MARKHOZ JOURNAL

- در فصلنامه زمستان از نشریه مرخز میخوانیم:
- درنگی در حفظ حقوق حیوانات
- تخم مرغ‌های غنی شده با اسیدهای چرب امگا۳
- عوامل غیرژنتیکی موثر در ماندگاری گاوهای شیری در گله
- تحولی در ویرایش ژنوم از TALEN و ZFN تا انقلاب CRISPR-CAS9
- و...

فصلنامه زمستان نشریه علمی-دانشجویی انجمن علمی گروه علوم دام و طیور دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران (زمستان ۱۴۰۳)

MARKHOZ JOURNAL

صاحب امتیاز: انجمن علمی گروه علوم دام و طیور دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران

مدیر مسئول: سیدمحمدامین بوشهری

سردبیر: علیرضا فرج الهی

استاد مشاور: دکتر شیرین هنربخش

طراحی و صفحه آرایی: سیدمحمدامین بوشهری

ویراستار ادبی: سیدمحمدامین بوشهری

داوران علمی: دکتر شیرین هنربخش، دکتر شکوفه غضنفری، دکتر علی اسدی الموتی، دکتر محمدرضا بختیاری‌زاده، دکتر عبدالرضا صالحی

ایمیل نشریه: mailto:markhoz.journal.ut@gmail.com

اینستاگرام: @animal.science.ut

کانال تلگرام: t.me/animal_science_ut

ارتباط با مدیر مسئول: 09991222281

این نشریه دارای مجوز ۸۷۰۱۰۰۹ از معاونت فرهنگی و اجتماعی و کمیته ناظر بر نشریات دانشگاهی دانشگاه تهران است.

❖ فهرست

سخن مدیرمسئول ۴

درنگی در حفظ حقوق حیوانات ۵

طیور ۸

تخم‌مرغ‌های غنی‌شده با اسیدهای چرب امگا ۳: پلی به سوی رژیم غذایی سالم‌تر ۹

استفاده از روش های تحلیلی مبتنی بر سینکروترون(Synchrotron) شیر تهاجمی در تغذیه حیوانات ۱۳

نشخوارکنندگان ۱۸

عوامل غیرژنتیکی موثر در ماندگاری گاوهای شیری در گل ۱۹

باقیمانده‌ی خوراک مصرفی: مبانی، عوامل موثر و چشم اندازهای آینده در گاو نر گوشتی ۲۴

ژنتیک و اصلاح نژاد ۲۸

تحولی در ویرایش ژنوم: از ZFN و TALEN تا انقلاب CRISPR-Cas ۲۹

مروری بر روش‌های نوین تعیین جنسیت اسپرم در دام‌های اهلی ۳۶

❖سخن مدیرمسئول

❖ به نام خداوند جان و خرد، در این دنیای پرهیاهو و پرشتاب، جایی که هر روز با چالش‌های نوین روبه‌رو هستیم، ما به عنوان یک خانواده علمی کوچک در حوزه علوم دام و طیور، با عشق و ارادت به طبیعت و موجودات زنده، در پی کشف رازهای نهفته‌ی تعامل زندگی انسان با حیوانات هستیم.

بیایید با هم، همچون رزمندگان علم، در این میدان نبرد با نادانی و بی‌توجه‌ای به حقوق حیوانات و نحوه تعامل انسان با حیوانات، گام بزرگی برداریم. بیایید تا با همت بلند و اراده‌ی قوی، در راستای حفظ و ارتقاء سلامت و رفاه حیوانات تلاش کنیم و دنیایی سرشار از دانش و آگاهی برای نسل‌های آینده و پایداری طبیعت بسازیم.

از شما استادان، دانش آموختگان، دانشجویان و همه فعالان در این صنعت که با دلسوزی و فداکاری خود، راهنمای ما بوده‌اید و برای پیشرفت کشور و این صنعت و حفظ امنیت غذایی عرق ریخته‌اید، سپاسگزارم. بی‌شک تلاش‌های شما، نه تنها در دل ما بلکه در دل تمامی موجودات زنده‌ای که تحت علم و تلاش شما زندگی بهتری پیدا کردند، جاودانه خواهد ماند.

در این مسیر، از اساتید بزرگوار و فرهیخته‌ای که با زحمات بی‌پایان خود، چراغ علم را روشن نگه‌داشته‌اند، صمیمانه تشکر می‌کنم. این نشریه، تجلی‌گاه تلاش‌ها و کوشش‌های شماست؛ شما که با روحی خستگی‌ناپذیر، در پی ارتقاء دانش و بهبود شرایط زندگی انسان ها و حیوانات هستید. حیواناتی که نه تنها همراهان ما هستند، بلکه در زندگی ما نقش‌های کلیدی ایفا می‌کنند. عشق به این موجودات، ما را به سوی پژوهش‌های عمیق‌تر و نوآورانه‌تر هدایت می‌کند.

همچنین از مدیرمسئول های گذشته این نشریه سپاسگزاری میکنم که این میراث را از سال ۱۳۸۶ برایمان به یادگار گذاشتند و امیدوارم این نشریه نقشه راه کوچکی برای آیندگان باشد تا پرچم دار این نشریه باشند.

لازم به ذکر است که از دکتر مختارملاکی و جنابان آقایان مهندسین وحید زاهدی و جواد محمد مرادی تشکر ویژه کنم،که با درایت و سخت کوشی خود این نشریه را در سال‌های گذشته سکان داری کردند و با رفتار صمیمانه‌شان این شوق را برای به تحریر درآوردن این نشریه در بنده چندین برابر کردند.

امیدوارم خواندن این نشریه خالی از توفیق برایتان نباشد، با احترام و آرزوی موفقیت برای همه‌ی شما، ارادتمند،

❖ **سیدمحمدامین بوشهری** دانشجوی کارشناسی مهندسی علوم دامی دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران

مدیر مسئول نشریه مرخز دانشگاه تهران

درنگی برحفظ حقوق حیوانات

❖ خطرات چهارشنبه‌سوری برای حیوانات: فریاد خاموش طبیعت

چهارشنبه‌سوری، آیینی کهن با ریشه‌های عمیق در فرهنگ ایرانی، امروزه به پدیده‌ای تبدیل شده که نه تنها سلامت انسان‌ها، بلکه حیات تمام موجودات زنده را تهدید می‌کند. در هیاهوی انفجارها و دودهای سمی، صدای اعتراض حیواناتی که قربانی بی‌توجهی ما میشوند، ناشنیده میماند. این جشن که باید نماد پاکسازی و نو شدن باشد، اکنون به بحرانی برای محیط‌زیست و حقوق حیوانات بدل شده است.

❖ تخریب زیستگاه‌ها: آتشی که زندگی را میسوزاند

آتش‌بازی‌های غیرمسئولانه، هرسال به ویرانی زیستگاه‌های طبیعی و شهری حیوانات می‌انجامد. پرندگانی مانند گنجشک‌ها، کبوترها و بلبل‌ها که در درختان پارک‌ها و حیاط خانه‌ها لانه‌سازی میکنند، با شعله‌های ناگهانی آتش مواجه میشوند. لانه‌های پر از تخم و جوجه در کمتر از چند ثانیه به خاکستر تبدیل می‌شوند. مطالعات نشان میدهد در مناطق پرتراکم شهری مانند تهران و اصفهان تا ۳۰٪ کاهش جمعیت پرندگان در هفته‌های پس از چهارشنبه‌سوری گزارش شده است.

حیوانات وحشی مانند روباه‌ها، جوجه‌تیغی‌ها و خزندگانی که در حاشیه شهرها زندگی میکنند، نیز قربانی آتش‌سوزی‌های گسترده میشوند. این آتش‌ها نه‌تنها جان آنها را میگیرد، بلکه منابع غذایی و پناهگاه‌های طبیعی را نابود میکند. برای مثال، سوختن بوته‌ها و درختچه‌ها در دامنه‌های البرز، زیستگاه گونه‌های در خطر انقراضی مانند لاکپشت‌های ایرانی را برای سال‌ها غیرقابل سکونت میکند.

❖ آلودگی هوا: خفگی در دودهای سمی

سوزاندن مواد محترقه مانند لاستیک، پلاستیک، و ترقه‌های حاوی فلزات سنگین (نظیر سرب، باریم، و استرانسیوم)، هوای شهرها را به سمومی کشنده تبدیل میکند. درحالیکه انسان‌ها میتوانند با ماسک یا ماندن در خانه از این آلودگی بگریزند، حیوانات چنین امکانی ندارند. پرندگانی مانند کلاغ‌ها و بازهای شهری که مجبورند برای یافتن غذا پرواز کنند، در معرض مستقیم ذرات PM2.5 و PM10 قرار میگیرند. این ذرات ریز به ریه‌های حساس پرندگان نفوذ کرده و باعث مرگ تدریجی آنها بر اثر بیماری‌های تنفسی میشوند.

حیوانات خانگی مانند سگ‌ها و گربه‌ها نیز از این قاعده مستثنی نیستند. دود ناشی از مواد شیمیایی باعث تشدید بیماری‌هایی مانند آسم در گربه‌ها و بروز سرفه‌های مزمن در سگ‌ها می‌شود. دامپزشکان هشدار میدهند که در روزهای پس از چهارشنبه‌سوری، مراجعات اورژانسی برای مسمومیت حیوانات تا ۴۰٪ افزایش می‌یابد .

❖ آلودگی صوتی: شکنجهای بی پایان

حیوانات، به‌ویژه پرندگان و پستانداران، شنوایی بسیار حساس‌تری نسبت به انسان دارند. برای نمونه، سگها میتوانند صداهای تا ۶۰،۰۰۰ هرتز را تشخیص دهند، درحالیکه محدوده شنوایی انسان تنها تا ۲۰،۰۰۰ هرتز است.

این حساسیت بالا باعث میشود صدای انفجار ترقه‌ها که گاه به ۱۹۰ دسیبل میرسد، برای آنها مانند انفجار یک بمب باشد.

❖ تاثیرات صدای تفریح ما برروی گونه‌های مختلف

سگ‌ها:

بیش از ۵۰٪ سگ‌ها در مواجهه با صدای ترقه‌ها دچار علائم اضطراب شدید مانند لرزش، بی‌اختیاری ادرار، و تلاش برای فرار می‌شوند. برخی از آنها چنان وحشت‌زده می‌شوند که از پنجره‌ها می‌پرند یا خود را به دیوار می‌کوبند .

گربه‌ها:

اگرچه واکنش گربه‌ها آرام‌تر به نظر میرسد، اما استرس ناشی از صداهای بلند باعث کاهش اشتها، اختلالات گوارشی، و حتی سقط جنین در گربه‌های باردار میشود .

پرندگان:

تحقیقات روی کبوترهای شهری نشان میدهد که قرارگیری در معرض صداهای بالای ۱۲۰ دسیبل، ضربان قلب آنها را به ۲۵۰ بار در دقیقه میرساند که خطر ایست قلبی را افزایش میدهد.

❖ آسیب‌های جسمی: از سوختگی تا نابینایی

جرقه‌های آتش‌بازی و ترکّه‌ها نه‌تنها باعث آتش‌سوزی، بلکه به‌صورت مستقیم به حیوانات آسیب می‌زنند. موارد ثبت‌شده در کلینیک‌های دامپزشکی نشان میدهد :

سوختگی درجه سه در گربه‌های ولگردی که به مواد مشتعل نزدیک میشوند.

نابینایی موقت یا دائم در پرندگانی که جرقه‌ها به چشمانشان برخورد میکند.

قطع عضو در سگ‌هایی که ترکّه‌های منفجرشده را گاز میگیرند.

همچنین، بلعیدن بقایای ترکّه‌ها توسط حیوانات، باعث مسمومیت‌های شدید با علائمی مانند استفراغ خونی، تشنج، و نارسایی کلیوی میشود. ترکیبات شیمیایی مانند پرتکلرات (ماده اصلی ترکّه‌ها) در کبد حیوانات تجمع یافته و اثرات مخرب بلندمدتی بر سلامتی آنها دارد.

تأثیرات روانی: زخمهایی که هرگز التیام نمییابند

استرس ناشی از چهارشنبه‌سوری تنها به شب جشن محدود نمیشود. بسیاری از حیوانات، به‌ویژه سگها، دچار فوبیای پایدار نسبت به صداهای بلند میشوند. مطالعه‌های در دانشگاه تهران نشان داد که ۳۵٪ سگ‌هایی که یکبار در معرض صدای ترقه‌ها قرار گرفته‌اند، حتی ماه‌ها بعد با شنیدن صدای رعدوبرق یا بوق ماشین دچار حملات اضطرابی میشوند .

در حیوانات وحشی مانند گرگ‌ها و شغال‌ها، این استرس باعث تغییر الگوی مهاجرت و کاهش موفقیت در شکار میشود. برای مثال، در مناطق حفاظت‌شده البرز، مشاهده شده که پس از چهارشنبه‌سوری، گرگ‌ها تا چند هفته به مناطق دورافتاده‌تر پناه میبرند و این تغییر رفتار، تعادل اکوسیستم را برهم میزند.

حیات وحش: قربانیان گمنام

درحالیکه آسیب به حیوانات خانگی تا حدی مورد توجه قرار میگیرد، رنج حیات وحش اغلب نادیده میماند :

خزندگان: مارمولک‌ها و مارهایی که در شکاف دیوارها پناه گرفتهاند، بر اثر لرزش‌های ناشی از انفجار دچار شوک عصبی می‌شوند.

حشرات: زنبورها و پروانه‌ها که نقش کلیدی در گرده‌افشانی گیاهان دارند، در اثر تماس با دودهای سمی از بین می‌روند.

پستانداران کوچک: جوندگانی مانند موش‌ها و سنجاب‌ها که در زیر زمین لانه دارند، بر اثر نفوذ دود به لانه‌هایشان خفه می‌شوند.

حق حیات: جشن زندگی، نه مرگ

حیوانات نه «اشیایی» برای تفریح انسان، بلکه موجوداتی با حق ذاتی زندگی، امنیت، و آرامش هستند. چهارشنبه‌سوری باید زمانی برای پاکسازی روح و طبیعت باشد، نه آلودگی و نابودی. به‌یاد داشته باشیم که زمین خانه مشترک همه موجودات است و احترام به حقوق حیوانات، نخستین گام برای ساختن جامعه‌ای اخلاق‌مدار است .

راه‌حل‌ها: از سنت تا مسئولیتپذیزی

بازگشت به آیینهای اصیل: چهارشنبه‌سوری در گذشته با افروختن آتش‌های کوچک و کنترل‌شده همراه بود. احیای این رسم، هم از آلودگی میکاهد و هم خطری برای حیوانات ایجاد نمیکند.

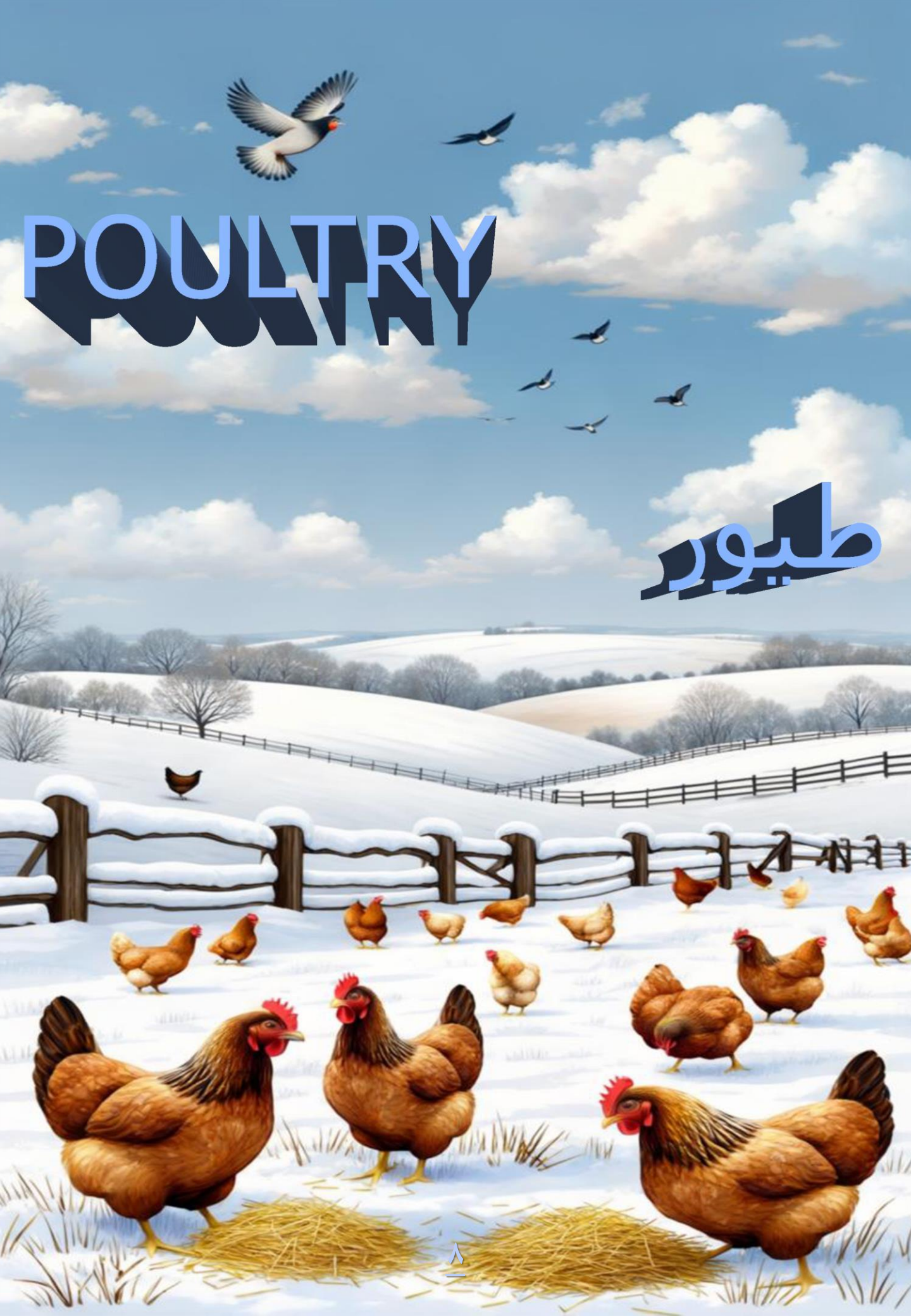
جایگزینی با نور و موسیقی: استفاده از چراغ‌های رقصان و نمایشهای لیزری به‌جای آتشبازی، هم جذابیت بصری دارد و هم بیخطر است.

آموزش همگانی: کمپین‌هایی مانند «چهارشنبه‌سوری بدون ترقه» باید در محیط‌های آموزشی و رسانه‌ها ترویج شود. کودکان و نوجوانان همچون ما فعلان در حوزه دام و طیور با یادگیری تاثیرات منفی بر حیوانات، دغدغه‌مند حفظ محیط‌زیست خواهند شد .

❖ سخن پایانی : سفیران حفظ محیط زیست

بیاییم ما دانشجویان، دانش آموختگان، فعالان و یا دوستداران صنعت و علم دام و طیور، هرکدام‌مان، گلی برای بهار شدن این زمستان‌های سخت هرساله حیوانات باشیم.

❖ **مهدیه سادات حسینی** دانشجوی کارشناسی مهندسی علوم دامی دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران


POULTRY
طیور

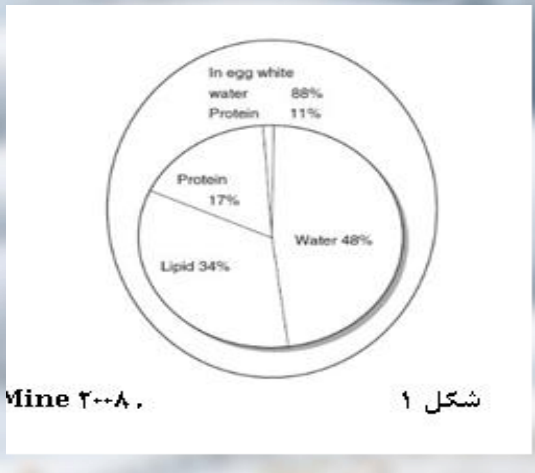
❖ تخم‌مرغ‌های غنی‌شده با اسیدهای چرب امگا ۳: پلی به سوی رژیم غذایی سالم‌تر

❖ تعریف غذای فراسود ده

غذاهای فراسود ده، شامل دسته‌ای از محصولات غذایی می‌شوند که مقدار مواد مغذی موجود در آنها فراتر از مقدار مواد مغذی موجود در غذاهای معمولی است. به گفته هیئت غذا و تغذیه آکادمی ملی علوم امریکا، غذاهای فراسود ده آنهایی هستند که فواید سلامتی بالقوه‌ای، فراتر از ارزش غذایی ذاتی خود ارائه می‌کنند، مانند شیر، مارگارین، مایونز، بروکلی، برنج، تخم‌مرغ و... که با مواد زیست‌فعال غنی شده باشند.

❖ تخم مرغ به عنوان غذای فراسود ده

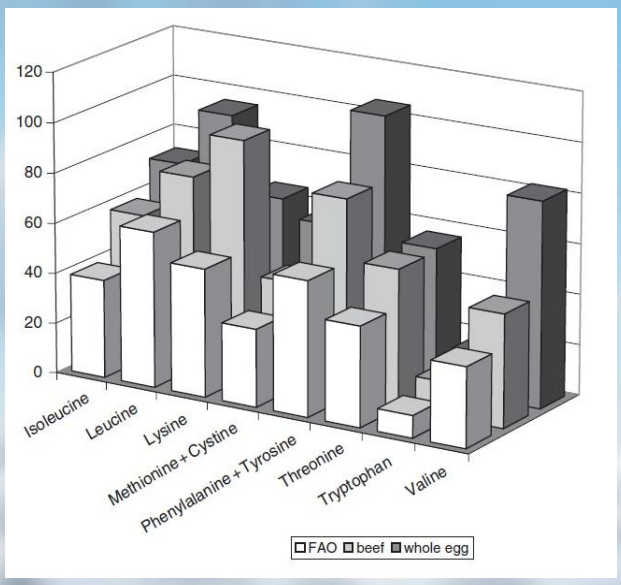
تخم‌مرغ از دوران باستان به عنوان غذا مورد استفاده بشر بوده است. محبوبیت آن، نه تنها به دلیل تولید آسان و مصارف زیادش در آشپزی، بلکه به دلیل کیفیت مغذی آن نیز قابل توجیه است. از بین سه عنصر ضروری در رژیم غذایی – پروتئین‌ها، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها - تخم‌مرغ عمدتاً از دو مورد اول تشکیل شده است (شکل ۱)



شکل ۱: ترکیبات تخم‌مرغ (Mine, 2008)

پروتئین‌های تخم‌مرغ از قابلیت هضم و زیست فراهمی مطلوبی برخوردارند (جدول ۱).

همچنین حاوی اسیدهای‌آمینه ضروری‌ای هستند که بی‌شباهت به تعادل ایده‌آل اسیدهای‌آمینه مورد نیاز بدن انسان نیست.
اسیدهای‌آمینه موجود در تخم‌مرغ هم از حیث نسبت آنها به یکدیگر و هم مقدار مطلق آنها دارای وضعیت مطلوبی برای فیزیولوژی بدن انسان است(شکل ۲).
مقدار بسیاری از این مواد مغذی در تخم‌مرغ را می‌توان با تغییر جیره دستکاری کرد. با این حال، ارزش واقعی برای بهبود رژیم غذایی انسان می‌تواند برای آن دسته از مواد مغذی باشد، که معمولاً در مقایسه با سایر محصولات کمبود دارند یا در صورت مصرف بیش از حد، بر سلامت انسان تأثیر مثبت دارنداز جمله این موارد می‌توان به اسیدهای چرب امگا ۳، ویتامین D، ویتامین E، ویتامین‌های گروه B، کاراتنوئیدها، سلنیوم، ید، فلوئور، منگنز و دیگر مواد مغذی اشاره کرد که در این تحقیق به غنی‌سازی تخم مرغ از اسیدهای چرب امگا ۳ پرداخته می‌شود.



شکل ۲: مقایسه محتوای اسیدآمینه ضروری ترکیب پروتئین تخم‌مرغ کامل، پروتئین مرجع فائو و پروتئین گوشت. به ترتیب (Huopalahti et al., 2007) برگرفته از (Ternes et al. 1994)

هنگام بررسی گزینه‌های غنی‌سازی تخم‌مرغ توسط مواد مغذی خاص، به عنوان مثال، اسیدهای چرب امگا ۳، لازم است عوامل هفت‌گانه زیر در نظر گرفته شود:

1. شکل ماده مغذی در جیره و کارایی انتقال از خوراک به تخم
2. سمیت احتمالی، اثرات نامطلوب یا فعل و انفعالات افزایش مکمل‌های غذایی بر سلامت و ویژگی‌های تولیدی پرنده
3. مقدار کل ماده مغذی تحویل‌شده توسط یک تخم‌مرغ در مقایسه با نیاز روزانه به این ماده مغذی
4. در دسترس بودن و هزینه منابع تجاری خوراک موثر
5. ثبات در طول پخت و پز و ماندگاری
6. تأثیر بر ظاهر و خصوصیات ارگانولپتیک (طعم، بو)
7. ادعاهای تغذیه و فواید سلامتی

❖ فواید اسیدهای چرب امگا ۳ و ۶ در تخم‌مرغ به عنوان غذای فراسود ده بر سلامتی انسان

در زنان جوان سالم، تقریباً ۲۱٪ از ALA رژیم غذایی به EPA و ۹٪ به DHA تبدیل شد. بنابراین استفاده از DHA برای مردان حیاتی‌تر از خانم‌ها است. باید توجه داشت که نسبت امگا ۳ به امگا ۶ باید در حدود ۵ به ۱ باشد. همچنین مقدار مطلق هرکدام از آنها در بدن بسیار مهم است و تعیین کننده جهت بسیاری از واکنش‌های متابولیک در بدن می‌باشد. محققین ثابت کرده‌اند که رژیم غذایی غربی به مقدار کافی امگا ۶ را تامین می‌کند. محققین ثابت کرده‌اند که رژیم غذایی غربی به مقدار کافی امگا ۶ را تامین می‌کند. طراحی تخم‌مرغ غنی‌شده در سال ۱۹۳۴ اولین بار توسط کریوکشانک(Cruickshank) انجام شد، که تغییر ترکیب اسیدهای چرب در زرده تخم‌مرغ را با انجام تغییراتی در جیره گزارش کرد.

تحقیقات نشان داده است که اسیدهای چرب امگا ۳ در بهبود عارضه‌های مختلف مانند بیماری‌های قلبی عروقی فشار خون بالا، خودایمنی، آلرژی، اختلالات عصبی، سرطان پروستات، سرطان سینه و بعضی موارد دیگر که در جدول ۵ به آن اشاره شده است مفید هستند. همچنین گزارشات نشان داده است که بیماری‌های قلبی عروقی و سرطان از مهلک‌ترین بیماری‌های دنیای پیشرفته هستند و از حیث سبب شناسی، جزو بیماری‌های مربوط به سبک زندگی شناخته می‌شوند. اسیدهای‌چرب امگا ۳ برای عملکرد طبیعی فیزیولوژی انسان نه تنها در بزرگسالان عادی بلکه در خانم‌های باردار و شیرده ضروری هستند، بطوری که توصیه می‌شود خانم‌های باردار روزانه مکمل امگا ۳ مصرف کنند.

سازمان قلب امریکا چهار نکته اساسی برای تغذیه درست مطرح کرده است:

۱) مصرف کالری کمتر

۲) مصرف درصد کمتری از کالری‌ها بجای چربی‌ها

۳) استفاده از چربی‌های اشباع نشده به جای چربی‌های اشباع شد ۴) استفاده از چربی‌های اشباع نشده با چند باند مضاعف

براساس نکات پیشنهادی سازمان قلب امریکا، امگا ۳ می‌تواند گزینه مناسبی برای غنی‌سازی باشد.

برای امگا ۳ فواید دیگری نظیر کاهش غلظت تری-گلیسیرید(Triglyceride) پلاسما و کاهش فشار خون سیستولیک و دیاستولیک گزارش شده است. بنابراین، مصرف ۱ تا ۲ تخم‌مرغ غنی‌شده با امگا ۳ در روز ممکن است باعث افزایش سطح اسیدهای چرب امگا ۳ در لیپیدهای خون و در برخی موارد حتی کاهش کلسترول و تری‌گلیسیریدهای پلاسما شود.

❖ منابع امگا ۳ برای استفاده در جیره‌های تجاری، جهت تولید تخم‌مرغ غنی‌شده

روغن ماهی منبع هر دو نوع اسید چرب n-6 و n-3 است.

پودر ماهی(Fish meal)،
روغن‌های گیاهی(Vegetable oils)، کلزا(Canola)

و کتان(Flax) منابع متداول امگا ۳ در جیره مرغ‌های تخم‌گذار هستند. از دیگر منابعی که کمتر استفاده می‌شوند می‌توان به ارزن صدفی و جلبک دریایی شینزوچیتریوم(Schizochytrium) اشاره کرد. بنابراین بذر کتان در کنار پودر ماهی منبع گیاهی خوبی از امگا ۳ برای جیره مرغ‌های تخم‌گذار است و می‌تواند محدودیت‌های تغذیه‌ای ناشی از پودر ماهی را جبران کند.

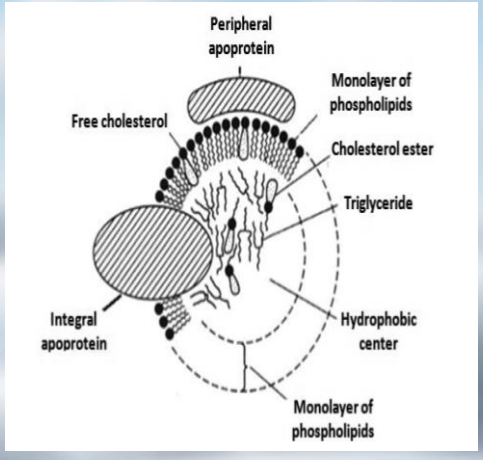
برآوردها نشان می‌دهد که بذر کتان توانسته تخم‌مرغ را با مقادیر مناسبی از ALA (۳۶۲ میلی‌گرم در یک تخم‌مرغ) غنی کند و مقادیر DHA آن چندان کمتر از جیره‌ای که در آن از پودر ماهی بعنوان منشا امگا ۳ استفاده شد، نیست. می‌توان از دانه کتان به صورت‌های متفاوت استفاده کرد. برای مثال کرامبل کتان، پلت کتان، روغن کتان، کنجاله کتان و دانه کتان(جدول ۱)

Nutrient Composition	Flax Meal	Flaxseed
Gross energy, kcal/kg	4120	6530
Crude protein, %	34.3	22.0
Crude fat, %	2.45	42.0
Fatty acid, %		
Palmitic (16:0)	9.54	5.81
Stearic (18:0)	2.76	3.47
Oleic acid (18:1)	23.33	15.61
Linoleic (18:2n−6)	19.78	14.52
α-Linolenic (18:3n−3)	43.07	60.08
Eicosenoic (20:1)	0.37	0.00
Total saturated	12.50	9.08
Total monounsaturated	24.21	15.83
Total n−3	43.23	60.08
Total n−6	20.06	14.52

جدول ۱ ترکیب شیمیایی و مشخصات اسیدهای چرب کنجاله کتان پس از استخراج چربی و دانه کتان آسیاب شده پرچرب (Hester, 2017)

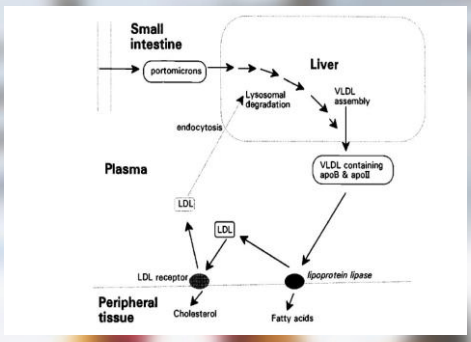
❖ مکانیسم جذب امگا ۳ و انتقال آن به تخمدان

در دستگاه گوارش پرندگان، چربی‌های خوراک در روده کوچک، به اسیدهای چرب آزاد تجزیه می‌شوند و پس از ورود به سلول‌های اپیتلیال روده تبدیل به تری‌گلیسیرید شده یا به همان صورت اسید چرب آزاد باقی می‌ماند. این تری‌گلیسیریدها همراه با مولکول‌های دیگر، ساختارهایی به نام لیپوپروتئین‌ها (شکل ۳) را تشکیل می‌دهند.



شکل 3 ساختار لیپوپروتئین (Oxford , 1998)

در پرندگان، برخلاف پستانداران، روش معمول انتقال این لیپوپروتئین‌ها در بدن، یعنی سیستم لنفاوی، به خوبی توسعه نیافته است. در عوض، آنها مستقیماً وارد سیاهرگ باب می‌شوند. این لیپوپروتئین‌ها، به ویژه آنهایی که از خوراک منشا می‌گیرند، پورتومیکرون (Portomicron) نامیده می‌شوند (شکل ۴). اگرچه بیشتر اسیدهای چرب آزاد خوراک به تری‌گلیسیرید تبدیل می‌شوند، برخی از آنها به عنوان اسیدهای چرب آزاد باقی می‌مانند و بصورت آزاد جذب می‌شوند. این اسیدهای چرب آزاد که به پروتئینی به نام آلبومین متصل می‌شوند، به قسمت‌های مختلف بدن می‌روند. پس از رها شدن در سیاهرگ باب، پورتومیکرون‌ها به کبد پرنده منتقل می‌شوند.



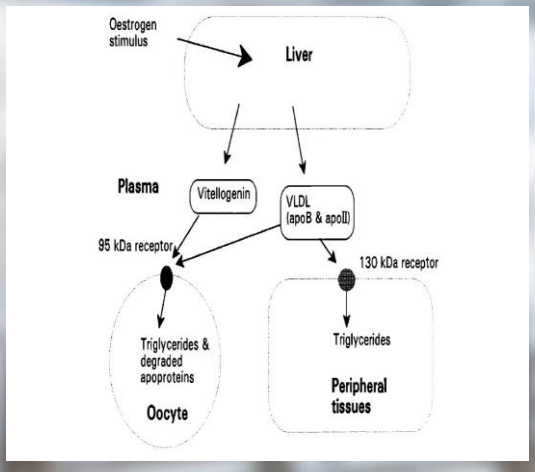
شکل ۴ نقش لیپوپروتئین در انتقال لیپید بین بافت-های پرنده (Oxford, 1998)

در پرندگان تخم‌گذار، فرآیند انتقال لیپید به تخمدان و تشکیل تخمک‌ها که بعدا ساختار زرده تخم‌مرغ را می‌سازند، یک توالی منظم و دقیق است که شامل کبد، لیپوپروتئین‌های تخصصی و تخمک در حال رشد است. با توجه به ظرفیت محدود سنتز لیپید تخمدان، کبد مسئولیت تولید چربی را به عهده دارد. این سنتز توسط هورمون‌های استروئیدی، یعنی استروژن و پروژسترون تحریک می‌شود. کبد، لیپیدهای زرده تخم‌مرغ را سنتز می‌کند که سپس از طریق مکانیسم‌های مشخصی به تخمدان منتقل می‌شود. دو حامل اصلی نقش مهمی در این انتقال بازی می‌کنند: لیپوپروتئین‌های با چگالی بسیار کم (VLDLy) که غنی از تری‌آسیل‌گلیسرول هستند و لیپوپروتئین‌های غنی از فسفولیپید به نام ویتلوژنین(Vitellogenin)

(شکل ۵)

نمونه‌ای از تجاری سازی تخم مرغ‌های غنی شده

سینت ایو (st.ewe) یکی از بزرگترین و با کیفیت‌ترین تولیدکنندگان تخم‌مرغ در انگلستان است و جوایز متعددی دریافت کرده است. سینت ایو محصولات مختلفی با نام‌ها و ویژگی‌های متفاوت عبارتند از: سوپر اگ(Super Egg)، ریچ یولک(Rich Yolk)، ارجینال لارج(Original Large) و ارجینال مدیوم(Original Medium) تولید می‌کند (شکل ۶). تخم‌مرغ غنی‌شده سینت ایو برند سوپراگ است که سرشار از امگا ۳، DHA، سلنیوم و ویتامین E می‌باشد (شکل ۷).



شکل ۵ نقش VLDLy در انتقال لیپید به تخمک و بافت‌های بدن (Oxford, 1998)

❖ نتیجه‌گیری

با توجه به تغییر سبک زندگی انسان‌ها و تأثیر آن بر عادات غذایی، برقراری تعادل و تامین نیاز روزانه برخی مواد مغذی برای حفظ سلامتی و پیشگیری از بیماری‌های مزمن اهمیت فزاینده‌ای پیدا کرده است. یکی از مهم‌ترین آنها، نسبت مناسب اسیدهای چرب امگا ۳ به امگا ۶ است. رژیم غذایی مدرن، که عمدتاً مبتنی بر غذاهای فرآوری‌شده و منابع غنی از امگا ۶ است، به‌طور قابل‌توجهی این نسبت را نا متعادل کرده و خطر بیماری‌های مرتبط با التهاب و اختلالات متابولیکی را افزایش داده است. همچنین متابولیت‌های آن، مانند DHA، نقش مهمی در رشد مغز دارند. این ماده مغذی کمتر از مقدار مورد نیاز روزانه توسط غذای معمول انسان‌ها تامین می‌شوند در نتیجه، متخصصین یکی از راه‌های جبران این کمبود را مصرف غذاهای فراسود ده دانسته اند که به ازای مصرف همان مقدار همیشگی از غذای مورد نظر، فواید سلامتی بیشتری برای انسان داشته باشد.

بدلیل مصرف زیاد تخم‌مرغ و همچنین گستره‌ی استفاده آن در سبد کالای اکثر اقشار مختلف چه در طبقه مرفه جامعه و چه در طبقات فرودست آن، این محصول حیوانی، بستر مناسبی برای غنی‌سازی و تبدیل شدن به یک غذای فراسود ده و وسیله‌ای برای تامین نیاز مواد مغذی با توجه به رژیم غذایی امروزی انسان‌ها است. از جنبه‌های تولیدی، تخم‌مرغ‌های غنی‌شده با امگا ۳ به دلیل استفاده از منابع خوراکی غنی مانند روغن ماهی، دانه کتان، و جلبک دریایی، امکان تجاری‌سازی گسترده‌ای دارند. این منابع خوراکی، علاوه بر اینکه نیازهای تغذیه‌ای پرنده را برطرف می‌کنند، انتقال مؤثری از مواد مغذی به تخم‌مرغ را تضمین می‌کنند.

در نهایت، توسعه و ترویج تولید تخم‌مرغ‌های فراسود ده نظیر تخم‌مرغ‌های غنی‌شده با امگا ۳ نه تنها به بهبود سلامت عمومی کمک می‌کند، بلکه به‌عنوان راهکاری پایدار و اقتصادی برای افزایش کیفیت رژیم غذایی جامعه مدرن محسوب می‌شود. به همین دلیل، ادامه تحقیقات در زمینه بهینه‌سازی روش‌های غنی‌سازی و بررسی اثرات بلندمدت این تخم‌مرغ‌ها بر سلامتی انسان ضروری به نظر می‌رسد.

❖ منابع

Burdge, G. C., Jones, A. E., & Wootton, S. A. (2002). Eicosapentaenoic and docosapentaenoic acids are the principal products of alpha-linolenic acid metabolism in young men*. *Br J Nutr*, *88*(4), 355-363. https://doi.org/10.1079/BJN2002662

Hester, P. Y. (2017). *Egg Innovations and Strategies for Improvements* .

Huopalahti, R., López-Fandiño, R., Anton, M., & Schade, R. (2007). *Bioactive Egg Compounds*. https://doi.org/10.1007/978-3-540-37885-3

Kralik, Z., Kralik, G., Kosevic, M., Galovic, O., & Samardzic, M. (2023). Natural Multi-Enriched Eggs with n-3 Polyunsaturated Fatty Acids, Selenium, Vitamin E, and Lutein. *Animals (Basel)*, *13*(2). https://doi.org/10.3390/ani13020321

Mine, Y. (2008). *Egg Bioscience and Biotechnology*. https://doi.org/10.1002/9780470181249

Nolasco, E., Yang, J ,.Ciftci, O., Vu, D. C., Alvarez, S., Purdum, S., & Majumder, K. (2021). Evaluating the effect of cooking and gastrointestinal digestion in modulating the bio-accessibility of different bioactive compounds of eggs. *Food Chem*, *344*, 128623. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128623

Oxford, G. (1998). Behold the Fowls of the Air Avian Biochemistry and Molecular Biology Lewis Stevens. *BioScience*, *48*(6), 478-479. https://doi.org/10.2307/1313246

Rajasekaran, A., & Kalaivani, M. (2013). Designer foods and their benefits: A review. *J Food Sci Technol*, *50*(1), 1-16. https://doi.org/10.1007/s13197-012-0726-8

❖ **محمد دیانی** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی علوم دامی، گرایش تغذیه طیور، دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران

❖ استفاده از روش های تحلیلی مبتنی بر سینکروترون(Synchrotron) غیر تهاجمی در تغذیه حیوانات

❖ چکیده

روش‌های زیست تجزیه‌ای مبتنی بر سینکروترون پیشرفته می‌توانند ارتباط تعاملی بین ساختار ذاتی خوراک در هر دو سطح سلولی و مولکولی و متابولیسم و دسترسی مواد مغذی را در حیوانات نشان دهند. این روش‌های پیشرفته سطح جدیدی از درک ساختار خوراک را بر مبنای مولکولی در رابطه با عملکردهای بیولوژیکی در حیوانات ایجاد می‌کنند.

❖ .مقدمه

میکروطیف‌سنجی مادون قرمز مبتنی بر تابش سینکروترون پیشرفته (SRIMS) و طیف‌سنجی اشعه ایکس مبتنی بر تابش سینکروترون به عنوان روش‌های سریع، مستقیم، غیر مخرب و زیست‌تجزیه‌ای توسعه یافته است. این روش‌های پیشرفته به توسعه تغذیه حیوانات، ساختار خوراک، شیمی خوراک و فناوری علوم خوراک کمک می‌کند. روش‌های شیمیایی متداول «مرطوب» به دلیل استفاده از مواد شیمیایی در طول پردازش برای آنالیز اغلب به تخریب ساختارهای ذاتی خوراک منجر شده است و تنها می‌توانند ترکیب شیمیایی کل خوراک را مشخص نمایند و در تشخیص ساختار ذاتی خوراک عملکرد ضعیفی دارند. که این اطلاعات درNRC به صورت کل پروتین خام قابل هضم، کل اسید چرب قابل هضم و غیره تخمین زده می‌شود. در مقابل این روش‌های طیف‌سنجی مزیت روشنایی تابش سینکروترون و اندازه منبع مؤثرکوچک را دارند و به این ترتیب می‌توانند شیمی مولکولی را در ریزساختارهای بافت بیولوژیکی، بدون تخریب ساختارهای ذاتی با وضوح فضایی (قدرت تفکیک پذیری زاویه‌ای) فوق العاده بالا در سلول کاوش کنند. تابش سینکروترون طیف کامل الکترومغناطیسی را پوشش می‌دهد که شامل اشعه مادونقرمز، اشعه ایکس نرم و اشعه ایکس سخت است. تابش سینکروترون به صورت الکترون‌های شتاب‌دار در سرعت فوق نسبیتی (سرعت‌های نزدیک به سرعت نور) گذرنده از میدان مغناطیسی تولید می‌شوند که جریان بسیار بالا و نور درخشان با طیف وسیع است به عبارت دیگر تابش سینکروترون در واقع فوتونی است که از شتاب‌دهنده ذرات غول پیکر به نام «تاسیسات یا مرکز سینکروترون» تولید می‌شود. این شتاب‌دهنده ذرات غول پیکر معمولا چندین جزء اصلی دارد که شامل: تفنگ الکترونی، شتابنده خطی، میدان تقویت کننده، حلقه ذخیره‌سازی، خط پرتو و پایان ایستگاه آزمایش است. دانشمندان معمولا در ایستگاه‌های آزمایشی کار می‌کنند. آنها برای بررسی ساختار مولکول‌ها، طول موج‌های خاص یا نور پهن‌باند تابش سینکروترون را انتخاب می‌کنند. در ابتدا تابش سینکروترون جمع‌آوری شده و توسط سیستم آینه‌ای موازی‌ساز به ایستگاه پایانی آزمایش هدایت می‌شود و نور سفید پهن‌باند یا طیفی با پهنای باند باریک مورد نیاز توسط نور تک‌رنگ انتخاب شده یا با استفاده از تداخل‌سنج مایکلسون به سمت نمونه هدایت می‌شود. سیستم آشکارساز برای به دست آوردن مقادیر بسیار زیادی از داده‌ها، کنترل آزمایش‌ها و اندازه‌گیری مقدار نوری که توسط مولکول‌ها جذب، منعکس یا پراکنده شده، استفاده می‌شود. به این ترتیب تابش سینکروترون را می‌توان برای مطالعه ماده در مبنای مولکولی استفاده کرد - تداخل سنج وسیله‌ای برای اندازه‌گیری فواصل بسیار کوچک از طریق تقسیم و هدایت نور در مسیرهای جداگانه و سپس ترکیب دوباره‌ی آنها، اختلاف طول مسیر را به صورت الگوی تداخل نوری نمایش می‌دهد. کاربرد این روش در اندازه-گیری لایه‌های بسیار نازک است. هنگامی که تابش سینکروترون مادون قرمز روشن با ایستگاه پایانی میکروطیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه جفت می‌شود، میکروطیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه مبتنی بر تابش سینکروترون نامیده شده که اغلب با نام‌های اختصاری "SR-IMS" یا "SRFTIRM" خوانده می‌شود.

در حالت کلی SR-IMS و SR-FTIRM در زمینه‌های تحقیقاتی پزشکی، فیزیک و شیمی به کار گرفته شده‌اند. با این حال تا به امروز در تحقیقات علوم کشاورزی کاربرد کمی از این روش‌های تحلیلی پیشرفته مبتنی بر سینکروترون در زمینه‌هایی مانند علم خوراک، فرآوری خوراک، تغذیه دام، علوم غذایی، اصلاح محصولات کشاورزی و غیره وجود دارد. یکی از دلایل این است که محققان در حوزه کشاورزی اطلاعی از این روش‌های تحلیلی پیشرفته غیرتهاجمی توسعه یافته ندارند.

❖ .اصول کار یک سینکروترون

در سراسر جهان بیش از ۲۵ سینکروترون وجود دارد که اکثر آنها در اروپا، آمریکای شمالی، آمریکای جنوبی، آسیا و استرالیا قرار دارند. تابش سینکروترون نیز بسیار ظریف، غیر واگرا و شدید است که می‌توان مناطق بسیار ریز در نمونه را بررسی کرد. سینکروترون شش جزء اصلی دارد. عملکرد هر یک از اجزا به این صورت است: وظیفه تفنگ الکترونی (EG) انفجار الکترون‌ها است. شتاب‌دهنده خطی برای تولید الکترون با سرعت نسبیتی استفاده می‌شود. سپس الکترون‌های نسبیتی به حلقه تقویت‌کننده تزریق شده تا انرژی خود را قبل از حلقه ذخیره‌سازی تا سطح انرژی هدف افزایش دهند. تاسیسات مختلف سینکروترون در جهان سطوح انرژی هدف متفاوتی از ۲/۱ تا ۸ گیگاولت دارند. در حلقه ذخیره سازی، جریان پرتو افزایش بیشتری دارد. الکترون‌های نسبیتی می‌توانند در مدت ۱ ساعت مسافت یک میلیارد کیلومتر را طی کنند. وقتی که الکترون‌های نسبیتی با انرژی بالا از یک میدان مغناطیسی عبور می‌کنند، یک پدیده طبیعی رخ می‌دهد، نور بسیار درخشانی تولید می‌شود که به عنوان تابش سینکروترون یا نور سینکروترون نیز شناخته می‌شود .

یک آهنربای خاص به نام «آندولاتور» موجب می‌شود که الکترون‌ها به سرعت مسیر خود را تغییر دهند و مقادیر زیادی انرژی را به شکل فوتون ساطع کنند. این فوتون‌ها وارد خط پرتو شده و به دستگاه پخش‌کننده فوتون به نام تک رنگ ساز (مونوکروماتور) هدایت می‌شوندکه پهنای باند خاص مورد نیاز برای هر آزمایش را انتخاب می‌کند. نور در نهایت بر روی نمونه‌ای در ایستگاه آزمایشی (ایستگاه پایانی) متمرکز می‌شود که در آن تصویر طیف به دست می‌آید و داده‌ها جمع‌آوری می‌شوند

. کاربرد روش‌های تحلیلی مبتنی بر سینکروترون به عنوان روش‌های غیرتهاجمی در تغذیه دام

بر اساس اطلاعات SR-IMSجو بدون پوسته در مقایسه با ارقام پوست کنده از نظر ویژگی‌های تغذیه‌ای مانند پروتئین، نشاسته، β - گلوکان، کل فیبر رژیم غذایی و انرژی قابل هضم در تغذیه حیوانات تک معده تأثیر می‌گذارد

اسید آمینه محدودکننده برتر است. اوایل ۱۹۷۰ تحقیقات روی کیفیت غذایی جو نشان داد که محتوای پوسته جو بر که این منجر به ثبت برخی ارقام جو بدون پوسته شده است. تشخیص ساختار ثانویه پروتئین به‌دلیل پیچیدگی و تنوع ترکیباتی مانند مارپیچ αو صفحات بتا دشوار است. از اینرو با تعیین ویژگی طیفی ساختار مولکولی در انتخاب ژنتیک برنامه‌های اصلاح دانه‌های غلات، ابزاری را برای رتبه‌بندی پرورش لاین‌های آزمایشی فراهم می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که SR-IMSمی‌تواند در مطالعه ساختار ظریف دانه‌های غلات یا انواع دیگر دانه‌ها یا خوراک دام استفاده شود.

❖ .خوراک و فرآوری مواد غذایی: اثرات تیمارهای حرارتی بر بافت های لپه در دانه های کلزا نوع زرد

در مطالعه (Yu *et al.*, 2013) اثرات روش‌های تیمار حرارتی بر بافت لپه در دانه‌های کلزای نوع زرد مورد بررسی قرار گرفت و هدف تعیین حساسیت، نفوذ و پاسخ به تیمارهای حرارتی مختلف توسط بافت‌های لپه بود تا بتوان بازده فرآوری خوراک را تعیین کرد. تعیین اینکه کدام لایه (اپیدرم/ موسیلاژ، اسپرمودرم، اندوسپرم یا لپه) در هنگام اعمال تیمار حرارتی روی بذرها به گرما حساس‌تر است، مشخص نیست. آنالیز شیمیایی مرطوب متداول نمی‌تواند به چنین سؤالاتی پاسخ دهد. بنابراین از روش SR-IMSبا آنالیزهای طیفی مولکولی چند متغیره به عنوان ابزار تحقیقاتی جدید برای مطالعه اثرات تیمار حرارتی بر روی تغییرات ساختاری در بافت لپه‌ای دانه‌های کلزای نوع زرد (Brassica) استفاده شد.

❖ کیفیت گندم: ساختار پروتئین در لاین‌های گندم سخت

از میکروطیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه برای تعیین ساختار ثانویه پروتئین در لاین‌های بهنژادی گندم سخت استفاده شد. . مقایسه ساختار مولکولی پروتئین و کربوهیدرات بین ارقام سورگوم با استفاده از طیف سنجی فوریه انتقال مادون قرمز نشان داد که تأثیر رقم بر ساختار مولکولی پروتئین و کربوهیدرات سورگوم معنی‌دار می‌باشد.

رقم کیمیا و M8 به ترتیب بیشترین و کمترین سطح و ارتفاع پیک جذب آمید1 ، آمید2 ، آلفا هلیکس، صفحات بتا، کربوهیدرات های ساختاری و غیر ساختاری را داشتند.

❖ روش SR-IMSبرای مطالعه اثر انتقال ژن

(Yu, 2010; Jonker *et al.*, 2011) یا حذف ژن (Withana-Gamage *et al.*, 2013) استفاده شده است. در مطالعه ویتانا _ گاماژ و همکاران، لاین‌های آرابیدوپزیس تالیانا(Arabidopsis thaliana) با استفاده از SR-IMSدر پروفایل‌های پروتئین ذخیره‌ای دانه تغییر یافته مشخص شدند .لاین‌هایی که کاملا فاقد کروسیفرین هستند، سطوح بالای مارپیچ αو صفحات بتای پایین دارند که نشان می‌دهد پروتئین‌ها با ساختار متفاوت، از دست دادن کروسیفرین را جبران می‌کنند. روش سینکروترون FTIR اطلاعاتی را در مورد ساختار ثانویه پروتئین و تغییرات در ساختار درون سلول ارائه می‌دهد.

❖ معماری خوراک/دانه از طریق تصویربرداری شیمی مولکولی

روش SR-IMS در تجسم ساختار مولکولی بافت دانه گیاه به روش شیمیایی در طول تصویربرداری مولکولی استفاده شده است (Yu, 2013). مطالعه اخیر نشان داد که تصاویر شیمیایی آمیدهای پروتئینی برای بافت‌های دانه کلزا نوع سیاه با حرارت دهی خام، مرطوب و خشک، در طول استفاده از روش تصویربرداری غیرتهاجمی حاصل شده است. به نظر می‌رسد که روش‌های مختلف فرآوری تأثیر متفاوتی بر پروفایل طیفی پروتئین در بافت‌های کلزای نوع سیاه دارند. حرارت‌دهی مرطوب تأثیر بیشتری نسبت به پروتئین مارپیچ αو صفحات بتا نسبت به حرارت دهی خشک داشتند. هر دو حرارت‌دهی خشک و مرطوب به الگوهای متفاوتی در آمید I، مشتق دوم و طیف

خودگسست(Fourier self deconvolution) فوریه منجر شدند.

❖ نتیجه گیری

این مطالعه به طور خلاصه نشان می‌دهد که روش‌های تحلیلی مبتنی بر تابش سینکروترون غیرتهاجمی پیشرفته می‌تواند ساختار مولکولی خوراک در بافت سالم را با وضوح فضایی فوق‌العاده بررسی کند. این روش‌های سینکروترون غیرتهاجمی را می‌توان برای مطالعه جنبه‌های مختلف علم خوراک/غذا، خوراک‌های زیستی، فرآوری غذا/خوراک، تغذیه دام، علم بذر و

بیوتکنولوژی مولکولی استفاده کرد. این روش‌ها می‌توانند تغییرات ناشی از فرآوری، تیمار آنزیمی ساختارهای مولکولی خوراک را در رابطه با جذب مواد مغذی، قابلیت دسترسی مواد مغذی و عملکرد بیولوژیکی در حیوانات را تشخیص دهند. این روش‌های غیرتهاجمی را می‌توان برای تشخیص اثر اصلاح گیاه در طول حذف ژن یا انتقال ژن بر ساختار ذاتی خوراک و عملکرد آن نیز استفاده کرد.

این روش‌ها را همچنین می‌توان برای تصویربرداری شیمی مولکولی در سیستم پیچیده خوراک مبتنی بر گیاه استفاده کرد. روش تحلیلی غیر تهاجمی مبتنی بر سینکروترون ابزاری مولکولی را برای رتبه‌بندی خوراک، غذا، بذر و گیاهان در اختیار ما قرار می‌دهد. اعتقاد بر این است که روش تحلیلی پیشرفته مبتنی بر سینکروترون می‌تواند سهم قابل توجهی در پیشرفت علم خوراک و تغذیه دام داشته باشد.

❖ چشم اندازهای آینده

مدل‌های فعلی نیازهای تغذیه‌ای حیوانات (NRC، DVE، PDI، ARCو غیره) بر اساس روش‌های تجزیه و تحلیل شیمی «مرطوب» توسعه یافتند. این روش‌های شیمی «مرطوب» نمی‌توانند ویژگی‌های ساختار ذاتی خوراک را در طول فرآوری و هضم تعیین کنند.

بر این اساس هر دو ترکیب شیمیایی خوراک و ساختار ذاتی خوراک را می‌توان برای برآوردهای دقیق‌تری از احتیاجات تغذیه و مدل‌های فرمولاسیون جیره رژیم غذایی ایجاد کرد. ما می‌توانیم روش‌های پیشرفته مبتنی بر سینکروترون را نیز برای مطالعه ساختار مولکولی ذاتی خوراک اعمال کنیم.

❖ منابع

قلی زاده نیولوئی. حجت، ناصریان. ولی زاده, طهماسبی, عبدالمنصور, & پی گوانگ یو. (۲۰۱۵). مقایسه ساختار مولکولی پروتئین ها و کربوهیدرات های برخی از ارقام سورگوم با استفاده از تکنیک طیف سنجی فوریه انتقال مادون قرمز) FTIR (و آنالیز چند متغیره. پژوهشهای علوم دامی ایران, ۶

Australian Synchrotron, 2013. Available at: https://www.ansto.gov.au/research/facilities/australiansynchrotron/overview

CLS, 2013. Synchrotron facts. Available at: https://www.lightsource.ca.

Holman Hoi-Ying, N., Bjornstad, K.A., McNamara, M.P., Martin, M.C., McKinney, W.R. and Blakely,E.A., 2002. Synchrotron infrared spectromicroscopy as a novel bioanalytical microprobe for individual living cells: cytotoxicity considerations. Journal of Biomedical Optics 7: 1-10.

Jonker, A., Gruber, M.Y., Wang, Y., Coulman, B., Azarfar, A., McKinnon, J.J., Christensen, D.A. and Yu, P., 2011. Modeling degradation ratios and nutrient availability of anthocyanidin-accumulating Lc-Alfalfa populations in dairy cows. Journal of Dairy Science 94: 1430-1444.

Marinkovic, N.C. and Chance, M.R., 2006. Synchrotron infrared microspectroscopy. In: Meyers, R. (ed.) Encyclopedia of molecular cell biology and molecular medicine, 2nd edition. Vol. 13. Wiley Inc., NewYork, NY, USA, pp. 671-708.

Marinkovic, N.S., Huang, R., Bromberg, P., Sullivan, M., Toomey, J., Miller, L.M., Sperber, E., Moshe, S.,Jones, K.W., Chouparova, E.,

Lappi, S., Franzen, S. and Chance, M.R., 2002. Center for Synchrotron Biosciences' U2B

Yu, P., Theodoridou, K., Xin, H., Huang, P.-Y., Lee, Y.-C. and Woods, B.R., 2013. Synchrotron-based microspectrsopic study on the effect of heat treatment on cotyleton tissues in yellow-type of canola (brassica) seeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry 61:

Yu, P., 2013. Visualizing tissue molecular structure of black-type of canola (Brassica) seed with a thick seed coat after heat-related processing in a chemical way. Journal of Agricultural and Food Chemistry 61: 1471-1476.

: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 213: 330-336.

Yu, P., McKinnon, J.J., Christensen, C.R. and Christensen, D.A., 2004. Imaging molecular chemistry of Pioneer corn. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 7345-7352.

7234-7241.

Yu, P., 2010. Plant-based food and feed protein structure changes induced by gene-transformation, heating and bio-ethanol processing: a novel synchrotron-based molecular structure and nutrition.

seed storage protein profiles using synchrotron-powered FT-IR spectromicroscopy. Journal of Agricultural and Food Chemistry 61: 901-912.
Yang, L., Christensen, D.A., McKinnon, J.J., Beattie, A.D. and Yu, P., 2013a. Effect of altered carbohydrate traits in hulless barley (Hordeum vulgare L.) on nutrient profiles and availability and nitrogen to energy synchronization. Journal of Cereal Science 58: 182-190. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.05.005
Yu, P., 2012a. Synchrotron soft X-Ray and infrared microspectroscopy contributions to advances in feed chemistry and feed science technology. In: Mendez-Vilas, A. (ed.) Current microscopy contributions to advances in science and technology. Microscopy Book Series, Vol. 2, Number 5. Formatex Research Center, Spain, pp. 1504-1510. Yu, P., Lei, Y., Hu, H., Deng, H. and Zhang, W., 2019. A methodology study on chemical beamline: an international resource for biological infrared spectroscopy. Journal of Synchrotron Radiation 9: 189-197.
Miller, L.M. and Dumas, P., 2006. Chemical imaging of biological tissue with synchrotron infrared light. Biochimica et Biophysica Acta 1758: 846-857.
Miller, L.M., Carlson, C.S., Carr, G.L. and Chance, M.R., 1998. A method for examining the chemical basis for bone disease: synchrotron infrared microspectroscopy. Cellular and Molecular Biology 44: 117-127. Rodriguez-Espinosa, M.E., Guevara-Oquendo, V.H., Sun, B., Zhang, H. and Yu, P., in press. Recent progress in structural and nutritional characterization of faba legume and use as an environment probe with vibrational spectroscopy sourced by globar and synchrotron. Applied Spectroscopy Reviews. In press. DOI: https://doi.org/10.1080/05704928.2019.1581622).
SSRF, 2013. Synchrotron science education. Available at: http://ssrf.sinap.ac.cn. (in Chinese)
Synchrotron Radiation, 2013. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Synchrotron_radiation. Wetzel, D.L., Eilert, A.J., Pietrzak, L.N., Miller, S.S. and Sweat, J.A., 1998. Ultraspatially resolved synchrotron infrared microspectroscopy of plant tissue in situ. Cellular and Molecular Biology 44: 145-167.
Withana-Gamage, T.S., Hegedus, D.D., Qiu, X., Yu, P., May, Z., Lydiate, D. and Wanasundara, J.P.D., 2013. Characterization of Arabidopsis thaliana lines with altered

❖ **مریم مرادی** دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی علوم دامی، گرایش تغذیه طیور، دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران

RUMINANT

نشخوارکنندگان

❖ عوامل غیرژنتیکی موثر در ماندگاری گاوهای شیری در گله

❖ چکیده

جمعیت جهان رو به افزایش است و هم‌زمان با آن نیاز به غذا و به ویژه محصولات دامی افزایش یافته است. در این میان، یکی از منابع تامین‌کننده غذا برای انسان، نشخوارکنندگان می‌باشند. نشخوارکنندگان شامل برخی از مهم‌ترین گونه‌های اهلی می‌باشند که منابع اقتصادی مهمی برای غذا و سایر استفاده‌های انسان فراهم می‌آورند. مهم‌ترین گونه‌های نشخوارکننده اهلی شامل گاو، گوسفند، بز، گاومیش و ... می‌باشد. صنعت گاو شیری بخش بزرگی از صنعت کشاورزی و دامپروری را به خود اختصاص داده است. عوامل متعددی وجود دارند که بر سودآوری صنعت گاو شیری اثر می‌گذارد که یکی از این عوامل مهم، ماندگاری می‌باشد. ماندگاری یک گاو شیری به عنوان طول عمر کلی یا طول عمر تولیدی یک گاو تعریف می‌شود. ماندگاری به وسیله تصمیمات حذفی اخذ شده توسط گاودار تحت تاثیر قرار می‌گیرد. اصلی‌ترین دلایل حذف گاوها را در حال حاضر شامل ناباروری، سقط جنین، ورم پستان، سخت‌زایی و مرده‌زایی دانستند. ماندگاری گاوهای شیری صفت پیچیده‌ای با وراثت‌پذیری پائین است که توسط عوامل زیادی تحت تاثیر قرار می‌گیرد، شامل عوامل ذاتی مانند دوره شیردهی، سلامت، صفات ساختاری و عملکرد تولیدمثلی و عوامل بیرونی نظیر قیمت شیر، تغذیه، مدیریت، هزینه خوراک، تلیسه‌های جایگزین و سیاست‌گذاری‌ها. صنعت گاو شیری در تلاش برای افزایش ماندگاری است. بهبود سلامتی، ساختار بدن و باروری حذف اجباری کاهش داده و امکان تصمیم‌گیری بیشتر در مورد حذف گاوهایی که از نظر عملکردی سالم هستند را فراهم می‌کند. بهبود در ابزارهای پشتیبانی در زمینه تصمیم‌گیری که به رتبه‌بندی گاوها و تلیسه‌ها برای حذف و همچنین در تصمیمات تلقیح کمک می‌کند، ممکن است در بهینه‌سازی طول عمر تولیدی گاوهای شیری کمک کننده باشد.

❖ مقدمه

در طول چند دهه گذشته، تولید شیر به ازای هر گاو، به طور چشمگیری در آمریکای شمالی و اروپا از طریق برنامه‌های اصلاحی موفق و بهبود تغذیه و سیستم‌های مدیریتی افزایش یافته است (Bauman *et al.*, 2006). تولید شیر از نظر سطح درآمد گاوداری‌های شیری، تاثیر اقتصادی زیادی بر واحدهای تجاری گاو شیری دارد. افزایش تمرکز بر بهره‌وری شیر در گاوهای شیری امروزی، با کاهش در طول عمر تولیدی گاوها، افزایش شیوع مشکلات مرتبط با سلامتی، کاهش در باروری و رفاه ضعیف دام، همراه بوده است (Hare *et al.*, 2006). در نتیجه‌ی افزایش تولید شیر، ژن‌های جنسی موقتا از میان رفته، طول دوره تلقیحی افزایش یافته، موثر بودن تلقیح مصنوعی و طول عمر تولیدی کاهش می‌یابد (Sel'tsov *et al.*, 2013). با توجه به اهمیت صنعت پرورش گاو شیری و تاثیر صفت ماندگاری بر سودآوری و تولید گاو، هدف از این مطالعه، بررسی ماندگاری و عوامل موثر بر آن می‌باشد.

❖ ماندگاری

ماندگاری یک گاو شیری به عنوان طول عمر کلی یا طول عمر تولیدی یک گاو تعریف می‌شود (Schuster *et al.*, 2020). طول عمر تولیدی را می‌توان به عنوان تعداد دوره‌های شیردهی‌ای که یک گاو تا قبل از حذف انتظار می‌رود که به انجام برساند و در آن مرگ معمولا مورد انتظار نیست، تعریف کرد (Garcia, 2001). ماندگاری در گاوهای شیری می‌تواند به وسیله طول عمر گله (از تولد تا حذف از گله)، طول عمر تولیدی (از اولین زایش تا حذف) و زنده‌مانی تا یک سن خاص یا تا گوساله‌زایی و یا شیردهی اندازه‌گیری شود (Sawa & Bogucki, 2010). در اکثر صنایع پیشرفته گاو شیری، میانگین طول عمر تولیدی گاوها بین ۵/۲ تا چهار سال است. گاوها برای نخستین بار در سن دو سالگی گوساله‌زایی دارند و به طور کلی طول عمر آن‌ها از تولد تا مرگ بین ۵/۴ تا شش سال به طول می‌انجامد، با این حال طول عمر طبیعی مورد انتظار گاوهای شیری، ۲۰ سال است (De Vries & Marcondes, 2020). با افزایش ماندگاری، میانگین تولید گله به دو دلیل افزایش می‌یابد، اولا بخش عمده‌ای از تصمیمات حذفی بر اساس تولید است و ثانیا نسبت گاوهای بالغ که تولید شیر بیشتری نسبت به گاوهای جوان دارند، افزایش می‌یابد (VanRaden & Wiggans, 1995). در کنار پیامدهای اقتصادی، افزایش طول عمر، پیامدهای محیطی نیز به همراه خواهد داشت (Vredenberg *et al.*, 2021). گاوهایی که طول عمر بیشتری دارند، متان کمتری به ازای هر کیلوگرم شیر تولید می‌کنند (Grandl *et al.*, 2019) و در نتیجه پایداری زیست محیطی افزایش خواهد یافت (Overton & Dhuyvetter, 2020). با این حال، طول عمر طولانی ممکن است معایبی مانند افزایش مشکلات مربوط به سلامت و تولیدمثل و کاهش بهبود ژنتیکی نیز داشته باشد (De Vries, 2017) و افزایش ماندگاری همیشه با بهبود رفاه گاو مرتبط نیست (McMillan, 2022).

❖ عوامل غیر ژنتیکی موثر بر ماندگاری

تغذیه

بیشترین هزینه در زمینه تولیدات دامی را تغذیه به خود اختصاص داده است به گونه‌ای که در حدود ۶۵ تا ۷۵ درصد هزینه‌های جاری در پرورش گاو شیری، مربوط به تغذیه می‌باشد. تغذیه مناسب برای سلامت و عمر تولیدی گاو، عاملی مهم است. افزایش کیفیت تغذیه می‌تواند سبب کاهش مشکلات تغذیه‌ای، افزایش بازده آبستنی، افزایش طول عمر گاوها و در نتیجه افزایش سودآوری گله شود (موسوی دامناب و همکاران، ۱۳۹۸). مشکلاتی نظیر سخت‌زایی، جفت‌ماندگی، متریت و ادم پستان، می‌توانند نشان‌دهنده وضعیت تغذیه گاوها باشند. اقداماتی مانند بررسی تعداد گاوهایی که در حال نشخوار هستند، میزان مصرف ماده خشک، نمره وضعیت مدفوع و وجود مواد مغذی هضم نشده در مدفوع، می‌توانند در حل مشکلات تغذیه‌ای موثر واقع شوند (Garsia, 2006).

❖ شرایط محیطی

طول عمر تولیدی به شرایط متفاوت محیطی بستگی دارد که در مزارع مختلف این شرایط متغیر است (Buenger *et al.*, 2001). عملکرد یا فنوتیپ گاو از طریق تلفیقی از ژنوتیپ، که خصوصیات بیولوژیکی را تعیین می‌کند و نحوه تعامل این خصوصیات بیولوژیکی با محیط، تعیین می‌شود (Walsh *et al.*, 2011). تصمیمات حذف و در نتیجه ماندگاری، براساس عملکرد گاو تعیین می‌شوند، بنابراین به دلیل وراثت‌پذیری پائین ماندگاری، محیط نقش مهمی را ایفا می‌کند (McConnel *et al.*, 2008). احتمال بیشتری وجود دارد که یک گاو با سازگاری بهتر با محیط خود را در برابر حذف شدن، مصون نگه دارد و این امر نشان می‌دهد که در تعیین ماندگاری گاو نقش اساسی دارد. اختلالات مرتبط با سلامتی مانند لنگش و ورم پستان، تاثیر قابل توجهی بر تولید شیر دارند (Seegers *et al.*, 2003) و با کاهش در عملکرد تولیدمثلی (Pinedo *et al.*, 2016) و ماندگاری (Shabalina *et al.*, 2020) مرتبط هستند و به وسیله محیط تحت تاثیر قرار می‌گیرند. به عنوان مثال، نوع کفپوش و لغزنده بودن آن، تمیزی و طراحی طویله، نوع بستر و کیفیت آن و طراحی استال، عواملی محیطی مرتبط با افزایش احتمال لنگش هستند (Solano *et al.*, 2015).

بهداشت و سلامتی

سلامت دام‌ها یکی از جنبه‌های مهم رفاه حیوان، ایمنی مواد غذایی، سلامت انسان و بازده تولید است. حیوانات سالم در استفاده از خوراک عرضه شده و سایر نهاده‌ها و مراقبت برای تولید محصول مورد نظر بهره‌وری و کارایی بیشتری دارند. حیوانات غیرسالم تمایل به کاهش در میزان تولید شیر، رشد، و در نتیجه آلودگی محیطی بیشتر به ازای هرواحد تولید دامی دارند.

نگهداری دام‌ها با توجه به شرایط رفاهی حیوان معمولا منجر به افزایش ماندگاری خواهد شد. بستر نرم، فضای کافی آخور و خشک بودن کف جایگاه، بعضی از احتیاجات در تامین رفاه حیوانات است. یکی از رایج‌ترین موضوعات در زمینه سلامتی گاوهای شیری شامل ورم پستان بالینی و تحت بالینی، آسیب‌های پا، کتوز، اسهال و پنومونی گوساله‌ها است. تاکید بیشتر روی ممانعت از بیماری، اطلاع زود هنگام و فرآیند درمانی موفق از جمله راه‌های بهبود سلامت و رفاه دام‌ها است (Wei *et al.*, 2021).

تولیدمثل

توانایی گاو در آبستن شدن و حفظ آبستنی یکی از مهم‌ترین مولفه‌های مدیریت گله‌های شیری برای حفظ تولید و ماندگاری بالای گاوهای شیری است (Sewalem *et al.*, 2008). تولیدمثل ضعیف، نرخ حذف و هزینه‌های جایگزینی را افزایش می‌دهد. باروری کم و مشکلات مربوط به سلامتی باعث حذف ناخواسته می‌شود و برنامه‌های ژنتیکی در عملکرد گاوهای شیری را تحت تاثیر قرار داده و موجب طول عمر تولیدی نسبتا کوتاهی در گاوهای شیری پر تولید خواهد شد (Langford & Stott, 2012). صفات تولیدمثلی مانند سن در اولین زایش و فواصل گوساله‌زایی بر صفات اقتصادی مهم مانند ماندگاری، طول عمر تولیدی و سودآوری گاوها تاثیرگذار است (Singh *et al.*, 2017). مطالعات نشان داده است که سن مطلوب در اولین زایش برای داشتن حداکثر طول عمر و سطح تولید روزانه و برای حفظ گاوها در گله تا زمانی که ممکن است، برابر ۲۴ تا ۲۷ ماهگی است (Brickell *et al.*, 2009). مقادیر بالاتر سن در اولین زایش با باروری ضعیف در اولین شیردهی و طول عمر تولیدی کوتاه‌تر گاو در ارتباط است (Zavadilová & Štípková, 2013).

سن حیوان

سن حیوان بر احتمال حذف اثر می‌گذارد. گاوهایی که بین ۳ تا ۵ سال و یا بیش از ۷ سال سن داشته باشتند، در معرض خطر بالاتری برای حذف قرار گرفتند (Allaire & Gibson, 1992). روزهای شیردهی و تولید شیر بالاتر تاثیر معنی‌داری در کاهش حذف غیر اختیاری گاوها و افزایش تولید در شکم اول اثر قابل توجهی در ماندگاری گاوها دارد (موسوی دامناب و همکاران، ۱۳۹۸). تنها گاوهایی با طول عمر بیشتر می‌توانند حداکثر ظرفیت تولیدی مرتبط با سن‌شان را نشان دهند و درصد گاوهای کاملا بالغ در گله نیز افزایش می‌یابد (Essl, 1998). گاوهایی با شکم زایش جوان‌تر، بیشتر مستعد سخت‌زایی (Mee *et al.*, 2011)، مرده‌زایی (Mee *et al.*, 2008) و بیماری (Berry & Meaney, 2005) هستند که در نهایت روی نیازهای کارگری و سود کلی گله اثر می‌گذارد و از طرف دیگر گاوهای بسیار مسن نیز بیشتر مستعد ابتلا به بیماری هستند (Roche & Berry, 2006).

سطح تولید

برخلاف سن در هنگام حذف، طول عمر تولید شیر نه تنها به طول عمر، بلکه به میزان شیر تولیدی نیز بستگی داردبنابراین طول عمر تولید شیر به صورت کیلوگرم شیر تولید شده توسط گاو در طول عمر اندازه‌گیری شده و چشم‌انداز اقتصادی و زیست‌محیطی بیشتری را در مورد ماندگاری گاو نشان می‌دهد (Pritchard *et al.*, 2013). طول حیات شیردهی به روزهایی از اولین زایش تا حذف یا مرگ اشاره دارد ولی دوره خشکی را شامل نمی‌شود (Zhang *et al.*, 2021).

وضعیت بدنی

یک همبستگی ژنتیکی قوی بین ماندگاری و صفات ساختاری وجود دارد (Vollema & Groen, 1997) و تاثیرات مثبت و منفی این همبستگی ژنتیکی در اصلاح‌نژاد گاوهای شیری مشاهده شده است (Vollema & Groen, 1996). صفات ساختاری شامل صفات مرتبط با سیستم شیردهی (نظیر بافت پستان، اتصالات پستان، عمق پستان، قرارگیری سرپستانک‌ها، لیگامنت نگهدارنده میانی، عرض پشتی پستان و ارتفاع پشتی پستان)، صفات مرتبط با دست و پاها (مانند کیفیت استخوان، نمای پشتی پاهای عقبی و زاویه پاها) و صفات مرتبط با بدن (مثل وزن، ارتفاع بدن و عمق بدن) هستند. نمره کل ساختار بدنی بالاتر، منجر به ماندگاری طولانی‌تر می‌شود (Hu *et al.*, 2021)..

❖ نتیجه‌گیری

تحقیقات گسترده‌ای با تمرکز بر عوامل ژنتیکی، محیطی و مدیریتی موثر بر ماندگاری در گله در تلاش برای افزایش فهم و رهنمون سودآوری مزرعه انجام شده است. با این حال میزان زمانی که گاوها در مزرعه می‌گذرانند، هنوز بسیار کوتاه‌تر از توانایی بیولوژیکی آن‌ها است (Council on Dairy Cattle Breeding, 2019). تولید کارآمدتر منجر به منافع اقتصادی، محیطی و رفاهی حیوانات شده و اغلب با زندگی تولیدی طولانی‌تر مرتبط بوده که با عنوان ماندگاری از آن یاد می‌شود. در نتیجه صنعت گاو شیری در تلاش برای افزایش ماندگاری است (Bell *et al.*, 2011). بهبود سلامتی، ساختار بدن و باروری حذف اجباری کاهش داده و امکان تصمیم‌گیری بیشتر در مورد حذف گاوهایی که از نظر عملکردی سالم هستند را فراهم می‌کند (De Vries & Marcondes, 2020). علاوه براین، در کنار جنبه‌های اقتصادی، ملاحظات زیست محیطی و اخلاقی نیز وجود دارند که نیازمند کاهش در نرخ جایگزینی و افزایش در طول عمر تولیدی گاوهای شیری است (Bell *et al.*, 2011).

❖ منابع

موسوی دامناب، ط.، منتظر تربتی، م.ب.، و فرهنگ‌فر، ه. ۱۳۹۸. تعیین برخی عوامل موثر بر طول عمر گاوهای هلشتاین (مطالعه موردی: گاوداری‌های موسسه اقتصادی رضوی). علوم دامی (پژوهش و سازندگی)، شماره ۱۲۲، صفحات ۱۴۲-۱۳۱.

Allaire, F.R. and Gibson, J.P., 1992. Genetic value of herd life adjusted for milk production. Journal of Dairy Science; 75(5): 1349-1356.

Bauman, D.E., Mather, I.H., Wall, R.J. and Lock, A.L., 2006. Major advances associated with the biosynthesis of milk. Journal of Dairy Science; 89(4): 1235-1243.

Bell, M.J., Wall, E., Russell, G., Simm, G. and Stott, A.W., 2011. The effect of improving cow productivity, fertility, and longevity on the global warming potential of dairy systems. Journal of Dairy Science; 94(7): 3662-3678.

Berry, D.P. and Meaney, W.J., 2005. Cow factors affecting the risk of clinical mastitis. Irish Journal of Agricultural and Food Research; 147-156.

Brickell, J.S., Bourne, N., McGowan, M.M. and Wathes, D.C., 2009. Effect of growth and development during the rearing period on the subsequent fertility of nulliparous Holstein-Friesian heifers. Theriogenology, 72(3), pp.408-416.

Buenger, A., Ducrocq, V. and Swalve, H.H., 2001. Analysis of survival in dairy cows with supplementary data on type scores and housing systems from a region of northwest Germany. Journal of Dairy Science; 84(6): 1531-1541.

Council on Dairy Cattle Breeding. 2019. Trend in productive life for Holstein or Red and White. Accessed May 15, 2020. De Vries, A. and Marcondes, M.I., 2020. Overview of factors affecting productivelifespan of dairy cows. Animal; 14(S1): 155-s164. De Vries, A., 2017. Economic trade-offs between genetic improvement and longevity in dairy cattle. Journal of Dairy Science; 100(5): 4184-4192.

Essl, A., 1998. Longevity in dairy cattle breeding: a review. Livestock Production Science; 57(1): 79-89.

Garcia, A., 2001. Cow longevity.

Garsia A. 2006. Cow longevity. Journal of Dairy Sciences; 43: 128-134.

Grandl, F., Furger, M., Kreuzer, M. and Zehetmeier, M., 2019. Impact of longevity on greenhouse gas emissions and profitability of individual dairy cows analysed with different system boundaries. Animal; 13(1): 198-208.

Hare, E., Norman, H.D. and Wright, J.R., 2006. Survival rates and productive herd life of dairy cattle in the United States. Journal of Dairy Science; 89(9): 3713-3720. Hu, H., Mu, T., Ma, Y., Wang, X. and Ma, Y., 2021. Analysis of longevity traits in Holstein cattle: a review. Frontiers in genetics; 12: 695543.

Langford, F.M. and Stott, A.W., 2012

Sawa, A. and Bogucki, M., 2010. Effect of some factors on cow longevity. Archives Animal Breeding; 53(4): 403-414.

Schuster, J.C., Barkema, H.W., De Vries, A., Kelton, D.F. and Orsel, K., 2020. Invited review: Academic and applied approach to evaluating longevity in dairy cows. 11008-11024.

Seegers, H., Fourichon, C. and Beaudeau, F., 2003. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. Veterinary research; 34(5): 475-491.

Sel'tsov, V.I., Molchanova N.N. Zootekhniya, 2013; 9: 2-4 (in Russ.).

Sewalem, A., Miglior, F., Kistemaker, G.J., Sullivan, P.V. and Van Doormaal, B.J., 2008. Relationship between reproduction traits and functional longevity in Canadian dairy cattle. Journal of Dairy Science; 91(4): 1660-1668.

Shabalina, T., Yin, T. and König, S., 2020. Influence of common health disorders on the length of productive life and stayability in German Holstein cows. Journal of Dairy Science; 103(1): 583-596.

Singh, J., Singh, V.K., Yadav, A.K. and Jha, A.K., 2017. Effect of genetic and non-genetic factors on age at first calving in Sahiwal cattle. Indian Journal of Animal Research; 51(4): 635-639.

Solano, L., Barkema, H.W., Pajor, E.A., Mason, S., LeBlanc, S.J., Heyerhoff, J.Z., Nash, C.G.R., Haley, D.B., Vasseur, E., Pellerin, D. and Rushen, J., 2015. Prevalence of lameness and associated risk factors in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns. Journal of Dairy): 631-638. Journal of Dairy Science; 79(12): 2261-2267.

Vollema, A.R. and Groen, A.F., 1997.

Genetic correlations between longevity and conformation traits in an upgrading dairy cattle population.

Journal of Dairy Science; 80(11): 3006-3014.

. Culled early or culled late: economic decisions and risks to welfare in dairy cows. Animal welfare; 21(S1): 41-55.

McConnel, C.S., Lombard, J.E., Wagner, B.A. and Garry, F.B., 2008. Evaluation of factors associated with increased dairy cow mortality on United States dairy operations. Journal of Dairy Science; 91(4): 1423-1432.

McMillan, F., 2022. Improving the Longevity of Dairy Cattle: An Important Initiative for

the Swiss Dairy Industry. Journal of Dairy Science; 103(12):Independent Study Project (ISP) Collection. 3453.

Mee, J.F., Berry, D.P. and Cromie, A.R., 2008. Prevalence of, and risk factors associated with, perinatal calf mortality in pasture-based Holstein-Friesian cows. Animal; 2(4): 613-620.

Mee, J.F., Berry, D.P. and Cromie, A.R., 2011. Risk factors for calving assistance and dystocia in pasture-based Holstein–Friesian heifers and cows in Ireland. The Veterinary Journal; 187(2): 189-194.

Overton, M.W. and Dhuyvetter, K.C., 2020. Symposium review: An abundance of replacement heifers: What is the economic impact of raising more than are needed?. Journal of Dairy Science; 103(4): 3828-3837.

Pinedo, P.J., Melendez, P., Paudyal, S., Krauss, R., Arias, F., Lopez, H., Luco, A. and Vergara, C.F., 2016. Association between disease occurrence and fertility of dairy cows in three geographic regions of Chile. Theriogenology; 86(3): 817-823.

Pritchard, T., Coffey, M., Mrode, R. and Wall, E., 2013. Genetic parameters for production, health, fertility and longevity traits in dairy cows. Animal; 7(1): 34-46.

Roche, J.R. and Berry, D.P., 2006. Periparturient climatic, animal, and management factors influencing the incidence of milk fever in grazing systems. Journal of Dairy Science; 89(7): 2775-2783.

Vredenberg, I., Han, R., Mourits, M., Hogeveen, H. and Steeneveld, W., 2021. An empirical analysis on the longevity of dairy cows in relation to economic herd performance. Frontiers in Veterinary Science; 8: 646672.

Walsh, S.W., Williams, E.J. and Evans, A.C.O., 2011. A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. Animal Reproduction Science; 123(3-4): 127-138.

Wei, S., Zijlstra J., Wang Y., Dong, H. (Eds). 2021. Guide for mitigation option of greenhouse gas emissions in Chinese dairy sector. CCAFS Working Paper no. 382. Wageningen, the Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).

Zavadilová, L. and Štípková, M., 2013. Effect of age at first calving on longevity and fertility traits for Holstein cattle. Czech Journal of Animal Science; 58(2): 47-57.

Zhang, S.J., Kou, H.W., Ding, X.T., Liu, X., Cai, W.W. and Zhang, Z.J., 2021. The research progress and application of genomic-wide selection in ruminant genetics and breeding. Chinese Journal of Agricultural Biotechnology; 29: 571-578.

❖ **فائزه خانی** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی علوم دامی، گرایش تغذیه نشخوارکنندگان، دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران

❖ باقیمانده‌ی خوراک مصرفی: مبانی، عوامل موثر و چشم اندازهای آینده در گاو نر گوشتی

❖ خلاصه

بازده مصرف خوراک یکی از عوامل اساسی در پایداری اقتصادی و کاهش اثرات زیست‌محیطی در صنعت دامپروری نوین به شمار می‌رود. با وجود تحقیقات گسترده در این زمینه، بازده مصرف خوراک همچنان یک پدیده پیچیده و چندبعدی است که بسیاری از عوامل زیستی مؤثر بر آن به‌طور کامل شناسایی نشده‌اند. یک رکن اساسی بازده، مصرف خوراک گاو در مقایسه با مصرف پیش بینی شده برای آن است که به آن خوراک مصرفی باقی مانده می گویند. از این نظر،گاوها به دو گروه (LRFI: Low Residual Feed Intake)(مصرف واقعی کمتر از پیش بینی) و (HRFI: High Residual Feed Intake) (مصرف واقعی بیشتر از پیش بینی) تقسیم می‌شوند. دام‌های LRFI قابلیت هضم خوراک بالاتری دارند، متان کمتری تولید کرده و انرژی نگهداری کمتری دارند. به‌طوری که با مصرف خوراک کمتر، بدون اثر بر عملکرد نهایی، بازدهی مطلوب را حفظ می‌کنند. اندازه‌گیری RFI فرایندی پیچیده، زمان‌بر و پرهزینه است با این‌حال به منظور تسهیل انتخاب دام‌های کارآمد، می‌توان از یک آزمایش خون ساده برای شناسایی متابولیت‌های خاص (بوتیریل کارنیتین و لیزوفسفاتیدیل کولین) استفاده کرد که به‌عنوان نشانگر زیستی عمل کرده و امکان ارزیابی و انتخاب دقیق‌تر دام‌ها را فراهم می‌آورد.

❖ مقدمه

هزینه خوراک حدودا۶۰ تا ۷۰ درصد از هزینه کل تولید دام را تشکیل می‌دهد و با رشد جمعیت جهانی، پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ تقاضا برای غذا نسبت به سال ۲۰۱۰ حدود ۷۰ درصد افزایش یابد .این افزایش تقاضا تنها از طریق بهبود کارایی تولید محصولات کشاورزی و دامپروری و انتخاب دام‌های پربازده قابل تأمین است (Datt et al., ۲۰۱۷). در گاوهای گوشتی افزایش راندمان خوراک می‌تواند همزمان سودآوری تولیدکنندگان را بالا ببرد و اثرات زیست‌محیطی تولید گوشت را کاهش دهد (Kenny et al,۲۰۱۸). اگرچه روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری بازده خوراک وجود دارد ولیکن، RFIکه نخستین بار توسط کوچ و همکاران در سال 1963 مطرح شد به معیار انتخاب مناسبی تبدیل شده است. این شاخص امکان شناسایی حیواناتی را فراهم می‌کند که با مصرف خوراک کمتر از مقدار مورد انتظار، عملکرد رشدی مشابه با گروه دارای مصرف خوراک بالاتر دارند. ازاین‌رو، RFI به‌عنوان معیاری مستقل از نرخ رشد و اندازه بدن، نقش مهمی در بهینه‌سازی مصرف خوراک و کاهش هزینه‌های تغذیه‌ای در صنعت پرورش گاو گوشتی ایفا می‌کند (McKenna et al, ۲۰۱۸).

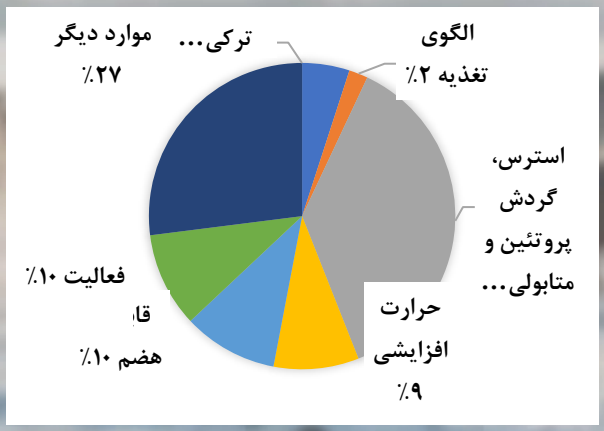
RFI تفاوت بین مقدارمصرف واقعی خوراک حیوان و مقدار مصرف خوراک پیش‌بینی‌شده بر اساس وزن بدن و میانگین افزایش وزن روزانه (ADG)است و معمولاً از محاسبه باقیمانده‌ی مدل رگرسیون چندگانه به دست می‌آید. مدل رگرسیون چندگانه پایه مرسوم که برای پیش‌بینی مصرف ماده خشک (DMI) در بسیاری از مطالعات استفاده می‌شود، شامل وزن زنده متابولیک حیوان و ADGمی‌باشد (Kenny et al, ۲۰۱۸).

محاسبه خوراک مصرفی حیوان از طریق فرمول زیر است. ابتدا باید خوراک مصرفی مورد انتظار را با فرمول زیر پیش بینی کرده و سپس با مصرف واقعی دام مقایسه کرد.

$$Y \text{ یا } DMI = ß_{0+} ß_{1} X_1 + ß_2 X_2 + \varepsilon$$

Yمصرف ماده خشک مورد انتظار (کیلوگرم در روز) ، $ß_0$مرجع (عرض از مبدأ) رگرسیون، $ß_1$ و $ß_2$ضرایب رگرسیون جزئی، X_1میانگین رشد روزانه و X_2 میانگین وزن اولیه و نهایی به توان ۷۵/۰ یا وزن متابولیکی حیوان در وسط دوره ، RFI یا ε باقیمانده خوراک مصرفی می‌باشد.

RFI معمولاً آن مقدار از واریانس بیولوژیکی در مصرف خوراک را نشان می‌دهد که توسط مدل و خطاهای اندازه‌گیری یا ساختار مدل ریاضیاتی توضیح داده نشده است (Taiwo, ۲۰۲۳).



شکل ۱. واریانس بیولوژیکی در مصرف ماده خشک (۲۰۱۷ Datt et al,)

❖ ارتباط RFI با قابلیت هضم

افزایش سطح خوراک مصرفی نسبت به نگهداری، منجر به کاهش قابلیت هضم غذا می شود (Datt et al, ۲۰۱۷). چندین مطالعه نشان داده اند که تفاوتی در قابلیت هضم ماده خشک بین دام های با RFI مختلف وجود نداشته است. با این حال، مشخص نیست که آیا بهبود قابلیت هضم ظاهری حیوانات کارآمدتر ذاتی است یا صرفاً تابعی از سرعت عبور کندتر مایع شکمبه از شکمبه به دلیل DMI پایین تر است (Kenny et al, ۲۰۱۸)

❖ ارتباط RFI با گرمای افزایشی تغذیه ای

تغییر در RFI به دلیل تفاوت دراحتیاجات نگهداری است. تفاوت در انرژی ابقاء شده در بدن تنها ۵٪ از تفاوت در مصرف خوراک را در بین دو گروه با RFI متفاوت تشکیل می دهد و بقیه (۹۵٪) به دلیل تولید گرما است. تغییر در بازده خوراک در درجه اول به تفاوت در اتلاف انرژی جیره (مدفوع، متان و ادرار) مربوط می شود. چهل درصد از کل گرمای افزایشی با متابولیسم بافت روده مرتبط است و بقیه به دلیل متابولیسم بالا در بافت های محیطی است. در یک مطالعه با وجود عدم تفاوت در عملکرد میتوکندری در دو گروه، نرخ تنفس میتوکندری در LRFI بالاتر بود (۲۰۲۳ ,Taiwo).

❖ ارتباط RFI با ترکیب بدن

نشان داده شده است که چربی بین دنده ای، وزن کبد، وزن شکمبه و وزن دستگاه گوارشی درگاوهای LRFI کمتر بود و با بهبود RFI در والدین، نتاج حاصل، لاغرتر بودند و چربی بدن کمتر و پروتئین عضلانی بیشتر داشتند. تفاوت غلظت لپتین، که معمولاً با افزایش چربی در گاو مرتبط است با RFIهمبستگی مثبت داشت، که با چاقی بیشتر گاو همخوانی داشت (Datt et al, ۲۰۱۷).

❖ ارتباط RFI با فعالیت و الگوهای تغذیه ای

رفتار و فعالیت های تغذیه‌ای، توسط مکانیسم های فیزیکی و بیولوژیکی کنترل می‌شود. مطالعات نشان داده است که RFI با مدت زمان تغذیه، میزان تغذیه، اندازه وعده غذایی، و مدت زمان وعده غذایی در ارتباط می‌باشد (Taiwo, ۲۰۲۳). در گاو، خوردن، جویدن و نشخوار کردن ۱۰ تا ۳۳ درصد از کل انرژی قابل سوخت و ساز حاصل از علوفه را تشکیل می‌دهد. گوساله‌های پرواری که RFI بالاتری دارند ۱۳درصد زمان بیشتری را برای تغذیه و نوشخوارکردن صرف می‌کنند. افزایش مسافت طی شده و زمان صرف شده برای ایستادن و نشخوار کردن تقریباً ۵ درصد از افزایش انرژی دریافتی توسط گروه RFI بالا در مقایسه با گروه کم RFI را تشکیل می‌دهد در یک مطالعه گوساله پرواری کارآمدتر (RFI کم) تولید گرمای کمتری نسبت به گوساله پرواری های RFI متوسط یا زیاد داشتند که نشان می‌دهد RFI ممکن است با احتیاجات انرژی نگهداری همبستگی منفی داشته باشد (Datt et , ۲۰۱۷ al).

❖ ارتباط نوسازی پروتئین و متابولیسم با RFI

نوسازی پروتئین یک فرآیند انرژی‌بر در بدن است. هزینه‌های انرژی ناشی از گردش پروتئین ۱۵ تا ۲۰ درصد از نرخ متابولیسم پایه در طیف وسیعی از گونه‌ها را تشکیل می‌دهد. غلظت پروتئین بالاتر در پلاسمای خون گاوهای کمتر کارآمد، منعکس کننده تفاوت در سرعت گردش پروتئین است. آلبومین فراوان‌ترین پروتئین در خون و یکی از اجزای مهم متابولیسم پروتئین و یک شاخص مرتبط از وضعیت تغذیه پروتئین است. در اکثر مطالعات حیوانات کمتر کارآمد (RFIبالا) غلظت آلبومین سرم بالاتری داشتند .کراتینین از کاتابولیسم کراتین و فسفوکراتین مشتق می‌شود و به عنوان نشانگری برای شکست توده عضلانی می‌باشد. کراتینین با RFI درگاو ارتباط منفی قوی دارد. با این‌حال، نتایج متفاوتی در رابطه با غلظت کراتینین در گروهای RFI بیان شده است. اوره خون با محتوای پروتئین عضله گاو نر ارتباط منفی دارد و در خون دام های ناکارامد مقدار اوره بیشتری گزارش شده است. آسپارتات آمینوترانسفراز یک نشانگر عملکرد کبد و نشان دهنده سطح بالاتر کاتابولیسم پروتئین در کبد گوساله پرواری‌های کمتر کارآمد است و همبستگی مثبتی با RFI دارد (Taiwo, ۲۰۲۳).

❖ ارتباط استرس با RFI

گاوهای گوشتی، به طور طبیعی، تحت شرایط مدیریت محور قرار می‌گیرند که باعث واکنش های استرسی می‌شود و در نتیجه مصرف خوراک کاهش می‌یابد. این عوامل استرس‌زا شامل رویدادهایی مانند از شیر گرفتن، حمل و نقل، محرومیت از آب و خوراک، و جابجایی و.. می‌شود. عفونت‌ها می‌توانند اشتها را با استفاده از سیتوکین‌های سیستم ایمنی کاهش دهند، که منجر به دریافت انرژی ناکافی، کاهش رشد یا شیردهی و کاهش بازده خوراک می‌شود (۲۰۲۳ ,Taiwo).

کورتیزول، یک هورمون گلوکوکورتیکوئیدی است که توسط غده فوق کلیوی سنتز و آزاد می‌شود. در اکثر مطالعات غلظت کورتیزول پلاسما، که یک شاخص استرس است در گروه‌های با RFI بالا، بالاتر بود. پاسخ‌های فیزیولوژیکی به استرس شامل افزایش نرخ متابولیک و مصرف انرژی همراه با افزایش فرآیندهای کاتابولیک مانند افزایش لیپولیز و تجزیه پروتئین می‌باشد (Datt et al, ۲۰۱۷.) سطوح بالاتر بوتیریل کارنیتین در دام‌های HRFI نشان‌دهنده استرس اکسیداتیو بیشتر بوده و افزایش لیزوفسفاتیدیل کولین و در اثر آزادسازی آراشیدونات هم می‌تواند به عنوان نشانگر زیستی مورد استفاده قرار گرفته، تفکیک گروه‌های مختلف بازدهی خوراک را تسهیل کند (Xi et al, ۲۰۱۵).

❖ ارتباط RFI با تولید متان

نشخوارکنندگان، ۵/۱۴ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهند که سهم متان، ۴۴ درصد است. یکی از عوامل موثر بر RFI، ترکیب جیره ای است که به حیوانات داده می‌شود. جیره‌های پر انرژی می‌توانند بر RFI در گاو تأثیر بگذارند. جیره‌های با انرژی بالا (معمولاً غنی از غلات و کنسانتره) باعث بهبود بازده خوراک و RFIمی‌شوند. رژیم های غذایی با انرژی بالا، انرژی قابل هضم بیشتری فراهم و باعث افزایش وزن کارآمد و کاهش اتلاف انرژی و تولید متان می‌شوند (Taiwo, ۲۰۲۳). تخمین زده شده است که انتشار سالانه متان برای گوساله‌های پرواری با RFIبهتر، ۲۱تا ۲۸ درصد کمتر از گوساله‌های پرواری با RFIبدتر است (Datt et al, ۲۰۱۷). این تفاوتها به اختلاف در فراوانی جمعیت باکتریایی در شکمبه این دام‌ها مربوط می-شود.

❖ ارتباط RFI با تنظیم هورمونی مرتبط با مصرف خوراک

تنظیم هورمونی یکی از عوامل مهم در مصرف خوراک است (Taiwo, ۲۰۲۳). در اکثر مطالعات نشان داده شده است که شاخص‌های مختلف مرتبط با چربی لاشه با RFI مرتبط بود، یعنی بازده خوراک ممکن است با متابولیسم چربی مرتبط باشد. لپتین یک پروتئین مشتق شده از بافت چربی و یک عامل مهم بی اشتهایی است. غلظت پلاسمایی لپتین با توده چربی همبستگی مثبت دارد که در دام‌های LRFI بیشتر است. انسولین نقش عمده ای در متابولیسم گلوکز و ذخیره انرژی در بافت های حساس به انسولین، مانند بافت عضلانی و چربی دارد. مطالعات می گویند بین انسولین و RFI در دام پرورای ارتباط مثبت وجود دارد.

❖ چشم انداز مطالعات آینده

مطالعات در زمینه ارتباط بین RFI با نژاد، جنسیت، کنترل اشتها، عملکرد دستگاه گوارش و متابولیسم انرژی سلولی همچنان محدود بوده و نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. همچنین، بررسی تأثیر RFI بر ویژگی‌های مرتبط با بهره‌وری در مراتع نیز به‌طور کامل انجام نشده است .یکی از چالش‌های مهم در این زمینه، تغییر نیازهای رشد گوساله‌های شیرخوار در طول دوره ارزیابی است که می‌تواند بر دقت نتایج تأثیر بگذارد. دریافت مواد مغذی به دو صورت مایع و جامد در گوساله‌های قبل از شیرگیری و مصرف کم و متغیر ماده غذایی در این دوره، اندازه‌گیری دقیق تفاوت در مصرف ماده خشک و سایر متغیرها را دشوار می‌سازد . محدودیت تعداد حیوانات در آزمایش‌ها موجب کاهش دقت ارزیابی شده و مشاهده تغییرات در تخمیر شکمبه طی ۳۰ روز اول زندگی به دلیل فعالیت محدود شکمبه، چالش‌های بیشتری را ایجاد می‌کند. در نهایت، طولانی بودن دوره توصیه‌شده ۶۳ روزه برای ارزیابی RFI در گوساله‌های قبل از شیرگیری، اجرای این مطالعات را پیچیده و زمان‌بر کرده است (Xi et al, ۲۰۱۵).

❖ نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش هزینه‌های پرورش دام و همچنین اثرات زیست محیطی همچون افزایش گازهای گلخانه‌ای از جمله متان و نیاز روز افزون بشر به غذا، انتخاب حیوانات کارامد که بتوانند هزینه‌های بخش تولیدی را توجیه کنند، ضروری می‌باشد و انتظار می‌رود با تعیین دقیق‌تر شاخص خوراک مصرفی باقیمانده، و تمرکز بر آن در انتخاب دام‌های نسل بعد، پیشرفت‌های بزرگی در زمینه بهبود ضریب تبدیل و کاهش آلایندگی تولیدات نشخوارکنندگان حاصل گردد.

❖ **منابع**

Datt, C., Sharma, V., Dudi, K., Baban, B. N., Sharma, P. S., Negesse, T., . . . Singh, D. (2017). Residual feed intake as a tool for selecting more efficient animals: A Review. *Indian Journal of Animal Nutrition,* 34(3), .255-238

Kenny, D., Fitzsimons, C ,.Waters, S., & McGee, M. (2018). Invited review: Improving feed efficiency of beef cattle–the current state of the art and future challenges. *Animal,* 12(9), .1826-1815

McKenna, C., Porter, R. K., Keogh, K. A., Waters, S. M., McGee, M., & Kenny, D. A. (.(2018Residual feed intake phenotype and gender affect the expression of key genes of the lipogenesis pathway in subcutaneous adipose tissue of beef cattle. *Journal of animal science and biotechnology,* 9, .10-1

Taiwo, G. A. (2023). Exploring the biological basis of residual feed intake in beef cattle using multi-Omics analysis .

Xi, Y., Yang, Z., Wu, F., Han, Z., & Wang, G. (2015). Gene expression profiling of hormonal regulation related to the residual feed intake of Holstein cattle. *Biochemical and biophysical research communications,* 465(1), .25-19

❖ **نوشین اسدی فخرنژاد** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی علوم دامی، گرایش تغذیه نشخوارکنندگان، دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران

ژنتیک
GENETIC

❖ تحولی در ویرایش ژنوم: از ZFN و TALEN تا انقلاب CRISPR-Cas

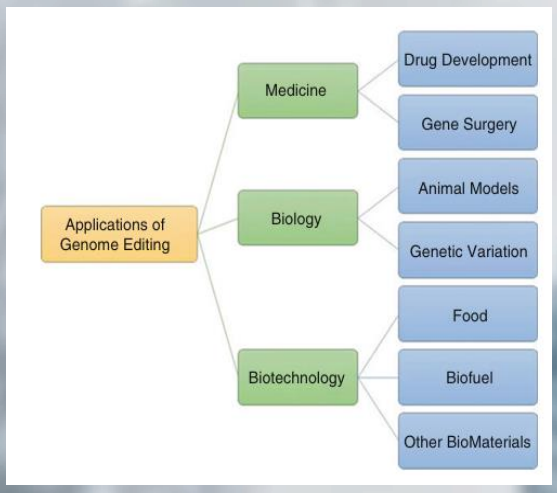
پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های ویرایش ژنوم از جمله ZFN، TALENو به ویژه CRISPR-Cas توانسته‌اند تحولی بزرگ در علوم زیستی و پزشکی ایجاد کنند. این مقاله به بررسی مکانیسم‌ها، مزایا و کاربردهای این ابزارهای نوین با تمرکز ویژه بر CRISPR-Cas می‌پردازد.

تمام موجودات زنده دارای اطلاعات ژنتیکی هستند که دستورالعمل‌های توسعه، عملکرد، و تولید آن‌ها را فراهم می‌کند. این اطلاعات ژنتیکی، به شکل ژن‌ها، تشکیل شده از مولکول دئوکسی ریبونوکلئیک اسید (DNA)، که از چهار نوع نوکلئوتید تشکیل شده است، ویژگی‌های مختلف را کد می‌کند. جهش‌ها، تغییراتی هستند که ممکن است توسط تحریکات خارجی یا داخلی به وجود بیایند و عملکرد سلول‌ها را تنوع ببخشند، از جمله ایجاد بیماری‌ها مانند سرطان. امکان درمان این بیماری‌ها با بازگرداندن جهش‌ها به توالی اصلی DNA و توانایی بازنویسی اطلاعات ژنتیک به درک بهتری از عملکرد ژن‌ها کمک می‌کند (Matsumoto and Nomura, 2023).

❖ کاربردهای ویرایش ژنوم

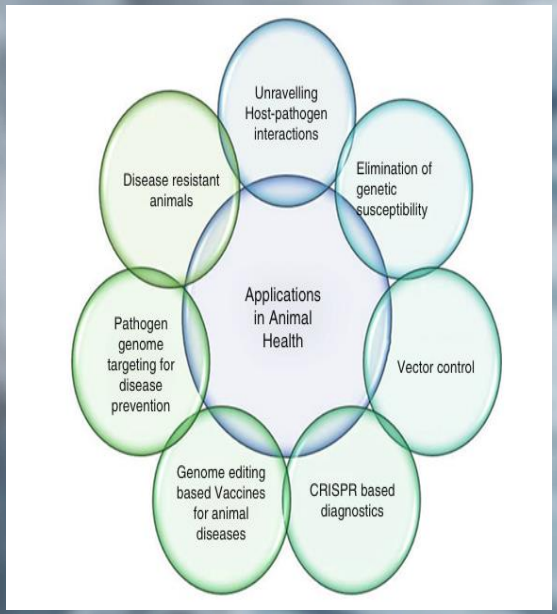
شکل ۱ ، تصویر کلی از کاربردهای عمومی ویرایش ژنوم را نشان می‌دهد. ویرایش ژنوم یک فناوری است که می‌تواند DNAیا RNAرا تغییر دهد. این فناوری در سه زمینه اصلی، یعنی پزشکی، زیست‌شناسی، و بیوفناوری به کار می‌رود. در حوزه پزشکی، ویرایش ژنوم می‌تواند به عنوان ابزاری برای توسعه داروهای جدید و مفید به کار رود. این کاربرد در تحقیقات داروسازی و درمان بیماری‌ها اهمیت زیادی دارد. در زمینه زیست‌شناسی، ویرایش ژنوم می‌تواند برای انجام جراحی ژنی، ایجاد مدل‌های حیوانی با خصوصیات مشخص، بررسی تنوع ژنتیکی در جمعیت‌های مختلف، و تولید مواد غذایی با خصوصیات معین مورد استفاده قرار گیرد. در بیوفناوری، ویرایش ژنوم می‌تواند برای تولید سوخت زیستی، تولید مواد شیمیایی و دیگر فرآورده‌های زیستی با استفاده ازمیکروب‌ها و سلول‌ها مورد استفاده قرار گیرد. این فناوری به عنوان یک ابزار قدرتمند در پژوهش‌های علمی و توسعه فناوری‌های پیشرفته نقش بسزایی ایفا می‌کند و تأثیرات گسترده‌ای در حوزه‌های مختلف دارد

(Mathapati and Singh, 2023).



شکل1_ کاربردهای ویرایش ژنوم (Mathapati and Singh, 2023)

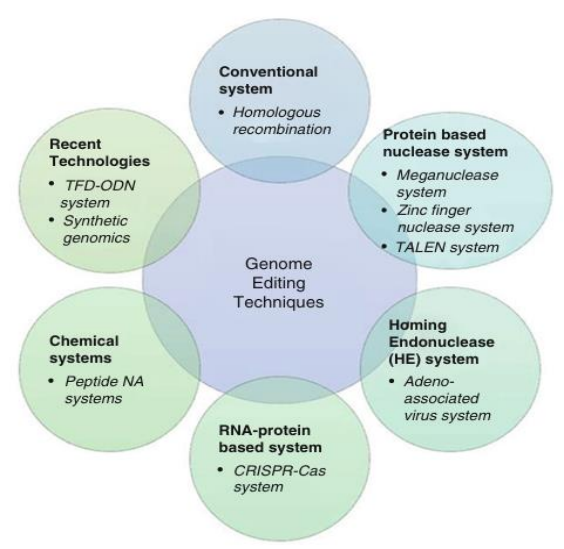
شکل ۲- برخی از کاربردهای ویرایش ژنوم در سلامت حیوانات را نشان می‌دهد این فناوری می‌تواند برای بررسی ارتباط بین میزبان و عامل بیماری، حذف آسیب‌پذیری ژنتیکی، کنترل برخی از حاملان بیماری، تشخیص بیماری‌ها، توسعه واکسن‌ها، هدف‌گیری ژنوم عامل بیماری و تولید حیوانات مقاوم در برابر بیماری مورد استفاده قرار گیرد (Mathapati and Singh, 2023).



شکل ۲- کاربردهای ویرایش ژنوم در سلامت حیوانات(Mathapati and Singh, 2023)

❖ فناوری‌های ویرایش ژنوم

شکل ۳- تمامی روش‌های ویرایش ژنوم را نشان می دهد (Mathapati and Singh, 2023). تاکنون، فناوری‌های مختلفی برای ویرایش ژنوم معرفی شده‌اند که هرکدام ویژگی‌ها و محدودیت‌های خود را دارند.



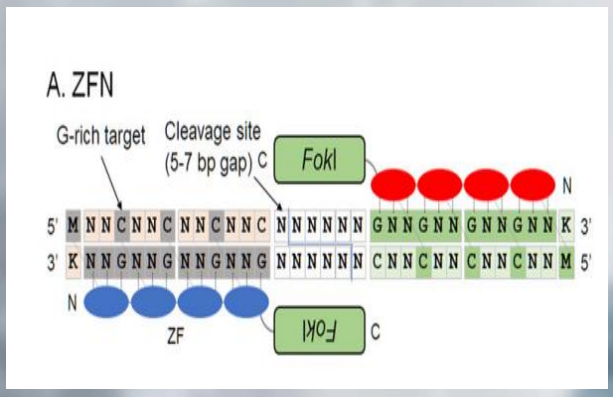
شکل۳- روش‌های ویرایش ژنوم (Mathapati and Singh, 2023)

در این مطالعه به معرفی سه فناوری مهم، یعنی ZFN (Zinc Finger Nucleases)، TALEN (Transcription Activator-Like Effector Nucleases)و CRISPR-Cas9 خواهیم پرداخت.

ZFN (Zinc Finger Nucleases)

این فناوری از یک پروتئین انگشت روی برای شناسایی و یک آنزیم FokI برای برش DNA استفاده می‌کند. این ابزار اولین سیستم پروتئینی متصل شونده به DNA قابل برنامه‌ریزی با کاربرد وسیع بود و در سال ۱۹۹۶ معرفی شد. مزایایی نظیر مهندسی مبتنی بر توالی و انتخاب آسان منطقه هدف را دارد، اما با محدودیت‌هایی نظیر انتخاب دشوار توالی و مهندسی انگشت روی، هزینه و زمان‌بر بودن و اندازه بزرگ پروتئین همراه است

(Matsumoto and Nomura, 2023).

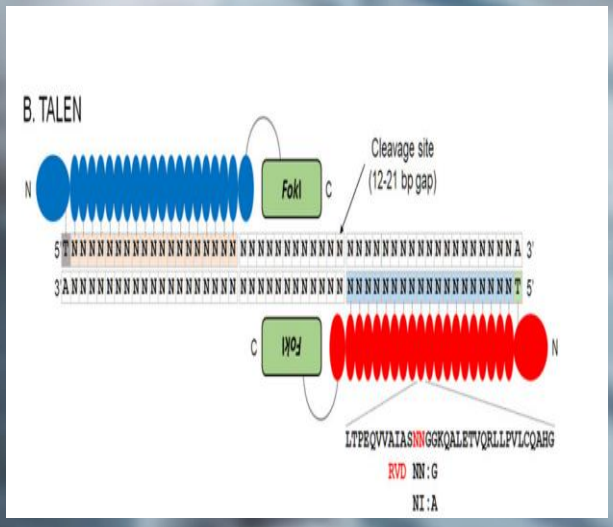


شکل ۴- ساختار ZFN(Matsumoto and Nomura, 2023)

TALEN

(Transcription Activator-Like Effector Nucleases)

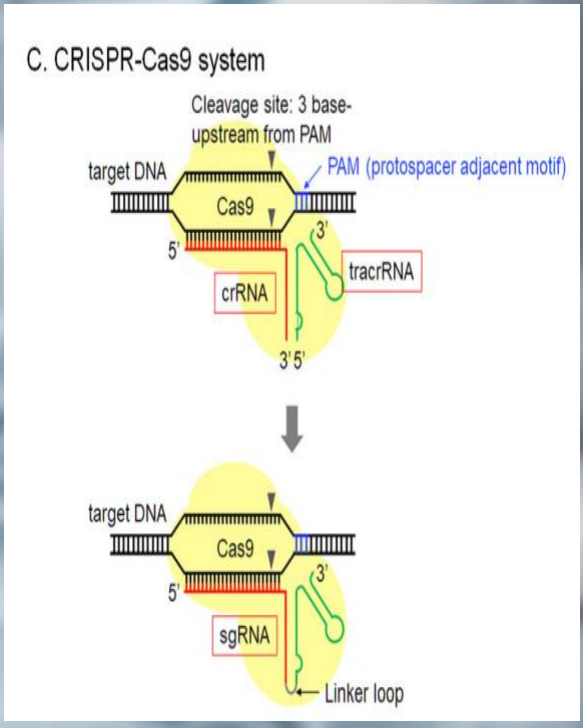
این فناوری از یک پروتئین TALE برای شناسایی و یک آنزیم FokIبرای برش DNA استفاده می‌کند. این ابزار در سال ۲۰۰۹ معرفی شد و دارای قابلیت شناسایی دقیق یک نوکلئوتید است. مزایایی نظیر دقت بالا، انتخاب نسبتاً آسان منطقه هدف و کارایی بالا در سلول‌های پستانداران دارد، اما با محدودیت‌هایی مانند عدم کاربرد در سیتوزین متیل‌شده، هزینه و زمان‌بر بودن و اندازه بزرگ پروتئین همراه است (Matsumoto and Nomura, 2023).



شکل۵- ساختار TALEN (Matsumoto and Nomura, 2023)

❖ CRISPR-Cas9

این فناوری از یک RNA راهنما برای شناسایی و یک پروتئین Cas9 برای برش DNA استفاده می‌کند. این ابزار در سال ۲۰۱۲ معرفی شد و بر پایه سیستم دفاعی طبیعی پروکاریوت‌ها در برابر ویروس‌ها و پلاسمیدها است. این ابزار دارای مزایایی نظیر انتخاب آزاد منطقه هدف باRNA ، سنتز ساده RNA راهنما و فعالیت چندگانه است، اما با محدودیت‌هایی مانند دقت پایین بسته به توالی هدف، اندازه بزرگ پروتئین و احتمال تولید برش‌های غیر هدف‌مند همراه است (Matsumoto and Nomura, 2023).



شکل ۶- ساختار CRISPR-Cas9 (Matsumoto and Nomura, 2023)

❖ تاریخچه فناوری CRISPR-Cas 9

سیستم CRISPR/Cas از تکرارهای DNA و پروتئین‌های همراه آن تشکیل شده است و نقش اصلی آن در محافظت از باکتری‌ها در برابر حمله‌های فاژهاست. نخستین بار این سیستم در سال ۱۹۸۷ در ژنوم باکتری E. coli کشف شد و سپس در سایر گونه‌های باکتری و آرکئی-ها نیز شناسایی گردید. تا سال ۲۰۰۵، عملکرد دقیق این سیستم مشخص نشده بود، در سال ۲۰۰۵، محققان به این نتیجه رسیدند که سیستم CRISPR دنباله‌هایی از DNA فاژ را در خود ذخیره کرده و با استفاده از RNA راهنما، قادر به برش DNA فاژ می‌باشد و از نفوذ این DNA به سلول جلوگیری می‌نماید. این کشف بسیار مهم به سیستم CRISPR/Cas شهرت و توجه جهانی را جلب کرد و آن را به عنوان یک ابزار قدرتمند برای ویرایش ژنوم در گونه‌های مختلف معرفی کرد (Hillary and Ceasar, 2023).

❖ دسته‌بندی سیستم‌های CRISPR-Cas

سیستم CRISPR/Cas از سلول‌های پروکاریوتی در برابر حمله فاژها محافظت می‌کند. این سیستم به دو کلاس اصلی تقسیم می‌شود :

❖ کلاس ۱: نیاز به چندین پروتئین جهت برش هدف دارد.

❖ کلاس ۲: نیاز به یک پروتئین (با چند زیرواحد) جهت هدف قرار دادن محل برش دارد.

	ZFN	TALEN	CRISPR-Cas9
DNA binding domain	ZF protein	TALE protein	Guide RNA
DNA cleavage domain DNA recognition range	FokI 18-36 bp (3 bp/ a ZF module)	FokI 30-40 bp (1 bp/ a TALE module)	Cas9 18-20 bp (DNA-RNA base pairing)
Recognition sequence	Sequence containing G base as follows: 5'-GNNGNNGNN-3'	Sequence starting from 5'-T and ending with A-3'	Sequence immediately followed by a PAM (SpyCas9: 5'-NGG-3')
Advantages	Sequence-based module engineering Small protein size (<1 kb)	High specificity Accurate recognition by 1 bp Relatively easy selection of target region	Free selection of target region Simple synthesis of guide RNA Multiplexing activity
Limitations	Difficult sequence selection and ZF engineering Expensive and time-consuming	Not applicate to methyl cytosine Expensive and time-consuming Large protein size (> 3 kb)	Low specificity depending on target sequence Large protein size (>4 kb)

جدول ۱- مقایسه ابزارهای ویرایش ژنوم (Matsumoto and Nomura, 2023)

❖ جدول ۲- دسته بندی سیستم های CRISPR-Cas

Class	Type	Protein	Target	Spacer acquisition strategy	Name of CRISPR/Cas system	Pre-CRISPR processing	Self vs nonself-discrimination	Effectors of CRISPR system	Host organism	References
Class1	I	Cas3	ssDNA	Cas1/Cas2/ Cas4	Cas7, Cas5, Cas8, and Cas3	Cas6	PAM	Cas3, Cascade, and crRNA	*E. coli*	[23]
	III	Cas10	ssDNA	Cas1/Cas2	Cas7, Cas5, and Cas1	Cas6	CRISPR repeat	Cmr/Csm, crRNA, and Cas10	*S. epidermics*	[24]
	IV	Csf1	–	NA	Cas7, Cas5, and Csf1	–	–	–	–	[21]
Class2	II	Cas9	dsDNA	Cas1/Cas2/ Cas4	Cas9	RNase III, and tracrRNA	PAM	Cas9, tracrRNA, and crRNA	*S. thermophilus* and *S. pyogenes*	[8]
	V	Cpf1	ssDNA and dsDNA	Cas1/Cas2/ Cas4	Cas12	Cpf1	PAM	Cpf1, crRNA and tracrRNA	*F. novicida*	[25]
	VI	C2c2	ssRNA	Cas1/Cas2	Cas13	–	–	C2c1, and crRNA	–	[26]

❖ هر کلاس به چندین نوع و زیرنوع تقسیم می‌شود، که هر یک از آن‌ها یک ژن مخصوص دارند و یک پروتئین خاص را کد می‌کنند. این پروتئین‌ها قادرند DNA یا RNA را در محل‌های مشخصی برش زده و از ورود آن‌ها به سلول جلوگیری نمایند .

❖ جدول ۳- اطلاعاتی در مورد پروتئین‌های مختلف CRISPR/Cas و همچنین میزبان‌های آن‌ها، اندازه sgRNA، توالی PAM، مولکول هدف و سایت برش را فراهم می‌کند. پروتئین‌های مختلف با نام‌های Cas9, Cpf1, Cas12a, Cas13 و Cas14 نمایش داده شده و جزئیات خاص هر یک از آن‌ها در جدول آورده شده است (Hillary and Ceasar, 2023).

Protein name	Host organism	sgRNA sequence size	PAM sequence	Target	Cut site	References
Cas9	*S. pyogenes*	20	5′-NGG-3′	dsDNA	5′ of PAM	[33]
Cas9	*S. pyogenes*	–	5′-NAC, NTG, NTT, and NCG-3′	DNA	5′ of PAM	[34]
Cas9	*F. novicida*	20	5′-NGG-3′	DNA	5′ of PAM	–
Cas9	*S. aureus*	21	5′-NNGRRT-3′	DNA	5′ of PAM	[35]
Cas9	*Neisseria meningitidis*	24	5′-NNNNGATT-3′	DNA	5′ of PAM	[35]
Cas9	*S. thermophilus*	20	5′-NNAGAAW 5′	DNA	5′ of PAM	–
Cas9	*S. thermophilus*	20	5′-NGGNG-3	DNA	5′ of PAM	[36]
Cas9	*Campylobacter jejuna*	22	NNNNACAC and NNNRYAC	DNA	5′ of PAM	[37]
C2c1	*Alicyclobacillus acidoterrestris*	20	T-rich PAM	DNA	5′ of PAM	[38]
Cpf1	*Prevotella and Francisella*	20	TTTV	DNA	5′ of PAM	[25]
Cpf1	*Acidaminococcus sp.*	24	5′-TTTN-3′	DNA	3′ of PAM	[39]
Cas12a	*Acidaminococcus sp.*	–	Thymine-rich PAM	DNA	5′ of PAM	[37]
Cas13	*Lb*	28	Non-G nucleotide at the 3′ protospacer flanking site (PFS)	ssRNA	–	[26]
Cas14	*Uncultivated archaea*	–	–	ssDNA	–	[40]

❖ جدول ۳- ویژگی‌های انواع پروتئین های CRISPR-Cas (Hillary and Ceasar, 2023)

❖ عملکرد کلی سیستم CRISPR-Cas

عملکرد اصلی این سیستم در سه مرحله است:

در مرحله نخست، قطعاتی از DNA فاژ به عنوان فاصله‌گذارها در محل CRISPR میزبان درج می‌شوند.

در مرحله دوم، پروتئین‌های Cas تولید می‌شوند و یک فاصله‌گذار به عنوان RNA راهنما رونویسی می‌شود.

در مرحله سوم، پروتئین Cas با کمک RNA راهنما هدف را شناسایی می‌کند و برش ژنوم را ایجاد می‌کند.

شکل۷- سه مرحله از سیستم ایمنی تطبیقی CRISPR/Cas را نشان می‌دهد. این سیستم از سلول‌های پروکاریوتی در برابر حمله ویروس‌ها محافظت می‌کند.

این سیستم در سه مرحله عمل می‌کند:

❖ مرحله اول: پردازش DNA ویروسی

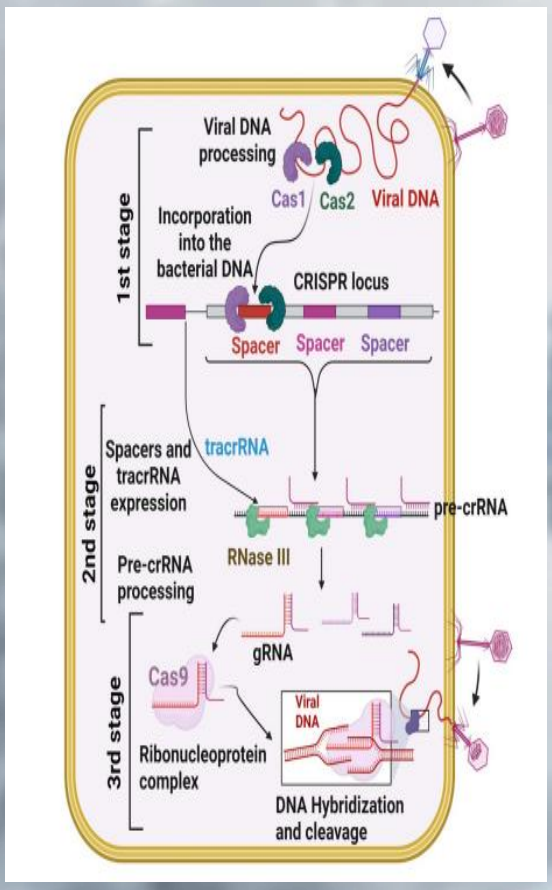
در این مرحله، پروتئین‌های Cas1 و Cas2 قطعاتی از DNA ویروس را برش می‌زنند و آن‌ها را به DNA باکتریال در محل CRISPR اضافه می‌کنند. این کار باعث می‌شود که بین تکرارهای DNA، فاصله‌گذارهایی ایجاد شوند که دنباله‌هایی از DNA ویروسی هستند.

❖ مرحله دوم: بیان و پردازش RNA

در این مرحله، فاصله‌گذارها و یک RNA دیگر به نام tracrRNA بیان می‌شوند و به عنوان pre-crRNA ترانسکریپت می‌شوند. سپس، پروتئین RNase III pre-crRNA را برش می‌زند و crRNAهایی را تولید می‌کند که به tracrRNAها متصل می‌شوند و یک کمپلکس را تشکیل می‌دهند.

❖ مرحله سوم: شناسایی و برش DNA ویروسی

در این مرحله، پروتئین Cas9 به کمپلکس crRNA-tracrRNA متصل می‌شود و یک کمپلکس پروتئین-RNA را تشکیل می‌دهد. این کمپلکس به DNA ویروسی می‌چسبد و آن را هیبریدیزه و برش می‌زند، بنابراین از تهدید ویروسی جلوگیری می‌کند.



شکل ۷- سازوکار فناوری CRISPR-Cas (Hillary and Ceasar, 2023)

❖ درمان بیماری ها با استفاده از فناوری CRISPR-Cas

بخشA : بخش A نشان می‌دهد که چگونه می‌توان از پروتئین Cas13 برای برش و تجزیه ژنوم RNA ویروس‌ها استفاده کرد .Cas13 یک پروتئین برش‌دهنده RNA است که با استفاده از یک RNA راهنما به نواحی هدف در ژنوم ویروسی متصل می‌شود و آن‌ها را برش می‌زند. این روش می‌تواند عفونت‌های ویروسی حاد مانند آنفلوآنزا و SARS-CoV-2را در موش‌ها و همسترها کاهش دهد.

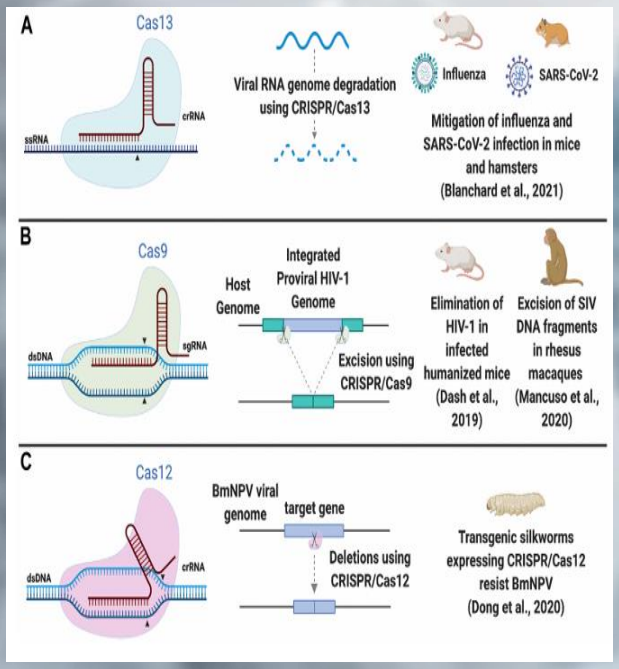
بخشB : بخش B نشان می‌دهد که چگونه می‌توان از پروتئین Cas9 برای حذف ژنوم HIV-1 از ژنوم میزبان با استفاده از تکنیک excision استفاده کرد .Cas9 یک پروتئین برش‌دهنده DNA است که با استفاده از دو RNAراهنما می‌تواند ژنوم HIV-1 را از ژنوم میزبان جدا کند. این روش می‌تواند عفونت‌های ویروسی پنهان مانند HIV-1را درمان کند. همچنین، این روش می‌تواند قطعات DNA SIVرا از ژنوم ماکاک‌های آلت دست (rhesus) حذف کند.

بخشC : بخش Cنشان می‌دهد که چگونه می‌توان از پروتئین Cas12 برای حذف ژنوم BmNPV ویروس با استفاده از تکنیک deletion استفاده کرد. Cas12یک پروتئین برش‌دهنده DNA است که با استفاده از یک RNA راهنما می‌تواند ژنوم BmNPV

را از ژنوم ساسور ترانسژن حذف کند. این روش می‌تواند عفونت‌های ویروسی مزمن مانند هپاتیت B را درمان کند. همچنین، این روش می‌تواند عفونت‌های ویروسی در دام‌ها و گونه‌های حیوانی با اهمیت صنعتی را مقابله کند (Baddeley and Isalan, 2021).

روش‌های کنترل شیمیایی فعالیت آنزیم‌ها

راهبردهای کنترل شیمیایی فعالیت آنزیم‌ها به دلیل اهمیت آنزیم‌های ویرایش‌کننده ژنوم بسیار حائز اهمیت است. در برخی مواقع، این آنزیم‌ها ممکن است در نقاط غیرمطلوب DNA برش زده و تغییرات ناخواسته‌ای در DNA ایجاد کنند. این تغییرات ممکن است بر سلامتی سلول‌ها و بافت‌ها تأثیر گذاشته و خسارات جانبی به همراه آورند. از این رو، لازم است که فعالیت آنزیم‌ها به صورت دقیق و با زمان‌بندی مناسب کنترل گردد.



شکل ۸- درمان بیماری ها با استفاده از فناوری CRISPR-Cas (Baddeley and Isalan, 2021)

❖ کنترل انتقال آنزیم‌ها به هسته سلول

در این روش، آنزیم‌ها با یک پروتئین خاص که به هورمون‌ها واکنش نشان می‌دهد، ترکیب می‌شوند. این پروتئین باعث می‌شود که آنزیم‌ها خارج از هسته سلول باقی بمانند و نتوانند به DNA دسترسی داشته باشند. با اضافه شدن هورمون مورد نظر، پروتئین واکنش نشان می‌دهد و آنزیم‌ها به هسته سلول منتقل می‌شوند.

❖ کنترل تغییر شکل آنزیم‌ها

در این روش، آنزیم‌ها با یک بخش خاص که با اضافه شدن یک ماده شیمیایی بریده می‌شود، ترکیب می‌شوند. این بخش باعث می‌شود که آنزیم‌ها در حالت غیرفعال باشند و قادر به برش DNA نباشند. با اضافه شدن ماده شیمیایی مورد نظر، بخش اضافی آنزیم بریده می‌شود و آنزیم‌ها فعال می‌شوند.

- این روش باعث می‌شود که فعالیت آنزیم‌ها فقط با افزودن ماده شیمیایی مشخص امکان‌پذیر باشد.

- **کنترل پایداری آنزیم‌ها:** در این روش، آنزیم‌ها با یک بخش خاص که باعث تجزیه آنزیم‌ها می‌شود، ترکیب می‌شوند. این بخش باعث می‌شود که آنزیم‌ها به سرعت از بین بروند و قادر به برش DNA نباشند. با اضافه شدن یک ماده شیمیایی خاص، بخش غیرفعال این آنزیم‌ها مسدود می‌شود و آنزیم‌ها پایدار می‌شوند. این روش فعالیت آنزیم‌ها را تا زمانی که ماده شیمیایی به سلول اضافه شود، ممکن می‌سازد. این روش‌ها به کنترل دقیق و زمان‌بندی فعالیت آنزیم‌ها کمک کرده و احتمال برش غیرمطلوب DNA را به حداقل ممکن می‌آورند (Matsumoto and Nomura, 2023).

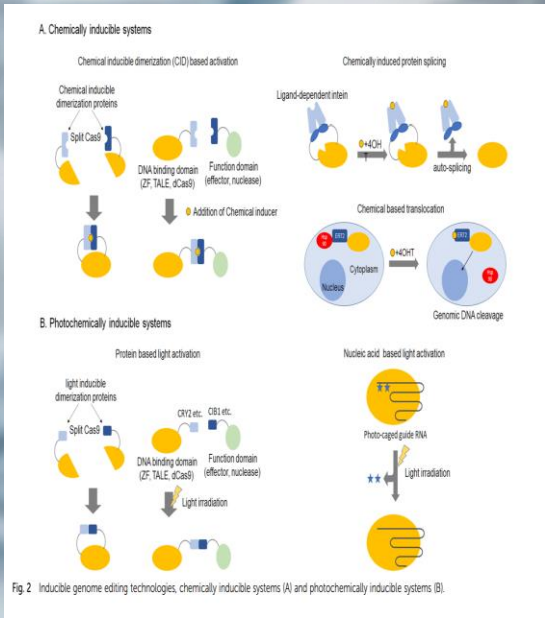


Fig. 2 Inducible genome editing technologies, chemically inducible systems (A) and photochemically inducible systems (B).

شکل ۹- روش های شیمیایی کنترل آنزیم ها (Matsumoto and Nomura, 2023)

- سیستم‌های شیمیایی قابل تحریک (A)و سیستم‌های فوتوشیمیایی قابل تحریک (B)از آنزیم‌های DNA برش‌دهنده به عنوان قیچی‌های مولکولی استفاده می‌کنند. این آنزیم‌ها با اضافه کردن مواد شیمیایی یا تابش نور، می‌توانند فعال یا غیرفعال شوند و این امکان را فراهم آورند که ژن‌های مورد نظر را ویرایش یا کنترل نمایند.

این کاربرد می‌تواند در درمان بیماری‌های ژنتیکی یا مطالعه عملکرد ژن‌ها به کار رود

(Matsumoto and Nomura, 2023).

در این مقاله سعی کردیم به بررسی جامع فناوری‌های ویرایش ژنوم نظیرZFN ، TALENو به ویژه CRISPR-Cas بپردازیم. این فناوری‌ها با ارائه رویکردهای نوین، تحولی بزرگ در حوزه‌های علوم زیستی، پزشکی و بیوفناوری ایجاد کرده‌اند. با ادامه تحقیقات و توسعه این ابزارهای پیشرفته، می‌توان به نتایج مثبتی در درمان بیماری‌ها و بهبود کیفیت زندگی بشر دست یافت. امیدواریم که این مقاله به درک بهتر از مکانیسم‌های ژنتیکی و کاربردهای بالینی آن‌ها کمک کند.

- **امیرحسین محمدی قناتغستانی** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی علوم دامی، گرایش اصلاح نژاد دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران

❖ مروری بر روش‌های نوین تعیین جنسیت اسپرم در دام‌های اهلی

❖ چکیده

فناوری تعیین جنسیت اسپرم، به‌عنوان روشی موثر و تجاری در تولید حیوانات با جنسیت مد نظر، اثرات چشم‌گیری بر صنعت پرورش دام داشته و به‌طور گسترده در برنامه‌های اصلاحی نژادی آنان، به‌ویژه در افزایش میزان تولید شیر و گوشت و حفظ گونه‌های در معرض خطر انقراض مؤثر است. جداسازی اسپرم به روش فلوسایتومتری یکی از روش تجاری موفق در این زمینه است. اگرچه پیشرفت‌های قابل توجهی جهت بهبود دقت و خلوص این روش‌ها صورت گرفته است، با این حال هزینه بالای اسپرم تعیین جنسیت، آسیب وارد شده به اسپرم در طی فرآیند جداسازی، سرعت پایین و کاهش نرخ آبستنی از جمله محدودیت‌های روش‌های موجود در این زمینه است و این امر نیازمند توسعه روش‌های نوین جهت تفکیک بهتر و کارآمدتر اسپرم از نمونه‌های مایع منی حیوانات دارد. روش‌هایی نظیر ویرایش ژنوم، میکروفلوئیدیک‌ها و روش‌های برپایه نانو ذرات، نتایج دلگرم کننده‌ای را از تعیین جنسیت اسپرم نشان داده‌اند و توسعه این روش‌ها می‌تواند منجربه ابداع روش‌های ایمن، کارآمد و ارزان‌تر در این زمینه گردد. مطالعه حاضر به بررسی روش‌های نوین تعیین جنسیت اسپرم که دارای نتایجی با صحت بیشتر و پذیرفته‌تری هستند، می‌پردازد.

❖ مقدمه

استفاده از فناوری تعیین جنسیت اسپرم به‌عنوان راهکاری نوین در صنعت دامپروری، نقش کلیدی در افزایش بهره‌وری، بهبود ژنتیکی دام‌ها ایفا می‌نماید (Garner & Seidel, 2008). کنترل جنسیت پیش از تولد از طریق جداسازی اسپرم‌های حامل کروموزومX و Y ، امکان مدیریت هدفمند گله‌های شیری و گوشتی را فراهم می‌آورد (Gilland, 2002)

این روش با دقت حدود ۹۰٪، امکان تولید گوساله‌های ماده با توانایی بالای شیردهی در گله‌های شیری را ممکن می‌سازد (Holden & Butler, 2018). این دام‌ها نه تنها برای جایگزینی و گسترش گله‌های شیری به‌کار می‌روند، بلکه فروش چنین گوساله‌هایی در بازارهای با تقاضای بالا، افزایش سودآوری گله‌ها به‌همراه دارد (De Vries et al., 2008)

از دیگر مزایای اقتصادی این فناوری می‌توان به کاهش ۲۰٪ سخت‌زایی در تلیسه‌ها (Norman et al., 2010)، تسریع بهبود ژنتیکی گله‌ها تا ۱۵٪ (Weigel, 2004) و کاهش هزینه‌های نگهداری دام‌های با جنسیت ناخواسته اشاره کرد (Seidel, 2007). در کل اسپرم‌های تعیین جنسیت شده نسبت به اسپرم‌های معمول، مزایای متعددی دارند و امکانات گسترده‌تری را در برنامه‌های اصلاح نژاد فراهم می‌نمایند. با این وجود، چالش‌هایی نظیر کاهش نسبی باروری اسپرم‌های تعیین‌جنسیت‌شده (در مقایسه با اسپرم معمولی) و نیاز به بازنگری در مدیریت گله، استفاده گسترده از این روش را با محدودیت مواجه کرده است (Holden & Butler, 2018).

یکی از بهترین روش‌های تجاری در این زمینه، روش‌های جداسازی سلول‌ها بر مبنای فلورسنتاست که بر اساس تفاوت در محتوای DNA اسپرم‌های حامل کروموزوم X و Y استوار است (Garner et al., 2013; Johnson et al., 1999). با این وجود سرعت پایین در جداسازی، آسیب اسپرم در طول فرآیند جداسازی و هزینه بالای اسپرم تعیین جنسیت شده برخی از عوامل محدود کننده مرتبط با این روش هستند (Vazquez et al., 2009).

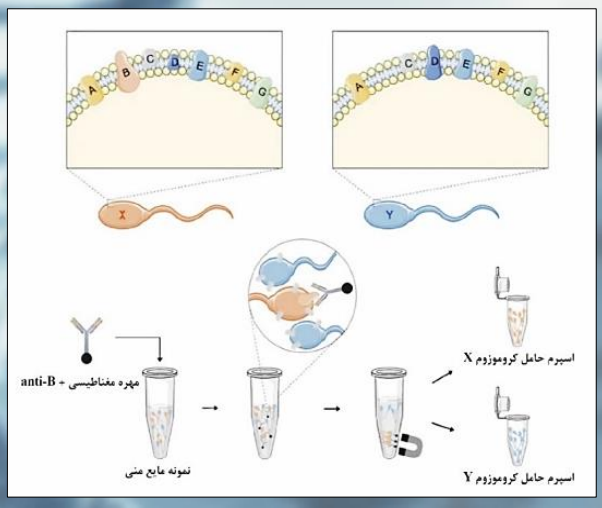
روش گرادیان پرکول، روش گرادیان آلبومین، روش‌های غوطه‌ورسازی و روش‌های ایمونولوژیک برای تعیین جنسیت اسپرم، روش‌های مرسوم در این زمینه هستند که هر کدام از آنان نقاط قوت و ضعف خود را دارند (Beal et al., 1984). از این رو زیست شناسان به‌دنبال روش‌های نوین جداسازی اسپرم‌های حامل کروموزوم X و Y، با توجه به تحرک، بار، محتوای کلی DNA و نشانگرهای ایمنولوژیک مرتبط با جنسیت هستند (Yata, 2022). هدف از مطالعه حاضر، بررسی روش‌های نوین جداسازی اسپرم با تمرکز بر دقت، کارایی و پذیرش آن از نظر علمی است تا از این طریق پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی واحدهای پرورش دام تضمین شود.

❖ روش‌های نوین تعیین جنسیت اسپرم

روش‌های ایمونولوژیک

این روش بر شناسایی پروتئین‌های اختصاصی سطح اسپرم (مانند آنتی‌ژن HY در اسپرم Y) و استفاده از آنتی‌بادی‌های مونوکلونال متصل به نشانگرهای فلورسنت یا ذرات مغناطیسی متمرکز است (Ali et al., 1990; Hendriksen et al., 1993).

مطالعات اخیر با کمک الکتروفورز دو بعدی و طیف‌سنجی جرمی، پروتئین‌های افتراقی (مانند پروتئین 30-kDa) در اسپرم X گاو را شناسایی کرده‌اند که امکان جداسازی اسپرم با حداقل آسیب را فراهم می‌کنند (Sang et al., 2011). به‌عنوان مثال؛ استفاده از آنتی‌بادی ضد پروتئین B (منحصر به اسپرم X) و اتصال آن به ذرات مغناطیسی، جداسازی کارآمدتری را ممکن ساخته است (Quelhas et al., 2021).



شکل ۱، روش پیشنهادی جداسازی اسپرم‌ها را براساس تفاوت‌های موجود در محتوای پروتئین غشاء پلاسما اسپرم (Quelhas et al., 2021).

ویرایش ژنوم

در این راهبرد روش‌های ویرایش ژن مانند CRISPR/Cas9و TALENs با هدف اختلال در ژن‌های تعیین‌کننده جنسیت (مانند SRYیا sdy) توسعه یافته‌اند (Xie et al., 2020). در پستانداران، مهندسی ژنتیک در مراحل اسپرماتوژنز یا جنینی، امکان کنترل جنسیت را با دقت بالا فراهم می‌کند. برای نمونه، ترکیب سلول‌های تراریخته حاوی gRNA روی کروموزوم Y و Cas9 روی کروموزوم X، خودتخریبی جنین‌های نر را در موش القا کردند (Yosef et al., 2019).

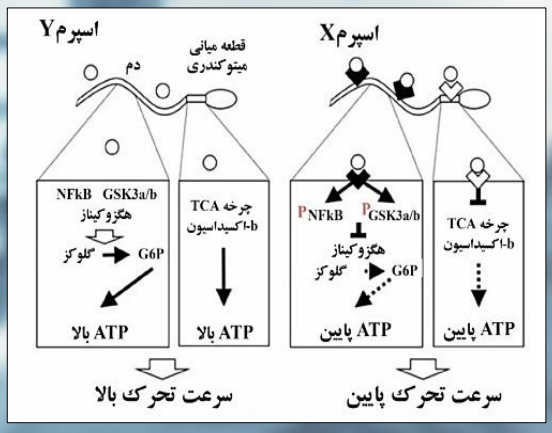
فناوری نانو

نانوذرات به‌عنوان ابزاری برای افزایش دقت جداسازی اسپرم استفاده می‌شوند. به‌طور مثال؛ نانوذرات طلا متصل به الیگونوکلئوتیدهای سه‌حلقه‌ای (TFOs)، سیگنال تشخیص اسپرم Y را تقویت می‌کنند (Gamrad et al., 2017). نانوذرات مغناطیسی با اتصال به پروتئین‌های سطحی اسپرم Y، جداسازی را در میدان مغناطیسی تسهیل می‌کنند (Domínguez et al., 2018). این روش‌ها علاوه بر تعیین جنسیت، در بهبود کیفیت اسپرم (مانند جداسازی اسپرم‌های آپوپتوز) نیز کاربرد دارند (Said et al., 2006).

شکل ۲، دستورالعمل تعیین جنسیت اسپرم با استفاده از تکنیک نانو ذرات مغناطیسی (MNP) (Domínguez et al., 2018).

تغییر تحرک اسپرم

تفاوت در تحرک اسپرم‌های X و Y با دستکاری مسیرهای سیگنالی مانند گیرنده‌های شبه Toll (TLR)قابل بهره‌برداری است (Umehara et al., 2019). فعال‌سازی TLR7/8توسط لیگاند R848 در گاو و موش، تحرک اسپرم X را کاهش داده و جداسازی آن‌ها را تا ۹۰٪ موفقیت‌آمیز کرده است (Umehara et al., 2020; Ren et al., 2021). این روش با تأثیر بر تولید ATP در اسپرم، بدون آسیب به DNA، گزینه‌ای امیدوارکننده است.



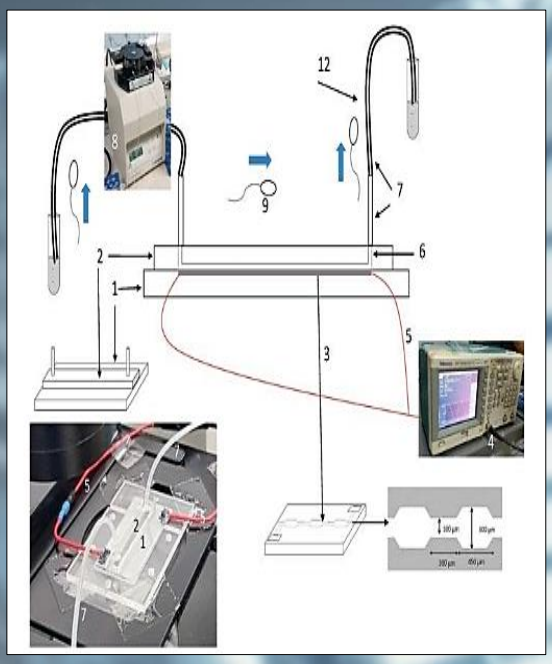
شکل ۳، مدل تولید ATPدر اسپرم حامل کروموزوم Xو Yتحت شرایط لیگاند- TLR7/8(Umehara et al., 2019).

میکروفلوئیدیک‌ها

دستگاه‌های میکروفلوئیدیک با استفاده از تفاوت‌های فیزیکی اسپرم (مانند بار سطحی، اندازه یا ویسکوالاستیسیته) جداسازی را انجام می‌دهند (Koh & Marcos, 2015). به‌عنوان مثال؛ دی‌الکتروفورز در محیط ویسکوالاستیک، اسپرم X را با بار مثبت بیشتر در فرکانس ۲۰ مگاهرتز جذب می‌کند. دستگاه‌های مبتنی بر فشار تابشی، مشابه FACS اما با هزینه کمتر، اسپرم را براساس فلورسانس جدا می‌کنند (Wongtawan et al., 2020b).

طیف‌سنجی رامان

این روش غیرتهاجمی با تشخیص تفاوت‌های بیوشیمیایی در اسپرم X و Y (مانند بسته‌بندی DNAیا ترکیبات لیپیدی) عمل می‌کند (Huser et al., 2009). مطالعات روی اسپرم گاو، تفاوت در پیک‌های رامان (مثلاً در ۷۲۶ cm^{-1} برای اسپرم X) را نشان داده‌اند (De Luca et al., 2014). ترکیب این روش با فناوری میکروفلوئیدیک، امکان جداسازی زنده و با کارایی بالا را فراهم می‌آورد (Song et al., 2016).



شکل ۴، تصویر سیستم دی‌الکتروفورز میکروفلوئیدیک (MF-DEP) (Wongtawan et al., 2020b)

❖ نتیجه گیری

در کل، ترکیب روش‌های مختلف می‌تواند به توسعه روش‌هایی با دقت بیشتر و آسیب کمتر منجر شود. این پیشرفت‌ها به بهبود بهره‌وری تولیدمثل و کاهش هزینه‌های مرتبط با تعیین جنسیت اسپرم کمک می‌کنند.

❖ منابع

Ali, J. I., Eldridge, F. E., Koo, G. C., & Schanbacher, B. D. (1990). Enrichment of bovine x-and y-chromosome-bearing sperm with monoclonal h-y antibody-fluorescence-activated cell sorter. *Systems Biology in Reproductive Medicine*, *24*(3). https://doi.org/10.3109/01485019008987580

Beal, W. E., White, L. M., & Garner, D. L. (1984). Sex ratio after insemination of bovine spermatozoa isolated using a bovine serum albumin gradient. *Journal of Animal Science*,*58*(6). https://doi.org/10.2527/jas1984.5861432x

Sang, L., Yang, W. C., Han, L., Liang, A. X., Hua, G. H., Xiong, J. J., Huo, L. J., & Yang, L. G. (2011). An immunological method to screen sex-specific proteins of bovine sperm. *Journal of Dairy Science*, *94*(4). https://doi.org/10.3168/jds.2010-3350

Seidel, G. E. (2007). Overview of sexing sperm. *Theriogenology*, *68*(3). https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.04.005

Song, Y., Yin, H., & Huang, W. E. (2016). Raman activated cell sorting. Current Opinion in Chemical Biology, 33, 1–8.

Umehara, T., Tsujita, N., & Shimada, M. (2019). Activation of toll-like receptor 7/8 encoded by the X chromosome alters sperm motility and provides a novel simple technology for sexing sperm. PLoS Biology, 17(8), e3000398.

Umehara, T., Tsujita, N., Zhu, Z., Ikedo, M., & Shimada, M. (2020). A simple sperm-sexing method that activates TLR7/8 on X sperm for the efficient production of sexed mouse or cattle embryos. Nature Protocols, 15(8), 2645–2667.

Weigel, K. A. (2004). Exploring the role of sexed semen in dairy production systems. *Journal of Dairy Science*, *87*(SUPPL. 1). https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70067-3

Wongtawan, T., Dararatana, N., Thongkittidilok, C., Kornmatitsuk, S., & Oonkhanond, B. (2020a). Enrichment of bovine X-sperm using microfluidic dielectrophoretic chip: A proof-of- concept study. *Heliyon*, *6*(11). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05483

Xie, Y., Xu, Z., Wu, Z., & Hong, L. (2020). Sex Manipulation Technologies Progress in Livestock: A Review. In *Frontiers in Veterinary Science* (Vol. 7). https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00481

Yata, V. K. (2022). Sperm Sexing and its Role in Livestock Production. In *Sperm Sexing and its Role in Livestock Production*. https://doi.org/10.1007/978-981-19-1790-5

Yosef, I., Edry-Botzer, L., Globus, R., Shlomovitz, I., Munitz, A., Gerlic, M., & Qimron, U. (2019). A genetic system for biasing the sex ratio in mice. *EMBO Reports*, *20*(8). https://doi.org/10.15252/embr.201948269

❖ **فاطمه خانی** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی علوم دامی، گرایش اصلاح نژاد دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران

De Luca, A. C., Managó, S., Ferrara, M. A., Rendina, I., Sirleto, L., Puglisi, R., Balduzzi, D., Galli, A., Ferraro, P., & Coppola, G. (2014). Non-invasive sex assessment in bovine semen by Raman spectroscopy. *Laser Physics Letters*, *11*(5). https://doi.org/10.1088/1612-2011/11/5/055604

De Vries, A., Overton, M., Fetrow, J., Leslie, K., Eicker, S., & Rogers, G. (2008). Exploring the impact of sexed semen on the structure of the dairy industry. *Journal of Dairy Science*, *91*(2). https://doi.org/10.3168/jds.2007-0536

Domínguez, E., Moreno-Irusta, A., Castex, H. R., Bragulat, A. F., Ugaz, C., Clemente, H., Giojalas, L., & Losinno, L. (2018). Sperm Sexing Mediated by Magnetic Nanoparticles in Donkeys, a Preliminary In Vitro Study. *Journal of Equine Veterinary Science*, *65*. https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.04.005

Gamrad, L., Mancini, R., Werner, D., Tiedemann, D., Taylor, U., Ziefuß, A., Rehbock, C., Klein, S., Kues, W., Barcikowski, S., & Rath, D. (2017). Triplex-hybridizing bioconjugated gold nanoparticles for specific Y-chromosome sequence targeting of bull spermatozoa. *Analyst*, *142*(11). https://doi.org/10.1039/c6an02461k

Garner, D. L., Evans, K. M., & Seidel, G. E. (2013). Sex-sorting sperm using flow cytometry/cell sorting. *Methods in Molecular Biology*, *927*. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-38-0_26

Garner, D. L., & Seidel, G. E. (2008). History of commercializing sexed semen for cattle. *Theriogenology*, *69*(7). https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.01.006

Gilland, B. (2002). World population and food supply can food production keep pace with population growth in the next half-century? *Food Policy*, *27*(1). https://doi.org/10.1016/S0306-9192(02)00002-7

Hendriksen, P. J. M., Tieman, M., Van Der Lende, T., & Johnson, L. A. (1993). Binding of anti-H-Y monoclonal antibodies to separated X and Y chromosome bearing porcine and bovine sperm. *Molecular Reproduction and Development*, *35*(2). https://doi.org/10.1002/mrd.1080350213

Holden, S. A., & Butler, S. T. (2018). Review: Applications and benefits of sexed semen in dairy and beef herds. In *Animal* (Vol. 12, Issue s1). https://doi.org/10.1017/S1751731118000721

Huser, T., Orme, C. A., Hollars, C. W., Corzett, M. H., & Balhorn, R. (2009). Raman spectroscopy of DNA packaging in individual human sperm cells distinguishes normal from abnormal cells. *Journal of Biophotonics*, *2*(5). https://doi.org/10.1002/jbio.200910012

Johnson, L. A., Welch, G. R., & Rens, W. (1999). The Beltsville sperm sexing technology: high-speed sperm sorting gives improved sperm output for in vitro fertilization and AI. In *Journal of animal science: Vol. 77 Suppl 2*. https://doi.org/10.2527/1999.77suppl_2213x

Koh, J. B. Y., & Marcos. (2015). Dielectrophoresis of spermatozoa in viscoelastic medium. *Electrophoresis*, *36*(13). https://doi.org/10.1002/elps.201400326

Norman, H. D., Wright, J. R., & Miller, R. H. (2010). Response to alternative genetic-economic indices for Holsteins across 2 generations. *Journal of Dairy Science*, *93*(6). https://doi.org/10.3168/jds.2009-2499

Quelhas, J., Santiago, J., Matos, B., Rocha, A., Lopes, G., & Fardilha, M. (2021). Bovine semen sexing: Sperm membrane proteomics as candidates for immunological selection of X- and

Ren, F., Xi, H., Ren, Y., Li, Y., Wen, F., Xian, M., Zhao, M., Zhu, D., Wang, L., Lei, A., & Hu, J. (2021). TLR7/8 signalling affects X-sperm motility via the GSK3 α/β-hexokinase pathway for the efficient production of sexed dairy goat embryos. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *12*(1). https://doi.org/10.1186/s40104-021-00613-y

Said, T. M., Agarwal, A., Grunewald, S., Rasch, M., Glander, H. J., & Paasch, U. (2006). Evaluation of sperm recovery following annexin V magnetic-activated cell sorting separation. *Reproductive BioMedicine Online*, *13*(3). https://doi.org/10.1016/S1472-6483(10)61437-X

MARKHOZ
JOURNAL
امیدوارم لذت کافی را از این فصلنامه نشریه مرخز برده باشید.
لطفاً انتقادات و پیشنهادات خود را با ما به اشتراک بگذارید.
سپاس از حسن توجه شما.
Animal science scientific association, University of Tehran
انجمن علمی علوم دامی دانشگاه تهران
دانشگاه تهران
Markhoz Student Scientific Journal
نشریه علمی دانشجویی مَرخُز