

湖南省环洞庭湖地区日常食用鱼脂肪酸的组成与分析

杨静玥, 冯家力, 张昊, 陈东洋*, 曾栋, 袁春晖

(湖南省疾病预防控制中心, 长沙 410005)

摘要: **目的** 分析湖南省环洞庭湖地区消费量较大的 3 种不同食性鱼类不同部位脂肪酸的组成及差异。**方法** 选取长沙、岳阳和常德市具有代表性的鱼类, 取其背部、腹部等可食部分。利用气相色谱法对其脂肪酸含量进行测定及统计分析, 获得脂肪酸指纹图谱。**结果** 3 种鱼类饱和脂肪酸以棕榈酸为主, 含量为 272~1198 mg/100 g, 单不饱和脂肪酸以油酸为主, 含量为 340~974 mg/100 g, 多不饱和脂肪酸中二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)和二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)含量较高, 含量为 517~1283 mg/100 g。其中肉食性的鲈鱼其鱼腹和鱼背的(EPA+DHA)含量较高, 杂食性的鲤鱼其鱼腹和鱼背的油酸和花生四烯酸占比较高, 滤食性的鲢鱼其鱼身和鱼头的 α -亚麻酸(α -linolenic acid)含量相对较高。**结论** 鱼类产品脂肪酸的组成与其食性有关, 3 种鱼类均含有丰富的不饱和脂肪酸, 具有较高的食用价值。**关键词:** 环洞庭湖地区; 脂肪酸; 淡水鱼; 营养评价

Fatty acid composition analysis of daily edible fish around Dongting lake area in Hunan

YANG Jing-Yue, FENG Jia-Li, ZHANG Hao, CHEN Dong-Yang*, ZENG Dong, YUAN Chun-Hui
(Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Changsha 410005, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the fatty acids composition and difference in different parts of the 3 kinds of high consumption fish around Dongting lake area in Hunan region. **Methods** Representative fish from Changsha, Yueyang and Changde were selected and the edible parts such as the back and abdomen were taken. The fatty acid content was determined and statistically analyzed by gas chromatography, and the fatty acid fingerprint was obtained. **Results** The saturated fatty acids of the 3 fish species were mainly palmitic acid with the concentration of 272–1198 mg/100 g, the monounsaturated fatty acids were mainly oleic acid with the content of 340–974 mg/100 g, and the mainly composition of polyunsaturated fatty acids were EPA and DHA with the content of 517–1283 mg/100 g. Especially, the contents of EPA and DHA in the abdomen and back of carnivorous *Lateolabrax japonicus* were higher, the oleic acid and arachidonic acid contents in the abdomen and back of omnivorous *Cyprinus carpio* were higher, the α -linolenic acid content in the body and head of filter-feeding *Hypophthalmichthys molitrix* was higher. **Conclusion** The fatty acid composition of the fish is related to their feeding habits, and the unsaturated fatty acids are abundant in

基金项目: 国家卫生健康委食品成分监测项目

Fund: Supported by the National Food Nutrition Surveillance

*通信作者: 陈东洋, 博士, 主管技师, 主要研究方向为理化检验技术。E-mail: dychen2008@126.com

*Corresponding author: CHEN Dong-Yang, Ph.D, Technician, Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention, No. 450, Furong Middle Road, Changsha 410005, China. E-mail: dychen2008@126.com

the 3 kinds of fish, which possess a high nutritional value.

KEY WORDS: around Dongting lake area; fatty acids; freshwater fish; nutritional evaluation

0 引言

脂肪酸是机体主要能量来源之一,对维持机体功能必不可少^[1]。脂肪酸根据碳链长度可分为短链脂肪酸、中链脂肪酸和长链脂肪酸;而根据碳氢链饱和与不饱和的不同又可分为饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸 3 类,其中多不饱和脂肪酸能调节人体炎症反应,增强免疫力和防止心血管疾病发生,对人体健康有着突出贡献^[2]。

近年来,各地区对不同水域的淡水海水产品的脂肪酸研究更为广泛^[3-5]。湖南省拥有中国五大淡水湖之一的洞庭湖,淡水资源丰富。鱼类因高蛋白低脂肪深受人们喜爱,是当地居民生活中经常摄入的食物。但目前针对湖南省环洞庭湖地区主要鱼类脂肪酸的含量及差异研究较少。因此,本研究针对湖南环洞庭湖地区居民的食用习惯,挑选出不同食性的鱼类产品,系统测定并分析居民日常食用的鱼类各部位脂肪酸含量和种类,评价各鱼类产品不同部位脂肪酸的分布及组成差异,以期为居民营养饮食提供参考。

1 材料与方

1.1 材料与试剂

研究所需样品为湖南环洞庭湖地区居民日常消费量较大的鱼类产品。均采集于长沙市、岳阳市、常德市 3 地,每地选择 3 家居民日常采购量较大的农贸市场或大型超市,共计 9 个采样点,每个采样点采集每种样品大于 1 kg,每种样品总量大于 9 kg。采集鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)、鲤鱼(*Cyprinus carpio*)、鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)洗净去鳞、去骨、去内脏后,取鲈鱼腹部、背部肌肉,鲤鱼腹部、背部肌肉,鲢鱼鱼身肌肉、鱼头可食部分,将所取部位混合制样均匀,四分法取样,反复多次,得到实验所需样品。

焦性没食子酸、95%乙醇、盐酸(36%~38%)、乙醚、石油醚(沸程 30%~60%)、氢氧化钠、15%三氟化硼甲醇和氯化钠(分析纯)、正己烷(色谱纯)(国药集团化学试剂有限公司);37种脂肪酸甲酯混合标准品(美国 Sigma-Aldrich 公司);十一烷酸甘油三酯内标(上海安谱科学仪器有限公司)。

1.2 实验仪器

GC-2010 气相色谱仪(日本 Shimadzu 公司);AJ100 分析天平(瑞士 Mettler-Toledo 公司);HH-8 恒温水浴箱(上海比朗仪器有限公司);GZX-GF101-1-BS 电热恒温鼓风干燥箱(上海跃进医疗器械有限公司);索氏提取器(天津市天科

玻璃仪器制造有限公司)。

1.3 实验方法

样品前处理方法参照 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》^[6]进行。

待测物采用毛细管色谱柱 HP-88 (100 m×0.25 mm, 0.20 μm)分离;火焰离子检测器测定;载气:氮气;柱流量 3.0 mL/min;分流比 15:1;进样口温度 250 °C;检测器温度 300 °C;升温程序:60 °C(1 min),以 30 °C/min 升温至 180 °C,以 2 °C/min 升温至 246 °C(2 min)。

37 种脂肪酸测定采用十一烷酸甲酯作为内标物,利用混合标准保留时间对样品进行定性,内标法定量,经过样品检测得到各峰响应值,并通过内标物响应因子的校正,计算得出试样中各脂肪酸的含量。

1.4 统计学分析

将实验样品平行测定 3 次,通过 SPSS 20.0 统计软件进行分析,结果以均值±标准偏差($\bar{x} \pm s$)来表示,采用方差分析比较不同样品之间的差异,满足方差齐性的数据采用单因素方差分析, $P < 0.05$ 差异有统计学意义;对非正态分布或方差不齐的数据采用 Kruskal-Wallis H 检验, $P < 0.05$ 差异有统计学意义。为满足健康人群与冠心病人群每日所需(EPA+DHA),需摄入本研究样品的量的计算公式为 $m=Ir/X$,其中 m 是每日摄入量,单位 g/d; I_r 是每日需求量,单位 mg/d; X 是样品中 EPA+DHA 的含量,单位 mg/100 g。

2 结果与分析

2.1 3 种鱼类脂肪酸分布

表 1 结果显示,3 种鱼类可食部位的饱和脂肪酸共检出 9 种,均以棕榈酸为主,占饱和脂肪酸的 51%~78%。鱼腹的饱和脂肪酸高于鱼背的含量。其中鲈鱼鱼腹的饱和脂肪酸含量最高,为 1196 mg/100 g,而鲤鱼鱼背的饱和脂肪酸含量最低,为 272 mg/100 g。单不饱和脂肪酸检出 8 种,其中油酸含量最高,为 220~555 mg/100 g,占单不饱和脂肪酸 54%~81%。3 种鱼类产品中,鲈鱼鱼腹的单饱和脂肪酸含量最高为 974 mg/100 g,而鲤鱼鱼背的单饱和脂肪酸含量则只有 340 mg/100 g。多不饱和脂肪酸共检出 9 种,鲈鱼鱼腹含量最高为 1283 mg/100 g,鲈鱼鱼背含量最低为 517 mg/100 g。多不饱和脂肪酸主要以 EPA 和 DHA 为主,占比 39%~91%,另外在鲤鱼和鲢鱼鱼头中,花生四烯酸也有较高比例。 $n-6$ 含量范围为 41.8~862 mg/100 g,鲤鱼鱼腹最高,鲈鱼鱼背最低; $n-3$ 含量范围为 234~1069 mg/100 g,

鲈鱼鱼腹最高, 鲤鱼鱼腹最低。多不饱和脂肪酸是总脂肪酸的主要组成, 占总脂肪酸的37%~58%。

3种鱼类各部位饱和脂肪酸中棕榈酸和硬脂酸占比均达65%以上, 单不饱和脂肪酸中油酸和棕榈油酸比例达

70%以上。研究表明^[7]海洋微藻的饱和脂肪酸以肉豆蔻酸和棕榈酸为主, 而淡水微藻的饱和脂肪酸主要以棕榈酸和硬脂酸为主, 单不饱和脂肪酸以油酸和棕榈油酸为主。因此, 3种鱼类的脂肪酸组成与生长环境有一定关系。

表1 3种鱼类不同部位脂肪酸组成及含量(mg/100 g)($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Composition and content of fatty acids in different parts of 3 kinds of fish (mg/100 g) ($\bar{x} \pm s$)

脂肪酸甲酯	鲈鱼鱼腹	鲈鱼鱼背	鲤鱼鱼腹	鲤鱼鱼背	鲢鱼鱼身	鲢鱼鱼头
十二碳酸甲酯(C12:0)	3.04±0.01	ND	ND	ND	4.23±0.01	9.98±0.01
十三碳酸甲酯(C13:0)	1.49±0.03	ND	ND	ND	6.24±0.03	11.1±0.5
十四碳酸甲酯(C14:0)	234±1	62.4±0.8	43.4±0.2	ND	57.3±0.6	110±1
十五碳酸甲酯(C15:0)	22.2±0.1	5.26±0.01	26.7±0.3	ND	26.0±0.1	51.6±0.3
十六碳酸甲酯(C16:0)	764±1	166±1	459±4	211±2	283±4	347±1
十七碳酸甲酯(C17:0)	40.5±0.2	14.8±0.1	28.8±0.2	ND	13.2±0.4	47.5±0.1
十八碳酸甲酯(C18:0)	123±4	30.2±0.1	188±1	61.2±0.1	57.1±0.9	93.7±0.1
二十碳酸甲酯(C20:0)	4.85±0.01	ND	19.8±0.3	ND	ND	9.03±0.01
二十二碳酸甲酯(C22:0)	2.95±0.01	ND	ND	ND	ND	ND
饱和脂肪酸	1196 ^a ±1	279 ^d ±2	766 ^b ±1	272 ^d ±2	447 ^e ±4	680 ^b ±3
顺-9-十四碳一烯酸甲酯(C14:1)	2.20±0.03	ND	ND	ND	4.68±0.01	ND
顺-9-十六碳一烯酸甲酯(C16:1)	389±2	86.0±0.5	143±1	29.0±0.1	147±1	155±1
顺-10-十七碳一烯酸甲酯(C17:1)	35.0±0.6	8.31±0.03	ND	ND	9.33±0.02	ND
反-9-十八碳一烯酸甲酯(C18:1 <i>n</i> 9 <i>t</i>)	ND	ND	ND	ND	8.96±0.05	ND
顺-9-十八碳一烯酸甲酯(C18:1 <i>n</i> 9 <i>c</i>)	526±1	355±2	555±4	275±4	220±2	453±2
顺-11-二十碳一烯酸甲酯(C20:1)	17.8±0.6	3.54±0.07	199±1	35.7±0.3	13.9±0.3	25.3±0.2
顺-13-二十二碳一烯酸甲酯(C22:1 <i>n</i> 9)	ND	ND	75.0±0.4	ND	ND	ND
顺-15-二十四碳一烯酸甲酯(C24:1)	4.07±0.01	ND	ND	ND	ND	ND
单不饱和脂肪酸	974 ^a ±2	453 ^b ±2	972 ^a ±1	340 ^b ±3	404 ^b ±3	633 ^c ±1
顺, 顺-9,12-十八碳二烯酸甲酯(C18:2 <i>n</i> 6 <i>c</i>)	134±2	27.0±0.1	620±1	152±1	56.1±0.4	152±1
顺, 顺, 顺-6,9,12-十八碳三烯酸甲酯(C18:3 <i>n</i> 6)	8.82±0.02	ND	ND	ND	5.97±0.03	9.05±0.01
顺, 顺, 顺-9,12,15-十八碳三烯酸甲酯(C18:3 <i>n</i> 3)	40.2±0.4	6.93±0.02	ND	ND	125±1	188±1
顺, 顺-11,14-二十碳二烯酸甲酯(C20:2)	7.13±0.01	ND	89.5±0.3	18.8±0.2	5.72±0.01	20.1±0.2
顺, 顺, 顺-8,11,14-二十碳三烯酸甲酯(C20:3 <i>n</i> 6)	8.53±0.01	ND	22.7±0.4	ND	11.7±0.4	19.7±0.3
顺-11,14,17-二十碳三烯酸甲酯(C20:3 <i>n</i> 3)	5.38±0.05	ND	ND	ND	14.4±0.1	33.3±0.2
顺-5,8,11,14-二十碳四烯酸甲酯(C20:4 <i>n</i> 6)	56.2±0.6	14.7±0.5	219±1	129±1	53.4±1.2	132±2
顺-5,8,11,14,17-二十碳五烯酸甲酯(C20:5 <i>n</i> 3)	227±1	255±1	57.2±0.2	333±1	142±6	206±1
顺-4,7,10,13,16,19-二十二碳六烯酸甲酯(C22:6 <i>n</i> 3)	796±1	213±1	176±1	231±1	232±6	151±2
多不饱和脂肪酸	1283 ^a ±1	517 ^c ±1	1185 ^a ±1	864 ^b ±2	646 ^c ±9	911 ^b ±2
总脂肪酸	3454 ^a ±1	1249 ^b ±7	2922 ^c ±1	1475 ^b ±4	1498 ^b ±10	2224 ^c ±4
<i>n</i> -6 PUFA	207±2	41.8±0.6	862±1	281±1	127±1	312±1
<i>n</i> -3 PUFA	1069±1	475±1	234±1	564±2	513±9	579±1

注: ND表示未检出。同行数据肩标不同, 则表示不同样品之间脂肪酸含量的差异具有统计学意义($P < 0.05$)。PUFA: polyunsaturated fatty acid, 多不饱和脂肪酸。

2.2 3 种鱼不同部位脂肪酸分布

鲈鱼的鱼腹和鱼背的脂肪酸组成相似, 多不饱和脂肪酸在总脂肪酸中占比较高, $n-3$ 脂肪酸含量高于 $n-6$ 脂肪酸; 鱼腹中 DHA、棕榈酸和油酸含量较高, 鱼背中 DHA、EPA、棕榈酸含量较高。而鲤鱼鱼腹与鱼背的脂肪酸组成存在差异, 主要是饱和脂肪酸组成差异较大。鱼腹中饱和脂肪酸有 6 种, 鱼背中仅检出 2 种。鱼腹中, 油酸含量最高, 有 555 mg/100 g, 棕榈酸和 C20:1 的含量也较高, 鱼腹的饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的占比差异不大, 在 26%~41%之间, 鲤鱼鱼腹的 $n-6$ 脂肪酸高于 $n-3$ 脂肪酸。鱼背中, EPA 含量较高, 有 333 mg/100 g, 其次为油酸和 DHA, 多不饱和脂肪酸占比较高, 占总脂肪酸的 59%, 鱼背的 $n-3$ 含量高于 $n-6$ 。对于鲢鱼, 鱼身肌肉与鱼头的饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸以及多不饱和脂肪酸在总脂肪酸中的占比相似。主要脂肪酸均有棕榈酸、油酸、EPA 和 DHA。肌肉中 DHA 含量高于 EPA, 而鱼头中 EPA 含量高于 DHA。

鲈鱼鱼腹、鱼背的(EPA+DHA)总量高于其他 2 种鱼类的研究部位, 鲤鱼鱼腹鱼背的亚油酸和花生四烯酸在多不饱和脂肪酸中的占比明显高于其他 2 类品种, 而鲢鱼鱼身鱼头中 α -亚麻酸在多不饱和脂肪酸中的比例较高。这可能与鱼类的食性有关, 如鄱阳湖的鱼体中多不饱和脂肪酸 C20:6n3 含量远高于太湖中相同鱼类的含量, 主要原因就是其食性有明显差异^[8]。鲈鱼是肉食性鱼类, 其食物来源主要有淡水中的小鱼小虾, 小鱼小虾中含有一定的 EPA 和 DHA^[9-10]; 鲤鱼是杂食性鱼类, 食物来源以底栖动物如田螺、河蚌等为主, 田螺和河蚌中有一定比例的亚油酸和花生四烯酸, 而 EPA 和 DHA 的含量相对较少, 亚麻酸几乎没有^[11]; 鲢鱼是滤食性鱼类, 其食物为浮游生物, 淡水微

藻的多不饱和脂肪酸主要是亚油酸和 α -亚麻酸^[7]。

2.3 3 种鱼类的脂肪酸营养价值

适宜的 $n-6$ PUFA/ $n-3$ PUFA 对人体内环境稳定和生长发育具有重要作用^[12]。膳食中适宜的 $n-6$ PUFA/ $n-3$ PUFA 比例基本在(4~6):1 之间, 如加拿大科学综述委员会提出的比值为(5~6):1, 欧盟食品科学委员会为(4~4.5):1, 日本卫生部为 4:1^[13]。本研究所有样品 $n-6$ PUFA/ $n-3$ PUFA 比值均小于 4:1, 有利于膳食中脂肪酸的平衡, 特别是鲈鱼, 鱼腹和鱼背的 $n-6$ PUFA/ $n-3$ PUFA 均小于 1。此外, 肉类的营养价值可以通过多不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比例(P:S)来衡量, 营养学建议 P:S 大于 0.4~0.5 为佳^[14], 3 种鱼类的 P:S 均大于 1, 本研究的鱼类脂肪酸的营养高于畜禽肉类^[15]。

根据文献报道健康人群(EPA+DHA)最低需求量是 250 mg/d, 冠心病人群推荐(EPA+DHA)~1.0 g/d^[16], 《中国居民膳食指南 2016 版》建议每人每天食用水产品 40~75 g/d, 由表 2 中可知, 本研究中的鱼类大部分在建议水产品食用量范围内, 对于冠心病人群而言, 在 3 种鱼肉中, 鲈鱼鱼腹是(EPA+DHA)摄入的最佳来源。

3 结 论

对湖南省洞庭湖地区消费量较大的 3 种不同食性鱼类(鲈鱼、鲤鱼和鲢鱼)不同部位脂肪酸的组成和差异进行分析研究。3 种鱼类饱和脂肪酸以棕榈酸为主, 单不饱和脂肪酸以油酸为主, 而多不饱和脂肪酸中 EPA 和 DHA 含量较高。肉食性的鲈鱼其鱼腹和鱼背的(EPA+DHA)含量较高, 杂食性的鲤鱼其鱼腹和鱼背的油酸和花生四烯酸占比较高, 滤食性的鲢鱼其鱼身和鱼头的 α -亚麻酸含量相对较高。3 种鱼类脂肪酸的组成与其食性相关, 其营养价值高于畜禽肉类, 建议市民在日常膳食中可丰富鱼种类和数量。

表 2 满足健康人群与冠心病人群每日所需(EPA+DHA)需摄入本研究样品的量(g/d)

Table 2 Intake the study sample for meeting the daily needs of healthy people and coronary heart disease people (EPA+DHA) (g/d)

人群类型	鲈鱼鱼腹	鲈鱼鱼背	鲤鱼鱼腹	鲤鱼鱼背	鲢鱼鱼身	鲢鱼鱼头
健康人群	24±1	53±1	107±1	44±1	67±3	70±1
冠心病人群	97±1	214±1	428±1	177±1	267±1	279±1

参考文献

- [1] SUN H, REN QQ, ZHAO XJ, *et al.* Regional similarities and differences in mature human milk fatty acids in Chinese population: A systematic review [J]. *Prostag Leukotr Ess*, 2020, 162: 102184.
- [2] 张秀珍, 梁惠. 山东省 30 种常见水产品油脂的脂肪酸含量分析[J]. *海洋科学*, 2000, 24(8): 30-31.
ZHANG XZ, LIANG H. Fatty acid contents of some sea foods in Shandong province [J]. *Ocean Sci*, 2000, 24(8): 30-31.
- [3] 林婉玲, 韩迎雪, 李来好, 等. 6 种鲤科鱼肌肉脂肪的脂肪酸组成比较

及相关性分析[J]. *中国油脂*, 2019, 44(10): 29-34.

LIN WL, HAN YX, LI LH, *et al.* Comparison and correlation analysis on fatty acid composition in muscle fat of six species of cyprinid fishes [J]. *Chin Oil Fat*, 2019, 44(10): 29-34.

- [4] 吴燕燕, 陶文斌, 李来好, 等. 宁德地区养殖大黄鱼形态组织结构与品质特性[J]. *水产学报*, 2019, 43(6): 1472-1482.

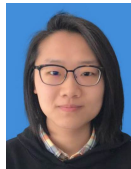
WU YY, TAO WB, LI LH, *et al.* Morphological structure and quality characteristics of cultured *Larimichthys crocea* in Ningde [J]. *J Fish China*, 2019, 43(6): 1472-1482.

- [5] 张文凤, 黄伟雄. 广东经济鱼类不饱和脂肪酸的含量分析与组成特征

- 评价[J]. 环境化学, 2020, 39(5): 1181–1191.
- ZHANG WF, HUANG WX. The levels and evaluation of component characteristics of unsaturated fatty acids in Guangdong economic fish species [J]. *Environ Chem*, 2020, 39(5): 1181–1191.
- [6] GB 5009.168—2016 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定[S].
GB 5009.168—2016 National food safety standard-Determination of fatty acid in foods [S].
- [7] 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.
LI GY, DENG ZY, FAN YW, *et al.* Characteristics of fatty acids in ten freshwater fish of the Poyang lake [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2010, 31(8): 324–328.
- [8] 董丽华, 游江涛, 林秋奇, 等. 三种海洋微藻和三种淡水微藻脂肪酸组成特征的比较分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2004, 12(3): 226–232.
DONG LH, YOU JT, LIN QQ, *et al.* Comparison of fatty acids composition in marine and freshwater microalgae [J]. *J Trop Sub Bot*, 2004, 12(3): 226–232.
- [9] 李淡秋. 二十种淡水鱼虾脂肪酸组成的分析研究[J]. 水产科技情报, 1991, 18(3): 73–76.
LI DQ. Study on fatty acid composition of 20 species of fresh water fishes and shrimp by gas chromatography [J]. *Fish Sci Technol Inf*, 1991, 18(3): 73–76.
- [10] 杨静玥, 李谭瑶, 袁春晖, 等. 2014 年湖南地区淡水产品脂肪酸组成及分析[J]. 卫生研究, 2020, 49(4): 554–560.
YANG JY, LI TY, YUAN CH, *et al.* Composition and analysis of fatty acids in freshwater products in Hunan province in 2014 [J]. *J Hyg Res*, 2020, 49(4): 554–560.
- [11] 李阅兵, 孙立春, 刘承初, 等. 几种海水和淡水贝类的大宗营养成分比较研究[J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(2): 297–303.
LI YB, SUN LC, LIU CC, *et al.* Comparison of macronutrient components of several marine and freshwater shellfish [J]. *J Shanghai Ocean Univ*, 2012, 21(2): 297–303.
- [12] MICHELLE AVN, MARY S, JENIFER MCJ, *et al.* A low ω -6 to ω -3 PUFA ratio (n -6: n -3 PUFA) diet to treat fatty liver disease in obese youth [J]. *J Nutr*, 2020, 150(4): 2314–2321.
- [13] 蔡妙颜, 李冰, 袁向华. 膳食中的脂肪酸平衡[J]. 粮油食品科技, 2003, 11(2): 37–39.
CAI MY, LI B, YUAN XH. A balanced diet of fatty acids [J]. *Sci Technol Cere Oils Foods*, 2003, 11(2): 37–39.
- [14] 张东平, 张少欢, 余应新, 等. 太湖鱼中多不饱和脂肪酸及其与多氯联苯共摄入益害分析[J]. 科学通报, 2012, 57(5): 324–331.
ZHANG DP, ZHANG SH, YU YX, *et al.* Polyunsaturated fatty acids in fish from Taihu lake and the associated risk of ingesting polychlorinated biphenyls [J]. *Chin Sci Bull*, 2012, 57(5): 324–331.
- [15] 赵佳, 邢青斌, 陆颖, 等. 不同肉类食物中脂肪酸组成[J]. 卫生研究, 2018, 47(2): 254–259.
ZHAO J, XING QB, LOU Y, *et al.* Fatty acid composition in different animal products [J]. *J Hyg Res*, 2018, 47(2): 254–259.
- [16] PENNY M, KRIS-ETHERTON, William S, *et al.* Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease [J]. *Circ: J Am Heart Ass*, 2002, 106(21).

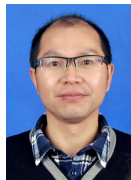
(责任编辑: 张晓寒)

作者简介



杨静玥, 技师, 主要研究方向为理化检验技术。

E-mail: yangmovie@foxmail.com



陈东洋, 博士, 主管技师, 主要研究方向为理化检验技术。

E-mail: dychen2008@126.com.