دانشگاه فردوسی مشهد
دانشکده کشاورزی
پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بهینه‌سازی اجاق زیست‌توده سوز شِبه‌گازساز (میکروگازیفایر)

محمدرضا رسول‌خانی

استادان راهنما
دکتر محمدعلی ابراهیمی نیک
دکتر محمدحسین عباسپور فرد

استاد مشاور
دکتر عباس روحانی

اسفند۱۳۹۵

دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم

از این پایان نامه کارشناسی ارشد توسط آقای محمدرضا رسول خانی دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی گرایش بازیافت و مدیریت پسماند در تاریخ در حضور هیات داوران دفاع گردید. پس از بررسی های لازم، هیات داوران این پایان نامه را با نمره عدد حروف و با درجه مورد تایید قرار داد.

عنوان پایان نامه: بهینه‌سازی اجاق زیست‌توده سوز شبه گازساز (میکروگازیفایر)

سمت در هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	گروه	دانشگاه	امضاء
داور	محمدحسین آق‌خانی	استاد	بیوسیستم	فردوسی مشهد	
داور	محمد طبسی‌زاده	استادیار	بیوسیستم	فردوسی مشهد	
استاد راهنما	محمدعلی ابراهیمی نیک	استادیار	بیوسیستم	فردوسی مشهد	
استاد راهنما	محمدحسین عباسپور فرد	استاد	بیوسیستم	فردوسی مشهد	
استاد مشاور	عباس روحانی	استادیار	بیوسیستم	فردوسی مشهد	
نماینده تحصیلات تکمیلی	لیدا فکرت	استادیار	گیاه‌پزشکی	فردوسی مشهد	
مدیر گروه	محمدحسین آق‌خانی	استاد	بیوسیستم	فردوسی مشهد	

تعهد نامه

عنوان پایان نامه: بهینه‌سازی اجاق زیست‌توده سوز شبه‌گازساز (میکروگازیفایر)

اینجانب محمدرضا رسول‌خانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی گرایش بازیافت و مدیریت پسماند دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی جناب آقای دکتر محمدعلی ابراهیمی نیک و جناب آقای دکتر محمدحسین عباسپورفرد متعهد می شوم:

- 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 می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان‌نامه 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 پایان‌نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تاثیر گذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان‌نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

مالکیت نتایج و حق نشر

- **کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها 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 پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.**

تاریخ

نام و امضا دانشجو

محمدرضا رسول‌خانی

اسفند ۱۳۹۵

چکیده

در ایران مانند بسیاری از کشورهای دارای منابع غنی انرژی‌های فسیلی، توسعه‌ی روش‌های بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر بسیار ضعیف دنبال می‌شود. از طرف دیگر آمارها نشان می‌دهد که درصد زیادی از خانوارهای عشایر با توجه به دسترسی به منابع وسیع زیست‌توده برای انجام فعالیت‌های پخت‌وپز خود از زیست‌توده استفاده می‌کنند. اما در بین وسایلی که برای پخت‌وپز خانگی و یا گرمایش مورداستفاده عشایر قرار دارد، وسیله‌ای با بازده مناسب برای استفاده از زیست‌توده وجود ندارد. یکی از جالب‌ترین گزینه‌ها برای جایگزینی با روش‌های کم‌بازده موجود، استفاده از اجاق‌های پخت‌وپز زیست‌توده سوز موسوم به میکروگازیفایر است. در این پژوهش به‌منظور بررسی اثر نوع سوخت و اندازه قطعات بر شاخص‌های عملکردی و آلایندگی اینگونه اجاق‌ها، یک دستگاه میکروگازیفایر ساخته شد. به منظور ارزیابی این اجاق از سه نوع سوخت شامل ساقه پنبه، چوب بلال ذرت و پوست گردو، هر کدام ۴۰۰ گرم و در سه اندازه ۱۲٫۵، ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر، در دوفاز شروع سرد و نیم‌جوش، براساس پروتکل ارزیابی آلایندگی و عملکرد از آزمون جوشش آب استفاده شد. خصوصیات توصیفی سوخت‌های مورد استفاده براساس استانداردهای مربوطه اندازه‌گیری شد و مورد آنالیز عنصری (CHNSO) نیز قرار گرفت و پس از آن ارزش حرارتی هریک از سوخت‌ها با استفاده از روش‌های علمیِ تخمین ارزش حرارتی براساس عناصر تشکیل دهنده محاسبه شد. به‌منظور بهینه‌سازی ساختار میکروگازیفایر ساخته شده، یک سیستم کنترل جریان‌هوا ساخته شد و در مرحله بعد برای کاهش اتلاف انرژی در راستای بهینه‌سازی، دیواره‌ی بیرونی میکروگازیفایر عایق‌بندی شد. ارزیابی مقایسه‌ای میکروگازیفایر ساخته‌شده و حالت‌های بهینه‌سازی شده با استفاده از ۴۰۰ گرم پوست پسته انجام شد و نتایج همه آزمون‌های انجام شده با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج مرحله اول آزمایشات نشان داد که اندازه و نوع سوخت مورد استفاده تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های ارزیابی اجاق‌های زیست‌توده سوز داشته است. در بین سوخت‌های مورد استفاده بیشترین میزان بازده برای پوست گردو و اندازه‌های ۱۲٫۵ میلی‌متر حاصل شد و در شاخص زمان به جوش رسیدن نیز کمترین زمان برای ساقه ذرت به ثبت رسید. همچنین نتایج نشان‌داد که افزایش چگالی سوخت مورد استفاده با کاهش مصرف سوخت، باعث افزایش بازده‌حرارتی و افزایش زمان‌به جوش رسیدن می‌شود. نتایج بهینه‌سازی نیز نشان داد که استفاده از سیستم کنترل هوا در ترکیب با عایق‌بندی باعث افزایش چهار درصدی بازده‌حرارتی در فاز شروع سرد و بیش از ۱۸ درصد در فاز نیم‌جوش شده و شاخص نسبت کنترل را تا میزان سه برابر افزایش داده است. همچنین مدت زمان بهره‌دهی نیز به طور متوسط با مصرف سوخت یکسان (۴۰۰ گرم) تا ۵۷ درصد افزایش یافت. علاوه‌براین، نتایج نشان داد که براساس سیستم رتبه‌دهی ISO IWA، میکروگازیفایر اصلی و حالت بهینه‌سازی شده با سیستم کنترل‌هوا و عایق حرارتی، از لحاظ میزان انتشار مونواکسیدکربن، هر دو در یک رتبه قرار می‌گیرند، همچنین بررسی استانداردهای کیفیت‌هوا نشان داد که حالت بهینه‌سازی شده با عایق حرارتی و سیستم کنترل، براساس استاندارد OSHA، در وضعیت ایمن قرار دارد.

کلید واژه‌ها:

اجاق‌زیست‌توده سوز- بازده حرارتی- مونواکسیدکربن-میکروگازیفایر

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

۱- فصل اول – مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۱

۱-۲- اهمیت موضوع ۳

۱-۳- فرضیات پژوهش ۶

۱-۴- اهداف پژوهش ۶

۲- فصل دوم- بررسی منابع ۷

۲-۱- زیست‌توده ۷

۲-۲- گازی‌سازی ۸

۲-۳- واکنش‌های شیمیایی فرایند گازی‌سازی زیست‌توده ۹

۲-۳-۱- واکنش‌های سوختن (واکنش با اکسیژن مولکولی) ۹

۲-۳-۲- واکنش‌های دی‌اکسید کربن ۹

۲-۳-۳- واکنش‌های بخار ۹

۲-۳-۴- واکنش‌های هیدروژن ۱۰

۲-۴- فرایند اشتعال یک سوخت جامد (زیست‌توده) ۱۰

۲-۵- تاریخچه توسعه اجاق‌های زیست‌توده سوز ۱۲

۲-۶- دسته‌بندی اجاق‌های زیست‌توده سوز ۱۶

۲-۷- اصول ارائه‌شده برای طراحی اجاق‌های زیست‌توده سوز ۱۷

۲-۷-۱- اصول وینیارسکی ۱۹

۲-۷-۲- اصل TLUD ۲۰

۲-۸- ویژگی‌های مشترک میکروگازیفایرهای مناسب برای پخت‌وپز ۲۱

۲-۹- فرایند اشتعال در اجاق‌های زیست‌توده سوز ۲۲

۲-۱۰- فرایند اشتعال در اجاق‌های TLUD ۲۴

۲-۱۱- مواد مورداستفاده در ساخت اجاق‌ها ۲۵

۲-۱۲- تأمین هوا در اجاق‌های زیست‌توده سوز ۲۶

۲-۱۳- انتقال حرارت در اجاق‌های زیست‌توده سوز ۲۷

۲-۱۳-۱- رسانش: ۲۷

۲-۱۳-۲- همرفتی: ۲۸

۲-۱۳-۳- تابش: ۲۸

۲-۱۴- پیشرفت‌های ساخت اجاق‌های زیست‌توده سوز ۲۹

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

۲-۱۴-۱- ترکیب با مولدهای ترمو الکتریک ۲۹

۲-۱۵- مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده درزمینه‌ی اجاق‌های زیست‌توده سوز ۲۹

۳- فصل سوم - مواد و روش‌ها ۳۷

۳-۱- ساخت اجاق ۳۷

۳-۲- بهینه‌سازی ساخت ۳۸

۳-۳- ارزیابی عملکرد ۳۹

۳-۳-۱- آزمون جوشش آب ۳۹

۳-۳-۲- پروتکل آزمون آلایندگی و عملکرد ۴۱

۳-۴- شاخص‌های ارزیابی ۴۲

۳-۵- محاسبه بازده ۴۴

۳-۶- سوخت‌های مورداستفاده ۴۵

۳-۷- محاسبه ارزش‌حرارتی ماده‌خام ۴۷

۳-۸- اندازه‌گیری آلاینده مونواکسیدکربن ۴۷

۳-۹- تبدیل ppm به واحدهای جرم ۴۸

۳-۱۰- رتبه‌دهی براساس ISO IWA ۴۹

۳-۱۱- تجهیزات ارزیابی ۵۱

۳-۱۲- تجزیه‌وتحلیل آماری ۵۲

۴- فصل چهار- نتایج و بحث ۵۵

۴-۱- خصوصیات سوخت‌های مورد استفاده ۵۵

۴-۲- بررسی اثر نوع‌سوخت و اندازه ۵۶

۴-۲-۱- ارزیابی فنی اجاق در فاز شروع سرد ۵۶

۴-۲-۲- ارزیابی فنی اجاق در فاز نیم جوش ۶۹

۴-۲-۳- ارزیابی آلایندگی ۷۲

۴-۳- نتایج بهینه‌سازی ۷۶

۴-۳-۱- بازده حرارتی (٪) ۷۶

۴-۳-۲- مصرف سوخت ویژه (g/L) ۸۱

۴-۳-۳- آهنگ مصرف انرژی ویژه در فاز نیم‌جوش (MJ/L.min) ۸۲

۴-۳-۴- انتشار آلاینده مونواکسیدکربن (CO) ۸۴

۴-۴- رتبه‌دهی و پیشرفت‌حاصل از بهینه‌سازی ۸۹

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

۵- فصل پنجم-نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۹۳
۵-۱- پیشنهادها ۹۵

عنوان	فهرست شکل‌ها	صفحه

شکل ۱-۱. درصد خانوارهای عشایر کوچنده به تفکیک نوع سوخت مورداستفاده برای پخت‌وپز ۴
شکل۱-۲. درصد خانوارهای عشایر کوچنده به تفکیک نوع سوخت مورداستفاده برای گرمایش ۴
شکل۲-۱. روند بهبود اجاق‌های زیست‌توده سوز درگذر زمان ۱۶
شکل۲-۲. شش اصل ارائه‌شده توسط وینیارسکی در جهت افزایش بازده اجاق‌ها ۱۹
شکل۲-۳. شماتیک نحوه اشتعال حین فعالیت اجاق شبه گازسازTLUD ۲۵
شکل۲-۴. روش‌های مختلف انتقال حرارت در اجاق‌های زیست‌توده سوز ۲۸
شکل۲-۵. اجاق خرده چوب سوز و حفره تأمین هوای اولیه (گریمزبای و بورگنویک، ۲۰۱۳) ۳۱
شکل۲-۶. سیستم تأمین هوای اولیه از کف باز اجاق (بیرزر و همکاران، ۲۰۱۴) ۳۳
شکل ۳-۱. طرح شماتیک از الف)اجاق میکروگازیفایر ب) سیستم منترل هوا ۳۹
شکل۳-۲. مدل طراحی‌شده از میکروگازیفایر و سیستم کنترل‌جریان در محیط سالیدورکز ۳۹
شکل۳-۳. طرح نهایی ساخته شده از اجاق میکروگازیفایر و سیستم کنترل جریان هوا ۳۹
شکل۳-۴. عایق‌بندی میکروگازیفایر با استفاده از عایق حرارتی ۳۹
شکل۳-۵. دسته‌بندی سوخت‌ها بااستفاده‌از الک‌های آزمایشگاهی در مش‌های مختلف ۴۶
شکل۳-۶. فیکسچر قابل‌تنظیم در اندازه‌های مختلف برای خردکردن ساقه‌های پنبه ۴۶
شکل۳-۷. سیستم اندازه‌گیری مونواکسیدکربن ۴۸
شکل۳-۸. تجهیزات مورداستفاده در انجام آزمایش‌ها ۵۲
شکل۴-۱. تغییرات مصرف‌سوخت ویژه و چگالی‌حجمی براساس نوع سوخت ۵۹
شکل۴-۲. تغییرات مصرف‌سوخت ویژه و چگالی‌حجمی براساس اندازه سوخت ۵۹
شکل۴-۳. تغییرات آهنگ مصرف سوخت و چگالی‌حجمی براساس نوع سوخت ۶۲
شکل۴-۴. تغییرات آهنگ مصرف سوخت و چگالی حجمی براساس اندازه سوخت ۶۲
شکل۴-۵. تغییرات بازده‌حرارتی بر اساس نوع سوخت ۶۵
شکل۴-۶. تغییرات بازده‌حرارتی بر اساس اندازه‌سوخت ۶۵
شکل۴-۷. تغییرات زمان به‌جوش‌رسیدن و توان حرارتی‌مفید بر اساس نوع سوخت ۶۸
شکل۴-۸. تغییرات زمان به‌جوش‌رسیدن و توان حرارتی‌مفید بر اساس اندازه سوخت ۶۸
شکل۴-۹. تغییرات مصرف‌سوخت ویژه در فاز نیم‌جوش بر اساس نوع سوخت ۷۱
شکل۴-۱۰. تغییرات مصرف‌سوخت ویژه در فاز نیم‌جوش بر اساس اندازه سوخت ۷۱
شکل۴-۱۱. تغییرات انتشار آلاینده مونواکسیدکربن و دمای شعله بر اساس نوع سوخت ۷۴
شکل۴-۱۲. تغییرات انتشار آلاینده مونواکسیدکربن و دمای شعله براساس اندازه سوخت ۷۴
شکل۴-۱۳. اثر اصلاحات انجام شده بر بازده و دمای شعله دو فاز شروع سرد و نیم جوش ۸۰

عنوان	**فهرست شکل‌ها**	صفحه

شکل۴-۱۴. اثرات متقابل اصلاحات انجام شده بر بازده‌حرارتی در فاز نیم‌جوش..... ۸۱

شکل۴-۱۵ اثرات متقابل اصلاحات انجام شده بر بازده‌حرارتی در فاز شروع‌سرد ۸۱

شکل۴-۱۶. اثر اصلاحات انجام شده بر مصرف سوخت ویژه اجاق‌های مختلف در فاز شروع سرد..... ۸۲

شکل۴-۱۷. اثر اصلاحات انجام شده برآهنگ مصرف انرژی ویژه اجاق‌های مختلف در فاز نیم‌جوش..... ۸۴

شکل۴-۱۸. تغییرات اثرات متقابل اصلاحات انجام شده بر آهنگ مصرف انرژی ویژه در فاز نیم‌جوش..... ۸۴

شکل۴-۱۹.تغییرات شاخص‌های ارزیابی آلایندگی در طی آزمون هریک از حالت های اجاق میکروگازیفایر در تقابل با دمای شعله الف) متوسط انتشار. ب) میزان انتشار..... ۸۸

شکل۴-۲۰. تغییرات میزان انتشار آلاینده CO در طی آزمون هریک از حالت‌های دریچه کنترل هوا در تقابل با دمای‌شعله ۸۹

شکل۴-۲۱. تغییرات متوسط انتشار آلاینده CO در طی آزمون هریک از حالت‌های دریچه کنترل هوا در تقابل با دمای شعله..... ۸۹

شکل ۴-۲۲.تغییرات نسبت‌کنترل براساس وضعیت‌های مختلف دریچه کنترل‌جریان هوا و نوع‌اجاق وتغییرات مدت زمان بهره‌دهی..... ۹۲

عنوان	فهرست جداول	صفحه

جدول۱-۱. تعداد خانوارهای عشایر، به تفکیک تجهیز به وسایل پخت‌وپز خانگی ۴

جدول۳-۱. ویژگی‌های هندسی اجاق میکروگازیفایر ساخته شده (میلی‌متر) ۳۸

جدول ۳-۲. جدول رتبه‌دهی اجاق‌های زیست‌توده سوز براساس ویژگی‌های عملکردی، طبق ISOIWA ۵۰

جدول۴-۱. خصوصیات توصیفی سوخت‌های مورداستفاده ۵۶

جدول۴-۲. نتایج آنالیز عنصری و تخمین ارزش حرارتی هریک از سوخت‌های مورداستفاده ۵۶

جدول۴-۳. تجزیه واریانس اثر فاکتورها بر شاخص مصرف سوخت ویژه ۵۷

جدول۴-۴. تغییرات مصرف‌سوخت ویژه در ترکیب سطوح مختلف فاکتورها ۵۹

جدول۴-۵. نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورها بر شاخص آهنگ مصرف‌سوخت ۶۰

جدول۴-۶. نتایج گروه‌بندی مقایسات زوجی اثرات متقابل نوع سوخت و اندازه سوخت بر آهنگ مصرف سوخت ۶۲

جدول۴-۷. تجزیه واریانس اثر فاکتورها بر شاخص بازده حرارتی ۶۳

جدول۴-۸. تغییرات بازده حرارتی در ترکیب سطوح مختلف فاکتورها ۶۶

جدول۴-۹. نتایج تجزیه‌واریانس اثر فاکتورها بر شاخص زمان به جوش رسیدن ۶۷

جدول۴-۱۰. نتایج گروه‌بندی مقایسات زوجی اثرات متقابل نوع سوخت و اندازه سوخت بر زمان به جوش رسیدن ۶۹

جدول۴-۱۱. نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورها بر شاخص مصرف‌سوخت ویژه ۷۰

جدول۴-۱۲. نتایج گروه‌بندی مقایسات زوجی اثرات متقابل نوع سوخت و اندازه سوخت بر مصرف سوخت ویژه در فاز نیم جوش ۷۱

جدول۴-۱۳. نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورها بر متوسط CO ۷۲

جدول۴-۱۴. نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورها بر میزان انتشار مونواکسیدکربن ۷۲

جدول۴-۱۵. نتایج گروه‌بندی مقایسات زوجی اثرات متقابل نوع سوخت و اندازه سوخت بر متوسطCO ۷۵

جدول۴-۱۶. نتایج گروه‌بندی مقایسات زوجی اثرات متقابل نوع سوخت و اندازه سوخت بر میزان انتشار CO ۷۵

جدول۴-۱۷. نتایج تجزیه واریانس بازده حرارتی اجاق‌ها مختلف در فاز شروع سرد ۷۷

جدول۴-۱۸. نتایج تجزیه واریانس اثر نوع اجاق و دریچه کنترل هوا بر بازده حرارتی در فاز شروع سرد ۷۷

جدول۴-۱۹. نتایج تجزیه واریانس اثر نوع اجاق و دریچه کنترل هوا بر بازده حرارتی در فاز نیم‌جوش ۷۸

جدول۴-۲۰. نتایج تجزیه واریانس اثر نوع اجاق و دریچه کنترل هوا بر مصرف سوخت ویژه در فاز شروع سرد ۸۲

جدول۴-۲۱. نتایج تجزیه واریانس اثر نوع اجاق و دریچه کنترل هوا بر آهنگ مصرف انرژی ویژه در فاز نیم‌جوش ۸۳

جدول۴-۲۲. نتایج تجزیه واریانس اثر نوع اجاق و دریچه کنترل هوا بر متوسط انتشار CO ۸۶

جدول۴-۲۳. نتایج تجزیه واریانس اثر نوع اجاق و دریچه کنترل هوا بر میزان انتشار CO ۸۶

جدول۴-۲۴. نتایج تجزیه واریانس تغییرات میزان انتشار CO در طی آزمون اجاق‌های مختلف ۸۶

جدول۴-۲۵. نتایج تجزیه واریانس تغیررات متوسط انتشار آلاینده CO در اجاق‌ها مختلف ۸۶

عنوان	فهرست جداول	صفحه

جدول۴-۲۶. وضعیت و رتبه اجاق‌های مورد ارزیابی براساس شاخص‌های ISO IWA ۹۰
جدول۴-۲۷. شاخص کیفیت هوا براساس استانداردهای EPA ۹۱

۱- فصل اول – مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

از زمانی که برای اولین‌بار آتش روشن شد زیست‌توده سهم مهمی در تأمین انرژی بشر داشت. بااینکه زیست‌توده دامنه گسترده‌ای از مواد را شامل می‌شود اما تنها بخش کوچکی از آن برای تولید حرارت و توان قابل‌قبول و مناسب است که این بخش در جنگل‌داری و کشاورزی متمرکز است (ولف و دانگ،۲۰۱۳).

در دهه اخیر صحبت‌های زیادی در رابطه با انقلاب انرژی سبز و جایگزین کردن منابع سوخت‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر به میان آمده است، از جهت دیگر، افزایش نگرانی از گرمایش جهانی، تغییرات آب و هوایی و کاهش ذخایر سوخت‌های فسیلی نیز درخواست‌ها برای انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش داده است (لرتسیشتاناکرن و همکاران، ۲۰۱۴). در کنار این مهم، نرخ تولید سالیانه بالا و گستردگی جغرافیایی بر روی کره خاکی، زیست‌توده را نسبت به سایر منابع تجدیدپذیر انرژی برجسته کرده است و گفتنی است که تقریباً سه میلیارد نفر از زیست‌توده برای پخت‌وپز استفاده می‌کنند (سورش و همکاران، ۲۰۱۶).

در کشورهای حوزه خلیج‌فارس به خاطر غنی بودن این مناطق از منابع نفت و گاز، استفاده از انرژی زیست‌توده به‌صورت کمرنگ دنبال می‌شود. بنابراین، برای استفاده از این‌گونه انرژی‌ها، هزینه پایین پروژه یکی از شروط اصلی اجرا و دوام آن خواهد بود. اگرچه در دهه‌های اخیر، فنّاوری گازیفیکاسیون[1] و

[1] Gasification

پیرولیز[1] زیست‌توده از توجه بیشتری برخوردار شده‌اند اما، کماکان استحصال انرژی از زیست‌توده به روش سوزاندن به دلایلی از قبیل هزینه پایین و در دسترس بودن همیشگی، ازجمله رایج‌ترین روش‌ها است (ملاکی و فاتحی، ۲۰۱۴). در مقیاس خانگی نیز، در بیشتر نقاط برای استفاده از زیست‌توده از روش‌های سنتی اجاق باز [2] استفاده می‌شود که به خاطر بازده حرارتی پایین و آلودگی زیادی که دارند موجب استفاده ناکارآمد از منابع زیست‌توده قابل اشتعال شده‌اند. الگوهای استفاده جاری و اینچنینی، مسبب تأثیرات منفی غیرقابل‌چشم‌پوشی زیادی نظیر صدمات و مرگ‌ومیر انسان‌ها، آلودگی‌های زیست‌محیطی، تغییرات‌آب‌وهوایی و از بین رفتن جنگل‌ها شده است (لرتسیشتاناکرن و همکاران، ۲۰۱۴؛ چمپییر و همکاران، ۲۰۱۰). از طرفی استفاده از سوخت‌های فسیلی باعث افزایش خطرناک‌ترین تهدید محیط‌زیستی یعنی انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است، به‌طوری‌که بررسی‌ها نشان می دهد که مجموع انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از بکارگیری سوخت‌های فسیلی در سال ۲۰۱۰ با افزایش ۳۳ درصدی نسبت به سال ۲۰۰۰، به۳۳/۱ گیگا تن رسیده است (نجات و همکاران، ۲۰۱۳). بنا به این دلایل، با افزایش تقاضا برای تبدیل پسماندها به انرژی، محققین زیادی به‌طورجدی درگیر تحقیق در روش‌های استفاده از پسماندهای کشاورزی به‌عنوان سوخت هستند (لرتسیشتاناکرن و همکاران، ۲۰۱۴). در این راستا اگرچه راه‌هایی با بازده بیشتر نیز وجود دارد اما یکی از جالب‌ترین گزینه‌ها برای جایگزینی با این روش‌های کم بازده، استفاده از اجاق های پخت‌وپز زیست‌توده سوز[3] است. طبق نظر پژوهشگران، تمرکز بر پروژه‌های بهبود این اجاق‌ها پاسخی است در جهت کاهش از بین رفتن جنگل‌ها، افزایش سلامتی و کاهش سرعت تغییرات آب و هوایی (لرتسیشتاناکرن و همکاران، ۲۰۱۴؛ مک‌کارتی و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به این مسائل، امروزه طراحان اجاق‌های زیست‌توده سوز بر روی افزایش بازده و کاهش آلایندگی این اجاق‌ها تمرکز دارند (ترایر و همکاران، ۲۰۱۴).

---

[1] Pyrolysis

[2] (open fire) روش سنتی استفاده از آتش که در آن احتراق بدون در نظر گرفته شدن محفظه خاص احتراق در محیط آزاد و غیر کنترل‌شده انجام می‌شود در ساده‌ترین حالت از سه سنگ در اطراف آتش استفاده می‌شود (روش سه سنگ).

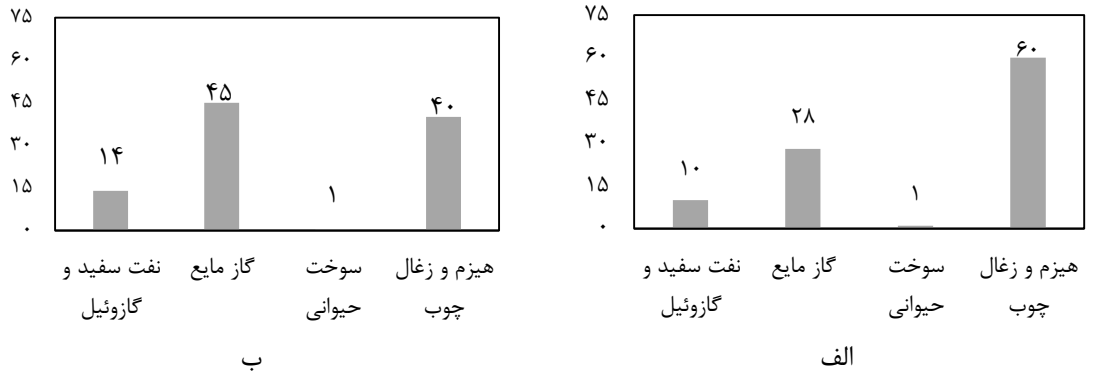
[3] Biomass cook stove

دستگاه‌هایی که تحت یک تبدیل ترموشیمیایی، قابلیت تبدیل سوخت‌های جامد به گاز را دارند عموماً گازیفایر[1] نامیده می‌شوند (رامان و همکاران، ۲۰۱۳). سوختن گازهای قابل اشتعال همواره نسبت به سوختن مستقیم سوخت‌های جامد از آلودگی کمتری برخوردار است. گازهای قابل اشتعال با ترکیب‌شدن راحت‌تر با هوا، یک مخلوط قابل‌اشتعال یکنواخت را تشکیل داده که نتیجه آن یک اشتعال تمیز با بازده‌حرارتی بالا است (مک‌کارتی و همکاران، ۲۰۱۰). فرایند گازیفیکاسیون زیست‌توده که مجموعه‌ای از واکنش‌های اکسایش-کاهش[2] بین زیست‌توده و اکسنده‌ها است، گاز قابل‌احتراقی را تولید می‌کند که ضمن داشتن دمای بالا، با ترکیب شدن با هوای ثانویه در بالای محفظه احتراق می‌سوزد و شعله و گرما تولید می‌کند. گرمای حاصل از این شعله در برخی منابع ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد گزارش‌شده است (مانوج و همکاران، ۲۰۱۳) . فاکتور مهم در این‌گونه فعالیت‌ها، تأمین یک نرخ ثابت بین گاز تولیدشده و هوای اولیه برای گازیفیکاسیون است. بدیهی است که بهبود انتقال حرارت به دنبال خود شعله‌ای با حرارت بالاتر را خواهد داشت که همین امر سبب بالا رفتن بازده حرارتی اجاق‌های گازیفایر، نسبت به اجاق‌های سنتی می‌شود (رامان و همکاران، ۲۰۱۳).

۱-۲- اهمیت موضوع

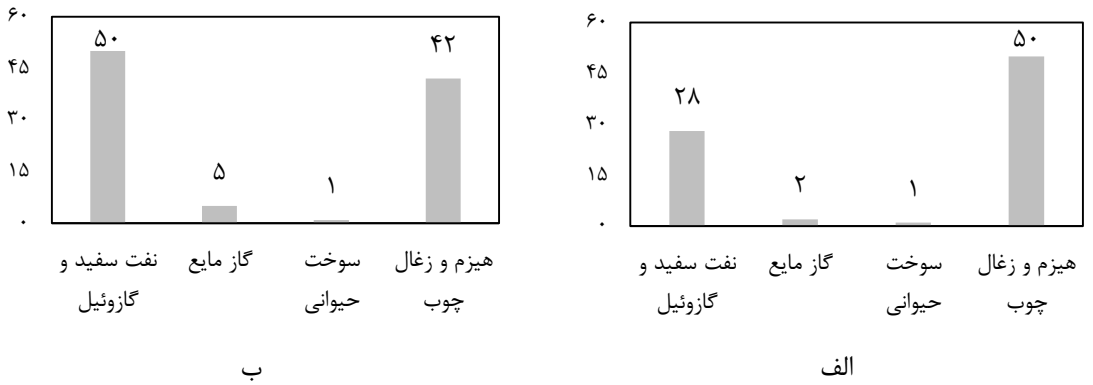
باوجوداینکه کشور ایران جزو کشورهای غنی در منابع سوخت‌های فسیلی از قبیل نفت و گاز به‌شمار می‌آید، اما همواره مشکل دسترسی همگانی به سوخت و تأمین دائمی آن یکی از چالش‌های مهم پیش روی افراد جامعه، به‌خصوص در روستاها و مناطق دورافتاده و یا برای عشایر کوچ‌نشین است. طبق آخرین آمارهای سرشماری عشایر کوچ‌نشین که توسط سازمان ملی آمار ایران در سال ۱۳۸۷ انجام‌شده است، ۶۰درصد از خانوارهای عشایر در دوره ییلاق برای انجام فعالیت‌های پخت‌وپز خود از زیست‌توده استفاده می‌کنند (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۷). شکل (۱-۱) و (۱-۲) نشان‌دهنده درصد خانوارهای عشایر کوچنده‌ی استفاده‌کننده از سوخت‌های دردسترس براساس آمارهای ارائه‌شده در آخرین سرشماری عشایر کوچ‌نشین ایران در سال ۱۳۸۷است.

[1] Gasifier
[2] Reduction–Oxidation reactions



الف ب

شکل ۱-۱. درصد خانوارهای عشایر کوچنده به تفکیک نوع سوخت مورداستفاده برای پخت‌وپز الف) در دوره ییلاق و ب) در دوره قشلاق (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۷).



الف ب

شکل۱-۲. درصد خانوارهای عشایر کوچنده به تفکیک نوع سوخت مورداستفاده برای گرمایش الف) در دوره ییلاق و ب) در دوره قشلاق (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۷).

از سوی دیگر آمارهای ارائه شده در جدول ۱-۱ که نشان‌دهنده وسایل مورداستفاده برای پخت‌وپز خانگی در بین عشایر است، مشخص می‌کند که، اگرچه زیست‌توده بخش اعظمی از منبع تأمین انرژی خانگی عشایر را تشکیل می‌دهد، اما در بین وسایلی که برای پخت‌وپز خانگی و یا گرمایش مورداستفاده عشایر قرار دارد، وسیله‌ای با بازده مناسب برای استفاده از زیست‌توده وجود نداشته و اکثراً از روش‌های سنتی آتش باز استفاده می‌کنند.

جدول۱-۱. تعداد خانوارهای عشایر، به تفکیک تجهیز به وسایل پخت‌وپز خانگی (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۷)

وسایل پخت‌وپز	تنور پخت نان (گازی)	چراغ خوراک‌پز نفتی[1]	اجاق‌گازسوز خانگی
تعداد خانوار	۳۳۸۴۳	۱۲۳۸۲۱	۱۳۷۴۶۳

[1] این اجاق‌ها علاوه بر پخت‌وپز به عنوان یک وسیله گرمایشی محیط نیز همزمان استفاده می شوند و کاربرد دو منظوره دارند.