱼的第一限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸, 第二限制性氨基酸为缬氨酸; 根据 AAS, 脆肉鲩和普通草鱼的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸+

胱氨酸, 脆肉鲩的第二限制性氨基酸为缬氨酸, 而普通草鱼的第二限制性氨基酸为亮氨酸。与其它常见鱼类相比也略有区别, 但第一、第二限制氨基酸基本上在蛋氨酸+胱氨酸、缬氨酸、苏氨酸和亮氨酸之间。

表 5 脆肉鲩、普通草鱼肌肉蛋白的必需氨基酸组成

Table 5 Composition of essential amino acid of *Ctenopharyngodon idellus* C. et V and *Ctenopharyngodon idellus* (mg/g Pro)

种类	Lys	Ile	Lev	Val	Thr	Met+Cys	Phe+Tyr	总分
鸡蛋蛋白	56	50	92	68	52	50	91	-
FAO/WHO 标准	55	40	70	50	40	35	60	-
脆肉鲩	89.75	52.47	76.24	43.59	49.63	30.39	60.04	-
草鱼	97.7	49.05	61.14	44.62	52.04	23.37	70.35	-

表 6 脆肉鲩、普通草鱼肌肉蛋白的氨基酸评分

Table 6 AAS for *Ctenopharyngodon idellus* C. et V and *Ctenopharyngodon idellus*

种类	Lys	Ile	Lev	Val	Thr	Met+Cys	Phe+Tyr	总分
脆肉鲩	1.632	1.312	1.089	0.872**	1.241	0.868*	1.001	8.014
普通草鱼	1.776	1.226	0.873**	0.892	1.301	0.668*	1.173	7.910

表 7 脆肉鲩、普通草鱼肌肉蛋白的化学评分和必需氨基酸指数

Table 7 CS for *Ctenopharyngodon idellus* C. et V and *Ctenopharyngodon idellus*

种类	Lys	Ile	Lev	Val	Thr	Met+Cys	Phe+Tyr	总分	EAAI
脆肉鲩	1.603	1.049	0.829	0.641**	0.954	0.608*	0.660	6.344	85.79
普通草鱼	1.745	0.981	0.665	0.656**	1.001	0.467*	0.773	6.288	82.79

注: 加\* 表示为第一限制性氨基酸, 加\*\*表示为第二限制性氨基酸。

CS 分析中, 根据食物蛋白质中最低氨基酸评分为该蛋白质得分的评分原则, 脆肉鲩氨基酸评分为 0.608 (60.8 分), 比普通草鱼的评分 (46.7 分) 高。根据 AAS 和 CS, 脆肉鲩氨基酸总分分别为 8.014 和 6.344, 稍高于普通草鱼的 7.910 和 6.288。脆肉鲩的 AAS 多数大于或接近于 1, 表明脆肉鲩肌肉氨基酸组成与人体需求模式 (FAO 模式) 基本平衡, 为理想的蛋白源。

必需氨基酸指数 (EAAI) 是评价蛋白质营养价值最常用的指标之一, 它以鸡蛋蛋白质必需氨基酸为参评标准。计算的结果表明, 脆肉鲩的 EAAI (85.79) 高于普通草鱼的 EAAI (82.79), 同时与多种其它鱼类相比具有较高的 EAAI<sup>[9]</sup>, 表明脆肉鲩和普通草鱼必需氨基酸组成比例趋近于鸡蛋蛋白质。

脆肉鲩肌肉蛋白中氨基酸的支/芳值比较高为 2.87, 普通草鱼为 2.20, 大黄鱼为 2.50, 小黄鱼为 2.24, 高支、低芳氨基酸及混合物具有保肝作用。正常人及哺乳动物的支/芳值为 3~3.5, 当肝受损伤时, 则降为 1.0~1.5。脆肉鲩肌肉的支/芳值较高, 从这一点看符合人体健康理想食品标准。

### 3 小结

(1) 脆肉鲩和普通草鱼在蛋白质组成上均存在较大差异, 脆肉鲩的肌原纤维蛋白、基质蛋白、浸出物蛋白和肌浆蛋白含量均高于普通草鱼, 尤其是基质蛋白含量为普通草鱼的 1.6 倍, 脆肉鲩的肌原纤维蛋白含量较普通草鱼高 4.23%。

(2) 脆肉鲩鱼肉和草鱼鱼肉的质构特性存在显著差异 ( $p < 0.05$ ), 脆肉鲩的硬度、咀嚼性和回复性比草鱼的分别高出 14.4%、10.6%、2.7%; 黏着性的绝对值比草鱼的低 38.7%。

(3) 脆肉鲩和草鱼在肌肉氨基酸含量上存在显著差异 ( $p < 0.05$ ), 每 100 g 脆肉鲩鱼肉总氨基酸含量比普通草鱼要高。脆肉鲩肌肉中 EAA 组成比例与 FAO/WHO 建议的需要模式基本一致, 是一种营养价值较高的食物蛋白。除了酪氨酸、精氨酸以及丝氨酸以外, 脆肉鲩的其它氨基酸含量均高于普通草鱼。脆肉鲩中必需氨基酸占总氨基酸的比值, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值较普通草鱼高。

(下转第 119 页)