彩鲷和普通罗非鱼不同部位营养及质构特性的研究

林婉玲[1,2]，关熔[1]，曾庆孝[1]，朱志伟[1]

（1.华南理工大学轻工与食品学院，广东广州 510640）（2.中山大学生命科学学院，广东广州 510275）

摘要：通过对彩鲷和普通罗非鱼背部、腹部和尾部肌肉的基本营养成分、氨基酸、营养价值及质构特性的研究，评价两种鱼不同部位的营养与质构特性。研究结果表明，两种罗非鱼背部的蛋白质、必需氨基酸含量、化学评分、必需氨基酸指数和氨基酸评分均最高，这表明背部肌肉的营养价值最高，最适合作为人体补充营养的部位；彩鲷背部和尾部肌肉蛋白质的含量和必需氨基酸的含量比普通罗非鱼高，并且除了蛋氨酸和胱氨酸外，其余 7 种氨基酸的含量均高于 FAO/WHO 模式，氨基酸总评分和必需氨基酸指数均比普通罗非鱼高。另外，彩鲷罗非鱼背部肌肉的硬度、弹性、胶粘性、咀嚼性和回复性均比普通罗非鱼高，总体质构特性比普通罗非鱼好。

关键词：彩鲷罗非鱼；营养评价；质构；不同部位

文章篇号：1673-9078(2011)1-16-21

Nutrition and Textural Properties of Different Parts of Caidiao Tilapia (*Sarotherodon sp*) and Common Tilapia (*Tilapia nilotica linnaeus*)

LIN Wan-ling[1,2], GUAN Rong[1], ZENG Qing-xiao[1], Zhu Zhi-wei[1], JIANG Jin-jin[1]

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

(2.College of Life Sciences, SUN Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Proximate analysis, amino acid, nutritional value and textural properties in different parts of caidiao tilapia and common tilapia were analyzed to evaluate the nutrition and texture of two tilapias. The highest protein content, essential amino acids (EAA) content, chemical score (CS), essential amino acid index (EAAI) and amino acid score (AAS) were found in dorsal position of two tilapias than in ventral and tail position, indicating that the dorsal part of tilapias was the most suitable for the human body as a nutritional supplement. The protein content and EAA content of caidiao tilapia were higher than those of common tilapia. More importantly, the seven EAA contents were higher than FAO/WHO pattern, except methionine and cystine. And AAS and EAAI of caidiao tilapia were higher than those of common tilapia. In addition, the hardness, springiness, gumminess, chewiness and resilience of caidiao tilapia were higher than those of common tilapia, which indicated that the total textural characteristics of caidiao tilapia were better than those of common tilapia.

Key words: caidiao tilapia, nutritional evaluation, textural characteristic, different parts

罗非鱼是我国主要淡水养殖品种，我国罗非鱼总产量从 1995 年的 30 万 t 增加到 2007 年的 113 万 t，约占世界罗非鱼总产量的 55%。广东省是我国最大的罗非鱼养殖基地和产量最高的省份，目前，广东罗非鱼的年产量已超过 50 万 t，约全国产量的 50%。我国罗非鱼主要是依靠出口。2007 年，我国罗非鱼出口量为 21.5 万 t，广东省的出口量就达到了 12.8 万 t。但是随着罗非鱼养殖的全球化和贸易壁垒的加重，我国罗非鱼的出口面临更多的问题。在这种情况下，通过提高养殖技术和改善罗非鱼品质，安全和味美是罗非鱼发展的一种新出路。澳洋彩鲷罗非鱼(*Sarotherodon sp*)是用奥尼罗非鱼为种苗饲养，通过饲养含有杜仲素、螺旋藻配合饲料，并在养殖过程中对放养密度、水质、投饵等条件的合理控制的一种罗非鱼。这种罗非鱼在 2003 年由广州澳洋实业有限公司试养成功以后，由于它比普通罗非鱼的肉质鲜美，具有普通罗非鱼所没有的优良品质，所以命名为澳洋彩鲷罗非鱼，下文均简称为彩鲷，并经大力推广，到 2006 年养殖基地已达到 1 万亩，产量 1.5 万 t。虽然目前彩鲷的品质优于普通的罗非鱼，并且价格也比普通罗非鱼高出一倍以上，但是关于彩鲷的营养成分、营养评价和质构

收稿日期：2010-09-21

基金项目：广东省教育部产学研结合项目（2009B090300184）；广东省科技计划项目农业攻关（2009B020410002）

作者简介：林婉玲（1979-），女，博士，助理研究员，研究方向：食品工程与功能食品

特性的资料尚缺乏，不利于彩鲷罗非鱼产业化的推广。所以本文通过对彩鲷和普通罗非鱼肌肉不同部位营养成分价值的分析和评价，并对其质构特性进行分析，为彩鲷的产业化推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

彩鲷和普通罗非鱼均由广州市澳洋实业有限公司提供。彩鲷和普通罗非鱼在相同的条件下喂养不同的饲料到 800±78 g，然后分四批取样，每次每种取 5 条，然后测定各种指标。彩鲷和罗非鱼从澳洋实业有限公司的养殖基地捕获后直接用冰保鲜运到本实验室，立即宰杀。去头和内脏之后，用流动水将样品清洗干净后去骨和切片，然后立即将鱼片置于 0 ℃保鲜。所有样品在当天内处理完。

1.2 主要仪器及设备

TA-XT2i型质构仪(英国Stable Micro Systems Co.)；Himac CR22冷冻离心机(日本Hitachi Co.)；高效液相色谱仪(美国Waters Co.)。

1.3 实验方法

1.3.1 肌肉主要营养成分测定

1.3.1.1 基本化学成分的测定

将鱼背两侧的肌肉绞碎混合均匀，备用。水分含量的测定用常压烘箱干燥法，依照 GB5009.3-85 进行；脂肪含量测定采用索氏抽提法，依照GB/T5009.6-2003 食品中脂肪的测定进行；粗蛋白质含量测定采用微量凯氏定氮法，依照 GB/T5009.5-2003 食品中蛋白质的测定进行。

1.3.1.2 氨基酸和游离氨基酸的测定

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

1.3.2 质构特性的测定

样品采用 TA-XT2i 型质构仪进行 TPA 测定。测定时取鱼各部位的鱼片，切成 2.0 cm×2.0 cm×1.0cm 规格。探头为 P35 的圆柱型探头，测试前速度（Pre-test speed）为 2 mm/ s；测试后速度（Post-test speed）为 5 mm/ s；测试速度（Test speed）为 1 mm/s；测定间隔时间为 5 s；压缩比为 30%；启动形式（Trigger Type）为 auto~20 g；数据获得速率（Data Acquisition Rate）为 400.00 pps。TPA 值测定平行 10 次。

1.3.3 肌肉营养价值评价方法

根据 FAO/WHO[1]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(1)~(3)公式计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)：

$$AAS=AA_T/AA_S \quad (1)$$

$$CS=AA_T/AA_{CA} \quad (2)$$

$$EAAI=\sqrt[n]{\frac{100a}{ae}\times\frac{100b}{be}\times\cdots\cdots\times\frac{100i}{ie}} \quad (3)$$

式中，AA_T 为受试蛋白质氨基酸含量(mg/g)；AA_S 为 FAO/WHO 评分标准式中同种氨基酸含量(mg/g)；AA_{CA} 为鸡全卵蛋白质中同种氨基酸含量(mg/g)；n 为比较的必需氨基酸个数；a、b、c、……、i 为鱼肉蛋白质的必需氨基酸含量(mg/g)；ae、be、ce、……、ie 为鸡全卵蛋白质的必需氨基酸含量(mg/g)。

1.4 数据处理

数据采用 Microsoft Excel 2003 及统计软件 SPSS 13.0 统计软件进行处理与分析，采用 t 检验和 Pearson 相关系数进行显著性和相关分析。

2 结果与讨论

2.1 肌肉基础营养成分

彩鲷和普通罗非鱼在肌肉化学成分上存在一定的差异，特别是水分、脂肪和蛋白质的含量。从表 1 可以看出，彩鲷背部、腹部和尾部的水分含量均比普通罗非鱼低，分别低 1.22%、4.48%和 1.57%，并且两种鱼各部位之间的水分含量差异显著（$p<0.05$）。在这两种罗非鱼中，均是尾部的水分含量最高，其次是背部，最低为腹部。腹部的水分含量与背部和尾部之间的水分含量均差异性非常显著（$p<0.008$）。这与 Mohan[2] 等的研究相似，Mohan 等在对鲭的研究中发现，鲭鱼尾部肌肉的水分含量比背部的水分含量高。两种鱼各部位之间和各种鱼各部位之间的灰分含量差异性均不显著，但从实验结果来看，彩鲷各部位的灰分含量均高于普通罗非鱼，这表明彩鲷鱼肉中矿物质含量比普通罗非鱼的高。

脂肪含量是影响鱼肉口感的重要因素。从表 1 可以看出，在这两种鱼中，腹部脂肪含量均最高，其次是尾部，最少是背部。彩鲷各部位脂肪含量之间的差异性显著，特别是腹部与背部和尾部的脂肪含量之间的差异性非常显著（$p<0.00001$）。普通罗非鱼各部位的脂肪含量也不同，同样是腹部的含量最高，其次是尾部，最少是背部。通常鱼腹部肌肉的脂肪含量比背部和尾部的含量多[3]。彩鲷各部位的脂肪含量均比普通罗非鱼高，特别是腹部的脂肪含量更高，比普通罗非鱼高出 39.45%，两种鱼腹部的脂肪含量差异性非常显著（$p<0.01$），其它部位相对较低，背部和尾部各高出 21.82%和 28.07%。鱼肉中的脂肪含量的差异可能

与鱼肌肉中的性腺多少有关。Nakamura[4]等人在鲭鱼的研究中发现，鲭鱼的脂肪含量与性腺发达有关，性腺越发达，脂肪越容易在鲭鱼体中积累。这说明一定量的杜仲素和螺旋藻对罗非鱼的性腺有一定的影响。蛋白质是鱼肉的主要成分，同时也是作为鱼肉主要的氨基酸来源。从彩鲷和普通罗非鱼的测定结果来看，彩鲷的背部和尾部的蛋白质含量比普通罗非鱼分别高0.4%和 1.69%，腹部的蛋白质含量却比普通罗非鱼低6.71%，两种鱼三个部位之间的差异性不显著（p>0.05）。在彩鲷和普通罗非鱼中，各部位的蛋白质含量都是背部>尾部>腹部。彩鲷腹部的蛋白质含量与背部和尾部之间的差异性非常显著（p<0.003）,但背部与尾部之间的差异性不显著（p>0.05）；普通罗非鱼腹部的蛋白质含量与背部和尾部的含量差异性不显著，而背部和尾部的显著性差异不是很明显（p=0.04）。从两种罗非鱼基本营养组分的差异说明杜仲素和螺旋藻能提高背部和尾部的蛋白质含量，这与罗庆华等[5~6]的研究相似。他们分别对鲤鱼和草鱼的研究中发现，在鱼饲料中添加杜仲粉能够提高鱼肉中的蛋白质和降低脂肪含量。但是，在本研究中，通过喂养含有杜仲素和螺旋藻饲料的彩鲷的脂肪含量却比喂养普通饲料的罗非鱼的高，这与罗庆华等人的研究结果相反，对于杜仲素和螺旋藻对罗非鱼脂肪的影响有待于进一步的研究。

表 1 彩鲷和普通罗非鱼肌肉背部、腹部和尾部基本营养成分的比较

Table 1 The comparison of moisture, crude ash, fat and protein contents of the dorsal, ventral and caudal positions in tilapia and common tilapia

样品	彩鲷			普通罗非鱼		
	背部	腹部	尾部	背部	腹部	尾部
水分/%	77.19±0.24^{a}	70.06±2.97^{b}	77.68±0.50^{c}	78.13±0.15^{a}	73.20±0.7^{b}	78.92±0.95^{c}
灰分/%	1.08±0.01^{a}	1.00±0.34a	1.03±0.04a	0.99±0.09^{a}	0.96±0.14^{a}	0.95±0.06^{a}
脂肪/%	1.65±0.18^{a}	12.42±0.46^{b}	2.28±0.09c	1.29±0.50^{a}	7.52±0.35^{b}	1.64±0.39^{c}
蛋白质%	19.31±0.37^{a}	17.13±0.38^{b}	18.89±0.37^{c}	19.24±0.37^{a}	18.28±0.85^{a}	18.57±0.56^{a}

注：同一行右上角的不同英文字母表示显著性差异（p<0.05）。

2.2 氨基酸和游离氨基酸的含量

从表 2 可以看出，彩鲷和普通罗非鱼的氨基酸种类一致，共有 17 种，其中谷氨酸的含量最高，其次是天冬氨酸，半胱氨酸的含量最低，但两种罗非鱼中的各种氨基酸的含量不一致。从总氨基酸含量来看，彩鲷背部的氨基酸总量比普通罗非鱼的稍低，两者之间差异不显著（p>0.05）。彩鲷腹部和尾部的氨基酸总量却比普通罗非鱼的高，分别高出 1.23%和 17.70%。两种鱼不同部位的总氨基酸含量的高低顺序都是背部>腹部>尾部。虽然彩鲷背部的总氨基酸含量比普通罗非鱼低，但是必需氨基酸含量却比普通罗非鱼高 1.83%，特别是尾部的必需氨基酸含量，比普通罗非鱼高 20.48%。这说明彩鲷肌肉的营养价值比普通罗非鱼的高。从所占总氨基酸含量来看，彩鲷背部的必需氨基酸占总氨基酸的 35.93%，比普通罗非鱼的背部含量高 2.34%；彩鲷尾部的必需氨基酸含量更高，占总氨基酸量的 36.21%，比普通罗非鱼所占的总量高 3.37%，彩鲷背部的必需氨基酸与非必需氨基酸的比值比普通罗非鱼的高出 3.57%，尾部的高出 5.21%，这说明彩鲷肌肉是一种比普通罗非鱼营养价值更高的鱼肉。在必需氨基酸中，彩雕肌肉中的赖氨酸含量最高，不论是在背部、腹部还是尾部肌肉，均比普通罗非鱼的高。赖氨酸是人体第一必需氨基酸，在人体新陈代谢过程中有重要的作用[7]，而人体常摄入的谷类食物最缺乏的氨基酸一般是赖氨酸，所以彩鲷中高含量的赖氨酸可以与人体常摄入的蛋白质起互补作用，从而提高蛋白质的利用价值。从呈味氨基酸的含量来看，谷氨酸的含量最高，其次是天冬氨酸、精氨酸、丙氨酸和脯氨酸。这些氨基酸对鱼类鲜味的影响比较复杂，谷氨酸被认为对鱼的风味起重要的作用[8]，具有鲜味[9]。彩鲷背部的鲜味氨基酸比普通罗非鱼低 7.89%，但腹部和尾部的氨基酸含量却比普通罗非鱼分别高 10.38%和 10.97%。彩鲷背部中的谷氨酸含量比普通罗非鱼中的低，彩鲷背部肌肉的谷氨酸含量比普通罗非鱼的低 3.98%，但腹部和尾部的肌肉却比普通罗非鱼的分别高 17.12%和 14.6%，这说明在氨基酸组成中，谷氨酸可能是影响彩鲷总体鲜味的主要原因。丙氨酸和脯氨酸是略带苦味的甜味氨基酸，在彩鲷中这两种氨基酸背部和尾部的含量均比普通罗非鱼高，但腹部的含量比普通罗非鱼稍低。精氨酸是一种苦味氨基酸，有增加呈味的复杂性、程度和提高鲜度的作用[10]。彩鲷背部和尾部的精氨酸含量分别比普通罗非鱼的高 10.86%和 20.71%，腹部两者含量一致，这说明精氨酸也是影响彩鲷鲜味的主要氨基酸之一。

表 2 彩鲷和普通罗非鱼肌肉背部、腹部和尾部的氨基酸含量

Table 2 The contents of amino acids in the dorsal, ventral and caudal positions of caidiao tilapia and common tilapia

氨基酸	彩鲷			普通罗非鱼		
	背部	腹部	尾部	背部	腹部	尾部
苏氨酸 Thr	0.97±0.11	0.84±0.08	0.84±0.10	0.94±0.12	0.86±0.10	0.69±0.15
缬氨酸 Val	0.91±0.02	0.79±0.10	0.81±0.07	0.93±0.11	0.82±0.05	0.68±0.12
蛋氨酸 Met	0.50±0.04	0.38±0.10	0.47±0.09	0.54±0.08	0.42±0.01	0.29±0.10
异亮氨酸 Ile	0.82±0.02	0.70±0.09	0.73±0.10	0.86±0.15	0.71±0.08	0.58±0.07
亮氨酸 Leu	1.40±0.21	1.21±0.16	1.24±0.11	1.37±0.09	1.21±0.12	1.02±0.05
苯丙氨酸 Phe	0.90±0.03	0.74±0.09	0.77±0.10	0.92±0.02	0.77±0.10	0.60±0.08
赖氨酸 Lys	1.60±0.10	1.32±0.14	1.35±0.17	1.43±0.09	1.22±0.12	1.07±0.03
天冬氨酸 Asp	2.15±0.18	2.51±0.14	1.72±0.15	2.60±0.12	2.13±0.16	1.75±0.11
谷氨酸 Glu	3.52±0.20	4.03±0.17	3.15±0.10	3.66±0.12	3.34±0.09	2.69±0.15
甘氨酸 Gly	0.88±0.01	0.59±0.10	0.76±0.07	0.85±0.10	0.82±0.03	0.60±0.12
丙氨酸 Ala	1.06±0.14	0.92±0.11	0.87±0.04	1.04±0.08	0.94±0.12	0.74±0.05
组氨酸 His	0.69±0.09	0.45±0.10	0.59±0.07	0.71±0.12	0.63±0.09	0.46±0.02
精氨酸 Arg	1.75±0.17	1.42±0.12	1.40±0.09	1.56±0.05	1.42±0.08	1.11±0.15
脯氨酸 Pro	0.98±0.05	0.82±0.10	0.93±0.11	0.80±0.09	0.83±0.14	0.65±0.05
酪氨酸 Tyr	0.75±0.11	0.64±0.03	0.68±0.08	0.74±0.05	0.65±0.08	0.53±0.11
丝氨酸 Ser	0.84±0.03	0.50±0.14	0.76±0.09	0.86±0.12	0.77±0.05	0.61±0.09
半胱氨酸 Cys	0.07±0.03	0.05±0.02	0.07±0.04	0.09±0.05	0.08±0.03	0.02±0.01
色氨酸*Trp	—	—	—	—	—	—
必需氨基酸含量(EAA)	7.11	5.97	6.20	6.98	6.00	4.93
非必需氨基酸含量(NEAA)	12.68	11.93	10.92	12.91	11.58	9.16
EAA/TAA /%	35.93	33.54	36.21	35.09	34.13	34.99
鲜味氨基酸总量(DTAA)	7.61	8.05	6.50	8.14	7.22	5.78

注：*色氨酸因酸法水解测定，未能检出。

2.3 肌肉营养价值评价

蛋白质食物的营养价值是由氨基酸种类、必需氨基酸的含量以及必需氨基酸之间的比例所共同决定的。彩鲷和普通罗非鱼肌肉的必需氨基酸模式与 FAO/WHO 模式、鸡全卵蛋白质模式作比较，并计算出氨基酸评分(AAS)，化学评分(CS)以及必需氨基酸指数(EAAI)如表 3 和表 4 所示。从表 3 可知，不管是背部、腹部还是尾部，虽然彩鲷肌肉必需氨基酸中除了赖氨酸和异亮氨基酸含量比鸡肉蛋白质模式高，其余的含量比其低，但除了蛋氨酸和胱氨酸低于 FAO/WHO 建议的需要模式外，其余 7 种氨基酸的含量均高于 FAO/WHO 模式。对于普通罗非鱼肌肉中的氨基酸模式，除了背部和腹部的赖氨酸含量高于鸡蛋蛋白模式外，其余必须氨基酸的含量均低于鸡蛋蛋白模式；与 FAO/WHO 建议的模式相比，除了背部和腹部肌肉的赖氨酸和苏氨酸含量外，其余的必需氨基酸含量均比与 FAO/WHO 建议的模式低。这说明彩鲷肌肉的营养价值优于普通罗非鱼的。另外，从氨基酸评分和化学评分结果来看（见表 4），彩鲷和普通罗非鱼背部、腹部和尾部肌肉的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸+半胱氨酸，但第二限制氨基酸不一样。彩鲷三个部位的第二限制氨基酸均为缬氨酸，普通罗非鱼背部肌肉的第二限制氨基酸为缬氨酸，腹部和尾部的为异亮氨酸。从总评分结果来看，彩鲷三个部位的氨基酸总评分均比普通罗非鱼高，分别 8.92%、15.65%和 37.50%；化学评分总分也均比普通罗非鱼高，分别高出 9.76%、7.75%和 26.69%；对于必需氨基酸指数，彩鲷的背部和尾部肌肉均比普通罗非鱼的高，特别是尾部比普通罗非鱼高 29.01%。从这两种罗非鱼不同部位的总评分结果和氨基酸指数来看，彩鲷肌肉均是背部>尾部>腹部，普通罗非鱼肌肉均是背部>腹部>尾部。从彩鲷和普通罗非鱼的氨基酸模式和营养评分来衡量者之间的营养价值，彩鲷的营养价值比普通罗非鱼的高，更能满足人体对营养的需要。

表 3 彩鲷和普通罗非鱼肌肉背部、腹部和尾部肌肉的氨基酸模式（mg/g）

Table 3 The amino acid pattern of caidiao tilapia and common tilapia in the dorsal, ventral and caudal positions (mg/g)

氨基酸模式	彩鲷			普通罗非鱼			鸡蛋蛋白	FAO/WHO
	背部	腹部	尾部	背部	腹部	尾部		
赖氨酸	83.64	68.7	70.56	71.91	61.32	53.88	56	55
异亮氨酸	62.56	53.34	55.10	43.38	35.82	29.35	50	40
亮氨酸	72.88	62.85	64.70	68.99	60.86	51.14	92	70
缬氨酸	47.48	41.07	42.28	46.92	41.10	34.52	68	50
苏氨酸	50.73	43.82	43.73	48.97	44.78	36.07	52	40
蛋氨酸+半胱氨酸	29.97	23.45	28.49	32.55	25.9	15.98	50	35
苯丙氨酸+酪氨酸	86.12	71.82	75.24	83.70	71.44	56.27	91	56

表 4 彩鲷和普通罗非鱼肌肉背部、腹部和尾部肌肉的氨基酸评分、化学评分和必需氨基酸指数

Table 4 The amino acid score, chemistry score and essential amino acid index of caidiao tilapia and common tilapia in the dorsal, ventral and caudal positions

营养评价		彩鲷			普通罗非鱼		
		背部	腹部	尾部	背部	腹部	尾部
氨基酸评分(AAS)	赖氨酸	1.52	1.25	1.28	1.31	1.11	0.75
	异亮氨酸	1.56	1.33	1.38	1.08	0.65	0.68
	亮氨酸	1.04	0.89	0.92	0.99	1.10	0.74
	缬氨酸	0.95	0.82	0.85	0.94	0.75	0.74
	苏氨酸	1.27	1.10	1.09	1.22	0.81	0.74
	蛋氨酸+半胱氨酸	0.86	0.67	0.81	0.93	0.47	0.49
	苯丙氨酸+酪氨酸	1.53	1.28	1.34	1.49	1.30	0.67
	总分	8.74	7.34	7.68	7.96	6.20	4.80
化学评分(CS)	赖氨酸	1.49	1.23	1.26	1.28	1.10	0.96
	异亮氨酸	1.25	1.07	1.10	0.87	0.72	0.59
	亮氨酸	0.79	0.68	0.70	0.75	0.66	0.56
	缬氨酸	0.70	0.60	0.62	0.69	0.60	0.51
	苏氨酸	0.98	0.84	0.84	0.94	0.86	0.69
	蛋氨酸+半胱氨酸	0.60	0.47	0.57	0.65	0.52	0.32
	苯丙氨酸+酪氨酸	0.95	0.79	0.83	0.92	0.79	0.62
	总分	6.76	5.68	5.92	6.10	5.24	4.24
必需氨基酸指数(EAAI)		92.28	77.53	81.58	85.17	72.94	57.91

2.4 质构特性

质构能反映肉质的软硬程度和弹性，是肉品食用的主要指标，特别是对于细嫩、容易受加工处理而变化的鱼类，质构更是能反映其的变化。在本实验中，采用TPA(质构剖面分析法：Texture Profile Analysis)对进行鱼片进行测定。该方法主要是通过模拟口腔的咀嚼运动，通过对食品的压迫而反映的一系列质构特性[11]。从图1可以看到，在两种鱼中，腹部肌肉的硬度、胶粘性、咀嚼性和弹性都比背部和尾部高，其次是背部，最后是尾部。彩鲷背部的硬度、弹性、胶粘性、咀嚼性和回复性均比普通罗非鱼高，分别高出37.85%、1.73%、37.39%、35.97%和9.27%，并且两种鱼的硬度、胶粘性和咀嚼性之间差异性比较显著（$p<0.01$），但弹性和回复性差异不显著（$p>0.05$）。两种鱼腹部和尾部肌肉的质构特性与背部的不一样。彩鲷腹部肌肉的硬度、弹性、胶粘性和咀嚼性均比普通罗非鱼的高，分别是17.25%、6.69%、30.01%和33.37%，且两者之间都差异性显著（$p<0.05$），但回复性比普通罗非鱼低，两者之间的差异不显著（$p>0.05$）。对于尾部肌肉的质构特性，彩鲷的硬度、胶粘性、咀嚼性和回复性分别比

普通罗非鱼高出45.99%、45.47%、45.20%和11.06%，但弹性与普通罗非鱼相差不大，仅低0.52%，差异性不显著（p>0.05）。从实验结果来看，不论是背部、腹部还是尾部的肌肉，彩鲷的硬度、胶粘性、咀嚼性和回复性均比普通罗非鱼高，这说明杜仲素和螺旋藻添加剂饲料对罗非鱼的质构有影响。肉组织的质构特性受其的微观结构和组成所影响。水分、脂肪和蛋白质是影响肌肉质构特性的因素。鱼肉中水分和脂肪含量越高，鱼肉越软[11]，并且咀嚼性会随着脂肪含量的升高而增大[12]。在本研究中，彩鲷三个部位的水分含量均比普通罗非鱼的低，硬度反而比普通罗非鱼的高，这与前人的研究相符合；彩鲷的咀嚼性随着脂肪含量的升高而增大，如彩鲷腹部肌肉的咀嚼性最好，这与脂肪含量最高有关，但是，彩鲷的各个部位的脂肪含量均比普通罗非鱼，硬度也比普通罗非鱼高，脂肪对彩鲷硬度的影响不明显，这与鲑鱼中脂肪含量越高硬度越小不一致[12]，所以脂肪对罗非鱼质构的影响有待于进一步的研究。

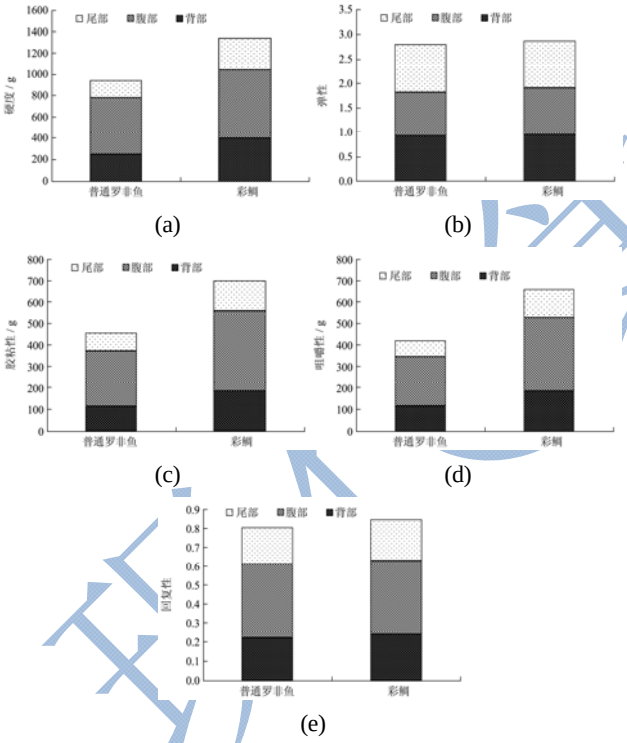


图 1 彩鲷和普通罗非鱼质构特性测定结果

Fig.1 Comparison of the hardness of caidiao tilapia and common tilapia muscles

3 小结

对于两种鱼不同部位的肌肉来说，背部肌肉的蛋白质、矿物质和必需氨基酸的含量最高；氨基酸评分、化学评分和必需氨基酸指数均最高，因此可确定彩鲷和普通罗非鱼背部肌肉的营养价值最高，是最适合作为人体补充蛋白质的部位。对于腹部肌肉，虽然蛋白质含量和氨基酸模式没有背部和尾部好，脂肪含量也比较高，但由于呈味氨基酸含量比较高，特别是彩鲷（彩鲷：腹部＞背部＞尾部；普通：背部＞腹部＞尾部），并且硬度、胶粘性、咀嚼性和回复性均比背部和腹部好，所以腹部肌肉的口感较特别；对于尾部肌肉，蛋白质含量比背部低，质构特性最差的，但彩鲷尾部肌肉中的必需氨基酸含量、氨基酸评分总分、化学评分总分和必需氨基酸指数均比腹部高，而普通罗非鱼尾部肌肉恰好相反，因此彩鲷尾部肌肉也可以作为一种较好的蛋白质食物。

对于彩鲷和普通罗非鱼肌肉来说，虽然彩鲷腹部肌肉的蛋白质含量比普通罗非鱼低，但背部和尾部肌肉的蛋白质含量和必需氨基酸含量均比普通的高，营养模式比普通罗非鱼更接近鸡蛋蛋白模式和 FAO /WHO 建议的模式，并且彩鲷的总体质构特性比普通罗非鱼的好。综上所述，彩鲷肌肉的营养价值比普通罗非鱼的高，是一种值得推广和养殖的优良种类，特别是通过改变养殖方式提高普通罗非鱼的营养价值和口味，这对提高普通罗非鱼的附加值有很大的作用，同时为彩鲷的加工和产业化推广提供理论依据。

参考文献

[1] 范文洵,李泽英,赵煦和.蛋白质食物的营养评价[M].北京:人民卫生出版社,1984

[2] Mohan M, Ramachandran D, Sankar T V, et al. Physicochemical characterization of muscle proteins from different regions of mackerel (Rastrelliger kanagurta)[J]. Food Chemistry, 2008, 106(2): 451-457

[3] 鸿巢章二,桥本周久(编).郭晓风,邹胜祥(译).水产利用化学[M].中国农业出版社,1994

[4] Nakamura Y N, Ando M, Seoka M, et al. Changes of proximate and fatty acid compositions of the dorsal and ventral ordinary muscles of the full-cycle cultured Pacific bluefin tuna Thunnus orientalis with the growth[J].Food Chemistry, 2007, 103(1):234-241

[5] 罗庆华,卢向阳,李文芳.杜仲叶粉对鲤鱼肌肉品质的影响[J].湖南农业大学学报（自然科学版）,2002,23(3):224-226

[6] 罗庆华,贺建华,刘清波,等.杜仲大蒜复方添加剂对草鱼生产性能及肌肉品质的影响[J].水利渔业,2008,28(3):69-71

[7] 王杨科,张宏杰,周建军,等.黄鳝含肉率及氨基酸成分分析[J].氨基酸和生物资源,2002,24(4):13-14

[8] Jung N P, Watanabe T, Endoh K I, et al. Taste-active

components in a Vietnamese fish sauce [J].Fisheries Science, 2002, 68(4): 913-920

[9] 石建高,钟文珠,陶立民.柔鱼不同部位的呈味物质含量比较[J].上海水产大学学报,2002,11(1):58-61

[10] Bourne M C. Food texture and viscosity: Concept and measurement (2nd Ed.) [M]. San Diego.: Academic press, 2002

[11] Hatae K, Yoshimatsu F, Matsumoto J J. Role of muscle fibres in contributing firmness of cooked fish [J]. Journal of Food Science, 1990, 55(3):693-696

[12] Robb D H F, Kestin S C, Warriss P D, et al. Muscle lipid content determines the eating quality of smoked and cooked Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Aquaculture, 2002, 205: 345-358

现代食品科技