

不同溶剂对皱纹盘鲍内脏脂质的提取及其组分对比分析

赵晓丹, 陈艺晖, 陈继承, 陈莉, 臧盈盈, 姚闽娜

(福建农林大学食品科学学院, 福建福州 350002)

摘要: 采用氯仿/甲醇、正己烷、环己烷/乙酸乙酯等五种不同提取溶剂对皱纹盘鲍内脏粗脂肪以及磷脂进行提取, 分析其对油脂和磷脂得率的影响, 并采用气相色谱-质谱法(GC-MS)对油脂脂肪酸成分进行分析。结果表明, 以正己烷/乙酸乙酯(3:1, V/V)为提取剂效果最佳, 粗脂肪和磷脂得率分别达 $14.87 \pm 0.69\%$ 和 $11.48 \pm 0.71\%$ 。五种不同溶剂对粗脂肪和磷脂的提取得率、脂肪酸组成及含量之间存在一定的差异, 所得粗脂肪中饱和脂肪酸有 4~7 种, 占 $28.72\% \sim 31.71\%$, 单不饱和脂肪酸有 5~6 种, 占 $30.02\% \sim 38.98\%$, 多不饱和脂肪酸 8~12 种, 占 $25.62\% \sim 31.32\%$, 其中 ω -3 脂肪酸约占 $4.96\% \sim 7.83\%$; 环己烷/乙酸乙酯提取的多不饱和脂肪酸种类最多, 达 12 种, 占总量的 30.82% , 其中 ω -3 系列(亚麻酸, 二十碳五烯酸, 二十二碳五烯酸)占 7.71% 。综合考虑萃取剂性质以及油脂的得率和脂肪酸营养利用价值选用环己烷/乙酸乙酯作为提取鲍鱼内脏鱼油的最佳溶剂。

关键词: 鲍鱼内脏; 磷脂; 气相色谱-质谱法(GC-MS); ω -3 系脂肪酸

文章编号: 1673-9078(2017)6-202-206

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.6.030

Extraction and Analysis of Components of Visceral Lipids from *Haliotis discus hannai* Ino Using Different Solvents

ZHAO Xiao-dan, CHEN Yi-hui, CHEN Ji-cheng, CHEN Li, ZANG Ying-ying, YAO Min-na

(College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Crude fats and phospholipids were extracted from viscera of *Haliotis discus hannai* Ino with five different extraction solvents, such as chloroform/methanol, n-hexane, and cyclohexane/ethyl acetate. The effects of the solvents on the yield of lipids and phospholipids were analyzed, and the composition of fatty acids was analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). n-hexane/ethyl acetate (3:1, V/V) had optimum efficiency as extraction solvents, resulting in crude fat and phospholipid yields of up to $14.87 \pm 0.49\%$ and $11.48 \pm 0.71\%$ respectively. There are significant differences in the extraction yields of crude fat and phospholipids, fatty acid compositions, and content with the use of the five different solvents. Saturated fatty acids are of four to seven types, accounting for $28.72 \sim 31.71\%$, monounsaturated fatty acids are of five to six types, accounting for $30.02 \sim 38.98\%$, and polyunsaturated fatty acids are of eight to twelve types, accounting for $25.62 \sim 31.32\%$, which includes ω -3 fatty acids, accounting for $4.96 \sim 7.83\%$. The polyunsaturated fatty acids extracted by cyclohexane or ethyl acetate are of 12 different types and they have the highest proportion, accounting for 31.32% including ω -3 fatty acids (linolenic acid, EPA, DPA), accounting for 7.71% . Therefore, cyclohexane/ethyl acetate was selected as the reagent most suitable for extraction of abalone visceral lipids, considering the extraction solvent properties, the extraction rates, and the nutrition values of the lipids.

Key words: *Haliotis discus hannai* Ino visceral; phospholipid; gas chromatography-mass spectrometry; ω -3 fatty acids

鲍鱼是一种珍贵的海洋单壳软体贝类, 具有很高的营养价值和药用价值^[1], 属于软体动物门(Mollusca)、腹足纲(Gastropoda)、前鳃亚纲

收稿日期: 2016-07-18

基金项目: 海洋公益性行业科研专项(201405016)

作者简介: 赵晓丹(1991-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 天然产物提取与食品添加剂

通讯作者: 陈继承(1978-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 生物技术与功能性食品

(Prosobranchia)、鲍科(Haliotidae)。自古以来, 鲍在我国被誉为八珍之首, 有“一口鲍鱼一口金”的说法。我国是鲍鱼养殖和消费的第一大国, 目前, 市场上最常见的鲍鱼品种为皱纹盘鲍, 福建与山东地区皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai* Ino)的养殖量占市场份额的90%左右^[2]。在加工过程中, 产生大量的鲍鱼内脏和鲍壳等副产物, 其中鲍鱼内脏约占鲍鱼体重15~25%。研究表明^[3], 鲍鱼内脏中有许多具有抗氧化^[4]、抗肿瘤^[5]、提高免疫力、抗疲劳和降血脂^[6]等功效活性的生物

活性物质,如蛋白质、多糖和脂质等,其中占鲍鱼内脏湿基 4%左右的脂质,具有丰富的不饱和脂肪酸和磷脂。但是在实际生产中,绝大部分的鲍鱼内脏被用作饲料或者丢弃,不仅浪费了宝贵的资源而且带来了环境压力。

目前国内外对鲍鱼内脏中脂质的提取多采用传统 Floch 法^[7],然而氯仿/甲醇在具有较高提取效率的同时因其较大的极性,进而导致非油脂成分杂质的混入,最终造成提取率的偏高。为了进一步验证 Floch 法在鲍鱼内脏脂质提取的可行性,本文采用正己烷对氯仿/甲醇提取后的粗脂肪进行二次萃取,对其油脂得率进行校正。同时,利用其它试剂对鲍鱼内脏脂质提取效果的研究鲜有报道。因此,本文采用环己烷、正己烷、环己烷/乙酸乙酯、正己烷/乙酸乙酯几种不同试剂对鲍鱼内脏脂质进行提取研究,并利用气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)对各种试剂提取得到的粗脂肪进行脂肪酸组分分析,探究不同试剂对鲍鱼内脏脂质提取的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai* Ino)内脏,购买于当地市场。

正己烷(色谱纯);甲醇(色谱纯);其它有机溶剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

真空冷冻干燥机,上海照生有限公司;高速组织捣碎机,上海标本模型厂;GS-3008 粉碎机,广东省佛山市南海家乐仕电器有限公司;GC/MS-QP 2010Ultra 气相色谱-质谱仪,日本岛津公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

将皱纹盘鲍内脏至于-20℃冰箱进行保存,处理前取出解冻,置于高速组织捣碎机中匀浆,涂抹于培养皿中,并用保鲜膜封好置-80℃冷冻,然后将其放入冷冻干燥机进行干燥,待干燥完全,将其取出,样品置于粉碎机中打成粉末,于干燥箱中保存备用。

1.3.2 五种不同溶剂对鲍鱼内脏油脂的提取

1.3.2.1 采用 Floch 改良法对鲍鱼内脏油脂的提取

采用 Floch 法^[7]对鲍鱼内脏总脂肪进行提取,再向提取得到的粗脂肪中加入 1:6 的正己烷(*m/V*)进行二次萃取,并重复三次,合并上清液后旋蒸去除溶剂,

计算最终得率。

1.3.2.2 采用其它常规试剂法对鲍鱼内脏油脂的提取

参考赵平等^[8]和周如今等^[9]的实验方法,再进行实验得出最佳提取条件,各种提取试剂的提取条件如下表 1 所示。准确称取一定量的样品置于烧杯中,加入适量的提取试剂,搅匀置于恒温水浴锅中,1 h 后将上层清液移出,重复三次,合并上清液后旋蒸去除溶剂,计算最终得率。

表 1 不同试剂提取条件

Table 1 Conditions of the different extraction reagents

提取试剂	料液比	提取温度/℃
正己烷	1:7	50
正己烷/乙酸乙酯(3:1)	1:7	50
环己烷	1:7	50
环己烷/乙酸乙酯(1:1)	1:6	50

1.3.2.3 提取得率计算公式

提取得率=提取得到油脂的质量(g)/称取鲍鱼内脏的质量(g)×100%

1.3.3 磷脂含量测定方法

磷脂含量测定以磷钼蓝比色法^[10]进行测定。

1.3.4 脂肪酸组成的 GC-MS 分析

(1) 样品处理

称取 50 mg 的皱纹盘鲍内脏油脂,加入 2 mL 的正己烷于烧杯中,再加入 2 mL、0.5 M 的甲醇钠溶液,室温下轻摇 5 min,再向其中加入适量的无水硫酸钠,静置 2~3 h。取上清液适量,用正己烷稀释至 50 倍,冷藏备用,用于 GC-MS 分析。

(2) GC-MS 条件

色谱条件:色谱柱:DB-WAX 石英毛细柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm);升温程序:初始温度为 50℃,以 10℃/min 升至 80℃,保持 5 min,继续以 10℃/min 升至 120℃,保持 8 min,继续以 5℃/min 升至 180℃,保持 5 min,再以 10℃/min 升至 200℃,保持 8 min,最后以 10℃/min 升至 230℃,保持 10 min;载气(He)流速 1.0 mL/min,进样量 1 μL;不分流。

质谱条件:电子轰击离子源;电子能量 70 eV;接口温度 250℃;离子源温度 200℃;质量扫描范围 *m/z* 50~500;溶剂延缓 5 min。

1.3.5 数据分析

所有实验均进行三次平行试验,在各种脂类得率以及脂肪酸含量的数据分析中,采用 Spss 19.0 软件分析其误差差异以及显著性,并采用 Origin 8.0 软件进行相关作图。

2 结果与讨论

2.1 不同试剂对鲍鱼内脏油脂得率的影响

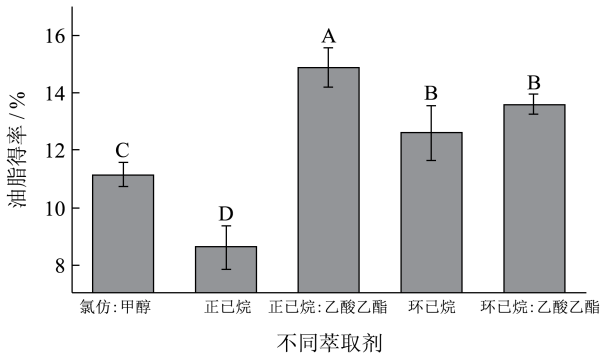


图 1 不同试剂提取鲍鱼内脏油脂的得率

Fig.1 Yield of abalone visceral lipids extracted with different reagents

注: 图中误差棒上方附有不同字母, 没有相同字母表明差异显著 ($p<0.05$)。

参照 1.3.2 方法进行提取, 由图 1 可以表明, 在采用不同的混合试剂对鲍鱼内脏进行油脂提取的过程中, 正己烷/乙酸乙酯的得率相对较高, 可以达到 $14.87\pm 0.69\%$, 高于氯仿/甲醇改良法的油脂得率, $11.16\pm 0.41\%$, 在萃取过程中, 如果只采用传统的 Floch 法, 得率可以达到 19.44% 。在 KUAELA S^[11], DIANOUX A C^[12]等实验中, 可以得到, 只采用 2:1 (V/V) 的氯仿甲醇对鲍内脏进行油脂提取, 将其中部分小分子质量蛋白也提取出来, 参考孙尚德等^[13]的实验, 可以推论, 氯仿和甲醇都为强极性溶剂, 在旋转蒸发溶剂萃取得到油脂的过程中, 根据温度、以及液料比的选择, 可能将非油脂成分也提取出来, 导致此法得率过高, 所以提取得到粗脂肪仍需要进一步精炼; 而本实验在传统 Floch 法的基础之上, 采用极性较弱的正己烷对其进行二次萃取, 液料比以及温度的变化, 导致溶解性发生变化, 油脂可能与其中杂质发生反应导致变性, 进而又被再次分离出来, 所以其得率也就相对刘艳青等^[2]在实验中的得率较低。但是, 正己烷则最低, 仅达到 $8.61\pm 0.79\%$ 。由此可以推断, 对于鲍鱼内脏的油脂提取, 由得率来看, 传统的 Floch 法可能并没有正己烷/乙酸乙酯适用。因此, 进一步对其磷脂以及脂肪酸成分进行分析。

2.2 不同试剂对鲍鱼内脏磷脂得率得影响

参照 1.3.3 磷脂测定方法, 可以得到磷标曲线方程为:

$$Y=0.1087x+0.00535, R^2=0.9980。$$

参照 1.3.3 磷脂含量测定方法, 由图 2 可以分析得出, 利用磷钼蓝比色法测定五种不同试剂提取得到的

粗脂肪中磷脂含量, 正己烷/乙酸乙酯的得率依然为最高, 达到 $11.48\pm 0.71\%$, 远大于正己烷的磷脂得率, $4.78\pm 0.35\%$, 而氯仿/甲醇改良法中, 磷脂得率占总脂的 $7.81\pm 0.29\%$, 环己烷/乙酸乙酯的磷脂得率次之, 占总脂的 $6.32\pm 0.47\%$ 。由磷脂得率看, 氯仿/甲醇改良法不及正己烷/乙酸乙酯。

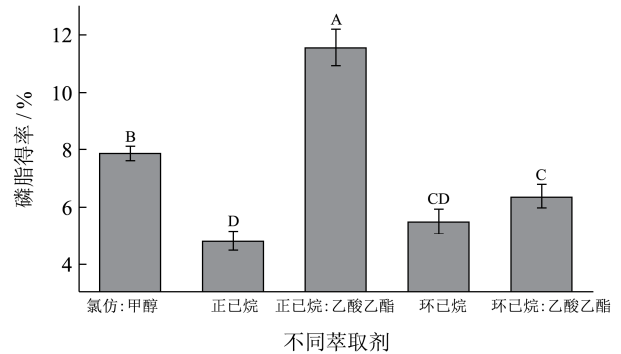


图 2 不同试剂提取鲍鱼内脏磷脂的得率

Fig.2 Yield of abalone visceral phosphatide extracted with different reagents

注: 图中误差棒上方附有不同字母, 没有相同字母表明差异显著 ($p<0.05$)。

2.3 不同试剂提取的油脂脂肪酸成分分析

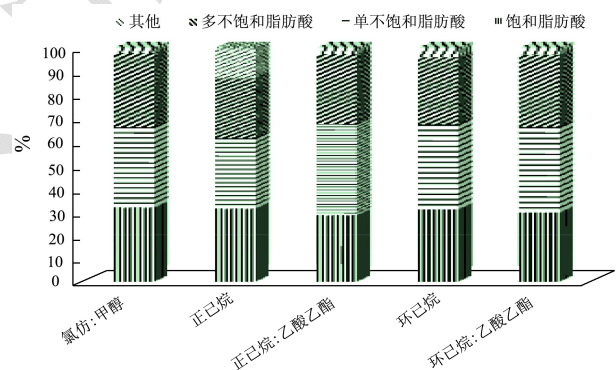


图 3 不同试剂提取鲍鱼内脏油脂脂肪酸成分

Fig.3 Different reagents on the fatty acids of abalone visceral lipids

采用 GC-MS 对五种不同混合试剂提取鲍鱼内脏油脂的脂肪酸成分进行分析^[14], 具体脂肪酸成分差异如下表 2。

参照方法 1.3.4, 由图 3 和图 4 结果, 以及表 2 可以看出, 不同试剂萃取得到的油脂脂肪酸组分以及含量存在一定的差异, 饱和脂肪酸有 4~7 种, 占 $28.72\% \sim 31.71\%$, 单不饱和脂肪酸有 5~6 种, 占 $30.02\% \sim 38.98\%$, 多不饱和脂肪酸有 8~12 种, 占 $28.69\% \sim 31.32\%$, 其中 n-3 系脂肪酸约占 $4.96\% \sim 7.75\%$ 。环己烷/乙酸乙酯萃取得鲍鱼内脏油脂得到脂肪酸种类最多, 达 23 种, 其中多不饱和脂肪酸种类也

最多, 达到 12 种, 含量达 30.82%, 且其 ω -3 系脂肪酸含量也达 7.71% 之多, 而其他几种试剂提取得到不饱和脂肪酸种类只有 8 种, 但是氯仿甲醇改良法的多不饱和脂肪酸含量最高, 达到 31.32%, 且其 ω -3 系脂肪酸含量也达 7.75% 之多。

无论采用何种试剂, 均可以看出, 在鲍鱼内脏油脂脂肪酸成分中, 饱和脂肪酸主要以棕榈酸为主, 达 18% 左右, 单不饱和脂肪酸以油酸 ($C_{18:1(n-9)}$) 为主, 占 20% 左右, 二十碳烯酸 ($C_{20:1(n-9)}$) 也占 7% 左右, 棕榈油酸 ($C_{16:1(n-9)}$) 占 3% 左右; 多不饱和脂肪酸以花生四烯酸 ($C_{20:4(n-6)}$) 为主, 占 9% 左右, 二十二碳二烯酸 ($C_{22:2(n-6)}$) 也占据 8% 左右, 还含有对人体健康极具益处的二十碳五烯酸 ($C_{20:5(n-3)}$, EPA), 二十二碳五烯酸 ($C_{22:5(n-3)}$, DPA), 以及亚麻酸等, 还具有一些特殊的 4,8-二甲基壬酸以及十五烷酸等成分。

表 2 五种不同提取剂萃取得油脂的脂肪酸成分含量

Table 2 Fatty acid composition of lipids extracted with five different extraction reagents

化合物名称	分子式	分子量	相对含量/%				
			A	B	C	D	E
十四烷酸甲酯	$C_{15}H_{30}O_2$	242	5.78±0.92 ^a	4.32±1.23 ^a	1.49±0.77 ^b	5.50±2.21 ^a	5.48±1.28 ^a
4,8,12-三甲基十三烷酸甲酯	$C_{17}H_{34}O_2$	200	3.49±1.23 ^a	2.77±0.75 ^{ab}	1.01±0.63 ^b	3.61±1.18 ^a	3.44±1.34 ^a
八氢-3,6,8,8-四甲基-1H-3a,7-亚甲基甘菊环-6-醇	$C_{15}H_{26}O$	222	0.73±0.41 ^a	0.74±0.26 ^a	/	0.95±0.16 ^a	0.91±0.27 ^a
十五烷酸甲酯	$C_{16}H_{32}O_2$	257	0.76±0.12 ^a	0.38±0.24 ^a	/	0.62±0.54 ^a	0.57±0.33 ^a
己内酰胺	$C_6H_{11}NO$	113	/	0.35±0.23 ^a	/	/	0.51±0.32 ^a
十六烷酸甲酯	$C_{17}H_{34}O_2$	270	18.18±2.26 ^a	14.85±1.62 ^a	18.85±1.51 ^a	16.99±2.12 ^a	18.08±3.22 ^a
顺-9-十六碳烯酸甲酯	$C_{17}H_{32}O_2$	268	3.13±0.27 ^a	2.32±1.23 ^a	2.42±0.71 ^a	3.53±1.14 ^a	3.14±0.65 ^a
2,4-二叔丁基酚	$C_{14}H_{22}O$	206	0.46±0.34 ^a	0.52±0.41 ^a	/	0.60±0.12 ^a	0.56±0.31 ^a
十七烷酸甲酯	$C_{18}H_{36}O_2$	284	0.42±0.31 ^a	0.36±0.16 ^a	/	/	0.41±0.23 ^a
十七碳烯酸甲酯	$C_{18}H_{34}O_2$	282	0.38±0.27 ^a	/	/	/	0.25±0.09 ^a
十八烷酸甲酯	$C_{19}H_{38}O_2$	298	3.08±1.24 ^b	3.74±1.75 ^b	9.39±1.43 ^a	2.64±0.92 ^b	2.95±1.22 ^b
8-十八烯酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	296	14.83±3.00 ^{ab}	16.36±2.23 ^{ab}	11.48±2.78 ^b	16.61±2.51 ^a	16.29±3.25 ^{ab}
顺-9-十八烯酸甲酯	$C_{19}H_{36}O_2$	296	7.07±2.37 ^a	7.05±2.23 ^a	7.05±1.96 ^a	7.22±1.63 ^a	7.27±1.52 ^a
十八碳二烯酸甲酯	$C_{19}H_{34}O_2$	294	3.13±1.79 ^a	3.56±1.26 ^a	3.06±1.42 ^a	3.55±0.98 ^a	3.40±1.27 ^a
顺十八碳三烯酸甲酯	$C_{19}H_{32}O_2$	292	0.43±0.14 ^a	/	/	0.91±0.46 ^a	/
9,12,15-十八碳三烯酸甲酯	$C_{19}H_{32}O_2$	292	0.89±0.23 ^a	0.69±0.28 ^a	/	0.88±0.32 ^a	/
顺-5-二十碳烯酸甲酯	$C_{21}H_{40}O_2$	324	5.70±2.07 ^a	7.64±1.26 ^a	4.88±1.81 ^a	6.33±1.77 ^a	6.86±2.23 ^a
顺-11-二十碳烯酸甲酯	$C_{21}H_{40}O_2$	324	/	1.78±0.73 ^a	2.90±0.24 ^a	2.77±1.02 ^a	2.42±0.76 ^a
顺-13-二十碳烯酸甲酯	$C_{21}H_{40}O_2$	324	2.80±0.90 ^a	3.83±1.25 ^a	/	/	/
10,13-二十碳二烯酸甲酯	$C_{21}H_{38}O_2$	322	/	/	/	0.54±0.22	/
顺-11,14-二十碳二烯酸甲酯	$C_{21}H_{38}O_2$	322	/	1.14±0.79 ^a	/	1.04±0.41 ^a	/
8,11-二十碳二烯酸甲酯	$C_{21}H_{38}O_2$	322	1.02±0.48 ^a	/	1.63±0.71 ^a	/	1.01±0.48 ^a
二十二碳二烯酸甲酯	$C_{23}H_{42}O_2$	350	7.97±1.28 ^a	7.78±2.24 ^a	7.96±0.55 ^a	7.26±1.33 ^a	7.97±1.90 ^a
二十二碳三烯酸甲酯	$C_{23}H_{40}O_2$	348	/	0.37±0.24 ^b	0.97±0.22 ^a	0.43±0.19 ^b	0.35±0.10 ^b

转下页

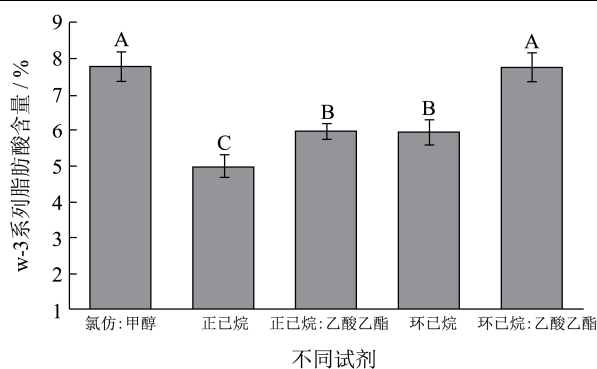


图 4 不同试剂提取鲍鱼内脏油脂 ω -3 系列脂肪酸含量

Fig.4 Different reagents on ω -3 fatty acid content in abalone visceral lipids

注: 图中误差棒上方附有不同字母, 没有相同字母表明差异显著 ($p < 0.05$)。

接上页

顺-5,8,11,14-二十碳四烯酸 甲酯	C ₂₁ H ₃₄ O ₂	318	9.60±2.32 ^a	8.57±2.17 ^a	8.52±1.94 ^a	8.41±2.52 ^a	8.89±1.75 ^a
8,11,14,17-二十碳四烯酸 甲酯	C ₂₁ H ₃₄ O ₂	318	0.44±0.14 ^a	/	/	0.81±0.28 ^a	/
二十碳五烯酸甲酯	C ₂₁ H ₃₂ O ₂	316	/	/	1.85±0.35 ^a	3.42±0.80 ^a	3.42±1.06 ^a
二十二碳四烯酸甲酯	C ₂₃ H ₃₈ O ₂	346	1.42±0.33 ^a	1.57±0.57 ^a	1.38±0.29 ^a	1.07±0.42 ^a	1.13±0.28 ^a
二十二碳五烯酸甲酯	C ₂₃ H ₃₆ O ₂	344	6.43±0.62 ^a	5.28±0.25 ^a	3.11±0.84 ^b	2.50±0.95 ^b	2.52±0.48 ^b
缩水甘油硬脂酸	C ₂₁ H ₄₀ O ₃	340	/	1.05±0.42 ^a	/	0.54±0.32 ^a	/
2,2'-亚甲基双(6-叔丁基-4- 甲基)苯酚	C ₂₃ H ₃₂ O ₂	340	0.75±0.19 ^b	/	1.40±0.14 ^a	0.75±0.21 ^b	0.89±0.07 ^b
十八碳烯酰胺	C ₁₈ H ₃₅ NO	281	0.39±0.04 ^b	/	0.78±0.17 ^a	/	/

注: 其中 A、B、C 和 D 代表不同的提取试剂, A-氯仿/甲醇; B-正己烷/乙酸乙酯; C-正己烷; D-环己烷/乙酸乙酯; E-环己烷; 同一行中没有相同字母表明差异显著 ($p < 0.05$)。

3 结论

3.1 不同提取试剂对鲍鱼内脏油脂以及磷脂的提取得率具有显著影响。分析结果表明, 正己烷/乙酸乙酯 (3:1, *V/V*) 萃取油脂的得率最佳, 达 $14.87 \pm 0.69\%$, 同时其磷脂得率也最佳, 占 $11.48 \pm 0.71\%$; 其次是环己烷/乙酸乙酯, 与正己烷/乙酸乙酯相差不大; 氯仿/甲醇改良法萃取油脂得率为 $11.16 \pm 0.41\%$, 磷脂得率为 $7.81 \pm 0.29\%$; 正己烷提取的油脂萃取得率最低, 仅 $8.61 \pm 0.79\%$, 磷脂得率也最低。从油脂组分分析可知, 五种不同试剂对油脂和磷脂的提取得率以及脂肪酸成分和含量之间存在一定的差异, 饱和脂肪酸有 4~7 种, 单不饱和脂肪酸有 5~6 种, 多不饱和脂肪酸 8~12 种, 其中 ω -3 系脂肪酸约占 $4.96\% \sim 7.83\%$ 。氯仿/甲醇改良法得到的多不饱和脂肪酸共 8 种, 含量最高, 其中 ω -3 系 (亚麻酸和 DPA) 占 7.75% , 采用环己烷/乙酸乙酯得到的多不饱和脂肪酸多达 12 种, 含量与其差异不大, 且其 ω -3 系脂肪酸不仅含亚麻酸、DPA, 还存在 3.42% 的 EPA, 总含量也达 7.71% 。

3.2 研究发现不同试剂对鲍鱼内脏油脂萃取后, 其得率和组成存在差异。从提取粗脂肪的得率和及其脂肪酸组成角度考虑, 环己烷/乙酸乙酯对鲍鱼内脏油脂萃取的经济价值和营养价值相对较佳。

参考文献

- [1] Stadelmann-Ingrand S, Pontcharraud R, Fauconneau B. Evidence for the reactivity of fatty aldehydes released from oxidized plasmalogens with phosphatidyle thanamine to form schiff base adducts in rat brain homogenates [J]. *Chemistry and Physics of Lipids*, 2004, 131(1): 93-105
- [2] 刘艳青. 皱纹盘鲍地域及季节性差异分析及内脏磷脂减肥活性研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013
- [3] LIU Yan-qing. Studies on the original and seasonal analysis of abalone (*haliotis discus hannai* ino) and anti-obesity activity of phospholipids from abalone viscera [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013
- [4] Suleria H A R, Masci P P, Gobe G C, et al. Therapeutic potential of abalone and status of bioactive molecules: a comprehensive review [J]. *Food Science and Nutrition*, 2015
- [5] Tao Z P, Sun L C, Qiu X J, et al. Preparation, characterisation and use for antioxidant oligosaccharides of a cellulase from abalone (*haliotis discus hannai*) viscera [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2016, 96(9): 3088-3097
- [6] You L J, Gao Q, Feng M Y, et al. Structural characterisation of polysaccharides from tricholoma matsutake and their antioxidant and antitumour activities [J]. *Food Chemistry*, 2013, 138(4): 2242-2249
- [7] 叶丹榕, 黄月娥, 陈锦权, 等. 鲍鱼脏器多糖对糖尿病小鼠生理功能的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(4): 26-33
- [8] YE Dan-rong, HUANG Yue-e, CHEN Jin-quan, et al. Impact of crude polysaccharides from abalone viscera on the physiological function of diabetic mice [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 30(4): 26-33
- [9] Folch J, Lees M, Sloane-Stanley G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues [J]. *Biol. Chem.*, 1957, 20: 337-342
- [10] 赵平, 王泽南, 余顺火, 等. 龙虾虾头中虾油提取工艺的研究 [J]. *食品科技*, 2008, 33(5): 96-99
- [11] ZHAO Ping, WANG Ze-nan, YU Shun-huo, et al. Study on extraction of crawfish oil in crawfish waste [J]. *Food Science and Technology*, 2008, 33(5): 96-99
- [12] 周如金, 赵顺珠, 黄晓梅, 等. 虾头油提取工艺研究[J]. 中国油

- 脂,2008,33(5):77-79
ZHOU Ru-jin, ZHAO Shun-zhu, HUANG Xiao-mei, et al. Oil extraction from shrimp head [J]. *China Oils and Fats*, 2008, 33(5): 77-79
- [10] 孙文静,卫飞,袁军,等.酸肉发酵中脂肪的变化及对小鼠血脂的影响[J].*食品科学*,2013,34(11):263-267
SUN Wen-jing, WEI Fei, YUAN Jun, et al. Changes of lipids in sour meat during fermentation and its influence on animal blood lipids [J]. *Food Chemistry*, 2013, 34(11): 263-267
- [11] Kuaela S, Krempasky V, Kolarov J, et al. Formation, Size, and solubility in chloroform/methanol of products of protein synthesis in isolated mitochondria of rat liver and zajdela hepatoma [J]. *Products of Mitochondrial Protein Synthesis*, 1975, 58(2): 483-491
- [12] Dianoux A C, Bof M, Ccsarini R, et al. Resolution and partial characterization of a low-molecular-weight product of protein synthesis in isolated rat-liver mitochondria [J]. *Mitochondrial Protein Synthesis*, 1976, 67(1): 61-66
- [13] 孙尚德,毕艳兰,徐玲,等.从油脚、皂脚混合物中提取油脂的不同方法的比较研究[J].*粮油加工与食品机械*,2005,5:48-49
SUN Shang-de, BI Yan-lan, XU Ling, et al. The comparative study on different methods of extracting oil from the mixture of oil and soap [J]. *Machinery for Cereals Oil and Food Processing*, 2005, 5: 48-49
- [14] 周莉,丛宝磊,侯双,等.4种虾脂肪的提取及其脂肪酸组成的气相色谱分析[J].*食品科学*,2015,36(20):152-156
ZHOU Li, CONG Bao-lei, HOU Shuang, et al. Extraction of lipids from four shrimp species and analysis of fatty acid composition by gas chromatography [J]. *Food Chemistry*, 2015, 36(20): 152-156