

雌核发育牙鲆与普通牙鲆的肌肉营养成分比较

刘海金¹ 王常安² 王晓梅¹ 方平¹ 徐奇友² 曲江波³

(¹中国水产科学研究院, 北京 100141)

(²中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 哈尔滨 150070)

(³山东烟台开发区天源水产有限公司, 264000)

摘 要 测定了牙鲆 *Paralichthys olivaceus* 幼鱼肌肉的水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分, 分析了肌肉氨基酸和脂肪酸组成及含量, 对普通牙鲆和雌核发育牙鲆肌肉的营养成分进行了比较。牙鲆肌肉中粗蛋白含量均较高, 达到 21.3%, 鲜味氨基酸——谷氨酸在所有氨基酸中含量最高, 占到总量的 2.9%, 且饱和脂肪酸具有较高水平。测定结果表明, 普通牙鲆雌、雄个体间肌肉营养组成和含量无显著性差异 ($P > 0.05$), 雌核发育牙鲆与普通牙鲆雌、雄间亦无显著差异 ($P > 0.05$); 雌核发育牙鲆与普通牙鲆肌肉相比, 其营养组成无明显差别, 同样具有营养丰富、组成均衡等优点, 雌核发育对鱼类营养成分并无不良影响。

关键词 牙鲆 雌核发育 营养成分

中图分类号 S965 **文献识别码** A **文章编号** 1000-7075(2010)06-0015-09

Comparison of nutritional composition in muscles of gynogenetic diploid and regular diploid of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*

LIU Hai-jin¹ WANG Chang-an² WANG Xiao-mei¹ FANG Ping¹

XU Qi-you² QU Jiang-bo³

(¹Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing 100141)

(²Heilongjiang River Fishery Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Haerbin 150070)

(³Yantai Development Zone Tianyuan Aquatic Products Co., Ltd, 264000)

ABSTRACT In this study, the content of nutrients was determined for muscles of regular diploid and gynogenetic diploid of juvenile *Paralichthys olivaceus*. The contents of moisture, crude protein, lipid and crude ash were analyzed. The composition and content of amino acids and fatty acids were measured. The differences in the muscles of male and female diploids, and gynogenetic diploid were studied by statistical analysis. The results showed that the content of crude protein in the muscles of *P. olivaceus* was at high level up to 21.3%. The content of glutamic acid, which is one of the important flavour amino acids, is the most abundant one among 18 amino acids, accounting for 2.9% of total amino acids. Polyunsaturated fatty acids were suf-

国家科技支撑计划项目(2006BAD01A1207)、鲆鲽类产业技术体系(nycytx-50)、农业部公益类行业专项(nyhyzx07-046)和中国水产科学研究院基本科研业务费专项资金(2007B004)共同资助

收稿日期:2009-08-14;接受日期:2010-07-30

作者简介:刘海金(1951-),男,研究员,主要从事牙鲆育种研究。E-mail: liuhaijin2005@126.com, Tel: (010)68671004

ficient in *P. olivaceus* muscles. There were no significant differences in muscle nutrient content either between female and male individuals ($P>0.05$) or between regular diploid and gynogenetic diploid individuals ($P>0.05$). In conclusion, the muscle of *P. olivaceus* is high in nutrition. It is revealed that the gynogenetic diploid individuals have equal and balanced nutrient level as the regular diploid individuals. Gynogenesis has no negative effect on fish muscle nutrient.

KEY WORDS *Paralichthys olivaceus* Gynogenetic diploid Biochemical composition

牙鲆属鱼类肉质细嫩、脂满味美、易消化,是营养价值极高的名贵鱼类(王波等 2004),其中牙鲆 *Paralichthys olivaceus* 为冷温性底层海水鱼类,肉嫩、味美、营养价值较高,深受消费者青睐。雌性牙鲆生长优势明显,因此实现雌性单性化养殖在生产上具有重要意义,而行之有效的方法之一就是人工诱导雌核发育(田畑和男 1986)。雌核发育牙鲆低温下培育几乎全部为雌性,而在高温下可以全部变为雄性,这为牙鲆的性别控制开辟了新的途径(Yamamoto 1999)。所谓雌核发育,就是利用灭活后的异源精子,激活卵子,再经冷休克使染色体加倍,从而形成雌核发育后代。雌核发育牙鲆的繁殖,是在雌核发育仔鱼阶段用高温培育,将其诱导成为“伪雄鱼”,即遗传上的雌性,功能上的雄性;再利用这种“伪雄鱼”与普通雌牙鲆配组,所产之卵培育成的个体即为生产用雌核发育牙鲆。此种操作并未使染色体结构产生改变,因此雌核发育鱼的生长特性与一般雌性基本相同(刘海金 2007)。

作者已成功地诱导了牙鲆雌核发育,并将该项技术应用于养殖生产(刘海金等 2008)。但是,对于牙鲆的研究普遍关注于不同养殖群体遗传结构的差异(刘云国等 2005; 房新英等 2006; 邵长伟等 2009),对于雌核发育牙鲆与普通牙鲆营养成分是否存在差别,尚没有系统研究,而这又是人们将雌核发育牙鲆应用于生产实践时普遍关心的问题。本研究采用生化分析方法对牙鲆肌肉组成进行综合分析,旨在证明雌核发育牙鲆的营养价值,并为牙鲆雌核发育育种的可行性及其饵料研制提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 实验材料

普通牙鲆系由山东烟台市开发区天源水产有限公司的牙鲆亲鱼经人工采卵、干法授精、在育苗室内孵化和培育;雌核发育牙鲆系由中国水产科学研究院北戴河中心实验站用雌核发育伪雄鱼与普通雌鱼配组,自然产卵,收集受精卵运往烟台市天源水产有限公司进行孵化及培育,培育条件及饵料与普通牙鲆相同。

普通牙鲆雄性牙鲆采样 20 尾,体重 95.26 ± 15.21 g;雌性采样 20 尾,体重 96.35 ± 16.42 g;雌核发育牙鲆采样 20 尾,体重 95.65 ± 18.42 g。

1.2 实验方法

1.2.1 样品制备

将实验鱼洗净,擦干体表水分,每 1 尾鱼为 1 个分析样品,取背部肌肉去皮剪碎,存于 -20°C 低温冰箱中备用。

1.2.2 常规营养成分测定

水分采用 70°C 烘箱干燥恒重法;粗蛋白的测定为凯氏定氮法(总氮 $\times 6.25$);粗脂肪的测定为索氏乙醚抽提法;粗灰分的测定为茂福炉灼烧法(550°C)。

1.2.3 氨基酸测定

采用日立 L-8800 型氨基酸分析仪,依据 GB/T 5009.124-2003 测定氨基酸,色氨酸为碱水解法,其余氨基酸为酸水解法。

1.2.4 脂肪酸测定

脂肪酸用 BUCHI B-820 脂肪酸测定仪 (BUCHI, 瑞士) 依据 Buchi Caviezel® 方法测定 (Gertz *et al.* 2000)。

1.3 营养价值评价

实验鱼的营养价值评价依据 WHO/FAO 1973 年建议的每克氮氨基酸评分标准模式 (mg/g N) 和鸡蛋蛋白模式 (mg/g N) 进行比较, 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) 分别按以下公式计算 (Pellet *et al.* 1980; 中国预防医学科学院与食品卫生研究所等 1992; 杨国梁等 2002)

$$AAS = \frac{aa}{AA_{(WHO/FAO)}} \times 100 \quad CS = \frac{aa}{AA_{(Egg)}} \times 100$$

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

式中, aa 为实验样品氨基酸含量 (mg/g N), $AA_{(WHO/FAO)}$ 为 WHO/FAO 评分标准模式中同种氨基酸含量 (mg/g N), $AA_{(Egg)}$ 为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量 (mg/g N), n 为比较的必需氨基酸个数, A, B, C, \dots, I 为鱼肌肉蛋白质的必需氨基酸含量 (mg/g N), $A_E, B_E, C_E, \dots, I_E$ 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量 (mg/g N)。

1.4 统计分析

数据用平均值 ± 标准差 ($\bar{x} \pm sd$) 表示。试验结果用 SPSS 13.0 软件进行 Duncan's 多重比较, 显著性水平 P 值为 0.05。

2 结果

2.1 牙鲆肌肉营养成分测定和比较

牙鲆肌肉营养成分测定结果见表 1。普通牙鲆的雌、雄间肌肉营养组成无显著差异 ($P > 0.05$), 与雌核发育牙鲆比较, 其差异亦不显著 ($P > 0.05$)。

表 1 牙鲆肌肉营养成分

Table 1 Nutritional composition in the muscle of *P. olivaceus*

组别 Group	初水分 (%) Moisture	粗蛋白 (%) Crude protein	粗脂肪 (%) Lipid	粗灰分 (%) Crude ash
普通牙鲆 (♀) Regular flounder	74.56 ± 1.02	21.36 ± 0.89	2.55 ± 1.15	1.33 ± 0.13
普通牙鲆 (♂) Regular flounder	74.76 ± 0.86	21.28 ± 1.08	2.56 ± 1.09	1.35 ± 0.22
雌核发育牙鲆 Gynogenetic flounder	74.78 ± 0.55	21.34 ± 1.06	2.52 ± 0.98	1.32 ± 0.09

注: 同列中标有 * 表示组间差异显著 ($P < 0.05$), 未标 * 者表示组间差异不显著 ($P > 0.05$), 下同

Notes: values with asterisk superscripts within a column are significantly different ($P < 0.05$), and the values without asterisk are not significantly different ($P > 0.05$), similarly hereinafter

2.2 牙鲆肌肉氨基酸组成及含量

牙鲆肌肉氨基酸组成及含量测定结果见表 2, 含量以肌肉鲜重的百分比来表示。普通牙鲆雌性、普通牙鲆雄性和雌核发育牙鲆肌肉中的必需氨基酸含量均较高, 分别达到 9.39% ± 0.33%、9.09% ± 0.27% 和 8.80% ± 0.39%, 均接近氨基酸总量的 50%。谷氨酸是 18 种氨基酸中含量最高的一种, 分别为 2.92% ± 0.09%、2.92% ± 0.06% 和 2.85% ± 0.02%。普通牙鲆的雌、雄间肌肉氨基酸组成及含量无显著差异 ($P > 0.05$), 与雌核发育牙鲆肌肉比较, 氨基酸组成及含量差异也不显著 ($P > 0.05$)。

表 2 牙鲆肌肉氨基酸组成及含量(g/100 g 鲜重)
Table 2 Contents of amino acids in the muscle of *P. olivaceus*

氨基酸 Amino acid	普通牙鲆(♀)(%) Regular flounder	普通牙鲆(♂)(%) Regular flounder	雌核发育牙鲆(%) Gynogenetic flounder
天冬氨酸 Asp	1.91±0.05	1.89±0.03	1.88±0.04
苏氨酸 Thr	0.85±0.02	0.84±0.01	0.78±0.07
丝氨酸 Ser	0.81±0.04	0.82±0.02	0.79±0.03
谷氨酸 Glu	2.92±0.09	2.92±0.06	2.85±0.02
甘氨酸 Gly	0.86±0.04	0.86±0.03	0.85±0.06
丙氨酸 Ala	1.14±0.03	1.14±0.03	1.12±0.04
胱氨酸 Cys	0.18±0.02	0.17±0.02	0.18±0.03
缬氨酸 Val	0.93±0.04	0.89±0.04	0.89±0.01
蛋氨酸 Met	0.55±0.03	0.56±0.04	0.53±0.05
异亮氨酸 Ile	0.91±0.04	0.87±0.03	0.83±0.03
亮氨酸 Leu	1.56±0.07	1.53±0.04	1.48±0.04
酪氨酸 Tyr	0.65±0.02	0.66±0.02	0.59±0.07
苯丙氨酸 Phe	0.84±0.03	0.85±0.03	0.83±0.07
赖氨酸 Lys	1.96±0.05	1.79±0.04	1.83±0.05
组氨酸 His	0.43±0.02	0.43±0.02	0.37±0.04
精氨酸 Arg	1.13±0.04	1.13±0.03	1.08±0.03
脯氨酸 Pro	0.63±0.03	0.63±0.02	0.59±0.03
色氨酸 Trp	0.22±0.01	0.21±0.01	0.18±0.01
必需氨基酸含量 EAA	9.39±0.33	9.09±0.27	8.80±0.39
氨基酸总量 Total	18.10±0.49	18.17±0.46	17.65±0.70
必需氨基酸占总量 E/T(%)	51.88±0.23	50.02±0.32	49.88±0.35
必需氨基酸指数 EAAI	78.21±0.35	76.15±0.43	72.45±0.36

2.3 牙鲆肌肉营养价值评价

将普通雌、雄牙鲆和雌核发育牙鲆的肌肉蛋白中氨基酸的含量分别换算成每克氮中所含氨基酸的毫克数,再与 WHO/FAO 蛋白质评价的氨基酸标准模式和鸡蛋蛋白质的氨基酸模式进行比较,计算 AAS 和 CS(表 3)。由表 3 可以看出,赖氨酸的分值最高,普通牙鲆雌性、普通牙鲆雄性和雌核发育牙鲆肌肉中 AAS 分别为 169±4、155±3 和 158±4 mg/g N,CS 分别为 130±3、119±3 和 122±3 mg/g N,三组之间的 AAS 和 CS 均无显著性差异($P>0.05$)。

2.4 牙鲆肌肉脂肪酸组成及含量

牙鲆肌肉脂肪酸组成及含量检测结果见表 4。牙鲆肌肉含有 18 种脂肪酸,其中 C16:0 和 C18:1 含量很高。测定结果表明,普通牙鲆雌、雄间肌肉脂肪酸组成及含量无显著差异($P>0.05$),普通牙鲆与雌核发育牙鲆脂肪酸组成及含量相比亦无显著差异($P>0.05$)。

表 3 牙鲆肌肉必需氨基酸组成的评价(mg/g N)
Table 3 Proportional relationship among essential amino acids (mg/g N)

氨基酸 Amino acid	普通牙鲆 (♀) Regular flounder	普通牙鲆 (♂) Regular flounder	雌核发育牙鲆 Gynogenetic flounder	WHO/FAO 标准 Essential amino acid content recommended by WHO/FAO	鸡蛋蛋白模式 Essential amino acid content in chicken egg	氨基酸评分 AAS			化学评分 CS		
						普通牙鲆 (♀) Regular flounder	普通牙鲆 (♂) Regular flounder	雌核发育牙鲆 Gynogenetic flounder	普通牙鲆 (♀) Regular flounder	普通牙鲆 (♂) Regular flounder	雌核发育牙鲆 Gynogenetic flounder
异亮氨酸 Ile	266±12	256±9	243±9	250	331	107±5	102±4	97±4	80±4	77±3	73±3
亮氨酸 Leu	456±20	449±12	433±12	440	534	104±5	102±3	99±3	85±4	84±2	81±2
赖氨酸 Lys	574±14	526±12	536±15	340	441	169±4	155±3	158±4	130±3	119±3	122±3
蛋氨酸 Met+胱氨酸 Cys	214±42	214±55	208±65	220	386	97±19	97±18	95±24	55±11	56±12	54±16
苯丙氨酸 Phe+酪氨酸 Tyr	436±47	443±52	416±55	380	565	115±13	117±14	109±19	77±8	78±9	74±13
苏氨酸 Thr	249±6	247±3	228±20	250	292	99±2	99±1	91±8	85±2	84±1	78±7
色氨酸 Trp	64±3	62±3	53±3	60	99	107±5	103±5	88±5	65±3	62±3	53±3
缬氨酸 Val	272±12	261±12	261±3	310	411	88±4	84±4	84±1	66±3	64±3	63±1

表 4 牙鲆肌肉脂肪酸组成及含量
Table 4 Composition and contents of fatty acids in the muscle of *P. olivaceus*

脂肪酸 Fatty acid	普通牙鲆(♀)(%) Regular flounder	普通牙鲆(♂)(%) Regular flounder	雌核发育牙鲆(%) Gynogenetic flounder
C14:0	5.01±0.01	5.08±0.02	5.00±0.06
C15:0	0.63±0.06	0.61±0.03	0.61±0.05
C16:0	18.35±0.39	18.48±0.29	18.36±0.19
C16:1	2.19±0.13	2.17±0.11	2.20±0.22
C17:0	2.23±0.19	2.25±0.15	2.21±0.16
C17:1	1.16±0.09	1.16±0.08	1.18±0.06
C18:0	4.00±0.12	3.63±0.36	4.24±0.36
C18:1	25.43±0.36	25.07±0.24	25.55±0.24
C18:2	1.20±1.94	1.07±1.69	1.22±1.32
C18:3	4.48±0.12	4.72±0.12	3.88±0.60
C18:4	1.33±0.24	1.57±0.36	1.82±0.36
C20:0	2.59±0.12	2.61±0.15	2.51±0.11
C20:1	2.91±1.09	3.03±0.97	2.66±0.48
C20:4	0.85±0.97	0.85±1.09	0.73±0.72
C20:5	5.21±0.73	4.97±0.60	4.84±0.36
C22:1	3.51±0.48	3.63±0.36	3.39±0.24
C22:5	3.75±0.97	3.88±0.85	4.00±0.72
C22:6	14.17±1.82	13.32±1.69	13.56±2.16
ΣSFA	32.81±0.89	32.66±1.16	32.93±0.93
ΣMUFA	35.19±2.15	35.05±1.79	34.98±1.24
ΣPUFA	30.99±6.78	30.37±6.40	30.04±6.24
未确认的 Unidentified	1.01±0.22	1.90±0.15	2.04±0.18

3 讨论

3.1 牙鲆常规营养成分分析

牙鲆肌肉具有非常高的蛋白质含量,在雌、雄牙鲆肌肉中分别占鲜重的 21.36% 和 21.28%,其含量高于中华鲟(16.68%)、中华绒螯蟹(16.24%)、鸡蛋(12.80%)、对虾(18.60%)和黄鳝(18.79%)(李思发等 2000;舒妙安等 2000;尹洪滨等 2004)。雌核发育牙鲆的各项常规营养成分的含量与普通牙鲆比较均无显著差异,蛋白质含量占鲜重的 21.34%,同样高于上述其他物种。

3.2 氨基酸含量分析

把肌肉中 18 种氨基酸、必需氨基酸与氨基酸总量的百分比作为氨基酸组成的指标,来比较普通雌、雄牙鲆和雌核发育牙鲆肌肉中氨基酸组成的差异。结果显示,普通牙鲆和雌核发育牙鲆没有显著性差异;牙鲆肌肉中必需氨基酸总量较高,普通牙鲆和雌核发育牙鲆中的含量均达到 50%,比已报道的性成熟牙鲆(32.05%)和大菱鲆(30.94%)的必需氨基酸含量高(王远红等 2003)。鱼肉的鲜美程度主要由天冬氨酸、甘氨酸、谷氨酸和丙氨酸的含量决定,其中谷氨酸的鲜味最强(Park *et al.* 2002;邴旭文等 2005;周兴华等 2007)。在牙鲆肌肉所含的 18 种氨基酸中,谷氨酸的含量最高;雌核发育牙鲆谷氨酸的含量与普通牙鲆没有差异。

3.3 营养价值评定

一种营养价值较高的食物蛋白质不仅所含的必需氨基酸种类要齐全,而且必需氨基酸之间的比例也要适宜,如果能与人体需要相符合,必需氨基酸才能吸收最完全,营养价值最高(何志谦 1988)。本文根据人体所需氨基酸的组成模式和鸡蛋蛋白模式作为参考,来评价牙鲆肌肉蛋白质营养价值的高低。对牙鲆肌肉营养价值评估的结果表明,大部分氨基酸 AAS 接近 100,只有缬氨酸略小,CS 值均大于 50。从氨基酸和化学评分角度比较,雌核发育牙鲆和普通牙鲆肌肉的氨基酸评分和化学评分均没有明显差别。在雌核发育牙鲆和普通牙鲆肌肉中赖氨酸(Lys)的含量均达到 WHO/FAO 模式的 1.5 倍以上,与白甲鱼肌肉的研究结果相似(周兴华等 2007),说明牙鲆也可以作为补充赖氨酸的食品。

3.4 脂肪酸含量分析

人体所需的脂肪酸有三类:多不饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸及饱和脂肪酸(<http://baike.baidu.com/view/25233.htm>)。富含多不饱和与单不饱和脂肪酸的饮食,能预防心血管疾病等(唐传核等 2000;王炜等 2005)。牙鲆肌肉脂肪酸成分中以不饱和脂肪酸(UFA)为主,其中,单不饱和脂肪酸 C18:1 的含量最高;多不饱和脂肪酸(PUFA)占 30%,其中大脑营养必不可少的 DHA(二十二碳六烯酸,C22:6)含量丰富,雌核发育和普通牙鲆中的含量均达 13%~14%。

4 小结

实验结果表明,牙鲆肌肉蛋白含量高并且富含人体必需氨基酸,是人们补充营养、提高生活品质的理想食品来源,属于营养价值和经济价值均较高的养殖鱼类。通过对普通牙鲆雌、雄个体营养成分的比较,表明雌性个体的营养含量与雄性个体无显著差异,雌性牙鲆生长快的同时并没有营养上的损失;雌核发育得到的雌性牙鲆,与普通雌性牙鲆在蛋白、氨基酸、脂肪酸等营养成分上无显著差异,同样具有较高的营养价值。本文从营养学角度证明了牙鲆雌核发育育种的可行性。

参 考 文 献

- 中国预防医学科学院与食品卫生研究所. 营养与食品卫生研究所. 1992. 北京: 食物成分表(全国分省值)
- 尹洪滨, 孙中武, 孙大江, 邱岭泉. 2004. 6种养殖鲟鳇鱼肌肉营养成分的比较分析. 大连水产学院学报, 19(2): 92~96
- 王波, 张朝晖, 左言明, 朱明远, 张杰东, 荆世锡, 毛兴华. 2004. 牙鲆属主要经济鱼类的生物学及养殖研究概况. 海洋水产研究, 25(5): 86~92
- 王伟, 张伟敏. 2005. 单不饱和脂肪酸的功能特性. 中国食物与营养, 4: 44~46
- 王远红, 吕志华, 郑桂香, 赵建民, 战文斌. 2003. 大菱鲆的营养成分分析. 营养学报, 25(4): 438~440
- 刘云国, 陈松林, 李八方. 2005. 牙鲆养殖群体遗传变异的微卫星标记研究. 海洋水产研究, 26(5): 27~33
- 刘海金. 2007. 牙鲆细胞工程育种技术. 见: 王清印主编, 海水养殖生物的细胞工程育种. 北京: 海洋出版社, 285~302
- 刘海金, 王常安, 朱晓琛, 刘永新, 张晓彦, 侯吉伦, 唐楠. 2008. 牙鲆单倍体, 三倍体, 雌核发育二倍体和普通二倍体胚胎发育的比较. 大连水产学院学报, 23(3): 161~167
- 李思发, 陈桂娟. 2000. 阳澄湖中华绒螯蟹品质分析. 中国水产科学, 7(3): 71~74
- 邢旭文, 蔡宝玉, 王利平. 2005. 中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价. 中国水产科学, 12(2): 211~215
- 何志谦. 1988. 人类营养学. 北京: 人民卫生出版社
- 杨国梁, 潘茜. 2002. 巴西鲷肌肉营养成分分析. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 21(3): 231~235
- 周兴华, 郑曙明, 吴青, 向泉, 陈建. 2007. 白甲鱼肌肉营养成分与品质的评价. 西南大学学报(自然科学版), 29(8): 123~128
- 房新英, 张全启, 齐洁, 王志刚, 包振民. 2006. 野生和养殖牙鲆(*Paralichthys olivaceus*) 遗传差异的 RAPD 和 ISSR 研究. 海洋与湖沼, 37(2): 138~142
- 邵长伟, 廖小林, 田永胜, 陈松林. 2009. 牙鲆3个养殖群体遗传结构的微卫星分析. 渔业科学进展, 30(1): 41~46
- 唐传核, 徐建祥. 2000. 脂肪酸营养与功能的最新研究. 中国油脂, 25(6): 20~23
- 舒妙安, 张建成. 2000. 黄鳍肌肉营养成分的分析. 水产学报, 24(4): 339~344
- 田畑和男. 1986. ヒラメの雌性発生のための人工授精技術の検討. 兵庫県水産試験場研究報告, 24: 19~27
- Gertz, C., and Fiebig, H. J. 2000. Determination of fat content by the Caviezel® method (rapid method). European Journal of Lipid Science and Technology, 102(2): 154~158
- Park, J. N., Watanabe, T., Endoh, K., Watanabe, K., and Abe, H. 2002. Taste-active components in a Vietnamese fish sauce. Fisheries Science, 68(4): 913~920
- Pellet, P. L., and Young, V. R. 1980. Nutritional evaluation of protein foods. The United National University, Tokyo, 26~29
- Yamamoto, E. 1999. Studies on sex-manipulation and production of cloned populations in hirame, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). Aquaculture, 173(1~4): 235~246