بهینه سازی شرایط عملیاتی سیستم لجن فعال در تصفیه پساب کارخانجات لبنیات

اکبر صمدی[1]*،سهیلا یغمایی[1]، ویدا مقصودی[2]، زهرا قبادی نژاد[2]

۱. دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی شیمی

۲. دانشگاه صنعتی شریف، مرکز تحقیقات بیو شیمی و محیط زیست

akbarsamadi337@yahoo.com

نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران

۳-۵ آذر ماه ۱۳۸۳

چکیده

استفاده از روش افزایش بیولوژیکی یک روش مناسب و اقتصادی جهت بالا بردن راندمان سیستم های تصفیه بیولوژیکی پسابهای صنعتی می باشد. در این تحقیق شرایط بهینه جهت عملکرد میکروارگانیسم های خو گرفته با پساب صنایع لبنیاتی که در تحقیق قبلی[۱] بدست آمده اند تعیین گشته و نتایج زیر حاصل شدند: دمای مناسب برای سیستم $35^{\circ}C$-$30^{\circ}C$ می باشد و کاهش آن تا $20^{\circ}C$ و افزایش آن تا $40^{\circ}C$ بترتیب کاهش ۲۰٪ و ۱۳٪ در عملکرد سیستم دارد. pH مناسب برای پساب ورودی ۱۱-۱۰ می باشد و کاهش آن تا ۷ باعث تأخیر و افزایش زمان ماند هیدرولیکی سیستم می شود. میزان COD اولیه پساب تأثیر بسزایی بر عملکرد سیستم دارد و بطور مثال افزایش COD از $3000\ mgl^{-1}$ به $6000\ mgl^{-1}$ باعث ۲۸٪ افت در عملکرد سیستم می شود. فاکتور مهم دیگر هوادهی می باشد که مقدار بهینه آن ۱۵۰rpm تعیین شد و افزایش آن تا ۲۰۰ rpm تأثیر خیلی کمی بر فعالیت میکروبی دارد که به صرفه نیست.

شیمیایی و قیمت رو به تزاید آنها، مجدداً استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی مطرح شده است. در این مقاله سعی شده است ضمن مرور اثرات احتمالی نامطلوب مصرف کودهای شیمیایی، مزایای مصرف کودهای بیولوژیک بیان شود.

کلمات کلیدی: پساب لبنیات، بهینه سازی، لجن فعال، تصفیه

مقدمه

سیستم لجن فعال به علت تکنولوژی ساده ای که دارد به طور رایجی در تصفیه پساب های صنعتی بکار گرفته می شود. در مورد صنایع لبنیات نیز سیستم لجن فعال به تنهایی یا به همراه یک سیستم بی هوازی (مثل UASB)مورد استفاده قرار می گیرد. پساب های صنایع لبینات حاوی مقادیر بالای BOD و COD و نیز مقادیر قابل توجهی از چربی ها، پروتئین ها و مواد قندی می باشندکه بسته به تولیدات کارخانه محدوده وسیعی را شامل می شود و درصد این عوامل نیز متفاوت است که در جدول(۱) آورده شده است. با توجه به اینکه قابلیت سیستم لجن فعال در تصفیه این پساب لبنیات خیلی خوب و با صرفه اقتصادی نیست، میزان هزینه و سرمایه گذاری لازم برای این کار تا به امروز در کشورمان باچالشی جدی مواجه نشده است. در این پروژه برای بهینه سازی سیستم لجن فعال، ابتدا پارامتر های اساسی تعیین و سپس تأثیر هر یک از این پارامتر ها بر عملکرد سیستم تصفیه مورد بررسی قرار گرفت. برای این کار از لجن سنتزی که توسط همین گروه در یک پروژه دیگر تهیه شده بود[۱] استفاده گردید . همانطور که گفته شد فاکتورهای مختلفی بر عملکرد سیستم لجن فعال تأثیر می گذارند. لذا بررسی نحوه تأثیر این پارامتر ها بر روی سیستم تصفیه و تعیین شرایط بهینه برای هر کدام از آنها مسئله مهمی است که عملکرد سیستم را بشدت تحت تأثیر قرار می دهد. تعداد این پارامتر ها زیاد است. مهم ترین این پارامتر ها عبارتند از:[۲] و [۳] و [۴]

۱- pH ۲-دما ۳-میزان باردهی پساب ۴- هوادهی

جدول۱- مشخصات پساب های صنایع لبنیاتی[۲]،[۳]،[۴]

BOD	۲۰۰۰ -۱۰۰۰۰ mg/lit
COD	۲۵۰۰ -۱۲۰۰۰ mg/lit
Fats	۱۵۰ -۹۰۰ mg/lit
Proteins	۶۰۰ - ۳۵۰۰ mg/lit
Carbohydrates	۱۰۰۰ - ۷۰۰۰ mg/lit
pH	۲-۱۲

بعد از اینکه در یک پروژه دیگر [۱] توانستیم با روش افزایش بیولوژیکی، سلکتیویته لجن را بالا برده و کیفیت لجن را افزایش دهیم اینک برای اینکه باز هم بتوانیم به درصدهای بالایی از حذف مواد آلی برسیم در مورد لجن سنتزی تهیه شده از میکروب های انتخاب شده ، بهترین شرایط حذف COD را با تغییر هر یک از پارامتر های فوق مورد بررسی قرار داده و بدین ترتیب شرایط بهینه را برای هر کدام از عوامل فوق تعیین می کنیم. البته در ابتدای برای شروع کار چون نمی توان این پارامتر ها را یکجا بررسی کرد لذا به غیر از یک مورد، بقیه پارامتر ها را در یک شرایط معقول و متداول تثبیت کرده و یا در مورد هر کدام اگر کاری قبلاً انجام گرفته، از نتایج حاصله ایشان استفاده شده و بعد از تعیین بقیه پارامترها دوباره شرایط بهینه سازی روی پارامتر های مذکور نیز انجام گرفته تا از صحت کار های انجام شده و داده های گزارش شده اطمینان حاصل شود.

مواد و روش های به کار رفته

تهیه لجن

برای انجام آزمایشات از لجن سنتزی که کیفیت بسیار بالایی نسبت به لجن فعال متداول در کارخانجات دارد و توسط همین گروه در یک پروژه دیگر کار شده بود استفاده گردید. که در آن یکسری میکروب هایی شناسایی شدند که که هضم پساب را با کیفیت بالایی انجام می دهند. و کار بهینه سازی روی همین لجن انجام گرفت. که مشخصات این میکروب ها در جدول(۲) آورده شده است .

تهیه پساب سنتزی

برای تهیه پساب سنتزی از مخلوط آب و شیر خشک استفاده گردید که نسبتی آب به شیر خشک تعیین کننده COD پساب می باشد و pH آن نیز توسط سود تنظیم شد.

جدول۲- مشخصات میکروب های لجن فعال سنتزی[۱]

نام میکروب	شکل ظاهری	خلوص	گرم	محیط کشت ختصاصی
BP3	باسیلهای از نوع خاص که بعضی ها انحنا دارند	خوب	مثبت	P.Count Agar
BP4	کوکسی های درشت تر از BM1	خوب	منفی	P.Count Agar

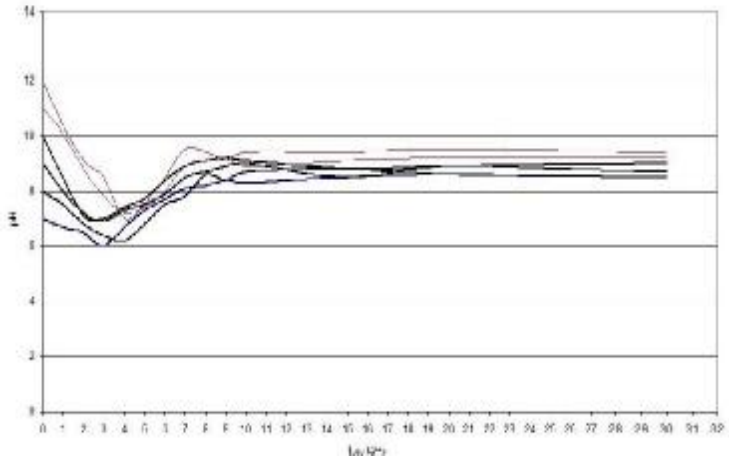
نتایج و بحث

بررسی تأثیر pH بر سیستم تصفیه

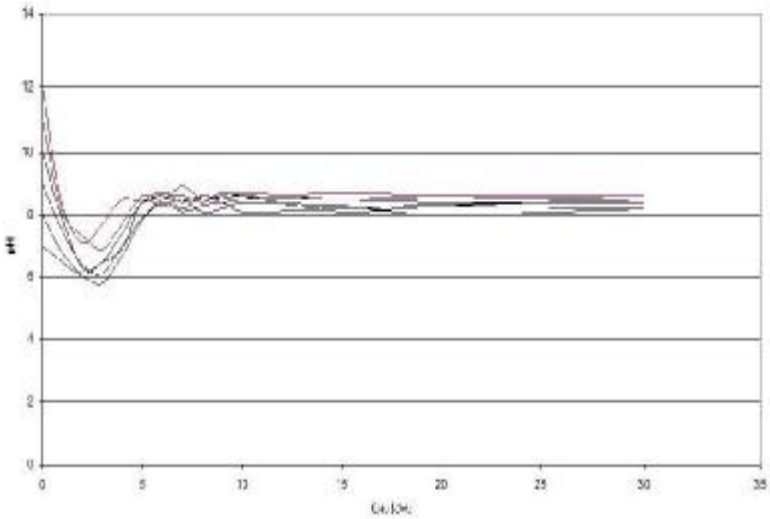
یکی از عوامل مؤثر در نحوه عملکرد سیستم تصفیه لجن فعال pH فاضلاب ورودی به سیستم می باشد. پساب صنایع لبنی به علت ترکیب شدن با آب شستشوی کارخانه که آکنده از مواد شوینده قلیایی هست همیشه دارای pH قلیایی ۱۱/۵- ۱۱ می باشد. که مطابق بررسی های انجام گرفته برای فعالیت میکروارگانیسم های تصفیه کننده پساب لبنیات مناسب است. البته این pH در طول زمان تصفیه دست خوش تغییرات زیادی می شود و در نهایت در مقدار ۹-۸ ثابت می شود و این قلیایی بودن اولیه پساب تأثیر مثبت ولی کمی در تسریع عملکرد سیستم تصفیه دارد**[۵]**. البته F. Carta در بررسی های خود به این نتیجه رسید که فرایند نیتریفیکیشن، در pHهای پایین تر، بالاترین میزان را داراست. و میزان نیترات تولید شده در این شرایط بیشترین است. همچنین pH بر روی حلالیت کلسیم و فسفات رسوب شده و نیز تعادل مونوفسفات و مونواسیدفسفات تأثیر می گذارد. وی هم چنین در بررسی های خود نتیجه می گیرد که pH معادل ۱۱/۵ بهترین pH برای فاضلاب ورودی می باشد. زیرا در این شرایط بدون استفاده از اسید برای خنثی سازی، راندمان خوبی از کاهش مواد آلی مشاهده شد. هم چنین در این pH ماگزیموم فرایند آمین زدایی مواد آلی طبق رابطه (۱) بوسیله هیدرولیز قلیایی پروتئین ها اتفاق می افتد.**[۵]**

$$NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO^- \rightarrow N_2O \rightarrow N_2 \qquad (۱)$$

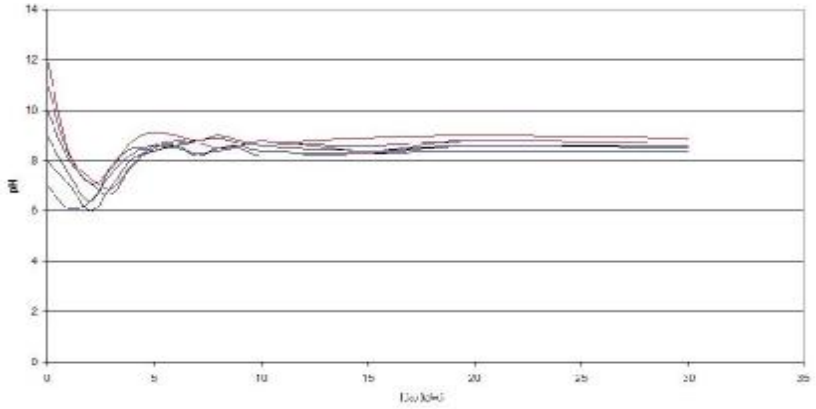
برای انجام آزمایشات بهینه سازی pH نمونه های مربوط با شرایط اولیه COD برابر mgl^{-1} ۳۰۰۰ و pHهای قلیایی مختلف تهیه گردید. و بعد از تلقیح میکرب های انتخاب شده در شیکر انکوباتور با دمای ۳۰ درجه و هوادهی 150rpm قرار داده شد تا در زمان های مختلف از آنها تست COD و pH بعمل آید.



شکل۱- بررسی تغییرات pH در طول فرایند تصفیه در لجن تهیه شده از میکروب ۱ در pH های اولیه مختلف

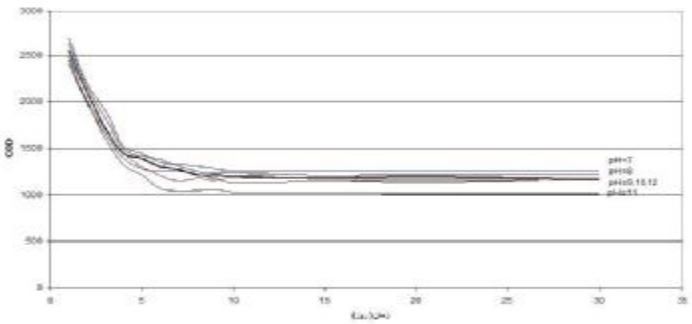


شکل۲- بررسی تغییرات pH در طول فرایند تصفیه در لجن تهیه شده از میکروب ۷ در pH های اولیه مختلف

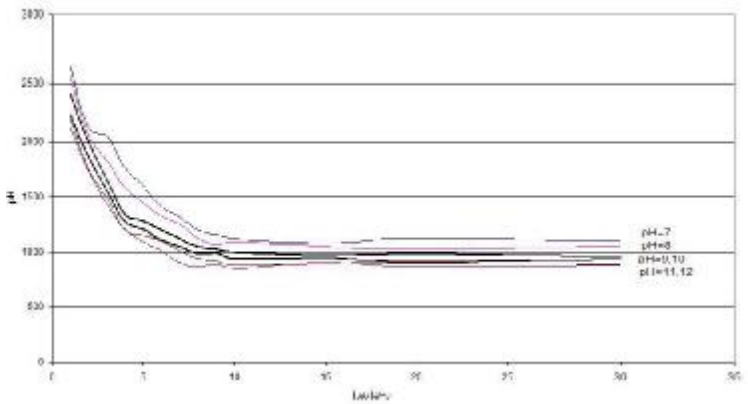


شکل ۳- بررسی تغییرات pH در طول فرایند تصفیه در لجن تهیه شده از میکروب۱۰ در pH های اولیه مختلف

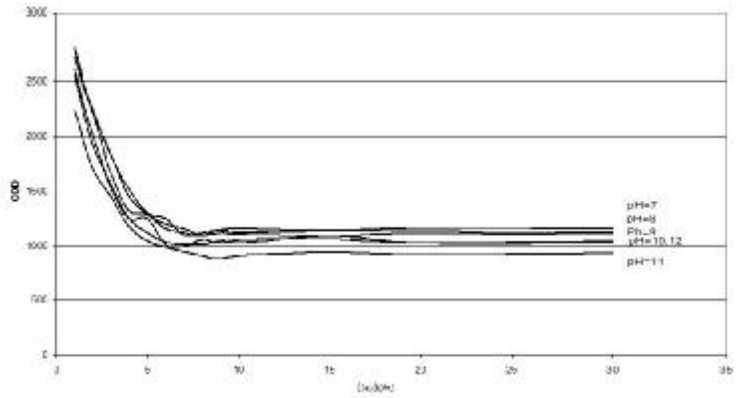
از اشکال(۱)تا (۳) پیداست که در میکروب های ۷و۱۰ ، pH در ۳-۲ روز اول بشدت افت کرده و بمقدار ۷-۶ در نمونه ها میرسد که علت این انر ظهور یکسری اسیدهای آلی حاصل از تجزیه مواد آلی می باشد. ولی در ادامه فرایند به علت تجزیه اسیدهای آلی تشکیل شده pH افزایش یافته و در مقدار ۹/۵-۸/۵ تثبیت می شود. البته همین مکانیزم در مورد میکروب ۱ با کمی تأخیر انجام می شود و pH تا روز ۴ کاهش یافته و به مقدار ۶ میرسد و سپس افزایش یافته و در روز ۹ به مقدار ثابت میرسد.



شکل۴- بررسی تغییرات COD در طول فرایند تصفیه در لجن تهیه شده از میکروب ۱ در pH های اولیه مختلف



شکل۵- بررسی تغییرات COD در طول فرایند تصفیه در لجن تهیه شده از میکروب ۷ در pH های اولیه مختلف



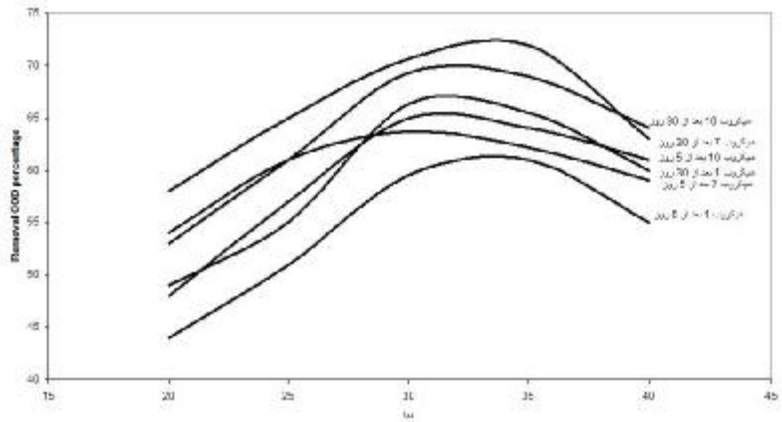
شکل ۶- بررسی تغییرات COD در طول فرایند تصفیه در لجن تهیه شده از میکروب ۱۰ در pH های اولیه مختلف

از اشکال(۴) تا (۶) پیداست که تغییر pH اولیه پساب در صد حذف COD را تا ۱۰٪ در pH برابر ۷در میکروب های ۷و۱۰ و تا ۱۳٪ در میکروب ۱ پایین می آورد. و بهترین مقدار برای pH اولیه پساب برابر ۱۱ می باشد. از مقایسه نمودار های مربوط به pH و COD مشخص می شود که در۳-۲ روز اول فرایند که عمده هضم مواد آلی فاضلاب مخصوصاً مواد قندی صورت می پذیردشاهد افت شدید pH هستیم و در ادامه با تجزیه اسیدهای تولید شده در ۳-۲ روز اول و شروع تجزیه پروتئین ها و چربی ها pH به تدریج افزایش یافته و در بازه ۹/۵- ۸/۵ ثابت می شود و همزمان با اتمام عمل هضم میکروبی مقدار pH نیز تثبیت می شود[۲]و.[۶]

اثرات دما بر عملکرد سیستم تصفیه

دما یکی از پارامتر های مؤثر بر فعالیت میکروبی سیستم می باشد و تغییرات دما باعث کاهش یا افزایش عملکرد سیستم می باشد.[۳]. از طرفی با توجه به اینکه احتمال دارد به دلایل مختلف از جمله تغییر محصولات تولیدی و یا تغییرات فصلی، دمای فاضلاب شاهد تغییراتی باشد که غیر قابل اجتناب است. لذا باید برای این مواقع نیز تدابیری اندیشیده شود و سعی شود که تا حد امکان از پیش گرم کردن یا پیش سرد کردن پساب جلوگیری شود که هزینه زیادی خواهد برد.

برای بررسی همین موضوع ، عملکرد میکروب ها در تصفیه پساب در چند دما مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج زیر بدست آمد:

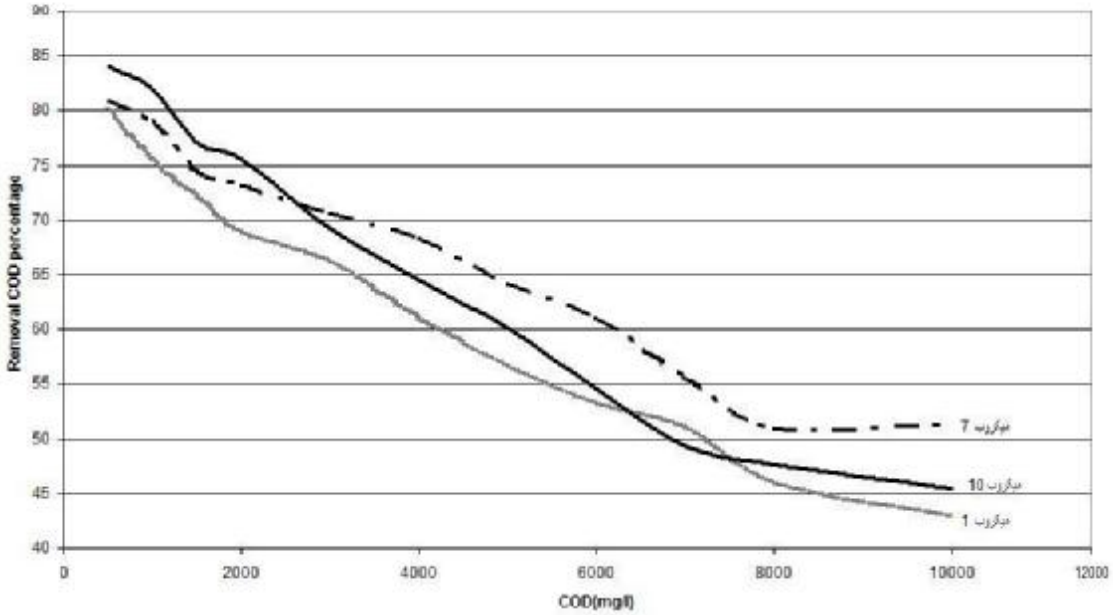


شکل۷- بررسی تغییرات درصد حذف COD_{30} و COD_5در فرایند تصفیه توسط لجن تهیه شده از میکروب های ۱و۷و۱۰

از شکل(۷) نتیجه گرفته می شود که بهترین دما برای عملکرد سیستم بین ۳۵-۳۰ درجه می باشد و همچنین می توان ملاحظه کرد که تأثیر دما بر روی میکروب ۷ کمتر از بقیه می باشد و نشان از این است 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 می رسد که به معنای کاهش ۱۹/۵ درصدی توانایی سیستم است در حالیکه این کاهش برای میکروب های ۱و ۱۰ بترتیب ۲۵و ۲۴/۲ درصد می باشد. پس می تون نتیجه گرفت که این میکروب در سیستم هایی که با تغییرات بیشتر دمایی مواجه است عملکرد بهتری نشان می دهد .

تأثیر میزان COD پساب ورودی بر عملکرد سیستم تصفیه

یکی دیگر از پارامتر های مهم دیگری که بر عملکرد سیستم تصفیه می تواند تأثیر قابل ملاحظه ای داشته باشد میزان بار آلودگی پساب ورودی به سیستم می باشد. از آنجایی که در طول سال به دلایل مختلف از جمله تولید فراورده های مختلف با مقادیر مختلف و ورود و عدم ورود آب شستشو به سیستم و یا تغییر میزان آب شستشو، ترکیب پساب تغییر کند لذا بررسی این مسئله که این تغییرات چه تأثیری بر عملکرد سیستم می گذارد بسیار ضروری می نماید. چه بسا افزایش ناگهانی COD بتواند مثل شوکی سیستم را از کار بیندازد. برای این کار پساب هایی با CODهای مختلف تهیه و با میکروب های انتخاب شده تلقیح گردید تا کاهش بار آلودگی پساب مورد بررسی قرار گیرد.



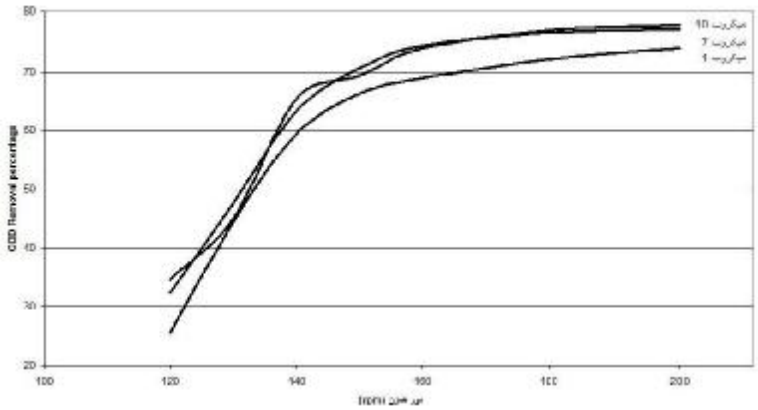
شکل ۸- بررسی تغییرات درصد حذف COD بر حسب باردهی آلودگی پساب در طول فرایند تصفیه با میکروب های ۱و۷و۱۰

از شکل(۸) پیداست که افزایش بار آلودگی پساب باعث کاهش عملکرد سیستم تصفیه می شود و عملکرد سیستم را بشدت تحت تأثیر قرار می دهد. از شکل مشخص است که عملکرد میکروب ۷ در **COD**های بالا بهتر می باشد مقاومت بهتری در مقابل تغییر آلودگی پساب از خود نشان می دهد و کاهش عملکرد آن در تغییر بار آلودگی از ۳۰۰۰ به ۱۰۰۰۰ برابر ۲۷/۳٪ می باشد در حالی که میکروب های ۱و ۱۰ بترتیب ۳۵/۱٪ و ۳۴/۳٪ کاهش عملکرد را دارا هستند. همچنین کاهش بار آلودگی پساب ا ز ۳۰۰۰ به ۵۰۰ نیز باعث بهبود فعالیت میکروبی می شود و مشاهده می شود که در بار آلودگی پایین عملکرد میکروب ۱۰ از همه بهتر بوده و کاهش ۸۴٪ در COD را شاهد هستیم .

هوادهی

یکی دیگر از فاکتور های دیگر مهم و تأثیرگذار بر سیستم تصفیه، میزان هوادهی پساب و نحوه هوادهی است. از آنجائیکه در در سیستم های تصفیه هوازی شرایط برای رشد میکروارگانیسم های هوازی مهیاست برای ایجاد شرایط مناسب رشد این میکروارگانیسم ها، باید عمل هوادهی بطور مطلوبی صورت گیرد. زیرا فعالیت میکروارگانیسم ها کاملاً وابسته به شرایط هوادهی سیستم می باشد و هوادهی نا مناسب لطمات زیادی را به سیستم وارد خواهد کرد. هوادهی توسط تجهیزات مختلفی انجام می گیرد که هزینه این تاسیسات وابسته به نحوه و میزان هوادهی است و همواره هوادهی یک فاکتور مهم در بررسی هزینه های یک واحد تصفیه است. برای بررسی این پارامتر نمونه های فاضلاب با بار آلودگی mgl^{-1} ۳۰۰۰ و دمای ۳۲ درجه تهیه و بعد از تلقیح میکروبی در شیکر انکوباتور با دور های مختلف قرار داده شد. از شکل(۹) پیداست که افزایش هوادهی تأثیر مثبت بر عملکرد سیستم داراست ولی این تأثیر بعد از دور ۱۶۰ خیلی کمتر می شود. در حقیقت منحنی از

دو قسمت تشکیل شده است. قسمت اول از دور ۱۲۰ تا ۱۶۰ می باشد که شیب منحی تند است و نشان می دهد که تأثیر هوادهی بر حذف آلودگی سیستم بسیار قابل ملاحظه می باشد. قسمت بعدی نمودار از دور ۱۶۰ به بعد است که افزلیش در صد حذف COD ناچیز است و لذا از نظر اقتصادی مطمئناً مقرون به صرفه نخواهد بود. بنابراین هوادهی ۱۶۰-۱۵۰ بهترین شرایط هوادهی سیستم می باشد.



شکل ۹- بررسی تغییراتدر صد حذف COD پساب بر حسب میزان هوادهی سیستم تصفیه

نتیجه گیری

با توجه به بهینه سازی شرایط عملکرد میکروارگانیسم های بومی خو گرفته با پساب های صنایع لبنیاتی، می توان انتظار داشت استفاده از این نوع میکروارگانیسم ها در سیستم های تصفیه لجن فعال، بنحوی که بر مخلوط میکروب های لجن فعال غالب شوند راندمان سیستم را بالا ببرد و می تواند باعث کاهش حجم سیستم تصفیه و کاهش هزینه ها گردد. پیاده کردن این مسئله در پایلوت صنعتی، موضوع تحقیقات بعدی می باشد .

منابع و مراجع

۱. صمدی اکبر،مقصودی ویدا، یغمایی سهیلا، استفاده از روش افزایش بیولوژیک در تصفیه پساب کارخانجات لبنیات، ارائه شده به نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، دانشگاه علم و صنعت، آذر ۱۳۸۳

2. G. Vidal, A. Carvalho, R. Mendez, J.M. Lema, “Influence of the Content in Fats and Proteins on the Anaerobic Biodegradability of Dairy Wastewaters”, Bioresource Technology,Vol. 74, 2000, pp. 231-239.

3. T. Viraraghavan, S. R. Kikkeri, “Effect of Temperature on Anaerobic Filter Treatment of Dairy Wastewater”, Wat. Sci. Tech., 1999, Vol. 22, No.9, pp. 191-198.

4. P. Alavez-Mateos, J.Pereda-Marin, F. Carta-Escobar, M. M. Duran-Barrantes and E. Guillen-Jimenez, “ Influence of the Inocolum and Initial pH on Dairy Effluent Biodegradation and Mineralization” , Chem. Biochem. Eng. Q. , 2000, Vol. 14, No.3, pp. 101-106.

5. F. Carta-Escobar, J. Pereda-Mar´ýn, P. Álvarez-Mateos., F. Romero-Guzmán,M.M. Durán-Barrantes, F. Barriga-Mateos, “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 ,2004, Article in press.

6. E. Guillen Jimenez, P. Alvarez-Mateos*M, F. Romero-Guzman and J. Pereda-Marin,” Bio-Mineralization of Organic Matter in Dairy Wastewater, as Affected by pH. The evolution of ammonium and phosphates”, Wat. Res., Vol. 34, No. 4, 2000, pp. 1215-1224.