

# مبانی تصفیه فاضلاب و پساب در صنایع داروسازی

گردآوری: دکتر شاهرخ شکروی

شرکت داروسازی جابرابن‌حیان، معاونت بهره‌برداری

## ■ مقدمه

بیرون راندن فاضلاب از محیط زیست از زمانی به وجود آمد که مردم به زندگی اجتماعی روی آوردند. با پیدایش شهرها و گسترش شبکه‌های آبرسانی برای پاک‌سازی و پاک نگهداری زندگی خویش بیرون راندن پساب‌های به دست آمده را پسندیده و لازم دانستند. پس از پیشرفت تکنیک شبکه‌های آبرسانی، ساختن شبکه‌های دفع فاضلاب نیز مورد توجه قرار گرفت.

اهمیت جمع‌آوری فاضلاب در جهان امروز با بزرگ شدن شهرها و افزایش جمعیت آن‌ها از یک سو و گسترش صنایع و کارخانه‌ها از سوی دیگر مساله آلودگی محیط زیست روز به روز اهمیت بیشتری پیدا کرد. با گسترش زندگی ماشینی و به علت توجه نکردن افراد به منافع همگان، هر روز انواع زیادی از آلودگی‌ها، محیط زیست آدمیان و

حیوانات را ناسالم‌تر و زندگی آن‌ها را در معرض خطری جدی قرار می‌دهد. هوای آلوده به گازهای سمی و سموم کشاورزی و جمع‌آوری ناصحیح فاضلاب شهری همگی زندگی موجودات زنده را در کره زمین با مشکل مواجه نموده است. وجود فاضلاب‌ها یکی از عوامل آلوده‌کننده محیط زیست می‌باشد. بنابراین، باید آن‌ها را جمع‌آوری و از شهرها بیرون آورد و در مرحله اول آن‌ها را پالایش و تصفیه نمود و سپس، به گردش آن در طبیعت بازگرداند. فاضلاب‌ها همیشه دارای مقدار بسیار زیادی مواد خارجی هستند که به صورت‌های گوناگون برای زندگی موجودات زنده زیان‌آور می‌باشند. وجود باکتری‌ها و میکروب‌های بیماری‌زا در فاضلاب عاملی است که از ۱۰۰ سال گذشته زیان آن برای مردم آشکار گشته است. کشتارهایی که در گذشته به واسطه بیماری‌های واگیر می‌مانند

وبا، طاعون، اسهال خونی در نقاط مختلف جهان به وجود آمده، مردم را به خطرهای ناشی از آلودگی آب با این میکروب‌ها آگاه کرده است. به جز باکتری‌های بیماری‌زا که تنها بخش کوچکی از موجودات زنده پساب‌ها را تشکیل می‌دهند، هزاران نوع باکتری دیگر نیز در فاضلاب وجود دارند که در صورت ورود فاضلاب تصفیه نشده به منابع طبیعی آب، باکتری‌های هوازی موجود در آن، اکسیژن محلول در آب را تنفس کرده و مواد آلی فاضلاب را تغذیه می‌کنند. مصرف اکسیژن محلول در آب سبب کاهش مقدار آن شده و زندگی حیوانات آبی را به خطر می‌اندازد.

#### ■ دلایل تصفیه پساب

##### □ تامین شرایط بهداشتی برای زندگی مردم

فاضلاب‌های شهری همیشه دارای میکروب‌های گوناگونی می‌باشند که قسمتی از آن‌ها را میکروب‌های بیماری‌زا تشکیل می‌دهند. ورود فاضلاب تصفیه نشده به محیط زیست و منابع طبیعی آب مثل رودخانه‌ها و دریاچه‌ها موجب آلوده شدن این منابع به میکروب‌های بیماری‌زا می‌گردد و در اثر تماس انسان با این منابع خطر گسترش این بیماری‌ها بین مردم به وجود می‌آید.

##### □ پاک نگه‌داری محیط زیست

وارد نمودن فاضلاب‌های تصفیه نشده به محیط زیست موجب آلودگی این محیط شده که علاوه بر خطرهای مستقیم که برای بهداشت مردم دارد نتایج دیگری از قبیل ایجاد مناظر زشت، بوهای ناخوشایند و سرانجام تولید حشرات مخصوصاً مگس و پشه به همراه دارد که این حشرات خود

وسيله‌ای برای جابجا شدن میکروب‌های بیماری‌زا و آلوده‌سازی محیط زیست با این میکروب‌ها می‌باشند.

#### □ بازیابی فاضلاب

با توجه به این که مقدار نمک‌های معدنی محلول در فاضلاب به مراتب کمتر از آب دریا‌های آزاد می‌باشد و فاضلاب جزو آب‌های شیرین ولی آلوده به حساب می‌آید، استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده به جای آب شیرین جهت آبیاری زمین‌های کشاورزی به مراتب ارزان‌تر از شیرین‌سازی آب دریا‌های شور است. کاربرد دیگر فاضلاب تصفیه شده جهت آبیاری و کشاورزی علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب شیرین به علت وجود مواد کودی در فاضلاب تصفیه شده می‌تواند منبع غذایی خوبی برای گیاهان و تقویت زمین کشت باشد. به کار بردن فاضلاب خام و تصفیه نشده جهت آبیاری کشاورزی مشکلات زیادی دربر دارد تا جایی که استفاده از این گونه فاضلاب‌ها را غیرممکن می‌سازد. در هر صورت برای رسیدن به نتایج مطلوب در کاربرد مجدد فاضلاب در کشاورزی نیاز به مطالعه و بررسی بیشتری می‌باشد.

#### ■ شناخت فاضلاب و پساب

فاضلاب محلول رقیقی است که ۹۹/۹ درصد آن آب و فقط ۰/۱ درصد آن را مواد جامد تشکیل می‌دهد که بخشی از آن مواد آلی و بخش دیگر مواد معدنی به حالت محلول یا معلق در آب است. بوی بد فاضلاب اغلب به علت مواد آلی موجود در آن است. این مواد بیشتر قابل تجزیه توسط میکروب‌ها هستند که در اثر آن بوی نامطبوع ایجاد می‌شود.

اکسیژن به پایین‌تر از ۱۱۵ میلی‌گرم در لیتر برسد، اکسیداسیون هوازی کم شده، باکتری‌های بی‌هوازی بدون اکسیژن، مولکول‌های آلی را اکسید (تجزیه) می‌کنند که نتیجه آن ایجاد ترکیباتی مانند سولفید هیدروژن، آمونیاک و متان است که برای بسیاری از موجودات زنده سمی است. در کشور ما نیز در حال حاضر با وجود بیش از ۵۵۰ شهرک صنعتی، فقط ۵۰ شهرک صنعتی دارای تصفیه‌خانه فعال است و اگر تخلیه بی‌رویه فاضلاب‌های صنعتی و شهری به صورت کنونی ادامه یابد، حتی سفره‌های آب زیرزمینی نیز که در حال حاضر مهم‌ترین منابع تامین آب آشامیدنی مردم در اغلب نقاط هستند آلوده شده و به دلیل صرف هزینه‌های زیاد برای تصفیه آن‌ها استفاده مجدد از آب‌های زیرزمینی دیگر مقرون به صرفه نخواهد بود. تصفیه فاضلاب مقوله‌ای است که امروزه در کل دنیا پیشرفت‌های زیادی در خصوص آن به وجود آمده و بر این اساس استانداردهای جدیدی استخراج شده است که فاضلاب‌ها را تا حد استاندارد آب آشامیدنی تصفیه می‌کند اما در ایران به علت نبود اطلاع‌رسانی کافی و برنامه‌ریزی صحیح، روند به روزسازی و رسیدن به سطح استانداردهای جهانی، بسیار کند است. صاحبان صنایع و کارخانه‌داران روش تصفیه فاضلاب را روشی هزینه‌بر و نه درآمدزا تلقی کرده و از آن سرباز می‌زنند در حالی که نتایج سایر کشورها نشان داده است که در صورت تبلیغ و آموزش صحیح در این زمینه، رایج‌آگاهی‌های لازم و تشریح فواید این امر در سوددهی و درآمدزایی برای کارخانه، می‌توان علاوه بر تشویق

علاوه بر تشکیل بو، فاضلاب‌های دریافت‌کننده مدفوع انسانی و حیوانات زنده دربردارنده عوامل بیماری‌زا هستند که از نظر آلودگی محیط به ویژه منابع آب و خاک فوق‌العاده اهمیت دارند.

هر گرم مدفوع حدود یک بیلیون عدد اشریشیاکلی و حدود  $2/2 \times 10^7$  عدد استرپتوکوک و مقادیر قابل ملاحظه‌ای از انواع دیگر موجودات زنده را در خود دارد. فاضلاب‌ها براساس منشأ تشکیل به فاضلاب‌های شهری، فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی و هرز آب‌های سطحی تقسیم می‌شوند. مهم‌ترین تفاوت پساب صنعتی با فاضلاب شهری در داشتن مواد و ترکیبات سمی با خاصیت خورندگی زیاد و خصلت قلیایی و اسیدی در آن‌ها است. منظور از تصفیه پساب، به دست آوردن آب پاکیزه از طریق جداسازی آلاینده‌ها از آب آلوده است که یکی از مهم‌ترین اهداف آن علاوه بر تامین شرایط بهداشتی انسان و حفاظت محیط زیست، بازیابی و استفاده مجدد آن برای کشاورزی و آبی‌پروری به ویژه در کشورهای خشک و نیمه خشک است اما در بسیاری از کشورهای در حال توسعه فاضلاب‌ها نه تنها به درستی تصفیه نشده بلکه همانند گذشته غالباً به درون نزدیک‌ترین آبراهه، رودخانه یا برکه‌های فاضلاب تخلیه می‌شود.

در این صورت غلظت اکسیژن موجود در آب رودخانه یا تالاب به دلیل فعالیت باکتریایی میکروارگانیسم‌های داخل فاضلاب برای تجزیه مواد آلی محیط کم شده و به جای آن مواد معدنی پایدار ایجاد می‌شود.

چنانچه این کاهش زیاد نباشد، با جذب اکسیژن اتمسفری جبران می‌شود اما اگر غلظت

سرمایه‌داران به ایجاد تصفیه‌خانه بدون توسل به اعمال قانونی و جرایم سنگین، روش‌های نوینی را در این باره به کار بست.

### ■ پساب‌های دارویی

بیشترین میزان مواد دارویی از جمله آنتی‌بیوتیک‌ها در محیط زیست، مربوط به پساب کارخانجات داروسازی می‌باشد، که این مواد در پساب کارخانجات داروسازی با روش‌های مختلف تشخیص و اندازه‌گیری می‌شوند. روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک مختلفی برای حذف مواد دارویی و آنتی‌بیوتیک‌ها وجود دارند که با توجه به خصوصیات شیمیایی و فیزیکی ماده مورد نظر انتخاب می‌شوند.

چنانچه ضریب تجزیه‌پذیری بیولوژیک ماده دارویی موجود در پساب کم باشد، روش‌های بیولوژیک برای حذف، اثر زیادی نداشته و چنانچه از ضریب بالایی برخوردار باشد، روش‌های بیولوژیک برای حذف، اثر قابل توجهی خواهد داشت.

از جمله روش‌های حذف فیزیکی، استفاده از غشاهای پودر کربن فعال می‌باشد. کارایی غشاهای پودر کربن فعال در حذف مواد دارویی انتخاب می‌شوند. غشاهای اسمز معکوس و نانوفیلترها کارایی بالایی در حذف مواد دارویی دارند. پودر کربن فعال در صورتی که مواد آلی دیگر در پساب حضور نداشته باشد، درصد حذف بالایی دارد.

روش‌های شیمیایی با توجه به ساختار شیمیایی و تعداد حلقه‌های اروماتیک ماده دارویی برای افزایش تجزیه‌پذیری مواد دارویی انتخاب می‌شوند. افزایش به‌عنوان پیش تصفیه برای افزایش

تجزیه‌پذیری مواد دارویی مفید می‌باشد. بهتر است که سیستم دفع فاضلاب در کارخانجات دارویی به‌گونه‌ای طراحی گردد که پساب دارویی دارای لوله‌کشی پساب جدا از سایر فاضلاب‌ها داشته باشد که در صورت لزوم از سیستم‌های اضافه جهت تصفیه آن بتوان استفاده نمود.

نکته قابل اهمیت در سیستم‌های تصفیه پساب‌های داروهای داروهای مثل آنتی‌بیوتیک‌ها، جلوگیری از ایجاد میکروارگانیسم‌های مقاوم و همچنین از بین رفتن میکروارگانیسم‌های مورد استفاده در سیستم تصفیه پساب می‌باشد که با روش‌ها و دستورالعمل‌های مناسب مثل خنثی‌سازی داروها قبل از رسیدن به مخزن‌های حاوی میکروارگانیسم‌ها از طریق تغییر pH، دما و یا رقیق‌سازی آن‌ها خواص ضد میکروبی دارو را به زیر غلظت موثره رسانده تا از بروز مقاومت میکروبی و یا از بین رفتن میکروارگانیسم‌های مفید جلوگیری نماییم.

### ■ اهداف عمده در تصفیه پساب‌ها

■ کاهش مصرف‌کننده‌های اکسیژن محلول در پساب تا رسیدن به حد مجاز است که می‌تواند بیولوژیک (مثل میکروارگانیسم‌ها و جلبک‌ها) و یا شیمیایی (اکسیدشونده‌ها) باشد. این مواد با جذب اکسیژن محلول در آب باعث از بین رفتن آبیان می‌گردند. با اندازه‌گیری فاکتور BOD (برای مصرف‌کننده‌های بیولوژیک) و فاکتور COD (برای مصرف‌کنندگان شیمیایی) در لابراتوارها می‌توان کیفیت مناسب برای پساب را پس از تصفیه مورد ارزیابی قرار داد.

اول یا تصفیه اولیه، به وسیله تصفیه فیزیکی و شیمیایی، ذرات جامد موجود در پساب به صورت دستی یا مکانیکی به وسیله آشغال‌گیرهایی با شبکه‌بندی‌های ریز و درشت جدا شده و سپس ذرات شناور باقیمانده در مرحله بعد بر اثر اختلاف چگالی (وزن) ته‌نشین و برای ورود به مرحله تصفیه ثانویه یا مرحله بیولوژیک، به وسیله هوادهی و تزریق میکروارگانیسم‌ها به محیط آماده می‌شود. در بخش دوم، فاضلاب به استخرهای بزرگ یا مخزن‌های کامپکت گردیده ریخته می‌شود و سپس میکروارگانیسم‌های مختلف از جمله باکتری‌ها قارچ‌ها، مخمرها و پروتوزوئرها در زمان‌های مختلف به سیستم تصفیه تزریق می‌شود. با انجام هوادهی و ایجاد شرایط رشد میکروارگانیسم‌ها، فاضلاب به‌عنوان ماده غذایی این موجودات مورد تخریب و تجزیه قرار گرفته، آب، آمونیاک و دی‌اکسیدکربن حاصل از این واکنش به محیط وارد می‌شود.

توده باقیمانده نیز وارد مرحله تصفیه نهایی شده و پس از گندزدایی به‌عنوان کود برای مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کلرزنی تابش پرتو فرابنفش به پساب و سیستم کربن فعال ۳ طریق عمده برای گندزدایی فاضلاب در مرحله نهایی است.

کلر به دلیل ظرفیت بالای اکسیدکنندگی، رشد باکتری‌ها و جلبک‌ها را متوقف کرده و رنگ و بوی پساب را کاهش می‌دهد. تشعشع فرابنفش قابلیت کشتن ویروس‌ها و باکتری‌های موجود در فاضلاب را بدون تولید مواد خطرناک دیگر دارد و کربن فعال نیز در تماس با مواد ارگانیک عامل ایجاد رنگ و بوی آن را به خود جذب می‌کند.

■ کاهش کدورت پساب به حد مجاز می‌باشد که ناشی از حضور میکروب‌ها و یا مواد محلول و نامحلول در پساب بوده و باعث کدورت آب گردیده و جلوگیری از نفوذ نور خورشید و عدم رشد گیاهان آبی می‌گردد که با روش‌های کدورت‌سنجی اندازه‌گیری می‌گردد.

■ کاهش میکروارگانیسم‌ها به خصوص میکروارگانیسم‌های پاتوژن و بیماری‌زا در پساب تا حد مجاز می‌باشد که با روش‌های کشت میکروبی اندازه‌گیری می‌گردد.

■ کاهش مواد سمی و فلزات سنگین تا حد مجاز در پساب است که باعث مرگ و میر آبزیان و حضور این مواد در چرخه بیولوژیک می‌گردد.

■ کاهش مواد مغذی برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها از قبیل فسفات‌ها می‌باشد.

■ استفاده مجدد از آب به خصوص در نواحی کم آب برای مصارف کشاورزی، تفریحی، صنعتی و حتی آشامیدنی می‌باشد.

■ از باقیمانده لجن به‌عنوان کود کشاورزی استفاده می‌گردد.

### ■ روش‌های تصفیه فاضلاب و پساب

فاضلاب‌ها و پساب‌ها را بسته به میزان و نوع بار آلودگی با روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه می‌کنند که هر کدام از زیرمجموعه‌ها و روش‌های مختلفی تشکیل شده است.

شیوه معمول و رایج تصفیه فاضلاب به نام لجن فعال است که در آن ترکیبی از سه روش فوق مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این ترتیب که در مرحله