

دیباچه ای بر پویایی انرژی در زنجیره تامین مواد غذایی

نویسنده: دکتر حسین شیرزاد^۱

مقدمه

دینامیک زنجیره ارزش غذایی از منطق سیستم های پیچیده پیروی می کند چون کشاورزی هم تولید کننده و هم مصرف کننده انرژی است. فرصت همزیستی " پیوند غذا-انرژی " برای دسترسی به انرژی، امنیت غذایی، رشد اقتصادی، ایجاد معیشت، تجارت و سازگاری با آب و هوا حیاتی است. تمام عملیات کشاورزی به اشکال متفاوت مانند نیروی کار انسانی، نیروی حیوان، کود، سوخت فسیلی و برق نیازمند انرژی اند. با گذشت زمان و پیشرفت کشاورزی، میزان انرژی مصرفی در تولیدات کشاورزی به شدت افزایش یافت، کشاورزی سنتی و کم انرژی هم که امروزه با سیستم های مدرن جایگزین شده نیاز به مصرف انرژی بیش تری دارند علاوه بر این، این افزایش نیز در پاسخ به افزایش شدید جمعیت جهان و نیاز به تامین غذای کافی و مغذی برای مردم است. جمعیت جهان در سال ۱۹۵۰ دو میلیارد ۵۳۶ نفر بود که در سال ۲۰۱۷ تا حد هفت میلیارد و ۵۵۰ میلیون نفر افزایش یافت. این افزایش موجب تشدید تقاضا برای غذا در برخی از نقاط جهان شد.

از سوی دیگر، مصرف انرژی در تولیدات کشاورزی با گذشت زمان سریع تر از بسیاری بخش های دیگر اقتصاد جهان افزایش یافته است. این امر به آن دلیل است که با افزایش استفاده از کودها و مواد شیمیایی برای افزایش عملکرد محصول و افزایش استفاده از ماشین آلات برای افزایش بهره وری کار مزرعه، تولیدات کشاورزی بسیار مکانیزه شده است. مصرف انرژی کشاورزی و جنگلداری جهان در سال ۲۰۱۰ به میزان ۷۴.۱۳ درصد بیش تر از مصرف انرژی در سال ۱۹۷۱ شده است.

در ایران نیز مطالعات اولیه در مورد الگوی مصرف انرژی در بخش کشاورزی از سال ۱۳۸۷ آغاز شد. ارزیابی منابع انرژی و تخصیص یارانه های دولتی به انرژی در بخش کشاورزی باعث رشد بیش تر مصرف انرژی در این بخش شد. پس از اجرای قانون هفتمندی یارانه ها در سال ۱۳۸۹ و افزایش قیمت حامل های انرژی در ایران، کشاورزان به اهمیت بررسی الگوی مصرف انرژی در مزارع پی بردند و مقایسه الگوهای مصرف انرژی در مزارع مختلف و نحوه مدل سازی مزارع موفق در کاهش مصرف انرژی با ثابت نگه داشتن میزان تولید محصول در بین کشاورزان جذابیت بسیار یافت. ، زیرا انرژی یکی از نهاده های اساسی در کشاورزی است.

نتایج مطالعات انرژی در کشاورزی کشور^۲ نشان داد که گوجه فرنگی بیشترین مصرف کننده انرژی در بین محصولات کشاورزی است و نیشکر، خیار و یونجه در رتبه های بعدی قرار دارند. از سوی دیگر، آفتابگردان کمترین مصرف کننده انرژی در بین محصولات کشاورزی ایران است. همچنین میانگین کل انرژی ورودی (TEI) در محصولات زراعی ایران در دوره مورد مطالعه سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۹ حدود ۴۸۰۲۹ مگاژول^۳ در هکتار است. بر اساس نتایج مطالعات ایرانی، چغندر قند دارای بیشترین بازده مصرف انرژی (EUE) است. این به دلیل انرژی خروجی معادل ۱۶.۸۰ MJ kg^{-۱} است. کمترین بازده مصرف انرژی مربوط به زعفران است، به دلیل روش سنتی تولید زعفران در کشور، اکثر عملیات به جز آماده سازی زمین و کودپاشی توسط نیروی انسانی انجام می شود زعفران تولیدی حدود ۳.۷ کیلوگرم در هکتار در بهترین شرایط است. اگر چه کشت زعفران از نظر توازن انرژی کارآمد نیست، اما به طور قابل توجهی اقتصادی است.

نتایج حاصل از بررسی انرژی خالص نشان داد که چغندر قند به دلیل داشتن معادل انرژی بالا دارای بالاترین ارزش انرژی در بین محصولات کشاورزی است. برخی محصولات هم مانند خیار، سیر، زعفران و گوجه فرنگی دارای انرژی خالص منفی هستند. در سطح مزرعه، از انرژی به طور مستقیم و همچنین غیر مستقیم استفاده می شود. انرژی به طور مستقیم در تولیدات گیاهی، تولیدات دامی و حمل و نقل محصولات کشاورزی استفاده می شود. به طور غیرمستقیم از انرژی در خارج از مزرعه برای تولید و انتقال کودها، آفت کش ها و ماشین آلات استفاده می شود. در کشاورزی منابع مختلف انرژی به کار می آیند. اغلب، سیستم هایی ترکیبی اند که از منابع انرژی سنتی و تجدیدپذیر استفاده می کنند. ساختار مصرف انرژی در کشاورزی و سهم منابع انرژی مورد استفاده در کشاورزی برای منابعی مانند نفت و فرآورده های نفتی، برق، گاز طبیعی، انرژی های تجدیدپذیر و سوخت های زیستی، سوخت های فسیلی متفاوت است.

رشد مصرف انرژی، روند کشاورزی را در سراسر جهان دگرگون نمود. افزایش تقاضای انرژی در کشاورزی در سطح جهانی ناشی از افزایش مکانیزاسیون است. تامین انرژی برای سیستم های تولید و فرآوری کشاورزی مدرن و پایدار یکی از عوامل اصلی رشد تولید محصولات کشاورزی است.

^۲ مطالعات انرژی در ۸۰ درصد استان های ایران انجام شده است.

^۳ ژول (Joule) واحد استاندارد انرژی است و یک واحد ژول برابر با مقدار کار نیروی یک نیوتونی برای جا به جا کردن جسم به فاصله یک متر است. هر مگاژول نیز برابر با ۲۴۰ کیلوکالری است.

انرژی های تجدیدپذیر در بخش های کشاورزی، جنگلداری و شیلات

بخش غذا از بزرگ ترین مصرف کنندگان انرژی در سراسر جهان است. انرژی در تمام تجهیزات، نهاده ها و محصولات کشاورزی تجسم یافته است. کشاورزی هم انرژی را در قالب انرژی زیستی و غذا مصرف می کند و هم آن را تامین می کند. طی سه دهه مقدار انرژی مورد استفاده در کشاورزی رشد قابل توجهی داشته است و در حال حاضر، زنجیره کشاورزی و غذایی ۳۰ درصد از کل انرژی مورد استفاده در سراسر جهان را به خود اختصاص داده است. از منظر بین المللی، بخش های کشاورزی، جنگلداری، شیلات و آبرزی پروری در مجموع حدود ۴.۳ درصد از تولید ناخالص داخلی جهان (GDP) در سال ۲۰۲۲ را تشکیل می دادند. در سال ۲۰۲۳ سهم استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در بخش های کشاورزی، جنگلداری و شیلات به ۱۵.۴ درصد رسید که نسبت به میزان ۱۰.۸ درصدی سال ۲۰۱۱ افزایش شگفت انگیزی را نشان می دهد. از مجموع انرژی های تجدیدپذیر مورد استفاده در کشاورزی در سال ۲۰۲۱، حدود ۵۵ درصد از آن انرژی برق بود. تا سال ۲۰۲۲، ۱۱۶۵ مگاوات پمپ آب خورشیدی در سراسر جهان نصب شد که هندوستان با ۱۰۸۳ مگاوات رکوردهای جدیدی را رهبری می کند.

همچنین به گزارش فائو در سال ۲۰۲۳ کشاورزانی که از فناوری های خنک کننده تجدیدپذیر استفاده کردند تا ۴۰ درصد افزایش درآمد را تجربه نمودند. از سویی، کشاورزی و جنگلداری حدود ۲.۱ درصد و شیلات و آبرزی پروری حدود ۰.۷ درصد از کل مصرف انرژی نهایی جهان در سال ۲۰۲۱ را به خود اختصاص داده اند. این چهار زیر بخش حدود ۱۵ درصد از مصرف انرژی را در سراسر زنجیره ارزش غذایی در سال ۲۰۲۳ را از آن خود نمودند. از کل مصرف انرژی در این بخش ها، حدود ۷۳ درصد به صورت گرما و ۲۶.۹ درصد برق بوده است.

در باب افزایش مصرف برق محرک هایی شامل نگرانی های زیست محیطی، یارانه های دولتی و سایر مشوق ها، پتانسیل صرفه جویی در هزینه، پیشرفت های فناوری و بهبود عملکرد ماشین های الکتریکی وجود دارد. سهم انرژی های تجدیدپذیر مصرف شده در بخش های کشاورزی، جنگلداری و شیلات از ۱۰.۸ درصد در سال ۲۰۱۱ به ۱۵.۴ درصد در سال ۲۰۲۳ افزایش یافت.

مصارف انرژی در چرخه های صنعت غذا

صنایع غذایی با طیف وسیعی از محصولات، بسیار متنوع است، محصولات تازه و لبنیات گرفته تا تنقلات بسته بندی شده و غذاهای فرآوری شده. پس این بخش تقسیم بندی ها و طبقه بندی دقیقی دارد، با زیربخش های مختلفی که در انواع مختلف محصولات غذایی، از جمله میوه ها و سبزیجات، محصولات لبنی، گوشت و مرغ،

غذاهای دریایی، نانویی، شیرینی پزی، و غذاهای فرآوری شده نیازمند زمینه‌های تخصصی ویژه است. همچنین حوزه‌های مختلفی از جمله کشاورزی، تولید، توزیع، خرده‌فروشی و خدمات را هم در بر می‌گیرد.

در حالی که صنعت غذا در چند دهه اخیر دستخوش تغییرات قابل توجهی شده است، در قرن بیست و یکم با چالش‌ها و فرصت‌های متعددی نیز مواجه است. این موارد شامل تغییر ترجیحات مصرف‌کننده و تقاضا برای گزینه‌های غذایی سالم‌تر و پایدارتر، نوآوری‌های تکنولوژیکی در تولید و توزیع مواد غذایی، و نگرانی‌های زیست‌محیطی و اجتماعی در مورد ایمنی مواد غذایی، ضایعات و عدالت غذایی است. تقاضای غذا به شدت با جمعیت جهان، کیفیت زندگی، عادات و امکاناتی که می‌تواند بین کشورها متفاوت باشد، مرتبط است.

انرژی برای انواع فرآیندهای مواد غذایی، از جمله گرم کردن، سرد کردن، خشک کردن، تبرید، پردازش، بسته‌بندی و حمل و نقل مورد نیاز است. برخی گزارش‌های تحقیقاتی میزان حدود ۲۰ EJ در سال را نشان می‌دهند که حدود ۴۵ درصد مربوط به فعالیت‌های پردازش و توزیع مواد غذایی در کشورهای توسعه‌یافته، ۳۰ درصد مربوط به پخت و پز، آماده‌سازی و خرده‌فروشی و ۲۵ درصد تا مراحل تولید است. در کشورهای در حال توسعه، بیشترین سهم مربوط به پخت و پز، آماده‌سازی و خرده‌فروشی (بیش از ۴۰ درصد) و کمترین سهم مربوط به تولید (کمتر از ۲۰ درصد) است. در ملاحظات جهانی در مورد انرژی در سیستم‌های کشاورزی این دغدغه مهم است که مصرف انرژی فعلی در سیستم‌های کشاورزی غذایی در درازمدت ناپایدار است. سیستم‌های غذایی در حال حاضر ۳۰ درصد از انرژی موجود جهان را مصرف می‌کنند که بیش از ۷۰ درصد آن فراتر از دروازه مزرعه رخ می‌دهد و بیش از ۲۰ درصد از گازهای گلخانه‌ای جهان را تولید می‌کند (حدود ۳۱ درصد اگر تغییر کاربری زمین در نظر گرفته شود). فرآیندهای خنک‌سازی و تبرید از نظر جذب الکتریکی، با مقادیری بین ۴۵ تا ۷۰ درصد، پراورزی‌ترین فرایندها هستند. فرآیند کشتار ۲۶ درصد از انرژی الکتریکی مصرفی را تشکیل می‌دهد. در صنعت گوشت، روش‌های برش و اختلاط بخش قابل توجهی حدود ۴۰ درصد از کل مصرف برق را تشکیل می‌دهد. از نظر مصرف سوخت، فرآیندهایی که بالاترین میزان مصرف را نشان می‌دهند عبارتند از تمیز کردن و ضدعفونی کردن، خشک کردن و آویز کردن لاشه‌ها؛ را در بر می‌گیرد.

پیش از این گفتیم که حدود یک سوم غذای تولیدی در سطح جهانی اتلاف یافته و هدر می‌رود، در همان حال که حدود ۳۸ درصد انرژی مصرفی از آن سیستم‌های غذایی است. علاوه بر آن برای افزودن ارزش به میوه‌ها و سبزیجات تازه، در سیستم‌های غذایی مدرن آن‌ها باید قبل از بسته‌بندی و بازاریابی خشک شوند. خشک کردن محصولات تازه، که حاوی حداکثر ۹۵ درصد آب است، تا رطوبت ایمن ۷ تا ۸ درصد، نیازمند به استفاده از حرارت کم و تهویه برای بهترین نتایج است. بنابراین پردازش میوه‌ها و سبزیجات در مقیاس کوچک نسبت به سایر

فعالیت های فرآوری کشاورزی کم تر مکانیزه است. ذخیره سازی سرد در آب و هوای گرمسیری و نیمه گرمسیری می تواند تقاضای انرژی بالایی ایجاد کند. به طور کلی خنک سازی اولیه، فرآوری و نگهداری میوه ها و سبزیجات تازه از انرژی برترین فعالیت های صنایع غذایی است و برای میوه ها و سبزیجات تازه، خنک سازی یکی از مهم ترین مراحل در زنجیره حمل و نقل پس از برداشت به منظور کاهش میزان تنفس، افزایش عمر مفید و حفظ کیفیت است. خراب شدن میوه ها و سبزیجات در حین نگهداری تا حد زیادی به دما بستگی دارد، بنابراین برای جلوگیری از آسیب و افزایش مدت زمان نگهداری باید دما را تا حد مناسب کاهش داد. دمای کنترل شده در ذخیره سازی یک عامل حیاتی برای اکثر محصولات کشاورزی فاسد شدنی است و یک زنجیره سرد ثابت برای حفظ کیفیت بسیاری از محصولات کشاورزی با ارزش بالا ضروری است.

سرمایش نیز به کشاورزان فرصت می دهد تا با تمدید دوره فروش و بازاریابی محصولات، زمانی که قیمت های بهتری به دست می آید، درآمد خود را افزایش دهند.

مطالعات تخمین می زنند که جمعیت جهان بین سال های ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰ به میزان ۲۶ درصد رشد خواهد کرد و به حدود ۹.۷ میلیارد نفر خواهد رسید. تقاضا برای غذا در مقایسه با مقادیر سال ۲۰۱۰، بیش از ۵۶ درصد افزایش خواهد داشت. مقدار غذا در سال ۲۰۵۰، بر حسب کیلوگرم برای هر نفر به این ترتیب خواهد بود: غلات، حدود ۱۶۰ کیلوگرم، روغن ۱۶ کیلوگرم، گوشت ۴۹ کیلوگرم و شیر و محصولات لبنی ۱۰۰ کیلوگرم. از سوی دیگر، رابطه بین افزایش جمعیت و تقاضای غذا مهم است، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، که نرخ رشد جمعیت بیش تر است و دسترسی به غذا اغلب محدودتر است. وقتی مردم از فقر خارج می شوند و وارد طبقه متوسط می شوند، تمایل به مصرف بیش تر گوشت و غذاهای فرآوری شده دارند که فشار بیش تری بر زنجیره تامین مواد غذایی وارد می کند. به علاوه، در پی بهبود کیفیت زندگی در کشورهای توسعه یافته، و همچنین عادات روزانه که البته هم دیوانه وار و هم پویاست و صد البته با مجموعه ای از فعالیت های به هم پیوسته و انرژی بر مشخص می شود، تقاضا برای غذا در طول سال ها افزایش می یابد. پاسخگویی به تقاضای فزاینده برای غذا مستلزم سرمایه گذاری قابل توجهی در بهره وری و زیرساخت های کشاورزی و همچنین بهبود در توزیع و دسترسی به غذا است. این چالشی کلیدی برای دولت ها و بخش خصوصی در سال های آینده خواهد بود، زیرا آن ها به دنبال متعادل کردن نیاز به امنیت غذایی و کیفیت غذا با نگرانی های پیرامون پایداری، اثرات زیست محیطی، سلامت و تغذیه اند. در عین حال، صنعت غذا در حال تجربه پیشرفت های فن آوری قابل توجهی است، از جمله پذیرش کشاورزی دقیق، تجزیه و تحلیل داده های بزرگ و فناوری های هوشمند و متصل. همچنین این بخش تحت قوانین و استانداردهای سختگیرانه فزاینده ای قرار دارد که هدف آن ها تضمین ایمنی، کیفیت و پایداری مواد غذایی است.

صنایع فرآوری مواد غذایی تغییرات قابل توجهی در مصرف انرژی در طول تولید نشان داده و بخش‌های مجزا الگوهای متفاوتی نشان می‌دهند. انرژی مورد نیاز صنایع غذایی از کشوری به کشور دیگر متفاوت و تحت تأثیر محصولات خاص است با توجه به ضرورت کاهش مصرف انرژی، کاهش هزینه‌های مرتبط و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG)، استفاده منطقی از انرژی به عنوان یک موضوع مهم و رایج در دهه‌های اخیر ظاهر شده است. با توجه به چالش‌های جهانی، مانند تغییرات آب و هوایی و رشد جمعیت، تلاش برای راه‌حل‌های کارآمد و پایدار برای صنایع غذایی اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. یک استراتژی فراگیر شامل اولویت بندی کاهش ضایعات و افزایش بهره‌وری منابع در کل زنجیره تامین، شامل مراحل تولید و مصرف است. در نتیجه، کاهش مصرف انرژی و اتلاف یک دلمشغولی فزاینده حیاتی است.

پیوند ارگانیک (Nexus) بین "انرژی-آب-غذا"

کشاورزی مدرن به انرژی مدرن و پیوند ارگانیک (Nexus) بین "انرژی-آب-غذا" نیاز دارد و این سه ارتباط ارگانیک نزدیک با یکدیگر دارند. علاوه بر این، برخی از مقالات تحقیقاتی به هم پیوستگی سیستم‌های آب، انرژی و غذا (WEF) بر رابطه آن‌ها با تولید ناخالص داخلی (GDP) تاکید می‌کنند. این مطالعات طیف وسیعی با بیش از ۱۷۵ کشور را در بر می‌گیرد و بینش‌هایی را در مورد شرایط اجتماعی-دموگرافیک و اقتصادی آن‌ها از دهه ۱۹۶۰ به بعد ارائه می‌دهد. تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که همبستگی قوی بین تولید ناخالص داخلی و پیوند آب، انرژی و غذا وجود دارد که مشاهدات پیش‌بینی شده قبلی را تأیید می‌کند.

برای بسیاری کشورهای در حال توسعه، کشاورزی بخش غالب در توسعه اقتصاد است. افزایش بهره‌وری و نوسازی سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی، محرک‌های اولیه کاهش فقر جهانی است و انرژی نقش کلیدی در دستیابی به این امر ایفا می‌کند. انرژی ورودی به سیستم‌های تولید و فرآوری کشاورزی مدرن و پایدار عامل کلیدی در حرکت فراتر از کشاورزی معیشتی به سمت امنیت غذایی، ارزش افزوده در مناطق روستایی و ورود به بازارهای کشاورزی جدید است. در بسیاری از موارد، فن‌آوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و سیستم‌های ترکیبی می‌توانند خدمات انرژی را ارائه دهند که به طور منظم از فرآیند تولید پشتیبانی می‌کنند، به عنوان مثال با ارائه آبیاری (پمپ) یا تصفیه پس از برداشت (سرد کردن) یا پردازش (خشک کردن، آسیاب، پرس). الزامات انرژی مکانیکی در فرآیند تولید کشاورزی نیز از اهمیت حیاتی برخوردار است و شامل نیروی کار انسانی و حیوان و همچنین سوخت برای مکانیزاسیون، پمپاژ و سایر فعالیت‌ها و به طور غیرمستقیم تولید کودها و مواد شیمیایی کشاورزی می‌باشد.

صنعت غذا یک سیستم جهانی گسترده و پیچیده است که تولید، فرآوری، توزیع و مصرف محصولات غذایی را در بر می گیرد. این سیستم شامل طیف گسترده ای از مشاغل، از کشاورزان در مقیاس کوچک و بازارهای غذایی محلی گرفته تا شرکت های چند ملیتی و زنجیره های تامین جهانی است. بخش مواد غذایی نقش حیاتی در اقتصاد جهانی ایفا می کند و برای حدود ۱.۱۵ میلیارد کارگر در سال ۲۰۲۰ اشتغال ایجاد کرد و در سال ۲۰۲۲، ۸.۷ تریلیون دلار در آمد تولید کرد. صنعت غذا علاوه بر اهمیت اقتصادی، تأثیر قابل توجهی بر سلامت عمومی، پایداری محیط زیست و برابری اجتماعی دارد.

در ایالات متحده، تولید محصولات کشاورزی تا ۱۶ درصد از مصرف انرژی را شامل می شود. سالانه بیش از ۱.۳ میلیارد تن مواد غذایی در سراسر جهان هدر می رود. در ایالات متحده، پردازش، بسته بندی، حمل و نقل و توزیع مواد غذایی؛ به عنوان مثال، نهاده های انرژی پس از مزرعه، بیش از ۵۰ درصد از کل مصرف انرژی در زنجیره تامین مواد غذایی در تمام بخش های محصولات غذایی را تشکیل می دهد. در حالی که فرصت های قابل توجهی برای بهبود پایداری کشاورزی و پرورش دام وجود دارد، بخش هایی از زنجیره تامین که پس از مزرعه رخ می نماید، اکثریت مصرف انرژی را تشکیل می دهد و چالش ها و فرصت هایی را برای تغییر ایجاد می کند. این دگرگونی ها فرصتی برای بازاندیشی نقش های درهم تنیده انرژی، آب و کشاورزی در تامین غذای تازه و مغذی فراهم می کند. به عنوان نمونه اخیراً *آگرو ولتائیک (Agrivoltaics)* فناوری انرژی خورشیدی را با کشاورزی ممزوج می کند و در عین حال فضایی را برای محصولات کشاورزی و خدمات اکوسیستمی در زیر و بین پانل ها ایجاد می کند. برای دستیابی به اهداف انرژی های تجدیدپذیر با نصب عملیات خورشیدی در مقیاس بزرگ، زمین های کشاورزی ممکن است از تولید مواد غذایی خارج شود، اما *agrivoltaics* پتانسیل ایجاد تعادل در تولید مواد غذایی و اهداف انرژی تجدیدپذیر را دارد.

تمهیدات اروپایی برای عقلایی نمودن مصارف انرژی

سهم انرژی از منابع انرژی تجدیدپذیر از کل مصرف انرژی در کشورهای مختلف متفاوت است. در سال ۲۰۱۸ در پنج کشور برتر، بالای ۲۰ درصد بود: سوئد با ۳۵ درصد، پس از آن اتریش ۳۳ درصد، فنلاند (۲۵ درصد)، آلمان و اسلواکی (هر کدام ۲۳ درصد) پیشرو بودند. این کشورها از نظر اقتصادی توسعه یافته بودند و منابع زیادی را برای اجرای فن آوری های جدید تخصیص دادند که استفاده از انرژی های تجدیدپذیر را تضمین می کرد. در سال ۲۰۰۵، تعداد ۱۲ کشور به سهم ۱۰ درصدی انرژی های تجدیدپذیر دست یافتند که میانگین آن از نظر اقتصادی کشورهایی در حال رشد بودند. به عنوان مثال در سال ۲۰۱۸، ایتالیا حایز ۲ درصد، اسپانیا ۳ درصد و فرانسه ۵ درصد که سهم بسیار کمی از انرژی های تجدیدپذیر در مصرف انرژی داشتند. شدت

مصرف انرژی ناشی از سیستم های تولید مواد غذایی، یک مسئله مهم در زمینه کاهش منابع طبیعی و افزایش جمعیت در سراسر جهان است. در این چارچوب، حداقل یک سوم از تولید جهانی غذا در حال از بین رفتن یا هدر رفتن است. علاوه بر این، حدود ۳۸ درصد از انرژی جاسازی شده در کل تولید مواد غذایی از بین می رود. در نتیجه، ارزیابی مصرف انرژی در سیستم های غذایی، و در سیستم های ارزش گذاری ضایعات و اتلاف مواد غذایی، در سال های اخیر روندی رو به افزایش بوده است.

بنابراین باید پذیریم که تولید مواد غذایی، مانند هر صنعت دیگری، از نظر انتشار دی اکسید کربن (CO₂) و گازهای گلخانه ای (GHG) تأثیر قابل توجهی بر محیط زیست دارد. تولید غذا به منابع مختلفی مانند آب، انرژی و زمین نیاز دارد که تأثیرات زیست محیطی شدیدی را ایجاد می کنند. در سال ۲۰۰۷، رهبران اتحادیه اروپا هدفی را برای دستیابی به کاهش ۲۰ درصدی مصرف انرژی سالانه/اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۲۰ تعیین کردند. متعاقباً، بسته انرژی پاک برای همه اروپایی ها در سال ۲۰۱۸ هدف بلندپروازانه تری را برای کاهش تقاضای انرژی معرفی کرد و آن رسیدن به حداقل ۳۲.۵ درصد تا سال ۲۰۳۰ بود، دو سال بعد کمیسیون اروپا پیشرفت های بیش تری را برای این اهداف در راستای هدف جدید اقلیمی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در اتحادیه اروپا تا حداقل ۵۵ درصد تا سال ۲۰۳۰ پیشنهاد کرد. برای این منظور، دستورالعمل جدید اتحادیه اروپا برای بهره وری انرژی (EU ۲۰۲۳/۱۷۹۱)، منتشر شده در سپتامبر ۲۰۲۳، «کارایی انرژی» را به عنوان یک اصل اساسی سیاست اروپا اتخاذ کرده و کاهش ۱۱.۷ درصدی در مصرف انرژی را تعریف می کند. ۲۰۳۰، مربوط به پیش بینی های سناریوی مرجع ۲۰۲۰.

بخش کشاورزی نقش برجسته ای در صرفه جویی انرژی می تواند بر عهده داشته باشد. اصولاً در کشورهای اتحادیه اروپا، نفت خام بیش ترین اهمیت را در حوزه کشاورزی دارد، زیرا حدود ۶۰ درصد انرژی مورد استفاده در کشاورزی از این منبع تامین می شود. برق و گاز طبیعی حدود ۱۲ درصد و انرژی های تجدیدپذیر ۱۰ درصد از منابع انرژی بخش را تامین می کنند.

یکی از روش های صرفه جویی، ترویج "کشاورزی دقیق" است. البته اجرای استراتژی ها و شیوه های موثر در صنایع غذایی می تواند در دستیابی به این اهداف به کار آید. بهبود در کنترل فرآیند، طراحی محصول و بهینه سازی بسته بندی، همراه با بهبود استفاده از انرژی، آب و سایر منابع، نمونه هایی از اقدامات خوب هستند. استقبال از انرژی های تجدیدپذیر و اتخاذ اصول اقتصاد پرخه ای، مانند بازیافت و استفاده مجدد، اقدامات اضافی هستند که می توانند به طور موثر اثرات منفی زیست محیطی زیر بخش مواد غذایی را کاهش دهند. تلاش های مشترک شامل

ذیفغان مختلف، از جمله دولت، صنعت و مصرف کنندگان، برای ترویج شیوه‌های پایدار و ایجاد تغییرات معنادار بسیار مهم است.

تولید انرژی از زیست توده

در زنجیره تامین مواد غذایی (FSC)، بیش از یک سوم از مواد غذایی تولید شده در سراسر جهان در حال کسری و اُفت‌اند که حدود ۳۸ درصد از انرژی موجود در تولید آن‌ها به کار می‌رود. در این راستا، از دست دادن کسری و اُفت غذا (FLW) پیامدهایی عظیم بر تعادل انرژی دارد. به عنوان نمونه منابع طبیعی، تنوع زیستی و زیستگاه‌ها از بین می‌روند، خاک و آب تخریب می‌شوند، و تغییرات آب و هوایی از طریق انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) تشدید می‌شود. این رخدادها منجر به اثرات منفی زیست‌محیطی می‌گردد.

در همان حال بخش کشاورزی انرژی را به شکل زیست توده نیز تامین می‌کند. زیست توده به معنای بخش زیست تخریب پذیر محصولات، ضایعات و بقایای تولیدات کشاورزی (شامل مواد با منشاء گیاهی و حیوانی)، جنگلداری و صنایع وابسته، از جمله شیلات و آبرزی پروری، و همچنین بیوگاز و بخش زیست تخریب پذیر زباله های صنعتی و شهری است. از زیست توده می‌توان از جمله برای تولید بیودیزل و بیواتانول استفاده کرد. در سال ۲۰۱۰، زیست توده منبع ۷.۵ درصد از انرژی تولید شده در اتحادیه اروپا بود و در سال ۲۰۲۰ این سهم به ۱۰ درصد رسید. در جهان، تولید انرژی از زیست توده در سال‌های اخیر سالانه ۳.۳ درصد رشد داشته است. پتانسیل کشاورزی در این زمینه بسیار بالا است. همه چیز به پیشرفت انجام شده در معرفی محصولات انرژی زا با راندمان بالا و مسائل زیست محیطی بستگی دارد.

مصرف کنندگان در کشورهای توسعه یافته اغلب فاقد ارتباط صحیح میان خاستگاه تولید غذای خود و منابع مورد نیاز برای تولید آن هستند که خود به عدم آگاهی و مسئولیت پذیری نسبت به تأثیرات زیست محیطی انتخاب های غذایی آن‌ها منتج می‌شود. رواج فرهنگ «پرتاب»، اولویت دادن به راحتی بر پایداری، و عادی سازی سطح بالای تولید و مصرف مواد غذایی، همگی می‌توانند این مسائل را تشدید کنند. عوامل اجتماعی و فرهنگی نقش مهمی در تأثیرگذاری بر مصرف انرژی و تولید زباله در صنایع غذایی دارند. ادبیات موضوع آکنده از مقالات در این زمینه است. رفتار مصرف کننده و آگاهی از ضایعات مواد غذایی در سطح خانوار تأثیر قابل توجهی دارد مطالعات نشان داده‌اند که عواملی مانند عدم آگاهی در مورد ذخیره سازی مواد غذایی، برنامه ریزی ضعیف و بی‌توجهی به ارزش غذا همگی می‌توانند در تولید ضایعات غذایی در خانوارها موثر باشند. برای رفع این مشکل، کمپین‌های آموزشی و فناوری بدر راستای بهبود مدیریت غذای خانگی می‌توانند استراتژی‌هایی مؤثر باشند.

تأثیرات زیست محیطی ردپای کربن محصولات غذایی مختلف

همان طور که پیش از این عنوان شد، فرآیند تولید شامل چندین مرحله است (یعنی کشاورزی، حمل و نقل، پردازش، بسته بندی و توزیع)، که هر یک به جستجوی ردپای کربن در محصولات غذایی کمک می کند. به عنوان مثال، کشاورزی و دامداری مسئول انتشار قابل توجه گازهای گلخانه‌ای ناشی از کود، کود و خوراک دام هستند. فرآوری و بسته بندی نیز به انرژی نیاز دارد و حمل و نقل ورود کربن را در صنایع غذایی تشدید می نماید. به علاوه، اثرات مستقیم، کسری و ضایعات نیز به اثرات زیست محیطی کمک می کند هنگامی که غذا به هدر می رود، تمام منابع مورد استفاده در تولید آن نیز از دست می رود، از جمله انرژی مورد استفاده برای حمل و نقل، پردازش و بسته بندی. البته، تقویت ورود کربن در تولید مواد غذایی با توجه به عواملی مانند نوع غذا، روش های کشاورزی و منابع انرژی مورد استفاده در پردازش و حمل و نقل در کشور متفاوت است.

در عین حال، جهانی شدن و توسعه اقتصادی باعث ایجاد چالش های زیست محیطی فزاینده ای برای صنایع غذایی شده است. تخمین زده می شود که سیستم کشاورزی و مواد غذایی به تشکیل ۳۱ درصد از مجموع ۵۴ گیگاتن گازهای گلخانه‌ای معادل دی اکسید کربن (CO_2eq) در سال ۲۰۱۹ کمک کرد و فرآیند تولید مواد غذایی صرفاً حدود ۸ تا ۱۰ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه ای را تشکیل می دهد. به طور خاص، حمل و نقل مربوط به حدود ۱۹ درصد از انتشار گازهای گلخانه ای در سیستم غذایی جهانی است و فعالیت های کشاورزی نزدیک به ۱۴ درصد را تشکیل می دهند برخی محققین انتشار گازهای گلخانه ای را برای مراحل پردازش مواد غذایی بصورت ذیل تقسیم کرده اند: دام و شیلات ۳۱ درصد از انتشار مواد غذایی، تولید محصولات زراعی ۲۷ درصد، استفاده از زمین برای ۲۴ درصد و زنجیره تامین ۱۸ درصد را تشکیل می دهند. کره و شکر خام سطوح هشدار دهنده ای از انتشار دی اکسید کربن معادل را نشان می دهند که به ترتیب حدود ۷۳۰ و بیش از ۲۰۰ کیلوگرم دی اکسید کربن به ازای هر کیلوگرم محصول منتشر می شود. گوشت گاو شدت انتشار بالایی دارد، با تقریباً ۱۸.۲ کیلوگرم CO_2eq در هر کیلوگرم محصول رکورددار است.

بهره وری انرژی در بخش کشاورزی

بهره وری انرژی در کشاورزی یکی از اهداف اولیه سیاست انرژی در کشورهای دارای بخش کشاورزی پیشرو است از طرفی رابطه قوی بین مصرف انرژی و بهره وری کشاورزی امری تایید شده است. عامل اصلی افزایش بهره وری در قرن بیستم، پیشرفت تکنولوژیکی بود که دقیقاً به دلیل مکانیزاسیون و استفاده از ماشین هایی که نیاز به تامین انرژی داشتند، اتفاق افتاد. علیرغم شناخت روزافزون اهمیت بهره وری انرژی در بخش کشاورزی، در دستور کارهای سیاسی و تحقیقاتی؛ این امر مهم در کشاورزی/ایران تا حد زیادی نادیده گرفته شده است و هیچ تحول

عمده ای در چند سال اخیر رخ نداده است. متأسفانه بهبود دسترسی به انرژی و قابلیت اطمینان عرضه انرژی، صرفه جویی در هزینه سوخت، کاهش تلفات مواد غذایی، افزایش سطح کارایی مکانیزاسیون، بهبود مدت زمان فصول تولیدی، افزایش دسترسی به بازار و مزایای زیست محیطی و بهداشتی انرژی های پاک، در برنامه وزارت جهاد کشاورزی ظهور چندانی ندارد. طرفه این که تولید پایدار کشاورزی مستلزم بهینه سازی استفاده از زمین، بهره وری انرژی، تعدیل استفاده از منابع انرژی فسیلی و به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی است. سیستم های کشاورزی فعلی به شدت به منابع انرژی فسیلی وابسته هستند. از این روی، به دلیل کمبود روزافزون منابع انرژی فسیلی، و همچنین زیرساخت های ضعیف یا کمبود انرژی، و به تبع آن افزایش قیمت انرژی، افزایش بهره وری کشاورزی و صنایع غذایی در کشورهای در حال توسعه و نوظهور دشوار است. این مشکل از اهمیت سیاسی اقتصادی و اقلیمی جهانی برخوردار است، به ویژه در اقتصادهای نوظهور به سرعت در حال توسعه که در آن صنعت کشاورزی به دلیل نرخ رشد بالا و افزایش حجم صادرات اهمیت بیش تری یافته است. عدم دسترسی به تامین انرژی قابل اطمینان و پاک، به طور فزاینده ای به یک مانع مهم برای توسعه تبدیل می شود. لذا با توجه به افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه و نوظهور، عرضه کافی مواد غذایی با قیمت های معقول برای جمعیت رو به رشد جهان نمی تواند تضمین شود. این موضوع برای فقرا که به خرید غذا به شدت وابسته هستند، پیامدهای قابل توجهی دارد.

علاوه بر آن، عدم بهره وری انرژی در بخش کشاورزی و غذا موجب انتشار قابل توجه گازهای گلخانه ای می شود. از این روی، انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از احتراق زباله های زیست توده و نیازهای انرژی آبیاری و ماشین آلات کشاورزی بیش از ۱۱۰۰ میلیون تن CO₂ برآورد شده است. سازمان ملل بهبود بهره وری انرژی در بخش کشاورزی را به عنوان یک مداخله کلیدی در این زمینه به رسمیت شناخته است.

سخن پایانی

با پیش بینی جمعیت جهان حدود ۹.۷ میلیارد نفر تا سال ۲۰۵۰ (در مقایسه با ۷.۶ میلیارد نفر امروز)، تأثیر کربن در صنعت کشاورزی و مواد غذایی به طور چشمگیری افزایش خواهد یافت. در کشورهای در حال توسعه که استانداردهای فرآوری مواد غذایی هنوز عمدتاً تحت تأثیر مقررات بهداشتی و به تدریج تحت تأثیر ملاحظات زیست محیطی قرار دارند، بنابراین، مقابله با چنین نگرانی ضروری تر به نظر می رسد. در سال ۲۰۱۶، سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) تخمین زد که تا سال ۲۰۵۰ باید به میزان ۶۰ درصد به تولید غذا مبادرت گردد. به این نکته نیز باید توجه شود که امروزه کشاورزی روستایی از عمده ترین کارفرمایان فقرا است و ۶۵ درصد از فقرای بزرگسال در صنعت کشاورزی مشغول به کار هستند. صنعت کشاورزی دو تا چهار برابر بیش از سایر بخش ها در افزایش درآمد موثر است و به تمرکز بیش تری نیازمند است.

تلاش ها در این چالش پایداری زنجیره کشاورزی-غذایی آشکارتر می شود. فائو برنامه غذایی «انرژی-هوشمند» خود را برای مردم و آب و هوا (ESF) در سال ۲۰۱۱ آغاز کرد و به کشورهای عضو کمک کرد تا تحول زنجیره غذایی خود را با هدف تکیه بیش تر بر سیستم های انرژی کم کربن و استفاده کارآمدتر از انرژی» آغاز کنند. "تقویت نقش انرژی های تجدیدپذیر در سیستم های غذایی" و "تامین دسترسی بیش تر به خدمات مدرن انرژی برای توسعه و در عین حال حمایت از دستیابی به امنیت غذایی ملی و اهداف توسعه پایدار" از سرفصل های اصلی برنامه مذکور است که ایران تا کنون برنامه ای در این زمینه ارائه نداده است. با این حال، اگر این ابتکار کشورهای عضو را تشویق کند تا سیاست های عمومی را برای بخش های مرتبط با صنعت کشاورزی-غذایی تقویت کنند، بخش خصوصی باید برای تسریع اجرای یک زنجیره جامع کشاورزی-غذایی پایدار تلاش کند.

نهایت این که دستیابی به سازوکار انرژی-هوشمند در بخش های تولید و فرآوری مواد غذایی نیازمند تلاش های هماهنگ در چندین جبهه است. اولاً، نیاز مبرمی به اقدامات جهت افزایش بهره وری انرژی در سراسر فرایند تولید وجود دارد، مانند بهینه سازی سیستم های گرمایش و سرمایش، اجرای فناوری های کارآمد انرژی، و پذیرش منابع انرژی تجدید پذیر چون مصرف کارآمدتر انرژی در اکوسیستم های کشاورزی باعث افزایش امنیت انرژی، کاهش اثرات زیست محیطی و تخریب منابع طبیعی می شود و به هدایت سیستم های کشاورزی برای سازگاری و حمایت بیش تر از سیاست های توسعه پایدار کمک می کند.

در ثانی استراتژی های مدیریت آب باید شیوه های بازیافت و استفاده مجدد را در کنار پذیرش تجهیزات و فرآیندهای کم مصرف آب در اولویت قرار دهند. به علاوه، کاهش ردپای زیست محیطی تولید مواد غذایی شامل ترویج شیوه های کشاورزی پایدار، از جمله کشاورزی دقیق و کاهش اتکا به نهاده های شیمیایی است. ادغام فناوری های دیجیتال پیشرفته دارای پتانسیل بهبود قابل توجهی در این فرآیندها است. در این زمینه، "صنایع غذایی نسل پنجم" می تواند استانداردها را متحول کند. طرح های سیاستی و چارچوب های نظارتی می توانند نقشی اساسی در ایجاد انگیزه برای این تغییرات ایفا کنند و ذینفعان صنعت غذا را تشویق کنند تا معیارهای پایداری را در عملیات خود اولویت بندی کنند.

آموزش مصرف کنندگان در مورد اثرات زیست محیطی انتخاب غذا و ترویج تغییر به سمت رژیم های غذایی مبتنی بر گیاه نیز می تواند نقش قابل توجهی بر عهده گیرد. در نهایت، تقویت همکاری بین کشاورزان، محققان، سیاست گذاران، رهبران صنعت و مصرف کنندگان در دستیابی به آینده ای پایدارتر برای صنایع غذایی، ایجاد تعادل بین دوام اقتصادی و نظارت بر بهره وری انرژی، اساسی خواهد بود.