مقاله تحقیقی

مجلهٔ دانشگاه علوم پزشکی بابل
دوره چهاردهم، ویژه نامه ۱، زمستان ۱۳۹۰، صفحه ۱۳-۷

میزان اثربخشی حذف مالاتیون از آب با استفاده از پرتوهای فرابنفش

محمدهادی دهقانی(PhD) [۱*]، کاظم گودینی(MSPH) [۲]، سیمین ناصری(PhD) [۱]، منصوره شایقی(PhD) [۳]، محمود علیمحمدی(PhD) [۱]

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۲- گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ایلام
۳- گروه حشره شناسی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

دریافت: ۸۹/۱۰/۷، اصلاح: ۹۰/۴/۸، پذیرش: ۹۰/۶/۱۶

خلاصه

سابقه و هدف: آفت‌کشهای اورگانوفسفره پرمصرف ترین سموم در کشور هستند. این سموم می توانند از راه های مختلفی وارد منابع آب شوند و مصرف آب آشامیدنی با مقدار سموم بالاتر از حد استاندارد نیز اثرات بسیار نامطلوبی بر سلامت و بهداشت انسان می‌گذارد. این مطالعه به منظور بررسی میزان اثربخشی حذف مالاتیون از آب با استفاده از لامپ جیوه ای فرابنفش با فشار متوسط انجام شد.

مواد و روشها: در این مطالعه تجربی غلظت های ۰/۵ و ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر و pH های ۶،۷،۹ سم مالاتیون در مدت زمان‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ دقیقه به صورت منقطع در راکتور تحت تاثیر پرتوی فرابنفش قرار گرفتند. مقادیر سم مالاتیون قبل از پرتودهی و بعد از آن بوسیله دستگاه HPLC اندازه گیری و مقایسه شد.

یافته ها: نتایج بدست آمده از این مطالعه در غلظت ها، زمانها و pH های مختلف نشان داد که کمترین میزان کاهش مالاتیون در زمان ۱۰ دقیقه (۴۶٪) و بیشترین میزان کاهش این سم در زمان ۶۰ دقیقه (۸۷/۲۵٪) اتفاق می افتد ($p<0/05$). همچنین با افزایش غلظت سم (غلظت ۰/۵ به ۲ میلی گرم در لیتر) میزان اثر بخشی فرآیند پرتوتابی کاهش می یابد (از ۹۳ به ۸۷/۲۵٪) ($p<0/001$). از طرفی دیگر با افزایش pH کارایی فرآیند افزایش پیدا می کند.

نتیجه گیری: مطالعه حاضر نشان می دهد که پرتوهای فرابنفش در مدت زمان ۶۰ دقیقه با غلظت ۰/۵ میلی گرم در لیتر و pH= ۹ بیشترین میزان اثر بخشی را در کاهش سم مالاتیون موجود در آب دارد. بنابراین استفاده از راکتورهای فرابنفش می تواند به عنوان یک روش مناسب در تصفیه آب های آلوده به این سموم مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: آب، پرتوهای فرابنفش، مالاتیون.

مقدمه

ترکیبات ارگانوفسفره بزرگترین و متنوع ترین گروه آفت کش های موجود هستند که حدود ۴۰٪ از آفت کش های ثبت شده در جهان را تشکیل می دهند (۲و۱). سموم آفت‌کشی که مورد استفاده قرار می‌گیرند به‌وسیله شستشوی مستقیم و یا آبیاری از محل‌های مصرفی وارد منابع آب می‌گردند. همچنین ریزش باران بر روی مناطق سم پاشی شده قبل از اینکه این مواد تجزیه شوند سبب ورود آنها به منابع آب سطحی می‌گردد (۳). به علاوه آفت‌کش‌ها می‌توانند از طریق لایه‌های خاک و در حین نفوذ آب به سفره‌های زیرزمینی راه پیدا کنند. در مواردی هم بعضی آفت‌کش‌ها می‌توانند به هوا وارد شده و در نتیجه ضمن ریزش باران وارد منابع آب سطحی و خاک گردند. ورود این مواد آلاینده به منابع تأمین آب شرب می‌تواند اثرات سوء بر سلامتی انسان و محیط زیست داشته باشد (۴). بقایای این سموم علاوه براینکه سلامت مردم را به مخاطره می اندازد در اقتصاد مردم منطقه که از راه فروش آبزیان امرار معاش می نمایند نیز نقش موثری ایفا می کند.

مالاتیون نیز به عنوان یک عامل بازدارنده کلین‌استراز در انسانها عمل می کند که این خود منجر به پیدایش عوارض و مشکلاتی در سیستم عصبی شده و سبب ایجاد حالت‌هایی مثل سرگیجه، حالت تهوع و اختلال حواس می گردد (۵). همچنین مشخص شده که این سم اثرات بسیار مخربی بر روی سیستم عصبی کودکان مخصوصاً در سال‌های اول زندگی دارد (۶). بنابراین جهت جلوگیری از ورود این سموم به منابع آب و هوا و خاک، می بایست از روش‌های مطمئن و سازگار با محیط زیست استفاده نمود. مطالعات بیانگر آن است که در زمان های اندکی بعد از کاربرد سم، میزان آنها اغلب بیش از حد مجاز بوده است. در خصوص بقایای آفت کش های اورگانوفسفره بویژه مالاتیون در منابع آب های سطحی کشور تحقیقات متنوعی صورت گرفته که نشان دهنده اهمیت بهداشتی این سم برای انسان و محیط زیست می باشد (۱۱-۷). بقایای مالاتیون در آب های آشامیدنی تا چندماه در محیط ماندگاراست (۹). Shayeghi و همکاران به این

▣ این مقاله پایان نامه کاظم گودینی دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران می باشد.

* مسئول مقاله:
آدرس: تهران، خیابان انقلاب، خیابان قدس، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط، تلفن: ۶۶۹۵۴۲۳۴-۰۲۱
e-mail: dehghanihadi@yahoo.com

[DOR: 20.1001.1.15614107.1390.14.1.13.5]

نتیجه رسیدند که مقدار این سم در هر سه رودخانه استان بوشهر بیش از حد مجاز بوده و بقایای این سموم در محیط از ۲ تا ۴ ماه می باشد (۱۱و۱۰). روش های گوناگونی جهت کاهش یا حذف آفت کش های اورگانوفسفره وجود دارد. اما روش‌های تصفیه متداول آب تاثیر چندانی در حذف این سموم ندارند. به عنوان مثال استفاده از آلوم و فرآیند سبک سازی آب در حذف یا کاهش بسیاری از سموم آفت‌کش کاملاً بی تاثیر است. متداول ترین روش های بکار گرفته شده: حذف بیولوژیکی، تصفیه در زمین، تجزیه با استفاده از گیاهان، فرآیندهای شیمیایی و فرآیندهای اکسیداسیون مستقیم می باشند. اخیرا روش‌های جدیدتری از قبیل استفاده از امواج اولتراسونیک، پرتوتابی فرابنفش و فن آوری اکسیداسیون پیشرفته جهت حذف یا کاهش سموم آفت کش بکار گرفته شده است (۱۲). اما پرتوتابی فرابنفش یکی از روش های کارآ و کم خطر است که در تصفیه منابع آب های سطحی و زیرزمینی آلوده به آفت کشها مورد استفاده قرار می گیرد. مسلماً یکی از دلایل حمایت و استقبال از این فناوری ضرورتی است که به لحاظ الزام به رعایت قوانین و مقررات جدید تصفیه آب به وجود آمده است. این سیستم نسبت به سایر روش های تصفیه آب نیاز به افزودن مواد شیمیایی ندارد، مصرف مواد شیمیایی که هزینه زیادی را به خود اختصاص می دهد در این روش به حداقل ممکن می رسد و مشکل دفع لجن پیش نمی آید، نیاز به محیط جاذب ندارد، راکتور از قابلیت انعطافی خوبی برخوردار است، کیفیت پساب تولید شده شفاف و بدون بو و مطلوب است، اکثریت آفت کشها در راکتور بطور قابل ملاحظه ای تجزیه می گردند و همچنین دارای ایمنی و مقبولیت از نظر کارکنان تصفیه خانه‌ها و عموم مردم و مطرح بودن به عنوان یک فن‌آوری سبز می باشد (۱۴و۱۳).

نتایج تحقیق Héquet و همکارانش حاکی از تاثیر کامل لامپ فشار متوسط بر روی آفت کش آترازین بود (۱۵). Bavconkralj و همکارانش با انجام آزمایش اکسیداسیون فتوکاتالیتیکی بوسیله پرتوتابی فرابنفش و نور مریی به فرآورده های کاملا معدنی شده، دست یافتند (۱۶). نتایج تحقیق Samanidou و همکارانش حاکی از تاثیر کامل پرتوهای فرابنفش در تخریب کارباماتها بود (۱۷) Huston و همکارانش که جهت حذف برخی آفت‌کش‌های تجاری در آب‌های طبیعی از فرآیند پرتوتابی فرابنفش و نیز فتوفنتون استفاده نمودند، مشخص گردید تابش مداوم پرتوهای فرابنفش می تواند بطور کامل آفت‌کش‌های مورد مطالعه را حذف نماید (۱۸).

هدف از این مطالعه تعیین میزان اثربخشی راکتور فرابنفش در حذف بقایای سم مالاتیون از آب و همچنین تعیین تاثیر تغییرات زمان، غلظت و pH بر پتانسیل فن‌آوری پرتوتابی فرابنفش در حذف مالاتیون از آب می باشد.

مواد و روشها

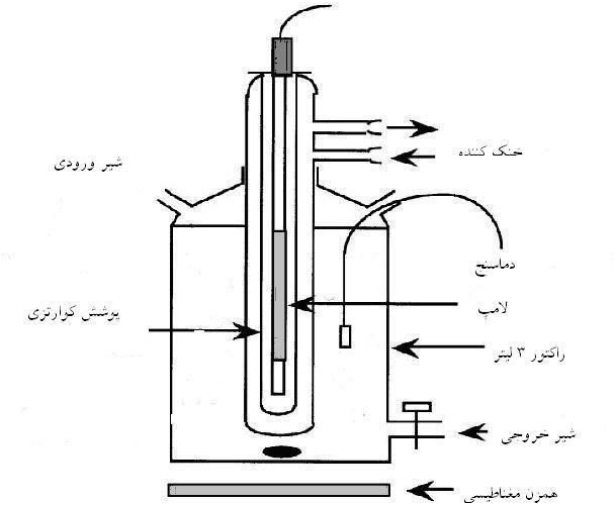
این مطالعه تجربی در آزمایشگاه های شیمی گروه مهندسی بهداشت محیط و سم شناسی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران در طی سال های ۱۳۸۸-۱۳۸۷ انجام شد. در این مطالعه سم مالاتیون در غلظت های ۰.۵، ۱، ۲ میلی گرم در لیتر تهیه و در زمان های تماس ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ و ۴۰ و ۵۰ و ۶۰ دقیقه و pH های ۶ و ۷ و ۹ تحت تاثیر لامپ جیوای فرابنفش با فشار متوسط مورد آزمایش قرار گرفت. در این مطالعه غلظت ها براساس مطالعات انجام شد، تعیین گردید (۱۱-۹). پس از وارد نمودن ۵۰۰ میلی لیتر از نمونه آب مورد نظر به قیف جداکننده با حجم ۱ لیتر در مواردی که نمونه حاوی کدورت ناشی از ذرات معلق بود از صافی واتمن ۰/۴۵ میکرومتری عبور داده شد و ۳۰ میلی لیتر دی کلرومتان به نمونه مورد نظر اضافه گردید. سپس۲۰-۱۵ گرم کلرور سدیم به محتویات قیف جداکننده به منظور جداسازی بهتر دو فاز اضافه شد و بعد محتویات قیف شدیدا هم زده شد و شیر آن در زمان های مداوم جهت کاهش فشار درون قیف باز شد. بعد از این مرحله فاز آلی از فاز آبی ضمن عبور از ستون حاوی سولفات سدیم جهت حذف ملکول‌های آب از فاز آلی، جدا شد. مجدد ۳۰ میلی لیتر دی کلرومتان اضافه شد و همزدن مجدد و جدا سازی فاز آلی از فاز آبی انجام شد. تبخیر مایع استخراج شده به کمک دستگاه روتاری تبخیر تحت خلا به نحوی که حجم مایع استخراج شده به ۳-۲ میلی لیتر کاهش یابد، انجام و مرحله نهایی استخراج با استفاده از ۱ میلی لیتر حلال آلی کلروفرم انجام گردید.

برای اندازه گیری سم مالاتیون، با توجه به روش پیشنهادی شماره ۱۰B66 کتاب استاندارد متد (۱۹) جهت سنجش سموم و با توجه به شرایط دستگاه HPLC انجام شد. ابتدا محلول های استاندارد از سم مورد نظر با استفاده از ماده HPLC grade و با درصد خلوص بالا در غلظت های مختلف تهیه و سپس به دستگاه HPLC تزریق شد. یک میکرولیتر از نمونه استخراج شده به دستگاه HPLC تزریق گردید. دمای اولیه برابر ۱۱۰°c به مدت ۱ دقیقه بود. رسیدن به دمای ۱۸۸ درجه سانتی گراد با سرعت افزایش ۲۵°c/min به مدت ۴ دقیقه، رسیدن به دمای ۱۹۰ درجه سانتی گراد با سرعت افزایش ۲۰°c/min به مدت ۱ دقیقه، رسیدن به دمای ۱۹۳ درجه سانتی گراد با سرعت افزایش ۰/۴°c/ min به مدت صفر دقیقه و رسیدن به دمای ۲۴۴ درجه سانتی گراد با سرعت افزایش ۲۵° c/min به مدت ۶/۲۱ دقیقه تنظیم گردید. حفظ دمای مذکور برای قرائت غلظت نمونه‌ها حفظ گردید و از گاز هلیم با درصد خلوص ۹۹٪< با سرعت جریان ۰/۷ cm/s استفاده گردید.

جهت اندازه گیری این سم از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)، مجهز به آشکارساز مریی- فرا بنفش و اتوسمپلر استفاده شد. ستون مورد استفاده برای جداسازی این ترکیبات اکتادسیل سیلیکاژل C_{18} ساخت کمپانی Water آمریکا به طول ۲۵ میلی متر و قطر ۴/۶ میلی متر در دمای ۳۰ درجه سیلسیوس بود. سرعت جریان فاز متحرک، ۱ میلی متر در دقیقه و فاز متحرک مورد استفاده متانول، استونیتریل و آب با نسبت های (۱۵:۴۵:۴۰) در نظر گرفته شد. طول موج مورد استفاده جهت آشکارسازی این ترکیبات ۱۴۰ نانومتر تعیین گردید. ستون جداسازی مورد استفاده دستگاه HPLC از نوع ستون کاپیلاری DB5.6.25 بود. با اجرای صحیح برنامه دمایی و آماده سازی دستگاه، پیک مربوط به مالاتیون در زمان ۱۰/۲۳ دقیقه مشاهده گردید. دقت دستگاه مورد استفاده در محدوده ۱ میکرو گرم بر لیتر برآورد گردید. راکتور مورد استفاده در این تحقیق شامل یک استوانه ته بسته به حجم ۳ لیتر و از جنس استیل است که ساخت شرکت تهران استیل ایران می باشد. در داخل این استوانه از یک همزن مغناطیسی به منظور اختلاط کامل نمونه جهت پرتوتابی در راکتور استفاده شده است (شکل ۱). در این پایلوت به علت ایجاد گرمای زیاد که به علت پرتوتابی لامپ می‌باشد از خنک کننده برای پایین آوردن دما استفاده گردید. برای این منظور از یک بوکال ۴ لیتری که استوانه درون آن قرار می‌گیرد، استفاده شد. برای پایین آوردن دما فضای خالی بین استوانه و بوکال با یخ پر شدند. سپس زمانهای مواجهه با پرتوی فرابنفش، براساس پیش آزمون های انجام شده در آزمایشگاه

[DOR: 20.1001.1.15614107.1390.14.1.13.5]

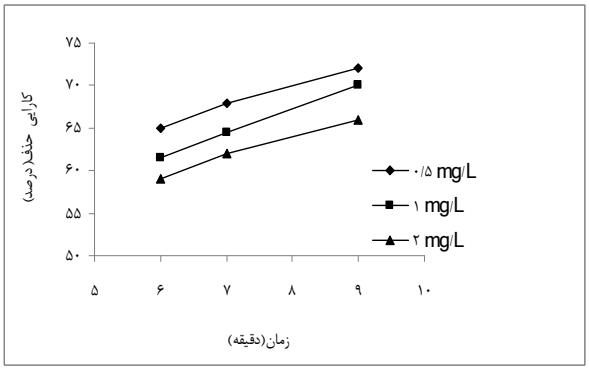
تعیین گردید. اطلاعات با استفاده از آزمونهای آماری آنالیز واریانس، ANOVA، T-Test مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و$p<۰/۰۵$ معنی دار در نظر گرفته شد.



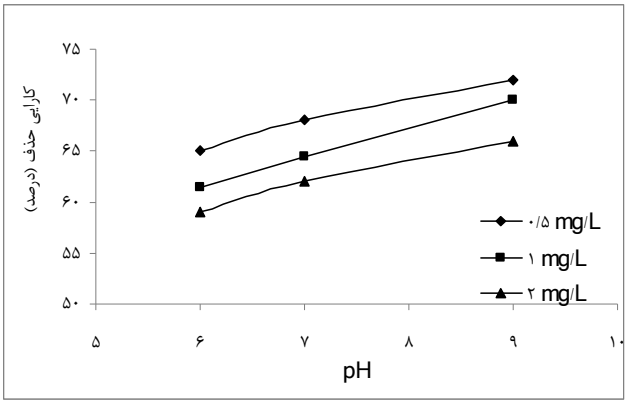
شکل ۲ . اجزای شماتیک رآکتور فرابنفش

یافته ها

در این مطالعه میزان حذف مالاتیون در زمان های شش گانه و غلظت های سه گانه با هم متفاوت بود (نمودار ۱). با تغییرات pH کارایی حذف مالاتیون نیز متفاوت بود (نمودار ۲). میزان حذف مالاتیون در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر، در مدت زمان ۶۰ دقیقه و pH قلیائی بیشترین کارایی را در میان غلظت‌های دیگر داشت. به عبارتی دیگر، با افزایش غلظت ورودی سم (۲ میلی گرم در لیتر) به رآکتور کارایی حذف کاهش یافت (از ۹۳ به ۸۷/۲۵٪). کارایی پرتوهای فرابنفش با افزایش غلظت مالاتیون کاهش یافت (نمودار ۲). افزایش غلظت موجب کاهش معنی دار کارایی فرآیند شد ($p=۰/۰۰۱$). با افزایش زمان پرتوتابی، میزان حذف سم مالاتیون افزایش یافت، با افزایش زمان، غلظت سم موجود در پایلوت کاهش یافت، اختلاف معنی داری در بین زمان‌ها وجود داشت ($p=۰/۰۵$). با افزایش pH کارایی حذف افزایش یافت، به نحوی که مالاتیون در غلظت ۰/۵ و ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر در pH=۶ دارای کارایی حذف ۶۲ و ۵۷ و ۵۴/۵ درصد اما در pH=۹ میزان کارایی به ۷۰ و ۶۵ و ۶۳/۵ درصد رسید. در این مورد نیز اختلاف آماری معنی داری وجود داشت.



نمودار ۱. کارایی حذف مالاتیون بوسیله پرتوهای فرابنفش در غلظت های مختلف



نمودار ۲. کارایی حذف مالاتیون بوسیله پرتوهای فرابنفش در pH های مختلف

بحث و نتیجه گیری

نتایج مطالعه نشان داد که میزان اثربخشی حذف مالاتیون از آب با استفاده از پرتوهای فرابنفش به سه پارامتر غلظت، مدت زمان پرتودهی و pH محیط بستگی دارد، بطوری که کارائی حذف با افزایش زمان پرتودهی و pH نسبت مستقیم ولی با افزایش غلظت سم نسبت معکوس داشت.

نتایج این مطالعه با نتایج دیگر مطالعات انجام شده مطابقت دارد (۲۲-۲۰). دلیل این پدیده را می‌توان اینطور بیان کرد که با ثابت بودن مدت زمان پرتوتابی و افزایش غلظت ورودی سم مالاتیون به داخل رآکتورفرابنفش، مقدار رادیکال های آزاد و یون های ناشی از مکانیسم‌های موجود در پرتوتابی ثابت است. لذا چنین استنباط می شود که رادیکال های آزاد تولیدی در این فرآیند با مقدار بیشتری از ماده اولیه و متابولیت های حاصله در تماس است در نتیجه کارایی فرآیند با افزایش غلظت پایین می‌آید. به عبارت دیگر، وقتی مدت زمان تابش پرتو طولانی می گردد در محلول مقدار زیادی از رادیکال‌های آزاد تشکیل شده و این پدیده باعث تخریب هرچه بیشترسم مالاتیون می‌گردد (۲۲و۲۱).

Khodadadi و همکارانش تغییرات pH را در محدوده های ۶، ۷ و ۹ بر روی کارایی حذف در مدت زمان یک ساعت بررسی کردند و دریافتند که با افزایش pH کارایی حذف افزایش می‌یابد (۲۰). نتایج بدست آمده از مطالعات Lafi و همکارانش و Freed و همکارانش با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۲۳و۲۱). از طرفی دیگر، مطالعات Burrows و همکارانش و Badawy و همکارانش نشان داد که سرعت تجزیه سم با افزایش pH افزایش می یابد که دلیل عمده این پدیده، افزایش تولید یون‌های OH^- و رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل در محیط‌های قلیایی بیان شد (۲۴و۱۳). در این مطالعه نیز مشخص شد که میزان تجزیه سم و در حقیقت کارائی فرآیند بستگی زیادی به pH محیط دارد. نتایج مطالعات ایشان با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. براساس نتایج این مطالعه فرآیند پرتوتابی فرابنفش می‌تواند به عنوان یک روش مناسب در حذف مالاتیون استفاده شود بطوری که میزان حذف در طی یک ساعت به بیش از ۹۰ درصد می رسد. نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان می دهد که پارامترهای غلظت و زمان پرتودهی و pH تاثیرات متفاوتی بر کارائی حذف مالاتیون دارند. به عبارتی بهترین شرایط برای حذف مالاتیون زمانی بدست می آید که زمان پرتودهی زیاد (۶۰ دقیقه) و غلظت کم (۰/۵ میلی گرم در لیتر) و pH قلیائی است. البته امروزه استفاده از روش های اکسیداسیون شیمیائی به

[DOR: 20.1001.1.15614107.1390.14.1.13.5]

تنهائی چندان مورد استقبال نیست زیرا می تواند انرژی و هزینه های زیادی را در فرآیندهای تصفیه آب تحمیل نماید. بدین سبب برای کاهش هزینه ها و کاهش مصرف انرژی ترجیح داده می شود از روش های تلفیقی تصفیه آب استفاده شود تا در کوتاه مدت و با مصرف انرژی کمتر راندمان حذف مطلوبی بدست آید.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از کارشناسان آزمایشگاه شیمی و بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران به دلیل همکاری در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می گردد.

[DOR: 20.1001.1.15614107.1390.14.1.13.5]

The Effectiveness of Eliminating Malathion from Water by Ultraviolet Irradiation

M.H. Dehghani (PhD) [1×], K. Godini (MSPH) [2], S. Nasseri (PhD) [1], M. Shayeghi (PhD) [3], M. Alimohamadi (PhD) [1]

1. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Department of Environmental Health, School of Public Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran
3. Department of Medical Entomology and Vector Control, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

J Babol Univ Med Sci; 14(Suppl 1); Winter 2012; pp: 7-13
Received: Dec 31st 2010, Revised: Jun 29th 2011, Accepted: Sep 7th 2011.

ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVE: Organophosphorus pesticides are one of the most consumable poisons in the country. Such poisons can enter water sources by different routes; since consuming some drinking water which contains an amount of poison higher than the standard level, causes undesirable effects to human health and hygiene. The purpose of the present work is to study the effectiveness of eliminating malathion from water by ultraviolet irradiation (UV) mercury lamp with a medium pressure.

METHODS: In this experimental study, concentrations of 0.5, 1, and 2 mg/L and pH values of 6, 7, and 9 from malathion poison were irradiated at the times of 10, 20, 30, 40, 50, and 60 minutes in a ultraviolet reactor. The amounts of malathion poison were determined by HPLC instrument and then compared before and after the irradiation.

FINDINGS: The results of the present study at different concentrations, times and pH show that the minimum reduction of malathion occurs at the time period of 10 min (%46) and the maximum reduction at the time period of 60 min (%87.25) ($p<0.05$). Also, the effectiveness of irradiation process decreases (from 93 to 87.25%) with increasing the poison concentration (from 0.5 to 2mg/L) ($p<0.001$). On the other hand, the efficiency of the process increases with pH increase.

CONCLUSION: The present study shows that applying UV irradiation for 60 min. with the concentration of 0.5 mg/l and pH=9, has the most effectiveness on reducing malathion poison content of water. Therefore, the application of UV reactors could be considered as an appropriate method for the treatment of waters contaminated with these poisons.

KEY WORDS: *Water, Ultraviolet irradiation, Malathion.*

[×]**Corresponding Author;**
Address: Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Enghelab St., Tehran, Iran
Tel: 98 21 66954234
E-mail: dehghanihadi@yahoo.com

[DOR: 20.1001.1.15614107.1390.14.1.13.5]

References

1.Hejazinejad FS, Hormozi B, Abtahi FS, Sanchooli R. A critique of pesticides use in the province of Golestan from 2003-2005. J Water Environ 2004;66:37-44. [in Persian]

2.Pourahmad J. General toxicology.1st ed. Tehran: Samt Publication 2006; pp: 104-20. [in Persian]

3.Tarahi S. Survey and determination of used pesticides residue concentration (malathion, diazinon and metasystox) in the water of Nahand river. Thesis of Tehran University of Medical Sciences 2002. [in Persian]

4.Reichenberger S, Bach M, Skitschak A, Frede H. Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground and surface water and their effectiveness; A review. Sci Total Environ 2007;384(1-3):1-35.

5.Agarwal HC. Pesticide pollution of water. 3rd ed. New York: McGraw Hill Co 1991; pp: 204-20.

6.Rauh A, Garfinkel R, Perera P, et al. Impact of prenatal chlorpyrifos exposure on neurodevelopment in the first 3 years of life among inner-city children. Pediatrics 2006;118(6):1845-59.

7.Shokrzadeh M, Ebadi AG. Investigating and measurement of residues of chlorobenzilate (organochlorine pesticides) in four species of the most consumed fishes in Caspian sea (Iran). Pakistan J Nutr 5 (1): 68-70, 2006

8.Honarpajoh K. Survey and determination of organophosphorus insecticides of malathion and diazinon in water of Karaj Amir Kabir Dam. Thesis of Tehran University of Medical Sciences 2003. [in Persian]

9.Shayeghi M, Khoobdel M, Vatandoost H. Determination of organophosphorus insecticides (malathion and diazinon) residue in the drinking water. Pak J Biol Sci 2007;10(17):2900-4.

10.Shayeghi M, Darabi H, Abtahi Hoseini M, Sadeghi M, Pakbaz F, Golestaneh R. Assessment of persistence and residue of diazinon and malathion in three rivers (Mond, Shahpour and Dalaky) of Bushehr Province; 2004-2005. Iran South Med J 2007;1(10):54-60. [in Persian]

11.Shayeghi M, Shahtaheri SJ, Selsele M. Phosphorus insecticides residues in Mazandaran river waters, Iran. Iran J Public Health 2001;30(3-4):115-19.

12.Francis C. Nanotechnology for environmental remediation. 1st ed. New York: Spring 2006; pp: 12-19.

13.Burrows HD, Canle LM, Santaballa JA, Steenken S. Reaction pathways and mechanisms of photodegradation of pesticides. J Photochem Photobiol B 2002;67(2):71-108.

14.Vaezi F, Bazrafshan E. Ultraviolet irradiation and its application in water and wastewater disinfection and treatment. 1st ed. Tehran: Andishmand Publication 2008; pp: 50-65. [in Persian]

15.Héquet V, Gonzalez C, Le-Cloirec P. Photochemical processes for atrazine degradation: Methodological approach. Water Res 2001;35(18):4253-60.

16.Bavcon Kralj M, Franko M, Trebše P. Photodegradation of organophosphorus insecticides– investigations of products and their toxicity using gas chromatography–mass spectrometry and AChE-thermal lens spectrometric bioassay. Chemosphere 2007;67(1):99-107.

17. Samanidou V, Fytianos K, Pfister G, Bahadir M. Photochemical decomposition of carbamate pesticides in natural waters on northern Greece. Sci Total Environ 1988;76(1):85-92.

18.Huston PL, Pignatello JJ. Degradation of selected pesticide active ingredients and commercial formulations in water by the photo-assisted fenton reaction. Water Res 1999;33(5):1238-46.

19.APHA/AWWA/WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington, DC 1998; pp: 1100-20.

20.Khodadadi M. Determination of pesticides residue concentration in Hamadan drinking water resources and comparison of removal efficiencies of it by application of PAC and Advance oxidation by O_3/UV. Thesis of Hamadan University of Medical Sciences 2008. [in Persian]

21.Lafi WK, Al-Qodah Z. Combined advanced oxidation and biological treatment processes for the removal of pesticides from aqueous solutions. J Hazard Mater 2006;137(1):489-97.

[DOR: 20.1001.1.15614107.1390.14.1.13.5]

22. Maldonado MI, Malato S, Pereze Estrada LA, et al. Partial degradation of five pesticides and an industrial pollutant by ozonation in a pilot-plant scale reactor. J Hazard Mater 2006;138(2):363-9.
23.Freed VH, Chiou CT, Schmedding DW. Degradation of selected organophosphate pesticides in water and soil. J Agric Food Chem 1979;27(4):706-8.
24.Badawy MI, Ghaly MY, Gad-Allah TA. Advanced oxidation processes for the removal of organophosphorus pesticides from wastewater. Desalination 2006;194(1-3):166-75.

[DOR: 20.1001.1.15614107.1390.14.1.13.5]