

文章编号:1007-2985(2017)01-0049-07

# 鳙鱼内脏油超声辅助提取及其理化特性\*

李笑<sup>1</sup>, 余佶<sup>1,2</sup>, 余兆硕<sup>1</sup>, 吕雯姣<sup>1</sup>, 钟兴<sup>1</sup>, 麻成金<sup>1,2</sup>

(1.吉首大学食品科学研究所,湖南吉首416000;2.吉首大学植物资源保护与  
利用湖南省高校重点实验室,湖南吉首416000)



**摘要:**以鳙鱼内脏为原料,环己烷为提取溶剂,探讨超声波辅助提取鳙鱼内脏油工艺,运用响应面法优化提取工艺条件,并研究鳙鱼内脏油的脂肪酸组成和理化特性.结果表明,提取优化工艺条件为液料比4:1(mL/g),提取温度50℃,提取时间57min,超声波功率400W.在此条件下,鳙鱼内脏油提取率可达94.82%.所得鱼油色泽淡黄,有轻微的鱼腥味,酸值10.15mg KOH/g,过氧化值1.53μmol/g,碘值135g I<sub>2</sub>/100g,水分及挥发物质量分数0.34%,不溶性杂质质量分数0.38%,达到一级粗鱼油标准.经GC-MS分析检出脂肪酸13种,主要不饱和脂肪酸为油酸(29.95%)和亚油酸(11.79%),此外含有一定量的二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳五烯酸(DPA)和二十二碳六烯酸(DHA).

**关键词:**鳙鱼内脏;鱼油;提取;脂肪酸组成;理化特性

中图分类号:TS254.1

文献标志码:B

DOI:10.3969/j.cnki.jdx.2017.01.011

鳙鱼(*Aristichthys nobilis*)又叫胖头鱼、雄鱼等,为淡水鱼的一种,是中国4大家鱼之一,资源丰富,年产量大<sup>[1]</sup>.鳙鱼基本构成是中鱼头35%、鱼尾9.5%、鱼鳞2.5%、内脏10%、鱼皮和鱼骨8%、鱼肉35%<sup>[2]</sup>.在加工过程中内脏大多作为废弃物处理,开展鳙鱼内脏的综合利用研究具有积极的现实意义.目前,对部分鱼类内脏油的提取及脂肪酸组成分析已有报道<sup>[3-6]</sup>,对鳙鱼肌肉和内脏营养成分研究也有报道<sup>[1-2,7-8]</sup>,但未见关于鳙鱼内脏油提取及脂肪酸组成等方面的文献.本实验拟研究鳙鱼内脏油的理化特性,旨在为综合利用鳙鱼内脏并实现废物资源化提供参考依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

鲜活鳙鱼内脏取自吉首市农贸市场,去代谢物,洗净沥干,绞碎后经真空冷冻干燥,制粉、封装,置于0~4℃冰箱中保存备用.

正己烷、石油醚(沸程30~60℃)、氢氧化钾、乙醇(体积分数95%)、盐酸、浓硫酸、无水硫酸钠、尿素、甲醇、碘化钾、硫代硫酸钠、环己烷、冰乙酸和一氯化碘等为分析纯;甲醇、正己烷为色谱纯.

### 1.2 实验仪器

JY92-II超声细胞粉碎机,宁新芝生物科技股份有限公司;7890A-5975C气相色谱-质谱联用仪,美国安捷伦;MDF-192超低温冰箱,日本三洋;真空冷冻干燥机,SEM公司;LXJ-IIB型离心机,上海安亭科学仪器厂;101-2AB型鼓风恒温干燥箱,天津泰斯特公司;FA2004型电子天平,上海舜宇恒平科仪公司;pH-2型酸度计,上海科仪公司;FW-100高速万能粉碎机,天津泰斯特公司;HJ-3数显恒温磁力搅拌器,常州澳华仪器有限公司;HH-S2恒温水浴锅,金坛市成辉仪器厂;RE-52AA旋转蒸发器,上海予华公司.

\* 收稿日期:2015-11-30

基金项目:吉首大学生物与食品类专业大学生创新项目(JDCX201404);吉首大学校级科研项目(14JDX026)

通信作者:麻成金(1963—),男,湖南凤凰人,吉首大学食品科学研究所教授,硕士,主要从事食物资源与利用研究.

### 1.3 研究方法

1.3.1 鳙鱼内脏油提取工艺 鲜活鳙鱼内脏—预处理—鳙鱼内脏冻干粉—超声辅助提取—离心分离—旋转蒸发—溶剂回收—干燥—粗鳙鱼内脏油。

1.3.2 单因素实验 固定其他反应条件,分别探讨液料比(液:环己烷;料:鳙鱼内脏冻干粉)、提取温度、超声提取时间、超声波功率等因素对鳙鱼内脏油提取率的影响<sup>[4,9]</sup>。

1.3.3 优化实验 在单因素实验基础上,运用 Design-Expert8.0.6 软件,根据 Box-Behnken 实验设计原理,选取 3 个影响显著的因素为自变量,以鳙鱼内脏油提取率为响应值,进行 3 因素 3 水平的响应面设计优化实验,得出优化工艺参数,并进行验证性实验<sup>[10]</sup>。

1.3.4 鳙鱼内脏油含量测定 采用索氏提取法,参照 GB/T 14772—2008。

1.3.5 鳙鱼内脏油提取率计算 提取率=提取鳙鱼内脏油质量(g)/鳙鱼内脏冻干粉原料中粗脂肪质量(g)×100%。

1.3.6 鳙鱼内脏油脂肪酸组成 GC-MS 分析 取鳙鱼内脏油 1.0 g,加入 0.5 mol/L KOH 甲醇溶液 10 mL,摇匀,在 60 °C 水浴中进行甲酯化处理 1.5 h 后,加入 10 mL 正己烷萃取,摇匀后静置分层,取上清液用二次蒸馏水洗涤 2~3 次,无水硫酸钠脱水,5 000 r/min 离心 10 min,取上清液用于 GC-MS 分析<sup>[11-12]</sup>。

色谱条件:HP-5MSAgilent 190191S-433 型石英毛细管柱(325 °C,30 m×250 μm,0.25 μm),载气为高纯氦气(99.999%),柱前压 69.8 kPa,柱内载气流量 2 mL/min。升温程序:150 °C 开始保持 2 min,以 5 °C/min 升温到 200 °C,再以 10 °C/min 升温到 280 °C 保持 10 min。气化室温度 300 °C。分流比 80:1,样品进样量 1 μL<sup>[13-14]</sup>。

质谱条件:EI 离子源 230 °C,溶剂延迟 4 min,电子能量 70 eV,四级杆温度 150 °C,扫描范围 30~500 u,MSD 传输线温度 230 °C,电子倍增器电压 2 300 V<sup>[13-14]</sup>。

1.3.7 鳙鱼内脏油理化特性分析<sup>[12,15-16]</sup> 色泽测定参照 GB/T 5525—2008;水分及挥发物含量测定参照 GB/T 5528—2008;不溶性杂质含量测定参照 GB/T 15688—2008;酸值测定参照 GB/T 5530—2005;碘值测定参照 GB/T 5532—2008;过氧化值测定参照 GB/T 5538—2005。

## 2 结果与讨论

### 2.1 鳙鱼内脏粗脂肪含量的测定

采用索氏提取法,称取 5.0 g 鳙鱼内脏冻干粉,用沸程 30~60 °C 的石油醚索氏抽提 6 h,进行 3 组平行实验,测得鳙鱼内脏冻干粉粗脂肪质量分数分别为 42.89%,42.71%,43.21%,平均值 42.93%。

### 2.2 鳙鱼内脏油提取单因素实验

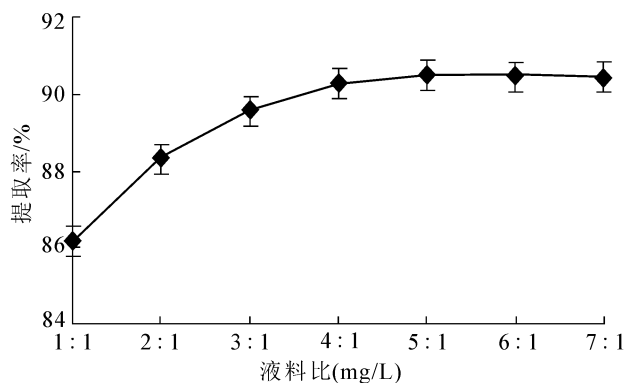


图 1 液料比对鳙鱼内脏油提取率的影响

2.2.1 液料比对鳙鱼内脏油提取率的影响 设定超声波功率 400 W,超声提取时间 50 min,提取温度 50 °C,分别选取液料比 1:1,2:1,3:1,4:1,5:1,6:1,7:1(mL/g)进行提取,考察液料比对鳙鱼内脏油提取率的影响,结果见图 1。

由图 1 可知:当液料比小于 4:1(mL/g)时,鳙鱼内脏油提取率随溶剂用量增加而增大;当液料比大于 4:1(mL/g)时,内脏油提取率增加不明显,继续增大溶剂用量对提取率的贡献不大。考虑到提取成本,液料比选择在 4:1(mL/g)左右较适宜。

2.2.2 提取温度对鳙鱼内脏油提取率的影响 设定 4:1(mL/g)的液料比,超声波功率 400 W,超声提取时间 50 min,分别选取提取温度 20,30,40,50,60,70 °C,考察提取温度对鳙鱼内脏油提取率的影响,结果见图 2。

由图 2 可知:在低于 50 °C 的温度范围内,随着温度的升高,鳙鱼内脏油提取率逐步增大;当温度超过 50 °C 时,提取率有所下降。随着提取温度的升高,分子运动加剧,溶剂和油的粘度下降,传质阻力减小,有利

于油的渗透,因此油的浸出率提高;当达到 50 °C 后,温度继续升高,溶剂挥发损耗加剧,同时油脂容易发生化学反应而损失,导致内脏油提取率下降<sup>[17]</sup>.考虑到油品质、提取率及提取成本等,提取温度选用 50 °C 为宜.

### 2.2.3 超声提取时间对鳙鱼内脏油提取率的影响

设定 4 : 1(mL/g)的液料比,超声波功率 400 W,提

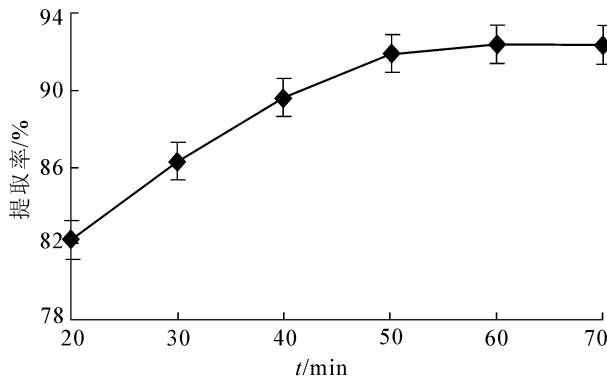


图 3 超声提取时间对鳙鱼内脏油提取率的影响

不断增加,随着时间延长,浓度差逐渐缩小,扩散趋于平衡,油脂浸出很少<sup>[18]</sup>.考虑到设备利用等,超声提取时间取 50 min 左右为宜.

### 2.2.4 超声波功率对鳙鱼内脏油提取率的影响

设定 4 : 1(mL/g)的液料比,超声提取时间 50 min,提取温度 50 °C,分别选取超声波功率 100,200,300,400,500,600 W,考察超声波功率对鳙鱼内脏油提取率的影响,结果见图 4.

由图 4 可知:随着超声波功率增大,鳙鱼内脏油提取率也随之增高,超声波功率越大,空化作用和机械作用越强烈,分子扩散速度也就越大,油脂渗出就越快<sup>[9]</sup>.超声波功率超过 400 W 后,提取率达到相对稳定,故超声波功率选择 400 W 为宜.

## 2.3 鳙鱼内脏油提取优化实验

表 1 响应面优化实验因素水平与编码

编码值	因素		
	A(mL/g)	B/W	C/min
-1	3 : 1	300	40
0	4 : 1	400	50
+1	5 : 1	500	60

2.3.1 Box-Behnken 实验设计及实验结果 在单因素实验基础上,选取液料比(A)、超声波功率(B)和超声提取时间(C)3 个因素为自变量,以鳙鱼内脏油提取率 Y 为响应值,设计响应面优化实验.依据 Box-Behnken 实验设计方案,设计 17 组实验,其中 1—12 组是析因实验,13—17 组是中心点重复实验.实验设计与结果见表 1 和表 2,方差分析见表 3.

表 2 响应面优化实验设计及结果

序号	因素			Y/%	
	A	B	C	实验值	预测值
1	1	-1	0	86.27	86.02
2	0	-1	-1	82.19	82.63
3	1	0	1	94.22	94.98

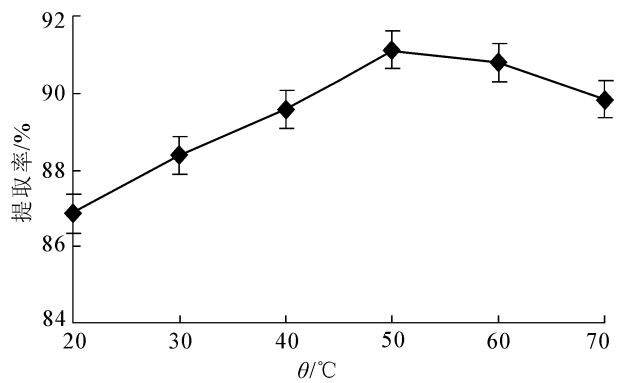


图 2 提取温度对鳙鱼内脏油提取率的影响

取温度 50 °C,分别选取超声提取时间 20,30,40,50,60,70 min,考察超声提取时间对鳙鱼内脏油提取率的影响,结果见图 3.

由图 3 可知:鳙鱼内脏油提取率在提取时间小于 50 min 时随时间延长而增加,超过 50 min 后,内脏油提取率增加趋于平缓.料液间的初始浓度差较大,油脂的扩散速度较快,起始阶段内脏油浸出率会

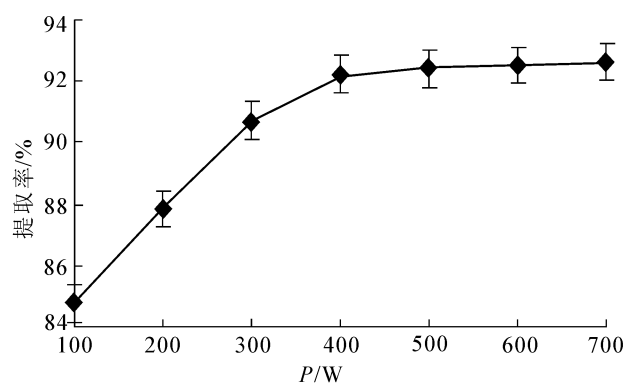


图 4 超声功率对鳙鱼内脏油提取率的影响

续表 2

序号	因素			Y/%	
	A	B	C	实验值	预测值
4	0	0	0	92.15	91.51
5	0	1	1	92.78	92.34
6	0	-1	1	89.42	88.91
7	-1	0	1	89.14	89.34
8	0	0	0	91.17	91.51
9	0	0	0	90.75	91.51
10	1	0	-1	86.55	86.35
11	1	1	0	89.70	89.39
12	-1	-1	0	82.35	82.67
13	0	0	0	91.94	91.51
14	-1	1	0	90.27	90.52
15	0	1	-1	89.91	90.42
16	-1	0	-1	90.53	89.77
17	0	0	0	91.52	91.51

表 3 方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值(Prob>F)	统计学意义
回归模型	176.36	9	19.60	36.54	<0.000 1	a
A	2.48	1	2.48	4.62	0.068 8	
B	62.89	1	62.89	117.28	<0.000 1	a
C	33.54	1	33.54	62.54	<0.000 1	a
AB	5.04	1	5.04	9.40	0.018 2	b
AC	20.52	1	20.52	38.27	0.000 5	a
BC	4.75	1	4.75	8.86	0.020 6	b
B <sup>2</sup>	36.56	1	36.56	68.18	0.005 5	a
C <sup>2</sup>	1.044×10 <sup>-3</sup>	1	1.044×10 <sup>-3</sup>	1.948×10 <sup>-3</sup>	0.966 0	
残差	3.75	7	0.54			
失拟	2.47	3	0.82	2.55	0.193 5	
纯误差	1.29	4	0.32			
总和	180.11	16				

模型的相关系数  $R^2=0.979 2$ , 模型的调整确定系数  $R_{adj}^2=0.952 4$

注 a 表示差异极具统计学意义( $P<0.01$ ), b 表示差异具统计学意义( $0.01<P<0.05$ ).

运用 Design-Expert8.0.6 软件对表 2 中的实验结果进行拟合回归分析, 得出如下数学模型方程:

$$Y=91.51+0.56A+2.80B+2.05C-1.12AB+2.27AC-1.09BC-1.41A^2-2.95B^2+0.016C^2.$$

从表 3 分析可知, 模型极具统计学意义( $P<0.000 1$ ), 相关系数  $R^2=0.979 2$ , 模型调整确定系数  $R_{adj}^2=0.952 4$ , 失拟项不具统计学意义( $P>0.05$ ), 说明本实验所得二次回归方程高度具统计学意义, 该模型对实验数据能进行较好的拟合, 预测响应值. 其影响因素主次顺序为  $B>C>A$ . 删除不显著交互项, 二次多元回归模型方程可简化为

$$Y=91.51+0.56A+2.80B+2.05C-1.12AB+2.27AC-1.09BC-1.41A^2-2.95B^2.$$

2.3.2 响应曲面分析和参数优化 影响具统计学意义交互项的响应面和等高线见图 5—7. 为确定最佳参数点, 对数学回归模型求一阶偏导, 计算得出如下优化条件: 超声提取时间 56.67 min, 超声波功率 400 W, 液料比 4.13 : 1(mL/g), 提取率理论预测值 95.51%. 考虑到实际可操作性, 工艺参数调整为超声提取时间 57 min, 超声波功率 400 W, 液料比 4 : 1(mL/g).

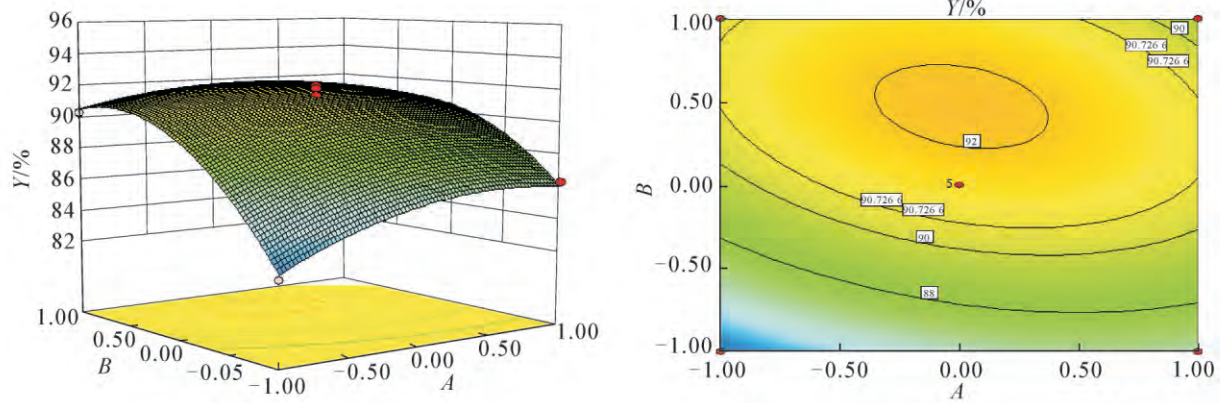


图 5 A-B 交互作用响应面及等高线

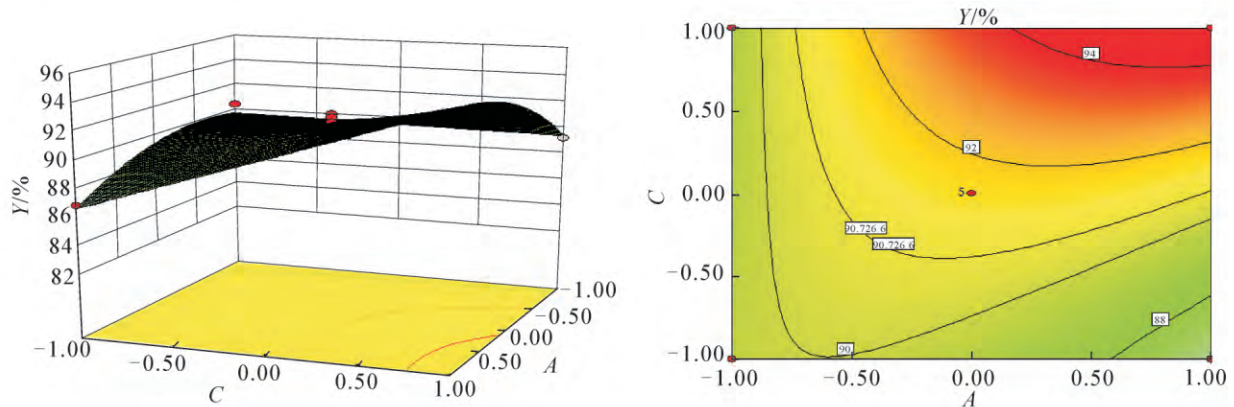


图 6 A-C 交互作用响应面及等高线

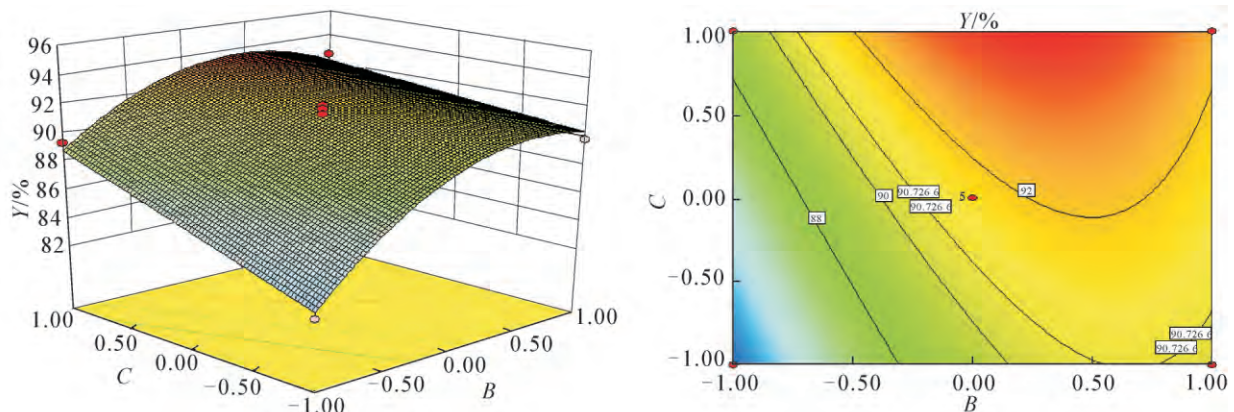


图 7 B-C 交互作用响应面及等高线

2.3.3 验证实验 在所得优化提取条件下进行 3 组平行验证实验,得鳙鱼内脏油提取率分别为 94.63%,94.75%,95.08%,平均值 94.82%,与理论预测值(95.51%)仅相差 0.69%.说明在本实验范围内建立的二次线性回归模型准确有效,可用来预测设定条件范围内及其周围的超声辅助提取鳙鱼内脏油的工艺参数.

#### 2.4 鳙鱼内脏油的感官与理化指标测定

提取所得鳙鱼内脏油外观呈浅黄色,有轻微的鱼腥味,其理化特性分析结果见表 4.从表 4 可知,粗鱼油的过氧化值较低,已达到粗鱼油的一级标准,但酸值偏高(10.15 mg/g),超出了鱼油的二级标准,这可能是由于部分鱼油在提取过程中发生水解造成的.另外,粗鱼油中还含有少量的水分、蛋白质、磷脂、粘液质、游离脂肪酸、胆固醇及色素等杂质,这些非甘油酯成分会影响油脂的品质和稳定性,需经过进一步精炼以提高鳙鱼内脏油的品质.

表 4 鳙鱼内脏油的感官与理化指标

感官与理化指标	鳙鱼内脏油(粗)	精制鱼油标准		粗鱼油标准	
		一级	二级	一级	二级
外观色泽	淡黄色	浅黄色或橙红色		浅黄色或红棕色,稍有混浊	
气味	有轻微鱼油腥味	有鱼油特有微腥味,无鱼油酸败味		有鱼油腥味,稍有鱼油酸败味	
水分及挥发物/%	0.34	≤0.1	≤0.2	≤0.3	≤0.5
酸值/(mg/g)	10.15	≤1.0	≤2.0	≤8	≤15
过氧化值/(mmol/g)	1.53	≤5.0	≤6.0	≤6	≤10
不溶性杂质/%	0.38	≤0.1	≤0.1	≤0.3	≤0.5
碘值/(g I <sub>2</sub> /100 g)	135	≥120	≥120	≥120	≥120

注 鱼油标准参照 SC/T 3502—2000.

### 2.5 鳙鱼内脏油的 GC-MS 分析结果

鳙鱼内脏油经甲酯化处理后作 GC-MS 分析.根据质谱裂解规律并结合相关文献,利用计算机对鳙鱼内脏油各组分进行 NIST05 标准谱库检索,确定其脂肪酸组分,采用峰面积归一化法计算各脂肪酸相对含量.总离子流色谱见图 8.鳙鱼内脏油脂肪酸组成及相对含量分析结果见表 5.

由表 5 可知,从鳙鱼内脏油中共检测出 13 种脂肪酸.其中:饱和脂肪酸 5 种,相对含量 41.99%;单不饱和脂肪酸 4 种,相对含量 41.44%;多不饱和脂肪酸 4 种,相对含量 15.29%.主要的不饱和脂肪酸为油酸(29.95%),其次为亚油酸(11.79%),此外含有一定量的 EPA, DPA 和 DHA.与姜启兴等<sup>[1]</sup>报道的鳙鱼腹部肉中脂肪酸组成种类及相对含量测定结果基本接近,但未检出 $\alpha$ -亚麻酸.

表 5 鳙鱼内脏油脂肪酸组成及相对含量

序号	脂肪酸名称	相对含量/%
1	C <sub>12:0</sub> 十二碳烷酸(月桂酸)	0.43
2	C <sub>14:0</sub> 十四碳烷酸(肉豆蔻酸)	4.91
3	C <sub>14:1</sub> 十四碳烯酸	1.38
4	C <sub>15:0</sub> 十五碳(烷)酸	1.73
5	C <sub>16:0</sub> 十六碳烷酸(棕榈酸)	17.60
6	C <sub>16:1</sub> 十六碳烯酸(棕榈油酸)	8.79
7	C <sub>18:0</sub> 十八碳烷酸(硬脂酸)	17.32
8	C <sub>18:1</sub> 十八碳烯酸(油酸)	29.95
9	C <sub>18:2</sub> 十八碳二烯酸(亚油酸)	11.79
10	C <sub>20:1</sub> 二十碳烯酸	1.32
11	C <sub>20:5</sub> 二十碳五烯酸(EPA)	1.95
12	C <sub>22:5</sub> 二十二碳五烯酸(DPA)	0.52
13	C <sub>22:6</sub> 二十二碳六烯酸(DHA)	1.23

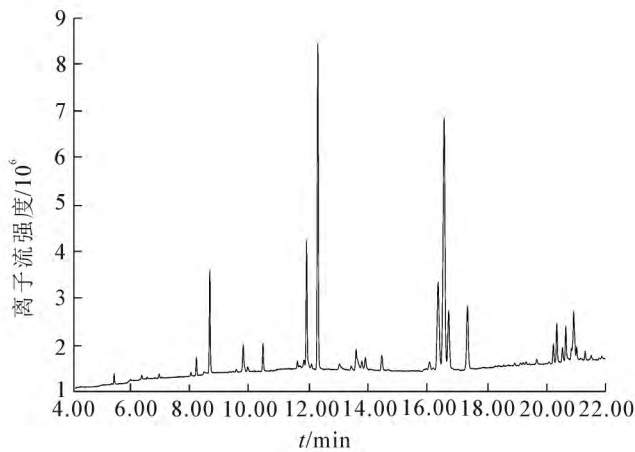


图 8 鳙鱼内脏油中脂肪酸甲酯总离子流色谱

### 3 结语

以新鲜鳙鱼内脏为原料,经预处理和真空冷冻干燥得到鳙鱼内脏冻干粉,冻干粉粗脂肪含量为 4.293%.以环己烷为溶剂提取鱼油,在单因素实验基础上,运用 Box-Behnken 中心实验设计响应面法对超声波辅助提取鳙鱼内脏油的工艺条件进行优化,运用 Design-Expert8.0.6 软件作数据处理,建立二次线性回归数学模型  $Y = 91.51 + 0.56A + 2.80B + 2.05C - 1.12AB + 2.27AC - 1.09BC - 1.41A^2 - 2.95B^2$ . 得出优化提取条件为超声提取时间 57 min, 超声波功率 400 W, 液料比 4:1 (mL/g), 提取温度 50 °C. 在此条件下,鳙鱼内脏冻干粉油脂提取率可达 94.82%,与模型方程理论预测值相吻合.

所得鳙鱼内脏油呈浅黄色,有轻微的鱼腥味,酸值 10.15 mg KOH/g,过氧化值 1.53  $\mu$ mol/g,碘值 135 g I<sub>2</sub>/100 g,水分及挥发物质量分数 0.34%,不溶性杂质质量分数 0.38%.与国家水产行业标准比较,除酸价

外,均达到一级粗鱼油标准,需进行精炼处理.对鳙鱼内脏油进行 GC-MS 分析,共检测出 13 种脂肪酸,不饱和脂肪酸总含量达 56.73%,主要不饱和脂肪酸为油酸(29.95%)和亚油酸(11.79%),此外含有一定量的 EPA, DPA 和 DHA.从理化特性和脂肪酸组成看,鳙鱼内脏油营养价值较好,具有一定的利用和开发价值.

#### 参考文献:

- [1] 姜启兴,吴佳芮,许艳顺,等.鳙鱼不同部位的成分分析及营养评价[J].食品科学,2014,35(5):183-187.
- [2] 陈 耕,刘忠义.鳙鱼内脏蛋白质和脂肪的分析[J].食品研究与开发,2009,30(5):112-114.
- [3] 王海磊,罗庆华,黄美娥,等.鲢鱼内脏油提取方法的比较研究[J].食品工业科技,2013,34(24):248-252;257.
- [4] 易翠平,钟春梅.二步提取法中鳙鱼内脏油的浸出工艺优化[J].食品工业科技,2013,34(14):242-245;250.
- [5] 王海磊,罗庆华,王苗苗,等.鳙鱼内脏油的提取方法研究[J].中国油脂,2014,39(4):10-15.
- [6] 胡卫强,宋 军,刘忠义.利用 GC-MS 分析草鱼内脏鱼油和菜籽油的脂肪酸组成[J].食品与机械,2011,27(5):48-51.
- [7] 王金娜,唐 黎,刘科强,等.人工养殖与野生鳙鱼肌肉营养成分的比较分析[J].河北渔业,2013(2):8-14.
- [8] 吴朝朝,赵 利,袁美兰,等.红鳙鱼和黑鳙鱼肌肉营养成分的分析与比较[J].河南工业大学学报(自然科学版),2015,36(2):83-88.
- [9] 侯 杰,王宝维,葛文华,等.超声波辅助法提取鹅肥肝油工艺的研究[J].中国粮油学报,2013,28(9):75-81.
- [10] 易翠平,钟春梅,王 莉.响应面法优化鳙鱼肌肉油提取工艺[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2013,10(3):90-95.
- [11] 谭汝成,熊善柏,刘敬科,等.提取条件对白鲢鱼油性质的影响及鱼油脂肪酸组成分析[J].食品科学,2008,29(2):72-75.
- [12] 钱明月,李梅青,吴 悠,等.凤丹籽油理化特性及脂肪酸 GC-MS 分析[J].天然产物研究与开发,2014,26(3):380-383.
- [13] 苏 超,蒲灵操,吴 凡,等.超声辅助提取仿栗种衣油工艺优化及其脂肪酸组成分析[J].中国食物与营养,2013,19(5):47-52.
- [14] 吴丽雅,黄 群,余 佶,等.杜仲籽油混合脂肪酸制备工艺优化及脂肪酸组成分析[J].食品工业科技,2013,34(14):287-291.
- [15] 麻成金,马美湖,张永康,等.杜仲翅果籽油与猕猴桃籽油的比较研究[J].吉首大学学报(自然科学版),2005,26(4):66-69.
- [16] 李广焱,邓泽元,范亚苇,等.鄱阳湖 10 种淡水鱼脂肪酸的特性研究[J].食品工业科技,2010,31(8):324-328.
- [17] 王 欣,张建新,黄晓燕,等.丰年虫油的超声波辅助提取工艺[J].食品科学,2012,33(8):121-125.
- [18] 户业丽,严旭优,程 波,等.超声法提取人工养殖鲟鱼精巢中脂肪工艺的研究[J].中国食品添加剂,2010(5):205-209.

## Ultrasound-Assisted Extraction of Bighead Carp Viscera Oil and Its Physicochemical Properties

LI Xiao<sup>1</sup>, YU Ji<sup>1,2</sup>, YU Zhaoshuo<sup>1</sup>, LÜ Wenjiao<sup>1</sup>, ZHONG Xing<sup>1</sup>, MA Chengjin<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Food Science, Jishou University, Jishou 416000, Hunan China; 2. Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Utilization, Jishou University, Jishou 416000, Hunan China)

**Abstract:** Taking the bighead carp viscera as raw material and cyclonexane as the extraction solvent, we studied the extraction process of bighead carp viscera oil through ultrasound-assisted extraction. The process was optimized by three factors and three levels of Box-Behnken response surface design, and the fatty acid composition and physical and chemical indicators of the crude fish oil were analyzed. The results showed that with 4 : 1 liquid-to-solid ratio at 50 °C within 57 min and 400 W extraction power, the extraction rate of the oil reached 94.82%. The fish oil obtained was light yellow, turbid and smelled a little, with 10.15 mg KOH/g acid value, 1.53 μmol/g peroxide value, 135 g I<sub>2</sub>/100 g iodine value, 0.34% moisture content, and 0.38% impurity. Those indexes reached the standards of super fine crude fish oil. By means of GC/MS, 13 kinds of fatty acid were identified, the main unsaturated fatty acids being oleic acid (29.95%) and linoleic acid (11.79%). Moreover, certain amounts of eicosapentaenoic acid (EPA), docosapentenoic acid (DPA), docosahexenoic acid (DHA) were also found in the fish oil.

**Key words:** bighead carp viscera; fish oil; extraction; fatty acid composition; physicochemical property

(责任编辑 向阳洁)