

文章编号: 1000-8020(2020)04-0554-07

·调查研究·

2014 年湖南地区淡水产品脂肪酸组成及分析



杨静玥¹ 李谭瑶¹ 袁春晖¹ 冯家力¹
范翔¹ 周丽平¹ 李轶¹ 曾栋¹

¹ 湖南省疾病预防控制中心,长沙 410008

摘要:目的 对湖南地区多种淡水产品的脂肪酸组成进行调查研究。方法 监测湖南省各地区具有代表性的淡水产品,取其可食部分进行气相色谱检测,统计分析获得脂肪酸指纹图谱。结果 共监测 18 种淡水产品,每种淡水产品检出脂肪酸 14~26 种。其中饱和脂肪酸 12 种,含量 0.74~3143 mg/100 g;单不饱和脂肪酸 9 种,含量 1.23~2790 mg/100 g;多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acids, PUFA) 10 种,含量 1.75~2832 mg/100 g,多不饱和脂肪酸中, n-6 与 n-3 的比值范围 0.24:1~15.7:1。结论 湖南地区淡水产品脂肪酸组成以不饱和脂肪酸为主,多数淡水产品富含 n-3 PUFA,且 n-6 PUFA 与 n-3 PUFA 的比值小于 6,有利于食用人群的营养膳食平衡,其脂肪酸的组成及含量具有理想的营养价值。

关键词: 脂肪酸 淡水产品 营养评价

中图分类号: R151.3

文献标志码: A

DOI: 10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2020.04.005

Composition and analysis of fatty acids in freshwater products in Hunan Province in 2014

Yang Jingyue¹, Li Tanyao¹, Yuan Chunhui¹, Feng Jiali¹, Fan Xiang¹,
Zhou Liping¹, Li Yi¹, Zeng Dong¹

¹ Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Changsha 410008, China

ABSTRACT: OBJECTIVE To investigate the nutritional composition of fatty acids in freshwater products in Hunan Province. **METHODS** The edible parts of freshwater products were detected by gas chromatography, and fatty acid fingerprints were obtained by statistical analysis. **RESULTS** A total of 18 freshwater products were monitored and 14~26 fatty acids were detected in each freshwater product. Among them, 12 were saturated fatty acids (SFA), ranging from 0.74 to 3143 mg/100 g, 9 were monounsaturated fatty acids (MUFA), ranging from 1.23 to 2790 mg/100 g, and 10 were polyunsaturated fatty acids (PUFA), ranging from 1.75 to 2832 mg/100 g. The ratio of n-6 to n-3 in polyunsaturated fatty acids ranged from 0.24:1 to 15.7:1. **CONCLUSION** The composition of fatty acids in freshwater products in Hunan Province is mainly unsaturated fatty acids. Most freshwater products are rich in n-3 PUFA, and the ratio of n-6 PUFA to n-3 PUFA is less than 6, which is beneficial to the nutritional balance. The composition and content of fatty acids have ideal nutritional value.

基金项目: 国家卫生健康委员会食物成分监测项目; 湖南省卫生计生委科研基金(No.C2015-064)

作者简介: 杨静玥,女,技师,研究方向:理化检验, E-mail: yangmovie@foxmail.com

通信作者: 曾栋,男,副主任技师,研究方向:理化检验, E-mail: 36850069@qq.com

KEY WORDS: fatty acids, freshwater aquaculture products, nutritional assessment

脂肪酸是人体每天从食物中摄入的基本营养成分之一。根据是否含有双键及其个数,脂肪酸可分为饱和脂肪酸(saturated fatty acids, SFA)、单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acids, MUFA)和多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acids, PUFA) 3类。研究表明,饱和脂肪酸摄入过多会引起血液胆固醇等升高,增加人群患冠心病的风险^[1-3],不饱和脂肪酸是预防心血管疾病、促进身体健康发育的重要营养素^[4-5]。在多种不饱和脂肪酸中,有重要生物学意义的是 n-3 和 n-6 系列。 α -亚麻酸(α -linolenic acid, ALA)、二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)和二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)是 n-3 PUFA 的重要组成部分,其中 α -亚麻酸是必需脂肪酸,在体内可代谢为 EPA 和 DHA^[6-7]。亚油酸(linoleic acid, LA)和花生四烯酸(arachidonic acid, ARA)是 n-6 PUFA 的重要组成部分,亚油酸也是人体必需脂肪酸^[8],花生四烯酸是半必需脂肪酸^[9]。n-6 PUFA 和 n-3 PUFA 在功能上相互制约,在脂类代谢、心血管功能、血糖浓度调节、炎症反应与免疫调节等方面协助共同发挥作用^[10-11]。

近年来,随着生活水平的不断改善,人们对膳食营养结构的认识和要求逐步提高,海水产品中因富含 DHA 和 EPA 等不饱和脂肪酸^[12]被大众所熟知,鱼虾贝类水产品也因此备受人们喜爱。本研究通过监测湖南地区有代表性的 18 种淡水产品,对其脂肪酸的组成进行检测,丰富湖南地区淡水产品脂肪酸的数据资源,分析评价本地区淡水产品的脂肪酸营养价值。

1 材料与方法

1.1 样品

根据湖南居民水产品消费特点,环绕洞庭湖、覆盖湘资沅澧四水流域,选取湖南省长沙市、岳阳市、常德市三地作为样品采集地。18 种淡水产品均在 2014 年采集于长沙市、岳阳市、常德市三地的超市或农贸市场,每地随机选取 3 个采样点,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。

样品制备方式:草鱼、鲢鱼、鳊鱼、青鱼、鳊鱼、鳙鱼、乌鳢、回头鱼、黄颡鱼、鳊鱼、鲫鱼、小黄鱼、刁子鱼、黄鳝 14 种样品,从每个采样点取一半样品,洗净去鳞,去骨,去内脏,剩下肌肉可食部分含有完整的背、腹、尾部,均质化处理,制成鱼糜;泥

鳅、河虾 2 种样品,从每个采样点取一半样品,直接制样,均质化处理;田螺、河蚌 2 种样品,从每个采样点取一半样品,去壳、去内脏,均质化处理。将所有采样点样品混合制样均匀,四分法取样,反复多次,所制得的每种样品 1.5 kg,均分为 3 份,分别供检验、复验与备查用。

1.2 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。

1.3 试剂

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% 三氯化硼甲醇、氯化钠,均为分析纯;正己烷(色谱纯),以上试剂均购自国药。

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)。

1.4 脂肪酸的测定

参照 GB/T 22223—2008 测定 18 种淡水产品中脂肪酸含量。

1.5 仪器条件

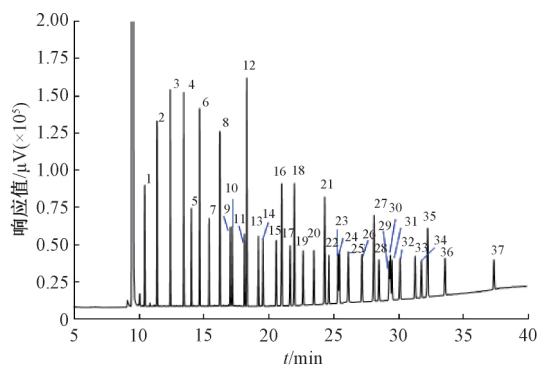
火焰离子检测器;毛细管色谱柱 HP-88 (100 m \times 0.25 mm, 0.20 μ m);载气:氮气;柱流量 3.0 mL/min;分流比 15:1;进样口温度 250 $^{\circ}$ C;检测器温度 300 $^{\circ}$ C;升温程序:60 $^{\circ}$ C (1 min),以 30 $^{\circ}$ C/min 升温至 180 $^{\circ}$ C,以 2 $^{\circ}$ C/min 升温至 246 $^{\circ}$ C (2 min)。

1.6 定性及定量

图 1 为 37 种脂肪酸甲酯混合标准色谱图,其中十一烷酸甲酯为内标物,利用混合标准保留时间对样品进行定性,定量采用内标法,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,计算出试样中各脂肪酸的含量,样品图谱如图 2 所示。

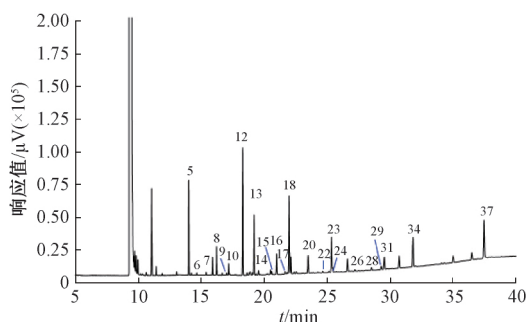
1.7 统计学分析

将湖南地区 18 种水产品均平行测定 3 次,通过 SPSS 20.0 统计软件进行分析,结果以均值 \pm 标准偏差($\bar{x}\pm s$)来表示,采用方差分析比较不同品种水产品之间的差异,满足方差齐性的数据采用单因素方差分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义;对非正态分布或方差不齐的数据采用 Kruskal-Wallis H 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。



- 1: 丁酸甲酯 (C4 : 0); 2: 己酸甲酯 (C6 : 0); 3: 辛酸甲酯 (C8 : 0); 4: 癸酸甲酯 (C10 : 0); 5: 内标: 十一烷酸甲酯 (C11 : 0); 6: 月桂酸甲酯 (C12 : 0); 7: 十三碳酸甲酯 (C13 : 0); 8: 肉豆蔻酸甲酯 (C14 : 0); 9: 肉豆蔻油酸甲酯 (C14 : 1); 10: 十五碳酸甲酯 (C15 : 0); 11: 十五碳烯酸甲酯 (C15 : 1); 12: 棕榈酸甲酯 (C16 : 0); 13: 棕榈油酸甲酯 (C16 : 1); 14: 十七碳酸甲酯 (C17 : 0); 15: 十七碳烯酸甲酯 (C17 : 1); 16: 硬脂酸甲酯 (C18 : 0); 17: 反油酸甲酯 (C18 : 1n9t); 18: 油酸甲酯 (C18 : 1n9c); 19: 反亚油酸甲酯 (C18 : 2n6t); 20: 亚油酸甲酯 (C18 : 2n6c); 21: γ -亚麻酸甲酯 (C18 : 3n6); 22: 花生酸甲酯 (C20 : 0); 23: α -亚麻酸甲酯 (C18 : 3n3); 24: 二十碳烯酸甲酯 (C20 : 1); 25: 二十一烷酸甲酯 (C21 : 0); 26: 二十碳二烯酸甲酯 (C20 : 2); 27: 二高- γ -亚麻酸甲酯 (C20 : 3n6); 28: 山嵛酸甲酯 (C22 : 0); 29: 二十碳三烯酸甲酯 (C20 : 3n3); 30: 花生四烯酸甲酯 (C20 : 4n6); 31: 芥子酸甲酯 (C22 : 1n9); 32: 二十三碳酸甲酯 (C23 : 0); 33: 二十二碳二烯酸甲酯 (C22 : 2n6); 34: EPA 甲酯 (C20 : 5n3); 35: 二十四碳酸甲酯 (C24 : 0); 36: 神经酸甲酯 (C24 : 1n9); 37: DHA 甲酯 (C22 : 6n3)

图1 37种脂肪酸甲酯混合标准色谱图



- 5: 内标: 十一烷酸甲酯 (C11 : 0); 6: 月桂酸甲酯 (C12 : 0); 7: 十三碳酸甲酯 (C13 : 0); 8: 肉豆蔻酸甲酯 (C14 : 0); 9: 肉豆蔻油酸甲酯 (C14 : 1); 10: 十五碳酸甲酯 (C15 : 0); 12: 棕榈酸甲酯 (C16 : 0); 13: 棕榈油酸甲酯 (C16 : 1); 14: 十七碳酸甲酯 (C17 : 0); 15: 十七碳烯酸甲酯 (C17 : 1); 16: 硬脂酸甲酯 (C18 : 0); 17: 反油酸甲酯 (C18 : 1n9t); 18: 油酸甲酯 (C18 : 1n9c); 20: 亚油酸甲酯 (C18 : 2n6c); 22: 花生酸甲酯 (C20 : 0); 23: α -亚麻酸甲酯 (C18 : 3n3); 24: 二十碳烯酸甲酯 (C20 : 1); 26: 二十碳二烯酸甲酯 (C20 : 2); 28: 山嵛酸甲酯 (C22 : 0); 29: 二十碳三烯酸甲酯 (C20 : 3n3); 31: 芥子酸甲酯 (C22 : 1n9); 34: EPA 甲酯 (C20 : 5n3); 37: DHA 甲酯 (C22 : 6n3)

图2 草鱼中脂肪酸甲酯色谱图

2 结果

2.1 脂肪酸组成及含量

湖南地区 18 种淡水产品共检出饱和脂肪酸 12 种,含量 0.74~3143 mg/100 g,以棕榈酸为主,其次为硬脂酸。单不饱和脂肪酸检出 9 种,含量 1.23~2790 mg/100 g,以油酸和棕榈油酸为主。多不饱和脂肪酸 10 种,含量 1.75~2832 mg/100 g,主要为 DHA、亚油酸和 EPA。具体结果见表 1。

2.2 饱和脂肪酸总量

饱和脂肪酸在鱼类产品泥鳅、鳊鱼、青鱼中含

量较低,分别为 232、234 和 271 mg/100 g,在虾贝类产品田螺、河蚌中含量仅 13.5、69.4 mg/100 g,其含量远低于鱼类产品。具体结果见表 1。

2.3 单不饱和脂肪酸总量

单不饱和脂肪酸在各种水产品中含量较高的依次为小黄鱼、鲢鱼、黄颡鱼和草鱼,含量分别为 3474、3207、2446 和 2158 mg/100 g。虾贝类产品的单不饱和脂肪酸含量仅有 249 mg/100 g(河虾)、37.3 mg/100 g(河蚌)、19.8 mg/100 g(田螺)。单不饱和脂肪酸在鱼类产品中含量多数高于虾贝类产品。具体结果见表 1。

续表 1 2014年湖南地区 18种淡水产品中脂肪酸组成及含量(x±s)

| 脂肪酸 | 鳊鱼 | 鲫鱼 | 小黄鱼 | 刁子鱼 | 黄鳝 | 泥鳅 | 河虾 | 田螺 | 河蚌 |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C4 : 0/(mg/100 g) | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| C6 : 0/(mg/100 g) | 38.9±1.2 | 56.3±0.2 | ND | ND | 5.71±0.01 | ND | ND | ND | ND |
| C12 : 0/(mg/100 g) | 5.89±0.01 | 8.51±0.01 | 7.92±0.02 | 29.7±1.4 | 4.24±0.02 | ND | ND | ND | ND |
| C13 : 0/(mg/100 g) | 4.62±0.03 | ND | 4.91±0.07 | ND | 2.48±0.01 | ND | 5.13±0.01 | ND | ND |
| C14 : 0/(mg/100 g) | 136±4 | 42.4±0.3 | 431±4 | 69.1±1.8 | 77.7±0.6 | 12.3±0.1 | 25.7±2.6 | 1.31±0.01 | 2.93±0.01 |
| C15 : 0/(mg/100 g) | 30.2±0.5 | ND | 805±4 | 3.89±0.01 | 18.3±0.2 | 12.0±0.3 | 14.6±0.3 | 1.18±0.01 | 1.86±0.01 |
| C16 : 0/(mg/100 g) | 627±4 | ND | 3143±1 | 408±2 | 451±4 | 144±6 | 205±2 | ND | 44.9±0.6 |
| C17 : 0/(mg/100 g) | 25.5±0.1 | ND | 95.7±0.2 | 5.53±0.01 | 13.6±0.3 | 15.1±0.1 | 18.1±0.1 | 1.77±0.01 | 4.79±0.02 |
| C18 : 0/(mg/100 g) | 136±6 | 188±4 | 585±1 | 86.2±0.6 | 95.2±2.4 | 48.3±0.1 | 70.5±0.4 | 7.55±0.01 | 13.4±0.2 |
| C20 : 0/(mg/100 g) | 6.59±0.01 | 6.55±0.01 | 37.3±0.4 | 4.03±0.01 | 7.78±0.01 | ND | 32.8±0.7 | 0.90±0.01 | 1.48±0.01 |
| C21 : 0/(mg/100 g) | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 0.74±0.01 | ND | ND |
| C22 : 0/(mg/100 g) | ND | ND | 16.4±0.3 | 2.39±0.01 | 2.89±0.01 | ND | 6.14±0.01 | ND | ND |
| C14 : 1/(mg/100 g) | 14.2±0.5 | ND | 5.50±0.01 | 2.39±0.01 | 3.56±0.01 | ND | ND | ND | ND |
| C15 : 1/(mg/100 g) | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 11.8±0.1 | ND | ND |
| C16 : 1/(mg/100 g) | 378±1 | 123±4 | 1067±6 | 157±4 | 209±6 | 128±1 | 121±2 | 2.77±0.01 | 18.7±0.1 |
| C17 : 1/(mg/100 g) | 15.4±1.2 | ND | 41.9±1.1 | 1.23±0.01 | 14.3±0.4 | ND | ND | ND | ND |
| C18 : 1n9t/(mg/100 g) | 19.0±0.1 | ND | 38.8±0.6 | 5.66±0.01 | 9.77±0.01 | ND | ND | ND | 2.17±0.02 |
| C18 : 1n9c/(mg/100 g) | 745±6 | 1661±4 | 2139±2 | 685±2 | 438±2 | 107±6 | 128±9 | 3.86±0.01 | 16.4±0.1 |
| C20 : 1/(mg/100 g) | 17.2±0.1 | ND | 127±1 | 14.9±0.1 | 21.8±0.4 | ND | ND | 1.32±0.01 | ND |
| C22 : 1n9/(mg/100 g) | ND | ND | 71.5±0.4 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| C24 : 1n9/(mg/100 g) | ND | ND | 55.0±0.2 | 405±4 | 4.50±0.01 | ND | 75.8±0.5 | 3.19±0.01 | 10.1±0.2 |
| C18 : 2n6c/(mg/100 g) | 171±2 | 1114±1 | 121±2 | ND | 159±6 | 56.8±0.1 | ND | ND | ND |
| C18 : 2n6t/(mg/100 g) | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| C18 : 3n6/(mg/100 g) | 9.68±0.01 | 35.1±1.4 | 10.9±0.7 | 10.4±0.3 | 4.77±0.01 | 4.04±0.01 | ND | ND | ND |
| C18 : 3n3/(mg/100 g) | 202±2 | 114±4 | 120±1 | 44.5±0.4 | 105±4 | 21.7±1.4 | 77.2±1.2 | ND | ND |
| C20 : 2/(mg/100 g) | 14.1±0.8 | 31.0±0.6 | 18.0±0.4 | 12.6±0.1 | 8.87±0.04 | 9.94±0.01 | 8.45±0.03 | 3.11±0.01 | 1.78±0.01 |
| C20 : 3n6/(mg/100 g) | 28.2±2.0 | 79.9±1.0 | 14.0±0.6 | 37.9±0.5 | 7.62±0.01 | 9.17±0.01 | 6.15±0.01 | ND | ND |
| C20 : 3n3/(mg/100 g) | 22.4±2.3 | ND | 112±9 | ND | 26.5±1.3 | ND | ND | ND | ND |
| C20 : 4n6/(mg/100 g) | 147±4 | ND | 187±2 | 31.8±1 | 33.3±0.4 | 97.4±1.4 | 135±2 | 8.96±0.01 | 23.1±1.2 |
| C20 : 5n3/(mg/100 g) | 192±9 | ND | 954±2 | 9.25±0.01 | 37.9±0.1 | 42.3±2.0 | 223±2 | 1.75±0.01 | 17.4±2.3 |
| C22 : 6n3/(mg/100 g) | 352±6 | 83.6±0.5 | 2832±2 | 50.3±0.4 | 221±2 | 54.5±0.2 | 84.3±0.6 | ND | 8.66±0.03 |
| 饱和脂肪酸(SFA)总量/(mg/100 g) | 1011±9 | 1107±6 | 4390±5 | 607±3 | 679±5 | 232±6 | 378±4 | 13.5±0.1 | 69.4±1.0 |
| 单不饱和脂肪酸(MUFA)总量/(mg/100 g) | 1189±7 | 1856±6 | 3474±7 | 865±5 | 701±7 | 235±6 | 249±9 | 19.8±0.1 | 37.3±0.1 |
| 多不饱和脂肪酸(PUFA)总量/(mg/100 g) | 1138±13 | 1458±5 | 4369±10 | 602±4 | 604±8 | 296±3 | 610±4 | 17.0±0.1 | 61.1±3.0 |
| 总脂肪酸(SFA+MUFA+PUFA)/(mg/100 g) | 3337±17 | 4421±9 | 11784±13 | 2074±7 | 1984±11 | 762±9 | 1237±11 | 50.1±0.1 | 168±3 |
| SFA/总脂肪酸/% | 30.3 | 25.0 | 37.3 | 29.3 | 34.2 | 30.4 | 30.6 | 26.7 | 41.3 |
| MUFA/总脂肪酸/% | 35.6 | 42.0 | 29.5 | 41.7 | 35.3 | 30.8 | 20.1 | 39.4 | 22.2 |
| PUFA/总脂肪酸/% | 34.1 | 33.0 | 37.2 | 29.0 | 30.5 | 38.8 | 49.3 | 33.9 | 36.5 |
| n-6 PUFA/(mg/100 g) | 356±5 | 1229±2 | 333±3 | 485±2 | 205±6 | 167±1 | 217±2 | 12.2±0.1 | 33.2±1.2 |
| n-3 PUFA/(mg/100 g) | 768±11 | 198±4 | 4018±10 | 104±1 | 390±5 | 119±2 | 385±3 | 1.75±0.01 | 26.1±2.3 |
| n-6 PUFA/n-3 PUFA | 0.46 | 6.22 | 0.083 | 4.66 | 0.52 | 1.41 | 0.56 | 6.94 | 1.27 |

注: ND 表示未检出,同行数据字母不同 表示不同水产品之间脂肪酸含量的差异具有统计学意义(P<0.05)。C4 : 0; 丁酸甲酯; C6 : 0; 己酸甲酯; C12 : 0; 月桂酸甲酯; C13 : 0; 十三酸甲酯; C14 : 0; 肉豆蔻酸甲酯; C15 : 0; 十五酸甲酯; C16 : 1; 棕榈酸甲酯; C17 : 0; 十七酸甲酯; C18 : 1; 十七酸甲酯; C18 : 0; 硬脂酸甲酯; C18 : 1n9t; 反油酸甲酯; C18 : 1n9c; 油酸甲酯; C18 : 2n6c; 亚油酸甲酯; C20 : 0; 花生酸甲酯; C18 : 3n3; α-亚麻酸甲酯; C20 : 1; 二十酸甲酯; C21 : 0; 二十一酸甲酯; C20 : 2; 二十酸甲酯; C20 : 3n6; 二高-γ-亚麻酸甲酯; C22 : 0; 山萘酸甲酯; C20 : 3n3; 二十酸三烯酸甲酯; C20 : 4n6; 花生四烯酸甲酯; C22 : 1n9; 芥子酸甲酯; C24 : 1n9; 神经酸甲酯; C22 : 6n3; DHA 甲酯

2.4 多不饱和脂肪酸总量

多不饱和脂肪酸在各种淡水产品中,小黄鱼的含量远高于其他产品,高达4369 mg/100 g,其次为黄颡鱼和鲢鱼,含量分别为1850和1771 mg/100 g。小黄鱼多不饱和脂肪酸的主要组成是DHA和EPA。对DHA含量进行分析,小黄鱼达到2832 mg/100 g,其次是回头鱼625 mg/100 g和鳊鱼458 mg/100 g等。对EPA含量进行分析,小黄鱼达到954 mg/100 g,其次是河虾223 mg/100 g、鳊鱼192 mg/100 g和回头鱼188 mg/100 g等。河虾的多不饱和脂肪酸含量与鲢鱼、刁子鱼、黄鳝含量相当。具体结果见表1。

2.5 各类脂肪酸在总脂肪酸中的占比分析

18种淡水产品饱和脂肪酸占比范围17.3%~41.3%,单不饱和脂肪酸占比范围13.7%~53.7%,多不饱和脂肪酸占比范围16.9%~69.0%。其中不饱和脂肪酸含量占比较高的水产品依次是鳊鱼(82.7%)、黄颡鱼(77.4%)和鲫鱼(75.0%),18种淡水产品中,所有鱼类产品的不饱和脂肪酸含量占比均在60%以上,虾贝类产品除河蚌(58.6%)外,其它产品的占比都在70%左右。

2.6 n-6 PUFA 与 n-3 PUFA 比值分析

n-6 PUFA/n-3 PUFA 适宜比值为(4~6):1^[14]。由表1可见,18种淡水产品中,刁子鱼、鲫鱼、田螺n-6 PUFA/n-3 PUFA的比值符合适宜比值标准,分别为4.66:1、6.22:1、6.94:1,比值较低的还有小黄鱼、青鱼、鲢鱼、鳊鱼、鳊鱼、回头鱼和河虾。整体分析结果表明,18种产品的比值普遍可以达到n-6 PUFA/n-3 PUFA 适宜比值,这对居民n-6 PUFA与n-3 PUFA的膳食平衡有一定的作用。

2.7 18种淡水产品与其他相应品种数据对比

将本研究中的样品与《中国食物成分成分表2019》第6版第二册比较^[15]结果显示,本研究中湖南地区淡水产品与数据库中相应产品的SFA、MUFA、PUFA的含量基本一致。与深圳周边海域的海产品对比,湖南地区18种淡水产品中EPA和DHA的水平与相应海产品中的含量相当^[16]。

3 讨论

饱和脂肪酸以棕榈酸为主,单不饱和脂肪酸以油酸为主,多不饱和脂肪酸以DHA、亚油酸和EPA为主。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>0.4为佳,赵佳等^[17]研究表明,猪、牛、羊、鸡、鸭肉中P:S分别为0.31、0.12、0.11、0.66和0.82,本文研究中的湖南地区18种淡水产品P:S值均大于0.4,除乌鳢(P:S=0.57)外,其余品种水产品P:S结果均大于以上畜禽肉类产品。由此证明,从脂肪酸组成角度出发,本文所研究的水产品营养价值高于畜禽肉类产品。调查表明,猪肉是湖南省城乡居民的主要肉类消费品,猪肉占肉类消费总量的60%以上^[18],因此湖南省居民膳食中应增加水产品的摄入量,减少猪肉的摄入,以保证脂肪酸均衡。

DHA和EPA是n-3 PUFA的重要组成,是人体不可或缺的营养素。研究显示,DHA和EPA在脑功能、婴幼儿智力及视功能发育等方面有着重要意义,《中国居民膳食营养素参考摄入量第1部分:宏量营养素》中提出^[19],1岁以下婴幼儿和孕妇乳母对n-3 PUFA需求量较大,1岁以下婴幼儿的膳食营养来源主要为母乳,因此在孕妇乳母膳食中增加市面常见的小黄鱼、鳊鱼和黄颡鱼等水产品可以为婴幼儿膳食提供充足的n-3 PUFA。n-3 PUFA对抗炎、降低胆固醇、调控基因表达和抗肿瘤方面也有着积极作用,每日摄取20 mg/(kg·d)的n-3 PUFA还可以对预防致命性心血管疾病有明显保护作用^[20]。亚油酸是人体必需脂肪酸之一,是n-6 PUFA的重要组成,n-6 PUFA对人体皮肤有抗炎止痒的作用,有助于维护皮肤功能屏障的稳定性^[21]。但是越来越多的研究表明,n-6 PUFA会导致血小板的凝集和血栓的形成,从而导致心血管疾病的发生,更有研究表明,n-6 PUFA可促进癌细胞增殖^[10]。中国营养学会提出n-6 PUFA/n-3 PUFA适宜比值为(4~6):1^[14],而当今人类膳食中的n-6 PUFA/n-3 PUFA的结构比例已高达(25~30):1^[22]。陆颖等^[23]研究表明,市场上大众常用的食用油多数n-6 PUFA/n-3 PUFA结构也大于6,ALA作为n-3 PUFA的重要组成,仅在大豆油和菜籽油中少量含有,亚麻籽油中虽ALA含量较高,但居民不常食用,而经膳食进入体内的ALA转化为生物活性较强的EPA和DHA的效率较低^[10],居民膳食有必要从鱼类等水产品中直接摄入DHA和EPA。本研究中,湖南地区18个淡水产品均含n-3 PUFA,其中13种产品的n-6 PUFA与n-3 PUFA的比值小于6,因此居民日常膳食中增加鱼类等水产品的摄入有利于居民膳食中n-6 PUFA与n-3 PUFA的平衡。

参考文献

- [1] 陈银基,鞠兴荣,周光宏. 饱和脂肪酸分类与生理功能[J]. 中国油脂,2008,33(3):35-39.
- [2] 唐传核,徐建祥,彭志英. 脂肪酸营养与功能的最新研究[J]. 中国油脂,2000,25(6):20-23.
- [3] 黄凤洪,黄庆德,刘昌盛. 脂肪酸的营养与平衡[J]. 食品科学,2004,25(增刊):262-265.
- [4] 刘汝萃,王彩华,肖晶,等. 鱼油的提取、富集与应用研究进展[J]. 粮食与食品工业,2017(5):9-12.
- [5] 吴永保,李琳,闻治国,等. 动物体内极长链多不饱和脂肪酸代谢及其生理功能[J]. 中国畜牧杂志,2018,54(3):20-26.
- [6] 苏杭. 亚油酸和 α -亚麻酸的摄入比例对体内炎症因子及高度不饱和脂肪酸合成通路的影响[D]. 无锡:江南大学,2018.
- [7] 马方,杨宜婷,陈则华. 不同类型 n-3 多不饱和脂肪酸对心血管疾病的防治作用及其机制研究进展[J]. 中国油脂,2018,43(2):65-69.
- [8] 张春娥,张惠,刘楚怡,等. 亚油酸的研究进展[J]. 粮油加工,2010(5):18-21.
- [9] 宋一萌,李明真,马潞林. 花生四烯酸代谢产物与肿瘤发生和发展的研究进展[J]. 临床泌尿外科杂志,2017(3):79-83.
- [10] 张洪涛,单雷,毕玉平. n-6 和 n-3 多不饱和脂肪酸在人和动物体内的功能关系[J]. 山东农业科学,2006(2):115-120.
- [11] 乔芳,李欢,李东亮,等. 冬夏两季五种经济鱼类组织脂肪酸含量及组成分析[J]. 水产学报,2018,42(1):80-90.
- [12] 小江. 有益健康的三文鱼[J]. 中国食品,2007(2):24-25.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中文编号:1000-8020(2020)04-0560-03
- 国国家标准化管理委员会. 食品中总脂肪酸、饱和脂肪(酸)、不饱和脂肪(酸)的测定水解提取-气相色谱法:GB/T 2222—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [14] 祖丽亚,罗俊雄,樊铁. 11 种坚果中脂肪酸组成的分析比较[J]. 中国粮油学报,2004,19(6):54-56.
- [15] 杨月欣. 中国食物成分表 2019[M]. 北京:北京大学医学出版社,2019.
- [16] 邓梦雅,罗伟,朱丽. 深圳周边海域海产品中二十碳五烯酸、二十二碳六烯酸含量分析[J]. 广东化工,2017(8):55-57.
- [17] 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.
- [18] 武深树. 湖南生猪养殖生产的发展趋势[J]. 饲料广角,2015(5):25-30.
- [19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 中国居民膳食营养素参考摄入量第 1 部分:宏量营养素:WS/T 578.1—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [20] 王雪青,苗惠,胡萍. 膳食中多不饱和脂肪酸营养与生理功能的研究进展[J]. 食品科学,2004,25(11):337-339.
- [21] 陈达灿,刘俊峰. n-6 必需脂肪酸与特应性皮炎研究进展[J]. 中国皮肤性病学杂志,2010(2):178-179.
- [22] 段叶辉,李凤娜,李丽立,等. n-6/n-3 多不饱和脂肪酸比例对机体生理功能的调节[J]. 天然产物研究与开发,2014(4):626-631.
- [23] 陆颖,陈月晓,何梅,等. 中国市售桶装植物油脂肪酸的研究[J]. 卫生研究,2012,41(3):445-448.

收稿日期:2019-08-15

• 实验报告 •

姜黄素对 2 型糖尿病大鼠胰岛 β 细胞凋亡的影响

雷婷¹ 高燕¹ 贾岢卿¹ 程晓¹ 朱琳¹ 闻颖¹

¹ 哈尔滨医科大学公共卫生学院营养与食品卫生教研室,哈尔滨 150081

摘要:目的 观察姜黄素对 2 型糖尿病大鼠胰岛 β 细胞的作用,及与胰岛 β 细胞凋亡的关系。方法 采用高脂饲料联合小剂量(40 mg/kg)链脲佐菌素诱导 2 型糖尿病模型。将 Wistar 大鼠随机分为 5 组,每组 10 只:对照组、模型组、250 mg/kg 姜黄素组、10 mg/kg 吡格列酮组和 250 mg/kg 姜黄素联合 10 mg/kg 吡格列酮组,经口干预连续 10 周。检测大鼠 24 h 饮水量、尿量以及口服葡萄糖耐量,原位末端核苷酸标记法检测胰岛 β 细胞凋亡。结果 与对照组比较,模型组大鼠血糖、饮水量和尿量明显增加,葡萄糖耐量降低($P < 0.05$),胰岛 β 细胞凋亡增加。与模型组比较,姜黄素组大鼠血糖、饮水量和尿量减少,葡萄糖耐量增加($P < 0.05$),胰岛 β 细胞凋亡减少。结论 姜黄素能够降低 2 型糖尿病大鼠血糖、缓解多饮多尿症状并且增加葡萄糖耐量,其作用可能与抑制胰岛 β 细胞凋亡有关。

基金项目:国家自然科学基金(No.81172650)

作者简介:雷婷,女,硕士研究生,E-mail:leiting0423@163.com

通信作者:闻颖,女,教授,E-mail:wenyong_alice@163.com