

# GC/MS 分析俄罗斯鲟鱼不同部位脂肪酸组成

樊燕, 孙晨阳, 王博, 薛勇, 侯虎, 梁栋, 薛长湖

(中国海洋大学食品科学与工程学院, 山东青岛 266003)

**摘要:** 通过 Folch 法提取俄罗斯鲟鱼不同部位总脂, 采用 GC/MS 法对其脂肪酸组成进行分析。通过质谱数据库检索和标准品对照鉴定脂肪酸组成。研究表明, 鱼肉、鱼卵、鱼皮、鱼腹中脂肪酸种类及含量类似, 多不饱和脂肪酸含量均大于 40%, 其次为单不饱和脂肪酸 (30%左右) 和饱和脂肪酸 (17%左右), 多不饱和脂肪酸以 9, 12-十八碳二烯酸和 DHA 为主。鱼肉中总脂含量 12.83%, 其中, 多不饱和脂肪酸为 42.37%, EPA+DHA 为 17.25%; 鱼卵总脂含量为 14.46%, 其中 n-3 脂肪酸为 22.10%; 鱼皮含有较高含量的 n-6 脂肪酸 (19.43%); 鱼腹总脂含量 14.45%, 含有较高含量的多不饱和脂肪酸 (42.66%) 和单不饱和脂肪酸 (34.07%), EPA+DHA 为 17.38%; 鱼鳔中未检测到 n-3 和 n-6 脂肪酸; 鱼肝总脂含量为 55.92%, 单不饱和脂肪酸含量尤为突出, 高达 55.81%, 以 9-十八碳烯酸(49.82%)为主, 饱和脂肪酸含量仅为 17.24%; 椎骨中总脂仅为 0.09%。

**关键词:** 俄罗斯鲟鱼; 脂肪酸; 气相色谱/质谱法

文章编号: 1673-9078(2015)1-231-235

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.1.040

## Analysis of the Fatty Acid Composition of Different Parts of Russian Sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) by GC/MS

FAN Yan, SUN Chen-yang, WANG Bo, XUE Yong, HOU Hu, LIANG Dong, XUE Chang-hu

(College of Food Science and Engineering, Ocean university of China, Qingdao 266003, China)

**Abstract:** The total lipids of different parts of Russian sturgeon were extracted using the Folch method and analyzed by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). The fatty acid composition was determined by MS database search and comparison with standards. This study showed that the types of fatty acids and their contents in fish muscle, eggs, skin, and lenticular tissue were similar. The content of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) was more than 40%, followed by monounsaturated fatty acids (about 30%) and saturated fatty acids (about 17%). Linoleic acid and docosahexenoic acid (DHA) were the main PUFAs. Fish muscle contained 12.83% of the total lipids, which was composed of 42.37% PUFA and 17.25% eicosapentaenoic acid (EPA) + DHA. Fish eggs contained 14.46% of the total lipids, 22.10% of which were n-3 fatty acids. Fish skin had a high content of n-6 fatty acids (19.43%). The lenticular tissue contained 14.45% of the total lipids, and its PUFA, monounsaturated fatty acid, and EPA + DHA contents were 42.66%, 34.07%, and 17.38%, respectively. The n-3 and n-6 fatty acids were not detected in the maw of the sturgeon. The liver contained 55.92% of the total lipids, in which the monounsaturated fatty acids, mainly containing 9-octadecenoic acid (49.82%), were particularly prominent (up to 55.81%), while the saturated fatty acids only accounted for 17.24%. The vertebrae contained only 0.09% of the total lipids.

**Key words:** Russian sturgeon; fatty acids; gas chromatography/mass spectrometry

鲟鱼 (Sturgeon) 是世界上现有鱼类中体形大、寿命长、最古老的一种鱼类, 已有 2 亿多年的历史, 称之为“水中活化石”。鲟鱼是食用价值极好的大型经济鱼类<sup>[1-3]</sup>。全身除体表骨板外其它部分 (含骨骼) 都可食用, 营养价值极高。以鱼肉、鱼骨、鱼皮、鱼肝等原料为主, 可加工成多系列、多花色的产品。鱼油、

收稿日期: 2014-05-20

基金项目: 长江学者和创新团队发展计划资助 (IRT1188); 自然科学基金-重点基金 (31330060); 中国博士后面上基金 (2012M611549)

作者简介: 樊燕 (1984-), 女, 博士生, 实验师, 研究方向: 水产化学

通讯作者: 薛长湖 (1964-), 男, 博导, 教授, 研究方向: 水产化学

硫酸软骨素、硫酸精蛋白、角鲨烯等物质具有防病治病、保健的功能, 市场空间大, 价格高, 附加值高。迄今为止, 鲟鱼养殖在我国已形成了年产量数万吨的养殖产业。2008 年我国养殖鲟鱼总产量约为 2.1 万 t, 2009 年达 2.8 万 t, 增幅达 34.24%, 2010 年已达到 3.5 万 t, 增幅达 22.98%<sup>[4-5]</sup>。

目前, 鲟鱼的研究主要集中在鱼子酱、烟熏鱼片、调理食品等加工工艺优化与产品开发上, 对其各部分营养成分评价尤其是脂肪酸分析却鲜有报道。鲟鱼各部位的脂肪酸含量及组成研究, 是评估其营养价值与可利用价值的重要组成部分, 对开发具有特殊营养功

能产品具有重要的指导意义与理论价值。虽然已有研究发现,在一些海水鱼类中含有较多的不饱和脂肪酸,具有广泛的生理功能和生物学效应<sup>[6]</sup>,而这类脂肪酸在具有重要药用价值的鲟鱼中含量如何,成为限制其深入开发利用的关键因素。另外,鲟鱼各种部分脂肪酸组成与其产品风味特征形成有密切关系,直接影响了鲟鱼加工产品的质量与贮藏品质,因而系统分析鲟鱼各部位的脂质含量和脂肪酸组成尤为重要<sup>[6-8]</sup>。

本研究采用气相色谱/质谱法系统地分析俄罗斯鲟鱼各个部位的脂肪酸进行分析与评价,旨在为鲟鱼相关功能食品的开发提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

俄罗斯鲟鱼采自云南阿穆尔鲟鱼基地养殖。取自体长 1.5~1.7 m,体重 50.0 kg~65.0 kg 的成体俄罗斯鲟鱼,每尾取其背部肌肉、腹部肌肉、椎骨、鱼鳔、鱼皮、鱼肝、鱼卵 100 g,共取 5 尾,剪碎备用。硫酸、甲醇等试剂均为国产分析纯。

### 1.2 主要仪器设备

气相色谱质谱联用仪 6890N/5973i,美国安捷伦公司;Laborota 4000 efficient 旋转蒸发仪,德国海道尔夫公司;Milli-Q Synthesis 超纯水系统,美国 Millipore 公司;ABI35-S 型精密电子分析天平,瑞士梅特勒-托利多公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 总脂提取

取不同鲟鱼不同部位样品,匀浆。称取适量样品,

采用氯仿-甲醇(2:1, V:V)超声提取 30 min,浸提 24 h。过滤,浸提液加入适量 0.9%氯化钠溶液洗涤,于分液漏斗静置分层。收集氯仿层,采用无水硫酸钠干燥,旋转蒸发进行浓缩,得到总脂。

#### 1.3.2 样品甲酯化

取总脂 5~10 mg,加入 1 mL 10%浓硫酸-甲醇溶液,60 °C 水浴甲酯化 15 min,冷却。加入正己烷 1 mL 振荡,静置分层,取上清液 GC/MS 分析。

#### 1.3.3 脂肪酸的测定分析

色谱条件:分析柱使用 Agilent 公司的 INNOWax 石英毛细管柱(30 m×0.32 mm i.d.,涂层厚度 0.2 mm)。采用高纯氦气为载气,恒压模式,压力为 54 kPa,分流比为 25:1。进样口温度为 230 °C,柱温以 3 °C/min 由 140 °C 升到 210 °C,在 210 °C 下保持 10 min,整个分析过程为 33 min,检测器温度为 250 °C<sup>[9]</sup>。

质谱条件:GC/MS 接口温度 280 °C, EI 离子源,电离能量 70 eV,离子源温度 230 °C,扫描周期 2.84 次/s,质量扫描范围 m/z 50~500 u。

先根据 MS 检测结果确定样品中所含脂肪酸甲酯的种类,然后结合 FID 检测结果,按照出峰先后顺序定性,对全部峰面积积分后利用面积归一化法得到各主要脂肪酸的相对百分比组成。

## 2 结果与讨论

### 2.1 总脂分析

由表 1 可知,鱼肝中总脂含量最高,高达 55.92%,其次为鱼腹(14.45%)、鱼皮(13.27%)、鱼肉(12.83%),椎骨中总脂含量最低,仅为 0.09%。由于鱼椎骨中脂质含量太低,在后续工作中将其忽略。

表 1 鲟鱼各部位的基本组分

Table 1 Proximate composition of the different parts of sturgeon

样品	椎骨	鱼肉	鱼腹	鱼鳔	鱼皮	鱼肝	鱼卵
总脂/%	0.09±0.05	12.83±2.91	14.45±1.93	0.99±0.32	13.27±0.54	55.92±0.67	12.38±0.94

### 2.2 不同部位脂质脂肪酸组成分析

通过标准品对照和数据库检索,结合特征离子和出峰顺序进行定性分析。同时,按峰面积归一法进行定量。以鱼肉脂肪酸组成为例,其总离子流色谱图见图 1,鉴定结果和百分含量见表 2。从鱼肉的 GC/MS 图中共鉴定出脂肪酸 17 种,其中主要的脂肪酸为十六碳酸(12.83%)、9-十八碳烯酸(21.87%)、9, 12-十八碳二烯酸(16.97%)、5, 8, 11, 14, 17-二十碳五烯酸(7.34%)、4, 7, 10, 13, 16, 19-二十二碳六烯酸(9.91%),

这 5 种脂肪酸占总脂肪酸含量的 68.93%。在总脂肪酸中,饱和脂肪酸占 18.3%,不饱和脂肪酸占 80.09%,其中单不饱和脂肪酸占 34.95%,多不饱和脂肪酸占 40.14%,说明鲟鱼肉中不饱和脂肪酸占绝对优势,并且多不饱和脂肪酸占绝对优势,其中 EPA 和 DHA 分别占 7.34%、9.91%。EPA 具有帮助降低胆固醇和甘油三酯的含量,促进体内饱和脂肪酸代谢,防止脂肪在血管壁的沉积,降低血液粘稠度,预防动脉粥样硬化的形成和发展、预防脑血栓、脑溢血、高血压等心血管疾病。DHA 作为一种必需脂肪酸,其增强记忆与思

维能力、提高智力等作用更为显著<sup>[9-11]</sup>。鲟鱼肉中含有较高的 EPA 和 DHA 等多不饱和脂肪酸，具有较高的营养价值，可以作为人类饮食中多不饱和脂肪酸的重要来源。

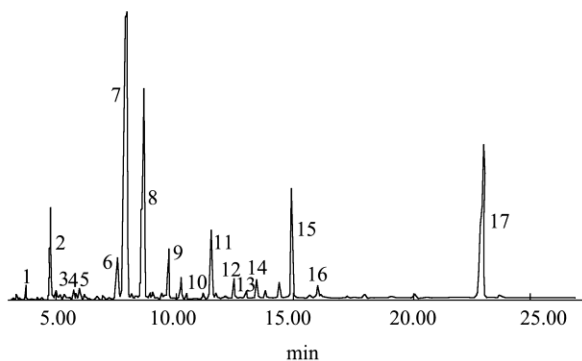


图1 鲟鱼鱼肉脂肪酸成分的 GC/MS 总离子流色谱图

Fig.1 GC/MS total ion chromatogram of the fatty acids in sturgeon meat

鱼卵中鉴定出 18 种脂肪酸，其中多不饱和脂肪酸占总含量的 42.24%，以 18:2(n-6)(16.51%) 和

22:6(n-3)(9.07%)为主，多不饱和脂肪酸明显高于饱和脂肪酸(19.42%)和单不饱和脂肪酸(34.56%)；鱼肉中鉴定出 17 种脂肪酸，其中多不饱和脂肪酸占总含量的 42.37%，以 18:2(n-6)(17.65%)和 22:6(n-3)(9.91%)为主，多不饱和脂肪酸明显高于饱和脂肪酸(18.3%)和单不饱和脂肪酸(34.95%)；鱼皮中鉴定出 16 种脂肪酸，其中多不饱和脂肪酸占总含量的 40.97%，以 18:2(n-6)(18.30%)和 22:6(n-3)(9.38%)为主，多不饱和脂肪酸明显高于饱和脂肪酸(20.47%)和单不饱和脂肪酸(33.46%)；鱼肝中鉴定出 11 种脂肪酸，其中多不饱和脂肪酸占总含量的 23.69%，以 18:2(n-6)(7.90%)和 18:3(n-3)(9.67%)为主，单不饱和脂肪酸(55.81%)明显高于饱和脂肪酸(17.24%)和多不饱和脂肪酸(23.69%)；鱼腹中鉴定出 18 种脂肪酸，其中多不饱和脂肪酸占总含量的 42.66%，以 18:2(n-6)(17.42%) 和 22:6(n-3)(9.69%)为主，多不饱和脂肪酸明显高于饱和脂肪酸(18.77%)和单不饱和脂肪酸(34.07%)。

表 2 鲟鱼鱼肉脂肪酸成分的 GC/MS 鉴定结果及其含量

Table 2 GC-MS results and the contents of the fatty acids in sturgeon meat

编号	保留时间/min	脂肪酸种类	特征离子	相对含量/%
1	3.69	十五碳酸甲酯	74 <sup>a</sup> , 213, 225, 256 <sup>d</sup>	0.61
2	4.76	十六碳酸甲酯	74 <sup>a</sup> , 227, 239, 270 <sup>d</sup>	12.83
3	5.14	9-十六碳烯酸甲酯	55 <sup>a</sup> , 194, 236, 268 <sup>d</sup>	0.18
4	5.71	9,12-十六碳二烯酸甲酯	67 <sup>a</sup> , 192, 235, 266 <sup>d</sup>	0.31
5	5.96	十七烷酸甲酯	74 <sup>a</sup> , 241, 253, 284 <sup>d</sup>	0.55
6	7.56	十八烷酸甲酯	74 <sup>a</sup> , 255, 267, 298 <sup>d</sup>	3.76
7	7.93	9-十八烯酸甲酯	55 <sup>a</sup> , 222, 264, 296 <sup>d</sup>	21.87
8	8.68	9,12-十八碳二烯酸甲酯	67 <sup>a</sup> , 220, 263, 294 <sup>d</sup>	16.97
9	9.71	9,12,15-十八碳三烯酸甲酯	79 <sup>a</sup> , 108 <sup>b</sup> , 208 <sup>c</sup> , 233, 264 <sup>d</sup>	4.10
10	11.18	二十烷酸甲酯	74 <sup>a</sup> , 283, 295, 326 <sup>d</sup>	0.32
11	11.53	11-二十烯酸甲酯	55 <sup>a</sup> , 250, 292, 324 <sup>d</sup>	4.60
12	12.46	10,13-二十碳二烯酸甲酯	67 <sup>a</sup> , 248, 291, 322 <sup>d</sup>	1.49
13	12.97	7,10,13-二十碳三烯酸甲酯	79 <sup>a</sup> , 192 <sup>b</sup> , 208 <sup>c</sup> , 317, 348 <sup>d</sup>	0.43
14	13.41	5,8,11,14-二十碳四烯酸甲酯	79 <sup>a</sup> , 91, 150 <sup>b</sup> , 180 <sup>c</sup> , 289, 318 <sup>d</sup>	1.14
15	14.92	5,8,11,14,17-二十碳五烯酸甲酯	79 <sup>a</sup> , 91, 108 <sup>b</sup> , 180 <sup>c</sup> , 287, 316 <sup>d</sup>	7.34
16	15.99	13-二十二烯酸甲酯	55 <sup>a</sup> , 278, 320, 352 <sup>d</sup>	0.86
17	22.96	4,7,10,13,16,19-二十二碳六烯酸甲酯	79 <sup>a</sup> , 91, 108 <sup>b</sup> , 166 <sup>c</sup> , 313, 342 <sup>d</sup>	9.91

注：a 基峰离子；b ω 离子；c α 离子；d 分子离子。

鱼卵、鱼肉、鱼皮、鱼腹中脂肪酸种类及含量类似，多不饱和脂肪酸含量均大于 40%，其次为单不饱和脂肪酸（30%左右）和饱和脂肪酸（19%左右）；鱼卵中脂肪酸种类及含量与 Gessner 文中报道相类似<sup>[12]</sup>。鱼肝中单不饱和脂肪酸含量尤为突出，高达 55.81%，饱和脂肪酸含量仅为 17.24%；鱼鳔中含有大

量饱和脂肪酸（59.59%），未检测到 n-3 和 n-6 不饱和脂肪酸。

鱼肉、鱼腹、鱼卵和鱼皮的饱和脂肪酸由 15:0、16:0、17:0、18:0 和 20:0 组成，鱼肝中仅由 16:0 组成，鱼鳔由 15:0、16:0、17:0 组成。单不饱和脂肪酸，大部分有 16:1，18:1，20:1 和 22:1 组成。对于多不饱和

脂肪酸, 鱼卵、鱼肉、鱼皮、鱼腹中含量分别为 42.24%、42.37%、40.97% 和 42.66%; EPA+DHA 含量, 鱼腹 (17.38%)> 鱼肉 (17.25%)> 鱼卵 (17.03%)> 鱼皮 (16.26%)。鱼鳔中含有的脂肪酸主要是棕榈酸 16:0 和 16:1。鱼腹中的脂肪酸主要是 18:1、18:2、DHA 和 15:0,

还有少量 16:1 和  $\alpha$ -亚麻酸 (18:3)。鱼卵中, 16:0 是饱和脂肪酸中的主要脂肪酸, 这与 Czesny<sup>[13]</sup>报道的 White sturgeon、*Acipenser transmontanus* 鲟鱼饱和脂肪酸组成不一致, 这种差异性可能是由于生长环境、饲养和种类差距导致的。

表 3 鲟鱼各部位的脂肪酸组成/%

Table 3 Compositions of fatty acids from different parts of sturgeon

脂肪酸	鱼卵	鱼肉	鱼皮	鱼腹	鱼肝	鱼鳔
15:0	0.64±0.11	0.61±0.17	14.73±0.82	13.77±0.24	ND	19.31±0.54
16:0	13.86±0.47	12.83±0.52	0.16±0.07	0.21±0.12	17.24±0.52	36.56±0.98
17:0	0.59±0.04	0.78±0.22	0.90±0.25	0.79±0.14	ND	3.72±0.18
18:0	4.01±0.15	3.76±0.14	4.33±0.28	3.69±0.22	ND	ND
20:0	0.32±0.06	0.32±0.06	0.35±0.16	0.31±0.04	ND	ND
∑SFA	19.42±1.02	18.3±0.72	20.47±0.48	18.77±0.77	17.24±0.29	59.59±2.11
16:1(n-7)	4.35±0.19	4.41±0.33	4.17±0.21	4.32±0.15	2.75±0.25	23.01±0.45
18:1(n-9)	25.73±0.43	24.83±0.43	25.32±0.78	25.74±0.85	49.82±0.71	3.74±0.23
20:1(n-9)	3.32±0.26	4.60±0.12	3.97±0.28	3.29±0.29	3.24±0.13	ND
22:1(n-9)	1.16±0.15	1.11±0.18	ND	0.72±0.10	ND	ND
∑MUFA	34.56±1.57	34.95±1.62	33.46±0.72	34.07±1.37	55.81±2.09	26.75±1.06
18:3(n-3)	5.07±0.32	4.10±0.24	4.16±0.29	4.66±0.26	9.67±0.31	ND
20:5(n-3)	7.96±0.13	7.34±0.32	6.88±0.24	7.69±0.21	ND	ND
22:6(n-3)	9.07±0.22	9.91±0.32	9.38±0.42	9.69±0.23	1.86±0.12	ND
∑n-3	22.10±0.58	21.35±0.79	20.42±0.42	22.04±0.35	11.53±0.21	ND
16:2(n-4)	0.32±0.05	0.31±0.07	0.30±0.08	0.32±0.07	ND	ND
18:2(n-9)	0.67±0.09	ND	0.38±0.08	0.39±0.04	1.99±0.16	ND
20:2(n-7)	1.39±0.41	1.49±0.05	ND	1.19±0.13	1.35±0.09	ND
20:3(n-7)	0.40±0.09	0.43±0.10	0.44±0.21	0.34±0.05	0.34±0.07	ND
18:2(n-6)	16.51±0.46	17.65±0.38	18.30±0.31	17.42±0.43	7.90±0.22	ND
20:4(n-6)	0.85±0.12	1.14±0.08	1.13±0.31	0.96±0.11	0.58±0.05	ND
∑n-6	17.36±0.26	18.79±0.65	19.43±0.47	18.38±0.51	8.48±0.39	ND
其他	3.78±0.16	4.38±0.44	5.10±0.32	4.50±0.14	3.26±0.19	13.66±0.41
∑PUFA	42.24±1.06	42.37±1.95	40.97±0.88	42.66±1.53	23.69±1.22	ND
EPA+DHA	17.03±35	17.25±0.59	16.26±0.65	17.38±0.39	1.86±0.12	ND

注: 1、“ND”表示未检出; 2、SFA: saturated fatty acids, 饱和脂肪酸; MUFA: monounsaturated fatty acids, 单不饱和脂肪酸; PUFA: polyunsaturated fatty acids, 多不饱和脂肪; EPA: Eicosapentaenoic Acid; DHA: DocosaHexaenoic acid。

### 3 结论

3.1 鱼肉、鱼卵、鱼腹和鱼皮中多不饱和脂肪酸含量均大于 40%, 以 18:2(n-6) 和 22:6(n-3) 为主。

3.2 鱼肝中单不饱和脂肪酸含量尤为突出, 高达 55.81%, 以 18:1(n-9)(49.82%) 为主, 饱和脂肪酸含量仅为 17.24%。

3.3 鱼鳔中含有大量饱和脂肪酸(59.59%), 以 16:0 (36.56%) 为主, 未检测到 n-3 和 n-6 不饱和脂肪酸。

### 参考文献

- [1] 曲秋芝, 孙大江, 马过军, 等. 施氏鲟全人工繁殖研究初报[J]. 中国水产科学, 2002, 9(3): 277-279
- QU Qiu-zhi, SUN Da-Jiang, MA Gou-jun, et al. A note report on artificial reproduction of amur sturgeon *Acipenser schrencki* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2002, 9(3): 277-279
- [2] 尹洪滨, 孙中武, 孙大江, 等. 6 种养殖鲟鳇鱼肌肉营养成分



- 的分析比较[J].大连水产学院学报,2004,19(2):92-96  
YIN Hong-bin, SUN Zhong-wu, SUN Da-Jiang, et al. Comparison of nutritive compositions in muscles among six farmed sturgeon species [J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2004, 19(2): 92-96
- [3] 户业丽,程波,袁强,等.施氏鲟鱼皮营养成分的分析及综合评价[J].淡水渔业,2006,36(3):50-52  
HU Ye-li, CHENG Bo, YUAN Qiang, et al. Evaluation on nutrition components in the skin of acipenser schrenckii [J]. Freshwater Fisheries, 2006, 36(3): 50-52
- [4] Sarosiek B, Ciereszko A, Kolman R, et al. Characteristics of arylsulfatase in russian sturgeon (*acipenser gueldenstaedti*) semen [J]. Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol, 2004, 139(4): 571-579
- [5] Bandiani A, Anfossi P, Fiorentini L, et al. Nutritional composition of cultured sturgeon (*Acipenser spp.*) [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 1996, 9: 171-190
- [6] Hedayat H, Maryam M, Masoud R, et al. Effect of different cooking methods on minerals, vitamins and nutritional quality indices of kutum roach (*rutilus frisii kutum*) [J]. Food Chem, 2014, 148: 86-91
- [7] Carolina E F, Margarida A S V, Marisilda A R, et al. Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil [J]. Food Chem, 2014, 160: 67-71
- [8] 陈青云,王金庆,齐自元,等.冰温真空干燥海鳗鱼片的鲜度和挥发性成分的对比研究[J].现代食品科技,2014,30(3): 210-215  
CHEN Qing-yun, WAN Jin-qing, QI Zi-yuan, et al. Freshness and volatile compounds of muraenesox cinereus fillet with ice-temperature vacuum drying [J]. Modern Food Science & Technology, 2014, 30(3): 210-215
- [9] Harlioglu A G, Aydin S, Yilmaz Ö. Fatty acid, cholesterol and fat-soluble vitamin composition of wild and captive freshwater crayfish (*astacus leptodactylus*) [J]. Food Science and Technology International, 2012, 18(1): 93-100
- [10] 朱昱哲,王静凤,詹麒平,等.高含量DHA/EPA甘油三酯促进肝脏糖原合成及其作用机制的研究[J].中国药理学通报, 2013,7:97-102  
ZHU Yu-zhe, WANG Jing-feng, ZHAN Qi-ping, et al. Effects of high-content DHA/EPA triglyceride on promoting hepatic glycogen synthesis [J]. Chinese Pharmacological Bulletin, 2013, 7: 97-102
- [11] 朱昱哲,王静凤,毛磊,等.高含量DHA/EPA甘油三酯鱼油改善脂肪肝大鼠脂质代谢作用的研究[J].营养学报,2013,4: 26-31  
ZHU Yu-zhe, WANG Jing-feng, MAO lei, et al. Effects of fish oil with high DHA/EPA and triglycerides on lipid metabolism in fatty liver rats [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2013, 04: 26-31
- [12] Gessner J, Wirth M, Kirschbaum F, et al. Caviar composition in wild and cultured sturgeons-impact of food sources on fatty acid composition and contaminant load [J]. J. Appl. Ichthyol., 2002, 18: 665-672
- [13] Czesny S, Konrad D, Christensen J E, et al. Discrimination of wild and domestic origin of sturgeon ova based on lipids and fatty acid analysis [J]. Aquaculture, 2000, 189: 145-153