

مطالعه و بررسی امکان استخراج اسیدهای چرب امگا-۳

از روغن ماهی کیلکا

علی سلمانی جلودار^{(۱)*}؛ محمود رضائیان^(۲)؛ سلیمان غلامی پور^(۳)؛ رضا صفری^(۴)

و رضا پورغلام^(۵)

a_salmani_j@yahoo.com

مرکز تحقیقات اکولوژی دریای خزر، ساری صندوق پستی: ۹۶۱

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۸۶ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۸۷

چکیده

در این بررسی میزان اسیدهای چرب تشکیل دهنده روغن ماهی کیلکا تصفیه شده و نشده به روش کمپلکس اوره در درجه حرارت‌های ۱، ۵- و ۱۰- درجه سانتیگراد با تشکیل کریستال، خالص‌سازی شده و مورد ارزیابی قرار گرفت. حداکثر میزان استخراج این اسیدهای چرب در شرایط ۱ درجه سانتیگراد بدست آمد. براساس نتایج این تحقیق میزان اسیدهای چرب امگا-۳ افزایش ولی اسیدهای چرب اشباع و منواسباع زنجیره بلند کاهش یافت. میانگین میزان اسیدهای چرب امگا-۳ روغن تصفیه شده و نشده به ترتیب ۲۹/۲۸ و ۲۶/۰۵ درصد بود و بعد از عمل استخراج این میانگین‌ها به ۷۹/۸۰ و ۶۸/۹۰ درصد افزایش یافت. حداکثر خلوص این اسیدهای چرب نیز به ۸۰/۵۱ و ۶۹/۲۹ درصد رسید. بررسی آزمون آماری نشان داد که میزان اسیدهای چرب امگا-۳ قبل و بعد از استخراج و خالص‌سازی دارای اختلاف معنی‌داری است ($P < 0.04$ برای روغن تصفیه نشده و $P < 0.03$ برای روغن تصفیه شده). نتایج این تحقیق بیانگر آنست که استخراج اسیدهای چرب امگا-۳ به روش کمپلکس اوره موفقیت‌آمیز بوده و در مقیاس تولید (نیمه صنعتی) نیز قابل اجرا است.

کلمات کلیدی: امگا-۳، کمپلکس اوره، روغن ماهی کیلکا

مقدمه

آناليز اسيدهاى چرب روغن ماهى كيلكا نشان مى‌دهد كه داراى ۲۶/۱۳ درصد اسيد چرب امگا-۳ و مجموع DHA و EPA آن حدود ۲۲/۹۵ درصد مى‌باشد. ميزان EPA+DHA در ماهيان استخوانى شامل كفال، كپور و سفيد ۵/۶۲ درصد است. يعنى ميزان اين اسيدهاى چرب كه از نظر پزشكى اهميت خاصى دارند در كيلكا ماهيان ۴ برابر ماهى‌هاى فوق‌الذکر مى‌باشد (حدود ۵ برابر نسبت به ماهى سفيد، ۷ برابر نسبت به كپور و ۳/۵ برابر نسبت به كفال) (محمدى باغلايى، ۱۳۷۴؛ Agren, 1991).

با تبديل تری‌گليسريدها به اسيد چرب مى‌توان EPA+DHA زيادى توليد نمود. با توجه به اهميت اين اسيدهاى چرب، تغليظ و خالص‌سازى آنها اهميت زيادى دارد. امروزه اسيدهاى چرب تغليظ شده بصورت كپسول حاوى امگا-۳ در داروخانه‌ها عرضه مى‌شود. در هند در مقايسه آزمایشگاهى از ماهى ساردين امگا-۳ با خلوص ۵۰ تا ۷۰ درصد تهيه شده است. كپسولهاى امگا-۳ كه بصورت روتين در داروخانه‌هاى هند بفروش مى‌رسد داراى خلوص ۳۰ درصد مى‌باشد (Fresh World International, 2005a). در ايتاليا امگا-۳ با خلوص ۷۰ درصد تهيه کرده است. آزمایشگاهى در امريكا كپسول امگا ۳ با خلوص ۳۶ درصد تهيه کرده و بصورت كپسولهاى امگا-۳ هزار ميلى گرمى به بازار عرضه مى‌نمايد. محصولى با عنوان MorEPA با خلوص ۵۰ درصد EPA نيز توليد شده و در بازارهاى مصرف عرضه مى‌گردد (Fresh World International, 2005b).

برای تغليظ و استخراج اسيد چرب روشهاى مختلفى وجود دارد. روش كمپلکس كردن با اوره يکى از بهترين روشهاى است كه با حداقل امكانات و بدون استفاده از هيچ حلالى بجز اتانول انجام مى‌شود و نسبت به روشهاى استخراج با حلال، بسيار مقرون به صرفه‌تر است، لذا اين روش با هدف دستيابى به اسيدهاى چرب امگا-۳ تغليظ شده متداول گشته است. در اين روش اوره با تشكيل كمپلکس با اسيدهاى چرب با زنجيره کوتاه، اشباع شده و اسيدهاى چرب با زنجيره بلند بصورت كريستال در آورده و امکان جداسازى آنها را فراهم مى‌کند. اين روش اولين بار توسط Ratnayake و همكاران در سال ۱۹۸۸ برای تغليظ اسيدهاى چرب اشباع نشده امگا-۳ از روغن ماهيان Menhaden انجام شده است. عدم بكارگيرى از حلالهاى آلى و ارزان بودن مواد مصرفى از دلايل عمده انتخاب اين روش مى‌باشد. به همين منظور در قالب يک طرح تحقيقى بررسى امکان استخراج تغليظ امگا-۳ از روغن ماهى كيلكا با روش كمپلکس اوره و در

ماهى و فراآورده‌هاى دريائى يکى از منابع طبيعى اسيدهاى چرب با چند پيوند دوگانه Poly Unsaturated Fatty Acid (PUFA) خصوصاً اسيدهاى چرب امگا-۳ هستند. روغن ماهى از نظر داشتن اسيدهاى چرب بيشتراز ۱۸ کربن (اسيد چرب ۲۰ و ۲۲ کربن) و اسيدهاى چرب با چند اتصال مضاعف نسبت به روغن حيوانات و گياهان اختلاف دارد. بطوريكه اسيدهاى چرب C_{۲۲} و C_{۲۰} آنها بيشتربصورت Pentene و Hexene است. تعداد کربن زنجيره اسيدهاى چرب ماهى در طيف C_{۱۴} تا C_{۲۴} قرار دارند. اسيدهاى چرب چند غيراشباعى (در ماهيان آب شور) از دو نوع n-۳ و n-۶ بوده و بخصوص از نظر دارا بودن دو اسيد چرب مهم از نوع n-۳ با ۲۰ کربن و ۵ اتصال مضاعف Ecosa Pantanoic Acid (EPA) و n-۶ با ۲۲ کربن و ۶ اتصال مضاعف Decosa Hexanoic Acid (DHA) داراى ارزش تغذيه اى خاصى (رضوى شيرازى، ۱۳۸۰).

بطور کلى ۳۰ تا ۳۵ درصد از کل صيد جهانى برای توليد آرد و روغن ماهى مصرف مى‌شود و ۲ درصد از توليد کل روغن در جهان را روغن ماهى بخود اختصاص داده است. روغن ماهى تا سالهاى ۱۹۵۰ بيشتربكاربرد صنعتى داشت ولى امروزه علاوه بر كاربرد ياد شده بخاطر دارا بودن اسيدهاى چرب غيراشباع امگا-۳، برای مصارف داروئى نيز استفاده مى‌شود. طى سالهاى ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ توليد سالانه روغن در جهان در حدود ۱/۳ ميليون تن بود كه اروپا و كشورهاي اسكانديناوى ۵۰ درصد آنرا مصرف مى‌کردند، ۲۶ تا ۳۰ درصد آن مستقيماً به مصارف خوراكي و غذايى، ۹ هزار تن برای مصارف داروئى و در حدود ۸ هزار تن در سال برای توليد اسيد چرب امگا-۳ مورد استفاده قرار مى‌گرفت (FAO, 1999,2003).

در دريائى خزر سه گونه ماهى كيلكا به نامهاى كيلكاي آنچوى (*Clupeonella engrauliformis*)، چشم درشت (*Clupeonella grimmi*) و معمولى (*Clupeonella delicatula*) زيست مى‌نمايند كه از نظر شكل، اندازه و ويژگى‌هاى زيستى و اکولوژيك تفاوتهاى با هم دارند بطور متوسط طول آنها ۵ تا ۱۰ سانتيمتر و وزن آن ۵ تا ۱۰ گرم است (پورغلام و همكاران، ۱۳۷۵). اين ماهيان بخاطر كوچك بودن بصورت صنعتى مصرف مى‌شوند. اما داراى پروتئين بالا و چربى متوسط هستند و درصد چربى گونه‌هاى مختلف از ۱/۹ تا ۱۱ درصد مى‌باشد. روغن ماهى كيلكا در كارخانجات پودر ماهى به دو روش سنتى و مدرن بدست مى‌آيد. اين روغن جدا شده يا به مصارف غير انساني يا توسط كارخانجات روغن تصفيه شده و به مصرف انساني مى‌رسد (سلمانى، ۱۳۸۰).

روغن مایع کیلیکا ۲/۶ گرم اسید چرب امگا-۳ با خلوص ۸۰ درصد بدست آمد. (Ratnayake *et al.*, 1988). در ادامه جهت شناسایی و تعیین درصد هر یک از اسیدهای چرب از دستگاه گاز کروماتوگرافی استفاده شد و اسیدهای چرب نمونه‌های مجهول شناسایی گردیدند. دستگاه گاز کروماتوگرافی با شناساگر شعله‌ای (FID) و ستون Wcot Fused Silica Capillary 50m × 0.25mm Coating CP-sil 88 Tailor Made [Fame-VARIAN تحت شرایط برنامه حرارتی (2 180°C (min) → 190°C (5°C /min), 5 min → 225°C (10°C 2min) /min) بکار گرفته شد.

۱- مقدار تزریق: یک میکرولیتر

۲- شرکت سازنده استاندارد: سیگما (Sigma)

۳- درصد فشار: ۳۵ میلی‌لیتر در دقیقه

۴- درجه حرارت دتکتور: ۲۷۰ درجه سانتیگراد

۵- درجه حرارت ستون: ۲۵۰ درجه سانتیگراد

۶- گاز حامل: هلیوم

۷- نوع گاز: هیدروژن + هوا

به منظور تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SPSS استفاده شده و جهت ارزیابی معنی‌دار بودن داده‌های مختلف در روغن تصفیه نشده، تصفیه شده، کپسولهای اسیدهای چرب و همچنین تصفیه شده به روش کمپلکس آوره، از آزمون t (Paired samples T) به منظور معنی‌دار بودن داده‌ها استفاده گردید.

نتایج

میزان اسیدهای چرب امگا-۳ روغن تصفیه نشده ماهی کیلیکا نشان داد که حداقل، حداکثر و میانگین بترتیب برای ۲۲/۲۴، ۲۹/۱۹ و ۲۶/۰۵ درصد و مجموع EPA+DHA بترتیب ۲۲/۶۰، ۲۶/۷۴ و ۲۲/۹۵ درصد می‌باشد (جدول ۱). حداقل، حداکثر و میانگین اسیدهای چرب EPA+DHA روغن تصفیه نشده بترتیب ۲۲/۲۴، ۲۶/۷۴ و ۲۴/۰۵ درصد و در روغن تصفیه شده بترتیب ۲۲/۴۶، ۳۱/۰۸ و ۲۶/۵۱ درصد است. آزمون paired T-test نشان داد که از نظر میزان این اسیدهای چرب بین روغن تصفیه نشده و تصفیه شده اختلاف معنی‌دار است ($t = ۳/۹۸; P < ۰/۰۰۴$).

مقایسه میزان اسید چرب امگا ۳ و مجموع EPA+DHA روغن تصفیه نشده نشان داد که اختلاف بین این روغن و حالت خالص‌سازی شده به روش کمپلکس آوره معنی‌دار است ($t = -۴/۷۱۶; P < ۰/۰۰۲$). در این تحقیق، استخراج و تغلیظ اسیدهای چرب امگا-۳ روغن تصفیه نشده به روش کمپلکس

شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. Gruger در سال ۱۹۹۲ و Ratnayake و همکاران در سال ۱۹۸۸ گزارش کردند که تغلیظ اسیدهای چرب امگا-۳ روغن Menhaden از طریق کمپلکس سازی آوره مناسب هستند و اسیدهای چرب منواتیلنی اشباع شده با زنجیره طولانی‌تر را می‌توان با سهولت تمام از طریق کمپلکس آوره برداشت و در قالب (آزمایشگاهی و نیمه صنعتی) روش آزمایشگاهی بطور ارزان و با امکانات موجود انجام داد. ولی در روش نیمه صنعتی بکارگیری سیستم تقطیر با فشار کم و با یک فیلم نازک ضروری است.

مواد و روش کار

۲۰ گرم روغن ماهی کیلیکا (از تمام گونه‌ها) داخل بالن رفلکس و با مخلوطی از ۴/۶ گرم هیدرواکسید پتاسیم، ۸/۸ میلی‌لیتر آب و ۲۶/۴ میلی‌لیتر اتانل ۹۵ درصد انتقال و صابونی گردید. این مخلوط صابونی شده با ۵۰ میلی‌لیتر آب رقیق گردید و ماده غیرصابونی با ۵۰ × ۳ میلی‌لیتر هگزان استخراج و دور ریخته شد در نهایت لایه آبکی با هیدروکلریک اسید نرمال خنثی و با استخراج مجدد اسیدهای چرب آزاد بوسیله هگزان خنثی گردید هگزان استخراج شده با سولفات سدیم انیدر آگیری شده و بوسیله دستگاه تقطیر در خلاء تبخیر و اسیدهای چرب آزاد آن بازیافت شد. آوره و اسیدهای چرب حدود (۱۸ گرم) با ۹۰ میلی‌لیتر اتانل ۹۵ درصد مخلوط گردید و تحت شرایط حرارت ملایم بصورت یک محلول صاف و یکنواخت درآمد. در ابتدا آوره اضافی و محصول افزایشی آوره-اسید چرب برای تشکیل کریستالیزاسیون در دمای اتاق بمدت ۲۴ ساعت قرار داده شد و سپس به مدت ۲۴ ساعت برای تشکیل کریستالیزاسیون بیشتر در دماهای ۱، ۵، ۱۰- درجه سانتیگراد قرار داده شد. در این حالت محصول بدست آمده به دو جزء Urea Complex Fatty Acid (UCF) و Non Urea Complex Fatty Acid (NUCF) تبدیل گردید که به کمک صاف کردن روی یک قیف بوخنر از هم جدا شدند. NUCF با حجم مساوی از آب رقیق گردید و با هیدروکلریک اسید ۶ نرمال در pH ۴ تا ۵ اسیدی شد و اسیدهای چرب آزاد شده به کمک هگزان استخراج گردیدند. اسیدهای چرب باقیمانده در NUCF با افزودن اتانول و اسید سولفوریک با نسبت‌های مشخص رفلکس شده و سپس با افزایش آب و عمل استخراج بوسیله پترولیوم بنزن و شستشو با آب و عمل آگیری با سولفات سدیم انیدر و در نهایت جداسازی PUFA به کمک دستگاه تقطیر در خلاء نمونه جهت تزریق بدستگاه G.C آماده‌سازی گردید. از هر ۲۰ گرم

روغن خام که با روش کمپلکس اوره خالص‌سازی شده است اختلاف معنی دار می‌باشد ($P < 0.001$; $t = 2/621$).

مقایسه میزان اسید چرب امگا ۳ و EPA+DHA نشان داد که اختلاف بین روغن تصفیه نشده و روغن تصفیه شده که به روش کمپلکس اوره خالص‌سازی شده‌اند، معنی‌دار است ($P < 0.009$; $t = -7/98$).

از نظر میزان اسید چرب امگا-۳ و EPA+DHA اختلاف بین روغن تصفیه‌نشده و خالص‌سازی شده با اسیدهای چرب کپسول وارداتی معنی‌دار است ($P < 0.001$; $t = 8/803$).

میزان اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه شامل $C_{14}:0$ ، $C_{16}:1$ ، $C_{16}:0$ که میزان آن حدود ۲ تا ۴ درصد بود که در اثر افزایش اوره به مقدار جزئی حذف گردید (جدول ۲ و ۴).

طی فرآیند خالص‌سازی با کمپلکس اوره در ۱ درجه سانتیگراد، اسیدهای چرب اشباع و منواسباع با زنجیره بلند که در این تحقیق نامطلوب است به شدت کاهش یافته است. مثلاً میانگین مقدار $C_{16}:0$ و $C_{18}:1$ در ۱۰ نمونه روغن خام بترتیب ۲۲/۴ و ۲۸/۱ درصد بود ولی پس از مراحل خالص‌سازی در ۱ درجه سانتیگراد به ۳/۵ و ۵/۵ درصد تنزل یافت (یعنی بترتیب ۱۹ و ۲۲ درصد کاهش یافته است) و میزان اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه شامل $C_{14}:0$ و $C_{16}:1$ که در این تحقیق نیز نامطلوب بود بترتیب از مقدار ۳/۳۶ و ۳/۳ درصد (در روغن خام) به ۰/۱۵ و ۱/۲ درصد رسید. یعنی به میزان کمی کاهش یافت (جدول ۳). مقایسه میزان کاهش اسیدهای چرب نامطلوب در روغن تصفیه شده و تصفیه نشده نشان داد که در روغن تصفیه شده بالاتر بوده و موید آنست که حذف اسیدهای چرب نامطلوب، بهتر صورت گرفته است (جدول ۵).

اوره، طی ۵ مرحله مجموعاً با ۱۴ نمونه در ۱ درجه سانتیگراد انجام شد و در مراحل مختلف با بهینه‌سازی در شرایط کار، میزان خلوص امگا-۳ استحصالی افزایش یافت. نتایج نشان داد که میانگین خلوص امگا ۳ در آخرین مرحله (مرحله پنجم) که با ۳ تکرار و در ۱ درجه سانتیگراد انجام شده است تا ۶۹/۲۹ درصد افزایش یافت در این مرحله حداقل خلوص ۶۸/۵۷ درصد و میانگین آن ۶۸/۹۰ درصد می‌باشد (جدول ۲).

مقایسه میزان اسید چرب امگا-۳ و مجموع EPA+DHA نشان داد که اختلاف بین روغن تصفیه شده و روغن خالص‌سازی شده به روش کمپلکس اوره معنی‌دار است ($P < 0.002$; $t = 3/551$).

میزان اسیدهای چرب امگا-۳ روغن ماهی کیلکای تصفیه شده نشان داد که حداقل، حداکثر و میانگین آن ۲۶/۲۸، ۳۴/۳۳ و ۲۹/۲۸ درصد و مجموع EPA+DHA بترتیب ۲۳/۴۶، ۳۱/۰۸ و ۲۶/۳۴ درصد می‌باشد (جدول ۳). استخراج و خالص‌سازی اسید چرب امگا-۳ روغن تصفیه شده با کمپلکس اوره طی ۶ مرحله (مجموعاً ۱۱ نمونه) در درجه حرارت‌های ۱، ۵- و ۱۰- درجه سانتیگراد انجام شد. نتایج نشان داد که با تصحیح روش و بهینه‌سازی شرایط کار، میزان خلوص امگا ۳ در ۱ درجه سانتیگراد افزایش قابل ملاحظه‌ای می‌تواند داشته باشد. بطوریکه از میانگین ۲۹/۲۸ به ۸۰/۵۱ درصد ارتقاء یافت. در این مرحله حداقل، حداکثر و میانگین میزان EPA+DHA بترتیب ۷۱/۴۹، ۷۳/۰۹ و ۷۲/۳۱ درصد بود. نتایج نشان داد که میانگین خلوص امگا-۳ در آخرین مرحله (مرحله چهارم) که با سه تکرار انجام شد به ۷۹/۸۰ درصد افزایش یافت (جدول ۴).

نتایج آزمون T-test نشان داد که از نظر امگا ۳ و EPA+DHA بین روغن تصفیه شده (بدون خالص‌سازی) و

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار و ترکیب اسیدهای چرب روغن ماهی کپلکای تصفیه نشده (درصد)

مجموع انگاز ۳	مجموع EPA+DHA	مجموع اسیدهای چرب	C _{22:۶} (DHA-۳)	C _{22:۵}	C _{22:۵} (EPA-۳)	C _{22:۶}	C _{۲۰:۴}	C _{۱۸:۲}	C _{۱۸:۱}	C _{۱۸:۰}	C _{۱۶:۱}	C _{۱۶:۰}	C _{۱۴:۱}	C _{۱۴:۰}	دوره‌های بررسی
۲۴/۸۲	۲۲/۲۴	۹۰/۵۷	۱۷/۰۹	۰/۶۷	۵/۱۵	۰/۶۲	۱/۸۱	۷/۲۴	۲۸/۸۴	۴/۴۶	۳/۸۹	۲۲/۳۰	۰/۸۱	۳/۵۹	۱
۲۲/۰۶	۲۲/۵۱	۸۹/۸۸	۱۷/۲۱	۰/۵۹	۵/۳۰	۰/۵۷	۱/۹۶	۷/۴۵	۲۷/۹۳	۴/۷۸	۳/۴۹	۲۲/۸۵	۰/۷۸	۳/۳۷	
۲۵/۲۵	۲۲/۶۶	۹۰/۹۳	۱۷/۴۰	۰/۸۱	۵/۸۶	۰/۸۳	۱/۸۸	۷/۲۸	۲۸/۳۹	۴/۳۶	۳/۸۰	۲۲/۵۰	۰/۸۴	۳/۴۸	میانگین
۱/۸۱	۰/۲۱	۰/۴۸	۰/۶۶	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۸۴	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۴۱	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۰۴	۰/۸۱	
۲۵/۳۵	۲۲/۵۴	۹۰/۳۵	۱۷/۲۷	۰/۵۳	۵/۸۷	۰/۸۱	۲/۲۸	۷/۹۳	۲۸/۰۸	۴/۳۲	۳/۸۱	۲۱/۹۳	۰/۸۱	۳/۸۱	۲
۲۷/۱۹	۲۴/۶۳	۹۲/۰۰	۱۸/۴۲	۰/۴۷	۶/۸۱	۰/۶۵	۲/۰۹	۳/۱۷	۲۷/۱۷	۳/۸۸	۴/۶۴	۲۲/۷۷	۰/۴۹	۳/۸۷	
۲۶/۲۷	۲۲/۶۷	۹۱/۴۳	۱۸/۲۱	۰/۴۳	۵/۴۶	۰/۸۱	۲/۱۷	۷/۴۶	۲۷/۳۰	۳/۸۵	۴/۸۷	۲۲/۸۲	۰/۶۲	۳/۸۹	میانگین
۰/۹۲	۱/۰۵	۰/۸۴	۰/۶۱	۰/۰۵	۰/۵۰	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۳۶	۰/۴۹	۰/۶۹	۰/۳۴	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۰۲	
۲۷/۰۲	۲۴/۵۹	۹۲/۵۴	۱۸/۴۲	۰/۴۲	۶/۸۷	۰/۸۵	۲/۰۱	۷/۱۷	۲۹/۳۰	۴/۸۷	۳/۴۲	۲۱/۸۵	۰/۸۵	۳/۸۱	۳
۲۹/۱۹	۲۶/۸۴	۹۴/۵۷	۱۹/۴۷	۰/۳۹	۷/۸۷	۰/۶۵	۱/۹۷	۷/۴۳	۲۸/۱۷	۴/۳۰	۳/۸۷	۲۲/۸۷	۰/۳۲	۳/۸۲	
۲۸/۲۱	۲۵/۹۸	۹۲/۸۳	۱۹/۳۷	۰/۲۸	۶/۸۵	۰/۸۱	۱/۹۵	۷/۱۹	۲۷/۹۳	۴/۸۹	۳/۴۲	۲۱/۹۶	۰/۸۵	۳/۸۶	میانگین
۱/۰۹	۱/۰۹	۱/۳۱	۰/۵۸	۰/۰۷	۰/۶۱	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۸۴	۰/۸۳	۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۸۷	۰/۰۹	۰/۲۹	

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار و ترکیب اسیدهای چرب روغن تصفیه شده ماهی کیکلای حاصل سازی به روش کپسکس اوره در ۱ درجه سانتیگراد (درصد)

درجه‌بندی بررسى	C1۲:۰	C1۲:۱	C1۲:۲	C1۲:۳	C1۲:۴	C۱۲:۵ (EPA+۲)	C۱۲:۶ (DHA+۲)	مجموع اسیدهای چرب	مجموع EPA+DHA	مجموع امگا-۳
۱	۲/۲۹	۱/۴۲	۱/۸۷	۴/۵۳	۱/۹۱	۲/۷۵	۰/۹۱	۷۲/۳۶	۲۴/۳۷	۲۵/۲۹۱
	۲/۱۷	۱/۴۹	۱/۴۸	۴/۸	۲/۱۱	۳/۱۱۷	۱/۰۵	۷۲/۳۴	۲۴/۳	۲۶/۱۲
	۴/۳۱	۱/۷۵	۲/۹	۴/۴۱	۰/۷۵	۲/۸۴۳	۰/۷۵	۶۹/۷۷	۲۲/۲۹	۲۴/۱۵
	۴/۹۷	۱/۱۵	۲/۸۸	۴/۲۳	۰/۴۶	۳/۲۱	۰/۴۶	۷۲/۳۱	۲۳/۱	۲۵/۷۷
	۲/۹۸	۱/۵۷	۱/۰۸	۴/۵۰	۰/۷۸	۳/۲۹۱	۰/۷۸	۷۱/۸۰	۲۳/۷۵	۲۵/۲۴
۲	۴/۴۴	۰/۳۶	۲/۴۷	۴/۲۴	۰/۲۵	۱/۴۵	۰/۲۵	۱/۵۲	۰/۲۳	۰/۵۱
	۳/۸۱	۱/۰۳	۲/۴۷	۴/۲۹	۰/۵۱	۳/۱۰۳	۰/۵۱	۷۲/۱۲	۲۴/۱	۲۶/۵۱
	۳/۲۳	۱/۳۳	۲/۷۱	۴/۰۷	۰/۴۲	۳/۲۵	۰/۴۲	۷۲/۰۱	۲۵/۲۹	۲۵
	۴/۱۱	۱/۱۹	۲/۸۰	۴/۱۸	۰/۵۸	۳/۲۱۷	۰/۵۸	۷۲/۳۱	۲۲/۵۹	۲۵/۷۵
	۴/۳۶	۰/۱۶	۲/۲۳	۴/۱۱	۰/۱۹	۳/۸۳	۰/۱۹	۷۲/۰۹	۲۴/۷۵	۲۵/۷۵
۳	۴/۹۱	۱/۰۷	۲/۲۹	۴/۱۶	۰/۵۸	۳/۳۳۱	۰/۵۸	۷۰/۳۸	۲۱/۱	۲۲/۵
	۴/۱۳	۱/۲۵	۲/۷۷	۴/۱۶	۰/۵۸	۳/۳۳۱	۰/۵۸	۷۱/۳۷	۲۱/۳۷	۲۵/۰
	۴/۵۲	۱/۱۶	۲/۷۸	۴/۴۴	۰/۵۴	۳/۱۰۶	۰/۵۴	۷۰/۸۸	۲۲/۳۰	۲۴/۲۸
	۴/۵۵	۰/۱۳	۲/۱۶	۴/۲۹	۰/۰۶	۳/۴۳	۰/۰۶	۷۰/۰	۰/۲۹	۱/۰
	۷/۰۸	۰/۱۲	۱/۱۳	۴/۴	۰/۲۱	۱/۸۴	۰/۲۱	۷۰/۳۷	۰/۲۹	۱/۰
۴	۲/۲۱	۰/۲۲	۱/۲۳	۴/۵۶	۰/۱۷	۱/۵۸	۰/۱۷	۷۳/۰۸	۵۴/۱۱	۶۴/۲۱
	۲/۲۱	۰/۲۲	۱/۲۳	۴/۵۶	۰/۱۷	۱/۵۸	۰/۱۷	۷۳/۰۸	۵۴/۱۱	۶۴/۲۱
	۲/۲۱	۰/۲۲	۱/۲۳	۴/۵۶	۰/۱۷	۱/۵۸	۰/۱۷	۷۳/۰۸	۵۴/۱۱	۶۴/۲۱
	۲/۲۱	۰/۲۲	۱/۲۳	۴/۵۶	۰/۱۷	۱/۵۸	۰/۱۷	۷۳/۰۸	۵۴/۱۱	۶۴/۲۱
	۲/۲۱	۰/۲۲	۱/۲۳	۴/۵۶	۰/۱۷	۱/۵۸	۰/۱۷	۷۳/۰۸	۵۴/۱۱	۶۴/۲۱
۵	۴/۴۹	۰/۳۵	۱/۹۱	۴/۷	۰/۴۱	۲/۳۷	۰/۴۱	۸۱	۴/۱۶	۴/۴۸
	۴/۵۳	۰/۴۷	۱/۸۳	۴/۹۱	۰/۵۳	۲/۹۱	۰/۵۳	۸۱	۴/۱۶	۴/۴۸
	۴/۵۳	۰/۴۷	۱/۸۳	۴/۹۱	۰/۵۳	۲/۹۱	۰/۵۳	۸۱	۴/۱۶	۴/۴۸
	۴/۵۳	۰/۴۷	۱/۸۳	۴/۹۱	۰/۵۳	۲/۹۱	۰/۵۳	۸۱	۴/۱۶	۴/۴۸
	۴/۵۳	۰/۴۷	۱/۸۳	۴/۹۱	۰/۵۳	۲/۹۱	۰/۵۳	۸۱	۴/۱۶	۴/۴۸
میانگین	۳/۲۸	۰/۳۷	۱/۷۹	۴/۷۷	۰/۵۹	۲/۶۵	۰/۵۹	۸۱/۷۵	۲۲/۰۳	۲۸/۹۰
	انحراف معیار	۰/۳۸	۰/۳۷	۱/۷۹	۴/۷۷	۰/۵۹	۲/۶۵	۸۱/۷۵	۲۲/۰۳	۲۸/۹۰

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار و ترکیب اسیدهای چرب روغن مامی کیلکای تصفیه شده (درصد)

مجموع تعداد	مجموع EPA+DHA	مجموع اسیدهای چرب	C۲۲:۱ (DHA-۲)	C۲۱:۵	C۲۰:۵ (EPA-۲)	C۲۰:۴	C۱۸:۳	C۱۸:۲	C۱۸:۱	C۱۸:۰	C۱۶:۱	C۱۶:۰	C۱۴:۱	C۱۴	دوره‌های بررسی
۲۱/۸۸	۲۲/۴۶	۹۰/۸۳	۱۷/۳۵	۰/۵۵	۶/۱۱	۰/۸۵	۲/۷۷	۲/۱۹	۲۵/۲۴	۴/۵۳	۳/۸۵	۲۲/۸۸	۰/۲۵	۴۰۰/۶	۱
۲۱/۱۴	۲۲/۸۸	۹۱/۶۴	۱۷/۸۳	۰/۶۷	۶/۰۵	۰/۸۸	۲/۰۹	۲/۸۱	۲۶/۳۴	۴/۳۵	۳/۸۷	۲۱/۸۹	۰/۲۹	۳/۹۷	میانگین انحراف معیار
۲۱/۵۵	۲۲/۵۷	۹۰/۶۹	۱۷/۱۶	۰/۸۱	۶/۴۱	۱/۰۵	۲/۸۷	۲/۸	۲۵/۱۷	۴/۴۳	۳/۴۶	۲۱/۸	۰/۳۳	۴/۱۱	
۰/۱۹	-/۲۲	۵/۵۱	-/۳۵	۰/۱۲	-/۱۹	۰/۹۰	۲/۵۹	-/۰/۶	-/۶۶	-/۰/۹	-/۲۱	-/۲۸	-/۰/۴	۰/۰/۷	۲
۲۱/۸۵	۲۴/۱۹	۹۰/۳۱	۱۷/۹۱	۰/۵۸	۶/۲۸	۰/۶۵	۲/۸	۲/۸	۲۵/۸۵	۴/۰۵	۳/۴۳	۲۱/۴۵	۰/۳۱	۴/۱۲	
۲۸/۲۸	۲۵/۳۸	۹۲/۷۳	۱۸/۲۱	۰/۴۴	۷/۱۷	۰/۳۲	۲/۴۶	۳/۹۲	۲۲/۱۷	۲/۷۷	۴/۲۱	۲۲/۱۷	۰/۵۷	۳/۴۳	میانگین انحراف معیار
۲۸/۴۴	۲۵/۲۴	۹۱/۱	۱۸/۳۲	۰/۸۰	۶/۹۲	۰/۸۷	۲/۳۹	۲/۷۲	۲۵/۱۹	۴/۴۴	۳/۱۹	۲۱/۸۳	۰/۴۷	۴/۳۵	
۰/۸۹	-/۳۵	۱/۲۱	-/۲۱	۰/۴	-/۴۶	-/۰/۹	۰/۱۵	-/۱۱	-/۵۰	-/۱/۹	۰/۵۳	-/۳۶	-/۱/۳	۰/۳/۵	۳
۳۳/۳۲	۳۰/۳	۹۸/۶	۲۲/۵۶	۰/۱۱	۷/۷۴	۰/۸۳	۲/۹۱	۴/۴۶	۲۲/۸۷	-/۵/۷	۵/۶۵	۲۴/۴۱	۰/۷۴	۴/۳۵	
۳۴/۳۳	۳۱/۰/۸	۹۷/۰/۶	۲۲/۱۷	۰/۸۴	۷/۹۱	۰/۵۷	۲/۰۱	۴/۳۲	۲۲/۳۹	-/۴/۹	۵/۳۳	۲۴/۸	۰/۸۶	۴/۱۷	میانگین انحراف معیار
۳۶/۹۱	۲۹/۸۷	۹۷/۲۲	۲۲/۱۶	۰/۸۹	۷/۸۱	۰/۴۸	۲/۵۵	۴/۲۷	۲۴/۱۶	-/۵/۱	۵/۹۷	۲۲/۸۸	۰/۸۵	۴/۱۹	
۲۹/۴۷	۲۱/۵۱	۹۳/۷	۱۹/۵۵	۰/۴۸	۶/۹۴	۰/۷۲	۲/۳۷	۲/۹۹	۲۵/۰/۲	۲/۸	۴/۲۷	۲۲/۸۸	۰/۵۳	۴/۰/۴	۴
۳/۲۷	۳/۱۶	۳/۲۷	۲/۴۶	۰/۳۴	-/۸/۶	۰/۸۷	۰/۲۹	-/۰/۳	۱/۰/۲	۱/۸۶	۰/۸۳	۱/۲۱	۰/۶۵	۰/۲/۷	

جدول ۴: بيانگين و انحراف معيار و تركيب اسيدهاى چرب روغن تصفيه شده ماهى كپلكاى خالص سازى به روش كپلكس اوره در ۱ درجه سانتیگراد (درصد)

دوره‌هاى بررسى	C14:۰	C14:۱	C14:۲	C14:۳	C14:۴	C14:۵ (EPA-۳)	C15:۰	C15:۱ (DHA-۳)	مجموع اسيدهاى چرب	مجموع EPA+DHA	مجموع امگا-۳
۱	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
۲	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
۳	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
بيانگين انحراف معيار	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
بيانگين انحراف معيار	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷

جدول ۵: میزان تغییرات اسیدهای چرب امگا ۳- اشباع و مونواسیباع زنجیره بلند و اشباع و مونواسیباع زنجیره کوتاه روغن تصفیه نشده و تصفیه شده ماهی کیکلا (درصد)

میزان	روغن تصفیه نشده												روغن تصفیه شده																						
	اشباع و مونواسیباع				زنجیره بلند				اشباع و مونواسیباع				زنجیره کوتاه				امگا ۳- EPA				امگا ۳- EPA														
	C۱۶:۱	C۱۴:۰	C۱۸:۱	C۱۶:۰	C۲۲:۶	C۲۰:۵	C۱۸:۳	C۱۶:۱	C۱۴:۰	C۱۶:۰	C۱۸:۱	C۱۶:۰	C۲۲:۶	C۲۰:۵	C۱۸:۳	C۱۶:۱	C۱۴:۰	C۱۸:۱	C۱۶:۰	C۲۲:۶	C۲۰:۵	C۱۸:۳	C۱۶:۱	C۱۴:۰	C۱۸:۱	C۱۶:۰	C۲۲:۶	C۲۰:۵	C۱۸:۳						
قبل از استخراج و خالص سازی	۲۰/۰۲	۵/۸۹	۱۸/۱۳	۲۲/۴	۲۸/۱	۲۳/۶	۲۳/۳	۳/۳۶	۲۸/۱	۲۲/۴	۲۸/۱	۲۳/۳	۳/۳۶	۲۸/۱	۲۲/۴	۲۸/۱	۲۳/۳	۳/۳۶	۲۸/۱	۲۲/۴	۲۸/۱	۲۳/۳	۳/۳۶	۲۸/۱	۲۲/۴	۲۸/۱	۲۳/۳	۳/۳۶	۲۸/۱	۲۲/۴	۲۸/۱				
بعد از استخراج و خالص سازی	۵/۴۹	۱۷/۹۰	۴۵/۱۱	۳/۵	۵/۵	۰/۱۵	۱/۲	۰/۱۵	۵/۵	۳/۵	۵/۵	۱/۲	۰/۱۵	۱۸/۸۳	۱۸/۸۳	۷/۳۱	۱/۲	۰/۱۵	۵/۵	۳/۵	۵/۵	۱/۲	۰/۱۵	۱۸/۸۳	۱۸/۸۳	۷/۳۱	۱/۲	۰/۱۵	۵/۵	۳/۵	۵/۵				
در ۱-درجه سانتی گراد																																			
بعد از استخراج و خالص سازی																																			
در ۵-درجه سانتی گراد																																			
بعد از استخراج و خالص سازی																																			
در ۱۰-درجه سانتی گراد																																			

بحث

تغلیظ اسیدهای چرب امگا-۳ در روغن ماهی کیلکا به روش کمپلکس اوره انجام شده است. این تحقیق در شرایط آزمایشگاهی انجام شده و طی آن اسیدهای چرب ناخواسته حذف گردید در ابتدا طی واکنش صابونی شدن مواد صابونی (اسیدهای چرب) از مواد غیر صابونی (گلیسرول) جدا گردید. مواد صابونی شامل اسیدهای چرب اشباع، منوآشباع و غیر اشباع هستند که با اضافه کردن اوره به نسبت ۳ به ۱ از اوره و اسید چرب و تشکیل کریستال اسیدهای چرب - اوره (UCF)، اسیدهای چرب منوآشباع و غیر اشباع از بقیه اسیدهای چرب جدا شده است. تولید کمپلکس اوره - اسید چرب با سه شرایط متفاوت در ۱، ۵- و ۱۰- درجه سانتیگراد انجام شده است. در نتیجه، غلظت سایر اسیدهای چرب باقیمانده که شامل اسیدهای چرب غیر اشباع هستند، افزایش یافت و با اوره کمپلکس تشکیل نداد (NUCF). در مرحله بعد، اسیدهای چرب غیراشباع (PUFA) ابتدا در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد تحت واکنش اتیلاسیون قرار گرفته و سپس در دمای ۳۰- درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری و آن قسمت از اسید چرب که منجمد نشده و در لایه بالایی قرار دارد بعنوان اسیدهای چرب امگا-۳ جداسازی و با دستگاه گاز کروماتوگرافی شناسایی و تعیین مقدار شده‌اند. Ratnayake و همکاران در سال ۱۹۸۸ بهترین نسبت وزنی اوره به اسیدهای چرب را ۳ به ۱ گزارش نمودند که با این تحقیق همخوانی دارد. با این نسبت غلظت EPA+DHA در NUCF به حداکثر خود می‌رسد. Haagsma و همکاران در سال ۱۹۸۲ نیز در تحقیق خود این نسبت را گزارش نموده‌اند.

در مرحله جداسازی UCF و NUCF در ۱ درجه سانتیگراد در بین اسیدهای چرب امگا-۳، اسیدهای چرب C۱۸:۳ و DHA تقریباً فقط در NUCF یافت شدند و قسمت اعظم EPA هم در قسمت NUCF باز یافت شده است ولی بقیه EPA به همراه تولید کمپلکس اوره (UCF) از دسترس خارج شد. باز یافت EPA باقیمانده از کمپلکس اوره که مقدار آن جزئی هم می‌باشد در تولید انبوه امکانپذیر است (در این تحقیق انجام نشده است). با این روش تغلیظ میزان اسیدهای چرب امگا-۳ در روغن تصفیه شده از میانگین ۲۸/۸ درصد به ۷۹/۶۰ درصد افزایش یافت و میزان DHA با خلوص ۵۳/۴۷ درصد از کل امگا-۳ استخراج شده بیشترین مقدار را بخود اختصاص داده است (حدود ۶۶ درصد).

در روغن تصفیه نشده میزان اسید چرب امگا-۳ از میانگین ۲۶/۰۴ درصد به ۶۸/۵ درصد در مرحله تغلیظ افزایش یافت. نتایج نشان داد که دمای ۱ درجه سانتیگراد برای تغلیظ اسیدهای چرب امگا-۳ دارای راندمان بالایی است. Ratnayake و همکاران در سال ۱۹۸۸ نتایج مشابهی گزارش نمودند و در ۱ درجه سانتیگراد نسبت به ۱۲-، ۱۸- و ۳۶- حداکثر غلظت

اسیدهای چرب امگا-۳ را بدست آوردند.

مرحله جداسازی UCF و NUCF که در درجه حرارت‌های ۵- و ۱۰- درجه سانتیگراد انجام گرفت و مقدار هر یک از اسیدهای چرب امگا-۳ و در مجموع کاهش قابل توجهی نشان داد و بترتیب به ۵/۸۵ و ۷/۱۴ کاهش یافت. Ratnayake و همکاران در سال ۱۹۸۸، نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند که در دمای پایین (۱۲-، ۱۸- و ۳۶- درجه سانتیگراد) مقدار EPA در UCF بطور ناگهانی افزایش یافت (کاهش در NUCF) و این نشان می‌دهد که گرایش EPA برای تشکیل کمپلکس افزایشی اوره - اسید چرب زیاد و بیشتر از C۱۸:۳ و DHA می‌باشد.

Haagsma و همکاران در سال ۱۹۸۲، نتایج مشابهی برای اسیدهای چرب روغن ماهی کاد گزارش کردند. آنها باز یافت ۱۰۰ درصد C۱۸:۳ و DHA و ۶۰ درصد EPA را از NUCF گزارش نمودند (۴۰ درصد EPA در UCF).

بررسی نشان می‌دهد میزان (C۱۸:۳) و مجموع EPA+DHA در روغن ماهی سفید بترتیب ۳۱/۵ و ۶۷/۳ درصد و در ماهی کپور ۲۶/۹۰ و ۳/۸۳ درصد است ولی در روغن ماهی کیلکا این وضعیت برعکس می‌باشد. بطوریکه در روغن ماهی کیلکای خام بترتیب ۲/۰۲ و ۲۴/۰۲ درصد و در روغن ماهی کیلکای تصفیه شده ۲/۳۷ و ۲۶/۴۹ درصد می‌باشد از نظر میزان C۱۸:۳ در روغن ماهی سفید و کپور بترتیب ۹ و ۸ برابر روغن ماهی کیلکا تصفیه شده است و بالعکس مجموع EPA+DHA که از نظر پزشکی اهمیت بیشتری دارد در روغن کیلکا ماهیان بترتیب ۵ و ۷ برابر روغن ماهی سفید و کپور می‌باشد.

تولید روغن و اسید چرب امگا ۳ از ماهی کیلکا نسبت به ماهیهای دیگر از جمله تاسماهی، ماهی سفید، کلمه و غیره عمدتاً به دلایل زیر ارجحیت دارد.

۱- حدود ۹۵ درصد از صید این ماهی صرف تولید پودر ماهی می‌شود، در نتیجه به ناچار روغن ماهی تولید می‌گردد. در صورتیکه نمی‌توان روغن سایر ماهیان را جدا نمود زیرا بصورت مستقیم به مصرف انسانی می‌رسند و مقرون به صرفه نیست و از طرفی هم تقریباً ضایعاتی ندارد.

۲- از نظر دارا بودن اسیدهای چرب EPA+DHA این روغن بترتیب میزان ۵ و ۷ برابر بیشتر از ماهی کپور و سفید از این اسیدهای چرب دارد.

لذا چنانچه کل روغن ماهی کیلکای تولیدی جمع‌آوری، تصفیه و میزان امگا-۳ آن پس از خالص‌سازی در کپسول ژله‌ای نرم (Soft gel) بسته‌بندی شود به همین نسبت از واردات امگا ۳ و خروج ارز جلوگیری خواهد شد.

ماهی کیلکا بطور متوسط دارای ۵ درصد چربی است در صورتیکه ۵۰ درصد روغن ماهی در تولید پودر ماهی جدا گردد و

بخش بیوتکنولوژی موسسه تحقیقات شیلات و آقای دکتر صدریان مدیر محترم گروه فرآوری تشکر و قدردانی می‌نمایم.

منابع

پورغلام، ر.؛ بشارت، ک. و فضلی، ح.؛ ۱۳۷۵. گزارش نهایی پروژه ارزیابی ذخایر کیلکا ماهیان به روش هیدرواکوستیک. مرکز تحقیقات شیلاتی استان مازندران. ۱۲۵ صفحه.

رضوی شیرازی، ح.؛ ۱۳۸۰. تکنولوژی فرآورده‌های دریایی (علم فرآوری ۲). انتشارات نقش مهر. ۲۹۲ صفحه.

سلمانی، ع.؛ ۱۳۸۰. گزارش نهایی پروژه بررسی و اصلاح روش تولید پودر ماهی کیلکا به منظور افزایش کیفیت. موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۷۵ صفحه.

محمدی باغلابی، م.؛ ۱۳۷۴. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بررسی ترکیب اسیدهای چرب ماهیهای چرب ماهیهای پر مصرف خلیج فارس و دریای خزر. انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور. ۷۰ صفحه.

Agren, J.J. , 1991. Fatty acid content and composition of five fish species from the Persian Gulf. *Comparative Biochemistry and Physiology*. Vol. 100B, No. 2, pp.339-341.

FAO , 1999. Fishery statistics yearbook. FAO, Rome, Italy.

FAO , 2003. Fishery statistics yearbook. FAO, Rome, Italy.

Fresh World International , 2005a. Indian company develops technology for omega-3 derivation. L:\Omega2.htm. February 2005.

Fresh World International , 2005b. International function for the conservation of natural resources. L:\Omega2.htm. February 2005.

Gruger, E.H. , 1992. Fish and wild fish service. Bureau of commercial fisheries, circular 296. Fishery Industrial Research, Vol. 2, 31P.

Haagsma, N. ; Van Gent, C.M. ; Lute, J.B. ; Dejong, R.W. and Van Doorn, E. , 1982. Oil Chemists' Society, pp.59, 118.

Ratnayake, W.M.N. ; Olsson, B. ; Matthews, D. and Ackman, R.G. , 1988. Preparation on Omega-3 PUFA concentrates from fish oils via urea complexation. *Fat Science Technology*, No. 10, 50P.

۵۰ درصد بقیه در پودر ماهی بماند، می‌توان از هر یک هزار تن ماهی کیلکا ۲۵ تن روغن تولید نمود و با احتساب ۶ درصد افت یا ۹۴ درصد راندمان در مرحله تصفیه، می‌توان به ۲۳/۵ تن روغن تصفیه شده دست یافت. اگر برابر نتایج این تحقیق راندمان تولید اسید چرب امگا-۳ با خلوص ۸۰ درصد را ۱۳ درصد در نظر گرفته شود (یعنی از هر ۲۰ گرم روغن ماهی کیلکا حدود ۲/۶ گرم اسید چرب امگا-۳ با خلوص ۸۰ درصد) می‌توان ۳۰۵۵ کیلوگرم اسید چرب امگا-۳ با خلوص ۸۰ درصد تولید نمود یا با مواد پرکننده به میزان ۶۱۱۰ کیلوگرم اسید چرب ۴۰ درصد تولید نمود (مطابق بررسی انجام شده کپسول‌های تجاری امگا-۳ حدود ۴۰ درصد خلوص دارند). از این مقدار اسید چرب می‌توان بیش از ۶ میلیون عدد کپسول یک گرمی تولید و عرضه نمود و چنانچه قیمت فروش هر عدد کپسول را ۳۰۰۰ ریال در نظر گرفته شود می‌توان اظهار نمود که ارزش روغن استحصالی هر هزار تن ماهی کیلکا ۱۸ میلیارد ریال است.

از مباحث بالا می‌توان نتیجه گرفت که استخراج و خالص‌سازی روغن تصفیه شده به روش کمپلکس اوره موفقیت‌آمیز بود. استخراج و خالص‌سازی اسید چرب امگا-۳ به روش کمپلکس اوره که با حداقل امکانات و بدون استفاده از هیچ حلالی (بجز اتانول) انجام شده نسبت به روشهای دیگر دارای راندمان بالاتر و مقرون به صرفه‌تر است و می‌توان ادعا نمود که از این روش در استخراج و تولید اسید چرب امگا-۳ با خلوص نسبتاً بالا از روغن ماهی کیلکا بصورت انبوه بهره برد، لذا پیشنهاد می‌گردد با اینکه استخراج (تفلیظ) امگا-۳ از روغن ماهی کیلکا در حد آزمایشگاهی انجام شده ولی امکان انجام آن در حد نیمه صنعتی بررسی شده و امکانپذیر می‌باشد. براساس بررسی‌های بعمل آمده امکان تولید امگا-۳ در حد انبوه با تکمیل خط تولید کارخانجات تصفیه روغن و پس از اخذ مجوز از وزارت بهداشت، تولید و بسته‌بندی امگا ۳ در کپسولهای ژل نرم امکانپذیر است.

براساس آمار سالهای ۹۹-۱۸۸۹ میزان مصارف دارویی در حدود ۹۰ هزار تن و تولید اسید چرب امگا-۳ در حدود ۸ هزار تن در سال بوده است. در صورتیکه تنها در شمال کشور قادر به تولید و عرضه سهم عمده‌ای از امگا-۳ جهان (حدود ۶ هزار تن) می‌توان بود.

تشکر و قدردانی

برخود لازم می‌دانیم که از حمایت و راهنماییهای رئیس محترم موسسه تحقیقات شیلات ایران جناب آقای دکتر مطلبی و همچنین جناب آقای دکتر رضوانی و دکتر رستمی خوشباور تشکر و قدردانی نمایم.

از جناب آقای دکتر فضلی معاون محترم تحقیقاتی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر و آقای دکتر غرقی رئیس محترم

Extraction of Omega-3 fatty acid from Kilka fish oil

Salmani Jolodar A.^{(1)*} ; Rezaeian M.⁽²⁾ ; Gholamipour S.⁽³⁾ and Safari R.⁽⁴⁾

a_salmani_j@yahoo.com

Caspian Sea Ecology Research Center, P.O.Box: 961 Sari, Iran

Received: February 2008

Accepted: February 2009

Keyword: Omega-3, Urea complex, Kilka fish oil

Abstract

Extraction of omega-3 fatty acids from Kilka fish oil was conducted at the laboratory scale. Extraction and purification of raw and refined Kilka oil were done in three temperatures (1, -5 and -10°C) using urea complex method.

The results indicated that maximum extraction of fatty acids were achieved at 1°C and during the experiment, omega-3 ratio was increased while the saturated fatty acid and long chain monosaturated fatty acids were decreased. The mean value of omega-3 acids for the refined and raw fish oil was 29.28% and 26.05% respectively. The extraction and purification increased omega-3 fatty acids in the refined and raw fish oil to 79.8% and 68.9% respectively. Moreover, the maximum rate of pure fatty acids was also 80.51% and 69.29%.

The statistical analysis showed that omega-3 ratio before and after extraction as well as purification, were significantly different ($P < 0.04$ for raw and $P < 0.03$ for refined fish oil). In conclusion, we can say that the fatty acids purification by urea complex was fully successful and it has the potential to be used in fish oil extraction pilot plants.

*Corresponding author