مروری بر تاثیر تغییرات آب و هوایی بر کیفیت آب و غذاهای دریایی

حسن هاشمی[۱]، صبا سپهوند[۲]، کبری هاشمی[۳]

مقاله مروری

چکیده

تغییرات آب و هوایی در سراسر جهان در حال حاضر یک واقعیت است که تاثیرات مختلفی بر محیط زیست و سلامت انسان و موجودات دارد. در مورد تاثیر تغییرات آب و هوایی بر سیستم مواد غذایی، به خصوص غذاهای دریایی از مزرعه تا سفره اطلاعات کمی وجود دارد. هدف از این مطالعه مروری، بررسی بنیادین اثرات تغییرات آب و هوایی بر ایمنی غذاهای دریایی و پیامدهای آن بر سلامت انسان است. پیش‌بینی می‌شود تغییرات آب و هوایی باعث افزایش آلودگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی مانند فلزات سمی، باقیمانده‌های مواد شیمیایی آلی، جلبک‌های سمی و سموم آنها و پاتوژن‌ها شود که تهدیدی جدی بر سلامت و امنیت غذاهای دریایی دارد و از طریق زنجیره غذایی سلامت انسان را به خطر می‌اندازد که نیاز به توجه جدی در این زمینه است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات آب و هوا، زنجیره غذایی، کیفیت آب و غذا

ارجاع: هاشمی حسن، سپهوند صبا، هاشمی کبری. **مروری بر تاثیر تغییرات آب و هوایی بر کیفیت آب و غذاهای دریایی.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۲؛ ۹(۹): ۹۱۲-۹۰۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۴ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۶/۰۲**

۱. مربی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران

۲. کارشناس ارشد جغرافیای پزشکی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسؤول)

Email: sepahvand.saba@yahoo.com

۳.کارشناس مهندسی منابع طبیعی شیلات– گرایش تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، سیستان و بلوچستان، ایران

مقدمه

تغییرات آب و هوایی یکی از بزرگترین چالش‌های زیست محیطی در جهان است. در طول دو قرن گذشته فعالیت‌های انسانی تاثیرات قابل توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای داشته است. به طوری که انتشار، OC_S ۳۰٪ افزایش یافته و از ppm ۲۸۰ قبل از صنعتی شدن به ppm ۳۸۷ در حال حاضر رسیده است (۱). این مولکول‌ها نقش مؤثری در گرمایش جهانی با جذب اشعه مادون قرمز و به دام انداختن گرما در نزدیکی سطح زمین دارند. ادامه این تغییرات آب و هوایی در نهایت می‌تواند به سلامت انسان آسیب برساند (۲). تغییر آب و هوا موجب گرمتر شدن و بالاتر رفتن درجه حرارت آب دریا، افزایش اسیدیته آب اقیانوس، افزایش سطح آب دریا و ایجاد اختلالات شدید در الگوهای بارش و باد شده است (۳). انتظار می‌رود به دلیل تغییرات آب و هوایی در طول قرن ۲۱، درجه حرارت درعرض‌های جغرافیایی بالا افزایش یابد که در مناطق خشک بیشتر از مناطق مرطوب است. همچنین پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که مناطق اروپایی و غیر اروپایی عوارض نسبتا"متفاوتی از تغییرات آب و هوایی را تجربه می‌کنند و نتیجه تاثیر آن بر سلامت غذاهای دریایی در هر یک از این مناطق متفاوت است (۴). این تغییرات، کیفیت، کمیت و ایمنی غذاها را کاهش می‌دهد و همچنین موجب تخریب زمین و کاهش تنوع زیستی و عملکرد اکوسیستم، بروز سیل، فرسایش خاک، آلودگی آب و هوا، تغییر در اکوسیستم آبی و ایجاد شکوفه‌های جلبکی می‌شود (۵). این تغییرات به طور قابل توجهی توزیع میکروارگانیسم‌ها را در آب اقیانوس تغییر می‌دهد. در حال حاضر پاتوژن‌ها محدود به آب‌های گرمسیری هستند اما به دلیل گرم‌تر شدن درجه حرارت آب اقیانوس‌ها به سمت قطب در حال حرکت هستند که افزایش درجه حرارت آب می‌تواند استرس ارگانیسم‌های دریایی را افزایش دهد و بقا را برای آنها سخت تر کند. انتظار می‌رود که در دهه‌های آینده اثرات تغییرات آب و هوایی بیشتر شود (۳). بررسی‌ها نشان می‌دهد که حتی اگر انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش پیدا کند برخی از رویدادها در سطح زمین به دلیل دی‌اکسیدکربن انباشته شده در جو ادامه پیدا کند (۳). به طوری که در پایان قرن ۲۱ غلظت دی‌اکسید کربن در اتمسفر به بالای ppm ۱۰۲۰-۷۳۰ خواهد رسید. پیش‌بینی می‌شود که بر اثر تغییرات آب و هوایی در سال‌های آینده، دمای کره زمین ۴/۶-۱/۱ درجه سانتیگراد و سطح دریا ۵۹-۱۸ سانتی‌متر افزایش پیدا کند. PH دریا به ۳۵٪ تا ۱۴٪ کاهش یابد و با افزایش دما، چرخه بارش سرعت بیشتری پیدا کند و در مناطق جنب استوایی و عرض‌های جغرافیایی بالا در نتیجه خشکسالی شرایط خشکی به وجود آید (۶، ۷). اثرات مستقیم تغییرات آب و هوایی بر روی جنبه‌های مختلف سلامت انسان و حیوانات یک موضوع بسیار گسترده است که مورد بحث است. با این حال اثرات غیرمستقیم تغییرات آب و هوایی بر روی سیستم صنایع غذایی به خصوص غذاهای دریایی شامل تمام مراحل از مزرعه تا سفره (عمدتا" تولید اولیه، پردازش، حمل و نقل و بازرگانی) کمتر مورد توجه قرار گرفته است. ارتباط بین پارامترهای هواشناسی و رفتار پاتوژن‌های مواد غذایی در حال حاضر بررسی نشده است (۸). بررسی کنونی در مورد اثرات بالقوه تغییرات آب و هوایی بر روی غذاهای دریایی، مواد شیمیایی و ایمنی زیستی و پیامدهای آن بر سلامت انسان است.

روش‌ها

در این مطالعه، با مراجعه به پایگاه‌های Pubmed و Science direct، واژه‌های کلیدی Climate change, Food chain, Water and food quality در خصوص پدیده جهانی گرمایش جهانی و اثرات آن بر سلامتی از طریق زنجیره غذایی مورد جستجو قرار گرفت. با انتخاب مقالات به روز در این زمینه، عناوین مطرح شده در قسمت یافته‌ها مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها

تغییرات آب و هوایی و تاثیر آن بر آب اقیانوس‌ها

حدود ۵۲۰ میلیون نفر از غذاهای دریایی به عنوان منبع پروتئین استفاده می‌کنند و یا در آمد خانواده به آن بستگی دارد (۹). پیش‌بینی می‌شود در نتیجه فعالیت‌های بشر در عرض‌های جغرافیایی بالا، حجم آب به دلیل ورود آب شیرین در نتیجه ذوب شدن یخ‌ها به اقیانوس‌ها تغییر کند و سطوح جدید در آب اقیانوس‌ها ایجاد شود که باعث راکد شدن آب و لایه‌بندی حرارتی می‌شود (۱۰). این مسأله می‌تواند مانع بالا آمدن مواد مغذی از قسمت‌های عمیق به سطح آب شود و در نتیجه در رشد فیتوپلانکتون‌ها و دیگر موجودات دریایی که در سطوح بالاتر زندگی می‌کنند، اختلال ایجاد می‌کند و زنجیره غذایی آنها را به هم می‌ریزد. لایه‌بندی مواد مغذی و غلظت آنها در مرز ساحلی نیز ممکن است به دلیل تغییرات آب و هوایی دچار تغییرات شود (۳). بالا آمدن جریان‌ها فرآیندی است که باعث می‌شود آب سرد از قسمت‌های عمیق که دارای مواد مغذی است به سطح آب بیاید. این تزریق مواد مغذی به طور معمول در طول جریان مرز غربی اقیانوس‌ها اتفاق می‌افتد و در نهایت از تولیدات شیلات در این مناطق پشتیبانی می‌شود (۱۱). این مسأله باعث تولید جلبک‌های مضر می‌شود که می‌تواند غذاهای دریایی را آلوده کند. با تغییرات آب و هوایی، مهاجرت فصلی ماهی‌ها افزایش می‌یابد که فراوانی آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد و در کل انتظار می‌رود که جمعیت ماهی‌ها در مناطق قطبی همراه با افزایش درجه حرارت این مناطق افزایش یابد و در مناطق استوایی با کاهش تعداد آنها همراه باشد(۱۲). راه‌های دیگر که ممکن است در اثر تغییرات آب وهوایی اقیانوس‌ها را تحت تاثیر قرار دهد عبارتند از:تغییرات الگوی گردش هوا، افزایش فراوانی وقایع شدید مانند طوفان، افزایش سطح آب دریا، اسیدی شدن اقیانوس‌ها که ناشی از تغییرات شیمیایی کربن در آب دریا است(۱۳). در نتیجه افزایش CO_2، اسیدیته آب افزایش می‌یابد و همراه با آن ایجاد پوسته و اسکلت آهکی جدید برای صدف‌ها و مرجان‌ها ممکن است مشکلات جدیدی برای آنها ایجاد کند. بر سوخت و ساز بدنشان تاثیر بگذارد و موجب مهاجرت آنها به دیگر مناطق شود (۴). گاهی نیز موجب تشکیل جلبک‌های سمی مضر می شود. این تغییرات ممکن است کیفیت شیمیایی و بیولوژیکی آب را تغییر دهد و باعث آلودگی غذاهای دریایی شود (۵).

تغییرات اقلیمی و تاثیر آن برجذب آلاینده‌های شیمیایی توسط آبزیان

فعالیت‌های انسانی در چند دهه گذشته انتشار چند آلاینده شیمیایی را به محیط زیست در پی داشته است که شامل مواد شیمیایی طبیعی مقاوم مانند هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs)، فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب، روی)، مواد شیمیایی آلی مصنوعی و یا تولیداتی که به طور خاص برای استفاده‌های صنعتی، کشاورزی و یا مشتقات جانبی آن از احتراق فرآورده‌های صنعتی ایجاد می‌شود. مثل: دیوکسین، تری بوتیلین (TBT)، بی‌فنیل‌های پلی کلرینه (PCBs) (۱۳،۱۴). آلاینده‌های شیمیایی ممکن است از طریق تخلیه مستقیم از زمین نشات گرفته باشند. مانند: فاضلاب‌ها و زباله‌های شهری و صنعتی، روانآب‌ها، رسوبات جوی منابع محلی و یا منشا گرفته از فاصله‌های دور (۱۴).آلاینده‌های بسیاری در رسوبات تجمع می‌کنند که می‌توانند برای مدت بسیار طولانی باقی بمانند و در مواد غذایی در غلظت‌های بالا رسوب کنند و توسط شکارچیان شکار شوند که در نهایت در سلامت انسان تاثیر گذارند. انتظار می‌رود که در اثر تغییرات آب و هوا آلاینده‌های شیمیایی و بیولوژیکی و اثرات سمی آنها شرایط هیدروگرافی را تحت تاثیر قرار دهد (شکل ۱) (۱۴،۱۵). دما، تغییرات بارش و جهت جریان ممکن است سبب تشدید بسیاری ازآلودگی‌های آب شامل: رسوبات، مواد مغذی، کربن آلی حل شده، پاتوژن‌ها، آفت‌کش‌ها، فلزات سمی و املاح شود (۱۶). این افزایش در فراهم کردن شرایط زیستی آلاینده‌های شیمیایی و نرخ تغییرات متابولیک و فعالیت آنزیم‌های موجودات دریایی و نیز متابولیسم آنها و سمزدایی از مواد شیمیایی تاثیر می‌گذارد. در نتیجه تغییر غالب شرایط زیست محیطی نه تنها جذب و

سم‌زدایی آلاینده‌های شیمیایی تحت تاثیر قرار می‌گیرد، بلکه قرار گرفتن در معرض آنها موجب آلودگی موجودات دریایی به مواد سمی می‌شود (۱۴،۱۵). مطالعات نشان می‌دهد که گیاهان متعدد و گونه‌های جانوری با گرم‌تر شدن درجه حرارت بیشتر در معرض آلودگی هستند (۱۵).

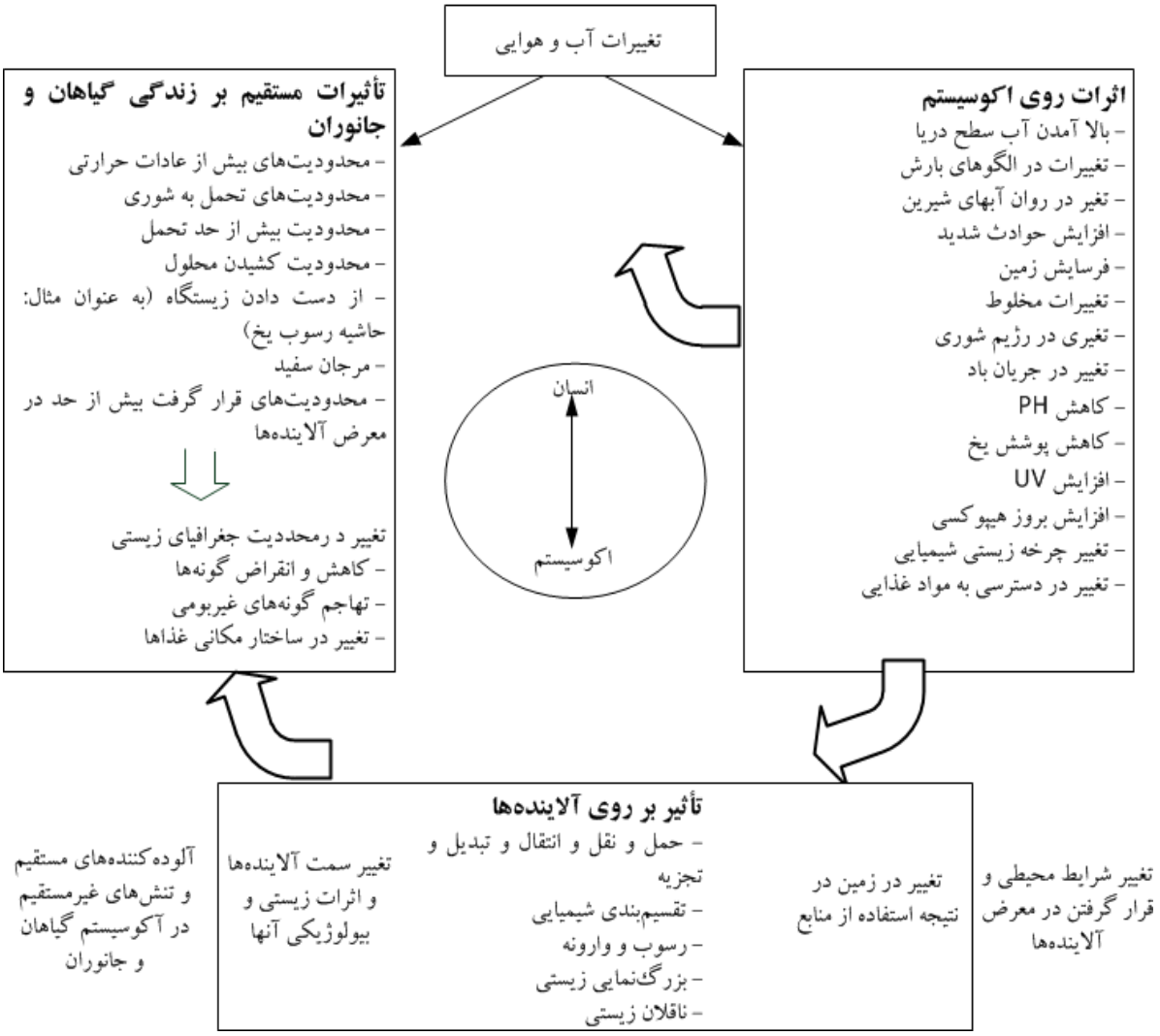
تاثیر تغییرات آب و هوایی بر جذب فلزات سمی توسط آبزیان

فلزات سمی زمانی که بالاتر از غلظت آستانه باشند خطرناک هستند. این آستانه در گونه‌های جانوری با توجه به محیط زیست آنها متفاوت است. کادمیوم، سرب و جیوه به عنوان سمی‌ترین فلزات در نظر گرفته شده‌اند اما در محصولات دریایی متیل جیوه جز خطرناک‌ترین عناصر است (۴). بسیاری از موجودات دریایی تمایل به تجمع بیولوژیکی و ذخیره فلزات سمی از محیط زیست دارند که آنها را از طریق تخم و مدفوع‌شان دفع یا سم‌زدایی می‌کنند. علاوه بر این، فلزات سمی در غذاهای دریایی نیز می‌تواند فیزیولوژیک‌های مختلف را تحت تاثیر قرار دهد و خسارات‌هایی در بافت، ناتوانی در بازسازی بافت‌های آسیب دیده، آسیب به مواد ژنتیکی DNA، تغییرات رشد و نژاد در مراحل اولیه رشد و بعد از لقاح جنین که احتمالا" دوره حساسیت به مسمومیت با فلزات است را ایجاد کند. تماس با این فلزات باعث ناهنجاری‌های لاروی و مرگ و میر می‌شود. تغییرات ناشی از فلزات در موجودات دریایی و در مراحل رشد جنین ممکن است سبب مسمومیت در تخم و اسپرم و یا تاثیر مستقیم بر روی لقاح با توجه به ورود فلزات از طریق پوسته به تخم شود. چنین تغییرات فیزیولوژیکی در موجودات دریایی می تواند با تغییر شرایط محیطی تقویت شود (۱۷). نوسانات ناشی از تغییرات بارش موجب شوری رودها و سیستم‌های ساحلی می‌شود و شوری آب ممکن است بر سمیت طبقات مختلف تاثیر بگذارد. به طور خاص فلزاتی مانند: کادمیوم، کروم، مس، جیوه، نیکل و روی با سرعت بیشتری از فیتو پلانکتون‌ها، قارچ‌ها، باکتری‌ها، نرم‌تنان و سخت‌پوستان شوری را کاهش می‌دهند (۱۸). دلیل آن تاثیر آب در تنظیم فشار اسمزی است که به احتمال زیاد باعث افزایش فراهمزیستی یون‌های فلزی سمی می‌شود (۱۹). فیزیولوژی جانوری نیز نقش مهمی در سمیت فلزات مختلف در طیف‌های مختلف شوری دارد (۱۲). گونه Euryholin در برابر شرایط سمی و شوری حداقل تنش اسمزی را دارد ولی در سمیت آرسنیک، شوری تاثیر ندارد (۱۷). علی‌رغم وجود سمیت آرسنیت (+۳)، سمیت آرسنات در شوری پایین بیشتر است (+۵). هنوز مطالعات زیادی در مورد تاثیر شوری در سمیت سرب، نقره و سلنیوم انجام نشده است (۱۴).کاهش مسمومیت با جیوه در شوری پایین می‌تواند با توجه به افزایش توانایی آبزیان برای دفع این فلز سمی از بدن یا به دلیل تغییرات در فرم شیمیایی جیوه، تعامل شیمیایی این فلز در آب دریا و یا در نتیجه کاتالیزورهای حیاتی جانداران باشد (جدول ۱) (۱۲). با این حال گونه‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی نسبت به تنش داشتند. گرم‌تر شدن درجه حرارت آب، متیلاسیون جیوه را افزایش داده و متیل جیوه توسط ماهی‌ها و پستانداران جذب می‌شود (افزایش ٪۵-۳٪ برای هر $1\ C^0$ افزایش درجه حرارت آب) (۱۴). جذب کادمیوم و روی در درجه حرارت $15-30\ C^0$ در صدف سبز Perna viridis دیده شد. در صدف آبی Mytilus edulis وقتی درجه حرارت به $2-12C^0$رسید، تجمع در آن ۵/۷ برابر بیشتر از نقره، ۵/۳ برابر بیشتر از آمریسیوم و ۲ برابر بیشتر از روی در دمای پایین‌تر است. زیرا این فلزات در درجه حرارت‌های پایین‌تر جذب می‌شوند (۵). در مقابل، تجمع بیولوژیکی کادمیوم و کبالت در بیش از $12C^0$ بود و جذب سلنیوم در این گونه تحت تاثیر دما نبود (۱۵). بررسی تجمع مس، کبالت، کادمیوم و سرب در M.edolis در دماهای مختلف $6-26C^0$ نشان داد که رابطه مستقیمی بین دما و انباشت کادمیوم وجود دارد. در حالی که در کبالت و مس رابطه معکوسی با دما وجود داشت. در مقابل، روند حذف این فلز سمی برای مس مستقل از دما است. نتایج مشابه در مورد کادمیوم، نقره و روی نشان داد که آنها در این دما شکننده هستند تا آنجا که مسمومیت برای موجودات دریایی نگران‌کننده بود. گزارشات نشان داد که مرگ و میر خرچنگ

Paragrapsus gaimardii در دمای C^0 ۱۹ بیشتر از C^0 ۵ بوده است. سمیت آرسنیک در دهانه رودها پایین گزارش شده است (۱۲) و همراه با افزایش دما غلظت آن برای مصرف بی‌مهرگان تغذیه کننده افزایش یافته است (۱۳). طبق مطالعات، سمیت مس، روی و کادمیوم برای خرچنگ‌های نوجوان در ۲۵، ۲۳، ۲۲، ۱۹، ۱۶ درجه، افزایش جذب عناصر را نشان داد (۲۰-۲۴ درجه ۷٪-۲۰٪،۲۰-۲۷ درجه ۱۴٪-۱۶٪). از این رو انتظار می‌رود که جذب و سمیت بسیاری از فلزات سمی توسط ارگانیسم‌های دریایی در سطوح مختلف تغذیه در اقیانوس‌های گرمتر بالاتر خواهد بود (۱۷). افزایش درجه حرارت، میزان مصرف اکسیژن را در موجودات دریایی افزایش می‌دهد. در دماهای بالاتر، افزایش سوخت و ساز بدن موجودات آبزی غلظت اکسیژن را در آب کاهش می‌دهد. در نتیجه موجودات برای دریافت اکسیژن بیشتر، مقدار آب بیشتری مصرف می‌کنند که میزان دریافت آلاینده‌ها را بیشتر می‌کند (۱۶). ترکیبی از اثرات هر یک از عوامل تنش‌زا (در شرایط ۱۶٪ اشباع از اکسیژن) می‌تواند غلظت فلزات جامدی مثل منگنز را در رسوبات زیستی آب‌های پایین افزایش دهد. منگنز فلزی ضروری است اما غلظت بالای آن برای موجودات دریایی سمی است و در سیستم عصبی – عضلانی تاثیر می‌گذارد. کلسیم نیز از طریق ارتباط با میتوکندری در تعادل غشای عضله اختلال ایجاد می‌کند (۱۴). به همین ترتیب این شرایط برای جیوه نیز در شرایط وجود اکسیژن به سرعت رخ می‌دهد و در نهایت افزایش سمیت جیوه برای موجودات دریایی به وجود می‌آید. دما، شوری و کمبود اکسیژن می تواند در سرنوشت و سمیت فلزات سنگین بر روی موجودات زنده تاثیر بگذارد و در نتیجه بر ایمنی غذاهای دریایی موثر باشد (۱۰). محل سمیت فلزات سمی ممکن است شامل موارد زیر باشد (آنزیم‌های میتوکندری، آنزیم‌های سیتوزولی تنفس سلولی، آنزیم‌های آنتی اکسیدان، رنگدانه‌های تنفسی و مرکز کنترل حرکات تنفسی در سیستم عصبی مرکزی) (۳، ۹). تاکنون اثر هم‌افزایی ترکیبی فلزات سمی بر موجودات دریایی تحت شرایط مختلف از دما، شوری، کمبود اکسیژن و اضافه شدن یک ماده شیمیایی کم‌تر بررسی شده است. در مطالعه بررسی اثر مخلوط جیوه وکادمیوم در بقا، تولید و مصرف و میزان فیلتراسیون دو صدف pera وviridis ، میزان این دو فلز در تولیدات افزایش پیدا کرد که در مجموع اثرات آنها ۹۶ ساعت بعد باعث مرگ و میر در بین آنها شد. همچنین موجب کاهش تولید اکسیژن و میزان فیلتراسیون شد (۱۳).

گرم شدن آبها و تاثیر آن بر جذب مواد شیمیایی آلی

تغییرات آب و هوایی ممکن است رفتار و توزیع مواد شیمیایی آلی را در اقیانوس‌ها تحت تاثیر قرار دهد و در نتیجه باعث ایجاد خسارات جدی زیست محیطی و نگرانی های بهداشتی و به خصوص تاثیر در متابولیسم و سطوح مختلف فیزیولوژیک مهره‌داران دریایی شود (۱۱). برخی از مواد شیمیایی منتشر شده در محیط زیست می‌تواند سیستم غدد درون ریز حیات وحش به خصوص باروری و سیستم‌های گیرنده هورمون، تعداد اسپرم، ناهنجاری‌های دستگاه گوارش و تناسلی، ناباروری، پروستات و تومورهای بیضه در مهره‌داران را تحت تاثیر قرار دهد و نیز باعث ایجاد تغییر در رفتارهای باروری نمونه‌های آلوده به مواد شیمیایی شود (۱).



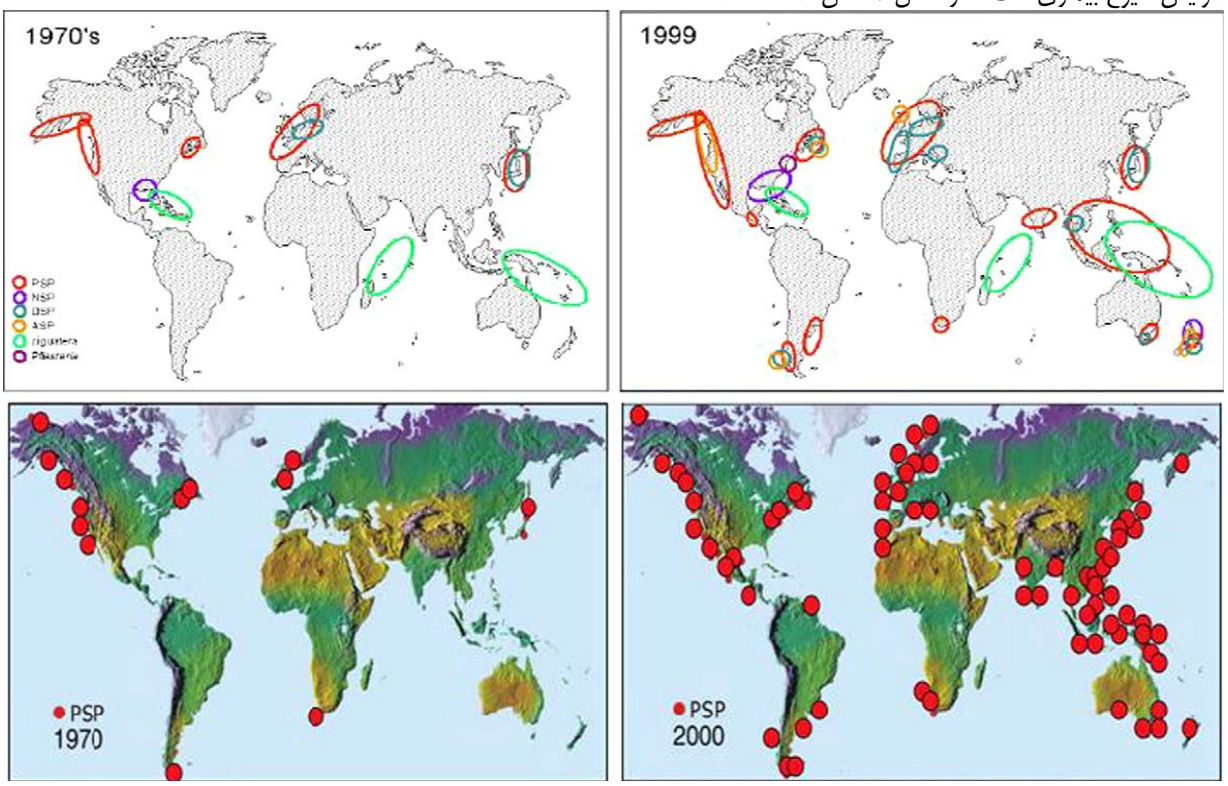
شکل ۱: اثرات تغییر اقلیم بر اکوسیستم و موجودات زنده و نحوه تداخل آن با آلاینده‌ها، سرنوشت و اثرات آنها (۱۴)

هیدروکربن‌های هالوژنه در محیط مقاوم بوده و از طریق زنجیره غذایی انتقال می‌یابند (۱۴). این مواد حاوی کلر، ید، فلوئور، استیلن بوده و حلالیت کم در آب دارند. ترکیبات واکنش‌پذیر مانند: آفت‌کش‌ها (DDT)، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) مهم‌اند. چون به طور فزاینده‌ای در موجودات آبزی و انسان سرطان‌زا و جهش‌زا است. سمی‌ترین PAHs مانند فلوئوروانتراسن در رسوبات کف دریا جذب می‌شوند. PAHs موجود در رسوبات، در بدن موجودات زنده ساکن در دوره‌های طولانی به مقدار زیاد یافت می‌شود. به طور کلی گونه‌های ماهی می توانند به جای دفع سریعPAHs آن را در بدن نرم‌تنان ذخیره کنند (۴). غلظت بالای PAHs در سواحل و دهانه رودها و در نزدیکی مناطق به شدت آلوده وجود دارد (۳). PAHs موجود در آب و جذب آن توسط موجودات دریایی می‌تواند موجب ایجاد بیماری‌های تنفسی، مشکلات گوارشی، از دست دادن حافظه، تشنج و ضایعات پوستی و یا حتی مرگ در ماهی‌ها، پرندگان

و پستانداران (انسان) شود. هیچ پادزهری برای سم PAHs وجود ندارد (۶). جذب و سمیت ترکیبات سمی در موجودات آبزی به احتمال زیاد در پاسخ به افزایش دما، شوری، کمبود اکسیژن، اشعه ماوراء بنفش و تابش UV است (۱). مکانیسم این سمیت تعاملی است که در اثر تغییر دما در آلاینده‌های شیمیایی و تاثیر آن بر زندگی گیاهان و جانورانی است که در معرض این آلودگی‌ها قرار دارند. افزایش درجه حرارت هموستاز و دیگر مکانیسم‌های فیزیولوژیکی را تغییر می‌دهد و در نتیجه تشدید اثرات سوء آلاینده‌ها را در بر دارد. شوری می‌تواند فعل و انفعالات مواد شیمیایی و آلاینده‌ها و مسمومیت و عملکرد فیزیولوژیکی گونه‌ها را تحت تاثیر قرار دهد (۷). ترکیبات ارگانوکلره (OC_S) به طور کلی در آب‌های شور نسبت به آب‌های شیرین به علت اتصال قوی ملکول‌های آب و نمک که سبب جلوگیری از انحلال مواد شیمیایی آلی می‌شود، جذب قوی‌تری دارند. مطالعات مختلفی اثر شوری را بر سمیت، جذب و ذخیره زیستی OC_S در غذاهای دریایی بررسی کرده‌اند. روند سمیت OC_S با شوری تشخیص داده می‌شود (۹). روند سمیت حشره کش‌های ارگانوفسفره با افزایش شوری افزایش می‌یابد. به طور کلی گونه Euryhalin در برابر شرایط سمی و شوری ایزواسموتیک مقاوم است. ماهی‌ها در زمان شوری متوسط به علت به حداقل رساندن اسمزی در برابر مواد شیمیایی سمی مقاوم ترند (۸). در مقایسه با شوری‌های بالاتر و پایین‌تر روند سازگاری مشاهده نشده است. اطلاعات محدودی در مورد اثرات شوری بر سمیت PAHs در محصولات دریایی وجود دارد (۲). از آنجایی که این سم بی‌مزه و بی‌بو است و در برابر حرارت و اسید مقاوم است، در صورتی که ماهی یا صدف آلوده به این سم باشد روش‌های آماده‌سازی غذا برای جلوگیری از آلوده شدن به این سم مهم است. سمیت PAHs در شوری پایین در خرچنگ Rhithropanopeus harrisii افزایش می‌یابد (۱). در اقیانوس اطلس با آب شیرین آرتزین در غلظت بیش از ۰/۱ug/L منجر به مرگ ماهی آزاد Smolts بعد از ۲۴ ساعت شد (۹). اثر افزایش شوری و سمیت آن در (۱۰ppt) بر روی دو حشره‌کش مورد بررسی قرار گرفت (قارچ‌کشchlorothalonil و حشره‌کش Scourage). اثرات افزایش شوری بر سمیت حشره‌کش بر روی میگوی گونه Palaemonetes pugio مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که سمیت chlorothalonil با افزایش شوری افزایش می‌یابد. درجه حرارت یکی از عوامل اصلی در توزیع و سمیت OC_S می‌باشد (۴). قرار گرفتن خرچنگ Chasmagnathus granulate در معرض متیل‌پاراتیون، در درجه حرارت ۳۰-۱۲ مرگ و میر را افزایش می‌دهد. در درجه حرارت بالاتر از $۲۵C^0$، سمیت توکسافن کانژنز بر دهان ماهی Fundulus heteroclitus نسبت به آب‌های سردتر با دمای $۱۵C^0$ دو برابر است (۶). تاثیر افزایش $۱۰C^0$ دمای آب بر روی سمیت قارچ‌کش کلروتالونیل و حشره‌کش Scourge بر روی میگوی Paraemonetespugio بررسی شد و نتایج نشان داد که سمیت هر دو با افزایش درجه حرارت افزایش پیدا می‌کند. مطالعات زیادی تاثیر درجه حرارت را بر سمیت آلاینده‌ها بررسی می‌کندکه در آن نرخ دفع و جذب با افزایش دما افزایش می‌یابد. سمیت نهایی این آلاینده‌ها در نهایت به سوخت و ساز بدن و فعالیت‌های زیستی بستگی دارد (۷). در شرایط هیپوکسی، زمانی که ماهی‌ها در معرض تتراکلرید بنزودی اکسین (TCDD) قرار می‌گیرند سمیت آن افزایش می‌یابد. در خلیج مکزیک آلودگی PAH زمانی که ظرفیت تنظیم اکسیژن در میگو قهوه‌ای (Penaeus aztecus) کاهش می‌یابد، منجر به کاهش طول عمر این میگو و کپور معمولی و صدف مخطط می‌شود و این کاهش طول عمر احتمالا" به علت اختلال در سیستم غدد درون‌ریز است که بر تولید مثل اثر دارد (۴). ناتوانی در مقابله با کمبود اکسیژن در ترکیب با قرار گرفتن در معرض آلاینده‌ها منجر به کاهش جمعیت گونه‌های حساس می‌شود. یکی دیگر از عوامل نگرانی، افزایش اشعهUV است که منجر به تخریب لایه ازن به علت هالوژن‌های حاوی آلاینده‌ها در جو است که خاص

مناطق قطبی است (۱). طبق شواهد، برخی از PAHs (مانند: فلوئورانتن، آنتراسن و هیدروکربن سفید)، ممکن است خطر بیشتری برای موجودات آبزی داشته باشند (۳) و هنگامی که در معرض UV قرار می‌گیرند سمیت افزایش می‌یابد. در نتیجه تغییر دما، شوری، اکسیژن،UV و سطح تابش، سمیت OC_S و آلاینده‌های شیمیایی در هر مرحله زندگی ارگانیسم تغییر می‌یابد. تغییرات آب و هوایی ممکن است یک محیط دریایی مناسب برای تولید شکوفه‌های جلبکی مضر فراهم کند. توزیع جهانی سموم جلبکی، سمیت و جزئیات آن در افزایش شیوع بیماری PSP در شکل ۲ نشان داده شده است

PSP (Progressive Supranuclear Palsy) یا فلج پیشرونده فوق هسته ای (یا بیماری استیل - ریچاردسون Steele Richardsopotn)، یک بیماری شبه پارکینسون سریعا پیشرونده مغزی با علت نامشخص است. تحلیل سلول‌های عصبی در نواحی مختلف مغز باعث بروز علایم حرکتی متنوعی می‌شود که شامل ناپایداری در ایستادن و راه رفتن، افتادن‌های مکرر، اشکال در بلع و تکلم و کندی حرکات است.



شکل ۲: پراکندگی جهانی سموم جلبکی مضر، سمیت آن و جزئیات افزایش بیماریPSP (۲)

در برخی از مناطق، تغییرات آب و هوا بیشتر به نفع داینوفلاژله‌ها بوده تا دیاتومه‌ها و در نتیجه شکوفه‌های جلبکی مضر HAB (Harmful Algal Blooms) بیشتر افزایش پیدا کرده اند. با این حال، تغییرات آب و هوایی بر تغییرات دینامیک HAB نامشخص است (۴).

تغییرات آب و هوا و تاثیر آلاینده‌های بیولوژیکی بر غذاهای دریایی

سه عامل به هم پیوسته می‌تواند در حساسیت موجودات زنده به بیماری تاثیر بگذارد: حساسیت موجود زنده، آلودگی‌ها و

محیط زیست. تغییر هر کدام از این عوامل می‌تواند در پیشرفت و اپیدمی بیماری موثر باشد. تغییرات آب و هوا ممکن است بر روی این عوامل تاثیر داشته باشد مانند تشدید آلاینده های بیولوژیکی در محیط زیست دریایی (سموم مضر شکوفه‌های جلبکی، افزایش جمعیت میکرو ارگانیسم‌های بیماری‌زا و گونه‌های مهاجم). اقلیم و اثرات ناشی از مصرف غذاهای دریایی آلوده با منشا عوامل عفونی (ویروس‌ها، باکتری‌ها، تک یاخته‌ها و انگل) مورد بررسی قرار می‌گیرد. بسیاری از پاتوژن‌های باکتریایی مانند اشرشیاکلی و سالمونلا برای مدت‌های بسیار طولانی می توانند در محیط زیست زنده بمانند. بسیاری از ویروس‌ها و باکتری‌ها و پروتوزواها که باعث انتقال بیماری از طریق غذا و آب هستند در آب‌های گرم، مقاوم و پایدار می‌شوند. بنابراین افزایش درجه حرارت آب و هوا می‌تواند به افزایش تحریک گردش پاتوژن‌های مضر منجر شود. تغییرات دما، رطوبت، شوری و باد اثرات مهمی بر روی کیفیت آب می‌گذارد و در نهایت خطر آلودگی را افزایش می‌دهد (۱۵).

تغییرات آب و هوا برگسترش و تاثیر شکوفه‌های جلبکی مضر(*HABs*)

گسترش سلول‌های ماکرو و میکرو جلبک و تراکم آنها باعث آسیب به محیط زیست، تهدید سلامت انسان، زندگی آبزیان و یا تغییر در شبکه مواد غذایی آنها می‌شود (۴). اگر چه HABs جزء پدیده‌های طبیعی در جهان در دهه‌های اخیر بر اثر فعالیت‌های انسان است و حاصل غنی‌سازی مواد مغذی در آب است (۲، ۴). اما پدیده‌های تغییرات آب و هوایی النینو/ نوسان امواج جنوبی در آن نقش داشته است. این سموم می‌توانند در فیلتر تغذیه صدف و ماهی تجمع یابند و به موجودات بالاتر در زنجیره مواد غذایی از جمله پرندگان دریایی، پستانداران و همچنین انسان انتقال یابند. تولید سم تهدیدات قابل توجهی برای غذاهای دریایی و سلامت انسان داشته و نیز پیامدهای اقتصادی در بر دارد. در ایالات متحده هزینه محافظت در برابر HABs سالانه ۸۲ میلیون دلار تخمین زده شده است (۶). تقریبا" نیمی از این هزینه برای کنترل بهداشت عمومی بیماری‌های وابسته به HABs هزینه می‌شود و ۳ میلیون دلار آن صرف نظارت و مدیریت برای جلوگیری از آلودگی محصولات شیلات می‌شود که این هزینه در آینده افزایش می‌یابد. به طور کلی سم تولیدی بی‌مزه و بی‌بو و در برابر اسید پایدار است. در روش‌های طبیعی، سمیت مواد غذایی از بین نمی‌رود. اما در صورت آلوده بودن مواد غذایی به آلودگی بیولوژیکی (گونه ویبریو) می‌توان آن را با پخت و پز از بین برد. شایع‌ترین بیماری‌های مرتبط با این سموم، مسمومیت ماهی، فراموشی و مسمومیت پارالیتیک صدف (PSP)، مسمومیت نروتوکسیک صدف (NSP)، اسهال و... است. مسمومیت ماهی (CFP)، رایج‌ترین شکل مسمومیت مشترک در غذاهای دریایی شناخته شده است (۴). علایم، سموم و گونه‌های مرتبط با این سموم در جدول ۱ خلاصه شده است (۸). گونه‌های سمی عامل بیماری‌های فوق از دو گروه فیتوپلانکتون‌ها و دیاتومه‌ها هستند. اغلب جلبک‌های مولد سم جزء داینوفلاژله‌ها بوده و دارای دو تاژک شلاق مانند هستند که از آنها برای شنا کردن استفاده می‌کنند. تحت شرایط خاص مربوط به اقیانوس‌شناسی این توانایی شنا برای آنها یک مزیت رقابتی بیش از دیگر گروه‌های غیر شناگر فیتوپلانکتون‌ها مانند دیاتومه‌هاست. ویژگی‌های عملکردی این گروه در ارزیابی پاسخ‌های بالقوه به تغییرات آب و هوایی مانند النینو/ نوسان جنوبی (ENSO)، نوسانات ده ساله اقیانوس آرام (PDO)، نوسانات اقیانوس اطلس شمالی (NOA) که در نتیجه فعالیت‌های انسانی پیش‌بینی شده‌اند، مهم است. برخی از مطالعات قانع‌کننده ارتباط آب و هوا و HABs و شیوع بیماری‌ها را در موارد CFP در اقیانوس گرمسیری نشان می‌دهد. گونه‌های جلبکی سمی که در اکوسیستم صخره‌های مرجانی زندگی می‌کنند و عمدتا" سم اولیه نوع G تولید می‌کنند، در اثر جریانات اقیانوسی به سطوح بالاتر آمده و وارد زنجیره غذایی شده که منجر به مسمومیت ماهی می‌شوند. محققان دریافته‌اند که فراوانی سم G و شیوع CFP با پدیده النینو در اقیانوس آرام جنوبی ارتباط دارد. النینو زمانی روی

می‌دهد که بادهای شرقی درسراسر اقیانوس آرام در استوا تضعیف و گاهی معکوس شود. این قضیه باعث می‌شود که دمای آب اقیانوس بر خلاف قاعده گرم شود (۹). حدود ۱۷-۱۳ ماه بعد درجه حرارت آب تغییر می‌کند و سه ماه بعد گونه سمی Gambierdiscus با تراکم سلولی بالا مشاهده شده که ۲۰ ماه بعد باعث شیوع CFP شود. این تاخیر نشان می‌دهد که بر خلاف گرم شدن دمای آب در اثر پدیده النینو، توده مرجان‌های سفید و مرجان‌های مرده یک سطح جدید را فراهم می‌آورد که موجب ساکن شدن و رشد گونه‌های سمی جلبک می‌شود. در نتیجه خطر بروز CFP را در جنوب اقیانوس آرام افزایش دهد (۱۰). علاوه بر این پیش‌بینی تغییرات آب و هوا نشان می‌دهد که شدت طوفان در اقیانوس آرام گرمسیری افزایش می‌یابد که منجر به افزایش مرگ و میر مرجان‌ها به علت آسیب‌های فیزیکی و ایجاد اکوسیستم جدید شود که توسط سموم احاطه شود (۵).

جدول ۱: بیماری‌های مرتبط با **سموم سمی جلبکی(۸)**

گونه	سم	بیماری	نشانه
Gambierdiscus SPP	ciguatoxic	مسمومیت ماهی (CFP)	تهوع، استفراغ، بی‌حسی دهان و اندامها، راش و علائم عصبی که ممکن است چندین ماه باقی بماند.
Alexandrium SPP Pyrodinium SPP Gymnodinium SPP	Saxitoxin and its derivatives	مسمومیت فلج کننده صدف (PSP)	تهوع، استفراغ، بی‌حسی و سوزن سوزن شدن لب‌ها، گردن و صورت، در موارد شدید فلج عضلات، قفسه سینه، شکم و احتمالاً مرگ
Apseudo- nitzschia SPP	Domoic acid	(ASP) مسمومیت مبتلا به فراموشی صدف	اسهال، استفراغ، تهوع، آریتمی قلب، سرگیجه، درد شدید منجر به تشنج، ضعف حرکتی، سردرگمی و اختلال در حافظه کوتاه مدت، کما و مرگ
Protoperidinium SPP	Azaspiracid and its derivatives	مسمویت صدف Azaspiracid (AZP)	تهوع، استفراغ، اسهال شدید، گرفتگی معده
Dinophysis SPP Proro centrum SPP	Okadic acid and its derivatives	مسمومیت صدف Diarrhetic (DSP)	تهوع، استفراغ، اسهال شدید، گرفتگی معده
Karenia SPP	Brevetoxins	مسمومیت صدف Weurotoxic (NSP)	تهوع، استفراغ، اسهال شدید و گرفتگی معده

دما یک پارامتر مهم زیست محیطی است که بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی تاثیر اساسی دارد (۴، ۳). در هوای گرم‌تر و با ثبات‌تر سطوح آب به نفع رشد داینوفلاژله‌ها و دیاتومه‌ها است (۱). گرمتر شدن درجه حرارت آب باعث

کاهش اختلاط عمودی آب (لایه‌بندی حرارتی) شده و مانع از عرضه مواد مغذی به قسمت‌های بالای اقیانوس می‌شود که بر تنوع زیستی تاثیر دارد (۲). به طوری که فیتوپلانکتون‌های مؤثر در زنجیره غذایی با محدودیت رشد مواجه می‌شوند در حالی که جلبک‌های سمی خود را با این شرایط وفق می‌دهند. تغییرات آب و هوایی در محیط‌های جهانی و محلی سبب گسترش بروز پاتوژن‌های ناشی از مواد غذایی و یا ظهور پاتوژن‌های جدید از پاتوژن‌های موجود می‌شود (۶). به عنوان مثال ارتباط قوی افزایش درجه حرارت آب دریا و افزایش بیماری‌های مرتبط با اعضای گونه ویبریو وجود دارد (۱۳). تغییرات در سایر عوامل محیطی مانند شوری وPH در توزیع و حدت عامل بیماری‌زا مؤثر است.

نتیجه‌گیری

اثرات تغییرات آب و هوا بر ایمنی غذاهای دریایی یک موضوع نسبتا"جدید است و در حال حاضر در سطوح ملی و بین المللی مد نظر است. این تغییرات بر زیست‌شناسی و بوم‌شناسی بعضی از موجودات و مسیرهای بیوشیمیایی تغذیه‌ای مؤثر است. مواد شیمیایی و خطرناک بیولوژیکی (مانند فلزات سمی، سموم جلبکی و پاتوژن‌ها) به عنوان یک پیامد تغییرات آب و هوایی، ممکن است در آینده ایمنی غذاهای دریایی را بیش از پیش مختل کند. ترکیب عواملی مانند دماهای بالا، شوری پایین، کمبود اکسیژن و اسیدی شدن اقیانوس، بقا گونه‌های بومی دریایی را با تغییرات فیزیولوژیکی آنها (تغییر سرعت سوخت وساز و فعالیت آنزیم‌ها) کاهش می‌دهند. توانایی گونه‌ها برای مقابله با آلاینده‌های سمی و فیزیولوژیکی متفاوت است. از آنجا که غذاهای دریایی منبع مقرون به صرفه تغذیه هستند و باعث کنترل بیماری های قلبی‌عروقی می‌شوند، مقامات بهداشتی را با چالش‌های جدیدی برای تضمین ایمنی غذاهای دریایی و حفظ اعتماد مصرف‌کنندگان در مصرف غذاهای دریایی روبرو می‌کند که نیاز به تحقیقات کاربردی، توجه اقتصادی و اختصاص هزینه در این بخش، ارایه آموزش‌های مناسب، افزایش آگاهی‌های عمومی، کاهش آلاینده‌های زیست محیطی، جدی گرفتن مراحل سیستم تجزیه و تحلیل خطر و نقاط کنترل بحرانی (HACCP) با توسعه زیر ساخت‌های اساسی و نظارت و کنترل مداوم بیش از پیش احساس می‌شود.

References

1. Barnett TP, Adam JC, Lettenmaier DP. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. Nature 2005; 438, 303–09.
2. Dale B, Edwards M, Reid PC. Climate change and harmful algae blooms. Ecology of Harmful Algae 2006; 189: 367-78.
3. Tirado MC, Clarke R, Jaykus LA, McQuatters-Gollop A, Frank JM. Climate change and food safety: A review. Food Research International 2010; 43, 1745–65.
4. Miraglia M, Marvin HJ, Kleter GA, Battilani P, Brera C, Coni E. Climate change and food safety: An emerging issue with special focus on Europe. Food Chem Toxicol 2009; 47(5):1009-21.
5. Valole MD, Codato E, Marcomini A. Climate change influence on POPs distribution and fate: A case study. Chemosphere 2007; 67(7): 1287–95.
6. Field DB, Baumgartner TR, Charles CD, Ferreira-Bartrina V, Ohman MD. Planktonic foraminifera of the California current reflect 20th-century warming. Science 2006; 311(5757): 63–6.
7. Petit JR., Jouzel J, Raynaud D, Barkov NI, Barnola JM, Basile I, et al. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice

core, Antarctica. Nature 1999; 399: 429–36.
8. Food and agriculture organization of the united nations. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department; 2009.
9. Anderson DM, Glibert PM, Burkholder JM. Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. Estuaries 2002; 25(4): 704–26.
10. Glibert PM, Anderson DM, Gentien P, Granéli E, Sellner KG. The global, complex phenomena of harmful algal blooms. Oceanography 2005; 18 (2): 136–47.
11. Noyes PD, McElwee MK, Miller HD, Clark BW, Van Tiem LA, Walcott KC, etal. The toxicology of climate change: Environmental contaminants in a warming world. Environ Int 2009;35(6): 971-86.
12. Moore SK , Trainer VL , Mantua NJ , Parker MS , Laws EA , Backer LC , etal. Impacts of climate variability and future climate change on harmful algal blooms and human health. Environ Health 2008; 7(Suppl2): S4.
13. Zo YG, Chokesajjawatee N, Arakawa E, Watanabe H, Huq A, Colwell RR. Covariability of Vibrio cholerae microdiversity and environmental parameters. Appl. Environ. Microbiol 2008; 74 (9): 2915-20.
14. Baines SB, Fisher NS, Kinney EL. Effects of temperature on uptake of aqueous metals by blue mussels Mytilus edulis from Arctic and temperate waters. Marine Ecology Progress Series 2006; 308:117–28.
15. Jezierska B, Lugowska K, Witeska M. The effects of heavy metals on embryonic development of fish (a review). Fish Physiology and Biochemistry 2009; 35: 625–40.
16. Schiedek D, Sundelin B, Readman JW, Macdonald RW. Interactions between climate change and contaminants. Marine Pollution Bulletin 2007; 54: 1845–56.
17. Edwards M, Johns DG, Leterme SC, Svendsen E, Richardson AJ. Regional climate change and harmful algal blooms in the northeast Atlantic. Limnology and Oceanography 2006; 51(2): 820–829.
18. Miller MC, Keymer DP, Avelar A, Boehm AB, Schoolnik GK. Detection and transformation of genome segments that differ within a coastal population of Vibrio cholerae strains. Appl Environ Microbiol 2007;73(11): 3695-704
19. Boxall BA, Hardy A, Beulke S, Boucard T, Burgin L, Falloon PD, et al. Impacts of climate change on indirect human exposure to pathogens and chemicals from agriculture. Environ Health Perspect 2009; 117(4): 508–14.

A review on effects of climate change on water and sea food quality

Hassan Hashemi[1], Saba Sepahvand[2], Kobra Hashemi[3]

Original Article

Abstract
Climate change around the world is now a reality that has adverse effects on the environment and human health. There is little information about the effect of climate change on food systems, especially seafood from the farm to the table. The aim of this study was to review the fundamental effects of climate change on seafood safety and human health. Climate change is expected to increase chemical and biological contaminants such as toxic metals, organic chemical residuals, toxic algae and their toxins and pathogens that are serious threat to the health or safety of seafood and human health through the food chain that need serious attention in this regard.
Keywords: Climate change, Food chain, Water and food quality

Citation: Hashemi H, Sepahvand S, Hashemi K. **A review on effects of climate change on water and seafood quality.** J Health Syst Res 2013; 9(9):909-921

Received date: 16/1/2013 **Accept date: 24/08/2013**

1. Lecturer, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
2. MSc of Medical Geography, Faculty of Literature and Humanities, University of Isfahan, Isfahan, Iran (Corresponding Author) Email: sepahvand.saba@yahoo.com
3. BSc of Natural Resources engineering, Fisheries, Field propagation and aquaculture, marine science, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran