



استانداردسازی فرآیندهای مدیریت پسماند و بازیافت انرژی در صنایع غذایی با رویکرد اقتصاد چرخشی

نسیم فرهادی خطیر

رئیس اداره هماهنگی امور تدوین استاندارد استان البرز

چکیده

افزایش حجم پسماندهای تولیدی در صنایع غذایی و کشاورزی به یکی از چالش‌های مهم زیست‌محیطی و اقتصادی در دهه‌های اخیر تبدیل شده است. برآوردها نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از مواد غذایی تولید شده در جهان در مراحل مختلف زنجیره تأمین به ضایعات تبدیل می‌شود و این موضوع علاوه بر اتلاف منابع، پیامدهای زیست‌محیطی قابل توجهی به همراه دارد. در چنین شرایطی، رویکرد اقتصاد چرخشی به عنوان یکی از راهبردهای مؤثر در مدیریت پایدار منابع مطرح شده است. این رویکرد بر کاهش تولید پسماند، استفاده مجدد از منابع و بازیافت مواد و انرژی تأکید دارد. در این میان، استانداردهای بین‌المللی می‌توانند نقش مهمی در ایجاد چارچوب‌های نظام‌مند برای مدیریت پسماند و بازیافت انرژی در صنایع غذایی ایفا کنند.

هدف این پژوهش بررسی نقش استانداردها و چارچوب‌های مدیریتی در بهبود فرآیندهای مدیریت پسماند و بازیافت انرژی در صنایع غذایی با تأکید بر اصول اقتصاد چرخشی است. روش تحقیق مبتنی بر تحلیل مطالعات علمی، اسناد سازمان‌های بین‌المللی و بررسی تجربیات صنعتی در حوزه مدیریت پسماند و انرژی است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از استانداردهای مدیریتی مانند ISO 14001، ISO 14044 و چارچوب‌های اقتصاد چرخشی می‌تواند به شناسایی فرصت‌های کاهش ضایعات، بهینه‌سازی استفاده از منابع و توسعه فناوری‌های بازیافت انرژی کمک کند. همچنین استفاده از فناوری‌هایی مانند هاضم‌های بی‌هوازی، تولید بیوگاز و بازیافت حرارت می‌تواند به کاهش اثرات زیست‌محیطی و افزایش بهره‌وری منابع در صنایع غذایی منجر شود.

بر اساس یافته‌های این پژوهش، استانداردسازی فرآیندهای مدیریت پسماند در صنایع غذایی نه تنها موجب کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌شود بلکه می‌تواند به ایجاد ارزش افزوده اقتصادی از طریق بازیافت انرژی و مواد نیز کمک کند.

کلیدواژه‌ها: مدیریت پسماند، اقتصاد چرخشی، بازیافت انرژی، صنایع غذایی، استانداردهای زیست‌محیطی



مقدمه

صنایع غذایی یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی در جهان محسوب می‌شوند که نقش اساسی در تأمین امنیت غذایی دارند. با این حال، این صنایع به دلیل ماهیت فرآیندهای تولیدی خود، حجم قابل توجهی از پسماندهای آلی و صنعتی تولید می‌کنند. این پسماندها شامل ضایعات مواد اولیه، پسماندهای فرآیندی، لجن‌های صنعتی و ضایعات بسته‌بندی هستند. مدیریت نامناسب این پسماندها می‌تواند پیامدهای زیست‌محیطی گسترده‌ای از جمله آلودگی آب، خاک و هوا به همراه داشته باشد.

بر اساس گزارش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد، حدود یک‌سوم مواد غذایی تولید شده در جهان به ضایعات تبدیل می‌شود که این موضوع علاوه بر اتلاف منابع، موجب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز می‌شود (FAO, 2021). به همین دلیل، مدیریت مؤثر پسماند در صنایع غذایی به یکی از اولویت‌های مهم سیاست‌گذاران و مدیران صنعتی تبدیل شده است.

در سال‌های اخیر مفهوم اقتصاد چرخشی به عنوان یک رویکرد نوین در مدیریت منابع مورد توجه قرار گرفته است. این رویکرد به جای مدل خطی «تولید-مصرف-دفع»، بر چرخه مجدد مواد و انرژی در سیستم‌های تولیدی تأکید دارد. در چارچوب اقتصاد چرخشی، پسماندها به عنوان منابع بالقوه برای تولید انرژی یا مواد جدید در نظر گرفته می‌شوند.

در این میان، استانداردهای بین‌المللی می‌توانند نقش مهمی در ایجاد چارچوب‌های مدیریتی برای پیاده‌سازی اصول اقتصاد چرخشی در صنایع غذایی ایفا کنند. استانداردهایی مانند ISO 14001 و چارچوب‌های ارزیابی چرخه عمر (LCA) ابزارهایی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و بهبود مدیریت منابع در سازمان‌ها فراهم می‌کنند.

پیشینه تحقیق

در دهه‌های اخیر، مسئله مدیریت پسماندهای صنعتی و به‌ویژه پسماندهای صنایع غذایی به یکی از موضوعات مهم در حوزه توسعه پایدار تبدیل شده است. رشد جمعیت، افزایش تقاضا برای مواد غذایی و توسعه صنایع فرآوری مواد غذایی موجب افزایش قابل توجه حجم ضایعات و پسماندهای آلی در سراسر جهان شده است. گزارش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد نشان می‌دهد که سالانه حدود ۱.۳ میلیارد تن مواد غذایی در سطح جهان به ضایعات تبدیل می‌شود که این مقدار تقریباً معادل یک‌سوم کل تولید مواد غذایی است (FAO, 2021). این ضایعات نه تنها موجب هدررفت منابع ارزشمندی مانند آب، انرژی و زمین می‌شود بلکه سهم قابل توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد.

در پاسخ به این چالش‌ها، مفهوم اقتصاد چرخشی (Circular Economy) به عنوان یکی از رویکردهای نوین در مدیریت منابع مطرح شده است. اقتصاد چرخشی بر خلاف مدل سنتی اقتصاد خطی که مبتنی بر الگوی «تولید-مصرف-دفع» است، بر حفظ ارزش مواد و انرژی در چرخه‌های تولیدی تأکید دارد. در این چارچوب، پسماندها به عنوان منابع بالقوه در نظر گرفته می‌شوند که می‌توانند از طریق بازیافت مواد یا بازیابی انرژی دوباره وارد چرخه تولید شوند (Geissdoerfer et al., 2017).

مطالعات متعددی نقش اقتصاد چرخشی را در بهبود مدیریت پسماند صنایع غذایی بررسی کرده‌اند (Mirabella و همکاران در مطالعه‌ای جامع درباره ارزش افزایی پسماندهای صنایع غذایی نشان دادند که بسیاری از ضایعات تولیدی در این صنایع دارای پتانسیل



بالایی برای بازیافت و تبدیل به محصولات با ارزش افزوده هستند. این پژوهش نشان داد که استفاده از فناوری‌هایی مانند تولید بیوگاز، تولید خوراک دام و استخراج ترکیبات زیست‌فعال می‌تواند به کاهش اثرات زیست‌محیطی پسماندهای غذایی کمک کند (Mirabella et al., 2014).

علاوه بر این، پژوهش Parfitt و همکاران نشان داد که بخش قابل توجهی از پسماندهای مواد غذایی در مراحل مختلف زنجیره تأمین تولید می‌شود و مدیریت مناسب این پسماندها می‌تواند نقش مهمی در کاهش فشار بر منابع طبیعی داشته باشد (Parfitt et al., 2010). این یافته‌ها اهمیت استفاده از رویکردهای یکپارچه برای مدیریت ضایعات در صنایع غذایی را برجسته می‌سازد.

از سوی دیگر، استانداردهای مدیریتی بین‌المللی می‌توانند نقش مهمی در توسعه سیستم‌های مؤثر مدیریت پسماند ایفا کنند. استاندارد ISO 14001 به عنوان یکی از مهم‌ترین استانداردهای سیستم مدیریت زیست‌محیطی، چارچوبی برای شناسایی، ارزیابی و کاهش اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های سازمانی فراهم می‌کند. مطالعات نشان داده است که سازمان‌هایی که این استاندارد را پیاده‌سازی می‌کنند، عملکرد بهتری در زمینه کاهش تولید پسماند و افزایش بهره‌وری منابع دارند (Zobel, 2016).

علاوه بر این، ابزارهایی مانند ارزیابی چرخه عمر (Life Cycle Assessment) که در استانداردهای ISO 14040 و ISO 14044 تعریف شده‌اند، امکان تحلیل جامع اثرات زیست‌محیطی محصولات در طول چرخه عمر آن‌ها را فراهم می‌کنند. استفاده از این ابزارها می‌تواند به شناسایی نقاط بحرانی تولید پسماند و توسعه راهکارهای بهبود کمک کند (Guinée et al., 2011).

در سال‌های اخیر، توجه پژوهشگران به بازیافت انرژی از پسماندهای غذایی نیز افزایش یافته است. فناوری‌هایی مانند هضم بی‌هوازی، گازسازی زیستی و تولید سوخت‌های زیستی به عنوان راهکارهای مؤثر برای تبدیل پسماندهای آلی به انرژی مطرح شده‌اند. گزارش آژانس بین‌المللی انرژی نشان می‌دهد که استفاده از این فناوری‌ها می‌تواند علاوه بر کاهش حجم پسماند، به تولید انرژی تجدیدپذیر و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند (IEA Bioenergy, 2022).

بنابراین، ادغام اصول اقتصاد چرخشی با استانداردهای مدیریتی و فناوری‌های بازیافت انرژی می‌تواند به ایجاد سیستم‌های کارآمد برای مدیریت پسماند در صنایع غذایی منجر شود.

چارچوب نظری

این پژوهش بر مبنای سه مفهوم اصلی شکل گرفته است:

اقتصاد چرخشی، مدیریت پسماند صنعتی و بازیافت انرژی

در این چارچوب، پسماندهای صنایع غذایی به عنوان منابع بالقوه برای تولید انرژی یا مواد جدید در نظر گرفته می‌شوند. استانداردهای مدیریتی نیز به عنوان ابزارهایی برای برنامه‌ریزی، اجرا و پایش فرآیندهای مدیریت پسماند مورد استفاده قرار می‌گیرند.

یافته‌ها



تحلیل مطالعات علمی و گزارش‌های صنعتی نشان می‌دهد که پسماندهای صنایع غذایی دارای ویژگی‌های خاصی هستند که آن‌ها را به منابع بالقوه برای بازیافت مواد و انرژی تبدیل می‌کند. بخش قابل توجهی از این پسماندها شامل مواد آلی با ارزش انرژی بالا هستند که می‌توانند در فرآیندهای زیستی یا حرارتی به انرژی تبدیل شوند.

یکی از مهم‌ترین یافته‌های این پژوهش، پتانسیل بالای تولید انرژی از پسماندهای آلی صنایع غذایی است. بسیاری از ضایعات تولیدی در این صنایع شامل پوست میوه‌ها، ضایعات سبزیجات، لجن‌های فرآوری و بقایای مواد غذایی هستند که می‌توانند در فرآیند هضم بی‌هوازی به بیوگاز تبدیل شوند. مطالعات نشان می‌دهد که بیوگاز تولید شده از این فرآیند می‌تواند برای تولید برق، گرمایش صنعتی و حتی تولید سوخت‌های زیستی مورد استفاده قرار گیرد. (IEA Bioenergy, 2022)

یافته‌های پژوهش همچنین نشان می‌دهد که استانداردسازی فرآیندهای مدیریت پسماند می‌تواند نقش مهمی در افزایش کارایی سیستم‌های بازیافت داشته باشد. زمانی که سازمان‌ها از استانداردهای مدیریتی مانند ISO 14001 استفاده می‌کنند، فرآیندهای مربوط به شناسایی، طبقه‌بندی و مدیریت پسماندها به صورت نظام‌مند انجام می‌شود و امکان استفاده بهینه از منابع فراهم می‌گردد (Zobel, 2016).

از سوی دیگر، تحلیل مطالعات موردی نشان می‌دهد که بسیاری از صنایع غذایی از فناوری‌های بازیافت حرارت برای بازیابی انرژی از جریان‌های حرارتی فرآیندهای تولید استفاده می‌کنند. این فناوری‌ها می‌توانند انرژی تلف شده در فرآیندهایی مانند پاستوریزاسیون، خشک‌کردن و استریلیزاسیون را بازیابی کرده و مجدداً در فرآیند تولید مورد استفاده قرار دهند. (Hasanbeigi & Price, 2015)

همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد که استفاده از رویکرد اقتصاد چرخشی می‌تواند به ایجاد زنجیره‌های ارزش جدید از پسماندهای غذایی منجر شود. برای مثال، برخی از ضایعات غذایی می‌توانند به خوراک دام، کودهای آلی یا مواد اولیه برای تولید محصولات زیستی تبدیل شوند. (Mirabella et al., 2014)

نتایج

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدیریت پسماند در صنایع غذایی در صورت استفاده از رویکردهای مبتنی بر اقتصاد چرخشی و استانداردهای مدیریتی می‌تواند به شکل قابل توجهی بهبود یابد.

نخست، استفاده از فناوری‌های بازیافت انرژی مانند هضم بی‌هوازی می‌تواند حجم پسماندهای آلی را کاهش داده و در عین حال انرژی تجدیدپذیر تولید کند. این امر علاوه بر کاهش اثرات زیست‌محیطی، می‌تواند به کاهش هزینه‌های انرژی در صنایع غذایی کمک کند. (IEA Bioenergy, 2022)

دوم، استانداردسازی فرآیندهای مدیریت پسماند می‌تواند به افزایش شفافیت و کارایی در مدیریت منابع منجر شود. استفاده از استانداردهای مدیریتی موجب می‌شود سازمان‌ها فرآیندهای مدیریت پسماند خود را به صورت نظام‌مند طراحی و اجرا کنند (ISO, 2015).



سوم، اجرای رویکرد اقتصاد چرخشی در صنایع غذایی می‌تواند به ایجاد ارزش افزوده اقتصادی از طریق استفاده مجدد از منابع و توسعه محصولات جدید منجر شود. این موضوع می‌تواند نقش مهمی در افزایش بهره‌وری منابع و کاهش اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های صنعتی داشته باشد.

بحث

این پژوهش نشان می‌دهد که مدیریت پسماند در صنایع غذایی باید از رویکردهای سنتی دفع پسماند فاصله گرفته و به سمت مدل‌های مبتنی بر اقتصاد چرخشی حرکت کند. در این مدل، پسماندها به عنوان منابع بالقوه در نظر گرفته می‌شوند که می‌توانند از طریق فرآیندهای بازیافت مواد یا بازیابی انرژی دوباره وارد چرخه تولید شوند.

از منظر مدیریتی، استانداردهای بین‌المللی می‌توانند نقش مهمی در تحقق این هدف ایفا کنند. این استانداردها با ارائه چارچوب‌های مشخص برای برنامه‌ریزی، اجرا و پایش عملکرد زیست‌محیطی سازمان‌ها، امکان مدیریت مؤثر پسماندها را فراهم می‌کنند (ISO, 2015).

علاوه بر این، توسعه فناوری‌های بازیافت انرژی می‌تواند فرصت‌های جدیدی برای استفاده از پسماندهای صنایع غذایی ایجاد کند. استفاده از فناوری‌هایی مانند تولید بیوگاز، گازسازی زیستی و بازیافت حرارت می‌تواند به کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر کمک کند (Hasanbeigi & Price, 2015).

با این حال، اجرای این رویکردها با چالش‌هایی نیز همراه است. از جمله این چالش‌ها می‌توان به نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه، محدودیت‌های فناوری و نبود زیرساخت‌های مناسب برای مدیریت پسماند اشاره کرد. بنابراین توسعه سیاست‌های حمایتی، آموزش نیروی انسانی و تقویت همکاری میان صنایع و نهادهای دولتی می‌تواند نقش مهمی در گسترش استفاده از این رویکردها داشته باشد.

جمع‌بندی و پیشنهادها

بر اساس نتایج این پژوهش، استفاده از استانداردهای مدیریتی و رویکرد اقتصاد چرخشی می‌تواند به بهبود مدیریت پسماند در صنایع غذایی کمک کند.

پیشنهاد می‌شود:

- صنایع غذایی از فناوری‌های بازیافت انرژی مانند تولید بیوگاز استفاده کنند
- سیستم‌های مدیریت زیست‌محیطی بر اساس استاندارد ISO 14001 توسعه یابد
- برنامه‌های کاهش ضایعات غذایی در زنجیره تولید تقویت شود
- سیاست‌های حمایتی برای توسعه اقتصاد چرخشی در صنایع غذایی تدوین شود

منابع

- 1-FAO. (2021). Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- 2-Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- 3-Guinée, J. B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., Ekvall, T., & Rydberg, T. (2011). Life cycle assessment: Past, present, and future. *Environmental Science & Technology*, 45(1), 90–96. <https://doi.org/10.1021/es101316v>
- 4-Hasanbeigi, A., & Price, L. (2015). A technical review of emerging technologies for energy and water efficiency and pollution reduction in the food industry. *Journal of Cleaner Production*, 95, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.079>
- 5-IEA Bioenergy. (2022). Anaerobic digestion and biogas production from organic wastes. International Energy Agency.
- 6-ISO. (2015). ISO 14001: Environmental management systems — Requirements with guidance for use. International Organization for Standardization.
- 7-ISO. (2006). ISO 14040: Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework. International Organization for Standardization.
- 8-ISO. (2006). ISO 14044: Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. International Organization for Standardization.
- 9-Mirabella, N., Castellani, V., & Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: A review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28–41.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.051>
- 10-Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: Quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 3065–3081. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0126>
- 11-Zobel, T. (2016). The impact of ISO 14001 on corporate environmental performance: A study of Swedish manufacturing firms. *Journal of Cleaner Production*, 140, 986–995.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.068>



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



Standardization of Waste Management and Energy Recovery in the Food Industry: A Circular Economy Approach

Abstract

The increasing generation of waste in food and agricultural industries has become a major environmental and economic challenge in recent decades. Global estimates indicate that a significant proportion of food produced worldwide is lost or wasted throughout the supply chain, leading to inefficient use of resources and substantial environmental impacts. In this context, the circular economy has emerged as an effective strategy for sustainable resource management. This approach emphasizes waste reduction, resource reuse, and the recovery of materials and energy.

International standards play an important role in establishing systematic frameworks for waste management and energy recovery in industrial systems. The objective of this study is to examine the role of standards and management frameworks in improving waste management and energy recovery processes in the food industry with an emphasis on circular economy principles.

The research adopts a qualitative analytical approach based on the review of scientific literature, international reports, and industrial practices related to waste management and energy recovery. The findings indicate that the implementation of management standards such as ISO 14001 and life cycle assessment frameworks can help organizations identify opportunities for waste



reduction, resource recovery, and energy optimization. Furthermore, technologies such as anaerobic digestion, biogas production, and heat recovery systems can significantly reduce environmental impacts while improving resource efficiency in food industries.

The study concludes that standardizing waste management processes in the food industry can contribute not only to environmental protection but also to economic value creation through energy and material recovery.

Keywords: Waste management, Circular economy, Energy recovery, Food industry, Environmental standards