

## مقایسه عملکرد فرایند شناورسازی با هوای محلول در حذف آنیلین و پنی سیلین G از محیط‌های آبی

فردوس کردمصطفی پور<sup>۱</sup>، شهین احمدی<sup>۲\*</sup>، داود بلارک<sup>۳</sup>، سمیه رهدار<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

<sup>۲</sup> مربی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی زابل، زابل، ایران

<sup>۳</sup> مربی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

\*نویسنده مسئول: شهین احمدی، مربی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم

پزشکی زابل، زابل، ایران. ایمیل: sh.ahmadi398@gmail.com

DOI: 10.21859/hums-230410

### چکیده

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۰۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۱۱

### واژگان کلیدی:

شناورسازی با هوای محلول

محیط‌های آبی

آنیلین

پنی سیلین G

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

**مقدمه:** حضور آنتی بیوتیک‌ها به علت سمی بودن و پایدار بودن و همچنین ترکیبات آلی به عنوان یک ترکیب سخت تجزیه پذیر در آب‌های سطحی و پساب بسیاری از صنایع وجود دارند. هدف از انجام این مطالعه تعیین کارایی فرایند شناورسازی با هوای محلول در حذف آنیلین و پنی سیلین G از محیط‌های آبی بود.

**روش کار:** این مطالعه از نوع کاربردی-تجربی است که در آن از پابلوت شناورسازی با هوای محلول، در مقیاس آزمایشگاهی استفاده گردیده است. تأثیر پارامترهای مؤثر در فرایند شناورسازی با هوای محلول، شامل غلظت ماده منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۶۰ میلی گرم بر لیتر)، زمان لخته سازی (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه)، زمان شناورسازی (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ ثانیه) و فشار اشباع (۳/۳، ۴ و ۴/۵ اتمسفر) بر میزان کاهش پنی سیلین G و آنیلین مورد بررسی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که فرایند شناورسازی با هوای محلول می‌تواند پارامترهای پنی سیلین G و آنیلین را به ترتیب به میزان ۶۷/۴۵٪ و ۹۵٪ در pH=۶ غلظت اولیه پنی سیلین G معادل ۲۵ میلی گرم در لیتر و غلظت اولیه آنیلین معادل ۲۰۰ میلی گرم در لیتر، زمان لخته سازی ۱۰ دقیقه، زمان شناورسازی ۲۰ ثانیه، فشار اشباع ۴ اتمسفر و غلظت ۲۰ میلی گرم بر لیتر PAC کاهش دهد. **نتیجه گیری:** فرایند شناورسازی با هوای محلول می‌تواند روش موثری برای حذف آنیلین و پنی سیلین G از محیط‌های آبی باشد.

### مقدمه

در چند دهه اخیر آلودگی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی به انواع ترکیبات شیمیایی آلی بدلیل توسعه سریع صنایع با توجه به غلظت بالای آلاینده‌ها اثرات زیست محیطی، اقتصادی و بهداشتی زیادی را ایجاد کرده است [۱]. آنیلین و پنی سیلین جی از ترکیبات شیمیایی که در محیط پایدارند و حضور آن‌ها در آب‌های سطحی و پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب نگرانی‌هایی را ایجاد کرده است [۲]. داروها شامل گستره وسیعی از مواد شیمیایی هستند که جهت پیشگیری و یا درمان بیماری‌ها استفاده می‌شوند. اکثر داروها در کارخانه‌ها با استفاده از فرمولاسیون‌های خاص و از مواد شیمیایی ساخته شده و شامل محصولات بسیار متنوع مانند آنتی بیوتیک‌ها، مسکن‌ها، هورمون‌ها، واکسن‌ها، ویتامین‌ها و مکمل‌های غذایی و دارویی، مواد ضد عفونی کننده و غیره تولید می‌شوند [۳]. پنی سیلین G با بنزیل پنی سیلین با فرمول شیمیایی  $(C_{16}H_{17}KN_2O_4S)$  جزء آنتی بیوتیک‌های بتالاکتام است که برای درمان انواع مختلف

بیماری‌های عفونی کاربرد دارد. این آنتی بیوتیک محلول در آب بوده و مکانیسم عمل آن تخریب دیواره باکتریایی از طریق جلوگیری از تولید پپتید و گلیکان می‌باشد [۴]. پنی سیلین G از ۶-آمینو پنی سیلین اسید بعنوان هسته و یک زنجیر بنزیل تشکیل شده است. این آنتی بیوتیک شامل یک حلقه بتالاکتام ( $\beta$ -lactam) می‌باشد که نسبت به pH، گرما و آنزیم بتالاکتام خیلی حساس است. سالانه بیش از ۲۰ کشور جهان حدود ۱۱ هزار تن پنی سیلین تولید می‌کنند [۵]. ورود مواد دارویی و آنتی بیوتیک‌ها و همچنین متابولیت‌های حاصل از آنها در محیط‌های آبی در سالهای اخیر نگرانی‌های زیادی را به دنبال داشته است و استاندارد قابل قبول سازمان حفاظت محیط زیست برای حضور آنتی بیوتیک‌ها در پساب ۱ میلی گرم در لیتر است [۶]. آنیلین یا آمینوبنزن یک ترکیب ساده آروماتیک، در اصل یک مایع روغنی بی رنگ آتش‌زا و دارای حلقه بنزنی با یک پیوند  $NH_2$  می‌باشد و مانند بسیاری از آمین‌های فرار بوی نامطلوبی مشابه ماهی

کردن حبابهای ریز گاز (معمولاً هوا) به داخل فاز مایع صورت می‌پذیرد. حباب‌های هوا به ذرات جامد می‌چسبند و نیروی شناوری مجموعه ذره و حبابهای گاز به قدری زیاد است که سبب صعود ذره به سطح می‌شود؛ بدین ترتیب می‌توان ذراتی را که چگالی آنها از مایع بیشتر است، به صعود به سطح واداشت. در این روش، ذراتی که بسیار کوچک و یا سبک هستند و به آرامی ته‌نشین می‌شوند را می‌توان کاملتر و در زمان کوتاهتر حذف کرد. سابقه کاربرد این فرایند در تصفیه آب به دهه ۱۹۲۰ بر می‌گردد [۱۵]. مکانیسم شناورسازی از طریق رها سازی حباب‌های هوا در تانک شناورسازی از طریق انحلال هوا در آب خام با استفاده از فشار و سپس پایین آوردن فشار به دلیل مواجهه آن با هوای اتمسفر صورت می‌پذیرد. به دلیل کاربرد مقادیر بالای فشار، حباب‌های کوچکی به قطر حدود ۴۰ میکرون تولید می‌شود. در حال حاضر فرایند شناورسازی با هوای محلول در تصفیه آب آشامیدنی به طور موفقیت آمیزی در ترکیب با فرایند لخته سازی جهت حذف جلبکها و مواد هیومیکی و غلظت بالای رنگ و کدورت پایین [۱۶] و به طور گسترده جهت جداسازی مواد معلق، روغن گریس و ترکیبات آلی فرار [۱۷] مورد استفاده قرار گرفته است. در مطالعه صورت گرفته توسط رآلی و مارچتو در سال ۲۰۰۱ در کشور برزیل، آب خام دارای کدورت پایین و رنگ بالا توسط شناورسازی با هوای محلول مورد تصفیه قرار گرفت و راندمان حذف بیش از ۹۰ درصد برای رنگ، ۸۸ درصد برای کدورت و ۹۴ درصد برای TSS بدست آمد [۱۸]. پارک و همکاران در سال ۲۰۰۲ حذف توام کادمیوم و کدورت را با استفاده از فرایند شناورسازی با هوای محلول مورد بررسی قرار دادند که حداکثر راندمان حذف به ترتیب برابر ۸۰ و ۱۹ درصد بود [۱۹].

در این مطالعه عملکرد شناورسازی با هوای محلول بر حذف همزمان آنیلین و پنی‌سیلین G از محلول های آبی و تعیین اثر پارامترهای pH، مقدار منعقدکننده، فشار اشباع سازی، زمان لخته سازی و زمان شناورسازی و کدورت مورد بررسی قرار گرفته است.

### روش کار

این مطالعه از نوع تجربی \_کابردی است که در آن عملکرد فرایند شناورسازی با هوای محلول در حذف آنیلین و پنی سیلین G از محلول های آبی در مقیاس آزمایشگاهی، در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی زاهدان مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد: کلیه مواد شیمیایی مورد نیاز، شامل پلی آلومینیوم

فساد شده دارد [۷]. آمین های آروماتیک به عنوان یکی از ترکیبات آلی با اهمیت، به عنوان آلاینده های سمی آب شناخته شده اند [۸]. آنیلین و مشتقات آن از جمله ترکیبات صنایع کارخانجات رنگ، لاستیک، تولید دارو، پلاستیک سازی و آفت کش ها بوده و به عنوان حلال در تولید رنگ و مواد منفجره نیز کاربرد دارد [۹]. آنیلین به میزان ۳/۵% در آب محلول بوده و این میزان حلالیت، احتمال حضور آلودگی آن را در چنین منابعی افزایش می دهد [۷]. آنیلین در زمان رها شدن در محیط های آبی در چرخه زندگی گونه های آبی تداخل ایجاد کرده و باعث به وجود آمدن تومورهای سرطانی در حیوانات شده و خطر سرطان مثانه را در انسان افزایش می دهد، همچنین در خون به سادگی واکنش داده و هموگلوبین را به متهموگلوبین تبدیل کرده و مانع جذب اکسیژن و بروز بیماری متهموگلوبینا می گردد [۷، ۸]. مطابق توصیه سازمان حفاظت محیط زیست امریکا حداکثر غلظت مجاز آلاینده آنیلین در آب های زیرزمینی برابر  $6 \mu\text{g/L}$  ذکر شده است [۱۰] بنابراین، حذف این آلاینده ها از محیط های آبی ضروری به نظر می رسد. جدول ۱ برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پنی سیلین G و آنیلین را نشان می دهد [۵، ۸].

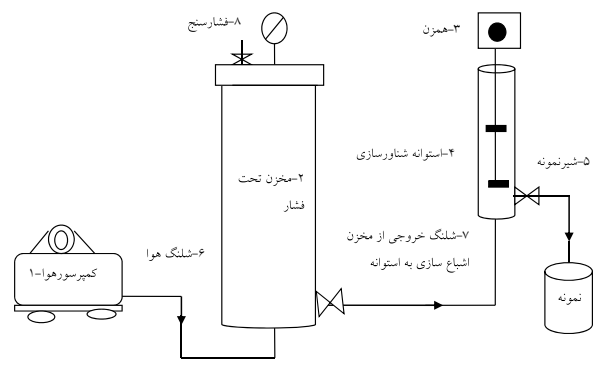
| جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنیلین و G پنی سیلین |                                     |
|---|-------------------------------------|
| مشخصه   | داده                                |
| شکل   | مایع                                |
| وزن مخصوص   | ۱/۰۲۱۷۳ در $10^{\circ}\text{C}$ -۲۰ |
| شکل   | کریستالی و پودر سفید رنگ            |
| وزن مولکولی   | ۳۷/۳۵۶ گرم بر مول                   |

فرایندهای متداول برای تصفیه پساب های حاوی آنیلین شامل روش های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی نظیر جذب با کربن فعال [۷]، اسمز معکوس (RO) [۱۱]، میکروفیلتراسیون (MF)، الترافیلتراسیون (UF) [۱۲]، تکنولوژی های غشایی [۱۳] و تجزیه بیولوژیکی [۱۴] می باشند که معمولاً حذف کامل آنیلین و پنی سیلین G با برخی از این فرایندها مشکل و یا غیر ممکن است.

یکی از روش های تصفیه مورد استفاده در سالهای اخیر فرایند شناورسازی با هوای محلول (DAF) Dissolved air flotation می باشد. شناورسازی با استفاده از هوای محلول یک روش تصفیه فیزیکی است که برای جداسازی ذرات جامد یا مایع از یک فاز مایع به کار می رود. جداسازی از طریق وارد

نظر گرفته شد. سپس عمل لخته‌سازی در قسمت ستون به صورتی که ابتدا ۳۸۰ دور در دقیقه به مدت ۲ دقیقه و سپس ۳۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه اختلاط صورت گیرد، به انجام رسید. با استفاده از آب مقطر اشباع شده از هوا در فشار ۳/۵ اتمسفر در داخل مخزن تحت فشار، شناورسازی به مدت ۲۰ ثانیه انجام پذیرفت. آب اشباع شده با هوا از قسمت پایین وارد استوانه گردید. ورود آب اشباع سازی شده به مخزن شناورسازی تولید حباب‌های بسیار کوچکی می‌نماید که حبابهای تشکیل شده حین صعود به سطح آب به ذرات لخته متصل شده و به همراه خود باعث شناور شدن آن‌ها می‌شوند. پس از عمل شناورسازی شیر سوزنی بسته و نمونه‌ها از ارتفاع ۳/۵ سانتی‌متری کف استوانه از طریق شیر نمونه برداری، تهیه گردید. سپس با تغییر متغیرهای زمان لخته سازی، زمان شناورسازی و فشار اشباع سازی، راندمان حذف پارامترهای مورد نظر در مطالعه (پنی سیلین G و غلظت باقی مانده آنیلین) تحت این شرایط تعیین مقدار شد. در انتها براساس هدف مطالعه تأثیر کدورت‌های مختلف در این فرایند مورد بررسی قرار گرفت. جهت سنجش pH با دستگاه PH متر MIT65 ساخت ایران و غلظت باقی مانده آنیلین و پنی سیلین G با دستگاه اسپکتروفتومتری Spectrometer\_T80 مدل ۷۵۲ ساخت ژاپن در طول موج حداکثر ۲۴۸ و ۱۹۹ نانومتر قرائت گردید [۲۰].

کلراید با فرمول  $Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$  اسیدکلریدریک (HCL خلوص ۳۰-۳۳%)، هیدروکسیدسدیم (NaOH) و آنیلین از شرکت مرک آلمان تهیه شد. جهت انجام آزمایش‌ها، پایلوت مورد نظر برای فرایند شناورسازی با هوای محلول در حذف آلاینده‌ها مطابق تصویر ۱ طراحی گردید. اجزاء و قطعات دستگاه DAF شامل: ۱- کمپرسور هوا جهت تأمین فشار اشباع سازی، ۲- مخزن فلزی با قطر ۱۰ سانتی متری به ارتفاع ۱۷۰ سانتی متر تحت فشار برای اشباع سازی آب با هوا، ۳- همزن، ۴- استوانه به قطر ۶ سانتی متری از جنس پلکسی گلاس و به ارتفاع حدود ۸۵ سانتی متر و حجم تقریبی ۲/۵ لیتر، ۵- شیرنمونه برداری، ۶- شلنگ هوا، ۷- شلنگ خروجی از مخزن اشباع سازی به استوانه ۸- فشارسنج است.



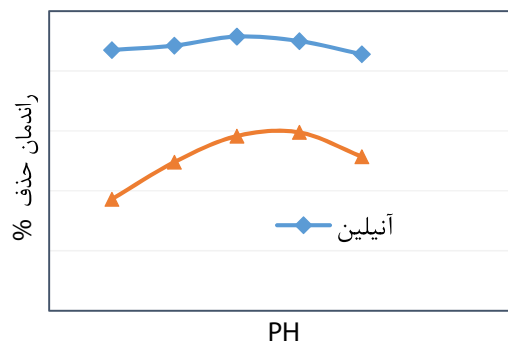
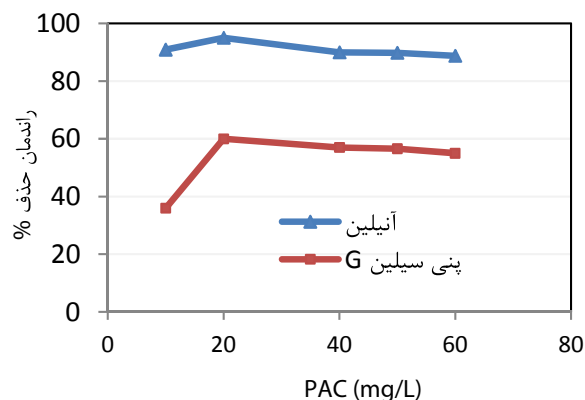
تصویر ۱: پایلوت شناورسازی با هوای محلول

### یافته‌ها

نتایج حاصل از مطالعه عملکرد شناورسازی با هوای محلول بر حذف پنی سیلین ۵۰G و آنیلین از محلول‌های آبی و تعیین اثر پارامترهای pH، مقدار ماده منعقدکننده، فشار اشباع سازی، زمان لخته سازی و زمان شناورسازی در تصاویر ۲ تا ۴ ارائه شده است.

اثر pH های مختلف و دوز منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید بر حذف آنیلین و پنی سیلین G با استفاده از فرایند شناورسازی با هوای محلول در تصویر ۲ (الف، ب) نشان داده شد که قسمت الف بیان گر اثر pH های مختلف است که راندمان حذف آنیلین و پنی سیلین G با  $PAC = 30$  میلی گرم در لیتر و غلظت اولیه آنیلین ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و غلظت اولیه پنی سیلین ۵۰G میلی گرم در لیتر به ترتیب برابر ۹۱/۵% و ۵۸/۳% می‌باشد. بررسی شکل حاکی از آن است که با افزایش pH از ۲ تا ۶ راندمان حذف آنیلین افزایش پیدا می‌کند. سپس در pH برابر ۸ راندمان آنیلین به ۹۰ درصد کاهش می‌یابد. در این مطالعه مقدار بهینه pH برابر ۶ انتخاب شد در حالی که با افزایش pH از ۲ تا ۸ راندمان حذف

روش اجرا: آنیلین با درجه خلوص ۹۹% ساخت شرکت مرک آلمان و پنی سیلین G با درجه خلوص ۱۰۰% جهت تهیه غلظت‌های مورد نیاز با آب مقطر (با هدایت الکتریکی ۰/۹ میکروزیمنس برسانتی متر و  $pH = 7$ ) رقیق شدند. ابتدا محلول استوک با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر آنیلین و پنی سیلین G در آب مقطر تهیه و سپس منحنی استاندارد آنیلین و پنی سیلین G رسم شد. برای تنظیم pH از اسیدکلریدریک و هیدروکسیدسدیم ۰/۰۱ نرمال استفاده شد. جهت تعیین شرایط بهینه واکنش و به منظور بررسی تأثیر عوامل مختلف بر میزان کارایی فرایند شناورسازی در حذف آنیلین و پنی سیلین G، آزمایش‌ها در مقادیر مختلف pH (۲، ۴، ۶ و ۸)، مقدار پلی آلومینیوم کلراید (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۶۰)، غلظت‌های متفاوت آنیلین (۵۰، ۱۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر)، زمان لخته‌سازی (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه)، زمان شناورسازی (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ ثانیه) و فشار اشباع (۳/۵، ۴، ۴/۵ و ۵ اتمسفر) انجام پذیرفت. غلظت آلاینده آنیلین ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و پنی سیلین ۵۰G میلی گرم در لیتر در



تصویر ۲: راندمان حذف آنیلین و پنی سیلین G از فرایند شناورسازی با هوای محلول در pH ها و غلظت‌های مختلف PAC

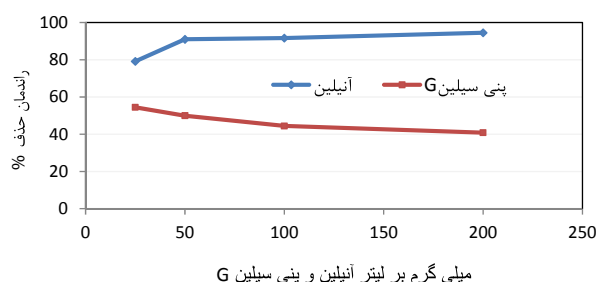
اشباع سازی را در فرایند شناورسازی با هوای محلول را نشان می‌دهد. بیشترین راندمان حذف برای زمان‌های مختلف لخته سازی با غلظت  $PAC = 20$  میلی گرم بر لیتر، زمان شناورسازی ۵ ثانیه و فشار اشباع  $3/5$  اتمسفر طبق تصویر ۴(الف) در زمان لخته سازی ۱۰ دقیقه بدست آمد به طوری که میزان حذف آلاینده‌های پنی سیلین G و آنیلین از سیستم به ترتیب برابر  $54/5$  و  $95/41$  درصد بود. در ادامه با افزایش زمان لخته سازی، راندمان حذف کاهش یافت.

همچنین قسمت ب تصویر تأثیر زمان شناورسازی از ۵ تا ۲۰ ثانیه در شرایط ثابت غلظت منعقدکننده ۲۰ میلی گرم بر لیتر، زمان لخته سازی ۱۰ دقیقه و فشار اشباع  $3/5$  اتمسفر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل شده نشان داد که افزایش زمان شناورسازی از ۵ ثانیه به ۲۰ ثانیه، باعث افزایش حذف در همه شاخص‌ها می‌گردد و بر روند حذف همه این شاخص‌ها تأثیر مثبت داشته است و در مواقعی که زمان شناورسازی کمتر بوده است، میزان حذف آنیلین و پنی سیلین G کاهش یافته است.

در نهایت اثر پارامتر مهم فشار اشباع سازی در حذف آنیلین و پنی سیلین G با فرایند شناورسازی با هوای محلول مطابق تصویر ۴(ج) در غلظت  $PAC = 20$  میلی گرم بر لیتر، زمان لخته سازی ۱۰ دقیقه و زمان شناورسازی ۲۰ ثانیه و طبق آزمایشاتی که در فشارهای ۳،  $3/5$ ، ۴،  $4/5$  اتمسفر انجام گرفته است، مشاهده می‌شود که بیشترین راندمان حذف برای آلاینده‌ها در فشار ۴ اتمسفر حاصل می‌شود به طوری که برای پنی سیلین G و آنیلین به ترتیب میزان  $67/5$  و  $95$  درصد حذف رخ داده است اما در ادامه با افزایش فشار اشباع از ۴ به  $4/5$  اتمسفر راندمان حذف کاهش یافته است. بطوری که راندمان در فشار  $4/5$  اتمسفر به ترتیب  $54$  و  $94/4$  درصد رخ داد. مطابق شکل با افزایش فشار به  $4/5$  اتمسفر حذف آنیلین با شیب ملایم و کمی می‌باشد.

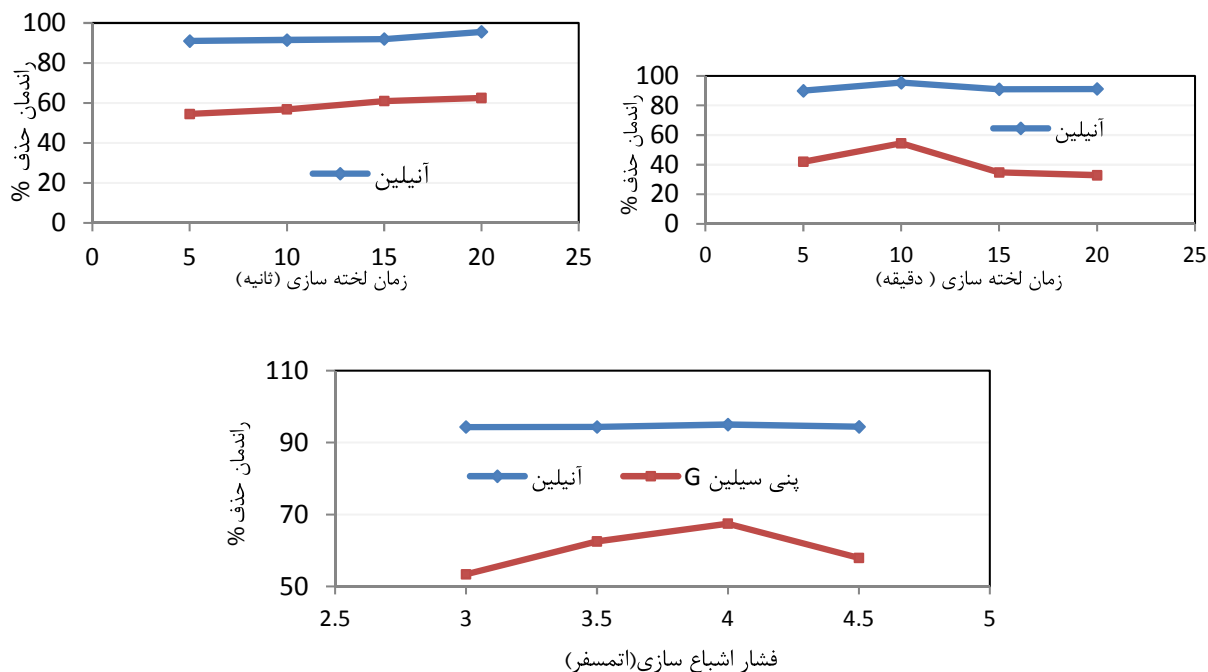
پنی سیلین G به  $59/52$  درصد رسید و در محدود خنثی راندمان حذف افزایش داشته است. همچنین بررسی تصویر ۲ قسمت ب در غلظت‌های مختلف منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید در pH بهینه برابر ۶، زمان شناورسازی ۵ ثانیه، زمان لخته سازی ۲۰ دقیقه و فشار اشباع  $3/5$  اتمسفر نشان می‌دهد که افزایش دوز منعقدکننده سبب افزایش راندمان حذف آنیلین و پنی سیلین G در غلظت ۲۰ میلی گرم بر لیتر می‌شود. بطوری که بیشترین راندمان حذف در روش شناورسازی با هوای محلول در دوز ۲۰ میلی گرم بر لیتر از این منعقدکننده، به ترتیب برابر  $95\%$  و  $91\%$  بود.

مطابق تصویر ۳ افزایش غلظت اولیه آنیلین و پنی سیلین G، باعث افزایش حذف آن‌ها شده است. این شکل بیان گر آن است که حداکثر راندمان حذف آنیلین در غلظت اولیه آنیلین ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر و پنی سیلین G ۲۵ میلی گرم در لیتر به ترتیب  $94/5\%$  و  $54/49\%$  است.



تصویر ۳: درصد حذف پنی سیلین G و آنیلین از شناورسازی براساس غلظت‌های اولیه آنیلین و پنی سیلین G

غلظت  $PAC = 20$  میلی گرم بر لیتر، زمان لخته سازی ۲۰ دقیقه، زمان شناورسازی ۵ ثانیه و فشار اشباع  $3/5$  اتمسفر تصویر ۴ (الف، ب و ج) اثرسه پارامتر مهم در حذف آنیلین و پنی سیلین G زمان لخته سازی، زمان شناورسازی و فشار



تصویر ۴: اثر پارامترهای زمان لخته سازی، الف، زمان شناورسازی؛ ب، فشار اشباع سازی؛ ج، در حذف پنی سیلین G و غلظت باقی مانده آنیلین

## بحث

پلی آلومینیوم کلراید انجام دادند نیز pH مساوی ۶ بیشترین کارایی را داشته است [۲۲]. همچنین این مطالعه نشان داد که pH محدود خنثی (pH مساوی ۸) کارایی خوبی در حذف آنتی بیوتیک پنی سیلین G داشته است. در مطالعه حسین و همکاران بیان شده است که پنی سیلین G یک اسید مونوکربوکسیلیک ضعیف است یعنی این که پنی سیلین G دارای گروه عاملی COOH می باشد [۲۳]. که در pH های قلیایی تبدیل به یون COO<sup>-</sup> شده که با یون های آلومینیوم تشکیل کمپلکس می دهد با توجه به این موضوع می توان اثر pH های پایین تر از ۶ در حذف پنی سیلین G را این گونه توجیه کرد که در pH های اسیدی به دلیل عدم تشکیل کمپلکس بین COOH و H<sup>+</sup> راندمان کاهش می یابد در حالی که در محدوده خنثی راندمان حذف با افزایش pH از ۶ به ۸ راندمان با تغییرات شیب ملایم ۱٪ افزایش می باشد. از طرفی با افزایش pH از ۸ به ۱۰ به دلیل افزایش یون هیدروکسید (OH<sup>-</sup>) احتمال تشکیل کمپلکس بین یون های COO<sup>-</sup> در پنی سیلین G و Al<sup>3+</sup> در پلی آلومینیوم کلراید کاهش می یابد. محدوده pH بهینه برای حذف پنی سیلین G توسط پلی آلومینیوم کلراید برای حذف پنی سیلین G فرایند انعقاد و شناورسازی با هوای محلول برابر ۶-۸ در نظر گرفته شد ولی در حین حال ضرورت دارد تحقیق بیشتری در رابطه با تأثیر pH محیط بر روی حذف پنی سیلین G صورت گیرد. در مطالعه ای که یزدانبخش و همکاران در حذف

مطالعات نشان داده اند شرایطی از قبیل قطر لخته ها، ناپایداری ذرات، آب گریز شدن آنها، قطر حباب های تشکیل شده و سرعت برخاستن حبابها در روش شناورسازی با هوای محلول می توانند منجر به شناور شدن بهتر لخته ها شوند [۱۶]. مکانیسم هایی که در شناورسازی با هوای محلول تاثیرگذار هستند شامل ناپایدار شدن لخته یا آب گریز شدن لخته، مساعد شدن شرایط جهت چسبیدن حباب به لخته و همچنین رشد حباب بدلیل برخاستن حبابها در تانک شناورسازی از طریق کاهش فشار هیدرواستاتیکی، هستند [۱۵، ۱۷]. لخته های مناسب برای حذف با روش شناورسازی با هوای محلول با جریان پیوسته، شامل لخته های نوک سوزنی با قطر ۱۰ تا ۳۰ میکرون است [۱۵].

## بررسی اثر pH

در این مطالعه مقدار بهینه pH برابر ۶ بدست آمد. مطالعات نشان داد که pH پارامتر مهمی در فرایند شناورسازی با هوای محلول است [۱۵]. همچنین یافته ها نشان داد که آنیلین یک باز ضعیف بوده و بنابراین در حالت pH اسیدی با یون H<sup>+</sup> واکنش داده و تبدیل به یون آنیلینیوم با بار مثبت می شود [۲۱] در نتیجه هنگام استفاده از فرایند شناورسازی به دلیل تصادم با بار منفی حباب کارایی بالا می رود [۱۵]. در مطالعه ای که حسنی و همکاران بر روی حذف کدورت با

COD آنتی بیوتیک کلاریترومایسین انجام دادند، pH مساوی ۶ بهترین کارایی را داشته است [۶].

### بررسی اثر غلظت‌های مختلف PAC

این مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت ماده منعقدکننده راندمان حذف در شناورسازی با هوای محلول کاهش می‌یابد. غلظت منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید ۲۰ میلی گرم بر لیتر کارایی بیشتری داشته و به عنوان منعقدکننده بهینه انتخاب شد. در فرایند شناورسازی با هوای محلول با افزایش غلظت ماده منعقدکننده راندمان حذف کاهش می‌یابد. پلی آلومینیوم کلراید از لحاظ ترکیب یک ماکرو مولکول معدنی است که مونومر های آن یک کمپلکس دو هسته‌ای از آلومینیوم می‌باشد. این ترکیب در محیط آبی تشکیل کمپلکس‌های چند هسته‌ای می‌دهد پلیمرها، عملیات ناپایدار سازی را از طریق جذب در سطح ذره کلوئیدی و پل سازی انجام می‌دهند. بنا بر این نمک‌های پلیمری فلزی نظیر پلی آلومینیوم کلراید می‌توانند ناپایدار سازی فوق را به صورت توأم انجام دهند که در این صورت عملیات ناپایدار سازی سریع‌تر و جدا سازی بهتر انجام خواهد شد [۱۵]. افزایش بیش از این مقدار باعث افزایش بار مواد کلوئیدی شده و پایداری مجدد کلوئیدها به وجود می‌آید. مشخصه دیگر PAC این است که بخشی از آن نیز شامل یون‌های هیدروکسید می‌باشد. این یون‌های هیدروکسید باعث ایجاد مجموعه‌های کوچک پلیمر از AL در PAC می‌شوند. بخش اصلی PAC را مجموعه  $AL^{+713}$  تشکیل می‌دهد به دلیل تناسب مناسب‌تر بار الکتریکی به شعاع، این گونه ساختارهای پلیمری تأثیر بهتری بر بی ثباتی کلوئیدها دارند [۲۴]. دانسیته های (۰/۶۵-۰/۸۵ گرم در سانتی متر مکعب) PAC است و تجمع ذره\_ حباب با دانسیته های کم‌تر از آب (۱ گرم بر سانتی متر مکعب) انتظار است که شناور شوند [۱۵]. افزایش بیش از این مقدار باعث افزایش بار مواد کلوئیدی شده و پایداری مجدد کلوئیدها به وجود می‌آید. با توجه به اینکه در pH های قلیایی به علت افزایش یون  $OH^-$  یون‌های آلومینیوم بیشتر و در نتیجه منعقدکننده بیشتری لازم است لذا در این مطالعه شاید بتوان این گونه توجیه کرد که به علت pH اسیدی‌تر نسبت به سایر مطالعات، غلظت منعقدکننده ۲۰ میلی گرم بر لیتر کارایی بیشتری داشته و به عنوان منعقدکننده بهینه انتخاب شد. برخلاف ته نشینی که برای پیش تصفیه نیاز به ذرات به لخته درشت دارد، روش شناورسازی با هوای محلول به لخته درشت و سنگین نیاز ندارد. چون لخته‌های کوچک به خوبی یا حتی بهتر بوسیله

شناورسازی با هوای محلول نسبت به لخته‌های بزرگ حذف می‌شوند و نیازمند تولید لخته‌های متخلخل و غیرمترکم است این ویژگی باعث کاهش چگالی لخته‌ها می‌شود و در نتیجه شناور شدن آنها را تسهیل می‌کند. برخلاف ته نشینی که برای پیش تصفیه نیاز به لخته درشت دارد، روش شناورسازی با هوای محلول به لخته درشت و سنگین نیاز ندارد. چون لخته‌های کوچک به خوبی یا حتی بهتر بوسیله شناورسازی با هوای محلول نسبت به لخته‌های بزرگ حذف می‌شوند و نیازمند تولید لخته‌های متخلخل و غیرمترکم است این ویژگی باعث کاهش چگالی لخته‌ها می‌شود و در نتیجه شناور شدن آنها را تسهیل می‌کند [۱۵].

ادزوالد و همکاران نشان دادند که روش شناورسازی با هوای محلول بر خلاف واحدهای ته نشینی که اغلب به افزایش دوز منعقد کننده نیاز دارند برای شناورسازی با هوای محلول ضرورت ندارد [۲۵]. در کل سیستم شناورسازی با هوای محلول نسبت به ته نشینی نیازمند دوز مصرفی کمتر ماده منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید است.

بررسی اثر غلظت های اولیه آنیلین: مطالعات انجام شده در خصوص حذف آرسنیک با روش شناورسازی با هوای محلول نشان داد که افزایش غلظت موجب افزایش حذف شده است [۱۵]. تغییرات غلظت آنیلین باقی مانده در آب ناشی از تغییرات شرایط لخته از نظر اندازه، پایداری و اثر متقابل بارالکتریکی بین حباب و لخته است. جهت شناورسازی مطلوب دو شرط خنثی سازی بار ذره و تولید ذرات هیدروفوبیک لازم است. یعنی افزایش غلظت می‌تواند شرایط مساعدی را جهت تشکیل کمپلکس فلوک\_ حباب فراهم نموده که باعث بهتر شناور شدن آنیلین گردد. پایداری ما بین ذرات و حباب می‌تواند تحت تأثیر اثر متقابل بارالکتریکی حباب\_ ذره و اثر هیدروفیلیک به دلیل آب پیوندی موجود در سطح ذرات باشد [۱۴، ۱۵]. در روش شناورسازی با هوای محلول بیشتر، حذف موادی با چگالی کمتر و یا نزدیک به چگالی آب، مدنظر قرار می‌گیرد. اغلب مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی و مواد قابل تجزیه شیمیایی چگالی کمتری از آب داشته و لذا تغییرات مطلوبی در حذف آنها دیده می‌شود. تغییرات غلظت آنیلین و پنی سیلین G باقی مانده در آب ناشی از تغییرات شرایط لخته از نظر اندازه، پایداری و اثر متقابل بارالکتریکی بین حباب و لخته است. تحقیقات و آزمایشات انجام شده موجب این توافق شده است که جهت شناورسازی مطلوب دو شرط خنثی سازی بار ذره و تولید ذرات هیدروفوبیک لازم است. خنثی شدن بار ذره و هیدروفوبیک شدن ذره شرایط بهینه‌ای را برای تشکیل کمپلکس فلوک\_ حباب فراهم می‌آورد. بایستی

میلی گرم بر لیتر، زمان لخته سازی ۱۰ دقیقه و فشار اشباع ۳/۵ اتمسفر مورد بررسی قرار گرفت نتایج حاصل شده نشان داد که افزایش زمان شناورسازی از ۵ ثانیه به ۲۰ ثانیه، باعث افزایش حذف درهمه شاخص‌ها می‌گردد. مطالعات انجام شده توسط Karhu و همکاران در سال ۲۰۱۴ نشان داد که بیشترین راندمان حذف در زمان شناورسازی ۲۷ ثانیه بوده است. آن‌ها نتیجه گرفتند که در زمان شناورسازی طولانی‌تر، به دلیل وجود زمان کافی برای اتصال حباب به ذره و تولید حباب‌های بزرگتر، میزان صعود حباب\_ ذره بیشتر است [۲۹]. بررسی اثر فشاراشباع سازی: نتایج حاصل از حذف آنیلین در روش شناورسازی با هوای محلول در تصویر ۴(ج) نشان می‌دهد که، تاثیر تغییر فشار در حذف آنیلین در فشارهای بالاتر در کاهش راندمان می‌شود که دلیل آن رامی توان در افزایش سرعت جریان آب و شکستگی لخته ها کاهش میزان شناوری لخته جستجو کرد [۱۵].

از طرفی طبق آزمایشاتی که در فشارهای ۳، ۳/۵، ۴، ۴/۵ اتمسفر انجام شد، بیشترین راندمان حذف برای آلاینده‌ها در فشار ۴ اتمسفر حاصل شد به طوری بیشترین راندمان حذف برای پنی سیلین G و غلظت باقی مانده آنیلین به ترتیب ۶۷/۵ و ۹۵ درصد حذف بود. اما در ادامه با افزایش فشار اشباع، از ۴ اتمسفر به ۴/۵ اتمسفر اندازه و قطر حباب‌ها کوچک‌تر شده و در نتیجه راندمان حذف کاهش یافته است. مطالعات انجام شده توسط ادزوالد نشان داد که فشار بالا، تولید حبابهای کوچک‌تر می‌نمایند که به صورت کروی تحت شرایط جریان لایه‌ای و مطابق قانون استوکس صعود می‌نمایند و برعکس در فشارهای اشباع سازی کم، فرآیند شناورسازی با هوای محلول تولید حبابها با قطر بزرگ‌تر می‌نمایند، که سرعت برخاستن بالایی دارند و به صورت بیضوی هستند. جهت اطمینان از تشکیل حبابهای کوچک‌تر، در اندازه قطر ۱۰۰-۱۰ میکرون، فشار اشباع ساز ۴ تا ۶ اتمسفر سفارش می‌شود [۲۵]. شناورسازی با هوای محلول هنگامی مؤثر است که حجم حباب‌ها خیلی بیشتر از حجم ذرات باشد و این باعث جمع آوری مؤثر ذرات بوسیله حباب‌ها و پایین آوردن دانسیته لخته می‌شود. همچنین غلظت کافی حباب‌ها باعث ایجاد تصادم‌های خوب ما بین ذرات و حباب‌ها شده و در نتیجه باعث پایین آوردن دانسیته لخته می‌شوند [۱۵]. مقدار معمول هوای اشباع، برای حذف موثر آبهای حاوی ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی گرم در لیتر جامدات معلق کافی است. در صورتی که غلظت بیش از مقادیر ذکر شده باشد، باید با توجه به مقادیر آنیلین، مقدار حباب افزایش یابد [۱۸، ۱۹].

ذکر شود که با افزایش غلظت آنیلین میزان باقی مانده آنیلین در آب کمتر می‌گردد، بدین معنی که افزایش غلظت آنیلین سبب بهبود شرایط جهت حذف آنیلین می‌شود. دلیل این امر شاید آن باشد که خود یون آنیلین در گیر در چسبیدن لخته حباب شده و پایداری این چسبندگی را موجب می‌شود. پایداری ما بین ذرات و حباب می‌تواند تحت تأثیر اثر متقابل بار الکتریکی حباب\_ ذره و اثر هیدروفیلیک به دلیل آب پیوندی وجود در سطح ذرات باشد [۱۵]. و از طرفی با توجه به اینکه چگالی آنیلین نزدیک به آب می‌باشد بنابراین قابلیت شناورسازی بالایی نسبت به پنی سیلین G دارد. در مطالعه دهقانی و همکاران از میان غلظت‌های میلی گرم بر لیتر ۴۵-۱۰ پنی سیلین G، غلظت ۴۵ میلی گرم بر لیتر نیز با داشتن بیشترین کارایی به عنوان غلظت بهینه انتخاب شد [۲۶]. اما در مطالعه پور اعتدال و همکاران برای هر ۴ آنتی‌بیوتیک آموکسی‌سیلین، پنی سیلین G، سفالکسین و تتراسایکلین از بین غلظت‌های ۲۰-۲۰۰ میلی گرم بر لیتر، غلظت ۲۰ میلی گرم بر لیتر به عنوان غلظت بهینه انتخاب شد [۲۷].

بررسی اثر زمان‌های مختلف لخته سازی: بیشترین راندمان حذف در زمان لخته سازی ۱۰ دقیقه بدست آمد به طوری که میزان حذف آلاینده‌های پنی سیلین G و غلظت باقی مانده آنیلین از سیستم به ترتیب برابر ۵۴/۵ و ۹۵/۴۱ درصد بود. در ادامه با افزایش زمان لخته سازی، راندمان حذف کاهش یافت. شناورسازی با هوای محلول در صورتی موفق آمیز خواهد بود که لخته‌های با تراکم اندک و در اصطلاح لخته‌های نوک سوزنی متخلخل در طی فرایند شکل گیرد. با افزایش زمان لخته سازی، لخته‌های با قطر بزرگتر ایجاد شده که قدرت شناور شدن نداشته و باعث کاهش راندمان می‌شود. بنابراین روش شناورسازی با هوای محلول به زمان لخته سازی طولانی نیاز ندارد و زمان لخته سازی کوتاه می‌تواند برای عملکرد واحد شناورسازی با هوای محلول بهتر و قیمت سرانه کمتر باشد [۲۴]. در واقع به دلیل عدم نیاز به لخته‌های بزرگ در شناورسازی زمان لخته سازی این روش نسبت به روشهای ته نشینی کمتر است. مطالعات انجام شده نشان دادند که بهترین زمان لخته سازی جهت این فرایند بین ۵ تا ۲۰ دقیقه می‌باشد [۱۵]. مطالعه هان و همکاران نشان داد که زمان لخته سازی ۱۰ دقیقه می‌تواند بهترین کارایی در حذف را ایجاد نماید [۲۸].

بررسی اثر زمان‌های مختلف شناورسازی: همچنین همانطور که در تصویر ۴ (ب) مشاهده می‌شود، تأثیر زمان شناورسازی از ۵ تا ۲۰ ثانیه در شرایط ثابت غلظت منعقدکننده ۲۰

گرم درلیتر، زمان لخته سازی ۱۰ دقیقه، زمان شناورسازی ۲۰ ثانیه، فشار اشباع ۴ اتمسفر و غلظت ۲۰ میلی گرم بر لیتر، PAC غلظت ۲۰ میلی گرم بر لیتر) از محلول‌های آبی گردد. محدوده pH بهینه برای حذف پنی‌سیلین G توسط پلی آلومینیوم کلراید برای حذف پنی‌سیلین G در فرایند انعقاد و شناورسازی با هوای محلول برابر ۶-۸ در نظر گرفته شد ولی درحین حال ضرورت دارد تحقیق بیشتری در رابطه با تأثیر pH محیط برروی حذف پنی‌سیلین G صورت گیرد.

### سیاسگزار

از کارشناسان محترم مجموعه آزمایشگاهی بهداشت محیط که همکاری‌های لازم را برای ثمر رسیدن این پروژه انجام دادند، تقدیر و تشکر می‌نماییم. ضمناً نتایج این مطالعه با منافع نویسندگان در تعارض نیست.

به طور کلی در روش شناورسازی با هوای محلول فاکتورهای می‌توانند بر عملکرد آن تأثیر گذار باشند. در واقع تأثیر این فاکتورها روی عملکرد، بروی مکانیسم حذف یا بر شناور شدن لخته‌ها می‌باشد. هر مقدار شرایط برای تأثیر بهتر این عوامل وجود داشته باشد، کارایی فرآیند بالا می‌رود. و شرایطی که می‌تواند منجر به شناور شدن بهتر لخته‌ها شوند شامل قطر لخته‌ها، ناپایداری ذرات، آب گریز شدن آنها، قطر حباب‌های تشکیل شده و سرعت برخاستن حبابها در روش شناورسازی با هوای محلول است فرایند شناورسازی با هوای محلول می‌تواند منجر به کاهش قابل ملاحظه پارامترهای پنی‌سیلین G و آنیلین (به ترتیب به میزان ۶۷/۴۵٪ و ۹۵٪ در pH = ۶، غلظت اولیه پنی‌سیلین G معادل ۲۵ میلی گرم درلیتر و غلظت اولیه آنیلین معادل ۲۰۰ میلی

### REFERENCES

- Tang H, Li J, Bie Y, Zhu L, Zou J. Photochemical removal of aniline in aqueous solutions: switching from photocatalytic degradation to photo-enhanced polymerization recovery. *J Hazard Mater*. 2010;175(1-3):977-84. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.10.106 PMID: 19931273
- Vieno NM, Tuhkanen T, Kronberg L. Analysis of neutral and basic pharmaceuticals in sewage treatment plants and in recipient rivers using solid phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry detection. *J Chromatogr A*. 2006;1134(1-2):101-11. DOI: 10.1016/j.chroma.2006.08.077 PMID: 16996072
- Oragui JI, Mara DD. Simple method for the detoxification of wastewater ultrafiltration concentrates for rotavirus assay by indirect immunofluorescence. *Appl Environ Microbiol*. 1989;55(2):401-5. PMID: 2541662
- Peterson JW, Petrasky LJ, Seymour MD, Burkhart RS, Schuiling AB. Adsorption and breakdown of penicillin antibiotic in the presence of titanium oxide nanoparticles in water. *Chemosphere*. 2012;87(8):911-7. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2012.01.044 PMID: 22342282
- Yang C, Cussler EL. Reactive extraction of penicillin G in hollow-fiber and hollow-fiber fabric modules. *Biotechnol Bioeng*. 2000;69(1):66-73. PMID: 10820332
- Yazdanbakhsh AR, Sheikhmohammadi A, Sardar M, Manshori M. [Investigation of combined coagulation and advanced oxidation process efficiency for the removal of Clarithromycin from wastewater]. *J Lorestan Univ Med Sci*. 2011;13(1):7-16.
- Han Y, Quan X, Chen S, Zhao H, Cui C, Zhao Y. Electrochemically enhanced adsorption of aniline on activated carbon fibers. *Separat Purificat Tech*. 2006;50(3):365-72.
- Wu GQ, Zhang X, Hui H, Yan J, Zhang QS, Wan JL, et al. Adsorptive removal of aniline from aqueous solution by oxygen plasma irradiated bamboo based activated carbon. *Chem Engin J*. 2012;185:201-10.
- Kakavandi B, Jonidi AJ, Rezaei RK, Nasser S, Ameri A, Esrafil A. Synthesis and properties of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-activated carbon magnetic nanoparticles for removal of aniline from aqueous solution: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Iranian J Environ Health Sci Eng*. 2013;10(1):19. DOI: 10.1186/1735-2746-10-19 PMID: 23414171
- Gómez JL, León G, Hidalgo AM, Gómez M, Murcia MD, Griñán G. Application of reverse osmosis to remove aniline from wastewater. *Desalinat*. 2009;245(1-3):687-93.
- Goncharuk VV, Kucheruk DD, Kochkodan VM, Badekha VP. Removal of organic substances from aqueous solutions by reagent enhanced reverse osmosis. *Desalinat*. 2002;143(1):45-51.
- Pithan F, Staudt-Bickel C, Lichtenthaler RN. Synthesis of highly fluorinated copolyimide membranes for the removal of high boiling organics from process water and wastewater by pervaporation. *Desalinat*. 2002;148(1):1-4.
- Chengbin X, Jun N, Hai Y, Xudong S, Jiye H. Biodegradation of aniline by a newly isolated *Delftia* sp. XYJ6. *Chinese J Chem Engin*. 2009;17(3):500-5.
- Kiuru HJ. Development of dissolved air flotation technology from the first generation to the newest (third) one (DAF in turbulent flow conditions). *Water Sci Technol*. 2001;43(8):1-7. PMID: 11394261
- Kord Mostafapour F, Bazrafshan E, Kamani H. Survey of Arsenic Removal from Water by Coagulation and Dissolved Air Flotation Method. *Iranian J Health Environ*. 2010;3(3):309-18.
- De Sena RF, Tambosi JL, Genena AK, de FPM Moreira R, Schröder HF, Jose HJ. Treatment of meat industry wastewater using dissolved air flotation and advanced oxidation processes monitored by GC-MS and LC-MS. *Chem Engin J*. 2009;152(1):151-7.
- Edzwald JK, Walsh JP, Kaminski GS, Dunn HJ. Flocculation and air requirements for dissolved air flotation. *J Am Water Work Associat*. 1992;92:100.
- Reall MA, Marchetto M. High-rate dissolved air flotation for water treatment. *Water Sci Technol*. 2001;43(8):43-9. PMID: 11394278
- Park J, Jung Y, Han M, Lee S. Simultaneous removal of cadmium and turbidity in contaminated soil-washing water by DAF and electroflotation. *Water Sci Technol*. 2002;46(11-12):225-30. PMID: 12523758
- Bazrafshan E, Noorzaei S, KordMostafapour F. Photocatalytic Degradation of Aniline in Aqueous Solutions Using Magnesium Oxide Nanoparticles. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2016;26(139):126-36.
- Vakili B. [Use of local plants as natural polyelectrolyte in water treatment process and its comparison with synthetic polyelectrolyte to view point economically]. *Isfahan Isfahan Univ of Med Sci*; 1997.
- Hassani AH, Torabian A, Abdollahzadeh M. Comparison of Coagulants Performance with enhanced coagulation in turbidity and organic matter removal in Karaj River. *J Environ Stu*. 2010;36(55):31-3.
- Hossain MM, Dean J. Extraction of penicillin G from aqueous solutions: Analysis of reaction equilibrium and mass transfer. *Separat Purificat Tech*. 2008;62(2):437-43. DOI: 10.1016/j.seppur.2008.02.012
- Mahvi AH, Shaikhi R. PACl Application for Water Treatment in Abadan City. *J Ilam Univ Med Sci*. 2006;14(2):48-57.
- Edzwald JK, Tobiason JE, Amato T, Maggi LJ. Integrating high-rate DAF technology into plant design. *J Am Water Work Associat*. 1999;91(12):41.
- Dehghani M, Nasser S, Ahmadi M, Samaei MR, Anushiravani A. Removal of penicillin G from aqueous phase by Fe<sup>3+</sup>-TiO<sub>2</sub>/UV-A process. *J Environ Health Sci Eng*. 2014;12(1):56. DOI: 10.1186/2052-336X-12-56 PMID: 24598354
- Pouretedal HR, Sadegh N. Effective removal of Amoxicillin,



- Cephalexin, Tetracycline and Penicillin G from aqueous solutions using activated carbon nanoparticles prepared from vine wood. *J Water Proc Engin.* 2014;1:64-73. DOI: [10.1016/j.jwpe.2014.03.006](https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2014.03.006)
28. Han M, Kim W, Dockko S. Collision efficiency factor of bubble and particle (alpha bp) in DAF: theory and experimental verification. *Water Sci Technol.* 2001;43(8):139-44. PMID: [11394266](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11394266/)
29. Karhu M, Leiviskä T, Tanskanen J. Enhanced DAF in breaking up oil-in-water emulsions. *Separat Purificat Tech.* 2014;122:231-41.

## Comparison of Dissolved Air Flotation Process for Aniline and Penicillin G Removal From Aqueous Solutions

Ferdous Kord Mostafapoor<sup>1</sup>, Shahin Ahmadi<sup>2,\*</sup>, Davoud Balarak<sup>3</sup>, Somayeh Rahdar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

<sup>2</sup> Instructor Department of Environmental Health, School of Public Health, Zabol University of Medical Sciences, Zabol, Iran

<sup>3</sup> Instructor, Department of Environmental Health, School of Public Health, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

\* Corresponding author: Shahin Ahmadi, Instructor Department of Environmental Health, School of Public Health, Zabol University of Medical Sciences, Zabol, Iran. E-mail: sh.ahmadi398@gmail.com

DOI: 10.21859/hums-230410

Received: 23.09.2016

Accepted: 30.01.2017

### Keywords:

Dissolved Air Flotation

Aqueous Solution

Aniline

Penicillin G

### How to Cite this Article:

Kord Mostafapoor F, Ahmadi Sh, Balarak D, Rahdar S. The Investigation of the Efficiency of Dissolved Air Flotation Process for Aniline and Penicillin G Removal From Aqueous Solutions. *Sci J Hamadan Univ Med Sci.* 2017;23(4):360-369. DOI: 10.21859/hums-230410

© 2017 Hamadan University of Medical Sciences.

### Abstract

**Introduction:** The presence of antibiotics due to toxicity and sustainability as well as organic compounds as a combination of hard biodegradable wastewater is an undesirable issue in many industries. The aim of this study was to evaluate the efficiency of dissolved air flotation process for aniline and penicillin G removal from aqueous solutions.

**Methods:** This was an empirical-lab study to which the dissolved air flotation method was applied in laboratory scale. The effects of effective parameters including concentration of coagulant poly-aluminum chloride (PAC) (10, 20, 30, 40, 60 mg/L), coagulation time (5, 10, 15 and 20 minutes), flotation time (5, 10, 15 and 20 seconds) and saturation pressure (3, 3.5, 4 and 4, 5 atm) on the removal efficiency of aniline and penicillin G by dissolve air flotation were studied.

**Results:** The results showed that dissolved air flotation method can reduce penicillin G and aniline up to 67.45% and 95%, respectively. The optimum condition was as follows: pH = 6, initial concentration of aniline = 200 mg/L, initial concentration of penicillin G = 25 mg/L, coagulation time = 10 minutes, flotation time = 10 seconds, pressure = 4 atm, and PAC concentration = 20 mg/L.

**Conclusion:** Dissolved air flotation process can be an effective method to remove aniline and penicillin G from aqueous solutions.