

7种隆头鱼科鱼肌肉脂肪酸成分的气相色谱分析

庄海旗^{1,2}, 刘江琴^{2*}, 钟宇³, 崔燎^{1,4}, 罗辉^{4,5} (广东医科大学 1. 广东天然药物研究与开发实验室; 2. 化学教研室; 3. 分析中心; 4. 海洋医药研究院; 5. 湛江市环北部湾海洋微生物资源研究开发重点实验室, 广东湛江 524023)

摘要: 目的 分析7种隆头鱼科鱼肌肉脂肪酸组成。方法 用毛细管气相色谱法测定邵氏猪齿鱼、黑带海猪鱼、断纹紫胸鱼、三带颈鳍鱼、洛神颈鳍鱼、九棘长鳍鹦鲷、红颈拟隆头鱼肌肉中脂肪酸组成。结果 7种隆头鱼肌肉含有24种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸(PUFA)分别占32.43%~41.20%、13.45%~21.85%、33.71%~52.61%; 在PUFA中, ω -6系、 ω -3系脂肪酸、DHA+EPA分别为8.47%~16.55%和24.67%~37.08%、19.80%~35.06%。脂肪酸组分聚类分析表明, 7种隆头鱼科鱼可分成3群组, 其中黑带海猪鱼与三带颈鳍鱼的脂肪酸成分含量相近, 断纹紫胸鱼与九棘长鳍鹦鲷脂肪酸成分含量相近。结论 7种隆头鱼科鱼肌肉中含有丰富的不饱和脂肪酸, 其中黑带海猪鱼、断纹紫胸鱼和三带颈鳍鱼肌肉中EPA+DHA含量高达30%以上, 具有较高的食用价值及开发利用价值。

关键词: 隆头鱼; 脂肪酸; 气相色谱

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

文章编号: 2096-3610(2019)06-

Muscular fatty acids in 7 species of Labridae using gas chromatography

ZHUANG Hai-qi^{1,2}, LIU Jiang-qin^{2*}, Zhong Yu³, CUI Liao^{1,4}, LUO Hui^{4,5} (1. Guangdong Key Laboratory for Research and Development of Natural Drugs; 2. Department of Chemistry; 3. Analytic Center; 4. Marine Medicine Research Institute; 5. Zhanjiang Key Laboratory for Research and Development of Marine Microbial Resources in Beibu Gulf Rim; Guangdong Medical University, Zhanjiang 524023, China)

Abstract: Objective To analyze the muscular fatty acids of 7 species of Labridae. Methods Muscular fatty acids of *Choerodon schoenleinii*, *Halichoeres nigrescens*, *Stethojulis terina*, *Iniistius trivittatus*, *Iniistius dea*, *Pteragogus enneacanthus*, and *Pseudolabrus eoethinus* was determined by capillary gas chromatography. Results Twenty-four fatty acids were determined in 7 species of Labridae, of which saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids accounted for 32.43%-41.20%, 13.45%-21.85%, and 33.71%-52.61%, respectively. Of polyunsaturated fatty acids, ω -6 and ω -3 fatty acids, and DHA+EPA were 8.47%-16.55%, 24.67%-37.08%, and 19.80%-35.06%, respectively. Cluster analysis showed that 7 wreckfishes were divided into 3 groups. Fatty acid components were comparable between *Halichoeres nigrescens* and *Iniistius trivittatus* and between *Stethojulis terina* and *Pteragogus enneacanthus*. Conclusion The unsaturated fatty acids are abundant in the muscle of 7 wreckfishes. *Halichoeres nigrescens*, *Stethojulis terina* and *Iniistius trivittatus* possess a high nutritional and developmental value because their muscular EPA+DHA contents are more than 30%.

Key words: Labridae; fatty acids; gas chromatography

隆头鱼科(Labridae)是鲈形目隆头鱼亚目的一科, 有71属519余种, 分布于全世界热带和温带海域, 是海洋鱼类种类数第二大科或鲈形目中第三大科^[1-3]。隆头鱼科鱼(简称隆头鱼)多见于近岸浅海的

海岩或珊瑚礁, 为肉食性鱼类, 主要以无脊椎动物、甲壳类动物、鱼类身上寄生物或海藻为食, 由于牙齿尖利常以碎贝壳或咬食珊瑚为辅食。中国产隆头鱼类有29属90余种, 分布在我国南海和东海, 是南海常见的经济鱼类。海洋鱼类富含多不饱和脂肪酸, 尤其富含EPA和DHA等长链不饱和脂肪酸^[4-5], 隆头鱼常见于湛江水产市场, 但有关其鱼体或肌肉脂肪酸组成的研究尚未见有文献报道。鉴于海洋鱼油含有大量人类所需补充的 ω -3系必需脂肪酸以及鱼油中的DHA和EPA在药品、保健品及食品中

基金项目: 广东省科技发展专项资金项目(粤科规财字[2017]12号), 湛江市科技计划项目(No. 2017B01008)

收稿日期: 2019-07-19; 修订日期: 2019-09-26

作者简介: 庄海旗(1964-), 男, 硕士, 副教授

通信作者: 刘江琴, 女, 硕士, 副教授

的广泛应用^[6-7],本研究测定了南海海域分布的7种隆头鱼脂肪酸的数据,为其进一步开发利用提供了实验数据。

1 材料和方法

1.1 材料与试剂

7种隆头鱼于秋冬季节分4批次收集于广东湛江霞山东风市场,由广东海洋大学陈文河教授协助鉴定为邵氏猪齿鱼*Choerodon schoenleinii*、黑带海猪鱼*Halichoeres nigrescens*、断纹紫胸鱼*Stethojulis terina*、三带颈鳍鱼*Iniistius trivittatus*、洛神颈鳍鱼*Iniistius dea*、九棘长鳍鹦鲷*Pteragogus enneacanthus*和红颈拟隆头鱼*Pseudolabrus eoethinus*。

24种混合标准脂肪酸甲酯(等质量比)美国Sigma公司出品;所有试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

岛津GC-2010型气相色谱(配有GC-workstation工作站;日本岛津公司);AL204电子天平(梅特勒-托利多上海仪器有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 鱼肉脂肪酸甲酯化^[8-9] 称取冷冻干燥后研磨的7种隆头鱼肉粉50 mg,各加入2 mL 0.5%对硫酸-甲醇溶液60℃水浴加热1 h,完成后于冷水中冷却,每种样品试液加入2 mL蒸馏水,然后分2次加入2 mL

正己烷,充分混和萃取,静置分层,取上层清液,再加入适量无水硫酸钠吸附水分,即得各鱼体肌肉脂肪酸甲酯化的样品溶液,备以气相色谱分析。

1.3.2 气相色谱条件^[8-9] DB-WAX弹性石英毛细管柱(30 m×0.32 mm×0.25 μm),程序升温(120℃1 min, 15℃/min升温至205℃,保持3 min后,5℃/min升温至240℃,保持18 min),载气:N₂,柱压力100.0 kPa,总流量32.2 mL/min,线速47.1 cm/s,分流比10:1^[8-9]。

1.3.3 数据统计分析 取标准脂肪酸甲酯溶液和各种鱼肉脂肪酸甲酯样品5 μL进样。每种测定脂肪酸的校正面积 $A_i' = f_i \cdot A_i$; f_i :以C16:0校正因子为1,其它脂肪酸甲酯的校正因子为标准C16:0的峰面积除以

$$\frac{A_i'}{\sum_{i=1}^n A_i'} \times$$

100%;试验数据用Excel 2003和IBM SPSS Statistics 20软件进行处理,结果以均数±标准差表示。

2 结果

2.1 24种标准脂肪酸甲酯的保留时间、校正因子及各隆头鱼脂肪酸成分含量测定(图1、表1)

2.2 7种隆头鱼中脂肪酸含量的测定

用校正峰面积归一化法^[8-9]计算样品脂肪酸成分

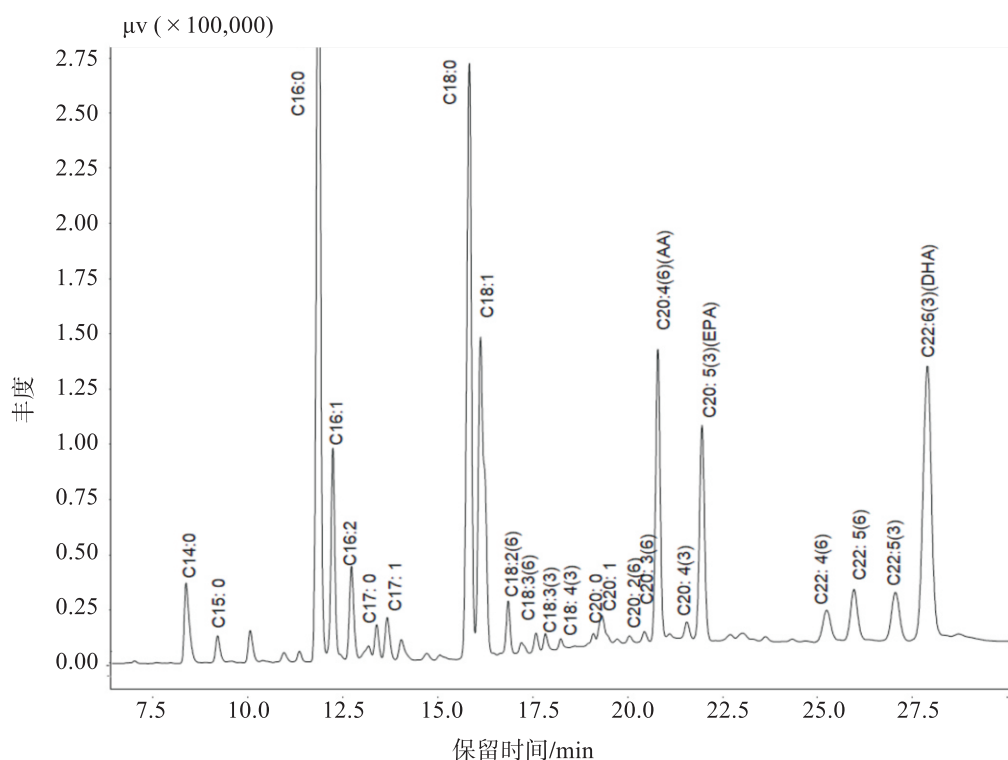


图1 隆头鱼肌肉脂肪酸甲酯总离子流色谱图

表1 24种标准脂肪酸甲酯的保留时间及其校正因子

标准脂肪酸甲酯	C14:0	C14:1	C15:0	C16:0	C16:1	C16:2	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1	C18:2(6)	C18:3(6)
保留时间/min	8.37	8.92	10.07	11.85	12.24	12.78	13.70	14.13	15.84	16.10	16.87	17.31
峰面积相对校正因子(f_i) [*]	0.96	0.95	0.98	1.00	1.02	1.01	1.01	1.01	1.07	1.00	1.05	1.02

标准脂肪酸甲酯	C18:3(3)	C20:0	C20:1	C20:2(6)	C20:3(6)	C20:4(6)	C20:4(3)	C20:5(3)	C22:4(6)	C22:5(6)	C22:5(3)	C22:6(3)
保留时间/min	17.84	19.16	19.40	20.09	20.47	20.81	21.13	21.96	24.19	25.29	27.06	27.86
峰面积相对校正因子(f_i) [*]	1.04	1.09	1.08	1.05	1.02	1.02	1.04	0.99	1.06	1.00	0.95	1.01

^{*} f_i : 以C16:0校正因子为1, 其他脂肪酸甲酯的校正因子为标准C16:0的峰面积除以其峰面积

相对含量, 结果见表2。7种隆头鱼肌肉中, 可确定的脂肪酸有24种, 保留时间8.30~28.00 min内的脂肪酸异构体或挥发性成分的物质峰用 Σ 不确定成分表示, 其占总脂肪酸百分比为1.46%~3.53%。实验中各种隆头鱼脂肪酸成分含量各不相同。隆头鱼肌肉由C14:0、C15:0、C16:0、C17:0、C18:0和C20:0等6种饱和脂肪酸(SFA)组成, 其 Σ SFA为32.43%~54.64%; 由C14:1、C16:1、C17:1和C18:1、C20:1等5种组成单不饱和脂肪酸(MUFA)组成, 其 Σ MUFA

为13.45%~26.63%; 由C16:2、C18:2、C18:3(6)、C18:3(3)、C20:2(6)、C20:4(6)(AA)、C20:4(3)、C20:5(3)(EPA)、C22:4(6)、C22:5(6)、C22:5(3)(DPA)和C22:6(DHA)等13种脂肪酸为多不饱和脂肪酸(PUFA), 其 Σ PUFA为15.42%~36.03%。其中C14:0、C16:0、C16:1、C18:0、C18:1、C20:4(6)(AA)、C20:5(3)(EPA)、C22:4(6)、C22:5(3)(DPA)、C22:6(3)(DHA)等10种脂肪酸占主要成分, 占总脂肪酸14.38%~52.61%。

表2 7种隆头鱼脂肪酸含量

(% , $n=4$)

脂肪酸	邵氏猪齿鱼 <i>Choerodon schoenleinii</i>	黑带海猪鱼 <i>Halichoeres nigrescens</i>	断纹紫胸鱼 <i>Stethojulis terina</i>	三带颈鳍鱼 <i>Iniistius trivittatus</i>	洛神颈鳍鱼 <i>Iniistius dea</i>	九棘长鳍鹦鲷 <i>Pteragogus enneacanthus</i>	红颈拟隆头鱼 <i>Pseudolabrus eoethinus</i>
C14:0	3.53±0.77	1.41±0.52	1.34±0.29	2.55±0.62	6.62±3.04	0.96±0.12	14.65±3.37
C14:1	0.16±0.03	0.80±0.25	0.40±0.11	1.36±0.27	1.97±0.90	0.34±0.02	0.09±0.03
C15:0	0.55±0.02	0.40±0.08	0.41±0.03	0.47±0.11	0.59±0.11	0.46±0.10	0.39±0.02
C16:0	20.61±0.65	19.56±1.12	20.57±1.17	18.54±0.81	22.05±2.83	21.49±2.30	28.55±3.16
C16:1(7)	4.01±0.47	1.97±0.32	2.43±0.39	2.08±0.68	3.03±1.74	2.25±0.38	4.18±0.97
C16:2	0.83±0.07	0.70±0.13	0.83±0.14	0.49±0.08	0.57±0.05	0.96±0.09	0.39±0.11
C17:0	0.98±0.06	0.73±0.09	1.18±0.53	0.85±0.27	0.83±0.18	1.15±0.28	1.00±0.09
C17:1	0.61±0.14	0.70±0.18	0.79±0.21	0.45±0.02	0.56±0.21	0.98±0.44	0.55±0.07
C18:0	9.92±0.71	10.05±0.32	10.63±1.34	11.21±0.88	10.84±2.29	12.79±2.86	9.17±0.79
C18:1(9)	14.44±1.85	9.70±1.42	13.46±1.11	10.12±0.77	16.02±2.60	12.46±2.03	20.93±1.21
C18:2(6)	0.69±0.13	0.67±0.06	0.73±0.15	0.77±0.09	0.60±0.06	0.60±0.04	0.27±0.02
C18:3(6)	0.28±0.04	0.38±0.05	0.41±0.02	0.29±0.01	0.21±0.10	0.42±0.07	0.21±0.01
C18:3(3)	0.30±0.04	0.13±0.03	0.30±0.01	0.10±0.01	0.23±0.10	0.14±0.10	0.32±0.04
C20:0	0.74±0.52	0.28±0.08	0.26±0.03	0.30±0.05	0.27±0.10	0.18±0.02	0.88±0.12
C20:1	1.47±0.98	0.33±0.14	0.56±0.22	0.28±0.13	0.68±0.47	0.86±0.24	3.10±0.07
C20:2(6)	0.32±0.06	0.24±0.07	0.41±0.05	0.30±0.07	0.26±0.06	0.27±0.09	0.18±0.06
C20:3(6)	0.21±0.04	0.18±0.01	0.23±0.01	0.20±0.04	0.10±0.02	0.17±0.01	0.02±0.01
C20:4(6)(AA)	9.24±2.91	10.91±1.87	5.51±0.89	8.34±0.74	5.47±1.88	8.79±1.31	1.31±0.16
C20:4(3)	1.12±1.82	—	—	—	0.06±0.12	—	— [*]
C20:5(3)(EPA)	8.95±3.19	10.15±1.35	8.58±0.64	9.37±0.59	5.63±0.79	7.08±1.16	3.98±0.17

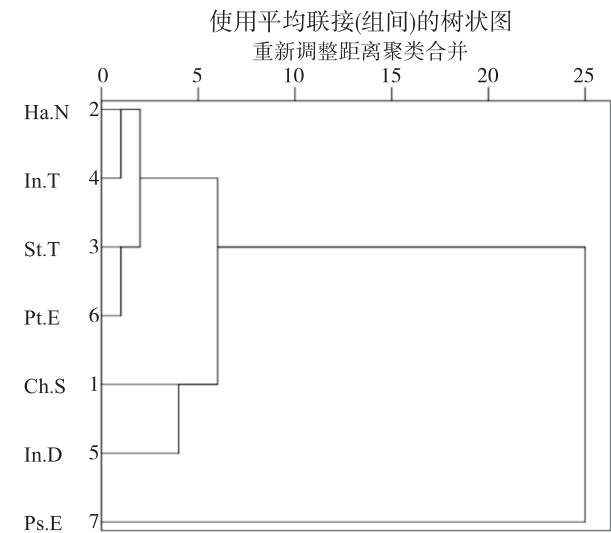
(接上表)

脂肪酸	邵氏猪齿鱼 <i>Choerodon schoenleinii</i>	黑带海猪鱼 <i>Halichoeres nigrescens</i>	断纹紫胸鱼 <i>Stethojulis terina</i>	三带颈鳍鱼 <i>Iniistius trivittatus</i>	洛神颈鳍鱼 <i>Iniistius dea</i>	九棘长鳍鹦鲷 <i>Pteragogus enneacanthus</i>	红颈拟隆头鱼 <i>Pseudolabrus eoethinus</i>
C22:4(6)	2.11±0.58	2.41±0.42	2.11±0.67	1.02±0.33	0.74±0.20	1.26±0.39	0.27±0.25
C22:5(6)	1.47±0.39	1.76±0.17	1.15±0.32	1.51±0.26	1.09±0.42	1.35±0.35	0.19±0.04
C22:5(3)	3.08±0.80	2.32±0.54	3.90±0.42	1.91±0.23	1.09±0.13	2.65±0.25	0.71±0.03
C22:6(3)(DHA)	10.84±1.80	22.75±2.67	22.30±2.18	25.69±1.93	17.66±6.34	20.76±1.18	6.54±1.85
Σ不确定*	3.53±0.32	1.46±0.11	1.53±0.64	1.78±0.34	2.84±0.36	1.61±0.35	2.12±0.77
ΣSFA	36.34±1.13	32.43±3.24	34.38±3.17	33.92±2.78	41.20±3.97	37.03±5.34	54.64±4.51
ΣMUFA	19.96±1.67	13.45±2.13	17.33±1.89	14.32±1.21	21.85±3.60	16.21±1.65	26.63±2.13
ΣPUFA	39.45±2.35	52.61±3.18	46.45±4.12	50.01±4.86	33.71±7.93	44.47±4.03	14.38±2.88
ω-6	14.32±3.90	16.55±1.37	10.54±1.93	12.44±1.77	8.47±2.46	12.87±1.82	2.44±1.34
ω-3	24.30±5.38	35.36±1.58	35.09±3.22	37.08±4.13	24.67±5.44	30.63±2.33	11.55±1.55
ω-3/ω-6	1.9	2.1	3.3	3.0	3.0	2.4	4.7
EPA+DHA	19.80±4.86	32.90±3.81	30.88±2.48	35.06±3.12	23.29±5.60	27.84±2.06	10.52±1.12
DHA/EPA	1.3	2.2	2.6	2.7	3.3	3.0	1.6

“—”为未检出；*为不确定成分：各种未能确定物质峰的总面积占有所有峰面积百分比

2.3 系统聚类分析

通过IBM SPSS Statistics 20软件将所有脂肪酸原始数据进行系统聚类分析，结果如图2所示。



以树状图在距离5内分成3组：第1组为黑带海猪鱼(Ha.N)、三带颈鳍鱼(In.T)、断纹紫胸鱼(St.T)和九棘长鳍鹦鲷(Pt.E)；第2组为邵氏猪齿鱼(Ch.S)、洛神颈鳍鱼(In.D)；第3组为红颈拟隆头鱼(Ps.E)

图2 7种隆头鱼科鱼脂肪酸的聚类分析树状图

3 讨论

3.1 本研究气相色谱分析的特点

气相色谱法分析生物体脂肪酸是常用的有效方

法。对于生物样品的柱前处理，本研究相对于液相色谱法的柱前衍生法^[10]及文献气相色谱的柱前甲酯化法^[11]，具有柱前样品用量少，脂肪酸甲酯化简单，特异性高等特点，目前尚未见应用本法进行样品柱前处理的文献报道。本研究使用DB-WAX毛细管柱对脂肪酸有较理想的分离效果，根据毛细管柱口径和不同长链脂肪酸甲酯的气化特性，同时考虑各脂肪酸的分离度、色谱峰塔板数及其色谱保留时间等各种因素的影响，应用本程序升温法使分析脂肪酸分离达到优化状态，并应用峰面积校正因子计算可进一步获得更准确的数据。

3.2 隆头鱼肌肉ω-6系和ω-3系脂肪酸的比率

鱼油具有调节血脂、防止血液凝固、预防老年痴呆症、提高记忆力、抗癌、提高免疫力、预防和治疗糖尿病等功效。这些功效的作用源于其含有大量ω-3脂肪酸^[6, 12]。有研究结果表明海洋鱼油有较高的ω-3与ω-6比值^[13]。目前有关隆头鱼脂肪酸的文献报道尚少，Levi等^[14]研究了地中海西北部睛斑扁隆头鱼*Symphodus ocellatus*的脂肪酸组成，与本研究的7种隆头鱼组成基本相似，其ω-3/ω-6比率为2.9。本研究除红颈拟隆头鱼ω-3/ω-6为4.7外，ω-3系脂肪酸含量(24.67%~37.08%)远高于ω-6系脂肪酸(8.47%~16.55%)，但ω-3/ω-6的比率为1.9~3.3，低于曹子豪等^[15]报道的曼氏无针乌贼ω-3/ω-6(4.20~4.29)，高于罗永康^[16]报道的7种淡水鱼的ω-3/ω-6(0.2~1.9)。经

常食用隆头鱼可提高人体 ω -3脂肪酸的摄入量,有利于平衡体内来自于动植物膳食的脂肪酸^[10-11]。

3.3 隆头鱼科鱼脂肪酸的聚类分析

鱼油脂肪酸成分数据通过相关软件处理,可对不同鱼种进行聚类分析^[17-18]。本文的系统聚类分析结果(图2)可见:黑带海猪鱼(Ha.N)与三带颈鳍鱼(In.T)脂肪酸成分相似度较大,断纹紫胸鱼(St.T)与九棘长鳍鹦鲷(Pt.E)脂肪酸成分相似度较大,即4种鱼可内分两组;邵氏猪齿鱼(Ch.S)与洛神颈鳍鱼(In.D)相似度较低,但在距离5内仍为一组;第3组红颈拟隆头鱼(Ps.E)的脂肪酸成分与前6种鱼的脂肪酸差别较大,故自成一组。隆头鱼种类繁多,是体形较为分化的一个类群^[1],本研究中7鱼种有6个属的鱼种,其中三带颈鳍鱼(In.T)与洛神颈鳍鱼(In.D)同属,但聚类分析没有在同一组,因此本研究的7种隆头鱼的脂肪酸聚类分析与传统的鱼类分类学的分类无直接关系。

3.4 隆头鱼脂肪酸的开发潜力

一般鱼油主要功效成分是DHA(二十二碳六烯酸)和EPA(二十碳五烯酸),以及脂溶性维生素A和维生素D等^[19-20]。隆头科鱼中 ω -3脂肪酸主要成分集中在C20:5(3)(EPA)和C22:6(3)(DHA)。本研究数据中,7种隆头鱼科鱼均具有较高的EPA+DHA,两种脂肪酸总含量为19.80%~35.06%,是较好补充EPA和DHA的食品来源。其中黑带海猪鱼*Halichoeres nigrescens*、断纹紫胸鱼*Stethojulis Terina*、三带颈鳍鱼*Iniistius trivittatus*等3种的EPA+DHA含量分别达32.90%、30.88%和35.06%,高于文献报道的被世界营养学会推荐为三大营养鱼类之一的黄鳍金枪鱼(DHA25.34%)、蓝鳍金枪(DHA24.1%)、鲣鱼(DHA26.7%)^[21-22],低于黄鳍金枪鱼(DHA39.17%)^[23]含量。这3种隆头科鱼的鱼油是开发EPA+DHA精制鱼油的理想资源,但鱼类EPA+DHA的含量可能随食物链、生长时期及环境的不同而有所差别^[24-25],开发利用前应进行必要的检测。

综上,本研究测定了7种隆头鱼24种脂肪酸成分,其多不饱和脂肪酸含量高达33.71%~52.61%,其中 ω -3系脂肪酸含量达24.67%~37.08%,可作为膳食营养补充剂添加到食品中。其中黑带海猪鱼*Halichoeres nigrescens*、断纹紫胸鱼*Stethojulis Terina*、三带颈鳍鱼*Iniistius trivittatus*功能性脂肪酸EPA+DHA含量高达30%以上,是开发富含EPA+DHA脂肪酸精制鱼油的理想资源;脂肪酸组分聚类分析表明,7种隆头科鱼可分成3组群,但与传统的

鱼类分类学的分类无直接关系。

参考文献:

- [1] 刘东,黄新春,唐文乔.隆头鱼科分类学研究进展[J].海洋渔业,2019,41(1):107-117.
- [2] 陈国宝,李永振,陈新军.南海主要珊瑚礁水域的鱼类物种多样性研究[J].生物多样性,2007,15(4):373-381.
- [3] 孙典荣,林昭进,邱永松,等.西沙群岛重要珊瑚礁海域鱼类区系[J].南方水产,2005,1(5):17-25.
- [4] MORI T A. Marine OMEGA-3 fatty acids in the prevention of cardiovascular disease[J]. Fitoterapia, 2018, 126(4): 8-15.
- [5] ARTHUR A S, KIM H. Emergence of omega-3 fatty acids in biomedical research[J]. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids, 2019, 140(1): 47-50.
- [6] 阮贵云,罗飞,彭佳,等. ω -3脂肪酸对心血管疾病的防治作用研究进展[J].中南药学,2018,16(2):201-205.
- [7] STARK K D, ELSWYK M E V, HIGGINS M R, et al. Global survey of the omega-3 fatty acids, docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid in the blood stream of healthy adults[J]. Prog Lipid Res, 2016, 63(7): 132-152.
- [8] 庄海旗,刘江琴,崔燎,等.广东湛江海域10种虾虎鱼肌肉中脂肪酸含量分析[J].广东医科大学学报,2018,37(1):56-60,63.
- [9] 刘江琴,庄海旗,崔燎,等.广东湛江海域6种小型野生鱼肌肉中脂肪酸含量分析[J].广东医科大学学报,2018,37(5):511-515.
- [10] 赵先恩,索有瑞,王凌云.深海鱼油中脂肪酸的柱前衍生-高效液相色谱串联质谱分析[J].食品科学,2007,28(8):358-363.
- [11] 刘帅,王爱武,李美艳.脂肪酸甲酯化方法的研究进展[J].中国药房,2014(37):3535-3537.
- [12] ALABDULKARIM B, BAKEET Z A N, ARZOO S. Role of some functional lipids in preventing diseases and promoting health [J]. Journal of King Saud University-Science, 2012, 24(4): 319-329.
- [13] 胡勤玲,李珊,赵昕,等.鱼油软胶囊中脂肪酸组成及比率分析[J].中国粮油学报,2014,29(9):73-78.
- [14] LEVI F, BOUTOUTE M, MAYZAUD P. Lipid composition of *Symphodus ocellatus* (Perciforme: Labridae) in the north-western Mediterranean: influence of two different biotopes [J]. Mar Biol, 2005, 146(9): 805-814.
- [15] 曹子豪,迟长凤,刘慧慧,等.不同地理群体曼氏无针乌贼肌肉营养成分分析比较与评价[J].食品科学,2015,36(4):101-106.
- [16] 罗永康.7种淡水鱼肌肉和内脏脂肪酸组成的分析[J].?中国农业大学学报,2001(4):108-116.

- [17] METILLO E B, ASPIRAS-Eya A A. Fatty Acids in Six small pelagic fish species and their crustacean prey from the mindanao sea, southern philippines[J]. Trop Life Sci Res, 2014, 25(1): 105-115.
- [18] KWETEGYEKA J, MPANGO G, GRAHL-NIELSEN O. Variation in fatty acid composition in muscle and heart tissues among species and populations of tropical fish in Lakes Victoria and Kyoga [J]. Lipids, 2008, 43(11): 1017-1029.
- [19] BIBUSA D, LANDS B. Balancing proportions of competing omega-3 and omega-6 highly unsaturated fatty acids (HUFA) in tissue lipids[J]. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids, 2015, 99:19-23.
- [20] COTTIN S C, ALSALEH A, SANDERS T A B, et al. Lack of effect of supplementation with EPA or DHA on platelet-monocyte aggregates and vascular function in healthy men[J]. Nutr Metab Cardiovasc Dis, 2016, 26(8): 743-751.
- [21] 苏阳, 章超桦, 曹文红, 等. 南海产3种金枪鱼普通肉、暗色肉营养成分分析与评价[J]. 广东海洋大学学报, 2015, 35(3): 87-93.
- [22] 周聃, 徐坤华, 赵巧灵. 2种大洋性金枪鱼赤身营养价值分析与评价[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(11): 13-18.
- [23] 罗殷, 王锡昌, 刘源. 黄鳍金枪鱼食用品质的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 476-480.
- [24] TUFAN B, KORAL S, KÖSE S. Changes during fishing season in the fat content and fatty acid profile of edible muscle, liver and gonads of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) caught in the Turkish Black Sea[J]. Analysis of Food Toxins and Toxicants, 2011, 46(4): 800-810.
- [25] FARDIN-KIA A R, DELMONTE P, JOHN K G, et al. Seasonal fat and fatty acids variations of seven marine fish species from the Mediterranean Sea[J]. Eur J Lipid Sci Tech, 2011, 113(12): 1491-1498.

版 权 声 明

为适应我国信息化建设,扩大本刊及作者知识信息交流渠道,本刊编辑部已将《广东医科大学学报》的文献数据在中国知网、万方数据-数字化期刊群、维普网、中教数据库等以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播,其作者文章著作权使用费与本刊稿酬一次性给付(在收取发表费时折扣),作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我编辑部上述声明。

本刊编辑部