



سورفکتانت ها در شوینده ها و محیط زیست

سارا مقیمی^۱، زینب علی نژاد^{۲*}

S.moghimimi@paxanco.com

^۱شرکت پاکسان - تهران- ایران

Z.alinezhad@paxanco.com

^۲شرکت پاکسان - تهران- ایران

چکیده

سورفکتانت ها گروه متنوعی از مواد شیمیایی هستند که بیشتر به دلیل استفاده گسترده در مواد شوینده بعنوان محصولات تمیز کننده شناخته می شوند. آنها پس از استفاده از طریق فاضلاب های صنعتی یا خانگی وارد سیستم های آبی می شوند و در نهایت آلودگی و سمیت برای گیاهان، خاک و یا موجودات آبی را در پی خواهند داشت، که این آلودگی ها می تواند اثرات جدی بر اکوسیستم داشته باشد. سمیت سورفکتانت ها برای موجودات از پستانداران تا باکتری ها کاملاً شناخته شده است اگرچه برخی از سورفکتانت ها ممکن است بطور مستقیم سمی نباشند، اما وقتی غلظت آنها در خاک زیاد باشد، عامل انتشار آلاینده های سمی در محیط زیست هستند. هدف از این مقاله جمع آوری اطلاعات درمورد ویژگی ها و طبقه بندی سورفکتانت ها (آنیونی، کاتیونی، غیر یونی)، مخاطرات زیست محیطی، سمیت و رفتار و سرنوشت محیطی آنها خواهد بود.

کلمات کلیدی: مواد شوینده، سورفکتانت ها، طبقه بندی، محیط زیست، سمیت.

The 12th National Conference
20/05/2021-(Mazandaran)
Kome elmavaran danesh
R.S. Institute
Article Code: CSE -70010

(Indexing of Accepted Articles in *Civilica*)



۱-مقدمه:

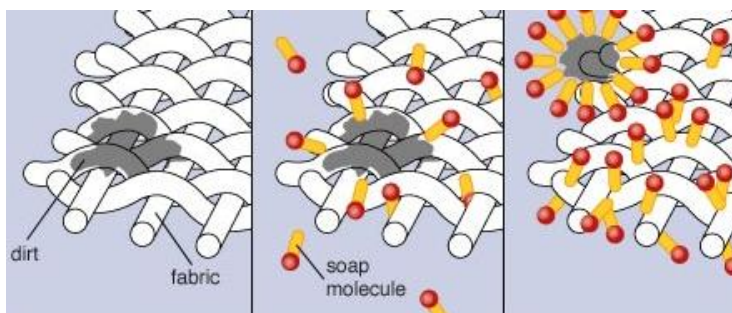
این مقاله به مخاطرات زیست محیطی موجود در شوینده های خانگی و محصولات آرایشی می پردازد. در دهه ی گذشته بطور خاص مصرف این محصولات مورد توجه قرار گرفته است و تعدادی از اجزا در حال جایگزینی با موادی با خاصیت دوستدار محیط زیستی هستند. تاکید اصلی این مقاله روی ۴ گروه سورفکتانت خواهد بود که عبارتند از سورفکتانت های آنیونی، کاتیونی، آمفوتریک و غیر یونی. این مقاله گزارشی در زمینه تخریب زیست محیطی و سلامتی انسان ارائه می دهد. اصطلاح سمی در این مقاله برای توصیف مسمومیت با محیط زیست یا اثرات بالقوه آن بر سلامت انسان استفاده شده است [1]. برای بیش از یک ربع قرن آگاهی در مورد اثرات شوینده در صنعت و محیط زیست دایما وجود داشته است و همچنین استفاده از این محصولات اثرات زیست محیطی بسیار زیادی را به دنبال داشته است. همزمان با رشد سریع در صنعت و افزایش مصرف محصولات، نیاز به مدیریت دقیق تر در این زمینه وجود دارد [2]. مقادیر زیادی سورفکتانت در شوینده های خانگی و صنایع هر روز مورد استفاده قرار می گیرد و بیشتر آنها در بخشهای مختلف محیطی (خاک، آب و رسوبات) پراکنده می شوند. پس از استفاده از شوینده ها، سورفکتانت های باقیمانده در سیستم های فاضلاب یا مستقیماً در آبهای سطحی تخلیه می شوند. آنها همچنین به مقدار زیادی در فاضلاب تجمع می یابند. غلظت سورفکتانت در آبهای سطحی و رسوبات و خاک ها متفاوت است. برای مثال متداول ترین سورفکتانت ها، اسید آلکیل بنزن سولفونیک (LAS) میباشد که در فاضلاب حدود ۱/۱ میلی گرم در لیتر و در آبهای سطحی حدود ۰/۴ میلی گرم اندازه گیری شد. سطح بالای سورفکتانت ها در محیط میتواند تا حد زیادی بر اکوسیستم تاثیر بگذارد. سمیت آنها برای موجودات از پستانداران تا باکتری ها کاملاً شناخته شده است و هدف از این بررسی جمع آوری اطلاعات در مورد انواع سورفکتانت ها، سمیت و رفتار و سرنوشت محیطی آنها خواهد بود [3]. سورفکتانت ها معمولاً بزرگترین ترکیبات آلی کربن دار در اکوسیستم آبی هستند. مواد شوینده در مقیاس وسیعی در کارهای روزانه مورد استفاده قرار می گیرند و تصفیه ضعیف آنها در سیستم آب و فاضلاب، مسئول اثرات سمی آن بر روی جانداران آبی مانند: ماهی ها و میکروارگانیسم هایی نظیر مخمر ها و باکتری ها است. گیاهان آبی مانند جلبک ها از مواد مغذی موجود مانند: فسفر، نیتروژن و کربن موجود در مواد شوینده استفاده می کنند و به سرعت باعث تکثیر جلبک می شوند. این امر به نوبه خود منجر به کاهش غلظت اکسیژن محلول در آب شده و در نتیجه باعث تولید بوی ناخوشایند آب و مرگ ماهی ها و گیاهان آبی می شود.

قرن بیستم را می توان به درستی عصر شیمی آلی نامید. در این میان شوینده ها احتمالاً بزرگترین طبقه محصولات مورد استفاده خانگی هستند. علم شوینده از آغاز تاکنون در دهه ی ۱۹۳۰ دستخوش تغییرات انقلابی بسیار زیادی شده است. افزایش چشم گیر تولید و تنوع شوینده، محیط زیست را دستخوش تغییرات شگرفی کرده است که بسته به نوع ترکیبات مولکولهای شوینده، این اتفاق بصورت عمدی و یا نا خواسته رخ داده است. در طول دو دهه ی گذشته، بیشتر مقالات منتشر شده در مورد تجزیه و تحلیل مواد شوینده و سورفکتانت ها و متابولیسم آنها در محیط زیست متمرکز شده است.

تا قرون وسطی، از مواد تمیز کننده طبیعی مانند خاکستر چوب و برخی از ریشه های گیاهان مانند چوبک یا چوبه استفاده می شد. در آن زمان هیچ مشکل زیست محیطی در مورد سمیت یا تجزیه بیولوژیکی وجود نداشته است. با گذشت زمان، آماده سازی صابون برای پاسخگویی به خواسته های بهداشت و پاکیزگی توسعه یافت. در همین دوران روش های شست و شو و



بهداشت نیز ایجاد شد و پارچه ها و مواد اولیه جدیدی کشف شد. در ابتدا مشکلات زیست محیطی شوینده ها نادیده گرفته شد. از آنجایی که غلظت آلاینده ها در رودخانه ها و دریاچه ها بطور قابل توجهی پایین بود، صابون های باقیمانده در پساب یا بصورت نمک های کلسیم و منیزیم در آب رسوب می کردند یا صابون بطور مستقیم توسط میکروارگانیسم ها تجزیه می شد.



شکل ۱: چگونگی حذف چرک از لباس [4]

با شروع تکنولوژی پیشرفته و دوران صنعتی و تراکم جمعیت، آلودگی آب و رسوبات به مرور افزایش یافت. که مشکلات مدیریت و بهداشت آب را به همراه داشت. توسعه سورفکتانت ها تقریباً در نیمه اول قرن بیستم همزمان با مشاهده پدیده انحلال روغن های گیاهی در آب در اثر مجاورت با اسید سولفوریک شروع شد به ویژه فرمول شیمیایی مواد شوینده شامل ترکیبات زیادی است که عموماً "به سه دسته ی کلی طبقه بندی می شود که شامل: سورفکتانت ها، سازنده ها و مواد افزودنی می باشد [5]. بنابراین مقاله حاضر بطور عمده به بررسی ترکیبات شیمیایی مواد شوینده و تکنیک های تحلیلی برای سورفکتانت ها اختصاص یافته است که تمرکز آن تأثیرات در محیط زیست است.

۲- سورفکتانت ها:

سورفکتانت ها در واقع ترکیبات فعال سطحی هستند که در پدیده های زیر مشارکت دارند:

۱- قرار گرفتن روی سطح و لایه های بین مرزی دو فاز ناهمگون.

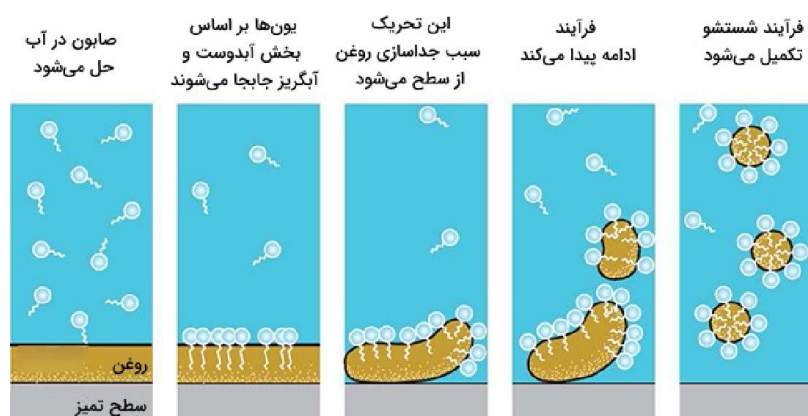
۲- تأثیر بر روند انتقال جرم و انرژی.

این ترکیبات حالت فیزیکی و فیزیکی شیمیایی مواد شیمیایی را تغییر می دهند و بر تجمع و گسترش آنها در مرز های فازی تأثیر می گذارند. آنها این کار را از طریق تمرکز در سطوح و کاهش کشش سطحی انجام می دهند. پیش نیاز این فعالیت سطحی، ساختار نامتقارن مولکول سورفکتانت است که از یک بخش دافع آب یا آبگریز و یک بخش آبدوست تشکیل شده است. گروه آبگریز یک زنجیره هیدروکربن آلیفاتیک نسبتاً طولانی است (۱۰ تا ۲۰ اتم کربن)، که ممکن است زنجیره آلکیل، اسیدهای چرب، آلکیل بنزن ها، الکل ها، آلکیل فنل ها، پلی اکسید پروپیلن باشد. گروه های آبدوست می توانند سولفونات ها، سولفات،

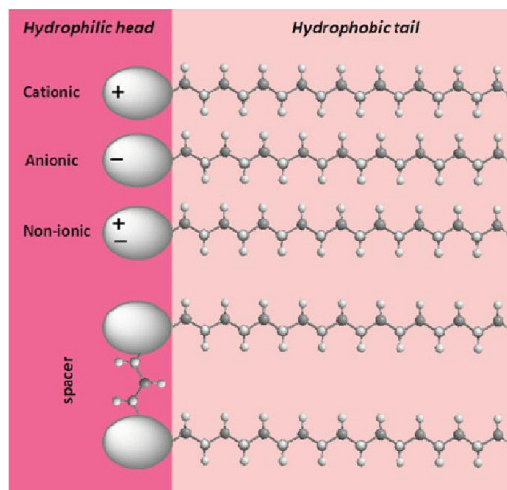


کربوکسیلات، ساکاروز، پلی پپتید یا پلی اکسید اتیلن باشند. علی رقم اینکه در فرمولاسیون اغلب شوینده ها مواد فعال سطح وجود دارد که آلودگی ها و لکه ها را از سطوح پاک میکند، لزوماً مواد فعال سطحی شوینده نیستند [6]. یک اثر بسیار مهم سورفکتانت ها در تمیز کردن اثر تر شوندگی است. به دلیل کاهش کشش سطحی، توزیع آب روی سطح تسهیل شده و در نتیجه روند تمیز کردن تسریع میشود (شکل ۱). باتوجه به دو بخش آبگریز و آبدوست، سورفکتانت ها می توانند همزمان به مواد غیر قطبی و قطبی جذب شوند. در واقع مواد غیرقطبی با مواد غیرقطبی و مواد قطبی با مواد قطبی برهم کنش دارند. به طور کلی با اثر تر شوندگی، اثر امولسیون، اثر پراکندگی توانایی کف و کنترل کف سورفکتانت ها به چهار گروه زیر دسته بندی می شوند (شکل ۲):

۱. سورفکتانت های آنیونی که بار منفی دارند.
۲. سورفکتانت های کاتیونی که دارای بار مثبت هستند.
۳. سورفکتانت های غیر یونی که هیچ یونی ندارند.
۴. سورفکتانت های آمفوتریک دارای بار مثبت و منفی وابسته به PH هستند.



شکل ۱: فرآیند شستشو [7]



شکل ۲: ساختار انواع سورفکتانت ها [8]

مفاهیم اثرهای مرتبط با سورفکتانت ها به شرح زیر است:

اثر تر شوندگی (نفوذ در پارچه): آب دارای کشش سطحی است و هنگامیکه سورفکتانت پیوند بین مولکولی آب را می شکند، کشش سطحی کاهش می یابد. با این حال آب می تواند در سطوحی که نتوانسته نفوذ کند به راحتی وارد شود و سبب خیس شدگی و نفوذ به پارچه شود.

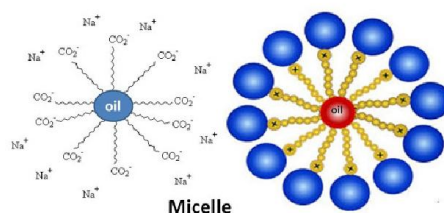
اثر امولسیون: سورفکتانت ها هنگامیکه در غلظت کم و در آب حل میشوند، مولکولهای آن بصورت مونومر وجود دارند [9]. در غلظت های بالاتر، مولکولهای سورفکتانت در مایسل تجمع یافته و انرژی آزاد سیستم را کاهش می دهند (شکل ۳). غلظت آستانه ای که در آن رخ می دهد بعنوان غلظت بحرانی مایسل (CMC) شناخته می شود [10]. سطح سورفکتانت های غیریونی نسبت به سورفکتانت های آنیونی و کاتیونی دارای سطح (CMC) کمتری هستند. سورفکتانت ها، ترکیبات آلی آبگریز بیشتری در خود حل می کنند تا اینکه فقط در آب حل شوند. مولکولهای سورفکتانت با تجمع در اطراف چربی تشکیل مایسل می دهند و چون غیرقطبی هستند در آب معلق می مانند در نتیجه باعث امولسیون کردن ذرات چرک و آلوده و معلق ماندن آنها در محیط شست و شو می شوند.

کنترل کف: تنظیم کننده های کف با وجود سورفکتانت ها کنترل میزان حباب دارند که این امر در بهبود شست و شو مؤثر خواهد بود. به عبارت دیگر وظیفه مهم تنظیم کننده کف این است که از ایجاد بیش از حد کف در طی شست و شو جلوگیری کند مخصوصاً در ماشین های لباسشویی که انرژی مکانیکی از برخورد با دیواره ها ایجاد می شود سبب می شود مقادیر زیادی کف در اثر به هم خوردن از بین برود و شست و شو با کیفیت انجام نگیرد. این کنترل کننده های کف مولکول های بلند زنجیر آبگریز هستند. تنوع محصولات برای انواع نظافت در حال افزایش است و تولیدکنندگان صابون و مواد شوینده با



معرفی مواد افزودنی جدید، سورفکتانت‌ها با فرمولاسیون‌های ارتقا یافته برای افزایش عملکرد، محصولات خود را تجدید می‌کنند.

Hydrophilic and hydrophobic groups



شکل ۴: گروه‌های ابدوست و آبگریز مایسل [11].

جدول ۱ نام برخی از رایج‌ترین طبقات سورفکتانت‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱: نام و اختصارات رایج‌ترین طبقات سورفکتانت‌ها [12].

ردیف	نام رایج	نام اختصاری	طبقه سورفکتانت
۱	آلکیل بنزن سولفونیک اسید سدیم دو دسیل سولفات سولفات آلکیل سدیم لوریل سولفات آلکیل اتوکسی سولفات	LAS SDS AS SLS AES	آنیونی
۲	ترکیبات آمونیوم کواترنر بنزو آلکونیوم کلراید ستیل پیریدینیوم برومید ستیل پیریدینیوم کلرید هگزا دسیل تری متیل آمونیوم برومید	QAC BAC CPB CPC HDTMA	کاتیونی
۳	اکسید آمین	AO	آمفوتریک
۴	آلکیل فنل اتوکسیلات الکل اتوکسیلات اسید چرب اتوکسیلات	APE AE FAE	غیر یونی

۱-۲- سورفکتانت‌های آنیونی :



سورفکتانت های آنیونی از لحاظ تاریخی قدیمی ترین و متداول ترین نوع سورفکتانت ها هستند وقتی به مواد شوینده یا صابون معمولی فکر می کنیم، این سورفکتانت های آنیونی هستند که شستشو را انجام می دهند. بخش آگریز معمولاً یک زنجیر آلکیل با طول های مختلف، آلکیل فنیل اتر یا آلکیل بنزن است و قسمت آبدوست، کربوکسیل، سولفات، سولفونات یا فسفات است. آنها با موفقیت در بیوتکنولوژی و سایر فرآیندهای صنعتی، از جمله صنایع آرایشی و بهداشتی حضور داشته اند [13]. سورفکتانت های آنیونی همچنین در فرمولاسیون های دارویی برای افزایش کارایی مواد فعال از طریق اتصال مستقیم به دارو [14] یا افزایش جذب یا توزیع داروها بین قسمتهای آگریز و آبدوست در اندامها و ارگانیزم ها مورد استفاده قرار می گیرد [15]. همچنین میتوان از آنها برای حذف محصولات پتروشیمی از خاک آلوده استفاده کرد. در یک مطالعه سورفکتانت های آنیونی در حذف روغن دیزل جذب شده روی خاکهای مختلف بسیار عالی عمل می کنند [16]. سورفکتانت های آنیونی می توانند به ماکرومولکول های فعال مانند پپتیدها، آنزیم ها و DNA متصل شوند. اتصال به پروتئین ها و پپتیدها ممکن است چین خوردگی زنجیره ی پلی پپتیدی و بار سطحی یک مولکول را تغییر دهد. این ممکن است عملکرد بیولوژیکی را اصلاح کند [13]. محل اصلی هدف سورفکتانت های کاتیونی غشای سیتوپلاسمی (داخلی) باکتری ها می باشد. اثرات زیست محیطی تعدادی از مهمترین های این گروه در ذیل توضیح داده می شود.

۱-۲-۱- آلکیل سولفات AS

AS در شوینده های لباس و محصولات خاص، از جمله شستن پشم استفاده می شود. محصولات مصرفی AS شامل صابون و خمیر دندان هم می شود. زنجیره آلکیل در بخش آگریز معمولاً حاوی ۱۲-۱۸ اتم کربن است. به نظر می رسد با افزایش طول زنجیره آلکیل سمیت آب با وجود AS افزایش می یابد با استفاده از داده های موجود در توصیف سمیت AS نشان می دهد که کمترین مقادیر برای AS با تعداد کربن بین ۱ تا ۱۰ میلی گرم بر لیتر است.

AS پس از تجویز خوراکی به راحتی از دستگاه گوارش جذب می شود. نفوذ AS از طریق پوست سالم حداقل می باشد. AS و متابولیسم مربوط به آن از ادرار از بین می رود و فقط مقادیر جزئی از آن از طریق مدفوع از بین میرود. در موش های صحرایی ۷۰-۹۰ درصد از دوز تجویز شده بصورت خوراکی و داخل وریدی در مدت ۴۸ ساعت از طریق ادرار دفع شد. سمیت حاد AS در حیوانات پس از تماس با پوست یا مصرف خوراکی بسیار کم در نظر گرفته می شود. [12]

۲-۱-۲- سولفاتهای آلکیل اتر AES

سولفاتهای آلکیل اتر یا سولفات های آلکیل اتوکسی، آنها AES استرهای سولفات اولیه هستند که از اتوکسیلات های آلکیل مربوطه تولید می شوند. بطور فزاینده ای در ترکیب با سایر سورفکتانت های آنیونی و غیر یونی در صابونهای حمام مایع، شامپو و مواد شست و شوی مکانیکی استفاده می شوند. AES به عنوان مواد تشکیل دهنده شست و شوی صنعتی و همچنین به عنوان کمکی در برخی از مراحل تولید صنعتی، مهم هستند [17]. AES پس از تجویز خوراکی به راحتی در روده موش و انسان جذب می شود. مقدار بسیار اندکی از AES نامشخص از طریق پوست جذب می شود. AES نسبت به سولفات آلکیل بر روی پوست بهتر تحمل می شود و بطور کل تحریک AES نسبت به سایر سورفکتانت های آنیونی کمتر است. AES رقیق نشده



به شدت تحریک کننده تلقی می شود حتی در غلظت ۱۰ درصد هم نیز می تواند تأثیرات قوی تا متوسط را انتظار داشته باشیم [18]. غلظت ۰.۵٪ از AES در غذا یا آب آشامیدنی در موش های صحرایی منجر به افزایش وزن کلیه یا کبد می شود ولی هیچ نشانه ای از افزایش خطر سرطان پس از مصرف خوراکی AES وجود ندارد.

۳-۱-۲- آلکیل بنزن سولفونیک های خطی LAS

از نظر حجم، آلکیل بنزن سولفونیک های خطی (LAS) مهمترین گروه سورفکتانت های آنیونی هستند. عمدتاً در مواد شوینده و شوینده های لباسشویی استفاده میشود. LAS نمک سدیم می تواند به تنهایی یا در ترکیب با دیگر سورفکتانت های آنیونی، کاتیونی و آمفوتری استفاده شود. این ماده از یک زنجیره آلکیل متصل به یک حلقه بنزن در موقعیت پارا به گروه سولفونات تشکیل شده است. [5-6]

آلکیل بنزن سولفونیک های خطی LAS در شوینده های خانگی و رودخانه هایی که پساب های شهری دریافت می کنند و هم در منابع آب آشامیدنی یافت شده است. در تصفیه فاضلاب بیش از ۹۹٪ از LAS حذف می شود در حالیکه LAS باقیمانده در آب های سطحی آزاد می شود. همچنین موجوداتی که در مجاورت فاضلاب زندگی می کنند باعث تجمع بیولوژیکی LAS می شوند و همچنین این مقدار از LAS می تواند بر فعالیت میکروبی خاک هم مؤثر باشد [19]. لجن فاضلاب LAS که موجب آلوده شدن زمین های کشاورزی می شود در غلظت های بالاتر از ۴۰-۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم اثرات سمی بر تولید مثل در رشد بی مهرگان خاک به همراه داشته است [20]. در مورد LAS نتیجه گیری شد که مکانیسم های حذف آن به احتمال زیاد به دلیل تجزیه ی بیولوژیکی و جذب است.

مطالعه تأثیر Ca^{2+} به سمیت LAS جلبک ها نشان داد که سمیت ناشی از LAS با طول زنجیره آلکیل و افزایش سختی آب افزایش می یابد غلظت LAS از ۳۳-۳۳۵ میلی گرم بر لیتر و سختی آب از ۲۰۰-۲۰۰۰ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده و در نتیجه آب باعث افزایش سمیت LAS می شود [21].

۲-۲- سورفکتانت های کاتیونی :

متداول ترین نوع سورفکتانت های کاتیونی، ترکیبات آمونیم کواترنر (QAC) هستند. این مولکول ها حاوی حداقل یک زنجیره هیدروکربنی آبگریز هستند که به یک بار مثبت متصل شده انداز آنها در شوینده ها، نرم کننده های پارچه و نرم کننده های مو استفاده می شود. همچنین از (QAC) های با زنجیره ی بلند استفاده میشود. به عنوان ضد عفونی کننده به دلیل فعالیت ضد باکتریایی آنها در برابر باکتریهای گرم مثبت و گرم منفی، همچنین در برابر برخی از گونه های بیماری های قارچی استفاده می شود [22]. بطور کلی (QAC) های برای پستانداران سمی است و برای استفاده سیستماتیک توصیه نمی شود [23]. اما برای استفاده موضعی (محصولات دهانشویه، ضد عفونی کننده های خوراکی) قابل قبول است. گزارش هایی از اثرات مخرب سورفکتانت های کاتیونی بر روی لنفوسیت های انسانی وجود دارد [24]. در یک مطالعه سمیت سدیم دو دسیل سولفات، تربتون 100 (TX) و هگزا دسیل تری متیل آمونیوم برومید HDTMA در جلبک های دریایی را مورد استفاده قرار



دادند و دریافتند که همه آنها باعث کاهش کارایی تبدیل انرژی فتوشیمیایی می شوند. (SDS) در مقایسه با TX و HDTMA اثرات مخرب کمتری داشته است [25].

در یک مطالعه دیگر سمیت حاد سورفکتانت های آنیونی، کاتیونی و غیر یونی را در جنین ماهی و ماهی بالغ آزمایش کردند. مطالعه آنها نشان داد که جنین ها به اندازه ماهیان بالغ به سورفکتانت های کاتیونی و غیر یونی حساس هستند اما نسبت به سورفکتانت های آنیونی حساسیت کمتری دارند [26].

۳-۲- سورفکتانت های آمفوتریک :

رفتار سورفکتانت های آمفوتریک به PH بستگی دارد. مولکولهای آنها قادرند بار از کاتیونی به آنیونی از پایین به بالا تغییر دهند. [27] این سورفکتانت های آمفوتریک به عنوان جدیدترین سورفکتانت ها در استفاده های صنعتی، زیاد مورد مطالعه قرار نگرفتند. بهترین سورفکتانت های آمفوتریک شناخته شده و مورد مطالعه اکسیدهای آمین (AO) هستند که محصولات مرتبه دوم آمین های سوم و هیدروژن پراکسید هستند. (AO) یک محصول اولیه از آلکیل دی متیل C12-C18 میباشد [27]. و طبیعت آمین سوم ممکن است آلیفاتیک، آروماتیک و هتروسیکل باشد. AO ها در واقع به عنوان جایگزین آلکانول آمیدهای چرب به عنوان تقویت کننده کف استفاده شدند. AO همچنین در صنایع نساجی به عنوان عوامل ضد استاتیک، در صنایع لاستیک به عنوان تثبیت کننده کف استفاده میشوند. آنها با پوست سازگار هستند و معمولاً با سورفکتانت های دیگری استفاده میشوند. به دلیل ماهیت ذاتی، آنها با سورفکتانت های آنیونی سازگار هستند و در واقع میتوانند در چنین فرمولاسیون ها اثر هم افزایی ایجاد کنند [27]. AO ها سمیت کم تا متوسط را نشان میدهند. آنها غیر فرارند و با تصفیه فاضلاب معمولی به راحتی از بین میروند. و دارای پتانسیل کمی برای تجمع زیست محیطی در بافتهای موجودات هستند [27].

۴-۲- سورفکتانت های نانیونیک :

فعالیت سطحی سورفکتانت های غیر یونی از تعادل بین ساختارهای آبگریز و آبدوست موجود در مولکولهای سورفکتانت ناشی می شود. آنها در محلول آب یونیزه نمی شوند، بنابراین حلالیت این مواد از طریق برهمکنش دوقطبی-دوقطبی تامین می شود.

قسمت آبگریز سورفکتانت های غیر یونی به طور کلی یک مشتق فنل آلکیل، اسید چرب یا الکل خطی با زنجیره بلند است. قسمت آبدوست بطور کلی یک زنجیره اکسید اتیلن با طول های مختلف است. سورفکتانت های غیر یونی با کمبود بار، با هردو سورفکتانت های آنیونی و کاتیونی سازگار است. سورفکتانت های غیر یونی بطور گسترده ای به عنوان امولسیون کننده ها، عوامل تر کننده و عوامل تثبیت کننده کف استفاده می شوند. آنها با موفقیت در فرآیندهای مختلف بیوتکنولوژی بکار رفته و حل شدن و ثبات حامل دارو را افزایش می دهند [28].



سورفکتانت های غیریونی بخش بیشتر فرمولاسیون های آفت کش ها را تشکیل می دهند [29]. آنها عملکرد دفع سموم آفت ها را افزایش می دهند. هنگامیکه سورفکتانت ها از طریق آفت کش ها با گونه های گیاهی در تماس قرار می گیرند، سمیت آنها در توتون و تنباکو، چغندر قند مشاهده شده است [30].

سورفکتانت های غیر یونی با اتصال به پروتئین های مختلف و غشاهای فسفولیپید، فعالیت ضد میکروبی را انجام می دهند. چنین پیوندی نفوذپذیری غشاها و وزیکول را افزایش می دهد. و باعث نشت ترکیبات مولکولی می شود و این میتواند منجر به مرگ یا آسیب سلول از طریق از دست دادن یون ها یا اسیدهای آمینه شود [31]. اثرات زیست محیطی تعدادی از مهمترین های این گروه در ذیل توضیح داده می شود.

۱-۴-۲- اتوکسیلات آلکیل فنل APEO

نونیل فنل ها خانواده ای از ترکیبات آلی هستند از آنها در ساخت آنتی اکسیدان ها و مواد شوینده ظرفشویی و لباسشویی استفاده می شود. این ترکیبات به راحتی در حلال های عالی حل می شوند. APEO از نوع سورفکتانت های غیر یونی هستند.

APEO ها شامل اتوکسیلات های نونیل فنل با طول زنجیره اتوکسیلات متفاوت هستند ورود به محیط زیست نتیجه فعالیت انسانی است و بطور طبیعی این ترکیبات تولید نمی شوند. اکثر APEO ها از طریق پساب های تصفیه خانه های فاضلاب به دو شکل مایع و لجن و همچنین در کاربرد های سموم آفات وارد محیط زیست می شوند [32].

APEO برای محیط زیست بسیار نگران کننده هستند زیرا تجزیه بیولوژیکی آنها منجر به ترکیبات سمی و ماندگار می شود. ۲۵-۲۸ و موجب مسمومیت ماهی ها و حیات وحش می شوند. ویژگی های سم شناسی تحت تأثیر تعداد زنجیره ی اتوکسیلات EO است. APEO ها با زنجیره EO کوتاه (کمتر از ۴ واحد) چربی دوست هستند و ممکن است منجر به تجمع زیستی یا غلظت زیستی شوند و آنهایی که زنجیره بلند (بیش از ۱۰ واحد) دارند، آبدوست هستند بطور کلی، با کاهش تعداد واحدهای EO، سمیت APEO ها افزایش می یابد. [33]



جدول ۲: سطح انواع سورفکتانت در محیط

ردیف	سورفکتانت	محل	سطح	رفرنس
۱	LAS	پساب فاضلاب لجن تصفیه شده آبهای سطحی رسوب	۱۰۹۰ mg/L ۳۰۲۰۰ mg/Kg ۰.۴۱۶ mg/L ۰/۰۱ - ۲۰ mg/Kg	[34] [35] [36] [37]
۲	AES	فاضلاب تصفیه خانه فاضلاب	(۲/۸۵ - ۰/۲۴) mg/L (۰/۰۱۲ - ۰/۰۰۳) mg/L	[38] [38]
۳	QAC	پساب فاضلاب لجن تصفیه شده رسوب	۰/۰۶۲ mg/L ۵۸۷۰ mg/Kg (۰/۰۲۲ - ۰/۲۰۶) mg/L	[39] [40] [41]
۴	BAC	پساب بیمارستان	۶ mg/L	[42]
۵	APE	پساب فاضلاب لجن تصفیه شده	۰/۳۳۲ mg/L ۸۱ mg/Kg	[43] [43]
۶	AE	تصفیه خانه فاضلاب	(۰/۰۰۲ - ۰/۰۱۷) mg/L (۰/۰۰۱ - ۰/۰۲۳) mg/L (۰/۰۰۱ - ۰/۰۱۶) mg/L (۰/۰۰۴ - ۰/۰۰۷) mg/L	[44] [45] [45] [45]

جدول ۳: حداکثر غلظت مجاز (MAC) سورفکتانت ها در پساب فاضلاب [۱۲]

ردیف	طبقه بندی سورفکتانت ها	آبهای سطحی (mg/L)	سیستم فاضلاب شهری (mg/L)
۱	سورفکتانت های آنیونی	۱	۱۰
۲	سورفکتانت ها غیر یونی	۱	۱۰
۳	سورفکتانت ها کاتیونی	۰/۲	۲
۴	BOD	۳۰	۳۰
۵	COD	۶۰	۶۰



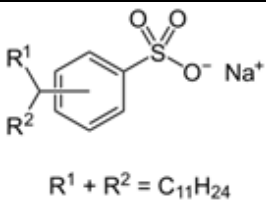
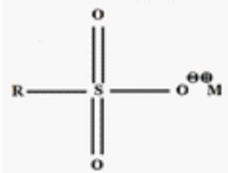
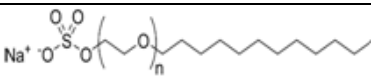
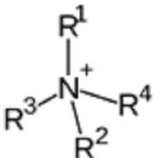
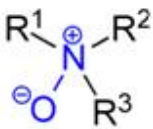
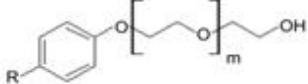
۳- تجزیه و تحلیل سایر موارد زیست محیطی سورفکتانت ها :

نگرانی در مورد سمیت محیطی سورفکتانت از بهره برداری عظیم آنها در زندگی روزمره ناشی میشود. بخش عمده ای از سورفکتانت ها در تصفیه خانه های فاضلاب تخریب می شوند، اما مقداری از آنها به آبهای سطحی خاک یا رسوبات ختم می شوند. همچنین نگرانی در مورد تجمع سورفکتانت ها در تصفیه لجن فاضلاب وجود دارد. [46] غلظت زیاد سورفکتانت های جمع شده می تواند میکرو ارگانیسم های لجن فاضلاب را مهار سازد و روشی را که یک تصفیه خانه فاضلاب باعث حذف آلاینده ها و تجزیه فاضلاب می شود، به خطر بیندازد. انواع مختلف سورفکتانت ها در سطوح مختلف فاضلاب، پساب، آبهای سطحی لجن خشک، خاک ها و رسوبات شناسایی شده است. استفاده بیش از حد از هر نوع سورفکتانت و دفع آنها در محیط، بویژه در آبریان میتواند بطور جدی بر اکوسیستم تاثیر بگذارد. به همین دلیل، مقدار سورفکتانت های آنیونی، غیریونی و کاتیونی آزاد شده در فاضلاب باید کنترل و تنظیم شود [47]. بطور کلی رقت در آبهای سطحی باید اثرات سمی بر موجودات آبرزی را به حداقل برساند. سورفکتانت های کاتیونی به عنوان بزرگترین خطر شناخته می شوند. مقدار سورفکتانت های مجاز برای رهاسازی در سیستم فاضلاب بیشتر از آبریان است زیرا فاضلاب بوسیله گیاهان تصفیه می شود و غلظت سورفکتانت ها کاهش می یابد. بیش از ۹۰ درصد LAS، سولفات آلکیل و الکل اتوکسیلات (AE) و اتوکسی سولفات الکلی (AES) با تصفیه اولیه حذف می شود. [48] با این حال تصفیه اولیه تقریباً به همان اندازه مؤثر نیست و این سورفکتانت ها به عنوان سم در پساب اولیه شناخته می شوند [49]. سمیت سورفکتانت برای موجودات مختلف کاملاً وجود دارد. بیشتر ارگانیسم های مورد آزمایش برای سمیت سورفکتانت های موجود در آبریان شامل جلبک ها ماهی ها یا باکتریها به میزان کمتر هستند.

درجه حساسیت سورفکتانت به گیاهان آبرزی به غلظت آنها مربوط می شود. هنگامیکه محتوای سورفکتانت ها در آب افزایش یابد، بر رشد جلبک ها و سایر میکروارگانیسم ها در آب تأثیر می گذارد. در نتیجه باعث کاهش بهره وری اولیه آب خواهد بود و در نهایت زنجیره ی غذایی موجودات آبرزی تضعیف خواهد شد. هنگامیکه ماهی ها در معرض سورفکتانت ها قرار می گیرند، اثرات سویی در بدن آنها ایجاد می کنند و ماهی آلوده از طریق غذا می تواند وارد بدن انسان شود و بنابراین ایمنی بدن را کاهش می دهد. مقادیر قابل توجهی از سورفکتانت ها می تواند از طریق لجن فاضلاب که بطور فزاینده ای به عنوان کود استفاده می شود، وارد خاک شوند. سورفکتانت ها نیز در محصولات شیمیایی وجود دارند، ماندگاری مواد شیمیایی را تثبیت میکنند. یک مطالعه در مورد اثرات سورفکتانت های غیریونی بر رشد و تخلخل ریشه جو [50] نشان داد که جذب سورفکتانت ها توسط خاک باعث کاهش آن برای ریشه می شود. علاوه براین، در یک خاک دفع کننده آب رشد ریشه در روز ۲۸ با افزودن ۵۰۰۰ میلی گرم سورفکتانت به ازای هر کیلوگرم خاک بسیار افزایش یافت در مقابل ریشه های رشد یافته در محلول حساسیت مشخصی به غلظت سورفکتانت از ۴۰ میلی گرم در لیتر تا ۱۰۰ میلی گرم در لیتر نشان دادند. رشد آنها کند شده و فرآیندهای موجود در سلولهای مریستمی نوک ریشه مهار می شوند. در جدول ۴ کاربرد و تأثیرات محیط زیستی برخی از سورفکتانت ها مشاهده می شود.



جدول ۴: کاربرد و تأثیرات محیط زیستی سورفکتانت

ردیف	نوع سورفکتانت	نام سورفکتانت	نام اختصاری	کاربرد	ساختار	تأثیرات محیط زیستی	رفرنس
۱	آنیونی	آلکیل بنزن سولفونیک اسید	LAS	شوینده های لباسشویی	 $R^1 + R^2 = C_{11}H_{24}$	اثرات سمی بر تولید مثل و رشد بی مهرگان خاک / باکتریها و پستانداران	[20]
۲	آنیونی	آلکیل سولفات	AS	در محصولات خاص از جمله شستن پشم، خمیر دندان			[1]
۳	آنیونی	سولفات های آلکیل اتر	AES	شامپو و صابون مایع و شست و شوی مکانیکی		وجود آن در غذا یا آب سبب مشکلات کلیه و کبد می شود.	[1]
۴	کاتیونی	ترکیبات آمونیوم کواترنر	QAC	شوینده ها و نرم کننده های پارچه و نرم کننده ی موی سر، ضد عفونی کننده در برابر بیماری های قارچی		اثرات مخرب بر روی لنفوسیت های انسانی	[23]
۵	آمفوتریک	اکسید آمین	AO	در صنایع نساجی و صنایع لاستیک		مسمومیت موجودات آبی	[29]
۶	غیر یونی	اتوکسیلات آلکیل فنل	APEO	شوینده های خانگی		مسمومیت های ماهی ها و حیات وحش	[33]



در محیط، سورفکتانت ها در درجه اول از طریق فعالیت میکروبی و در تصفیه خانه های فاضلاب تخریب میشوند. تجزیه بیولوژیکی سورفکتانت ها بیشتر به ساختار شیمیایی و شرایط محیطی آنها بستگی دارد. مطالعات نشان می دهد که سورفکتانت ها بر روی رسوبات رودخانه جذب شده و باکتری ها را برای اتصال به آنها تحریک می کنند. سورفکتانت ها کاربرد گسترده ای در صنایع دارند و مقدار زیادی از سورفکتانت ها به فاضلاب و محیط زیست تخلیه می شوند در نتیجه به آبریان آسیب می رسانند و آب را آلوده می کنند و در نهایت سلامت انسان را به خطر می اندازند. بنابراین نظارت و کنترل میزان انتشار این مواد در آب و محیط زیست مهم است. فاضلاب های حاوی مواد سورفکتانت که در محیط تخلیه می شوند باعث مشکلاتی می شوند هنگامیکه غلظت سورفکتانت ها به ۰.۱ میلی گرم بر لیتر برسد، ممکن است بصورت کف بر روی آب به جای بماند و از بین رفتن این حباب ها کار آسانی نیست و باعث ایجاد لایه عایق می شود که این لایه تبادل بین آب و هوا را تضعیف می کند و منجر به کاهش اکسیژن محلول در آب می شود و مقدار زیادی از میکروارگانیسم ها را به دلیل کمبود اکسیژن از بین می روند.

مطالعات ارزیابی ریسک در تلاش خواهد بود که اثرات را برای برخی از سورفکتانت ها جمع آوری کند تا خطرات آنها برای محیط زیست یا سلامت انسان را ارزیابی کند. نتایج ارزیابی برای گروه های اصلی سورفکتانت ها شامل ریسک انسانی و زیست محیطی در مورد مواد تشکیل دهنده محصولات شوینده خانگی است.

۴- نتیجه گیری :

غلظت های زیاد سورفکتانت ها و محصولات تخریبی آنها ممکن است بر ارگانیسم های محیط تاثیر بگذارد. با این حال، مطالعات بیشتر برای سورفکتانت ها مورد نیاز است به نظر می رسد که سورفکتانت ها بیشتر برای موجودات آبی سمی هستند علاوه بر این مطالعات بیشتر برای ارزیابی خطر وجود دارد که این ترکیبات را در سطح کم خطر برای محیط زیست قرار دهیم. سورفکتانت (AO) میتواند برای موجودات آبی بسیار سمی باشد. باید اقدامات سریع به منظور به حداقل رساندن سورفکتانت ها و محافظت از محیط زیست و بهبود کیفیت آب صورت بگیرد.



مراجع:

1. Madsen, T., Boyd, H. B., Nylén, D., Pedersen, A. R., Petersen, G. I., & Simonsen, F. (2001). Environmental and health assessment of substances in household detergents and cosmetic detergent products. *Environmental Project*, 615(2001), 221.
2. Taylor, A. (1980). Soaps and detergents and the environment. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 57(11), A859-A861.
3. Ivanković, T., & Hrenović, J. (2010). Surfactants in the environment. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 61(1), 95-110.
4. <https://www.britannica.com/technology/detergent>.
5. Aboul- Kassim, T. A., & Simoneit, B. R. (1993). Detergents: A review of the nature, chemistry, and behavior in the aquatic environment. Part I. Chemical composition and analytical techniques. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 23(4), 325-376.
6. Abdel-Rahman, M.S., D.M. Waldron and R.J. Bull. 1983. A comparative kinetics study of monochloramine and hypochlorous acid in rat. *Journal of Applied Toxicology*, 3, 175-179.
7. <https://bettrained.in/CBSE/12-Chemistry-Part-II/Chemistry-In-Everyday-Life-Solution>
6. Anderson, R.L. and C.L. Alden. 1989. Risk assessment for nitrilotriacetic Acid (NTA). In D. Paustenbach (ed.), *The Risk Assessment of Environmental and Human Health Hazards: A Textbook of Case Studies*. John Wiley & Sons. New York, United States.
8. Nouri, A., & Wen, C. (2014). Surfactants in mechanical alloying/milling: a catch-22 situation. *Critical reviews in solid state and materials sciences*, 39(2), 81-108.
9. Ying GG. Fate, behaviour and effects of surfactants and their degradation products in the environment. *Environ Int* 2006;32:417-31
10. Haigh SD. A review of the interaction of surfactants with organic contaminants in soil. *Sci Total Environ* 1996;185:161-70.
11. .WWW.medium.com
12. Ivanković, T., & Hrenović, J. (2010). Surfactants in the environment. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 61(1), 95-110
13. Cserháti T, Forgács E, Oros G. Biological activity and environmental impact of anionic surfactants. *Environ Int* 2002;28:337-48



14. Seedher N. In vitro study of the mechanism of interaction of trifluoperazine dihydrochloride with bovine serum albumin. *Indian J Pharm Sci* 2000;62:16-20
15. Yushmanov VE, Perussi JR, Imasato H, Tabac M. Interaction of papaverine with micelles of surfactants with different charge studied by ¹H-NMR. *Biochim Biophys Acta* 1994;1189:74-80.
16. Peters RW, Shem L, Montemagno CD, Lewis BA. Surfactant screening of diesel-contaminated soil. *Hazard Waste Hazard Mater* 1992;9:113-37.
17. Steber, J., & Berger, H. (1995). Biodegradability of anionic surfactants. In *Biodegradability of surfactants* (pp. 134-182). Springer, Dordrecht.
18. Painter, H. A. (1992). Anionic surfactants. In *Detergents* (pp. 1-88). Springer, Berlin, Heidelberg.
19. J. Tolls, M. P. Lehmann, and D. T. H. M. Sum, *Environ. Toxicol. Chem.* 19 (2000), 2394.
20. M. Holmstrup and P. H. Krogh, *Environ. Toxicol. Chem.* 20 (2001), 1673.
21. C. Verge, A. Moreno, J. Bravo, and J. L. Berna, *Chemosphere* 44 (2001), 1749.
22. Petrocci AN. Surface active agents: Quaternary ammonium compounds. In: Block SS, editor. *Disinfection, sterilization and preservation*. Philadelphia (PA): Lea & Febiger Pub; 1983. p. 309-29.
23. Thorsteinsson T, Másson M, Kristinsson KG, Hjálmarsdóttir MA, Hilmarsson H, Loftsson T. Soft antimicrobial agents: synthesis and activity of labile environment ally friendly long chain quaternary ammonium compounds. *J Med Chem* 2003;46:4173-81.
24. Antoni F, Szabo MT. Damaging effect of detergents on human lymphocytes. *Bull Environ Contam Toxicol* 1982;28:504-12.
25. . Masakorala, K., Turner, A. & Brown, M. T. Toxicity of Synthetic Surfactants to the Marine Macroalga, *Ulva lactuca*. *Water Air Soil Pollut.* **218**, 283–291 (2011).
26. Vaughan, M. & van Egmond, R. The Use of the Zebrafish (*Danio rerio*) Embryo for the Acute Toxicity Testing of Surfactants, as a Possible Alternative to the Acute Fish Test. *ATLA-Altern. Lab. Anim.* **38**, 231–238 (2010).
27. Garcia MT, Campos E, Ribosa I. Biodegradability and ecotoxicity of amine oxide based surfactants. *Chemosphere* 2007;69:1574-8.



28. Cserhádi T. Alkyl ethoxylated and alkylphenol ethoxylated nonionic surfactants: Interaction with bioactive compounds and biological effects. *Environ Health Perspect* 1995;103:358- 64.
29. Seaman D. Trends in the formulation of pesticides-an overview. *Pestic Sci* 1990;29:437-49.
30. Oros G, Cserhádi T, Szejtli J. Cyclodextrins decrease the phytotoxicity of nonionic tensides. *Acta Argon Hung* 1989;38:211-7.
31. Cserhádi T. Alkyl ethoxylated and alkylphenol ethoxylated nonionic surfactants: Interaction with bioactive compounds and biological effects. *Environ Health Perspect* 1995;103:358- 64.
32. G. Ying, B. Williams, and R. Kookana, *Environ. Int.* 28 (3) (2002), 215.
33. T. Takasu, A. Iles, and K. Hasebe, *Anal. Bioanal Chem.* 372 (2002), 554.
34. Holt MS, Fox KK, Burford M, Daniel M, Buckland H. UK monitoring study on the removal of linear alkylbenzene sulphonate in trickling filter type sewage treatment plants Contribution to GREAT-ER project #2. *Sci Total Environ* 1998;210/211:255-69.
35. Berna JL, Ferrer J, Moreno A, Prats D, Bevia FR. The fate of LAS in the environment. *Tenside Surf Deterg* 1989;26:101- 7.
36. Fox K, Holt M, Daniel M, Buckland H, Guymer I. Removal of linear alkylbenzene sulphonate from a small Yorkshire stream: contribution to GREAT-ER project. *Sci Total Environ* 2000;251/252:265-75.
37. Tabor CF, Barber LB. Fate of linear alkylbenzene sulphonate in the Mississippi River. *Environ Sci Technol* 1996;30:161-71.
38. Sibila MA, Garrido MC, Perales JA, Quiroga JM. Ecotoxicity and biodegradability of an alkyl ethoxysulphate surfactant in coastal waters. *Sci Total Environ* 2008;394:265-74.
39. Versteeg DJ, Stanton DT, Pence MA, Cowan C. Effects of surfactants on the rotifer, *Brachionus calyciflorus*, in a chronic toxicity test and in the development of QSARs. *Environ Toxicol Chem* 1997;16:1051-9.
40. Fernandez P, Alder AC, Suter MJF, Giger W. Determination of the quaternary ammonium surfactant ditallowdimethylammonium in digested sludges and marine sediments by supercritical fluid extraction and liquid chromatography with postcolumn ion-pair formation. *Anal Chem* 1996;68:921-9.



41. Ferrer I, Furlong ET. Accelerated solvent extraction followed by on-line solid-phase extraction coupled to ion trap LC/ MS/MS for analysis of benzalkonium chlorides in sediment samples. *Anal Chem* 2002;74:1275-80.
42. Kümmerer K, Eitel A, Braun U, Hubner P, Daschner FD, Mascart G, Milandri M, Reinthaler F. Verhoef J. Analysis of benzalkonium chloride in the effluent from European hospitals by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography with post-column ion-pairing and fluorescence detection. *J Chromatogr A* 1997;774:281-6.
43. Ying GG. Fate, behaviour and effects of surfactants and their degradation products in the environment. *Environ Int* 2006;32:417-31.
44. Dunphy JC, Pessler DG, Morall SW, Evans KA, Robaugh DA, Fujimoto G. Negahban A. Derivatization LC/MS for the simultaneous determination of fatty alcohol and alcohol ethoxylate surfactants in water and wastewater samples. *Environ Sci Technol* 2001;35:1223-30.
45. Belanger SE, Dorn PB, Toy R, Boeije G, Marshall SJ, Wind T, Van Compernelle R. Zeller D. Aquatic risk assessment of alcohol ethoxylates in North America and Europe. *Exotoxicol Environ Saf* 2006;64:85-99.
46. Holt MS, Waters J, Comber MHI, Armitage R, Morris G, Newberry C. AIS/CESIO environmental surfactant monitoring programme. SDIA sewage treatment pilot study on linear alkylbenzene sulphonate (LAS). *Water Res* 1995;29:2063-7.
47. Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja, opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama. [Croatian regulations on boundary limits of hazardous and other agents in the wastewater, in Croatian]. *Narodne novine* 40/1999.
48. Warne MStJ, Schiffko AD. Toxicity of laundry detergent components to a freshwater cladoceran and their contribution to detergent toxicity. *Ecotoxicol Environ Saf* 1999;44:196-206.
49. Ankley GT, Burkhard LP. Identification of surfactants as toxicants in a primary effluent. *Environ Toxicol Chem* 1992;11:1235-48.
50. Luxmoore RJ, Valoras N, Letey J. Nonionic surfactant effects on growth and porosity of barley roots. *Agron J* 1974;66:673-5.



ABSTRACT:

Surfactants are a diverse group of chemicals that are best known for their wide use in detergents and other cleaning products. Surfactants enter aquatic systems after use through industrial or domestic wastewater and will ultimately cause pollution and toxicity to plants, soil or aquatic organisms, leading to catastrophic effects on the ecosystem. The toxicity of surfactants to organisms from mammals to bacteria is well known. Although some surfactants may not be directly toxic, they might result in the release of toxic contaminants into the environment if their concentrations in the soil exceed a critical value. Here, the properties and classification of surfactants *i.e.* anionic, cationic and non-ionic as well as toxicity behavior and environmental predestination have been reviewed.

KEY WORDS: Detergents, Surfactants, Classification, Environment, Toxicity