تعیین انرژی مصرف‌شده در تولید خوراک کنسانتره طیور (مطالعه موردی: شرکت نیرو سهند تبریز)

محمدعلی میسمی[۱*]، رحمت صحرایی علی‌وردی[۲]

[۱] استادیار گروه آموزشی مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، (maysami@tabrizu.ac.ir)
[۲] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه آموزشی مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز (rsahraei6980@gmail.com)

چکیده

خوراک کنسانتره به‌عنوان نهاده‌ای مؤثر در دامداری‌ها و بالأخص تنها خوراک استفاده‌شده در پرورش طیور صنعتی است. در مطالعه مصرف انرژی در واحدهای پرورش طیور نیاز به تعیین ضریب انرژی مناسبی برای خوراک کنسانتره است. به دلیل نبود ضریب مناسب و مشخص، در مطالعات انجام‌شده، تعیین معادل انرژی خوراک با مشکلاتی مواجه بوده است. تحقیق حاضر به‌منظور بررسی مصرف انرژی در تولید خوراک کنسانتره طیور (مرغ) در شرکت نیرو سهند تبریز انجام شد. انرژی‌های ورودی به کارخانه از مواد اولیه، حمل‌ونقل، الکتریسیته، گاز طبیعی و ماشین‌آلات و تجهیزات بود. کل انرژی ورودی به ازای هر کیلوگرم خوراک طیور ۸/۸۳ مگاژول محاسبه شد. بیشترین مصرف انرژی در تولید خوراک کنسانتره طیور، مربوط به انرژی غیرمستقیم ورودی از مواد اولیه بود. به‌نحوی‌که ۷/۴۵ مگاژول بر کیلوگرم معادل ۸۴/۳۷ درصد از کل انرژی‌های ورودی را به خود اختصاص داد. پس از مواد اولیه، انرژی معادل حمل‌ونقل با ۰/۹۵ مگاژول بر کیلوگرم معادل ۱۰/۷۸ درصد از کل انرژی ورودی بود. در خط تولید کارخانه سه نهاده الکتریسیته، گاز و ماشین‌آلات انرژی‌های مستقیم ورودی را شامل می‌شدند. الکتریسیته در خط تولید با ۰/۲۶ مگاژول بر کیلوگرم و با ۶۰/۷ درصد از کل انرژی مصرفی در کارخانه بیشترین سهم را داشت. این نتایج نشان می‌دهد بیشترین ظرفیت برای کاهش تراکم انرژی خوراک کنسانتره به تولید مواد اولیه در مزارع کشاورزی برمی‌گردد. علیرغم آن، اعمال اصلاحاتی در فرآیندهای حمل‌ونقل و درون کارخانه می‌تواند در افزایش بهره‌وری مؤثر باشد.

کلمات کلیدی: *خوراک کنسانتره طیور، شاخصه‌ای انرژی، هم‌ارز انرژی، کارخانه*

[*] نویسنده مسئول: maysami@tabrizu.ac.ir

تعیین انرژی مصرف‌شده در تولید خوراک کنسانتره طیور (مطالعه موردی: شرکت نیرو سهند تبریز)

مقدمه

توجه به منابع طبیعی محدود و اثرات سوء ناشی از استفاده نامناسب از منابع مختلف انرژی روی سلامتی انسان و محیط‌زیست، لزوم بررسی الگوهای مصرف انرژی را در بخش کشاورزی مهم ساخته است [۱۷]. در ایران هدف اصلی تولیدکننده بخش کشاورزی و صنعت، حداکثر کردن تولید و عملکرد محصول حتی با صرف بیشتر نهاده‌ها و منابع انرژی صورت می‌گیرد. بااین‌وجود، به علت محدودیت شدید منابع فسیلی و خطر اتمام آن‌ها در آینده‌ای نزدیک و همچنین آلودگی‌های زیست‌محیطی و هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف آن‌ها، توجه سیاست‌گذاران و تولیدکنندگان به بهره‌وری انرژی در بخش صنعت و کشاورزی را جلب کرده است. در ایران تنها یک درصد از انرژی‌های مصرفی در کلیه بخش‌ها (کشاورزی، صنعت، خدمات و غیره) از منابع تجدیدپذیر تأمین می‌شود [۱۱]. این در حالی است که به‌صورت بالقوه توانایی بیشتری برای توسعه منابع تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و همچنین بهینه‌سازی مصرف انرژی وجود دارد. بخش کشاورزی و صنایع وابسته به آن به‌منظور پاسخ‌گویی به جمعیت روبه رشد کره زمین و تأمین مواد غذایی کافی و مناسب، به‌شدت به منابع انرژی وابسته است. در عرصه رقابت جهانی در راستای مصرف کمتر (مصرف بهینه) و تولید هرچه بیشتر، کشورها، جوامع و صنایعی موفق‌تر خواهند بود که در این رقابت با تحقیقات و مطالعات، موفق به یافتن و به کار بردن راه‌های جلوگیری از اتلاف انرژی شوند. امروزه هر فرآیند تولیدی در صنعت، به عوامل تولید سرمایه، نیروی کار، انرژی و مواد اولیه به‌کاررفته در آن صنعت بستگی دارد.

خوراک کنسانتره طیور محصولی است که در تغذیه مرغ نقش ارزنده‌ای را ایفا می‌کند. به‌تدریج مواد بهینه تشکیل‌دهنده آن شناخته‌شده و ارزش‌های غذایی آن در اشکال مختلف مصرف اهمیت ویژه‌ای در جیره غذایی طیور پیداکرده است. ایران با دارا بودن ۱۵۳۰۰ واحد پرورش مرغ گوشتی فعال [۱] و تولید بیش از ۲ میلیون تن گوشت مرغ در سال [۱۵] برای تأمین خوراک طیور موردنیاز، وابستگی زیادی به صنایع خوراک کنسانتره طیور دارد. در سال‌های گذشته، روش تهیه جیره غذایی مرغ در واحدهای پرورش مرغ گوشتی به‌صورت سنتی بود. ولی با پیشرفت تکنولوژی و احداث کارخانه‌های تولید خوراک کنسانتره طیور، امروزه اکثر واحدهای مرغداری صنعتی از این نوع خوراک در جیره غذایی استفاده می‌کنند. دخیل دادن ضایعات محصولات کشاورزی در خوراک کنسانتره و بالا بردن بهره‌وری فرآیندهای مرتبط با تولید خوراک کنسانتره، کلید ماندگاری در رقابت صنایع پروتئینی کشور محسوب می‌گردد. در بررسی جریان انرژی مصرفی برای تولید خوراک کنسانتره طیور در واحدهای پرورش مرغ گوشتی و کارخانه‌ها، مطالعات متعددی انجام‌شده است که در ادامه بدان‌ها اشاره خواهد شد. صدرنیا و همکاران [۳] به بررسی و تعیین شاخصه‌ای انرژی در تولید مرغ گوشتی در مشهد پرداختند. در این مطالعه مشخص گردید که به‌طور میانگین انرژی ورودی به مرغداری ۱۲۵ گیگاژول به ازای هر ۱۰۰۰ قطعه مرغ بود. انرژی معادل جیره غذایی ۵۳ گیگاژول به ازای هر ۱۰۰۰ قطعه مرغ بود که ۴۲ درصد از کل انرژی را به خود اختصاص می‌داد. آن‌ها هر کیلوگرم جیره غذایی را معادل ۱۰/۸ مگاژول انرژی در نظر گرفته بودند که فقط شامل انرژی معادل نهاده مواد اولیه بدون احتساب انرژی‌های مصرفی برای فرآوری خوراک بود. واحدی و یونسی [۹] نیز با به کار بردن معادل ۱۰/۸ مگاژول بر کیلوگرم برای خوراک کنسانتره، ۴۲/۵ درصد از کل انرژی مصرف‌شده را از محل خوراک کنسانتره محاسبه کردند که بعد از مصرف سوخت قرار داشت. عمید و مصری گندشمین [۵] در بررسی انرژی مصرفی در مرغداری‌های گوشتی استان اردبیل انرژی ورودی از دان مصرفی را ۳۵٪ از کل انرژی‌های ورودی و بعد از انرژی سوخت، برآورد کردند. آن‌ها معادل انرژی جیره غذایی را ۸ مگاژول بر کیلوگرم در نظر گرفته بودند. یمینی صفت و همکاران

[۸] به بررسی بهره‌وری انرژی در واحدهای پرورش مرغ گوشتی در استان البرز پرداختند. بر اساس یافته‌های آن مطالعه، انرژی معادل جیره غذایی به ازای هر ۱۰۰۰ قطعه مرغ ۲۲۰ گیگاژول در یک دوره پرورشی بود که به‌ازای هر کیلوگرم جیره غذایی ۹/۹ مگاژول محاسبه شد. کیلیچ [۱۸] به بررسی کارایی انرژی در مرغداری‌های گوشتی منطقه بورسا در کشور ترکیه پرداخت. میانگین کل مصرف انرژی در مطالعه وی، ۴۳۸ گیگاژول به ازای ۱۰۰۰ قطعه مرغ بود. انرژی معادل جیره غذایی با ۳۱۰ گیگاژول معادل ۷۰ درصد کل انرژی ورودی بیشترین سهم را به خود اختصاص داد. مقدار انرژی معادل جیره غذایی که شامل انرژی نهاده مواد اولیه و انرژی فرآوری خوراک بود ۱۲/۹۸ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شد. در مطالعات دیگری از کشورهای مختلف [۲۰]،[۲۶]و [۱۲] معادل انرژی خوراک کنسانتره دامی در حدود ۷-۶ مگاژول بر کیلوگرم (با تعدیل برای طیور) در نظر گرفته شده است. اما علیرغم تفاوت شرایط تولید در کشورهای مختلف، این مقدار بیشتر به ارزش متابولیسمی خوراک (گزارش شده توسط تولیدکنندگان) شباهت بیشتری دارد تا تراکم انرژی در تولید آن. علاوه بر تنوع در معادل انرژی خوراک کنسانتره که در مطالعات بالا مشاهده شد، تنوع روش تولید خوراک نیز وجود دارد. اکثر مرغداران، خوراک کنسانتره آماده را از کارخانجات تولید خوراک تهیه می‌کنند. اما برخی از آن‌ها خود مبادرت به تهیه خوراک کنسانتره در داخل مرغداری می‌کنند. در این صورت، محاسبه انرژی مصرف‌شده برای تهیه خوراک یا بر اساس محاسبه بخشی از الکتریسیته کل واحد برای تهیه خوراک صورت می‌گیرد و یا صرفاً انرژی نهاده‌های اولیه مدنظر قرارگرفته و الکتریسیته جزو سوخت کلی مرغداری محاسبه می‌شود.

با توجه به مطالب ذکرشده، در مطالعات گذشته معادل مشخصی برای خوراک کنسانتره مرغی استفاده‌نشده است. با توجه به اینکه ۳۵ تا ۷۰ درصد انرژی ورودی در تولید گوشت مرغ از خوراک گزارش شده است، تفاوت در انرژی معادل خوراک کنسانتره، می‌تواند محل اختلاف زیاد بین نتایج مطالعات باشد. بنابراین، مطالعه حاضر به بررسی مصرف انرژی در تولید خوراک کنسانتره طیور باهدف رسیدن به انرژی معادل دقیق‌تری می‌پردازد. نتایج این تحقیق در مطالعات آینده می‌تواند به‌عنوان معادل انرژی خوراک کنسانتره طیور مورداستفاده قرار گیرد. این مطالعه در کارخانه خوراک دام و طیور نیرو سهند تبریز انجام گردید که جزو عمده تولیدکنندگان خوراک در منطقه شمال غرب کشور می‌باشد.

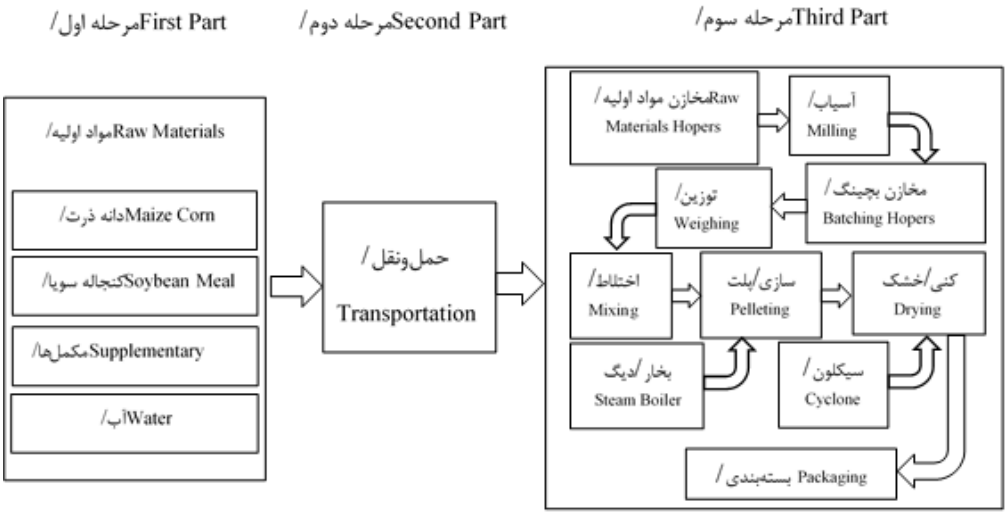
مواد و روش‌ها

این مطالعه باهدف بررسی میزان مصرف انرژی در تولید خوراک کنسانتره طیور انجام گردید. بدین منظور کارخانه خوراک دام و طیور نیرو سهند واقع در شهرستان تبریز استان آذربایجان شرقی صورت گرفت. کارخانه خوراک دام و طیور نیرو سهند تبریز در سال ۱۳۷۰ به‌عنوان اولین کارخانه مجهز و دارای مجوزهای استاندارد با ظرفیت تولید سالانه ۲۰۰ هزار تن انواع خوراک دام و طیور و آبزیان در استان آذربایجان‌شرقی تأسیس گردید.

برای محاسبه مقدار انرژی نهاده و ستانده و همچنین محاسبه شاخصه‌ای انرژی نیاز به جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها در کارخانه موردمطالعه بود که داده‌ها از طرق مختلف ازجمله جمع‌آوری روزانه و با تکرار از خطوط تولید کارخانه، انجام شد. یکی از مهم‌ترین داده‌های موردنیاز مربوط به انرژی الکتریکی و گاز طبیعی مصرفی در خط تولید بود. اندازه‌گیری مصرف الکتریکی به‌وسیله دستگاه کلمپ‌متر DT266 ساخت شرکت Digimeter که قادر به اندازه‌گیری مقاومت، جریان و ولتاژ می‌باشد، انجام گرفت. برای اطمینان از اطلاعات و داده‌های استخراج‌شده در خط تولید کارخانه و همچنین محاسبه انرژی معادل نهاده مواد اولیه و حمل‌ونقل آن به کارخانه با کارشناسان و پرسنل خط تولید مصاحبه و پرسش‌هایی مطرح گردید و دیدگاه‌ها و نظرات آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت.

مطالعه جریان انرژی

خوراک کنسانتره طیور ترکیبی از مواد اولیه‌ای است که از مزارع و منابع مختلف (کارخانه‌ها و صنایع تبدیلی کشاورزی) به کارخانه خوراک طیور حمل می‌گردد. بنابراین، انرژی مصرف‌شده در تولید خوراک شامل سه مرحله: تولید نهاده مواد اولیه (محصول اصلی مزرعه یا محصول جانبی از مزرعه و کارخانجات فرآوری)، حمل‌ونقل مواد اولیه به کارخانه و انرژی مصرف‌شده در خط تولید کارخانه می‌باشد (شکل ۱). انرژی مصرفی در خط تولید شامل انرژی الکتریکی، گاز طبیعی و انرژی معادل استفاده از دستگاه‌ها و تجهیزات می‌باشد.



شکل ۱- طرح‌واره جریان انرژی در تولید خوراک کنسانتره طیور

محاسبه شاخصه‌ای انرژی

با بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی در سامانه‌های تولید محصولات کشاورزی و صنعتی، می‌توان بهره‌وری انرژی آن‌ها را افزایش داد. دو شاخص مهم بهره‌وری انرژی که در این مطالعه استفاده شدند عبارت‌اند از شدت یا تراکم انرژی و نسبت انرژی ورودی به خروجی که به ترتیب زیر تعریف می‌شوند.

شدت یا تراکم انرژی (EI)[1]: برابر است با مجموع انرژی‌های اولیه مصرف‌شده به ازای تولید هر واحد جرم از خوراک کنسانتره که با واحد مگاژول بر کیلوگرم بیان می‌شود (رابطه ۱).

$$EI = \frac{Ein}{M} \qquad (۱)$$

که در آن، E_{in} برابر مجموع انرژی ورودی برحسب مگاژول بر ساعت و M مقدار خوراک کنسانتره تولیدی برحسب کیلوگرم بر ساعت می‌باشند.

نسبت انرژی خروجی به ورودی (OIR)[2]: برابر است با انرژی نهفته در هر واحد خوراک کنسانتره تولیدشده (ارزش حرارتی بالا)، تقسیم بر مقدار انرژی ورودی در تولید آن واحد که مطابق رابطه ۲ محاسبه و برای راحتی فهم با واحد مگاژول بر مگاژول بیان می‌شود [۱۹].

1 Energy Intensity
2 Output Input Ratio

$$OIR = \frac{E_{out}}{E_{in}} \qquad (۲)$$

که در آن، E_{out} انرژی نهفته در خوراک کنسانتره تولیدی (انرژی خروجی) و E_{in} انرژی معادل ورودی در تولید کنسانتره هر دو برحسب مگاژول بر کیلوگرم می‌باشند.

نهاده‌های انرژی به نهاده‌هایی با منبع انرژی مستقیم (DE)[۳] و نهاده‌هایی با منبع انرژی غیرمستقیم (IDE)[۴] تقسیم‌بندی شدند. انرژی مستقیم شامل انرژی‌های حاصل از الکتریسیته، گاز طبیعی و حمل‌ونقل (ناشی از مصرف سوخت وسیله نقلیه) بودند و انرژی‌های غیرمستقیم انرژی معادل نهاده مواد اولیه، دستگاه‌ها و تجهیزات، مواد شیمیایی و مکمل‌های دامی بودند.

محاسبه انرژی ورودی و خروجی

انرژی معادل نهاده‌های ورودی و انرژی معادل خوراک کنسانتره تولیدی از منابع مختلف استخراج شد که در جدول ۱ به آن‌ها اشاره‌شده است. نهاده‌هایی که در مطالعه حاضر در جریان تولید خوراک کنسانتره طیور استفاده شدند شامل: الکتریسیته، گاز طبیعی، ماشین‌آلات، حمل‌ونقل و نهاده‌های تشکیل‌دهنده خوراک کنسانتره که مطابق ترکیب جیره فقط شامل: ذرت، کنجاله سویا، آب و مکمل‌های دامی بود. کنجاله سویا مورداستفاده در کارخانه از استان‌های شمالی کشور تهیه می‌شد. اما ذرت دانه‌ای عمدتاً وارداتی بود. عطف به نامعلوم بودن کشور صادرکننده و پیچیدگی محاسبه انرژی حمل‌ونقل، برای ذرت دانه‌ای از تراکم انرژی میانگین کشوری اشاره‌شده در مطالعه محمدی [۶] استفاده گردید.

جدول ۱ - معادل نهاده‌ها و ستانده‌های انرژی در تولید خوراک کنسانتره طیور

نهاده	واحد	انرژی معادل	منبع
انرژی‌های مستقیم			
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۸/۴	[۲۴]
گاز طبیعی	مترمکعب	۴۹/۵	[۱۹]
انرژی‌های غیرمستقیم			
حمل‌ونقل	تن بر کیلومتر	۱/۶	[۲۳]
موتور الکتریکی	کیلوگرم	۶۴/۸	[۱۴]
فولاد	کیلوگرم	۶۲/۷	[۱۴]
فولاد ضدزنگ	کیلوگرم	۱۰۳	[۱۶]
ورق گالوانیزه	کیلوگرم	۳۵	[۱۰]
ذرت دانه‌ای[۱]	کیلوگرم	۷/۹	[۶]
کنجاله سویا[۱]	کیلوگرم	۷/۹	[۲۱]
مکمل دامی	کیلوگرم	۱/۶	[۲۵]
انرژی خروجی			
خوراک کنسانتره طیور	کیلوگرم	۱۸/۴۴	اندازه‌گیری شد

[۱] هم‌ارزهای محاسبه‌شده برای ایران مطابق مطالعات اشاره‌شده

برای محاسبه انرژی نهاده‌ها از روابطی که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهد شد استفاده گردید.

3 Direct Energy
4 Indirect Energy

انرژی الکتریسیته: در کارخانه‌های تولید خوراک کنسانتره دام و طیور انرژی الکتریکی به‌عنوان یکی از نهاده‌های مصرفی برای فرآوری خوراک می‌باشد. از رابطه ۳ برای محاسبه انرژی الکتریکی استفاده شد [۲].

$$E_e = \frac{W \times E_i}{M} \qquad (۳)$$

که در آن، E_e: انرژی الکتریسیته موردنیاز برای تولید محصول ($MJ\ kg^{-1}$)، W: میزان مصرف انرژی الکتریسیته در یک ساعت (kWh)، E_i: هم‌ارز انرژی الکتریسیته ($MJ\ kWh^{-1}$) و M: میزان تولید محصول در یک ساعت (kg) می‌باشند.

انرژی گاز طبیعی: از گاز طبیعی در کارخانه برای روشن کردن مشعل دیگ بخار استفاده می‌شد. بخار برای فرآیند پختن و پلت کردن نهایی خوراک استفاده می‌شود. از رابطه ۴ برای محاسبه انرژی گاز طبیعی استفاده شد [۷].

$$Eg = \frac{Q_i \times E_i}{M} \qquad (۴)$$

که در آن، E_g: انرژی ورودی از گاز طبیعی مصرفی به ازای واحد جرم محصول (MJ/kg)، Q_i: مقدار گاز مصرف‌شده در یک ساعت (m^3)، E_i: انرژی معادل هر واحد گاز (MJ/m^3) و M: میزان تولید محصول در یک ساعت (kg) است.

انرژی معادل ماشین‌آلات: برای محاسبه انرژی ورودی ناشی از استفاده از ماشین‌آلات از رابطه ۵ استفاده شد [۴].

$$E_m = \frac{(W_m * EC_m) + (W_{mach} * EC_s)}{n * t * M} \qquad (۵)$$

: هم‌ارز انرژی (EC_m)، kg: وزن موتور الکتریکی (W_m)، $MJ\ kg^{-1}$: انرژی مصرفی ناشی از کاربرد تجهیزات و ماشین‌آلات (E_m
: t: عمر مفید ماشین (سال)، n)، $MJ\ kg^{-1}$: هم‌ارز انرژی دستگاه (EC_s)، kg: وزن دستگاه (W_{mach})، $MJ\ kg^{-1}$موتور الکتریکی (
) است.$kg\ h^{-1}$: میزان تولید محصول در یک ساعت (Mمدت‌زمان کارکرد ماشین (ساعت در سال) و

انرژی معادل حمل‌ونقل: هدف از بررسی انرژی معادل حمل‌ونقل این بود که مواد اولیه مصرفی در کارخانه یا از شهرستان‌های داخل استان می‌آمد و یا از دیگر نقاط کشور. مسافت تخمین زده‌شده برای شهرهای استان به‌طور میانگین ۱۰۰ کیلومتر بود. موادی که از سایر شهرهای کشور می‌آمد مسافت تخمینی آن شهر تا کارخانه محاسبه شد. معادل انرژی حمل‌ونقل به‌صورت مقدار انرژی مصرف‌شده در هر تن کیلومتر مسافت ($MJ\ t.km^{-1}$) در نظر گرفته می‌شود که عدد ۱/۶ مگاژول بر تن کیلومتر [۲۳] مناسب تشخیص داده شد.

انرژی معادل نهاده اولیه: محصولات کشاورزی و مکمل‌ها دارای معادل انرژی متفاوتی هستند. پس از محاسبه میزان مصرف هر یک از نهاده‌ها در خوراک کنسانتره طیور (مرغ گوشتی)، آن‌را در میزان شدت انرژی یک واحد آن ضرب شد که نتیجه حاصل سهم انرژی هر یک از نهاده‌های غذایی را نشان می‌دهد. انرژی معادل نهاده‌های کشاورزی از مطالعات متعدد انجام‌شده در این زمینه به‌دست آمد که در جدول ۱ اشاره شدند.

انرژی معادل خوراک کنسانتره تولیدی: مقدار انرژی نهفته در پیوندهایی که مولکول‌ها را به هم متصل می‌کند، به‌طور مستقیم قابل‌اندازه‌گیری نیست. حداکثر مقدار انرژی قابل استحصال از یک ماده در جریان یک فعل و انفعال شیمیائی (سوختن)، می‌تواند توسط کالری‌متر اندازه‌گیری شود. انرژی به‌دست‌آمده با کالری‌متر همان ارزش حرارتی بالا است که محتوای انرژی مواد

خروجی را در سامانه‌های کشاورزی برای محاسبه شاخص نسبت انرژی خروجی به ورودی نشان می‌دهد. کالری که در مطالعات حاضر مورداستفاده قرار گرفت، بمب کالری‌متر اکسیژنی بود که متداول‌ترین نوع می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج محاسبه انرژی ورودی و خروجی برای محصول خوراک کنسانتره طیور به تفکیک نهاده‌های مختلف در جدول ۲ ارائه‌شده است. کل انرژی ورودی در خوراک کنسانتره طیور ۸/۸۳ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شد. در جدول ۲ مقدار انرژی ورودی مختص به هرکدام از نهاده‌ها و درصد مصرف هر یک از آن‌ها ارائه‌شده است. در تولید خوراک کنسانتره طیور در شرکت نیرو سهند تبریز، نهاده مواد اولیه با ۸۴٪ مصرف انرژی معادل ۷/۴۵ مگاژول بر کیلوگرم پرمصرف‌ترین نهاده انرژی بود. از میان نهاده مواد اولیه، در خوراک طیور ذرت دانه‌ای و سویا با ۸۸٪ بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند و نهاده مکمل دامی در رتبه بعدی قرار گرفتند.

مقایسه عدد به‌دست‌آمده در این تحقیق با معادل انرژی به‌کاررفته در مطالعات قبلی مورداشاره در بخش‌های قبل (۱۳-۶ مگاژول بر کیلوگرم) نشان‌دهنده بازه اختلاف ۳۰ درصدی بین نتیجه این مطالعه با برخی از مطالعات دیگر و نیز اختلاف دو برابری هم‌ارز به‌کاررفته در مطالعات قبلی است. همان‌طور که پیشتر اشاره شد، سهم عمده و قابل‌توجه خوراک از انرژی ورودی در واحدهای دامی، می‌تواند باوجوداین اختلاف، منجر به تفاوت فاحش در نتایج تراکم انرژی تولید محصولات دام و طیور گردد. البته وجود اختلاف در معادل انرژی بین مناطق موردمطالعه در اثر تفاوت روش تولید طبیعی است. اما تفاوت در دیدگاه در مطالعات و یا تخمین نامناسب معادل انرژی، می‌تواند منجر به اختلاف نتایج غیرواقعی شود.

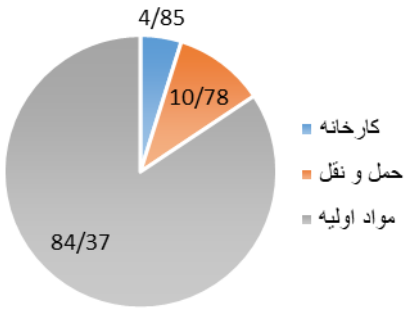
جدول ۲- میزان انرژی‌های ورودی و خروجی برای تولید خوراک کنسانتره طیور

نهاده	واحد	مقدار انرژی	درصد
ورودی*			
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۰/۲۶	۲/۹۴
گاز طبیعی	مترمکعب	۰/۱۴۲	۱/۶
ماشین‌آلات	کیلوگرم	۰/۰۲۶	۰/۳
حمل‌ونقل	تن کیلومتر	۰/۹۵۲	۱۰/۷۸
مواد اولیه	کیلوگرم	۷/۴۵	۸۴/۳۷
خروجی**			
خوراک کنسانتره طیور	کیلوگرم	۱۸/۴۴	۱۰۰

*بر پایه انرژی‌های اولیه **محتوای انرژی بر اساس ارزش حرارتی بالا

در شکل ۲ سهم هر یک از مراحل تولید در تهیه خوراک کنسانتره طیور در شرکت نیرو سهند تبریز نشان داده‌شده است. همان‌طور که اشاره شد، انرژی معادل نهاده مواد اولیه بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است؛ درحالی‌که انرژی حمل‌ونقل

مواد اولیه به کارخانه و انرژی مصرف‌شده در داخل کارخانه بافاصله زیادی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. این امر نشانگر آن است که برای افزایش بهره‌وری انرژی و کاهش تراکم انرژی در تولید خوراک کنسانتره و به‌تبع آن در تولید گوشت مرغ، بیشترین توجه باید روی تولیدات مزرعه‌ای باشد. بااین‌حال، با تهیه مواد اولیه از نزدیک‌ترین فواصل به کارخانه و توجه به کاهش مصرف انرژی الکتریکی و افزایش کارایی دیگ بخار در کارخانه می‌توان مقداری از تراکم انرژی خوراک کنسانتره کاست.



شکل ۲- سهم مراحل مختلف تولید از انرژی مصرف‌شده در تولید خوراک کنسانتره طیور (درصد)

در بعد انرژی خروجی از کارخانه، محتوای انرژی یک کیلوگرم خوراک کنسانتره طیور ۱۸/۴۴ مگاژول بر اساس ارزش حرارتی و از بمب کالری‌متر به‌دست آمد. البته بر اساس نوع دام و طیور، ارزش غذایی و کالریک خوراک، ممکن است بر اساس انرژی متابولیسمی یا موارد اختصاصی دام بیان شود که عددی پایین‌تر از ارزش حرارتی بالا خواهد بود. اما بر اساس ماهیت مطالعات انرژی، ارزش حرارتی بالا باید در محاسبه شاخص‌ها مدنظر قرار گیرد. در جدول ۳ شاخص‌ها و شکل‌های مختلف انرژی در کارخانه خوراک کنسانتره طیور نیرو سهند تبریز برای خوراک کنسانتره طیور نمایش داده‌شده است. هدف نهایی در مطالعات انرژی محاسبه شاخصه‌ای انرژی است [۱۳]. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، شاخصه‌ای مهم انرژی که امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی در سامانه‌ها را مهیا می‌سازد شامل تراکم (شدت) انرژی و نسبت انرژی خروجی به ورودی است [۲۱]،[۲۲]. نسبت انرژی برای خوراک کنسانتره طیور ۲/۰۹ مگاژول بر مگاژول به‌دست آمد. این مقدار نشانگر آن است که علیرغم مصرف انرژی دیگری علاوه بر انرژی مصرف‌شده در مزارع، هنوز محتوای انرژی مواد تولیدشده بیش از تراکم انرژی تولید آن است.

جدول ۳- شاخصه‌ای انرژی تولید خوراک کنسانتره طیور

شاخص‌ها	واحد	مقدار
انرژی خروجی*	مگاژول کیلوگرم	۱۸/۴۴
نسبت انرژی	مگاژول مگاژول	۲/۰۹
شدت انرژی	مگاژول کیلوگرم	۸/۸۲
انرژی مستقیم	مگاژول کیلوگرم	۰/۴۰۲
انرژی غیرمستقیم	مگاژول کیلوگرم	۸/۴۲۸

*بر پایه وزن خشک

مطالعه سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم در کارخانه در تولید خوراک کنسانتره طیور به ترتیب ۴/۶ و ۹۵/۴ درصد از کل انرژی بود. سهم قریب به‌اتفاق انرژی‌های غیرمستقیم بر لزوم توجه به بهینه‌سازی انرژی در نهاده‌ها دارد. همان‌طور که مطرح شد، سهم ۸۸ درصدی کنجاله سویا و ذرت دانه‌ای در خوراک دام نقش عمده در ورود انرژی غیرمستقیم دارد. باید توجه داشت در صورت تغییر نوع جیره و یا تغییر عمده در تراکم انرژی تولید این دو محصول کشاورزی، تراکم انرژی خوراک کنسانتره می‌تواند تغییر یابد. این مورد می‌تواند در مطالعات مرتبط موردتوجه قرار گیرد و در صورت مغایرت با تراکم انرژی اشاره‌شده در جدول ۲ یا ترکیب نهاده‌ها در جیره، ضرایب اصلاحی متناسب با لحاظ سهم نهاده‌های اولیه از کل انرژی اعمال گردد.

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق انرژی ورودی و خروجی در تولید خوراک کنسانتره طیور (عمدتاً مرغ گوشتی) در شرکت تولید خوراک کنسانتره دام و طیور نیرو سهند تبریز موردبررسی قرار گرفت. داده‌های موردنیاز از طریق عملیات میدانی و داده‌برداری مستقیم توسط محقق جمع‌آوری شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده کل انرژی مصرف‌شده که شامل الکتریسیته، گاز طبیعی، انرژی معادل نهاده مواد اولیه، حمل‌ونقل و ماشین‌آلات برای یک کیلوگرم خوراک کنسانتره طیور ۸/۸۳ مگاژول محاسبه شد که بیانگر تراکم (شدت) انرژی تولید خوراک کنسانتره طیور است. انرژی خروجی برای هر کیلوگرم خوراک کنسانتره ۱۸/۴۴ مگاژول اندازه-گیری شد. بنابراین، نسبت انرژی خروجی به ورودی ۲/۰۹ محاسبه شد. انرژی معادل نهاده مواد اولیه مهم‌ترین نهاده ورودی با ۷/۴۵ مگاژول بر کیلوگرم و ۸۴/۴ درصد بیشترین میزان را به خود اختصاص داد. پس از نهاده مواد اولیه انرژی معادل حمل‌ونقل با ۰/۹۵۲ (۱۰/۸ درصد کل انرژی) در رتبه بعدی قرار گرفت. برای جابجایی و انتقال مواد به کارخانه از حمل‌ونقل زمینی استفاده می‌شد. در خط تولید کارخانه انرژی مصرف‌شده شامل الکتریسیته، گاز طبیعی و انرژی معادل ماشین‌آلات بود که مجموعه ۴/۵۲ درصد از کل انرژی را به خود اختصاص می‌داد. انرژی الکتریسیته در خط تولید با ۰/۲۶ مگاژول بر کیلوگرم بیشترین مصرف را داشت و پس‌ازآن گاز طبیعی با ۰/۱۴۲ و انرژی معادل ماشین‌آلات با ۰/۰۲۶ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شد. برای افزایش بهره-وری انرژی در تولید کنسانتره، فرآیند تولید محصولات در مزارع در اولویت بهینه‌سازی قرار دارند. تأمین خوراک اولیه از مزارع اطراف، بهینه‌سازی مصرف برق و گاز طبیعی نیز می‌تواند در کاهش مصرف انرژی در تولید خوراک کنسانتره مؤثر باشد.

قدردانی

از مدیریت محترم شرکت نیرو سهند تبریز و همچنین پرسنل زحمتکش آزمایشگاه و خط تولید کارخانه تقدیر و تشکر می-گردد.

منابع

۱. بی‌نام ۱۳۹۴. .آمارنامه کشاورزی .دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. http://www.maj.ir .
۲. چارلز دسور،ا. و ارنست کوه،س. ۱۳۹۳. نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها- جلد اول. ترجمه پرویز جبه‌دار مارالانی، انتشارات دانشگاه تهران. ۶۴۰ صفحه.
۳. صدرنیا، ح.، خجسته‌پور، م.، عاقل، ح.، و سعیدی رشک علیا، ع. ۱۳۹۶. تجزیه‌وتحلیل سهم نهاده‌های مختلف و تعیین شاخصه‌ای انرژی در تولید مرغ گوشتی شهرستان مشهد. نشریه ماشین‌های کشاورزی، ۷(۱): ۲۹۷-۲۸۵.

۴. صفایی نیا، ع.، محمدزمانی، د.، شهرامی،ا.۱۳۹۴. ارزیابی شاخصه‌ای انرژی در مرغداری‌های گوشتی استان قزوین با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها .فصلنامه مهندسی زیست سامانه، ۴(۹).

۵. عمید،س. و مصری گندشمین، ت. ۱۳۹۵. مدل‌سازی راندمان انرژی در تولید مرغ گوشتی به کمک رویکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی پرسپترون (مطالعه موردی: استان اردبیل)، مجله تحقیقات تولیدات دامی، ۵(۲): ۸۵-۷۳.

۶. محمدی،س.، میسمی، م.ع. و عجبشیرچی، ی. ۱۳۹۵. طراحی و پیاده‌سازی پایگاه داده مناسب برای مطالعات انرژی تولید محصولات کشاورزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

۷. مسماری، آ .بهرامی، ه.، الماسی، م .و شیخ داودی، م .۱۳۹۰ . ارزیابی مصرف انرژی خط تولید چوب – پلاستیک مدل MD90 و ارائه راهکارهایی جهت بهبود مصرف انرژی .پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران.

۸. واحدی،ا. و یونسی الموتی، م. ۱۳۹۵. اندازه‌گیری شاخصه‌ای انرژی تولید مرغ گوشتی استان البرز، مجله تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی، ۱۷(۶۷): ۵۴-۴۱.

۹. یمینی صفت، م.، برقعی، ع .م.، بهشتی، ب.، و باخدا، حسین .۱۳۹۴. مدل‌سازی کارایی واحدهای تولیدی مرغ گوشتی در استان البرز با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و تأثیر سطوح تحصیلات بر شاخص نسبت انرژی. هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی(بیوسیستم)و مکانیزاسیون ایران،مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد.

10. Baird, G., Alcorn, A. and Haslam, P. 1997. The energy embodied in building materials up-dated New Zealand coefficients and their significance. Transactions of the Institution of Pro-fessional Engineers NewZealand (IPENZ): Civil Engineering Section 24(1), 46.
11. Bakhoda, H., Almassi, M., and Moharamnejad, N. 2012. Energy production trend in Iran and its effect on sustainable development. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16: 1335-1339.
12. Bayani, A., Abolhasani, L., and Shahnoushi Froushani, N. 2016. Energy Flow in Conventional Dairy Farms with Emphasis on CO2 Emission from Electricity Generation and Use of Technical Equipment and Machines. Journal of Agroecology, 8 (2): 251-262.
13. Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I. and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya region, Turkey. Energy Conversion and Management 46(4): 655-666.
14. Chauhan, N. S., Mohapatra, P. K. J., and Pandey, K. P. 2006. Improving energy productivity in paddy production through benchmarking-An application of data envelopment analysis. Energy Conversion and Management 47: 1063-1085.
15. FAO and WFP. 2010. The state of food insecurity in the world: addressing food insecurity in protracted crises. Rome, 2010.
16. GEMIS (Global Emission Model for Integrated Systems). 2006: Version 4.3. Öko-/Institut Freiburg i. Br. (Institut für angewandte Ökologie e.V.). http://www.iinas.org/gemis-de.html.
17. Hatirli, S. A., Ozkan, B., and Fert, K. 2005. An econometric analysis of energy input Output in Turkish agriculture. Renewable and Sustainable Energy Reviews 9: 608-623.
18. Kilic. I. 2016. Analysis of the energy efficiency of poultry houses in the Bursa region of Turkey. Journal of Applied Animal Research 44(1), 165–172.

19. Kitani, O., T. Jungbluth, R. M. Peart, and Ramdani, A. 1999. Energy CIGR handbook of agriculture.
20. Kraatz. S. 2012. Energy intensity in livestock operations – Modeling of dairy farming systems in Germany. Journal of Agricultural Systems 110, 90–106.
21. Maysami, M.A. 2014. Energy efficiency in dairy cattle farming and related feed production in Iran. Humbpltd Universitat zu Berlin.
22. Mohammadi, A. 2008. Efficiency measurement of the broilers producers by the use of data envelopment analysis (Case study: Fars Province). Agricultural Economics and Development 16(63): 89-116.
23. Ortiz-Canavate, J. and Hernanz, J. L. 1999. Energy for biological systems. CIGR Handbook of agricultural enginering, pub. ASAE, USA, Vol. 5, Energy and Biomass Engineering, ed. Kitani, O., pp. 13-24.
24. Ozkan, B., Akcoaz, H. and Fert, C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agricul- ture. Renewable Energy 29(1), 39-51.
25. Sainz, R.D. 2003. Livestock-environment initiative fossil fuels component: Framework for calculating fossil fuel use in livestock systems. Home page address: www.fao.org.
26. Uzal seyfi, S. 2013. Comparison، of the Energy Efficiency of Dairy Production Farms Using Different Housing Systems. Environmental Progress & Sustainable Energy, Wiley Online Library.

Determination of Energy Consumption in Poultry Concentrate Feed Production (Case Study: Niroo-Sahand Tabriz Co.)

Mohammad Ali Maysami[1*], Rahmat Sahraei Alivardi[2]

1. Department of Biosystems Engineering, University of Tabriz (maysami@tabrizu.ac.ir)
2. Department of Biosystems Engineering, University of Tabriz (rsahraei6980@gmail.com)

Abstract

Concentrate feed is the most important feedstuff in animal husbandry especially in poultry. In energy analysis of poultry farming, determining a suitable energy equivalent for concentrate feed is essential. Its absence caused to use of different methods or various amounts in energy analysis studies. The present study was conducted to measure the energy consumption amount in poultry (broiler) concentrate feed production in Tabriz Niroo Sahand Co. The energy inputs consisted of raw materials, energy of transportation, electricity, natural gas and energy equivalent of machinery and equipment. The results indicated that the total input energy per kilogram of concentrate feed was 8.83 MJ. The highest share of energy consumption in the production was related to indirect energy inputs through the raw materials with an amount of 7.45 MJ/kg equals to 84.37% of the total input energy. The energy input from transportation was 0.95 MJ/kg, equivalent to 10.78 % of the total energy. The energy input in the production line of the factory consisted of electricity, natural gas and machineries. Electric energy input was 0.26 MJ/kg of feed, with 60.7% of the total energy consumed inside of the factory. These results, indicate that the highest capacity for energy consumption improvement belongs to feed production in agricultural feeds. However, reduction of transportation distances and electric energy consumption in the factory can cause to reduction of energy intensity of concentrate feedstuff.

Key words: Poultry Concentrate Feed, Energy Equivalent, Energy Intensity, Factory

*Corresponding author
maysami@tabrizu.ac.ir