

## تأثیر لیوفیلیزه کردن بر ضرایب سینتیکی لجن فعال

دکتر کاظم ندافی<sup>۱</sup>، دکتر علیرضا مصداقی نیا<sup>۲</sup>، دکتر محمود شریعت<sup>۳</sup>، مهندس غلامرضا موسوی<sup>۴</sup>

### چکیده

با گسترش دانش بیوتکنولوژی، امکان کاربرد این علم در سایر زمینه ها فراهم شده است. یکی از این زمینه ها، تصفیه فاضلاب بخصوص سیستم های تصفیه بیولوژیکی فاضلاب های شهری و صنعتی است. در چنین سیستم هایی میکروارگانیسم های موجود در لجن فعال نقش اساسی در عملکرد سیستم تصفیه ایفا می کنند و هر گونه فن آوری که موجب تسهیل تهیه و تولید لجن فعال با خواص مناسب برای سیستم های تصفیه گردد، می تواند در بهبود و ارتقاء عملکرد تصفیه بیولوژیکی مؤثر واقع شود و برای رفع نواقص احتمالی ناشی از تأثیر شوک های بار هیدرولیکی و سمی نیز مؤثر باشد. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر لیوفیلیزه کردن بر کیفیت میکروبی لجن فعال انجام شده است به این ترتیب که مقادیر ضرایب سینتیکی شامل  $K_s$ ،  $k$ ،  $Y$ ،  $K_d$  و  $\mu_{max}$  قبل و بعد از لیوفیلیزه کردن لجن در مقیاس آزمایشگاهی تعیین و با روش های آماری مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که لیوفیلیزه کردن لجن بر عملکرد میکروارگانیسم های لجن فعال تأثیر نداشته است و تغییر معنی داری در ضرایب سینتیکی قبل و بعد از لیوفیلیزه کردن ایجاد نشده است و میکروارگانیسم های لجن پس از لیوفیلیزه کردن زیست پذیری خود را حفظ نموده اند.

**واژه های کلیدی:** لجن فعال، ضرایب سینتیکی، لیوفیلیزه کردن.

### مقدمه

امروزه یکی از متداولترین روش های تصفیه فاضلاب، سیستم های بیولوژیکی به ویژه فرایند لجن فعال است. در این سیستم مخلوطی از میکروارگانیسم ها عملیات تصفیه آلاینده را انجام می دهند که فعالیت و عملکرد این ارگانیسم ها تحت تأثیر متغیرهای زیادی از جمله شرایط محیطی نامناسب، شوک های بار سمی، آلی و هیدرولیکی و سایر عوامل مهم قرار می گیرند. بروز چنین شرایط نامطلوب باعث ایجاد اختلال در کار میکروارگانیسم ها و نهایتاً عملکرد کل سیستم تصفیه شده که

منجر به کاهش راندمان حذف آلاینده ها و یا عدم حذف آنها می گردد<sup>(۱)</sup>. از طرف دیگر در تصفیه فاضلابهای صنعتی به روش بیولوژیکی خصوصاً لجن فعال، به دلیل مشکل بودن و زمان بر بودن تهیه لجن و میکروارگانیسم های خو گرفته به فاضلاب صنایع مختلف و نیز حساسیت این سیستم ها به دلیل متغیر بودن کمیت و کیفیت فاضلاب صنایع، راه اندازی، کنترل و برقراری مجدد شرایط مطلوب در سیستم هایی که دچار مشکل شده اند و همچنین بهینه کردن سیستم، زمان زیادی را می طلبد<sup>(۲)</sup>. جهت بهبود وضعیت و رفع مشکلات راه اندازی، راهبری و کنترل سیستم های بیولوژیکی تصفیه فاضلاب تاکنون راه کارهای مختلفی ارائه شده است. یکی از روشهای جدید، تهیه لجن آماده از لجن سیستم هایی که به نحو مطلوب کار کرده و راندمان

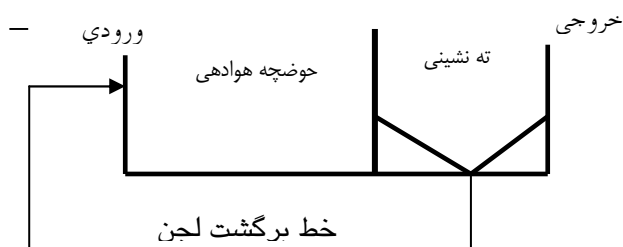
۱- استادیار دانشکده بهداشت

۲ و ۳- استاد دانشکده بهداشت

۴- دانشجوی دکتری بهداشت محیط زیست

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تهران،

ترتیب ۰/۵ و ۰/۱۴ روز می باشد (شکل ۱). در مرحله اول کار، بعد از آماده سازی و تجهیز راکتور و نیز تهیه مواد شیمیایی و وسایل لازم، سیستم راه اندازی و تا تشکیل لجن فعال پایش گردید. سپس مقداری از این لجن جهت تهیه لجن آماده، لیوفیلیزه و در محیط عاری از رطوبت و دمای آزمایشگاهی ذخیره شد. البته چون دستگاه لیوفیلایزر مورد استفاده در این پژوهش جهت کار در مقیاس آزمایشگاهی بوده، لذا امکان لیوفیلیزه کردن حجم زیادی از لجن امکان پذیر نبود. در دو مرحله انجام پژوهش، بعد از راه اندازی و پایدار شدن سیستم، داده های لازم جهت محاسبه ضرایب سینتیکی و مشخصات لجن فعال جمع آوری گردید.



شکل ۱: طرح پایلوت مورد استفاده در این تحقیق

**مواد:** کار برد مواد شیمیایی در این تحقیق به دو دسته کلی تقسیم می شوند، دسته اول موادی هستند که جهت تهیه فاضلاب سنتتیک با ترکیب مورد نظر استفاده گردید که عبارتند از: گلوکز بعنوان منبع کربن، فسفات دی هیدروژن پتاسیم به عنوان منبع فسفر، سولفات آمونیم بعنوان منبع ازت و نیز ترکیبات دیگر جهت تأمین عناصر معدنی برای رشد میکروارگانیزمها. مشخصات کلی فاضلاب سنتتیک مورد استفاده در هر دو مرحله کار بصورت زیر است<sup>(۴،۳)</sup>. دسته دوم موادی هستند که برای تهیه معرفها و محلولهای شیمیایی جهت انجام آزمایش های مورد نیاز استفاده شده است، که همگی بر اساس روش های ذکر شده در کتاب standard methods تهیه و مورد استفاده قرار گرفتند<sup>(۱)</sup>.

**روش تعیین ضرایب سینتیکی:** برای محاسبه ضرایب سینتیکی در هر دو مرحله، ۵ زمان ماند سلولی ۳، ۵، ۹، ۱۳ و ۱۶ روز بین گستره ۱ تا ۲۰ روز انتخاب شد. در هر زمان ماند سلولی (مرحله

بالایی در حذف آلاینده ها نشان داده اند، روش لیوفیلیزاسیون می باشد. لیوفیلیزاسیون «تولید یک ماده بیولوژیکی پایدار به وسیله انجماد سریع و خشک کردن ماده منجمد تحت شرایط خلاء» است<sup>(۳)</sup>. عمده ترین مزایای این روش تهیه لجن عبارتند از: ۱- حفظ کیفیت باکتریایی لجن در طولانی مدت. ۲- حمل و نقل و نگهداری آسان و ارزان لجن آماده. ۳- وزن کم لجن تولیدی به دلیل خشک بودن آن. ۴- در دسترس بودن لجن آماده جهت استفاده در شرایط لازم. ۵- راه اندازی و برقراری سریع سیستم هایی که دچار مشکل شده اند.

۶- کنترل انتشار آلودگی ناشی از حمل و نقل لجن آب دار.

۷- کنترل آلودگی های زیست محیطی به علت پایدار شدن سریع سیستم های تصفیه.

۸- امکان کنترل آلودگی های نقطه ای با افزودن لجن مناسب تهیه شده به این روش.

۹- امکان کاربرد این روش در سیستم های تصفیه فاضلاب خاص مثل تصفیه فاضلاب صنایع پتروشیمی و کاغذ سازی.

۱۰- آسان شدن کنترل فرآیند تصفیه مثل تنظیم MLVSS در حوضچه هوادهی و ...

۱۱- ایجاد درآمد از طریق فروش لجن لیوفیلیزه در مقیاس صنعتی<sup>(۱۶،۱۵)</sup>.

در این تحقیق جهت ارزیابی تأثیر فرایند لیوفیلیزه کردن لجن بر میکروارگانیزم ها و کیفیت میکروبی آن، از مقایسه ضرایب سینتیکی  $K_s$  ثابت نیمه اشباع ماده غذایی  $k$ ، حداکثر سرعت ویژه مصرف ماده غذایی،  $K_d$  ثابت تجزیه خود تخریبی،  $Y$  ثابت بازدهی سلولی و  $\mu_{max}$  ثابت حداکثر سرعت ویژه رشد سلولی بدست آمده قبل و بعد از مداخله (لیوفیلیزه کردن) استفاده شده است<sup>(۱۴،۸)</sup>.

### روش بررسی

جهت انجام این تحقیق که در دو مرحله انجام شده است، از یک سیستم لجن فعال در مقیاس آزمایشگاهی استفاده شد. این سیستم از نوع اختلاط کامل با برگشت لجن بوده و از دو واحد حوضچه هوادهی و حوضچه ته نشینی تشکیل شده است که حجم هر یک از آنها به ترتیب ۱۰ و ۲/۸ لیتر و زمان ماند هیدرولیکی هر یک به

جدول ۱: مشخصات کل فاضلاب سنتتیک مورد استفاده در این پژوهش

مشخصه	COD	ازت آمونیاکی	فسفات	قلیائیت	pH
مقدار* (mg/l)	۴۰۰	۲۰	۷/۶	۱۳۰	۷/۳

\*همه مقادیر جز pH بر حسب mg/l می باشد.

کیفیت باکتریایی آن، ضرایب حاصل با استفاده از نرم افزار Excel و آزمونهای آماری مقایسه شیب و عرض از مبدأ خطوط رگرسیون (t تعمیم یافته) مورد مقایسه قرار داده شدند.

نتایج

همانطور که قبلاً آورده شد، این تحقیق در دو مرحله انجام شده است. لذا نتایج و دستاوردهای آن نیز در دو بخش ارائه می شود.

۱- نتایج حاصل از مرحله قبل از لیوفیلیزه کردن لجن

در مرحله اول، پس از راه اندازی راکتور و تشکیل لجن فعال و نیز انتخاب ۵ زمان ماند سلولی در گستره ۱ تا ۲۰ روز، سیستم در هر زمان به مدت ۸ روز در حالت پایداری بهره برداری و مقادیر پارامترهای لازم اندازه گیری شد. میانگین مقادیر این پارامترها در هر یک از مراحل تجربی پنج گانه، در جدول (۲) نشان داده شده است. ضرایب سینتیکی بر اساس مقدار ماده آلی قابل تجزیه بیولوژیکی محلول در خروجی سیستم تعیین میگردد. از طرفی در این تحقیق برای تعیین مقدار ماده آلی از معیار COD استفاده شده است. لذا جهت محاسبه ضرایب سینتیکی ابتدا بایستی مقدار ماده آلی غیر قابل تجزیه بیولوژیکی و

تجربی) سیستم تا رسیدن به حالت پایداری پایش گردید. سپس سیستم در هر مرحله تجربی به مدت ۸ روز در حالت پایداری بهره برداری و مقادیر پارامترهای COD محلول خروجی، MLSS و MLVSS حوضچه هوادهی، MLSS و MLVSS لجن دفعی، میزان لجن دفعی روزانه، دبی ورودی، دما، DO و pH بطور روزانه اندازه گیری می گردید. لازم به ذکر است که کلیه آزمایشات فوق بر اساس کتاب «روشهای استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب» انجام شده است. بعد از اندازه گیری پارامترهای فوق و نیز مقدار ماده آلی غیر قابل تجزیه بیولوژیکی در خروجی سیستم ( $S_e$ )، سرعت مصرف ماده غذایی (U) محاسبه گردید<sup>(۱۶،۱۱،۳)</sup>. سپس جهت تعیین ثابت نیمه اشباع ماده غذایی  $K_s$  و حداکثر سرعت ویژه مصرف ماده غذایی k، رگرسیون خطی عکس سرعت مصرف ماده غذایی در برابر عکس غلظت ماده آلی قابل تجزیه بیولوژیکی در خروجی سیستم ترسیم گردید. همچنین برای محاسبه ضریب بازدهی سلولی Y و ثابت تجزیه خود تخریبی  $K_d$ ، رگرسیون خطی عکس زمان ماند سلولی در برابر سرعت مصرف ماده غذایی ترسیم شد<sup>(۱۱)</sup>.

مقایسه ضرایب سینتیکی: بعد از تعیین این ضرایب در هر دو مرحله تحقیق، جهت تعیین و ارزیابی تأثیر لیوفیلیزاسیون بر لجن و

جدول ۲: متوسط مقادیر پارامترهای اندازه گیری شده در شرایط پایداری در ۵ مرحله تجربی (۵ زمان ماند سلولی) قبل از لیوفیلیزه کردن لجن

PH	°C دما T	DO (mg/l)	MLVSS (mg/l)	MLSS (mg/l)	Q <sub>w</sub> (l/day)	MCRT (day)	HRT (day)	SCOD <sub>er</sub> (mg/l)	SCOD <sub>in</sub> (mg/l)	پارامتر مرحله تجربی
۷/۴	۲۱	۳/۵	۹۴۵	۱۲۱۳	۰/۷	۳/۱	۰/۵	۳۱/۵	۴۰۰	۱
۷/۳	۲۱	۳/۶	۱۲۹۸	۱۶۶۴	۰/۶	۴/۹	۰/۵	۲۷	۴۰۰	۲
۷/۲	۲۱/۲	۲/۸	۱۹۴۸	۲۴۸۰	۰/۵	۸/۹	۰/۵	۲۲/۵	۴۰۰	۳
۷/۳	۲۱/۳	۳/۶	۲۳۱۷	۲۹۷۰	۰/۴	۱۳	۰/۵	۱۹/۵	۴۰۰	۴
۷/۵	۲۱/۴	۳/۴	۲۸۹۶	۳۶۶۵	۰/۳۵	۱۶/۱	۰/۵	۱۸	۴۰۰	۵

رسیدن به حالت پایداری پایش گردید. سپس در ۵ زمان ماند سلولی قبلی و در شرایط مشابه مرحله اول. پارامترهای لازم در هر یک از زمان ماند سلولی اندازه گیری و در نهایت متوسط آنها در هر زمان محاسبه شد که در جدول (۳) نشان داده شده است. در این مرحله نیز به علت استفاده از معیار COD جهت اندازه گیری مقدار ماده آلی، ابتدا برای تعیین بخش قابل تجزیه بیولوژیکی آن، خط رگرسیون خطی سرعت کلی مصرف

نمودار ۱: نمودار خطی سرعت مصرف ماده غذایی در برابر COD محلول خروجی قبل از لیوفیلیزه کردن لجن

نمودار ۲: نمودار خطی عکس سرعت مصرف ماده غذایی در برابر غلظت ماده غذایی خروجی قبل از لیوفیلیزه کردن لجن

از روی آن مقدار ماده آلی قابل تجزیه بیولوژیکی در خروجی سیستم تعیین گردد. بدین منظور در ابتدا نمودار رگرسیون خطی سرعت مصرف کل ماده آلی (بر اساس COD محلول خروجی) در برابر COD محلول خروجی ترسیم شد که تقاطع خط حاصل با محور افقی مقدار ماده آلی قابل تجزیه بیولوژیکی در خروجی سیستم را نشان می دهد که معادل  $11 \text{ mg/l}$  می باشد (نمودار ۱). این مقدار از COD محلول خروجی کسر و حاصل به عنوان ماده آلی قابل تجزیه بیولوژیکی محلول می باشد که از روی آن سرعت مصرف ماده غذایی در هر مرحله تجربی محاسبه گردید<sup>(۹)</sup>. برای محاسبه ثابت نیمه اشباع ماده غذایی ( $K_s$ ) و حداکثر سرعت ویژه مصرف ماده غذایی ( $k$ )، نمودار رگرسیون خطی عکس سرعت مصرف ماده غذایی ( $1/U$ ) در برابر عکس غلظت ماده آلی قابل تجزیه بیولوژیکی محلول ( $1/S_e$ ) در خروجی سیستم ترسیم گردید (نمودار ۲). شیب این خط که معادل  $K_s/k$  است  $22/4$  و عرض از مبدأ آن که معادل  $1/k$  است  $0/31$  می باشد. لذا بر این اساس، ثابت حداکثر سرعت ویژه مصرف ماده غذایی برابر  $3/2 \text{ (day)}^{-1}$  و ثابت نیمه اشباع ماده غذایی معادل  $71/7 \text{ mg/l}$  محاسبه می گردد<sup>(۴)</sup>. نمودار (۳) که رگرسیون خطی عکس زمان ماند سلولی رانسبت به سرعت مصرف ماده غذایی نشان می دهد، برای محاسبه ضریب بازدهی سلولی ( $Y$ ) و ثابت تجزیه خود تخریبی ( $K_d$ ) ترسیم گردید شیب این خط که معادل  $Y$  است  $0/48$  و عرض از مبدأ آن که معادل  $K_d - Y$  است،  $0/077$  - شده است. لذا ضریب بازدهی سلولی ( $Y$ ) برابر با  $0/48$  و ثابت تجزیه خود تخریبی ( $K_d$ ) معادل  $1 \text{ (day)}^{-1}$   $0/077$  می باشد. ثابت سرعت رشد ویژه ( $\mu_{max}$ )، از حاصل ضرب ثابت حداکثر سرعت مصرف ماده غذایی و ضریب بازدهی سلولی بدست می آید که معادل  $1/5 \text{ (day)}^{-1}$  است. همچنین در مرحله اول تحقیق، میانگین راندمان حذف COD محلول،  $0/939$  بوده است.

۲ - نتایج حاصل از مرحله بعد از لیوفیلیزه کردن لجن : در مرحله دوم تحقیق، از لجن لیوفیلیزه حاصل از مرحله اول، بعنوان لجن آماده جهت راه اندازی راکتور استفاده شد و سیستم تا

### نمودار ۳: نمودار خطی عکس زمان ماند سلولی در برابر

### سرعت مصرف ماده غذایی خروجی قبل از لیوفیلیزه

جدول ۳: متوسط مقادیر پارامترهای اندازه گیری شده در شرایط پایداری در ۵ مرحله تجزیه (۵ زمان ماند سلولی) بعد از لیوفیلیزه کردن لجن

PH	دمای T °C	DO (mg/l)	MLVSS (mg/l)	MLSS (mg/l)	Q <sub>w</sub> (l/day)	MCRT (day)	HRT (day)	SCOD <sub>ef</sub> (mg/l)	SCOD <sub>t</sub> (mg/l) <sub>n</sub>	پارامتر مرحله تجربی
۷/۳	۲۱/۵	۲/۸	۸۶۹	۱۱۱۴	۰/۷	۳/۴	۰/۵	۳۱/۵	۴۰۰	۱
۷/۳	۲۰/۵	۲/۹	۱۱۱۸	۱۴۳۳	۰/۶	۴/۵	۰/۵	۲۷	۴۰۰	۲
۷/۳	۲۱/۱	۳/۲	۱۵۵۶	۱۹۷۰	۰/۵	۹/۱	۰/۵	۲۲/۵	۴۰۰	۳
۷/۲	۲۱/۴	۳/۳	۲۱۳۶	۲۷۷۴	۰/۴	۱۳/۳	۰/۵	۱۹/۵	۴۰۰	۴
۷/۴	۲۱/۹	۳/۲	۲۳۵۶	۳۰۲۰	۰/۳۵	۱۶	۰/۵	۱۸	۴۰۰	۵

رگرسیون نمودارهای (۲) و (۵) مورد آزمون آماری قرار داده شدند. به طوری که برای مقایسه  $K_s$  دو مرحله، شیب دو خط و برای مقایسه  $K_s$  عرض از مبدأ در خط آزمون شدند. نتیجه آزمون آماری نشان می دهد که این دو ضریب قبل و بعد از لیوفیلیزه کردن تفاوت معنی داری نداشته است ( $P > 0/05$ ).

### نمودار ۴: نمودار خطی سرعت مصرف ماده غذایی در برابر COD محلول خروجی بعد از لیوفیلیزه کردن لجن

ماده آلی در برابر COD محلول خروجی ترسیم گردید (نمودار ۴). تقاطع این خط با محور افقی، بیانگر مقدار ماده آلی غیر قابل تجزیه بیولوژیکی است که معادل  $11 \text{ mg/l}$  است، که این مقدار از COD محلول خروجی کسر و سپس سرعت مصرف ماده غذایی و سایر معیارهای لازم جهت محاسبه ضرایب سینتیکی محاسبه گردید. نمودار (۵) رگرسیون خطی عکس سرعت مصرف ماده غذایی در برابر عکس غلظت ماده غذایی خروجی را نشان می دهد. شیب این خط که معادل  $K_s/k$  است برابر با  $18/3$  و عرض از مبدأ آن که معادل با  $1/k$  است برابر با  $0/3$  می باشد. لذا بر این اساس، حداکثر سرعت ویژه مصرف ماده غذایی  $k$ ، برابر با  $3/4 \text{ (day)}^{-1}$  و ثابت نیمه اشباع ماده غذایی  $K_s$  برابر با  $62/2 \text{ ml/l}$  است. برای محاسبه ضریب بازدهی سلولی و ثابت تجزیه خود تخریبی، مشابه مرحله اول، نمودار رگرسیون خطی عکس زمان ماند سلولی در برابر سرعت مصرف ماده غذایی ترسیم گردید. طبق این نمودار ضریب بازدهی سلولی و سرعت تجزیه خود تخریبی به ترتیب  $0/44$  و  $0/09 \text{ (day)}^{-1}$  می باشد (نمودار ۶). همچنین در این مرحله حداکثر سرعت ویژه  $6 \text{ (day)}^{-1}$  و میانگین راندمان حذف COD محلول  $0/945$  شده است.

### ۳- مقایسه نتایج حاصل از دو مرحله تحقیق

به منظور ارزیابی و تعیین تأثیر لیوفیلیزه کردن لجن بر کیفیت باکتریایی آن، ضرایب سینتیکی بدست آمده از دو مرحله تحقیق، با استفاده از آزمون های آماری مناسب ( $t$  تعمیم یافته) مورد مقایسه قرار گرفتند. برای مقایسه  $k_s$  و  $k$ ، معادلات خطوط

نمودار ۵: نمودار خطی سرعت ماده غذایی در برابر عکس ماده غذایی خروجی بعد از لیوفیلیزه کردن لجن

همچنین معادلات خطوط رگرسیون نمودارهای (۳) و (۶) برای مقایسه ضریب بازدهی سلولی و ضریب تجزیه خود تخریبی مورد آزمون آماری قرار داده شدند. به این صورت که برای مقایسه ضریب بازدهی، شیب دو خط و برای مقایسه ضریب تجزیه خود تخریبی، عرض از مبدأ دو خط آزمون شدند که نتیجه این آزمون نشان می دهد که این ضرایب قبل و بعد از لیوفیلیزه کردن تفاوت معنی داری نداشته اند ( $P > 0/05$ ).

همچنین آزمون آماری مقایسه راندمان حذف COD محلول نشان می دهد که میانگین راندمان حذف COD محلول قبل و بعد از لیوفیلیزه کردن تفاوت معنی داری نکرده است ( $P > 0/05$ ).

**نتیجه گیری:** همان طور که در قسمت قبل مشخص شد مقادیر ضرایب  $K_s$ ،  $K_d$  و  $Y$  در مرحله دوم و بعد از لیوفیلیزه کردن لجن کاهش و  $K_d$  افزایش یافته است. اما آزمون آماری نشان می دهد که با اطمینان ۹۵ درصد هیچکدام از این تفاوتها معنی دار نبوده است. لذا می توان نتیجه گرفت که ضرایب سینتیکی قبل و بعد از لیوفیلیزه کردن لجن تغییر نکرده است و در نتیجه سرعت مصرف ماده غذایی، سرعت رشد سلولی و سرعت تجزیه خود تخریبی توده سلولی ثابت مانده است. این نشان می دهد که فرآیند بیولوژیکی لجن فعال بعد از لیوفیلیزه کردن تحت تأثیر قرار نگرفته به طوری که بعد از اضافه کردن لجن لیوفیلیزه به محیط رشد مناسب، میکروارگانیزم ها مجدداً فعالیت خود را از سر گرفته و متابولیسم طبیعی خود را ادامه داده اند. با توجه به اینکه ضرایب سینتیکی تابع ترکیب جمعیت میکروبی، نوع ماده غذایی و شرایط محیطی است<sup>(۴)</sup> و از طرفی نوع ماده غذایی و شرایط محیطی در هر دو مرحله یکسان بوده است، می توان نتیجه گرفت که لیوفیلیزه کردن لجن تأثیری بر میکروارگانیزم های موجود در

### نمودار ۶: نمودار خطی عکس زمان ماند سلولی در برابر سرعت مصرف ماده غذایی بعد از لیوفیلیزه کردن لجن

آن به خصوص باکتریها نداشته و در واقع کیفیت و ترکیب باکتریایی لجن و خصوصیات متابولیکی آنها که عامل اصلی حذف آلاینده ها و مصرف ماده آلی هستند، بعد از مداخله روی آنها بدون تغییر مانده است. همچنین با وجود اختلاف میانگین راندمان حذف COD محلول در دو مرحله، آزمون آماری نشان می دهد که این تفاوت معنی دار نمی باشد. لذا لیوفیلیزه کردن لجن بر باکتریها که نقش اصلی را در مصرف و کاهش مواد آلی ایفا می کنند و خصوصیات متابولیکی و بیوشیمیایی آنها تأثیر منفی نداشته، به طوری که کارایی و توانایی آنها در مصرف مواد آلی و حذف COD تغییر نکرده است و باکتریها توانسته اند زیست پذیری مجدد خود را حفظ کنند. لذا در صورتی که بررسیهای اقتصادی با صرفه بودن این روش را تأیید نماید، می توان از آن به عنوان روشی جهت تهیه لجن آماده از سیستم های مختلفی لجن فعال جهت استفاده در شرایطی لازم و به منظورهای مختلف از جمله راه اندازی اولیه، راه اندازی مجدد، کنترل عملکرد، کنترل فرایند، افزایش راندمان و بهره وری سیستم های لجن فعال و غیره استفاده نمود.

**References**

- 1- APHA. AWWA, WPCF, *Standard Methods for the examinations of water and waste water*, Washington DC, 1995.
- 2- Arcievala S.J. *Wastewater treatment for pollution control*, McGraw-Hill, Inc, 1988.
- 3- Benefield L.D., Randall C.W, *Biological process design for wastewater treatment*, 1995.
- 4- Bitton, G. *Wastewater microbiology*, Wiley-liss, Inc, 1999.
- 5- Cabero A., *Effects of copper and Zinc on the Activated sludge Bacterial growth kinetics*, *water research*, Vol. 21, No.5, pp: 135-142, 1998.
- 6- Freeman H.M., Sterrpa P.R., **Biological Processes**, Technomic Dub., Inc, 1991.
- 7- Ganezarezyk J.J. *Activated sludge processes: Theory and practice*, marcel dekker, Inc, 1983.
- 8- Jenmings T.A., *Overview of the lyophilization process*, INSIGHT, Vol 1, No .9, 1999.
- 9- Jones J.A., *Putting the action back into activated sludge treatment, water wastage treatment*, Vol. 31, No.1, PP: 13-14, 1998.
- 10- Mackie and McCARTNEY, *Practical microbiology*, 13<sup>th</sup> edition churchil ivingstone, 1990.
- 11- Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment, disposal & reuse*, 13<sup>th</sup> edition, McGrow - Hill, New York, 1991.
- 12- Orhon D., Artan N., *Modelling of activated sludge system*, *technomic publishing*, Inc, 1994.
- 13- Pollard P.C., *Bacterial growth dynamic in activated sludge Bach assay*, *Water research*, Vol. 32, No , 3 , PP: 587-596, 1998.
- 14- Ubukata .Y , *Kinetics and Fundamental mechanisms of protein removal by activated sludge*, *Wat. Sci. Tech*, Vo.38, No.8-9, PP:121-128, 1998.
- 15- WAYNE W.U., *Applied Microbiology*, *Academic Press*, New York and London, Vol. 3, 1961.
- 16- WHO, *Basic Laboratory Procedures in Clinical Bacteriology*, WHO, 1991