فصلنامه علوم محیطی، دوره سیزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴

۷۰-۶۳

تعیین غلظت و منشأ ترکیبات آلکان‌های نرمال در تخم چهارگونه پرستوی دریایی جزیره شیدور، خلیج فارس

زیبا سالاری‌جو [۱]، علیرضا ریاحی بختیاری [۲*] و سید محمود قاسمپوری [۳]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور
[۲] دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور
[۳] استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۱۳

چکیده

پیش‌گیری از آلودگی دریا برای استفاده پایدار از منابع بسیار مهم است. با توجه به پایداری آلاینده‌ها در سراسر زنجیره غذایی اکوسیستم‌های آبی، احتمال آسیب رساندن به تمام موجودات زنده از جمله انسان در رأس زنجیره غذایی وجود دارد. در سال‌های اخیر آلکان‌های نرمال به عنوان شاخصی مطلوب جهت تعیین منشأ و ردیابی روند تغییرات ترکیبات آلی استفاده می‌شوند. این پژوهش با هدف تعیین غلظت و منشأ ترکیبات آلکان‌های نرمال در تخم چهار گونه پرستوی دریایی مهاجر به جزیره شیدور در تیر ماه سال۱۳۹۲ انجام شد.پس از دو مرحله کروماتوگرافی ستونی ترکیبات آلکان‌های نرمال بوسیله دستگاهGC-MS آنالیز شدند. دامنه آلکان‌های نرمال در نمونه‌های مورد بررسی اغلب در محدوده nC14-nC_{35} تعیین شد. غلظت ترکیبات آلکان‌های نرمال در نمونه‌های تخم پرندگان در این جزیره در پرستوی دریایی گونه‌سفید، پشت‌تیره، کاکلی بزرگ و کاکلی کوچک به ترتیب در محدوده ۸۶/۳۲-۴۱/۳۹، ۵۳/۱۹-۲۲/۸۸، ۵۴/۹۴-۲۱/۸۲ و ۹۵/۴۶-۵۹/۴۷ میکروگرم بر میلی‌گرم لیپید به دست آمد. غلظت این ترکیبات در نمونه‌های تخم پرستوی دریایی گونه‌سفید و کاکلی‌کوچک بیشتر از گونه‌ی کاکلیبزرگ و پشت‌تیره به دست آمد. با استفاده از نسبت‌های تشخیصیCPI، *n*-C_{17}/Pr، *n*-C_{18}/Ph و U/R در تمامی نمونه‌های مورد بررسی منشأ غالب هیدروکربن‌هاپتروژنیک تشخیص داده شد. از مهم‌ترین دلیل آن می‌توان به آلودگی حاصل از پالایشگاه‌های نفتی لاوان که در مجاورت جزیره‌ی شیدور واقع شده و از دیگر عوامل می‌توان به آلاینده‌های موجود در خلیج فارس ناشی ازحمل و نقل دریایی، تخلیه‌ی آب توازن کشتی‌ها به این منطقه اشاره کرد.

کلمات کلیدی: آلکان‌های نرمال، پایشگر زیستی، پرستوی دریایی، جزیره شیدور- خلیج فارس.

Determination of Origin and Concentration of n-Alkanes Residues in Eggs of four Tern Species on Shidvar Island, the Persian Gulf

Ziba Salarijoo,[1] Alireza Riyahi Bakhtiari[2]* & Sayed Mahmood Ghasempuri[3]

[1] MSc. of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, University of Tarbiat Modares, Noor
[2] Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, University of Tarbiat Modares, Noor
[3] Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, University of Tarbiat Modares, Noor

Abstract

The prevention of pollution of marine ecosystems is very important for the sustainable use of resources. Given the persistence of pollutants in the aquatic food chain, the likelihood of damage to all living organisms is high, including humans who are at the top of the food chain. n-alkanes were used as an indicator of the origin and changes in organic substances. The present study was aimed at determining the origin and concentration of these compounds in the eggs of four sea-bird species (White-cheeked Sterna repressa, Bridled Sterna anaethetus, Greated Crested and Lesser Created T. bengalensis Terns) on Shidvar Island in July 2013. n-alkanes were mostly determined in the range of n-C14 - n-C35, and their total obtained concentrations in the sampled eggs of White-cheeked, Bridled, Greated Crested and Lesser Created Terns were also ¬in the range of 41.39-86.32, 22.88-53.19, 21.82-54.94 and 59.47-95.46 (µg.mg-1 lipid), respectively. However, the concentrations of these compounds in eggs of the White-cheeked and Lesser Created Terns were higher than the Greater Crested and Bridled Terns. Diagnostic ratios of CPI, Pr/Ph, n-C17/Pr, n-C18/Pr and U/R, in addition, n-alkanes in all the samples were mostly recognized as originating from petrogenic compounds and, so, the most important causes involved are presumably contamination from oil refineries which have been established on Lavan Island closed to Shidvar Island. The presence of oil pollutants cause by oil spills in the Persian Gulf, shipping, the discharge of ballast water from ships to this area is also an important source.

Keywords: N-Alkanes, Biomonitoring Agent, Terns, Shidvar Island, Persian Gulf.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: riahi@modares.ac.ir

۱- مقدمه

کیفیت اکوسیستم‌های آبی به عنوان فاکتور اصلی برای کنترل وضعیت سلامت و بیماری‌های انسانی و حیوانی در نظر گرفته می‌شود [۱]. با توجه به میزان تولید و تراکم حمل و نقل نفت، توانایی و خطرات آلاینده‌های نفتی در خلیج فارس، شاید در میان همه‌ی مناطق از همه بالاتر باشد [۲]. از این‌رو، بر اساس منابع هیدروکربنی، غنی‌ترین منطقه در جهان محسوب می‌شود. بر این اساس، سواحل و جزایر جنوبی ایران که در محدوده خلیج فارس واقع هستند، همواره در معرض ورود آلاینده‌های متعدد ناشی از فعالیت‌های انسانی و نقل وانتقالات نفتی قرار دارند. به دلیل عدم شناخت کافی از فاکتورهای زیست‌محیطی دخیل در سلامت محیط، وقت‌گیر بودن و هزینه بالا، تشخیص سلامت محیط‌زیست با اندازه‌گیری مستقیم فاکتورهای زیست‌محیطی دشوار است. بنابراین، برای کنترل کیفیت محیط‌زیست، پایشگرهای زیستی که بر پایه تجزیه و تحلیل نمونه‌های بافتی و مایعات بدن موجودات زنده صورت می‌گیرند، به طور فزاینده‌ای کاربرد دارند.

پرندگان ساحلی در سطوح بالای زنجیره غذایی قرار دارند و به عنوان شاخص تغییرات رخ داده در سطوح پایین زنجیره غذایی هستند [۳]. از آنجا که برای نمونه‌برداری، کشتن پرندگان از لحاظ اخلاقی و حفاظتی صحیح نیست، سعی می‌شود تا از بافت‌های دیگری که بر موفقیت زادآوری و نسل آنها آسیب جدی نزند، نظیر پر و تخم، به عنوان پایشگر زیستی مناسب استفاده شود [۴]. تجمع ترکیبات آلی پایدار در پرندگان به نوع گونه، رژیم غذایی، زیستگاه گونه و فاکتورهای زیست‌محیطی بستگی دارد [۵]. در طول فصل زادآوری، پرندگان ماده غذای زیادی مصرف می‌کنند، به طوری که پروتئین‌ها و چربی‌های مورد نیاز جنین به همراه آلایندهای وارد شده به بدن پرندگان به تخم‌ها نیز انتقال یافته و انباشته می‌شود. به همین دلیل، غلظت آلاینده‌ها در تخم، نشان‌دهنده مواد شیمیایی موجود در محیط‌زیست اطراف کلونی تولید مثل و در زمان کوتاه قبل از تخم‌گذاری است [۶].

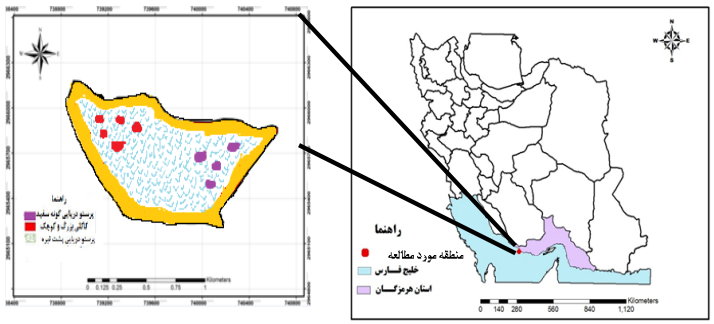
با توجه به گستردگی اکوسیستم‌های آبی، مطالعه سرنوشت ترکیبات آلی پایدار و تعیین منشأ آنها با استفاده ازفاکتورهای زیست‌محیطی، به تنهایی کاری بسیار دشوار، هزینه‌بر و وقت‌گیر است این در حالی است که نتایج تحقیق حاضر، امکان استفاده از تخم پرندگان را به عنوان پایشگر زیستی در جهت رفع این مشکل برطرف خواهد ساخت. پرندگان به دلیل تغذیه از بخش نسبتاً گسترده‌ای از آب‌های اطراف این جزیره، قرار گرفتن در رأس هرم غذایی و تغذیه از بخش‌های مختلف شبکه غذایی، توانایی بالایی در نشان دادن وضعیت آلودگی این اکوسیستم دارند. آلکان‌های نرمال۲ که شاخص ترکیبات هیدروکربن‌های آلیفاتیک هستند، بیشتر مورد توجه محققان قرارگرفته است وبه‌طور کلی دارای دو منشأ پتروژنیک و بیولوژیک هستند [۷]. اثرآلکان‌های نرمال به درستی روی موجودات زنده تشخیص داده نشده است. بنابراین از آلکان‌های نرمال برای افتراق بین منابع بیوژنیک (دریایی و خشکی) و پتروژنیک مواد آلی کاربرد دارند و از آنها به عنوان شناساگر زیستی استفاده می‌شود [۸]. در تحقیق حاضر از تخم چهار گونه از خانواده پرستوی دریایی مهاجر از جمله پرستوی دریایی گونه‌سفید (*Sterna repressa*)، کاکلی کوچک (*Thalasseus bengalensis*)، کاکلی بزرگ (*Thalasseus bergii*) و پرستوی دریایی پشت‌تیره(*Sterna anaethetus*)که جزء پرندگان گوشت‌خوار ساحلی مهاجر در جزیره شیدورهستند، برای بررسی میزان غلظت و منشأ آلکان‌های نرمال استفاده شد.به‌طور کلی اهدف تحقیق حاضر تعیین غلظت ومنشأترکیبات آلکان‌های نرمال در جزیره شیدور با استفاده از محتویات تخم گونه‌های ذکرشده، مقایسه الگوی ترکیبی ترکیبات آلکان‌های نرمال در محتویات تخم چهار گونه‌ی مورد بررسی و همچنین مقایسه غلظت ترکیبات آلکان‌های نرمال (بر حسب میکروگرم بر میلی‌گرم لیپید) در محتویات تخم چهار گونه‌ی مورد بررسی برای تعیین گونه مناسب به عنوان پایشگر زیستی در این جزیره است. این تحقیق اولین پژوهش درباره ترکیبات آلکان‌های نرمال در تخم پرندگان دریایی در منطقه حفاظت‌شده جزیره شیدور خلیج فارس است. تخم پرندگان یک بافت خارجی است و آلاینده‌های دفعی پرنده را درخود دارد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد بررسی

جزیره غیرمسکونی شیدوردر عرض″۲۶°۴۷′۲۸ شمالی ″۵۳°۲۴′۴۰ شرقی واقع شده است (شکل ۱). این جزیره دارای مساحت حدود ۹۸ هکتار و به عنوان تالاب بین‌المللی در فهرست کنوانسیون رامسرثبت شده است که در فاصله ۱۵۰۰ متری از شرق جزیره نفتی لاوان واقع شده است. به دلیل مجاورت با جزیره نفتی لاوان و تردد

شناورهای نفت‌کش، آلاینده‌های نفتی زیادی به آب‌های اطراف این جزیره منتقل می‌شود [۳]. بنابراین آلودگی‌های نفتی یکی از مهم‌ترین تعارضات و تهدیدات این جزیره به شمار می‌روند. این جزیره مهم‌ترین زیستگاه چند گونه از خانواده پرستوی دریایی مهاجر است که هر ساله در فصل بهار و تابستان به دلیل شرایط زیستگاهی و امنیتی مناسب از شمال آفریقا و اقیانوس هند برای تغذیه و جوجه‌آوری به این جزیره مهاجرت می‌کنند [۹].



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی جزیره شیدور و محل‌های تخم‌گذاری پرستوهای دریایی مورد بررسی

جدول ۱- میانگین طول و وزن تخم پرندگان مورد بررسی در جزیره شیدور، خلیج فارس(M±SE)

گونه‌ها	تعداد	وزن (g)	طول (mm)
گونه‌سفید	۱۱	۱۷/۰۶±۰/۳۹	۴۱/۹۷±۰/۵۷
پشت‌تیره	۱۱	۲۱/۱۹±۰/۵۳	۴۳/۹۶±۰/۴۵
کاکلی‌کوچک	۱۵	۳۵/۸۷±۰/۶۲	۵۲/۷۶±۰/۵۲
کاکلی‌بزرگ	۱۵	۵۸/۳۲±۰/۷۳	۵۹/۷۵±۳/۱۷

۲-۲- آماده‌سازی نمونه‌ها و آنالیز دستگاهی

آنالیز آلکان‌های نرمال شامل استخراج، دو مرحله کروماتوگرافیستونی ۳ و کروماتوگرافیگازی ۴ است. ابتدا تمامی تخم‌ها پس از زیست‌سنجی ۵، شکسته شدند و سپس محتویات آنها کاملاً همگن و نماینده وزنی ۱۰ گرم وزن خشک از محتویات هر تخم به دقت توزین و با سدیم سولفات ۶ خشک شدند. برای چربی‌زدایی از متانول هیدروکسید ۷ استفاده شد و سپس برای استخراج مواد آلی، مقدار ۵۰ میلی‌لیتر از هگزان نرمال ۸ اضافه و به مدت ۲ ساعت توسط دستگاه اوربیتال شیکر تکان داده شدند [۱۰]. برای جداسازی حلال هگزان به همراه مواد آلی، از قیف جداکننده استفاده شد. در این مرحله، نمونه کاملاً دوفازی شده، فاز بالایی که حاوی نمونه به همراه حلال هگزان است جدا شد و توسط دستگاه تبخیرکننده چرخان ۹ و گاز نیتروژن با درجه خلوص بالا (۹۹/۹)، کاهش حجم داده شدند. دو مرحله کروماتوگرافی ستونی برای پاک‌سازی و جداسازی ترکیبات هیدروکربنی مورد استفاده قرار گرفت. در کروماتوگرافی ستونی مرحله اول، از سیلیکاژل ۵٪ غیرفعال شده با آب استفاده شد. نمونه‌های کاهش حجم داده‌شده از مرحله استخراج مواد آلی، که به میزان۳-۲ میلی‌لیتر رسیده بودند، روی ستون قرار گرفتند و در این مرحله ستون با ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط هگزان به دی‌کلرومتان ۱۰ نسبت حجمی ۱ به ۳ شست‌وشو شد. سپس نمونه‌ها به ۳-۲ میلی‌لیتر کاهش حجم داده شدند. برای جداکردن ترکیبات آلکان‌های نرمال، از سایر ترکیبات از کروماتوگرافی ستونی مرحله دوم با استفاده از ۴ میلی‌لیتر هگزان نرمال و سیلیکاژل کاملاً فعال‌شده انجام شد. بخش جداشده آلکان‌ها، کاهش حجم داده شد. سپس نمونه مربوطه به وسیله پیپت پاستور به ویال (ظروف شیشه‌ای مخصوص دستگاه کروماتوگرافی گازی) با حجم ۴ میلی‌لیتر منتقل شد و قبل از تزریق به دستگاه، نمونه‌ها با جریان نسبتاً ملایم گاز نیتروژن خشک شدند و سپس ۱۰۰ میکرولیتر حلال ایزواکتان به ویال اضافه شد، سپس نمونه‌ها با سرنگ به داخل injector دستگاه تزریق شدند [۱۱].

۲-۳- آنالیز لیپید

محتویات همگن‌شده ابتدا در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس بخشی از محتویات توزین شدند. فرآیند استخراج چربی کل با استفاده از

دستگاه Soxtec و حلال کلروفرم به میزان ۴۰ میلی‌لیتر به مدت ۱۲۰ دقیقه انجام شد و پس از بیرون آوردن از دستگاه به مدت۲ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس برای رسیدن به دمای محیط به دسیکاتور انتقال داده شدند و در نهایت از طریق رابطه (۱) درصد چربی نمونه‌ها محاسبه شدند [۱۲].

(۱) درصد چربی = [وزن نمونه / (وزن ظرف-وزن ظرف و چربی)] × ۱۰۰

۲-۴- کنترل کیفی

به منظور کنترل کیفیت روش، نمونه بلانک با هر سری از نمونه‌ها انجام شد. برای تعیین حد تشخیص دستگاه از رابطه (۲) استفاده شد.

$$LOD(ng/g) = \frac{3(SDy/x)}{m} \quad (۲)$$

که LOD حد تشخیص دستگاه بر حسب mg/l، SDy/x انحراف معیار برگشت x به y و m شیب منحنی کالیبراسیون است.

SDy/x از رابطه (۳) بدست می‌آید.

$$\frac{SDy}{x} = \frac{\sqrt{\sum_i^n (yi - \bar{y}i)2}}{x-2} \quad (۳)$$

در این معادله yi سطح زیر پیک نقاط انفرادی خط کالیبراسیون، $\bar{y}i$ مقدار سطح زیر پیک منطبق شده بروی خط کالیبراسیون و X تعداد نقاط نحنی کالیبراسیون می‌باشد.

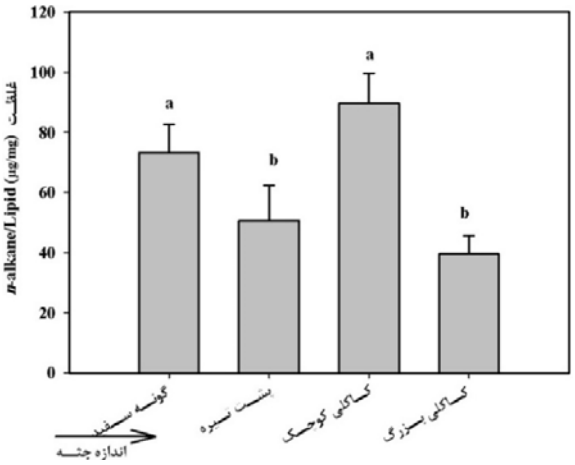
۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از آنالیز ترکیبات آلکان‌های نرمال به همراه پریستان و فیتان در نمونه‌های تخم چهار گونه پرستوی دریایی مورد بررسی در کلونی جوجه‌آوری ساحل جزیره شیدور در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج حاصل از آنالیز ترکیبات آلکان‌های نرمال در تخم چهار گونه‌ی مورد بررسی در جزیره شیدور، خلیج فارس

پارامترها	کاکلی بزرگ	پشت‌تیره	کاکلی کوچک	گونه‌سفید
n-Sample	۷	۶	۴	۴
∑HC(µg/g)	±۱۱/۳ ۳۸۳/۷	±۲۷/۳ ۵۴۱/۱	۶۲۸ ±۲	±۹ ۵۹۷/۳
Lipid(mg/g)	۱۲/۲	۱۵	۱۲/۱	۱۴/۵
∑HC/Lipid	۳۳/۳±۴/۲	±۵/۱ ۳۵/۶	± ۷/۸ ۷۵/۶	۶۲/۶±۹/۴

در مجموع میزان ترکیبات آلکان‌های نرمال در محتویات تخم پرندگان مورد بررسی، نشان‌دهنده وضعیت آلودگی محیط‌زیست آنان به این ترکیبات است که طی فرآیند تغذیه در بافت چرب پرندگان تجمع یافته و از طریق تخم که یک مکانیزم دفعی برای کم کردن آلاینده‌ها در جنس ماده است، دفع شده است.با توجه به اینکه تحقیقات اندکی در رابطه با غلظت آلکان‌های نرمال در موجودات زنده صورت گرفته، معیاری برای ارزیابی میزان آلودگی در موجودات زنده با توجه به غلظت ترکیبات آلکان‌های نرمال وجود ندارد. از این‌رو جهت اعلام غلظت‌های بالا یا پایین این ترکیبات نیاز به بررسی‌هایبیشتر و مقایسه با تخم گونه‌ها از مکان‌های غیرآلوده یا با آلودگی کمتر است.با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه در مجموع نسبت ∑HC/Lipid[۱۲] در تخم پرستوهای دریایی گونه‌سفید و کاکلی‌کوچک به‌طور معنی‌داری بیشتر از گونه‌های پشت‌تیره و کاکلی‌کوچک نشان داده شد (p>۰/۰۵) (شکل ۲).



شکل۲- مقایسه غلظت آلکان‌های نرمال برحسب میکروگرم برمیلی‌گرم لیپید در چهارگونه پرستوی دریایی درجزیره شیدور- خلیج فارس

تفاوت‌های اکولوژیکی و فیزیولوژیکی گونه‌های مورد بررسی از جمله ظرفیت متابولیکی متفاوت، رژیم غذایی، نرخ متفاوت متابولیسم برهمکنش آلاینده‌های شیمیایی و رفتار تجمعی آنها در پرندگان، شرایط و مدت زمان قرارگیری در معرض آلاینده و میزان تماس پوستی متفاوت را می‌توان از دلایل احتمالی تجمع متفاوت ترکیبات آلکان‌های نرمال در بدن و در نتیجه تخم آنها دانست [۱۳]. بنابرای نمی‌توان نتیجه گرفت که غلظت ترکیبات هیدروکربنی درمحتویات تخم گونه‌های مختلف پرنده می‌تواند متفاوت باشد.

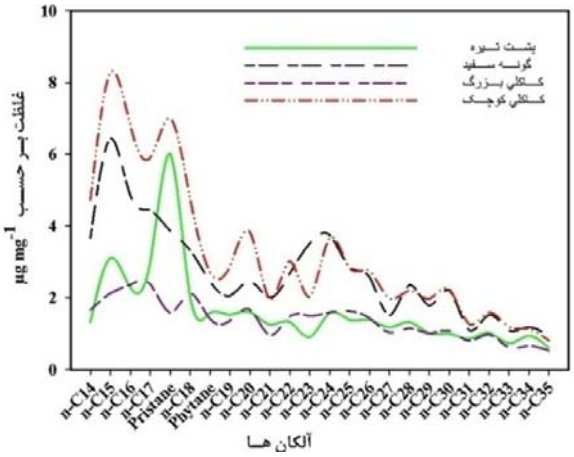
تعیین منشأ ترکیبات آلکان‌های نرمال و ارزیابی آلودگی نفتی در نمونه‌های تخم پرندگان مورد بررسی در

جزیره شیدور با استفاده از نسبت‌های تشخیصی همچون CPI[13]، n-C_{17}/Pr[14]، n-C_{18}/Ph[15]، U/R[16] درجدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- محدوده نسبت‌های تشخیصی در تخم چهار گونه مورد بررسی در جزیره شیدورر، خلیج فارس

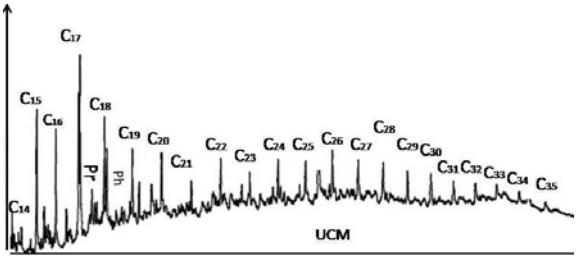
پارامترها	گونه‌سفید	پشت‌تیره	کاکلی بزرگ	کاکلی کوچک
CPI	۰/۵-۰/۹	۰/۸-۱/۱	۰/۷-۱/۳	۰/۸-۱/۰
U/R	۳/۲-۷/۱	۲/۲-۵/۱	۲/۲-۸/۴	۳/۰-۶/۰
nC_{17}/ Pr	۰/۹-۱/۴	۰/۳-۱/۲	۱/۰-۲/۱	۰/۷ -۱/۰
nC_{18}/ Ph	۱/۲-۱/۷	۱/۱-۱/۵	۱/۲-۱/۹	۱/۴-۲/۳

توزیع آلکان‌های نرمال در محتویات تخم چهار گونه پرستوی دریایی در جزیره شیدور در محدوده n-C14-n-C35 تعیین شد و از الگوی تقریباً مشابهی تبعیت کرده‌اند (شکل ۳).



شکل۳- الگوی ترکیبی آلکان‌های نرمال در چهار گونه پرستوی دریایی جزیره شیدور، خلیج فارس

ترکیبات آلیفاتیک نامحلول (UCM)۱۷متشکل از آلکان‌های حلقوی و شاخه‌داری است که نسبت به آلکان‌های نرمال در مقابل تجزیه میکروبی مقاومت بیشتری نشان داده و در نتیجه تمایل بیشتری به پایدار ماندن در محیط نشان می‌دهند. این نسبت تشخیصی شاخص بارزی از وجود آلودگی نفتی است که در کروماتوگرام گازی به صورت افزایشی در خط پایه ظاهر می‌شود، در حالی که اصولاً هیدروکربن‌های منشأیافته از گیاهان عالیUCM ندارند [۱۴]. بنابراین در تعیین منشأ آلکان‌های نرمال و شرایط ژئوشیمی رسوبات به کار می‌رود[۱۵].کروماتوگرام‌های حاصل از آنالیز نمونه‌های مورد بررسی در جزیره شیدور UCM را عمدتاً در محدوده کربنیn-C14-n-C35 نشان داده‌اند (شکل ۴).



شکل۴- کروماتوگرام آلکانهای نرمال درتخم چهارگونه‌ی موردبررسی درجزیره شیدور، خلیج فارس

به طور کلی، توزیع آلکان‌های نرمال در نمونه‌های مورد بررسی که فاقد غالبیت کربن‌های فرد نسبت به زوج به همراهUCM بالا هستند، نشان‌دهنده منشأ غالب پتروژنیک است. شاخص ارجحیت کربنی(CPI) جهت تعیین منشأ آلکان‌های نرمال مورد استفاده قرار می‌گیرد. اصولاًهیدروکربن‌های نفتی، به دلیل عدم غالبیت در غلظت کربن‌های فرد و زوج، مقادیر CPI برابر با ۱ یا نزدیک به ۱ را نشان می‌دهند. به طوریکه CPI بالاتر از ۴، به وجود مواد بیولوژیک اشاره دارد [۱۵]. نسبت، تشخیصی ترکیبات پیچیده جدانشده به آلکان‌های نرمال (U/R)، به عنوان معیار دیاژنزی برای ارزیابی سطح آلودگی نفتی موجود در منطقه مورد بررسی استفاده می‌شود. مقادیر بزرگتر از ۲ برای این نسبت نشان‌دهنده وجود آلودگی نفتی قابل توجه در منطقه است [۱۶]. هیدروکربن‌های ایزوپرونوئید پریستان(Pr) و فیتان (Ph)، به ترتیب دارای ۱۹ و ۲۰ اتم کربن در ساختار خود هستند و اصولاً از تغییرات ژئولوژیکی فیتول موجود در ساختار کلروفیل، طی فرآیند دیاژنز منشأ می‌یابند [۱۷]. پریستان در فرآیند دیاژنز تحت شرایط اکسایشی و فیتان در شرایط احیایی تشکیل می‌شود. به علاوه، زئوپلانکتون‌ها وسایر موجودات دریایی نیز می‌توانند منشأ طبیعی پریستان باشند اما فیتان از ترکیبات معمول در نفت بوده و همچنین محصول فرآیند دیاژنزی محسوب می‌شوند [۱۷]. از آنجاکه پریستان از پلانکتون‌ها منشأ می‌گیرد و پرندگان در سطوح بالای زنجیره غذایی از پلانکتون‌ها نیز تغذیه می‌کنند، قطعاً در محتویات تخم آنها غلظت پریستان نسبت به فیتان بالاتر است. با وجود این ، حضور فیتان با غلظت پایین در محتویات تخم، نشان‌دهنده حضور آلاینده‌ی نفتی است. نسبت‌های تشخیصیn-C17/Prوn-C18/Ph دو نسبت بسیار پرکاربرد در پژوهش‌های ژئوشیمی محیط‌زیست هستند.

مقادیر پایین این نسبت‌ها، عمدتاً بیانگر منشأ پتروژنیک است[۱۸]. در پژوهش حاضر، حضور UCM در اکثر نمونه‌ها، غالبیت آلکان‌های نرمال با وجود مقادیر CPI≥ ۱، نسبت U/R بزرگ‌تر از ۲ و همچنین مقادیر اغلب کمتر از ۱ برای نسبت‌های n-C17/Pr، n-C18/Ph در اکثر نمونه‌ها نشانه بارزی از وجود نفت و منشأ غالب پتروژنیک در نمونه‌ها است. از مهم‌ترین دلیل آن، می‌توان به آلودگی حاصل از پالایشگاه‌های نفتی جزیره لاوان که در مجاورت جزیره شیدور واقع شده‌اند، جریانات آبی اطراف این جزیره که منجر به ورود ترکیبات نفتی به سواحل جزیره شیدور می‌شود، و از دیگر عوامل می‌توان به آلاینده‌های موجود ناشی از حوادث نفتی خلیج فارس، حمل و نقل دریایی، تخلیه آب توازن کشتی‌ها، ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی و پسماندهای ساحلی به این جزیره اشاره کرد که از جمله عوامل تهدید سواحل این جزیره هستند. حضور شناساگرهایی همچون فیتان و UCM در محتویات تخم پرندگان، به طور قطع دلالت بر راه یافتن هیدروکربن‌های دارای منشأ نفتی از محیط تغذیه به بدن و در نهایت، دفع این ترکیبات به دلیل سمیت‌شان از طریق تخم است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از تخم گونه‌های مختلف پرستوهای دریایی به عنوان یک اندام پایشگر زیستی می‌تواند برای ترکیباتی نظیر آلکان‌های نرمال مورد استفاده قرار گیرد.

۴- نتیجه‌گیری

پایش وضعیت کیفی اکوسیستم‌های آبی، همواره از ملاحظات زیست‌محیطی مرتبط محسوب شده است. در پژوهش حاضر، غلظت کلی ترکیبات آلکان‌های نرمال در محتویات تخم چهار گونه‌ی مورد بررسی نشان داد که این ترکیبات در محتویات تخم گونه‌های کاکلی‌کوچک و گونه‌سفید به طور معنی‌داری بیشتر از گونه‌های پشت‌تیره و کاکلی‌بزرگ تجمع یافته‌اند. تفاوت‌های فیزیولوژیکی و اکولوژیکی می‌توانند دلایل احتمالی این تجمع متفاوت باشد. مقادیر نسبت‌های تشخیصی در محتویات تخم، حاکی از منشأ غالب نفتی در منطقه مورد بررسی است. از مهم‌ترین دلایل آن می‌توان به آلودگی حاصل از پالایشگاه‌های نفتی جزیره لاوان و همچنین آلاینده‌های موجود در خلیج‌فارس ناشی از حوادث نفتی خلیج فارس و حمل‌ونقل دریایی به این مناطق اشاره کرد. حضور شناساگرهایی همچون فیتان و UCM در محتویات تخم پرندگان، به طور قطع دلالت بر راه یافتن هیدروکربن‌هایی با منشأ نفتی از محیط مورد تغذیه به بدن این پرندگان دارد.

۵- تشکر و قدردانی

نویسندگان از کارشناسان آزمایشگاه‌های دانشکده منابع‌طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس نهایت تشکر و قدردانی را ابراز می‌نمایند.

پی نوشت‌ها

[1]Biomonitoring agent2-*n*-alkane-
Colum chromatography4- Gas chromatography-mass
[2]spectrometry
[3]Biometry6- Na_2SO
[4]Me(OH)2)8- n- Hexane (Methanol Hydroxide
[5]Rotary evaporator10- Hexane / Dihlorometane-
[6]Total Hydrocarbon/ Lipid12-)One-Way-ANOVA (
[7] Carbon Preference Index14- *n*-C_{17}/Pristane13
[8] *n*-C_{18}/Phytane16- unresolved complex mixture / Sum of the resolved -
[9]unresolved complex mixture

منابع

[1] Yarsan E,Yipel M. The important terms of marine pollution "biomarkers and biomonitoring, bioaccumulation, bioconcentration, biomagnification". Molecular Biomarkers & Diagnosis;**2013;(4)**1-4.

[2] Sanayei Y. Isolation of crude-oil-degrading sphingomonas paucimobilis from the Persian Gulf and Caspian Sea. Journal of A dvances in Chemistry;**2013; 5**(1): 603-606.

[3] Behrouzi-Rada B. Breeding species of waterbirds on 10 Islands of Persian Gulf In 2009. Octa Journal of Environmental Research;**2013;1**(1): 52-64.

[4] Furness R W, Camphuysen K C. Seabirds as monitors of the marine environment. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil;**1997; 54**(4): 726-737.

[5] Morales L, Martrat M G, Olmos J, Parera J, Vicente J, Bertolero A, Ábalos M, Lacorte S, Santos F J, Abad E. Persistent organic pollutants in Gull eggs of two species *Larusmichahellis* and *Larus audouinii* from the ebro delta natural Park. Chemosphere; **2012;88**(11): 1306-1316.

[6] Becker P H, Cifuentes J M, Behrends B,Schmieder K R, Vadehavssekretariat F. Contaminants in bird eggs in the wadden sea, spatial and temporal trends 1991-2000. Wadden Sea**;2001; 11**(18): 9-70.

[7] Tolosa I, de Mora S, Sheikholeslami M R, Villeneuve J P, Bartocci J, CattiniC.Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments. Marine Pollution Bulletin;**2004;48**(1): 44-60.

[8] Jeng W L,Huh C A.A comparison of sedimentary aliphatic hydrocarbon distribution between east China Sea and southern Okinawa trough. Continental Shelf Research; **2008; 28**(4): 582-592.

[9] Ghasemi S, Tayefeh F H, Hoveizeh N M. Breeding success of *lesser Crested Tern* and swift tern at Shidvar Island, Iran. Journal of American Science;**2011;7**(1): 633-638.

[10] Pereira M G, Walker L A, Wright J, Best J, Shore R F. Concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the eggs of Predatory birds in Britain. Environmental Science & Technology;**2009;43**(23): 9010-9015.

[11] Bakhtiari A R, Zakaria M P, Yaziz M I, Lajis M N H, Bi X. Polycyclic aromatic hydrocarbons and *n*-alkanes in suspended particulate matter and sediments from the Langat River, peninsular Malaysia. Environment Asia**; 2009; 2**(2): 1-10.

[12] HijonaE, Hijona L, Larzabal M, Sarasqueta C, Aldazabal P, Arenas J, Bujanda L. Biochemical determination of lipid content in hepatic steatosis by the Soxtec method. World Jorurnal of Gastroentrology;**2010;16**(12): 1495-1499.

[13] Vidal M, Domínguez J, Luís A**.** Spatial and temporal patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in eggs of a coastal bird from northwestern iberia after a major oil spill. Science of the Total Environment;**2011;409**(13): 2668-2673.

[14] OyoIta O E, Ekpo B O, Oros D R, Simoneit B R. Distributions and sources of aliphatic hydrocarbons and ketones in surface sediments from the cross river estuary, SE Niger Delta, Nigeria. Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation; **2010; 5**(1):1-11.

[15] Wang X C, Sun S, Ma H Q, Liu Y. Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in sediments of Jiaozhou Bay, Qingdao, China. Marine Pollution Bulletin;**2006; 52**(2): 129-138.

[16] Baklitiari A R, Zakaria M P, Yaziz M I, Lajis H, Nordin M, Bi X, Shafiee M, RezaM.,Sakari, M. Distribution of PAHs and *n*-alkancs in Klang River surface sediments, Malaysia. Pertanika Journal of Science & Technology;**2010; 18**(1): 167-179.

[17] Pancost R D, Freeman K H, Patzkowsky M E, Wavrek D A, Collister J W**.** Molecular indicators of redox and marine photoautotroph composition in the late middle Ordovician of Iowa, USA.Organic Geochemistry;**1998; 29**(5):1649-1662.

[18] Peters K E**,** J M Moldowan. In the biomarker guide.edited by Jiang N, et al Beijing, China: Beijing Petroleum Industry Press;**1995;5**(2) 294-298.