تهران
پایتخت
تجارت
ایران

تحول در نظام دامداری از منظر اقتصاد چرخشی؛ پیوند میان کارایی منابع و امنیت غذایی

معاونت مطالعات اقتصادی و آینده‌پژوهی
اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران

معاونت مطالعات اقتصادی و آینده پژوهی

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران

تحول در نظام دامداری از منظر اقتصاد زیستی چرخشی؛ پیوند میان کارایی منابع و امنیت غذایی

از طریق پست الکترونیکی زیر می‌توانید پیشنهادها و نظرات اصلاحی خود را به واحد مربوطه منعکس نمایید:

economic_research@tccim.ir

مواضع این گزارش،الزاما مواضع اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران نیست.

استفاده از مطالب این گزارش با ذکر منبع بلامانع است.

مهر ۱۴۰۴

فهرست مطالب

۱. مقدمه..... ۵

۲. نظام‌های زیست‌اقتصاد چرخه‌ای..... ۷

۲-۱. دامداری و چرخه‌پذیری در نظام‌های غذایی..... ۹

۲-۲. نقش دام در زیست اقتصاد چرخه‌ای..... ۱۰

۳. منابع محصولات جانبی برای خوراک دام و سایر کاربردها..... ۱۳

۳-۱. محصولات جانبی ناشی از ضایعات غذایی..... ۱۷

۳-۲. نتیجه‌گیری..... ۱۸

۴. فرصت‌های محصولات جانبی حیوانی در زیست‌اقتصاد چرخه‌ای..... ۱۹

۵. سیاست‌ها و مقررات..... ۲۰

۶. نتیجه‌گیری..... ۲۵

منابع..... ۲۷

۱. مقدمه

بازطراحی نظام‌های دامداری با هدف ادغام اصول زیست‌اقتصاد چرخه‌ای[1] در فرآیندهای تولید، از گام‌های اساسی در مسیر گذار به نظام‌های غذایی پایدار، تاب‌آور و کم‌کربن به شمار می‌آید. بر مبنای گزارش‌های اخیر سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، تلفیق چرخه‌پذیری در تولیدات دامی می‌تواند کارایی استفاده از منابع طبیعی را افزایش داده و وابستگی نظام‌های غذایی به نهاده‌های فسیلی و وارداتی را کاهش دهد. در این چارچوب، مشارکت ارزیابی زیست‌محیطی و عملکرد دام (LEAP Partnership)[2]، مجموعه‌ای از دستورالعمل‌های فنی را برای راهنمایی ذی‌نفعان بخش دام تهیه کرده است تا از طریق آن بتوانند هم‌افزایی میان تولید دام، مدیریت پسماند و بازیافت مواد زیستی را بهینه‌سازی نمایند. این دستورالعمل‌ها به گونه‌ای تدوین شده‌اند که به تمامی فعالان زنجیره تأمین دامی – از تولیدکنندگان خوراک و پرورش‌دهندگان تا صنایع فرآوری، خرده‌فروشان و سیاست‌گذاران – چارچوبی برای بهبود عملکرد زیست‌محیطی و اقتصادی ارائه دهند.

نقش دام در زیست‌اقتصاد چرخه‌ای چندوجهی است. از یک سو، دام‌ها توانایی تبدیل زیست‌توده‌های[3] غیرقابل‌خوردن انسان – نظیر مراتع طبیعی، بقایای کشاورزی و محصولات جانبی صنایع غذایی – را به محصولات باارزش تغذیه‌ای و اقتصادی همچون پروتئین حیوانی، کود آلی و انرژی تجدیدپذیر دارند. این فرآیند ضمن بازیافت عناصر مغذی و کاهش رقابت میان تولید غذا و خوراک دام، به افزایش حاصل‌خیزی خاک و بسته شدن چرخه نیتروژن و فسفر در اکوسیستم‌های کشاورزی کمک می‌کند. در نتیجه، نقش دامداری نه‌تنها در تأمین غذا، بلکه در بازآفرینی خدمات زیست‌محیطی و تقویت امنیت غذایی جهانی قابل‌توجه است.

از سوی دیگر، صنایع دامی در قالب یک زیرنظام تولید زیست‌پایه عمل می‌کنند و از طریق بهره‌برداری از محصولات جانبی همچون پوست، استخوان، چربی و پشم، مواد اولیه‌ای برای صنایع دارویی، آرایشی و تولید انرژی زیستی فراهم می‌آورند. به‌ویژه، فناوری‌های نوین تولید بیوگاز از کود دامی به عنوان یکی از راهکارهای مؤثر در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر شناخته می‌شود.

این دستورالعمل با مروری جامع بر شاخص‌ها و سنجه‌های ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید دام در چارچوب زیست‌اقتصاد چرخه‌ای، نقاط قوت و محدودیت‌های هر رویکرد را مورد بررسی قرار می‌دهد. علاوه بر این، به تحلیل کاربرد محصولات جانبی گیاهی و دامی در جیره‌های خوراکی و ارزش‌افزایی پسماندهایی مانند کود حیوانی در

---

[1] Circular Bioeconomy

[2] یک برنامه بین‌المللی همکاری چندذی‌نفعی است که توسط FAO راه‌اندازی شده تا روش‌ها و استانداردهای علمیِ یکپارچه‌ای برای اندازه‌گیری، ارزیابی و بهبود عملکرد زیست‌محیطی تولیدات دامی در سطح جهانی تدوین کند.

[3] Biomass

نظام‌های کشاورزی چرخه‌ای می‌پردازد. مطالعات موردی منطقه‌ای ارائه‌شده در سند، نمونه‌هایی از نوآوری‌های موفق در بازیابی منابع و بازچرخانی مواد زیستی را معرفی می‌کنند که نشان‌دهنده پتانسیل بالای هم‌افزایی میان بخش دام و سایر بخش‌های زیست‌اقتصاد است.

در بخش سیاست‌گذاری، نوشتار حاضر بر اهمیت چارچوب‌های قانونی و مقرراتی حمایت‌کننده از اقتصاد چرخه‌ای در زنجیره تأمین دام تأکید می‌کند. سیاست‌های مشوق بازچرخانی پسماندها، ایجاد بازارهای ثانویه برای محصولات جانبی و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های کاهش تلفات مواد غذایی، از جمله اقداماتی هستند که می‌توانند پایداری این بخش را به شکل مؤثری ارتقا دهند.

در نهایت، این مجموعه رهنمودها، منبعی ارزشمند برای تولیدکنندگان، تصمیم‌گیران، پژوهشگران و فعالان زیست‌اقتصادی است که در پی افزایش کارایی منابع، کاهش ضایعات و حرکت به سوی نظام‌های دامی کم‌اثر از نظر زیست‌محیطی هستند. همچنین این دستورالعمل می‌تواند بستری برای همکاری میان بخش دام و سایر بخش‌های اقتصادی در زمینه بازیافت و بازفرآوری مواد زیستی و انرژی‌بر فراهم آورد و مسیر گذار به نظام‌های غذایی پایدار و تاب‌آور را تسهیل نماید.

۲. نظام‌های زیست‌اقتصاد چرخه‌ای

زیست‌اقتصاد چرخه‌ای، به‌منزله‌ی یکی از پارادایم‌های نوین توسعه پایدار، چارچوبی تلفیقی برای بهینه‌سازی استفاده، بازچرخانی و بازتولید زیست‌توده‌های تجدیدپذیر فراهم می‌آورد. این زیست‌توده‌ها شامل موجودات زنده — اعم از انسان، جانور، گیاه و میکروارگانیسم‌ها[۴] و فرآورده‌های زیستی مشتق از آن‌ها هستند. این الگو با ارتقای کارایی در استفاده از منابع زیستی و کاهش تلفات، پاسخی راهبردی به چالش‌های جهانی نظیر کاهش منابع طبیعی، انباشت پسماند و تغییرات اقلیمی ارائه می‌دهد.

انسان‌ها برای تولید غذا، خوراک دام، مواد اولیه صنعتی و انرژی زیستی از زی‌توده‌هایی بهره می‌گیرند که ریشه در اکوسیستم‌های طبیعی یا نظام‌های مدیریتی انسانی دارند. منابع طبیعی، زیربنای نظام‌های غذایی جهانی را تشکیل داده و تولید زی‌توده نقشی محوری در پیشبرد زیست‌اقتصاد و گذار از اقتصاد فسیلی به اقتصاد تجدیدپذیر ایفا می‌کند (مسکات و همکاران[۵]، ۲۰۲۱). با این وجود، برداشت فزاینده‌ی زی‌توده در مقیاس جهانی با مجموعه‌ای از تبعات زیست‌محیطی نظیر تغییر کاربری اراضی، افت تنوع زیستی و تشدید تغییرات اقلیمی همراه است (کراوسمان و همکاران[۶]، ۲۰۱۳). با رشد شتابان جمعیت جهانی، تقاضا برای زی‌توده نیز در حال افزایش است و این روند فشار مضاعفی بر منابع طبیعی و نظام‌های اکولوژیکی وارد می‌کند. به همین دلیل، ضرورت بازنگری در الگوهای تولید و مصرف زی‌توده و مدیریت کارآمد پسماندهای زیستی بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. چنانچه این دگرگونی در ساختارهای اقتصادی و غذایی محقق نگردد، خطر فراتر رفتن از مرزهای بوم‌سیاره‌ای[۷] و بروز ناپایداری‌های اکولوژیکی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود (استفن و همکاران[۸]، ۲۰۱۵).

در پاسخ به این چالش‌ها، توسعه و ترویج زیست‌اقتصاد چرخه‌ای مبتنی بر مرزهای سیاره‌ای به‌عنوان یکی از راهبردهای کلیدی برای دستیابی به پایداری جهانی مطرح شده است. در این راستا، سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) اقدام به طراحی و استقرار مخزن جهانی سیاست‌های زیست‌اقتصادی نموده است؛ سامانه‌ای جامع که بازتاب‌دهنده‌ی چشم‌اندازهای اجتماعی، اصول حکمرانی مطلوب، ضرورت حفاظت و ارزش‌افزایی زی‌توده‌ها و نیز پیشرفت‌های فناورانه در حوزه‌های زیستی، دیجیتال و نوآوری‌های میان‌رشته‌ای است. چنین چارچوبی، زیست‌اقتصاد چرخه‌ای را نه‌فقط به‌عنوان یک مدل تولید، بلکه به‌منزله‌ی نظامی تحول‌محور در روابط انسان و طبیعت تبیین می‌کند؛ نظامی که در آن جریان مواد و انرژی در مسیرهای بسته و بازتولیدشونده قرار گرفته و بهره‌وری منابع زیستی با حداقل ضایعات و حداکثر بازده زیست‌محیطی دنبال می‌شود.

چهل و دومین نشست کنفرانس سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) زیست‌اقتصاد را این‌گونه تعریف کرده است:

---

[4] Microorganisme – ریزسازواره‌ها

[5] Muscat et al

[6] Krausmann et al

[7] planetary boundaries

مرزهای بوم‌سیاره‌ای مجموعه‌ای از ۹ حد آستانه زیست‌محیطی هستند که در آن‌ها «سیستم زمین» می‌تواند به‌طور ایمن و پایدار عمل کند.

[8] Steffen et al

«زیست‌اقتصاد شامل تولید، بهره‌برداری، حفاظت و بازتولید زیست‌توده، همراه با دانش، علم، فناوری و نوآوری‌های مرتبط با هدف ارائه‌ی راهکارهای پایدار (شامل اطلاعات، محصولات، فرایندها و خدمات) در درون و میان تمامی بخش‌های اقتصادی است تا گذار به یک اقتصاد پایدار امکان‌پذیر شود.»

زیست‌اقتصاد، مجموعه‌ای از بخش‌ها و نظام‌های درهم‌تنیده است که فعالیت آن‌ها بر زیست‌توده متکی است. این نظام‌ها شامل اکوسیستم‌های زمینی و دریایی، بخش‌های تولید اولیه مانند زراعت، دامداری، جنگلداری، شیلات و آبزی‌پروری و تمامی فعالیت‌هایی هستند که از زی‌توده برای تولید غذا، خوراک دام، الیاف، انرژی و سایر محصولات و خدمات زیست‌پایه استفاده می‌کنند (سان‌خوان و همکاران[9]، ۲۰۲۲). در این چارچوب، زیست‌اقتصاد چرخه‌ای به‌عنوان یک پارادایم مدیریت منابع طبیعی تجدیدپذیر مطرح است که امکان تحول و مدیریت نظام‌های زمین، غذا، سلامت و صنعت را با هدف حفظ رفاه پایدار انسان در هماهنگی با طبیعت فراهم می‌کند. این نظام با بهره‌گیری از اکوسیستم‌های بازتولیدشونده و مدیریت‌شده، امکان استفاده بهینه، بازیافت و بازچرخانی منابع زیستی را فراهم می‌آورد، به‌گونه‌ای که ضایعات تولیدی در مراحل اولیه طراحی سیستم به حداقل برسند (رایشل و همکاران[10]، ۲۰۱۶).

با این حال، زیست‌اقتصاد به‌خودی‌خود پایدار نیست و در صورت مدیریت نادرست می‌تواند تداوم‌دهنده مدل اقتصاد خطی باشد، مدلی که بر منفعت کوتاه‌مدت بر پایداری بلندمدت اولویت می‌دهد. زیست‌اقتصاد چرخه‌ای با تاکید بر کارایی منابع و بازتولید اکوسیستم‌ها، جایگزینی برای مدل خطی ارائه می‌دهد و امکان بهره‌وری حداکثری از زی‌توده را فراهم می‌سازد.

بر اساس تعریف بنیاد الن مک‌آرتور[11]، اقتصاد چرخه‌ای مبتنی بر سه اصل کلیدی است:

۱. حذف پسماند و آلودگی،
۲. گردش محصولات و مواد در بالاترین ارزش ممکن و
۳. باززایی اکوسیستم‌ها و منابع طبیعی.

زیست‌اقتصاد چرخه‌ای در حقیقت تقاطع زیست‌اقتصاد و اقتصاد چرخه‌ای است، با تمرکز ویژه بر استفاده پایدار از زی‌توده در نظام‌های حلقه‌بسته .این نظام ضمن ارائه‌ی خدمات اکوسیستمی، امکان تولید، مصرف، حفاظت و بازتولید منابع زیستی و تبدیل آن‌ها به غذا، خوراک دام، الیاف، سوخت و سایر مواد زیست‌پایه را فراهم می‌کند، بدون آنکه از ظرفیت اکولوژیکی محیط فراتر رود.

هدف نهایی زیست‌اقتصاد چرخه‌ای، حمایت از رفاه پایدار جوامع انسانی بر مبنای اکوسیستم‌های سالم، متنوع و تاب‌آوری است. دستیابی به یک زیست‌اقتصاد چرخه‌ای کارآمد از نظر بهره‌وری منابع، برآورد می‌شود که تا سال ۲۰۳۰ حدود ۷.۷ تریلیون دلار ارزش افزوده برای اقتصاد جهانی ایجاد کند.

[9] San Juan et al
[10] Reichel et al.
[11] Ellen MacArthur Foundation

۲-۱. دامداری و چرخه‌پذیری در نظام‌های غذایی

در وضعیت کنونی، بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی و دامداری دارای ماهیت خطی ذاتی هستند. این فعالیت‌ها معمولاً شامل برداشت مقدار مشخصی از زی‌توده از سیستم می‌شوند، در حالی که بخش قابل‌توجهی از ورودی‌ها به محصولات قابل‌مصرف انسان تبدیل نمی‌شوند و در عوض منجر به تولید تلفات و پسماندهایی با اثرات زیست‌محیطی منفی می‌گردند.

در این چارچوب، دستیابی به چرخه‌پذیری در نظام غذایی مستلزم شناسایی و توسعه فناوری‌ها و شیوه‌های مدیریت منابع است که:

ورودی منابع محدود مانند کودها و سوخت‌های فسیلی، آب و زمین را به حداقل برسانند، استفاده از شیوه‌های بازتولیدی و احیایی را ترویج کنند و امکان بازاستفاده و بازیافت جریان‌های پسماند، از جمله فضولات انسانی و دامی، را فراهم آورند تا بیشترین ارزش افزوده به پسماندهای اجتناب‌ناپذیر نظام غذایی اختصاص یابد (ایبانیز–فوره و بووا[۱۲]، ۲۰۲۳).

در پیاده‌سازی شیوه‌های چرخه‌ای در نظام‌های دامداری، ذی‌نفعان لازم است علاوه بر ملاحظات اقتصادی و فنی، دسترسی و امکان‌پذیری پذیرش فناوری‌ها و روش‌ها و همچنین پیامدهای آن بر سلامت و رفاه حیوانات را مدنظر قرار دهند. افزون بر این، بررسی ابعاد اجتماعی و نحوه تأثیر رفتار انسانی بر پیامدهای نهایی نظام نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.
با وجود آنکه زیست‌اقتصاد ذاتاً ماهیتی میان‌بخشی دارد و مستلزم تعامل و هم‌افزایی میان بخش‌های گوناگون اقتصادی و زیست‌محیطی است، محور اصلی این پژوهش بر نظام‌های غذایی متمرکز است و به‌ویژه نقش بخش دامداری را در تحقق چرخه‌پذیری مورد تحلیل قرار می‌دهد. در این راستا، تمرکز بر بهینه‌سازی فرآیندهای تولیدی از طریق ارتقای ارزش پسماندها، بازچرخانی مواد و بهره‌گیری از اصول زیست‌اقتصاد چرخه‌ای می‌تواند زمینه‌ساز افزایش پایداری در نظام‌های تولید دام شود.
با این حال، تحقق کامل زیست‌اقتصاد چرخه‌ای در بخش دامداری، صرفاً در چارچوب واحد تولیدی ممکن نیست و نیازمند مشارکت مؤثر سایر اجزای زنجیره ارزش از جمله بخش‌های حمل‌ونقل، بسته‌بندی، ذخیره‌سازی و توزیع است. از این منظر، استقرار زیست‌اقتصاد چرخه‌ای مستلزم نگاهی نظام‌مند و کل‌نگر به کل زنجیره تأمین است، هرچند تمرکز تحلیلی این مطالعه بر فرآیند تولید و مدیریت درون‌سیستمی منابع در واحدهای دامداری باقی می‌ماند.

[12] Ibáñez-Foré & Bovea

۲-۲. نقش دام در زیست اقتصاد چرخه‌ای

در چارچوب زیست‌اقتصاد چرخه‌ای، زمین‌های زراعی عمدتاً برای تولید غذا و سایر مواد مورد نیاز انسانی مورد استفاده قرار میگیرند. در فرآیند تولید و مصرف مواد غذایی، مقادیر قابل توجهی پسماند، محصولات جانبی و هم‌فرآورده‌ها از فعالیت‌های کشاورزی، صنایع فرآوری مواد غذایی، ضایعات غذایی و همچنین فضولات انسانی و دامی تولید می‌شود. یکی از اولویت‌های اصلی در این نظام، جلوگیری از تبدیل محصولات جانبی خوراکی انسان به ضایعات غذایی است.

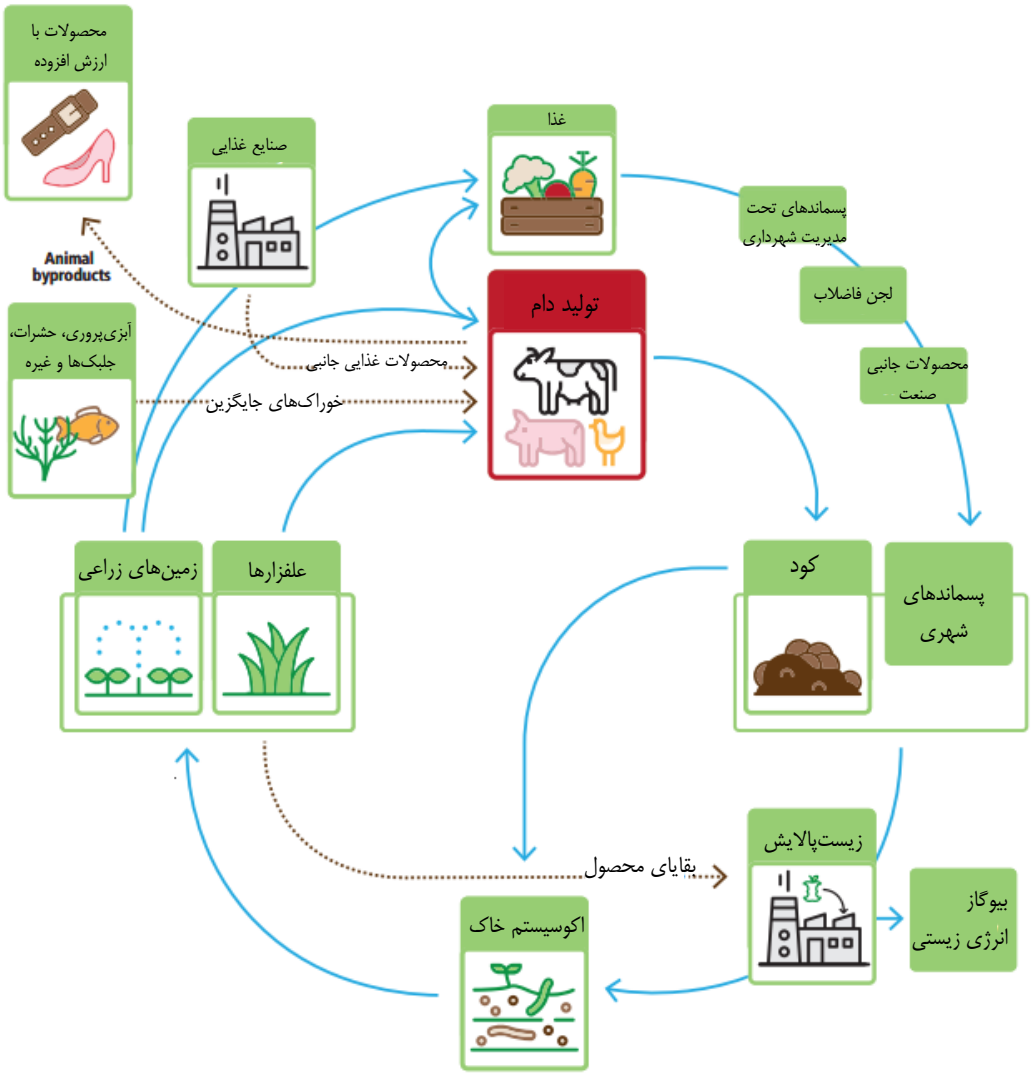
در این چارچوب، دام نقشی کلیدی در زیست‌اقتصاد چرخه‌ای ایفا می‌کند، زیرا قادر است منابعی را که بخشی از سبد غذایی اصلی انسان نیستند، بازیافت و بازچرخانی کند. این نقش از طریق تولید مواد غذایی، استفاده از محصولات گیاهی غیرقابل‌مصرف برای انسان، مدیریت پسماندها، چرخه مواد مغذی، ارتقای سلامت خاک، حفظ تنوع زیستی و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر تحقق می‌یابد (شکل ۱).

دام‌ها همچنین برای پایداری نظام‌های تلفیقی زراعت—دامداری اهمیت دارند، چرا که کشت گیاهان علوفه‌ای در تناوب با محصولات زراعی و استفاده از کود دامی می‌تواند به افزایش ذخیره کربن در خاک و بهبود سلامت خاک کمک کند (جاکومتی و همکاران[۱۳]، ۲۰۲۱). از این رو، دام‌ها با تبدیل محصولات کشاورزی غیرقابل‌مصرف برای انسان به مواد غذایی ارزشمند منشأ حیوانی و نیز تولید کود آلی، نقشی اساسی در تحقق زیست‌اقتصاد چرخه‌ای ایفا می‌کنند.

افزون بر این، دام‌ها می‌توانند در ارائه خدمات اکوسیستمی و ارزش‌های فرهنگی نیز نقش‌آفرینی کنند و از این طریق، کارکردهای زیست‌اقتصادی و اجتماعی نظام‌های تولید را تقویت نمایند.

[13] Giacometti et al

شکل ۱. بازنمایی زیست‌اقتصاد چرخه‌ای در نظام‌های دامداری



غذاهای منشاء حیوانی سهم قابل‌توجهی از تامین غذای جهانی را بر عهده دارند و تقریباً ۳۴ تا ۴۰ درصد از مصرف پروتئین جهانی را تشکیل می‌دهند (اسمیت و همکاران[14]، ۲۰۲۴). دام‌ها قادرند از زیست‌توده غیرقابل‌مصرف برای انسان، شامل مراتع، بقایای محصولات زراعی، محصولات کشاورزی نامناسب برای مصرف انسانی و محصولات جانبی صنایع دیگر مانند کنجاله‌های دانه‌های روغنی، استفاده کنند و آن را به منابع غذایی با کیفیت بالا و مغذی برای انسان تبدیل نمایند. از منظر زیست‌اقتصاد چرخه‌ای، این عملکرد می‌تواند به ارتقای چرخه‌پذیری منابع و کاهش اتلاف غذایی کمک کند، مشروط بر آنکه مدیریت مراتع به‌صورت پایدار انجام شود و سهم خالص آن از چرخه‌پذیری بیشتر از سایر کاربری‌های زمین، از جمله تولید غذا، خوراک دام، مواد زیست‌پایه و حفاظت تنوع زیستی، باشد. شواهد نشان می‌دهد که حدود ۸۶ درصد از خوراک مصرفی دام‌ها برای مصرف انسانی نامناسب است و تنها ۱۴ درصد از خوراک دام‌ها معادل یک‌سوم

[14] Smith et al

تولید جهانی غلات را شامل می‌شود. بر این اساس، چارچوب زیست‌اقتصاد چرخه‌ای با حذف رقابت مستقیم بین خوراک دام و غذای انسان، امکان بازیافت جریان‌های پسماند تولید غذا و خوراک و مواد جانبی صنایع زیست‌پایه را فراهم می‌آورد. دام‌ها نقش محوری در چرخه مواد مغذی و حفظ سلامت خاک دارند؛ این نقش برای عملکرد پایدار اکوسیستم‌های کشاورزی حیاتی است. تولید کود دامی غنی از مواد مغذی کلان و ریز و ماده آلی، امکان بهره‌برداری بهینه از منابع خاکی را فراهم می‌سازد. تلفیق تولید گیاهی و دامداری با چگالی مناسب و مدیریت علمی فضولات دامی به‌عنوان منبع تغذیه‌ای برای محصولات زراعی، نه تنها به پایداری کشاورزی کمک می‌کند بلکه نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد (سوزانا و لمر[15]،۲۰۱۴).

این رویکرد حلقه‌بسته علاوه بر حفظ باروری و سلامت خاک، باعث افزایش چرخه مواد مغذی، ارتقای بهره‌وری بلندمدت محصولات زراعی و کاهش هزینه‌های تولید می‌شود و به عنوان یک استراتژی کلیدی در تحقق اهداف زیست‌اقتصاد چرخه‌ای مورد توجه است.

سیستم‌های صنعتی دامداری و کشاورزی کنونی عمدتاً خطی هستند و در نتیجه، همه ورودی‌ها به تولید محصولاتی که برای مصرف انسانی مناسب باشند، منجر نمی‌شوند و بخش قابل‌توجهی از مواد تولیدی به‌صورت پسماند باقی می‌ماند که می‌تواند آثار زیست‌محیطی منفی ایجاد کند. **تخمین‌ها نشان می‌دهد که سالانه بین ۱ تا ۲ تریلیون دلار از طریق ناکارآمدی‌ها در اقتصاد جهانی غذا از دست می‌رود و تا ۳۱ درصد از غذای تولیدشده برای انسان هدر می‌رود** (برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد[16]، ۲۰۲۴).

سیستم‌های تولید دام به‌طور معمول تنها یک محصول تولید نمی‌کنند و این ویژگی فرصت ایجاد ارزش افزوده از طریق چرخه‌پذیری را فراهم می‌آورد؛ برای مثال، محصولات جانبی غذایی می‌توانند به خوراک دام تبدیل شوند یا آب پنیر در صنایع زیست‌پایه برای بهبود فرآیند تخمیر استفاده شود. دام‌ها قادرند زیست‌توده‌های غیرخوراکی برای انسان و محصولات جانبی با هزینه فرصت پایین را بازیافت و به منابع با ارزش غذایی بالا تبدیل کنند. زمین‌های کشاورزی حدود ۳۸ درصد از سطح زمین‌های جهانی را شامل می‌شوند که یک‌سوم آن به تولید محصولات زراعی و دو سوم باقی‌مانده به دام‌های چراگاهی اختصاص دارد. از این اراضی، تقریباً ۴۰ درصد برای تولید خوراکی استفاده می‌شود که انسان نیز قادر به مصرف آن است، مانند غلات، که این امر رقابت بین غذا و خوراک دام را برای زمین و سایر منابع طبیعی تشدید می‌کند. رقابت بین غذا و خوراک دام می‌تواند مستقیم یا غیرمستقیم باشد. رقابت مستقیم زمانی رخ می‌دهد که زی‌توده‌ای که قابلیت مصرف انسانی دارد به دام داده شود، در حالی که رقابت غیرمستقیم زمانی است که مواد خوراکی در زمین‌هایی کشت شوند که قابلیت تولید غذای انسانی را دارند. در این شرایط، زمین به جای تولید مواد غذایی برای انسان، برای تولید خوراک دام اختصاص می‌یابد.

[15] Soussana and Lemaire
[16] UN Environment Programme

برخی دام‌ها مانند خوک و طیور بیشتر به زمین‌های زراعی برای تولید خوراک نیاز دارند، در حالی که نشخوارکنندگان نظیر گاو و گوسفند می‌توانند از مراتع و زمین‌های کمتر مناسب برای تولید غذای انسان تغذیه کنند. از منظر امنیت غذایی جهانی، استفاده بیشتر از زی‌توده‌های غیرخوراکی برای تغذیه دام‌ها می‌تواند تأمین غذای جهانی را افزایش دهد، هرچند ممکن است در صورت عدم تعادل غذایی، بهره‌وری حیوان کاهش یابد.

اگر بخش‌هایی از خوراک دام که از مواد غذایی قابل مصرف برای انسان ساخته می‌شوند، مثل غلات، صید جانبی ماهی، حبوبات و روغن‌های گیاهی، با محصولات جانبی سیستم غذایی یا پسماندهایی که انسان نمی‌تواند مصرف کند جایگزین شوند، منابع غذایی آزاد می‌شوند و غذاهای بیشتری برای مصرف انسانی در دسترس قرار می‌گیرد. مطالعات نشان می‌دهند که جایگزینی مواد خوراکی مانند غلات، صید جانبی ماهی، حبوبات و روغن‌های گیاهی با محصولات جانبی سیستم غذایی می‌تواند دسترسی جهانی به غذا را تا ۱۳ درصد از نظر کالری و ۱۵ درصد از نظر پروتئین افزایش دهد. اگرچه افزایش کالری و پروتئین به‌تنهایی به معنای بهبود تغذیه نیست، اما می‌تواند امنیت غذایی و وضعیت تغذیه‌ای در بسیاری از مناطق جهان را بهبود بخشد.

بازطراحی بخش دامداری بر اساس اصول چرخه‌پذیری این امکان را فراهم می‌آورد که رقابت بین غذا و خوراک کاهش یابد، اثرات زیست‌محیطی کمتر شود و بهره‌وری مصرف آب، انرژی و منابع طبیعی افزایش یابد.

۳. منابع محصولات جانبی برای خوراک دام و سایر کاربردها

پتانسیل استفاده از محصولات جانبی در خوراک دام بستگی به ارزش غذایی آن‌ها برای دام‌ها و میزان قابل‌ادغام آن‌ها در رژیم‌های غذایی دام دارد. ارزش غذایی یک محصول جانبی بسته به منطقه و فرآیند تولید محصول اصلی متفاوت است. معمولاً ارزش غذایی محصول جانبی با ارزش غذایی ماده خوراکی که قرار است جایگزین شود مقایسه می‌شود.

عناصر مهم تعیین‌کننده ارزش غذایی محصولات جانبی شامل غلظت پروتئین خام، کربوهیدرات‌های قابل هضم، مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند. همچنین وجود فیبرهای غیرقابل‌هضم و عوامل ضدتغذیه‌ای می‌تواند بر ارزش غذایی محصولات جانبی تأثیرگذار باشد. به‌طور ایده‌آل، ضریب هضم‌پذیری تمامی مواد مغذی باید در جداول تغذیه‌ای موجود باشد.

با این حال، در بسیاری از موارد این اطلاعات در دسترس نیست، بنابراین روش‌های جایگزین برای ارزیابی ارزش غذایی لازم است:

برآورد ارزش انرژی نسبی محصول جانبی: با مقایسه ضریب هضم محصول جانبی با مواد خوراکی مشابه انجام می‌شود و شامل ضریب هضم چربی و سایر مواد مغذی مرتبط نیز می‌باشد. محاسبه هضم‌پذیری بر اساس ترکیب شیمیایی محصول جانبی: به ویژه برای محصولات جانبی گیاهی، می‌توان از معادلات شیمیایی برای تخمین میزان قابل هضم استفاده کرد. پس از در نظر گرفتن کاهش مواد به دلیل غیرقابل هضم بودن، انرژی متابولیزه‌شدنی بیشتر به محتوای پروتئین و فیبر محصول بستگی دارد و انرژی خالص نیز به پروتئین، چربی، نشاسته و فیبر آن وابسته است.

از آنجا که کیفیت پروتئین به اسیدهای آمینه تشکیل‌دهنده آن بستگی دارد، بررسی هضم‌پذیری تک تک اسیدهای آمینه ضروری است. در دام‌های تک‌معده‌ای، ارزیابی محصول شامل برآورد ترکیب کل اسیدهای آمینه و محاسبه هضم‌پذیری ایلئومی با استفاده از جداول پروتئین و تطبیق آن با سطح پروتئین محصول است.

فسفر سومین مغذی گران‌قیمت در تغذیه دام است، بنابراین بررسی هضم‌پذیری فسفر در محصول جانبی ضروری است و معمولاً با استفاده از جداول دسترس‌پذیری فسفر در محصولات مشابه انجام می‌شود. نمونه‌برداری صحیح یکی از مراحل کلیدی در ارزیابی ارزش غذایی محصول جانبی است. استفاده از روش‌های نمونه‌برداری استاندارد و بین‌المللی به دقت و اعتبار نتایج کمک می‌کند و تفسیر داده‌های آزمایشگاهی را آسان‌تر می‌سازد.

۳. محصولات جانبی حاصل از فرآیندهای صنعتی

فرآیندهای صنعتی مختلف مرتبط با زیست‌توده منجر به تولید محصولات جانبی متعددی می‌شوند که می‌توانند در تغذیه دام مورد استفاده قرار گیرند. در این بخش، برخی از مهم‌ترین محصولات جانبی توضیح داده شده‌اند.

کنجاله سویا عمده‌ترین محصول جانبی استخراج روغن از دانه‌های سویا است و به عنوان پرمصرف‌ترین منبع پروتئینی در رژیم‌های غذایی دام در سطح جهانی شناخته می‌شود. تقریباً ۹۸ درصد تولید جهانی سویا به عنوان ماده خوراکی دام استفاده می‌شود. پس از استخراج روغن، حدود ۸۰ درصد دانه‌ها به شکل کنجاله باقی می‌مانند. طی فرآیند تولید، کنجاله سویا حرارت می‌بیند تا آنزیم‌های مضر برای هضم پروتئین غیر فعال شوند. این محصول نسبت به بسیاری از سایر کنجاله‌های روغنی دارای فیبر کمتر و محتوی پروتئین خام حدود ۴۴ تا ۴۸ درصد است. ارزش بیولوژیکی کنجاله سویا در میان منابع پروتئینی گیاهی بالا است و از نظر اسید آمینه لیزین غنی می‌باشد. علاوه بر این، پوست سویا می‌تواند پیش از استخراج روغن جدا شده و به عنوان منبع فیبر قابل هضم در رژیم نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار گیرد.

کنجاله بادام‌زمینی به عنوان محصول جانبی استخراج روغن از بادام‌زمینی نیمه پوست‌کنده تولید می‌شود و منبع پروتئین با قابلیت هضم بالا به شمار می‌رود. با این حال، این محصول در اسیدهای آمینه متیونین، لیزین و تریپتوفان فقیر است. خصوصیات کنجاله بادام‌زمینی بسته به منطقه تولید، روش استخراج روغن و میزان پوست‌کنی متفاوت است. این محصول معمولاً دارای پروتئین و چربی بالا و فیبر پایین بوده و فاقد عوامل ضدتغذیه‌ای قابل توجه است. در مناطقی که کنجاله سویا

گران یا در دسترس نیست، بادام‌زمینی عمدتاً به عنوان منبع پروتئین استفاده می‌شود. با پیشرفت روش‌های تولید، خطر آلودگی به آفلاتوکسین در این محصول به میزان چشمگیری کاهش یافته است.

کنجاله آفتابگردان از طریق استخراج روغن از دانه‌های آفتابگردان تولید می‌شود و به عنوان یک مکمل غذایی غنی از پروتئین و انرژی در خوراک دام مورد استفاده قرار می‌گیرد. کنجاله آفتابگردان پس از استخراج با حلال نیز قابل استفاده است. اگرچه میزان لیگنین در آن می‌تواند بالا باشد، این محصول معمولاً فاقد سموم و عوامل ضدتغذیه‌ای است، اما برای حیوانات تک‌معده‌ای کمبود لیزین دارد.

کنجاله کلزا یکی دیگر از محصولات جانبی استخراج روغن است و پس از کنجاله سویا، رتبه دوم تولید جهانی را داراست. استفاده از کنجاله کلزا در رژیم غذایی خوک‌ها و گاوها افزایش یافته است، به دلیل توسعه ارقام کم اروسیک و کم گلوکوزینولات. برای مصرف در خوراک دام، ارقام کلزا باید به صورت «۰۰» دسته‌بندی شوند، که نشان‌دهنده میزان پایین اسید اروسیک و گلوکوزینولات است. کنجاله‌های حاوی روغن زیاد که با پرس مکانیکی تولید می‌شوند، نیز قابل استفاده هستند. دمای فرآوری در کاهش گلوکوزینولات‌ها اهمیت دارد، اما حرارت بالا ممکن است منجر به دناتوره شدن پروتئین و کاهش دسترس‌پذیری فسفر شود. در نشخوارکنندگان، پروتئین دورریزی روده‌ای حاصل از حرارت می‌تواند جریان اسیدهای آمینه به روده کوچک را افزایش دهد. به طور کلی، کنجاله سرد حاوی روغن و گلوکوزینولات بیشتری نسبت به کنجاله استخراج شده با حلال است. کنجاله کلزا همچنین دارای تانن است که پروتئین را به خود متصل می‌کند و فیبر خام آن بالاتر از کنجاله سویا است، که ممکن است میزان مصرف آن در رژیم حیوانات تک‌معده‌ای را محدود کند. علاوه بر این، کنجاله کلزا معمولاً از نظر لیزین فقیر و از نظر لیگنین غنی است.

کنجاله کتان محصول جانبی استخراج روغن از دانه‌های کتان است. این محصول با وجود محتوای پروتئین بالا، از نظر لیزین محدودیت دارد. روغن کتان غنی از اسیدهای چرب امگا-۳ است که می‌تواند خواص تغذیه‌ای شیر و گوشت را بهبود دهد. کیک کتان ممکن است شامل ترکیبات ضدتغذیه‌ای نظیر گلیکوزیدهای سیانژنیک، آنتاگونیست‌های ویتامین B6 و موسین‌ها باشد که معمولاً با فرآیندهای حرارتی یا شیمیایی غیر فعال می‌شوند.

دانه پنبه پس از فرآوری به روش‌های مکانیکی و حلال استخراج می‌شود. کنجاله پنبه، محصول جانبی استخراج روغن، عمدتاً برای تغذیه نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا آن‌ها نسبت به توکسین گوسیپول مقاومت بیشتری دارند. این محصول می‌تواند منبع مناسبی از پروتئین برای حیوانات تک‌معده‌ای باشد، مشروط بر آن که محتوای بالای فیبر و وجود گوسیپول در فرمول‌بندی رژیم غذایی مد نظر قرار گیرد. کنجاله پنبه همچنین می‌تواند به عنوان کود مورد استفاده قرار گیرد. به کارگیری محصولات جانبی فرآوری‌شده پنبه، از جمله کنجاله پنبه و کنجاله با روغن بالا، در رژیم غذایی بره‌ها موجب افزایش سطح اسیدهای چرب مفید در گوشت می‌شود.

پومیس زیتون، محصول جانبی اصلی استخراج روغن از میوه زیتون، پس از جداسازی هسته‌ها می‌تواند خشک شده و محصولی با محتوای بالای روغن تولید نماید. این محصول می‌تواند به صورت کامل یا نیمه بدون چربی عرضه شود و برای تسهیل جابجایی، غالباً به شکل پلت در می‌آید. پومیس زیتون دارای محتوای بالای لیگنین است و پروتئین آن در صورتی که به‌طور محکم به کربوهیدرات‌های دیواره سلولی گیاهی متصل باشد، ارزش بیولوژیکی کاهش‌یافته‌ای خواهد داشت. پومیس زیتون کامل یا نیمه بدون چربی عمدتاً به دلیل محتوای بالای روغن آن به عنوان ماده خوراکی دام استفاده می‌شود و افزودن آن به رژیم غذایی نشخوارکنندگان موجب افزایش میزان اسیدهای چرب تک‌غیراشباع و کاهش اسیدهای چرب اشباع در شیر و گوشت می‌شود. به دلیل فیبر بسیار لیگنیزه، سایر محصولات جانبی زیتون محدودیت استفاده در حیوانات تک‌معده‌ای دارند، اما در شرایط کمبود خوراک می‌توان آن را تا ۷۰ درصد در رژیم غذایی میش و بز وارد نمود تا نیازهای نگهداری برآورده شود.

گلیسیرین، که حدود ۱۰ درصد از حجم کل بیودیزل را تشکیل می‌دهد، می‌تواند به عنوان ماده خوراکی دام مورد استفاده قرار گیرد. گلیسرول موجود در این محصول می‌تواند در سنتز گلوکز در دام نقش داشته و به عنوان منبع انرژی برای متابولیسم سلولی عمل نماید. در نشخوارکنندگان، گلیسرول در شکمبه تخمیر شده و اسیدهای پروپیونیک و بوتیریک تولید می‌کند. افزودن گلیسیرین به مقادیر متوسط در رژیم غذایی می‌تواند بازدهی تبدیل خوراک به وزن در دام‌های در حال رشد یا گوشتی را بهبود بخشد.

چغندر قند به طور سالانه تقریباً ۱۳۰ میلیون تن شکر تولید می‌کند که معادل ۳۵ درصد از تولید جهانی است. پالم چغندر قند به عنوان محصول جانبی فرآیند استخراج شکر به دست می‌آید و دارای ۱۸ تا ۲۳ درصد ماده خشک و حدود ۷۵ درصد کربوهیدرات بر اساس ماده خشک است. این محصول از نظر پروتئین خام نسبتاً کم و از نظر مواد مغذی قابل هضم بالا است و عمدتاً به عنوان خوراک گاوهای شیرده مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مناطقی که دامپروری رایج نیست، این محصول گاهی به محل دفن زباله منتقل می‌شود. پالم چغندر قند می‌تواند به عنوان مکمل جیره، ماده حجیم‌کننده یا جایگزین علوفه در جیره‌های نهایی نشخوارکنندگان استفاده شود.

گندم، که حاوی نشاسته، پروتئین و فیبر است، یکی از منابع مهم غذایی و خوراکی به شمار می‌آید. پس از استخراج نشاسته، حدود ۲۵ تا ۴۰ درصد از دانه گندم به صورت محصول جانبی باقی می‌ماند که می‌تواند به عنوان خوراک دام مورد استفاده قرار گیرد. گندمی که معیارهای مصرف انسانی را ندارد نیز می‌تواند در جیره دام‌ها مورد استفاده قرار گیرد. محصولات جانبی مرتبط با جوانه گندم برای تمام دام‌ها مناسب است، در حالی که محصولات فیبری مانند سبوس بیشتر برای نشخوارکنندگان توصیه می‌شود. سبوس گندم محصول جانبی آسیاب خشک گندم است و در صنایع غذایی نیز کاربرد دارد. نسبت فیبر به نشاسته در سبوس بسته به فرآیند آسیاب متفاوت است. محصولات میانه گندم، شامل ترکیبی از سبوس، اندوسپرم و جوانه است و نسبت به سبوس، فیبر کمتر و نشاسته بیشتری دارد. گلوتن گندم به عنوان محصول جانبی آسیاب صنعتی، عمدتاً از جوانه و اندوسپرم حاصل می‌شود و به صورت پلت یا پودر در جیره دام مصرف می‌گردد. پروتئین‌های کم‌وزن گلوتن به ایجاد

ویسکوزیته، چسبندگی و الاستیسیته در خوراک کمک می‌کنند و هیدرولیز آنزیمی این پروتئین‌ها می‌تواند وضعیت آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی دستگاه گوارش خوک و طیور را بهبود دهد.

فرآوری **ذرت** نیز منجر به تولید نشاسته، روغن و چندین محصول جانبی می‌شود که از جمله آن‌ها می‌توان به گلوتن فید ذرت، گلوتن میل ذرت، آرد جوانه ذرت و شیره ذرت اشاره کرد. گلوتن فید ذرت شامل سبوس، شیره و آرد جوانه است و به عنوان خوراک با انرژی و پروتئین بالا برای نشخوارکنندگان، طیور و خوک‌ها استفاده می‌شود. برخلاف نام، گلوتن فید ذرت حاوی پروتئین گلوتن رایج نیست بلکه حاوی زئین و گلوتلین است. گلوتن میل ذرت علاوه بر تغذیه دام، به عنوان منبع رنگدانه و کود آلی نیز کاربرد دارد. آرد جوانه ذرت به عنوان حامل مواد مایع خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرد و ترکیب تغذیه‌ای آن بسته به فرآیند تولید متفاوت است.

سیب‌زمینی و محصولات جانبی آن نیز در تغذیه دام کاربرد دارند. سیب‌زمینی خام می‌تواند به صورت مستقیم به نشخوارکنندگان داده شود، اما برای خوک‌ها باید پخته شود تا نشاسته ژلاتینه و قابلیت هضم آن افزایش یابد. سیب‌زمینی حاوی ۱۰–۱۲ درصد پروتئین خام با ارزش بیولوژیکی بالا و محتوای لیزین زیاد است. پوست سیب‌زمینی می‌تواند در جیره گاوهای شیرده و گاو گوشتی استفاده شود و پس از خشک شدن و ترکیب با پروتئین‌های منعقد شده سیب‌زمینی، به عنوان مکمل متعادل به کار رود. پروتئین‌های سیب‌زمینی از خود غده یا از آب استخراج شده در فرآیند تولید نشاسته به دست می‌آید. پوره، تفاله و آب پروتئینی استخراج‌شده از سیب‌زمینی نیز برای تولید خوراک دام مورد استفاده قرار می‌گیرند.

فرآوری **برنج** به تولید پوسته برنج و سبوس برنج منجر می‌شود. سبوس برنج، اغلب مخلوطی از چند محصول جانبی، به عنوان ماده خوراکی ارزشمند برای دام استفاده می‌شود. با این حال، به دلیل محتوای بالای روغن، امکان فساد در طول نگهداری وجود دارد که استفاده از سبوس بدون چربی این مشکل را کاهش می‌دهد.

۳-۱. محصولات جانبی ناشی از ضایعات غذایی

ضایعات غذایی ناشی از سوپرمارکت‌ها، فروشگاه‌های مواد غذایی، رستوران‌ها و مصارف خانگی، به همراه محصولات جانبی حاصل از فرآوری میوه‌ها و سبزیجات، عموماً غنی از مواد مغذی و ترکیبات بیواکتیو هستند که می‌توانند ارزش تغذیه‌ای و فواید سلامتی قابل توجهی برای دام‌ها فراهم کنند.

محصولات جانبی سبزیجات شامل موادی است که در فرآیند تولید غذایی به دلیل عدم تطابق با معیارهای کیفیت مصرف انسانی یا ضایعات، کنار گذاشته می‌شوند. تخمین زده می‌شود که تا یک‌سوم سبزیجات در این دسته قرار گیرند. این محصولات

جانبی همچنین شامل پوست دانه‌ها از فرآوری غلات و دانه‌های روغنی، پوست ریشه‌ها و سایر سبزیجات و ساقه‌ها و بخش‌های گیاهی است که مستقیماً به عنوان غذا مصرف نمی‌شوند.

محصولات جانبی میوه‌ها یکی از منابع اصلی پسماند شهری هستند که این امر تا حدی ناشی از عمر کوتاه نگهداری میوه‌هاست. پوست یا غلاف میوه‌ها معمولاً در فرآوری حذف می‌شود و مصرف انسانی ندارند. به عنوان نمونه، گریپ‌فروت، موز، پرتقال و خربزه سرشار از کربوهیدرات هستند و علاوه بر کاربرد به عنوان ماده خوراکی دام، می‌توانند به عنوان بستر برای تخمیر بی‌هوازی، تولید پروتئین حشره‌ای یا تولید سوخت‌های زیستی مورد استفاده قرار گیرند. دانه‌های میوه نیز که غنی از مواد مغذی هستند، به عنوان ماده خوراکی قابل بهره‌برداری‌اند، با این شرط که سموم ثانویه موجود در آن‌ها حذف یا غیرفعال شده باشند.

پالم میوه محصولی است که پس از استخراج آبمیوه باقی می‌ماند و شامل دانه‌ها، پوست، پالپ و ساقه‌هاست. این محصول عموماً غنی از فیبر غذایی، آنتی‌اکسیدان‌ها و ترکیبات فنلی است و به دلیل محتوای بالای فیبر، عمدتاً در جیره نشخوارکنندگان استفاده می‌شود. منابع رایج این محصولات شامل سیب، گوجه‌فرنگی، زردآلو، انگور، انبه، خیار، پرتقال و لیمو هستند.

تولید جهانی مرکبات در سال ۲۰۲۲ حدود ۱۵۸.۲ میلیون تن بوده است که چین، برزیل، ایالات متحده و اتحادیه اروپا بزرگترین تولیدکنندگان محسوب می‌شوند. مرکبات منبع ارزشمندی از فیبر، فلاونوئیدها، پلی‌فنول‌ها، قندها، کاروتنوئیدها، اسید آسکوربیک، روغن‌های ضروری و ویتامین‌ها هستند. تقریباً ۵۰ تا ۷۰ درصد از تولید جهانی مرکبات برای آبگیری اختصاص دارد که سالانه حدود ۹۶ میلیون تن پالپ مرکبات به عنوان خوراک دام تولید می‌کند.

پالپ مرکبات می‌تواند به صورت تازه (سیلاج) یا خشک شده مورد استفاده قرار گیرد تا قابلیت حمل و نقل و ذخیره‌سازی آن افزایش یابد. این محصول می‌تواند تا ۳۰–۴۰ درصد ماده خشک جیره را تشکیل دهد. محدودیت‌های استفاده از پالپ تازه شامل عرضه فصلی نامنظم، ناسازگاری شرایط رشد (گرمسیری در مقابل نیمه‌گرمسیری)، هزینه‌های حمل و نقل و فساد سریع محصول است. فرآوری به صورت سیلاج یا خشک‌سازی تا ۹۰ درصد ماده خشک، می‌تواند فساد را کاهش داده و هزینه‌های حمل و نقل را کاهش دهد. فناوری‌های خشک‌سازی خورشیدی و هوایی کم‌مصرف، وابستگی به سوخت‌های غیرقابل تجدید برای فرآوری را کاهش می‌دهند. علاوه بر این، توسعه و اجرای استراتژی‌های آموزشی در سطوح جهانی، منطقه‌ای و ملی می‌تواند تولیدکنندگان را به استفاده از پالپ مرکبات به عنوان ماده خوراکی دام تشویق کند.

۳-۲. نتیجه‌گیری

محصولات جانبی و پسماندهای غذایی مورد بررسی، اگرچه پتانسیل بالایی برای تغذیه دام و افزایش بهره‌وری منابع دارند، اما دارای معایبی نیز هستند و استفاده از آن‌ها بدون توجه به کیفیت، ترکیب مغذی و حضور عوامل ضدتغذیه‌ای یا میکروبی می‌تواند مشکلاتی برای سلامت دام ایجاد کند. به همین دلیل، بهره‌برداری از این منابع باید با احتیاط و تحت نظارت

کارشناسان تغذیه دام و متخصصان فنی انجام شود تا اطمینان حاصل شود که ترکیب غذایی متعادل، میزان مواد مغذی مناسب و ایمنی خوراک تضمین شده است. علاوه بر این، مدیریت صحیح نگهداری، فرآوری و فرموله‌سازی خوراک با هدف کاهش اثرات نامطلوب و افزایش ارزش غذایی محصولات جانبی ضروری است.

۴. فرصت‌های محصولات جانبی حیوانی در زیست‌اقتصاد چرخه‌ای

دامداری منجر به تولید مجموعه‌ای از محصولات می‌شود که پس از خروج از مزرعه برای فرآوری‌های بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این محصولات شامل حیوانات زنده برای کشتار و تولید گوشت و احشاء و همچنین محصولات جانبی مانند شیر، تخم‌مرغ و الیاف حیوانی (پشم، موهیر، موی شتر) می‌شوند. فرآوری دام عمدتاً با هدف تولید محصولات خوراکی، شامل گوشت و احشاء، انجام می‌شود، اما همزمان منجر به تولید طیف گسترده‌ای از محصولات جانبی، باقی‌مانده‌ها و ضایعات می‌شود که قابلیت تبدیل به محصولات جایگزین و انرژی زیستی را دارند. هدایت این مواد به سمت کاربردهای جایگزین و دورکردن آن‌ها از جریان‌های ضایعاتی، عامل کلیدی در تحقق چرخه‌پذیری است.

رندرینگ به‌عنوان مرحله‌ای حیاتی در فرآوری دام، امکان ارتقای ارزش حیواناتی که برای مصرف انسانی تأیید نشده‌اند یا محصولاتی که غیرقابل‌مصرف برای انسان هستند، را فراهم می‌کند. این فرآیند امکان تبدیل باقی‌مانده‌هایی مانند استخوان‌ها، پرها و محتوای دستگاه گوارش دام به محصولات جانبی ارزشمند و انرژی زیستی را فراهم می‌آورد. به‌عنوان مثال، محتوای دستگاه گوارش دام در کشتارگاه‌ها عمدتاً برای تولید انرژی زیستی، تولید کمپوست و کود استفاده می‌شود.

محصولات جانبی حیوانی با ارزش افزوده بالا تولید می‌شوند که کاربردهایی در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی دارند. تکنیک‌های نوین و پایدار استخراج نیز برای بازیابی مولکول‌های ارزشمند موجود در محصولات جانبی صنعت رندرینگ توسعه یافته‌اند، شامل استخراج با پالس الکتریکی، مایکروویو، اولتراسوند، فشار هیدرواستاتیک، سیالات فوق بحرانی، مایعات تحت فشار، آب زیربحرانی، اکستروژن، جداسازی غشایی، تخمیر و استخراج آنزیمی.

با وجود اینکه اصول کلی در سطح جهانی قابل اعمال است، تفاوت‌های منطقه‌ای قابل توجهی در فرآوری دام وجود دارد که اغلب ناشی از چارچوب‌های قانونی متفاوت است. در کشتارگاه‌ها، کشورهای توسعه‌یافته دارای الزامات قانونی مرتبط با رفاه حیوانات هستند، از جمله بیهوشی پیش از کشتار، مگر در موارد کشتار مذهبی و همچنین الزامات بهداشتی و ایمنی غذایی برای جلوگیری از بیماری‌های مشترک بین انسان و دام.

آسیا بزرگ‌ترین تولیدکننده گوشت در جهان است و حدود ۴۰ درصد از تولید جهانی گوشت را تأمین می‌کند. بیشترین سهم تولید دام در این منطقه مربوط به چین است که عمدتاً از طریق گوشت خوک و طیور انجام می‌شود.

مصرف گوشت خوک در چین، کره جنوبی و ویتنام بالاترین میزان را دارد، در حالی که در جنوب و جنوب شرق آسیا، تولید گوشت خوک محدود و بیشتر در ویتنام و تایلند متمرکز است.

چین و هند بزرگ‌ترین تولیدکنندگان گوشت گاو در آسیا هستند و کشورهای دیگر مانند پاکستان، ترکیه و ازبکستان نیز سهم قابل توجهی دارند. در کشورهای پردرآمد آسیا، گوشت گاو، خوک، شتر، بز، گوسفند و طیور منابع اصلی گوشت هستند. پرمصرف‌ترین گوشت‌ها در این منطقه شامل گوشت خوک، مرغ و گوشت گاو است، اما در کشورهای مسلمان مانند ایران، عربستان سعودی و امارات، گوشت‌های حلال مانند گاو، گوسفند و مرغ مصرف می‌شوند و مصرف خون، خوک و گوشت گوشت‌خواران ممنوع است. صنعت فرآوری دام در آسیا علاوه بر تولید گوشت، محصولات جانبی ارزشمندی نیز تولید می‌کند، مانند کنجاله‌های پروتئینی. این محصولات جانبی می‌توانند بخش قابل توجهی از درآمد را تأمین کرده و پتانسیل بالایی برای ایجاد ارزش افزوده دارند. استفاده از فناوری‌های مدرن در مدیریت این محصولات توصیه می‌شود تا از ضایعات جلوگیری و بهره‌وری افزایش یابد.

۵. سیاست‌ها و مقررات

سیاست‌های مرتبط با استفاده از محصولات جانبی در تولیدات دامی عموماً در دو حوزه‌ی اصلی قابل طبقه‌بندی هستند که لازم است در تعامل و هم‌افزایی با یکدیگر مورد بررسی قرار گیرند: سیاست‌های زیست‌اقتصاد (**Bioeconomy Policies**) و سیاست‌های اقتصاد چرخشی (**Circular Economy Policies**). در حالی‌که سیاست‌های زیست‌اقتصاد بر توسعه و بهره‌برداری از زیست‌توده تمرکز دارند ـ که تنها بخشی از آن در چارچوب اقتصاد چرخشی قرار می‌گیرد ـ سیاست‌های اقتصاد چرخشی بر بازچرخانی، بازاستفاده و بازیافت منابع و محصولات تأکید می‌ورزند، حتی زمانی که اجزای مورد استفاده الزاماً زیستی نباشند.

۵-۱. سیاست‌های زیست‌اقتصاد

تا کنون بیش از شصت کشور و منطقه در جهان اسناد سیاستی مرتبط با زیست‌اقتصاد را تدوین و منتشر کرده‌اند که از این میان، بیست‌وچهار کشور دارای سیاست‌های جامع و اختصاصی در این زمینه هستند. این کشورها شامل استرالیا، کاستاریکا، کشورهای شرق آفریقا، اتحادیه اروپا، فرانسه، آلمان، ایرلند، ایتالیا، ژاپن، مالزی، آفریقای جنوبی، اسپانیا، سوئد، تایلند، بریتانیا و ایالات متحده آمریکا هستند.

در اغلب موارد، سیاست‌های زیست‌اقتصاد تمامی منابع زیست‌توده‌ی در دسترس در مقیاس ملی یا منطقه‌ای را پوشش می‌دهند؛ با این حال، برخی کشورها رویکردی تخصصی اتخاذ کرده و تمرکز خود را بر منابع خاصی از زیست‌توده مانند منابع دریایی (به‌عنوان مثال پرتغال) یا منابع جنگلی (نظیر فنلاند و کانادا) قرار داده‌اند.

در برخی کشورهای آفریقایی و در حال توسعه نظیر غنا، کنیا، نیجریه، موزامبیک، سنگال و اوگاندا، سیاست‌های نوظهور زیست‌اقتصاد عمدتاً بر زیست‌انرژی و سوخت‌های زیستی متمرکزند. در مقابل، برخی کشورها با تأکید بر اکتشاف زیستی، تلاش دارند تا دانش بومی و منابع زیستی سنتی را در سیاست‌گذاری‌های خود ادغام کنند. علاوه بر این، در شماری از کشورها سیاست‌های زیست‌اقتصاد در قالب سیاست‌های کلان‌تر، همچون اقتصاد چرخشی، پژوهش و نوآوری، یا توسعه روستایی تعریف شده‌اند.

در سال‌های اخیر، گرایشی روبه‌رشد به هم‌گرایی سیاست‌های زیست‌اقتصاد و اقتصاد چرخشی شکل گرفته است؛ به‌گونه‌ای که سیاست‌های زیست‌اقتصاد امروزی بیش از پیش پتانسیل مواد باقیمانده و پسماندهای زیستی را به‌عنوان منابع قابل استفاده در تولید زیست‌توده به رسمیت می‌شناسند.

در محتوای اغلب این سیاست‌ها، تمرکز اصلی بر تولید پایدار زیست‌توده از منابع کشاورزی و جنگلی است؛ با این حال، پتانسیل زیست‌توده‌های حاصل از فعالیت‌های دامی به‌ندرت به‌صورت مستقیم مورد توجه قرار گرفته است. زیست‌اقتصاد از طریق توسعه‌ی پالایشگاه‌های زیستی، زنجیره‌های ارزش چندمرحله‌ای زیستی، نوآوری‌های زیست‌فناورانه و تولید انرژی زیستی شکل می‌گیرد.

اگرچه تولید مواد غذایی، از جمله محصولات منشأ دامی، به‌طور ذاتی بخشی از زیست‌اقتصاد به‌شمار می‌رود، اما تعداد اندکی از سیاست‌ها به‌طور صریح به آن اشاره کرده‌اند.

در فرآیند سیاست‌گذاری و تعیین اولویت‌ها، دامپروری نقشی کلیدی در بازچرخانی زیست‌توده‌های غیرقابل‌مصرف انسانی از قبیل محصولات جانبی صنایع غذایی و ضایعات خوراکی دارد و می‌تواند آن‌ها را به محصولات باارزش و دارای کاربرد بالا تبدیل کند. از این رو، ضروری است که در چارچوب سیاست‌های زیست‌اقتصاد، برای بخش دامپروری جایگاه ویژه‌ای در نظر گرفته شود. طراحی و اجرای مؤثر سیاست‌ها می‌تواند سهم دامپروری را در تحقق اصول اقتصاد چرخشی و توسعه پایدار به‌طور چشمگیری افزایش دهد.

استفاده از زیست‌توده‌های محلی، به‌ویژه منابع منشأ دامی، می‌تواند وابستگی به منابع فسیلی و غیرتجدیدپذیر را کاهش دهد، بهره‌وری منابع طبیعی را ارتقا دهد و موجبات توسعه‌ی منطقه‌ای و روستایی را فراهم آورد.

با این وجود، هنگام توسعه‌ی کاربردهای جدید زیست‌توده باید اولویت اصلی، یعنی استفاده از آن در تولید مواد غذایی حفظ شود. ازاین‌رو، سیاست‌ها باید ضمن حمایت از تجاری‌سازی و ترویج محصولات زیست‌مبنا از طریق ابزارهایی مانند مشوق‌های مالیاتی، سیاست‌های خرید عمومی و حمایت‌های تحقیقاتی، به‌طور هم‌زمان امنیت غذایی و تغذیه‌ای جهانی را تضمین نمایند.

با وجود این مزایا، سیاست‌های زیست‌اقتصاد با برخی چالش‌ها و انتقادات نیز مواجه‌اند. برخی از این سیاست‌ها به‌طور ضمنی فرض می‌کنند که تولید زیست‌توده ذاتاً پایدار است، در حالی‌که در عمل ممکن است منجر به رقابت میان مصارف غذایی و غیرغذایی، افزایش قیمت مواد غذایی، تغییر کاربری اراضی و حتی تضعیف تنوع زیستی شود. به عنوان مثال، تغییر مسیر مصرف تفاله خشک چغندر از خوراک دام به تولید سوخت زیستی یا گسترش کشت نخل روغنی در مناطق جنگلی استوایی، می‌تواند پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی قابل توجهی داشته باشد.

سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (**FAO**) در سال ۲۰۲۱ با اتخاذ رویکردی جامع، سیاست‌های زیست‌اقتصاد را در چهار بُعد اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و حکمرانی تحلیل کرده و بر ضرورت اتخاذ رویکرد میان‌بخشی و هماهنگ تأکید نموده است. از منظر **FAO**، سیاست‌های زیست‌اقتصاد باید بر تولید، استفاده و بازتولید پایدار زیست‌توده متمرکز باشند تا ضمن ارتقای بهره‌وری منابع، امنیت غذایی و تغذیه‌ای جهانی را در چارچوب اصول توسعه‌ی پایدار تضمین نمایند.

۳-۵. سیاست‌های اقتصاد چرخشی

سیاست‌های اقتصاد چرخشی به‌عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار، بر بهره‌برداری کارآمد از منابع، کاهش تولید پسماند و بازچرخانی مواد و انرژی تمرکز دارند .در چارچوب این سیاست‌ها، هدف اصلی آن است که منابع زیستی و غیرزیستی موجود در چرخه تولید و مصرف تا حد امکان در مدار اقتصادی حفظ شده و از هدررفت آن‌ها جلوگیری شود. در حوزه زیست‌توده، این رویکرد به معنای استفاده از بقایای زیستی، محصولات جانبی و پسماندهای کشاورزی و غذایی برای تولید منابع جدید زیستی است، تا این مواد به جای نابودی یا مصرف در تولیدات نهایی با ارزش پایین (مانند سوخت‌های زیستی)، در چرخه ارزش زیستی باقی بمانند.

با وجود این، در برخی کشورها، چارچوب‌های قانونی مدیریت پسماند استفاده مجدد از بقایای زیستی را محدود کرده و الزام به نابودی آن‌ها را در قوانین گنجانده‌اند که این امر مانعی جدی در مسیر تحقق اهداف اقتصاد چرخشی محسوب می‌شود.
در این الگو، کارایی در استفاده از منابع یکی از اصول بنیادین است. ارزیابی میزان بهره‌وری از دیدگاه فنی، اجتماعی و زیست‌محیطی ضرورت دارد و شاخص‌هایی مانند کارایی فنی، بهره‌وری منابع و شدت انتشار آلاینده‌ها به‌عنوان ابزارهای

کلیدی سنجش عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرند. بهبود این شاخص‌ها، به‌ویژه در بخش کشاورزی و دامپروری، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش فشار بر منابع طبیعی و تقویت پایداری سیستم‌های غذایی ایفا کند.

کاهش وابستگی به منابع طبیعی اولیه و جایگزینی آن‌ها با منابع تجدیدپذیر، بستر مناسبی برای توسعه‌ی راه‌حل‌های بومی و منطقه‌محور فراهم می‌سازد.

در این راستا، فرآیندهای بازیافت و بازچرخانی مواد و محصولات، مصرف منابع فسیلی را کاهش داده و نیاز به استخراج مواد اولیه جدید را محدود می‌سازد. علاوه بر آن، حفظ اجزا در چرخه‌های بسته تولید و مصرف موجب افزایش طول عمر مفید مواد و جلوگیری از خروج ارزش اقتصادی از سیستم می‌شود.

از منظر سیاست‌گذاری، تحقق اقتصاد چرخشی مستلزم فراهم‌سازی مجموعه‌ای از عوامل توانمندساز کلیدی است که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- طراحی محصولات قابل بازیافت و بازاستفاده در پایان عمر مفید؛
- اصلاح نظام‌های مالیاتی و تعرفه‌ای با هدف کاهش انگیزه برای تولید پسماند و آلودگی؛
- ایجاد شفافیت و همکاری میان ذی‌نفعان زنجیره تأمین به‌ویژه در صنایع کشاورزی و غذایی، به‌منظور تسهیل در به‌کارگیری مدل‌های جریان مادی چندمرحله‌ای؛
- توسعه زیرساخت‌های داده‌محور و شاخص‌های سنجش چرخش‌پذیری برای ارزیابی پیشرفت سیاست‌ها و اقدامات در مسیر پایداری.

اجرای مؤثر سیاست‌های اقتصاد چرخشی نیازمند هماهنگی بین‌بخشی، نظارت مستمر و ایجاد انگیزه‌های اقتصادی و قانونی است تا بازیافت و بازچرخانی مواد نه به‌عنوان یک الزام، بلکه به‌عنوان فرصتی برای افزایش بهره‌وری، کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارتقای رقابت‌پذیری صنایع زیستی مورد توجه قرار گیرد.

۵-۳. نظام‌های زیست‌اقتصاد چرخشی

اهداف سیاست‌های زیست‌اقتصاد چرخشی عموماً بر مقابله با چالش‌های جهانی کلیدی مانند تغییرات اقلیمی، امنیت غذایی و امنیت انرژی متمرکز هستند (آرسیک و همکاران[۱۷]، ۲۰۲۲). ر فرآیند تعیین اولویت میان چالش‌های جهانی، لازم است تضادها و مبادله‌های میان‌بخشی مورد توجه قرار گیرند. این تضادها اغلب از تداخل میان اهداف صنعتی و زیست‌محیطی ناشی می‌شوند و می‌توانند تحت تأثیر شرایط بازار نیز قرار گیرند؛ به گونه‌ای که بخش‌هایی که توان پرداخت بیشتری برای محصولات

[17] Arsic et al

جانبی زیست‌توده دارند، نسبت به سایر بخش‌ها در اولویت قرار می‌گیرند. برای مدیریت این پیچیدگی‌ها، برقراری ارتباط مؤثر، شفاف و مستمر میان ذی‌نفعان، سیاست‌گذاران و عموم جامعه ضرورت دارد.

مفهوم صفر پسماند به عنوان یکی از اصول بنیادین زیست‌اقتصاد چرخشی، بر استفاده آبشاری از زیست‌توده تأکید دارد. در این رویکرد، زیست‌توده در مراحل متوالی از برداشت مواد خام تا فرآوری اولیه و سپس استفاده از محصولات جانبی حاصل برای تولید مواد جدید به کار گرفته می‌شود. از این رو، اولویت‌بندی کاربردها و بهره‌برداری آبشاری از زیست‌توده به عنوان راهبردی کلیدی در مدیریت کارآمد منابع، کاهش تعارضات و افزایش هم‌افزایی میان بخش‌ها مطرح است. برای مثال، استفاده از محصولات جانبی ذرت برای تولید انرژی زیستی می‌تواند با نیاز به خوراک دام در تعارض باشد، در حالی که استفاده از محصولات جانبی فرآوری آرد در تغذیه دام نمونه‌ای از هم‌افزایی مطلوب به شمار می‌آید.

اجرای موفق این نظام مستلزم شکل‌گیری هم‌زیستی صنعتی میان بخش‌ها و ذی‌نفعان محلی است که در فعالیت‌های میان‌رشته‌ای و فرابخشی مشارکت دارند. در چنین چارچوبی، تولید هم‌زمان محصولات با ارزش افزوده بالا و پایین بر اساس نیاز و پویایی بازار امکان‌پذیر می‌شود و کارایی چرخه زیست‌اقتصادی بهبود می‌یابد.

۶. نتیجه‌گیری

تحلیل گزارش نشان می‌دهد که آینده نظام دامداری در ایران و جهان، در گرو تغییر پارادایم از الگوی خطیِ «تولید—مصرف—دفع» به الگوی چرخه زیستی است؛ الگویی که در آن منابع، انرژی و مواد مغذی در چرخه‌ای بسته مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرند. این تحول، نه صرفاً انتخابی داوطلبانه بلکه ضرورتی اقتصادی، زیست‌محیطی و امنیتی است.

دامداری مدرن دیگر تنها به تولید پروتئین حیوانی محدود نمی‌شود، بلکه در چارچوب اقتصاد زیستی به عنوان بخشی از زنجیره‌ی تأمین غذا، انرژی و مواد خام زیستی عمل می‌کند. بازچرخانی مواد آلی، استفاده از پسماندها و کود دامی برای تولید انرژی تجدیدپذیر (بیوگاز، بیودیزل و کمپوست) و کاهش وابستگی به واردات نهاده‌ها از مهم‌ترین مسیرهای این گذار به شمار می‌روند.

از دیدگاه محیط زیست، این تحول منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، حفظ تنوع زیستی و افزایش حاصل‌خیزی خاک خواهد شد. از منظر اقتصادی نیز، با استفاده از دستورالعمل‌های جهانی نظیر LEAP Partnership سازمان FAO، می‌توان بهره‌وری تولید را ارتقا داد و هزینه‌های تمام‌شده را کاهش داد. این تغییر رویکرد، ضمن حفظ معیشت دامداران، به تاب‌آوری بالاتر زنجیره‌ی غذایی و کاهش وابستگی ارزی کشور منجر می‌شود.

نتایج گزارش نشان می‌دهد که ترکیب فناوری‌های نوین با مدیریت زیستی دام می‌تواند حلقه‌های گمشده در زنجیره تولید را تکمیل کند. استفاده از محصولات جانبی صنایع کشاورزی و غذایی (نظیر سبوس گندم، کنجاله دانه‌های روغنی، تفاله چغندر و مرکبات، پسماندهای میوه و سبزی) به عنوان خوراک دام، یکی از راهبردهای کلیدی در کاهش رقابت غذایی بین انسان و دام است. این امر هم‌زمان باعث کاهش ضایعات غذایی، بهبود بهره‌وری منابع و کاهش فشار بر زمین‌های زراعی می‌شود.

در بخش فرآوری، توسعه صنایع رندرینگ (Rendering) برای بازیافت ضایعات کشتارگاهی و تولید محصولات ارزشمند نظیر آرد استخوان، چربی حیوانی و پروتئین‌های صنعتی، نه‌تنها ارزش افزوده قابل‌توجهی ایجاد می‌کند بلکه از آلودگی‌های زیستی جلوگیری می‌کند. فناوری‌های نوین استخراج با فشار بالا، مایکروویو یا آنزیمی در صنایع دامی، امکان بازیابی مولکول‌های زیست‌فعال را فراهم کرده و در صنایع دارویی، آرایشی و تغذیه‌ای قابل استفاده‌اند

بنابراین، ارتباط میان بخش‌های دامپروری، کشاورزی، صنایع غذایی و انرژی زیستی باید در قالب یک زنجیره ارزش یکپارچه بازتعریف شود. ایجاد خوشه‌های صنعتی در مناطق دام‌خیز، با تمرکز بر استفاده مجدد از پس‌ماندها، تولید کود زیستی و انرژی تجدیدپذیر، می‌تواند به شکل عملی اقتصاد زیستی را در کشور پیاده کند و ظرفیت اشتغال و صادرات را افزایش دهد.

برای تحقق دامداری پایدار و اقتصاد چرخه زیستی، مجموعه‌ای از اقدامات سیاستی و اجرایی پیشنهاد می‌شود:

۱. **چارچوب نهادی و قانونی :**تدوین استاندارد ملی برای تولید و مصرف خوراک‌های جایگزین، تدوین دستورالعمل مدیریت پسماندهای دامی و کشاورزی و تسهیل سرمایه‌گذاری در پروژه‌های انرژی زیستی.
۲. **تحریک سرمایه‌گذاری سبز :**اعطای مشوق‌های مالیاتی برای واحدهایی که از فناوری‌های کم‌کربن و بازچرخانی استفاده می‌کنند؛ همچنین ایجاد صندوق حمایت از نوآوری در دامداری‌های پایدار.
۳. **آموزش و ترویج دانش زیستی :**برگزاری دوره‌های آموزشی برای دامداران، کارشناسان و صنایع در زمینه‌ی ارزیابی چرخه عمر(LCA) ، بهره‌وری منابع و مدیریت ضایعات.
٤. **دیجیتالی‌سازی زنجیره دام :**توسعه سامانه‌های داده‌محور برای رصد تولید، مصرف منابع و میزان انتشار، با هدف شفافیت و بهبود تصمیم‌گیری.
٥. **هم‌افزایی میان بخش‌ها :**ایجاد مراکز نوآوری بین‌بخشی میان کشاورزی، انرژی و محیط‌زیست برای تسهیل استفاده از ضایعات و فرآورده‌های جانبی.

در نهایت، دستیابی به نظام دامداری پایدار مستلزم **نگاه سیستمی** است؛ نگاهی که دام را نه صرفاً تولیدکننده گوشت و لبنیات، بلکه حلقه‌ای در چرخه بزرگ‌تر امنیت غذایی، سلامت اکوسیستم و اقتصاد ملی بداند. این مسیر، با سرمایه‌گذاری هوشمندانه، سیاست‌گذاری منسجم و مشارکت فعال بخش خصوصی و دولتی، می‌تواند به یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار کشور در دهه آینده تبدیل شود

منابع

1. Muscat, A., De Olde, E. M., Kovacic, Z., De Boer, I. J. M., & Ripoll-Bosch, R. (2021). Food, energy or biomaterials? Policy coherence across agro-food and bioeconomy policy domains in the EU. Environmental science & policy, 123, 21-30 .

2. Krausmann, F., Erb, K. H., Gingrich, S., Haberl, H., Bondeau, A., Gaube, V., ... & Searchinger, T. D. (2013). Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. Proceedings of the national academy of sciences, 110(25), 10324-10329.

3. Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. science, 347(6223), 1259855.

4. San Juan, M. G., Harnett, S., & Albinelli, I. (2022). Sustainable and circular bioeconomy in the climate agenda: opportunities to transform agrifood systems.

5. Reichel, A., De Schoenmakere, M. & Gillabel, J. 2016. Circular economy in Europe: Developing the knowledge base. European Environment Agency report No. 2. Luxembourg, Publications Office of the European Union. [Cited 19 July 2023].

6. Valls-Val, K., Ibáñez-Forés, V., & Bovea, M. D. (2023). Tools for assessing qualitatively the level of circularity of organisations: Applicability to different sectors. Sustainable Production and Consumption, 36, 513-525.

7. Giacometti, C., Mazzon, M., Cavani, L., Triberti, L., Baldoni, G., Ciavatta, C., & Marzadori, C. (2021). Rotation and fertilization effects on soil quality and yields in a long term field experiment. Agronomy, 11(4), 636.

8. Smith, K., Watson, A. W., Lonnie, M., Peeters, W. M., Oonincx, D., Tsoutsoura, N., ... & Corfe, B. M. (2024). Meeting the global protein supply requirements of a growing and ageing population. European journal of nutrition, 63(5), 1425-1433.

9. Soussana, J. F., & Lemaire, G. (2014). Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 190, 9-17.

10. Arsic, M., O'Sullivan, C. A., Wasson, A. P., Juliano, P., MacMillan, C. P., Antille, D. L., ... & Clarke, W. P. (2022). Australia needs a national policy approach to successfully implement circular bioeconomy in agriculture and food systems. Australia: Australian Farm Institute.