

烹调对罗非鱼主要营养成分及脂肪酸的影响

阮光锋¹ 范志红^{1*} 李楠楠¹ 王顺² 吴伟³

(1. 中国农业大学 食品科学与营养工程学院, 北京 100083; 2. 北京市水产科学研究所, 北京 100068;
3. 广东美的生活电器制造有限公司, 广东 顺德 528311)

摘要 对烹调后罗非鱼营养成分的变化进行试验研究, 分析罗非鱼经清蒸、微波、微波烤、烤箱烤、油煎及高压油煎 6 种烹调处理后其基础营养成分及脂肪酸含量。结果表明: 鲜罗非鱼中蛋白质、脂肪的质量分数分别为 18.50% 和 1.92%, n-3 脂肪酸质量分数为 6.3%。烹调后各罗非鱼的水分质量分数均显著降低, 而粗脂肪和粗蛋白的质量分数均有所升高, 其中清蒸烹调后水分的质量分数最高, 为 72.47%, 而脂肪的质量分数最低(3.42%); 油煎罗非鱼中脂肪的质量分数最高, 高压油煎罗非鱼的水分质量分数最低。经烹调后 $m(n-6 \text{ 脂肪酸}) : m(n-3 \text{ 脂肪酸})$ 均有所上升, 但以清蒸和高压烹调的罗非鱼 n-3 脂肪酸保存率最高, $m(n-6 \text{ 脂肪酸}) : m(n-3 \text{ 脂肪酸})$ 值最低。

关键词 罗非鱼; 脂肪酸; 营养成分; 烹调

中图分类号 TS 254.4

文章编号 1007-4333(2012)01-0143-06

文献标志码 A

Effect of cooking on the major nutrient components and fatty acid of tilapia

RUAN Guang-feng¹, FAN Zhi-hong^{1*}, LI Nan-nan¹, WANG Shun², WU Wei³

(1. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;
2. Beijing Fishery Research Institute, Beijing 100068, China;
3. Midea Electric Manufacturing Co. of Life Guangdong, Shunde 528311, China)

Abstract The major nutrient components and fatty acid of tilapia were analyzed after six cooking treatments, including steaming, microwaving, microwave roasting, oven roasting, pan frying and pressure frying. The protein and fat content are 18.50% and 1.92%, respectively, in raw fillet, and the mass fraction of n-3 fatty acids 6.3%. After cooking, the moisture content decreased in all fillets, while the contents of protein and fat increased. Among all the cooking procedures, steamed tilapia maintained the highest moisture content (72.47%) and the lowest fat content (3.42%). Pan frying fillets had the highest fat content, while the pressure frying fillets had the lowest moisture content. The ratio of n-6/n-3 fatty acid in samples increased after all the treatments, however, steamed and pressure cooked fillets had the best retention for n-3 fatty acid and the lowest n-6/n-3 ratio.

Key words tilapia; proximate; fatty acid; cooking

鱼肉是优质蛋白质、维生素和矿物质的良好来源^[1-2], 其脂肪组分的应用价值较高^[3]。研究表明, ω -3 脂肪酸(成分主要为二十碳五烯酸 EPA 和二十二碳六烯酸 DHA) 有助于减少动脉粥样硬化, 预防

心血管疾病的发生^[4-5], 受到国内外特别重视^[2,4-5]。

我国淡水鱼类以熟食为主, 烹调后鱼肉中的营养成分会受到不同程度的影响, 脂肪酸受热易损失而致脂肪酸组成发生变化^[6]。国外有大马哈鱼、沙

收稿日期: 2011-08-29

基金项目: 国家十一五科技支撑项目(2008BAD91B01)

第一作者: 阮光锋, 硕士研究生, E-mail: wind-will@163.com

通讯作者: 范志红, 副教授, 博士, 主要从事营养与食品安全研究, E-mail: daisyfan@vip.sina.com

丁鱼、鲟鱼等多种鱼类经油炸、烧烤等烹调加工后基础营养成分及脂肪酸组成发生变化的研究报告^[7-9], Al-Saghir^[7]对大麻哈鱼经过清蒸和采用不同的油进行油煎研究发现,清蒸可以较好的防治脂肪和胆固醇氧化,Garcia^[8]对沙丁鱼经过烹调—冷却—再加热处理后发现所有的烹调都会对其基础营养成分产生影响,Nikoo^[9]研究发现鲟鱼油煎后脂肪发生氧化而脂肪酸组成有改变。目前,我国家庭常用的一些烹调方法,如清蒸、油煎、压力锅煎等烹调对鱼类营养价值影响的研究少见报道。本试验拟以目前食堂、家庭广泛食用的罗非鱼为试验材料,对其进行清蒸、油煎、微波、微波烤、烤箱烤、压力锅煎等处理,对鱼类基础营养组分、脂肪酸成分的影响进行研究,以期对该鱼类的科学烹调提供参考数据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

材料。罗非鱼由北京市水产研究所提供,平均质量为 (1.2 ± 0.12) kg。试验时,先去头、去鳞去皮、去内脏,均取鱼背部肉进行试验。烹调油均使用一级大豆油,烹调时均使用去离子水。

试剂。苯、石油醚(30~60℃)、无水乙醚等为国产分析纯试剂,脂肪酸甲酯标准品购自Sigma。

试验仪器。GC-2010气相色谱仪,日本岛津公司;KDN型定氮仪,上海纤检仪器有限公司;SZC-D脂肪测定仪,上海纤检仪器有限公司;天平:精密密度为0.01,上海民桥精密科学有限公司;分析天平:精密密度为0.0001,德国Sartorius公司;电热恒温鼓风干燥箱,天津市中环电炉有限公司;电热恒温水浴锅,北京长安科学仪器厂;组织捣碎机,上海思伯明仪器设备有限公司;可调压压力锅、微波炉,美的(Media);平底锅,格兰仕(Galanz)。

样品处理。活鱼经净膛、去头、水洗,用洁净纱布擦去表面残留水分,将罗非鱼统一切割为 $3\text{ cm} \times 2\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 的片,混匀并分成7等份,每份控制质量为 (150 ± 5) g,其中1份作为对照,其余6份用清蒸、油煎、微波、微波烤、烤箱烤、高压油煎烹调方式进行烹调,具体烹调方式见表1。为使各处理的条件保持一致,每种烹调方法中都预先加入10 g大豆油,淋在鱼体表面上或放入锅中用于油煎。所有样

品均不用铝箔包裹。

表1 各种烹调方法的具体操作

Table 1 Cooking method for the specific operation

烹调方式	操作方法
清蒸	沸腾产生蒸汽后放置蒸15 min。
微波	将微波炉调至中火(2 450 W),微波6 min。
微波烤	将微波炉调至中火(2 450 W),微波15 min。
烤箱烤	将样品置于烤箱中并调至200℃,保持15 min。
油煎	加10 g油于平底锅并加热到100℃,将样品置于平底锅,油煎6 min(每一面3 min);控制温度不超过180℃。
高压油煎	加油10 g于压力锅中,将样品置于压力锅,调节压力为70 kPa,保压时间为20 min(未加水)。

1.2 方 法

1.2.1 基础营养成分的测定方法

水分,GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》^[10];蛋白质,GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》^[11];脂肪,GB 9695.7—2008《肉与肉制品总脂肪测定》^[12]。

1.2.2 脂肪酸的测定方法

1)脂类提取。用氯仿-甲醇法($V(\text{氯仿}) : V(\text{甲醇}) = 2 : 1$)提取脂质,具体按照Folch法^[14]进行。

2)甲酯化。加入三氟化硼、苯、甲醇等试剂($V(\text{三氟化硼}) : V(\text{苯}) : V(\text{甲醇}) = 25 : 20 : 55$),释放出脂肪酸,并在BF₃催化剂存在下酯化,生成脂肪酸甲酯,然后进样分析,利用待分离的各种物质在色谱柱中的分配系数、吸附能力等亲和能力的不同来进行分离。

3)气相色谱分析。根据文献方法^[13],并做适当改进,色谱分析条件为:毛细管色谱柱,HP-innowax,柱长30 m,直径0.32 mm,膜厚0.25 μm。载气,氮气,流量1.6 mL/min。柱头压为14 Pa。柱箱温度,起始温度200℃,维持2 min,以2℃/min升温速率升至240℃,保持5 min。进样方式,分流比10 : 1,进样口250℃,进样1 μL。检测器,FID,275℃。根据脂肪酸标准品的保留时间定性,

根据样品进行气相色谱分析得到的峰面积与标准样品的峰面积相比,获得脂肪酸的检测结果。

6 次添加回收率测定表明,方法回收率均为 90%~110%,RSD 均小于 2%,说明本试验方法准确性好,精密度高。

2 结果与分析

2.1 基础营养成分

经各种烹调后罗非鱼中水分、脂肪、蛋白质的质量分数见表 2。可以看出,新鲜罗非鱼的水分质量分数 w (水分)较高,而 w (脂肪)较低、 w (粗蛋白)较高。郝淑贤^[15]对 5 种不同品种罗非鱼的研究结果表明,其水分、脂肪和蛋白质的质量分数基本相近,其中 w (水分)平均为 79.28%, w (粗脂肪)为 2.25%, w (粗蛋白)为 16.85%。Mohamed^[16]对尼罗河中的罗非鱼研究发现其 w (水分)为 75%, w (粗蛋白)为 19.47%, w (脂肪)为 5.53%。本研究与此 2 项研究的结果相近,证明所用罗非鱼属于蛋白质质量分数高而脂肪质量分数低的鱼种。

表 2 烹调前后罗非鱼基础营养成分的质量分数

Table 2 Primary components of raw and cooked samples of tilapia g/100 g

烹调方法	w (水分)	w (脂肪)	w (蛋白质)
生样	77.72±2.62 a	1.92±0.58 a	18.50±0.28 a
清蒸	72.47±2.48 b	3.42±0.66 b	23.46±0.53 b
油煎	56.85±2.22 c	10.87±0.54 c	35.48±0.43 d
微波	65.82±2.38 d	6.53±0.62 b	23.82±0.42 b
微波焙烤	63.63±2.85 d	6.92±0.58 b	25.72±0.38 c
烤箱烘烤	64.21±2.32 d	6.66±0.58 b	25.52±0.34 c
高压油煎	53.61±2.10 b	7.54±0.49 d	35.07±0.33 b

注:表中数据均以平均值±标准差形式表示, $n=3$;不同小写字母表示差异显著($P=0.05$)。下表同。

经过烹调之后的罗非鱼的水分质量分数均显著降低,其中高压油煎后的罗非鱼水分质量分数最低,可能原因是其烹调时间较长,同时压力上升导致鱼体水分质量分数蒸发,使水分损失较多^[17-18]。烹调后各样品相对蛋白质质量分数升高,主要可能是因烹调后样品水分质量分数的下降^[6,19],而脂肪质量分数的显著升高,除浓缩效应之外,吸收烹调油脂也

是原因之一,如油煎后样品脂肪质量分数最高,达到 10.87%,可能是因为油煎过程中样品吸收了一部分烹调油^[6,20]。

清蒸烹调后的罗非鱼水分质量分数最高(72.47%),而脂肪质量分数最低(3.42%)。李楠楠研究表明,烹调后罗非鱼的含水率、脂肪质量分数与其质构及感官有很大关联,烹调后样品的水分质量分数与多汁性及弹性有显著正相关性,而脂肪质量分数与硬度有极显著负相关性,与内聚性具有负相关趋势^[21]。清蒸烹调后水分质量分数最大,整体可接受性最高,可能是因为随着水分的增加,水和肌肉蛋白之间的水合作用提高,肌肉蛋白质的持水力增强,蛋白质-蛋白质相互作用减弱,从而使肉的嫩度提高、硬度减小,同时导致了弹性的明显变化^[21]。

2.2 罗非鱼经过烹调后脂肪酸的变化

罗非鱼经过烹调加工后,各种脂肪酸在总脂肪酸中的比值及其总脂肪质量分数均会发生变化,综合这两方面,分析各种脂肪酸在样品干物质中质量分数的变化情况,结果见表 3。

鲜罗非鱼中饱和脂肪酸(SFA)、单不饱和脂肪酸(MUFA)和多不饱和脂肪酸(PUFA)质量比约为 4:3:2,其中棕榈酸(C16:0)、油酸(C18:1n-9)和亚油酸(C18:2n-6)分别在三类脂肪酸中占据优势(表 3)。Ferreira de Castro 等^[23]对尼罗罗非鱼的脂肪酸组成进行测定,其中 SFA、MUFA 和 PUFA 占总脂肪酸的质量分数分别为 43.6%、34.2%及 15.5%,而 Justia^[24]对另一种尼罗罗非鱼脂肪酸分析发现,其比例分别为 14.3%、30.0%和 55.6%,差异甚大。张立坚等^[25]测定我国罗非鱼发现,SFA、MUFA 和 PUFA 的质量分数分别为 31.31%、39.60%和 29.26%。可见,不同品种罗非鱼的脂肪酸组成比例有较大差异。

烹调后,仅油煎罗非鱼样品中 SFA 的质量分数有所上升,但程度较小,这与西方研究结果有一定差异^[26],可能是本研究中使用了不饱和程度高的大豆油,热加工导致部分不饱和脂肪酸氧化可能带来 SFA 质量分数的轻微上升^[6,27]。烹调后 MUFA 的质量分数以油煎样品明显下降。以油煎大鳞大麻哈鱼(King Salmon)为试材的研究发现,油煎后脂肪有损失,是由于油煎过程中鱼中脂肪溶出有一部分

表3 不同烹调方法处理后罗非鱼中脂肪酸的质量分数

Table 3 Mass fractions Fatty acid in raw and cooked Tilapia samples

%

项目	名称	未烹调	烤箱烤	高压油煎	油煎	清蒸	微波烤	微波
饱和脂肪酸	C12:0	0.39±0.08 a	ND	ND	ND	ND	ND	0.08±0.01 b
	C14:0	5.48±0.11 b	5.04±0.06 c	4.99±0.05 c	5.65±0.11 a	5.43±0.10 b	5.62±0.12 a	5.38±0.09 b
	C16:0	29.12±0.14 a	27.61±0.08 b	28.09±0.12 b	26.14±0.08 d	28.30±0.09 c	28.62±0.10 b	28.21±0.13 b
	C17:0	3.54±0.08 b	2.46±0.06 d	3.52±0.05 b	4.33±0.11 a	3.08±0.04 c	3.03±0.05 c	3.55±0.07 b
	C18:0	5.93±0.09 a	8.32±0.11 c	8.45±0.12 c	10.45±0.14 d	7.21±0.09 b	7.45±0.10 b	5.81±0.06 a
	C20:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	∑SFA	44.46±0.33 a	43.43±0.31 b	45.04±0.36 c	46.57±0.37 d	44.02±0.31 a	44.73±0.32a	43.03±0.31 b
单不饱和脂肪酸	C16:1n-7	4.70±0.09 a	4.04±0.06 a	3.23±0.05 b	3.59±0.06 d	2.90±0.04 c	3.03±0.05 b	2.20±0.04 c
	C18:1n-9	20.49±0.14 a	23.62±0.12 c	22.40±0.13 b	21.07±0.11 b	23.29±0.13 d	23.01±0.15 d	23.13±0.12 c
	C20:1n-9	7.15±0.09 a	6.86±0.06 b	6.63±0.05 c	6.12±0.04 d	6.97±0.10 b	7.14±0.08 a	6.85±0.09 b
	∑MUFA	32.35±0.31 b	34.53±0.33 a	32.26±0.29 b	30.78±0.33 c	34.16±0.33 a	34.18±0.30 a	32.19±0.28 b
多不饱和脂肪酸	C20:4n-6	1.93±0.03 a	1.58±0.02 b	1.94±0.05 c	1.27±0.04 d	1.54±0.04 b	1.14±0.04 c	0.92±0.02 d
	C18:2n-6	14.88±0.13 a	14.54±0.14 a	14.84±0.15 b	15.10±0.16 c	15.23±0.15 c	15.98±0.16 d	16.34±0.17 d
	C22:5n-3(DPA)	1.35±0.04 a	1.47±0.05 b	1.68±0.05 a	1.65±0.06 a	1.11±0.03 b	0.82±0.03 c	1.39±0.10 d
	C22:6n-3(DHA)	1.68±0.05 a	1.58±0.04 b	1.90±0.05 a	1.60±0.06 a	1.23±0.03 c	1.20±0.03 c	1.51±0.08 d
	C20:5n-3(EPA)	0.71±0.02 a	0.82±0.03 b	1.06±0.02 a	0.85±0.03 b	0.55±0.01 c	0.32±0.01 c	0.62±0.04 d
	C18:3n-3	2.64±0.02 a	2.05±0.03 a	1.98±0.01 a	1.30±0.03 a	2.16±0.04 a	1.64±0.03 a	2.41±0.03 a
	∑PUFA	23.20±0.15 a	22.04±0.16 b	22.70±0.14 b	22.65±0.12 b	21.82±0.13 c	21.10±0.13 c	24.78±0.16 d
脂肪酸分析	n-6	16.82±0.11 a	16.12±0.13 b	16.77±0.15 a	17.37±0.14 b	16.76±0.15 a	17.12±0.16 c	17.26±0.16 d
	n-3	6.38±0.09 a	5.92±0.10 b	6.12±0.11 b	5.28±0.15 a	6.25±0.16 b	3.98±0.13 c	5.53±0.15 d
	EPA+DHA+DPA	3.74±0.03 a	3.87±0.05 a	4.05±0.06 b	4.10±0.05 b	3.90±0.03 c	3.34±0.03 d	3.52±0.04 d
	n6/n3	2.64	2.76	2.74	3.28	2.68	4.30	3.12
	PUFA/SFA	0.52	0.51	0.50	0.49	0.50	0.47	0.58
	AI ^①	1.83	1.63	1.71	1.71	1.68	1.73	1.68
	TI ^②	0.44	0.45	0.47	0.46	0.49	0.57	0.38

注:∑SFA,饱和脂肪酸总质量分数;∑PUFA为多不饱和脂肪酸总质量分数;∑MUFA为单不饱和脂肪酸总质量分数。脂肪酸分析根据Ulbricht and Southgate的方法^[22]。①AI,致动脉僵硬化指数(atherogenic index), $AI = \{m(C12:0) + 4[m(C14:0) + m(C16:0)]\} / [m(\sum PUFA) + m(n-3PUFA) + m(C18:1) + m(\sum MUFA)]$;②TI,致血栓指数(thrombogenicity index), $TI = [m(C14:0) + m(C16:0) + m(C18:0)] + \{[0.5m(C18:1)] + 0.5m(\sum MUFA) + 0.5m(n-6PUFA) + 3m(n-3PUFA) + m(n-3PUFA)\} / m(n-6PUFA)$ 。ND,未检出。

残留在锅底^[27-28],而本研究中不存在这类状况。烹调后的多不饱和脂肪酸(PUFA)的质量分数除油煎处理外均有所下降。PUFA的不饱和程度越高。烹调过程中的热处理使鱼肉中PUFA发生氧化可造成其质量分数减少^[27-28],其中微波样品中PUFA质量分数减少最多。

本研究罗非鱼试材中脂肪的质量分数很低(1.92%),其中n-3脂肪酸的绝对质量分数偏低。据其他研究报告,尼罗罗非鱼中的n-3脂肪酸

3.64%,其中EPA、DPA和DHA质量分数分别为0.12%、0.57%和1.39%^[22],米来西罗非鱼的EPA、DPA和DHA质量分数分别为1.0%、3.2%和3.4%^[29],质量分数均略高于本研究的数据。这些差异可能与鱼的品种及喂养方式有关。在传统养殖鱼类中,不同品种间EPA和DHA质量分数的差异可达50%以上^[9]。

烹调后样品中,油煎烹调的n-6脂肪酸质量分数最高,可能是因为吸收了富含n-6脂肪酸的大豆

油所致。清蒸处理样品的 n-3 脂肪酸保存率最高,油煎和压力油煎保存率也较高,且压力油煎方式中 n-3 脂肪酸保存率较高。清蒸烹调有较高 n-3 脂肪酸保存率的原因可能是加热温度不高,并有水蒸气层的保护,减少了脂肪与氧气的接触^[6,27];而压力油煎减少了鱼肉与氧气的接触,同时其烹调温度也较为温和,可能有利于减少鱼肉中多不饱和脂肪酸的氧化,这与压力烹调有利于保存有色豆类中抗氧化活性的研究结果类似^[30-31]。

本研究试材烹调前 $m(n-6 \text{ 脂肪酸}) : m(n-3 \text{ 脂肪酸})$ 为 2.64。研究证明,膳食中 $m(n-6 \text{ 脂肪酸}) : m(n-3 \text{ 脂肪酸})$ 不平衡可能增加癌症风险并引发各种炎症反应^[27,32]。适于人体平衡的膳食 $m(n-6 \text{ 脂肪酸}) : m(n-3 \text{ 脂肪酸})$ 为 2 : 1~4 : 1^[1-3]。经上述各种烹调处理之后, $m(n-6 \text{ 脂肪酸}) : m(n-3 \text{ 脂肪酸})$ 均有所升高,主要是 n-3 脂肪酸的减少所致。微波和微波烤后的罗非鱼 $m(n-6 \text{ 脂肪酸}) : m(n-3 \text{ 脂肪酸})$ 升高的幅度最大,与微波烹调不利于 n-3 脂肪酸保存的文献证据相一致^[6,27,33-34]。相比其他烹调方式,清蒸和压力烹调 $m(n-6 \text{ 脂肪酸}) : m(n-3 \text{ 脂肪酸})$ 值升高的幅度最低。由于本研究中所采用的压力烹调时间较长,压力较大,如将压力降低到 20 kPa,保压时间缩短到 10 min,可能对于保存 n-3 脂肪酸和维持理想的 $m(n-6 \text{ 脂肪酸}) : m(n-3 \text{ 脂肪酸})$ 值更为有利。

致动脉僵硬化指数 (atherogenic index, AI) 和致血栓指数 (thrombogenicity index, TI) 是衡量食物脂肪酸平衡的另外 2 个重要指标^[22]。试验用鲜罗非鱼样品的 AI 为 1.83, TI 为 0.44。经烹调后的罗非鱼样品的脂肪酸分析中, AI 都有所降低,但无显著性差异,为 1.63~1.73; TI 变化不大。Kaya 等^[35] 对鲟鱼研究发现,鲜鱼的 AI 为 1.01, TI 为 0.31,烟熏后 AI 为 1.93, TI 为 1.24,变化十分显著,而本研究中罗非鱼样品的 AI 及 TI 值变化均较小。

3 结 论

鲜罗非鱼蛋白质质量分数高而脂肪质量分数很低,经清蒸、微波、微波烤、烤箱烤、油煎及高压油煎 6 种方法烹调后蛋白质和脂肪质量分数均有所上

升,其中,清蒸罗非鱼中水分质量分数最大,且脂肪质量分数最低,能够较好地保持食物的低脂特性。

罗非鱼经过烹调之后 $m(n-6 \text{ 脂肪酸}) : m(n-3 \text{ 脂肪酸})$ 值均有所增大,其中清蒸和高压烹调时该比值增大幅度最低。清蒸烹调在我国有良好传统,是一种值得提倡的鱼类烹调方式。压力烹调减少了鱼与氧气的接触,很可能有利于预防鱼肉的过度氧化,能较好地保留 n-3 及 n-6 脂肪酸。鱼类压力烹调中,压力、时间、水和油的添加方式等因素对鱼类营养素保存和脂肪酸变化的细致影响,还应进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Perea A, Gómez E, Mayorga Y, et al. Nutritional characterization of produced fish for human consumption in Bucaramanga, Colombia [J]. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 2008, 58: 91-97
- [2] Kris-Etherton P M, Harris W S, Appel L J. Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease [J]. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 2003, 23: 20-30
- [3] 秦培文,李瑞伟,王辉,等. 四种罗非鱼肌肉氨基酸组成及营养价值评定 [J]. 食品研究与开发, 2010, 31(2): 173-176
- [4] Yashodhara B M, Umakanth S, Pappachan J, et al. Omega-3 fatty acids: A comprehensive review of their role in health and disease [J]. Postgraduate Medical Journal, 2009, 85: 84-90
- [5] Lombardo Y B, Hein G, Chicco A G. Metabolic syndrome: effects of n-3 PUFAs on a model of dyslipidemia, insulin resistance and adiposity [J]. Lipids, 2007, 42: 427-437
- [6] Weber J, Bochi J C, Ribeiro C P, et al. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets [J]. Food Chemistry, 2008, 106: 140-146
- [7] Al-Saghir S, Thurner K, Wagner K H, et al. Effects of different cooking procedures on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52: 5290-5296
- [8] Garcia A. Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions [J]. Food Chemistry, 2003, 83: 349-356
- [9] Nikoo M, Rahimabadi E Z, Salehifar E. Effects of frying-chilling-reheating on the lipid content and fatty acid composition of cultured sturgeon (*huso huso*, beluga) fillets [J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2010, 19 (2): 120-129
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T5009. 3—

- 2010 食品中水分的测定[S].北京:中国标准出版社
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T5009.5—2010 食品中蛋白质分的测定[S].北京:中国标准出版社
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T9695.7—2008 肉与肉制品 总脂肪的测定[S].北京:中国标准出版社
- [13] 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, 6(4): 108-111
- [14] Folch J, Lees M, Stanley S P. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues[J]. Journal Biological Chemistry, 1957, 226: 497-509
- [15] 郝淑贤, 李来好, 杨贤庆, 等. 5种罗非鱼营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2007, 29(6): 614-616
- [16] Mohamed H A E, Al-Maqbaly R, Mansour H M. Proximate composition, amino acid and mineral contents of five commercial Nile fishes in Sudan[J]. African Journal of Food Science, 2010, 4(10): 650-654
- [17] Cheftel J C, Culioli J. Effects of high pressure on meat: A review[J]. Meat Science, 1997, 46(3): 211-236
- [18] Cheret R, Chapleau N, Delbarre-Ladrat C, et al. Effects of high pressure on texture and microstructure of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fillets[J]. Journal of Food Science, 2005, 70(8): 477-483
- [19] Juárez M, Faillab S, Ficco A, et al. Buffalo meat composition as affected by different cooking methods[J]. Food and Bioprocess Processing, 2010, 88: 145-148
- [20] O. Martínez-Alvarez M E, López-Caballero M C, Gómez-Guillén P M. The effect of several cooking treatments on subsequent chilled storage of thawed deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) treated with different melanosis-inhibiting formulas[J]. LWT - Food Science and Technology, 2009, 42: 1335-1344
- [21] 李楠楠. 烹调方式对鱼营养价值及感官质构的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2011
- [22] Ulbricht T L V, Southgate D A T. Coronary heart disease: Seven dietary factors[J]. Lancet, 1991, 338: 985-992
- [23] Ferreira F A, Sant'Ana H M P, Campos F M, et al. Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes[J]. Food Chemistry, 103: 1080-1090
- [24] Justia K C, Hayashib C, Visentainer J V, et al. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids[J]. Food Chemistry, 80: 489-493
- [25] 张立坚, 杨会邦, 蔡春. 3种淡水鱼油脂脂肪酸的含量分析[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(4): 15-17
- [26] Thammapat P, Raviyan P, Siriamornpun S. Proximate and fatty acids composition of the muscles and viscera of Asian catfish (*Pangasius bocourti*) [J]. Food Chemistry, 2010, 122: 223-227
- [27] Larsen D, Quek S Y, Eyres L. Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand King Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) [J]. Food Chemistry, 2010, 119: 785-790
- [28] Sioen I, Haak L, Raes K, et al. Effects of pan-frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon[J]. Food Chemistry, 2006, 98: 609-617
- [29] Asiedu M S, Julshamn K, Lie O. Effect of local processing methods (cooking, frying and smoking) on three fish species from Ghana: Part I. proximate composition, fatty acids, minerals, trace elements and vitamins [J]. Food Chemistry, 1991, 40: 309-321
- [30] Rocha-Guzmán N E, González-Laredo R F, Ibarra-Pérez F J, et al. Effect of pressure cooking on the antioxidant activity of extracts from three common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars[J]. Food Chemistry, 2007, 100: 31-35
- [31] Xu B J, Chang S K C. Total phenolic content and antioxidant properties of eclipse black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by processing methods[J]. Journal of Food Science, 2008, 73: 19-27
- [32] El-Badry A M, Graf R, Clavien P A. Omega 3-Omega 6; What is right for the liver? [J]. Journal of Hematology & Oncology, 2007, 47: 718-725
- [33] Hearn T L, Sgoutas S A, Sgoutas D S, et al. Stability of polyunsaturated fatty acids after microwave cooking of fish [J]. Journal of Food Science, 1987, 52(55): 1430-1431
- [34] Maranesi M, Bochicchio D, Montellato L, et al. Effect of microwave cooking or broiling on selected nutrient contents, fatty acid patterns and true retention values in separable lean from lamb rib-loins, with emphasis on conjugated linoleic acid [J]. Food Chemistry, 2005, 90: 207-218
- [35] Kaya Y, Turan H, Erdem M E. Fatty acid and amino acid composition of raw and hot smoked sturgeon (*Huso huso*, L. 1758) [J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2008, 59(7-8): 635-642

责任编辑: 刘迎春