

مدیریت پسماند در فراوری مواد غذایی و تبدیل آن به منابع انرژی تجدیدپذیر

مروا حسینی^۱، مریم اقبالی معین^۲*

۱- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

Morva.hosseiny@iau.ir, morva1989@gmail.com

۲- گروه روانشناسی بالینی، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Marvam.eghballymoeen@iau.ir, marvameghbally@gmail.com

خلاصه

صنایع غذایی به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان منابع طبیعی و تولیدکنندگان پسماند شناخته می‌شوند. این پسماندها شامل مواد زائد آلی، بسته‌بندی‌ها و ضایعات حاصل از فرآیندهای تولیدی می‌باشد که به‌طور معمول در محیط زیست رها می‌شوند و باعث آسیب به اکوسیستم‌ها می‌گردند. از سوی دیگر، تبدیل این پسماندها به منابع انرژی تجدیدپذیر از طریق روش‌هایی مانند تولید بیوگاز، بیومتان و استفاده از سوخت‌های زیستی، می‌تواند نه تنها به حل بحران پسماندهای صنعتی کمک کند بلکه نقش مهمی در کاهش وابستگی به منابع انرژی فسیلی ایفا نماید. در این مقاله، به بررسی روش‌های مختلف مدیریت پسماند در صنایع فراوری مواد غذایی و کشاورزی پرداخته شده و فناوری‌های نوین تبدیل این پسماندها به انرژی تجدیدپذیر، مانند هضم بی‌هوازی، گازسازی و فرآیندهای بیوتکنولوژیکی، بررسی می‌شود. نتایج نشان می‌دهند که به‌کارگیری این فناوری‌ها می‌تواند به‌طور چشمگیری در کاهش اثرات زیست‌محیطی، حفظ منابع طبیعی و تحقق اهداف توسعه پایدار مؤثر باشد.

کلمات کلیدی: انرژی تجدیدپذیر، ضایعات صنایع غذایی، فراوری مواد غذایی، مدیریت پسماند

مقدمه

صنایع غذایی و کشاورزی به‌طور گسترده‌ای از منابع طبیعی برای تولید محصولات مختلف استفاده می‌کنند و در این فرایند مقادیر قابل توجهی پسماند تولید می‌شود. طبق گزارش‌های سازمان‌های بین‌المللی، بخش صنایع غذایی مسئول تولید بیش از یک‌سوم از پسماندهای صنعتی است که بیشتر آن‌ها به‌طور مستقیم به محیط زیست وارد می‌شود. در این میان، بخش عمده‌ای از این پسماندها، مانند ضایعات گیاهی، پوست میوه‌ها، یا بقایای فراوری محصولات کشاورزی، می‌توانند به‌عنوان منابع قابل استفاده برای تولید انرژی در نظر گرفته شوند.

چالش اصلی در صنایع غذایی، مدیریت صحیح این پسماندها و تبدیل آن‌ها به منابع مفید و پایدار است. به‌طور خاص، استفاده از پسماندهای آلی به‌عنوان منابع انرژی نه‌تنها می‌تواند به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک کند، بلکه به کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی ناشی از انباشت پسماند در دفن‌گاه‌ها یا سوزاندن آن‌ها نیز می‌انجامد. در دهه‌های اخیر، تکنولوژی‌های نوین مانند تولید بیوگاز از طریق فرآیندهای بیولوژیکی، گازسازی، و استفاده از سیستم‌های بیوتکنولوژیک در مدیریت پسماندها به‌طور قابل توجهی پیشرفت کرده‌اند. این تکنولوژی‌ها نه‌تنها به کاهش پسماند کمک می‌کنند، بلکه به تولید انرژی تجدیدپذیر می‌انجامند که در کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری تولیدات صنایع غذایی نیز مؤثر است.

این مقاله به بررسی تکنولوژی‌ها و روش‌های مختلف مدیریت پسماند در صنایع فرآوری مواد غذایی، به‌ویژه روش‌های تبدیل این پسماندها به منابع انرژی تجدیدپذیر می‌پردازد و چالش‌ها و فرصت‌های موجود در این حوزه را مورد بررسی قرار می‌دهد.

۱- انواع پسماندها در صنایع فرآوری مواد غذایی

پسماندهای صنایع غذایی و کشاورزی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند که شامل پسماندهای تولیدی از مواد اولیه و پسماندهای فرآیندهای تولید می‌شوند. پسماندهای اولیه یا پسماندهای کشاورزی شامل مواد زائدی هستند که در مراحل اولیه تولید مواد غذایی به‌وجود می‌آیند. طور مثال می‌توان به ساقه‌ها، برگ‌ها، پوسته‌ها، دانه‌های غیرقابل استفاده و بقایای برداشت محصولات کشاورزی مثل گندم، برنج، سیب‌زمینی، و میوه‌ها اشاره نمود. این پسماندها معمولاً حجم زیادی دارند و شامل ترکیباتی هستند که می‌توانند برای تولید بیوگاز یا سوخت‌های زیستی مورد استفاده قرار گیرند. این نوع پسماندها در صورت عدم مدیریت صحیح می‌توانند منبع آلودگی و گازهای گلخانه‌ای باشند. پسماندهای فرآیندی یا پسماندهای تولیدی به‌عنوان ضایعات حاصل از فرآیندهای صنعتی مانند شستشو، برش، بسته‌بندی، و فرآوری مواد غذایی ایجاد می‌شوند. این پسماندها می‌توانند شامل پوست میوه‌ها و سبزیجات، بقایای چربی و پروتئین از فرآیندهای گوشتی، و سایر مواد زائد باشند. این پسماندها در صورتی که به‌درستی مدیریت نشوند، می‌توانند به منابع آلودگی در محیط زیست تبدیل شوند. با این حال، بسیاری از این پسماندها می‌توانند به‌عنوان منابع انرژی در فرآیندهای مختلف مورد استفاده قرار گیرند [۱-۴].

۲- تکنولوژی‌های نوین در تبدیل پسماندهای صنایع غذایی به انرژی تجدیدپذیر

در سال‌های اخیر، فناوری‌های نوینی برای تبدیل پسماندهای صنایع غذایی به انرژی تجدیدپذیر توسعه یافته‌اند. این فناوری‌ها شامل روش‌های بیولوژیکی، شیمیایی، و حرارتی هستند که می‌توانند به‌طور مؤثری پسماندها را به منابع انرژی مفید تبدیل کنند.

۲-۱- فرآیندهای بیولوژیکی: هضم بی‌هوازی

هضم بی‌هوازی یک فرآیند بیولوژیکی است که در آن مواد آلی تحت شرایط بدون اکسیژن (بی‌هوازی) توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه می‌شوند. در این فرآیند، گاز متان (CH_4) تولید می‌شود که می‌تواند برای تولید انرژی الکتریکی یا حرارتی مورد استفاده قرار گیرد. هضم بی‌هوازی یکی از متداول‌ترین و مؤثرترین روش‌ها برای تبدیل پسماندهای آلی به انرژی تجدیدپذیر است. این فرآیند علاوه بر تولید انرژی، می‌تواند به تولید کودهای آلی (که به‌عنوان محصول جانبی شناخته می‌شود) نیز منجر شود. هضم بی‌هوازی به‌ویژه برای پسماندهای صنایع غذایی که حاوی مقادیر زیادی کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها هستند، بسیار مناسب است [۱].

۲-۲- تولید گاز

تولید گاز فرآیند دیگری است که در آن پسماندهای آلی تحت شرایط دمای بالا و در حضور اکسیژن محدود به گازهایی مانند مونواکسید کربن (CO)، هیدروژن (H_2) و متان تبدیل می‌شوند. این گازها می‌توانند به‌عنوان سوخت برای تولید انرژی الکتریکی یا حرارتی استفاده شوند. این فرآیند به‌ویژه در پسماندهایی که ترکیب خشک و غنی از کربن دارند، مانند پوست گیاهان یا ضایعات برنج، بسیار مؤثر است. از جمله مزایای آن کاهش حجم پسماندها و تولید گازهایی است که می‌توانند به‌عنوان منبع انرژی استفاده شوند. این فناوری به‌ویژه برای پسماندهایی که رطوبت بالایی ندارند، بسیار مؤثر است و امکان استفاده بهینه از منابع پسماندهای کشاورزی را فراهم می‌آورد [۲-۴].

۲-۳- سوخت‌های زیستی

پسماندهای کشاورزی و صنایع غذایی می‌توانند به سوخت‌های زیستی مانند اتانول و بیودیزل تبدیل شوند. تولید سوخت‌های زیستی از طریق فرآیندهای تخمیر و ترانس‌استریفیکاسیون انجام می‌شود. اتانول معمولاً از مواد غنی از قند مانند شکر و نشاسته تولید می‌شود، در حالی که بیودیزل از روغن‌های گیاهی یا چربی‌های حیوانی به‌وسیله ترانس‌استریفیکاسیون تولید می‌شود. این فرآیندها نه تنها به کاهش هزینه‌های انرژی کمک می‌کنند، بلکه در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر نیز مؤثر هستند. به‌ویژه در مناطق کشاورزی که پسماندهای زیادی تولید می‌شود، این روش‌ها می‌توانند یک راه‌حل پایدار برای مدیریت پسماندها و تولید انرژی باشند [۵-۷].

۲-۴- کمپوستینگ

کمپوستینگ فرآیند تبدیل مواد آلی به کودهای آلی است که از آن می‌توان برای بهبود خاک در کشاورزی استفاده کرد. در این فرآیند، مواد آلی مانند ضایعات سبزیجات، پوست میوه‌ها و سایر پسماندهای آلی تحت تأثیر میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرند و به ماده‌ای غنی از مواد مغذی تبدیل می‌شوند. این روش نسبتاً ساده و ارزان است، اما برای تبدیل پسماندهای آلی به انرژی، کاربرد کمتری دارد. با این حال، استفاده از کمپوست می‌تواند به کاهش نیاز به کودهای شیمیایی کمک کرده و به بهبود کیفیت خاک و کشاورزی پایدار منجر شود [۸].

۳- چالش‌ها و فرصت‌ها

از جمله چالش‌های مهم در مدیریت پسماندهای صنایع غذایی، می‌توان به هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین، مشکلات در فرآیندهای جمع‌آوری و جداسازی پسماندها، و کمبود زیرساخت‌های مناسب اشاره کرد. علاوه بر این، برخی از پسماندها ممکن است از نظر شیمیایی یا بیولوژیکی مشکل‌ساز باشند و نیاز به فرآیندهای پیچیده‌تری برای تبدیل به انرژی دارند. با این حال، پسماندهای صنایع غذایی نیز فرصتی بزرگ برای ایجاد یک صنعت انرژی تجدیدپذیر فراهم می‌آورند. استفاده از پسماندها می‌تواند به ایجاد یک اقتصاد دایره‌ای کمک کند که در آن پسماندها نه تنها دفع نمی‌شوند، بلکه به منابع مفید تبدیل می‌گردند. این رویکرد می‌تواند به توسعه پایدار و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی در صنایع غذایی کمک کند [۹].

نتیجه‌گیری

مدیریت پسماند در صنایع غذایی و کشاورزی نه تنها به کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و حفاظت از منابع طبیعی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به تولید منابع انرژی تجدیدپذیر از پسماندهای آلی نیز منجر شود. فناوری‌هایی همچون هضم بی‌هوازی، گازسازی، و تولید سوخت‌های زیستی در حال پیشرفت هستند و نشان می‌دهند که مدیریت صحیح پسماندها می‌تواند به بهبود بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها در صنایع غذایی کمک کند. با توجه به چالش‌های موجود، راهکارهای مبتنی بر فناوری‌های نوین و بهبود زیرساخت‌ها می‌تواند نقش حیاتی در تحقق اهداف توسعه پایدار ایفا کند.

منابع

1. Zhao, Y., et al. (2017). "Biogas production from food waste in anaerobic digestion." *Renewable Energy*, 105, 319-327.
2. Zhang, L., et al. (2016). "Gasification of agricultural waste: Energy and environmental performance." *Waste Management*, 48, 59-68.
3. Kim, S., et al. (2019). "Techno-economic evaluation of food waste to biogas production." *Energy Conversion and Management*, 187, 410-418.
4. Cañavate, J. P., et al. (2021). "Valorization of food waste into bioethanol and biogas." *Waste Management*, 118, 24-36.
5. Cheng, X., et al. (2018). "Biofuel production from food waste." *Energy Reports*, 4, 513-519.
6. Zhang, T., et al. (2022). "Biological conversion of food waste into biofuels and bioelectricity." *Bioresource Technology*, 344, 126274.
7. Miguez, J., et al. (2020). "Food waste and its potential for bioenergy production." *Environmental Research Letters*, 15(5), 054005.
8. Roy, D., et al. (2019). "Composting of food waste: A sustainable management technique." *Waste Management*, 86, 13-20.
9. Gupta, S., et al. (2020). "Recent advances in biofuel production from food waste." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134, 110374.