

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20190115001

http://www.yykxjz.cn/

邹朝阳, 赵峰, 王志, 欧帅, 王轰, 李国栋, 周德庆. 大菱鲆不同部位营养与质构品质分析评价. 渔业科学进展, 2019, 40(6): 186-195

Zou ZY, Zhao F, Wang Z, Ou S, Wang H, Li GD, Zhou DQ. Analysis and evaluation of nutrition and texture quality in different parts of turbot (*Scophthalmus maximus*). Progress in Fishery Sciences, 2019, 40(6): 186-195

大菱鲆不同部位营养与质构品质分析评价*

邹朝阳^{1,2} 赵峰¹ 王志¹ 欧帅^{1,2}
王轰³ 李国栋⁴ 周德庆^{1①}

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛海洋科学与技术试点国家实验室海洋药物与生物制品功能实验室 青岛 266071; 2. 上海海洋大学食品学院 上海 201306; 3. 蓬莱汇洋食品有限公司 烟台 264000; 4. 青岛益和兴食品有限公司 青岛 266000)

摘要 以大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)为研究对象,系统比较分析了其背部、腹部、胸腔部、尾部、裙边和鱼皮的基本营养成分、胶原蛋白含量、氨基酸与脂肪酸组成及质构特性,并进行了营养价值评价,获得了大菱鲆各部位营养与质构品质的基础数据。研究结果显示,不同部位的粗蛋白含量存在差异,鱼皮中含量最高为29.04%,而裙边含量最低为12.99%,与其他部位肌肉差异均极显著($P<0.01$)。背部、腹部、胸腔部和尾部的粗蛋白含量分别为18.76%、18.96%、17.91%和18.39%;裙边粗脂肪含量最高达17.47%,脂肪酸种类最多为27种,并且含量达318.09 mg/g,多不饱和脂肪酸的含量为其他部位的3.90~6.76倍,其中亚油酸含量最高(107.26 mg/g),其次为DHA(64.39 mg/g)和EPA(26.61 mg/g);鱼皮中胶原蛋白含量达224.69 mg/g,显著高于其余部位($P<0.01$),可作为制备胶原蛋白的原料。各部位中均检测出18种氨基酸,背部、腹部、胸腔部、尾部和裙边中第一限制性氨基酸均为Met+Cys,而在鱼皮中第一限制性氨基酸为Trp;另外,大菱鲆除鱼皮之外,其余各部位氨基酸组成均符合FAO/WHO参考模式标准;通过质构特性分析,发现胸腔部肌肉的硬度、咀嚼性和弹性显著高于其余部位($P<0.05$),口感更佳。

关键词 大菱鲆; 不同部位; 营养; 质构; 品质; 评价

中图分类号 TS254.1 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2019)06-0186-10

大菱鲆(*Scophthalmus maximus*), 英文名为Turbot, 在中国被音译为“多宝鱼”, 俗称欧洲比目鱼, 广泛分布于大西洋东侧欧洲沿岸, 主要集中在英国北海, 另有少量分布在黑海和地中海沿岸。我国于1992年首次从英国引进大菱鲆, 并在山东试养成功,

经过多年的繁育及推广, 现已成为我国北方沿海重要的养殖经济鱼种之一, 养殖区域已遍布山东半岛、辽东半岛及渤海湾地区, 并向江苏、浙江、福建等南部沿海省份延伸(雷霖霖等, 2008)。2017年我国鲆鱼类养殖总产量达到10.62万t(徐乐俊等, 2018)。

* 中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(2016HY-ZD0801)和中国水产科学研究院黄海水产研究所基本科研业务费(20603022016002)共同资助 [This work was supported by Special Scientific Research Funds for Central Non-Profit Institutes, Chinese Academy of Fishery Sciences (2016HY-ZD0801), and Special Scientific Research Funds for Central Non-Profit Institutes, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences (20603022016002)]. 邹朝阳, E-mail: zouzhaoyang32@163.com

① 通讯作者: 周德庆, 研究员, E-mail: zhoudq@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2019-01-15, 收修改稿日期: 2019-02-25

大菱鲆是国际上公认的高价值食用鱼类,但我国大菱鲆加工率低、产品种类单一,主要以鲜销或初加工为主,同时在加工过程中,会产生大量的副产物(包括鱼皮、鱼骨、裙边及鱼鳍等),目前这些副产物主要用来生产鱼粉,尚未对其中有价值的营养和活性成分进行充分利用,导致大菱鲆的整体价值不高,产业效益偏低。已有相关研究主要集中在养殖环境(曾霖等, 2013; Ham *et al.*, 2003)、养殖时间(王彩理等, 2012)、饵料(Altundag *et al.*, 2014; 代伟伟等, 2015; Zhang *et al.*, 2013)以及宰后处理(李敬等, 2016; 李婷婷等, 2014)等因素对大菱鲆单一品质的影响,对其不同部位肌肉的营养品质特性系统研究较少,因此亟需有针对性的对大菱鲆不同部位的营养价值和品质进行深入研究。充分了解大菱鲆营养和品质特性不仅可以为消费者提供营养学基础资料,也有利于根据其相关特性进行精深加工,开发独具特色的系列产品,提高产品附加值,促进大菱鲆产业健康发展。本文对大菱鲆不同部位组织(背部、腹部、胸腔部、尾部、裙边和鱼皮)营养品质特性进行系统的研究,以期为大菱鲆分割加工以及精深加工提供基础数据支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

鲜活大菱鲆,体重为(1.0±0.2) kg/条,购于青岛卓越海洋养殖基地。

NaOH、K₂SO₄、H₃BO₃、浓盐酸、甲醇、乙醇、石油醚、Tris、KCl(分析纯),国药集团化学试剂有限公司; 17种氨基酸混合标准品、色氨酸标准品、35种脂肪酸混合标准品、内标十九烷酸甲酯,美国Sigma公司。

DHG-9140A电热恒温鼓风干燥箱、SXL-1008程控箱式电炉,上海精宏实验设备有限公司; HH-4数显恒温水浴锅,常州国华电器有限公司; JK9830自动凯氏定氮仪,济南精锐分析仪器有限公司; UV1102 II紫外分光光度计,上海天美科学仪器有限公司; ThermoFisher Trace1310 ISQ气相色谱质谱联用仪、ThermoFisher U3000液相色谱仪,美国赛默飞世尔科技公司。

1.2 实验方法

1.2.1 大菱鲆样品前处理 取鲜活大菱鲆放血宰杀,去内脏后清洗干净,用刀沿大菱鲆背部和腹部脊柱方向从头到尾划开后,将鱼骨两边鱼片取下,在尾

部鱼肉和鱼皮分界处用刀割开,将鱼皮慢慢剥离,剔除鱼皮上残留的碎肉,然后按照图1进行分割,取背部、腹部、胸腔部、尾部、裙边和鱼皮备用。

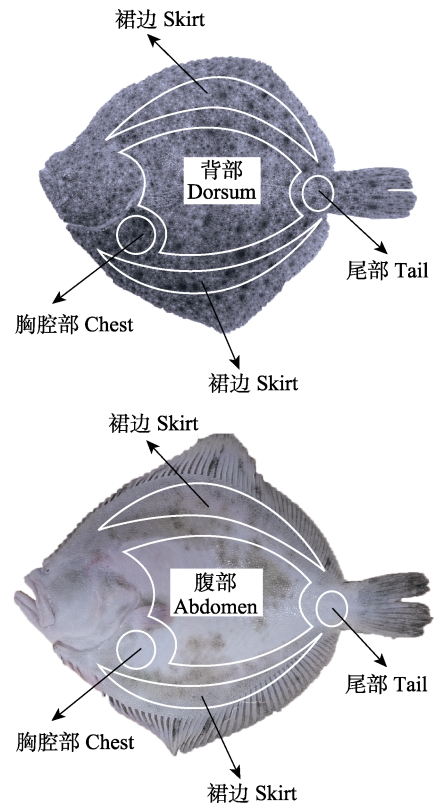


图1 大菱鲆分割示意图
Fig.1 Segmentation of turbot

1.2.2 基本营养成分的测定 水分的测定参照国家食品安全标准 GB 5009.3-2016,直接干燥法;粗蛋白的测定参照 GB 5009.5-2016,凯氏定氮法;粗脂肪的测定参照 GB 5009.6-2016,索氏抽提法;灰分的测定参照 GB 5009.4-2016,550℃马弗炉灼烧法;每组样品做3个平行。

1.2.3 胶原蛋白含量的测定 参照 GB/T 9695.23-2008 测定鱼肉中的羟脯氨酸含量,鱼肉胶原蛋白的含量为羟脯氨酸的含量乘以 7.25(Goll *et al.*, 1963),每组样品做3个平行。

1.2.4 质构的测定 参照林婉玲等(2013)的方法略作修改。将样品切成 2 cm×2 cm×1 cm 规格,分别对背部、腹部、胸腔部和尾部进行上机测定,每组样品做6个平行。

1.2.5 氨基酸的测定 参照 GB 5009.124-2016 中的盐酸水解法测定除色氨酸外的 17 种氨基酸。在重复性条件下获得的 2 次独立测定结果的算术平均值。

色氨酸的测定:称取适量鱼肉于10 ml水解管中,加入1.5 ml 5 mol/L的LiOH,通入高纯氮气,拧紧瓶盖,110℃水解16 h。取出冷却后,用6 mol/L盐酸进行中和,定容至50 ml,过0.22 μm滤膜后上机检测。在重复性条件下获得的2次独立测定结果的算术平均值。

色谱条件 色谱柱: C₁₈(4.6 mm×250.0 mm, 5 μm); 流动相: 甲醇: 乙酸-乙酸钠缓冲液(pH 4.00±0.05)=10: 90; 流速: 1.0 ml/min; 进样量: 10 μl; 柱温: 32℃; 紫外检测波长: 280 nm。

1.2.6 脂肪酸的测定 分别取80 mg鱼肉于15 ml离心管中,加入2 ml 5%盐酸甲醇溶液,3 ml 氯仿甲醇溶液(体积比1: 1)以及100 μl 十九烷酸甲酯内标,85℃水浴1 h,冷却至室温后,加入1 ml 正己烷,震荡2 min,静置萃取1 h。取上清液100 μl,用正己烷定容到1 ml。过0.45 μm滤膜后上机检测。在重复性条件下获得的2次独立测定结果的算术平均值。

色谱条件 色谱柱: TG-5MS(30.00 m×0.25 mm×0.25 μm); 升温程序: 80℃保持1 min,以10℃/min的速率升温至200℃,继续以5℃/min的速率升温至250℃,最后以2℃/min的速率升到270℃,保持3 min; 进样口温度: 290℃; 载气流速: 1.2 ml/min; 不分流进样,开阀时间1 min; 进样体积: 1 μl。

质谱条件 离子源温度: 280℃; 传输线温度: 280℃; 溶剂延迟时间: 5 min; 扫描范围: 30~400 amu; 离子源: EI源70 eV。

1.2.7 蛋白质营养价值评价 根据FAO/WHO建议的氨基酸评分标准模式和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所提出的鸡蛋蛋白的氨基酸模式(姜启兴等, 2014; 赵亭亭等, 2018),分别按公式(2)~(4)计算氨基酸评分(Amino acid score, AAS)、化学评分(Chemical score, CS)和必需氨基酸指数(Essential amino acid index, EAAI)。

$$AAS = \frac{\text{试验蛋白质氨基酸含量(mg/gN)}}{\text{FAO/WHO评分模式氨基酸含量(mg/gN)}} \quad (2)$$

$$CS = \frac{\text{试验蛋白质氨基酸含量(mg/gN)}}{\text{鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(mg/gN)}} \quad (3)$$

$$EAAI = \left(\frac{100a}{ae} \times \frac{100b}{be} \times \frac{100c}{ce} \times \dots \times \frac{100j}{je} \right)^{1/n} \quad (4)$$

公式(4)中: n 为必需氨基酸个数; a 、 b 、 c ... j 为样品蛋白质的必需氨基酸含量; ae 、 be 、 ce ... je 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量。

1.3 数据分析

采用SPSS 18.0和origin 8.5软件对数据统计分析和作图,数据分析采用方差分析(One-way ANOVA)进行显著性分析, $P > 0.05$ 为差异性不显著, $P < 0.05$ 为差异性显著, $P < 0.01$ 为差异性极显著。

2 结果与讨论

2.1 大菱鲂不同部位的基本营养成分

由表1可知,大菱鲂各部位总重占体重的53.76%,其中背部所占比例最高为16.95%,然后依次为腹部、鱼皮、裙边、胸腔部和尾部,分别为14.84%、9.62%、6.26%、3.43%和2.66%。从表1中还可以看出,大菱鲂不同部位的基本营养成分含量不同,整体来说,背部、腹部、胸腔部与尾部的成分比较接近,而裙边和鱼皮与其他部位成分差别较大。就粗蛋白而言,鱼皮的含量最高,为29.14%,然后依次为腹部(18.96%)、背部(18.76%)、尾部(18.39%)、胸腔部(17.91%)和裙边(12.99%)。裙边的粗脂肪含量为17.47%,明显高于其他部位($P < 0.01$),为其他部位的3.38~14.2倍,这是大菱鲂裙边口感爽滑,口味香醇的主要原因。鱼皮中粗脂肪含量也较高,为5.17%,远高于鲛鱈鱼(*Lophius litulon*)皮(0.37%) (陈小娥等, 2007)、军曹鱼(*Rachycentron*

表1 大菱鲂不同部位占体重比例和基本营养成分(湿重, %)

Tab.1 Proportion in body weight and essential nutrients of different parts of turbot (Wet weight, %)

部位 Part	占体重比例 Proportion in body weight	水分 Moisture	粗脂肪 Fat	粗蛋白 Protein	灰分 Ash
背部 Dorsum	16.95±0.42	78.28±0.10 ^d	1.24±0.08 ^a	18.76±0.21 ^d	1.29±0.03 ^c
腹部 Abdomen	14.84±0.28	77.43±0.21 ^c	1.88±0.10 ^b	18.96±0.10 ^d	1.28±0.02 ^c
胸腔部 Chest	3.43±0.27	77.25±0.18 ^c	2.74±0.14 ^c	17.91±0.25 ^b	1.26±0.02 ^c
尾部 Tail	2.66±0.24	78.49±0.13 ^d	1.23±0.06 ^a	18.39±0.11 ^c	1.27±0.01 ^c
裙边 Skirt	6.26±0.31	69.26±0.50 ^b	17.47±0.15 ^e	12.99±0.34 ^a	0.88±0.01 ^b
鱼皮 Skin	9.62±0.32	66.27±0.34 ^a	5.17±0.23 ^d	29.04±0.72 ^e	0.78±0.01 ^a

注:同行数据上标不同英文字母表示有显著性差异($P < 0.05$),下同

Note: The different superscript letters in the same line indicate significant difference ($P < 0.05$), the same as below

canadum)皮(1.57%) (杨树奇等, 2010)和罗非鱼(*Oreochromis*)皮(1.56%) (叶小燕等, 2008), 主要因为大菱鲆属于冷水鱼类, 皮下聚集较多的脂肪有利于御寒和耐低氧的缘故(姜晓东等, 2015; Wu *et al*, 2015)。对于水分来说, 尾部的水分含量最高, 为78.49%, 其次为背部(78.28%), 但二者差异不显著($P>0.05$), 而裙边和鱼皮的水分含量较低, 分别为69.26%和66.27%, 除鱼皮(0.78%)和裙边(0.88%)外, 其他各部位灰分含量差异性不显著($P>0.05$), 含量在1.26%~1.29%之间。研究结果显示, 大菱鲆不同部位的基本营养成分存在一定的差异, 其中裙边和鱼皮与肌肉的差异最为明显, 可为其分割加工利用提供一定的参考。

2.2 大菱鲆不同部位的胶原蛋白含量

胶原蛋白是生物体内一种重要的蛋白质, 也是结缔组织的主要组成成分, 具有美容养颜、补充氨基酸、提高机体免疫力以及预防心血管疾病等生理功效(王忠稳等, 2013)。从图2中可以看出, 大菱鲆鱼皮胶原蛋白含量最高, 为224.69 mg/g, 占粗蛋白含量的77.37%, 高于大马哈鱼(*Oncorhynchus keta*) (214.2 mg/g)

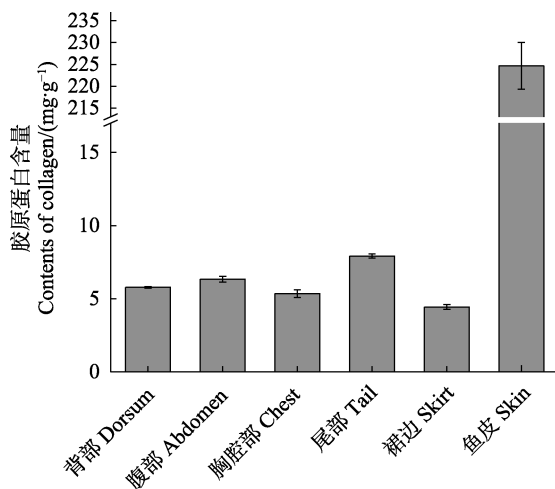


图2 大菱鲆不同部位的胶原蛋白含量

Fig.2 Contents of collagen in different parts of turbot

(姜晓东等, 2015)、安康鱼(211 mg/g) (陈小娥等, 2007)、军曹鱼(200.9 mg/g)和罗非鱼(206.5 mg/g) (杨树奇等, 2010), 与脆化鲩(*Ctenopharyngodon idellus*) (229.9 mg/g) (刘邦辉等, 2012)和金枪鱼(*Thunnus thynnus*) (226.4 mg/g) (杨树奇等, 2010)相近, 可见大菱鲆鱼皮中胶原蛋白含量较丰富, 可以作为制备胶原蛋白的原料。然后依次为尾部、腹部、背部、胸腔部和裙边, 含量分别为7.92、6.34、5.78、5.34和4.44 mg/g。尾部胶原蛋白含量较高可能是由于鱼尾部运动较多, 结缔组织相对发达的缘故。Sato等(1986)研究表明, 胶原蛋白对肌肉结构、强度以及鱼类运动等方面均起着重要作用。

2.3 大菱鲆不同部位肌肉的质构特性

质构能反映水产品的硬度、弹性以及咀嚼性, 是水产品品质评判的重要指标。质构剖面分析法TPA(Texture profile analysis)通过模拟人口腔咀嚼运动, 对水产品施加压力而反映出的一系列质构特性。由表2可知, 胸腔部肌肉的硬度、咀嚼性和弹性显著高于背部、腹部和尾部。研究表明, 质构仪分析指标中的硬度和弹性与感官分析指标具有显著相关性, 硬度较大, 弹性较强的鱼肉, 其口感会更好(Monaco *et al*, 2008; 林婉玲等, 2013; 文平等, 2015)。所以胸腔部肌肉的口感更佳。腹部肌肉的硬度和咀嚼性高于尾部和背部, 然而尾部肌肉的弹性高于背部和腹部, 主要是鱼尾部运动较多, 肌肉较发达, 肌原纤维蛋白和基质蛋白含量较高, 而肌原纤维蛋白中的肌动蛋白和肌球蛋白以及肌基质蛋白中的弹性蛋白含量越高, 鱼肉的弹性越大(熊铭等, 2016)。从表2中还可以看出, 各部位间内聚性差异不显著($P>0.05$)。

2.4 大菱鲆不同部位的氨基酸组成

蛋白质是大菱鲆的主要营养物质, 蛋白质的营养价值是由氨基酸组成与必需氨基酸含量所决定的(Usyduš *et al*, 2008)。由表3可知, 大菱鲆各个部位中氨基酸种类一致, 共18种氨基酸, 包括8种必需氨基酸和10种非必需氨基酸, 但不同部位中各种氨

表2 大菱鲆不同部位肌肉的质构特性

Tab.2 Texture characteristics of muscle in different parts of turbot

指标 Index	背部 Dorsum	腹部 Abdomen	胸腔部 Chest	尾部 Tail
硬度 Hardness(g)	4795.25±108.19 ^b	4807.85±107.59 ^b	5293.15±207.26 ^c	4396.92±227.79 ^a
咀嚼性 Chewiness(g)	470.12±8.66 ^b	496.76±16.89 ^c	536.14±13.56 ^d	443.32±13.92 ^a
内聚性 Cohesiveness	0.728±0.011 ^a	0.731±0.008 ^a	0.738±0.009 ^a	0.729±0.012 ^a
弹性 Elasticity	0.828±0.013 ^a	0.853±0.006 ^b	0.925±0.009 ^d	0.887±0.015 ^c

表3 大菱鲆不同部位氨基酸组成(干重, g/100 g)
Tab.3 Amino acid composition in different parts of turbot (Dry weight, g/100 g)

氨基酸 Amino acid	背部 Dorsum	腹部 Abdomen	胸腔部 Chest	尾部 Tail	裙边 Skirt	鱼皮 Skin
赖氨酸 Lys*	7.05	7.46	6.89	7.23	4.26	3.26
苯丙氨酸 Phe*	3.20	2.89	2.96	3.06	1.66	1.63
蛋氨酸 Met*	2.27	2.24	2.26	2.18	1.60	1.54
苏氨酸 Thr*	3.47	3.63	3.15	3.18	1.88	2.08
异亮氨酸 Ile*	4.13	4.68	4.19	4.48	2.21	1.39
亮氨酸 Leu*	6.72	6.83	6.27	6.28	4.03	2.70
缬氨酸 Val*	3.72	3.56	3.68	3.74	2.20	2.05
色氨酸 Trp*	0.92	1.03	0.94	0.87	0.62	0.21
天冬氨酸 Asp [△]	8.46	9.46	8.61	9.01	6.36	4.45
谷氨酸 Glu [△]	11.87	11.76	11.61	12.22	8.62	6.61
半胱氨酸 Cys	1.38	1.17	1.39	1.32	0.66	1.13
丝氨酸 Ser	3.65	3.19	3.60	3.26	2.28	2.99
甘氨酸 Gly [△]	2.89	3.28	2.90	2.99	1.96	10.50
组氨酸 His	0.40	0.47	0.41	0.41	0.28	1.19
精氨酸 Arg	4.84	4.61	4.87	4.59	2.46	4.71
丙氨酸 Ala [△]	4.54	4.56	4.50	4.61	3.45	5.93
脯氨酸 Pro	3.35	3.18	3.53	3.71	1.98	5.28
酪氨酸 Tyr	2.99	2.41	2.94	2.58	1.80	1.10
EAA	31.48	32.32	30.34	31.02	18.46	14.85
NEAA	44.37	44.09	44.36	44.70	29.85	43.88
DAA	27.76	29.06	27.62	28.83	20.39	27.48
TAA	75.85	76.41	74.70	75.72	48.31	58.73
EAA/TAA(%)	41.50	42.30	40.62	40.97	38.21	25.29
EAA/NEAA(%)	70.95	73.30	68.39	69.40	61.84	33.85

注: *为必需氨基酸; [△]为鲜味氨基酸; EAA 为必需氨基酸总量; DAA 为鲜味氨基酸总量; NEAA 为非必需氨基酸总量; TAA 为氨基酸总量

Note: *: Essential amino acids; [△]: Delicious amino acids; EAA: Total essential amino acids; DAA: Total delicious amino acids; NEAA: Total non-essential amino acids; TAA: Total amino acids

基酸的含量存在一定差异。其中背部、腹部、胸腔部、尾部和裙边均为谷氨酸的含量最高,其次是天冬氨酸和赖氨酸;鱼皮中甘氨酸含量最高,其次为谷氨酸。谷氨酸是重要的鲜味氨基酸,并且参与多种生理活性物质的合成(王娟, 2013);赖氨酸是人乳中的第一限制性氨基酸,被喻为“生长性氨基酸”(徐革锋等, 2014),在谷物中赖氨酸也是第一限制性氨基酸。大菱鲆肌肉中赖氨酸含量较高,因此食用大菱鲆可以弥补膳食赖氨酸的不足。

食物鲜味的呈现主要取决于甘氨酸、谷氨酸、丙氨酸和天冬氨酸4种氨基酸含量的高低。除鱼皮是甘氨酸外,其余部位中鲜味氨基酸含量最高的均为谷氨酸。就总鲜味氨基酸而言,腹部的含量最高(29.06 g/100 g),然后依次为尾部(28.83 g/100 g)、背部(27.76 g/100 g)、胸腔部(27.62 g/100 g)、鱼皮

(27.48 g/100 g)和裙边(20.39 g/100 g),表明大菱鲆腹部的味道更为鲜美。从总氨基酸来看,不同部位总氨基酸含量的高低顺序腹部>背部>尾部>胸腔部>鱼皮>裙边,分别为76.41、75.85、75.72、74.70、58.73和48.31 g/100 g。大菱鲆鱼皮中必需氨基酸与总氨基酸的比值为25.29%,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为33.85%;其他部位的必需氨基酸与氨基酸总量的比值为38.21%~42.3%,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为61.84%~73.3%。根据FAO/WHO的理想模式,质量较好的蛋白质EAA/TAA为40%左右,EAA/NEAA在60%以上。可见大菱鲆背部、腹部、胸腔部、尾部和裙边的氨基酸组成均符合理想模型要求,均属于优质蛋白;而鱼皮并不属于传统营养学的优质蛋白,可以通过深加工制备胶原蛋白等产品,提高其附加价值。

大菱鲆不同部位的必需氨基酸含量如表 4 所示, 大菱鲆背部、腹部、胸腔部、尾部和裙边的必需氨基酸总量为 2507~2834 mg/g N, 均高于 FAO/WHO 标准 (2250 mg/g N), 但低于鸡蛋蛋白标准 (3096 mg/g N), 而鱼皮中必需氨基酸总量较低 (1240 mg/g N), 均低于 FAO/WHO 标准和鸡蛋蛋白标准。从表 5 可以看出, 以 CS 为标准进行评判时, 背部、腹部、胸腔部和裙边的第一限制氨基酸和第二限制氨基酸相同, 分别为 Met+Cys 和 Val; 尾部和鱼皮的第一限制氨基酸分别为 Met+Cys 和 Trp, 而第二限制氨基酸分别为 Trp 和 Ile。以 AAS 为标准进行评判时, 鱼皮的第一限制氨基酸为 Trp, 第二限制氨基酸为 Ile, 而其余部位的第一限制氨基酸均为 Met+Cys, 第二限制氨基酸为 Val。EAAI 可以表征食物中必需氨基酸组成与标准蛋白质的相似程度 (Adeyeye, 2012), 大菱鲆裙边的 EAAI 为 85.22, 与标准蛋白质更为相近, 然后依次为胸腔部 (81.78)、腹部 (79.77)、尾部 (76.38) 和背部 (76.24), 而

鱼皮的 EAAI 较低, 仅为 35.66, 与标准蛋白质差距较大。从氨基酸角度评价, 除鱼皮外, 大菱鲆其余部位的必需氨基酸含量丰富, 营养价值较高。

2.5 大菱鲆不同部位的脂肪酸组成

从表 6 中可以看出, 大菱鲆裙边脂肪酸种类最为丰富, 共检测出 27 种脂肪酸; 胸腔部次之, 共检测出 20 种脂肪酸; 背部最少, 仅检测出 13 种脂肪酸。其中各部位检测出饱和脂肪酸 (Saturated fatty acid, SFA) 4~12 种, 含量为 9.64~59 mg/g; 单不饱和脂肪酸 (Monounsaturated fatty acid, MUPA) 4~7 种, 含量为 4.84~46.84 mg/g; 多不饱和脂肪酸 (Polyunsaturated fatty acid, PUFA) 5~8 种, 含量为 31.28~212.25 mg/g。就饱和脂肪酸而言, 裙边 > 鱼皮 > 胸腔部 > 腹部 > 背部 > 尾部, 其中含量最高的饱和脂肪酸均为棕榈酸, 其次为硬脂酸。裙边的单不饱和脂肪酸含量最高, 为 46.84 mg/g, 然后依次为鱼皮 (33.1 mg/g)、胸腔部

表 4 大菱鲆不同部位必需氨基酸含量 (mg/g N)
Tab.4 Contents of essential amino acids in different parts of turbot (mg/g N)

氨基酸 Amino acid	背部 Dorsum	腹部 Abdomen	胸腔部 Chest	尾部 Tail	裙边 Skirt	鱼皮 Skirt	FAO/WHO	鸡蛋蛋白 Egg protein
苏氨酸 Thr	251	270	258	258	278	151	250	292
缬氨酸 Val	269	265	292	269	297	149	310	441
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	177	179	195	187	146	194	220	386
异亮氨酸 Ile	299	348	333	322	327	101	250	331
亮氨酸 Leu	486	508	498	488	552	196	440	534
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	448	394	468	406	512	198	380	565
赖氨酸 Lys	510	555	547	520	630	237	340	441
色氨酸 Trp	67	77	75	63	92	15	60	106
总计 Total	2507	2597	2665	2512	2834	1240	2250	3096

表 5 大菱鲆不同部位氨基酸评分和化学评分
Tab.5 AAS and CS in different parts of turbot

氨基酸 Amino acid	背部 Dorsum		腹部 Abdomen		胸腔部 Chest		尾部 Tail		裙边 Skirt		鱼皮 Skin	
	CS	ASS	CS	ASS	CS	ASS	CS	ASS	CS	ASS	CS	ASS
苏氨酸 Thr	0.86	1.00	0.92	1.08	0.88	1.03	0.88	1.03	0.95	1.11	0.52	0.60
缬氨酸 Val	0.61	0.87	0.60	0.85	0.66	0.94	0.61	0.87	0.67	0.96	0.34	0.48
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.46	0.81	0.46	0.82	0.50	0.88	0.48	0.85	0.38	0.67	0.50	0.88
异亮氨酸 Ile	0.90	1.20	1.05	1.39	1.00	1.33	0.97	1.29	0.99	1.31	0.31	0.40
亮氨酸 Leu	0.91	1.11	0.95	1.15	0.93	1.13	0.91	1.11	1.03	1.25	0.37	0.45
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	0.79	1.18	0.70	1.04	0.83	1.23	0.72	1.07	0.91	1.35	0.35	0.52
赖氨酸 Lys	1.16	1.50	1.26	1.63	1.24	1.61	1.18	1.53	1.43	1.85	0.54	0.70
色氨酸 Trp	0.63	1.11	0.72	1.28	0.70	1.24	0.59	1.04	0.87	1.53	0.14	0.25
必需氨基酸指数 EAAI	76.24		79.77		81.78		76.38		85.22		35.66	

表6 大菱鲆不同部位脂肪酸组成(干重, mg/g)
Tab.6 Fatty acid composition in different parts of turbot (Dry weight, mg/g)

脂肪酸 Fatty acid	背部 Dorsum	腹部 Abdomen	胸腔部 Chest	尾部 Tail	裙边 Skirt	鱼皮 Skin
月桂酸 C12:0	-	-	-	-	0.16	-
十三烷酸 C13:0	-	-	-	-	0.13	-
肉豆蔻酸 C14:0	0.42	1.30	1.87	0.56	3.62	5.63
十五烷酸 C15:0	-	0.16	0.39	-	1.31	0.69
棕榈酸 C16:0	7.18	10.28	15.62	6.87	44.72	21.14
十七烷酸 C17:0	0.12	0.25	0.56	0.15	1.88	0.42
硬脂酸 C18:0	2.32	2.30	3.26	2.06	3.99	3.08
花生酸 C20:0	-	0.14	0.23	-	1.14	0.24
二十一碳酸 C21:0	-	-	-	-	0.19	-
山嵛酸 C22:0	-	-	-	-	0.80	-
二十三碳酸 C23:0	-	-	-	-	0.25	-
二十四烷酸 C24:0	-	-	-	-	0.81	-
ΣSFA	10.05	14.42	21.93	9.64	59.00	31.21
肉豆蔻烯酸 C14:1	-	-	-	-	0.27	0.12
棕榈油酸 C16:1	0.69	1.89	1.89	0.93	10.40	10.44
十七烯酸 C17:1	-	0.12	0.15	-	0.94	-
油酸 C18:1	3.52	8.08	8.06	4.25	19.53	17.40
二十碳烯酸 C20:1	0.44	1.08	1.76	0.61	5.44	3.23
芥酸 C22:1	0.18	0.76	0.86	0.31	8.28	0.96
神经酸 C24:1	-	0.23	0.23	-	1.97	0.96
ΣMUFA	4.84	12.15	12.95	6.11	46.84	33.10
亚油酸 C18:2n6	7.71	16.69	18.31	8.96	107.26	3.65
亚麻酸 C18:3n6	-	-	0.12	-	0.69	1.92
二十碳二烯酸 C20:2n6	0.49	1.24	1.88	0.64	7.79	0.62
顺-11,14,17-二十碳三烯酸 C20:3n3	-	-	0.19	-	0.63	0.57
顺-8,11,14-二十碳三烯酸 C20:3n6	-	0.23	0.24	0.10	2.11	-
花生四烯酸 C20:4n6	0.82	1.01	1.19	0.80	2.76	0.79
二十碳五烯酸 C20:5n3	4.25	6.41	8.00	4.39	26.61	8.42
二十二碳六烯酸 C22:6n3	18.00	21.14	24.45	16.65	64.39	31.72
ΣPUFA	31.28	46.72	54.38	31.54	212.25	47.69
Σn-3PUFA	22.26	27.55	32.64	21.04	91.63	40.71
Σn-6PUFA	9.02	19.17	21.74	10.50	120.62	6.97
ΣPUFA/ΣSFA	3.11	3.24	2.48	3.27	3.60	1.53
Σn-6PUFA/Σn-3PUFA	0.41	0.70	0.67	0.50	1.32	0.17

注: -为未检出; ΣSFA为总饱和脂肪酸; ΣMUFA为总单不饱和脂肪酸; ΣPUFA为总不饱和脂肪酸; Σn-3PUFA为总n-3多不饱和脂肪酸; Σn-6PUFA为总n-6多不饱和脂肪酸

Note: -: Not detected; ΣSFA: Total saturated fatty acid; ΣMUFA: Total monounsaturated fatty acid; ΣPUFA: Total polyunsaturated fatty acids; Σn-3PUFA: Total n-3 polyunsaturated fatty acid; Σn-6PUFA: Total n-6 polyunsaturated fatty acid

(12.95 mg/g)、腹部(12.15 mg/g)、尾部(6.11 mg/g)和背部(4.84 mg/g), 主要单不饱和脂肪酸均为油酸。对多不饱和脂肪酸来说, 裙边的含量最高, 为212.25 mg/g, 为其他部位的3.90~6.78倍, 其中亚油酸最为丰富, 为107.26 mg/g, 然后为DHA(64.39 mg/g)

和EPA(26.61 mg/g), 而背部、腹部、胸腔部和尾部中多不饱和脂肪酸含量顺序为DHA>亚油酸>EPA。

研究认为, 亚油酸可使胆固醇脂化, 从而降低血清和肝脏中的胆固醇水平, 对糖尿病也有预防作用(姜启兴等, 2014); DHA和EPA已被誉为人物生长发

育所必需的脂肪酸,具有降血脂、提高视力、健全大脑发育、增强免疫、降低心血管疾病发生率等多项生理功能(Siriwadhana *et al.*, 2012; Brenna *et al.*, 2014)。大菱鲆各部位n-3系列多不饱和脂肪酸(n-3 PUFA)含量为21.04~91.63 mg/g, n-6系列多不饱和脂肪酸(n-6 PUFA)为6.97~120.62 mg/g, 背部、腹部、胸腔部、尾部、裙边和鱼皮的 Σ n-6 PUFA与 Σ n-3PUFA的比值为分别为0.41、0.7、0.67、0.5、1.32和0.17, 远低于英国卫生部推荐的最大安全上限(4.0)。而 Σ PUFA与 Σ SFA的比值分别为为3.11、3.24、2.48、3.27、3.6和1.53, 亦高于英国卫生部推荐的最低限值(0.45)(许建和等, 2013), 因此大菱鲆脂肪酸组成符合食品健康要求, 具有较高的营养价值。

3 结论

大菱鲆不同部位间营养品质特性存在明显差异,可以根据其不同部位的组成特点加以开发利用,以提高大菱鲆产品的附加值。具体来说,背部和腹部肌肉的氨基酸总量、必需氨基酸含量、鲜味氨基酸含量、EAA/TAA和EAA/NEAA较高,氨基酸组成符合FAO/WHO的理想模式,适合作为补充人体蛋白质的优质蛋白源。裙边肌肉中脂肪酸的种类最多、含量最丰富,多不饱和脂肪酸含量尤为丰富,达212.25 mg/g,为其他部位的3.9~6.76倍,主要成分为亚油酸、DHA和EPA,可以作为生产鱼油的优质原料。鱼皮的粗蛋白和胶原蛋白含量最高,分别为29.04%和224.69 mg/g,可以通过深加工制备胶原蛋白等产品,提高其附加价值。

参 考 文 献

- Adeyeye EI. Evaluation of the amino acid profile of the yolk and albumen of guinea fowl (*Numida meleagris*) egg. *Elixir Appl Biology*, 2012, 47: 8799–8803
- Altundag MS, Tiril SU, Ozdemir A. Effects of safflower oil supplementation in diet on growth performance and body fatty acid composition of turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture International*, 2014, 22(2): 597–605
- Brenna JT, Carlson SE. Docosahexaenoic acid and human brain development: Evidence that a dietary supply is needed for optimal development. *Journal of Human Evolution*, 2014, 77: 99–106
- Chen XE, Fang XB, Zhong YQ. Research of collagen extraction from *Lophius litulon* skin. *Science and Technology of Food Industry*, 2007, 28(3): 131–133 [陈小娥, 方旭波, 钟秋琴. 安康鱼皮中胶原蛋白的提取工艺研究. *食品工业科技*, 2007, 28(3): 131–133]
- Dai WW, Mai KS, Xu W, *et al.* Effects of lysine-arginine interaction on growth performance, body composition, and muscle amino acid levels of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Journal of Fisheries of China*, 2015, 39(6): 876–887 [代伟伟, 麦康森, 徐玮, 等. 饲料中赖氨酸和精氨酸含量对大菱鲆幼鱼生长、体成分和肌肉氨基酸含量的影响. *水产学报*, 2015, 39(6): 876–887]
- Goll DE, Bray RW, Hoekstra WG. Age-associated changes in muscle composition. The isolation and properties of a collagenous residue from bovine muscle. *Journal of Food Science*, 1963, 28(5): 503–509
- Ham EHV, Berntssen MHG, Imsland AK, *et al.* The influence of temperature and ration on growth, feed conversion, body composition and nutrient retention of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 2003, 217(1): 547–558
- Jiang QX, Wu JR, Xu YS, *et al.* Composition analysis and nutritional evaluation of different parts of bighead carp (*Aristichthys nobilis*). *Food Science*, 2014, 35(5): 183–187 [姜启兴, 吴佳芮, 许艳顺, 等. 鳊鱼不同部位的成分分析及营养评价. *食品科学*, 2014, 35(5): 183–187]
- Jiang XD, Li HY, Wang Y, *et al.* The analysis of nutrient components of *Oncorhynchus keta* skin. *Progress in Fishery Sciences*, 2015, 36(5): 145–150 [姜晓东, 李红艳, 王颖, 等. 大马哈鱼(*Oncorhynchus keta*)鱼皮的营养成分分析. *渔业科学进展*, 2015, 36(5): 145–150]
- Lei JL, Liang MQ, Liu XF, *et al.* A review of nutritional components and food value of turbot *Scophthalmus maximus* L. *Marine Fisheries Research*, 2008, 29(4): 112–115 [雷霖霖, 梁萌青, 刘新富, 等. 大菱鲆营养成分与食用价值研究概述. *海洋水产研究*, 2008, 29(4): 112–115]
- Li J, Wang XR, Liu HY, *et al.* Effect of modified atmosphere packaging on quality preservation of *Scophthalmus maximus* during cold storage. *Food Science*, 2016, 37(22): 313–317 [李敬, 王小瑞, 刘红英, 等. 气调包装对大菱鲆的冷藏保鲜效果. *食品科学*, 2016, 37(22): 313–317]
- Li TT, Liu JX, Xu YX, *et al.* Quality changes of *Scophthalmus maximus* during mini-freezing storage. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2014, 14(7): 95–102 [李婷婷, 刘剑侠, 徐永霞, 等. 大菱鲆微冻贮藏过程中的品质变化规律. *中国食品学报*, 2014, 14(7): 95–102]
- Lin WL, Yang XQ, Li LH, *et al.* Research of relationship between texture and sensory evaluation of crisp grass carp. *Modern Food Science and Technology*, 2013, 29(1): 1–7, 72 [林婉玲, 杨贤庆, 李来好, 等. 脆肉鲩质构与感官评价的相关性研究. *现代食品科技*, 2013, 29(1): 1–7, 72]
- Liu BH, Yu EM, Xie J, *et al.* Research of physicochemical characteristics of collagen from crisp grass carp skin and muscle and its influencing factors. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2012, 40(2): 200–204 [刘邦辉, 郁二蒙, 谢骏, 等. 脆肉鲩鱼皮和肌肉胶原蛋白的理化特性及其影响因素研究. *江苏农业科学*, 2012, 40(2): 200–204]
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. *China fishery statistical yearbook*.

- Beijing: China Agricultural Press, 2018, 26 [农业农村部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2018, 26]
- Monaco RD, Cavella S, Masi P. Predicting sensory cohesiveness, hardness and springiness of solid foods from instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*, 2008, 39(2): 129–149
- Sato K, Yoshinska R, Sato M, *et al.* Collagen content in the muscle of fishes in association with their swimming movement and meat texture. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific*, 1986, 52(9): 1595–1600
- Siriwadhana N, Kalupahana NS, Moustaid-Moussa N. Health benefits of n-3 polyunsaturated fatty acids: Eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid. *Advances in Food and Nutrition Research*, 2012, 65: 211–222
- Usyduš Z, Szlinder-Richert J, Polak-Juszczak L, *et al.* Food of marine origin: Between benefits and potential risks. Part I. Canned fish on the Polish market. *Food Chemistry*, 2008, 111(3): 556–563
- Wang CL, Guo XH, Yuan DS, *et al.* Analysis on *Scophthalmus maximus* amino acids at different developing stages. *Modern Food Science and Technology*, 2012, 28(1): 104–107 [王彩理, 郭晓华, 苑德顺, 等. 不同生长阶段大菱鲆的氨基酸评价分析. 现代食品科技, 2012, 28(1): 104–107]
- Wang J. Comparison of nutritional compositions in muscles of *Penaeus chinensis*, *Penaeus vannamei* Boone and *Penaeus japonicus* Bate. *Food Science and Technology*, 2013, 38(6): 146–150 [王娟. 中国对虾、南美白对虾和斑节对虾肌肉营养成分的比较. 食品科技, 2013, 38(6): 146–150]
- Wang ZW, Wang HB, Liang YP, *et al.* Isolation and characterization of collagens from skin of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) and snakehead (*Channa argus*). *Food Science*, 2013, 34(17): 23–27 [王忠稳, 汪海波, 梁艳萍, 等. 乌鳢和草鱼鱼皮胶原蛋白的提取与理化性能分析. 食品科学, 2013, 34(17): 23–27]
- Wen P, Zhou YT, Yu YL, *et al.* Analysis of muscle quality variations among five different varieties of brindled *Monopterus albus*. *Food Science*, 2015, 36(20): 120–125 [文平, 周运涛, 喻亚丽, 等. 5 种不同花斑黄鳝肌肉品质的差异性分析. 食品科学, 2015, 36(20): 120–125]
- Wu JL, Zhang JL, Du XX, *et al.* Evaluation of the distribution of adipose tissues in fish using magnetic resonance imaging (MRI). *Aquaculture*, 2015, 448: 112–122
- Xiong M, Wu LZ, Lin XD. Meat quality characteristics of spotted knifejaw (*Oplegnathus punctatus*) cultured under different aquaculture modes. *Food Science*, 2016, 37(3): 17–21 [熊铭, 吴祖亮, 林向东. 不同养殖模式斑石鲷的鱼肉品质特性分析. 食品科学, 2016, 37(3): 17–21]
- Xu GF, Wang YY, Bai QL, *et al.* Nutritional evaluation of amino acids in the muscle of *Lota lota*. *Chinese Journal of Fisheries*, 2014, 27(2): 25–28 [徐革锋, 王裕玉, 白庆利, 等. 野生江鲢肌肉氨基酸含量及其营养评价. 水产学杂志, 2014, 27(2): 25–28]
- Xu JH, Qian J, Zou K, *et al.* Amino acid and fatty acid compositions and nutritional quality of muscle in southern flounder, *Paralichthys lethostigma*. *Food Science*, 2013, 34(15): 299–302 [许建和, 秦洁, 邹宽, 等. 漠斑牙鲆肌肉氨基酸和脂肪酸组成分析与营养品质评价. 食品科学, 2013, 34(15): 299–302]
- Yang SQ, Zeng SK, Zhou CX, *et al.* Analysis of proximate and amino acid composition of three fish skins. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2010, 30(1): 97–100 [杨树奇, 曾少葵, 周春霞, 等. 3 种鱼皮的基本成分及氨基酸组成分析. 广东海洋大学学报, 2010, 30(1): 97–100]
- Ye XY, Zeng SK, Yu WG, *et al.* Study on nutrient components and the extracting condition of the skin gelatin of tilapia. *South China Fisheries Science*, 2008, 4(5): 55–60 [叶小燕, 曾少葵, 余文国, 等. 罗非鱼皮营养成分分析及鱼皮明胶提取工艺的探讨. 南方水产, 2008, 4(5): 55–60]
- Zeng L, Lei JL, Liu B, *et al.* Effects of salinities on growth and flesh quality of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Journal of Fisheries of China*, 2013, 37(10): 1535–1541 [曾霖, 雷霖霖, 刘滨, 等. 盐度对大菱鲆幼鱼生长和肌肉营养成分的影响. 水产学报, 2013, 37(10): 1535–1541]
- Zhang KK, Ai QH, Mai KS, *et al.* Effects of dietary hydroxyproline on growth performance, body composition, hydroxyproline and collagen concentrations in tissues in relation to prolyl 4-hydroxylase α (I) gene expression of juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* L. fed high plant protein diets. *Aquaculture*, 2013, 404–405: 77–84
- Zhao TT, Zhang Y, Chen C, *et al.* Analysis of nutrient components and evaluation of nutritive quality in flesh of three species of cultured groupers. *Progress in Fishery Sciences*, 2018, 39(6): 89–96 [赵亭亭, 张岩, 陈超, 等. 3种养殖石斑鱼的肌肉营养成分分析与品质评价. 渔业科学进展, 2018, 39(6): 89–96]

(编辑 陈辉)

Analysis and Evaluation of Nutrition and Texture Quality in Different Parts of Turbot (*Scophthalmus maximus*)

ZOU Zhaoyang^{1,2}, ZHAO Feng¹, WANG Zhi¹, OU Shuai^{1,2},
WANG Hong³, LI Guodong⁴, ZHOU Deqing^{1①}

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Laboratory of Marine Drugs and Bioproducts Products, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266071;

2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306;

3. Penglai Huiyang Food Co., Ltd, Yantai 264000; 4. Qingdao Yihexing Foods Co., Ltd., Qingdao 266000)

Abstract Turbot is internationally recognized as a high-value edible fish and has become one of the important farmed fish in the northern coast of China; however, its nutritional quality still lacks comprehensive evaluation, and its deep processing rate is too low. To provide fundamental data for the segmentation processing of turbot, the nutritional components, content of collagen, amino acid, fatty acid, and texture characteristics of different parts of turbot, including the dorsum, abdomen, chest, tail, skirt, and skin, were determined. Meanwhile, the nutritional value was also evaluated. The results showed that there were differences in crude protein content from different parts, among which crude protein content of skin was the highest (29.04%) and that of skirt was the lowest (12.99%), both of which were significantly different from that of the other parts ($P<0.01$): the crude protein content from the dorsum, abdomen, chest and tail was 18.76%, 18.96%, 17.91%, and 18.39%, respectively. The maximum fat content in the skirt was as high as 17.47%, containing the most types of fatty acids (27 kinds), and reached 318.09 mg/g; Polyunsaturated fatty acid (PUFA) was 3.90 to 6.76 times as much as that of the other parts, among which linoleic acid content was the highest (107.26 mg/g), followed by docosahexaenoic acid (DHA) (64.39 mg/g) and eicosapentaenoic acid (EPA) (26.61 mg/g). The skin had the highest level of 224.69 mg/g in collagen ($P<0.01$), which could be used as a raw material to produce collagen. A total of 18 amino acids were detected in all parts of the turbot. The main limiting amino acids in the dorsum, abdomen, chest, tail, and skirt were all methionine (Met) and cysteine (Cys), while the main limiting amino acid in the skin was tryptophan (Trp). In addition, except for the skin, amino acid compositions in other parts of the turbot were all in line with the ideal pattern described by FAO/WHO. Texture characteristics analysis showed that hardness, chewiness, and elasticity of the abdomen were significantly higher than those of the other parts ($P<0.05$), which had a better mouthfeel.

Key words *Scophthalmus maximus*; Different parts; Nutrition; Texture; Quality; Evaluation

① Corresponding author: ZHOU Deqing, E-mail: zhoudq@ysfri.ac.cn