

泥鳅鱼籽营养成分及油脂的脂肪酸组成分析

郑捷^{1,2}, 杨璐璐^{1,2}, 高建忠³, 冀旭^{1,2}, 吕晓妍^{1,2}, 李要赏^{1,2}, 于思雨^{1,2}

(1.天津科技大学新农村发展研究院, 天津 300457; 2.天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457;
3.天津鸿腾水产科技发展有限公司, 天津 301800)

摘要:以泥鳅鱼籽为原料, 对其基本营养成分进行测定。采用正己烷-异丙醇提取法得到鱼籽油, 对鱼籽油的理化指标及脂肪酸组成进行了测定, 并与泥鳅鱼肉、鲫鱼籽、鲟鱼籽、林蛙卵以及母乳的油脂进行比较。结果表明: 泥鳅鱼籽的营养成分为水分含量64.69%、蛋白质含量24.49%、脂肪含量5.62%、灰分含量1.56%; 泥鳅鱼籽油理化指标为密度0.901 4 g/mL、折光率1.463 8、碘值105 g I/100 g、皂化值134 mg KOH/g; 气相色谱-质谱联用分析可知, 泥鳅鱼籽中不饱和脂肪酸含量为71.30%, 其中油酸和亚油酸含量较高, 分别为28.02%和24.51%。通过与泥鳅鱼肉、鲫鱼籽、鲟鱼籽、林蛙卵以及母乳的油脂比较, 发现泥鳅鱼籽和母乳的饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸比例基本一致, 非常接近健康食用油黄金比例1:1:1, 而且泥鳅鱼籽的主要脂肪酸组成和母乳的基本相同, 具有较高的开发和利用价值。

关键词:泥鳅; 营养成分; 鱼籽油; 脂肪酸

Analysis of Nutrient Contents in Loach Roe and Fatty Acid Composition of Loach Roe Oil

ZHENG Jie^{1,2}, YANG Lulu^{1,2}, GAO Jianzhong³, JI Xu^{1,2}, LÜ Xiaoyan^{1,2}, LI Yaoshang^{1,2}, YU Siyu^{1,2}

(1. Institute for New Rural Development, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China;
2. College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China;
3. Tianjin Hongteng Aquatic Science & Technology Development Co. Ltd., Tianjin 301800, China)

Abstract: The nutrient contents of loach roe and the fatty acid composition of loach roe oil were determined in this work. Loach roe oil was extracted with *n*-hexane-isopropanol, and its physicochemical indexes and fatty acid composition were determined and compared with the fat of loach meat, crucian carp roe, sturgeon roe, *Rana chensinensis* egg and breast milk. The results showed that the moisture content of loach roe was 64.69%, crude protein was 24.49%, crude fat was 5.62%, and ash was 1.56%; the density of loach fish oil was 0.901 4 g/mL, refractive index was 1.463 8, iodine value was 105 g I/100 g, and saponification value was 134 mg KOH/g. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis indicated that the unsaturated fatty acid content of loach roe oil was 71.30%, with oleic and linoleic acid accounting for 28.02% and 24.51% of the total amount, respectively. In comparison with loach fish, crucian carp roe and sturgeon roe, the ratio of saturated to monounsaturated to polyunsaturated fatty acids in loach roe oil was roughly the same as that of breast milk fat, which was very close to the golden ratio 1:1:1 of healthy cooking oil, and loach roe and breast milk had almost the same fatty acid composition. Thus, loach roe has great development and utilization potential.

Key words: loach; nutritive component; roe oil; fatty acid

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201624016

中图分类号: S965.199

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2016)24-0105-06

引文格式:

郑捷, 杨璐璐, 高建忠, 等. 泥鳅鱼籽营养成分及油脂的脂肪酸组成分析[J]. 食品科学, 2016, 37(24): 105-110.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201624016. <http://www.spkx.net.cn>

ZHENG Jie, YANG Lulu, GAO Jianzhong, et al. Analysis of nutrient contents in loach roe and fatty acid composition of loach roe oil[J]. Food Science, 2016, 37(24): 105-110. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201624016. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2016-05-05

基金项目: 天津市科技特派员项目(泥鳅休闲食品加工关键技术及产品开发)(16JCTPJC45400);

天津市东丽区科技型中小企业发展专项资金产学研合作项目(复合型鱼糜制品加工关键技术开发与应用)

作者简介: 郑捷(1972—), 女, 高级工程师, 硕士, 研究方向为水产品加工及贮藏工程。E-mail: jane@tust.edu.cn

泥鳅 (*Misgurnus anguillicaudatus*), 隶属鲤形目, 属于底层温水鱼类^[1]。泥鳅又名鱼鳅, 常被称作“水中人参”, 其味道鲜美, 肉质细嫩, 适合各类人群食用^[2]。泥鳅生命力强、食性杂, 是我国的重要名优经济鱼种^[3]。鱼籽是雌鱼卵巢成熟时所排的卵子。鱼籽可以作为食物^[4], 同鱼肉一样, 其营养丰富、味道鲜美。常吃鱼籽对身体健康大有裨益。鱼籽中的蛋白质和脂肪含量普遍比鱼肉高, 而水分含量却低于鱼肉。鱼籽中有许多人体不能自行合成的物质。鱼籽中的胆固醇对人的身体发育和健康并无害处。此外, 鱼籽的氨基酸构成合理, 这些氨基酸能够促进人体新陈代谢、生长发育、脑神经发育、增强记忆力。因此开发鱼籽保健或休闲食品具有良好的前景^[5-6]。目前市面上主要销售的鱼籽产品为鱼籽酱。鲑鱼、鳕鱼和鲟鱼是生产鱼籽酱的主要鱼种^[7]。邵东宏等^[4]分析了鳕鱼籽的营养成分, 发现鳕鱼籽和鲟鱼籽一样, 粒径较大, 营养也比较丰富, 可以作为鲟鱼籽替代品。何贵山^[8]以飞鱼籽为原料, 对产品加工过程中的不同加工技术进行了研究, 开发了飞鱼籽调理食品。

由于近几年河流、湖泊污染严重, 野生泥鳅品质难以保障。目前, 泥鳅人工养殖技术逐渐成熟, 产业化规模化逐渐形成。养殖业的发展带动了泥鳅加工业的发展。泥鳅鱼籽是泥鳅加工过程中的副产物, 目前国内外关于泥鳅鱼籽营养成分及脂肪酸组成的报道相对较少。本实验以天津宝坻地区特色泥鳅养殖品种——黄板鳅为原料, 通过分析测定数据, 对泥鳅鱼籽的营养成分进行了阐述和分析, 并对泥鳅鱼籽油进行了理化指标以及脂肪酸组成成分的测定及分析, 为其开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

活黄板鳅 天津鸿腾水产科技发展有限公司。

甲醇、正己烷 (均为色谱纯) 天津市风船化学试剂科技有限公司; 无水硫酸钠 (优级纯) 天津市科密欧化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

GZX-9070 MBE电热鼓风干燥箱 上海博讯实业有限公司医疗设备厂; SX-G16102马弗炉 天津市中环实验电炉有限公司; QP-2010气相色谱-质谱联用仪 日本Shimadzu公司; K9840凯氏定氮自动分析仪 济南海能仪器有限公司; YOD-09氮吹装置 青岛华青仪表有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品前处理

随机抽取活黄板鳅40条, 平均体质量为25 g, 体长约为15 cm, 然后宰杀取其鱼卵, 混匀, 备用。

1.3.2 泥鳅鱼籽营养成分的测定

水分含量测定参照GB/T 9695.15—2008《肉与肉制品水分含量测定》^[9]; 蛋白质含量测定参考GB 5009.4—2010《食品中蛋白质的测定》^[10]采用凯氏定氮自动分析仪法进行测定; 脂肪含量测定参照GB/T 14772—2008《食品中粗脂肪的测定》^[11]; 灰分含量测定参照GB 5009.5—2010《食品中灰分的测定》^[12]。

1.3.3 泥鳅鱼籽油的提取

准确称取新鲜的鱼籽样品5 g于250 mL碘量瓶中, 加入90 mL正己烷-异丙醇 (3:2, *V/V*) 混合溶剂, 超声振荡10 min, 用砂芯漏斗抽滤, 并用少量提取剂冲洗碘量瓶及残渣。将滤液转入250 mL的分液漏斗, 再向该粗提取物中加入50 mL 1 g/100 mL的Na₂SO₄溶液, 振荡2 min, 静置分层。

分离出下层水相, 用10 mL正己烷-异丙醇 (7:2, *V/V*) 对下层水相进行反萃取, 合并2次上层的有机相于已称质量的三角瓶中, 置于70 °C水浴挥干溶剂, 再放入100~105 °C烘箱中烘10 min, 冷却至室温后称量, 4 °C冰箱贮存备用。用于脂肪酸测定的鱼籽油不经过水浴和烘箱步骤, 取10 g上层有机相于试管中, 氮吹60 s至近干, 备用。

1.3.4 泥鳅鱼籽油性状及理化指标的测定

将提取得到的泥鳅鱼籽油静置1 d后观察其颜色和透明度, 并分别测定20 °C时的密度和折光率。碘值测定方法参照GB/T 5532—2008《动植物油脂碘值的测定》^[14]; 皂化值测定方法参照GB/T 5534—2008《动植物油脂皂化值的测定》^[15]。

1.3.5 泥鳅鱼籽脂肪酸气相色谱-质谱分析

1.3.5.1 样品处理

准确称取0.020 g泥鳅鱼籽油放入到玻璃试管中, 然后加入4 mL的2%硫酸的甲醇溶液, 盖上塞子。在80 °C条件下反应60 min直至看不到油滴为止。冷却至室温, 向玻璃试管中加入2 mL蒸馏水和2 mL正己烷溶液萃取脂肪酸甲酯。提取的正己烷溶液加入2% KHCO₃溶液1 mL。最后将萃取液移入到干净的试管中加入适量的无水硫酸钠进行脱水。提取1 μL注入到气相色谱-质谱中进行检测。

1.3.5.2 色谱条件

色谱柱为HP-5MS (30 m×0.25 mm, 0.25 μm) 弹性石英毛细管柱; 程序升温: 柱温初始40 °C, 保持3 min, 以4 °C/min升到150 °C, 再以8 °C/min升到250 °C保持6 min; 汽化室温度250 °C; 载气: He; 纯度: 99.999%; 载气流量: 恒流1 mL/min; 分流比: 5:1。

1.3.5.3 质谱条件

离子源: 电子电离源; 离子源温度: 220 °C; 电子能量: 70 eV; 质量扫描范围43~500 u。

1.4 数据统计分析

用Origin Pro 9.0统计分析数据并制图,所有实验均重复3次,取平均值。

2 结果与分析

2.1 泥鳅鱼籽一般营养成分

表1 泥鳅鱼籽与其他产品营养成分的比较

Table 1 Comparison of nutrients in loach roe and other fishes

种类	水分含量/%	蛋白质含量/%	脂肪含量/%	灰分含量/%
泥鳅鱼籽	64.69±0.32	24.49±0.05	5.62±0.09	1.56±0.08
泥鳅鱼肉 ^[16]	76.50	18.87	3.42	1.21
鲫鱼籽 ^[4]	80.28	15.74	1.58	1.64
鲟鱼籽 ^[18]	54.40	26.00	13.85	2.05
林蛙卵 ^[17]	65.51	16.80	7.32	1.64

如表1所示,泥鳅鱼籽的营养成分为水分含量64.69%、蛋白质含量24.49%、脂肪含量5.62%、灰分含量1.56%。泥鳅鱼籽的蛋白质含量(24.49%)高于泥鳅鱼肉(18.87%)^[16]、鲫鱼籽(15.74%)^[4]和具有较高营养保健作用的林蛙卵(16.8%)^[17]蛋白质含量,与素有“黑色黄金”的鲟鱼籽蛋白质含量(26%)^[18]较为接近。毛国祥等^[19]认为脂肪是产生挥发性风味的必不可少的物质,同时,脂肪也是食物营养物质的一种主要指标。泥鳅鱼籽中粗脂肪含量(5.62%)高于泥鳅鱼肉(3.42%)^[16]和鲫鱼籽(1.58%)^[4]的脂肪含量,但低于鲟鱼籽(13.85%)^[18]和林蛙卵(7.32%)^[17]的含量。

2.2 泥鳅鱼籽油的提取

以正己烷-异丙醇(3:2, V/V)作为提取溶剂进行提取,得到淡黄色、澄清、略呈浓稠的泥鳅鱼籽油,得率为5.65%。泥鳅鱼籽油的理化指标测定结果见表2。对于一种油脂来说,密度、折光率、皂化值、碘值等指标可以作为产品的质量指标来鉴别油脂的品种或纯度^[20]。

表2 泥鳅鱼籽油与其他几种油脂理化指标的比较

Table 2 Comparison of physical and chemical properties of loach roe oil and other oils

种类	密度(20℃)/(g/mL)	折光率(20℃)	碘值/(g I/100 g)	皂化值/(mg KOH/g)
泥鳅鱼籽油	0.9014±0.0133	1.4638±0.0014	105±3	134±3
鲑油 ^[20]	0.9215	1.4751	132	188
鳕肝油 ^[20]	0.9273	1.4805	143~205	183
棉籽油 ^[21]	0.9170~0.9250	1.4690~1.4750	99~120	189~198
菜籽油 ^[21]	0.9090~0.9145	1.4710~1.4755	94~120	168~182

由表2可知,泥鳅鱼籽油理化指标为密度0.9014 g/mL、折光率1.4638、碘值105 g I/100 g、皂化值134 mg KOH/g。泥鳅鱼籽油的折光率介于鲑油和鳕肝油折光率之间,其碘值和皂化值低于鲑油和鳕肝油,说明泥鳅鱼籽油的不饱和度和比鲑油和鳕肝油低,而泥鳅鱼籽油脂肪酸分子质量

却比鲑油和鳕肝油的高,说明泥鳅鱼籽油化学性质相对稳定,不易氧化。有文献报道,泥鳅鱼籽油的理化指标均介于主要鱼类和水产哺乳动物油^[20]的理化指标之间;泥鳅鱼籽油的密度、折光率和碘值均在食用植物油行业标准NY/T 751—2003《绿色食品食用植物油》^[21]要求的范围之内,泥鳅鱼籽油的碘值在棉籽油和菜籽油的碘值范围之内;泥鳅鱼籽油的皂化值低于食用植物油。

2.3 泥鳅鱼籽的脂肪酸组成分析

2.3.1 泥鳅鱼籽脂肪酸组成的气相色谱-质谱分析

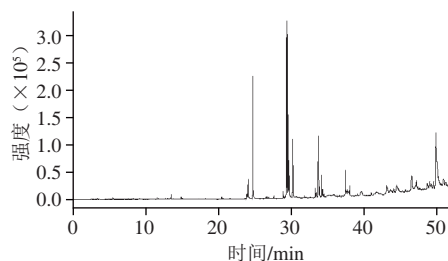


图1 泥鳅鱼籽脂肪酸的气相色谱-质谱图

Fig. 1 GC-MS profile of fatty acids of loach roe

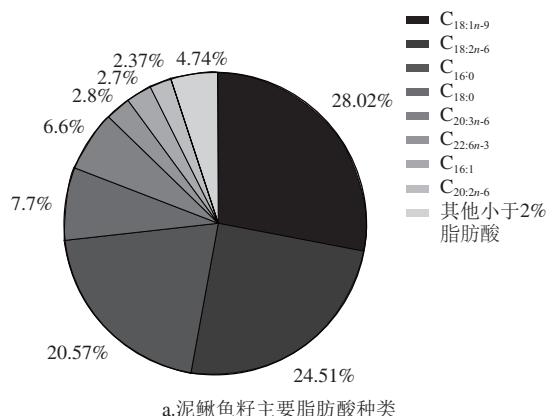
泥鳅鱼籽脂肪酸的气相色谱-质谱图谱见图1,泥鳅鱼籽的脂肪酸组成及相对含量见表3。

表3 泥鳅鱼籽的脂肪酸组成及相对含量

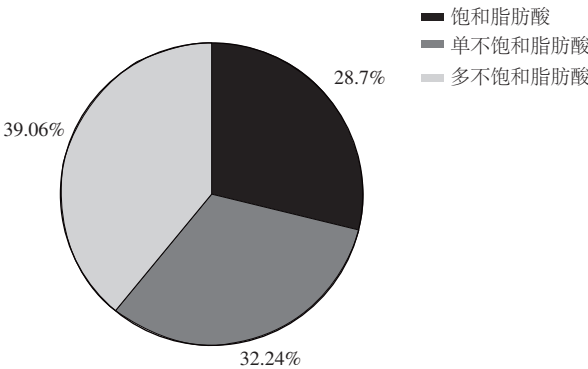
Table 3 Fatty acid composition and their relative contents in loach roe

序号	保留时间/min	脂肪酸名称	简式	相对分子质量	分子式(甲酯)	相对含量/%
1	23.87	十六碳烯酸	C _{16:1n-7}	268	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	0.76±0.16
2	24.01	十六碳烯酸(棕榈油酸)	C _{16:1}	268	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	2.70±0.88
3	24.67	十六碳酸(棕榈酸)	C _{16:0}	270	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	20.57±2.95
4	27.53	十七碳酸	C _{17:0}	284	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	0.43±0.14
5	28.84	十八碳三烯酸(亚麻酸)	C _{18:3n-3}	292	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	1.15±0.09
6	29.27	十八碳二烯酸(亚油酸)	C _{18:2n-6}	294	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	24.51±1.00
7	29.45	十八碳烯酸(油酸)	C _{18:1n-9}	296	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	28.02±2.07
8	30.13	十八碳酸(硬脂酸)	C _{18:0}	298	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	7.70±0.28
9	33.19	EPA	C _{20:5n-3}	316	C ₂₁ H ₃₈ O ₂	1.12±0.22
10	33.34	二十碳四烯酸(花生四烯酸)	C _{20:4n-6}	318	C ₂₁ H ₃₆ O ₂	0.52±0.28
11	33.62	二十碳三烯酸	C _{20:3n-6}	320	C ₂₁ H ₃₆ O ₂	6.60±1.46
12	34.07	二十碳二烯酸	C _{20:2n-6}	322	C ₂₁ H ₃₈ O ₂	2.37±0.57
13	34.20	二十碳烯酸	C _{20:1}	324	C ₂₁ H ₄₀ O ₂	0.76±0.35
14	37.33	DHA	C _{22:6n-3}	342	C ₂₃ H ₃₈ O ₂	2.80±0.85

注: EPA.二十碳五烯酸; DHA.二十二碳六烯酸。下同。



a.泥鳅鱼籽主要脂肪酸种类



b.泥鳅鱼籽饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸比例

图2 泥鳅鱼籽主要脂肪酸种类与比例
Fig. 2 Distribution of fatty acid species of loach roe

由表3和图2a可知，泥鳅鱼籽中总共分离出14种脂肪酸。主要脂肪酸8种，分别为油酸、亚油酸、棕榈酸、硬脂酸、二十碳三烯酸、二十二碳六烯酸（docosahexaenoic acid, DHA）、十六碳烯酸、二十碳二烯酸；饱和脂肪酸3种，分别为棕榈酸、十七碳酸和硬脂酸，共占脂肪酸总量的28.70%；不饱和脂肪酸11种，其中单不饱和脂肪酸3种，分别为十六碳烯酸、棕榈油酸、油酸共占脂肪酸总量的32.24%；多不饱和脂肪酸8种，分别为亚麻酸、亚油酸、二十碳五烯酸（eicosapentaenoic acid, EPA）、二十碳四烯酸、二十碳三烯酸、二十碳二烯酸、DHA，共占脂肪酸总量的39.06%。从图2b可知，饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸的比例接近健康食用油黄金比例1:1:1^[22]。

结果表明，泥鳅鱼籽中多不饱和脂肪酸的含量很高。多不饱和脂肪酸可以改善血液微循环，提高心脏功能^[23]。在多不饱和脂肪酸中，亚油酸含量最高，占脂肪酸总量的24.51%。亚油酸是 ω -6长链多不饱和脂肪酸，是人体必需脂肪酸，能够降低血清胆固醇，预防和治疗高血压、冠心病及动脉粥样硬化等疾病，而且亚油酸还是 γ -亚麻酸和花生四烯酸的前体物质^[24]。另外，泥鳅鱼籽含有少量 ω -3脂肪酸——亚麻酸和EPA、DHA。大量的研究发现， α -亚麻酸可以预防和治疗多种心血管疾病^[25]。DHA对大脑活力有着极大的促进作用，老年人、青少年、婴幼儿经常摄入能够有效改善记忆力，增强学习和思维能力^[26]。EPA具有一定的抗炎和免疫调节作用^[27]。因此，泥鳅鱼籽具有较高的食用价值与保健作用。

2.3.2 几种油脂的脂肪酸组成比较

将泥鳅鱼籽和泥鳅鱼肉、鲫鱼籽、鲟鱼籽、林蛙卵以及母乳的脂肪酸组成列表进行比较（表4），由表4可以看出，所列几种油脂都含有大量的不饱和脂肪酸。

多不饱和脂肪酸是肉品香味和风味的重要前体物质^[28]。通过比较可知，泥鳅鱼籽的脂肪酸种类（14种）要多于泥鳅鱼肉（11种），而且泥鳅鱼籽中多不饱和脂肪酸

含量高于泥鳅鱼肉^[29]。长链多不饱和脂肪酸是指链长为18~22个碳原子，广泛存在于生物体内。长链多不饱和脂肪酸是细胞膜磷脂的重要组成成分^[30]。泥鳅鱼籽中的多不饱和脂肪酸多为长链脂肪酸，如EPA、二十碳四烯酸、二十碳三烯酸、二十碳二烯酸、二十碳烯酸、DHA。

表4 几种油脂脂肪酸组成及相对含量比较
Table 4 Comparison of fatty acid composition and contents between loach roe oil and other fats

脂肪酸名称	简式	泥鳅鱼籽	泥鳅鱼肉 ^[29]	鲫鱼籽 ^[31]	鲟鱼籽 ^[18]	林蛙卵 ^[32]	母乳 ^[37]
辛酸	C _{8:0}	—	—	—	—	—	0.46
癸酸	C _{10:0}	—	—	—	—	—	0.97
十二碳酸（月桂酸）	C _{12:0}	—	—	—	—	0.19	2.85
十四碳烯酸	C _{14:1}	—	1.51	—	—	—	—
十四碳酸	C _{14:0}	—	—	1.78	0.80	1.05	2.50
十五碳酸	C _{15:0}	—	—	—	—	0.98	—
十六碳二烯酸	C _{16:2}	—	—	—	—	0.36	—
十六碳烯酸	C _{16:1n-7}	0.76	5.29	3.84	2.80	5.48	—
十六碳烯酸（棕榈油酸）	C _{16:1}	2.70	—	—	—	—	—
十六碳酸（棕榈酸）	C _{16:0}	20.57	23.55	21.56	20.30	17.77	19.07
十七碳二烯酸	C _{17:2}	—	—	—	—	0.80	—
十七碳烯酸	C _{17:1}	—	—	—	—	—	0.27
十七碳酸	C _{17:0}	0.43	—	—	—	—	—
十八碳四烯酸	C _{18:4n-3}	—	2.23	—	—	0.60	—
十八碳三烯酸（亚麻酸）	C _{18:3}	1.15	2.09	2.08	0.60	0.16	0.98
十八碳二烯酸（亚油酸）	C _{18:2n-6}	24.51	29.37	6.74	5.40	25.73	23.73
十八碳烯酸	C _{18:1n-7}	—	—	—	2.20	—	—
十八碳烯酸（油酸）	C _{18:1n-9}	28.02	27.91	32.00	41.50	28.13	36.43
十八碳酸（硬脂酸）	C _{18:0}	7.70	4.97	0.30	3.00	5.54	6.05
EPA	C _{20:5n-3}	1.12	—	0.76	1.30	7.13	—
二十碳四烯酸（花生四烯酸）	C _{20:4n-6}	0.52	—	3.95	—	—	—
二十碳三烯酸	C _{20:3n-6}	6.60	—	—	—	—	—
二十碳二烯酸	C _{20:2n-6}	2.37	—	—	—	—	—
二十碳烯酸	C _{20:1n-9}	0.76	1.26	0.26	—	—	—
二十碳酸	C _{20:0}	—	1.21	—	—	—	—
DHA	C _{22:6n-3}	2.28	—	7.69	9.00	2.71	—
二十二碳五烯酸	C _{22:5n-3}	—	—	1.26	—	—	—
二十二碳四烯酸	C _{22:4n-6}	—	—	0.42	—	0.66	—
二十二碳三烯酸	C _{22:3}	—	—	—	—	—	—
二十二碳二烯酸	C _{22:2}	—	—	—	—	0.43	—
二十二碳酸	C _{22:0}	—	0.57	—	—	0.19	—
脂肪酸种类		14	11	13	10	17	12
饱和脂肪酸总量	ΣSFA	28.70	30.30	23.64	24.10	25.72	31.89
不饱和脂肪酸总量	ΣUFA	71.30	69.70	58.20	62.20	72.62	63.61
单不饱和脂肪总量	ΣMUFA	32.24	35.97	36.10	46.50	34.04	38.90
多不饱和脂肪酸总量	ΣPUFA	39.06	33.69	22.90	15.70	38.58	24.71
EPA+DHA		3.92	0.00	8.45	10.30	9.84	—
Σn-3		5.07	2.23	9.71	10.30	10.44	—
Σn-6		33.99	29.37	7.16	5.40	26.39	—
Σn-6/Σn-3		6.71	13.17	0.74	0.52	2.53	—

注：—未检出。

表4表明，泥鳅鱼籽的不饱和脂肪酸含量（71.30%），其中油酸和亚油酸含量较高，分别为28.02%和24.51%，要高于鲫鱼籽（58.20%）^[31]、鲟鱼籽

(62.20%)^[18], 与林蛙卵^[32]非常接近。此外, 泥鳅鱼籽的EPA+DHA含量低于鲫鱼籽、鲟鱼籽和林蛙卵。李广焱等^[33]对鄱阳湖10种淡水鱼的脂肪酸含量进行检测, 发现多不饱和脂肪酸和 ω -3多不饱和脂肪酸的含量与鱼的生活习性有关, 食藻类鱼体内多不饱和脂肪酸含量要大于以鱼虾或以水中昆虫为食的鱼, 此外, 海水鱼类的长链不饱和脂肪酸含量要高于淡水鱼, 且含量普遍较高^[34], 其主要原因是海水鱼类摄食的海洋微藻和海洋原生动物中含有丰富的长链多不饱和脂肪酸^[35], 这几种被比较的水生物种EPA+DHA含量不同可能与它们的生活习性有关。

从表4还可以看出, 泥鳅鱼籽的 $\Sigma n-6/\Sigma n-3$ 脂肪酸的比例为6.71, 正好处于成人适宜的 $\Sigma n-6/\Sigma n-3$ 比例(5~10)范围之内^[36], 而泥鳅鱼肉的 $\Sigma n-6/\Sigma n-3$ 比例略高于成人适宜的 $\Sigma n-6/\Sigma n-3$ 比例, 说明泥鳅鱼籽与泥鳅鱼肉比较起来, 具有更高的食用价值。鲫鱼籽、鲟鱼籽、林蛙卵的 $\Sigma n-6/\Sigma n-3$ 比例低于成人适宜的 $\Sigma n-6/\Sigma n-3$ 比例, 其主要原因是泥鳅的亚油酸含量较高, 而鲫鱼籽、鲟鱼籽的亚油酸含量较低。

通过比较泥鳅鱼籽与母乳的脂肪酸^[37]组成可知, 泥鳅鱼籽和母乳的饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸比例基本一致, 均非常接近健康食用油黄金比例1:1:1^[22]。此外, 泥鳅鱼籽的主要脂肪酸组成与母乳非常接近, 其中, 泥鳅鱼籽棕榈酸含量为20.57%, 母乳棕榈酸含量为19.07%。泥鳅鱼籽亚油酸含量为24.51%, 母乳亚油酸含量为23.73%; 泥鳅鱼籽硬脂酸含量为7.70%, 母乳为6.05%。文献[38]报道, 鱼籽中的脂质可以作为保持人体健康的食物来源。因此, 可以考虑将泥鳅鱼籽开发成一种婴幼儿食品或者孕期女性滋补品。

3 结 论

泥鳅鱼籽水分含量为64.69%, 蛋白含量为24.49%, 粗脂肪含量为5.62%, 灰分含量为1.56%。

采用正己烷-异丙醇(3:2, *V/V*)提取泥鳅鱼籽油, 得率为5.65%, 泥鳅鱼籽油呈淡黄色、澄清、略为浓稠状态。泥鳅鱼籽油理化指标为密度0.901 4 g/mL、折光率1.463 8、碘值105 g I/100 g、皂化值134 mg KOH/g; 泥鳅鱼籽油的化学性质相对稳定, 不易氧化。

泥鳅鱼籽中的不饱和脂肪酸含量为72.38%, 其中亚油酸含量最高, 占脂肪酸总量的25.65%。泥鳅鱼籽含有EPA和DHA, 占脂肪酸总量的2.98%。泥鳅鱼籽的 $\Sigma n-6/\Sigma n-3$ 脂肪酸的比例(6.71)正好处于成人适宜的 $\Sigma n-6/\Sigma n-3$ 比例(5~10), 泥鳅鱼籽具有较高的食用价值与保健功能。

泥鳅鱼籽的饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱

和脂肪酸比例接近健康食用油黄金比例1:1:1^[21], 且泥鳅鱼籽的主要脂肪酸组成与母乳的脂肪酸组成基本相同, 可将泥鳅鱼籽开发成婴幼儿食品或者孕期女性滋补品。

参考文献:

- [1] 陈胜. 泥鳅养殖的研究与探讨[J]. 畜牧与饲料科学, 2011(2): 95-97. DOI:10.3969/j.issn.1672-5190.2011.02.046.
- [2] 祝建材. 水中人参泥鳅[N]. 中国中医药报, 2012-06-27(006).
- [3] 张锐昌. 泥鳅的综合开发利用[J]. 食品与药品, 2010, 12(3): 197-201. DOI:10.3969/j.issn.1672-979X.2010.03.015.
- [4] 邵东宏. 鳊鱼籽营养成分分析[J]. 农业科技与信息, 2010(9): 57. DOI:10.3969/j.issn.1003-6997.2010.09.042.
- [5] 容小翔. 鱼子味美营养多[N]. 中国医药报, 2003-04-14.
- [6] 何贵山. 鱼籽调理食品的脱腥和加工工艺[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(10): 48-52. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2011.10.013.
- [7] 张施军. 狭鳕鱼籽的加工技术[J]. 企业科技与发展, 2003(8): 19. DOI:10.3969/j.issn.1674-0688.2003.08.019.
- [8] 何贵山. 飞鱼籽调理食品加工工艺技术研究[D]. 舟山: 浙江海洋学院, 2012.
- [9] 陈泽勇, 杨万颖, 罗美中, 等. 肉与肉制品水分测定: GB/T 9695.15—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [10] 卫生部. 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [11] 孙晓光, 尹健. 食品中粗脂肪的测定: GB/T 14772—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [12] 卫生部. 食品中灰分的测定: GB 5009.4—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [13] 韩菊. 肉制品中脂质提取和分析方法的研究[D]. 北京: 北京师范大学, 2000.
- [14] 刘良忠, 何东平, 张世宏. 动植物油脂碘值的测定: GB/T 5532—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [15] 张世宏, 何东平, 黄小平. 动植物油脂皂化值的测定: GB/T 5534—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [16] 张竹青. 人工养殖泥鳅含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(5): 159-162. DOI:10.3969/j.issn.1001-3601.2010.05.046.
- [17] 王宇. 中国林蛙卵营养成分分析[J]. 辽宁师范大学学报, 2004, 27(4): 471-473. DOI:10.3969/j.issn.1000-1735.2004.04.025.
- [18] 饶秋华. 史氏鲟鱼籽营养成分分析及评价[J]. 农学学报, 2011, 1(5): 28-31. DOI:10.3969/j.issn.1007-7774.2011.05.007.
- [19] 毛国祥, 赵万里. 新太湖鹅、太湖鹅和隆昌鹅肌肉品质比较研究[J]. 动物科学与动物医学, 2000(1): 16-19.
- [20] 白洁. 水产品工业手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999: 380-382.
- [21] 李光明, 李培武, 杨涓, 等. 绿色食品食用植物油: NY/T 751—2003[S]. 北京: 农业部油料及制品质量监督检验测定中心, 2003.
- [22] 夏来顺. 健康食用油黄金比例[J]. 家庭医学, 2011(10): 40.
- [23] 王萍, 张银波, 江木兰. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 中国油脂, 2008, 33(12): 42-46. DOI:10.3321/j.issn:1003-7969.2008.12.011.
- [24] 张春娥, 张惠, 刘楚怡, 等. 亚油酸的研究进展[J]. 粮油加工, 2010(5): 18-20.
- [25] 石苗茜. 亚麻酸改善高血压胰岛素抵抗大鼠血管内皮细胞损伤的作用和机制研究[D]. 西安: 第四军医大学, 2014.
- [26] 崔和平, 郭兴凤. 多不饱和脂肪酸对人体神经系统保健作用研究进展[J]. 河南工业大学学报, 2012, 33(3): 97-102.
- [27] JAMES M J, GIBSON R A, CLELAND L G. Dietary polyunsaturated fatty acids and inflammatory mediator production[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2000, 71(Suppl 1): 343-348.

- [28] 龙斌, 王锡昌, 张凤桦, 等. 川鲢挥发性风味成分和脂肪酸分析[J]. 食品科学, 2013, 34(22): 250-256. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201322050.
- [29] 李正友. 泥鳅肌肉脂肪酸的组成成分分析[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(11): 185-188. DOI:10.3969/j.issn.1001-3601.2010.11.058.
- [30] 于新波, 李竞, 黄先智, 等. 长链多不饱和脂肪酸的功能特性及生物合成前景展望[J]. 蚕业科学, 2014, 40(1): 153-160. DOI:10.13441/j.cnki.cykx.2014.01.004.
- [31] 代忠波, 丁卓平, 刘承初, 等. 三种淡水养殖鱼鱼卵的营养价值评价[J]. 营养学报, 2007, 29(1): 103-104. DOI:10.3321/j.issn:0512-7955.2007.01.029.
- [32] 金莉莉, 王秋雨, 娄虹, 等. 林蛙卵油脂脂肪酸组分的分析研究[J]. 食品科学, 2004, 25(10): 232-234. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2004.10.055.
- [33] 李广焱, 邓泽元, 范亚苇, 等. 鄱阳湖10种淡水鱼脂肪酸的特性研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 324-328. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2010.08.092.
- [34] 姚婷. 海水鱼与淡水鱼omega-3多不饱和脂肪酸含量的比较研究[J]. 现代食品科技, 2005(3): 26-29. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2005.03.008.
- [35] AGABA M K, TOCHER D R, ZHENG X. Cloning and functional characterisation of polyunsaturated fatty acid elongases of marine and freshwater teleost fish[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2005, 142(3): 342-352. DOI:10.1016/j.cbpb.2005.08.005.
- [36] 袁峰. 长链多不饱和脂肪酸对婴儿生长发育的作用[J]. 中国乳品工业, 2005, 33(6): 47-49. DOI:10.3969/j.issn.1001-2230.2005.06.012.
- [37] 刘亚东, 宋秋, 支潇, 等. 马奶和成熟母乳甘油三酯中脂肪酸组成及分布[J]. 食品工业科技, 2012, 33(18): 171-173. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2012.18.064.
- [38] SHIRAI N, HIGUCHI T, SUZUKI H. Analysis of lipid classes and the fatty acid composition of the salted fish roe food products, Ikura, Tarako, Tobiko and Kazunoko[J]. Food Chemistry, 2006, 94(1): 61-67. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.10.050.