مجله‌ی علمی و پژوهشی شریف
فروردین-اردیبهشت ۱۳۸۷، شماره‌ی چهل و یکم، ص. ۵۳-۵۸، (یادداشت فنی)

# تعیین شرایط بهینه در تصفیه‌ی پساب حاوی مواد لبنی به‌روش افزایش زیست‌شناختی

**ویدا مقصودی (مربی)**
**مرکز تحقیقات مهندسی بیوشیمی، دانشگاه صنعتی شریف**
**سهیلا یغمایی (دانشیار)**
**دانشکده‌ی مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه صنعتی شریف**

به‌منظور استفاده از روش زیست‌شناختی[1] در بهبود عملکرد سیستم‌های لجن فعال برای تصفیه‌ی پساب کارخانجات لبنیات، از جمعیت میکروبی لجن فعال هوازی سیستم تصفیه‌ی شرکت سهامی صنایع شیر ایران (پگاه) ده باکتری جدا کرده و عملکرد هر یک از این ریزاندامگان[2] را در کاهش بار آلی پساب مورد بررسی قرار داده‌ایم. بعد از مدت ۳۰ روز نمونه‌گیری، باکتری‌های $BP_3$ و $BP_4$ میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) را به‌ترتیب ۷۰/۷ و ۶۹/۵ درصد کاهش دادند. با اعمال شرایط بهینه در دمای $30-35^{\circ}C$، pH برابر با ۱۰-۱۱، و نیز دور همزن (rpm) ۱۵۰ باکتری، میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) توسط $BP_3$ به‌میزان ۸۴/۷۰ درصد کاهش یافت.
این باکتری از میزان کربوهیدرات، چربی و پروتئین پساب به‌ترتیب ۹۸، ۴۵/۳۰ و ۵۳ درصد کاسته است. مخلوط $BP_3$ و$BP_4$ به‌اندازه‌ی $BP_3$ تنها کارایی نداشته است. بنابراین $BP_3$ به‌عنوان بهترین باکتری در سیستم انتخاب شد و با افزایش آن به تانک هوادهی لجن فعال و غالب شدن بر مخلوط میکروبی می‌توان کارایی عملکرد سیستم لجن فعال را بالا برد.

maghsodi@sharif.edu
yaghmaei@sharif.edu

## مقدمه

مواد موجود در پساب‌هایی که وارد رودخانه و آب‌های سطحیِ شهرها می‌شوند بیشتر ناشی از کارخانه‌های صنعتی هستند که همراه با پساب‌های خانگی سبب آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شوند. ورود این پساب‌ها که ممکن است قبلاً تصفیه نشده باشند، به آلودگی شدید محیط زیست منجر می‌شود. این آلاینده‌ها مواد قابل تجزیه‌ی میکروبی، ترکیبات آلی فرّار، فلزات سمی، ریزاندامگان بیماری‌زا، مواد قلیایی و شوینده‌ها را شامل می‌شوند.

اثرات مهمی که این آلاینده‌ها بر محیط زیست دارند شامل آلودگی آب‌های آشامیدنی، نابودی آبزیان و بدبویی و تجمع نخاله‌ها در محیط است. مثلاً غلظت بالای مواد آلی منجر به تخلیه‌ی اکسیژن محلول موجود در آب مورد تغذیه‌ی ماهی‌ها و سایر آبزیان می‌شود. این امر به ضعف اقتصادی افرادی می‌انجامد که ازطریق صید ماهی وآبزیان، امرار معاش می‌کنند.

برای حفظ طبیعت و پاک نگه‌داشتن آب‌ها از این‌گونه آلودگی‌ها، اعمال استانداردهای زیست‌محیطی توسط دولت‌ها ضروری است. چون برقراری این استانداردها مخارج و هزینه‌هایی را بر دولت‌ها تحمیل می‌کند، می‌توان راه حل‌های دیگری را تعبیه و اعمال کرد.

از جمله روش‌های قابل اجرا استفاده از میکروب مناسب به‌منظور تصفیه‌ی پساب است. ریزاندامگان انتخاب شده باید قابلیت کاهش آلودگی مربوطه را داشته باشد و در ضمن در برابر مواد سمی و آلوده مقاوم باشد. استفاده از روش افزایش زیست‌شناختی در تصفیه‌پذیری پساب‌ها گسترش یافته است زیرا این روش از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه بوده واز نظر عملی نیز راحت است و پیچیدگی خاصی ندارد. هدف از اجرای این طرح جداسازی باکتری مناسب از جمعیت میکروبی پساب حاوی مواد لبنی بوده که بعد از رشد و خالص‌سازی این باکتری‌ها، کاهش بار آلودگی مانند COD [3] و سایر مواد آلی اندازه گرفته می‌شود.

## مواد و روش‌ها

### مشخصات پساب

نمونه‌ی مورد نیاز برای جداسازی میکروب‌ها از لجن فعال کارخانه‌ی شرکت سهامی صنایع شیرایران (پگاه) تهیه شد که pH آن در زمان برداشت ۷/۵ است. مشخصات پساب کارخانه‌ی شرکت سهامی صنایع شیرایران (پگاه) در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات کمی و کیفی پساب کارخانه شرکت سهامی صنایع شیرایران (پگاه).

| | |
|---|---|
| دبی روزانه | ۳۵۰۰ $m^3/day$ |
| اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD) | ۱۵۰۰-۱۸۰۰ $mg/lit$ |
| اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) | ۱۸۰۰-۲۸۰۰ $mg/lit$ |
| چربی | ۱۶۰-۳۰۰ $mg/lit$ |
| مواد معلق | ۱۰۰-۲۵۰ $mg/lit$ |
| pH | ۹-۱۲ |

## ریزاندامگان

از لجن فعال کارخانه‌ی مورد نظر تعدادی باکتری جدا شد که مراحل جداسازی عبارت است از:

### استفاده از کشت غنی شده[۴]

در این مرحله از یک محیط مغذی مانند خورش مغذی استفاده شد. ۱۰ گرم از لجن را در ۹۰ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی استریل حل کرده و از قسمت رویی به میزان ۱ میلی‌لیتر به ۲۵۰ میلی‌لیتر محیط نوترینت براث استریل تلقیح می‌کنیم و در شیکر انکوباتور برای مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در دمای $30^{\circ}C$ قرار می‌دهیم.

### انتقال به محیط کشت اختصاصی

بعد از ۲۴ ساعت، رشد بسیار خوبی در محیط خورش مغذی مشاهده شد. محیط کشت خورش شیر[۵] به‌عنوان محیطی اختصاصی برای ریزاندامگان موجود در پساب، در نظر گرفته شد. ترکیبات این محیط مشتمل است بر:

پپتون[۶] ۵۰ گرم

عصاره‌ی مخمر[۷] ۳ گرم

شیرخشک[۸] ۱۰ میلی‌لیتر

pH[۹] ۷/۲ در $25^{\circ}C$

بعد از تهیه و ضدعفونی محیط کشت فوق، ۱ میلی‌لیتر از محیط غنی شده را به آن اضافه کرده و به‌مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در انکوباتور هم‌زن $30^{\circ}C$ قرار می‌دهیم. بعد از این مدت زمان اگر شاهد رشد خوبی باشیم، یکبار دیگر این عمل را انجام می‌دهیم.

### انتقال به محیط جامد

پس از تکمیل رشد در محیط مایع، نوبت انتقال ریزاندامگان رشد کرده به محیط جامد است. در این مرحله دو محیط جامد در نظر گرفته شده است: ۱. محیط کشت آگار شیر[۱۰]؛ ۲. محیط کشت PCA [۱۱] . برای تهیه‌ی محیط کشت آگار شیر به محیط کشت خورش شیر به میزان ۱۵ گرم آگار در یک لیتر شیر اضافه می‌کنیم؛ محیط دوم نیز به‌صورت آماده موجود است. از محیط‌های تهیه شده پس از اتوکلاو در بشقاب‌های ضد عفونی شده پخش می‌کنیم. سپس از محیط کشت مایع، رقت‌های مختلف تهیه کرده و به محیط‌های جامد در بشقاب منتقل می‌کنیم و در انکوباتور $30^{\circ}C$ قرار می‌دهیم.

### خالص‌سازی[۱۲]

بعد از اینکه ریزاندامگان به‌صورت گسترده‌یی در سطح بشقاب‌ها رشد کردند، دوباره از محیط‌های فوق بشقاب استریل تهیه کرده و از کلنی‌های موجود در بشقاب‌های اول به‌صورت خطی در بشقاب‌های تازه تلقیح می‌کنیم و در انکوباتور $30^{\circ}C$ قرار می‌دهیم. به این ترتیب از هر ریزاندامگان یک کلنی تک خالص به دست می‌آید که به‌منظور نگهداری و آزمایش‌های کیفی و کمی قابل انتقال به محیط اسلنت است. در این مرحله ۱۰ ریزاندامگان به‌دست آمده است که بعد از رنگ‌آمیزی گرم و مشاهده‌ی میکروسکوپی آن‌ها مشخصات ظاهری‌شان در جدول ۲ آمده است.

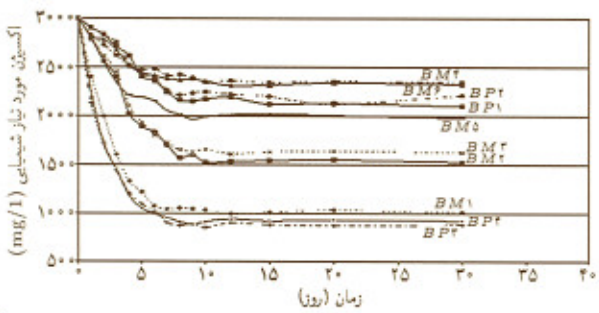
## نتایج و بحث

### بررسی کاهش COD با استفاده از باکتری‌های جدا شده از پساب

میزان فعالیت باکتری‌های جدا شده با اندازه‌گیری COD و کاهش آن تعیین شد.[۱] از این ۱۰ باکتری جدا شده، بیشترین میزان کاهش COD را باکتری‌های $BP_2$ و $BP_4$ از خود نشان دادند. در شکل ۱ شاهد کاهش سریع COD [۱] تاحدود ۵۰ درصد در ۲ تا ۳ روز اول هستیم. این کاهش ناشی از تجزیه‌ی مواد قندی است زیرا این مواد از نظر زیست‌شناختی مواد ساده‌ی تجزیه‌شونده هستند. بعد از تجزیه‌ی مواد قندی نوبت تجزیه‌ی مواد پروتئینی و چربی است که در روزهای هشتم و دهم این تجزیه صورت می‌گیرد و COD پساب به میزان ۶۵ تا ۷۰ درصد کاهش می‌یابد؛ بعد از آن تغییری در COD پساب مشاهده نمی‌شود.[۲] در شکل ۱ میزان کاهش COD نمونه‌ها در زمان‌های مختلف نشان داده شده است. بعد از ۳ روز، باکتری‌های $BM_1$، $BP_3$ و $BP_4$ به‌ترتیب ۴۶/۷٪، ۵۲/۲٪ و ۵۱/۷٪ کاهش می‌یابند، و از نمونه‌های $BM_2$، $BM_3$ و $BM_5$ نیز به‌ترتیب ۲۰٪، ۱۸/۳٪ و ۲۲٪ کاسته می‌شود. در روز پنجم نیز در نمونه‌های $BM_1$، $BP_3$ و $BP_4$ به‌ترتیب ۵۹/۵٪، ۶۳/۷٪ و ۶۵٪ کاهش مشاهده می‌شود. از روز دهم به بعد این کاهش به میزان ۶۶/۳٪، ۷۰/۷٪ و ۶۹/۳٪ می‌رسد و تا روز سی‌ام تغییری نمی‌کند. در نهایت باکتری‌های $BP_3$ و $BP_4$ به‌عنوان بهترین میکروب انتخاب شدند.[۲]

## بهینه‌سازی شرایط در سیستم لجن فعال

عوامل مختلفی بر عملکرد سیستم لجن فعال‌مؤثرند، لذا بررسی نحوه‌ی تأثیر این پارامترها بر روی سیستم تصفیه و تعیین شرایط بهینه برای هر کدام از آنها مسئله‌ی مهمی است که عملکرد سیستم را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. تعداد این پارامتر ها زیاد است.[۲-۶] مهم‌ترین این پارامتر ها عبارت‌اند از: ۱. pH؛ ۲. دما؛ ۳. میزان بارآلودگی پساب؛ ۴. هوادهی.



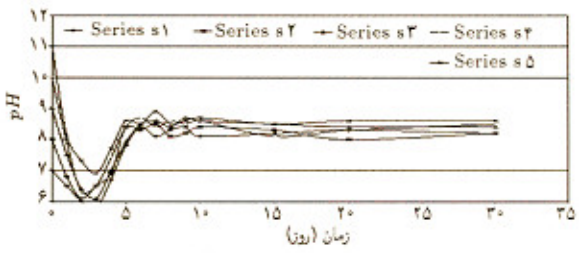

شکل ۱. منحنی کاهش COD پساب با شرایط pH ۱۰/۵ و COD ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر توسط ۱۰ میکروب انتخاب شده.

جدول ۲. مشخصات ظاهری ریزاندامگان جدا شده از لجن فعال در این تحقیق.

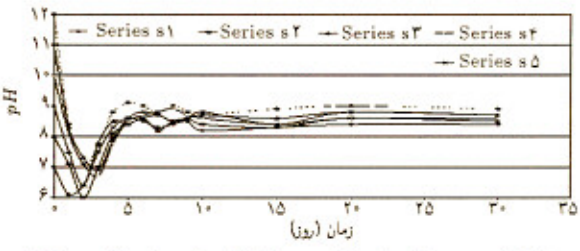
| | نام میکروب | شکل ظاهری | خلوص | گرم | محیط کشت اختصاصی |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | $BM_{1}^{12}$ | کوکسی‌های بسیار ریز | خوب | منفی | آگار شیر |
| ۲ | $BM_{2}$ | کوکو باسیل‌های بسیار ریز | خوب | منفی | آگار شیر |
| ۳ | $BP_{1}^{12}$ | باسیل‌های درشت | متوسط | مثبت | PCA |
| ۴ | $BM_{3}$ | باسیل‌های ریزتر از $BP_1$ | خوب | مثبت | آگار شیر |
| ۵ | $BP_{2}$ | باسیل‌های بلند | خوب | مثبت | PCA |
| ۶ | $BM_{4}$ | کوکو باسیل‌های متوسط | خوب | منفی | آگار شیر |
| ۷ | $BP_{3}$ | باسیل‌های از نوع خاص که بعضی‌ها انحنا دارند | خوب | مثبت | PCA |
| ۸ | $BM_{5}$ | کوکو باسیل‌های نسبتاً بزرگ | خوب | منفی | آگار شیر |
| ۹ | $BM_{6}$ | کوکو باسیل‌های نسبتاً بزرگ | متوسط | مثبت | آگار شیر |
| ۱۰ | $BP_{4}$ | کوکسی‌های درشت‌تر از $BM_1$ | خوب | منفی | PCA |

## بررسی تأثیر pH بر سیستم تصفیه

pH فاضلاب ورودی به سیستم یکی از عوامل مؤثر در نحوه‌ی عملکرد سیستم تصفیه لجن فعال است. پساب صنایع لبنی به‌علت ترکیب شدن با آب شست‌وشوی کارخانه که آکنده از مواد شوینده‌ی قلیایی است همیشه دارای pH قلیایی ۱۱/۵-۱۰ است، که مطابق بررسی‌های انجام گرفته برای فعالیت ریزاندامگان تصفیه‌کننده‌ی پساب لبنیات مناسب است. البته این pH در طول زمان تصفیه دست‌خوش تغییرات زیادی می‌شود و در نهایت در مقدار ۸-۹ ثابت می‌شود. این قلیایی‌بودن اولیه‌ی پساب تأثیر کمی در تسریع عملکرد سیستم تصفیه دارد.[7] برای انجام آزمایشات بهینه‌سازی pH نمونه‌های مربوط با شرایط اولیه‌ی COD برابر ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، و pH قلیایی مختلف تهیه شد. بعد از تلقیح، میکروب‌های انتخاب شده در انکوباتور همزمان با دمای ۳۰ درجه و هوادهی[15] ۱۵۰ rpm قرار داده شد تا در زمان‌های مختلف از آنها آزمایش COD و pH به‌عمل آید. از شکل‌های ۲ و ۳ پیداست که در میکروب‌های $BP_2$ و $BP_4$، pH در ۲ تا ۳ روز اول به‌شدت افت کرده و به‌مقدار ۷-۶ در نمونه‌ها می‌رسد که علت این امر ظهور یک‌سری اسیدهای آلی حاصل از تجزیه‌ی مواد آلی است. ولی در ادامه‌ی فرایند به‌علت تجزیه‌ی اسیدهای آلی تشکیل شده pH افزایش یافته و در مقدار ۹/۵-۸/۵ تثبیت می‌شود.[8,2]




شکل ۲. بررسی تغییرات pH در طول فرایند توسط میکروب $BP_2$.



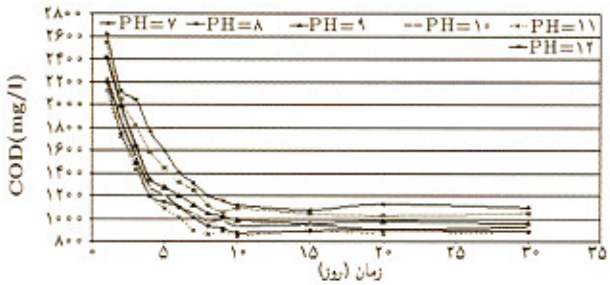

شکل ۳. بررسی تغییرات pH در طول فرایند توسط میکروب $BP_4$.

## اثر pH اولیه بر کاهش COD پساب

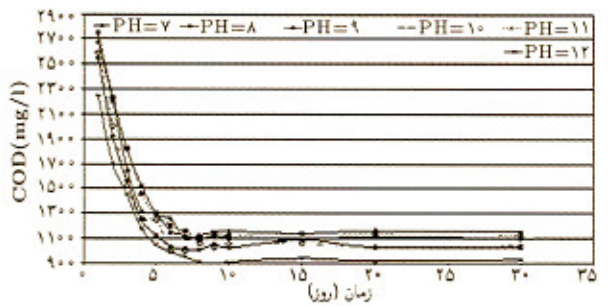
در شکل‌های ۴ و ۵ تغییر pH اولیه‌ی پساب، حذف COD را تا میزان ۱۰٪ در pH ۷ در میکروب‌های $BP_2$ و $BP_4$ کاهش می‌دهد. بهترین مقدار برای pH اولیه‌ی پساب برابر ۱۱ است. از مقایسه‌ی نمودارهای مربوط به pH و COD مشخص می‌شود که در ۳-۲ روز اول فرایند که بیشترین مقدار هضم مواد آلی فاضلاب، مخصوصاً مواد قندی، صورت می‌پذیرد شاهد افت شدید pH هستیم و در ادامه با تجزیه‌ی اسیدهای تولید شده در ۳-۲ روز اول و آغاز تجزیه‌ی پروتئین‌ها و چربی‌ها، pH به‌تدریج افزایش یافته و در بازه‌ی ۹/۵-۸/۵ ثابت می‌شود. همزمان با اتمام عمل هضم میکروبی مقدار pH نیز تثبیت می‌شود.

## اثرات دما بر عملکرد سیستم تصفیه

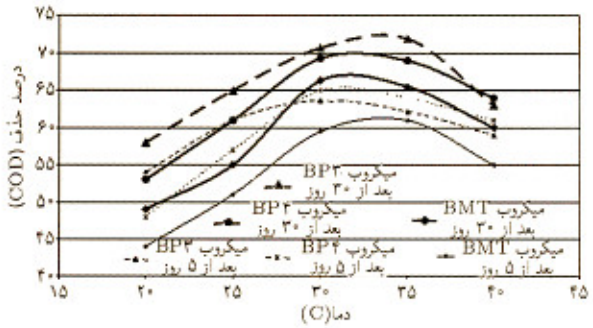
دما یکی از پارامترهای مؤثر بر فعالیت میکروبی سیستم است و تغییرات آن باعث




شکل ۴. بررسی تغییرات COD در pHهای مختلف در طول فرایند تصفیه توسط میکروب $BP_2$.




شکل ۵. بررسی تغییرات COD در pHهای مختلف در طول فرایند تصفیه توسط میکروب $BP_4$.



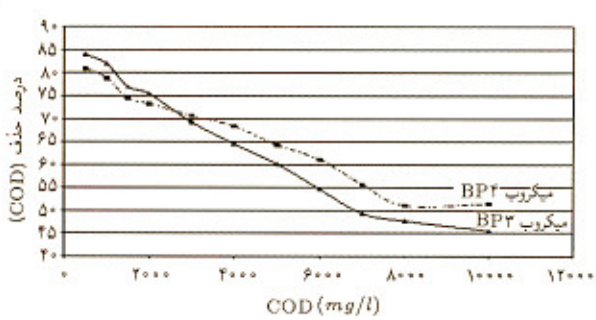

شکل ۶. بررسی تأثیر دما بر درصد حذف آلودگی پساب.

کاهش یا افزایش عملکرد سیستم می‌شود.[۵] از طرفی با توجه به این‌که احتمال دارد به دلایل مختلف، از جمله تغییر محصولات تولیدی یا تغییرات فصلی، و دمای فاضلاب، شاهد تغییراتی باشیم که غیرقابل اجتناب‌اند. لذا باید تدابیری برای این موارد اندیشیده و سعی شود که به‌علت هزینه‌بر بودن تا حد امکان از پیش‌گرم کردن یا پیش‌سرد کردن پساب جلوگیری شود. برای بررسی همین موضوع، عملکرد میکروب‌ها در تصفیه‌ی پساب در چند دما مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج زیر به دست آمد. از شکل ۶ نتیجه می‌شود که بهترین دما برای عملکرد سیستم بین ۳۵-۳۰ درجه است؛ و همچنین می‌توان ملاحظه کرد که تأثیر دما بر میکروب $BP_2$ کم‌تر از بقیه است و نشان از این دارد که این میکروب مقاومت بیشتری در مقابل تغییرات دما دارد و در مقابل تغییر دما از ۳۵ به ۲۰ کاهش درصد حذف COD از ۷۲ به ۵۸ می‌رسد که به‌معنای کاهش ۱۹٫۵ درصدی توانایی سیستم است، اما این کاهش برای میکروب $BP_2$ ۲۴٫۲ درصد است. پس می‌توان نتیجه گرفت که میکروب $BP_2$ در سیستم‌هایی که با تغییرات بیشتر دمایی مواجه‌اند عملکرد بهتری نشان می‌دهد.

## تأثیر میزان COD پساب ورودی بر عملکرد سیستم تصفیه

یکی دیگر از پارامترهای مهمی که ممکن است بر عملکرد سیستم تصفیه تأثیر قابل ملاحظه‌یی داشته باشد میزان بارآلودگی پساب ورودی به سیستم است. از آنجا که در طول سال به دلایل مختلف، از جمله تولید فراورده‌های مختلف با مقادیر مختلف و ورود و عدم ورود آب شست‌وشو به سیستم یا تغییر میزان آب شست‌وشو، ترکیب پساب تغییر یابد، بررسی تأثیرات ناشی از این تغییرات بر عملکرد سیستم بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد. چه‌بسا افزایش ناگهانی COD بتواند همچون شوکی سیستم را از کار بیندازد.[۹] برای این کار پساب‌هایی با CODهای مختلف تهیه و با میکروب‌های انتخاب شده تلقیح شد تا کاهش بارآلودگی پساب مورد بررسی قرار گیرد.[۱]

در شکل ۷ پیداست که افزایش بارآلودگی پساب از عملکرد سیستم تصفیه می‌کاهد و سیستم را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین عملکرد میکروب $BP_2$ در CODهای بالا بهتر است و مقاومت بهتری در مقابل تغییرات آلودگی پساب از خود نشان می‌دهد و کاهش عملکرد آن در افزایش بار آلودگی از ۳۰۰۰ به ۱۰۰۰۰ برابر ۲۷٫۳٪ است در حالی که میکروب $BP_2$ دارای ۳۴٫۳٪ کاهش عملکرد است. همچنین کاهش بار آلودگی پساب از ۳۰۰۰ به ۵۰۰ باعث بهبود فعالیت میکروبی می‌شود. چنان‌که مشاهده می‌شود بار آلودگی پایین منجر به بهینه‌شدن عملکرد میکروب $BP_2$می‌شود و شاهد کاهش ۸۴٪ در میزان COD هستیم.




شکل ۷. بررسی تأثیر میزان بار آلودگی اولیه پساب بر عملکرد سیستم تصفیه.

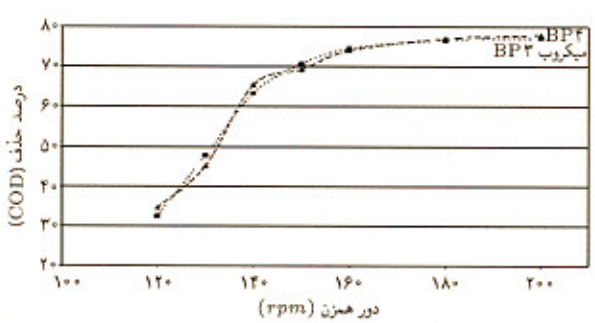
## دور همزن

یکی دیگر از عوامل مهم و تأثیرگذار بر سیستم تصفیه، میزان دور همزن است که در حقیقت مستقیماً برمیزان هوادهی و نحوه‌ی هوادهی تأثیرگذار است.از آنجا که در سیستم‌های تصفیه هوازی شرایط برای رشد ریزاندامگان هوازی مهیاست برای ایجاد شرایط مناسب رشد این ریزاندامگان، باید عمل هوادهی مطلوبی صورت گیرد، زیرا فعالیت ریزاندامگان کاملاً وابسته به شرایط هوادهی سیستم است و هوادهی نامناسب لطمات زیادی را به سیستم وارد خواهد کرد. هوادهیّ توسط تجهیزات مختلفی انجام می‌گیرد که هزینه‌ی این تأسیسات وابسته به نحوه و میزان هوادهی است؛ هوادهی همواره عاملی مهم در بررسی هزینه‌های یک واحد تصفیه است.[۱۰]

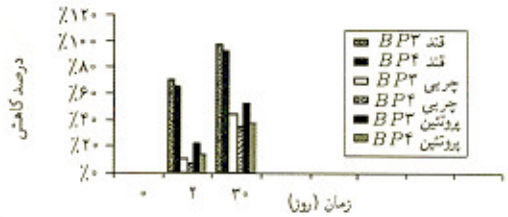
برای بررسی این پارامتر نمونه‌های فاضلاب با بار آلودگی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و دمای ۳۲ درجه تهیه و بعد از تلقیح میکروبی در انکوباتور همزن با دورهای مختلف قرار داده شد. چنان‌که در شکل ۸ مشاهده می‌شود افزایش دور همزن بر عملکرد سیستم تأثیر مثبت دارد، ولی این تأثیر بعد از ۱۶۰ دور در دقیقه خیلی کم‌تر می‌شود. در حقیقت منحنی از دو قسمت تشکیل شده است: قسمت اول از دور ۱۲۰ تا ۱۶۰ است که شیب منحنی تند است و نشان می‌دهد که تأثیر اختلاط بر حذف آلودگی سیستم بسیار قابل ملاحظه است. قسمت بعدی نمودار از دور ۱۶۰ به بعد است که افزایش درصد حذف COD ناچیز است و لذا از نظر اقتصادی مطمئناً مقرون به‌صرفه نخواهد بود. لذا شرایط هم‌زدن با دور rpm ۱۶۰-۱۵۰ بهترین شرایط هوادهی سیستم است.

جدول ۳. ترکیب مواد جامد پساب در این تحقیق.[۱]

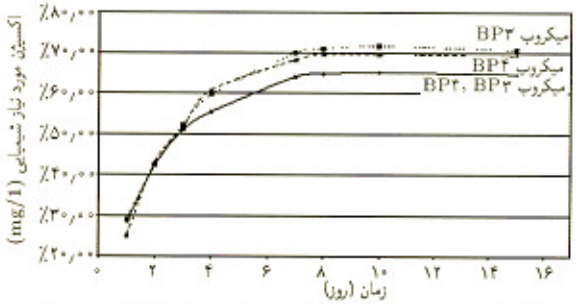
| کربوهیدرات‌ها (قند) | چربی | پروتئین | سایر مواد |
|---|---|---|---|
| ۵۵۰٫۵mg/lit | ۲۵۸mg/lit | ۱۳۷mg/lit | ۵۴٫۵mg/lit |




شکل ۸. بررسی تأثیر میزان دور همزن بر درصد حذف آلودگی پساب.




شکل ۹. مقایسه‌ی عملکرد میکروب‌های $BP_3$ و $BP_4$ در کاهش عوامل آلودگی پساب.




شکل ۱۰. بررسی استفاده از ترکیب میکروب‌ها در تصفیه‌ی پساب.

شکل ۱۱. باکتری $BP_3$.

## بررسی کاهش سایر عوامل آلودگی پساب

بعد از اینکه آزمایش COD بر روی نمونه‌های میکروبی مختلف انجام شد، در نهایت میکروب $BP_3$ بهترین بازدهی و بیشترین مقاومت را در مقابل تغییرات دما و باردهی اولیه‌ی پساب و pH از خود نشان داد. میکروب $BP_4$ نیز که بعد از میکروب $BP_3$ دارای بهترین عملکرد بود برای آزمایشات کامل‌تر مورد بررسی قرار گرفت و کاهش سایر عوامل آلودگی پساب (یعنی پروتئین، چربی و محتوای کربوهیدرات (قند) نیز در نمونه‌های نگه‌داری شده‌ی قبلی که بعد از انجام آزمایش COD نگه‌داری شده بود) آزمایش شد[۱] و نتایج زیر به‌دست آمد. ابتدا یاد آور می‌شویم که درصد اولیه‌ی مواد جامد پساب معلوم بوده و برابر با مقادیر ارائه شده در جدول ۳ است. برای ارائه‌ی تحلیلی مناسب از داده‌های فوق، این داده‌ها در شکل ۹ مورد مقایسه قرار گرفته‌اند و چنان‌که مشاهده می‌شود میکروب $BP_3$ در حذف کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها کاملاً موفق‌تر بوده است. این مسئله زمانی که پساب اولیه حاوی درصدهای بالا از این ترکیبات باشد بسیار مهم خواهد بود. لذا میکروب $BP_3$ کاراتر از میکروب $BP_4$ است.

## استفاده از ترکیب میکروبی

با توجه به اینکه میکروب‌های $BP_3$ و $BP_4$ بهترین عملکرد را در تجزیه و هضم پساب داشتند این احتمال وجود دارد که استفاده از ترکیب این میکروب‌ها اثر بیشتری بر هضم پساب و کاهش آلودگی آن داشته باشد. لذا ترکیب مساوی این دو میکروب به‌عنوان عامل تصفیه‌کننده، در یک نمونه‌ی پساب با شرایط مشابه موارد بالا (COD برابر ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و pH معادل ۱۱) مورد آزمایش قرار گرفت. آزمایشات در ارلن‌های $250cc$ با ۸۰٪ فضای خالی در همزن با دور rpm ۱۵۰ انجام گرفت و در طول ۱۵ روز نمونه‌ها مورد آزمایش COD قرار گرفتند. استفاده از ترکیب میکروبی اثر منفی بر عملکرد سیستم داشته و در این صورت درصد حذف COD از ۷۰٫۷ و ۶۹٫۳ برای میکروب‌های $BP_3$ و $BP_4$ به ۶۴٫۸٪ کاهش یافته است (شکل ۱۰).

لذا استفاده از ترکیب میکروبی برای تصفیه‌ی پساب توصیه نمی‌شود. در سال ۱۹۹۵ در فلیپین در زمینه‌ی تصفیه پساب کارخانه‌ی کنسرو ماهی[۲] و در سال ۲۰۰۲ در ایران در تصفیه‌ی پساب کارخانه‌ی نوشابه‌سازی[۱۱]، با استفاده از روش افزایش میکروب‌های بهینه شده به پساب، نتایجی به‌دست آمده که عملکرد آنها مشابه نتایج این تحقیق است. بنابراین با جداسازی میکروب از لجن فعال و بهینه‌سازی شرایط آنها، و نیز افزایش ریزاندامگان یا مخلوط ریزاندامگان بهینه شده به پساب، می‌توان بر کارایی تصفیه‌ی سیستم لجن فعال افزود.

## نتیجه‌گیری

از آزمایشات انجام گرفته می‌توان نتیجه گرفت که میکروب $BP_3$(شکل ۱۱) بهترین میکروب در تصفیه‌ی پساب است. با اعمال شرایط بهینه در دمای $30-35^{\circ}C$ و pH ۱۰-۱۱ و دور همزن rpm ۱۵۰، میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) تا ۸۴٫۷۰ درصد کاهش یافته است. باکتری فوق از میزان کربوهیدرات، چربی و پروتئین پساب را به‌ترتیب ۹۸، ۴۵٫۳۰ و ۵۳ درصد می‌کاهد. مخلوط $BP_3$ و $BP_4$ به‌اندازه‌ی $BP_3$ تنها، کارآیی نداشته است. بنابراین $BP_3$ به‌عنوان بهترین باکتری در سیستم انتخاب شد و با افزایش آن به تانک هوادهی لجن فعال و غالب شدن بر مخلوط میکروبی می‌توان کارایی عملکرد سیستم لجن فعال را افزایش داد.

## پانوشت

1. bioaugmentation
2. micro-organism
3. Chemical Oxygen Demond(COD)
4. enrichment culture
5. milk borth
6. peptone
7. yeast extract
8. milk solid
9. pH
10. milk agar
11. plate count agar

12. screening
13. bacteria in milk agar
14. bacteria in pca
15. revolution per minute

## منابع


1. APHA- AWWA- WPCF, Standard methods for the examination of water and wastewater, $15^{th}$ ed., pp. 92-93 (1981).
2. Simpson, J.R. "Some aspects of the biochemistry of aerobic organic waste treatment", *Proceeding of the second symposium on the treatment of wastewaters.* P.C.G. Isaac, ed. Pergamon Press: NY, pp. 25-26 (1960).
3. Zamora, A.F., and Lit M.A.L. "Biodegradation of effluents from fish canning factory and dairy roducts processing plant", *Environmental Biotechnology: Principles and Applications,* pp. 481-409 (1995).
4. Vidal, G., Carvalho, A., Mendez, R., Lema, J.M. "Influence of the content in fats and proteins on the anaerobic biodegradability of dairy wastewaters", *Bioresource Technology* (74), pp. 231-239, (2000).
5. Viraraghavan, T., Kikkeri, S. R. "Effect of temperature on anaerobic filter treatment of dairy wastewater", *Wat. Sci. Tech.*, **22** (9), pp. 191-198 (1999).
6. Alavez-Mateos, P., Pereda-Marin, J., Carta- Escobar, F., Duran-Barrantes, M.M. and E. Guillen-Jimenez "Influence of the inocolum and initial pH on dairy effluent biodegradation and mineralization", *Chem.Biochem. Eng. Q.*, **14**(3), pp. 101-106 (2000).
7. Carta-Escobar, F. Perda-Maryn, J., Alvarez-Mateos, P. Romero-Guzman, F., Duran-Barantes, M.M. and Barriga-Mateos F."Aerobic purification of dairy wastewater in batch reactors: kinetic study of the influence of a pre-storage stage without aeration in the degradation of organic matter and ammonium consumption by nitrification", Process Biochemistry, Article in press (2004).
8. Guillen Jimenez, E., Alvarez-Mateos, P., Romero-Guzman, M. F. and Pereda - Marin, J "Bio-Mineralization of organic matter in dairy wastewater, as affected by pH.The evolution of ammonium and phosphates", *at Res.* **34**(4), pp. 1215-1224 (2000).
9. Carta, F., P. Alvarez, P., Romero, F. and Pereda, J. "Aerobic purification of dairy wastewater in continuous regime; reactor with support", *Process Biochemistry,* (34), pp. 613-619 (1999).
10. Dennis, A. and Burke, E., "Dairy wastewater anaerobic digestion handbook", Environmental Energy Company, 6007 Hill Street, Olympia, WA 98516, June (2001).
11. Maghsoodi, V., "Biological pretreatment of a beverage waste using yeast isolated from the factory sludge", *Int. J. of En,* **15**(3), pp. 223-226 (2002).