

鲤、鲫卵的脂质和脂肪酸特性

陆丽丽, 陈舜胜*

(上海水产大学食品学院, 上海 200090)

摘要: 鲤(*Cyprinus carpio*)、鲫(*Carassius auratus*)卵总脂分别为干基的16.90%和10.19%。两者脂质和脂肪酸组成总体比较接近。总脂中含较高的甘油三酯和极性脂, 并含一定量的固醇及其酯。极性脂约占总脂的30%, 主要为PC和PE, 并含一定的心磷脂。两种鱼卵主要含C₁₄~C₂₂的19种脂肪酸, 16:0和18:1含量最高, DHA等n-3族多烯酸和20:4n-6也较高, 而EPA较低, P/S>>0.5。总脂中饱和、单不饱和、多不饱和脂肪酸的比例接近1:1:1, 中性脂中C₁₈、C₂₀酸较多, 极性脂中C₂₂酸(DHA)较多。鲫卵18:2n-6较高, 使得多烯酸含量稍高, 胆固醇、磷脂含量及PC/PE和n-3/n-6稍低于鲤卵。研究表明: 两种淡水鱼卵与其鱼肉相比, 磷脂和胆固醇明显高, 磷脂以PC为主, 其次为PE; 多烯酸稍高, 其中DHA高而EPA低, 并含20:4n-6。鲫卵PL的乳化稳定性低于相同浓度大豆磷脂的。其独特的脂质具有较大的研究利用价值。

关键词: 鲤鱼; 鲫鱼; 卵; 脂质; 脂肪酸; 磷脂; 特性

Lipids and Fatty Acids Characterization from *Cyprinus carpio*(Carp) and *Carassius auratus* (Crucian Carp) Spawn

LU Li-li, CHEN Shun-sheng*

(College of Food Science, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: Total lipid(TL), neutral lipid(NL), phospholipid(PL) and their fatty acids distribution characteristics of carp and crucian carp spawn were analyzed respectively. The results showed that they have a relatively similar lipid and fatty acid composition. The total lipids recovered are of 16.90% and 10.19% on dry weight basis respectively, containing triacylglycerols, polar lipids, sterols, sterol/wax esters and free fatty acids in decreasing order. The PL and unsaponifiables accounts for a higher percentage of TL. Distribution of PL classes is similar with 30%, mainly phosphatidylcholine and phosphatidylethanolamine. The quantified fatty acids were 19 species among C₁₄~C₂₂ of both spawn in general. The most popular ones are 16:0 and 18:1 respectively, and also the n-3 polyenes such as DHA, as well as 20:4n-6, and P/S>>0.5, with lower content of EPA. S:M:P of TL are about 1:1:1 respectively, NL has higher percentage of C₁₈ and C₂₀, and PL are characterized by high levels of C₂₂, especially DHA. The spawn from crucian carp has higher percentage of TL and PL, meanwhile its rate of n-3/n-6 is lower than carp. However, the content of polyenes is in the reverse trend. Generally speaking, the characteristics of lipids and fatty acids are similar to of the fresh water fish tissues. It suggested that the lipids of spawn from fresh water fish has a prospective exploitation future.

Key words *Cyprinus carpio*(carp); *Carassius auratus*(crucian carp); spawn; lipids; fatty acids; phospholipids; characteristics

中图分类号: TS254.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)12-0100-05

水产品的副产物, 有着潜在的利用价值和较大的开发空间。目前全球每年捕捞的水产品, 加工后约产生25%的副产物^[1], 而其中很大一部分是鱼卵。鱼卵富含各种长链不饱和脂肪酸, 特别是其磷脂中较高的磷脂酰胆碱等, 具有防治心血管疾病, 改善学习能力, 促进免疫和乳化等重要生理功能和功能特性^[1-9]。淡水杂食

性鲤、鲫的卵在繁殖季节最大可达体重10%~25.8%, 脂质分别为10.1%和2.7%~4.9%^[10], 比海水鱼更易大量、廉价获取。鱼类组织磷脂含量较高, 不饱和脂肪酸丰富, 尤其是AA、EPA和DHA, 鱼卵PL通常又高于其他组织。但两种淡水鱼卵的脂质和脂肪酸, 特别是磷脂, 其综合的特性分析较少。脂质及其脂肪酸

收稿日期: 2006-10-16

*通讯作者

作者简介: 陆丽丽(1981-), 女, 硕士研究生, 研究方向为水产品加工与贮藏。

的组成等特性, 不仅与营养价值密切相关, 而且是风味形成和氧化稳定的重要因素, 并且也是其开发利用的不可缺少的指标。淡水鱼的加工利用, 需要开发同时利用肌肉和副产物的新产品。本实验对两种淡水鱼卵脂质特性进行深入分析, 给深入化学研究和营养评价提供基础数据, 为开发淡水鱼卵的脂质作为相对廉价且品质优良的脂质源提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

鲤、鲫鱼分别于2005年12月购自上海图们路菜市场, 即杀取卵巢-40℃保藏备用。鲤卵发育至第III期, 卵膜透明且较薄, 卵粒饱满, 卵黄积累较多, 呈金黄色; 鲫卵发育至第III期, 黄色偏淡, 卵膜中含有较多脂质且较厚, 鱼卵颗粒卵黄积累不多。

标准品卵磷脂和脑磷脂(生化级) 国药集团化学试剂有限公司; 胆固醇和亚油酸(分析纯) 上海生化试剂所; 豆油(食品级); 大豆粉末磷脂(淡黄色, 食品级) 进口分装; 气相进样前溶解脂肪酸甲酯的正己烷为色谱纯; 其他试剂为分析纯。

Poly Tron PT2100均质机; 硅胶60薄层层析板(10cm × 10cm × 0.25mm) Merck公司; Epson900c扫描仪; Scion Image软件; Sep-Pak Plus silica cartridge柱 Waters公司; GC-14B色谱仪、FID检测器和C-8A检测仪 岛津公司。Omegawax 320 硅胶毛细管柱(30m × 0.32mm) Supelo公司。

1.2 方法

1.2.1 脂质的提取与定量

总脂的提取采用Bligh-Dyer^[11]法, 称重计算含量。中性脂和极性脂的分离提纯, 采用液液萃取法^[12]。总脂中加入相互不溶的等体积石油醚(沸程90~120℃)和95%含水甲醇, 重复萃取三次。中性脂溶于上层石油醚层(橙黄色微带浑浊), 极性脂溶于下层含水甲醇层(黄色清亮透明)。称重计算含量后, -40℃冷藏。

1.2.3 脂质各组分的分离与定量

薄层层析法(thin-layer chromatography, TLC)分离脂质各组分。层析板使用前110℃活化30~60min, 并用氯仿: 甲醇(1:1)展开一次空白板, 去除板上污物。微量进样器点状点样后, 展开室中预饱和20min后, 直立上行展开5cm, 取出薄层板, 挥干溶剂后显色。整个中性脂分子的偶极矩接近零, 易溶于丙酮等极性小的有机溶剂, 而不溶于水^[13]。故采用极性较弱的正己烷: 乙醚: 冰乙酸=80:20:2(体积比)展开中性脂^[6], 3%醋酸铜的8%磷酸喷雾显色; 极性脂在氯仿: 甲醇: 水=65:25:4(体积比)中展开, 碘蒸汽显色。Epson900c按展层图的光密

度扫描, Scion Image软件处理图像并分析结果(面积比, 未校准为质量响应值^[14])。

1.2.4 脂肪酸的分离与定量^[15]

各类脂质分别加入5%盐酸-甲醇溶液, 充氮气80~100℃甲酯化2~3h, 水洗、正己烷提取脂肪酸甲酯。去除正己烷后, Sep-Pak Plus silica cartridge柱固相萃取, 二氯甲烷洗脱。40℃水浴蒸发除去二氯甲烷, 正己烷溶解成0.05g/ml脂肪酸甲酯溶液, 进样1μl, GLC-FID分析, 分流比为80:1。柱温180℃, 进样口和检测器210℃。面积归一化法计算脂肪酸含量。

1.2.5 磷脂的乳化稳定性^[17]

豆油: 水(2:8, 体积比), 各乳化剂(鲫鱼卵的磷脂、大豆磷脂和大豆蛋白)分别占总液体的1%和2%。乳化剂用水充分溶解后, 加入豆油, 15000r/min均质1min。

2 结果与分析

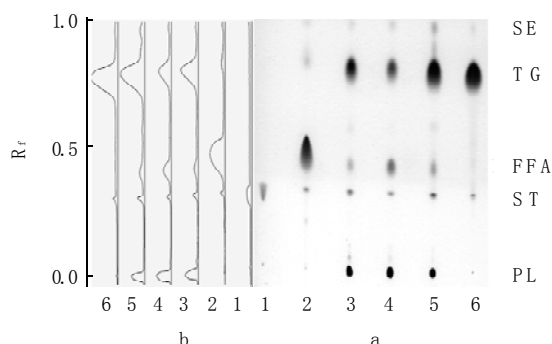
2.1 鱼卵脂质的特性

2.1.1 总脂的特性

鲤、鲫卵的总脂和各脂质的百分组成见表1。两种鱼卵的脂质, 总脂分别为湿重的6.4%和2.8%, 干重的16.9%和10.2%。各类脂质中, 中性脂(neutral lipid, NL)含量均超过总脂的69%, 特别是磷脂(polar lipids, PL)含量较高, 分别占总脂的24.0%和30.5%。因为鱼类极性脂, 主要是磷脂, 所以本研究只考虑磷脂。

2.1.2 中性脂组分的特性

两种鱼卵中性脂主要为甘油三酯(triacylglycerols, TG)。固醇(sterols, ST)及其酯(sterol/wax esters, SE)占总脂的7%~9%, 游离脂肪酸(free fatty acids, FFA)较少, 并含有微量的甘油一酯和甘油二酯。这与报道的鱼



点样样品1~6分别为胆固醇、亚油酸、鲫卵总脂、鲤卵总脂、中华绒螯蟹卵总脂和豆油(食用级)。右侧图a为展层图, 左侧图b为对应的扫描图。R_f为相对比移值。PL为极性脂; ST为固醇; FFA为游离脂肪酸; TG为甘油三酯; SE为固醇酯。

图1 鲤、鲫卵的脂质TLC分析图

Fig.1 TLC profile of lipid kinds in spawn from carp or crucian carp

表1 鲤、鲫卵总脂及其组分的含量(%总脂)
Table 1 Distribution of lipid kinds(% of total lipid) of spawn from carp or crucian carp

	TL(DW) (%roe)	SE	TG	FFA	ST(g/100g roe)	PL	NL
鲤卵	6.42±0.08(16.90)	4.44	41.46	20.6	2.99(0.19)	30.51	69.49
鲫卵	2.83±0.09(10.19)	3.81	61.52	6.18	4.52(0.13)	23.97	76.03
中华绒螯蟹卵巢	15.28±0.25	5.29	70.26	5.81	3.85(0.68)	14.79	85.21
豆油	/	3.41	94.06	痕量	2.2	0.33	99.67

注: DW 表示占干重的百分比; / 表示未检测。

表2 鲤、鲫卵的极性脂各组分(%极性脂)
Table 2 Distribution of PL subclasses(% of PL) of spawn from carp and crucian carp

	LPC	SPM	PC	PE	CL	Unkonwn
卵磷脂(BR)	1.8	0.9	83.1	4.8	/	/
鲤卵中磷脂	1.3±0.03	2.0±0.1	59.1±5.5	13.4±1.2	12.9±0.6	11.3±6.2
鲫卵中磷脂	1.2±0.3	3.7±0.04	45.9±5.4	24.6±2.8	6.9±0.5	17.8±9.0

类卵中TG, 游离固醇及其酯和磷脂相对较高一致^[3-4]。

一般有鳍鱼卵的游离固醇主要是胆固醇, 固醇酯类为胆固醇酯和蜡酯。鲤、鲫卵中的固醇远低于中华绒螯蟹卵巢和蛋黄中的含量, 高于鱼肉中和豆油的。Higuchi 等^[17]把富含胆固醇、PC 和 n-3PUFA 的盐渍过的日本干鲱鱼卵脂质, 添加到小鼠的饮食中, 脂质可能通过提高小鼠的血浆脂联素(adiponectin)水平, 降低了血浆脂质水平和葡萄糖浓度, 该脂质中影响血浆总胆固醇的水平的是EPA 和DHA 而非胆固醇。这表明鱼卵中较高的胆固醇含量, 未必影响人体胆固醇的正常代谢。淡水鱼卵的蜡酯相对较少, 海产鱼卵中通常含量较高并作为鱼体的重要能源。

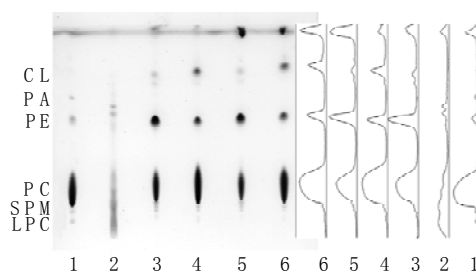
淡水鱼卵和其肌肉相比, 水分低, 磷脂含量高(可达肌肉中的3倍), 胆固醇及其酯含量也较高, 磷脂中卵磷脂含量高, 而脑磷脂则低^[5]。文中分析的极性脂占总脂含量, 与文献报道的肌肉中的^[15]相近, 但其含量随总脂含量的增加而高于肌肉中。但两种鱼卵中磷脂含量, 仍比多数海水鱼卵中的低。

2.1.3 极性脂组分的特性

极性脂的定性结合多次实验和参考文献^[13](图2)。两种磷脂的卵磷脂(磷脂酰胆碱, phosphatidylcholines, PC)的峰相对较宽, 其斑点形状和R_f值与标准品的一致, PC 本身1、2位脂肪酸的碳链长短差异大, 使其分子量相差较大, 不同分子组成的卵磷脂发生了部分分离。靠近溶剂的是少量的非PL 组分, 可能是NL 或其他物质。

两种鱼卵的磷脂各组分含量大致相近(表2), 主要为PC和脑磷脂(磷脂酰乙醇胺, phosphatidylethanolamines, PE)。鲤卵中磷脂的PE(13.4%)比鲫卵中磷脂的(24.6%)低, 而其PC、心磷脂(cardiolipin, CL)高于鲫卵的。BR 级卵磷脂中约含83%的PC, BR 级脑磷脂可能已经被氧化。磷脂极不稳定, 需要及时测定。

鲤、鲫卵与海水鱼卵, 与蛋黄和大豆的磷脂有相似之处, 主要成分都是PC 和PE。蛋黄磷脂组分简单, 主要是PC 和PE, 且PC 含量高, 约为大豆磷脂的3倍。大豆磷脂中的PI、PS 和PE 较多。蛋黄总脂的高, 磷脂最丰富, 达干物质的8%~10%; 大豆总脂低, 磷脂较低。鱼卵总脂及磷脂中PC 和PE 含量介于蛋黄和大豆的之间。



点样样品1~6分别为PC和PE的BR级标准品、鲫卵极性脂、鲤卵极性脂、鲫卵总脂、鲤卵总脂。左侧展层图, 右侧图为对应的扫描图。PC、SPM为鞘磷脂; PE、CL为心磷脂; PA为磷脂酸; NL为中性脂。

图2 鲤、鲫卵的极性脂TLC分析图

Fig.2 TLC profile of polar lipid subclasses of ovaries from carp and crucian carp

2.2 鱼卵脂质的脂肪酸特性

确定的两种鱼卵脂质的脂肪酸, 为C₁₄~C₂₂的19种偶数碳脂肪酸, 22:6n-3(DHA)含量较高, 和多数鱼类组织的脂肪酸相同(表3)。两种鱼卵脂质最显著的特征是含有较高的多烯酸(polyenes, PUFA), 如20:4n-6(AA)和DHA, 而18:3n-3和18:3n-6及EPA较低。总脂、中性脂和极性脂中16:0和18:1n-9最高, AA和DHA也较高。中性脂和极性脂中的C₁₈、C₂₀酸比较多, 而极性脂中的C₂₂酸比中性脂中的多。n-3/n-6的较大差异, 主要由于鲫卵中18:2n-6较高。鱼类一般18:2n-6不高, 可能是其饵料中含藻类或陆生植物或其脂质^[5-7]。n-3PUFA在冷藏时, 容易和含有FFA结合位点的蛋白质结合, 因而不

表3 鲤、鲫卵总脂、中性脂和极性脂的脂肪酸(%总脂肪酸)
Table 3 Fatty acids composition of TL, NL and PL from spawn of carp or crucian carp (% of total fatty acids)

	鲤卵总脂	鲫卵总脂	鲤卵中性脂	鲫卵中性脂	鲤卵极性脂	鲫卵极性脂
14:0	1.16±0.09	1.52±0.18	2.07	0.92	0.56	1.14
16:0	20.58±0.29	23.28±0.79	20.76	14.54	19.85	26.96
16:1n-7	7.88±0.15	4.84±0.27	13.69	3.99	0.14	2.8
18:0	4.71±0.16	3.67±0.04	2.46	3.02	5.24	3.05
18:1n-9	16.43±0.70	23.52±1.13	21.63	19.46	11.9	10.65
18:1n-7	4.60±0.25	2.50±0.01	5.71	2.25	3.86	1.79
18:2n-6	3.26±0.27	13.47±0.04	4.52	13.47	2.57	5.24
18:3n-6	0.25±0.09	0.51±0.01	0.18	0.51	0.19	0.32
18:3n-3	0.54±0.05	1.18±0.02	1.03	1.44	0.38	0.33
18:4n-3	0.07±0.06	0.10±0.00	0.11	0.15	痕量	0.03
20:3n-6	1.13±0.04	1.33±0.02	0.8	1.18	1.46	1.91
20:4n-6	6.93±0.16	4.24±0.04	3.69	3.77	9.13	7.71
20:3n-7	0.09±0.05	0.10±0.02	0.13	0.07	0.13	0.06
20:4n-3	0.16±0.01	0.12±0.01	0.22	0.14	0.15	0.72
20:5n-3	1.14±0.05	0.61±0.02	0.78	0.58	1.62	0.99
22:4n-6	1.96±0.11	0.87±0.04	0.75	1.19	2.95	1.94
22:5n-6	1.32±0.07	2.35±0.08	0.43	2.17	2.11	4.95
22:5n-3	1.16±0.08	0.79±0.03	0.66	0.72	1.73	1.61
22:6n-3	9.97±0.95	6.88±0.24	4.73	5.56	16.89	15.34
ΣSFA	26.45±0.43	28.47±1.00	25.29	18.48	25.64	31.15
ΣMUFA	28.91±0.66	30.03±0.28	41.02	25.7	15.91	15.25
ΣPUFA	27.99±1.30	32.54±0.41	18.05	30.96	39.31	41.16
P/S	1.06	1.14	0.71	1.68	1.53	1.32
Σn-3	13.05±1.08	9.68±0.27	7.53	8.71	20.76	19.02
Σn-3/n-6	0.88±0.06	0.43±0.01	0.73	0.39	1.13	0.86

易被氧化,解冻后,这种结合又容易被破坏,因而n-3PUFA较其它脂类易被提取出^[18]。因此实验中n-3PUFA的含量,基本不受低温保藏影响。

2.2.1 总脂的脂肪酸特性

两种鱼卵的总脂中,饱和酸(saturates, SFA):单烯酸(monoenes, MUFA):多烯酸(PUFA)(即S:M:P)接近1:1:1,组成较合理。主要的脂肪酸16:0、16:1n-7、18:0、18:1n-9、18:1n-7、18:2n-6、AA、EPA和DHA等,总量分别为83.01%和75.51%。而EPA均较低(<2%)。两者间n-3和n-6 PUFA差异较大,n-3/n-6分别为0.88%和0.43%。

2.2.2 中性脂和极性脂的脂肪酸特性

两种鱼卵极性脂和中性脂的脂肪酸组成相差较大。极性脂中饱和酸和多烯酸含量较高,且DHA等n-3PUFA显著增加,n-3/n-6也随之增加,主要是AA、DPA、22:5n-6和DHA。中性脂中16:1n-7和18:1较多,因而单烯酸较高;最普遍的PUFA是18:2n-6、18:3、一些n-3和n-6 C₂₀酸和DHA。两鱼卵脂肪酸的主要差异是:中性脂鲤卵饱和酸和单烯酸多,PUFA少(主要是n-6族少),n-3/n-6高,16:1n-7在鲤卵中为13.69%,鲫卵卵3.99%;极性脂鲤卵n-3/n-6(1.13%)高于鲫卵的(0.86%)。

鲤、鲫卵脂肪酸与海水鱼卵中的相比,PUFA低些,特别是DHA和EPA^[1-2]。而和其肌肉中的相比,SFA

和DHA等PUFA较高,MUFA较低^[19]。鲤卵中的n-3/n-6(0.88%)比肌肉中的(0.3%)高,而鲫卵中的(0.5%)和肌肉中的(0.43%)接近。鲤、鲫卵中的AA比肌肉中(0.8%、2.3%)高,18:3(2.6%、3.8%)低。和其肌肉相比,卵中脂质不饱和度高,尤其是AA和DHA,但18:3略低。

两种鱼卵的脂质,尤其是极性脂,具有较大的营养价值和生理保健功能。PUFA较高,n-6/n-3较小。PUFA/SFA(即P/S)均高于0.5,SFA能促进胆固醇合成,PUFA能降低胆固醇,因而P/S对血液中胆固醇含量影响较大。

2.3 磷脂的乳化稳定性

各乳化液能与水互溶,为O/W乳化液,乳化剂分散于水中也有助于O/W型的形成。0~4h内的相同条件下,1%浓度的乳化剂稳定性强于2%的。鲫卵PL的稳定性远低于相同浓度大豆磷脂的。而大豆蛋白在30min内即达到稳定分层状态。PL的稳定性与其自身的纯度、组分和脂肪酸组成,及均质的条件等有关,而鲫卵PL较高PC含量的特点可以使其作为O/W乳化剂^[16]。

3 结 论

淡水鱼卵脂质组成特性的较多数据有益于更好的开发利用淡水鱼类及其副产物。鲤鱼怀卵量大,更利于利用研究;鲫鱼怀卵期较长,卵更易于收集。两种淡

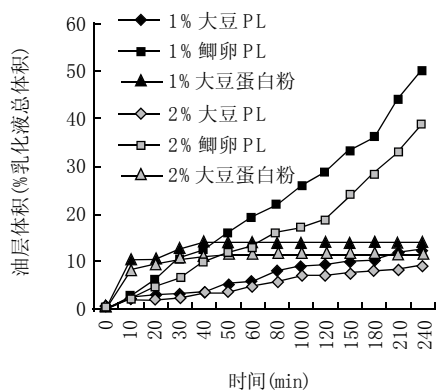


图3 鲫卵 PL 的乳化稳定特性

Fig.3 Stability of emulsions of PL from crucian carp spawn

水鱼卵的脂质，尤其是磷脂，具有以下特性：总脂超过干基的10%；含较高的甘油三酯和磷脂；胆固醇及其酯的含量也较多，但胆固醇比蛋黄中的低；磷脂主要为卵磷脂和脑磷脂；并含丰富的AA和DHA等n-3PUFA，及低量EPA；P/S均远远大于0.5；n-6/n-3较小。两者脂质和脂肪酸组成总体比较接近，鲫卵脂质、胆固醇、磷脂含量及PC/PE和n-3/n-6低于鲤卵，而鲫卵总脂、中性脂和极性脂的n-6 PUFA都稍高。表明鲤卵的脂质和磷脂特性更易于提取利用，且其脂肪酸组成更有营养和生理价值。即鲤、鲫卵和海水鱼卵脂质高磷脂、PC和DHA的特征相近，但两淡水鱼卵中的磷脂和n-3PUFA的总量低于后者的大多数，且EPA比较低。虽然两种鱼卵中的总脂、磷脂和胆固醇含量及PUFA比其肌肉中的高，卵中的脂质和脂肪酸组成总体上仍具有淡水鱼类肌肉等组织的普遍特性：DHA较高而EPA低，含有一定的AA，磷脂以PC为主，其次为PE；此外，鱼卵具有类似蛋黄的多胆固醇和磷脂的特点，属动物源胚胎磷脂，生物利用率可能较高，且鱼卵具有鸡蛋和大豆等磷脂无可比拟的较高的长链PUFA(AA, DHA)。鲫卵PL的稳定性低于相同浓度大豆磷脂的。去除或回收胆固醇及其酯，分离提纯磷脂或磷脂组分等功能性脂质，或鱼卵脱腥后均质作乳化剂使用等，可以大大提高淡水鱼卵的利用价值。此外，鱼卵磷脂比一般陆生动植物磷脂的不饱和度高，更易吸潮、被氧化，为其保藏和利用带来了不便。

参考文献：

- [1] FALCH E, RUSTAD T, JONSDOTTIR R, et al. Geographical and seasonal differences in lipid composition and relative weight of by-products from gadiform species[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2006, 19: 727-736.
- [2] KAITARANTA J K, LINKO R R. Fatty acids in the roe lipids of common food fishes[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 1984, 79(3): 331-334.
- [3] TOCHER D R, SARGENT J R. Analyses of lipids and fatty acids in ripe roes of some northwest European marine fish[J]. Lipids, 1984, 19(7): 492-499.
- [4] JEONG B Y, MOON S K, JEONG W G, et al. Lipid classes and fatty acid compositions of wild and cultured sweet smelt *Plecoglossus altivelis* muscles and eggs in Korea [J]. Fishers Science, 2000, 66: 716-724.
- [5] JEONG B Y, JEON W G, MOON S K, et al. Preferential accumulation of fatty acids in the testis and ovary of cultured and wild sweet smelt *Plecoglossus altivelis*[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2002, 131(2): 251-259.
- [6] CEJIAS J R, ALMANSA E, VILLAMADOS J E, et al. Lipid and fatty acid composition of ovaries from wild fish and ovaries and eggs from captive fish of white sea bream (*Diplodus sargus*) [J]. Aquaculture, 2003, 216(15): 299-313.
- [7] 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.
- [8] FALCH E, STORSETH T R, AURSAND M. Multi-component analysis of marine lipids in fish gonads with emphasis on phospholipids using high resolution NMR spectroscopy[J]. Chemistry and Physics of Lipids, In Press.
- [9] DHEIN S, MICHAELIS B, MOHR F W. Antiarrhythmic and electrophysiological effects of long-chain ω -3 polyunsaturated fatty acids[J]. Naunyn-Schmiedeberg's Arch Pharmacol, 2005, 371: 202-211.
- [10] 鸿巢章二, 桥本周久. 水产利用化学[M]. 郭晓风, 邹胜祥, 译. 北京: 中国农业出版社, 1994: 212-222.
- [11] BLIGH E G, DYER W J. A rapid method of total lipid extraction and purification[J]. Can J Biochem Physiol, 1959, 37: 911-917.
- [12] 成永旭, 堵南山, 赖伟. 中华绒螯蟹成熟卵巢的脂类及脂肪酸组成[J]. 中国水产科学, 1999, 6(1): 79-81.
- [13] 林洪, 吕青, JAMIL K, 等. 贻贝等六种软体动物磷脂的比较[J]. 水产学报, 2000, 24(2): 175-179.
- [14] PARRISH C C, ACKMAN R G. Calibration of the iatroscan-chromarod system for marine lipid class analysis[J]. Lipids, 1985, 20: 521-530.
- [15] 吕斌, 陈舜胜, 横山雅仁, 等. 三种中国淡水鱼肌肉脂质的研究[J]. 上海水产大学学报, 2001, 10(4): 338-342.
- [16] PALACIOS L E, WANG T. Egg-yolk lipid fractionation and lecithin characterization[J]. J Am Oil Chem Soc, 2005, 82(8): 571-578.
- [17] HIGUCHI T, SHIRAI N, SUZUKI H. Effects of dietary herring roe lipids on plasma lipid, glucose, insulin, and adiponectin concentrations in mice[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2006, 54(10): 3750-3755.
- [18] SIKORSKI Z E, KOLAKOWSKA A. Chemical and functional properties of food lipids[M]. Taylor and Francis Press, 2003: 238; 249-251.
- [19] 罗永康. 7种淡水鱼肌肉和内脏脂脂肪酸组成的分析[J]. 中国农业大学学报, 2001, 6(4): 108-111.