



کاربرد تغذیه‌ای تفاله زیتون در دام‌های شیری: ترکیب شیمیایی، پیامدهای آن بر کیفیت و تولید شیر، قابلیت هضم مواد مغذی، اقتصاد و محدودیت‌ها

رضا طارمیان^۱

۱- دانشجوی ارشد تغذیه دام دانشگاه تبریز reza77taromi@gmail.com

چکیده

صنعت تولید روغن زیتون حجم قابل توجهی از محصولات جانبی را تولید می‌کند که در صورت مدیریت نادرست، می‌توانند اثرات منفی بر منابع آب، اکوسیستم‌های آبی، کیفیت خاک و حتی جو داشته باشند. فرآیند استخراج روغن زیتون منجر به تولید چندین نوع پسماند می‌شود که در گذشته به‌عنوان ضایعات در نظر گرفته می‌شدند. بهره‌گیری از این بقایا به‌عنوان منابع جایگزین خوراک دام، در راستای اصول اقتصاد چرخشی بوده و می‌تواند به پایداری بیشتر نظام‌های کشاورزی-غذایی، حفظ منابع طبیعی و کاهش اثرات زیست‌محیطی تولیدات دامی کمک کند. از این رو، استفاده صحیح و هدفمند از محصولات جانبی صنایع غذایی، اهمیت فراوانی داشته و مستلزم توجه و ارزیابی مستمر است.

تفاله زیتون، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات جانبی استخراج روغن زیتون، می‌تواند به‌عنوان یک منبع خوراکی اقتصادی و در عین حال مغذی در تغذیه دام مورد استفاده قرار گیرد. این ماده عمدتاً شامل بخش خمیری میوه، هسته، پوست و آب گیاهی است. پس از خشک‌کردن، تفاله زیتون به محصولی پایدار تبدیل می‌شود که قابلیت نگهداری و مصرف در جیره دام را دارد. فرآورده‌های جانبی زیتون می‌توانند به اشکال مختلفی در جیره دام به کار روند؛ از جمله به‌صورت تازه، سیلوشده یا خشک، و یا به‌عنوان یکی از اجزای کنسانتره‌های پلت شده و بلوک‌های خوراکی چندمغذی. در میان این اشکال، تفاله زیتون خشک به دلیل سهولت نگهداری و ثبات بیشتر، یکی از کاربردی‌ترین گزینه‌ها محسوب می‌شود.

تفاله زیتون به‌عنوان محصول جانبی صنعت روغن‌کشی، سرشار از ترکیبات فنولی و اسیدهای چرب مفید است که نقش مهمی در ارتقای سلامت و بهبود عملکرد تولیدی دام ایفا می‌کنند. با این حال، اگرچه این ویژگی‌ها نشان‌دهنده ظرفیت بالقوه بالای آن به‌عنوان یک ماده خوراکی هستند، اما اطلاعات موجود درباره اثرات اختصاصی آن بر شاخص‌های تولیدی دام همچنان محدود است.

این مقاله مروری با هدف بررسی تأثیر استفاده از تفاله زیتون در جیره دام بر تولید شیر، عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، ضریب تبدیل خوراک و وضعیت کلی سلامت دام تدوین شده است. به‌طور کلی، نتایج مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از تفاله زیتون در جیره می‌تواند نتایج رضایت‌بخشی به همراه داشته باشد و به‌عنوان یک منبع مغذی کم‌هزینه، ضمن افزایش بهره‌وری، کیفیت فرآورده‌های دامی را نیز بهبود بخشد.

کلمات کلیدی: دام، تفاله زیتون، تغذیه، پسماند، تولید، کیفیت، شیر، قابلیت هضم، تخمیر، کارایی، خوراک جایگزین، اسیدهای

چرب، اقتصاد



۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی، تحولات اقتصادی جهانی و افزایش تقاضای صنعت غذا، به‌طور قابل توجهی بر دسترسی و هزینه مواد خوراکی رایج برای دام‌ها تأثیر گذاشته‌اند. [۱] محدودیت زمین‌های چرا در بسیاری از مناطق، چالش حفظ سیستم‌های تولید دام اقتصادی را تشدید کرده است. [۲] در نتیجه، شناسایی جایگزین‌های خوراکی پایدار و کم‌هزینه ضروری شده تا پایداری اقتصادی و زیست‌محیطی دامپروری تضمین شود. استفاده از محصولات جانبی کشاورزی-صنعتی به عنوان مواد خوراکی با اصول اقتصاد چرخشی همسو است و به کاهش ضایعات، حفظ منابع و کمینه کردن اثرات زیست‌محیطی کمک می‌کند [۳]

صنعت روغن زیتون، به ویژه در کشورهای مدیترانه‌ای مانند یونان، ایتالیا و اسپانیا، حجم بالایی از محصولات جانبی تولید می‌کند؛ به‌طوری که حدود ۸۰۰ کیلوگرم تفاله زیتون و ۲۰۰ کیلوگرم روغن از هر ۱۰۰۰ کیلوگرم میوه زیتون تولید می‌شود [۴]، [۵]، [۶] تفاله زیتون، باقیمانده جامد پس از استخراج روغن، عمدتاً از پالپ، پوست، هسته و آب گیاهی تشکیل شده است [۷] بسته به روش استخراج، می‌توان آن را به صورت تازه، سیلو شده یا خشک به عنوان ماده خوراکی استفاده کرد. [۸] تفاله زیتون خشک‌شده (DOP) پایدارترین و قابل مدیریت‌ترین شکل آن محسوب می‌شود و منبع ارزشمندی از مواد مغذی و ترکیبات زیست‌فعال مانند فنول‌ها و اسیدهای چرب مفید برای سلامت و تولید دام فراهم می‌کند [۹]

مطالعات پیشین استفاده از تفاله زیتون را در رژیم‌های مختلف دام‌ها با نتایج امیدوارکننده بررسی کرده‌اند. این ماده به صورت خام، درمان شده با قلیا یا سیلو شده مورد استفاده قرار گرفته و اثر منفی بر تولید شیر یا عملکرد رشد نداشته است. [۴] [۱۰] در نشخوارکنندگانی مانند گاوهای شیری، میش‌ها، بزها و شترها، افزودن تفاله زیتون به رژیم به طور کلی ترکیب و تولید شیر را مختل نکرده است. [۱۱] [۱۲] [۱۳] [۱۴] برخی مطالعات حتی افزایش مصرف ماده خشک (DM) و بهبود کیفیت لاشه در بره‌ها را گزارش کرده‌اند. [۱۵] [۱۶] [۱۷] با این حال، اختلافاتی نیز وجود دارد؛ به طوری که برخی تحقیقات کاهش قابلیت هضم مواد مغذی، از جمله ماده خشک و بخش‌های فیبری مانند فیبر ساختاری (NDF) و فیبر مقاوم (ADF) و همچنین توازن نیتروژن در سطوح بالاتر افزودن را گزارش کرده‌اند. [۱۸] [۱۹] [۲۰]

با وجود این نوسانات، افزودن تفاله زیتون به رژیم نشخوارکنندگان با بهبود پروفایل اسیدهای چرب در شیر و گوشت، به ویژه به دلیل محتوای بالای اسید اولئیک، همراه بوده است. [۲۱] [۲۲] [۲۳] علاوه بر این، تغذیه با تفاله زیتون مزایای اقتصادی بالقوه‌ای مانند کاهش هزینه خوراک و کمک به مدیریت پایدار ضایعات فراهم می‌کند. [۲۴] [۲۵] علاقه فزاینده به محصولات دامی با کیفیت بالا و دوستدار محیط زیست نیز تحقیقات بیشتری را در مورد محصولات جانبی زیتون به عنوان مواد خوراکی عملکردی تشویق کرده است. با این حال، با وجود افزایش مطالعات، ادبیات موجود هنوز تحلیل یکپارچه و انتقادی از تأثیر ترکیبات زیست‌فعال تفاله زیتون بر پارامترهای سلامت و بهره‌وری در گونه‌های شیری ارائه نکرده است. با توجه به شواهد موجود اما پراکنده، این مرور پژوهشی هدف دارد تا یک نمای کلی به‌روز از ترکیب شیمیایی تفاله زیتون ارائه دهد و اثرات آن بر تولید شیر، کیفیت شیر، قابلیت هضم مواد مغذی، امکان‌سنجی اقتصادی و محدودیت‌های تغذیه‌ای در دام‌های شیری را خلاصه کند.



۲. ترکیب شیمیایی تفاله زیتون

برای ارزیابی مناسب بودن منابع خوراکی جایگزین، آگاهی دقیق از ترکیب مواد مغذی آن‌ها ضروری است. از آنجا که این محصولات جانبی می‌توانند دارای طیف متنوعی از ترکیبات تغذیه‌ای باشند، پیش از استفاده در جیره دام باید شاخص‌هایی نظیر ماده خشک (DM)، پروتئین خام (CP)، الیاف ساختمانی، الیاف مقاوم و میزان چربی آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد [۲۶] [۲۷] در مناطقی مانند جنوب پنجاب، به دلیل بارندگی محدود و کمبود منابع آبی، مراتع و علوفه‌های مرتعی به راحتی در دسترس نیستند. در نتیجه، بخش عمده‌ای از دام‌ها به کاه گندم و جو به عنوان منبع اصلی خوراک وابسته‌اند. با این حال، این منابع علاوه بر ارزش غذایی پایین و قابلیت هضم ضعیف، از نظر اقتصادی نیز چندان مقرون به صرفه نیستند. [۲۸]

ترکیب شیمیایی تفاله زیتون (شکل ۱) تحت تأثیر عواملی نظیر زمان برداشت، روش استخراج روغن، میزان رسیدگی میوه و منطقه کشت قرار دارد. به طور معمول و بر پایه ماده خشک، این محصول حاوی حدود ۵۱ درصد ماده خشک، ۹۵ درصد ماده آلی (OM)، ۵/۶ درصد پروتئین خام (CP)، ۵۴ درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، ۳۷ درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و ۲۲ درصد عصاره اتری (EE) است [۶] تفاله زیتون همچنین منبع غنی بتاکاروتن، کاروتنوئیدها و لوتئین محسوب می‌شود که می‌تواند موجب تشدید رنگ زرد چربی در گوشت بره گردد. [۲۹]

میزان ترکیبات پلی فنولی موجود در تفاله زیتون تا حد زیادی به روش استخراج روغن وابسته است. مراحل خرد کردن، مالاکسایون و خشک کردن از مهم‌ترین مراحل این فرآیند هستند، زیرا می‌توانند موجب کاهش یا توقف فعالیت ترکیبات زیست فعال موجود در تفاله شوند [۳۰] از جمله ترکیبات زیست فعال موجود در تفاله زیتون می‌توان به مشتقات اولئوروپئوزید (مانند oleuropein و verbascoside) فلاوانول‌ها (catechins)، فلاونوئیدها (luteolin، luteolin-7-glucoside، diosmetin، diosmetin-7-glucoside، rutin، apigenin-7-glucoside) و ترکیبات فنولی ساده (tyrosol، hydroxytyrosol، vanillic acid، vanillin و caffeic acid) اشاره کرد. [۳۱]

وجود این ترکیبات زیست فعال، زمینه مناسبی برای استفاده از فرآورده‌های جانبی زیتون در تغذیه دام فراهم می‌کند؛ به‌ویژه از منظر بهبود وضعیت سلامت، ارتقای شاخص‌های تولیدی و افزایش کیفیت فرآورده‌های دامی.



شکل ۱. تفاله زیتون

صنعت خوراک دام. تفاله زیتون سرشار از بقایای روغن است و دارای فیبر خوب، پروتئین خام پایین، ماتریکس لیگنوسلولزی، اسیدهای چرب غیر اشباع، اسیدهای چرب اشباع، ترکیبات فنلی و توکوفرول‌ها می‌باشد. همه این ترکیبات



آنتی اکسیدان های بسیار خوبی هستند [۹] ترکیب مواد مغذی تفاله زیتون در مقالات علمی گزارش شده است، همانطور که در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. ترکیب مواد مغذی تفاله زیتون گزارش شده در منابع علمی

منبع	ماده خشک (DM)	پروتئین خام (CP)	عصاره اتری (EE)	فیبر خام (CF)	خاکستر کل	انرژی (کیلوکالری در کیلوگرم)
Martin Garcia و همکاران (2003)	87.10	7.88	0.13	-	-	4560 (GE)*
Molina-Alcaide و Yáñez-Ruiz (2008)	80.50	7.26	5.45	41.10	-	4804 (GE)*
Zarei و همکاران (2011)	87.00	10.20	-	24.00	-	-
Afsari و همکاران (2013)	93.00	6.10	7.60	48.20	7.40	-
Al-Harathi و Attia (2016)	-	5.20	11.80	14.10	20.40	1600 (ME)*
Abd El-Galil و همکاران (2017)	-	9.10	9.00	18.50	7.50	2463 (ME)*
Nasopoulou و همکاران (2018)	94.10	9.80	18.30	21.50	7.10	4400 (ME)*
El-Moneim و Sabic (2019)	87.20	9.70	10.70	20.00	8.00	-
Ibrahim و همکاران (2019)	90.01	10.70	12.00	24.00	7.50	3751 (ME)*
Rebollada-Merino و همکاران (2019)	87.80	6.40	3.00	27.70	7.70	-
Iannaccone و همکاران (2019)	67.20	7.80	15.50	-	-	-
Papadomichelakis و همکاران (2019)	94.50	8.60	17.50	27.50	-	2675 (ME)*
Pappas و همکاران (2019)	93.00	6.10	7.60	48.20	7.40	2675 (ME)*
Quero و همکاران (2022)	93.83	5.66	12.06	-	4.55	-



Abdelhamid و	66.22	9.43	9.53	31.49	3.16	-
--------------	-------	------	------	-------	------	---

(2025) همکاران

۳. اثرات تفاله زیتون بر عملکرد و ترکیب شیر

بهبود بالقوه ترکیب شیر در نشخوارکنندگان با استفاده از تفاله زیتون معمولاً با پروفیل اسیدهای چرب شیر مرتبط است. [۲۵] تفاله زیتون به عنوان یک جایگزین سالم و پایدار در تغذیه دامها شناخته می شود و می تواند هزینه های تغذیه را کاهش داده و کیفیت فرآورده های لبنی را افزایش دهد. [۳۳] مطالعات نشان داده اند که مکمل گذاری تفاله زیتون در سطح پایین در جیره های نشخوارکنندگان کوچک باعث افزایش کیفیت و تولید شیر و بهبود ارزش تغذیه ای آن می شود. [۳۴] جیره غذایی حیوانات نقش کلیدی در بیهیدروژناسیون (BH) در شکمبه دارد و کیفیت خوراک به طور مستقیم ترکیب اسیدهای چرب شکمبه ای و در نتیجه کیفیت و کمیت شیر و گوشت را تحت تأثیر قرار می دهد. جایگزینی ۱۵٪ تفاله زیتون در جیره، محتوای چربی کل (EE) جیره را به حدود ۶۰٪ افزایش می دهد. [۳۵] منابع اسید چرب در جیره عمدتاً بر ترکیب اسیدهای چرب شیر تأثیرگذار هستند.

اسید اولئیک (C18:1 cis-9) به عنوان اسید چرب اصلی تفاله زیتون بیشترین سهم را دارد. اسید پالمیتیک (C16:0) و اسید لینولئیک (C18:2 cis-9, cis-12) نیز در مقادیر قابل توجهی حضور دارند، اما میزان اسید استئاریک (C18:0) و اسید لینولنیک (C18:3 cis-9, cis-12, cis-15) در تفاله زیتون خشک بسیار پایین تر است. [۳۶]

معمولاً افزودن پلی فنول ها به جیره نشخوارکنندگان موجب کاهش بیهیدروژناسیون اسیدهای چرب چنداشباع شده (PUFAs) از طریق تأثیر بر جمعیت و فعالیت میکروبی می شود. وجود پلی فنول ها جریان اسیدهای چرب بیواکتیو مانند اسید واکسنیک (VA; trans-11 C18:1) را به دوازدهه افزایش می دهد و بدین ترتیب ارزش تغذیه ای چربی شیر ارتقا می یابد. از آنجایی که تفاله زیتون غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع مفید برای سلامت مانند اسید لینولئیک و اولئیک است، می تواند ترکیب لیپیدی شیر را از طریق تأمین انرژی بالاتر تحت تأثیر قرار دهد و تولید شیر و گوشت را بهبود دهد.

تفاله زیتون، به ویژه به دلیل غنی بودن از اسید اولئیک، می تواند محتوای اسید اولئیک در چربی شیر را افزایش دهد، در حالی که اسید لینولئیک به اندازه اسید اولئیک فراوان نیست اما به پروفیل کلی اسیدهای چرب شیر و گوشت کمک می کند [۳۷] [۳۸] با این حال، مکمل گذاری تفاله زیتون تأثیری بر مقدار شیر تولیدی ندارد و از نظر اقتصادی نیز همیشه مقرون به صرفه نیست. [۲۰] [۱۶]

مطالعات [۴۰] نشان داده اند که فرآورده های جانبی زیتون از نظر قابلیت هضم، دسترسی به پروتئین، خوشایندی و تولید پروتئین میکروبی پایین تر هستند، احتمالاً به دلیل محتوای بالای پلی فنول که می تواند آنزیم های خارج سلولی ترشح شده توسط میکروفلور شکمبه را مهار کند. همچنین مشاهده شد که تغذیه با «یک تفاله زیتون بدون هسته» باعث کاهش بیهیدروژناسیون اسیدهای چرب C18 در شکمبه و کاهش سطح اسید استئاریک، همزمان با افزایش غلظت اسید واکسنیک می شود، که احتمالاً به تغییرات در فعالیت و جمعیت میکروبی مرتبط است.



در شیر بز، به دلیل ایزومریزاسیون اسید لینولئیک و دهیدروژناسیون اسید واکسینیک در شکمبه و غده پستانی، غلظت‌های بالاتری از اسیدهای لینولئیک مزدوج و اسید رومنیک مشاهده شد. [۳۴]

اسیدهای چرب اشباع (SFA) مانند اسید استئاریک و پالمیتیک در چربی بسیاری از مواد خوراکی، از جمله تفاله زیتون، شایع هستند. با این حال، وجود اسید واکسینیک در محصولات نشخوارکنندگان اغلب کاهش می‌یابد، زیرا میکروب‌های شکمبه آن را به اسید استئاریک تبدیل می‌کنند. مطالعات *in vitro* نشان داده‌اند که تفاله زیتون تأثیر قابل توجهی بر PUFAs، به ویژه اسید لینولئیک، دارد. [۴۰]

تغذیه با تفاله زیتون باعث افزایش نسبت UFA/SFA و کاهش شاخص‌های آترژنی و ترومبوژنیک شیر می‌شود. همچنین سهم اسیدهای چرب کوتاه و متوسط کاهش و اسید اولئیک افزایش می‌یابد [۴۱] [۴۲]. با این حال، نتایج مطالعات مختلف متفاوت است و احتمالاً به دلیل سطح متفاوت مکمل‌گذاری و تعامل آن با جیره‌های مختلف است [۳۳] [۳۴] [۴۲] [۲۵]. در مورد اوره شیر، تفاله زیتون تأثیری مشابه تانن‌ها بر متابولیسم پروتئین جیره ندارد [۴۳]. کاهش اسیدهای چرب کوتاه و متوسط در شیر حیوانات تغذیه‌شده با تفاله زیتون احتمالاً به کاهش سنتز چربی در غده پستانی مرتبط است.

تغذیه با تفاله زیتون باعث افزایش اسید اولئیک و α -لینولنیک اسید در چربی شیر می‌شود، در حالی که تغییر قابل توجهی در غلظت اسید رومنیک رخ نمی‌دهد [۴۳]

افزودن تفاله زیتون خشک به جیره ترکیب کلی شیر را تغییر نمی‌دهد، اما بر میزان پروتئین و اوره شیر تأثیر دارد که در محدوده مطلوب ۲۳-۳۵ mg/100 mL باقی می‌ماند. [۴۴] تغذیه با تفاله زیتون باعث افزایش اسیدهای چرب بلند زنجیر، اولئیک اسید، ایزومرهای ترانس آن و اسیدهای چرب مزدوج لینولئیک در شیر می‌شود و نسبت MUFA به ویژه به دلیل اولئیک اسید افزایش و SFA و شاخص‌های آترژنی و ترومبوژنیک کاهش می‌یابد (شکل ۲). [۴۵]

معمولاً مقدار شیر تحت تأثیر مکمل‌گذاری با تفاله زیتون خشک قرار نمی‌گیرد. با این حال، نتایج مطالعات متنوع و گاهی متناقض هستند که ناشی از تفاوت نوع تفاله (خام، سیلو شده، خشک یا بدون هسته)، روش استخراج، میزان افزودن و وضعیت تغذیه‌ای اولیه حیوانات است [۲۳] [۴۵] [۲۰] [۱۹]

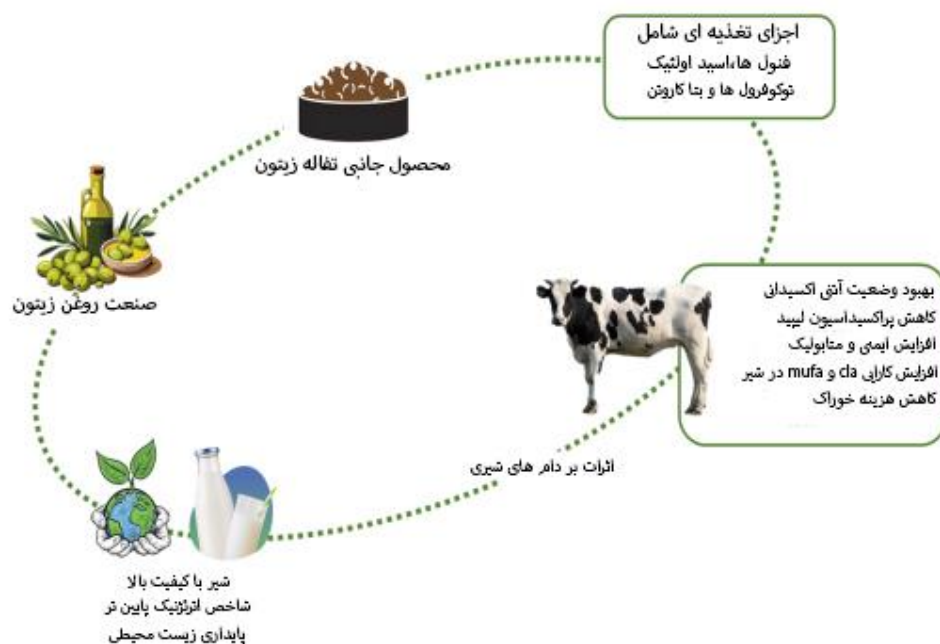
همچنین داده‌های محدودی در مورد پاسخ‌های متابولیک و ایمنی بلندمدت تغذیه با تفاله زیتون در دام‌های شیرده وجود دارد و بیشتر مطالعات کوتاه‌مدت و متمرکز بر عملکرد تولیدی هستند. بررسی این جنبه‌ها می‌تواند روشن کند که آیا مزایای تغذیه‌ای مشاهده‌شده به بهبود قابل اندازه‌گیری سلامت و رفاه حیوانات منجر می‌شود یا خیر.

افزودن تفاله زیتون به جیره غذایی می‌تواند موجب افزایش تولید γ -لاکتون‌ها در شیر شود، که این امر به دلیل اسید اولئیک موجود در تفاله زیتون است. اسید اولئیک به عنوان پیش‌ماده اسید ۱۰-هیدروکسی استئاریک در شکمبه عمل می‌کند و سپس از طریق β -اکسیداسیون در غده پستانی به γ -۱۲:۰ تبدیل می‌شود. [۴۶] مکمل‌گذاری تفاله زیتون در جیره‌های غنی از اسید اولئیک ممکن است مسئول کاهش δ -لاکتون‌ها در شیر باشد. پیش‌بینی می‌شود که استات شکمبه‌ای، که به عنوان پیش‌ماده لاکتون‌ها در غده پستانی عمل می‌کند، توسط اسیدهای چرب غیر اشباع جیره مهار شده و هضم فیبر محدود شود. [۴۷]

با وجود مطالعات متعدد که مصرف تفاله زیتون را با بهبود پروفیل اسیدهای چرب شیر مرتبط می‌دانند، مکانیسم‌های بیوشیمیایی دقیق هنوز تنها تا حدی شناخته شده‌اند. بسیاری از نویسندگان این اثرات را به محتوای بالای اسید اولئیک و



حضور پلی فنول ها نسبت می دهند که بیوهیدروژناسیون شکمبه ای را تعدیل می کنند. [۳۴] [۴۰] با این حال، داده های دیگر نشان می دهند که این ترکیبات فعال زیستی می توانند فعالیت آنزیم های میکروبی را نیز تحت تأثیر قرار دهند و بدین ترتیب هضم فیبر و تولید اسیدهای چرب فرار (VFA) را کاهش دهند. [۴۸]

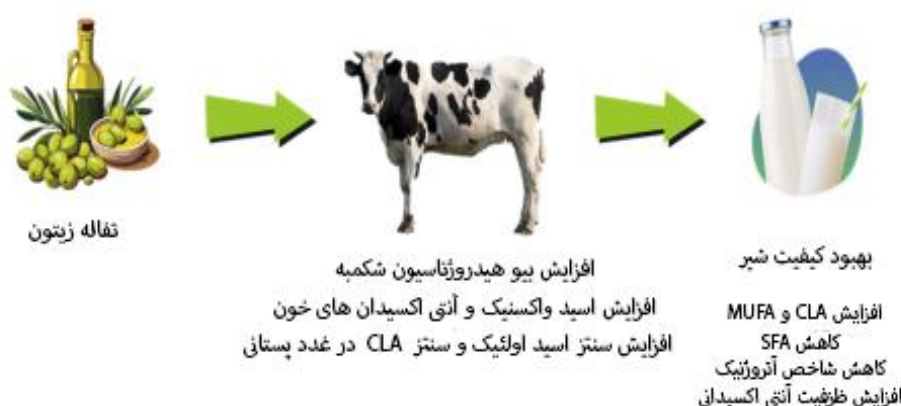


شکل ۲. تصویر شماتیک نشان می دهد که چگونه فنول ها، توکوفرول ها و اسید اولئیک به صورت هم افزایی برای افزایش ترکیب شیر، وضعیت آنتی اکسیدانی و پایداری زیست محیطی در یک حلقه دایره ای تغذیه - سلامت - بهره وری عمل می کنند.

علاوه بر این، بیشتر مطالعات *in vitro* تحت شرایط ساده شده انجام شده اند که ممکن است تعاملات واقعی اکوسیستم شکمبه را به درستی نشان ندهند. این موضوع محدودیت هایی برای تعمیم نتایج به سیستم های تغذیه واقعی ایجاد می کند. به عنوان مثال، تغییرات در جمعیت میکروبی خاصی مانند *Butyrivibrio proteoclasticus* و *Megasphaera elsdenii* پیشنهاد شده است. [۴۹] اما تعداد کمی از مطالعات *in vivo* این تغییرات را با پروفایلینگ متانومیک یا متابولومیک تأیید کرده اند. کارهای آینده که توالی یابی میکروبی شکمبه و لیپیدومیک را ترکیب کنند، می تواند ارتباط علت و معلولی بین ترکیبات فعال تفاله زیتون، متابولیسم شکمبه و کیفیت چربی شیر را روشن سازد. افزودن تفاله زیتون خشک (DOP) به جیره بر محتوای پروتئین شیر اثر گذاشت، که نتیجه ای غیرمنتظره و متفاوت با مطالعات قبلی است؛ در آن مطالعات، تغذیه میش ها [۴۲] و گاوها [۳۸] با تفاله زیتون تغییری در پروتئین شیر نشان نداد. حتی با وجود توازن انرژی و پروتئین در جیره ها، گاوه های گروه آزمایشی (EG) کمتر از گروه کنترل (CG) مرتع دریافت کردند و اختلاف نسبت مرتع به کنسانتره ممکن است به افزایش تولید پروتئین کمک کرده باشد. [۵۰]



همچنین [۴۰] در یک مطالعه *in vitro* نشان دادند که مصرف تفاله زیتون تولید اسیدهای چرب فرار (VFA) در شکمبه را تحریک می‌کند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که افزودن تفاله زیتون می‌تواند فعالیت میکروفلور شکمبه و ترکیب پروتئینی شیر را تغییر دهد. [۵۱] نشان دادند که افزودن DOP تأثیر مثبتی بر سطح اسیدهای چرب شیر دارد. مسیر متابولیسمی پیشنهادی که از طریق آن ترکیبات فعال تفاله زیتون بر متابولیسم شکمبه و پروفیل چربی شیر تأثیر می‌گذارند، در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. مسیرهای متابولیسمی و سلامتی پیشنهادی که مکمل تفاله زیتون را به بهبود ترکیب اسیدهای چرب شیر مرتبط می‌کنند. این نمودار جریان ترکیبات زیست فعال را از مصرف خوراک تا تعدیل شکمبه، اثرات آنتی اکسیدانی سیستمیک و متابولیسم چربی پستان نشان می‌دهد که منجر به افزایش محتوای MUFA و CLA شیر و کاهش سطح SFA می‌شود.

فراتر از اثرات بر ترکیب شیر، تفاله زیتون می‌تواند وضعیت متابولیک و اکسیداتیو دام‌های شیری را نیز تحت تأثیر قرار دهد. محتوای بالای ترکیبات فنولی، توکوفرول‌ها و اسیدهای چرب غیر اشباع پتانسیل آنتی اکسیدانی قوی فراهم می‌کند که می‌تواند غشاهای سلولی و بافت‌های پستانی را در برابر پراکسیداسیون چربی محافظت کند [۹] [۲۵] با این حال، بیشتر مطالعات موجود این اثرات را به‌طور غیرمستقیم از طریق تغییر پروفیل اسیدهای چرب شیر یا فعالیت آنتی اکسیدانی شیر ارزیابی کرده‌اند و ارزیابی‌های مستقیم نشانگرهای اکسیداتیو یا ایمنی سیستمیک در دام‌ها کمیاب است.

علاوه بر این، اختلافاتی در میزان این اثرات مرتبط با سلامت وجود دارد که احتمالاً به تفاوت در ترکیب تفاله، پایداری ذخیره‌سازی و دمای خشک کردن مربوط است، که می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر نگهداری و دسترسی زیستی پلی‌فنول‌ها تأثیر بگذارد. تعداد کمی از مطالعات فعالیت آنتی اکسیدان‌های آنزیمی مانند گلوکوتانیون پراکسیداز یا کاتالاز در پلاسما را اندازه‌گیری کرده‌اند، که تعیین اینکه آیا مزایای آنتی اکسیدانی تفاله زیتون فراتر از سطح غده پستانی است یا خیر را دشوار می‌کند [۹] [۲۵]



نابراین، ترکیب نشانگرهای فیزیولوژیک و ایمنی در آزمایش‌های آینده می‌تواند روشن کند که آیا مصرف تغذیه‌ای تفاله زیتون به سلامت کلی و تاب‌آوری دام کمک می‌کند و نه صرفاً به بهبود ترکیب شیر محدود است.

چندین مطالعه به بررسی تأثیر تفاله زیتون یا تانن‌ها بر جمعیت میکروبی شکمبه، به ویژه *Butyrivibrio proteoclasticus* و جنس *Butyrivibrio* پرداخته‌اند؛ این میکروب‌ها مسئول هیدروژنه کردن اسیدهای چرب غیر اشباع و تبدیل 18:1 به 18:0 هستند. مشخص شده است که تفاله زیتون فعالیت این میکروب‌ها را کاهش می‌دهد و فرآیند هیدروژنه شدن واسطه‌های اسید اولئیک و لینولئیک را کند می‌کند [۴۹]

وجود اسید واکسنیک، ایزومرهای ترانس اسید اولئیک و اسید رومنیک در شیر توسط آنزیم *stearoyl coenzyme A desaturase* در بافت پستانی تنظیم می‌شود. در حالی که بیوهیدروژناسیون جزئی اسید لینولئیک در شکمبه مقدار کمی CLA به شیر می‌افزاید. [۴۳] بیشتر اسید رومنیک ترشح‌شده در شیر (حدود ۶۰٪) توسط غده پستانی و از طریق اسید واکسنیک تولید می‌شود. [۵۲]

زمانی که تفاله زیتون به جیره نشخوارکنندگان اضافه می‌شود، می‌تواند تغییرات مختلفی ایجاد کند، از جمله تغییر در تخمیر شکمبه، توزیع VFA و بیوهیدروژناسیون. اثرات خاص عمدتاً به میزان مصرف و نحوه گنجاندن آن در جیره بستگی دارد. تفاله زیتون منبع کم‌هزینه انرژی و فیبر است که می‌تواند درصد چربی شیر را افزایش داده و کیفیت چربی در فرآورده‌های حیوانی را بهبود دهد [۲۵][۳۲]

۴. تأثیر تفاله زیتون بر قابلیت هضم مواد مغذی

داده‌های محدودی درباره اثرات تفاله زیتون در خوراک دام بر قابلیت هضم سایر مواد مغذی رژیم غذایی موجود است. به طور کلی، تفاله زیتون قابلیت هضم و متابولیسم انرژی کمتری دارد که می‌تواند به دلیل میزان بالای تانن‌ها، مقدار زیاد لیگنین و نزدیکی پروتئین‌ها با لیگنوسولوز موجود در آن باشد. [۵۳] مطالعات پیشین نشان داده‌اند که افزودن تفاله زیتون به رژیم غذایی می‌تواند قابلیت هضم فیبر خنثی (NDF)، ماده خشک (DM) و فیبر اسیدی (ADF) را تا ۱۰٪-۳۰٪ کاهش دهد. [۵۴] این موضوع از طریق آزمایش sacco نیز تأیید شد؛ به طوری که فیبر خنثی موجود در تفاله زیتون زمان بیشتری برای تجزیه نسبت به سایر محصولات جانبی گیاهی نیاز دارد [۴۲]

علاوه بر این، واکنش میلارد ناشی از تولید حرارت طی فرایند استخراج و کاهش دسترسی نیتروژن در شکمبه ممکن

است اثرات منفی بر میکروارگانیسم‌های شکمبه‌ای داشته و کاهش قابلیت هضم پروتئین خام را توضیح دهد. [۶]

در مطالعات موجود، اثرات آنتاگونیستی تفاله زیتون بر سایر ترکیبات، کاهش قابلیت هضم مواد مغذی را در بره‌هایی که ۳۴٪ تفاله زیتون دریافت کرده بودند نسبت به گروه کنترل نشان داده است. [۴۲] برای مثال، کاهش توازن نیتروژن در بره‌هایی که ۱۲٪ تفاله زیتون در رژیم خود داشتند نیز مشاهده شد. [۲۰] مطالعات متعددی نیز کاهش قابلیت هضم سایر مواد مغذی، از جمله DM، NDF و ADF، در رژیم‌هایی که تفاله زیتون به آن افزوده شده بود، گزارش کرده‌اند [۳۹]

[۵۵][۵۶]



در مقابل، در رژیم‌هایی که حاوی ۱۵٪ تفاله زیتون بودند، اثر مثبت بر توازن نیتروژن بدون تأثیر بر مصرف و دفع نیتروژن نیز مشاهده شده است. [۲۸] علاوه بر این، در برخی مطالعات، اضافه کردن تفاله زیتون به رژیم تأثیری بر قابلیت هضم OM, NDF, DM و پروتئین خام نشان نداده است. [۵۷] به طور مشابه، مطالعه‌ای دیگر گزارش کرد که افزودن تفاله زیتون به خوراک گوسفندان قابلیت هضم OM, NDF, DM و پروتئین خام را افزایش می‌دهد. [۵۳] جالب این‌که در مطالعه‌ای دیگر، با افزایش سطح تفاله زیتون در رژیم، اگرچه قابلیت هضم کاهش یافت، اما مصرف خوراک افزایش یافته و در نهایت توازن تغذیه‌ای حتی در بالاترین میزان افزودن تفاله زیتون در خوراک گاوهای گوشتی بهبود یافت. [۵۸] این تضادها در مطالعات می‌تواند ناشی از محدود بودن تعداد مطالعات و تفاوت در میزان افزودن تفاله زیتون، روش استخراج روغن زیتون و رویکردهای آزمایشی باشد. [۶]

یافته‌های ناسازگار مطالعات مربوط به قابلیت هضم مواد مغذی نشان می‌دهد که عوامل روش‌شناختی و ترکیبی مختلف می‌توانند نتایج را تحت تأثیر قرار دهند. به عنوان مثال، تفاوت در ترکیب شیمیایی تفاله زیتون به دلیل روش استخراج (سیستم‌های دو یا سه مرحله‌ای)، میزان جداسازی هسته و دمای خشک‌کردن می‌تواند ساختار فیبر و محتوای فنولی را به طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار دهد و در نتیجه قابلیت تجزیه در شکمبه را تغییر دهد. [۶] میزان بالای لیگنین و تانن‌های متراکم پروتئین‌ها را به صورت غیرقابل دسترس درمی‌آورد و فعالیت آنزیم‌های فیبرولیتیک را مهار می‌کند که می‌تواند کاهش قابلیت هضم NDF و پروتئین خام گزارش شده توسط برخی نویسندگان را توضیح دهد [۵۴] [۴۲]. در مقابل، مطالعاتی که از تفاله زیتون به‌درستی پردازش شده و نیمه بدون هسته استفاده کردند. [۵۳] [۵۷] نشان دادند که قابلیت هضم خنثی یا حتی بهبود یافته است، که نشان می‌دهد فرایند تکنولوژیکی نقش حیاتی در تعیین ارزش غذایی دارد. این تنوع اهمیت شناسایی خواص فیزیکی‌شیمیایی تفاله زیتون قبل از افزودن به رژیم غذایی را برجسته می‌کند. یکی دیگر از محدودیت‌های عمده در مطالعات موجود، کوتاه بودن مدت آزمایش و فقدان داده‌های سینتیک هضم است. اکثر مطالعات بر اساس آزمایش‌های *in vitro* یا *in sacco* انجام شده‌اند که شرایط واقعی شکمبه در دام زنده را به طور کامل بازتاب نمی‌دهند. آزمایش‌های استاندارد بلندمدت که هر دو جنبه قابلیت هضم و سینتیک تخمیر را در نظر بگیرند، می‌توانند سهم واقعی تفاله زیتون در رژیم‌های غذایی دام‌های شیری را بهتر تعیین کنند. [۵۷]

۵. جنبه‌های اقتصادی استفاده از تفاله زیتون

استفاده از تفاله زیتون در خوراک دام یک ایده امیدوارکننده است، زیرا می‌تواند هزینه‌های تغذیه را به طور چشمگیری کاهش دهد و برخی مطالعات نشان داده‌اند که صرفه‌جویی بالقوه می‌تواند تا ۷۵٪ باشد. با این حال، این ماده باید به‌درستی پردازش شود تا مشکلات مرتبط با محتوای بالای فیبر و احتمال ایجاد طعم نامطلوب برطرف شود. [۱] [۵۹] افزودن تفاله زیتون می‌تواند کیفیت گوشت و شیر را افزایش دهد و در نتیجه از طریق محصولات با ارزش‌تر، منافع اقتصادی ایجاد کند. تغذیه گاوهای شیری با تفاله زیتون می‌تواند هزینه خوراک را کاهش دهد و ارزش محصولات لبنی را افزایش دهد. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که این کار می‌تواند تا ۶.۵٪ در هزینه خوراک صرفه‌جویی کند و روشی ارزان برای مدیریت ضایعات



باشد. [۴] [۵۹] همچنین می تواند کیفیت شیر را بهبود بخشد و در نتیجه قیمت آن افزایش یابد. با این حال، در سطوح بالاتر افزودن، تأثیر چندانی بر میزان تولید شیر ندارد [۲۳] [۴] استفاده از تفاله زیتون در خوراک دام، راهی نوآورانه و پایدار برای کاهش ضایعات است و می تواند هزینه های تغذیه دام را کاهش داده و ارزش زیست توده باقی مانده را افزایش دهد. چندین عامل بر امکان سنجی اقتصادی استفاده از تفاله زیتون در خوراک دام تأثیر می گذارند، از جمله فاصله کارخانه های روغن کشی زیتون تا واحدهای پرورش دام. منطقه Trás-os-Montes دارای تعداد زیادی کارخانه پرتغالی و نژادهای مختلف خوک است. با توجه به نزدیکی صنعت روغن زیتون و پرورش دام، استفاده از تفاله زیتون در خوراک دام آسان است. با این حال، تفاله باید خشک شود که این فرآیند انرژی بر است و از جذابیت آن به عنوان خوراک دام می کاهد. این موضوع یک چالش بزرگ است، زیرا کارخانه های خوراک ترکیبی، تفاله ای با رطوبت بالا را استفاده نمی کنند. اگرچه مصرف انرژی می تواند یک مسئله باشد، مرحله بعدی در حذف چربی باقی مانده با استفاده از حلال های شیمیایی، شامل خشک کردن تفاله است [۶۰]. بنابراین، به جای پیروی صرف از این فرایند صنعتی، کاربرد مستقیم تفاله در خوراک دام ممکن است گزینه ای اقتصادی تر باشد. [۶۱]

اگرچه بیشتر مطالعات به مزایای اقتصادی تفاله زیتون به عنوان یک ماده خوراکی کم هزینه تأکید دارند، بررسی دقیق تر نشان می دهد که محدودیت های عملی و لجستیکی متعددی ممکن است مانع استفاده گسترده آن شود. منافع اقتصادی آن به شدت به در دسترس بودن منطقه ای، فاصله حمل و نقل و نیاز به خشک کردن یا سیلو کردن بستگی دارد، که می تواند هزینه های پردازش را به طور قابل توجهی افزایش دهد. [۴۲] [۲۰] علاوه بر این، طبیعت فصلی تولید روغن زیتون باعث نوسانات در عرضه و کیفیت می شود و استفاده مستمر در طول سال را دشوار می کند. یکی دیگر از مسائلی که کمتر در ادبیات به آن پرداخته شده، تعادل احتمالی بین صرفه جویی در هزینه و کارایی مواد مغذی است. در حالی که افزودن تفاله زیتون می تواند هزینه خوراک را کاهش دهد، مقادیر بیش از حد ممکن است قابلیت هضم و عملکرد دام را کاهش داده و سودآوری کلی را کم کند. [۳۳]

علاوه بر این، فقدان تحلیل های جامع چرخه عمر یا هزینه-فایده، درک ما از پایداری واقعی اقتصادی تفاله زیتون را محدود می کند، به ویژه زمانی که تمام ورودی ها مانند انرژی مصرفی برای خشک کردن و مدیریت محیط زیست لحاظ شوند. بنابراین، تحقیقات آینده باید مدل سازی های فنی-اقتصادی و محیط زیستی را ادغام کنند تا منافع اقتصادی و زیست محیطی خالص استفاده از تفاله زیتون در سناریوهای تولید مختلف را کمی سازی کنند. چنین رویکردی چارچوبی جامع تر ارائه می دهد که با اصول اقتصاد چرخشی و تولید پایدار دام همسو است.

۶. محدودیت های تغذیه ای و قابلیت هضم

تفاله زیتون هنگام تغذیه دام با چند محدودیت اساسی مواجه است. به عنوان مثال، محتوای بالای فیبر آن می تواند هضم و رشد حیوانات تکمده ای، از جمله طیور، را دشوار کند. همچنین تانن ها و پلی فنول های موجود در تفاله زیتون باعث کاهش طعم و ارزش تغذیه ای آن می شوند. [۲۸] سایر مشکلات شامل محتوای بالای چربی، پروتئین پایین که نیازمند افزودن دقیق است، احتمال اکسیداسیون و کاهش ارزش غذایی پس از خشک کردن، و کیفیت متفاوت بسته به روش پردازش می باشد [۲۸].



تفاله زیتون حاوی درصد بالایی فیبر خام (۳۳-۴۲.۶٪) است و میزان پروتئین آن نیز چندان زیاد نیست (۶.۶-۹.۹٪). بنابراین ممکن است به عنوان منبع اصلی پروتئین مناسب نباشد. با این حال، این محصول می تواند منبع انرژی خوبی باشد، ولی به دلیل محتوای بالای چربی (۱۰-۳۰٪)، باید در مقادیر کم (حدود ۱۰٪ از کل رژیم غذایی حیوان) استفاده شود [۲۳].

تفاله زیتون همچنین حاوی برخی عوامل ضد تغذیه ای مانند تانن ها و پلی فنول ها است که می توانند طعم غذا را نامطلوب کرده و هضم آن را دشوار کنند و فعالیت میکروب های حیاتی شکمبه را مهار نمایند. [۳۶] علاوه بر این، اسید فیتیک موجود در تفاله زیتون می تواند جذب مواد مغذی توسط بدن را محدود کند. مشکلات تغذیه ای دیگری نیز مرتبط با فرآوری ضایعات زیتون وجود دارد. [۴۴] خشک کردن روش استاندارد نگهداری است، اما می تواند باعث اکسیداسیون اسیدهای چرب مفید و کاهش ارزش غذایی شود. کیفیت تفاله زیتون بسته به عوامل مختلفی مانند نوع زیتون، روش آسیاب (دو مرحله ای یا سه مرحله ای) و اینکه آیا هسته جدا شده است یا خیر، متفاوت است. علاوه بر این، زیتون تازه حاوی مقدار زیادی آب است و ماندگاری کمی دارد، بنابراین نیاز به نگهداری دارد که ممکن است کیفیت آن را تغییر دهد. از این رو، اثرگذاری آن می تواند به میزان استفاده در رژیم غذایی و نوع خاص تفاله زیتون وابسته باشد. [۶۲]

با وجود پتانسیل تغذیه ای شناخته شده تفاله زیتون، محدودیت های متعددی همچنان حل نشده اند، به ویژه در رابطه با ترکیب پلی فنولی و محتوای فیبر آن. محتوای بالای لیگنین و تانن می تواند فعالیت آنزیم ها و اتصال میکروب ها در شکمبه را مختل کرده و قابلیت هضم مواد مغذی و کارایی نیتروژن را کاهش دهد. [۴۲] [۲۰] با این حال، این اثرات بسته به منبع و پیش پردازش تفاله زیتون بسیار متغیر هستند. برای مثال، حذف مکانیکی هسته و خشک کردن ملایم نشان داده است که قابلیت هضم را با شکستن ساختارهای لیگنوسلولزی بهبود می بخشد. [۵۳] در حالی که پردازش با دمای بالا می تواند باعث پلیمر شدن اکسیداتیو، کاهش فعالیت زیستی فنول ها و کاهش دسترسی به مواد مغذی شود. [۵۸]

یکی دیگر از خلأ های مهم، درک ناکافی از چگونگی تعامل تفاله زیتون با جوامع میکروبی شکمبه است. اگرچه برخی مطالعات *in vitro* مهار انتخابی باکتری های سلولولیتیک و پروتئین هضم کن را گزارش کرده اند، ارزیابی های جامع *in vivo* با استفاده از توالی یابی پیشرفته هنوز وجود ندارد. [۴۲] [۲۰] بنابراین تعیین میزان بهینه که تعادل بین اثرات ضد میکروبی و کارایی تجزیه فیبر را حفظ کند، دشوار است. مواجهه با این چالش ها نیازمند رویکردی ترکیبی است که فناوری خوراک (سیلو کردن، درمان آنزیمی، تخمیر) را با تحلیل های میکروبی مبتنی بر اومیکس ترکیب کند تا ارزش عملکردی و تغذیه ای تفاله زیتون در سیستم های تغذیه نشخوارکنندگان بهبود یابد [۴۲] [۲۰]

۷. نتیجه گیری ها

تفاله زیتون یک محصول جانبی امیدوارکننده، کم هزینه و پایدار از نظر زیست محیطی است که می تواند به عنوان جایگزین خوراکی برای دام های شیری مورد استفاده قرار گیرد. ترکیب غنی آن از فنول ها، اسیدهای چرب غیر اشباع و آنتی اکسیدان ها، مزایای عملکردی متعددی ارائه می دهد، از جمله بهبود کیفیت شیر، افزایش پایداری اکسیداتیو و اثرات بالقوه سلامت محور. با این حال، ادبیات موجود هنوز چارچوبی منسجم برای توضیح مکانیسم های پشت این اثرات ارائه نکرده است. اکثر مطالعات بر پارامترهای تولید و ترکیب تمرکز دارند و تعداد کمتری پاسخ های متابولیک، میکروبی و ایمنی شناختی را بررسی کرده اند. تنوع در منبع تفاله، روش های پردازش و میزان افزودن، مقایسه مستقیم را دشوار و تدوین توصیه های استاندارد تغذیه ای را



محدود می‌کند. در مجموع، تفاله زیتون پتانسیل بالایی برای ارتقای ارزش تغذیه‌ای و پایداری زیست‌محیطی سیستم‌های شیری دارد، اما استفاده بهینه از آن نیازمند درک عمیق‌تر مکانیسمی، بهینه‌سازی تکنولوژیکی و اعتبارسنجی تحت شرایط تولید متنوع است.

مسیرهای تحقیقاتی آینده

مطالعات آینده باید بر چند حوزه کلیدی تمرکز کنند تا نقش تفاله زیتون در تغذیه پایدار دام‌های شیری به‌طور کامل تثبیت شود:

بینش‌های مکانیکی (Mechanistic insights): بررسی مکانیسم‌های مولکولی و سلولی که از طریق آن‌ها پلی‌فنول‌ها و لیپیدهای تفاله زیتون بر اکولوژی میکروبی شکمبه، کارایی متابولیک و عملکرد ایمنی تأثیر می‌گذارند.

نوآوری تکنولوژیکی (Technological innovation): توسعه و ارزیابی روش‌های جدید فرآوری، مانند پیش‌پردازش آنزیمی، تخمیر میکروبی و سیلو کردن ترکیبی، به منظور افزایش دسترسی زیستی مواد مغذی و کاهش عوامل ضدتغذیه‌ای.

آزمایش‌های بلندمدت و جامع (Long-term and integrative trials): انجام مطالعات طولانی مدت *in vivo* که عملکرد تولیدی را با پروفایل بیوشیمیایی، ایمنی‌شناختی و متابولومیک ترکیب کند تا روابط علی مشخص شده و مزایای رفاه دام تضمین شود.

مدل‌سازی پایداری و اقتصاد چرخشی (Sustainability and circular economy modelling): به‌کارگیری تحلیل چرخه عمر و تحلیل‌های فنی-اقتصادی به منظور کمی‌سازی منافع خالص زیست‌محیطی و مالی استفاده از تفاله زیتون در سیستم‌های تولید مختلف.

با ادغام این رویکردهای چندرشته‌ای، تحقیقات آینده می‌توانند فراتر از یافته‌های توصیفی حرکت کرده و درک پیش‌بینی‌کننده و سیستماتیک‌تری از چگونگی تأثیر تفاله زیتون بر سلامت دام، کیفیت محصولات و پایداری کشاورزی فراهم کنند.



منابع

1. Sevillano, F., Blanch, M., Pastor, J. J., Ibáñez, M. A., and Menoyo, D.: Effects of olive pomace and spice extracts on performance and antioxidant function in broiler chickens, *Animals*, 15, 808, <https://doi.org/10.3390/ani15060808>, 2025.
2. Sucu, E., Akbay, K. C., Sengül, Ö. M. E. R., Yavuz, M. T., and AK, ' I.: Effects of stoned olive pomace on carcass characteristics and meat quality of lambs, *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 42, 533–542, <https://doi.org/10.3906/vet-1702-52>, 2018.
3. Mathabela, K. P., Egbu, C. F., and Mnisi, C. M.: Valorisation of dietary olive pomace with *Pleurotus ostreatus* spawn on amino acid digestibility, growth performance, physiological responses, and meat quality parameters in Jumbo quail, *Discov. Anim.*, 2, 16, <https://doi.org/10.1007/s44338-025-00061-2>, 2025.
4. Castellani, F., Vitali, A., Bernardi, N., Marone, E., Palazzo, F., Grotta, L., and Martino, G.: Dietary supplementation with dried olive pomace in dairy cows modifies the composition of fatty acids and the aromatic profile in milk and related cheese, *J. Dairy Sci.*, 100, 8658–8669, <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12899>, 2017.
5. Tzamaloukas, O., Neofytou, M. C., and Simitzis, P. E.: Application of olive by-products in livestock with emphasis on small ruminants: Implications on rumen function, growth performance, milk and meat quality, *Animals*, 11, 531, <https://doi.org/10.3390/ani11020531>, 2021.
6. Obeidat, B. S. and Kridli, R. T.: Olive cake in livestock nutrition, *Jordan J. Agric. Sci.*, 17, 187–197, <https://doi.org/10.35516/jjas.v17i3.78>, 2021.
7. Bilal, R. M., Liu, C., Zhao, H., Wang, Y., Farag, M. R., Alagawany, M., Hassan, F., Elnesr, S. S., Elwan, H. A. M., Qiu, H., and Lin, Q.: Olive oil: Nutritional applications, beneficial health aspects and its prospective application in poultry production, *Front. Pharmacol.*, 12, 723040, <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.723040>, 2021.
8. Nanas, I., Giannoulis, T., Dovolou, E., Giannenas, I., and Amiridis, G. S.: Impact of low inclusion rate of olive cake in dairy cow rations on uterine health and fertility indices during early lactation, *Animals*, 15, 269, <https://doi.org/10.3390/ani15020269>, 2025.
9. Benincasa, C., Pellegrino, M., Veltri, L., Claps, S., Fallara, C., and Perri, E.: Dried destoned virgin olive pomace: A promising new by-product from pomace extraction process, *Molecules*, 26, 4337, <https://doi.org/10.3390/molecules26144337>, 2021.
10. Omar, J. M. A., Daya, R., and Ghaleb, A.: Effects of different forms of olive cake on the performance and carcass quality of Awassi lambs, *Anim. Feed Sci. Technol.*, 171, 167–172, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.11.002>, 2012.
11. Faye, B., Konuspayeva, G., Narmuratova, M., Musaad, A. M., and Mehri, H.: Effect of crude olive cake supplementation on camel milk production and fatty acid composition. *Dairy Sci. Technol.*, 93, 225–239. <https://doi.org/10.1007/s13594-013-0117-6>, 2013.



12. Aljamal, A. E., Obeidat, B. S., and Obeidat, M. D.: Lactation performance of Awassi ewes fed diets containing either Atriplex halimus L. or olive cake, *Ital. J. Anim. Sci.*, 20, 426–432, <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1886002>, 2021
13. Neofytou, M. C., Miltiadou, D., Sfakianaki, E., Constantinou, C., Symeou, S., Sparaggis, D., and Tzamaloukas, O.: The use of ensiled olive cake in the diets of Friesian cows increases beneficial fatty acids in milk and Halloumi cheese and alters the expression of SREBF1 in adipose tissue, *J. Dairy Sci.*, 103, 8998–9011, <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18235>, 2020
14. Chaves, B. W., Valles, G. A. F., Scheibler, R. B., Schafhauser Junior, J., and Nornberg, J. L.: Milk yield of cows submitted to different levels of olive pomace in the diet, *Acta Sci. Anim. Sci.*, 43, e51158, <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.51158>, 2021.
15. Hamdi, H., Majdoub-Mathlouthi, L., Picard, B., Listrat, A., Durand, D., Znaïdi, I. A., and Kraiem, K.: Carcass traits, contractile muscle properties and meat quality of grazing and feedlot Barbarine lamb receiving or not olive cake, *Small Ruminant Res.*, 145, 85– 93, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.01.014>, 2016.
16. Awawdeh, M. S. and Obeidat, B. S.: Treated olive cake as a non-forage fiber source for growing Awassi lambs: Effects on nutrient intake, rumen and urine pH, performance, and carcass yield, *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 26, 661–667, <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12513>, 2013.
17. Abid, K., Jabri, J., Ammar, H., Said, S. B., Yaich, H., Malek, A., and Kamoun, M.: Effect of treating olive cake with fibrolytic enzymes on feed intake, digestibility and performance in growing lambs, *Anim. Feed Sci. Technol.*, 261, 114405, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114405>, 2020.
18. Tufarelli, V., Introna, M., Cazzato, E., Mazzei, D., and Laudadio, V.: Suitability of partly destoned exhausted olive cake as by-product feed ingredient for lamb production, *J. Anim. Sci.*, 91, 872–877, <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5541>, 2013
19. García, A. M., Moumen, A., Ruiz, D. Y., and Alcaide, E. M.: Chemical composition and nutrients availability for goats and sheep of two-stage olive cake and olive leaves. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 107, 61–74, [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00075-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00075-9), 2003
20. Owaimer, A. N., Kraidees, M. S., Al-Saiady, M., Zahran, S., and Abouheif, M. A.: Effect of feeding olive cake in complete diet on performance and nutrient utilization of lambs, *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 17, 491–496, <https://doi.org/10.5713/ajas.2004.491>, 2004.
21. Amato, A., Liotta, L., Cavallo, C., Randazzo, C. L., Pino, A., Bonacci, S., and Lopreiato, V.: Effects of feeding enriched-olive cake on milk quality, metabolic response, and rumen fermentation and microbial composition in midlactating Holstein cows, *Ital. J. Anim. Sci.*, 23, 1069–1090, <https://doi.org/10.1080/1828051X.2024.2381736>, 2024.
22. Scicutella, F., Cucu, M. A., Mannelli, F., Pastorelli, R., Daghighi, M., Paoli, P., Pazzagli, L., Turini, L., Mantino, A., Luti, S., Genovese, M., Viti, C., and Buccioni, A.: Rumen microbial community and milk quality in Holstein lactating cows fed olive oil pomace as part in a sustainable feeding strategy, *Animal*, 17, 100815, <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100815>, 2023.



23. Molina-Alcaide, E. and Yáñez-Ruiz, D. R.: Potential use of olive by-products in ruminant feeding: A review, *Anim. Feed Sci. Technol.*, 147, 247–264, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.021>, 2008.
24. Mele, M., Serra, A., Pauselli, M., Luciano, G., Lanza, M., Pennisi, P., and Morbidini, L.: The use of stoned olive cake and rolled linseed in the diet of intensively reared lambs: Effect on the intramuscular fatty-acid composition, *Animal*, 8, 152–162, <https://doi.org/10.1017/S1751731113001924>, 2014.
25. Mohammadabadi, T., Amindavar, S., and Chaji, M.: Dietary supplementation of olive pomace in lactating buffaloes: Effects on milk and yogurt composition and fatty acid profile toward heart health, *Angiol. Open Access.*, 13, 539, <https://doi.org/10.35841/2329-9495.25.13.539>, 2025.
26. Carboni, A., Cabizza, R., Urgeghe, P. P., Fancello, F., Zara, S., and Del Caro, A.: Effects of olive pomace powder incorporation on physicochemical, textural, and rheological properties of sheep milk yogurt, *Foods*, 14, 3118, <https://doi.org/10.3390/foods14173118>, 2025.
27. Nunes, M. A., Palmeira, J. D., Melo, D., Machado, S., Lobo, J. C., Costa, A. S. G., Alves, R. C., Ferreira, H., and Oliveira, M. B. P. P.: Chemical composition and antimicrobial activity of a new olive pomace functional ingredient, *Pharmaceuticals*, 14, 913, <https://doi.org/10.3390/ph14090913>, 2021.
28. Obeidat, B. S., Kridli, R. T., Mahmoud, K. Z., Obeidat, M. D., Haddad, S. G., Subih, H. S., and Al-Khazaleh, J. M.: Replacing soybean meal with sesame meal in the diets of lactating Awassi ewes suckling single lambs: nutrient digestibility, milk production, and lamb growth, *Animals*, 9, 157, <https://doi.org/10.3390/ani9040157>, 2019.
29. Ghanbari, R., Anwar, F., Alkharfy, K. M., Gilani, A. H., and Saari, N.: Valuable nutrients and functional bioactives in different parts of olive (*Olea europaea* L.) – A review. *Int. J. Mole. Sci.*, 13, 3291–3340, <https://doi.org/10.3390/ijms13033291>, 2012.
30. de Oliveira, C. O., Roll, A. A. P., Medeiros Gonçalves, F. M., Lopes, D. C. N., and Xavier, E. G.: Olive pomace for the feeding of commercial poultry: effects on performance, meat and eggs quality, haematological parameters, microbiota and immunity, *World's Poult. Sci. J.*, 77, 363–376, <https://doi.org/10.1016/j.wpsj.2021.04.003>, 2021.
31. Ryan, D., Antolovich, M., Prenzler, P., Robards, K., and Lavee, S.: Biotransformations of phenolic compounds in *Olea europaea* L., *Sci. Hortic.*, 92, 147–176, [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00287-4](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00287-4), 2002.
32. Paíé-Ribeiro, J., Pinheiro, V., Guedes, C., Gomes, M. J., Teixeira, J., Teixeira, A., and Outor-Monteiro, D.: From waste to sustainable animal feed: Incorporation of olive oil by-products into the diet of Bísaro breed pigs, *Sustainability*, 17, 3174, <https://doi.org/10.3390/su17073174>, 2025.
33. Chiofalo, B., Liotta, L., Zumbo, A., and Chiofalo, V.: Administration of olive cake for ewe feeding: effect on milk yield and composition, *Small Rumin. Res.*, 55, 169–176, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.12.011>, 2004.



34. Molina-Alcaide, E., Ruiz, D. Y., Moumen, A., and García, I. M.: Chemical composition and nitrogen availability for goats and sheep of some olive by-products, *Small Rumin. Res.*, 49, 329– 336, [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00148-2](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00148-2), 2003.
35. Hadjipanayiotou, M.: Feeding ensiled crude olive cake to lactating Chios ewes, Damascus goats and Friesian cows, *Livest. Prod. Sci.*, 59, 61–66, [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00005-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00005-6), 1999.
36. Al-Harthi, M. A.: The efficacy of using olive cake as a by-product in broiler feeding with or without yeast, *Ital. J. Anim. Sci.*, 15, 512– 520, <https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1194173>, 2016.
37. Terramoccia, S., Bartocci, S., Taticchi, A., Di Giovanni, S., Pauselli, M., Mourvaki, E., Urbani, S., and Servili, M.: Use of dried stoned olive pomace in the feeding of lactating buffaloes: Effect on the quantity and quality of the milk produced, *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 26, 971–980, <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12627>, 2013.
38. Zilio, D. M., Bartocci, S., Di Giovanni, S., Servili, M., Chiariotti, A., and Terramoccia, S.: Evaluation of dried stoned olive pomace as supplementation for lactating Holstein cattle: Effect on milk production and quality, *Anim. Prod. Sci.*, 55, 185–188, <https://doi.org/10.1071/AN14254>, 2014.
39. García, A. M., Moumen, A., Ruiz, D. Y., and Alcaide, E. M.: Chemical composition and nutrients availability for goats and sheep of two-stage olive cake and olive leaves. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 107, 61–74, [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00075-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00075-9), 2003.
40. Pallara, G., Buccioni, A., Pastorelli, R., Minieri, S., Mele, M., Rapaccini, S., Messini, A., Pauselli, M., Servili, M., Giovannetti, L., and Viti, C.: Effect of stoned olive pomace on rumen microbial communities and polyunsaturated fatty acid biohydrogenation: An in vitro study, *BMC Vet. Res.*, 10, 271, <https://doi.org/10.1186/s12917-014-0271-y>, 2014.
41. Vargas-Bello-Pérez, E., Vera, R. R., Aguilar, C., Lira, R., Peña, I., and Fernández, J.: Feeding olive cake to ewes improves fatty acid profile of milk and cheese, *Anim. Feed Sci. Technol.*, 184, 94– 99, <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02674-7>, 2013.
42. Abbeddou, S., Rischkowsky, B., Hilali, M. E. D., Hess, H. D., and Kreuzer, M.: Influence of feeding Mediterranean food industry by-products and forages to Awassi sheep on physicochemical properties of milk, yoghurt and cheese, *J. Dairy Res.*, 78, 426– 435, <https://doi.org/10.1017/S0022029911000665>, 2011.
43. Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J., and Doreau, M.: Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 109, 828–855, <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700080>, 2007.
44. Nagarajaiah, S. B. and Prakash, J.: Chemical composition and bioactivity of pomace from selected fruits, *Int. J. Fruit Sci.*, 16, 423–443, <https://doi.org/10.1080/15538362.2016.1143433>, 2016.
45. Zilio, D. M., Bartocci, S., Di Giovanni, S., Servili, M., Chiariotti, A., and Terramoccia, S.: Evaluation of dried stoned olive pomace as supplementation for lactating Holstein cattle:



Effect on milk production and quality, Anim. Prod. Sci., 55, 185–188, <https://doi.org/10.1071/AN14254>, 2014.

46. Jenkins, T. C., Abu Ghazaleh, A. A., Freeman, S., and Thies, E. J.: The production of 10-hydroxystearic and 10-ketostearic acids is an alternative route of oleic acid transformation by the ruminal microbiota in cattle, J. Nutr., 136, 926–931, <https://doi.org/10.1093/jn/136.4.926>, 2006.

47. Griinari, J. M., Dwyer, D. A., McGuire, M. A., Bauman, D. E., Palmquist, D. L., and Nurmela, K. V.: Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows, J. Dairy Sci., 81, 1251–1261, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75686-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75686-3), 1998.

48. Tufarelli, V., Introna, M., Cazzato, E., Mazzei, D., and Laudadio, V.: Suitability of partly destoned exhausted olive cake as by-product feed ingredient for lamb production, J. Anim. Sci., 91, 872–877, <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5541>, 2013.

49. Vasta, V., Yáñez-Ruiz, D. R., Mele, M., Serra, A., Luciano, G., Lanza, M., Biondi, L., and Priolo, A.: Bacterial and protozoal communities and fatty acid profile in the rumen of sheep fed a diet containing added tannins, Appl. Environ. Microbiol., 76, 2549–2555, <https://doi.org/10.1128/AEM.02583-09>, 2010.

50. Jenkins, T. C. and McGuire, M. A.: Major advances in nutrition: Impact on milk composition, J. Dairy Sci., 89, 1302–1310, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72113-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72113-2), 2006

51. Nudda, A., McGuire, M. A., Battacone, G., and Pulina, G.: Seasonal variation in conjugated linoleic acid and vaccenic acid in milk fat of sheep and its transfer to cheese and ricotta, J. Dairy Sci., 88, 1311–1319, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72797-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72797-1), 2005.

52. Mosley E. E., Shaffi, B., Moate, P.J., and McGuire M. A.: *cis*-9, *trans*-11 Conjugated Linoleic Acid Is Synthesized Directly from Vaccenic Acid in Lactating Dairy Cattle, J. Nutr., 136, 570–575, <https://doi.org/10.1093/jn/136.3.570>, 2006.

53. Sadeghi, H., Yansari, A., and Ansari-Pirsarai, Z.: Effects of different olive cake by-products on dry matter intake, nutrient digestibility, and performance of Zel sheep, Int. J. Agric. Biol., 11, 39–43, ISSN 1814-9596, 2009.

54. Al Jassim, R. A. M., Awadeh, F. T., and Abodabos, A.: Supplementary feeding value of urea-treated olive cake when fed to growing Awassi lambs, Animal Feed Science and Technology, 64, 287–292, [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)01044-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)01044-9), 1997.

55. Tufarelli, V., Introna, M., Cazzato, E., Mazzei, D., and Laudadio, V.: Suitability of partly destoned exhausted olive cake as by-product feed ingredient for lamb production, J. Anim. Sci., 91, 872–877, <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5541>, 2013.

56. Yáñez-Ruiz, D. R. and Molina-Alcaide, E.: A comparative study of the effect of two-stage olive cake added to alfalfa on digestion and nitrogen losses in sheep and goats, Animal, 1, 227–232, <https://doi.org/10.1017/S1751731107340032>, 2007.

57. Awawdeh, M. S. and Obeidat, B. S.: Treated olive cake as a non-forage fiber source for growing Awassi lambs: Effects on nutrient intake, rumen and urine pH, performance, and



- carcass yield, Asian-Australas. J. Anim. Sci., 26, 661–667, <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12513>, 2013.
58. Estaún, J., Dosil J., Al, A. A., Gimeno A., and de Vega, A.: Effects of including olive cake in the diet on performance and rumen function of beef cattle, Animal Production Science, 54, 1817– 1821, <https://doi.org/10.1071/AN14352>, 2014.
59. Schú, A. I., Righi, D. C. B. F., Marcuzzo, N. P., Souza, O. F., Stefanello, C., Speroni, C. S., Cordeiro, M. W. S., Pozzatti, M., Pinton, M. B., Wagner, R., Morais, Z. C., Campagnol, P. C. B., da Rosa, C. S., and Dalla Nora, F. M.: Exploring the benefits of olive pomace in poultry nutrition: Effects on egg quality and composition, J. Food Compos. Anal., 145, 107789, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107789>, 2025.
60. Paíé-Ribeiro, J., Baptista, F., Teixeira, J., Guedes, C., Gomes, M. J., Teixeira, A., Barros, A. N., Pinheiro, V., and Outor-Monteiro, D.: From waste to resource: Compositional analysis of olive cake's fatty acids, nutrients and antinutrients, Appl. Sci., 14, 5586, <https://doi.org/10.3390/app14135586>, 2024.
61. Paíé-Ribeiro, J., Pinheiro, V., Guedes, C., Gomes, M. J., Teixeira, J., Teixeira, A., and Outor-Monteiro, D.: From waste to sustainable animal feed: Incorporation of olive oil by-products into the diet of Bísaro breed pigs, Sustainability, 17, 3174, <https://doi.org/10.3390/su17073174>, 2025.
62. Molina-Alcaide, E., Ruiz, D. Y., Moumen, A., and García, I. M.: Chemical composition and nitrogen availability for goats and sheep of some olive by-products, Small Rumin. Res., 49, 329– 336, [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00148-2](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00148-2), 2003.