



مروری بر اهمیت کروم و نقش آن در تولید و سلامت دام و طیور

احسان اسکوئیان*، محمد فاصله جهرمی، پریسا شکریزدان، مهدی سالاری پور

گروه تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان توسعه مکمل زیست‌فناور آریانا و خوشه صنعتی زیست‌فناور آرکا

*. نویسنده مسئول: e.oskoueian@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۶

چکیده

اسکوئیان، ا.، فاصله جهرمی، م.، شکریزدان، پ. و سالاری پور، م. ۱۴۰۰. مروری بر اهمیت کروم و نقش آن در تولید و سلامت دام و طیور. مجله ترویجی علوفه و خوراک دام. ۲ (۱): ۲۹-۴۰.

با افزایش گله‌ها در سطح جهانی، محققان به دنبال استفاده از اصلاح‌کننده‌های بیولوژیک برای بهبود پارامترهای تولید در حیوانات پربازده و ایجاد تعادل مطلوب بین مواد ریزمغذی نظیر مواد معدنی هستند. کروم یک ماده ریزمغذی پُراهمیت است که نقش مهمی را در فعالیت‌های متابولیسمی حیوانات ایفا کرده و به‌عنوان یک عنصر ضروری در حیوانات شناخته شده است. مطالعات مختلف نشان داده است که کروم می‌تواند باعث بهبود عملکرد، پاسخ‌های ایمنی، متابولیسم گلوکز و اسیدهای چرب و وضعیت آنتی‌اکسیدانی حیوانات شود. برخی از تحقیقات بر روی پارامترهای عملکردی گاوهای شیری نشان داده است که افزودن مکمل کروم آلی به خوراک آنها به علت جذب بالاتر و زیست‌فراهمی بیشتر می‌تواند تأثیر زیادی بر بهبود ضریب تبدیل، تولید شیر و تداوم شیردهی حتی در شرایط تنش داشته باشد. همچنین مطالعات انجام شده روی طیور گوشتی و تخم‌گذار نشان داده است که کروم نقش بسیار مهمی در بهبود عملکردهای تولیدی آنها نظیر تولید تخم‌مرغ، تولید گوشت و افزایش کیفیت تخم‌مرغ و گوشت دارد؛ بنابراین وجود این عنصر در جیره دام و طیور برای پایداری شرایط طبیعی آنها ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله به بررسی اثرات مکمل کروم بر تولید و سلامت دام و طیور پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: تخم‌گذار، شیردهی، عملکرد، کروم آلی، متابولیسم

مقدمه:

کروم ماده معدنی ضروری و کم مصرفی است که در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک نقش دارد. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که کروم نقش مهمی در تغذیه و فیزیولوژی حیوانات دارد. این عنصر جزئی از فاکتور تحمل گلوکز است که میل ترکیبی گیرنده‌های انسولین را به هورمون انسولین افزایش می‌دهد و سبب افزایش حساسیت گیرنده‌ها به انسولین می‌شود. کمبود کروم منجر به کاهش حساسیت سلول‌ها به انسولین، مقاومت انسولینی و برخی اختلالات لیپیدی می‌شود و کاهش رشد و تولید در حیوانات را به دنبال دارد. همچنین مطالعات نشان داده‌اند که کروم نقش مهمی در مهار اثرات استرس‌های محیطی، تغذیه‌ای، هورمونی و بیماری دارد. تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که کروم موجود در خوراک‌ها و سایر منابع معدنی حاوی کروم در جیره به دلیل جذب بسیار کم و زیست‌فراهمی پایین قادر به تأمین نیاز کروم حیوانات پرورشی نیست و این وضعیت با افزایش سرعت رشد، به ویژه در گونه‌ها و نژادهایی که سرعت رشد بالاتری دارند، تشدید می‌شود. لذا کروم باید به‌عنوان یک عنصر ضروری و مهم در شرایط استرس از طریق مکمل‌های خوراکی تأمین شود (۲۰، ۲۱ و ۲۶).

انواع کروم، منابع و میزان احتیاجات دام و طیور به آن

سازمان غذا و دارو، در گذشته جدول میزان احتیاجات طیور به کروم را ذکر نکرده بود اما از سال ۲۰۰۶ میلادی مصرف کروم در جیره طیور توسط سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) با غلظت ۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره مورد تایید قرار گرفته است. همچنین مرکز مدیریت FDA از سال ۲۰۰۹ استفاده از کروم در جیره نشخوارکنندگان به میزان ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک جیره را مجاز اعلام کرده است که در شرایط استرس حرارتی، خوراک گاوهای خشک، خوراک گاوهای تازه‌زا و بروز

بیماری‌ها پیشنهاد می‌شود. به‌طور مثال، مصرف ۴-۵ میلی‌گرم در روز به ازای هر راس در سه هفته آخر قبل از زایش و ۵-۶ میلی‌گرم در روز به ازای هر راس در پنج هفته اول بعد از زایش توصیه می‌شود. حداکثر میزان قابل تحمل کروم در جیره طیور ۵۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم و در جیره نشخوارکنندگان ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره ذکر شده است (۸).

منابع تأمین کروم عموماً کلرید کروم، کروم-پروپیونات، کروم-پیکولینات، کروم-نیکوتینات، کروم-مخمر و کروم-متیونین هستند. کروم معدنی زیست‌فراهمی در حدود ۰/۵٪ دارد (۳۰). این در حالیست که کروم آلی بیش از ۲۵٪ جذب روده‌ای دارد (۲۸) و از این‌رو مصرف کروم معدنی به دلیل زیست‌فراهمی پایین و اثرات سمی آن، توصیه نمی‌شود. در بین منابع کروم آلی، کروم-متیونین توسط سازمان‌های مهم جهانی غذا و دارو، به‌عنوان یک ترکیب با زیست‌فراهمی بالا، پاسخ‌های متابولیکی چشمگیر و بدون عوارض مسمومیت، شناخته شده است. تحقیقات نشان داده که استفاده از کروم آلی در جیره طیور گوشتی باعث افزایش معنی‌دار در سطوح کروم بافتی آنها نسبت به گروه مصرف‌کننده کروم معدنی می‌شود (۱۹).

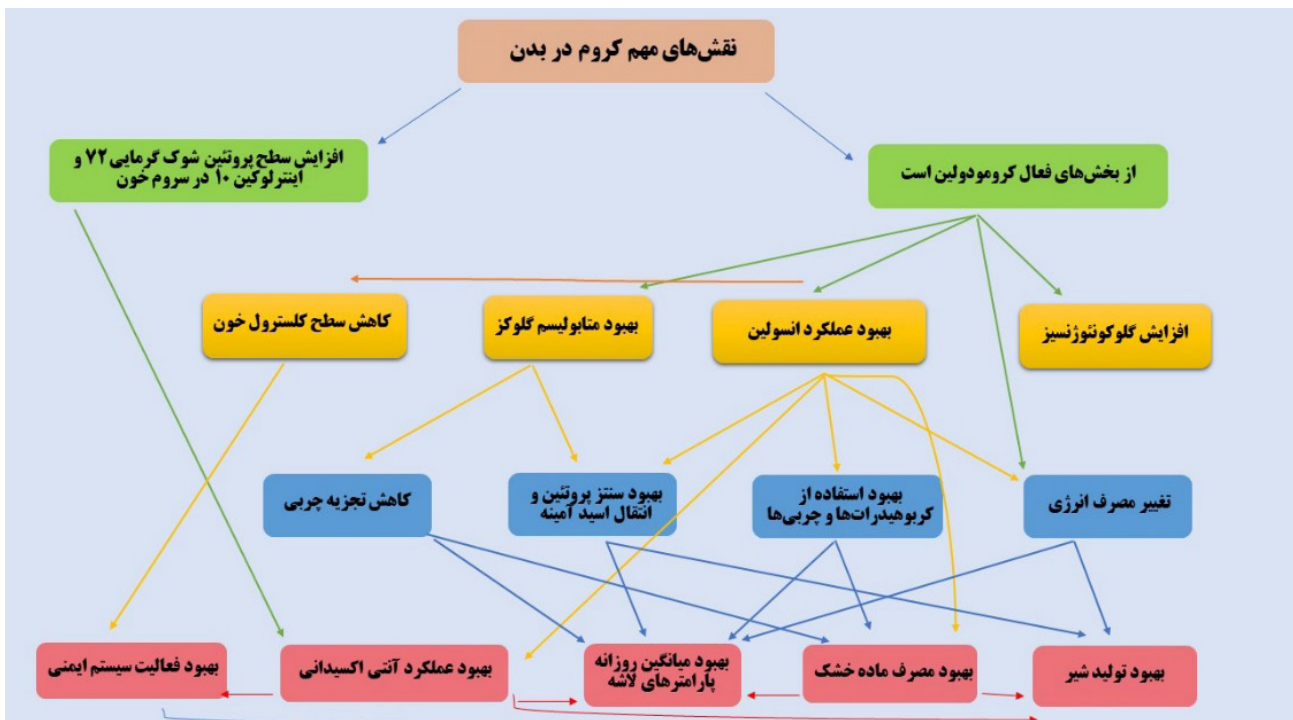
دیگر بررسی‌ها بر روی حیوانات نشان داده که زیست‌فراهمی کروم به عوامل متعددی نظیر: سن، گونه، وضعیت فیزیولوژیکی، ترکیب علوفه و همچنین منبع کروم مورد استفاده بستگی دارد. اشکال غیرآلی کروم جذب ضعیف و در حدود ۰/۴٪ تا ۳٪ دارند (>۱٪) (۱۰) این در حالیست که نوع آلی کروم جذبی در حدود ۳ تا ۴ برابر نوع معدنی آن دارد (۱۱ و ۲۳). همچنین تحقیقات دیگری بر روی طیور نشان داده‌اند که انواع آلی کروم جذبی در حدود ۲۵٪-۱۰٪ دارند (۴ و ۲۶).

مطالعات نشان داده‌اند که انواع آلی کروم سه زیست‌فراهمی بیشتری نسبت به انواع معدنی آن در سطح بافتی (کبد، کلیه و عضله) دارند. آزمایشات نشان داده‌اند که نوع معدنی کروم تنها از راه انتشار ساده قابلیت جذب دارد (۳، ۱۳، ۲۲ و ۵۵).

نقش کروم در مکانیسم‌های سلولی و عملکردی حیوانات

بافت‌ها نیز می‌شود. مشخص شده است که کروم در سنتز DNA و RNA نقش دارد و از آسیب‌های شیمیایی ناشی از کمبود آنها جلوگیری می‌کند. همچنین این عنصر در شرایط استرس با تنظیم متابولیسم گلوکز در کاهش سطح هورمون کورتیکواسترون و بهبود عملکرد سیستم ایمنی نقش دارد که این امر باعث بهبود راندمان تولید می‌شود (۲۰). این اثرات در شکل (۱) آرایه شده است.

کروم با تحریک فعالیت گیرنده‌های انسولین باعث تسهیل جذب گلوکز در سلول‌ها می‌شود. همچنین این عنصر با تأثیر بر ناقل‌های اسید آمینه و افزایش نفوذپذیری و بهبود جذب اسیدهای آمینه از غشای سلولی، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در افزایش تولید پروتئین نقش دارد. از طرفی، بررسی‌ها نشان داده‌اند که کروم در جذب گلوکز به ادیپوسایت‌ها و سنتز کلاسترول و تری‌گلیسیریدها نقش دارد و باعث بهبود متابولیسم چربی در

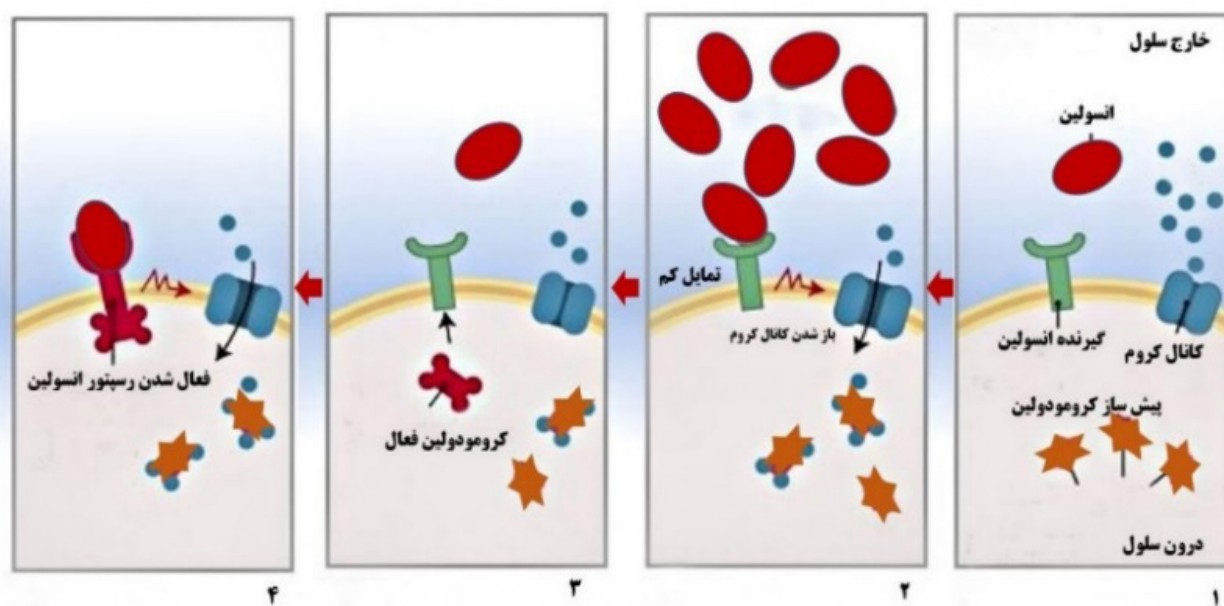


شکل ۱. اثرات کروم بر پارامترهای رشد، تولید و سلامت در حیوانات مزرعه‌ای (۲۰).

نقش کروم در متابولیسم گلوکز

کاهش سوختن گلوکز و در نتیجه تبدیل و ذخیره آن به شکل چربی در سلول است. همچنین، سطح پایین انسولین منجر به کاهش جذب اسیدهای آمینه توسط سلول‌های ماهیچه می‌شود و به این ترتیب سرعت رشد ماهیچه کاهش می‌یابد. کروم با اتصال به پروتئین کرومودولین، سبب بهبود و افزایش خاصیت تیروزین کینازی گیرنده انسولین در بخش داخلی غشای سلول‌ها می‌شود و با فعال‌سازی ناقل^۳، سبب تسهیل ورود گلوکز به درون سلول و در نهایت منجر به کاهش میزان قند خون می‌شود. همچنین متابولیسم گلوکز در طیور به دلیل سطح پایین تر انسولین و غلظت بسیار بالاتر گلوکز در خون، متفاوت از پستانداران است (شکل ۲).

کروم در سلول‌های بدن به شکل سه ظرفیتی وجود دارد و ایگوپپتیدی به نام کرومودولین^۱ وظیفه اتصال و انتقال یون کروم را در بدن بر عهده دارد. کروم در تحریک گیرنده‌های انسولینی، افزایش نفوذپذیری غشا و نهایتاً پذیرش انسولین^۲ توسط سلول در پرندگان و پستانداران نقش دارد و از این طریق در افزایش راندمان جذب گلوکز بر سلول‌ها موثر است. انسولین علاوه بر ایفای نقش اصلی در متابولیسم گلوکز، در برداشت اسیدهای آمینه توسط سلول‌های ماهیچه، نقش دارد؛ بنابراین در تنظیم تولید انرژی، افزایش حجم، متابولیسم پروتئین، چربی و بهبود عملکرد سیستم ایمنی نیز مؤثر است. پایین بودن سطح انسولین خون به معنای



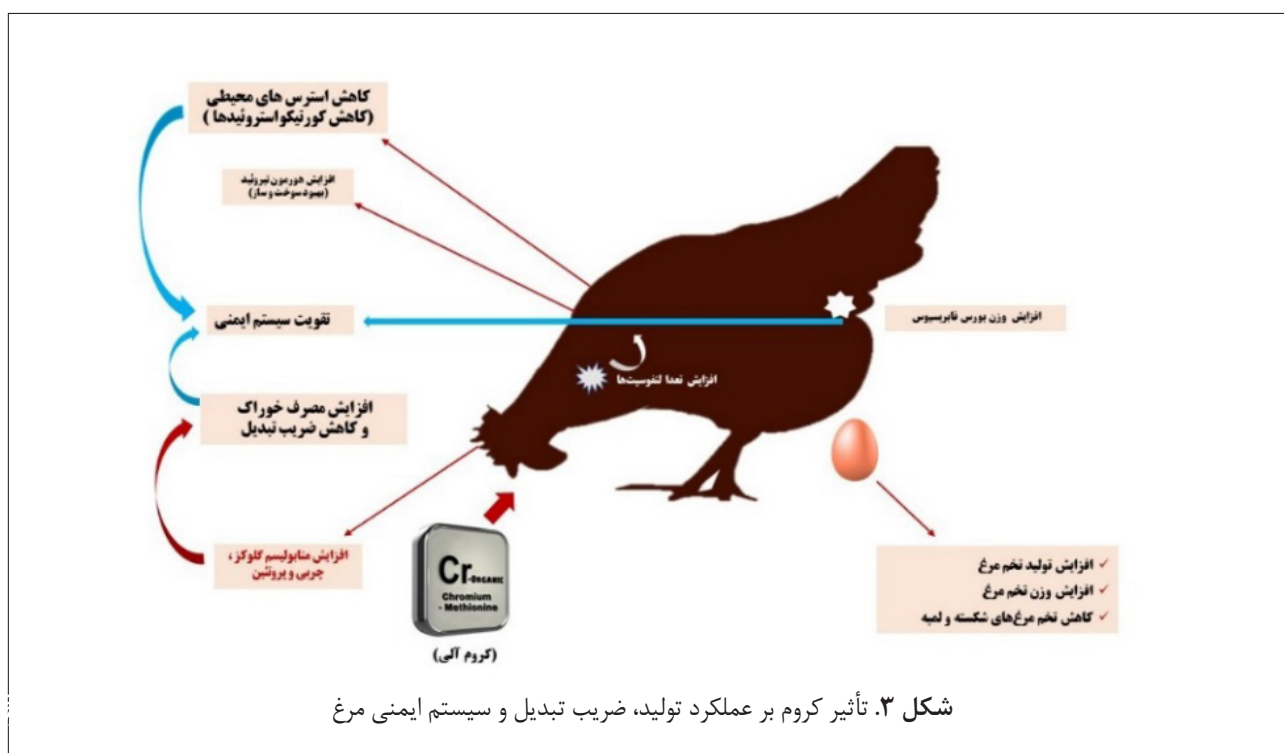
شکل ۲. مکانیسم عمل کرومودولین بر عملکرد انسولین و جذب گلوکز

1. Chromodulin
2. Insulin Sensitivity
3. GLUT

نقش کروم در سنتز اسیدهای آمینه

انسولین که به کروم وابسته‌اند ایجاد می‌شود. همچنین مشاهده شده است که افزودن مکمل کروم به خوراک، جذب اسیدهای آمینه توسط بافت‌ها را افزایش می‌دهد (شکل ۳).

مشخص شده است که افزایش جذب اسیدهای آمینه و گلوکز توسط ماهیچه‌های اسکلتی تحت تأثیر کروم قرار می‌گیرد (۱۲). افزایش نرخ جذب این مواد مغذی، به دلیل تغییر در پارامترهای



اثرات کروم بر استرس گرمایی

کروم با اثر مثبتی که بر عملکرد انسولین دارد منجر به بهبود متابولیسم کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و لیپیدها می‌شود؛ همچنین سبب کاهش اسیدهای چرب غیراستریفه، حذف تری‌گلیسرید سرم و جذب گلوکز برای سنتز چربی در کبد می‌شود. سیستم حمل‌ونقل غشا توسط استرس گرمایی آسیب می‌بیند، تنش گرمایی همچنین منجر به اختلال متابولیسم اکسیداتیو، رونویسی، ترجمه و پردازش RNA می‌شود که در این شرایط کروم با اثری که بر انسولین می‌گذارد، اثرات استرس گرمایی را کاهش داده و مانع از افت عملکرد دام و طیور می‌شود.

اثرات کروم بر عملکرد سیستم ایمنی طیور

قرار گرفتن حیوان در شرایط تنش‌زا، باعث افزایش دفع کروم از طریق ادرار می‌شود و به این ترتیب کمبود کروم، کاهش کروم‌دولین را به دنبال دارد؛ لذا در مواجهه با استرس‌های غذایی، محیطی و بیماری، متابولیسم گلوکز، چربی و پروتئین تحت تأثیر قرار گرفته و کورتیکواستروئیدها افزایش می‌یابند. افزایش سطح کورتیکواستروئیدها باعث کاهش عملکرد سیستم ایمنی و به دنبال آن، کاهش راندمان تولید می‌شود. مطالعات مختلف نشان می‌دهند که مکمل کروم باعث بهبود پاسخ‌های ایمنی در جوجه‌های گوشتی می‌شود (۴۱).

تخم‌گذار نشان داده که استفاده از کروم در جیره آنها موجب کاهش سطح کورتیکواسترون می‌شود (۳۵). همچنین، استفاده از کروم در جیره مرغ‌های تخم‌گذار تحت استرس دمایی موجب کاهش سطح کورتیکواسترون در آنها می‌شود (۳۵ و ۳۸).

تأثیر کروم بر عملکرد طیور گوشتی

استرس حرارتی در جوجه‌های گوشتی، بر راندمان رشد اثرگذار است و باعث کاهش سرعت رشد، مصرف خوراک، بازده خوراک، کیفیت لاشه و سلامت پرند می‌شود. استفاده از کروم می‌تواند باعث بهبود پارامترهای رشد، تولید و سلامت پرند شود (۱۴). مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از کروم در جیره جوجه‌های گوشتی تحت استرس مزمن حرارتی باعث افزایش وزن، مصرف خوراک و بهبود ضریب تبدیل آنها می‌شود (۴۴) و استفاده از کروم در خوراک جوجه‌های گوشتی، موجب افزایش وزن لاشه و کاهش چربی محوطه بطنی آنها می‌شود (۹ و ۴۰). افزودن کروم به جیره جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی، سبب بهبود ضریب تبدیل آنها می‌شود (۴۰). همچنین، مشخص شده است که استفاده از کروم در جیره جوجه‌های گوشتی باعث بهبود ۶/۲ درصدی در ضریب تبدیل آنها می‌شود (۵۶).

آزمایش‌های انجام شده بر روی فعالیت آنزیم گلایکوژن سنتتاز نیز نشان داد که استفاده از کروم در جیره مرغ‌های گوشتی موجب افزایش ذخیره گلیکوژنی کبد و بهبود راندمان متابولسم گلوکز در آنها می‌شود (۳۲). همچنین، استفاده از کروم در خوراک جوجه‌های گوشتی، بهبود ۱۶ درصدی در متابولیسم گلوکز را در آنها ایجاد می‌کند و سبب افزایش HDL در آنها (۱۸) و کاهش سطح کورتیکواسترون و کلسترول در جوجه‌های تحت استرس حرارتی می‌شود (۴۱).

تأثیر کروم بر راندمان تولید در گاو

بررسی‌ها نشان می‌دهند که مصرف کروم آلی در گاوهای شیری

مطالعات حیوانی نیز نشان دهنده اثربخشی متفاوت مکمل‌های آلی و معدنی کروم است. به‌طور معمول این تفاوت به قابلیت زیست‌فراهمی بالاتر مکمل‌های آلی در مقایسه با مکمل‌های معدنی نسبت داده می‌شود (۴۱). مصرف کروم توسط جوجه‌های گوشتی تحت استرس حرارتی موجب بهبود رشد و ضریب تبدیل در آنها می‌شود (۴۴). تحقیقات انجام شده نشان دهنده اثرات کروم بر لاشه و چربی جوجه‌های گوشتی، کاهش ضایعات لاشه و کاهش چربی محوطه بطنی است (۱۵ و ۴۱). همچنین مشخص شده است که استفاده از کروم در جیره طیور گوشتی، سبب کاهش اثرات استرس اکسیداتیو ناشی از تنش دمایی در آنها می‌شود (۵۲). مطالعات انجام شده بر روی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرما نیز نشان داده است که گنجاندن کروم در خوراک آنها، کاهش سطح کورتیکواستروئیدها به ویژه کورتیزول را به دنبال دارد (۳۵ و ۴۳). علاوه بر این، جهانیان و رسولی نیز بیان داشته‌اند که استفاده از کروم موجب بهبود عملکرد سیستم ایمنی در گله‌های گوشتی تحت استرس گرمایی می‌شود (۱۶).

تأثیر کروم بر تولید در طیور تخم‌گذار

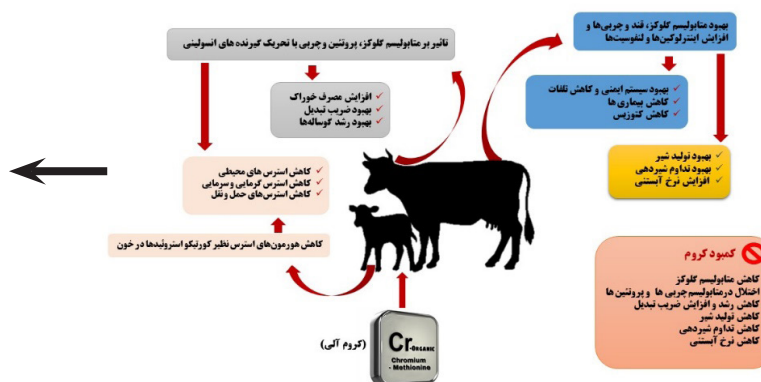
استفاده از کروم در جیره مرغ‌های تخم‌گذار تحت شرایط استرس‌های پیک تولید، استرس‌های دمایی و بروز بیماری، بسیار پر اهمیت است (۹، ۱۴، ۳۸ و ۵۲). افزودن کروم به خوراک مرغ‌های تخم‌گذار تحت استرس دمایی موجب بهبود تولید تخم مرغ در آنها می‌شود (۳۶، ۳۷ و ۳۹). مطالعات بر روی مرغ‌های تخم‌گذار نشان داد که استفاده از کروم در غلظت ۰/۱ تا ۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره باعث بهبود پنج درصدی تولید تخم مرغ در آنها می‌شود (۴۵). همچنین استفاده از کروم در جیره مرغ تخم‌گذار باعث بهبود در صفات کیفی تخم مرغ نظیر وزن تخم مرغ، ضخامت پوسته، چگالی، وزن پوسته و سنجش تازگی^۱ در گله‌های مرغان تخم‌گذار تحت استرس حرارتی و استرس‌های ناشی از بیماری می‌شود (۳۵). مطالعات انجام شده بر روی بلدرچین‌های

افزافه کردن کروم به جیره باعث افزایش تولید و تداوم شیردهی به ویژه در ۶۰ روز پس از زایش می‌شود (۵۴). پاپوویچ و همکاران نشان دادند که تأمین کروم با غلظت ۴ میلی‌گرم در روز در گاوهای تازه‌زا، افزایش تولید شیر، چربی، پروتئین و لاکتوز را به دنبال دارد (۳۱). تأمین کروم از قبل از زایش، باعث بهبود مصرف ماده خشک و تولید شیر بعد از زایش می‌شود (۱۷). تحقیقات بر روی تعداد سلول‌های سوماتیک شیر نیز نشان داده‌اند که استفاده از کروم موجب کاهش سلول‌های سوماتیک در شیر می‌شود (۲۹).

بررسی‌ها نشان می‌دهند که افزودن کروم به جیره گاوهای شیری، موجب بهبود تولیدمثل و جلوگیری از کاهش وزن بعد از زایش (۴۸) و در تلیسه‌ها موجب افزایش رشد آنها می‌شود (۴۷). اوه و لی در پژوهشی روی گاوهای گوشتی، دریافتند که استفاده از کروم-متیونین می‌تواند موجب افزایش وزن روزانه در گاوهای گوشتی شود. همچنین آنان طی آزمایشات خود بر روی گاوهای شیری، دریافتند که استفاده از کروم-متیونین در غلظت ۰/۰۶ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره در گاو قبل از زایش موجب افزایش ۱۵ درصدی تولید شیر، و در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خوراک در گاو تازه‌زا افزایش ۶ تا ۱۳ درصدی تولید شیر را در پی خواهد داشت (۲۹).

در دوره انتقال، ۵٪ تا ۱۰٪ درصد تولید شیر و ۲٪ تا ۳٪ میزان مصرف ماده خشک را بهبود می‌بخشد (۴۷). همچنین، افزودن کروم به جیره در گاوهای تازه‌زا میزان شیر را تا ۱۱٪ در ۱۴ هفته اول شیردهی افزایش می‌دهد (۵۴). مشخص شده است که گاوهای شیری پُر تولید، گاوهای دوره انتقال و گاوهای تازه‌زا به‌علت شرایط فیزیولوژیک در معرض مقاومت انسولینی قرار می‌گیرند و متابولیسم گلوکز در آنها با اختلال مواجه می‌شود. اختلال در متابولیسم گلوکز منجر به کتوزیس، روزهای باز بالا، افت تولید شیر، تداوم شیردهی ضعیف و نرخ آبستنی پایین خواهد شد. ۰/۵ میلی‌گرم کروم در هر کیلوگرم جیره باعث تحریک رسپتورهای انسولینی و افزایش متابولیسم گلوکز می‌شود که موجب کاهش شیوع کتوزیس، کاهش NEFA، بهبود تولید شیر و تداوم شیردهی و افزایش نرخ آبستنی می‌گردد (۲۵، ۳۴، ۳۳ و ۴۷). تحقیقات نشان می‌دهند که تأمین ۰/۵ میلی‌گرم کروم آلی در هر کیلوگرم جیره تولید شیر را در گاوهای شیری افزایش می‌دهد (۵۰). افزودن کروم به جیره از طریق بهبود متابولیسم گلوکز، باعث افزایش مصرف ماده خشک در ۴-۶ هفته بعد از زایمان و افزایش تولید شیر می‌شود (۲۴). همچنین، افزودن کروم به جیره در گاوها در پیک تولید، مصرف ماده خشک و تولید شیر را افزایش می‌دهد (۵۳). دیگر مطالعات نشان می‌دهند که

شکل ۴. اثرات استفاده از مکمل آلی کروم در جیره نشخوارکنندگان



به جیره، می‌تواند سطح کورتیزول ناشی از استرس‌ها را در آنها کاهش دهد و عملکرد سیستم ایمنی را بهبود ببخشد (۲۷). آزمایشات انجام شده بر روی میزان تیترا آنتی بادی ناشی از واکسیناسیون در گوساله‌های قطع شیر شده نیز نشان از بهبود سطح تیترا آنتی بادی در گوساله‌های مصرف کننده کروم داشت (۶). همچنین، مطالعات بر روی گوساله‌های تحت استرس‌های قطع شیر، حمل و نقل و محدودیت مصرف نیز نشان داد که استفاده از کروم در خوراک آنها موجب بهبود عملکرد سیستم ایمنی و کاهش ابتلا به بیماری‌های تنفسی می‌شود (۴۶).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج مطالعات، استفاده از کروم آلی که از زیست‌فراهمی بالایی برخوردار است، به میزان مناسب در خوراک می‌تواند اثرات منفی تنش‌های محیطی، مانند استرس‌های دمایی و اکسیداتیو، استرس‌های ناشی از بیماری‌ها و یا حمل و نقل و غیره را کاهش دهد و در نتیجه راندمان رشد، تولید و سلامت حیوان را بهبود بخشد، و در نهایت فواید اقتصادی چشمگیری را برای پرورش دهندگان دام و طیور به همراه داشته باشد.

توصیه‌های ترویجی

با وجود نیاز کم به عنصر کروم در حیوانات، این عنصر در فرآیندهای متابولیکی بسیاری دخالت دارد و نقش زیادی در بهبود عملکرد رشد، تولید و سلامت حیوانات دارد، از این رو، رفع نیاز کروم در حیوانات به وسیله منابع مناسب، امری ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، با توجه به اینکه نوع آلی کروم نسبت به نوع غیر آلی آن جذب و زیست‌فراهمی بسیار بالاتری داشته و اثرات متقابل بسیار کمتری با سایر مواد مغذی دارد؛ تأمین کروم مورد نیاز حیوان با کروم آلی، می‌تواند علاوه بر جلوگیری از بروز بسیاری از مشکلات و بیماری‌ها، با بهبود شاخص‌های عملکردی موجب افزایش راندمان اقتصادی برای دامداران و پرورش دهندگان طیور؛ همچنین سلامت مصرف کنندگان شود.

تأثیر کروم بر راندمان تولید در گوساله و نشخوار کنندگان کوچک

مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که مصرف کروم آلی در غلظت یک میلی‌گرم در هر کیلوگرم خوراک گوساله‌های تحت استرس گرمایی موجب افزایش ۲۱/۹ درصدی وزن آنها باعث بهبود افزایش وزن و ضریب تبدیل در شرایط استرس از شیرگیری می‌شود (۵۲). تحقیقات انجام شده روی گوساله‌های تحت استرس حمل و نقل نیز نشان داده است که استفاده از کروم در جیره آنها موجب بهبود افزایش وزن گوساله‌ها نسبت به گروه کنترل شده است (۷۲). مطالعات روی بزهای جوان که در جیره آنها کروم گنجانده شده بود افزایش وزن روزانه و کاهش کلسترول در آنها را نشان داد (۲). مطالعه روی گوساله‌های تحت استرس‌های قطع شیر، حمل و نقل و محدودیت مصرف نیز نشان داد که استفاده از کروم در خوراک، موجب بهبود عملکرد رشد آنها می‌شود (۶۴). استفاده از کروم در غلظت ۰/۲ تا ۰/۳ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره گوساله‌ها نیز موجب بهبود افزایش وزن و بهبود ضریب تبدیل در آنها می‌شود (۵).

اثرات کروم بر سیستم ایمنی نشخوار کنندگان

مطالعات نشان داده است که استفاده از کروم می‌تواند نرخ جفت‌ماندگی در گاوهای شیری را تا ۵۰٪ کاهش دهد (۴۷). همچنین، مصرف کروم در مواجهه با استرس‌های گرمایی و بیماری‌ها در گاوهای تازه‌زا و گاوهای خشک، باعث افزایش مقاومت و بهبود شرایط سلامت آنها می‌شود (۲۰). استفاده از کروم در جیره سطح کورتیزول خون را کاهش می‌دهد و عملکرد سیستم ایمنی را در گاوهای خشک بهبود می‌بخشد (۷). مطالعات سوویانو و همکاران نشان داد که تأمین ۰/۵ میلی‌گرم کروم آلی در هر کیلوگرم جیره باعث کاهش کورتیزول خون NEFA^۱ و BHBA^۲ در گاوهای تازه‌زا می‌شود (۴۹). همچنین، استفاده از کروم در جیره موجب بهبود مصرف ماده خشک، بهبود تولید شیر، کاهش سطح کورتیکواستروئیدها و بهبود عملکرد سیستم ایمنی تحت شرایط تنش گرمایی می‌شود (۱ و ۲۵). در مطالعات انجام شده روی گوساله‌ها مشخص شد که افزودن کروم

1. Non esterified fatty acids
2. β - hydroxyl butyric acid

فهرست منابع

1. Al-Saiady, M. Y., Al-Shaikh, M. A., Al-Mufarrej, S. I., Al-Showeimi, T. A., Mogawer, H. H., & Dirrar, A. (2004). Effect of chelated chromium supplementation on lactation performance and blood parameters of Holstein cows under heat stress. *Animal Feed Science and Technology*, 117(3-4), 223-233.
2. Aupperle, H., Schoon, H. A., & Frank, A. (2001). Experimental copper deficiency, chromium deficiency and additional molybdenum supplementation in goats - pathological findings. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 42(3), 1-11.
3. European Food Safety Authority (EFSA). (2009). Safety and efficacy of chromium methionine (Availa® Cr) as feed additive for all species. *EFSA Journal*, 7(4), 1043.
4. Bahrami, A., Moeini, M. M., Ghazi, S. H., & Targhibi, M. R. (2012). The effect of different levels of organic and inorganic chromium supplementation on immune function of broiler chicken under heat-stress conditions. *Journal of Applied Poultry Research*, 21(2), 209-215.
5. Bernhard, B. C., Burdick, N. C., Rounds, W., Rathmann, R. J., Carroll, J. A., Finck, D. N., ... & Johnson, B. J. (2012). Chromium supplementation alters the performance and health of feedlot cattle during the receiving period and enhances their metabolic response to a lipopolysaccharide challenge. *Journal of Animal Science*, 90(11), 3879-3888.
6. Bunting, L. D., Fernandez, J. M., Thompson Jr, D. L., & Southern, L. L. (1994). Influence of chromium picolinate on glucose usage and metabolic criteria in growing Holstein calves. *Journal of Animal Science*, 72(6), 1591-1599.
7. Chang, X., Mallard, B. A., & Mowat, D. N. (1996). Effects of chromium on health status, blood neutrophil phagocytosis and in vitro lymphocyte blastogenesis of dairy cows. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 52(1-2), 37-52.
8. National Research Council. (2006). *Mineral tolerance of animals: 2005*. National Academies Press.
9. Dębski, B., Zalewski, W., Gralak, M. A., & Kosla, T. (2004). Chromium-yeast supplementation of chicken broilers in an industrial farming system. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18(1), 47-51.
10. Dowling, H. J., Offenbacher, E. G., & Pi-Sunyer, F. X. (1989). Absorption of inorganic, trivalent chromium from the vascularly perfused rat small intestine. *The Journal of nutrition*, 119(8), 1138-1145.
11. Evans, G. W. (1989). *The picolinates*. Keats Publishing, New Caana, CT.
12. Evans, G. W., & Bowman, T. D. (1992). Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of insulin internalization. *Journal of inorganic biochemistry*, 46(4), 243-250.
13. Eze, D. C., Okwor, E. C., Anike, W. U., Kazeem, H. M., & Majiyagbe, K. A. (2014). Effect of chromium propionate on the humoral immune response and performance of broilers vaccinated against Newcastle disease in the tropics.
14. Hai, L., Rong, D., & Zhang, Z. Y. (2000). The effect of thermal environment on the digestion of broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 83(2), 57-64.
15. Huang, Y., Yang, J., Xiao, F., Lloyd, K., & Lin, X. (2016). Effects of supplemental chromium source and concentration on growth performance, carcass traits, and meat quality of broilers under heat stress conditions. *Biological Trace Element Research*, 170(1), 216-223.
16. Jahanian, R., & Rasouli, E. (2015). Dietary chromium methionine supplementation could alleviate immunosuppressive effects of heat stress in broiler chicks. *Journal of Animal Science*, 93(7), 3355-3363.

17. Kafilzadeh, F., & Targhibi, M. R. (2012). Effect of chromium supplementation on productive and reproductive performances and some metabolic parameters in late gestation and early lactation of dairy cows. *Biological trace element research*, 149(1), 42-49.
18. Kim, S. W., Han, I. K., Choi, Y. J., Kim, Y. H., Shin, I. S., & Chae, B. J. (1995). Effects of chromium picolinate on growth performance, carcass composition and serum traits of broilers fed dietary different levels of crude protein. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 8(5), 463-470.
19. Król, B., Słupczyńska, M., Kinal, S., Bodarski, R., Tronina, W., & Mońka, M. (2017). Bioavailability of organic and inorganic sources of chromium in broiler chicken feeds. *Journal of Elementology*, 22(1), 283-294.
20. Lashkari, S., Habibian, M., & Jensen, S. K. (2018a). A review on the role of chromium supplementation in ruminant nutrition—effects on productive performance, blood metabolites, antioxidant status, and immunocompetence. *Biological trace element research*, 186(2), 305-321.
21. Lashkari, S., Habibian, M., & Jensen, S. K. (2018b). A review on the role of chromium supplementation in ruminant nutrition—effects on productive performance, blood metabolites, antioxidant status, and immunocompetence. *Biological trace element research*, 186(2), 305-321.
22. Lukaski, H. C. (1999). Chromium as a supplement. *Annual review of nutrition*, 19(1), 279-302.
23. Mertz, W. (1975). Effects and metabolism of glucose tolerance factor. *Nutrition reviews*, 33(5), 129-135.
24. McNamara, J. P., & Valdez, F. (2005). Adipose tissue metabolism and production responses to calcium propionate and chromium propionate. *Journal of Dairy Science*, 88(7), 2498-2507.
25. Mirzaei, M., Ghorbani, G. R., Khorvash, M., Rahmani, H. R., & Nikkhah, A. (2011). Chromium improves production and alters metabolism of early lactation cows in summer. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 95(1), 81-89.
26. Moeini, M. M., Bahrami, A., Ghazi, S., & Targhibi, M. R. (2011). The effect of different levels of organic and inorganic chromium supplementation on production performance, carcass traits and some blood parameters of broiler chicken under heat stress condition. *Biological trace element research*, 144(1), 715-724.
27. Moonsie-Shageer, S., & Mowat, D. N. (1993). Effect of level of supplemental chromium on performance, serum constituents, and immune status of stressed feeder calves. *Journal of Animal Science*, 71(1), 232-238.
28. Moreira, P. S. A., Palhari, C., & Berber, R. C. A. (2020). Dietary chromium and growth performance animals: a review. *Scientific Electronic Archives*, 13(7), 59-66.
29. Ohh, S. J., & Lee, J. Y. (2005a). Dietary chromium-methionine chelate supplementation and animal performance. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 18(6), 898-907.
30. Ohh, S. J., & Lee, J. Y. (2005b). Dietary chromium-methionine chelate supplementation and animal performance. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 18(6), 898-907.
31. Popović, Z., Sinovec, Z., Veselinović, S., Ivančev, A., Ivančev, N., Čupić, Ž., & Vukić-Vranješ, M. (2000). Milk yield in heifers fed rations with chromium supplements during pregnancy. *Veterinarski Glasnik*, 54(1/2), 39-46.
32. Rosebrough, R. W., & Steele, N. C. (1981). Effect of supplemental dietary chromium or nicotinic acid on carbohydrate metabolism during basal, starvation, and refeeding periods in poult. *Poultry Science*, 60(2), 407-417.

33. Sadri, H., Ghorbani, G. R., Rahmani, H. R., Samie, A. H., Khorvash, M., & Bruckmaier, R. M. (2009). Chromium supplementation and substitution of barley grain with corn: Effects on performance and lactation in periparturient dairy cows. *Journal of dairy science*, 92(11), 5411-5418.
34. Sadri, H., Rahmani, H. R., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., & Bruckmaier, R. M. (2012). Chromium supplementation and substitution of barley grain with corn: Effects on metabolite and hormonal responses in periparturient dairy cows. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 96(2), 220-227.
35. Şahin, K., Küçük, O., & Şahin, N. (2001a). Effects of dietary chromium picolinate supplementation on performance and plasma concentrations of insulin and corticosterone in laying hens under low ambient temperature. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 85(5-6), 142-147.
36. Şahin, K., Küçük, O., Şahin, N., & Ozbey, O. (2001b). Effects of dietary chromium picolinate supplementation on egg production, egg quality and serum concentrations of insulin, corticosterone, and some metabolites of Japanese quails. *Nutrition Research*, 21(9), 1315-1321.
37. Sahin, K., Onderci, M., Sahin, N., & Aydin, S. (2002a). Effects of dietary chromium picolinate and ascorbic acid supplementation on egg production, egg quality and some serum metabolites of laying hens reared under a low ambient temperature (6 C). *Archives of Animal Nutrition*, 56(1), 41-49.
38. Sahin, K., Ozbey, O., Onderci, M., Cikim, G., & Aysondu, M. H. (2002b). Chromium supplementation can alleviate negative effects of heat stress on egg production, egg quality and some serum metabolites of laying Japanese quail. *The Journal of nutrition*, 132(6), 1265-1268.
39. Sahin, K., & Sahin, N. (2002c). Effects of chromium picolinate and ascorbic acid dietary supplementation on nitrogen and mineral excretion of laying hens reared in a low ambient temperature (7 C). *Acta Veterinaria Brno*, 71(2), 183-189.
40. Sahin, K., Sahin, N., & Kucuk, O. (2003). Effects of chromium, and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of broiler chickens reared at a high ambient temperature (32 C). *Nutrition Research*, 23(2), 225-238.
41. Sahin, N., Hayirli, A., Orhan, C., Tuzcu, M., Akdemir, F. A. T. İ. H., Komorowski, J. R., & Sahin, K. (2017). Effects of the supplemental chromium form on performance and oxidative stress in broilers exposed to heat stress. *Poultry science*, 96(12), 4317-4324.
42. Sahin, N., & Sahin, K. (2001). Optimal dietary concentrations of vitamin C and chromium picolinate for alleviating the effect of low ambient temperature (6.2^oC) on egg production, some egg characteristics, and nutrient digestibility in laying hens. *VETERINARNI MEDICINA-PRAHA*, 46(9/10), 229-236.
43. Samanta, S., Haldar, S., Bahadur, V., & Ghosh, T. K. (2008). Chromium picolinate can ameliorate the negative effects of heat stress and enhance performance, carcass and meat traits in broiler chickens by reducing the circulatory cortisol level. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(5), 787-796.
44. Sands, J. S., & Smith, M. O. (1999). Broilers in heat stress conditions: effects of dietary manganese proteinate or chromium picolinate supplementation. *Journal of Applied Poultry Research*, 8(3), 280-287.
45. Southern JR, L. L. & Page, T. G. (1994). Increasing egg production in poultry. Google Patents.
46. Spears, J. W. (2000). Micronutrients and immune function in cattle. *Proceedings of the nutrition society*, 59(4), 587-594.

47. Spears, J. W. (2019). Boron, chromium, manganese, and nickel in agricultural animal production. *Biological trace element research*, 188(1), 35-44.
48. Stahlhut, H. S., Whisnant, C. S., Lloyd, K. E., Baird, E. J., Legleiter, L. R., Hansen, S. L., & Spears, J. W. (2006). Effect of chromium supplementation and copper status on glucose and lipid metabolism in Angus and Simmental beef cows. *Animal feed science and technology*, 128(3-4), 253-265.
49. Subiyatno, A., Mowat, D. N., & Yang, W. Z. (1996b). Metabolite and hormonal responses to glucose or propionate infusions in periparturient dairy cows supplemented with chromium. *Journal of Dairy Science*, 79(8), 1436-1445.
50. Subiyatno, A., Mowat, D. N., & Yang, W. Z. (1996b). Metabolite and hormonal responses to glucose or propionate infusions in periparturient dairy cows supplemented with chromium. *Journal of Dairy Science*, 79(8), 1436-1445.
51. Toghyani, M., Toghyani, M., Shivazad, M., Gheisari, A., & Bahadoran, R. (2012). Chromium supplementation can alleviate the negative effects of heat stress on growth performance, carcass traits, and meat lipid oxidation of broiler chicks without any adverse impacts on blood constituents. *Biological trace element research*, 146(2), 171-180.
52. UYANIK, F., Kaya, Ş., KOLSUZ, A. H., Eren, M. E. R. Y. E. M., & Şahin, N. (2002). The effect of chromium supplementation on egg production, egg quality and some serum parameters in laying hens. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26(2), 379-387.
53. Vargas-Rodriguez, C. F., Yuan, K., Titgemeyer, E. C., Mamedova, L. K., Griswold, K. E., & Bradford, B. J. (2014). Effects of supplemental chromium propionate and rumen-protected amino acids on productivity, diet digestibility, and energy balance of peak-lactation dairy cattle. *Journal of dairy science*, 97(6), 3815-3821.
54. Yang, W. Z., Mowat, D. N., Subiyatno, A., & Liptrap, R. M. (1996). Effects of chromium supplementation on early lactation performance of Holstein cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 76(2), 221-230.
55. Zha, L., Zeng, J., Sun, S., Deng, H., Luo, H., & Li, W. (2009). Chromium (III) nanoparticles affect hormone and immune responses in heat-stressed rats. *Biological trace element research*, 129(1), 157-169.
56. Zhang, M. H., Wang, D. L., Du, R., Zhang, W. H., Zhou, S. Y., & Xie, B. X. (2002). Effect of dietary chromium levels on performance and serum traits of broilers under heat stress. *Acta Zoonutrimenta Sinica*, 14, 54.