

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه کردستان
دانشکده کشاورزی
گروه علوم دامی

عنوان:

اثرات سطوح مختلف پودر و اسانس زنجبیل بر عملکرد و وضعیت آنتی
اکسیدانی در جوجه‌های گوشتی تحت استرس گرمایی

پژوهشگر:

رامین حبیبی مزرعه خلفی

اساتید راهنما:

دکتر قربانعلی صادقی

دکتر احمد کریمی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم دامی گرایش تغذیه دام

اسفند ماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات،

ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع

این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه کردستان است.

***** تعهد نامه *****

اینجانب رامین حبیبی مزرعه خلفی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته علوم دامی گرایش تغذیه دام دانشگاه کردستان، دانشکده کشاورزی گروه علوم دامی تعهد می نمایم که محتوای این پایان نامه نتیجه تلاش و تحقیقات خود بوده و از جایی کپی برداری نشده و به پایان رسانیدن آن نتیجه تلاش و مطالعات مستمر اینجانب و راهنمایی و مشاوره اساتید بوده است.

با تقدیم احترام

رامین حبیبی مزرعه خلفی

۱۳۹۰ / ۱۲ / ۷

تقدیم به

دو اسطوره، هستی و دو، هستی بخش زندگی

پدر و مادرم

و همراهم، همیشگی زندگیم

برادارن و خواهرانم

شکر و قدردانی

منت خدای را غزو و جل که طاعتش موجب قربت است و به شکرش اندرش فرید نعمت

حمد و سپاس خدا را که یاریم گردانید تا با بهره گیری از کسره بی انتهای لطفش گذر از مرحله ای دیگر از زندگی ما را تجربه کنیم. این تقدیر را با سپاسگذاری از زحمات خانواده ام که نفسم با نفسشان گرم است آغاز میکنم. بر خود و غنیمت میدانم از همه کسانی که در تمام دوران تحصیل و در انجام این پایان نامه مریاری رسانند، کمال شکر و قدردانی را داشته باشم.

از اساتید راهنمای این پایان نامه، جناب آقای دکتر قربانعلی صادقی و جناب آقای دکتر احمد کریمی به خاطر تمام زحماتی که در تمام مراحل انجام این پایان نامه، تهیه و تدوین آن متقبل شدند، کمال شکر و سپاسگذاری را دارم و از خداوند متعال که به بنده این توفیق را عنایت فرمودند که افتخار شاگردی این دوزر کوار را داشته باشم، سپاسگذارم. از زحمات تمامی اساتید گروه علوم دامی به ویژه جناب دکتر اسعد وزیری و همچنین از کارشناس گروه خانم مهندس مروتی، نهایت شکر و قدردانی را دارم. از جناب آقای وطن خواه در مرکز تحقیقات کاربردی دارویی تبریز به خاطر تمام زحماتی که در انجام این پایان نامه کشیدند، کمال شکر و سپاسگذاری را دارم. از کلیه دوستان و بهکلاسی های خوب خود به خصوص آقایان مهندس خلق قره تپه، سنائی نژاد، نعیمی، میرزاهمدی، آصفی، قره قانی و خانم ها مهندس فیضی، دارابی، شیریان، محمدی، مومنه، صدیقی و سایر دوستان صمیمانه سپاسگذارم و برای همه این عزیزان آرزوی سلامتی و کامیابی را دارم.

راهنمای حسیب مزرعه حلفی

چکیده

این تحقیق جهت ارزیابی اثرات سطوح مختلف پودر و اسانس زنجبیل بر عملکرد، وضعیت آنتی-اکسیدانی، خصوصیات لاشه و برخی فراسنجه‌های خونی در جوجه‌های گوشتی تحت استرس گرمایی (32 ± 2) درجه سلسیوس برای ۸ ساعت از ۱۴ تا ۴۲ روزگی) انجام شد. برای این آزمایش، تعداد ۳۳۶ قطعه جوجه یکروزه نر سویه کاب ۵۰۰ به طور تصادفی به شش گروه آزمایشی با چهار تکرار اختصاص یافتند. گروه‌های آزمایشی عبارت بودند از جیره ذرت-سویا به عنوان شاهد، جیره حاوی ۱۰۰ قسمت در میلیون ویتامین E به عنوان شاهد مثبت، جیره حاوی ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد پودر ریشه زنجبیل و جیره حاوی ۷۵ و ۱۵۰ قسمت در میلیون اسانس زنجبیل. نتایج این مطالعه نشان داد که گروه ۰/۷۵ درصد پودر ریشه زنجبیل باعث افزایش معنی‌دار ($P < 0/05$) متوسط وزن بدن و افزایش وزن بدن در سن ۲۲ روزگی نسبت به گروه شاهد گردید. در دوره ۱ تا ۱۰ روزگی گروه‌های آزمایشی دریافت کننده ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد پودر ریشه زنجبیل با گروه شاهد تفاوت معنی‌داری در مصرف خوراک نداشتند ($P > 0/05$) ولی نسبت به سایر گروه‌های آزمایشی باعث افزایش معنی‌دار مصرف خوراک شده بودند ($P < 0/05$). در کل دوره آزمایشی تمام تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد بهبود غیر معنی‌داری را در پارامترهای عملکردی نشان دادند. تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های آزمایشی از لحاظ اجزای لاشه، پارامترهای خونی و متابولیت‌های سرم وجود نداشت ($P > 0/05$). استفاده از ۱۵۰ قسمت در میلیون اسانس زنجبیل باعث افزایش معنی‌دار فعالیت سوپراکسیددیسموتاز کل کبد نسبت به گروه شاهد شد ($P < 0/05$). استفاده از پودر و اسانس زنجبیل در جیره سطح مالون‌دی‌آلدئید کبد را بطور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش داده بودند ($P < 0/05$). تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های آزمایشی از لحاظ فعالیت آنزیم‌های گلوکوتایون پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز کل و کاتالاز در گلبول‌های قرمز وجود نداشت ($P > 0/05$). همه تیمارهای آزمایشی باعث افزایش معنی‌دار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و کاهش سطح مالون‌دی‌آلدئید سرم نسبت به گروه شاهد گردیدند ($P < 0/05$). نتایج مطالعه حاضر در کل نشان داد که افزودن پودر زنجبیل و اسانس معادل آن به جیره جوجه‌های گوشتی تحت استرس گرمایی با تقویت وضعیت آنتی-اکسیدانی باعث بهبود عددی عملکرد شده و می‌تواند جایگزین آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی در شرایط استرس گرمایی در جیره گردد. همچنین نتایج این تحقیق برتری پودر در مقابل اسانس زنجبیل را در بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد.

واژگان کلیدی: زنجبیل، اسانس، عملکرد رشد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی، استرس گرمایی، جوجه

گوشتی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه.....
۴	فصل اول (مروری بر پژوهش‌های انجام شده).....
۴	۱-۱- استرس گرمایی.....
۵	۱-۲- رادیکال آزاد.....
۶	۱-۳- مکانیسم تولید گونه‌های فعال اکسیژن توسط استرس گرمایی.....
۷	۱-۴- استرس اکسیداتیو.....
۷	۱-۴-۱- عوامل ایجاد کننده استرس اکسیداتیو در طیور.....
۱۰	۱-۵- آنتی اکسیدان ها.....
۱۰	۱-۵-۱- انواع آنتی اکسیدان ها.....
	۱-۵-۲- اثرات آنتی اکسیدان‌های جیره‌ای بر استرس گرمایی و اکسیداتیو در جوجه‌های
۱۲	گوشتی.....
۱۳	۱-۶- گیاهان دارویی.....
۱۴	۱-۷- گیاه دارویی زنجبیل.....
۱۴	۱-۷-۱- مراکز کشت زنجبیل.....
۱۵	۱-۷-۲- تولید زنجبیل.....
۱۵	۱-۷-۳- اشکال مختلف فرآوری زنجبیل.....
۱۷	۱-۸- ترکیب شیمیایی زنجبیل خشک.....
۱۸	۱-۹- ترکیب شیمیایی اسانس زنجبیل.....
۱۹	۱-۱۰- روش‌های مختلف اسانس گیری به روش تقطیر آبی.....

۱۹	..... ۱-۱۰-۱- تقطیر با آب
۱۹	..... ۲-۱۰-۱- تقطیر با آب و بخار آب
۲۰	..... ۳-۱۰-۱- تقطیر با بخار آب
۲۰	..... ۱۱-۱- مصارف مختلف زنجبیل
۲۰	..... ۱۲-۱- ترکیبات موثره موجود در پودر و اسانس زنجبیل
۲۱	..... ۱۳-۱- زمینه پژوهشی زنجبیل
۲۱	..... ۱-۱۳-۱- عملکرد رشد
۲۲	..... ۲-۱۳-۱- متابولیت های سرم
۲۳	..... ۳-۱۳-۱- وضعیت آنتی اکسیدانی
۲۳	..... ۴-۱۳-۱- سیستم ایمنی
۲۴	..... ۵-۱۳-۱- فعالیت دستگاه گوارش
۲۵	..... فصل دوم (مواد و روش ها)
۲۵	..... ۱-۲- مکان و زمان انجام آزمایش
۲۵	..... ۲-۲- مدیریت پرورش
۲۶	..... ۳-۲- مواد آزمایشی
۲۷	..... ۴-۲- گروه های آزمایشی
۲۹	..... ۵-۲- روش تهیه و عمل آوری و آنالیز تقریبی زنجبیل
۲۹	..... ۶-۲- استخراج و آنالیز شیمیایی اسانس
۳۰	..... ۷-۲- فراسنجه های اندازه گیری شده
۳۰	..... ۱-۷-۲- عملکرد
۳۰	..... ۲-۷-۲- اجزای لاشه

۳۱	..... غلظت هموگلوبین ۳-۷-۲
۳۱	..... فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان گلبول های قرمز و کبد ۴-۷-۲
۳۳	..... ظرفیت آنتی اکسیدانی کل سرم ۵-۷-۲
۳۳	..... مالون دی آلدئید سرم و کبد ۶-۷-۲
۳۳	..... متابولیت های سرم ۷-۷-۲
۳۴	..... درصد هماتوکریت ۸-۷-۲
۳۴	..... شمارش گلبول قرمز ۹-۷-۲
۳۴	..... تجزیه آماری ۸-۲
۳۵	فصل سوم(نتایج و بحث).....
۳۵	..... ۱-۳- آنالیز تقریبی پودر ریشه زنجبیل ۱-۳
۳۶	..... ۲-۳- آنالیز شیمیایی اسانس زنجبیل ۲-۳
۳۷	..... ۳-۳- صفات عملکرد ۳-۳
۳۷	..... ۱-۳-۳- متوسط وزن بدن ۱-۳-۳
۴۰	..... ۲-۳-۳- متوسط افزایش وزن بدن ۲-۳-۳
۴۲	..... ۳-۳-۳- مصرف خوراک ۳-۳-۳
۴۳	..... ۴-۳-۳- ضریب تبدیل خوراک ۴-۳-۳
۴۵	..... ۴-۳-۴- اجزای لاشه ۴-۳-۳
۴۸	..... ۵-۳- وضعیت آنتی اکسیدانی ۵-۳
۴۸	..... ۱-۵-۳- وضعیت آنتی اکسیدانی کبد ۱-۵-۳
۵۳	..... ۲-۵-۳- وضعیت آنتی اکسیدانی گلبول های قرمز ۲-۵-۳
۵۵	..... ۳-۵-۳- وضعیت آنتی اکسیدانی سرم ۳-۵-۳

۵۸	..... ۳-۶- متابولیت های سرم
۶۲	..... ۳-۷- هموگلوبین، درصد هماتوکریت و شمارش گلبول قرمز
۶۴	..... نتیجه گیری کلی و پیشنهادات
۶۵	..... فهرست منابع
۷۲	..... ضمائم

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۷	جدول ۱-۱: ترکیب شیمیایی (درصد) زنجبیل خشک
۱۸	جدول ۱-۲: داده‌های تغذیه‌ای برای ۱۰۰ گرم زنجبیل خشک
۲۶	جدول ۱-۲: برنامه واکسیناسیون مورد استفاده در طی دوره پرورش
۲۷	جدول ۲-۲: مشخصات ویتامین E استفاده شده در این مطالعه
۲۸	جدول ۳-۲: ترکیب اقلام خوراکی (درصد) و مواد مغذی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده
۳۵	جدول ۱-۳: نتایج مربوط به آنالیز تقریبی پودر ریشه زنجبیل
۳۷	جدول ۲-۳: ترکیبات شناخته شده موجود در اسانس زنجبیل با استفاده از آنالیز GC-MS
۴۱	جدول ۳-۳: اثرات گروه‌های آزمایشی بر متوسط وزن بدن و متوسط افزایش وزن بدن در جوجه‌های گوشتی تحت استرس گرمایی
۴۴	جدول ۴-۳: اثر گروه‌های آزمایشی بر مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی تحت استرس گرمایی
۴۶	جدول ۴-۳: اثرات گروه‌های آزمایشی بر اجزا لاشه (درصدی از وزن زنده بدن) در جوجه‌های گوشتی تحت استرس گرمایی در سن ۳۵ روزگی
۴۷	جدول ۵-۳: اثرات گروه‌های آزمایشی بر اجزا لاشه (درصدی از وزن زنده بدن) در جوجه‌های گوشتی تحت استرس گرمایی در سن ۴۴ روزگی
۵۲	جدول ۵-۳: اثرات گروه‌های آزمایشی بر فعالیت آنزیم‌های گلوکاتایون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز کل، کاتالاز و سطح مالون‌دی‌آلدئید کبد در سن ۳۵ روزگی
۵۴	جدول ۶-۳: اثرات گروه‌های آزمایشی بر فعالیت آنزیم‌های گلوکاتایون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز کل و کاتالاز در گلبول‌های قرمز جوجه‌های گوشتی تحت استرس گرمایی در سن ۳۵ روزگی
۵۷	جدول ۷-۳: اثرات گروه‌های آزمایشی بر ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی و سطح مالون‌دی‌آلدئید سرم در سن ۳۵ روزگی

جدول ۳-۸: اثر گروه‌های آزمایشی بر برخی متابولیت‌های سرم در جوجه‌های گوشتی تحت ۶۰ استرس گرمایی در سن ۳۵ روزگی

جدول ۳-۹: اثر گروه‌های آزمایشی بر هموگلوبین و درصد هماتوکریت خون جوجه‌های ۶۳ گوشتی تحت استرس گرمایی در سن ۳۵ روزگی

مقدمه

پرندگان اهلی که به صورت متمرکز پرورش می‌یابند اغلب تحت تاثیر استرس‌های مختلفی نظیر دمای محیطی بالا و پایین، حمل و نقل، واکسیناسیون و غیره قرار می‌گیرند. استرس میزان مصرف خوراک، افزایش وزن، بازده خوراک و کیفیت گوشت را کاهش و حساسیت حیوان به بیماریها را افزایش می‌دهد [۴۹]. استرس اکسیداتیو نیز یکی از انواع استرس است که توسط سطوح بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)^۱ با تحریک در محیط‌های استرس‌زا از قبیل گرما و کوکسیدیوز ایجاد می‌شود که صرف نظر از اینکه عملکرد پرنده را بطور منفی تحت تاثیر قرار می‌دهد [۱۰۲]، بعنوان یک عامل عمده در وقوع چندین بیماری خطرناک از قبیل انسفالومالاشیا می‌باشد [۳].

در مناطق گرمسیری، گرمای بیش از حد هوا تقریباً نیمی از سال، منجر به تعطیلی سالن‌های مرغداری می‌گردد که این خود یکی از دلایل اصلی کاهش تولید محصولات طیور در سطح گسترده و همچنین اقتصادی بودن تولید در این مناطق می‌باشد [۱]. دمای محیطی بالا می‌تواند اثرات سوء قابل توجهی روی عملکرد طیور تجاری بگذارد و اگر با رطوبت بالا همراه باشد، می‌تواند اثرات بحرانی تری داشته باشد [۸۵]. بنابراین نیاز به ارزیابی دوباره مدیریت طیور در آب و هوای گرم و ایجاد راهکارهایی که باعث کاهش استرس ناشی از گرما می‌شود، امری بدیهی است. با توجه به هزینه بالا و غیر عملی بودن خنک سازی کامل سالن‌های پرورش طیور، توجه به دستکاری‌های جیره‌ای افزایش یافته است [۷۲]. از جمله این راهکارها، استفاده از مواد آنتی‌اکسیدان جهت مبارزه با تنش گرمایی در این مناطق می‌باشد [۱]. بنابراین استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی جهت کم کردن استرس اکسیداتیو یک عمل رایج در صنعت طیور می‌باشد. اخیراً استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به خاطر گرایش جهانی در منع استفاده از

¹ - Reactive oxygen species

مواد مصنوعی، افزایش یافته است [۱۰۲]. از جمله دلایل این گرایش، سرطان را می‌توان نام برد [۵۸]. سازمان بهداشت جهانی گزارش نموده است که در حدود ۸۰ درصد جمعیت دنیا به داروهای سنتی و طبیعی اعتماد دارند. بنابراین انجام تحقیقات برای تغییر آنتی‌اکسیدان‌های مورد استفاده از مصنوعی به طبیعی نیاز لازم و ضروری است [۵۸].

از مهم‌ترین این منابع در طبیعت می‌توان به سبزیجات، میوه‌ها و گیاهان دارویی اشاره کرد، که این منابع حاوی مقدار زیادی از ترکیبات آنتی‌اکسیدان مانند فنول‌ها، تیول‌ها، کاروتنوئیدها و توکوفرول‌ها می‌باشند. در این میان، گیاهان دارویی دارای مواد آنتی‌اکسیدانی بسیار بیشتری نسبت به میوه‌ها و سبزیجات هستند [۱]. زنجبیل و محصولات فرعی آن (اسانس، عصاره و محلول رزین روغنی) شامل خواصی از قبیل ضد‌اکسیدان [۱۰۲]، ضد سرطان [۸۲]، کاهش کلسترول خون و ضدالتهاب [۹۲]، ضد آترواسکلروز [۳۷]، تقویت سیستم ایمنی [۱۰۳]، تحریک فرآیند هضم [۶۹]، محرک رشد [۹۰]، ضد تومور، ضد استفراغ و ضد دیابت [۱۴] می‌باشد. جینجرو^۱، جینجردیول^۲، جینجردیون^۳ و دای‌ریل-هپتانوئید^۴ در زنجبیل از جمله ترکیبات آنتی‌اکسیدان در این گیاه می‌باشند [۸۶]. زنجبیل در بین ریشه‌ها و غده‌ها با حجم آنتی‌اکسیدانی ۳/۷۶ میلی‌مول در ۱۰۰ گرم بالاترین حجم آنتی‌اکسیدانی را دارد [۴۰]. اسانس زنجبیل نیز به خاطر داشتن درصد بالایی از زینجیرن^۵ فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارد و قابل مقایسه با آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی می‌باشد [۵۳].

با توجه به اثرات مفید آنتی‌اکسیدان‌ها در محیط‌های پر استرس پرورشی و همچنین در راستای تغییر و استفاده از مواد طبیعی به جای مواد مصنوعی و با توجه به اینکه حدود ۳۴/۳ درصد مناطق ایران جز مناطق گرم و بسیار گرم می‌باشد [۴]، بنابراین ضرورت دارد که اثر استفاده از مواد طبیعی خصوصاً گیاهان دارویی و اسانس آنها بعنوان آنتی‌اکسیدان و محرک‌هایی برای رشد در شرایط پرورشی ایران بررسی شود. از طرف دیگر استفاده از اسانس گیاهان دارویی در جیره طیور با مشکلات عملی روبروست و بکارگیری پودر گیاه به جای اسانس آن در جیره عملی‌تر است و مطالعات چندانی در زمینه مقایسه اسانس و پودر زنجبیل در جیره طیور انجام نشده است. بنابراین هدف از انجام این تحقیق:

1- Gingerol
2- Gingerdiol
3- Gingerdione

4- Diarylheptanoids
5- Zingiberene

- ۱- ارزیابی اثرات استفاده از سطوح مختلف اسانس و پودر ریشه زنجبیل بر عملکرد، خصوصیات لاشه و متابولیت‌های سرم در جوجه‌های گوشتی تحت استرس گرمایی
- ۲- ارزیابی اثرات استفاده از سطوح مختلف اسانس و پودر ریشه زنجبیل بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی در جوجه‌های گوشتی تحت استرس گرمایی
- ۳- مقایسه اثرات اسانس و پودر ریشه زنجبیل بر عملکرد، خصوصیات لاشه، متابولیت‌های سرم و وضعیت آنتی‌اکسیدانی در جوجه‌های گوشتی تحت استرس گرمایی می‌باشد.

فصل اول

مروری بر پژوهش‌های انجام شده

۱-۱- استرس گرمایی

بر اساس تعریف پرندگان زمانی تحت استرس گرمایی قرار دارند که بین تولید گرمای بدن و دفع گرما از بدن عدم تعادل وجود داشته باشد و تولید گرما بیشتر از دفع آن باشد که این حالت می‌تواند در همه سنین و در انواع پرندگان رخ دهد، که این استرس ممکن است شدید (استرس گرمایی حاد) بوده و در دوره‌های طولانی مدت (استرس گرمایی مزمن) رخ دهد [۸۵]. دمای بدن جوجه‌های گوشتی باید خیلی نزدیک به ۴۱ درجه سلسیوس باقی بماند و اگر به ۴ درجه سلسیوس بیشتر از این دما افزایش یابد پرندگان خواهند مرد [۸۵]. استرس گرمایی اثرات مضر زیادی در جوجه‌های گوشتی دارد از جمله اینکه می‌تواند باعث عملکرد پایین [۱۸ و ۱۹]، سرکوب سیستم ایمنی، افزایش مرگ و میر [۱۸]، تحریک استرس اکسیداتیو [۵۰]، کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی [۹۹]، افزایش گونه‌های فعال اکسیژن میتوکندریایی، افزایش سطوح مالون‌دی‌آلدئید (MDA)^۱ و تخریب اکسیداتیو ماهیچه‌های اسکلتی [۱۹] شود. بنابراین استرس اکسیداتیو باید بعنوان بخشی از پاسخ جوجه‌های گوشتی به استرس گرمایی در نظر گرفته شود [۵۰].

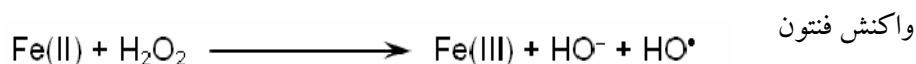
اینگوانیچ و سیماراکس [۹] در بررسی قلب، ریه، کبد و کلیه جوجه‌های گوشتی ۲۸ روزه که برای ۲۱ روز در دمای محیطی 33 ± 1 درجه سلسیوس تحت استرس گرمایی بودند، افزایش در دمای بدن، سرعت تنفس و دفع ادرار، هایپرتروفی دهلیز راست با انباشتگی بیش از حد خون، بزرگی قلب و هایپرتروفی بطن

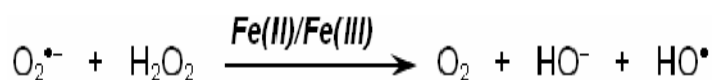
1 - Malondialdehyde

راست در ۸۰ درصد از جوجه‌ها، جمع شدگی، ادم و خون گرفتگی در ریه همه جوجه‌ها، کبد‌های زرد و کمرنگ در ۲۶/۶۷ درصد از جوجه‌ها و ادم و خونریزی کپسول‌های زیر کلیه‌ای را گزارش نمودند. بنابراین با توجه به اثرات مضر استرس گرمایی، ایجاد راهکارهایی برای کم کردن این اثرات امری منطقی و بدیهی است که از جمله این راهکارها می‌توان به استفاده از آنتی‌اکسیدانها در جیره اشاره کرد که می‌توانند اثرات مضر استرس گرمایی را کاهش دهند [۷۲].

۱-۲- رادیکال آزاد

رادیکال‌های آزاد مولکول‌ها یا گونه‌های شیمیایی بسیار فعال حاوی یک یا بیشتر الکترون جفت نشده در اوربیتال‌های اتمی یا مولکولی می‌باشند [۹۵]. اکسیژن به خاطر ماهیت دو شعاعی‌اش به سهولت الکترون‌های جفت نشده را برای تشکیل یک سری گونه‌های احیا شده می‌پذیرد که جمعاً بعنوان گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) مشخص می‌شوند که شامل سوپراکسید (O_2^-)، هیدروژن پراکسید (H_2O_2)، هیدروکسیل (OH)، پراکسی ($ROO\cdot$)، آلکوکسی ($RO\cdot$) و نیتریک اکسید (NO) می‌باشند. تولید گونه‌های فعال اکسیژن یک مشخصه صحیح از فعالیت نرمال سلول مثل زنجیره تنفسی میتوکندریایی، فاگوسیتوز، متابولیسم آراشیدونیک اسید، تخمک گذاری و تلقیح می‌باشد که تولید آنها در وضعیت‌های پاتولوژی چندین برابر می‌شود [۸۴]. در این بین، میتوکندری بخاطر محل اصلی مصرف اکسیژن، محل اصلی تولید رادیکال آزاد می‌باشد و در حدود ۲ درصد اکسیژن در میتوکندری به رادیکال سوپراکسید و متابولیت‌های فعال آن (ROS) تبدیل می‌شود که اینها می‌توانند باعث تخریب مولکول‌های بیولوژیکی از قبیل لیپیدها، پروتئین‌ها و DNA شوند و بدین وسیله باعث سالخوردگی، سرطان و بیماریهای مختلفی از قبیل بیماریهای مخرب اعصاب می‌شوند [۴۵]. رادیکال‌های آزاد می‌توانند با پراکسیداسیون لیپید، مالون-دی‌آلدئید (MDA) را تولید کنند که مالون‌دی‌آلدئید بعداً می‌تواند باعث تخریب DNA شود [۹۵] و با اندازه‌گیری آن می‌توان به میزان و وسعت پراکسیداسیون لیپیدها پی‌برد [۲]. رادیکال‌های آزاد همچنین می‌توانند از هیدروپراکسید توسط واکنشهای Fenton و Haber-weiss تولید شوند [۲۰] که هیدروپراکسید و پراکسیدهای آلی با هموگلوبین برای آزاد سازی آهن واکنش می‌دهند [۳۹] که آهن آزاد شده در واکنش‌های Fenton و Haber-weiss، بصورت زیر رادیکال هیدروکسیل را تولید می‌کند [۲۰]:





واکنش Haber- weiss

۱-۳- مکانیسم تولید گونه‌های فعال اکسیژن توسط استرس گرمایی

میتوکندری نقش مهمی در حفظ وضعیت انرژی جانداران بازی می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که استرس گرمایی حاد تولید گونه‌های فعال اکسیژن را افزایش می‌دهد که بعداً ممکن است باعث عدم فعالیت انرژی‌زایی میتوکندری شود [۵۵]. موجهید و همکاران [۵۵] گزارش کردند که در جوجه‌های تحت استرس گرمایی، مالون‌دی‌آلدئید میتوکندریایی نسبت به گروه شاهد ۲/۷ برابر بالاتر بود و ۸۲ نوع پروتئین میتوکندریایی، اکسید شده بودند. این محققان در مطالعه‌ای دیگر برای تعیین مکانیسم دقیق افزایش تولید ROS در میتوکندری ماهیچه اسکلتی جوجه‌های گوشتی تحت استرس گرمایی، نه تنها پیشرفت آنها، بلکه تغییرات متوالی در تولید سوپر اکسید، ناقل‌های آنیون و اکسیداسیون سوبسترا در میتوکندری را مطالعه و بیان نمودند که در معرض استرس گرمایی حاد بودن (۳۴ درجه برای ۶، ۱۲ و ۱۸ ساعت)، تولید سوپراکسید میتوکندریایی را تحریک می‌نماید. استرس گرمایی کاهش رونویسی ژن پروتئین جفت نشده مرغی (avUCP¹) را تحریک کرده و حجم avUCP وابسته به زمان بود به طوریکه، رونویسی ژن avUCP بعد از ۶ ساعت کاهش یافته بود در حالیکه حجم پروتئین avUCP تنها بعد از ۱۲ ساعت استرس گرمایی کاهش یافته بود. رونویسی ژن جابه‌جا کننده آدنین نوکلئوتید مرغی (avANT²) در معرض استرس گرمایی تغییری نکرده بود، پیشنهاد کردند که avANT ممکن نیست در تنظیم تولید سوپراکسید در میتوکندری ماهیچه جوجه‌های تحت استرس گرمایی درگیر باشد. در جریان شروع استرس گرمایی حاد، رونویسی ژن آنزیم‌های بتا‌اکسیداسیون و فعالیت آنها افزایش یافته که با افزایش سطوح اسید چرب غیر استریفیه پلاسما، بیان ژن‌های انتقال اسید چرب میتوکندری افزایش یافته بود. این افزایش ناگهانی در اکسیداسیون سوبسترای میتوکندری در اثر تولید سوپراکسید بالاتر حاصل شده است. در نهایت این محققان با توجه به نتایج خود پیشنهاد کردند که تولید بیش از حد ROS میتوکندریایی در ماهیچه اسکلتی جوجه‌های تحت استرس گرمایی ممکن است نتیجه افزایش اکسیداسیون سوبسترا و کاهش رونویسی ژن avUCP باشد [۵۷].

1- Avian uncoupling protein

2 -Avian adenine nucleotide translocator