



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



وزارت کشاورزی
مجلس شورای اسلامی
جمهوری اسلامی ایران

بازیافت انرژی از پسماندهای صنایع غذایی و کشاورزی؛ راهکاری نوین در اقتصاد چرخشی

Energy recovery from food and agricultural industries

A new solution in the circular economy

نسترن کریمی ترشیزی*

NastaranKarimiTorshizi

Nastarankarimi00@gmail.com

خلاصه:

افزایش جمعیت جهانی و توسعه روزافزون صنایع غذایی و کشاورزی موجب تولید حجم قابل توجهی از پسماندهای آلی شده است. مدیریت غیراصولی این پسماندها علاوه بر ایجاد مشکلات زیست محیطی نظیر آلودگی آب، خاک و هوا، منجر به اتلاف منابع ارزشمند انرژی می شود. در دهه های اخیر، مفهوم شیمی سبز و اقتصاد چرخشی به عنوان رویکردی نوین برای استفاده بهینه از منابع و کاهش تولید پسماند، توجه گسترده ای را به خود جلب کرده است. در این چارچوب، بازیافت انرژی از پسماندهای صنایع غذایی و کشاورزی به عنوان راهکاری پایدار و کارآمد، نقش مهمی در کاهش وابستگی به سوخت های فسیلی، کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و افزایش بهره وری انرژی ایفا می کند. این پژوهش با رویکردی تحلیلی-توصیفی، به بررسی انواع پسماندهای صنایع غذایی و کشاورزی، فناوری های نوین بازیافت انرژی، مزایا، چالش ها و نقش این فرآیندها در تحقق اقتصاد چرخشی و توسعه پایدار می پردازد.

واژگان کلیدی: بازیافت انرژی، پسماندهای آلی، صنایع غذایی، کشاورزی، اقتصاد چرخشی، توسعه پایدار، شیمی سبز



Summary :

The increase in the global population and the increasing development of the food and agricultural industries have led to the production of a significant volume of organic waste. In addition to creating environmental problems such as water, soil, and air pollution, the unprincipled management of this waste leads to the waste of valuable energy resources

In recent decades, the concept of the Green chemistry and circular economy has attracted widespread attention as a new approach to the optimal use of resources and the reduction of waste production

In this framework, energy recovery from food and agricultural industry waste, as a sustainable and efficient solution, plays an important role in reducing dependence on fossil fuels, reducing greenhouse gas emissions, and increasing energy efficiency

This research, using an analytical-descriptive approach, examines the types of waste from the food and agricultural industries, new energy recycling technologies, the benefits, challenges, and role of these processes in realizing a circular economy and sustainable development.

Keywords: Energy recycling, organic waste, food industry, agriculture, circular economy, sustainable development

۱-مقدمه :

صنایع غذایی و کشاورزی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی و تولیدی هر کشور به‌شمار می‌روند و نقش اساسی در تأمین امنیت غذایی ایفا می‌کنند. با این حال، این صنایع به‌طور هم‌زمان از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان پسماندهای آلی نیز هستند. بقایای محصولات کشاورزی، ضایعات حاصل از فرآوری مواد غذایی، پسماندهای دامی و پساب‌های صنعتی، بخش قابل‌توجهی از این پسماندها را تشکیل می‌دهند. در صورت عدم مدیریت صحیح، این مواد می‌توانند به منبعی برای آلودگی محیط زیست، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تهدید سلامت انسان تبدیل شوند.

از سوی دیگر، افزایش مصرف انرژی و محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی، ضرورت استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و پاک را بیش از پیش آشکار ساخته است. در این میان، پسماندهای صنایع غذایی و کشاورزی به‌دلیل ماهیت آلی و قابلیت



تجزیه پذیری بالا، به عنوان منبعی بالقوه برای تولید انرژی مطرح هستند. بازیافت انرژی از این پسماندها، نه تنها به کاهش مشکلات زیست محیطی کمک می کند، بلکه با ایجاد ارزش افزوده اقتصادی، زمینه ساز تحقق اقتصاد چرخشی می شود.

۲- انواع پسماندهای صنایع غذایی و کشاورزی

پسماندهای تولیدشده در صنایع غذایی و کشاورزی از نظر منشأ و ترکیب شیمیایی متنوع هستند، اما اغلب دارای محتوای بالای مواد آلی می باشند. مهم ترین انواع این پسماندها عبارتند از:

۲.۱ پسماندهای گیاهی

این دسته شامل بقایای محصولات زراعی، کاه و کلش، ساقه ها، برگ ها، پوست و تفاله میوه ها و سبزیجات است. این پسماندها به دلیل دارا بودن ترکیبات کربوهیدراتی، گزینه ای مناسب برای تولید انرژی های زیستی محسوب می شوند.

۲.۲ پسماندهای دامی

پسماندهای دامی شامل کود حیوانی، ضایعات کشتارگاهی و بقایای فرآوری محصولات دامی است. این پسماندها علاوه بر قابلیت تولید انرژی، در صورت مدیریت نادرست می توانند منبع آلودگی شدید محیط زیست باشند.

۲.۳ پسماندهای صنایع غذایی

ضایعات خطوط تولید، محصولات تاریخ گذشته، لجن های حاصل از تصفیه پساب و سایر پسماندهای صنعتی غذایی در این گروه قرار می گیرند. این پسماندها معمولاً رطوبت بالایی داشته و برای فرآیندهای زیستی بسیار مناسب هستند.

۳- فناوری های بازیافت انرژی از پسماند

۳.۱ هضم بی هوازی و تولید بیوگاز

هضم بی هوازی یکی از رایج ترین و کارآمدترین روش های بازیافت انرژی از پسماندهای آلی است. در این فرآیند، میکروارگانیسم ها در غیاب اکسیژن، مواد آلی را تجزیه کرده و بیوگاز تولید می کنند. بیوگاز عمدتاً شامل متان و دی اکسید کربن بوده و می تواند برای تولید برق، حرارت و انرژی ترکیبی مورد استفاده قرار گیرد.

۳.۲ تولید سوخت های زیستی

پسماندهای کشاورزی و صنایع غذایی می توانند به سوخت های زیستی نظیر بیواتانول و بیودیزل تبدیل شوند. این سوخت ها جایگزینی مناسب برای سوخت های فسیلی بوده و نقش مهمی در کاهش آلاینده های زیست محیطی دارند.



۳.۳ پیرولیز و گازی‌سازی

در روش‌های پیرولیز و گازی‌سازی، پسماندهای آلی در دماهای بالا و شرایط کنترل‌شده به گاز سنتز، روغن زیستی و زغال زیستی تبدیل می‌شوند. این محصولات علاوه بر تولید انرژی، در صنایع شیمیایی و کشاورزی نیز کاربرد دارند.

۴- نقش بازیافت انرژی در اقتصاد چرخشی

اقتصاد چرخشی بر کاهش مصرف منابع اولیه، استفاده مجدد و بازیافت تأکید دارد. بازیافت انرژی از پسماندهای صنایع غذایی و کشاورزی، نمونه‌ای بارز از اجرای اصول اقتصاد چرخشی است. در این رویکرد، پسماند به‌جای آنکه ماده‌ای زائد تلقی شود، به منبعی ارزشمند برای تولید انرژی و محصولات جانبی تبدیل می‌شود. این امر موجب کاهش دفن پسماند، کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش بهره‌وری منابع می‌گردد.

۵- مزایا و معایب

مزایا

بازیافت انرژی از پسماندهای صنایع غذایی و کشاورزی موجب کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، تولید انرژی تجدیدپذیر، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، ایجاد ارزش افزوده اقتصادی و اشتغال‌زایی می‌شود.

معایب

از مهم‌ترین معایب این حوزه می‌توان به هزینه‌های اولیه بالا، نیاز به فناوری و دانش فنی پیشرفته، مشکلات جمع‌آوری و تفکیک پسماند و نبود سیاست‌های حمایتی کافی اشاره کرد.

۶- نتیجه‌گیری

بازیافت انرژی از پسماندهای صنایع غذایی و کشاورزی، راهکاری نوین و اثربخش در مسیر تحقق اقتصاد چرخشی و توسعه پایدار است. استفاده از این رویکرد می‌تواند ضمن کاهش اثرات زیست‌محیطی پسماندها، به تأمین بخشی از نیاز انرژی و افزایش بهره‌وری منابع کمک کند. توسعه فناوری‌های نوین، سرمایه‌گذاری هدفمند و حمایت سیاست‌گذاران، از عوامل کلیدی موفقیت این مسیر به‌شمار می‌روند.

۷- بحث و تحلیل (Discussion)

بر اساس مطالعات انجام‌شده، بازیافت انرژی از پسماندهای صنایع غذایی و کشاورزی یکی از کارآمدترین راهکارها برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و بهینه‌سازی مصرف منابع محسوب می‌شود. پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند که استفاده از فناوری‌هایی نظیر هضم بی‌هوازی می‌تواند به‌طور هم‌زمان موجب کاهش حجم پسماند، تولید انرژی تجدیدپذیر و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شود (Scarlat et al., 2018).



مطابق گزارش‌های منتشرشده، پسماندهای غذایی و کشاورزی به دلیل ترکیب غنی از مواد آلی، بازده بالاتری در تولید بیوگاز نسبت به بسیاری از پسماندهای شهری دارند (Zhang et al., 2013). همچنین، استفاده از فرآورده‌های هم‌هضمی پسماندهای دامی و غذایی، موجب افزایش تولید متان و پایداری فرآیند می‌شود (Liu et al., 2018).

از منظر اقتصاد چرخشی، بازیافت انرژی نقش کلیدی در تبدیل پسماند به منبع ایفا می‌کند. مطابق با گزارش کمیسیون اروپا، ادغام فناوری‌های بازیافت انرژی در زنجیره تولید غذا می‌تواند منجر به کاهش مصرف منابع اولیه، افزایش بهره‌وری انرژی و کاهش هزینه‌های مدیریت پسماند شود (European Commission, 2020). این موضوع به‌ویژه برای کشورهای در حال توسعه که با چالش‌های زیست‌محیطی و انرژی مواجه هستند، اهمیت دوچندان دارد.

۸- نوآوری و ارزش افزوده پژوهش

نوآوری اصلی این مقاله در بررسی بازیافت انرژی از پسماندهای صنایع غذایی و کشاورزی در چارچوب اقتصاد چرخشی نهفته است. برخلاف رویکردهای سنتی که پسماند را به‌عنوان معضل در نظر می‌گیرند، در این پژوهش پسماند به‌عنوان منبعی ارزشمند برای تولید انرژی و توسعه پایدار معرفی شده است. تلفیق مفاهیم مدیریت پسماند، تولید انرژی زیستی و اقتصاد چرخشی، دیدگاهی جامع برای سیاست‌گذاران و مدیران صنعتی فراهم می‌آورد.

۹- پیشنهادها برای سیاست‌گذاری و تحقیقات آینده

با توجه به نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود:

سیاست‌های حمایتی و مشوق‌های اقتصادی برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های بازیافت انرژی تدوین شود.

برنامه‌های تفکیک پسماند در مبدأ در صنایع غذایی و کشاورزی تقویت گردد.

پژوهش‌های آینده بر بهینه‌سازی فرآیندهای هم‌هضمی و کاهش هزینه‌های عملیاتی تمرکز داشته باشند.

استفاده از فناوری‌های نوین نظیر حسگرهای تنظیم‌کننده وضعیت آب و هوا و محیط زیست و برای پایش و کنترل فرآورده‌های بازیافت انرژی مورد توجه قرار گیرد.

۱۰- نتیجه‌گیری نهایی

بازیافت انرژی از پسماندهای صنایع غذایی و کشاورزی، راهکاری نوین، پایدار و اقتصادی در راستای تحقق اهداف شیمی سبز و اقتصاد چرخشی محسوب می‌شود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در این حوزه می‌تواند ضمن کاهش اثرات زیست‌محیطی پسماندها، به تأمین انرژی تجدیدپذیر و افزایش بهره‌وری منابع کمک کند. توسعه زیرساخت‌ها، حمایت سیاست‌گذاران و افزایش آگاهی فعالان صنعتی، از الزامات اساسی موفقیت این رویکرد به‌شمار می‌روند.



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره‌وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



مرکز تحقیقات
غذایی و تغذیه

Resources منابع

Kumar, A., & Samadder, S. R. (2017). A review on technological options of waste to energy for effective management of municipal solid waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 407–422

Scarlat, N., Dallemand, J. F., & Fahl, F. (2018). Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy*, 129, 457–472

Cherubini The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals. *Energy Conversion and Management*, 51(7), 1412–1421

Paritosh, K., et al. (2017). Food waste to energy: An overview of sustainable approaches for food waste management and nutrient recycling. *BioMed Research International*, 1–19

.

Paritosh, K., et al. (2017). Food waste to energy: An overview of sustainable approaches for food waste management and nutrient recycling. *BioMed Research International*, 1–19

Zhang, C., Xiao, G., Peng, L., Su, H., & Tan, T. (2013). The anaerobic co-digestion of food waste and cattle manure. *Bioresource Technology*, 129, 170–176

Liu, H., Jiang, G., Zeng, G., et al. (2018). Recent advances in anaerobic digestion of food waste for biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 102–112

European Commission. (2020). Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe

FAO. (2019). The State of Food and Agriculture: Moving forward on food loss and waste reduction