

庸鲈鱼油提取工艺研究及其品质分析

衣美艳, 郭红, 毛毛

(山东东方海洋科技股份有限公司, 山东烟台 264003)

摘要:通过酶法提取庸鲈鱼油,对其提取条件及品质进行研究。在单因素试验基础上,以鱼油提取率为指标进行响应面优化试验。结果表明:庸鲈鱼油的最佳提取条件为料液比 1:2(质量比)、加酶量 0.25%(以总物料质量计)、动物蛋白酶与胰蛋白酶质量比 1:1.5、pH 7.5、酶解温度 52℃、酶解时间 2 h,在此条件下庸鲈鱼油提取率可达 79.85%;庸鲈粗鱼油的酸值、过氧化值、水分及挥发物、不溶性杂质均达到 SC/T 3502—2016 粗鱼油一级标准;庸鲈鱼油中饱和脂肪酸含量为 67.26%,不饱和脂肪酸含量为 33.76%,其中 EPA 和 DHA 的总含量为 13.62%;庸鲈粗鱼油感官性状达到 SC/T 3502—2016 精制鱼油标准。庸鲈鱼油是一种具有较高应用价值和开发潜力的新鱼油资源。

关键词:庸鲈鱼;鱼油;提取工艺;理化性质;脂肪酸组成

中图分类号:TS224;TQ644

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2018)09-0008-06

Extraction process and quality of hippoglossus oil

YI Meiyang, GUO Hong, MAO Mao

(Shandong Oriental Ocean Sci-Tec Co., Ltd., Yantai 264003, Shandong, China)

Abstract:The oil was extracted from hippoglossus by enzyme method, and the extraction conditions and qualities of hippoglossus oil were analyzed. With the extraction rate of hippoglossus oil as index, the extraction conditions were optimized by response surface methodology on the basis of single factor experiment. The results showed that the optimal extraction conditions were obtained as follows: mass ratio of solid to liquid 1:2, dosage of enzyme 0.25% (based on the mass of total material), mass ratio of animal protease to trypsin 1:1.5, pH 7.5, enzymolysis temperature 52℃ and enzymolysis time 2 h. Under the optimal extraction conditions, the extraction rate of hippoglossus oil reached 79.85%. The acid value, peroxide value, insoluble impurities, moisture and volatile matter met the standard of first grade crude oil in SC/T 3502—2016. The content of saturated fatty acids in hippoglossus oil was 67.26%, while the content of unsaturated fatty acids was 33.76%, in which the total content of EPA and DHA was 13.62%. The sensory properties of crude hippoglossus oil met the standard of refined fish oil in SC/T 3502—2016. So hippoglossus oil could be regarded as a kind of new fish oil resource with high application value and development potential.

Key words: hippoglossus; fish oil; extraction process; physicochemical property; fatty acid composition

鱼油富含 $n-3$ 不饱和脂肪酸,其中的主要成分二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)具有预防心血管疾病、缓和痛风及风湿性关节炎^[1]、

降脂降压^[2-3]及预防糖尿病^[4-5]等功效,此外 EPA 和 DHA 还是大脑神经细胞以及人体防御系统的重要组成部分,具有增强神经系统、增强记忆力的作用^[6-7]。目前海洋鱼油资源一部分作为营养添加剂,用于水产以及禽畜饲料,另一部分经过深加工进入食用领域,主要用于保健品和功能性食品^[8]。

随着人们对 $n-3$ 脂肪酸重要性认识的不断提高,鱼油的需求量呈指数状态增长^[9]。据美国 F&S 公司的调研报告称:今后几年国际市场鱼油交易量

收稿日期:2018-01-12;修回日期:2018-06-21

基金项目:山东省重点研发计划项目(医用食品专项计划)(2017YYSP008)

作者简介:衣美艳(1984),女,工程师,硕士,研究方向为水产品高值化利用(E-mail)yimeiyang928@126.com。

将维持在 26 万 ~ 30 万 t, EPA、DHA 等鱼油衍生物产品将会出现供不应求的状况, 价格将持续上涨^[10]。因此, 鱼油具有广泛的开发利用前景。

目前, 商业上 DHA 和 EPA 的来源主要是脂肪含量高的沙丁鱼、金枪鱼和鲑鱼等海洋鱼类。庸鲈鱼产自北大西洋的格陵兰海域, 在北太平洋也有分布, 2004 年被引入我国, 2010 年我国鲈鱼养殖产业已处于蓬勃发展时期^[11]。庸鲈鱼在加工生产过程中会产生鱼皮、鱼头、鱼骨等大量副产物, 本文旨在从鱼骨中提取庸鲈鱼油, 确定最优提取条件, 对其理化性质及脂肪酸组成进行分析, 探究其特性及开发应用前景, 为深海鱼油的开发提供新思路, 为庸鲈鱼油的深入研究提供理论支持, 同时提高庸鲈加工副产物附加值, 提高水产加工业的经济效益和社会效益。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料与试剂

庸鲈鱼骨: 由烟台山海食品有限公司提供; 动物蛋白酶(90 000 U/g): 合肥博美生物科技有限责任公司提供; 胰蛋白酶(200 000 U/g): 南宁庞博生物工程公司; 盐酸、甲醇、正己烷、无水乙醚等均为分析纯。

1.1.2 仪器与设备

HH-4 恒温水浴锅, TDZ4 低速大容量离心机, FA1104N 电子分析天平, 电热干燥箱, BL-3001 干燥器, Agilent 7890B 气相色谱仪。

1.2 试验方法

1.2.1 粗鱼油提取主要流程

庸鲈鱼骨 → 预处理 → 酶解 → 灭酶 → 离心 → 粗鱼油。

将庸鲈鱼骨解冻, 自来水清洗干净, 斩碎成 1 ~ 2 cm 小块备用。称取一定量庸鲈鱼骨碎块, 置于烧杯中, 按照一定的料液比加入水, 调节 pH 为 7.5, 然后加入一定量的复合酶(动物蛋白酶与胰蛋白酶复配)搅拌均匀, 置于一定温度的水浴锅中, 边搅拌边酶解, 酶解一定时间后取出。在 100 °C 条件下灭酶 5 min, 冷却至 20 °C, 5 000 r/min 离心 8 min, 分离出上层油脂即为粗鱼油, 将提取的粗鱼油冷冻备用。

鱼油提取率 = 提取的鱼油质量 / 原料中粗脂肪含量 × 100%

粗脂肪含量测定参照 GB/T 5009.6—2003, 以无水乙醚为溶剂, 采用索氏抽提法进行测定。

1.2.2 庸鲈鱼油理化性质的测定

酸值的测定参照 GB/T 5530—2005, 热乙醇测定法; 过氧化值的测定参照 GB/T 5538—2005, 硫代

硫酸钠滴定法; 碘值的测定参照 GB/T 5532—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。

1.2.3 庸鲈鱼油脂肪酸组成分析

甲酯化: 取 1 滴鱼油于具塞密封玻璃试管内, 加入 2 mL 盐酸-甲醇(体积比 1:5), 充氮液封, 于 75 °C 条件下酯化 1 h, 再将反应物移至分液漏斗中, 加入 1 mL 正己烷进行萃取, 取出上层正己烷相。正己烷相再用 2% 碳酸氢钾超纯水溶液洗涤, 随后移入具塞离心管中, 加入过量无水硫酸钠脱水 3 h, 3 000 r/min 离心 5 min, 将正己烷相取出, 放入小瓶中待分析。

色谱条件: HP-INNOWax 石英毛细管柱(30 m × 0.32 mm × 0.25 μm); 载气为高纯氦气; 采用恒压模式, 压力 54 kPa; 分流比 25:1; 进样口温度 230 °C; 检测器温度 250 °C; 进样量 1.0 μL。以面积归一化法定量, 采用标准品对照法定性。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 复合酶比对庸鲈鱼油提取率的影响

在料液比 1:1(质量比, 下同)、加酶量 0.2% (以总物料质量计, 下同)、pH 7.5、酶解温度 50 °C、酶解时间 2 h 条件下, 将动物蛋白酶与胰蛋白酶质量比分别设置为 3:1、2:1、1:1、1:2 和 1:3, 考察复合酶比对鱼油提取率的影响。结果如图 1 所示。

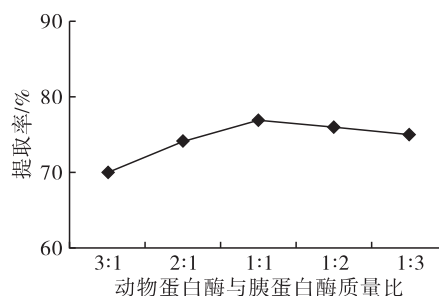


图 1 复合酶比对庸鲈鱼油提取率的影响

由图 1 可知, 随着胰蛋白酶比例升高, 鱼油提取率逐渐增大, 当复合酶配比为 1:1 时, 鱼油提取率最高, 胰蛋白酶比例继续增大时, 鱼油提取率呈降低趋势, 说明适当比例的动物蛋白酶和胰蛋白酶联合作用对蛋白质水解效果较好, 这可能因为两种酶对庸鲈蛋白中肽键水解作用更充分, 能更好地破坏蛋白质分子和脂肪分子的结合, 从而油脂能充分被释放出来, 提高鱼油提取率。

2.1.2 加酶量对庸鲈鱼油提取率的影响

在料液比 1:1、pH 7.5、酶解温度 50 °C、酶解时间 2 h、复合酶配比 1:1 条件下, 加酶量分别设定为

总物料质量的 0.15%、0.20%、0.25%、0.30% 和 0.35%，考察加酶量对鱼油提取率的影响。结果如图 2 所示。

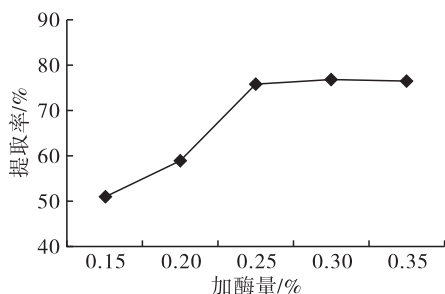


图 2 加酶量对庸鲈鱼油提取率的影响

由图 2 可知,随着加酶量的增加,鱼油提取率逐渐升高,当加酶量为 0.25% 时,鱼油提取率最高,主要因为随着酶解进行,被蛋白质包埋的脂肪被释放,随着加酶量增加,被释放的脂肪就越多。当酶解反应达到一定程度时,再继续增大加酶量对提取率变化影响不大。考虑到工业生产成本,鱼油提取率增加量和经济、能耗等因素综合衡量,将适宜加酶量确定为 0.25%。

2.1.3 料液比对庸鲈鱼油提取率的影响

在加酶量 0.25%、复合酶配比 1:1、pH 7.5、酶解温度 50℃、酶解时间 2 h 条件下,分别设定料液比为 1:1、1:2、1:3、1:4 和 1:5,考察料液比对鱼油提取率的影响。结果如图 3 所示。

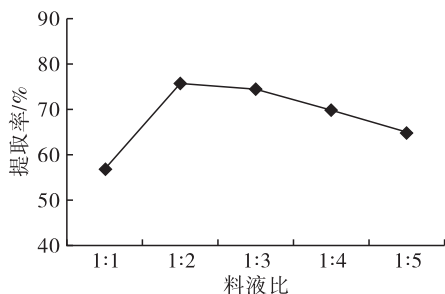


图 3 料液比对庸鲈鱼油提取率的影响

由图 3 可知,鱼油提取率随着加水量增加呈先增高后降低的趋势,当料液比为 1:2 时,鱼油提取率最高。这可能是因为水量适度增加,复合酶和底物流动性增强,接触充分,鱼油提取率增大,但水量过大,体系中溶解出的蛋白质过多,对脂肪分子又产生包埋作用,从而不利于油脂分离,因此导致鱼油提取率降低。

2.1.4 酶解温度对庸鲈鱼油提取率的影响

在料液比 1:2、pH 7.5、加酶量 0.25%、复合酶配比 1:1、酶解时间 2 h 条件下,酶解温度分别设定为 40、45、50、55℃ 和 60℃,考察酶解温度对鱼油提取率的影响。结果如图 4 所示。

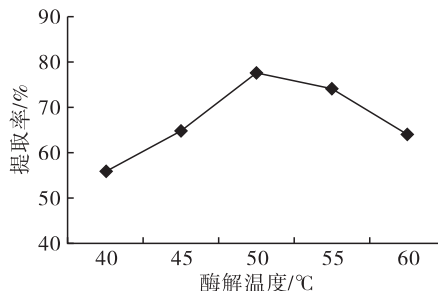


图 4 酶解温度对庸鲈鱼油提取率的影响

由图 4 可知,随着酶解温度升高,鱼油提取率先增大后降低,这是因为在适当的温度范围内,酶活性随着温度升高而增强,酶解程度提高,从而被释放的脂肪增多,当温度超过最适范围继续升高,会影响酶的活性,从而降低酶解反应程度,最终导致鱼油提取率降低。

2.1.5 酶解时间对庸鲈鱼油提取率的影响

在料液比 1:2、pH 7.5、加酶量 0.25%、复合酶配比 1:1、酶解温度 50℃ 条件下,酶解时间分别设定为 1.0、1.5、2.0、2.5 h 和 3.0 h,考察酶解时间对鱼油提取率的影响。结果如图 5 所示。

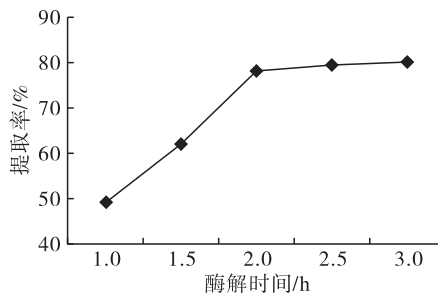


图 5 酶解时间对庸鲈鱼油提取率的影响

由图 5 可知,酶解时间在 1~2 h 时,鱼油提取率急速升高,当酶解时间超过 2 h 时,鱼油提取率略有增加但不明显,这是由于酶与底物作用时间长,可以提高酶解充分性,从而被释放的脂肪就越多。当酶解充分时,底物几乎被酶解完,因而鱼油提取率增加不明显。另外,酶解时间越长,鱼油中的多不饱和脂肪酸越易发生氧化,降低鱼油品质。因此,从工作效率、能耗、鱼油提取率增加量与经济衡量综合考虑,选择 2 h 为适宜酶解时间。

2.2 响应面试验

在单因素试验基础上,采用 Box - Behnken 设计方案,固定酶解时间 2 h,加酶量 0.25%,以料液比 (A)、复合酶配比 (B)、酶解温度 (C) 为试验因素,并以 1、0、-1 分别代表变量的水平,以鱼油提取率为响应值,采用 Design - Expert 软件对试验数据进行回归分析。响应面因素水平见表 1,响应面设计及其结果见表 2。

表1 响应面因素水平

水平	A 料液比	B 复合酶配比	C 酶解温度/℃
-1	1:1.5	1.5:1.0	45
0	1:2.0	1.0:1.0	50
1	1:2.5	1.0:1.5	55

表2 响应面因素设计及结果

试验号	A	B	C	提取率/%
1	-1	0	-1	53.8
2	-1	1	0	67.9
3	0	0	0	88.7
4	0	0	0	85.4
5	0	-1	-1	63.2
6	0	1	-1	70.8
7	1	1	0	71.5
8	0	0	0	87.7
9	0	-1	1	74.1
10	0	0	0	80.9
11	-1	-1	0	65.3
12	-1	0	1	59.2
13	1	0	-1	62.2
14	0	0	0	88.1
15	0	1	1	73.8
16	1	-1	0	72.5
17	1	0	1	68.1

利用 Design - Expert 软件对表 2 数据进行多元回归拟合,得到提取率(Y)对料液比(A)、复合酶配比(B)和酶解温度(C)的二次多项回归模型: $Y = 86.16 + 3.51A + 1.11B + 3.15C - 0.90AB + 0.12AC - 1.97BC - 13.26A^2 - 3.61B^2 - 12.08C^2$ 。

对二次多项回归模型进行分析,结果见表 3。

由表 3 可知,回归模型极显著($P < 0.01$);而失拟项不显著($P = 0.8037$),表明该模型拟合程度良好,可以用此模型对庸鲈鱼油提取条件进行分析和预测。从表 3 可以看出, A 、 A^2 、 C^2 对结果的影响极显著($P < 0.01$)。对鱼油提取率影响的大小依次为料液比 > 酶解温度 > 复合酶配比。

通过上述数学模型对庸鲈鱼油提取工艺进行响应面优化分析,得到最佳工艺条件为料液比 1:2、复合酶配比 1:1.5、酶解温度 52.24℃,此条件下庸鲈鱼油的提取率为 80.18%。考虑到实际操作情况,将酶解工艺参数修正为料液比 1:2、动物蛋白酶与胰蛋白酶质量比 1:1.5、酶解温度 52℃。为了检测模型的可靠性,对优化条件进行验证试验,得到庸鲈鱼油提取率平均值为 79.85%,与预测值无显著性差异($P < 0.05$),说明通过响应面优化得到的庸鲈鱼油提取条件是有效的。

表3 回归分析结果

方差来源	平方和	自由度	均方	F	P	显著性
模型	1 742.42	9	193.60	26.56	0.000 1	**
A	98.70	1	98.70	13.54	0.007 9	**
B	9.90	1	9.90	1.36	0.282 0	
C	79.38	1	79.38	10.89	0.013 1	*
A^2	739.77	1	739.77	101.50	<0.000 1	**
B^2	54.72	1	54.72	7.51	0.028 9	*
C^2	614.43	1	614.43	84.30	<0.000 1	**
残差	51.02	7	7.29			
失拟项	10.19	3	3.40	0.33	0.803 7	
纯误差	40.83	4	10.21			
总和	1 793.44	16				

注: ** 差异极显著, $P < 0.01$; * 差异显著, $P < 0.05$ 。

2.3 庸鲈粗鱼油感官性状(见表 4)

表4 庸鲈粗鱼油感官性状

性状	测定值	SC/T 3502—2016	
		粗鱼油	精制鱼油
外观	米白色,澄清透明,基本无沉淀	浅黄色或红棕色,微有浑浊或分层,可有部分沉淀	浅黄色或橙红色,澄清透明,无沉淀物
气味	几乎无鱼腥味,无鱼油酸败味	具有鱼油特有的腥味,稍有鱼油酸败味	稍有鱼油特有的腥味,无鱼油酸败味

由表 4 可知,庸鲈粗鱼油颜色为米白色,常温状态下澄清透明,几乎无鱼腥味,明显优于大多数粗鱼

油,达到了精制鱼油的标准。

受制于鱼油的感官性状,目前国内外推出的鱼

油保健食品主要是营养胶丸与微胶囊粉末油脂。国外已有一些商业化食用油、牛奶、肉制品中添加了鱼油^[12]。将鱼油添加于普通食品中可针对性地改善我国居民 DHA/EPA 摄入严重不足的情况,鱼油的不良风味与色泽尤其是特有的腥味限制了其应用范围。为掩饰鱼油腥味,通常只能将鱼油添加到风味浓的食品中,如将鱼油添加到紫苏油、花生油、芝麻油、能量棒和鱼肠中^[12-15]。庸鲈鱼油感官性状优良,精制难度较低,可有效提高鱼油类食品的受众接受度与依存度,因此可作为功能性食品良好的添加剂,拓宽鱼油的应用范围。

2.4 庸鲈粗鱼油理化性质(见表5)

表5 庸鲈粗鱼油理化性质

理化指标	测定值	SC/T 3502—2016 粗鱼油		
		一级	二级	三级
酸值(KOH)/(mg/g)	4	≤8.0	≤15.0	≤30.0
过氧化值/(meq/kg)	6.54	≤12.0	≤20.0	
碘值(I)/(g/100 g)	82	≥120		
水分及挥发物/%	0.12	≤0.3	≤0.5	≤0.8
不溶性杂质/%	0.48	≤0.5		

由表5可知,庸鲈粗鱼油的过氧化值仅为6.54 meq/kg,可以认为其在后序加工过程中较不易被氧化,同时酸值达到行业标准中的粗鱼油一级标准规定。碘值(I)为82 g/100 g,低于行业标准120 g/100 g,这是因为庸鲈粗鱼油中饱和脂肪酸含量较高,尤其是硬脂酸,可通过蒸馏法或低温结晶法脱除,通过富集与精制可获得较高品质的鱼油制品。另外,Cozzolinoa等^[16]研究发现,鱼油中的水分会和温度、光照及增强剂等单独或协同作用引发酸败(脂质氧化和水解),数据显示水分含量与酸败的相关系数较高,仅次于不饱和度。孙丽琴等^[17]研究发现在微生物和酶作用下,提高油脂试样中水分及挥发物含量,会加快油脂的酸败。而本研究中,庸鲈粗鱼油的水分含量较低,达到行业标准中的粗鱼油一级标准。综上可看出,庸鲈粗鱼油品质较高,具有较高的开发利用潜力。

2.5 庸鲈粗鱼油脂肪酸组成(见表6)

由表6可知,庸鲈粗鱼油中饱和脂肪酸含量为67.26%,主要为硬脂酸,不饱和脂肪酸含量为33.76%,其中棕榈油酸含量较高,EPA和DHA的总含量为13.62%,EPA含量明显高于DHA。

庸鲈鱼油中棕榈油酸含量较高,达到16.20%。棕榈油酸为n-7脂肪酸,具有增加细胞膜的流动性、抑制肿瘤的发生、减轻炎症以及糖尿病、心脏病等特殊功效。朱建龙等^[18]对比4种粗鱼油数据发

现,沙丁鱼油、金枪鱼油、鳕鱼油中均具有较高比例的棕榈油酸,其中鳕鱼油中含量最高,为15.29%。

表6 庸鲈粗鱼油脂肪酸组成及相对含量

脂肪酸	相对含量/%
肉豆蔻酸(C14:0)	9.73
棕榈酸(C16:0)	16.44
棕榈油酸(C16:1)	16.20
硬脂酸(C18:0)	41.09
花生四烯酸(C20:4)	3.94
二十碳五烯酸(EPA,C20:5)	10.47
二十二碳六烯酸(DHA,C22:6)	3.15

鱼油是EPA和DHA的主要来源,二者的含量为4%~40%,多数鱼油中DHA含量高于EPA或两者含量接近,研究结果表明鳕鱼、金枪鱼、罗非鱼、鲈鱼等常见鱼油中DHA含量均高于EPA,而沙丁鱼等小型青背鱼油中EPA含量高于DHA^[18]。庸鲈鱼油中EPA含量相对较高,不适合婴幼儿、青少年与孕妇使用^[19],但是EPA可有效控制并抑制血小板在血管壁的凝集,减少血栓的形成,预防心肌梗死与脑梗死^[20],较适合中老年人群。因此,经低温结晶等方法对庸鲈鱼油进行富集后可以作为辅料或营养补充剂应用于中老年人的医用食品中。

3 结论

本研究通过对庸鲈加工副产物鱼骨中粗鱼油酶法提取工艺条件研究,确定最佳提取条件为:料液比1:2,动物蛋白酶与胰蛋白酶质量比1:1.5,酶解温度52℃,加酶量0.25%,酶解时间2h。在最佳提取条件下庸鲈鱼油提取率为79.85%。对庸鲈鱼油品质进行分析研究,发现庸鲈粗鱼油中单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量分别为的16.20%和17.56%,其中EPA和DHA的总含量为13.62%,EPA与DHA比例为3.32:1,饱和脂肪酸主要为硬脂酸,可通过蒸馏法或低温结晶法脱除,获得高含量的n-3不饱和脂肪酸产品,开发潜力巨大。庸鲈粗鱼油的酸值、过氧化值、水分及挥发物、不溶性杂质均达到SC/T 3502—2016粗鱼油一级标准。

参考文献:

- [1] 李启艳,谢强胜,刁飞燕,等. 鱼油的化学成分及其药理学活性研究进展[J]. 药物分析杂志,2016,36(7): 1157-1161.
- [2] QI K, FAN C, JIANG J, et al. Omega-3 fatty acid containing diets decrease plasma triglyceride concentrations in mice by reducing endogenous triglyceride synthesis and enhancing the blood clearance of triglyceride-rich particles [J]. Clin Nutr, 2008, 27(3): 424-430.
- [3] MORTENSEN L S, HARTVIGSEN M L, BRADER L J, et

- al. Differential effects of protein quality on post prandial lipemia in response to a fat - rich meal in type 2 diabetes; comparison of whey, casein, gluten, and cod protein [J]. *Am J Clin Nutr*, 2009, 90(1): 41 - 48.
- [4] FERREIRA E D, ROMANINI C V, OLIVEIRA J N, et al. Fish oil provides a sustained anti-amnesic effect after acute, transient forebrain ischemia but not after chronic cerebral hypoperfusion in middle - aged rats [J]. *Behav Brain Res*, 2014, 265: 101 - 110.
- [5] SUN L J, HOU X H, XUE S H, et al. Fish oil modulates glycogen synthase kinase - 3 signaling pathway in diabetes - induced hippocampal neurons apoptosis [J]. *Brain Res*, 2014, 1574: 37 - 49.
- [6] BAZAN N G, MOLINA M F, GORDON W C. Docosahexaenoic acid signal lipidomics in nutrition: significance in aging, neuroinflammation, macular degeneration, Alzheimer's, and other neurodegenerative diseases [J]. *Annu Rev Nutr*, 2011, 31(1): 321 - 351.
- [7] 王倩倩, 吕顺, 陆剑锋, 等. 酶法提取罗非鱼内脏鱼油及脂肪酸组成分析 [J]. *中国粮油学报*, 2015, 30(9): 72 - 78.
- [8] 张云竹, 柏杨, 刘小琴, 等. 海洋鱼油资源开发和应用研究进展 [J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(28): 14005 - 14007.
- [9] 于喆. 全球鱼油市场未来增长势头强劲 [J]. *中国水产*, 2015(1): 43.
- [10] 刘汝萃, 王彩华, 肖晶, 等. 鱼油的提取、富集与应用研究进展 [J]. *粮食与食品工业*, 2017, 24(5): 5 - 8.
- [11] 丁福红, SANTOSH P L, 李军, 等. 大西洋庸鲽 (*Hippoglossus hippoglossus* L.) 精液脂肪酸分析及激素 GnRH α 诱导对其组成的影响 [J]. *海洋与湖沼*, 2010, 41(6): 861 - 867.
- [12] 李妍, 王静, 李麒龙, 等. EPA 与 DHA 最新研究进展 [J]. *农产品加工·学刊*, 2013(2): 6 - 13.
- [13] 郝颖, 汪之和. EPA、DHA 的营养功能及其产品安全性分析 [J]. *现代食品科技*, 2006, 22(3): 180 - 183.
- [14] HORN A F, NIELSEN N S, JACOBSEN C. Additions of caffeic acid, ascorbyl palmitate or γ - tocopherol to fish oil - enriched energy bars affect lipid oxidation differently [J]. *Food Chem*, 2009, 112(2): 412 - 420.
- [15] CACERES E, GARCIA M L, SELGAS M D. Effect of pre-emulsified fish oil - as source of PUFA n - 3 on microstructure and sensory properties of mortadella, a Spanish bologna - type sausage [J]. *Meat Sci*, 2008, 80(2): 183 - 193.
- [16] COZZOLINO A D, MURRAYAL I, CHREEB A, et al. Multivariate determination of free fatty acids and moisture in fish oils by partial least - squares regression and near - infrared spectroscopy [J]. *LWT - Food Sci Technol*, 2005, 38(8): 821 - 828.
- [17] 孙丽琴, 孙立君, 郑刚. 不同的存放条件对油脂酸价和过氧化值的影响 [J]. *粮油仓储科技通讯*, 2007(2): 45 - 46.
- [18] 朱建龙, 薛静, 宋恭帅, 等. 4 种粗鱼油的品质分析比较 [J]. *中国油脂*, 2016, 41(8): 92 - 95.
- [19] 陈殊贤, 郑晓辉. 微藻油和鱼油中 DHA 的特性及应用研究进展 [J]. *食品科学*, 2013, 34(21): 439 - 444.
- [20] 章超桦, 薛长湖. 水产食品学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.

· 广告 ·

上海久星导热油股份有限公司

上海股权托管交易中心挂牌 简称:久星股份 代码:E100341



久星导热油 导热承长久

二苄基甲苯化学合成导热油(沸点392℃)	Y-QQL第二代强力型清洗剂
单苄基化学合成导热油(纯度99%)	Y-XNJ导热油修复剂(黏度)
L-QC320合成导热油	LYM-225合成高温链条油
L-QC310导热油	LHM32、LHM46、LHM68抗磨液液压油
Y-QZX导热油在线清洗剂	C101合成电力电容器油

地址: 上海茂兴路86号22D
 总机: 021-58708588
 热线: 4008-810-018
 13331833379
 网址: www.9xchem.com
 邮编: 200127



久星官方微信 久星官方网站