

بازیافت آب (تصفیه پساب صنایع لبنی)

- شناخت صنایع غذایی
- خط تولید محصولات لبنی
- کیفیت پساب
- روش های تصفیه و بازیافت پساب
- جوانب اقتصادی

نشریه شماره ۳۰، بهار ۱۳۷۴



پیشگفتار

گسترش روزافزون جمعیت، همراه با رشد صنعتی و اقتصادی، معضلات بسیاری برای زندگی انسان معاصر به ارمغان آورده است. یکی از مشکلات عمده موجود، مسئله پسابهای ناشی از فعالیتهای صنعتی و دفع و تخلیه غیربهداشتی آنها می باشد.

در گذشته، دفع این آلودگیها به طبیعت واگذار می گردید اما بتدریج با توجه به کمیت و کیفیت آنها، لزوم یافتن راه حلهایی جهت سالم سازی آب به منظور کاهش آلودگی محیط زیست و جلوگیری از انتشار بیماریها و همچنین امکان استفاده مجدد از فاضلابهای صنعتی که از حجم زیادی نیز برخوردار هستند، جهت تأمین آب موردنیاز مصارف مختلف، ضروری بنظر رسید. توجه به این امر، بخصوص در کشور ما، می تواند بسیاری از مشکلات کمبودهای آب را مرتفع سازد.

لذا با جدا نمودن مواد ناخالص از فاضلابها و پسابهای حاصل از صنایع، می توان آب را برای مصارف مختلف، مطابق با استانداردهای تعیین شده، تصفیه نموده و ناخالصیهای آنرا تا حد مجاز تقلیل داد.

در میان آلودگیهای حاصل از پساب صنایع مختلف، صنایع غذایی، بدلیل رابطه مستقیم بامصرف کنندگان و استقرار در مناطق مسکونی و یا نقاط همجوار اجتماعات شهری، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار بوده و قابل لمس تر می باشد.

بدیهی است که توانایی صنایع غذایی، جهت تولید مداوم يك ماده غذایی سالم برای مصرف عموم، بطور وسیعی به فرآیندها و دستگاههای مورد استفاده در کلیه مراحل حمل و نقل، تولید و توزیع بستگی دارد. لذا پسابهای خروجی در شاخه های مختلف تولید این صنایع، از تنوع زیادی برخوردار بوده و تخلیه آنها به منابع پذیرنده، بسیار پیچیده خواهد بود.

در این راستا، هدف از تهیه و تدوین این مقاله، تحقیق درخصوص فرآیند سیستم تولید در انواع گسترده این صنایع و تاکید بر صنایع لبنی و همچنین بررسی کمیت و کیفیت پساب خروجی، منابع پذیرنده، منابع تولید پساب و بالاخره ارائه روشهای مناسب جهت تصفیه پساب این صنایع می باشد.

امید که رهنمودها و رهیافتهای پیشنهادی این مهندسين مشاور، بتواند در امر حفاظت و سالم سازی محیط زیست شهری و مدیریت بهینه منابع آب موجود، موثر و مفید واقع شود.

سعید شهیدی

مدیر بخش تحقیقات و مطالعات

۱- شناخت صنایع غذایی

کارخانجات صنایع غذایی شامل صنایع قندسازی، نوشابه سازی، صنایع لبنی (فرآورده های دامی)، صنایع گوشت (کشتارگاه های گاو، گوسفند و مرغ)، تهیه کالباس و سوسیس، شیلات، کارخانه های آردسازی، روغن نباتی، نشاسته سازی، کنسرو سازی و نگهداری سبزیجات، کمپوت سازی و تهیه ترشی و خیارشور می باشد.

آلودگی های حائز اهمیت پساب صنایع غذایی، مشتمل بر موارد زیر است:

۱- آلودگی بیولوژیکی:

الف: بدلیل تخلیه مواد آلی مغذی و بالارفتن میزان BOD فاضلاب، اکسیژن منابع آب، مصرف شده و میکروارگانیسمها بی هوازی در چنین محیطی رشد نموده و باعث ایجاد بوی نامطبوع ناشی از هیدروژن سولفور، متان و آمونیاک، و نیز رنگ تیره آب می گردد.

ب: بالابودن میزان COD بدلیل مصارف مواد شیمیایی در صنایع غذایی نظیر صنایع قند و نوشابه سازی و وجود آنها در فاضلاب، باعث مصرف اکسیژن محلول در آب و از بین رفتن شرایط مطلوب زیستی آبزیان می گردد.

۲- آلودگی فیزیکی: شامل ازدیاد مواد معلق حاصل از شستشوی میوه،

سبزی و سایر مواد خوراکی

۳- افزایش کدورت منابع آب

۴- چربی و روغن در صنایع گوشت، که موجب ازدیاد بار آلودگی و رشد میکروبهایی بیماریزا در محیطهای آبی می گردند.

۲- صنایع لبنی

یکی از مهمترین بخشهای صنایع مواد غذایی، صنایع لبنی می باشد که فرآورده های متنوع آن بطور گسترده، مورد استفاده مستقیم انسانی قرار دارد و با توجه به رشد روزافزون جمعیت و در نتیجه نیاز بیشتر به وجود این صنایع، کارخانجات تولیدی محصولات آن، بصورتی فزاینده در حال توسعه می باشند.

صنایع لبنی، بطور کلی به فرآورده های متنوعی نظیر شیر پاستوریزه، پنیر، خامه، کره، ماست و ... اطلاق می شود که طی فرآیندهای متفاوتی در چرخه تولید، از شیر خام تهیه شده و پس از طی مراحل و آزمایشات مختلف میکروبیولوژیکی، در دسترس عموم قرار می گیرد.

طبیعتاً پساب خروجی حاصل از فعل و انفعالات این صنایع نیز، بدلیل وفور مواد غذایی و آلودگی بالا، مخاطراتی از جهت زیست محیطی به همراه داشته که این موارد، مورد بحث این مطالعه و تحقیق خواهد بود.

۲-۱: انواع تولیدات

شیر خام، پس از ورود به کارخانه، بلافاصله توسط تستهای

میکروبیولوژیکی، از نظر کیفیت، بررسی و آزمایش شده و در صورت تایید، تحت مراحل و فرآیندهای تهیه و عمل آوری قرار می گیرد.

تهیه یا عمل آوردن شیر، بطور کلی شامل مراحل پاکسازی (سالم سازی)، گرمادهی (پاستوریزاسیون)، هموژنیزاسیون و سپس دوباره سردکردن شیر در مخازن مجهز به دستگاه سردکننده می باشد که این فرآیندها، طی اصول و مقرراتی صورت می گیرد.

از آنجایی که پاکسازی و گذراندن شیر از صافی، در دامداریها از طریق ورقه های توری صورت می پذیرد و این عمل، فقط تکه ها و ناخالصیهای درشت را جدا می کند، لذا در کارخانجات لبنی از طریق سانتریفوژ، پاکسازی ظروف شیر انجام می شود که حین انجام این عمل شیر به دو بخش غلیظ و رقیق جدا می گردد. پس از آن عملیات هموژنیزاسیون در شیر صورت می گیرد که طی آن در حرارت ۷۰ - ۵۰ درجه سانتیگراد تحت فشار شدید، شیر از يك نازل ظریف، گذرانده می شود و در نتیجه، گلوله های چربی چنان ریز و هموژنیزه می شوند که دیگر به آسانی به سرشیر، تبدیل نمی شوند.

جهت سالم سازی شیر، از روشهای حرارتی، بخصوص پاستوریزاسیون و سترون کردن، استفاده می شود. در کارخانجات و صنایع لبنی، شیرپرچرب، کم چرب، بدون چربی و همچنین خامه، حرارت داده می شوند و میزان مواد خشك آن، یا از راه تبخیر و یا با اضافه کردن محصولات شیر، متعادل شده و فرآورده های متنوعی نظیر کره، پنیر،

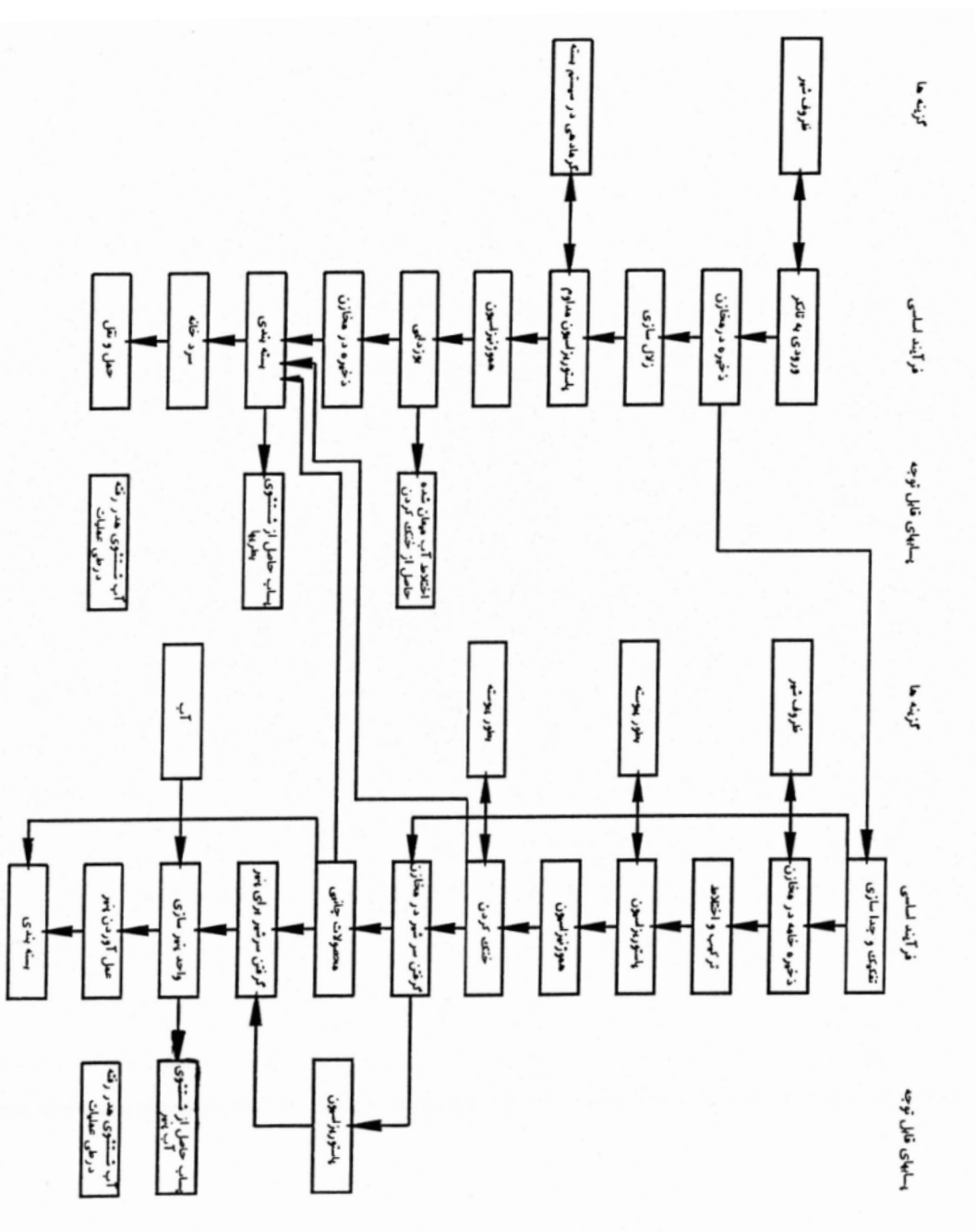
خامه، ماست، شیر کنسرو و شیرخشك تولید می‌گردد.

۱-۱-۲: خط تولید پنیر

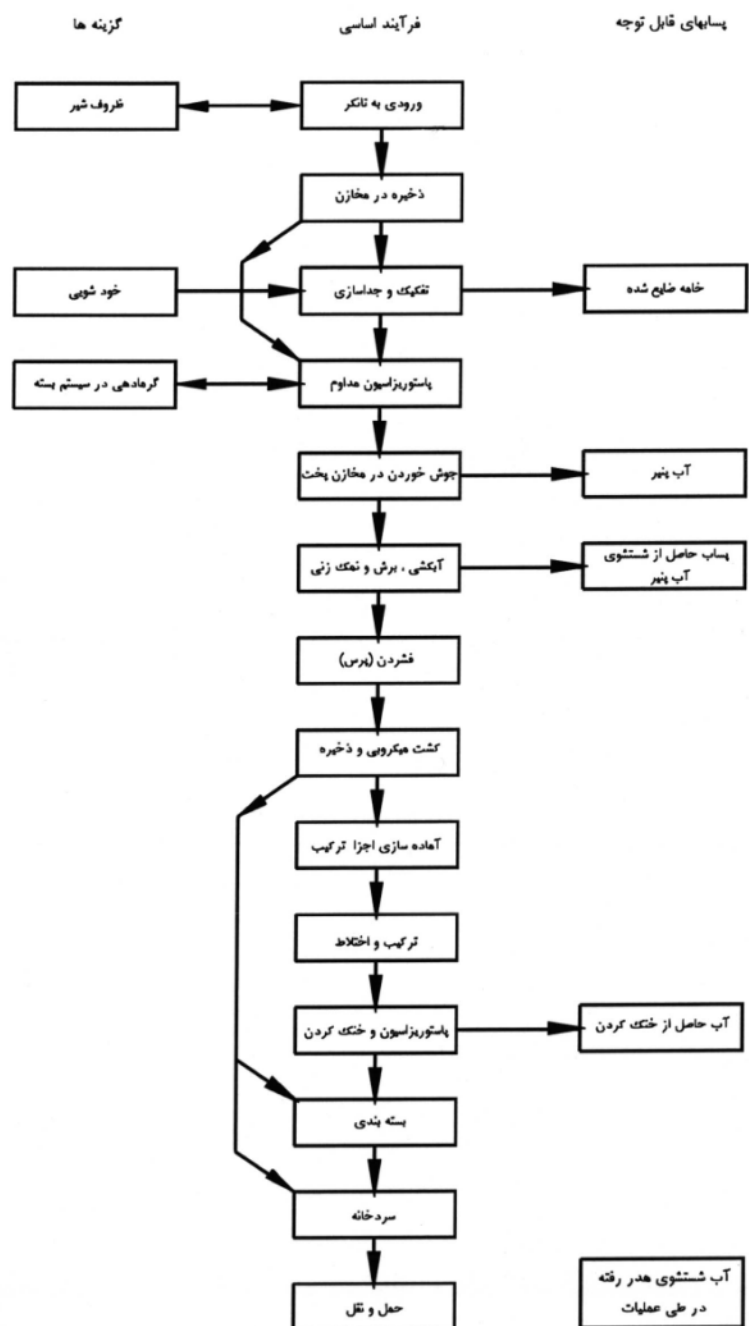
ابتدا شیر خام پس از دریافت در مخازنی خاص، نگهداری شده و پس از انجام عملیات تصفیه فیزیکی لازم، بمدت ۱۵ ثانیه تا حرارت ۷۲ درجه سانتیگراد گرم می‌گردد. سپس شیر گرم شده تا حرارت ۳۴ درجه سانتیگراد سرد شده و در این هنگام مواد افزودنی نظیر کلرورکلسیم، مایه ماست و مایه پنیر به شیر اضافه می‌شود، در نتیجه لخته‌های پنیر تولید می‌شود که این لخته‌ها پس از جداسدن از آب موجود در محیط، پرس و قالب‌بندی می‌گردند، قالبهای پنیر حاصل جهت حفاظت، بمدت طولانی در آب پنیر قرار داده شده و پس از بسته‌بندی، جهت مصرف در سردخانه نگهداری می‌گردد.

آب پنیر تولیدی در این فرآینده، حاوی مقادیر زیادی مواد غذایی است و لذا جهت کاهش مقدار فاضلاب تولیدی و در نتیجه کاهش هزینه‌های تاسیس تصفیه‌خانه و همچنین تقلیل هزینه‌های جانبی کارخانه، توصیه می‌گردد که با عمل تغلیظ و خشك کردن آب پنیر، محصولات جانبی نظیر پودر پنیر، لاکتوز، خوراك دام و ... از این پساب، بازیافت شود.

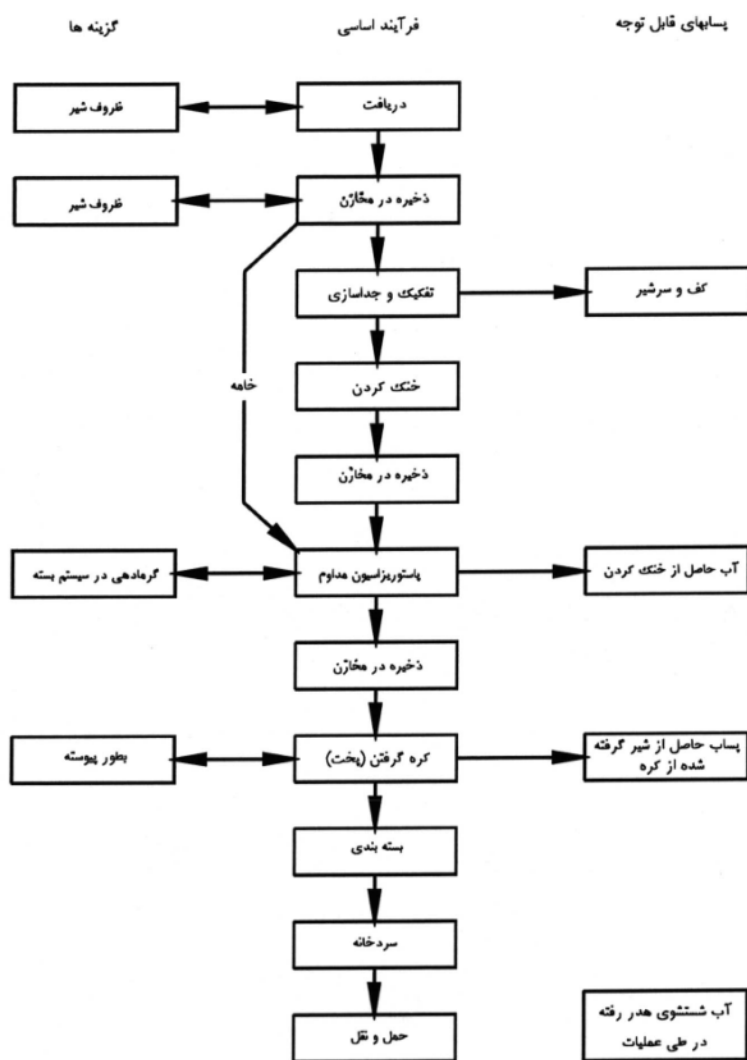
لازم به ذکر است که آب پنیر فوق، بعلت دارا بودن مقادیر قابل توجهی مواد غذایی، در صورت تخلیه به منابع پذیرنده محیط زیست، آلاینده بوده و باید قبل از تخلیه، حتماً مورد تصفیه قرار گیرد.



شکل ۱- فناوریات مراحل آماده سازی شیر



شکل ۲- فلوچارت مراحل تهیه پنیر



شکل ۳- فلوچارت مراحل تهیه کره

۲-۱-۲: خط تولید خامه و کره

در این فرآیند نیز، همانند فرآیند فوق، شیرخام پس از دریافت، در مخازنی خاص، نگهداری شده و پس از انجام عملیات تصفیه فیزیکی، تا حرارت ۵۰ درجه سانتیگراد گرم می‌گردد. سپس شیر گرم شده، از دستگاه خامه‌گیر عبور کرده و خامه آن از شیر جدا می‌گردد. خامه حاصل تا حرارت ۸۰ درجه سانتیگراد، حرارت داده شده و پاستوریزه می‌گردد. سپس قسمتی از این خامه پس از بسته‌بندی، جهت عرضه به بازار مصرف، در سردخانه نگهداری می‌شود و قسمت دیگر جهت تولید کره به دستگاه کره‌گیر فرستاده شده و پس از انجام عملیات لازم، کره حاصل، بسته‌بندی و جهت مصرف به سردخانه هدایت می‌گردد.

۲-۲: مواد اولیه

صنعت شیر در ایران بصورتیکه شیر در دامداریهای مجتمع با سیستم صحیح تولید و در کارخانجات و واحدهای تبدیلی مدرن، بصورت پاستوریزه و فراورده‌های شیری سالم تهیه گردد، از قدمت زیادی برخوردار نیست که البته این تکنولوژی و پیشرفت، با طیف گسترده مواد اولیه مصرفی در این صنعت، ارتباطی تنگاتنگ دارد.

بطور کلی مواد اولیه کارخانجات شیر پاستوریزه را می‌توان در چهارگروه طبقه‌بندی کرد:

۱- مواد عمده مصرفی: شامل شیر خام، شیر خشک، کره و روغن کره

۲- مواد غیر عمده مصرفی: شامل شکر، کاکائو، مایه پنیر، مایه ماست، نمک طعام، اسانسها، استابیلایزرها (مواد تثبیت کننده)، و امولسی فایرها (مواد معلق کننده)

۳- ظروف و مواد بسته بندی: شامل انواع مختلف پاکتهای شیر، کیسه های پلاستیکی شیر، گرانول پلی اتیلن جهت تهیه بطریهای پلاستیکی، نوار پلی استیرن، انواع کارتن ها، سبدهای پلاستیکی، انواع نوار آلومینیومی جهت بسته بندی کره، درب شیشه ها، انواع قاشق های چوبی و پلاستیکی

۴- مواد شیمیایی مصرفی: شامل انواع مواد شیمیائی مورد مصرف در شستشوی دستگاهها و ماشین آلات، کف سالن ها و همچنین نیازهای آزمایشگاههای کارخانجات شیر پاستوریزه

۲-۳: منابع و مقادیر تولید پساب

کل پساب تولیدی در صنایع لبنی، از دو منبع عمده تولید می گردد که عبارتند از: فاضلاب صنعتی و فاضلاب انسانی

۱) فاضلاب صنعتی صنایع لبنی که خود مشتمل بر ۴ گروه پساب می باشد:
الف) فاضلاب صنعتی حاصل از کندانسورها، پاستوریزورها و خنک کننده ها که بعلت فقدان مواد آلی، عدم آلودگی خاص و ثابت بودن کیفیت

شیمیایی، می‌تواند از سایر فاضلابها جدا گردد و بدون هیچگونه عملیات تصفیه، ضمن اختلاط با فاضلاب تصفیه شده خروجی به منابع پذیرنده، دفع گردد. تنها آلودگی این پساب، آلودگی حرارتی آن می‌باشد که ناشی از تغییرات و نوسانات حرارتی آن می‌باشد. مقدار این فاضلاب، تقریباً ۲۵-۳۰ درصد از کل آب مصرفی روزانه می‌باشد و بنا به‌لذات ذکر شده، نقشی در طراحی سیستمهای تصفیه پساب صنایع لبنی ندارد.

ب) پساب حاصل از فعالیت و عملکرد دستگاههای خط تولید که یا بصورت دائم در اثر فعالیت دستگاهها و یا بصورت اتفاقی و نامنظم در اثر سرریز شدن از دستگاهها، مخازن و خمره‌ها تولید می‌گردد. بعنوان مثال، در صنعت پنیرسازی، آب پنیر حاصله که حاوی مقدار قابل توجهی اسید لاکتیک، لاکتوز، چربی و مواد معلق غذایی است، یکی از منابع عمده تولید پساب بوده و به‌لذات و فور این مواد غذایی، مقدار اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (BOD) این پساب، بالا می‌باشد و لذا می‌توان آنرا جهت بازیابی، مورد استفاده مجدد قرار داد. مقدار این پساب، به ازای هر کیلوگرم پنیر تولیدی، ۱۰ لیتر می‌باشد.

مثال دیگر در این خصوص، پساب حاصل از فعالیت دستگاه خامه‌گیر و کره‌گیر می‌باشد که حاوی مقادیر زیادی ذرات چربی، مواد معلق، مواد غذایی و... است.

پ) پساب ناشی از شستشوی دستگاهها، مخازن، لوله‌ها، بطریها، خمره‌ها و خط تولید در طی فرآیند و یا پایان هر شیفت کاری و پرت

احتمالی ناشی از مراحل بسته‌بندی محصولات که این پساب، حاوی درصد بالایی چربی، مواد آلی محلول و نامحلول و PH متغیر بعلت استفاده از مواد شیمیایی و سیستم CIP جهت شستشوی دستگاهها و مواد معلق می‌باشد. این پساب، عمده‌ترین پساب تولیدی در این صنایع بوده و بیشترین آلودگی را ایجاد می‌کند.

ت) پساب حاصل از شستشوی کف سالنهای تولید در پایان هر شیفت کاری که محتوی ذرات چربی، مواد آلی محلول و نامحلول، مواد معلق، دترجنت‌ها، کف و سرشیر، شیر بسیار رقیق، آب هدررفته درحین عملیات، شیر جدا شده از کره، آب پنیر و ... می‌باشد که درصدی از فاضلاب کارخانه را تشکیل می‌دهد.

۲) فاضلاب انسانی صنایع لبنی:

این پساب در اثر استفاده از دستشویی‌ها، حمام، آشپزخانه و سایر موارد مصرف انسانی می‌باشد که مقدار آن با توجه به تعداد پرسنل شاغل در این صنایع و مصرف سرانه ایشان، مشخص می‌گردد.

۲-۴: کیفیت پساب

کیفیت پساب این صنایع، بسته به نوع محصولات و فرآورده‌های تولیدی و مواد اولیه مصرفی، متغیر خواهد بود. بنابراین با نمونه‌برداری از فاضلاب خروجی ان صنایع و آنالیز عوامل آلاینده در آنها، می‌توان کیفیت پساب کارخانه موردنظر را بطور دقیق مشخص نمود. ولی

چنانچه کارخانه در دست احداث باشد و سابقه خروج و تخلیه فاضلاب نداشته باشد، در اینصورت با استفاده از اطلاعات حاصل از منابع داخلی و خارجی، می توان کیفیت فاضلاب خروجی را تخمین زده و مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

درخصوص کیفیت عمومی فاضلاب صنایع لبنی کشور و خصوصیات فاضلاب صنایع شیر و محصولات جانبی، به جداول ۱ و ۲ رجوع شود.

جدول شماره ۱: «کیفیت عمومی فاضلاب صنایع لبنی کشور»

مواد و عناصر موجود	صنایع شیر و تولید خامه	صنایع پنیرسازی با سیستم بازیابی آب پنیر	صنایع پنیرسازی بدون سیستم بازیابی آب پنیر
اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (mg/lit) BOD	۲۰۰۰ - ۳۰۰۰	۲۰۰۰ - ۲۵۰۰	۳۰۰۰ - ۳۳۰۰۰
اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (mg/lit) BOD	۲۲۰۰۰ - ۲۴۰۰۰	۲۰۰۰۰ - ۲۱۰۰۰	—
کل ازلت (mg/lit)	۱۳۰ - ۱۴۰	—	—
کل مواد معلق (mg/lit)	۱۴۰۰ - ۱۶۰۰	۱۰۰۰ - ۱۵۰۰	—
مواد معلق ثابت (mg/lit)	۳۷ - ۴۳	۳۰۰ - ۴۵۰	—
مواد معلق فرار (mg/lit)	۱۳۶۰ - ۱۵۶۰	۷۰۰ - ۱۰۵۰	—
چربی و روغن (mg/lit)	۴۰۰ - ۵۰۰	—	—
سورفکتانت (mg/lit)	۱ - ۳	—	—

جدول شماره ۲: خصوصیات کلی فاضلاب صنایع شیر و محصولات جانبی

آب پنیر جدا شده	فاضلاب خط تولید	آب پنیر	فاضلاب کره	فاضلاب خامه	فاضلاب شیر	مواد و عناصر موجود
۵۴۷۷۲	۴۵۱۶	۷۲۰۰۰	۷۷۵۰۰	۸۲۳۰۰	۱۲۵۰۰۰	مواد جامد معلق mg/lit
۴۹۶۱۲	۲۶۹۸	۶۴۰۰۰	۶۸۸۰۰	۷۴۵۰۰	۱۱۷۰۰۰	مواد معلق فرار mg/lit
۵۱۶۰	۱۸۱۸	۸۰۰۰	۸۷۰۰	۷۸۰۰	۸۰۰۰	مواد معلق ثابت mg/lit
—	—	۴۰۰۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰	۳۶۰۰۰	چربی mg/lit
۵۴۶۵۶	۳۹۵۶	—	—	—	—	مواد محلول mg/lit
—	—	۸۰۰۰	۳۶۰۰۰	۳۹۰۰۰	۳۸۰۰۰	پروتئین mg/lit
۱۳۰۰	۷۳/۲	—	—	—	—	نیتروژن آلی mg/lit
۳۱	۶	—	—	—	—	آمونیاک mg/lit
۶۴۸	۸۰۷	—	—	—	—	(mg/lit) Na
۲۵۰	۱۱۲/۵	—	—	—	—	(mg/lit) Ca
۷۸	۲۵	—	—	—	—	(mg/lit) Hg
۱۰۰۰	۱۱۶	—	—	—	—	(mg/lit) K
۴۵۰	۵۹	—	—	—	—	(mg/lit) P
۳۰۱۰۰	۱۸۹۰	۳۲۰۰۰	۶۴۰۰۰	۷۳۰۰۰	۱۰۲۵۰۰	(mg/lit) BOD ₅
—	—	۲۵۹۰۰	۲۸۶۰۰	۳۲۲۰۰	۳۶۷۵۰	اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (mg/lit)

* منبع: «Nemerow, 1971, "Industrial Water Pollution"»

۲-۵: روشهای کنونی دفع پساب

در حال حاضر، پساب اکثر صنایع لبنی، بدون انجام عملیات تصفیه، به منابع آبهای سطحی و زیرزمینی تخلیه می‌گردد که بعلت وجود برخی عوامل آلاینده در آنها و نفوذ به منابع آب موجود، موجبات آلودگی این منابع و اکوسیستم آب را فراهم می‌آورند. زیرا همانطور که ذکر گردید پساب خروجی این صنایع، محتوی درصد بالائی از عناصر و مواد غذایی بوده و لذا محیط مناسبی برای رشد و تکثیر انواع میکروارگانیسمهای بیماریزا است در نتیجه تخلیه و دفع غیربهداشتی آنها به منابع آبهای سطحی و زیرزمینی، مخاطرات زیست محیطی عمده‌ای به‌مراه خواهد داشت.

۳- تصفیه و بازیافت پساب صنایع لبنی

۳-۱: درجه و استاندارد پساب تصفیه شده

درجه تصفیه لازم برای پساب صنایع لبنی جهت تخلیه به منابع پذیرنده پساب، تابع نوع مصرف و چگونگی استفاده از این منابع برای مقاصد مختلف بوده و نیز به توانایی این منابع در جذب و پالایش آلودگیها و تصفیه خود بخودی آنها بستگی دارد.

لازم به توضیح است که بعلت وجود عوامل آلاینده محلول در پساب اینگونه صنایع و همچنین ارتباط مستقیم محصولات و فرآورده های آنها با تغذیه و مصرف انسان، امکان حذف کامل آلودگیها وجود ندارد. در این خصوص، سازمان حفاظت محیط زیست کشور، جهت تعیین مقادیر حداکثر غلظت مجاز مواد آلاینده در فاضلابهای صنعتی برای تخلیه به منابع پذیرنده و مصارف مختلف، اقدام به تهیه استانداردی نموده که بالطبع درجه تصفیه لازم برای پساب صنایع لبنی نیز از این استاندارد، تبعیت دارد.

شرح این استاندارد در جدول شماره ۳، به تفصیل آمده است.

جدول شماره ۳: «استاندارد خروجی پسابهای صنعتی»

مقادیر حداکثر غلظت میزان مجاز مواد آلود کننده در پسابهای صنعتی جهت تخلیه به منابع مختلف پذیرنده*				
شماره	مواد آلوده کننده	تخلیه به آبهای سطحی mg/l	تخلیه به چاه جاذب mg/l	مصارف کشاورزی و آبیاری mg/l
۱	آلومینیم Al	۵	۵	۵
۲	باریم Ba	۵	۱	۱
۳	بریلیوم Be	۰/۱	۱	۰/۵
۴	بورن B	۲	۱	۱
۵	کادمیم Cd	۰/۲	۰/۲	۰/۲
۶	کلسیم Ca	۷۵	-	-
۷	کرم Cr+6	۰/۵	۱	۱
۸	کرم Cr+3	۲	۲	۲
۹	کبالت Co	۱	۱	۰/۰۵
۱۰	مس Cu	۱	۱	۰/۲
۱۱	لیتیم Li	۲/۵	۲/۵	۲/۵
۱۲	منیزیم Mg	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۳	منگنز Mn	۱	۱	۱
۱۴	جیوه Hg	آثار	آثار	آثار
۱۵	مولیبدن Mo	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۱۶	نیکل Ni	۲	۲	۲
۱۷	آهن Fe	۳	۳	۳
۱۸	سرب Pb	۱	۱	۱
۱۹	سلنیم Se	۱	۰/۱	۰/۱
۲۰	نقره Ag	۱	۰/۱	۰/۱

جدول شماره ۳: «استاندارد خروجی پسابهای صنعتی» (ادامه)

مقادیر حداکثر غلظت میزان مجاز مواد آلود کننده در پسابهای صنعتی جهت تخلیه به منابع مختلف پذیرنده*				
شماره	مواد آلوده کننده	تخلیه به آبهای سطحی mg/l	تخلیه به چاه جاذب mg/l	مصارف کشاورزی و آبیاری mg/l
۲۱	روی Zn	۲	۲	۲
۲۲	وانادیم V	۰/۸	۰/۸	۰/۸
۲۳	ارسنیک As	۰/۸	۰/۸	۰/۸
۲۴	فلوراید F	۲/۵	۲	۲
۲۵	مواد رادیواکتیو	.	.	.
۲۶	کلر آزاد Cl	۱	۱	۰/۲
۲۷	کلراید Cl-	۶۰ (تبصره ۱)	۶۰۰ (تبصره ۶)	۶۰۰
۲۸	فسفات (برحسب فسفر) P	۱	۱	-
۲۹	سیانور Cn	۰/۵	۰/۸	۰/۸
۳۰	فنل C6H5OH	۱	آثار	۱
۳۱	فرم آلدهید CH2O	۱	۱	۱
۳۲	نیتروژن آمونیم NH4	۲/۵	۱	-
۳۳	نیتروژن نتریت NO2	۱۰	۱۰	-
۳۴	نیتروژن نترات NO3	۵۰	۱۰	-
۳۵	سولفاتها SO4--	۴۰۰ (تبصره ۲)	۴۰۰ (تبصره ۶)	۵۰۰
۳۶	سولفیتها SO3--	۱	۱	۱
۳۷	سولفاید	۳	۳	۳
۳۸	مجموع مواد معلق جامد	۴۰	-	۱۰۰
۳۹	مواد قابل ته نشینی	.	-	-
۴۰	مجموع مواد محلول	(تبصره ۳)	(تبصره ۶)	-

جدول شماره ۳: «استاندارد خروجی پسابهای صنعتی» (ادامه)

مقادیر حداکثر غلظت میزان مجاز مواد آلود کننده در پسابهای صنعتی جهت تخلیه به منابع مختلف پذیرنده*				
شماره	مواد آلوده کننده	تخلیه به آبهای سطحی mg/l	تخلیه به چاه جاذب mg/l	مصارف کشاورزی و آبیاری mg/l
۴۱	چربی و روغن	۱۰	۱۰	۱۰
۴۲	بی.اودی	۵۰ (تبصره ۴)	۵۰ (تبصره ۴)	۱۰۰ (تبصره ۴)
۴۳	سی.اودی	۱۰۰ (تبصره ۴)	۱۰۰ (تبصره ۴)	۱۰۰ (تبصره ۴)
۴۴	اکسیژن محلول	۲	-	۲
۴۵	مواد شوینده	۱/۵	۰/۵	۰/۵
۴۶	کدورت	۵۰	-	۵۰
۴۷	رنگ	۷۵ واحد رنگ	۷۵ واحد رنگ	۷۵ واحد رنگ
۴۸	درجه حرارت	تبصره ۵	-	-
۴۹	اسیدیت	۸/۵ - ۶/۵	۹ - ۵	۸/۵ - ۶
۵۰	کلیفرم گوارشی	۴۰۰/۱۰۰ ml	۴۰۰/۱۰۰ ml	۴۰۰/۱۰۰ ml
۵۱	بیشترین حد احتمال	۱۰۰۰/۱۰۰ ml	۱۰۰۰/۱۰۰ ml	۱۰۰۰/۱۰۰ ml

* مقادیر اعلام شده مربوط به میانگین مقادیر روزانه می باشد.

تبصره ۱- در صورت ورود به آب شیرین، نباید از ۶۰۰ میلی گرم در لیتر تجاوز کند یا اینکه بیش از ۱۰٪ کلراید آب پذیرنده را به شعاع ۲۰۰ متری افزایش دهد.

تبصره ۲- نباید بیش از ۱۰٪ سولفات آب پذیرنده را به شعاع ۲۰۰ متری افزایش داد.

تبصره ۳- نباید بیش از ۱۰٪ مواد محلول آب پذیرنده را به شعاع ۲۰۰ متری افزایش دهد.

تبصره ۴- کاهش و خروجی نسبت به نمونه مرکب ۲۴ ساعته ورودی نباید از ۹۰٪ کمتر باشد.

تبصره ۵- درجه حرارت باید بمیزانی باشد که بیش از ۳ درجه سانتیگراد به شعاع ۲۰۰ متر از محل ورود آن، درجه حرارت آب پذیرنده را افزایش و یا کاهش ندهد.

تبصره ۶- نباید بیش از ده درصد آب مصرفی باشد.

۲-۳: روشهای تصفیه

روشهای تصفیه پساب صنایع لبنی بطور کلی مشتمل بر دو بخش تصفیه فیزیکی و تصفیه بیولوژیکی می باشند. این روشها با توجه به کیفیت پساب خروجی این صنایع از نقطه نظرمیزان آلودگی، انتخاب شده و بکار می روند. در تصفیه فیزیکی یا مکانیکی، صرفاً با استفاده از عوامل فیزیکی، مراحل نظیر آشغالگیری، دانه گیری، ته نشینی و فیلتراسیون صورت می گیرد و طی آن زائدات جامد درشت و معلق، از پساب جدا می گردد.

در تصفیه بیولوژیکی، از طریق فعالیتهای بیولوژیکی، میکروارگانیسمهای بیماریزا از پساب جدا می شود که طی آن مواد آلی قابل تجزیه توسط میکروارگانیسمها، به مواد معدنی پایدار تبدیل شده و همراه با سلولها، بصورت لخته های بیولوژیکی، ته نشین شده و حذف می گردد.

انواع سیستمهایی که جهت تصفیه بیولوژیکی، متداول میباشند، عبارتند از:

- * صافی چکنده
- * برکه های تثبیت (لاگونها)
- * لجن فعال
- * تصفیه بی هوازی - هوازی

۳-۲-۱: سیستم تصفیه با صافیهای چکنده

در این سیستم، پس از تصفیه مقدماتی (فیزیکی)، فاضلاب توسط پخش کننده‌های دوار، بر روی صافی پخش می‌گردد این صافی که معمولاً دایره‌ای شکل می‌باشد، از يك بستر خرده سنگی یا پلاستیکی که بر روی يك کف شنی قرار گرفته و مجهز به سیستم زهکشی تحتانی بمنظور تخلیه سریع مایع و نفوذ هوا می‌باشد، تشکیل شده است. بر اثر عبور جریان از بستر صافی، يك لایه لجن بر روی سطح سنگها یا مواد پلاستیکی تشکیل می‌گردد که پر از باکتری و موجودات زنده میکروسکوپی است. مواد آلی موجود در فاضلاب، توسط این باکتریها و سایر میکروارگانیسمها، به آب و دی اکسید کربن و همچنین میکروارگانیسمهای جدید تبدیل می‌شود.

با عبور جریان فاضلاب از صافی، تکثیر این موجودات ذره بینی تا زمانی که به اندازه کافی، مواد آلی موجود باشد، ادامه می‌یابد. ازدیاد بیش از حد این میکروارگانیسمها و کمبود مواد غذایی، موجب مرگ آنها شده و بدینوسیله از صافیها خارج می‌شوند و وارد حوضهای ته نشینی نهایی می‌گردند.

بازده این صافیها بر حسب درجه حرارت و شرایط اقلیمی، متفاوت بوده و در مناطق سردسیر، امکان یخبندان سطح صافی وجود دارد که باعث کاهش سرعت عملکرد و فرآیند خواهد شد.

عوامل موثر بر کارایی این سیستم، عبارتند از: نحوه توزیع و پخش فاضلاب، چگونگی تهویه بستر، درجه حرارت و ابعاد خرده سنگهای بستر.

۲-۲-۳: سیستم تصفیه با برکه‌های تثبیت (لاگونها)

برکه‌های تثبیت، بطور کلی استخرهای خاکی بزرگ و کم عمقی هستند که بوسیله عوامل طبیعی (نور خورشید) و استفاده از جلبکها و باکتریها، فاضلاب را تصفیه می کنند. از آنجایی که عمر تصفیه در این سیستم، متکی بر عوامل طبیعی نظیر هوادهی طبیعی بوسیله باد است، لذا به انرژی کمتری نیاز داشته و مقدار لجن تولیدی، بسیار کم است. (البته باستثناء برکه‌های هوادهی، که در آنها هوا بصورت مصنوعی و توسط دستگاههای مکانیکی به فاضلاب داده می شود) برکه‌های تثبیت در شرایط دسترسی و وفور زمین، و همچنین مساعد بودن وضعیت اقلیمی، بعلاوه هزینه نسبتاً پایین عملیات احداث و سادگی در امر نگهداری و بهره برداری، در مقایسه با سایر روشها، مزایای بسیاری دارد.

برکه‌های تثبیت فاضلاب که بنام "استخرهای اکسیداسیون" نامیده می شوند، براساس نوع میکروارگانیسمهای غالب در فعل و انفعالات بیولوژیکی، تداوم شدت جریان، درجه عملیات پیش تصفیه و چگونگی ارتباط واحدهای مشابه، نوع جریان ورودی و شرایط جریان خروجی، بصورت زیر تقسیم بندی می شوند:

- برکه های دوزیستی (هوازی - بی هوازی) یا اختیاری (Facultative Lagoons)

- برکه های هوادهی (Aerated Lagoons)

- برکه‌های هوازی (Aerobic Lagoons)

- برکه‌های بی‌هوازی (Anaerobic Lagoons)

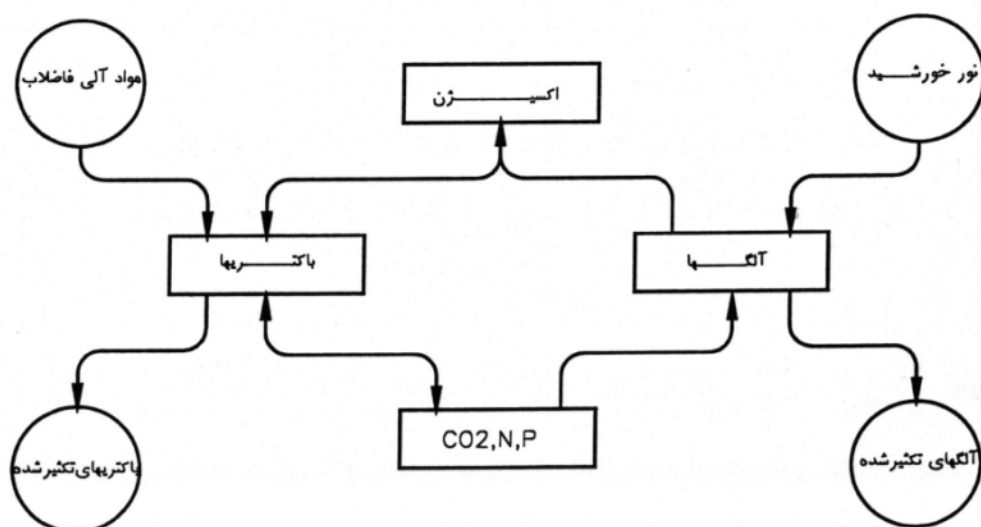
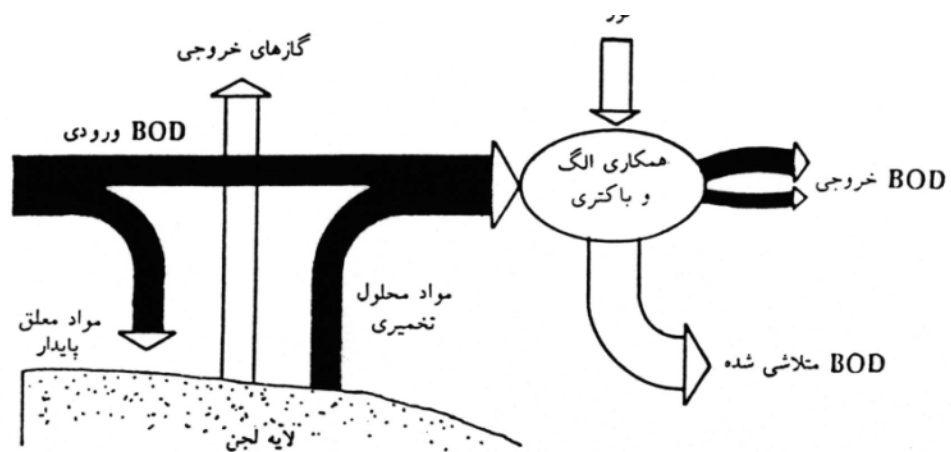
برکه‌های دوزیستی (لاگونهای اختیاری):

متداولترین برکه‌ها، برکه‌های اختیاری هستند که در آنها در بخش فوقانی و میانی، باکتریهای هوازی، فعال می‌باشند و اکسیژن موردنیاز خود را از سطح مایع و نیز از طریق عمل فتوسنتز جلبکها توسط نور خورشید، دریافت می‌کنند. در بخش تحتانی برکه‌ها (منطقه لجن) نیز باکتریهای بی‌هوازی عمل می‌نمایند. به تجربه ثابت شده که در این لاگونها هر چه عمق، کمتر باشد، راندمان حذف BOD بیشتر خواهد بود.

از آنجایی که جذب اشعه خورشید بوسیله جلبکها انجام می‌شود و عمق نفوذ موثر نور خورشید کمتر از یک متر می‌باشد، بنابراین تولید اکسیژن محلول در استخر، نشانگر ماکزیمم اکسیژن حل شده در سطح لاگون و مقدار ناچیزی در عمق آن است. عمق مایع در این لاگونها ۱/۲-۲/۵ متر و زمان ماند، معمولاً بین ۱۸۰ - ۲۵۰ روز متغیر است.

برکه‌های هوادهی:

در این لاگونها، اکسیژن مورد نیاز عمدتاً توسط سیستمهای مکانیکی تامین می‌گردد. این لاگونها، جهت افزایش بار آلی و ازدیاد ظرفیت اکسیژن‌گیری، از تکامل لاگونهای اختیاری، حاصل شده‌اند، عمق این



شکل ۴- فصل و انتقالات بیولوژیکی لاکون اختاری

برکه‌ها ۶-۲ متر و زمان ماند آنها ۱۰-۳ روز برآورد شده است. مزیت عمده این برکه‌ها، نیاز به سطح کمتر است. در این روش، میزان کاهش بارآلودگی، بین ۵۰-۹۰ درصد متغیر می‌باشد که بستگی به زمان هوادهی و میزان مواد مغذی موجود در محیط دارد.

درجه حرارت نیز، اثر بسیار شدیدی در کاهش بارآلودگی خواهد داشت. برای تصفیه بیولوژیکی با سیستم لاگونهای هوادهی، مانند سایر روشهای تصفیه، از حوضهای ته نشینی استفاده می‌شود و میزان اکسیژن لازم جهت حذف هر کیلوگرم BOD، حدود ۱/۶ کیلوگرم خواهد بود.

برکه‌های هوازی:

برکه‌های هوازی که عمق آنها حدود ۳۰ سانتیمتر تا حداکثر ۱/۵ متر می‌باشد، می‌توانند با بیشترین استفاده از نور خورشید و انجام عملیات فتوسنتز، کلیه فعل و انفعالات بیولوژیکی را بصورت هوازی انجام دهند. تنها در لایه بسیار نازکی از لجن که در کف لاگون ته نشین شده، ممکن است فعل و انفعالات، بی‌هوازی باشد. ایده آل‌ترین حالت از نظر اکسیژن محلول این لاگونها، حدود ۳ میلی‌گرم در لیتر است. لاگون هوازی، راندمان نزدیک به ۸۰ درصد در حذف BOD داشته و در شرایطی خاص، ممکن است این راندمان به ۹۰ درصد نیز برسد. میزان تولید سلولهای جدید در تصفیه فاضلاب با این سیستم، ۴۰ تا ۶۰ درصد COD یا BOD حذف شده در لاگون است. زمان ماند این برکه‌ها نیز تا حدود ۱۰ تا ۴۰ روز است.

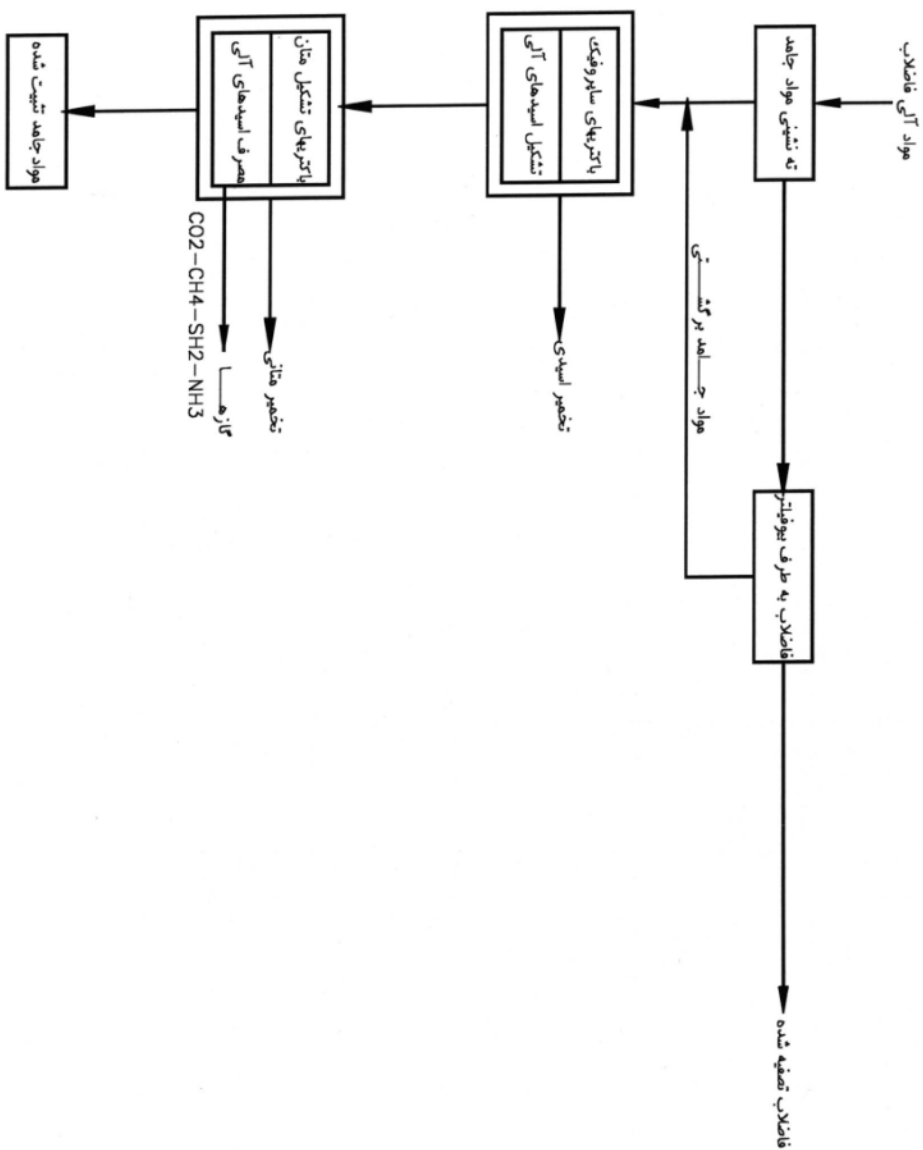
این برکه‌ها بیشتر در شرایط اقلیمی تابش آفتاب زیاد در طول روز بکار گرفته می‌شوند و بدلیل عمق کم آنها، روکش گیری سطوح داخلی استخر، بمنظور جلوگیری از رشد علفهای هرز آبی، الزامی است.

برکه‌های بی‌هوازی:

در برکه‌های بی‌هوازی، عمق مناسب حدود ۵-۲/۵ متر بوده و زمان ماند در آنها ۵-۵۰ روز می‌باشد. فعل و انفعالات عمده‌ای که در این برکه‌ها صورت می‌گیرد، تشکیل اسیدهای آلی و تخمیر متانی است.

این برکه‌ها، معمولاً برای تصفیه فاضلابهای صنعتی و کشاورزی قوی از نقطه نظر مواد آلوده کننده، استفاده می‌شوند و در شرایطی نیز بعنوان پیش تصفیه فاضلابهای صنعتی جهت اختلاط با فاضلاب شهری، بکار می‌روند. میزان حذف BOD در این لاگونها، ۶۰ - ۴۰ درصد است.

پیشنهاد می‌شود که لاگونهای بی‌هوازی، بسته به شرایط محلی از نظر زمین و سطح آبهای زیرزمینی، هر چه ممکن است عمیق باشد زیرا لاگونهای عمیق، سطوح کوچکی را اشغال می‌نمایند که خود مانع از دست رفتن حرارت لاگون و تاثیر باد در اختلاط و بهم خوردگی آن خواهد گردید. عمده ترین عیب این سیستم، تولید بوهای نامطبوع می‌باشد.



شکل ۵- فعل و انفعالات بیولوژیکی در لاکون بی هوازی

۳-۲-۳: سیستم تصفیه با لجن فعال

از آنجایی که در این روش، توده‌ای از میکروارگانیسمهای فعال شده تولید می‌گردد و دائماً تکثیر می‌شوند و بکمک آنها، بصورت هوازی، فاضلاب تثبیت می‌شود، به این روش، روش لجن فعال گویند.

در این سیستم، فاضلاب پس از تصفیه مقدماتی و عبور از مخازن ته‌نشینی مقدماتی (در پاره‌ای موارد، بدون انجام این عمل)، به حوضهای هوادهی وارد می‌شود و طی عمل هوادهی، اکسیژن محلول مورد نیاز در فاضلاب، بوجود آمده و میکروارگانیسمهای موجود، با استفاده از اکسیژن محلول و تغذیه از مواد آلی، رشد و تکثیر می‌یابند. فاضلاب خروجی از حوضهای هوادهی، به حوضهای ته‌نشینی هدایت می‌گردد تا بخشی از میکروارگانیسمها و مواد غیرقابل تجزیه، بصورت لجن ته‌نشین گردد. سپس جهت تسریع در تکثیر میکروارگانیسمها و تجزیه مواد آلی، مقداری از لجن حاصل از حوضهای ته‌نشینی نهایی، مجدداً به حوضهای هوادهی، برگشت داده می‌شود تا با فاضلاب ورودی، مخلوط شود.

این سیستم، خود به انواع مختلف روشهای تصفیه تقسیم می‌شود که عبارتند از: روش متعارف لجن فعال، روش هوادهی تدریجی، روش هوادهی پله‌ای، روش اختلاط کامل، روش هوادهی به لجن برگشتی، روش هوادهی ممتد، و روش نهرهای اکسیداسیون.

خصوصیات کلی این روشها در جدول شماره ۴ آمده است.

جدول شماره ۴: «خصوصیات کلی انواع تصفیه در فرآیند لجن فعال»

ردیف	نوع فرآیند	نحوه عبور جریان	روش هوادهی	درصد حذف BOD	مشخصه سیستم
۱	روش متعارف	جریان منقطع	هوادهی عمقی و مکانیکی	۸۵ - ۹۵	مناسب برای فاضلابهای صنعتی و شهری با بار آلودگی کم
۲	هوادهی تدریجی	جریان منقطع	هوادهی عمقی	۸۵ - ۹۵	استفاده از هوا جهت کاهش تدریجی بار آلی باقیمانده
۳	راکتور از نوع جریان مداوم و اختلاط کامل	جریان مداوم با اختلاط کامل	هوادهی عمقی و مکانیکی	۸۵ - ۹۵	مناسب برای مصارف عمومی
۴	هوادهی پله ای	جریان منقطع	هوادهی عمقی	۸۵ - ۹۵	مناسب برای انواع فاضلابها
۵	هوادهی کوتاه مدت	جریان منقطع	هوادهی عمقی	۶۰ - ۷۵	مناسب برای درجه متوسط تصفیه فاضلاب
۶	تماس و تثبیت	جریان منقطع	هوادهی عمقی و مکانیکی	۸۰ - ۹۰	مناسب برای توسعه سیستمهای موجود در پکیج های تصفیه فاضلاب
۷	هوادهی ممتد	جریان مداوم با اختلاط کامل	هوادهی عمقی و مکانیکی	۷۵ - ۹۵	مناسب برای اجتماعات کوچک و پکیج های تصفیه فاضلاب و پسابهای صنعتی
۸	هوادهی پریار	جریان مداوم با اختلاط کامل	هوادهی مکانیکی	۷۵ - ۹۰	مناسب برای مصارف عمومی با هوادهای توربینی برای انتقال اکسیژن و کنترل اندازه لخته های لجن
۹	فرآیند کراس	جریان منقطع	هوادهی عمقی	۸۵ - ۹۵	مناسب برای فاضلابهای دارای مقادیر کم نیتروژن
۱۰	سیستمهای اکسیژن خالص	جریان مداوم با اختلاط کامل	هوادهی مکانیکی با قدرت انتقال اکسیژن خالص	۸۵ - ۹۵	مناسب برای مصارف عمومی که حجم آنها محدود می باشد.

۳-۲-۴: سیستم تصفیه به روش بی‌هوازی - هوازی

این سیستم، ترکیب و تلفیقی از کلیه روشهای ذکر شده است که امروزه برای تصفیه فاضلابهایی با بار آلودگی بالا، از جمله صنایع لبنی بکار می‌رود. در این روش فاضلاب پس از انجام عملیات تصفیه مقدماتی، وارد تانکهای هوازی شده و بکمک میکروارگانیسمهای بی‌هوازی، بدون نیاز به هیچگونه تجهیزات جانبی، ۶۰-۷۰ درصد بار آلودگی خود را از دست می‌دهد. محصول جانبی این عمل، لجن تولید شده از فعالیت میکروارگانیسمهای بی‌هوازی و گازمتان می‌باشد. در این روش نیازی به تعبیه واحد متعادل سازی و هضم لجن نبوده و این فرآیند در تانک بی‌هوازی، بدلیل زمان بالای ماند فاضلاب در آن، صورت می‌گیرد.

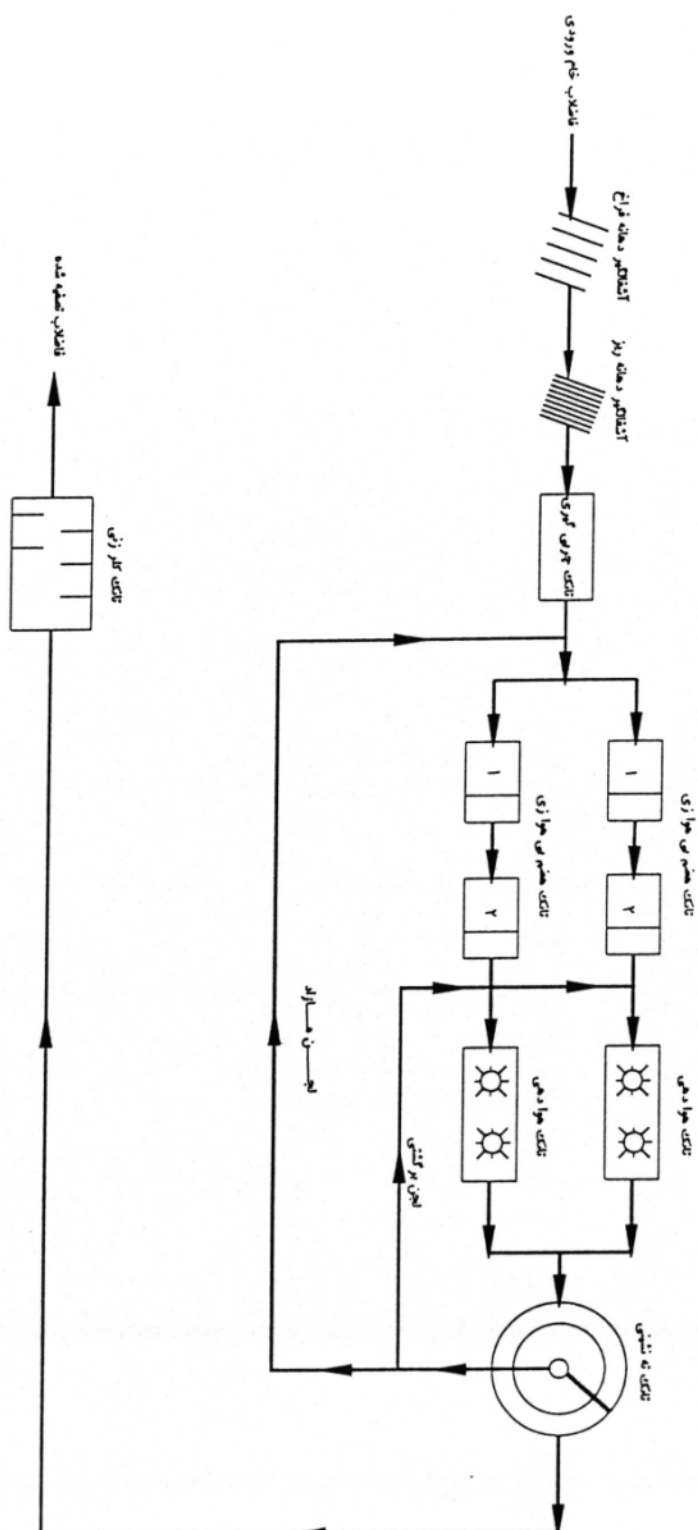
در مرحله بعد، فاضلاب حاصل که دارای بار آلودگی کمتری است، به روش هوازی، کاملاً تصفیه شده و در حد استاندارد قابل قبول در می‌آید.

جهت اطلاع از خصوصیات، ابعاد، تجهیزات و تکنولوژی لازم برای این روش، يك سیستم تصفیه بی‌هوازی - هوازی بصورت فرضی طراحی می‌گردد.

در صورتیکه: (۱) فاضلاب بصورت ثقیلی به تصفیه خانه هدایت شود و نیاز به ایستگاه پمپاژ نباشد.

(۲) سیستم بصورت مدولار ساخته شود تا در مواقعی که دبی فاضلاب کمتر باشد سیستم با نصف ظرفیت عمل نماید.

(۳) فاضلاب تصفیه شده به مصرف کشاورزی برسد.



شکل شماره ۱۰ - شماتیک کلی تصفیه بی هوازی - هوازی پساب صنایع لبنی

- در اینصورت مبانی طراحی عبارتست از:
- دبی فاضلاب روزانه: ۲۰۰ مترمکعب در روز
 - ساعت کاری روزانه: ۱۶ ساعت (دو شیفت کاری)
 - دبی متوسط ساعتی: ۱۲/۵ مترمکعب در ساعت
 - ضریب پیک ساعتی: ۲/۳
 - دبی حداکثر ساعتی: ۲۹ مترمکعب در ساعت
 - غلظت BOD فاضلاب خام: ۲۵۰۰ میلی گرم در لیتر
 - کل بار آلودگی روزانه: ۵۰۰ کیلوگرم در روز
 - غلظت BOD فاضلاب تصفیه شده (استاندارد سازمان محیط زیست): ۲۰ میلی گرم در لیتر
 - غلظت مواد معلق فاضلاب خام: ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر
 - غلظت مواد معلق فاضلاب تصفیه شده (استاندارد سازمان محیط زیست): ۴۰ میلی گرم در لیتر
 - کل مواد معلق روزانه: ۲۰۰ کیلوگرم در روز
- بنابر خصوصیات، کیفیت و مقادیر تولید پساب در صنایع لبنی، واحدهای موردنیاز سیستم تصفیه بی هوازی - هوازی برای این صنایع، عبارتند از:
- ۱- آشغالگیر دهانه فراخ و دهانه ریز
 - ۲- تانک چربی گیری
 - ۳- تانک هضم بی هوازی
 - ۴- تانک هضم هوازی
 - ۵- تانک ته نشینی
 - ۶- ایستگاه برگشت لجن
 - ۷- تانک کلر زنی

* خصوصیات کانال فاضلاب ورودی

- جریان نرمال ساعتی: ۱۲/۵ مترمکعب در ساعت
- جریان حداکثر ساعتی: ۲۹ مترمکعب در ساعت
- سرعت جریان فاضلاب در کانال آشفالگیر: ۰/۶ متر بر ثانیه
- سطح مقطع کانال ورودی: ۱۳۵٪ مترمربع
- عرض کانال ورودی: ۳۰ سانتیمتر
- ارتفاع کانال ورودی: ۶۰ سانتیمتر
- شیب کف کانال: ۰/۱ درصد

* خصوصیات آشفالگیر دهانه فراخ (آشفالگیر اولیه)

- جنس تیغه‌ها: تسمه فولادی با لبه گرد
- ابعاد تیغه‌ها: ۱۰×۳۰ میلیمتر
- فاصله بازبین تیغه‌ها: ۲۵ میلیمتر
- تعداد تیغه‌ها: ۱۲ عدد
- زاویه نصب در کانال: ۶۰ درجه
- ابعاد شبکه آشفالگیر: ۷۰×۴۵ سانتیمتر
- ابعاد سبد جمع آوری آشفال: ۴۵×۳۰×۲۰ سانتیمتر

* خصوصیات آشفالگیر دهانه ریز (آشفالگیر ثانویه)

- جنس تیغه‌ها: تسمه فولادی با لبه گرد

- ابعاد تیغه ها: ۱۰×۳۰ میلیمتر
- فاصله بازبین تیغه ها: ۱۰ میلیمتر
- تعداد تیغه ها: ۳۰ عدد
- زاویه نصب در کانال: ۶۰ درجه
- ابعاد شبکه اشغالگیر: ۷۰×۶۰ سانتیمتر
- ابعاد سبد جمع آوری اشغال: $۶۰ \times ۴۰ \times ۲۰$ سانتیمتر

* خصوصیات تانک چربی گیری

- جریان متوسط فاضلاب: $۱۲/۵$ مترمکعب در ساعت
- زمان ماند تانک چربی گیری: ۹۰ دقیقه
- حجم مخزن چربی گیری: ۱۹ مترمکعب
- ارتفاع مخزن چربی گیری: $۲/۵$ متر
- ارتفاع آزاد مخزن چربی گیری: $۰/۶$ متر
- سطح مخزن چربی گیری: ۱۰ مترمربع
- ابعاد مخزن چربی گیری: $۴ \times ۲/۵ \times ۲/۵$ متر
- بار سطحی تانک چربی گیری: ۲۱ لیتر بر مترمربع در دقیقه
- بار مواد جامد: ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع در روز
- مقدار هوای لازم: ۴ مترمکعب در ساعت
- نوع هواده ها: هواده های عمقی

* خصوصیات تانک هضم بی هوازی

- دبی کل فاضلاب ورودی: ۲۰۰ مترمکعب در روز
 - غلظت BOD فاضلاب ورودی: ۲۵۰۰ میلی گرم در لیتر
 - دبی ورودی به هر تانک: ۱۰۰ مترمکعب در روز
 - تعداد تانکها: ۴ عدد (که دو به دو و بصورت سری قرار می گیرند)
 - زمان ماند در تانکهای شماره ۱: ۱/۲ روز
 - زمان ماند در تانکهای شماره ۲: ۰/۸ روز
 - تعداد تانکهای شماره ۱: ۲ عدد
 - حجم تانکهای شماره ۱: ۱۲۰ مترمکعب
 - ارتفاع فاضلاب در تانکهای شماره ۱: ۳ متر
 - ارتفاع آزاد تانکهای شماره ۱: ۱ متر
 - ابعاد تانکهای شماره ۱: ۱۰×۴×۴ متر
 - تعداد تانکهای شماره ۲: ۲ عدد
 - حجم تانکهای شماره ۲: ۸۰ مترمکعب
 - ارتفاع فاضلاب در تانکهای شماره ۲: ۲/۵ مترمکعب
 - ارتفاع آزاد تانکهای شماره ۲: ۰/۱۵ متر
 - ابعاد تانکهای شماره ۲: ۸×۴×۳/۲۵ متر
 - غلظت BOD خروجی از تانکهای هضم بی هوازی: ۷۵۰ میلی گرم در لیتر
- این تانکها مجهز به لوله خروج گاز، دریچه منهل و تیغه کفابگیر می باشند.

* خصوصیات تانك هضم هوازی

- غلظت BOD فاضلاب خام ورودی: ۷۵۰ میلی گرم در لیتر
- کل بار آلودگی روزانه: ۱۵۰ کیلوگرم در روز
- غلظت BOD فاضلاب تصفیه شده (استاندارد): ۳۰ میلی گرم در لیتر
- بار آلودگی قابل حذف: ۱۴۴ کیلوگرم در روز
- دبی فاضلاب ورودی به هر تانك هواهی: ۱۰۰ مترمکعب در روز
- تعداد تانكهای هواهی: ۲ عدد
- بار آلودگی بر حجم استخر هواهی (BV): ۰/۴ کیلوگرم BOD به ازای هر مترمکعب فاضلاب
- بار وزنی (F/M): ۰/۱۵ کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم MLSS بخش هواهی
- غلظت MLSS: ۶۰۰۰ میلی گرم در لیتر
- حجم هر تانك هواهی: ۱۴۰ مترمکعب
- زمان ماند در هر تانك: ۳۴ ساعت
- ارتفاع مایع در تانك هواهی: ۳/۵ متر
- ارتفاع آزاد تانك هواهی: ۰/۵ متر
- مساحت هر تانك هواهی: ۴۰ مترمربع
- ابعاد تانكهای هواهی: ۸×۵×۴ متر
- درصد BOD حذف: ۹۶ درصد
- مقدار هواهی لازم در هر تانك: ۱۰۶ کیلوگرم اکسیژن در روز (۴/۵ کیلوگرم در ساعت)

- نوع هواده: هواده توربینی (مکانیکی سطحی)
- قدرت موردنیاز هر هواده: $4/5$ کیلووات
- قطر پره هوادهی: 1320 میلیمتر
- تعداد هواده هر تانک: یکعدد
- این تانک، مجهز به نازل‌های ضد کف و دریچه کنترل سطح مایع می باشد.

* خصوصیات تانک ته نشینی

-
- کل فاضلاب ورودی به تانک ته نشینی: 200 مترمکعب در روز
 - دبی فاضلاب ساعتی: $12/5$ مترمکعب در ساعت
 - بار سطحی تانک ته نشینی (SOR): 12 مترمکعب بر مترمربع در روز
($0/5$ مترمکعب بر مترمربع در ساعت)
 - سطح تانک ته نشینی: 25 مترمربع
 - تعداد تانک ته نشینی: 1 عدد
 - نوع تانک ته نشینی: مدور با لجن روب مکانیکی
 - قطر تانک ته نشینی: $5/7$ متر
 - ارتفاع تانک ته نشینی: $3/5$ متر
 - ارتفاع فاضلاب در تانک ته نشینی: 2 متر
 - شیب کف تانک: $\frac{1}{12}$ درصد
 - زمان ته نشینی در دبی متوسط: 4 ساعت
 - زمان ته نشینی در دبی ماکزیمم: $1/8$ ساعت
 - این تانک، مجهز به لجن روب مکانیکی، سرریزهای تناسبی V-NOTCH و تیغه کفگیر می باشد.

* خصوصیات ایستگاه پمپاژ لجن برگشتی

- نوع پمپ: الکتروپمپ مستغرق
 - آبدهی هر پمپ: ۱۲ مترمکعب در ساعت
 - حد هر پمپ: ۸ متر
 - تعداد پمپ: ۲ عدد (یکعدد بعنوان رزرو)
 - قدرت پمپ: ۲ اسب بخار
 - سرعت پمپ: ۲۸۵۰ دور در دقیقه، سه فاز ۳۸۰ ولت
 - میزان جریان لجن برگشتی: ۱۰۰ درصد
- این پمپها در کف تانک، نصب شده و بوسیله زنجیر به بالای تانک هدایت می گردد. کارکرد این پمپها بصورت اتوماتیک می باشد.

* خصوصیات تانک کلرزنی

- دبی حداکثر فاضلاب ساعتی: ۲۹ مترمکعب در ساعت
- زمان تماس: ۳۰ دقیقه
- حجم تانک کلرزنی: ۱۴/۵ مترمکعب
- ارتفاع فاضلاب در تانک کلرزنی: ۱/۵ متر
- ارتفاع آزاد تانک کلرزنی: ۰/۵ متر
- ابعاد تانک کلرزنی: ۵×۲×۱/۵
- تعداد موانع تانک کلرزنی: ۴ عدد
- فاصله موانع از یکدیگر: ۱ متر
- ابعاد دیواره موانع: ۲×۳×۱/۱۰ متر

- نوع کلرمصرفی: هیپوکلریت کلسیم
 - درصد خلوص: ۷۰ درصد
 - میزان تزریق کلر: ۱۰ میلی گرم در لیتر
 - مقدار کلر خالص روزانه: ۲۰۰۰ گرم در روز
 - مقدار ناخالص کلر روزانه: ۲۸۵۸ گرم در روز
 - ظرفیت دستگاه تزریق کلر: ۵۰- لیتر در ساعت
 - فشار دستگاه تزریق کلر: ۱۰ اتمسفر
- این تانک، مجهز به تجهیزات تهیه محلول کلر و کنترل سطح مایع می باشد.

۳-۳: ارزیابی روشهای پیشنهادی

در این بخش، روشهای مختلف تصفیه پساب که شرح آنها بتفصیل ارائه گردید، از نظر فنی و اجرایی بررسی شده و معایب و مزایای انجام هر روش، مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. مقایسه این روشها در جدول شماره ۵ آمده است.

* روش اول: روش صافیهای چکنده

سیستم صافیهای چکنده مزایای متعددی نظیر بهره برداری ساده و آسان، درجه تصفیه خوب و در درجه حرارت بالا، انعطاف پذیری در مقابل افزایش ناگهانی بار آلودگی و دبی فاضلاب ورودی، بالابودن قدرت عمل نیتریفیکاسیون و ... می باشد ولیکن بجهت پاره ای معایب، از جمله ایجاد بوی نامطبوع، رشد و نمو مگس و سایر حشرات، کاهش احتمالی راندمان تصفیه در زمستان، نیاز به تجدید جریانهای خیلی زیاد فاضلاب

جدول شماره ۵: «مقایسه روشهای مختلف تصفیه بیولوژیکی فاضلاب صنایع لبنی»

ردیف	روش تصفیه مورد مقایسه	روش لاگونها (برکه های تثبیت)	روش صافیهای چکنده	روش لجن فعال	روش تصفیه بی هوازی - هوازی
۱	نیاز به زمین (هزینه تملک زمین)	حداکثر ۱	متوسط ۲	حداقل ۳	حداقل ۳
۲	نیاز به تخصص بالا و پرسنل ماهر جهت نگهداری و راهبری تصفیه خانه	حداقل ۳	متوسط ۲	حداکثر ۱	متوسط ۲
۳	نیاز به مصرف انرژی	حداقل ۳	متوسط ۲	حداکثر ۱	حداقل ۳
۴	انعطاف در مورد توسعه های بعدی و اجرایی چند مرحله ای تصفیه خانه	حداکثر ۳	حداقل ۱	حداقل ۱	متوسط ۲
۵	هزینه های احداث تصفیه خانه	حداقل تا متوسط ۳	حداکثر ۱	حداکثر ۱	متوسط ۲
۶	هزینه های نگهداری و راهبری و تخصص لازم	حداقل ۳	متوسط ۲	حداکثر ۱	متوسط ۲
۷	نیاز به تجهیزات وارداتی	حداقل ۳	متوسط ۲	حداکثر ۱	متوسط ۲
۸	ضریب اطمینان نسبت به راندمان تصفیه	متوسط ۲	حداقل تا متوسط ۱	حداکثر ۳	حداکثر ۳
۹	انعطاف پذیری در مقابل نوسانات کمی و کیفی فاضلاب	حداکثر ۳	متوسط ۲	حداقل تا متوسط ۱	حداکثر ۳
۱۰	بوسایر مزاحمت ها	متوسط ۲	متوسط ۲	حداقل ۳	متوسط تا حداقل ۲

جهت توضیح بیشتر برای این منظور، اگر خصوصیات مورد مقایسه برای روشهای مذکور، برحسب درجات

۱. ۲. ۳ امتیاز بندی شود نتایج زیر حاصل خواهد شد:

* روش لاگونها: ۲۶ امتیاز

* روش صافیهای چکنده: ۱۷ امتیاز

* روش لجن فعال: ۱۶ امتیاز

* روش تصفیه بی هوازی - هوازی: ۲۴ امتیاز

در نتیجه روش لاگونها یا برکه های تثبیت بیشترین امتیاز را به خود اختصاص می دهد ولی بجهت محدودیت

زمین، روش تصفیه بی هوازی - هوازی توصیه می گردد.

خروجی جهت ازدیاد کارایی، عدم تجربه و دسترسی به اطلاعات تجربی کافی در کشور، هزینه‌های زیاد اجرایی و مصرف نیروی برق، نمی‌تواند برای تصفیه پساب صنایع لبنی، کاملاً موفق باشد و لذا توصیه نمی‌گردد.

* روش دوم: روش برکه‌ها و لاگونهای تثبیت

استفاده از لاگونها، محاسنی از قبلی تقلیل هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری تصفیه پساب، نیاز کم به تجهیزات مکانیکی و برق و عدم نیاز به پرسنل متخصص به‌مراه دارد ولی مهمترین نقائص کاربرد آن عبارتند از: نیاز به زمین زیاد و سهولت دسترسی به زمین، عدم کارایی خوب در شرایط اقلیمی و جوی نامساعد، تولید بوی نامطبوع در بعضی موارد و امکان یخبندان در زمستان.

در صورتیکه مشکلی از جهت تهیه زمین مورد نیاز، وجود نداشته باشد، می‌توان با تمهیداتی این روش را برای تصفیه پساب صنایع لبنی بکار برد و از این طریق ضمن اخذ راندمان بالا، هزینه‌های احداث و بهره‌برداری را حتی‌الامکان کاهش داد.

* روش سوم: روش لجن فعال

مزایای استفاده از سیستم لجن فعال عبارتست از: راندمان بالای تصفیه، نیاز به زمین کمتر، پایین بودن هزینه‌های احداث تصفیه‌خانه، حساسیت کم سیستم در مقابل نوسانات درجه حرارت در فصول مختلف، عدم ایجاد بوهای نامطبوع در صورت کارکرد صحیح سیستم و عدم رشد و نمو مگس و سایر حشرات.

در مقابل، معایب کاربرد این سیستم، بشرح زیر می باشد: نیاز به پرسنل ماهر و متخصص و پیچیدگی مسائل نگهداری و راهبردی، نیاز به تجهیزات مکانیکی و برقی زیاد، بالابودن هزینه های نگهداری و بهره برداری بواسطه مصرف انرژی بیشتر، نیاز به تثبیت و دفع لجن.

در نتیجه عوامل منفی فوق درمقابل مزایای استفاده از این روش، در تصفیه پساب صنایع لبنی، نقش بازدارنده ایفا می نمایند.

* روش چهارم: سیستم تصفیه به روش بی هوازی - هوازی

مزایای این روش عبارتند از: نیاز به زمین کمتر در مقایسه با سایر گزینه های مورد بحث، نیاز کمتر به تجهیزات مکانیکی و برقی بویژه در مقایسه با روش لجن فعال و صافیهای چکنده، نیاز کمتر به پرسنل متخصص و ماهر جهت نگهداری و راهبری سیستم تصفیه در مقایسه با سایر روشها، مصرف انرژی کمتر، انعطاف پذیری در برابر شوکهای ناگهانی فاضلاب ورودی از نقطه نظر کمی و کیفی، عدم نیاز به تاسیسات تثبیت و تغلیظ لجن در مقایسه با سایر روشها، کاهش تعداد واحدهای تصفیه، و سایر موارد.

در نتیجه طی ارزیابی بعمل آمده، مناسبترین گزینه برای انتخاب روش مناسب جهت تصفیه پساب صنایع لبنی، روش تصفیه بی هوازی - هوازی تشخیص داده شده که محاسن بیشماری بشرح فوق دارد. در این سیستم، فاضلاب خام پس از جمع آوری از بخشهای مختلف کارخانه و هدایت به تصفیه خانه، جهت حذف مواد زائد درشت موجود در پساب، از

شبکه‌اشغالگیر عبور می‌نماید و سپس به بخش متعادل‌سازی و خنثی‌سازی هدایت می‌گردد. در این بخش، با تزریق مواد شیمیایی مناسب، PH فاضلاب، تنظیم گردیده و جهت جداکردن چربی به واحد چربی‌گیری سپرده می‌شود که طی آن توسط هوادهی عمق و یا تزریق مواد شیمیایی، چربی موجود در پساب، بر روی سطح مایع، شناور شده و از روی آن، جمع‌آوری می‌گردد.

سپس فاضلاب فاقد چربی و روغن، جهت انجام واکنشهای بیوشیمیایی و اکسیداسیونهای آنزیماتیک مواد آلی، به واحد تصفیه بیولوژیکی بی‌هوازی - هوازی هدایت می‌شود که در آن، پس از هضم و تجزیه مواد آلی، فاضلاب تحت عمل تصفیه قرار گرفته و لجن حاصل به واحد بعدی، یعنی واحد ته‌نشینی فرستاده می‌شود. در واحد ته‌نشینی، مواد معلق موجود در پساب ورودی و لجن حاصل از تجزیه مواد آلی، ته‌نشین شده و فاضلاب حاصل به واحد کلرزنی منتقل می‌گردد. در این واحد، با تزریق محلول کلر، فاضلاب، ضدعفونی شده و کلیه عوامل بیماریزای آن حذف خواهد شد. قمستی از لجن جمع‌آوری شده در تانک ته‌نشینی، بعنوان لجن برگشتی به تانکهای هوادهی برگشت داده می‌شود این لجن، محتوی مقادیر زیادی مواد غذایی بوده و لذا میتواند مورد استفاده میکروارگانیسمها قرار گیرد و فعالیتهای بیولوژیکی را تسریع نماید.

مابقی لجن موجود در تانک ته‌نشینی نیز، بعنوان لجن مازاد به واحد هضم بی‌هوازی منتقل شده و هر چند وقت یکبار، در فواصل زمانی لازم، به خارج از کارخانه هدایت خواهد شد.

۳-۴: جوانب اقتصادی تصفیه

جهت انجام مطالعات اقتصادی و آگاهی از هزینه‌ها در خصوص سیستمهای مختلف تصفیه پساب صنایع لبنی و انتخاب اقتصادی‌ترین روش برای این منظور، جدول شماره ۶ تهیه شده است.

در این جدول، هزینه‌های راه‌اندازی و بهره‌برداری سالانه، راندمان سیستم تصفیه و فضای مورد نیاز سیستم برای هر يك از روشها، جهت يك واحد تولیدی لبنی با همان ظرفیت تولید پساب فرضی ۲۰۰ مترمکعب در روز و ابعاد و تکنولوژی ارائه شده در بخشهای پیشین، مقایسه شده اند.

هزینه‌های راه‌اندازی، در واقع شامل هزینه خرید و نصب تجهیزات الکتریکی سیستم، هزینه ساخت واحدهای تصفیه، هزینه تهیه نقشه‌های مربوط، هزینه راه‌اندازی و هزینه آموزش پرسنل می‌باشد.

هزینه بهره‌برداری سالانه نیز عبارتست از هزینه پرسنل، هزینه مواد شیمیایی مورد نیاز، هزینه استهلاك سرمایه و سودبانکی، هزینه تعمیر و نگهداری و هزینه تأمین آب و برق مصرفی.

مرجع برآورد هزینه‌ها، فهرست بهاء واحدهای ساختمانی و تاسیساتی بوده و قیمت‌ها براساس قیمت روز، محاسبه شده است.

جدول شماره ۶: « مقاسیه هزینه ای سیستمهای تصفیه پساب »

ردیف	نوع سیستم	هزینه راه اندازی (ریال)	هزینه بهره برداری (ریال)	فضای مورد نیاز (مترمربع)	راندمان سیستم (درصد)
۱	لاگونه های هوادهی	۲۰۰,۱۵۲,۴۹۶	۱,۰۰۹,۳۲۶	۹۲۰	۸۵ - ۸۰
۲	صافیهای چکنده	۲۹۰,۵۶۳,۰۰۰	۲۰,۱۶۳,۰۰۰	۶۸۰	۹۵ - ۹۰
۳	لجن فعال	۲۳۰,۶۰۰,۴۰۰	۱۱,۳۶۳,۷۲۰	۴۲۰	۹۹ - ۹۲
۴	بی هوازی - هوازی	۱۶۰,۱۵۳,۲۰۰	۹,۸۶۳,۴۰۰	۳۵۰	۹۵ - ۹۰

چنانچه مشاهده می شود هزینه راه اندازی به روش صافی چکنده و لجن فعال، بعلت نیاز به عملیات ساختمانی بتونی و تهیه تجهیزات لازم، بسیار بالا بوده و کمترین هزینه راه اندازی، به روش تصفیه بی هوازی - هوازی اختصاص دارد. همچنین از نظر هزینه بهره برداری، گزینه صافیهای چکنده، بیشترین و سیستم تصفیه بی هوازی - هوازی کمترین هزینه بهره برداری سالانه را صرف می نماید.

از نظر وسعت و فضای کاری مورد نیاز نیز، روش لاگونه های هوادهی بعلت استفاده از سیستم تصفیه طبیعی، به زمان ماند و فضای بیشتری نیاز دارد در حالیکه تصفیه به روش بی هوازی - هوازی، به کمترین فضای کاری نیاز دارد.

لذا از تحلیل اقتصادی فوق، چنین بر می آید که بهترین سیستم تصفیه پیشنهادی، روش تصفیه بی هوازی - هوازی بوده و این سیستم از بُعد اقتصادی و فنی توجیه پذیر خواهد بود.

۴- خلاصه و نتیجه گیری

هدف این مهندسین مشاور از تهیه مقاله حاضر، تحقیق درخصوص فرآیند سیستم تولید در صنایع لبنی و ارائه روشهای مناسب جهت تصفیه پساب این صنایع می باشد که برای این منظور انواع صنایع غذایی، مورد مطالعه قرار گرفته و صنایع لبنی، بعنوان یکی از مهمترین بخشهای این صنایع، تحت بررسی قرار گرفت. در این راستا انواع تولیدات صنایع لبنی، اعم از شیر پاستوریزه، پنیر، خامه و کره، و مواد اولیه مورد نیاز این صنایع، مطالعه شده و سپس درخصوص منابع و مقادیر تولید پساب و همچنین کیفیت پساب کارخانجات مواد لبنی، تحقیق گردید.

همچنین روشهای کنونی دفع پساب و استاندارد پساب تصفیه شده، و نیز روشهای متداول تصفیه پساب این صنایع، تحلیل شده و نهایتاً کلیه روشهای پیشنهادی برای تصفیه، تحت مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. نتیجه تحقیقات و مطالعات انجام شده درخصوص اتخاذ شیوه ای مناسب جهت تصفیه پساب صنایع لبنی، استفاده از روش تصفیه بی هوازی - هوازی است. براساس ارزیابی و طراحی مقدماتی انجام شده، اجرای این سیستم، از نظر اقتصادی، علمی و فنی کاملاً قابل توجیه بوده و از راندمان و کارایی مناسبی برخوردار می باشد، ضمن اینکه مزایا و فواید زیست محیطی عمده ای به همراه خواهد داشت.

امید که رهیافتها و مطالعات این مهندسین مشاور، گامی سازنده جهت بهسازی و حفاظت محیط زیست انسانی، طبیعی و شهری باشد.

گروه بین‌المللی ره‌شهر تا کنون ۳۰ نشریه با عناوین زیر منتشر کرده است:

- ۱- کاربرد جدید شیشه در نمای ساختمان (تابستان ۱۳۷۱)
- ۲- پارکینگ مراکز تجاری (پائیز ۱۳۷۱)
- ۳- محافظت در مقابل زلزله (زمستان ۱۳۷۱)
- ۴- جمع آوری و دفع زباله و مسائل ناشی از آن (زمستان ۱۳۷۱)
- ۵- طرح اسکان و سریع (زمستان ۱۳۷۱)
- ۶- مجموعه مقالات راجع به ژئوسنتز (بهار ۱۳۷۲)
- ۷- مهار آب با آب (بهار ۱۳۷۲)
- ۸- تحول سبز در معماری (بهار ۱۳۷۲)
- ۹- روندیابی و مدیریت سیلاب (بهار ۱۳۷۲)
- ۱۰- مطالعات اقتصادی جهت احداث مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۹)
- ۱۱- نگاهی کوتاه بر طراحی فضای سبز - "تجربیات کشورهای مختلف" (تابستان ۱۳۷۲)
- ۱۲- بازیافت آب در صنایع شن و ماسه‌شویی (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۳- بناهای چوبی (کنده‌ای) در ایران و تجربیات کشورهای دیگر (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۴- نکاتی در مورد طراحی ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته پیش‌تنیده در مناطق زلزله‌خیز (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۵- اتوماسیون و بهینه‌سازی در سیستم‌های توزیع الکتریکی (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۶- انرژی دریاها (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۷- پارکینگ‌های مکانیکی اتوماتیک و نیمه اتوماتیک (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۸- انرژی باد (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۹- اصول طراحی ساختمان‌های اداری و بانک‌ها (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۰- انرژی خورشیدی (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۱- طراحی مرکز خرید- جلد اول: مطالعات مقدماتی جهت طراحی مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۲- شهر سالم با آمورتون (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۳- شهر سالم - کاربرد سیستم‌های فتوولتائیک از میلی وات تا مگاوات (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۴- شهر سالم- اصول طراحی برای افراد دارای کپولت، ناتوانی، اختلال و معلولیت (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۵- نسل چهارم نیروگاه‌ها (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۶- بازیافت آب در صنایع نساجی (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۷- مراکز درمانی و بیمارستان‌های آینده (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۸- شهر سالم-انبوه‌سازی (انبوه‌سازان اسکان) (زمستان ۱۳۷۳)
- ۲۹- سیستم‌های مدیریت بار و مدیریت انرژی در شبکه‌های انرژی الکتریکی (زمستان ۱۳۷۳)
- ۳۰- بازیافت آب - "تصفیه پساب صنایع لبنی" (بهار ۱۳۷۴)