

鄱阳湖 8 种淡水蚌脂肪含量及脂肪酸组成研究

刘小如¹ 邓泽元¹ 吴和利² 吴小平²

(1. 南昌大学食品科学与技术国家重点实验室, 南昌 330047; 2. 南昌大学生命科学学院, 南昌 330047)

STUDY ON CONTENT OF LIPID AND COMPOSITION OF FATTY ACIDS IN EIGHT KINDS OF FRESH-WATER MUSSEL IN THE POYANG LAKE

LIU Xiao-Ru¹, DENG Ze-Yuan¹, WU He-Li² and WU Xiao-Ping²

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University,
Nanchang 330047; 2. School of Life Science, Nanchang University, Nanchang 330047)

关键词: 气相色谱; 淡水蚌; 脂肪酸

Key words: Gas chromatography; Fresh-water mussel; Fatty acids

中图分类号: Q176 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2009)01-0146-06

鄱阳湖是我国第一大淡水湖,孕育着丰富的我国淡水双壳类特有种(共 17 属 58 种),其中蚌科占 67%,达 13 属 39 种^[1],资源开发潜力巨大。Labieniec^[2]、Goff^[3]、蔡华芳^[4]等对淡水蚌的研究集中于 DNA 生物制剂或蛋白饲料的开发利用。而国内对淡水蚌的研究多见于三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)、褶纹冠蚌(*Cristaria plicata*)等少量几种珠母贝的育珠研究^[4]。

目前国内外关于淡水蚌脂肪酸的研究甚少,不同种类淡水蚌脂肪酸组成及含量不同,这可能与栖居环境以及食性有关,食物中不同碳源使得蚌体内合成的脂肪酸种类有所差异^[5]。本研究选择鄱阳湖特有且总量最丰富的 5 属(无齿蚌属、丽蚌属、矛蚌属、尖嵴蚌属、珠蚌属)中 8 种不同淡水蚌,采用气相色谱法分析测定其中脂肪酸的种类和组成,发现其中富含 20:4 n-6(AA)、20:5 n-3(EPA)、22:5 n-3(DPA)、22:6 n-3(DHA)等多种多不饱和脂肪酸(PUFA)。PUFA 对于稳定细胞膜功能、调控基因表达、维持细胞因子和脂蛋白平衡、抗心血管疾病以及促进生长发育等都起着重要作用。淡水蚌类脂肪酸组成研究对于功能性脂肪酸的开发和贝类资源的综合利用均有着重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品与设备 样品:背角无齿蚌 *Anodonta woodiana* (Lea)、背瘤丽蚌 *Lamprotula leai* (Gray)、卵形尖嵴蚌

Acutiosta ovata (Simpson)、球形无齿蚌 *Anodonta globosula* (Heude)、短褶矛蚌 *Lanccolaria grayana* (Lae)、中国尖嵴蚌 *Acuticosta chinese* (Lea)、洞穴丽蚌 *Lamprotula caveata* (Heude)以及圆顶珠蚌 *Unio douglasiae* (Gray)。8 种淡水蚌均于 5 月下旬采自鄱阳湖,其采集和鉴定由南昌大学生命科学学院生物系完成。每种样品取 500g 置于室内清水养殖 3d 排除消化道食物残留后,随机取生长健康的淡水蚌肉吸干表面水分待用。

设备:气相色谱仪:美国 Agilent, Hewlett-Packard 6890N 型;离心机:Anke IDL-5-A 型;震荡器:荣华 HY-2A 型;紫外显色箱:武汉药科 YOKO-2X;显色喷雾器;层析缸。

1.1.2 试剂与标准 TLC18:4A 和 463+C21:10+C23:10+4 种 CLA (9c11t-CLA, 8t10c-CLA, 11c13t-CLA, 10t12c-CLA)的标准购自 NuChek-Prep 公司;氯仿、甲醇、正己烷、乙酸均为色谱纯;乙酸乙酯、甲醇钠、草酸、硫酸钠、2,7-二氯荧光黄。

1.2 方法

1.2.1 蚌肉脂肪提取 称取 2g 左右高速捣碎机捣碎后的蚌肉,加入 10mL 氯仿-甲醇混合液(2:1, V/V),充分振荡,静置浸提 24h 后加水 5mL,过滤,4500r/min 离心 5min,取下层氯仿层,用氮气吹干得总脂肪^[6]。

1.2.2 蚌肉脂肪甲酯化 取 2mg 提取的脂类,加入 1.5mL 正己烷和 40μL 乙酸甲酯,再加入 100μL 的 NaOCH₃/CH₃OH 在室温下甲基化 20min 后置于冷冻箱 10min,取出后迅速加入 60μL 的草酸,离心弃去沉淀,并将溶液通过无水 Na₂SO₄

收稿日期:2007-09-05; 修订日期:2008-03-29

基金项目:教育部“长江学者和创新团队发展计划”项目(批准号:RT0540);江西省教育厅 2006 年科技项目资助

作者简介:刘小如(1984—),女,陕西人;硕士研究生;研究方向为脂肪酸与健康。E-mail: ruby1228@yahoo.cn

通讯作者:邓泽元, E-mail: dengzy28@yahoo.com.cn

层以吸附其中的水分^[7]。

1.2.3 甲基酯的纯化 将已甲酯化的脂肪,经氮气吹干用正己烷:乙酸乙酯:乙酸=85:15:1为展开剂,在已活化的硅胶 G层析板上展开约 30min。取出后用氮气吹干,在其表面喷上 2,7-二氯荧光素,氮气吹干后在 254nm 波长紫外灯下观察分离的斑带。刮下斑带用氯仿洗脱甲基酯,氮气吹干后,用 1.5 mL 正己烷溶解,待测^[8]。

1.2.4 气相色谱条件 气相色谱条件:气相柱为 CP-Sil88 熔融石英毛细管柱(100m×0.25mm,Chrompack, Bridgewater, NJ), H₂ 为载气, H₂、N₂和空气为燃烧气。FD 温度 250℃,进样口温度 250℃,程序升温过程:45℃时保持 3min 后以 13℃/min 的升温速率将温度升至 175℃,保持此温度 27min 后以 4℃/min 的升温速率将温度升至 215℃,保持

5min,测定时间为 86min。脂肪酸定性分析参照 463 标样图谱确定,定量分析采用面积归一化法确定(以峰值面积的百分比表示)^[9]。

1.2.5 统计分析 选择对人体有益的 n-3, n-6PUFA 用 SPSS 11.0 for windows 进行统计分析。结果表示为 $\bar{X} \pm SD$, $p < 0.05$ 为不同蚌类同种脂肪酸差异达显著水平。

2 结果与分析

2.1 脂肪含量

淡水蚌肉中脂肪含量不高,如表 1 所示:蚌肉脂肪含量为湿重的 1.2%至 2.0%之间。其中洞穴丽蚌脂肪含量最高,而球形无齿蚌脂肪含量最低。

表 1 鄱阳湖 8 种淡水蚌类脂肪组含量表(湿重)

Tab.1 Content of fatty acids in eight kinds of fresh-water mussel in the Poyang Lake (Wet) (%)

淡水蚌	背角无齿蚌	背瘤丽蚌	卵形尖嵴蚌	球形无齿蚌	短褶矛蚌	中国尖嵴蚌	洞穴丽蚌	圆顶珠蚌
Fresh-Water Mussel	Anodonata	Lamprotula	Acutiosa ovata	Anodonta	Lanccolaria	Acuticosta	Lamprotula	Unio
	Woodiana	leai(Gray)	ta(Simpson)	globosula	grayana	chinese	caveata	douglasiae
	(Lea)			(Heude)	(Lae)	(Lea)	(Heude)	(Gray)
Content 含量	1.2 ±0.21*	1.3 ±0.13	1.8 ±0.56	1.1 ±0.87	3.1 ±0.38	1.7 ±0.84	2.0 ±0.53	1.6 ±0.34

*为平均值±标准差(n=5)

* Values are means ±SEM (n=5)

2.2 脂肪酸组成及含量

经 GC 测定,鉴别出的脂肪酸均在 99.5%以上(质量分数)(表 2)。GC 图谱(图 1)。各种淡水蚌肉脂肪酸中 C16:0 含量最高,其次为 16:1、18:0、18:1、20:1、AA、EPA、DPA、DHA、 α -18:3 n-3(ALA)。背角无齿蚌 C18:0、C20:1、AA 和 DPA 含量最高,分别为 8.69%、11.90%、8.96%和 5.09%;卵形尖嵴蚌 C16:0 含量最高,达 19.33%;洞穴丽蚌 ALA 含量最高,达 4.88%;球形无齿蚌 EPA 含量最高,达 9.86%;不同的蚌类,其所含的 C20:1(包括 5c20:1、8c20:1、11c20:1 3 种异构体)有所不同,背瘤丽蚌总 C20:1 含量最高,达

11.90%,而短褶矛蚌中只含 8c20:1; C18:1(包含 9t18:1、11t18:1、6c18:1、9c18:1 及 11c18:1 5 种异构体)在不同蚌类中,也显不同的规律,中国尖嵴蚌总 C18:1 含量最高,达 11.42%,而背角无齿蚌、背瘤丽蚌、卵形尖嵴蚌中主要含有 6c18:1,分别为 5.28%、5.82%、6.87%,其余蚌中主要含有 9c18:1 及 11c18:1,其中短褶矛蚌反式脂肪酸(TFA)含量最高,为 3.22%。背瘤丽蚌中不含有 TFA;此外,淡水蚌肉中含有一定量的奇数碳脂肪酸(OCFA),其中短褶矛蚌中含量最高,达 10.66%。

表 2 鄱阳湖 8 种蚌类中脂肪酸组成及含量表

Tab.2 Content and composition of fatty acids in eight kinds of mussel in the Poyang Lake (%)

蚌	背角无齿蚌	背瘤丽蚌	卵形尖嵴蚌	球形无齿蚌	短褶矛蚌	中国尖嵴蚌	洞穴丽蚌	圆顶珠蚌
Mussel	Anodonata	Lamprotula	Acutiosa ovata	Anodonta	Lanccolaria	Acuticosta	Lamprotula	Unio
	Woodiana	leai(Gray)	ta(Simpson)	globosula	grayana	chinese	caveata	douglasiae
	(Lea)			(Heude)	(Lae)	(Lea)	(Heude)	(Gray)
7:0—13:0	—	—	—	—	15.20 ±0.12*	—	—	—
?	0.23 ±0.06	0.41 ±0.10	0.80 ±0.13	0.93 ±0.08	0.08 ±0.01	0.05 ±0.01	0.14 ±0.01	0.78 ±0.40
13:1	0.64 ±0.17	0.63 ±0.21	0.91 ±0.09	0.17 ±0.04	0.23 ±0.02	0.41 ±0.11	0.34 ±0.03	0.18 ±0.01
14:0	0.67 ±0.20	0.92 ±0.12	0.99 ±0.09	1.06 ±0.32	1.07 ±0.03	0.86 ±0.08	0.93 ±0.07	0.51 ±0.13
9t14:1	—	—	—	0.23 ±0.11	—	0.13 ±0.01	0.32 ±0.06	0.35 ±0.13
15:0	0.44 ±0.24	0.67 ±0.11	0.65 ±0.09	0.70 ±1.31	0.24 ±0.01	0.63 ±0.02	0.65 ±0.04	0.75 ±0.01
9c15:1	0.30 ±0.09	0.39 ±0.12	0.31 ±0.01	0.31 ±0.21	5.10 ±0.53	0.35 ±0.01	0.42 ±0.02	0.39 ±0.02

续表

蚌	背角无齿蚌	背瘤丽蚌	卵形尖嵴蚌	球形无齿蚌	短褶矛蚌	中国尖嵴蚌	洞穴丽蚌	圆顶珠蚌
Mussel	Anodonata Woodiana (Lea)	Lamprotula leai (Gray)	Acutiosa ova- ta (S impson)	Anodonta globosula (Heude)	Lanccolaria grayana (Lae)	Acuticosta chinese (Lea)	Lamprotula caveata (Heude)	Unio douglasiae (Gray)
16 D	16.56 ±0.6	18.07 ±0.12	19.33 ±7.1	18.51 ±5.34	11.77 ±0.35	17.48 ±7.72	18.37 ±0.11	17.93 ±0.97
9t16 1	1.39 ±0.21	1.87 ±0.21	1.83 ±0.01	1.133 ±0.07	0.74 ±0.02	1.71 ±0.01	1.52 ±0.02	1.74 ±0.89
9c16 1	2.82 ±0.69 ^a	9.84 ±3.92 ^c	9.82 ±2.92 ^c	8.08 ±1.09 ^c	3.09 ±0.33 ^a	10.43 ±0.92 ^c	8.95 ±0.53 ^c	7.93 ±0.67 ^c
Total C16 1	4.22 ±0.12 ^a	11.70 ±1.23 ^c	11.65 ±1.43 ^c	9.22 ±1.16 ^c	3.83 ±0.24 ^a	12.13 ±2.12 ^c	10.47 ±1.51 ^c	9.67 ±5.12 ^{bc}
17 D	1.99 ±0.09	2.25 ±0.09	2.15 ±1.09	1.60 ±0.12	3.79 ±0.12	1.78 ±0.01	1.79 ±0.89	1.74 ±0.08
10c17 1	1.72 ±0.11	1.23 ±0.43	—	1.16 ±0.91	2.10 ±0.09	1.11 ±0.02	0.39 ±0.02	1.10 ±0.03
18 D	8.69 ±4.34	6.84 ±0.32	7.68 ±2.09	4.76 ±0.92	3.74 ±0.04	6.29 ±0.09	5.07 ±1.09	4.81 ±0.02
9t18 1	0.57 ±0.09	0.53 ±0.33	—	0.70 ±0.087	1.98 ±0.64	0.12 ±0.02	0.99 ±0.39	0.72 ±0.07
11t18 1	—	—	—	0.10 ±0.07	0.50 ±0.01	0.91 ±0.01	0.34 ±0.09	0.26 ±0.01
6c18 1	5.82 ±5.32	5.28 ±2.91	6.87 ±1.89	0.39 ±0.11	0.27 ±0.01	0.43 ±0.97	0.43 ±0.02	0.43 ±0.31
9c18 1	—	—	—	5.58 ±1.09	2.64 ±0.07	6.41 ±1.09	5.77 ±0.02	5.27 ±0.89
11c18 1	—	—	—	—	3.40 ±0.02	4.58 ±0.42	4.19 ±0.09	4.28 ±0.02
Total K18 1	6.39 ±0.12 ^a	6.18 ±1.21 ^a	6.87 ±1.89 ^a	6.07 ±1.21 ^a	6.30 ±0.41 ^a	11.42 ±2.22 ^c	10.29 ±1.32 ^c	10.78 ±3.12 ^c
9t12t18 2n-6	0.99 ±0.32	0.54 ±0.78	0.44 ±0.42	0.31 ±0.56	0.28 ±0.87	1.02 ±0.43	1.05 ±0.34	0.96 ±0.24
19 1	2.02 ±0.89	1.09 ±0.45	1.01 ±0.09	0.92 ±0.32	1.81 ±0.68	1.90 ±0.09	2.39 ±1.01	1.50 ±0.09
9c12c18 2n-6	4.11 ±0.32	2.53 ±0.31	3.11 ±0.23	3.63 ±0.89	2.98 ±0.54	2.11 ±0.21	3.51 ±0.42	2.90 ±0.21
Total K18 2	5.1 ±0.13 ^b	3.07 ±0.21 ^a	3.54 ±0.22 ^a	3.84 ±0.31 ^a	3.26 ±0.22 ^a	3.13 ±0.19 ^a	4.56 ±1.98 ^b	3.86 ±0.86 ^a
20 D0	—	—	—	0.40 ±0.13	0.37 ±0.01	0.58 ±0.02	0.51 ±0.11	0.45 ±0.04
Y-18 3 n-6	—	—	—	0.53 ±0.01	0.21 ±0.01	0.39 ±0.11	0.72 ±0.22	0.60 ±0.02
5c20 1	8.02 ±0.19	7.79 ±1.43	—	—	—	—	—	—
8c20 1	0.76 ±1.22	1.01 ±0.04	7.37 ±2.41	4.72 ±0.90	3.22 ±0.11	7.53 ±1.88	3.25 ±0.06	5.47 ±0.01
11c20 1	3.12 ±0.31	3.76 ±0.09	3.38 ±0.11	0.65 ±0.03	—	0.83 ±0.01	3.25 ±0.87	0.86 ±0.02
Total C20 1	11.90 ±3.21 ^c	12.57 ±2.42 ^c	10.75 ±1.31 ^c	5.38 ±2.31 ^b	3.22 ±1.98 ^a	8.36 ±2.31 ^{bc}	6.50 ±3.21 ^b	6.33 ±2.21 ^b
α-18 3 n-3	2.60 ±0.02 ^a	2.69 ±0.12 ^a	3.51 ±0.11 ^{ab}	3.43 ±0.19 ^{ab}	2.25 ±0.12 ^a	4.53 ±0.32 ^b	4.88 ±1.09 ^b	4.55 ±0.13 ^b
11t13t20 2	1.39 ±0.21	1.26 ±0.04	1.33 ±0.13	2.17 ±0.19	2.34 ±0.02	2.41 ±1.08	2.34 ±0.01	1.109 ±0.02
20 2 n-6	0.54 ±0.08	0.47 ±0.12	0.34 ±0.12	0.54 ±0.01	1.44 ±0.21	0.35 ±0.02	0.58 ±0.32	0.43 ±0.09
22 D0	—	—	—	0.14 ±0.02	0.10 ±0.01	—	0.20 ±0.02	0.18 ±0.02
20 3 n-6	—	—	—	0.19 ±0.11	4.18 ±0.03	—	0.27 ±0.43	0.34 ±0.08
13c22 1 n-9	—	—	—	0.19 ±0.01	0.11 ±0.54	0.28 ±0.02	0.26 ±0.01	0.25 ±0.09
20 3 n-3	—	—	—	0.29 ±0.04	0.36 ±0.03	0.21 ±0.11	—	0.346 ±0.12
20 4 n-6AA	8.96 ±1.21 ^c	8.77 ±1.43 ^c	7.04 ±2.11 ^b	7.63 ±1.06 ^{bc}	3.81 ±0.13 ^a	6.55 ±1.01 ^b	7.99 ±1.01 ^{bc}	8.91 ±0.09 ^c
23 D	0.93 ±0.54	—	—	0.13 ±0.03	0.40 ±0.01	1.54 ±0.89	1.02 ±0.78	0.80 ±0.09
22 2 n-6	0.77 ±0.23	1.58 ±0.56	1.04 ±0.90	1.97 ±0.09	2.41 ±0.42	—	—	0.23 ±0.10
20 5n-3EPA	5.96 ±0.54 ^a	6.08 ±2.01 ^a	5.94 ±3.21 ^a	9.86 ±0.12 ^b	6.95 ±0.08 ^a	5.43 ±2.09 ^a	7.52 ±0.13 ^{ab}	8.47 ±0.08 ^{bc}
24 D	0.72 ±0.05	0.58 ±0.11	—	0.52 ±0.11	1.19 ±0.74	0.46 ±0.02	0.49 ±0.07	0.46 ±0.04
24 1 n-9	0.48 ±0.03	—	—	—	2.41 ±0.01	0.61 ±0.01	0.72 ±0.02	0.19 ±0.09
22 3 n-3	—	—	0.93 ±0.10	1.68 ±0.01	1.14 ±0.09	—	—	—
22 4 n-6	3.52 ±0.94	2.21 ±0.34	1.53 ±0.32	2.13 ±0.13	1.79 ±0.31	1.37 ±0.67	1.38 ±0.09	3.23 ±0.02

续表								
蚌	背角无齿蚌	背瘤丽蚌	卵形尖嵴蚌	球形无齿蚌	短褶矛蚌	中国尖嵴蚌	洞穴丽蚌	圆顶珠蚌
Mussel	Anodonta Woodiana (Lea)	Lamprolula leai (Gray)	Acutiosa ova- ta (Simpson)	Anodonta globosula (Heude)	Lanccolaria grayana (Lae)	Acuticosta chinese (Lea)	Lamprolula caveata (Heude)	Unio douglasiae (Gray)
?	0.57 ±8.74	0.71 ±0.01	1.70 ±0.02	0.26 ±0.02	0.28 ±0.02	0.48 ±0.12	0.30 ±0.01	0.43 ±0.01
22 5 n-6	4.23 ±2.03	3.08 ±0.09	5.22 ±1.03	4.93 ±0.01	2.35 ±0.03	2.32 ±0.01	2.246 ±0.98	2.63 ±0.09
22 5n-3DPA	5.09 ±0.93 ^b	3.69 ±1.09 ^{ab}	2.45 ±0.1 ^a	3.79 ±1.09 ^{ab}	3.05 ±0.24 ^a	3.01 ±0.42 ^a	2.08 ±0.01 ^a	2.14 ±0.03 ^a
22 5n-3DHA	3.30 ±1.09 ^b	2.72 ±0.77 ^{ab}	2.20 ±3.1 ^a	3.61 ±0.01 ^b	2.26 ±0.02 ^a	2.26 ±0.23 ^a	2.42 ±0.43 ^a	3.07 ±0.98 ^{ab}
Σ	99.97 ±0.4	99.54 ±0.11	99.93 ±3.4	99.53 ±1.32	99.62 ±1.32	99.77 ±0.24	99.91 ±0.31	99.65 ±0.03
SFA	30.03 ±2.09	29.34 ±2.89	30.37 ±1.09	27.82 ±0.89	28.06 ±1.08	29.61 ±3.89	29.03 ±1.21	28.62 ±3.21
UFA	69.94 ±1.31	70.20 ±1.45	69.56 ±1.65	71.71 ±1.09	71.57 ±1.31	70.16 ±2.98	70.48 ±2.12	71.04 ±3.56
SFA /UFA	0.43	0.42	0.44	0.39	0.39	0.42	0.41	0.41
MUFA	27.67 ±1.43	33.43 ±2.11	31.96 ±2.44	24.24 ±2.69	27.59 ±3.12	37.71 ±2.48	33.51 ±4.54	29.91 ±4.64
PUFA	42.27 ±2.19	36.77 ±3.53	37.60 ±5.31	47.47 ±2.11	43.98 ±3.12	32.45 ±2.16	36.97 ±1.76	41.13 ±2.43
n-6PUFA	23.12 ±2.11	19.19 ±1.31	18.72 ±4.23	23.86 ±2.61	15.46 ±1.31	14.12 ±3.56	17.75 ±3.12	20.23 ±1.89
n-3PUFA	16.96 ±1.09	15.18 ±2.67	15.05 ±3.21	22.65 ±3.24	16.01 ±1.67	15.44 ±3.09	16.89 ±3.21	18.75 ±1.98
n-3PUFA / n-6PUFA	0.73	0.79	0.80	0.95	1.04	1.09	0.95	0.93
OCFA	7.75 ±2.01	6.28 ±2.67	5.48 ±1.89	4.99 ±1.65	10.66 ±3.78	7.71 ±2.32	6.70 ±2.89	5.45 ±1.95

注：“?”为未知脂肪酸;“—”表示未检测出; *表中数值为平均值 ±标准差 (n=5);同一行中不同上标字母的值表示差异显著

Note: “?” stands for unknown fatty acids; “—” stands for detected no fatty acids; * values are means ±SEM (n = 5) which sharing the different superscript within the same row are significantly different (p <0.05)

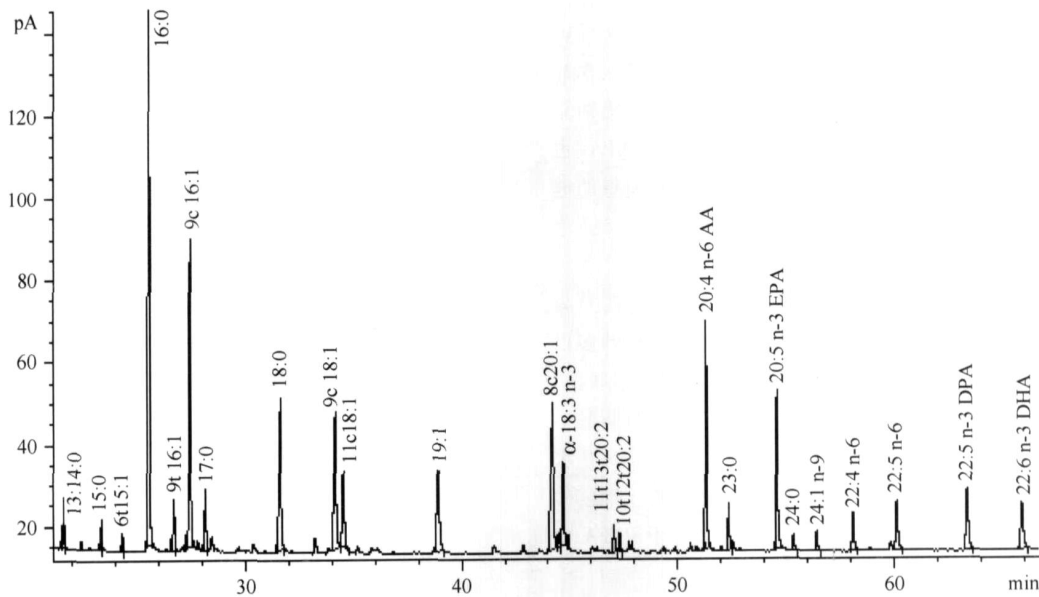


图 1 中国尖嵴蚌的 GC图

Fig. 1 GC Spectra of Acuticosta Chinese (LEA)

2.3 不同脂肪酸分布

8种淡水蚌肉脂肪酸 SFA、UFA、PUFA 总量接近,但组成上存在差异(表 2)。SFA、UFA、MUFA、PUFA、n-3PUFA、n-6PUFA 六类脂肪酸平均含量分别为 29.11%、70.58%、30.75%、39.83%、19.06%和 17.12%。其中球形无齿蚌 UFA 含量为 8种蚌中最高达 71.71%, SFA/UFA 值最小,为 0.39;同时该蚌 PUFA 含量最多,达 47.47%, n-3PUFA 和 n-6PUFA 含量也为 8种蚌中最多,分别占 23.86%和 22.65%。而中国尖嵴蚌中含 MUFA 最多,占 37.71%。背角无齿蚌、背瘤丽蚌、卵形尖嵴蚌、球形无齿蚌、短褶矛蚌、中国尖嵴蚌、洞穴丽蚌以及圆顶珠蚌中 OCFA 的总含量依次分别为 7.75%、6.28%、5.48%、4.99%、10.66%、(7.71 ± 2)%、6.70%、5.45%。

3 讨论

3.1 淡水蚌脂肪酸评价

淡水蚌 SFA 中 C16:0 和 C18:0 含量最高, Ibeas, *et al.* [10] 认为 16:0、18:0 等脂肪酸不但可作为组织中的能量物质,而且也是细胞膜磷脂的组成成分,对生物体有重要意义; MUFA 中油酸的平均含量最高,油酸被营养界称为“安全脂肪酸”,油酸含量多少,是评定食品品质的重要标志。Rey, *et al.* [11] 还发现油酸可降低血液总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇,却不降低高密度脂蛋白胆固醇;尤其是淡水蚌较高含量的 AA、EPA、DHA、ALA 等 PUFA 中对人体健康的调节作用更为重要, n-3 系列 PUFA 具有抗氧化、抗衰老、健脑补脑、提高记忆力及思维能力等作用,而 AA 是人体合成前列腺素的重要前体物质 [12]。

此 8 种淡水蚌中,球形无齿蚌中含 UFA、PUFA、n-3PUFA、n-6PUFA 均为 8 种中最高,最具开发价值。可见淡水蚌虽不像海鱼脂肪含量较高,但其脂肪酸种类齐全,特别是 n-3PUFA 占脂肪酸总量的 15.05%—22.65%、EPA 占 5.43%—9.86%,具有与海鱼相似的特点,是一种理想的健康食品。

3.2 淡水蚌脂肪酸组成、含量与食性的关系

不同种类的淡水蚌,某些脂肪酸含量存在显著性差异 ($p < 0.05$),这可能与其栖居环境和食性有关。淡水蚌多以微小生物如轮虫、鞭毛虫、绿藻、硅藻、隐藻、蛋白核小球藻、斜生栅藻等微藻类或其他腐殖质为食料 [13]。微藻脂肪酸中 C16:0 含量最高 [14],这与本研究中淡水蚌体内高 C16:0 水平相吻合。Atalah [15]、Dunstan, *et al.* [16] 报道隐藻、绿藻、硅藻可合成大量的 EPA、DHA 和 AA,也与淡水蚌中 PUFA 含量较高吻合。

由表 2 可知:短褶矛蚌中的 9c16:1、ALA、AA、EPA、DHA、DPA 与其他淡水蚌中的脂肪酸含量均存在显著性差异 ($p < 0.05$),且含其他蚌类中所不含的 C7:0—13:0 短链脂肪酸约 15.20%, PUFA 含量也相对较低。这可能与多摄食有机碎屑和栖居于水深 2—3m 流水环境中有关,流水环境中的有机碎屑一般比重较小,微藻附着较少,仅提供碳、氮

等营养源,自身不具有合成 PUFA 的能力 [17],蚌摄食后 PUFA 的合成依赖于其自身体内合成作用。短褶矛蚌大量摄食有机碎屑,因此其脂肪酸组成中短链脂肪酸含量较多而 PUFA 含量较少。有机碎屑可能是人类的废弃食物,往往含有较高的反式脂肪酸,这可能是其含最高反式脂肪酸 (3.22%) 的原因之一。球形无齿蚌喜栖于泥底缓流及静水区域,多摄食微藻、微小生物,这些微藻具有强大的合成 PUFA 的能力,尤其是隐藻中 EPA 含量达到 15.53% [18]。因此,球形无齿蚌中 PUFA 含量为 8 种淡水蚌中最高,特别是 n-3PUFA 高达 22.65%。不同淡水蚌中脂肪酸组成差异也可能与其自身机体代谢机制有关。

关于淡水贝类食性与其脂肪酸组成关系的研究,具有重要的科学价值,可以帮助人类了解其消化和代谢生理,这需要进行进一步深入探讨。

3.3 淡水蚌肉中含奇数碳脂肪酸

8 种淡水蚌中存在 7:0、13:0、15:0、17:0、9c15:1、10c17:1、19:1、23:0 等 OCFA。高等动物脂类中很少含有 OCFA (一般约占总量的 1%—5%),但微生物代谢中可合成高比例的 OCFA [19]。淡水蚌脂肪酸中含有 OCFA 可能与微生物的直接或间接作用有关,特别是短褶矛蚌其 OCFA 高达 10.66%;短褶矛蚌中含有较高的短链脂肪酸 (7:0—13:0 为 15.20%) 这也反映出其消化过程中微生物起了重要作用。关于微生物在淡水蚌消化过程中的作用尚无研究报道,有必要开展这方面的探讨。

参考文献:

- [1] Qi Z Y. Economic Mollusca of China [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998, 200—217 [齐钟彦. 中国经济软体动物. 北京: 中国农业出版社, 1998, 200—217]
- [2] Labieniec M, Gabrylak T. Oxidatively modified proteins and DNA in digestive gland cells of the fresh-water mussel *Unio tumidus* in the presence of tannic acid and its derivatives [J]. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 2006, **603**: 48—55
- [3] Goff J L, Galbis J, Pelhuet L, *et al.* DNA adduct measurements in zebra mussels, *Dreissena polymorpha*, Pallas: Potential use for genotoxicant biomonitoring of fresh water ecosystems [J]. *Aquatic Toxicology*, 2006, **79**: 55—64
- [4] Cai H F, Liu X L, Qian B C, *et al.* Studies on analysis and anti-inflammatory effects of a river clam preparation tong ke [J]. *Chinese Journal of Marine Drugs*, 1997, **63**: 32—35 [蔡华芳, 刘雪莉, 钱伯初, 等. 河蚌制剂痛克的镇痛抗炎作用. 中国海洋药物, 1997, **63**: 32—35]
- [5] Araujo R, Ramos M A. Status and conservation of the giant European freshwater pearl mussel (*Margaritifera auricularia*) (Spengler, 1793) (Bivalvia: Unionoidea) [J]. *Biological Conservation*, 2000, **96**: 233—239
- [6] Deng Z Y, Fan Y W. Determination of egg lipids with different feed types [J]. *Food Science*, 2004, **25**: 140—145 [邓泽元, 范亚苇. 不同饲养类型鸡蛋中脂类的含测定. 食品科学,

- 2004, 25: 140—145]
- [7] Christie W W. Lipid analysis-isolation, separation, identification and structural analysis of lipids [M]. The Oily Press 2003, 205—300
- [8] Dreeling N, Allen P, Butle E. Effect of Cooking Method on Sensory and Instrumental Texture Attributes of Low-fat Beefburgers [J]. *Lebensmittelwissenschaft und-Technologie*, 2000, 33: 234—238
- [9] Roach J A G, Mossoba M M, Yurawecz M P, *et al* Chromatographic separation and identification of conjugated linoleic acid isomers [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2002, 465: 207—226
- [10] Ibeas C, Cejas J, Gomez T, *et al* Influence of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids levels on juveniles gilthead seabream (*Sparus aurata*) growth and tissue fatty acid composition [J]. *Aquaculture*, 1996, 142: 221—235
- [11] Rey A I, Lopez-Bote C J, Kerry J P, *et al* Modification of lipid composition and oxidation in porcine muscle and muscle microsomes as affected by dietary supplementation of n-3 with either n-9 or n-6 fatty acids and α -tocopheryl acetate [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2004, 133: 223—238
- [12] Schram L B, Nielsen C J, Porsgaard T, *et al* Food matrices affect the bioavailability of (n-3) polyunsaturated fatty acids in a single meal study in humans [J]. *Food Research International*, 2007, 40: 1062—1068
- [13] Liu Y Y, Zhang W Z, Wang Y X, *et al* Economic Fauna of China-Freshwater Mollusk [M]. Beijing: Science Press 1979, 71—73 [刘月英, 张文珍, 王耀先, 等. 中国经济动物志 淡水软体动物. 北京: 北京科学出版社. 1979, 71—73]
- [14] Jiang X M, Zheng Y Z. Total Lipid and Fatty Acid Composition of 14 Species of Microalgae [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2003, 27: 243—247 [蒋霞敏, 郑亦周. 14种微藻总脂含量和脂肪酸组成研究. 水生生物学报, 2003, 27: 243—247]
- [15] Atalah E, Cruz C M H, Izquierdo M S, *et al* Two microalgae *Cryptocodinium cohnii* and *Phaeodactylum tricornutum* as alternative source of essential fatty acids in starter feeds for seabream (*Sparus aurata*) [J]. *Aquaculture*, 2007, 270: 178—185
- [16] Dunstan G A, Volkman J K, Jeffrey S W, *et al* Biochemical composition of microalgae from the green algal classes Chlorophyceae and Prasinophyceae. 2. Lipid classes and fatty acids [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1992, 161: 115—134
- [17] Robert G W. Dissolved organic carbon: Detrital energetics, metabolic regulators, and drivers of ecosystem stability of aquatic ecosystems [A]. In: Findlay S, Sinsabaugh R (Eds.), *Aquatic ecosystems: interactivity of dissolved organic matter* [M]. San Diego: Academic Press 2003, 455—477
- [18] Cao J X, Li D S, Wang J Q. Studies on biochemical composition of 10 species of common freshwater phytoplankton [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 1997, 36: 22—27
- [19] Ishida-Okawara A, Tsuchiya T, Nunoi H, *et al* Modulation of degranulation and superoxide generation in human neutrophils by unsaturated fatty acids of odd carbon numbers [J]. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) Molecular Cell Research*, 1996, 1314: 239—246