



نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران  
۳-۵ آذر، ماه ۱۳۸۳

## بررسی عوامل موثر بر عملکرد راکتورهای بافلدار بیهوازی (Anaerobic Baffled Reactor)

احمد آزموده، جلال الدین شایگان\*، محمدخشنودی

دانشگاه صنعتی شریف دانشکده مهندسی شیمی و نفت

[ahazmoodeh@yahoo.com](mailto:ahazmoodeh@yahoo.com)

### چکیده

در این پژوهش راکتور ABR به طول ۱۲۲cm، عرض ۴۵ cm و ارتفاع ۱۲۰cm برای تصفیه پساب مصنوعی تهیه شده از ملاس استفاده شد. در میزان بارگذاری  $10 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{day}$ ، حذف COD، ۶۲٪ بدست آمده و بیشترین راندمان حذف در اتاقک اول صورت گرفت در این میزان بارگذاری مقدار SS خروجی بالا بوده که با کاهش بارآلی ورودی مقدار آن کاهش یافته و راندمان خروجی افزایش پیدا کرد. در مرحله سوم آزمایشها، با بکار بردن آکنه ها در سطح پایلوت میزان SS خروجی کاهش و راندمان حذف افزایش یافت. در این بررسی از کود فسفاته و اوره بعنوان مواد مغذی استفاده شد.

**کلمات کلیدی:** راکتور با فلدار بیهوازی، COD، SS، بارگذاری آلی

## مقدمه

تکنولوژی بی هوازی برای تصفیه پسابهای صنعتی منجر به توسعه راکتورها با سرعت بالا که سرعت واکنش در واحد حجم راکتور زیاد و زمان ماند بیومس طولانی می باشد گردید [۱]. راکتور ABR نوعی از راکتور سرعت بالا می باشد در واقع این راکتور ترکیبی از راکتورهای UASB بصورت سری می باشد که نیازی به لجن گرانوله ندارد. در این راکتورها قرار گرفتن بافلها در مسیر جریان باعث تغییر جهت آن به سمت بالا و پایین می گردد و تماس بین بیومس و پسابها را افزایش می دهد [۲]. این ساختار ABR باعث جداسازی فاز اسیدزایی و متان زایی بدون نیاز به مسائل کنترلی و هزینه اجرایی می شود و فعالیت اسید زایی و متان زایی افزایش می یابد [۳]. در این راکتورها زمان ماند هیدرولیکی از زمان ماند سلولی جدا می شود زمان ماند سلولی در حدود ۲۰ روز و زمان ماند هیدرولیکی در حدود ۲۰ ساعت می باشد [۴]. هیدرو دینامیک و درجه اختلاط به میزان قابل توجهی روی تماس بین بیومس و پساب تاثیر دارد این راکتورها در مقایسه با دیگر راکتورها دارای فضای مرده کمتر از ۲۲٪ می باشد در صورتیکه در فیلترهای بی هوازی ۵۰-۹۳ درصد و بیشتر از ۸۰٪ در CSTR فضای مرده وجود دارد [۵]. در تصفیه پسابهای با آلودگی بالا به دلیل تولید زیاد گاز بستر لجن منبسط شده و میزان بیومس کاهش می یابد برای جلوگیری این اثر راکتورهای هیبریدی توسعه پیدا کرده اند [۶] اما در تصفیه پسابهای با آلودگی پایین به دلیل تولید کم گاز در زمان ماند هیدرولیکی پایین زمان ماندن بیومس بیشتر می شود. در فرایندهای بیهوازی یکی از موارد حائز اهمیت دما می باشد بعضی از پسابها دمای پایینی دارند حرارت مورد نیاز، هزینه تصفیه برای این نوع پسابها را افزایش می دهد در تصفیه پسابهای رقیق با راکتور ABR کاهش دما از  $35^{\circ}\text{C}$  به  $20^{\circ}\text{C}$  باعث کاهش راندمان حذف از ۹۵٪ به ۷۰٪ می شود و کاهش دما به  $10^{\circ}\text{C}$  راندمان حذف به ۶۰٪ افت پیدایمی کند [۷].

در حال حاضر با توجه به پیشرفتهایی که در زمینه ساخت راکتورهای بیهوازی در دنیا بوجود آمده است بتدریج سیستمهای هوازی جای خود را به سیستمهای بیهوازی که قادر به تولید انرژی هستند، می دهند. هدف این پژوهش آشنایی هر چه بیشتر محققین داخلی با فرایند تخمیر بیهوازی و کسب تجربه در زمینه عملکرد راکتورهای بیهوازی می باشد. بدین منظور عملکرد راکتور ABR مورد مطالعه قرار گرفت.

## مواد و روشها

### سیستم پایلوت

نمای کلی پایلوت بکاربرده شده در شکل (۱) نشان داده شده است. حجم فعال این راکتور ۶۰۰ لیتر و ابعاد راکتور ۱۲۲ سانتی متر طول، ۴۵ سانتی متر عرض و ۱۲۰ سانتی متر ارتفاع می باشد. برای مشاهده داخل آن، راکتور از ورق پلکسی گلاس ساخته شده است و توسط بافلهای چسبیده به کف راکتور به ۶ قسمت مساوی تقسیم می شود هر قسمت نیز توسط بافلهای آویزانی به دو قسمت تقسیم می شود که عرض بالاروهای هر قسمت ۴ برابر پایین روها می باشد بافلهای آویزان به فاصله ۴ سانتی متر از کف راکتور و با یک زاویه ۴۵ درجه نصب شده است. همچنین قسمت‌های نمونه گیری در فاصله ۸ سانتی متر از کف و در سطح راکتور در

نظر گرفته شده است و یک سیستم جمع آوری گاز در قسمت بالایی راکتور در نظر گرفته شده تا شرایط مناسب بی هوازی فراهم گردد و گازهای تولیدی جمع آوری شود.

### سیستم گرمایی

برای تنظیم دمای فاضلاب ورودی به راکتور از یک دستگاه مبدل از نوع المنت برقی استفاده شد. مبدل از یک استوانه به قطر ۱۰ سانتی متر و طول ۵۰ سانتی متر با یک المنت از جنس فولاد ضد زنگ با توان ۲۰۰۰ وات به صورت شفت و غلاف ساخته شد. برای کنترل دما از یک ترموستات با دقت  $1^{\circ}C$  استفاده گردید که دمای جریان ورودی را تنظیم می کرد.

### خوراک و مواد افزودنی

برای تامین COD مورد نیاز از ملاس خام تهیه شده از کارخانه قند استفاده گردید. برای تهیه خوراک با COD مختلف، رقیق سازی ملاس خام در مخزن ۱۰۰۰ لیتری صورت می گرفت آنالیز ملاس رقیق شده در جدول (۱) آمده است. برای کنترل PH و قلیائیت از سود و بی کربنات سدیم استفاده شد برای کنترل نسبت COD:N:P بصورت ۱:۵:۳۵۰ از کود فسفات و اوره به عنوان منبع فسفر و نیتروژن استفاده گردید.

جدول ۱- آنالیز ۱ گرم بر لیتر ملاس

	7.61
COD	708(mg/lit)
BOD	420(mg/lit)
Kjeldahl Nitrogen	16.64(mg/lit)
Total PHospHate	0.00
Fe	0.00
Ca	59.2(mg/lit)
K	3(mg/lit)
Alkalinity	198(mg/lit)

### لجن نطفه

از لجن بیهوازی شده واحد هوازی تصفیه خانه شهرک مسکونی اکباتان استفاده گردید. لجن تهیه شده در بشکه هایی پرورش داده شد و در پایان ۲۰۰ لیتر حجم راکتور با این لجن پرشد که در این شرایط SS لجن ۵۹/۱۷ gr/lit و VSS آن ۳۵/۸ gr/lit بود.

### روشهای آنالیز

اندازه گیریها از جمله COD، SS و قلیائیت طبق روشهای استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب [۸] به همراه PH و دما هر روز اندازه گیری می شد.

## نتایج و بحث

### راه اندازی

ابتدا راکتور ABR به مدت یک هفته به صورت ناپیوسته برای آشنایی لجن با خوراک مورد استفاده قرار گرفت سپس به مدت ۱۸ روز با بار آلی اولیه  $1 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{day}$  در  $\text{HRT} = 24 \text{ hr}$  بصورت پیوسته خوراک دهی شد هنگامیکه تغییرات زیادی در COD خروجی مشاهده نشد غلظت COD ورودی با شیب ۱۵٪ افزایش داده شد با افزایش بار آلی تا حدود  $4 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{day}$ ، تولید حبابهای گاز زیاد گردیده و اختلاط لجن افزایش یافت و راندمان حذف COD به حدود ۵۷٪ رسید. با افزایش بار آلی تا  $10 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{day}$  راندمان حذف COD، ۶۲٪ در خروجی راکتور به دست آمد میزان COD ورودی به راکتور در این حالت  $10000 \text{ mg/lit}$  بود برای این میزان بار، تغییرات COD بر حسب زمان در اتاقکهای مختلف در شکل (۲) نشان داده شده است. شکل (۳) نیز راندمان حذف در اتاقکهای راکتور را در بار  $10 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{day}$  پس از آنکه عملکرد راکتور به حالت یکنواخت رسید نشان می دهد همانطور که مشاهده می شود حدود ۳۳ درصد از میزان COD حذف شده در اتاقک اول انجام شده است. بدلیل تولید گاز بیشتر در غلظت بالای COD ورودی، مقدار SS خروجی در راکتور بالا بوده و فرار لجن از راکتور افزایش یافت. با افزایش مرحله ای بار آلی راندمان حذف COD بیشتر شد.

### کاهش بار آلی

به دلیل SS بالای خروجی از راکتور در مرحله بعد بار آلی ورودی به  $5 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{day}$  کاهش داده شد. عملکرد راکتور با این بار حدود ۲۰ روز بطور پیوسته مورد بررسی قرار گرفت میزان COD ورودی به راکتور در این حالت  $5000 \text{ mg/lit}$  بود برای این میزان بار، تغییرات COD بر حسب زمان در اتاقکهای مختلف در شکل (۴) نشان داده شده است راندمان حذف COD در این میزان بارگذاری حدود ۷۰ درصد بود. شکل (۵) نشان می دهد که فرار لجن در این حالت نسبت به حالت قبل ( $10 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{day}$ ) کاهش پیدا کرده است که می تواند بدلیل تولید کمتر گاز و اختلاط کمتر باشد. میزان pH در سه اتاقک جلویی پایین و در اتاقکهای بعدی افزایش می یابد در اتاقکهای جلویی به دلیل فعالیت باکتریهای اسیدزا و تولید VFAs، مقدار pH کمتر می باشد و در اتاقکهای انتهایی به خاطر تبدیل محصولات میانی به متان و فعالیت باکتریهای متانزا مقدار pH افزایش می یابد در میزان بارگذاری  $5 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{day}$  پروفیل pH در راکتور بدست آمد که در شکل (۶) نشان داده شده است.

### هیبریدی کردن راکتور

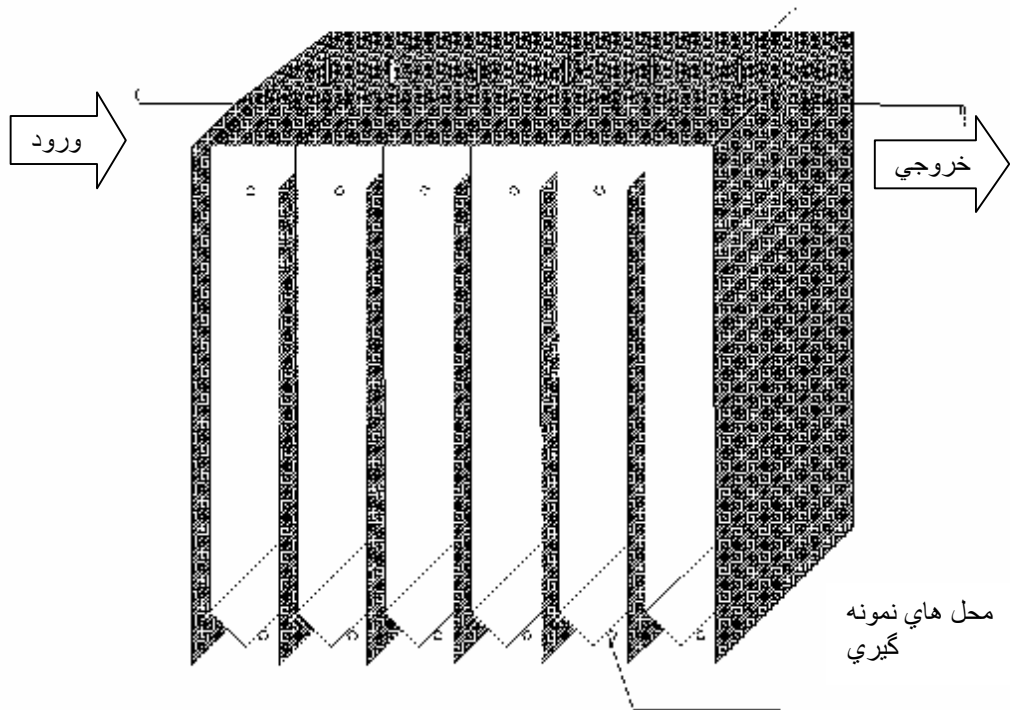
در این مرحله از یکسری پوک‌های صنعتی که قابلیت شناور شدن روی سطح آب را دارند استفاده شد. ۲۰ سانتی متر از سطح پایلوت با این پوک‌های صنعتی پر گردید. بدلیل استفاده از پوک‌ها سطح تماس بین بیومس و خوراک ورودی بیشتر شده و باعث افزایش راندمان حذف تا میزان ۷۹٪ گردید تغییرات COD در اتاقکهای مختلف بدست آمد که در شکل (۶) نشان داده شده است. همانطور که در شکل (۵) نشان داده شده است در این حالت SS خروجی نسبت به حالت قبل کاهش پیدا کرد.

## نتیجه گیری

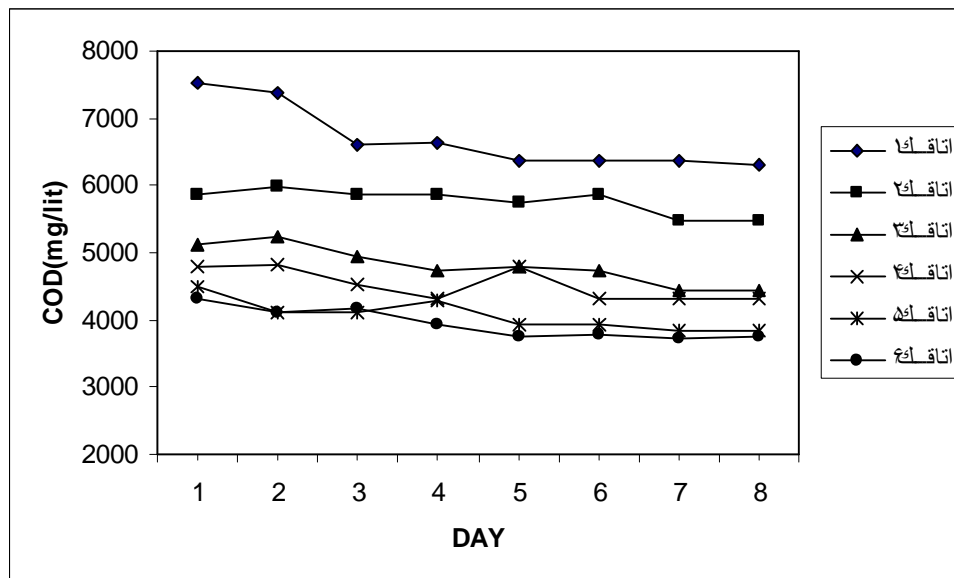
- ۱- استفاده از راکتور ABR یک گزینه مناسب برای تصفیه فاضلابهای با آلودگی به نسبت بالا می باشد.
- ۲- در این نوع راکتور بیشترین میزان حذف COD در اتافک اول اتفاق می افتد.
- ۳- در اتافکهای جلویی راکتور ABR مقدار pH از اتافکهای انتهایی به دلیل تجمع باکتریهای اسیدزا و تولید VFAs کمتر می باشد.
- ۴- هیبریدی کردن راکتور ABR موجب افزایش سطح تماس بین بیومس و پساب می گردد و راندمان حذف COD را افزایش می دهد همچنین مانع فرار بیومس از راکتور می گردد.

## منابع و مراجع

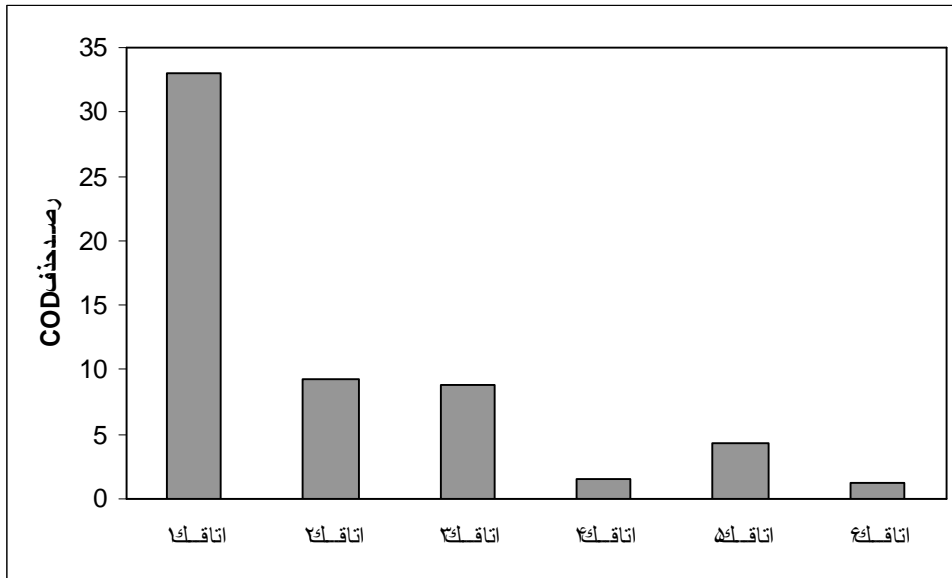
1. Bell j. and Buckley C.A. (2003) Treatment of a textile dye in the anaerobic baffled reactor. *Water SA*.29, 129-134.
2. Bachman A., Beard V.L and Mc Carty P.L. (1985) performance characteristic of the anaerobic baffled reactor. *Wat.Res.*19, 99-106.
3. Grover R., Marvaha S.S and Kennedy j.F. (1999) Studies on the use of an anaerobic baffled reactor for the continuous anaerobic digestion of pulp and paper mill black liquors. *Process Biochemistry*.34, 653-657.
4. Langenhoff A.A.M, Intrachandra N. and Stuckey D.C. (2000) Treatment of dilute soluble and colloidal wastewater influence of hydraulic retention time. *wat.Res.*34, 1307-1317.
5. Grobicki A. and Stuckey D. C. (1992) Hydrodynamic characteristic of the anaerobic baffled. *wat.Res.*26, 371-378.
6. Boopathy R. and Tilche A. (1991) anaerobic digestion of high strength molasses wastewater using hybrid anaerobic baffled reactor. *wat.Res.*7, 785-790.
7. Legenhoff A.A.M. and Stuckey D.C. (2000) treatment of dilute wastewater using anaerobic baffled reactor: effect of low temperature. *wat.Res.*34, 3867-3875.
8. Standard method for examination of water and wastewater, 1998.



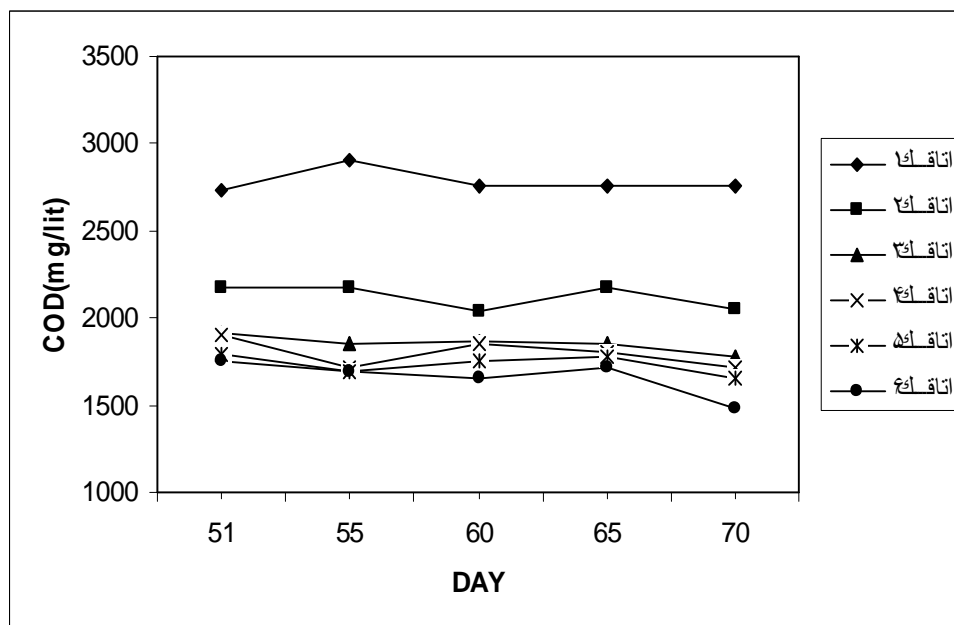
شکل ۱- نمای راکتور ABR



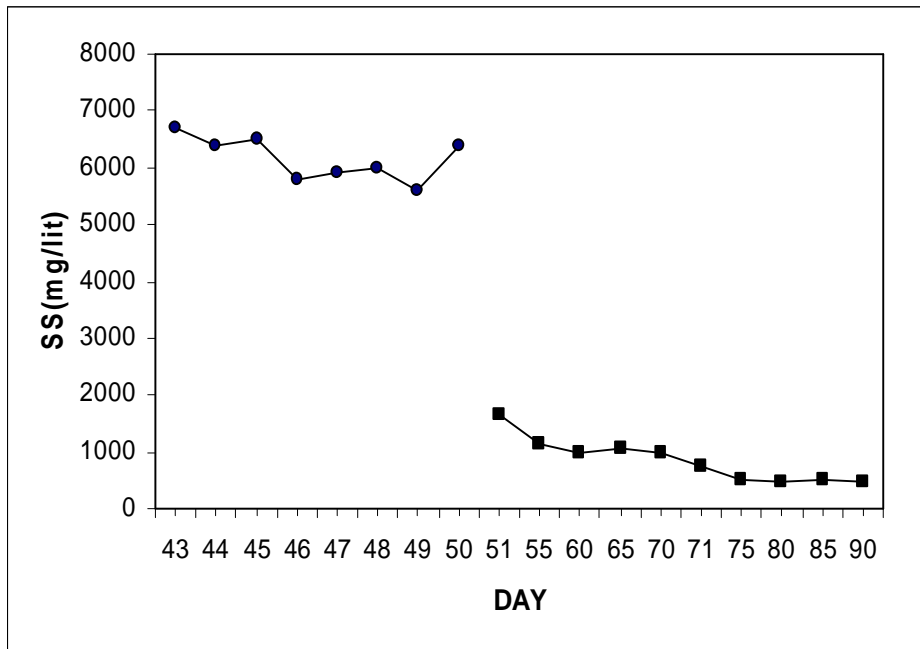
شکل ۲- تغییرات COD در اتاقک های مختلف در بارگذاری  $10 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{day}$



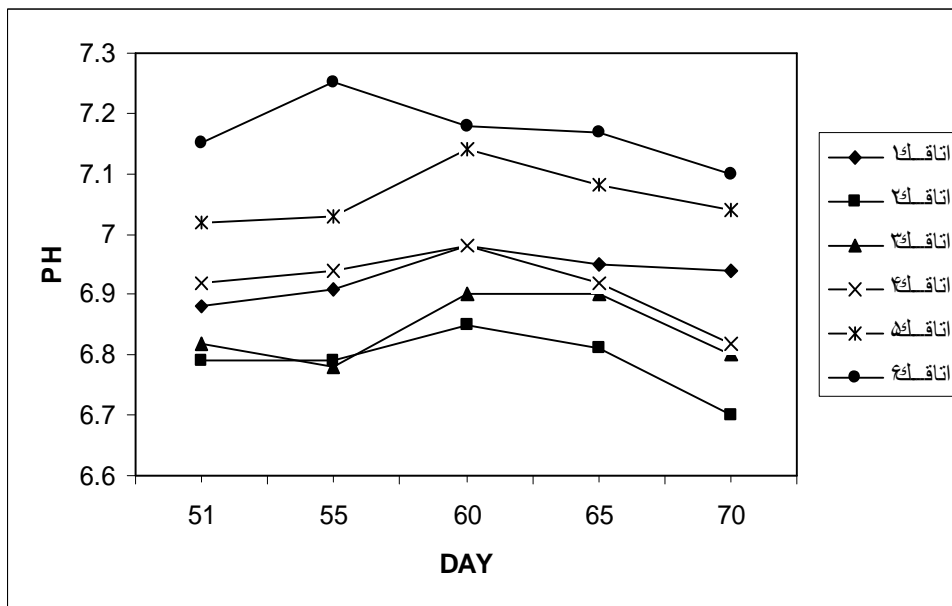
شکل ۳- راندمان حذف COD در اتافک های مختلف در بارگذاری  $10 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{day}$



شکل ۴- تغییرات COD در اتافک های مختلف در بارگذاری  $5 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{day}$

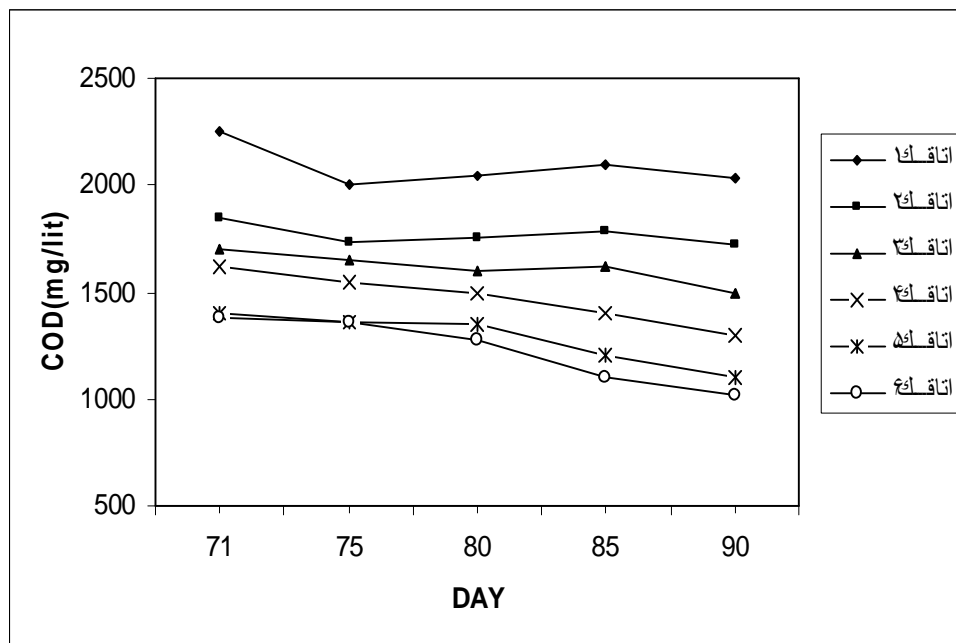


شکل ۵- تغییرات SS خروجی در مراحل مختلف



شکل ۶- تغییرات pH در اتاقک های مختلف در بارگذاری  $\Delta \text{kg COD/m}^3 \cdot \text{day}$





شکل ۷- تغییرات COD در اتاقک های مختلف در بارگذاری ۵kg COD/m<sup>3</sup>.day در حالت هیبریدی