



دانشگاه فردوسی مشهد
دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی بیوسیستم

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد

تعیین دامنه مناسب میزان تغذیه مواد آلی در یک هاضم پیوسته گلخانه‌ای در شرایط
اقلیمی مشهد

عبدالله رحیمی

آبان ۹۷



دانشگاه فردوسی مشهد
دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی بیوسیستم

پایان نامه کارشناسی ارشد

تعیین دامنه مناسب میزان تغذیه مواد آلی در یک هاضم پیوسته گلخانه‌ای در شرایط
اقلیمی مشهد

عبدالله رحیمی

استاد راهنما

دکتر محمدعلی ابراهیمی نیک

دکتر محمدحسین عباسپورفرد



دانشکده کشاورزی، گروه مکانیک پیوسته

از این پایان نامه کارشناسی ارشد توسط عبدالله رحیمی دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد رشته مکانیزاسیون کشاورزی گرایش

بازیافت و مدیریت پسماند در تاریخ ۹۷/۰۸/۰۲ در حضور هیات داوران دفاع گردید. پس از بررسی های لازم،

هیئت داوران این پایان نامه را با نمره عدد حروف و با درجه مورد تایید قرار دادند.

عنوان پایان نامه: تعیین دامنه مناسب میزان تغذیه مواد آلی در یک بهنم پیوسته گلخانه ای در شرایط اقلیمی مشهد

امضاء	دانشگاه / موسسه	گروه	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	سمت در هیات داوران
	فردوسی مشهد	علوم دامی	استادیار	سید هادی ابراهیمی	داور
	فردوسی مشهد	مکانیک بیوسیستم	دانشیار	مهدی خجسته پور	داور
	فردوسی مشهد	مکانیک بیوسیستم	استادیار	محمدعلی ابراهیمی نیک	استاد راهنما اول
	فردوسی مشهد	مکانیک بیوسیستم	استاد	محمد حسین عباسپور فرد	استاد راهنما دوم
	فردوسی مشهد	علوم و مهندسی آب	دانشیار	حسین شریفان	نماینده تحصیلات تکمیلی
	فردوسی مشهد	مکانیک بیوسیستم	استادیار	عباس روحانی	مدیر گروه

تعهد نامه

عنوان پایان نامه: تعیین دامنه مناسب میزان تغذیه مواد آلی در یک هاضم پیوسته گلخانه‌ای در شرایط اقلیمی مشهد

اینجانب عبدالله رحیمی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی گرایش بازیافت و مدیریت پسماند دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی دکتر محمد علی ابراهیمی نیک و دکتر محمدحسین عباسپور فرد متعهد می‌شوم:

نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می‌گیرم.

در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.

مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد دیگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.

کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (*Ferdowsi University of Mashhad*) به چاپ خواهد رسید.

حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت خواهد شد.

در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

۹۷/۰۸/۰۲

عبدالله رحیمی

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده

هدف این پژوهش، بررسی رفتار یک هاضم گلخانه‌ای در شرایط آب و هوایی مشهد بود. این هاضم، از نوع پیوسته با حجم کل ۲۲۰ لیتر و حجم مفید ۱۶۵ لیتر، از نوع استوانه‌ای و مجهز به یک همزن دستی شده بود. دیواره هاضم سیاه رنگ، با ورقه‌های شفاف پلی‌کربنات به فاصله ۷/۵ سانتیمتر از هاضم پوشانده شده بود. فضای بین لایه پلی‌کربنات و دیواره هاضم در دو مرحله در زمان‌های مختلف با هوای محیط و هوای مرطوب در تابستان، و هوای محیط و هوای مخلوط با متان و دی‌اکسیدکربن در پاییز پرشد. نتایج حاکی از آن بود که هوای مرطوب بیشترین اختلاف دما را بین هاضم و محیط پیرامون آن ایجاد می‌کند. عبارتی بیشترین تاثیر را در ممانعت از کاهش دمای هاضم در ساعات سرد شب و کمک به افزایش دمای هاضم در ساعات گرم روز را داشته است. در بخش اول هاضم بدون تخلیه و با مقادیر تغذیه مختلف استفاده شد. در بخش دوم با در نظر گرفتن مقدار تخلیه ۷ لیتر در روز (به روش اِگیری) با حفظ حجم شیرابه و شرایط ایده‌آل دمایی، با میزان متوسط تغذیه $3/4 g_{VS} \cdot l^{-1}$ و با میزان تولید بیوگاز $0/85 l \cdot g_{VS}^{-1}$ تا $0/95$ بهترین عملکرد را در شرایط پایدار تولید بیوگاز از خود نشان داده است. میزان متوسط تغذیه در بخش دوم نسبت به بخش اول ۴/۱ برابر افزایش یافت که نشان می‌دهد تخلیه و تصفیه شیرابه نقش موثری در بهبود فرایند هضم داشته است. هاضم با حداکثر تغذیه $5/8 g_{VS} \cdot l^{-1}$ بدون نوسانات pH و میزان تولید بیوگاز، نشان داد با رفع عوامل بازدارنده می‌توان به میزان تغذیه بالاتر دست یافت. در بخش سوم که تواما تغذیه و تخلیه روزانه هاضم صورت گرفت، با توجه به افت دما (حداقل دما ۱- درجه سلسیوس در شب) و ثابت در نظر گرفتن میزان تخلیه دایجستیت و میزان تغذیه ثابت ($1/5 g_{VS} \cdot l^{-1}$)، تا میانگین دمایی ۱-۲۳ درجه سلسیوس، هاضم با میزان تولید حداقل $0/85 l \cdot g_{VS}^{-1}$ بدون نوسان، بهترین عملکرد را از خود نشان داد. به عنوان نتیجه کلی می‌توان گفت میزان تغذیه در هاضم‌های تک‌مرحله‌ای گلخانه‌ای وابسته به دما و میزان تخلیه و تصفیه روزانه دایجستیت می‌باشد.

کلید واژه: نرخ تغذیه‌ی مواد آلی، هاضم پیوسته، سیستم گرمایش گلخانه‌ای، شرایط اقلیمی مشهد

سپاسگزاری

از اساتید عزیز جناب آقای دکتر محمدعلی ابراهیمی نیک و دکتر محمدحسین عباسپورفرد تشکر

می‌کنم که با راهنمایی‌های بی وقفه خود اینجانب را در اتمام این پروژه یاری کردند. همچنین از خانواده

عزیزم، خصوصا پدر و مادر مهربانم تشکر می‌کنم که با حمایت‌های خود بستر مناسب تحقیق و پژوهش را

برای اینجانب مهیا نمودند همچنین دوستان خوب و همکاران گرامی که سبب شدند قدم‌هایم را محکم

بردارم.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱- اهمیت موضوع	۱
۲-۱- فرضیه‌ها	۵
۳-۱- اهداف	۶
فصل دوم: بررسی منابع	۷
۱-۲- فناوری بیوگاز در دنیا	۷
۱-۱-۲- فناوری بیوگاز در اروپا	۷
۲-۱-۲- فناوری بیوگاز در آمریکا	۸
۳-۱-۲- فناوری بیوگاز در آسیا	۹
۱-۳-۱-۲- بیوگاز در ایران	۹
۱-۳-۱-۳-۱-۲- سایت بیوگاز ساوه	۹
۲-۱-۳-۱-۲- سایت بیوگاز شهرداری تهران	۱۰
۳-۱-۳-۱-۲- سایت بیوگاز شهرداری مشهد	۱۰
۴-۱-۲- آینده فناوری بیوگاز	۱۱
۲-۲- فرآیند تولید بیوگاز	۱۱
۱-۲-۲- مرحله هیدرولیز	۱۲
۲-۲-۲- مرحله‌ی اسیدزایی	۱۳
۳-۲-۲- مرحله استات‌زایی	۱۳
۴-۲-۲- مرحله‌ی متان‌زایی	۱۳
۳-۲- ضایعات مناسب جهت تولید بیوگاز	۱۴

- ۱۴ ۱-۳-۲- لجن فاضلاب
- ۱۴ ۲-۳-۲- ضایعات جامد شهری
- ۱۵ ۳-۳-۲- ضایعات کشاورزی
- ۱۶ ۴-۳-۲- ضایعات صنعتی
- ۱۷ ۴-۲- عوامل مؤثر بر سرعت فرآیند هضم بی‌هوازی و میزان تولید بیوگاز
- ۱۷ ۱-۴-۲- مقدار pH
- ۱۸ ۲-۴-۲- نسبت کربن به نیتروژن (C/N)
- ۱۹ ۳-۴-۲- زمان ماند
- ۲۰ ۴-۴-۲- میزان تغذیه مواد آلی
- ۲۱ ۵-۴-۲- مواد مغذی
- ۲۱ ۶-۴-۲- مواد سمی و بازدارنده
- ۲۱ ۷-۴-۲- میزان اختلاط
- ۲۲ ۸-۴-۲- درجه حرارت
- ۲۳ ۵-۲- انواع سیستم‌های تولید بیوگاز
- ۲۳ ۱-۵-۲- تقسیم‌بندی سیستم‌های بیوگاز از لحاظ اندازه
- ۲۳ ۱-۱-۵-۲- سیستم‌های بیوگاز خانگی
- ۲۳ ۲-۱-۵-۲- هاضم با سرپوش شناور (هاضم‌های هندی)
- ۲۴ ۳-۱-۵-۲- هاضم با سرپوش ثابت (هاضم چینی)
- ۲۵ ۴-۱-۵-۲- سیستم‌های بیوگاز متمرکز (مشترک)
- ۲۶ ۵-۱-۵-۲- سیستم‌های بیوگاز بزرگ مقیاس
- ۲۶ ۲-۵-۲- تقسیم‌بندی سیستم‌های بیوگاز از لحاظ طراحی

۲۶.....	۲-۵-۱-۲- هاضم جریان پلاگین
۲۷.....	۲-۵-۲-۲- هاضم بستر لجن بی‌هوازی
۲۹.....	۲-۶- گرمایش هاضم‌های بی‌هوازی
۳۳.....	فصل سوم: مواد و روش‌ها
۳۳.....	۳-۱- مواد اولیه‌ی
۳۳.....	۳-۱-۱- فضولات گاوی
۳۳.....	۳-۱-۲- پسماند غذایی
۳۴.....	۳-۲- تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد اولیه
۳۴.....	۳-۲-۱- درصد ماده خشک
۳۴.....	۳-۲-۲- درصد جآمدات آلی فرار
۳۵.....	۳-۲-۳- کربن آلی
۳۵.....	۳-۲-۴- نیتروژن کل
۳۶.....	۳-۳- اندازه‌گیری‌ها در حین و بعد از آزمایش‌ها
۳۷.....	۳-۳-۱- مشخصات هاضم
۳۷.....	۳-۳-۲- اندازه‌گیری حجم بیوگاز تولیدی
۳۸.....	۳-۳-۳- اندازه‌گیری غلظت متان موجود در بیوگاز
۳۹.....	۳-۳-۴- اندازه‌گیری pH
۴۰.....	۳-۳-۵- اندازه‌گیری دما و رطوبت
۴۱.....	۳-۳-۶- اندازه‌گیری فشار
۴۳.....	۳-۴- اقدامات پیش از آزمایش
۴۱.....	۳-۴-۱- نصب پوشش و الحاق تجهیزات دیتابرداری

۴۱.....	۳-۴-۲- بارگذاری کودگاوی تازه، پایش دما، کارکرد تجهیزات و وضعیت هاضم
۴۱.....	۳-۴-۳- انتقال هاضم به محل آزمایش، بارگذاری اولیه و تقویت سامانه
۴۳.....	۳-۵-۵- انجام آزمایش‌ها
۴۳.....	۳-۵-۱- بخش اول
۴۴.....	۳-۵-۲- بخش دوم
۴۵.....	۳-۵-۳- بخش سوم
۴۷.....	فصل چهارم: نتایج و بحث
۴۷.....	۴-۱- خصوصیات مواد اولیه
۴۸.....	۴-۲- تغییرات درصد متان در طول شبانه روز
۵۰.....	۴-۳- تغییرات فشار در طول آزمایش
۵۰.....	۴-۴- تغییرات درصد رطوبت هوای داخل پوشش پلی کربناتی نسبت به دما
۵۱.....	۴-۵-۵- نتایج بخش اول
۵۱.....	۴-۵-۱- نتایج اندازه‌گیری دما
۵۴.....	۴-۵-۲- تولید بیوگاز در بخش اول تحت شرایط تغییرات pH، دما (TS ۵ درصد)
۵۴.....	۴-۵-۳- تغییرات pH به نمودار تجمعی میزان تغذیه
۵۶.....	۴-۵-۴- اثرات متقابل میزان تولید بیوگاز و pH نسبت به هم در بخش اول، ts ۵درصد
۵۷.....	۴-۶-۶- نتایج بخش دوم
۵۷.....	۴-۶-۱- نتایج تغییرات دمایی
۶۰.....	۴-۶-۲- تغییرات تولید بیوگاز بر اثر تغییرات میانگین دمای هاضم (TS ۲/۵ درصد)
۶۲.....	۴-۶-۳- برهمکنش تغییرات pH و میزان تولید بیوگاز نسبت به هم در بخش دوم
۶۳.....	۴-۷-۷- نتایج بخش سوم

۶۳	۱-۷-۴- نتایج تغییرات دمایی
۶۷	۲-۷-۴- میزان تولید بیوگاز نسبت به تغییرات میانگین دمای هاضم
۶۸	۳-۷-۴- تأثیر تغییرات دمای هاضم بر pH با میزان تغذیه ثابت
۶۹	۸-۴- مقایسه‌ی نتایج.....
۶۹	۱-۸-۴- اختلاف میانگین دما بین محیط و هاضم در طول آزمایش
۷۲	۲-۸-۴- میزان تغذیه در طول ۳ بخش
۷۲	۳-۸-۴- ارزیابی تغییرات pH در سه بخش
۷۵	فصل پنجم: نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات
۷۵	۱-۵- نتیجه‌گیری کلی
۷۸	۲-۵- پیشنهادات.....
۸۰	منابع

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: مقادیر معمول C/N بعضی از ضایعات آلی (اناچاتره، ۲۰۱۲).....	۱۹
جدول ۱-۴: خصوصیات مختلف مواد اولیه مورد استفاده در هاضم.....	۴۷

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲: مراحل میکروبیولوژی هضم بی‌هوازی (تامپسون، ۲۰۰۶).....	۱۲
شکل ۲-۲: هاضم با سرپوش شناور (هاضم هندی) (ساتبا، ۱۳۹۴).....	۲۴
شکل ۳-۲: هاضم با سرپوش ثابت (هاضم چینی) (ساتبا، ۱۳۹۴).....	۲۵
شکل ۴-۲: هاضم جریان پلاگین (ساتبا، ۱۳۹۴).....	۲۷
شکل ۵-۲: هاضم بستر لجن بی‌هوازی UASB (ساتبا، ۱۳۹۴).....	۲۸
شکل ۱-۳: مخازن جمع‌آوری بیوگاز تولیدی.....	۳۸
شکل ۲-۳: اندازه‌گیری غلظت متان موجود در بیوگاز با استفاده از اینهورن.....	۳۹
شکل ۳-۳: اندازه‌گیری روزانه pH	۴۰
شکل ۴-۳: دیتالاگر ثبت دما (ITH-C306U سمت راست تصویر سیاه رنگ، TM-947 SD).....	۴۱
شکل ۵-۳: فشارسنج مورد استفاده برای اندازه‌گیری فشار داخل هاضم.....	۴۱
شکل ۶-۳: تجمع باکتریایی و دو فاز شدن دایجستیت جهت آبگیری، حفظ جمعیت باکتریایی و تصفیه مواد سمی با حفظ TS	۴۵
شکل ۱-۴: تغییرات درصد متان در طول شبانه روز.....	۴۹
شکل ۲-۴: تغییرات هوای مرطوب نسبت به دمای جداره.....	۵۱
شکل ۳-۴: تغییرات نمودار دما در بخش اول (۲/۵ ts درصد، شروع ۲۵ خرداد).....	۵۱
شکل ۴-۴: تاثیر هوای جداره بر اختلاف دمای هاضم و محیط در بخش اول تابستان.....	۵۲
شکل ۵-۴: بازه نوسانات دمای هاضم با وجود هوا در جداره در تابستان.....	۵۳
شکل ۶-۴: تغییرات دمای هاضم نسبت به محیط با وجود هوا در جداره ۱۵ خرداد.....	۵۳
شکل ۷-۴: تغییرات میزان تولید بیوگاز نسبت به میانگین دمای هاضم شروع ۲۵ خرداد (نرخ تغذیه ثابت ۰/۰۳۳ g/l و ۰/۰۶۶ و ۲/۵ درصد ts).....	۵۴

- شکل ۴-۸: تغییرات pH نسبت به نمودار تجمعی میزان تغذیه (نرخ تغذیه ثابت $0.33g/l$ و $0.66/0$ و $2/5$ درصد ts) ۵۶
- شکل ۴-۹: تغییرات میزان تولید بیوگاز و pH در طول بخش اول (نرخ تغذیه ثابت $0.33g/l$ و $0.66/0$ و $2/5$ درصد ts) ۵۷
- شکل ۴-۱۰: تغییرات دما در طول بخش دوم شروع ۲۹ تیر ۵۸
- شکل ۴-۱۱: تغییرات دمای هاضم تحت تاثیر هوای مرطوب جداره در بخش دوم، تابستان ۵۹
- شکل ۴-۱۲: بازه نوسانات دمایی هاضم با وجود هوای مرطوب در جداره در تابستان ۵۹
- شکل ۴-۱۳: تغییرات دمای هاضم نسبت به محیط با وجود هوای مرطوب در جداره، ۶ مرداد .. ۶۰
- شکل ۴-۱۴: تغییرات میانگین دمای هاضم در بخش دوم شروع ۲۹ تیر (نرخ تغذیه $0.1g/l$ و TS $2/5$ درصد) ۶۲
- شکل ۴-۱۵: نسبت تغییرات pH به میزان تولید بیوگاز در بخش دوم (نرخ تغذیه $0.1g/l$ و TS $2/5$ درصد) ۶۳
- شکل ۴-۱۶: تغییرات دما در بخش سوم آزمایش، شروع ۲۷ آبان ۶۴
- شکل ۴-۱۷: اختلاف میانگین، حداقل و حداکثر دما بین هاضم و محیط با وجود هوا در جداره، در پاییز ۶۵
- شکل ۴-۱۸: نوسانات دمایی با وجود هوا در جداره، در پاییز ۶۵
- شکل ۴-۱۹: تغییرات دمای هاضم نسبت به محیط با وجود متان و دی اکسید کربن در جداره، در پاییز ۶۶
- شکل ۴-۲۰: نوسانات دمایی هاضم و محیط، با وجود متان و دی اکسید کربن در جداره، در پاییز ۶۶
- شکل ۴-۲۱: تغییرات دمای هاضم نسبت به محیط با وجود متان و دی اکسید کربن، ۱۱ آبان ... ۶۷
- شکل ۴-۲۲: میزان تولید بیوگاز به میانگین دمای هاضم در طول بخش سوم، شروع ۲۷ آبان (TS) ۶۷