

## مقایسه اقتصادی روش استاندارد متد با روش ساده شده E.Jurdo جهت اندازه گیری آلکیل بنزن سولفونات خطی در فاضلاب شهری

مقداد پیرصاحب<sup>۱</sup>، علی الماسی<sup>۲</sup>، علی اکبر زینتی زاده<sup>۳</sup>، راضیه خاموطیان<sup>۴</sup>، سهراب دل انگیزان<sup>۵</sup>

نویسنده مسئول: کرمانشاه، بلوار شهید شیروزی، خیابان دانشگاه، دانشکده پزشکی، گروه بهداشت محیط skhamutian@yahoo.com

پذیرش: ۹۰/۰۳/۰۷

دریافت: ۸۹/۱۲/۱۸

### چکیده

**زمینه و هدف:** آلکیل بنزن سولفونات خطی (LAS) به طور عمده در ترکیبات دترجنت ها به کار می رود. استفاده دترجنت ها در مصارف خانگی و صنعتی سبب ورود این ترکیبات به سیستم جمع آوری و تصفیه خانه های فاضلاب می شود. اندازه گیری LAS در تصفیه خانه های فاضلاب اهمیت ویژه ای دارد. روش معمول اندازه گیری آن روش استاندارد متد است که علاوه بر وقت گیر بودن، نیاز به مصرف بالایی از کلروفرم دارد. در سال ۲۰۰۶، E Jourdo روش ساده شده ای را برای اندازه گیری LAS پیشنهاد کرد. در مطالعه حاضر این روش با روش استاندارد متد از نظر اقتصادی مقایسه گردیده است.

**روش بررسی:** در این مطالعه هزینه های سرمایه گذاری اولیه، پرسنل، مواد مصرفی و وسایل غیر مصرفی در دو روش محاسبه گردیده و در نهایت مقدار ارزش خالص هزینه ها (NPV) برای هر کدام به دست آمده است. نرخ بهره ۱۵٪ در نظر گرفته شده است.

**یافته ها:** نتایج نشان داد که میزان سرمایه گذاری اولیه، هزینه سالیانه پرسنل و مواد مصرفی در روش استاندارد متد به ترتیب برابر با ۱۳۳۵۱۹۸۱، ۴۹۹۹۶۸ و ۱۷۱۰۹۸۱ ریال و در روش ساده شده برابر با ۱۲۰۴۸۲۰۲، ۸۳۳۲۸ و ۵۸۲۰۲ ریال است. میزان NPV در روش استاندارد متد و ساده شده به ترتیب برابر با ۳۰۳۶۰۳۰۹ و ۱۴۶۸۱۸۴۸ ریال است.

**نتیجه گیری:** روش ساده شده اقتصادی تر بوده و توصیه می گردد در اندازه گیری های روتین LAS در تصفیه خانه های فاضلاب از این روش استفاده گردد.

واژگان کلیدی: فاضلاب، دترجنت، LAS، مقایسه اقتصادی

۱- دکترای بهداشت محیط، دانشیار بهداشت محیط و عضو مرکز تحقیقات سلامت دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

۲- دکترای بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه و عضو مرکز تحقیقات توسعه اجتماعی و ارتقا سلامت زاگرس

۳- دکترای شیمی، استادیار دانشکده شیمی دانشگاه رازی

۴- کارشناس ارشد بهداشت محیط و عضو کمیته تحقیقات دانشجویی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

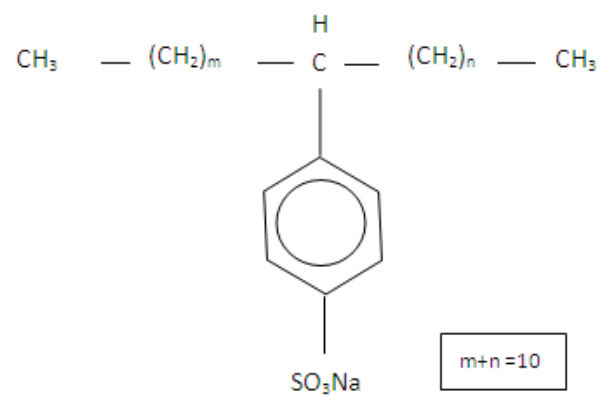
۵- دکترای اقتصاد، استادیار دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه رازی

## مقدمه

سورفاکتانت ها ترکیباتی آلی هستند که دارای ویژگی پاک کنندگی و بالابردن قدرت انحلال هستند و مصرف آنها با بالا رفتن استاندارد های زندگی افزایش یافته است. این مواد در فاضلاب خانگی و در فاضلاب صناعی مانند چرم سازی، صنایع غذایی، پلی مر، داروسازی، پالایش نفت، کاغذ سازی و معادن یافت می شوند (۱). سورفاکتانت ها دارای دو بخش آبدوست و آبگریز قوی هستند. بر اساس بخش آبدوست سورفاکتانت ها به چهار دسته آنیونی، کاتیونی، غیر یونی و آمفوتریک تقسیم می شوند (۲).

در ایالات متحده سورفاکتانت های آنیونی دو سوم از کل سورفاکتانت ها را شامل شده و به همین نسبت نیز در سایر کشورها مورد استفاده قرار می گیرند (۳). آلکیل بنزن سولفانات خطی (LAS) بیشترین کاربرد را در بین سورفاکتانت های آنیونی دارد و به مدت ۴۰ سال است که به طور گسترده ای مورد استفاده قرار گرفته است، به طوری که مصرف جهانی آن در سال ۲۰۰۳ برابر با ۱۸/۲ میلیون تن بوده است. این میزان برای صابون، ترکیبات آنیونی دیگر، غیر یونی، کاتیونی، آمفوتریک و دیگر سورفاکتانت ها به ترتیب برابر با ۹/۵، ۱/۷، ۰/۵، ۰/۱ و ۲/۴ میلیون تن است (۴).

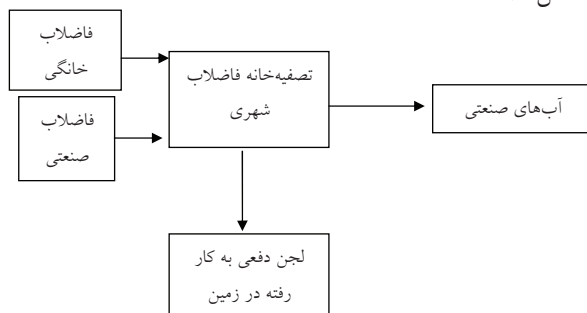
LAS در زنجیره آلکیل خود بین ۱۰ تا ۱۴ اتم کربن دارد و بر اساس تعداد اتم های کربن، همولوگ های متفاوتی را تشکیل می دهد،



شکل ۱: ساختار شیمیایی LAS (همولوگ C<sub>13</sub>)

همچنین بر اساس مکان قرار گرفتن گروه بنزوسولفانات بر روی این زنجیره دارای چندین ایزومر است و در مجموع LAS دارای ۲۶ ایزومر و همولوگ در ساختار خود است (۵) (شکل ۱).

این سورفاکتانت بعد از مصرف از طریق سیستم جمع آوری وارد تصفیه خانه فاضلاب می گردد. در آنجا بخشی به صورت هوازی تجزیه شده، بخشی جذب لجن گردیده و باقی مانده در نهایت از طریق پساب وارد آب های سطحی می شود (۶) (شکل ۲).



شکل ۲: مسیر LAS در محیط زیست

غلظت LAS در فاضلاب خام ۴ تا ۱۸/۲ میلی گرم بر لیتر، در لجن تصفیه شده به روش هوازی برابر با ۱۰۰ تا ۵۰۰، در لجن تصفیه شده به روش بی هوازی برابر با ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ میلی گرم در هر کیلوگرم از لجن خشک و در آب های سطحی برابر با ۲ تا ۸۱ میکروگرم بر لیتر گزارش شده است (۷-۱۱). سورفاکتانت ها می توانند به طرق مختلف بر محیط زیست تاثیر گذارند و در این زمینه مطالعات بسیاری صورت گرفته است (۱۲-۱۶). همچنین مطالعات نشان داده است که این مواد موجب کاهش کارایی سیستم تصفیه خانه فاضلاب در حذف بیولوژیکی مواد آلی می شوند (۱۷ و ۱۸).

روش های بسیاری جهت اندازه گیری غلظت LAS در نمونه های مختلف زیستی و تولیدات تجاری موجود است. یکی از روش هایی که به طور گسترده به کار می رود و به طور ویژه برای اندازه گیری نمونه های زیستی استفاده می گردد High performance liquid chromatography (HPLC) است. کاربرد این روش برای نمونه های آبی نسبتا پاک است (۱۹).

راضیه خاموئیان و همکاران

استاندارد متد به کار بردند (۳۳). همچنین در سال ۱۹۹۶ موسکویین و همکاران با هدف ساده نمودن روش استاندارد متد، حجم نمونه و واکنش گره‌های به کار رفته در روش مذکور را کاهش دادند (۳۴). در سال ۱۹۹۹ کوگا و همکاران نیز جهت ساده نمودن روش استاندارد متد از کاهش حجم نمونه و واکنش گره‌ها استفاده کردند (۳۵). سرانجام در سال ۲۰۰۶ جورادو و همکاران روش ساده شده‌ای به کار بردند که در آن علاوه بر این که حجم نمونه‌ها و واکنشگرها کاهش یافته است، بلکه مرحله فیلتراسیون توسط پشم شیشه نیز حذف شد (۳۶).

تا کنون مطالعه‌ای در زمینه مقایسه روش‌های ساده شده با روش استاندارد صورت نگرفته است. یکی از معیارهای مهم در انتخاب یک روش آزمایشی علاوه بر بالا بودن دقت آن، اقتصادی بودن و هماهنگی آن با امکانات موجود است. هدف عمده مطالعه حاضر مقایسه اقتصادی روش استاندارد متد و روش ساده شده پیشنهادی جورادو و همکاران در اندازه‌گیری LAS است تا بدین ترتیب با آگاهی بیشتر روش مطلوب انتخاب گردد.

### مواد و روش‌ها

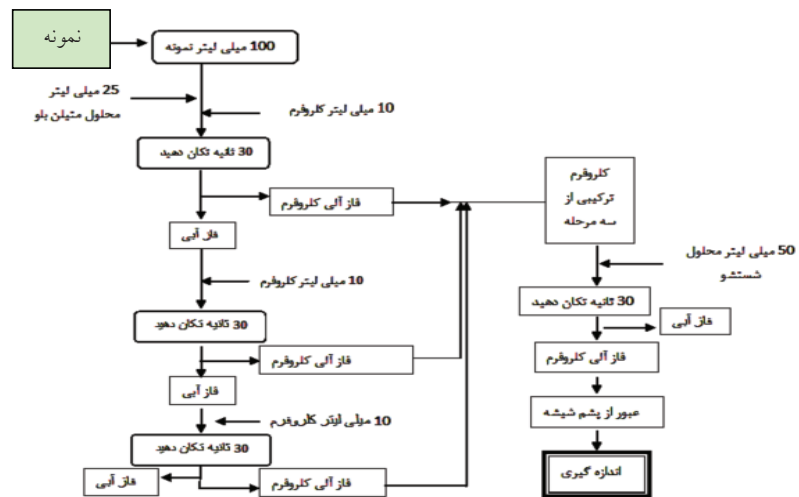
در این مطالعه روش ساده شده جورادو و همکاران (۳۶) که کارآزمایی روش توسط این محققین صورت گرفته با روش پیشنهادی کتاب استاندارد متد (۳۲) در اندازه‌گیری LAS از نظر اقتصادی مقایسه شده و مقادیر مصرف سالانه واکنش گره‌های به کار رفته در دو روش با فرض اینکه هفته‌ای یک بار نمونه برداری انجام گیرد محاسبه شده است. شکل‌های ۳ و ۴ مراحل انجام آزمایش در دو روش استاندارد متد و روش ساده شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تعداد مراحل انجام آزمایش در روش استاندارد بیشتر از روش ساده شده است و به تبع آن زمان به کار رفته، مواد مصرفی، استهلاک وسایل و نیز هزینه پرسنلی در این روش بیشتر است.

نوع پرکاربرد آن فاز معکوس است که یک روش رایج در اندازه‌گیری LAS محسوب می‌شود (۲۰). در این روش از سه دکتور جهت اندازه‌گیری استفاده می‌شود که شامل دکتور (UV) spectrometry ultraviolet (۲۱)، فلورسنس (۲۲ و ۲۳) و اسپکتروفتومتری جرمی (۲۴) هستند. در روش مذکور می‌بایستی نمونه را قبل از تزریق پیش تصفیه نمود و عملیات استخراج را بر آن انجام داد (۲۵). یکی دیگر از روش‌های اندازه‌گیری LAS روش Gas chromatography/mass spectrometry (GC-MS) است. در این روش می‌توان علاوه بر اندازه‌گیری غلظت LAS، مکانیسم تجزیه LAS را نیز مطالعه نمود. مشکل این روش این است که LAS را می‌بایستی قبل از اندازه‌گیری به حالت فرار تبدیل نمود که این عمل توسط دسولفوناسیون صورت می‌گیرد (۲۹-۲۶). روش دیگر اندازه‌گیری LAS، کاپیلاری الکتروفور است. در این روش نسبت به روش HPLC از حلال کمتری استفاده می‌گردد و زمان اندازه‌گیری آن نسبت به آن روش کمتر است، اما مشکل این روش دقت پایین آن در اندازه‌گیری است (۳۰ و ۳۱). با توجه به هزینه‌بری این روش‌ها و عدم نیاز به تفکیک همولوگ‌های LAS در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و نیز آب‌های سطحی، کمتر از این روش‌ها استفاده می‌شود.

در صورتی که تفکیک ایزومرها و همولوگ‌های LAS مد نظر نباشد، معمول‌ترین روش سنجش غلظت آن استفاده از روش متیلن بلو با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر است. حساسیت این روش در حد ۱۰ میکروگرم در لیتر است (۳۲).

در حال حاضر در بسیاری از کشورها از جمله ایران با توجه به امکانات موجود و سهولت دسترسی به دستگاه اسپکتروفتومتر این روش اندازه‌گیری مرسوم است. این روش علاوه بر این که بسیار طولانی و زمان‌بر است نیاز به میزان بالایی از کلروفورم و نمونه برای اندازه‌گیری دارد. بر این اساس محققین در صدد ساده نمودن آن به طرق مختلف بوده‌اند.

در سال ۱۹۹۵، چیتیکلا و همکاران جاذب‌های خاصی را جهت کاهش میزان واکنش گره‌های مورد استفاده در روش



شکل ۳: مراحل مختلف در روش اندازه گیری استاندارد متد

در اینجا چون در آمدی کسب نمی شود. مقدار NPV در دو روش بر اساس هزینه ها محاسبه شد (۳۷).  
 برای محاسبه ارزش فعلی هزینه ها، از رابطه (۲) استفاده گردید، بدین طریق که عمر پروژه در اینجا نامحدود در نظر گرفته شده است ( $n=\infty$ ). حد  $A/P$  وقتی  $n \rightarrow \infty$  میل می کند عبارت است از:

$$A = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$\infty \rightarrow n$$

$$A = Pi$$

از رابطه فوق می توان نتیجه گرفت:

$$P = A/i \quad (2)$$

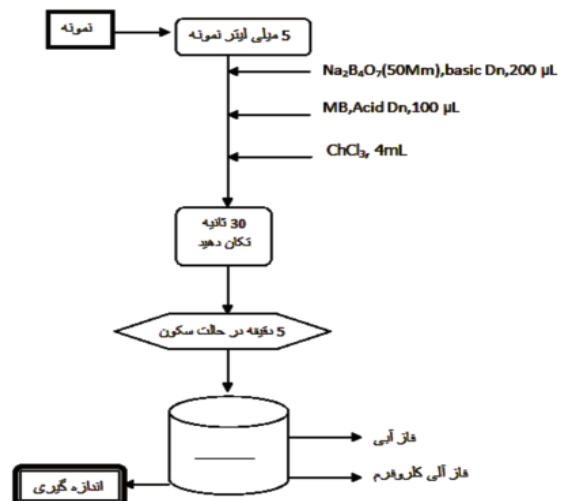
در این معادله

$$p = \text{ارزش فعلی هزینه ها}$$

$$A = \text{هزینه یکنواخت سالیانه}$$

$$i = \text{نرخ بازگشت سرمایه و یا ریکاوری فاکتور}$$

محاسبه هزینه های خرید مواد، وسایل و تجهیزات بر اساس استعلام از فروشندگان و به صورت پیش فاکتور و به قیمت



شکل ۴: مراحل مختلف روش اندازه گیری ساده شده

در این بررسی جهت مقایسه کل هزینه ها در دو روش از فرمول Net Present Value (NPV) که در زیر ارایه شده است استفاده گردید:

$$NPV = PVB - PVC \quad (1)$$

$$NPV = \text{ارزش فعلی خالص}$$

$$PVB = \text{ارزش فعلی درآمد ها}$$

$$PVC = \text{ارزش فعلی هزینه ها}$$

کارشناس آزمایشگاه ۵۰۰۰۰۰۰ ریال فرض شده است.

### بحث

نتایج نشان داد که مراحل انجام روش پیشنهادی در مقایسه با روش استاندارد متد ساده تر و کوتاه تر است و بدین طریق موجب صرفه جویی در زمان انجام آزمایش می گردد. با توجه به مقدار مواد مصرفی، هزینه صرف شده در استاندارد متد حدود ۲۹/۳ برابر هزینه مواد مصرفی در روش ساده شده بوده به طوری که یکی از عمده ترین عوامل این تفاوت چشم گیر میزان کلروفورم مصرفی است. این مطالعه نشان داد که زمان مورد نیاز و همچنین هزینه پرسنلی برای اندازه گیری میزان دترجنت در روش استاندارد ۶ برابر روش ساده شده است که بر اساس آن هزینه پرسنلی در روش استاندارد حدود ۶ برابر روش ساده شده است. مقایسه هزینه های مواد غیر مصرفی در دو روش بیانگر آن است که روش ساده شده به طور قابل ملاحظه ای هزینه های کمتری نسبت به روش استاندارد در بر دارد.

روز است. محاسبات با استفاده از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۰۷ صورت گرفته و نرخ بهره محاسباتی با استعلام از بانک مرکزی و به مقدار ۱۵٪ انتخاب شده است. عمر مفید تجهیزات (همانند دستگاه اسپکتروفتومتر) ۲۰ ساله و وسایل غیرمصرفی (همانند ظروف شیشه ای) ۵ ساله فرض شده است. لازم به ذکر است که قیمت هر دستگاه به ازای ۲۰ سال کارکرد است و با توجه به اینکه فرض پروژه، انجام آزمایش به صورت هفته ای یک بار است، بنابراین می توان گفت که در این ۲۰ سال حداقل ۱۰۴۰ آزمایش انجام می پذیرد.

### یافته ها

مقادیر مصرفی مواد مورد نیاز در هر یک از دو روش در جدول ۱، هزینه سالانه پرسنل در جدول ۲، هزینه تجهیزات و وسایل به کار رفته در دو روش در جدول ۳ و هزینه کل در دو روش در جدول ۴ آورده شده است. لازم به ذکر است در جدول ۲ زمان های ذکر شده مربوط به زمان به کار رفته برای اندازه گیری مقادیر دترجنت در یک نمونه است و حقوق ماهانه

جدول ۱: میزان و قیمت مواد مصرفی سالیانه در روش ساده شده و روش استاندارد متد

ماده مصرفی	روش استاندارد متد	روش ساده شده	واحد	قیمت هر واحد (ریال)	قیمت سالانه (ریال)	روش ساده شده
فسفات دی هیدروژن سدیم، یک آبه	۱۹۵	-	گرم	۱۱۸۰	۲۳۰۱۰۰	-
تتراپورات سدیم، ۱۰ آبه	-	۱۹/۹۶	میلی گرم	۰/۵۲	-	۱۰/۱۹۲
آب مقطر	۳۷۹۶/۲۲	۱۶/۹	میلی لیتر	۷	۲۶۵۷۳/۵۴	۱۳۷/۲
اسید سولفوریک غلیظ	۲۸/۰۹۶	-	میلی لیتر	۲۳۰	۶۴۶۲/۰۸	-
کریستال متیلن بلو	۳۹	۵/۲	میلی گرم	۱۳/۸	۵۳۸/۲	۷۱/۷۶
کلروفورم	۵۲۰۰	۲۰۸	میلی لیتر	۲۷۸	۱۴۴۵۶۰۰	۵۷۸۲۴
اتانل	۱۵/۶	۱/۳	میلی لیتر	۵۸/۳۳	۹۰۹/۹۴۸	۷۵/۸۲۹
فنل فتالین	۱۲/۴۸	۲۶	میلی گرم	۸/۹	۱۱۱/۰۷۲	۲۳۱/۴
هیدروکسید سدیم	۲/۰۸	-	گرم	۳۳۰	۶۸۶/۴	-
کل					۱۷۱۰۹۸۱/۲	۵۸۲۰۲/۹۸۹

جدول ۲: هزینه پرسنل در روش ساده شده و روش استاندارد متد

هزینه سالانه (ریال)	هزینه هر هفته	هزینه هر دقیقه (ریال)	زمان به کار رفته (دقیقه)	روش
۴۹۹۹۶۸	ریال ۱۰۴۱۶	۳۴۷/۲	۳۰ دقیقه	روش استاندارد
۸۳۳۲۸	ریال ۱۷۳۶	۳۴۷/۲	۵ دقیقه	روش ساده شده

جدول ۳: هزینه تجهیزات و وسایل مورد استفاده در روش ساده شده و روش استاندارد متد

روش ساده شده		روش استاندارد		وسایل مورد نیاز
تعداد	قیمت هر واحد (ریال)	تعداد	قیمت هر واحد	
۱	۱۰۰۰۰۰۰	۱	۱۰۰۰۰۰۰	اسپکتروفتومتر
۲	۱۴۵۰۰۰	۲	۱۴۵۰۰۰	بالن ژوژه (۱۰۰۰)
۵	۴۰۰۰۰	۵	۴۰۰۰۰	بالن ژوژه (۱۰۰)
-	-	۱	۶۵۰۰۰	پوار
-	-	۱	۱۲۵۰۰۰	پیپت (۵۰)
-	-	۱	۱۱۰۰۰	پیپت (۱۰)
-	-	۲	۲۵۰۰۰	بشر (۱۰۰)
۵	۱۰۰۰۰۰	۵	۱۸۰۰۰۰	قیف جداکننده
۱	۱۰۰۰۰۰۰	-	-	سمپلر (۱۰۰)

جدول ۴: هزینه های کل در روش ساده شده و استاندارد متد

روش ساده شده (ریال)	روش استاندارد (ریال)	هزینه ها
۱۲۰۴۸۲۰/۲	۱۳۳۵۱۹۸۱	سرمایه گذاری اولیه
۱۱۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰۰	وسيله غير مصرفی با عمر ۲۰ سال
۹۹۰۰۰۰	۱۶۴۱۰۰۰	وسایل غير مصرفی با عمر ۵ سال
۸۳۳۲۸	۴۹۹۹۶۸	سالیانه پرسنل
۵۸۲۰۲	۱۷۱۰۹۸۱	مواد به صورت سالیانه
نا محدود	نا محدود	مدت اجرای پروژه
۱۴۶۸۱۸۴۸	۳۰۳۶۰۷۰۹	میزان ارزش فعلی هزینه ها (NPV)

## نتیجه گیری

آمد که نشان می دهد هزینه سالانه روش استاندارد متد حدود ۲ برابر بیش از روش ساده شده است. بنابراین پیشنهاد می شود جهت اندازه گیری میزان LAS در تصفیه خانه های فاضلاب شهری از روش ساده شده استفاده گردد.

در این مطالعه با استفاده از روش NPV (ارزش فعلی خالص هزینه ها) مشاهده شد که روش ساده شده اقتصادی تر است. به طوری که میزان NPV در روش استاندارد برابر با ۳۰۳۶۰۷۰۹ ریال و در روش ساده شده برابر با ۱۴۶۸۱۸۴۸ ریال به دست

## منابع

1. Sheng H, Chi M, Horng G. Operating characteristics and kinetic studies of surfactant wastewater treatment by Fenton oxidation. *Water Res.* 1999;33(7):1735-41.
2. Dehghani MH, Nasser S, Ghaderpoori M, Mahvi AH, Nabizadeh R. Investigating the efficiency of UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process for removal of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) in aqueous solutions. *Iranian Journal of Health and Environment.* 2011;3(4):411-18.
3. Mozia S, Tomaszewska M, Morowski A. Decomposition of nonionic surfactant in a labyrinth flow photoreactor with immobilized TiO<sub>2</sub> bed. *Applied Catalysis B: Environmental.* 2005;59:1555-60.
4. Liwarska E, Bizukoje M. Effect of selected anionic surfactants on activated sludge flocs. *Enzyme and Microbial Technology.* 2006;39(4):660-66.
5. Mungray AK, Pradeep Kumar P. Fate of linear alkyl benzene sulfonates in the environment. *International Biodeterioration & Biodegradation.* 2009;63:981-7.
6. Santos JL, Aparicio I, Alonso E. A new method for the routine analysis of LAS and PAH in sewage sludge by simultaneous sonication-assisted extraction prior to liquid chromatographic determination. 2007;60:102-109.
7. McEvoy J, Giger W. Accumulation of linear alkylbenzenesulfonate surfactants in sewage sludge. *Naturwissenschaften.* 1985;72:429-31.
8. McAvoy DC, Eckhoff WS, Rapaport RA. Fate of linear alkylbenzene sulfonate in the environment. *Environmental Toxicology and Chemistry.* 1993;12:977-87.
9. Holt MS, Waters J, Comber MH. AIS/CESIO environmental surfactant monitoring programme. SDIA sewage treatment pilot study on linear alkylbenzene sulfonate (LAS). *Water Research.* 1995;29:2063-70.
10. Jensen J, Smith SR, Krogh PH, Versteeg DJ, Temara A. European risk assessment of LAS in agricultural soil revisited: species sensitivity distribution and risk estimates. *Chemosphere.* 2007;69:880-92.
11. Trehy ML, Gledhil WE, Mieure JP, Adamove JE, Nielsen AM, Perkins HO, et al. Environmental monitoring for LAS, DATS and their biodegradation intermediates. *Environmental Toxicology and Chemistry.* 1996;15:233-40.
12. Schowanek D, David H, Francaviglia R, Hall J, Kirchmann H, Krogh PH, et al. Probabilistic risk assessment for linear alkylbenzene sulfonate (LAS) in sewage sludge used on agricultural soil. *Regulatory Toxicology and Pharmacology.* 2007;49:245-59.

13. Venhuis S, Mehrvar M. Health effects, environmental impacts, and photochemical degradation of selected surfactants in water. *Photoenergy*. 2004;6:115–25.
14. Laha SH, Tansel BE, Ussawarujikulchai AC. Surfactant–soil interactions during surfactant-amended remediation of contaminated soils by hydrophobic organic compounds: A review. *Environmental Management*. 2009;90(1): 95-100.
15. Ezemonye LI, Ogeleka DF, Okieimen EF. Lethal toxicity of industrial detergent on bottom dwelling sentinels. *Sediment Research*. 2009;24(4): 479-83.
16. Harris CA, Brian JV, Giulio Pojana GI, Lamoree M, Booy P, Antonio M, et al. The influence of a surfactant, linear alkylbenzene sulfonate, on the estrogenic response to a mixture of (xeno)estrogens in vitro and in vivo. *Aquatic Toxicology*. 2009;91(1);95-98.
17. Ying GG. Fate, behaviour and effects of surfactants and their degradation products in the environment. *Environ Int*. 2006;32:417–31.
18. Liwarska-Bizukoje EW, Scheumann RE, Anja Drews AN, Ute Bracklow U, Kraume M. Effect of anionic and nonionic surfactants on the kinetics of the aerobic heterotrophic biodegradation of organic matter in industrial wastewater. *Water Research*. 2008;42(4-5):923-30.
19. Liwarska-Bizukoje EW, Bizukoje M. The influence of the selected nonionic surfactants on the activated sludge morphology and kinetics of the organic matter removal in the flow system. *Enzyme and Microbial Technology*. 2007;41(1-2):26-34.
20. Corcia DA, Marchetti M, Samperi R. An improved method for determining linear alkylbenzene sulphonates in aqueous environmental samples. *Analytical Chemistry*. 1991;63:1179-82.
21. Reemtsma, T. Methods of analysis of polar aromatic sulphonates from aquatic environments. *Chromatography*. 1996;733:473-76.
22. Heining K, Vogt C, Werner G. Separation of Ionic and Neutral Surfactants by Capillary Electrophoresis and High-Performance Liquid Chromatography. *Chromatography*. 1996;745:281-92.
23. Sáez M, León VM, Gómez-Parra A, González\_Mazo E. Extraction and isolation of linear alkylbenzene sulfonates and their intermediate metabolites from various marine organisms. *Chromatography*. 2000;889:99-105.
24. León VM, González-Mazo A, Gómez-Parra J. Handling of marine and estuarine samples for the determination of linear alkylbenzene sulfonates and sulfophenylcarboxylic acids. *Chromatography*. 2000;899:211-19.
25. González-Mazo E, Honing M, Barcelo D, Gómez-Parra J. Monitoring long chain intermediate products from the degradation of linear alkylbenzene sulfonates in the marine environment by solid phase extraction followed by liquid chromatography/ionspray mass Spectrometry. *Environ Sci Technol*. 1997;31:504-10.
26. Ventura F, Fraisse D, Caixach J, Rivera J. Identification of [(Alkyloxy)polyethoxy] carboxylates in raw and drinking water by MS/MS and mass determination using FAB and nonionic surfactant as internal standard. *Anal Chem*. 1991;63:2095-99.
27. Hon-Nami H, Hanya T. Linear alkylbenzene sulfonates in river and bay water. *Water Res*. 1980;14:1251-56.
28. Osburn QW. Analytical methodology for linear alkylbenzene sulfonate (LAS) in waters and wastes. *Am Oil Chem*. 1986;63:257-63.
29. Ding WH, Tzing SH, Lo JH. Determination of linear alkylbenzenesulfonates and their degradation products in water samples by gas chromatography. *Chemosphere*. 1998;38:2597-602.
30. Akyüz M. Simultaneous determination of aliphatic and aromatic amines in indoor and outdoor air samples by gas chromatography–mass spectrometry. *Talanta*. 2007;71(1):471-76.
31. Heinig H, Vogt C, Werner G. Determination of Linear Alkylbenzene-sulfonates in Industrial and Environmental Sample by Capillary Electro-phoresis. *Analyst*. 1998;123:349-53.
32. Riu J, Barceló D. Determination of linear alkylbenzene sulfonates and their polar carboxylic degradation products in sewage treatment plants by automated solid-phase extraction followed by capillary electrophoresis-mass spectrometry. *Analyst*. 2001;126:825-28.
33. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. Washington, DC: American Public Health Association;



- 1992.
34. Chitikela S, Dentel SK, Allen HE. Modified method for the analysis of anionic surfactants as methylene blue active substances. *Analyst*. 1995;120:2001–4.
35. Moskvin LN, Nikolaeva DN, Mikhailova NV. Determination of anionic surfactants in water with adsorption preconcentration. *Analyst*. 1996;51:282–85.
36. Koga M, Yamamichi Y, Nomoto Y, Irie M. Rapid determination of anionic surfactants by improved spectrophotometric method using methylene blue. *Analyst*. 1999;15:563–68.
37. Jurado E, Fernandez-Serrano M, Nunez-Olea J, Luzo G, Lechuga M. Simplified, spectrophotometric method using methylene blue for determining anionic surfactants: Applications to the study of primary biodegradation in aerobic screening tests. *Chemosphere*. 2006;65:278–85.
38. Oskounjad MM. *Engineering Economy of Economic Evaluation of Industrial Project*. 3th ed. Tehran: Amir Kabir University Press; 1388.

## **Economic Comparison of Standard Method with E.Jurdo Simplified Method to Measure Linear Alkyl Benzenesulfonates in Municipal Wastewater**

Pirsaheb M.<sup>1</sup>, Almasi A.<sup>1</sup>, Zinatizade A.A.<sup>2</sup>, \*khamutian R.<sup>3</sup>, Delangizan S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Environmental Health Engineering, Kermanshah Health Research Center (KHRC), Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

<sup>2</sup> Department of Applied Chemistry, Faculty of Chemistry, Razi University, Kermanshah, Iran

<sup>3</sup> Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

<sup>4</sup> Department of Economic, School of Social Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran

Received; 9 March 2011 Accepted; 28 May 2011

### **ABSTRACT**

**Background and Objectives:** Linear alkyl benzene sulfonates are widely used as surfactants in formulated detergent products. Because of their use in household and industrial detergents, LAS is discharged into wastewater collection systems and subsequently entered to wastewater treatment plants. Therefore, it is important to determine the concentration of LAS with accuracy. They are usually determined by standard method which is time-consuming, tedious and requires great quantities of chloroform. IN 2006 E.Jurado et al proposed a simplified method for measurement of LAS. In the present work the standard method and E.Jurado simplified method was compared economically.

**Material and Methods:** In this work NPV method was used for accounting the cost of initial investment, consumable material, non-consumable equipment and annual cost of staff and finally Net Present Value was calculated for them separately. The rate of interest was considered 15%.

**Results:** calculation showed initial investment, annual cost of staff and materials for standard method 13351981, 499968 and 1710981 RLS, respectively. And these costs for simplified method were 12048202, 83328 and 58202 RLS, respectively. Finally NPV for standard method and simplified method were equal to 30360709 and 14681848 RLS.

**Conclusion:** The method proposed by E.Jurado et al is simple, time consuming and more economical than standard method. This technique can be suggested applying to the routine measurement of LAS in wastewater treatment plants.

**Key words:** Wastewater, Detergent, LAS, Economic comparison

---

\*Corresponding Author: [skhamutian@yahoo.com](mailto:skhamutian@yahoo.com)

Tel: +98 831 4274622 Fax: +98 831 4274623