

国产与进口鱼油品质分析比较

代志凯¹, 李祥清¹, 陈子杰², 马金萍¹, 陈月英¹, 许新德¹

(1. 浙江医药股份有限公司 新昌制药厂, 浙江 新昌 312500;

2. 浙江大学 生物系统工程与食品科学学院, 杭州 310058)

摘要:以国产及进口鱼油为研究对象,分别对其感官指标、理化指标、不良物质含量及脂肪酸组成进行分析比较。结果表明:国产鱼油鱼腥味明显重于进口鱼油,且分层明显;国产鱼油在酸值和过氧化值指标上也普遍高于进口鱼油,不良物质含量也高于进口鱼油,尤其在苯并芘及二噁英等指标上;脂肪酸组成中,国产鳀鱼油DHA含量大于EPA,而进口鳀鱼油EPA含量大于DHA,且国产鱼油多不饱和脂肪酸含量低于进口鱼油;国产金枪鱼油与进口金枪鱼油在理化指标和脂肪酸组成等方面差异不大。国产鱼油中,杂鱼油与金枪鱼油、鳀鱼油在感官指标、理化指标及不良物质含量方面差异不大,但在脂肪酸组成上差异显著,杂鱼油饱和脂肪酸含量明显高于其他两种鱼油,利用价值最低。

关键词:粗鱼油;感官指标;理化指标;不良物质;脂肪酸组成

中图分类号:TS225.2;TQ646 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2018)06-0051-05

Analysis and comparison of quality of domestic and imported fish oil

DAI Zhikai¹, LI Xiangqing¹, CHEN Zijie², MA Jinping¹,
CHEN Yueying¹, XU Xinde¹

(1. Xinchang Pharmaceutical Factory, Zhejiang Medicine Co., Ltd., Xinchang 312500, Zhejiang, China;
2. School of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract: The sensory indexes, physicochemical indexes, undesirable substances content and fatty acid composition of domestic and imported fish oil were respectively detected and compared. The results showed that the smell of domestic fish oil was significantly heavier than that of imported fish oil and domestic oil appeared obvious stratification. The acid value and peroxide value of domestic fish oil were generally higher than those of imported fish oil, also the undesirable substances contents were higher than those of imported oil, especially in dioxin and benzyrene. The content of DHA in domestic anchovy oil was higher than EPA, while the content of EPA in imported anchovy oil was higher than DHA, and the polyunsaturated fatty acid content of domestic fish oil was lower than that of imported fish oil. Domestic and imported tuna oils had no significant difference in physicochemical indexes and fatty acid composition. There were no significant differences between domestic mixed fish oil and anchovy oil/tuna oil on sensory indexes, physicochemical indexes and undesirable substances content, but the difference was significant in fatty acid composition. The saturated fatty acid content in mixed fish oil was significantly higher than that in the other two domestic fish oils, so the use value of mixed fish oil was the lowest.

Key words: crude fish oil; sensory index; physicochemical index; undesirable substance; fatty acid composition

收稿日期:2017-12-22;修回日期:2018-03-06

作者简介:代志凯(1984),男,工程师,硕士,研究方向为功能性油脂的分离纯化及其微囊化(E-mail) daizhikai@163.com。

通信作者:许新德,教授级高级工程师,博士(E-mail) xuxinde@xepharm.com。

海洋鱼油主要来源于鱼粉和渔业加工过程中的副产物,含有丰富的多不饱和脂肪酸,主要

是以 EPA 和 DHA 为主的 $\omega-3$ 多不饱和脂肪酸。EPA 有“血管清道夫”之称,具有降低血脂、软化血管、预防心脑血管疾病等作用。DHA 被称为“脑黄金”,是人体大脑发育重要的组成物质,具有增强记忆力、补充大脑营养等作用^[1]。

目前全球海洋原料鱼油(也称毛鱼油或粗鱼油)资源主要经过粗加工(精炼或半精炼)后用于水产以及禽畜饲料,进一步深加工进入食用领域,作为营养保健品或者膳食补充剂^[2]。我国海岸线漫长,鱼油资源十分丰富,近几年年产量大约维持在 3 万 t 左右,主要集中在山东荣成和浙江舟山等地^[3]。我国沿海鱼油由于受产地、捕捞季节、储存条件及加工工艺等因素的影响,产品质量错综复杂,指标各异,绝大部分原料鱼油仅仅简单粗加工后作为低端饲料添加剂利用,附加值较低,而作为食品、营养保健品的高端鱼油原料严重依赖进口,大量国产原料鱼油没有得到充分重视和利用^[4]。

本文以我国近海常见的鳀鱼油、金枪鱼油、杂鱼油等原料鱼油与进口秘鲁鳀鱼油、金枪鱼油为研究对象,对其感官和理化指标、不良物质、脂肪酸组成、EPA 及 DHA 含量等进行分析与比较,旨在全面了解国产鱼油和进口鱼油的指标差异,探索利用国产鱼油为原料开发高端食品保健鱼油的可能,以期为国产生鱼油的高值化利用提供参考数据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

秘鲁鳀鱼油(又称凤尾鱼,Anchovy)、秘鲁金枪鱼油,福建高龙实业有限公司提供;黄海鳀鱼油,山东荣成某鱼油厂家;东海金枪鱼油、东海杂鱼油,浙江舟山某鱼油厂家。

37 种脂肪酸甲酯标准品,美国 Nu - Chek 公司;异辛烷(分析纯),江苏永华精细化学品有限公司;韦氏试剂,天津市科密欧化学试剂有限公司;其他试剂均为国产分析纯。

1.1.2 仪器与设备

旋转蒸发仪;SHB - 11 水环真空泵;7890 气相色谱仪;DB - 23 毛细管色谱柱(60 m × 0.25 mm × 0.25 μm),美国 Agilent 公司;紫外分光光度计,日本岛津;XS - 205 电子天平,梅特勒 - 托利多;KQ520013 型超声波清洗器。

1.2 实验方法

1.2.1 鱼油感官及理化指标分析

感官指标:GB/T 5525—2008《植物油脂 透明度、气味、滋味鉴定法》;水分及挥发物:GB/T 5528—2008《动植物油脂 水分及挥发物含量测定》;酸值:GB/T 5530—2005《动植物油脂 酸值和酸度测定》;过氧化值:GB/T 5538—2005《动植物油脂 过氧化值测定》;碘值:GB/T 5532—2008《动植物油脂 碘值的测定》。

1.2.2 不良物质分析

重金属:委托上海天祥质量技术服务有限公司检测;多环芳烃和农药残留:委托 Eurofins 苏州分公司检测;二噁英:委托中国检科院综合检测中心检测。

1.2.3 鱼油脂肪酸组成分析

甲酯化处理:采用 GB/T 17376—2008《动植物油脂 脂肪酸甲酯制备》中三氟化硼甲醇处理方法。

气相色谱条件^[5]:DB - 23 毛细管色谱柱(60 m × 0.25 mm × 0.25 μm);升温程序为 150 $^{\circ}\text{C}$ 保持 2 min,以 3 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 速率升温到 200 $^{\circ}\text{C}$,再以 2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升温到 220 $^{\circ}\text{C}$,保持 2 min,然后以 25 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升温到 230 $^{\circ}\text{C}$,保持 2 min;FID 检测器温度 280 $^{\circ}\text{C}$;进样口温度 250 $^{\circ}\text{C}$;载气为高纯度氦气(纯度 99.999%),流速 2.0 mL/min;氢气流速 30 mL/min;空气流速 450 mL/min;进样量 1.0 μL ;分流比 20:1。面积归一化法定量。

2 结果与分析

2.1 感官指标

感官指标能快速直观地评价鱼油的外观品质,通过对粗鱼油颜色、气味和状态等指标进行评价,结果见表 1。

表 1 鱼油感官指标

项目	黄海鳀鱼油	东海金枪鱼油	东海杂鱼油	秘鲁鳀鱼油	秘鲁金枪鱼油
颜色	深红色	深红色	深红色	深褐色	深褐色
气味	鱼腥味强	鱼腥味非常强	鱼腥味非常强	鱼腥味稍淡	鱼腥味强
状态	浑浊,稍有分层	浑浊,稍有分层	浑浊,明显分层	稍浑浊,无分层	均一、无分层

从表 1 可知,国产鳀鱼油、金枪鱼油及杂鱼油颜色均呈现深红色,而进口鱼油则呈现深褐色,5 种粗鱼油均有一定的鱼腥味,国产粗鱼油鱼腥味相对偏

重。国产的 3 种粗鱼油放置一段时间后均出现明显的分层现象,而进口粗鱼油则无明显分层。由于饱和脂肪酸酯熔点高,不饱和脂肪酸酯熔点低,所以粗鱼

油分层与否一定程度上能反映油脂的不饱和度,这也间接表明国产粗鱼油中不饱和脂肪酸含量低于进口鱼油。

2.2 理化指标(见表2)

表2 鱼油理化指标

项目	黄海鳀鱼油	东海金枪鱼油	东海杂鱼油	秘鲁鳀鱼油	秘鲁金枪鱼油
水分及挥发物/%	0.62	0.58	0.36	0.45	0.57
酸值(KOH)/(mg/g)	10.8	12.5	11.6	8.9	10.7
过氧化值/(mmol/kg)	7.8	9.9	8.4	5.9	7.5
碘值(I)/(g/100g)	157.2	184.2	128.6	180.5	192.3

粗鱼油是鱼粉加工的副产品,是鱼及其加工废弃物经蒸煮、压榨和分离而得到,受储存条件或生产工艺影响。在粗鱼油中会残留少量水分及挥发物,水分含量如果偏高,会加速油脂水解产生游离脂肪酸,影响鱼油品质。酸值是衡量鱼油中游离脂肪酸含量的指标,在一定程度上可以反映鱼油品质的劣变程度,也是鱼油精炼工艺中的一个重要参数。从表2可知,国产粗鱼油在水分及挥发物含量与进口粗鱼油区别不大,但国产粗鱼油的酸值普遍高于进口粗鱼油,间接表明国产粗鱼油生产过程中没有很好地控制鱼油的氧化酸败,导致鱼油酸值偏高。

过氧化值主要反映氢过氧化物的含量,是判断油脂及其制品氧化程度的重要指标,也是评价油脂品质的依据。碘值可反映鱼油的不饱和程度,是衡量鱼油品质的特征指标^[6]。从产地来看,国产粗鱼油的过氧化值高于进口粗鱼油,这可能与生产加工过程中没有很好地防止鱼油的氧化变质有关。进口粗鱼油碘值明显高于同类国产粗鱼油,说明进口粗鱼油中多不饱和脂肪酸含量高,利用价值高。从鱼油的品种来看,金枪鱼油的过氧化值明显高于鳀鱼油或者杂鱼油,可能与金枪鱼油中多不饱和脂肪酸含量高、易氧化酸败、稳定性差有关^[7]。另外,金枪鱼油碘值也明显高于其他两种粗鱼油。

2.3 不良物质指标

现在的海洋污染日益严峻,越来越多的环境污染物如重金属、农药、苯并芘及二噁英等不良物质不断侵入海洋,而海洋鱼类又以海藻、浮游生物等为食,处于食物链的上层,容易富集各类不良物质^[2]。粗鱼油中不良物质的指标也能反映出原料的卫生及安全性

状况,同时也能间接折射鱼油产地的污染情况,关于食品级海洋鱼油中不良物质控制标准详见表3。

表3 鱼油不良物质控制标准

指标	DSM标准	GOED标准	美国药典标准	欧盟委员会(EC)标准
汞/(mg/kg)	≤0.01	≤0.1	≤0.1	NA
总砷/(mg/kg)	≤0.1	≤0.1	≤0.1	NA
铅/(mg/kg)	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1
铬/(mg/kg)	≤0.1	≤0.1	≤0.1	NA
苯并芘/(μg/kg)	≤2	≤2	-	≤2
DDT/(mg/kg)	≤0.5	≤0.5	-	-
DDD/(mg/kg)	≤0.5	≤0.5	-	-
DDE/(mg/kg)	≤0.5	≤0.5	-	-
二噁英及其类似物/(pgWHO-TEQ/g)	≤2	≤2	≤2	≤2

注:“-”代表没有这项指标要求;“NA”代表不得检出。

表4及表5分别是5种粗鱼油中重金属、农药、多环芳烃及二噁英检测结果。

表4 5种粗鱼油中重金属检测结果

项目	黄海鳀鱼油	东海金枪鱼油	东海杂鱼油	秘鲁鳀鱼油	秘鲁金枪鱼油
汞/(mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND
总砷/(mg/kg)	8.2	6.3	5.4	2.2	2.0
铅/(mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND
铬/(mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND

注:汞、砷、铅、铬的检出限分别为0.01、0.05、0.05、0.05 mg/kg;ND表示未检出,下同。

表5 5种粗鱼油农药、多环芳烃及二噁英检测结果

项目	黄海鳀鱼油	东海金枪鱼油	东海杂鱼油	秘鲁鳀鱼油	秘鲁金枪鱼油
DDT、DDE、DDD总和/(mg/kg)	0.44	0.37	0.28	ND	0.02
苯并芘/(μg/kg)	44.0	12.0	ND	0.8	ND
重质PAH/(μg/kg)	210	56	ND	2.7	0.59
总PAH/(μg/kg)	1300	270	39	74	16
PAH4/(μg/kg)	260.0	59.0	ND	7.6	1.5
二噁英及其类似物/(pgWHO-TEQ/g)	5.15	2.38	0.16	0.09	ND

食品卫生标准中列入了汞、砷、铅、铬及镉等重金属,海鱼重金属污染是普遍存在的^[8]。从表4可知,重金属主要是总砷超标,其他重金属均没有检出,表明总砷是粗鱼油中重金属超标的主要来源,和文献报道相吻合^[9]。

从表4和表5可知,国产粗鱼油不良物质主要指标均超标,个别产地的鱼油中二噁英、苯并芘更是

超标几十倍,这也间接反映出我国某些沿海环境污染严重^[10]。秘鲁进口的粗鱼油不良物质只有个别指标少量超出标准限,其他指标没有检出或者在标准限内。从不良物质的指标上看,国产鱼油的品质远低于进口鱼油,也从侧面反映出目前国产鱼油绝大多数只能作为化工或者饲料原料利用,而很少加工成食品级保健鱼油的原因。

为了得到高品质的鱼油,国内外相关法规分别从产品标准的理化、微生物学、安全方面做了严格的规定^[11-12]。鱼油生产企业也从精炼工艺及脱除方法等方面做了大量深入的研究,能够将不良物质中如重金属、农药残留、苯并芘及二噁英等杂质去除或者控制在极低的安全水平线^[13-14]。

2.4 脂肪酸组成

5种粗鱼油的脂肪酸组成及含量见表6。

表6 5种粗鱼油脂肪酸组成及含量 %

脂肪酸	黄海鳀鱼油	东海金枪鱼油	东海杂鱼油	秘鲁鳀鱼油	秘鲁金枪鱼油
C14:0	7.5	7.1	7.4	6.8	7.6
C16:0	22.2	19.6	28.9	21.0	18.1
C16:1 ω -7	7.4	6.5	6.7	6.2	7.2
C17:0	1.0	1.0	0.8	0.4	0.2
C17:1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1
C18:0	4.5	4.5	4.3	3.7	2.3
C18:1 ω -7	3.5	2.7	3.2	3.0	3.0
C18:1 ω -9	12.2	13.4	15.6	15.2	12.6
C18:2 ω -6	1.8	1.7	2.0	1.5	1.8
C18:3 ω -3	1.5	1.1	1.2	0.9	0.7
C18:3 ω -6	1.0	0.6	0.6	0.2	0.2
C18:4 ω -3	2.0	1.3	1.3	2.3	2.5
C20:0	0.8	0.5	0.2	0.2	0.1
C20:1	1.1	0.9	0.6	0.8	1.9
C20:2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.2
C20:3	1.0	0.3	0.8	0.2	0.3
C20:4 ω -3	2.4	1.7	2.3	2.7	1.2
C20:5 ω -3	7.5	7.1	5.6	20.8	6.9
C21:0	1.0	0.2	0.7	0.5	0.2
C21:5 ω -3	0.8	0.2	0.1	0.8	0.9
C22:5 ω -3	0.8	1.2	0.9	2.2	2.5
C22:6 ω -3	15.1	22.3	12.6	9.4	23.9
C23:0	0.5	0	0.1	0.1	0
C24:0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
C24:1 ω -9	0.3	0.4	0.6	0.3	0.3
饱和脂肪酸	37.6	33.1	42.6	32.9	28.7
单不饱和脂肪酸	25.0	24.5	26.8	25.7	25.1
多不饱和脂肪酸	34.2	37.8	27.8	41.5	41.1
EPA + DHA	22.6	29.4	18.2	30.2	30.8

一般而言,多不饱和脂肪酸含量越高,利用价值越高,特别是 ω -3系列的多不饱和脂肪酸 EPA 和

DHA,其含量亦可作为鱼油脂肪酸特征组分和价值高低的指标。

从表6可知,金枪鱼油品质最佳,营养价值最高,其不饱和程度最高。国产和进口金枪鱼油在脂肪酸组成上差异不大,均是DHA含量高于EPA含量,且总不饱和脂肪酸含量也高于其他几种粗鱼油;与之相反,国产鳀鱼油与进口鳀鱼油脂肪酸组成差异较大,国产鳀鱼油DHA含量高于EPA,而进口鳀鱼油EPA含量高于DHA,此外国产鳀鱼油总不饱和脂肪酸含量也低于进口鳀鱼油,尤其是EPA和DHA的总含量22.6%低于进口鳀鱼油(30.2%);而国产杂鱼油多不饱和脂肪酸含量远低于其他4种粗鱼油,EPA与DHA总量仅为18.2%,DHA含量高于EPA,总体来看杂鱼油利用价值明显低于其他4种鱼油。

综上,从提高鱼油附加值的角度来说,鱼油厂家应该尽量将不同种类或者不同含量的鱼分开压榨。例如含有较高含量的多不饱和脂肪酸的鱼油尽量与低含量的杂鱼油分开,以免降低粗鱼油中EPA和DHA的含量。此外还可以进一步区分高EPA或者高DHA型的鱼油,如高DHA型的金枪鱼油也尽量与其他类型的鱼油分开,这些都是提高鱼油附加值的有效方法。

3 讨论

食品级鱼油市场剂型主要有甘油三酯型和乙酯型,游离型由于刺激性较强,慢慢已经被市场淘汰。按功能可以分别以EPA为主的降血脂、降胆固醇型及以DHA为主的益智、健脑型。EPA型主要规格有18/12、33/22及50/25等规格(18/12代表EPA与DHA的比例),DHA型主要规格有25/5、50/10、60/10等规格,通过对5种鱼油的脂肪酸组成分析,可以发现18/12和25/5两种规格的鱼油就是以进口的鳀鱼油和金枪鱼油中脂肪酸中EPA和DHA的比例特征来制定的^[15]。

市场上鱼油产品需求以降血压和降血脂的EPA剂型为主,DHA型的鱼油产品市场份额较少,反而是藻油来源DHA需求相对较多,且主要应用在婴幼儿奶粉中。有研究表明EPA可能不利于婴幼儿的营养吸收^[16],而藻油DHA中几乎不含有EPA,此外藻油DHA鱼油腥味相对较淡,婴幼儿容易接受,这些因素叠加在一起使藻油DHA在奶粉市场占据绝大部分市场份额。不过最近几年欧盟、美国及中国相继通过了金枪鱼油作为DHA补充剂而应用于婴幼儿食品中的法规。根据金枪鱼油中DHA与EPA的比例,目前研究者一般认为如果DHA与

EPA的比例大于等于5:1,基本能消除EPA对婴幼儿脂肪消化吸收的不利影响,为高DHA型鱼油在婴幼儿食品中的应用指明了一个方向。因此,我国沿海高DHA鱼油应该通过分离纯化尽量将EPA和DHA分开,分别开发针对不同功能的剂型,方能最大开发利用其价值。

笔者在山东荣成和浙江舟山调研鱼油资源时发现,国内的厂家普遍重视鱼粉的质量,而忽视副产品鱼油的质量,加工环境、储存条件及精炼工艺均远落后国外,导致其生产的粗鱼油不符合食品级要求。少数有精炼能力的鱼油厂家也仅仅是简单的碱炼脱酸后加工成饲料级鱼油出售,不能应用于食品领域,其价格在0.8~1.2万/t,而国外进口的粗鱼油价格大多在2~3万/t,两者价格差距2~3倍。

4 结论

本文通过分析比较国产鱼油和进口鱼油品质,得出:国产金枪粗鱼油和进口金枪粗鱼油在脂肪酸组成上差异不大,尤其是多不饱和脂肪酸含量(两者EPA和DHA之和在30%左右);国产鳕鱼油和进口鳕鱼脂肪酸组成差异较大,且多不饱和脂肪酸含量低于进口鳕鱼油,国产鳕鱼油DHA含量高于EPA,而进口鳕鱼油EPA含量高于DHA;国产杂鱼油多不饱和脂肪酸含量最低。从多不饱和脂肪酸利用价值上看,国产金枪鱼油价值最高,品质与进口鱼油相当,鳕鱼油次之,杂鱼油价值最低。

从不良物质含量上看,国产粗鱼油不良物质普遍高于进口粗鱼油,不过随着目前精炼技术的日益提高,已经有多种方法和手段除去和控制鱼油中各类不良物质。因此,国产鱼油高值化利用关键还是要求鱼油、鱼粉厂家改变粗放式的加工模式,改进生产环境,做好冷链储存,防止氧化酸败,在技术标准、管理规范、认证体系等方面与国际接轨。整合鱼油产业资源,建立和完善我国鱼油产业链是我国鱼油深加工及高值化利用的出路和发展方向。

参考文献:

- [1] RUBIO R N, BELTRN S, JAIME I, et al. Production of *omega*-3 polyunsaturated fatty acid concentrates: a review [J]. *Innov Food Sci Emerg*, 2010, 11(1): 1-12.
- [2] 金青哲, 逯良忠, 王兴国, 等. 海洋鱼油的生产与应用 [J]. *中国油脂*, 2011, 36(8): 1-5.
- [3] 陈京美, 刘小芳, 苗钧魁, 等. 我国原料鱼油质量现状分析与标准修订 [J]. *饲料工业*, 2016(19): 59-64.
- [4] 潘志杰. 海洋鱼油的利用及其食品安全的控制要求 [J]. *农业机械*, 2013(4): 49-52.
- [5] 洪毅敏, 马金萍, 张艳纹, 等. 气相色谱法测定乙酯型鱼油微胶囊产品中EPA乙酯和DHA乙酯含量 [J]. *中国油脂*, 2015, 40(12): 88-91.
- [6] 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.
- [7] 洪鹏志, 刘书成, 章超桦, 等. 金枪鱼油的精炼及其脂肪酸组成特征 [J]. *中国油脂*, 2006, 31(6): 90-93.
- [8] 姜元荣, 张敏, 张宏荣, 等. 鱼油生产关键工艺研究进展 [J]. *中国油脂*, 2011, 36(11): 42-45.
- [9] 孙维萍, 刘小涯, 潘建明, 等. 浙江沿海经济鱼类体内重金属的残留水平 [J]. *浙江大学学报(理学版)*, 2012, 39(3): 338-344.
- [10] 夏重欢. 中国沿海地区海鱼体内持久性有机污染物痕量元素的污染水平以及对人类健康的风险评估 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2011.
- [11] 陶伟正, 许业莉, 张嵘嵘, 等. 中国鱼油国家技术规范的强制性要求概况 [J]. *中国标准化*, 2017(12): 19-20.
- [12] 张敏, 王勇, 姜元荣, 等. 食品级海洋鱼油的品质分析与控制 [J]. *中国油脂*, 2012, 37(5): 44-47.
- [13] 王琳, 吴时敏. 吸附脱色对食用油脂安全和质量影响 [J]. *粮食与油脂*, 2011(9): 37-40.
- [14] 孟橘, 倪芳妍, 杨帆, 等. 油脂加工过程中重金属危害的研究 [J]. *中国油脂*, 2008, 33(1): 16-19.
- [15] BREIVIK H. Long-chain *omega*-3 specialty oils [M]. UK, Oxford: Woodhead Publishing, 2007.
- [16] 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.

告

读

者

为更好地服务于广大读者,《中国油脂》杂志社常年办理《中国油脂》逾期补订和过刊订阅业务;常年办理油脂专业书籍邮购业务,书目、代号、价格请查阅近期《中国油脂》杂志社专业书籍征订广告。

订阅、邮购地址:西安市劳动路118号,《中国油脂》杂志社读者服务部

邮编:710082 电话:029-88653162 联系人:潘亚萍