

The Evaluation of the Toxicity of Reactive Red 120 Dye by Daphnia Magna Bioassay

Pegah Nakhjirgan¹
Mohammad Hadi Dehghani^{2*}

¹ MSc, Environmental Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

(Corresponding author): Mohammad Hadi Dehghani, Tel: 021 889 54 914

Email:hdehghani@tums.ac.ir

Received: 29 October 2014

Accepted: 21 January 2015

Abstract

Background and objective: Nowadays, the increasing use of nanoparticles in industries has caused hazardous substances to enter the environment. Since nanoparticles release toxic substances into the environment, nanoparticle toxicity has become a growing health concern in many communities. Zinc oxide is one of the major nanoparticles. This study investigated the toxicity of the Reactive Red 120 dye solutions after the Nano Photocatalytic Process with UV/ZnO by using Daphnia magna biological test.

Methods: This experimental study was conducted on laboratory scales in 2014. After the UV/ZnO process, the Reactive Red 120 dye LC₅₀ was measured by toxicology assays using the bio-indicator Daphnia magna. The results of the toxicity tests were evaluated by the Probit model.

Results: According to the results of this study on the toxicity of Reactive Red 120 dye, LC₅₀ value after 24, 48, 72 and 96 hours was 73.16, 55.93, 41.32 and 30.45 mg/l, respectively with the toxicity unit value of 1.36, 1.78, 2.42 and 3.28, respectively.

Conclusion: Regarding LC₅₀ and the obtained toxicity units, the present study indicated that after UV/ZnO, Reactive Red 120 dye was toxic to Daphnia magna. This might be due to the presence of hydrogen peroxide which could lead to the death of Daphnia magna.

Paper Type: Research article

Keywords: UV/ZnO process, Reactive Red 120 dye, Bioassay, Toxicity, Daphnia magna

► **Citation:** Nakhjirgan P, Dehghani MH. The Evaluation of the Toxicity of Reactive Red 120 Dye by Daphnia Magna Bioassay. Journal of Research in Environmental Health. Spring 2015; 1(1):1-9.

بررسی سمیت رنگزای Reactive Red 120 با استفاده از آزمون زیستی دافنیا مگنیا

چکیده

زمینه و هدف: افزایش استفاده از نانوذرات در صنایع، باعث ورود ترکیبات مخاطره آمیز به محیط زیست می شود. سمیت نانوذرات به دلیل آزاد شدن مواد سمی به محیط زیست، یکی از نگرانی های جوامع محسوب می شود. یکی از این ترکیبات، نانوذرات اکسید روی می باشد که در این مطالعه سمیت محلول حاوی ماده رنگزای راکتیو قرمز ۱۲۰ پس از فرآیند نانوفوتوکاتالیستی UV/ZnO با استفاده از آزمون زیستی دافنیا مگنیا مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها: این مطالعه تجربی - کاربردی در سال ۱۳۹۳ و در مقیاس پایلوتی انجام شد. LC₅₀ رنگ Red 120 Reactive پس از فرآیند UV/ZnO با روش زیست آزمونی اندازه گیری شد. زیست آزمونی با استفاده از نشانگر زیستی دافنیا مگنیا انجام شد. جهت بررسی و تجزیه و تحلیل نتایج آزمون تعیین سمیت از روش پروبیت استفاده شد.

یافته ها: بر اساس نتایج آزمون سمیت بر روی ماده رنگزای راکتیو قرمز ۱۲۰، LC₅₀ ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعته برای این رنگ به ترتیب برابر ۷۳/۱۶، ۵۵/۹۳، ۴۱/۳۲، ۳۰/۴۵ میلی گرم در لیتر و واحد سمیت به ترتیب برابر ۱/۳۶، ۱/۷۸، ۲/۴۲ و ۳/۲۸ بود.

نتیجه گیری: با توجه به LC₅₀ و واحد سمیت به دست آمده می توان به این نتیجه رسید که ماده رنگزای راکتیو قرمز ۱۲۰ بعد از فرآیند UV/ZnO دارای سمیت بر روی دافنیا می باشد که علت آن ممکن است وجود پراکسید هیدروژن و تأثیر آن در مرگ دافنیا باشد.

کلید واژه ها: آزمون زیستی، دافنیا مگنیا، رنگ Reactive Red 120، سمیت، فرآیند UV/ZnO

پگاه نخجیرگان^۱

محمد هادی دهقانی^{۲*}

^۱ کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

^۲ دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

محمد هادی دهقانی

(نویسنده مسئول) تلفن: ۰۲۱۸۸۹۵۴۹۱۴

Email: hdehghani@tums.ac.ir

◀ **استناد:** نخجیرگان پ، دهقانی م ح. بررسی سمیت رنگزای Reactive Red 120 با استفاده از آزمون زیستی دافنیا مگنیا. بهار ۱۳۹۴؛ ۱(۱): ۹-۱.

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۸

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۱

یکی از مهمترین خطراتی که به موازات پیشرفت های قرن اخیر، شرایط زیستی را به مخاطره انداخته است، آلودگیهای محیط زیست می باشد که عمدتاً ناشی از فعالیت های صنعتی است که به منظور بهبود وضعیت کنونی زندگی بشر انجام می گیرند. توسعه صنایع جدید، منجر به ورود ترکیبات مخاطره آمیزی به محیط زیست می شود که در برخی موارد، تأثیرات آن ها بر انسان و محیط زیست جبران ناپذیر خواهد بود. ذرات نانو، میلیون ها سال بر روی کره زمین وجود داشته و هزاران سال است که بشر از آن استفاده کرده است. افزایش استفاده از نانوذرات در صنایع و مصارف خانگی، باعث ورود ترکیبات مخاطره آمیزی به محیط زیست شده است (۱). سازمان بین المللی نانو تکنولوژی آمریکا، نانو تکنولوژی را این گونه تعریف کرده است: "کنترل و بکارگیری مواد در ابعاد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر؛ به گونه ای که این مواد، کاربردهای جدیدی را فراهم کنند". نانو تکنولوژی، طراحی، اصلاح، تولید و کاربرد ساختارها، وسایل و سیستم هایی است که با کنترل شکل و اندازه در مقیاس نانومتر ایجاد می شوند (۲).

نانوذرات فلزی با توجه به خصوصیات منحصر به فرد خود، کاربرد فراوانی در فرآورده های تجاری از جمله لوازم آرایشی، الکترونیکی، کاتالیستی و پزشکی دارند (۳-۵). نانوذرات به دو صورت طبیعی و مصنوعی تقسیم بندی می شوند. اجزاء آن بر اساس ترکیبات شیمیایی به نانوذرات معدنی (عناصر فلزی، اکسیدهای فلزات و نمک های فلزات) و نانوذرات با پایه کربن تقسیم می شوند (۶). جهت ارزیابی خطرات نانوذرات در محیط زیست، شناخت واکنش، سمیت و مقاومت آنها نیاز می باشد (۷). بیشتر نانوذرات، خاصیت جذب بالایی دارند، بنابراین می توانند مواد و سموم مختلفی را جذب کنند. جذب این مواد ممکن است اثرات زیانبار آنها را تغییر دهد. مثلاً مطالعات نشان داده اند که نانوذرات می توانند به یکدیگر بچسبند و

ذرات بزرگ تر با ساختار پیچیده تر را تولید کنند. در این میان آزادسازی نانوذرات به محیط، آنها را در تماس با موادی قرار می دهد که تأثیر متقابل نانوذرات با آنها ممکن است باعث تشدید یا کاهش ویژگی های نانوذرات شود و یا ممکن است ویژگی های جدیدی را در آنها ایجاد کند (۴-۲).

مواد نانو نیمه رسانا به طور وسیعی در زمینه های الکترونیکی، اپتیکی و سنسورها کاربرد دارند (۸). از بین نانوذرات اکسید فلزی می توان به اکسید روی اشاره کرد. نانوذرات اکسید روی (ZnO) به دلیل راندمان، ارزان بودن و پایداری شیمیایی بالا در تجهیزات الکترونیکی، سنسورهای شیمیایی، فرآورده های نساجی، ضد آفتاب، نقاشی، عوامل آنتی باکتریایی و صنایع کاربرد دارند (۹-۱۱). بزرگ ترین مزیت ZnO، جذب بیشتر طول موج UV است که حد آستانه ZnO در حدود ۴۲۵ نانومتر می باشد (۱۲).

همچنین نتایج برخی مطالعات نشان دهنده اثرات منفی نانوذرات اکسید روی بر روی موجودات و سلول ها می باشد؛ به گونه ای که در اثر تماس با نانوذرات اکسید روی با مقدار ۵ گرم بر کیلوگرم وزن بدن، موش ها دچار علائمی نظیر بی حالی، اسهال، استفراغ و حتی مرگ شدند (۱۳).

رنگزاهای نساجی، یکی از بزرگ ترین گروه ترکیبات آلی هستند که سالانه به میزان حدود ۷۰۰۰۰۰ تن تولید می شوند و حدود ۵۰٪ آنها رنگ های آزو می باشند. حدود ۱۵٪ از کل تولیدات رنگزاهای در طی فرآیندهای رنگرزی وارد پساب های نساجی می شوند (۱۴-۱۶). رنگ های آزو شامل یک یا چند باند (-N=N-) می باشند که معمولاً به عنوان آلاینده های اصلی در فاضلاب نساجی محسوب می شوند (۱۷). از رنگ های سنتتیک بیشتر در صنایع غذایی، خانگی، کاغذسازی، پلاستیک، چرم و نساجی استفاده می شوند (۱۸). از جمله رنگ های آزو که

بیشترین کاربرد را دارند می توان به رنگ های اسیدیک، راکتیو، دیسپرس، وات، دایرکت و رنگ های سولفوروی اشاره کرد (۱۹). با توجه به حلالیت بالای این رنگ ها در آب (از جمله رنگ های راکتیو)، این رنگ ها به مقدار زیادی در پساب صنایع یافت می شوند. برخی رنگ های آزو سمی هستند و خاصیت موتاژنیک بر ارگانسیم زنده در محیط زیست آبی دارند که این مورد، یک مشکل بزرگ در صنایع نساجی محسوب می شود (۲۰).

متداول ترین روش های حذف ترکیبات سمی از آبها شامل: لخته سازی، جذب سطحی و تصفیه بیولوژیکی می باشد (۲۱). جذب سطحی و فرآیند انعقاد شیمیایی، دو روش متداول برای تصفیه فاضلاب می باشند؛ اگرچه این روش ها رنگ ها را از فاز مایع به فاز جامد تبدیل می کنند و این خود باعث آلودگی ثانویه می شود که نیاز به تصفیه بیشتری دارند. فرآیند اکسیداسیون پیشرفته، راه حل هایی برای تخریب رنگ ها و بسیاری از مواد آلی در فاضلاب و پساب هستند که از جمله این فرآیندها می توان به UV/O_3 و $UV/Fenton$ و UV/H_2O_2 اشاره کرد (۲۲، ۲۳) در این فرآیندها، رادیکال آزاد هیدروکسیل به وجود می آید که قدرت اکسید کنندگی قوی دارد، برای تجزیه ترکیبات آلی سمی به H_2O و CO_2 به کار می روند (جمله نامفهوم است، مجدداً بازنویسی شود) (۲۴، ۲۵).

کاربرد پرتو فرابنفش در حذف آلاینده های محیط زیست به خصوص مواد آلی به چند دهه قبل بر می گردد. امروزه فرآیند فتوکاتالیستی، از جمله فرآیندهای پاک و دوستدار محیط زیست و روش توسعه یافته ای از اکسیداسیون پیشرفته می باشد که می تواند برای حذف آلاینده های آلی به کار رود و از مواد نیمه رسانا به عنوان کاتالیست استفاده می شود. از جمله این مواد می توان به ZnO اشاره کرد که بیشتر به دلیل خصوصیاتشان، در اکسیداسیون پیشرفته کاربرد دارند (۲۶-۲۹). بنابراین تصفیه فاضلاب های رنگی، امری اجتناب ناپذیر بوده و

باید با انتخاب روش های مؤثر و نسبتاً آسان، به گونه ای تصفیه شوند که از شدت رنگ آنها کاسته شده و باعث تخریب محیط زیست نشوند. مواد رنگزا عمدتاً دارای یک یا چند حلقه بنزنی می باشند که با توجه به سمی بودن آنها، چنانچه بدون تصفیه وارد محیط شوند، می توانند صدمات جبران ناپذیری به محیط زیست وارد کنند.

زیست آزمونی، روشی است که عکس العمل های موجودات آبی برای آشکارسازی و اندازه گیری یا تأثیر مواد سمی به تنهایی یا توأم با یکدیگر را مورد بررسی قرار می دهد. در این روش از موجودات زیادی از جمله انواع ماهی، جلبک، باکتری، موجودات آب شیرین و دریا مانند دافنیا استفاده می شود. استفاده از دافنیا در مطالعات زیست آزمونی، سابقه ای طولانی دارد. شاید بتوان گفت مزایای استفاده از دافنیا جهت ارزیابی کیفیت پساب هایی که در آب های پذیرنده تخلیه می شوند، از تمام روش های زیست آزمونی بیشتر است و باعث توسعه روز افزون این روش ها در مقایسه با سایر روش های زیست آزمونی شده است (۳۰-۳۳). مگنا و پولکس، دو گونه اصلی دافنیا می باشند. دافنیا مگنا علاوه بر داشتن حساسیت بیشتر به آلاینده های محیطی، به دلیل زمان تولید مثل کوتاه، حساسیت بالا، ساده بودن آزمایش و ارزان بودن و از مهم تر به دلیل بکرزا بودن و تولید نوزادهای از یک جنس با همانندی ژنتیکی، امروزه جایگاه ویژه ای در آزمایشات زیست محیطی یافته است (۳۴-۳۶).

در مطالعه ولیگاس و همکاران در سال ۱۹۹۹، از دافنیا مگنا به عنوان شاخص سمیت و بازده تصفیه فاضلاب های صنایع نساجی استفاده شد و هدف آن، تعیین بازده حذف سمیت در تصفیه خانه نساجی بود (۳۷). در مطالعه تاتجانا در سال ۱۹۹۹، از دافنیا مگنا برای ارزیابی سمیت فاضلاب های صنعتی، دارویی استفاده شد (۳۸). در مطالعه حاضر سمیت محلول حاوی رنگزای قرمز

دافنیا مگنیا، بزرگ‌ترین دافنیا است که اندازه آن به ۵ میلی متر می‌رسد. تعداد زیادی از آن را می‌توان در یک فضای نسبتاً کوچک پرورش داد. نوزادهای دافنیا مگنیا ۰/۸-۱ میلی متر طول دارند و با چشم غیر مسلح مشاهده می‌شوند. دلیل استفاده از نوزاد دافنیا به جای دافنیای بالغ این است که در صورت استفاده از دافنیای بالغ، امکان تولید مثل و افزایش تعداد دافنیا در نمونه‌های مورد بررسی وجود داشته و این امر باعث تداخل در نتایج آزمایش‌ها و عدم قطعیت آنها می‌شود.

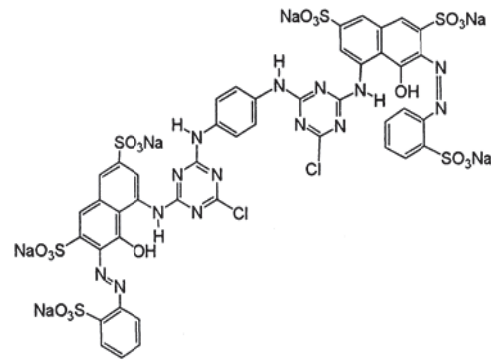
جهت انجام آزمایش سمیت، بعد از آماده کردن جاذب (۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰ میلی گرم بر لیتر) مقدار مشخصی از جاذب به محلول استوک رنگ قرمز راکتیو ۱۲۰ با غلظت اولیه ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر اضافه شده و بدین طریق محلول حاوی نانوذرات اکسید روی تماس یافته با رنگ قرمز راکتیو ۱۲۰ تهیه می‌شود. سپس محلول مورد نظر را به مدت ۲۰ دقیقه در محیط تاریک روی همزن مغناطیسی جهت اختلاط قرار داده و سپس به داخل راکتور فرابنفش انتقال داده تا تحت پرتو فرابنفش قرار گیرد. در مطالعه حاضر از لامپ Philips HPLN ۱۲۵ وات ($\lambda_{uv} \geq 254 \text{ nm}$) برای منبع نور استفاده شد. سپس این لامپ در داخل راکتور قرار گرفت و برای اجتناب از اثرات پرتو، راکتور با فویل آلومینیوم پوشانده شد. همچنین در این مطالعه آزمایشات مربوط به دافنیا مگنیا بصورت زیر انجام گردید:

در مطالعه حاضر از دافنیایی با همانندی ژنتیکی یکسان که از مطالعات قبلی در آزمایشگاه میکروبیولوژی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران موجود بود، استفاده شد. محیط کشت مورد نیاز برای کشت دافنیا بر اساس روش استاندارد، استفاده از کود گوسفندی خشک و خاک باغچه و آب زیرزمینی می‌باشد. این محلول همراه با سوسپانسیون مخمر خشک، یک روز در میان برای تغذیه دافنیا فراهم شد. در این بخش از محیط کشت، نوزادهای دافنیا جمع

راکتیو ۱۲۰ بعد از فرآیند نانوفتوکاتالیست UV/ZnO با استفاده از دافنیا مگنیا مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

رنگ قرمز راکتیو ۱۲۰، محلول در آب و فرمول شیمیایی رنگزا $C_{44}H_{24}Cl_2N_{14}Na_6O_{20}S_6$ با وزن مولکولی ۱۴۶۹/۹۸ می‌باشد. انحلال تقریبی آن در آب ۷۰ گرم بر لیتر گزارش شده و مشخصات رنگ در جدول ۱ و فرمول شیمیایی آن در شکل ۱ نشان داده شده است (۳۸-۴۰).



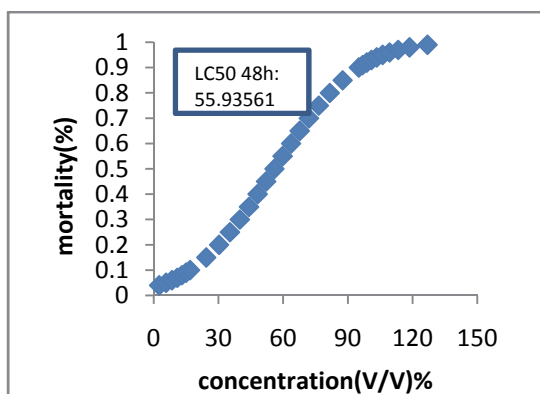
شکل ۱. ساختار و فرمول شیمیایی رنگ قرمز راکتیو ۱۲۰.
4,4'-[1,4-phenylenebis[imino(6-chloro-1,3,5-triazine-4,2-diy)]imino]] bis[5-hydroxy-6-[(2-sulphophenyl)azo]naphthalene-2,7-disulphonic acid

نانوذرات اکسید روی به رنگ سفید متمایل به زرد می‌باشد که شکل ظاهری آن توده اسفنجی سبک پودری بوده و دارای ساختار کریستالی بلوری شش وجهی، سطح ویژه ۴۰-۱۵۰ متر مربع بر گرم، چگالی توده ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب، درجه خلوص ۹۹/۸ و اندازه دانه ۱۲-۶ نانومتر می‌باشد.

جدول ۱. مشخصات رنگ مورد مطالعه

RR120	مشخصات رنگ
$C_{44}H_{24}Cl_2N_{14}Na_6O_{20}S_6$	فرمول شیمیایی
azo	کلاس
۱۴۶۹/۹۸	وزن مولکولی

نتایج حاصله و پروبیت حاصل از آزمون انجام شده برای زمان ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در نمودارهای ۱-۴ ارائه شده است.

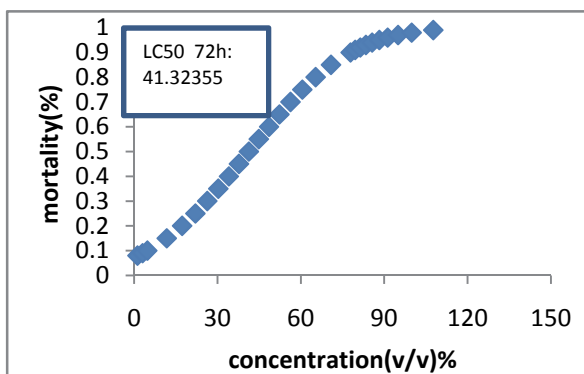


نمودار ۲. احتمال مرگ در درصدهای حجمی مختلف

نمونه های خروجی از راکتور نانوفتوکاتالیستی UV/ZnO و

تعیین $LC_{50} - 48h$

نمودار ۱ احتمال مرگ در درصدهای حجمی مختلف نمونه های خروجی از راکتور نانوفتوکاتالیستی UV/ZnO و $LC_{50} - 24h$ ، نمودار ۲ احتمال مرگ در درصدهای حجمی مختلف نمونه های خروجی از راکتور نانوفتوکاتالیستی UV/ZnO و $LC_{50} - 48h$ ، نمودار ۳ احتمال مرگ در درصدهای حجمی مختلف نمونه های خروجی از راکتور نانوفتوکاتالیستی UV/ZnO و $LC_{50} - 72h$ و بالاخره نمودار ۴ احتمال مرگ در درصدهای حجمی مختلف نمونه های خروجی از راکتور نانوفتوکاتالیستی UV/ZnO و $LC_{50} - 96h$ را نشان می دهند.



نمودار ۳. احتمال مرگ در درصدهای حجمی مختلف نمونه های

خروجی از راکتور نانوفتوکاتالیستی UV/ZnO و تعیین $LC_{50} - 72h$

LC_{50}

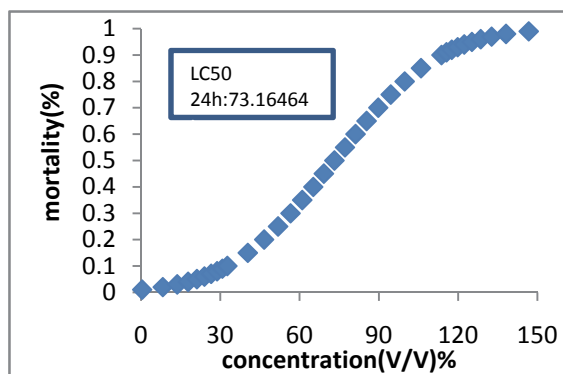
آوری و ۳ مرتبه به مدت ۵ دقیقه در آب رقیق سازی شستشو داده شدند. سپس تعدادی ظرف انتخاب گردیده که یکی از این ظروف به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در مرحله بعد به هر یک از این ظروف، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه تهیه شده اضافه و مشاهدات بعد از ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت انجام شد. جهت بررسی و تجزیه و تحلیل نتایج آزمون تعیین سمیت از روش پروبیت استفاده گردید.

جدول ۲. نتایج آزمون سمیت بر روی دافنیا مگنیا

تعداد دافنیا مگنیا های مرده در طول آزمایش (عدد در ساعت)				تعداد دافنیا مگنیا ی مورد آزمایش	غلظت محصول مورد آزمایش (ml/100ml)
۹۶	۷۲	۴۸	۲۴	۱۰	۱۰۰
۱۰	۱۰	۹	۸	۱۰	۷۵
۸	۷	۶	۴	۱۰	۵۰
۸	۷	۵	۳	۱۰	۴۰
۷	۶	۵	۳	۱۰	۳۰
۷	۵	۳	۱	۱۰	۲۰
۴	۲	۱	۰	۱۰	۱۰
۴	۲	۰	۰	۱۰	۵
۰	۰	۰	۰	۱۰	۰

یافته ها

با توجه به اینکه تعداد اولیه دافنیا مگنیا در هر ظرف نمونه ۱۰ عدد بود، تعداد دافنیای مرده پس از گذشت زمان های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت شمارش شدند. نتایج آزمون سمیت بر روی دافنیا مگنیا در جدول ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۱. احتمال مرگ در درصدهای حجمی مختلف نمونه های

خروجی از راکتور نانوفتوکاتالیستی UV/ZnO و تعیین $LC_{50} - 24h$

LC_{50}

رنگ، ترکیبات به کار رفته در آن، شرایط محیطی انجام آزمایش، سن دافنیای مورد آزمون و... باشد. (۴۳-۴۵).
مطالعه انجام شده در سال ۲۰۰۸ نشان داد که انواع ترکیبات ZnO از جمله نانوذرات اکسید روی بر روی دافنیا مگنیا دارای سمیت می باشند (۴۶). مطالعه حاضر نشان داد که سمیت در طی فرآیند نانوفتوکاتالیستی UV/ZnO افزایش می یابد که نتایج این تحقیق با نتایج بدست آمده از مطالعه دهقانی و همکاران در سال ۲۰۱۲ همخوانی دارد (۴۷).

نتیجه گیری

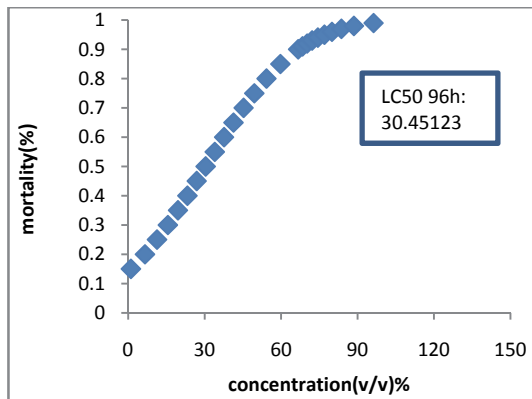
در مطالعه حاضر طی فرآیند UV/ZnO با گذشت زمان، سمیت افزایش پیدا کرده و دافنیای بیشتری از بین رفتند. به عبارت دیگر، با توجه به LC₅₀ و واحد سمیت به دست آمده می توان به این نتیجه رسید که ماده رنگزای راکتیو قرمز ۱۲۰ بعد از فرآیند UV/ZnO دارای سمیت بر روی دافنیا می باشد که علت آن ممکن است وجود پراکسید هیدروژن و تأثیر آن در مرگ دافنیا باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کارشناسان آزمایشگاه شیمی محیط گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران به جهت همکاری در انجام آزمایش ها تشکر و قدردانی می گردد.

References

- Guzmán KA1, Taylor MR, Banfield JF. Environmental risks of nanotechnology: National Nanotechnology Initiative funding, 2000-2004. Environ Sci Technol. 2006; 40(5):1401-7.
- Simeonova PP, Opopol N, Luster MI. Nanotoxicology, i-Toxicological Issues and Environmental Safety. Proceeding of the NATO Advanced Research Workshop on Nanotechnology_Toxicological Issues and



نمودار ۴. احتمال مرگ در درصدهای حجمی مختلف نمونه های خروجی از راکتور نانوفتوکاتالیستی UV/ZnO و تعیین 96h-LC₅₀

بحث

بر اساس نتایج آزمون سمیت بر روی رنگ مورد مطالعه، LC₅₀ ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعته برای این رنگ به ترتیب برابر ۷۳/۱۶، ۵۵/۹۳، ۴۱/۳۲، ۳۰/۴۵ میلی گرم در لیتر و واحد سمیت به ترتیب برابر ۱/۳۶، ۱/۷۸، ۲/۴۲ و ۳/۲۸ بود. بر این اساس، LC₅₀ ۹۶ ساعته از همه کمتر و سمیت آن از همه بیشتر بود. در مطالعه ای که در سال ۲۰۰۱ بر روی فاضلاب نساجی انجام شد میزان LC₅₀ برای ۴۸ ساعت ۱۴/۵ گرم در لیتر (۴۲) و همچنین در سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ با مطالعاتی که بر روی نمونه فاضلاب صنایع نساجی انجام گردید، میزان EC₅₀ ۴۸ ساعته بین ۱ تا ۱۸۲ گرم در لیتر بدست آمد. تفاوت در نتایج تحقیقات می تواند ناشی از عوامل مختلفی مانند نوع

- Environmental Safety. Varna, Bulgaria. 2006.
- Handy RD1, von der Kammer F, Lead JR, Hassellöv M, Owen R, Crane M. The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles. Ecotoxicology. 2008; 17(4):287-314.
- Moore MN. Do nanoparticles present ecotoxicological risks for the health of the

- aquatic environment? *Environ Int.* 2006; 32(8):967-76.
5. Nel A1, Xia T, Mädler L, Li N. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science.* 2006; 311(5761):622-7.
 6. EPA. Nanotechnology White Paper. U.S. Environmental Protection Agency Report EPA 100/B-07/001, Washington DC 20460, USA. 2007.
 7. Nowack B1, Bucheli TD. Occurrence, behavior and effects of nanoparticles in the environment. *Environ Pollut.* 2007; 150(1):5-22.
 8. Wang ZL. Zinc oxide nanostructures: growth, properties and applications. *Journal of Physics-Condensed Matter.* 2004; 16(25):829-58.
 9. Li M1, Lin D, Zhu L. Effects of water chemistry on the dissolution of ZnO nanoparticles and their toxicity to *Escherichia coli*. *Environ Pollut.* 2013; 173:97-102.
 10. Meulenkamp EA. Synthesis and growth of ZnO nanoparticles. *J Phys Chem B.* 1998; 102:5566-72.
 11. Liu K, Sakurai M, Aono M. ZnO-Based Ultraviolet Photodetectors. *Sensors (Basel).* 2010; 10(9):8604-34.
 12. Behnajady MA1, Modirshahla N, Hamzavi R. Kinetic study on photocatalytic degradation of C.I. Acid Yellow 23 by ZnO photocatalyst. *J Hazard Mater.* 2006; 133(1-3):226-32.
 13. Mortimer M1, Kasemets K, Kahru A. Toxicity of ZnO and CuO nanoparticles to ciliated protozoa *Tetrahymena thermophila*. *Toxicology.* 2010; 269(2-3):182-9.
 14. Bauer C, Jecque P, Kalt A. Photooxidation of an azo dye induced by visible light incident on the surface of TiO₂. *J Photochem Photobiol A: Chem.* 2001; 140(1): 87-92.
 15. Houas A, Lachheb H, Ksibi M, Elaloui E, Guillard C, Herrmann JM. Photocatalytic degradation pathway of methylene blue in water. *Appl Catal B: Environ.* 2001; 31:145-5
 16. Sauer T, Cesconeto Neto G, Jose HJ, Moreira RFPM. Kinetics of photocatalytic degradation of reactive dyes in a TiO₂ slurry reactor. *J Photochem Photobiol A: Chem.* 2002; 149:147-54.
 17. So CM, Cheng MY, Yu JC, Wong PK. Degradation of azo dye Procion Red MX-5B by photocatalytic oxidation. *Chemosphere.* 2002; 46:905-912.
 18. Stolz A. Basic and applied aspects in the microbial degradation of azo dyes. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2001; 56(1-2):69-80.
 19. Xu XR, Li HB, Wang WH, Gu JD. Degradation of dyes in aqueous solutions by the Fenton process. *Chemosphere.* 2004; 57(7):595-600.
 20. Pearce CI, Lloyd JR, Guthrie JT. The removal of color from textile wastewater using whole bacterial cells: A review. *Dyes Pigm.* 2003; 58:179-96.
 21. Spadaro JT, Isabelle L, Renganathan V. Hydroxyl radical mediated degradation of azo dyes- Evidence for benzene generation. *Environ Sci Technol.* 1994; 28(7):1389-93.
 22. Chakrabarti S1, Dutta BK. Photocatalytic degradation of model textile dyes in wastewater using ZnO as semiconductor catalyst. *J. Hazard. Mater.* 2004; B 112 269-278.
 23. Chakrabarti S1, Dutta BK. Photocatalytic degradation of isothiazolin-3-ons in water and emulsion paints containing nanocrystalline TiO₂ and ZnO catalysts. *J Hazard Mater.* 2004; 112(3):269-78.
 24. Herrmann JM, Guillard C, Pichat P. Heterogeneous photocatalysis: an emerging technology for water treatment. *Catalysis Today.* 1993; 17(1-2):7-20.
 25. Legrini O, Oliveros E, Braun AM. Photochemical Processes for Water Treatment. *Chem Rev.* 1993; 93:671-98.
 26. Yeber MC1, Rodríguez J, Freer J, Durán N, Mansilla HD. Photocatalytic degradation of cellulose bleaching effluent by supported TiO₂ and ZnO. *Chemosphere.* 2000; 41(8):1193-7.
 27. Lin HF, Liao SC, Hung SW. The dc thermal plasma synthesis of ZnO nanoparticles for visible-light photocatalyst. *J Photochem Photobiol A: Chem.* 2005; 174(1):82-7.
 28. Sakthivel S, Neppolian B, Shankar MV, Arabindoo B, Palanichamy M,
 29. Murugesan V. Solar photocatalytic degradation of azo dye: comparison of photocatalytic efficiency of ZnO and TiO₂. *Sol Energy Mater and Sol Cel.* 2003; 77(1):65-82.
 30. Wanga H, Xiea C, Zhanga W, Caib S, Yanga Z, Guib Y. Comparison of dye degradation efficiency using ZnO powders with various size scales. *J Hazard Mater.* 2007; 141(1):645-52.
 31. APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st Editions, Washington. 2005.
 32. Munzinger A, Monicelli F. A comparison of the sensitivity of three *Daphnia Magna* populations under chronic heavy metal stress. *Ecotoxicol Environ Saf.* 1991; 22(1):24-31.

33. Lavens P, Sorgeloos P. Manual on the protection and use of live food for acuaculture. FAO fisheries Technical Paper.1996;NO.361,FAO,Rome.
34. U.S.Environmental Protection Agency. Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to fresh water and marine organisms, Fifth Edition,EPA-821-R-02-012. 2007.
35. Fernández-Alba AR1, Hernando D, Agüera A, Cáceres J, Malato S.Toxicity assays: a way for evaluating AOPs efficiency. Water Res. 2002; 36(17):4255-62.
36. Immich AP1, Ulson de Souza AA, Ulson de Souza SM. Removal of Remazol Blue RR dye from aqueous solutions with Neem leaves and evaluation of their acute toxicity with *Daphnia magna*. J Hazard Mater. 2009; 164(2-3):1580-5.
37. Villegas-Navarro A, Gonzalez MCR, Lopez ER, Aguilar RD, Marcal WS. Evaluation of *Daphnia magna* as an indicator of toxicity and treatment efficacy of textile wastewaters. Environment International. 1999; 25(5):619-24.
38. Tatjana T, and Agora-Konan J. Toxicity evaluation of waste from the pharmaceutical industry to aquatic organisms. Wat Sci Tech. 1999; 39(10-11):71-6.
39. Kasemets K, Ivask A, Dubourguier HC, Kahru A. Toxicity of nanoparticles of ZnO, CuO and TiO₂ to yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Toxicol in Vitro. 2009; 23(6):1116-22.
40. Bystrzejewska-Piotrowska G, Golimowski J, Urban PL. Nanoparticles: their potential toxicity, waste and environmental management. Waste Manag. 2009; 29(9):2587-95.
41. Lockman PR, Oyewumi MO, Koziara JM, Roder KE, Mumper RJ, Allen DD. Brain uptake of thiamine-coated nanoparticles. J Control Release. 2003; 93(3):271-82.
42. Villegas-Navarro A1, Ramírez-M Y, Salvador-S MS, Gallardo JM. Determination of wastewater Lc50 on the different process stages of the textill industry. Ecotoxicol Environ Saf. 2001; 48(1):56-61.
43. Dave G1, Aspegren P. Comparative study of leachates from 52 textiles to *Daphnia magna*. Ecotoxicol Environ Saf. 2010; 73(7):1629-32.
44. Yan G, Chen D, Hua Z. Roles of H₂O₂ and OH radical in bactericidal, action of immobilized TiO₂ thin_film reactor: An ESR study. J Photochem Photobiol A: Chem. 2009; 207(2-3):153-9.
45. Baveye P, Laba M. Aggregation and Toxicology of Titanium Dioxide Nanoparticles. Environ Health Perspect. 2008; 116(4): A152.
46. Heinlaan M, Ivask A, Blinova I, Dubourguier HC, Kahru A. Toxicity of nanosized and bulk ZnO, CuO and TiO₂ to bacteria *Vibrio fischeri* and crustaceans *Daphnia magna* and *Thamnocephalus platyurus*. Chemosphere. 2008; 71(7): 1308-16.
47. Dehghani MH, Nasserri S, Mahdavi P, Mahvi AH, Naddafi K, Jahed GR. Evaluation of Acid 4092 Dye Solution Toxicity After UV/ZnO Mediated Nanophotocatalysis Process Using *Daphnia Magna* Bioassay (Persian). J Color Sci Tech. 2012; 5(4):285-92.