

# Effectiveness of Thermal Sludge Conditioning by Base/Heat/Acid Method for Improving Municipal Wastewater Sludge Dewatering

*Mosavi, Msc., Isfahan Water and Wastewater Company*  
*Torkian, A., Assist. Prof., Sharif University of Technology, Tehran*  
*Movahedian, H., Msc Isfahan University of Medical Sciences*

## Abstract

One of the main problems in activated sludge wastewater treatment plants is the high production of sludge. By reducing the sludge volume with different methods as well as improving the sludge management we can dispose sludge with less hazards to the environment.

In this survey for considering the base / heat / acid method on reducing the sludge volume, specific resistance for filtration ( SRF ), and also coliforms count, three kinds of sludge ( primary, secondary and digested ) were used in a pilot study in Isfahan south wastewater treatment plant.

The underlying thesis of this method is to make full use of microbial extracellular and intracellular polymers without using coagulants for sludge dewatering. The base/heat treatment presumably extracts polymers from the cells and the acid/heat treatment modifies the surface and causes flocculation. In this study at the first step ( base/heat ) NaOH was added for adjusting the pH between 10 to 12 and temperature was brought to 55 °C. Then in the acid/heat step, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> was added into sludge and the pH was maintained between 4-5 and the temperature was increased to 65 °C.

The results indicated that for primary, secondary and digested sludge the specific resistance ( SRF ) reached to the optimum level (  $2-6 \times 10^{12}$  m/kg ), and settled sludge volume ( SSV ) reduction was 36% for primary sludge, 79% for secondary sludge and 39% for digested sludge. While in sludge conditioning by coagulant method using PRISTOL 650 BC volume reduction was 10%, 68%, and 25% respectively. Thus this method in comparison with chemical conditioning with coagulants, was much more effective in the sludge volume reduction. The reason is that in this method, huge and more resistant flocs are formed.

Coliform count for conditioned sludge by base / heat / acid method showed more than 99.5% reduction for primary sludge, 99.9% for secondary sludge and 99.6% for digested sludge.

The other advantages of this method is reduction of odor and optimizing dewatering. Also the produced sludge doesn't need any digestion and just after dewatering can be transferred to the environment.

# بررسی اثر تصفیه گرمایی بر کاهش حجم لجن و بهبود آبگیری لجن فاضلاب شهری

سید محمد موسوی\*      ایوب ترکیان\*\*      حسین موحدیان عطار\*\*\*

## چکیده

یکی از مشکلات تصفیه خانه های فاضلاب خصوصاً سیستم های هوازی، تولید لجن فراوان است. کاهش حجم لجن با روش های مختلف علاوه بر بهبود عملکرد مراحل پردازش و تصفیه لجن، موجب دفع بهداشتی آن خواهد شد. این تحقیق به منظور بررسی روش حالت دهی<sup>۱</sup> گرمایی باز-گرما-اسید بر کاهش حجم و مقاومت مخصوص لجن و همچنین کاهش کلیفرم کل لجن به صورت پایلوت در تصفیه خانه فاضلاب جنوب اصفهان انجام شده است. در این روش با بهره گیری کامل از پلیمرهای میکروبی درون سلولی و برون سلولی بدون افزودن مواد منعقدکننده، لجن جهت تغلیظ و آبگیری حالت دهی می شود.

باز-گرما-اسید باعث خارج شدن پلیمرها از سلولها شده و اسید-گرما موجب تغییرات سطح سلول و در نتیجه لخته شدن پلیمرهای خارج شده، می گردد. به همین منظور با افزودن هیدروکسید سدیم برای افزایش  $pH$  به ۱۰ تا ۱۲ و سپس رساندن دما به ۵۵ درجه سانتیگراد و افزودن اسید سولفوریک در مرحله بعد برای تعدیل  $pH$ ، حالت دهی انجام گردید.

نتایج نشان می دهد که این روش، مقاومت مخصوص لجن جهت صاف شدن را برای لجن فعال مازاد و لجن هضم شده به حد بهینه  $2 \times 10^{12}$  تا  $6 \times 10^{11}$  کاهش داده و حجم لجن ته نشین شده نیز برای لجن اولیه ۳۶ درصد، لجن فعال مازاد ۷۹ درصد و لجن هضم شده ۳۹ درصد کاهش یافته در حالی که حالت دهی لجن با مواد کمک منعقدکننده حجم لجن را به ترتیب ۱۰، ۶۸ و ۲۵ درصد کاهش می دهد. بنابراین روش حالت دهی گرمایی باز-گرما-اسید از لحاظ کاهش حجم لجن بازدهی بیشتر نسبت به مواد منعقدکننده دارد. نتایج کاهش کلیفرم کل لجن پس از حالت دهی گرمایی بیانگر کاهش کلیفرم ۹۹/۵ درصد برای لجن اولیه، ۹۹/۹ درصد برای لجن فعال مازاد و ۹۹/۶ درصد برای لجن هضم شده است.

\* - کارشناس ارشد شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان

\*\* - عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شریف

\*\*\* - عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

فرایند تصفیه گرمایی برای تفکیک آب پیوندی (آبی که با پیوندهای شیمیایی و فیزیکی به ذرات لجن می چسبد) توسط پورتیوز<sup>۱</sup> در سال ۱۹۰۰ ارائه شد [۱]. حالت دهی گرمایی لجن عمدتاً به خاطر جداسازی فاز مایع از جامد و تفکیک آب پیوندی سلولهای لیز شده در طول فرایند حالت دهی مورد توجه قرار گرفته است و از مزایای دیگر این روش می توان به توانایی هضم لجن فعال مازاد و افزایش غلظت کیک لجن اشاره نمود [۲]. اکثر فرایندهای حالت دهی گرمایی بر حسب گرما و فشار تقسیم بندی می شوند. اگر هوا یا اکسیژن افزوده نشود فرایند غیرا اکسیداتیو<sup>۲</sup> و در صورتی که اکسیژن یا هوا به فرایند افزوده شود فرایند اکسیداتیو<sup>۳</sup> نامیده می شود [۲]. حالت دهی گرمایی بدون اکسیژن دهی معمولاً در دمای ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد و فشار ۱۰۳۴ تا ۱۰۶۸ کیلو پاسکال (۱۵۰ تا ۳۰۰ PSI) انجام می شود؛ در صورتی که در حالت دهی گرمایی با اکسیژن دهی بخشی از مواد آلی محلول به دی اکسید کربن و آب اکسیده می شود که درجه اکسیداتیو تابع دما، فشار، غلظت اکسیژن و زمان تماس است. این فرایند معمولاً در دمای ۱۷۵ تا ۳۶۰ درجه سانتیگراد و فشار ۱۲۷۹ تا ۱۱۴۷۶ کیلو پاسکال (۱۰۰ تا ۱۶۵ PSI) انجام می شود. گاهی اوقات این دو فرایند تحت عنوان تصفیه گرمایی<sup>۴</sup> نیز شناخته می شوند. هر دو فرایند فوق، لجن بیولوژیکی تثبیت شده با خاصیت آبیگری خوب تولید می کنند. معمولاً حالت دهی گرمایی با کنترل دما و فشار در یک ظرف راکتور انجام می شود. لذا جامدات منعقد شده ساختار ژله ای لجن را تخریب کرده و آب پیوندی از ذرات لجن جدا می گردد. علاوه بر این در اثر هیدرولیز و شکستن مواد پروتئینی لجن، آب جدا شده و در نتیجه جامدات منعقد می شوند.

کاربرد این روش برای حالت دهی لجن در اکثر موارد آبیگری بدون افزودن مواد شیمیایی حالت دهنده، غلظت کیک لجن را به ۳۰ تا ۵۰ درصد می رساند [۳]. بخشی از مواد جامد معلق فرار (VSS) لجن بر اثر شکستن ساختمان سلول لجن محلول می شوند. انحلال VSS باعث افزایش تجزیه بیولوژیکی می شود. گرچه انحلال VSS مقدار کل کربن آلی لجن را تغییر نمی دهد ولی امکان افزایش BOD<sub>۵</sub> در این حالت وجود

سیستمهای تصفیه گرمایی لجن به سه دسته تقسیم می شوند:

- ۱- تصفیه گرمایی (HT)
- ۲- اکسیداسیون با فشار کم (LPO)
- ۳- حالت دهی گرمایی با اسید و باز

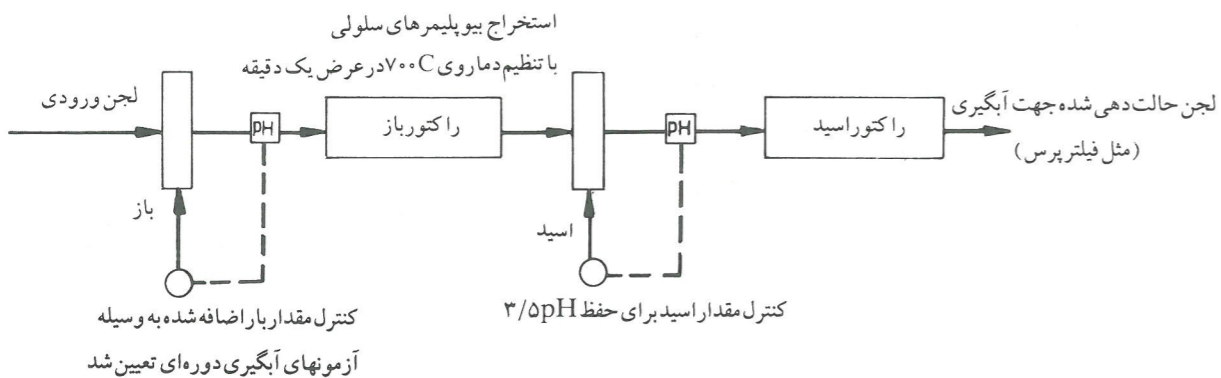
در دو حالت HT و LPO معمولاً نیاز به دما و فشار بالا دارد و از لحاظ اقتصادی هزینه زیادی را در بر دارد ولی حالت دهی گرمایی با اسید و باز چنین نیست. ایده اولیه حالت دهی گرما - اسید در سال ۱۹۲۳ مطرح شد ولی ویلسون و اورت [۵] در سال ۱۹۷۴ تصفیه گرمایی لجن با اسید را تشریح کردند.

همان طور که اشاره شد روشهای معمول حالت دهی گرمایی در دما و فشار بسیار زیاد انجام می گیرد و از این جهت هزینه زیادی دارد. حالت دهی گرمایی با پردازش اسید و باز نباید گرما و زمان واکنش را کاهش دهد و در ضمن از اتلاف انرژی کیک لجن که به خوبی آبیگری می شود جلوگیری به عمل می آید. اساس این کار بهره برداری کامل از پلیمرهای میکروبی درون سلولی و برون سلولی برای حالت دهی لجن و بهبود آبیگری آن بدون افزودن مواد حالت دهنده شیمیایی است.

یکی دیگر از روشهای حالت دهی لجن روش باز - گرما - اسید است. باز - گرما باعث خارج شدن پلیمرها از سلولها شده و اسید - گرما موجب تغییرات سطح سلول و در نتیجه لخته شدن پلیمرهای خارج شده می گردد.

زمانی که دیگر پلیمر خارج سلولی<sup>۵</sup> افزایش نیابد و یا این که نیاز به حالت دهی کم شود تصفیه اسید - گرما کافی می باشد. معمولاً در روش اسید - گرما با تقلیل pH لجن به ۳ تا ۴ و افزایش دما به ۶۰ تا ۹۰ درجه سانتیگراد در زمان کوتاه باعث حالت دهی خوب لجن می شود. در روش باز - گرما - اسید (شکل ۱) برای لجن هایی که در روش اسید - گرما به خوبی

- 1- Porteous
- 2- Nonoxidative
- 3- Oxidative
- 4- Heat treatment
- 5- Extracellular



شکل ۱- حالت دهی گرمایی با روش باز - گرما - اسید

حالت دهی نشده اند، با انجام پیش تصفیه باز - گرما غلظت کافی پلیمر خارج سلولی برای ایجاد لخته فراهم می گردد.

در این روش پس از افزایش pH لجن به ۸ تا ۱۲ به وسیله هیدروکسید سدیم و کنترل pH لجن در مدت کوتاهی به راکتور باز برای افزایش دما به ۵۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد وارد می شود. سپس با افزودن اسید به لجن pH را به حد ۳ تا ۴ می رسانند و پس از کنترل pH، لجن به راکتور اسید وارد می شود و تا دمای ۹۰ درجه سانتیگراد گرم می شود. لجن حالت دهی شده، سپس به سمت وسیله آبیگری منتقل می شود. از مهمترین مزایای این روش می توان به کاهش بو، کاهش فلزات سنگین و استحکام فلوک اشاره کرد. همچنین کاهش هزینه های اجرایی و نگهداری نسبت به دو روش دیگر حالت دهی گرمایی و سرعت عمل فرایند، توجه به استفاده از این روش را بیش از پیش کرده است. این فرایند برای همه لجنهای بیولوژیکی قابل اجراست و غلظت کیک لجن آبیگری شده نیز بیش از ۳۰ درصد می باشد. به طور کلی مهمترین مزایا و معایب این روش عبارتند از:

مزایا شامل: عدم نیاز به افزودن مواد شیمیایی، تثبیت لجن و تخریب ارگانسیم های پاتوژن، افزایش ارزش حرارتی لجن برای سوزاندن، مطلوب برای لجن هایی که مواد سمی دارند و به طور بیولوژیکی تثبیت نمی شوند و کاهش فلزات سنگین (خصوصاً کادمیوم و سرب). همچنین معایب این روش شامل:

هزینه سرمایه گذاری بالا، نیاز به افراد متخصص، تولید گازهای خطرناک و بد بو و تولید پساب کدر می باشد.

### بررسی منابع

علاوه بر مطالعه اورت برای بررسی روش تصفیه اسید گرما و اثر آن بر مقاومت مخصوص لجن جهت بهبود آبیگری، بوون نیز در سال ۱۹۷۹ [۷] تکنیکهای استخراج بیوپلیمر لجن شامل افزودن هیدروکسید سدیم، سانتریفیوژ سریع و ته نشین کردن در الکل یا استن و جوشاندن همراه با ته نشینی را بررسی کرد. وی علت استخراج بیوپلیمر به وسیله جوشاندن یا افزودن هیدروکسید سدیم را افزایش ۱۰۰ برابر قند هگزوز و پروتئین مایع شناور شده دانست. همچنین مطالعه آلسوپ و کان وی [۶] در سال ۱۹۸۲ حاکی از موفقیت این روش در بهبود آبیگری لجن بود. کاهش کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی و کاهش بالقوه بو و کاهش فلزات سنگین (روی ۴۰ درصد و کادمیوم ۷۳ درصد) از نتایج این تحقیق بود.

### اهداف تحقیق حاضر عبارتند از:

- ۱- بررسی اثر حالت دهی گرمایی بر کاهش حجم و بهبود آبیگری لجن
- ۲- مقایسه روش فیزیکی گرمادهی با روش شیمیایی

(استفاده از مواد منعقدکننده)

۳- دستیابی به راهی برای کاهش هزینه گرمایی

۴- حذف بیشتر کلیفرم‌ها و سایر پاتوژن‌ها (عوامل

بیماریزا)

### مواد و روشها

نظر به این که گرمادهی لجن در اکثر تصفیه‌خانه‌ها با مبدل‌های حرارتی و با فشار و دمای زیاد انجام می‌گیرد، در این تحقیق به منظور کاهش دما و عدم ایجاد فشار روش پردازش باز -گرم - اسید به کار رفت. روش کار به صورت پیلوتی انجام شد و در تانکهای حالت‌دهی پیلوت با نصب بخاری برقی، دما به ۵۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد می‌رسید. تانکهای حالت‌دهی به صورت استوانه‌ای با ظرفیت ۱۵ لیتر بوده و بخاری برقی از نوع حلقه‌ای است که در ته تانک تعبیه گردید و با روشن نمودن آن، لجن گرم می‌شد. در روش حالت‌دهی باز -گرم - اسید ابتدا هیدروکسید سدیم (با درجه خلوص ۳۵) به مقدار مورد نیاز جهت رساندن pH به ۸ تا ۱۰، به لجن اضافه شده و سپس دمای لجن به ۶۰-۵۰ درجه سانتیگراد رسید. آنگاه با افزودن مقادیر مورد نیاز اسید سولفوریک غلیظ جهت رساندن pH به ۳ تا ۴، و افزایش دما تا ۷۰ درجه سانتیگراد حالت‌دهی کامل شد. مقادیر مورد نیاز باز و اسید بسته به غلظت لجن، نوع لجن و تغییرات pH انتخاب شده است. در این تحقیق بر روی سه نوع لجن اولیه، ثانویه و هضم شده بررسی انجام شد و تعداد نمونه‌ها برای هر

نوع لجن ۱۰ عدد در مقادیر باز و اسید بهینه بوده است.

آزمایشات شامل آزمایش حجم لجن ته‌نشین شده (SSV) جهت بررسی کاهش حجم لجن و آزمایشات مقاومت مخصوص لجن (SRF) جهت بررسی چگونگی آبدگیری بهینه لجن بوده است. همچنین آزمایش MPN جهت بررسی کاهش کلیفرم انجام شده است [۸].

### نتایج و بحث

در این تحقیق حالت‌دهی سه نوع لجن اولیه، ثانویه و هضم شده بررسی شد که نتایج حاصله در زیر مورد بحث قرار می‌گیرد.

۱- لجن اولیه: این لجن در حوضچه‌های ته‌نشینی اولیه تولید می‌شود. جامدات خشک لجن اولیه در تصفیه‌خانه جنوب اصفهان به طور متوسط ۴/۲ درصد و مقاومت مخصوص آن  $150 \times 10^{12}$  m/kg می‌باشد. به خاطر این که تغلیظ این لجن به روش ثقلی انجام می‌گیرد هدف عمده این تحقیق دستیابی به کاهش حجم لجن به حداقل ممکن و همچنین کاهش مقاومت مخصوص بوده است. به همین لحاظ در این روش مقادیر مختلف ۱۰ تا ۳۰ میلی‌لیتر در لیتر هیدروکسید سدیم با نسبت ۰/۴ اسید سولفوریک غلیظ با توجه به تغییرات pH بررسی شد. همان طور که در نمودار (۱) مشاهده می‌شود با مقادیر بهینه باز و اسید کاهش چشم‌گیری در حجم لجن ته‌نشین شده (SSV)

جدول ۱- اثر pH بر مقاومت مخصوص و حجم لجن در حالت‌دهی گرمایی لجن اولیه

حجم لجن ته‌نشین شده ml/L	pH	مقاومت مخصوص $(\times 10^{12}$ m/kg)	اسید ml/L	باز ml/L
۸۴۲	۵/۷	۹/۱	۴	۱۰
۷۲۵	۵/۴	۷	۵	۱۲
۶۹۵	۵/۱	۳/۹	۶	۱۶
۶۳۷	۴/۳	۲/۶	۸	۲۱
۶۶۰	۶/۲	۳/۴	۱۰	۲۴
۷۹۵	۹/۱	۳/۷	۱۰	۳۰

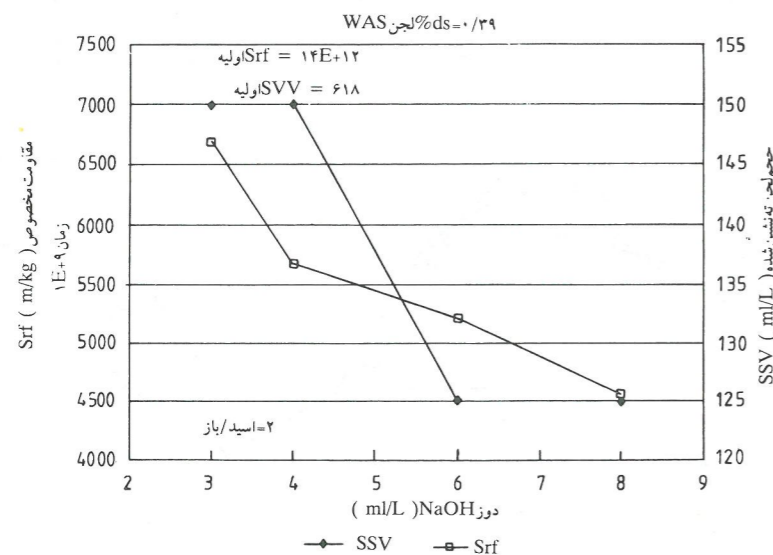
به وجود می‌آید به طوری که حجم لجن در مدت ۳۰ دقیقه به ۶۶۰ میلی‌لیتر می‌رسد. در حالی که حجم لجن در همین مدت برای لجن بدون حالت‌دهی هیچ‌گونه کاهشی نداشت. به عبارت دیگر با این روش، حجم لجن به خاطر تشکیل فلوکهای بزرگ و مقاوم که ته‌نشینی آنها سریع بوده، ۴۴ درصد کاهش یافته است. عدم کاهش مقاومت مخصوص به حد بهینه  $(2 \times 10^{12}$  m/kg تا  $6 \times 10^{12}$ ) احتمالاً به خاطر گرفتگی کاغذ صافی توسط ذرات ریز به جای مانده است.

کاهش مقاومت مخصوص و حجم لجن تا حد زیادی در این روش وابسته به pH است به طوری که نتایج بیانگر این است که کاهش pH از ۶/۵ به ۴/۳ باعث کاهش مقاومت مخصوص و حجم لجن می‌گردد و افزایش pH نیز باعث افزایش این مقادیر می‌شود (جدول ۱).

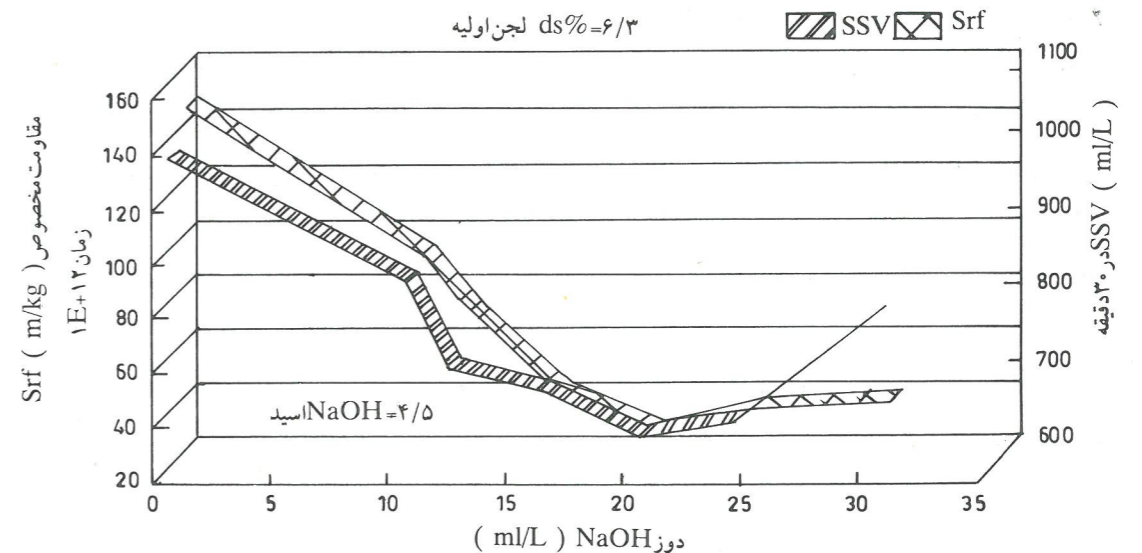
روش اسید -گرم - باز -گرم به تنهایی برای لجن اولیه

بررسی گردید ولی پاسخ مطلوبی به دست نیامد. بررسی اثر حالت‌دهی گرمایی لجن بر کاهش کلیفرم بیانگر کاهش ۹۹/۵ درصد کلیفرم در این روش است که قابل توجه خواهد بود.

۲- لجن ثانویه: لجن ثانویه یا لجن فعال مازاد، لجن حاصل از تصفیه بیولوژیکی فاضلاب به روش لجن فعال است که در تانکهای ته‌نشینی نهایی تولید می‌شود. جامدات خشک لجن ثانویه تصفیه‌خانه جنوب به طور متوسط ۰/۴۲ درصد و مقاومت مخصوص لجن برای صاف شدن  $34 \times 10^{12}$  m/kg می‌باشد. مقادیر باز و اسید با توجه به افزایش و کاهش pH، به نسبت ۲:۱ باز به اسید انتخاب شد و با ثابت گرفتن دما مقادیر مختلف بررسی گردید. همان طور که در نمودار (۲) ملاحظه می‌شود کاهش مقاومت مخصوص لجن از  $94 \times 10^{12}$  m/kg به  $44 \times 10^{12}$  m/kg و کاهش حجم لجن با مقادیر ۸ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر باز و اسید و گرمادهی به خوبی مشهود است.



نمودار ۲- اثر حالت‌دهی لجن ثانویه با روش باز -گرم - اسید بر مقاومت مخصوص و حجم لجن



نمودار ۱- اثر حالت‌دهی لجن اولیه با روش باز -گرم - اسید بر کاهش مقاومت مخصوص و حجم لجن

جدول ۲- مقایسه حالت‌دهی گرمایی و شیمیایی

کاهش کلیفرم %	کاهش لجن %	کاهش مقاومت مخصوص %	نوع لجن	روش
۵۹	۱۰	۸۷	اولیه	حالت‌دهی شیمیایی با مواد منعقدکننده
۵۷/۵	۲۹	۷۳	ثانویه	
۶۴	۱۲	۹۱	هضم شده	
۹۹/۵	۳۶	۸۱	اولیه	حالت‌دهی گرمایی با روش باز-گرما-اسید
۹۹/۹	۷۹	۶۷	ثانویه	
۹۹/۶	۳۹	۹۶/۷	هضم شده	

#### گرمایی

۲- عدم نیاز به اعمال فشار

۳- کاهش قابل ملاحظه حجم لجن ته‌نشین شده به روش

#### حالت‌دهی شیمیایی

۴- کاهش چشمگیر کلیفرم کل

۵- تثبیت لجن و کاهش بو

۶- تولید پساب کدر

#### پیشنهادات

۱- انجام این روش برای تثبیت و کاهش فلزات سنگین

به ویژه لجن‌های حاصل از فاضلاب صنعتی می‌تواند مفید باشد.

۲- به لحاظ عدم نیاز به مواد شیمیایی کود به دست آمده

قابل مصرف در کشاورزی است. لذا به عنوان یک روش مناسب در ایران پیشنهاد می‌گردد.

لازم به ذکر است که روش باز-گرما و اسید-گرما نیز بر حالت‌دهی لجن هضم شده مناسب نبود. یکی از معایب این روش تولید پساب کدر است، ولی کاهش ۹۹/۶ درصد کلیفرم از محاسن خوب این روش بوده است.

به منظور مقایسه روش حالت‌دهی گرمایی با پردازش باز-گرما-اسید نسبت به استفاده از مواد شیمیایی منعقدکننده جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود میزان آبگیری از لجن و یا مقاومت مخصوص جهت صاف شدن و همچنین کاهش حجم که سهم بسزایی در تصفیه لجن دارد در روش حالت‌دهی گرمایی بهتر از حالت‌دهی شیمیایی است.

#### نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی مهمترین مزایا و معایب حالت‌دهی گرمایی که در این تحقیق مشاهده شد عبارتند از:

۱- کاهش هزینه دما نسبت به روش‌های معمول حالت‌دهی

#### منابع و مراجع

- 1- Vesilind, P.A. ( 1986 ). " *Sludge Management and Disposal* ", Lewis Publisher, Chelsea, MI.
- 2- U.S. EPA, ( 1987 ). " *Design Manual of Dewatering Wastewater Sludge* ", EPA 625/1.871014.
- 3- Cecillue - Hinge, ( 1992 ). " *Municipal Sewage Sludge Management* ", Technomic Inc.
- 4- Veenstratr, S. ( 1994 ). " *Sludge Management* ", IHE.
- 5- Everett, J.G. ( 1974 ). " *The effect of pH on the heat treatment of sewage sludge* ", J. Wat. Res, Vol. 8.
- 6- Alsop, G. M., and Conway, R.A. ( 1982 ). " *Improved thermal sludge conditioning by treatment acids and bases* ", J. WPCF, Vol. 54. No.2
- 7- Bowen, M.J. ( 1979 ). " *Metal removal in activated sludge thermal of bacteria extracellular polymer* ", J, Wat. Res, Vol. 13.
- 8- Greenberg, A.E. ( 1992 ). " *Standard Method for Examination of Wastewater* ", American Public Health Association, New York.

مخصوص با ۲۴ میلی‌لیتر در لیتر هیدروکسید سدیم و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر اسید بعد از گرمادهی به حد بهینه رسیده است و قابلیت ته‌نشینی لجن به خاطر تشکیل فلوکهای بزرگ و مقاوم خیلی زیاد است. از دیگر نتایج به دست آمده کاهش ۳۸/۷ درصد حجم لجن، عدم شکنندگی فلوکها در هنگام نمونه‌گیری و سرعت ته‌نشینی زیاد می‌باشد.

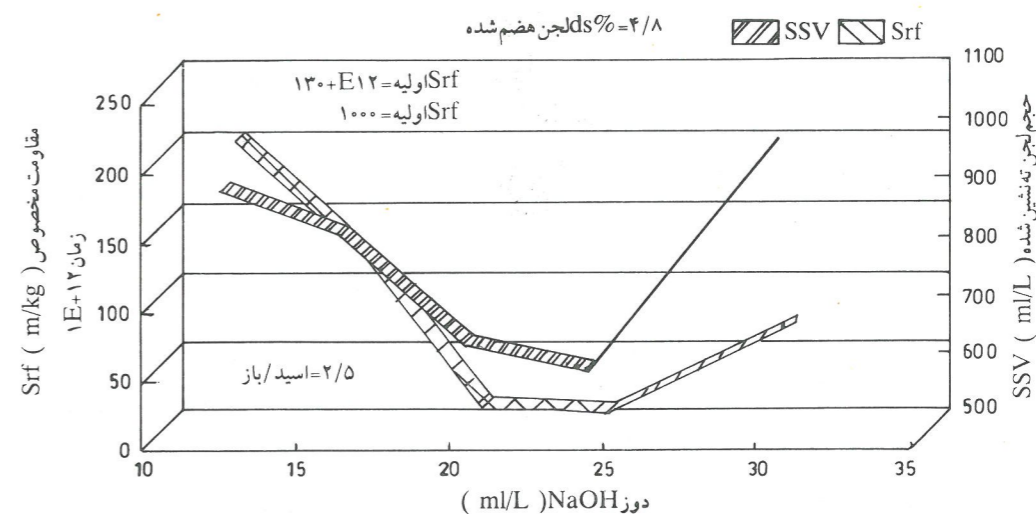
در این حالت نیز کاهش مقاومت مخصوص و حجم لجن، هماهنگ با کاهش pH بوده و افزایش مجدد pH باعث افزایش مقاومت مخصوص و حجم لجن می‌شود. بنابراین کنترل pH در این روش یک اصل انکار ناپذیر است. اثر مقدار باز و اسید بر pH و مقاومت مخصوص در نمودار (۴) نشان داده شده است.

افزودن هیدروکسید سدیم به تنهایی موجب تشکیل فلوکهای بسیار بزرگ می‌شود ولی قدرت ته‌نشینی این فلوکها خوب نیست. یکی از معایب مشاهده شده این روش کدورت بالای پساب می‌باشد.

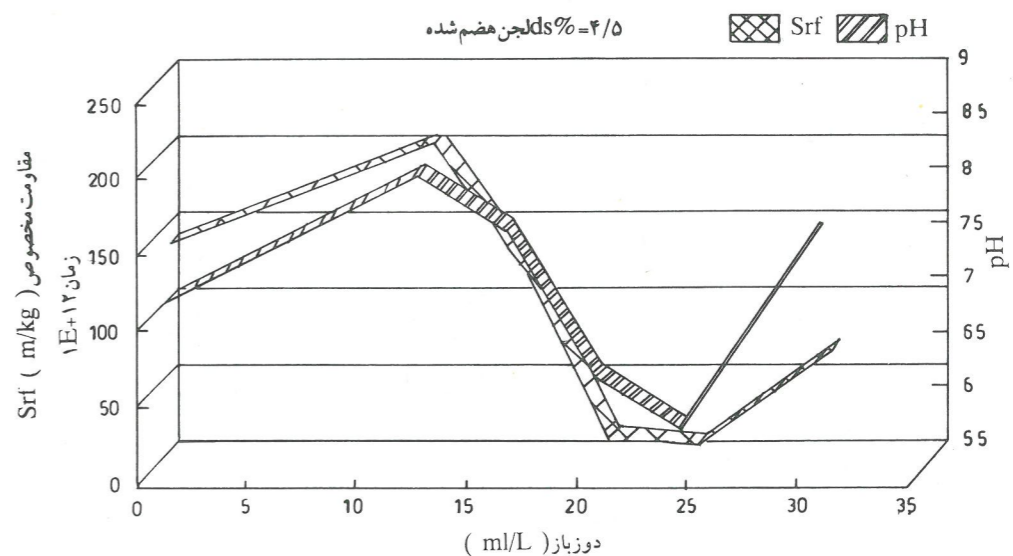
۳- لجن هضم شده: مخلوط دو لجن اولیه و ثانویه در هاضم‌های بیهوازی پس از مدت ۱۵ تا ۲۰ روز هضم شده که لجن حاصل را لجن هضم شده می‌نامند. جامدات خشک لجن هضم شده تصفیه‌خانه جنوب به طور متوسط ۳ درصد و مقاومت مخصوص آن  $240 \times 10^{12} \text{ m/kg}$  بوده است.

در این تحقیق نسبت انتخابی باز به اسید، با توجه به افزایش و کاهش pH، ۲/۵ به ۱ به دست آمد.

همان‌گونه که در نمودار ۳ دیده می‌شود مقدار مقاومت



نمودار ۳- اثر حالت‌دهی لجن هضم شده با روش باز-گرما-اسید بر مقاومت مخصوص و حجم لجن



نمودار ۴- اثر تغییرات pH بر مقاومت مخصوص در روش گرمایی