تولید بیوگاز از آب پنیر در بسترهای ثابت غیر هوازی

مهندس محمدرضا مهراسبی[۱]

خلاصه

با توجه به پیشرفت و توسعه علم بیوتکنولوژی در سالهای اخیر یکی از مباحثی که مورد توجه متخصصین قرار گرفته مسئله تولید منابع جدید انرژی با استفاده از فرایندهای بیولوژیکی است. بیوگاز، تولید انرژی حرارتی موجود در مواد قابل تجزیه بیولوژیکی توسط یک میکروارگانیسمها است. در این تحقیق کارائی میکروارگانیسمهای غیر هوازی در تولید بیوگاز در سیستم رشد چسبیده؛ موسوم به فیلترهای بیهوازی AF (Anaerabic filters) مورد بررسی قرار گفته است. استفاده از یک پایلوت صافی بیهوازی مجهز به مدیای سرامیکی و در مرحله آخر مجهز به صافی غشائی در طول ۷/۵ ماه پس از رسیدن به حالت تعادل در شش مرحله تغذیه با آب پنیر میزانهای بار حجمی مختلف و زمان ماند متفاوت در حال کار بوده است. بهترین نتایج به شرح زیر بدست آمد.

در مراحل دوم و سوم به ترتیب با میزانهای بار حجمی برابر ۴ و ۵ کیلوگرم COD بر متر مکعب در روز و زمان ماند هیدرولیکی ۴ روز در هر دو مرحله متان تولیدی هر گرم COD حذفی در مرحله دوم ۴۳/۸ لیتر و در مرحله سوم ۴۴/۳ لیتر بوده است. همینطور متوسط حذف COD به ترتیب ۸۷/۷۵٪ و ۸۴/۵٪ می‌باشد.

در مرحله ششم که سیستم مجهز به صافی غشائی شده بود درصد حذف COD برابر با ۹۱/۶٪ و متوسط گاز تولیدی در هر پریود ۱۲ ساعته ۳۸/۳ لیتر به ازای هر گرم حزف COD بوده است.

واژه‌های کلیدی :

ایران، زنجان، دانشگاه علوم پزشکی ، بیوگاز ، تجزیه غیر هوازی، صافیهای بیولوژیکی، آب پنیر

مقدمه

با توجه به مسئله کمبود انرژی و ازدیاد مواد فسادپذیر تولید انرژی‌های نو و بخصوص تولید انرژی از مواد قابل تجزیه بیولوژیکی بحث روز دنیاست.

بیوگاز، مجموعه گازهای تولید شده از تجزیه و تخمیر فضولات قابل تجزیه بیولوژیکی در نتیجه فقدان اکسیژن و فعالیت باکتریهای غیرهوازی بویژه‌باکتریهای مولد متان در یک محفظه تخمیر می‌باشد. (۴)

بطور کلی دو گروه عمده پروسه‌های بیولوژیکی جهت تجزیه مواد فسادپذیر از جمله پسابهای صنعتی و فاضلابهای انسانی بکار می‌رود(۴).

۱- پروسه‌های هوازی که میکروارگانیسمها از اکسیژن محلول موجود در محیط بعنوان الکترون گیرند استفاده می‌کنند.

۲- پروسه‌های بیهوازی که در آن میکروارگانیسمها به اکسیژن محلول بعنوان الکترون‌گیرنده دسترسی ندارند و از اکسیژن باند شده در ترکیبات آلی و یا از ترکیبات معدنی مثل گوگرد، فسفر و نیتروژن به عنوان الکترون گیرنده استفاده می‌کنند.

برای سهولت مطالعه واکنشهای انرژی‌زا در باکتریهای بیهوازی، آنها را از ماده اکسید کننده نهایی به دو دسته

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی وخدمات بهداشتی درمانی استان زنجان

تقسیم می‌کنند(۴).

الف – واکنشهائی که در آنها برای اکسیداسیون مواد آلی یا معدنی گیرنده نهائی هیدروژن، مواد معدنی است در این قبیل واکنشها موادی مانند نیتراتها، سولفاتها و کربناتها احیا می‌شوند.

ب – واکنشهائی که در آنها گیرنده نهایی هیدروژن، ماده آلی است.

واکنشهای دسته اول را تنفس بیهوازی و واکنشهای دسته دوم را تخمیر می‌گویند.

باکتریهای فعال در فرایندهای بیهوازی سه دسته‌اند که عبارتنداز:

۱– باکتریهای هیدرولیتیک که از نوع باکتریهای اسیدوژنز است که سوبستراهای با زنجیره طولانی را به اسیدهائی با زنجیره کوتاه و ملکولهای کوچک تبدیل می‌کنند.

۲– باکتریهای هترواستروژن که محصولات گروه اول را به اسیداستیک و هیدروژن تبدیل می‌کنند.

۳– باکتریهای متانوژن که به دو دسته مصرف کننده هیدروژن و مصرف کننده اسیداستیک تقسیم می‌شوند و محصول نهائی آنها متان است.(۵)

فرایند بیهوازی طی دو مرحله صورت می‌گیرد:(۶)

مرحله اول

۱– باکتریهای تخمیرکننده، سوبستراهای اولیه را به سوکسینات، پروپیونات، بوتیرات ، لاکتات، استات، الکهاو هیدروژن تبدیل می‌کنند.

۲– باکتریهای گروه دوم فراورده‌های تخمیر را به استات فرمیات ، CO_2، H_2 و CH_4 تبدیل می‌کنند و این مواد را در اختیار باکتریهای گروه سوم قرار می‌دهند تا در نهایت CO_2 و CH_4 و هیدروژن و مقادیر بسیار جزئی گازهای دیگر و آب تشکیل شود.

توسعه راکتورهای بیهوازی حدود ۱۰۰ سال پیش در اروپا شروع شد. اولین سیستمهای بکار گرفته در تصفیه فاضلابها بوده که تانکهای سپتیک از جمله آنها است و روشهای دیگری نیز توسط محققین ابداع شد. توسعه پروسه‌های هوازی با راندمان بالا(**High Rate**) علاوه بر شرایط، به سیستمی جهت نگهداری جرم میکروبی و افزایش زمان ماند سلولی(**SRT**) بستگی دارد که تحقیقات سالهای اخیر بیشتر در رابطه با افزایش **SRT** بوده است و برای این منظور دو روش بکار گرفته شده است. (۶)

۱–برگشت لجن با شرایطی که خروج لجن با همان سرعت خروج مایع از راکتور صورت نگیرد که روش راکتور بیهوازی تماسی مجهز به زلال ساز و سیستم برگشت لجن این شرایط را تأمین کرده است.

۲– استفاده از یک بستر یا مدیای نگهدارندهٔ جامد که قادر باشد جرم بیولوژیکی را روی آن رشد دهد و زمان ماند بیوس در راکتور افزایش یابد. صافیهای بیهوازی با جریان رو به بالا یا پائین و راکتورهای بیهوازی با مدیای گسترده یا شناور از این نوع می‌باشند که در تحقیق حاضر از صافیهای غیر هوازی با جریان رو به پائین استفاده شده است.

طبق پیش‌بینی سازمان دامپروری کل کشور در سال ۱۳۷۵ میزان تولید پنیر در ایران ۲۳۵/۵ هزار تن(۴) که با تولید ۱/۵ میلیون تن آب پنیر همراه خواهد بود. در کارخانجات در مرحله فشردن پنیر مایه زده شده جهت خروج آب اضافی آن، آب پنیر تولید می‌شود که حاوی ۵۰٪ از جامدات خشک شیر می‌باشد(۱)

آب پنیر دارای ۷/۷٪ ماده خشک، ۸۴٪ پروتئین، ۴/۶٪ لاکتوز است که این ماده با ارزش می‌تواند در فرایندهای بیوتکنولوژی تحت تجزیه بیولوژیکی قرار گرفته و از بیوگاز آن استفاده و یا مواد با ارزش آن را بازیافت نموده(۲).

مواد و روشها

در این تحقیق نمونه آب پنیر از واحد پنیرسازی کارخانه شیر پاستوریزه تهران برداشت می‌شد. پس از برداشت PH نمونه با اسیدسولفوریک به کمتر از ۲ رسیده و به آزمایشگاه حمل می‌شد و هنگام استفاده در پایلوت PH به حد خنثی می‌رسید. در جدول (۱) خصوصیات کلی آب پنیر این کارخانه آمده است.

جدول ۱- خصوصیات آب پنیر مورد آزمایش

کمیت مورد آزمایش	مقدار بر حسب mg/l
BOD[1]	۲۷۰۰۰-۳۶۰۰۰
COD[2]	۶۵۰۰۰-۷۵۰۰۰
TS[3]	۵۸۰۰۰-۸۱۰۰۰
TSS[4]	۱۰۰۰۰-۱۵۰۰۰
TKN[5]	۲۰-۴۰

مشخصات پایلوت

مخزن اصلی پایلوت یک شیشه به حجم ۴ لیتر بود که پس از پر شدن مدیا تا ۱۵ سانتیمتری زیر در آن، گنجایش ۲ لیتر آب پنیر را داشت. مدیای مورد استفاده جهت بالا بردن و نگهداری مقدار بیوس (جرم بیولوژیکی) از جنس سرامیک بود. این مدیا اولاً دارای منافذ بسیار ریزی است که امکان رشد جرم بیولوژیکی روی آن فراهم می‌شد و از طرفی وقتی به صورت توده انباشته شد محفظه‌هائی بوجود آمد که جرم بیولوژیکی تولید شده در آن در مدت طولانی باقی بماند.

در شکل شماره ۱ : پایلوت راه‌اندازی شده و مشخصات آن آورده شده است.

۱- مخزن اصلی
۲- مدیای سرامیکی
۳- لوله پلیکا مرکزی
۴- لوله خروج گاز
۵- خروجی پساب
۶- ورودی نمونه
۷- هیتر مجهز به همزن مغناطیسی
۸- مخزن جمع‌آوری گاز حاوی مایع مخصوص
۹- خروجی گاز از مخزن

مخزن جمع‌آوری گاز از یک مایع مخصوص که با CH4 واکنش نمی‌دهد طبق دستورالعمل کتاب استاندارد متد پرشد و در طول آزمایش، گاز تولید شده مایع را از مخزن اول به مخزن دوم هدایت می‌کرد. حجم مایع تخلیه شده به مخزن دوم نشان دهنده حجم گاز تولیدی بود که اندازه‌گیری می‌شد.

برای راه‌اندازی سیستم از آب پنیر رقیق شده با غلظت COD برابر ۲۰۰۰ mg/l استفاده شد.

پس از دو هفته، گاز در مخزن جمع‌آوری شد ولی با توجه به اینکه کبریت نیمه افروخته خاموش می‌شد و PH افتهای شدید داشت نتیجه گرفته شد C بیشتر گاز حاصله CO2 بوده و مرحله اول فرایند غیر هوازی انجام می‌شود و باکتریهای متانزا بسیار کم بوده و یا اصلاً رشد نکرده‌اند. لازم به ذکر است که شرایط محیطی سیستم از ابتدا کنترل می‌شد به طوریکه قلیائیت حدود ۲۵۰۰ میلی گرم بر لیتر بر

1. *Biochemical oxygen demand* 2. *Chemical oxygen demand*
3. *Total Solids* 4. *Total Suspended solids*
5. *Total Kjeldahl Nitrogen*

حسب کربنات کلسیم، حرارت ۳۵ درجه سانتی‌گراد و PH حدود ۷ بود. پس از حدود ۲ ماه بعلت اینکه باز PH افتهای شدید داشت میزان نیتروژن و فسفر نیز مورد آزمایش قرار گرفت و مقدار آن در حدود نسبت $\frac{۱۰۰}{۵/۱}$ (BOD/N/P) تنظیم شد. پس از حدود ۱۵ روز علائم پایداری در سیستم مشاهده شد و گاز جمع‌آوری شده شعله‌ور گردید و سپس آزمایشات در ۶ مرحله انجام گرفت.

در مراحل پنجم و ششم، خروجی پایلوت از یک صافی غشائی عبور داده شد و عمل تغلیظ به نسبت $\frac{۱}{۳}$ روی آن انجام شد و دوباره باقیمانده پشت فیلتر به پایلوت برگشت داده می‌شد این عمل باعث بالا رفتن زمان ماند سلولی در سیستم می‌شد.

خصوصیات هر مرحله از نظر میزان زمان ماند هیدرولیکی، بارحجمی، و میزان غلظت ورودی متفاوت بود. در شروع هر مرحله ۱۰ روز به سیستم اجازه داده می‌شد تا با شرایط جدید خوگرفته و علائم پایداری از قبیل یکنواختی در میزان COD خروجی و نداشتن افتهای شدید در PH و یکنواختی در میزان گاز تولیدی مشاهده شود.

پس از رسیدن سیستم به حالت تعادل آزمایشات لازم انجام گرفت که در جدول شماره ۲ خصوصیات هر مرحله و نتایج آزمایشات مربوطه آمده است و در واقع این نتایج متوسط کل نتایج آزمایشات انجام شده می‌باشد.

جدول شماره ۲: خصوصیات هر مرحله از بهره‌برداری و نتایج آزمایشات مربوطه

	شماره مراحل					
نوع آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵	۶
زمان ماند(روز)	۵	۴	۴	۲	۲	۱
بارحجمی *kgCOD/m3d*	۳	۴	۵	۵	۶	۶
غلظت وروی *mg/l*	۱۵۰۰۰	۱۶۰۰۰	۲۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۲۰۰۰	۶۰۰۰
متوسط *COD* حذفی *mg*	۵۲۴۶	۷۰۵۵	۸۴۷۲	۷۵۶۴	۱۱۰۹۲	۳۸۶۲
درصد *COD* حذفی	۸۷	۸۷/۷	۸۴/۵	۷۵	۹۲	۶۳
میزان گاز تولیدی *ml*	۲۲۳۳	۳۰۹۳	۳۷۵۸	۳۱۶۸	۴۷۶۰	۱۴۸۰
نسبت متان تولیدی به *aCOD* حذفی	۲۳/۴	۳۰/۶	۳۱	۲۸/۹	۳۱	۳۸/۳

a: با استفاده از نتایج مطالعات مک کارتی مشخص شده است که ۶۰ الی ۷۰ درصد گاز تولیدی متان می‌باشد که در اینجا رقم ۶۵٪ منظور شده است(۴).

بحث و نتیجه‌گیری

روند کلی در تعیین شرایط هر مرحله افزایش بارحجمی و کاهش زمان ماند هیدرولیکی بوده است. در مراحل ۱و۲و۳ بازمانهای ماند هیدرولیکی به ترتیب ۵و۴و۴ روز راندمان سیستم در حذف COD بالاتر از ۸۰٪ بوده است.

مرحله سوم بازمان ماند هیدرولیکی ۴ روز و راندمان ۸۴/۵٪ در حذف BOD و حرارت ۳۵ سانتی‌گراد بهترین مرحله بود البته در مرحله پنجم نیز راندمان بالا بود که به خاطر وجود صافی و عمل برگشت لجن فعال به سیستم بوده است ولی نتایج حاصل از مرحله سوم جهت طراحی راکتور، عملی‌تر و کاربردی‌تر است.

در مرحله سوم درصد متان تولیدی به COD حذفی ۳۱٪ بوده است با توجه به اینکه در ایران طبق پیش‌بینی

سازمان دامپروری کل کشور ۲۳۵/۵ هزار تن پنیر تولید خواهد شد که با تولید ۱/۵ میلیون تن آب پنیر همراه است و COD آب پنیر برابر با ۶۰۰۰۰ الی ۷۰۰۰۰ میلی‌گرم و BOD آن برابر ۳۵۰۰۰ تا ۴۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد می‌توان در سال حدود ۳۰ میلیون متر مکعب گاز تولید کرد که این گاز تولیدی حداقل می‌تواند به مصرف تولید انرژی برای خود کارخانجات پنیر برسد. از طرفی از آنجا که آلودگی ۱۰۰ لیتر آب پنیر برابر ۴۵ انسان است این فرایند گامی مؤثر در کنترل و حذف آلودگیهای صنعتی است که یکی از ارزشهای حفاظت از محیط زیست می‌باشد.

کتابنامه

۱- خاسان ، علی " بررسی ترکیبات آب پنیر و تولید نوشیدنی تخمیری از آن" ، تز کارشناسی ارشد ، دانشگاه تربیت مدرس ، ۱۳۶۸.

۲- باغشنی، محمد تقی " بررسی آلودگیهای زیست محیطی کارخانجات پنیر" تز کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس ، ۱۳۶۸.

3. Weiland P " Development of anaerobic filters for Treatment of high strength agro-industrial wastewater" Branshwiey Biopraess rny. 2-1987, 39-47.

4. Mccarty, P.L." anaerobic waste treatment foundumentals: pub. werks(1964).

5. W.Wesley B-ckend - felder" industrial water pollution control" book company MC-Growhill , 1989.

6. Callander.I.J. etal, Recent advances in anaerobic digestion Technology" process Bichem. 18(4), 1983.